TÜNEL KALIP İLE İNŞA EDİLEN YAPILARIN 2007 VE 2018 DEPREM YÖNETMELİKLERİNE GÖRE DAYANIM VE MALİYET AÇISINDAN İNCELENMESİ

YILMAZ DİLEK

OCAK 2023
DİYARBAKIR

DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TÜNEL KALIP İLE İNŞA EDİLEN YAPILARIN 2007 VE 2018 DEPREM YÖNETMELİKLERİNE GÖRE DAYANIM VE MALİYET AÇISINDAN İNCELENMESİ

YILMAZ DİLEK

DİCLE ÜNİVERSİTESİ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM-ÖĞRETİM VE SINAV YÖNETMELİĞİNİN BİR PARÇASI OLARAK
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALINDA
DOKTORA TEZİ
OLARAK HAZIRLANMIŞTIR

OCAK 2023
DİYARBAKIR

TÜNEL KALIP İLE İNŞA EDİLEN YAPILARIN 2007 VE 2018 DEPREM YÖNETMELİKLERİNE GÖRE DAYANIM VE MALİYET AÇISINDAN İNCELENMESİ

Yılmaz DİLEK tarafından Dicle Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği'nin bir parçası olarak hazırlanan bu çalışma, aşağıda bilgileri yazılı jüri üyeleri tarafından değerlendirilerek **İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı**'nda **Doktora Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Neslihan DALKILIÇ
Müdür, **Fen Bilimleri Enstitüsü**

Prof. Dr. Abdulhalim KARAŞİN
Danışman, **İnşaat Mühendisliği Bölümü, Dicle Üniversitesi**

Sınav Jürisi:

Prof. Dr. Halil GÖRGÜN (*)
İnşaat Mühendisliği Bölümü, Dicle Üniversitesi

Prof. Dr. Abdulhalim KARAŞİN (**)
İnşaat Mühendisliği Bölümü, Dicle Üniversitesi

Doç. Dr. Barış ERDİL
İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yüzüncü Yıl Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi İsmail Ağa GÖNÜL
Mimarlık Bölümü, Dicle Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Murat DOĞRUYOL
İnşaat Mühendisliği Bölümü, Siirt Üniversitesi

ONAY

Savunma Tarihi: 28 / 12 / 2022

(*) Sınav Jürisi kısmının birinci satırına Jüri Başkanının bilgilerini yazınız.
(**) Sınav Jürisi kısmının ikinci satırına Tez Danışmanının bilgilerini yazınız.

Gamze'me…

Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırlanan bu tez çalışmasında yer alan tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu beyan ederim. Ayrıca, bahse konu bu kural ve ilkelerin gerektirdiği üzere, bu çalışmada özgün olmayan tüm bilimsel içerikleri kurallara uygun biçimde alıntılayıp kaynak gösterdiğimi beyan ederim. Beyanımla çelişen herhangi bir delil bulunduğu takdirde tüm sorumluluğu üstleneceğimi kabul ederim.

Ad, Soyad: Yılmaz Dilek

İmza:

TEŞEKKÜR

Doktora eğitimim boyunca bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım, birlikte çalışmaktan onur duyduğum tez danışmanım Prof. Dr. Abdulhalim Karaşin'e, tez çalışmamım başlangıcından şu ana kadar kendilerinden akademik bakış açısı kazandığım, insani ve ahlaki değerleri ile de örnek aldığım öğretim üyeleri Prof. Dr. Halil Görgün ve Dr. Öğr. Üyesi İsmail Ağa Gönül'e en içten teşekkürü bir borç bilirim.

Bu çalışma süresince yoğun iş temposunda beni idare eden çalışma arkadaşlarıma ve değerli müdürlerime şükranlarımı sunarım.

Çalışmalarım sırasında bana sabır gösteren ve benden desteğini esirgemeyen, her zaman yanımda olan kıymetli eşim Gamze Dilek'e ve tüm hayatım boyunca her alanda bana destek olan, bugünlerin oluşmasında en büyük paya sahip olan ve hakları hiçbir zaman ödenemeyecek aileme, özellikle de annem Nezete Dilek'e sonsuz şükranlarımı sunarım.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR v
İÇİNDEKİLER vi
ŞEKİLLER LİSTESİ ix
TABLOLAR LİSTESİ xiv
EKLER LİSTESİ xvi
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ xvii
ÖZET xxii
ABSTRACT xxiii
1. GİRİŞ 1
2. LİTERATÜR ÇALIŞMASI 3
2.1 Tünel Kalıp Sistemler 3
2.1.1 Genel bilgiler 3
2.1.2 Tünel kalıbın uygulanması 6
2.1.3 Tünel kalıbın sökülmesi 10
2.1.4 Tünel kalıp sistemlerinin avantajları 12
2.1.5 Tünel kalıp sistemlerinin dezavantajları 13
2.1.6 Tünel kalıp sistemlerinin yapısal ve statik özellikleri 14
2.1.6.1 Tünel kalıp sisteminin yapısal özellikleri 14
2.1.6.2 Tünel kalıp sisteminin statik özellikleri 15
2.1.7 Tünel kalıpla inşa edilen binalarda yapı malzemelerinin özellikleri 17
2.1.7.1 Beton 17
2.1.7.2 Çelik 18
2.1.7.3 Hasır çelik 18
2.2 Tünel Kalıp Sistemleri ve Çok Katlı Yüksek Yapılar 20
2.2.1 Tünel kalıp hakkında çalışmalar 20
2.2.2 Yüksek yapılar hakkında çalışmalar 23

2.3 Bina Özellikleri ile Birim Maliyet İlişkisi Hakkında Çalışmalar 24
2.3.1 Yapı özellikleri - Birim maliyet ilişkisi 25
2.3.1.1 Kat sayısı ile birim maliyet ilişkisi hakkında çalışmalar 25
2.3.1.2 Kat Sayısı ve birim maliyet ilişkisine dair değerlendirme 33
2.3.1.3 Kat alanı ile birim maliyet ilişkisi hakkında çalışmalar 34
2.3.1.4 Kat alanı ile birim maliyet ilişkine dair değerlendirme 36
2.3.1.5 Yapı yüksekliği ile birim maliyet ilişkisi hakkında çalışmalar 36
2.3.1.6 Yapı yüksekliği ile birim maliyet ilişkisine dair değerlendirme ... 46
2.4 Tünel Kalıp Sistemi Hakkında Yapılan Spesifik Çalışmalar 47
2.5 Türkiye Deprem Yönetmelikleri 59
2.6 TBDY 2018 Hakkında Genel Bilgiler 60
2.7 TDY 2007 ile TBDY 2018 Arasındaki Farklar 62
2.7.1 İçerik kıyaslaması 62
2.7.2 Deprem bölgeleri kıyaslaması 63
2.7.3 Deprem yer hareketi düzeyleri (DD) 72
2.7.4 Binanın kullanım amacı ve katsayısı 73
2.7.5 Zemin sınıfları 73
2.7.6 Bina kullanım sınıfı ve bina önem katsayısı 74
2.7.7 TBDY 2018'daki yeni tanımlamalar 75
2.7.8 TBDY 2018'daki uygulama ve hesaplama değişimleri 76
2.7.9 Perdelerde stabilite ve plastik mafsal etkisi 78
2.7.10 Taşıyıcı sistem rijitliğindeki değişimin etkisi 80
2.7.11 Perde uç bölgeleri ve uç donatıları 81
2.7.12 Tasarım eğilme momentleri ve zaman tanım aralığı 83
3. MATERYAL VE METOT 85
3.1 Çalışmaya Konu Yapılar 86
3.2 Analiz 87

3.2.1 Modellemenin yapılması 88
3.2.2 2007 Deprem yönetmeliği analiz parametreleri 88
3.2.3 2018 Deprem yönetmeliği analiz parametreleri 94
3.3 Maliyet Analizi 100
4. BULGULAR VE TARTIŞMA 107
4.1 Dayanım Açısından Bulgular 107
4.1.1 Periyod kıyaslaması 107
4.1.2 Katlara etkiyen yatay deprem kuvvetleri 111
4.1.3 Kat yer değiştirmeleri 115
4.1.4 Etkin göreli kat ötelemeleri 120
4.1.5 Donatı değişimleri 123
4.1.6 Statik program ile yapılan analiz sonuçları ile kıyas 129
4.2 Maliyet Açısından Bulgular 130
4.2.1 Yönetmelik değişikliği açısından oluşan maliyet farklılığı 130
4.2.2 Kat sayısının maliyete olan etkisi 133
5. SONUÇ VE ÖNERİLER 141
5.1 TDY 2007'den TBDY 2018 Yönetmeliğine Geçişin ve Bina Yüksekliğinin Doğurduğu Sonuçlar 141
5.1.1 Dayanım açısından sonuçlar 141
5.1.2 Maliyet açısından sonuçlar 143
5.2 Öneriler 144
KAYNAKLAR 147
EKLER 153
ÖZGEÇMİŞ 214

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1 Tünel kalıp sistemi ile inşası devam eden yapı 4
Şekil 2.2 Tünel kalıp montajı bittikten sonra donatı yerleştirmesi devam eden yapı .. 5
Şekil 2.3 Örnek bir tünel kalıp elemanı 7
Şekil 2.4 Kapı ve pencere için boşluk elemanlarının yerleştirilmesi 8
Şekil 2.5 Ayarlanabilir destek çubukları 9
Şekil 2.6 Tünel kalıp sistemlerinde kürleme işlemi 10
Şekil 2.7 Duvar başlangıcı. 11
Şekil 2.8 Kat sayısı – birim alan başına düşen maliyet 27
Şekil 2.9 Kat sayısı – birim maliyet 28
Şekil 2.10 Kat sayısı – birim maliyet 29
Şekil 2.11 Kat sayısı – (a) Temel ve bodrum katlar birim maliyeti. (b) Çatı işleri birim maliyeti. (c) Asansör işleri birim maliyeti 30
Şekil 2.12 Kat sayısı – bina toplam birim maliyeti 31
Şekil 2.13 Kat sayısı – inşaat işleri birim maliyeti 32
Şekil 2.14 Kat sayısı – tesisat işleri birim maliyeti 32
Şekil 2.15 Kat sayısı – daire başına düşen maliyet 33
Şekil 2.16 Kat alanı – birim maliyet 34
Şekil 2.17 Kat alanı – birim maliyet 35
Şekil 2.18 Kat çevresi/kat alanı oranı 35
Şekil 2.19 Kat alanı – birim maliyet 36
Şekil 2.20 Birim maliyet – yükseklik 40
Şekil 2.21 Yükseklik – birim maliyet 42
Şekil 2.22 Yükseklik – birim maliyet 43
Şekil 2.23 Yükseklik – temel ve bodrum katlar inşaat işleri toplam birim maliyeti .. 44
Şekil 2.24 Yükseklik – normal katlar kaba inşaat işleri birim maliyeti 44
Şekil 2.25 Yükseklik – sıhhi tesisat işleri birim maliyeti 45
Şekil 2.26 Yükseklik bazında ortalama imalat kalemi birim maliyeti 46
Şekil 2.27 Yüksekliğe bağlı değişen toplam yer değiştirme 49
Şekil 2.28 Çeşitli bina tiplerinin maliyet analizi 51
Şekil 2.29 Maliyet kıyaslaması 52

Şekil 2.30 Modelin parametreleri 54
Şekil 2.31 Kat sayısının maliyet ile olan ilişkisi 55
Şekil 2.32 Yer sismik hareketleri 55
Şekil 2.33 Spektral hızlanmalar 56
Şekil 2.34 Kat yer değiştirmeleri 56
Şekil 2.35 Göreli kat ötelemesi 56
Şekil 2.36 Taban kesme değerleri 57
Şekil 2.37 TDY 2007 Deprem Yönetmeliğinde kullanılan deprem haritası 64
Şekil 2.38 PGA – 43 (43 yıllık tekerrür periyodu için en büyük yer ivmesi) 64
Şekil 2.39 PGA – 72 (72 yıllık tekerrür periyodu için en büyük yer ivmesi) 65
Şekil 2.40 PGA – 475 (475 yıllık tekerrür periyodu için en büyük yer ivmesi) 65
Şekil 2.41 PGA – 2475 (2475 yıllık tekerrür periyodu için en büyük yer ivmesi) 66
Şekil 2.42 SS – 43 (43 yıllık tekerrür periyodu için kısa periyottaki (0.2 sn.) spektral ivme) 66
Şekil 2.43 SS – 72 (72 yıllık tekerrür periyodu için kısa periyottaki (0.2 sn.) spektral ivme) 67
Şekil 2.44 SS – 475 (475 yıllık tekerrür periyodu kısa periyottaki (0.2 sn.) spektral ivme) 67
Şekil 2.45 SS – 2475 (2475 yıllık tekerrür periyodu kısa periyottaki (0.2 sn.) spektral ivme) 68
Şekil 2.46 S1 – 43 (43 yıllık tekerrür periyodu için 1.0 sn. ’deki spektral ivme) 68
Şekil 2.47 S1 – 72 (72 yıllık tekerrür periyodu için 1.0 sn. ’deki spektral ivme) 69
Şekil 2.48 S1 – 475 (475 yıllık tekerrür periyodu 1.0 sn. ’deki spektral ivme) 69
Şekil 2.49 S1 – 2475 (2475 yıllık tekerrür periyodu 1.0 sn. ’deki spektral ivme) 70
Şekil 2.50 PGV – 43 (43 yıllık tekerrür periyodu için en büyük yer hızı) 70
Şekil 2.51 PGV – 72 (72 yıllık tekerrür periyodu için en büyük yer hızı) 71
Şekil 2.52 PGV – 475 (475 yıllık tekerrür periyodu için en büyük yer hızı) 71
Şekil 2.53 PGV – 2475 (2475 yıllık tekerrür periyodu için en büyük yer hızı) 72
Şekil 2.54 Perde ve çerçeve sistemlerinin yatay yükler altında şekil değiştirme durumları 80
Şekil 2.55 TBDY 2018’de perde donatılarının kenetlenme detayları 82
Şekil 2.56 Perdelerde moment dağılımı 84
Şekil 3.1 BK bloğu mimari kat planı 86

Şekil 3.2 CK bloğu mimari kat planı 87
Şekil 3.3 Analiz ayarları deprem yönetmeliği seçim diyaloğu 88
Şekil 3.4 TBDY seçenekleri..... 89
Şekil 3.5 TDY 2007'ye göre tanımlanan süneklik düzeyleri..... 90
Şekil 3.6 TDY 2007'ye göre davranış katsayıları..... 91
Şekil 3.7 R katsayısı seçimi 92
Şekil 3.8 Tasarım spectrum fonksiyonu..... 93
Şekil 3.9 Temel ve zemin parametreleri 93
Şekil 3.10 Deprem yer hareketi düzeyi..... 95
Şekil 3.11 Yerel zemin sınıfı seçim ekranı 95
Şekil 3.12 Tasarım spektrumlarının girildiği ekran 96
Şekil 3.13 TBDY 2018'de SDS hesabı için kullanılan tablolar..... 97
Şekil 3.14 Deprem tasarım sınıfı seçimi 98
Şekil 3.15 Bina yükseklik sınıfı 98
Şekil 3.16 Performans hedefi..... 99
Şekil 3.17 R katsayısı seçimi 99
Şekil 3.18 4/5 R uygulama ayarı..... 100
Şekil 4.1 BK ve CK tipi yapılarda katlara göre mod 1 periyodları..... 108
Şekil 4.2 BK ve CK tipi yapılarda katlara göre mod 2 periyodları..... 108
Şekil 4.3 BK ve CK tipi yapılarda katlara göre mod 3 periyodları..... 109
Şekil 4.4 TBDY 2018 hâkim doğal titreşim periyodu hesabı 110
Şekil 4.5 Katlara etkiyen yatay deprem yükü 112
Şekil 4.6 BK bloğunun 2007 Deprem Yönetmeliği ve 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine göre yatay deprem yükü karşılaştırılması (x yönü) 113
Şekil 4.7 BK bloğunun 2007 Deprem Yönetmeliği ve 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine göre yatay deprem yükü karşılaştırılması (y yönü) 113
Şekil 4.8 CK bloğunun 2007 Deprem Yönetmeliği ve 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine göre yatay deprem yükü karşılaştırılması (x yönü) 114
Şekil 4.9 CK bloğunun 2007 Deprem Yönetmeliği ve 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine göre yatay deprem yükü karşılaştırılması (y yönü) 114
Şekil 4.10 BK bloğunun 2007 Deprem Yönetmeliği ve 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine göre kat yer değiştirmesi karşılaştırılması (x yönü) 116

Şekil 4.11 BK bloğunun 2007 Deprem Yönetmeliği ve 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine göre kat yer değiştirmesi karşılaştırılması (y yönü) 116
Şekil 4.12 CK bloğunun 2007 Deprem Yönetmeliği ve 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine göre kat yer değiştirmesi karşılaştırılması (x yönü) 117
Şekil 4.13 CK bloğunun 2007 Deprem Yönetmeliği ve 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine göre kat yer değiştirmesi karşılaştırılması (y yönü) 117
Şekil 4.14 10 katlı BK bloğu ve CK bloğunun 2007 Deprem Yönetmeliği ve 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine göre rölatif kat yer değiştirmesi karşılaştırılması (x yönü)..... 118
Şekil 4.15 10 katlı BK tipi binanın lineer ve nonlineer kat yer değiştirmesi karşılaştırılması (x yönü)..... 119
Şekil 4.16 10 katlı CK tipi binanın lineer ve nonlineer kat yer değiştirmesi karşılaştırılması (x yönü)..... 120
Şekil 4.17 BK bloğunun 2007 Deprem Yönetmeliği ve 2018 Bina Deprem Yönetmeliğine göre etkin göreli kat yer değiştirmesi karşılaştırılması (x yönü)..... 121
Şekil 4.18 BK bloğunun 2007 Deprem Yönetmeliği ve 2018 Bina Deprem Yönetmeliğine göre etkin göreli kat yer değiştirmesi karşılaştırılması (y yönü)..... 122
Şekil 4.19 CK bloğunun 2007 Deprem Yönetmeliği ve 2018 Bina Deprem Yönetmeliğine göre etkin göreli kat yer değiştirmesi karşılaştırılması (x yönü)..... 122
Şekil 4.20 CK bloğunun 2007 Deprem Yönetmeliği ve 2018 Bina Deprem Yönetmeliğine göre etkin göreli kat yer değiştirmesi karşılaştırılması (y yönü)..... 122
Şekil 4.21 Katlı BK tipi bina için rastgele seçilen P026 perdesinin zemin kat donatı planı..... 123
Şekil 4.22 Katlı CK tipi bina için rastgele seçilen P024 perdesinin zemin kat donatı planı..... 123
Şekil 4.23 15 Katlı BK tipi binada bulunan P026 perdesinin katlara göre gerekli donatı oranı..... 126
Şekil 4.24 15 Katlı CK tipi binada bulunan P024 perdesinin katlara göre gerekli donatı oranı..... 126
Şekil 4.25 15 Katlı BK tipi binada bulunan P026 perdesinin katlara göre eksenel yükleri (ton/cm)..... 127
Şekil 4.26 15 Katlı CK tipi binada bulunan P024 perdesinin katlara göre eksenel yükleri (ton/cm)..... 127

Şekil 4.27 Katlı BK tipi binada bulunan P026 perdesinin katlara donatı detayları . 128
Şekil 4.28 Katlı CK tipi binada bulunan P024 perdesinin katlara donatı detayları . 129
Şekil 4.29 BK blok maliyet bileşenleri 136
Şekil 4.30 CK blok maliyet bileşenleri 136
Şekil 4.31 BK yapısı m² maliyetleri..... 138
Şekil 4.32 CK yapısı m² maliyetleri..... 138

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 2.1 Tünel kalıp imalat aktiviteleri 5
Tablo 2.2 Yapı özelliği ve maliyeti hakkında yapılmış çalışmalar 24
Tablo 2.3 Kat sayısı ile birim maliyet ilişkisi 26
Tablo 2.4 Maliyet dağılımları 30
Tablo 2.5 Picken ve Ilozor'un (2003) çalışmasındaki binalara ait veriler 41
Tablo 2.6 Türkiye'de yürürlüğe giren yönetmelikler 60
Tablo 2.7 TDY 2007 bina önem katsayısı (I) tablosu 74
Tablo 2.8 TBDY 2018 bina önem katsayısı (I) tablosu 75
Tablo 2.9 Etkin kesit rijitliği çarpanları 78
Tablo 3.1 TDY 2007 bina önem katsayısı tablosu 90
Tablo 3.2 Tünel kalıp malzemelerinin hazırlanması 102
Tablo 3.3 Kule vinç montaj, kullanım ve demontajı 102
Tablo 3.4 Sarf malzemeler 102
Tablo 3.5 Ahşap kalıp (kiriş ve radye) 103
Tablo 3.6 Betonarme çeliği (ince) 103
Tablo 3.7 Betonarme çeliği (kalın) 103
Tablo 3.8 C30 hazır beton 104
Tablo 3.9 BK tipi yapının tünel kalıp ekibi 104
Tablo 3.10 CK tipi yapının tünel kalıp ekibi 105
Tablo 4.1 Mod 1 için periyot (s) sonuçları ve yüzdelik farkları 107
Tablo 4.2 Mod 2 için periyot (s) sonuçları ve yüzdelik farkları 108
Tablo 4.3 Mod 3 için periyot (s) sonuçları ve yüzdelik farkları 109
Tablo 4.4 Katlı BK tipi binada bulunan P026 perdesinin tüm katlar boyunca toplam donatı metrajı 124
Tablo 4.5 Katlı CK tipi binada bulunan P024 perdesinin tüm katlar boyunca toplam donatı metrajı 124
Tablo 4.6 Farklı bir program ile sonuçların karşılaştırılması 130
Tablo 4.7 BK yapısı metrajları 131
Tablo 4.8 CK yapısı metrajları 132
Tablo 4.9 Tünel kalıp malzemelerinin hazırlanması 134
Tablo 4.10 Kule vinç montaj, kullanım ve demontajı 134

Tablo 4.11 Sarf malzemeler 135
Tablo 4.12 Tünel kalıp montaj, kür uygulama, bakım ve demontaj 135
Tablo 4.13 Kalıp, donatı ve beton metrajları 135
Tablo 4.14 BK blok maliyetleri (TL) 136
Tablo 4.15 CK blok maliyetleri (TL) 137
Tablo 4.16 BK birim maliyet tablosu (m^2/TL) 137
Tablo 4.17 CK birim maliyet tablosu (m^2/TL) 137
Tablo 4.18 Yapı kat sayısına bağlı olarak değişen m^2 birim maliyeti 139

EKLER LİSTESİ

Ek 1: Tablolar..... 154
Ek 2: Şekiller..... 163

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

Simge	Açıklama
γ	Bağ kirişinde kullanılan çapraz donatı demetinin yatayla yaptığı açı
Δi	Binanın i'inci katındaki azaltılmış göreli kat ötelemesi
$\sum A_p$	Binanın tüm katlarının plan alanlarının toplamı
$\sum A_g$	Herhangi bir katta, göz önüne alınan deprem doğrultusuna paralel doğrultuda perde olarak çalışan taşıyıcı sistem elemanlarının enkesit alanlarının toplamı
$\sum A_p$	Binanın tüm katlarının plan alanlarının toplamı
μ_Δ	Perde deplasman sünekliği
μ_ϕ	Perde eğilme sünekliği
A_0	Etkin yer ivme katsayısı
A(T)	Spektral ivme katsayısı
A_0	Etkin yer ivmesi katsayısı
A_{ch}	Boşluksuz perdenin, bağ kirişli perdede her bir perde parçasının, brüt enkesit alanı
a_s	Döşeme sürekli kenar uzunlukları toplamının kenar uzunlukları toplamına oranı
A_{sd}	Bağ kirişinde çapraz donatı demetinin her birinin toplam alanı
A_{sh}	Duvarda bulunan yatay donatıların toplam kesit alanı
B_a	Taşıyıcı sistem elemanının a asal ekseni doğrultusunda tasarıma esas iç kuvvet büyüklüğü
B_{ax}	Taşıyıcı sistem elemanının a asal ekseni doğrultusunda, x doğrultusundaki depremden oluşan iç kuvvet büyüklüğü
B_{ay}	Taşıyıcı sistem elemanının a asal ekseni doğrultusunda, x 'e dik y doğrultusundaki depremden oluşan iç kuvvet büyüklüğü
B_B	Mod birleştirme yönteminde mod katkılarının birleştirilmesi ile bulunan herhangi bir büyüklük

B_b	Taşıyıcı sistem elemanının b asal ekseni doğrultusunda tasarıma esas iç kuvvet büyüklüğü
B_{bx}	Taşıyıcı sistem elemanının b asal ekseni doğrultusunda, x doğrultusundaki depremden oluşan iç kuvvet büyüklüğü
B_{by}	Taşıyıcı sistem elemanının b asal ekseni doğrultusunda, x 'e dik y doğrultusundaki depremden oluşan iç kuvvet büyüklüğü
B_D	BB büyüklüğüne ait büyütülmüş değer Binanın tüm katlarının plan alanlarının toplam
b_k	Birbirine dik yatay doğrultuların her biri için, perde uç bölgesi çekirdeğinin enkesit boyutu
b_w	Perde gövde kalınlığı
C	Taban kesme kuvveti katsayısı [$A\ (T_1)$ / $R_a\ (T_1)$]
d	Kirişin faydalı yüksekliği
D.B.Y.B.H.Y.	Deprem bölgelerinde yapılacak binalar hakkında yönetmelik (2007)
d_{fi}	Binanın i'inci katında fiktif yüklerine göre hesaplanan yer değiştirme
D_i	Eşdeğer deprem yükü yönteminde burulma düzensizliği olan binalar için i'inci katta m %5 ek dışmerkezliğe uygulanan büyütme katsayısı
F_{fi}	Birinci doğal titreşim periyodunun hesabında i 'inci kata etkiyen fiktif yük
F_i	Eşdeğer deprem yükü yönteminde i 'inci kata etkiyen eşdeğer deprem yükü
f_{cd}	Betonun tasarım basınç dayanımı
f_{ck}	Betonun karakteristik silindir basınç dayanımı
f_{ctd}	Betonun tasarım çekme dayanımı
f_{ywd}	Enine donatının tasarım akma dayanımı
f_{ywk}	Enine donatının karakteristik akma dayanımı
g	Yerçekimi ivmesi (9.81 m/s2)
g_i	Binanın i 'inci katındaki toplam sabit yük
h	Perdenin göz önüne alınan deprem doğrultusundaki enkesit

	boyutu
H_{cr}	Kritik perde yüksekliği
H_i	Binanın i'inci katının temel üstünden itibaren ölçülen yüksekliği (Bodrum katlarında rijit çevre perdelerinin bulunduğu binalarda i 'inci katın zemin kat döşemesi üstünden itibaren ölçülen yüksekliği)
h_k	Kiriş yüksekliği
H_N	Binanın temel üstünden itibaren ölçülen toplam yüksekliği
h_w	Perdenin plandaki kalınlığı
l_b	TS-500'de çekme donatısı için verilen kenetlenme boyu
l_n	Perdenin kirişler arasında kalan serbest yüksekliği, kirişin perde yüzleri arasında kalan serbest açıklığı
l_{sn}	Döşemenin kısa doğrultudaki serbest açıklığı
l_w	Perdenin veya bağ kirişli perde parçasının plandaki uzunluğu
m_i	Binanın i'nci katının kütlesidir.($m_i = w_i/g$)
M_{xn}	Göz önüne alınan x deprem doğrultusunda binanın n'inci doğal titreşim modundaki etkin kütle
M_{yn}	Göz önüne alınan y deprem doğrultusunda binanın n'inci doğal titreşim modundaki etkin kütle
m	Döşeme uzun kenarının kısa kenarına oranı
$Ø_{xin}$	Kat döşemelerin rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda n'inci mod şeklinin i'inci katta x ekseni doğrultusundaki yatay bileşeni
$Ø_{yin}$	Kat döşemelerin rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda n'inci mod şeklinin i'inci katta y ekseni doğrultusundaki yatay bileşeni,
P_{sh}	Perdede yatay gövde donatılarının hacimsel oranı
R	Taşıyıcı sistem davranış katsayısı
$R_a(T_1)$	Deprem yükü azaltma katsayısı
S	Etriye aralığı
S_{11}	Boyuna doğrultudaki normal gerilme
S_{12}	Perdedeki kayma gerilmesi
S_{22}	Enine doğrultudaki normal gerilme

T_A, T_B	Spektrum karakteristik periyotları (s)
T_y	Binanın y yönündeki doğal titreşim periyodu (s)
T	Binanın doğal titreşim periyodu (s)
T_1	Binanın birinci doğal titreşim periyodu (s)
TBDY	Türkiye bina deprem yönetmeliği (2018)
TDY	Türkiye deprem yönetmeliği (2007)
T_x	Binanın x yönündeki doğal titreşim periyodu (s)
V_{tb}	Bina toplam deprem yükü
V_d	Tasarım kesme kuvveti
V_{perde}	Perde tasarım kesme kuvveti
V_r	Perde kesme dayanımı
V_{tB}	Mod birleştirme yönteminde, göz önüne alınan deprem doğrultusunda modlara ait katkıların birleştirilmesi ile bulunan bina toplam deprem yükü (taban kesme kuvveti)
V_u	Perde dayanım kesme kuvveti
W	Binanın, hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak bulunan toplam ağırlığı
W	Binanın, hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak bulunan toplam ağırlığı
W_g	Binanın bir katına etkiyen ölü yükü
w_i	Binanın i ‘inci katının, hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak hesaplanan ağırlığı
W_q	Binanın bir katına etkiyen hareketli yükü
w_v	Dinamik kesme büyütmesi katsayısı
α_s	Süneklik düzeyi yüksek perdelerin tabanında elde edilen kesme kuvvetlerinin toplamının, binanın tümü için tabanda meydana gelen toplam kesme kuvvetine oranı
α_S	Süneklik düzeyi yüksek perdelerin tabanında elde edilen kesme kuvvetleri toplamının, binanın tümü için tabanda meydana gelen toplam kesme kuvvetine oranı
β	Mod birleştirme yöntemi ile hesaplanan büyüklüklerin alt sınırlarının belirlenmesi için kullanılan katsayı

ΔF_N	Binanın n ‘inci katına (tepesine) etkiyen ek eşdeğer deprem yükü
δi	binanın i’inci katındaki etkin göreli kat ötelemesi
η_{bi}	i’inci katta tanımlanan burulma düzensizliği katsayısı
η_{ci}	i’inci katta tanımlanan dayanım düzensizliği katsayısı
η_{ki}	i’inci katta tanımlanan rijitlik düzensizliği katsayısı
θ_i	i‘inci katta tanımlanan ikinci mertebe gösterge değeri
Φ_{xin}	Kat döşemelerinin rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, n‘inci mod şeklinin i ‘inci katta x ekseni doğrultusundaki yatay bileşeni
Φ_{yin}	Kat döşemelerinin rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, n‘inci mod şeklinin i ‘inci katta y ekseni doğrultusundaki yatay bileşeni
$\Phi_{\theta in}$	Kat döşemelerinin rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, n‘inci mod şeklinin i ‘inci katta düşey eksen etrafındaki dönme bileşeni

ÖZET

TÜNEL KALIP İLE İNŞA EDİLEN YAPILARIN 2007 VE 2018 DEPREM YÖNETMELİKLERİNE GÖRE DAYANIM VE MALİYET AÇISINDAN İNCELENMESİ

Dilek, Yılmaz
Doktora Tezi, İnşaat Mühendisliği
Danışman: Prof. Dr. Abdulhalim Karaşin
Ocak 2023, 239 sayfa

Coğrafi konumundan dolayı üzerinden birçok aktif fay ile öngörüde bulunulamayan birçok sismik aktiviteye maruz kalan Türkiye'de geçmiş dönemlerde bu sebeplerden dolayı birçok yıkım ve yüksek miktarda can kayıpları yaşanmıştır. Aktif faylar ve sismik aktiviteler ülke için en önemli gündem maddelerinden biri haline gelmiştir. Bundan dolayı ülkemizde yapı tasarımları yapılırken depreme karşı daha doğru davranış gösteren yapı tasarımı yapılması ile ilgili sürekli olarak çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışma ile yapılarda kullanılan ve popüler hale gelen tünel kalıp sistemlerin kullanılması ile yapılan yapıların 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine göre analizinin yapılmasında eski ve yürürlükte olmayan 2007 Deprem Yönetmeliğine göre karşılaştırmalı olarak dayanım ve maliyet açısından göstermiş olduğu farklar araştırılmıştır. Bu çalışmaya ilave olarak yapıdaki kat sayısı ile tipik kat planlarının düzenli olmalarının da araştırılan sonuçları nasıl etkilediği konusu araştırılmıştır. Bu araştırma için iki tip yapı ele alınmıştır. Bu nedenle 5, 10, 15, 20, 25 ve 30 katlı yapı modelleri oluşturularak 2007 Deprem Yönetmeliği ve 2018 Deprem Yönetmeliğine göre ayrı ayrı tasarımları yapılarak analiz edilmiştir. Sonuç olarak yapılan analizler değerlendirildiğinde 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine göre yapılan tasarım analizi daha gerçekçi sonuçlar göstermiş olup tasarım analizi çevresel girdileri daha doğru olarak sağlamıştır. Yapının katlarına etki eden deprem yükü düzenli olan yapılarda 5 katlı yapılarda %2,1 artış göstermiş olup 10 katlı yapılarda %21,8 oranında 15 katlı yapılarda ise %12,2 oranında azalış göstermiştir. Daha düzensiz yapılarda ise 5 kat için %18,8 artmış, 10 katlı yapıda %11,4 ve 15 katlı yapıda %10,5 oranında azalmıştır. Maliyet açısından 5 katlı binalarda toplam maliyette %0,07 oranında bir artış, 10 katlı yapılarda %2.45 ve 15 katlı yapılarda %3,91 oranında düşüş elde edilmiştir. Bu neticelerin yanında kat sayısına bağlı olarak m² fiyatları tahmin eden ampirik bir formül oluşturulmuştur.

Anahtar Kelimeler: 2007 Deprem Yönetmeliği, 2018 Türkiye bina Deprem Yönetmeliği maliyet, Dayanım, Tünel kalıp sistemler

ABSTRACT

EXAMINATION OF STRUCTURES BUILT WITH TUNNEL FORMWORK IN TERMS OF STRENGTH AND COST ACCORDING TO THE EARTHQUAKE REGULATIONS OF 2007 AND 2018

Dilek, Yılmaz
Ph.D. in Departmant of Civil Engineering
Supervisor: Prof. Dr. Abdulhalim Karaşin
January 2023, 239 pages

Turkey has always been exposed to active fault lines passing through and unpredictable seismic activities. These ground movements have always been one of the important issues in our country, which have led to great destruction and loss of lives and property in its past. For this reason, our earthquake codes, which aim to design more accurately against earthquake movements, are continuously made improvements. In this research, the analysis of structures built with tunnel formwork system which is popular today with the new earthquake code entered into force in 2019, the strength and cost according to the old earthquake code in terms of what differences will occur. In addition to the research, investigated how the number of storeys and regular floor plans affect the results. For this purpose, two types of structures were covered with 5, 10, 15, 20, 25 and 30 story models were created, first in the 2007 earthquake code, then in the 2018 earthquake code, design analysis was carried out. As a result, the new earthquake code, which came into force in 2019, led to more realistic results as it provides more accurate environmental inputs used in design analysis. Horizontal earthquake loads affecting floors increased by 2,1% for 5 story in regular structures, decreased by 21,8% for 10 story and 12,2% for 15 story. In more irregular structures, it increased 18,8% for 5 story, 10 story structure decreased by 11,4% and 15-storeys structure decreased by 10,5%. In terms of cost, there was a 0,07% increase in total cost in 5-storey buildings, 2,45% in 10-storey buildings and 3,91% reduction in 15-storey buildings. Additionally, an empirical formula was derived to estimate the cost per square meter based on the number of stories.

Keywords: Tunnel formwork, Cost, Strength, Earthquake regulation

1. GİRİŞ

Beton, basınç dayanımı yüksek, istenilen kıvamda üretilebilen, kalıplar yardımı ile istenilen şekil verilebilen ve katılaştıktan sonra eski haline dönmeyen bir malzemedir. Beton, kimyasal bileşimi gereği dış basınç kuvvetlerine karşı çok iyi bir performans sergilerken, çekme kuvvetlerine de bir o kadar zayıf kalmaktadır. Bu yüzden çekme kuvvetlerine karşı dayanımı düşük olan betonun bu eksikliğini karşılamak maksadıyla, çekme dayanımı yüksek olan ikinci bir malzeme yerleştirilir. Donatı adı verilen bu çelik malzeme, ince çubuklar halinde, beton kesitinde çekme kuvvetinin etkili olduğu bölgelerde nizami ve bu kuvveti karşılayacak miktarda yerleştirilir. Oluşan bu beton ve donatılı malzeme birleşimine "betonarme" adı verilir.

Betonarme elemanlar, inşa edilmesinden sonra genel anlamda kendi ağırlığı ve hareketli yüklerin etkisi altında kalırlar. Fakat, bazı zamanlarda yer kabuğunun asırlık hareketleri sonucunda belirsiz zamanlarda sismik hareketlenmeler meydana gelir. Bu durumda kendi üzerindeki yükleri temelden toprağa ileten betonarme yapı, tam tersi bir şekilde yerden kendi üzerine çeşitli kuvvetler alır. Bu kuvvetler yer hareketinin ön görülemeyecek kadar düzensiz ve ani titreşimleri ile oluşurlar. Betonarme yapı, bu kuvvetleri temelden alır ve en tepeye kadar dağıtmaya çalışır. Bu esnada betonarme yapının bazı elemanlarında aşırı yüklenmeler olabilir ve eleman, enerji çıkışının sağlanması maksadıyla çatlamalara maruz kalır. Bu durum yükün yukarılara şiddetinin azaltılarak iletilmesi açısından iyidir, fakat eleman zayıflar ve oluşan hasar elamanın öngörülemeyen oranda kapasitesinin azalmasına sebep olur.

İnşa edilen her binanın rijitliğine bağlı olarak belirli bir periyodu vardır. Yapının bir tam salınım hareketini tamamlaması için geçen süreye periyot denir. Yapının bu özelliği çok önemlidir. Bir yapı statik açıdan tasarlanırken, bu parametre dikkate alınmalıdır. Yapı periyodu rastgele seçilmez veya böyle yaptık neticede bu çıktı şeklinde yorumlanmaz. Eğer gerekli kontroller yapılmazsa yer kütlede oluşan sismik kuvvetler, tasarladığınız yapının sadece bir kolonuna etki edebilir ve mutlak göçmelere sebebiyet verebilir.

Bir bina periyodu yer hareketinin periyodu ile çakışmamalıdır. Bu durum olduğu zaman rezonans adı verilen durum gerçekleşir ve bina yaşayabileceği en yüksek deplasmanı yapar. Bu durumda binanın ağırlık merkezi kayar ve binanın deplasman yaptığı tarafta çok yüksek bir basınç, diğer tarafta ise yüksek bir çekme kuvveti doğar. Ayrıca elemanların bağlantı bölgelerinde büyük momentler oluşur. Sonuçta binada kaçınılmaz hasarlar oluşur ve dayanım kapasitesini belirli bir ölçüde kaybetmesi ile sonuçlanır, eleman ve malzemelerde oluşan çatlaklar deprem esnasında yapıyı rezonans etkisinden çıkarmaya yetmez ise büyük ihtimal ile yapısal göçmeler meydana gelir.

Bir bina, rezonans etkisine maruz kalmaması için periyodu, yer periyodu hesaba katılarak tasarlanır. Bu tasarım genelde iki şekilde olur; karkas sistem ve perdeli sistem. Karkas sistem kolon, kiriş ve perdelerden oluşurken, perdeli sistemler sadece perdelerden oluşur. Bu durumda kolon ve kirişin yapması gereken işi perdeler yapar. Karkas sistemler perdeli sistemlere göre daha sünek bir davranış göstererek rijitliği perdelerle desteklenebilir. Perdeli sistemler ise rijit büyük kitleler halinde oluşturulur ve periyodları düşük olur.

Bu iki sistemin kendine göre kullanım alanlar ve avantajları vardır. Fakat betonarme tasarım yapılırken yanlış sistem seçimi binanın kullanım ömrünü ve kullanıcı konforunu önemli derecede düşürmektedir.

Ayrıca bu iki sistemin yapım teknolojisi açısından da farklılıkları vardır. Kalıp sistemleri perdeli sistemlerde uzun ömürlü ve pahalı olurken, çerçeveli karkas sistemlerde geleneksel kalıp sistemleri kullanılır.

Bu çalışmada tünel kalıp sistemi kullanılarak inşa edilen binaların 2007 Deprem Yönetmeliği ve 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine göre maliyet, mukavemet (dayanım) alanlarda kıyaslaması yapılmıştır. Bu kapsamda literatür çalışması yapılmış ve ilgili yayınların sonuçları belirtilmiştir.

2. LİTERATÜR ÇALIŞMASI

Tünel kalıp ile inşa edilen betonarme binalar hakkında fazlaca yayın yapılmıştır. Bunlardan önemlileri aşağıda kısaca çalışmanın içeriği ve neticelerini kapsayacak şekilde açıklanmıştır. Yapılan bu araştırma ile ülkemizde ve global anlamda düşünmek gerekirse dünya üzerinde yapıların maliyetini etkileyen ana unsurlardan yapının fiziksel ve geometrik karakteristik özellikleri incelenerek elde edilen veriler incelenecektir. Buna ek olarak yapıların kat adedi ve yapıların taban alanlarının yapı maliyeti üzerinde oluşturmuş oldukları etki incelenmiş olup bu doğrultuda elde edilen veriler değerlendirilecektir. Çalışma içerisinde yapı özelliklerine değinmeden önce çalışma konusu yapıların tünel kalıp sistemler kullanılarak elde edilen yapılar içerisinde olmasından dolayı ilk olarak kuramsal anlamda tünel kalıp sistemleri ile yüksek yapılar hakkında bilgi verilecektir.

2.1 Tünel Kalıp Sistemler

2.1.1 Genel bilgiler

Tünel kalıp sistemlerini tanımlamak gerekirse bu sistemler 2. Dünya Savaşı'ndan sonraki yıllar içerisinde Fransa'da özellikle düşük maliyetli konut ihtiyacına karşılık ortaya çıkan bir kalıp sistemidir (Nasvik, 2003). Bu sistemi tanımlayan başka bir ifade de yapım işinin döşemesi ile taşıyıcı perde duvarının tek parça halinde imalatına yerinde beton dökme yöntemi ile olanak sağlayan kalıp sistemidir (Sıngın, 2000). Tünel kalıp sistemlerin bir başka şekilde tanımlamak gerekirse yerinde dökülen betonun istenilen gibi prizini alması için uygulanan sistemlerdir. Geleneksel kalıp sistemine göre bu sistemleri farklı ve önemli kılan unsurların başında yapım hızı ile maliyet gelmektedir. Buradaki esas amaç yapılan her katta kalıpların sökülerek tekrar montajının yapılması yerine hızlı bir şekilde sökerek tekrar üst kata taşıyabilmektir. Tünel kalıp sistemlerde sahada yapılan uygulamalarda genellikle günlük olarak 1 kat yapılması hedeflenmektedir. Projeye göre imalatı yapılan tünel kalıp sistemler inşaatın genelinde kullanılmasına rağmen temel, merdiven ve çatı gibi özel kısımlarda geleneksel kalıp yöntemi kullanılabilir.



Şekil 2.1 Tünel kalıp sistemi ile inşası devam eden yapı

Tünel kalıp parçaları önce şantiye kenarında birleştirilir. İki yarım veya bir tam kalıp, kat imalatı için montajı yapılır. Gerekli rezervuarları bırakılarak beton dökümü gerçekleştirilir. Kış aylarında betonun hızlı priz alması için kalıp bölmelerinde ateş yakılır. Yaklaşık 8-12 saat arasında betonun gerekli dayanımı kazanması sağlattırılır. Bu bazı zamanlarda priz hızlandırıcı katkılar ile de desteklenebilir.

Tünel kalıp sistemlerde taşıyıcı sistem perde-döşeme olarak düşey ve yatay deprem yükleri karşılanmaktadır. Bazı noktalarda kiriş ve kolonlar ile desteklenebilmektedirler. Merdiven gibi ek elemanlar precast olarak getirilip montajı yapılırsa daha hızlı sonuçlara ulaşılabilir. Tünel kalıplarda genel olarak çelik hasır kullanılır. Fakat normal donatı çeliği de kullanılabilir.



Şekil 2.2 Tünel kalıp montajı bittikten sonra donatı yerleştirmesi devam eden yapı

Bir tünel kalıp ikinci el alınabilir veya hiç kullanılmamış olarak yaptırılabilir. Tünel kalıp sistemlerinin faydalı kullanım ömürleri ortalama olarak 500 yıldır. Tünel kalıp sistemler imalatlarda her kullanıldığında işçilerin kullanımına bağlı olması ile birlikte %1-2 oranında hasar alır ve tamir edilmesi gerekebilir.

Mesleki Yeterlilik Kurumunun (2011) yayımlamış olduğu tanıma göre tünel kalıpçılık; İnşaat katlarında imalat aşamasında döşeme ve perde duvarların birlikte yerinde beton ile dökülmesini sağlayan tünel kalıp sistemlerin geleneksel kalıp sistemlerine göre üretim hızları yüksek yapım hızları ise daha kısadır.

Ulusal meslek standardına göre tünel kalıp için gerekli iş listesi aşağıdaki gibidir.

Tablo 2.1 Tünel kalıp imalat aktiviteleri

Sahada (Proje Gereklerine ve Kullanma Talimatına Uygun Olarak) Kalıp Elemanlarının Montajını Yapmak	**B.1**	Saha mühendisi ile koordineli çalışmak
	B.2	İç dik panoları birleştirmek
	B.3	İç dik panolarla yatay panoları birleştirmek
	B.4	Kontrafij (prop) dikme tekeri ve çatalları monte etmek
	B.5	Arka panoları monte etmek
	B.6	Ağırlık merkezine kaldırma deliği açmak
	B.7	Kaldırma profilinin montajını yapmak
	B.8	Kalıbı numaralamak
	B.9	Kalıp elemanlarını hazır hale getirmek
	B.10	Kalıp elemanlarını koruyucu yağdan arındırmak
	B.11	Döşeme ve perde alın elemanlarını kalıba monte etmek
	B.12	Rezervasyon elemanlarının yerini belirlemek
	B.13	Dış cephe panolarına çalışma platformunu monte etmek

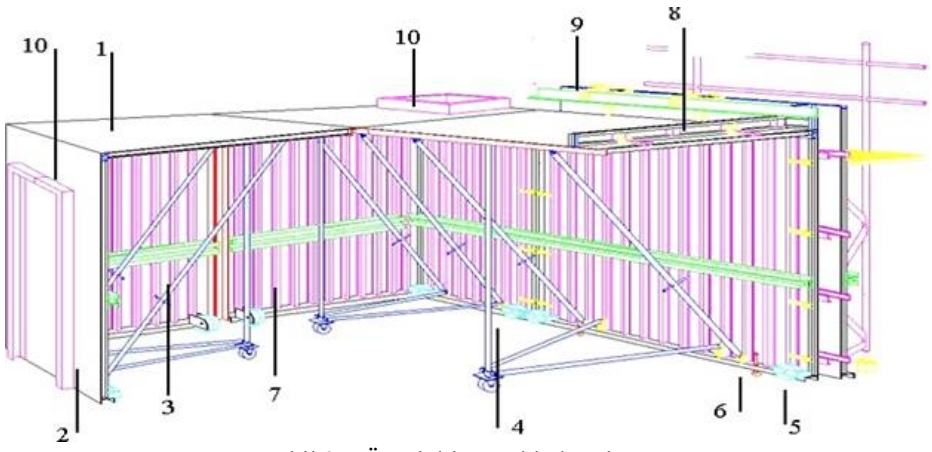
Tablo 2.1 (Devam)

Kalıp İskelelerinin Montajını Yapmak	**C.1**	Kalıp çıkartma iskelesi oluşturmak
	C.2	Dış pano iskelesini ve sahanlık platform iskelesini oluşturmak
	C.3	Korkuluk montajı yapmak
Topografın Gözetiminde Kalıbı Yerine Kurmak	**D.1**	Aks köşebentlerinin kurulumunu sağlamak
	D.2	Aksa tünel kalıp kotu vermek
	D.3	Kurulum sıralarına göre yarım tünellerin yerine konulmasını sağlamak
	D.4	Kalıbı kotuna getirmek
	D.5	Bağlantı saplamaları ve konikleri takmak
	D.6	Rezervasyon elemanlarını monte etmek
	D.7	Aks hizasındaki alt saplamaları sıkmak
	D.8	Dış cephe panosunu monte etmek
	D.9	Kalıbı şakule almak
	D.10	Orta ve üst saplamalarını sıkmak
	D.11	Döşeme ters sehimini vermek
	D.12	Mesafe ayar elemanlarını monte etmek
	D.13	Döşemede bulunan diğer rezervasyonların işlenmesini sağlamak
	D.14	Aks köşebentlerini monte etmek
	D.15	Kalıp son kontrolünü yapmak
	D.16	Kalıbı ısıtmak/nemlendirmek
	D.17	Beton dökümü sırasında kalıbı kontrol etmek
	D.18	Numune küpleri kırdırmak
Kalıbı Yerinden Sökmek	**E.1**	Aks köşebentlerini sökmek
	E.2	Döşeme ve perdedeki rezervasyonların cıvatalarını sökmek
	E.3	Saplamaları sökmek
	E.4	Dış cephe panosu kalıbını yerinden almak
	E.5	Tavan ve arka pano kancalarını sökmek
	E.6	Yarım tüneli tekerlek üzerine düşürmek
	E.7	Dikme tekerlerini bastırmak
	E.8	Teleskopik dikme ile döşemeyi desteklemek
	E.9	Rezervasyon elemanlarını sökmek
	E.10	Yeni kurulan kalıba taşınmak üzere betondan konikleri sökmek
	E.11	Tüm iskelelerin ve panellerin bir sonraki etaba taşınmasını sağlamak
Kalıbı Bir Sonraki Döküme Hazırlamak	**F.1**	Kalıp yüzeylerinin beton atıklarından temizlenip temizlenmediğini kontrol etmek
	F.2	Kalıp tamiratını sağlamak
	F.3	Kalıba beton ayırıcı yağın sürülüp sürülmediğini kontrol etmek
	F.4	Kalıbı bir sonraki kurma yerine nakletmek
Kullanım Sonrası İşlemleri Yapmak	**G.1**	Kalıbın demontajını yapmak
	G.2	Panoları temizlemek ve yağlamak
	G.3	Pano yüzeyine koruyucu yağ sürmek
	G.4	Kalıp elemanlarını paketletmek

2.1.2 Tünel kalıbın uygulanması

Tünel kalıp sistemlerin optimum sonuç verebilmesi için malzeme ve projelendirme seçimi kadar bunları doğru şekilde uygulayabilecek nitelikte kalifiye elemanlara gereksinim duyulmaktadır. Uygulama öncesi hazırlık, imalat sırasında dikkat

edilecek hususlar ve uygulama sonrası kalıpların bakımı gibi önem arz eden süreçlerde çalışmak üzere seçilecek personellerin tünel kalıp hakkında bilgi ve deneyim sahibi olmaları gerekmektedir. Aynı zamanda inşa edilecek yapının büyüklüğüne göre oluşturulacak ekipteki eleman sayısı genellikle maksimum 10 civarındadır. Yapılan çalışmalar göstermektedir ki çalıştırılacak eleman sayısından ziyade yapımda kullanılacak vinç ve beton üretme tesislerinin kapasitesi üretim miktarlarının gerçekleşmesinde limitleri belirleyen çok önemli iki etmendir (Sümer, 2003).



Şekil 2.3 Örnek bir tünel kalıp elemanı

Şekilde verilen kalıp elemanları oluşturan kısımlar ise; 1-döşeme panosu, 2-duvar panosu, 3-eğik dikme, 4-dikme, 5-tekerlek, 6-kriko, 7-yanak panosu, 8-duvar ve döşeme bitim panosu, 9-döşeme üst seviyesi ayarlama kiti ve 10-boşluk kalıplarıdır.

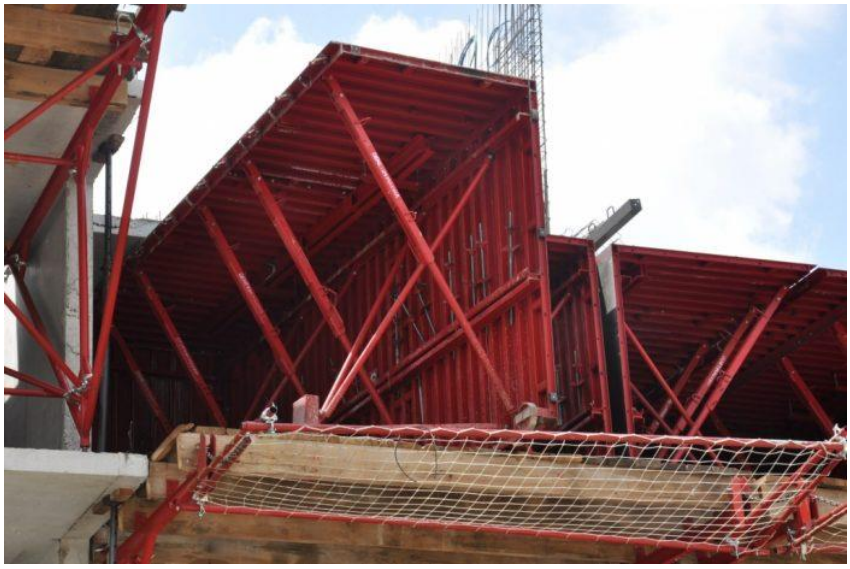
Projelendirme aşamasında gerekli olan ebat ve sayılarda imal edilmiş olan kalıplar şantiye sahasında uygulama ve montaj aşamasını beklemek üzere istiflenir. Zamanı geldiğinde yeterli miktarda kalıp yağı sürülerek projedeki yerine yerleştirilmek üzere hazırlanır. Tünel kalıp elemanları beton dökümü için uygun hacim oluşturulması için iki adet yarım kalıptan ve bunların uygulama sahasında birleştirilmesinden meydana gelir. Bu yarım elemanlar temel üstü zeminde veya bir önceki döşeme üzerinde oluşturulmuş olan aks betonundan yararlanılmak suretiyle yerleştirilir. Bahsi geçen aks betonu için yine bu imalat için özel olarak hazırlanmış olan özel kalıp elemanları kullanılır. Yapıda gerekli olan kapı ve pencere gibi boşlukların bırakılması gereken durumlarda belli ölçülerde imal edilmiş olan boşluk kalıpları adı verilen imalat gereçleri monte edilir. Boşluk kalıplarının yerleştirilme sırası betonarme demirleri ve

tesisat şebekeleri döşenmeden öncedir. Kapı ve pencereler için düşey kalıp elemanlarına, servis bacaları ve merdiven kovaları gibi kısımlar içinse yatay kalıp elemanlarına boşluk kalıpları yerleştirilir. Bu kalıplar sökülüp takılabilen, beton prizini aldıktan sonra benzer boşlukların tekrardan oluşturulabilmesi için yerinden sökülüp başka yerde kullanabilen portatif yapı elemanlarıdır. Kısacası yapıda gerekli olan tesisat boşlukları, baca, kapı, pencere ve mekanik giderler için kalıplara boşluk oluşturmak amacıyla belli aparatlar sabitlenir (Nasvik, 2003).



Şekil 2.4 Kapı ve pencere için boşluk elemanlarının yerleştirilmesi

Tüm montaj işlemleri bittikten sonra gerekli olan kontroller sağlanır ve beton dökme aşamasına geçilir. Projede belirtilen özelliklere sahip beton, beton santralinden gelir ve montaj ekibinden bağımsız bir "beton döküm ekibi" tarafından kalıplara dökülür. Tünel kalıplarında montaj aşamasında kritik öneme sahip unsurlardan biri de üsteki döşeme kalıbından alt kattaki duvar kalıbına uzanan, ayarlanabilir çapraz destek çubuklarıdır. Bu destek çubuklarının en önemli vazifesi döşemeden gelen yükü (ağırlığı) perde duvar kalıbına aktarmak ve o kısımdan da bir alt katta bulunan perde duvarlara aktarılmasına yardımcı olmaktır.



Şekil 2.5 Ayarlanabilir destek çubukları

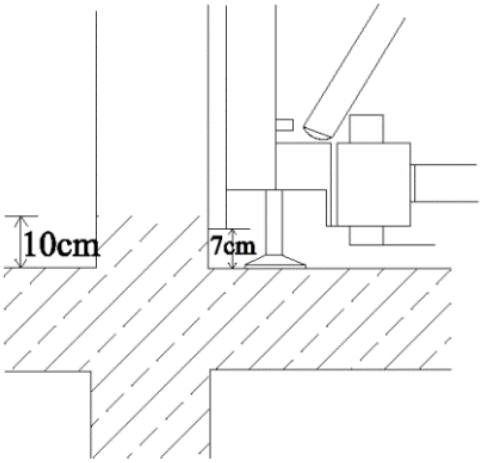
Tünel kalıp imalatının ilk yatırım maliyeti yüksek olduğundan tekrarlanabilir imalatların olduğu yapılarda tercih edilmektedir. Her ne kadar ilk aşamada maliyet fazla görünse de inşaat sağlamış olduğu işçilik maliyetlerindeki düşüş, yapım süresindeki %50'ye varan azalma, tekrar kullanılabilir olmanın getirdiği mali avantaj gibi unsurlarla beraber ortaya çıkan "güvenli yapılar" bu maliyetleri en düşük seviyeye indirmekte ve tercih edilme oranını arttırmaktadır (Tünel Kalıp, 2007). Ayrıca bu tür yapılarda en önemli unsur zaman olduğundan hazır beton kullanılmakta ve bununla beraber genelde kürleme işlemi yapılmaktadır. Bu kür işlemi neticesinde 24 saat sonra kalıp sökümü gerçekleştirilebilmektedir. Bu işlemin amacı beton döküldükten kısa bir süre sonra ısıya maruz bırakarak daha çabuk prizlenmesini sağlamaktır. Kürleme işleminde en dikkat edilmesi gereken husus ısı şokunu önlemektir. Bunun için de 2 saatten önce 50 ^{0}C ve 6 saatten önce de 100 ^{0}C'ye yükseltilmemelidir (Güler, 2009). Aksi takdirde beton içindeki rötre ve içsel dayanım gibi unsurlar beton kalitesi ve mukavemetine zarar verebilmektedir. Sıcak mevsimlerde toplam 5 saat, soğuk mevsimlerde ise toplam 8 saat kürleme yapılması ve bu kürleme işleminin yaklaşık 50 ^{0}C olması yeterli gelmektedir (Balkabak, 1998). Ülkemizde kürleme işlemi daha çok soğuk iklime sahip yerlerde tercih edilirken en sık kullanılan sistem ise tünel ağızlarının katranlı bezler veya naylon örtüler ile kapatıldıktan sonra oda içerisine yerleştirilen bütan gaz sobalarını yakma şeklinde yapılmaktadır.



Şekil 2.6 Tünel kalıp sistemlerinde kürleme işlemi

2.1.3 Tünel kalıbın sökülmesi

Kalıplar, söküme hazır hale geldiği sonraki gün yani beton dökümünün yaklaşık olarak on altı saat sonrasında sökülmeye başlanır. Beton dökümünün ardından geçen gün ve gece süresince kapalı halde taşıyıcı elemanı koruyan kalıplar sökülmeye hazır hale gelmekte ve açılmaktadır. Tünel kalıp sistemlerde söküm işleminde kalıp malzemesinin dış kalıplar ile aralarında olan bağlantı çözülerek tünel kalıplar hareket etmelerini sağlayan tekerleklerinin üzerinde hareket ettirilerek dışarı doğru götürülür. Tünel kalıplar vinç vasıtası ile yeni konumlarına götürülerek yerleştirilir. Yapı içerisinde bulunan minhalar (pencere, kapı vb. boşluklar) için ayrılmış olan rezervasyon kalıpları ise yapıda kullanılan tünel kalıp malzemelerinin sökümünün ardından sökülür. Tünel kalıp sistem kullanımı ile kat döşemesi (tabliyesi) ile döşeme üzerinde bulunan duvar başlangıç kısımlarına da beton dökülür. Bu duvarın başlangıç kısmı ise kat döşemesinin her iki tarafından 10 santimetre kadar yüksek olan kısımdır. Tünel kalıplar kat içerisine yerleştirilirken ve birbirleri ile birleştirilirken dikey kalıp panellerinin alt yüzeylerine montajı yapılmış olan kriko sistemler vasıtası ile hızlıca bir şekilde yapılır. Bu işlem aynı zamanda hassasiyet gerektirmektedir (Mesa İmalat, 1997).



Şekil 2.7 Duvar başlangıcı.

Tünel kalıp elemanlarının döşemeye oturan ayak kısımları betonun yüksekliğine göre ayarlanmakta olup kalıp malzemesinin alt kenarı ile bastığı zemin betonunun arasında 7 cm'lik bir yükseklik farkı kalacak şekilde ayarlanır. Kat yüksekliği 2,65 m / 265 cm olan bir konutta tünel kalıp malzemesinin yüksekliği 2,58 m / 258 cm olarak ayarlanır. Çelik malzemeden oluşan tünel kalıp sistem elemanı kullanılacağı alana vinç vasıtası ile getirilir. Kalıp elemanının gelmesinden sonra duvar başlangıcının bulunduğu 10 cm'lik çıkıntılara yanaştırılır ve kalıp yükseklik ayarı yapılır. Kalıp malzemesinin alt kısmında bulunan ayak vidaları kalıp yüksekliği ayarlamak için kullanılır. Kalıp yükseklik ayarının yapılmasının ardından iki adet tünel kalıp elemanı birbirine doğru yaklaştırılarak birbirlerine bağlantı elemanı ile bağlanır ve kelepçe ile sabit tutulur (Altan, 1995). Plan ve projelerde yer alan ölçüler doğrultusunda tünel kalıp elemanların karşılarına konulacak olan elemanlar da vinç vasıtası ile getirilerek birbirlerine kelepçe yardımı ile sabitlenir veya birtakım profillere sabitlenir ve bununla birlikte tünel kalıp sistem tamamlanarak betona hazır hale gelir. Birbiri ile karşılıklı olarak montajı yapılmış olan tünel kalıp sistem elemanlarının yatay doğrultuda istenen durumu karşılaması durumunda sistem içerisinde bulunan duvarlar düşey hale gelerek duvarlar için herhangi bir kalıba gerek kalmadan betona hazır hale gelmesine neden olmuştur. Tüm tünel kalıp sisteminin kurulmasının ardından döşeme betonunun geleceği üst yüzeye döşemenin açıklık mesafesinin %10'u kadar ters sehim ile yükseltme yapılır. Tünel kalıp sistemlerde dış duvarların yapımı için ise alın kalıbı olarak bilinen sistemler kullanılır. Alın kalıbı sistemi ile dış duvar yapımında çalışılan platformun üzerine montajı yapılmış

olan bu dış duvarın kalıpları tünel kalıp sistemlerin duvar panosu kısmına bağlanmaktadır. Dış duvar kalıbı ile tünel kalıp sisteminin duvar panosu kısmı arasında yapılan bu bağlantı yapının dış yüzeyinde bulunan kalkan duvar ile yan yana bulunan tünel kalıp sistemlerdeki beton duvarların yapımında duvarların eni kadar boyutlarda olan boylama konikleri aracılığı ile yapılır. Konik malzemeler çelik malzeme ile pik boru dan oluşan ve içerisinde bulunan ve kendilerini sıkıştırmaya yardımcı olan vidalar ile sıkılıp sabit açıklık elde ederler. Beton döküm işleminin bitmesiyle birlikte bu konik malzemeler tekrar kullanmak amacıyla geriye alınarak kullanılabilirler (Altan, 1995).

2.1.4 Tünel kalıp sistemlerinin avantajları

Uzun yıllardır Batı Avrupa'da kullanılan, daha sonraları diğer gelişmiş ülkelerde kullanılmaya başlayan önemli bir endüstrileşmiş yapım tekniğidir. Günümüze kadar farklı aşamalardan geçerek idealize olmuş ve birçok faydası optimum seviyeye ulaşmıştır. Bunların bazılarını sıralayacak olursak, ilk sırayı düşey ve yatay taşıyıcı yapı elemanlarını tek seferde dökmeye ve dolayısıyla monolitik bir yapı inşa etmemize olanak sağlaması diyebiliriz. Geleneksel kalıp sistemlerinde en sık karşılaşılan sorunlardan biri olan kolon, kiriş ve döşeme birleşim bölgelerinde meydana gelen inşaat ve/veya soğuk derz problemini ortadan kaldırmaktadır. Ayrıca düşey yapı elemanlarının tamamın perde olmasının getirdiği en büyük avantaj, yapının yatay kuvvetlere karşı üst düzey bir dayanım kazanması ve meydana gelen yüklerin temellere olabildiğinde homojen olarak dağılmasını sağlamaktadır. Tünel kalıp sistemleri birbirine benzeyen imalat yapım sistemi olduğundan döşeme kalınlıkları ve kat yükseklikleri de eşit olmakta ve yapının her bölgesinde detaylar benzer özellikler taşımaktadır. Elbette tünel kalıp sistemlerinin avantajlarının arasında tercih edilme noktasında belirleyici unsur yapım süresine olan pozitif etkisidir. Yapım süresi hakkında literatürde birçok çalışma bulunmakta ve bu çalışmalar neticesinde yapının kaba inşaat süresinin geleneksel kalıp yöntemine kıyasla yaklaşık %50 oranında azaldığı görülmektedir. Böylece imalat sırasında ve tüm yapım sürecinde anaparanın ve işgücünün bahsi geçen inşaata bağlanmasının önüne geçilir.

Tünel kalıp sistemlerinin avantajlarından biri de nitelikli işçi gereksiniminin az olmasıdır. Ortalama 9-10 kalifiye eleman ile kalıp montaj, bakım ve sökümü gerçekleştirilebilmektedir. Su ve elektrik tesisatı bağlantılarının, ısıtma, soğutma ve havalandırma malzemelerinin kalıp montajı sırasında betonun içine yerleştirilmesi sebebiyle sonraki ince işlerin ve bunlara bağlı işçilik maliyetleri oldukça azalmasını sağlar. Kalıplar projeye göre imal edilirken, oldukça düşük hata payıyla üretildiklerinden ötürü ölçüsel kesinlik sağlar ve kapı, pencere gibi imalatların daha proje aşamasında bile üretilebilmelerine olanak vererek hemen zaman hem de maddi olarak avantaj sağlanır. Bu kesin ölçülülük tekrarlanan bir biçimde imalata izin verdiğinden inşaat bitirme süresine de katkı sağlamaktadır (Alataş, 2002). Ayrıca tünel kalıp sisteminde hazırlanan kalıpların boyutlarının hassas olmasında ve bu boyutların ince ve kaba yapı elemanlarında belirli bir standart ölçüye ulaşmasını sağlamakta ve hem üretim hem de montajda süre, maliyet ve işçilik bazında önemli derecede düşüş gerçekleştirmektedir (Çelebioğlu, 2004). Sökümden sonra elde edilen beton yüzeyler kava veya ince sıva gibi imalatların yapılmasını gerektirmeyecek kadar düzgün olabilmekte ve bu yüzeylere boya, duvar kâğıdı gibi dekoratif malzemeler doğrudan uygulanabilmektedir (Şimşek, 2001).

2.1.5 Tünel kalıp sistemlerinin dezavantajları

Elbette her sistem gibi tünel kalıp sistemlerinin de bazı olumsuz yanlarından bahsetmek mümkündür. Bunlardan en önemlisi ısı yalıtım konusunda karşımıza çıkmaktadır. Her ne kadar günümüzde imal edilen yapıların büyük bir kısmı mantolama gibi ısı yalıtım malzemeleri ile imal ediliyor olsa da bu tür yalıtım malzemelerinin kullanılmadığı tünel kalıp sistemleri ile inşa edilen binalarda bina içi ısının korunumu hususunda sorunlar yaşanmaktadır. Isı kaybının yüksek olması ve ısının muhafaza edilememesi ısınma ve soğutma için harcanan yakıt miktarının yüksek olmasına, dış duvarlarda kabarma, kararma gibi olumsuz durumlar oluşmasına sebebiyet vermektedir. Isı yalıtım çözümlerine başvurulduğu takdirde ise hem ısısal konfor sağlanmakta hem de söz konusu maliyetler düşmektedir (Erbil, 2006).

Çelikten imal edilmiş kalıplar yüzlerce kere kullanılabilmelerine karşın kalıpların ilk üretim maliyetleri oldukça yüksektir. Bu maliyetin kendini amorti edebilmesi için yapılan araştırmalar en az 300 konut üretilmesi gerektiğini ortaya koymuş, bu sayıya ulaşmak ise her inşaat yatırımcısı için mümkün olmamaktadır. Bununla beraber bu çelik kalıpların montaj ve söküm aşamasında vinçler yardımıyla yerleştirilmelerinden ötürü rüzgârlı havalarda sorunlar meydana gelmekte, yapım sürecine negatif yansımaları olmaktadır. Perde ve döşemelerin birlikte ve tek seferde dökülmesi sebebiyle kimi zaman oldukça yüksek kapasiteli mikserler ve hazır beton tesislerine ihtiyaç duyulmaktadır (Alataş, 2002). Yapısı gereği beton döküm işlemi başladıktan sonra soğuk derz oluşmasına izin vermeyecek kadar hızlı şekilde beton döküm işlemi gerçekleşmelidir.

Tünel kalıp sistemlerinde karşılaşılan sorunlardan biri de gereğinden fazla ya da az kullanılan vibratör sebebiyle betonda ya homojen olmayan bir dağılımın meydana gelmesi veya ağır malzemenin dibe çöküp hafif malzemenin yüzeyde kalması gibi istenmeyen sonuçların oluşmasıdır. Bunun önüne geçmek içinse beton döküm aşamasında oldukça titiz bir işçilik sağlanması ve vibrasyon işleminin doğru şekilde uygulanması gerekmektedir (Korur, 2004).

Tüm bunlara ek olarak tünel kalıp sistemler monolitik bir yapıya sahiptirler ve bu sebeple oldukça rijit davranırlar. Bunun yapısal mukavemet olarak artıları olmakla beraber ses izolasyonu yapılmadığı takdirde ses sorunlarının ortaya çıkması kaçınılmazdır (İnalpolat, 1996). Benzer şekilde duvar yerine beton elemanlar ile inşa edildiğinden ötürü nem oranı yüksek bölgelerde romatizmal sorunlara sebebiyet vermektedir (Kâtip, 2004).

2.1.6 Tünel kalıp sistemlerinin yapısal ve statik özellikleri

2.1.6.1 Tünel kalıp sisteminin yapısal özellikleri

Yapılarda tünel kalıp sistemlerin uygulanması yapım işleyişini ekonomik bir şekilde sürdürmekte ve betonarme imalatın fiziksel karakteristik özellerinin yapıya kazandırmış oluğu faydalardan yüksek miktarda yararlanmasını sağlamaktadır. Ülkemiz gibi gelişmekte olan ülkelerin konut piyasasında yapım maliyetinin düşürülmesi amacıyla döşeme (tabliye) açıklık mesafesinin 5 metrenin altında olacak

şekilde tasarım yapılması gerekmektedir. Bu nedenle yapının döşemesinin açıklığının sınırlandırılması yapının da ekonomik olarak daha az maliyetle inşa edilmesi sonucunu doğurur. Bu sistem yapıları gereği yapının temelinde bağ kirişi ihtiyacını azaltarak tek bir kiriş görevi görerek yapının kuvvetlere karşı mukavemetini artırmaktadır. Yapıda bulunan perde duvarlar ve döşemeler oluşacak bir yangına karşı çok yüksek miktarda dayanıklı elemanlar olup ses yalıtımı konusunda da olukça etkilidirler. Tünel kalıp sistemlerin kullanılması ile üretilen duvarlar yapım işçiliğinin kolay olmasının ana nedeni bu sistemlerde çok fazla miktarda mekanik kalıpların üretimidir. Tünel kalıp sistemlerde tekil kolon veya kirişler bulunmamaktadır. Tekil kolon veya kirişlerin olmamasına rağmen planlama konusunda da esneklik bulunmaktadır. Tünel kalıp sistemler inşaat piyasasında genel olarak çelik malzemeden üretilmekte olup sistem elemanları birbirlerine nokta kaynak yöntemi ile kaynaklanırlar. Bu sistemlerde kullanılan takviye atkılarının profil tipleri ise genel olarak omega tipli profil veya omega-u tipli profildir. Bu sistemlerin kullanıldığı yapılarda duvar panelleri sistemde yatay yönde rijitliği sağlamak amacıyla ikiz tipli kanal elemanlar ile güçlendirilmiştir. Yarım olan tünel kalıp elemanları yan yana konumlandırıldığında bir alan oluşturmaktadır. Buna ise tam bir tünel oluşturmak denilebilir. Tünel kalıp elemanları yüksek beton basınçlarına maruz kalmakta olup yaklaşık 5 ton ağırlık altında ayakta kalabilecek elemanlardır. Tünel kalıp sistem elemanlarının tüm elemanları gözetildiğinde m^2 başına yaklaşık olarak 7 kg yük taşıyabilmektedir (Gültek, 1989).

2.1.6.2 Tünel kalıp sisteminin statik özellikleri

Ülkemiz coğrafi konumu gereği topraklarının yaklaşık %90'ı deprem etkisi altında bulunan bölgede bulunmasından dolayı oldukça riskli bir konumdadır. Bu nedenle ülkemizde özellikle depreme dayanıklı yapı tasarımı yapılması ihtiyacı ve gereği oluşmuştur. Sistemsel olarak perde duvarların oluşturmuş olduğu sistemler yatay eksenden etki eden deprem yüklerine karşı yüksek düzeyde rijit bir karşılık vermesi ve bu etkilere dayanıklı olmasından dolayı depreme karşı en iyi yapı taşıyıcı türü olarak nitelendirilebilir.

Taşıyıcı sistem olarak sadece perdelerin kullanılmış olduğu yapılar çerçeve sistemler kadar düktil bir davranış göstermemekte olup daha az sünektir. Bu tip yapılar yatay

yüklerin oluşturmuş olduğu enerjileri karşılama konusunda perde sistemlere göre daha zayıf oldukları belirtilse bile deprem yatay kuvvetlerinin hesaplanması aşamasında yapı tipi katsayısı 1,5 seçilerek yapı tipi katsayısı 0,6 olan ve 0,8 olan çelik ve betonarme çerçeve sistemli binaların konumuna aynı hale getirilerek rijitliğinin yararları son sınıra kadar dayandırılabilir. Tünel kalıp sistemlerde panel duvar üretimi ile yapılan prefabrik olarak üretilen yapıların diğer yapılarak göre oldukça avantajlı yönleri olduğunu da belirtmek yanlış olmaz (İnşaat Dünyası Dergisi, 1995). Ülkemizde halihazırda yürürlükte olan 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğinde perde duvarlar ile ilgili kısımlara bakıldığında bu sistemlerin 3.1 ile 3.2'de yer alan denklemleri sağlaması halinde bu perdelerin kalınlıklarının yapıda bulunan en yüksek katın kat yüksekliğinin %5'inden ve 15 cm'den az olmaması gerektiği ile ilgili hususlar da bulunmaktadır. Bu hususlar doğrultusunda yapının yapıldığı deprem bölgesi de gözetilerek 5 katı olan yapılarda perde duvar kalınlığı yaklaşık olarak 15 cm 10 ila 15 kat arasında bulunan yapılarda ise yaklaşık 20 cm olarak belirlenebilir.

Yapıların mimari projelerinin hazırlandığı süreçte tünel kalıp sistemler ile birlikte iç içe geçirilerek düzenlenmelidir. Tünel kalıp uygulamalarını ifade etmek gerekirse bu uygulamalar çok katlı konutlarda, oteller veya yurt projelerinde birbirine karşılıklı olarak bakan odaların iki yarı tünel elemanından oluşarak bir hücre elde edilmesi ve iki yan ile arka duvarın kalıbının bir arada yapılması uygulamasıdır. Üç kenarı da kapalı olan bu hücre sistemin taşınabilmesi amacıyla dışa bakan taraflarının açık olması gerekmektedir. Cepheler ise dışarıdan giydirme yapılarak hızlı bir şekilde yapılmakta ve dışarıdan paneller yardımıyla yapılmaktadır. (Yapı üzerine etki eden deprem yükleri kat sayısının artması ile birlikte perdeler tarafından taşınır ve ancak bu şekilde 20 santimetre olarak seçilebilir) (İnşaat Dünyası Dergisi, 1995). Yapının döşemelerinin (tabliye) kalınlığının yapı cephelerinde kirişin olmaması ve perdeler ile döşeme arasında yırtılma analizlerinin sonuçlarına göre yaklaşık 16 cm olacağı bilinmelidir. Tünel kalıp sistem elemanlarının sökümü için kat tavanında kirişin bulunmaması gerekmekte, ayrıca düşük kotta döşemelerin olmaması gerekmektedir. Düşük kotta bulunan döşeme ile bazı tesisat malzemelerinin görünmemesi adına katlarda asma tavan uygulamaları yapılmaktadır ve bu asma tavan uygulamaları da yapıya estetikliğin yanında ayrıca ekonomiklik de kazandırmaktadır. Tünel kalıp

sistemlerin kullanıldığı yapılarda kış mevsimlerinde de yapım işine devam etmek mümkündür. Tünel sisteminin ön yüzeyleri çadır malzemeler ile kapatılarak çeşitli ısıtıcılar yardımı ile yaz mevsimindeki hıza ulaşılabilir. Perde duvarlında ankastre elektrik ile tesisatın geldiği kısımlarda ise boşluklar bırakılmaktadır. Tünel kalıp sisteminde perde boşlukları da işlendiği için ayrıca bir kapı kasası işi de yapılmadan bu aşamada tamamlanmış olur. Merdiven kısımları ile sahanlıklar ise cephelerin panel uygulamasındakine benzer olarak montaj yapılarak sahada uygulanır (İnşaat Dünyası Dergisi, 1995).

2.1.7 Tünel kalıpla inşa edilen binalarda yapı malzemelerinin özellikleri

2.1.7.1 Beton

Tünel kalıp sistemi kullanılarak yapılacak olan yapıların statik projelerinin tasarımları yapılırken zımbalama tahkiki, döşeme kayma dayanımı ve diğer parametrelere uygun olacak beton sınıfı seçilmelidir. Beton malzeme olarak zımbalama ile kayma dayanımında çekme mukavemeti gösteren bir malzemedir. Örneğin C20/25 sınıfı betonlar tasarım çekme dayanımları 1 N/mm² iken C25/30 sınıfı betonun tasarım çekme dayanımı 1,15 N/mm²'dir. Bu verilere göre C25/30 sınıfı betonun zımbalama dayanımı konusunda C20/25 sınıfı betona göre yaklaşık olarak yüzde on beş daha etkili olduğu görülmektedir. Statik tasarım yaparken yetersiz gelen elemanlarda genellikle eleman kesitlerini arttırmak her zaman kullanışlı sonuçlar oluşturmaz. Bu durumun sebepleri ise kesitin artması ile birlikte gerekli minimum donatı oranının artması ve yapının toplam ağırlığının artmasıdır. Bu nedenle tünel kalıp sistemlerde de döşeme kalınlığının artması halinde o kata ait tüm döşemelerin kalınlığının artması bu ise yapının ağırlığını artması ve gerekli minimum donatı oranının artması demektir. Tünel kalıp sistemlerde kalıbın yüksekliğini çalışılan katta değiştirmek zor bir işlem olduğundan dolayı bu kalıp üretimini de değiştiren bir unsur olarak değerlendirilir ve genellikle uygulanmaz. Yukarıda bahsedilen nedenler göz önüne alındığında yapı için optimum beton sınıfının belirlenmesi tasarım için önemli bir etkendir. Bu optimum düzeyi yakalayabilmek için gerektiğinde temel ile üst yapının farklı beton sınıflarında bulunan betonlar ile yapılması da mümkün olabilir (Şimşek, 2001). Tünel kalıp sistemlerde yapım işinin hızlı gitmesi adına beton dökümü yapılırken 2 türlü kür uygulaması yapılmaktadır. Bu uygulamalar ile birlikte tünel kalıplar bir gün sonra

tekrar kullanılabilir hale gelir. Bahsedilen bu kür yöntemlerinden birincisi hücrenin içerisini çeşitli ısıtıcılar yardımı ile ısıtarak kür yapma işlemidir. Diğer işlem ise tünel kalıp elemanının içerisine konulan buhar kanalları, sıcak su veya sıcak yağ kanalları vasıtası ile kürleme işlemidir. Bunlara ilave olarak bazı kimyasal malzemeler ile de kür yapılabilmektedir (Erbil ve Akıncıtürk, 2006).

2.1.7.2 Çelik

Tünel kalıp sistemleri kullanılarak yapılan inşaatların döşeme kısımlarında (tabliye) ve bodrum katını çevreleyen duvar elemanlarda

$$\sum Ag / \sum Ap \geq 0{,}002 \qquad (2.1)$$

$$Vt / \sum Ag \leq 0{,}5\ fctd \qquad (2.2)$$

$\sum Ag$: Herhangi bir katta, göz önüne alınan deprem doğrultusuna paralel doğrultuda perde olarak çalışan taşıyıcı sistem elemanlarının enkesit elemanlarının toplamı

$\sum Ap$: Binanın tüm katlarının plan alanlarının toplamı

V_t: Eşdeğer deprem yükü yönteminde, binaya etkiyen toplam eşdeğer deprem yükü (Taban Kesme Kuvveti)

(2.1) ve (2.2) numaralı denklemlerde verilen şartları sağlayan S500 sınıfı hasır çelik malzemeler kullanılabilir. Bu sistemler ile yapılan yapıların döşemelerinde ve gövde uzunluk miktarları fazla olan perde duvarların gövde kısımlarında S500 hasır çeliği kullanılmaktadır. Bu kısımların dışında olan taşıyıcı elemanlarda ise S420 sınıfı donatı kullanılabilir (Şimşek, 2001).

2.1.7.3 Hasır çelik

Hasır çelikler bir çeşit betonarme donatı olan ve mukavemet değeri yüksek olan nervürlü donatıların birbirlerine noktasal kaynak aracılığı ile kaynaklandığı malzemelerdir. Hasır çelikler niteliği fark etmeksizin her türlü yapıda kullanılabilecek olup döşemelerde ve duvar duvarlarda, temellerde, tünel uygulamalarında, açıklığı fazla olan betondan oluşan alanlarda, endüstriyel binalarda,

bazı prefabrik yapılarda ve barajlar gibi bazı özel yapılarda kullanılmaktadırlar. Piyasada bulunan inşaat demirlerine kıyasla işçilik açısından daha kolay olan ve kaliteli işçilik sağlayan bu malzemeler ekonomiktirler. Donatının sahada aplikasyonu esnasında geçen zamanı azaltan hasır çelikler yapım işini de hızlandırmaktadır. Hasır çeliklerin kullanılması ile birlikte demir uçlarında açılı kanca yapılmasın, pilyelerin kıvrılması işlemine ve tekil olarak kesme düzeltme işlemlerine gerek kalmamaktadır. Hasır çelik malzemeler TS4559'a göre üretilmekte olup TS damgası bulunan hasır çelikler kullanılmalıdır (Yapı Malzemeleri El Kitabı, 1997). Hasır çelik malzemelerinin standart olanları 5 m x 2,15 m (boy x en) ebatlarındadırlar. Özel isteğe bağlı olarak farklı ebatlarda da üretilebilen hasır çelikler aralıkların göre iki şekle ayrılmaktadırlar. Bunlar;

Q tipi hasır çelikler: x ve y yönlerindeki aralıkları eşit 15'er cm olan bu tip hasırlar iki yönde de çalışarak plak döşemelerin açıklıkları ile perde duvarların gövde kısımlarında kullanılabilirler.

R tipi hasır çelikler: Bu tip hasır çeliklerin enleri boylarından geniş olup tek yön doğrultusunda çalışmaktadırlar. Q tipi hasır çelikler gibi bu hasırlar da döşemelerin açıklık kısımlarında, döşemelerin mesnet kısımlarında kullanılabilirler. İkinci doğrultu donatısı, birincinin 1/5'inden daha büyük düzenlendiği için dağıtma donatısı da hem açıklıkta hem de mesnette kendiliğinden oluşmuş olur.

Hasır çeliklerde bir sınıflandırma yapılmış olup donatı çapına göre her hasır çeliğe farklı bir numaralandırma yapılmıştır ve statik tasarım neticesinde elde edilen donatı çapına denk gelen hasır çelik listelerden seçilebilmektedir. İnşaatın yapım aşamasından önce tasarım aşamasında donatı çapları seçilirken çap adedini minimize etmek yapım işinin kolay ve hızlı bir şekilde devam etmesini sağlamaktadır.

Bazı hasır çelik tiplerinin boy doğrultusundaki çubukları çift olacak şekilde üretilir. Bu şekilde üretilen hasır çelikler etiketlerinde bulunan küçük d harfi ile anlaşılabilir. Buna rağmen hasır çelik kenarında bulunan 2 veya 4 adet boy doğrultusu çubuğu tek olacak şekilde noktasal kaynak ile birbirine sabitlenirler. Bunun nedeni ise hasır çeliklerin art arda bindirildiklerinde ek kısımlarındaki boy çubukların gerekenden

daha fazla birikmemesidir. Sahada hasır çelik montajı yapıldığında bu çeliklere bazı bindirmeler yapılacaktır. Hasır çeliğin asal doğrultusunda yapılacak bindirme boyu minimum 50 santimetredir. Tevzi doğrultusunda ise ek yapılacak olan bindirmelerin boyu ise en az 20 santimetredir. Hasır çelikler sahada el makası denilen aletler yardımı ile kesilerek hazırlanmış kalıplar üzerinde ilk olarak alt donatılar ile köşe donatıları konularak montaja başlanır. Hasır donatıların montajı yapılırken mesnet kısımlarının ankrajları, yapılacak olan bindirmelerin boyları ile ek yerlerinin projesine ve ilgili yönetmeliklere uygun olması en önemli hususlardandır. Hasır çeliklerin montajı yapılırken boyuna doğrultudaki çubuklar alt kısma yerleştirilecek olup hasır yönlerine oldukça dikkat edilmesi gerekmektedir. Alt donatıların yerleştirilmesinin ardından bir metrelik aralar ile üst donatı sehpaları yerleştirilmektedir. Hasır çeliklerin sehpa yüzeylerinden kaymaması amacıyla bağ teli ile sehpalara ve kirişlere bağlanması gerekmektedir. Beton dökümü esnasında üst ızgara donatılarının beton basıncından dolayı ezilmemesi konusunda özen gösterilmesi gerekmektedir. Ezilmeyi önlemek amacıyla beton dökümü esnasında zaman zaman üst ızgara donatılarının silkeleme yöntemi ile betonun üzerine çıkarılması sağlanabilir (Şimşek, 2001).

2.2 Tünel Kalıp Sistemleri ve Çok Katlı Yüksek Yapılar

Çalışma konusu yapıların büyük bölümü yüksek yapı olup bu yapıların tamamı tünel kalıp sistem elemanları kullanılarak yapılmış yapılardır. Bu nedenle ilk olarak tünel kalıp sistemler incelenecektir.

2.2.1 Tünel kalıp hakkında çalışmalar

İnşaat mühendisliği alanında yapılmış olan çalışmalar incelendiğinde tünel kalıp elemanlar ile yapı maliyeti arasındaki ilişkiyi inceleyen çok az sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu konu ile ilgili olarak Kazaz ve Soycopur (2009) ile Harmankaya (2011) tarafından yapılan çalışmalar bulunmasına rağmen bu çalışmalar dışında tünel kalıp sistemler ile ilgili herhangi bir bilimsel çalışmaya rastlanılmamıştır. Ülkemizde nüfusun artması ve kırsaldan kente göçün oluşturmuş olduğu kent nüfuslarının ortaya ciddi bir konut ihtiyacı doğurması nedeniyle yapılan yapıların ölçeklerinde ciddi bir artış yaşanmış olup bu yapıların tamamlanması amacıyla ihtiyaç olan para zaman ve insan gücü de artmaktadır. Ülkemizde nüfus artışının hızlı olması sebebiyle konut

ihtiyacı önemli ölçüde artmış olup son yıllarda tünel kalıp sistemlerinin kullanıldığı toplu konut uygulamalarının sayısı da ciddi derecede artmıştır. Ülkemizin deprem kuşağında bulunan bir ülke olması ve özellikle yaşanan İstanbul depremi bu konuda tünel kalıp sistemlerinin kullanılmasını depreme karşı dayanıklı yapı tasarımını arttırmıştır.

Ülkemiz aktif fay kuşağı üzerinde bulunan bir ülke olup ülkemiz topraklarının yaklaşık %45'lik bir kısmı 2007 Deprem Yönetmeliğine göre 1. derece deprem bölgesi sınırları içerisinde, yaklaşık %25'lik kısmı 2. derece, yaklaşık %20'lik kısmı 3. derece deprem bölgesi üzerinde ve yaklaşık %16'lık kısmı ise 4. ve 5. derece deprem bölgesi üzerinde bulunmaktadır. Ülkemizin topraklarının yarısından fazlası ciddi derecede deprem oluşabilecek deprem bölgelerinde bulunmaktadır. Ülkemizin nüfusunun yaklaşık %70'si ise bu bölge üzerinde yaşamaktadırlar (Özmen vd., 1997). Yukarıda bahsedilen tüm nedenler değerlendirildiğinde yapıların yapılması ile ilgili olarak kalite, dayanım, maliyet, zaman kavramları daha önem kazanmaya başlamış ve bu durumlar yeni kalıp sistemlerinin ülkemizdeki inşaatlarda kullanılması sürecini hızlandırmıştır (Kazaz ve Soyçopur, 2009; Sarıçay, 2009). Ülkemizin aktif fay kuşağında olması ve yukarıda bahsedilen tüm nedenler göz önüne alındığında tünel kalıp sistemlerin kullanılması ile elde edilen yapıların depreme dayanıklı olmasının önemi daha da artmıştır.

Tünel kalıp sistemleri tanımlamak gerekirse, bu sistemler çelik malzemeden imal edilmiş olup çok kısa bir zaman zarfı içerisinde yapının çalışılan katının döşemesi ile perdelerinin yerinde dökme beton ile birlikte dökülmesini sağlayan kalıp sistemleridir. Diğer bir ifade ile bu sistemler bir katın taşıyıcı elemanlarının tamamının tek seferde yerinde dökme beton ile dökülmesini sağlayan kalıp sistemleridir. Bu sistemler inşaatlarda kullanılmakta olan kule vinçlerin vasıtası ile yapım işi hızını oldukça arttırmış olup genellikle standart olarak imal edilen sac levha ile çelik profillerden oluşan sistemlerdir (Kasapoğlu, 2008; Kıncal, 2006; Mesa, 2015; Öztürk ve Bulgu, 2007). Yapıda çalışılan katın döşemesi ile perde duvarlarının birlikte dökülmesi sonucunda rijit bir yapı oluşturan bu sistemler yüksek katlı yapıların hızlı bir şekilde yapılmasına da olanak sağlar. Bu durum ise deprem bölgelerinde bulunan yapılar için daha faydalı bir sistem olarak nitelendirilebilir.

Yapı üzerinde bulunan perde duvarlar depremin etkisiyle oluşan yatay kuvvetleri çerçeve sistemlere göre daha güvenle taşımaktadırlar (Kıncal, 2006; Öztürk ve Bulgu 2007; Sarıçay, 2009).

Tünel kalıp sistemlerinin üretiminin esasını statik proje tasarımı oluşturmakta olup sahada her söküm sonrası montajda özel bir beceri gerektirmeden pratik bir şekilde kurulabilen ve yapının kat betonlarına hemen hazırlanabilen elemanlardır. Tünel kalıp sistemlerinin inşaat sektörü için sağlamış olduğu en büyük avantaj olarak günlük kat betonu dökülebilir şekilde hızlı ve verimli bir şekilde kullanılması söylenebilir. Bu sistemlerde uygun kür yöntemleri ile beton da kısa bir süre içerisinde dayanımını kazanmasından dolayı söküm ve üst katlara tekrar montajı kolaylıkla yapılabilmektedir (Kasapoğlu, 2008; Kıncal, 2006; Mesa, 2015). Tünel kalıp sistemlerine ek olarak perde duvarlarda da hazır hasır çeliklerin kullanılması ve sürekli imal edilen ve hazır montajı yapılan bu çeliklerin kullanılması da bu sistemlerin verimini yükseltmek ve hızlandırmaktadır (Mesa, 2015). Tünel kalıp elemanları inşaat yapımında ciddi derecede kolaylık sağlaması ve maliyetleri azalması ile birlikte söküm ve tekrar montajının da kolay olması nedeniyle geleneksel kalıp vb. kalıp sistemlerine kıyasla daha az işçilik gerektirmekte ve maliyeti doğrudan etkilemektedir (Kasapoğlu, 2008).

Yukarıda bahsedilen avantajların yanında tünel kalıp sistemler daha fazla avantajlar sağlamaktadır. Bunlar ise;

1. Yapım maliyetini azaltarak yapının bitme süresini kısaltır.
2. Yapım işinde tek tip imalat oluşmasından dolayı kaliteyi arttırır.
3. İmal edilen tünel kalıp elemanları sac ve çelik malzemeden oluşmasından dolayı çevreye zarar vermez ve orman ürünleri ile ilgili tüketimleri azaltır.
4. Yapının ana taşıyıcı sistemi tek seferde döküldüğü için yapı ağırlığı gereksiz yer artmaz ve malzeme tasarrufu sağlanır.
5. İnşaat yapım hızı arttığı için rekabeti arttırır.
6. Yapılan yapılarda kiriş vb. detaylar olmadığı için alanı daha kullanılabilir ve faydalı şekilde kullanmaya olanak sağlar.

Tünel kalıp sistemi yukarıda bahsedilenler gibi birçok avantaj sağlamaktadır (Mesa, 2015). Bu nedenle ülkemizde bu sistem kullanılarak yapılan projeler artmakta olup bu konuda ülkemizin en çok nüfusa sahip ili olan İstanbul başta gelmektedir.

2.2.2 Yüksek yapılar hakkında çalışmalar

Ülkemizde tarih boyunca kat adedi fazla olan yüksek yapıların yapılma sebepleri günün şartlarına göre değişmekte olup günümüzde yüksek yapılar büyük şehirlerde konut yapılacak arsa sayısının az olması ve bu nedenle de elde bulunan arsaların değerinden fazla fiyatlarla satılması gösterilebilir. Günümüzde birçok ülkenin gelişmesi ile birlikte kentleşme oranı artmış olup yerleşime uygun alanların da az olması ile birlikte yatay yerleşim yerine dikey yerleşim ön plana çıkmıştır. Büyük şehirlerde bulunan önemli iş alanları ile ticaret merkezleri de çevrelerinde bulunan arsaların değerlerini oldukça arttırmış olup günümüzde inşaat teknolojisinin de gelişmesiyle birlikte yüksek katlı yapıların yapılması daha kolay ve ekonomik hale gelmiştir (Gündüz ve Hasgür, 1996; Özkan, 2010). Ülkemizin en çok nüfusa sahip olan ili İstanbul sınırları içerisinde 2 bini aşkın yüksek katlı bina bulunmakta olup 150'yi aşkın da devam etmekte olan yüksek yapı bulunmaktadır. İstanbul'un kentleşme hızı da göz önüne alındığında bu yapıların sayıları her yıl gittikçe artış göstermektedir (Emporis, 2015).

Warszawski (2003) tarafından yapılan çalışmada yüksek katlı yapılar ile ilgili net bir tanımlama yapılmamış olup Özgen ve Sev (2000) tarafından yapılan çalışmada yüksek yapılar oluşturulan iç mekanlarda kullanım alanı oluşturmak amacıyla kat döşemelerinin düşey yönde birbiri üstüne istiflenerek oluşturulan bina tipi olarak tanımlanmıştır. Warszawski (2003) daha sonra yüksek yapılar ile ilgili tanımlama yapmış olup yüksek yapıları "yüksekliği özellikle binanın tasarımını, inşaatını ve kullanımını çeşitli yönlerden etkileyen binalardır" şeklinde açıklamıştır. Emporis (2015) tarafından yapılan çalışmada 35-100 metre arası olan yapılar yüksek yapı olarak 100 metreden yüksek yapıları ise gökdelen olarak tanımlanmıştır. CTBUH (The Council of Tall Buildings and Urban Habitat) (2015) tarafından yapılan çalışmada ise 14 kat üzerindeki veya 50 metre üzerindeki yapılar yüksek yapı olarak tanımlanmıştır. Bu çalışmalara ek olarak ülkemizde yayınlanan 3 büyükşehrin imar yönetmeliklerinde yüksek yapı kavramı belirtilmiş olup, İstanbul Yüksek Binalar

Deprem Yönetmeliği (2008) "tamamı yer altında olan ve binayı tümü ile kuşatan yüksek yatay rijitlikli çevre perdelerine sahip bodrum katları hariç olmak üzere, en düşük yer seviyesinden itibaren yüksekliği en az 60 metre olan binalardır" (s. 6) şeklinde, Ankara İmar Yönetmeliği (2010), "bina yüksekliği 21,50 metreden veya yapı yüksekliği 30,50 metreden fazla olan binalar yüksek yapı olarak kabul edilir" (s. 19) şeklinde ve İzmir Büyükşehir Belediyesi Yüksek Yapılar Yönetmeliği (2013), "yüksek yapılar genel olarak yakın ve uzak çevresini, fiziksel çevre, kent dokusu ve her türlü kentsel altyapı yönünden etkileyen bir yapı (bina) türüdür. Son kat tavan döşeme kotu 30,80 metreyi ve/veya bodrum kat dahil olmak üzere toplam kat adedi 13'ü aşan (13. kat hariç) yapılar yüksek yapı olarak kabul edilir" (s. 2) şeklinde tanımlamıştır. Sonuç olarak tüm çalışmalar ve yönetmelikler incelendiğinde yüksek yapı ile ilgili net bir tanımlama bulunmamaktadır. Bu araştırma çalışmasında ise yapı yüksekliği 25-142 metre olan yapılar yüksek yapı olarak kabul edilmiş olup bu doğrultuda çalışma yapılmıştır.

2.3 Bina Özellikleri ile Birim Maliyet İlişkisi Hakkında Çalışmalar

Bu çalışmada yapıların fiziksel özellikleri ile geometrik özelliklerinin yapılarının maliyeti üzerindeki etkileri incelenmiş olup bu doğrultuda literatürde bu ve benzeri alanda daha önce yapılmış olan çalışmalar incelenmiştir. Literatürde yapılan çalışmalar Tablo 2.2'de gösterilmiş olup yapı özellikleri ve maliyeti ile ilgili yapılan çalışma sayısına da çizelge de yer verilmiştir.

Tablo 2.2 Yapı özelliği ve maliyeti hakkında yapılmış çalışmalar (Türkel, 2016)

Sıra	Bina Özelliği	Referans	Yapılan Çalışma Sayısı
1	Yapı Yüksekliği	Ashworth (2004), Blackman ve Picken (2010), Çıracı (1996), Kirkham (2007), De Jong ve Wamelink (2008), Picken ve Ilozor (2003), Seeley (1996), Steyert (1972), Tan (1999), Tregenza (1972), Warszawski (2003).	11
2	Kat Sayısı	Bostancıoğlu (1999, 2006), Çıracı (1996), De Jong ve Wamelink (2008), Ferry (1970), Flanagan ve Harmankaya (2010), Harmankaya ve Tuna (2011), Newton (1982), Ferry ve Brandon (1984), Norman (1978), Bathurst ve Butler (1980), Tregenza (1972).	11
3	Plan Şekli	Ashworth (2004), Bathurst ve Butler (1980), Belniak ve diğ. (2013). Bostancıoğlu (1999, 2006), Çıracı (1996), Ibrahim (2007), Kirkham (2007), Seeley (1996), Steyert (1972), Wing (1999).	10
4	Plan Verimliliği	Ashworth (2004), De Jong ve Wamelink (2008), Kirkham (2007), Seeley (1996), Steyert (1972), Wing 1999).	6

Tablo 2.2 (Devam)

5	Yapı Büyüklüğü	Ashworth (2004), Cox ve Horsley (1996), Çıracı (1996), Ferry (1970), Ferry ve Brandon (1984), Seeley (1996).	6
6	Kat Yüksekliği	Ashworth (2004), Bathurst ve Butler (1980), Bostancıoğlu (1999, 2006), Çıracı (1996), Seeley (1996)	5
7	Daire Büyüklüğü	Steyert (1972),Seeley (1996),Bostancıoğlu (1999, 2006).	3
8	Kat Alanı	Steyert (1972).	1
9	Bodrum Kat Sayısı	Bostancıoğlu (1999, 2006).	1
10	Daire Sayısı	Bostancıoğlu (1999, 2006).	1
11	Saydamlık Oranı	Bostancıoğlu (1999, 2006).	1
12	Standardizasyon	Ashworth (2004).	1
13	Binaları Gruplamak	Ashworth (2004).	1
14	Kalite	Bostancıoğlu (1999, 2006), Durmuş (1994).	1
15	Yükseklik ve Kat Alanı	Chau ve diğ. (2007), De Jong veWamelink (2008), Karshenas (1984).	3

Bu çalışmada araştırmalar yapılırken yapılan projeler ile ilgili detaylı bilgiler edinilmiş olup bunlar projede çalışan kişi sayısı ve etkisi, bölge ile ilgili özel faktörler, iklim, proje çevresindeki arsa durumu ve imar ile ilgili uygulamalar, projenin bulunduğu yere ait yönetmelik veya normlardır. Bu etkiler proje yerine göre değişken olduğu için inceleme esnasında dikkate alınmamıştır. Bu nedenle proje incelenirken projenin yapıldığı yere bağlı olmaması ve tasarım mühendisinin müdahale edemeyeceği koşulların oluşması bunun ana sebeplerindendir.

Yapılan bu araştırma çalışmasında ilerleyen kısımlarda yapının maliyetine etki eden yapının fiziksel özellikleri ile geometrik özellikleri detaylı şekilde ayrı olarak incelenerek değerlendirme yapılacaktır.

2.3.1 Yapı özellikleri - Birim maliyet ilişkisi

2.3.1.1 Kat sayısı ile birim maliyet ilişkisi hakkında çalışmalar

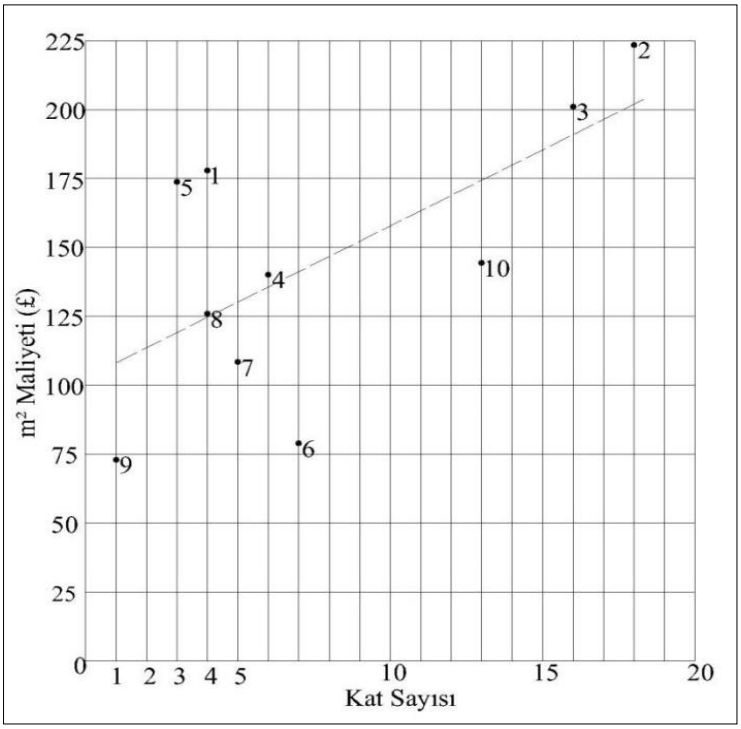
Literatür incelemesi yapıldığında kat adedi-maliyet ilişkisi bu alanda en çok incelenen konuların başında gelmektedir. Kat sayısı ile bina yüksekliği kavramları farklı olup karıştırılmamalıdır. Kat adedi-maliyet ilişkisini inceleyenler tarafından bu konuda iki çeşit görüş bulunmakta olup bunlardan birincisi kat adedinin artmasının yapının maliyetini doğrudan arttıracağı görüşüdür (Bathurst ve Butler, 1980; Ferry, 1970; Ferry ve Brandon, 1984; Tregenza, 1972). Bunlardan 2. görüş ise kat adedi-maliyet ilişkisini U şeklinde bir grafik olarak düşünerek öncelikle optimum seviyede azalacağı daha sonra da artacağı görüşüdür (Çıracı, 1996; Flanagan ve Norman, 1978; Harmankaya, 2010; Harmankaya ve Tuna, 2011; Newton, 1982). Bu iki görüşün aksine farklı bir görüş olarak yıllarında Bostancıoğlu (1999, 2006) yapmış

olduğu çalışmada kat sayısı-maliyet ilişkisinin ters orantılı olduğunu ve kat adedinin artması ile maliyetin azaldığı görüşünü savunmuştur (Tablo 2.3).

Tablo 2.3 Kat sayısı ile birim maliyet ilişkisi (Bostancıoğlu, 1999; 2006)

Kat Sayısı	Birim Maliyet (TL/m^2)
10 Katlı	5.386.400
9 Katlı	5.406.760
8 Katlı	5.409.045
7 Katlı	5.457.275
6 Katlı	5.528.140
5 Katlı	5.536.190
4 Katlı	5.674.855
3 Katlı	5.993.930

Bostancıoğlu yapmış olduğu çalışma ile inşaat yapımının başlangıcında yapılan ana maliyetlerden olan hafriyat, blokaj, grobeton, temel yapımı, yalıtım işlemleri ve inşaatın bitiminde yapılan çatı yapımının inşaat kat adedi arttıkça sabit kaldığını belirtmiş ve bunun da birim maliyet anlamında azaltacağını belirtmiştir (Bostancıoğlu, 1999; 2006). Bu görüşün aksine ise Ferry (1970) ile Ferry ve Brandon (1984) tarafından yapılan çalışmada 4 katlı bir bina yapmak yerine 6 katlı bir binayı yapmanın daha çok maliyet oluşturacağı ve kat sayısı arttıkça maliyetin artacağı şeklinde ifade edilmiştir (Ferry, 1970; Ferry ve Brandon, 1984). Yine bir başka çalışma olan Tregenza (1972) tarafından yapılan çalışmada kat sayısının artması halinde kat alanının azalacağı ve bununla birlikte de m^2 birim maliyetinin artacağı belirtilmiştir (Şekil 2.8).



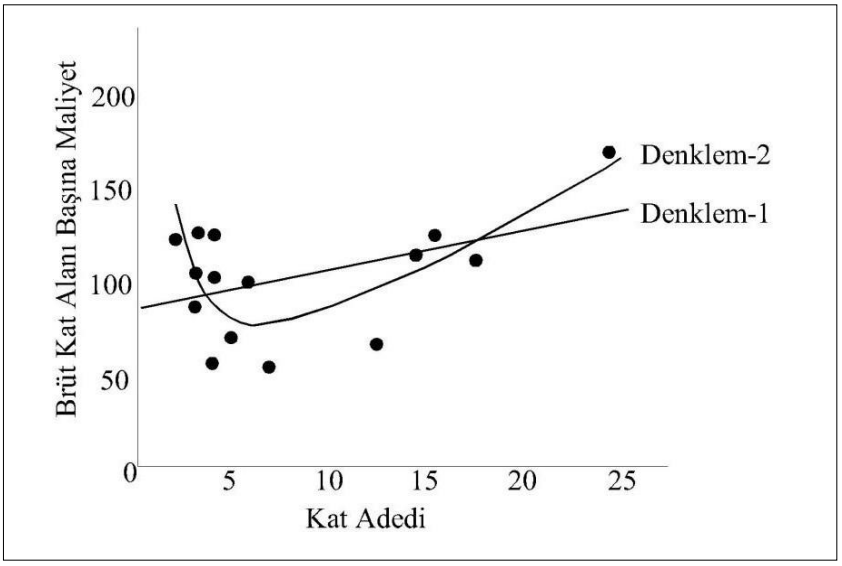
Şekil 2.8 Kat sayısı – birim alan başına düşen maliyet (Tregenza, 1972)

Bu konudaki en geniş kapsamlı çalışmayı ise Bathurst ve Butler (1980) yapmış olup bu çalışmada yapı yüksekliğinin artmasının yapının ana taşıyıcı sisteminin kesit ebatlarının artmasına, yangın sistemlerinin zorunlu hale gelmesine, ilave asansör ihtiyacına ve daha fazla vinç maliyetine neden olmasından dolayı her işi maliyeti ile ilgili ayrı olarak değerlendirmiştir. Bu konulara ayrı ayrı bakmak gerekirse;

1. Temel yapımı: Yapının kat sayısının artması temelin yapımı ile ilgili birim maliyeti azaltır.
2. Kaba İşler: Yapının kat sayısının artması binanın taşıyıcı sistemlerinin kesit veya adedinin artmasına neden olacağından dolayı maliyeti arttırmaktadır.
3. Normal kat oranları: Yapının kat sayısı arttıkça normal katlardaki alan oranı toplam alan oranına göre artış göstermektedir.
4. Çatı ile ilgili işler: Çatının yapımı ve çatı ile ilgili maliyetler binanın oturum alanından etkilenmektedir ancak yapı kat sayısından etkilenmemektedir. Bu nedenle yapı yüksekliği arttıkça birim maliyet azalmaktadır.
5. Merdiven: Yapıya ait merdivenler katlar yükselse bile 2 kat ve üzeri yapılarda sabittir.

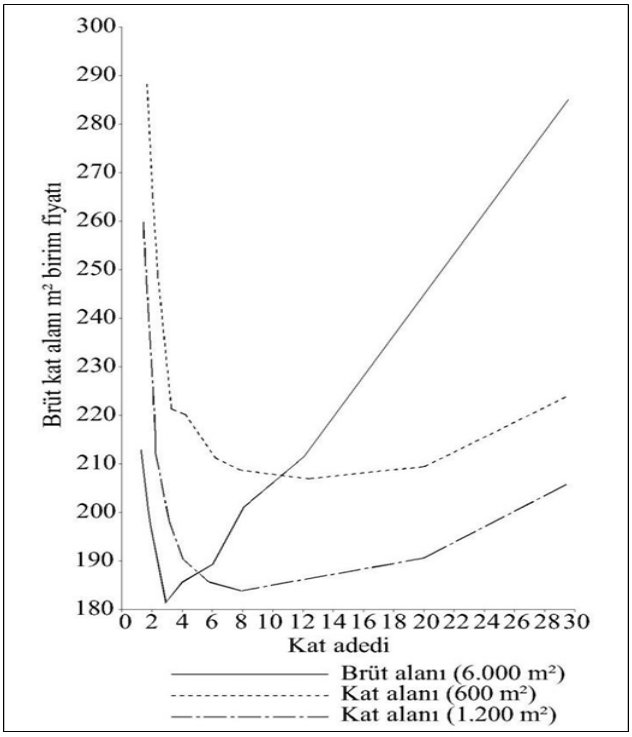
6. Binaya ait ince işler yani duvar, pencere, kapı yapımı ve dış cephe işlemleri gibi imalatlar bina taban oturumunun artmasından etkilenmekte olup küçük binaların maliyetleri daha fazla olmaktadır.
7. Yapının mekanik işlemleri kat sayısının artmasıyla birlikte birim maliyeti azaltır.

Flanagan ve Norman (1978) çalışmalarında maliyet-kat adedi ilişkisinin doğru orantılı olduğunu belirtmişlerdir. Yapılan çalışmada belirli zaman dilimi içerisinde yapılmış olan 15 adet ofis nitelikli yapının verileri kullanılarak kat sayısı-maliyet ilişkisi incelenmiştir ve bu ilişkiyi U şeklinde olan bir grafikle tanımlayarak değerlendirme yapmışlardır (Şekil 2.9). Denklem-1 olarak belirtilen kısımda kat sayısı-maliyet ilişkisini %20 oranında bir oran ile belirtirken denklem-2 olarak belirtilen denklemde %54 oranı belirtilmiş ve bir U şeklinde grafik elde edilerek eğilimin bu yönde olduğu belirtilmiştir (Flanagan ve Norman, 1978).



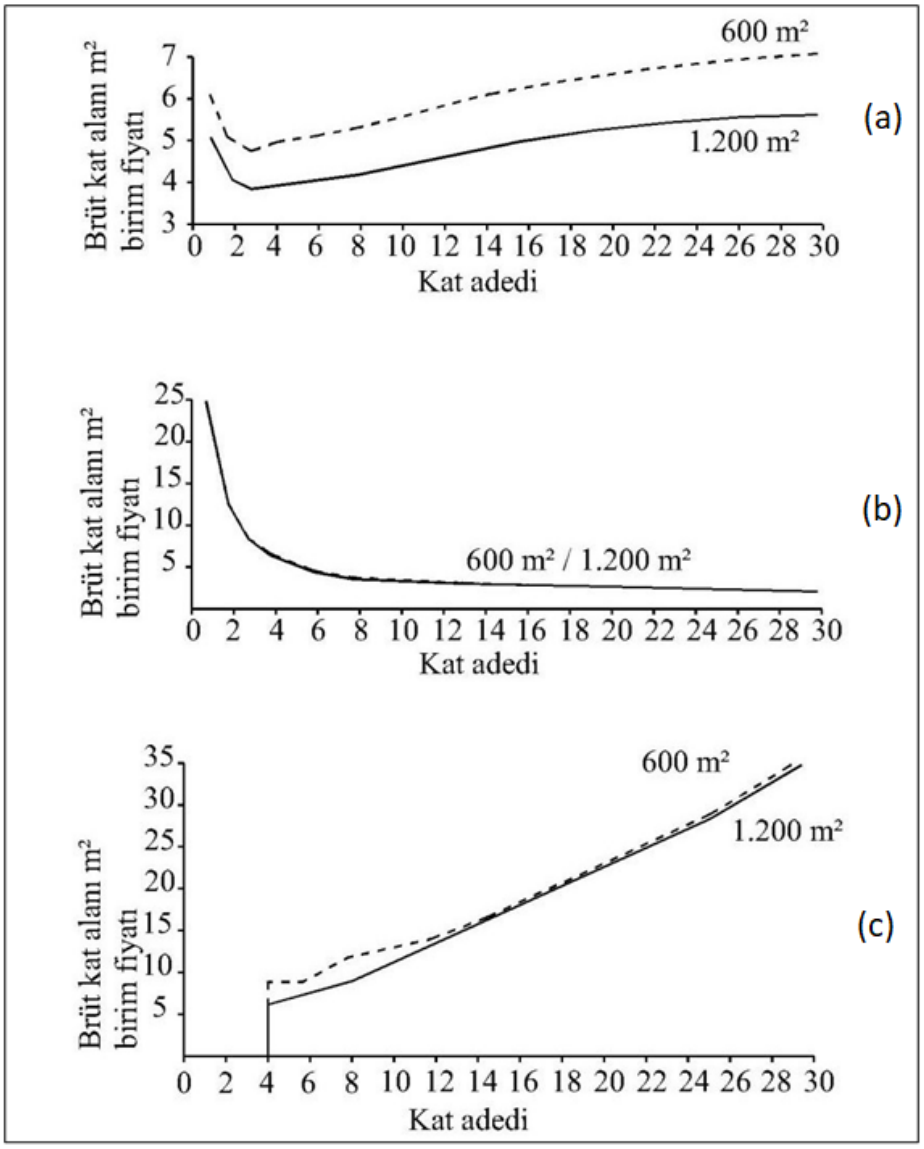
Şekil 2.9 Kat sayısı – birim maliyet (Flanagan ve Norman, 1978)

Newton (1982) tarafından yapılan çalışmada yapı yüksekliği-maliyet ve kat sayısı-maliyet ilişkileri incelenmiş olup Newton bu çalışmasında kat adedi ile yapı birim alan maliyeti arasında U şeklinde bir ilişki olduğunu belirtmiştir. Bu çalışma ile birlikte yapının kat taban alanının azalmasının yapının birim maliyetini arttıran bir eğilim gösterdiğini belirtmiştir. Kat alanının artmasının yapının maliyetini azaltıcı bir etki gösterdiğini belirten Newton yapı yüksekliğinin artmasının da yapının birim alan maliyetini arttığını belirtmiştir (Şekil 2.10).



Şekil 2.10 Kat sayısı – birim maliyet (Newton, 1982)

Newton yapmış olduğu bu çalışmada temel ile bodrum katlarda yapılan imalatlarında yapı birim maliyeti ile U eğrisi çizdiğini belirtmiştir (Şekil 2.11a). Newton yapmış olduğu bu çalışma ile kat alanının azalmasının yapının birim maliyetini arttırdığını ve kat sayısının artması ile birlikte de çatının maliyetinde azalma olduğunu belirtmiştir. Newton kat alanları ile ilgili olarak yapı birim alan maliyetine herhangi bir etkisinin bulunmadığını maliyeti değiştirmediğini belirtmiştir (Şekil 2.11b). Asansör ile ilgili olarak ise kat sayısı-asansör maliyeti ilişkisine bakıldığında doğru orantılı arttığını belirtmiştir (Şekil 2.11c).



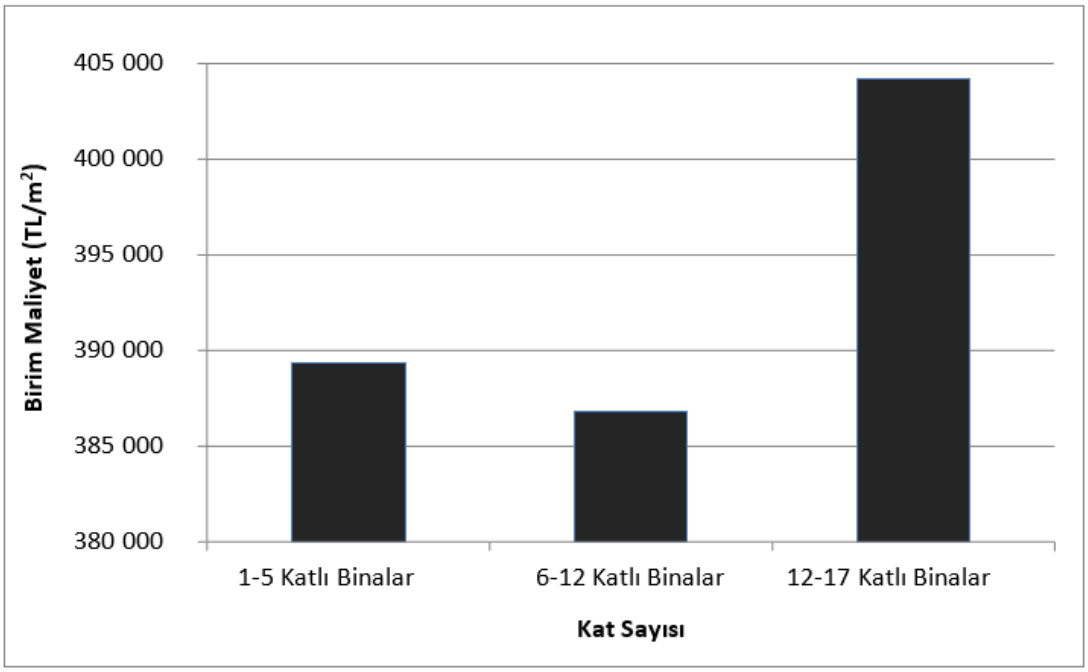
Şekil 2.11 Kat sayısı – (a) Temel ve bodrum katlar birim maliyeti. (b) Çatı işleri birim maliyeti. (c) Asansör işleri birim maliyeti (Newton, 1982)

Çıracı (1996) tarafından yapılmış olan çalışmada bir yapının maliyetleri sınıflandırılmış olup yapının toplam maliyeti ile sınıflandırmış olduğu alt grupların maliyetlerinin yapı yüksekliğinin değişimi ile nasıl etkilendiği araştırılmıştır (Tablo 2.4).

Tablo 2.4 Maliyet dağılımları (Çıracı, 1996)

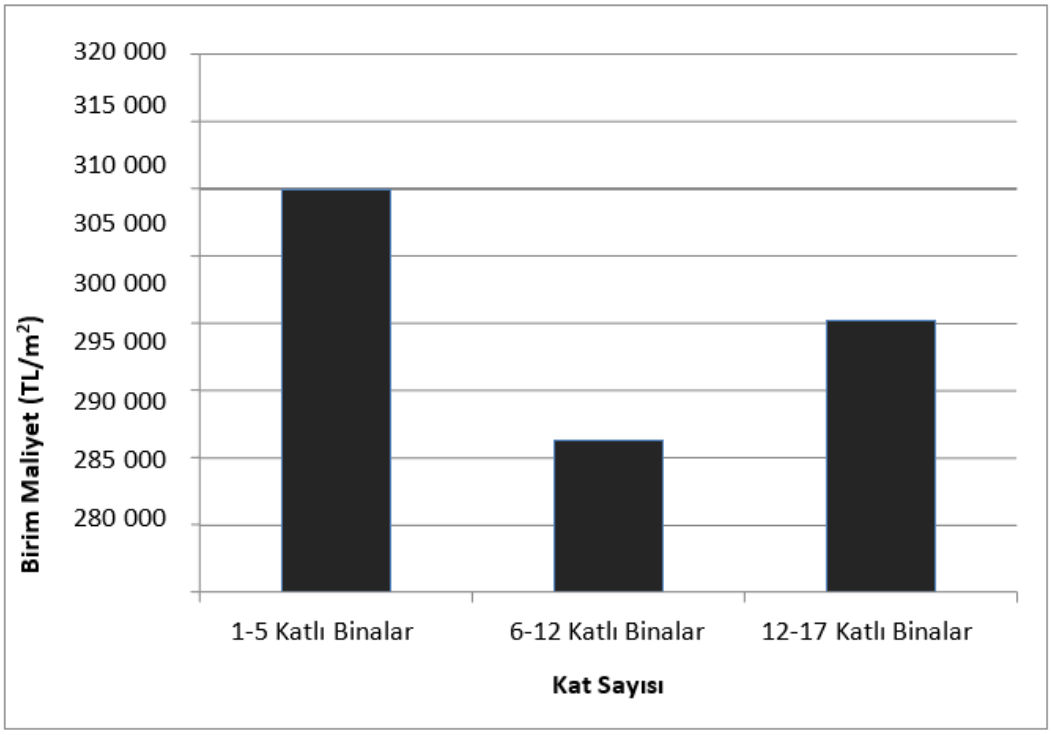
Maliyet	Maliyet Grubu
Bina Toplam Maliyeti	İnşaat İşleri Maliyeti
	Tesisat İşleri Maliyeti
	Sabit Donanımlar
	Diğer Maliyetler

Çıracı yapmış olduğu bu çalışma ile binaları kat sayılarına göre ve maliyet gruplarına göre 3'e ayırmıştır. Kat sayılarına göre 1-5 kat arası, 6-12 kat arası ve 12-17 kat arası olmak üzere 3 ayırmış olup Şekil 2.12'de gösterildiği üzere kat sayıları farklı olan 3 grubun brüt kat alanlarına göre birim alan maliyet değerlerinin ortalaması ortaya konmuştur. Çıracı'ya göre kat sayısı-birim maliyet ilişkisi U şeklinde bir eğilim göstermektedir.



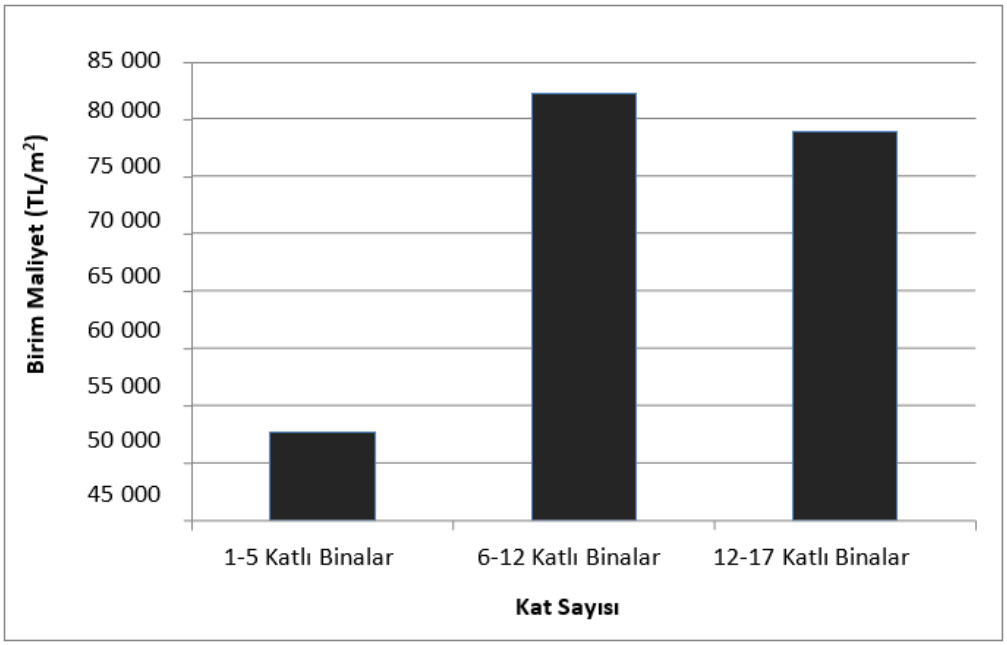
Şekil 2.12 Kat sayısı – bina toplam birim maliyeti (Çıracı, 1996)

Oluşturmuş olduğu alt gruplardan inşaat işleri anlamında da karşılaştırıldığında kat sayısı-maliyet ilişkisi U şeklinde bir eğilim göstermiştir (Şekil 2.13).



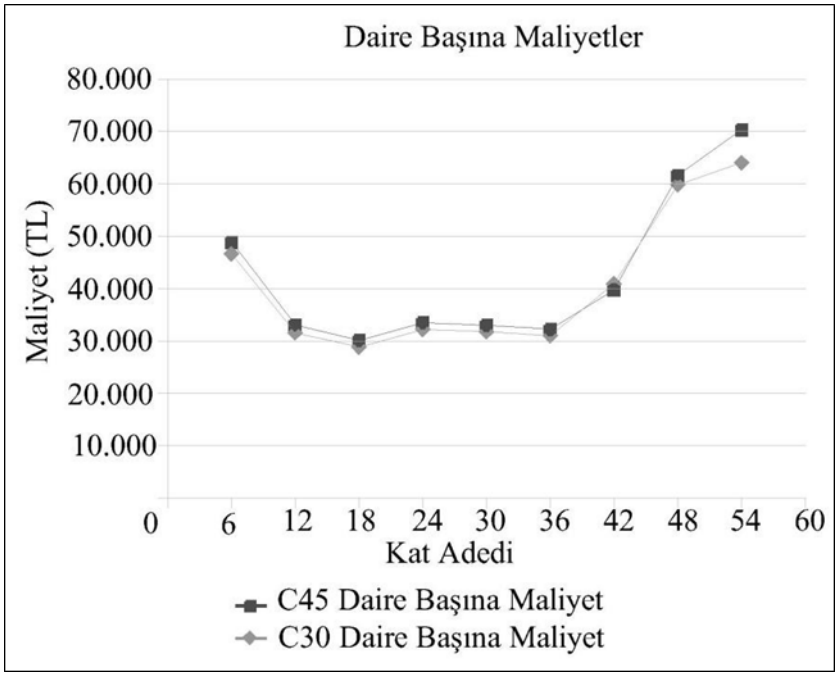
Şekil 2.13 Kat sayısı – inşaat işleri birim maliyeti (Çıracı, 1996)

Diğer bir alt grup olan tesisat işleri açısından bakıldığında ise kat sayısı-maliyet ilişkisi önce artan bir eğilim gösterip daha sonra da azalan bir eğilim göstermiştir (Şekil 2.14).



Şekil 2.14 Kat sayısı – tesisat işleri birim maliyeti (Çıracı, 1996)

Harmankaya (2010) tarafından tünel kalıp sistemler ile ilgili olarak başarılı bir çalışma yapılmış olup Harmankaya'ya ilave olarak Tuna (2011) tarafından yapılmış olan çalışmada da iki farklı beton sınıfına göre kat adedi-daire birim maliyeti ilişkisi incelenmiştir. Yapılan bu çalışmalarda inşaat birim alan maliyeti yerine konut sayısı esas alınmış olup konut birim maliyeti hesaplanmıştır. Bu çalışmalara göre kat sayısı-maliyet ilişkisi U şeklinde bir eğilim göstermiştir (Şekil 2.15). Bu U eğilimin neden olduğu ile ilgili açıklamada ise belirli bir kattan sonra taşıyıcı sistemi oluşturan perde duvarlara ait kalınlıkların temel ebatlarına göre maliyetlerde yüksek miktarlarda artış göstermesi belirtilmiştir. Kat sayısı az olan binalarda ise maliyetin yüksek olmasının sebebinin kalıp maliyetinin yüksek olması belirtilmiştir. Yapılan bu çalışmalarda en uygun maliyetli yapının 18 katlı yapı olduğu belirtilmiştir.



Şekil 2.15 Kat sayısı – daire başına düşen maliyet (Harmankaya, 2010)

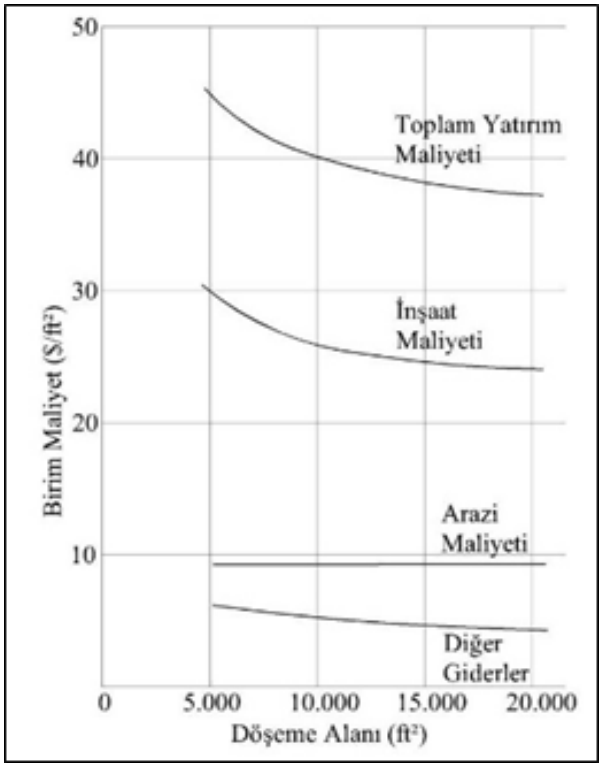
2.3.1.2 Kat Sayısı ve birim maliyet ilişkisine dair değerlendirme

Yapı yüksekliği-maliyet ilişkisi ile ilgili olarak literatürde birçok farklı görüşler yer almaktadır. Yapı yüksekliği-maliyet ilişkisinde yapı yüksekliğinin veya kat sayısının artması halinde maliyetin azalacağı yönünde de yapılan çalışmalar mevcuttur. Bostancıoğlu (1999, 2006) tarafından yapılan çalışmada kat sayısı-maliyet ilişkisinde kat sayısının artması ile birlikte birim alan maliyetinin düşüşünün asıl sebebinin kazı işleri, temel imalatı, çatı vb. imalatların sabit kalması olarak

belirtilmiştir. Bostancıoğlu'nun yapmış olduğu çalışmaya ek olarak yapılan çalışmalarda kat adedi-maliyet ilişkisinin iki şekilde olabileceği ifade edilmiş olup genellikle U eğrisi şeklinde ilişkiler olduğu ortaya konulmuştur. Ancak kat sayısı-maliyet ile yapı yüksekliği-maliyet çalışmaları kıyaslandığında yapı yüksekliği-maliyet ilişkisi daha çok incelenmiş ve araştırmaya konu olmuştur.

2.3.1.3 Kat alanı ile birim maliyet ilişkisi hakkında çalışmalar

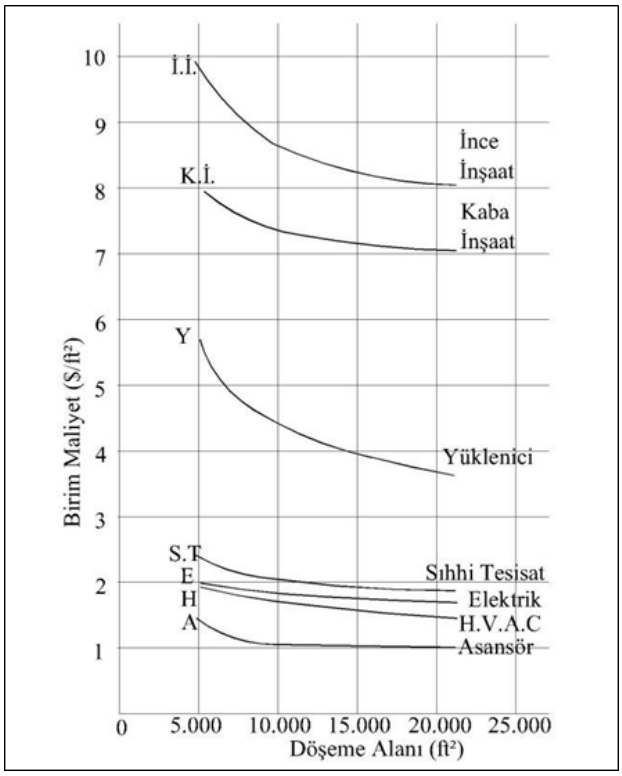
Literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde kat brüt alanı-birim alan maliyeti ile ilgili yapılmış olan çalışmalar oldukça sınırlı sayıda bulunmaktadır. Steyer (1972) tarafından yapılan çalışmada kat alanı-birim maliyet ile konut alanı-birim maliyet ilişkileri incelenmiş olup iki kavramın birbirine yakın nitelikte olduğu ve daire sayısının maliyet üzerinde büyük oranlarda değişiklik gösterdiği belirtilmiştir. Yapılan çalışmaya göre 17 katı ola bir yapı için farklı kat alanları ile maliyet ilişkisi incelenmiş olup kat alanlarının artması sonucunda yapının birim maliyetinin yüksek miktarda azaldığını belirtmiştir (Şekil 2.16).



Şekil 2.16 Kat alanı – birim maliyet (Steyert, 1972)

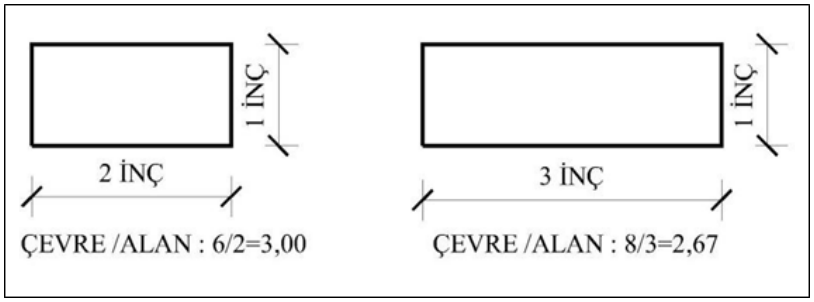
Kat alanı-birim maliyet ilişkisindeki azalmaya benzer olarak toplam inşaat birim maliyetine benzer olarak inşaata ait ince ve kaba tüm imalatların maliyetleri de aynı

eğilimi göstermektedir (Şekil 2.17). Bu eğilimin ana nedeni olarak ise katta brüt alanın artmasıyla birlikte maliyetin aynı seviyede artmaması gösterilmiştir (Steyert, 1972).



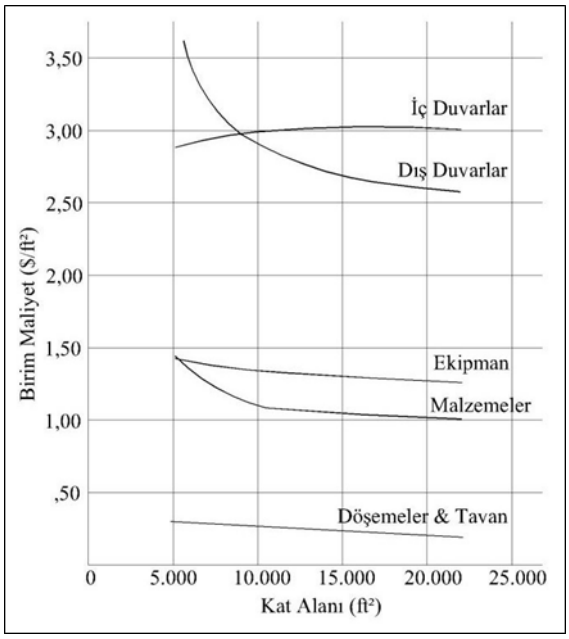
Şekil 2.17 Kat alanı – birim maliyet (Steyert, 1972)

Steyert (1972) tarafından yapılmış olan çalışmada kat alanlarının artması ile birlikte dış duvar maliyetleri yüksek oranlarda azalmaktadır. Bu durumun ana nedeninin ise dış duvar birim maliyetinin kat alanının artması ile büyük oranda azaldığını bunun nedeni olarak da genişlikleri sabit olan fakat uzunlukları farklı olan iki planın brüt alanlarının çevrelerine oranlarının uzunluk arttıkça azalmasına bağlamıştır (Şekil 2.18).



Şekil 2.18 Kat çevresi/kat alanı oranı (Steyert, 1972)

Çalışma konusu yapılarda katların brüt alanlarının artması sonucunda dış duvarların oranları azalmakta ve bunun aksine iç duvarlardaki miktarlarda artış görülmüştür. İç duvar imalatının aksine tavan ile yer kaplama maliyetleri ise sabit bir seyir izlemektedir. Kat alanının artmasının ise çatı vb. diğer işleri kayda değer miktarda etkilemediği belirtilmiştir (Şekil 2.19) (Steyert, 1972).



Şekil 2.19 Kat alanı – birim maliyet (Steyert, 1972)

2.3.1.4 Kat alanı ile birim maliyet ilişkine dair değerlendirme

İnşaatlarda kat brüt alanı-maliyet ilişkisi ile ilgili literatürde yeterli sayıda araştırma bulunmamasına rağmen yapılan çalışmalar incelendiğinde kat alanının artmasının yapının birim maliyetini azalttığı ile ilgili çalışmalar bulunmaktadır. Kat brüt alanların değişmesinin gerek yapının büyüklüğüne gerekse de elde edilen konutların alanlarına etkisi bulunmasından dolayı yapının birim maliyeti azalttığı düşünülmektedir.

2.3.1.5 Yapı yüksekliği ile birim maliyet ilişkisi hakkında çalışmalar

Yapı ile ilgili literatürde yapılmış olan çalışmalar incelendiğinde yapıların yükseklikleri ile yapı birim m² maliyeti arasındaki ilişkiyi inceleyen ve açıklayan birçok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalar incelendiğinde bunlardan ilki yapının toplam yüksekliğinin artması sonucunda yapının birim maliyetinin direkt olarak artacağı ile ilgilidir (Ashworth, 2004; Çıracı, 1996; De Jong ve Wamelink, 2008;

Kirkham, 2007; Seeley, 1996; Tan, 1999; Tregenza, 1972; Warszawski, 2003). Diğeri ise yapının toplam yüksekliğinin artması sonucunda yapı birim maliyetleri U biçimli bir grafik çizerek ilk olarak azalma eğilimi göstermekte ve daha sonra artma eğilimi göstermektedir. (Blackman ve Picken, 2010; Picken ve Ilozor, 2003; Steyert, 1972)

Konu ile ilgili çalışmalar incelendiğinde yukarıda bahsedilen ilk görüşün daha çok desteklendiği ve bu konuda daha çok araştırma yapıldığı görülmektedir. Buna rağmen yapılan bu çalışmaların kapsamları ikinci görüşü destekleyenlerin yapmış olduğu çalışmanın kapsamına göre daha sınırlı kalmıştır. Seeley (1996) tarafından yapılan çalışmada yapının maliyetinin değişiminde esas olarak yapının geometrisi ile tipinin ve inşaat yapım şeklinin doğrudan etkisinin bulunduğu belirtilmiştir. Buna Steyert (1972) tarafından yapılan çalışmada bina yüksekliği ile kat adedi dışında bulunan tüm etkenler sabitlenerek maliyet analizi yapılmıştır. Bu çalışma doğrultusunda Ashwort (2004) tarafından yapılan çalışmada bir yapının bina yüksekliğinin artması ile birlikte bina maliyetinin 4 farklı biçimde etkilendiği tespit edilmiştir. Bu 4 grup aşağıda açıklanmıştır.

1. Yapı yüksekliğinin artması çatı ve temel maliyetini azaltmaktadır.
2. Yapı yüksekliğinin artması asansör maliyetlerini arttırmaktadır.
3. Yapı yüksekliğinin artması halinde iç kapı ile yer kaplamalarının maliyete herhangi bir etkisi bulunmamaktadır.
4. Yapı yüksekliğinin artması sonucunda dış cephe maliyeti öncelikle azalıp daha sonra artış eğilimi göstermektedir (Ashworth, 2004).

Ashworth'un (2004) yapmış olduğu bu sınıflandırmaya paralel anlamda Seeley (1996), Warszawski (2003), Ashworht (2004), Kirkham (2007) ve son olarak De Jong ve Wamelink (2008) yapmış oldukları çalışmalar neticesinde bina yüksekliğinin artması sonucunda binada hangi kısımlarda maliyetin arttığını tespit etmişlerdir. Bu çalışmalar doğrultusunda tespit edilen maliyetler aşağıda belirtilmiştir.

1. Bina yüksekliğinin artması binaların yangından korunması ile ilgili maliyeti arttırmaktadır.

2. Yapı yüksekliğinin artması projenin hazırlanması sürecinde gerekli projeler ile ilgili yapılacak olan maliyetleri arttırmaktadır.
3. Yapı yüksekliğinin artması sonucunda yüksek katlarda yapılan olan beton dökümü işleri zorlaşacağından dolayı yük asansörü ve vinç gibi ekipmanlar gerekli olacak olup bu hususlar maliyeti artacaktır.
4. Bina yüksekliğinin artması halinde binanın bulunduğu alanda zemin iyileştirmesi, fore kazık vb. imalatlar gerekli olabileceğinden dolayı maliyetler artacaktır.
5. Yapı yüksekliğinin artması malzeme, personel vb. taşıma hizmetlerinin görülmesi gerekliliğinden dolayı maliyeti arttıracaktır.
6. Yapı yüksekliğinin artması sonucunda bina içerisinde yapılacak olan mekanik tesisat ile havalandırma tesisatları için gerekli olan pompa vb. ekipmanların kapasitelerinin artmasından dolayı maliyet artacaktır.
7. Yapı yüksekliğinin artması bina içerisinde elektrik tesisatı ile aydınlatma tesisatını daha karmaşık bir duruma getirdiği için maliyet artacaktır.
8. Yapı yüksekliğinin artması statik anlamda taşıyıcı sistemde boyutların artmasını zorunlu hale getirmekte olup bu durum yapının maliyetini arttırmaktadır.
9. Yapı yüksekliğinin artması yapının rüzgâr yüklerinin artmasından dolayı iş güvenliği ile ilgili maliyetleri arttırması ve hava koşullarının getirdiği performansı ve zaman kayıplarını arttırmasından dolayı yapı maliyetini arttırmaktadır.
10. Yapı yüksekliğinin artması alt yüklenici firma bulmaktaki zorlukların olması ve yapım işi kalemlerinin maliyet artışına maruz kalması nedeniyle inşaat yapım maliyetlerini arttırmaktadır (Ashworth, 2004; Kirkham, 2007; Seeley, 1996; Warszawski, 2003).

Seeley (1996) ve Warszawski (2003), yukarıda belirtilen maddelerin aksine bina yüksekliğinin artması halinde hangi maliyetlerin azalacağını belirtmişlerdir. Bu maliyetler aşağıda sıralanmıştır.

1. Bina yüksekliğinin artması birim m² ye düşen bölme duvar, döşeme ile çatı maliyetlerini azalttığından dolayı yapı maliyeti bu kalemlerde azalmaktadır.

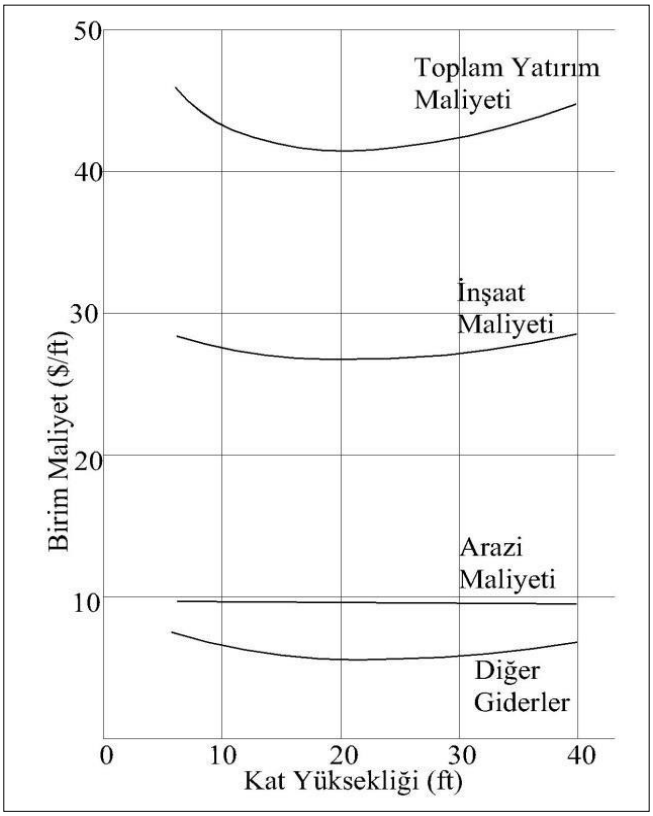
2. Bina yüksekliğinin artması halinde binanın temel birim maliyeti azalacağından maliyet bu anlamda azalmaktadır.
3. Bina yüksekliğinin artması halinde alınacak malzeme miktarı alınacak olup sözleşme aşamalarında daha çok iskonto uygulanmasına neden olacağından bina maliyet bu anlamda azalacaktır.
4. Bina yüksekliğinin artması halinde iş öğrenilmesi süreci artacak olup işçilik maliyeti azalacağından dolayı yapı maliyeti bu anlamda azalacaktır (Seeley, 1996; Warszawski, 2003).

Ashwort (2004) tarafından yapılan çalışma yapının zemin ile tavan kaplamasının oluşturduğu maliyetlerin yapı yüksekliğine bağlı olmadığını göstermiştir. Aynı çalışma dış cephe maliyetlerinin U şeklinde bir eğilim olduğunu göstermiştir. Bu çalışmaya ek olarak Kirkham (2007) ile De Jong ve Wamelink (2008) tarafından yapılan çalışma ise yapı yüksekliğinin artmasının binanın dış cephesi için yapılacak olan maliyetleri direkt olarak etkilediğini göstermiştir.

Yukarıda bahsedilen çalışmalar incelendiğinde arsaların değerli olduğu ve bedelinin çok yüksek olduğu alanlarda yapı yüksekliğinin artmasının binayı daha ekonomik bir konuma getirdiği sonucuna ulaşabilmektedir (Ashworth, 2004; Kirkham, 2007; Tregenza, 1972; Warszawski, 2003). Kirkham (2007) yapmış olduğu çalışma ile kat adedi fazla olan binaların temizlik, boya, asansör gibi işletme maliyetlerinin bu sebeplerden dolayı yüksek olacağını göstermiştir.

Yukarıda bahsedilenlerin aksine diğer bir görüş olan yapı maliyet ile yükseklik arasında olan U eğirişi ilişkisi olduğunu destekleyenlerin sayısı ilk görüşe sahip olanlara göre oldukça az kalmıştır (Blackman ve Picken; 2010; Picken ve Ilozor, 2003; Steyert, 1972). Bu çalışmalarda yapı yüksekliği ile toplam inşaat maliyeti ilişkisi tam olarak incelenmemiş olup genellikle belirli inşaat kalemleri ile yapı maliyeti arasındaki ilişkiler incelenmiştir. (Blackman ve Picken, 2010; Steyert, 1972). Steyert (1972) tarafından yapılan çalışmada kat adetleri dışındaki tüm etkenler sabitlenerek 6 katlı, 17 katlı ve 40 katlı yapılarda yapı birim maliyeti ile iş kalemleri arasındaki ilişkileri incelemiştir. Yapılan çalışmada birbirine benzeyen kat planlarına sahip olan yapıların alanları birbirine eşit olup yapıların toplam maliyeti ile yapı

yüksekliği arasında U şeklinde bir eğilim göstermiştir (Şekil 2.20). Stevert yapı maliyetinde artışın esas nedeni olarak asansör, betonarme imalatlar, rüzgâr yükleri ile işçilik maliyetleri olduğunu belirtmiştir (Steyert, 1972).



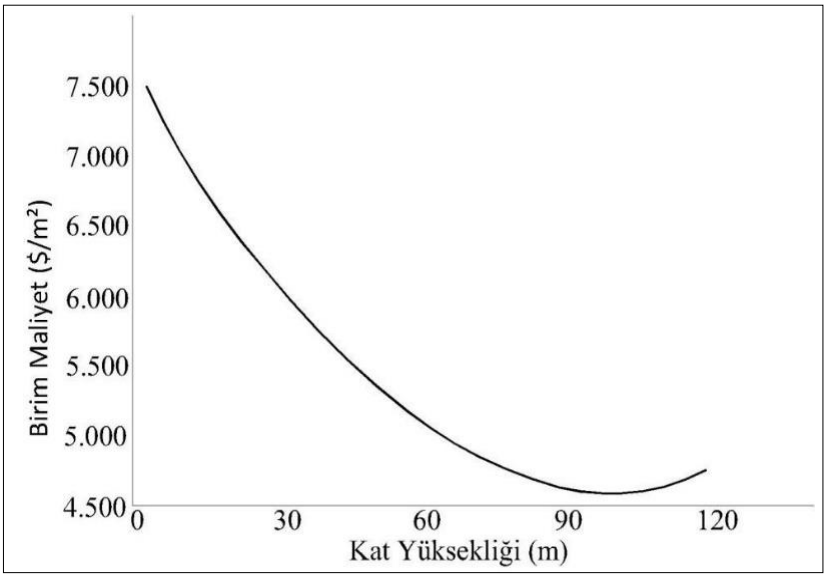
Şekil 2.20 Birim maliyet – yükseklik (Steyert, 1972)

Picken ve Ilozor (2003) tarafından yapılan çalışma ile Çin'in Hong Kong kentinde yapı yüksekliği-yapı birim maliyeti ilişkisi incelenmiştir. Yapılan bu çalışmada kat adedi 3-39 arasında olan 24 adet yapı kullanılmış olup bu yapılar ile ilgili bilgiler özel sektörden alınmıştır. Taşıyıcı sistem olarak betonarme olan konvansiyonel kalıp sistemi ile yapılan bu yapıların yükseklikleri 9,45 m - 112,0 m toplam inşaat alanları 355 m^2 - 44.678 m^2 arasında bulunmaktadır. Çalışma kapsamında maliyet analizi için kullanılan bilgiler danışman şirketlerden temin edilmiş olup yapılara ait bilgiler 2001 yılına uyarlanmıştır. Çalışma kapsamında yapılan analizler için regresyon analizini yöntemi kullanılmış olup yapılara ait kat adetleri yapı yükseklikleri ile yapı birim maliyetleri Tablo 2.5'te verilmiştir.

Tablo 2.5 Picken ve Ilozor'un (2003) çalışmasındaki binalara ait veriler

Proje	Kat Sayısı	Brüt Alan(m^2)	Yükseklik(m)	Birim Maliyet (HKD/m^2)
1	3	355	9,45	6.054
2	3	753	10,72	5.590
3	4	1.160	15,70	9.248
4	4	3.590	13,85	6.664
5	4	3.593	10,64	5.905
6	6	1.880	18,28	8.571
7	7	2.047	30,00	6.413
8	7	4.180	27,40	5.412
9	16	6.841	43,00	4.244
10	16	10.330	47,30	5.752
11	19	7.470	53,80	7.078
12	24	28.130	72,96	2.946
13	30	11.329	90,00	5.911
14	31	16.265	84,45	2.811
15	34	15.314	98,00	6.946
16	35	21.121	94,10	4.034
17	36	19.560	107,80	5.391
18	36	21.831	108,50	6.994
19	36	35.288	98,50	3.648
20	37	42.745	111,55	3.984
21	37	42.849	112,00	3.837
22	37	43.258	111,55	4.495
23	39	42.302	108,20	3.946
24	39	44.678	107,35	3.978

Yapılan çalışma neticesinde Şekil 2.20'de gösterildiği gibi U şeklinde olan ve determinasyon katsayısı (r^2) 0,32 bir polinom eğrisi elde edilmiştir. ($y=0,2963x^2$-59,056x-7552) Araştırma neticesinde bulunan eğriye göre yapının birim alan maliyeti yüksekliğin artması ile birlikte ilk olarak azalmakta yapı yüksekliğinin 100 metreyi aşması ile artış göstermektedir.

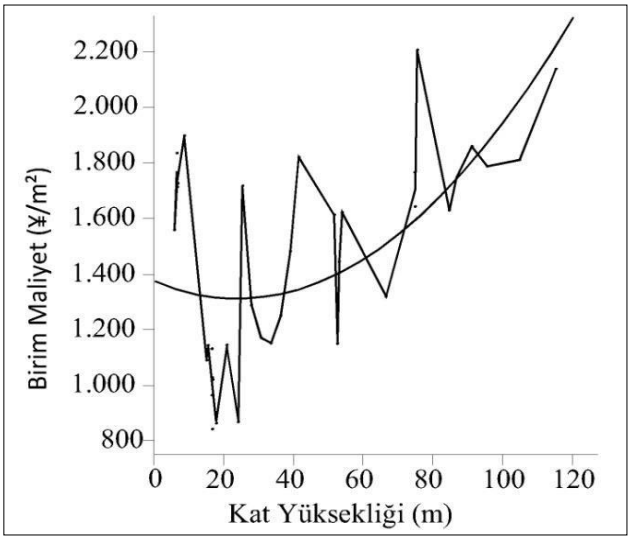


Şekil 2.21 Yükseklik – birim maliyet (Picken ve Ilozor, 2003)

Yapı maliyetinin minimum olduğu seviyede kat yüksekliği 100 metre olarak görülmektedir. Ancak araştırma kapsamı içerisinde 108 metreden daha yüksek bir yapının olmaması nedeniyle bu yükseklik değerinden daha yüksek yapıların da incelenmesi zorunlu hale gelmiştir.

Picken ile Ilozor (2003) tarafından yapılan çalışma, Blackman ile Picken (2010) tarafından yapılan çalışma ile devam ettirilmiştir. Çalışma Şangay sınırlarında yapılmış olup yapı yüksekliği ile yapı birim maliyeti arasındaki ilişki literatürde yapılan en ayrıntılı çalışma olarak yer almaktadır. 2010 yılında yapılmış olan bu çalışmada yapı yüksekliği ile yapı birim maliyeti arasındaki ilişkinin farklı konumlarda birbirinden farklı olduklarını göstermişlerdir. Literatürde daha önceden yapılmış olan araştırmalar yapı maliyeti içerisinde iş kalemlerinin maliyetlerinin değişkenlik gösterdiğini, bazı iş kalemlerinin yapı yüksekliği ile birim maliyet arasında bulunan ilişkiye benzer bazı iş kalemlerinin ise çok farklı olduğu belirtilmiştir. Bu çalışma kapsamında maliyet analizi için regresyon analizi yöntemi kullanılmış olup Şangay bölgesinde bulunan ve yapımı bitmiş olan 2-37 kat arasında bulunan 36 yapı incelenmiştir. Yapılara ait olan bina yüksekliği, inşaat alanı vb bilgiler 2007 yılına göre uyarlanarak analizler yapılmıştır. Steyer (1972) ve Picken ve İlozor (2003) tarafından yapılan araştırmalara benzerlik gösterecek şekilde U şeklinde bir yönelim gösteren eğir Şekil 2.21'de görülmektedir. Bu eğriye ilişkin yapı yüksekliği ile yapı birim maliyeti arasındaki denklem $y=0{,}110x^2$-

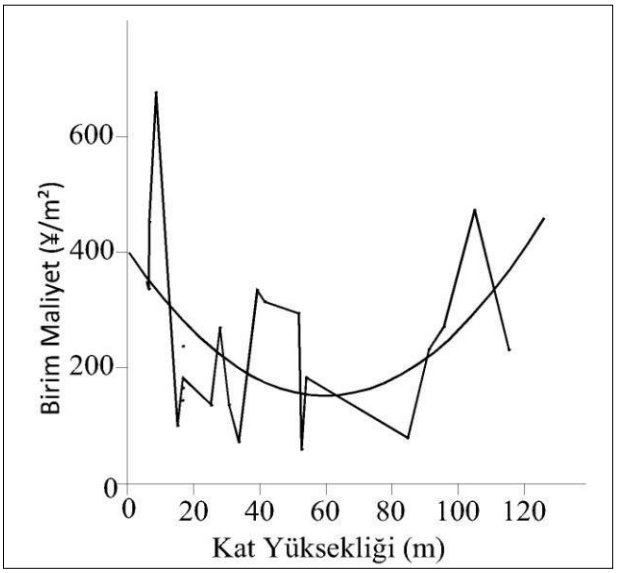
5,334x+1.375,471 olup determinasyon katsayısı (r^2) 0,369 olarak tespit edilmiştir. Elde edilmiş olan grafiğe göre yapı birim maliyet ilk aşamada yüksekliğim artması ile birlikte artış göstermekte ve yapı yüksekliğinin 24 metre olması ile maliyeti minimum düzeyde olmaktadır (Şekil 2.22).



Şekil 2.22 Yükseklik – birim maliyet (Blackman ve Picken, 2010).

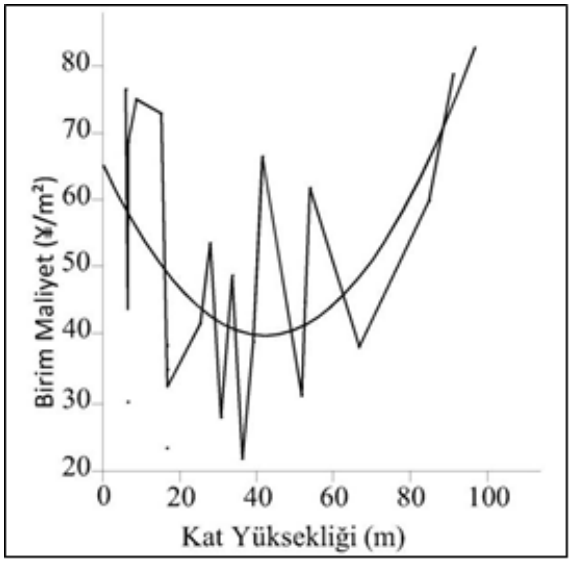
Yukarıda bahsedilen çalışmalarda sonuçlar birbirinden farklı olmasına rağmen çalışmaların tamamı U şeklinde bir eğri oluşturmuştur. Yapılan bu araştırmalarda elde edilmiş olan veriler benzer çalışmaların kapsamlarının genişletilmesi zorunluluğunu göstermektedir.

Steyer (1972) ile Blackman ve Picken (2010) yapmış olduğu çalışmalar ile iş kalemlerine ait maliyetlerin yapının yükseklik miktarının değişimi ile ilişkisini ayrı ayrı incelemişlerdir. Blackman ve Picken (2010) bina inşaatının kaba inşaatı kısmını kategorize ederek kaba inşaat maliyetini temel imalatı ile bodrum ve normal kat imalatı olarak iki ayrı sınıfta incelemiş olarak yapı yüksekliği ile yapı birim maliyeti arasında U şeklinde bir eğri elde etmiştir. Yapılan çalışma sonucunda elde edilen veriler doğrultusunda yapılan regresyon analizi ile (r^2=0,221, $y=0,070x^2$-8,375x+403,194 denklemleri elde edilmiştir. Yapım işinde temel ile normal katların kaba inşaatları ile ilgili olarak yapı yüksekliği yapı birim maliyeti arasındaki ilişki U şeklide bir eğilim göstermiştir. Bununla birlikte minimum yapı maliyeti 60 metre yükseklik için tespit edilmiştir (Şekil 2.23).



Şekil 2.23 Yükseklik – temel ve bodrum katlar inşaat işleri toplam birim maliyeti (Blackman ve Picken, 2010)

Çalışma kapsamında normal katlar ile yapı birim maliyeti ve yapı yüksekliği ilişkisinde de U şeklinde bir eğilim görülmüş olup elde edilen veriler ile r^2=0,268, $y=0,014x^2-1,219x+35,396$ denklemleri elde edilmiştir. Minimum yapı birim maliyetinin 43,5 metre de olduğu de tespit edilmiştir (Şekil 2.24).



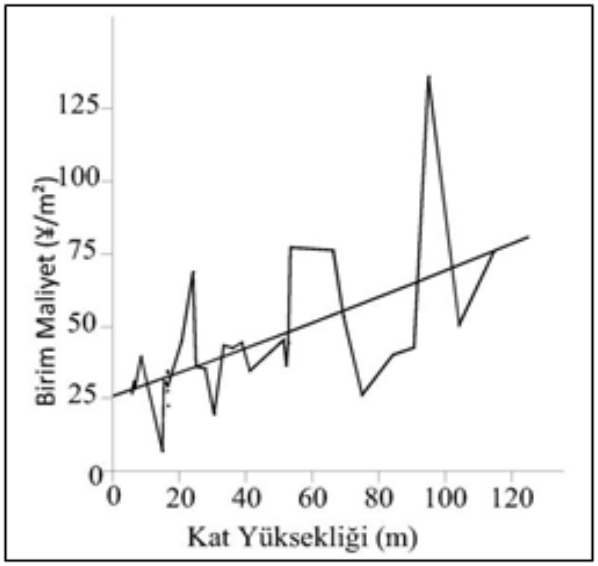
Şekil 2.24 Yükseklik – normal katlar kaba inşaat işleri birim maliyeti (Blackman ve Picken, 2010)

Steyert (1972) yapmış olduğu çalışma ile yapı yüksekliğinin artması ile yapının maruz kaldığı rüzgâr yüklerinin artmasından dolayı taşıyıcı sistem maliyetinin arttığını belirtmiştir. İlave olarak kiriş maliyetlerinin artmasının da yapı içerisinde

bulunan döşeme boşluklarının boyutlarının artması ve kiriş ebatlarının artması olduğu belirtilmiştir.

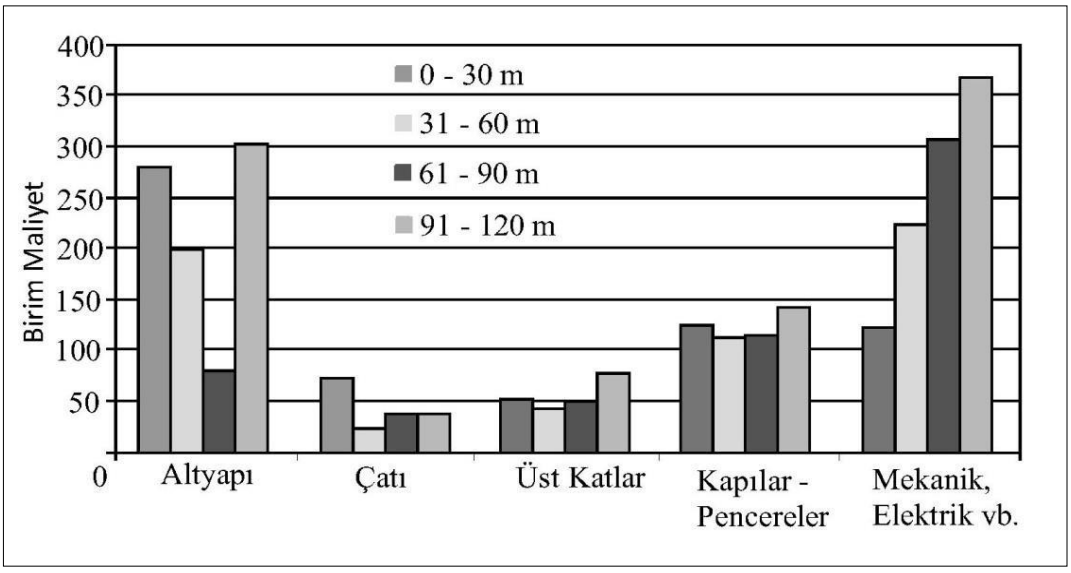
Yapı yüksekliği fazla olan binalarda döşemelerde alan kayıplarının fazla olması nedeniyle döşeme maliyetlerinde artış görüldüğü belirtilmiştir. Beton kalıp malzemelerinin maliyetlerinin artmasıyla birlikte yapı birim maliyeti yine U şeklinde bir eğilim göstermiş olup yapıdaki işçilik de aynı şekilde eğilim göstermiştir. Yapı yüksekliğinin artması ile birlikte brüt inşaat alanında ciddi bir artış olmadığından dolayı hafriyat, temel ve çatı gibi iş kalemlerin yapı birim maliyetini azaltmaktadır. (Steyert, 1972).

Steyert (1972) yapmış olduğu çalışmada yapı yüksekliği arttıkça yapının havalandırma tesisatlarındaki maliyetlerin arttığını belirtmiştir. Bu maliyetin artışının sebebi olarak ise düşey yönde borulamalar ile merkezi sistemlerin büyümesi olarak açıklanmıştır. Buna rağmen sıhhi tesisat maliyetlerinin yapı yüksekliğinden etkilenmediği görülmüştür. Blackman ve Picken (2010) yapmış olduğu çalışmada 33 adet yapı üzerinde çalışma yapmış olup elde edilen verilerin analizi sonucunda r^2=0,347, y=0,402x+25,759 denklemleri elde edilmiştir. Yapı yüksekliğinin artması sonucunda sıhhi tesisat maliyetleri doğrusal bir şekilde artış göstermiştir (Şekil 2.25).



Şekil 2.25 Yükseklik – sıhhi tesisat işleri birim maliyeti (Blackman ve Picken, 2010).

Steyert (1972) yapmış olduğu çalışma ile elektrik tesisat işlemlerinin yapı yüksekliğinin artması ile arttığını belirtmiştir. Bu durumun esas nedeni olarak da düşey ana hat bağlantısı ile işçilik maliyetlerinin artış göstermiş olmasıdır. Bunun aksine Blackman ve Picken (2010) yapmış oldukları çalışma ile 34 bina üzerinde analiz yapmış olup elde edilen veriler doğrultusunda r^2=0,235, y=-0,012x^2+1,873x+34,910 denklemleri elde edilmiştir. Elektrik tesisat işleri bahsedilen durumun aksine U şeklinde bir eğilim göstermiştir. Blackman ve Picken (2010) tarafından yapılan çalışmada analizler için regresyon analizi yöntemi kullanılmamış olup her bir iş kalemi için maliyet analizini yapabilmek için De Jong ve Wamelink (2008) tarafından oluşturulan bir grafik hazırlanmıştır. (Şekil 2.26). Yapılan çalışma ile yapı yükseklikleri kategorize edilmiş olup 4 ayrı gruba ayrılmıştır. Bu sınıflandırma da yap yükseklikleri 0-30 m, 31-60 m, 61-90m, 91-120 m olarak sınıflandırılmıştır. Her yapı için iş kalemleri özelinde ortalama yapı birim maliyetleri hesaplanmıştır. Şekil 2.26'da görüldüğü gibi iş kalemleri özelinde temel imalatı, bodrum kat inşaatı, çatı ve normal katların kaba inşaatı ile kapı pencere işleri U şeklinde bir eğilim göstermiş olup bunların haricinde olan diğer işler doğrusal olarak artış göstermiştir.



Şekil 2.26 Yükseklik bazında ortalama imalat kalemi birim maliyeti (Blackman ve Picken, 2010)

2.3.1.6 Yapı yüksekliği ile birim maliyet ilişkisine dair değerlendirme

Literatürde yapılan araştırmalar incelendiğinde yapının birim maliyetini etkileyen unsurlar ile ilgili en çok araştırma konusu olan unsur yapı yüksekliğidir. 1970'li

yıllardan itibaren bu anlamda literatürde yer alan birçok çalışma yapılmış olup yapıların maliyetleri üzerinde yapı yüksekliğinin etkisi araştırılırken 2 farklı metot kullanılmıştır. Warszawski'nin (2003) belirtmiş olduğu bu yöntemlerin birincisi örnek binalar ikincisi ise model binalardır. Literatürde yer alan bu çalışmalarda genellikle yapı yüksekliğinin artması ile yapının birim maliyetinin artacağı öngörülmüş olup buna rağmen yapılan çok kapsamlı çalışmalar incelendiğinde yapı yüksekliği ile yapı maliyeti ilişkisinin U şeklinde bir eğilim gösterdiği tespit edilmiştir. Birbirinin devamı niteliğinde olan Picken ve Ilozor'un (2003) yapmış olduğu çalışma ile Blackman ve Picken'ın (2010) yapmış olduğu çalışmada yapı yüksekliğinin artması ile birlikte öncelikle maliyetin arttığı daha sonra ise maliyetin azaldığı tespit edilmiş olup ilk çalışmada yapı yüksekliğinin 100 metreyi ikinci çalışmada ise yapı yüksekliğinin 24 metreyi geçmesi halinde yapı maliyetinin arttığı belirtilmiştir.

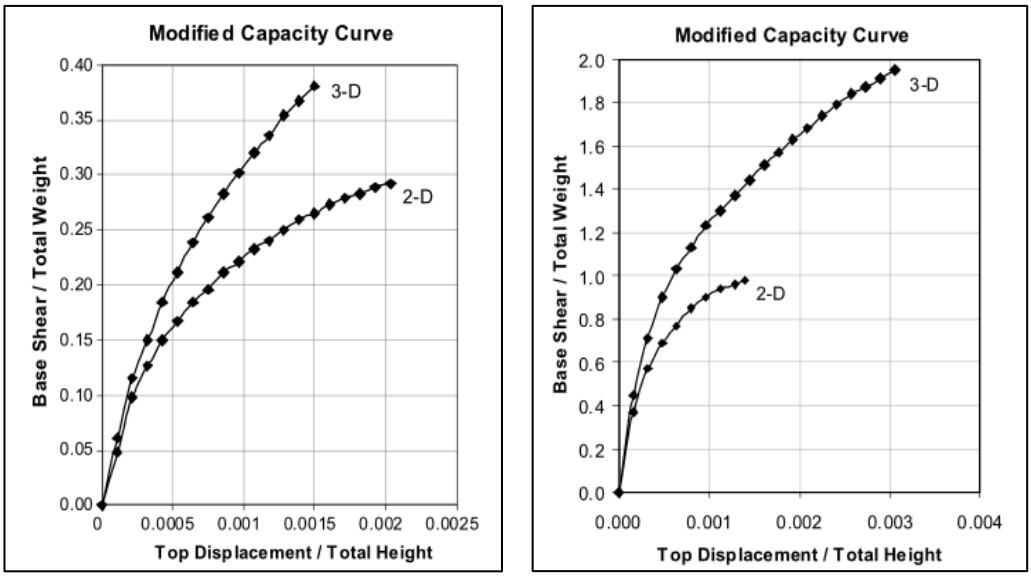
2.4 Tünel Kalıp Sistemi Hakkında Yapılan Spesifik Çalışmalar

Şenel (2001), doktora çalışmasında tünel kalıp sistemi kullanılarak yapılan perde duvarlarının deprem davranışlarını incelemiş ve bu araştırma ile yapılarda depreme karşı dayanıklılığı arttırmak için en az maliyetli ve uygun yöntemin perde duvarların kullanıldığı sistemler olduğunu belirtmiştir. Bununla birlikte ek olarak tasarlanmış olan 12 adet perde duvar örneğinin sabit yönde olmayan ve yön değiştiren aynı zamanda tekrarlı olan yükler altında davranışını deneysel ve teorik olarak incelemiştir. Çalışmada yük-deplasman ve moment eğrilik ilişkileri araştırılmıştır (Şenel, 2001).

Çalışmanın sonuçları özetlenecek olursa sargılamanın dayanıma etkisi %5 civarında, şekil değiştirmeye ise %30'lara yaklaşan bir etkisinin olduğu görülmüştür. Donatı çeliğinin önceki yapılan deneyler ile pekleşme ve kopma noktalarının benzer olduğu görülmüştür. Sargı bölgelerinde kullanılan boyuna donatı miktarının dayanımı çok arttırmadığı fakat yüksek oranlarda süneklik kayıplarına sebep olduğu görülmüştür. Bu sebeple yazar, duvarın dayanımını artırmak için boyuna donatı miktarının artırılmasının doğru bir yaklaşım olmadığı kanaatine varmıştır. Donatı miktarı çok olan perde elemanlarda çeşitli çatlaklar olduğu yapılan deneyler sonucu elde edilmiştir. Bunun yanında etriyeleri artırmak hem dayanım hem de süneklik

açısından perde elemana daha iyi bir mukavemet katacağı kanaatindedir (Şenel, 2001).

Perde duvar elemanların betonarme sistemin dayanımına etkisi konusunda yapılan bir başka çalışma da Balkaya ve Kalkan (2003) tarafından ortaya konmuştur. Bu çalışma, ana hatlarıyla iki farklı durum için 2D ve 3D sonlu elemanlar hesap yöntemleri ile perde duvar elemanının davranışlarını ölçmüşlerdir. Mimari olarak tasarımları aynı olan ancak 2 ve 5 katlı olarak tasarlanan iki yapının perde duvarlarının deprem etkisine karşı göstermiş oldukları performanslar ve dayanım kapasiteleri incelemiştir. Bu çalışma hem o yıllardaki sonlu elemanlar yönteminin 3D olarak daha etkin bir sonuç verdiğini ortaya koymaktadır hem de kat sayısının perdeli sistemlerdeki etkisini göstermektedir. Aşağıda belirtilen şekillerde bu iki durum için düşey eksende Taban Kesme/Toplam Ağırlık, yatay eksende en yüksek yer değiştirme/toplam bina yüksekliğine oranı parametreleri solda 2 katlı durum, sağda 5 katlı durum için incelenmiştir (Balkaya ve Kalkan, 2003). Şekil 2.27'den anlaşılacağı üzere bu iki farklı durumda aynı miktar toplam yer değiştirme elde etmek için birim ağırlık başına gelen kesme kuvveti az katlı yapılarda daha fazla olmaktadır. Bu da şunu göstermektedir ki az katlı yapılarda bu rijit perdeli sistemlerin kullanılması dayanım için yeterliden daha fazla dayanıma sebep olurken ve periyodu da olması gerekenden düşüktür. Burada istenilen tasarım deprem esnasında en yüksek yer değiştirme miktarı en az, dayanım açısından hafif çatlakların oluşmasıdır. Bu sebeple tasarlanan yapıların aşırı rijit olarak tasarlanması, yapı üzerinde etki gösteren sismik hareketlerin şiddetli bir şekilde hissedilmesiyle birlikte yapı üzerinde de gereksiz miktarlarda ve konumlarda çatların oluşmasına sebep olmaktadır (Balkaya ve Kalkan, 2003).



Şekil 2.27 Yüksekliğe bağlı değişen toplam yer değiştirme (Balkaya ve Kalkan, 2003)

Bulgu (2007) yapmış olduğu tünel kalıp sistemleri kullanılarak yapılan binalarda deprem yükü etkileri altında yapının davranışının incelendiği çalışmada deprem yüklerini perdelerin taşıdığını ve tünel kalıp sistemi kullanılarak yapılan yapıların 2007 Deprem Yönetmeliğinde verilmiş olan deprem bölgeleri ile zemin özelliklerini de esas alarak kıyaslayarak değerlendirmiştir. Aynı çalışmada yapıların deprem hareketlerine karşı davranışları, kat sayıları, rijit bodrum katlar ile bu katlarda oluşabilmesi muhtemel rijitlik azalmalarının yapı üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Yapı rijitliği olarak iki eksende de benzer rijitliğe sahip olan ve geometrik olarak kare olarak planlamış yapılarda, kat sayılarının, zemin tiplerinin ve deprem bölgelerinin farklılığı ile rijit bodrum katlarının yapının iç kuvvetlerine ve kat yer değiştirmelerine etkileri kıyaslamalı olarak incelenmiştir. Aynı zamanda yapı yüksekliğinin belirli oranlardaki rijitlik değişimlerinin kat yer değiştirmelerine etkisi üzerinde inceleme yapılmıştır (Bulgu, 2007).

11 ve 22 katlı iki bina için yapılan analizde bina kat adetinin şu etkileri görülmüştür; Yatay kuvvetleri oluşturan deprem kuvvetleri veya sismik kuvvetlerin sadece perde duvar elemanlar vasıtası ile karşılandığı sistemlerde yapı yüksekliği arttıkça yapı üzerinde konsol etkisi daha belirgin hale gelir. Yapının rijitliğinin azalması ile de yer değiştirmeler artar. Bu çalışmada esas alınan 22 katlı binada, 11 kat olarak tasarlanan binaya göre taban kesme kuvvet 2,5 kat artmıştır. En üstte bulunan katın ise yer değiştirmesi 5 kat artmıştır. Rijitlik miktarının görece daha az olduğu kısımlarda ise

bahsedilen yer değiştirmeler daha büyüktür (Bulgu, 2007). Kat rijitliğinin azaltılması sonucu deplasmana olan etkiler ise geometrisi kare olarak tasarlanmış olan yapılarda, yapı yüksekliğinin üst 1/3, 1/4, ve 1/5'indeki katlarda perde duvar elemanlarının sayıca azaltılması ile birlikte yapının üst katlarında gerçekleşen yer değiştirmelerinde milimetrik olan ifade edilebilecek farkların olduğu görülmüştür (Bulgu, 2007).

Kasapoğlu (2008) yapmış olduğu çalışmada tünel kalıp sistemlerinin kullanılması ile oluşturulan perde duvarlı taşıyıcı sistemler üretilen perdeli taşıyıcı sistemleri konvansiyonel sistemlerle kıyaslayarak bir çalışma yapmıştır. Bu çalışma kapsamında Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'na bağlı olan Toplu Konut İdaresi (TOKİ)'nin genellikle kullanmış olduğu DG, Y ve FG tipi yapı projelerini esas alarak 6 adet birbirinden farklı bina modelleyerek statik tasarım oluşturmuştur. Modellemesi yapılan bu binaların statik ve dinamik koşullar altındaki davranışını gözlemlemek amacıyla yapılan analizler için Sta4cad v-12.1 paket programı kullanılmış olup analiz yöntemi Mod Birleştirme olarak tercih edilmiştir. Maliyetlerinin karşılaştırılmasında kaba inşaata ait malzeme bedeli ile işçilik bedeli ayrı olarak değerlendirilmiş olup bu kapsamda hesaplama yapmıştır. Hesaplamalar güncel piyasa fiyatları üzerinden araştırmalar yapılarak belirlenmiştir (Kasapoğlu, 2008).

Yapılan analizler neticesinde tüm analiz modellerinin yapıya yatay olarak etki eden deprem kuvvetlerini karşılama kapasitesi incelendiğinde; tünel kalıp sistemi kullanılarak inşa edilen binaların diğer binalara göre daha rijit davrandığı ve perde duvarların oluşturmuş olduğu rijitliğin deprem kuvvetlerine direnç gösterdiği görülmüş olup perde-çerçeve sistemli binalarda ise sistemin oluşturmuş olduğu sünekliğin depreme karşı direnç oluşturduğu gözlemlenmiştir. Yapılan çalışma kapsamında yapının maliyet ile ilgili analiz incelendiğinde, yapının demir ile beton maliyeti tünel kalıp sistem kullanılarak tamamen perde duvarlı yapılarda perde çerçeve sistemli yapılara göre daha fazla fark oluşturduğu fazla olduğu görülmektedir. Bu çalışmada da görüldüğü gibi maliyet açısından bakıldığında tünel kalıp sistemlerinin ekonomik olarak uygun olmadığı düşünülebilir ancak yapılacak olan yapının sayısı ile kat adedinin artması ile birlikte geleneksel perde-çerçeve sistemlere göre daha uygun maliyetli olabilirler. İlk maliyet açısından bakıldığında

tünel kalıp sistemleri ile inşa edilen yapılar daha maliyetli olmasına karşın bu kalıp sistemleri en az altı yüz kez kullanılabilir olmasından dolayı geleneksel kalıplara göre daha uzun ömürlü ve ekonomiktirler. Geleneksel kalıplar ise en az elli kez kullanılabilmektedirler. Ayrıca her kullanım sonrası geleneksel kalıplarda yapılan tamir ve bakımlarda maliyeti arttırmaktadır. Zaman-maliyet ilişkisi gözetildiğinde tünel kalıplar ekonomik ömürleri boyunca faydalı bir şekilde (Kasapoğlu, 2008).

Maliyet Kalemleri	Y Tipi		FG Tipi		DG Tipi	
	Y-TK Binası	Y-GK Binası	FG-TK Binası	FG-GK Binası	DG-TK Binası	DG-GK Binası
Beton Maliyeti	76.819 YTL	53.046 YTL	80.129 YTL	59.491 YTL	87.497 YTL	66.035 YTL
Demir Maliyeti	168.172 YTL	118.378 YTL	206.075 YTL	135.856 YTL	220.728 YTL	157.471 YTL
Kalıp İşçiliği	28.018 YTL	54.173 YTL	29.054 YTL	61.902 YTL	34.268 YTL	69.678 YTL
Kalıp Maliyeti	11.342 YTL	19.290 YTL	11.884 YTL	22.036 YTL	12.899 YTL	24.619 YTL
Duvar İşçiliği	13.974 YTL	25.496 YTL	12.714 YTL	21.675 YTL	13.767 YTL	24.464 YTL
Duvar Maliyeti	33.147 YTL	52.924 YTL	28.310 YTL	45.219 YTL	28.210 YTL	52.050 YTL
TOPLAM	331.472 YTL	323.307 YTL	368.167 YTL	346.179 YTL	397.369 YTL	394.317 YTL
FARK	2,46%		5,97%		0,77%	

Şekil 2.28 Çeşitli bina tiplerinin maliyet analizi (Kasapoğlu, 2008)

Halid (2009), geleneksel ve Tünel kalıp sistemleri arasındaki yapısal sürdürülebilirlik unsurlarının karşılaştırılması hakkında ankete dayalı bir çalışma yapmıştır. Yaptığı çalışmada tünel kalıp ile inşa edilen binaların geleneksel kalıba kıyasla sürdürülebilirlik unsurlarını ele almıştır. Bu unsurlar; inşaat atık oranı, kalıbın tekrar kullanılabilme oranı, yüksek kaliteli imalat, inşaat hızı, iş gücü miktarı ve çevresel etkiler (Abdullah vd., 2009).

Ankete katılanların çoğu, %76,5 oranında artan tekrar kullanma sayısı, %70 oranında inşaat atıklarını azaltma, iş kalitesini arttırma, iş gücü sayısını %70,1 azaltma ve çevreyi azaltma gibi nedenlerle geleneksel kalıplara göre daha sürdürülebilir olduğunu göstermektedir (Abdullah vd., 2009).

Sarıçay (2009), yapmış olduğu çalışmada tünel kalıp sistemlerinin kullanılması ile yapılan binaların deprem kuvvetleri etkisi altındaki davranışını incelemiştir. Taşıyıcı sistemi perde olan ve sadece perde duvar elemandan oluşan yapıları 2007 Deprem Yönetmeliğine göre sekizgen kesite sahip bir plan üzerinde zemin olarak iki yönden birbirine yakın rijitliğe sahip olan farklı zemin bölgelerinde kat adedinin etkilerini incelemiştir (Sarıçay, 2009).

Çalışma neticesinde 5 katlı yapılarda çok rijit olduğundan dolayı kat yer değiştirmelerinin çok küçük olduğu görülmüştür. 10 ile 15 katlı binalarda ise deprem bölgesinin değişmesi ile zemin sınıfının değişmesinin çalışma konusu yapılarda yer değiştirmelerini yüksek miktarda etkilemediği gözlemlenmiştir. 10 katın üzerinde tasarlanan yüksek yapılarda ve farklı zemin sınıflarında kat yer değiştirme değerleri özellikle 1.derece deprem bölgesinde hızla artmaktadır. Çalışma kapsamında tasarımı ve analizi yapılmış olan 5-10 ve 15 katlı yapılarda farklı deprem bölgelerinden 4. dereceden 1. dereceye giderken kat yer değiştirmelerinin arttığı görülmektedir. Tasarımı ve analizi yapılan binaların tamamının depreme karşı rijit bir davranış gösterdiği gözlenmiştir. İncelenen binaların hepsinin depreme karşı oldukça rijit oldukları açıktır yorumlamasında bulunulmuştur (Sarıçay, 2009).

Tepebaş (2010), yapmış olduğu çalışmada tünel kalıp sistemler ile geleneksel kalıp sistemlerini maliyet açısından karşılaştırmıştır (Şekil 2.29). Birbirine yakın alanda ancak farklı mimari projeye sahip iki yapının maliyetini karşılaştırarak bir çalışma gerçekleştirmiştir (Tepebaş, 2010).

TÜNEL KALIP SİSTEM MALİYETİ		**GELENEKSEL KALIP SİSTEM MALİYETİ**	
YAPILAN İŞİN CİNSİ	**TUTAR (TL)**	**YAPILAN İŞİN CİNSİ**	**TUTAR (TL)**
KAZI VE DOLGU MALİYETİ	26380,17	KAZI VE DOLGU MALİYETİ	17953,22
TEMEL İNŞAATI	169318,40	TEMEL İNŞAATI	162553,90
KALIP	202339,70	KALIP	38545,37
HASIR ÇELİK, DEMİR	162151,31	DEMİR	220530,80
BETON	226738,68	BETON	200867,31
DUVAR	53546,59	DUVAR	92628,48
SIVA	132754.01	SIVA	152413,24
ISI VE SES YALITIMI	37553,34	ISI VE SES YALITIMI	24688,38
BODRUM KAT SU YALITIMI	9866,01	BODRUM KAT SU YALITIMI	10024,08
TOPLAM MALİYET	**1020648,21**	**TOPLAM MALİYET**	**920204,78**
FARK			**100443,43**

Şekil 2.29 Maliyet kıyaslaması (Tepebaş, 2010)

Harmankaya (2011) ise yapmış olduğu çalışmada ülkemizde tünel kalıp sistemi kullanılarak yapılmış olan yüksek katlı yapıların kat adetleri ile kullanılan beton sınıflarının inşaatın toplam maliyetine olan etkilerini incelemiş ve araştırmıştır. Çalışmada tünel kalıp ile inşa edilecek taşıyıcı olarak perde sistemler kullanan ve kat sayıları birbirinden farklı olan yapı sistemlerinin statik olarak analizleri yapılarak yapı maliyetleri hesaplanmıştır. Şehir ve bölge planlaması kapsamında binanın yapıldığı yer için parselasyon planı veya bölge bazında farklı imar uygulamaları olabileceğinden dolayı çalışma konusu iki konuya da açıklık getirecek şekilde maliyetler kıyaslanmıştır. Yapılan konutların maliyetinin hesaplanmasında kat adedi ile inşa aşamasında kullanılan beton sınıfının etkisi de incelenmiştir (Harmankaya ve Tuna, 2011).

Yapılan bu çalışmada netice olarak belirli bir kat yüksekliğinden sonra bu sistemler uygulanabilirliğini yitirmektedir. Çalışma sonucunda yapılan 42 kat sonrasındaki kısımda maliyet beklenenden fazla miktarda artmakta ve 42 kattan sonra yapılması planlanan tünel kalıp sistemlerinin ekonomik açıdan uygun olmadığı sonucuna ulaşılmıştır (Harmankaya ve Tuna, 2011).

Türken (2011), tünel kalıp sistemlerin geleneksel sistemlerle karşılaştırılması isimli çalışmasına konu olan yapıyı öncelikle tünel kalıp sistemi olarak modellemiş ve ardından çalışma konusu betonarme yapı geleneksel yapım tekniklerine uygun olarak perdeli çerçeve sistem şeklinde modellemiştir. Gerek tünel kalıp sistem gerekse de geleneksel kalıp sisteminin analizinde ticari yazılım olarak Sap-2000 programı ile statik çözüm yapılmış olup yapılan analizler üzerinde kat yer değiştirmeleri, tabana gelen kesme kuvvetleri ile periyotlar birbiri ile karşılaştırılmıştır (Türken vd., 2011).

Buna ek olarak tünel kalıp sistem ile yapılan binalar ile geleneksel kalıp sistemi ile yapılan binaların maliyetleri birbiri ile üretim hızları birbiri ile karşılaştırılmıştır. (Türken vd., 2011).

Yapılan çalışma neticesinde tünel kalıp sistemlerinin kullanılması ile yapılan yapılarda bodrum katlarda rijitliğin yüksek olması ile birlikte tüm binanın rijitliğinin arttığı sonucuna ulaşılmıştır. Bu sonuca göre perde çerçeve sistem ile tünel kalıp

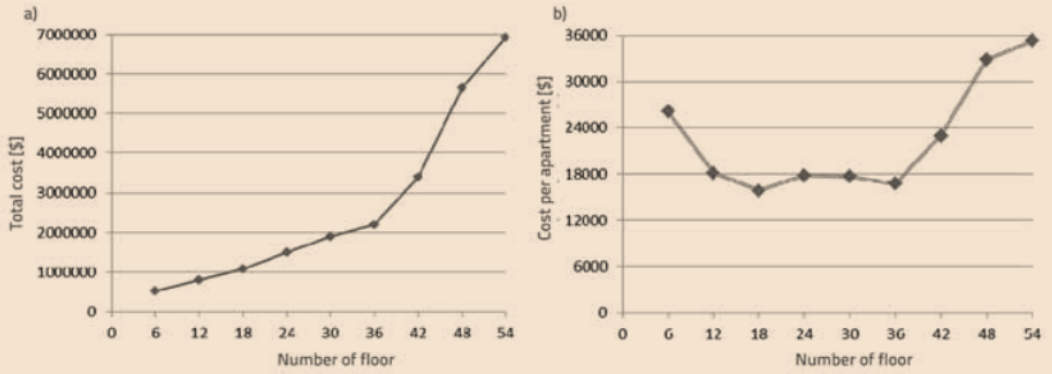
sistem karşılaştırıldığında perde çerçeve sistemlerde tünel kalıp sistemler ile inşa edilen binalara göre kat yer değiştirmeleri (+) Ex ve (+) Ey yönünde ortalama en az %175 en fazla %650 daha fazla olduğu gözlemlenmiştir. Tünel kalıp sistemler buna ek olarak ayrıca relatif kat deplasman değerini de azalttığı sonucuna ulaşılmıştır. Tünel kalıp sistemlerin geleneksel kalıp yöntemi kullanılarak yapılan perde çerçeve sistemlere göre daha rijit bir yapıda olmasından dolayı periyotları da daha küçüktür (Türken vd., 2011).

Çalışmanın neticesinde yazar tünel kalıp sistemi ile yapılan yapıların depreme karşı dayanım, yapılma süreleri, yapılma aşamasındaki kolaylıkları gibi hususların yanında kalıpların 600 kez kullanılabilir olmasın, kaliteli uygulamalar ortaya çıkması, çok katlı yapılarda %20 oranında daha düşük maliyetli yapılmasından dolayı geleneksel kalıp sistemine göre daha uygun olduğunu belirtmiştir (Türken vd., 2011).

İlerisoy (2013), çok katlı tünel kalıp inşaatlarında maliyet analizi yaparak katların maliyete ne gibi etkisi olacağını araştırmıştır (Şekil 2.30 ve Şekil 2.31). Bu çalışmada aşağıdaki kat adetleri için analizler yapmıştır (İlerisoy ve Tuna, 2013).

Number of floors	6	12	18	24	30	36	42	48	54
Basement	1	1	1	2	2	2	3	3	3
Structural height [m]	16.80	33.60	50.40	67.20	84.00	100.80	117.60	134.40	151.20
Installation story	0	0	0	1	1	2	2	3	3
Typical floor	5	11	17	21	27	32	37	42	48
Flat	20	44	68	84	108	128	148	168	192

Şekil 2.30 Modelin parametreleri (İlerisoy ve Tuna, 2013)



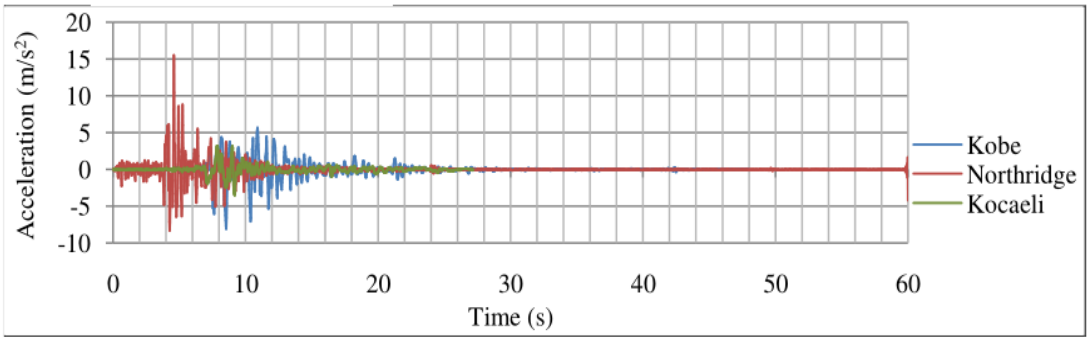
Variation of cost with respect to the number of floors: a) total costs; b) unit cost per apartment

Table 3. The cost of components as related to the total construction cost

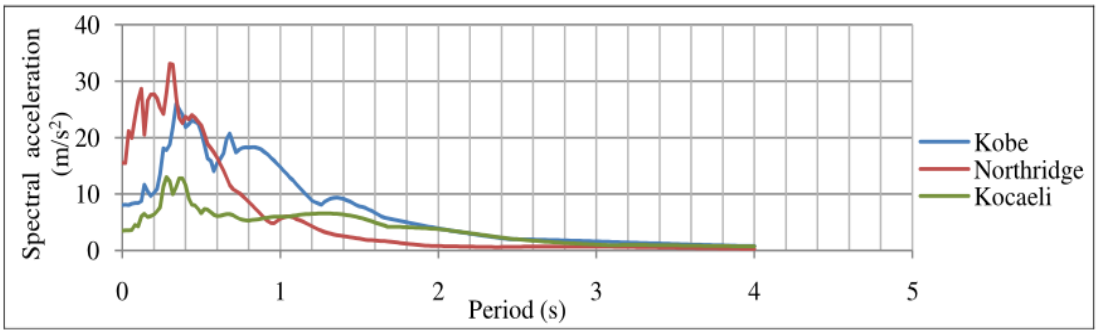
Components / Number of floors	Formwork [%]	Reinforcement [%]	Concrete [%]	Foundation [%]	Roof [%]	Earth-work [%]
6	43,76	18,06	15,09	16,64	5,18	1,27
12	40,70	23,99	20,00	11,2	3,49	0,86
18	36,59	27,17	24,78	8,37	2,48	0,61
24	33,08	28,41	27,94	7,97	1,80	0,79
30	31,30	32,47	27,96	7,16	1,49	0,90
36	31,08	33,53	28,11	6,19	1,20	0,80
42	22,98	37,77	32,28	5,60	0,85	0,53
48	16,39	40,69	35,90	6,11	0,58	0,36
54	14,72	40,98	36,28	7,55	0,42	0,30

Şekil 2.31 Kat sayısının maliyet ile olan ilişkisi (İlerisoy ve Tuna, 2013)

Sasidharan (2015) çalışmasında tünel şeklinde yapılan yapılar ile karkas yapıların karşılaştırmalı dinamik analizini yapmıştır (Sasidharan ve Aslam, 2015). Çalışmada 5, 10, 15, 20 katlı bina modelleri kullanılmıştır. Ve sonuç olarak taban kesme kuvvetleri, kat deplasmanları, sürüklenme oranı gibi parametreleri kullanılmıştır. Bu parametreler Kobe, Northridge ve Kocaeli depremleri yeryüzü hareketleri ile binalarda test edilerek elde edilmiştir (Sasidharan ve Aslam, 2015).

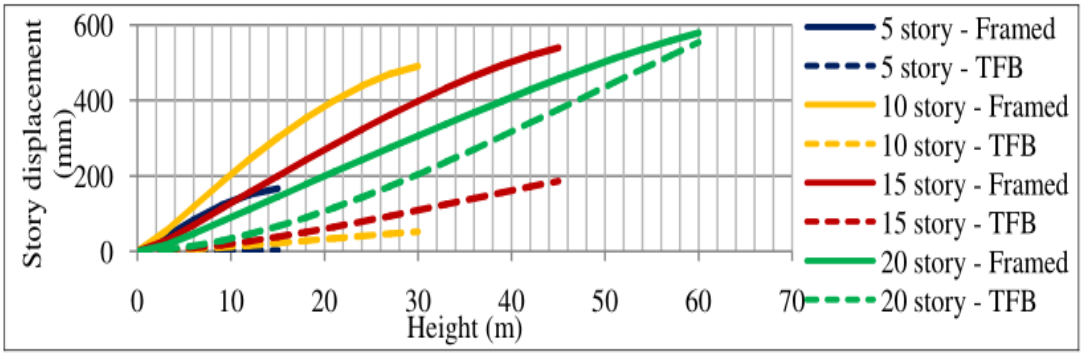


Şekil 2.32 Yer sismik hareketleri (Sasidharan ve Aslam, 2015)



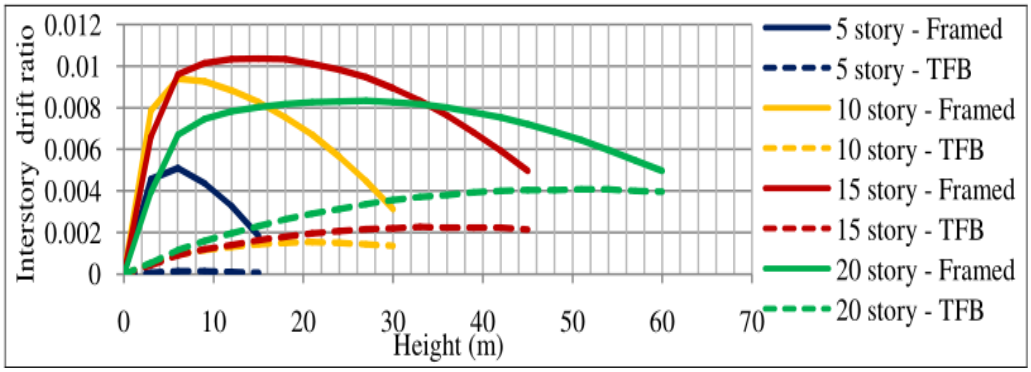
Şekil 2.33 Spektral hızlanmalar (Sasidharan ve Aslam, 2015)

Bu çalışma sonunda yatay deplasmanlar aşağıdaki şekilde gerçekleşmiştir.



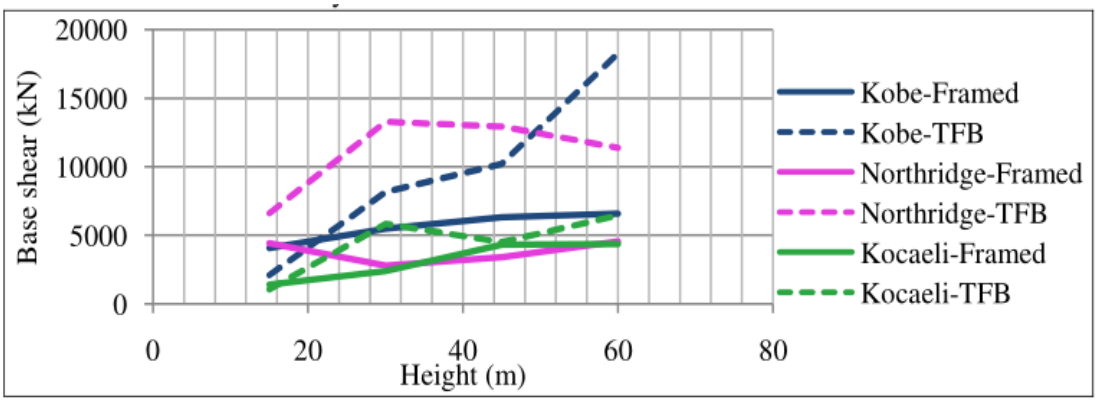
Şekil 2.34 Kat yer değiştirmeleri (Sasidharan ve Aslam, 2015)

İki kat arası yatay deplasman oranı ise aşağıdaki şekilde elde edilmiştir.



Şekil 2.35 Göreli kat ötelemesi (Sasidharan ve Aslam, 2015)

Taban kesme kuvvetleri ise aşağıdaki şekilde bulunmuştur.



Şekil 2.36 Taban kesme değerleri (Sasidharan ve Aslam, 2015)

Bu çalışmanın sonuçları irdelenecek olursa, diğer çalışmalarla benzer sonuçlar sunduğunu görebiliriz. Öncelikle yatay yer değiştirmelere bakacak olunursa beklenildiği üzere tünel kalıp tipi yapılarda 10, 15, 20 katlı modellerde en üst katta birbirine çok yakın değerler almıştır. Karkas sistemlerde ise kat sayısı arttıkça son kat deplasmanı artarak devam etmiştir. Buradan şu sonuç çıkarılabilir; rijitliğin kontrol edilmeden tasarlandığı çok katlı karkas yapılarda yer değiştirme rijitlik ile kontrol edilmez ise depremden doğan yükler yer değiştirmeye, yer değiştirmenin bina kütle merkezine yapacağı momentten de bazı elemanlara aşırı yük gelmesine yol açabilir ve göçme durumu yaşanabilir. Bu yüzden kat sayısı yüksek ise ve karkas sistem tercih edilecek ise binanın merkezine deplasmanları alması açısından perdeler yerleştirilmelidir.

İkinci sonuç olan sürüklenme katsayısı yani iki ardışık kat arası yatay yer değiştirme oranı incelendiğinde sünek davranış gösteren karkas sistemler, ilk büyük deplasmanları ilk katlarda absorbe ederek üst katlara daha orantılı deplasman bırakır. Tünel kalıp binalarda ise ilk katlarda bu oran çok yüksek olur ve yukarılara gittikçe katlar aynı deplasmanı yapmaya başlar.

Taban kesme kuvveti incelenecek olursa bazı istisnai durumlar dışında genelde yapı ağırlığından dolayı kat sayısı arttıkça binalar daha fazla deprem kuvvetine maruz kalmaktadır. Bu kuvvetler elemanlara dağıldığından eleman tasarımlarında kullanılan demir ve beton malzemelerinin karakteristik özelliklerine etki etmektedir.

Amini (2016), yapmış olduğu çalışmada çok katlı binalarda uygulanan tünel kalıp sistemler ile geleneksel kalıp sistemleri ile yapılan binaları zaman açısından karşılaştırmış olup tezinde taşıyıcı sistemi farklı olan iki yapı için dinamik analiz yapmış ve depreme karşı dayanım, yapılma hızı ile yapı maliyetlerini ideCAD yazılımı üzerinde tasarlayarak karşılaştırmıştır (Amini, 2016).

Çalışmaya konu olan iki tip yapının dinamik analizleri için Mod Birleştirme Yöntemi kullanılmıştır. Ayrıca yapılarım imalat planlamaları yine ticari bir yazılım olan Primavera p6 yazılımı kullanılarak yapılmıştır. Maliyet analizleri yapılırken kaba inşaata ait malzeme ve işçilik bedelleri göz önüne alınmıştır (Amini, 2016).

Çalışmaya konusu yapıların maliyetlerinin hesaplanmasında Afganistan'da güncel inşaat piyasasından fiyatlar alınarak araştırılmış ve yapılan hesaplamalar günümüz şartlarına uygun hale getirilmiştir. Bu çalışma sonucunda Afganistan'da yapılan ve yeni popülerlik kazanan tünel kalıp sistemler geleneksel kalıp sistemlerine göre ilk maliyet açısından daha yüksek maliyetli olduğu görülmektedir. Ancak kalıpların ömürleri ile zaman maliyet ilişkisine bakıldığında toplu olarak yapılan konutlarda maliyet olarak avantajlı olduğu değerlendirilmektedir.

Türkel (2016), doktora çalışmasında tünel kalıp sistemi kullanılan çok katlı yapılarda binanın karakteristik özellikleri ile yapım maliyet arasındaki ilişkileri incelemiştir. Çalışmasın neticesinde birim maliyetin bina yüksekliği ile temsili U şeklinde bir eğri ilişkisi olduğu görülmüş ve buna göre en az maliyetli bina yüksekliğinin 65m civarında olduğu sonucuna varılmıştır. Çalışmaya konu yapıların kat yükseklikleri ortalama olarak 2,90 metre olup yapı yüksekliği 65 metredir. 22 katlı olan bu yapı için kat sayısı maliyet ilişkisi incelendiğinde 22 katlı yapılarda tünel kalıp sistemlerinin geleneksel kalıp sistemlerine göre daha az maliyetli olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Yapılan hesaplamalarda brüt inşaat alanı ve inşaat birim maliyet ilişkisine bakıldığında 14.572 m² brüt inşaat alanına sahip bu yapıda maliyetin az tünel kalıp sistemde en az maliyet olduğu görülmüştür. Yani tünel kalıp sistemlerde en az maliyet 20 kat ile 22 kat arasında 60-65 metre bina yüksekliği arasında ve yaklaşık 745 m² brüt normal kat alanına sahip yapılarda sağlanabilmektedir. Buna ek olarak yapının brüt kat alanı birim maliyeti ile yapı yüksekliği arasındaki ilişki

grafiksel düşünüldüğünde U eğrisi oluşturmaktadır. Bu çalışmaya göre tünel kalıp sistem ile yapılacak yapıların en/boy oranı ne kadar yüksek olursa yani kesitleri ne kadar narin olursa m² birim maliyetleri de o derecede artmaktadır. Bu neden yapı tasarımı yapılırken oldukça yüksek kattan kaçınmak gerekir.

Kat sayısına ilave olarak yapıya eklenen bodrum katlarda yapının maliyetini direkt olarak etkilemektedir. Yapı içerisindeki bodrum kat sayısının artması maliyeti direkt olarak arttırmaktadır. Çalışma kapsamında yapılan dairelerin adetlerinin artması maliyet azaltmakta, aynı kat üzerinde daire sayısını arttırmak maliyeti arttırmaktadır.

Çalışmanın neticesinde yapı yüksekliği ve büyüklüğünün artışı, malzeme fiyatı ile U şeklinde bir eğriyle orantılı olduğundan ve işçilik ise doğru orantılı olduğundan, bina büyüklüğünü artırmanın genel maliyeti artırmasının altındaki ana neden malzemenin fiyatlarının artmasıdır ve bunun artmaması için de U grafiğinde optimum nokta yükseklik olarak değerlendirilmelidir (Türkel, 2016).

Uğur (2017), tünel kalıbın geleneksel kalıp sistemi ile maliyet açısından farklılıklarını araştırmıştır. Yapılan çalışmaya göre kullanımı son yıllarda gittikçe arta bu tünel kalıp sistemleri, ilk maliyet açısından geleneksel kalıp sistemlerine göre oldukça maliyetli olmasına rağmen kullanım ömürleri daha fazla ve toplu konutların yapıldığı uygulamalarda maliyet olarak avantajlıdır. İnşaat alanı ve kat sayısının az olması halinde geleneksel kalıp sistemi daha avantalıdır. Tünel kalıp sistemlerde inşaatların yapım hızları geleneksel kalıp sistemlere göre beş kat daha hızlı olmakta ve çok katlı binalarda daha az maliyetlidir (Uğur vd., 2017).

2.5 Türkiye Deprem Yönetmelikleri

Türkiye'de ilk deprem yönetmeliği 1939 yılında Erzincan depreminin ardından yürürlüğe girmiştir. Yürürlüğe girme tarihi 1940 yılıdır. Şablon olarak İtalyan Deprem Yönetmeliği dikkate alınarak hazırlanmıştır ve doğal olarak yapının nerede bulunduğunun bir önemi o zamanlar yapılan analizlerde bir önemi yoktu. Bunun önüne geçilmesi amacıyla 1942 yılında deprem bölgeleri haritaları hazırlanmış ve nihayet yapının bulunduğu bölgeler bir önem arz etmeye, hesaplarda dikkate alınmaya başlamıştır (Sezen, 2000).

1968 yılında yayımlanan Deprem Yönetmeliği ile günümüzde kullanılan gelişmiş hesap yöntemleri kullanılabilir hale gelmiştir. Betonarme elemanlarının minimum boyutlarına ilişkin sınırlamalar ilk bu yönetmelikte belirtilmiştir. Süneklik kavramı ise ilk olarak 1975 senesinde yayımlanan deprem yönetmeliği ile bu kavrama bir bölüm ayrılmıştır. Hazırlanan ve yürürlüğe konulan bu deprem yönetmeliği ile kolon, kiriş, döşeme ve perde gibi betonarme sistem elemanlarının birbirleri ile birleşim yerlerinde ve sarılma bölgelerinde sünek davranış göstermesi nedeniyle donatılara ait detayları ile betonarme elemanların boyutları ile ilgili çeşitli tavsiyelerde bulunulmuştur. Bu yönetmeliğin ardından yürürlüğe giren ilk yönetmelik olan 1997 yılı Deprem Yönetmeliğinde yapıların sünek olarak tasarlanması konusunda zorunluluk oluşturulmuştur (Sezen, 2000).

1997 Deprem Yönetmeliği ile 2007 Deprem Yönetmeliği arasında çok ciddi farklar bulunmamaktadır. 2007 Deprem Yönetmeliğindeki tasarım kuralları ve hesapların birçoğu zaten 1997 yılında yayımlanan Deprem Yönetmeliğinde kullanılmaktaydı. Genel olarak özetlemek gerekirse, sadece spesifik olarak bazı alanlarda (örneğin çelik) hesaplar biraz daha derinleştirilerek detaylandırıldı. Ahşap ve kerpiç binalara ilişkin kısımlara 2007 Deprem Yönetmeliğinde yer verilmemiştir. Buna ek olarak mevcut binalar için yeni kısımlar eklenmiştir (Tunc ve Tanfener, 2016).

Tablo 2.6 Türkiye'de yürürlüğe giren yönetmelikler

Yönetmelik Adı	Yürürlük Tarihi
Zelzele Mıntıkalarında Yapılacak İnşaata Ait İtalyan Yapı Talimatnamesi	1940
Zelzele Mıntıkaları Muvakkat Yapı Talimatnamesi	1944
Türkiye Yersarsıntısı Bölgeleri Yapı Yönetmeliği	1949
Yersarsıntısı Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik	1953
Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik	1962
Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik	1968
Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik	1975
Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik	1998
Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik	2007
Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği	2018

2.6 TBDY 2018 Hakkında Genel Bilgiler

Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (çalışma sürecinin başındaki ismi "Çevre ve Şehircilik Bakanlığı" idi) tarafından 2011 yılından itibaren ilgili teknik

ekipler ve idari personellerden tarafından yoğun bir çalışma neticesinde ortaya çıkmıştır. Ortaya çıkış süreci aşağıdaki gibidir;

- İlk çalışmalar 15 komisyon üyesi ile 2012 yılında başlamıştır.
- "Eşgüdüm komisyonu" adı verilen destek komisyonu 6 üyeden oluşacak şekilde 2014 yılı içerisinde kurularak oluşturulmuştur.
- Çalışmalar İçişleri Bakanlığı bünyesinde bulunan Afet ve Acil Durum Yönetimi (AFAD) Başkanlığına 2016 içerisinde tamamlanarak sunulmuştur.
- 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 18 Mart 2018 tarihli Resmî Gazetede yayınlanarak 1 Ocak 2019 tarihinden itibaren uygulanmak üzere yürürlüğe girmiştir.
- En son çıkmış olan yönetmelik olan 1997 Deprem Yönetmeliğinin 21 yıl ardından yenilenen ve deprem mühendisliği ile birlikte yapılar için de değişiklikler öneren bir yönetmelik olarak ortaya çıkmıştır.

Toplam 17 bölüm ve 395 sayfadan (içindekilerle birlikte 416 sayfa) oluşan yönetmelik önceki yönetmeliklere göre oldukça genişletilmiş ve detaylandırılmıştır. Yeni yönetmelik hakkında 3 önemli özelliğe vurgu yapılabilir.

- İyileştirme: Bir önceki yönetmelikte geleneksel yöntemlerle belirlenmiş olan zaman bağlı eksiklikler çok iyi bir şekilde revize edilmiş, bu konuda eski yönetmeliklere göre yapılan en önemli değişiklik ise deprem kuvvetlerinin etkisi altında temel zemini ile temel tasarımı hakkında yayınlanan ayrıntılı ve detaylı uygulamalardır (Altunışık, 2019).
- Geliştirme: TDY 2007'de performansa dayalı değerlendirme ve tasarım sınırlı düzeyde kalmaktaydı. Yeni yönetmelikte ise hem yeni yapılacak hem de mevcut binalar için bu hükümler detaylandırılmış, buna ek olarak önemli ve yüksek binalar için uygulamaya yönelik hükümler eklenmiştir.
- Yeni teknolojiler: TBDY 2018'de gözle görülür en büyük değişiklerden biri de yeni tür olarak tabir edilen taşıyıcı sistemler (donatılı yığma yapılar, yalıtımlı binalar, çelik çapraz kullanımı, hafif çelik, vb.) hakkında hesap ve uygulama hükümlerini yeni bölümler olarak ilave etmesidir.

2.7 TDY 2007 ile TBDY 2018 Arasındaki Farklar

Türkiye Deprem Yönetmeliği (2007) ile Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (2018) karşılaştırıldığında birçok fark bulmak mümkündür. Öncelikle kabaca bakacak olursak Yürürlüğe girmiş olan 2018 Deprem Yönetmeliğinin, eski yönetmeliğin içerdiği bazı bölümleri daha kapsamlı hale getirmesi ve yeni bölümler eklemesi sebebiyle daha kapsamlı ve daha geniş bir içeriğe sahip olduğu rahatlıkla söylenebilir.

2.7.1 İçerik kıyaslaması

TBDY 2018 içeriği 17 bölümden oluşmaktadır. Bunlar;

- Bölüm 1 – Genel Hükümler
- Bölüm 2 – Deprem Yer Hareketi
- Bölüm 3 – Deprem Etkisi Altında Binaların Değerlendirilmesi ve Tasarımı İçin Genel Esaslar
- Bölüm 4 – Deprem Etkisi Altında Binaların Dayanıma Göre Tasarımı İçin Hesap Esasları
- Bölüm 5 – Deprem Etkisi Altında Binaların Şekil Değiştirmeye Göre Değerlendirme ve Tasarımı İçin Hesap Esasları
- Bölüm 6 – Deprem Etkisi Altında Yapısal Olmayan Bina Elemanlarının Tasarım Esasları
- Bölüm 7 – Deprem Etkisi Altında Yerinde Dökme Betonarme Bina Taşıyıcı Sistemlerinin Tasarımı İçin Özel Kurallar
- Bölüm 8 – Deprem Etkisi Altında Ön üretimli Betonarme Bina Taşıyıcı Sistemlerinin Tasarımı İçin Özel Kurallar
- Bölüm 9 – Deprem Etkisi Altında Çelik Bina Taşıyıcı Sistemlerinin Tasarımı İçin Özel Kurallar
- Bölüm 10 – Deprem Etkisi Altında Hafif Çelik Bina Taşıyıcı Sistemlerinin Tasarımı İçin Özel Kurallar
- Bölüm 11 – Deprem Etkisi Altında Yığma Bina Taşıyıcı Sistemlerinin Tasarımı İçin Özel Kurallar
- Bölüm 12 – Deprem Etkisi Altında Ahşap Bina Taşıyıcı Sistemlerinin Tasarımı İçin Özel Kurallar

- Bölüm 13 – Deprem Etkisi Altında Yüksek Bina Taşıyıcı Sistemlerinin Tasarımı İçin Özel Kurallar
- Bölüm 14 – Deprem Etkisi Altında Yalıtımlı Bina Taşıyıcı Sistemlerinin Tasarımı İçin Özel Kurallar
- Bölüm 15 – Deprem Etkisi Altında Mevcut Bina Sistemlerinin Değerlendirilmesi ve Güçlendirme Tasarımı İçin Özel Kurallar
- Bölüm 16 – Deprem Etkisi Altında Temel Zemini ve Temellerin Tasarımı İçin Özel Kurallar
- Bölüm 17 – Düzenli Yerinde Dökme Betonarme Binalar İçin Basitleştirilmiş Tasarım Kuralları

TDY 2007 içerikleri ise şu şekildedir:

- Bölüm 1. Genel hükümler
- Bölüm 2. Depreme dayanıklı binalar için hesap kuralları
- Bölüm 3. Betonarme binalar için depreme dayanıklı tasarım kuralları
- Bölüm 4. Çelik binalar için depreme dayanıklı tasarım kuralları
- Bölüm 5. Yığma binalar için depreme dayanıklı tasarım kuralları
- Bölüm 6. Temel zemini ve temeller için depreme dayanıklı tasarım kuralları
- Bölüm 7. Mevcut binaların değerlendirilmesi ve güçlendirilmesi

Bu içeriklere bakıldığında TDY 2007 ile sadece Betonarme, Çelik, Yığma tipi yapılar için hesap ve tasarım kuralları belirtilirken, TBDY 2018 ile bina türlerine bazı ilaveler yapılmış olup bunlar: Ahşap binalar, çelik binalar, yerinde dökme betonarme bina, yığma binalar, yalıtımlı binalar ile önüretimli betonarme binalardır.

2.7.2 Deprem bölgeleri kıyaslaması

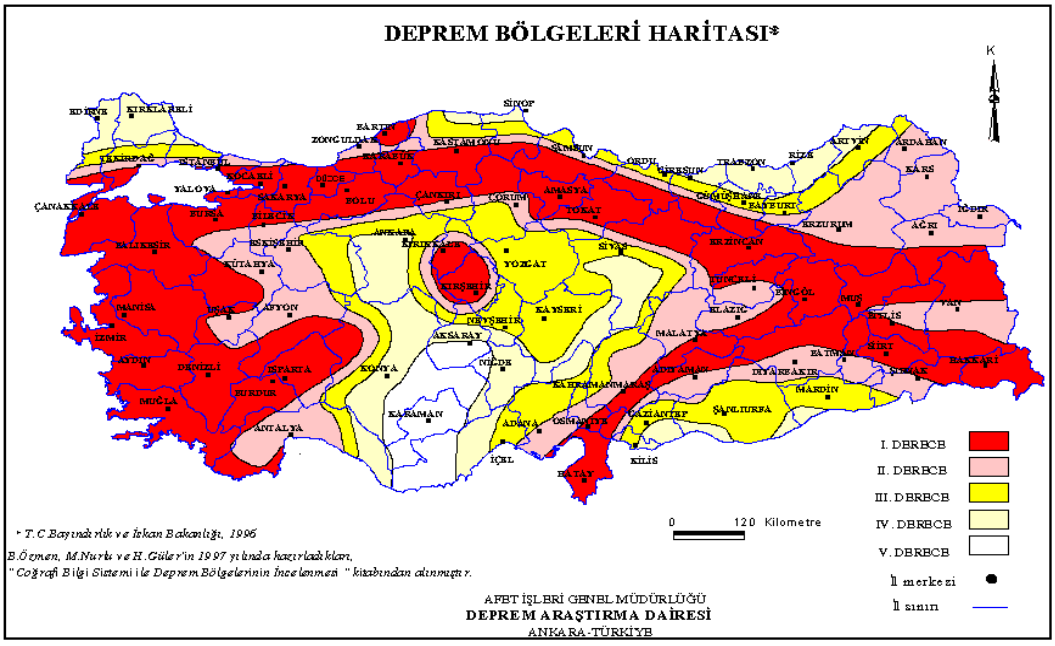
TDY 2007 ile Türkiye sınırları içinde bulunan konumların yer ivmeleri, hesaba katılırken önceden belirlenen 5 adet deprem bölgesine göre yapılmaktaydı (Şekil 2.37). Roma rakamları ile ifade edilen deprem bölgeleri;

I. Bölge: 1. derece deprem bölgesi (en şiddetli)
II. Bölge: 2. derece deprem bölgesi

III. Bölge: 3. derece deprem bölgesi

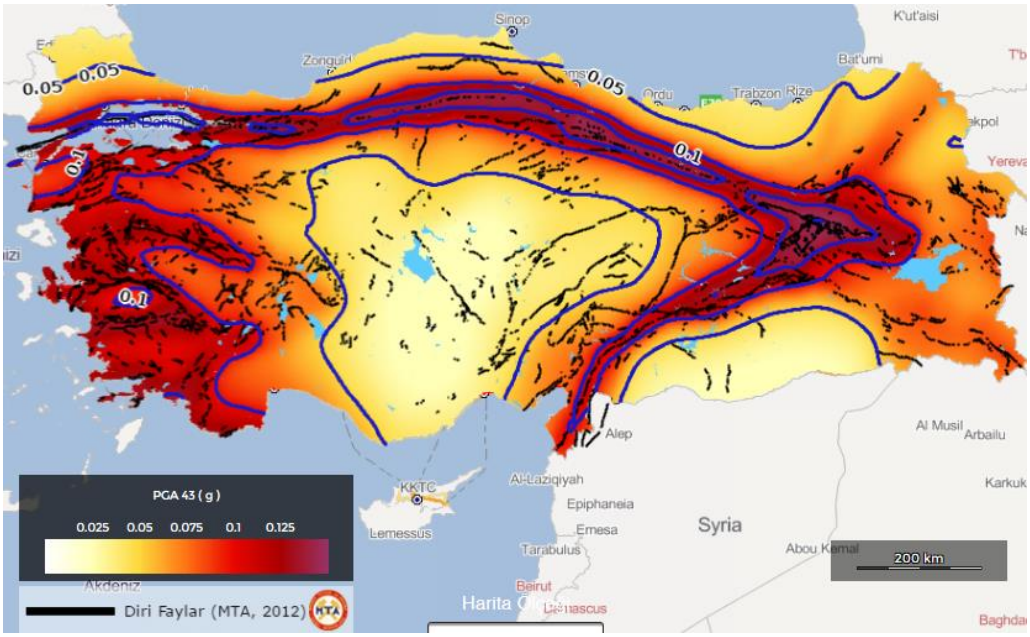
IV. Bölge: 4. derece deprem bölgesi (küçük deprem)

V. Bölge: 5. derece deprem bölgesi (deprem bölgesi değil)

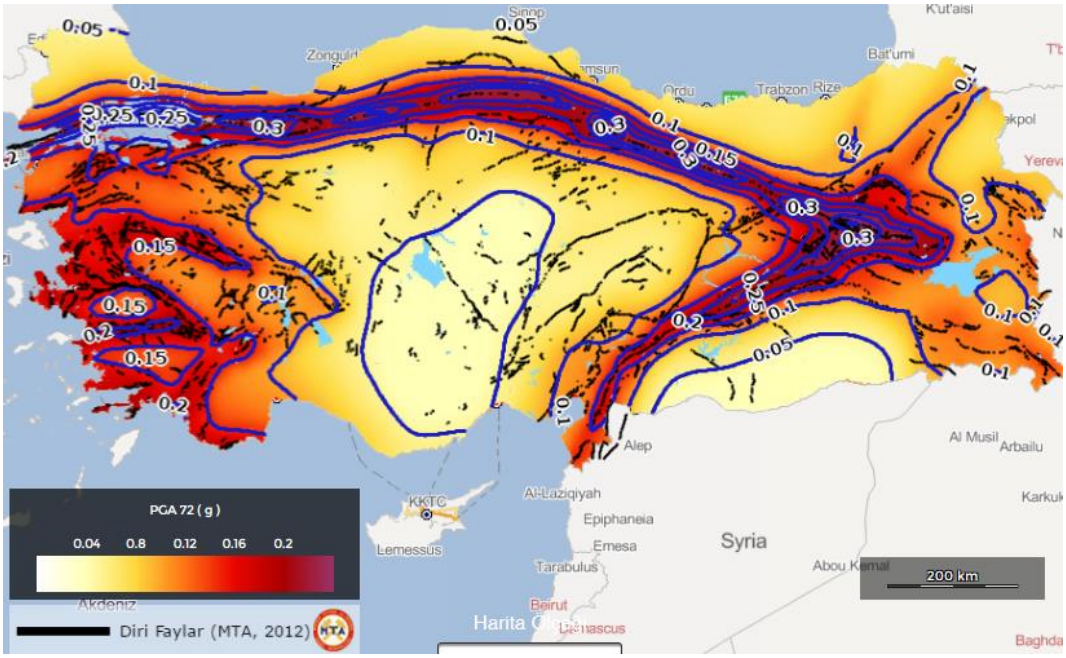


Şekil 2.37 TDY 2007 Deprem Yönetmeliğinde kullanılan deprem haritası

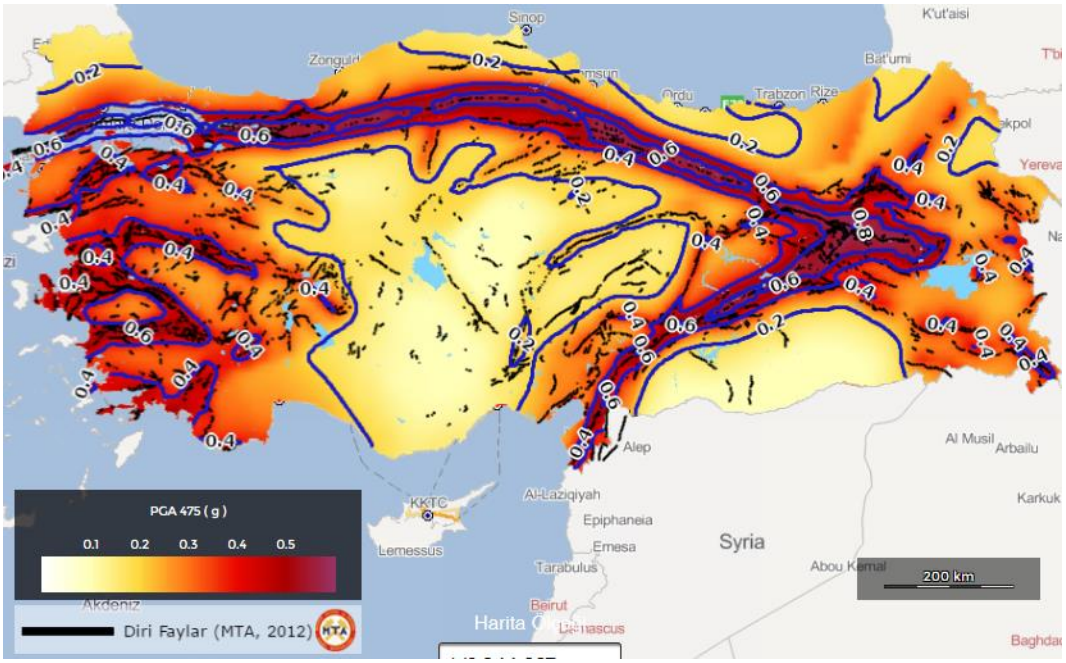
TBDY 2018 yönetmeliği ile bu dereceler kaldırıldı, uzun yılların çalışmaları sonucu elde edilen haritalar birleştirildi ve 16 adet daha hassas harita elde edildi. Bu haritalara bakılacak olursa;



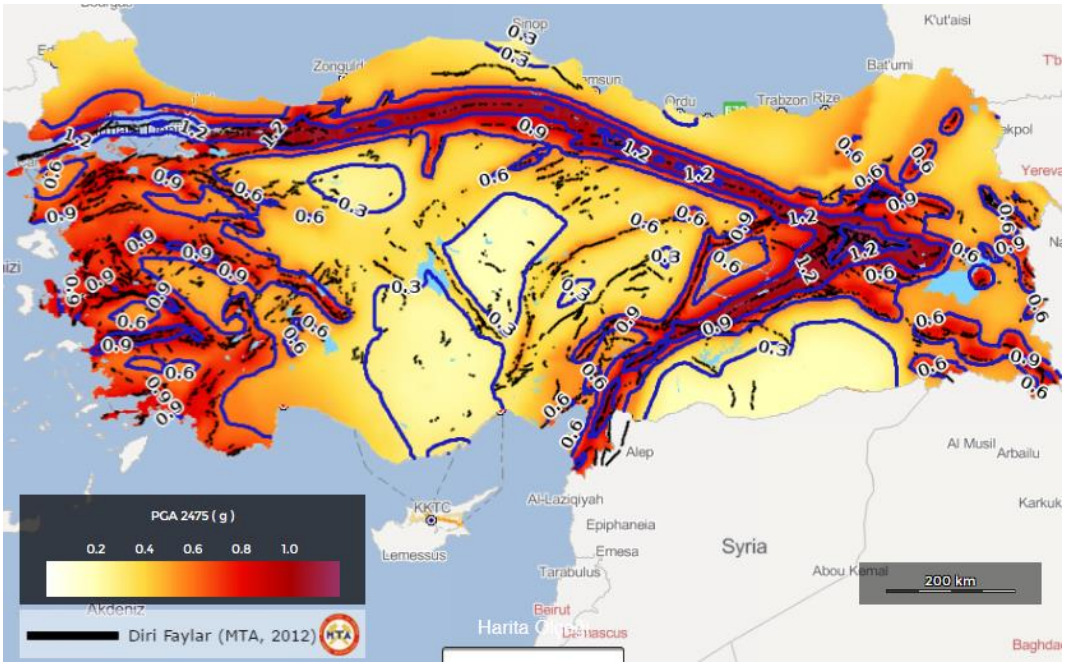
Şekil 2.38 PGA – 43 (43 yıllık tekerrür periyodu için en büyük yer ivmesi)



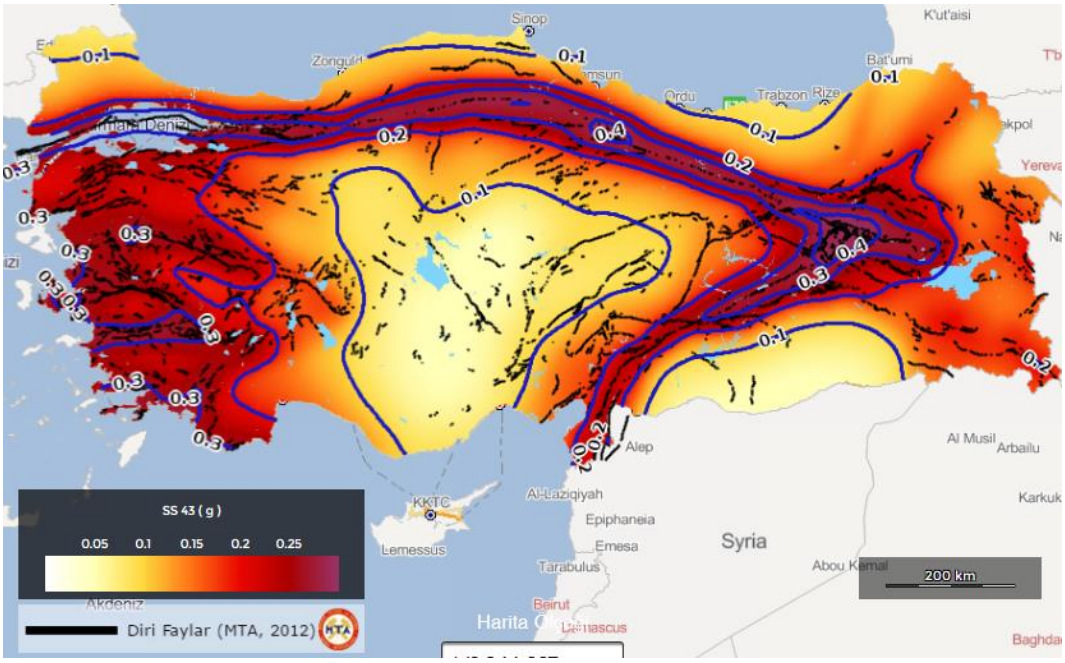
Şekil 2.39 PGA – 72 (72 yıllık tekerrür periyodu için en büyük yer ivmesi)



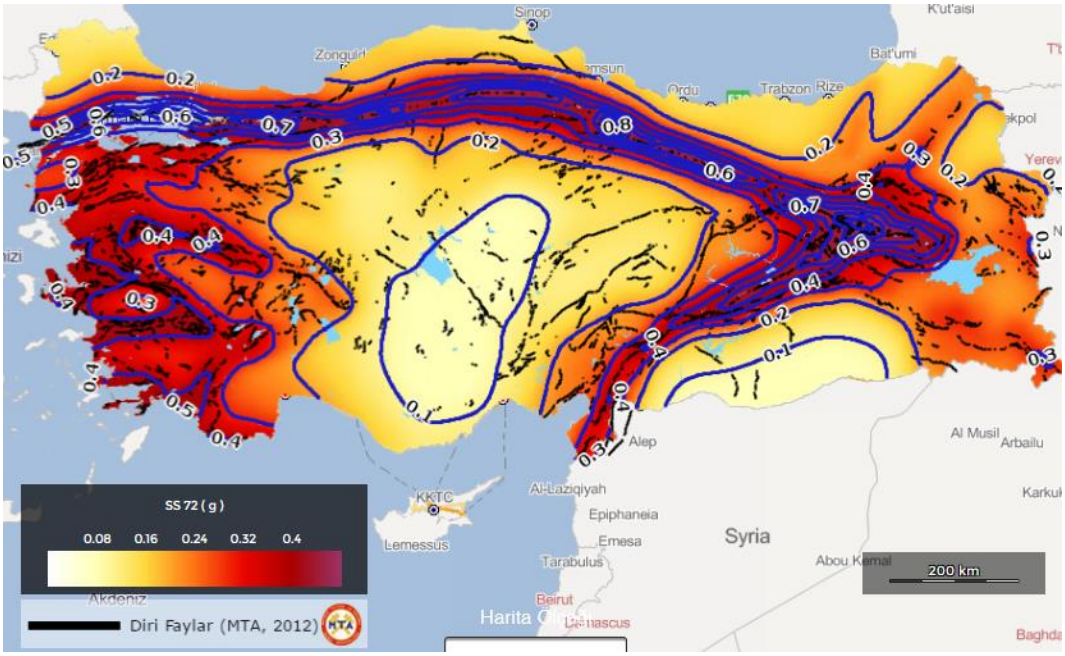
Şekil 2.40 PGA – 475 (475 yıllık tekerrür periyodu için en büyük yer ivmesi)



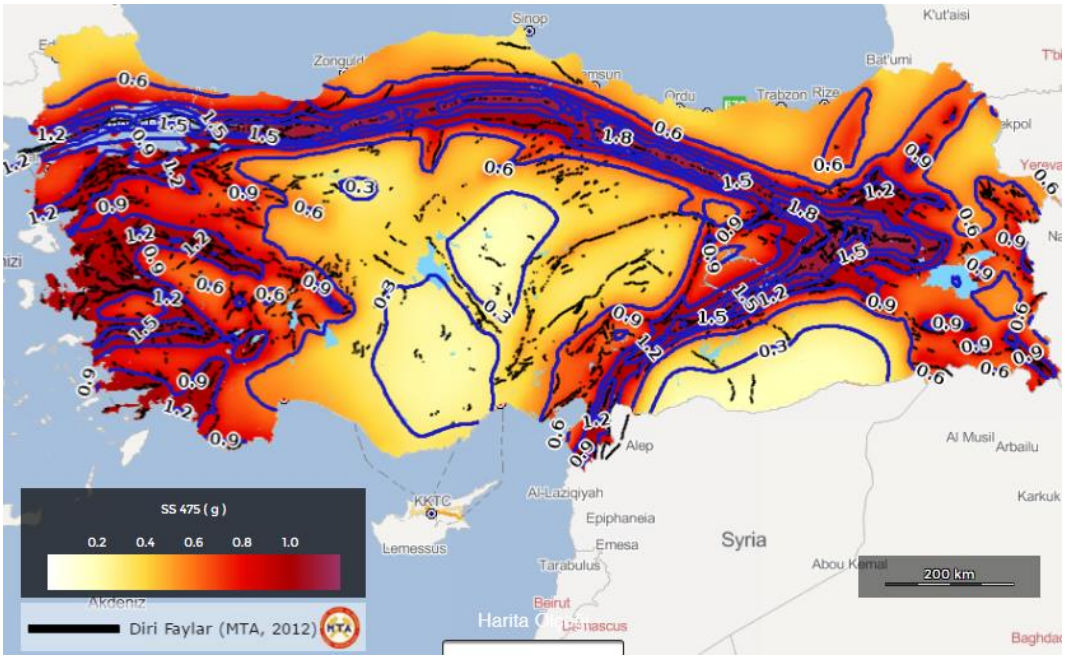
Şekil 2.41 PGA – 2475 (2475 yıllık tekerrür periyodu için en büyük yer ivmesi)



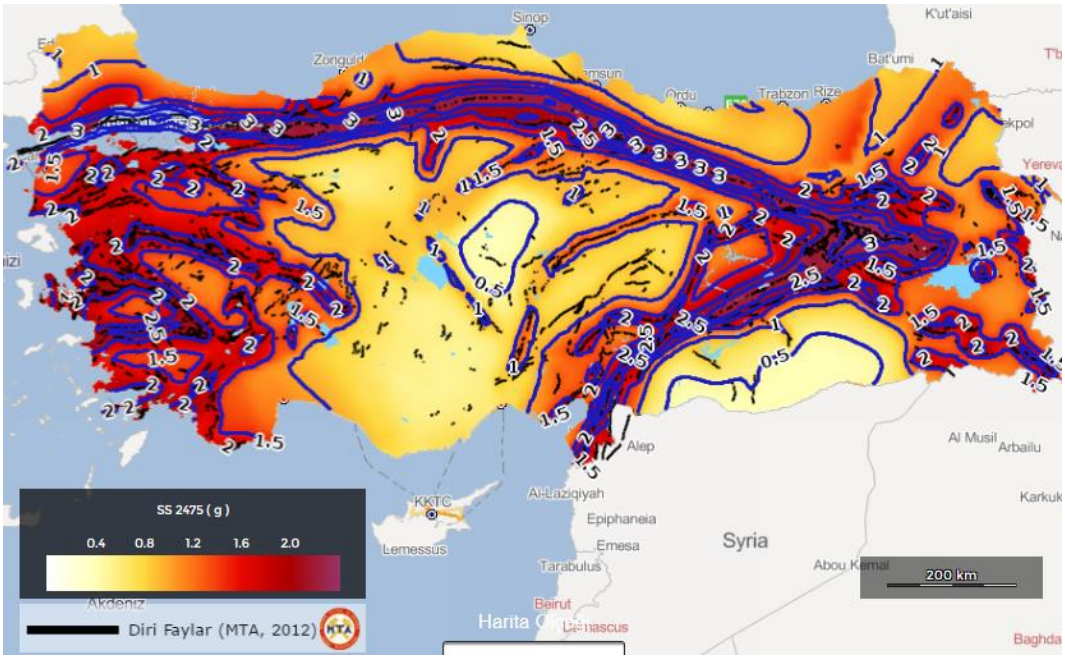
Şekil 2.42 SS – 43 (43 yıllık tekerrür periyodu için kısa periyottaki (0.2 sn.) spektral ivme)



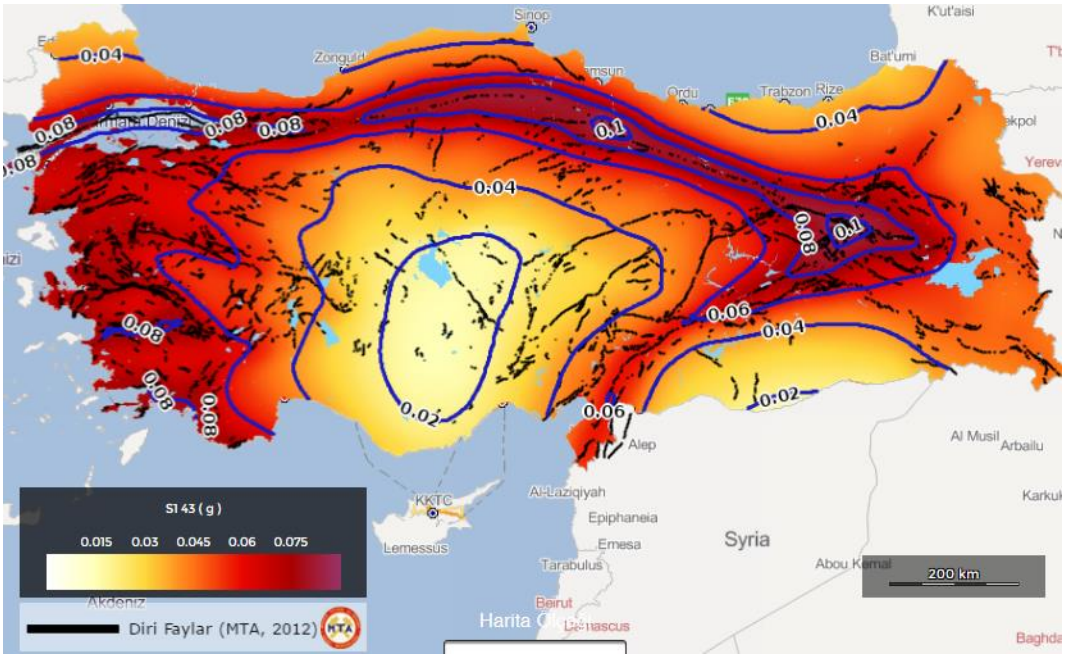
Şekil 2.43 SS – 72 (72 yıllık tekerrür periyodu için kısa periyottaki (0.2 sn.) spektral ivme)



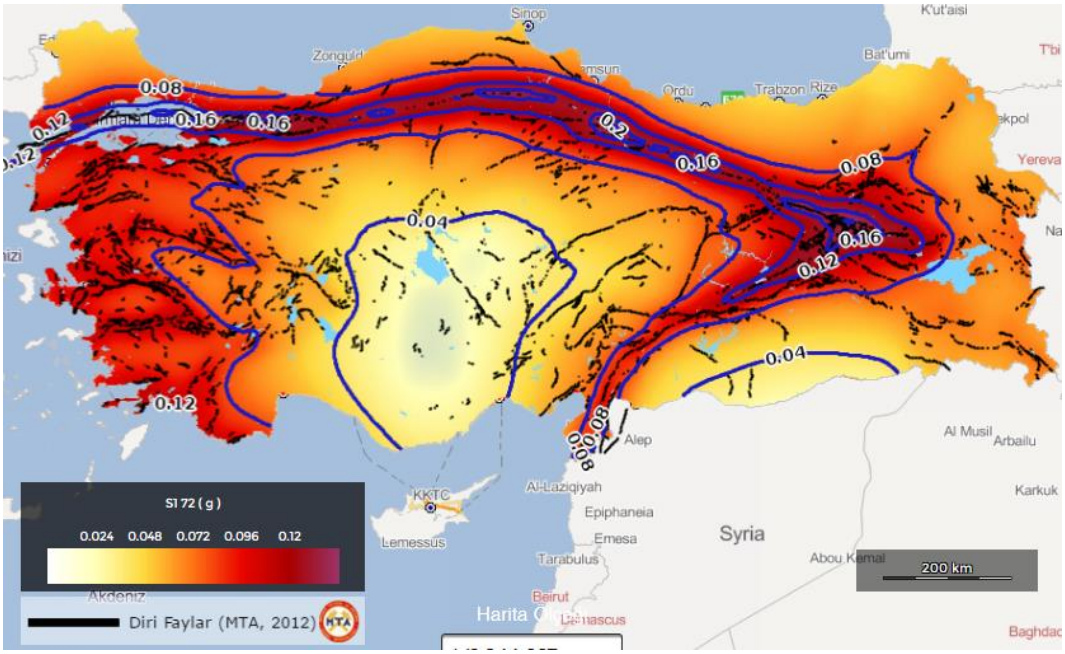
Şekil 2.44 SS – 475 (475 yıllık tekerrür periyodu kısa periyottaki (0.2 sn.) spektral ivme)



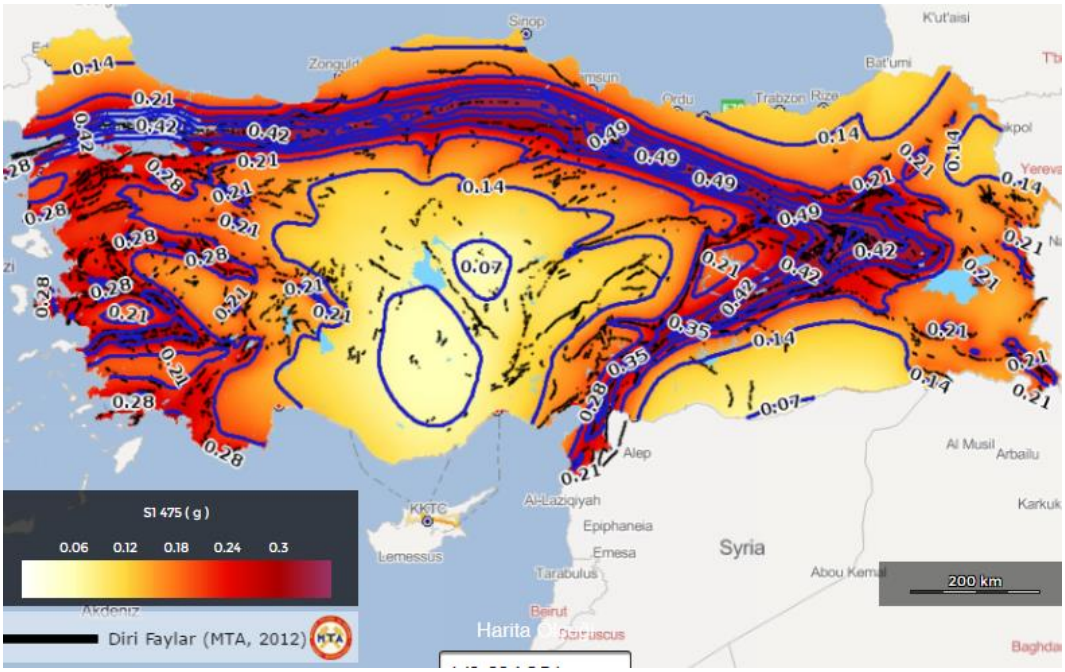
Şekil 2.45 SS – 2475 (2475 yıllık tekerrür periyodu kısa periyottaki (0.2 sn.) spektral ivme)



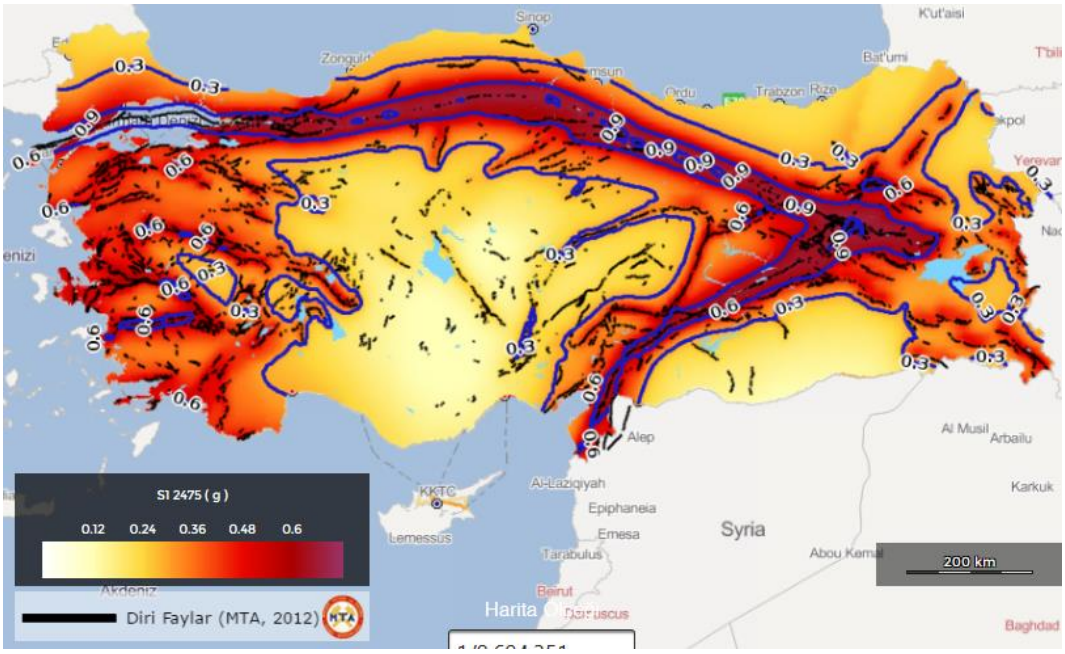
Şekil 2.46 S1 – 43 (43 yıllık tekerrür periyodu için 1.0 sn. 'deki spektral ivme)



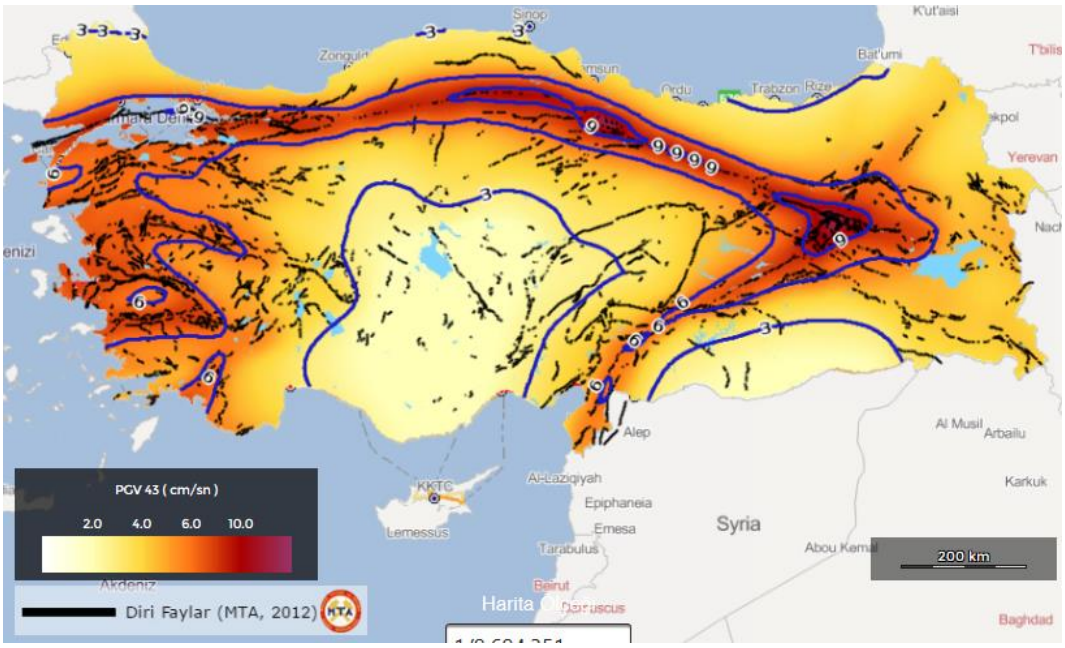
Şekil 2.47 S1 – 72 (72 yıllık tekerrür periyodu için 1.0 sn. 'deki spektral ivme)



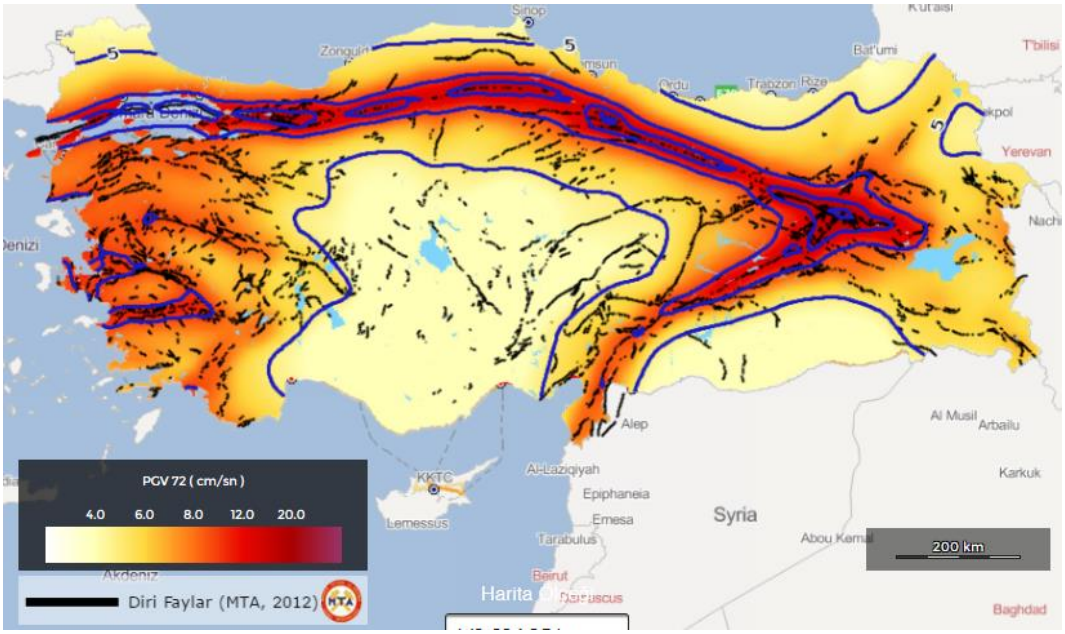
Şekil 2.48 S1 – 475 (475 yıllık tekerrür periyodu 1.0 sn. 'deki spektral ivme)



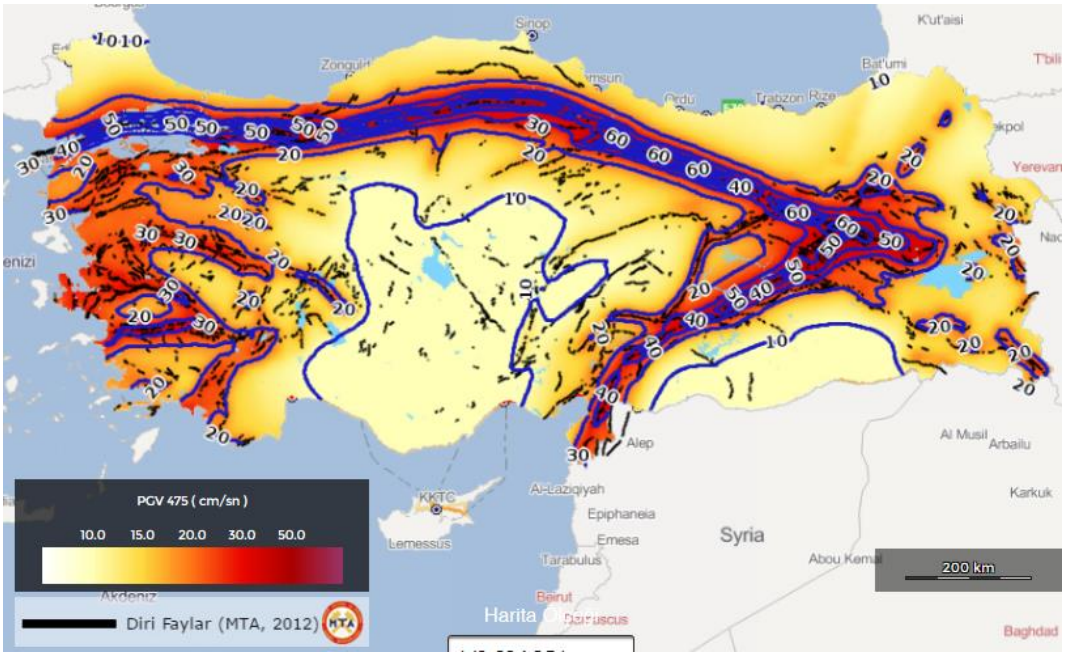
Şekil 2.49 S1 – 2475 (2475 yıllık tekerrür periyodu 1.0 sn. 'deki spektral ivme)



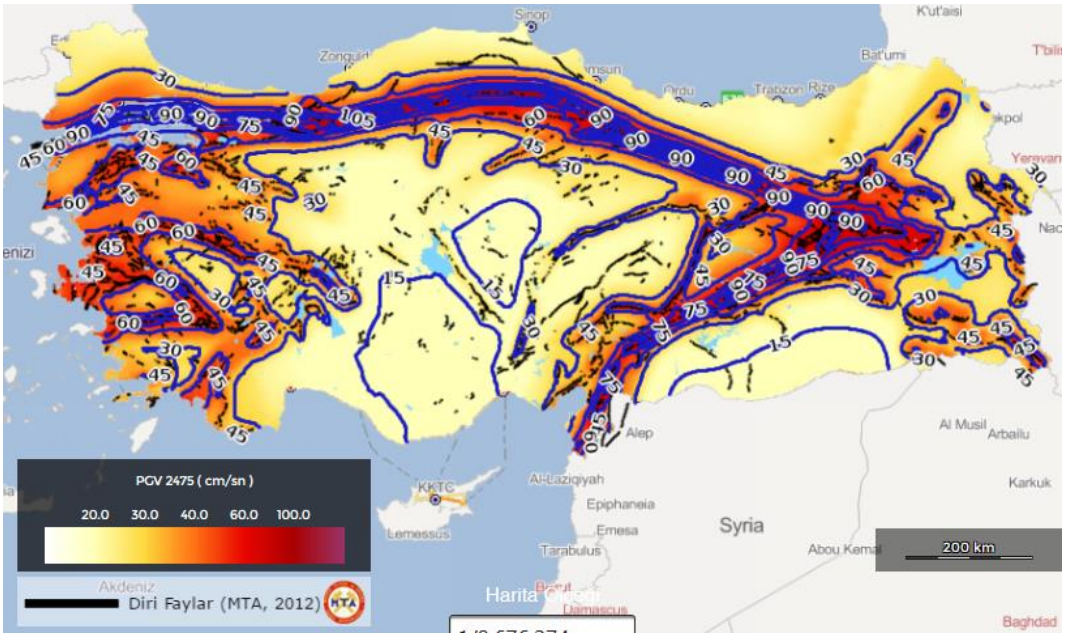
Şekil 2.50 PGV – 43 (43 yıllık tekerrür periyodu için en büyük yer hızı)



Şekil 2.51 PGV – 72 (72 yıllık tekerrür periyodu için en büyük yer hızı)



Şekil 2.52 PGV – 475 (475 yıllık tekerrür periyodu için en büyük yer hızı)



Şekil 2.53 PGV – 2475 (2475 yıllık tekerrür periyodu için en büyük yer hızı)

TDY 2007'de deprem bölgeleri haritası 1996 yılında oluşturulmuş şekliyle kullanılıyordu. Bu haritada "V. Bölge" diye belirtilen yerler deprem riski olmayan yerler olarak sınıflandırılıyor ve buna göre tasarım yapılıyordu. TBDY 2018'de ise ülkedeki her nokta deprem bölgesi sıfatını kazandı ve "deprem bölgesi" tanımı kaldırıldı. Günümüz teknolojisi ve elde edilmiş olan güncel veriler sayesinde koordinat sisteminde veya haritada belirtilen her noktanın karakteristik verileri kullanıma sunulmuştur. Öyle ki aynı sokakta komşu iki parselin bile verileri birbirinden farklı olabilmektedir. Bu ise hesaplamaların ve yapıya ait verilerin oluşturulmasında güvenilir bir etki bırakmaktadır.

2.7.3 Deprem yer hareketi düzeyleri (DD)

Bu yeni parametre TBDY 2018 ile eklenmiştir. TDY 2007 yönetmeliğinde bu zamana kadar sadece bir düzey üzerinden tasarım yapılmıştır. Bu düzey yönetmelikte 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan ve tekrarlanma periyodu 475 yıl olan şiddetli deprem için tasarım yapılmaktaydı ve ayrıca bu yönetmelikte deprem düzeyi (DD) simgesi bulunmuyordu.

Yeni yönetmelik ile beraber 4 adet deprem yer hareketi düzeyi tanımlanmıştır. Bunlar;

- DD-1: 50 yılda aşılma olasılığı %2, tekrarlanma periyodu 2475 yıl, çok seyrek olan, fakat olası en büyük deprem
- DD-2: 50 yılda aşılma olasılığı %10, tekrarlanma periyodu 475 yıl ve seyrek olan deprem
- DD-3: 50 yılda aşılma olasılığı %50, tekrarlanma periyodu 72 yıl ve sık olan deprem
- DD-4: 50 yılda aşılma olasılığı %68, tekrarlanma periyodu 43 yıl ve çok sık olan deprem

Standart olarak hesaplarda DD-2 olarak kullanılması ön görülmüştür. Bu düzey, 2007'de uygulanan düzey ile aynıdır (DBYBHY, 2007). Yüksek sınıfına giren ve özel nitelikli binalarda DD-1 kullanılırken, kullanıma bağlı olarak nitelik ve özellik gerektirmeyen, can ve mal kaybının olmayacağı binalarda ise DD-3 ve DD-4 seçenekleri kullanılabilir kılınmıştır.

2.7.4 Binanın kullanım amacı ve katsayısı

TDY 2007 yönetmeliğinde binalar için belirlenen bir önem katsayısı tanımlanmıştı. Bu katsayı, binanın içerisindeki kullanıcı yoğunluğu ve ne kadar önemli olduğunu belirten sözel ifadelere karşı, doğrudan deprem kuvveti hesabında hesaplamaya dahil olan bir katsayıdır. TDY 2007 ile 4 tip önem seviyesi tanımlanmış ve bu zamana kadar bu şekilde tasarımlar yapılmıştır fakat TBDY 2018 ile 3 tip seviye tanımlanmış ve tanımlamalar değiştirilmiştir.

2.7.5 Zemin sınıfları

2007 yılında yayınlanmış olan Deprem Yönetmeliğinde zeminler 4 gruba ayrılmış olup bunlara bağlı 4 tip yerel zemin sınıfı vardır. TBDY 2018 ile Zemin Grupları tablosu kaldırılmış olup bunun yerine doğrudan zemin sınıflarını gösteren tek bir tablo getirilmiştir. TBDY 2018'e göre zeminler ZA, ZB, ZC, ZD, ZE, ZF olmak üzere 6 sınıfa ayrılmış olup sağlam, sert kayalar (ZA)'dan özel araştırma ve değerlendirme gerektiren zeminler (ZF) sınıfına dağılım gösterir. ZF sınıfı zeminlerde yetki belgesi olan uzman mühendisler tarafından projelendirme zorunluluğu getirilmiştir. Ayrıca yüksek bina sınıfı içerisinde bulunan binalar ile yalıtımlı binalar ile yapı-kazık-zemin etkileşimli yapılarda ve zaman tanım alanı

içerisinde doğrusal olmayan hesap yöntemi içeren tasarımlarda yetki belgeli uzmanlar tarafından projelendirme şartı getirilmiştir.

2.7.6 Bina kullanım sınıfı ve bina önem katsayısı

Yeni yönetmelik ile birlikte "Bina kullanım sınıfı" (BKS) kavramı ortaya çıkmıştır. Önceki yönetmelikte olmayan bir bu kavram yapının "Bina önem katsayısı" ve "Deprem tasarım sınıfı" gibi önemli katsayıların bulunması için öncelikle belirlenmesi gereken bir unsurdur. BKS'nin bulunması için yapının kullanım amacı belirlenmeli ve buna uygun katsayılar ile yola devam edilmelidir.

Tablo 2.7 TDY 2007 bina önem katsayısı (I) tablosu

Binanın Kullanım Amacı veya Türü	***Bina Önem Katsayısı (I)***
1. Deprem sonrası kullanımı gereken binalar ve tehlikeli madde içeren binalar **a)** Deprem sonrasında hemen kullanılması gerekli binalar (Hastaneler, dispanserler, sağlık ocakları, itfaiye bina ve tesisleri, PTT ve diğer haberleşme tesisleri, ulaşım istasyonları ve terminalleri, enerji üretim ve dağıtım tesisleri; vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, ilk yardım ve afet planlama istasyonları) **b)** Toksik, patlayıcı, parlayıcı, vb özellikleri olan maddelerin bulunduğu veya depolandığı binalar	1.5
2. İnsanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu ve değerli eşyanın saklandığı binalar **a)** Okullar, diğer eğitim bina ve tesisleri, yurt ve yatakhaneler, askeri kışlalar, cezaevleri, vb. **b)** Müzeler	1.4
3. İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar Spor tesisleri, sinema, tiyatro ve konser salonları, vb.	1.2
4. Diğer binalar Yukarıdaki tanımlara girmeyen diğer binalar (Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları, vb)	1.0

Tablo 2.8 TBDY 2018 bina önem katsayısı (I) tablosu

Bina Kullanım Sınıfı	Binanın Kullanım Amacı	Bina Önem Katsayısı (I)
BKS = 1	**Deprem sonrası kullanımı gereken binalar, insanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar, değerli eşyanın saklandığı binalar ve tehlikeli madde içeren binalar** **a)** Deprem sonrasında hemen kullanılması gerekli binalar (Hastaneler, dispanserler, sağlık ocakları, itfaiye bina ve tesisleri, PTT ve diğer haberleşme tesisleri, ulaşım istasyonları ve terminalleri, enerji üretim ve dağıtım tesisleri, vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, ilk yardım ve afet planlama istasyonları) **b)** Okullar, diğer eğitim bina ve tesisleri, yurt ve yatakhaneler, askeri kışlalar, cezaevleri, vb. **c)** Müzeler **d)** Toksik, patlayıcı, parlayıcı, vb. özellikleri olan maddelerin bulunduğu veya depolandığı binalar	1.5
BKS = 2	**İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar** Alışveriş merkezleri, spor tesisleri, sinema, tiyatro, konser salonları, ibadethaneler, vb.	1.2
BKS = 3	**Diğer binalar** BKS=1 ve BKS=2 için verilen tanımlara girmeyen diğer binalar (Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları, vb.)	1.0

Tablolardan da görüleceği üzere 2007 Deprem Yönetmeliğinde bina önem sayısı 1.4 olan kısım kaldırılarak 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğinde bu satırın yerine BKS eklenmiştir. Bina kullanım amacının belirlenmesi ile beraber bulunacak olan bu BKS katsayısı yapı modelleme ve hesaplamalarında daha sonra önümüze çıkacaktır.

2.7.7 TBDY 2018'daki yeni tanımlamalar

Daha önceki yönetmelikte yer almayan birçok kavram ve tanımlama 2018 yönetmeliği ile literatüre geçmiş, hesaplamaların ve tasarımların içeriğine doğrudan etki etmiştir. Söz konusu yeni tanımlamaları sıralayacak olursak;

- TDTH 2018: "Türkiye deprem tehlikeleri haritası" isimli yeni harita, TDY 2007'deki "Deprem bölgeleri haritası" (DBH, 1996) yerini almıştır.
- DD: Deprem yer hareketi düzeyleri
- I: Bina önem katsayısı

- Yerel Zemin Sınıfları: Önceki yönetmelikte bulunan “Zemin grupları” yerine geçmiştir.
- S_{DS}, S_{D1}: Tasarım spektral ivme katsayıları
- S_S: Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı
- S_1: 1,0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı
- F_S: Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayısı
- F_1: 1,0 saniye periyot için yerel zemin etki katsayısı
- ZA, ZB, ZC, ZD, ZE ve ZF: Yeni zemin sınıfları
- DTS: Deprem tasarım sınıfları
- BYS: Bina yükseklik sınıfları
- DGT: Dayanıma göre tasarım
- ŞGDT: Şekil değiştirmeye göre tasarım
- D: Dayanım fazlalığı katsayısı

2.7.8 TBDY 2018’daki uygulama ve hesaplama değişimleri

Yeni yönetmelikle birlikte yapılara ait yerinde uygulamalarda birçok değişikliğe gidilmiş, bununla beraber birtakım hesaplama değişimleri de meydana gelmiştir. Kullanılabilecek en düşük beton sınıfı C20 yerine C25 olmuş, daha önce sadece özel durumlarda kullanılan S420C çelik sınıfı ise standartlaşmıştır. Dikdörtgen kesitli kolonlarda 250 mn olan en küçük kenar sınırı 300 mm’ye yükseltilmiştir. Aynı şekilde dairesel kesitli kolonlarda ise bu sınır 300 mm’den 350 mm’ye çıkarılmıştır. Kolonlarda uyulması gereken diğer önemli şartlar ise; kolonlarda bulunan boyuna donatıların toplam alanı, kolonun brüt kesitinin %1’inden az olamaz, %4’ünden daha büyük olamaz. Ayrıca dikdörtgen kesitli kolonlarda çapı 14 mm’den daha ince donatı ile dairesel kolonlarda 6 adetten daha az boyuna donatı kullanılmayacak olmasıdır.

Donatılarla ilgili yapılan değişimlerden biri de “kolon bindirmeli ekleri mümkün olduğunca kolon orta bölgesinde yapılmalı” ibaresi yerini “kolon boyuna donatılarının bindirme ekleri, kolonun serbest yüksekliğinin orta üçte birlik bölgesinde yapılacaktır” yönergesine bırakmıştır. Buna ek olarak kolonlarda sadece boyuna donatıya sarılması gereken çirozların artık boyuna donatı ile birlikte dış etriyeyi de sarması gerektiği belirtilmiştir. Yine kolonlarda sarılma bölgesi koşullarında;

Lc ≥ uzun kenar yerine Lc ≥ 1.5 uzun kenar,

Sc ≤ Min [100 mm; küçük kenar kenar/3] yerine Sc ≤ Min [150 mm; küçük kenar/3; 6φboyuna] değişikleri meydana gelmiştir. Kiriş donatı oranı formülü herhangi bir değişikliğe uğramaz iken kiriş tasarım kesme kuvveti formülüne dayanım fazlalığı katsayısı eklenmiştir.

Perdelerde minimum kısa kenar uzunluğu 20 cm'den 25 cm'ye ve kat yüksekliğinin en az 1/16'sına çıkarılması uygun görülmüştür. Perde tanımlaması ise değişmiş, söz konusu sistem elemanının o doğrultuda perde sayılabilmesi için kısa kenarının uzun kenarına oranının en az 6 olması gerektiği belirtilmiştir. Perde tasarım kesme kuvveti hesabında ise λD katsayısı eski formüle ilave edilmiştir.

Modelleme aşamasında yapılan değişimler ise aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- Tasarlanan yapının taşıyıcı sistemi her zaman 3 boyutlu olarak modellenecektir.
- Yapıda bulunan taşıyıcı elemanlar (kolon ve kiriş) çubuk sonlu eleman yöntemi ile modelleme yapılacaktır.
- Yapıda bulunan perde duvarlar tüm katlarda sonlu elemanlar yöntemi ile modellenerek analiz yapılacaktır.
- Modellemede bulunan düğüm noktaları her zaman 6 serbestlik derecesi ile modellenecektir.
- Tasarımı yapılan yapılarda olan A2 düzensizliği (döşeme süreksizliği) düzensizliği ve A3 düzensizliği (planda girinti-çıkıntı) düzensizliğinin olduğu veya yapıdaki döşeme elemanlarının rijit diyafram model olarak tasarlanmasının öngörülmediği yapılar ile kirişsiz döşemeli betonarme sistemlerde döşemeler iki boyutlu sonlu elemanlar yöntemi ile modellenecektir.
- A2 düzensizliği ile A3 düzensizliğinin bulunmadığı ve düzlem içi önemli miktarda şekil değiştirmelerin meydana gelmeyeceğinin öngörüldüğü plana sahip olan düzenli yapılarda, betonarme döşemeler rijit diyafram olarak tasarlanabilir.
- A2 ve A3 düzensizliğinin bulunup bulunmadığı ile ilgili değerlendirme yapmadan geçiş katlarına ait döşemeler, kesit için yeterli olan döşeme kalınlıklarına göre iki boyutlu sonlu elemanlar yöntemi ile modellenecektir.

- Dayanıma Göre Tasarım kapsamında (DGT) betonarme taşıyıcı sistem elemanlarının kesit özelliklerinin modellenmesinde ilgili tabloda verilen etkin kesit rijitliği çarpanları kullanılacaktır (TBDY, 2018)
- Etkin kesit rijitliği çarpanları aşağıda verilen tabloya göre hesaplanacaktır.

Tablo 2.9 Etkin kesit rijitliği çarpanları

Betonarme Taşıyıcı Sistem Elemanı	Etkin Kesit Rijitliği Çarpanı	
Perde – Döşeme (Düzlem İçi)	***Eksenel***	***Kayma***
Perde	0.50	0.50
Bodrum perdesi	0.80	0.50
Döşeme	0.25	0.25
Perde – Döşeme (Düzlem Dışı)	***Eğilme***	***Kesme***
Perde	0.25	1.00
Bodrum perdesi	0.50	1.00
Döşeme	0.25	1.00
Çubuk eleman	***Eğilme***	***Kesme***
Bağ kirişi	0.15	1.00
Çerçeve kirişi	0.35	1.00
Çerçeve kolonu	0.70	1.00
Perde (eşdeğer çubuk)	0.50	0.50

Burada en göze çarpan değişiklik daha sonraki çalışmanın daha sonraki bölümlerinde de değinileceği üzere; eğilme rijitliğinin kirişlerde %65 oranında, kolonlarda ise %30 oranında azaltılması sebebiyle daha büyük değerde yer değiştirmeler ve daha büyük yatay deplasmanların meydana gelmesidir. Bunun önüne geçebilmek için de daha büyük kesitler seçme zorunluluğu oluşacaktır.

2.7.9 Perdelerde stabilite ve plastik mafsal etkisi

Perde duvar elemanlarının kesitlerinin ince olması eksenel kuvvetlerinin etkisinin artmasına neden olacağından yüksek basınç gerilmeleri oluşturarak burkulma etkisi ile birlikte ciddi derecede erken göçme oluşturabilir. Bu göçme durumu genellikle kritik perde yüksekliği 1-2 kat yüksekliği değerinde olduğu ve perdenin tarafsız eksenin derinlik değerinin fazla olmasının istendiği sünek durumlar için geçerli olmaktadır. Süneklik değeri yüksek olan perde elemanlarının davranışlarının yönetilmesinde stabilite problemi esas bir unsur olmamalıdır.

Perde elemanların süneklik düzeylerinin yüksek olması halinde perdelerin uç kısımlarında bulunan donatılar büyük çekme uzamaları gösterir. Bu durum ise plastik mafsal bölgesi olan uç kısımda oluşan çekme kuvvetlerinin etkisi ile belirli düzgün aralıklar halinde çatlak oluşumuna neden olur. Perde üzerine etki eden yatay yükler yön değiştirerek akarak eleman üzerinde basınç gerilmesi oluşturmaktadır. Beton yüzeyinde oluşan çatlakların kapanırlar ve donatılar üzerinde elastik olmayan basınç kısalmaları oluşmaktadır. Bu kısalma durumu ise donatının elastisite modülü değerinde azalış göstermesine neden olur. Betonda oluşan çatlakların kapanmasından önce donatının elastisite modülü değerinde kritik değerin aşılması halinde bu bölgede perde eksinine dik doğrultuda burkulma gerçekleşir. Kritik değere ulaşılmadan, perde duvar kalınlığınca oluşan çatlaklar kapanır ise bu bölge rijitleşerek burkulmanın durması sağlanmış olur.

Bu gerçekleşen burkulmaya beton dökümü esnasında agreganın doğru yerleşmemesi ile kayma-şekil değiştirmenin oluşturmuş olduğu iç kuvvetlerde oluşan süreksizlikler neden olabilmektedir (Council on Tall Buildings and Urban Habitat Committee, 1991).

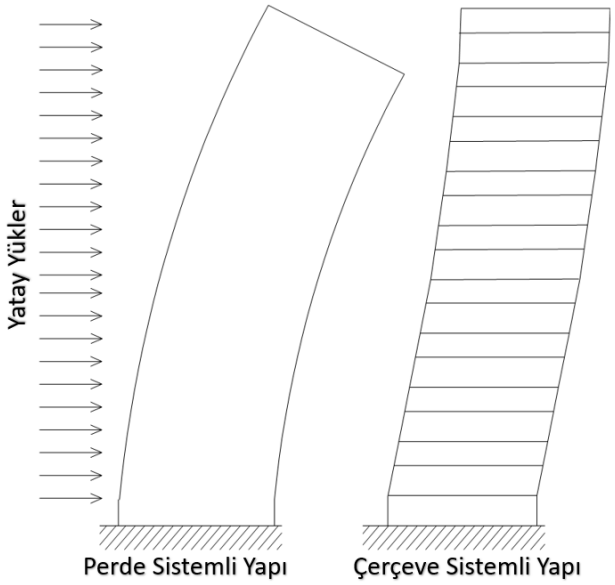
Perde duvar elemanlarda stabilite ile ilgili kesin somut sonuçların elde edilememesi nedeniyle ülkemizde yayınlanan yönetmelikler yüksek sünekli perdelerin boyutları ile ilgili belirli sınırlamalar getirmiştir. Birbirinden farklı ülkelerin deprem yönetmelikleri incelendiğinde çoğunlukla perde duvar kalınlıklarının kata ait temiz açıklık değerinin %10'undan az olmayacağı görülmektedir (Council on Tall Buildings and Urban Habitat Committee, 1991). Ülkemizde 2018 Deprem Yönetmeliği öncesi yürürlükte olan 2007 Deprem Yönetmeliğinde ise bu değer 1/20 olarak alınmıştır. Mevcut yürürlükte olan 2018 Deprem Yönetmeliğinde ise bu değer 1/16 olarak alınmıştır.

Perde duvar elemanın uç kısmındaki sarılma bölgelerinin perde gövdesinden daha geniş olarak düzenlenmesi veya perdelerin uç kısımlarının yönetmeliklere göre belirlenen yeterli uzunlukta olan flanşlar (I- Kesit) ile düzenlenmesi tavsiye edilir. Böylece ince kesite sahip olan narin gövdeli perde duvarlarda stabilite göçmesi

problemi yaşanmaz ve perde uç kısımlarındaki donatıların yerleşimi ile enine sarma elemanları olan etriye ve çiroz gibi elemanların bağlantısı kolaylaşmış olur.

2.7.10 Taşıyıcı sistem rijitliğindeki değişimin etkisi

Perde duvarlar düşey eksen doğrultulu konsol elemanlar olup binanın maruz kalacağı yatay yüklere karşı gösterdiği deplasman eğrileri konsol kirişlerin yayılı yük altında göstermiş olduğu eğrilere benzer niteliktedir. Çerçeve sistemlerde bahsedilen bu deplasman eğrisi hiperbolik olup belirli bir değere yakınsayan bir özellik göstermektedir. (Şekil 2.54).



Şekil 2.54 Perde ve çerçeve sistemlerinin yatay yükler altında şekil değiştirmedurumları

Kat adedi fazla olan yapılarda deprem kuvvetlerinin etkisi ile birlikte taşıyıcı elemanlar üzerinde oluşan kesme kuvveti ile momentler üst katlarda azalma eğilimi göstermekte olup bu durum üst katlarda kesitlerin küçülmesinin de yeterli olabileceğini göstermektedir.

Perde sistemler ile çerçeve sistemlerin birlikte kullanıldığı perde-çerçeve sistemlerde yapıların alt katlarındaki perdelerin çerçeve elemanların deplasman yapmasını kontrol ettiği buna karşın üst katlarda ise çerçeve elemanların katlarda oluşan deplasmanların artışını sınırladığı bilinmektedir. Burada bahsedilen hususlar tünel kalıp sistemleri kullanılarak inşa edilecek yapılarda tasarım aşamasında oldukça önemli bir konuma sahiptir.

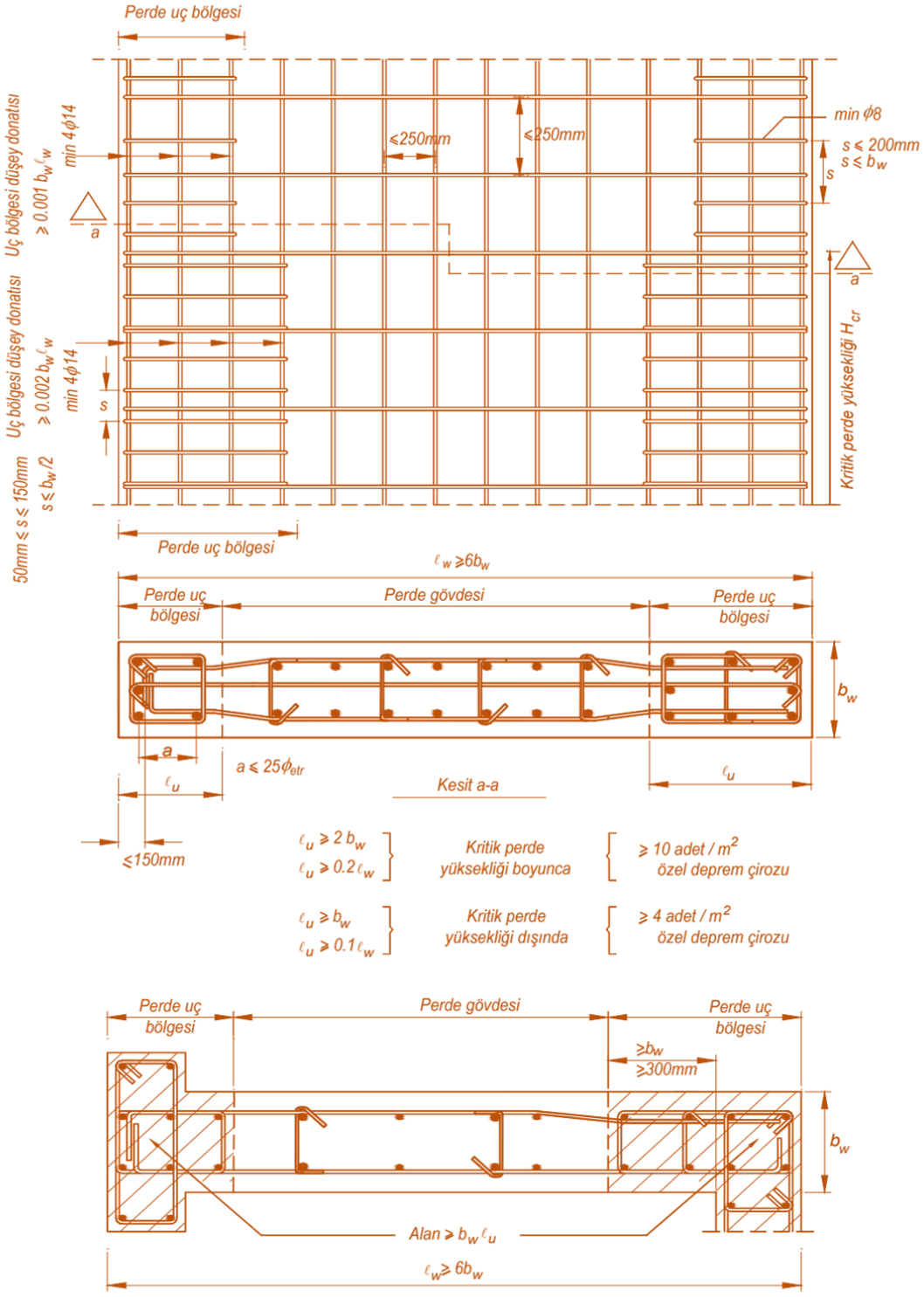
2.7.11 Perde uç bölgeleri ve uç donatıları

Perde duvarların uç kısımlarında bulunan düşey doğrultudaki donatıların toplam alanı perde duvarın brüt kesit alanına oranı perde duvarın kritik perde yüksekliği boyunca % 0,2 den az olamaz. Perdeye ait diğer kısımlarda ise %0,1 den az olamaz. Perde duvarlarda düşey doğrultudaki donatıların adedi ve çapı en az 4ϕ14 olmalıdır. Perdenin uç kısımlarında bulunan düşey donatılar, Şekil 2.55'deki gibi uygun donatı yerleşimi yapılarak etriye ve çirozlar ile enine donatılar kullanılarak sarılmalıdır. Perdelerdeki çiroz ve etriye gibi enine donatıların çap ve aralık değerleri perde gövdesinde bulunan yatay donatıların çap ve aralık değerlerinden az olamazlar.

Perde duvarın kritik yüksekliğince perde uç kısımlarına kolonların sarılma bölgeleri için $A_{sh} \geq 0.075 s b_k (f_{ck} / f_{ywk})$ ile belirlenen enine donatı oranının en az 2/3'nün konulması gerekmektedir.

Perde duvarlarda kullanılan sarma elemanları olan etriye ile çirozlar temel elemanı içerisinde bir perdenin kalınlığının iki katından az olmamak kaydıyla yükseklik boyunca sürdürülmelidir.

Bu doğrultuda yönetmelikte bu konu ile ilgili öngörülmüş olan donatı sıklaştırmaları belirlenmiş olup bu sıklaştırmaların uygulanması ile birlikte kritik yükseklik bölgesinde istenilen süneklik elde edilmiş olur.



Şekil 2.55 TBDY 2018'de perde donatılarının kenetlenme detayları

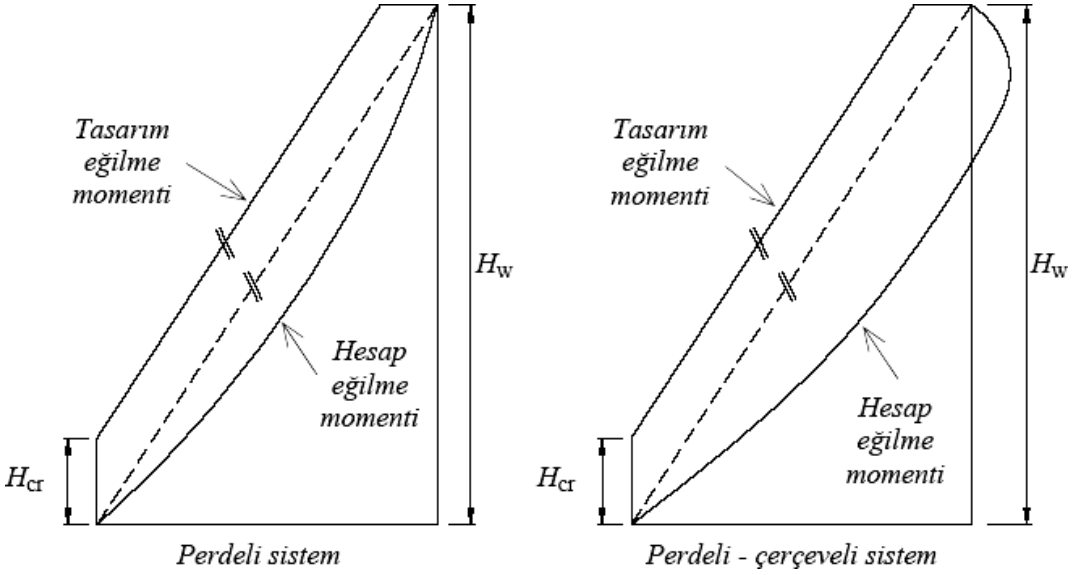
2.7.12 Tasarım eğilme momentleri ve zaman tanım aralığı

Yapılara oluşan dinamik davranışları neticesinde oluşan maksimum moment diyagramı yapıya yapılan eşdeğerde özelliklere sahip statik yükleme neticesinde elde edilen moment diyagramından farklı olup bu fark mod birleştirme yöntemi ile birlikte zaman-tanım alanında hesaplandığında açık bir şekilde görülebilir. Literatürde yer alan çalışmalarda moment kuvvetlerinin lineer ile lineer olmayan dinamik analizler neticesinde yaklaşık olarak doğrusal bir şekilde değiştiği görülmektedir. Bu sebeple yapıda bulunan perde duvarlarda tertiplenecek olan eğilme donatıları yukarıda bahsedilen doğrusal moment değişimini sağlayacak biçimde yerleştirilmelidir.

$$H_{cr} \geq l_w \tag{2.4a}$$

$$H_{cr} \geq H_w / 6 \tag{2.4b}$$

$H_w / \ell_w > 2.0$ şartını sağlayan perde duvar elemanların tasarımlarında kullanılan esas eğilme moment değerleri, denklem 2.4a ve 2.4b'de belirtilen perde kritik yüksekliğince sabit bir değer olarak alınmakta olup perde duvarın taban kısmında TBDY 2018'in 4. bölümünde verilmiş olan metotlardan herhangi birine göre hesaplanmış olan eğilme momentine eşit alınacaktır. Perdenin kritik yüksekliğinin sonlandığı kısım, perde taban kısmı ile perde üst kısmında hesaplanmış olan momentleri birleştiren ve Şekil 2.56'da belirtilen doğruya paralel olan doğrusal moment diyagramı uygulanacaktır. Etrafında rijit perdelere sahip olan bodrumlu yapıların sabit perde momenti değeri tanımlanmış olan kritik perde yüksekliğince göz önüne alınarak değerlendirilmelidir.



Şekil 2.56 Perdelerde moment dağılımı

3. MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada ülkemizde daha önce kullanılan 2007 Deprem Yönetmeliği ve halihazırda kullanılan 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği esas alınarak tünel kalıp sistemlerin kullanıldığı yapılar, kat sayısı ve proje geometrisinin deprem kuvvetlerine ve sismik aktivitelere göstermiş oldukları dayanım analiz edilmiş olup bu yapıların maliyet açısından etkileri de birbirleri ile kıyaslanmıştır. Bu çalışma konusu kapsamında kıyaslama yapılabilmesi amacıyla ülkemizdeki deprem yönetmeliklerinin verilerinin bulunduğu ve statik analiz yapabilen yazılım gerekmekte olup bu yazılım elde edilerek analizler yapılmıştır. Tez konusunu oluşturan tünel kalıp sistemlerin kullanılması ile oluşturulan binaların mukavemet ile maliyet açısından incelenebilmesi amacıyla birbirinden farklı 2 adet mimari kat planı olmak üzere 5, 10, 15, 20, 25 ve 30 katlı 12 adet yapının 2007 Deprem Yönetmeliği ve 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği kapsamında analizleri yapılmıştır. İlk aşamada toplam 2x6x2=24 adet statik çözümleme yaptırılmıştır. Ardından mevcut çözümlemeleri başka bir program ile yapılmış kat sayısı farklı ama aynı plana sahip binaların aynı parametreler ile analizleri yapılmış ve toplamda 24+4=28 çözümleme yapılmıştır. Statik çözümlemeler, kullanımının kolay ve anlaşılır olması, ülkemizde raporlarının kabul görmesi, bazı akademik çalışmalarda da kullanılması, firmanın bu çalışmayı desteklemesi için ücretsiz lisans tanımlaması sebepleri ile ideCAD markalı ticari bir yazılım ile yapılmıştır. Daha sonra ise tüm yapılar hem 2007 hem de 2018 yönetmeliğine uygun olarak SAP2000 programı ile tekrardan analiz edilerek hem verilerin sağlaması yapılmış ve hem de daha detaylı sonuçlara ulaşılmıştır.

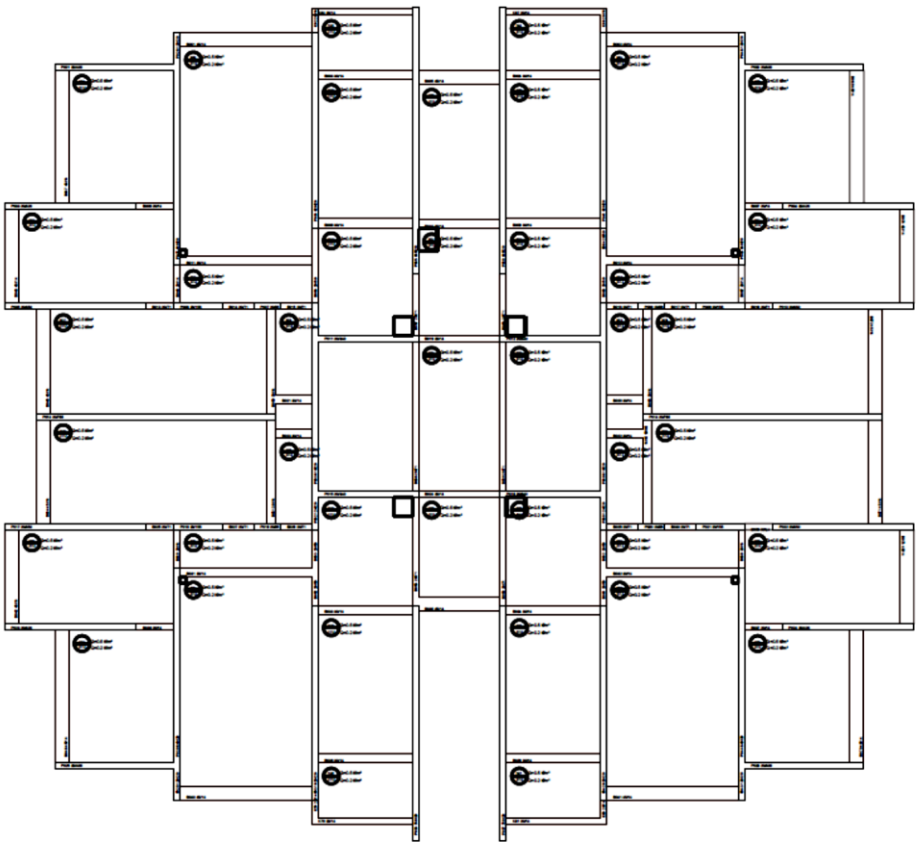
Yapılan analizlere ilişkin raporlar her bir elemanın ayrı ayrı yük değerlerini gösterecek kadar detaylı alınmış, yorumlama yapılabilmesi için özet tablolar oluşturulmuştur. Çalışmanın başında programdan alınan metraj verileri Çevre ve Şehircilik Bakanlığı 2022 yılının 2. fiyat güncellemesi olan Temmuz 2022 tarihli birim fiyat ve analiz cetvelinden elde edilen veriler doğrultusunda tekrardan revize edilerek ayrıntılı bir yapı yaklaşık maliyet çıkarılmıştır. Ek olarak Çevre Şehircilik Bakanlığının birim fiyat ve analizlerinin tünel kalıp sistemler için realist sonuçlar vermemesi üzerine piyasadan da belirli tünel kalıp sistem taşeron firmalarından fiyatlar alınmış ve yapılan görüşmeler sonucunda elde edilen veriler ile analiz yapılmış ve çalışma tamamlanmıştır. Sonuç olarak birbirinden farklı 2 proje için

yapılacak olan kıyaslamalı çalışmanın sağlıklı yürütülebilmesi için gerekli minimum asgari koşullar oluşmuştur.

3.1 Çalışmaya Konu Yapılar

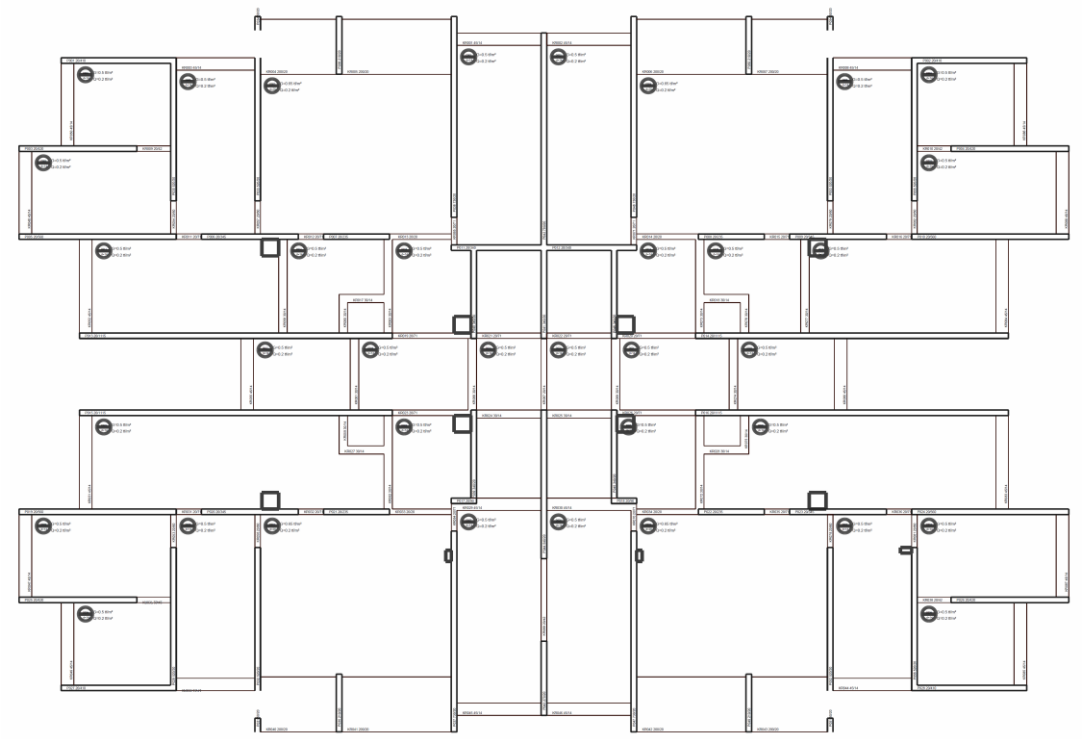
Çalışmaya konu yapılar, EKAP ihale sistemi üzerinden TOKİ tarafından açılan bir ihale kapsamında inşa edilecek iki farklı mimarideki perdeli yapılardan seçilmiştir; BK ve CK blokları (Şekil 3.1, Şekil 3.2).

Projede yer alan bu iki adet mimari planın temel özelliklerine bakacak olur isek iki plan içerisinde de 4 adet konut bulunmaktadır. BK bloğu için kat brüt inşaat alanı 580 m² olup CK bloğu için kat brüt inşaat alanı 730 m²'dir. BK bloğunun geometrik yapısı x-y yönlerinde simetrik iken CK bloğunda x-y doğrultuları arasında gözle görülür bir asimetriklik görülmektedir. Çalışma kapsamında bu simetri-asimetri durumu ile inşaat alanları arasındaki farkların yapıların dayanımına ve maliyetlerine ne kadar etki ettiklerini gösterecektir.



Şekil 3.1 BK bloğu mimari kat planı

- X Doğrultusu = 29m, Y Doğrultusu = 26,5m
- 4 Simetrik Daire
- Brüt kat planı alanı 580 m²

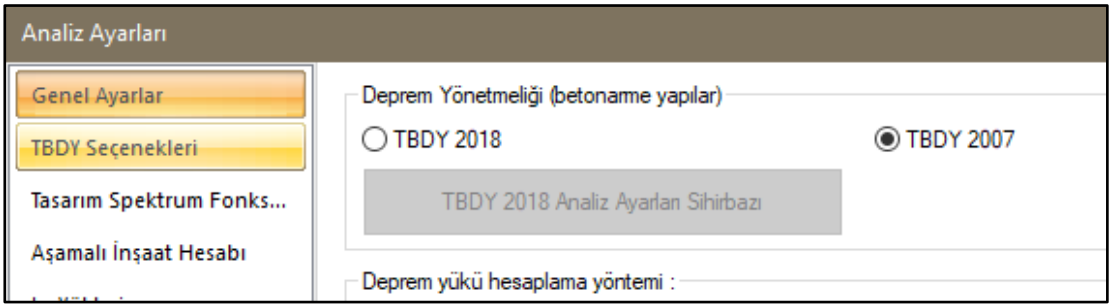


Şekil 3.2 CK bloğu mimari kat planı

- X Doğrultusu = 37,40 m, Y Doğrultusu= 26 m
- 4 Simetrik Daire
- Brüt kat planı alanı 730 m²

3.2 Analiz

Analizlerde iki farklı yapısal analiz programı kullanılmıştır. Bunlardan ilki Computers and Structures isimli şirketin SAP2000 adlı programı, diğeri ise ideYAPI şirketinin ideCAD adlı programıdır. Analizin yapıldığı sürüm ideCAD Statik IDS v.10.05 sürümü ile ve tarafıma tanımlanan v10-TIME 0094 numaralı öğrenci kilidi kullanılmıştır. Programlarda analiz ayarları penceresinde ilk sorulan soru analiz modelinin hangi deprem yönetmeliğine göre oluşturulacağıdır. Bu imkân sayesinde projeler 2007 Deprem Yönetmeliği ve 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine göre ayrı ayrı analiz edilip raporlanmıştır (Şekil 3.3).



Şekil 3.3 Analiz ayarları deprem yönetmeliği seçim diyaloğu

3.2.1 Modellemenin yapılması

Çalışmaya konu yapıların doğru bir şekilde analiz edilebilmesi için modellemenin doğru yapılması çok önemlidir. Yapılan denemelerde perde-kiriş-bağ kirişi bağlantılarında yapılan yanlışların, küçük açılı objelerin yapı periyodlarının gerçeklikten uzak değerler almasına sebep olduğu görülmüştür. Modellemede herhangi bir yanlışın yapılıp yapılmadığının kontrolü program içerisinde "Geometri Kontrolü" isimli bir araç ile yapılabilmektedir. Eğer kontrol sonucu, modellemelere ilişkin bir hata çıkmıyorsa modellemeden kaynaklı bir hata yapılmamıştır denebilir. Bina modellerinin programda oluşturulmasından hemen sonra geometri kontrolleri yapılmış ve hatasız olarak analiz yaptırılmıştır. Malzeme olarak Betonda C30, donatıda S235 kullanılmıştır.

3.2.2 2007 Deprem yönetmeliği analiz parametreleri

Yapılacak kıyaslamanın düzgün ve doğru sonuç vermesi açısından modeller ilk önce 2007 Deprem Yönetmeliğinde analiz edilmiş, daha sonra dosyalar farklı kaydedilerek, aynı modellerin analiz ayarları yeni deprem yönetmeliğine göre tekrar düzenlenmiş ve rapor oluşturulmuştur. Bu başlıkta 2007 Deprem Yönetmeliği kapsamında hangi parametrelerin seçildiği belirtilmiştir.

- *Deprem yükü hesaplama yöntemi*

Mod birleştirme yöntemi, deprem yükü hesaplama yöntemi olarak seçilmiştir. Bunun sebebi, yönetmelikte ve birçok çalışmada belirtildiği gibi, eş değer deprem yükü hesabı kullanmak için analiz yapılacak binanın bazı kriterlere sahip olması gerekir ve daha az sağlıklı sonuçlar verir. El ile çözüm yapılmayacağından ve işlem yükü

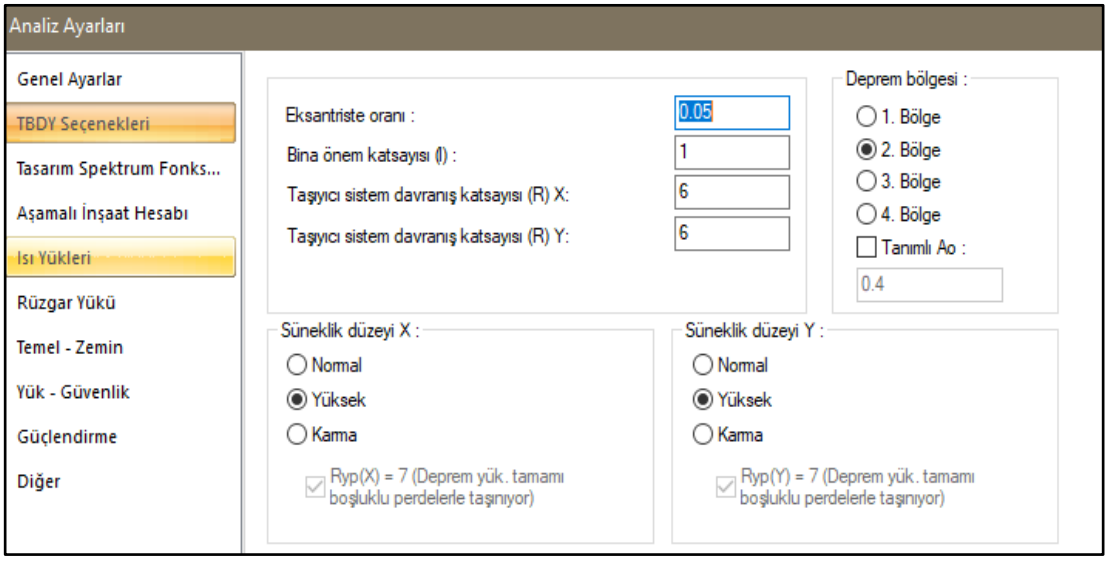
bilgisayar tarafından karşılanacağından mod birleştirme yöntemi daha doğru sonuç vermesi nedeniyle seçilmiştir.

- *Rijit diyafram modelleme yöntemi*

Bu ayarda iki seçenek vardır: Tam rijit diyagram (matematiksel rijit diyafram modeli) ve yarı rijit diyafram (döşeme ile birlikte analiz modeli). İlk seçenekte kirişlerde eksenel kuvvet program tarafından hesaplanamaz. Döşeme düzlemindeki deformasyonlar ihmal edilir ki bu durum bu çalışma kapsamında istemediğimiz bir durumdur. Yapılacak analizde döşemeler de analize katılmalı ve deformasyonlar kontrol edilmelidir. Bu ayarda seçilen yarı rijit diyagramdır.

- *TBDY seçenekleri*

Bu kısımda bina önem katsayısı, binanın kaçıncı deprem bölgesinde olduğu, taşıyıcı sistem davranış katsayısı ve süneklik düzeyi seçenekleri mevcuttur. Aşağıdaki Şekil 3.4'te girilen değerler gösterilmektedir.



Şekil 3.4 TBDY seçenekleri

Bina önem katsayısı TDY 2007'de belirtildiği gibi binalar için 1 alınmıştır.

Tablo 3.1 TDY 2007 bina önem katsayısı tablosu

Binanın Kullanım Amacı veya Türü	*Bina Önem Katsayısı (I)*
1. Deprem sonrası kullanımı gereken binalar ve tehlikeli madde içeren binalar **a)** Deprem sonrasında hemen kullanılması gerekli binalar (Hastaneler, dispanserler, sağlık ocakları, itfaiye bina ve tesisleri, PTT ve diğer haberleşme tesisleri, ulaşım istasyonları ve terminalleri, enerji üretim ve dağıtım tesisleri; vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, ilk yardım ve afet planlama istasyonları) **b)** Toksik, patlayıcı, parlayıcı, vb özellikleri olan maddelerin bulunduğu veya depolandığı binalar	1.5
2. İnsanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu ve değerli eşyanın saklandığı binalar **a)** Okullar, diğer eğitim bina ve tesisleri, yurt ve yatakhaneler, askeri kışlalar, cezaevleri, vb. **b)** Müzeler	1.4
3. İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar Spor tesisleri, sinema, tiyatro ve konser salonları, vb.	1.2
4. Diğer binalar Yukarıdaki tanımlara girmeyen diğer binalar (Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları, vb)	1.0

Yapının taşıyıcı sistem davranışı seçimi aşağıdaki seçeneklere bağlıdır.

3.2.1. Betonarme Taşıyıcı Sistemlerin Sınıflandırılması

Depreme karşı davranışları bakımından, betonarme binaların yatay yük taşıyıcı sistemleri, aşağıda tanımlanan iki sınıfa ayrılmıştır. Bu iki sınıfa giren sistemlerin karma olarak kullanılmasına ilişkin özel durum ve koşullar, **Bölüm 2**'deki **2.5.4**'te verilmiştir.

3.2.1.1 – Aşağıda belirtilen betonarme taşıyıcı sistemler, *Süneklik Düzeyi Yüksek Sistemler* olarak tanımlanmıştır:

(a) 3.3, **3.4** ve **3.5**'te belirtilen kurallara göre boyutlandırılarak donatılan kolon ve kirişlerin oluşturduğu çerçeve türü taşıyıcı sistemler,

(b) 3.6'ya göre boyutlandırılarak donatılmış boşluksuz veya boşluklu (bağ kirişli) perdelerden oluşan taşıyıcı sistemler,

(c) Yukarıdaki iki tür sistemin birleşiminden oluşturulan perdeli-çerçeveli taşıyıcı sistemler.

3.2.1.2 – Aşağıda belirtilen betonarme taşıyıcı sistemler, *Süneklik Düzeyi Normal Sistemler* olarak tanımlanmıştır:

(a) 3.7, **3.8** ve **3.9**'da belirtilen kurallara göre boyutlandırılarak donatılan kolon ve kirişlerin oluşturduğu çerçeve türü taşıyıcı sistemler,

(b) 3.10'a göre boyutlandırılarak donatılmış boşluksuz veya boşluklu (bağ kirişli) perdelerden oluşan taşıyıcı sistemler,

(c) Yukarıdaki iki tür sistemin birleşiminden oluşturulan perdeli-çerçeveli taşıyıcı sistemler.

Şekil 3.5 TDY 2007'ye göre tanımlanan süneklik düzeyleri

Bu seçenekler incelendiğinde yönetmelik, analizi yapacak mühendise iki seçenek sunmaktadır. Eğer süneklik kapasitesi yüksek seçilirse deprem yükleri daha az etkiyecektir. Her ne kadar komple perdeler ile yapılmış olsa bile olası sismik aktivitelerde oluşacak çatlaklar ve hasarlar bina formunu rijitlikten sünek tarafa kaydıracak ve deprem yükleri tekrar azalacaktır. Bu yaklaşım ancak şu seçeneklerde değerlendirilebilir; kullanılan beton ve çelik donatı özellikleri güvenilir ve homojen ise perdeli yapılar sünek bir davranış gösterir. Lakin, çekme ve basınç kuvvetlerini karşılayan bu malzemeler standartların çok uzağında ve güvenilmeyecek ortamlarda üretilmiş ise, yapı sünek bir davranış gösteremeden başarısız olabilir ve çökme durumu gerçekleşebilir.

Bu koşullar düşünüldüğünde perdeli bağ kirişli yapının yüksek süneklik düzeyine sahip olması için bir engel yoktur. Yapının bu özelliğinden kaynaklı deprem yükleri azalır ve daha az donatı kullanılır, bu da yapı ağırlığını düşürür.

Yapı taşıyıcı sistem davranış katsayısı ise aşağıdaki tablolardan seçilmiştir.

BİNA TAŞIYICI SİSTEMİ	***Süneklik Düzeyi Normal Sistemler***	***Süneklik Düzeyi Yüksek Sistemler***
(1) YERİNDE DÖKME BETONARME BİNALAR		
(1.1) Deprem yüklerinin tamamının çerçevelerle taşındığı binalar	4	8
(1.2) Deprem yüklerinin tamamının bağ kirişli (boşluklu) perdelerle taşındığı binalar.....	4	7
(1.3) Deprem yüklerinin tamamının boşluksuz perdelerle taşındığı binalar.....	4	6
(1.4) Deprem yüklerinin çerçeveler ile boşluksuz ve/veya bağ kirişli (boşluklu) perdeler tarafından birlikte taşındığı binalar..	4	7

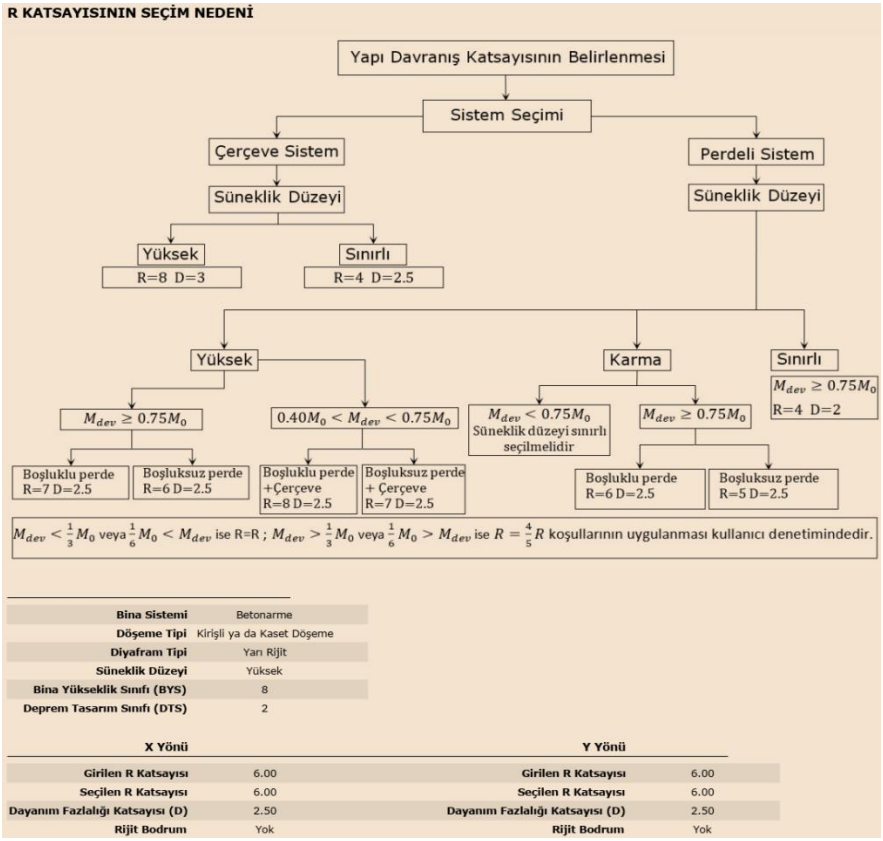
2.5.2.1 – Bu tür sistemlerde, tabloda yerinde dökme betonarme ve çelik çerçeve durumu için verilen R = 7'nin veya prefabrike betonarme çerçeve durumu için verilen R = 6'nın kullanılabilmesi için, boşluksuz perdelerin tabanında deprem yüklerinden meydana gelen kesme kuvvetlerinin toplamı, binanın tümü için tabanda meydana gelen toplam kesme kuvvetinin %75'inden daha fazla olmayacaktır ($\alpha_S \leq 0.75$).

2.5.2.2 – **2.5.2.1**'deki koşulun sağlanamaması durumunda, $0.75 < \alpha_S \leq 1.0$ aralığında kullanılacak R katsayısı, yerinde dökme betonarme ve çelik çerçeve durumu için $R = 10 - 4\,\alpha_S$ bağıntısı ile, prefabrike betonarme çerçeve durumu için ise $R = 9 - 4\,\alpha_S$ bağıntısı ile belirlenecektir.

Şekil 3.6 TDY 2007'ye göre davranış katsayıları

Dolayısıyla öncelikle 7 olarak girilen R değeri analiz sonucunda program tarafından uyarı verilmiş ve toplam perde taban kesme kuvvetinin toplam bina kesme kuvvetine oranı 0,75'ten fazla çıkmış, değerin yönetmelikteki değere çekilmesi konusunda öneride bulunmuştur. Bunun üzerine R davranış katsayısı formüle göre 6,00 değerine çekilmiştir.

Bununla ilgili rapor verileri aşağıdaki şekilde verilmiştir (Şekil 3.7).

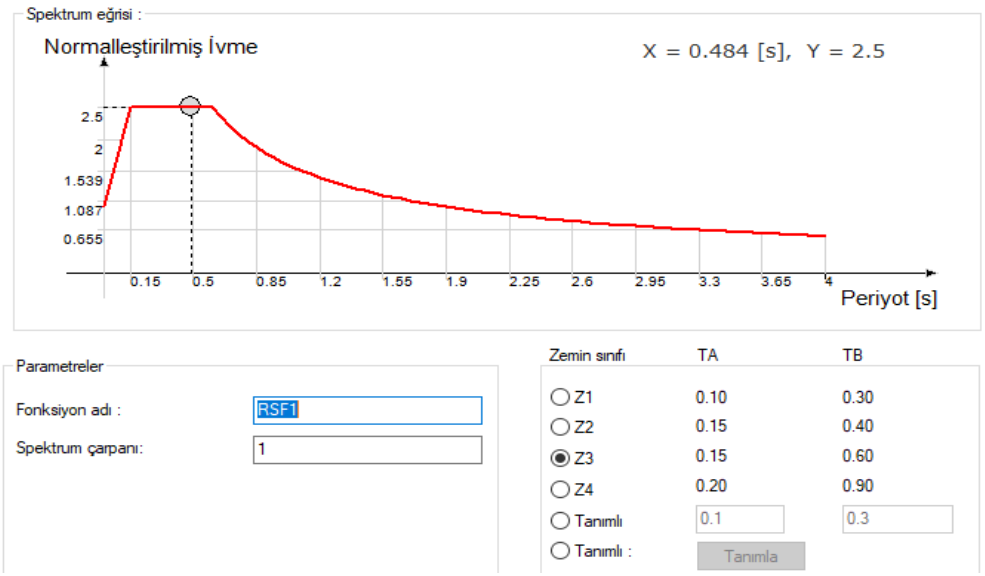


Şekil 3.7 R katsayısı seçimi

Deprem bölgesi olarak 2. bölge seçilmiş ve bütün modellerde uygulanmıştır.

- *Tasarım Spectrum Fonksiyonu ve zemin sınıfı seçimi*

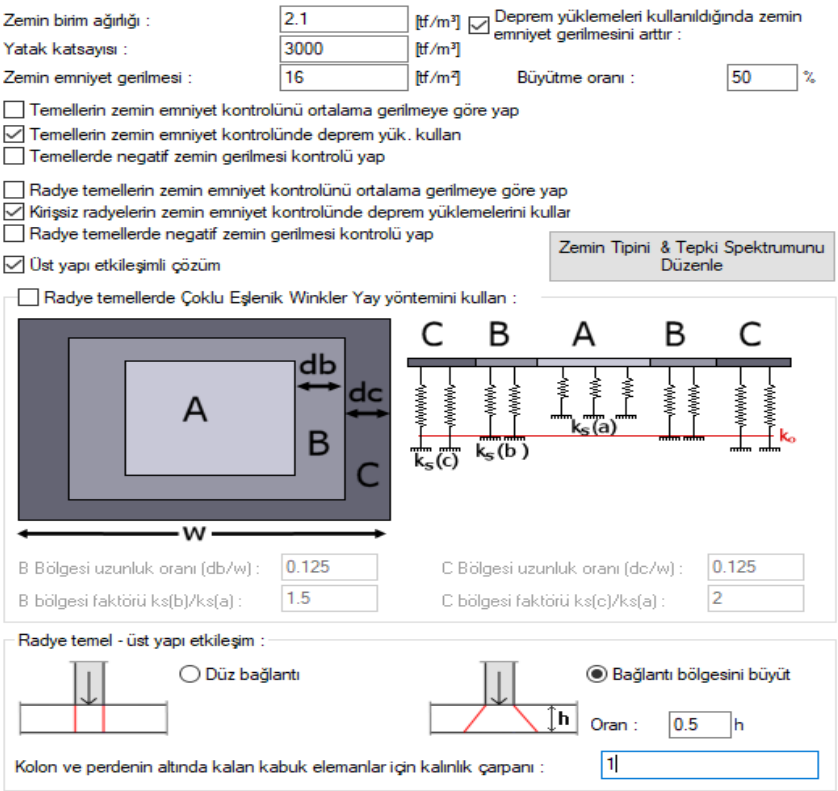
Zemin sınıflarında yeni deprem yönetmeliği ve eski deprem yönetmeliğine göre eşit sayılabilecek bir sınıf olan Z3 sınıfı zemin seçilmiştir. Yapılan güncel bir çalışmaya göre eski deprem yönetmeliğinde Z3 olan zemin sınıfı yeni deprem yönetmeliğinde ZC değerine karşılık gelmektedir (Keskin ve Bozdoğan, 2018). Bu açıdan yeni deprem yönetmelikleriyle yapılan analizlerin hepsinde ZC zemin sınıfı, eski deprem yönetmelikleriyle yapılan analizlerde Z3 zemin sınıfı kullanılmıştır (Şekil 3.8).



Şekil 3.8 Tasarım spectrum fonksiyonu

- *Temel-Zemin Parametreleri*

Temel ve zemin ayarlarında üst yapı etkileşimli çözüm yapılmış ve değerler şekil 3.9'daki gibi girilmiştir.



Şekil 3.9 Temel ve zemin parametreleri

3.2.3 2018 Deprem yönetmeliği analiz parametreleri

TDY 2007'ye uygun olarak analizler yapıldıktan ve raporları alındıktan sonra dosyalar farklı bir klasöre farklı kaydedilmiş ve analiz ayarları TBDY 2018'e göre yapılandırılmıştır. Bunun yapılmasının sebebi, yapılacak olan kıyaslamanın salt deprem yönetmeliği ayarlarına göre olmasını sağlamaktır. Bu sayede tıpa tıp iki aynı model iki farklı deprem yönetmeliğince kıyaslanmış olacaktır. Program, 2018 deprem yönetmeliği ayarlarının doğru bir şekilde girilebilmesi için kolaylaştırılmış bir arayüz yapmıştır. Parametreler bu arayüz kullanılarak girilmiştir.

- *Deprem yükü hesaplama yöntemi*

Deprem yükü hesaplama yöntemi seçeneği, TBDY 2018'e göre analiz seçeneği seçildiği zaman program tarafından otomatik mod birleştirme olarak seçilir. TBDY 2018'in 4.6.2.1. kısmı gereği Bölüm 4'te yer alan kapsamdaki tüm binaların deprem hesabında 4.8' de yer alan Modal Hesap Yöntemleri kullanılabilir.

- *Rijit diyafram modelleme yöntemi*

TDY 2007'de seçildiği gibi yine yarı rijit diyafram seçilmiştir. Sebebi TDY 2007 ile aynıdır.

- *Deprem Düzeyi*

Şekil 3.10'da gösterildiği gibi yönetmelik tarafından standart tasarım olarak adlandırılan seçenek seçilmiştir.

2.2.1. Deprem Yer Hareketi Düzeyi-1 (DD-1)

DD-1 Deprem Yer Hareketi, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %2 ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 2475 yıl olduğu çok seyrek deprem yer hareketini nitelemektedir. Bu deprem yer hareketi, gözönüne alınan en büyük deprem yer hareketi olarak da adlandırılmaktadır.

2.2.2. Deprem Yer Hareketi Düzeyi-2 (DD-2)

DD-2 Deprem Yer Hareketi, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %10 ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 475 yıl olduğu seyrek deprem yer hareketini nitelemektedir. Bu deprem yer hareketi, **standart tasarım deprem yer hareketi** olarak da adlandırılmaktadır.

2.2.3. Deprem Yer Hareketi Düzeyi-3 (DD-3)

DD-3 Deprem Yer Hareketi, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %50 ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 72 yıl olduğu sık deprem yer hareketini nitelemektedir.

2.2.4. Deprem Yer Hareketi Düzeyi-4 (DD-4)

DD-4 Deprem Yer Hareketi, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %68 (30 yılda aşılma olasılığı %50) ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 43 yıl olduğu çok sık deprem yer hareketini nitelemektedir. Bu deprem yer hareketi, servis deprem yer hareketi olarak da adlandırılmaktadır.

Şekil 3.10 Deprem yer hareketi düzeyi

- *Yerel Zemin Sınıfı Seçimi*

Yukarıda da bahsedildiği gibi eşit düzeyde bir kıyas yapabilmek adına önceden Z3 olarak seçilen zemin sınıfına karşılık ZC zemin sınıfı seçilmiştir (Şekil 3.11).

Yerel Zemin Sınıfı	Zemin Cinsi	Üst 30 metrede ortalama		
		$(V_S)_{30}$ [m/s]	$(N_{60})_{30}$ [darbe / 30 cm]	$(C_u)_{30}$ [kPa]
ZA	Sağlam, sert kayalar	> 1500	-	-
ZB	Az ayrışmış, orta sağlam kayalar	760 - 1500	-	-
ZC	**Çok sıkı kum, çakıl ve sert kil tabakaları veya ayrışmış, çok çatlaklı zayıf kayalar**	**360 - 760**	**> 50**	**> 250**
ZD	Orta sıkı – sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları	180 - 360	15 - 50	70 - 250
ZE	Gevşek kum, çakıl veya yumuşak – katı kil tabakaları veya PI > 20 ve w > %40 koşullarını sağlayan toplamda 3 metreden daha kalın yumuşak kil tabakası (c_u > 25 kPa) içeren profiller	< 180	< 15	< 70

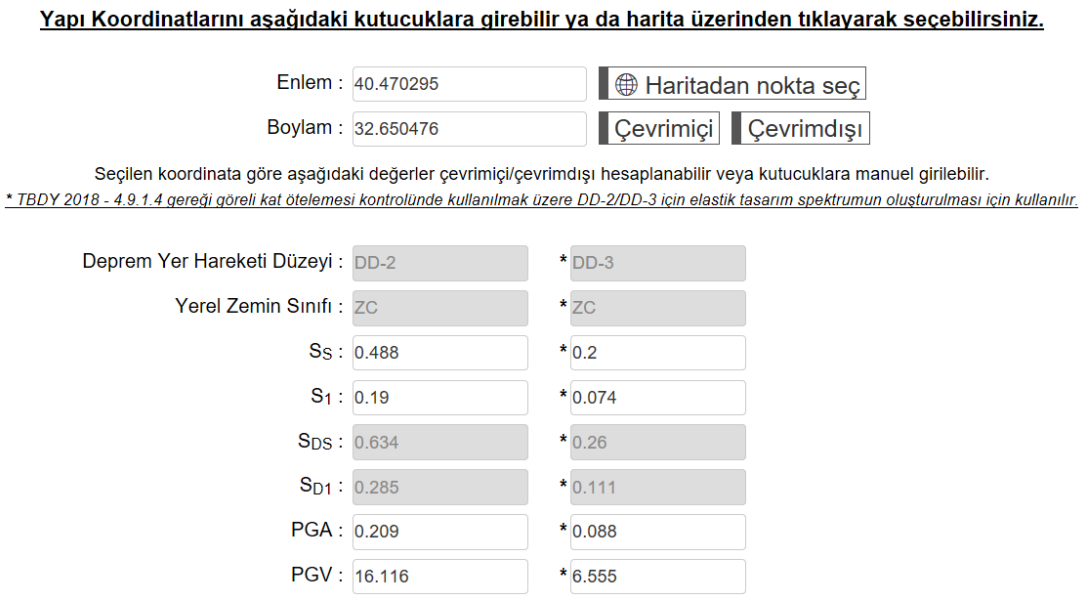
$(V_S)_{30}$: Üst 30 metredeki ortalama kayma dalgası hızı
$(N_{60})_{30}$: Ortalama standart penetrasyon darbe sayısı
$(C_u)_{30}$: Ortalama drenajsız kayma dayanımı

Şekil 3.11 Yerel zemin sınıfı seçim ekranı

- *Tasarım Spektrumları*

TBDY 2018'de yeni tanımlanan harita ile koordinatlara göre seçim yapılarak veya harita üzerinden yapının konumu işaretlenerek bilgiler getirilir. Bu çalışmada, TDY

2007’de 2. Derece deprem bölgesine sahip bir beldenin koordinatları, haritadan seçilerek TBDY 2018 için geçerli verileri alınmıştır (Şekil 3.12).



Şekil 3.12 Tasarım spektrumlarının girildiği ekran

Sonuç olarak iki farklı yönetmelikte deprem spektrumları arasında birtakım kabuller değişikliğe uğramıştır. Aynı deprem bölgesindeki inşa edilecek yapılar için aynı ivme katsayısı kullanır. TBDY2018’de ise tasarımda kullanılacak olan spektral ivme katsayısı yapının faya yakınlık durumuna ve koordinatına göre değişmektedir. Benzer şekilde 2007 yönetmeliğinde deprem analizlerinde kullanılacak olan yerel zemin etkileri ivmenin sabitlendiği periyod aralığının genişletilip daraltılmasıyla elde edilirken, yeni yönetmelikle birlikte ivme katsayısı yani genliği de değiştirilmektedir. Ayrıca TDY 2007’de ivme katsayıları yalnızca düşey yönde (A0) tesir etmekteydi. 2018 yönetmeliğinde ise bu durum değişmiş ve genlikleri değiştiren unsurlar spektral ivme katsayıları, yapının faya yakınlık durumu ve yerel zemin parametreleri olmaya başlamıştır.

- *Bina Kullanım Sınıfı*

Önceki deprem yönetmeliği analizlerinde seçildiği gibi I = 1 seçilmiştir.

- *Deprem Tasarım Sınıfı*

Deprem tasarım sınıfı (D_{TS}), Kısa Periyot Tasarım Spektral İvme Katsayısına (S_{DS}) bağlı olarak TBDY 2018 Tablo 3.2'den seçilir. S_{DS} hesabı aşağıdaki şekilde yapılıp, Şekil 3.13'te gösterildiği gibi girilmiştir.

S_S (0,488) ve S_1 (0,19) değerleri deprem haritası üzerinden alınır.

$$S_{DS} = 0{,}488\ x\ 1{,}3 = 0{,}634 \qquad (3.1)$$

2.3.2.2 – 2.3.2.1'de tanımlanan *harita spektral ivme katsayıları* S_S ve S_1, aşağıdaki şekilde *tasarım spektral ivme katsayıları* S_{DS} ve S_{D1} 'e dönüştürülür:

$$S_{DS} = S_S F_S$$
$$S_{D1} = S_1 F_1 \qquad \textbf{(2.1)}$$

Burada F_S ve F_1 **2.3.3**'te tanımlanan *yerel zemin etki katsayıları*'nı göstermektedir.

2.3.2.3 – Yatay ve düşey *elastik tasarım spektrumları*, **Denk.(2.1)** ile elde edilen *tasarım spektral ivme katsayıları*'ndan yararlanılarak, sırası ile, **2.3.4** ve **2.3.5**'te tanımlanmıştır.

2.3.3. Yerel Zemin Etki Katsayıları

2.3.3.1 – 16.4'te tanımlanan *yerel zemin sınıfları*'na bağlı olarak *yerel zemin etki katsayıları* F_S ve F_1, sırası ile, **Tablo 2.1** ve **Tablo 2.2**'de verilmiştir. Tablolarda harita spektral ivme katsayılarının ara değerleri için doğrusal enterpolasyon yapılabilir.

Yerel Zemin Sınıfı	Kısa periyot bölgesi için *Yerel Zemin Etki Katsayısı* F_S					
	$S_S \le 0.25$	$S_S = 0.50$	$S_S = 0.75$	$S_S = 1.00$	$S_S = 1.25$	$S_S \ge 1.50$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
ZC	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2
ZD	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
ZE	2.4	1.7	1.3	1.1	0.9	0.8
ZF	*Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır* (**Bkz.16.5**).					

Şekil 3.13 TBDY 2018'de SDS hesabı için kullanılan tablolar

3.1.1'de tanımlanan Bina Kullanım Sınıfları'na ve DD-2 deprem yer hareketi düzeyi için 2.3.2.2'de tanımlanan Kısa Periyot Tasarım Spektral İvme Katsayısı'na bağlı olarak, bu Yönetmelik'te deprem etkisi altında tasarımda esas alınacak Deprem Tasarım Sınıfları (DTS), Tablo 3.2'ye göre belirlenmiştir.

S_{DS} = 0.634 hesaplanmıştır, BKS = 3 koşulunu sağladığı için DTS = 2 seçilmiştir.

DD-2 Deprem Yer Hareketi Düzeyinde Kısa Periyot Tasarım Spektral İvme Katsayısı (S_{DS})	Bina Kullanım Sınıfı	
	BKS = 1	BKS = 2, 3
$S_{DS} < 0.33$	DTS = 4a	DTS = 4
$0.33 \le S_{DS} < 0.50$	DTS = 3a	DTS = 3
$0.50 \le S_{DS} < 0.75$	DTS = 2a	**DTS = 2**
$0.75 \le S_{DS}$	DTS = 1a	DTS = 1

***BKS** = Bina kullanım sınıfı*
***S_{DS}** = Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]*
***DTS** = Deprem tasarım sınıfı*

Şekil 3.14 Deprem tasarım sınıfı seçimi

- *Bina Yükseklik Sınıfı*

3.3.2.1 - Deprem etkisi altında tasarımda binalar yükseklikleri bakımından sekiz Bina Yükseklik Sınıfı'na (BYS) ayrılmıştır. Bu sınıflara giren binalar için 3.3.1.3 esas alınarak tanımlanan yükseklik aralıkları, Tablo 3.2'deki Deprem Tasarım Sınıfları'na (DTS) bağlı olarak Tablo 3.3'te verilmiştir.

DTS = 2 ve HN = 18.00 olduğu için BYS = 5 seçilmiştir.

Bina Yükseklik Sınıfı	Bina Yükseklik Sınıfları ve Deprem Tasarım Sınıflarına Göre Tanımlanan Bina Yükseklik Aralıkları [m]		
	DTS = 1, 1a, 2, 2a	DTS = 3, 3a	DTS = 4, 4a
BYS = 1	$H_N > 70$	$H_N > 91$	$H_N > 105$
BYS = 2	$56 < H_N \le 70$	$70 < H_N \le 91$	$91 < H_N \le 105$
BYS = 3	$42 < H_N \le 56$	$56 < H_N \le 70$	$56 < H_N \le 91$
BYS = 4	$28 < H_N \le 42$	$42 < H_N \le 56$	
BYS = 5	**$17.5 < H_N \le 28$**	**$28 < H_N \le 42$**	
BYS = 6	$10.5 < H_N \le 17.5$	$17.5 < H_N \le 28$	
BYS = 7	$7 < H_N \le 10.5$	$10.5 < H_N \le 17.5$	
BYS = 8	$H_N \le 7$	$H_N \le 10.5$	

***BYS** = Bina yükseklik sınıfı*
***DTS** = Deprem tasarım sınıfı*
***H_N** = Bina toplam yüksekliği [m]*

Şekil 3.15 Bina yükseklik sınıfı

- *Performans Hedefi*

DTS = 2 Deprem Tasarım Sınıfına göre DD-2 Deprem Yer Hareketi Düzeyi için;
Normal Performans Hedefi: Kontrollü hasar performans düzeyi
Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı: Dayanıma göre tasarım

Deprem Yer H. Düzeyi	DTS = 1, 1a[1], 2, 2a[1], 3, 3a, 4, 4a		DTS = 1a[2], 2a[2]	
	Normal Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı	İleri Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı
DD-3	-	-	SH	ŞGDT
DD-2	**KH**	**DGT**	KH	DGT[3, 4]
DD-1	-	-	KH	ŞGDT

[1]BYS > 3 olan binalarda uygulanacaktır.
[2]BYS = 2, 3 olan binalarda uygulanacaktır.
[3]Ön tasarım olarak yapılacaktır.
[4]I = 1.5 alınarak uygulanacaktır.
KH *= Kontrollü Hasar Performans Düzeyi*
DGT *= Dayanıma Göre Tasarım*
SH *= Sınırlı Hasar Performans Düzeyi*
ŞGDT *= Şekil Değiştirmeye Göre Değerlendirme ve Tasarım*

Şekil 3.16 Performans hedefi

- *Süneklik Düzeyi ve R katsayısı*

	Bina Taşıyıcı Sistemi	Taşıyıcı Sitem Davranışı Katsayısı *R*	Dayanım Fazlalığı Katsayısı *D*	İzin Verilen Bina Yükseklik Sınıfları *BYS*
	A. YERİNDE DÖKME BETONARME BİNA TAŞIYICI SİSTEMLERİ			
	A1. Süneklik Düzeyi Yüksek Taşıyıcı Sistemler			
	**A11.** Deprem etkilerinin tamamının moment aktaran *süneklik düzeyi yüksek betonarme* çerçevelerle karşılandığı binalar	8	3	BYS ≥ 3
	**A12. Deprem etkilerinin tamamının *süneklik düzeyi yüksek bağ* kirişli (boşluklu) betonarme perdelerle karşılandığı binalar**	**7**	**2.5**	**BYS ≥ 2**
	**A13.** Deprem etkilerinin tamamının *süneklik düzeyi yüksek* boşluksuz betonarme perdelerle karşılandığı binalar	6	2.5	BYS ≥ 2
	**A14.** Deprem etkilerinin moment aktaran *süneklik düzeyi yüksek* betonarme çerçevelerle ile süneklik düzeyi yüksek bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz. **4.3.4.5**)	8	2.5	BYS ≥ 2
	**A15.** Deprem etkilerinin moment aktaran *süneklik düzeyi yüksek* betonarme çerçeveler ile süneklik düzeyi yüksek boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz. **4.3.4.5)**	7	2.5	BYS ≥ 2

Şekil 3.17 R katsayısı seçimi

- *R katsayısı azaltması*

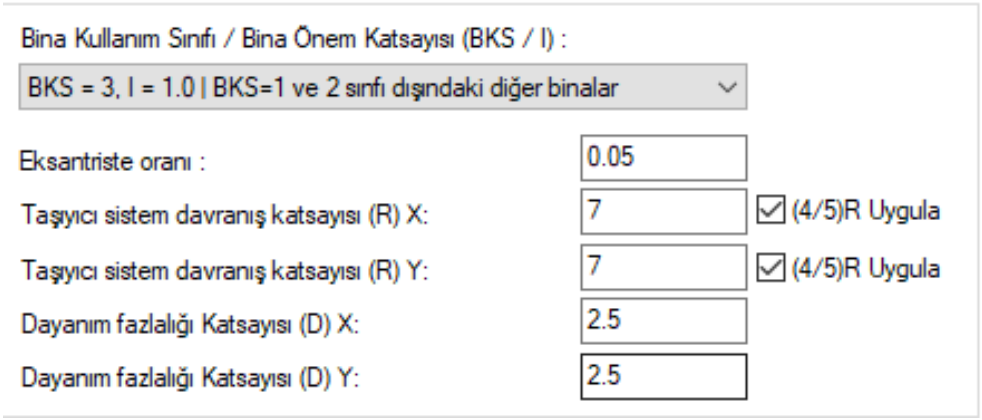
R katsayısı ile ilgili olarak yeni yönetmelikte şöyle bir ifade geçmektedir;

4.3.2.4 – DTS = 1, 1a, 2, 2a olan betonarme perdeli ve/veya çelik çaprazlı çerçeveli binalarda, herhangi bir doğrultuda aşağıda (a) ve (b)'de tanımlanan iki koşuldan birinin sağlanamaması durumunda, o doğrultuda Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı R yerine (4/5)R göz önüne alınacaktır. Dayanım Fazlalığı Katsayısı D'de herhangi bir değişiklik yapılmayacaktır.

(a) Taşıyıcı sistemde tek bir perdenin veya çelik çaprazlı çerçevenin aldığı taban devrilme momenti M_{DEV}, o doğrultuda binanın tümü için deprem yüklerinden meydana gelen toplam taban devrilme momenti M_o'ın 1/3'ünden fazla olmayacaktır.

(b) Binanın her bir kenar aksında yer alan perde/perdelerin veya çelik çaprazlı çerçeve/çerçevelerin aldığı taban devrilme momenti M_{DEV} veya M_{DEV}'lerin toplamı, o doğrultuda binanın tümü için deprem yüklerinden meydana gelen toplam taban devrilme momenti M_o'ın 1/6'sından az olmayacaktır.

İlk yapılan analizler sonucu bu koşulların sağlanmadığı görülmüş ve (4/5)R kuralı uygulanmıştır.



Şekil 3.18 4/5 R uygulama ayarı

3.3 Maliyet Analizi

Bu çalışma yapılırken çalışma konusu hesaplamaların esasında Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığının yıllık düzenli olarak yayınladığı birim fiyat ve analizler kullanılmıştır. Türkiye, diğer ülkelere kıyasla bu konuda biraz ileridedir. Bir

inşaatta gerekli olan imalatların büyük bir çoğunluğunun tanımlandığı ve her yıl maliyetinin verildiği bu listeler, ihale hazırlığı ve bütçeleme çalışmaları için Türk müteahhitlere son derece faydalı kaynaklar olmuştur. Ayrıca idare, proje için ayıracağı mali kaynağını bu listelere göre hazırlar ve ihale öncesi maliyeti tahmin eder. Müteahhitler ise ihalesine katılmak istedikleri iş için projesinden öncelikle bir metraj çalışması yapar. Ardından, çevre ve şehircilik bakanlığının yayımladığı fiyat listesinden ilgili imalatları fiyatları ile çarpmak suretiyle ihalenin yaklaşık maliyetini bulur. Buna göre gerekli düzenlemeleri yaparak ihaleye katılırlar.

Türkiye'den farklı olarak çoğu yabancı ülkede ihale sistemi bu şekilde değildir. Örneğin, Dünya Bankasının finanse ettiği ve Irak'ta yapılması istenen bir su arıtma tesisi için ihale dosyalarına bakıldığında miktarların belirli olduğunu görürsünüz. Sizden istenen bu noktada, ihale şartlarını sağladığınıza dair ihale başvuru dosyanızla birlikte size verilen metraj listelerinde ilgili imalat kalemlerinin yanlarına birim fiyatlarını yazmanızdır. Lakin, Türkiye'deki gibi bir imalat poz kimliği listesi olmadığı için her bir imalatı detaylıca açıklamak zorundadır ayrıca teknik şartnamesinde gerekli bütün detayları vermelidir. Müteahhit ise bu imalatı o bölgede belirtilen teknik özelliklere göre ne kadar maliyetle yapacağını analiz eder ve birim fiyatını girer.

Bu araştırmada hesaplama yönteminde Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nın yıllık yayınlamış olduğu birim fiyat ve analizler kullanılmış olup analizlerde 5, 10, 15, 20, 25 ve 30 katlı yapıların tünel kalıp sistemleri kullanılarak yapılması ile ilgili ayrıntılı bir maliyet analizi yapılmıştır. Çalışma konusu olan BK bloğu ile CK bloğu için 2007 Deprem Yönetmeliği ile 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine göre detaylı imalat metrajları çıkarılmış olup Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı 2022 Temmuz birim fiyat ve analiz listesine göre detaylı maliyet analizi yapılmıştır. Maliyet analizi yapılmasına rağmen elde edilen verilen gerçekçi olmasını sağlamak amacıyla tünel kalıp sistemi ile ilgili işçilik için piyasadan elde edilen maliyetler de kullanılmıştır. Bu hesaplama için günde 1 kat betonu tamamlanacak kabulü yapılmıştır. Tünel kalıp için analiz kalemleri şunlardır;

Tablo 3.2 Tünel kalıp malzemelerinin hazırlanması

Tünel kalıp malzemelerinin hazırlanması
(1 m² imalat için gerekli malzemeler)
Pano elemanları (arka, yatay, iç dik ve dış dik), iskele elemanları (kalıp çıkarma, dış pano taşıma ve sahanlık), montaj, kaldırma, taşıma, alın, aks (Zayiat dahil)

Poz No	Poz Açıklaması	Birim	Miktar	Birim Fiyat 2022 (TL)
10.200.1257	3,00-4,99mm kal. sıcak haddelenmiş, asitlenmiş rulodan sac (her ebatta)	KG	1,9	18,91
10.130.1709	Sıcak haddelenmiş köşebentler (s235jr) (ts en 10056-1,2)	KG	0,25	14,00
10.130.1708	Sıcak haddelenmiş profil demirler (ı-u-t-omega)	KG	0,25	13,80
10.200.4505	3 inçlik çelik boru	KG	0,1	18,80
10.130.4502	Çam kerestesi 2.sınıf	M3	0,001	4.000,00
10.300.1027	Su bazlı epoksi boya	KG	0,1	32,00
19.100.1090	Tünel kalıp imalat atelyesinin 1 saatlik ücreti	SA	0,015	895,87

Tablo 3.3 Kule vinç montaj, kullanım ve demontajı

Kule vinç montaj, kullanım ve demontajı
(1 m² imalat için gerekli malzemeler)

Poz No	Poz Açıklaması	Birim	Miktar	Birim Fiyat 2022 (TL)
19.100.1105	Kule vinç'in 1 saatlik ücreti	SA	0,023	872,48
19.100.1104	Mobil vinç'in (60ton, 240 hp) 1 saatlik ücreti	SA	0,002	1.376,90
10.100.1068	Birinci sınıf usta	SA	0,03	45,00
10.100.1018	Sıcak demirci ustası	SA	0,01	45,00
10.100.1062	Düz işçi (inşaat işçisi)	SA	0,01	32,50
10.100.1060	Formen	SA	0,01	65,00

Tablo 3.4 Sarf malzemeler

Sarf malzemeler
(1 m² imalat için gerekli malzemeler)

Poz No	Poz Açıklaması	Birim	Miktar	Birim Fiyat 2022 (TL)
10.160.1024	Likit petrol gazı (lpg)	KG	0,55	18,63
10.300.2192	Yağ bazlı kalıp ayırıcı (plastik-çelik) (Konsantre Kalıp Yağı)	KG	0,45	14,00

Bu analizlere ek olarak kiriş ve radye temeller için ahşap kalıp;

Tablo 3.5 Ahşap kalıp (kiriş ve radye)

Ahşap Kalıp (Kiriş ve Radye) (1 m² imalat için gerekli malzemeler) (Poz No: 15.180.1002)				
Poz No	**Poz Açıklaması**	**Birim**	**Miktar**	**Birim Fiyat 2022 (TL)**
	Malzeme: Tahta 0,030/10= 0,003 Kadron 0,020/10= 0,002 Toplam = 0,005 (zayiatıyla)			
10.130.4502	Çam kerestesi 2.sınıf	M3	0,0123	4.000,00
10.420.1006	Çiviler (ts 155)	KG	0,1	7,80
10.300.2191	Yağ bazlı kalıp ayırıcı (ahşap için)	KG	0,1	11,00
19.100.1091	Ahşap doğrama imalat atelyesinin 1 saatlik ücreti	SA	0,012	1.027,93
	İşçilik: Yapılması ve sökülmesi			
10.100.1009	Marangoz ustası	SA	0,75	45,00
10.100.1090	Kalıp İşleri Usta Yardımcısı	SA	0,75	33,00
10.100.1062	Düz işçi (inşaat işçisi)	SA	0,5	32,50

Tablo 3.6 Betonarme çeliği (ince)

BETONARME ÇELİĞİ (Ø 8- Ø 12 mm nervürlü beton çelik çubuğu, çubukların kesilmesi, bükülmesi ve yerine konulması) – 1 ton için gerekli malzeme (Poz No: 15.160.1003)				
Poz No	**Poz Açıklaması**	**Birim**	**Miktar**	**Birim Fiyat 2022 (TL)**
	Malzeme:			
10.130.1704	Beton çelik çubuğu, nervürlü Ø 8-12 mm (S420, B420B-C, B500B-C) Zaiyatı ve bağlantı teli dahil	KG	1050	13,00
	İşçilik:			
19.100.1111	Demir kesme ve bükme makinasının 1 saatlik ücreti Kesilmesi, bükülmesi, yerine konulması	SA	2	22,55
10.100.1019	Soğuk demirci ustası	SA	10	45,00
10.100.1047	Soğuk demirci usta yardımcısı	SA	15	33,50
10.100.1062	Düz işçi (inşaat işçisi)	SA	15	32,50
10.100.1062	Düz işçi (inşaat işçisi)	SA	10	32,50

Tablo 3.7 Betonarme çeliği (kalın)

BETONARME ÇELİĞİ (Ø 14- Ø 28 mm nervürlü beton çelik çubuğu, çubukların kesilmesi, bükülmesi ve yerine konulması) – 1 ton için gerekli malzeme. (Poz No: 15.160.1004)				
Poz No	**Poz Açıklaması**	**Birim**	**Miktar**	**Birim Fiyat 2022 (TL)**
10.130.1705	Beton çelik çubuğu nervürlü ø 14-32 mm. (S420, B420B-C, B500B-C) Zaiyatı ve bağlantı teli dahil	KG	1070	13,00
	İşçilik: Kesilmesi, bükülmesi, yerine konulması			
19.100.1111	Demir kesme ve bükme makinasının 1 saatlik ücreti	SA	2	22,55
10.100.1019	Soğuk demirci ustası	SA	8	45,00
10.100.1047	Soğuk demirci usta yardımcısı	SA	12	33,50
10.100.1062	Düz işçi (inşaat işçisi)	SA	12	32,50
10.100.1062	Düz işçi (inşaat işçisi)	SA	10	32,50

Tablo 3.8 C30 hazır beton

BETON C30 (Beton santralinde üretilen veya satın alınan ve beton pompasıyla basılan, C30/35 basınç dayanım sınıfında, gri renkte, normal hazır beton dökülmesi (beton nakli dahil)) – 1 m³ beton için gerekli kalemler (Poz No: 15.150.1005)				
Poz No	**Poz Açıklaması**	**Birim**	**Miktar**	**Birim Fiyat 2022 (TL)**
	Malzeme:			
10.130.1505	C 30/35 beton harcı gri renkte, normal hazır beton harçları (TS EN 206-1+A1) (Nakliye dahil)	M3	1	1.046,16
10.130.9991	Su	M3	0,4	14,00
	İşçilik: Beton pompası ile basılması, yerine dökülmesi, sıkıştırılması ve korunması karşılığı			
19.100.1101	Mobil Beton Pompasının Bir Saatlik Ücreti (420 HP)	SA	0,01	2.109,71
10.100.1015	Betoncu ustası	SA	0,15	45,00
10.100.1062	Düz işçi (inşaat işçisi)	SA	0,3	32,50
19.100.1033	Beton vibratörünün 1 saatlik ücreti	SA	0,05	74,60

1 gün için 13 saat vardiyalı çalışma, 2 yarım tünel kalıp kurulup sökülmesi 5 kat için örneğin 5x13x2=130 adam saat etmektedir. Bu durumda işçi sayısı x 130 toplamları toplam adam saati vermektedir.

Bir piyasa araştırması yapılmış, birkaç tünel kalıp üretici firması ve tünel kalıp taşeronu ile görüşme sağlanmıştır. Alınan bilgilere göre tünel kalıp genel olarak bir katta iki yarım kalıp olarak hazırlanır ve betonu dökülür. Bir günde bir kat çıkılır. Bu da bir günde iki beton dökümü, iki kere kalıbın sökülüp tekrar takılması demektir. Bütün bunları günde 13 saat vardiyalı çalışma zamanı içerisinde yapması gerekmektedir.

Bir kat için 13 ekip-saat ile kat sayısı çarpılarak toplam ekip-saat tespit edilir. Ekibin büyüklüğü ise yapılan görüşmeler sonucu BK tipi yapı için, yani yaklaşık 550 m² kat alanlı bir yapının bir katının tünel kalıp işi yaklaşık şu ekiple yapılmaktadır;

Tablo 3.9 BK tipi yapının tünel kalıp ekibi

Tünel kalıp montaj, kür uygulama, bakım ve demontaj - BK Tipi (550 m²) yapının bir kat tünel kalıp imalatı için				
Poz No	**Poz Açıklaması**	**Birim**	**Miktar**	**Birim Fiyat 2022 (TL)**
10.100.1068	Birinci sınıf usta	Adam-gün	22	535,30
10.100.1018	Sıcak demirci ustası	Adam-gün	12	535,30
10.100.1017	Dülger ustası	Adam-gün	2	535,30
10.100.1062	Düz işçi	Adam-gün	10	391,40
10.100.1059	Yağcı	Adam-gün	2	399,70
10.100.1060	Formen	Adam-gün	2	785,10

Alanların orantısı ile de CK tip yapı için katta kullanılması gereken ekip ise şu şekilde ifade edilmiştir:

Tablo 3.10 CK tipi yapının tünel kalıp ekibi

Tünel kalıp montaj, kür uygulama, bakım ve demontaj CK Tipi (723 m²) yapının bir kat tünel kalıp imalatı için				
Poz No	**Poz Açıklaması**	**Birim**	**Miktar**	**Birim Fiyat 2022 (TL)**
10.100.1068	Birinci sınıf usta	Adam-gün	29	535,30
10.100.1018	Sıcak demirci ustası	Adam-gün	16	535,30
10.100.1017	Dülger ustası	Adam-gün	3	535,30
10.100.1062	Düz işçi	Adam-gün	13	391,40
10.100.1059	Yağcı	Adam-gün	3	399,70
10.100.1060	Formen	Adam-gün	3	785,10

Bu ekipler beton dökümüne kadar kesintisiz çalışmaktadırlar ve günde iki döküm yaparak bir kat bitirebilirler.

Ahşap kalıp, demir donatılar, beton vb. kalemler ilgili ölçüleri ile birim fiyatları direkt olarak çarpılması suretiyle hesaplanmıştır. Neticede BK ve CK yapılarına ait detaylı maliyetler oluşturulmuş ve analiz edilmek üzere hesaplanmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

BK ve CK tipi yapılar hem İdeCAD hem de SAP2000 analiz programı ile 5, 10, 15, 20, 25 ve 30 katlı olarak modellenerek bölüm 3.2'de belirtilen analiz koşullarına uygun şekilde 2007 Deprem Yönetmeliği ve 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine göre analizleri yapılmıştır. Alınan raporlar hem dayanım hem maliyet açısından irdelenmiştir.

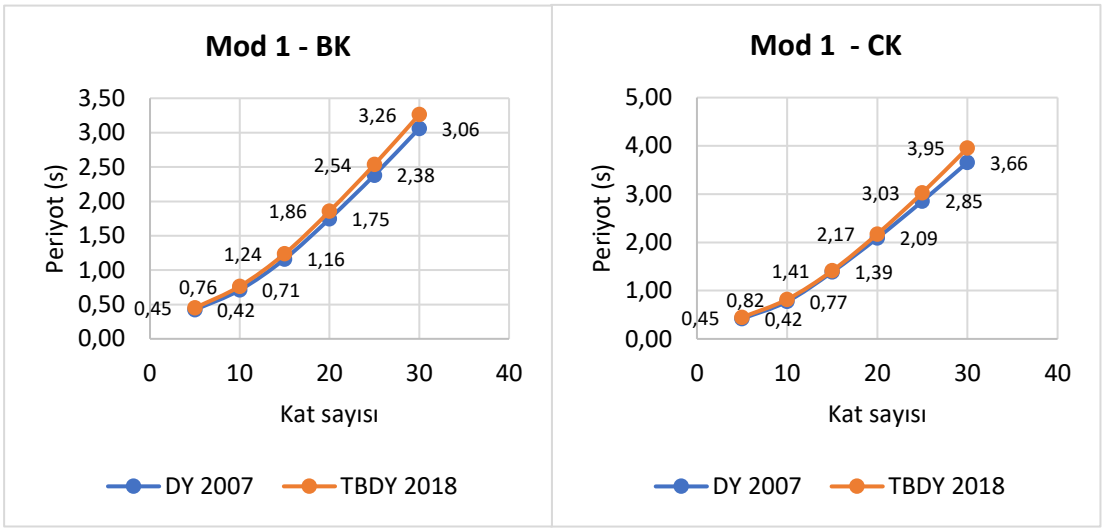
4.1 Dayanım Açısından Bulgular

4.1.1 Periyod kıyaslaması

Yapıların iki farklı analiz programında modelleme ve analizi yapılmış, birbirlerine yakın sonuçlar vermişlerdir. Çalışmanın bundan sonraki kısmında, ele alınan yapılarda kat yüksekliğine bağlı olarak değişen periyodların kıyaslamaları SAP2000 ile yapılmıştır ve bu doğrultuda değerlendirilmiştir. Akademik çalışmalarda en sık kullanılan modlar olan mod 1, mod 2 ve mod 3 ayrı şekilde irdelenmiştir. Her iki tipteki yapıya ilişkin periyod sonuçları ve kıyaslamaları modlara göre tablo ve grafikler halinde aşağıda verilmiştir.

Tablo 4.1 Mod 1 için periyot (s) sonuçları ve yüzdelik farkları

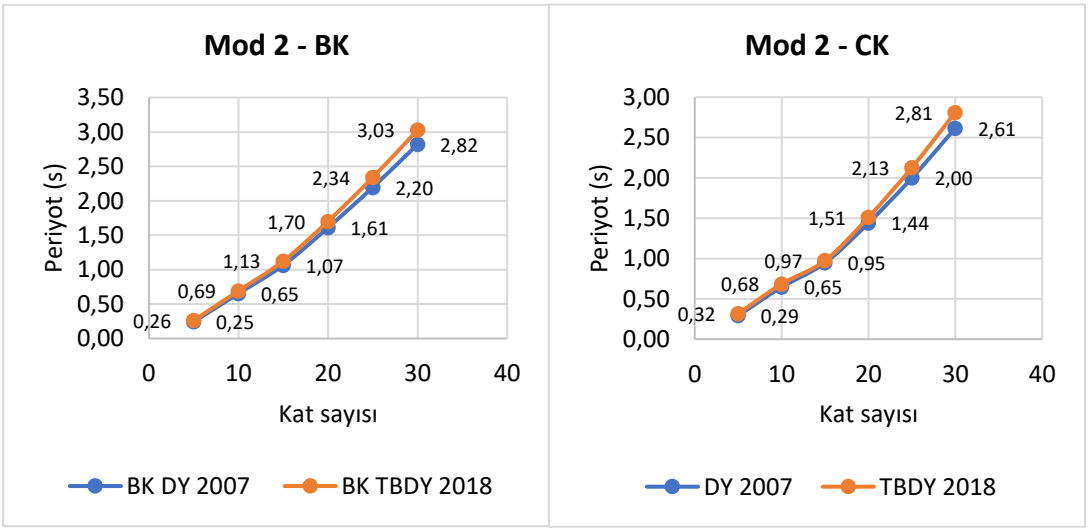
KAT	MOD	BK			CK		
		DY07	DY18	Fark	DY07	DY18	Fark
5	1	0,422	0,449	**6,54%**	0,418	0,447	**6,89%**
10	1	0,711	0,764	**7,58%**	0,774	0,819	**5,77%**
15	1	1,161	1,237	**6,60%**	1,385	1,413	**2,00%**
20	1	1,747	1,856	**6,27%**	2,089	2,173	**4,02%**
25	1	2,382	2,536	**6,50%**	2,853	3,027	**6,09%**
30	1	3,062	3,264	**6,58%**	3,658	3,952	**8,03%**



Şekil 4.1 BK ve CK tipi yapılarda katlara göre mod 1 periyodları

Tablo 4.2 Mod 2 için periyot (s) sonuçları ve yüzdelik farkları

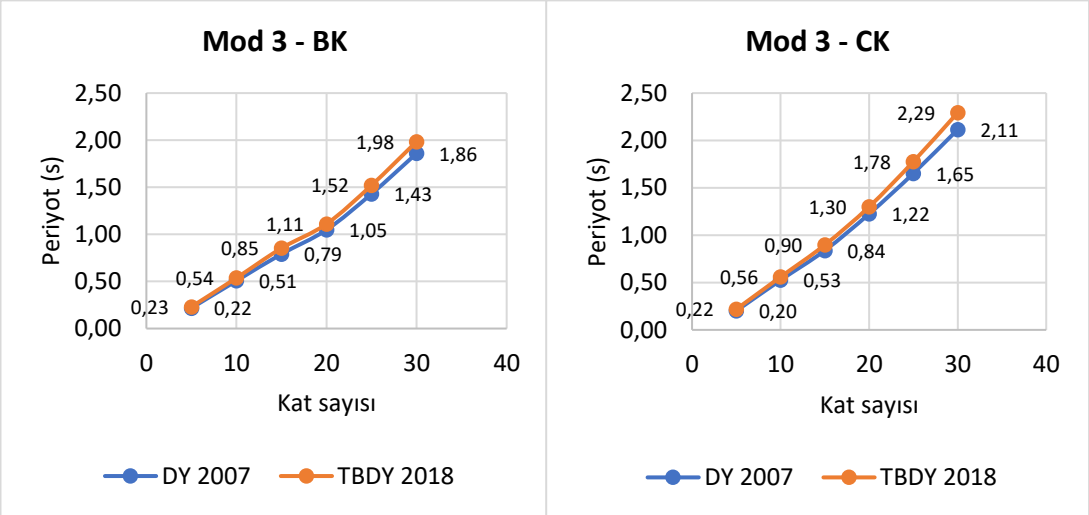
KAT	MOD	BK			CK		
		DY07	DY18	Fark	DY07	DY18	Fark
5	2	0,245	0,262	**6,90%**	0,292	0,317	**8,60%**
10	2	0,654	0,693	**5,90%**	0,646	0,684	**5,86%**
15	2	1,065	1,125	**5,61%**	0,946	0,974	**2,97%**
20	2	1,612	1,703	**5,66%**	1,440	1,511	**4,94%**
25	2	2,196	2,341	**6,59%**	1,998	2,127	**6,43%**
30	2	2,822	3,029	**7,33%**	2,615	2,810	**7,47%**



Şekil 4.2 BK ve CK tipi yapılarda katlara göre mod 2 periyodları

Tablo 4.3 Mod 3 için periyot (s) sonuçları ve yüzdelik farkları

KAT	MOD	BK			CK		
		DY07	DY18	Fark	DY07	DY18	Fark
5	3	0,217	0,231	**6,14%**	0,201	0,218	**8,59%**
10	3	0,506	0,537	**6,04%**	0,526	0,559	**6,36%**
15	3	0,791	0,854	**7,89%**	0,838	0,897	**7,02%**
20	3	1,048	1,110	**5,95%**	1,225	1,300	**6,12%**
25	3	1,431	1,522	**6,37%**	1,653	1,777	**7,54%**
30	3	1,860	1,985	**6,73%**	2,115	2,293	**8,45%**



Şekil 4.3 BK ve CK tipi yapılarda katlara göre mod 3 periyodları

2018 Deprem yönetmeliğinde interaktif harita, yer hareketi ve zemin hareketleri yeni tanımlara sahip olduğundan ve aynı çalışmalar analize katıldığından sonuçlar incelendiğinde görülmektedir ki yeni deprem yönetmeliğinde yapı periyodlarında bir artış söz konusu olmaktadır. Bunun sebeplerinden biri de daha hassas olarak oluşturulmuş interaktif deprem haritası ve hesaplanan deprem yüklerinin katlara daha gerçekçi uygulanıyor olmasıdır. Değişen bu parametreler yapı doğal periyodunun sonucunu etkilemektedir.

2018 TBDY ve 2007 TDY, periyot konusunda kıyaslanacak olunursa yeni deprem yönetmeliğinde hesaplamalara bazı ilaveler yapıldığı görülmektedir.

2018 TBDY ile 4.7.3. maddede konusu geçen "Binanın Hâkim Doğal Titreşim Periyodunun Belirlenmesi" aşağıdaki denklem ile olmaktadır.

$$T_p^{(x)} = 2\pi \left(\frac{\sum_{i=1}^{N} m_i d_{fi}^{(x)2}}{\sum_{i=1}^{N} F_{fi}^{(x)} d_{fi}^{(x)}} \right)^{1/2} \quad (4.1)$$

2007 TDY ile kıyaslandığında ek olarak sadece deprem yönü (X) operatörü ile gösterilmiştir ve ek koşul olarak sadece; bu denklem ile hesaplanan değerden bağımsız olarak, bodrum kat(lar) hariç kat sayısı N >13 olan binalarda doğal periyod, 0,1N'den daha büyük alınmayacaktır şartı vardır.

2018 TBDY ise çeşitli sınırlamalar getirmiştir. Bu sayede yapı, sahip olduğu malzemeye, katsayısına, perdeli veya çerçeveli oluşuna göre ayrı ayrı göz önünde bulundurup doğru bir sonuç oluşturmaktadır.

4.7.3.2 – Binanın **Denk.(4.26)** ile hesaplanan hakim doğal titreşim periyodu $T_p^{(X)}$'in deprem hesabında gözönüne alınacak en büyük değeri, **4.7.3.4**'te verilen T_{pA} periyodunun 1.4 katından daha fazla olmayacaktır.

4.7.3.3 – DTS = 1, 1a, 2, 2a ve BYS ≥ 6 olan binalarda ve DTS = 3, 3a, 4, 4a olan tüm binalarda hakim doğal titreşim periyodu, **4.7.3.1**'den hesaplanmaksızın, doğrudan **4.7.3.4**'te verilen ampirik T_{pA} periyodu olarak alınabilir ($T_p^{(X)} \cong T_{pA}$).

4.7.3.4 – Ampirik hakim doğal titreşim periyodu **Denk.(4.27)** ile hesaplanacaktır:

$$T_{pA} = C_t H_N^{3/4} \quad \textbf{(4.27)}$$

(a) Taşıyıcı sistemi sadece betonarme çerçevelerden oluşan binalarda $C_t = 0.1$, çelik çerçevelerden veya çaprazlı çelik çerçevelerden oluşan binalarda $C_t = 0.08$, diğer tüm binalarda $C_t = 0.07$ alınacaktır.

(b) Deprem etkilerinin tamamının betonarme perdeler tarafından karşılandığı binalarda C_t katsayısı **Denk.(4.28a)** ile hesaplanacaktır:

$$C_t = \frac{0.1}{\sqrt{A_t}} \le 0.07 \quad \textbf{(4.28a)}$$

Bu bağıntıdaki A_t eşdeğer alanı **Denk.(4.28b)**'de verilmiştir:

$$A_t = \sum_j A_{wj} \left[0.2 + \left(\frac{\ell_{wj}}{H_N} \right)^2 \right] \le \sum_j A_{wj} \quad \textbf{(4.28b)}$$

Şekil 4.4 TBDY 2018 hâkim doğal titreşim periyodu hesabı

Bina doğal periyodunun önemi büyüktür ve yapısal bir tararım yapılırken mutlaka yapı doğal periyodu incelenir. Yapının doğal titreşim periyodu ile zemin periyodunun kesişmesi asla istenmez. Binanın sallanma doğrultusu ile zeminin sallanma doğrultusu senkron olduğu zaman rezonans adı verilen ve çoğu yıkıcı sonuç doğuran olay gerçekleşir.

Bir yapının periyodu zemin periyodu ile kesiştiği zaman çeşitli stratejiler ile periyod değiştirilebilir. Örneğin yapının doğal periyodunun azaltılması amacıyla bina formu değiştirilebilir. Bina formunun ise yapı yüksekliğinin azaltılması, yapının narinlik oranının azalması, yapı tabanının genişletilmesi ile değişebilir.

Başka bir yöntem ise rijitliğin artırılmasıdır. Rijitlik, taşıyıcı sistemde perde duvarlar kullanılması veya perde duvarların sayısının artırılması, yapının dış kenarlarının güçlendirilmesi ile mümkün olabilir.

Bir başka yöntem ise yapı kütlesinin azaltılmasıdır. Bunun için daha ağır olmayan taşıyıcı sistem ve hafif, taşıyıcı olmayan elemanlar kullanılması (duvarlarda vb.) gibi yöntemler ile yapının kütlesi azaltılabilir.

Binanın doğal periyodunu arttırmak amacıyla; yine binaya ait formun değiştirilmesi gerekmektedir. Bu da yapı yüksekliğinin arttırılması veya narinlik oranının arttırılması ile yapılabilir.

Rijitliğin azaltılması ise başka bir periyot artırma yöntemidir. Bunun için ise benzer şekilde rijit ve çerçeveli sistemli yapı tercih edilebilir ve çerçeve açıklıklarının arttırılıp çeşitli sismik yalıtım uygulamaları yapılarak yapının periyodu arttırılabilir.

4.1.2 Katlara etkiyen yatay deprem kuvvetleri

Katlara etkiyen yatay yükler, elemana özgü sonuçlardan mod katkılarının birleştirilmesi ile elde edilmiş olup TBDY 2018 EK 4B'deki hesap adımlarına uygun olarak program tarafından hesaplatılmıştır. Söz konusu hesaplamalarda Modal Katkı Çarpanı ve Taban Kesme Kuvveti Modal Etkin Kütlesi hesabında;

$$\Gamma_{\mathrm{n}}^{(\mathrm{X})} = \frac{\sum_{\mathrm{i}=1}^{\mathrm{N}} m_{\mathrm{i}} \Phi_{\mathrm{i(X)n}}}{\sum_{\mathrm{i}=1}^{\mathrm{N}} \left(m_{\mathrm{i}} \Phi_{\mathrm{ixn}}^2 + m_{\mathrm{i}} \Phi_{\mathrm{iyn}}^2 + m_{\mathrm{i}\theta} \Phi_{\mathrm{iOn}}^2 \right)} \tag{4.2}$$

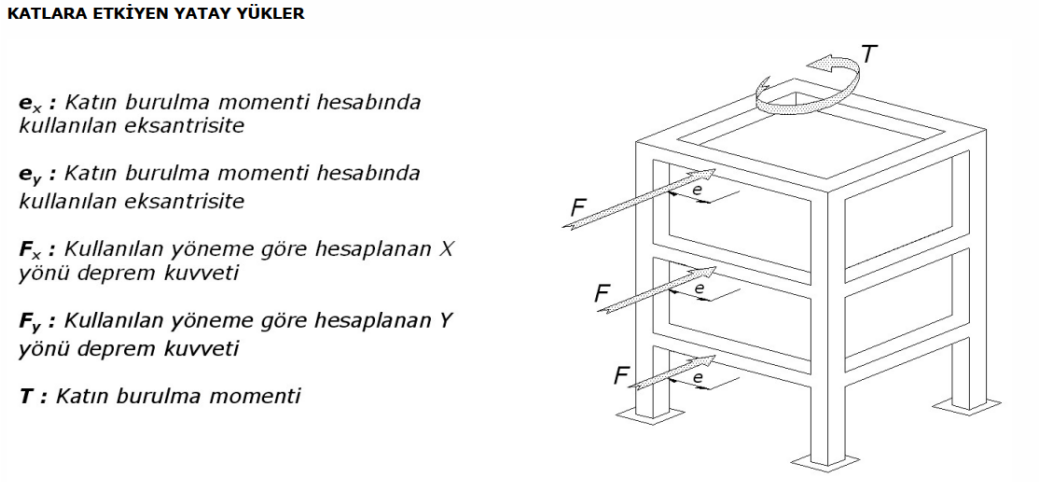
$$m_{\mathrm{txn}}^{(\mathrm{X})} = \Gamma_{\mathrm{n}}^{(\mathrm{X})} \sum_{\mathrm{i}=1}^{\mathrm{N}} m_{\mathrm{i}} \Phi_{\mathrm{ixn}} \tag{4.3}$$

formülleri kullanılır. Burada verilen (X) deprem doğrultusu için, n'inci titreşim moduna ait modal katkı çarpanı $\Gamma_{\mathrm{n}}^{(\mathrm{X})}$ ile binanın x ekseni doğrultusundaki taban kesme kuvveti modal etkin kütlesi $m_{\mathrm{txn}}^{(\mathrm{X})}$ olarak ifade edilmektedir. Benzer olarak taşıyıcı sistemin X ekseni doğrultusunda enbüyük modal taban kesme kuvveti $V_{\mathrm{txn},max}^{(\mathrm{X})}$ ve buna karşı gelen en büyük taban devrilme momenti $M_{\mathrm{oxn},max}^{(\mathrm{X})}$ ifade edildiğinde;

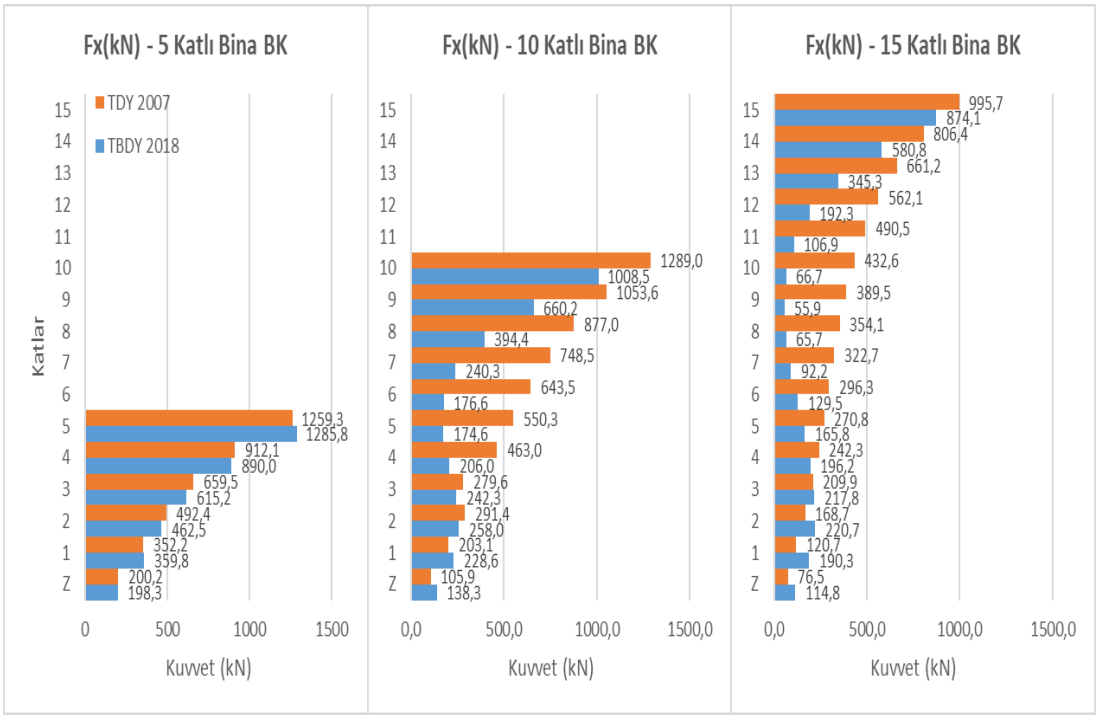
$$V_{\mathrm{txn},max}^{(\mathrm{X})} = \sum_{\mathrm{i}=1}^{\mathrm{N}} f_{\mathrm{ixn},max}^{(\mathrm{X})} = m_{\mathrm{txn}}^{(\mathrm{X})} S_{\mathrm{aR}}(T_{\mathrm{n}}) \tag{4.4}$$

$$M_{\mathrm{oxn},max}^{(\mathrm{X})} = \sum_{\mathrm{i}=1}^{\mathrm{N}} f_{\mathrm{ixn},max}^{(\mathrm{X})} H_{\mathrm{i}} \tag{4.5}$$

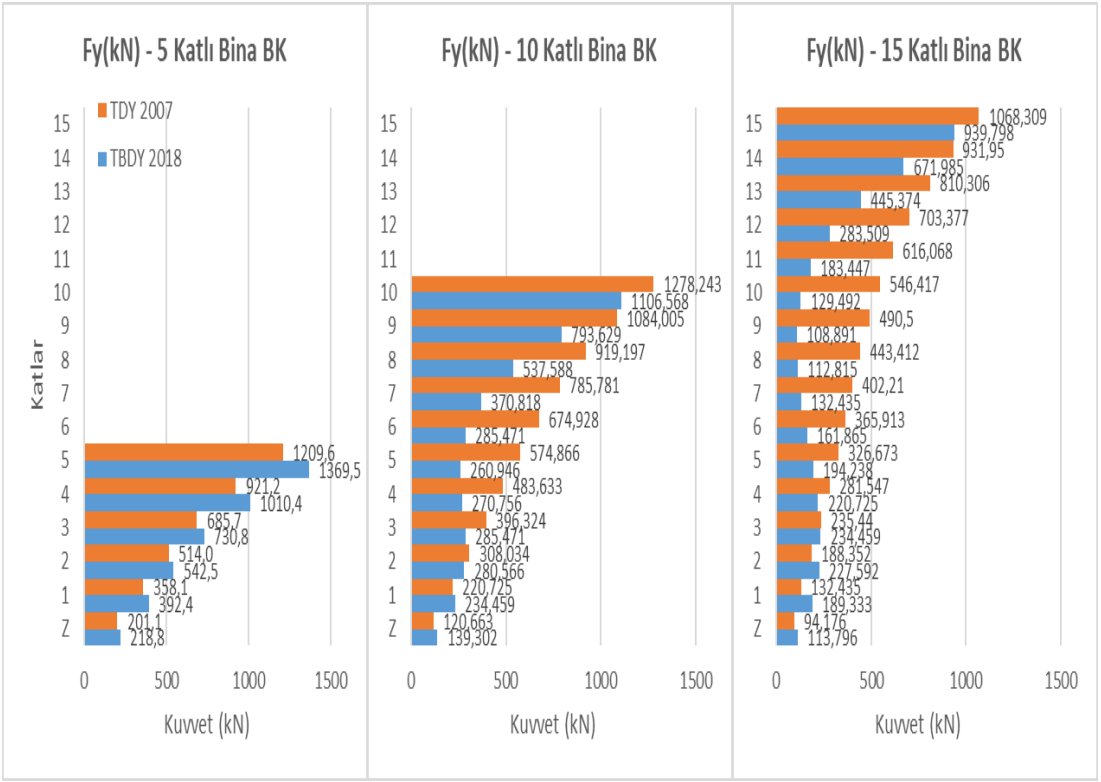
Buna göre aşağıdaki sonuçlar elde edilmiş olup BK ve CK tipi yapılara ait X ve Y yönündeki katlara etkiyen yatay deprem yükleri;



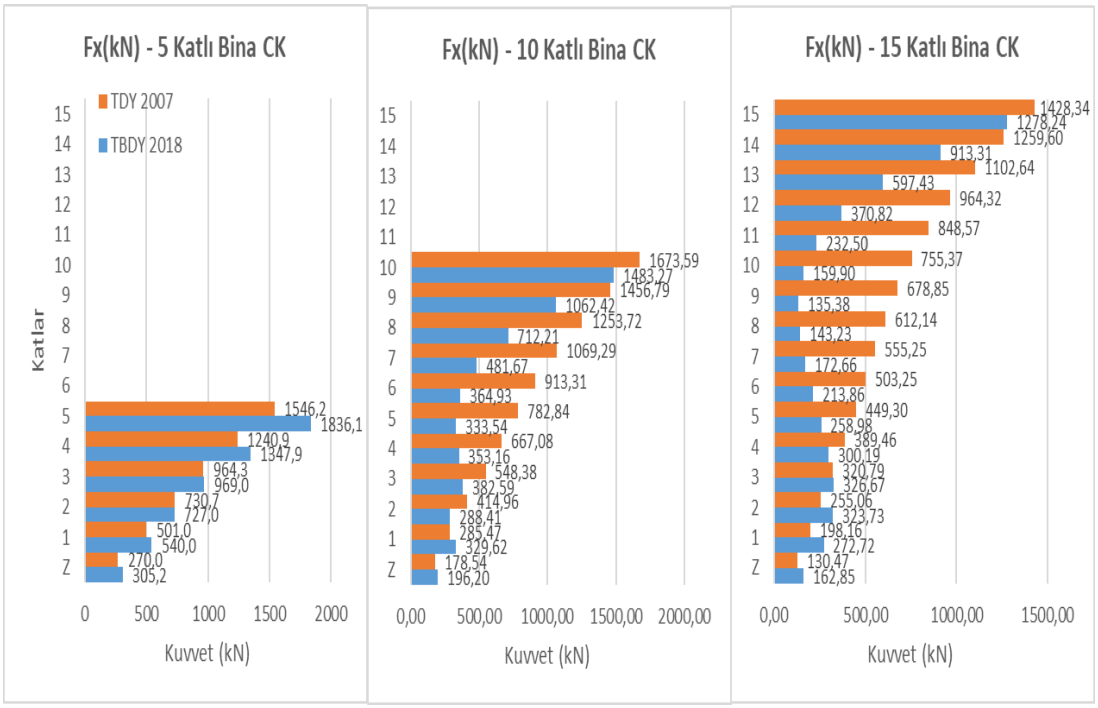
Şekil 4.5 Katlara etkiyen yatay deprem yükü



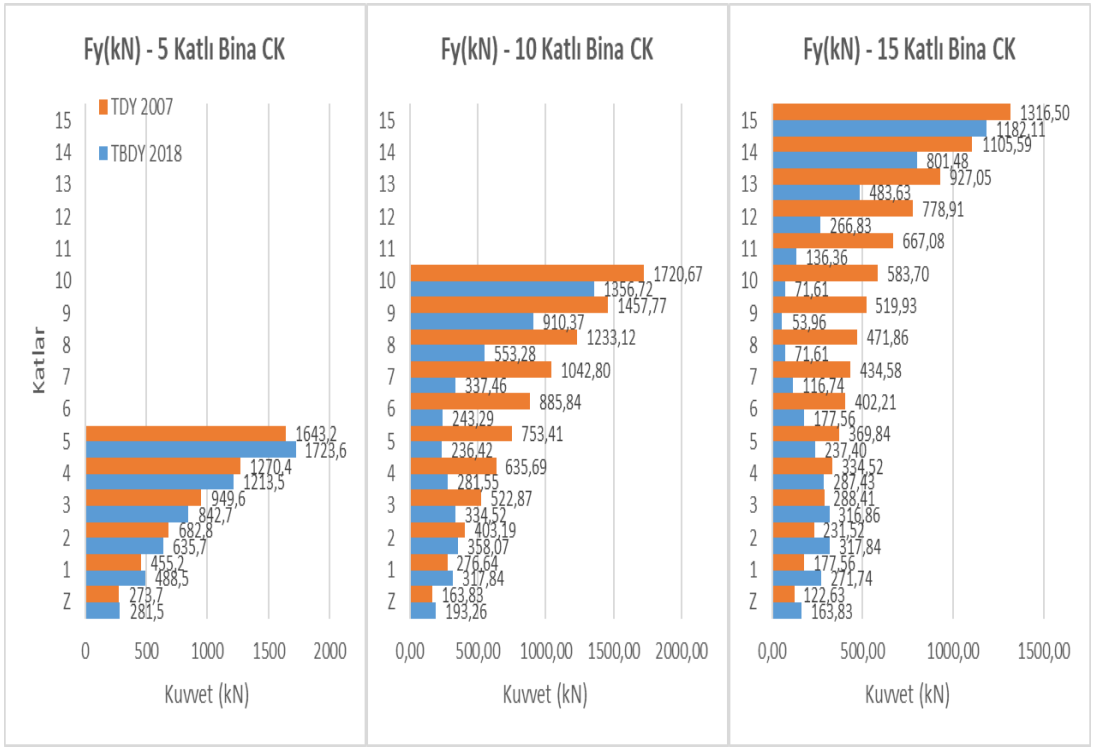
Şekil 4.6 BK bloğunun 2007 Deprem Yönetmeliği ve 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine göre yatay deprem yükü karşılaştırılması (x yönü)



Şekil 4.7 BK bloğunun 2007 Deprem Yönetmeliği ve 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine göre yatay deprem yükü karşılaştırılması (y yönü)



Şekil 4.8 CK bloğunun 2007 Deprem Yönetmeliği ve 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine göre yatay deprem yükü karşılaştırılması (x yönü)



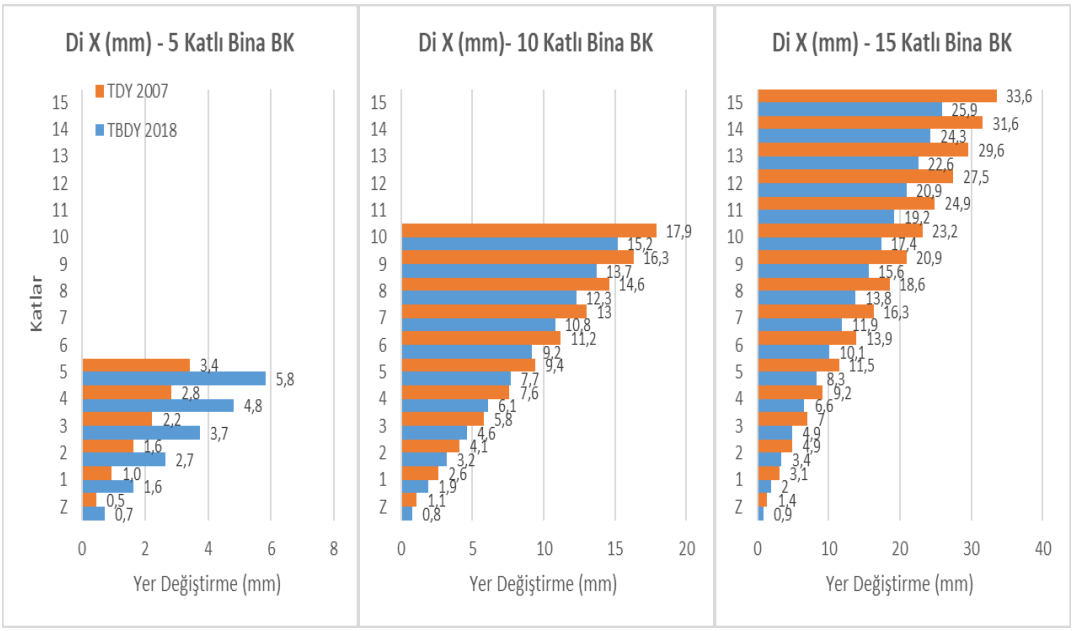
Şekil 4.9 CK bloğunun 2007 Deprem Yönetmeliği ve 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine göre yatay deprem yükü karşılaştırılması (y yönü)

Elde edilen veriler incelendiğinde 5 katlı binalarda daha doğrusal sonuçlar elde edilirken, 10 ve 15 katlı yapılarda S formunda bir dağılım görülmektedir. Bunun sebebi olarak yapılarda oldukça önemli bir yere sahip olan rezonans etkisinin olduğu ve nispeten az katlı yapılarda bu etkinin daha fazla hissedildiği söylenebilir. Daha yüksek katlı yapılarda daha net görülmektedir ki periyodun artması ile deprem yükleri azalmış olup ters rezonans olan bölgelerde (S şeklinin ortası) kuvvetin sönümlendiğini çok rahat görülebilir. Orta bölge ne kadar "0" a yakın ise en optimum çözüm yapılmış demektir denilebilir. Ayrıca yapı yükseldikçe S formunun daha belirgin olması yüksek modların etkisinin artmasıyla da açıklanabilir. Bilindiği üzere yapı yüksekliğinin artması daha yüksek mod etkilerinin artması anlamına da gelmektedir.

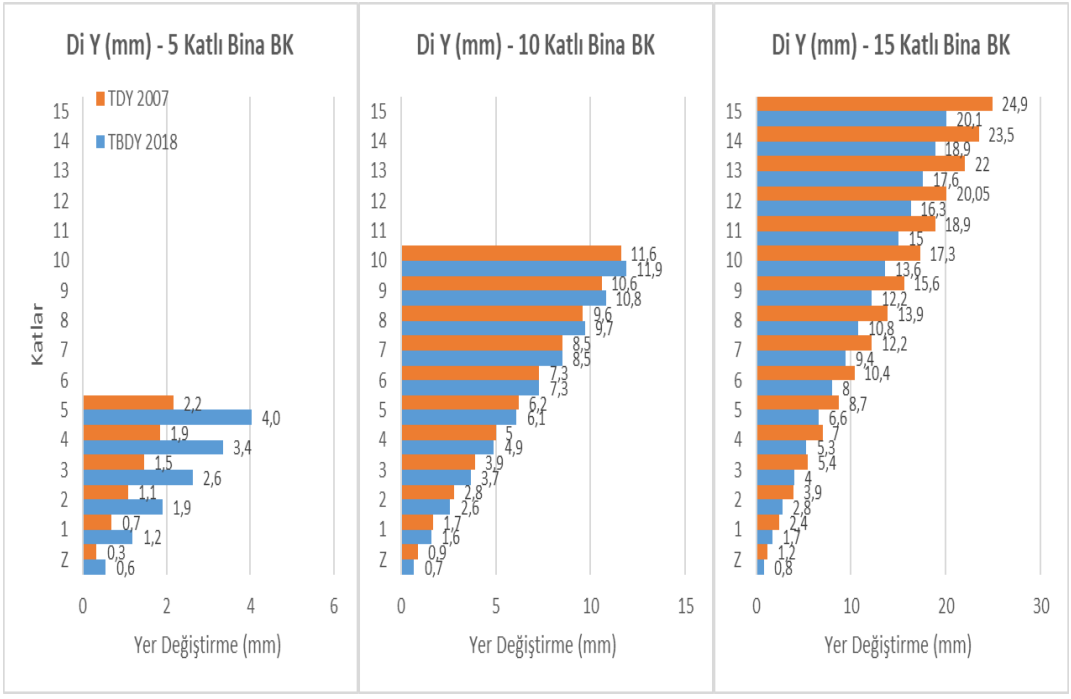
Tünel kalıpla inşa edilen yapılarda taşıyıcı görevinin neredeyse tamamını karşılayan elemanlar olan perdelerin iki doğrultuda da eşit uzunluğa sahip olması ve yapı kat planına göre simetrik olarak yerleştirilmesindeki en büyük avantaj binanın kütle merkezi ile rijitlik merkezinin çakışmasıdır. Perdelerin tek doğrultuda ve simetrik olmayan yerleşim planına sahip yapılarda bu çakışma söz konusu değildir. Bununla birlikte perde eksenlerinin iki doğrultuda birbirleriyle çakışık olması durumunda ise yapı her ne kadar yatay rijitlik açısından kuvvetli hale gelse de burulmaya karşı dezavantaj oluşması ihtimali de artmaktadır.

4.1.3 Kat yer değiştirmeleri

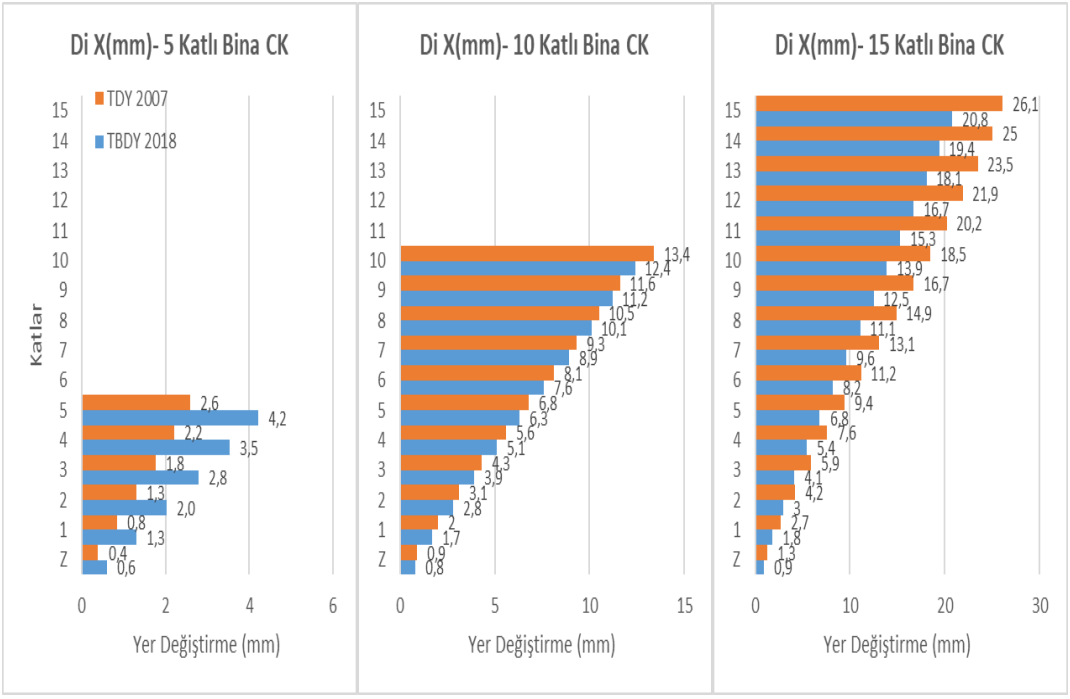
Kat yer değiştirmeleri, katlara gelen yatay deprem yükü ile doğru orantılı olduğundan, katlara gelen kesme yükleri için yapılan yorumların hepsi bu kısım için de yapılabilir. Özetle, 5 katlı yapılarda yeni deprem yönetmeliğine göre yapılan çözümlemede çok fazla yer değiştirmeler olurken, 10 ve 15 katlı yapılarda TDY 2007 ile yapılan çözüme kıyasla daha az yer değiştirmeler elde edilmiştir. Bunun ana sebebi bina periyodunun yer periyodu ile olan ilişkisinden kaynaklanmaktadır.



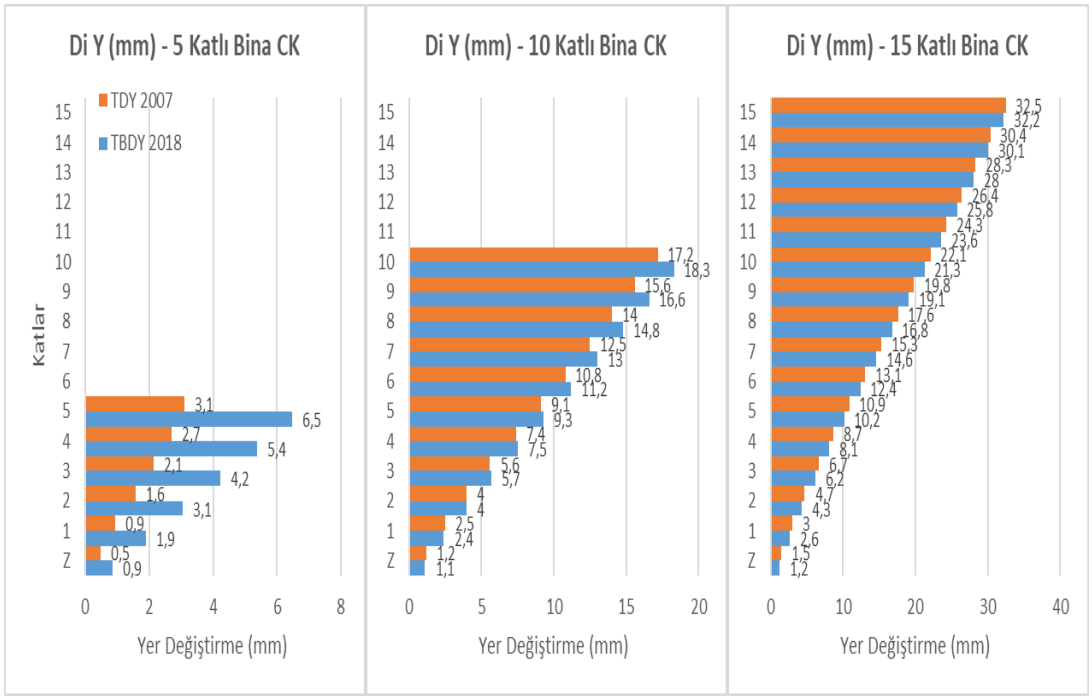
Şekil 4.10 BK bloğunun 2007 Deprem Yönetmeliği ve 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine göre kat yer değiştirmesi karşılaştırılması (x yönü)



Şekil 4.11 BK bloğunun 2007 Deprem Yönetmeliği ve 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine göre kat yer değiştirmesi karşılaştırılması (y yönü)



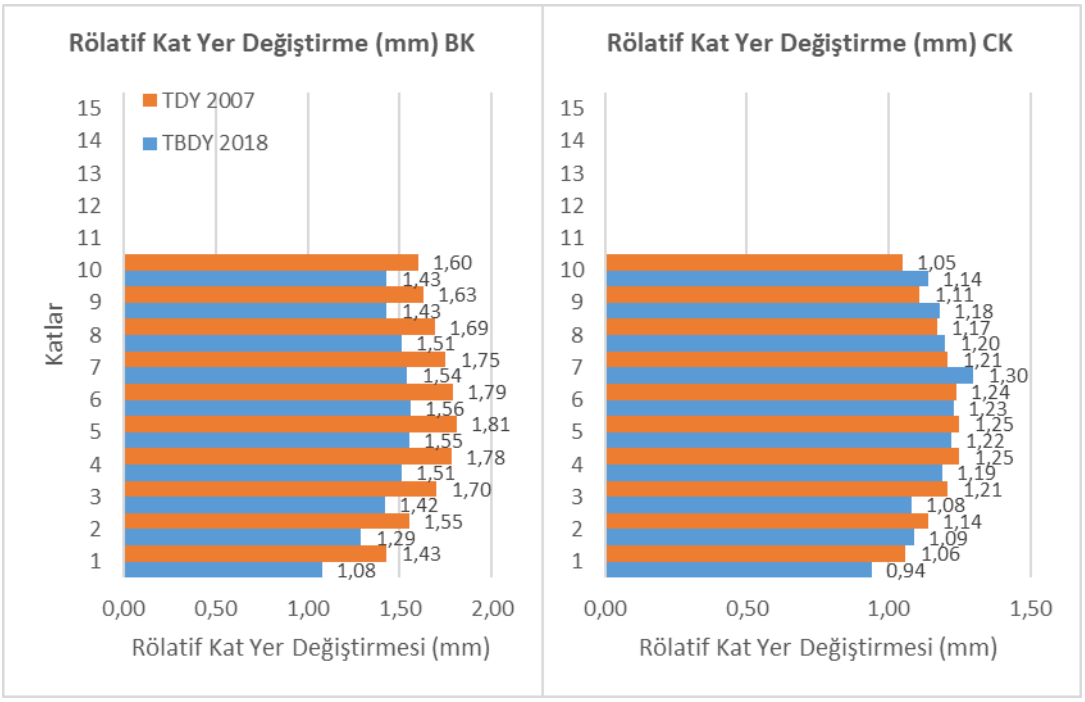
Şekil 4.12 CK bloğunun 2007 Deprem Yönetmeliği ve 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine göre kat yer değiştirmesi karşılaştırılması (x yönü)



Şekil 4.13 CK bloğunun 2007 Deprem Yönetmeliği ve 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine göre kat yer değiştirmesi karşılaştırılması (y yönü)

Yukarıdaki tablolarda göze çarpan bir diğer husus da analiz edilen yapıların yer değiştirmesi ve yüksekliği arasında doğrusal bir ilişkinin olduğudur. Katların bir alttaki kata göre yer değiştirmesinin yani rölatif kat yer değiştirmesinin daha rahat

görülebilmesi amacıyla aşağıdaki tablo oluşturulmuştur. Bu tabloda çalışma kapsamındaki orta yükseklik kabul edilen 10 katlı BK ve CK tipi yapılar seçilmiş olup söz konusu yapılara ait x yönündeki "rölatif kat yer değiştirmesi" karşılaştırılması yapılmıştır.



Şekil 4.14 10 katlı BK bloğu ve CK bloğunun 2007 Deprem Yönetmeliği ve 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine göre rölatif kat yer değiştirmesi karşılaştırılması (x yönü)

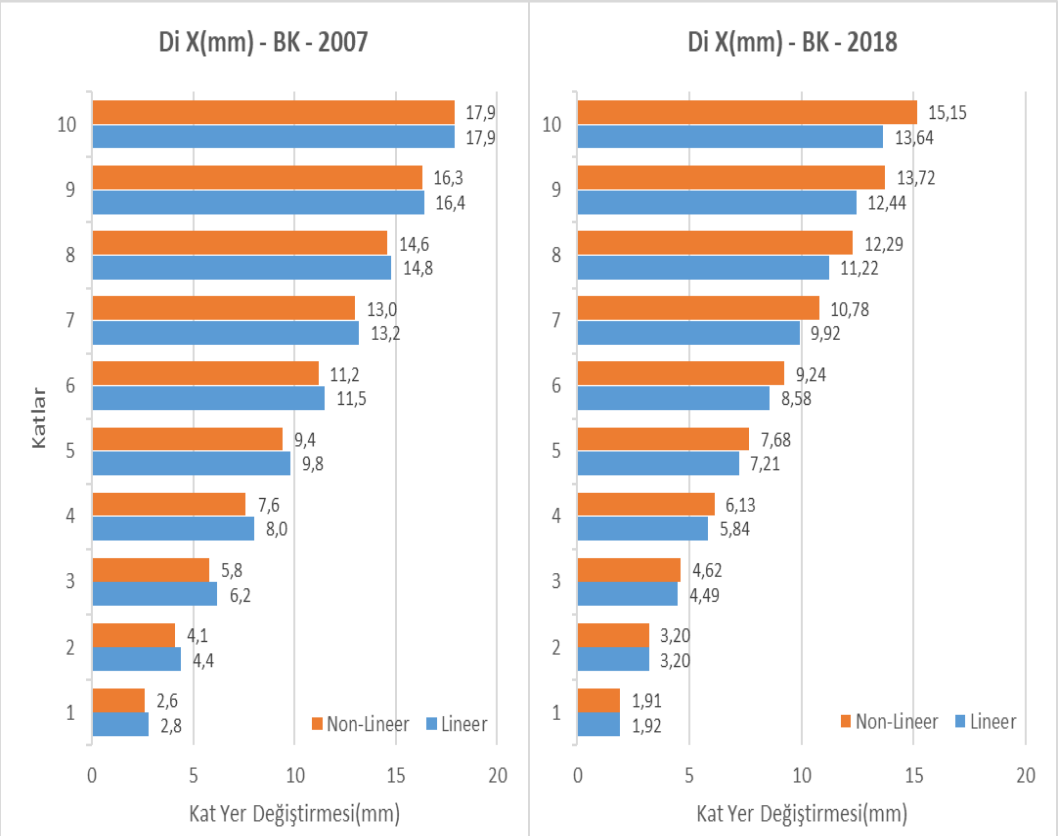
Binada bulunan herhangi bir kolon veya herhangi bir perde duvar için X yönündeki bir yatay deprem etkisinde, birbirini izleyen iki kat arasında bulunan deplasman farkını ifade eden rölatif kat yer değiştirmesi, Δ_i^X şu şekilde elde edilir:

$$\Delta_i^X = u_i^X - u_{i-1}^X \tag{4.6}$$

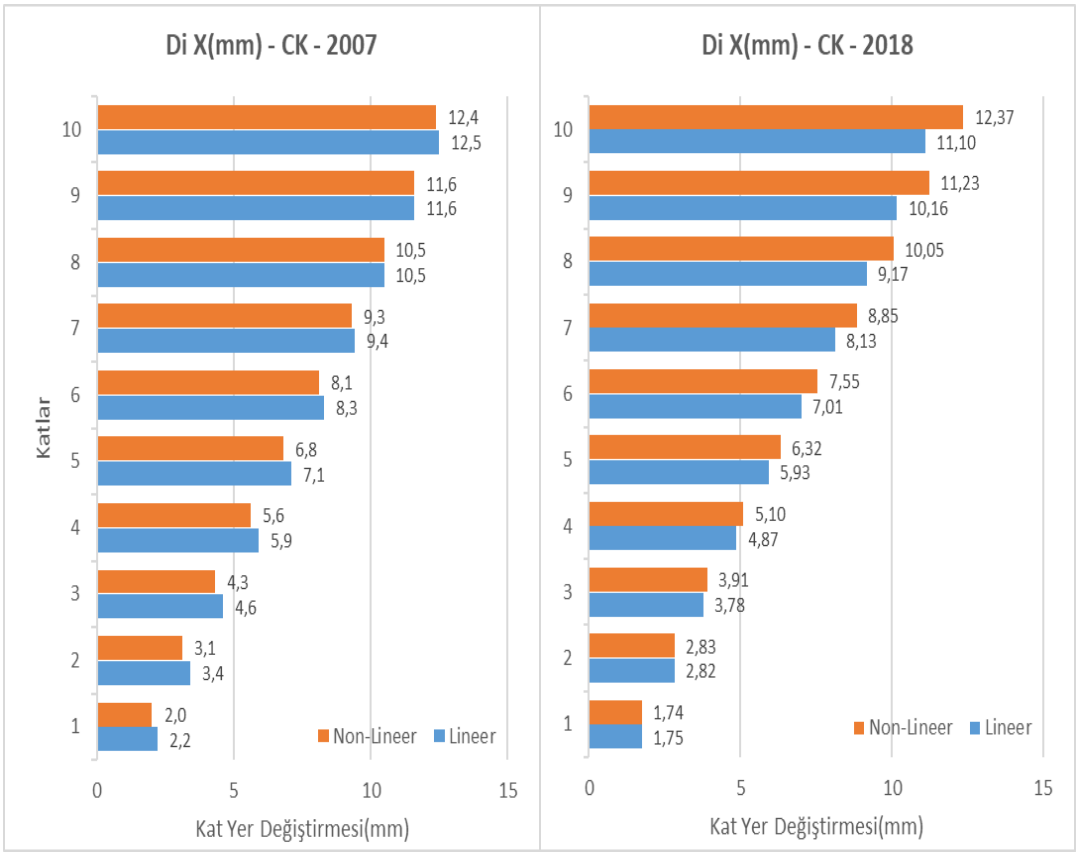
Burada $u_i^X - u_{i-1}^X$, tipik (X) deprem doğrultusu için binanın ardışık katlarında bulunan herhangi bir taşıyıcı elemanın (kolon veya perde duvar) uç kısımlarında azaltılmış deprem yüklerine göre hesaplanmış olan yatay yer değiştirmeleri (deplasmanları) ifade etmektedir. Tablodan da anlaşılacağı üzere ardışık katlar arasında oluşan yer değiştirmeleri zemin ve çatı katına yakın katlarda nispeten daha az iken orta katlarda daha fazladır. Bu da yanal deprem etkisi sebebiyle oluşan gerilme ve salınımların

binanın orta kısmında daha etkili olduğunu, dolayısıyla yanal öteleme ve deplasman etkisinin yapının orta kısımlarında maksimum olduğunu göstermektedir.

Deprem etkisi altında bulunan yapıların performanslarının belirlenmesinde doğrusal olmayan (nonlineer) hesap yöntemlerinin dayandığı temel prensip; yapıdaki malzeme ve geometri değişimlerinin doğrusal olmadığının kabulü ve belirli bir deprem etkisi için yapıdaki yer değiştirme istemine ulaşıldığında, binadan beklenen performans hedefine ulaşılıp ulaşılmadığının kontrolüdür. Dolayısıyla BK ve CK yapılarının doğrusal hesap yöntemiyle elde edilmiş olan yer değiştirme değerlerinin nonlineer hesap yöntemiyle hesaplanması uygun bulunmuş ve karşılaştırmalı verileri içeren aşağıdaki tablolar elde edilmiştir.



Şekil 4.15 10 katlı BK tipi binanın lineer ve nonlineer kat yer değiştirmesi karşılaştırılması (x yönü)



Şekil 4.16 10 katlı CK tipi binanın lineer ve nonlineer kat yer değiştirmesi karşılaştırılması (x yönü)

Çatı deplasmanına kadar hesaplanan nonlinear itme analizleri ile linear analiz sonuçları karşılaştırılmıştır. Sonuçlar benzerlik göstermektedir. Burada dikkat çeken husus hem BK hem de CK tipi yapıda 2007 yönetmeliğinde iki analizde de benzer sonuçlar alınırken 2018 yönetmeliğine göre yapılan non-lineer analizdeki kat yer değiştirmesi lineer analize göre nispeten daha fazla olmaktadır. Bu da 2018 yönetmeliğine göre yapılmış olan nonlinear itme analizinin malzemelerin davranış modellemesini daha gerçekçi ve şekil değiştirmeye daha uygun olarak ele aldığını göstermektedir.

4.1.4 Etkin göreli kat ötelemeleri

Etkin Göreli kat ötelemeleri her iki yönetmelik için de ayrı ayrı hesaplanıp aşağıda verilmiştir. Tipik (X) deprem doğrultusu için, binanın i'inci katındaki taşıyıcı elemanlar olan kolon veya perdeler için etkin göreli kat ötelemesi, δ_i^x aşağıdaki şekilde elde edilecektir;

$$\delta_i^x=(R/I)\Delta_i^x \quad (4.7)$$

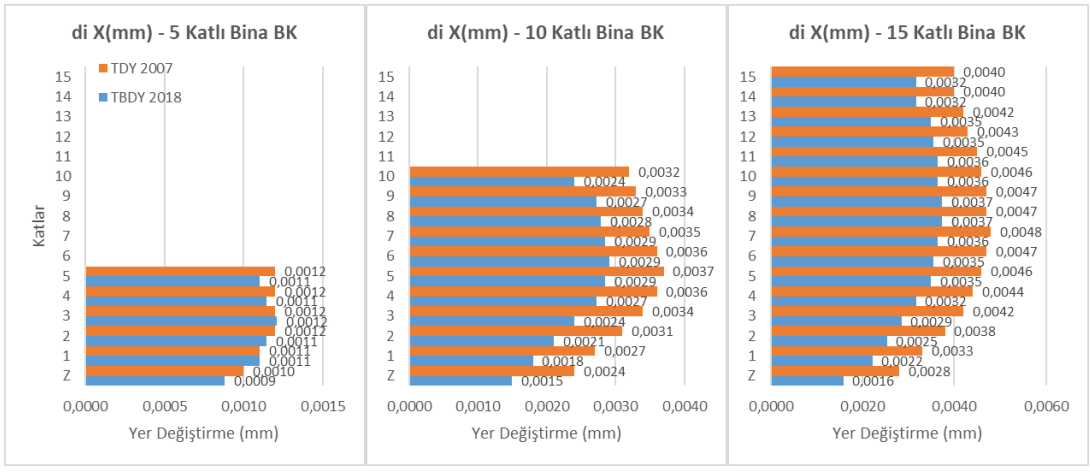
Bu bağıntıdaki büyütme işlemi, eşit yer değiştirme kuralının sonucu olarak "etkin" göreli kat ötelemesinin azaltılmamış deprem yüklerine göre hesabına karşı gelmektedir. 2007 Deprem Yönetmeliği için kontrol;

$$\delta_i(max)/h<=0.02 \quad (4.8)$$

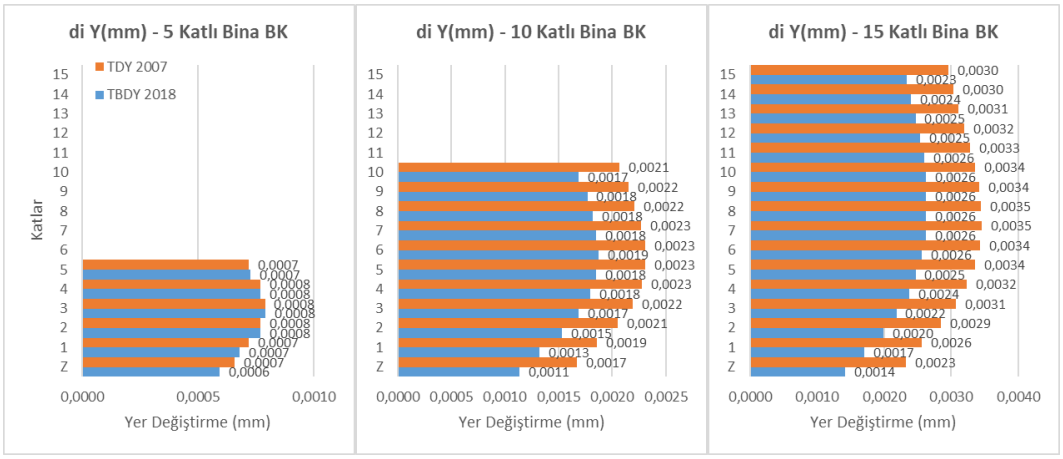
iken, 2018 Deprem Yönetmeliğinde

$$\lambda\delta_i(max)/h_i<= 0{,}008 \quad (4.9)$$

kullanılır. Ayrıca 2007 Deprem Yönetmeliğindeki mod birleştirme yöntemi hesabında x ve y yönü için her bir modda hesaplanan etkin kütlelerinin toplamının bina toplam kütlesinin %90'nından az olmaması koşula bağlanmıştı ama 2018 yönetmeliğinde bu oran %95'e çıkarılmıştır. Bunlara ek olarak en az %3 katkısı olan bütün modların hesaplama adımlarında göz önüne alınması gerektiği belirtilmiştir.



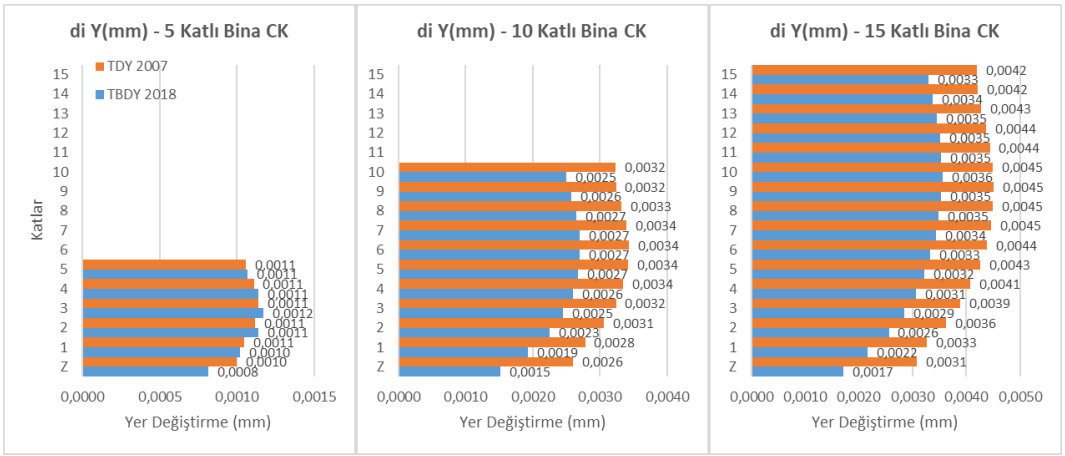
Şekil 4.17 BK bloğunun 2007 Deprem Yönetmeliği ve 2018 Bina Deprem Yönetmeliğine göre etkin göreli kat yer değiştirmesi karşılaştırılması (x yönü)



Şekil 4.18 BK bloğunun 2007 Deprem Yönetmeliği ve 2018 Bina Deprem Yönetmeliğine göre etkin göreli kat yer değiştirmesi karşılaştırılması (y yönü)



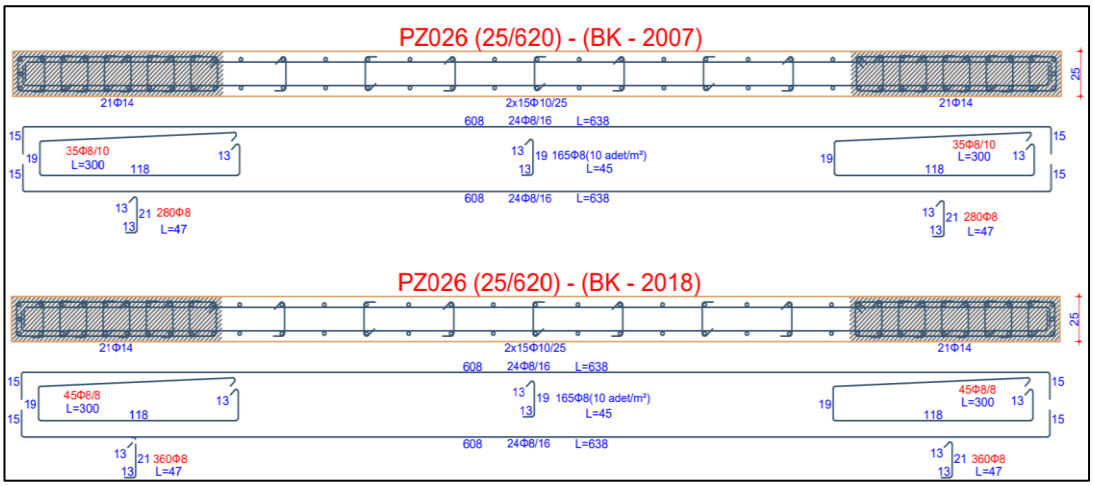
Şekil 4.19 CK bloğunun 2007 Deprem Yönetmeliği ve 2018 Bina Deprem Yönetmeliğine göre etkin göreli kat yer değiştirmesi karşılaştırılması (x yönü)



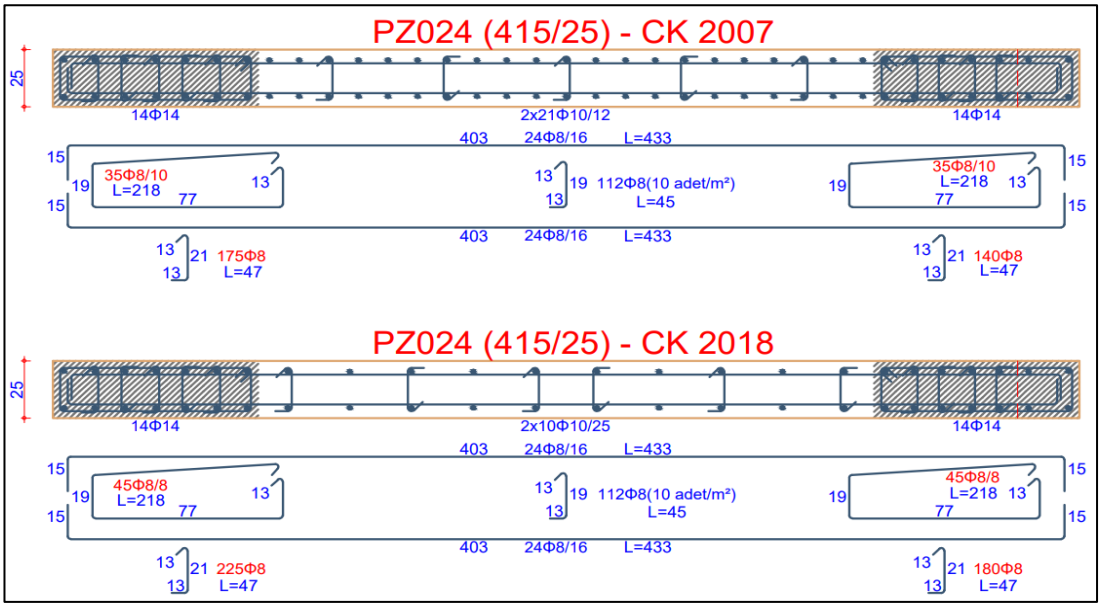
Şekil 4.20 CK bloğunun 2007 Deprem Yönetmeliği ve 2018 Bina Deprem Yönetmeliğine göre etkin göreli kat yer değiştirmesi karşılaştırılması (y yönü)

4.1.5 Donatı değişimleri

Elçi ve Göker tarafından 2018 yılında yapılan çalışmada TDY 2007 ve TBDY 2018 yönetmelikleri baz alınarak betonarme kolonların deprem performansı açısından karşılaştırılmış ve 2019 yılında yürürlüğe girmiş olan yeni yönetmeliğin daha güvenli ve daha sünek çözümler önerdiği sonucuna varılmıştır (Elçi ve Göker, 2018). BK ve CK tipi için rastgele olarak birer perde seçilerek bu perdelerin donatı açılımları detaylı olarak irdelenmiştir ve söz konusu çalışmayı destekleyici sonuçlara ulaşılmıştır.



Şekil 4.21 Katlı BK tipi bina için rastgele seçilen P026 perdesinin zemin kat donatı planı



Şekil 4.22 Katlı CK tipi bina için rastgele seçilen P024 perdesinin zemin kat donatı planı

PZ026 ve PZ024 perdelerinin farklı yönetmelikler ile donatı yerleşimi yapıldığında görülmektedir ki 2018 Deprem Yönetmeliğinin her ne kadar diğer donatılarda sayı ve aralık olarak değişiklik göstermese de özellikle perde içindeki kolonlarda etriye ve çiroz sayısı belirgin olarak artmaktadır ki bu durum süneklik ve periyot sonuçlarına doğrudan etki etmektedir. BK binasındaki P026 perdesi için etriye sayısı 190'dan 242'ye, çiroz sayısı ise 2352'den 2768'e yükselmiştir. Benzer şekilde CK binasındaki P024 perdesi için de etriye sayısı 190'dan 242'ye, çiroz sayısı ise 1063'ten 1505'e yükselmiştir. Bu durum perdenin mukavemetini arttırmış ve gerekli olan boyuna donatı sayısının da 410'dan 372'e düşmesini sağlamıştır. Tüm bunların en büyük sebebinin yeni yönetmeliğin getirdiği koşullar olduğu aşikardır.

Tablo 4.4 Katlı BK tipi binada bulunan P026 perdesinin tüm katlar boyunca toplam donatı metrajı

P026 (25/620) - (BK - 2007)

Adet	Çap	Uzunluk	Tip	Ağırlık
630	14	375		2854.88
42	14	313		158.86
42	14	250		126.88
				3140.62 Kg
570	10	355		1247.56
40	10	313		77.19
30	10	230		42.54
				1367.30 Kg
648	8	638		1631.31
190	8	300		224.91
416	8	176		288.90
2352	8	47		436.19
1169	8	45		207.57
				2788.88 Kg

Donatı toplamı (8-12)	Donatı toplamı (14-32)
4156.17 Kg	3140.62 Kg

P026 (25/620) - (BK - 2018)

Adet	Çap	Uzunluk	Tip	Ağırlık
630	14	375		2854.88
42	14	313		158.86
42	14	250		126.88
				3140.62 Kg
570	10	355		1247.56
40	10	313		77.19
30	10	230		42.54
				1367.30 Kg
648	8	638		1631.31
242	8	300		286.47
416	8	176		288.90
2768	8	47		513.34
1169	8	45		207.57
				2927.58 Kg

Donatı toplamı (8-12)	Donatı toplamı (14-32)
4294.88 Kg	3140.62 Kg

Tablo 4.5 Katlı CK tipi binada bulunan P024 perdesinin tüm katlar boyunca toplam donatı metrajı

P024 (415/25) - CK 2007

Adet	Çap	Uzunluk	Tip	Ağırlık
408	14	375		1848.87
27	14	313		102.12
28	14	250		84.59
				2035.58 Kg
410	10	355		897.37
26	10	313		50.17
42	10	230		59.56
				1007.10 Kg
648	8	433		1107.14
190	8	218		163.44
416	8	136		223.24
1063	8	47		197.14
782	8	45		138.85
				1829.81 Kg

Donatı toplamı (8-12)	Donatı toplamı (14-32)
2836.91 Kg	2035.58 Kg

P024 (415/25) - CK 2018

Adet	Çap	Uzunluk	Tip	Ağırlık
408	14	375		1848.87
27	14	313		102.12
28	14	250		84.59
				2035.58 Kg
372	10	355		814.20
26	10	313		50.17
20	10	230		28.36
				892.73 Kg
648	8	433		1107.14
242	8	218		208.17
416	8	136		223.24
1505	8	47		279.11
756	8	45		134.24
				1973.23 Kg

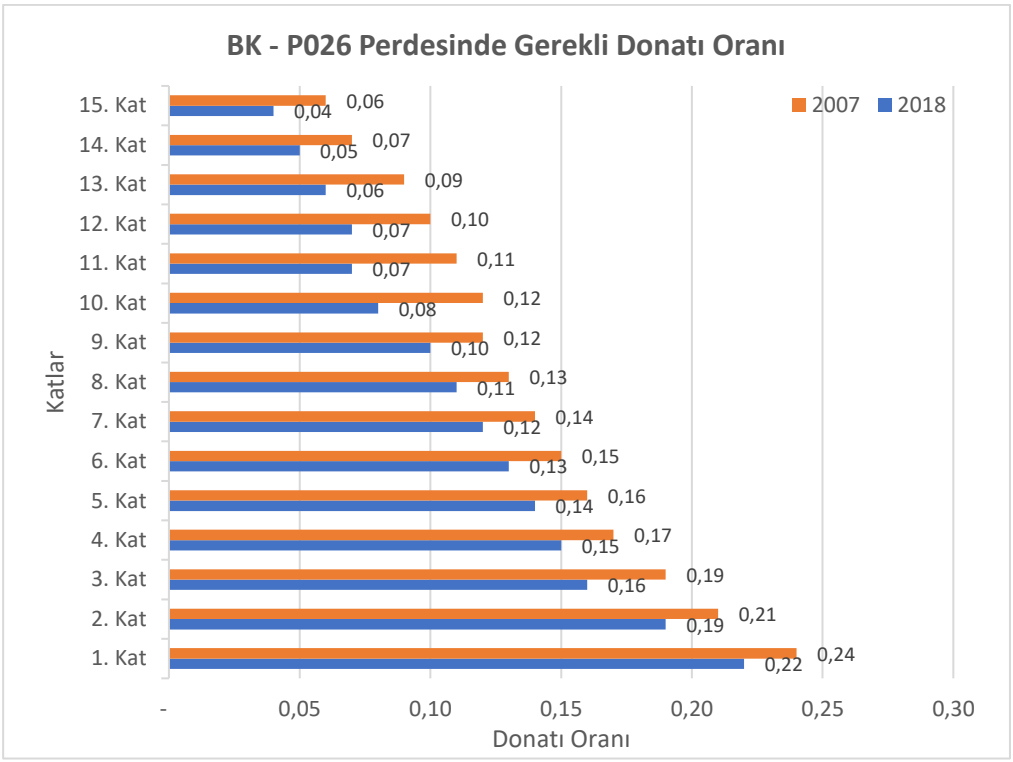
Donatı toplamı (8-12)	Donatı toplamı (14-32)
2865.97 Kg	2035.58 Kg

Her iki tablo birlikte incelediğinde hem daha düzenli bir yapıya sahip BK tipi bina için hem de nispeten düzensiz CK tipi bina için ince donatı sayılarında bir artış

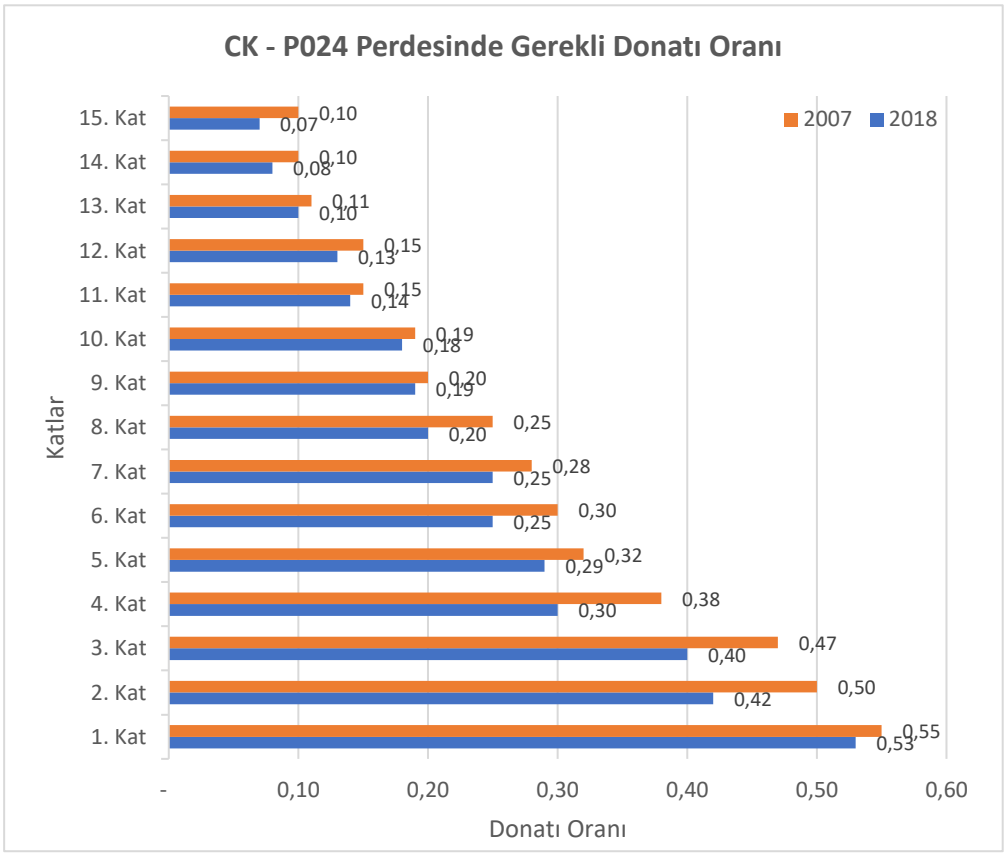
meydana gelmektedir. 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğinin yürürlüğe girmesi ile ince donatı sayı ve oranının değişmesine etki eden bazı hususlar eklenmiştir. Ayrıca yapılarda kullanmak üzere özel deprem etriyesi kavramı bu yönetmelikte de vurgulanmış olup her iki ucunda 135 dereceli kıvrımlı kancaların bulunduğu bu etriyeler önemini artırmıştır. Bu kancalar için uç düz boyu kıvrımdaki son teğet noktasından itibaren, nervürlü çubuklarda Ø6'dan ve 80 mm'den küçük olamayacağı belirtilmiştir. Bu etriyelerin boyuna donatıları dış yüzeylerinden kavrayarak kancalarının aynı boyuna donatıların etrafında kapanması ve kullanılan çirozların çap ile aralığının etriyelerin çap ile aralığı ile aynı olması gerektiği belirtilmiştir. Bu etriyelerde kullanılan çirozların iki ucunda da boyuna donatılar ile etriyeyi dıştan sarma koşulu getirilmiştir. Bindirme boylarının ise kolonlarda donatıların bindirme eklerinin kolonların serbest yüksekliğinin ortasının üçte birlik bölgesinde yapılması belirtilmiştir. Donatı artışlarının ortaya çıkmasını yine yönetmelikte yer alan sarılma bölgesi uzunluğuyla ilgili olarak verilen;

- Kolon serbest yüksekliğinin 1/6'sından,
- Kolon en büyük kesit boyutunun 1,5 katından ve
- 500 mm'den daha küçük olmaması kurallarıyla açıklanabilmektedir.

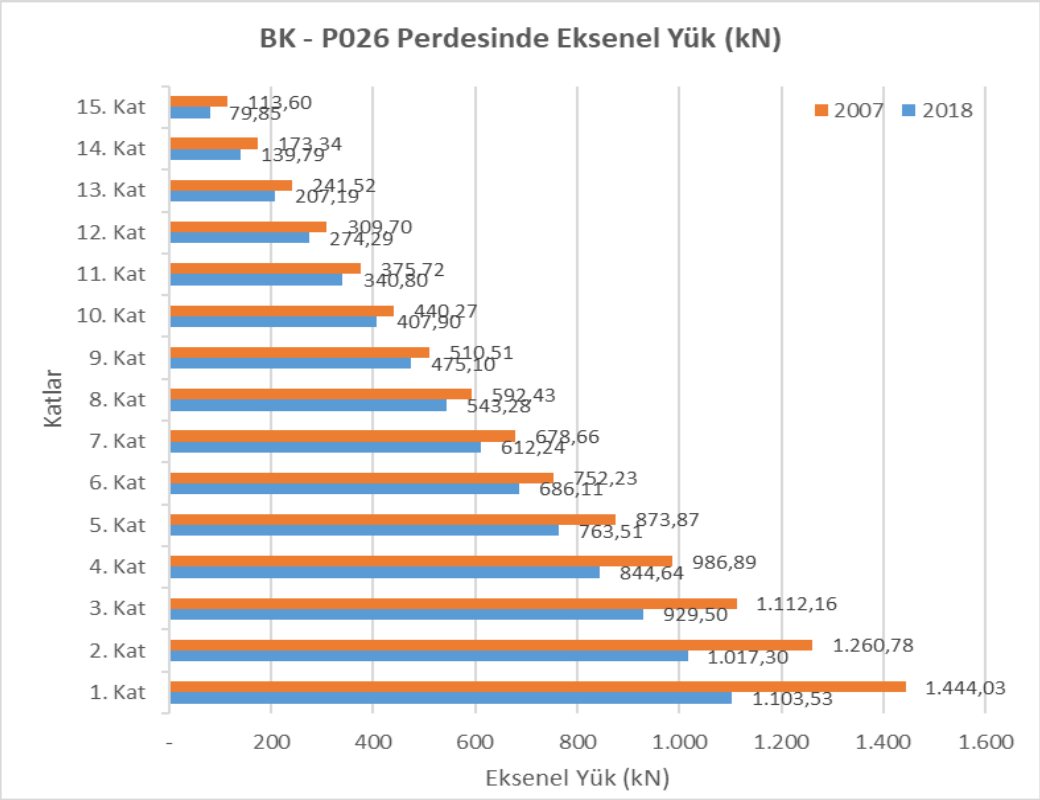
Konsol kolonlarda sarılma bölgeleri kolonların alt uç kısımlarında oluşturularak uzunlukları kolonun büyük boyutunun iki katından küçük olmayacak şekilde esas alınmalıdır. Ayrıca bahsedilen yapı temelinin iç kısmında kolonun küçük boyutundan küçük olmayan bir yükseklik boyunca da donatıların temelin içinde kolonun minimum boyutundan küçük olmayan bir yükseklik boyunca devam ettirilmeleri de yine 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği ile ortaya çıkmıştır.



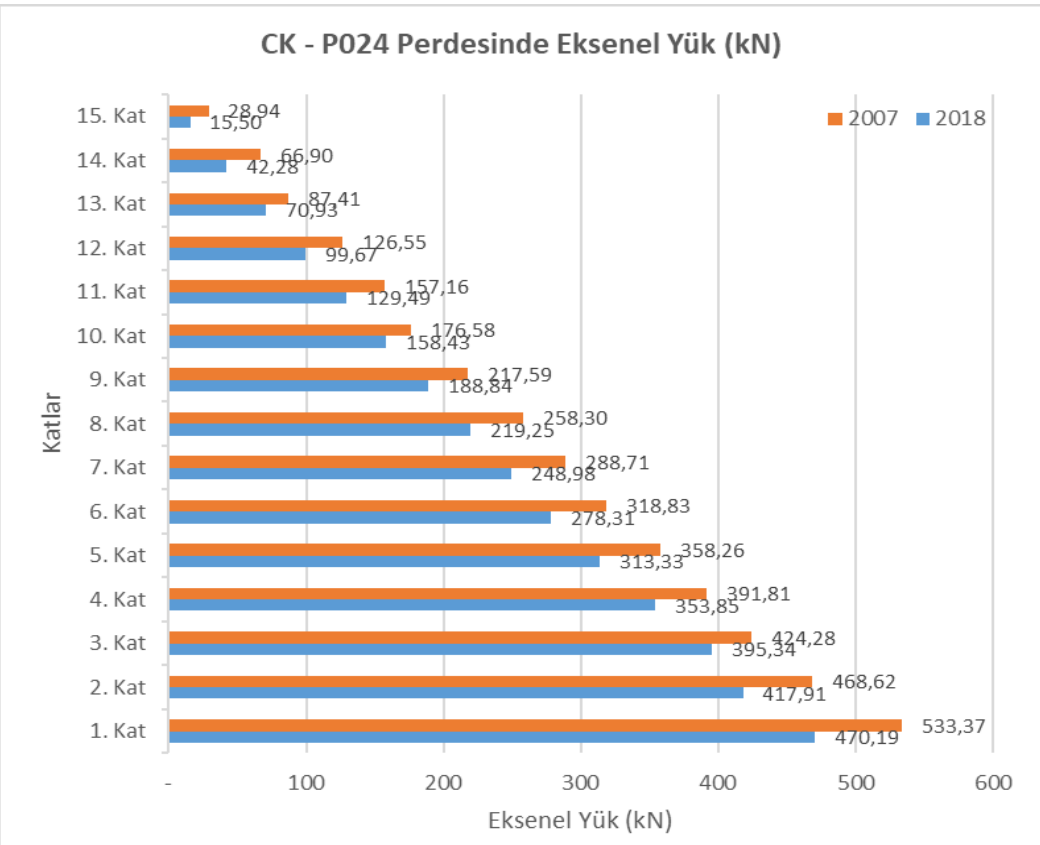
Şekil 4.23 15 Katlı BK tipi binada bulunan P026 perdesinin katlara göre gerekli donatı oranı



Şekil 4.24 15 Katlı CK tipi binada bulunan P024 perdesinin katlara göre gerekli donatı oranı



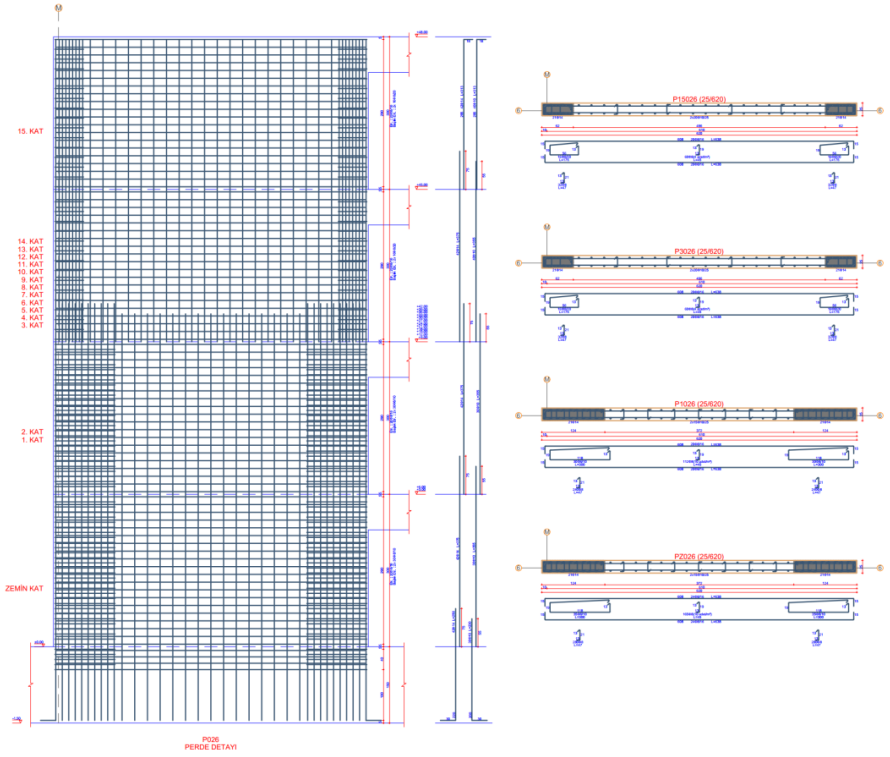
Şekil 4.25 15 Katlı BK tipi binada bulunan P026 perdesinin katlara göre eksenel yükleri (ton/cm)



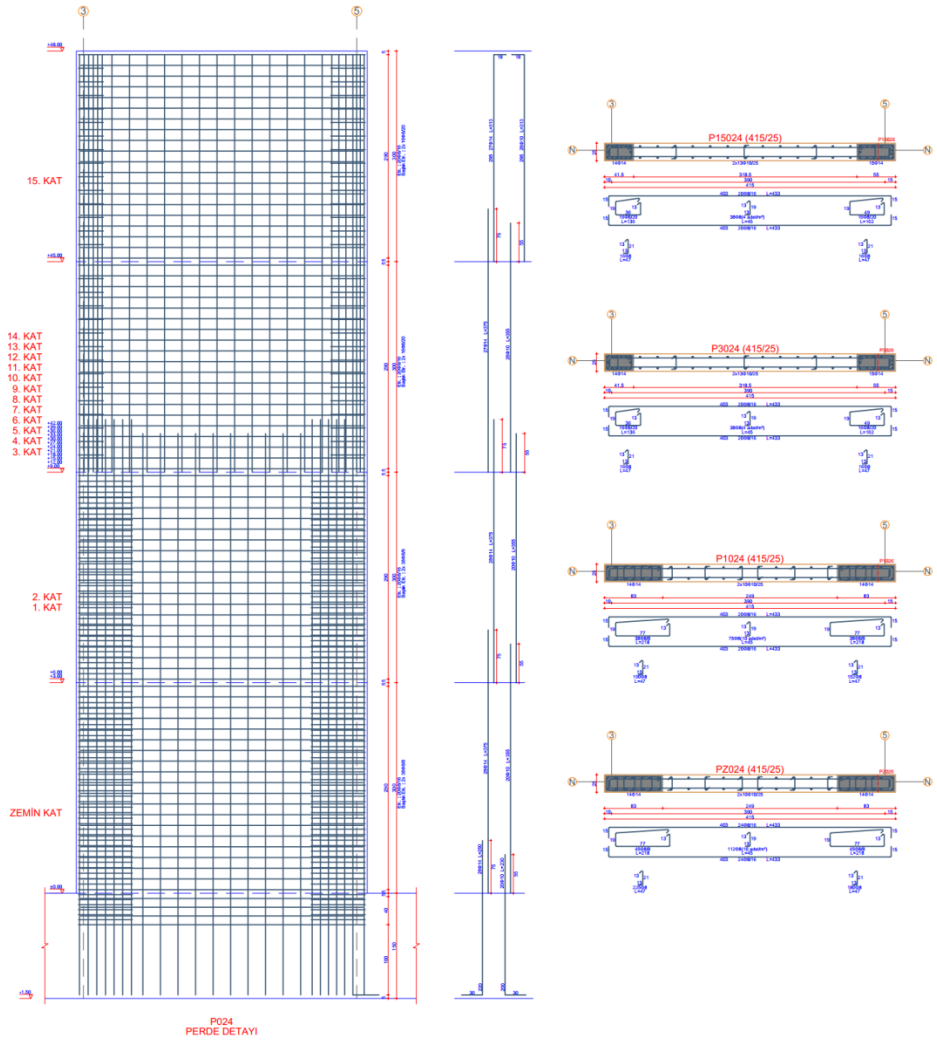
Şekil 4.26 15 Katlı CK tipi binada bulunan P024 perdesinin katlara göre eksenel yükleri (ton/cm)

Rastgele seçilmiş olan P026 ve P024 perdelerinin katlara göre gerekli donatı oranı ve eksenel yükler tabloları incelediğinde 2007 Deprem Yönetmeliğinin eksenel yük oranı her iki perdede de 2018' yönetmeliğine nazaran daha fazla olduğu, buna bağlı olarak da gerekli donatı alanının daha fazla olduğu görülmektedir. Her iki yapı tipinde ve her katta benzer veriler elde edildiğinden 2018 yönetmeliği ile inşa edilecek binanın donatı miktarının daha düşük olması beklenmektedir.

Tünel kalıp yöntemiyle imal edilecek yapıların uygulamasında katlar yükseldikçe bazı perde boyutlarında değişmeler / azalmalar olabilmektedir fakat ebatları değişecek olan bu yeni kalıpların imal edilmesi, farklı işçilikler, beton metrajının değişmesi, yeni kalıpların maliyet ve imalat sürecine doğrudan etkileri, bina dayanımının farklı katlarda değişmesi gibi unsurlar sebebiyle çalışmanın özü olan "detaylı karşılaştırmalı analiz" kısmını karmaşık hale getirebileceği düşünüldüğünden sadece perde uç bölgelerindeki koloncuk boyutları, donatıların değişimi ve bunların meydana getireceği maliyet ve dayanım unsurları dikkate alınmıştır. Durumun daha net anlaşılabilmesi için 15 katlı BK ve CK tipi binaların analize konu olan perdelerinin (P026 ve P024 nolu) detaylarının katlara göre dağılımı aşağıda sunulmuştur.



Şekil 4.27 Katlı BK tipi binada bulunan P026 perdesinin katlara donatı detayları



Şekil 4.28 Katlı CK tipi binada bulunan P024 perdesinin katlara donatı detayları

Görüleceği üzere her iki yapıda da katlar yükseldikçe perde uç bölgesindeki koloncukların ebatları ve içlerindeki donatıların sayısı ve aralıkları değişmektedir. Aynı zamanda yine kat yüksekliğine bağlı olarak değişecek olan sabit ve hareketli yükler göz önüne alındığında perde uç bölgeleri haricinde perde gövdesindeki donatıların da değiştiği göze çarpmaktadır. Böylece yapılacak olan analizlerdeki değişken parametrelerinin daha stabil ve sağlıklı olması planlanmıştır.

4.1.6 Statik program ile yapılan analiz sonuçları ile kıyas

İhale dosyalarındaki orijinal statik projeler, kullanılan program ile tekrar analiz edilmiş ve sonuçları irdelenmiştir. Analiz için ihale dosyasındaki orijinal katsayıları ve mevcut statik projesindeki hesap ayarları göz önüne alınarak aynı parametreler ile farklı bir programda analiz yapılmış ve sonuçların birbirine yakın sonuç verdiği elde edilmiştir.

Tablo 4.6 Farklı bir program ile sonuçların karşılaştırılması

YAPI	***BK***		***CK***	
Program	Ticari program 1	Ticari program 2	Ticari program 1	Ticari program 2
Periyod (s)	0.4916	0.4873	0.6383	0.6288
T. Deprem Kuvveti (X)	162.86	159.98	263.69	262.34
T. Deprem Kuvveti (Y)	164.27	161.15	264.27	262.55

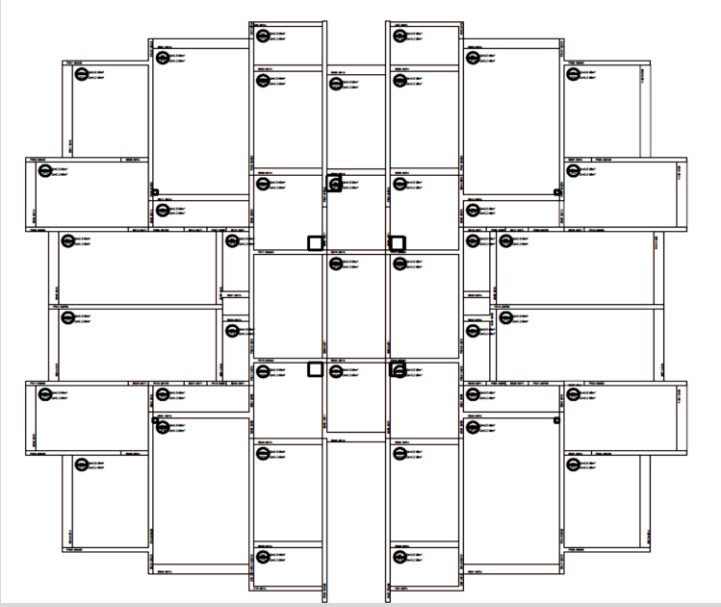
4.2 Maliyet Açısından Bulgular

Çalışma konusu yapıların maliyetlerinin iki ana başlık altında yapılmıştır. Bu farklılıklar birincisi yönetmelik değişiminden kaynaklı ve ikinci olarak da kat sayısının sebebiyet verdiği farklılıklar olmuştur. Her iki analizde de güncel sonuçların elde edilmesi için Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'na ait "İnşaat ve Tesisat Birim Fiyatları" verilerinin 1 Temmuz 2022 tarihli son hali kullanılmış olup tüm veriler buna uygun olarak revize edilmiştir.

4.2.1 Yönetmelik değişikliği açısından oluşan maliyet farklılığı

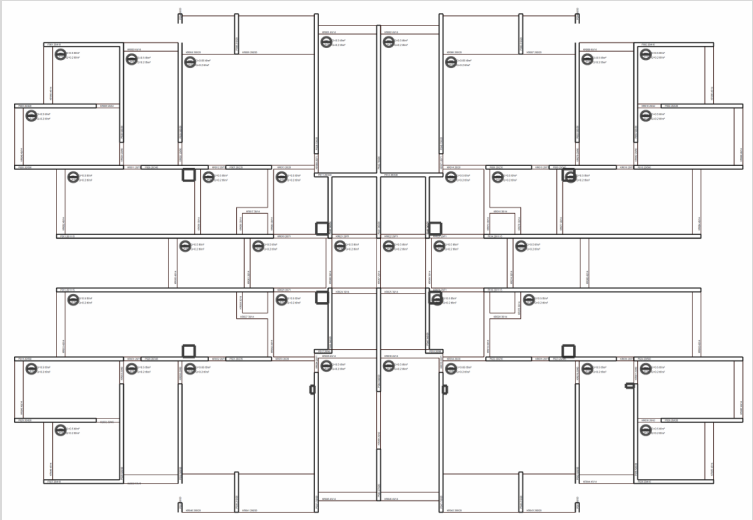
İki tip yapı olan BK ve CK bloğu farklı kat adetlerinde statik tasarımları iki farklı yönetmeliğe göre yapılarak metrajları hesaplanmıştır. Tabi olduğu yılın veya dönemin deprem yönetmeliklerinin birbirinden farklı olmalarına rağmen, imar edilen taşıyıcı elemanlar için dökülecek olan beton miktarları ile yapılacak olan kalıp miktarları değişmemiş olup birbirinden farklı olan tek kısım donatı olmuştur. Söz konusu yapıların tasarımı için donatı tipi olarak S420C seçilmiştir.

Tablo 4.7 BK yapısı metrajları

BK Kat Planı						
	5F		**10F**		**15F**	
	DY 2007	**TBDY 2018**	**DY 2007**	**TBDY 2018**	**DY 2007**	**TBDY 2018**
C30 beton (m^3)	1.987,2	1.987,2	2.981,8	2.981,8	3.977,5	3.977,5
Beton kalıp (m^2)	10.413,5	10.413,5	18.831,0	18.831,0	27.335,7	27.335,7
Radye (m^2)	120,7	120,7	120,7	120,7	120,7	120,7
Perde (m^2)	1.086,0	1.086,0	1.071,8	1.071,8	1.071,8	1.071,8
Döşeme (m^2)	577,2	577,2	577,2	577,2	577,2	577,2
Kiriş (m^2)	52,2	52,2	51,9	51,9	51,9	51,9
S420c İnce Donatı (kg)	66.252,4	66.363,9	119.065,6	114.285,7	170.829,6	162.764,8
S420c Kalın Donatı (kg)	82.650,2	83.000,0	97.536,9	98.654,0	114.719,3	119.803,8
S420c Toplam Donatı (kg)	**148.902,6**	**149.363,9**	**216.602,5**	**212.939,7**	**285.548,8**	**282.568,6**
Toplam donatı farkı (%)	**+ 0.31 %**		**- 1.72 %**		**- 1.05 %**	

BK blok için metrajlara bakılacak olunursa, 5 katlı örnekler diğerlerinden farklı olarak 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğinde gerek ince gerekse kalın donatıların metrajında çok az bir miktar artış göstermiştir. 10 katlı ve 15 katlı örneklerde ise ince donatılarda %4-5 arasında azalma ve kalın donatılarda %3-4 civarı bir artış elde edilmiştir. Toplamda ise 5 katlı yapıda %0,31 kadar bir artış, 10 katlı yapıda %1,72 kadar bir azalış, 15 katlı yapıda ise %1,05 kadar bir azalış söz konusudur.

Tablo 4.8 CK yapısı metrajları

CK Kat Planı						
	5F		**10F**		**15F**	
	DY 2007	**TBDY 2018**	**DY 2007**	**TBDY 2018**	**DY 2007**	**TBDY 2018**
C30 beton (m³)	2.685,5	2.685.538,0	4.078,8	4.078,8	5.468,1	5.468,1
Beton kalıp (m²)	13.031,2	13.031,2	23.771,9	23.771,9	34.512,6	34.512,6
Radye (m2)	142,4	142,4	142,4	142,4	142,4	142,4
Perde (m2)	1.347,6	1.347,6	1.347,6	1.347,6	1.347,6	1.347,6
Döşeme (m2)	727,5	727,5	727,5	727,5	727,5	727,5
Kiriş (m2)	73,1	73,1	73,1	73,1	73,1	73,1
S420c İnce Donatı (kg)	88.942,5	89.128,6	162.696,7	158.846,7	233.322,5	227.751,9
S420c Kalın Donatı (kg)	93.645,1	93.588,3	124.044,7	121.041,5	152.553,7	143.601,0
S420c Toplam Donatı (kg)	**182.587,6**	**182.716,9**	**286.741,4**	**279.888,2**	**385.876,2**	**371.352,9**
Toplam donatı farkı (%)		**+ 0.07 %**		**- 2.45 %**		**- 3.91 %**

CK blok için metrajlara bakılacak olunursa, 5 katlı örnekler diğerlerinden farklı olarak 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğinde hem ince donatıların metrajında hem de kalın donatıların metrajında çok az bir miktar artış göstermiştir. 10 katlı ve 15 katlı örneklerde ise ince donatılarda %1,5-2,5 oranında arasında azalma ve kalın donatılarda %3-4 civarı bir azalma elde edilmiştir. Toplamda ise 5 katlı yapıda %0,07 kadar bir artış, 10 katlı yapıda %2,45 kadar bir azalış, 15 katlı yapıda ise %3,91 kadar bir azalış söz konusudur. BK bloğundaki kalın donatıların artışının ve buradaki azalışının sebebi olarak ise bazı taşıyıcı elemanların kuvvetin oradaki durumu ile ilgili olarak daha düşük çaptaki donatılar ile çözümlenmesinin daha avantajlı konuma gelmesi gösterilebilir. Taşıyıcı elemanlar için gerekli olan

minimum donatı alanı veya yoğunluğu tabi olduğu yönetmeliğe göre en optimum seviyede belirlenmelidir. Yazılım programları aracılığı ile yapılmış olan bu optimum ayarlamaya göre esas olarak yapı içerisinde ince ve kalın donatıların toplamda ne kadar seviyede değiştiğidir. Bu durumda da beklenildiği üzere yapının katlarına gelen kesme yüklerine göre kat sayısının artması 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğinin bu konuyu dikkat aldığını göstermektedir.

4.2.2 Kat sayısının maliyete olan etkisi

Bu çalışma deprem yönetmeliklerinin yanında kat sayısının da maliyete nasıl etkidiğini araştırmaktadır. Tünel kalıp sistemlerini geleneksel kalıp yöntemine göre avantajlı olan iki unsuru vardır. Bunlardan ilki tünel kalıp sistemlerinin yapım hızının hızlı olması ve bu nedenle işçilik ve genel giderlerinin az olmasıdır. İkincisi ise kalıpların çok kez kullanılabilir olmasıdır.

Çalışma konusu olan tünel kalıp sistemlerinin malzemeleri her hazırlanışının ardından yapılan söküm ve montaj sırasında %2'lik bir oranda kalıp malzemelerinin onarılması ve bunların tekrar yapılması dikkate alınmıştır. Burada bahsedilen %2'lik oran piyasadan elde edilen güncel fiyatlardan elde edilmiş olup bu oran ürünlerin kullanımına veya kullanan ustalara göre değişkenlik gösterebilir.

Tünel kalıp sistemlerde genel olarak günde bir kat çıkılması hedeflenir. Bu yüzden bu çalışmada sınırlayıcı faktör olarak günlük bir kat imalat belirlenmiştir. Bir günde bir kat (4 daire) beton dökümü için gerekli işgücü, çevre ve şehircilik bakanlığı yerine piyasada aktif olarak çalışan tünel kalıp taşeron firmalar ile yapılan ikili görüşmeler neticesinde belirlenmiştir. Bunun sebebi, Çevre ve Şehircilik bakanlığı analizlerinde birim fiyatlar ilgili miktarın artması toplam maliyeti de orantılı olarak artırmaktadır. Yani 2 kat tünel kalıp imalatı için hesaplanacak maliyet ile 20 kat tünel kalıp imalatı için hesaplanacak maliyet oranı 20/2 yani 10 olacaktır. Halbuki gerçekte böyle değildir. Tünel kalıp bir kere imal edildikten sonra ufak onarımlarla ve düzgün kullanım ile yaklaşık 500 kere kullanılabilirler.

BK tipi yapı için 50 kişilik bir ekip günde 13 saat mesai yaparak, CK tipi yapı için 66 kişilik bir ekip günde 13 saat mesai yaparak günlük bir kat beton döküm hedefini

karşılamaktadırlar. Ekip sayıları tünel kalıp taşeronları ile yapılan ikili görüşmeler neticesinde elde edilmiştir.

Bu durumda maliyette karlılık yaratan kısım tünel kalıbın çok kere kullanılması olmaktadır. İşçilik zaman ile orantılı, ekipman ise m² ile orantılıdır. Dolayısıyla işin büyüklüğü bu iki faktörün maliyeti ile doğru orantılı, malzeme ile ters orantılıdır.

Tablo 4.9 Tünel kalıp malzemelerinin hazırlanması

A.Tünel kalıp malzemelerinin hazırlanması					**m²**	**5K**	**10K**	**15K**
Pano elemanları (arka, yatay, iç dik ve dış dik), iskele elemanları (kalıp çıkarma, dış pano taşıma ve sahanlık), montaj, kaldırma, taşıma, alın, aks (Zayiat dahil)						1,830 m²	1,979 m²	2,144 m²
No	**Poz.**	**Tanım**	**Birim Miktar**	**Birim**	**Fiyat 2022 (TL)**	**Miktar**	**Miktar**	**Miktar**
1	04.710/R07	3,00mm-4,99mm kalınlıkta, Sıcak Haddelenmiş, asitlenmiş rulodan sac (S235 JR) (TS EN 10025) (her ebatta)	1.9	kg	18,91	3476.15	3759.90	4073.23
2	04.256/2	Sıcak haddelenmiş köşebentler (S235JR) (TS EN 10056- 1,2)	0.25	kg	14,00	457.39	494.72	535.95
3	04.256	Sıcak haddelenmiş profil demirler (S235JR) (I, U, T, Omega) (TS 910, TS 912, TS 911 EN 10055)	0.25	kg	13,80	457.39	494.72	535.95
4	04.290/3H	Çelik boru (St 37), çap=3	0.1	kg	18,80	182.96	197.89	214.38
5	04.152	Çam kerestesi (II.sınıf) (TS 1265) (TS EN 844-6, 9, 12) (TS EN 1309-1, TS EN 1310, TS EN 1311, TS EN 1313-1, 2)	0.001	m³	4.000,00	1.83	1.98	2.14
6	04.506/D1	Su bazlı epoksi boya	0.1	kg	32,00	182.96	197.89	214.38
7	03.589/1(Y)	Tünel kalıp imalat atelyesinin 1 saatlik ücreti	0.015	sa	895,87	27.44	29.68	32.16

Tablo 4.10 Kule vinç montaj, kullanım ve demontajı

dx	**Kule vinç montaj, kullanım ve demontajı**				**sa**	**5K**	**10K**	**15K**
Tünel kalıpların katlar arası ve sahada taşımak için gerekli vinç kurulum, kullanım ve söküm işleri								
No	**Poz.**	**Tanım**	**Birim Miktar**	**Birim**	**Fiyat 2022 (TL)**	**Miktar**	**Miktar**	**Miktar**
1	03.638/6(Y)	Kule vinç'in 1 saatlik ücreti	0.023	sa	872,48	65.00	130.00	195.00
2	03.638/1(Y)	Mobil vinç'in (60ton, 240 HP) 1 saatlik ücreti	0.002	sa	1.376,90	16.63	32.98	49.47
3	01.507	Birinci sınıf usta	0.030	sa	45,00	3.00	3.00	3.00
4	01.018	Sıcak demirci ustası	0.010	sa	45,00	3.00	3.00	3.00
5	01.501	Düz işçi	0.010	sa	32,50	3.00	3.00	3.00
6	01.409	Formen	0.010	sa	65,00	3.00	3.00	3.00

Tablo 4.11 Sarf malzemeler

C.	Sarf malzemeler				kg	5K	10K	15K
Tünel kalıpların montajı ve uygulaması için gerekli sarf malzemeler								
No	**Poz.**	**Tanım**	**Birim Miktar**	**Birim**	**Fiyat 2022 (TL)**	**Miktar**	**Miktar**	**Miktar**
1	04.107/1	Likit petrol gazı (LPG)	0.550	kg	18,63	4573.88	9069.94	13604.91
2	04.116/2	Yağ bazlı kalıp ayırıcı (konsantre kalıp yağı, plastik-çelik)	0.450	kg	14,00	3742.27	7420.86	11131.29

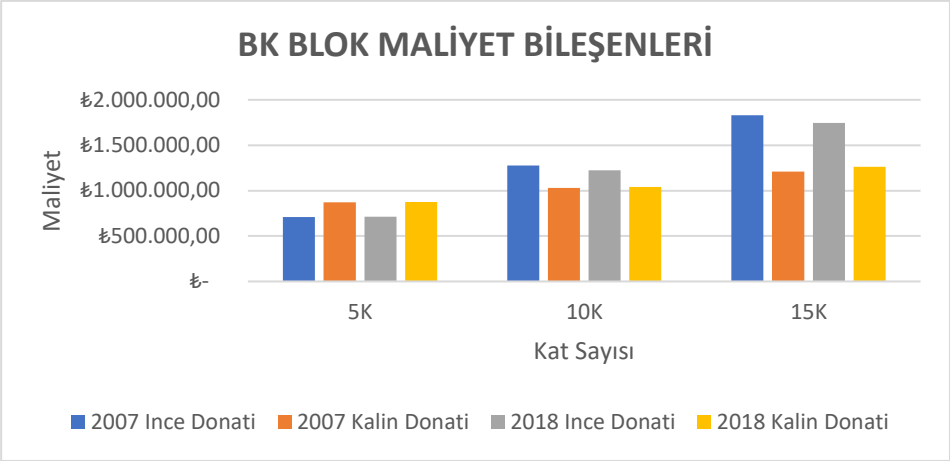
Tablo 4.12 Tünel kalıp montaj, kür uygulama, bakım ve demontaj

D.	Tünel kalıp montaj, kür uygulama, bakım ve demontaj				Ad.saat	5K	10K	15K
Tünel kalıpların katlar arası ve sahada taşımak için gerekli vinç kurulum, kullanım ve söküm işleri								
No	**Poz.**	**Tanım**	**Birim Miktar**	**Birim**	**Fiyat 2022 (TL)**	**Miktar**	**Miktar**	**Miktar**
1	01.507	Birinci sınıf usta	22	Ad.	45,00	1430	2860	4290
2	01.018	Sıcak demirci ustası	12	Ad.	45,00	780	1560	2340
3	01.017	Dülger ustası	2	Ad.	45,00	130	260	390
4	01.501	Düz işçi	10	Ad.	32,50	650	1300	1950
5	01.408	Yağcı	2	Ad.	33,00	130	260	390
6	01.409	Formen	2	Ad.	65,00	130	260	390

Tablo 4.13 Kalıp, donatı ve beton metrajları

E.	**Ahşap Kalıp (Kiriş ve Radye)**	**m²**	**381.9**	**643.1**	**904.3**
F.	**Betonarme Çeliği (Ø8- Ø12)**	**ton**	**69.6**	**125.0**	**179.4**
G.	**Betonarme Çeliği (Ø14- Ø28)**	**ton**	**88.4**	**104.4**	**122.7**
H.	**C30 Beton**	**m³**	**1987.2**	**2981.8**	**3977.5**

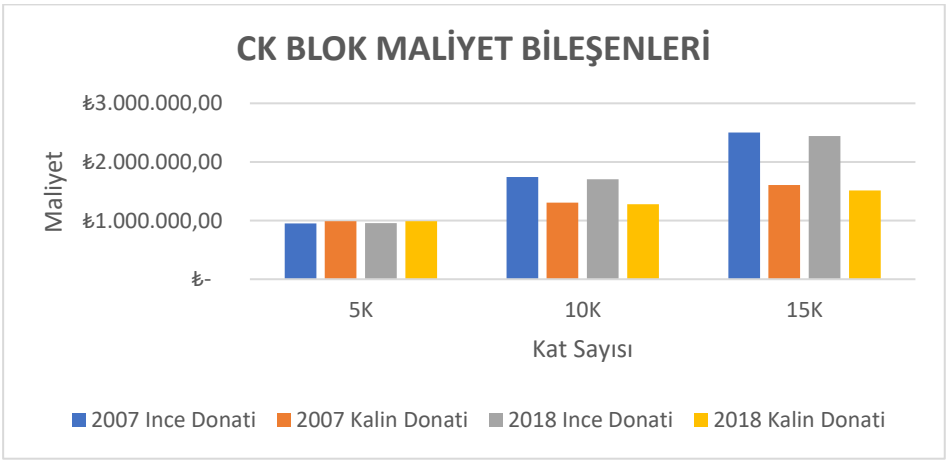
Yukarıdaki analizlere göre yapılan fiyat kıyaslaması sonuçları aşağıda özet olarak verilmiştir.



Şekil 4.29 BK blok maliyet bileşenleri

Tablo 4.14 BK blok maliyetleri (TL)

	KAT	Beton Maliyeti	Fark	İnce Donatı	Fark	Kalın Donatı	Fark	Kalıp	Fark	TOPLAM
TDY 2007	5K	1.163.271,88		710.058,18		871.623,63		520.404,37		3.265.358,06
	10K	1.745.497,91	50%	1.276.080,79	80%	1.028.614,62	18%	939.605,52	81%	4.989.798,84
	15K	2.328.398,81	33%	1.830.860,08	43%	1.209.820,98	18%	1.361.186,98	45%	6.730.266,85
	KAT	Beton Maliyeti	Fark	İnce Donatı	Fark	Kalın Donatı	Fark	Kalıp	Fark	TOPLAM
TBDY 2018	5K	1.163.271,88		711.251,66		875.310,45		520.404,37		3.270.238,36
	10K	1.745.497,91	50%	1.224.850,86	72%	1.040.396,50	19%	939.605,52	81%	4.950.350,79
	15K	2.328.398,81	33%	1.744.424,11	42%	1.263.441,20	21%	1.361.186,98	45%	6.697.451,10



Şekil 4.30 CK blok maliyet bileşenleri

Tablo 4.15 CK blok maliyetleri (TL)

	KAT	Beton Maliyeti	Fark	İnce Donatı	Fark	Kalın Donatı	Fark	Kalıp	Fark	TOPLAM
TDY 2007	5K	1.572.077,44		953.239,13		987.574,15		650.763,11		4.163.653,83
	10K	2.387.687,24	52%	1.743.696,06	83%	1.308.165,16	32%	1.181.729,29	82%	6.621.277,75
	15K	3.200.976,56	34%	2.500.625,80	43%	1.608.819,38	23%	1.712.695,47	45%	9.023.117,21
	KAT	Beton Maliyeti	Fark	İnce Donatı	Fark	Kalın Donatı	Fark	Kalıp	Fark	TOPLAM
TBDY 2018	5K	1.572.077,44		955.233,80		986.975,75		650.763,11		4.165.050,10
	10K	2.387.687,24	52%	1.702.432,86	78%	1.276.493,03	29%	1.181.729,29	82%	6.548.342,42
	15K	3.200.976,56	34%	2.440.921,82	43%	1.514.404,71	19%	1.712.695,47	45%	8.868.998,56

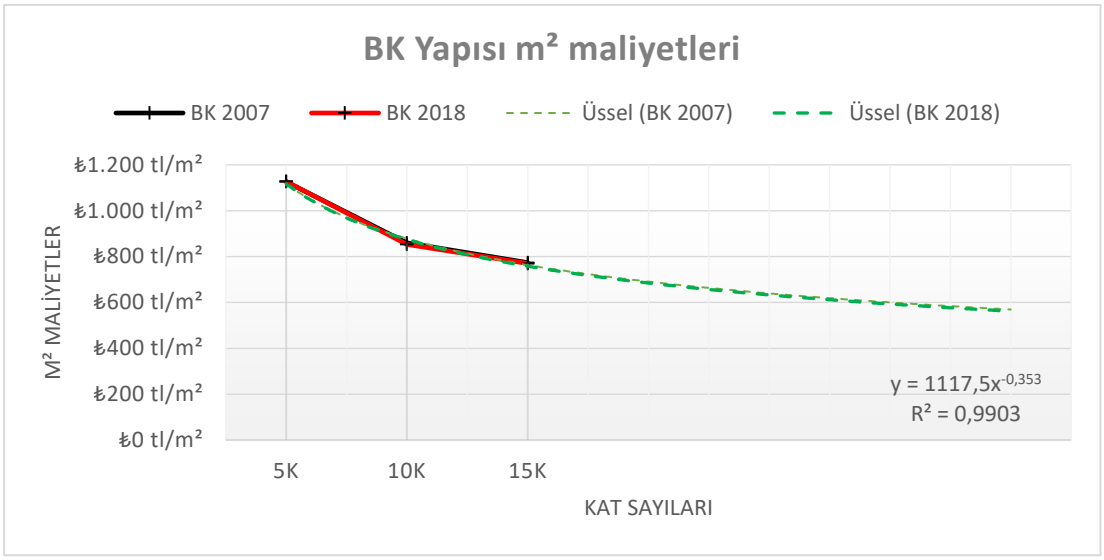
Tüm maliyet bileşenleri göz önüne alınarak BK ve CK tipi yapılara ait toplam maliyet bulunmuş sonrasında ise m^2 bazında fiyat elde edilerek buna ait değerler tabloda sunulmuştur. Kat sayısı arttıkça tünel kalıbın diğer katlarda tekrar kullanılmasından ötürü m^2'ye düşen maliyet azalmış ve tabloda görüleceği üzere bir eğri elde edilmiştir. Bu eğrinin "Curve Fitting" analizi ile elde edilen olası değerleri "Üssel 2007" ve "Üssel 2018" olarak tabloya işlenmiştir. Buradaki amaç kat sayısına bağlı m^2 maliyeti hesaplamasında ileriye yönelik yol gösterici bir değer ortaya koyabilmektir.

Tablo 4.16 BK birim maliyet tablosu (m^2/TL)

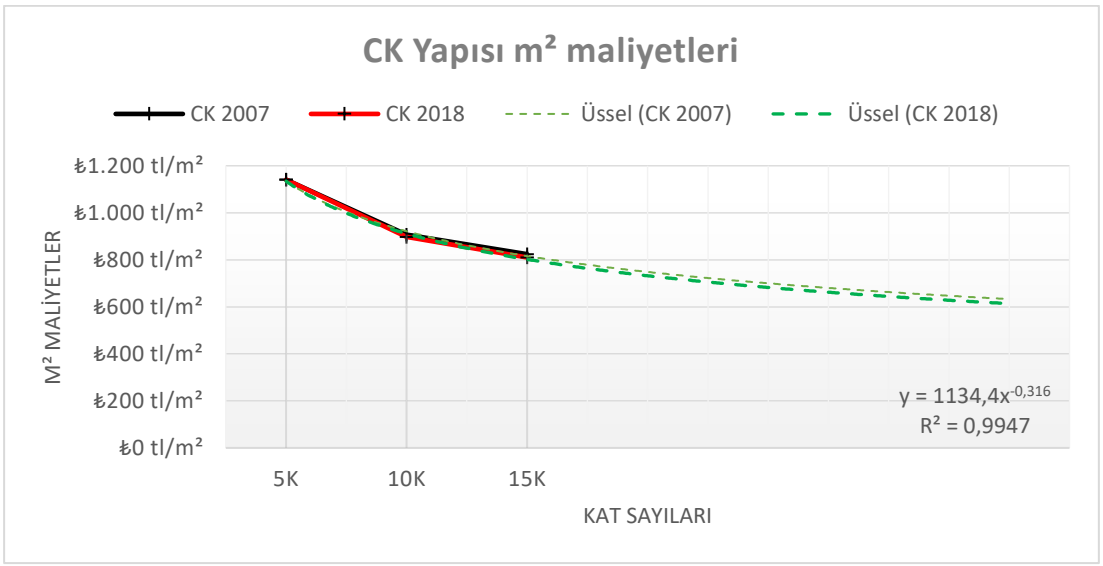
		Kat	Toplam Maliyet (TL)	Toplam m^2	Birim Maliyet (m^2/TL)
BK	2007	5	3.265.358,06	2900	1125,99
		10	4.989.798,84	5800	860,31
		15	6.730.266,85	8700	773,59
		Kat	Toplam Maliyet (TL)	Toplam m^2	Birim Maliyet (m^2/TL)
	2018	5	3.270.238,36	2900	1127,67
		10	4.950.350,79	5800	853,51
		15	6.697.451,10	8700	769,82

Tablo 4.17 CK birim maliyet tablosu (m^2/TL)

		Kat	Toplam Maliyet (TL)	Toplam m^2	Birim Maliyet (m^2/TL)
CK	2007	5	4.163.653,83	3650	1140,73
		10	6.621.277,75	7300	907,02
		15	9.023.117,21	10950	824,03
		Kat	Toplam Maliyet (TL)	Toplam m^2	Birim Maliyet (m^2/TL)
	2018	5	4.165.050,10	3650	1141,11
		10	6.548.342,42	7300	897,03
		15	8.868.998,56	10950	809,95



Şekil 4.31 BK yapısı m² maliyetleri



Şekil 4.32 CK yapısı m² maliyetleri

Elde edilen formül ile yapılan hesaplamalarda kat sayısı arttıkça birim m^2 başına düşen maliyetin azaldığı görülmektedir. Formülün logaritmik olması sebebiyle kat sayısı arttıkça m^2 başına elde edilen kar gittikçe azalmakta ve bir noktadan sonra oldukça düşmektedir. Ampirik formül yardımıyla elde edilen BK ve CK tipi binaların m^2 başına düşen birim maliyetleri tablosunda bu durum aşağıdaki tabloda oldukça net görülmektedir.

Tablo 4.18 Yapı kat sayısına bağlı olarak değişen m^2 birim maliyeti

Kat Sayısı	m^2 Fiyatı (TL)			
	BK Tipi Bina	**Fark**	**CK Tipi Bina**	**Fark**
1	1607,62		1473,15	
5	1085,50	522,12	1055,74	417,41
10	916,62	168,88	914,64	141,10
15	830,27	86,35	841,01	73,63
20	773,97	56,29	792,37	48,63
25	732,96	41,01	756,60	35,77
30	701,08	31,89	728,60	28,00
35	675,20	25,87	705,70	22,91
40	653,54	21,66	686,45	19,24
45	635,03	18,51	669,93	16,53
50	618,91	16,13	655,49	14,44
…	…	…	…	…
…	…	…	…	…
…	…	…	…	…
98	525,21	1,35	570,52	1,49
99	523,91	1,28	569,06	1,46
100	522,63	1,28	567,86	1,21

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada tünel kalıp sistemlerinin kullanılması ile yapılan binalarda kat yüksekliğinin veya kat adedinin yönetmeliklerin değişimleri ile yapı maliyeti ile dayanımına olan etkileri araştırılmıştır. Bu çalışmada yer alan BK bloğu daha simetrik ve düzenli bir yapıda olup, CK bloğu ise daha düzensiz ve asimetrik bir yapıya sahiptir.

5.1 TDY 2007'den TBDY 2018 Yönetmeliğine Geçişin ve Bina Yüksekliğinin Doğurduğu Sonuçlar

2007 Deprem Yönetmeliği ile 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğini kıyasladığımızda 2007 Deprem Yönetmeliğinin bazı parametrelerinin daha güvensiz sonuçlar doğurduğu, bu parametrelerin 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğinde daha ayrıntılı çalışmalar ve tablolar ile daha verimli ve optimize edilmiş sonuçlar verdiği görülmektedir.

5.1.1 Dayanım açısından sonuçlar

Çalışma kapsamında belirlenmiş olan yeni haritalar, yeni hesap parametreleri ile yapı yüksekliğindeki değişiklikler 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğinde 2007 Deprem Yönetmeliğine göre daha gerçekçi sonuçlar vermektedir. 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği kullanılarak aşağıdaki değişimler elde edilmiştir.

- Binanın hâkim doğal titreşim periyodu; yapılan analizler sonucu, plan yapısı düzenli olan binalarda 5 kat için %6,5, 10 kat için %7,5, 15 kat için %6,6, 20 kat için %6,2, 25 kat için %6,5, 30 kat için %6,6 artmıştır. Daha düzensiz binalarda ise bu oran 5 kat için %6,9, 10 kat için %5,7, 15 kat için %2,2, 20 kat için %4,0, 25 kat için %6,1, 30 kat için %8,0 oranında artmıştır.
- Katlara gelen yatay deprem yükleri yeni yönetmelik ile yapılan analizlerde eskiye kıyasla, düzenli yapılarda 5 kat için %2,1 artmış, 10 kat için %21,8 ve 15 kat için %12,2 oranında azalmıştır. Daha düzensiz yapılarda ise 5 kat için %18,8 artmış, 10 katlı yapıda %11,4 ve 15 katlı yapıda %10,5 oranında azalmıştır.
- Kat deplasmanları ise kuvvetlere bağlı olarak, düzenli yapılarda 5 kat için %69,7 artmış, 10 katlı yapılar için %15,1, 15 katlı yapılar için %22,9 azalmıştır. Daha

düzensiz olan CK yapısında ise 5 kat için %62,5 artmış, 10 katlı yapı için %7,5 ve 15 katlı yapı için %20,3 azalmıştır.

- Ardışık iki kat arasındaki yer değiştirme farkını ifade eden azaltılmış kat ötelemesine bakılırsa; düzenli yapılarda 5 kat için %58,3, 10 katlı yapılar için %75 ve 15 katlı yapılar için %75 azalmıştır. Daha düzensiz olan CK yapısında ise 5 kat için %50, 10 katlı yapı için %66,7, 15 katlı yapı için %73,3 azalmıştır.
- Özellikle katlara gelen kat kesme kuvvetleri ve her bir kattaki kat deplasmanları dikkate alınacak olursa, nispeten düşük kat sayılabilecek 5 katlı bina için TBDY 2018 yönetmeliği daha rijit bir tasarıma yönlendirmekte, kat sayısı arttığında ise yapı bu rijitliğini azaltarak deprem etkisi ve yanal kuvvetlere daha az maruz kalmaktadır. Rijitlik yönünden bu azalma, daha esnek bir tasarım yapısı ortaya çıkarmakta ve diğer sonuçlarda da görüleceği üzere yapının daha az yüke maruz kaldığı düşünüldüğünden donatı miktarında azalma ortaya çıkmaktadır.
- Katlara göre gerekli donatı oranı ve eksenel yük analizini yapabilmek için rastgele seçilmiş olan P026 ve P024 isimli perdelerinin sonuçları incelediğinde 2018 yönetmeliği ile inşa edilen binaya ait perdelerde eksenel yük miktarının 2007 yönetmeliğine göre inşa edilen binadan daha az olduğu, bu sonuca paralel şekilde de 2018 binasının gerekli donatı alanının daha az olduğu görülmektedir. Her iki yapı tipinde ve her katta benzer veriler elde edildiğinden 2018 yönetmeliği ile inşa edilecek binanın donatı miktarının daha düşük olacağı sonucuna varılmıştır.
- Dayanım açısından etkilere bakılacak olursa, hâkim bina periyodu ve zemin periyodu ve yer hareketi en etkili faktörlerdir. Tüm bu parametreler 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğinin yürürlüğe girmesi ile birlikte yeniden ve daha ayrıntılı çalışıldığı için bu farklar ortaya çıkmaktadır. Binaların S şeklini almasının sebebi de yapı yüksekliği arttıkça artan hâkim bina periyodu ve binanın bir bütün olarak daha esnek davranabilmesinden kaynaklıdır. TDY 2007'de bunu net olarak görememizin sebebi ise, seçilen konumun ve bina periyodlarının neticesinde daha rijit bir tasarıma yönlendirmesi, bu sayede yapının bir bütün olarak hareket kabiliyetinin azalmasından kaynaklıdır.
- Yapılan çalışma neticesinde yapı yüksekliği arttıkça "S" formunun daha belirgin olduğu gözlemlenmiş, bunun da sebebinin yapının yüksekliğinin artmasıyla beraber daha yüksek mod etkilerinin belirgin hale geldiği sonucuna varılmıştır.

- 2007 yönetmeliği ile yapılan lineer ve non-lineer itme analizinde her iki tip yapıda da benzer sonuçlar alınırken 2018 yönetmeliği ile yapılan analizlerde non-lineer analizin nispeten daha fazla yer değiştirmesi yaptığı görülmüş ve bu da söz konusu yönetmeliğin malzemenin doğal davranışına daha uygun sonuç verdiği elde edilmiştir.

5.1.2 Maliyet açısından sonuçlar

2007 Deprem Yönetmeliği ve 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine göre yapılmış olan analizlerin neticesinde elde edilen donatı farklılıklarından, toplam yapı maliyetlerine kadar fark elde edilmiştir.

- TBDY 2018 ile yapılan analizlerde TDY 2007'ye göre daha düzenli ve simetrik yapıda olan BK bloğunda 5 katlı binalarda toplam maliyette %0,31 oranında bir artış, 10 katlı yapılarda %1,72 ve 15 katlı yapılarda %1,05 oranında düşüş elde edilmiştir. Daha az düzenli olan CK yapısında ise 5 katlı binalarda toplam maliyette %0,07 oranında bir artış, 10 katlı yapılarda %2,45 ve 15 katlı yapılarda %3,91 oranında düşüş elde edilmiştir. Bu neticeler yorumlanacak olursa, TBDY 2018 ile kat sayısına ve planına bağlı olarak düşük katlı yapılarda %1'in altında ek maliyet, kat sayısı arttıkça da küçük bir oranda tasarruf sağlamaktadır.
- Katsayısına bağlı maliyet değişimleri incelendiğinde ise TBDY 2018'e göre yapılan analizlerde düzenli olan BK tipi yapıda 10 katlı binanın 5 katlı binaya göre toplam maliyeti %51, 15 katlı binanın 5 katlı binaya göre toplam maliyeti %105 oranında fazladır. BK tipi yapıya göre nispeten daha az düzenli olan CK tipi yapıda 10 katlı binanın 5 katlı binaya göre toplam maliyeti %57, 15 katlı binanın 5 katlı binaya göre toplam maliyeti %113 oranında fazladır. Bu sonuçlara göre yaklaşık olarak iki adet 5 katlı bina yapmanın maliyeti bir adet 15 katlı bina maliyetine denk gelmektedir.
- Her iki binanın da metrekare maliyetlerine bakılacak olunursa BK tipi için 10 katlı yapıların metrekare maliyetleri 5 katlı yapılara oranla %17,4, 15 katlı yapıların metrekare maliyetleri 5 katlı yapılara oranla %23,2 daha azdır. Daha az düzenli olan CK tipi yapıda ise 10 katlı yapıların metrekare maliyetleri 5 katlı yapılara oranla %14,2, 15 katlı yapıların metrekare maliyetleri 5 katlı yapılara oranla %20,1 daha azdır.

- Bu konu ile ilgili yapılan "Curve Fitting" analizi sonucu elde edilen m² maliyeti denklemi aşağıdaki gibidir;

BK tipi yapı için;

$$y_{BK} = 1117{,}5\,.\,x^{-0{,}353} \quad (5.1)$$

CK tipi yapı için;

$$y_{CK} = 1134{,}4.\,x^{-0{,}316} \quad (5.2)$$

Burada *y*, m² maliyetini, *x* ise kat sayısını ifade etmektedir. Söz konusu ampirik formül yardımıyla, BK ve CK tipi yapıların inşa edilecek kat yüksekliğine bağlı olarak değişecek olan m^2 maliyeti yaklaşık olarak tahmin edilebileceği, dolayısıyla her yapı tipine bağlı bir ampirik formül üretilerek planlama konusunda yardımcı olabileceği sonucuna varılmıştır.

- Hem Yaşam Döngüsü Maliyeti (LCC) hem de Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (LCA) modelleri kullanılarak inşa edilen, çağdaş olarak nitelendirilen tünel kalıplı binalar üzerine yapılan karşılaştırmalı araştırmalar, sürdürülebilir tasarımlar için en uygun ekonomik ve çevresel çözümlerin bir arada, bütünsel olarak belirlenmesi açısından önem taşımaktadır.

- Yapılan bu çalışma neticesinde tünel kalıp sistem kullanılarak yapılacak olan yapıların yapı yüksekliği-maliyet veya kat adedi-maliyet ilişkilerini daha iyi değerlendirmesi amacıyla bir öngörüde bulunulması sağlanabilir. Tünel kalıp sistemlerin kullanılarak yüksek yapıların elde edilmesi ve elde edilen bu yüksek yapıların da maliyet analizlerinin daha sağlıklı yapılması ve optimum maliyet elde edilmesi için bu çalışma olumlu bir etki oluşturabilir.

5.2 Öneriler

Bu çalışma ile tünel kalıp sistemleri ile yapılan edilen binalarda, bir önceki ve güncel deprem yönetmeliklerinin ve kat sayısının maliyet ve deprem etkileri ve sismik

aktiviteler karşısındaki dayanım açısından ne gibi etkilerinin olduğu araştırılmıştır. Bu çalışmaya ilave olarak 20, 30, 40 ve 50 kat sayılı yapıların analizleri de yapılarak çok yüksek binalarda maliyet ve dayanım nasıl etkileniyor sorusunun cevabı aranabilir.

Ayrıca, bu çalışma eski deprem yönetmeliğinde Z3'e karşılık gelen, yeni deprem yönetmeliğinde ZC olarak sınıflandırılan zemin sınıfına ilaven, diğer zemin sınıfları ile analizler yapılarak sonuçlar kıyaslanmalıdır. Yeterli veri elde edildikten sonra yapılan çalışmalarda bölgesel olarak, yapılması planlanan binalar için optimum yapı hâkim periyodu ve optimum tasarım çalışması yapılabilir.

Çalışmanın kapsamı farklı tipteki binaların farklı maliyet unsurlarının da göz önüne alınarak yapıya özel ampirik formüllerinin çıkarılması konusunda genişletilebilir. Benzer şekilde tünel kalıp yerine konvensiyonel kalıp için de çalışma yapılarak bu tür bir kalıp sistemi için maliyet ve dayanım çalışmalarının kıyaslamaları yapılabilir.

Diğer bir çalışma önerisi ise günümüzdeki en önemli gündem konularından biri olan yapay zekanın araştırma konusuna dahil edilmesiyle, sisteme girilecek yapıya ve diğer unsurlara ait bilgilerin değerlendirilmesi sonucunda hangi tip kalıp sisteminin, hangi kata kadar optimum mali fayda sağlayacağının algoritmik yöntemler ile belirlenmesi olabilir.

Bu çalışmada elde edilen tünel kalıp sistemi kullanılarak inşası yapılan yapıların verilerinin literatürde yer alan farklı maliyet analizi yöntemleri kullanılarak (Monte Carlo, YSA vb.) incelenmesi ve bu çalışmada elde edilen veriler ile karşılaştırılarak yorumlanması çalışmaların daha doğru yöntemlerle yapılması anlamında rehber niteliği taşıyabilir. Ayrıca çalışmada tasarlanan yapıların özellikleri arasında da çoklu regresyon analizleri yapılarak sonuçlar değerlendirilebilir.

Çalışma kapsamında kullanılan ve tasarımı yapılan fiziksel özellikleri ile geometrik özellikleri birbirinden farklı olan yapıların kapsamı genişletilerek farklı özelliklerdeki yapılar için de bu çalışma genişletilebilir. Çalışma konusu yapılar daha sonraki çalışmalarda özel yapılar anlamında da yapılabilir.

KAYNAKLAR

Abdullah, A. H., Hassan, M., Bakri, M. ve Rahman, I. A. (2009). Comparing the sustainability aspects of construction between conventional and ibs formwork systems. *International Engineering Convention*.

Alataş, Z, M. (2002). Tünel kalıp sistemi ile yapılan betonarme perdeli yapıların deprem davranışların çerçeveli, perde-çerçeveli yapılarla karşılaştırılması (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü: Konya.

Altunışık, A. C. (2019). Türkiye bina deprem yönetmeliği. *(TBDY-2018) Eğitim Semineri*, 2 Mayıs 2019, Trabzon, Türkiye.

Altan, M. ve Aydoğan, M. (1995). Kalıp projelerinde göz önüne alınması gereken yükler. *Türkiye Mühendislik Haberleri Dergisi*, 378, 24-28.

Amini, A. E. (2016). Çok Katlı yapılarda tünel kalıp sistemlerinin konvansiyonel sistemle zaman açısından karşılaştırılması (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). İstanbul Aydın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü: İstanbul.

Ankara Büyükşehir Belediye Başkanlığı İmar ve Şehircilik Dairesi Başkanlığı. (2010). *Ankara Büyükşehir Belediyesi İmar Yönetmeliği ve İlgili Mevzuat*.

Ashworth, A. (2004). *Cost Studies of Buildings* (4. Baskı). Upper Saddle River: Pearson Education Limited.

Balkabak, İ. (1998). Tünel kalıp sistemler (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü: Isparta.

Balkaya, C. ve Kalkan, E. (2003). Nonlinear seismic response evaluation of tunnel form building structures. *Computers and Structures, 81*(3), 153-165. doi: 10.1016/S0045-7949(02)00434-0

Bathurst, P. E. and Butler, D. A. (1980). *Building Cost Control Techniques and Economics* (2. Baskı). London: William Heinemann Ltd.

Bayındırlık ve İskan Bakanlığı. (2007). *Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik*.

Blackman, I. Q. and Picken, D. H. (2010). Height and construction costs of residential high-rise buildings in Shanghai. *Journal of Construction Engineering and Management*, 136(11), 1169-1180. doi: 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000226

Bostancıoğlu, E. (1999). Konut binalarının ön tasarımı evresinde maliyeti etkileyen faktörler ve faktörlere dayalı bir maliyet tahmin yöntemi (Yayımlanmamış doktora tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü: İstanbul.

Bostancıoğlu, E. (2006). Konut binalarının ön tasarımında bir maliyet tahmin modeli. *DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 8(3), 27-49.

Bulgu, N. N. (2007). Tünel kalıpla inşa edilen binaların deprem yükleri etkisindeki davranışının incelenmesi (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü: İstanbul.

Council on Tall Buildings and Urban Habitat Committee (1991). *Cast-in- place Concrete in tall Building Design and Costruction*. Mc Graw- Hill New York, INC.

CTBUH (2018). *Council on tall buildings and urban habitat 2018.* http://www.ctbuh.org/TallBuildings/tabid/485/language/enUS/Default.aspx (Erişim tarihi: 17 Nisan 2022).

Çelebioğlu, C, M. (2004). Tünel kalıp sistemine göre tasarlanan perdeli yapılar ve perdeli yapıların farklı modelleme yöntemleriyle çözümlenmesi (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü: İstanbul.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. (2018). *Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY 2018).*

Çıracı, M. (1996). *Konutlarda Maliyet Tahmini için Bir Model*. T.C. Başbakanlık Toplu Konut İdaresi Başkanlığı.

De Jong, P. and Wamelink, H. (2008). Building Cost and eco-cost aspects of tall buildings, *CTBUH 8th World Congress Dubai*, 3-5.

Emporis (t.y.). http://www.emporis.com, (Erişim Tarihi: 22 Ocak 2022).

Elçi, H. ve Göker, H.A. (2018). Deprem yönetmeliklerinin (DBYBHY 2007 ve TBDY 2018) betonarme kolonların deprem performansı açısından karşılaştırılması. *International Journal of Scientific and Technological Research,* 4(6), 9-21.

Erbil, Y. ve Akıncıtürk, N. (2006). Tünel kalıp sistemiyle üretilen bir toplu konut örneğinin ısısal konfor koşulları açısından incelenmesi. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 11*(2), 53-63.

Ferry, D. J. (1970). *Cost Planning of Buildings* (2. Baskı). London: Crosby Lockwood & Son Limited.

Ferry, D. J. and Brandon, P. S. (1984). *Cost Planning of Buildings* (5. Baskı). London: Collins Professional and Technical Books .

Flanagan, R. and Norman, G. (1978). *The Relationship Between Construction and Heigh*t. New York: E.&F.N. Spon Ltd.

Güler, K. (2009). Tünel kalıp sistemiyle yapılan yapıların deprem süresince davranışların incelenmesi (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi), Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü: Kayseri.

Gültek, M. (1989). Türkiye ve uygulanmakta olan toplu konutlardaki kalıp teknolojileri ve tünel kalıp (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü: Ankara.

Gündüz, A. N. ve Hasgür, Z. (1996). *Betonarme Çok Katlı Yapılar*. İstanbul: Beta Basım Yayım Dağıtım.

Harmankaya, Z. Y. (2010). Türkiye'de uygulanan çok katlı yapı üretiminde kat adedi ve beton sınıfının kaba inşaat maliyetine etkisi (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü: Ankara.

Harmankaya, Z. Y. ve Tuna, M. E. (2011). Türkiye'de tünel kalıp ile uygulanan çok katlı yapı üretiminde kat adedi ve beton sınıfının maliyete etkileri. *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der., 26*(2), 427-433.

İlerisoy, Z. Y. ve Tuna, M. E. (2013). Construction costs of tunnel form buildings. *Journal of the Croatian Association of Civil Engineers, 2*, 135-141. doi: 10.14256/jce.854.2011

İnalpolat, Ç. (1996). Tünel kalıp sistemler ve izolasyon problemleri (ısı ve ses) (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü: Ankara.

İstanbul Büyükşehir Belediyesi İmar Müdürlüğü. (2008). *İstanbul Yüksek Binalar Deprem Yönetmeliği*. Boğaziçi Üniversitesi Deprem Mühendisliği Anabilim Dalı Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü.

İzmir Büyükşehir Belediyesi. (2013). *T.C. İzmir Büyükşehir Belediyesi Yüksek Yapılar Yönetmeliği*.

İnşaat Dünyası Dergisi (1995). *Kalıpta Ekonomi*, 60, 96-97.

Kasapoğlu, F. (2008). Tünel kalıp sistemlerle üretilen perdeli taşıyıcı sistemlerin, konvansiyonel sistemlerle karşılaştırılması (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü: Adana.

Katip, E. (2004). Tünel kalıp sistemiyle üretilen toplu konutlarda kullanım aşamasında ortaya çıkan sorunlar ve çözüm yaklaşımları (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü: İstanbul.

Kazaz, A. ve Soyçopur, B. (2009). Tünel kalıp maliyetleri ile geleneksel kalıp maliyetlerinin karşılaştırılması. TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, *5. Yapı İşletmesi/Yapım Yönetimi Kongresi,* 22-23 Ekim, 2009 (s. 291 – 298).

Kıncal, T. (2006). Tünel kalıpla inşa edilen yapıların tasarımı (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü: İstanbul.

Kirkham, R. (2007). *Ferry and Brandon'd Cost Planning of Buildings* (8. Baskı). Oxford: Blackwell Publishing.

Korur, S. (2004). Tünel kalıp sistemi uygulamalarında karşılaşılan teknik sorunlar ve üretilen çözümlerin irdelenmesi (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü: Konya.

MESA Ertf Modüler Tünel Kalıp Sistemleri. (t.y.). *Tünel kalıp sistemi.* http://www.mesaimalat.com/tr/ertf-moduler-tunel-kalip-sistemi. (Erişim tarihi: 28 Haziran 2021).

Mesa İmalat (1997). Kalıp Sistemler Tanıtım Broşürü. https://www.mesaimalat.com.tr/medya/kataloglar/ (Erişim: 17 Eylül 2022.)

Nasvik, J. (2003). *Building with tunnel*. www.outinordamericas.com, (Erişim tarihi: 5 Eylül 2019)

Newton, S. (1982). Cost modeling: A tentative specification. P. S. Brandon (Ed.), *Building Cost Techniques: New Directions* içinde (s. 192-209). E & FN Spon.

Özgen, A. ve Sev, A. (2000). *Çok Katlı Yüksek Yapılarda Taşıyıcı Sistemler*. İstanbul: Birsen Yayınevi.

Özkan, E. (2010). Çok katlı betonarme yapılarda kullanılan kalıp sistemleri. (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü: Eskişehir.

Özmen, B., Nurlu, M. ve Güler, H. (1997). *Coğrafi Bilgi Sistemi İle Deprem Bölgelerinin İncelenmesi*. T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü.

Picken, D. H. and Ilozor, B. D. (2003). Height and construction costs of buildings in Hong Kong, *Construction Management and Economics*, 21, 107–111. doi: 10.1080/0144619032000079671.

Öztürk, T. ve Bulgu, N. N. (2007). Tünel kalıpla inşa edilen çok katlı binaların deprem davranışının incelenmesi. *Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı* (s. 397 – 412), 16 - 20 Ekim, 2007. İstanbul.

Sarıçay, E. (2009). Tünel kalıpla inşa edilen binaların deprem yükleri etkisindeki davranışının incelenmesi (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü: İstanbul.

Sasidharan, A. and Aslam, M. (2015). Comparative study of tunnel form and framed buildings by dynamic analysis. *International Journal of Research in Advent Technology* (TASC- 15), 108-114.

Seeley, I. H. (1996). *Building Economics* (4. Baskı). Hampshire: Palgrave Macmillan.

Sezen, H. (2000). *Structural Engineering Reconnaissance of The August 17, 1999 Earthquake: Kocaeli (Izmit), Turkey,* (PEER Report 2000/09).

Sıngın, A. (2000). Tünel kalıp sistemi ile inşaat. *TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Ankara Şubesi Bülteni*, 13-21.

Steyert, R. D. (1972). *The Economics of High-rise Apartment Building of Alternate Design Configuration*. New York, USA: The Construction Research Council.

Sümer, Y. (2003). Deprem etkisindeki tünel kalıp sistemli yapılar için karşılaştırılmalı sistem analizi (Yayımlanmamış Yüksek lisans tezi). Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü: Sakarya.

Şenel, Ş. M. (2001). Tünel kalıp perde duvarlarının deprem davranışının deneysel olarak araştırılması (Yayımlanmamış doktora tezi). Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü: Denizli.

Şimşek, H. (2001). Çok katlı yapılarda tünel kalıp uygulaması ve bu yapıların projelendirilmesi (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü: İstanbul.

Tan, W. (1999). Construction cost and building height. *Construction Management and Economics*, 17, 129-132. doi: 10.1080/014461999371628.

Tepebaş, S. (2010). Tünel kalıp sistemlerinin geleneksel kalıp sistemleri ile maliyet açısından uygulamalı karşılaştırılması (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü: Sakarya.

TMMOB-İnşaat Mühendisleri Odası (1997). *Yapı Malzemeleri El Kitabı*. Ankara: Arman Matbaacılık.

Tregenza, P. (1972). Association between building height and cost. *The Architects Journal Information Library, 156*(44), 1031-1032.

Tunc, G. ve Tanfener, T. (2016). 2007 ve 2016 Türkiye bina deprem yönetmeliklerinin örneklerle mukayesesi. *3rd National Structures Congress*, Ankara.

Türkel, E. B. (2016). Tünel kalIp sistemi kullanılan betonarme yüksek yapılarda bina özellikleri ile maliyet arasındaki ilişkiler (Yayımlanmamış doktora tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü: İstanbul.

Türken, H., Yılmaz, Ü. S. ve Erkan, İ. H. (2011). Tünel kalıp sistemlerin geleneksel sistemlerle karşılaştırılması. *e-Journal of New World Sciences Academy, 6*(4), 1016-1032.

Uğur, L. O., Akbıyıklı, R., Diriklik, A. M. ve Ayyıldız, M. A. (2017). Tünel kalıp sitemlerinin geleneksel kalıp sistem maliyeti ile karşılaştırılması. *Uluslararası Katılımlı 7. İnşaat Yönetimi Kongresi*, Samsun, Türkiye.

Warszawski, A. (2003). Analysis of costs and benefits of tall buildings, Journal of Construction Engineering and Management. *ASCE, 129*(4), 421-430. doi: 10.1061/(asce)0733-9364(2003)129:4(421)

EKLER

Ek 1: Tablolar

Tablo 1.A BK Yatay deprem yükü X yönü (tf)

BK Yatay Deprem Yükü X Yönü (tf)											
Kat	TBDY 2018	TDY 2007	Değişim (%)	Kat	TBDY 2018	TDY 2007	Değişim (%)	Kat	TBDY 2018	TDY 2007	Değişim (%)
Z	20,21	20,41	-1,0	Z	14,10	10,80	30,6	Z	11,70	7,80	50,0
1	36,68	35,90	2,2	1	23,30	20,70	12,6	1	19,40	12,30	57,7
2	47,15	50,19	-6,1	2	26,30	29,70	-11,4	2	22,50	17,20	30,8
3	62,71	67,23	-6,7	3	24,70	28,50	-13,3	3	22,20	21,40	3,7
4	90,72	92,98	-2,4	4	21,00	47,20	-55,5	4	20,00	24,70	-19,0
5	131,07	128,37	2,1	5	17,80	56,10	-68,3	5	16,90	27,60	-38,8
				6	18,00	65,60	-72,6	6	13,20	30,20	-56,3
				7	24,50	76,30	-67,9	7	9,40	32,90	-71,4
				8	40,20	89,40	-55,0	8	6,70	36,10	-81,4
				9	67,30	107,40	-37,3	9	5,70	39,70	-85,6
				10	102,80	131,40	-21,8	10	6,80	44,10	-84,6
								11	10,90	50,00	-78,2
								12	19,60	57,30	-65,8
								13	35,20	67,40	-47,8
								14	59,20	82,20	-28,0
								15	89,10	101,50	-12,2

Tablo 1.B BK Yatay deprem yükü Y yönü (tf)

BK Yatay Deprem Yükü Y Yönü (tf)											
Kat	TBDY 2018	TDY 2007	Değişim (%)	Kat	TBDY 2018	TDY 2007	Değişim (%)	Kat	TBDY 2018	TDY 2007	Değişim (%)
Z	22,30	20,50	8,8	Z	14,20	12,30	15,4	Z	11,60	9,60	20,8
1	40,00	36,50	9,6	1	23,90	22,50	6,2	1	19,30	13,50	43,0
2	55,30	52,40	5,5	2	28,60	31,40	-8,9	2	23,20	19,20	20,8
3	74,50	69,90	6,6	3	29,10	40,40	-28,0	3	23,90	24,00	-0,4
4	103,00	93,90	9,7	4	27,60	49,30	-44,0	4	22,50	28,70	-21,6
5	139,60	123,30	13,2	5	26,60	58,60	-54,6	5	19,80	33,30	-40,5
				6	29,10	68,80	-57,7	6	16,50	37,30	-55,8
				7	37,80	80,10	-52,8	7	13,50	41,00	-67,1
				8	54,80	93,70	-41,5	8	11,50	45,20	-74,6
				9	80,90	110,50	-26,8	9	11,10	50,00	-77,8
				10	112,80	130,30	-13,4	10	13,20	55,70	-76,3
								11	18,70	62,80	-70,2
								12	28,90	71,70	-59,7
								13	45,40	82,60	-45,0
								14	68,50	95,00	-27,9
								15	95,80	108,90	-12,0

Tablo 1.C CK Yatay deprem yükü X yönü (tf)

CK Yatay Deprem Yükü X Yönü (tf)											
Kat	TBDY 2018	TDY 2007	Değişim (%)	Kat	TBDY 2018	TDY 2007	Değişim (%)	Kat	TBDY 2018	TDY 2007	Değişim (%)
Z	31,11	27,52	13,0	Z	20,00	18,20	9,9	Z	16,60	13,30	24,8
1	55,05	51,07	7,8	1	33,60	29,10	15,5	1	27,80	20,20	37,6
2	74,11	74,49	-0,5	2	29,40	42,30	-30,5	2	33,00	26,00	26,9
3	98,78	98,30	0,5	3	39,00	55,90	-30,2	3	33,30	32,70	1,8
4	137,40	126,49	8,6	4	36,00	68,00	-47,1	4	30,60	39,70	-22,9
5	187,17	157,61	18,8	5	34,00	79,80	-57,4	5	26,40	45,80	-42,4
				6	37,20	93,10	-60,0	6	21,80	51,30	-57,5
				7	49,10	109,00	-55,0	7	17,60	56,60	-68,9
				8	72,60	127,80	-43,2	8	14,60	62,40	-76,6
				9	108,30	148,50	-27,1	9	13,80	69,20	-80,1
				10	151,20	170,60	-11,4	10	16,30	77,00	-78,8
								11	23,70	86,50	-72,6
								12	37,80	98,30	-61,5
								13	60,90	112,40	-45,8
								14	93,10	128,40	-27,5
								15	130,30	145,60	-10,5

Tablo 1.D CK Yatay deprem yükü Y yönü (tf)

CK Yatay Deprem Yükü Y Yönü (tf)											
Kat	TBDY 2018	TDY 2007	Değişim (%)	Kat	TBDY 2018	TDY 2007	Değişim (%)	Kat	TBDY 2018	TDY 2007	Değişim (%)
Z	28,70	27,90	2,9	Z	19,70	16,70	18,0	Z	16,70	12,50	33,6
1	49,80	46,40	7,3	1	32,40	28,20	14,9	1	27,70	18,10	53,0
2	64,80	69,60	-6,9	2	36,50	41,10	-11,2	2	32,40	23,60	37,3
3	85,90	96,80	-11,3	3	34,10	53,30	-36,0	3	32,30	29,40	9,9
4	123,70	129,50	-4,5	4	28,70	64,80	-55,7	4	29,30	34,10	-14,1
5	175,70	167,50	4,9	5	24,10	76,80	-68,6	5	24,20	37,70	-35,8
				6	24,80	90,30	-72,5	6	18,10	41,00	-55,9
				7	34,40	106,30	-67,6	7	11,90	44,30	-73,1
				8	56,40	125,70	-55,1	8	7,30	48,10	-84,8
				9	92,80	148,60	-37,6	9	5,50	53,00	-89,6
				10	138,30	175,40	-21,2	10	7,30	59,50	-87,7
								11	13,90	68,00	-79,6
								12	27,20	79,40	-65,7
								13	49,30	94,50	-47,8
								14	81,70	112,70	-27,5
								15	120,50	134,20	-10,2

Tablo 1.E BK Kat yer değiştirme miktarı X yönü (mm)

BK Kat Yer Değiştirme Miktarı X Yönü (mm)											
Kat	TBDY 2018	TDY 2007	Değişim (%)	Kat	TBDY 2018	TDY 2007	Değişim (%)	Kat	TBDY 2018	TDY 2007	Değişim (%)
Z	0,71	0,46	54,3	Z	0,80	1,10	-27,3	Z	0,90	1,40	-35,7
1	1,62	0,95	70,5	1	1,90	2,60	-26,9	1	2,00	3,10	-35,5
2	2,65	1,62	63,6	2	3,20	4,10	-22,0	2	3,40	4,90	-30,6
3	3,74	2,23	67,7	3	4,60	5,80	-20,7	3	4,90	7,00	-30,0
4	4,81	2,84	69,4	4	6,10	7,60	-19,7	4	6,60	9,20	-28,3
5	5,82	3,43	69,7	5	7,70	9,40	-18,1	5	8,30	11,50	-27,8
				6	9,20	11,20	-17,9	6	10,10	13,90	-27,3
				7	10,80	13,00	-16,9	7	11,90	16,30	-27,0
				8	12,30	14,60	-15,8	8	13,80	18,60	-25,8
				9	13,70	16,30	-16,0	9	15,60	20,90	-25,4
				10	15,20	17,90	-15,1	10	17,40	23,20	-25,0
								11	19,20	24,90	-22,9
								12	20,90	27,50	-24,0
								13	22,60	29,60	-23,6
								14	24,30	31,60	-23,1
								15	25,90	33,60	-22,9

Tablo 1.F BK Kat yer değiştirme miktarı Y yönü (mm)

BK Kat Yer Değiştirme Miktarı Y Yönü (mm)											
Kat	TBDY 2018	TDY 2007	Değişim (%)	Kat	TBDY 2018	TDY 2007	Değişim (%)	Kat	TBDY 2018	TDY 2007	Değişim (%)
Z	0,55	0,33	66,7	Z	0,70	0,90	-22,2	Z	0,80	1,20	-33,3
1	1,19	0,69	72,5	1	1,60	1,70	-5,9	1	1,70	2,40	-29,2
2	1,90	1,08	75,9	2	2,60	2,80	-7,1	2	2,80	3,90	-28,2
3	2,63	1,47	78,9	3	3,70	3,90	-5,1	3	4,00	5,40	-25,9
4	3,35	1,85	81,1	4	4,90	5,00	-2,0	4	5,30	7,00	-24,3
5	4,03	2,17	85,7	5	6,10	6,20	-1,6	5	6,60	8,70	-24,1
				6	7,30	7,30	0,0	6	8,00	10,40	-23,1
				7	8,50	8,50	0,0	7	9,40	12,20	-23,0
				8	9,70	9,60	1,0	8	10,80	13,90	-22,3
				9	10,80	10,60	1,9	9	12,20	15,60	-21,8
				10	11,90	11,60	2,6	10	13,60	17,30	-21,4
								11	15,00	18,90	-20,6
								12	16,30	20,05	-18,7
								13	17,60	22,00	-20,0
								14	18,90	23,50	-19,6
								15	20,10	24,90	-19,3

Tablo 1.G CK Kat yer değiştirme miktarı X yönü (mm)

CK Kat Yer Değiştirme Miktarı X Yönü (mm)											
Kat	TBDY 2018	TDY 2007	Değişim (%)	Kat	TBDY 2018	TDY 2007	Değişim (%)	Kat	TBDY 2018	TDY 2007	Değişim (%)
Z	0,60	0,39	53,8	Z	0,80	0,90	-11,1	Z	0,90	1,30	-30,8
1	1,30	0,84	54,8	1	1,70	2,00	-15,0	1	1,80	2,70	-33,3
2	2,03	1,31	55,0	2	2,80	3,10	-9,7	2	3,00	4,20	-28,6
3	2,79	1,77	57,6	3	3,90	4,30	-9,3	3	4,10	5,90	-30,5
4	3,53	2,21	59,7	4	5,10	5,60	-8,9	4	5,40	7,60	-28,9
5	4,21	2,59	62,5	5	6,30	6,80	-7,4	5	6,80	9,40	-27,7
				6	7,60	8,10	-6,2	6	8,20	11,20	-26,8
				7	8,90	9,30	-4,3	7	9,60	13,10	-26,7
				8	10,10	10,50	-3,8	8	11,10	14,90	-25,5
				9	11,20	11,60	-3,4	9	12,50	16,70	-25,1
				10	12,40	13,40	-7,5	10	13,90	18,50	-24,9
								11	15,30	20,20	-24,3
								12	16,70	21,90	-23,7
								13	18,10	23,50	-23,0
								14	19,40	25,00	-22,4
								15	20,80	26,10	-20,3

Tablo 1.H CK Kat yer değiştirme miktarı Y yönü (mm)

CK Kat Yer Değiştirme Miktarı Y Yönü (mm)											
Kat	TBDY 2018	TDY 2007	Değişim (%)	Kat	TBDY 2018	TDY 2007	Değişim (%)	Kat	TBDY 2018	TDY 2007	Değişim (%)
Z	0,85	0,48	77,1	Z	1,10	1,20	-8,3	Z	1,20	1,50	-20,0
1	1,89	0,94	101,1	1	2,40	2,50	-4,0	1	2,60	3,00	-13,3
2	3,05	1,57	94,3	2	4,00	4,00	0,0	2	4,30	4,70	-8,5
3	4,23	2,14	97,7	3	5,70	5,60	1,8	3	6,20	6,70	-7,5
4	5,38	2,69	100,0	4	7,50	7,40	1,4	4	8,10	8,70	-6,9
5	6,47	3,10	108,7	5	9,30	9,10	2,2	5	10,20	10,90	-6,4
				6	11,20	10,80	3,7	6	12,40	13,10	-5,3
				7	13,00	12,50	4,0	7	14,60	15,30	-4,6
				8	14,80	14,00	5,7	8	16,80	17,60	-4,5
				9	16,60	15,60	6,4	9	19,10	19,80	-3,5
				10	18,30	17,20	6,4	10	21,30	22,10	-3,6
								11	23,60	24,30	-2,9
								12	25,80	26,40	-2,3
								13	28,00	28,30	-1,1
								14	30,10	30,40	-1,0
								15	32,20	32,50	-0,9

Tablo 1.İ BK Etkin göreli kat yer değiştirmeleri miktarı X yönü (mm)

BK etkin göreli kat yer değiştirmeleri miktarı X yönü (mm)											
Kat	TBDY 2018	TDY 2007	Değişim (%)	Kat	TBDY 2018	TDY 2007	Değişim (%)	Kat	TBDY 2018	TDY 2007	Değişim (%)
Z	0,00040	0,00100	-60,0	Z	0,00050	0,00240	-79,2	Z	0,00050	0,00280	-82,1
1	0,00050	0,00110	-54,5	1	0,00060	0,00270	-77,8	1	0,00070	0,00330	-78,8
2	0,00052	0,00120	-56,7	2	0,00070	0,00310	-77,4	2	0,00080	0,00380	-78,9
3	0,00055	0,00120	-54,2	3	0,00080	0,00340	-76,5	3	0,00090	0,00420	-78,6
4	0,00052	0,00120	-56,7	4	0,00091	0,00360	-74,7	4	0,00100	0,00440	-77,3
5	0,00050	0,00120	-58,3	5	0,00095	0,00370	-74,3	5	0,00110	0,00460	-76,1
				6	0,00097	0,00360	-73,1	6	0,00112	0,00470	-76,2
				7	0,00095	0,00350	-72,9	7	0,00115	0,00480	-76,0
				8	0,00093	0,00340	-72,6	8	0,00118	0,00470	-74,9
				9	0,00091	0,00330	-72,4	9	0,00118	0,00470	-74,9
				10	0,00080	0,00320	-75,0	10	0,00115	0,00460	-75,0
								11	0,00115	0,00450	-74,4
								12	0,00112	0,00430	-74,0
								13	0,00110	0,00420	-73,8
								14	0,00100	0,00400	-75,0
								15	0,00100	0,00400	-75,0

Tablo 1.J BK Etkin göreli kat yer değiştirmeleri miktarı Y yönü (mm)

BK etkin göreli kat yer değiştirmeleri miktarı Y yönü (mm)											
Kat	TBDY 2018	TDY 2007	Değişim (%)	Kat	TBDY 2018	TDY 2007	Değişim (%)	Kat	TBDY 2018	TDY 2007	Değişim (%)
Z	0,00027	0,00066	-59,1	Z	0,00043	0,00167	-74,3	Z	0,00045	0,00233	-80,7
1	0,00031	0,00072	-56,9	1	0,00050	0,00186	-73,1	1	0,00054	0,00257	-79,0
2	0,00035	0,00077	-54,5	2	0,00058	0,00205	-71,7	2	0,00063	0,00285	-77,9
3	0,00036	0,00079	-54,4	3	0,00064	0,00219	-70,8	3	0,00069	0,00307	-77,5
4	0,00035	0,00077	-54,5	4	0,00068	0,00228	-70,2	4	0,00075	0,00324	-76,9
5	0,00033	0,00072	-54,2	5	0,00070	0,00231	-69,7	5	0,00078	0,00336	-76,8
				6	0,00071	0,00231	-69,3	6	0,00081	0,00343	-76,4
				7	0,00070	0,00227	-69,2	7	0,00083	0,00346	-76,0
				8	0,00069	0,00221	-68,8	8	0,00083	0,00345	-75,9
				9	0,00067	0,00215	-68,8	9	0,00083	0,00342	-75,7
				10	0,00064	0,00207	-69,1	10	0,00083	0,00336	-75,3
								11	0,00082	0,00329	-75,1
								12	0,00080	0,00320	-75,0
								13	0,00078	0,00311	-74,9
								14	0,00076	0,00304	-75,0
								15	0,00074	0,00296	-75,0

Tablo 1.K CK Etkin göreli kat yer değiştirmeleri miktarı X yönü (mm)

CK etkin göreli kat yer değiştirmeleri miktarı X yönü (mm)											
Kat	TBDY 2018	TDY 2007	Değişim (%)	Kat	TBDY 2018	TDY 2007	Değişim (%)	Kat	TBDY 2018	TDY 2007	Değişim (%)
Z	0,00040	0,00080	-50,0	Z	0,00050	0,00190	-73,7	Z	0,00050	0,00250	-80,0
1	0,00045	0,00090	-50,0	1	0,00060	0,00210	-71,4	1	0,00060	0,00280	-78,6
2	0,00045	0,00094	-52,1	2	0,00060	0,00230	-73,9	2	0,00070	0,00310	-77,4
3	0,00050	0,00095	-47,4	3	0,00070	0,00240	-70,8	3	0,00070	0,00330	-78,8
4	0,00046	0,00090	-48,9	4	0,00074	0,00250	-70,4	4	0,00080	0,00350	-77,1
5	0,00040	0,00080	-50,0	5	0,00078	0,00250	-68,8	5	0,00084	0,00360	-76,7
				6	0,00082	0,00250	-67,2	6	0,00087	0,00370	-76,5
				7	0,00081	0,00240	-66,3	7	0,00092	0,00370	-75,1
				8	0,00078	0,00230	-66,1	8	0,00098	0,00370	-73,5
				9	0,00074	0,00220	-66,4	9	0,00096	0,00360	-73,3
				10	0,00070	0,00210	-66,7	10	0,00093	0,00360	-74,2
								11	0,00090	0,00350	-74,3
								12	0,00089	0,00330	-73,1
								13	0,00088	0,00320	-72,5
								14	0,00084	0,00310	-72,9
								15	0,00080	0,00300	-73,3

Tablo 1.L CK Etkin göreli kat yer değiştirmeleri miktarı Y yönü (mm)

CK etkin göreli kat yer değiştirmeleri miktarı Y yönü (mm)											
Kat	TBDY 2018	TDY 2007	Değişim (%)	Kat	TBDY 2018	TDY 2007	Değişim (%)	Kat	TBDY 2018	TDY 2007	Değişim (%)
Z	0,00048	0,00100	-52,0	Z	0,00061	0,00260	-76,5	Z	0,00065	0,00308	-78,9
1	0,00060	0,00105	-42,9	1	0,00077	0,00278	-72,3	1	0,00082	0,00327	-74,9
2	0,00067	0,00112	-40,2	2	0,00090	0,00306	-70,6	2	0,00097	0,00363	-73,3
3	0,00069	0,00114	-39,5	3	0,00098	0,00324	-69,8	3	0,00108	0,00389	-72,2
4	0,00067	0,00111	-39,6	4	0,00104	0,00335	-69,0	4	0,00116	0,00408	-71,6
5	0,00063	0,00106	-40,6	5	0,00107	0,00342	-68,7	5	0,00122	0,00426	-71,4
				6	0,00108	0,00343	-68,5	6	0,00126	0,00438	-71,2
				7	0,00108	0,00339	-68,1	7	0,00130	0,00446	-70,9
				8	0,00106	0,00332	-68,1	8	0,00132	0,00450	-70,7
				9	0,00103	0,00324	-68,2	9	0,00134	0,00451	-70,3
				10	0,00100	0,00323	-69,0	10	0,00135	0,00449	-69,9
								11	0,00134	0,00444	-69,8
								12	0,00133	0,00437	-69,6
								13	0,00131	0,00428	-69,4
								14	0,00128	0,00421	-69,6
								15	0,00125	0,00420	-70,2

Tablo 1.M BK - P026 Perdesinde gerekli donatı oranı (cm^2/cm)

BK - P026 Perdesinde Gerekli Donatı Oranı (cm^2/cm)			
Kat	2018	2007	Değişim (%)
1	0,22	0,24	-8,3
2	0,19	0,21	-9,5
3	0,16	0,19	-15,8
4	0,15	0,17	-11,8
5	0,14	0,16	-12,5
6	0,13	0,15	-13,3
7	0,12	0,14	-14,3
8	0,11	0,13	-15,4
9	0,10	0,12	-16,7
10	0,08	0,12	-33,3
11	0,07	0,11	-36,4
12	0,07	0,10	-30,0
13	0,06	0,09	-33,3
14	0,05	0,07	-28,6
15	0,04	0,06	-33,3

Tablo 1.N CK-P024 Perdesinde gerekli donatı oranı (cm^2/cm)

CK - P024 Perdesinde Gerekli Donatı Oranı (cm^2/cm)			
Kat	2018	2007	Değişim (%)
1	0,53	0,55	-3,6
2	0,42	0,50	-16,0
3	0,40	0,47	-14,9
4	0,30	0,38	-21,1
5	0,29	0,32	-9,4
6	0,25	0,30	-16,7
7	0,25	0,28	-10,7
8	0,20	0,25	-20,0
9	0,19	0,20	-5,0
10	0,18	0,19	-5,3
11	0,14	0,15	-6,7
12	0,13	0,15	-13,3
13	0,10	0,11	-9,1
14	0,08	0,10	-20,0
15	0,07	0,10	-30,0

Tablo 1.O BK - P026 Perdesinde eksenel yük (ton/cm)

BK - P026 Perdesinde Eksenel Yük (ton/cm)			
Kat	2018	2007	Değişim (%)
1	112,49	147,20	-23,6
2	103,70	128,52	-19,3
3	94,75	113,37	-16,4
4	86,10	100,60	-14,4
5	77,83	89,08	-12,6
6	69,94	76,68	-8,8
7	62,41	69,18	-9,8
8	55,38	60,39	-8,3
9	48,43	52,04	-6,9
10	41,58	44,88	-7,4
11	34,74	38,30	-9,3
12	27,96	31,57	-11,4
13	21,12	24,62	-14,2
14	14,25	17,67	-19,4
15	8,14	11,58	-29,7

Tablo 1.P CK - P024 Perdesinde eksenel yük (ton/cm)

CK - P024 Perdesinde Eksenel Yük (ton/cm)			
Kat	2018	2007	Değişim (%)
1	47,93	54,37	-11,8
2	42,60	47,77	-10,8
3	40,30	43,25	-6,8
4	36,07	39,94	-9,7
5	31,94	36,52	-12,5
6	28,37	32,50	-12,7
7	25,38	29,43	-13,8
8	22,35	26,33	-15,1
9	19,25	22,18	-13,2
10	16,15	18,00	-10,3
11	13,20	16,02	-17,6
12	10,16	12,90	-21,2
13	7,23	8,91	-18,9
14	4,31	6,82	-36,8
15	1,58	2,95	-46,4

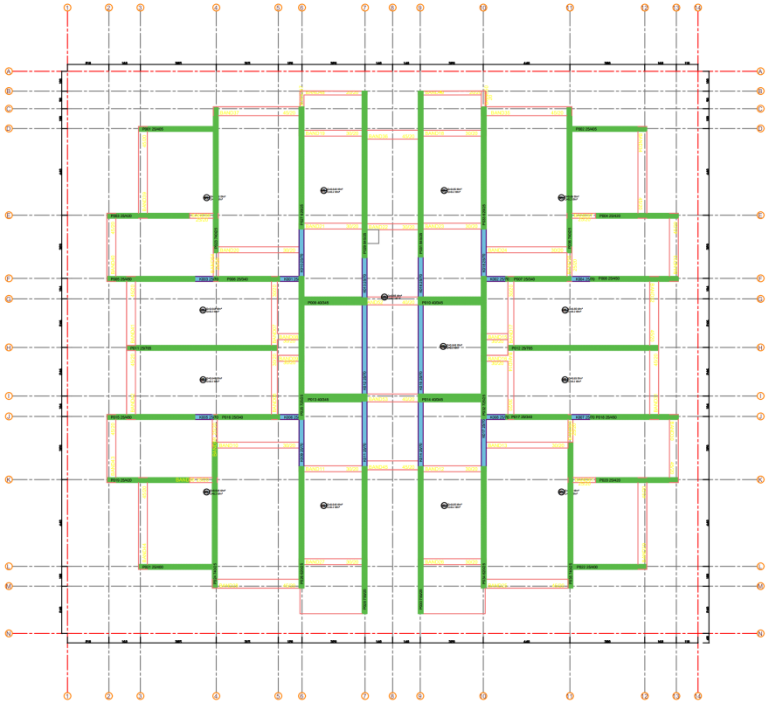
Tablo 1.R BK ve CK Lineer ve non-linear kat yer değiştirme (mm)

BK ve CK Lineer ve non-linear kat yer değiştirme (mm)							
BK-2007				BK-2018			
Kat	Lineer	Non-Lineer	Değişim (%)	Kat	Lineer	Non-Lineer	Değişim (%)
1	2,8	2,6	7,7	1	1,9	1,9	0,5
2	4,4	4,1	7,3	2	3,2	3,2	0,0
3	6,2	5,8	6,9	3	4,5	4,6	-2,8
4	8,0	7,6	5,3	4	5,8	6,1	-4,7
5	9,8	9,4	4,3	5	7,2	7,7	-6,1
6	11,5	11,2	2,7	6	8,6	9,2	-7,1
7	13,2	13,0	1,5	7	9,9	10,8	-8,0
8	14,8	14,6	1,4	8	11,2	12,3	-8,7
9	16,4	16,3	0,6	9	12,4	13,7	-9,3
10	17,9	17,9	0,0	10	13,6	15,2	-10,0
CK-2007				CK-2018			
Kat	Lineer	Non-Lineer	Değişim (%)	Kat	Lineer	Non-Lineer	Değişim (%)
1	2,2	2,0	10,0	1	1,8	1,7	0,6
2	3,4	3,1	9,7	2	2,8	2,8	-0,4
3	4,6	4,3	7,0	3	3,8	3,9	-3,3
4	5,9	5,6	5,4	4	4,9	5,1	-4,5
5	7,1	6,8	4,4	5	5,9	6,3	-6,2
6	8,3	8,1	2,5	6	7,0	7,6	-7,2
7	9,4	9,3	1,1	7	8,1	8,9	-8,1
8	10,5	10,5	0,0	8	9,2	10,1	-8,8
9	11,6	11,6	0,0	9	10,2	11,2	-9,5
10	12,5	12,4	0,8	10	11,1	12,4	-10,3

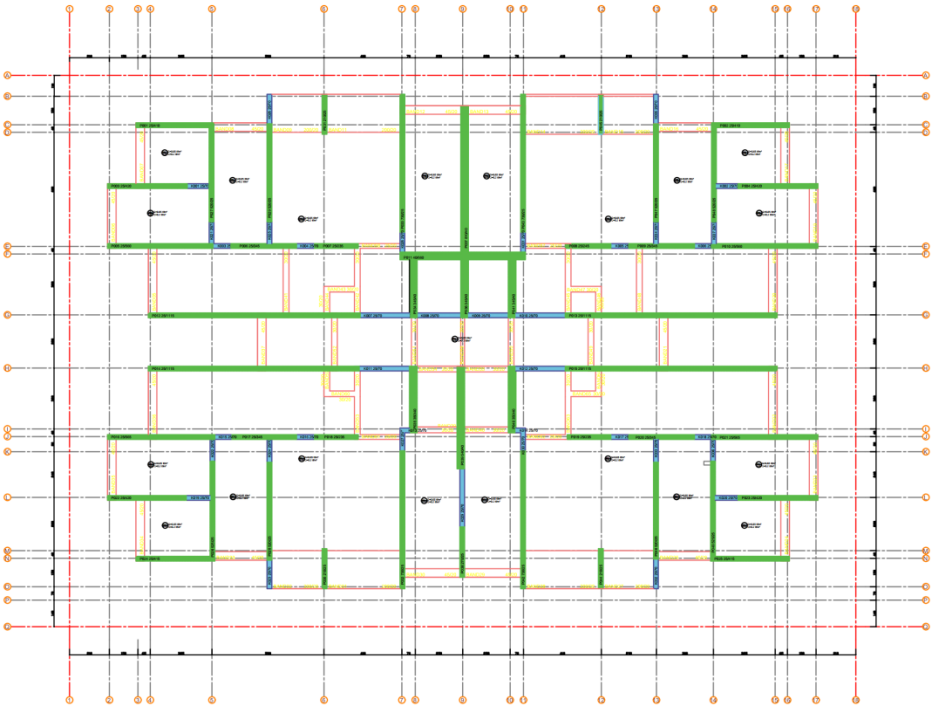
Tablo 1.S BK ve CK Rölatif kat yer değiştirmesi (10 Katlı) X yönü

BK ve CK Rölatif kat yer değiştirmesi (mm) (10 Katlı)							
Kat	TBDY 2018	TDY 2007	Değişim (%)	Kat	TBDY 2018	TDY 2007	Değişim (%)
1	1,08	1,43	-24,5	1	0,94	1,06	-11,3
2	1,29	1,55	-16,8	2	1,09	1,14	-4,4
3	1,42	1,70	-16,5	3	1,08	1,21	-10,7
4	1,51	1,78	-15,2	4	1,19	1,25	-4,8
5	1,55	1,81	-14,4	5	1,22	1,25	-2,4
6	1,56	1,79	-12,8	6	1,23	1,24	-0,8
7	1,54	1,75	-12,0	7	1,30	1,21	7,4
8	1,51	1,69	-10,7	8	1,20	1,17	2,6
9	1,43	1,63	-12,3	9	1,18	1,11	6,3
10	1,43	1,60	-10,6	10	1,14	1,05	8,6

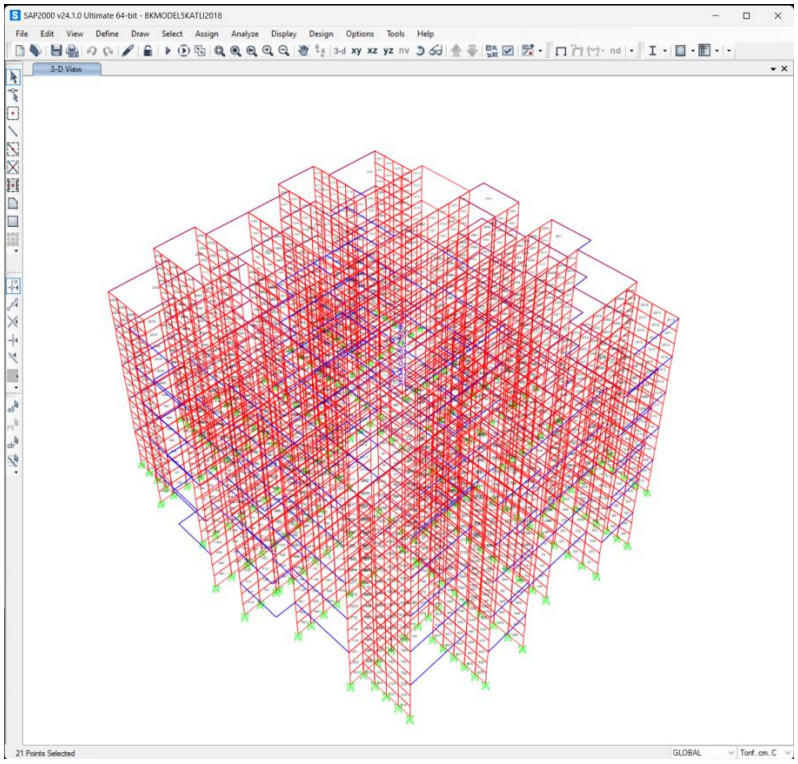
Ek 2: Şekiller



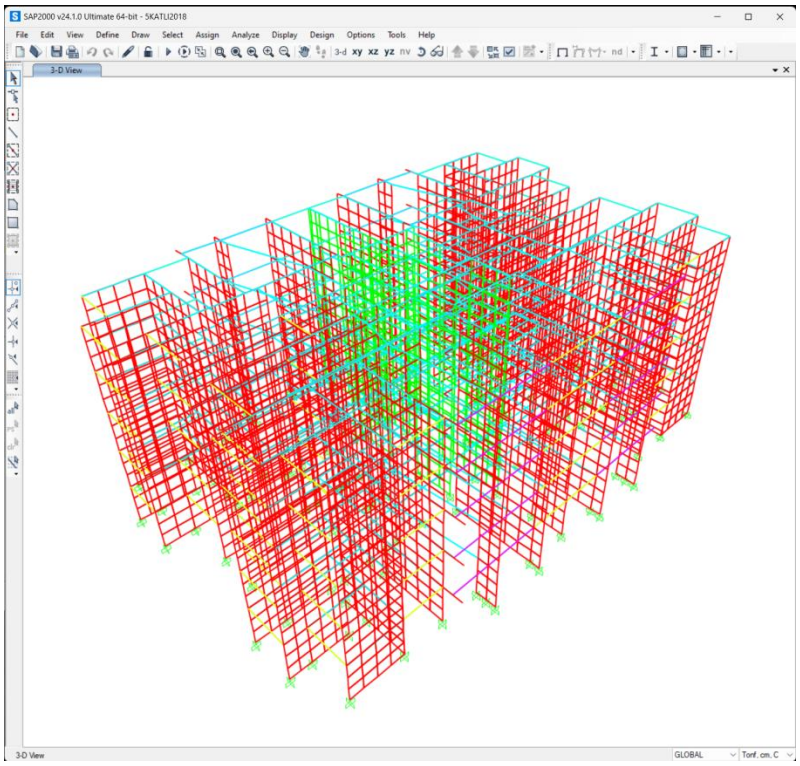
Şekil 2.A BK tipi yapının kolon aplikasyon planı



Şekil 2.B CK tipi yapının kolon aplikasyon planı



Şekil 2.C 5 katlı BK tipi yapının SAP2000 tasarım ekranı



Şekil 2.D 5 katlı CK tipi yapının SAP2000 tasarım ekranı

B BLOK 5 KATLI TÜNEL KALIP

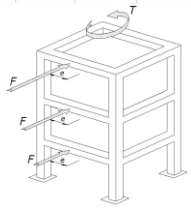
e_x : Katın burulma momenti hesabında kullanılan eksantrisite

e_y : Katın burulma momenti hesabında kullanılan eksantrisite

F_x : Kullanılan yöneme göre hesaplanan X yönü deprem kuvveti

F_y : Kullanılan yöneme göre hesaplanan Y yönü deprem kuvveti

T : Katın burulma momenti



w_i : Binanın i. katının hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak hesaplanan ağırlığı

H_i : Binanın i. katının temel üzerinden itibaren ölçülen yüksekliği

F_x : Kullanılan yönteme göre hesaplanan i. kata ait X yönü deprem kuvveti

F_y : Kullanılan yönteme göre hesaplanan i. kata ait Y yönü deprem kuvveti

d_x, d_y : Katın moment alınan noktaya göre kütle merkezi koordinatları

$M_{devirici}$: Deprem yüklemelerinden dolayı oluşan X ve Y yönleri için devirici moment

$M_{koruyucu}$: Düşey yüklemelerden dolayı oluşan X ve Y yönleri için koruyucu moment

g_i : Binanın i. katındaki toplam sabit yük

q_i : Binanın i. katındaki toplam hareketli yük

$hykk$: Hareketli yük katılım katsayısı

w_i : Binanın i. katının hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak hesaplanan ağırlığı

H_i : Binanın i. katının temel üzerinden itibaren ölçülen yüksekliği

$F_{i(x)}$, $F_{i(y)}$: Eşdeğer deprem yükü yönteminde i. kata etkiyen deprem yükü

X_m, Y_m : Katın kütle merkezi koordinatları

X_r, Y_r : Katın rijitlik merkezi koordinatları

KAT	h (m)	ex (cm)	ey (cm)	Fx (tf)		Fy (tf)		Tx (tfm)		Ty (tfm)		Hi (m)	gi	qi	wi (tf)	wiHi (tfm)
				DY07	DY18	DY07	DY18	DY07	DY18	DY07	DY18					
5	3	145	132,5	128,4	131,1	123,3	139,6	170,1	173,7	178,7	202,4	18,0	615,5	115,5	650,1	11702,4
4	3	145	132,5	93,0	90,7	93,9	103,0	123,2	120,2	136,1	149,3	15,0	608,6	115,5	643,3	9649,1
3	3	145	132,5	67,2	62,7	69,9	74,5	89,1	83,1	101,3	108,0	12,0	608,6	115,5	643,3	7719,3
2	3	145	132,5	50,2	47,2	52,4	55,3	66,5	62,5	75,9	80,2	9,0	608,6	115,5	643,3	5789,5
1	3	145	132,5	35,9	35,7	36,5	40,0	47,6	47,3	52,9	58,0	6,0	608,6	115,5	643,3	3859,6
ZEMIN	3	145	132,5	20,4	20,2	20,5	22,3	27,0	26,8	29,8	32,3	3,0	608,6	115,5	643,3	1929,8

DEPREM PARAMETRELERİ		2007	2018	
Hareketli yükler dahil yapı toplam ağırlığı	W	3866,50	3866,50	tf
Yapı toplam serbest kütlesi	m	3873,70	3873,70	t
Yapı yükseliği (Rijit bodrum varsa o kattan ölçülen yükseklik)	Hn	18,00	18,00	m
X yönünde, yapı tepesinde uygulanan ekstra eşdeğer deprem yükü	A^n (X)	21,75	22,47	tf
Y yönünde, yapı tepesinde uygulanan ekstra eşdeğer deprem yükü	A^ (V)	21,75	25,15	tf
X yönünde uygulanan toplam eşdeğer deprem yükü	Vt(X)	483,31	499,30	tf
Y yönünde uygulanan toplam eşdeğer deprem yükü	Vt(Y)	483,31	558,77	tf
X yönünde uygulanan toplam deprem yükü (modal kombinasyon)	VtB (X)	395,07	387,53	tf
Y yönünde uygulanan toplam deprem yükü (modal kombinasyon)	VtB (Y)	396,38	434,54	tf
Yapı önem katsayısı	I	1,00	1,00	
X yönü VtB/Vt oranı	VtB/Vt(X)	0,82	1,29	
Y yönü VtB/Vt oranı	VtB/Vt (Y)	0,82	1,29	
Hesaplanan büyüklüklere ilişkin alt sınır değeri	P	0,8	0,8	
X yönü için deprem kuvvetleri büyütme katsayısı	pVt/VtB (X)	1	1,03	
Y yönü için deprem kuvvetleri büyütme katsayısı	pVt/VtB (Y)	1	1,03	

Şekil 2.E 5 katlı BK tipi yapının analiz ve rapor ekranı

$\Delta_i = d_i - d_{(i-1)}$

$\delta_i = R\Delta_i$

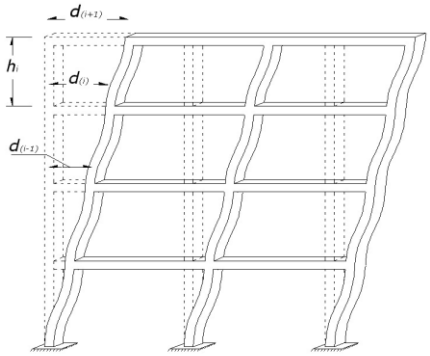
$(\delta_i)_{max} / h_i \leq 0.02$

d_i : Binanın i'inci katında azaltılmış deprem yüklerine göre hesaplanan yerdeğiştirme

Δ_i : Binanın i'inci katındaki azaltılmış göreli kat ötelemesi

δ_i : Binanın i'inci katındaki etkin göreli kat ötelemesi

$(\delta_i)_{max}$: Binanın i'inci katındaki etkin göreli kat ötelemesi



Kat	Eleman	h [m]	di [mm]		d(i-1) [mm]		A' [mm]		§i(max) [mm]		§i(max)/h	
			DY07	DY18	DY07	DY18	DY07	DY18	DY07	DY18	DY07	DY18
5	P5001	3	3,43	5,82	2,84	4,81	0,59	1,02	3,54	5,74	0,00118	0,0005
4	P4002	3	2,84	4,81	2,23	3,74	0,61	1,08	3,65	6,04	0,00122	0,00053
3	P3001	3	2,23	3,74	1,62	2,65	0,62	1,09	3,70	6,10	0,00123	0,00054
2	P2001	3	1,62	2,65	1,02	1,62	0,60	1,04	3,58	5,83	0,00119	0,00051
1	P1028	3	0,95	1,62	0,40	0,71	0,55	0,91	3,30	5,08	0,0011	0,00045
Z	PZ40	3	0,46	0,71	0,01	0,02	0,47	0,73	2,85	4,07	0,00095	0,00036
Kat	**Eleman**	**h [m]**	**di [mm]**		**d(i-1) [mm]**		**A' [mm]**		**§i(max) [mm]**		**§i(max)/h**	
			DY07	DY18	DY07	DY18	DY07	DY18	DY07	DY18	DY07	DY18
5	P5010	3	2,17	4,03	1,81	3,35	0,36	0,68	2,16	3,81	0,00072	0,00033
4	P4022	3	1,85	3,35	1,47	2,63	0,39	0,72	2,32	4,03	0,00077	0,00035
3	P3010	3	1,47	2,63	1,08	1,90	0,39	0,73	2,36	4,11	0,00079	0,00036
2	P2010	3	1,08	1,90	0,69	1,19	0,39	0,71	2,31	3,98	0,00077	0,00035
1	P1022	3	0,69	1,19	0,33	0,55	0,36	0,64	2,17	3,59	0,00072	0,00031
Z	PZ022	3	0,33	0,55	0,00	0,00	0,33	0,55	1,97	3,08	0,00066	0,00027

Şekil 2.F 5 katlı BK tipi yapının analiz ve rapor ekranı - 2

B BLOK 10 KATLI TÜNEL KALIP

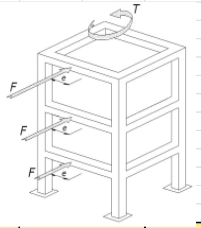
e_x : Katın burulma momenti hesabında kullanılan eksantrisite

e_y : Katın burulma momenti hesabında kullanılan eksantrisite

F_x : Kullanılan yöneme göre hesaplanan X yönü deprem kuvveti

F_y : Kullanılan yöneme göre hesaplanan Y yönü deprem kuvveti

T : Katın burulma momenti



w_i : Binanın i. katının hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak hesaplanan ağırlığı

H_i : Binanın i. katının temel üzerinden itibaren ölçülen yüksekliği

F_x : Kullanılan yönteme göre hesaplanan i. kata ait X yönü deprem kuvveti

F_y : Kullanılan yönteme göre hesaplanan i. kata ait Y yönü deprem kuvveti

d_x , d_y : Katın moment alınan noktaya göre kütle merkezi koordinatları

$M_{devrigi}$: Deprem yüklemelerinden dolayı oluşan X ve Y yönleri için devirici moment

$M_{koruyucu}$: Düşey yüklemelerden dolayı oluşan X ve Y yönleri için koruyucu moment

g_i : Binanın i. katındaki toplam sabit yük

q_i : Binanın i. katındaki toplam hareketli yük

$hykk$: Hareketli yük katılım katsayısı

w_i : Binanın i. katının hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak hesaplanan ağırlığı

H_i : Binanın i. katının temel üzerinden itibaren ölçülen yüksekliği

$F_{i(x)}$, $F_{i(y)}$: Eşdeğer deprem yükü yönteminde i. kata etkiyen deprem yükü

X_m , Y_m : Katın kütle merkezi koordinatları

X_r , Y_r : Katın rijitlik merkezi koordinatları

KAT	h (m)	ex (cm)	ey (cm)	Fx (tf)		Fy (tf)		Tx (tfm)		Ty (tfm)		Hi (m)	gi	qi	wi (tf)	wiHi (tfm)
				DY07	DY18	DY07	DY18	DY07	DY18	DY07	DY18					
10	3	145	132,5	131,4	102,8	130,3	112,8	174,2	136,3	188,9	163,6	33,0	615,3	115,5	650,0	21448,6
9	3	145	132,5	107,4	67,3	110,5	80,9	142,3	89,1	160,2	117,4	30,0	608,4	115,5	643,0	19291,0
8	3	145	132,5	89,4	40,2	93,7	54,8	118,4	53,2	135,9	79,5	27,0	608,4	115,5	643,0	17361,9
7	3	145	132,5	76,3	24,5	80,1	37,8	101,1	32,4	116,1	54,8	24,0	608,4	115,5	643,0	15432,8
6	3	145	132,5	65,6	18,0	68,8	29,1	86,9	23,9	99,7	42,2	21,0	608,4	115,5	643,0	13503,7
5	3	145	132,5	56,1	17,8	58,6	26,6	74,4	23,6	85,0	38,6	18,0	608,4	115,5	643,0	11574,6
4	3	145	132,5	47,2	21,0	49,3	27,6	62,6	27,9	71,5	40,0	15,0	608,4	115,5	643,0	9645,5
3	3	145	132,5	38,5	24,7	40,4	29,1	51,0	32,7	58,6	42,2	12,0	608,4	115,5	643,0	7716,4
2	3	145	132,5	29,7	26,3	31,4	28,6	39,4	34,9	45,6	41,4	9,0	608,4	115,5	643,0	5787,3
1	3	145	132,5	20,7	23,3	22,5	23,9	27,4	30,8	32,6	34,7	6,0	608,4	115,5	643,0	3858,2
ZEMIN	3	145	132,5	10,8	14,1	12,3	14,2	14,3	18,6	17,8	20,6	3,0	608,4	115,5	643,0	1929,1

DEPREM PARAMETRELERİ		2007	2018	
Hareketli yükler dahil yapı toplam ağırlığı	W	7080,30	7080,30	tf
Yapı toplam serbest kütlesi	m	7093,50	7093,50	t
Yapı yükseliği (Rijit bodrum varsa o kattan ölçülen yükseklik)	Hn	33,00	33,00	m
X yönünde, yapı tepesinde uygulanan ekstra eşdeğer deprem yükü	A^n (X)	62,12	36,27	tf
Y yönünde, yapı tepesinde uygulanan ekstra eşdeğer deprem yükü	A^ (V)	73,02	46,38	tf
X yönünde uygulanan toplam eşdeğer deprem yükü	Vt(X)	752,95	439,68	tf
Y yönünde uygulanan toplam eşdeğer deprem yükü	Vt(Y)	885,04	562,18	tf
X yönünde uygulanan toplam deprem yükü (modal kombinasyon)	VtB (X)	673,26	380,04	tf
Y yönünde uygulanan toplam deprem yükü (modal kombinasyon)	VtB (Y)	697,86	465,48	tf
Yapı önem katsayısı	I	1,00	1,00	
X yönü VtB/Vt oranı	VtB/Vt(X)	0,81	1,16	
Y yönü VtB/Vt oranı	VtB/Vt (Y)	0,79	1,21	
Hesaplanan büyüklüklere ilişkin alt sınır değeri	P	0,8	0,8	
X yönü için deprem kuvvetleri büyütme katsayısı	pVt/VtB (X)	1	1	
Y yönü için deprem kuvvetleri büyütme katsayısı	pVt/VtB (Y)	1	1	

Şekil 2.G 10 katlı BK tipi yapının analiz ve rapor ekranı

$\Delta_i = d_i - d_{(i-1)}$

$\delta_i = R\Delta_i$

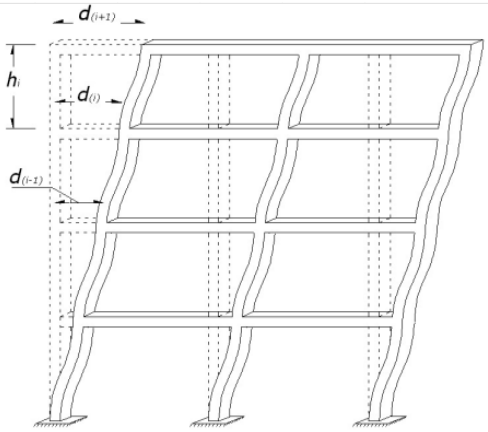
$(\delta_i)_{max} / h_i \leq 0.02$

d_i : Binanın i'inci katında azaltılmış deprem yüklerine göre hesaplanan yerdeğiştirme

Δ_i : Binanın i'inci katındaki azaltılmış göreli kat ötelemesi

δ_i : Binanın i'inci katındaki etkin göreli kat ötelemesi

$(\delta_i)_{max}$: Binanın i'inci katındaki etkin göreli kat ötelemesi



Kat	Eleman	h [m]	di [mm]		d(i-1) [mm]		A' [mm]		§i(max) [mm]		§i(max)/h	
			DY07	DY18	DY07	DY18	DY07	DY18	DY07	DY18	DY07	DY18
10	P10025	3	17,87	15,15	16,27	13,72	1,6	1,45	9,6	8,12	0,0032	0,00084
9	P9002	3	16,27	13,72	14,64	12,25	1,64	1,5	9,83	8,4	0,00328	0,00087
8	P8001	3	14,64	12,29	12,95	10,78	1,7	1,55	10,18	8,67	0,00339	0,00089
7	P7001	3	12,95	10,78	11,2	9,24	1,75	1,58	10,52	8,85	0,00351	0,00091
6	P6001	3	11,2	9,24	9,41	7,68	1,79	1,59	10,77	8,9	0,00359	0,00092
5	P5001	3	9,41	7,68	7,6	6,13	1,81	1,57	10,84	8,81	0,00361	0,00091
4	P4001	3	7,6	6,13	5,82	4,62	1,78	1,52	10,68	8,53	0,00356	0,00088
3	P3001	3	5,82	4,62	4,12	3,2	1,7	1,43	10,22	8,02	0,00341	0,00083
2	P2001	3	4,12	3,2	2,56	1,91	1,57	1,29	9,39	7,23	0,00313	0,00074
1	P1028	3	2,57	1,91	1,2	0,83	1,37	1,08	8,22	6,04	0,00274	0,00062
Z	PZ40	3	1,14	0,83	0,04	0,03	1,18	0,86	7,07	4,8	0,00236	0,00049
Kat	**Eleman**	**h [m]**	**di [mm]**		**d(i-1) [mm]**		**A' [mm]**		**§i(max) [mm]**		**§i(max)/h**	
			DY07	DY18	DY07	DY18	DY07	DY18	DY07	DY18	DY07	DY18
10	P10010	3	11,59	11,89	10,55	10,79	1,04	1,11	6,22	6,24	0,00207	0,00064
9	P9022	3	10,64	10,79	9,57	9,66	1,07	1,16	6,45	6,47	0,00215	0,00067
8	P8010	3	9,57	9,66	8,47	8,49	1,11	1,19	6,63	6,67	0,00221	0,00069
7	P7022	3	8,47	8,49	7,34	7,3	1,14	1,22	6,81	6,81	0,00227	0,0007
6	P6022	3	7,34	7,3	6,19	6,09	1,15	1,22	6,92	6,85	0,00231	0,00071
5	P5010	3	6,19	6,09	5,03	4,9	1,16	1,21	6,94	6,78	0,00231	0,0007
4	P4010	3	5,03	4,9	3,9	3,73	1,14	1,17	6,84	6,57	0,00228	0,00068
3	P3022	3	3,9	3,73	2,8	2,63	1,1	1,11	6,58	6,22	0,00219	0,00064
2	P2022	3	2,8	2,63	1,77	1,61	1,02	1,01	6,15	5,67	0,00205	0,00058
1	P1022	3	1,74	1,61	0,81	0,74	0,93	0,87	5,57	4,89	0,00186	0,0005
Z	PZ020	3	0,86	0,73	0,02	0	0,84	0,74	5,02	4,12	0,00167	0,00043

Şekil 2.H 10 katlı BK tipi yapının analiz ve rapor ekranı - 2

B BLOK 15 KATLI TÜNEL KALIP

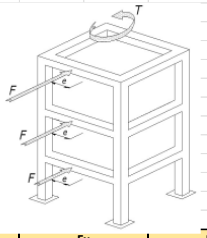
e_x : Katın burulma momenti hesabında kullanılan eksantrisite

e_y : Katın burulma momenti hesabında kullanılan eksantrisite

F_x : Kullanılan yöneme göre hesaplanan X yönü deprem kuvveti

F_y : Kullanılan yöneme göre hesaplanan Y yönü deprem kuvveti

T : Katın burulma momenti



w_i : Binanın i. katının hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak hesaplanan ağırlığı

H_i : Binanın i. katının temel üzerinden itibaren ölçülen yüksekliği

F_{ix} : Kullanılan yönteme göre hesaplanan i. kata ait X yönü deprem kuvveti

F_{iy} : Kullanılan yönteme göre hesaplanan i. kata ait Y yönü deprem kuvveti

d_x , d_y : Katın moment alınan noktaya göre kütle merkezi koordinatları

$M_{devirici}$: Deprem yüklemelerinden dolayı oluşan X ve Y yönleri için devirici moment

$M_{koruyucu}$: Düşey yüklemelerden dolayı oluşan X ve Y yönleri için koruyucu moment

g_i : Binanın i. katındaki toplam sabit yük

q_i : Binanın i. katındaki toplam hareketli yük

hykk : Hareketli yük katılım katsayısı

w_i : Binanın i. katının hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak hesaplanan ağırlığı

H_i : Binanın i. katının temel üzerinden itibaren ölçülen yüksekliği

$F_{i(x)}$, $F_{i(y)}$: Eşdeğer deprem yükü yönteminde i. kata etkiyen deprem yükü

X_m , Y_m : Katın kütle merkezi koordinatları

X_r , Y_r : Katın rijitlik merkezi koordinatları

KAT	h (m)	ex (cm)	ey (cm)	Fx (tf)		Fy (tf)		Tx (tfm)		Ty (tfm)		Hi (m)	gi	qi	wi (tf)	wiHi (tfm)
				DY07	DY18	DY07	DY18	DY07	DY18	DY07	DY18					
15	3	145	132,5	101,5	89,1	108,9	95,8	134,5	118,0	157,9	138,9	48,0	615,3	115,5	650,0	31197,9
14	3	145	132,5	82,2	59,2	95,0	68,5	109,0	78,4	137,8	99,3	45,0	608,4	115,5	643,0	28936,5
13	3	145	132,5	67,4	35,2	82,6	45,4	89,3	46,7	119,8	65,8	42,0	608,4	115,5	643,0	27007,4
12	3	145	132,5	57,3	19,6	71,7	28,9	76,0	26,0	104,0	41,9	39,0	608,4	115,5	643,0	25078,3
11	3	145	132,5	50,0	10,9	62,8	18,7	66,2	14,4	91,0	27,1	36,0	608,4	115,5	643,0	23149,2
10	3	145	132,5	44,1	6,8	55,7	13,2	58,5	9,0	80,7	19,1	33,0	608,4	115,5	643,0	21220,1
9	3	145	132,5	39,7	5,7	50,0	11,1	52,6	7,5	72,4	16,1	30,0	608,4	115,5	643,0	19291,0
8	3	145	132,5	36,1	6,7	45,2	11,5	47,8	8,9	65,5	16,7	27,0	608,4	115,5	643,0	17361,9
7	3	145	132,5	32,9	9,4	41,0	13,5	43,5	12,5	59,5	19,6	24,0	608,4	115,5	643,0	15432,8
6	3	145	132,5	30,2	13,2	37,3	16,5	40,0	17,4	54,0	23,9	21,0	608,4	115,5	643,0	13503,7
5	3	145	132,5	27,6	16,9	33,3	19,8	36,6	22,3	48,3	28,7	18,0	608,4	115,5	643,0	11574,6
4	3	145	132,5	24,7	20,0	28,7	22,5	32,8	26,5	41,7	32,6	15,0	608,4	115,5	643,0	9645,5
3	3	145	132,5	21,4	22,2	24,0	23,9	28,3	29,5	34,9	34,6	12,0	608,4	115,5	643,0	7716,4
2	3	145	132,5	17,2	22,5	19,2	23,2	22,7	29,9	27,8	33,7	9,0	608,4	115,5	643,0	5787,3
1	3	145	132,5	12,3	19,4	13,5	19,3	16,3	25,7	19,6	27,9	6,0	608,4	115,5	643,0	3858,2
ZEMIN	3	145	132,5	7,8	11,7	9,6	11,6	10,4	15,5	13,9	16,8	3,0	608,4	115,5	643,0	1929,1

DEPREM PARAMETRELERİ		2007	2018	
Hareketli yükler dahil yapı toplam ağırlığı	W	10295,47	10295,47	tf
Yapı toplam serbest kütlesi	m	10314,67	10314,67	t
Yapı yükseliği (Rijit bodrum varsa o kattan ölçülen yükseklik)	Hn	48,00	48,00	m
X yönünde, yapı tepesinde uygulanan ekstra eşdeğer deprem yükü	A^n (X)	89,02	45,14	tf
Y yönünde, yapı tepesinde uygulanan ekstra eşdeğer deprem yükü	A^ (V)	118,97	58,07	tf
X yönünde uygulanan toplam eşdeğer deprem yükü	Vt(X)	741,81	376,15	tf
Y yönünde uygulanan toplam eşdeğer deprem yükü	Vt(Y)	991,40	483,91	tf
X yönünde uygulanan toplam deprem yükü (modal kombinasyon)	VtB (X)	652,40	368,43	tf
Y yönünde uygulanan toplam deprem yükü (modal kombinasyon)	VtB (Y)	778,40	443,24	tf
Yapı önem katsayısı	I	1,00	1,00	
X yönü VtB/Vt oranı	VtB/Vt(X)	0,88	1,02	
Y yönü VtB/Vt oranı	VtB/Vt (Y)	0,79	1,09	
Hesaplanan büyüklüklere ilişkin alt sınır değeri	P	0,8	0,80	
X yönü için deprem kuvvetleri büyütme katsayısı	pVt/VtB (X)	1,02	1,00	
Y yönü için deprem kuvvetleri büyütme katsayısı	pVt/VtB (Y)	1,02	1,00	

Şekil 2.İ 15 katlı BK tipi yapının analiz ve rapor ekranı

$\Delta_i = d_i - d_{(i-1)}$

$\delta_i = R\Delta_i$

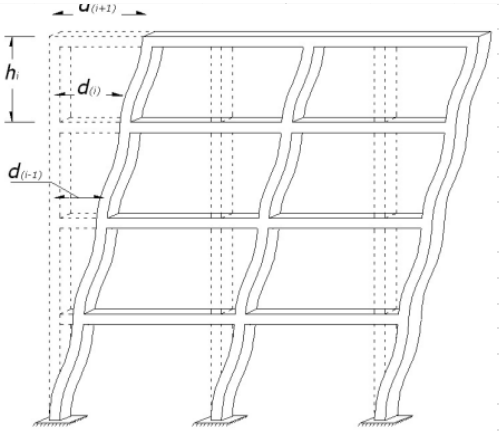
$(\delta_i)_{max} / h_i \leq 0.02$

d_i : Binanın i'inci katında azaltılmış deprem yüklerine göre hesaplanan yerdeğiştirme

Δ_i : Binanın i'inci katındaki azaltılmış göreli kat ötelemesi

δ_i : Binanın i'inci katındaki etkin göreli kat ötelemesi

$(\delta_i)_{max}$: Binanın i'inci katındaki etkin göreli kat ötelemesi



Kat	Eleman	h [m]	di [mm]		d(i-1) [mm]		A' [mm]		§i(max) [mm]		§i(max)/h	
			DY07	DY18	DY07	DY18	DY07	DY18	DY07	DY18	DY07	DY18
15	P15025	3	33,55	25,92	31,59	24,27	1,97	1,71	11,85	9,59	0,00395	0,00099
14	P14026	3	31,59	24,27	29,59	22,59	2,01	1,76	12,08	9,84	0,00403	0,00101
13	P13002	3	29,59	22,61	27,53	20,9	2,08	1,8	12,45	10,1	0,00415	0,00104
12	P12002	3	27,53	20,9	25,39	19,15	2,15	1,85	12,89	10,34	0,0043	0,00107
11	P11001	3	24,92	19,15	22,71	17,37	2,23	1,88	13,37	10,51	0,00446	0,00108
10	P10001	3	23,19	17,37	20,92	15,57	2,28	1,89	13,7	10,61	0,00457	0,00109
9	P9001	3	20,92	15,57	18,6	13,75	2,33	1,9	13,99	10,63	0,00466	0,0011
8	P8001	3	18,6	13,75	16,25	11,92	2,36	1,89	14,18	10,57	0,00473	0,00109
7	P7001	3	16,25	11,92	13,88	10,11	2,37	1,86	14,24	10,43	0,00475	0,00107
6	P6001	3	13,88	10,11	11,53	8,33	2,36	1,82	14,13	10,2	0,00471	0,00105
5	P5001	3	11,53	8,33	9,23	6,59	2,31	1,76	13,83	9,85	0,00461	0,00102
4	P4001	3	9,23	6,59	7,02	4,93	2,22	1,67	13,3	9,35	0,00443	0,00096
3	P3001	3	7,02	4,93	4,94	3,39	2,08	1,55	12,48	8,66	0,00416	0,00089
2	P2001	3	4,94	3,39	3,06	2,02	1,88	1,38	11,3	7,7	0,00377	0,00079
1	P1028	3	3,07	2,02	1,44	0,88	1,63	1,14	9,8	6,38	0,00327	0,00066
Z	PZ40	3	1,36	0,88	0,05	0,03	1,41	0,91	8,44	5,09	0,00281	0,00052
Kat	**Eleman**	**h [m]**	**di [mm]**		**d(i-1) [mm]**		**A' [mm]**		**§i(max) [mm]**		**§i(max)/h**	
			DY07	DY18	DY07	DY18	DY07	DY18	DY07	DY18	DY07	DY18
15	P15022	3	24,87	20,11	23,4	18,87	1,48	1,28	8,87	7,15	0,00296	0,00074
14	P14010	3	23,53	18,87	22,02	17,61	1,52	1,32	9,11	7,37	0,00304	0,00076
13	P13022	3	22,03	17,61	20,48	16,3	1,56	1,35	9,34	7,58	0,00311	0,00078
12	P12022	3	20,48	16,3	18,88	14,97	1,6	1,39	9,61	7,77	0,0032	0,0008
11	P11010	3	18,88	14,97	17,25	13,61	1,64	1,42	9,87	7,93	0,00329	0,00082
10	P10010	3	17,25	13,61	15,57	12,23	1,68	1,43	10,09	8,03	0,00336	0,00083
9	P9010	3	15,57	12,23	13,87	10,82	1,71	1,44	10,26	8,09	0,00342	0,00083
8	P8022	3	13,87	10,82	12,15	9,42	1,73	1,44	10,36	8,08	0,00345	0,00083
7	P7010	3	12,15	9,42	10,42	8,02	1,73	1,43	10,37	8,01	0,00346	0,00083
6	P6022	3	10,42	8,02	8,71	6,63	1,71	1,4	10,28	7,85	0,00343	0,00081
5	P5022	3	8,71	6,63	7,03	5,29	1,68	1,36	10,07	7,61	0,00336	0,00078
4	P4010	3	7,03	5,25	5,41	3,96	1,62	1,29	9,72	7,24	0,00324	0,00075
3	P3022	3	5,41	4	3,87	2,8	1,54	1,2	9,21	6,74	0,00307	0,00069
2	P2010	3	3,85	2,8	2,43	1,72	1,42	1,08	8,54	6,07	0,00285	0,00063
1	P1010	3	2,43	1,72	1,14	0,79	1,28	0,93	7,7	5,2	0,00257	0,00054
Z	PZ022	3	1,21	0,79	0,04	0,01	1,17	0,78	7	4,38	0,00233	0,00045

Şekil 2.J 15 katlı BK tipi yapının analiz ve rapor ekranı - 2

C BLOK 5 KATLI TÜNEL KALIP

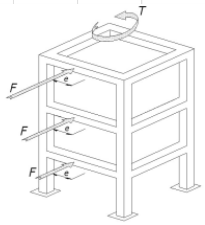
e_x : Katın burulma momenti hesabında kullanılan eksantrisite

e_y : Katın burulma momenti hesabında kullanılan eksantrisite

F_x : Kullanılan yöneme göre hesaplanan X yönü deprem kuvveti

F_y : Kullanılan yöneme göre hesaplanan Y yönü deprem kuvveti

T : Katın burulma momenti



w_i : Binanın i. katının hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak hesaplanan ağırlığı

H_i : Binanın i. katının temel üzerinden itibaren ölçülen yüksekliği

F_x : Kullanılan yönteme göre hesaplanan i. kata ait X yönü deprem kuvveti

F_y : Kullanılan yönteme göre hesaplanan i. kata ait Y yönü deprem kuvveti

d_x , d_y : Katın moment alınan noktaya göre kütle merkezi koordinatları

$M_{devrilici}$: Deprem yüklemelerinden dolayı oluşan X ve Y yönleri için devirici moment

$M_{koruyucu}$: Düşey yüklemelerden dolayı oluşan X ve Y yönleri için koruyucu moment

g_i : Binanın i. katındaki toplam sabit yük

q_i : Binanın i. katındaki toplam hareketli yük

$hykk$: Hareketli yük katılım katsayısı

w_i : Binanın i. katının hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak hesaplanan ağırlığı

H_i : Binanın i. katının temel üzerinden itibaren ölçülen yüksekliği

$F_{i(x)}$, $F_{i(y)}$: Eşdeğer deprem yükü yönteminde i. kata etkiyen deprem yükü

X_m , Y_m : Katın kütle merkezi koordinatları

X_r , Y_r : Katın rijitlik merkezi koordinatları

KAT	h (m)	ex (cm)	ey (cm)	Fx (tf)		Fy (tf)		Tx (tfm)		Ty (tfm)		Hi (m)	gi	qi	wi (tf)	wiHi (tfm)
				DY07	DY18	DY07	DY18	DY07	DY18	DY07	DY18					
5	3	187	130,0	157,6	187,2	167,6	175,7	204,90	243,33	313,36	328,6	18,0	841,3	145,5	885,0	15929,7
4	3	187	130,0	126,5	137,4	129,5	123,7	164,44	178,61	242,24	231,3	15,0	833,7	145,5	877,3	13160,0
3	3	187	130,0	98,3	98,8	96,8	85,9	127,79	128,41	180,98	160,6	12,0	833,7	145,5	877,3	10528,0
2	3	187	130,0	74,5	74,1	69,6	64,8	96,84	96,34	130,24	121,3	9,0	833,7	145,5	877,3	7896,0
1	3	187	130,0	51,1	55,0	46,4	49,8	66,39	71,56	86,82	93,0	6,0	833,7	145,5	877,3	5264,0
ZEMIN	3	187	130,0	27,5	31,1	27,9	28,7	35,78	40,44	52,21	53,6	3,0	833,7	145,5	877,3	2632,0

DEPREM PARAMETRELERİ		2007	2018	
Hareketli yükler dahil yapı toplam ağırlığı	W	5271,63	5271,63	tf
Yapı toplam serbest kütlesi	m	5266,23	5266,23	t
Yapı yükseliği (Rijit bodrum varsa o kattan ölçülen yükseklik)	Hn	18,00	18,00	m
X yönünde, yapı tepesinde uygulanan ekstra eşdeğer deprem yükü	A^n (X)	29,65	25,83	tf
Y yönünde, yapı tepesinde uygulanan ekstra eşdeğer deprem yükü	A^ (V)	29,65	25,80	tf
X yönünde uygulanan toplam eşdeğer deprem yükü	Vt(X)	658,95	582,86	tf
Y yönünde uygulanan toplam eşdeğer deprem yükü	Vt(Y)	658,95	573,90	tf
X yönünde uygulanan toplam deprem yükü (modal kombinasyon)	VtB (X)	535,49	583,61	tf
Y yönünde uygulanan toplam deprem yükü (modal kombinasyon)	VtB (Y)	537,88	528,55	tf
Yapı önem katsayısı	I	1,00	1	
X yönü VtB/Vt oranı	VtB/Vt(X)	0,81	1	
Y yönü VtB/Vt oranı	VtB/Vt (Y)	0,82	1,09	
Hesaplanan büyüklüklere ilişkin alt sınır değeri	P	0,80	0,9	
X yönü için deprem kuvvetleri büyütme katsayısı	pVt/VtB (X)	1,00	1	
Y yönü için deprem kuvvetleri büyütme katsayısı	pVt/VtB (Y)	1	1	

Şekil 2.K 5 katlı CK tipi yapının analiz ve rapor ekranı

$\Delta_i = d_i - d_{(i-1)}$

$\delta_i = R\Delta_i$

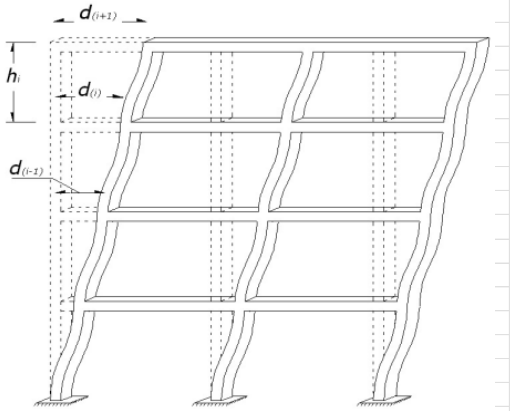
$(\delta_i)_{max} / h_i \leq 0.02$

d_i : Binanın i'inci katında azaltılmış deprem yüklerine göre hesaplanan yerdeğiştirme

Δ_i : Binanın i'inci katındaki azaltılmış göreli kat ötelemesi

δ_i : Binanın i'inci katındaki etkin göreli kat ötelemesi

$(\delta_i)_{max}$: Binanın i'inci katındaki etkin göreli kat ötelemesi



Kat	Eleman	h [m]	di [mm]		d(i-1) [mm]		A' [mm]		§i(max) [mm]		§i(max)/h	
			DY07	DY18	DY07	DY18	DY07	DY18	DY07	DY18	DY07	DY18
5	P5002	3	2,59	4,21	2,17	3,49	0,42	0,72	2,53	4,05	0,00084	0,00042
4	C4002	3	2,21	3,53	1,77	2,76	0,45	0,77	2,67	4,32	0,00089	0,00044
3	C3001	3	1,77	2,79	1,31	2,01	0,46	0,78	2,78	4,38	0,00093	0,00045
2	C2001	3	1,31	2,03	0,84	1,27	0,46	0,76	2,78	4,27	0,00093	0,00044
1	C1001	3	0,84	1,3	0,4	0,59	0,44	0,72	2,66	4,03	0,00089	0,00042
Z	PZ034	3	0,39	0,6	0,01	0,04	0,4	0,64	2,39	3,57	0,0008	0,00037

Kat	Eleman	h [m]	di [mm]		d(i-1) [mm]		A' [mm]		§i(max) [mm]		§i(max)/h	
			DY07	DY18	DY07	DY18	DY07	DY18	DY07	DY18	DY07	DY18
5	P5039	3	3,1	6,47	2,57	5,38	0,53	1,09	3,19	6,13	0,00106	0,00063
4	P4004	3	2,69	5,38	2,14	4,23	0,55	1,16	3,33	6,49	0,00111	0,00067
3	P3004	3	2,14	4,23	1,57	3,05	0,57	1,19	3,41	6,65	0,00114	0,00069
2	P2004	3	1,57	3,05	1,02	1,89	0,56	1,15	3,36	6,46	0,00112	0,00067
1	P1043	3	0,94	1,89	0,42	0,86	0,53	1,04	3,16	5,8	0,00105	0,0006
Z	PZ016	3	0,48	0,85	0,02	0,02	0,5	0,83	2,99	4,66	0,001	0,00048

Şekil 2.L 5 katlı CK tipi yapının analiz ve rapor ekranı - 2

C BLOK 10 KATLI TÜNEL KALIP

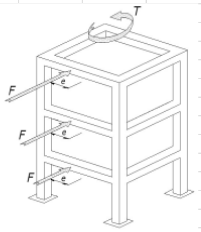
e_x : Katın burulma momenti hesabında kullanılan eksantrisite

e_y : Katın burulma momenti hesabında kullanılan eksantrisite

F_x : Kullanılan yöneme göre hesaplanan X yönü deprem kuvveti

F_y : Kullanılan yöneme göre hesaplanan Y yönü deprem kuvveti

T : Katın burulma momenti



w_i : Binanın i. katının hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak hesaplanan ağırlığı

H_i : Binanın i. katının temel üzerinden itibaren ölçülen yüksekliği

F_x : Kullanılan yönteme göre hesaplanan i. kata ait X yönü deprem kuvveti

F_y : Kullanılan yönteme göre hesaplanan i. kata ait Y yönü deprem kuvveti

d_x , d_y : Katın moment alınan noktaya göre kütle merkezi koordinatları

$M_{devirici}$: Deprem yüklemelerinden dolayı oluşan X ve Y yönleri için devirici moment

$M_{koruyucu}$: Düşey yüklemelerden dolayı oluşan X ve Y yönleri için koruyucu moment

g_i : Binanın i. katındaki toplam sabit yük

q_i : Binanın i. katındaki toplam hareketli yük

$hykk$: Hareketli yük katılım katsayısı

w_i : Binanın i. katının hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak hesaplanan ağırlığı

H_i : Binanın i. katının temel üzerinden itibaren ölçülen yüksekliği

$F_{i(x\ y}$, $F_{i(y)}$: Eşdeğer deprem yükü yönteminde i. kata etkiyen deprem yükü

X_m , Y_m : Katın kütle merkezi koordinatları

X_r , Y_r : Katın rijitlik merkezi koordinatları

KAT	h (m)	ex (cm)	ey (cm)	Fx (tf)		Fy (tf)		Tx (tfm)		Ty (tfm)		Hi (m)	gi	qi	wi (tf)	wiHi (tfm)
				DY07	DY18	DY07	DY18	DY07	DY18	DY07	DY18					
10	3	187	130,0	170,6	151,2	175,4	138,3	221,7	196,6	328,1	258,5	33,0	841,3	145,5	885,0	29204,3
9	3	187	130,0	148,5	108,3	148,6	92,8	193,0	140,8	277,9	173,5	30,0	833,7	145,5	877,3	26319,9
8	3	187	130,0	127,8	72,6	125,7	56,4	166,1	94,3	235,0	105,5	27,0	833,7	145,5	877,3	23687,9
7	3	187	130,0	109,0	49,1	106,3	34,4	141,7	63,8	198,7	64,3	24,0	833,7	145,5	877,3	21055,9
6	3	187	130,0	93,1	37,2	90,3	24,8	121,0	48,4	168,9	46,4	21,0	833,7	145,5	877,3	18423,9
5	3	187	130,0	79,8	34,0	76,8	24,1	103,7	44,2	143,7	45,1	18,0	833,7	145,5	877,3	15791,9
4	3	187	130,0	68,0	36,0	64,8	28,7	88,4	46,8	121,2	53,7	15,0	833,7	145,5	877,3	13160,0
3	3	187	130,0	55,9	39,0	53,3	34,1	72,6	50,7	99,7	63,7	12,0	833,7	145,5	877,3	10528,0
2	3	187	130,0	42,3	39,4	41,1	36,5	55,0	51,2	76,9	68,2	9,0	833,7	145,5	877,3	7896,0
1	3	187	130,0	29,1	33,6	28,2	32,4	37,9	43,7	52,7	60,6	6,0	833,7	145,5	877,3	5264,0
ZEMIN	3	187	130,0	18,2	20,0	16,7	19,7	23,6	26,0	31,3	36,8	3,0	833,7	145,5	877,3	2632,0

DEPREM PARAMETRELERİ		2007	2018	
Hareketli yükler dahil yapı toplam ağırlığı	W	9658,28	9658,28	tf
Yapı toplam serbest kütlesi	m	9648,38	9648,38	t
Yapı yükseliği (Rijit bodrum varsa o kattan ölçülen yükseklik)	Hn	33,00	33,00	m
X yönünde, yapı tepesinde uygulanan ekstra eşdeğer deprem yükü	A^n (X)	79,51	37,19	tf
Y yönünde, yapı tepesinde uygulanan ekstra eşdeğer deprem yükü	A^ (V)	97,70	37,15	tf
X yönünde uygulanan toplam eşdeğer deprem yükü	Vt(X)	963,79	458,05	tf
Y yönünde uygulanan toplam eşdeğer deprem yükü	Vt(Y)	1184,26	450,71	tf
X yönünde uygulanan toplam deprem yükü (modal kombinasyon)	VtB (X)	942,22	620,44	tf
Y yönünde uygulanan toplam deprem yükü (modal kombinasyon)	VtB (Y)	927,30	522,10	tf
Yapı önem katsayısı	I	1,00	1,00	
X yönü VtB/Vt oranı	VtB/Vt(X)	0,98	0,74	
Y yönü VtB/Vt oranı	VtB/Vt (Y)	0,78	0,86	
Hesaplanan büyüklüklere ilişkin alt sınır değeri	P	0,8	0,90	
X yönü için deprem kuvvetleri büyütme katsayısı	pVt/VtB (X)	1	1,00	
Y yönü için deprem kuvvetleri büyütme katsayısı	pVt/VtB (Y)	1,02	1	

Şekil 2.M 10 katlı CK tipi yapının analiz ve rapor ekranı

$\Delta_i = d_i - d_{(i-1)}$

$\delta_i = R\Delta_i$

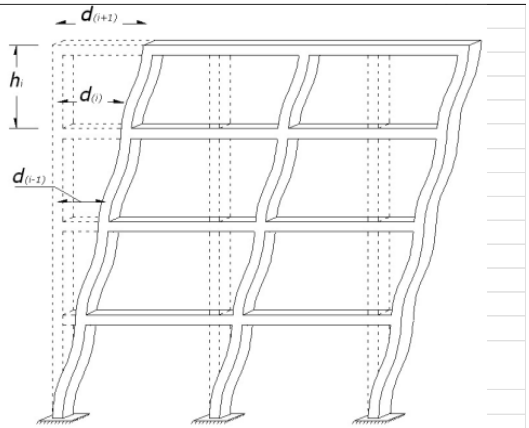
$(\delta_i)_{max} / h_i \leq 0.02$

d_i : Binanın i'inci katında azaltılmış deprem yüklerine göre hesaplanan yerdeğiştirme

Δ_i : Binanın i'inci katındaki azaltılmış göreli kat ötelemesi

δ_i : Binanın i'inci katındaki etkin göreli kat ötelemesi

$(\delta_i)_{max}$: Binanın i'inci katındaki etkin göreli kat ötelemesi



Kat	Eleman	h [m]	di [mm]		d(i-1) [mm]		A' [mm]		§i(max) [mm]		§i(max)/h	
			DY07	DY18	DY07	DY18	DY07	DY18	DY07	DY18	DY07	DY18
10	P10002	3	12,43	12,37	11,37	11,22	1,07	1,17	6,4	6,52	0,00213	0,00067
9	C9002	3	11,56	11,23	10,45	10,04	1,12	1,2	6,71	6,74	0,00224	0,00069
8	C8002	3	10,45	10,05	9,28	8,84	1,17	1,23	7,01	6,91	0,00234	0,00071
7	C7001	3	9,28	8,85	8,07	7,62	1,21	1,25	7,28	7,01	0,00243	0,00072
6	C6001	3	8,07	7,55	6,83	6,31	1,24	1,26	7,47	7,05	0,00249	0,00073
5	C5001	3	6,83	6,32	5,58	5,09	1,26	1,25	7,55	6,98	0,00252	0,00072
4	C4001	3	5,58	5,1	4,33	3,89	1,25	1,21	7,49	6,8	0,0025	0,0007
3	C3001	3	4,33	3,91	3,12	2,75	1,21	1,16	7,27	6,47	0,00242	0,00067
2	C2001	3	3,12	2,83	1,98	1,76	1,14	1,07	6,85	5,99	0,00228	0,00062
1	C1001	3	1,98	1,74	0,94	0,77	1,04	0,97	6,25	5,45	0,00208	0,00056
Z	PZ048	3	0,92	0,8	0,01	0,05	0,93	0,86	5,58	4,79	0,00186	0,00049
Kat	**Eleman**	**h [m]**	**di [mm]**		**d(i-1) [mm]**		**A' [mm]**		**§i(max) [mm]**		**§i(max)/h**	
			DY07	DY18	DY07	DY18	DY07	DY18	DY07	DY18	DY07	DY18
10	P10039	3	17,18	18,27	15,56	16,56	1,61	1,73	9,68	9,7	0,00323	0,001
9	P9012	3	15,58	16,56	13,96	14,8	1,62	1,79	9,73	10,03	0,00324	0,00103
8	P8012	3	13,97	14,8	12,31	12,99	1,66	1,84	9,96	10,31	0,00332	0,00106
7	P7004	3	12,5	12,99	10,8	11,15	1,7	1,87	10,18	10,48	0,00339	0,00108
6	P6004	3	10,8	11,15	9,09	9,3	1,72	1,88	10,3	10,51	0,00343	0,00108
5	P5004	3	9,09	9,3	7,39	7,47	1,71	1,85	10,26	10,39	0,00342	0,00107
4	P4004	3	7,39	7,47	5,71	5,68	1,67	1,8	10,05	10,07	0,00335	0,00104
3	P3042	3	5,6	5,68	3,98	3,99	1,62	1,7	9,71	9,54	0,00324	0,00098
2	P2042	3	3,98	3,99	2,45	2,43	1,53	1,56	9,19	8,71	0,00306	0,0009
1	P1043	3	2,49	2,43	1,1	1,1	1,39	1,34	8,34	7,48	0,00278	0,00077
Z	PZ016	3	1,24	1,08	0,06	0,03	1,3	1,06	7,81	5,92	0,0026	0,00061

Şekil 2.N 10 katlı CK tipi yapının analiz ve rapor ekranı - 2

C BLOK 15 KATLI TÜNEL KALIP

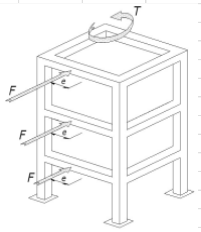
e_x : Katın burulma momenti hesabında kullanılan eksantrisite

e_y : Katın burulma momenti hesabında kullanılan eksantrisite

F_x : Kullanılan yöneme göre hesaplanan X yönü deprem kuvveti

F_y : Kullanılan yöneme göre hesaplanan Y yönü deprem kuvveti

T : Katın burulma momenti



w_i : Binanın i. katının hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak hesaplanan ağırlığı

H_i : Binanın i. katının temel üzerinden itibaren ölçülen yüksekliği

F_x : Kullanılan yönteme göre hesaplanan i. kata ait X yönü deprem kuvveti

F_y : Kullanılan yönteme göre hesaplanan i. kata ait Y yönü deprem kuvveti

d_x , d_y : Katın moment alınan noktaya göre kütle merkezi koordinatları

$M_{devirici}$: Deprem yüklemelerinden dolayı oluşan X ve Y yönleri için devirici moment

$M_{koruyucu}$: Düşey yüklemelerden dolayı oluşan X ve Y yönleri için koruyucu moment

g_i : Binanın i. katındaki toplam sabit yük

q_i : Binanın i. katındaki toplam hareketli yük

$hykk$: Hareketli yük katılım katsayısı

w_i : Binanın i. katının hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak hesaplanan ağırlığı

H_i : Binanın i. katının temel üzerinden itibaren ölçülen yüksekliği

$F_{i(x\ y}$, $F_{i(y)}$: Eşdeğer deprem yükü yönteminde i. kata etkiyen deprem yükü

X_m , Y_m : Katın kütle merkezi koordinatları

X_r , Y_r : Katın rijitlik merkezi koordinatları

KAT	h (m)	ex (cm)	ey (cm)	Fx (tf)		Fy (tf)		Tx (tfm)		Ty (tfm)		Hi (m)	gi	qi	wi (tf)	wiHi (tfm)
				DY07	DY18	DY07	DY18	DY07	DY18	DY07	DY18					
15	3	187	130,0	145,6	130,3	134,2	120,5	189,3	169,3	251,0	225,4	48,0	841,3	145,5	885,0	42479,0
14	3	187	130,0	128,4	93,1	112,7	81,7	166,9	121,1	210,8	152,8	45,0	833,7	145,5	877,3	39479,9
13	3	187	130,0	112,4	60,9	94,5	49,3	146,2	79,2	176,6	92,1	42,0	833,7	145,5	877,3	36847,9
12	3	187	130,0	98,3	37,8	79,4	27,2	127,8	49,2	148,5	50,8	39,0	833,7	145,5	877,3	34215,9
11	3	187	130,0	86,5	23,7	68,0	13,9	112,5	30,8	127,1	26,0	36,0	833,7	145,5	877,3	31583,9
10	3	187	130,0	77,0	16,3	59,5	7,3	100,1	21,2	111,2	13,6	33,0	833,7	145,5	877,3	28951,9
9	3	187	130,0	69,2	13,8	53,0	5,5	89,9	17,9	99,2	10,3	30,0	833,7	145,5	877,3	26319,9
8	3	187	130,0	62,4	14,6	48,1	7,3	81,2	19,0	90,0	13,7	27,0	833,7	145,5	877,3	23687,9
7	3	187	130,0	56,6	17,6	44,3	11,9	73,6	22,9	82,8	22,3	24,0	833,7	145,5	877,3	21055,9
6	3	187	130,0	51,3	21,8	41,0	18,1	66,6	28,3	76,6	33,8	21,0	833,7	145,5	877,3	18423,9
5	3	187	130,0	45,8	26,4	37,7	24,2	59,6	34,3	70,5	45,3	18,0	833,7	145,5	877,3	15791,9
4	3	187	130,0	39,7	30,6	34,1	29,3	51,6	39,8	63,7	54,7	15,0	833,7	145,5	877,3	13160,0
3	3	187	130,0	32,7	33,3	29,4	32,3	42,5	43,2	55,0	60,5	12,0	833,7	145,5	877,3	10528,0
2	3	187	130,0	26,0	33,0	23,6	32,4	33,8	42,9	44,1	60,5	9,0	833,7	145,5	877,3	7896,0
1	3	187	130,0	20,2	27,8	18,1	27,7	26,2	36,1	33,9	51,8	6,0	833,7	145,5	877,3	5264,0
ZEMIN	3	187	130,0	13,3	16,6	12,5	16,7	17,2	21,6	23,3	31,3	3,0	833,7	145,5	877,3	2632,0

DEPREM PARAMETRELERİ		2007	2018	
Hareketli yükler dahil yapı toplam ağırlığı	W	14044,93	14044,93	tf
Yapı toplam serbest kütlesi	m	14030,53	14030,53	t
Yapı yükseliği (Rijit bodrum varsa o kattan ölçülen yükseklik)	Hn	48,00	48,00	m
X yönünde, yapı tepesinde uygulanan ekstra eşdeğer deprem yükü	A^n (X)	113,36	46,10	tf
Y yönünde, yapı tepesinde uygulanan ekstra eşdeğer deprem yükü	A^ (V)	135,33	46,05	tf
X yönünde uygulanan toplam eşdeğer deprem yükü	Vt(X)	944,63	644,29	tf
Y yönünde uygulanan toplam eşdeğer deprem yükü	Vt(Y)	1127,71	384,04	tf
X yönünde uygulanan toplam deprem yükü (modal kombinasyon)	VtB (X)	1065,39	597,51	tf
Y yönünde uygulanan toplam deprem yükü (modal kombinasyon)	VtB (Y)	889,96	505,38	tf
Yapı önem katsayısı	I	1,00	1,00	
X yönü VtB/Vt oranı	VtB/Vt(X)	1,13	1,08	
Y yönü VtB/Vt oranı	VtB/Vt (Y)	0,79	0,76	
Hesaplanan büyüklüklere ilişkin alt sınır değeri	P	0,80	0,9	
X yönü için deprem kuvvetleri büyütme katsayısı	pVt/VtB (X)	1,00	1	
Y yönü için deprem kuvvetleri büyütme katsayısı	pVt/VtB (Y)	1,01	1	

Şekil 2.O 15 katlı CK tipi yapının analiz ve rapor ekranı

$\Delta_i = d_i - d_{(i-1)}$

$\delta_i = R\Delta_i$

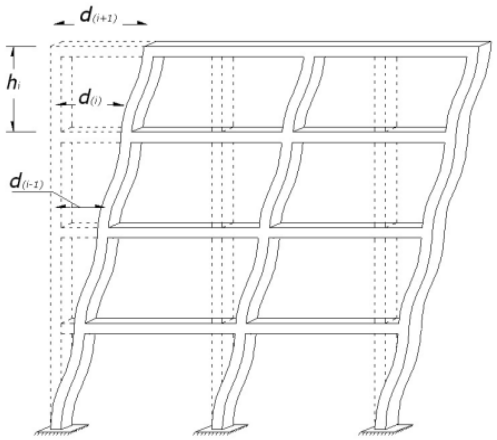
$(\delta_i)_{max} / h_i \leq 0.02$

d_i : Binanın i'inci katında azaltılmış deprem yüklerine göre hesaplanan yerdeğiştirme

Δ_i : Binanın i'inci katındaki azaltılmış göreli kat ötelemesi

δ_i : Binanın i'inci katındaki etkin göreli kat ötelemesi

$(\delta_i)_{max}$: Binanın i'inci katındaki etkin göreli kat ötelemesi



Kat	Eleman	h [m]	di [mm]		d(i-1) [mm]		A' [mm]		§i(max) [mm]		§i(max)/h	
			DY07	DY18	DY07	DY18	DY07	DY18	DY07	DY18	DY07	DY18
15	P15033	3	26,09	20,77	24,61	19,43	1,49	1,37	8,95	7,68	0,00298	0,00079
14	P14047	3	25,01	19,44	23,47	18,08	1,56	1,4	9,33	7,86	0,00311	0,00081
13	P13047	3	23,47	18,09	21,86	16,71	1,61	1,43	9,66	8,02	0,00322	0,00083
12	C12004	3	21,86	16,72	20,2	15,32	1,67	1,45	10,01	8,14	0,00334	0,00084
11	C11004	3	20,2	15,32	18,49	13,91	1,72	1,47	10,35	8,23	0,00345	0,00085
10	C10004	3	18,49	13,91	16,72	12,48	1,77	1,48	10,64	8,27	0,00355	0,00085
9	P9039	3	16,72	12,49	14,92	11,05	1,81	1,48	10,87	8,28	0,00362	0,00085
8	P8039	3	14,92	11,06	13,09	9,62	1,84	1,47	11,02	8,25	0,00367	0,00085
7	P7039	3	13,09	9,63	11,24	8,2	1,85	1,46	11,08	8,16	0,00369	0,00084
6	P6048	3	11,24	8,18	9,41	6,77	1,84	1,43	11,02	8	0,00367	0,00082
5	P5048	3	9,41	6,77	7,6	5,4	1,81	1,39	10,84	7,76	0,00361	0,0008
4	P4039	3	7,6	5,44	5,86	4,13	1,75	1,32	10,5	7,4	0,0035	0,00076
3	P3039	3	5,86	4,14	4,19	2,9	1,66	1,24	9,99	6,93	0,00333	0,00071
2	P2047	3	4,19	2,97	2,65	1,84	1,54	1,13	9,23	6,32	0,00308	0,00065
1	P1042	3	2,65	1,82	1,26	0,8	1,39	1,02	8,37	5,72	0,00279	0,00059
Z	PZ041	3	1,25	0,86	0,02	0,04	1,24	0,9	7,47	5,04	0,00249	0,00052
Kat		**h [m]**	**di [mm]**		**d(i-1) [mm]**		**A' [mm]**		**§i(max) [mm]**		**§i(max)/h**	
			DY07	DY18	DY07	DY18	DY07	DY18	DY07	DY18	DY07	DY18
15	P15039	3	32,48	32,23	30,39	30,11	2,1	2,17	12,6	12,16	0,0042	0,00125
14	P14012	3	30,41	30,11	28,32	27,96	2,11	2,22	12,63	12,45	0,00421	0,00128
13	P13012	3	28,33	27,96	26,19	25,77	2,14	2,27	12,85	12,7	0,00428	0,00131
12	P12026	3	26,44	25,77	24,26	23,56	2,18	2,3	13,1	12,91	0,00437	0,00133
11	P11004	3	24,27	23,56	22,06	21,32	2,22	2,33	13,31	13,03	0,00444	0,00134
10	P10004	3	22,06	21,32	19,83	19,07	2,24	2,33	13,46	13,06	0,00449	0,00135
9	P9004	3	19,83	19,07	17,58	16,82	2,26	2,32	13,53	13	0,00451	0,00134
8	P8004	3	17,58	16,82	15,34	14,59	2,25	2,29	13,51	12,85	0,0045	0,00132
7	P7004	3	15,34	14,59	13,11	12,38	2,23	2,25	13,39	12,61	0,00446	0,0013
6	P6004	3	13,11	12,38	10,92	10,23	2,19	2,19	13,15	12,27	0,00438	0,00126
5	P5004	3	10,92	10,23	8,8	8,14	2,13	2,11	12,77	11,81	0,00426	0,00122
4	P4045	3	8,72	8,14	6,68	6,15	2,04	2	12,25	11,22	0,00408	0,00116
3	P3042	3	6,66	6,15	4,72	4,29	1,94	1,86	11,66	10,44	0,00389	0,00108
2	P2042	3	4,72	4,29	2,9	2,61	1,82	1,68	10,89	9,41	0,00363	0,00097
1	P1043	3	2,95	2,61	1,31	1,18	1,64	1,43	9,81	8	0,00327	0,00082
Z	PZ016	3	1,48	1,16	0,06	0,03	1,54	1,13	9,24	6,33	0,00308	0,00065

Şekil 2.P 15 katlı CK tipi yapının analiz ve rapor ekranı - 2

YAPI GENEL BİLGİLERİ

YAPI KONUM BİLGİLERİ

Yapı İli	:	
Yapı İlçesi	:	
Yapı Pafta No	:	
Yapı Ada No	:	
Yapı Parsel No	:	

YAPI GEOMETRİK BİLGİLERİ

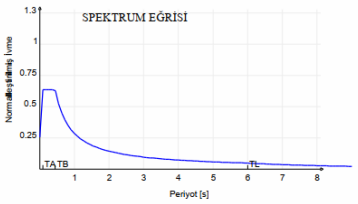
Kat sayısı	:	1
Yapı Yüksekliği	:	3.00 (m)
Rijit Bodrum Üstü Yapı Yüksekliği	:	3.00 (m)
Rijit Bodrum Katı Sayısı	:	0
Rijit Bodrum Kat Numarası	:	-1
Maksimum Kat Yüksekliği	:	3.00 (m)
Maksimum Kiriş Açıklığı	:	4.52 (m)
Planlanan Kullanım	:	
Rijit Diyafram Sayısı	:	1

DEPREM PARAMETRELERİ

Bina Önem Katsayısı (I)	:	1
Bina Kullanım Sınıfı (BKS)	:	3
Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (Girilen) (X / Y)	:	7 / 7
Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (Seçilen) (X / Y)	:	5.6 / 5.6
Dayanım Fazlalığı Katsayıs (X / Y)	:	2.5 / 2.5
Eksantriste Oranı	:	0.05
Süneklik Düzeyi	:	Yüksek
Deprem Yer Hareketi Düzeyi	:	DD2
Deprem Tasarım Sınıfı (DTS)	:	2
Bina Yükseklik Sınıfı (BYS)	:	8
Normal Performans Hedefi	:	Kontrollü Hasar
Değerlendirme / Tasarım Yaklaşımı	:	Dayanıma Göre Tasarım

ZEMİN PARAMETRELERİ

Zemin Tipi	:	ZC
Spektrum Karakteristik Periyotları	:	Ta : 0.09, Tb : 0.45
Zemin taşıma gücü	:	42.00 [tf/m²]
Yatak Katsayısı	:	3000.00 [tf/m³]
Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı (Ss)	:	0.488
1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı (S1)	:	0.19
Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı (SDs)	:	0.6344
1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı (SD1)	:	0.285
En Büyük Yer İvmesi (g) (PGA)	:	0.209
En Büyük Yer Hızı (PGV)	:	16.116



MALZEME BİLGİLERİ

Perdeler	:	C30 B420C
Kirişler	:	C30 B420C
Döşemeler	:	C30 B420C
Temeller	:	C30 B420C
Beton Güvenlik Katsayısı	:	1.50
Donatı Güvenlik Katsayısı	:	1.15
Beton Birim Hacim Ağırlığı	:	2.50

KULLANILAN STANDARTLAR VE YÖNETMELİKLER

TS 500 (Şubat 2000)
TBDY 2018

Şekil 2.Q Tek katlı BK yapısı (2018) - Yapı genel bilgileri

YAPI ÖZET RAPORU

Malzeme ve Kesit Kontrolleri		
Kullanılan Beton Sınıfı	Projede en az C25 veya daha kaliteli beton kullanılmış	√
Kesit Kontrolü	Projede tüm elemanların kesitleri yeterlidir	√

Öteleme ve Düzensizlik Kontrolleri		
Göreli Öteleme	Göreli kat öteleme koşulu sağlanmıştır	√
	δi(max)/hi = 0.0000 <= 0.008 - (ZEMİN KAT)	
İkinci Mertebe Etkileri	Bütün katlarda 2. mertebe etkileri koşulu sağlanmıştır	√
	θi(max) = 0.000 <= 0.1071 - (ZEMİN KAT)	
A1 Düzensizliği	Bütün katlarda A1 düzensizliği koşulu sağlanamamıştır	√
	ηi(max) = 1.30 > 1.2 - (ZEMİN KAT)	
	Dinamik analiz yapılmıştır	
A2 Düzensizliği	Bütün katlarda A2 düzensizliği koşulu sağlanmıştır	√
A3 Düzensizliği	Bütün katlarda A3 düzensizliği koşulu sağlanmıştır	√
B1 Düzensizliği	Bütün katlarda B1 düzensizliği koşulu sağlanmıştır	√
B2 Düzensizliği	Bütün katlarda B2 düzensizliği koşulu sağlanmıştır	√
B3 Düzensizliği	Bütün katlarda B3 düzensizliği koşulu sağlanmıştır	√

Hesap Yöntemi ve R Katsayısının Seçimi		
R Katsayısı Seçimi (X yönü)	R katsayısı program tarafından değiştirilmiştir.	√
	Girilen R = 7.00 > Seçilen R = 5.60	
R Katsayısı Seçimi (Y yönü)	R katsayısı program tarafından değiştirilmiştir.	√
	Girilen R = 7.00 > Seçilen R = 5.60	
Hesap Yönteminin Seçimi	Tepki spekturum yöntemi kullanılmıştır.	√
	Modal analiz yapılmıştır	
Süneklik Düzeyinin Seçimi (X Yönü)	Perdeli sistem - Süneklik Düzeyi : Yüksek	√
Süneklik Düzeyinin Seçimi (Y Yönü)	Perdeli sistem - Süneklik Düzeyi : Yüksek	√

Yapı Deprem Yükünün Belirlenmesi		
Yapı Serbest Kütlesi	822.42 t	√
	Hareketli yük katsayısı = 0.3000	
Toplam Deprem Yükü (X)	Vt = 93.99 [tf] - (Dinamik Yöntem)	√
Toplam Deprem Yükü (Y)	Vt = 94.57 [tf] - (Dinamik Yöntem)	√
Yapı Doğal Titreşim Periyodu	Tr = 0.04 ≤ Ta = 0.09 ≤ Tb = 0.45 [s] - (RZ)	√
Spektrum Katsayısı	S(T) = 0.42	√
Hesaba Katılan Mod Sayısı	Hesaba katılan mod sayısı yeterlidir	√
	Hesaba 33 mod katılmıştır	

Şekil 2.R Tek katlı BK yapısı (2018) - Yapı özet raporu

ideCAD | **PROJE: STATİK ŞABLON PROJE**

Döşeme Özet Raporu		
Döşeme Yük Analizi	TS498'e göre detaylı döşeme yük analizi yapılmıştır	√
Döşeme Yükseklik Kontrolü	TS500'e göre döşeme yükseklik kontrolleri yapılmıştır	√
Döşeme Statik Sonuçları	Sonlu elemanlar yöntemiyle statik çözüm yapılmıştır	√
	M11(max) = -0.94 [tfm]	
	M22(max) = -0.65 [tfm]	
Döşeme Betonarme Donatı Hesabı	Tüm döşemelerde gereken donatı koşulları sağlandı	√
	MdMax : 0.88 [tfm] - (DZ014)	
	AsMax : 3.40 [cm²] - (DZ014)	
Döşeme Sehim Kontrolü	Bütün döşemelerde sehim koşulları sağlanmıştır.	√
	Süreli Sehim - δ_{ig} max = 0.55 mm - (DZ005)	
	Ani Sehim - δ_{iq} max = 0.08 < 23.75 mm - (DZ013)	
	Toplam Sehim - δ_t max = 0.89 < 71.71 mm - (DZ005)	

Kiriş Özet Raporu		
Kiriş Yük Analizi	TS498'e göre detaylı kiriş yük analizi yapılmıştır	√
Kiriş Yükleri	Kiriş yükleri sonlu elemanlar yöntemiyle aktarılmıştır	√
Kiriş Statik Sonuçları	Kiriş Statik Çözümü Yapılmıştır	√
	TMax : -0.47 [tfm] - (KZ012)	
	VMax : -4.56 [tf] - (KZ015)	
	MMax : -3.57 [tfm] - (KZ015)	
Kiriş Betonarme Donatı Hesabı	Tüm kirişlerde gereken donatı koşulları sağlandı	√
	MdMax : -5.62 [tfm] - (KZ015)	
	AsMax : 4.58 [cm²] - (KZ003)	
Kiriş Burulma Hesabı	(Td/S) + (Vd/bwd) < 0.22fcd koşulu tüm kirişlerde sağlanmıştır	√
Kiriş Kesme Güvenliği	Ve ≤ 0.85 b_w d √fck koşulu tüm kirişlerde sağlanmıştır	√
	Ve ≤ Vr koşulu tüm kirişlerde sağlanmıştır	
	TS500 Vd ≤ 0.22 fcd*bw*d koşulu tüm kirişlerde sağlanmıştır	
	Asw/sk(max) : 2.62 [cm²] - (KZ003)	
Kiriş Sehim Kontrolü	Sehim koşulları tüm kirişlerde sağlanmıştır	√
	Süreli Sehim - δ_{ig} max = 0 mm - ()	
	Ani Sehim - δ_{iq} max = 0 < 0 mm - ()	
	Toplam Sehim - δ_t max = 0 < 0 mm - ()	
Kiriş Çatlak Kontrolü	ω < ωmax koşulu tüm kirişlerde sağlanmıştır	√
	ω = 0.24 < ωmax = 0.40 [mm] - (KZ003)	
Kiriş Askı Donatısı	Projede askı donatısı gerektiren kirişler yoktur	√

Perde Özet Raporu		
Perde Statik Sonuçları	Mmax : 33.36 [tfm] - (PZ024)	√
	Tmax : 5.60 [tfm] - (PZ035)	
	Vmax : 30.87 [tf] - (PZ025)	
	Nmax : -31.47 [tf] - (PZ034)	
Perdelerin Tasarım Eğilme Momentleri	Tasarım eğilme momentleri dikkate alınmıştır	√
Perde Betonarme Donatı Hesabı	Tüm perdelerde gereken donatı koşulları sağlandı	√
	Nd : -4.23 [tf] - (PZ021)	
	Md2 : -0.93 [tfm]	
	Md3 : -25.63 [tfm]	
	As : 25.00 [cm²]	
Perde Kesme Güvenliği	Ve ≤ Vr koşulu tüm perdelerde sağlanmıştır	√
	Ve ≤ VeMax koşulu tüm perdelerde sağlanmıştır	

Radye Temel Özet Raporu		
Radye Temel Sonlu Eleman Bilgileri	Grafiksel ve tablo biçiminde verilmistir	√
Radye Temel Statik Sonuçları	Sonlu elemanlar yöntemiyle statik çözüm yapılmıştır	√
	Üst Yapı Temel Etkileşimli Analiz Yapıldı	√
	M11(max) = 5.46 [tfm]	
	M22(max) = 4.94 [tfm]	
Radye Temel Betonarme Donatı Hesabı	Tüm radye temellerde gereken donatı koşulları sağlandı	√
	MdMax : -5.75 [tfm] - (RDZ02)	
	AsMax : 28.70 [cm²] - (RDZ02)	

Şekil 2.S Tek katlı BK yapısı (2018) - Yapı özet raporu 2

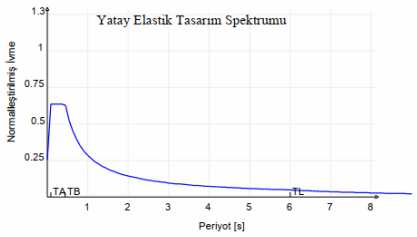
Analiz Ayarları Raporu

Deprem Yönetmeliği	
TBDY 2018	Seçildi
TBDY 2007	

Deprem Yükü Hesaplama Yöntemi	
Mod katkılarının birleştirilmesi ile hesaplanan yatay kat kuvvetlerini uygula	
Elemana özgü sonuçlardan mod katkılarının birleştirilmesi	Seçildi

Rijit Diyafram Modelleme Yöntemi	
Tam rijit diyafram (Matematiksel rijit diyafram modeli)	
Diyafram kütlelerini rijit diyafram merkezinde yoğunlaştır	
Düşey yükler için rijit diyaframı kullan	
Yarı rijit diyafram (Döşeme birlikte analiz modeli)	Seçildi
&Döşeme dizaynında deprem etkilerini dikkate al	Seçildi
Döşeme tasarımında düzlem içi kuvvetleri dikkate al (ENV 1992-1-1 1992 Eurocode 2)	

TBDY 2018 Seçenekleri		
Deprem Yer Hareketi Düzeyi	DD-2	Seçildi
Bina Kullanım Sınıfı (BKS)	3	Seçildi
Bina önem katsayısı (I)	1.0	Seçildi
Diğer binalar (apartman, otel vb.)		
Eksantriste oranı	0.05	Seçildi
Deprem Tasarım Sınıfı (DTS)	2	Seçildi
Bina Yükseklik Sınıfı (BYS)	8	Seçildi
Normal Performans Hedefi	Kontrollü Hasar	Seçildi
Değerlendirme / Tasarım Yaklaşımı	Dayanıma Göre Tasarım	Seçildi
Taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R) X	7.00	Seçildi
Taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R) Y	7.00	Seçildi
Dayanım fazlalığı Katsayısı (D) X	2.50	Seçildi
Dayanım fazlalığı Katsayısı (D) Y	2.50	Seçildi
Döşeme Tipi	Kirişli ya da Kaset Döşeme	Seçildi
Süneklik Düzeyi	Yüksek	Seçildi
Bina Sistemi		
Betonarme		Seçildi
Çelik		
Çelik+Betonarme		
Gevrek malzemeden yapılmış dolgu duvarların/çerçeve elemanlarının bağlantısı		
Esnek derz veya bağlantı yok, tamamen bitişik (4.9.1.3.a)		Seçildi
Cephe elemanları esnek bağlantılarla bağlı veya dolgu duvarlar bağımsız (4.9.1.3.b)		
Kolon kiriş kesme güvenliğinde konsol ve basit kirişleri dikkate al		Seçildi
(TBDY 2018 7.5.2, vb.) sünek yapı maddelerini rijit bodruma uygula		
4.3.2.4 Maddesini betonarme perde içeren tüm sistemlere uygula		Seçildi
Perde toplam devrilme momenti hesabında 1/3 şartını sağlamayan bağ kirişlerinin de (Nv) katkısını dikkate al		



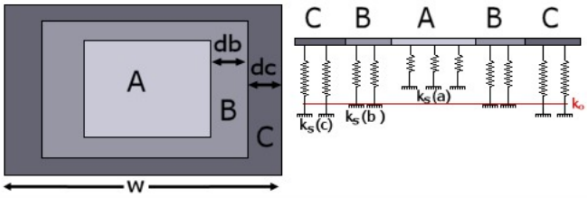
Tasarım Spektrumu Parametreleri	
Fonksiyon adı	RSF1
Spektrum çarpanı	1.00
Ss	0.488
S1	0.190

Şekil 2.T Tek katlı BK yapısı (2018) - Analiz ayarları raporu

Tasarım Spektrumu Parametreleri			
Sd1	0.285		
Sds	0.634		
Pga	0.209		
Pgv	16.116		
Zemin sınıfı	ZC		
TA	0.090		
TB	0.449		
Bina koordinatları			
Enlem	40.470121		
Boylam	32.650584		

Rüzgar Yükü			
Kaplamalara etkiyen rüzgar yüklerini hesapla			Seçildi
Normal tip yapı / 0.8 - 1.2 sin(a) - 0.4			Seçildi
Kule tipinde yapı / 1.2 - 1.6 sin(a) - 0.4			
Zemin kotu		0 [m]	Seçildi
Rüzgar yüklerini rijit diyaframa uygula			Seçildi
ZEMİN KAT	Rüzgar X	0.00 Birim	Seçildi
	Rüzgar Y	0.00 Birim	Seçildi

Temel - Zemin		
Zemin birim ağırlığı	2.10 [tf/m³]	Seçildi
Yatak katsayısı	3000.00 [tf/m³]	Seçildi
Zemin taşıma gücü	42.00 [tf/m²]	Seçildi
Zemin sınıfı	ZC	Seçildi
TA	0.090	
TB	0.449	
Temellerin zemin taşıma gücü kontrolünü ortalama gerilmeye göre yap		
Temellerin zemin taşıma gücü kontrolünde deprem yüklemelerini kullan		Seçildi
Temellerde negatif zemin taşıma gücü kontrolü yap		
Radye temellerin zemin taşıma gücü kontrolünü ortalama gerilmeye göre yap		
Kirişsiz radye temellerin zemin taşıma gücü kontrolünde deprem yüklemelerini kullan		Seçildi
Radye temellerde negatif zemin taşıma gücü kontrolü yap		
Üst yapı etkileşimli çözüm		Seçildi
Radye temel - üst yapı etkileşim		
Düz bağlantı		
Bağlantı bölgesini büyüt		Seçildi
Oran x h	0.50	Seçildi
Kolon ve perdenin altında kalan kabuk elemanlar için kalınlık çarpanı	1.00	Seçildi



Radye temellerde Çoklu Eşlenik Winkler Yay yöntemini kullan
B Bölgesi uzunluk oranı (db/w)
B bölgesi faktörü &ks(b)/ks(a)
C Bölgesi uzunluk oranı (dc/w)
C &bölgesi faktörü ks(c)/ks(a)

Yük - Güvenlik		
Zati yük faktörü	1.40	Seçildi
Hareketli yük katsayısı	1.60	Seçildi
Ak hesabı için duvar birim ağırlığı (t / m3)	1.30	Seçildi
Alt kat Ak değerini üstteki katla aynı kullan		Seçildi
Hesap donatısı toleransı (%)	0.00 %	Seçildi
Kesit kontrolü toleransı (%)	0.00 %	Seçildi
TS500 yeniden dağılım maddesini uygula		
TS498 hareketli yük azaltma maddesini uygula		
Konut, büro ve iğhanları		
Hafif çalışma yapılan işyerleri, atölyeler, imalathaneler ve mağazalar		

Şekil 2.U Tek katlı BK yapısı (2018) - Analiz ayarları raporu 2

TBDY 2018 Deprem Parametreleri Raporu

DD-1 : *50 yılda aşılma olasılığı %2 (tekrarlanma periyodu 2475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi*

DD-2 : *50 yılda aşılma olasılığı %10 (tekrarlanma periyodu 475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi*

DD-3 : *50 yılda aşılma olasılığı %50 (tekrarlanma periyodu 72 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi*

DD-4 : *50 yılda aşılma olasılığı %68 (tekrarlanma periyodu 43 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi*

F_s : *Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayısı*

F_1: *1.0 saniye periyot için yerel zemin etki katsayısı*

S_{DS} *: Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]*

S_{D1} *: 1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]*

S_S *: Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]*

S_1 *: 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]*

PGA *: En büyük yer ivmesi [g]*

PGV *: En büyük yer hızı [cm/sn]*

BKS *: Bina kullanım sınıfı*

BYS *: Bina yükseklik sınıfı*

D *: Dayanım Fazlalığı Katsayısı*

R *: Taşıyıcı sistem davranış katsayısı*

I *: Bina önem katsayısı*

KH *: Kontrollü hasar performans düzeyi*

SH *: Sınırlı hasar performans düzeyi*

DGT *: Dayanıma göre tasarım*

ŞGDT *: Şekil değiştirmeye göre değerlendirme ve tasarım*

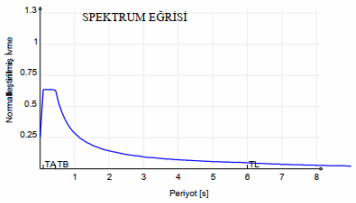
2.2.2. Deprem Yer Hareketi Düzeyi-2 (DD-2)

DD-2 *Deprem Yer Hareketi*, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %10 ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 475 yıl olduğu *seyrek* deprem yer hareketini nitelemektedir. Bu deprem yer hareketi, *standart tasarım deprem yer hareketi* olarak da adlandırılmaktadır.

Zemin Tipi ZC

Bina Konumu			
Enlem	40.470121	**Boylam**	32.650584

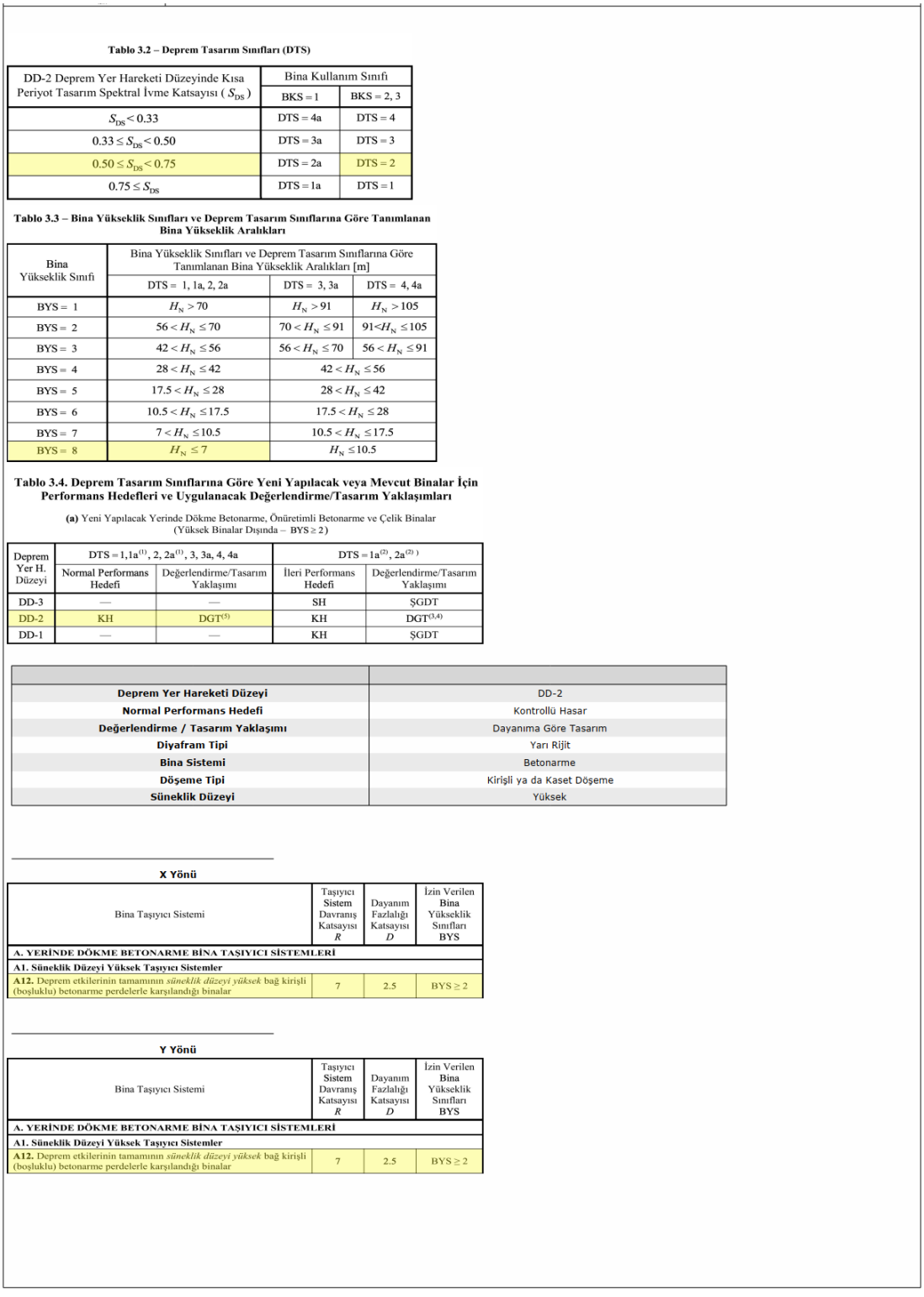
Harita.Sp. İvme Katsayıları			
Ss	0.488	**S1**	0.190
Sds	0.634	**Sd1**	0.285
PGA	0.209	**PGV**	16.116



Tablo 3.1 – Bina Kullanım Sınıfları ve Bina Önem Katsayıları

Bina Kullanım Sınıfı	Binanın Kullanım Amacı	Bina Önem Katsayısı (I)
BKS = 1	**Deprem sonrası kullanımı gereken binalar, insanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar, değerli eşyanın saklandığı binalar ve tehlikeli madde içeren binalar** **a)** Deprem sonrasında hemen kullanılması gerekli binalar (Hastaneler, dispanserler, sağlık ocakları, itfaiye bina ve tesisleri, PTT ve diğer haberleşme tesisleri, ulaşım istasyonları ve terminalleri, enerji üretim ve dağıtım tesisleri, vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, ilk yardım ve afet planlama istasyonları) **b)** Okullar, diğer eğitim bina ve tesisleri, yurt ve yatakhaneler, askeri kışlalar, cezaevleri, vb. **c)** Müzeler **d)** Toksik, patlayıcı, parlayıcı, vb. özellikleri olan maddelerin bulunduğu veya depolandığı binalar	1.5
BKS = 2	**İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar** Alışveriş merkezleri, spor tesisleri, sinema, tiyatro, konser salonları, ibadethaneler, vb.	1.2
BKS = 3	**Diğer binalar** BKS=1 ve BKS=2 için verilen tanımlara girmeyen diğer binalar (Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları, vb.)	1.0

Şekil 2.V Tek katlı BK yapısı (2018) - Deprem parametreleri raporu



Tablo 3.2 – Deprem Tasarım Sınıfları (DTS)

DD-2 Deprem Yer Hareketi Düzeyinde Kısa Periyot Tasarım Spektral İvme Katsayısı (S_{DS})	Bina Kullanım Sınıfı	
	BKS = 1	BKS = 2, 3
$S_{DS} < 0.33$	DTS = 4a	DTS = 4
$0.33 \le S_{DS} < 0.50$	DTS = 3a	DTS = 3
$0.50 \le S_{DS} < 0.75$	DTS = 2a	DTS = 2
$0.75 \le S_{DS}$	DTS = 1a	DTS = 1

Tablo 3.3 – Bina Yükseklik Sınıfları ve Deprem Tasarım Sınıflarına Göre Tanımlanan Bina Yükseklik Aralıkları

Bina Yükseklik Sınıfı	Bina Yükseklik Sınıfları ve Deprem Tasarım Sınıflarına Göre Tanımlanan Bina Yükseklik Aralıkları [m]		
	DTS = 1, 1a, 2, 2a	DTS = 3, 3a	DTS = 4, 4a
BYS = 1	$H_N > 70$	$H_N > 91$	$H_N > 105$
BYS = 2	$56 < H_N \le 70$	$70 < H_N \le 91$	$91 < H_N \le 105$
BYS = 3	$42 < H_N \le 56$	$56 < H_N \le 70$	$56 < H_N \le 91$
BYS = 4	$28 < H_N \le 42$	$42 < H_N \le 56$	
BYS = 5	$17.5 < H_N \le 28$	$28 < H_N \le 42$	
BYS = 6	$10.5 < H_N \le 17.5$	$17.5 < H_N \le 28$	
BYS = 7	$7 < H_N \le 10.5$	$10.5 < H_N \le 17.5$	
BYS = 8	$H_N \le 7$	$H_N \le 10.5$	

Tablo 3.4. Deprem Tasarım Sınıflarına Göre Yeni Yapılacak veya Mevcut Binalar İçin Performans Hedefleri ve Uygulanacak Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımları

(a) Yeni Yapılacak Yerinde Dökme Betonarme, Önüretimli Betonarme ve Çelik Binalar (Yüksek Binalar Dışında – BYS ≥ 2)

Deprem Yer H. Düzeyi	DTS = 1,1a[1], 2, 2a[1], 3, 3a, 4, 4a		DTS = 1a[2], 2a[2]	
	Normal Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı	İleri Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı
DD-3	—	—	SH	ŞGDT
DD-2	KH	DGT[5]	KH	DGT[3,4]
DD-1	—	—	KH	ŞGDT

Deprem Yer Hareketi Düzeyi	DD-2
Normal Performans Hedefi	Kontrollü Hasar
Değerlendirme / Tasarım Yaklaşımı	Dayanıma Göre Tasarım
Diyafram Tipi	Yarı Rijit
Bina Sistemi	Betonarme
Döşeme Tipi	Kirişli ya da Kaset Döşeme
Süneklik Düzeyi	Yüksek

X Yönü

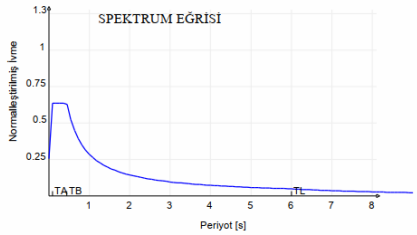
Bina Taşıyıcı Sistemi	Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı *R*	Dayanım Fazlalığı Katsayısı *D*	İzin Verilen Bina Yükseklik Sınıfları BYS
A. YERİNDE DÖKME BETONARME BİNA TAŞIYICI SİSTEMLERİ			
A1. Süneklik Düzeyi Yüksek Taşıyıcı Sistemler			
A12. Deprem etkilerinin tamamının *süneklik düzeyi yüksek* bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdelerle karşılandığı binalar	7	2.5	BYS ≥ 2

Y Yönü

Bina Taşıyıcı Sistemi	Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı *R*	Dayanım Fazlalığı Katsayısı *D*	İzin Verilen Bina Yükseklik Sınıfları BYS
A. YERİNDE DÖKME BETONARME BİNA TAŞIYICI SİSTEMLERİ			
A1. Süneklik Düzeyi Yüksek Taşıyıcı Sistemler			
A12. Deprem etkilerinin tamamının *süneklik düzeyi yüksek* bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdelerle karşılandığı binalar	7	2.5	BYS ≥ 2

Şekil 2.W Tek katlı BK yapısı (2018) - Deprem parametreleri raporu 2

DİNAMİK ANALİZ GİRİŞ BİLGİLERİ RAPORU



Periyot [s]	S(T)
0.00	0.25
0.10	0.63
0.20	0.63
0.30	0.63
0.40	0.63
0.50	0.57
0.60	0.48
0.70	0.41
0.80	0.36
0.90	0.32

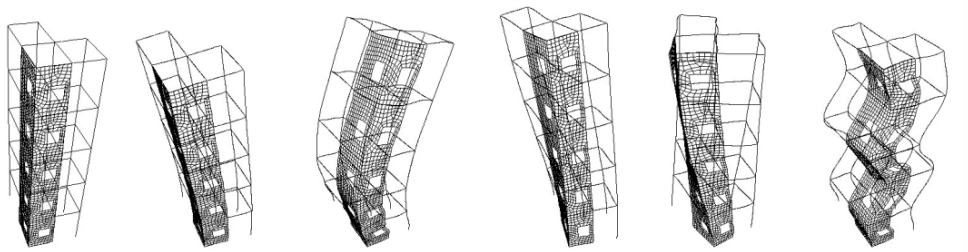
Periyot [s]	S(T)
1.00	0.29
1.10	0.26
1.20	0.24
1.30	0.22
1.40	0.20
1.50	0.19
1.60	0.18
1.70	0.17
1.80	0.16
1.90	0.15

Deprem Parametreleri - X Yönü	Simge	Değer
Hareketli yükler dahil yapı toplam ağırlığı	W	820.17 tf
Yapı toplam serbest kütlesi	m	822.42 t
Yapı yükseliği (Rijit bodrum varsa o kattan ölçülen yükseklik)	Hn	3.00 m
Madde 4.7.3.2 kontrolü için ampirik doğal titreşim periyodu hesabında kullanılan katsayı	Ct	0.02
Madde 4.7.3.2 kontrolü için ampirik olarak hesaplanan doğal titreşim periyodu	TpA	0.05
Eşdeğer deprem yükü yöntemi için hesaplanan hakim doğal titreşim periyodu (+5%)	Tp' (X)	0.04 s
Eşdeğer deprem yükü yöntemi için hesaplanan hakim doğal titreşim periyodu (-5%)	Tp' (X)	0.04 s
Eşdeğer deprem yükü yöntemi için kullanılan hakim doğal titreşim periyodu (Madde 4.7.3.2) (+5%)	Tp (X)	0.04 s
Eşdeğer deprem yükü yöntemi için kullanılan hakim doğal titreşim periyodu (Madde 4.7.3.2) (-5%)	Tp (X)	0.04 s
X yönünde, yapı tepesinde uygulanan ekstra eşdeğer deprem yükü	ΔFn (X)	0.93 tf
X yönünde uygulanan toplam eşdeğer deprem yükü (+5%)	VtE (X)	123.70 tf
X yönünde uygulanan toplam eşdeğer deprem yükü (-5%)	VtE (X)	123.49 tf
X yönünde uygulanan toplam deprem yükü (modal kombinasyon) (+5%)	Vt (X)	93.99 tf
X yönünde uygulanan toplam deprem yükü (modal kombinasyon) (-5%)	Vt (X)	96.04 tf
Yapı önem katsayısı	I	1.00
X yönü için VtE/Vt oranı (+5%)	VtE/Vt (X)	1.32
X yönü için VtE/Vt oranı (-5%)	VtE/Vt (X)	1.29
Hesaplanan büyüklüklere ilişkin alt sınır değeri	γ	0.90
X yönü için deprem kuvvetleri büyütme katsayısı (+5%)	γVtE/Vt (X)	1.18
X yönü için deprem kuvvetleri büyütme katsayısı (-5%)	γVtE/Vt (X)	1.16

Deprem Parametreleri - Y Yönü	Simge	Değer
Hareketli yükler dahil yapı toplam ağırlığı	W	820.17 tf
Yapı toplam serbest kütlesi	m	822.42 t
Yapı yükseliği (Rijit bodrum varsa o kattan ölçülen yükseklik)	Hn	3.00 m
Madde 4.7.3.2 kontrolü için ampirik doğal titreşim periyodu hesabında kullanılan katsayı	Ct	0.02
Madde 4.7.3.2 kontrolü için ampirik olarak hesaplanan doğal titreşim periyodu	TpA	0.05
Eşdeğer deprem yükü yöntemi için hesaplanan hakim doğal titreşim periyodu (+5%)	Tp' (Y)	0.04 s
Eşdeğer deprem yükü yöntemi için hesaplanan hakim doğal titreşim periyodu (-5%)	Tp' (Y)	0.04 s
Eşdeğer deprem yükü yöntemi için kullanılan hakim doğal titreşim periyodu (Madde 4.7.3.2) (+5%)	Tp (Y)	0.04 s
Eşdeğer deprem yükü yöntemi için kullanılan hakim doğal titreşim periyodu (Madde 4.7.3.2) (-5%)	Tp (Y)	0.04 s
Y yönünde, yapı tepesinde uygulanan ekstra eşdeğer deprem yükü	ΔFn (Y)	0.93 tf
Y yönünde uygulanan toplam eşdeğer deprem yükü (+5%)	VtE (Y)	123.66 tf
Y yönünde uygulanan toplam eşdeğer deprem yükü (-5%)	VtE (Y)	123.55 tf

Şekil 2.X Tek katlı BK yapısı (2018) - Dinamik analiz giriş bilgileri raporu

MODAL ANALİZ RAPORU



Tipik mod şekilleri

Modal E1

Serbestlik Derecelerinde Doğal Kütleler

Ux [t]	Uy [t]	Uz [t]	Rx [tm²]	Ry [tm²]	Rz [tm²]
822.41763	822.41763	0	0	0	90425.34005

Modal Periyot ve Frekansları

Mod	Periyot [s]	Frekans [Hz]	Açısal Frek. [deg/s]	Eigen Değ. [deg²/s²]
1	0.03858	25.92092	162.8659	26525.310
2	0.03159	31.65297	198.8814	39553.831
3	0.03091	32.35505	203.2927	41327.941
4	0.02355	42.46061	266.7879	71175.783
5	0.02347	42.60835	267.7162	71671.951
6	0.02299	43.48976	273.2542	74667.862
7	0.02265	44.15041	277.4052	76953.665
8	0.02254	44.35966	278.7199	77684.808
9	0.02240	44.64466	280.5107	78686.237
10	0.02189	45.69112	287.0857	82418.225
11	0.02144	46.64583	293.0844	85898.444
12	0.02117	47.24121	296.8253	88105.241
13	0.02020	49.51142	311.0894	96776.641
14	0.01988	50.29076	315.9861	99847.242
15	0.01979	50.53309	317.5088	100811.812
16	0.01867	53.56388	336.5518	113267.085
17	0.01820	54.94595	345.2356	119187.625
18	0.01699	58.87482	369.9214	136841.829
19	0.01566	63.86011	401.2449	160997.478
20	0.01388	72.07163	452.8394	205063.546
21	0.01340	74.60603	468.7635	219739.204
22	0.01303	76.73372	482.1322	232451.412
23	0.01196	83.60187	525.2860	275925.402
24	0.01157	86.39784	542.8536	294690.076
25	0.00945	105.82784	664.9360	442139.828
26	0.00712	140.38771	882.0820	778068.662
27	0.00698	143.29211	900.3309	810595.708
28	0.00498	200.72666	1261.2028	1590632.465
29	0.00495	202.10216	1269.8453	1612507.109
30	0.00482	207.67923	1304.8871	1702730.335
31	0.00359	278.78404	1751.6518	3068284.010
32	0.00269	371.42767	2333.7489	5446383.932
33	0.00265	376.79764	2367.4894	5605006.096

Modal Katılım Çarpanları

Mod	Periyot [s]	Ux [t]	Uy [t]	Uz [t]	Rx [tm²]	Ry [tm²]	Rz [tm²]
1	0.03858	8.95934	-0.31626	0	0	0	-188.98860
2	0.03159	25.19993	1.10257	0	0	0	66.58661

Şekil 2.Y Tek katlı BK yapısı (2018) - Modal analiz raporu

Modal Katılım Çarpanları

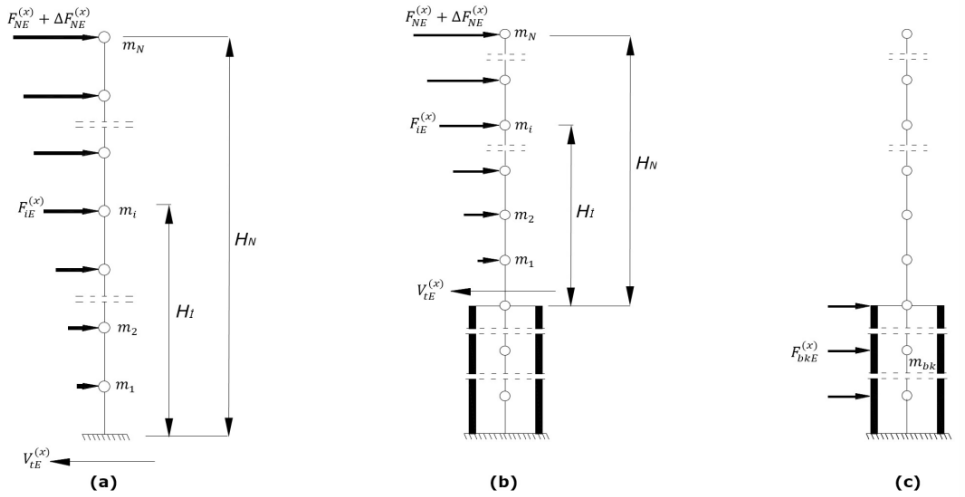
Mod	Periyot [s]	Ux [t]	Uy [t]	Uz [t]	Rx [tm²]	Ry [tm²]	Rz [tm²]
3	0.03091	-0.92916	26.82805	0	0	0	-0.06263
4	0.02355	0.13428	-0.00758	0	0	0	11.53143
5	0.02347	-0.01157	0.12982	0	0	0	0.88585
6	0.02299	-0.15246	-0.02029	0	0	0	2.14455
7	0.02265	-0.09615	-0.32603	0	0	0	-33.15350
8	0.02254	0.20877	-0.42731	0	0	0	16.49990
9	0.02240	-0.24898	-0.26510	0	0	0	14.04318
10	0.02189	0.03813	-0.37785	0	0	0	-3.10566
11	0.02144	0.17614	-0.01642	0	0	0	57.41930
12	0.02117	0.71361	0.00684	0	0	0	-2.34522
13	0.02020	-0.48907	-0.00850	0	0	0	-83.25387
14	0.01988	0.87736	-0.16292	0	0	0	11.48770
15	0.01979	-0.46510	-0.24854	0	0	0	10.96944
16	0.01867	0.06149	0.00568	0	0	0	31.37790
17	0.01820	0.55481	-0.01406	0	0	0	4.66974
18	0.01699	-0.00680	-0.31452	0	0	0	5.42033
19	0.01566	0.05760	0.03420	0	0	0	19.81252
20	0.01388	0.76064	-0.06621	0	0	0	1.03043
21	0.01340	0.04950	1.36631	0	0	0	1.73424
22	0.01303	0.07093	0.32371	0	0	0	-31.05029
23	0.01196	0.10263	-1.12449	0	0	0	1.68335
24	0.01157	0.93041	0.09027	0	0	0	-0.58924
25	0.00945	0.10768	0.03688	0	0	0	-24.32556
26	0.00712	-0.44371	2.08571	0	0	0	-1.72693
27	0.00698	2.44837	0.44235	0	0	0	2.03542
28	0.00498	-5.09805	2.34458	0	0	0	14.18716
29	0.00495	2.61531	4.30374	0	0	0	43.73528
30	0.00482	-0.34886	-2.29390	0	0	0	124.02007
31	0.00359	-0.54587	0.10013	0	0	0	116.27751
32	0.00269	-1.94069	5.27284	0	0	0	-7.03801
33	0.00265	-5.04130	-2.00455	0	0	0	-2.30563

Modal Kütleler

Mod	Periyot [s]	Ux [t]	Uy [t]	Uz [t]	Rx [tm²]	Ry [tm²]	Rz [tm²]
1	0.03858	80.26972	0.10002	0	0	0	35716.68946
2	0.03159	635.03636	1.21567	0	0	0	4433.77679
3	0.03091	0.86333	719.74438	0	0	0	0.00392
4	0.02355	0.01803	0.00006	0	0	0	132.97395
5	0.02347	0.00013	0.01685	0	0	0	0.78473
6	0.02299	0.02324	0.00041	0	0	0	4.59910
7	0.02265	0.00924	0.10629	0	0	0	1099.15459
8	0.02254	0.04358	0.18259	0	0	0	272.24685
9	0.02240	0.06199	0.07028	0	0	0	197.21095
10	0.02189	0.00145	0.14277	0	0	0	9.64511
11	0.02144	0.03102	0.00027	0	0	0	3296.97600
12	0.02117	0.50923	0.00005	0	0	0	5.50007
13	0.02020	0.23919	0.00007	0	0	0	6931.20664
14	0.01988	0.76976	0.02654	0	0	0	131.96715
15	0.01979	0.21632	0.06177	0	0	0	120.32857
16	0.01867	0.00378	0.00003	0	0	0	984.57274
17	0.01820	0.30781	0.00020	0	0	0	21.80647
18	0.01699	0.00005	0.09892	0	0	0	29.38001
19	0.01566	0.00332	0.00117	0	0	0	392.53583
20	0.01388	0.57858	0.00438	0	0	0	1.06180
21	0.01340	0.00245	1.86679	0	0	0	3.00758
22	0.01303	0.00503	0.10479	0	0	0	964.12023
23	0.01196	0.01053	1.26448	0	0	0	2.83365
24	0.01157	0.86567	0.00815	0	0	0	0.34721
25	0.00945	0.01159	0.00136	0	0	0	591.73305
26	0.00712	0.19687	4.35021	0	0	0	2.98229
27	0.00698	5.99452	0.19567	0	0	0	4.14293
28	0.00498	25.99008	5.49706	0	0	0	201.27538
29	0.00495	6.83987	18.52217	0	0	0	1912.77440
30	0.00482	0.12170	5.26199	0	0	0	15380.97680
31	0.00359	0.29798	0.01003	0	0	0	13520.45921
32	0.00269	3.76627	27.80288	0	0	0	49.53355
33	0.00265	25.41470	4.01821	0	0	0	5.31593

Şekil 2.Z Tek katlı BK yapısı (2018) - Modal analiz raporu 2

DETAYLI DİNAMİK ANALİZ RAPORU



Deprem Analizi

Deprem Parametreleri	Birim	1. Mod (RZ)	2. Mod (UX)	3. Mod (UY)	4. Mod (RZ)	5. Mod (UY)	6. Mod (RZ)
Serbest Titreşim Frekansı (w)	[Hz]	25.9209	31.6530	32.3550	42.4606	42.6084	43.4898
Doğal Titreşim Periyodu (Tr)	[s]	0.0386	0.0316	0.0309	0.0236	0.0235	0.0230
Spektrum Katsayısı S(T)		0.4172	0.3876	0.3847	0.3535	0.3532	0.3512
Deprem Yükü Azaltma Katsayısı Ra(T)		2.7662	2.7180	2.7133	2.6625	2.6620	2.6587
Elastik Spektral İvme Sae(T)	[m/s²]	0.4172	0.3876	0.3847	0.3535	0.3532	0.3512
Katılım Çarpanları - X	[t]	8.9593	25.1999	-0.9292	0.1343	-0.0116	-0.1525
Katılım Çarpanları - Y	[t]	-0.3163	1.1026	26.8281	-0.0076	0.1298	-0.0203
Katılım Çarpanları - R	[tm²]	-188.9886	66.5866	-0.0626	11.5314	0.8859	2.1446
Etkin Modal Kütle - X	[t]	80.2697	635.0364	0.8633	0.0180	0.0001	0.0232
Etkin Modal Kütle - Y	[t]	0.1000	1.2157	719.7444	0.0001	0.0169	0.0004
Etkin Modal Kütle - R	[tm²]	35716.6895	4433.7768	0.0039	132.9740	0.7847	4.5991
Toplam Modal Kütle - X	[t]	80.2697	715.3061	716.1694	716.1874	716.1876	716.2108
Toplam Modal Kütle - Y	[t]	0.1000	1.3157	721.0601	721.0601	721.0770	721.0774
Toplam Modal Kütle - R	[tm²]	35716.6895	40150.4662	40150.4702	40283.4441	40284.2289	40288.8280
Toplam Modal Kütle Oranı - X		9.76%	86.98%	87.08%	87.08%	87.08%	87.09%
Toplam Modal Kütle Oranı - Y		0.01%	0.16%	87.68%	87.68%	87.68%	87.68%

Deprem Parametreleri	Birim	7. Mod (RZ)	8. Mod (RZ)	9. Mod (RZ)	10. Mod (UY)	11. Mod (RZ)	12. Mod (UX)
Serbest Titreşim Frekansı (w)	[Hz]	44.1504	44.3597	44.6447	45.6911	46.6458	47.2412
Doğal Titreşim Periyodu (Tr)	[s]	0.0226	0.0225	0.0224	0.0219	0.0214	0.0212
Spektrum Katsayısı S(T)		0.3497	0.3493	0.3487	0.3465	0.3446	0.3434
Deprem Yükü Azaltma Katsayısı Ra(T)		2.6563	2.6556	2.6546	2.6510	2.6479	2.6461
Elastik Spektral İvme Sae(T)	[m/s²]	0.3497	0.3493	0.3487	0.3465	0.3446	0.3434
Katılım Çarpanları - X	[t]	-0.0961	0.2088	-0.2490	0.0381	0.1761	0.7136
Katılım Çarpanları - Y	[t]	-0.3260	-0.4273	-0.2651	-0.3779	-0.0164	0.0068
Katılım Çarpanları - R	[tm²]	-33.1535	16.4999	14.0432	-3.1057	57.4193	-2.3452
Etkin Modal Kütle - X	[t]	0.0092	0.0436	0.0620	0.0015	0.0310	0.5092
Etkin Modal Kütle - Y	[t]	0.1063	0.1826	0.0703	0.1428	0.0003	0.0000
Etkin Modal Kütle - R	[tm²]	1099.1546	272.2468	197.2109	9.6451	3296.9760	5.5001
Toplam Modal Kütle - X	[t]	716.2201	716.2636	716.3256	716.3271	716.3581	716.8673
Toplam Modal Kütle - Y	[t]	721.1837	721.3663	721.4366	721.5793	721.5796	721.5797
Toplam Modal Kütle - R	[tm²]	41387.9826	41660.2294	41857.4403	41867.0855	45164.0615	45169.5615
Toplam Modal Kütle Oranı - X		87.09%	87.09%	87.10%	87.10%	87.10%	87.17%
Toplam Modal Kütle Oranı - Y		87.69%	87.71%	87.72%	87.74%	87.74%	87.74%

Şekil 2.AA Tek katlı BK yapısı (2018) - Detaylı dinamik analiz raporu

Deprem Parametreleri	Birim	13. Mod (RZ)	14. Mod (RZ)	15. Mod (RZ)	16. Mod (RZ)	17. Mod (UX)	18. Mod (RZ)
Serbest Titreşim Frekansı (w)	[Hz]	49.5114	50.2908	50.5331	53.5639	54.9460	58.8748
Doğal Titreşim Periyodu (Tr)	[s]	0.0202	0.0199	0.0198	0.0187	0.0182	0.0170
Spektrum Katsayısı S(T)		0.3393	0.3380	0.3376	0.3329	0.3309	0.3257
Deprem Yükü Azaltma Katsayısı Ra(T)		2.6394	2.6372	2.6366	2.6288	2.6256	2.6172
Elastik Spektral İvme Sae(T)	[m/s²]	0.3393	0.3380	0.3376	0.3329	0.3309	0.3257
Katılım Çarpanları - X	[t]	-0.4891	0.8774	-0.4651	0.0615	0.5548	-0.0068
Katılım Çarpanları - Y	[t]	-0.0085	-0.1629	-0.2485	0.0057	-0.0141	-0.3145
Katılım Çarpanları - R	[tm²]	-83.2539	11.4877	10.9694	31.3779	4.6697	5.4203
Etkin Modal Kütle - X	[t]	0.2392	0.7698	0.2163	0.0038	0.3078	0.0000
Etkin Modal Kütle - Y	[t]	0.0001	0.0265	0.0618	0.0000	0.0002	0.0989
Etkin Modal Kütle - R	[tm²]	6931.2066	131.9671	120.3286	984.5727	21.8065	29.3800
Toplam Modal Kütle - X	[t]	717.1065	717.8763	718.0926	718.0964	718.4042	718.4043
Toplam Modal Kütle - Y	[t]	721.5797	721.6063	721.6680	721.6681	721.6683	721.7672
Toplam Modal Kütle - R	[tm²]	52100.7682	52232.7353	52353.0639	53337.6366	53359.4431	53388.8231
Toplam Modal Kütle Oranı - X		87.19%	87.29%	87.31%	87.32%	87.35%	87.35%
Toplam Modal Kütle Oranı - Y		87.74%	87.74%	87.75%	87.75%	87.75%	87.76%

Deprem Parametreleri	Birim	19. Mod (RZ)	20. Mod (UX)	21. Mod (UY)	22. Mod (RZ)	23. Mod (UY)	24. Mod (UX)
Serbest Titreşim Frekansı (w)	[Hz]	63.8601	72.0716	74.6060	76.7337	83.6019	86.3978
Doğal Titreşim Periyodu (Tr)	[s]	0.0157	0.0139	0.0134	0.0130	0.0120	0.0116
Spektrum Katsayısı S(T)		0.3201	0.3125	0.3105	0.3090	0.3044	0.3028
Deprem Yükü Azaltma Katsayısı Ra(T)		2.6081	2.5957	2.5925	2.5899	2.5825	2.5799
Elastik Spektral İvme Sae(T)	[m/s²]	0.3201	0.3125	0.3105	0.3090	0.3044	0.3028
Katılım Çarpanları - X	[t]	0.0576	0.7606	0.0495	0.0709	0.1026	0.9304
Katılım Çarpanları - Y	[t]	0.0342	-0.0662	1.3663	0.3237	-1.1245	0.0903
Katılım Çarpanları - R	[tm²]	19.8125	1.0304	1.7342	-31.0503	1.6833	-0.5892
Etkin Modal Kütle - X	[t]	0.0033	0.5786	0.0025	0.0050	0.0105	0.8657
Etkin Modal Kütle - Y	[t]	0.0012	0.0044	1.8668	0.1048	1.2645	0.0081
Etkin Modal Kütle - R	[tm²]	392.5358	1.0618	3.0076	964.1202	2.8337	0.3472
Toplam Modal Kütle - X	[t]	718.4076	718.9862	718.9886	718.9936	719.0042	719.8698
Toplam Modal Kütle - Y	[t]	721.7684	721.7727	723.6395	723.7443	725.0088	725.0170
Toplam Modal Kütle - R	[tm²]	53781.3589	53782.4207	53785.4283	54749.5485	54752.3822	54752.7294
Toplam Modal Kütle Oranı - X		87.35%	87.42%	87.42%	87.42%	87.43%	87.53%
Toplam Modal Kütle Oranı - Y		87.76%	87.76%	87.99%	88.00%	88.16%	88.16%

Deprem Parametreleri	Birim	25. Mod (RZ)	26. Mod (UY)	27. Mod (UX)	28. Mod (UX)	29. Mod (UY)	30. Mod (RZ)
Serbest Titreşim Frekansı (w)	[Hz]	105.8278	140.3877	143.2921	200.7267	202.1022	207.6792
Doğal Titreşim Periyodu (Tr)	[s]	0.0094	0.0071	0.0070	0.0050	0.0049	0.0048
Spektrum Katsayısı S(T)		0.2938	0.2839	0.2833	0.2749	0.2747	0.2742
Deprem Yükü Azaltma Katsayısı Ra(T)		2.5652	2.5492	2.5482	2.5344	2.5341	2.5332
Elastik Spektral İvme Sae(T)	[m/s²]	0.2938	0.2839	0.2833	0.2749	0.2747	0.2742
Katılım Çarpanları - X	[t]	0.1077	-0.4437	2.4484	-5.0980	2.6153	-0.3489
Katılım Çarpanları - Y	[t]	0.0369	2.0857	0.4423	2.3446	4.3037	-2.2939
Katılım Çarpanları - R	[tm²]	-24.3256	-1.7269	2.0354	14.1872	43.7353	124.0201
Etkin Modal Kütle - X	[t]	0.0116	0.1969	5.9945	25.9901	6.8399	0.1217
Etkin Modal Kütle - Y	[t]	0.0014	4.3502	0.1957	5.4971	18.5222	5.2620
Etkin Modal Kütle - R	[tm²]	591.7330	2.9823	4.1429	201.2754	1912.7744	15380.9768
Toplam Modal Kütle - X	[t]	719.8814	720.0783	726.0728	752.0629	758.9028	759.0245
Toplam Modal Kütle - Y	[t]	725.0183	729.3685	729.5642	735.0613	753.5834	758.8454
Toplam Modal Kütle - R	[tm²]	55344.4624	55347.4447	55351.5877	55552.8630	57465.6374	72846.6142
Toplam Modal Kütle Oranı - X		87.53%	87.56%	88.29%	91.45%	92.28%	92.29%
Toplam Modal Kütle Oranı - Y		88.16%	88.69%	88.71%	89.38%	91.63%	92.27%

Deprem Parametreleri	Birim	31. Mod (RZ)	32. Mod (UY)	33. Mod (UX)
Serbest Titreşim Frekansı (w)	[Hz]	278.7840	371.4277	376.7976
Doğal Titreşim Periyodu (Tr)	[s]	0.0036	0.0027	0.0027
Spektrum Katsayısı S(T)		0.2690	0.2652	0.2650
Deprem Yükü Azaltma Katsayısı Ra(T)		2.5248	2.5186	2.5183
Elastik Spektral İvme Sae(T)	[m/s²]	0.2690	0.2652	0.2650
Katılım Çarpanları - X	[t]	-0.5459	-1.9407	-5.0413
Katılım Çarpanları - Y	[t]	0.1001	5.2728	-2.0045
Katılım Çarpanları - R	[tm²]	116.2775	-7.0380	-2.3056
Etkin Modal Kütle - X	[t]	0.2980	3.7663	25.4147
Etkin Modal Kütle - Y	[t]	0.0100	27.8029	4.0182
Etkin Modal Kütle - R	[tm²]	13520.4592	49.5336	5.3159
Toplam Modal Kütle - X	[t]	759.3225	763.0887	788.5034
Toplam Modal Kütle - Y	[t]	758.8554	786.6583	790.6765
Toplam Modal Kütle - R	[tm²]	86367.0735	86416.6070	86421.9229
Toplam Modal Kütle Oranı - X		92.33%	92.79%	95.88%
Toplam Modal Kütle Oranı - Y		92.27%	95.65%	96.14%

Şekil 2.BB Tek katlı BK yapısı (2018) - Detaylı dinamik analiz raporu 2

DÖŞEME STATİK VE BETONARME DONATI HESABI

***d* : Döşeme kalınlığı**

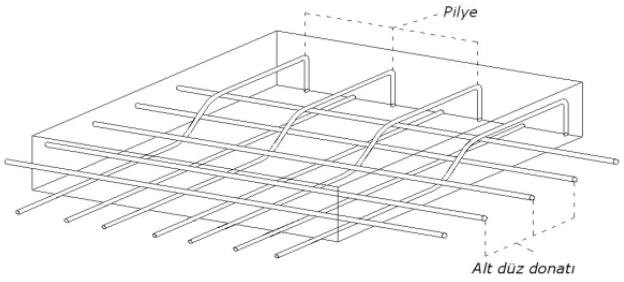
***L* : Döşeme temiz açıklığı**

***G* : Döşeme sabit yükü**

***Q* : Döşeme hareketli yükü**

***M_d* : Döşeme tasarım eğilme momenti**

***A_s* : Döşeme çekme bölgesi donatı alanı**



Döşeme	Yük	Aks	L	Sol		Orta		Sağ		Donatı
	G/Q [kg/m2]		[m]	Md [tfm]	As [cm²]	Md [tfm]	As [cm²]	Md [tfm]	As [cm²]	
ZEMİN KAT										
DZ001	648	1 Aksı	2.95	-0.64	3.40	0.49	3.40	-0.64	3.40	Düz: ø8/14, Düz: ø8/15
d = 20 cm	200	2 Aksı	10.44	-0.18	0.85	0.30	0.85	-0.18	0.85	Düz: ø8/20, Düz: ø8/20
DZ002	650	1 Aksı	2.95	-0.65	3.40	0.31	3.40	-0.65	3.40	Düz: ø8/14, Düz: ø8/15
d = 20 cm	200	2 Aksı	10.44	-0.32	0.85	0.20	0.85	-0.32	0.85	Düz: ø8/20, Düz: ø8/20
DZ003	648	1 Aksı	4.10	-0.74	3.40	0.86	3.40	-0.74	3.40	Düz: ø8/14, Düz: ø8/15
d = 20 cm	200	2 Aksı	8.60	-0.46	3.40	0.36	3.40	-0.46	3.40	Düz: ø8/14, Düz: ø8/15
DZ004	650	1 Aksı	4.10	-0.68	3.40	0.86	3.40	-0.68	3.40	Düz: ø8/14, Düz: ø8/15
d = 20 cm	200	2 Aksı	8.60	-0.46	3.40	0.36	3.40	-0.46	3.40	Düz: ø8/14, Düz: ø8/15
DZ005	650	1 Aksı	2.60	-0.50	3.40	0.50	3.40	-0.57	3.40	Düz: ø8/14
d = 20 cm	200	2 Aksı	17.21	-0.13	0.85	0.43	0.85	-0.13	0.85	Düz: ø8/20, Düz: ø8/20
DZ006	648	1 Aksı	8.75	-0.15	0.85	0.24	0.85	-0.15	0.85	Düz: ø8/20, Düz: ø8/20
d = 20 cm	200	2 Aksı	3.25	-0.49	3.40	0.64	3.40	-0.49	3.40	Düz: ø8/14, Düz: ø8/15
DZ007	650	1 Aksı	8.75	-0.21	0.85	0.22	0.85	-0.21	0.85	Düz: ø8/20, Düz: ø8/20
d = 20 cm	200	2 Aksı	3.25	-0.49	3.40	0.64	3.40	-0.49	3.40	Düz: ø8/14, Düz: ø8/15
DZ008	648	1 Aksı	2.95	-0.24	3.40	0.38	3.40	-0.24	3.40	Düz: ø8/14, Düz: ø8/15
d = 20 cm	200	2 Aksı	4.52	-0.36	3.40	0.41	3.40	-0.36	3.40	Düz: ø8/14, Düz: ø8/15
DZ009	648	1 Aksı	8.75	-0.17	0.85	0.25	0.85	-0.17	0.85	Düz: ø8/20, Düz: ø8/20
d = 20 cm	200	2 Aksı	3.25	-0.47	3.40	0.64	3.40	-0.47	3.40	Düz: ø8/14, Düz: ø8/15
DZ010	650	1 Aksı	8.75	-0.23	0.85	0.21	0.85	-0.23	0.85	Düz: ø8/20, Düz: ø8/20
d = 20 cm	200	2 Aksı	3.25	-0.47	3.40	0.66	3.40	-0.47	3.40	Düz: ø8/14, Düz: ø8/15
DZ011	648	1 Aksı	2.95	-0.69	3.40	0.50	3.40	-0.69	3.40	Düz: ø8/14, Düz: ø8/15
d = 20 cm	200	2 Aksı	10.74	-0.23	0.85	0.27	0.85	-0.23	0.85	Düz: ø8/20, Düz: ø8/20
DZ012	650	1 Aksı	3.00	-0.66	3.40	0.55	3.40	-0.66	3.40	Düz: ø8/14, Düz: ø8/15
d = 20 cm	200	2 Aksı	10.74	-0.36	0.85	0.26	0.85	-0.36	0.85	Düz: ø8/20, Düz: ø8/20
DZ013	648	1 Aksı	4.15	-0.75	3.40	0.88	3.40	-0.75	3.40	Düz: ø8/14, Düz: ø8/15
d = 20 cm	200	2 Aksı	8.55	-0.49	3.40	0.36	3.40	-0.49	3.40	Düz: ø8/14, Düz: ø8/15
DZ014	650	1 Aksı	4.15	-0.75	3.40	0.88	3.40	-0.75	3.40	Düz: ø8/14, Düz: ø8/15
d = 20 cm	200	2 Aksı	8.55	-0.45	3.40	0.35	3.40	-0.45	3.40	Düz: ø8/14, Düz: ø8/15

Şekil 2.CC Tek katlı BK yapısı (2018) - Döşeme statik ve betonarme hesabı

DÖŞEME SEHİM KONTROLÜ

$\delta_t = \delta_i + \lambda\delta_{ig}$, $\lambda = \gamma_t / (1+50\rho')$

l_n : Döşeme serbest uzunluğu

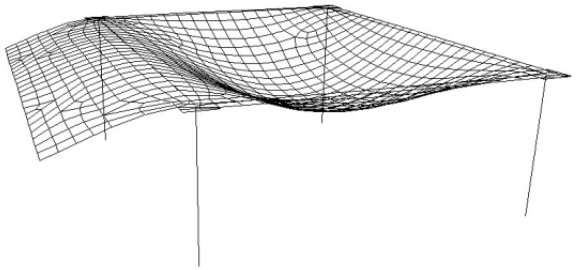
δ_{ig} : Kalıcı yüklerden oluşan ani sehim

δ_{iq} : Hareketli yüklerden oluşan ani sehim

$\lambda\delta_{ig}$: Zamana bağlı sehim

δ_t : Toplam sehim

γ_t : Kalıcı yük süre katsayısı



İsim-Boyut		Ani Sehim		Zamana Bağlı	Toplam	Kontroller	
Döşeme	ln [m]	δig [mm]	δiq [mm]	λδig [mm]	δt [mm]	δiq < l/360 [mm]	δt < l/240 [mm]
ZEMİN KAT							
DZ001(1) √	2.95	Sehim Kontrolü Hesabı Gerekmiyor. h=20 cm > ln/30					
DZ001(2) √	10.44	0.06	0.03	0.12	0.21	0.03 < 29.00	0.21 < 43.50
DZ002(1) √	2.95	Sehim Kontrolü Hesabı Gerekmiyor. h=20 cm > ln/30					
DZ002(2) √	10.44	0.07	0.03	0.12	0.22	0.03 < 29.00	0.22 < 43.50
DZ003(1) √	4.10	Sehim Kontrolü Hesabı Gerekmiyor. h=20 cm > ln/30					
DZ003(2) √	8.60	0.25	0.08	0.45	0.78	0.08 < 23.89	0.78 < 35.83
DZ004(1) √	4.10	Sehim Kontrolü Hesabı Gerekmiyor. h=20 cm > ln/30					
DZ004(2) √	8.60	0.25	0.08	0.45	0.78	0.08 < 23.89	0.78 < 35.83
DZ005(1) √	2.60	Sehim Kontrolü Hesabı Gerekmiyor. h=20 cm > ln/20					
DZ005(2) √	17.21	0.29	0.05	0.55	0.89	0.05 < 47.81	0.89 < 71.71
DZ006(1) √	8.75	0.07	0.03	0.13	0.22	0.03 < 24.31	0.22 < 36.46
DZ006(2) √	3.25	Sehim Kontrolü Hesabı Gerekmiyor. h=20 cm > ln/30					
DZ007(1) √	8.75	0.07	0.03	0.13	0.22	0.03 < 24.31	0.22 < 36.46
DZ007(2) √	3.25	Sehim Kontrolü Hesabı Gerekmiyor. h=20 cm > ln/30					
DZ008(1) √	2.95	Sehim Kontrolü Hesabı Gerekmiyor. h=20 cm > ln/30					
DZ008(2) √	4.52	Sehim Kontrolü Hesabı Gerekmiyor. h=20 cm > ln/30					
DZ009(1) √	8.75	0.07	0.03	0.14	0.24	0.03 < 24.31	0.24 < 36.46
DZ009(2) √	3.25	Sehim Kontrolü Hesabı Gerekmiyor. h=20 cm > ln/30					
DZ010(1) √	8.75	0.07	0.03	0.13	0.22	0.03 < 24.31	0.22 < 36.46
DZ010(2) √	3.25	Sehim Kontrolü Hesabı Gerekmiyor. h=20 cm > ln/30					
DZ011(1) √	2.95	Sehim Kontrolü Hesabı Gerekmiyor. h=20 cm > ln/25					
DZ011(2) √	10.74	0.09	0.04	0.18	0.31	0.04 < 29.83	0.31 < 44.75
DZ012(1) √	3.00	Sehim Kontrolü Hesabı Gerekmiyor. h=20 cm > ln/25					
DZ012(2) √	10.74	0.11	0.05	0.21	0.37	0.05 < 29.83	0.37 < 44.75
DZ013(1) √	4.15	Sehim Kontrolü Hesabı Gerekmiyor. h=20 cm > ln/30					
DZ013(2) √	8.55	0.25	0.08	0.46	0.79	0.08 < 23.75	0.79 < 35.62
DZ014(1) √	4.15	Sehim Kontrolü Hesabı Gerekmiyor. h=20 cm > ln/30					
DZ014(2) √	8.55	0.25	0.08	0.45	0.78	0.08 < 23.75	0.78 < 35.62

Şekil 2.DD Tek katlı BK yapısı (2018) - Döşeme sehim kontrolü

DÖŞEME GERİLME KONTROLÜ (7.11.3)

f_{cd} : *Betonun tasarım basınç dayanımı*

f_{ck} : *Betonun karakteristik silindir basınç dayanımı*

f_{ctd} : *Betonun tasarım çekme dayanımı*

f_{yd} : *Donatının tasarım akma dayanımı*

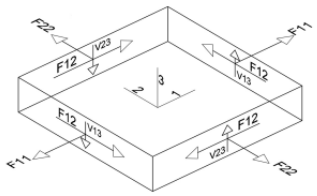
ρ : *Eğilme dayanımı için gerekli olandan arta kalan donatı oranı*

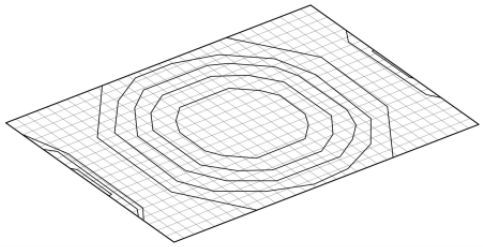
τ_r : Kayma gerilmesi sınır değeri $\tau_r = 0.65 f_{ctd} + \rho f_{yd}$

F11, F22 : *Düzlem içi çekme ve basınç birim kuvvetleri*

F12 : *Düzlem içi kayma birim kuvveti*

V13, V23 : *Düzlem dışı kayma birim kuvvetleri*





Döşeme	Basınç					
	Aks	Kombinasyon	Konum (X/Y) [m]	0.85fcd [tf/m²]	Maks. Ger. [tf/m²]	
ZEMİN KAT						
DZ001	1 Aksı	G'+Q'-Ex'-0.3Ey'+0.3Ez	12.90 / 19.19	1733.52	19.34	√
DZ001	2 Aksı	G'+Q'-Ex'-0.3Ey'+0.3Ez	13.06 / 18.38	1733.52	8.04	√
DZ002	1 Aksı	G'+Q'-Ey'-0.3Ex'+0.3Ez	19.19 / 25.41	1733.52	16.10	√
DZ002	2 Aksı	G'+Q'-Ex'-0.3Ey'+0.3Ez	21.65 / 18.36	1733.52	10.16	√
DZ003	1 Aksı	G'+Q'-Ex'-0.3Ey'+0.3Ez	8.80 / 26.38	1733.52	29.76	√
DZ003	2 Aksı	G'+Q'-Ey'-0.3Ex'+0.3Ez	8.74 / 19.54	1733.52	18.34	√
DZ004	1 Aksı	G'+Q'-Ex'-0.3Ey'+0.3Ez	25.96 / 27.04	1733.52	29.11	√
DZ004	2 Aksı	G'+Q'-Ey'-0.3Ex'+0.3Ez	26.02 / 19.54	1733.52	18.61	√
DZ005	1 Aksı	G'+Q'-Ey'-0.3Ex'+0.3Ez	16.26 / 9.61	1733.52	51.14	√
DZ005	2 Aksı	G'+Q'-Ey'-0.3Ex'+0.3Ez	16.55 / 20.63	1733.52	11.28	√
DZ006	1 Aksı	G'+Q'-Ex'-0.3Ey'+0.3Ez	12.46 / 18.28	1733.52	13.85	√
DZ006	2 Aksı	G'+Q'-Ex'-0.3Ey'+0.3Ez	4.31 / 18.77	1733.52	15.87	√
DZ007	1 Aksı	G'+Q'-Ex'-0.3Ey'+0.3Ez	22.29 / 18.27	1733.52	12.28	√
DZ007	2 Aksı	G'+Q'-Ex'-0.3Ey'+0.3Ez	30.45 / 18.77	1733.52	16.48	√
DZ008	1 Aksı	G'+Q'-Ex'-0.3Ey'+0.3Ez	19.20 / 14.45	1733.52	7.71	√
DZ008	2 Aksı	G'+Q'-Ey'-0.3Ex'+0.3Ez	19.20 / 13.60	1733.52	8.90	√
DZ009	1 Aksı	G'+Q'-Ey'-0.3Ex'+0.3Ez	12.44 / 13.07	1733.52	17.01	√
DZ009	2 Aksı	G'+Q'-Ex'-0.3Ey'+0.3Ez	4.31 / 12.64	1733.52	16.84	√
DZ010	1 Aksı	G'+Q'-Ey'-0.3Ex'+0.3Ez	22.29 / 13.06	1733.52	13.51	√
DZ010	2 Aksı	G'+Q'-Ex'-0.3Ey'+0.3Ez	30.45 / 12.64	1733.52	16.76	√
DZ011	1 Aksı	G'+Q'-Ey'-0.3Ex'+0.3Ez	15.73 / 9.74	1733.52	26.80	√
DZ011	2 Aksı	G'+Q'-Ey'-0.3Ex'+0.3Ez	15.70 / 10.24	1733.52	9.23	√
DZ012	1 Aksı	G'+Q'-Ey'-0.3Ex'+0.3Ez	19.01 / 9.75	1733.52	26.21	√
DZ012	2 Aksı	G'+Q'-Ex'-0.3Ey'+0.3Ez	21.67 / 12.92	1733.52	9.94	√
DZ013	1 Aksı	G'+Q'-Ex'-0.3Ey'+0.3Ez	8.75 / 4.40	1733.52	31.15	√
DZ013	2 Aksı	G'+Q'-Ey'-0.3Ex'+0.3Ez	8.61 / 11.88	1733.52	18.79	√
DZ014	1 Aksı	G'+Q'-Ex'-0.3Ey'+0.3Ez	26.00 / 4.40	1733.52	31.94	√
DZ014	2 Aksı	G'+Q'-Ey'-0.3Ex'+0.3Ez	26.70 / 11.88	1733.52	19.27	√

Döşeme	Çekme						
	Aks	Kombinasyon	Konum (X/Y) [m]	fctd [tf/m²]	ρfyd [tf/m²]	Maks. Ger. [tf/m²]	
ZEMİN KAT							
DZ001	1 Aksı	0.9G'+Ey'+0.3Ex'-0.3Ez	15.54 / 23.09	130.32	152.05	4.06	√
DZ001	2 Aksı	0.9G'+Ey'+0.3Ex'-0.3Ez	15.53 / 22.27	130.32	110.10	0.49	√
DZ002	1 Aksı	0.9G'+Ex'+0.3Ey'-0.3Ez	19.19 / 24.56	130.32	152.07	1.77	√
DZ002	2 Aksı	0.9G'+Ey'+0.3Ex'-0.3Ez	19.21 / 22.21	130.32	110.11	0.27	√
DZ003	1 Aksı	0.9G'+Ey'+0.3Ex'-0.3Ez	6.11 / 26.45	130.32	152.06	1.28	√
DZ003	2 Aksı	0.9G'+Ey'+0.3Ex'-0.3Ez	3.69 / 19.60	130.32	152.06	1.02	√
DZ004	1 Aksı	0.9G'+Ex'+0.3Ey'-0.3Ez	22.92 / 20.25	130.32	152.06	2.08	√

Şekil 2.EE Tek katlı BK yapısı (2018) - Döşeme gerilme kontrolü

KİRİŞ ÖN BİLGİSİ

h_f : Döşeme kalınlığı

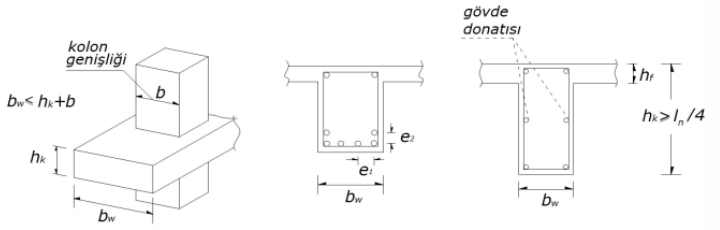
b_w : Kiriş genişliği

ρ_b : Dengeli donatı oranı

φ : Boyuna donatı çapı

A_{sl} : Gövde donatısı alanı

l_n : Kiriş temiz açıklığı



Kiriş Boyut Ve Donatılarına İlişkin Koşullar			
Büyüklük	**Simge**	**≥ / ≤**	**Açıklama**
		≥	30 cm
Kiriş Yüksekliği	hk	≥	3hf
		≤	3.5bw
		≤	ln / 4 (Gövde donatısı)
Kiriş Genişliği	bw	≥	25 cm
		≤	Kolon Genişliği + Kiriş Yüksekliği
Çekme Donatısı		≥	0.8fctd / fyd
Oranları	ρ	≤	$0.85\rho_b$
		≤	0.02
Net Beton Örtüsü	Cc	≥	25 mm (Dış kirişler)
		≥	20 mm (İç kirişler)
Boyuna donatılar	e1		25 mm
arasındaki net aralık	e2	≥	φ_{min}
			4D / 3 (D: En büyük agrega çapı)
Kiriş donatısı	(a+b)	≥	lb
kıvrım uzunluğu	a	≥	0.4lb
	b	≥	12Ø
Etriye kolları		≤	35 cm
arası mesafe			

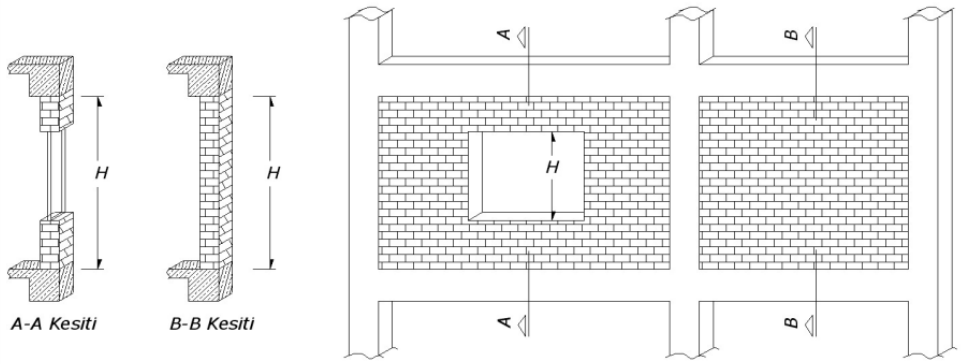
Kiriş Boyut Ve Donatılarına İlişkin Koşullar			
Büyüklük	**Simge**	**≥ / ≤**	**Açıklama**
Sarılma Bölgesi			d / 4
Etriye Aralığı	sk	≤	$8\varphi_{min}$
			150 mm
Orta Bölge	so	≤	d / 2 Vd ≤ 3Vcr
Etriye Aralığı			d / 4 Vd > 3Vcr
Sarılma bölgesi	lk	≥	2hk
Boyuna Donatı Çapı	φ	≥	12 mm
Etriye çapı	φ_w	≥	8 mm
	Asl	≥	0.001 bwd
Gövde donatısı	Asl	≥	0.30 As
(hk > 60)	Çapı	≥	12 mm
ln/4	Açıklık	≤	30 cm
Kiriş çiroz aralığı	Düşey	≤	60 cm
	Eksenel	≤	40 cm
Çekme ve basınç	$\rho^- \dot{\rho}$	≤	$0.85\rho_b$
donatı oranı farkı			
Alt ve üst mesnet			
donatı oranları			
DTS = 1, 1a, 2, 2a	ρ(Alt mesnet)	≥	%50 ρ(Üst mesnet)
DTS = 3, 3a, 4, 4a	ρ(Alt mesnet)	≥	%30 ρ(Üst mesnet)

Kiriş Parametreleri		
Hesap Yöntemi	:	Taşıma gücü
Süneklik Düzeyi	:	Yüksek
Burulma Rijitliği	:	Alındı
Minimum Altta Kalan Pilye	:	1.00 [m]
Minimum donatı aralığı	:	2.5 [cm]
Net Beton Örtüsü	:	3 cm
Minimum Çekme Pursantajı	:	0.0028
Maksimum Çekme Pursantajı	:	0.0200

Kiriş Parametreleri		
Çift Etriye İçin Minimum B	:	40 [cm]
Gövde Donatısı İçin H	:	61 [cm]
Etriye Minimum Aralığı	:	5 [cm]
Etriye Maksimum Aralığı	:	10 [cm]
Maksimum Montaj Aralığı	:	25 [cm]
Gövde Donatısı Çapı	:	12 [mm]
En fazla kullanılan materyal	:	C30 B420C
Beton Çekme Hesap Dayanımı	:	130.32 [tf/m²]
Beton Basınç Hesap Dayanımı	:	2039.43 [tf/m²]
Çelik Çekme Hesap Dayanımı	:	37241.81 [tf/m²]

Şekil 2.FF Tek katlı BK yapısı (2018) - Kiriş ön bilgisi

KİRİŞ YÜK ANALİZİ



Adlar	Katman					
19 cm tuğla						
	Delikli tuğla	0.320 [tf/m²]	x	2.500 [m]	=	0.800 [tf/m]
	Toplam				=	**0.800 [tf/m]**
13 cm tuğla						
	13 cm tuğla	0.250 [tf/m²]	x	2.500 [m]	=	0.625 [tf/m]
	Toplam				=	**0.625 [tf/m]**
12 cm gazbeton duvar (sıva dahil)						
	Alçı sıva	0.010 [tf/m²]	x	2.500 [m]	=	0.025 [tf/m]
	Gazbeton	0.055 [tf/m²]	x	2.500 [m]	=	0.138 [tf/m]
	Alçı sıva	0.010 [tf/m²]	x	2.500 [m]	=	0.025 [tf/m]
	Gazbeton tutkalı	0.001 [tf/m²]	x	2.500 [m]	=	0.003 [tf/m]
	Toplam				=	**0.191 [tf/m]**
18 cm gaz beton duvar (sıva dahil)						
	Klasik sıva	0.036 [tf/m²]	x	2.500 [m]	=	0.090 [tf/m]
	Gazbeton	0.083 [tf/m²]	x	2.500 [m]	=	0.206 [tf/m]
	Alçı sıva	0.010 [tf/m²]	x	2.500 [m]	=	0.025 [tf/m]
	Gazbeton tutkalı	0.002 [tf/m²]	x	2.500 [m]	=	0.005 [tf/m]
	Toplam				=	**0.326 [tf/m]**
23 cm gaz beton duvar (sıva dahil)						
	Klasik sıva	0.036 [tf/m²]	x	2.500 [m]	=	0.090 [tf/m]
	Gazbeton	0.110 [tf/m²]	x	2.500 [m]	=	0.275 [tf/m]
	Alçı sıva	0.010 [tf/m²]	x	2.500 [m]	=	0.025 [tf/m]
	Gazbeton tutkalı	0.003 [tf/m²]	x	2.500 [m]	=	0.006 [tf/m]
	Toplam				=	**0.397 [tf/m]**
28 cm gaz beton duvar (sıva dahil)						
	Klasik sıva	0.036 [tf/m²]	x	2.500 [m]	=	0.090 [tf/m]
	Gazbeton	0.138 [tf/m²]	x	2.500 [m]	=	0.344 [tf/m]
	Alçı sıva	0.010 [tf/m²]	x	2.500 [m]	=	0.025 [tf/m]
	Gazbeton tutkalı	0.003 [tf/m²]	x	2.500 [m]	=	0.008 [tf/m]
	Toplam				=	**0.467 [tf/m]**
13 cm zenon duvar (sıva dahil)						
	Sıva	0.060 [tf/m²]	x	2.500 [m]	=	0.150 [tf/m]
	Zenon panel	0.004 [tf/m²]	x	2.500 [m]	=	0.011 [tf/m]
	Sıva	0.060 [tf/m²]	x	2.500 [m]	=	0.150 [tf/m]
	Toplam				=	**0.311 [tf/m]**

Şekil 2.GG Tek katlı BK yapısı (2018) - Kiriş yük analizi

KİRİŞ YÜKLERİ

G : *Döşemeden gelen sabit yük*

Q : *Döşemeden gelen hareketli yük*

P : *Kiriş tekil yükü*

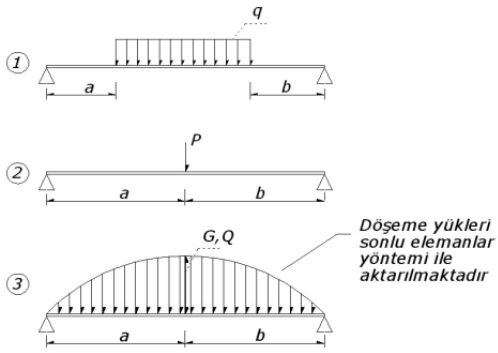
q : *Kiriş çizgisel yayılı yükü*

a : *Yükün kiriş sol mesnetine olan mesafesi*

b : *Yükün kiriş sağ mesnetine olan mesafesi*

Yük Tipi : *Kiriş üzerinde bulunan yükün nereden alındığı*

Yük Değeri : *Yükün yayılı yük, veya tekil yük olarak değeri*



Kirişler	Yük	#	Değer	a [m]	b [m]
ZEMİN KAT					
KZ001	Sabit yük	1	0.438 tf/m	0	0
	Duvar yükleri	1	0.750 tf/m	0	0
	Döşemeler (DZ003 - G)	3	0.46 tf/m	0.14	0.81
	Döşemeler (DZ006 - G)	3	0.48 tf/m	0.15	0.80
	Döşemeler (DZ003 - Q)	3	0.14 tf/m	0.14	0.81
	Döşemeler (DZ006 - Q)	3	0.15 tf/m	0.15	0.80
KZ003	Sabit yük	1	0.438 tf/m	0	0
	Duvar yükleri	1	0.750 tf/m	0	0
	Döşemeler (DZ003 - G)	3	0.53 tf/m	0.17	0.73
	Döşemeler (DZ006 - G)	3	1.06 tf/m	0.87	0.02
	Döşemeler (DZ003 - Q)	3	0.16 tf/m	0.17	0.73
	Döşemeler (DZ006 - Q)	3	0.33 tf/m	0.87	0.02
KZ005	Sabit yük	1	0.438 tf/m	0	0
	Duvar yükleri	1	0.750 tf/m	0	0
	Döşemeler (DZ013 - G)	3	0.45 tf/m	0.20	0.70
	Döşemeler (DZ009 - G)	3	1.06 tf/m	0.50	0.40
	Döşemeler (DZ013 - Q)	3	0.14 tf/m	0.20	0.70
	Döşemeler (DZ009 - Q)	3	0.33 tf/m	0.50	0.40
KZ007	Sabit yük	1	0.438 tf/m	0	0
	Duvar yükleri	1	0.750 tf/m	0	0
	Döşemeler (DZ014 - G)	3	0.49 tf/m	0.73	0.17
	Döşemeler (DZ010 - G)	3	1.06 tf/m	0.02	0.88
	Döşemeler (DZ010 - Q)	3	0.33 tf/m	0.02	0.88
	Döşemeler (DZ014 - Q)	3	0.15 tf/m	0.73	0.17
KZ009	Sabit yük	1	0.438 tf/m	0	0
	Duvar yükleri	1	0.750 tf/m	0	0
	Döşemeler (DZ013 - G)	3	1.25 tf/m	0.11	2.24
	Döşemeler (DZ011 - G)	3	0.97 tf/m	0.49	1.86
	Döşemeler (DZ013 - Q)	3	0.39 tf/m	0.11	2.24
	Döşemeler (DZ011 - Q)	3	0.30 tf/m	0.49	1.86
KZ011	Sabit yük	1	0.438 tf/m	0	0
	Duvar yükleri	1	0.750 tf/m	0	0
	Döşemeler (DZ005 - G)	3	0.90 tf/m	0.00	3.24
	Döşemeler (DZ011 - G)	3	0.97 tf/m	0.46	2.78
	Döşemeler (DZ005 - Q)	3	0.28 tf/m	0.00	3.24
	Döşemeler (DZ011 - Q)	3	0.30 tf/m	0.46	2.78
KZ013	Sabit yük	1	0.438 tf/m	0	0
	Duvar yükleri	1	0.750 tf/m	0	0
	Döşemeler (DZ001 - G)	3	0.92 tf/m	1.81	0.18
	Döşemeler (DZ005 - G)	3	0.85 tf/m	0.05	1.94
	Döşemeler (DZ001 - Q)	3	0.28 tf/m	1.81	0.18
	Döşemeler (DZ005 - Q)	3	0.26 tf/m	0.05	1.94
KZ015	Sabit yük	1	0.438 tf/m	0	0
	Duvar yükleri	1	0.750 tf/m	0	0
	Döşemeler (DZ005 - G)	3	0.85 tf/m	0.03	4.49

Kirişler	Yük	#	Değer	a [m]	b [m]
ZEMİN KAT					
KZ002	Sabit yük	1	0.438 tf/m	0	0
	Duvar yükleri	1	0.750 tf/m	0	0
	Döşemeler (DZ004 - G)	3	0.46 tf/m	0.81	0.14
	Döşemeler (DZ007 - G)	3	0.48 tf/m	0.80	0.15
	Döşemeler (DZ004 - Q)	3	0.14 tf/m	0.81	0.14
	Döşemeler (DZ007 - Q)	3	0.15 tf/m	0.80	0.15
KZ004	Sabit yük	1	0.438 tf/m	0	0
	Duvar yükleri	1	0.750 tf/m	0	0
	Döşemeler (DZ004 - G)	3	0.53 tf/m	0.73	0.17
	Döşemeler (DZ007 - G)	3	1.06 tf/m	0.02	0.88
	Döşemeler (DZ004 - Q)	3	0.16 tf/m	0.73	0.17
	Döşemeler (DZ007 - Q)	3	0.33 tf/m	0.02	0.88
KZ006	Sabit yük	1	0.438 tf/m	0	0
	Duvar yükleri	1	0.750 tf/m	0	0
	Döşemeler (DZ013 - G)	3	0.45 tf/m	0.14	0.81
	Döşemeler (DZ009 - G)	3	0.47 tf/m	0.16	0.79
	Döşemeler (DZ013 - Q)	3	0.14 tf/m	0.14	0.81
	Döşemeler (DZ009 - Q)	3	0.15 tf/m	0.16	0.79
KZ008	Sabit yük	1	0.438 tf/m	0	0
	Duvar yükleri	1	0.750 tf/m	0	0
	Döşemeler (DZ010 - G)	3	0.48 tf/m	0.80	0.15
	Döşemeler (DZ014 - G)	3	0.46 tf/m	0.81	0.14
	Döşemeler (DZ010 - Q)	3	0.15 tf/m	0.80	0.15
	Döşemeler (DZ014 - Q)	3	0.14 tf/m	0.81	0.14
KZ010	Sabit yük	1	0.438 tf/m	0	0
	Duvar yükleri	1	0.750 tf/m	0	0
	Döşemeler (DZ003 - G)	3	1.27 tf/m	2.35	0.05
	Döşemeler (DZ001 - G)	3	0.97 tf/m	1.77	0.63
	Döşemeler (DZ003 - Q)	3	0.39 tf/m	2.35	0.05
	Döşemeler (DZ001 - Q)	3	0.30 tf/m	1.77	0.63
KZ012	Sabit yük	1	0.438 tf/m	0	0
	Duvar yükleri	1	0.750 tf/m	0	0
	Döşemeler (DZ005 - G)	3	0.85 tf/m	0.16	4.36
	Döşemeler (DZ005 - Q)	3	0.26 tf/m	0.16	4.36
KZ014	Sabit yük	1	0.438 tf/m	0	0
	Duvar yükleri	1	0.750 tf/m	0	0
	Döşemeler (DZ012 - G)	3	0.97 tf/m	0.46	2.78
	Döşemeler (DZ005 - G)	3	0.86 tf/m	0.41	2.83
	Döşemeler (DZ012 - Q)	3	0.30 tf/m	0.46	2.78
	Döşemeler (DZ005 - Q)	3	0.26 tf/m	0.41	2.83
KZ016	Sabit yük	1	0.438 tf/m	0	0
	Duvar yükleri	1	0.750 tf/m	0	0
	Döşemeler (DZ005 - G)	3	0.84 tf/m	0.40	1.59

Şekil 2.HH Tek katlı BK yapısı (2018) - Kiriş yükleri

KİRİŞ BİLGİSİ VE STATİK SONUÇLARI

V_{kesme} : *Yük katsayıları ile çarpılmış düşey yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisi altında hesaplanan kesme kuvveti*

$T_{burulma}$: *Yük katsayıları ile çarpılmış düşey yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisi altında hesaplanan burulma momenti*

$M_{eğilme}$: *Yük katsayıları ile çarpılmış düşey yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisi altında hesaplanan eğilme momenti*

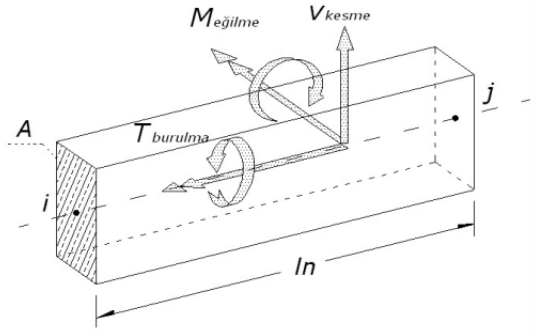
i , j : *Kirişin sırasıyla sol ve sağ uçlarındaki düğüm nokta numaraları*

In : *Kiriş temiz açıklığı*

A : *Kiriş enkesit alanı*

I_{major} : *Kirişin major atalet momenti*

$I_{burulma}$: *Kirişin burulma atalet momenti*



Kiriş Bilgileri	Yükleme		Sol Uç			Sağ Uç		
	Yön	Açıklama	V Kesme [tf]	T Burulma [tfm]	M Eğilme [tfm]	V Kesme [tf]	T Burulma [tfm]	M Eğilme [tfm]
ZEMİN KAT								
(PZ006) -- **KZ001** -- (PZ025)	Ex'	4.5.10.4	0.58	0.01	0.28	0.59	0.01	0.01
i = 3 j = 4	Ey'	4.5.10.4	0.14	0.02	0.07	0.16	0.02	0.01
In = 0.95 m A = 0.18 m²	G	Sabit yük	-0.73	0.00	-0.17	0.39	-0.01	-0.01
I Majör = 714583.33 cm4	Q	Hareketli yük	-0.02	0.00	-0.01	0.04	-0.00	-0.03
I Burulma = 282663.30 cm4	G'	Sabit yük-Çtl.	-0.65	0.04	-0.11	0.37	0.03	0.02
Nd = 2.2378 tf	Q'	Hareketli yük-Çtl.	-0.02	0.02	-0.00	0.03	0.01	-0.01
· Etkin kesit rijitlikleri kullanıldı (7.2.3)	Ez(G)	Düşey deprem	-0.27	0.02	-0.05	0.16	0.01	0.01
· Beta ile arttırıldı. (4.8.4)								
(PZ032) -- **KZ002** -- (PZ007)	Ex'	4.5.10.4	0.62	0.01	0.01	0.61	0.01	0.30
i = 11 j = 12	Ey'	4.5.10.4	0.21	0.02	0.01	0.18	0.01	0.09
In = 0.95 m A = 0.18 m²	G	Sabit yük	-0.33	0.01	-0.00	0.80	-0.01	-0.24
I Majör = 714583.33 cm4	Q	Hareketli yük	-0.03	0.00	-0.02	0.03	-0.00	-0.02
I Burulma = 282663.30 cm4	G'	Sabit yük-Çtl.	-0.34	-0.03	0.02	0.67	-0.04	-0.14
Nd = 1.9662 tf	Q'	Hareketli yük-Çtl.	-0.03	-0.01	-0.01	0.02	-0.02	-0.00
· Etkin kesit rijitlikleri kullanıldı (7.2.3)	Ez(G)	Düşey deprem	-0.14	-0.01	0.01	0.28	-0.02	-0.06
· Beta ile arttırıldı. (4.8.4)								
(PZ005) -- **KZ003** -- (PZ006)	Ex'	4.5.10.4	0.94	0.00	0.22	0.96	0.00	0.23
i = 1 j = 2	Ey'	4.5.10.4	0.19	0.01	0.04	0.18	0.01	0.05
In = 0.90 m A = 0.18 m²	G	Sabit yük	-0.96	0.03	-0.16	0.31	-0.02	0.20
I Majör = 714583.33 cm4	Q	Hareketli yük	-0.10	0.01	-0.01	0.03	-0.01	0.02
I Burulma = 282663.30 cm4	G'	Sabit yük-Çtl.	-0.75	0.04	-0.08	0.50	-0.02	0.07
Nd = 2.1618 tf	Q'	Hareketli yük-Çtl.	-0.07	0.01	-0.00	0.06	-0.01	0.00
· Etkin kesit rijitlikleri kullanıldı (7.2.3)	Ez(G)	Düşey deprem	-0.32	0.02	-0.03	0.21	-0.01	0.03
· Beta ile arttırıldı. (4.8.4)								
(PZ007) -- **KZ004** -- (PZ008)	Ex'	4.5.10.4	1.01	0.00	0.24	1.00	0.00	0.24
i = 13 j = 14	Ey'	4.5.10.4	0.17	0.00	0.04	0.18	0.01	0.04
In = 0.90 m A = 0.18 m²	G	Sabit yük	-0.28	0.02	0.21	0.98	-0.04	-0.17
I Majör = 714583.33 cm4	Q	Hareketli yük	-0.03	0.01	0.02	0.10	-0.01	-0.02
I Burulma = 282663.30 cm4	G'	Sabit yük-Çtl.	-0.48	0.02	0.08	0.77	-0.04	-0.08
Nd = 1.7819 tf	Q'	Hareketli yük-Çtl.	-0.05	0.01	0.01	0.08	-0.01	-0.01
· Etkin kesit rijitlikleri kullanıldı (7.2.3)	Ez(G)	Düşey deprem	-0.20	0.01	0.03	0.32	-0.02	-0.04
· Beta ile arttırıldı. (4.8.4)								
(PZ015) -- **KZ005** -- (PZ016)	Ex'	4.5.10.4	0.87	0.00	0.21	0.87	0.00	0.20
i = 5 j = 6	Ey'	4.5.10.4	0.42	0.01	0.10	0.40	0.01	0.10
In = 0.90 m A = 0.18 m²	G	Sabit yük	-0.89	-0.04	-0.12	0.37	0.02	0.16

Şekil 2.İİ Tek katlı BK yapısı (2018) - Kiriş bilgisi ve statik sonuçları

KİRİŞ BİLGİSİ VE STATİK SONUÇLARI

Kiriş Bilgileri	Yükleme		Sol Uç			Sağ Uç		
	Yön	Açıklama	V Kesme [tf]	T Burulma [tfm]	M Eğilme [tfm]	V Kesme [tf]	T Burulma [tfm]	M Eğilme [tfm]
ZEMİN KAT (Devamı ...)								
I Majör = 714583.33 cm4	Q	Hareketli yük	-0.09	-0.01	-0.01	0.04	0.00	0.02
I Burulma = 282663.30 cm4	G'	Sabit yük-Çtl.	-0.74	-0.05	-0.06	0.52	0.01	0.06
Nd = 2.0628 tf	Q'	Hareketli yük-Çtl.	-0.07	-0.02	-0.00	0.06	0.00	0.01
· Etkin kesit rijitlikleri kullanıldı	Ez(G)	Düşey deprem	-0.31	-0.02	-0.02	0.22	0.00	0.03
(7.2.3)								
· Beta ile arttırıldı. (4.8.4)								
(PZ016) -- **KZ006** -- (PZ025)	Ex'	4.5.10.4	0.54	0.01	0.26	0.49	0.00	0.01
i = 7 j = 8	Ey'	4.5.10.4	0.20	0.01	0.09	0.19	0.01	0.00
ln = 0.95 m A = 0.18 m²	G	Sabit yük	-0.68	0.01	-0.13	0.45	0.02	-0.01
I Majör = 714583.33 cm4	Q	Hareketli yük	-0.02	-0.00	-0.00	0.04	0.00	-0.02
I Burulma = 282663.30 cm4	G'	Sabit yük-Çtl.	-0.62	-0.02	-0.08	0.46	0.01	0.01
Nd = 2.2753 tf	Q'	Hareketli yük-Çtl.	-0.02	-0.01	0.00	0.04	-0.00	-0.01
· Etkin kesit rijitlikleri kullanıldı	Ez(G)	Düşey deprem	-0.26	-0.01	-0.04	0.19	0.00	0.00
(7.2.3)								
· Beta ile arttırıldı. (4.8.4)								
(PZ017) -- **KZ007** -- (PZ018)	Ex'	4.5.10.4	1.00	0.00	0.24	0.99	0.00	0.23
i = 25 j = 26	Ey'	4.5.10.4	0.45	0.00	0.11	0.46	0.01	0.10
ln = 0.90 m A = 0.18 m²	G	Sabit yük	-0.36	-0.02	0.16	0.90	0.04	-0.13
I Majör = 714583.33 cm4	Q	Hareketli yük	-0.04	-0.01	0.02	0.09	0.01	-0.01
I Burulma = 282663.30 cm4	G'	Sabit yük-Çtl.	-0.53	-0.02	0.05	0.74	0.04	-0.07
Nd = 1.6950 tf	Q'	Hareketli yük-Çtl.	-0.06	-0.01	0.00	0.07	0.01	-0.00
· Etkin kesit rijitlikleri kullanıldı	Ez(G)	Düşey deprem	-0.22	-0.01	0.02	0.31	0.02	-0.03
(7.2.3)								
· Beta ile arttırıldı. (4.8.4)								
(PZ032) -- **KZ008** -- (PZ017)	Ex'	4.5.10.4	0.64	0.01	0.01	0.63	0.01	0.30
i = 9 j = 10	Ey'	4.5.10.4	0.28	0.02	0.01	0.27	0.01	0.13
ln = 0.95 m A = 0.18 m²	G	Sabit yük	-0.39	-0.01	-0.01	0.73	0.00	-0.17
I Majör = 714583.33 cm4	Q	Hareketli yük	-0.04	0.00	-0.02	0.02	0.00	-0.01
I Burulma = 282663.30 cm4	G'	Sabit yük-Çtl.	-0.38	0.03	0.02	0.63	0.04	-0.09
Nd = 1.7747 tf	Q'	Hareketli yük-Çtl.	-0.03	0.01	-0.01	0.01	0.02	0.01
· Etkin kesit rijitlikleri kullanıldı	Ez(G)	Düşey deprem	-0.16	0.01	0.01	0.27	0.02	-0.04
(7.2.3)								
· Beta ile arttırıldı. (4.8.4)								
(PZ026) -- **KZ009** -- (PZ025)	Ex'	4.5.10.4	0.05	0.01	0.02	0.03	0.01	0.04
i = 30 j = 31	Ey'	4.5.10.4	0.24	0.00	0.16	0.28	0.00	0.17
ln = 2.35 m A = 0.18 m²	G	Sabit yük	-1.95	0.06	-0.51	1.70	0.02	-0.36
I Majör = 714583.33 cm4	Q	Hareketli yük	-0.29	0.02	-0.06	0.26	0.01	-0.09
I Burulma = 282663.30 cm4	G'	Sabit yük-Çtl.	-1.85	0.15	-0.66	1.72	0.08	-0.58
Nd = 3.4252 tf	Q'	Hareketli yük-Çtl.	-0.28	0.04	-0.10	0.26	0.02	-0.13
· Etkin kesit rijitlikleri kullanıldı	Ez(G)	Düşey deprem	-0.78	0.06	-0.28	0.73	0.03	-0.25
(7.2.3)								
· Beta ile arttırıldı. (4.8.4)								
(PZ025) -- **KZ010** -- (PZ027)	Ex'	4.5.10.4	0.05	0.02	0.05	0.05	0.01	0.03
i = 4 j = 15	Ey'	4.5.10.4	0.25	0.01	0.15	0.21	0.01	0.15
ln = 2.40 m A = 0.18 m²	G	Sabit yük	-1.76	-0.03	-0.42	1.93	-0.06	-0.52
I Majör = 714583.33 cm4	Q	Hareketli yük	-0.27	-0.01	-0.10	0.29	-0.02	-0.07
I Burulma = 282663.30 cm4	G'	Sabit yük-Çtl.	-1.78	-0.10	-0.62	1.85	-0.14	-0.67
Nd = 3.6738 tf	Q'	Hareketli yük-Çtl.	-0.27	-0.03	-0.13	0.27	-0.04	-0.10
· Etkin kesit rijitlikleri kullanıldı	Ez(G)	Düşey deprem	-0.75	-0.04	-0.26	0.78	-0.06	-0.28
(7.2.3)								
· Beta ile arttırıldı. (4.8.4)								
(PZ028) -- **KZ011** -- (PZ013)	Ex'	4.5.10.4	0.01	0.01	0.02	0.05	0.01	0.02
i = 32 j = 33	Ey'	4.5.10.4	0.08	0.01	0.10	0.12	0.01	0.06
ln = 3.24 m A = 0.18 m²	G	Sabit yük	-2.07	0.05	-0.69	3.33	0.13	-2.44
I Majör = 714583.33 cm4	Q	Hareketli yük	-0.31	0.02	-0.13	0.48	0.04	-0.33
I Burulma = 282663.30 cm4	G'	Sabit yük-Çtl.	-1.93	0.13	-0.90	3.59	0.25	-2.61
Nd = 4.5154 tf	Q'	Hareketli yük-Çtl.	-0.28	0.04	-0.18	0.49	0.07	-0.35
· Etkin kesit rijitlikleri kullanıldı	Ez(G)	Düşey deprem	-0.82	0.05	-0.38	1.52	0.10	-1.10
(7.2.3)								
· Beta ile arttırıldı. (4.8.4)								
(PZ013) -- **KZ012** -- (PZ009)	Ex'	4.5.10.4	0.01	0.03	0.02	0.04	0.03	0.04
i = 19 j = 20	Ey'	4.5.10.4	0.04	0.00	0.03	0.05	0.00	0.04
ln = 4.52 m A = 0.18 m²	G	Sabit yük	-3.41	0.19	-2.79	3.45	-0.23	-2.43
I Majör = 714583.33 cm4	Q	Hareketli yük	-0.35	0.07	-0.38	0.33	-0.08	-0.28
I Burulma = 282663.30 cm4	G'	Sabit yük-Çtl.	-3.55	0.43	-2.90	3.72	-0.47	-2.60
Nd = 5.1975 tf	Q'	Hareketli yük-Çtl.	-0.39	0.14	-0.40	0.39	-0.16	-0.31

Şekil 2.JJ Tek katlı BK yapısı (2018) - Kiriş bilgisi ve statik sonuçları 2

KİRİŞ BİLGİSİ VE STATİK SONUÇLARI

Kiriş Bilgileri	Yükleme		Sol Uç			Sağ Uç		
	Yön	Açıklama	V Kesme [tf]	T Burulma [tfm]	M Eğilme [tfm]	V Kesme [tf]	T Burulma [tfm]	M Eğilme [tfm]
ZEMİN KAT (Devamı ...)								
· Etkin kesit rijitlikleri kullanıldı	Ez(G)	Düşey deprem	-1.50	0.18	-1.23	1.57	-0.20	-1.10
(7.2.3)								
· Beta ile arttırıldı. (4.8.4)								
(PZ009) -- **KZ013** -- (PZ029)	Ex'	4.5.10.4	0.11	0.01	0.05	0.07	0.01	0.06
i = 21 j = 22	Ey'	4.5.10.4	0.16	0.01	0.05	0.12	0.00	0.11
İn = 1.99 m A = 0.18 m²	G	Sabit yük	-2.26	-0.13	-1.79	0.73	-0.07	-0.01
I Majör = 714583.33 cm4	Q	Hareketli yük	-0.26	-0.03	-0.21	0.04	-0.02	0.03
I Burulma = 282663.30 cm4	G'	Sabit yük-Çtl.	-2.41	-0.22	-2.02	0.66	-0.15	0.07
Nd = 4.2779 tf	Q'	Hareketli yük-Çtl.	-0.26	-0.06	-0.23	0.03	-0.04	0.03
· Etkin kesit rijitlikleri kullanıldı	Ez(G)	Düşey deprem	-1.02	-0.09	-0.85	0.28	-0.06	0.03
(7.2.3)								
· Beta ile arttırıldı. (4.8.4)								
(PZ030) -- **KZ014** -- (PZ014)	Ex'	4.5.10.4	0.01	0.01	0.02	0.06	0.02	0.03
i = 27 j = 28	Ey'	4.5.10.4	0.08	0.01	0.09	0.08	0.01	0.05
İn = 3.24 m A = 0.18 m²	G	Sabit yük	-2.03	-0.06	-0.63	3.22	-0.05	-2.81
I Majör = 714583.33 cm4	Q	Hareketli yük	-0.28	-0.02	-0.10	0.52	-0.01	-0.51
I Burulma = 282663.30 cm4	G'	Sabit yük-Çtl.	-1.89	-0.14	-0.76	3.30	-0.10	-3.04
Nd = 4.3108 tf	Q'	Hareketli yük-Çtl.	-0.26	-0.04	-0.12	0.53	-0.02	-0.55
· Etkin kesit rijitlikleri kullanıldı	Ez(G)	Düşey deprem	-0.80	-0.06	-0.32	1.40	-0.04	-1.28
(7.2.3)								
· Beta ile arttırıldı. (4.8.4)								
(PZ014) -- **KZ015** -- (PZ010)	Ex'	4.5.10.4	0.07	0.02	0.03	0.11	0.01	0.06
i = 17 j = 18	Ey'	4.5.10.4	0.05	0.01	0.02	0.06	0.01	0.03
İn = 4.52 m A = 0.18 m²	G	Sabit yük	-4.08	-0.08	-3.32	3.36	0.08	-2.56
I Majör = 714583.33 cm4	Q	Hareketli yük	-0.68	-0.02	-0.60	0.55	0.02	-0.47
I Burulma = 282663.30 cm4	G'	Sabit yük-Çtl.	-4.56	-0.17	-3.57	3.53	0.18	-2.81
Nd = 4.2667 tf	Q'	Hareketli yük-Çtl.	-0.76	-0.04	-0.64	0.57	0.04	-0.51
· Etkin kesit rijitlikleri kullanıldı	Ez(G)	Düşey deprem	-1.93	-0.07	-1.51	1.49	0.08	-1.19
(7.2.3)								
· Beta ile arttırıldı. (4.8.4)								
(PZ010) -- **KZ016** -- (PZ031)	Ex'	4.5.10.4	0.16	0.02	0.06	0.08	0.01	0.07
i = 23 j = 24	Ey'	4.5.10.4	0.14	0.01	0.05	0.10	0.00	0.10
İn = 1.99 m A = 0.18 m²	G	Sabit yük	-2.53	0.09	-2.17	0.66	0.06	-0.05
I Majör = 714583.33 cm4	Q	Hareketli yük	-0.39	0.02	-0.40	-0.00	0.01	0.02
I Burulma = 282663.30 cm4	G'	Sabit yük-Çtl.	-2.84	0.14	-2.52	0.59	0.11	0.06
Nd = 3.5071 tf	Q'	Hareketli yük-Çtl.	-0.43	0.03	-0.45	-0.01	0.03	0.04
· Etkin kesit rijitlikleri kullanıldı	Ez(G)	Düşey deprem	-1.20	0.06	-1.07	0.25	0.04	0.03
(7.2.3)								
· Beta ile arttırıldı. (4.8.4)								
(PZ032) -- **KZ017** -- (PZ034)	Ex'	4.5.10.4	0.02	0.02	0.03	0.03	0.01	0.01
i = 9 j = 29	Ey'	4.5.10.4	0.29	0.01	0.17	0.22	0.01	0.16
İn = 2.35 m A = 0.18 m²	G	Sabit yük	-1.72	-0.01	-0.34	1.83	-0.04	-0.50
I Majör = 714583.33 cm4	Q	Hareketli yük	-0.26	-0.00	-0.09	0.26	-0.01	-0.06
I Burulma = 282663.30 cm4	G'	Sabit yük-Çtl.	-1.76	-0.08	-0.56	1.71	-0.10	-0.61
Nd = 3.8278 tf	Q'	Hareketli yük-Çtl.	-0.26	-0.02	-0.12	0.24	-0.03	-0.08
· Etkin kesit rijitlikleri kullanıldı	Ez(G)	Düşey deprem	-0.74	-0.03	-0.24	0.72	-0.04	-0.26
(7.2.3)								
· Beta ile arttırıldı. (4.8.4)								
(PZ032) -- **KZ018** -- (PZ033)	Ex'	4.5.10.4	0.05	0.02	0.05	0.06	0.01	0.03
i = 11 j = 16	Ey'	4.5.10.4	0.25	0.01	0.15	0.21	0.01	0.16
İn = 2.40 m A = 0.18 m²	G	Sabit yük	-1.70	0.03	-0.39	1.95	0.06	-0.55
I Majör = 714583.33 cm4	Q	Hareketli yük	-0.26	0.01	-0.09	0.29	0.02	-0.07
I Burulma = 282663.30 cm4	G'	Sabit yük-Çtl.	-1.70	0.11	-0.60	1.85	0.15	-0.69
Nd = 3.7720 tf	Q'	Hareketli yük-Çtl.	-0.25	0.03	-0.13	0.28	0.05	-0.10
· Etkin kesit rijitlikleri kullanıldı	Ez(G)	Düşey deprem	-0.72	0.05	-0.25	0.78	0.06	-0.29
(7.2.3)								
· Beta ile arttırıldı. (4.8.4)								

Bütün Kirişler Nd $\leq$ 0.1AcFck Koşulunu Sağlıyor

Şekil 2.KK Tek katlı BK yapısı (2018) - Kiriş bilgisi ve statik sonuçları 3

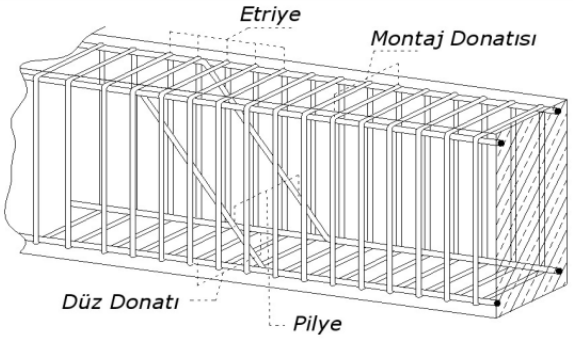
KİRİŞ BETONARME HESABI

Kom : *Betonarme dizayna esas kombinasyon*

M_d *: Kiriş tasarım eğilme momenti*

A_s *: Kiriş çekme bölgesi donatı alanı*

M_r *: Kiriş taşıma gücü momenti*



Kirişler	Notasyon	Birim	Sol		Açıklık	Sağ		Donatı
			Üst	Alt		Üst	Alt	
Aks Tanımlanmamış Kirişler								
	Kom.		G'+Q'-Ex'-0.3Ey'+0.3Ez	0.9G'+Ex'+0.3Ey'-0.3Ez	1.4G+1.6Q	1.4G+1.6Q	0.9G'+Ex'+0.3Ey'-0.3Ez	Montaj : 2Ø12 Etriye : Ø8/9
KZ001	Md	tfm	-0.43	0.21	0.07	-0.06	0.03	Düz : 3Ø14 Pilye : -
(25/70)	As	cm²	4.58	2.40	4.58	4.58	2.40	Üst İlave : 1Ø18 1Ø18
	Mr	tfm	11.35	10.92	11.07	11.35	10.92	Alt İlave : - -
								Gövde : 4Ø12
	Kom.		1.4G+1.6Q	0.9G'+Ey'+0.3Ex'-0.3Ez	1.4G+1.6Q	G'+Q'-Ex'-0.3Ey'+0.3Ez	0.9G'+Ex'+0.3Ey'-0.3Ez	Montaj : 2Ø12 Etriye : Ø8/9
KZ002	Md	tfm	-0.04	0.03	0.04	-0.48	0.21	Düz : 3Ø14 Pilye : -
(25/70)	As	cm²	4.58	2.40	4.58	4.58	2.40	Üst İlave : 1Ø18 1Ø18
	Mr	tfm	11.35	10.92	11.07	11.35	10.92	Alt İlave : - -
								Gövde : 4Ø12
	Kom.		G'+Q'-Ex'-0.3Ey'+0.3Ez	0.9G'+Ex'+0.3Ey'-0.3Ez	1.4G+1.6Q	0.9G'-Ex'-0.3Ey'-0.3Ez	G'+Q'+Ex'+0.3Ey'+0.3Ez	Montaj : 2Ø12 Etriye : Ø8/9
KZ003	Md	tfm	-0.33	0.18	0.38	-0.19	0.32	Düz : 3Ø14 Pilye : -
(25/70)	As	cm²	4.58	2.40	4.58	4.58	2.40	Üst İlave : 1Ø18 1Ø18
	Mr	tfm	11.35	10.92	11.07	11.35	10.92	Alt İlave : - -
								Gövde : 4Ø12
	Kom.		0.9G'-Ex'-0.3Ey'-0.3Ez	G'+Q'+Ex'+0.3Ey'+0.3Ez	1.4G+1.6Q	G'+Q'-Ex'-0.3Ey'+0.3Ez	0.9G'+Ex'+0.3Ey'-0.3Ez	Montaj : 2Ø12 Etriye : Ø8/9
KZ004	Md	tfm	-0.19	0.34	0.39	-0.35	0.18	Düz : 3Ø14 Pilye : -
(25/70)	As	cm²	4.58	2.40	4.58	4.58	2.40	Üst İlave : 1Ø18 1Ø18
	Mr	tfm	11.35	10.92	11.07	11.35	10.92	Alt İlave : - -
								Gövde : 4Ø12
	Kom.		G'+Q'-Ex'-0.3Ey'+0.3Ez	0.9G'+Ex'+0.3Ey'-0.3Ez	1.4G+1.6Q	0.9G'-Ex'-0.3Ey'-0.3Ez	G'+Q'+Ex'+0.3Ey'+0.3Ez	Montaj : 2Ø12 Etriye : Ø8/9
KZ005	Md	tfm	-0.31	0.20	0.36	-0.18	0.31	Düz : 3Ø14 Pilye : -
(25/70)	As	cm²	4.58	2.40	4.58	4.58	2.40	Üst İlave : 1Ø18 1Ø18
	Mr	tfm	11.35	10.92	11.07	11.35	10.92	Alt İlave : - -
								Gövde : 4Ø12
	Kom.		G'+Q'-Ex'-0.3Ey'+0.3Ez	0.9G'+Ex'+0.3Ey'-0.3Ez	1.4G+1.6Q	1.4G+1.6Q	0.9G'+Ex'+0.3Ey'-0.3Ez	Montaj : 2Ø12 Etriye : Ø8/9
KZ006	Md	tfm	-0.38	0.22	0.11	-0.04	0.01	Düz : 3Ø14 Pilye : -
(25/70)	As	cm²	4.58	2.40	4.58	4.58	2.40	Üst İlave : 1Ø18 1Ø18
	Mr	tfm	11.35	10.92	11.07	11.35	10.92	Alt İlave : - -
								Gövde : 4Ø12
	Kom.		0.9G'-Ex'-0.3Ey'-0.3Ez	G'+Q'+Ex'+0.3Ey'+0.3Ez	1.4G+1.6Q	G'+Q'-Ex'-0.3Ey'+0.3Ez	0.9G'+Ex'+0.3Ey'-0.3Ez	Montaj : 2Ø12 Etriye : Ø8/9
KZ007	Md	tfm	-0.23	0.33	0.35	-0.34	0.21	Düz : 3Ø14 Pilye : -
(25/70)	As	cm²	4.58	2.40	4.58	4.58	2.40	Üst İlave : 1Ø18 1Ø18
	Mr	tfm	11.35	10.92	11.07	11.35	10.92	Alt İlave : - -
								Gövde : 4Ø12
	Kom.		1.4G+1.6Q	0.9G'+Ex'+0.3Ey'-0.3Ez	1.4G+1.6Q	G'+Q'-Ex'-0.3Ey'+0.3Ez	0.9G'+Ex'+0.3Ey'-0.3Ez	Montaj : 2Ø12 Etriye : Ø8/9
KZ008	Md	tfm	-0.04	0.03	0.08	-0.43	0.26	Düz : 3Ø14 Pilye : -
(25/70)	As	cm²	4.58	2.40	4.58	4.58	2.40	Üst İlave : 1Ø18 1Ø18
	Mr	tfm	11.35	10.92	11.07	11.35	10.92	Alt İlave : - -
								Gövde : 4Ø12
	Kom.		G'+Q'-Ey'-0.3Ex'+0.3Ez		1.4G+1.6Q	G'+Q'-Ey'-0.3Ex'+0.3Ez		Montaj : 2Ø12 Etriye : Ø8/9
KZ009	Md	tfm	-1.01	0	1.69	-0.97	0	Düz : 3Ø14 Pilye : -
(25/70)	As	cm²	4.58	2.40	4.58	4.58	2.40	Üst İlave : 1Ø18 1Ø18
	Mr	tfm	11.35	10.92	11.15	11.35	10.92	Alt İlave : - -
								Gövde : 4Ø12
	Kom.		G'+Q'-Ey'-0.3Ex'+0.3Ez		1.4G+1.6Q	G'+Q'-Ey'-0.3Ex'+0.3Ez		Montaj : 2Ø12 Etriye : Ø8/9

Şekil 2.LL Tek katlı BK yapısı (2018) - Kiriş betonarme hesabı

DENGELİ DONATI ORANI KONTROLÜ (TS500 DENKLEM 7.4)

$\rho' - \rho \leq \rho_{max} = 0{,}85\,\rho_b$

bw, d : *Kiriş genişliği, yüksekliği*

ρ : *Kirişte çekme donatısı oranı*

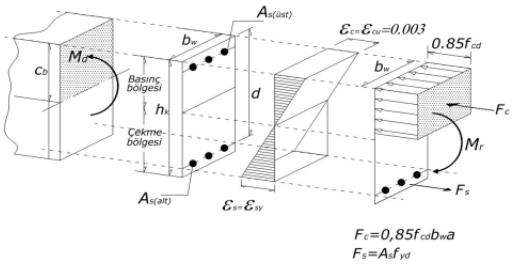
ρ' : *Kirişte basınç donatısı oranı*

fcd : *Betonun karakteristik silindir basınç dayanımı*

fyd : *Betonun karakteristik silindir basınç dayanımı*

A_s(üst) : *Kiriş üst donatı alanı*

A_s(alt) : *Kiriş alt donatı alanı*

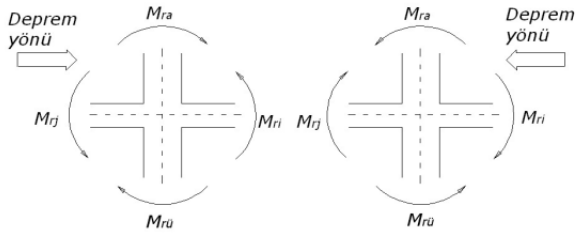


Kirişler	Sol Uç				Açıklık				Sağ Uç			
	As Üst [cm²]	As Alt [cm²]	TS500 Sınır	Fark	As Üst [cm²]	As Alt [cm²]	TS500 Sınır	Fark	As Üst [cm²]	As Alt [cm²]	TS500 Sınır	Fark
ZEMİN KAT												
KZ001	4.807	4.618	0.02017	0.00012 √	2.262	4.618	0.02935	0.00144 √	4.807	4.618	0.02017	0.00012 √
KZ002	4.807	4.618	0.02017	0.00012 √	2.262	4.618	0.02935	0.00144 √	4.807	4.618	0.02017	0.00012 √
KZ003	4.807	4.618	0.02017	0.00012 √	2.262	4.618	0.02887	0.00144 √	4.807	4.618	0.02017	0.00012 √
KZ004	4.807	4.618	0.02017	0.00012 √	2.262	4.618	0.02887	0.00144 √	4.807	4.618	0.02017	0.00012 √
KZ005	4.807	4.618	0.02017	0.00012 √	2.262	4.618	0.02887	0.00144 √	4.807	4.618	0.02017	0.00012 √
KZ006	4.807	4.618	0.02017	0.00012 √	2.262	4.618	0.02935	0.00144 √	4.807	4.618	0.02017	0.00012 √
KZ007	4.807	4.618	0.02017	0.00012 √	2.262	4.618	0.02887	0.00144 √	4.807	4.618	0.02017	0.00012 √
KZ008	4.807	4.618	0.02017	0.00012 √	2.262	4.618	0.02935	0.00144 √	4.807	4.618	0.02017	0.00012 √
KZ009	4.807	4.618	0.02017	0.00012 √	2.262	4.618	0.04288	0.00144 √	4.807	4.618	0.02017	0.00012 √
KZ010	4.807	4.618	0.02017	0.00012 √	2.262	4.618	0.04336	0.00144 √	4.807	4.618	0.02017	0.00012 √
KZ011	4.807	4.618	0.02017	0.00012 √	2.262	4.618	0.04522	0.00144 √	4.587	4.618	0.04522	0.00002 √
KZ012	4.587	3.079	0.02017	0.00092 √	2.262	4.618	0.03327	0.00144 √	4.587	3.079	0.02017	0.00092 √
KZ013	4.587	4.618	0.03555	0.00002 √	2.262	4.618	0.03555	0.00144 √	4.807	4.618	0.02017	0.00012 √
KZ014	4.807	4.618	0.02017	0.00012 √	2.262	4.618	0.04522	0.00144 √	4.587	4.618	0.04522	0.00002 √
KZ015	4.587	3.079	0.02017	0.00092 √	2.262	4.618	0.04638	0.00144 √	4.587	3.079	0.02017	0.00092 √
KZ016	4.587	4.618	0.03555	0.00002 √	2.262	4.618	0.03555	0.00144 √	4.807	4.618	0.02017	0.00012 √
KZ017	4.807	4.618	0.02017	0.00012 √	2.262	4.618	0.04288	0.00144 √	4.807	4.618	0.02017	0.00012 √
KZ018	4.807	4.618	0.02017	0.00012 √	2.262	4.618	0.04336	0.00144 √	4.807	4.618	0.02017	0.00012 √

Şekil 2.MM Tek katlı BK yapısı (2018) - Kiriş dengeli donatı kontrolü

GÜÇLÜ KOLON KONTROLÜ

$(M_{ra} + M_{rü}) \geq 1.2(M_{ri} + M_{rj})$



Yön (+ / -) : Sağdan ve soldan yükleme

M_{ra} , $M_{rü}$: Kolonun veya perdenin alt ve üst ucunda hesaplanan taşıma gücü momenti

M_{ri} ,M_{rj} : Kirişin sol ucu i ve sağ ucu j'deki kolon veya perde yüzünde hesaplanan pozitif veya negatif taşıma gücü momenti

N_{dmin} : Kolon taşıma gücü momentlerini en küçük yapan eksenel kuvvet

Vis/Vik ORANLARI : X Yönü

Kat	+%5			-%5		
	Vis1 [tf]	Vik1 [tf]	$\alpha i1$	Vis2 [tf]	Vik2 [tf]	$\alpha i2$
ZEMİN KAT	97.98	97.98	1.00	98.97	98.97	1.00

Vis/Vik ORANLARI : Y Yönü

Kat	+%5			-%5		
	Vis1 [tf]	Vik1 [tf]	$\alpha i1$	Vis2 [tf]	Vik2 [tf]	$\alpha i2$
ZEMİN KAT	99.29	99.29	1.00	99.56	99.56	1.00

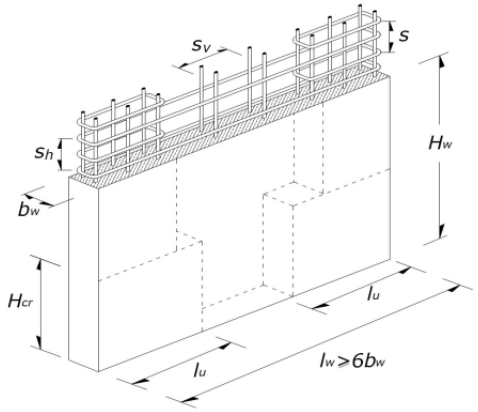
PERDE ÖN BİLGİLERİ

H_i : Binanın i inci katının temel üstünden itibaren ölçülen yüksekliği

H_{cr} : Kritik perde yüksekliği

l_w : Perdenin veya bağ kirişli perde parçasının plandaki uzunluğu

l_u : Perde uç bölgesi uzunluğu



Perde Boyut Ve Donatılarına İlişkin Koşulları			
Büyüklük	Simge	≥ ≤	Açıklama
Perde Uzunluğu	lw	≥	6bw
		≥	25 cm
		≥	h/16 (h: Kat Yüksekliği)
		≥	h/20 (İki Ucundan Tutulu Perde İçin)
Perde Kalınlığı	bw	≥	l/30 (L: Planda Serbest Boy)
		≥	h/20 (En Yüksek Katın Yüksekliği)
		≥	20 (Tünel Kalıp)
		≥	2bw (Kritik Perde Boyunca)

Perde Boyut Ve Donatılarına İlişkin Koşulları			
Büyüklük	Simge	≥ ≤	Açıklama
		≤	bw (Sınırlı Süneklik)
		≤	20 cm (Sınırlı Süneklik)
Uç Bölgesinde Enine	s	≤	bw (Süneklik Düzeyi Yüksek
Donatı Aralığı			Hcr Dışında)
		≥	5 cm
		≤	20 cm (Süneklik Düzeyi Yüksek
			Hcr Dışında)

Şekil 2.NN Tek katlı BK yapısı (2018) - Güçlü kolon kontrolü ve perde bilgisi

PERDE BİLGİLERİ VE STATİK SONUÇLARI

N : *Perde serbest yüksekliğinin alt ve üst uçlarında hesaplanan eksenel kuvvet*

V_2 , V_3 : *Perde serbest yüksekliğinin alt ve üst uçlarında hesaplanan kesme kuvveti*

T : *Perde serbest yüksekliğinin alt ve üst uçlarında hesaplanan burulma momenti*

M_2 , M_3 : *Perde serbest yüksekliğinin alt ve üst uçlarında hesaplanan eğilme momentleri*

i , j : *Perde sırasıyla alt ve üst uçlarındaki düğüm nokta numaraları*

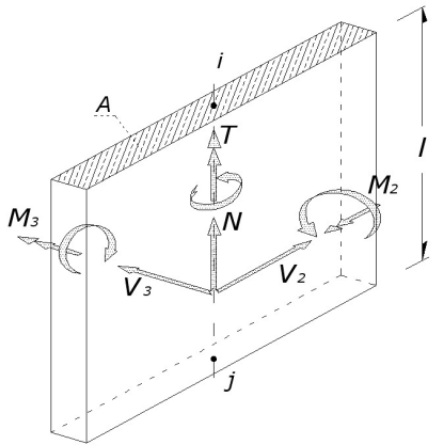
l : *Eksenden eksene ölçülen perde boyu*

A : *Perde enkesit alanı*

I_{major} : *Perdenin major atalet momenti*

I_{minor} : *Perdenin minör atalet momenti*

$I_{burulma}$: *Perdenin burulma atalet momenti*



Perde Bilgileri	Uç	Yükleme		Perde Uç Kuvvetleri					
	Üst/Alt	Yön	Açıkl.	N [tf]	V2 [tf]	V3 [tf]	T [tfm]	M2 [tfm]	M3 [tfm]
ZEMİN KAT									
-- **PZ001** --		Ex	±5%	3.29	13.12	0.44	0.07	0.15	8.71
		Ex'	4.5.10.4	3.80	14.11	0.58	0.17	0.18	9.14
ln = 4.05 m		Ey	±5%	1.92	6.76	1.39	0.20	0.44	4.44
		Ey'	4.5.10.4	1.36	6.80	0.93	0.12	0.33	5.35
	Alt	G	Sabit yük	-14.91	-6.11	0.95	-0.42	1.00	-10.24
· Etkin kesit rijitlikleri		Q	Hareketli yük	-1.86	-1.04	0.25	-0.16	0.26	-1.59
kullanıldı (7.2.3)		G'	Sabit yük-Çtl.	-12.62	-2.96	0.78	-0.54	0.80	-4.80
· Beta ile arttırıldı. (4.8.4)		Q'	Hareketli yük-Çtl.	-1.50	-0.59	0.22	-0.19	0.23	-0.84
· 4.3.4.9 Uygulandı.		Ez(G)	Düşey deprem	-5.34	-1.25	0.33	-0.23	0.34	-2.03
		Ex	±5%	0.45	11.31	0.25	0.09	0.02	0.88
		Ex'	4.5.10.4	0.81	12.41	0.43	0.16	0.04	1.55
		Ey	±5%	0.28	6.36	0.92	0.32	0.07	0.60
		Ey'	4.5.10.4	0.20	5.93	0.45	0.19	0.03	0.39
	Üst	G	Sabit yük	-4.14	-3.73	1.14	-0.22	-1.76	-0.51
		Q	Hareketli yük	-1.13	-0.39	0.33	-0.07	-0.52	-0.43
		G'	Sabit yük-Çtl.	-3.36	-0.35	1.03	-0.23	-1.65	-1.90
		Q'	Hareketli yük-Çtl.	-0.98	0.16	0.31	-0.07	-0.50	-0.70
		Ez(G)	Düşey deprem	-1.42	-0.15	0.44	-0.10	-0.70	-0.80
-- **PZ002** --		Ex	±5%	3.11	12.32	0.44	0.07	0.15	8.09
		Ex'	4.5.10.4	3.96	14.75	0.60	0.17	0.19	9.53
ln = 4.05 m		Ey	±5%	1.91	6.82	1.36	0.20	0.43	4.53
		Ey'	4.5.10.4	1.21	6.15	0.97	0.15	0.34	4.91
	Alt	G	Sabit yük	-15.19	5.93	0.98	0.41	1.04	9.34
· Etkin kesit rijitlikleri		Q	Hareketli yük	-1.90	1.01	0.26	0.16	0.27	1.47
kullanıldı (7.2.3)		G'	Sabit yük-Çtl.	-12.80	2.90	0.79	0.54	0.81	4.38
· Beta ile arttırıldı. (4.8.4)		Q'	Hareketli yük-Çtl.	-1.52	0.58	0.22	0.19	0.23	0.78
· 4.3.4.9 Uygulandı.		Ez(G)	Düşey deprem	-5.42	1.23	0.33	0.23	0.34	1.85
		Ex	±5%	0.42	10.48	0.25	0.09	0.02	0.81
		Ex'	4.5.10.4	0.82	12.87	0.44	0.16	0.04	1.57
		Ey	±5%	0.27	6.37	0.90	0.31	0.06	0.58
		Ey'	4.5.10.4	0.17	5.38	0.49	0.20	0.03	0.34
	Üst	G	Sabit yük	-4.17	3.60	1.16	0.22	-1.78	0.48
		Q	Hareketli yük	-1.13	0.37	0.33	0.07	-0.53	0.42
		G'	Sabit yük-Çtl.	-3.38	0.32	1.05	0.23	-1.66	1.88
		Q'	Hareketli yük-Çtl.	-0.98	-0.16	0.31	0.07	-0.51	0.69
		Ez(G)	Düşey deprem	-1.43	0.14	0.44	0.10	-0.70	0.80
-- **PZ003** --		Ex	±5%	0.03	8.80	0.50	0.04	0.19	9.74
		Ex'	4.5.10.4	0.10	9.49	0.67	0.08	0.22	10.64
ln = 4.20 m		Ey	±5%	0.04	2.98	1.57	0.08	0.53	3.36

Şekil 2.OO Tek katlı BK yapısı (2018) - Perde statik sonuçları

PERDE BİLGİLERİ VE STATİK SONUÇLARI

Perde Bilgileri	Uç	Yükleme		Perde Uç Kuvvetleri					
	Üst/Alt	Yön	Açıkl.	N [tf]	V2 [tf]	V3 [tf]	T [tfm]	M2 [tfm]	M3 [tfm]
ZEMİN KAT (Devamı ...)									
		Ey'	4.5.10.4	0.04	3.48	1.31	0.14	0.50	3.86
	Alt	G	Sabit yük	-15.58	-5.36	0.08	-0.45	0.17	-13.24
· Etkin kesit rijitlikleri		Q	Hareketli yük	-2.34	-0.82	0.01	-0.14	0.03	-1.68
kullanıldı (7.2.3)		G'	Sabit yük-Çtl.	-15.40	-2.56	-0.00	-0.43	0.02	-5.29
· Beta ile arttırıldı. (4.8.4)		Q'	Hareketli yük-Çtl.	-2.31	-0.39	-0.00	-0.13	0.00	-0.45
· 4.3.4.9 Uygulandı.		Ez(G)	Düşey deprem	-6.51	-1.08	-0.00	-0.18	0.01	-2.24
		Ex	±5%	0.03	7.34	0.40	0.02	0.04	0.10
		Ex'	4.5.10.4	0.10	8.55	0.57	0.04	0.07	0.27
		Ey	±5%	0.04	2.69	1.38	0.04	0.16	0.07
		Ey'	4.5.10.4	0.04	2.94	0.93	0.07	0.07	0.09
	Üst	G	Sabit yük	-7.71	-5.36	0.08	-0.45	-0.07	2.84
		Q	Hareketli yük	-2.34	-0.82	0.01	-0.14	-0.00	0.79
		G'	Sabit yük-Çtl.	-7.53	-2.56	-0.00	-0.43	0.02	2.41
		Q'	Hareketli yük-Çtl.	-2.31	-0.39	-0.00	-0.13	0.01	0.72
		Ez(G)	Düşey deprem	-3.18	-1.08	-0.00	-0.18	0.01	1.02
-- PZ004 --		Ex	±5%	0.03	7.79	0.50	0.04	0.20	8.53
		Ex'	4.5.10.4	0.09	9.74	0.72	0.09	0.24	10.85
ln = 4.20 m		Ey	±5%	0.04	2.97	1.53	0.08	0.52	3.34
		Ey'	4.5.10.4	0.04	3.06	1.36	0.16	0.52	3.38
	Alt	G	Sabit yük	-15.59	4.35	0.10	0.45	0.20	10.24
· Etkin kesit rijitlikleri		Q	Hareketli yük	-2.34	0.68	0.01	0.14	0.03	1.26
kullanıldı (7.2.3)		G'	Sabit yük-Çtl.	-15.42	2.13	0.00	0.44	0.03	3.99
· Beta ile arttırıldı. (4.8.4)		Q'	Hareketli yük-Çtl.	-2.31	0.33	-0.00	0.13	0.00	0.26
· 4.3.4.9 Uygulandı.		Ez(G)	Düşey deprem	-6.52	0.90	0.00	0.18	0.01	1.69
		Ex	±5%	0.03	6.30	0.41	0.02	0.05	0.09
		Ex'	4.5.10.4	0.09	8.62	0.61	0.05	0.07	0.27
		Ey	±5%	0.04	2.65	1.35	0.03	0.16	0.07
		Ey'	4.5.10.4	0.04	2.56	0.99	0.09	0.08	0.08
	Üst	G	Sabit yük	-7.72	4.35	0.10	0.45	-0.09	-2.80
		Q	Hareketli yük	-2.34	0.68	0.01	0.14	-0.01	-0.79
		G'	Sabit yük-Çtl.	-7.55	2.13	0.00	0.44	0.02	-2.40
		Q'	Hareketli yük-Çtl.	-2.31	0.33	-0.00	0.13	0.01	-0.72
		Ez(G)	Düşey deprem	-3.19	0.90	0.00	0.18	0.01	-1.02
-- PZ005 --		Ex	±5%	0.81	10.24	0.54	0.04	0.21	9.28
		Ex'	4.5.10.4	0.67	7.29	0.51	0.08	0.17	6.51
ln = 4.50 m		Ey	±5%	0.17	2.10	1.61	0.05	0.56	1.95
		Ey'	4.5.10.4	0.13	1.66	1.43	0.14	0.56	1.45
	Alt	G	Sabit yük	-17.97	-6.10	0.06	0.43	0.10	-12.67
· Etkin kesit rijitlikleri		Q	Hareketli yük	-2.67	-0.91	0.01	0.13	0.01	-1.65
kullanıldı (7.2.3)		G'	Sabit yük-Çtl.	-17.68	-3.57	0.00	0.43	0.01	-5.87
· Beta ile arttırıldı. (4.8.4)		Q'	Hareketli yük-Çtl.	-2.64	-0.55	-0.00	0.13	-0.00	-0.69
· 4.3.4.9 Uygulandı.		Ez(G)	Düşey deprem	-7.48	-1.51	0.00	0.18	0.00	-2.48
		Ex	±5%	0.81	8.71	0.39	0.03	0.05	2.21
		Ex'	4.5.10.4	0.67	6.46	0.43	0.05	0.06	1.80
		Ey	±5%	0.17	1.91	1.39	0.04	0.15	0.47
		Ey'	4.5.10.4	0.13	1.28	0.96	0.11	0.08	0.38
	Üst	G	Sabit yük	-9.53	-6.10	0.06	0.43	-0.07	5.65
		Q	Hareketli yük	-2.67	-0.91	0.01	0.13	-0.01	1.07
		G'	Sabit yük-Çtl.	-9.24	-3.57	0.00	0.43	0.00	4.82
		Q'	Hareketli yük-Çtl.	-2.64	-0.55	-0.00	0.13	0.00	0.97
		Ez(G)	Düşey deprem	-3.91	-1.51	0.00	0.18	0.00	2.04
-- PZ006 --		Ex	±5%	0.35	9.81	0.28	0.03	0.11	8.24
		Ex'	4.5.10.4	0.22	8.33	0.16	0.02	0.05	7.12
ln = 3.40 m		Ey	±5%	0.16	1.89	1.10	0.04	0.38	1.51
		Ey'	4.5.10.4	0.08	1.39	0.72	0.08	0.27	1.20
	Alt	G	Sabit yük	-14.96	-1.79	0.09	-0.19	0.11	-2.97
· Etkin kesit rijitlikleri		Q	Hareketli yük	-2.33	-0.09	0.02	-0.06	0.02	-0.09
kullanıldı (7.2.3)		G'	Sabit yük-Çtl.	-15.27	-0.42	0.07	-0.17	0.08	-0.04
· Beta ile arttırıldı. (4.8.4)		Q'	Hareketli yük-Çtl.	-2.38	0.05	0.02	-0.05	0.02	0.19
· 4.3.4.9 Uygulandı.		Ez(G)	Düşey deprem	-6.46	-0.18	0.03	-0.07	0.03	-0.02
		Ex	±5%	0.35	8.74	0.20	0.01	0.02	3.00
		Ex'	4.5.10.4	0.22	7.73	0.14	0.02	0.02	2.57
		Ey	±5%	0.16	1.77	0.96	0.02	0.10	0.75
		Ey'	4.5.10.4	0.08	1.15	0.50	0.04	0.05	0.47
	Üst	G	Sabit yük	-8.59	-1.79	0.09	-0.19	-0.15	2.40
		Q	Hareketli yük	-2.33	-0.09	0.02	-0.06	-0.04	0.17

Şekil 2.PP Tek katlı BK yapısı (2018) - Perde statik sonuçları 2

PERDE BİLGİLERİ VE STATİK SONUÇLARI

Perde Bilgileri	Uç	Yükleme		Perde Uç Kuvvetleri					
	Üst/Alt	Yön	Açıkl.	N [tf]	V2 [tf]	V3 [tf]	T [tfm]	M2 [tfm]	M3 [tfm]
ZEMİN KAT (Devamı ...)									
		G'	Sabit yük-Çtl.	-8.89	-0.42	0.07	-0.17	-0.14	1.22
		Q'	Hareketli yük-Çtl.	-2.38	0.05	0.02	-0.05	-0.04	0.04
		Ez(G)	Düşey deprem	-3.76	-0.18	0.03	-0.07	-0.06	0.52
-- PZ007 --		Ex	±5%	0.30	9.41	0.29	0.03	0.11	7.92
		Ex'	4.5.10.4	0.23	8.93	0.19	0.02	0.06	7.64
ln = 3.40 m		Ey	±5%	0.15	1.93	1.08	0.04	0.37	1.57
		Ey'	4.5.10.4	0.06	1.43	0.73	0.08	0.27	1.15
	Alt	G	Sabit yük	-15.04	2.48	0.10	0.19	0.13	4.63
· Etkin kesit rijitlikleri		Q	Hareketli yük	-2.33	0.19	0.02	0.06	0.03	0.34
kullanıldı (7.2.3)		G'	Sabit yük-Çtl.	-15.30	0.76	0.07	0.17	0.08	0.87
· Beta ile arttırıldı. (4.8.4)		Q'	Hareketli yük-Çtl.	-2.38	-0.01	0.02	0.05	0.02	-0.09
· 4.3.4.9 Uygulandı.		Ez(G)	Düşey deprem	-6.47	0.32	0.03	0.07	0.03	0.37
		Ex	±5%	0.30	8.33	0.20	0.01	0.02	2.83
		Ex'	4.5.10.4	0.23	8.23	0.16	0.01	0.02	2.72
		Ey	±5%	0.15	1.80	0.94	0.02	0.10	0.75
		Ey'	4.5.10.4	0.06	1.23	0.51	0.03	0.05	0.58
	Üst	G	Sabit yük	-8.67	2.48	0.10	0.19	-0.17	-2.82
		Q	Hareketli yük	-2.33	0.19	0.02	0.06	-0.04	-0.23
		G'	Sabit yük-Çtl.	-8.92	0.76	0.07	0.17	-0.14	-1.40
		Q'	Hareketli yük-Çtl.	-2.38	-0.01	0.02	0.05	-0.04	-0.06
		Ez(G)	Düşey deprem	-3.77	0.32	0.03	0.07	-0.06	-0.59
-- PZ008 --		Ex	±5%	0.75	9.00	0.55	0.04	0.22	7.95
		Ex'	4.5.10.4	0.70	7.39	0.56	0.09	0.19	6.46
ln = 4.50 m		Ey	±5%	0.17	1.96	1.57	0.04	0.55	1.81
		Ey'	4.5.10.4	0.12	1.52	1.47	0.15	0.57	1.35
	Alt	G	Sabit yük	-18.01	4.99	0.07	-0.43	0.12	9.22
· Etkin kesit rijitlikleri		Q	Hareketli yük	-2.67	0.75	0.01	-0.13	0.02	1.17
kullanıldı (7.2.3)		G'	Sabit yük-Çtl.	-17.72	3.01	0.00	-0.43	0.01	4.15
· Beta ile arttırıldı. (4.8.4)		Q'	Hareketli yük-Çtl.	-2.64	0.47	-0.00	-0.13	-0.00	0.44
· 4.3.4.9 Uygulandı.		Ez(G)	Düşey deprem	-7.49	1.28	0.00	-0.18	0.00	1.76
		Ex	±5%	0.75	7.45	0.40	0.03	0.05	2.04
		Ex'	4.5.10.4	0.70	6.41	0.48	0.06	0.06	1.90
		Ey	±5%	0.17	1.77	1.36	0.03	0.14	0.45
		Ey'	4.5.10.4	0.12	1.21	1.01	0.12	0.09	0.35
	Üst	G	Sabit yük	-9.57	4.99	0.07	-0.43	-0.09	-5.73
		Q	Hareketli yük	-2.67	0.75	0.01	-0.13	-0.01	-1.09
		G'	Sabit yük-Çtl.	-9.28	3.01	0.00	-0.43	-0.00	-4.89
		Q'	Hareketli yük-Çtl.	-2.64	0.47	-0.00	-0.13	0.00	-0.98
		Ez(G)	Düşey deprem	-3.93	1.28	0.00	-0.18	-0.00	-2.07
-- PZ009 --		Ex	±5%	4.82	18.57	0.24	0.12	0.08	12.98
		Ex'	4.5.10.4	3.35	13.41	0.11	0.06	0.04	9.69
ln = 3.45 m		Ey	±5%	1.71	3.83	1.66	0.24	0.60	1.59
		Ey'	4.5.10.4	0.72	1.99	1.03	0.17	0.40	0.92
	Alt	G	Sabit yük	-20.57	-1.81	0.34	0.21	0.34	4.90
· Etkin kesit rijitlikleri		Q	Hareketli yük	-1.93	-0.22	-0.02	0.01	-0.03	0.55
kullanıldı (7.2.3)		G'	Sabit yük-Çtl.	-21.43	-1.49	0.18	0.26	0.19	5.58
· Beta ile arttırıldı. (4.8.4)		Q'	Hareketli yük-Çtl.	-1.99	-0.20	-0.02	0.03	-0.02	0.66
· 4.3.4.9 Uygulandı.		Ez(G)	Düşey deprem	-9.06	-0.63	0.08	0.11	0.08	2.36
		Ex	±5%	0.63	16.40	0.06	0.04	0.03	1.68
		Ex'	4.5.10.4	0.42	12.22	0.15	0.06	0.03	1.24
		Ey	±5%	0.26	3.64	0.53	0.18	0.08	0.96
		Ey'	4.5.10.4	0.16	1.72	0.36	0.16	0.09	0.61
	Üst	G	Sabit yük	-10.29	-3.08	-0.16	0.79	-0.11	12.51
		Q	Hareketli yük	-1.70	-0.45	-0.10	0.10	0.10	1.82
		G'	Sabit yük-Çtl.	-10.16	-2.48	-0.11	0.57	-0.07	13.40
		Q'	Hareketli yük-Çtl.	-1.65	-0.39	-0.08	0.09	0.08	2.00
		Ez(G)	Düşey deprem	-4.30	-1.05	-0.05	0.24	-0.03	5.67
-- PZ010 --		Ex	±5%	4.75	18.40	0.26	0.12	0.09	12.83
		Ex'	4.5.10.4	3.73	14.80	0.09	0.04	0.04	10.58
ln = 3.45 m		Ey	±5%	1.69	3.71	1.67	0.24	0.61	1.66
		Ey'	4.5.10.4	0.60	1.33	1.13	0.15	0.43	1.08
	Alt	G	Sabit yük	-23.21	2.81	0.75	-0.38	0.79	-5.52
· Etkin kesit rijitlikleri		Q	Hareketli yük	-3.01	0.33	0.10	-0.08	0.10	-1.20
kullanıldı (7.2.3)		G'	Sabit yük-Çtl.	-24.64	1.92	0.50	-0.41	0.52	-7.03
· Beta ile arttırıldı. (4.8.4)		Q'	Hareketli yük-Çtl.	-3.13	0.27	0.08	-0.08	0.08	-1.31
· 4.3.4.9 Uygulandı.		Ez(G)	Düşey deprem	-10.42	0.81	0.21	-0.17	0.22	-2.97

Şekil 2.QQ Tek katlı BK yapısı (2018) - Perde statik sonuçları 3

PERDE BİLGİLERİ VE STATİK SONUÇLARI

Perde Bilgileri	Uç	Yükleme		Perde Uç Kuvvetleri					
	Üst/Alt	Yön	Açıkl.	N [tf]	V2 [tf]	V3 [tf]	T [tfm]	M2 [tfm]	M3 [tfm]
ZEMİN KAT (Devamı ...)									
		Ex	±5%	0.63	16.23	0.10	0.05	0.05	1.72
		Ex'	4.5.10.4	0.51	13.39	0.14	0.05	0.06	1.45
		Ey	±5%	0.28	3.50	0.48	0.21	0.11	0.98
		Ey'	4.5.10.4	0.16	1.03	0.41	0.16	0.10	0.55
	Üst	G	Sabit yük	-13.37	3.59	0.65	-0.56	-1.17	-15.08
		Q	Hareketli yük	-2.80	0.47	0.11	-0.09	-0.20	-2.71
		G'	Sabit yük-Çtl.	-13.49	2.63	0.55	-0.37	-0.93	-15.78
		Q'	Hareketli yük-Çtl.	-2.78	0.40	0.09	-0.06	-0.16	-2.84
		Ez(G)	Düşey deprem	-5.70	1.11	0.23	-0.16	-0.40	-6.67
-- PZ011 --		Ex	±5%	0.04	21.76	0.71	0.15	0.27	24.69
		Ex'	4.5.10.4	0.05	11.27	0.17	0.06	0.07	12.75
ln = 7.65 m		Ey	±5%	0.00	0.49	2.47	0.15	0.86	0.56
		Ey'	4.5.10.4	0.01	2.48	1.81	0.57	0.73	2.67
	Alt	G	Sabit yük	-30.68	-6.15	-0.01	0.04	-0.02	-17.96
· Etkin kesit rijitlikleri		Q	Hareketli yük	-5.05	-0.62	0.00	0.00	0.00	-1.68
kullanıldı (7.2.3)		G'	Sabit yük-Çtl.	-30.75	-2.60	0.00	0.01	0.00	-7.12
· Beta ile arttırıldı. (4.8.4)		Q'	Hareketli yük-Çtl.	-5.07	-0.27	0.00	0.00	0.00	-0.59
· 4.3.4.9 Uygulandı.		Ez(G)	Düşey deprem	-13.01	-1.10	0.00	0.00	0.00	-3.01
		Ex	±5%	0.04	19.40	0.55	0.09	0.05	0.20
		Ex'	4.5.10.4	0.05	10.09	0.12	0.04	0.01	0.18
		Ey	±5%	0.00	0.45	2.17	0.09	0.24	0.01
		Ey'	4.5.10.4	0.01	1.98	1.21	0.40	0.08	0.04
	Üst	G	Sabit yük	-16.34	-6.15	-0.01	0.04	0.01	0.50
		Q	Hareketli yük	-5.05	-0.62	0.00	0.00	-0.00	0.17
		G'	Sabit yük-Çtl.	-16.41	-2.60	0.00	0.01	-0.00	0.67
		Q'	Hareketli yük-Çtl.	-5.07	-0.27	0.00	0.00	-0.00	0.23
		Ez(G)	Düşey deprem	-6.94	-1.10	0.00	0.00	-0.00	0.28
-- PZ012 --		Ex	±5%	0.05	20.13	0.71	0.15	0.28	22.68
		Ex'	4.5.10.4	0.05	12.32	0.14	0.06	0.05	13.85
ln = 7.65 m		Ey	±5%	0.00	0.46	2.41	0.14	0.85	0.52
		Ey'	4.5.10.4	0.01	1.88	1.85	0.54	0.74	1.98
	Alt	G	Sabit yük	-30.56	6.56	-0.02	-0.03	-0.03	19.80
· Etkin kesit rijitlikleri		Q	Hareketli yük	-4.99	0.68	-0.00	-0.00	-0.00	2.12
kullanıldı (7.2.3)		G'	Sabit yük-Çtl.	-30.56	2.75	-0.00	-0.00	-0.00	8.52
· Beta ile arttırıldı. (4.8.4)		Q'	Hareketli yük-Çtl.	-5.00	0.27	0.00	0.00	0.00	0.88
· 4.3.4.9 Uygulandı.		Ez(G)	Düşey deprem	-12.93	1.16	-0.00	-0.00	-0.00	3.60
		Ex	±5%	0.05	17.74	0.55	0.09	0.05	0.23
		Ex'	4.5.10.4	0.05	10.93	0.10	0.05	0.01	0.20
		Ey	±5%	0.00	0.41	2.12	0.09	0.23	0.01
		Ey'	4.5.10.4	0.01	1.40	1.26	0.38	0.10	0.02
	Üst	G	Sabit yük	-16.22	6.56	-0.02	-0.03	0.02	0.13
		Q	Hareketli yük	-4.99	0.68	-0.00	-0.00	0.00	0.07
		G'	Sabit yük-Çtl.	-16.22	2.75	-0.00	-0.00	0.00	0.28
		Q'	Hareketli yük-Çtl.	-5.00	0.27	0.00	0.00	0.00	0.06
		Ez(G)	Düşey deprem	-6.86	1.16	-0.00	-0.00	0.00	0.12
-- PZ013 --		Ex	±5%	4.87	18.47	0.25	0.11	0.09	13.01
		Ex'	4.5.10.4	3.24	12.72	0.17	0.05	0.05	9.27
ln = 3.45 m		Ey	±5%	1.85	3.63	1.63	0.27	0.60	1.57
		Ey'	4.5.10.4	0.90	1.95	1.08	0.19	0.42	0.84
	Alt	G	Sabit yük	-22.45	-1.81	-0.06	0.22	-0.01	6.49
· Etkin kesit rijitlikleri		Q	Hareketli yük	-2.31	-0.22	0.07	0.06	0.08	0.87
kullanıldı (7.2.3)		G'	Sabit yük-Çtl.	-22.90	-1.56	0.00	0.03	0.03	6.70
· Beta ile arttırıldı. (4.8.4)		Q'	Hareketli yük-Çtl.	-2.30	-0.23	0.05	0.02	0.06	0.89
· 4.3.4.9 Uygulandı.		Ez(G)	Düşey deprem	-9.69	-0.66	0.00	0.01	0.01	2.83
		Ex	±5%	0.70	16.28	0.05	0.03	0.02	1.56
		Ex'	4.5.10.4	0.47	11.52	0.14	0.06	0.02	1.08
		Ey	±5%	0.37	3.39	0.55	0.18	0.07	0.87
		Ey'	4.5.10.4	0.30	1.57	0.41	0.17	0.09	0.56
	Üst	G	Sabit yük	-11.98	-3.14	0.56	-0.51	-0.57	14.57
		Q	Hareketli yük	-2.03	-0.45	0.17	-0.05	-0.23	2.24
		G'	Sabit yük-Çtl.	-11.51	-2.56	0.41	-0.43	-0.40	15.02
		Q'	Hareketli yük-Çtl.	-1.94	-0.41	0.14	-0.07	-0.18	2.36
		Ez(G)	Düşey deprem	-4.87	-1.08	0.17	-0.18	-0.17	6.35
-- PZ014 --		Ex	±5%	4.82	18.34	0.27	0.11	0.09	12.88
		Ex'	4.5.10.4	3.58	14.21	0.15	0.05	0.05	10.38
ln = 3.45 m		Ey	±5%	1.81	3.43	1.64	0.27	0.60	1.69

Şekil 2.RR Tek katlı BK yapısı (2018) - Perde statik sonuçları 4

PERDE BİLGİLERİ VE STATİK SONUÇLARI

Perde Bilgileri	Uç	Yükleme		Perde Uç Kuvvetleri					
	Üst/Alt	Yön	Açıkl.	N [tf]	V2 [tf]	V3 [tf]	T [tfm]	M2 [tfm]	M3 [tfm]
ZEMİN KAT (Devamı ...)									
		Ey'	4.5.10.4	0.94	2.52	1.17	0.17	0.45	1.86
	Alt	G	Sabit yük	-25.16	2.78	-0.58	0.19	-0.59	-7.25
· Etkin kesit rijitlikleri		Q	Hareketli yük	-3.35	0.31	-0.08	0.05	-0.08	-1.52
kullanıldı (7.2.3)		G'	Sabit yük-Çtl.	-26.08	1.98	-0.42	0.31	-0.42	-8.20
· Beta ile arttırıldı. (4.8.4)		Q'	Hareketli yük-Çtl.	-3.36	0.28	-0.06	0.06	-0.06	-1.51
· 4.3.4.9 Uygulandı.		Ez(G)	Düşey deprem	-11.03	0.84	-0.18	0.13	-0.18	-3.47
		Ex	±5%	0.71	16.13	0.09	0.06	0.04	1.61
		Ex'	4.5.10.4	0.55	12.77	0.13	0.05	0.02	1.23
		Ey	±5%	0.40	3.20	0.52	0.20	0.09	0.89
		Ey'	4.5.10.4	0.29	1.98	0.45	0.17	0.10	0.55
	Üst	G	Sabit yük	-15.03	3.58	-0.42	0.44	0.78	-17.22
		Q	Hareketli yük	-3.08	0.44	-0.07	0.07	0.13	-3.08
		G'	Sabit yük-Çtl.	-14.70	2.64	-0.41	0.34	0.72	-17.45
		Q'	Hareketli yük-Çtl.	-2.98	0.40	-0.07	0.06	0.12	-3.13
		Ez(G)	Düşey deprem	-6.22	1.12	-0.18	0.14	0.30	-7.38
-- PZ015 --		Ex	±5%	0.77	10.32	0.56	0.05	0.21	9.45
		Ex'	4.5.10.4	0.61	7.02	0.61	0.10	0.21	6.34
ln = 4.50 m		Ey	±5%	0.15	2.02	1.61	0.05	0.56	1.90
		Ey'	4.5.10.4	0.30	3.52	1.38	0.13	0.55	3.19
	Alt	G	Sabit yük	-17.80	-5.50	-0.09	-0.42	-0.15	-11.24
· Etkin kesit rijitlikleri		Q	Hareketli yük	-2.65	-0.82	-0.01	-0.13	-0.02	-1.45
kullanıldı (7.2.3)		G'	Sabit yük-Çtl.	-17.61	-3.28	-0.01	-0.43	-0.01	-5.18
· Beta ile arttırıldı. (4.8.4)		Q'	Hareketli yük-Çtl.	-2.63	-0.52	0.00	-0.13	0.00	-0.61
· 4.3.4.9 Uygulandı.		Ez(G)	Düşey deprem	-7.45	-1.39	-0.00	-0.18	-0.01	-2.19
		Ex	±5%	0.77	8.78	0.45	0.03	0.05	2.13
		Ex'	4.5.10.4	0.61	6.20	0.51	0.06	0.07	1.66
		Ey	±5%	0.15	1.84	1.39	0.03	0.14	0.43
		Ey'	4.5.10.4	0.30	3.04	0.88	0.10	0.08	0.80
	Üst	G	Sabit yük	-9.36	-5.50	-0.09	-0.42	0.12	5.25
		Q	Hareketli yük	-2.65	-0.82	-0.01	-0.13	0.01	1.01
		G'	Sabit yük-Çtl.	-9.18	-3.28	-0.01	-0.43	0.00	4.67
		Q'	Hareketli yük-Çtl.	-2.63	-0.52	0.00	-0.13	-0.00	0.95
		Ez(G)	Düşey deprem	-3.88	-1.39	-0.00	-0.18	0.00	1.97
-- PZ016 --		Ex	±5%	0.31	9.83	0.27	0.03	0.10	8.33
		Ex'	4.5.10.4	0.19	7.88	0.18	0.03	0.06	6.79
ln = 3.40 m		Ey	±5%	0.14	1.84	1.10	0.04	0.38	1.47
		Ey'	4.5.10.4	0.13	3.11	0.70	0.08	0.27	2.68
	Alt	G	Sabit yük	-14.98	-1.15	-0.09	0.21	-0.12	-1.61
· Etkin kesit rijitlikleri		Q	Hareketli yük	-2.34	0.03	-0.02	0.06	-0.02	0.16
kullanıldı (7.2.3)		G'	Sabit yük-Çtl.	-15.28	-0.10	-0.06	0.18	-0.07	0.65
· Beta ile arttırıldı. (4.8.4)		Q'	Hareketli yük-Çtl.	-2.39	0.10	-0.02	0.05	-0.02	0.30
· 4.3.4.9 Uygulandı.		Ez(G)	Düşey deprem	-6.46	-0.04	-0.02	0.07	-0.03	0.27
		Ex	±5%	0.31	8.74	0.21	0.01	0.03	2.92
		Ex'	4.5.10.4	0.19	7.28	0.15	0.02	0.02	2.36
		Ey	±5%	0.14	1.72	0.95	0.02	0.10	0.72
		Ey'	4.5.10.4	0.13	2.79	0.48	0.04	0.05	0.94
	Üst	G	Sabit yük	-8.60	-1.15	-0.09	0.21	0.14	1.83
		Q	Hareketli yük	-2.34	0.03	-0.02	0.06	0.03	0.08
		G'	Sabit yük-Çtl.	-8.90	-0.10	-0.06	0.18	0.11	0.94
		Q'	Hareketli yük-Çtl.	-2.39	0.10	-0.02	0.05	0.03	0.01
		Ez(G)	Düşey deprem	-3.76	-0.04	-0.02	0.07	0.05	0.40
-- PZ017 --		Ex	±5%	0.29	9.46	0.27	0.03	0.10	7.91
		Ex'	4.5.10.4	0.21	8.67	0.16	0.02	0.05	7.33
ln = 3.40 m		Ey	±5%	0.14	1.90	1.08	0.04	0.37	1.51
		Ey'	4.5.10.4	0.12	3.49	0.71	0.08	0.27	2.92
	Alt	G	Sabit yük	-15.02	1.77	-0.11	-0.20	-0.15	3.09
· Etkin kesit rijitlikleri		Q	Hareketli yük	-2.33	0.07	-0.02	-0.06	-0.03	0.08
kullanıldı (7.2.3)		G'	Sabit yük-Çtl.	-15.30	0.39	-0.07	-0.17	-0.08	0.11
· Beta ile arttırıldı. (4.8.4)		Q'	Hareketli yük-Çtl.	-2.38	-0.06	-0.02	-0.05	-0.02	-0.20
· 4.3.4.9 Uygulandı.		Ez(G)	Düşey deprem	-6.47	0.16	-0.03	-0.07	-0.03	0.05
		Ex	±5%	0.29	8.36	0.21	0.01	0.03	2.88
		Ex'	4.5.10.4	0.21	7.97	0.14	0.02	0.02	2.72
		Ey	±5%	0.14	1.78	0.93	0.02	0.10	0.76
		Ey'	4.5.10.4	0.12	3.15	0.49	0.03	0.05	1.14
	Üst	G	Sabit yük	-8.65	1.77	-0.11	-0.20	0.17	-2.21
		Q	Hareketli yük	-2.33	0.07	-0.02	-0.06	0.04	-0.13

Şekil 2.SS Tek katlı BK yapısı (2018) - Perde statik sonuçları 5

PERDE BİLGİLERİ VE STATİK SONUÇLARI

Perde Bilgileri	Uç	Yükleme		Perde Uç Kuvvetleri					
	Üst/Alt	Yön	Açıkl.	N [tf]	V2 [tf]	V3 [tf]	T [tfm]	M2 [tfm]	M3 [tfm]
ZEMİN KAT (Devamı ...)									
		G'	Sabit yük-Çtl.	-8.93	0.39	-0.07	-0.17	0.12	-1.05
		Q'	Hareketli yük-Çtl.	-2.38	-0.06	-0.02	-0.05	0.04	-0.01
		Ez(G)	Düşey deprem	-3.78	0.16	-0.03	-0.07	0.05	-0.44
-- PZ018 --		Ex	±5%	0.75	9.12	0.57	0.05	0.21	8.06
		Ex'	4.5.10.4	0.69	7.33	0.52	0.09	0.17	6.42
ln = 4.50 m		Ey	±5%	0.16	1.88	1.57	0.04	0.55	1.74
		Ey'	4.5.10.4	0.33	3.54	1.38	0.14	0.55	3.14
	Alt	G	Sabit yük	-17.83	4.42	-0.11	0.42	-0.18	7.95
· Etkin kesit rijitlikleri		Q	Hareketli yük	-2.65	0.67	-0.01	0.13	-0.02	1.00
kullanıldı (7.2.3)		G'	Sabit yük-Çtl.	-17.63	2.74	-0.01	0.43	-0.02	3.56
· Beta ile arttırıldı. (4.8.4)		Q'	Hareketli yük-Çtl.	-2.62	0.44	0.00	0.13	0.00	0.38
· 4.3.4.9 Uygulandı.		Ez(G)	Düşey deprem	-7.46	1.16	-0.00	0.18	-0.01	1.51
		Ex	±5%	0.75	7.54	0.45	0.03	0.05	2.06
		Ex'	4.5.10.4	0.69	6.35	0.45	0.06	0.06	1.86
		Ey	±5%	0.16	1.70	1.35	0.03	0.14	0.43
		Ey'	4.5.10.4	0.33	3.02	0.90	0.10	0.08	0.86
	Üst	G	Sabit yük	-9.40	4.42	-0.11	0.42	0.14	-5.32
		Q	Hareketli yük	-2.65	0.67	-0.01	0.13	0.01	-1.02
		G'	Sabit yük-Çtl.	-9.19	2.74	-0.01	0.43	0.01	-4.67
		Q'	Hareketli yük-Çtl.	-2.62	0.44	0.00	0.13	-0.00	-0.95
		Ez(G)	Düşey deprem	-3.89	1.16	-0.00	0.18	0.00	-1.97
-- PZ019 --		Ex	±5%	0.03	9.12	0.57	0.05	0.20	10.11
		Ex'	4.5.10.4	0.10	9.61	0.79	0.09	0.26	10.76
ln = 4.20 m		Ey	±5%	0.04	2.95	1.56	0.08	0.53	3.32
		Ey'	4.5.10.4	0.07	7.31	1.24	0.14	0.49	8.19
	Alt	G	Sabit yük	-15.30	-4.11	-0.13	0.43	-0.24	-10.23
· Etkin kesit rijitlikleri		Q	Hareketli yük	-2.27	-0.63	-0.02	0.12	-0.03	-1.30
kullanıldı (7.2.3)		G'	Sabit yük-Çtl.	-15.13	-1.90	-0.02	0.39	-0.04	-3.95
· Beta ile arttırıldı. (4.8.4)		Q'	Hareketli yük-Çtl.	-2.23	-0.29	-0.00	0.12	-0.00	-0.35
· 4.3.4.9 Uygulandı.		Ez(G)	Düşey deprem	-6.40	-0.80	-0.01	0.17	-0.02	-1.67
		Ex	±5%	0.03	7.63	0.46	0.02	0.05	0.09
		Ex'	4.5.10.4	0.10	8.65	0.67	0.05	0.08	0.28
		Ey	±5%	0.04	2.65	1.37	0.03	0.16	0.07
		Ey'	4.5.10.4	0.07	6.58	0.83	0.08	0.06	0.22
	Üst	G	Sabit yük	-7.42	-4.11	-0.13	0.43	0.14	2.10
		Q	Hareketli yük	-2.27	-0.63	-0.02	0.12	0.01	0.60
		G'	Sabit yük-Çtl.	-7.26	-1.90	-0.02	0.39	0.01	1.74
		Q'	Hareketli yük-Çtl.	-2.23	-0.29	-0.00	0.12	-0.00	0.52
		Ez(G)	Düşey deprem	-3.07	-0.80	-0.01	0.17	0.00	0.73
-- PZ020 --		Ex	±5%	0.03	8.10	0.57	0.05	0.20	8.89
		Ex'	4.5.10.4	0.10	9.86	0.71	0.08	0.23	10.99
ln = 4.20 m		Ey	±5%	0.04	2.91	1.53	0.08	0.52	3.27
		Ey'	4.5.10.4	0.07	7.09	1.25	0.15	0.49	7.91
	Alt	G	Sabit yük	-15.31	3.17	-0.15	-0.43	-0.28	7.46
· Etkin kesit rijitlikleri		Q	Hareketli yük	-2.27	0.50	-0.02	-0.13	-0.04	0.91
kullanıldı (7.2.3)		G'	Sabit yük-Çtl.	-15.16	1.49	-0.02	-0.40	-0.05	2.73
· Beta ile arttırıldı. (4.8.4)		Q'	Hareketli yük-Çtl.	-2.24	0.23	-0.00	-0.12	-0.01	0.17
· 4.3.4.9 Uygulandı.		Ez(G)	Düşey deprem	-6.41	0.63	-0.01	-0.17	-0.02	1.15
		Ex	±5%	0.03	6.59	0.47	0.02	0.05	0.08
		Ex'	4.5.10.4	0.10	8.76	0.60	0.04	0.08	0.29
		Ey	±5%	0.04	2.60	1.34	0.03	0.15	0.07
		Ey'	4.5.10.4	0.07	6.33	0.85	0.09	0.07	0.22
	Üst	G	Sabit yük	-7.44	3.17	-0.15	-0.43	0.16	-2.06
		Q	Hareketli yük	-2.27	0.50	-0.02	-0.13	0.02	-0.60
		G'	Sabit yük-Çtl.	-7.28	1.49	-0.02	-0.40	0.01	-1.74
		Q'	Hareketli yük-Çtl.	-2.24	0.23	-0.00	-0.12	-0.00	-0.53
		Ez(G)	Düşey deprem	-3.08	0.63	-0.01	-0.17	0.01	-0.74
-- PZ021 --		Ex	±5%	3.34	13.55	0.47	0.07	0.15	9.22
		Ex'	4.5.10.4	3.87	14.79	0.69	0.20	0.22	9.92
ln = 4.00 m		Ey	±5%	1.88	6.53	1.39	0.19	0.44	4.35
		Ey'	4.5.10.4	3.31	13.87	0.92	0.10	0.32	10.04
	Alt	G	Sabit yük	-13.15	-3.65	-0.99	0.33	-1.05	-5.75
· Etkin kesit rijitlikleri		Q	Hareketli yük	-1.60	-0.69	-0.25	0.15	-0.26	-0.99
kullanıldı (7.2.3)		G'	Sabit yük-Çtl.	-11.75	-1.82	-0.78	0.48	-0.79	-2.62
· Beta ile arttırıldı. (4.8.4)		Q'	Hareketli yük-Çtl.	-1.39	-0.47	-0.22	0.18	-0.23	-0.59
· 4.3.4.9 Uygulandı.		Ez(G)	Düşey deprem	-4.97	-0.77	-0.33	0.20	-0.34	-1.11

Şekil 2.TT Tek katlı BK yapısı (2018) - Perde statik sonuçları 6

PERDE BİLGİLERİ VE STATİK SONUÇLARI

Perde Bilgileri	Uç	Yükleme		Perde Uç Kuvvetleri					
	Üst/Alt	Yön	Açıkl.	N [tf]	V2 [tf]	V3 [tf]	T [tfm]	M2 [tfm]	M3 [tfm]
ZEMİN KAT (Devamı ...)									
		Ex	±5%	0.47	11.71	0.28	0.09	0.02	0.90
		Ex'	4.5.10.4	0.81	13.07	0.50	0.19	0.05	1.53
		Ey	±5%	0.28	6.14	0.89	0.32	0.06	0.59
		Ey'	4.5.10.4	0.66	12.38	0.42	0.17	0.03	1.27
	Üst	G	Sabit yük	-3.83	-1.25	-1.14	0.22	1.73	-0.95
		Q	Hareketli yük	-1.08	-0.03	-0.32	0.07	0.51	-0.45
		G'	Sabit yük-Çtl.	-3.27	0.86	-1.01	0.22	1.61	-1.90
		Q'	Hareketli yük-Çtl.	-0.98	0.32	-0.31	0.06	0.49	-0.63
		Ez(G)	Düşey deprem	-1.38	0.36	-0.43	0.09	0.68	-0.81
-- PZ022 --		Ex	±5%	3.15	12.76	0.47	0.08	0.16	8.61
		Ex'	4.5.10.4	4.05	15.16	0.63	0.19	0.20	9.97
ln = 4.00 m		Ey	±5%	1.87	6.62	1.36	0.19	0.43	4.47
		Ey'	4.5.10.4	3.23	13.32	0.93	0.12	0.32	9.54
	Alt	G	Sabit yük	-13.50	3.60	-1.03	-0.31	-1.09	5.09
· Etkin kesit rijitlikleri		Q	Hareketli yük	-1.65	0.68	-0.26	-0.15	-0.27	0.89
kullanıldı (7.2.3)		G'	Sabit yük-Çtl.	-11.95	1.81	-0.79	-0.48	-0.81	2.29
· Beta ile arttırıldı. (4.8.4)		Q'	Hareketli yük-Çtl.	-1.41	0.46	-0.22	-0.17	-0.23	0.54
· 4.3.4.9 Uygulandı.		Ez(G)	Düşey deprem	-5.06	0.76	-0.33	-0.20	-0.34	0.97
		Ex	±5%	0.43	10.88	0.28	0.09	0.02	0.83
		Ex'	4.5.10.4	0.84	13.31	0.47	0.17	0.04	1.59
		Ey	±5%	0.28	6.17	0.87	0.32	0.06	0.58
		Ey'	4.5.10.4	0.64	11.86	0.44	0.18	0.03	1.23
	Üst	G	Sabit yük	-3.89	1.25	-1.16	-0.22	1.75	0.88
		Q	Hareketli yük	-1.09	0.03	-0.32	-0.07	0.51	0.44
		G'	Sabit yük-Çtl.	-3.30	-0.85	-1.02	-0.22	1.62	1.88
		Q'	Hareketli yük-Çtl.	-0.99	-0.32	-0.31	-0.07	0.49	0.63
		Ez(G)	Düşey deprem	-1.40	-0.36	-0.43	-0.09	0.68	0.79
-- PZ023 --		Ex	±5%	3.32	12.47	2.30	0.31	0.72	15.68
		Ex'	4.5.10.4	3.88	4.63	1.81	0.40	0.62	13.69
ln = 7.40 m		Ey	±5%	1.94	24.17	0.69	0.22	0.21	26.51
		Ey'	4.5.10.4	1.45	22.36	1.17	0.38	0.36	27.97
	Alt	G	Sabit yük	-24.57	8.64	0.63	-1.15	0.83	11.68
· Etkin kesit rijitlikleri		Q	Hareketli yük	-3.77	1.39	0.19	-0.27	0.23	0.97
kullanıldı (7.2.3)		G'	Sabit yük-Çtl.	-26.86	4.18	0.35	-1.48	0.56	4.09
· Beta ile arttırıldı. (4.8.4)		Q'	Hareketli yük-Çtl.	-4.13	0.69	0.13	-0.38	0.18	-0.24
· 4.3.4.9 Uygulandı.		Ez(G)	Düşey deprem	-11.36	1.77	0.15	-0.63	0.24	1.73
		Ex	±5%	0.48	11.59	1.34	0.70	0.12	1.13
		Ex'	4.5.10.4	0.89	4.06	0.44	1.05	0.11	1.86
		Ey	±5%	0.30	21.05	0.32	0.14	0.03	0.86
		Ey'	4.5.10.4	0.29	20.69	0.70	0.44	0.09	0.58
	Üst	G	Sabit yük	-14.11	8.44	3.01	5.16	-2.96	-5.52
		Q	Hareketli yük	-4.50	1.31	0.85	1.46	-0.86	-1.28
		G'	Sabit yük-Çtl.	-14.89	3.93	2.95	5.42	-2.72	-3.45
		Q'	Hareketli yük-Çtl.	-4.65	0.60	0.88	1.62	-0.83	-0.89
		Ez(G)	Düşey deprem	-6.30	1.66	1.25	2.29	-1.15	-1.46
-- PZ024 --		Ex	±5%	3.37	11.32	2.38	0.27	0.74	17.67
		Ex'	4.5.10.4	3.97	6.72	1.87	0.41	0.64	16.86
ln = 7.40 m		Ey	±5%	1.89	25.32	0.68	0.22	0.21	27.65
		Ey'	4.5.10.4	3.45	23.98	1.57	0.41	0.52	33.36
	Alt	G	Sabit yük	-26.36	-10.43	0.42	1.51	0.60	-21.26
· Etkin kesit rijitlikleri		Q	Hareketli yük	-4.05	-1.52	0.16	0.33	0.20	-2.04
kullanıldı (7.2.3)		G'	Sabit yük-Çtl.	-27.73	-4.76	0.27	1.64	0.50	-7.90
· Beta ile arttırıldı. (4.8.4)		Q'	Hareketli yük-Çtl.	-4.27	-0.70	0.12	0.41	0.17	-0.11
· 4.3.4.9 Uygulandı.		Ez(G)	Düşey deprem	-11.73	-2.01	0.12	0.69	0.21	-3.34
		Ex	±5%	0.50	10.57	1.39	0.73	0.12	1.19
		Ex'	4.5.10.4	0.91	6.03	0.47	1.04	0.11	1.85
		Ey	±5%	0.29	22.24	0.32	0.15	0.03	0.92
		Ey'	4.5.10.4	0.80	22.47	0.29	0.81	0.08	1.42
	Üst	G	Sabit yük	-14.54	-10.29	2.81	-4.94	-2.81	4.84
		Q	Hareketli yük	-4.56	-1.45	0.83	-1.47	-0.84	1.15
		G'	Sabit yük-Çtl.	-15.08	-4.53	2.95	-5.58	-2.71	3.13
		Q'	Hareketli yük-Çtl.	-4.67	-0.61	0.90	-1.70	-0.83	0.86
		Ez(G)	Düşey deprem	-6.38	-1.91	1.25	-2.36	-1.15	1.32
-- PZ025 --		Ex	±5%	8.27	7.76	1.83	0.19	0.53	3.77
		Ex'	4.5.10.4	5.97	1.22	1.32	0.08	0.39	0.91
ln = 7.25 m		Ey	±5%	0.19	30.87	0.05	0.19	0.01	24.52

Şekil 2.UU Tek katlı BK yapısı (2018) - Perde statik sonuçları 7

PERDE BETONARMESİ

N_d : *Tasarım eksenel kuvveti*

M_{d2} , M_{d3} : *2 ve 3 yönü tasarım eğilme momentleri*

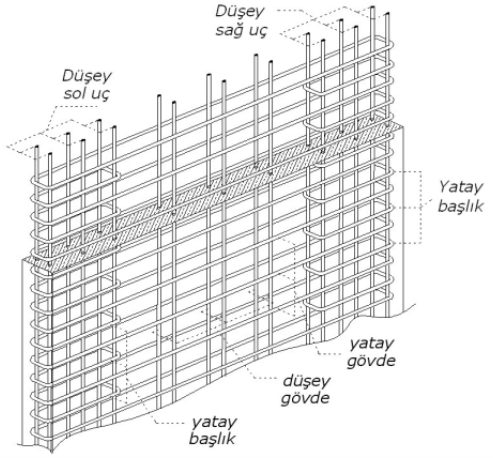
A_s : *Perde boyuna donatı toplam kesit alanı*

Gövde(düşey) : *Perde gövdesine yerleştirilen düşey donatı*

Sol uç , Sağ uç : *Perde sağ ve sol başlıklarına yerleştirilen düşey donatı*

Gövde(yatay) : *Perde gövdesine yerleştirilen yatay donatı*

Başlık : *Perde sağ ve sol başlıklarına yerleştirilen yatay donatı*



Perde	Etkiler				As	Düşey Donatı			Yatay Donatı	
	Kombinasyon	Nd [tf]	Md2 [tfm]	Md3 [tfm]	[cm²]	Sol	Orta	Sağ	Gövde Etr.	Başlık Etriye
ZEMİN KAT										
PZ001	0.9G'-Ex'-0.3Ey'-0.3Ez	-5.55	0.90	-24.92	25.31		36 Ø 10		ø8 / 16	
PZ002	0.9G'-Ex'-0.3Ey'-0.3Ez	-5.57	0.92	24.79	25.31		36 Ø 10		ø8 / 16	
PZ003	0.9G'-Ex'-0.3Ey'-0.3Ez	-11.80	0.38	-27.80	26.25		36 Ø 10		ø8 / 16	
PZ004	0.9G'-Ex'-0.3Ey'-0.3Ez	-11.82	0.42	26.17	26.25		36 Ø 10		ø8 / 16	
PZ005	0.9G'-Ex-0.3Ey-0.3Ez	-12.81	0.35	-25.94	28.13		38 Ø 10		ø8 / 16	
PZ006	0.9G'-Ex-0.3Ey-0.3Ez	-6.49	-0.15	6.64	21.25		30 Ø 10		ø8 / 16	
PZ007	0.9G'-Ex-0.3Ey-0.3Ez	-6.56	-0.15	-6.59	21.25		30 Ø 10		ø8 / 16	
PZ008	0.9G'-Ex-0.3Ey-0.3Ez	-6.39	-0.09	-10.71	28.13		38 Ø 10		ø8 / 16	
PZ009	0.9G'-Ex-0.3Ey-0.3Ez	-11.23	0.41	28.51	34.50		46 Ø 10		ø8 / 10	
PZ010	G'+Q'-Ex-0.3Ey+0.3Ez	-17.27	-1.30	-36.33	34.50		46 Ø 10		ø8 / 10	
PZ011	0.9G'-Ex-0.3Ey-0.3Ez	-23.74	0.53	-60.72	47.81		64 Ø 10		ø8 / 16	
PZ012	0.9G'-Ex-0.3Ey-0.3Ez	-23.58	-0.53	58.80	47.81		64 Ø 10		ø8 / 16	
PZ013	G'+Q'-Ex-0.3Ey+0.3Ez	-14.10	-0.67	33.87	34.50		46 Ø 10		ø8 / 10	
PZ014	G'+Q'-Ex-0.3Ey+0.3Ez	-18.72	0.99	-39.61	34.50		46 Ø 10		ø8 / 10	
PZ015	0.9G'-Ex-0.3Ey-0.3Ez	-12.80	-0.39	-25.26	28.13		38 Ø 10		ø8 / 16	
PZ016	0.9G'-Ex-0.3Ey-0.3Ez	-11.46	-0.26	14.69	21.25		30 Ø 10		ø8 / 16	
PZ017	0.9G'-Ex-0.3Ey-0.3Ez	-6.58	0.14	-6.24	21.25		30 Ø 10		ø8 / 16	
PZ018	0.9G'-Ex-0.3Ey-0.3Ez	-6.32	0.10	-10.41	28.13		38 Ø 10		ø8 / 16	
PZ019	0.9G'-Ex'-0.3Ey'-0.3Ez	-11.57	-0.44	-28.48	26.25		36 Ø 10		ø8 / 16	
PZ020	0.9G'-Ex'-0.3Ey'-0.3Ez	-11.59	-0.42	27.07	26.25		36 Ø 10		ø8 / 16	
PZ021	0.9G'-Ex'-0.3Ey'-0.3Ez	-4.23	-0.93	-25.63	25.00		36 Ø 10		ø8 / 16	
PZ022	0.9G'-Ex'-0.3Ey'-0.3Ez	-4.22	-0.92	25.02	25.00		36 Ø 10		ø8 / 16	
PZ023	0.9G'-Ey'-0.3Ex'-0.3Ez	-18.16	0.98	70.48	46.25		60 Ø 10		ø8 / 16	
PZ024	0.9G'-Ey'-0.3Ex'-0.3Ez	-16.80	1.10	-89.04	46.25		62 Ø 10		ø8 / 16	
PZ025	0.9G'-Ey-0.3Ex-0.3Ez	-13.92	0.30	53.32	45.31		60 Ø 10		ø8 / 16	
PZ026	0.9G'-Ey-0.3Ex-0.3Ez	-15.02	1.07	15.41	38.75		52 Ø 10		ø8 / 16	
PZ027	0.9G'-Ey-0.3Ex-0.3Ez	-14.48	1.10	-17.86	38.75		52 Ø 10		ø8 / 16	
PZ028	G'+Q'-Ey'-0.3Ex'+0.3Ez	-15.16	3.34	46.79	46.87		62 Ø 10		ø8 / 16	
PZ029	0.9G'-Ex-0.3Ey-0.3Ez	-11.22	0.80	-21.24	52.80		70 Ø 10		ø8 / 16	
PZ030	G'+Q'-Ey'-0.3Ex'+0.3Ez	-14.84	-3.41	43.57	46.87		62 Ø 10		ø8 / 16	
PZ031	0.9G'-Ex-0.3Ey-0.3Ez	-10.94	-0.78	-18.65	52.80		70 Ø 10		ø8 / 16	
PZ032	0.9G'-Ey-0.3Ex-0.3Ez	-16.55	-0.50	53.74	45.31		60 Ø 10		ø8 / 16	
PZ033	0.9G'-Ey-0.3Ex-0.3Ez	-14.53	-1.09	-17.88	38.75		52 Ø 10		ø8 / 16	
PZ034	0.9G'-Ey-0.3Ex-0.3Ez	-15.08	-1.03	15.45	38.75		52 Ø 10		ø8 / 16	
PZ035	0.9G'-Ey'-0.3Ex'-0.3Ez	-16.74	-1.13	-86.81	46.25		62 Ø 10		ø8 / 16	
PZ036	0.9G'-Ey'-0.3Ex'-0.3Ez	-18.18	-1.00	71.88	46.25		60 Ø 10		ø8 / 16	

Şekil 2.VV Tek katlı BK yapısı (2018) - Perde betonarmesi

PERDE KESME GÜVENLİĞİ

$V_r = A_{ch}\,(0.65\,f_{ctd} + \rho_{sh}\,f_{ywd})$

$V_{eMax} = 0.85\,A_{ch}\sqrt{f_{ck}}$ **(Boşluksuz perdeler)**

$V_{eMax} = 0.65\,A_{ch}\sqrt{f_{ck}}$ **(Bağ kirişli perdeler)**

$V_e \le V_{eMax}$; $V_e \le V_r$

$V'_e = \beta_v \frac{(M_p)_t}{(M_d)_t} V_d$; $V_e = \min(V_e(\text{sınır değer}), V'_e)$

V'_e **:** *7.6.6.3'e göre 1.2D veya 1.4D ile sınırlama uygulamadan önceki kesme kuvveti değeri*

V_r **:** *Perde kesitinin kesme dayanımı*

A_{ch} **:** *Boşluksuz perdenin, bağ kirişli perdede her bir perde parçasının brüt enkesit alanı*

f_{ctd}, f_{ck}, f_{ywd} **:** *Betonun tasarım çekme dayanımı, karakteristik silindir basınç dayanımı, enine donatının tasarım akma dayanımı*

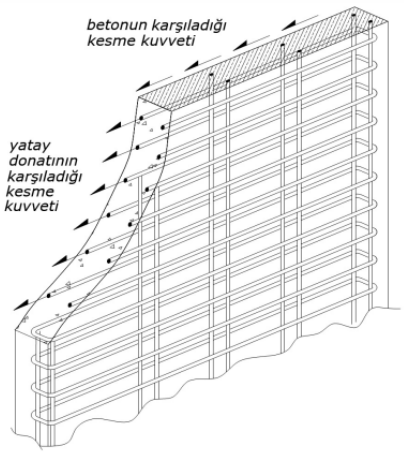
ρ_{sh} **:** *Perdede yatay gövde donatılarının hacimsel oranı (≥ 0.0025)*

V_d **:** *Yük katsayıları ile çarpılmış düşey yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisi altında hesaplanan kesme kuvveti*

$(M_d)_t$ **:** *Perdenin taban kesitinde yük katsayıları ile çarpılmış düşey yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisi altında hesaplanan momenti*

$(M_p)_t$ **:** *Perde taban kesitinde f_{ck} ve f_{yd} ve çeliğin dayanım artışı gözününe alınarak hesaplanan moment kapasitesi*

β_v**:** *Deprem yüklerinin tamamı betonarme perdelerle taşındığı binalarda 1.0, diğerlerinde 1.5 alınır.*



Notlar:

1) h_w/ l_w <2 olan perdeler, 7.6.6.3 maddesinden muaf olduğu için bu sütunda değerler boş görünür. Bu perdelerin Ve değerleri, Bölüm 4'e göre hesaplanan kesme kuvvetlerine eşit alınır.

*2) * işaretli perdeler bağ kirişli perdeleri ifade etmektedir.*

Boyutlar			Kombinasyon	Vd	7.6.6.3					Ve	Kontrol	
Perde	b / l	hw / lw			β_v	$(M_p)_t$	$(M_d)_t$	Ve'	Ve (Sınır değer)		Vr	VeMax
	[m]			[tf]		[tfm]	[tfm]	[tf]	[tf]	[tf]	[tf]	[tf]
ZEMİN KAT												
PZ001	4.05/0.25	0.74	G'+Q'-Ex'-0.3Ey'+0.3Ez	20.08						20.08	179.20 √	480.68 √
PZ002	4.05/0.25	0.74	G'+Q'+Ex'+0.3Ey'+0.3Ez	20.45						20.45	179.20 √	480.68 √
PZ003	4.20/0.25	0.71	G'+Q'-Ex'-0.3Ey'+0.3Ez	13.81						13.81	185.89 √	498.48 √
PZ004	4.20/0.25	0.71	G'+Q'+Ex'+0.3Ey'+0.3Ez	13.39						13.39	185.89 √	498.48 √
PZ005	4.50/0.25	0.67	G'+Q'-Ex-0.3Ey+0.3Ez	15.44						15.44	199.26 √	534.09 √
PZ006	3.40/0.25	0.88	G'+Q'-Ex-0.3Ey+0.3Ez	10.81						10.81	150.22 √	403.53 √
PZ007	3.40/0.25	0.88	G'+Q'+Ex+0.3Ey+0.3Ez	10.84						10.84	150.22 √	403.53 √
PZ008	4.50/0.25	0.67	G'+Q'+Ex+0.3Ey+0.3Ez	13.46						13.46	199.26 √	534.09 √
PZ009	3.45/0.40	0.87	G'+Q'-Ex-0.3Ey+0.3Ez	21.59						21.59	243.93 √	655.15 √
PZ010	3.45/0.40	0.87	G'+Q'+Ex+0.3Ey+0.3Ez	21.94						21.94	243.93 √	655.15 √
PZ011	7.65/0.25	0.39	G'+Q'-Ex-0.3Ey+0.3Ez	25.10						25.10	339.68 √	907.95 √
PZ012	7.65/0.25	0.39	G'+Q'+Ex+0.3Ey+0.3Ez	23.63						23.63	339.68 √	907.95 √
PZ013	3.45/0.40	0.87	G'+Q'-Ex-0.3Ey+0.3Ez	21.54						21.54	243.93 √	655.15 √
PZ014	3.45/0.40	0.87	G'+Q'+Ex+0.3Ey+0.3Ez	21.89						21.89	243.93 √	655.15 √
PZ015	4.50/0.25	0.67	G'+Q'-Ex-0.3Ey+0.3Ez	15.15						15.15	199.26 √	534.09 √
PZ016	3.40/0.25	0.88	0.9G'-Ex-0.3Ey-0.3Ez	10.46						10.46	150.22 √	403.53 √
PZ017	3.40/0.25	0.88	G'+Q'+Ex+0.3Ey+0.3Ez	10.40						10.40	150.22 √	403.53 √
PZ018	4.50/0.25	0.67	G'+Q'+Ex+0.3Ey+0.3Ez	13.21						13.21	199.26 √	534.09 √
PZ019	4.20/0.25	0.71	G'+Q'-Ex'-0.3Ey'+0.3Ez	14.23						14.23	185.89 √	498.48 √
PZ020	4.20/0.25	0.71	G'+Q'+Ex'+0.3Ey'+0.3Ez	13.90						13.90	185.89 √	498.48 √
PZ021	4.00/0.25	0.75	G'+Q'-Ex'-0.3Ey'+0.3Ez	21.47						21.47	176.97 √	474.74 √
PZ022	4.00/0.25	0.75	G'+Q'+Ex'+0.3Ey'+0.3Ez	21.65						21.65	176.97 √	474.74 √
PZ023	0.25/7.40	0.41	G'+Q'+Ey+0.3Ex+0.3Ez	33.31						33.31	328.53 √	878.28 √
PZ024	0.25/7.40	0.41	G'+Q'-Ey-0.3Ex+0.3Ez	34.78						34.78	328.53 √	878.28 √
PZ025	0.25/7.25	0.41	G'+Q'-Ey-0.3Ex+0.3Ez	33.21						33.21	321.85 √	860.47 √
PZ026	0.25/6.20	0.48	G'+Q'-Ey-0.3Ex+0.3Ez	21.59						21.59	275.04 √	735.85 √
PZ027	0.25/6.20	0.48	G'+Q'+Ey+0.3Ex+0.3Ez	20.87						20.87	275.04 √	735.85 √
PZ028	0.25/7.50	0.40	G'+Q'-Ey-0.3Ex+0.3Ez	21.72						21.72	332.99 √	890.14 √
PZ029	0.25/8.45	0.36	G'+Q'+Ey+0.3Ex+0.3Ez	25.19						25.19	375.28 √	1002.73 √
PZ030	0.25/7.50	0.40	G'+Q'-Ey-0.3Ex+0.3Ez	21.70						21.70	332.99 √	890.14 √
PZ031	0.25/8.45	0.36	G'+Q'+Ey+0.3Ex+0.3Ez	25.03						25.03	375.28 √	1002.73 √
PZ032	0.25/7.25	0.41	G'+Q'+Ey+0.3Ex+0.3Ez	33.34						33.34	321.85 √	860.47 √

Şekil 2.WW Tek katlı BK yapısı (2018) - Perde kesme güvenliği

GÜÇLÜ PERDE KONTROLÜ

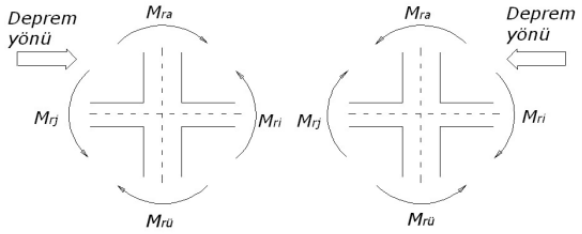
$(M_{ra} + M_{rü}) \geq 1.2(M_{ri} + M_{rj})$

Yön (+ / -) : Sağdan ve soldan yükleme

M_{ra} , $M_{rü}$ **:** Kolonun veya perdenin alt ve üst ucunda hesaplanan taşıma gücü momenti

M_{ri} ,M_{rj} **:** Kirişin sol ucu i ve sağ ucu j'deki kolon veya perde yüzünde hesaplanan pozitif veya negatif taşıma gücü momenti

N_{dmin} **:** Kolon taşıma gücü momentlerini en küçük yapan eksenel kuvvet



İsim-Boyut			Perde Momentleri		Kiriş Momentleri		Sonuç ve Açıklama	
Perde	Yön	Kirişler	Mra [tfm]	Mrü [tfm]	Mri [tfm]	Mrj [tfm]	∑Mrkol > 1.2 ∑Mrkiriş [tfm]	Kontrol
ZEMİN KAT								
PZ005	+X	KZ003	0	250.91	0	11.36	250.91 > 13.63	hw/lw < 2
	-X				0	11.07	250.91 > 13.28	hw/lw < 2
PZ006	+X	KZ003-KZ001	0	151.65	11.07	11.36	151.65 > 26.91	hw/lw < 2
	-X				11.36	11.07	151.65 > 26.91	hw/lw < 2
PZ007	+X	KZ002-KZ004	0	151.74	11.07	11.36	151.74 > 26.91	hw/lw < 2
	-X				11.36	11.07	151.74 > 26.91	hw/lw < 2
PZ008	+X	KZ004	0	251.05	11.07	0	251.05 > 13.28	hw/lw < 2
	-X				11.36	0	251.05 > 13.63	hw/lw < 2
PZ015	+X	KZ005	0	250.86	0	11.36	250.86 > 13.63	hw/lw < 2
	-X				0	11.07	250.86 > 13.28	hw/lw < 2
PZ016	+X	KZ005-KZ006	0	151.71	11.07	11.36	151.71 > 26.91	hw/lw < 2
	-X				11.36	11.07	151.71 > 26.91	hw/lw < 2
PZ017	+X	KZ008-KZ007	0	151.77	11.07	11.36	151.77 > 26.91	hw/lw < 2
	-X				11.36	11.07	151.77 > 26.91	hw/lw < 2
PZ018	+X	KZ007	0	250.82	11.07	0	250.82 > 13.28	hw/lw < 2
	-X				11.36	0	250.82 > 13.63	hw/lw < 2
PZ025	+Y	KZ009-KZ006-KZ010	0	630.03	11.15	11.36	630.03 > 27.00	hw/lw < 2
	-Y				11.36	11.15	630.03 > 27.00	hw/lw < 2
PZ026	+Y	KZ009	0	489.87	0	11.36	489.87 > 13.63	hw/lw < 2
	-Y				0	11.15	489.87 > 13.38	hw/lw < 2
PZ027	+Y	KZ010	0	488.35	11.15	0	488.35 > 13.38	hw/lw < 2
	-Y				11.36	0	488.35 > 13.63	hw/lw < 2
PZ028	+Y	KZ011	0	674.81	0	11.36	674.81 > 13.63	hw/lw < 2
	-Y				0	11.15	674.81 > 13.39	hw/lw < 2
PZ029	+Y	KZ013	0	864.36	11.12	0	864.36 > 13.34	hw/lw < 2
	-Y				11.36	0	864.36 > 13.63	hw/lw < 2
PZ030	+Y	KZ014	0	674.27	0	11.36	674.27 > 13.63	hw/lw < 2
	-Y				0	11.15	674.27 > 13.39	hw/lw < 2
PZ031	+Y	KZ016	0	863.36	11.12	0	863.36 > 13.34	hw/lw < 2
	-Y				11.36	0	863.36 > 13.63	hw/lw < 2
PZ032	+Y	KZ017-KZ018	0	637.99	11.15	11.36	637.99 > 27.00	hw/lw < 2
	-Y				11.36	11.15	637.99 > 27.00	hw/lw < 2
PZ033	+Y	KZ018	0	488.48	11.15	0	488.48 > 13.38	hw/lw < 2
	-Y				11.36	0	488.48 > 13.63	hw/lw < 2
PZ034	+Y	KZ017	0	490.03	0	11.36	490.03 > 13.63	hw/lw < 2
	-Y				0	11.15	490.03 > 13.38	hw/lw < 2

Şekil 2.XX Tek katlı BK yapısı (2018) - Perde güçlü perde kontrolü

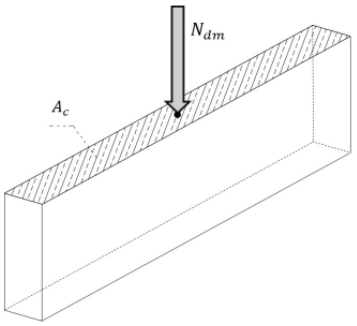
PERDE EKSENEL KUVVET KONTROLÜ

$A_c \geq N_{dm} / (0.35\, f_{ck})$

A_c : *Perde en kesit alanı. Bağ kirişli(boşluklu) perdelerde boşluklu perde kesitinin tümü (perde parçalarının toplamı)*

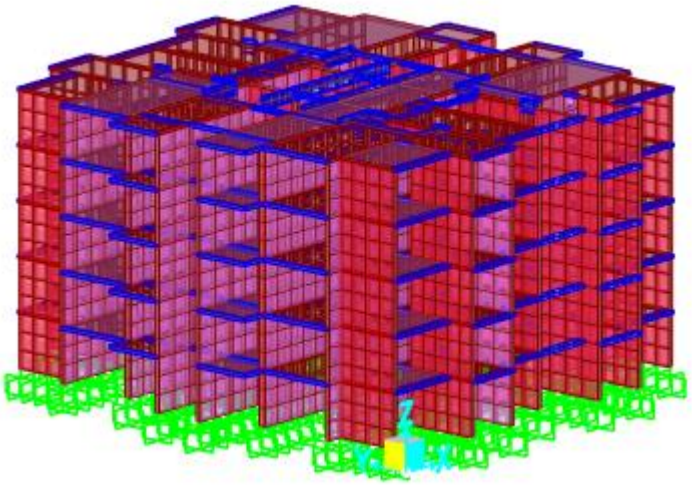
N_{dm} : *Düşey yükler ve deprem etkisi altında hesaplanan eksenel basınç kuvvetlerinin en büyüğü (TS 498'de hareketli yükler için tanımlanmış olan hareketli yük azaltma katsayıları da dikkate alınarak)*

f_{ck} : *Betonun karakteristik silindir basınç dayanımı*

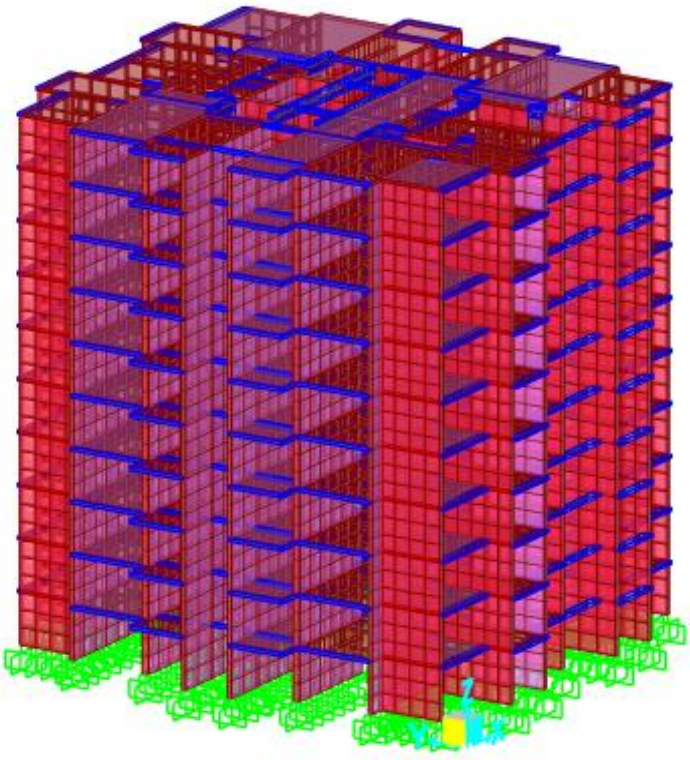


Perde	Yükleme Kombinasyonu	Ndm [tf]	Ac [m²]	Ndm/0.35fck [m²]	Ac>=Ndm/0.35fck
ZEMİN KAT					
PZ001	G'+Q'-Ex-0.3Ey+0.3Ez	19.59	1.01	0.02	√
PZ002	G'+Q'-Ex-0.3Ey+0.3Ez	19.63	1.01	0.02	√
PZ003	G'+Q'-Ey-0.3Ex+0.3Ez	19.72	1.05	0.02	√
PZ004	G'+Q'-Ey-0.3Ex+0.3Ez	19.74	1.05	0.02	√
PZ005	G'+Q'-Ex-0.3Ey+0.3Ez	23.41	1.13	0.02	√
PZ006	G'+Q'-Ex-0.3Ey+0.3Ez	19.98	0.85	0.02	√
PZ007	G'+Q'-Ex-0.3Ey+0.3Ez	19.96	0.85	0.02	√
PZ008	G'+Q'-Ex-0.3Ey+0.3Ez	23.40	1.13	0.02	√
PZ009	G'+Q'-Ex-0.3Ey+0.3Ez	31.47	1.38	0.03	√
PZ010	G'+Q'-Ex-0.3Ey+0.3Ez	36.15	1.38	0.03	√
PZ011	G'+Q'-Ex-0.3Ey+0.3Ez	39.77	1.91	0.04	√
PZ012	G'+Q'-Ex-0.3Ey+0.3Ez	39.49	1.91	0.04	√
PZ013	G'+Q'-Ex-0.3Ey+0.3Ez	33.54	1.38	0.03	√
PZ014	G'+Q'-Ex-0.3Ey+0.3Ez	38.11	1.38	0.04	√
PZ015	G'+Q'-Ex-0.3Ey+0.3Ez	23.30	1.13	0.02	√
PZ016	G'+Q'-Ex-0.3Ey+0.3Ez	19.95	0.85	0.02	√
PZ017	G'+Q'-Ex-0.3Ey+0.3Ez	19.96	0.85	0.02	√
PZ018	G'+Q'-Ex-0.3Ey+0.3Ez	23.29	1.13	0.02	√
PZ019	G'+Q'-Ey-0.3Ex+0.3Ez	19.34	1.05	0.02	√
PZ020	G'+Q'-Ey-0.3Ex+0.3Ez	19.37	1.05	0.02	√
PZ021	G'+Q'-Ex-0.3Ey+0.3Ez	18.53	1.00	0.02	√
PZ022	G'+Q'-Ex-0.3Ey+0.3Ez	18.59	1.00	0.02	√
PZ023	G'+Q'-Ex-0.3Ey+0.3Ez	38.30	1.85	0.04	√
PZ024	G'+Q'-Ex-0.3Ey+0.3Ez	39.45	1.85	0.04	√
PZ025	G'+Q'-Ex-0.3Ey+0.3Ez	34.19	1.81	0.03	√
PZ026	G'+Q'-Ey-0.3Ex+0.3Ez	41.30	1.55	0.04	√
PZ027	G'+Q'-Ey-0.3Ex+0.3Ez	40.21	1.55	0.04	√
PZ028	G'+Q'-Ey-0.3Ex+0.3Ez	31.21	1.87	0.03	√
PZ029	G'+Q'-Ey-0.3Ex+0.3Ez	38.95	2.11	0.04	√
PZ030	G'+Q'-Ey-0.3Ex+0.3Ez	30.88	1.87	0.03	√
PZ031	G'+Q'-Ey-0.3Ex+0.3Ez	38.41	2.11	0.04	√
PZ032	G'+Q'-Ex-0.3Ey+0.3Ez	38.65	1.81	0.04	√
PZ033	G'+Q'-Ey-0.3Ex+0.3Ez	40.28	1.55	0.04	√
PZ034	G'+Q'-Ey-0.3Ex+0.3Ez	41.38	1.55	0.04	√
PZ035	G'+Q'-Ex-0.3Ey+0.3Ez	39.09	1.85	0.04	√
PZ036	G'+Q'-Ex-0.3Ey+0.3Ez	37.97	1.85	0.04	√

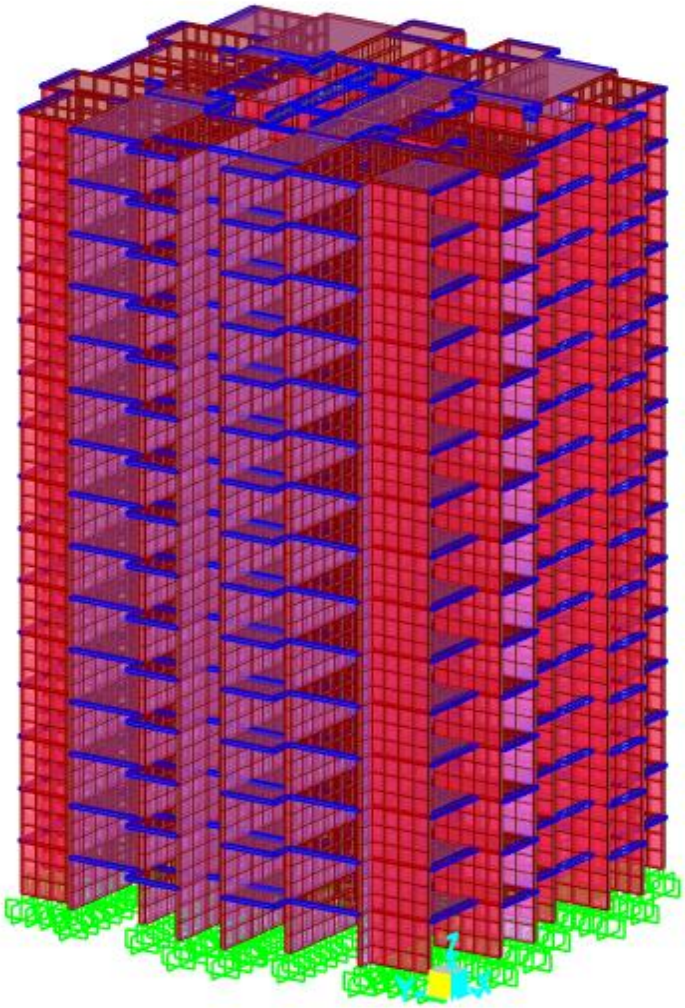
Şekil 2.YY Tek katlı BK yapısı (2018) - Perde eksenel kuvvet kontrolü



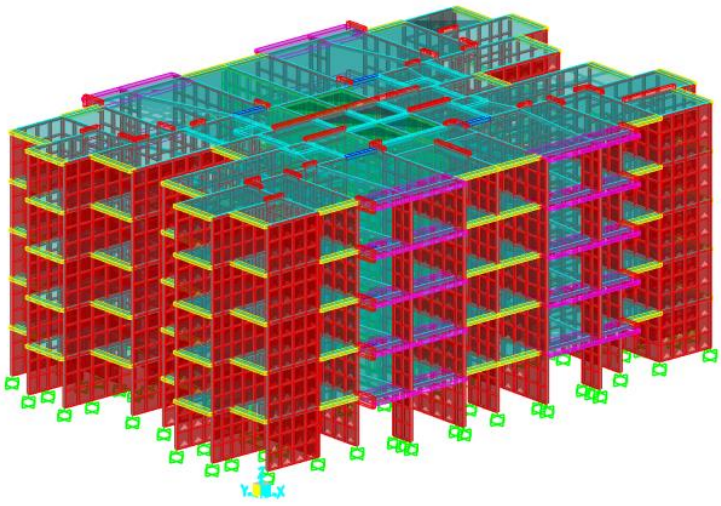
Şekil 2.ZZ 5 katlı BK yapısı için SAP2000 3D analiz modeli



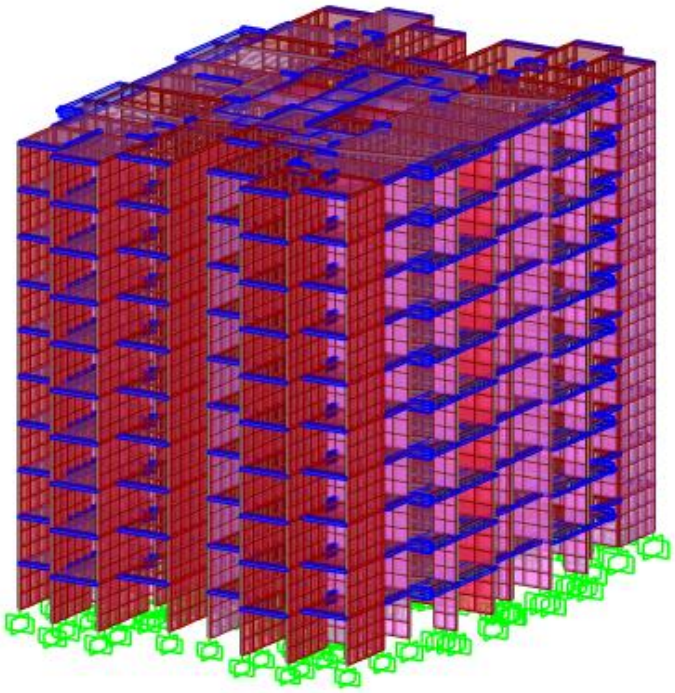
Şekil 2.AAA 10 katlı BK yapısı için SAP2000 3D analiz modeli



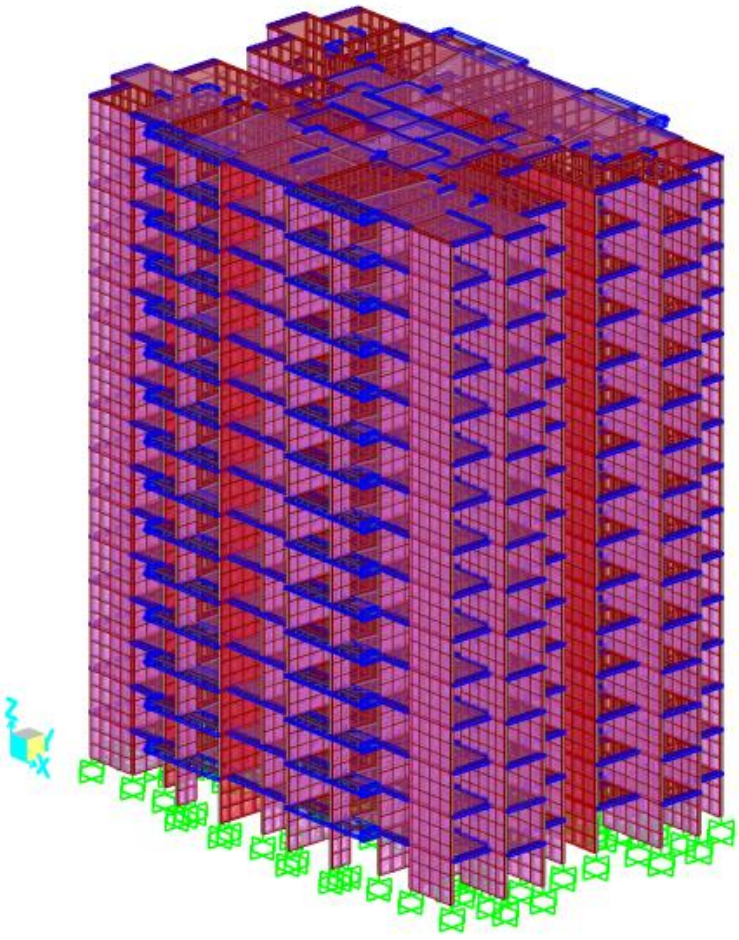
Şekil 2.BBB 15 katlı BK yapısı için SAP2000 3D analiz modeli



Şekil 2.CCC 5 katlı CK yapısı için SAP2000 3D analiz modeli



Şekil 2.DDD 10 katlı CK yapısı için SAP2000 3D analiz modeli



Şekil 2.EEE 15 katlı CK yapısı için SAP2000 3D analiz modeli

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyad, Ad	Dilek, Yılmaz
Web sayfası (Research Gate, Academia, vs.)	www.yilmazdilek.com https://orcid.org/0000-0003-2226-9185

Eğitim Bilgileri

Derece	Kurum	Mezuniyet Yılı
Yüksek Lisans	Yıldız Teknik Üniversitesi	2011
Lisans	Harran Üniversitesi	2002
Lise	Fatih Lisesi	1998

İş Deneyimi

Dönem (Yıl)	Şirket, Kurum	Görev
2002-2013	Özel Şirketler	İnşaat Mühendisi
2013-Günümüz	Kamu Kurumu	Yüksek İnşaat Mühendisi

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

1. Dilek, Y., Mete, O. ve Karasin, A. (2022). Türk deprem yönetmeliklerindeki tarihsel gelişmeler. *2. International Antalya Scientific Research and Innovative Studies Congress,* 17-21 Mart, 2022, Antalya, Turkey.
2. Dilek, Y., Saraçoğlu F. A., Ağaççıoğlu H., ve Berilgen M. M. (2011). Local scour around the side weir on cohesive bed material, *Hydro 2011*, Praha, Çek Cumhuriyeti, 17 - 19 Ekim 2011.
3. Dilek, Y. ve Karasin, A. (2021). Discustion on tunnel formwork buildings in terms of strength according to the Turkish Earthquake Codes Of 2007 and 2018. *International Aegean Symposiums, Innovation Technologies & Engineering-III*, İzmir.
4. Dilek, Y. ve Karasin, A. (2021). Comparision Of tunnel formwork buildings in terms of cost according to the Turkish Earthquake Codes Of 2007 and 2018. *International Aegean Symposiums, Innovation Technologies & Engineering-III,* İzmir.
5. Dilek, Y. ve Karasin, A. (2021). Examination of structures built with tunnel formwork in terms of strength and cost according to the Earthquake Regulations of 2007 and 2018 (SCI indexing). *Advances in Civil Engineering*, 2021. https://doi.org/10.1155/2021/6380783
6. Dilek, Y. (2011). *Kohezyonlu malzeme tabanlı akarsulara yerleştirilen yan savak etrafındaki oyulma derinliğinin deneysel incelenmesi* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi.

Özel İlgiler

Bilim ve teknoloji, Bilgisayar programlama ve algoritma, Uzay araştırmaları, Tasarım

DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TEZ BENZERLİK BİLDİRİMİ FORMU

Öğrencinin Adı, Soyadı	Yılmaz Dilek		
Öğrenci No	13806502		
Ana Bilim Dalı	İnşaat Mühendisliği / Yapı Anabilim Dalı		
Program Türü	Proje ☐	Yüksek Lisans ☐	Doktora ☒
Tez Danışmanı (Ünvanı, Adı, Soyadı)	Prof. Dr. Abdulhalim Karaşin		
Tez Başlığı	Tünel Kalıp ile İnşa Edilen Yapıların 2007 ve 2018 Deprem Yönetmeliklerine Göre Dayanım ve Maliyet Açısından İncelenmesi		
RAPOR BİLGİLERİ			
Raporlama Aşaması	Tez Savunma Sınavı Sonrası		
Sayfa Sayısı	239		
Raporlama Tarihi	09/01/2023		
Benzerlik Oranı (%)	17		

Yukarıda bilgileri verilen tez çalışmamın toplam **239** sayfalık kısmına ilişkin, **09/01/2023** tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından **Turnitin** isimli intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan intihal raporuna göre, tezimin benzerlik oranı **%17** olarak tespit edilmiştir.

Uygulanan filtrelemeler:

☐Başlangıç Bölümleri (Kabul ve Onay sayfası, Teşekkür sayfası, Özet/Abstract) hariç

☐Kaynaklar hariç

☐Alıntılar hariç/dâhil

☒Diğer (Her şey dahil)

Tezimin benzerlik oranı, Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İntihal Raporu Uygulama Esaslarında belirtilen üst sınır benzerlik oranını aşmamaktadır. Benzerlik oranım üst sınır benzerlik oranının altında olsa dahi aksinin tespit edilmesi durumunda her türlü yasal sorumluğu kabul ettiğimi ve hukuki sonuçlarına razı olduğumu bildirir,
Gereğini arz ederim.

Öğrencinin Adı, Soyadı: Yılmaz Dilek
Tarih: 09/01/2023
İmza:

Danışman Prof. Dr. Abdulhalim Karaşin Tarih: 09.01.2023	İmza:
Ana Bilim Dalı Başkanı Prof. Dr. Z. Fuat Toprak Tarih: 09.01.2023	İmza: