İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

PERDELİ ÇERÇEVE TAŞIYICI SİSTEME SAHİP BETONARME BİR YAPININ FARKLI BETON SINIFLARINA GÖRE TASARIMI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş. Müh. Zafer İSKENDERKAPTANOĞLU

Anabilim Dalı : İnşaat Mühendisliği

Programı : Yapı Mühendisliği

OCAK 2009

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

PERDELİ ÇERÇEVE TAŞIYICI SİSTEME SAHİP BETONARME BİR YAPININ FARKLI BETON SINIFLARINA GÖRE TASARIMI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş. Müh. Zafer İSKENDERKAPTANOĞLU

501061138

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 29 Aralık 2008
Tezin Savunulduğu Tarih : 21 Ocak 2009

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Tülay AKSU ÖZKUL (İTÜ)
Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Ahmet Işın SAYGUN (İTÜ)
Doç. Dr. Mustafa ZORBOZAN (YTÜ)

OCAK 2009

ÖNSÖZ

Ülkemiz deprem kuşağında yer almakta olup, geçmişten bugüne kadar meydana gelen depremlerden gerek mal gerekse can kaybı anlamında ciddi derecede zarar görmüştür. Bu durum, ülkemizin deprem konusunda yeterli bilgi birikiminin ve eğitiminin olmadığını, bu konuya yeteri kadar önem ve hassasiyet gösterilmediğini açıkça gözler önüne sermektedir. İnşa edilmiş olan binaların deprem esnasında ağır hasarlar görmesi ya da yıkılması, projelerin şartnamelere ve yönetmeliklere uyulmadan hatalı biçimde hazırlandığını, kullanılan malzemelerin eksik ya da düşük kalitede olduğunu, uygulamaların ve denetimlerin de yeterli deneyime ve bilgiye sahip olmayan kişiler tarafından özensiz ve dikkatsiz biçimde yapıldığı sonucuna bizi ulaştırmaktadır.

Günümüzde yapılan binaları geçmişte yapılan binalarla karşılaştıracak olursak, gelişen teknoloji ve imkanların artması sonucu proje hazırlanma aşamasından yapım aşamasının sonuna kadar önemli farklılıklar oluştuğunu rahatlıkla gözlemleyebiliriz. Projelerin çok çeşitli sonlu eleman programları ile yapılması, şartnamelerin artık depreme dayanıklı yapı tasarımına uygun olması, elle beton üretiminden hazır beton üretimine geçilmesi sonucunda daha dayanıklı yapılar inşa edilmeye başlanmış ve kısa sürelerde çok katlı binaların tasarlanması ve yapılması mümkün olmuştur.

Çalışmamızda, aynı taşıyıcı sisteme sahip çok katlı bir betonarme yapının üç farklı beton sınıfına göre tasarımı yapılmış, düşey ve yatay yükler altında davranışı incelenmiş ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Yüksek lisans eğitimim boyunca bilgi birikimi ve deneyimi sayesinde benden yardımlarını esirgemeyen ve her konuda destek olan sayın hocam Prof. Dr. Tülay AKSU ÖZKUL'a ve tüm öğrenim ve eğitim hayatım boyunca bana maddi ve manevi destek olan aileme teşekkürü borç bilirim.

Aralık 2008

Zafer İSKENDERKAPTANOĞLU

İnşaat Mühendisi

İÇİNDEKİLER

Sayfa

KISALTMALAR vii
ÇİZELGE LİSTESİ viii
ŞEKİL LİSTESİ ix
SEMBOL LİSTESİ x
ÖZET xiii
SUMMARY xv
1. GİRİŞ 1
1.1 Genel Bilgiler ve Tezin Amacı 1
2. MALZEME BİLGİSİ 3
2.1 Beton 3
2.1.1 Çimento 4
2.1.2 Su 4
2.1.3 Agrega 4
2.1.4 Katkı maddeleri 5
2.1.5 Karışım 5
2.2 Betonun Mekanik Özellikleri 7
2.2.1 Betonun basınç dayanımı 7
2.2.2 Betonun gerilme-şekil değiştirme ilişkisi 8
2.2.3 Betonun çekme dayanımı 10
2.2.4 Betonun kesme (kayma) dayanımı 11
2.2.5 Betonun elastisite modülü 11
2.2.6 Betonun poisson oranı, kayma modülü ve ısı genleşme katsayısı 12
2.3 Çelik 12
2.3.1 Donatı çeliğinin mekanik özellikleri 13
3. BETONARME YÜKSEK YAPILARDA TAŞIYICI SİSTEM TÜRLERİ 17
3.1 Çerçeve Taşıyıcı Sistemler 18
3.2 Perde Taşıyıcı Sistemler 18
3.3 Perdeli Çerçeve Taşıyıcı Sistemler 20
3.4 Çekirdek Taşıyıcı Sistemler 21
3.5 Tüp Taşıyıcı Sistemler 22
4. ÇOK KATLI YAPININ 3 BOYUTLU OLARAK MODELLENMESİ 23
4.1 Yapı Bilgileri 23
4.1.1 Malzemeler 24
4.1.2 Deprem parametreleri 24
4.1.3 Zemin parametreleri 25
4.1.4 Yapının 3 boyutlu görünümü 25
4.2 Yüklerin Belirlenmesi 26
4.3 Ön Boyutlandırma Hesapları 29
4.3.1 Tek doğrultuda çalışan döşemelerin ön boyut hesabı 29
4.3.2 Çift doğrultuda çalışan döşemelerin ön boyut hesabı 29
4.3.3 Kirişlerin ön boyutlandırılması 30
4.3.4 Kolonların ön boyutlandırılması 31
4.3.5 Perdelerin ön boyutlandırılması 32

4.4 Döşemelerin Betonarme Hesabı.....33
4.4.1 Donatıyla ilgili kurallar.....33
4.5 Yapının ETABS 9.04 Programı İle Analizinin Yapılması.....36
4.5.1 Mod birleştirme yöntemi.....37
4.5.2 ETABS 9.04 programına veri girişi.....39
4.6 Analiz Sonuçları.....44
4.6.1 Göreli Kat Ötelemelerinin Kontrolü.....49
4.6.2 İkinci mertebe etkileri.....53
4.6.3 Yapıdaki Düzensizliklerin Kontrolü.....58
4.6.3.1 Planda düzensizlik durumları.....58
4.6.3.2 Düşey doğrultuda düzensizlik durumları.....60
5. ANALİZ SONUÇLARININ KARŞILAŞTIRILMASI.....63
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....77
EKLER…..81
ÖZGEÇMİŞ.....94

KISALTMALAR

DBYBHY	**:** Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik
TS-500	**:** Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları
TS-498	**:** Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri
ACI	**:** American Concrete Instıtute

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Beton Sınıfları ve Dayanımları.....7
Çizelge 2.2 : Betonarmede Kullanılan Donatıların Geometrik Özellikleri 13
Çizelge 2.3 : Donatı Çeliklerinin Mekanik Özellikleri.....15
Çizelge 4.1 : Yatay ve Düşey Yüklerden Meydana Gelen Kombinasyonlar.....28
Çizelge 4.2 : Döşemelerin Çalışma Doğrultusu.....30
Çizelge 4.3 : Döşemeler için Gerekli Minimum Kalınlık.....30
Çizelge 4.4 : Döşemede Açıklık Donatısı Değerleri 34
Çizelge 4.5 : Döşemede Mesnet Donatısı Değerleri 35
Çizelge 4.6 : Eşdeğer Deprem Yükü Yönteminin Uygulanabileceği Binalar 36
Çizelge 4.7 : Yapının 3 Farklı Beton Sınıfına Göre Periyot Değerleri.....44
Çizelge 4.8 : X Doğrultusu Tepki Spektrumu Taban Reaksiyonları (C20).....45
Çizelge 4.9 : Y Doğrultusu Tepki Spektrumu Taban Reaksiyonları (C20).....45
Çizelge 4.10 : X Doğrultusu Tepki Spektrumu Taban Reaksiyonları (C25).....46
Çizelge 4.11 : Y Doğrultusu Tepki Spektrumu Taban Reaksiyonları (C25).....46
Çizelge 4.12 : X Doğrultusu Tepki Spektrumu Taban Reaksiyonları (C30).....47
Çizelge 4.13 : Y Doğrultusu Tepki Spektrumu Taban Reaksiyonları (C30).....47
Çizelge 4.14 : Modlara Ait Kütle Katılım Oranları (C20).....48
Çizelge 4.15 : Modlara Ait Kütle Katılım Oranları (C25).....48
Çizelge 4.16 : Modlara Ait Kütle Katılım Oranları (C30).....49
Çizelge 4.17 : X Yönünde Etkin Göreli Kat Ötelemelerinin Kontrolü (C20) 50
Çizelge 4.18 : Y Yönünde Etkin Göreli Kat Ötelemelerinin Kontrolü (C20) 51
Çizelge 4.19 : X Yönünde Etkin Göreli Kat Ötelemelerinin Kontrolü (C25) 51
Çizelge 4.20 : Y Yönünde Etkin Göreli Kat Ötelemelerinin Kontrolü (C25) 52
Çizelge 4.21 : X Yönünde Etkin Göreli Kat Ötelemelerinin Kontrolü (C30) 52
Çizelge 4.22 : Y Yönünde Etkin Göreli Kat Ötelemelerinin Kontrolü (C30) 53
Çizelge 4.23 : X ve Y Yönünde Oluşan Kat Kesme Kuvvetleri (C20).....54
Çizelge 4.24 : X ve Y Yönünde Oluşan Kat Kesme Kuvvetleri (C25).....54
Çizelge 4.25 : X ve Y Yönünde Oluşan Kat Kesme Kuvvetleri (C30).....55
Çizelge 4.26 : X Yönünde İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü (C20).....55
Çizelge 4.27 : Y Yönünde İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü (C20).....56
Çizelge 4.28 : X Yönünde İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü (C25).....56
Çizelge 4.29 : Y Yönünde İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü (C25).....57
Çizelge 4.30 : X Yönünde İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü (C30).....57
Çizelge 4.31 : Y Yönünde İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü (C30).....58
Çizelge A.1 : C20 Beton Sınıfına Göre Kolon Kesitlerinin Belirlenmesi.....82
Çizelge A.2 : C25 Beton Sınıfına Göre Kolon Kesitlerinin Belirlenmesi.....86
Çizelge A.3 : C30 Beton Sınıfına Göre Kolon Kesitlerinin Belirlenmesi.....90

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Çökme Deneyi 6
Şekil 2.2 : Su/çimento Oranına Göre Basınç Dayanımının Değişimi 6
Şekil 2.3 : Beton için σ-ε Eğrisi 8
Şekil 2.4 : Tek Eksenli Basınç Etkisinde Beton Gerilme-Şekil Değiştirme Eğrileri .8
Şekil 2.5 : Yükleme Hızının σ-ε eğrisi Üzerindeki Etkileri 9
Şekil 2.6 : Sargı Etkisi 9
Şekil 2.7 : Tekrarlı Yük Altındaki Betonun Gerilme-Şekil Değiştirme Eğrisi 10
Şekil 2.8 : Beton Elastisite Modülleri 11
Şekil 2.9 : Çelik Gerilme-Şekil Değiştirme Eğrileri (a) 14
Şekil 2.9 : Çelik Gerilme-Şekil Değiştirme Eğrileri (b) 14
Şekil 3.1 : Çerçeve Sistem Örneği 18
Şekil 3.2 : Perde Sistem Örneği 19
Şekil 3.3 : Perdelerden Oluşan Bir Sistemin Planı 20
Şekil 3.4 : Perde ve Çerçevelerden Oluşan Bir Taşıyıcı Sistemin Planı 21
Şekil 3.5 : Perde, Çekirdek ve Kolonlardan Oluşan Taşıyıcı Bir Sistemin Planı 22
Şekil 3.6 : Tüplerden Oluşan Bir Sistemin Planı 22
Şekil 4.1 : 15 Katlı Yapının 1. Normal Kat Planı 23
Şekil 4.2 : 15 Katlı Yapının Üç Boyutlu Görünümü 25
Şekil 4.3 : Bilgisayar Modelinde Kullanılan Statik Yükler 28
Şekil 4.4 : Kiriş Kesit Boyutları 30
Şekil 4.5 : Gerçek ve Kaydırılmış Kütle Merkezleri 38
Şekil 4.6 : Kat Kütlelerinin Tanımlanması 39
Şekil 4.7 : Mod Sayıları 40
Şekil 4.8 : X Yönünde Tepki Spektrum Analizi Giriş Verileri 42
Şekil 4.9 : Y Yönünde Tepki Spektrum Analizi Giriş Verileri 43
Şekil 4.10 : Burulma Düzensizliği Durumu 59
Şekil 4.11 : Taşıyıcı Sistemin Düşey Elemanlarının Süreksizliği 61
Şekil 5.1 : B-1-2-3. Kat Kolon Kesit Alanları 63
Şekil 5.2 : 4-5-6. Kat Kolon Kesit Alanları 64
Şekil 5.3 : 7-8-9-10. Kat Kolon Kesit Alanları 65
Şekil 5.4 : 11-12-13-14. Kat Kolon Kesit Alanları 66
Şekil 5.5 : Periyot Değerlerinin Değişimi 67
Şekil 5.6 : X Yönünde Kat Yer Değiştirme Değerlerinin Karşılaştırılması 68
Şekil 5.7 : Y Yönünde Kat Ötelenme Değerlerinin Karşılaştırılması 69
Şekil 5.8 : X Yönünde Kat Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması 70
Şekil 5.9 : Y Yönünde Kat Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması 71
Şekil 5.10 : Kolon Beton Miktarı 72
Şekil 5.11 : Kolon Beton Maliyeti 73
Şekil 5.12 : Kolon Donatı Miktarı 74
Şekil 5.13 : Kolon Donatı Maliyeti 75
Şekil 5.14 : Toplam Kolon Beton Ve Donatı Maliyeti 76

SEMBOL LİSTESİ

A_c : Kolonun veya perde uç bölgesinin brüt enkesit alanı
A_k : Kolon etki alanı
A_o : Etkin Yer İvmesi Katsayısı
A_s : Çekme donatısı kesit alanı
A_{sd} : Dağıtma donatısı kesit alanı
A_{sb} : Boyuna mesnet donatısı kesit alanı
A_{smin} : Minimum donatı alanı
$A(T)$: Spektral İvme Katsayısı
A_w : Kolon enkesiti etkin gövde alanı
$\sum A_w$: Herhangi bir katta, kolon enkesiti etkin gövde alanlarının toplamı
$\sum A_e$: Herhangi bir katta, gözönüne alınan deprem doğrultusunda etkili kesme alanı
$\sum A_g$: Herhangi bir katta, gözönüne alınan deprem doğrultusuna paralel doğrultuda perde olarak çalışan taşıyıcı sistem elemanlarının enkesit alanlarının toplamı
$\sum A_k$: Herhangi bir katta, gözönüne alınan deprem doğrultusuna paralel kargir dolgu duvar alanlarının (kapı ve pencere boşlukları hariç) toplamı
b : Kolon kesit boyutu
b_w : Kiriş gövde genişliği
b_w : Perdenin gövde kalınlığı
d : Eğilme elemanlarında faydalı yükseklik
d' : Paspayı
d_i : Binanın i'inci katında deprem yüklerine göre hesaplanan yerdeğiştirmesi
e_{min} : Minimum dışmerkezlik
e_x, e_y : "X" ve "Y" doğrultularındaki dışmerkezlikler
E : Deprem etkisi
E_{cj} : Betonun "j" günlük elastisite modülü
E_s : Çeliğin elastisite modülü
f_c : Beton basınç kuvveti
f_{cd} : Beton tasarım basınç dayanımı
f_{ck} : Beton karakteristik basınç dayanımı
f_{ctd} : Beton tasarım eksenel çekme dayanımı
f_{ctk} : Beton karakteristik eksenel çekme dayanımı
f_{yd} : Donatı tasarım akma dayanımı
f_{yk} : Donatı karakteristik akma dayanımı
f_{su} : Donatı kopma dayanımı
F : Kuvvet
F_i : Mod Birleştirme Yönteminde i'inci kata etkiyen kat kesme kuvveti
g : Yerçekimi ivmesi
G_{cj} : Betonun "j" günlük kayma modülü
G (g) : Zati yük etkisi
G_i : Binanın i'inci katındaki toplam sabit yük
h : Eleman yüksekliği

h_f : Döşeme kalınlığı
H_i : Binanın i'inci katının kat yüksekliği
H : Yatay zemin İtkisi
H_{cr} : Kritik perde yüksekliği
H_w : Temel üstünden veya zemin kat döşemesinden itibaren ölçülen toplam perde yüksekliği
H_N : Binanın temel üstünden itibaren ölçülen toplam yüksekliği (Bodrum katlarında rijit çevre perdelerinin bulunduğu binalarda zemin kat döşemesi üstünden ölçülen toplam yükseklik)
I : Bina Önem Katsayısı
k_o : Zemin düşey yatak katsayısı
l_l : Döşemenin uzun doğrultuda, mesnet eksenleri arasında kalan açıklığı
l_s : Döşemenin kısa doğrultuda, mesnet eksenleri arasında kalan açıklığı
l_{sn} : Döşemenin kısa doğrultudaki serbest açıklığı
l_w : Perdenin plandaki uzunluğu
m : Döşeme uzun kenarının kısa kenarına oranı
M_d : Tasarım eğilme momenti
n : Hareketli Yük Katılım Katsayısı
N_d : Yük katsayıları ile çarpılmamış düşey yükler altında hesaplanan eksenel kuvvet
N_{dmax} : Yük katsayıları kullanılarak, düşey yüklere göre hesaplanan eksenel basınç kuvvetlerinin en büyüğü
Q (q) : Hareketli yük etkisi
Q_i : Binanın i'inci katındaki toplam hareketli yük
R : Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı
$R_a(T)$: Deprem Yükü Azaltma Katsayısı
s : Döşemelerde donatı aralığı
$S(T)$: Spektrum Katsayısı
T : Bina doğal titreşim periyodu
T_A, T_B : Spektrum Karakteristik Periyotları
T_1 : Binanın birinci doğal titreşim periyodu
W : Binanın hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak bulunan toplam ağırlığı
W_i : Binanın i'inci katının, hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak hesaplanan ağırlığı
V_i :Göz önüne alınan deprem doğrultusunda binanın i'inci katına etki eden kat kesme kuvveti
V_t : Eşdeğer Deprem Yükü Yönteminde, gözönüne alınan deprem doğrultusunda binaya etkiyen toplam eşdeğer deprem yükü (taban kesme kuvveti)
V_{tB} : Mod Birleştirme Yönteminde, gözönüne alınan deprem doğrultusunda modlara ait katkıların birleştirilmesi ile bulunan bina toplam deprem yükü (taban kesme kuvveti)
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
ρ_{max} : Maksimum donatı oranı
ρ_{min} : Minimum donatı oranı
α_t : Isı genleşme katsayısı
α : Döşeme moment katsayısı

αs : Döşeme sürekli kenar uzunlukları toplamının kenar uzunlukları toplamına oranı

Δ_i : Binanın i'inci katındaki göreli kat ötelemesi

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

$(\Delta_i)_{ort}$: Binanın i'inci katındaki ortalama göreli kat ötelemesi

δ_i : Binanın i'inci katındaki etkin göreli kat ötelemesi

σ : Normal gerilme

σ_c : Beton gerilmesi

σ_s : Çekme donatısındaki gerilme

σ_{zem} : Zemin emniyet gerilmesi

ϕ : Donatı çapı

θ_i : i'inci katta tanımlanan İkinci Mertebe Gösterge Değeri

ε : Birim boy değişimi

ε_s : Donatıda birim uzama

ε_{su} : Donatıda en büyük birim uzama ya da kısalma

ε_y : Donatıda akma birim uzama ve kısalması

ε_c : Betonda birim kısalma

ε_{cu} : Betonda kırılma anındaki birim kısalma

ε_{co} : Betonda maksimum gerilme ve dayanıma karşılık gelen birim kısalma

μ : Poisson oranı

ÖZET

PERDELİ ÇERÇEVE TAŞIYICI SİSTEME SAHİP BETONARME BİR YAPININ FARKLI BETON SINIFLARINA GÖRE TASARIMI

Kırsal kesimden kentlere göçün artması şehirlerde nüfus yoğunluğunun yükselmesine yol açmış, bunun sonucunda insanların barınma sorunu ortaya çıkmış ve bu konut açığını gidermek için sınırlı olan yerleşim alanları üzerine çok katlı yapılar inşa edilmiştir. Yapı teknolojisinde yaşanan ilerlemeler ve şehir içinde sınırlı ve yüksek fiyatlı olan arsaları daha ekonomik kullanmak gibi etmenler, yüksek yapıların inşasına ve gelişimine destek olmuştur.

İnşaat sektörünün son yıllarda bu denli gelişim göstermesinin en önemli nedenlerinden biri elle beton üretiminden vazgeçilip, bilgisayar kontrolüyle modern tesislerde üretilen hazır betona geçilmesidir. Hazır beton üretiminin ülkemizde yaygınlaşması sayesinde artık çok katlı yapılar eskisinden çok daha kısa sürede yüksek dayanıma sahip şekilde inşa edilebilmektedir.

Bu tez çalışmasında, 15 katlı her katı 3 m olan toplam 45 m yüksekliğinde bir konut yapısı üç farklı beton sınıfına göre ETABS 9.04 sonlu eleman programıyla çözülmüş ve her çözümden elde edilen sonuçlar karşılaştırılmış ve yorumlanmıştır.

Tez çalışması 5 bölümden oluşmaktadır. Giriş bölümünde betonarme yapılarla ve tezin amacıyla ilgili genel bilgiler verilmiştir. İkinci bölümde malzeme olarak beton ve çelik konusu ele alınmış her iki malzemenin türleri, mekanik özellikleri ve davranışlarıyla ilgili bilgiler verilmiştir. Üçüncü bölümde betonarme taşıyıcı sistem türlerine ve bunların özelliklerine değinilmiştir. Dördüncü bölümde ise yapı ile ilgili malzeme ve zemin bilgileri verilmiş, ön boyutlandırma hesapları ve döşemelerin çözümü el ile yapılarak gösterilmiştir. Daha sonra yapının üç boyutlu olarak analizi düşey ve yatay yükler altında ETABS 9.04 programıyla üç farklı beton sınıfı için yapılmış, elde edilen analiz sonuçları Betonarme Yapıların Tasarım ve Hesap Kuralları (TS-500) ve Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmeliğe (DBYBHY-2007) göre kontrol edilmiştir. 5. bölümde ise analizden elde edilen periyot, yerdeğiştirme, kat kesme kuvveti, beton ve donatı miktarı, maliyeti gibi sonuçlar çizelgelerle karşılaştırılmıştır. 6. bölümde de tez ile ilgili varılan sonuçlar verilmiştir.

SUMMARY

DESIGN OF A REINFORCED CONCRETE BUILDING WITH RIGID FRAMES AND SHEAR WALLS ACCORDING TO CONCRETE CLASSES

The rising migration from villages to cities has increased population in cities and it caused many problems for people especially in finding buildings to settle. To solve this problem, buildings which have high stories have been constructed in limited areas. The development in construction technologies and the reasons as making buildings in the expensive and limited areas in cities economically, supported the advance of high rise buildings.

In recent years one of the important reasons of the progress in the building trade is the beginning of production of concrete in modern ready-mixed concrete plants by the help of computers, instead of producing concrete by hand. After the use of ready-mixed concrete in our country, the high rise buildings have been constructed in a short time with high strength.

In this thesis, a building that has fifteen floors each with 3 meters heigth, totally fourty-five meters height was analysed with finite element programme ETABS 9.04 by considering different concrete classes in each analysis. The analysis results obtained were considered and these results were compared with each other.

This thesis consists of five chapters. In the first chapter general informations about the reinforced concrete buildings were given and the aim of this study was mentioned. In the second chapter the material properties of concrete and steel were given and their behaviour, types and mechanical properties were explained in detail. In third chapter the structural systems of reinforced concrete buildings and the properties of this structural systems were investigated thoroughly. In the fourth chapter the material and soil properties of the building were given and the preliminary dimensioning of structural members and the analyzing of slabs were completed. After this structural analysis of the system under vertical and lateral loads by using three dimensional frame and shell elements were made with the programme ETABS 9.04. Analysis were repeated three times for three concrete classes. The results reached were checked according to code Requirements for Design and Construction of Reinforced Concrete Structures (TS-500) and Turkish Earthquake Code (2007). In fifth chapter the results as period, story shear force, displacements, the quantity of concrete and reinforcement, and total cost were examined and compared with tables.In the sixth chapter general comments were given about the results in the thesis.

1. GİRİŞ

1.1 Genel Bilgiler ve Tezin Amacı

Yeryüzünde yapılmış olan ve yapılmaya da devam eden binaları kullanıldıkları malzemelere göre karşılaştıracak olursak çok farklı örneklerle karşılaşırız. Bu örneklerden başlıcaları betonarme, çelik, ahşap, taş bina olmak üzere sıralanabilir. Ülkemizde en yaygın olarak olarak görülen binalar betonarme binalar olup, çelik binalar da bir çok avantajlı yönleriyle son yıllarda oldukça rağbet görmekte ve gün geçtikçe yaygınlaşmakta bir çok fabrika, hal yapıları, büyük açıklıklara sahip sanayi yapıları, çatı sistemleri çelik olarak inşa edilmektedir.

Betonarme yapılarda yıllardan beri tasarım kavramlarının gelişmesi, yeni taşıyıcı sistemlerin ortaya çıkması, gerek yapım yönteminde gerekse malzeme anlamında teknolojinin de ilerlemesiyle oldukça büyük gelişmeler sağlanmış, eskiden az katlı binalar yapmak mümkün iken artık 200 m yüksekliğini geçen iş merkezleri, konutlar güvenli bir şekilde yüksek dayanımlı bir halde inşa edilebilmektedir.

Betonarme yapılar yapılırken sadece kullanılan malzemelerin kaliteli olması yapının güvenli olduğu anlamına gelmez. Taşıyıcı sistem türünün doğru tasarlanması, tasarlanan projenin uygulamasının kurallara ve şartnamelere uygun olarak yapılması ve denetiminin eksiksiz olarak tamamlanması işlemlerinin bir bütün olarak yerine getirilmesi gerekir. Bu koşullar sağlandığı taktirde yapı, betonarmede güvenliğin sağlanması için temel ilkeler olan yüksek dayanım, süneklik, rijitlik, ve kararlılık gibi özelliklere sahip olabilir.

Çalışmada, incelenen yapı 15 katlı olup perde ve çerçevelerden oluşan bir taşıyıcı sisteme sahiptir. Yapının analizinde C20, C25 ve C30 olmak üzere 3 farklı beton sınıfı kullanılmış, yapıda beton kalitesinin değişiminin yapının davranışında ne gibi etkiler ve farklılıklar oluşturduğu incelenip yorumlanmıştır.

2. MALZEME BİLGİSİ

Betonarme, beton ve çelik çubukların uygun şekilde bir araya gelmesinden meydana gelen, bileşik bir yapı malzemesidir. Kum-çakıl-çimento ve suyun uygun oranlarda karıştırılması ile elde edilen beton, basınç dayanımı yüksek, çekme dayanımı ise çok düşük olan bir malzemedir**.** Betonun bu zayıf özelliği, içine yüksek çekme dayanımına sahip donatı olarak adlandırılan çelik çubuklar yerleştirilerek ortadan kaldırılır ve betonarme malzemesi oluşturulur. Donatı sayesinde, bir beton elemanın küçük çekme gerilemeleri altında ani olarak göçmesi önlenirken, betonun yüksek basınç dayanımından faydalanılır [1,2].

2.1 Beton

Beton, agrega (kum ve çakıl), çimento, su ve gerekli hallerde amaca uygun olarak kullanılan kimyasal ve mineral katkı maddelerinin belirli oranlarda karıştırılması ile elde edilen bir yapı malzemesidir. Betonun özellikleri, karışımında kullanılan malzemelerin özellikleri ve karışım oranlarıyla yakından ilgilidir. Farklı özelliklerdeki malzemeler ve bazı katkı maddeleri kullanılarak farklı özelliklerdeki betonlar elde edilebilir. Karışımı oluşturan malzemeler bir araya getirilip karşılaştırılmaya başlandığında su ile çimentonun tepkimeye girmesi (hidratasyon) sonucu plastik bir kıvama sahip beton üretimi gerçekleşmektedir [1]. Üretildiğinde plastik bir kıvama sahip olması, betonu diğer malzemelere göre üstün kılan en önemli özelliklerinden birisidir. Kalıba dökülen beton 1-10 saat arasında katılaşır ve zamanla dayanım kazanır. Betonun katılaşmasına priz yapması, zamanla dayanım kazanmasına da betonun sertleşmesi denilmektedir. Beton ilk 28 günde gerçek dayanımının %60-%90'ına ulaşır. Bu değerin %100'e ulaşması ise uzun yıllar almaktadır.

2.1.1 Çimento

Çimento, kalker ve kireç taşları karışımının yüksek sıcaklıkta pişirildikten sonra öğütülmesi ile elde edilen bir malzemedir. Bu malzeme betonun üretilebilmesi için son derece önemli olup, suyla karıştırılınca katılaşan bir bağlayıcıdır. Çimentonun su ile etkileşime girip katılaşma olayına hidratasyon denilmektedir. Çimentolar üretim biçimlerine ve üretimde kullanılan hammaddelerine göre çeşitli türlerde bulunabilir. Yapılarda en yaygın olarak kullanılan tür Portland Çimentosu'dur. Çimentolar için üç standard dayanım sınıfı tanımlanmaktadır. Bunlar, 28 günlük basınç dayanımı 32.5 MPa, 42.5 MPa ve 52.2 MPa olarak sınıflandırılmaktadır [1,2].

2.1.2 Su

Çimentoda kimyasal reaksiyon, agregaların ıslanması ve karışımı ıslatarak işlenebilirlik sağlamak için beton üretiminde suya ihtiyaç vardır. Ancak bu suyun içinde hangi maddelerin bulunduğu beton için oldukça önemlidir. Suyun içinde klorür, sülfat, yağ, şeker, endüstriyel atıkların bulunması betonun dayanımına olumsuz katkı yapmaktadır. Ayrıca su çimento oranı da betonun dayanımı için oldukça önemli bir yere sahiptir. Eğer bu oran düşük olursa su çimento tepkimesi tam olarak gerçekleşmeyecek, fazla olursa da beton içinde dayanımın düşmesine neden olacak boşluklar oluşacaktır [2].

2.1.3 Agrega

Betonu oluşturan temel malzemelerden birisi agregadır. Çimento ile birbirlerine bağlanarak, sert ve yoğun bir kütle meydana getirir ve betonun hacim olarak %60-80'lik bir kısmını oluşturur. Betonun dayanımında en önemli etken agreganın doluluğudur. Bu da agreganın granülometresinin iyi olmasına yani karışımdaki agrega tane çaplarının belirli oranlarda bulunmasına bağlıdır. Granülometre, büzülme (rötre) ve sünmeyi de önemli ölçüde etkiler. Agregalar boyutlarına göre çapı 0-6 mm arasında ince (doğal ve yapay kum) ve 6-63 mm kalın (çakıl ve kırma taş) olmak üzere ikiye ayrılabilir. Agrega tane boyutunun büyük olması beton dayanımının yüksek olmasında etkili olurken, betonun yerleştirilmesini zorlaştırdığı gibi geçirimsizliğini de olumsuz yönde etkilemektedir. Tane boyutunun küçük olması ise geçirimsizliği artırırken, dayanımın düşmesine neden olmaktadır. Bu nedenle karışımdaki agrega boyutları, belirli değerlerin arasında olmaktadır. Betonda kullanılacak agreganın en büyük dane çapı, kalıp genişliğinin 1/5'inden, döşeme

derinliğinin 1/3'ünden ve iki donatı çubuğu arasındaki uzaklığın 3/4'ünden büyük olmamalıdır [2,3].

2.1.4 Katkı maddeleri

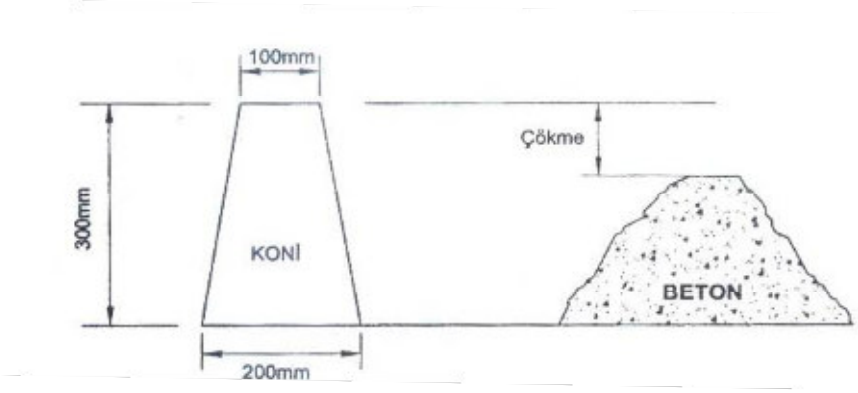
Beton hazırlanırken betonun özelliklerini iyileştirmek amacıyla karışıma eklenen maddelerdir. Yapının ortamı, hava şartları, inşa süresi gibi nedenlerden dolayı bazen katkı maddelerinin kullanılması gerekli olmaktadır. Çok farklı özelliklerde katkı maddeleri bulunmaktadır.Bu katkı maddeleri özelliklerine göre aşağıdaki gibi sıralanabilir [3] :

-Priz hızlandırıcı katkı maddeleri
-Priz geciktirici katkı maddeleri
-Hava sürükleyici katkı maddeleri
-Geçirimsizliği artırıcı katkı maddeleri
-İşlenebilirliği artırıcı katkı maddeleri
-Korozyondan koruyucu katkı maddeleri
-Basınç dayanımını artırıcı katkı maddeleri

2.1.5 Karışım

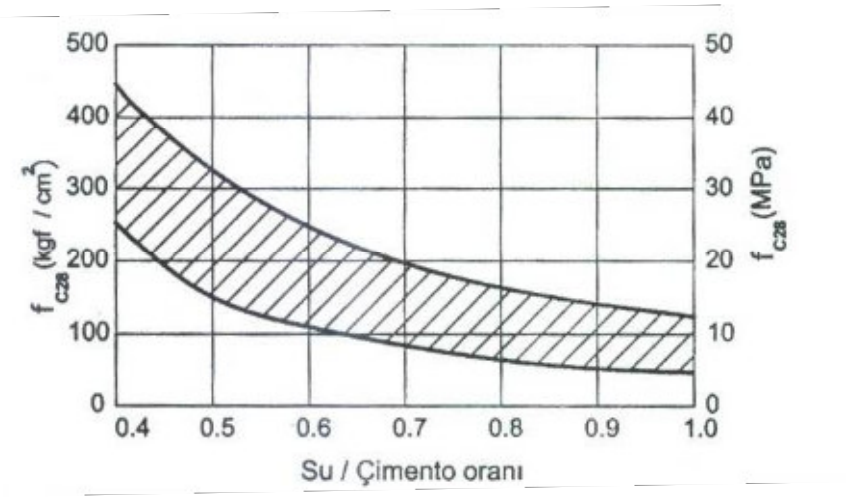
Çimento su ile karıştırıldıktan sonra oluşan hamur zamanla katılaşır. Bu olayın betonun içinde meydana gelmesi ile beton sertleşir ve dayanım kazanır. Betonda aranan en önemli özellik dayanımının yüksek olmasıdır. Betonun dayanımında etkili olan bir çok faktör vardır. Bunlar geçirimsizlik, düşük su çimento oranı, optimum agrega dağılımı, yüksek kaliteli çimento, betonun sıkılığı gibi özelliklerdir. Ayrıca beton karışımının, dayanım, ekonomiklik ve işlenebilirlik açısından optimum bir kıvamda olması gerekmektedir. Betonun kıvamı çeşitli yöntemlerle belirlenebilir. Ülkemizde yaygın olarak kullanılan yöntem "çökme deneyi"dir (slump test) (Şekil 2.1). Bu deneyde, karıştırılan beton, yüksekliği 300 mm, üst ve alt çapları 100 mm ve 200 mm olan ve dibi olmayan kesik bir koniye 3 aşamada ve her defasında çapı 12 mm olan 60 cm uzunluğundaki bir çubukla dibine kadar girilerek vurulan 25 darbe ile sıkıştırılarak doldurulur. Üç dakika sonra koni çıkartılır ve betonun koni üst noktasına göre çökmesi ölçülür. Yapı elemanlarında kullanılacak beton için bu çökmenin 20-100 mm arasında olması beklenir. Betonun vibratörle yerleştirilmesi ve su geçirmez kalıp kullanılması durumunda daha katı kıvamda beton da kullanılabilir. Bu durumda çökmenin 0-50 mm arasında kalması önerilir. Çökmenin küçük olması

genellikle su/çimento oranının az olmasına ve beton dayanımının yüksek olmasına karşılık gelir [1,2].



Şekil 2.1 : Çökme Deneyi

1 m^3 betonun bileşimindeki çimento miktarına (ağırlık olarak) "dozaj" adı verilir. Betonarmede kullanılan betonların dozajı, genelde 250-400 kg/m^3 arasında değişir. Çimento dozajının yüksek olması beton dayanımının yüksek olduğu anlamına gelmez. Beton dayanımına katkısı olan en önemli parametre su/çimento oranıdır [1]. Bir betonun dozajı sabit tutularak farklı su/çimento oranları kullanılarak farklı dayanımlar elde edilebilir (Şekil 2.2). Su/çimento oranının gereğinden fazla artırılması betonda büzülme ve çatlakların oluşmasına, boşluklu bir beton elde edilmesine, dayanımının belirgin bir şekilde düşmesine, ve beton-donatı kenetlemesinin zayıflamasına yol açacaktır [3].



Şekil 2.2 : Su/çimento Oranına Göre Basınç Dayanımının Değişimi

2.2 Betonun Mekanik Özellikleri

2.2.1 Betonun basınç dayanımı

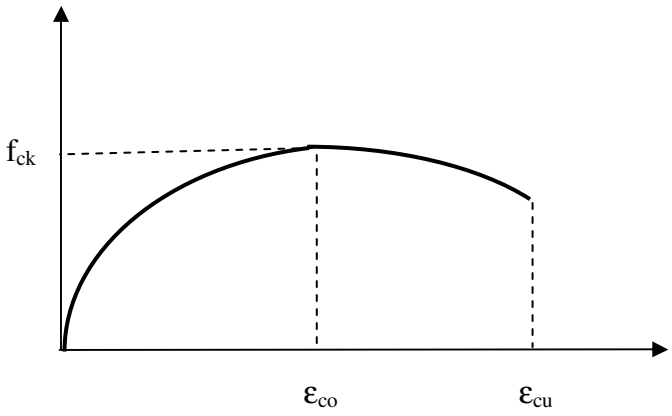
Beton, basınç dayanımı yüksek, çekme dayanımı düşük, gevrek bir yapı malzemesidir.Betonun çok düşük olan çekme dayanımı hesaplarda genellikle dikkate alınmadığından, üzerinde durulan en önemli özelliği, basınç dayanımıdır. Betonun dayanımı numunenin yaşına, boyutlarına ve yükleme türüne bağlıdır. Betonun standart basınç dayanımı, suda bekletilmiş 28 günlük, çapı 150 mm, boyu 300 mm olan silindir numunelerin, eksenel basınç altındaki dayanımı olarak tanımlanır ve gerilme cinsinden ifade edilir. Standart silindir numune yerine zaman zaman 150X150X150 mm veya 200X200X200 mm'lik küp numuneleri de kullanılmaktadır [1]. Bu durumda elde edilen basınç dayanımı standart silindir ile elde edilenden farklıdır. Beton zamanla dayanım kazanan bir malzemedir. İlk 7 günde dayanımını çok hızlı bir biçimde kazanır. Daha sonra dayanımdaki bu artış yavaşlayarak devam eder. 28 gün sonunda oluşan dayanım yönetmeliklerde standart dayanım olarak kabul edilir. Betonun karakteristik basınç dayanımı (f_{ck}), deneye tabii tutulacak numunelerde bulunacak dayanımın, bu karakteristik basınç dayanımın altına düşme olasılığı %10 olan basınç dayanımı değeridir [1]. Karakteristik basınç dayanımının 16 N/mm^2 ile 25 N/mm^2 arasındaki betonlar normal dayanımlı beton, 25 N/mm^2'den yüksek olan betonlar yüksek dayanımlı beton olarak nitelenmektedir. Beton sınıfları ve dayanımlarının TS500'de kabul edilmiş değerleri Çizelge 2.1'de verilmiştir.

Çizelge 2.1 : Beton Sınıfları ve Dayanımları

Beton sınıfı	**Karakteristik basınç dayanımı (f_{ck})**	**Dayanım Özelliği**	**Eşdeğer küp basınç dayanımı (150mm)**	**Karakteristik eksenel çekme dayanımı (f_{ctk})**	**28 Günlük Elastisite Modülü**
	MPa		**MPa**	**MPa**	**MPa**
C16	16	Normal Dayanımlı Beton	20	1.4	27000
C18	18		22	1.5	27500
C20	20		25	1.6	28000
C25	25		30	1.8	30000
C30	30	Yüksek Dayanımlı Beton	37	1.9	32000
C35	35		45	2.1	33000
C40	40		50	2.2	34000
C45	45		55	2.3	36000
C50	50		60	2.5	37000

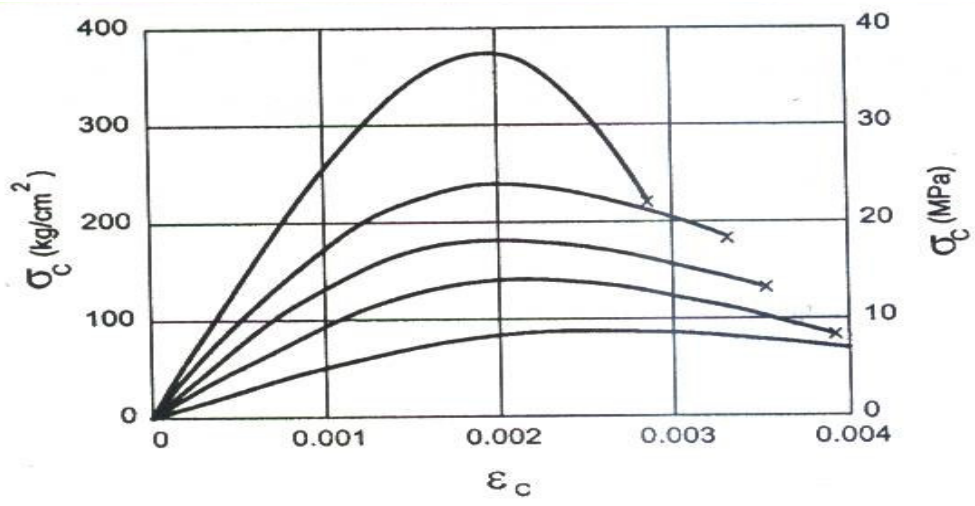
2.2.2 Betonun gerilme-şekil değiştirme ilişkisi

Betonun gerilme-şekil değiştirme ilişkisinin bilinmesi gerek hesap gerekse tasarım aşamalarında oldukça faydalı ve yol gösterici olmaktadır. Betonun gerilme-şekil değiştirme özelliklerini bir çok değişken etkilemektedir. Bu değişkenlerin etkilerinden dolayı beton için tek ve kesin bir σ-ε eğrisi tanımlamak olanaksızdır. Betonun zamanla şekil değiştiren gösteren bir malzeme olduğu için σ-ε eğrisi doğrusal elastik bir eğri değildir [1,2].



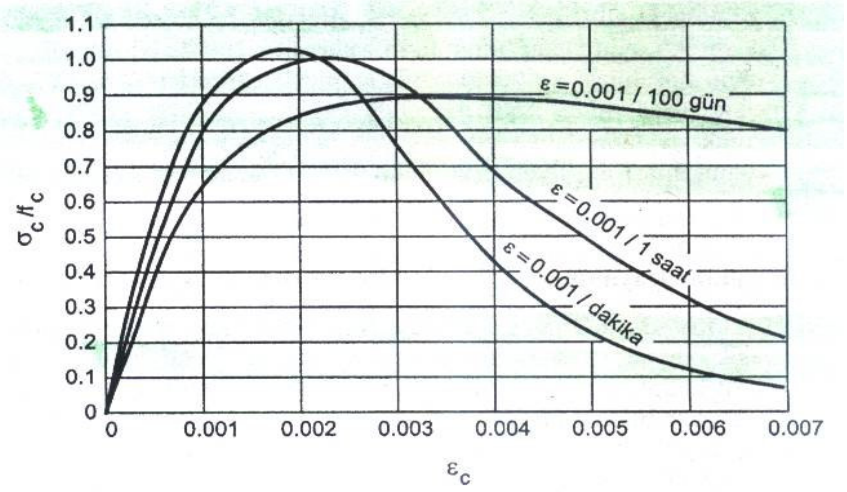
Şekil 2.3 : Beton için σ-ε Eğrisi

Şekil 2.3'te görüldüğü gibi, eğri düşük gerilme değerlerinde doğrusala yakın bir davranış izler. Artan yükler etkisinde doğrusallık kaybolur ve eğri parabole benzemeye başlar. Basınç dayanımını gösteren tepe noktasından sonra gerilme azaldığı halde şekil değiştirme devam eder. Ancak bu eğri çok yavaş yüklemeler için geçerli değildir.



Şekil 2.4 : Tek Eksenli Basınç Etkisinde Beton Gerilme-Şekil Değiştirme Eğrileri

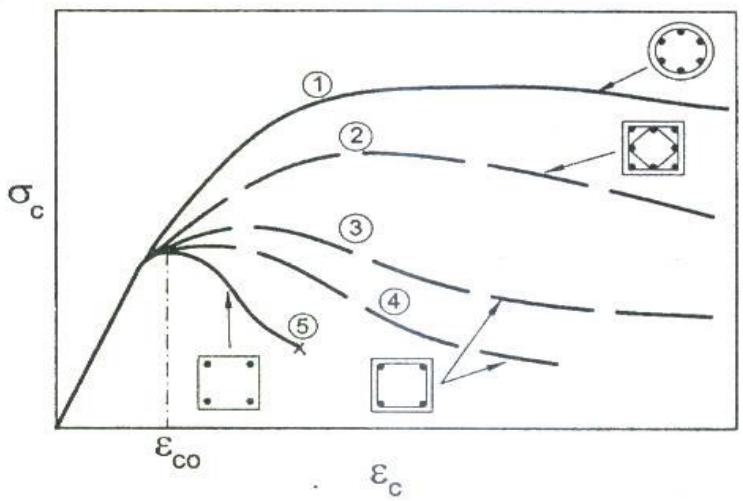
Şekil 2.4'te tek eksenli basınç etkisinde, farklı dayanıma sahip betonlar için elde edilmiş olan gerilme şekil değiştirme diyagramları gösterilmiştir. Görüldüğü gibi betonun σ-ε eğrisi beton sınıfına göre değişmektedir. Beton dayanımı yükseldikçe eğrilerin başlangıç eğiminin arttığı görülmektedir. Her beton için basınç dayanımlarına karşı gelen şekil değiştirme değerleri birbirlerine yakındır.



Şekil 2.5 : Yükleme Hızının σ-ε eğrisi Üzerindeki Etkileri

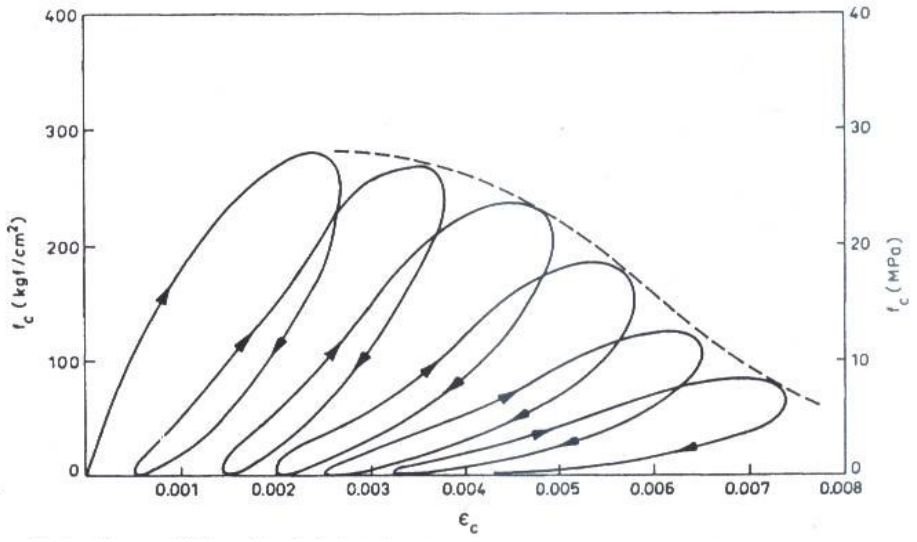
Beton zamana bağlı şekil değiştirme yapan bir malzeme olduğundan yükleme hızının gerilme şekil değiştirme eğrisi üzerindeki etkisi büyüktür. Şekil 2.5'te görüldüğü gibi yükleme hızı düştükçe dayanım azalmakta, bununla beraber süneklik artmaktadır.

Betonun gerilme-şekil değiştirme ilişkisini etkileyen önemli faktörlerden biri de sargı miktarıdır. Etriye veya fretle sarılmış bir betonun gerilme-şekil değiştirme etkisi, sargısız betonunkinden oldukça farklıdır. Şekil 2.6'da sargı miktarı ve biçimlerinin gerilme-şekil değiştirme eğrisi üzerindeki etkisini göstermektedir [1].



Şekil 2.6 : Sargı Etkisi

Beton bazı durumlarda deprem yükü, rüzgar yükü ve makine hareketlerinden doğan yüklemeler sonucu tekrarlanan gerilemelere maruz kalmaktadır. Bu kuvvetler altında betonun yeniden yüklenmesi ve boşalması durumunda gerilme-şekil değiştirme ilişkilerinin bilinmesi gerekmektedir.Bu konuda bir çok deney ve çalışma yapılmış olup aşağıdaki tekrarlanan yükler altında betonun nasıl davranacağı gösterilmiştir.



Şekil 2.7 : Tekrarlı Yük Altındaki Betonun Gerilme-Şekil Değiştirme Eğrisi

Deney sonuçları, yükün tekrarlanması sonucu bulunan eğrilerin zarf eğrisinin, tek eksenli sürekli uygulanan düz basınç yüklemesi eğrisi ile aynı olduğunu göstermektedir. Şekil 2.7'de yükün tekrarlanması sonucu betonun yumuşadığı ve daha kolay şekil değiştirebilir duruma geldiği görülmektedir.Ayrıca betonun rijitliği olarak ifade edilen gerilme-şekil değiştirme eğrilerinin eğiminin yük tekrarının artması sonucu azaldığı sonucuna varılmaktadır [2]. Betonda kalıcı şekil değiştirmeler oluşmakta yani betonun elastik davranış sergilemediği görülmektedir.

2.2.3 Betonun çekme dayanımı

Taşıma gücü sınır durumunda genellikle betonun çekme dayanımı ihmal edilmektedir. Ancak kullanabilirlik sınır durumunda çatlaklarla ilgili olarak yapılan hesaplarda, betonun çekme dayanımı kullanılmaktadır. Betonun çekme dayanımı basınç dayanımına oranla çok düşüktür. Çekme dayanımı yaklaşık olarak basınç dayanımının %10'u mertebesindedir. Betonun çekme dayanımı merkezi çekme deneyi, silindir yarma deneyi ve kiriş eğilme deneyi gibi deneyler sonucu belirlenebilmektedir [1-3]. Yönetmelikler betonun çekme dayanımı olarak bu deneylerden herhangi birinin sonucu olarak bulunan çekme dayanımını esas alır. TS-

500 ‘de betonun çekme dayanımı için, eksenel çekme deneyinden elde edilen değer esas alınmıştır ve Denklem 2.1 ile gösterilmiştir

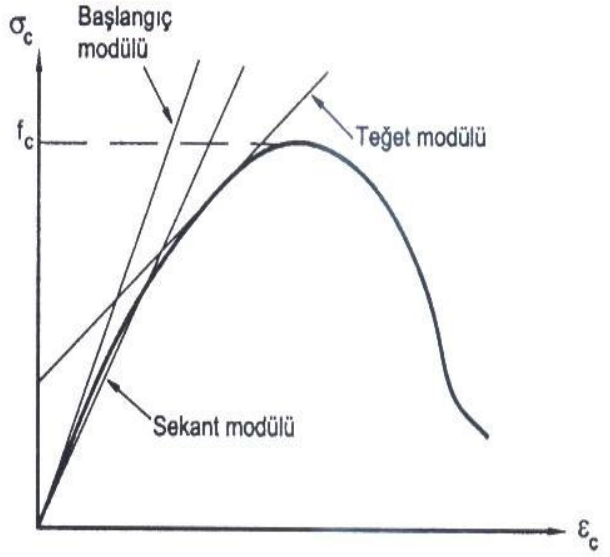
$$f_{ctk} = 0.35\sqrt{f_{ck}} \quad \text{(MPa)} \qquad \textbf{(2.1)}$$

2.2.4 Betonun kesme (kayma) dayanımı

Betonun kesme dayanımını belirlemek, gerçek kesme kırılmasını elde etmek çok zor olduğundan basınç ve çekme dayanımına göre daha zor olmaktadır. Bu yüzden betonun kesme dayanımı için farklı değerler verilmektedir. Betonun kesme dayanımı basınç dayanımının %35-%80’i arasında değişen değerler almaktadır [1-3]. Betonun kesme dayanımının, çekme dayanımından yüksek olması nedeniyle basit kesme durumunda bile kırılma çekme kırılması ile meydana gelecektir.

2.2.5 Betonun elastisite modülü

Beton doğrusal elastik olmayan bir davranış sergilediği için betonun elasitisite modülünü belirlemek oldukça güç olmaktadır. Gerilme-şekil değiştirme diyagramında eğrinin eğimi olarak tanımlanan elastisite modülü farklı gerilmeler için farklı değerlere sahip olacaktır [1,2]. Betonun elasitise modülü için üç tanım yapılmşıtır. Bunlar başlangıç elastisite modülü, sekant modülü ve teğet modülüdür (Şekil 2.8).



Şekil 2.8 : Beton Elastisite Modülleri

Genelde elasitisite modülü denilince, 28 günlük betonun ani yükleme altında elastisite modülü anlaşılır. TS-500'de normal ağırlıktaki betonlar için "j" günlük betonun elastisite modülü Denklem 2.2' de tanımlanmıştır.

$$E_{cj} = 3250\sqrt{f_{ckj}} + 14000 \text{ (MPa)} \quad \textbf{(2.2)}$$

2.2.6 Betonun poisson oranı, kayma modülü ve ısı genleşme katsayısı

Boyuna doğrultuda yük etkisinde maruz kalan bir elemanda, enine şekil değiştirmenin boyuna şekil değiştirmeye oranı Poisson oranı (μ) olarak adlandırılmaktadır [1,3]. TS-500'de beton için bu oran 0.2 olarak kabul edilmektedir.

Kayma modülünün değeri TS-500' de elastisite modülünün %40'ı olarak Denklem 2.3'teki şekilde kabul edilmiştir Dolayısıyla elastisite modülünü etkileyen tüm faktörler kayma modülünü de etkilemektedir.

$$G_{cj} = 0.40E_{cj} \quad \textbf{(2.3)}$$

Betonun ısı genleşme katsayısı çimento dozajına bağlı olarak değişmektedir. Dozaj arttığında genleşme katsayısı da büyür. TS-500' de betonun ısı genleşme katsayısı, $\alpha_t=10^{-5}$ $1/^oC$ olarak kabul edilmektedir. Çeliğin ve betonun ısı genleşme katsayıları birbirine çok yakındır. Bu sebepten dolayı sıcaklık değişimleri sırasında iki malzeme yakın şekil değiştirmeler yapmakta, bu sayede beton ve çelik herhangi bir olumsuz durum oluşturmadan birlikte uyum içinde çalışmaktadır.

2.3 Çelik

Betonun çekme dayanımı çok düşük olduğu için betonun çekme bölgesindeki gerilmeleri karşılamak için donatı adı verilen dairesel kesitli çelik çubuklar beton içine yerleştirilir. Donatı ekseni doğrultusunda kuvvet taşıdığı için, kesit alanı yani çapı önemli olur. Donatının isimlendirilmesi çelik türüne ve çapına göre değişim göstermektedir [1]. Betonarmede kullanılan donatıların geometrik özellikleri Çizelge 2.2' de gösterilmiştir.

Betonarmede kullanılan donatılar düz yüzeyli veya nervürlü olabilir. Nervürlü donatı yüzeyinde imalat sırasında yapılan çıkıntılar beton ve donatının birbirine daha iyi kenetlenip birlikte daha iyi çalışmasını sağlar.

Betonarme donatısı olarak kullanılan çelikler imalat biçimlerine göre iki sınıfa ayrılırlar. Bunların sıcakta haddelenmiş olanları doğal sertlikte çelik, soğukta işlenmiş olanları da özel beton çelikleridir.

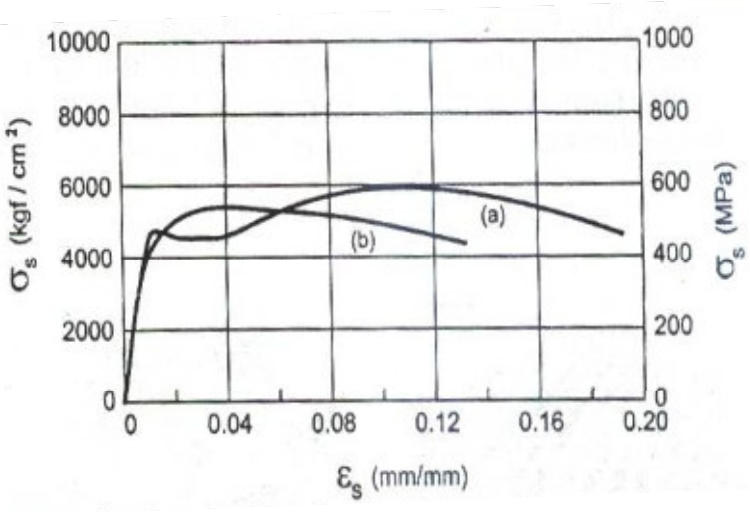
Çizelge 2.2 : Betonarmede Kullanılan Donatıların Geometrik Özellikleri

Sembol	Çap	Ağırlık (kg/m)	Enkesit alanı (mm^2)
Ø6	6	0.22	28
Ø8	8	0.40	50
Ø10	10	0.62	79
Ø12	12	0.89	113
Ø14	14	1.21	154
Ø16	16	1.58	201
Ø18	18	2.00	254
Ø20	20	2.47	314
Ø22	22	2.95	380
Ø24	24	3.55	452
Ø26	26	4.17	531
Ø28	28	4.83	616
Ø30	30	5.55	707
Ø32	32	6.31	804
Ø34	34	7.13	908
Ø36	36	8.00	1018
Ø38	38	8.90	1134
Ø40	40	9.87	1257

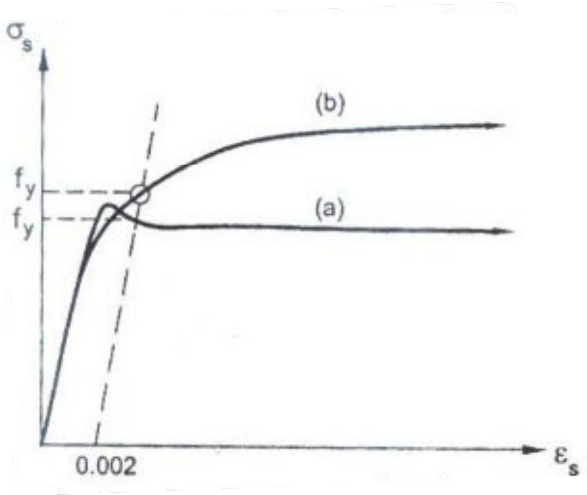
2.3.1 Donatı çeliğinin mekanik özellikleri

Çeliğin basınç ve çekme emniyet gerilmeleri birbirine eşittir; yani çelik, basınç ve çekme altında yakın özellikler gösterir. Çeliğin gerilme-şekil değiştirme özellikleri çekme deneyleriyle elde edilir. Şekil 2.9 (a)'da doğal sertlikteki çelik ile soğukta işlem görmüş çeliğin gerilme-şekil değiştirme eğrileri karşılaştırılmaktadır. Şekilde verilen (a) eğrisi doğal sertlikteki çelik için, (b) eğrisi ise soğukta işlem görmüş çelik içindir. Doğal sertlikteki çeliğin eğrisi incelendiğinde belirli bir akma noktasının olduğu ve bu akmanın meydana geldiği noktaya kadar doğrusal bir şekil değiştirmenin oluştuğu görülmektedir. Akma anından sonra sabit yüklemeye devam edilirse şekil değiştirmelerin akma sahanlığı bölgesinde biraz daha arttığı bu bölgeden sonra gerilmelerin yeniden artmaya başladığı sonucuna varılmaktadır. Çeliğin bu davranışına *"pekleşme"* denir. Çelik kopmanın meydana geldiği noktaya

kadar şekil değiştirmeye devam eder. Kesiti gittikçe küçülen ve boyu uzayan çelik kopma şekil değiştirmesine ulaştığında kopar. Çeliğin akma sınırına kadar davranışı doğrusal elastiktir [1]. Soğukta şekil verilmiş çeliklerde belirgin bir akma sahanlığının bulunması söz konusu olmayıp, kopma uzaması da düşük olur. Soğukta işlem görmüş çelik için ε_s=0.002 şekil değiştirmeye karşılık gelen gerilme değeri akma dayanımı olarak alınmalıdır. Akma sınırına ulaşıldığında çelikte oluşan gerilmeye *"akma dayanımı"* denir ve f_y ile gösterilir. Çelik sınıfları bu akma dayanımlarıyla tanımlanırlar



Şekil 2.9 : Çelik Gerilme-Şekil Değiştirme Eğrileri (a)



Şekil 2.9 : Çelik Gerilme-Şekil Değiştirme Eğrileri (b)

Şekil 2.9 (b)'deki iki eğri karşılaştırıldığında doğal sertlikteki çeliğin (a) davranışının daha iyi olduğu, kopma birim uzamasının soğukta işlem görmüş çeliğe (b) oranla daha büyük olması nedeniyle daha sünek bir davranış sergilediği görülmektedir. Bu

nedenle dalga etkisi ve deprem gibi dinamik yüklemeler altında doğal sertlikteki çeliğin enerji yutma kapasitesi daha fazla olduğundan, soğukta işlem görmüş çeliğe tercih edilmelidir [1].

TS500'de kabul edilen çelik sınıfları ve mekanik özellikleri Çizelge 2.3'te gösterilmiştir. Çizelgede çelik sınıflarının yanına eklenmiş olan "a" harfi doğal sertlikteki çeliği, "b" ise soğukta işlenmiş çeliği simgeler.

Çizelge 2.3 : Donatı Çeliklerinin Mekanik Özellikleri

Mekanik Özellikler	Donatı Çubukları				Hasır Donatı	
	Doğal Sertlikte			Soğukta İşlem Görmüş		
	S220a	S420a	S500a	S420b	S500bs	S500bk
f_{yk} (Karakteristik akma dayanımı) (MPa)	220	420	500	420	500	500
f_{yd} (Tasarım dayanımı) (MPa)	191	365	435	365	435	435
f_{su} (Kopma Dayanımı) (MPa)	340	500	550	550	550	550
$\varnothing \leq 32$ mm ε_{su} (Kopma uzaması) (%)	18	12	12	10	8	5
32 mm $\leq \varnothing \leq$ 50 mm ε_{su} (Kopma uzaması) (%)	18	10	10	10	8	5
Elastisite modülü (E_s) (Mpa)	2.10^5					

3. BETONARME YÜKSEK YAPILARDA TAŞIYICI SİSTEM TÜRLERİ

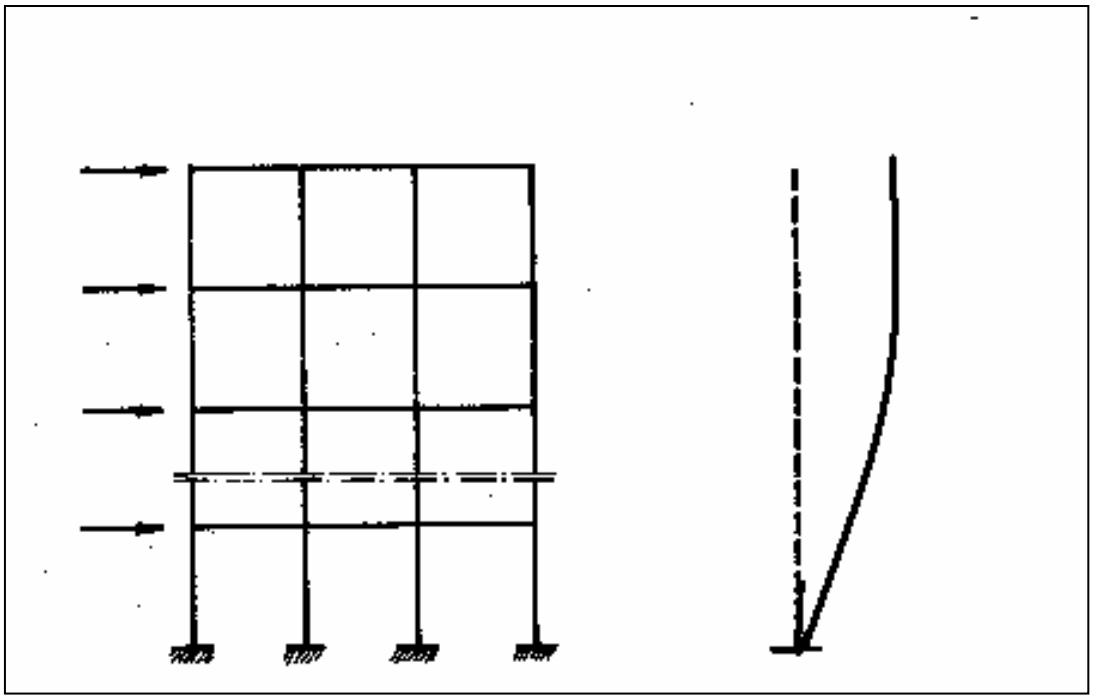
Betonarme yüksek yapılarda taşıyıcı sistem, kat sayısına bağlı olarak artan düşey yüklerin yanı sıra, rüzgar ve depremden oluşan yatay yükleri de taşımaktadır. Yüksekliğin artmasıyla birlikte yatay yüklerin yapı üzerindeki etkisi daha büyük mertebelerde olmaktadır. Bu nedenle taşıyıcı sistemde önemli yatay yerdeğiştirmeler oluşur. Belirli bir yükseklikten sonra yapı dayanımının yanı sıra, yatay yüklere karşı yeterli rijitlik de sağlanmalıdır. Bu kapsamda yapının yatay yerdeğiştirmeleri de sınırlandırılmalıdır.

Yüksek yapı taşıyıcı sistem tasarımında, sistem elemanlarının boyut hesabında yatay yüklerin payının, düşey yüklerin taşınması için gerekenden fazla olmaması istenir. Bu nedenle, yükseklikle artan rüzgar ve deprem kuvvetlerinin karşılanması, artan eleman boyutları ile değil, taşıyıcı sistemin etkinliği ile kazanılmalıdır. Yüksek yapıların mimari planlamasında ana istekler arasında özellikle strüktürel etkinlik, estetik, yapım kolaylığı, kullanım amacına uygunluk, çevre ile uyum ve ekonomiklik gibi faktörler yer alırken, mühendislik açısından da, yapıların kullanılır kalarak yatay yük emniyetlerinin ekonomik olarak sağlanabilmesi için yeterli dayanım, süneklik, rijitlik ve sınırlı yer değiştirmeler şeklinde sıralanabilen özelliklere sahip olması gerekmektedir [4].

Betonarme yapıların taşıyıcı sistemleri yapının türüne, yüksekliğine ve yapılacağı zeminin türüne bağlı olarak farklılık gösterebilir. Yüksekliği fazla olmayan yapılarda sünek bir sistem olmalarından dolayı kolonlardan oluşan çerçeveler tercih edilirken, yatay yüklerden dolayı meydana gelen yerdeğiştirmelerin fazla olduğu çok katlı yapılarda, sahip oldukları büyük atalet momentleri sayesinde daha büyük rijitliğe sahip olan perdelerin kullanılması gerekmektedir. Yüksek yapılarda çoğunlukla hem kolon hem perdeden oluşan taşıyıcı sistemler tercih edilir.

3.1 Çerçeve Taşıyıcı Sistemler

Çerçeve sistemler kolon ve kirişlerin birleşmesiyle meydana gelen ve daha çok düşey yük taşıyan elemanlardır (Şekil 3.1). Yönetmeliklere uyarak donatılarının iyi düzenlenmesi, birleşim bölgelerinin sünek olarak tasarlanması koşuluyla, fabrika, atölye gibi büyük açıklıklı yapılarda ve yükseklikleri çok fazla olmayan konut, büro gibi yapıların yatay yüklere karşı emniyetlerinin sağlanmasında kullanılabilmektedirler. Zira, bunların süneklik oranları oldukça yüksek olduğundan, deprem yükleri gibi yatay yükler altında büyük bir enerji soğurabilme kapasitesine sahiptirler.



Şekil 3.1 : Çerçeve Sistem Örneği

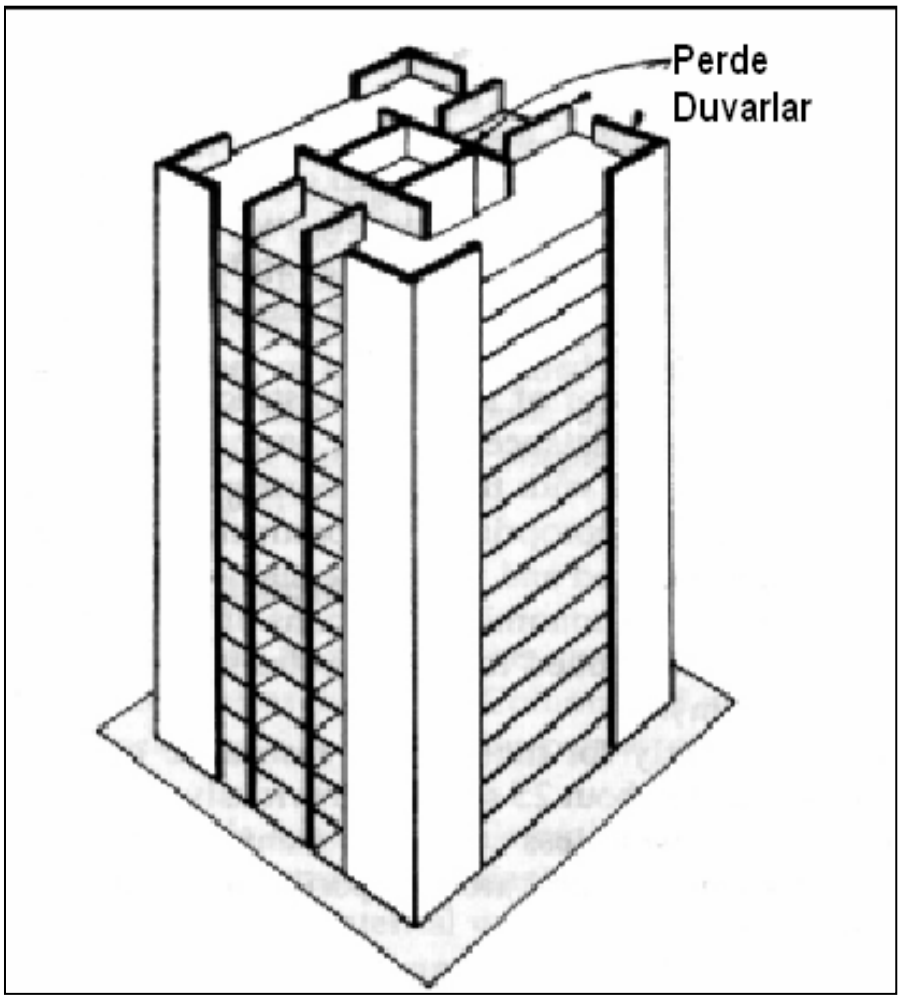
3.2 Perde Taşıyıcı Sistemler

Deprem Yönetmeliğinde ve TS-500'de planda uzun kenarının kalınlığına oranı, en az 7 olan düşey taşıyıcı sistem elemanı perde olarak tanımlanmaktadır. Düşey taşıyıcıları kolonlardan oluşan çerçeve sistemler, düşey yükler için genelde yeterli olmaktadır. Ancak rüzgar ve deprem gibi yatay yükler için de yeterli olabilmesi için, kesit boyutlarının aşırı büyük tutulması gerekmektedir.Bu durumda ise yapı maliyeti artmaktadır ve perdelerin kullanılması ekonomiklik açısından gerekli olmaktadır. Perdeler genellikle yüksekleri fazla olan yapıların rijitlik ve dayanımlarını artırmak dolayısıyla da yanal yerdeğiştirmelerini sınırlandırmak amacıyla kullanılan, temele

ankastre yada yarı ankastre olarak oturan konsol şeklinde çalışan rijitlikleri yüksek, çerçevelerin aksine bağıl yerdeğiştirmeleri üst katlara doğru giderek azalan boşluksuz ya da boşluklu elemanlardır [4].

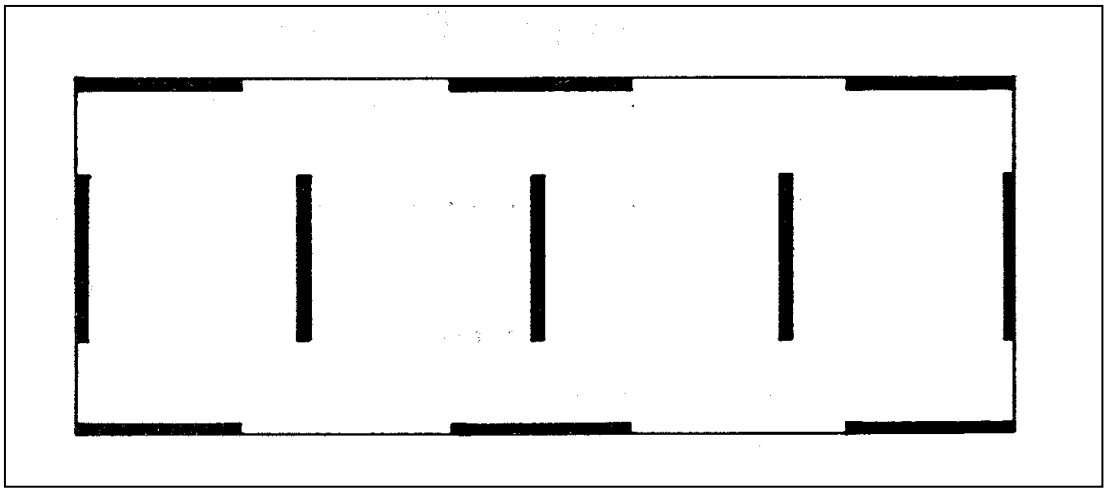
Bina yüksekliği arttıkça artan yatay yerdeğiştirme taşıyıcı sistemin belirlenmesinde hakim rol oynayacağından, perdeler çerçevelerin yetersiz kaldığı kritik yerdeğiştirmeleri denetim altına alırlar.

.



Şekil 3.2 : Perde Sistem Örneği

Perde ile kolon arasındaki fark çok açık olmamakla birlikte temel ayrıcı özelliğin perdelerin esas eksenleri etrafındaki atalet momentlerinin çok büyük olmasıdır. Perdelerin narin oldukları için yanal stabilite problemi ortaya çıkabileceği düşünülse de, kat döşemelerinin rijitleştirici etkisi ile yeterli yanal dayanım sağlanabilmektedir (Şekil 3.2).



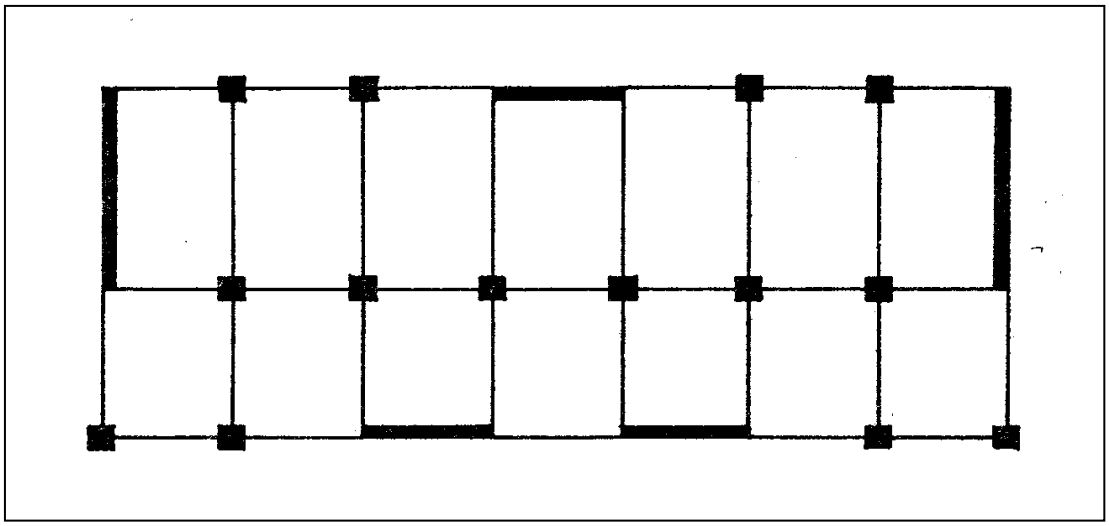
Şekil 3.3 : Perdelerden Oluşan Bir Sistemin Planı

3.3 Perdeli Çerçeve Taşıyıcı Sistemler

Düşey yükler altında perde ince-uzun bir kolon gibi davranarak düşey taşıyıcı görev yapacaklardır. Yalnız düşey yüklerin söz konusu olduğu durumda perdelerin var olmasının bir önemi yoktur. Yatay yüklerin etkidiği durumda perdelerin var olması büyük önem kazanmaktadır. Perdelerin kullanılmasının en büyük nedeni yatay yükler altında çerçevenin davranışını iyileştirmektir [5].

Yüksekliği fazla olan çok katlı yapılarda yalnızca perde duvarların kullanılması da yatay kuvvetlerin karşılanması açısından uygun olmaz. Çekirdeklerin yeterli rijitliğe ulaşması için kesitlerinin ve boylarının çok büyük olması gerekir. Ayrıca yapıdaki yerdeğiştirme yapıdaki bölme duvarları, pencereler gibi kısımlarda kullanım açısından konforu engelleyecek boyutta, hasarlar yapacak derecede büyük olabilir. Yatay yüklere karşı rijitliği sağlamak üzere perdeler kullanılırken, sünek davranış için de çerçevelerden faydalanılması en uygun seçim olmaktadır [4].

Perdelerle çerçevelerin karşılıklı etkileşimi sonucu yapı yatay rijitliğinde ortaya çıkan artış, bu iki elemanın bireysel rijitlikleri toplamından yüksektir. Bu düzenleme ile yatay yük dayanımını arttırılarak çok yüksek katlı binların güvenle inşa edilmesi sağlanabilir.

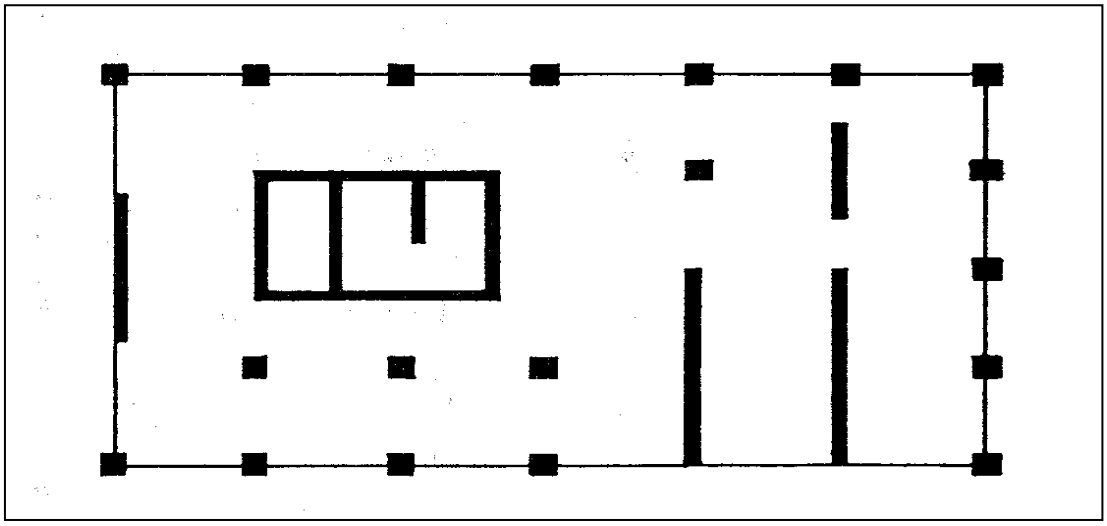


Şekil 3.4 : Perde ve Çerçevelerden Oluşan Bir Taşıyıcı Sistemin Planı

Perdeler ayrıca yapının kesme kuvvetlerine karşı kayma kapasitesini arttırırlar. Çerçeveler ise yatay yük altında kayma şekil değiştirmesi yaparlar. Katlar arasındaki yerdeğiştirme yalnız o kattaki kesme kuvvetine bağlıdır. Kat kesme kuvvetlerinin toplanması sonucu en büyük kesme kuvvet değeri tabanda elde edildiği için çerçeve sistemlerde en büyük şekildeğiştirme değeri tabandadır. Perdeler ise eğilme etkisinde konsol kiriş gibi davrandığından en büyük şekildeğiştirme en üst noktada gerçekleşmektedir. Bu iki sistemin birbirinden farklı bu şekil değiştirme davranışlarından dolayı, bu elemanlar arasında düzgün olmayan etkileşim kuvvetleri doğar. Yapının üst bölümünde perde maksimum deplasmanı yapıp ileriye doğru hareket etmek isterken çerçeveler sayesinde geriye doğru çekilirken, alt bölümde ise çerçeveler maksimum deplasmanı yaptığı için ileriye doğru hareket eder. Sonuç olarak yatay yük üst bölümde çerçeve , alt bölümde ise perde tarafından karşılanır (Şekil 3.4) [4].

3.4 Çekirdek Taşıyıcı Sistemler

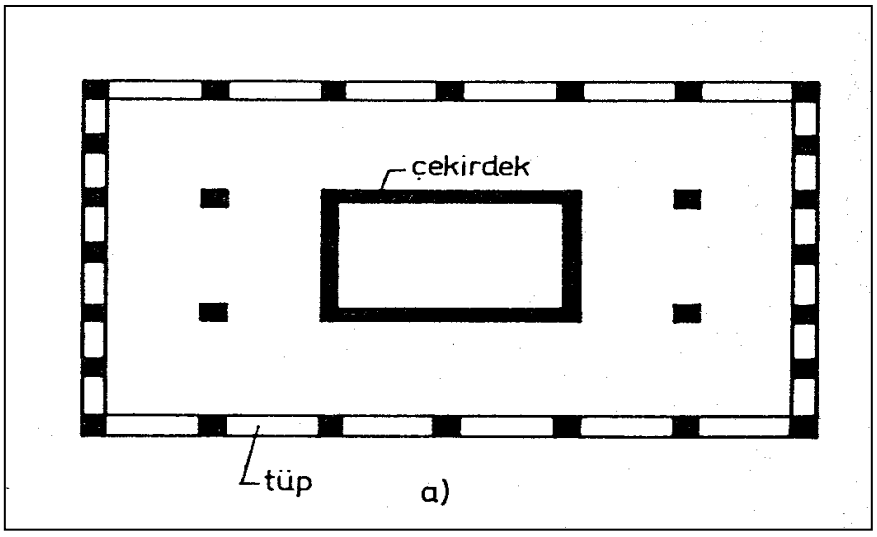
Merdiven ve asansör gibi boşlukların çevresini oluşturan, aynı düzlem içinde bulunmayan boşluklu ya da boşluksuz perdelerden meydana gelen elemanlardır. Boşluklu perdeler aynı düşey düzlemde bulunan iki dolu perdenin kat hizasında kirişlerle birleştirilmesi ile elde edilmiş sistemlerdir. Kolon rijitlikleri kiriş rijitliklerine göre çok büyük olan bir tür çerçeve sistem olarak düşünülebilirler. Bu sistemlerin davranışı perde sistemler ile çerçeve sistemler arasındadır (Şekil 3.5).



Şekil 3.5 : Perde, Çekirdek ve Kolonlardan Oluşan Taşıyıcı Bir Sistemin Planı

3.5 Tüp Taşıyıcı Sistemler

Tüp sistemin yük taşıyıcı elemanları, yapıların dış cephelerine küçük aralıklarla yerleştirilen sık kolonların rijit kirişlerle birleştirilmesi suretiyle meydana gelen, boşluklu duvar görünümünde, süneklikleri, burulma rijitlikleri ve yatay yük taşıma kapasiteleri yüksek dolayısıyla da çok yüksek yapıların yapımında kullanılan elemanlardır. Kolon aralıkları 1-3 m arasında değişmekte, bazı hallerde 5 m'ye kadar artırılabilmektedir. Kiriş yükseklikleri betonarme tüplerde 60 cm-120 cm arasında genişlikleri de 25 cm-100 cm arasında olmaktadır. Tüp sistemler konsol ile çerçeve arasında bir davranış gösterirler. Bu sistemler çerçeve tüp olarak da adlandırılmaktadır (Şekil 3.6) [3].

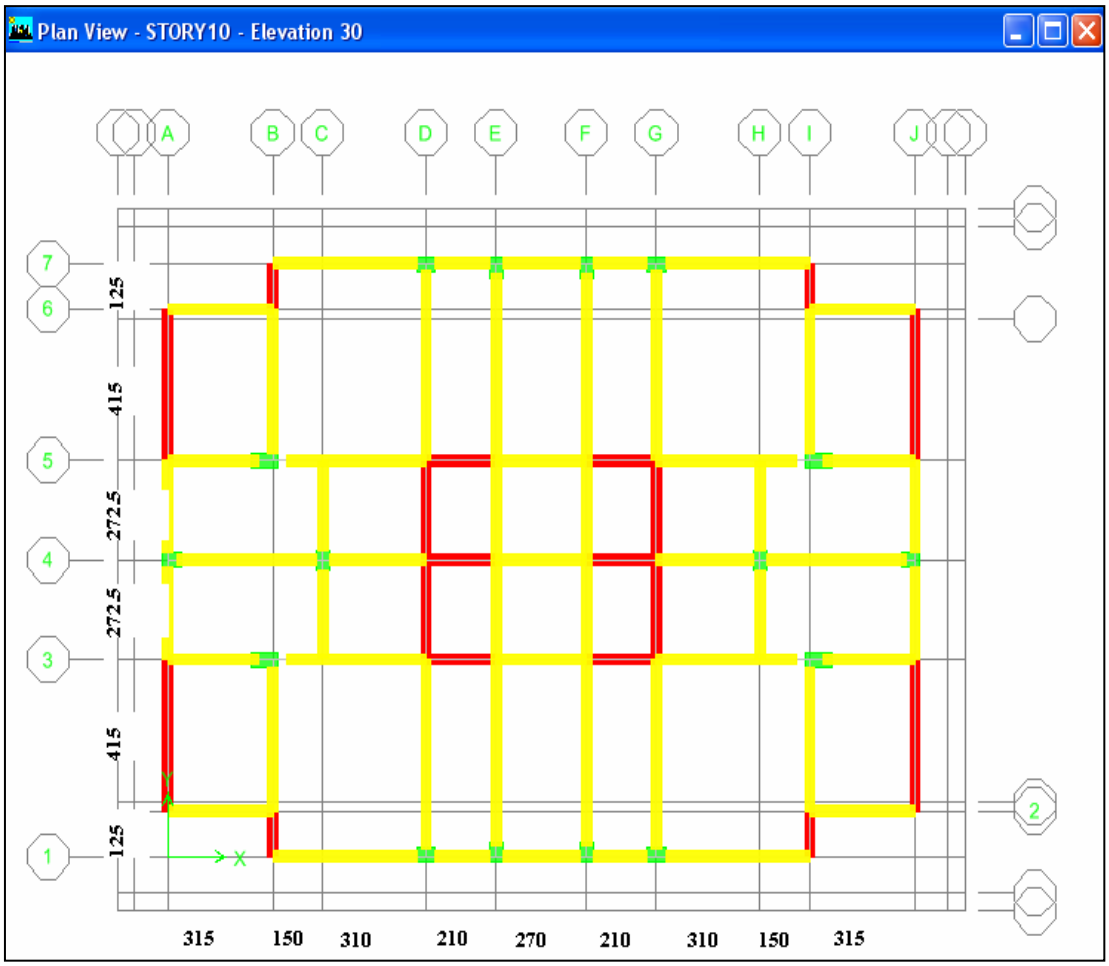


Şekil 3.6 : Tüplerden Oluşan Bir Sistemin Planı

4. ÇOK KATLI YAPININ 3 BOYUTLU OLARAK MODELLENMESİ

4.1 Yapı Bilgileri

Yapı 1 bodrum, 1 zemin ve 13 normal kattan oluşan toplam 15 katlı betonarme bir yapıdır. Toplam yapı yüksekliği 45 m'dir. Yapının bodrum katı X ve Y doğrultusunda perdelerle çevrili olup, diğer her katta X doğrultusunda 6 adet, Y doğrultusunda 8 adet perde; 20 adet kolon; X doğrultusunda, 33 adet, Y doğrultusunda 24 adet kiriş bulunmaktadır. Tüm kat döşemeleri kirişli plak döşeme olarak düzenlenmiştir. Tüm katlar 3 m yüksekliğinde olup, yapının X doğrultusundaki uzunluğu 22.4 m, Y doğrultusundaki uzunluğu 16.25 m'dir.Yapının kat alanı 364 m^2'dir.Yapının kat planı Şekil 4.1'de gösterilmiştir.



Şekil 4.1 : 15 Katlı Yapının 1. Normal Kat Planı

4.1.1 Malzemeler

Yapı üç boyutlu olarak modellenmiş ve üç farklı beton sınıfına göre ayrı ayrı çözülmüştür.Çözümlemede dikkate alınan beton sınıfları sırası ile C20 , C25 ve C30 olarak belirlenmiştir. Kullanılan beton sınıflarına ve çelik sınıfına ait malzeme karakteristik değerleri aşağıda verilmiştir.

Beton sınıfı: C 20(BS20) $\rightarrow f_{ck} = 20$ Mpa=200 kg/cm^2

$f_{cd} = 13,3$ Mpa=133 kg/cm^2

$f_{ctk} = 1,60$ Mpa=16 kg/cm^2

$f_{ctd} = 1,00$ Mpa=10.0 kg/cm^2

$E_c =$ 28000Mpa=280000 kg/cm^2

Beton sınıfı: C 25(BS25) $\rightarrow f_{ck} = 25$ Mpa=250 kg/cm^2

$f_{cd} = 16,7$ Mpa=167 kg/cm^2

$f_{ctk} = 1,80$ Mpa=18 kg/cm^2

$f_{ctd} = 1,15$ Mpa=11.5 kg/cm^2

$E_c = 30250$Mpa=302500 kg/cm^2

Beton sınıfı: C 30(BS30) $\rightarrow f_{ck} = 30$ Mpa=3000 kg/cm^2

$f_{cd} = 20,0$ Mpa=200 kg/cm^2

$f_{ctk} = 1,90$ Mpa=19 kg/cm^2

$f_{ctd} = 1,25$ Mpa=12.5 kg/cm^2

$E_c = 32000$Mpa=320000 kg/cm^2

Çelik sınıfı: S420 (BÇIIIa) $\rightarrow f_{yk} = 420$Mpa=4200 kg/cm^2,

$f_{yd} = 365$Mpa=3650 kg/cm^2

$E_s = 200000$Mpa=2000000 kg/cm^2

4.1.2 Deprem parametreleri

Yapı, birinci derece deprem bölgesinde olup,

Etkin Yer İvmesi Katsayısı, (Ao): 0.40

Bina Önem Katsayısı, (I): 1.00

Deprem Yükü Azaltma Katsayısı, (R); 7

Hareketli Yük Katılım Katsayısı, (n): 0.30 olarak alınmıştır.

4.1.3 Zemin parametreleri

Yerel Zemin Sınıfı: Z3/B

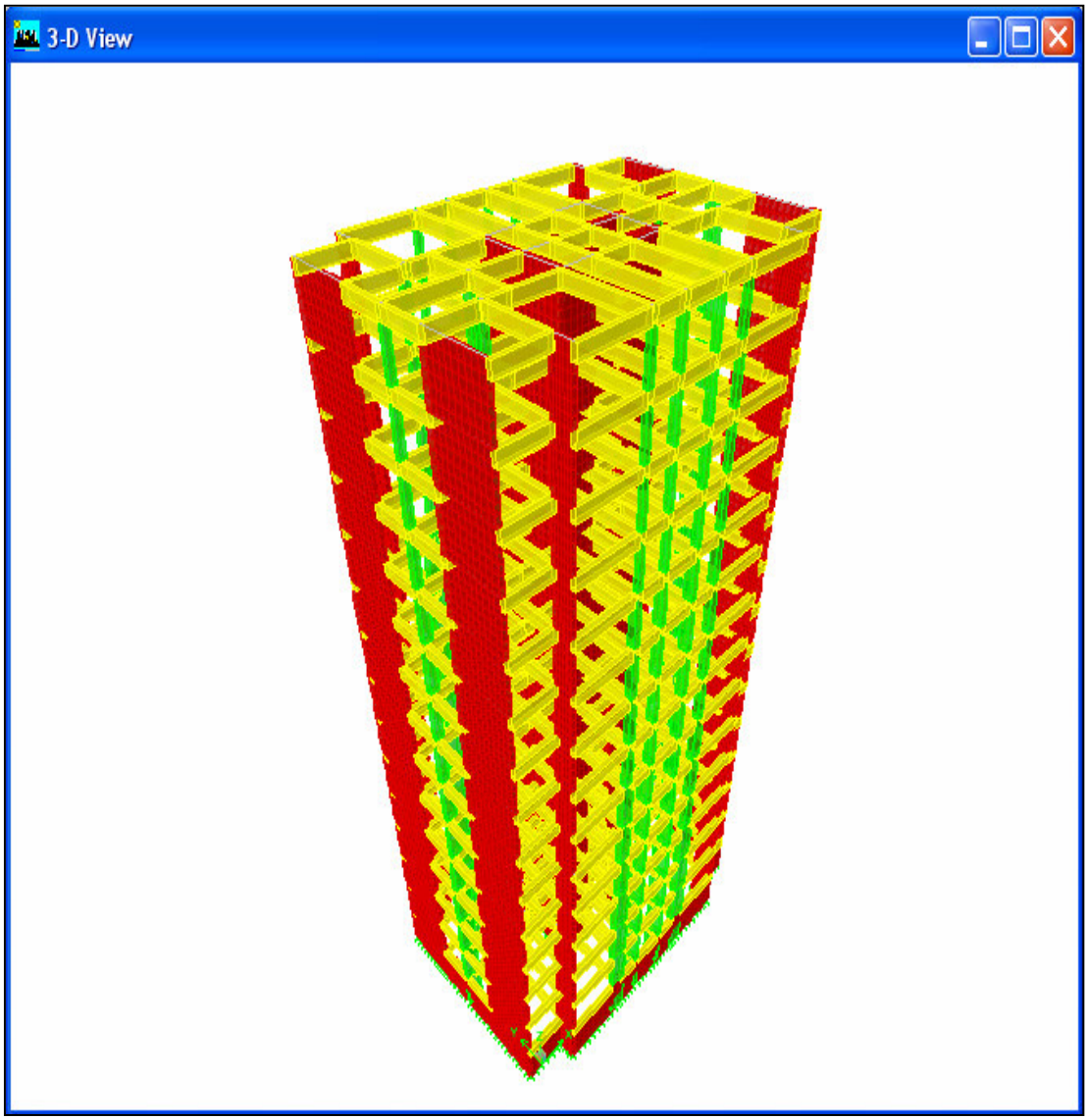
Karakteristik Zemin Periyotları: T_A=0.15 sn T_B=0.60 sn

Zemin Emniyet Gerilmesi, $\sigma_{zem} = 250$ kN/m^2

Zemin Yatak Katsayısı, k_o=50000 kN/m^3

4.1.4 Yapının 3 boyutlu görünümü

Yapının düşey ve yatay yüklere göre üç boyutlu analizi "ETABS ver. 9.04" yapı analiz programı kullanılarak yapılmış ve Şekil 4.2'de çözümü yapılan binanın üç boyutlu görünümü verilmiştir.



Şekil 4.2 : 15 Katlı Yapının Üç Boyutlu Görünümü

4.2 Yüklerin Belirlenmesi

Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değeri'ne (TS-498) göre belirlenmiş olan düşey yük analizi aşağıda verilmiştir. Yapının tüm katlarında kullanılan plak döşemeler 12 cm kalınlığındadır. Konut döşemelerinde hareketli yük olarak q=2 kN/m^2 , balkon döşemesinde ise q=5 kN/m^2 hesap yükü değerleri alınmıştır. Çatıda kar yükü, hareketli yük olarak q=0.75 kN/m^2 alınmıştır.

12 cm'lik betonarme normal döşemede

Ahşap parke…….: 0.16 kN/m^2
Tesviye betonu…….: 0.63 kN/m^2
İzolasyon……..: 0.003 kN/m^2
Betonarme döşeme (12 cm)…….: 3.0 kN/m^2
Sıva……..: 0.4 kN/m^2

g=4.193 kN/m^2

Hesap Yükü = 1.4*4.193+1.6*2= 8.932kN/m^2

12 cm'lik betonarme ıslak zemin döşemesinde

Karo mozaik…… : 0.44 kN/m^2
Tesviye betonu…….: 0.63 kN/m^2
İzolasyon……..: 0.003 kN/m^2
Betonarme döşeme (12 cm)…….: 3.0 kN/m^2
Sıva……..: 0.4 kN/m^2

g=4.473 kN/m^2

Hesap Yükü = 1.4*4.473+1.6*2= 9.462 kN/m^2

12 cm'lik balkon döşemesinde

Karo mozaik…….....: 0.44 kN/m^2

Tesviye betonu……..: 0.63 kN/m^2

Betonarme döşeme (12 cm)……..: 3.0 kN/m^2

Sıva……...: 0.4 kN/m^2

g=4.47 kN/m^2

Hesap Yükü = 1.4*4.473+1.6*5= 14.258 kN/m^2

Balkon döşemesinde parapet yükü

Mermer denizlik……... : 0.12 kN/m

1 m tuğla duvar…….: 2.0 kN/m

g=2.12 kN/m^2

Arttırılmış Parepet Yükü = 1.4*2.12= 2.968 kN/m

12 cm'lik çatı döşemesinde

Ahşap çatı……... : 0.44 kN/m^2

Şap……...…….: 0.63 kN/m^2

İzolasyon……..: 0.009 kN/m^2

Betonarme döşeme (12 cm)…….: 3.0 kN/m^2

Sıva……..: 0.4 kN/m^2

g=4.789 kN/m^2

Hesap Yükü = 1.4*4.789+1.6*0.75= 7.9 kN/m^2 olarak belirlenmiştir.

Yapının tüm katlarında kullanılan kirişler 30/70 boyutlarındadır.

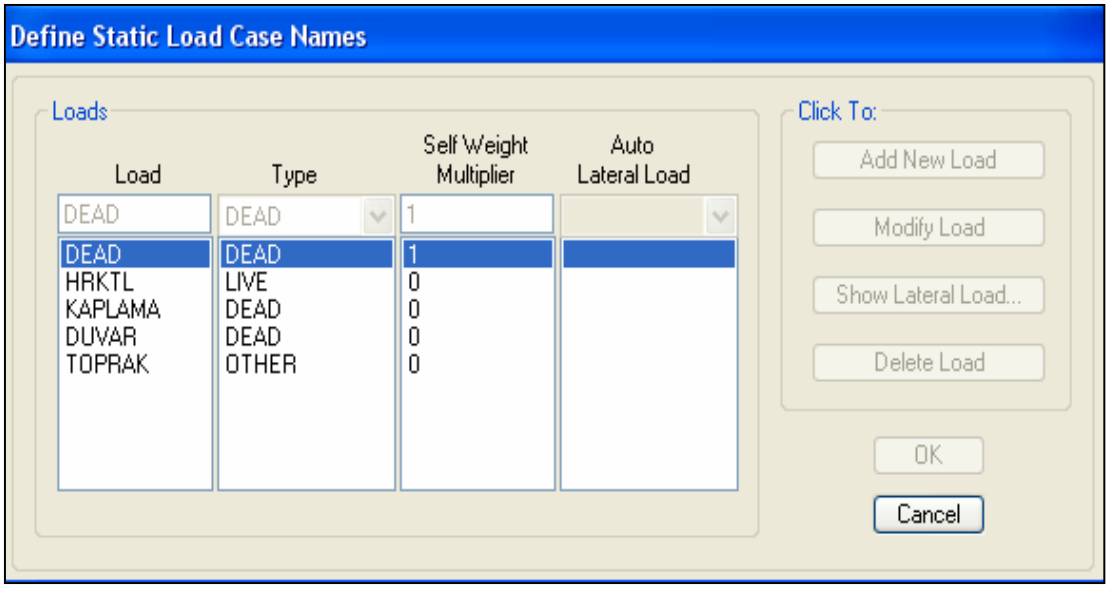
Kiriş (30/70).....:0,30*0,70*25=5,25 kN/m

İç duvarlar :Yarım tuğla birim ağ (sıva dahil).....:2,5 kN/m^2

Dış duvarlar :Tam tuğla birim ağ (sıva dahil).....:4,2 kN/m^2

Toprak yükü :1.8 t/m^2 olarak bodrum perdelerine yayılı yük olarak etkitilmiştir.

Şekil 4.3'te bilgisayar modelinde kullanılan statik yükler, Çizelge 4.1'de ise yatay ve düşey yüklerden meydana gelen yük kombinasyonları tanıtılmıştır.



Şekil 4.3 : Bilgisayar Modelinde Kullanılan Statik Yükler

Çizelge 4.1 : Yatay ve Düşey Yüklerden Meydana Gelen Kombinasyonlar

KOMBİNASYON	
G	ELEMAN AĞIRLIĞI +KAPLAMA+ DUVAR
Q	HAREKETLİ
H	TOPRAK
G+Q	-
1.4G+1.6Q	-
GQEQXP	G+Q+DEPREMX
GQEQXN	G+Q-DEPREMX
GQEQYP	G+Q+DEPREMY
GQEQYN	G+Q-DEPREMY
0.9GEQXP	0.9G+DEPREMX
0.9GEQXN	0.9G-DEPREMX
0.9GEQYP	0.9G+DEPREMY
0.9GEQYN	0.9G-DEPREMY
0.9G+H	-
1.4G+1.6Q+1.6H	-
ENVELOPE	-

4.3 Ön Boyutlandırma Hesapları

Yapıda kullanılacak kiriş, kolon, perde ve döşemeler için ön boyut değerleri TS 500 ve Deprem Yönetmeliği'ne (DBYBHY-2007) göre belirlenmiştir.

4.3.1 Tek doğrultuda çalışan döşemelerin ön boyut hesabı

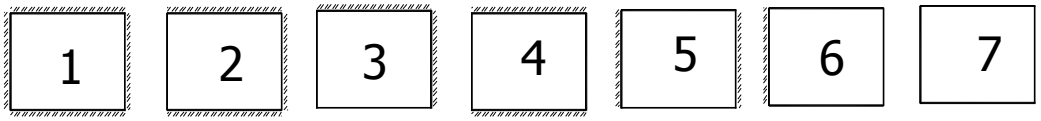
Uzun kenarının kısa kenarına oranı 2'den büyük olan (l_l / l_s>2) betonarme plaklar, bir doğrultuda çalışan plaklar olarak adlandırılır.Sürekli kirişlerde olduğu gibi, burada da döşemenin gözönüne alınan birim (1m) genişlikteki şeridi için, elverişsiz yükleme yapılarak ilgili moment diyagramı elde edilebilir.Bir doğrultuda çalışan plaklarda eğilme donatısı yalnız kısa doğrultuda yerleştirilir, uzun doğrultuda ise dağıtma donatısı bulunur.

4.3.2 Çift doğrultuda çalışan döşemelerin ön boyut hesabı

Dört kenarı boyunca mesnetlenmiş ve uzun kenarının kısa kenarına oranı 2,0 veya daha küçük olan betonarme plaklar (l_l / l_s≤2), iki doğrultuda çalışan plaklar olarak adlandırılır.

TS500'e göre çift doğrultuda çalışan döşemelerde minumum kalınlık 80mm'den, deprem bölgelerinde ise 100mm'den az olamaz. Döşeme kalınlığının tahkikinde ve moment katsayılarının (α) belirlenmesinde mesnetlenme tipinin önemi vardır.

Mesnetlenme tipleri aşağıda gösterilmiştir.



İki doğrultuda çalışan kirişli döşemelerin kalınlığı Denklem 4.1'de verilen değerden az olamaz.

$$h_f \geq \frac{l_{sn}}{15+\frac{20}{m}}\left(1-\frac{\alpha_s}{4}\right) \qquad \textbf{(4.1)}$$

l_{sn} = kısa kenar doğrultusundaki serbest açıklık

m = uzun kenarın kısa kenara oranı

α_s = sürekli kenarların toplam uzunluğunun döşeme çevresine oranı

Çizelge 4.2 : Döşemelerin Çalışma Doğrultusu

DÖŞEME ADI	KISA KENAR (m)	UZUN KENAR (m)	M=lu/lk	DÖŞEME SİSTEMİ	ÇEVRE UZUNLUK (m)
D1	3.15	4.15	1.32	Çift Doğrultuda	14.60
D2	4.60	5.40	1.17	Çift Doğrultuda	20.00
D3	2.10	5.40	2.57	Tek Doğrultuda	15.00
D4	2.73	4.65	1.71	Çift Doğrultuda	14.75
D5	2.73	3.10	1.14	Çift Doğrultuda	11.65
D6	2.70	2.73	1.01	Çift Doğrultuda	10.85

Çizelge 4.3 : Döşemeler için Gerekli Minimum Kalınlık

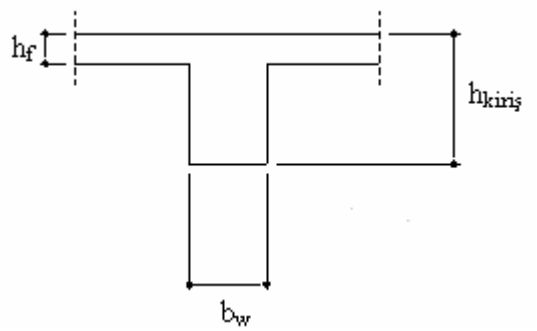
Döşeme Adı	α_s	h_f(cm)
D1	0.72	7.75
D2	0.77	10.84
D3	0.36	7.19
D4	0.82	7.23
D5	0.77	6.02
D6	0.25	6.46

Tek doğrultuda çalışan döşemede $h_f \geq \frac{l_{sn}}{30}$ =210/30= 7 cm

Yukarıdaki çizelgelerde döşemelerden yalnızca bir tanesinin tek doğrultuda çalıştığı ve en büyük açıklığa sahip olan döşeme için TS 500' de verilen Denklem 4.1'e göre minimum kalınlığın 10.8 cm olduğu görülmektedir.Bunun sonucunda döşeme kalınlığını 12 cm seçmek uygundur.

4.3.3 Kirişlerin ön boyutlandırılması

Kiriş ön boyutları TS 500 ve Deprem Yönetmeliği'ne (DBYBHY-2007) göre aşağıdaki koşulları sağlayacak şekilde seçilmiştir.



Şekil 4.4 : Kiriş Kesit Boyutları

$h_{kiriş} \geq 3 \times h_f = 3*12=36$ cm

$b_w > 200$mm (TS-500),

$b_w > 250$mm (DBYBHY-2007),

$h_{kiriş} < 1/4 \times l_{sn} = 1/4*270=67.5$ cm (DBYBHY-2007),

$h_{kiriş} < 3,5 \times b_w = 3,5*30=105$ cm (DBYBHY-2007),

Kiriş enkesitleri tüm katlarda (30X70) olarak seçilmiştir. Yapı 3 boyutlu olarak modellenmiş ve taşıyıcı sistem modellemesinde döşemeler tanımlanmamış olup ayrı çözülmüştür. Bunun için çift doğrultuda çalışan döşemelerde döşeme yükleri, kirişler üzerine döşemenin kısa doğrultusu üzerindeki kirişe üçgen olarak, uzun doğrultusu üzerindeki kirişe trapez olarak hesaplanarak dışarıdan verilmiştir. Tek doğrultuda çalışan döşemelerin yükleri sadece döşemenin uzun doğrultusundaki kirişlere yük olarak verilmiştir.

4.3.4 Kolonların ön boyutlandırılması

Kolonlar, etki alanı (A_k) olarak tanımlanan alandaki bütün düşey yükleri ve rijitliğine bağlı olarak aldığı yatay yükleri taşımak zorundadır. Kolonlar, etkili yük alanları oranında döşemelerden gelen yükler, kiriş zati ve kolon zati ağırlıkları, duvar yükleri düşünülerek bulunan artırılmış normal kuvvetler altında boyutlandırılmıştır.Sadece düşey yükler dikkate alındığında genelde en fazla yük; iç kolonlara, iç kolonlardan daha azı kenar kolonlara ve en azı da köşe kolonlara etkimektedir.Dolayısıyla sadece düşey yüklerin dikkate alındığı bir tasarımda, en büyük boyutlar iç kolon, en küçük boyutlar ise köşe kolona verilecektir. Ancak, depremden dolayı ya da başka nedenlerle, yapıya yatay yüklerin etkimesi halinde durum değişmektedir. Beton sınıfına göre kolonların normal kuvvet taşıma kapasitesi değiştiği için her beton sınıfı için kolon ön boyutlandırması ayrı ayrı yapılmıştır.Beton sınıfının artması sonucu kesit boyutları küçülmüştür ve ekonomiklik açısından gelen düşey kuvvet azaldığı için kolon boyutları temelden üst katlara doğru azaltılmıştır. Kolon boyutları Deprem Yönetmeliği Madde 3.3.1.2'de verilen kolonun brüt enkesit alanı Denklem 4.2 ile belirtilmiştir.

$$A_c \geq N_{dmax}/(0.50f_{ck}) \quad \textbf{(4.2)}$$

Kolon ön boyutlandırılmasına ait çizelgeler Ek-A'da verilmiştir.

4.3.5 Perdelerin ön boyutlandırılması

Perdeler, planda uzun kenarının kalınlığına oranı en az yedi olan düşey taşıyıcı sistem elemanlarıdır. Perdelerin gövde bölgesindeki perde kalınlığı kat yüksekliğinin 1/20'sinden ve 200 mm'den az olmayacaktır. H_w/l_w >2.0 olan perdelerin iki ucunda perde uç bölgeleri oluşturulacaktır. Perde uç bölgelerinde perde kalınlığı kat yüksekliğinin 1/15'inden ve 200mm'den az olmayacaktır.

Temel üstünden veya perdenin plandaki uzunluğunun %20 den daha fazla küçüldüğü seviyeden itibaren kritik perde yüksekliği, $2l_w$ değerini aşmamak üzere, Denklem 4.3 ve Denklem 4.4'te verilen koşulların elverişsiz olanını sağlayacak biçimde belirlenecektir.

$$H_{cr} \geq l_w \qquad \textbf{(4.3)}$$

$$H_{cr} \geq H_w/6 \qquad \textbf{(4.4)}$$

Toplam yapı yüksekliği 45 m'dir.Yapıdaki perdeler temelden yukarıya kadar sürekli devam ettiğinden dolayı H_w/l_w>2.0 şartını sağlamaktadır. Deprem Yönetmeliği Madde 3.15'e göre kritik perde yüksekliği bulunursa ;

$H_{cr} \geq l_w$	$H_{cr} \geq 4.15$m
$H_{cr} \geq H_w/6$	$H_{cr} \geq 45/6=7.5$m
H_w/l_w >2.0	45/4.15=10.84 >2

Yapıdaki kritik perde yüksekliği 7,5 m olarak bulunmuştur.
Tüm katlarda : 300/15=20cm
Yukarıdaki hesap sonucu çıkan minimum perde kalınlığı 20 cm olarak bulunmuş, modellemede perde kalınlığı tüm katlarda 30 cm olarak seçilmiştir.

4.4 Döşemelerin Betonarme Hesabı

Döşemelerin betonarme hesabı betonarme abaklar kitapçığındaki, tek donatılı dikdörtgen kesit hesap çizelgesi kullanılarak 1 metre genişlik için yapılmıştır.

4.4.1 Donatıyla ilgili kurallar

Tek doğrultuda çalışan döşemelerde, minimum donatı yüzdesi (ρmin);

S 220 (BÇ-I) için $\rightarrow$ $\rho min \geq 0{,}003$

S 420 (BÇ-III) ve S 500 (BÇ-IV) için $\rightarrow$ $\rho_{min} \geq 0{,}002$

Döşemede kullanılan çelik sınıfı S220 (BÇI) olduğundan;

Minimum donatı yüzdesi = $\rho_{min} \geq 0{,}003$

Dağıtma donatısı: $A_{sd}=A_s/5 \quad s \leq 300mm$;

Boyuna mesnet donatısı: $A_{sb}= 0.6*A_s$ minimum donatı $\rightarrow$ S 220 (ϕ 8/200)

Donatı aralığı (s) ise;

$s \leq 1{,}5h_f$ veya $s \leq 200$ mm

Çift doğrultuda çalışan döşemelerde, her iki doğrultudaki donatı oranlarının toplamı S220 (BÇI) için 0,004 , S 420 (BÇIII) için 0,0035, S500 (BÇIV) için 0,003'den az olamaz. Döşeme betonarme hesabında kullanılan çelik sınıfı S 220 olduğundan;

Minimum donatı yüzdesi = $\rho_{min} \geq 0{,}0015$(her bir doğrultuda)

Donatı aralığı (s) ise;

kısa doğrultuda $s \leq 1{,}5h_f$; $s \leq 200mm$;

uzun doğrultuda ise $s \leq 1{,}5h_f$; $s \leq 250mm$; olmalıdır.

Yapıdaki iki doğrultuda da çalışan döşemeler bulunup tüm döşemelerin kalınlığı 12 cm olduğuna göre, donatı aralığı (s);

$s \leq 1{,}5 \times 12 = 180mm$

Kısa doğrultuda ve uzun doğrultuda $s \leq 180mm$ olmalıdır.

Çizelge 4.4 ve Çizelge 4.5'te döşeme açıklık ve mesnet donatıları verilmektedir.

Çizelge 4.4 : Döşemede Açıklık Donatısı Değerleri

Döşeme	Doğrultu	Md(kNm)	D(m)	K(x10^{-5})	ks	As(mm^2)	Düz	Pilye
D1	X	3.16	0.10	316.46	5.39	170.32	ϕ8/360(140mm^2)	ϕ8/360(140mm^2)
D1	Y	2.25	0.09	360.00	5.37	134.25	ϕ8/360(140mm^2)	ϕ8/360(140mm^2)
D2	X	6.27	0.10	159.49	5.46	342.34	ϕ8/280(180mm^2)	ϕ8/280(180mm^2)
D2	Y	5.12	0.09	158.20	5.46	310.61	ϕ8/320(157mm^2)	ϕ8/320(157mm^2)
D3	X	4.87	0.10	205.34	5.42	263.95	ϕ8/320(157mm^2)	ϕ8/320(157mm^2)
D3	Y	-	0.09	-	-	0.00	Dağıtma donatısı= ϕ8/200(251mm^2)	
D4	X	1.62	0.09	499.69	5.36	96.54	ϕ8/360(140mm^2)	ϕ8/360(140mm^2)
D4	Y	2.82	0.10	354.61	5.37	151.43	ϕ8/360(140mm^2)	ϕ8/360(140mm^2)
D5	X	1.71	0.09	473.68	5.36	101.84	ϕ8/360(140mm^2)	ϕ8/360(140mm^2)
D5	Y	2.05	0.10	487.80	5.36	109.88	ϕ8/360(140mm^2)	ϕ8/360(140mm^2)
D6	X	2.30	0.09	352.17	5.37	137.23	ϕ8/360(140mm^2)	ϕ8/360(140mm^2)
D6	Y	2.30	0.10	434.78	5.36	123.28	ϕ8/360(140mm^2)	ϕ8/360(140mm^2)

D3 döşemesinde boyuna mesnet donatısı=Asb=0,6 *As=0,6*263=157,8mm^2 $\Rightarrow$ ϕ8/200 (251mm^2)

D3 döşemesinde kısa doğrultuda $As_{min}=\rho_{min} b_w d$ =0.003*1000*100=300mm^2 $\Rightarrow$ ϕ8/160 (314mm^2)

D3 döşemesinde dağıtma donatısı As==0.2*As=62.8 mm^2 $\Rightarrow$ ϕ8/200 (251mm^2)

Çizelge 4.5 : Döşemede Mesnet Donatısı Değerleri

Mesnet	Md(kNm)	D(m)	K(x10^{-5})	ks	As(mm^2)	Varolan	Ek
D1-D2	6.72	0.10	148.81	5.48	368.26	ϕ8/360($140mm^2$)+ ϕ8/280($180mm^2$)	ϕ8/330($153mm^2$)
D2-D3	8.65	0.10	115.61	5.47	473.16	ϕ8/280($180mm^2$)+ ϕ8/320($157mm^2$)	ϕ8/330($153mm^2$)
D4-D5	2.32	0.10	431.03	5.36	124.35	ϕ8/360($140mm^2$)	-
B-D1	14.70	0.10	68.03	5.67	833.49	ϕ8/360($140mm^2$)	ϕ10/110($714mm^2$)
D1-D4	3.82	0.10	261.78	5.40	206.28	ϕ8/360($140mm^2$)+ ϕ8/360($140mm^2$)	-
D2-D5	6.02	0.10	166.11	5.42	326.28	ϕ8/320($157mm^2$)+ ϕ8/360($140mm^2$)	ϕ8/330($153mm^2$)
D6-D6	2.93	0.10	341.30	5.37	157.34	ϕ8/360($140mm^2$)+ ϕ8/360($140mm^2$)	-
D3-Kat sahanlığı	5.77	0.10	173.31	5.45	314.47	ϕ8/320($157mm^2$)	ϕ8/300($168mm^2$)

Min(Asx+Asy)=0,004*1000*(100+90)/2=380mm^2

Mesnetlerde minimum ek donatısı=ϕ8/330 (153mm^2)

Balkonda dağıtma donatısı: As/5=833,5/5=166,7mm^2 $\Rightarrow$ ϕ8/250 (201mm^2)

Maksimum donatı aralığı $s \le 1,5h_f$; =1,5*120=180mm

4.5 Yapının ETABS 9.04 Programı İle Analizinin Yapılması

Yapının düşey ve yatay yüklere göre birlikte üç boyutlu analizi Computers and Structures, Inc. tarafından geliştirilen, dinamik ve sonlu eleman analizi yapma kapasitesine sahip, uluslararası geniş kullanım alanı bulan "ETABS Ver. 9.0.4." bilgisayar programı kullanılarak yapılmıştır. Yapının yatay ve düşey yükleri tamamıyla Deprem Yönetmeliği'ne (DBYBHY-2007) göre hesaplanmıştır. Hesaplanan kesit tesirlerine göre tüm yapısal elemanlar için betonarme kesit hesabı ve kontrolü ETABS 9.04 programının bünyesinde bulunan TS 500' e göre çok yakın sonuçlar veren ACI 318-99 (ACI 1999) şartnamesine göre yapılmıştır.

Binaların ve bina türü yapıların deprem hesabında kullanılacak yöntemler Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi, Mod Birleştirme Yöntemi ve Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemleri'dir. Mod Birleştirme Yöntemi ve Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemleri tüm binaların ve bina tipi yapıların hesabında kullanılabilir.
Eşdeğer Deprem Yükü Yönteminin uygulanabileceği yapılar aşağıdaki Çizelge 4.6'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.6 : Eşdeğer Deprem Yükü Yönteminin Uygulanabileceği Binalar

Deprem Bölgesi	**Bina Türü**	**Toplam Yükseklik Sınırı**
1, 2	**A1** türü burulma düzensizliği olmayan, varsa her bir katta $\eta_{bi} \leq 2.0$ koşulunu sağlayan binalar	$H_N \leq 25$ **m**
1, 2	**A1** türü burulma düzensizliği olmayan, varsa her bir katta $\eta_{bi} \leq 2.0$ koşulunu sağlayan ve ayrıca **B2** türü düzensizliği olmayan binalar	$H_N \leq 40$ **m**
3, 4	Tüm binalar	$H_N \leq 40$ **m**

15 katlı bu yapı, 1.derece deprem bölgesindedir.Yapının bodrum kattan itibaren toplam kat yüksekliği 45 m'dir.Ancak bodrum kat rijit perdelerle çevrili olduğundan binanın zemin kat döşemesinden toplam yüksekliği olan 42 m hesapta esas alınacaktır. Bu yükseklik sınırı yönetmelikte Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi kullanımı için izin verilen sınırı geçtiğinden, yatay yük analizinde spektrum eğrisi tanımlanarak, Mod Birleştirme Yöntemi kullanılmıştır.

4.5.1 Mod birleştirme yöntemi

Bu yöntemde maksimum iç kuvvetler ve yerdeğiştirmeler, binada yeterli sayıda doğal titreşim modunun her biri için hesaplanan maksimum katkıların istatiksel olarak birleştirilmesi ile elde edilir.

$$L_j = \sum_{n=1}^{N} m_n \phi_{nj} \qquad M_j = \sum_{n=1}^{N} m_n \phi^2_{nj} \qquad M^*_j = \frac{\left(\sum_{i=1}^{N} m_i \phi_{ij} \right)^2}{\sum_{n=1}^{N} m_n \phi^2_{nj}}$$

$$V_{bj}(t) = M^*_j g \frac{A_j(t)}{g} \qquad f_{ij}(t) = V_{bj}(t) \frac{m_i \phi_{ij}}{\sum_{n=1}^{N} m_n \phi_{nj}} \qquad \textbf{(4.6)}$$

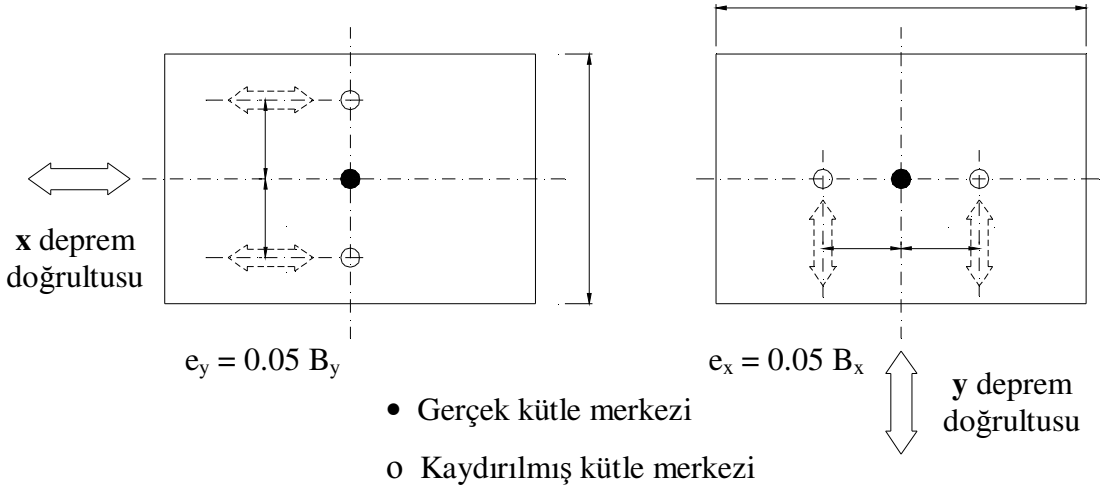
Burada $V_{bj}(t)$ değeri j. modda etkiyen taban kesme kuvvetini, $f_{ij}(t)$ bu taban kesme kuvvetinde i. katta etkiyen kuvveti, ϕ_{ij} bu titreşimde i.kattaki yerdeğiştirmeyi ve M^*_j ilgili moddaki etkili modal kütleyi göstermektedir. Bu ifadelerde spektral değerler kullanılır ve bulunan elastik taban kesme kuvvetine R_a deprem yükü azaltma katsayısı uygulanırsa, I bina önem katsayısının da gözönüne alınmasıyla aşağıdaki ifade elde edilir:[4]

$$V_{bj} = \max V_{bj}(t) = \frac{M^*_j g}{R_a} \max \left[\frac{A_j(t)}{g} \right] = \frac{M^*_j g}{R_a} \frac{A_j(t)}{g} = \frac{M^*_j g}{R_a} A_0 I S_j(T_j) \qquad \textbf{(4.7)}$$

Burada $S_j(T_j)$ yönetmelikte verilen boyutsuz ivme spektrumuna karşılık gelip şu ifade ile hesaplanır.

$$S_j(T_j) = S_{pa}(T_j) = A(T_j)\ g / R_a(T_j) \qquad \textbf{(4.8)}$$

Döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, her bir katta, birbirine dik doğrultularda iki yatay serbestlik derecesi ile kütle merkezinden geçen düşey eksen etrafındaki dönme serbestlik derecesi gözününe alınacaktır. Her katta modal deprem yükleri bu serbestlik dereceleri için hesaplanacak, ancak ek dışmerkezlik etkisininin hesaba katılabilmesi amacı ile, deprem doğrultusuna dik doğrultuda kat boyutunun +%5'i ve –%5'i kadar kaydırılması ile belirlenen noktalara ve ek bir yükleme olarak kat kütle merkezine uygulanacaktır (Şekil 4.5) [6].



Şekil 4.5 : Gerçek ve Kaydırılmış Kütle Merkezleri

Hesaba katılması gereken yeterli titreşim modu sayısı, gözönüne alınan birbirine dik x ve y yatay deprem doğrultularının herbirinde, her bir mod için hesaplanan etkin kütlelerinin toplamının, hiçbir zaman bina toplam kütlesinin %90'ından daha az olmaması kuralına göre belirlenecektir **(4.9).**

$$\sum_{i=1}^{Y} M^{*}_{xj} = \sum_{j=1}^{Y} \left\{ \left(\sum_{i=1}^{N} m_i \phi_{xij} \right)^2 / M_j \right\} \geq 0,90 \sum_{i=1}^{N} m_j$$

$$\sum_{i=1}^{Y} M^{*}_{yj} = \sum_{j=1}^{Y} \left\{ \left(\sum_{i=1}^{N} m_i \phi_{yij} \right)^2 / M_j \right\} \geq 0,90 \sum_{i=1}^{N} m_j \qquad \textbf{(4.9)}$$

Binaya etkiyen toplam deprem yükü, kat kesme kuvveti, iç kuvvet bileşenleri, yerdeğiştirme ve göreli kat ötelemesi gibi büyüklüklerin her biri için ayrı ayrı uygulanmak üzere, her titreşim modu için hesaplanan ve eşzamanlı olmayan maksimum katkıların istatiksel olarak birleştirilmesi için uygulanacak kurallar aşağıda verilmiştir:

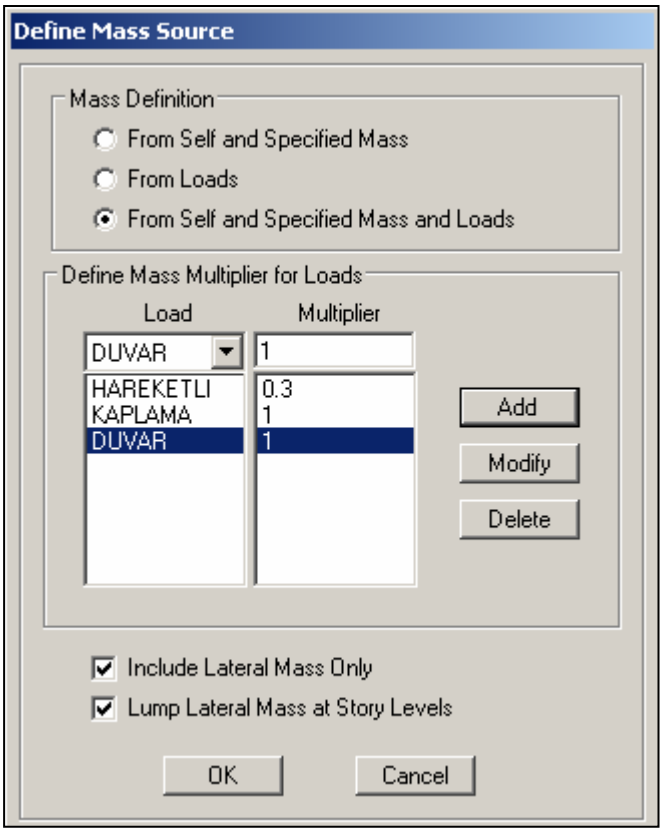
$T_m<T_n$ olmak üzere, gözönüne alınan herhangi iki titreşim moduna ait doğal periyotların $T_m/T_n<0,80$ koşulunu sağlaması durumunda, maksimum mod katkılarının birleştirilmesi için Karelerin Toplamının Kare Kökü Kuralı uygulanabilir.

Yukarıda belirtilen koşulun sağlanamaması durumunda, maksimum mod katkılarının birleştirilmesi için Tam Karesel Birleştirme (CQC) Kuralı uygulanacaktır.Bu kuralın uygulanmasında kullanılacak çapraz korelasyon katsayılarının hesabında, modal sönüm oranları bütün titreşim modları için % 5 alınacaktır.

4.5.2 ETABS 9.04 programına veri girişi

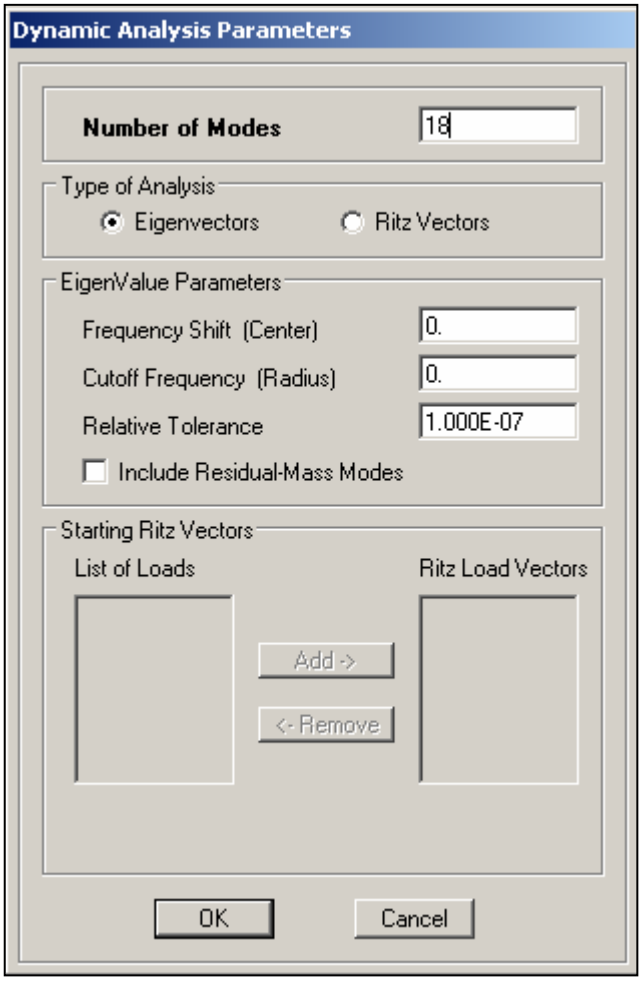
Yapıya her beton sınıfı için ön boyutlandırma sonucu bulunan kesitler ve malzeme bilgileri ayrı ayrı girilerek 3 tane farklı 3 boyutlu model oluşturulmuştur. Çözümlemede döşeme hesabı el ile yapılmış ve 3 boyutlu modellemede döşeme yükleri kirişler üzerine trapez, üçgen ya da düzgün yayılı yük olarak döşeme boyutlarına ve çalışma doğrultusuna göre verilmiştir.

Yapının deprem hesabında kullanılacak olan kütlesi ETABS programına hesaplatılmış ve hareketli yük katılım katsayısı (n), yapı konut yapısı olduğu için 0.3 alınmıştır (Şekil 4.6).



Şekil 4.6 : Kat Kütlelerinin Tanımlanması

Yapının deprem yükleri altındaki çözümü Mod Birleştirme Yöntemi ile 18 mod gözönüne alınarak yapılmıştır. (Şekil 4.7)



Şekil 4.7 : Mod Sayıları

Yapının deprem yükleri altında çözümü için Z3 zemin sınıfına ait Spektrum Eğrisi tanımlanmıştır. Yapı 1. derece deprem bölgesinde bulunmaktadır. Bunun için etkin yer ivmesi katsayısı $A_{0=}0,40$ alınmıştır.

Bina konut binası olduğu için bina önem katsayısı I=1 alınmıştır.

Yapının deprem yükleri çerçeveler ile perdeler tarafından birlikte taşındığı için Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R) =7 alınmıştır.

Spektrum karakteristik periyotları,yapının zemin sınıfı Z3 olduğu için T_A=0,15 sn ve T_B=0,60sn'dir.

Spektral İvme Katsayısı, A(T), Deprem Yönetmeliğinde (DBYBHY-2007) aşağıdaki ifadeyle hesaplanmıştır.

$$A(T) = A_o * I * S(T) \quad \textbf{(4.10)}$$

Spektrum Katsayısı, S(T), zemin türüne ve bina doğal periyodu T'ye bağlı olarak aşağıdaki denklemler ile hesaplanacaktır

$$S(T) = 1 + 1{,}5*(T / T_A) \qquad (0 \le T \le T_A) \qquad \textbf{(4.11a)}$$

$$S(T) = 2{,}5 \qquad (T_A < T \le T_B) \qquad \textbf{(4.11b)}$$

$$S(T) = 2{,}5*(T_B / T)^{0.8} (T > T_B) \qquad \textbf{(4.11c)}$$

Depremde taşıyıcı sistemin kendine özgü doğrusal elastik davranışını gözönüne almak üzere spektral ivme katsayısına 4.10'daki göre bulunacak elastik deprem yükleri aşağıda tanımlanan Deprem Yükü Azaltma Katsayısına bölünecektir. Deprem Yükü Azaltma Katsayısı, Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı, R'ye ve doğal titreşim periyodu, T'ye bağlı olarak aşağıdaki denklem ile belirlenecektir.

$$R_a(T) = 1.5 + (R - 1.5)\, T / T_A \qquad (0 \le T \le T_A) \qquad \textbf{(4.12a)}$$

$$R_a(T) = R \qquad (T > T_A) \qquad \textbf{(4.12b)}$$

Herhangi bir n'inci titreşim modunda gözönüne alınacak azaltılmış ivme spektrum ordinatı aşağıdaki denklem ile belirlenecektir.

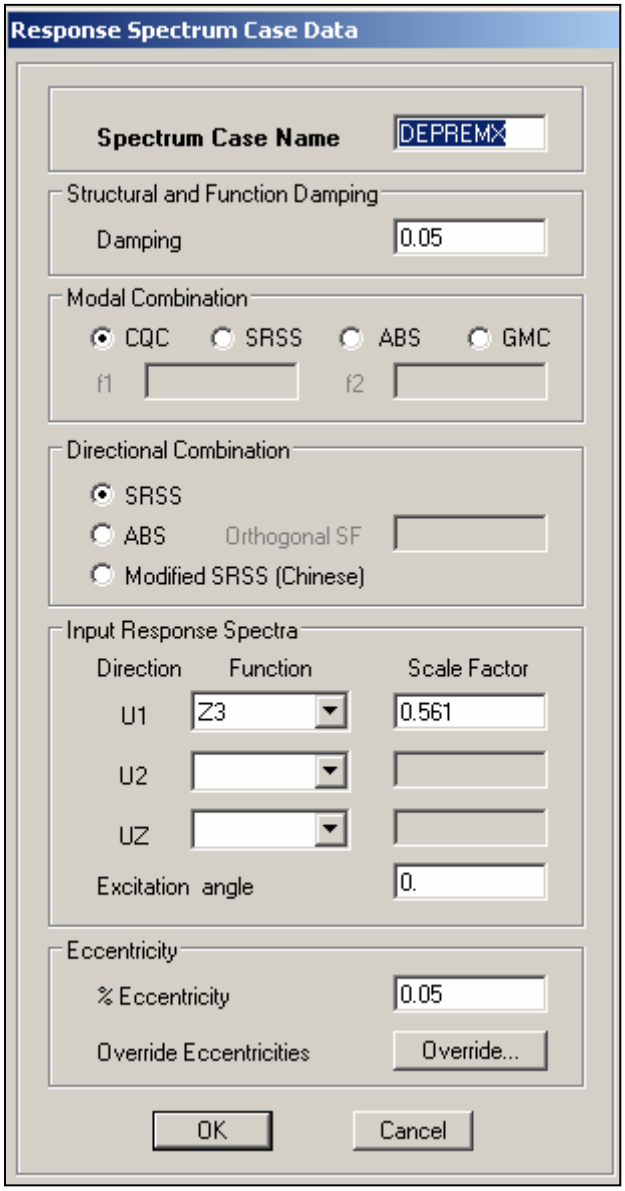
$$S_{aR}(T_n) = A(T_n)\, g / R_a(T_n) \qquad \textbf{(4.13)}$$

Yapıda tanımlanmış olan spektrum fonksiyonundan, azaltılmış ivme spektrum fonksiyonuna geçebilmek için spektrum fonksiyonu S(T),

$$A_0*I*g/R_a(T) \qquad \textbf{(4.14)}$$

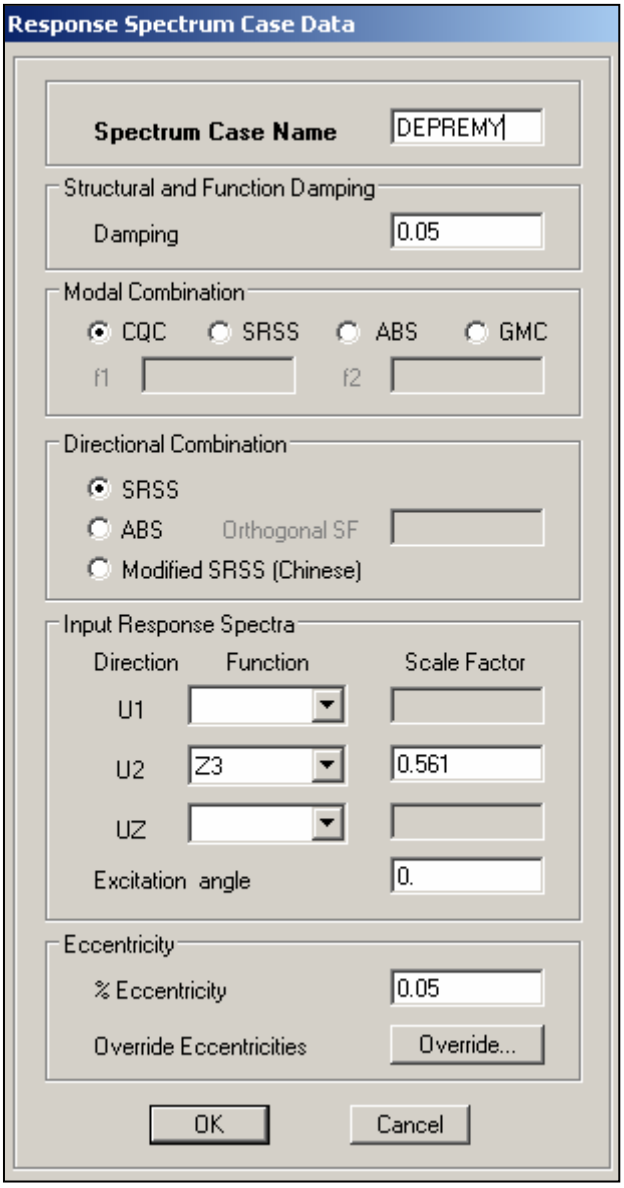
ile tanımlanan azaltma çarpanıyla çarpılır.Bu değer 15 katlı bu binada A_0=0.4, I=1, g=9,81m/sn^2, R=7 olduğu için $\Rightarrow$ 0.4*1*9.81/7= 0.561 olarak hesaplanmıştır.

CQC Tam Karesel Birleştirme Metodu uygulanmıştır ve modal sönüm oranları bütün titreşim modları için % 5 olarak alınmıştır.Yapıda dışmerkezlik oranı 0.05 olarak sisteme tanımlanmıştır.



Şekil 4.8 : X Yönünde Tepki Spektrum Analizi Giriş Verileri

Yapıya X yönünde etki edecek deprem kuvvetinin program tarafından hesaplanması için X yönünde Z3 zemin sınıfına ait spektrum fonksiyonu tanımlanmıştır ve azaltılmış ivme spektrumu fonksiyonuna geçebilmek için Denklem 4.14'te hesaplanan azaltma çarpanı (0.561) modele tanımlanmıştır (Şekil 4.8).



Şekil 4.9 : Y Yönünde Tepki Spektrum Analizi Giriş Verileri

Yapıya Y yönünde etki edecek deprem kuvvetinin program tarafından hesaplanması için Y yönünde Z3 zemin sınıfına ait spektrum fonksiyonu tanımlanmıştır ve azaltılmış ivme spektrumu fonksiyonuna geçebilmek için Denklem 4.14'te hesaplanan azaltma çarpanı (0.561) modele tanımlanmıştır (Şekil 4.9).

4.6 Analiz Sonuçları

ETABS programında C20, C25 ve C30 beton sınıflar için çözümlemesi yapılan binaya ait sonuçlar, periyotlar, kat kesme kuvvetleri, deplasmanlar aşağıda çizelgeler halinde verilmiştir. Çizelge 4.7'de 18 moda göre çözümlenen yapının üç farklı beton sınıfına göre elde edilen periyot değerleri görülmektedir.

Çizelge 4.7 : Yapının 3 Farklı Beton Sınıfına Göre Periyot Değerleri

PERİYOT (sn)	**BETON SINIFI**		
	C20	**C25**	**C30**
T1	0.875	0.872	0.866
T2	0.789	0.781	0.767
T3	0.679	0.671	0.658
T4	0.283	0.281	0.277
T5	0.211	0.206	0.200
T6	0.206	0.202	0.197
T7	0.151	0.149	0.146
T8	0.102	0.099	0.096
T9	0.097	0.095	0.094
T10	0.096	0.093	0.090
T11	0.069	0.068	0.066
T12	0.062	0.060	0.058
T13	0.058	0.056	0.054
T14	0.052	0.051	0.050
T15	0.042	0.041	0.040
T16	0.041	0.040	0.040
T17	0.040	0.039	0.038
T18	0.034	0.033	0.033

Aşağıdaki çizelgelerde sırası ile C20, C25 ve C30 beton sınıfları için X ve Y doğrultuları tepki spektrumu taban reaksiyonları görülmektedir (Çizelge 4.8-4.13).

Çizelge 4.8 ve 4.9'da C20 beton sınıfına göre X ve Y doğrultusundaki tepki spektrumu taban reaksiyonları görülmektedir.

Çizelge 4.8 : X Doğrultusu Tepki Spektrumu Taban Reaksiyonları (C20)

Spec	Mod	Yön	Fx (kN)	Fy (kN)	Fz (kN)	Mx (kNm)	My (kNm)	Mz (kNm)
DEPREMX	**1**	U1	5809.00	0.00	0.00	0.00	164313.00	-47205.00
DEPREMX	**2**	U1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DEPREMX	**3**	U1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.02
DEPREMX	**4**	U1	1400.00	0.00	0.00	0.00	-759.60	-11380.70
DEPREMX	**5**	U1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DEPREMX	**6**	U1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.30
DEPREMX	**7**	U1	506.70	0.00	0.00	0.00	1946.56	-4117.44
DEPREMX	**8**	U1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.08
DEPREMX	**9**	U1	227.90	0.00	0.00	-0.30	53.14	-1851.63
DEPREMX	**10**	U1	0.00	0.00	0.00	-0.30	0.00	1.10
DEPREMX	**11**	U1	120.30	0.00	0.00	0.00	200.61	-977.66
DEPREMX	**12**	U1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
DEPREMX	**13**	U1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01
DEPREMX	**14**	U1	79.70	0.00	0.00	0.00	-3.24	-647.58
DEPREMX	**15**	U1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01
DEPREMX	**16**	U1	58.80	0.00	0.00	0.00	51.24	-478.15
DEPREMX	**17**	U1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01
DEPREMX	**18**	U1	41.90	0.00	0.00	0.00	-9.63	-340.61
DEPREMX	**Tüm**	Tüm	6018.00	0.00	0.00	0.00	164325.00	48903.43

Çizelge 4.9 : Y Doğrultusu Tepki Spektrumu Taban Reaksiyonları (C20)

Spec	Mod	Yön	Fx (kN)	Fy (kN)	Fz (kN)	Mx (kNm)	My (kNm)	Mz (kNm)
DEPREMY	**1**	U2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DEPREMY	**2**	U2	0.00	5940.00	0.00	-172946.00	0.00	66519.80
DEPREMY	**3**	U2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.25
DEPREMY	**4**	U2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DEPREMY	**5**	U2	0.00	1836.00	0.00	-6307.50	0.00	20488.65
DEPREMY	**6**	U2	0.00	0.50	0.00	-1.67	0.00	43.84
DEPREMY	**7**	U2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DEPREMY	**8**	U2	0.00	0.20	0.00	-0.65	0.00	-12.22
DEPREMY	**9**	U2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09
DEPREMY	**10**	U2	0.00	561.80	0.00	-1681.93	0.00	6270.74
DEPREMY	**11**	U2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DEPREMY	**12**	U2	0.00	0.10	0.00	-0.06	0.00	-6.68
DEPREMY	**13**	U2	0.00	249.10	0.00	-197.88	0.00	2774.47
DEPREMY	**14**	U2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
DEPREMY	**15**	U2	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.00	-2.36
DEPREMY	**16**	U2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
DEPREMY	**17**	U2	0.00	140.10	0.00	-64.44	0.00	1559.32
DEPREMY	**18**	U2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DEPREMY	**Tüm**	Tüm	0.00	6262.00	0.00	173097.40	0.00	70100.61

Çizelge 4.10 ve 4.11'de C25 beton sınıfına göre X ve Y doğrultusundaki tepki spektrumu taban reaksiyonları görülmektedir.

Çizelge 4.10 : X Doğrultusu Tepki Spektrumu Taban Reaksiyonları (C25)

Spec	Mod	Yön	Fx (kN)	Fy (kN)	Fz (kN)	Mx (kNm)	My (kNm)	Mz (kNm)
DEPREMX	**1**	U1	5745.10	0.00	0.00	0.00	163019.70	-46679.00
DEPREMX	**2**	U1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DEPREMX	**3**	U1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.02
DEPREMX	**4**	U1	1416.30	0.00	0.00	0.00	-283.99	-11508.10
DEPREMX	**5**	U1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DEPREMX	**6**	U1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.04
DEPREMX	**7**	U1	495.60	0.00	0.00	0.00	1866.68	-4027.40
DEPREMX	**8**	U1	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.00	-0.11
DEPREMX	**9**	U1	221.00	0.00	0.00	0.01	37.37	-1795.65
DEPREMX	**10**	U1	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.00	0.03
DEPREMX	**11**	U1	114.60	0.00	0.00	0.00	183.48	-930.93
DEPREMX	**12**	U1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
DEPREMX	**13**	U1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DEPREMX	**14**	U1	74.40	0.00	0.00	0.00	-1.61	-604.47
DEPREMX	**15**	U1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.03
DEPREMX	**16**	U1	54.40	0.00	0.00	0.00	46.26	-441.76
DEPREMX	**17**	U1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.02
DEPREMX	**18**	U1	38.80	0.00	0.00	0.00	-8.74	-315.16
DEPREMX	**Tüm**	Tüm	5958.20	0.00	0.00	0.00	163032.40	48410.92

Çizelge 4.11 : Y Doğrultusu Tepki Spektrumu Taban Reaksiyonları (C25)

Spec	Mod	Yön	Fx (kN)	Fy (kN)	Fz (kN)	Mx (kNm)	My (kNm)	Mz (kNm)
DEPREMY	**1**	U2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DEPREMY	**2**	U2	0.00	5904.00	0.00	-172488.00	0.00	66106.70
DEPREMY	**3**	U2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.32
DEPREMY	**4**	U2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DEPREMY	**5**	U2	0.00	1837.80	0.00	-6832.66	0.00	20492.58
DEPREMY	**6**	U2	0.00	0.70	0.00	-2.60	0.00	54.77
DEPREMY	**7**	U2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DEPREMY	**8**	U2	0.00	0.20	0.00	-0.58	0.00	-11.84
DEPREMY	**9**	U2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03
DEPREMY	**10**	U2	0.00	546.40	0.00	-1630.43	0.00	6098.37
DEPREMY	**11**	U2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DEPREMY	**12**	U2	0.00	0.10	0.00	-0.06	0.00	-6.57
DEPREMY	**13**	U2	0.00	242.40	0.00	-204.11	0.00	2700.01
DEPREMY	**14**	U2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
DEPREMY	**15**	U2	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.00	-2.37
DEPREMY	**16**	U2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
DEPREMY	**17**	U2	0.00	136.80	0.00	-63.20	0.00	1522.68
DEPREMY	**18**	U2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DEPREMY	**Tüm**	Tüm	0.00	6225.40	0.00	172660.30	0.00	69688.89

Çizelge 4.12 ve 4.13'te C30 beton sınıfına göre X ve Y doğrultusundaki tepki spektrumu taban reaksiyonları görülmektedir.

Çizelge 4.12 : X Doğrultusu Tepki Spektrumu Taban Reaksiyonları (C30)

Spec	Mod	Yön	Fx (kN)	Fy (kN)	Fz (kN)	Mx (kNm)	My (kNm)	Mz (kNm)
DEPREMX	**1**	U1	5725.70	0.00	0.00	0.00	162972.20	-46521.80
DEPREMX	**2**	U1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DEPREMX	**3**	U1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.02
DEPREMX	**4**	U1	1432.00	0.00	0.00	0.00	142.97	-11635.00
DEPREMX	**5**	U1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DEPREMX	**6**	U1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.04
DEPREMX	**7**	U1	492.20	0.00	0.00	0.00	1865.12	-3999.63
DEPREMX	**8**	U1	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.00	-0.15
DEPREMX	**9**	U1	217.90	0.00	0.00	0.01	47.82	-1770.11
DEPREMX	**10**	U1	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.00	0.02
DEPREMX	**11**	U1	111.80	0.00	0.00	0.00	176.79	-908.82
DEPREMX	**12**	U1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
DEPREMX	**13**	U1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DEPREMX	**14**	U1	72.00	0.00	0.00	0.00	-0.59	-585.12
DEPREMX	**15**	U1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.14
DEPREMX	**16**	U1	52.50	0.00	0.00	0.00	42.56	-426.68
DEPREMX	**17**	U1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.02
DEPREMX	**18**	U1	37.70	0.00	0.00	0.00	-8.34	-306.12
DEPREMX	**Tüm**	Tüm	5942.60	0.00	0.00	0.00	162987.30	48284.01

Çizelge 4.13 : Y Doğrultusu Tepki Spektrumu Taban Reaksiyonları (C30)

Spec	Mod	Yön	Fx (kN)	Fy (kN)	Fz (kN)	Mx (kNm)	My (kNm)	Mz (kNm)
DEPREMY	**1**	U2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DEPREMY	**2**	U2	0.00	5947.00	0.00	-174043.00	0.00	66588.02
DEPREMY	**3**	U2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.38
DEPREMY	**4**	U2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DEPREMY	**5**	U2	0.00	1832.00	0.00	-6967.46	0.00	20426.11
DEPREMY	**6**	U2	0.00	0.70	0.00	-2.72	0.00	55.81
DEPREMY	**7**	U2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DEPREMY	**8**	U2	0.00	0.20	0.00	-0.57	0.00	-11.72
DEPREMY	**9**	U2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03
DEPREMY	**10**	U2	0.00	536.20	0.00	-1624.79	0.00	5983.41
DEPREMY	**11**	U2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DEPREMY	**12**	U2	0.00	0.10	0.00	-0.06	0.00	-6.47
DEPREMY	**13**	U2	0.00	238.20	0.00	-205.08	0.00	2652.44
DEPREMY	**14**	U2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DEPREMY	**15**	U2	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.00	-2.37
DEPREMY	**16**	U2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
DEPREMY	**17**	U2	0.00	134.80	0.00	-63.54	0.00	1500.20
DEPREMY	**18**	U2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DEPREMY	**Tüm**	Tüm	0.00	6114.80	0.00	174219.30	0.00	70111.46

Çizelge 4.14, Çizelge 4.15 ve Çizelge 4.16'da ise sırası ile C20, C25 ve C30 beton sınıfları için modlara ait kütle katılım oranları verilmiştir.

Çizelge 4.14 : Modlara Ait Kütle Katılım Oranları (C20)

Mode	Periyot(sn)	UX	UY	∑UX	∑UY
1	0.875	69.59	0.00	69.59	0.00
2	0.790	0.00	65.47	69.59	65.47
3	0.680	0.00	0.00	69.59	65.47
4	0.283	12.41	0.00	82.00	65.47
5	0.211	0.00	16.28	82.00	81.75
6	0.207	0.00	0.00	82.00	81.75
7	0.151	4.49	0.00	86.49	81.75
8	0.102	0.00	0.00	86.49	81.75
9	0.097	2.56	0.00	89.05	81.75
10	0.097	0.00	6.33	89.05	88.08
11	0.069	1.57	0.00	90.63	88.08
12	0.062	0.00	0.00	90.63	88.09
13	0.058	0.00	3.48	90.63	91.57
14	0.052	1.16	0.00	91.78	91.57
15	0.043	0.00	0.00	91.78	91.57
16	0.042	0.92	0.00	92.70	91.57
17	0.041	0.00	2.20	92.70	93.78
18	0.034	0.69	0.00	93.40	93.78

Çizelge 4.15 : Modlara Ait Kütle Katılım Oranları (C25)

Mode	Periyot(sn)	UX	UY	∑UX	∑UY
1	0.873	69.49	0.00	69.49	0.00
2	0.781	0.00	65.30	69.49	65.30
3	0.671	0.00	0.00	69.49	65.30
4	0.281	12.70	0.00	82.20	65.30
5	0.206	0.00	16.48	82.20	81.78
6	0.203	0.00	0.01	82.20	81.78
7	0.149	4.46	0.00	86.65	81.78
8	0.099	0.00	0.00	86.65	81.79
9	0.096	2.53	0.00	89.18	81.79
10	0.094	0.00	6.33	89.18	88.11
11	0.068	1.53	0.00	90.71	88.11
12	0.060	0.00	0.00	90.71	88.12
13	0.056	0.00	3.47	90.71	91.59
14	0.052	1.10	0.00	91.81	91.59
15	0.041	0.00	0.00	91.81	91.59
16	0.041	0.86	0.00	92.68	91.59
17	0.039	0.00	2.20	92.68	93.75
18	0.034	0.65	0.00	93.33	93.75

Çizelge 4.16 : Modlara Ait Kütle Katılım Oranları (C30)

Mode	Periyot(sn)	UX	UY	∑UX	∑UY
1	0.866	69.26	0.00	69.26	0.00
2	0.767	0.00	65.24	69.26	65.24
3	0.658	0.00	0.00	69.26	65.24
4	0.278	12.92	0.00	82.18	65.24
5	0.200	0.00	16.52	82.18	81.77
6	0.197	0.00	0.01	82.18	81.77
7	0.147	4.50	0.00	86.68	81.77
8	0.096	0.00	0.00	86.68	81.78
9	0.094	2.53	0.00	89.21	81.78
10	0.091	0.00	6.34	89.21	88.11
11	0.067	1.51	0.00	90.72	88.11
12	0.058	0.00	0.00	90.72	88.12
13	0.055	0.00	3.47	90.72	91.59
14	0.050	1.08	0.00	91.80	91.59
15	0.040	0.00	0.00	91.80	91.59
16	0.040	0.85	0.00	92.65	91.59
17	0.038	0.00	2.20	92.65	93.79
18	0.033	0.64	0.00	93.29	93.79

Deprem yönetmeliğinde, x ve y yatay deprem doğrultularının her birinde, her bir mod için hesaplanan etkin kütlelerin toplamının hiçbir zaman bina toplam kütlesinin %90'ından daha az olmaması kuralı yer almaktadır.Yukarıdaki çizelgelerde yapı 18 mod ile çözülmüş olup etkin kütle katılım oranının 18. mod değerinde % 93 mertebesinde olduğu ve gerekli şartı sağladığı görülmektedir.

4.6.1 Göreli Kat Ötelemelerinin Kontrolü

Göreli kat ötelemelerinin kontrolü, Deprem Yönetmeliği **Madde 2.10.1**'e göre yapılacaktır. Herhangi bir kolon veya perde için, ardışık iki kat arasındaki yerdeğiştirme farkını ifade eden *azaltılmış göreli kat ötelemesi*, Δi , Denklem 4.15 ile elde edilecektir.

$$\Delta i = d_i - d_{i-1} \qquad \textbf{(4.15)}$$

Bu denklemde d_i ve d_{i-1} , her bir deprem doğrultusu için binanın i'inci ve (i-1)'inci katlarında herhangi bir kolonun veya perdenin uçlarında, azaltılmış deprem yüklerine göre hesaplanan yatay yerdeğiştirmeleri göstermektedir.

Her bir deprem doğrultusu için, binanın i'inci katındaki kolon veya perdeler için *etkin göreli kat ötelemesi,* δi , Denklem 4.16 ile elde edilecektir.

$$\delta_i = R\Delta_i \qquad \textbf{(4.16)}$$

Her bir deprem doğrultusu için, binanın i'inci katındaki kolon veya perdelerde, etkin göreli kat ötelemelerinin kat içindeki en büyük değeri $(\delta_i)_{max}$ Denklem 4.17'de verilen koşulu sağlayacaktır.

$$\frac{(\delta_i)_{max}}{h_i} \leq 0.02 \qquad \textbf{(4.17)}$$

Aşağıdaki çizelgelerde C20, C25 ve C30 beton sınıfları için yapıya ait X yönünde ve Y yönünde etkin göreli kat ötelemeleri özetlenmiştir (Çizelge 4.17-4.22).

Çizelge 4.17 : X Yönünde Etkin Göreli Kat Ötelemelerinin Kontrolü (C20)

Kat	**H_i(m)**	**d_{ix}(mm)**	**Δ_{ix}(mm)**	**$\delta ix = R\Delta_{ix}$ (mm)**	**δ_i(max)/ H_i**
13	3	29.90	1.30	9.10	0.00303
12	3	28.60	1.60	11.20	0.00373
11	3	27.00	1.80	12.60	0.00420
10	3	25.20	2.00	14.00	0.00467
9	3	23.20	2.10	14.70	0.00490
8	3	21.10	2.30	16.10	0.00537
7	3	18.80	2.50	17.50	0.00583
6	3	16.30	2.60	18.20	0.00607
5	3	13.70	2.50	17.50	0.00583
4	3	11.20	2.60	18.20	0.00607
3	3	8.60	2.60	18.20	0.00607
2	3	6.00	2.30	16.10	0.00537
1	3	3.70	2.10	14.70	0.00490
Zemin	3	1.60	1.40	9.80	0.00327
Bodrum	3	0.20	0.20	1.40	0.00047

Çizelge 4.18'de C20 beton sınıfına göre Y yönünde, çizelge 4.19'da ise C25 beton sınıfına göre X yönünde göreli kat ötelemelerinin kontrolü gösterilmiştir.

Çizelge 4.18 : Y Yönünde Etkin Göreli Kat Ötelemelerinin Kontrolü (C20)

Kat	**H_i(m)**	**d_{iy}(mm)**	**Δ_{iy}(mm)**	**$\delta iy = R\Delta_{iy}$ (mm)**	**δ_i(max)/ H_i**
13	3	29.70	2.00	14.00	0.00467
12	3	27.70	2.20	15.40	0.00513
11	3	25.50	2.20	15.40	0.00513
10	3	23.30	2.30	16.10	0.00537
9	3	21.00	2.40	16.80	0.00560
8	3	18.60	2.40	16.80	0.00560
7	3	16.20	2.50	17.50	0.00583
6	3	13.70	2.40	16.80	0.00560
5	3	11.30	2.40	16.80	0.00560
4	3	8.90	2.30	16.10	0.00537
3	3	6.60	2.10	14.70	0.00490
2	3	4.50	1.80	12.60	0.00420
1	3	2.70	1.50	10.50	0.00350
Zemin	3	1.20	1.00	7.00	0.00233
Bodrum	3	0.20	0.20	1.40	0.00047

Çizelge 4.19 : X Yönünde Etkin Göreli Kat Ötelemelerinin Kontrolü (C25)

Kat	**H_i(m)**	**d_{ix}(mm)**	**Δ_{ix}(mm)**	**$\delta ix = R\Delta_{ix}$ (mm)**	**δ_i(max)/ H_i**
13	3	29.60	1.30	9.10	0.00303
12	3	28.30	1.60	11.20	0.00373
11	3	26.70	1.80	12.60	0.00420
10	3	24.90	2.10	14.70	0.00490
9	3	22.80	2.10	14.70	0.00490
8	3	20.70	2.30	16.10	0.00537
7	3	18.40	2.50	17.50	0.00583
6	3	15.90	2.50	17.50	0.00583
5	3	13.40	2.50	17.50	0.00583
4	3	10.90	2.50	17.50	0.00583
3	3	8.40	2.50	17.50	0.00583
2	3	5.90	2.30	16.10	0.00537
1	3	3.60	2.00	14.00	0.00467
Zemin	3	0.0016	0.00140	0.00980	0.00327
Bodrum	3	0.0002	0.00020	0.00140	0.00047

Çizelge 4.20'de C25 beton sınıfına göre Y yönünde, çizelge 4.21'de ise C30 beton sınıfına göre X yönünde göreli kat ötelemelerinin kontrolü gösterilmiştir

Çizelge 4.20 : Y Yönünde Etkin Göreli Kat Ötelemelerinin Kontrolü (C25)

Kat	**H_i(m)**	**d_{iy}(mm)**	**Δ_{iy}(mm)**	**$\delta iy = R\Delta_{iy}$ (mm)**	**δ_i(max)/ H_i**
13	3	29.40	2.10	14.70	0.00490
12	3	27.30	2.20	15.40	0.00513
11	3	25.10	2.20	15.40	0.00513
10	3	22.90	2.30	16.10	0.00537
9	3	20.60	2.40	16.80	0.00560
8	3	18.20	2.40	16.80	0.00560
7	3	15.80	2.40	16.80	0.00560
6	3	13.40	2.50	17.50	0.00583
5	3	10.90	2.30	16.10	0.00537
4	3	8.60	2.20	15.40	0.00513
3	3	6.40	2.00	14.00	0.00467
2	3	4.40	1.80	12.60	0.00420
1	3	2.60	1.50	10.50	0.00350
Zemin	3	1.10	0.90	6.30	0.00210
Bodrum	3	0.20	0.20	1.40	0.00047

Çizelge 4.21 : X Yönünde Etkin Göreli Kat Ötelemelerinin Kontrolü (C30)

Kat	**H_i(m)**	**d_{ix}(mm)**	**Δ_{ix}(mm)**	**$\delta ix = R\Delta_{ix}$ (mm)**	**δ_i(max)/ H_i**
13	3	29.40	1.40	9.80	0.00327
12	3	28.00	1.60	11.20	0.00373
11	3	26.40	1.80	12.60	0.00420
10	3	24.60	2.10	14.70	0.00490
9	3	22.50	2.10	14.70	0.00490
8	3	20.40	2.30	16.10	0.00537
7	3	18.10	2.50	17.50	0.00583
6	3	15.60	2.50	17.50	0.00583
5	3	13.10	2.50	17.50	0.00583
4	3	10.60	2.40	16.80	0.00560
3	3	8.20	2.50	17.50	0.00583
2	3	5.70	2.20	15.40	0.00513
1	3	3.50	1.90	13.30	0.00443
Zemin	3	1.60	1.40	9.80	0.00327
Bodrum	3	0.20	0.20	1.40	0.00047

Çizelge 4.22 : Y Yönünde Etkin Göreli Kat Ötelemelerinin Kontrolü (C30)

Kat	H_i(m)	d_{iy}(mm)	Δ_{iy}(mm)	$\delta iy = R\Delta_{iy}$ (mm)	$\delta_i(max)/ H_i$
13	3	28.70	2.10	14.70	0.00490
12	3	26.60	2.10	14.70	0.00490
11	3	24.50	2.20	15.40	0.00513
10	3	22.30	2.20	15.40	0.00513
9	3	20.10	2.40	16.80	0.00560
8	3	17.70	2.30	16.10	0.00537
7	3	15.40	2.40	16.80	0.00560
6	3	13.00	2.40	16.80	0.00560
5	3	10.60	2.20	15.40	0.00513
4	3	8.40	2.20	15.40	0.00513
3	3	6.20	2.00	14.00	0.00467
2	3	4.20	1.70	11.90	0.00397
1	3	2.50	1.40	9.80	0.00327
Zemin	3	1.10	0.90	6.30	0.00210
Bodrum	3	0.20	0.20	1.40	0.00047

Çizelgelerden görüldüğü gibi $\delta_i(max)/ H_i$ oranlarının tüm katlarda her bir beton sınıfına göre değerleri Deprem Yönetmeliği (2007) **Madde 2.10.1.3**'te öngörülen $\frac{(\delta_i)_{max}}{h_i} \le 0.02$ koşulunu sağlamaktadır.

4.6.2 İkinci mertebe etkileri

Gözönüne alınan deprem doğrultusunda her bir katta, *İkinci Mertebe Gösterge Değeri*, θi'nin Deprem Yönetmeliği (2007) **Madde 2.10.2** uyarınca Denklem 4.18'deki koşulu sağlaması gerekmektedir.

$$\frac{(\Delta_i)_{ort}\sum_{j=i}^{N} w_j}{V_i h_i} \le 0.12 \qquad \textbf{(4.18)}$$

Aşağıdaki çizelgelerde yapının kat kesme kuvvetleri gösterilmiş ve ayrı beton sınıflarıyla çözülen yapının her beton sınıfına göre X ve Y iki doğrultularında da ikinci mertebe etkileri kontrolü yapılmıştır (Çizelge 4.26-4.31).

Çizelge 4.23 ve 4.24'te C20 ve C25 beton sınıfına göre X ve Y yönünde oluşan kat kesme kuvvetleri gösterilmiştir.

Çizelge 4.23 : X ve Y Yönünde Oluşan Kat Kesme Kuvvetleri (C20)

Kat	**F_X(kN)**	**V_X(kN)**	**F_Y(kN)**	**V_Y(kN)**
13	540.40	540.40	615.00	615.00
12	825.60	1366.00	917.80	1532.80
11	716.10	2082.10	771.30	2304.10
10	622.50	2704.60	653.50	2957.60
9	551.90	3256.50	566.00	3523.60
8	500.30	3756.80	499.90	4023.50
7	448.20	4205.00	441.80	4465.30
6	399.50	4604.50	393.20	4858.50
5	355.30	4959.80	351.00	5209.50
4	316.30	5276.10	312.60	5522.10
3	267.90	5544.00	263.40	5785.50
2	217.30	5761.30	211.10	5996.60
1	157.30	5918.60	152.10	6148.70
Zemin	83.50	6002.10	84.70	6233.40
Bodrum	16.30	6018.40	27.40	6260.80

Çizelge 4.24 : X ve Y Yönünde Oluşan Kat Kesme Kuvvetleri (C25)

Kat	**F_X(kN)**	**V_X(kN)**	**F_Y(kN)**	**V_Y(kN)**
13	540.10	540.10	617.00	617.00
12	823.70	1363.80	918.90	1535.90
11	713.60	2077.40	771.70	2307.60
10	619.30	2696.70	653.00	2960.60
9	547.00	3243.70	563.60	3524.20
8	492.60	3736.30	495.50	4019.70
7	440.60	4176.90	437.60	4457.30
6	392.20	4569.10	389.10	4846.40
5	348.40	4917.50	347.10	5193.50
4	310.50	5228.00	308.50	5502.00
3	263.90	5491.90	259.70	5761.70
2	213.80	5705.70	206.80	5968.50
1	154.50	5860.20	147.60	6116.10
Zemin	82.30	5942.50	81.70	6197.80
Bodrum	15.30	5957.80	26.20	6224.00

Çizelge 4.25'te C30 beton sınıfına göre X ve Y yönünde oluşan kat kesme kuvvetleri çizelge 4.26'da ise C20 beton sınıfına göre X yönünde ikinci mertebe etkilerinin kontrolü gösterilmiştir.

Çizelge 4.25 : X ve Y Yönünde Oluşan Kat Kesme Kuvvetleri (C30)

Kat	F_X(kN)	V_X(kN)	F_Y(kN)	V_Y(kN)
13	542.40	542.40	601.10	601.10
12	826.70	1369.10	916.20	1517.30
11	715.80	2084.90	769.70	2287.00
10	620.70	2705.60	651.10	2938.10
9	546.60	3252.20	550.20	3488.30
8	490.30	3742.50	490.20	3978.50
7	437.80	4180.30	420.80	4399.30
6	389.50	4569.80	382.40	4781.70
5	345.60	4915.40	337.60	5119.30
4	307.10	5222.50	298.00	5417.30
3	260.60	5483.10	248.50	5665.80
2	210.80	5693.90	201.10	5866.90
1	152.40	5846.30	144.20	6011.10
Zemin	81.10	5927.40	78.10	6089.20
Bodrum	14.80	5942.20	25.60	6114.80

Çizelge 4.26 : X Yönünde İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü (C20)

Kat	H_i(m)	∑Wi(kN)	Δ_{ix}(ort) (m)	Vi(kN)	Vixhi	Θi
13	3	4366.70	0.0013	540.40	1621.20	0.003502
12	3	8733.40	0.0016	1366.00	4098.00	0.003410
11	3	13100.10	0.0018	2082.10	6246.30	0.003775
10	3	17466.80	0.002	2704.60	8113.80	0.004305
9	3	21833.50	0.0021	3256.50	9769.50	0.004693
8	3	26200.20	0.0023	3756.80	11270.40	0.005347
7	3	30566.90	0.0025	4205.00	12615.00	0.006058
6	3	34933.60	0.0026	4604.50	13813.50	0.006575
5	3	39300.30	0.0025	4959.80	14879.40	0.006603
4	3	43667.00	0.0026	5276.10	15828.30	0.007173
3	3	48033.70	0.0026	5544.00	16632.00	0.007509
2	3	52400.40	0.0023	5761.30	17283.90	0.006973
1	3	56767.10	0.0021	5918.60	17755.80	0.006714
Zemin	3	61133.80	0.0014	6002.10	18006.30	0.004753
Bodrum	3	66000.50	0.0002	6018.40	18055.20	0.000731

Çizelge 4.27'de C20 beton sınıfına göre Y yönünde, çizelge 4.28'de ise C25 beton sınıfına göre X yönünde ikinci mertebe etkilerinin kontrolü gösterilmiştir.

Çizelge 4.27 : Y Yönünde İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü (C20)

Kat	**H_i(m)**	**∑Wi(kN)**	**Δ_{ix}(ort) (m)**	**Vi(kN)**	**Vixhi**	**Θi**
13	3	4366.70	0.002	615.00	1845.00	0.004734
12	3	8733.40	0.0022	1532.80	4598.40	0.004178
11	3	13100.10	0.0022	2304.10	6912.30	0.004169
10	3	17466.80	0.0023	2957.60	8872.80	0.004528
9	3	21833.50	0.0024	3523.60	10570.80	0.004957
8	3	26200.20	0.0024	4023.50	12070.50	0.005209
7	3	30566.90	0.0025	4465.30	13395.90	0.005705
6	3	34933.60	0.0024	4858.50	14575.50	0.005752
5	3	39300.30	0.0024	5209.50	15628.50	0.006035
4	3	43667.00	0.0023	5522.10	16566.30	0.006063
3	3	48033.70	0.0021	5785.50	17356.50	0.005812
2	3	52400.40	0.0018	5996.60	17989.80	0.005243
1	3	56767.10	0.0015	6148.70	18446.10	0.004616
Zemin	3	61133.80	0.001	6233.40	18700.20	0.003269
Bodrum	3	66000.50	0.0002	6260.80	18782.40	0.000703

Çizelge 4.28 : X Yönünde İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü (C25)

Kat	**H_i(m)**	**∑Wi(kN)**	**Δ_{ix}(ort) (m)**	**Vi(kN)**	**Vixhi**	**Θi**
13	3	4289.30	0.0013	540.10	1620.30	0.003441
12	3	8578.60	0.0016	1363.80	4091.40	0.003355
11	3	12867.90	0.0018	2077.40	6232.20	0.003717
10	3	17157.20	0.0021	2696.70	8090.10	0.004454
9	3	21446.50	0.0021	3243.70	9731.10	0.004628
8	3	25735.80	0.0023	3736.30	11208.90	0.005281
7	3	30025.10	0.0025	4176.90	12530.70	0.00599
6	3	34314.40	0.0025	4569.10	13707.30	0.006258
5	3	38603.70	0.0025	4917.50	14752.50	0.006542
4	3	42893.00	0.0025	5228.00	15684.00	0.006837
3	3	47182.30	0.0025	5491.90	16475.70	0.007159
2	3	51471.60	0.0023	5705.70	17117.10	0.006916
1	3	55760.90	0.002	5860.20	17580.60	0.006343
Zemin	3	60050.20	0.0014	5942.50	17827.50	0.004716
Bodrum	3	64839.50	0.0002	5957.80	17873.40	0.000726

Çizelge 4.27'de C25 beton sınıfına göre Y yönünde, çizelge 4.28'de ise C30 beton sınıfına göre X yönünde ikinci mertebe etkilerinin kontrolü gösterilmiştir.

Çizelge 4.29 : Y Yönünde İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü (C25)

Kat	**H_i(m)**	**∑Wi(kN)**	**Δ_{ix}(ort) (m)**	**Vi(kN)**	**Vixhi**	**Θi**
13	3	4289.30	0.0021	617.00	1851.00	0.004866
12	3	8578.60	0.0022	1535.90	4607.70	0.004096
11	3	12867.90	0.0022	2307.60	6922.80	0.004089
10	3	17157.20	0.0023	2960.60	8881.80	0.004443
9	3	21446.50	0.0024	3524.20	10572.60	0.004868
8	3	25735.80	0.0024	4019.70	12059.10	0.005122
7	3	30025.10	0.0024	4457.30	13371.90	0.005389
6	3	34314.40	0.0025	4846.40	14539.20	0.0059
5	3	38603.70	0.0023	5193.50	15580.50	0.005699
4	3	42893.00	0.0022	5502.00	16506.00	0.005717
3	3	47182.30	0.002	5761.70	17285.10	0.005459
2	3	51471.60	0.0018	5968.50	17905.50	0.005174
1	3	55760.90	0.0015	6116.10	18348.30	0.004559
Zemin	3	60050.20	0.0009	6197.80	18593.40	0.002907
Bodrum	3	64839.50	0.0002	6224.00	18672.00	0.000695

Çizelge 4.30 : X Yönünde İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü (C30)

Kat	**H_i(m)**	**∑Wi(kN)**	**Δ_{ix}(ort) (m)**	**Vi(kN)**	**Vixhi**	**Θi**
13	3	4252.40	0.0014	542.40	1627.20	0.003659
12	3	8504.80	0.0016	1369.10	4107.30	0.003313
11	3	12757.20	0.0018	2084.90	6254.70	0.003671
10	3	17009.60	0.0021	2705.60	8116.80	0.004401
9	3	21262.00	0.0021	3252.20	9756.60	0.004576
8	3	25514.40	0.0023	3742.50	11227.50	0.005227
7	3	29766.80	0.0025	4180.30	12540.90	0.005934
6	3	34019.20	0.0025	4569.80	13709.40	0.006204
5	3	38271.60	0.0025	4915.40	14746.20	0.006488
4	3	42524.00	0.0024	5222.50	15667.50	0.006514
3	3	46776.40	0.0025	5483.10	16449.30	0.007109
2	3	51028.80	0.0022	5693.90	17081.70	0.006572
1	3	55281.20	0.0019	5846.30	17538.90	0.005989
Zemin	3	59533.60	0.0014	5927.40	17782.20	0.004687
Bodrum	3	64286.00	0.0002	5942.20	17826.60	0.000721

Çizelge 4.31 : Y Yönünde İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü (C30)

Kat	H_i(m)	∑Wi(kN)	Δ_{ix}(ort) (m)	Vi(kN)	Vixhi	Θi
13	3	4252.40	0.0021	601.10	1803.30	0.004952
12	3	8504.80	0.0021	1517.30	4551.90	0.003924
11	3	12757.20	0.0022	2287.00	6861.00	0.004091
10	3	17009.60	0.0022	2938.10	8814.30	0.004246
9	3	21262.00	0.0024	3488.30	10464.90	0.004876
8	3	25514.40	0.0023	3978.50	11935.50	0.004917
7	3	29766.80	0.0024	4399.30	13197.90	0.005413
6	3	34019.20	0.0024	4781.70	14345.10	0.005692
5	3	38271.60	0.0022	5119.30	15357.90	0.005482
4	3	42524.00	0.0022	5417.30	16251.90	0.005756
3	3	46776.40	0.002	5665.80	16997.40	0.005504
2	3	51028.80	0.0017	5866.90	17600.70	0.004929
1	3	55281.20	0.0014	6011.10	18033.30	0.004292
Zemin	3	59533.60	0.0009	6089.20	18267.60	0.002933
Bodrum	3	64286.00	0.0002	6114.80	18344.40	0.000701

Yukarıdaki çizelgelerde, *İkinci Mertebe Gösterge Değeri*, θi 'nin tüm katlarda her bir beton sınıfına göre değerleri Deprem Yönetmeliği (2007) **Madde 2.10.2.1**'de öngörülen $\theta i \leq 0.12$ koşulunu sağlamaktadır.

4.6.3 Yapıdaki Düzensizliklerin Kontrolü

4.6.3.1 Planda düzensizlik durumları

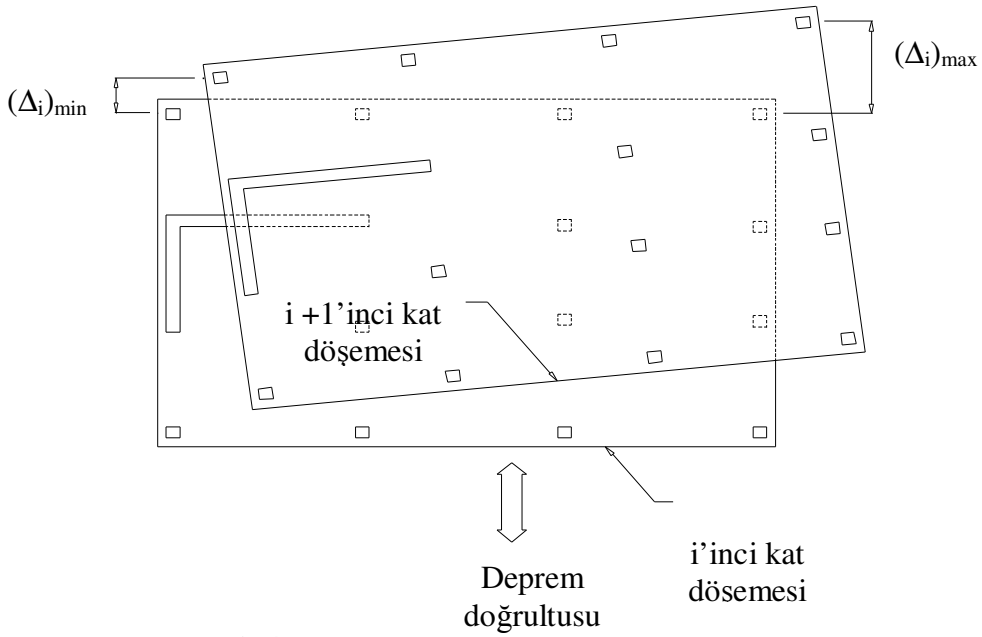
A1- Burulma Düzensizliği:

Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir katta en büyük göreli kat ötelemesinin o katta aynı doğrultudaki ortalama göreli ötelemeye oranını ifade eden *Burulma Düzensizliği Katsayısı* η_{bi}'nin 1,2'den büyük olması durumudur.

$$\eta_{bi} = (\Delta_i)_{max} / (\Delta_i)_{ort} > 1{,}2 \;\; ; \;\; (\Delta_i)_{ort} = [(\Delta_i)_{max} + (\Delta_i)_{min}] / 2 \qquad \textbf{(4.19)}$$

C20, C25 ve C30 beton sınıflarına göre analiz edilen yapıda her kat için iki doğrultuya göre de kontrol yapılmış maksimum göreli kat ötelemesi değeri $(\Delta_i)_{max}$= 0.0026, aynı katta ortalama göreli kat ötelemesinin $(\Delta_i)_{ort}$= 0.0025 olduğu görülmüştür. Böylelikle burulma düzensizliği katsayısı η_{bi}=0.0026/0.0025=1.04

olarak hesaplanmıştır ve yapıda A1 türü burulma düzensizliği olmadığı sonucuna varılmıştır.



Şekil 4.10 : Burulma Düzensizliği Durumu

A2-Döşeme Süreksizlikleri:

I- Herhangi kattaki bir döşeme merdiven ve asansör boşlukları dahil, boşluk alanları toplamının kat brüt alanının 1/3'ünden fazla olması durumu,

II- Deprem yüklerinin düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle aktarılabilmesini güçleştiren yerel döşeme boşluklarının bulunması durumu,

III- Döşemenin düzlem içi rijitlik ve dayanımında ani azalmaların olması durumudur.

Yapıda boşluk alanları 52 m^2 olup, yapının kat brüt alanı 364 m^2'dir.Boşluk alanlarının kat brüt alanına oranı 0.15'dir.Yapıda yerel döşeme boşlukları ve düzlem içi rijitlik ve dayanımında azalmalar olmadığından yapıda A2 türü düzensizlik bulunmamaktadır.

A3-Planda Çıkıntılar Bulunması:

Bina kat planlarında çıkıntı yapan kısımların birbirine dik iki doğrultudaki boyutlarının her ikisinin de, binanın o katının aynı doğrultulardaki toplam plan

boyutlarının %20'sinden daha büyük olması durumudur.Yapıda çıkıntı olmadığından A3 tipi düzensizlik bulunmamaktadır.

4.6.3.2 Düşey doğrultuda düzensizlik durumları

B1- Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği (Zayıf Kat) :

Betonarme binalarda, birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi birinde, herhangi bir kattaki etkili kesme alanının, bir üst kattaki etkili kesme alanına oranı olan *Dayanım Düzensizliği Katsayısı* η_{ci}'nin 0,80'den küçük olması durumudur.

$$\eta_{ci} = (\sum A_e)_i / (\sum A_e)_{i+1} < 0{,}80 \qquad \textbf{(4.20)}$$

$$\sum A_e = \sum A_w + \sum A_g + 0{,}15 \sum A_k \qquad \textbf{(4.21)}$$

Yapının tüm katlarındaki kolon ve perdelerin kesitleri aynı olduğundan yapıda B1 düzensizliği bulunmamaktadır.

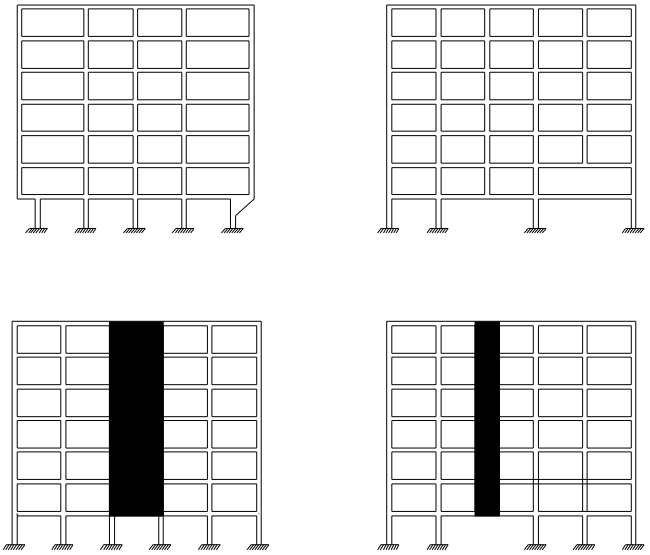
B2-Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat) :

Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir i'inci kattaki ortalama göreli kat ötelemesi oranının bir üst veya bir alt kattaki ortalama göreli kat ötelemesine bölünmesi ile tanımlanan *Rijitlik Düzensizliği Katsayısı* η_{ki} 'nin 2.0'den fazla olması durumudur.

C20, C25 ve C30 beton sınıflarına göre analiz edilen yapıda her kat için iki doğrultuya göre de kontrol yapılmış ortalama göreli kat ötelemesinin bir üst veya bir alt kattaki ortalama göreli kat ötelemesine oranının en fazla 1.6 olduğu görülmüştür.Bunun sonucunda yapıda B2 türü düzensizlik olmadığı sonucuna varılmıştır.

B3-Taşıyıcı Sistemin Düşey Elemanlarının Süreksizliği:

Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının (kolon veya perdelerin) bazı katlarda kaldırılarak kirişlerin veya guseli kolonların üstüne veya ucuna oturtulması, ya da üst kattaki perdelerin altta kolonlara veya kirişlere oturtulması durumudur (Şekil 4.11).

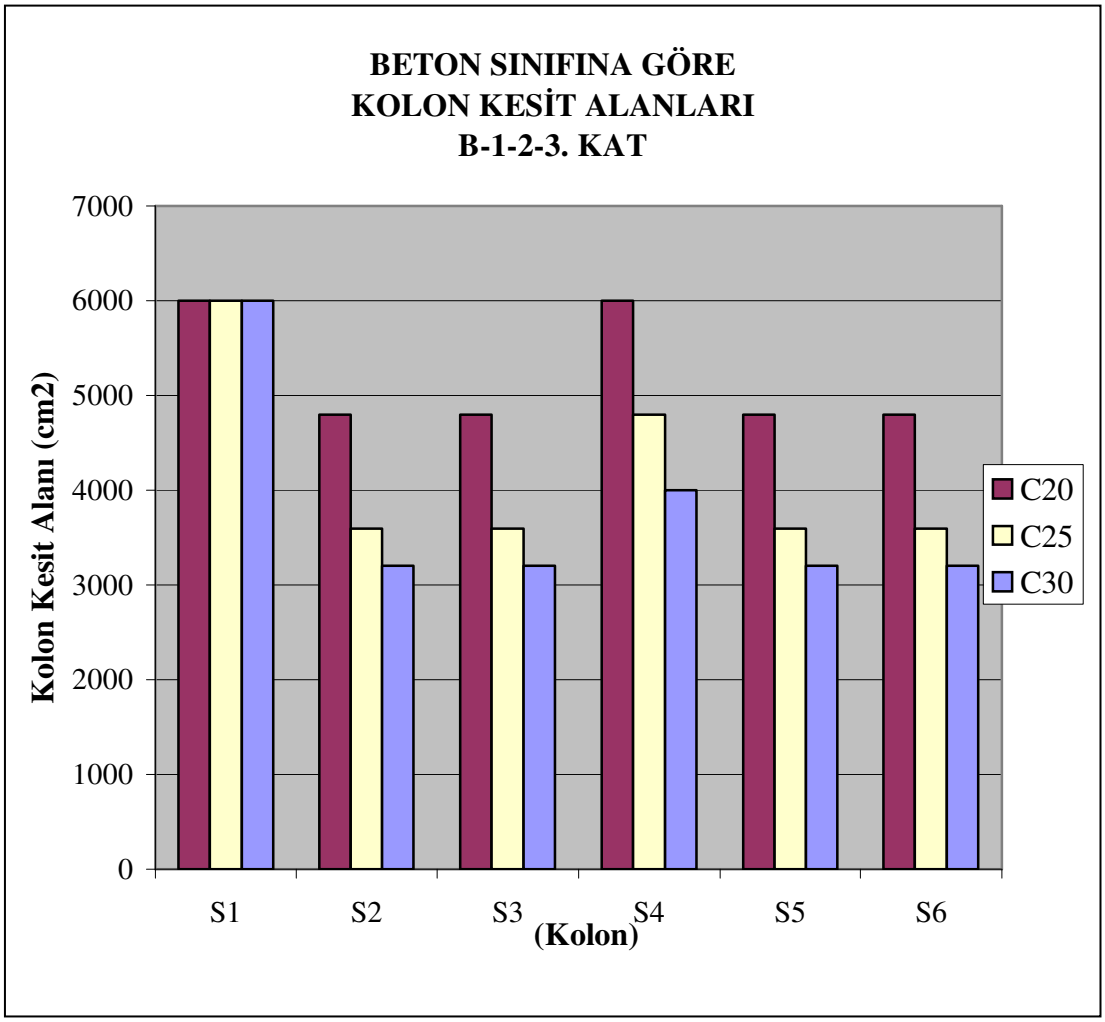


Şekil 4.11 : Taşıyıcı Sistemin Düşey Elemanlarının Süreksizliği

Yapıda yukarıdaki şekilde yer alan durumlardan hiçbiri bulunmamaktadır.Yapıda tüm perde ve kolonlar hiçbir katta kesintiye uğramadan temelden en üst kata kadar devam etmektedir.Sonuç olarak yapıda B3 türü düzensizlik bulunmamaktadır.

5. ANALİZ SONUÇLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

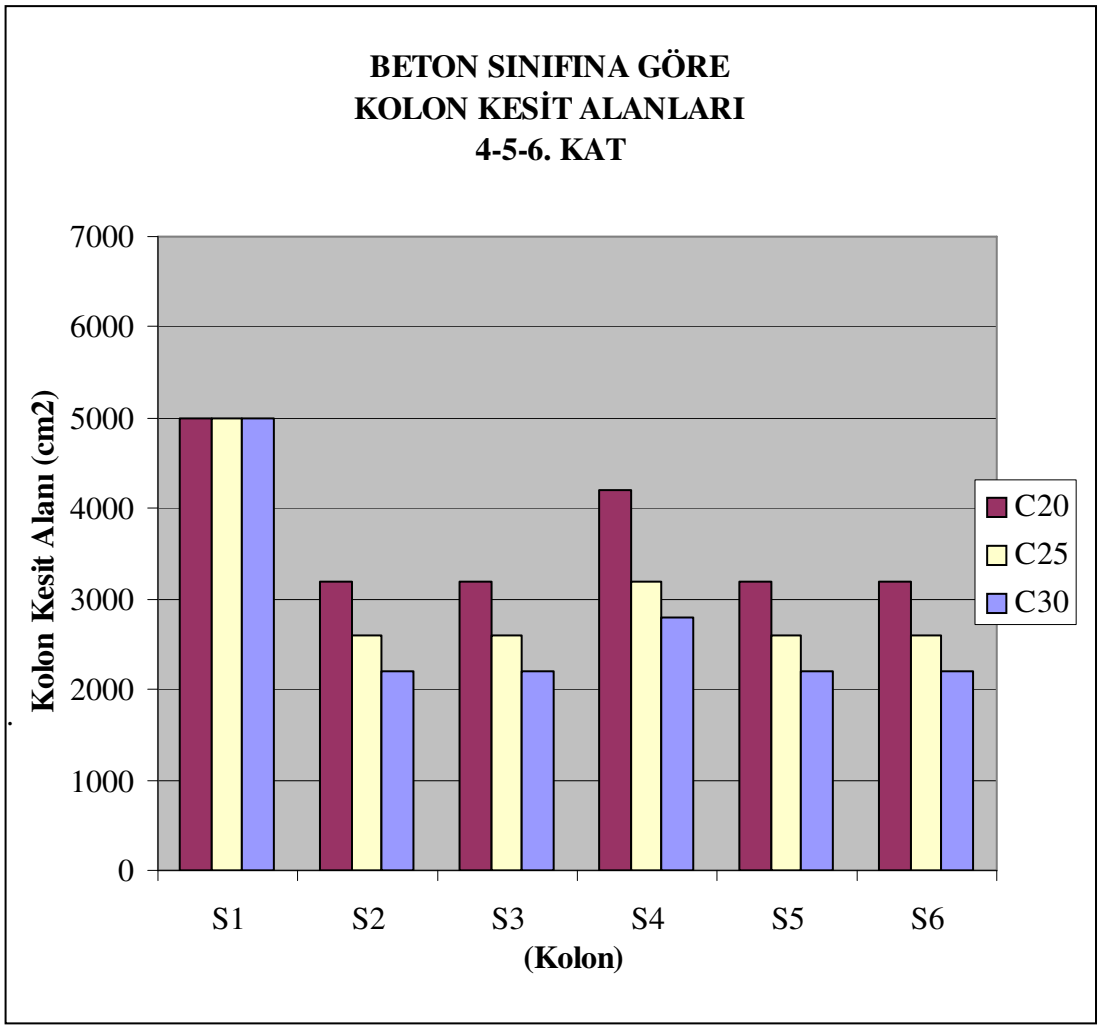
Beton sınıfının taşıyıcı sistem davranışına etkisini görmek amacı ile yapı üç farklı beton sınıfına göre analiz edilmiş ve her bir beton sınıfına göre bulunan değerler aşağıdaki çizelgelerde karşılaştırılmıştır.



Şekil 5.1 : B-1-2-3. Kat Kolon Kesit Alanları

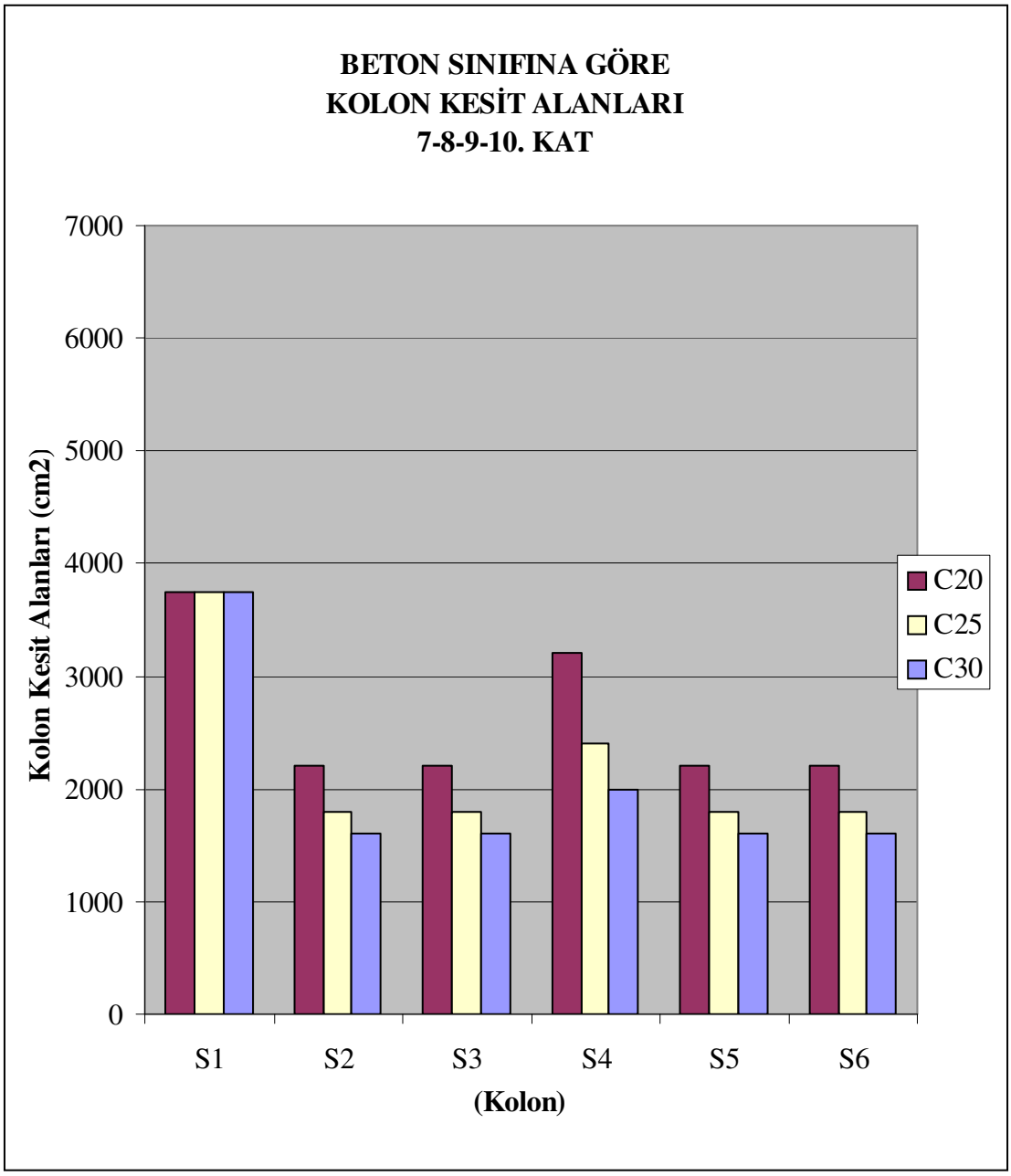
Şekil 5.1'de bodrum, 1, 2 ve 3. katlardaki aynı kesite sahip kolonların kesit alanlarının, beton sınıfı arttıkça, normal kuvvet taşıma kapasiteleri arttığı için azaldığı görülmektedir. S1 kolonunun bir boyutu balkonun bir kenarıyla aynı olduğu için, beton sınıfı değişmesine rağmen mimari nedenle kolonun kesitinde bir değişiklik yapılmamıştır.

S2,S3,S5,S6 kolonlarının kesit alanlarında C20 beton sınıfıyla karşılaştırıldığında, C25 beton sınıfı kullanıldığında %25, C30 beton sınıfı kullanıldığında %33 azalma olduğu görülmektedir. S4 kolonunun kesitinde ise bu azalma C20 beton sınıfıyla karşılaştırıldığında, C25 beton sınıfı için %20, C30 beton sınıfı için % 33 olmaktadır.



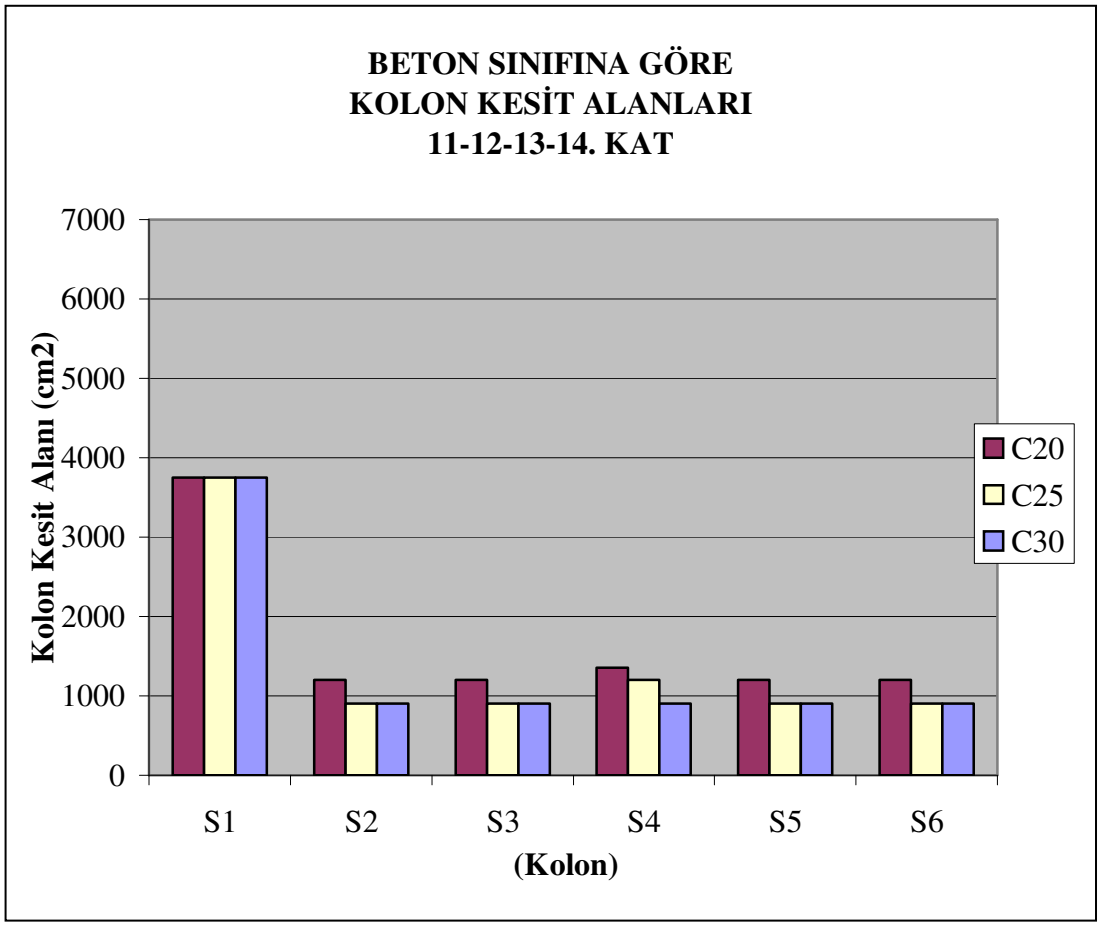
Şekil 5.2 : 4-5-6. Kat Kolon Kesit Alanları

Şekil 5.2'de 4, 5 ve 6. katlarda aynı kesite sahip kolonların kesit alanlarının beton sınıfı arttıkça normal kuvvet taşıma kapasitesi arttığı için azaldığı görülmektedir. S2, S3, S5, S6 kolonlarının kesit alanlarında, C20 beton sınıfıyla karşılaştırıldığında, C25 beton sınıfı kullanıldığında %19, C30 beton sınıfı kullanıldığında %31 azalma olduğu görülmektedir. S4 kolonunun kesitinde ise bu azalma C20 beton sınıfıyla karşılaştırıldığında, C25 beton sınıfı için %24, C30 beton sınıfı için %33 olmaktadır.



Şekil 5.3 : 7-8-9-10. Kat Kolon Kesit Alanları

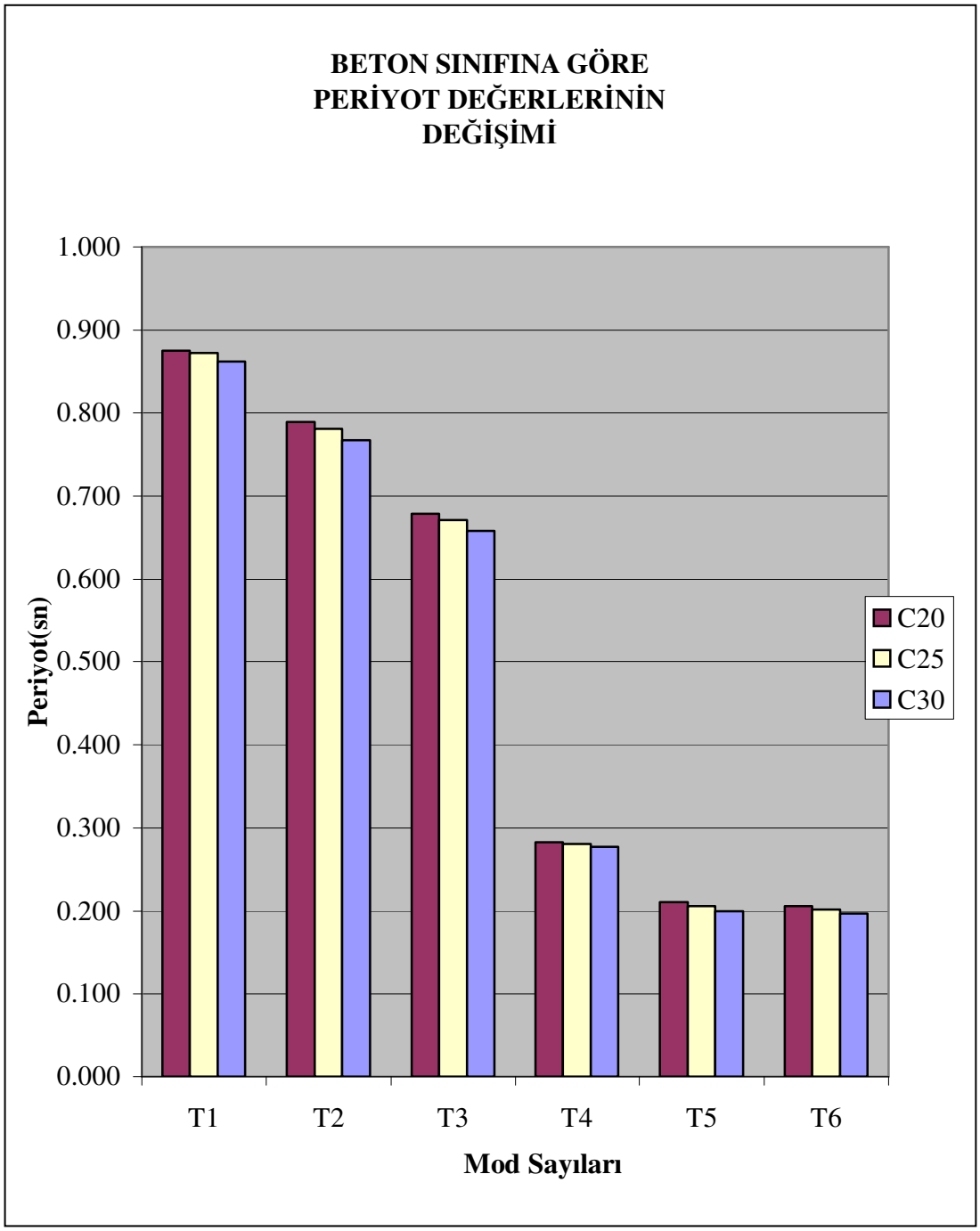
Şekil 5.3'te 7, 8, 9 ve 10. katlardaki aynı kesite sahip kolonların kesit alanlarının beton sınıfı arttıkça normal kuvvet taşıma kapasitesi arttığı için azaldığı görülmektedir. S2, S3, S5, S6 kolonlarının kesit alanlarında, C20 beton sınıfıyla karşılaştırıldığında, C25 beton sınıfı kullanıldığında %18, C30 beton sınıfı kullanıldığında %27 azalma olduğu görülmektedir. S4 kolonunun kesitinde ise bu azalma C20 beton sınıfıyla karşılaştırıldığında, C25 beton sınıfı için %25, C30 beton sınıfı için %37.5 olmaktadır.



Şekil 5.4 : 11-12-13-14. Kat Kolon Kesit Alanları

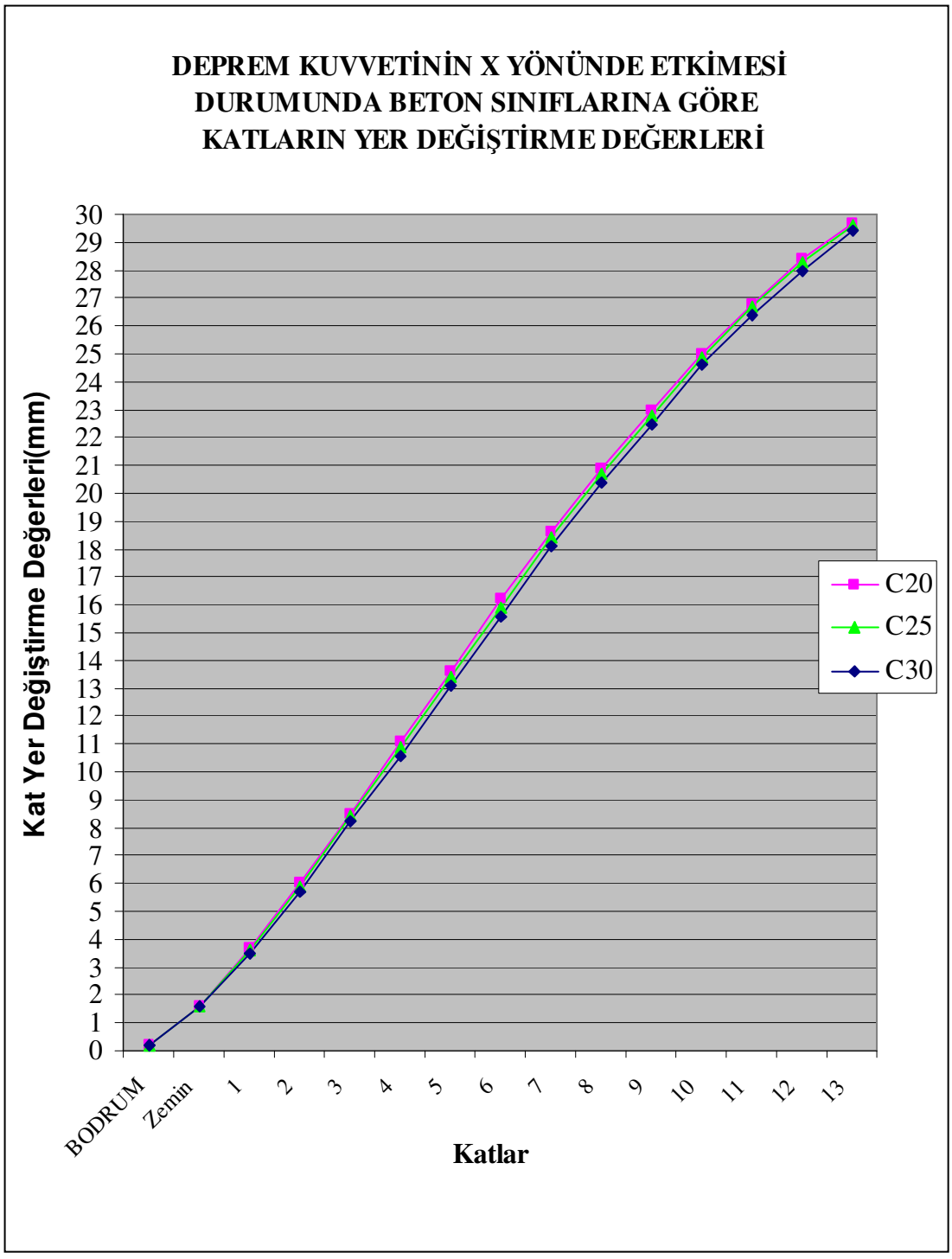
Şekil 5.4'te 11, 12 , 13 ve 14. katlardaki aynı kesite sahip kolonların kesit alanlarının beton sınıfı arttıkça normal kuvvet taşıma kapasitesi arttığı için azaldığı görülmektedir. S2, S3, S5, S6 kolonlarının kesit alanlarında C20 beton sınıfıyla karşılaştırıldığında, C25 beton sınıfı kullanıldığında %25 mertebesinde azalma olduğu, C30 beton sınıfı kullanıldığında da bu azalmanın yine %25 mertebesinde olduğu görülmektedir. Azalma miktarının diğer katlara göre daha az olmasının nedeni, her beton sınıfı için bu katlarda seçilen kolon kesit alanının Deprem Yönetmeliğinde (2007) izin verilen minimum kesit alanına (900 cm^2) eşit olmasıdır.. S4 kolonunda ise bu azalma C20 beton sınıfıyla karşılaştırıldığında, C25 beton sınıfı için %25, C30 beton sınıfı için % 33 olmaktadır.

Yukarıdaki şekillerde verilen sonuçlar C20 beton sınıfı sonuçları ile karşılaştırıldığında, C25 beton sınıfı için kolon kesit alanlarında yaklaşık yaklaşık %20~%25 arasında bir değişim olduğu, C30 beton sınıfı için ise %30~%33 arasında bir değişim olduğu söylenebilir.



Şekil 5.5 : Periyot Değerlerinin Değişimi

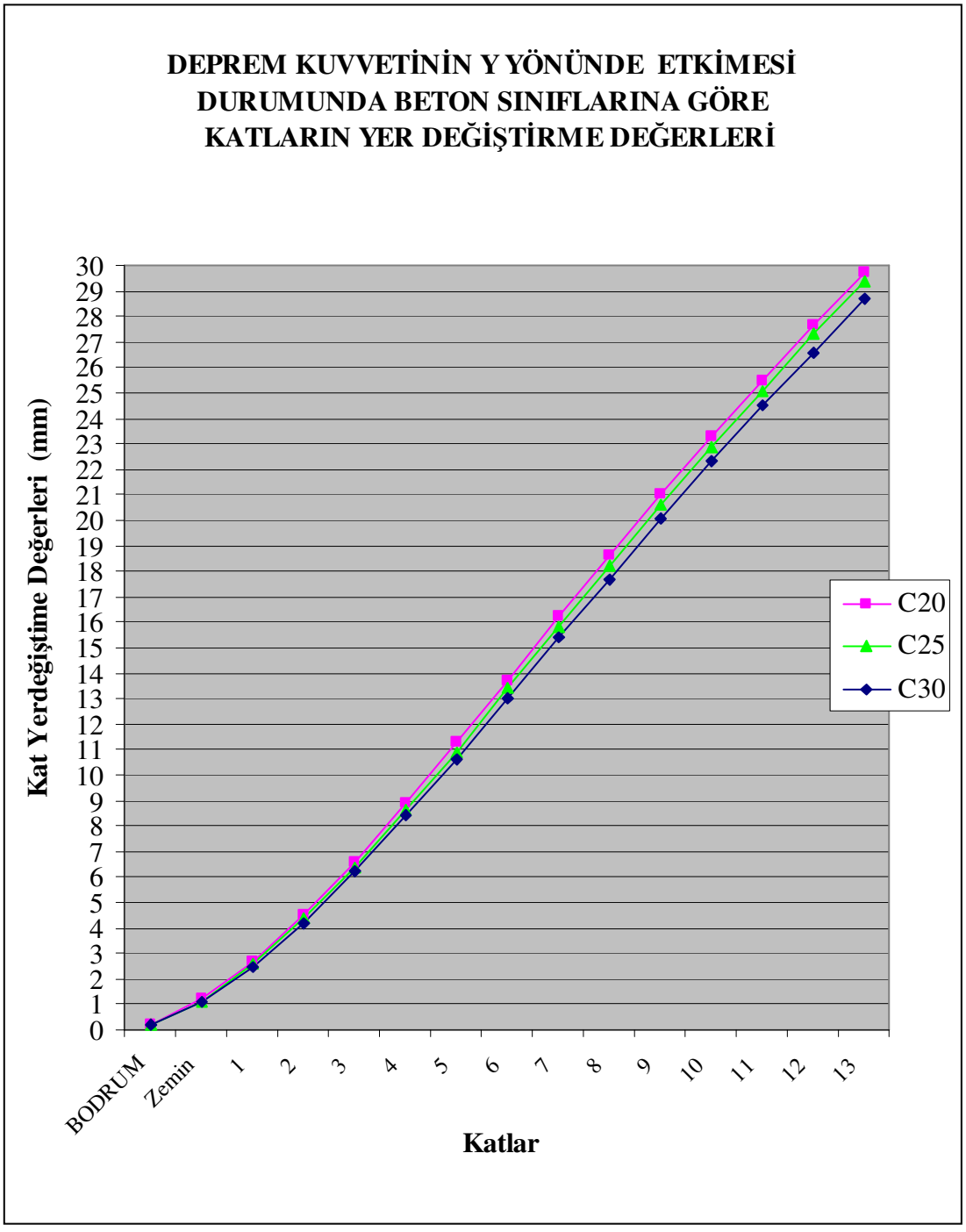
Şekil 5.5'te yapının ilk 6 moduna karşı gelen periyotlarının, farklı beton sınıfları kullanılması halindeki değerleri grafik gösterimi ile verilmiştir. Yapının titreşim periyodu, beton sınıfı yükseldikçe kolon kesit alanı küçüldüğü için ağırlığın düşmesine bağlı olarak azalmıştır. Yapıya hakim olan 1.periyottaki değişim C20 beton sınıfı esas alınarak karşılaştırıldığında, C25 beton sınıfı için %0.26 mertebesinde, C30 betonu için %1 mertebesinde azalma yönünde olduğu görülmektedir.



Şekil 5.6 : X Yönünde Kat Yer Değiştirme Değerlerinin Karşılaştırılması

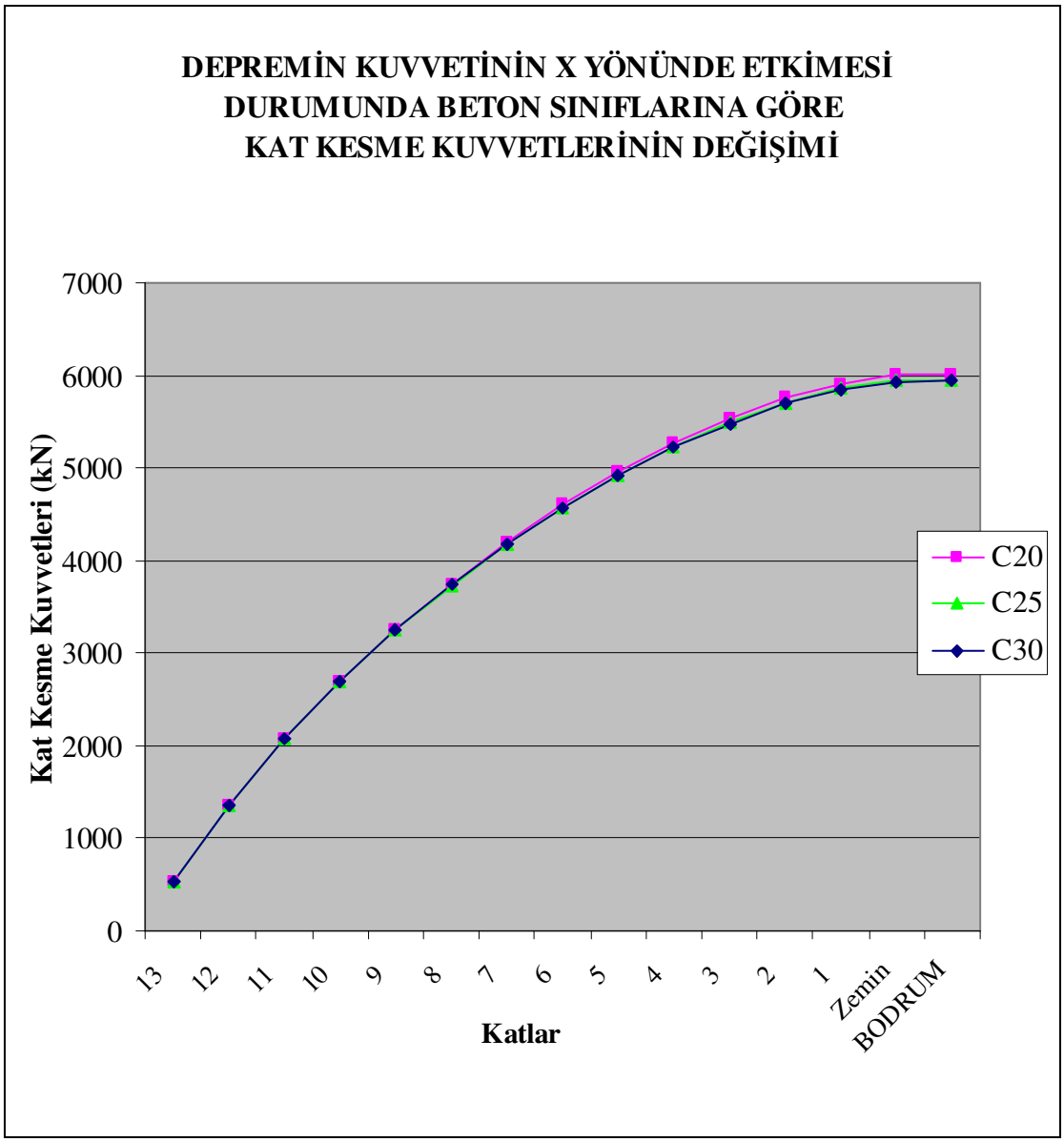
Şekil 5.6'da deprem kuvvetinin binaya X yönünde etkimesi sonucunda kat hizalarında oluşan maksimum yerdeğiştirme değerleri 3 farklı beton sınıfı için gösterilmiştir. Beton sınıfının artırılması sonucu kolon kesitleri azaldığından yapı ağırlığı azaldığı için beklendiği gibi yapıya etki eden deprem kuvveti azalmıştır. Şekil 5.6'da yer değiştirme değerlerinin, bodrum katı perdelerle çevrili olduğu için

en alt katta yaklaşık aynı değerlerde olduğu görülmektedir. Üst katlara çıkıldıkça yerdeğiştirmelerin arttığı ve yer değiştirme değerlerinin beton sınıfına bağlı olarak farklı değerler aldığı görülmektedir. Yapıda oluşan maksimum yer değiştirme değerinin C20 beton sınıfı esas alınarak karşılaştırıldığında, C25 beton sınıfı için %1.8, C30 beton sınıfı için % 3.7 mertebesinde azaldığı gözlenmiştir.



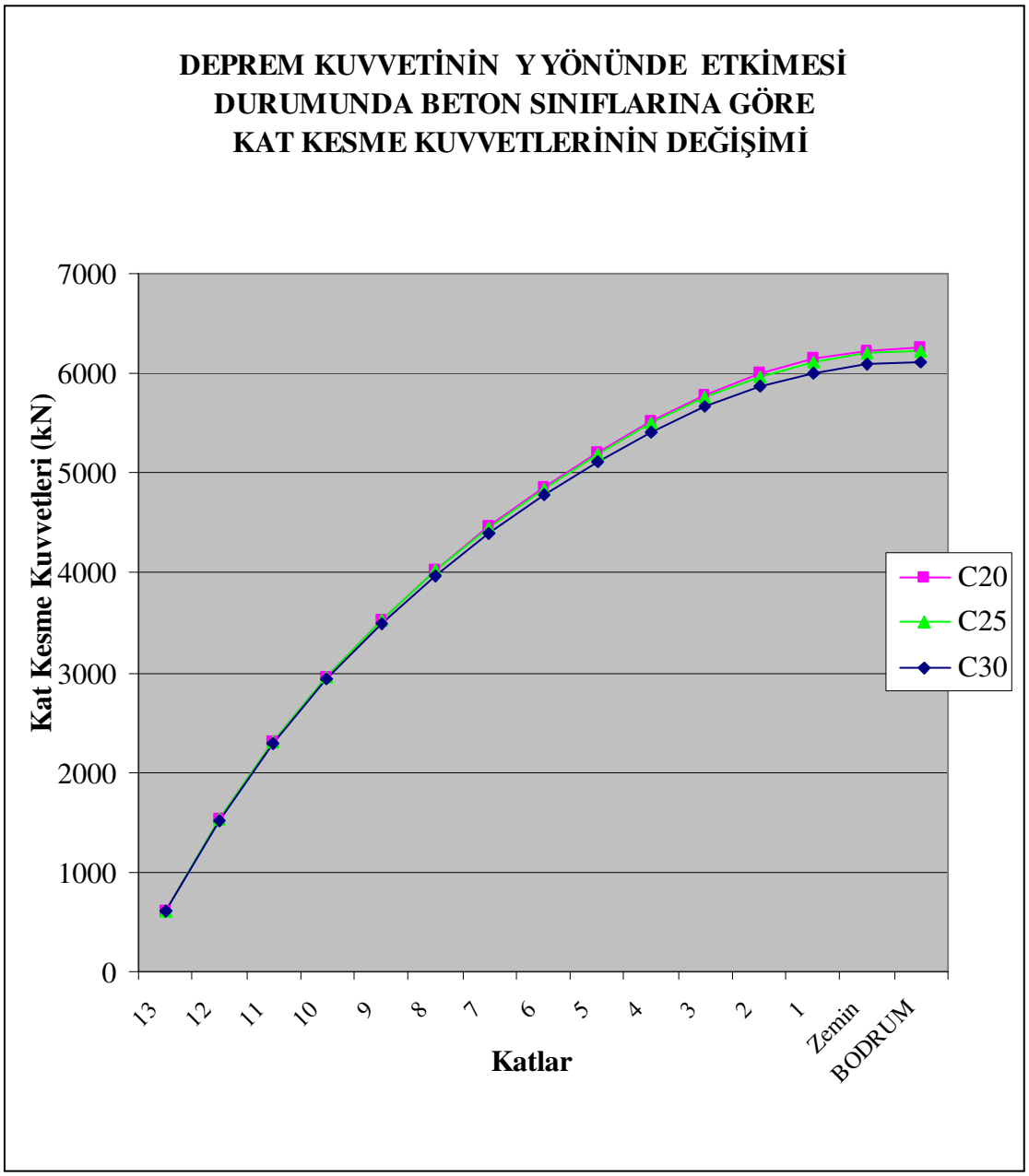
Şekil 5.7 : Y Yönünde Kat Ötelenme Değerlerinin Karşılaştırılması

Şekil 5.7'de deprem kuvvetinin binaya Y yönünde etkimesi sonucunda kat hizalarında oluşan maksimum yerdeğiştirme değerleri üç farklı beton sınıfı için gösterilmiştir.Beton sınıfının artırılması sonucu kolon kesitleri azaldığından yapı ağırlığı azaldığı için beklenildiği gibi yapıya etki eden deprem kuvveti azalmıştır. Şekil 5.7'de görülen yerdeğiştirme değerlerinin bodrum katı perdelerle çevrili olduğu için en alt katta yaklaşık aynı değerlerde olduğu görülmektedir.Üst katlara çıkıldıkça yerdeğiştirmelerin arttığı ve yerdeğiştirme değerlerinin beton sınıfına baplı olarak farklı değerler aldığı görülmektedir görülmektedir. Yapıda oluşan maksimum yerdeğiştirme değerinin C20 beton sınıfı esas alınarak karşılaştırıldığında, C25 beton sınıfı için %1.9, C30 beton sınıfı için % 4.2 mertebesinde azaldığı gözlemlenmiştir.



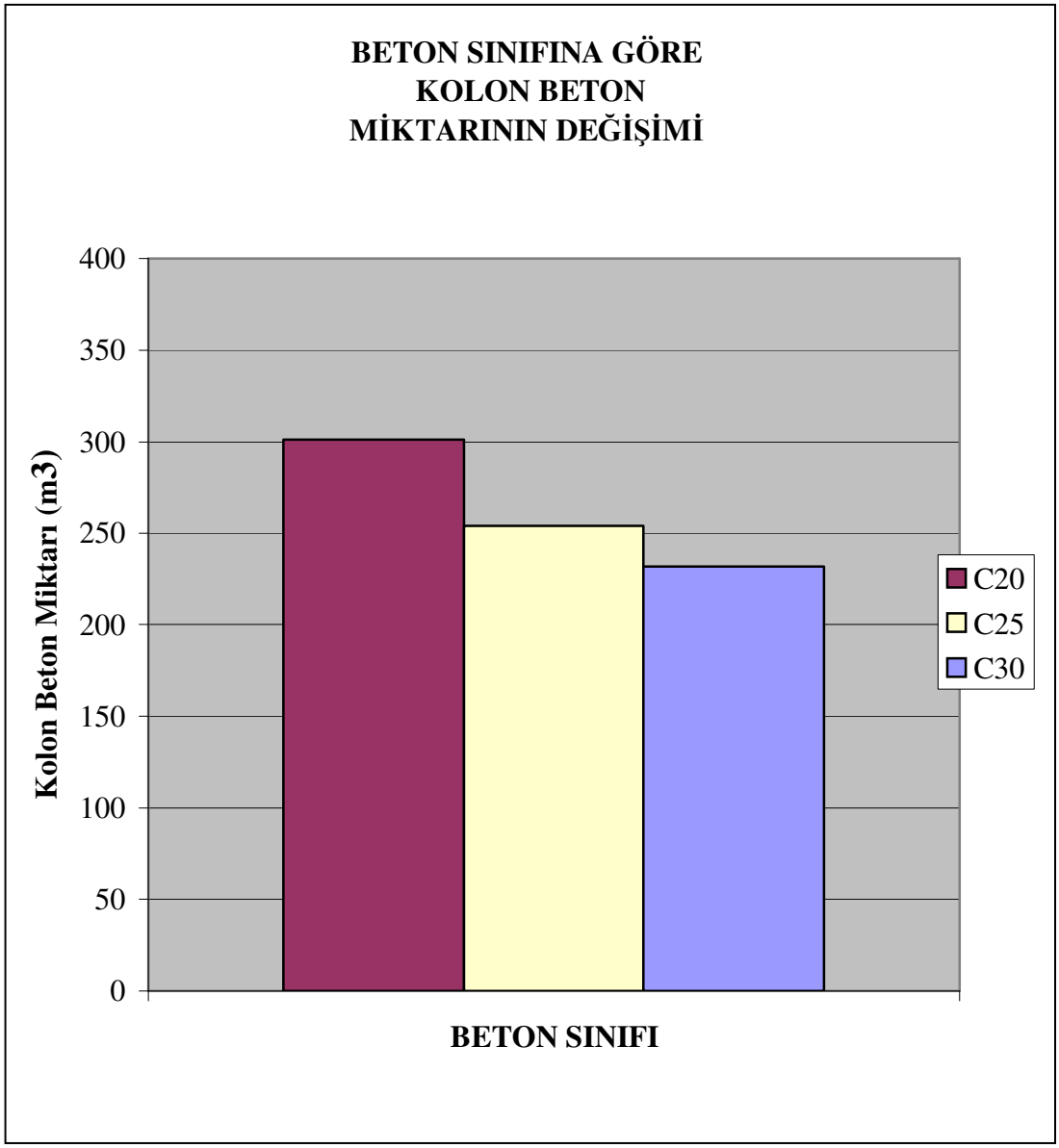
Şekil 5.8 : X Yönünde Kat Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması

Şekil 5.8'de deprem kuvvetinin binaya X yönünden etkimesi sonucunda oluşan kat kesme kuvvetlerinin, farklı beton sınıfları kullanılması durumunda kat hizalarındaki değerleri ve değişimi görülmektedir. Beton sınıfının artırılması sonucunda kolon kesit alanları azaldığı ve bunu sonucunda binanın ağırlığında meydana gelen azalmadan dolayı binaya etki edecek deprem kuvveti de azaldığı için beklenildiği gibi kat kesme kuvveti değerlerinde düşüş görülmüştür.Tabanda oluşacak maksimum kesme kuvveti C20 beton sınıfı kullanılan yapıyla karşılaştırıldığında, C25 beton sınıfı kullanıldığında %1 mertebesinde, C30 beton sınıfı kullanıldığında % 1.3 mertebesinde azalmıştır.



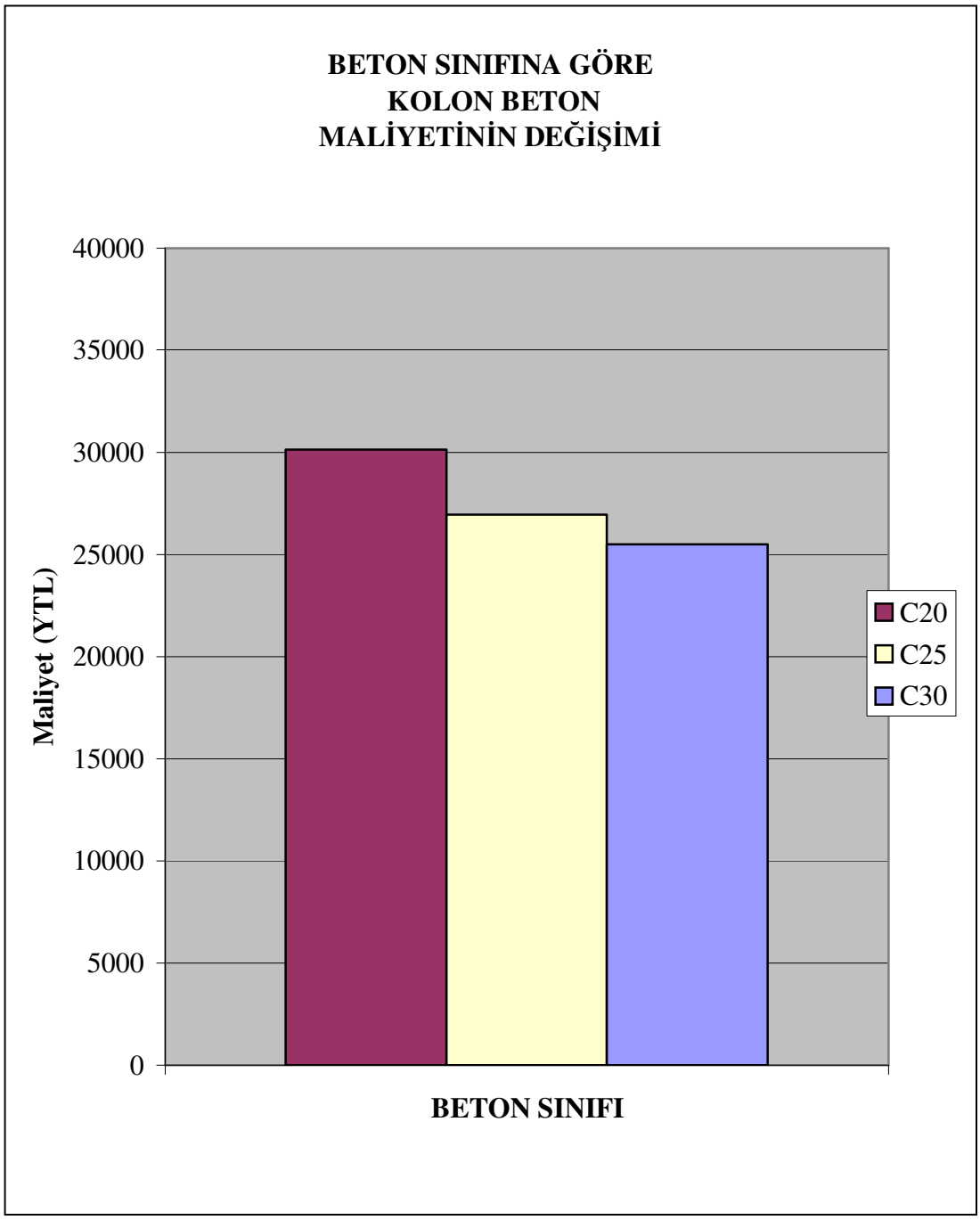
Şekil 5.9 : Y Yönünde Kat Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması

Şekil 5.9'da binaya deprem kuvvetinin Y yönünde etkimesi sonucunda oluşan kat kesme kuvvetlerinin, farklı beton sınıfları kullanılması durumunda kat hizalarındaki değerleri ve değişimi görülmektedir.Beton sınıfının artırılması sonucunda kolon kesit alanları azaldığı ve bunun sonucunda binanın ağırlığında meydana gelen azalmadan dolayı binaya etki edecek deprem kuvveti de azaldığı için kat kesme kuvveti değerlerinde düşüş görülmüştür. Tabanda oluşacak maksimum kesme kuvvetinin C20 beton sınıfı kullanılan yapıyla karşılaştırıldığında, C25 beton sınıfı kullanıldığında %0.8, C30 beton sınıfı kullanıldığında % 2 mertebesinde azaldığı sonucuna varılmıştır.



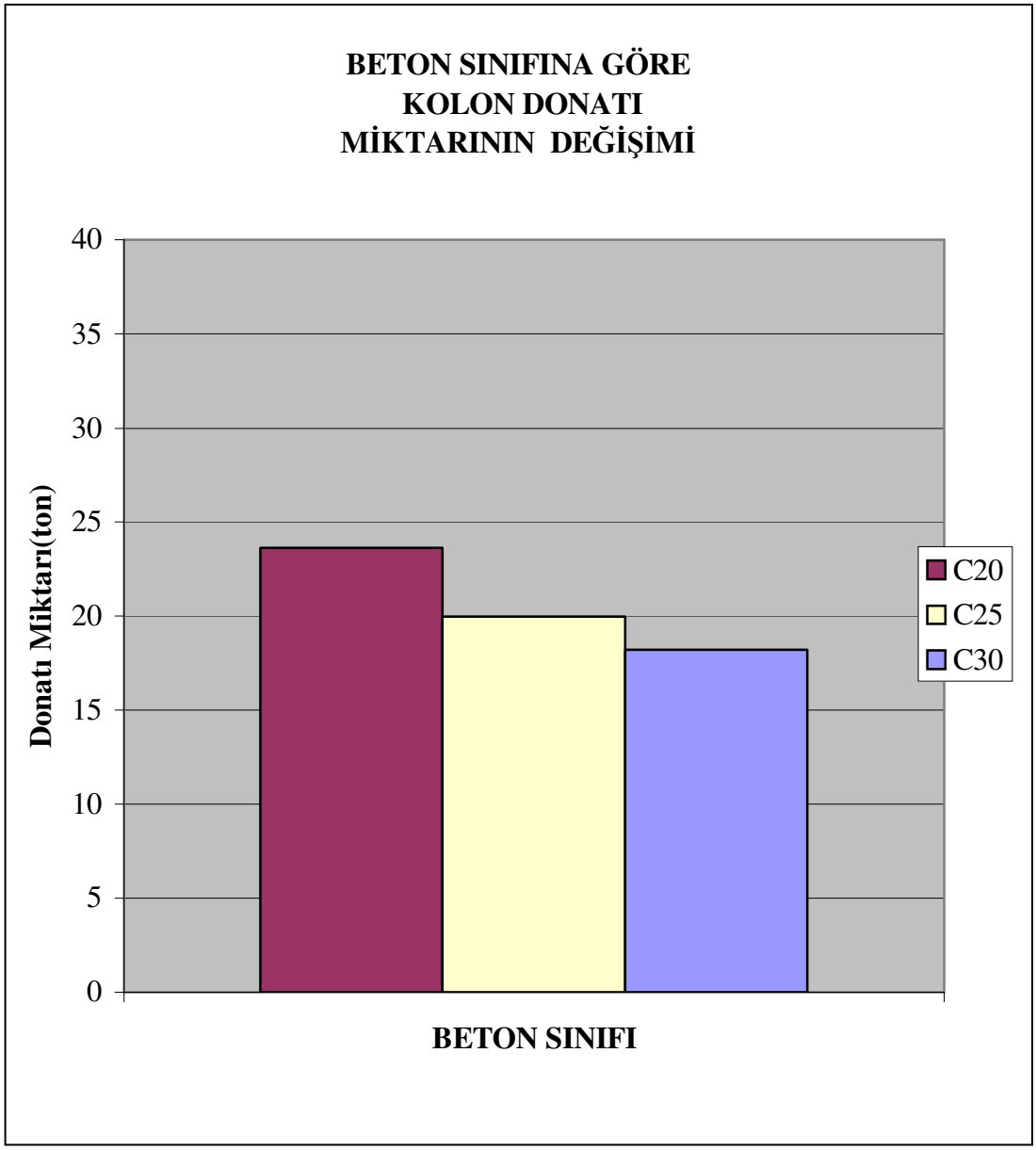
Şekil 5.10 : Kolon Beton Miktarı

Şekil 5.10'da farklı beton sınıfı kullanılması durumunda kolon için gerekli beton miktarının değişimi gösterilmektedir. Beton sınıfının artması sonucu kolon kesit alanları azaltıldığından kolon için gerekli beton miktarı azalmaktadır.Beton metrajındaki bu azalma C20 beton sınıfıyla karşılaştırıldığında, C-25 beton sınıfı kullanıldığında %16, C30 beton sınıfı kullanıldığında % 23 mertebesinde olmaktadır.



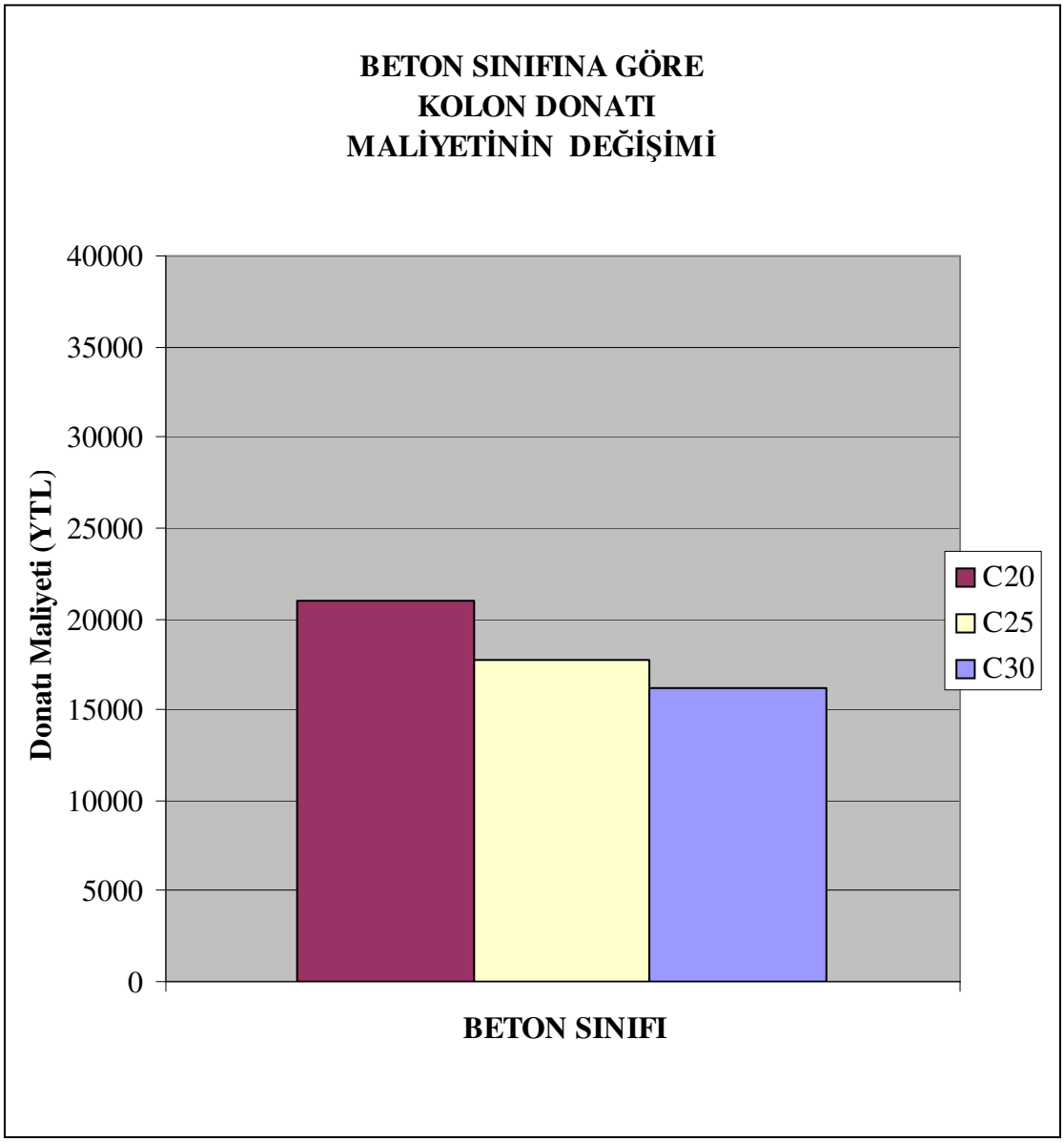
Şekil 5.11 : Kolon Beton Maliyeti

Şekil 5.11'de farklı beton sınıfı kullanılması durumunda tüm kat kolonlarının beton maliyetinin değişimi gösterilmektedir.Bilindiği gibi beton sınıfının birim metreküp miktarının fiyatı çok az da olsa beton sınıfı yükseldikçe yükselmektedir. Ancak beton miktarı daha büyük oranda azaldığından toplam maliyette azalma olduğu görülmektedir. Beton maliyetindeki bu azalma C20 beton sınıfıyla karşılaştırıldığında , C25 beton sınıfı kullanıldığında %11, C30 beton sınıfı kullanıldığında % 16 mertebesinde olmaktadır. Mühendislik de emniyetten sonra ekonominin de önemli bir yeri olduğu gözönüne alınırsa beton maliyetinde önemli mertebede bir azalma olduğu görülmektedir.



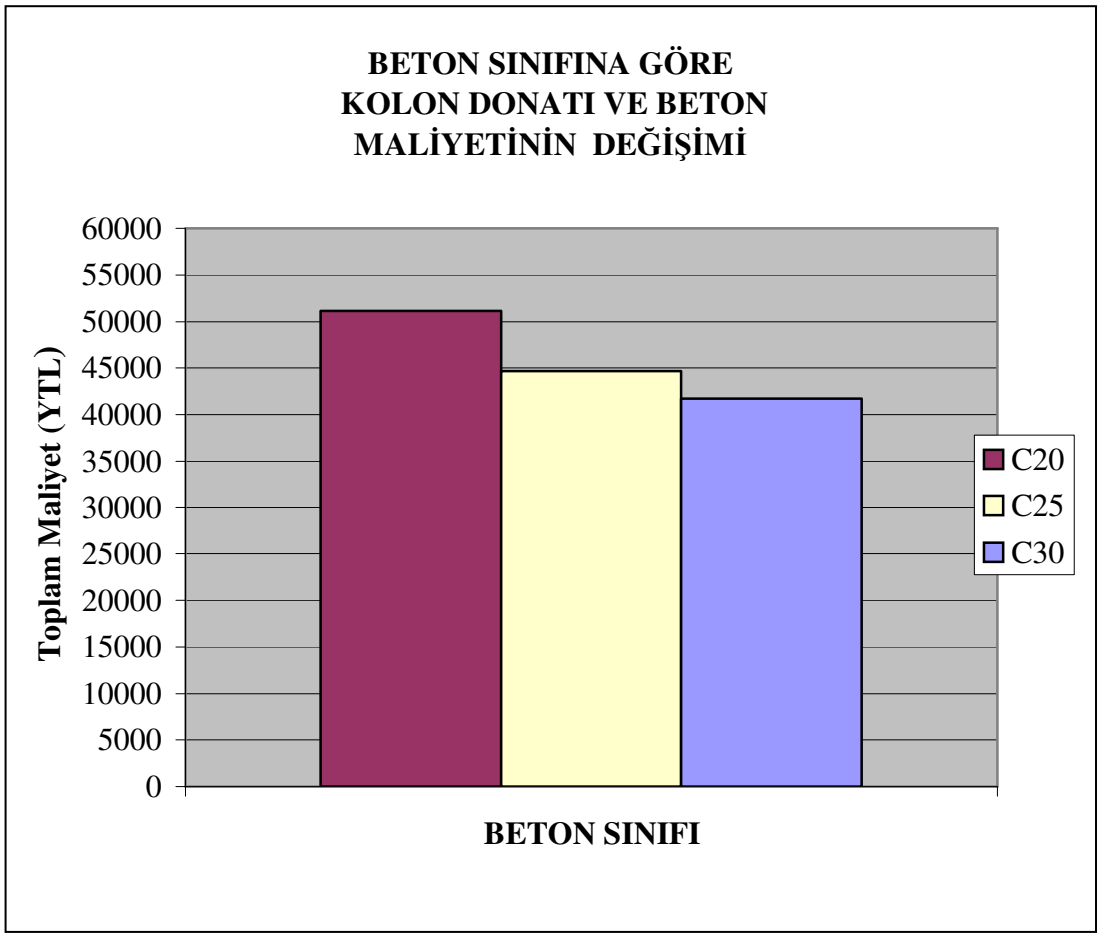
Şekil 5.12 : Kolon Donatı Miktarı

Şekil 5.12'de farklı beton sınıfı kullanılması durumunda tüm kat kolonlarındaki toplam donatı miktarının değişimi gösterilmektedir. Beton sınıfının artması sonucu kolon kesit alanları azalmasına rağmen kolon donatı oranı her beton sınıfında minimum çıktığı için kolon donatı oranında bir değişim gözlenmemiştir. Ancak toplam donatı miktarı kesit azaldığı için azalmaktadır. Kolon donatı miktarındaki bu azalma C20 beton sınıfıyla karşılaştırıldığında, C25 beton sınıfı kullanıldığında %16, C30 beton sınıfı kullanıldığında % 23 mertebesinde olmaktadır.Görüldüğü gibi tüm kolonlarda kolon donatı oranı minimum değer aldığı için kolonlardaki toplam donatı miktarındaki değişim, kolonlardaki toplam beton miktarındaki değişim ile aynı olmaktadır.



Şekil 5.13 : Kolon Donatı Maliyeti

Şekil 5.13'te farklı beton sınıfı kullanılması durumunda tüm kat kolonlarındaki donatı maliyetinin değişimi gösterilmektedir.Kolon donatı maliyetindeki azalma C20 beton sınıfıyla karşılaştırıldığında, C25 beton sınıfı için %16, C30 beton sınıfı için % 23 mertebesinde olmaktadır.Görüldüğü gibi kolonlardaki toplam donatı maliyetindeki değişim, kolonlarda minimum donatı kullanılması nedeniyle kolonlardaki toplam beton maliyetindeki değişim ile aynı olmaktadır.



Şekil 5.14 : Toplam Kolon Beton Ve Donatı Maliyeti

Şekil 5.14'te farklı beton sınıfı kullanılması durumunda kolonlardaki toplam donatı ve beton maliyetinin değişimi gösterilmektedir.Kolonlardaki toplam beton ve donatı maliyetindeki azalma C20 beton sınıfıyla karşılaştırıldığında, C25 beton sınıfı için %13, C30 beton sınıfı için %19 mertebesinde olmaktadır. Görüldüğü gibi kolonlardaki toplam beton ve donatı maliyetinde, beton sınıfı artırıldığında önemli mertebelerde ekonomi sağlanabileceği görülmektedir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Analizi yapılan 15 katlı yapıda uygun taşıyıcı sistemin seçiminin ve beton kalitesinin artmasının dayanım, rijitlik ve ekonomiklik açısından olumlu sonuçlara yol açtığı görülmektedir.Yapının taşıyıcı sistemi perde ve çerçevelerden oluşan bir sistem olarak seçilmiştir. Yapıda ekstra burulma etkilerinin oluşmaması için yapının rijitlik merkezi ile ağırlık merkezinin birbirine yakın olması gerekmektedir. Bu yüzden yapının perdeleri rijitlik merkezi ağırlık merkezinden uzaklaşmayacak şekilde X ve Y eksenlerine göre simetrik olarak sisteme yerleştirilmiştir. Çalışmamızda sırasıyla önce yapı ile ilgili zemin, deprem parametreleri ve malzemeler belirlenmiş daha sonra yük analizi ve yapı elemanlarının ön boyutlandırması yapılarak döşemelerin betonarme hesabına geçilmiştir. Kolonların ön boyutlandırmaları, beton sınıfına göre normal kuvvet taşıma kapasiteleri değiştiği için C20, C25 ve C30 beton sınıfları için ayrı ayrı yapılmıştır. Daha sonra yapı çubuk ve levha elemanlarla 3 boyutlu olarak modellenmiş, düşey ve yatay yükler altında analiz edilmiştir. Bu analiz her beton sınıfı için tekrarlanmış bulunan sonuçlar Deprem Yönetmeliği'ne (2007) ve TS-500'e göre kontrol edilmiş ve her beton sınıfı için bulunan sonuçlar karşılaştırılarak yorumlanmıştır.

Aynı yapının farklı analizler sonucu bulunan periyot, kat ve taban kesme kuvveti, yerdeğiştirme değerleri, kolon beton ve donatı miktarları ve toplam maliyetler karşılaştırılmıştır. C20 beton sınıfıyla yapılan analizle C25 beton sınıfıyla yapılan analiz karşılaştırıldığında periyot değerleri % 0.26, taban kesme kuvvetleri X yönünde %1, Y yönünde % 0.8, yerdeğiştirme değerleri X yönünde % 1.8, Y yönünde % 1.9 azalmaktadır. C20 beton sınıfıyla yapılan analizle C30 beton sınıfıyla yapılan karşılaştırıldığında bu değişim periyot değerlerinde %1, taban kesme kuvvetlerinde X yönünde %1.3, Y yönünde % 2, yer değiştirme değerlerinde X yönünde %3.7, Y yönünde %4.2 mertebesinde azalma şeklinde olmaktadır.

Dinamik analiz sonucu bulunan deprem kuvvetlerinin meydana getirdiği momentlerin büyük çoğunluğu perdeler tarafından karşılanmakta, kolonlarda çok küçük moment değerleri oluşmaktadır. Bundan dolayı kolonlarda hesaplanan donatı oranı tüm kolonlarda minimum çıkmıştır. Buna bağlı olarak da donatı miktarının azalma oranı kolon kesit alanının azalma oranıyla paralellik göstermektedir. C20 ile C25 beton sınıfları karşılaştırıldığında tüm kolon beton ve donatı miktarlarında miktarlarında % 16 mertebesinde olan azalma, C20 ve C30 beton sınıfları karşılaştırıldığında %23 gibi bir değere ulaşmıştır.

Üç beton sınıfının kullanımının maliyete olan etkisi de incelenmiş ve sonuçlara ulaşılmıştır. Beton sınıfının artması kolon kesitlerinde ciddi mertebelerde ekonomiklik sağlamış olup C20 ve C25 beton sınıfları karşılaştırıldığında kolon beton maliyetinde %11, donatı maliyetinde %16, toplam maliyette de %13 oranında bir azalma olduğu sonucuna varılmıştır.Aynı karşılaştırma C20 ve C30 beton sınıfları için yapıldığında kolon beton maliyetinde %16, donatı maliyetinde %23, toplam maliyette de %19 gibi önemli oranda bir azalma olduğu gözlenmiştir.Yapıların beton kalitesinin artması sonucu birim fiyatlarında çok az miktarda artış olmakta ancak kolon kesitleri önemli oranlarda azalmakta bunun sonucunda yapı maliyetinde önemli sayılabilecek mertebelerde ekonomi sağlanabileceği görülmektedir. Bununla birlikte beton kalitesinin yükselmesi, ekonomi sağlaması dışında betonun durabilitesini yani betonun zaman içinde dış etkilere karşı gösterdiği dayanıklılığı da artırarak yapının servis ömrünü uzatır.

KAYNAKLAR

[1] **Ersoy, U., Özcebe, G.,** 2001. Betonarme, Evrim Yayınevi, İstanbul.

[2] **Celep, Z. ve Kumbasar, N.,** 2005. Betonarme Yapılar, Beta Dağıtım, İstanbul.

[3] **Doğangün, A.** 2007. Betonarme Yapıların Hesap ve Tasarımı, Birsen Yayınevi, İstanbul.

[4] **Amil, P. A., Aydın, A. C.,** *Betonarme Yapılarda Taşıyıcı Sistem Tasarımı*, Atatürk Üniversitesi, İ Erzurum.

[5] **Atımtay, E.,** 2000. Çerçeveli ve Perdeli Betonarme Sistemlerin Tasarımı, Ankara.

[6] **Celep, Z. ve Kumbasar, N.,** 2004. Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, Beta Dağıtım, İstanbul

[7] **Celep, Z. ve Kumbasar, N.,** 2001. Yapı Dinamiği, Beta Dağıtımı, İstanbul.

[8] **Hasgür, Z., Gündüz, A. N.,** 1996. Betonarme Çok Katlı Yapılar, İstanbul.

[9] **Özgen, A., Sev, A.,** 2000. Çok Katlı Yüksek Yapılarda Taşıyıcı Sistemler, Birsen Yayınevi, İstanbul.

[10] **Özmen, G., Orakdöğen, E., Darılmaz, K.,** Örneklerle Etabs, Birsen Yayınevi, İstanbul.

[11] **ETABS User's Manual,** 1998. Computers and Structures Inc.Berkeley, California.

[12] **Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik,** 2007. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara.

[13] **TS-500**, 2000. Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, *Türk Standartları Enstitüsü,* Ankara.

[14] **TS-498**, 1997. Yapı Elemanların Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri, *Türk Standartları Enstitüsü,* Ankara.

EKLER

EK A : Kolonların Ön Boyutlandırma Çizelgeleri

Çizelge A.1 : C20 Beton Sınıfına Göre Kolon Kesitlerinin Belirlenmesi

Kat	Kolon	Döşemeler		Kirişten	Duvardan	Kolon	Üst Kattan gelen		∑		Nd	Ac	α.Ac	Boyutlar
	Adı	(g)	(q)	(g)	(g)	Ağırıkları	(g)	(q)	Ng	Nq	(kN)	(cm2)	(cm2)	(cmxcm)
14	S1401	65.950	10.320	35.520	0.000	10.097	0.000	0.000	111.567	10.320	172.706	172.706	224.518	30x125
	S1402	52.940	8.290	29.850	0.000	10.097	0.000	0.000	92.887	8.290	143.306	143.306	186.298	40x30
	S1403	37.920	5.940	25.160	0.000	10.097	0.000	0.000	73.177	5.940	111.952	111.952	145.537	30X40
	S1404	70.670	11.060	42.860	0.000	10.097	0.000	0.000	123.627	11.060	190.774	190.774	248.006	45X30
	S1405	38.170	5.970	24.910	0.000	10.097	0.000	0.000	73.177	5.970	112.000	112.000	145.600	40X30
	S1406	50.560	7.910	32.560	0.000	10.097	0.000	0.000	93.217	7.910	143.160	143.160	186.108	30X40
13	S1301	52.930	29.970	35.520	61.440	10.097	111.567	10.320	271.554	40.290	444.640	444.640	578.031	30x125
	S1302	37.920	18.090	29.850	47.880	10.097	92.887	8.290	218.634	26.380	348.296	348.296	452.784	40x30
	S1303	33.750	18.420	25.160	49.266	10.097	73.177	5.940	191.450	24.360	307.006	307.006	399.108	30X40
	S1304	62.470	29.510	42.860	49.950	10.097	123.627	11.060	289.004	40.570	469.518	469.518	610.373	45X30
	S1305	26.560	12.670	24.910	39.690	10.097	73.177	5.970	174.434	18.640	274.032	274.032	356.241	40X30
	S1306	45.460	21.120	32.560	36.390	10.097	93.217	7.910	217.724	29.030	351.262	351.262	456.640	30X40
12	S1201	52.930	29.970	35.520	61.440	10.097	271.554	40.290	431.541	70.260	716.573	716.573	931.545	30x125
	S1202	37.920	18.090	29.850	47.880	10.097	218.634	26.380	344.381	44.470	553.285	553.285	719.271	40x30
	S1203	33.750	18.420	25.160	49.266	10.097	191.450	24.360	309.723	42.780	502.060	502.060	652.678	30X40
	S1204	62.470	29.510	42.860	49.950	10.097	289.004	40.570	454.381	70.080	748.261	748.261	972.740	45X30
	S1205	26.560	12.670	24.910	39.690	10.097	174.434	18.640	275.691	31.310	436.063	436.063	566.882	40X30
	S1206	45.460	21.120	32.560	36.390	10.097	217.724	29.030	342.231	50.150	559.363	559.363	727.172	30X40
11	S1101	52.930	29.970	35.520	61.440	10.097	431.541	70.260	591.528	100.230	988.507	988.507	1285.059	30x125
	S1102	37.920	18.090	29.850	47.880	10.097	344.381	44.470	470.128	62.560	758.275	758.275	985.758	40x30

Çizelge A.1 (devam): C20 Beton Sınıfına Göre Kolon Kesitlerinin Belirlenmesi

Kat	Kolon	Döşemeler		Kirişten	Duvardan	Kolon	Üst Kattan gelen		∑		Nd	Ac	α.Ac	Boyutlar
	Adı	(g)	(q)	(g)	(g)	Ağırıkları	(g)	(q)	Ng	Nq	(kN)	(cm2)	(cm2)	(cmxcm)
11	S1103	33.750	18.420	25.160	49.266	10.097	309.723	42.780	427.996	61.200	697.114	697.114	906.249	30X40
	S1104	62.470	29.510	42.860	49.950	10.097	454.381	70.080	619.758	99.590	1027.005	1027.005	1335.107	45X30
	S1105	26.560	12.670	24.910	39.690	10.097	275.691	31.310	376.948	43.980	598.095	598.095	777.524	40X30
	S1106	45.460	21.120	32.560	36.390	10.097	342.231	50.150	466.738	71.270	767.465	767.465	997.705	30X40
10	S1001	52.930	29.970	35.520	61.440	20.608	591.528	100.230	762.026	130.200	1275.156	1275.156	1657.703	30X125
	S1002	37.920	18.090	29.850	47.880	20.608	470.128	62.560	606.386	80.650	977.980	977.980	1271.375	55X40
	S1003	33.750	18.420	25.160	49.266	20.608	427.996	61.200	556.780	79.620	906.884	906.884	1178.949	40X55
	S1004	62.470	29.510	42.860	49.950	20.608	619.758	99.590	795.646	129.100	1320.464	1320.464	1716.604	80X40
	S1005	26.560	12.670	24.910	39.690	20.608	376.948	43.980	488.716	56.650	774.842	774.842	1007.295	55X40
	S1006	45.460	21.120	32.560	36.390	20.608	466.738	71.270	601.756	92.390	990.282	990.282	1287.367	40X55
9	S901	52.930	29.970	35.520	61.440	20.608	762.026	130.200	932.524	160.170	1561.806	1561.806	2030.347	30X125
	S902	37.920	18.090	29.850	47.880	20.608	606.386	80.650	742.644	98.740	1197.686	1197.686	1556.991	55X40
	S903	33.750	18.420	25.160	49.266	20.608	556.780	79.620	685.564	98.040	1116.654	1116.654	1451.650	40X55
	S904	62.470	29.510	42.860	49.950	20.608	795.646	129.100	971.534	158.610	1613.924	1613.924	2098.101	80X40
	S905	26.560	12.670	24.910	39.690	20.608	488.716	56.650	600.484	69.320	951.590	951.590	1237.066	55X40
	S906	45.460	21.120	32.560	36.390	20.608	601.756	92.390	736.774	113.510	1213.100	1213.100	1577.029	40X55
8	S801	52.930	29.970	35.520	61.440	20.608	932.524	160.170	1103.022	190.140	1848.455	1848.455	2402.991	30X125
	S802	37.920	18.090	29.850	47.880	20.608	742.644	98.740	878.902	116.830	1417.391	1417.391	1842.608	55X40
	S803	33.750	18.420	25.160	49.266	20.608	685.564	98.040	814.348	116.460	1326.423	1326.423	1724.350	40X55
	S804	62.470	29.510	42.860	49.950	20.608	971.534	158.610	1147.422	188.120	1907.383	1907.383	2479.598	80X40
	S805	26.560	12.670	24.910	39.690	20.608	600.484	69.320	712.252	81.990	1128.337	1128.337	1466.838	55X40
	S806	45.460	21.120	32.560	36.390	20.608	736.774	113.510	871.792	134.630	1435.917	1435.917	1866.692	40X55
7	S701	52.930	29.970	35.520	61.440	20.608	1103.022	190.140	1273.520	220.110	2135.104	2135.104	2775.635	30X125

Çizelge A.1 (devam): C20 Beton Sınıfına Göre Kolon Kesitlerinin Belirlenmesi

Kat	Kolon	Döşemeler		Kirişten	Duvardan	Kolon	Üst Kattan gelen		∑		Nd	Ac	α.Ac	Boyutlar
	Adı	(g)	(q)	(g)	(g)	Ağırıkları	(g)	(q)	Ng	Nq	(kN)	(cm2)	(cm2)	(cmxcm)
7	S702	37.920	18.090	29.850	47.880	20.608	878.902	116.830	1015.160	134.920	1637.096	1637.096	2128.225	55X40
	S703	33.750	18.420	25.160	49.266	20.608	814.348	116.460	943.132	134.880	1536.193	1536.193	1997.051	40X55
	S704	62.470	29.510	42.860	49.950	20.608	1147.422	188.120	1323.310	217.630	2200.842	2200.842	2861.095	80X40
	S705	26.560	12.670	24.910	39.690	20.608	712.252	81.990	824.020	94.660	1305.084	1305.084	1696.609	55X40
	S706	45.460	21.120	32.560	36.390	20.608	871.792	134.630	1006.810	155.750	1658.734	1658.734	2156.354	40X55
6	S601	52.930	29.970	35.520	61.440	25.576	1273.520	220.110	1448.986	250.080	2428.708	2428.708	3157.321	40X125
	S602	37.920	18.090	29.850	47.880	30.544	1015.160	134.920	1161.354	153.010	1870.712	1870.712	2431.925	80X40
	S603	33.750	18.420	25.160	49.266	30.544	943.132	134.880	1081.852	153.300	1759.873	1759.873	2287.835	40X80
	S604	62.470	29.510	42.860	49.950	30.544	1323.310	217.630	1509.134	247.140	2508.212	2508.212	3260.675	105X40
	S605	26.560	12.670	24.910	39.690	30.544	824.020	94.660	945.724	107.330	1495.742	1495.742	1944.464	80X40
	S606	45.460	21.120	32.560	36.390	30.544	1006.810	155.750	1151.764	176.870	1895.462	1895.462	2464.100	40X80
5	S501	52.930	29.970	35.520	61.440	30.544	1448.986	250.080	1629.420	280.050	2729.268	2729.268	3548.048	40X125
	S502	37.920	18.090	29.850	47.880	30.544	1161.354	153.010	1307.548	171.100	2104.327	2104.327	2735.625	80X40
	S503	33.750	18.420	25.160	49.266	30.544	1081.852	153.300	1220.572	171.720	1983.553	1983.553	2578.619	40X80
	S504	62.470	29.510	42.860	49.950	30.544	1509.134	247.140	1694.958	276.650	2815.581	2815.581	3660.256	105X40
	S505	26.560	12.670	24.910	39.690	30.544	945.724	107.330	1067.428	120.000	1686.399	1686.399	2192.319	80X40
	S506	45.460	21.120	32.560	36.390	30.544	1151.764	176.870	1296.718	197.990	2132.189	2132.189	2771.846	40X80
4	S401	52.930	29.970	35.520	61.440	30.544	1629.420	280.050	1809.854	310.020	3029.828	3029.828	3938.776	40X150
	S402	37.920	18.090	29.850	47.880	30.544	1307.548	171.100	1453.742	189.190	2337.943	2337.943	3039.326	120X40
	S403	33.750	18.420	25.160	49.266	30.544	1220.572	171.720	1359.292	190.140	2207.233	2207.233	2869.403	40X120
	S404	62.470	29.510	42.860	49.950	30.544	1694.958	276.650	1880.782	306.160	3122.951	3122.951	4059.836	150X40
	S405	26.560	12.670	24.910	39.690	30.544	1067.428	120.000	1189.132	132.670	1877.057	1877.057	2440.174	120X40
	S406	45.460	21.120	32.560	36.390	30.544	1296.718	197.990	1441.672	219.110	2368.917	2368.917	3079.592	40X120

Çizelge A.1 (devam): C20 Beton Sınıfına Göre Kolon Kesitlerinin Belirlenmesi

Kat	Kolon	Döşemeler		Kirişten	Duvardan	Kolon	Üst Kattan gelen		∑		Nd	Ac	α.Ac	Boyutlar
	Adı	(g)	(q)	(g)	(g)	Ağırıkları	(g)	(q)	Ng	Nq	(kN)	(cm2)	(cm2)	(cmxcm)
3	S301	52.930	29.970	35.520	61.440	37.996	1809.854	310.020	1997.740	339.990	3340.820	3340.820	4343.066	40X150
	S302	37.920	18.090	29.850	47.880	37.996	1453.742	189.190	1607.388	207.280	2581.991	2581.991	3356.589	120X40
	S303	33.750	18.420	25.160	49.266	37.996	1359.292	190.140	1505.464	208.560	2441.346	2441.346	3173.749	40X120
	S304	62.470	29.510	42.860	49.950	37.996	1880.782	306.160	2074.058	335.670	3440.753	3440.753	4472.979	150X40
	S305	26.560	12.670	24.910	39.690	37.996	1189.132	132.670	1318.288	145.340	2078.147	2078.147	2701.591	120X40
	S306	45.460	21.120	32.560	36.390	37.996	1441.672	219.110	1594.078	240.230	2616.077	2616.077	3400.900	40X120
2	S201	52.930	29.970	35.520	61.440	37.996	1997.740	339.990	2185.626	369.960	3651.812	3651.812	4747.356	40X150
	S202	37.920	18.090	29.850	47.880	37.996	1607.388	207.280	1761.034	225.370	2826.040	2826.040	3673.851	120X40
	S203	33.750	18.420	25.160	49.266	37.996	1505.464	208.560	1651.636	226.980	2675.458	2675.458	3478.096	40X120
	S204	62.470	29.510	42.860	49.950	37.996	2074.058	335.670	2267.334	365.180	3758.556	3758.556	4886.122	150X40
	S205	26.560	12.670	24.910	39.690	37.996	1318.288	145.340	1447.444	158.010	2279.238	2279.238	2963.009	120X40
	S206	45.460	21.120	32.560	36.390	37.996	1594.078	240.230	1746.484	261.350	2863.238	2863.238	3722.209	40X120
1	S101	52.930	29.970	35.520	61.440	37.996	2185.626	369.960	2373.512	399.930	3962.805	3962.805	5151.646	40X150
	S102	37.920	18.090	29.850	47.880	37.996	1761.034	225.370	1914.680	243.460	3070.088	3070.088	3991.114	120X40
	S103	33.750	18.420	25.160	49.266	37.996	1651.636	226.980	1797.808	245.400	2909.571	2909.571	3782.443	40X120
	S104	62.470	29.510	42.860	49.950	37.996	2267.334	365.180	2460.610	394.690	4076.358	4076.358	5299.265	150X40
	S105	26.560	12.670	24.910	39.690	37.996	1447.444	158.010	1576.600	170.680	2480.328	2480.328	3224.426	120X40
	S106	45.460	21.120	32.560	36.390	37.996	1746.484	261.350	1898.890	282.470	3110.398	3110.398	4043.517	40X120
B	B101	52.930	29.970	35.520	61.440	37.996	2373.512	399.930	2561.398	429.900	4273.797	4273.797	5555.936	40X150
	B102	37.920	18.090	29.850	47.880	37.996	1914.680	243.460	2068.326	261.550	3314.136	3314.136	4308.377	120X40
	B103	33.750	18.420	25.160	49.266	37.996	1797.808	245.400	1943.980	263.820	3143.684	3143.684	4086.789	40X120
	B104	62.470	29.510	42.860	49.950	37.996	2460.610	394.690	2653.886	424.200	4394.160	4394.160	5712.409	150X40
	B105	26.560	12.670	24.910	39.690	37.996	1576.600	170.680	1705.756	183.350	2681.418	2681.418	3485.844	120X40
	B106	45.460	21.120	32.560	36.390	37.996	1898.890	282.470	2051.296	303.590	3357.558	3357.558	4364.826	40X120

Çizelge A.2 : C25 Beton Sınıfına Göre Kolon Kesitlerinin Belirlenmesi

Kat	Kolon	Döşemeler		Kirişten	Duvardan	Kolon	Üst Kattan gelen		∑		Nd	Ac	α.Ac	Boyutlar
	Adı	(g)	(q)	(g)	(g)	Ağrılıkları	(g)	(q)	Ng	Nq	(kN)	(cm2)	(cm2)	(cmxcm)
14	S1401	65.950	10.320	35.520	0.000	10.097	0.000	0.000	111.567	10.320	172.706	138.165	179.614	30x125
	S1402	52.940	8.290	29.850	0.000	10.097	0.000	0.000	92.887	8.290	143.306	114.645	149.038	30x30
	S1403	37.920	5.940	25.160	0.000	10.097	0.000	0.000	73.177	5.940	111.952	89.561	116.430	30X30
	S1404	70.670	11.060	42.860	0.000	10.097	0.000	0.000	123.627	11.060	190.774	152.619	198.405	40X30
	S1405	38.170	5.970	24.910	0.000	10.097	0.000	0.000	73.177	5.970	112.000	89.600	116.480	30X30
	S1406	50.560	7.910	32.560	0.000	10.097	0.000	0.000	93.217	7.910	143.160	114.528	148.886	30X30
13	S1301	52.930	29.970	35.520	61.440	10.097	111.567	10.320	271.554	40.290	444.640	355.712	462.425	30x125
	S1302	37.920	18.090	29.850	47.880	10.097	92.887	8.290	218.634	26.380	348.296	278.636	362.227	30x30
	S1303	33.750	18.420	25.160	49.266	10.097	73.177	5.940	191.450	24.360	307.006	245.605	319.286	30X30
	S1304	62.470	29.510	42.860	49.950	10.097	123.627	11.060	289.004	40.570	469.518	375.614	488.298	40X30
	S1305	26.560	12.670	24.910	39.690	10.097	73.177	5.970	174.434	18.640	274.032	219.225	284.993	30X30
	S1306	45.460	21.120	32.560	36.390	10.097	93.217	7.910	217.724	29.030	351.262	281.009	365.312	30X30
12	S1201	52.930	29.970	35.520	61.440	10.097	271.554	40.290	431.541	70.260	716.573	573.259	745.236	30x125
	S1202	37.920	18.090	29.850	47.880	10.097	218.634	26.380	344.381	44.470	553.285	442.628	575.417	30x30
	S1203	33.750	18.420	25.160	49.266	10.097	191.450	24.360	309.723	42.780	502.060	401.648	522.143	30X30
	S1204	62.470	29.510	42.860	49.950	10.097	289.004	40.570	454.381	70.080	748.261	598.609	778.192	40X30
	S1205	26.560	12.670	24.910	39.690	10.097	174.434	18.640	275.691	31.310	436.063	348.851	453.506	30X30
	S1206	45.460	21.120	32.560	36.390	10.097	217.724	29.030	342.231	50.150	559.363	447.491	581.738	30x125
11	S1101	52.930	29.970	35.520	61.440	10.097	431.541	70.260	591.528	100.230	988.507	790.806	1028.047	30x30
	S1102	37.920	18.090	29.850	47.880	10.097	344.381	44.470	470.128	62.560	758.275	606.620	788.606	30X30
	S1103	33.750	18.420	25.160	49.266	10.097	309.723	42.780	427.996	61.200	697.114	557.692	724.999	40X30
	S1104	62.470	29.510	42.860	49.950	10.097	454.381	70.080	619.758	99.590	1027.005	821.604	1068.085	30X30

Çizelge A.2 (devam): C25 Beton Sınıfına Göre Kolon Kesitlerinin Belirlenmesi

Kat	Kolon	Döşemeler		Kirişten	Duvardan	Kolon	Üst Kattan gelen		∑		Nd	Ac	α.Ac	Boyutlar
	Adı	(g)	(q)	(g)	(g)	Ağrılıkları	(g)	(q)	Ng	Nq	(kN)	(cm2)	(cm2)	(cmxcm)
11	S1105	26.560	12.670	24.910	39.690	10.097	275.691	31.310	376.948	43.980	598.095	478.476	622.019	30X30
	S1106	45.460	21.120	32.560	36.390	10.097	342.231	50.150	466.738	71.270	767.465	613.972	798.164	30X50
10	S1001	52.930	29.970	35.520	61.440	20.608	591.528	100.230	762.026	130.200	1275.156	1020.125	1326.163	30X125
	S1002	37.920	18.090	29.850	47.880	20.608	470.128	62.560	606.386	80.650	977.980	782.384	1017.100	45X40
	S1003	33.750	18.420	25.160	49.266	20.608	427.996	61.200	556.780	79.620	906.884	725.507	943.159	40X45
	S1004	62.470	29.510	42.860	49.950	20.608	619.758	99.590	795.646	129.100	1320.464	1056.372	1373.283	60X40
	S1005	26.560	12.670	24.910	39.690	20.608	376.948	43.980	488.716	56.650	774.842	619.874	805.836	45X40
	S1006	45.460	21.120	32.560	36.390	20.608	466.738	71.270	601.756	92.390	990.282	792.226	1029.894	40X45
9	S901	52.930	29.970	35.520	61.440	20.608	762.026	130.200	932.524	160.170	1561.806	1249.444	1624.278	30X125
	S902	37.920	18.090	29.850	47.880	20.608	606.386	80.650	742.644	98.740	1197.686	958.148	1245.593	45X40
	S903	33.750	18.420	25.160	49.266	20.608	556.780	79.620	685.564	98.040	1116.654	893.323	1161.320	40X45
	S904	62.470	29.510	42.860	49.950	20.608	795.646	129.100	971.534	158.610	1613.924	1291.139	1678.481	60X40
	S905	26.560	12.670	24.910	39.690	20.608	488.716	56.650	600.484	69.320	951.590	761.272	989.653	45X40
	S906	45.460	21.120	32.560	36.390	20.608	601.756	92.390	736.774	113.510	1213.100	970.480	1261.624	40X45
8	S801	52.930	29.970	35.520	61.440	20.608	932.524	160.170	1103.022	190.140	1848.455	1478.764	1922.393	30X125
	S802	37.920	18.090	29.850	47.880	20.608	742.644	98.740	878.902	116.830	1417.391	1133.913	1474.086	45X40
	S803	33.750	18.420	25.160	49.266	20.608	685.564	98.040	814.348	116.460	1326.423	1061.139	1379.480	40X45
	S804	62.470	29.510	42.860	49.950	20.608	971.534	158.610	1147.422	188.120	1907.383	1525.906	1983.678	60X40
	S805	26.560	12.670	24.910	39.690	20.608	600.484	69.320	712.252	81.990	1128.337	902.669	1173.470	45X40
	S806	45.460	21.120	32.560	36.390	20.608	736.774	113.510	871.792	134.630	1435.917	1148.733	1493.353	40X45
7	S701	52.930	29.970	35.520	61.440	20.608	1103.022	190.140	1273.520	220.110	2135.104	1708.083	2220.508	30X125
	S702	37.920	18.090	29.850	47.880	20.608	878.902	116.830	1015.160	134.920	1637.096	1309.677	1702.580	45X40
	S703	33.750	18.420	25.160	49.266	20.608	814.348	116.460	943.132	134.880	1536.193	1228.954	1597.641	40X45

Çizelge A.2 (devam): C25 Beton Sınıfına Göre Kolon Kesitlerinin Belirlenmesi

Kat	Kolon	Döşemeler		Kirişten	Duvardan	Kolon	Üst Kattan gelen		∑		Nd	Ac	α.Ac	Boyutlar
	Adı	(g)	(q)	(g)	(g)	Ağrılıkları	(g)	(q)	Ng	Nq	(kN)	(cm2)	(cm2)	(cmxcm)
7	S704	62.470	29.510	42.860	49.950	20.608	1147.422	188.120	1323.310	217.630	2200.842	1760.674	2288.876	60X40
	S705	26.560	12.670	24.910	39.690	20.608	712.252	81.990	824.020	94.660	1305.084	1044.067	1357.287	45X40
	S706	45.460	21.120	32.560	36.390	20.608	871.792	134.630	1006.810	155.750	1658.734	1326.987	1725.083	40X45
6	S601	52.930	29.970	35.520	61.440	30.544	1273.520	220.110	1448.986	250.080	2428.708	1942.967	2525.857	40X125
	S602	37.920	18.090	29.850	47.880	30.544	1015.160	134.920	1161.354	153.010	1870.712	1496.569	1945.540	65X40
	S603	33.750	18.420	25.160	49.266	30.544	943.132	134.880	1081.852	153.300	1759.873	1407.898	1830.268	40X65
	S604	62.470	29.510	42.860	49.950	30.544	1323.310	217.630	1509.134	247.140	2508.212	2006.569	2608.540	85X40
	S605	26.560	12.670	24.910	39.690	30.544	824.020	94.660	945.724	107.330	1495.742	1196.593	1555.571	65X40
	S606	45.460	21.120	32.560	36.390	30.544	1006.810	155.750	1151.764	176.870	1895.462	1516.369	1971.280	40X65
5	S501	52.930	29.970	35.520	61.440	30.544	1448.986	250.080	1629.420	280.050	2729.268	2183.414	2838.439	40X125
	S502	37.920	18.090	29.850	47.880	30.544	1161.354	153.010	1307.548	171.100	2104.327	1683.462	2188.500	65X40
	S503	33.750	18.420	25.160	49.266	30.544	1081.852	153.300	1220.572	171.720	1983.553	1586.842	2062.895	40X65
	S504	62.470	29.510	42.860	49.950	30.544	1509.134	247.140	1694.958	276.650	2815.581	2252.465	2928.204	85X40
	S505	26.560	12.670	24.910	39.690	30.544	945.724	107.330	1067.428	120.000	1686.399	1349.119	1753.855	65X40
	S506	45.460	21.120	32.560	36.390	30.544	1151.764	176.870	1296.718	197.990	2132.189	1705.751	2217.477	40X65
4	S401	52.930	29.970	35.520	61.440	30.544	1629.420	280.050	1809.854	310.020	3029.828	2423.862	3151.021	40X125
	S402	37.920	18.090	29.850	47.880	30.544	1307.548	171.100	1453.742	189.190	2337.943	1870.354	2431.461	65X40
	S403	33.750	18.420	25.160	49.266	30.544	1220.572	171.720	1359.292	190.140	2207.233	1765.786	2295.522	40X65
	S404	62.470	29.510	42.860	49.950	30.544	1694.958	276.650	1880.782	306.160	3122.951	2498.361	3247.869	85X40
	S405	26.560	12.670	24.910	39.690	30.544	1067.428	120.000	1189.132	132.670	1877.057	1501.645	1952.139	65X40
	S406	45.460	21.120	32.560	36.390	30.544	1296.718	197.990	1441.672	219.110	2368.917	1895.133	2463.673	40X65
3	S301	52.930	29.970	35.520	61.440	37.996	1809.854	310.020	1997.740	339.990	3340.820	2672.656	3474.453	40X150
	S302	37.920	18.090	29.850	47.880	37.996	1453.742	189.190	1607.388	207.280	2581.991	2065.593	2685.271	90X40

Çizelge A.2 (devam): C25 Beton Sınıfına Göre Kolon Kesitlerinin Belirlenmesi

Kat	Kolon	Döşemeler		Kirişten	Duvardan	Kolon	Üst Kattan gelen		∑		Nd	Ac	α.Ac	Boyutlar
	Adı	(g)	(q)	(g)	(g)	Ağrılıkları	(g)	(q)	Ng	Nq	(kN)	(cm2)	(cm2)	(cmxcm)
3	S303	33.750	18.420	25.160	49.266	37.996	1359.292	190.140	1505.464	208.560	2441.346	1953.076	2538.999	40X90
	S304	62.470	29.510	42.860	49.950	37.996	1880.782	306.160	2074.058	335.670	3440.753	2752.603	3578.383	120X40
	S305	26.560	12.670	24.910	39.690	37.996	1189.132	132.670	1318.288	145.340	2078.147	1662.518	2161.273	90X40
	S306	45.460	21.120	32.560	36.390	37.996	1441.672	219.110	1594.078	240.230	2616.077	2092.862	2720.720	40X90
2	S201	52.930	29.970	35.520	61.440	37.996	1997.740	339.990	2185.626	369.960	3651.812	2921.450	3797.885	40X150
	S202	37.920	18.090	29.850	47.880	37.996	1607.388	207.280	1761.034	225.370	2826.040	2260.832	2939.081	90X40
	S203	33.750	18.420	25.160	49.266	37.996	1505.464	208.560	1651.636	226.980	2675.458	2140.367	2782.477	40X90
	S204	62.470	29.510	42.860	49.950	37.996	2074.058	335.670	2267.334	365.180	3758.556	3006.844	3908.898	120X40
	S205	26.560	12.670	24.910	39.690	37.996	1318.288	145.340	1447.444	158.010	2279.238	1823.390	2370.407	90X40
	S206	45.460	21.120	32.560	36.390	37.996	1594.078	240.230	1746.484	261.350	2863.238	2290.590	2977.767	40X90
1	S101	52.930	29.970	35.520	61.440	37.996	2185.626	369.960	2373.512	399.930	3962.805	3170.244	4121.317	40X150
	S102	37.920	18.090	29.850	47.880	37.996	1761.034	225.370	1914.680	243.460	3070.088	2456.070	3192.892	40X150
	S103	33.750	18.420	25.160	49.266	37.996	1651.636	226.980	1797.808	245.400	2909.571	2327.657	3025.954	90X40
	S104	62.470	29.510	42.860	49.950	37.996	2267.334	365.180	2460.610	394.690	4076.358	3261.086	4239.412	40X90
	S105	26.560	12.670	24.910	39.690	37.996	1447.444	158.010	1576.600	170.680	2480.328	1984.262	2579.541	120X40
	S106	45.460	21.120	32.560	36.390	37.996	1746.484	261.350	1898.890	282.470	3110.398	2488.318	3234.814	90X40
B	B101	52.930	29.970	35.520	61.440	37.996	2373.512	399.930	2561.398	429.900	4273.797	3419.038	4444.749	40X150
	B102	37.920	18.090	29.850	47.880	37.996	1914.680	243.460	2068.326	261.550	3314.136	2651.309	3446.702	90X40
	B103	33.750	18.420	25.160	49.266	37.996	1797.808	245.400	1943.980	263.820	3143.684	2514.947	3269.431	40X90
	B104	62.470	29.510	42.860	49.950	37.996	2460.610	394.690	2653.886	424.200	4394.160	3515.328	4569.927	120X40
	B105	26.560	12.670	24.910	39.690	37.996	1576.600	170.680	1705.756	183.350	2681.418	2145.135	2788.675	90X40
	B106	45.460	21.120	32.560	36.390	37.996	1898.890	282.470	2051.296	303.590	3357.558	2686.047	3491.861	40X90

Çizelge A.3 : C30 Beton Sınıfına Göre Kolon Kesitlerinin Belirlenmesi

Kat	Kolon	Döşemeler		Kirişten	Duvardan	Kolon	Üst Kattan gelen		∑		Nd	Ac	α.Ac	Boyutlar
	Adı	(g)	(q)	(g)	(g)	Ağrılıkları	(g)	(q)	Ng	Nq	(kN)	(cm2)	(cm2)	(cmxcm)
14	S1401	65.950	10.320	35.520	0.000	10.097	0.000	0.000	111.567	10.320	172.706	115.137	149.678	30X125
	S1402	52.940	8.290	29.850	0.000	10.097	0.000	0.000	92.887	8.290	143.306	95.537	124.198	30X30
	S1403	37.920	5.940	25.160	0.000	10.097	0.000	0.000	73.177	5.940	111.952	74.635	97.025	30X30
	S1404	70.670	11.060	42.860	0.000	10.097	0.000	0.000	123.627	11.060	190.774	127.183	165.337	30X30
	S1405	38.170	5.970	24.910	0.000	10.097	0.000	0.000	73.177	5.970	112.000	74.667	97.066	30X30
	S1406	50.560	7.910	32.560	0.000	10.097	0.000	0.000	93.217	7.910	143.160	95.440	124.072	30X30
13	S1301	52.930	29.970	35.520	61.440	10.097	111.567	10.320	271.554	40.290	444.640	296.426	385.354	30X125
	S1302	37.920	18.090	29.850	47.880	10.097	92.887	8.290	218.634	26.380	348.296	232.197	301.856	30X30
	S1303	33.750	18.420	25.160	49.266	10.097	73.177	5.940	191.450	24.360	307.006	204.671	266.072	30X30
	S1304	62.470	29.510	42.860	49.950	10.097	123.627	11.060	289.004	40.570	469.518	313.012	406.915	30X30
	S1305	26.560	12.670	24.910	39.690	10.097	73.177	5.970	174.434	18.640	274.032	182.688	237.494	30X30
	S1306	45.460	21.120	32.560	36.390	10.097	93.217	7.910	217.724	29.030	351.262	234.174	304.427	30X30
12	S1201	52.930	29.970	35.520	61.440	10.097	271.554	40.290	431.541	70.260	716.573	477.716	621.030	30X125
	S1202	37.920	18.090	29.850	47.880	10.097	218.634	26.380	344.381	44.470	553.285	368.857	479.514	30X30
	S1203	33.750	18.420	25.160	49.266	10.097	191.450	24.360	309.723	42.780	502.060	334.707	435.119	30X30
	S1204	62.470	29.510	42.860	49.950	10.097	289.004	40.570	454.381	70.080	748.261	498.841	648.493	30X30
	S1205	26.560	12.670	24.910	39.690	10.097	174.434	18.640	275.691	31.310	436.063	290.709	377.922	30X30
	S1206	45.460	21.120	32.560	36.390	10.097	217.724	29.030	342.231	50.150	559.363	372.909	484.782	30X30
11	S1101	52.930	29.970	35.520	61.440	10.097	431.541	70.260	591.528	100.230	988.507	659.005	856.706	30X125
	S1102	37.920	18.090	29.850	47.880	10.097	344.381	44.470	470.128	62.560	758.275	505.517	657.172	30X30
	S1103	33.750	18.420	25.160	49.266	10.097	309.723	42.780	427.996	61.200	697.114	464.743	604.166	30X30
	S1104	62.470	29.510	42.860	49.950	10.097	454.381	70.080	619.758	99.590	1027.005	684.670	890.071	30X30
	S1105	26.560	12.670	24.910	39.690	10.097	275.691	31.310	376.948	43.980	598.095	398.730	518.349	30X30

Çizelge A.3 (devam): C30 Beton Sınıfına Göre Kolon Kesitlerinin Belirlenmesi

Kat	Kolon	Döşemeler		Kirişten	Duvardan	Kolon	Üst Kattan gelen		∑		Nd	Ac	α.Ac	Boyutlar
	Adı	(g)	(q)	(g)	(g)	Ağrılıkları	(g)	(q)	Ng	Nq	(kN)	(cm2)	(cm2)	(cmxcm)
11	S1106	45.460	21.120	32.560	36.390	10.097	342.231	50.150	466.738	71.270	767.465	511.643	665.137	30X30
10	S1001	52.930	29.970	35.520	61.440	20.608	591.528	100.230	762.026	130.200	1275.156	850.104	1105.136	30X125
	S1002	37.920	18.090	29.850	47.880	20.608	470.128	62.560	606.386	80.650	977.980	651.987	847.583	40X40
	S1003	33.750	18.420	25.160	49.266	20.608	427.996	61.200	556.780	79.620	906.884	604.589	785.966	40X40
	S1004	62.470	29.510	42.860	49.950	20.608	619.758	99.590	795.646	129.100	1320.464	880.310	1144.402	50X40
	S1005	26.560	12.670	24.910	39.690	20.608	376.948	43.980	488.716	56.650	774.842	516.562	671.530	40X40
	S1006	45.460	21.120	32.560	36.390	20.608	466.738	71.270	601.756	92.390	990.282	660.188	858.245	40X40
9	S901	52.930	29.970	35.520	61.440	20.608	762.026	130.200	932.524	160.170	1561.806	1041.204	1353.565	30X125
	S902	37.920	18.090	29.850	47.880	20.608	606.386	80.650	742.644	98.740	1197.686	798.457	1037.994	40X40
	S903	33.750	18.420	25.160	49.266	20.608	556.780	79.620	685.564	98.040	1116.654	744.436	967.766	40X40
	S904	62.470	29.510	42.860	49.950	20.608	795.646	129.100	971.534	158.610	1613.924	1075.949	1398.734	50X40
	S905	26.560	12.670	24.910	39.690	20.608	488.716	56.650	600.484	69.320	951.590	634.393	824.711	40X40
	S906	45.460	21.120	32.560	36.390	20.608	601.756	92.390	736.774	113.510	1213.100	808.733	1051.353	40X40
8	S801	52.930	29.970	35.520	61.440	20.608	932.524	160.170	1103.022	190.140	1848.455	1232.303	1601.994	30X125
	S802	37.920	18.090	29.850	47.880	20.608	742.644	98.740	878.902	116.830	1417.391	944.927	1228.405	40X40
	S803	33.750	18.420	25.160	49.266	20.608	685.564	98.040	814.348	116.460	1326.423	884.282	1149.567	40X40
	S804	62.470	29.510	42.860	49.950	20.608	971.534	158.610	1147.422	188.120	1907.383	1271.589	1653.065	50X40
	S805	26.560	12.670	24.910	39.690	20.608	600.484	69.320	712.252	81.990	1128.337	752.225	977.892	40X40
	S806	45.460	21.120	32.560	36.390	20.608	736.774	113.510	871.792	134.630	1435.917	957.278	1244.461	40X40
7	S701	52.930	29.970	35.520	61.440	20.608	1103.022	190.140	1273.520	220.110	2135.104	1423.403	1850.423	30X125
	S702	37.920	18.090	29.850	47.880	20.608	878.902	116.830	1015.160	134.920	1637.096	1091.397	1418.817	40X40
	S703	33.750	18.420	25.160	49.266	20.608	814.348	116.460	943.132	134.880	1536.193	1024.129	1331.367	40X40
	S704	62.470	29.510	42.860	49.950	20.608	1147.422	188.120	1323.310	217.630	2200.842	1467.228	1907.396	50X40

Çizelge A.3 (devam): C30 Beton Sınıfına Göre Kolon Kesitlerinin Belirlenmesi

Kat	Kolon	Döşemeler		Kirişten	Duvardan	Kolon	Üst Kattan gelen		∑		Nd	Ac	α.Ac	Boyutlar
	Adı	(g)	(q)	(g)	(g)	Ağrılıkları	(g)	(q)	Ng	Nq	(kN)	(cm2)	(cm2)	(cmxcm)
7	S705	26.560	12.670	24.910	39.690	20.608	712.252	81.990	824.020	94.660	1305.084	870.056	1131.073	40X40
	S706	45.460	21.120	32.560	36.390	20.608	871.792	134.630	1006.810	155.750	1658.734	1105.823	1437.569	40X40
6	S601	52.930	29.970	35.520	61.440	30.544	1273.520	220.110	1448.986	250.080	2428.708	1619.139	2104.881	40X125
	S602	37.920	18.090	29.850	47.880	30.544	1015.160	134.920	1161.354	153.010	1870.712	1247.141	1621.283	55X40
	S603	33.750	18.420	25.160	49.266	30.544	943.132	134.880	1081.852	153.300	1759.873	1173.249	1525.223	40X55
	S604	62.470	29.510	42.860	49.950	30.544	1323.310	217.630	1509.134	247.140	2508.212	1672.141	2173.783	70X40
	S605	26.560	12.670	24.910	39.690	30.544	824.020	94.660	945.724	107.330	1495.742	997.161	1296.309	55X40
	S606	45.460	21.120	32.560	36.390	30.544	1006.810	155.750	1151.764	176.870	1895.462	1263.641	1642.733	40X55
5	S501	52.930	29.970	35.520	61.440	30.544	1448.986	250.080	1629.420	280.050	2729.268	1819.512	2365.366	40X125
	S502	37.920	18.090	29.850	47.880	30.544	1161.354	153.010	1307.548	171.100	2104.327	1402.885	1823.750	55X40
	S503	33.750	18.420	25.160	49.266	30.544	1081.852	153.300	1220.572	171.720	1983.553	1322.369	1719.079	40X55
	S504	62.470	29.510	42.860	49.950	30.544	1509.134	247.140	1694.958	276.650	2815.581	1877.054	2440.170	70X40
	S505	26.560	12.670	24.910	39.690	30.544	945.724	107.330	1067.428	120.000	1686.399	1124.266	1461.546	55X40
	S506	45.460	21.120	32.560	36.390	30.544	1151.764	176.870	1296.718	197.990	2132.189	1421.459	1847.897	40X55
4	S401	52.930	29.970	35.520	61.440	30.544	1629.420	280.050	1809.854	310.020	3029.828	2019.885	2625.851	40X125
	S402	37.920	18.090	29.850	47.880	30.544	1307.548	171.100	1453.742	189.190	2337.943	1558.629	2026.217	55X40
	S403	33.750	18.420	25.160	49.266	30.544	1220.572	171.720	1359.292	190.140	2207.233	1471.489	1912.935	40X55
	S404	62.470	29.510	42.860	49.950	30.544	1694.958	276.650	1880.782	306.160	3122.951	2081.967	2706.557	70X40
	S405	26.560	12.670	24.910	39.690	30.544	1067.428	120.000	1189.132	132.670	1877.057	1251.371	1626.783	55X40
	S406	45.460	21.120	32.560	36.390	30.544	1296.718	197.990	1441.672	219.110	2368.917	1579.278	2053.061	40X55
3	S301	52.930	29.970	35.520	61.440	37.996	1809.854	310.020	1997.740	339.990	3340.820	2227.213	2895.377	40X150
	S302	37.920	18.090	29.850	47.880	37.996	1453.742	189.190	1607.388	207.280	2581.991	1721.327	2237.726	80X40
	S303	33.750	18.420	25.160	49.266	37.996	1359.292	190.140	1505.464	208.560	2441.346	1627.564	2115.833	40X80

Çizelge A.3 (devam): C30 Beton Sınıfına Göre Kolon Kesitlerinin Belirlenmesi

Kat	Kolon	Döşemeler		Kirişten	Duvardan	Kolon	Üst Kattan gelen		∑		Nd	Ac	α.Ac	Boyutlar
	Adı	(g)	(q)	(g)	(g)	Ağrılıkları	(g)	(q)	Ng	Nq	(kN)	(cm2)	(cm2)	(cmxcm)
3	S304	62.470	29.510	42.860	49.950	37.996	1880.782	306.160	2074.058	335.670	3440.753	2293.835	2981.986	100X40
	S305	26.560	12.670	24.910	39.690	37.996	1189.132	132.670	1318.288	145.340	2078.147	1385.431	1801.061	80X40
	S306	45.460	21.120	32.560	36.390	37.996	1441.672	219.110	1594.078	240.230	2616.077	1744.051	2267.267	40X80
2	S201	52.930	29.970	35.520	61.440	37.996	1997.740	339.990	2185.626	369.960	3651.812	2434.542	3164.904	40X150
	S202	37.920	18.090	29.850	47.880	37.996	1607.388	207.280	1761.034	225.370	2826.040	1884.026	2449.234	80X40
	S203	33.750	18.420	25.160	49.266	37.996	1505.464	208.560	1651.636	226.980	2675.458	1783.639	2318.731	40X80
	S204	62.470	29.510	42.860	49.950	37.996	2074.058	335.670	2267.334	365.180	3758.556	2505.704	3257.415	100X40
	S205	26.560	12.670	24.910	39.690	37.996	1318.288	145.340	1447.444	158.010	2279.238	1519.492	1975.339	80X40
	S206	45.460	21.120	32.560	36.390	37.996	1594.078	240.230	1746.484	261.350	2863.238	1908.825	2481.473	40X80
1	S101	52.930	29.970	35.520	61.440	37.996	2185.626	369.960	2373.512	399.930	3962.805	2641.870	3434.431	40X150
	S102	37.920	18.090	29.850	47.880	37.996	1761.034	225.370	1914.680	243.460	3070.088	2046.725	2660.743	80X40
	S103	33.750	18.420	25.160	49.266	37.996	1651.636	226.980	1797.808	245.400	2909.571	1939.714	2521.628	40X80
	S104	62.470	29.510	42.860	49.950	37.996	2267.334	365.180	2460.610	394.690	4076.358	2717.572	3532.844	100X40
	S105	26.560	12.670	24.910	39.690	37.996	1447.444	158.010	1576.600	170.680	2480.328	1653.552	2149.618	80X40
	S106	45.460	21.120	32.560	36.390	37.996	1746.484	261.350	1898.890	282.470	3110.398	2073.599	2695.678	40X80
B	B101	52.930	29.970	35.520	61.440	37.996	2373.512	399.930	2561.398	429.900	4273.797	2849.198	3703.958	40X150
	B102	37.920	18.090	29.850	47.880	37.996	1914.680	243.460	2068.326	261.550	3314.136	2209.424	2872.252	80X40
	B103	33.750	18.420	25.160	49.266	37.996	1797.808	245.400	1943.980	263.820	3143.684	2095.789	2724.526	40X80
	B104	62.470	29.510	42.860	49.950	37.996	2460.610	394.690	2653.886	424.200	4394.160	2929.440	3808.272	100X40
	B105	26.560	12.670	24.910	39.690	37.996	1576.600	170.680	1705.756	183.350	2681.418	1787.612	2323.896	80X40
	B106	45.460	21.120	32.560	36.390	37.996	1898.890	282.470	2051.296	303.590	3357.558	2238.372	2909.884	40X80

ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad: Zafer İSKENDERKAPTANOĞLU

Doğum Yeri ve Tarihi: İSTANBUL 30.08.1983

Adres: Kozyatağı Mah. Ressam Şevket sok. Girgin Apt. No:2/12 Kadıköy/İstanbul

Lisans Üniversite: İstanbul Teknik Üniversitesi (2002-2006)