T.C.

DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DEPREM YÖNETMELİKLERİNDE DUVAR ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Öner METE

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DİYARBAKIR
Haziran – 2019

T.C

DİCLE ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ

DİYARBAKIR

ÖNER METE tarafından yapılan "Deprem Yönetmeliklerinde Duvar Etkisinin İncelenmesi" konulu bu çalışma, jürimiz tarafından Yapı Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir

Jüri Üyesinin

Ünvanı Adı Soyadı

Başkan: Doç. Dr. A.Halim KARAŞİN

Üye : Dr. Öğretim Üyesi Mehmet Emin ÖNCÜ

Üye : Doktor Öğretim Üyesi Barış ERDİL

Tez Savunma Sınavı Tarihi: 26/07/2019

Yukarıdaki bilgilerin doğruluğunu onaylarım.

.../...../2019

Prof.Dr.Sevtap SÜMER EKER

ENSTİTÜ MÜDÜR V.

(MÜHÜR)

TEŞEKKÜR

Hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerini tüm nezaket ve hassasiyetleri ile benden esirgemeyen anneme, babama, ablalarım Necla METE ve Birsen METE ALTAÇLI' ya, abim Ziya Ülhak METE' ye ve yoluma ışık tutan abim ve arkadaşım Ahmet YILMAZ'a sonsuz minnet ve teşekkürlerimi borç bilirim. Çalışma süresince benden bilgi ve tecrübelerini esirgemeden zamanını paylaşan ve yol gösteren tez danışman hocam Doç. Dr. A.Halim KARAŞİN'e en derin saygılarımı ve en samimi sevgilerimi naçizane teşekkürlerimle sunarım.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR ..... **I**

İÇİNDEKİLER ..... **II**

ÖZET..... **VII**

ABSTRACT ..... **VIII**

ÇİZELGE LİSTESİ ..... **IX**

ŞEKİL LİSTESİ ..... **XIII**

KISALTMA VE SİMGELER ..... **XV**

1. GİRİŞ **1**

2. KAYNAK ÖZETLERİ **3**

3. MATERYAL VE METOT **9**

3.1. Materyal 9

3.2. Metot 9

3.3. Deprem Şartnameleri ve Şartnamelerinin Evrimi 9

3.3.1. Zelzele Mıntıkalarında Muvakkat Yapı Talimatnamesi 1940 (DY1940) 10

3.3.2. DY1944 Yönetmeliği 10

3.3.3. DY1949 Yönetmeliği 10

3.3.4. 1953 Deprem Yönetmeliği (DY1953) 11

3.3.5. 1962 Deprem Yönetmeliği (DY1962) 12

3.3.6. 1968 Deprem Yönetmeliği (DY1968) 13

3.3.7. 1975 Deprem Yönetmeliği (DY1975) 18

3.3.8. DY1975'e Göre Deprem Yükü Hesabı 24

3.3.9. Kat Kesme Kuvvetleri Fi 26

3.4. 1998 Deprem Yönetmeliği (DY1998) 27

3.5. 2007 Deprem Yönetmeliği (DY2007) 28

3.6. DY1998 ve DY2007 Yönetmeliklerine Göre Düzensizlikler 28
3.6.1. DY1998 ve DY2007 Yönetmeliklerine Göre Planda Düzensizlikler..... 28
3.6.2. DY1998 ve DY2007 Deprem Yönetmeliklerine Göre Düşey Düzensizlikler . 30
3.6.3. Elastik Deprem Yükleri (Spektral İvme)..... 31
3.6.4. DY1998 ve DY2007'de Deprem Hesabın Yöntemleri 34
3.6.5. 1998 ve 2007 Yönetmeliklerine Göre Kesit Kriterleri 38
3.6.6. DY1998 ve DY2007'de Süneklik Düzeyi Yüksek Kolonlar 40
3.7. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018 (TBDY-2018) 45
3.7.1. Sunduğu Yeniliklerle TBDY-2018'e Genel Bakış..... 45
3.7.2. TBDY-2018 Kapsamında 1.3 Özel Konularda Tasarım Gözetim Ve Kontrol 46
3.7.3. TBDY-2018 Kapsamında Deprem Yer Hareketi 46
3.7.4. TBDY-2018'ye Göre Deprem Tehlikesi Haritaları..... 46
3.7.5. Deprem Yer Hareketi Kapsamındaki Değişiklikler 47
3.7.6. TBDY-2018'e Göre Deprem Yer Hareketi Spektrumları 48
3.7.7. 2018 Deprem Yönetmeliğine Göre Bina Kullanım Sınıfları ve Bina Önem Katsayıları..... 51
3.7.8. TBDY-2018 Deprem Yönetmeliğine Göre Bina Yükseklik Sınıfları ve Deprem Tasarım Sınıfları 52
3.7.9. 2018 Deprem Yönetmeliğine Göre Bina Performans Düzeyleri..... 53
3.7.10. Doğrusal Hesap Yöntemi Seçimi 59
3.8. Dolgu Duvarların Bina Doğal Periyot Ve Mod Şekline Olan Etkileri..... 62
3.8.1. Duvar Etkisi Üzerine Yapılan Bazı Çalışmalar..... 63
3.9. Dolgu Duvarların Davranışı 64
3.9.1. Dolgu Duvarların Yapının Davranışına Olan Etkileri..... 66
3.9.2. Yapının Rijitliğine Olan Etkisi..... 66
3.9.3. Yapının Titreşim Periyoduna Etkisi 67

3.9.4. Düşey Yük Taşınmasına Olan Etki 67
3.9.5. Yatay Yük Taşınmasına Olan Etki 68
3.9.6. Kısa Kolon Davranışına Katkı 68
3.10. TBDY-2018'de Dolgu Duvarın Etkisi 69
3.11. Dolgu Duvarların Modellenmesi 69
3.11.1. Eşdeğer Sanal Basınç Çubuğu ESBÇ Yaklaşımı 69
3.11.2. Sonlu Eleman Ağ Modelleri 71
3.12. Bazı Deprem Yönetmeliklerinde Dolgu Duvarların Etkisi ve Modellenmesi.. 72
3.12.1. DY1975'e göre Dolgu Duvarların Etkisi 72
3.12.2. DY1998'e göre Dolgu Duvarların Etkisi 72
3.12.3. DY2007 ve TBDY-2018'e Göre Dolgu Duvarların Modellenmesi 72
4. BULGULAR VE TARTIŞMA 75
4.1. Okul Yapısı Analizleri Ve Periyot Karşılaştırmaları 75
4.2. Yapı Hakkında Genel Bilgiler 75
4.2.1. ESBÇ Olmaksızın Kat Kütleleri 79
4.3. ESBÇ Olmaksızın DY2007'e Göre Fiktif Yük Hesabı ve Eşdeğer Deprem Yükü Kuvveti Kontrolü 79
4.3.1. Fiktif Yük Hesabı 79
4.3.2. Burulma Düzensizliği 80
4.3.3. ESBÇ Olmaksızın Eşdeğer Deprem Yükü Taban Kesme Kuvveti 81
4.4. ESBÇ Olmaksızın DY2007'ye Göre Düzensizlik Kontrolleri 82
4.4.1. Burulma Düzensizliği 82
4.4.2. Döşeme Süreksizlikleri 83
4.4.3. Planda Çıkıntılar Bulunması 83
4.4.4. Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği (Zayıf Kat) 83

4.4.5. Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği 84
4.4.6. DY2007'ye Göre ESBÇ Olmaksızın Etkin Göreli Kat Ötelemelerinin Hesaplanması ve Sınırlandırılması 84
4.5. TBDY-2018'e Göre ESBÇ Olmaksızın Deprem Yükü Hesapları, Düzensizlik Kontrolleri ve Etkin Göreli Kat Ötelemesi 85
4.5.1. Yapı Spektral İvme Katsayıları 86
4.5.2. Yapı Davranış Tanım Katsayıları 87
4.5.3. Eşdeğer Deprem Yükü Hesabı 88
4.5.4. ESBÇ Olmaksızın TBDY-2018'e Göre Düzensizlik Kontrolleri 89
4.5.5. ESBÇ Olmaksızın TBDY-2018'e Göre Etkin Göreli Kat Ötelemeleri 91
4.6. ESBÇ Olması Durumunda DY2007'e Göre Deprem Yükü Hesapları, Düzensizlik Kontrolleri ve Etkin Göreli Kat Ötelemesi 92
4.6.1. ESBÇ'lerin Modellenmesi, Kesit ve Karakteristik Özellikleri 92
4.6.2. Çift Çapraz ESBÇ Olması Durumunda DY2007'e Göre Eşdeğer Deprem Yükü Hesapları 96
4.6.3. Çift Çapraz ESBÇ Olması Durumunda DY2007'ye Göre Düzensizlik Kontrolleri 98
4.6.4. Çift Çapraz ESBÇ Olması Durumunda DY2007'ye Göre Etkin Göreli Kat Ötelemeleri 99
4.6.5. Çift Çapraz ESBÇ Olması Durumunda TBDY-2018'e Göre Deprem Kuvveti Hesabı, Düzensizlik Kontrolleri ve Etkin Göreli Kat Ötelenmesi 100
4.6.6. Çift Çapraz ESBÇ Olması Durumunda TBDY-2018'e Göre Düzensizlik Kontrolleri 102
4.6.7. Çift Çapraz ESBÇ Olması Durumunda TBDY-2018'e Göre Etkin Göreli Kat Ötelemeleri 103
4.7. ESBÇ Tek doğrultuda Olması Durumunda DY2007 ve TBDY-2018'e Göre Deprem Yükü, Düzensizlikler ve Etkin Göreli Kat Ötelemeleri Karşılaştırması 104

5. SONUÇ VE ÖNERİLER 111

6. KAYNAKLAR 113

ÖZGEÇMİŞ 117

ÖZET

DEPREM YÖNETMELİKLERİ VE DOLGU DUVAR ETKİSİ
YUKSEK LİSANS TEZİ

Öner METE

DİCLE UNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTUSU
İNŞAAT MUHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

2019

Bu çalışmada Türkiye'de yürürlüğe girmiş tüm deprem yönetmeliklerinin ve betonarme yapı tasarım şartnamelerinin değişimi incelenmiştir. Bu yönetmelik ve şartnameler arasındaki farklılıklar irdelenmiştir. Deprem yönetmeliklerinin belli periyotlarda değil, can kaybının yaşandığı depremler sonrası yaşanan kötü tecrübeler sonucu değiştiği görülmüştür. Bu değişiklikler sonucunda Türkiye'de depreme dayanıklı yapı tasarımı bilinci oluşmuş ve önemli bir yer kat etmiştir.

Çalışmamızın sayısal hesap kısımlarında üç katlı betonarme bir okul yapısı ele alınmıştır. Yapının üç boyutlu modeli dolgu duvarlarının taşıyıcı olması veya sadece zati olarak ele alınması durumları göz önüne alınarak SAP2000 analiz programı yardımı ile oluşturulmuştur. Bu çalışmada dolgu duvarlarının modellenmesi eşdeğer sanal basınç çubuğu modeli kullanılarak yapılmış ve bu modelin yatay kuvvet etkisi altındaki davranışı lineer hesap yöntemi ile analiz yapılarak incelenmiştir. Bu yöntemde kullanılan program yardımı ile eşdeğer sanal basınç çubuklarının sadece basınç kuvveti taşıdıklarından emin olunarak tasarım yapılmıştır. Yapılan analizler sonucu, dolgu duvarların eşdeğer sanal basınç çubuğu olarak modellenmesi yapının doğal periyotlarının azalmasına sebep olduğu görülmüştür.

ABSTRACT

SEISMIC CODES AND INFILL WALL EFFECT
MSc THESIS

Öner METE

DEPARTMENT OF STRUCTURE
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
UNIVERSITY OF DICLE

2019

In this study, evaluation of Turkish seismic codes and structure standards that effectuated were investigated. It is seen that the seismic codes hasn't changed in exact periods but has changed with experience of earthquakes which are resulted with deaths. As a result of this evaluation consciousness of earthquake resistant design has started and improved.

In the numerical calculation part of this study, a three story reinforced concrete school building was studied. The 3D model were designed with SAP2000 computer software as bare frames which infill wall's effecting on structure only as dead load and as a part of the framework that effects on structure behavior. In the study infill walls were designed as equivalent compression struts and the behavior of the struts and building with struts, under the lateral forces such earthquake were screened with linear analyses method. Since the equivalent compression struts can only take compressive stresses, the stresses on the equivalent compression struts was checked during modal analysis. The results have showed that, the infill walls caused to reduction in the fundamental period.

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge No:		Sayfa
Çizelge 3.1.	Yatay Yer Sarsıntısı Katsayısı	11
Çizelge 3.2.	Yatay Yer Sarsıntısı Katsayısı C	12
Çizelge 3.3.	Hareketli Yük Katılım Katsayısı n	12
Çizelge 3.4.	Deprem Zemin Katsayısı Yapı Tipleri " n1 "	13
Çizelge 3.5.	n2: Deprem Bölgesi Katsayısı	13
Çizelge 3.6.	Hareketli Yük Azaltma Katsayısı n	13
Çizelge 3.7.	Deprem Bölge Katsayısı C_o	17
Çizelge 3.8.	Bina Önem Katsayısı (β)	17
Çizelge 3.9.	Deprem Zemin Katsayısı (α)	17
Çizelge 3.10.	Hareketli Yük Katsayısı (n_i)	17
Çizelge 3.11.	Kolonlarda Boyuna Donatı Oranı	20
Çizelge 3.12.	Bindirmeli veya Ekli Donatılı Kolonlarda Boyuna Donatı Oranı	20
Çizelge 3.13.	Kirişlerde Minimum Boyuna Çekme Donatısı	22
Çizelge 3.14.	Perde Uç Bölgesi Min. Boy Donatı Oranı	23
Çizelge 3.15.	Deprem Bölge Katsayısı	25
Çizelge 3.16.	Yapı Önem Katsayısı	25
Çizelge 3.17.	Zemin Hâkim Periyodu	25
Çizelge 3.18.	Yapı Tipi Katsayısı (K)	26
Çizelge 3.19.	Etkin yer İvmesi katsayısı (A_0)	32
Çizelge 3.20.	(I) Bina önem katsayısı	32
Çizelge 3.21.	Spektrum Karakteristik Periyotları TA ve TB	32
Çizelge 3.22.	Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R)	34
Çizelge 3.23.	DY2007 Eşdeğer Deprem Yükü Yönteminin Uygulanabileceği Binalar	35
Çizelge 3.24.	Bina Kullanım Amacı	35
Çizelge 3.25.	Kısa Periyod Bölgesi için Yerel Zemin Etki Katsayıları F_S	49

Çizelge 3.26. 1 saniye periyod için Yerel Zemin Etki Katsayıları F1 49

Çizelge 3.27. Deprem Tasarım Sınıfları 51

Çizelge 3.28. Bina Kullanım Sınıfları ve Bina Önem Katsayıları 52

Çizelge 3.29. Bina Yükseklik Sınıfları ve Deprem Tasarım Sınıflarına Göre Tanımlanan Bina Yükseklik Sınıfları 53

Çizelge 3.30. Yeni Yapılacak Yerinde Dökme Betonarme, Ön üretimli Betonarme ve Çelik binalar (Yüksek Binalar dışında – BYS ≥ 2) 54

Çizelge 3.30. Yeni Yapılacak veya Mevcut Yüksek Binalar (BYS = 1) 54

Çizelge 3.30. Mevcut Yerinde Dökme Betonarme, Ön Üretimli Betonarme ve Çelik Binalar (Yüksek Binalar Hariç) 54

Çizelge 3.31. Bina Taşıyıcı Sistemleri için Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı, Dayanım Fazlalığı Katsayısı ve İzin Verilen Bina Yükseklik Sınıfları 57

Çizelge 3.32. Betonarme Taşıyıcı Sistem Elemanlarının Etkin Kesit Rijitliği Çarpanları 58

Çizelge 3.33. Eşdeğer Deprem Yükü Yönteminin Uygulanabileceği Binalar 59

Çizelge 3.34. Dış Cephe Duvarları için Örnek Esnek Derz: Boyutlar ve Malzemeler 62

Çizelge 4.1. Proje Bilgileri 75

Çizelge 4. 2. Kolon İsimleri ve Boyutları 75

Çizelge 4.3. Kat Kütleleri 79

Çizelge 4.4. Fiktif Yük Dağılımı 79

Çizelge 4.5. X Yönü İçin Bina Hâkim Doğal Titreşim Periyodu DY2007 80

Çizelge 4.6. Y Yönü İçin Bina Hâkim Doğal Titreşim Periyodu DY2007 80

Çizelge 4.7. X Yönü Komşu Katlar Arası Burulma Düzensizliği 80

Çizelge 4.8. Y Yönü Komşu Katlar Arası Burulma Düzensizliği (Yumuşak Kat) 81

Çizelge 4.9. Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi İçin Parametreler DY2007 81

Çizelge 4.10. X ve Y Yönü Taban Kesme Kuvveti DY2007 81

Çizelge 4.11. Taban Kesme Kuvvetleri DY2007 82

Çizelge 4.12. Y Yönü Taban Kesme Kuvvetleri DY2007 82

Çizelge 4.13. X Yönü Komşu Katlar Arası Burulma Düzensizliği 83

Çizelge 4.14. Y Yönü Komşu Katlar Arası Burulma Düzensizliği 83

Çizelge 4.15. X Yönü Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat) 84

Çizelge 4.16 Y Yönü Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat) 84

Çizelge 4.17. X Yönü Etkin Göreli Kat Ötelemeleri 85

Çizelge 4.18. X Yönü Etkin Göreli Kat Ötelemeleri 85

Çizelge 4.19. Tasarım Spektral İvme Katsayıları 86

Çizelge 4.20. Yatay Elastik Tasarım Spektrumu Sae(T) 86

Çizelge 4.21. Düşey Elastik Tasarım Spektrumu SaeD(Tx) 87

Çizelge 4.22. Bina Kullanım Sınıfları, Bina Önem Katsayısı 87

Çizelge 4.22. Süneklik Düzeyi Yüksek Sistemlerde Bina Taşıyıcı Sistemi 87

Çizelge 4.23. Deprem Yükü Azaltma Katsayıları 87

Çizelge 4.24. Azaltılmış Tasarım İvme Spektrumu 88

Çizelge 4.25. Eşdeğer Deprem Yükünün Uygulanabileceği Yapılar 88

Çizelge 4.26. Bina Hâkim Doğal Titreşim Periyodu T_{pA} Sınır Şartı 88

Çizelge 4.27. Katlara Gelen Yatay Yükler (Kat Kesme Kuvvetleri) 89

Çizelge 4.28. X Yönü Komşu Katlar Arası Burulma Düzensizliği 90

Çizelge 4.29. Y Yönü Komşu Katlar Arası Burulma Düzensizliği 90

Çizelge 4.30. X Yönü Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat) 91

Çizelge 4.31. Y Yönü Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat) 91

Çizelge 4.32. X Yönü Etkin Göreli Kat Ötelemeleri 92

Çizelge 4.33. Y Yönü Etkin Göreli Kat Ötelemeleri 92

Çizelge 4.34. Duvar Karakteristik Özellikleri 94

Çizelge 4.35. ESBÇ Kesit Özellikleri 95

Çizelge 4.36. X Yönü İçin Bina Hâkim Doğal Titreşim Periyodu DY2007 97

Çizelge 4.37. Yönü İçin Bina Hâkim Doğal Titreşim Periyodu DY2007 97

Çizelge 4.38. X Yönü Komşu Katlar Arası Burulma Düzensizliği 98

Çizelge 4.39. Y Yönü Komşu Katlar Arası Burulma Düzensizliği 98

Çizelge 4.40. X Yönü Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat) 99

Çizelge 4.41. Y Yönü Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat) 99

Çizelge 4.42. X Yönü Etkin Göreli Kat Ötelemeleri 99

Çizelge 4.43. Y Yönü Etkin Göreli Kat Ötelemeleri 100

Çizelge 4.44. Elastik Tasarım Spektrumu SaeD 100

Çizelge 4.45. Süneklik Düzeyi Yüksek Sistemlerde Bina Taşıyıcı Sistemi 101

Çizelge 4.46. Deprem Yükü Azaltma Katsayıları 101

Çizelge 4.47. Azaltılmış Tasarım İvme Spektrumu 101

Çizelge 4.48. Katlara Gelen Yatay Yükler (Kat Kesme Kuvvetleri) 102

Çizelge 4.49. X Yönü Komşu Katlar Arası Burulma Düzensizliği 102

Çizelge 4.50. Y Yönü Komşu Katlar Arası Burulma Düzensizliği 103

Çizelge 4.51. X Yönü Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat) 103

Çizelge 4.52. Y Yönü Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat) 103

Çizelge 4.53. X Yönü Etkin Göreli Kat Ötelemeleri 104

Çizelge 4.54. Y Yönü Etkin Göreli Kat Ötelemeleri 104

Çizelge 4.55. TBDY-2018'e Göre Karşılaştırma Çizelgesi 106

Çizelge 4.56. DY2007'ye Göre Karşılaştırma Çizelgesi 107

Çizelge 4.57. ESBÇ'nin Yapı Doğal Periyodda Oluşturduğu % Değişim 107

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil No		Sayfa
Şekil 3. 1.	C_0: Yapı Yüksekliğine Bağlı Katsayı	13
Şekil 3.2.	Kolon Enine Donatı Yerleşimleri ve Kolon Kiriş Birleşimleri	21
Şekil 3.3.	Boşluklu Perdelerde Donatı Yerleşimi	24
Şekil 3.4.	Boşluklu Döşemelerde Donatı Yerleşimi	24
Şekil 3.5.	A1 - Burulma Düzensizliği	29
Şekil 3.6.	A2 Türü Düzensizlik Durumu – Döşeme Süreksizliği	29
Şekil 3.7.	A3 Düzensizliği – Planda Çıkıntılar	30
Şekil 3.8.	B3 Türü Düzensizlikler – Düşey Eleman Süreksizlikleri	31
Şekil 3.9.	Eşdeğer Deprem Yüklerinin Katlara Dağılımı	36
Şekil 3.10.	Deprem kat kuvvetinin kata ±%5 ek dış merkezlilikle etkitilmesi	37
Şekil 3.11.	Katlara gelen fiktif yükler.	37
Şekil 3.12.	Boyuna Donatı Koşulları	39
Şekil 3.13.	Kesme Kuvveti – Kesme Güvenliği	39
Şekil 3.14.	Boyuna Donatı Koşulları	40
Şekil 3.15.	Değişen Kesitte Donatı Yerleşimi	41
Şekil 3.16.	Kolon Enine Donatı Enkesiti	43
Şekil 3.17.	Kolon – Kiriş Birleşim Bölgesi Kesme Güvenliği.	44
Şekil 3.18.	Perde Düşey ve Yatay Donatı Yerleşimi	45
Şekil 3.19.	Deprem Bölgesi Haritası ve Deprem Tehlikeleri Haritaları	47
Şekil 3.20.	Yatay elastik Tasarım Spektrumu	50
Şekil 3.21.	Yatay Elastik Yer Değiştirme Spektrumun	50
Şekil 3.22.	Esnek Derz Detayı	62
Şekil 3.28.	Çerçeve İçindeki Dolgu Duvar Hasar Biçimleri (Bayülke, 2003)	65
Şekil 3.28.	Farklı Açıklıklı, Ardışık Duvarlı Çerçeve Deneyi (G.A.Chaar, M. Issa, S.Sweeney)	65

Şekil 3.29. Dolgu Duvarların Yatay Yük Etkisinde davranışı (Bayülke, 2003) 66

Şekil 3.30. Doldu Duvarın Yapı Periyoduna Etkisi (Bayülke, 2003) 67

Şekil3.31. Altında Dolgu Duvar Olan ve Olmayan Kirişlerdeki Çatlaklar (Haziran 2003 Orta-Çankırı Depremi) (TMH, Bayülke, 2003) 68

Şekil 3.32. Bant Pencere Etkisi (TMH, Bayülke, 2003) 68

Şekil 3.33. İki Yanında Bant Pencere Olan Kolon (TMH, Bayülke, 2003) 69

Şekil 3.34. Dolgu Duvar Örnek Çalışma Şekli (Beklen ve Çağatay, 2008) 70

Şekil 3.35. Eşdeğer Sanal Basınç Çubuğu Oluşumu Temsili Çizimi (Beklen ve Çağatay, 2008) 71

Şekil 3.36. Açıklık oranı ile rijitlik azaltma faktörü arasındaki ilişki (Köse ve Karslıoğlu, 2007) 71

Şekil 4.1. Zemin Kat Planı ve Dolgu Duvar Yerleşimi 76

Şekil 4.1. Zemin Kat Planı ve Dolgu Duvar Yerleşimi Kesiti 76

Şekil 4.2. Zemin Kat Kolon Aplikasyonu 77

Şekil 4.2. Zemin Kat Kolon Aplikasyonu Kesiti 78

Şekil 4.3. ESBÇ Olmaması Durumunda Bina Çubuk Modeli Genel Görünüşü 78

Şekil 4.4. Düşey elastik Tasarım Spektrumu 86

Şekil 4.5. ESBÇ'nun Çift Çapraz Mafsallı Modeli 96

Şekil 4.6. ESBÇ'nun Çift Çaprazlı Üç Boyutlu Modeli 96

Şekil 4.7. ESBÇ'nun Çift Çapraz Modeli 97

Şekil 4.8. ESBÇ'nin Sağa Yatık (+XY Yönünde) Çubuk Model Görünümü 105

Şekil 4.9. ESBÇ'nin Sağa Yatık (-XY Yönünde) Çubuk Model Görünümü 105

Şekil 4.10. ESBÇ'nin Sağa Yatık (+XY Yönünde) Üç Boyutlu Model Görünümü 105

KISALTMA VE SİMGELER

Ao : Etkin yer ivmesi katsayısı

A_o : Kayma donatısının enkesit alanı,

Ac : Kolonun brüt kesit alanı, Elemanın tüm kesit beton alanıdır

As : Boyuna donatı alanı, çekme donatısı kesit alanı

Asw : Kesme donatısı toplam kesit alanı, yatay gövde donatı alanı,

A_{sl} : Kirişte gövde donatısı oranı

a : Modal yer değiştirme, a mesnet genişliği,

α : **α**=deprem zemin katsayısı, boyutsuz katsayı, kayma donatısının ilgili elemanın eksenine göre eğimidir.

α : Sürekli olan kenarların toplam uzunluğunun döşeme çevresi uzunluğuna oranı m uzun kenarın kısa kenara oranıdır.

$an_{(i)}$: (i)'inci itme adımı sonunda n'inci moda ait modal ivme

a_n : paralel kirişler arasındaki net uzaklık,

a_{yn} : n'inci moda ait eşdeğer akma ivmesi

β **:** bina önem katsayısı, bu katsayı Çizelge 3.8' den alınacaktır

BKS : Bina kullanım sınıfı

BYS : Bina yükseklik sınıfı

b : Kesit genişliği, tabla genişliği, etkili tabla genişliği,

b_1 : Kirişin dış merkezlilik doğrultusundaki boyutu,

b_o : Kiriş gövde genişliği

b_s : Guse genişliği

b_w : Kiriş gövde genişliği

C : Deprem katsayısı, rüzgâr katsayısı

C_o : Deprem bölge katsayısı

DD-1 : 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan deprem yer hareketi düzeyi

DD-2 : 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem yer hareketi düzeyi

DD-1 : 50 yılda aşılma olasılığı %50 olan deprem yer hareketi düzeyi

DD-1 : 50 yılda aşılma olasılığı %68 olan deprem yer hareketi düzeyi

DTS : Deprem tasarım sınıfı

D : Binayı etkileyen yanal kuvvetlerin doğrultusuna paralel doğrultuda bina genişliğidir

DY1940 :Zelzele Mıntıkalarında Yapılacak İnşaata Ait İtalyan Yapı Talimatnamesi 1940

DY1944 : Zelzele Mıntıkalarında Mukavemet Yapı Talimatnamesi1944

DY1949 : Türkiye Yer Sarsıntısı Bölge Yapı Yönetmeliği 1949

DY1953 : Yer Sarsıntısı Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik 1953

DY1962 : 1962 Deprem Yönetmeliği

DY1968 : 1968 Deprem Yönetmeliği

DY1975 : 1975 Deprem Yönetmeliği

DY1998 : 1998 Deprem Yönetmeliği

DY2007 : DBYBHY2007, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007

d : Kirişin ve kolonun faydalı yüksekliği

d1 : Birinci moda ait modal yer değiştirme

d1(p) : Birinci moda ait modal yer değiştirme istemi

dn(i) : (i)'inci itme adımı sonunda elde edilen n'inci moda ait modal yer değiştirme

d' : Paspayı

e_{min} : Minimum dış merkezlilik,

E : Elastisite modülü, deprem yükleri

Eb : Betonun elastisite modülü

ESÇB : Eşdeğer Sanal Basınç Çubuğu

f_{ctd} : Beton çekme tasarım dayanımı,

fck : Karakteristik beton basınç dayanımı

fcm : Mevcut beton basınç dayanımı

fctk : Karakteristik beton çekme dayanımı

fctm : Mevcut beton çekme dayanımı

f_{wyd} : Kayma donatısının tasarım akma dayanımı,

fyk : Karakteristik donatı çeliği akma dayanımı

fywm : Enine donatı mevcut akma dayanımı

F : Beton kesit alanı, toplam yatay yük

Fc : Beton basınç kuvveti

Fe : Boyuna donatı alanı

Fi : Kütlelerin toplandığı varsayılan noktalara etkiyen eşdeğer deprem yükü

Fs : Çekme donatısı çekme kuvveti

Ft : Tepe kuvveti

g : Sabit yük

gi : Binanın i'inci katına katındaki toplam sabit yük

G : Sabit yük

Gi : i. kattaki zati yükler toplamı

GÖ : Göçmenin önlenmesi performans düzeyi

h : Çalışan doğrultudaki kesit boyutu, tabla kalınlığı

H : Yapı temeli dâhil yükseklik (m)

HN : Bina toplam yüksekliği (m)

hi : Binanın i'inci kay yüksekliği (m)

I : Bina önem katsayısı

KH : Kontrollü hasar performans düzeyi

KK : Kesintisiz kullanım performans düzeyi

l : Kirişin hesap açıklığıdır

l_b : İki moment sıfır noktası arasındaki uzaklık

l_{sn} : Döşemenin kısa kenar doğrultusunda serbest açıklığı

n : Hareketli yük katılım kat sayısı

N : Yapının temel üstünde kalan kat adedidir

N_d : Hesap eksenel basınç kuvveti

Pi : i. kattaki hareketli yükler toplamı, ni= i. kattaki hareketli yük katsayısı

SH : Sınırlı hasar performans düzeyi

S_{DS} : Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı (boyutsuz)

S_{D1} : Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı (boyutsuz)

s : Kayma donatısının ilgili elemanın eksenine göre paralel aralığı, etriye aralığı

SAP2000V20 : Integrated Software For Structural Analysis Version 20.0

T : Kiriş burulma momenti,

TBDY-2018 : Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018 (TBDY-2018)

V : Hesap kesme kuvveti ve

V_r : Kesme kuvveti altındaki elemanın taşıma gücü,

V_w : Kayma donatısının taşıma gücü,

V_c : Betonun kesme dayanımıdır.

W : Bina ağırlığı

Q : Hareketli yük

q_i : Binanın i katındaki hareketli yük

ρ_o : Etriye oranıdır

ρ_{wo} : Kayma donatısı oranı,

ρ :Çekme donatısı oranı

ρ_{min} : Minimum donatı oranı

ρ : Kirişte çekme donatısı oranı

ρ^1 : Kirişte basınç donatısı oranı

ρ_b : Kirişte dengeli donatı oranıdır

$\sum Ae$: Herhangi bir katta, göz önüne alınan deprem doğrultusunda toplam etkili kesme alanı (m2)

$\sum Ag$: Herhangi bir kata, göz önüne alınan deprem doğrultusuna paralel doğrultuda perde olarak çalışan taşıyıcı sistem elemanlarının en kesit alanlarının toplamı (m2)

$\sum Ak$: Herhangi bir kata, göz önüne alınan deprem doğrultusuna paralel doğrultuda kâgir dolgu duvar alanlarının (kapı ve pencere boşlukları hariç) alanlarının toplamı (m2)

$\sum Aw$: Herhangi bir katta, kolon en kesiti etkin gövde alanlarının toplamı (m2)

$\Delta i(x)$: Binanın i'inci katındaki maksimum azaltılmış göreli kat ötelemesi (m)

ηbi : i'inci katta tanımlanan burulma düzensizliği katsayısı

ηci : i'inci katta tanımlanan dayanım düzensizliği katsayısı

ηki : i'inci katta tanımlanan rijitlik düzensizliği katsayısı

1. GİRİŞ

Deprem kuşağı üzerinde yaşayan tüm ülkelerde olduğu gibi, Türkiye'de yaşanan depremlerin birçoğu yıkıcı etkiler yapmıştır. Yaşanan bu yıkıcı depremler, depreme dayanıklı yapı tasarımını ve yapı tasarımında değişiklikleri zorunlu kılmıştır. Bu sebeple 1940 yılında İtalya'da kullanılan deprem şartnamesi temel alınarak ilk kez depreme dayanıklı yapı tasarımı Türkiye'de başlamıştır. Ancak yaşanan yeni depremlerde bu şartnamelerin can ve mal kaybını engellemeye yetmediği anlaşılmıştır. Can ve mal kaybı felaketlerinin tam olarak önüne geçebilmek için deprem yönetmelikleri geliştirilerek bugünkü halini almıştır.

Deprem yönetmeliklerinin yanı sıra betonarme tasarım şartnameleri de gelişen teknolojiler, yapılan çalışmalar ve tecrübeler doğrultusunda zaman içerisinde değişmiş ve günümüzdeki şeklini almıştır.

Deprem yönetmeliğinin Türkiye'de kullanılmaya başlandığı zamanlarda, yalnızca afet yönetimi şeklinde bazı önerilerde bulunmakla yetinirken, Türkiye'de yönetmelikler artık performansa dayalı tasarımlara evirilmiş ve ihtiyaçlara cevap olacak kadar gelişmiştir.

Tüm bu değişiklikler ışığında Türkiye 1940tan başlayarak günümüze kadar 10 deprem yönetmeliği ve 1953 itibari ile de 5 yapı tasarım şartnamesi değiştirmiş ve geliştirmiştir. Ancak bu yönetmeliklerin hiçbirinde dolgu duvarlar taşıyıcı sisteme zati harici etkitilmemiştir. Ancak, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018 (TBDY-2018)'de dolgu duvarların düşey taşıyıcı elemanla olan bağlantı şekline göre, göreli ötelemede dikkate alınmıştır.

Dolgu duvarların yapıda sadece zati olarak hesaba katılmasının bir hata olacağı, birçok ülkede yapılan teorik, saha veya uygulama çalışmaları sonucu ispatlanmıştır. Bununla beraber dolgu duvarların modellenmeleri ile ilgili bazı yöntemler geliştirilmiştir. Bu çalışmada bu yöntemlerden eşdeğer sanal basınç çubuğu yöntemi kullanılmış ve lineer hesap yapılmıştır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Türkiye'de, birçoğu depremlerden sonra veya deprem yönetmelikleri ve tasarım şartnamelerindeki değişikliklerden sonra olmak üzere, deprem yönetmelikleri ve tasarım şartnameleri konusunda birçok seminer, tez ve makale çalışması yapılmıştır. Bunların bir kısmı dönemsel veya yeni yönetmeliklerle alakalı olsa da deprem yönetmeliklerindeki değişikliklerin kıyaslanması ile kesit ve davranış farklılıkları da ortaya konmuştur.

Bu yönetmelik karşılaştırmaların bazılarında duvar etkisi göz önünde bulundurulmuştur. Duvar etkisi ile ilgili çalışmaları ulusal ve uluslararası birçok çalışmada yönetmeliklerden bağımsız ve yönetmeliklerle ilişkili olarak görmekte mümkündür.

Bu çalışmalardan bazıları örnek olarak aşağıda sunulmuştur.

Darılmaz Kutlu (2018) "Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018 TBDY-2018'e göre tasarıma kısa bakış, betonarme sistemlerin modellenmesi, analizi ve boyutlandırılması" isimli çalışmasında TBDY-2018'i örneklerle anlatmış ve bir önceki yönetmelik olan DY2007 ile karşılaştırmalar yapmıştır. Böylelikle yeni yönetmeliğin doğru anlaşılması, aktif kullanımının sağlanması ve yeniliklerin irdelenmesi sağlanmıştır.

Alyamaç K.E., Erdoğan, A.S. (2005) "Geçmişten günümüze afet yönetmelikleri ve uygulamada karşılaşılan tasarım hataları" isimli sempozyumda Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik 1998'e kadar olan yönetmelikler incelemiş ve karşılaştırmalar yapmıştır. Değişen yönetmeliklerin aynı zamanda karmaşıklıklara yol açabileceğini, yönetmelik kadar tasarımcı deneyiminin de önemini ve her yeni yönetmelik ile bir önceki yönetmelikteki hata ve eksikliklerin doğru anlaşılması gerektiğini ortaya koymuştur.

Öztürk M.T. (2009) "Eski deprem yönetmeliklerine göre boyutlandırılan betonarme binaların güncel yönetmeliğe göre deprem performansının belirlenmesi" isimli çalışmasında DY2007'ye kadar olan deprem yönetmelikleri incelenmiştir. Çalışmanın sayısal hesaplarında DY2007'e göre performans analizi yapılan binan

öncelikle, kendinden önceki yönetmeliklere göre tasarımları yapılmış ve sonuçları karşılanmıştır. Bu çalışmanın sonucu olarak deprem kuvvetlerinin değişen yönetmeliklerle beraber arttığını ve buna paralel olarak kesitlerin büyüdüğünü ortaya koymuştur. Bu sebeple DY2007'ye göre yapılan performans analizinin sağlanmadığı görülmüştür.

Taşan, Z.A. (2012) "Türk Deprem Yönetmeliği-1998 (TDY-98) ile deprem bölgelerinde yapılacak binalar hakkında yönetmelik-2007 (DY-2007) karşılaştırılması" çalışmasında iki yönetmelik genel tasarım kuralları ve sayısal çalışma sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Sayısal çalışmada çoğunlukla düzensizlikler çalışılmış ve sonuçların bu iki yönetmelik için bir birine çok benzer olduğu görülmüştür.

Üstün M. (2013) "Betonarme bir binanın davranışının eski ve güncel tasarım yönetmeliklerine göre incelenmesi" isimli çalışmasında DY1961 den DY2007'ye kadar olan deprem yönetmelikleri ve tasarım şartnamelerini incelemiştir. Bu deprem yönetmeliklerine göre oluşturduğu taşıyıcı sistemlerin analiz sonuçlarını karşılaştırmak sureti ile yönetmeliklerdeki değişikliklerin taşıyıcı sistem kesitlerine ve deprem kuvveti taleplerine etkisini gözlemlemiştir. Çalışmanın sonucunda taban kesme kuvvetinin eski yönetmelikten yeni yönetmeliğe doğru giderek arttığını, bu artışa paralel olarak taşıyıcı sistem kesitlerinin ve betonarme metrajının da arttığını ortaya koymuştur.

Bikçe M. ve arkadaşları (2011) Türkiye deprem mühendisliği ve sismoloji konferansında, "Betonarme bir yapıda duvarsız ve duvarlı hallerin dinamik testleri" isimli çalışmasında, aynı plana sahip iki betonarme yapının duvar etkisi karşılaştırılmıştır. Bu çalışmada, betonarme ve 6 katlı bir binanın duvarlı ve duvarsız halleri zorlanmış titreşim deneyi ile test edilmiştir. Zorlanmış titreşim deneyleri önce yapının tamamen duvarsız iken, daha sonar dolgu duvarları örülmüş halde gerçekleşmiştir. Yapıda duvarların yapının dinamik özelliklere etkisi, ortam ve zorlanmış titreşim testleri ile deneysel olarak, ETABS yapı analizi programı ile de analitik olarak araştırmışlardır. Bu çalışma sonucunda dolgu duvarların, yapının birinci doğal titreşim periyotlarında %25-35'e varan oranlarda azalmalara neden olduğu sonucuna varmışlardır.

Beklen ve Çağatay (2009) "Çerçevelerde Dolgu Duvar Etkisinin İncelenmesi" isimli yüksek lisans tez çalışmalarında, farklı yükseklik ve açıklıklardaki betonarme düzlem çerçevelerin yatay yük etkisi altında duvarlı ve duvarsız modellerini incelemişlerdir. Dolgu duvarlar modellenirken SAP2000 programı yardımı ile eşdeğer basınç çubuğu ve sonlu elemanlar modellerini kullanmışlardır. Çalışmalarının sonucunda dolgu duvarların yapının deplasmanında büyük azalmalar meydana getirdiklerini tespit etmişlerdir.

Kaplan S. A. (2008), "Dolgu duvarların betonarme taşıyıcı sistem performansına etkisi" isimli çalışmasında birçok farklı ülkenin deprem yönetmeliğinde yer alan ampirik periyot formüllerini inceleyerek dolgu duvarların bu periyotlara ve yapıda oluşabilecek düzensizliklere etkisini araştırmışlardır. Çalışmanın sonucu olarak gelişi güzel yerleştirilen dolgu duvarların bina simetrisini bozduğunu, düzensizliğe sebep olabileceğini, dolgu duvarların yapının periyot ve deplasmanlarına buna bağlı olaraktan oluşacak kesme kuvvetlerine doğrudan etkisi olacağını tespit etmişlerdir. Bu sebeple dolgu duvarların göz önünde bulundurulmadığı hesapların değerlendirmelerinin gerçeği yansıtmayacaklarını ortaya koymuşlardır.

Köse ve Karslıoğlu 2007, "Dolgu Duvarların Bina Doğal Periyot ve Mod Şekline Olan Etkileri" isimli çalışmalarında Kahramanmaraş'ta inşa edilen üç adet çok katlı betonarme yapı üzerinde dolgu duvarların doğal modal periyot ve mod şekillerine olan etkilerini incelemişlerdir. Binalar 3D olarak SAP2000 yazılımı yardımı ile modellenmiştir. Bu modellerde dolgu duvarlar eşdeğer sanal basınç çubuğu olarak modellenmişlerdir. Çalışmalarının sonucu olarak dolgu duvarların, yapının doğal periyotlarına etkisi olduğunu ve periyotlarda azalmalara sebep olduklarını ancak mod şekillerine etki etmediklerini ortaya koymuşlardır.

Polyakov 1956, çalışmasında, çelik ve dört yanı mafsallı çerçeveler ele almıştır. Çalışmalarında eşdeğer sanal basınç çubuk modelinin dolgu duvarların rijitliklerinde temsil olarak kullanmıştır.

Stafford Smith 1962 ve 1969 yıllarında yapmış olduğu çalışmada Polyakov tarafından geliştirilen Eşdeğer Sanal Basınç Çubuğu yöntemini geliştirerek basınç

çubukların çaprazlar olarak modellenmesini önermiştir. Bu yöntem günümüzde de en elverişli yöntem olarak görülmekte ve en çok bu yöntem kullanılmaktadır. Stafford Smith bunlara ek olarak eşdeğer sanal basınç çubuk modelinde, dolgu duvarın yer aldığı çerçevelerde, betonarme elemanlar arası mesafenin de önemli olduğunu ortaya koymuştur.

Klinger ve Bertero 1976, yapmış oldukları çalışmada taşıyıcı sistem üzerine artan bir şekilde yük etkitilmiş, sonuç olarak da çerçeve ile dolgu duvar arasında köşe bölgeler haricinde çatlakların oluştuğu ve sağlam kalan köşeler arasında eğik bir basınç çubuğu oluştuğu gözlemlenmiştir. Klinger ve Bertero; taşıyıcı sistem-dolgu duvar etkileşimi ile yanal dayanımın arttığı, yer değiştirmelerin azaldığı ve sistemin enerji yutma kapasitesinin önemli oranda arttığını ortaya koymuştur.

Liauw 1979, çalışmasında dolgu duvarlarda bulunan boşlukların dayanım ve rijitliğe etkisini araştırmış ve bu boşlukların rijitlik ve deplasmanda önemli olduklarının ortaya koymuştur. Çalışmasının sonucunda boşlukların rijitlik ve deplasmanı büyük oranda düşürdüğünü ifade etmiştir.

Özcebe ve ark. 2003, dolgu duvarlı ve duvar bulunmayan boş çerçeve olarak iki modeli ele almıştır. Çalışmasının sonucu olarak dolgu duvarların yapı periyot ve deplasmanlarına etkisini ve duvardaki boşluklarında duvar rijitliğine etkisini ortaya koymuştur.

Uğurlu M. A. 2011, tez çalışmasında dolgu duvarların yapı davranışına etkisini incelemiştir. Bu çalışmada benzer çalışmalardan çok farklı bir bakış açısı olarak sadece duvarlı ve duvarsız olarak değil farklı dolgu duvarların farklı ve benzer etkilerini incelemiştir. Dolgu duvarların standart tuğla veya kilitli tuğla malzemeler ile oluşması durumlarında oluşan farklar incelenmiştir. Çalışmada deprem etkileri betonarme çerçevelere quasi-statik yükleme ile etkitilmiştir. Farklı çerçevelerden alınan sonuçlar rijitlik, enerji sönümü vb durumlarda karşılaştırılmıştır. Dolgu duvarların, dolgu duvarsız duruma göre yapının periyoduna, düşey ve yatay düzensizliklerine pozitif etkileri olmuştur. Bunun yanı sıra tuğlaların kilitli tuğla olması durumunda, standart tuğlaya göre düzensizlik problemleri, periyotlar azalmıştır. Ayrıca deneysel çalışma

göstermiştir ki, kilitli tuğla yüksek kayma değerlerinde bile bütünlüğünü korumuş ve yatay kuvvet etkisinde düzlem dışı yıkılma riskini büyük oranda azaltmıştır.

Başaran V. 2018, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine (TBDY2019) Göre Afyonkarahisar İçin Deprem Yüklerinin Değerlendirilmesi, çalışmasında Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018 (TBDY2018)'e göre Türkiye Deprem Tehlike Haritaları ve DY2007'e göre (2007 Deprem Yönetmeliği olan Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik) Türkiye Deprem Bölgeleri Haritalarını baz alarak Karahisar'da bulunan 28 farklı mahallede 5 ve 10 katlı olan iki farklı yapıyı eşdeğer deprem yüklerinin hesaplanması ve kıyaslanması üzere 116 model olarak modellemiştir. Bu çalışmada TBDY2018'e göre DD2 deprem düzeyi ve ZA, ZB, ZC, ZD, ZE zemin sınıfları temel alınarak çalışma yapılmıştır. Buda 116 modele ait sonuç varyasyonlarının arttırmıştır. DY2007'e göre eşdeğer deprem kuvveti hesaplarında ise 2. derece deprem bölgesi için 0.30 etkin yer ivmesi katsayısı ile Z1, Z2, Z3, Z4 yerel zemin sınıfları baz alınmıştır. Çalışmada yapılan hesaplamaların sonuçları tablolar ve grafikler yardımı ile karşılaştırılmıştır. Bu çalışmanın sonucunda 5 katlı yapı modelinde TBDY2018e göre yapılan hesaplarda DY2007'e göre ZA, ZB, ZC, ZD zemin sınıfları için sırası ile %58, %58, %37 ve %13 değerlerinde azalma gözlemlenirken ZE zemin sınıfına göre yapılan hesap sonuçlarında artış gözlemlenmiştir. 10 katlı çerçeve modelinde ise TBDY2018'e göre yapılan hesaplarda, DY2007'e göre yapılan hesaplara göre ZA, ZB, ZC, ZD, ZE zemin sınıfları için sırası ile %62, %62, %43, %39 ve %18 oranlarında azalmalar gözlemlenmiştir.

3. MATERYAL ve METOT

3.1. Materyal

Bu tez çalışmasında Diyarbakır ilinde bulunan Z+2 normal katlı betonarme bir okul yapısı seçilmiştir. Seçilen yapının doğrusal statik ve dinamik analizleri DY2007 ve TBDY-2018'e göre duvarlı ve duvarsız olarak yapılmıştır.

3.2. Metot

Bu tez çalışmasında yapının 3D modellenmesi ve analizinde SAP2000.v.20 kullanılmıştır. Analiz yöntemi olarak lineer analiz yapılmıştır. Dolgu duvarlar sadece basınç elemanı olan eşdeğer sanal basınç çubukları yöntemine uygun olarak modellenmiştir. Tasarım aşamasında DY2007 ve TBDY-2018 deprem yönetmelikleri kullanılmıştır.

3.3. Deprem Şartnameleri ve Şartnamelerinin Evrimi

1940'tan bu yana Türkiye'de yürürlüğe giren tüm deprem yönetmelikleri aşağıda sıralandığı gibidir (Alyamaç K.E., Erdoğan, A.S.).

1- Zelzele Mıntıkalarında Yapılacak İnşaata Ait İtalyan Yapı Talimatnamesi 1940 (DY1940)

2- Zelzele Mıntıkalarında Muvakkat Yapı Talimatnamesi 1944 (DY1944)

3- Türkiye Yer Sarsıntısı Bölgeleri Yapı Yönetmeliği 1949 (DY1949)

4- 1953 Deprem Yönetmeliği (DY1953)

5- 1962 Deprem Yönetmeliği (DY 1962)

6- 1968 Deprem Yönetmeliği (DY 1968)

7- 1975 Deprem Yönetmeliği (DY 1975)

8- 1998 Deprem Yönetmeliği (DY 1998)

9- 2007 Deprem Yönetmeliği (DY 2007)

10- 2018 Deprem Yönetmeliği (TBDY-2018)

3.3.1. Zelzele Mıntıkalarında Muvakkat Yapı Talimatnamesi 1940 (DY1940)

Bu yıllarda yapılar çoğunlukla yığma yapı oldukları için betonarme yapılardan söz edilmemiştir. Bu yönetmelikte çoğunlukla cezai hükümler, 1. Ve 2. Deprem bölgeleri, kat yüksekliği, duvar kalınlığı ve temel durumu gibi konstrüktif kurallardan söz edilmiştir (Alyamaç ve Erdoğan 2005).

Taban kesme kuvveti yapının ağırlığının sabit bir katsayı değerinde ve düzgün yayılı yük olarak hesaplanmıştır.

$$V=CW \quad (3.1)$$

$$W= G + nQ \quad (3.1a)$$

3.3.2. DY1944 Yönetmeliği

Zelzele Mıntıkalarında Muvakkat Yapı Talimatnamesi 1944 (DY1944)'te Zelzele Mıntıkalarında Muvakkat Yapı Talimatnamesi 1940 (DY 1940)'a nazaran yüzeyselde olsa da betonarme yapılardan söz edilmiş ve betonarme yapıların cezai hükümleri ve konstrüktif kurallarının yanı sıra, yapı malzemesinden ve bazı tasarım kurallarından da söz edilmiştir. Malzemede kalitenin önemine değinilmiştir (Alyamaç ve Erdoğan 2005).

Taban kesme kuvveti hesabında bir değişiklik yapılmamıştır. Depreme karşı dayanımın arttırılması için yapısal elemanların (kolon, kiriş ve döşeme) bir birine bağlanması şart koşularak ancak birlikte çalışmaları durumunda depreme karşı dayanım sağlayabilecekleri belirtilmiştir. Rüzgâr yükünden bahsedilmiş ve zati için 1,4 katsayısı şart koşulmuştur. Yapılarda deprem derzi – dilatasyon şartı koşulmuş ve sınıflandırılmıştır. Bu sınıflar; betonarme yapılar için en fazla 50m, yığma yapılar için en fazla 40m, ahşap yapılar için en fazla 12m olarak belirleniştir (Alyamaç ve Erdoğan 2005).

3.3.3. DY1949 Yönetmeliği

Deprem Yönetmeliğinden cezai hükümler kaldırılarak tasarım yönetmeliği halini almıştır. 1. ve 2. Derece olarak iki farklı deprem bölgeleri oluşturulmuştur. Bir birine dik ama aynı anda yapıya etki etmeyen yapay yer sarsıntısı olarak tanımlanmış deprem

için ilk defa bir deprem kuvveti hesap yöntemi sunulmuştur. Deprem kuvvetinin her iki doğrultuda etkidiği ancak her iki doğrultuda aynı anda etki etmediği kabulü yapılmıştır. Bu kuvvet "H" ile ifade edilerek Denklem 3.2.'deki gibi hesaplanmıştır (Alyamaç ve Erdoğan 2005).

$$H= C*(G + nP) \quad (3.2)$$

"n" hareketli yük katılım katsayısı 1 ile 1/3 arasındadır.

Çizelge 3.1. Yatay Yer Sarsıntısı Katsayısı

C Yatay yer sarsıntısı katsayısı	
1.Derce Deprem Bölgesi	0,02 - 0,04
2.Derce Deprem Bölgesi	0,01 - 0,03
Çatı Döşemeleri	0,15

C Yatay yer sarsıntı katsayısı bir hesaba bağlanmayıp tasarım mühendisinin ve kontrol biriminin tecrübe ile mühendisin inisiyatifine bırakılmıştır. Çatı döşemesi üzerindeki imalatların ve diğer konsolların hesabında deprem bölgesine bakılmaksızın C katsayısının 0.15 alınması gerektiği belirtilmiştir. Yapı elemanları hesaplanırken kombinasyonlar oluşturulmuştur. Bu kombinasyonlar düşey yükler ve deprem kuvveti ile birlikte rüzgâr yükünün %50si alınarak veya düşey yüklerle birlikte rüzgâr yükünün tamamının alınması şeklinde tanımlanmıştır. Depremli veya rüzgârlı kombinasyonlardan en elverişsiz olanının alınması ön görülmüştür. Deprem hesabında malzeme emniyet gerilmelerinin %50 arttırılmasına müsaade edilmiştir.

3.3.4. 1953 Deprem Yönetmeliği (DY1953)

1953 deprem yönetmeliğinde, 1949 Deprem Yönetmeliğinde kullanılan yatay deprem kuvveti formülü Denklem 3.2 ile aynı olarak kullanılmıştır. Ancak farklı olarak deprem kuvveti hesabındaki C ve n katsayıları daha detaylı ele alınmış ve bu değerler için tablolar verilmiştir. C değeri tablo Çizelge 3.2 ile detaylandırılarak zemin sınıflarına deprem bölgelerine bağlı kesin bir değer olmuştur. n değeri ise bir çizelge Çizelge 3.3 ile yapı türüne bağlanmıştır (Alyamaç ve Erdoğan 2005).

Çizelge 3.2. Yatay Yer Sarsıntısı Katsayısı C

Şartlar	1° Deprem Bölgesi	2° Deprem Bölgesi
a) Yerlikaya kalınlığı 1mt'den fazla olan zeminler üzerine yapılacak yapılar	0.02	0.01
b) Asgari kalınlığı 3mt olan sert kil zeminler üzerine yapılacak yapılar için	0.03	0.02
c) Diğer iki şıktaki zeminlerin dışında kalan zeminler üzerine yapılacak yapılar için	0.04	0.03

Çizelge 3.3. Hareketli Yük Katılım Katsayısı n

Yapı Türü	Hareketli Yük Katılım Katsayısı (n)
Sinema, Tiyatro, Okul, Stadyum, Depo ve Antrepo Gibi Binalar	1
Resmi Yapılarda	1/2
Meskenlerde	1/3

Kombinasyonlarda DY1949 yönetmeliğindeki kurallar ve yaklaşımlar geçerli kılınmıştır ancak konsollarda C yatay yer sarsıntısı katsayılarının iki katı alınacaktır.

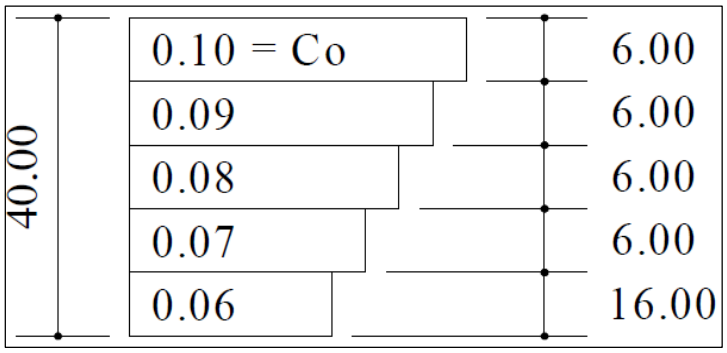
3.3.5. 1962 Deprem Yönetmeliği (DY1962)

DY1962'de, deprem kuvveti (H) hesabında, DY1953 ve DY1949 ile aynı yaklaşım ve aynı formül kullanılmış. Önceki deprem yönetmeliklerinden farklı olarak C değeri biraz daha detaylandırılmıştır. DY1953 yönetmeliğinde olduğu gibi sadece tabloya bağlı kalınmamış, tabloya bağlı bazı değerler kullanılarak ampirik bir formül ile hesap edilmektedir. Böylelikle C yatay yer sarsıntı katsayısı, zemin cinsine, malzeme türüne (malzemenin beton veya çelik oluşuna), yapı yüksekliğine ve deprem bölgesine bağlı olarak hesaplanmıştır (Alyamaç ve Erdoğan 2005).

$$H = C (G + n*P) \quad (3.3)$$

$$C=C_{0}*n_{1}*n_{2} \quad (3.3a)$$

C_o katsayısı, 40 m. ye kadar ilk 16 m. den sonra, her 6m.de bir 0.01 artarken, 40 m'den sonra her 3 m'de 0.01 arttırılır.



Şekil 3. 1. C_0: Yapı Yüksekliğine Bağlı Katsayı

Çizelge 3.4. Deprem Zemin Katsayısı Yapı Tipleri " n1 "

Zemin Cinsi	n1 Çelik	n1 Beton
I) Sert ve yekpare kayalık zeminler,	0.6	0.8
II) Kum, çakıl, sert kumlu kil gibi sağlam ve sıkışık zeminler. Çatlaklı ve kolayca tabakalara ayrılan kayalar,	0.8	0.9
III) Yukarıdaki sağlam zeminler haricinde daha az sağlam bilumum zeminler.	1.0	1.0

Çizelge 3.5. n2: Deprem Bölgesi Katsayısı

Yersarsıntısı Bölgeleri	n 2
1. derece	1.0
2. derece	0.6

Çizelge 3.6. Hareketli Yük Azaltma Katsayısı n

Sinema, tiyatro, okul, kahvehane, fabrika gibi umumi yapılar ve yapıların, büro toplantı alanı gibi bölmeleri	1.0
Diğer yapılar	0.5

DY1962'de yapı taşıyıcı sistemlerinde simetriye önem verilmiştir. Burada şekil bakımından simetri ile birlikte, kütle ve rijitlik bakımından simetri de kastedilmiştir (DY1962).

DY1962'de düzensizlikler tanımlanmıştır. Hesap esasları belirlenmiştir. Yapılarda dilatasyon derzleri bırakılması istenmiş ve bu derzin min. 3cm olması istenmiştir.

3.3.6. 1968 Deprem Yönetmeliği (DY1968)

DY1968 yalnızca bina türü yapıları kapsamaktadır. Bina türü yapılar dışında kalanlar sorumlu bakanlık tarafından kontrol edilecektir.

Yönetmeliğin üçüncü bölümde su baskınlarından ve önlemlerden bahsedilmiştir. Bu bölümde su baskını afetlerine yönelik tasarımsal yaklaşımlara değinilmiştir.

Yönetmeliğin dördüncü bölümünde yangın afetinden korunma başlığı altında yangına karşı dayanım arttıracak tavsiyelerde bulunulmuştur. Bu tavsiyelerin çoğu nitel özellikte olsa da bazı nicel tavsiyeler önem arz etmektedir. Çelik yapı tasarımında yangın önlemlerinin alınması istenmiştir. Ahşap yapıların bitişik yapılmasına izin verilmeyip en az 5m. mesafe olması gerektiği belirtilmiştir.

Yönetmelik, afet bölgelerinde yapılacak yapılarda malzeme ve işçiliğin Bayındırlık Bakanlığı "Yapı İşleri Umumi Fenni Şartnamesi" kurallarına, "Türkiye Köprü ve İnşaat Cemiyeti Betonarme Şartnamesi" ile ahşap inşaat şartnamesine uygun olması gerektiğini belirtmiştir.

DY1962'e göre kesit boyutlandırmaları ve donatı detaylarının belirtilip bunlarla alakalı çizimlere ve taşıyıcı elemanların uygun kesit hesaplarına yer verilmiştir. Bu yönetmelikte taşıyıcı elemanlar kendi içinde ayrı olarak, derzler, temeller, kolonlar, kirişler, perdeler döşemeler, dolgu duvarlar olarak ayrı başlıklar altında önceki yönetmeliklere göre daha detaylı ve hesaplara dayalı olarak incelenmiştir. Ayrıca yapı yüksekliği sınırı ele alınmıştır. 44m yükseklikten sonra dinamik yapılar zemin özellikleri göz önünde bulundurularak yapılacaktır. Tüm bu değişiklikler göz önüne alındığında 1962'den sonra önemli ölçüde yol kat edildiği ve deprem bilinci ile yapı tasarımının başladığını söyleyebiliriz.(Alyamaç ve Erdoğan 2005)

3.3.6.1. 1968 Deprem Yönetmeliğine Göre Temeller

Sayısal verilerle hesaplar önerilmemiş olsa bile temel tasarımında önem verilmesi gereken hususlara değinilmiştir ve min. donatı ve kesit oranları belirlenmiştir. Deprem etkisinin göz önünde bulundurularak zemin etütlerinin zemin cinsi ve bina karakteristiğine göre yapılması, temel derinliğinin zemin türüne göre belirlenmesini, kötü zeminlerde iyileştirme yapılmasını ve en az 10 cm kalınlığında 150 doz beton ile tesviye betonu yapılması gibi tavsiyelerde bulunulmuştur (DY1968). (Alyamaç ve Erdoğan 2005).

Kazık temellerin tasarımı için deprem bölgesi ve zemin türüne bağlı olarak kullanılması gereken minimum donatı çapları ve adetleri belirlenmiştir.

3.3.6.2. 1968 Deprem Yönetmeliğine Göre Kolonlar

Yapının geometrik, kütle, rijitlik bakımından simetrik olması, düşey ve yatayda taşıyıcı elemanların sürekliliği tavsiye edilmiştir. Kolonlarda yüzeyinden başlayarak açıklığa doğru kiriş derinliği kadar olan bölge etriye sıkılaştırma bölgeleri olarak tanımlanmıştır. Bu bölgedeki kolonların etriye aralığının, elemanın ortasındaki etriye aralığının yarısı kadar olması ve kolonların kiriş içerisinde kalan bölgelerde (mesnetlerde) aynı etriyelerin kullanılması istenmiştir. Minimum kolon kesitleri 24cm ve kat yüksekliğinin 1/20 ile sınırlandırılmıştır. Kolonlarda, hatıl vb elemanlar için filizler eşit değerde bırakılmalıdır.

3.3.6.3. 1968 Deprem Yönetmeliğine Göre Kirişler

En küçük kiriş ebatları 15*30cm ve kendine bağlı plak döşeme kalınlığının en az 3 katı olacaktır. Kirişler için boyuna donatı oranı en az binde iki buçuk kadar olarak belirlenmiştir. Kiriş kolon birleşim bölgesinde guse yapılması tavsiye edilmiştir. (DY1968).

3.3.6.4. 1968 Deprem Yönetmeliğine Göre Perdeler

Perde duvar kalınlığı için, kat yüksekliğinin 1/25'i ve 20cm. minimum kesit kriteri olarak belirlenmiştir. Perde duvarın her iki yüzünde, yatayda ve düşeyde ayrı ayrı olmak üzere kullanılan donatı beton kesitinin binde iki buçuğundan az olamaz. (Üstün M. 2013)

Boşluklu perdelere değinilmiş ve boşluğun perde yüzey alanının %15ini geçmemesi şartı ile perdenin her iki yüzünde boşluğun kenarlarında ikişer adet 16mm donatı kullanılacaktır. Daha büyük boşluklar için hesap yapılacak ve kenarlara kullanılan donatılar boşluk sebebi ile kesilen donatı alanından asla düşük olmayacaktır. Ayrıca her köşeye 45°lik açı ile en az ikişer adet 16mmlik donatı kullanılacaktır. Bu demir çubuklar köşeden kenara doğru en az aderans boyu kadar uzatılacaktır. Kolonlarda olduğu gibi

perdelerde de bodrum katından itibaren tüm katlarda perdelerin sürekliliği istenmiştir. (DY1968) (Üstün M. 2013)

3.3.6.5. DY1968'e Göre Döşemeler

Normal katlarda minimum döşeme kalınlığı 10 cm, çatı döşemelerinde minimum kalınlık 8 cm kabul edilmiştir. Konsollarda plak kalınlığı en az serbest açıklığın 1/12si kadar alınmalıdır. Kendisinden sonra gelen bazı yönetmeliklerin aksine 1. ve 2. derece deprem bölgelerinde asmolen döşeme yapılmasına müsaade edilmemiştir. (DY1968), (Üstün M. 2013)

3.3.6.6. 1968 Deprem Yönetmeliğine Göre Dolgu Duvarlar

1968 yönetmeliğine göre dolgu duvarların, ince ve hafif malzemeler kullanılarak; Bir kirişe oturmayan döşemelerde yapılacak duvarlar en fazla 1/2 tuğla duvar kalınlığı kadar kalınlıkta olacaktır. 3m yi aşan duvarlarda hatıl kullanılacaktır. Başka bir duvarla birleşmeyen, paravan şeklinde veya münferit olarak yapılacak duvarlar 250 doz çimento harcı ile min. 1/2 tuğla duvar veya min. 10cm kalınlıkta olacaktır.

DY1968 Deprem Yönetmeliğini incelediğimizde, Betonarme, yığma, ahşap ve yarı kâgir yapıları taşıyıcı elamanları bakımından ayrı ayrı ele aldığını görebiliriz. Buda bize bu yönetmelikte deprem bilincinde büyük yol kat edildiğini gösterebilir. Bu yönetmelikte 7. Bölümde Onarma başlığı altında ilk güçlendirme şartları oluşturulmuştur. (DY1968).

3.3.6.7. 1968 Deprem Yönetmeliğine Göre Deprem Kuvveti Hesabı

Deprem kuvveti hesabında bir önceki yönetmeliğe göre daha çok değişkene bağlanmıştır ve simgesel değişiklikler yapılmıştır. Deprem bölgeleri 1. 2. Ve 3. Olmak üzere 3 bölgeye ayrılmıştır. Periyot hesabı için ampirik bir formül verilmiştir (DY1968), (Üstün M. 2013).

$$F=C.W \qquad (3.4)$$

$$C=C_o.\ \alpha.\ \beta.\gamma \quad (3.4a)$$

$$W=\Sigma W_i \quad (3.5)$$

$$W_i = G_i + n_i.\ Pi \quad (3.5a)$$

Çizelge 3.7. Deprem Bölge Katsayısı C_o

Deprem Bölgesi	Deprem Bölge Katsayısı C_o
1	0,06
2	0,04
3	0,02

Çizelge 3.8. Bina Önem Katsayısı (β)

Bina Önem Katsayısı	**β**
Bir deprem süresince veya hemen sonrası kullanılması zaruri binalar (PTT binaları, itfaiye binaları, kuvvet santralleri, radyo evi, pompa istasyonları, hastaneler gibi)Önemli veya değerli malları saklayan binalar (Müzeler gibi) Halkın çok yığıldığı binalar (Mektepler, stadyumlar, tiyatrolar, sinemalar, ibadet mahalleri, tren istasyonları gibi)	1,5
Halkın Az Yığ Ildığı Binalar (Özel Ikametgah, Apartmanlar, Oteller, Iş Yerleri, Lokantalar, Sanayi Binaları Gibi)	1

Çizelge 3.9. Deprem Zemin Katsayısı (α)

Zemin Cinsleri	α
1- Sert ve yekpare kayalık zeminler	0,80
2- Kum, çakıl, sert kumlu kil gibi sağlam ve sıkışık zeminler, çatlak ve kolayca tabakalara ayrılan kayalar	1,00
3- Suyu havi gevşek ve yukarıdaki sağlam zeminler haricindeki daha az sağlam bilumum zeminler	1,20

Çizelge 3.10. Hareketli Yük Katsayısı (n_i)

Sinema, tiyatro, okul, stadyum ve depo tipi binalarda	n=1
Sağlık yapıları, idare yapıları, otel, apartman ve ikametgâh	n=0,5

γ, dinamik katsayısı en uzun özel periyoda bağlı olarak aşağıdaki gibi hesaplanır.

$T \leq 0{,}5$ sn için $\gamma=1$, (3.6)

$T > 0{,}5$ sn için $\gamma=0{,}5/T > 0{,}3$ olmalı (3.7)

"Bu şekilde hesaplanan γ değeri hiç bir zaman 0,3 den küçük olmayacaktır.

$$T = 0.09\frac{H}{\sqrt{D}} \quad (3.8)$$

Toplam yanal kuvvet bina katlarına aşağıda verilen formül ile dağıtılır.

$$Fi = F. (Wi. hi / \Sigma Wi. hi) \quad (3.9)$$

3.3.6.8. 1968 Deprem Yönetmeliğine Göre Emniyet Gerilmeleri

Beton ve Çelik emniyet gerilmelerinin, deprem hesaplarında en fazla %50 arttırılmalarına müsaade edilmiştir (DY1968).

Deprem hesapları göz önüne alındığında zemin emniyet gerilmeleri zemin cinslerine göre; 1. Sınıf zeminlerde %50, 2. Sınıf zeminlerde %30 arttırılabilmesine müsaade edilmiştir. 3. Sınıf zeminlerde ise zemin emniyet gerilmelerinde arttırılmaya müsaade edilmemiştir.

3.3.6.9. 1968 Deprem Yönetmeliğine Göre Emniyet Yatay Burulma Momenti

Planda herhangi bir katın kütle merkezi ile rijitlik merkezi arasındaki (ei) ekzantristliği o kattaki en büyük bina boyutunun %5i olarak alınacaktır. Bu değerden büyük olması durumunda kesme kuvvetlerinde burulmadan kaynaklı artışların göz önüne alınması istenmiştir (DY1968).

3.3.7. 1975 Deprem Yönetmeliği (DY1975)

3.3.7.1. DY1975'e Genel Bakış

1968 ve öncesi deprem yönetmeliklerine göre en önemli farklar taşıyıcı elemanların konstrüktif kıstasları, min. boyut ve donatı koşullarının ayrıntılı verilmesi, sargı bölgelerinin tanımlanması ve şekillerle verilmesi, birleşim bölgelerindeki kayma tahkiki yapılmasıdır diyebiliriz (Alyamaç ve Erdoğan 2005), (DY1968), (Üstün M. 2013).

Süneklik kavramı ilk kez bu yönetmelikte ele alınmış deprem kuvveti hesabı formülünde bir değişken olarak verilmiştir. Aynı zamanda süneklik katsayısı "K" tablolar halinde sunulmuş ve yapı tipine göre ciddi farklar oluşmuştur. Mesnette etriyelerin devam etmesi ve 135 derecelik kanca bu yönetmelikte kıstas olarak ele alınmıştır (Alyamaç ve Erdoğan 2005) (DY1975), (Üstün M. 2013).

DY1975' 4 farklı deprem bölgesi (1. 2. 3. 4.) oluşturulmuş ve deprem hesapları betonarme yapılar için kısmen değiştirilmiş ve geliştirilmiştir (Alyamaç ve Erdoğan 2005), (Üstün M. 2013).

DY1975 ile DY1998 arasında çok sayıda deprem yaşanmasına rağmen DY1975 22 sene yürürlükte kalmıştır.

3.3.7.2. Kapsam ve Geçerlilik Kuralları

Kapsam bir önceki yönetmelikle aynıdır. Sadece bina türü yapıları kapsamaktadır. Diğer yapılar sorumlu bakanlıklarca detaylandırılıp kontrol edileceklerdir.

1975 deprem yönetmeliğinin 1968 yönetmeliği ve önceki yönetmelikler gibi afet yönetmeliği olarak oluşturulması sebebi ile su baskını, toprak kayması ve yangın afetlerinden korunma başlıkları ele alınmıştır. Bu afetlerden korunma şartları 1968 yönetmeliği ile aynıdır.

3.3.7.3. DY1975'e Göre Taşıyıcı elemanlar

Kolonlar, Kirişler, Perdeler ve Kolon Kiriş Birleşim Noktaları

Kolonların planda simetriye sahip olacak şekilde yerleştirilmesi istenerek, bodrum kattan başlanarak yukarı doğru birbiri üzerine gelecek şekilde yerleştirilmesi uygun görülmüştür. Böylelikle düşeyde sürekliliğe dikkat çekilmiştir.

Kolonlar için en küçük kesit olarak 25cm veya kat yüksekliğinin 1/20 si kadar olması istenmiştir. Bununla beraber geniş kenar dar kenarın max. 3 katı olabilmektedir. Yuvarlak kesitler için ise en küçük çap 30cm olarak belirlenmiştir. Kolonlarda min. Boyuna donatı oranı en az yüzde 1 (%1) olarak belirlenmiştir (Alyamaç ve Erdoğan 2005), (DY1975), (Üstün M. 2013).

Kolonlarda uyulması gerekilen donatı oranları Çizelge 3.11 ve Çizelge 3.12'de verilmiştir.

Çizelge 3.11. Kolonlarda Boyuna Donatı Oranı

Beton Sınıfı	Minimum	Maximum
B160	0.01	0.030
B225	0.01	0.035
B300	0.01	0.040

Çizelge 3.12. Bindirmeli veya Ekli Donatılı Kolonlarda Boyuna Donatı Oranı

Beton Sınıfı	Minimum	Maximum
B160	0.01	0.04
B225	0.01	0.05
B300	0.01	0.06

Çekme gerilmesine çalışan kesitlerde bindirmeli eklerin aynı çaplı donatı ile yapılması istenmiştir. Ancak bunun mümkün olmadığı durumlarda, bindirme boylarında değişiklik yapılması ön görülmüştür.

Kolonlar etriye sıklaştırma bölgesi, mesnet ve bu iki bölgenin arası olan orta bölge olarak ayrılmıştır (DY1975).

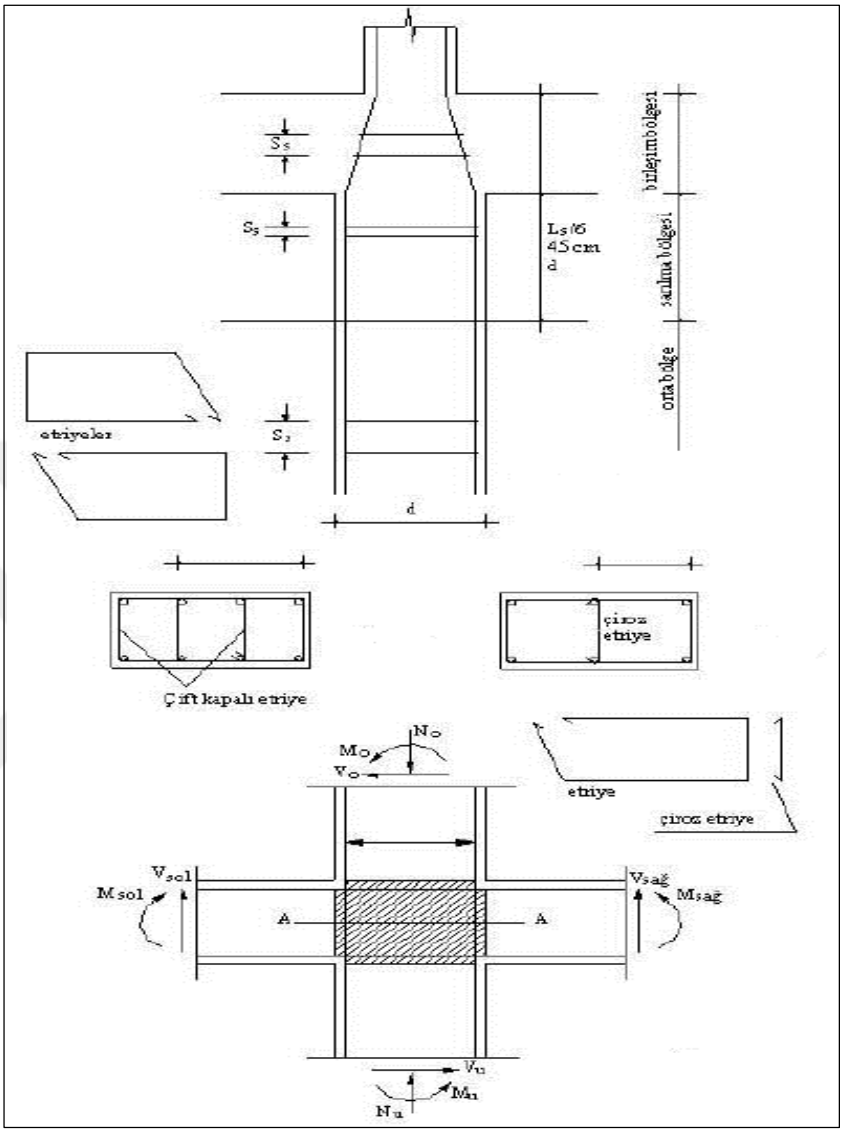
Kolon Sarılma Bölgesi (Etriye Sıklaştırma Bölgesi)

Kayma ve eğilme gerilmeleri karşısında gevrek kırılmayı engellemek için sarılma bölgeleri tanımlanmış ve sınırlandırılmıştır. Bu sınırlar; kolonların döşeme ile ve en derin kiriş ile birleştiği noktalar olarak tanımlanmıştır. Sıkılaştırma veya sargı bölgesinin kolonların en küçük kesitinden, kolonun yüksekliğinin 1/6sından ve 45cm den kısa olmaması istenmiştir. Sarılma bölgelerinde 8 mm den küçük çaplı enine donatı kullanılamayacağı, bu donatı aralığı max. 10cm min. 5cm olarak belirlenmiştir. Alt ve üst bölgedeki ilk etriyenin min. 5cm mesafeden başlaması gerekmektedir. Etriyelerin kancalı ve 135° olarak yapılması istenmiştir (Alyamaç ve Erdoğan 2005), (DY1975), (Üstün M. 2013).

Kolon orta bölgelerinde etriye aralığı maximum kolonun en büyük kenarının yarısı, 20cm veya en küçük boyuna donatı çapının 12 katı ile sınırlandırılarak, max kesme kuvvetini karşılaması sağlanmıştır.

Mesnetler en büyük kesme kuvvetini karşılayacak dayanımda sarılacak ve tasarlanacaklar. Kolon kiriş birleşim bölgelerinde uyulması gereken donatı dağılımı,

donatı aralıkları ve yatay kuvvetin kesit etkileri Şekil 3.2'de gösterildiği gibi olacaktır (DY1975).



Şekil 3.2. Kolon Enine Donatı Yerleşimleri ve Kolon Kiriş Birleşimleri

Birleşim bölgesinde kesme kuvveti;

$$V_A = - Msağ/Zsağ + Msol/Zsol – V_0 \quad (3.10)$$

Mesnette kesme Denklem 3.10 ile hesaplanır. Kayma kuvveti ise Denklem 3.11'e göre hesaplanır ve bu Denklem 3.12 kriterini sağlamalıdır.

$$\tau_b = V / b.Z \quad (3.11)$$

$$\tau_{bu} \leq 2.5(\delta)^{1/2} \ (kg/cm^2) \quad (3.12)$$

Kayma donatısı hesabına esas olan kayma gerilmesi τ_e :

$$\tau_e = \beta.\tau_b \text{ dir.} \quad (3.13)$$

$$\beta = [\ 1- 0.62/T_b((1+(0.06N_0/F_b)\tau_{bu}\ ] \quad (3.14)$$

Denklem 3.13 ve Denklem 3.14'de ki τ_b, τ_{bu} gerilmeleri %30 arttırılmayacaktır (DY1975).

3.3.7.4. DY1975'e Göre Kirişler

En küçük kiriş kesiti 20x30 olarak belirlenmiştir. Kirişin gövde genişliği saplandığı kolon gövde genişliğine, kiriş yüksekliğinin 1.5 katının eklenmesi ile elde edilen değeri geçmeyecektir.

Çizelge 3.13. Kirişlerde Minimum Boyuna Çekme Donatısı

Donatı Cinsi	Boyuna Donatı Oranı
BÇ I	0.005
BÇ II	0.004
BÇ III	0.003

Çizelge 3.13'te donatı cinsine göre kullanılması gereken min. donatı miktarı verilmiştir. Bununla beraber bu yüzde, 0,01 den ve çekme donatısının %50sinden fazla olmamak şartı ile ancak zorunlu durumlarda basınç donatısı kullanılmasına müsaade edilmiştir. Tek donatılı olarak boyutlandırılan kirişlerin basınç bölgelerinde min. 2ad. 12 mm donatı kullanılması gerekir (Alyamaç ve Erdoğan 2005), (DY1975), (Üstün M. 2013).

Herhangi bir kirişin kolona saplanıp ancak kolonun karşı yüzünde devam etmiyorsa, donatı 90 derece bükülerek ankraj uzunluğu kadar düşey yönde devam ettirilerek kenetlenme sağlanacaktır (DY1975). 1. ve 2. Deprem bölgelerinde min. etriye donatısı çapı Q8 olarak belirlenmiştir. Etriye aralığının kiriş genişliğini ve kiriş derinliğinin yarısını geçmemesi öngörülmüştür. Kirişlerin kolonlarla birleştiği bölgelerde kiriş derinliğinin iki katı uzunlukta sıkılaştırma bölgesi oluşturulması istenmiştir. Bu bölgedeki etriye aralığı kiriş yüksekliğinin 1/4ünü geçmeyecek ve ilk etriyenin kolona mesafesi 5cm i geçmeyecektir. (DY1975), (Üstün M. 2013)

3.3.7.5. 1975 Deprem Yönetmeliğine Göre Dolgu Duvarlar

DY1975'e göre dolgu duvarların, ince ve hafif malzemeler kullanılarak; Bir kirişe oturmayan döşemelerde yapılacak duvarlar en fazla 1/2 tuğla duvar kalınlığı kadar kalınlıkta olacaktır. 3m yi aşan duvarlarda hatıl kullanılacaktır. Başka bir duvarla

birleşmeyen, paravan şeklinde veya münferit olarak yapılacak duvarlar 250 doz çimento harcı ile min. 1/2 tuğla duvar veya min. 10cm kalınlıkta olacaktır. Döşemelerin üzerine gelecek max. Çizgisel yük 700 kg olarak sınırlandırılmıştır. 4m den fazla serbest açıklığa müsaade edilmemiştir.

Perdeler

Perdeler, elemanın uzun kenarının kısa kenarına oranının en az beş olduğu düşey taşıyıcı elemanlar olarak tanımlanmıştır. Minimum betonarme perde kalınlığı perde uzunluğunun veya kat yüksekliğinin 1/20'si ve/veya 15cm olarak sınırlandırılmıştır (Alyamaç ve Erdoğan 2005), (DY1975), (Üstün M. 2013).

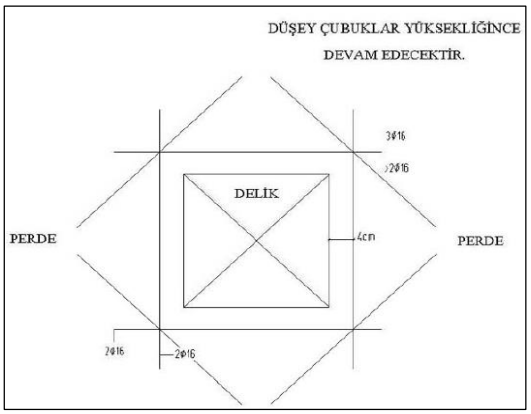
Minimum perde kalınlığının 10mlik perde yüksekliği için alınması şartı ile 10m'den yüksek perdelerde, perde boyunca aşağı inildikçe her 6m. de, perde kalınlığı ortalama 2 cm arttırılmalıdır (DY1975).

Perdelerde yatay donatının donatı alanı en az brüt enkesit alanının 0.0025'i, düşey donatının ise en az brüt enkesit alanının 0.0020'si kadar olmasına müsaade edilmiştir. Minimum donatı aralığı 30cm ve perdenin 1.5 katı kadar olacaktır.

Çizelge 3.14. Perde Uç Bölgesi Min. Boy Donatı Oranı

Donatı Cinsi	Perde Uç Bölge Minimum Boyuna Donatı Oranı
Beton Çeliği I	0.005
Beton Çeliği II	0.004
Beton Çeliği III	0.003

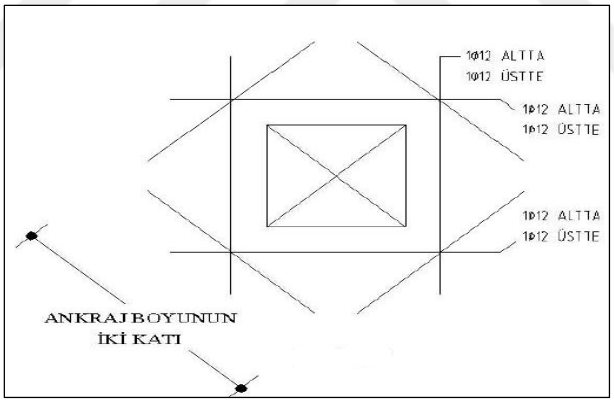
Boşluklar büyük olmadıkça, perdelerde yırtıklarının tüm kenarlarına 2Φ16'lık donatı yerleştirilmelidir. Boşlukların büyük olması durumunda ise hesap yapılacak ve kesilen demirlerin alanı, her iki kenardaki demirlerin toplam alanından çok olmamalı. Bu boşluk donatıları Şekil 2.3' te gösterildiği gibi 45°'lik açı ile yerleştirilmelidir (DY1975), (Üstün M. 2013).



Şekil 3.3. Boşluklu Perdelerde Donatı Yerleşimi

3.3.7.6. DY1975'e Göre Döşemeler

Normal kat döşemeleri min. 10cm, çatı katı döşemeleri ise min. 8cm olacak. Boşluklu döşemede yırtığın her köşesine Şekil 3.4'te gösterildiği gibi 45° lik açı yapacak şekilde her iki yüzde 1Ø12 donatı kullanılacak ve bu donatılar ankraj boyunun iki katından az olmayacaktır ve kesilen donatılar yırtık kenarına konan donatılardan fazla olmayacaktır (DY1975), (Üstün M. 2013).



Şekil 3.4. Boşluklu Döşemelerde Donatı Yerleşimi

3.3.8. DY1975'e Göre Deprem Yükü Hesabı

Deprem yükleri aynı anda etkimeyen ve birbirine dik iki yatay yük olarak tanımlanmıştır. Rüzgâr yükü ile birlikte etkimeyecektir. Depremli veya rüzgârlı kombinasyonlardan en elverişsiz olanı ile hesap yapılacaktır. Deprem yükü hesabı aşağıdaki gibi yapılmaktadır (DY1975), (Üstün M. 2013).

$$F= C*W \quad (3.15)$$

$$C= Co*K*S*I, \quad (3.16)$$

$$S = \frac{1}{|0.8 + T - T_o|} \quad (3.17)$$

T: Yapının 1. Doğal Titreşim Periyodu (Saniye) , T_o: Zemin Hâkim Periyodu, S değeri 1den küçük olmalıdır.

Zemine özgü deneysel çalışma yapılmadıkça T periyodu;

$$T = \frac{0.09H}{\sqrt{D}} \text{ veya } T = (0.07 \sim 0.1)N \quad (3.17a)$$

Denklemleri ile bulunur ve denklemlerinden Elverişsiz Olanın Seçilmelidir.

Bu Denklemde;

Çizelge 3.15. Deprem Bölge Katsayısı

Deprem Bölgesi	C o
1	0.10
2	0.08
3	0.06
4	0.03

Çizelge 3.16. Yapı Önem Katsayısı

Yapı Cinsi	I
a) Bir deprem süresince ya da hemen sonra kullanılması zorunlu yapılar (PTT, itfaiye ve radyo evi yapıları, kuvvet santralleri, pompa istasyonları, hastaneler, istasyon ve terminaller, rafineriler v.b. b) Bir deprem süresince ya da hemen sonra kullanılması zorunlu yapılar (PTT, itfaiye ve radyo evi yapıları, kuvvet santralleri, pompa istasyonları, hastaneler, istasyon ve terminaller, rafineriler v.b.) c)Halkın çok yığıldığı yapılar (Okullar, spor tesisleri, tiyatrolar, sinema ve konser salonları, ibadet mahalleri, v.b.)	1.5
d) Halkın az yığıldığı yapılar (Özel konutlar, Oteller, işyerleri, lokantalar, endüstri yapıları v.b.)	1

Çizelge 3.17. Zemin Hâkim Periyodu

Zemin Cinsi		**Zemin Hakim Periyodu T_o(sn)**	**T_o Ortalama (sn)**
I	a	0.20	0.25
	b	0.25	
	c	0.30	
II	a	0.35	0.42
	b	0.40	
	c	0.50	
III	a	0.55	0.60
	b	0.60	
	c	0.65	
IV	a	0.70	0.80
	b	0.80	
	c	0.90	

Çizelge 3.18. Yapı Tipi Katsayısı (K)

Yapı Tipi	K
Aşağıda tanımı ayrıca yapılmış tüm taşıyıcı sistemler	1.00
Tüm perde duvarlı kutu sistemler	1.33
Çerçeve yatay yüklerinin taşıyabilen çerçeve taşıyıcı sistemler (Dolgu duvarı tipleri a, b ve c için dip nota bakınız)2	
1. Düktil çerçeveleri2 (çelik ya da betonarme)	a) 0.60
	b) 0.80
	c) 1.00
2. Düktil olmayan çerçeveler	a) 1.20
	b) 1.50
	c) 1.50
3. Diyagonalli çelik kafes çerçeveler	a) 1.33
	b) 1.50
	c) 1.60
Düktil çerçeveleri ile yatay yüklerin en az %25 ini taşıyan perde duvarlı sistemler	a) 0.80
	b) 1.00
	c) 1.20
Yığma binalar	1.50
Bağımsız zemin üstü hazneleri (max. Yatay kuvvet katsayısı c=0.30)	2.00
Bina harici yapılar, baca, kule (max. Yatay kuvvet katsayısı c=0.30)	

3.3.9. Kat Kesme Kuvvetleri Fi

$$F=CW \tag{3.18}$$

$$C = C_0*K*S*I \tag{3.18a}$$

$$W = \sum W_i \tag{3.19}$$

$$Wi = Gi + n*Pi \tag{3.19b}$$

Deprem kuvveti katlara 3.20 ve 3.21 denklemleri ile dağıtılır.

$$F_i = (F - F_t)\frac{W_i H_i}{\Sigma W_i H_i} \tag{3.20}$$

$$F_t = 0.004 * F * \left(\frac{H}{D}\right)^2 \tag{3.21}$$

Ft ek deprem kuvveti her zaman 0.15F'den küçüktür. H/D ≤3 olması durumunda F_t = 0 alınabilir. C deprem katsayısı C_0/2'den büyük alınacaktır. Ardışık iki kat arasındaki deplasmanın, kat yüksekliğinin %25inden fazla olması durumu düzensizlik olarak tanımlanmıştır. Yatay yük altında beton ve çelik emniyet gerilmelerinin ve zemin emniyet gerilmesinin %33'e kadar arttırılmasına müsaade

edilmiştir. Ancak IV.sınıf zeminlerde zemin emniyet gerilmelerinin arttırılmasına müsaade edilmemiştir (DY1975), (Üstün M. 2013).

3.4. 1998 Deprem Yönetmeliği (DY1998)

DY1998 ve DY2007 yönetmelikleri arasındaki benzerliklerden dolayı bu kısımda hesaplar ve formüller yer almamıştır. Bu detaylar 1998 ve 2007 yönetmeliklerinin ortak başlığında ele alınmıştır.

DY1998 ve DY2007 yönetmelikleri kapsamları arasında farklardan biride DY1998'in ahşap yapıları da kısmen veya yüzeyselde olsa kapsamasıdır. DY2007'de ise ahşap yapıların sorumlu bakanlıkça takip edileceği söylenmiştir.

DY1998 Deprem yönetmeliğinde de önceki yönetmeliklerde olduğu gibi, su baskının ve yangın afetlerinden korunma başlığı genel olarak ele alınış ve önerilerde bulunulmuştur.

İlk kez düzensizlikler detaylı olarak ayrı bir başlık altında incelenmiştir. Yatay ve düşey düzensizlikler tanımlanıp şekillerle anlatılmış ve deprem hesabında göz önüne alınacak ağırlığın doğru hesabı için öncelikle bu düzensizliklerin olmadığı şekil ve boyutların belirlenmesi istenmiştir. Deprem hesaplarında ilk kez kullanılan ve DY2007'de bulunan, etkin yer ivmesi katsayısı eklenmiş ve bina önem katsayısı DY2007'deki halini almıştır. İlk kez, eşdeğer deprem yükü yöntemi, mod birleştirme yöntemi ve zaman tanım alanında hesap yöntemleri olmak üzere üç başlık altında deprem kuvveti hesap yöntemleri tavsiye edilmiştir. Böylelikle deprem kuvveti hesaplarının bugünkü temelleri atılmıştır.

Bu yönetmelikte tüm taşıyıcı sistem ve elemanları hesaplara dayalı ve detaylı kısıtlama ve kurallarla ele alınmıştır. Güçlü kolon zayıf kiriş ilkesi de bu yönetmelikle başlamıştır.

DY2007 yönetmeliğinin ilk halinin DY1998 deprem yönetmeliği olduğu söylenebilir.

3.5. 2007 Deprem Yönetmeliği (DY2007)

Ocak 2019 itibari ile yürürlükten kaldırılan ancak günümüz şartlarında, kendisinden önceki deprem yönetmeliklerine göre deprem dayanımı açısından birçok sorunun giderildiği DY2007 yönetmeliğinde deprem kuvveti hesabı birçok parametreye bağlı olarak ele alınmış ve yapı elemanlarının boyutlandırma ve donatı hesapları yeterli güvenli tarafta kalan hesaplarla verilmiş ve detaylı şekillerle anlatılmıştır.

Bu bölümde deprem kuvvetini (taban kesme kuvvetini) 1998 deprem yönetmeliği ve DY2007 tek bir başlık altında incelenmiştir. Kesit koşullarını ise DY2007 ve TBDY-2018 deprem yönetmeliklerinin inceleneceği bölümde incelenmiştir.

3.6. DY1998 ve DY2007 Yönetmeliklerine Göre Düzensizlikler

Yönetmeliklerimizin tamamında simetriden bahsedilmiş olmasına rağmen düzensizliklerden ilk kez DY1998 yönetmeliğinde bahsedilmektedir. DY1998 ile düzensizlikler sınıflandırılmış, tarifler yapılmış ve sayısal sınırlar formüllerle belirlenmiştir. Düzensizliklerde A4 türü düzensizlik dışında bir değişiklik yapılmamıştır (DY1998), (DY2007), (Üstün M. 2013).

Tasarım yaklaşımı olarak, B1 türü düzensizliği (Zayıf Kat)'ın bulunduğu yapılarda, göz önüne alınan i'inci kattaki duvar alanları bir üst kattaki (i+1 'inci kat) duvar alanlarından fazla ise dayanım düzensizliği katsayısı (η_{ci}) hesabında dolgu duvarlar göz önüne alınmamalıdır (DY1998 ve DY2007)

$0.60 \leq (\eta_{ci}) \leq 0.80$ ise taşıyıcı sistem davranış katsayısı olan R değeri $1.25(\eta_{ci})_{min}$ ile çarpılır. Fakat (η_{ci}) asla 0.60dan küçük olmamalıdır. (η_{ci})' nin 0.60dan küçük olması durumunda zayıf olan katta dayanım ve rijitlik arttırılarak deprem hesabı tekrarlanmalıdır.

3.6.1. DY1998 ve DY2007 Yönetmeliklerine Göre Planda Düzensizlikler

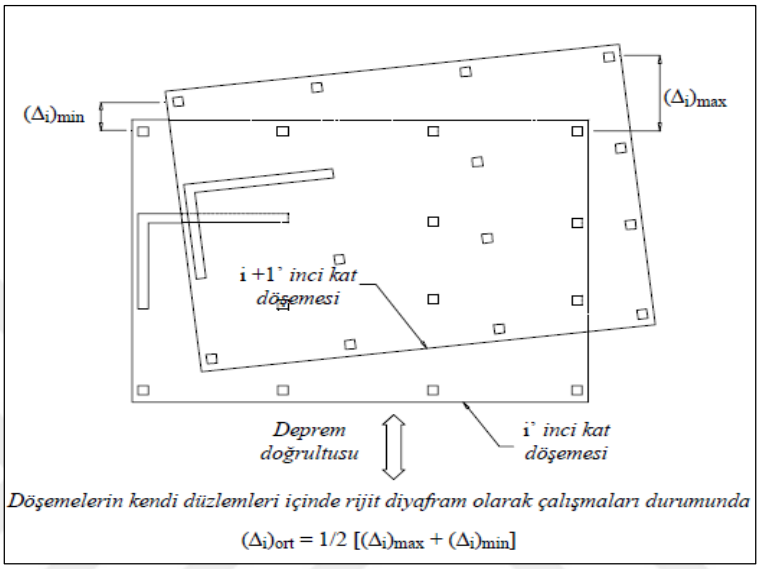
3.6.1.1. A1 Burulma Düzensizliği

Burulma düzensizliği, herhangi bir deprem doğrultusu için, +,-%5 dış merkezlik etkisi göz önünde bulundurularak kattaki maksimum göreli kat ötelemesi olan

(Δi)max'ın, aynı kattaki ortalama göreli kat ötelemesi olan ve Denklem 3.23 ile hesaplanan (Δi)ort'a oranı ve bu oranın 1.2'yi aşması durumundur (DY1998 ve DY2007).

$$\eta_{bi} = (\Delta_i)_{max} / (\Delta_i)_{ort} > 1.2 \quad (3.22)$$

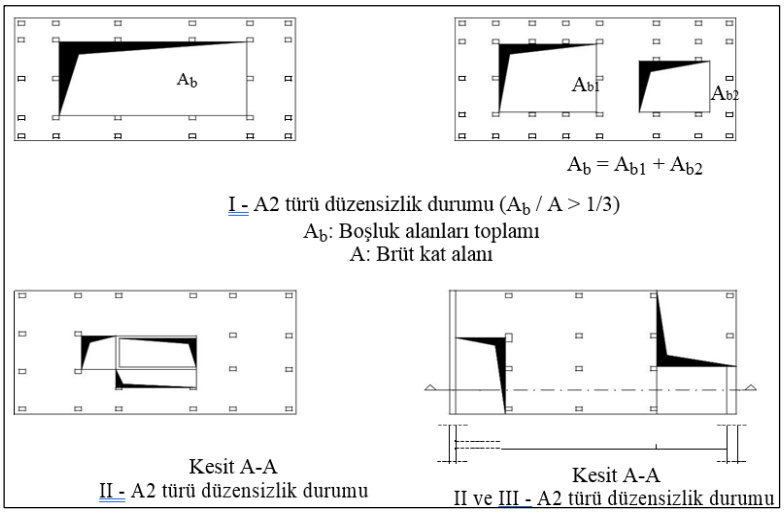
$$(\Delta_i)_{ort} = 1/2\ ((\Delta_i)_{max} / (\Delta_i)_{min}) \quad (3.23)$$



Şekil 3.5. A1 - Burulma Düzensizliği

3.6.1.2. A2 Düzensizliği

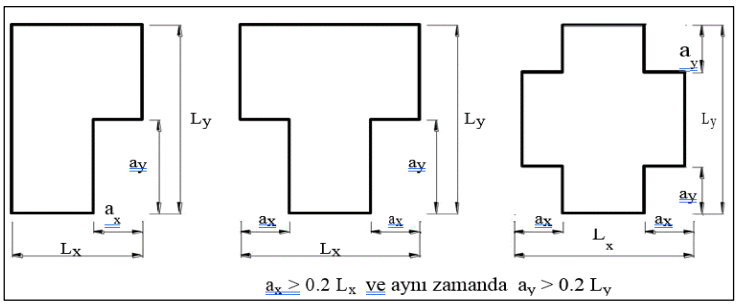
A2 durumu herhangi bir kat döşemesinde aşağıdaki Şekil 3.6. da gösterilen durumlardan en az herhangi birinin bulunması durumunda oluşur, (DY1998 ve DY2007).



Şekil 3.6. A2 Türü Düzensizlik Durumu – Döşeme Süreksizliği

3.6.1.3. A3 Düzensizliği

Herhangi bir katın herhangi bir kenarında bulunan çıkıntının aynı doğrultudaki çıkıntının %20sinden büyük olmasıdır (Şekil 3.7.), (DY1998 ve DY2007).



Şekil 3.7. A3 Düzensizliği – Planda Çıkıntılar

3.6.1.4. A4 Düzensizliği

A4 türü düzensizlik durumu, DY1998'de düzensizlik olarak ele alınırken DY2007'de düzensizlik olarak ele alınmayıp, sadece farklı asal eksenlere etkitilen iç kuvvetler olarak tanımlanmıştır.

3.6.2. DY1998 ve DY2007 Deprem Yönetmeliklerine Göre Düşey Düzensizlikler

- B1 Düzensizliği - Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği (Zayıf Kat).
- B2 Düzensizliği - Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat).
- B3 Düzensizliği - Taşıyıcı Sistemin Düşey Elemanlarının Süreksizliği.

3.6.2.1. B1 Düzensizliği

B1 düzensizliği Denklem 3.24'te gösterildiği gibi betonarme bir yapıda komşu katlar arası etkili kesme alanları oranının 0,80'den büyük olması durumudur (DY1998 ve DY2007).

$$\eta_{ci} = (\sum A_e)_i / (\sum A_e)_{i+1} < 0.80 \tag{3.24}$$

$$\sum A_e = \sum A_w + \sum A_g + 0.15 \sum A_k \tag{3.25}$$

3.6.2.2. B2 Düzensizliği

Düzensizlik katsayısı (η_{ki}), komşu katlar arası göreli kat ötelemeleri oranı olarak tanımlanır. (η_{ki})' nin DY1998'de 1.5' ten; DY2007'de ise 2.0'dan fazla olması durumunda düzensizlik oluşur (DY1998 ve DY2007).

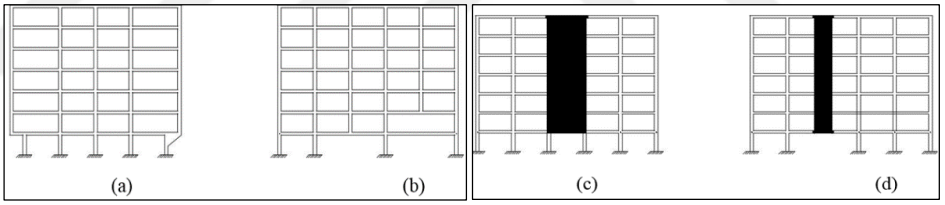
$$\eta_{ki} = (\Delta_i / h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1} / h_{i+1})_{ort} > 1.5 \quad \text{(DY1998)} \tag{3.26}$$

$$\eta_{ki} = (\Delta_i / h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1} / h_{i-1})_{ort} > 2.0 \quad \text{(DBYBHY 2007)} \tag{3.27}$$

Denklem 3.26 ve Denklem 3.27'deki Δ_i, binanın i'inci katındaki azaltılmış göreli kat ötelemesidir.

3.6.2.3. B3 Düzensizliği

Düşey taşıyıcı elemanlarının (kolon veya perdelerin) kendi aksları boyunca süreklilik sağlamaması, bu elemanların kiriş veya guselere oturması durumudur. B3 türü düzensizlikler Şekil 3.8'de gösterilmiştir. Perdelerin kirişe oturmasına asla müsaade edilmez.



Şekil 3.8. B3 Türü Düzensizlikler – Düşey Eleman Süreksizlikleri

3.6.2.4. 1998 ve 2007 Deprem Yönetmeliklerine Göre Deprem Yükü Hesapları

3.6.3. Elastik Deprem Yükleri (Spektral İvme)

A(T) Spektral ivme, %5 sönüm oranı ile Denklem 3.28'de ile Denklem 3.29'da tanımlanan elastik spektral ivmeye bağlı olarak hesaplanır.

Elastik spektral ivme katsayısı S_{ae}(T)nin tanımına, DY1998'de yer verilmemiştir.

$$A(T) = A_0 I S(T) \tag{3.28}$$

$$S_{ae}(T) = A(T) g \tag{3.28a}$$

Çizelge 3.19. Etkin yer İvmesi katsayısı (A_0)

Deprem Bölgesi	Etkin Yer İvmesi Katsayısı
1	0.40
2	0.30
3	0.20
4	0.10

Çizelge 3.20. (I) Bina önem katsayısı

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

Denklem 3.29'daki spektral ivme katsayısı S(T), Denklem 3.29'daki koşullara göre hesaplanır (DY1998 ve DY2007).

$$
\begin{aligned}
S(T) &= 1 + 1.5\,\frac{T}{T_A} && (0 \le T \le T_A)\\
S(T) &= 2.5 && (T_A < T \le T_B)\\
S(T) &= 2.5\left(\frac{T_B}{T}\right)^{0.8} && (T_B < T)
\end{aligned}
\qquad (3.29)
$$

Denklem 3.29'daki T_A ve T_B spektrum karakteristik periyotları Çizelge 3.21'e göre belirlenir.

Çizelge 3.21. Spektrum Karakteristik Periyotları TA ve TB

Yerel Zemin Sınıfları	TA	TB
Z1	0.10	0.30
Z2	0.15	0.40
Z3	0.15	0.60
Z4	0.20	0.90

3.6.3.1. Elastik Deprem Yüklerinin Azaltılması (Deprem Yükü Azaltma Katsayısı)

Deprem yükü azaltma katsayısı Ra(T), Çizelge 3.22'de verilmiştir.

$$R_a(T) = 1.5 + (r-1.5)T/T_A \qquad (0 \leq T \leq T_A) \qquad (3.30)$$

$$R_a(T) = R \qquad (T_A \leq T) \qquad (3.31)$$

Yukarıda verilen T_A ve T_B spektrum karakteristik periyotlarıdır Çizelge 2.22'den, taşıyıcı sistem davranış katsayısı R ise Çizelge 2.23'ten seçilecektir.

DY1998'e göre deprem yüklerinin perde tabanında meydana getirdiği eğilme momentleri toplamının, tüm yapı tabanda meydana getirdiği devrilme momentinin %75'inden az olmak zorundadır. Aksi durumda (R) değeri Denklem 3.30 ve Denklem 3.31'e göre tekrar hesap yapılarak analiz tekrarlanır (DY1998), (Üstün M. 2013).

$$R = 10-4\alpha_m \qquad (3.32)$$

Bu denklemde, R taşıyıcı sistem katsayısı, α_m perdelerin tabanında oluşan toplam eğilme momentinin, binanın tümünün tabanında oluşan devrilme momentine oranıdır (DY1998).

Çizelge 3.22. Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R)

BİNA TAŞIYICI SİSTEMİ	*Süneklik Düzeyi Normal Sistemler*	*Süneklik Düzeyi Yüksek Sistemler*
(1) YERİNDE DÖKME BETONARME BİNALAR		
(1.1) Deprem yüklerinin tamamının çerçevelerle taşındığı binalar	**4**	**8**
(1.2) Deprem yüklerinin tamamının bağ kirişli (boşluklu) perdelerle taşındığı binalar	**4**	**7**
(1.3) Deprem yüklerinin tamamının boşluksuz perdelerle taşındığı binalar	**4**	**6**
(1.4) Deprem yüklerinin çerçeveler ile boşluksuz ve/veya bağ kirişli (boşluklu) perdeler tarafından birlikte taşındığı binalar.	**4**	**7**
(2) PREFABRİKE BETONARME BİNALAR		
(2.1) Deprem yüklerinin tamamının bağlantıları tersinir momentleri aktarabilen çerçevelerle taşındığı binalar	**3**	**7**
(2.2) Deprem yüklerinin tamamının, üstteki bağlantıları mafsallı olan kolonlar tarafından taşındığı tek katlı binalar	—	**3**
(2.3) Deprem yüklerinin tamamının prefabrike veya yerinde dökme boşluksuz ve/veya bağ kirişli (boşluklu) perdelerle taşındığı, çerçeve bağlantıları mafsallı olan prefabrike binalar..	—	**5**
(2.4) Deprem yüklerinin, bağlantıları tersinir momentleri aktarabilen prefabrike çerçeveler ile yerinde dökme boşluksuz ve/veya bağ kirişli (boşluklu) perdeler tarafından birlikte taşındığı binalar	**3**	**6**
(3) ÇELİK BİNALAR		
(3.1)Deprem yüklerinin tamamının çerçevelerle taşındığı binalar	**5**	**8**
(3.2) Deprem yüklerinin tamamının, üstteki bağlantıları mafsallı olan kolonlar tarafından taşındığı tek katlı binalar	---	**4**
(3.3) Deprem yüklerinin tamamının çaprazlı perdeler veya yerinde dökme betonarme perdeler tarafından taşındığı binalar		
(a) Çaprazların merkezi olması durumu	**4**	**5**
(b) Çaprazların dışmerkez olması durumu	—	**7**
(c) Betonarme perdelerin kullanılması durumu	**4**	**6**
(3.4) Deprem yüklerinin çerçeveler ile birlikte çaprazlı çelik perdeler veya yerinde dökme betonarme perdeler tarafından birlikte taşındığı binalar		
(a) Çaprazların merkezi olması durumu	**5**	**6**
(b) Çaprazların dışmerkez olması durumu	—	**8**
(c) Betonarme perdelerin kullanılması durumu	**4**	**7**

3.6.4. DY1998 ve DY2007'de Deprem Hesabın Yöntemleri

DY1998 ve DY2007 yönetmeliklerinde deprem hesabı Eşdeğer Deprem Yükü, Mod Birleştirme ve Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemleri olarak üç şekilde hesaplanabilir. Bunlar:

3.6.4.1. Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi

Çizelge 3.23'teki binalar eşdeğer deprem yükü yöntemi ile hesaplanabilir. Bunun dışında kalan yapıların deprem hesabında diğer iki yöntem kullanılır.

DY2007'de yer alan eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulanabileceği bina yüksekliği, DY1998'de $H_N \leq 40$m yerine sırası ile 60 ve 75 değerleri gelecektir.

Çizelge 3.23. DY2007 Eşdeğer Deprem Yükü Yönteminin Uygulanabileceği Binalar

Deprem Bölgesi	*Bina Türü*	*Toplam Yükseklik Sınırı*
1, 2	Her bir katta burulma düzensizliği katsayısının $\eta_{bi} \leq 2.0$ koşulunu sağladığı binalar	$H_N \leq 25$ m
1, 2	Her bir katta burulma düzensizliği katsayısının $\eta_{bi} \leq 2.0$ koşulunu sağladığı ve ayrıca **B2** türü düzensizliğinin olmadığı binalar	$H_N \leq 40$ m
3, 4	Tüm binalar	$H_N \leq 40$ m

DY2007 ve DY1998'e göre taban kesme kuvveti (V_t), Denklem (3.33) ile hesaplanmıştır (DY1998 ve DY2007).

$$V_t = \frac{WA(T_1)}{R_a(T_1)} \geq 0.10AoIW \quad (3.33)$$

$$A(T_1) = A_o IS(T) \quad (3.33a)$$

$$S_{ae}(T) = A(T)g \quad (3.33b)$$

DY1998 ΔF_N; $H_N \geq 25$ m için ; $\Delta F_N = 0.07 T_1 V_t \leq 0.2 V_t$ (3.34)

$H_N < 25$ m için ; $\Delta F_N = 0$ (3.35)

$$\sum W_i^N = \sum wi \quad (3.36)$$

$$w_i = g_i + nq_i \quad (3.36a)$$

Çizelge 3.24. Bina Kullanım Amacı

Binanın Kullanım Amacı	*n*
Depo, antrepo, vb.	0.80
Okul, öğrenci yurdu, spor tesisi, sinema, tiyatro, konser salonu, garaj, lokanta, mağaza, vb.	0.60
Konut, işyeri, otel, hastane, vb.	0.30

Denklem 3.37 ve 3.38'de görüldüğü gibi ek eşdeğer deprem yükü (ΔF_N)'nin hesabı, DY1998 ve DY2007 yönetmeliklerinde farklı hesaplanır.

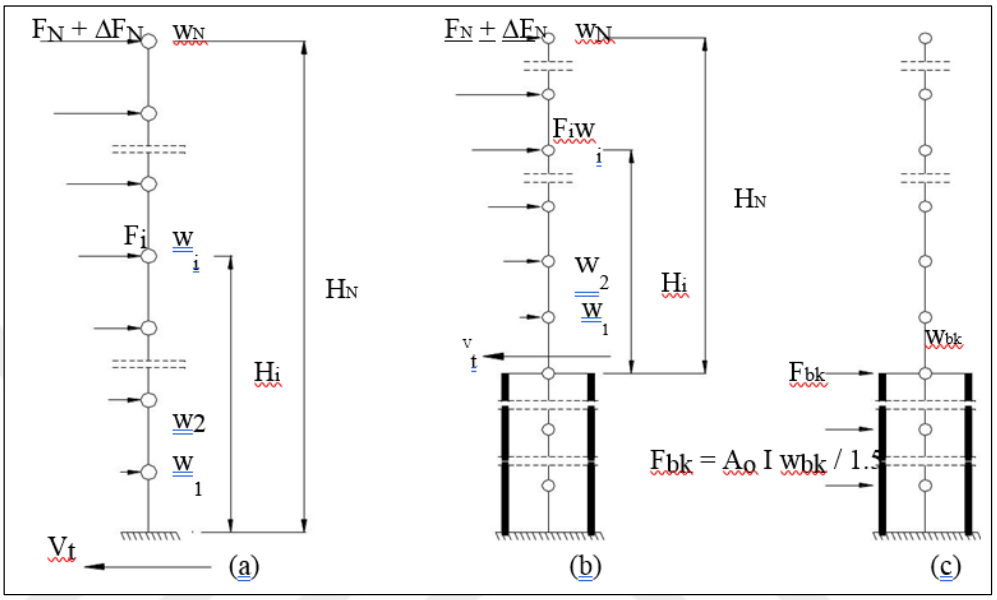
(ΔF_N); $H \leq 25$m olması durumunda $\Delta F_N = 0$ alınır. $H > 25$ olması durumunda ΔF_N Denklem 3.37 ile hesaplanır (DY1998).

$$\Delta F_N = 0.007 * T_1 V_T \leq 0.2 V_T \quad (3.37)$$

DY2007 yönetmeliğine göre ek eşdeğer deprem yükü yöntemi Denklem 3.38'e göre hesaplanır.

$$F_N = 0.00075 N V_t \tag{3.38}$$

$$Ft = (V_t - \Delta F_N)\frac{w_i H_i}{\sum_{j=1}^{N}(w_j H_j)} \tag{3.39}$$



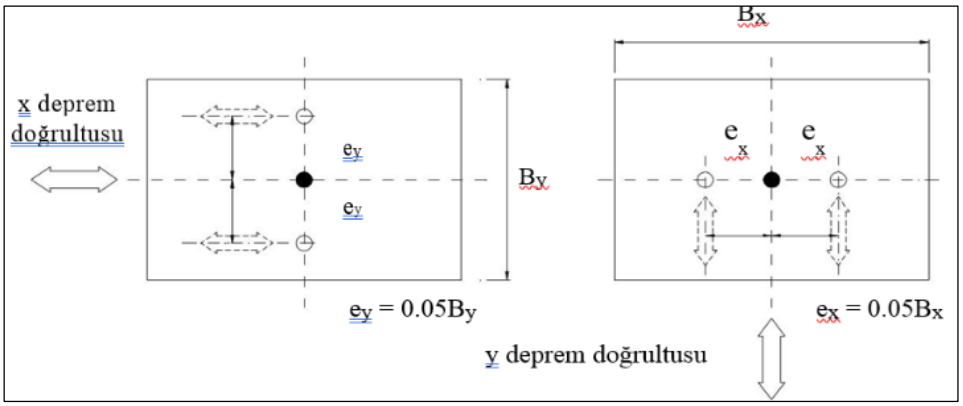
Şekil 3.9. Eşdeğer Deprem Yüklerinin Katlara Dağılımı

3.6.4.2. Kat Kesme ve Taban Kesme Kuvveti.

Rijit diyafram olarak tanımlanan döşemelerde, yatayda iki yönde yer değiştirme ve düşeye eksene göre dönme bileşenleri olarak 3 şekilde göz önünde bulundurulur. Tüm katlarda deprem yükü, ek dış merkezlik +, - %5 olarak her deprem doğrultusunda kaydırılarak belirlenen noktalara etkitilir (Şekil 3.10.).

Herhangi bir katta A1 düzensizliğinin bulunması durumunda yani $2.0<\eta_{bi}$ ise, Denklem 3.40'ta verilen D_i ile çarpılarak büyütülmelidir (DY1998 ve DY2007).

$$D_i = (\eta_{bi} / 2)^2 \tag{3.40}$$

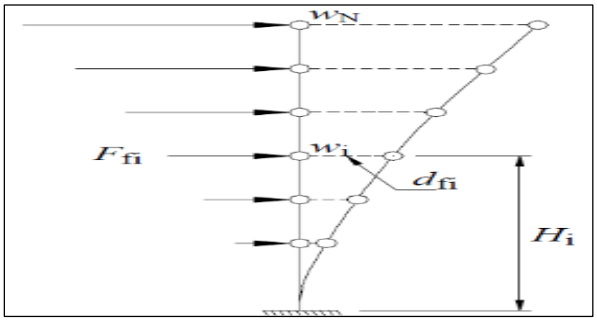


Şekil 3.10. Deprem kat kuvvetinin kata ±%5 ek dış merkezlilikle etkitilmesi

Binanın birinci doğal titreşim periyodu (T_1)'in hesabında DY1998 kat yüksekliklerine bağlı olarak farklı hesap yöntemleri sunulmuştur. Ancak yine de DY1998 ve DY2007'ye göre birinci doğal titreşim periyodu (T_1) için Denklem 3.41'e sunulmuştur. Periyodun bu değerden büyük olmasına müsaade edilmez.

$$T_1 = 2\pi \left(\frac{\sum_{i=1}^{N} m_i \, d_{fi}^2}{\sum_{i=1}^{N} F_{fi} \, d_{fi}} \right)^{1/2} \tag{3.41}$$

Yukarıdaki denklemde fiktif yük F_{fi} bulunurken Denklem 3.42'deki (V_t - ΔF_N) değeri yerine birim değer veya 1000 gibi herhangi bir değer konularak elde edilir (DY1998 ve DY2007).



Şekil 3.11. katlara gelen fiktif yükler.

$$Ft = (\mathrm{Vt} - \Delta \mathrm{FN}) \frac{w_i H_i}{\sum_{j=1}^{N} (w_j H_j)} \tag{3.42}$$

Kat sayısı N>13 olan yapıların doğal periyodu 0.1N'den daha büyük olamaz ve bu değer 3.42den bağımsız düşünülmelidir (Burada kat sayısı bodrum kat hariçtir) (DY2007).

3.6.5. 1998 ve 2007 Yönetmeliklerine Göre Kesit Kriterleri

3.6.5.1. 1998 ve 2007 Yönetmeliklerine Göre Döşemeler

DY1998 ve DY2017 yönetmeliklerinde düzensizliğe sebebiyet vermeyecek boşluk oranındaki veya boşluksuz döşemeler, kendi düzlemleri içinde rijit hareket ettikleri kabul edilmiş ve kesit hesaplarının TS500 e göre yapılacağı belirtilmiştir.

3.6.5.2. DY1998 ve DY2007'ye Göre Süneklik Düzeyi Yüksek Kirişler

Minimum kiriş kesiti 25x30 ve döşeme kalınlığının 3 katı olarak belirlenmiştir. Kiriş gövde genişliğinin, kiriş yüksekliği ile kirişin birleştiği kolonun kirişe dik genişliğinin toplamını aşmaması gerekir. Kiriş yüksekliğinin ise kiriş gövde genişliğinin 3.5 katından ve serbest açıklığın 1/4ünden fazla olmamalıdır ancak bu değerden yüksek olması durumunda, gövde yüksekliğince iki taraflı donatı arttırılmalıdır. (DY1998 ve DY2007).

Tasarım eksenel kuvveti Denklem 3.43'ü sağlayacaktır.

$$Nd \leq 0.1A_c f_c \tag{3.43}$$

3.6.5.3. DY1998 ve DY2007 Yönetmeliklerine Göre Kirişlerde Boyuna Donatıları

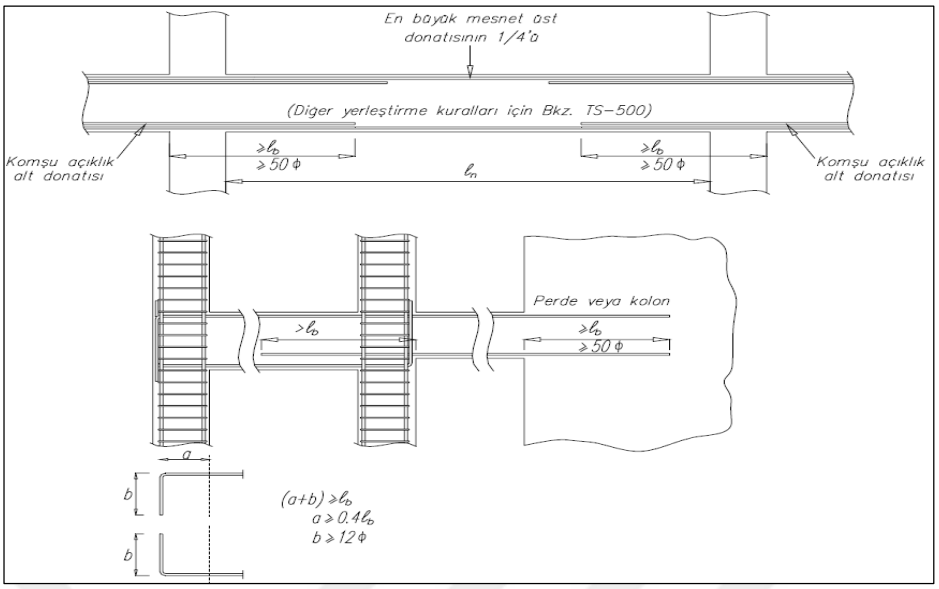
Kiriş mesnetlerinin minimum çekme donatıları oranı Denklem 3.44 ile hesaplanır (DY1998 ve DY2007).

$$\rho \geq 0.8 f_{ctd}/f_{yk} \tag{3.44}$$

Kiriş açıklığınca süreklilik sağlamak üzere, alt ve üst yüzde en az ikişer tane Ø12 mm çapında donatı, kiriş açıklığı boyunca sürekli olarak bulunmalıdır (DY1998 ve DY2007).

Kiriş mestlerinde alt donatılar 1. ve 2. derece deprem bölgelerinde üst donatılardan %50, 3.ve 4. derece deprem bölgelerinde %30dan az olamaz (DY1998 ve DY2007).

Mesnetlerdeki ve açıklıktaki çekme donatısı oranı TS500/2000'de verilen maksimum değerden ve %2'den fazla olamaz (DY1998 ve DY2007).



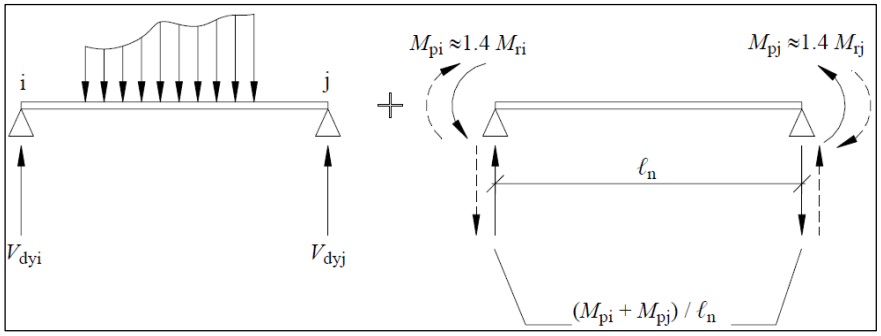
Şekil 3.12. Boyuna Donatı Koşulları

3.6.5.4. 1998 ve 2007 Yönetmeliklerine Göre Kirişlerde Enine Donatı Koşulları

Kiriş mesnetlerinde kolon yüzeyinden itibaren kiriş derinliğinin iki katı kadar uzunluktaki bölge Sarılma bölgesi olarak tanımlanmıştır. Bu bölgelerde özel deprem etriyeleri kullanılacaktır. Bu etriyeler sarılma bölgelerinde yüzeyden max. 50mm mesafeden başlayacaktır. Bu etriyelerin ara mesafeleri, kiriş yüksekliğinin 1/4'ünü, en küçük boyuna donatı çapının 8 katını ve 150mm'yi aşmamalıdır. Sarılma bölgesi dışında enine donatılarda TS-500'de verilen enine donatı koşulları geçerlidir. (DY1998 ve DY2007).

V_e kesme kuvveti deprem kuvvetinin elverişsiz olduğu yönde Denklem 3.45'e göre hesaplanır (DY1998 ve DY2007).

$$V_e = V_{dy} \pm \left(\frac{M_{pi}+M_{pj}}{l_n}\right) \tag{3.45}$$

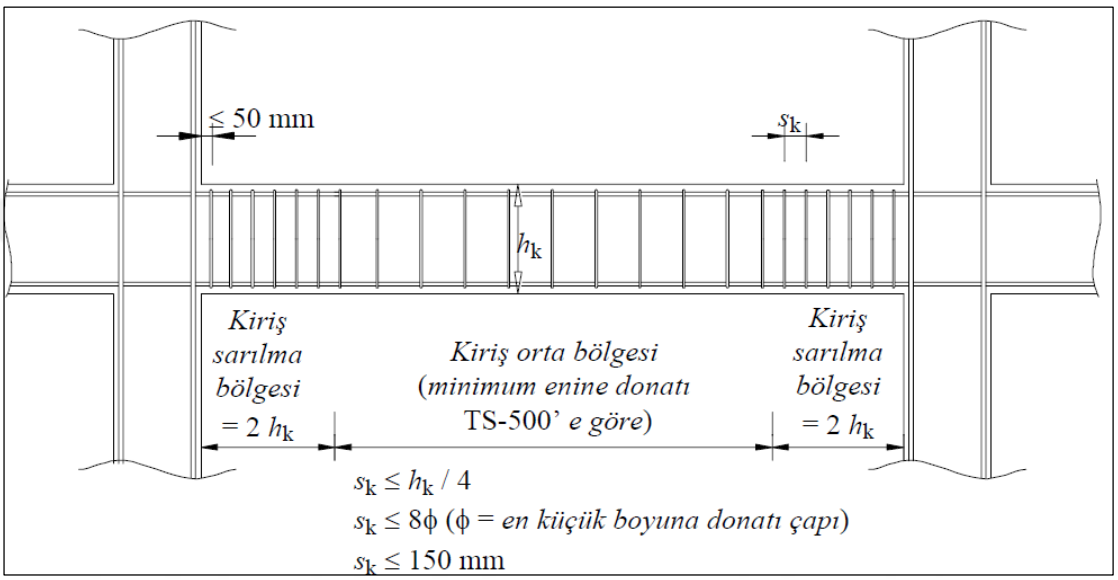


Şekil 3.13. Kesme Kuvveti – Kesme Güvenliği

V_e kesme kuvveti Denklem 3.46'ya göre hesaplanmalı. Bu koşulların ikisi birden sağlanamıyorsa kiriş boyutları arttırılıp deprem hesapları tekrar yapılmalıdır (DY1998 ve DY2007).

$$V_e \leq V_r, \quad V_e \leq 0.22.b_w.d.f_{cd} \tag{3.46}$$

Etriye sıkılaştırmaları kolon yüzeyinden en fazla 5cm uzaktan başlayacaktır. Etriye aralıkları şekil 3.14'te gösterildiği gibi olacaktır.

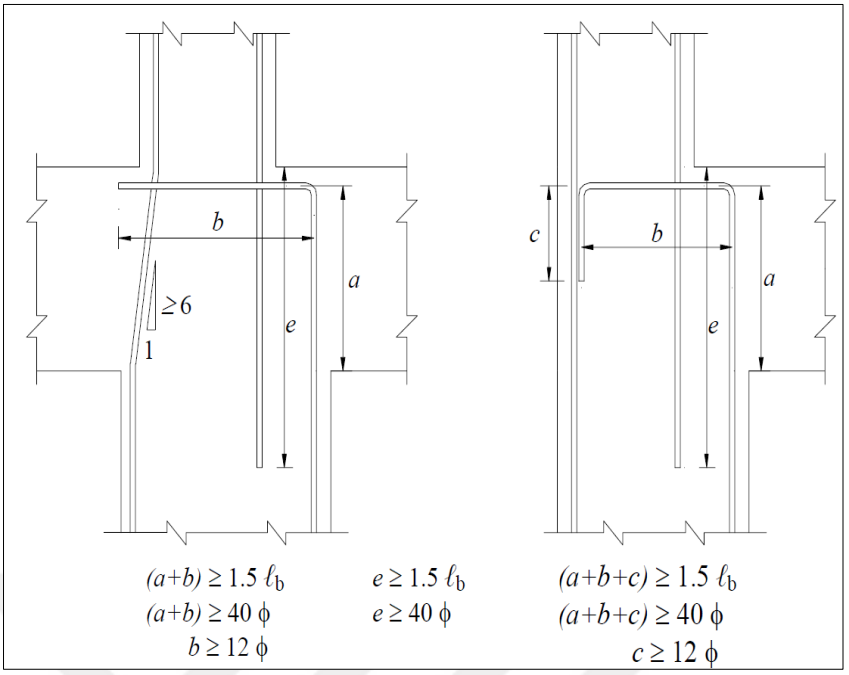


Şekil 3.14. Boyuna Donatı Koşulları

3.6.6. DY1998 ve DY2007'de Süneklik Düzeyi Yüksek Kolonlar

En kısa kenar 25cm, dairesel kolonların en küçük çap 30 cm olmalıdır. Kolonun brüt enkesit alanı A_c Denklem 3.47 ile hesaplanır. Burada N_{dm} en büyük eksenel basınç kuvvetidir. N_{dm} hesaplanırken deprem yükleri ve düşey yüklerin ortak etkisi göz önünde bulundurulacaktır (DY1998 ve DY2007).

$$A_c = N_{dm} / (0.50 f_{ck}) \tag{3.47}$$



Şekil 3.15. Değişen Kesitte Donatı Yerleşimi

3.6.6.1. DY1998 Ve DY2007'de Mesnet Donatı Koşulları ve Kesme Güvenliği

DY1998 ve DY2007' ye göre kiriş kolon birleşimlerinde kolon taşıma gücü momentleri kiriş taşıma gücü momentlerinden en az %20 fazla olarak, güçlü kolon zayıf kiriş koşulu sağlanacaktır. Kesme hesabı yapılmadan önce bu kuralın sağlanması gereklidir.

$$(M_{ra} + M_{rü}) \geq 1.2(M_{ri} + M_{rj}) \quad (3.48)$$

Güçlü kolon ve zayıf kiriş kuralı özel durumları:

Düğüm noktasındaki kolonlarda; $N_d \leq 0.10 A_c . f_{ck}$ ise, yapı tek katlı ise güçlü kolon zayıf kiriş koşulu aranmaz.

Denklem 3.48 sağlanılmışsa etriyeler için (V_e), Denklem 3.49'a göre hesaplanır (DY1998 ve DY2007).

$$V_e = \left(\frac{M_a + M_{ü}}{l_n}\right) \quad (3.49)$$

$$\sum M_p = M_{pi} + M_{pj} \quad (3.50)$$

$M_{pi} \cong 1.4 M_{ri}$ ve $M_{pj} \cong 1.4 M_{rj}$ eşitliği daha kesin hesap yapılamadığında kullanılabilir (DY1998 ve DY2007).

Kolonların etriye hesabında kesme kuvveti hesabı aşağıdaki şartları sağlamaz ise kesit büyütülüp hesap tekrar edilecek (DY1998 ve DY2007).

$$V_e \leq V_r \tag{3.51}$$

$$V_e \leq 0.22 A_w f_{cd} \tag{3.52}$$

Nd≤0.5.Ac.fck ise, betonun kesme dayanımına katkısı (Vc=0) sıfır alınır (DY1998 ve DY2007).

Mesnette ve sıklaştırma bölgesinde en küçük donatı çapı Φ8'dir. Bu bölgelerde sargı donatıları arası mesafe 5cm'den az, 10cm'den ve en küçük enkesit boyutunun 1/3'ünden çok olmamalıdır.

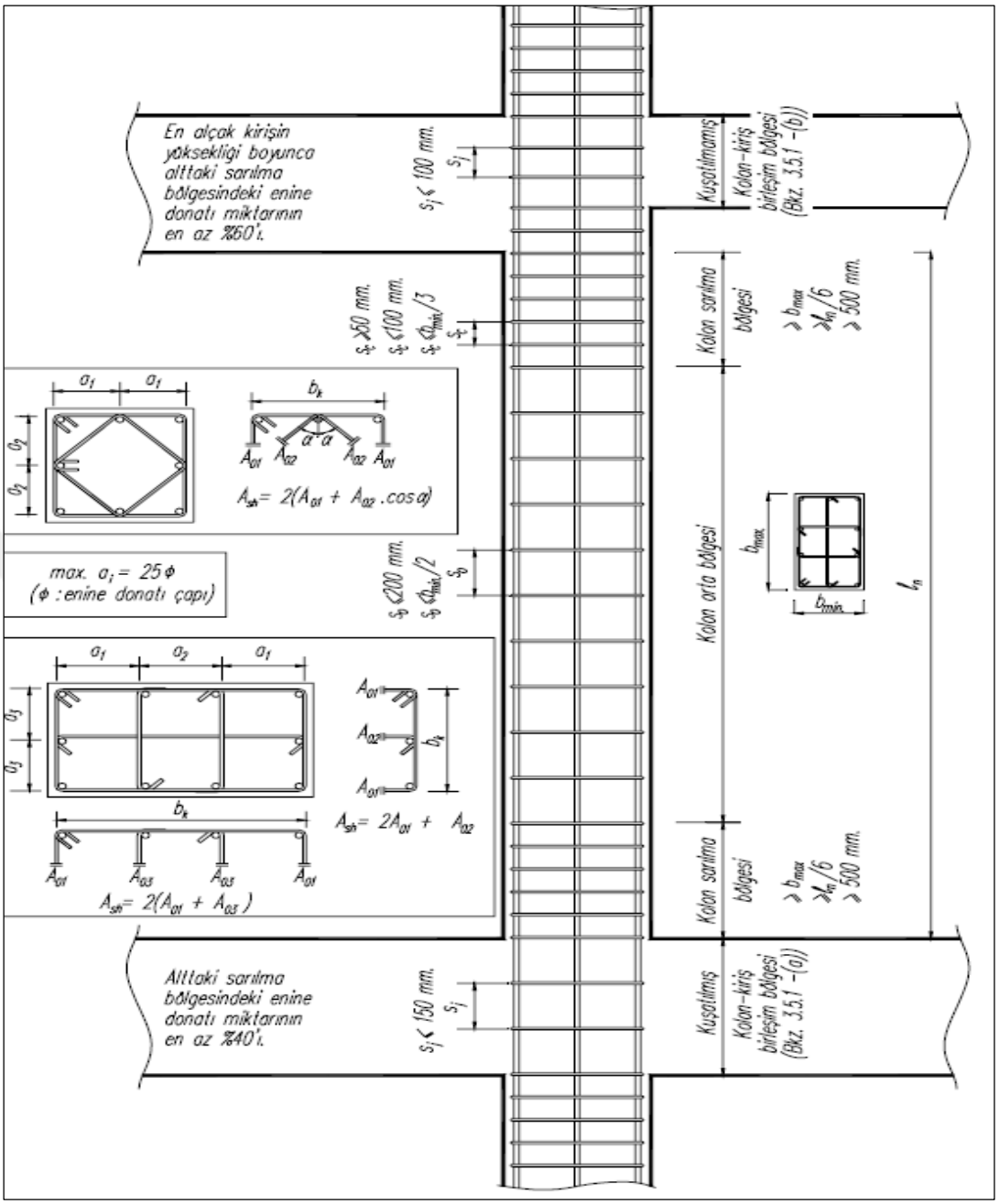
Etriyeli kolonlarda $N_d > 0.20 A_c f_{ck}$ ise, sıklaştırma bölgelerinde minimum toplam enine donatı alanı, Denklem 3.53 ve Denklem 3.54'teki elverişsiz sonuca göre tasarımda kullanılmalıdır.

$$A_{sh} \geq 0.3 s b_k [(A_c/A_{ck}) - 1](f_{ck}/f_{ywk}) \tag{3.53}$$

$$Ash \geq 0.075 sbk(fck/fywk) \tag{3.54}$$

Kolonda sıkılaştırma bölgeleri arasındaki bölgede yani kolon orta bölgesinde, Φ8'den küçük çaplı sargı donatısı kullanılmaz. Sargı donatıları arası mesafe bu bölgede 20cm' den, en küçük enkesitin yarısından faza olamaz.

Kolonların ve kolon kiriş birleşim bölgelerinin donatı detayları Şekil 3.16'da detaylı gösterilmiştir (DY1998 ve DY2007).



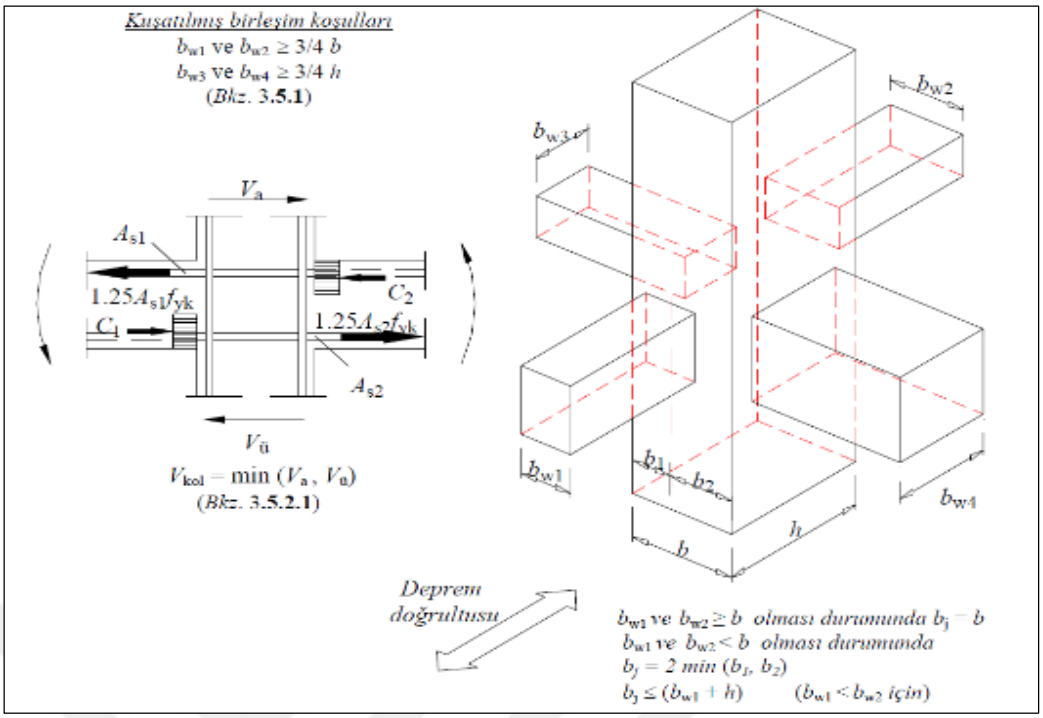
Şekil 3.16. Kolon Enine Donatı Enkesiti

Kolonlarda Kesme Güvenliği

(V_e) Denklem 3.55 ile hesaplanır (Şekil 3.17) (DY1998 ve DY2007).

$$V_e = 1.25 f_{yk}(A_{s1}+A_{s2})\, V_{kol} \qquad (3.55)$$

Herhangi bir mesnette Denklem 3.55 ile hesaplanan kesme kuvveti (V_e), hiçbir zaman aşağıda verilen sınırları aşmamalı, aksi halde kolon ve/veya kiriş kesiti değiştirilerek deprem hesabı tekrar yapılmalıdır (DY1998 ve DY2007).



Şekil 3.17 Kolon – Kiriş Birleşim Bölgesi Kesme Güvenliği.

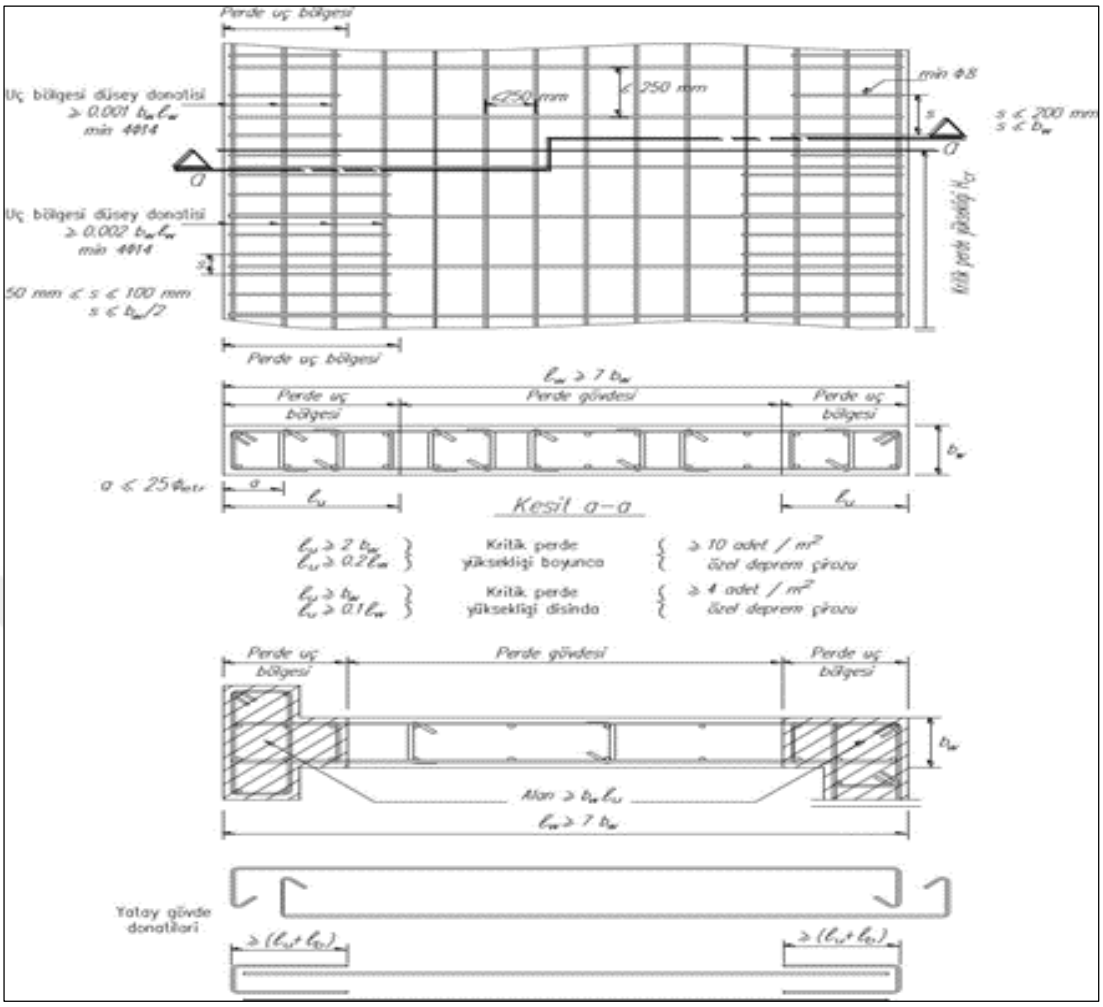
Birleşim bölgesinde hesaplanan kesme kuvveti (V_e), kuşatılmış ve kuşatılmamış ile Denklem 3.56a ve Denklem 3.56b'de verilen şartı sağlamak zorundadır (DY1998 ve DY2007).

$$V_e \leq 0.6 b_j h f_{cd} \quad (3.56a)$$

$$Ve \leq 0.45 bjhfcd \quad (3.56b)$$

Mesnette minimum etriye çap ve miktarı 4Φ14 olacaktır. Perde uç bölgelerinde düşey donatıların uyulacağı kurallar aşağıda verilmiştir (DY1998 ve DY2007).

Perdelerde ki minimum donatı çapları ve donatı yerleşim detayları Şekil 3.18'de detaylı bir şekilde verilmiştir.



Şekil 3.18. Perde Düşey ve Yatay Donatı Yerleşimi

3.7. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018 (TBDY-2018)

TBDY-2018de karşılaştığımız büyük oranda ve çok öneli değişiklikler ve yenilikler yapılmış olmasına rağmen TBDY-2018 sadece sayısal çalışma yapılan bölümde incelenmiştir. Bu bölümlerin 2007 deprem yönetmeliği ile büyük benzerlik göstermeleri sebebi ile bu bölümler yalnızca değişiklikler olarak ele alındı.

3.7.1. Sunduğu Yeniliklerle TBDY-2018'e Genel Bakış

Ocak 2019 itibari ile yürürlükten kaldırılan DY2007 deprem yönetmeliği 7 bölüm ve alt başlıklarından oluşurken TBDY-2018 17 bölüm ve alt başlıklarından oluşmaktadır. TBDY-2018'de deprem yükü hesabında ihtiyaç duyulabilecek tüm konular bulunmaktadır.

DY2007 ve önceki deprem yönetmelikleri çelik ve ahşap yapıları kapsamazken ahşap yapılar Bayındırlık ve İskân Bakanlığı esaslarına göre tasarlanmaktaydı. TBDY-2018 çelik ve ahşap yapılar detaylı ve kapsamlı olarak eklenmiştir.

3.7.2. TBDY-2018 Kapsamında 1.3 Özel Konularda Tasarım Gözetim Ve Kontrol

DY2007'de olmayan ve büyük bir yenilik olarak Türkiye'nin mühendislik anlamındaki profesyonellik ve sorumluluk sorunlarını büyük oranda değiştiren ve geliştiren bir konudur.

Tasarım gözetim ve kontrol" hizmeti alınma zorunluluğu TBDY-2018 ile başlayan önemli bir başlıktır.

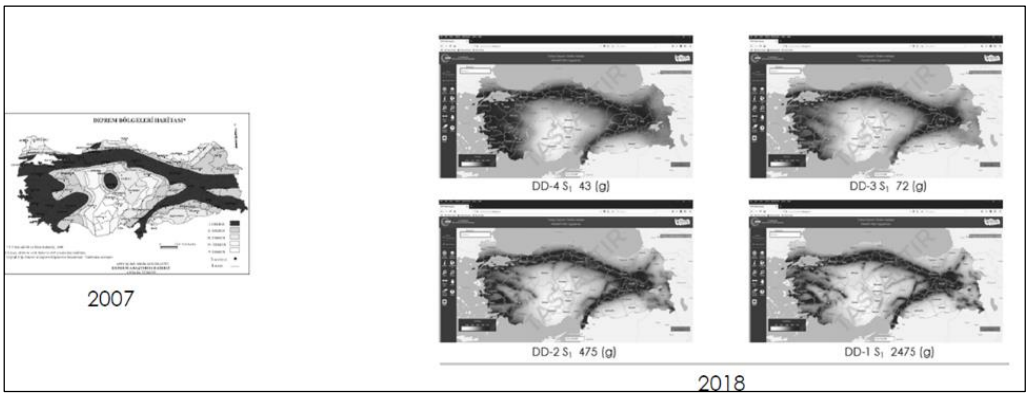
Bu bölümde belirtilen "tasarım gözetim ve kontrolü" kapsamındaki özel konular aşağıdaki gibidir (TBDY-2018);

3.7.3. TBDY-2018 Kapsamında Deprem Yer Hareketi

Bu çalışmayı etkileyecek ve çalışmamızın yoğunlaştığı önemli konu olması sebebi ile bu bölüm tüm değişiklikleri ile incelenmiştir.

3.7.4. TBDY-2018'ye Göre Deprem Tehlikesi Haritaları

2007 Deprem yönetmeliğinde 4 Bölgeden oluşan "Türkiye Deprem Bölgesi Haritaları" kapsam ve yürürlükten kaldırılmış ve yeni yönetmeliğe göre yapılacak hesaplardaki değişiklikler sebebi ile faya yakınlık haritası olan "Deprem Tehlike Haritaları" oluşturulmuştur. Bu haritalar http://tdth.afad.gov.tr/ adresinden interaktif olarak alınabilmektedir.



Şekil 3.19. Deprem Bölgesi Haritası ve Deprem Tehlikeleri Haritaları

3.7.5. Deprem Yer Hareketi Kapsamındaki Değişiklikler

DY2007'de D1, D2, D3 olmak üzere 3 farklı yer hareketi olarak ele alınan konu TBDY-2018de DD1, DD2, DD3 ve DD4 olmak üzere 4 farklı yer hareketi olarak ele alınmış.

3.7.5.1. DD1 - Deprem Yer Hareketi Düzeyi 1

Tanımsal olarak DY2007'de D3'e denk gelmektedir. DD1, 50 yılda aşılma olasılığının %2 ve tekrarlanma periyodu 2475 yıl olan seyrek deprem yer hareketidir. Tanımlanmış en büyük deprem yer hareketi DD1'dir.

3.7.5.2. DD2 - Deprem Yer Hareketi Düzeyi2

Tanımsal olarak DY2007'de D2'ye denk gelmektedir. 50 yılda aşılma olasılığının %10 ve tekrarlanma periyodunun 475 yıl olan seyrek deprem yer hareketidir. Standart tasarım deprem yer hareketidir.

3.7.5.3. DD3 - Deprem Yer Hareketi Düzeyi3

Tanımsal olarak DY2007'de D1'e denk gelmektedir. 50 yılda aşılma olasılığının %50 ve tekrarlanma periyodu 72 yıl olan sık deprem yer hareketini nitelemektedir.

3.7.5.4. DD4 - Deprem Yer Hareketi Düzeyi4

DY2007'de yer almamaktadır. 50 yılda aşılma olasılığının %68 ve buna karşılık gelen tekrarlanma periyodunun 43 yıl olduğu çok sık deprem yer hareketini nitelemektedir.

3.7.6. TBDY-2018'e Göre Deprem Yer Hareketi Spektrumları

Deprem Yer hareketi Spektrumları, belirli bir deprem yer hareketi düzeyi için referans zemin koşulları esas alınarak %5 sönüm oranı için, harita spektral ivme katsayılarına, faya yakınlık katsayılarına ve yerel zemin etki katsayılarına bağlı olarak standart biçimde veya sahaya özel deprem tehlikesi analizleri özel olarak tanımlanabilecektir.

3.7.6.1. TBDY-2018'ye Göre Harita ve Tasarım Spektral İvme Katsayıları

TBDY-2018'de deprem bölgeleri haritası kaldırılmış bunu yerine Türkiye Deprem Tehlikesi Haritası(TDTH2018) sunulmuştur. Değişen harita ile birlikte tasarım spektrumları hesap yöntemleri de değişmiştir. Daha önce kullanılan etkin yer ivmesi vb. değişkenler iptal olmuştur. Spektrum değerleri, kısa periyod ve 1.0s periyod için Deprem Tehlikesi Haritası yardımı ile verilmiştir.

Tasarım spektral ivme katsayıları olan S_{DS} ve S_{D1}, harita spektral ivme katsayıları S_S ve S_1 yardımı ile Denklem 3.60 ve Denklem 3.61'de gösterildiği gibi bulunur.

$$S_{DS}=S_S F_S \tag{3.60}$$

$$S_{D1}=S_1 F_1 \tag{3.61}$$

Elde edilen tasarım spektrum katsayıları yardımı ile yatay ve düşey elastik tasarım spektrumları tanımlanır.

Çizelge 3.25. Kısa Periyod Bölgesi için Yerel Zemin Etki Katsayıları F_S

Yerel Zemin Sınıfları	Kısa Periyod Bölgesi için Yerel Zemin Etki Katsayıları F_S					
	$S_S \leq 0.25$	$S_S \leq 0.50$	$S_S \leq 0.75$	$S_S \leq 1.00$	$S_S \leq 1.25$	$S_S \leq 1.50$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
ZC	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2
ZD	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
ZE	2.4	1.7	1.3	1.1	0.9	0.8
ZF	*Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır*					

Çizelge 3.26. 1 saniye periyod için Yerel Zemin Etki Katsayıları F1

Yerel Zemin Sınıfları	1,0 saniye periyod için Yerel Zemin Etki Katsayıları F_1					
	$S1 \leq 0.10$	$S1 \leq 0.20$	$S1 \leq 0.30$	$S1 \leq 0.40$	$S1 \leq 0.50$	$S1 \leq 0.60$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZC	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4
ZD	2.4	2.2	2.0	1.9	1.8	1.7
ZE	4.2	3.3	2.8	2.4	2.2	2.0
ZF	*Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır*					

3.7.6.2. Yatay Elastik Tasarım Spektrumu

Yeni yönetmelikte Spektrum katsayısı hesaplarındaki değişiklik tasarım spektrumunda da görülmektedir. Yatay elastik Tasarım Spektrumu DY2007'den farklı olarak, değişen ve artan parametrelere (Doğal Titreşim Periyodu T, Tasarım Spektral İvmeleri S_{DS} ve S_{D1}, Yatay Tasarım Spektrum Köşe Periyodu T_A ve T_B) bağlı olarak bulunmaktadır. Böylelikle daha güvenilir tarafta kalınmış ve daha hassas bir sonuç elde edilmiştir.

$$S_{ae}(T) = (0,4 + 0,6(T/T_A))S_{DS} \qquad (0 \leq T \leq T_A) \qquad (3.63a)$$

$$S_{ae}(T) = S_{DS} \qquad (T_A \leq T \leq T_B) \qquad (3.63b)$$

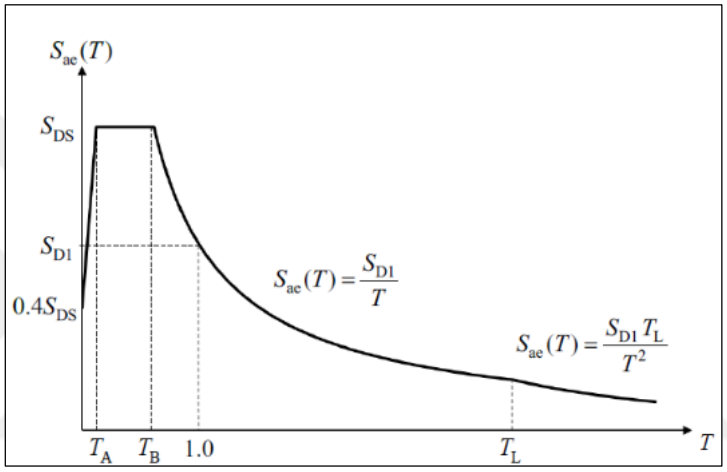
$$S_{ae}(T) = S_{D1}/T \qquad (T_B \leq T \leq T_L) \qquad (3.63c)$$

$$S_{ae}(T) = (S_{D1}\, T_L)/T^2 \qquad (T_A \leq T \leq T_B) \qquad (3.63d)$$

$$T_A = 0.2\frac{S_{D1}}{S_{DS}} \qquad (3.64)$$

$$T_B = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \qquad (3.65)$$

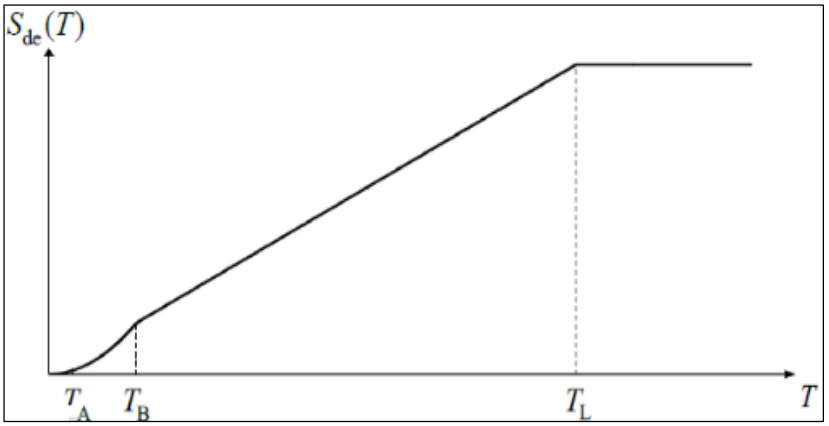
Sabit yer değiştirme bölgesine geçiş periyodu T_L=6 s olarak belirlenmiştir.



Şekil 3.20. Yatay elastik Tasarım Spektrumu

Göz önüne alınan herhangi bir deprem yer hareketi düzeyi için yatay elastik yer değiştirme spektrumunun ordinatları olan yatay elastik tasarım spektral yer değiştirmeleri $S_{de}(T)$, doğal titreşim periyoduna bağlı olarak metre (m) cinsinden aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$S_{de}(T) = (T^2/4\pi^2)g\, S_{ae}(T) \qquad (3.66)$$



Şekil 3.21 Yatay Elastik Yer Değiştirme Spektrumun

3.7.6.3. Yatay Deprem Etkisi Altında Azaltılmış Tasarım İvme Spektrumu

Azaltılmış deprem kuvvetlerinin belirlenmesi için kullanılacak azaltılmış tasarım ivme spektrumunun belirli bir T doğal titreşim periyodu için ordinatı olan Azaltılmış Tasarım Spektral İvmesi $S_{aR}(T)$ Denklem 3.67 ile hesaplanır.

$$S_{aR}(T) = S_{ae}(T) / R_a(T) \quad 3.67$$

3.7.6.4. Düşey Elastik Tasarım Spektrumu ve Düşey Deprem Etkisi

DY2007'de olmayıp TBDY-2018de düşey deprem etkisi hesabında birtakım koşullar doğrultusunda hesaplanır. Ancak sayısal çalışma yapacağımız yapıda kullanılmasına gerek olmadığından bu aşama detaylı olarak incelenmemiştir.

3.7.6.5. Sahaya Özel Deprem Yer Hareketi Spektrumu

Bazı özel durumlarda, sahaya özel deprem tehlikesi analizleri ile sahaya özel deprem yer hareketi spektrumlarının tamamlanması gerekli olabilir. Ancak bu spektrumların istenirse her durumda kullanılabileceği belirtilmiştir. Yine de bu spektrumun ordinatı tanımlanan tasarım spektrumunu %90'ından küçük olamaması gerektiği söylenmiştir.

3.7.7. 2018 Deprem Yönetmeliğine Göre Bina Kullanım Sınıfları ve Bina Önem Katsayıları

DY2007 yer alan ve 4 gruptan oluşan bina önem katsayıları 2018 Deprem Yönetmeliğinde değiştirilmiş 1.4 katsayısına sahip yapılar 1.5 katsayısına sahip yapılar grubuna dâhil edilerek BKS1, BKS2 ve BKS3 olmak üzere 3 gruba indirgenmiştir. Böylelikle bu yapılara etkiyen deprem kuvveti bu maddedeki değişiklik ile artmıştır. Bu katsayılar aşağıdaki tabloda verildiği gibidir.

Çizelge 3.27. Deprem Tasarım Sınıfları

(DD-2) Deprem Yer Hareketi Düzeyinde Kısa Periyod Tasarım Spektral İvme Katsayısı (SDS)	Bina Kullanım Sınıfı	
	BKS = 1	BKS = 2, 3
$S_{DS} < 0.333$	DTS = 4a	DTS = 4
$0.333 \leq S_{DS} < 0.667$	DTS = 3a	DTS = 3
$0.667 \leq S_{DS} < 1.00$	DTS = 2a	DTS = 2
$1.00 \leq S_{DS}$	DTS = 1a	DTS = 1

Çizelge 3.28. Bina Kullanım Sınıfları ve Bina Önem Katsayıları

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

3.7.8. TBDY-2018 Deprem Yönetmeliğine Göre Bina Yükseklik Sınıfları ve Deprem Tasarım Sınıfları

TBDY-2018de olup DY2007'de yer almayan bir diğer tasarım kriteri de Deprem Tasarım Sınıfları (DTS)'dir. DTS kısa periyod tasarım ivme spektral katsayısı (S_{DS}) ve bina kullanım sınıfına (BKS) bağlı olarak yapılan sınıflandırmadır.

Çizelge 3.29. Bina Yükseklik Sınıfları ve Deprem Tasarım Sınıflarına Göre Tanımlanan Bina Yükseklik Sınıfları

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

BYS=1 olarak tanımlanan binalar yüksek binalar olarak sınıflandırılmıştır.

3.7.9. 2018 Deprem Yönetmeliğine Göre Bina Performans Düzeyleri

DY2007'de Hemen Kullanım Performans Düzeyi (HK), Can Güvenliği Performans Düzeyi (CG), Göçme Öncesi Performans Düzeyi (GÖ), olmak üzere 3 farklı Performans seviyesi mevcuttu, 2018 Deprem Yönetmeliğinde bunlara ek olarak Kesintisiz Kullanım Performans Seviyesi (KK) eklenerek, bina Performans düzeyleri 4 gruba ayrılmıştır. Performans seviyelerinin belirlenmesi DY2007'de bina kullanım amacı kesit hasar oranları ve Depremin aşılma olasılıklarına göre belirleniyorken 2018 yönetmeliğinde BKS, DTS, taşıyıcı sistem performans hedefi, hasar oranı ve Deprem Düzeyi DD – depremin aşılma olasılığına bağlı olarak belirlenmektedir. Ayrıca Deprem yalıtımlı yapılar içinde farklı performans hedefleri belirlenmiştir.

TBDY-2018de Dayanıma Göre Tasarım (DGT) ve Şekil Değiştirmeye Göre Değerlendirme ve Tasarım (ŞGDT) olmak üzere 2 tür tasarım kriterinden bahsedilmiş ve bunlar performans hedeflerine göre sınıflandırılmıştır. Böylelikle tasarım kriteri performans hedefine göre seçilecektir.

Çizelge 3.30 (a) Yeni Yapılacak Yerinde Dökme Betonarme, Ön üretimli Betonarme ve Çelik binalar (Yüksek Binalar dışında – BYS ≥ 2)

Deprem Yer H. Düzeyi	DTS = 1, 1a[1], 2, 2a[1], 3, 3a, 4, 4a		DTS = 1a[2], 2a[2])	
	Normal Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı	İleri Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı
DD-3	—	—	SH	ŞGDT
DD-2	KH	DGT[5]	KH	DGT[3,4]
DD-1	—	—	KH	ŞGDT

Çizelge 3.30 (b) Yeni Yapılacak veya Mevcut Yüksek Binalar (BYS = 1)

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

Çizelge 3.30c. Mevcut Yerinde Dökme Betonarme, Ön Üretimli Betonarme ve Çelik Binalar (Yüksek Binalar Hariç)

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

[1] BYS > 3 olan binalarda uygulanacaktır.
[2] BYS = 2,3 olan binalarda uygulanacaktır.
[3] Ön tasarım olarak yapılacaktır.
[4] $I = 1.5$ alınarak uygulanacaktır.

[5] Bknz. TBDY-2018 3.5.2.2

3.7.9.1. Deprem Yükü Katsayıları Ve Kapasite Tasarımı İlkeleri

$$T = \frac{R}{I} \quad ; \quad T > T_B \tag{3.68a}$$

$$R_a T = D + \left(\frac{R}{I} - D\right)\frac{T}{T_B} \quad ; \quad T \leq T_B \tag{3.68b}$$

Bu denklemde R; Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı ve D; Dayanım Fazlalığı Katsayısı, I; Bina Önem Katsayısı olarak belirlenmiş olup tablo olarak verilmiştir. T

Yapıya ait doğal Titreşim periyodu, T_B ise denklemler yardımı ile bulunan spektrum köşe periyodu 'nu göstermektedir. Bu denklemde yer alan D(Dayanım Fazlalığı) 2007 yönetmeliğinde olmayıp, şekil değiştirmeye göre tasarıma geçişte önemli bir fark olarak 2018 yönetmeliğine eklenmiştir.

3.7.9.2.Süneklik Düzeyi Yüksek, Sınırlı ve Karma Taşıyıcı Sistemler

Betonarme ve çelik taşıyıcı sistemler, Çizelge 3.31'de görüldüğü üzere, süneklik düzeyleri bakımından, süneklik düzeyi yüksek taşıyıcı sistemler, süneklik düzeyi sınırlı taşıyıcı sistemler ve süneklik düzeyi karma taşıyıcı sistemler olmak üzere üç sınıfa ayrılmıştır.

Süneklik düzeyi karma taşıyıcı sistemler, belirli durumlarda süneklik düzeyi sınırlı çerçeve taşıyıcı sistemlerinin süneklik düzeyi yüksek betonarme perdeler veya çelik çaprazlı çerçevelerle birlikte kullanılması ile oluşturulan sistemlerdir. Bu kısımda Sınırlı süneklik düzeyi, 2007 yönetmeliğindeki süneklik düzeyi normal çerçeveleri temsil etmektedir.

3.7.9.3. Taşıyıcı Sistemlerin Süneklik Düzeylerine İlişkin Koşullar

DTS=1a, DTS=2a, DTS=3a ve DTS=4a olarak sınıflandırılan binalarda süneklik düzeyi sınırlı taşıyıcı sistemler kullanılamaz. DTS=1a, DTS=2a olarak sınıflandırılan binalarda süneklik düzeyi karma taşıyıcı sistemler kullanılamaz.

Birbirine dik doğrultularda taşıyıcı sistemlerin süneklik düzeylerinin aynı olması zorunludur. Ancak birbirine dik doğrultularda farklı R katsayıları ve bunlara karşı gelen D katsayıları kullanılabilir.

Tek doğrultulu dişli döşemeli, asmolen veya dolgusuz yapıların perdesiz tasarlanmaları durumunda, sadece DTS3 ve DTS4 olan binalarda, süneklik düzeyi sınırlı taşıyıcı sistemler olarak tasarlanacaktırlar.

Döşemelerin kirişsiz modellenmesi durumunda sismik kuvvetlerin tamamı süneklik düzeyi yüksek perdelerle taşınacaktır. Bu perdelerin boşluklu veya boşluksuz olmalarına bakılmaz. Ancak süneklik düzeyi sınırlı perde kullanılacak ise perdelerin boşluksuz tasarlanması gerekir. Çizelge 2.34'te A12, A13 ve A22 taşıyıcı sistemleri.

Süneklik düzeyi yüksek bağ kirişli (boşluklu) veya boşluksuz yerinde dökme veya ön üretimli betonarme perdeler ile merkezi, dışmerkez veya burkulması önlenmiş çelik çaprazlı çerçevelerin, moment aktaran süneklik düzeyi yüksek çerçevelerle birlikte kullanıldığı binalarda, perdelerin veya çaprazlı çerçevelerin tabanında deprem yüklerinden meydana gelen devrilme momentlerinin toplamı, binanın tümü için deprem yüklerinden tabanda meydana gelen toplam devrilme momentinin %40'ından az, %75'inden fazla olmayacaktır:

0.40 Mo ≤∑ MDEV ≤ 0.75Mo (3.69)

Perdelerin tabanında sismik yüklerin oluşturduğu devrilme momentlerinin toplamı, toplam devrilme momentinin %75'inden az olmayacaktır:

$$\sum M_{DEV} \geq 0.75 M_0 \quad (3.70)$$

Denklem 3.70' de ki koşul sağlanamıyorsa, Çizelge 3.31'de bulunan süneklik durumu sınırlı çerçevelerin R ve D katsayıları ile mümkün olan en üst BYS dikkate alınacaktır.

Çizelge 3.31. Bina Taşıyıcı Sistemleri için Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı, Dayanım Fazlalığı Katsayısı ve İzin Verilen Bina Yükseklik Sınıfları

A1. Süneklik Düzeyi Yüksek Taşıyıcı Sistemler			
A11. Deprem etkilerinin tamamının moment aktaran süneklik düzeyi yüksek betonarme çerçevelerle karşılandığı binalar	8	3	BYS ≥ 3
A12. Deprem etkilerinin tamamının süneklik düzeyi yüksek bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdelerle karşılandığı binalar	7	25	BYS ≥ 2
A13. Deprem etkilerinin tamamının süneklik düzeyi yüksek boşluksuz betonarme perdelerle karşılandığı binalar	6	.5	BYS ≥ 2
A14. Deprem etkilerinin moment aktaran süneklik düzeyi yüksek betonarme çerçeveler ile süneklik düzeyi yüksek bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz 4.3.4.5)	8	25	BYS ≥ 2
A15. Deprem etkilerinin moment aktaran süneklik düzeyi yüksek betonarme çerçeveler ile süneklik düzeyi yüksek boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar	7	.5	BYS ≥ 2
A16. Deprem etkilerinin tamamının çatı düzeyindeki bağlantıları mafsallı olan ve yüksekliği 12 m'yi geçmeyen süneklik düzeyi yüksek betonarme kolonlar tarafından karşılandığı tek katlı binalar	3	2	–
A2. Süneklik Düzeyi Sınırlı Taşıyıcı Sistemler			
A21. Deprem etkilerinin tamamının moment aktaran süneklik düzeyi sınırlı betonarme çerçevelerle karşılandığı binalar	4	25	BYS≥7
A22. Deprem etkilerinin tamamının süneklik düzeyi sınırlı boşluksuz betonarme perdelerle karşılandığı binalar	4	2	BYS ≥ 6
A23. Deprem etkilerinin moment aktaran süneklik düzeyi sınırlı betonarme çerçeveler ile süneklik düzeyi sınırlı boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar	4	2	BYS ≥ 6
A3. Süneklik Düzeyi Karma Taşıyıcı Sistemler			
A31. Deprem etkilerinin moment aktaran süneklik düzeyi sınırlı betonarme çerçeveler ile süneklik düzeyi yüksek bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar	6	25	BYS ≥ 4
A32. Deprem etkilerinin moment aktaran süneklik düzeyi sınırlı betonarme çerçeveler ile süneklik düzeyi yüksek boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar	5	25	BYS ≥ 4
A33. Deprem etkilerinin moment aktaran süneklik düzeyi sınırlı dolgulu (asmolen) veya dolgusuz tek doğrultulu dişli döşemeli betonarme çerçeveler ile süneklik düzeyi yüksek bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar	6	25	BYS ≥ 5
A34. Deprem etkilerinin moment aktaran süneklik düzeyi sınırlı dolgulu (asmolen) dişli döşemeli betonarme çerçeveler ile süneklik düzeyi yüksek boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar	5	25	BYS ≥ 5

Binaların alt ve üst bölümlerinde farklı R katsayılarının kullanılması ile ilgili bir değişiklik yapılmamıştır. Sadece Çizelge 3.31 deki kriterlere uyulacaktır.

3.7.9.4. Dayanım Fazlalığı Katsayılarının Uygulanması

Dayanım fazlalığı katsayısı D, akma dayanımının tasarım dayanımına oranla fazlalığını ifade eden katsayıdır.

Dayanım fazlalığı katsayısının uygulanabileceği yapılar ve katsayı değeri tablolar halinde verilmiştir.

3.7.9.5. Doğrusal Hesap Yönteminde Modelleme

Doğrusal hesap için taşıyıcı sistemin modellenmesine ilişkin kurallarda yaklaşım farklılığı bulunmayıp bazı sınır değerler değiştirilmiştir ve bodrum katlarında ve geçiş katlarında döşeme modellenmesi ayrı bir başlık olarak ele alınıp değiştirilmiştir.

3.7.9.6. Betonarme Taşıyıcı Sistem Elemanlarının Etkin Kesit Rijitlikleri

(DYG) Dayanıma Göre Tasarımda kesitler modellenirken etkin kesit rijitliği çarpanları Çizelge 3.32 kullanılacaktır.

Çizelge 3.32. Betonarme Taşıyıcı Sistem Elemanlarının Etkin Kesit Rijitliği Çarpanları

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

Kat kütlelerinin hesaplanmasında ve hareketli yük katsayılarında değişiklik yapılmamıştır. Sadece daha önce ağırlık göz önünde bulundurulurken yeni şartnamede kütle temel alınmıştır.

3.7.10. Doğrusal Hesap Yöntemi Seçimi

Dayanıma Göre Tasarım kapsamında kullanılacak doğrusal hesap yöntemleri Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi ile Modal Hesap Yöntemleri 'dir. Eşdeğer deprem yükü yöntemi seçiminde değişiklikler yapılmıştır. Çizelge 3.33. ile bu yöntemin kullanılabileceği yapılar seçilecektir.

Çizelge 3.33. Eşdeğer Deprem Yükü Yönteminin Uygulanabileceği Binalar

Bina Türü	İzin Verilen Bina Yükseklik Sınıfı	
	DTS = 1, 1a, 2, 2a	DTS = 3, 3a, 4, 4a
Her bir katta burulma düzensizliği katsayısının $\eta_{bi} \leq 2.0$ koşulunu sağladığı ve ayrıca **B2** türü düzensizliğinin olmadığı binalar	BYS ≥ 4	BYS ≥ 5
Diğer tüm binalar	BYS ≥ 5	BYS ≥ 6

3.7.10.1. Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi

DY2007'de aynı başlık ve yöntem olsa bile, Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi temel denklemleri ve değişkenleri olarak tamamen değişmiştir.

3.7.10.2. Toplam Eşdeğer Deprem Yükü (Taban Kesme Kuvveti)

Denklem 3.71'de görüldüğü gibi eşdeğer deprem yükü yöntemi tamamen değiştirilmiştir.

$$V_{tE}^{(X)} = m_t S_{aR}(T_p)^{(X)} \geq 0.04 m_t I S_{DS} g \qquad (3.71)$$

$$m_t = \sum_{i=1}^{N} m_i \quad Burada\ m_i\ i'inci\ kat\ döşemesinin\ toplam\ kütlesidir \qquad (3.72)$$

$S_{aR}(T_p)^{(X)}$ Azaltılmış tasarım ivme spektrumu 3.7.6.3' te gösterildiği gibi hesaplanacaktır.

3.7.10.3. DY2008'de Kat Kesme Kuvveti

Denklem 3.73 ile bulunan ve katlara etki eden kesme kuvvetlerinin toplamı, Denklem 3.71'de verilen toplam eşdeğer deprem kuvvetini ifade eder.

$$V_{tE}{}^{(X)} = \Delta F_{NE}{}^{(X)} + \sum_{i=1}^{N} F_{iE}{}^{(X)} \quad (3.73)$$

$$\Delta F_{NE}{}^{(X)} = 0.0075 N V_{tE}{}^{(X)} \quad (3.74)$$

$\Delta F_{NE}{}^{(X)}$ ek eşdeğer deprem yükü dışında geri kalan toplam eşdeğer deprem yükü, bina katlarına Denk. (3.75) ile dağıtılacaktır.

$$F_{iE}{}^{(X)} = (V_{tE}{}^{(X)} - \Delta F_{NE}{}^{(X)}) \frac{m_i H_i}{\sum_{j=1}^{N} m_j H_J} \quad (3.75)$$

Kat döşemelerinin rijit diyafram ve/veya levha (membran) olarak modellenmesi ile ilgili kurallar DY2007 Deprem Yönetmeliği ile aynıdır.

Deprem Yükleri etkisi ile bina tabanında oluşacak devrilme momenti değeri Denklem 3.76 ile ifade edilmiştir.

$$M_o{}^{(X)} = \sum_{i=1}^{N} F_{iE}{}^{(X)} H_i \quad (3.76)$$

3.7.10.4. Binanın Hâkim Doğal Titreşim Periyodunun Belirlenmesi

Bina hâkim doğal titreşim periyodunda değişiklik yapılmamıştır**.**

$$T_p{}^{(X)} = 2\pi \left(\frac{\sum_{i=!}^{N} m_i d_{fi}{}^{(X)2}}{\sum_{i=1}^{N} F_{fi}{}^{(X)} d_{fi}{}^{(X)}} \right)^{\frac{1}{2}} < 1.4 T_{PA} H_N \quad olmalı \quad (3.77)$$

$T_{PA} = C_t H_N{}^{3/4}$; Ct = 0.1 betonarme yapılar için.

Burulma düzensizliği hesabında değişiklik yapılmamıştır.

3.7.10.5. Göreli Kat Ötelemeleri

Göreli kat ötelemeleri hesabındaki dolgu duvar etkisi, çalışmamızın ana başlığını oluşturan ve TBDY-2018 yönetmeliğinde yer alan önemli bir değişikliktir. Dolgu duvarların ve cephe elemanları arasında esnek derz malzemesi olup olmaması durumunun etkin göreli kat ötelemesini büyük ve önemli oranda etkilediği görülmektedir. Bu değişikliğe göre etkin göreli kat ötelemeleri aşağıda açıklandığı gibi hesaplanmıştır.

Göreli kat ötelemeleri komşu katlar arası öteleme farkı olarak $\Delta_i{}^{(x)} = u_i{}^{(x)} - u_{i-1}{}^{(x)}$ denklemindeki gibi hesap edilir.

$u_i^{(x)}$ve $u_{i-1}^{(x)}$ X yönü için komşu katların kolon ve perdelerinin uçlarında azaltılmış deprem yüklerine göre yatay deplasmanlarını ifade eder. Bu deplasmanlara bağlı olarak hesaplana etkin göreli kat ötelemesi $\delta_i^{(x)}$ denklem 3.78de ki gibi hesaplanacaktır.

$$\delta_i{}^x = \frac{R}{I}\Delta_i{}^X \tag{3.78}$$

DY2007'de göreli kat ötelemesi her durum için tek bir formülle hesaplanırken, TBDY-2018'de dolgu duvarların taşıyıcı sistemle bağlantı detayına göre değişmektedir. Bu değişim bağlantının esnek bir malzeme ile olması durumunda iki kata kadar arttırılmıştır (Denklem 3.79a) ve (Denklem 3.79b).

Dolgu duvarların taşıyıcı sistemle doğrudan temas ederek uygulanması, gevrek malzeme olan dolgu duvarın daha sünek yapıya sahip sistemle paralel şekil değiştirememesi deplasmanda kısıtlayıcı olmuştur. Bu sebeple bu bağlantı türü için Denklem 3.79a tanımlanmıştır.

$$\lambda\frac{\delta_{i,max}{}^{(x)}}{h_i} \leq 0.008 \tag{3.79a}$$

Deplasman kabiliyetinin sınırlandırılmaması için dolgu duvarla taşıyıcı sistem arasında esnek derz malzemesi kullanılması tavsiye edilmiştir. Bu tür bir esnek derz malzemesinin kullanılması durumunda göreli kat ötelemesinin iki kat arttırılmasına müsaade edilmiştir (Denklem 3.79b). Örnek bir esnek derz malzemesi Şekil 3.22'de verilmiştir.

$$\lambda\frac{\delta_{i,max}{}^{(x)}}{h_i} \leq 0.016 \tag{3.79b}$$

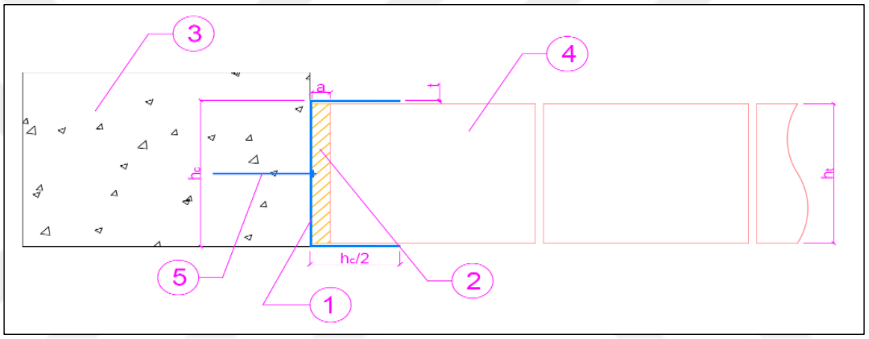
Denk. (3.79a) ve (3.79b)'de yer alan λ katsayısı, binanın göz önüne alınan deprem doğrultusundaki hâkim titreşim periyodu için tanımlanan DD-3 depreminin, hesaplanan elastik tasarım spektral ivmesinin, DD-2 depreminin elastik tasarım spektral ivmesi 'ne oranıdır. (TBDY-2018).

Esnek derz kullanımına göre yukarıda verilen sınır şartları sağlanamıyorsa yapı rijitliği arttırılarak tekrar hesap yapılmalıdır.

Büyük bir fark olarak duvarların hasar görmelerini engellemek için Şekil 3.22.'de gösterilen esnek derz önerilmiştir. Bu derz malzemesinin kullanılması durumu hesapta önemli değişiklikler oluşturmuştur.

Çizelge 3.34. Dış Cephe Duvarları için Örnek Esnek Derz: Boyutlar ve Malzemeler

Poz No.	Tanım	Malzeme	Boyutlar
1	C profil	Çelik sac	h_c x $h_c/2$ x t (210 x 105 x 3 mm)
2	Esnek dolgu	Mineral yünü n(Cam yünü, taş	h_t x a $a \geq 00.016h$; $a \geq 50$ mm
3	Kolon	—	h_k x l_k
4	Dolgu duvarı	—	h_t x l_t
5	Dübel	—	En fazla 40 cm ara ile



Şekil 3.22. Esnek Derz Detayı

3.8. Dolgu Duvarların Bina Doğal Periyot Ve Mod Şekline Olan Etkileri

1956 yılından bu yana dolgu duvarların yapı ile etkileşimi üzerine birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalarda dolgu duvarların yapı davranışına etki ettiği gösterilmiş olmasına rağmen dolgu duvarların etkisi yapı modelinde göz ardı edilmiştir.

1940 yılından bu yana Türkiye'de 10 adet deprem yönetmeliği kullanılmıştır ancak bu yönetmeliklerde de diğer birçok ülkede olduğu gibi dolgu duvarların betonarme yapı ile etkileşimi modellemede göz ardı edilmiştir ve yönetmeliğimizde düzensizlik etkisi dışında sadece zati yük olarak binaya etkitilmiştir. Oysaki çerçeve sistemi içerisinde duvarların bulunması halinde çerçeve sistemin yatay yüke karşı daha güçlü olduğu ve daha az deplasman yaptığı deneysel olarak ispatlanmıştır. Ayrıca, periyot hesabında yükün önemi göz önüne alınacak olursa, duvarların periyoda doğrudan etkisinin önemli olduğu söylenebilir. Bunun sonucu olarak bazı ülkelerin

standartları dolgu duvarların göz önünde bulundurulmasını önermiştir. Duvar etkisi adına yapılan bazı çalışmalar ve bazı standartlardaki öneriler aşağıdaki verilmiştir.

3.8.1. Duvar Etkisi Üzerine Yapılan Bazı Çalışmalar

Dolgu duvarların yapının davranışına etkisinin incelendiği çalışmalarda çoğunlukla aynı yöntemler kullanılmıştır. Bu çalışmaların büyük bir kısmında prototip veya gerçek ölçeklerde çerçeveler yapılarak yatay yüklere maruz bırakılmış ve duvar ile çerçeve davranışları gözlemlenmiş ve kayıt altına alınmıştır.

Dolgu duvar modellerinde temel olarak Eşdeğer Sanal Basınç Çubuğu yöntemi ve Sonlu Eleman Ağı yöntemleri kullanılır. Bu yöntemlerden eşdeğer sanal basınç çubuğu yönteminin daha kullanışlı ve gerçekçi sonuç vermesi sebebi ile çalışmada eşdeğer sanal basınç çubuğu yöntemi kullanılmıştır. Bu sebeple çalışmamızda sonlu eleman ağ yönteminden bahsedilmemiştir.

Polyakov 1956, dolgu duvar rijitliği temsilinde eşdeğer sanal basınç çubuk modeli kullanmıştır. Modelde çelik ve dört tarafı mafsallı çerçeve ile çalışmıştır.

Stafford Smith 1962 ve 1969 yıllarında yapmış olduğu çalışmada Polyakov tarafından geliştirilen Eşdeğer Sanal Basınç Çubuğu yöntemini geliştirerek basınç çubukların çaprazlar olarak modellenmesini önermiştir. Bu yöntem günümüzde de en elverişli yöntem olarak görülmekte ve en çok bu yöntem kullanılmaktadır. Stafford Smith bunlara ek olarak eşdeğer sanal basınç çubuk modelinde, dolgu duvarın yer aldığı çerçevelerde, betonarme elemanlar arası mesafenin de önemli olduğunu ortaya koymuştur.

Klinger ve Bertero 1976, yapmış oldukları çalışmada taşıyıcı sistem üzerine artan bir şekilde yük etkitilmiş, sonuç olarak da çerçeve ile dolgu duvar arasında köşe bölgeler haricinde çatlakların oluştuğu ve sağlam kalan köşeler arasında eğik bir basınç çubuğu oluştuğu gözlemlenmiştir. Klinger ve Bertero; taşıyıcı sistem-dolgu duvar etkileşimi ile yanal dayanımın arttığı, yer değiştirmelerin azaldığı ve sistemin enerji yutma kapasitesinin önemli oranda arttığını ortaya koymuştur.

Liauw 1979, çalışmasında dolgu duvarlarda bulunan boşlukların dayanım ve rijitliğe etkisini araştırmış ve bu boşlukların rijitlik ve deplasmanda önemli olduklarının ortaya koymuştur. Çalışmasının sonucunda boşlukların rijitlik ve deplasmanı büyük oranda düşürdüğünü ifade etmiştir.

Özcebe ve ark 2003, dolgu duvarlı ve duvar bulunmayan boş çerçeve olarak iki modeli ele almıştır. Çalışmasının sonucu olarak dolgu duvarların yapı periyot ve deplasmanlarına etkisini ve duvardaki boşluklarında duvar rijitliğine etkisini ortaya koymuştur.

Beklen2009, yapmış olduğu çalışmada tuğla ve gaz beton dolgu duvarlı 5 ve 10 katlı iki yapıyı ele almıştır. Duvarlı ve duvarsız model sonuçlarını karşılaştıran Beklen, dolgu duvarların binaya eklenmesiyle kısa kolon, yumuşak kat ve burulma düzensizliği oluştuğunu ifade etmiş ve rijitlik, yatay yer değiştirme, taban kesme kuvvetlerindeki değişimleri incelenmiştir.

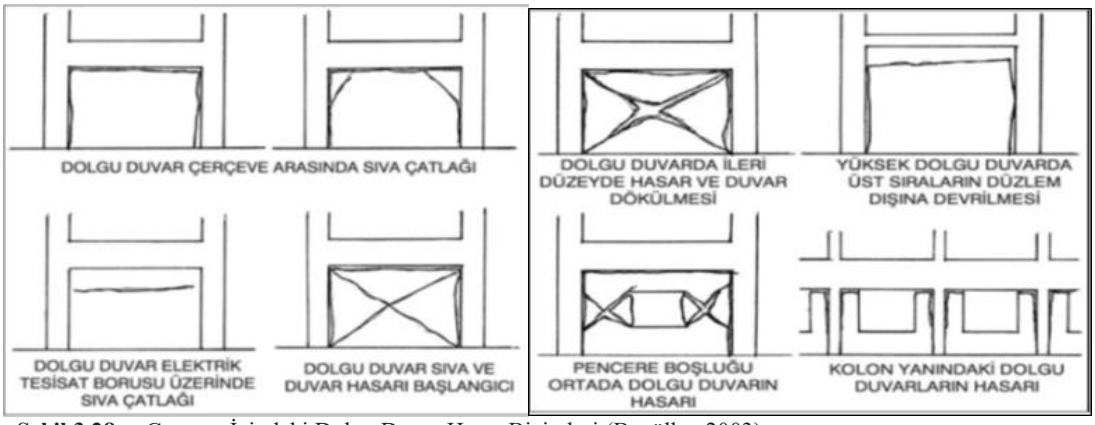
Bikçe M. ve ark. 2011, asmolen döşemeli bir binanın duvarlı ve çıplak olarak iki halinin ortam ve zorlanmış titreşim testler ile ilk üç modlarını, belirlemişlerdir. Sahada yapılan çalışmanın ardından yapının üç boyutlu modellerini duvar boşlukları göz önünde bulundurulmak üzere, eşdeğer basınç çubukları yöntemi ile duvarlı ve duvarsız olarak yapılmıştırlar. Yapılan dinamik analizlerin sonuçları karşılaştırıldığında duvarlı analizlerin doğal titreşim periyotlarında %25-35 civarı iyileşme görülmüştür.

Dolgu duvarlar her ne kadar kütleyi arttırarak deprem kuvvetlerinin artmasına sebep olsalar da, taşıma kapasitelerinin bir kısmına kadar enerji sönümüne katkı sağlar. Dolgu duvarların simetrik ve sürekli yerleştirilmeleri birçok düzensizliğin önlenmesini sağlamıştır.

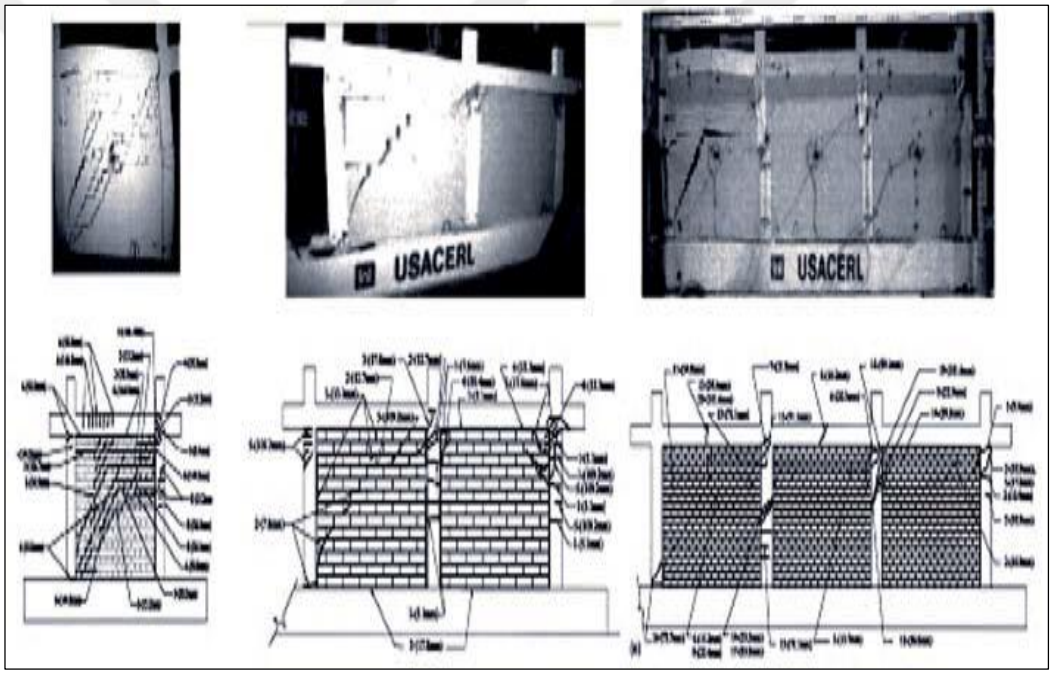
3.9. Dolgu Duvarların Davranışı

Deprem yükleri gibi yanal yükler karşısında dolgu duvarlar deprem perdeleri gibi davranış sergilerler ve taşıma gücüne ulaşıncaya kadar eksenel yük taşırlar. Dolgu duvarlarda boşluk bulunması yatay etkinin değişmesine ve dolayısı ile eşdeğer basınç çubuğunun da pozisyonlarında değişmelere yol açmaktadır. Yatay yük durumunda dolgu duvarlarda oluşan gerilme bölgeleri Şekil 3.29'da gösterilmiştir. Dolgu duvarların

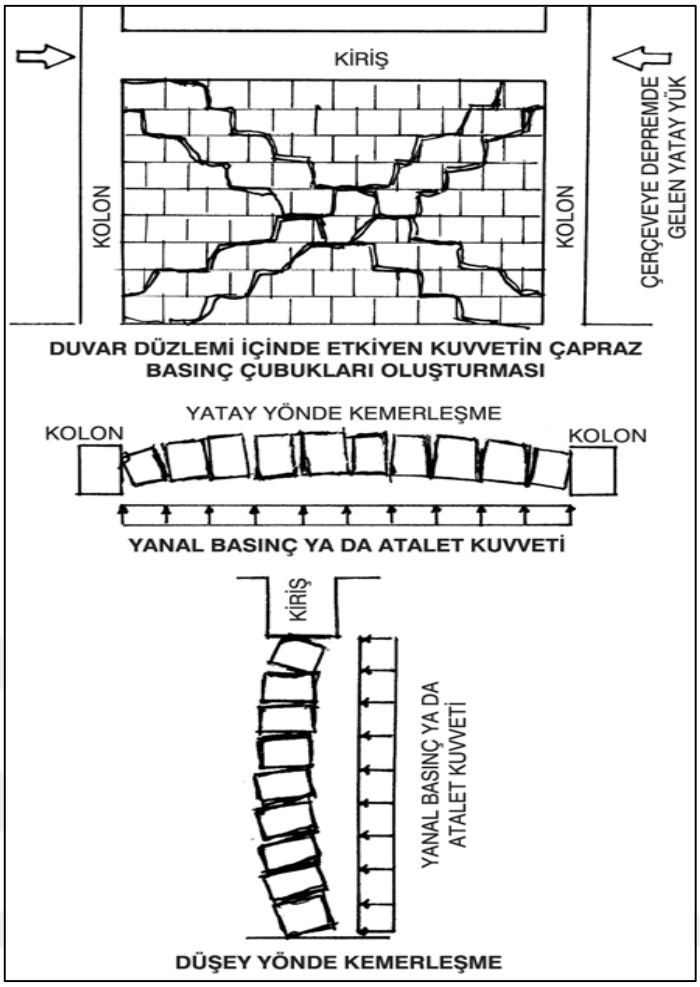
taşıma kapasitesine ulaştıkları durumda meydana gelen bazı hasar tipleri Şekil 3.28a, 3.28b'de gösterilmiştir (Bayülke, 2003).



Şekil 3.28a. Çerçeve İçindeki Dolgu Duvar Hasar Biçimleri (Bayülke, 2003)



Şekil 3.28b Farklı Açıklıklı, Ardışık Duvarlı Çerçeve Deneyi (G.A.Chaar, M. Issa, S.Sweeney)



Şekil 3.29. Dolgu Duvarların Yatay Yük Etkisinde davranışı (Bayülke, 2003)

3.9.1. Dolgu Duvarların Yapının Davranışına Olan Etkileri

Daha önce de bahsettiğimiz gibi dolgu duvarlar deprem davranışı bakımından yapıya iki türlü katkıda bulunur. Bunlardan birincisi yapıya kütle olarak katkıda bulunmasıdır. İkincisi ise duvarın karakteristik özellikleri olan rijitlik, kalınlık, elastsite modülü ve kesme dayanımı gibi özellikleri ile yapının rijitliğine olan katkısıdır. Bu katkılardan en önemli olanları enerji sönümü, rijitlik katkısı ve periyoda katkı denebilir.

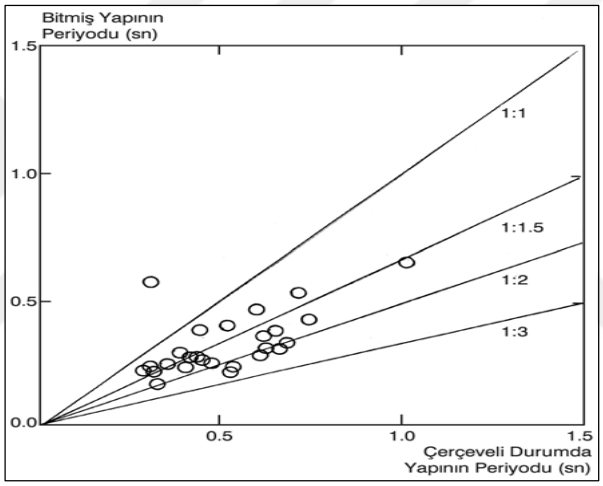
3.9.2. Yapının Rijitliğine Olan Etkisi

Kuvvet etkisi ile çatlamaya başlamadan önce dolgu duvarlar rijit elemanlardırlar. Ancak çatlamaya başladıkça rijitlikeri azalmaya başlar. Bu da aynı şekilde yapıya rijitlik katkısı demektir. Ancak dolgu duvarlar çerçeve içerisinde simetrik değillerse yapının

küle ve rijitlik merkezleri arasında farklılıklara sebep olurlar bu da yapıda burulma düzensizliğine neden olur. (Bayülke, 2003).

3.9.3. Yapının Titreşim Periyoduna Etkisi

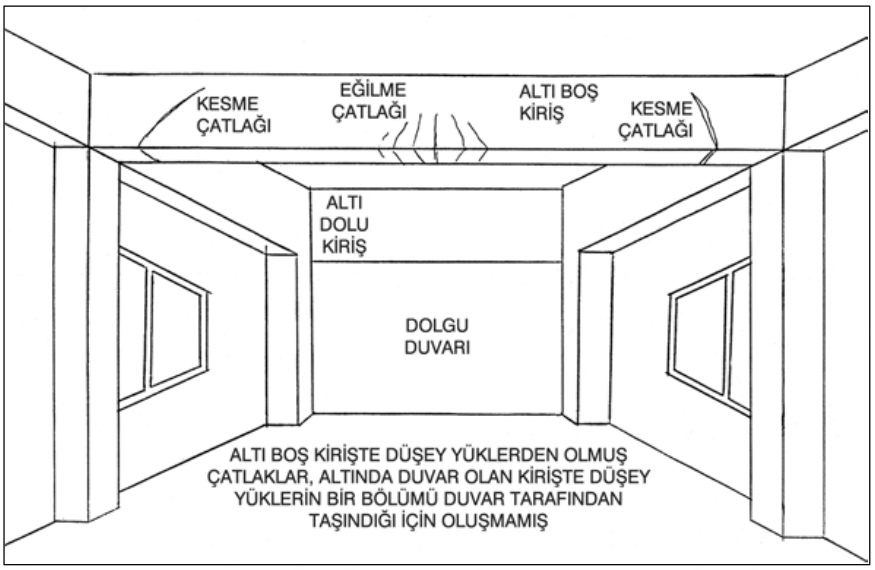
Duvarsız karkas yapı ile duvarlı yapıların periyotları titreşim monitörleri ile incelendiğinde doğal titreşim periyotları arasında önemli farklar olduğu görülmüştür. Şekil 3.30.'dan anlaşılacağı üzere periyot değişimleri duvarlı modellerde duvarsız modellerin %50si ila %70'i kadardır. Dolgu duvarlar her ne kadar yapı ağırlığını ve buna paralel olarak deprem kuvvetlerini arttırsalar da rijitliğe katkıları daha büyük olduğundan periyodda azalmaya sebep olacaktır (Bayülke, 2003).



Şekil 3.30. Doldu Duvarın Yapı Periyoduna Etkisi (Bayülke, 2003)

3.9.4. Düşey Yük Taşınmasına Olan Etki

Kirişin düşey yükünü altındaki duvara aktarması sonucu kirişte oluşabilecek sehimlerde büyük azalmalar gerçekleşir. Bu durumu kiriş altındaki duvarın kaldırılması sonucunda da görürüz. Altında duvar olmayan kirişlerde eğilme ve kesme çatlakları meydana gelirken duvar bulunan kirişlerde bu çatlaklara daha az rastlanmaktadır (Şekil 3.31)



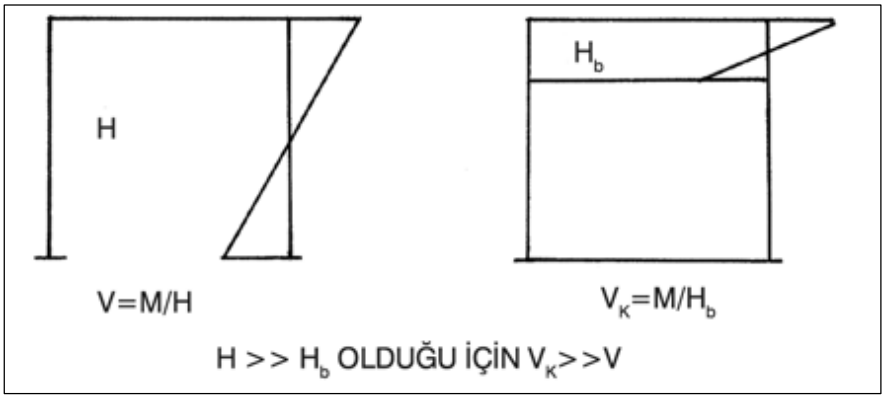
Şekil3.31. Altında Dolgu Duvar Olan ve Olmayan Kirişlerdeki Çatlaklar (Haziran 2003 Orta-Çankırı Depremi) (TMH, Bayülke, 2003)

3.9.5. Yatay Yük Taşınmasına Olan Etki

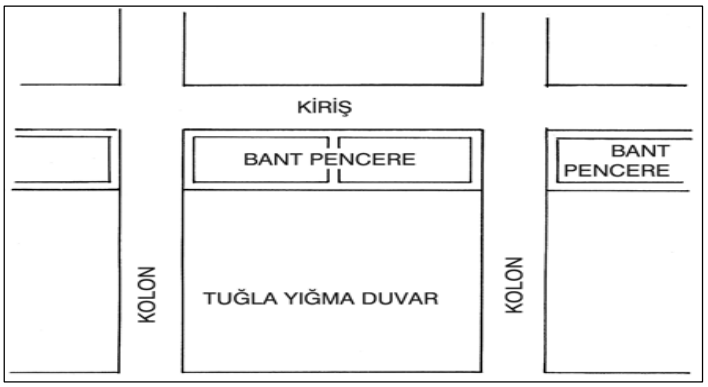
Betonarme çerçeveli yapılarda kolonlar arasındaki tuğla dolgu duvarların sınırlı da olsa yatay yük taşıma gücü vardır. Bu sınırın altındaki yük düzeylerinde tuğla dolgu duvar önemli rijitliği olan "perde duvar" dır [FEMA-178]" (Bayülke, 2003).

3.9.6. Kısa Kolon Davranışına Katkı

Görsel veya ergonomik sebepler ile yapılan bant pencereler kolon boyunu kısaltarak moment kırılması için gereken kesme kuvvetleri büyür bu durum eğilme kırılması için gereken kuvveti arttırdığından eğilme kırılması gerçekleşmeden kesme kırılması gerçekleşir. (Şekil 3.32 ve 3.33), (Bayülke, 2003).



Şekil 3.32. Bant Pencere Etkisi (TMH, Bayülke, 2003)



Şekil 3.33. İki Yanında Bant Pencere Olan Kolon (TMH, Bayülke, 2003)

3.10. TBDY-2018'de Dolgu Duvarın Etkisi

3.7.10.5.'de bahsedildiği gibi dolgu duvarlarının taşıyıcı sistemle bitişik veya esnek derz malzemesi ile ayrılmış olması durumları yapının göreli kat öteleme sınırını 2 misli değiştirmiştir. Bu yaklaşım TBDY-2018 ile başlamıştır.

3.11. Dolgu Duvarların Modellenmesi

Yapılan birçok çalışma sonucu dolgu duvarların modellenmesi ile ilgili kabul kazanan temel yöntemler Eşdeğer Sanal Basınç Çubuğu ve Sonlu Eleman Ağı yöntemleridir.

3.11.1. Eşdeğer Sanal Basınç Çubuğu ESBÇ Yaklaşımı

Bu yaklaşıma göre kat hizasında etki eden yatay kuvvetler altındaki dolgu duvarın, kuvvetin tesir etiği bu düğüm noktası ile çaprazındaki düğüm noktası arasında bir basınç çubuğu olarak davrandığı varsayılmıştır (Şekil 3.35). Bu görüş doğrultusunda Stafford ve Mainstone yapmış oldukları modellerin test aşamasında panelin merkezinde çapraz çatlakların oluştuğunu, yüklenmemiş iki çapraz köşede de ise çerçeve sistem ile dolgu duvar arasında boşlukların oluştuğunu gözlemlemişlerdir (Şekil 3.34). Gözlemlenen bu davranış duvarın yatay kuvvet yönünde çapraz olarak sadece basınca çalışan bir eleman olduğunu ifade eder.

ESBÇ'nin kesit ve karakteristik özelliklerinin belirlenmesi araştırmacıların yapmış olduğu kabuller doğrultusunda değişiklik göstermektedir. Holmes yapmış olduğu çalışmalarda ESBÇ'nin kalınlığını, dolgu duvar kalınlığı ile eşit, ESBÇ genişliğini ise köşegen uzunluğunun 1/3'ü kadar almıştır. Paulay ve Priestley çalışmalarında çubuk

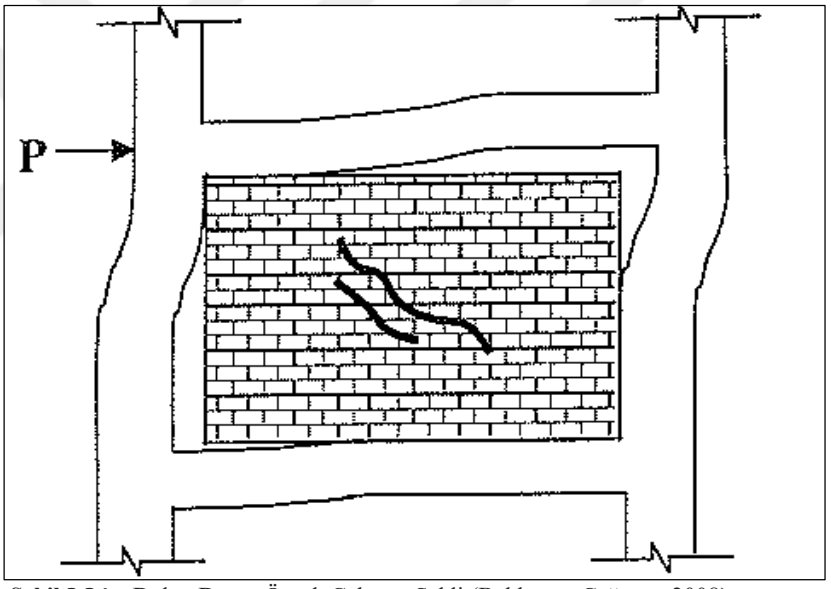
genişliği olarak dolgunun çapraz uzunluğunun %12,5 - %25'i arasında kabul etmiştir. Smith ve Carter yapmış oldukları çalışmada ve Mainstone yapmış olduğu çalışmalarda ESBÇ kesit tayinlerinde gerçekçi sonuçlar için ESBÇ rijitliğini denklemlerle ifade etmişlerdir.

Şekil 3.34'te dolgu duvarların deprem etkisi ile davranışı gösterilmiştir. Şekil 3.35 ile dolgu duvarın davranışı ve gerilmelerin biriktiği bölgeler sebebi ile oluştuğu varsayılan sanal basınç çubukları ve kesitler gösterilmiştir. Bu kesitler aşağıda ifade edilen denklemler yardımı ile bulunurlar (Denklem 3.110).

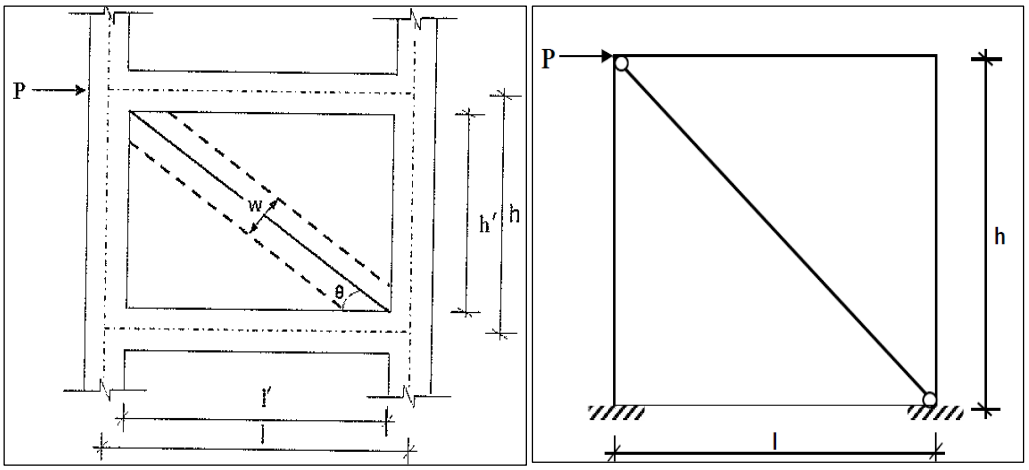
$$Wef=0.175*(\lambda*hnet)-0.4*(hnet2+Lnet2)1/2 \quad (3.110)$$

$$\lambda=[(Em*t*Sin2\theta)/(4*Es*Ic*hnet)]1/4 \quad (3.110a)$$

$$\theta=tan\text{-}1(hnet/Lnet) \quad (3.110b)$$

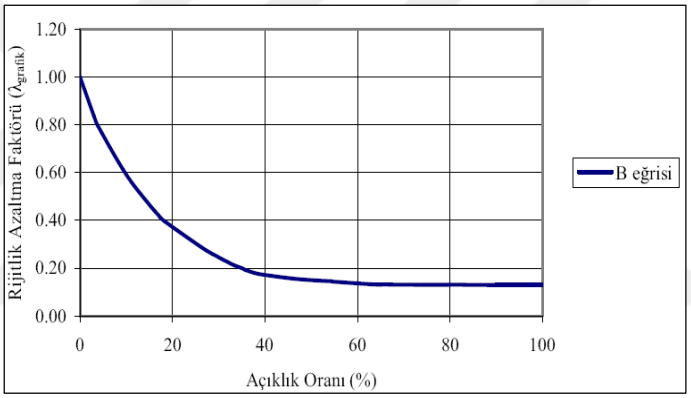


Şekil 3.34. Dolgu Duvar Örnek Çalışma Şekli (Beklen ve Çağatay, 2008)



Şekil 3.35. Eşdeğer Sanal Basınç Çubuğu Oluşumu Temsili Çizimi (Beklen ve Çağatay, 2008)

Projedeki kapı ve pencere boşluklarının basınç çubuğu rijitliğine azaltma yönündeki etkisi, Asteris (2003)'ün şekil 3.36'da ki eğri kullanılarak ifade edilmiştir.



Şekil 3.36. Açıklık oranı ile rijitlik azaltma faktörü arasındaki ilişki (Köse ve Karslıoğlu, 2007)

3.11.2. Sonlu Eleman Ağ Modelleri

Bu çalışmada sadece Eşdeğer Sanal Basınç Çubuğu yöntemi kullanılacağından, Sonlu elemanlar ağı yönteminde detaylı incelenmemiştir.

Yapılan araştırmalar sonucunda dolgu duvarlı çerçevelerin sonlu eleman ağı yöntemi ile modellenebileceği ifade edilmiştir. Bu yöntemde genel olarak üç tip sonlu eleman ağı şekli geliştirilmiştir.

Bunların birincisi, sonlu eleman ile çubuk elemanların birlikte çalışması, ikinci yöntemde, sonlu elemanlarla oluşturulan, üçüncü modelde ise sonlu ve çubuk elemanların bağlantı elemanları ile birlikte kullanılmasıdır.

3.12. Bazı Deprem Yönetmeliklerinde Dolgu Duvarların Etkisi ve Modellenmesi

Her ne kadar dolgu duvarlar dinamik hesap modellerinde yer almasa da, dolgu duvarın çerçeveli yapının davranışına katkısı yapı tasarımda dolaylı bir biçimde dikkate alınmaktadır. Dolgu duvarların göz önüne alınan en büyük etkisi ise yapının doğal periyoduna olan etkisidir.

3.12.1. DY1975'e göre Dolgu Duvarların Etkisi

1975 tarihli Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik'e göre yapının duvar cinsine göre K-Yapı tipi katsayısı değişmekte idi. Zayıf dolgu duvarlı ya da duvarsız yapının K-katsayısı dolgu duvarlı yapılara göre %30 kadar daha büyük alınmakta idi.

3.12.2. DY1998'e göre Dolgu Duvarların Etkisi

1998 tarihli Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik'e göre yapının periyodu düşük genlikli yapı titreşim ölçümlerinden çıkarılmış ve yapının dış boyutlarına bağlanmış ampirik denklemlerden hesaplanmaktadır. Bu ampirik yöntemin dayandığı periyot ölçümlerinde dolgu duvarların katkısı dolaylı bir biçimde vardır. Yapının taşıyıcı sistemin elemanlarının rijitliklerinden gidilerek hesaplanan ve dolgu duvar rijitliğini dikkate almayan periyodu daha uzundur.

3.12.3. DY2007 ve TBDY-2018'e Göre Dolgu Duvarların Modellenmesi

DY2007'e kadar dolgu duvarların yapı davranışına etkisinden bahsedilse de dolgu duvarların davranışı hesaplanmamış ve bir hesap yöntemi önerilmemiştir. DY2007'de mevcut yapıların güçlendirilmesi başlığı altında dolgu duvarların karakteristik özellikleri tanımlanmış ve dolgu duvarların eşdeğer sanal basınç çubuğu olarak iki ucu mafsallı ve sadece basınca çalışacak bir yapı elemanı olarak modellenmesi önerilmiştir. Sanal basınç çubuğunun rijitlik, elastisite modülü, genişliği, derinliği ve düğüm noktası ile ilgili gerekli formüller ve açıklamalar yapılmıştır

Bu yönetmeliklerde yalnızca köşegen uzunluğunun kalınlığına oranı 30dan büyük olmayan duvarların göz önünde bulundurulabileceği söylenmiştir. Bu oranın

daha büyük olması durumunda dolgu duvar hesaba katılamaz. Ayrıca hesaba katılacak dolgu duvarların, duvarda bulunan boşlukların toplamının duvar yüzey alanının %10'unu geçmemesi ve köşegen oluşumunu engellememesi koşulunu sağlamalıdır. Şekil 3.35'de ifade edilen değerler aşağıda verilen formüller yardımı ile elde edilir.

$$\alpha_{duvar}=0,175(\lambda_{duvar}h_k)^{-0,4}r_{duvar} \quad (3.111)$$

$$\lambda=[(E_{duvar}*t_{duvar}*Sin2\theta)/(4*Ec*I_k*h_{duvar})]1/4 \quad (3.111a)$$

$$\theta=tan^{-1}(h_{duvar}/L_{açıklık}) \quad (3.111b)$$

Bu denklemlerdeki semboller Şekil 3.35'de açık bir şekilde gösterilmişlerdir.

Ayrıca ESBÇ elemanının eksenel rijitliği Denklem 3.112 ile hesaplanacaktır.

$$k_{duvar}= (\alpha_{duvar}\, t_{duvar}E_{duvar}\, /r_{duvar}) \quad (3.112)$$

DY2007 ve TBDY-2018'de Dolgu duvarların modellenmesi sırasında kullanılması önerilen malzeme değerleri aşağıda verilmiştir.

Boşluklu Fabrika Tuğlası: Eduvar=1000 MPa, f_{duvar} =1.0MPa, τ_{duvar}=0.15 MPa

Harman Tuğlası: E_{duvar}=1000 MPa, f_{duvar} =2.0MPa, τ_{duvar}=0.25 MPa

Gazbeton Blok: Eduvar E_{duvar}=1000 MPa, f_{duvar} =1.0MPa, τ_{duvar}=0.25 MPa

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Okul Yapısı Analizleri Ve Periyot Karşılaştırmaları

Çalışmamızın bu bölümünde 3 katlı (zemin + 2 normal kat) betonarme bir okul yapısının DY2007 ve TBDY-2018'e göre analizleri yapılmıştır. Analizlerde bu iki deprem yönetmeliklerine göre duvarlı ve duvarsız analiz sonuçları incelenmiştir. Dolgu duvarların ESBÇ (Eşdeğer Sanal Basınç Çubuğu) olarak modellenmesinin yapı davranışını nasıl etkileyeceği araştırılmıştır.

4.2. Yapı Hakkında Genel Bilgiler

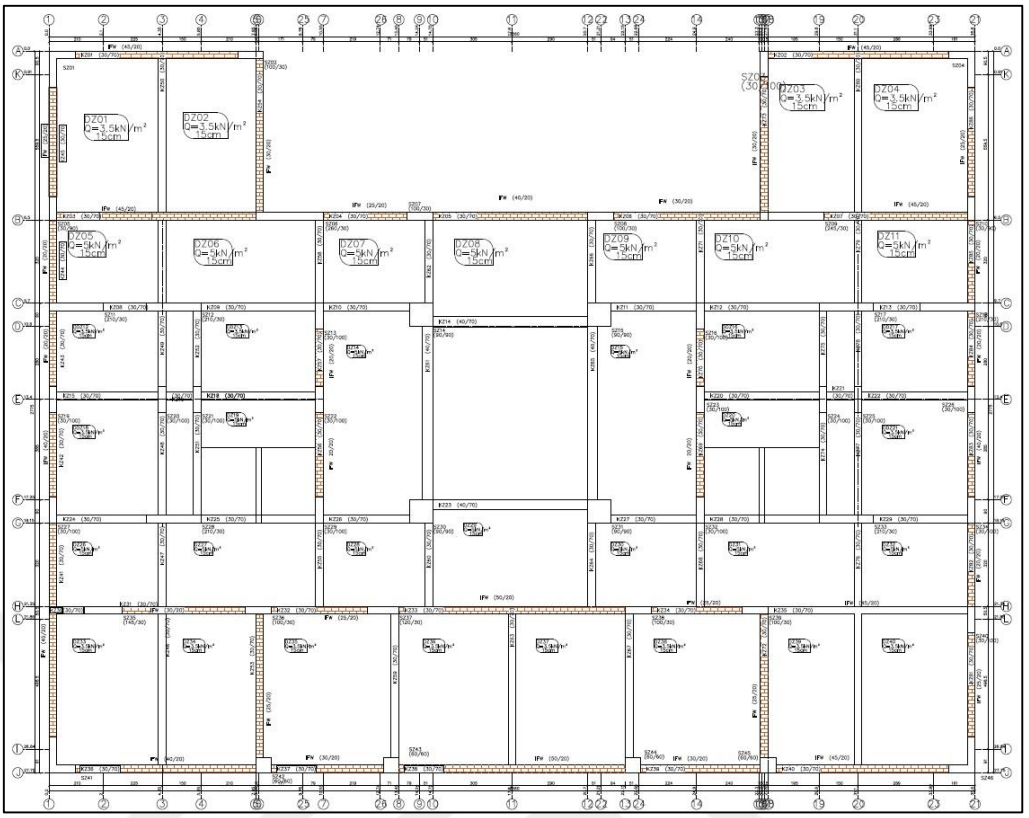
Çalışmada kullanılan yapı tüm katlarda tek doğrultuda simetrik olan betonarme bir yapıdır. Şekil 4.1 ve EK.1 yapı kat planında görüldüğü gibi, analizlerde tüm duvar boşluklarının yönetmeliğe uygun olduğu kabul edilmiştir.

Çizelge 4.1. Proje Bilgileri

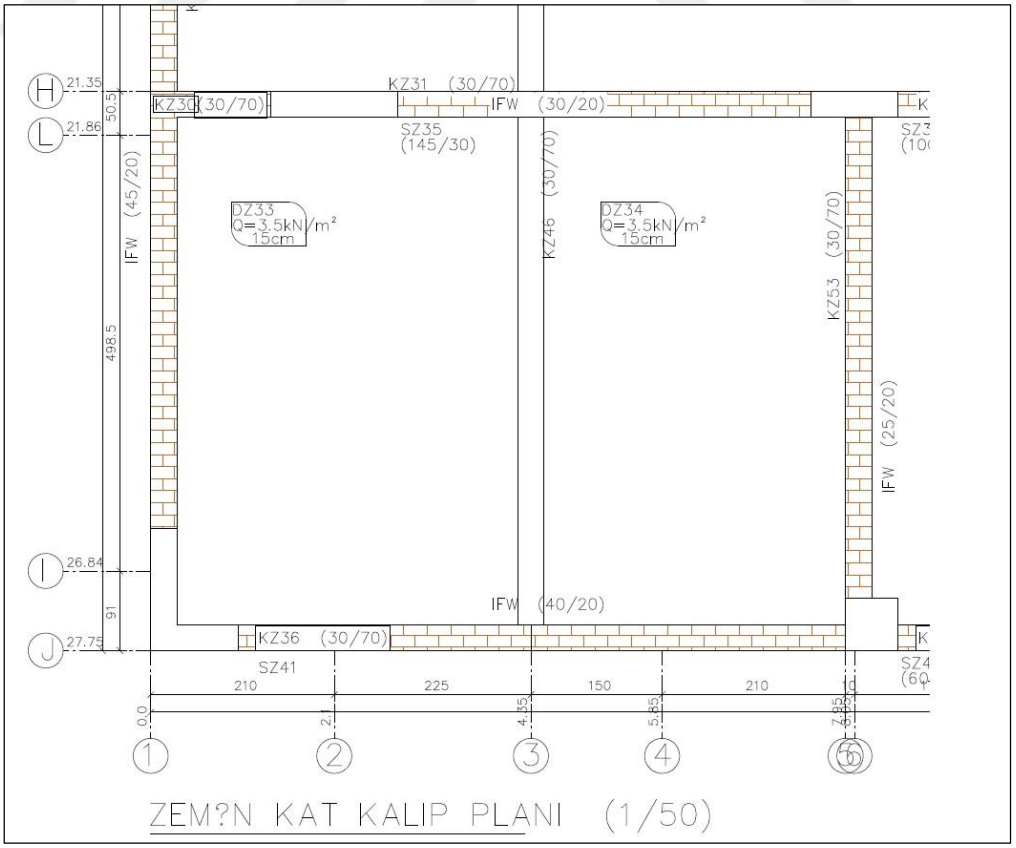
Yapı İsmi	Diyarbakır Okul Yapısı
Enlem	37.9190652
Boylam	40.1239837
Kullanım Amacı	Okul
Kat Sayısı	3 , (Z + 2)
Kat Yüksekliği	3.5 m
Döşeme Kalınlığı	15cm
Zemin Türü DY2007	Z1
Zemin Türü TBDY-2018	ZA
Hareketli Yük Katılım Katsayısı "n"	0,6
Malzeme	Beton C25/30, Donatı S420

Çizelge 4. 2. Kolon İsimleri ve Boyutları

Kolon Boyutları	Kolon İsmi
L Kolon 100*140	S01, S04, S41, S46 (100*140*30)
100*30	S02, S07, S08, S36, S38, S39
30*100	S03, S13, S16
30*90	S19, S20, S21, S22, S23, S24, S25, S26, S27, S29, S32, S34, S40
260*30	P06,
245*30	P09,
30*90	S05, S10
210*30	P11, P12, P17, P18, P28
90*90	S14, S15, S30, S31
60*60	S42, S43, S44, S45
120*30	S37
145*30	S35



Şekil 4.1. Zemin Kat Planı ve Dolgu Duvar Yerleşimi



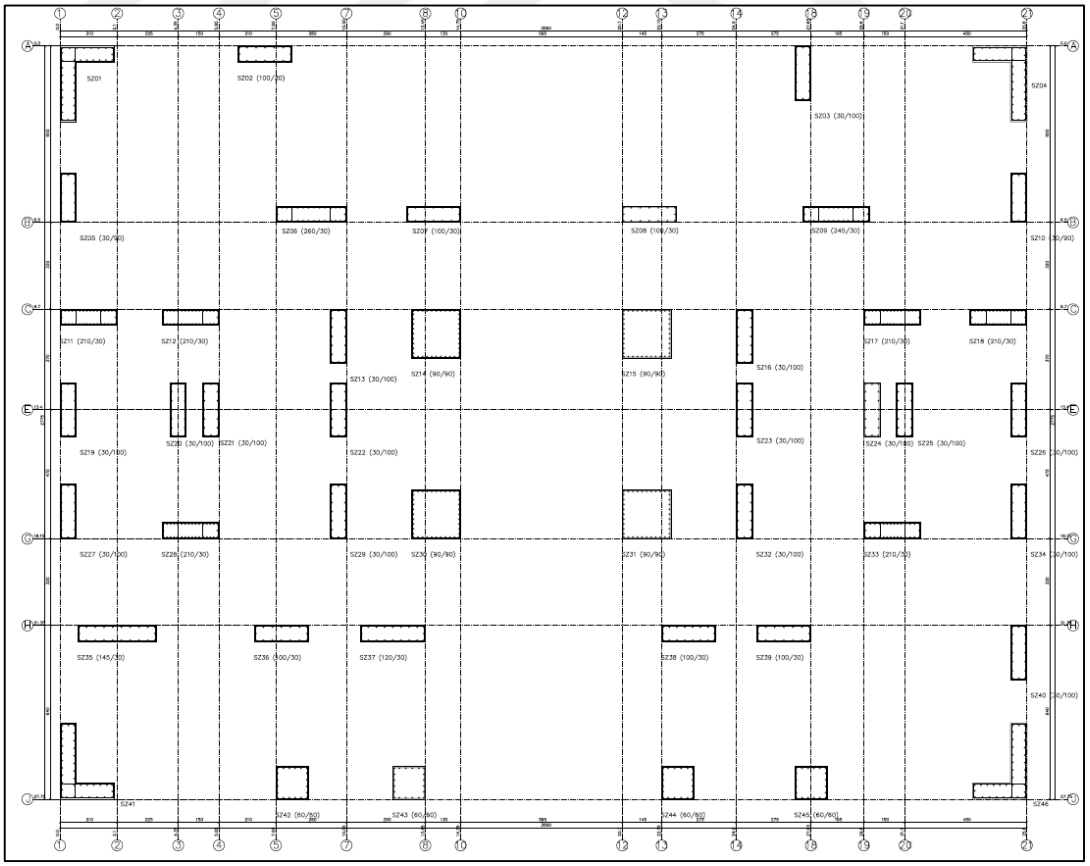
Şekil 4.1a. Zemin Kat Planı ve Dolgu Duvar Yerleşimi Kesiti

Dolgu duvarlar eşdeğer sanal basınç çubuğu olarak modellenirken, tüm dolgu duvarların tuğla olduğu varsayılarak fiziksel özellikler belirlenmiştir.

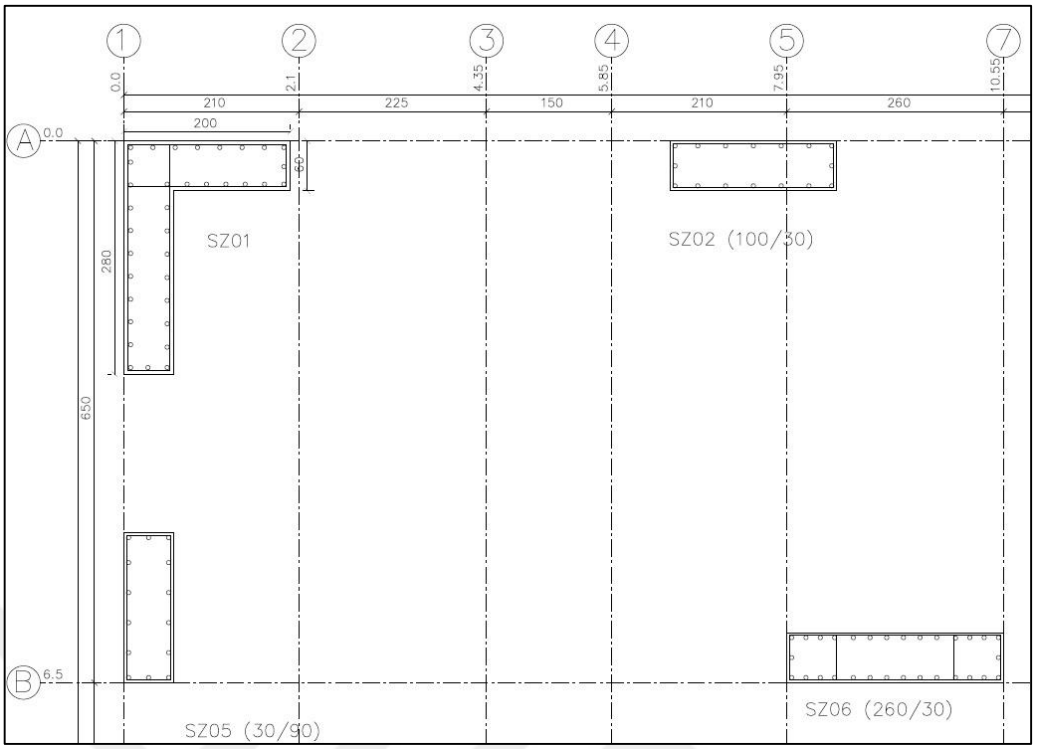
Analizde eşdeğer sanal basınç çubuğu olarak modellenen dolgu duvarlar Şekil 4.1'de gösterilmiştir. Dolgu duvarların tümünün aynı devam ettiği ve yapı kullanımı süresince yapıda bulundukları akslarının ve malzemelerinin değiştirilmeyeceği varsayılmıştır. Plandan da anlaşılacağı gibi ESBÇ olarak modellenen duvarların boşluksuz oldukları varsayılmıştır.

ESBÇ olarak modellenecek dolgu duvarların Şekil 4.2'de gösterilen betonarme düşey taşıyıcı sistemin (kolon aplikasyonu) yerleştirildiği çalışma yönlerine dikkat edilerek bu yönlere yakın yoğunlukta yerleştirilmiştir. Bu yaklaşımla yapının ağırlık ve rijitlik merkezlerinin fazla değişmemesi ve düzensizliklere sebep olunmaması hedeflenmiştir.

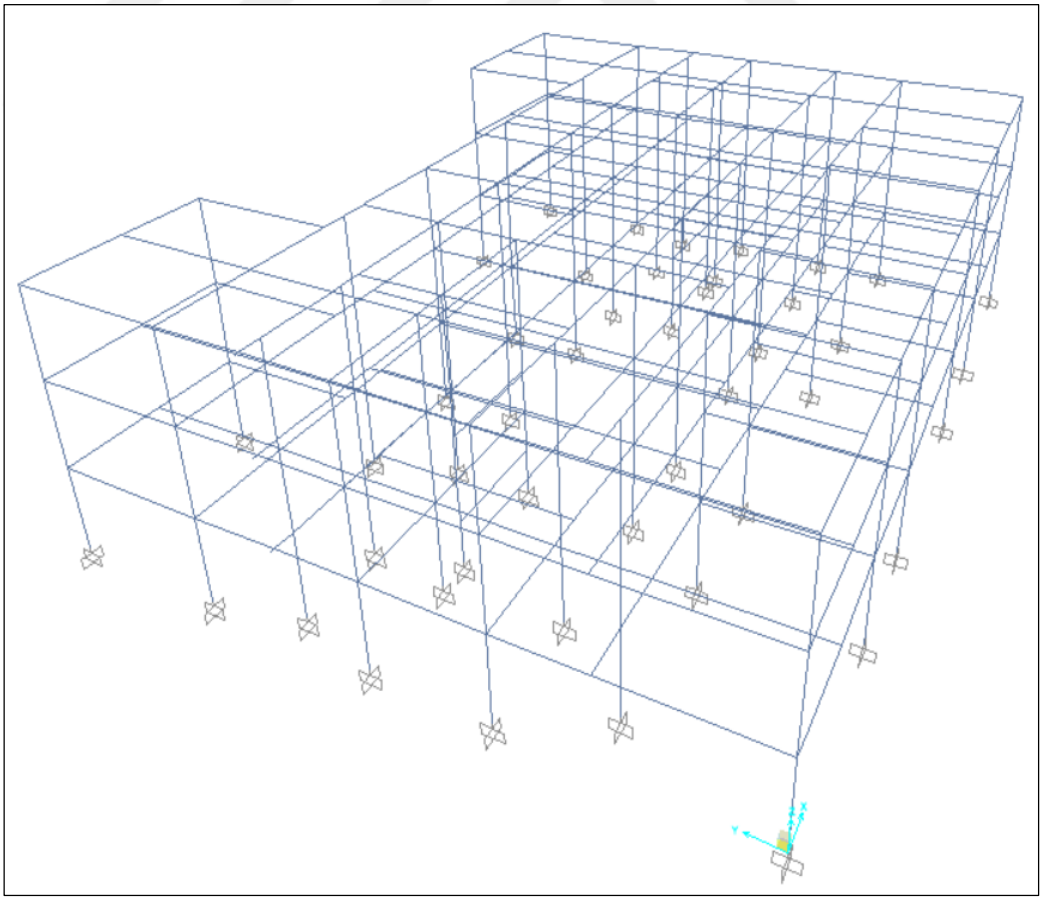
Şekil 4.3'te yapının dolgu duvarların ESBÇ olarak modellenmeden önceki üç boyutlu yalın hali görülmektedir.



Şekil 4.2. Zemin Kat Kolon Aplikasyonu



Şekil 4.2a. Zemin Kat Kolon Aplikasyonu Kesiti



Şekil 4.3. ESBÇ Olmaması Durumunda Bina Çubuk Modeli Genel Görünüşü

4.2.1. ESBÇ Olmaksızın Kat Kütleleri

Denklem 4.1. ve Denklem 4.1a.'ya göre hesaplanan kat kütle ve ağırlıkları, Çizelge 4.3'te gösterilmiştir. Hesap edilen kat ağırlıkları rijit diyafram olarak tanımlanan döşemenin kütle merkezine etkitilerek, döşemede her noktanın deprem yükü etkisi ile eşit hareket etmesi sağlanmıştır.

DY2007'de hareketli yük katılım katsayısı (n) okul yapıları için 0.6 olarak belirlenmişti.

$$\sum W_i^N = \sum wi \quad (4.1)$$

$$w_i = g_i + nq_i \quad (4.1a)$$

Çizelge 4.3. Kat Kütleleri

Kat	Kütle	Ağırlık
Zemin Kat	154 ton	1510.74 ton
1.kat	151 ton	1481.31 ton
2. kat	107 ton	1049.67 ton
Toplam	412 ton	4041.72 ton

4.3. ESBÇ Olmaksızın DY2007'e Göre Fiktif Yük Hesabı ve Eşdeğer Deprem Yükü Kuvveti Kontrolü

4.3.1. Fiktif Yük Hesabı

$$Ft = (V_t - \Delta F_N)\frac{w_i H_i}{\sum_{j=1}^{N}(w_j H_j)} \quad (4.2)$$

Analiz programından elde edilen periyodun kontrolü için yönetmeliğin vermiş olduğu periyot formülü kullanılmalı ve analizden elde edilen değer bu formülden elde edilen periyodu geçmemelidir. Periyot hesabında Denklem 4.2.'de yer alan $(V_t - \Delta F_N)$ değeri yerine herhangi bir değer yazılacaktır. Örneğin 100 değeri kullanılabilir.

Çizelge 4.4. Fiktif Yük Dağılımı

Kat	Kütleler ton	Yükseklik	wi*hi	Fiktif
1	155	3.5	542.5	20
2	151	7	1057	39
3	107	10.5	1123.5	41
Toplam	413		2723	100

Yönetmelik her ne kadar 1. Doğal Periyot hesabı için ampirik bir formül sunsa da Bu çalışmada SAP2000 analiz programından elde edilen periyot değerleri dikkate alınmıştır.

Çizelge 4.5. X Yönü İçin Bina Hâkim Doğal Titreşim Periyodu DY2007

YÖN	PERİYOT sn
X	0,32715

Çizelge 4.6. Y Yönü İçin Bina Hâkim Doğal Titreşim Periyodu DY2007

YÖN	PERİYOT sn
Y	0,46007

Tpy = 0,461556sn SAP2000 programından elde edilen doğal titreşim periyoduna eşittir.

4.3.2. Burulma Düzensizliği

$$(\Delta_I)_{ort} = 1/2((\Delta_i)_{max} + (\Delta_i)_{min}) \quad (4.4)$$

Denklem 4.4 ile göreli ortalama kat ötelemeleri hesaplanmıştır. Bu hesaplar ve denklem 4.5 yardımı ile burulma düzensizliği katsayısı bulunmuş ve Çizelge 4.7'de verilmiştir.

$$\eta_{bi} = (\Delta_i)_{max} / (\Delta_i)_{ort} > 1.2 \quad (4.5)$$

Çalışma yapılan yapıda tüm köşe birleşim noktalarında her kat için birbirine çok yakın deplasmanlar oluştuğundan $(\Delta_i)_{max}$ ve $(\Delta_i)_{ort}$ birbirine çok yakındır. Bu sebeple yapının burulma düzensizliği katsayısı X yönü için Çizelge 4.7de ve Y yönü için Çizelge4.8' de görebileceğimiz gibi yaklaşık olarak $\eta_{bi}=1\leq1.2$ olduğundan burulma düzensizliği oluşmamıştır (Çizelge 4.7) ve (Çizelge 4.8).

Sonuç olarak $\eta_{bi}=1 \leq 1.2$ ve $H_N \leq 25$ olduğundan dinamik hesap yöntemi olarak Eşdeğer Deprem Yükü yönteminin kullanılması uygun görülmüştür.

Çizelge 4.7. X Yönü Komşu Katlar Arası Burulma Düzensizliği

Katlar	H_i m	$\Delta_{i\ max}$ (m)	$(\Delta_i)_{ort}$	$\eta_{ki} = \Delta_{i\ max} / (\Delta_i)_{ort}$
1	3.5	0.002	0.00195	1.025
2	3.5	0.0052	0.0051	1.0196
3	3.5	0.008	0.0079	1.0127

Çizelge 4.8. Y Yönü Komşu Katlar Arası Burulma Düzensizliği (Yumuşak Kat)

Katlar	h_i m	$\Delta_{i\ max}$ (m)	$(\Delta_i)_{ort}$	$\eta_{ki} = \Delta_{i\ max} / (\Delta_i)_{ort}$
1	3.5	0.0027	0.0025	1.08
2	3.5	0.0071	0.0066	1.076
3	3.5	0.0104	0.0096	1.083

4.3.3. ESBÇ Olmaksızın Eşdeğer Deprem Yükü Taban Kesme Kuvveti

Eşdeğer deprem yükü yöntemi ile X ve Y yönlerinde taban kesme kuvvetlerinin hesaplanabilmesi için gerekli yapı bilgileri Çizelge 4.9' da verilmiştir.

Çizelge 4.9. Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi İçin Parametreler DY2007

PARAMETRELER		
Etkin Yer İvmesi Katsayısı 2° Deprem Bölgesi	A_0	0.3
Yapı Önem Katsayısı (Okul)	I	1.4
Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı	R	7
Spektrum Karakteristik Periyodu	Ta(sn)	0.1
Spektrum Karakteristik Periyodu	Tb(sn)	0.3
Doğal Titreşim Periyodu	Tx(sn)	0.33
Doğal Titreşim Periyodu	Ty(sn)	0.46
Spektrum Katsayısı $T_B \leq T_X$	S(Tx)	2,33
Spektrum Katsayısı $T_B \leq T_Y$	S(Ty)	1.78

Çizelge 4.9 yardımı ile X ve Y yönü için hesaplanan Eşdeğer Deprem Kuvveti Çizelge 4.10'da verilmiştir.

Çizelge 4.10. X ve Y Yönü Taban Kesme Kuvveti DY2007

$Vtx = WA(T1)/Ra(T) \geq 0.10*A_0*I*W$	Tonf	565,66
$Vty = WA(T1)/Ra(T) \geq 0.10*A_0*I*W$	Tonf	430.62
$0,10*A_0*I*W$		169.7522
$A(Tx) = A_0*I*S(Tx)$		0,9797
$A(Ty) = A_0*I*S(Ty)$		0.7458
$S(T) = 1+1.5(T/T_{(A)})\ ;\ 0 \leq T \leq T_A$		
$S(Tx) = 2.5\ ;\ T_A \leq T \leq T_B$		2.3326
$S(Ty) = 2.5(T_B/T)^{\wedge}0.8\ ;\ T_B \leq T$		1.7760
$Ra(T)=1.5+(R-1.5)*(T/T_A)\ ;\ 0 \leq T \leq T_A$		
$Ra(T)\ x, y = R\ ;\ T_A \leq T$		7

4.3.3.1.ESBÇ Olmaksızın X ve Y Yönleri İçin Kat Kesme Kuvvetleri

X Yönü Ek Eşdeğer Deprem Kuvveti;

F_{Nx}= 0.075NV_t =0.0075*3*565,66 = 12.7273 tonf (4.6)

$$Ft = (V_t - \Delta F_N)\frac{w_i H_i}{\sum_{j=1}^{N}(w_j H_j)} \; ; \quad (4.7)$$

Çizelge 4.11. Taban Kesme Kuvvetleri DY2007

1. Kat Kesme Kuvveti Fx_1	109.5906
2. Kat Kesme Kuvveti Fx_2	214.9114
3. Kat Kesme Kuvveti Fx_3	241.1598
∑ Fix	578.3893
Toplam Taban Kesme Kuvveti ΔF$_N$ +∑ Fi	578.3893 tf

Y Yönü Kat Kesme Kuvveti;

F_{NY}= 0.075NV_t =0.0075*3*430.6211 (4.8)

$$Ft = (V_t - \Delta F_N)\frac{w_i H_i}{\sum_{j=1}^{N}(w_j H_j)} \; ; \quad (4.9)$$

Çizelge 4.12. Y Yönü Taban Kesme Kuvvetleri DY2007

1. Kat Kesme Kuvveti Fy_1	83.4280
2. Kat Kesme Kuvveti Fy_2	163.6055
3. Kat Kesme Kuvveti Fy_3	183.5875
∑ Fi	440.3101
Toplam Taban Kesme Kuvveti ΔF$_N$ +∑ Fi	440.3101 tf

4.4.ESBÇ Olmaksızın DY2007'ye Göre Düzensizlik Kontrolleri

4.4.1. Burulma Düzensizliği

(Δ_i)ort = 1/2((Δ_i)max+(Δ_i)min) olmak üzere , ηbi = (Δi)max / (Δi)ort > 1.2 olması durumunda yapıda burulma düzensizliği oluşacaktır. Ancak çalışmış olduğumuz yapıda tüm köşe birleşim noktalarında her kat için birbirine çok yakın deplasmanlar oluştuğundan (Δi)max ve (Δi)ort birbirine çok yakındır. Bu durumunda yapının burulma düzensizliği katsayısı ηbi=1≤1.2 olduğundan burulma düzensizliği oluşmamıştır (Çizelge 4.13) ve (Çizelge 4.14).

Çizelge 4.13. X Yönü Komşu Katlar Arası Burulma Düzensizliği

Katlar	$h_{i\ mm}$	$\Delta_{i\ max}$ (m)	$(\Delta_i)_{ort}$	$\eta_{ki} = \Delta_{i\ max} / (\Delta_i)_{ort}$
1	3.5	0.002	0.00195	1.025
2	3.5	0.0052	0.0051	1.0196
3	3.5	0.008	0.0079	1.0127

Çizelge 4.14. Y Yönü Komşu Katlar Arası Burulma Düzensizliği

Katlar	$h_{i\ mm}$	$\Delta_{i\ max}$ (m)	$(\Delta_i)_{ort}$	$\eta_{ki} = \Delta_{i\ max} / (\Delta_i)_{ort}$
1	3.5	0.0027	0.0025	1.08
2	3.5	0.0071	0.0066	1.076
3	3.5	0.0104	0.0096	1.083

4.4.2. Döşeme Süreksizlikleri

Çalışma yapılan yapının herhangi bir katındaki döşemede merdiven ve asansör boşlukları dâhil boşluk alanları toplamı kat bürüt alanlarının 1/3'ünden fazla değildir. Deprem yüklerinin güvenle taşınmasına engel olacak yerel bir döşeme boşluğu mevcut değildir ve döşeme düzlem içi rijitlik dayanımında ani azalma yoktur.

4.4.3. Planda Çıkıntılar Bulunması

Binadaki çıkmaların aynı doğrultudaki plan uzunlukları toplamının %20sini aşması durumunda bu düzensizlik oluşur. Ancak yapıda çıkma bulunmamaktadır.

4.4.4. Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği (Zayıf Kat)

Çalışmamızın temel amaçlarından biri olan dolgu duvarların yapı davranışına etkisini doğrudan ilgilendirmesi açısından bu çalışmada diğer düzensizliklerden daha büyük önem arz etmektedir.

Yapıda birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi birinde, herhangi bir kattaki etkili kesme alanının, bir üst kattaki etkili kesme alanına oranı olarak tanımlanan Dayanım Düzensizliği Katsayısı ηci' nin 0.80'den küçük değildir.

$$[\eta ci = (\sum Ae)i / (\sum Ae)i+1 < 0.80] \quad (4.10)$$

Herhangi bir kattaki etkili kesme alanı;

$$\sum Ae = \sum Aw + \sum Ag + 0.15 \sum Ak \quad (4.11)$$

Tüm kat planları aynı olduğu için kesme alanları toplamı her katta sabit ve aynıdır. Bu sebeple zayıf kattan söz edilemez.

4.4.5. Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği

Komşu katlar arası göreli kat ötelemesi oranı (η_{ki})'nin 2.0'dan büyük olmadığından rijitlik düzensizliği bulunmamaktadır (Denk. 4.9).

$$\eta_{ki} = (\Delta_i / h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort} \leq 2.0 \text{ dir.} \quad (4.12)$$

SAP2000 analiz programı yardımı ile X ve Y yönünde elde edilen deplasmanlar ve bu deplasmanlar yardımı ile yumuşak kat düzensizliği hesapları çizelge 4.15 ve çizelge 4.16'tda verildiği gibidir.

Çizelge 4.15. X Yönü Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat)

Katlar	$h_{i\ m}$	$\Delta_{i\ ort}$ (m)	$(\Delta_i/h_i)_{ort}$	$\eta_{ki}=(\Delta_i/h_i)_{ort}/(\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort}$
1	3.5	0.002	0.000557	------
2	3.5	0.0032	0.000914	1.64
3	3.5	0.0028	0.00079	0.86

Çizelge 4.16 Y Yönü Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat)

Katlar	$h_{i\ mm}$	$\Delta_{i\ ort}$ (m)	$(\Delta_i/h_i)_{ort}$	$\eta_{ki}=(\Delta_i/h_i)_{ort}/(\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort}$
1	3.5	0.0025	0.00071	-----
2	3.5	0.0041	0.0012	1.62
3	3.5	0.0031	0.00087	0.75

4.4.6. DY2007'ye Göre ESBÇ Olmaksızın Etkin Göreli Kat Ötelemelerinin Hesaplanması ve Sınırlandırılması

Düşey elamanlardan herhangi birinin komşu katlar arası deplasman farkını ifade eden azaltılmış göreli kat ötelemesi olan Δi, Denk.(4.13) ile elde edilecektir.

$$\Delta i = d_i - d_{i-1} \quad (4.13)$$

Δi'nin hesabı için minimum eşdeğer deprem yükü kuvveti şartına bakılmayacaktır. Etkin göreli kat ötelemesi Denklem 4.14 ile hesap edilecektir.

$$\delta i = R\ \Delta i \quad (4.14)$$

Her bir deprem doğrultusu için, binanın herhangi bir i'inci katındaki kolon veya perdelerde, Denklem 4.11 ile hesaplanan δi etkin göreli kat ötelemelerinin kat içindeki en büyük değeri $(\delta i)_{max}$, Denklem 4.12'de verilen koşulu sağlayacaktır:

$$(\delta i)_{max}/hi \leq 0.02 \quad (4.15)$$

Çizelge 4.17. X Yönü Etkin Göreli Kat Ötelemeleri

Katlar	h_i (m)	d_{ix}	$\Delta ix=d_i - d_{i-1}$	$\delta ix= R\ \Delta i$	$(\delta i)_{max}/hi \leq 0.02$
1	3.5	0.002	0.002	0.0014	0.004
2	3.5	0.0053	0.0031	0.0217	0.007
3	3.5	0.0081	0.0027	0.0189	0.006

Çizelge 4.18. X Yönü Etkin Göreli Kat Ötelemeleri

Katlar	h_i (m)	d_{iy}	$\Delta iy=d_i - d_{i-1}$	$\delta iy= R\ \Delta i$	$(\delta i)_{max}/hi \leq 0.02$
1	3.5	0.0027	0.0027	0.0189	0.005
2	3.5	0.0071	0.0044	0.00308	0.009
3	3.5	0.010	0.0033	0.0231	0.007

Çizelge 4.17 ve Çizelge 4.18 de gördüğümüz gibi etkin göreli kat ötelemeleri 0.02 sınır değerinin altındadır.

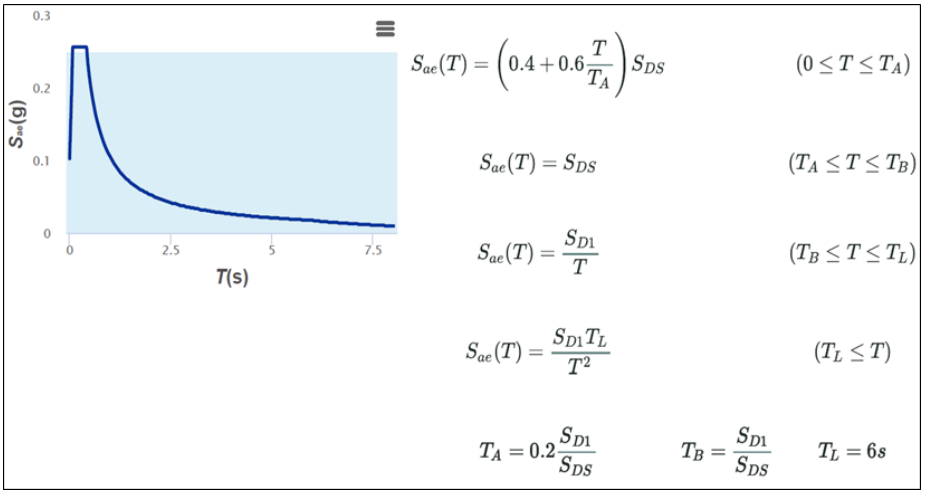
4.5. TBDY-2018'e Göre ESBÇ Olmaksızın Deprem Yükü Hesapları, Düzensizlik Kontrolleri ve Etkin Göreli Kat Ötelemesi

TBDY-2018 ile DY2007 yönetmelikleri arasında bina hâkim doğal titreşim periyotları arasında hesap yöntemi farkı olmadığından periyotlar aynıdır. Ancak Tasarım Spektral İvme katsayıları hesabında önemli değişiklikler yapılmıştır. TBDY-2018'e göre Tasarım Spektral İvme katsayıları edevlet veri tabanı üzerinden yapıya ait bilgiler girilerek web tabanlı bir uygulama (https://tdth.afad.gov.tr/TDTH/detaylıRapor.xhtml) yardımı ile elde edilmektedir.

4.5.1. Yapı Spektral İvme Katsayıları

Çizelge 4.19. Tasarım Spektral İvme Katsayıları

Hareketli Yük Katılım Katsayısı	0.6
Zemin Türü	ZA
DD Deprem Düzeyi	DD2
Köşe Periyodu, TA = 0,20*T_B	0.082
Köşe Periyodu, TB = S_{D1}/S_{DS}	0.411
Kısa Periyot Harita Spektral İvmesi Katsayısı Ss	0.321
1sn Periyot İçin Harita Spektral İvmesi S_1	0.132
Kısa Periyot Bölgesi İçin Yerel Zemin Etki Katsayısı (Fs)	0.800
Kısa Periyot Bölgesi İçin Yerel Zemin Etki Katsayısı (F_1)	0.800
Kısa Periyot Tasarım Spektral İvmesi Katsayısı S_{DS}=Ss*F_S	0.257
1sn Periyot İçin Tasarım Spektral İvmesi $S_{D1}=S_1*F_2$	0.106
Doğal Titreşim Periyodu Tx(sn)	0.33
Doğal Titreşim Periyodu Ty(sn)	0.46
Yatay Elastik Tasarım Spektrumu Sae(Tx)	
$T_A \leq Tx \leq T_B$; Sae(Tx)=S_{DS}	0.257
Yatay Elastik Tasarım Spektrumu Sae(Ty)	
$T_B \leq Ty$; Sae(Ty)= S_{D1}/T_y	0.230



Şekil 4.4. Düşey elastik Tasarım Spektrumu

Çizelge 4.20. Yatay Elastik Tasarım Spektrumu Sae(T)

X Doğrultusu Yatay Elastik Tasarım Spektrumu Sae(Tx)	
$T_A \leq Tx \leq T_B$; Sae(Tx) = S_{DS}	0,257
Y Doğrultusu Yatay Elastik Tasarım Spektrumu Sae(Ty)	
$T_B \leq T_y$; Sae(Ty) = S_{D1}/T_Y	0,230

Çizelge 4.21. Düşey Elastik Tasarım Spektrumu $S_{aeD}(Tx)$

T_{AD}	0.027
T_{BD}	0.137
T_{LD}	3.000
$T_{BD} \leq Tx$; $Sae_D(Tx) = 0,8S_{DS}(T_{BD}/T)$	0.085
Düşey Elastik Tasarım Spektrumu $S_{aeD}(Ty)$	
$T_{BD} < Ty$; $Sae_D(Ty) = 0,8SDS(TBD/T)$	0,085

4.5.2. Yapı Davranış Tanım Katsayıları

Çizelge 4.22. Bina Kullanım Sınıfları, Bina Önem Katsayısı

I (Bina Önem Katsayısı) BKS=1;	1,50
Deprem Tasarım Sınıfı (DTS)	
S_{DS}<0,33, BKS=1;	DTS=4a
Bina Yükseklik Sınıfı (BYS)	
DTS=4a ve H_N<10,5;	BYS=8
Bina Performans Sınıfı	
DD2, BYS=8 ve DTS=4a için Normal Performans Hedefi; (KH) Kontrollü Hasar Performans Düzeyi	
Değerlendirme / Tasarım Yaklaşımı	
DD2, BYS=8 ve DTS=4a için Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı; DGT (Dayanıma Göre Tasarım)	

Tablo 4.22'de gösterildiği gibi çalışılan yapıda dinamik hesap yöntemi olarak dayanıma göre tasarım yöntemi kullanılabilir.

Çizelge 4.22. Süneklik Düzeyi Yüksek Sistemlerde Bina Taşıyıcı Sistemi

Süneklik Düzeyi Yüksek Sistemlerde Bina Taşıyıcı Sistemi	R	D	BYS
A15 - Deprem etkilerinin moment aktaran süneklik düzeyi yüksek betonarme çerçeveler ile süneklik düzeyi yüksek boşluksuz betonarme perdelerc tarafından birlikte karşılandığı binalar;	7	2,5	BYS >2

Çizelge 4.23. Deprem Yükü Azaltma Katsayıları

Deprem Yükü Azaltma Katsayısı (X)	
$R_a(T)=D+(R/I-D)(T/T_B)$	$T \leq T_B$
5,04	0,330≤0,411
Deprem Yükü Azaltma Katsayısı (Y)	
$R_a(T)=R/I$	$T_B \leq T$
4,67	0,411≤0,460

Çizelge 4.24. Azaltılmış Tasarım İvme Spektrumu

X Yönü Azaltılmış Tasarım İvme Spektrumu	
$S_{aR}(T_p)^{(x)} = S_{ae}(T_{PX})/R_a(T_p)$ =0.257/5.04	0,0509
Y Yönü Azaltılmış Tasarım İvme Spektrumu	
$S_{aR}(T_p)^{(Y)} = S_{ae}(T_{pY})/R_a(T_{pY})$ =0.230/4.67	0,0492

Çizelge 4.25. Eşdeğer Deprem Yükünün Uygulanabileceği Yapılar

Bina Türü	İzin Verilen Bina Yükseklik Sınıfı
	DTS = 1, 1a, 2, 2a
$\eta_{bi} \leq 2.0$, B2 Türü Düzensizliğinin olmaması	BYS ≥ 4
Diğer tüm binalar	BYS ≥ 5

Çalışılan yapı geometrik veya taşıyıcı sistem açısından bir değişiklik yapılmamıştır. Bu sebeple fiktif yük ve doğal titreşim periyotları ve eşdeğer deprem yükü hesabının yapılabileceği yapılar kontrolü için düzensizlikler tekrar hesaplanmayacaktır. Yapının eşdeğer deprem yükü yöntemi ile analiz yapılmasına uygun olduğunu bir önceki bölümde göstermiştik.

Çalışılan yapı SAP2000 analiz programından elde edilen periyotlarla dayanıma göre hesaplar yapılacaktır.

TBDY-2018 DTS4a için max. doğal periyot sınırlamasında bir kolaylık olarak aşağıda verilen formülü sunmuştur. Bu ampirik formüle göre yapının bilgisayar programından elde edilen periyotları kabul edilen sınırlardadır.

Çizelge 4.26. Bina Hâkim Doğal Titreşim Periyodu T_{pA} Sınır Şartı

DTS = 4a; $T_p^{(x),(y)} = T_{pA} = C_t H_N^{3/4}$ (Ct=0.1)	0.583
Sap2000 Programından Elde Edilen Periyot T_{PX} ; T_{PY}	0.330 ; 0.460
$T_{X,Y} \leq T_{pA}^{(x),(y)}$	

4.5.3. Eşdeğer Deprem Yükü Hesabı

$$V_{tE}^{(X)} = m_t S_{aR}(T_p)^{(X)} \geq 0.04 m_t I S_{DS} g = 206.384\ t \geq 62.42\ t \quad (4.16)$$

$$F_{NE}^{(X)} = 0.0075 N V_{tE}^{(X)} = 4.64\ ton \quad (4.17)$$

$$V_{tE}^{(y)} = m_t S_{aR}(T_p)^{(y)} \geq 0.04 m_t I S_{DS} g = 199.31\ t \geq 62.43\ t \quad (4.18)$$

$$F_{NE}{}^{(y)} = 0.0075 N V_{tE}{}^{(y)} = 4.48 \text{ ton} \quad (4.19)$$

Eşdeğer deprem yükü yönteminde büyük değişiklikler yapılmıştır. TBDY-2018 yönetmeliğine göre yapılan hesaplar Azaltılmış Tasarım Spektrum İvmesinde DY2007 yönetmeliğindeki Azaltılmış Tasarım Spektrum İvmesine göre oluşan azalma sebebi ile eşdeğer deprem yükünde büyük oranda düşüş gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.27. Katlara Gelen Yatay Yükler (Kat Kesme Kuvvetleri)

Kat	$F_{iE}{}^{(X)} = (V_{tE}{}^{(X)} - \Delta F_{NE}{}^{(X)}) \frac{m_i H_i}{\sum_{j=1}^{N} m_j H_J}$	
	X Yönü Kat Kesme Kuvveti (Tonf)	Y Yönü Kat Kesme Kuvveti (Tonf)
F_{1x}	40.19	38.81
F_{2x}	78.31	75.62
F_{3x}	87.88	84.87
∑fi	206,38	199.31

DY2007ye göre yapılan hesaplamada X yönü toplam kat kesme kuvveti 633tf, Y yönü için toplam kat kesme kuvveti 440tf olarak hesaplanmıştır. Çizelge 4.27'de görüldüğü gibi TBDY-2018'e göre yapılan hesaplarda katlara gelen kesme kuvvetleri, DY2007'e göre yapılan hesaplardaki kat kesme kuvvetlerinden küçüktür.

$$V_{tE}{}^{(X)} = \Delta F_{NE}{}^{(X)} + \sum_{i=1}^{N} F_{iE}{}^{(X)} = 211.02 \text{ Tonf}$$
$$V_{tE}{}^{(y)} = \Delta F_{NE}{}^{(y)} + \sum_{i=1}^{N} F_{iE}{}^{(y)} = 208.43 \text{ Tonf}$$

4.5.4. ESBÇ Olmaksızın TBDY-2018'e Göre Düzensizlik Kontrolleri

Çalışma yapılan yapıda bir değişiklik yapılmadığından döşeme süreksizliği, planda çıkıntılar bulunması ve düşeyde süreksizlik kontrolleri sonuçlarımız DY2007 ile aynı olacaktır ve bu sebeple bu kontroller tekrar yapılmayacaktır. Ancak yatay kuvvetimiz değiştiği için burulma, dayanım ve rijitlik düzensizlikleri tekrar yapılacaktır.

4.5.4.1. ESBÇ Olmaksızın TBDY-2018'e Göre Burulma Düzensizliği

$(\Delta_I)_{ort} = 1/2((\Delta_I)_{max}+(\Delta_I)_{min})$ olmak üzere , $\eta_{bi} = (\Delta_I)_{max} / (\Delta_I)_{ort} > 1.2$ olması durumunda yapıda burulma düzensizliği oluşacaktır. Ancak çalışmış olduğumuz yapıda

tüm köşe birleşim noktalarında her kat için birbirine çok yakın deplasmanlar oluştuğundan $(\Delta_i)_{max}$ ve $(\Delta_i)_{ort}$ birbirine çok yakındır. Bu durumunda yapının burulma düzensizliği katsayısı $\eta_{bi}=1\leq1.2$ olduğundan burulma düzensizliği oluşmamıştır (Çizelge 4.28) ve (Çizelge 4.29).

TBDY-2018'e göre dinamik yük değeri azalmış bu sebeple düzensizliklerde değişiklik oluşmuştur. Ancak bu değişiklik deprem kuvveti yönüne göre farklılık göstermiştir. Çizelge 4.28'de görüldüğü gibi yapının kat döşemelerinde her noktada eşit deplasman meydana gelmiştir bu sebeple X yönündeki burulma düzensizliği katsayısı azalmıştır.

Çizelge 4.28. X Yönü Komşu Katlar Arası Burulma Düzensizliği

Katlar	$h_{i\ mm}$	$\Delta_{i\ max}$ (m)	$(\Delta_i)_{ort}$	$\eta_{ki} = \Delta_{i\ max} / (\Delta_i)_{ort}$
1	3.5	0.0007	0.0007	1
2	3.5	0.0011	0.0011	1
3	3.5	0.0009	0.0009	1

Aynı şekilde Çizelge 4.29'da görüldüğü gibi kat kesme kuvvetindeki azalmadan dolayı kat köşe deplasmanlarında da azalma oluşmuştur. Ancak oransal düşüş Y yönünde sabit kalmış ve burulma katsayısı değişmemiştir.

Çizelge 4.29. Y Yönü Komşu Katlar Arası Burulma Düzensizliği

Katlar	$h_{i\ mm}$	$\Delta_{i\ max}$ (m)	$(\Delta_i)_{ort}$	$\eta_{ki} = \Delta_{i\ max} / (\Delta_i)_{ort}$
1	3.5	0.0013	0.0012	1.083
2	3.5	0.0021	0.0012	1.076
3	3.5	0.0016	0.0015	1.083

4.5.4.2. ESBÇ Olmaksızın TBDY-2018'e Göre Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat)

Çalışmamızın temel amaçlarından biri olan dolgu duvarların yapı davranışına etkisini doğrudan ilgilendirmesi açısından bu çalışmada diğer düzensizliklerden daha büyük önem arz etmektedir.

Komşu katlar arası göreli kat ötelemeleri oranı katsayısı (η_{ki})'nin 2.0'dan büyük olmadığından Rijitlik Düzensizliği bulunmamaktadır (Çizelge 4.30).

SAP2000 analiz programı yardımı ile X ve Y yönünde elde edilen deplasmanlar ve bu deplasmanlar yardımı ile hesaplanan yumuşak kat düzensizliği hesapları Çizelge

4.30 ve Çizelge 4.31'de verildiği gibidir ve TBDY-2018'e göre oluşan düzensizlik katsayısında DY2007'e göre azalma oluşmuştur.

Çizelge 4.30. X Yönü Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat)

Katlar	$h_{i\ m}$	$\Delta_{i\ ort}$ (m)	$(\Delta_i/h_i)_{ort}$	$\eta_{ki}=(\Delta_i/h_i)_{ort}/(\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort}$
1	3.5	0.0007	0.0002	------
2	3.5	0.0011	0.00031	1.57
3	3.5	0.0009	0.00026	0.82

Çizelge 4.31. Y Yönü Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat)

Katlar	$h_{i\ mm}$	$\Delta_{i\ ort}$ (m)	$(\Delta_i/h_i)_{ort}$	$\eta_{ki}=(\Delta_i/h_i)_{ort}/(\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort}$
1	3.5	0.0012	0.00034	-----
2	3.5	0.0012	0.00051	1.30
3	3.5	0.0015	0.00041	0.74

4.5.5. ESBÇ Olmaksızın TBDY-2018'e Göre Etkin Göreli Kat Ötelemeleri

Etkin göreli kat ötelemeleri hesabındaki dolgu duvar etkisi, çalışmamızın asıl amacını oluşturan ve 2018 Deprem Yönetmeliğinde yer alan önemli bir değişikliktir. Dolgu duvarlar ile düşey taşıyıcı elemanların arasında esnek derz malzemesi olup olmaması durumu etkin göreli kat ötelemesini büyük ve önemli oranda değişir. Bu değişikliğe göre etkin göreli kat ötelemeleri aşağıda açıklandığı gibi hesaplanmıştır.

Azaltılmış göreli kat ötelemesi $\Delta_i^{(x)} = u_i^{(x)} - u_{i-1}^{(x)}$. Buna göre etkin göreli kat ötelemesi $\delta_i{}^x = \frac{R}{I}\Delta_i{}^X$ dir. Etkin göreli kat ötelemelerinin hesabından daha önce detayları ile söz etmiştik. Buna göre;

Dolgu duvarların, süneklik değeri yüksek taşıyıcı sistemden ayrı yani esnek derz olmaksızın uygulanması durumunda etkin göreli kat ötelemesi hesabı $\lambda \frac{\delta_{i,max}{}^{(x)}}{h_i} \leq 0.008\ \text{к}$ şeklinde yapılır.

Ancak esnek derz kullanılmış ise sınır şartı iki misli artarak $\lambda \frac{\delta_{i,max}{}^{(x)}}{h_i} \leq 0.016\ \text{к}$ şeklinde hesaplanır.

κ değeri betonarme yapılar için 1 olarak tanımlanmıştır. λ değeri DD-3 deprem yer hareketinin elastik tasarım spektral ivmesi 'nin DD-2 deprem yer hareketinin elastik tasarım spektral ivmesine oranıdır.

Çizelge 4.32. X Yönü Etkin Göreli Kat Ötelemeleri

Katlar	h_i	I	d_{ix}	$\Delta ix=d_i$	$\delta_i^x = \frac{R}{I}\Delta_i^X$	λ	$\lambda(\delta i)_{max}/hi$	$\lambda(\delta i)_{max}/hi$
1	3.5	1.5	0.002	0.002	0.0014	0.43	0.0011	0.0011
2	3.5	1.5	0.0053	0.0031	0.0217	0.43	0.0018	0.0018
3	3.5	1.5	0.0081	0.0027	0.0189	0.43	0.0015	0.0015

Çizelge 4.33. Y Yönü Etkin Göreli Kat Ötelemeleri

Katlar	hi (m)	I	diy	$\Delta iy=di-di-1$	$\delta_i^x = \frac{R}{I}\Delta_i^X$	λ	λ(δi)max/hi	λ(δi)max/hi
1	3.5	1.5	0.0027	0.0027	0.0093	0.43	0.0016	0.0016
2	3.5	1.5	0.0071	0.0044	0.0145	0.43	0.0025	0.0025
3	3.5	1.5	0.010	0.0033	0.126	0.43	0.0019	0.0019

Çizelge 4.32 ve Çizelge 4.33'de gördüğümüz gibi etkin göreli kat ötelemeleri 0.008κ ve 0.016κ sınır değerinin altındadır.

DY 2007'de Etkin göreli kat ötelemeleri her durum için sabit 0.02 sınırı ile tanımlanmıştı. Ancak TBDY-2018'in getirmiş olduğu bu yenilik ile dolgu duvarların kendilerinden daha rijit ve daha sünek davranabilen kolonlardan ayrı olması durumunda dolgu duvarların betonarme sisteme bitişik olma durumuna göre iki kat kadar fazla deplasman yapabileceğini görüyoruz. Bu durumun göz önüne alınması, dolgu duvarların rijitliğe olan katkısının önemini arttırırken aynı zamanda bu rijitliği iyileştirmektedir.

4.6. ESBÇ Olması Durumunda DY2007'e Göre Deprem Yükü Hesapları, Düzensizlik Kontrolleri ve Etkin Göreli Kat Ötelemesi

4.6.1. ESBÇ'lerin Modellenmesi, Kesit ve Karakteristik Özellikleri

Bu çalışmada dolgu duvarları DY2007 ve TBDY-2018'de bulunan dolgu duvarların güçlendirilmesi hesap ve analiz yöntemi kullanılmıştır. Bu yönteme göre dolgu duvarlar eşdeğer sanal basınç çubukları yöntemi ile iki ucu mafsallı basınç elemanları olarak modellenmiştir. SAP2000 programı yardımı ile yapılan modelde,

ESBÇ'larının çekme limitleri sıfır alınarak yalnızca basınca çalışmaları sağlanmıştır. Bu çalışma kapsamında yalnızca lineer hesap yöntemi kullanılacağından sanal basınç çubukları sisteme çapraz, sağa yatık (+XY) ve sola yatık (-XY) olarak üç ayrı şekilde modellenmiştir. Modeller arasındaki fark ve benzerlikler çizelgelerde sunulmuştur.

DY2007 ve TBDY-2018'de önerilen ampirik formüller yardımı ile ESBÇ' larının kesit ve karakteristik özellikleri bulunmuştur (Çizelge 4.34 ve Çizelge 4.35).

Çizelge 4.7. Duvar Karakteristik Özellikleri

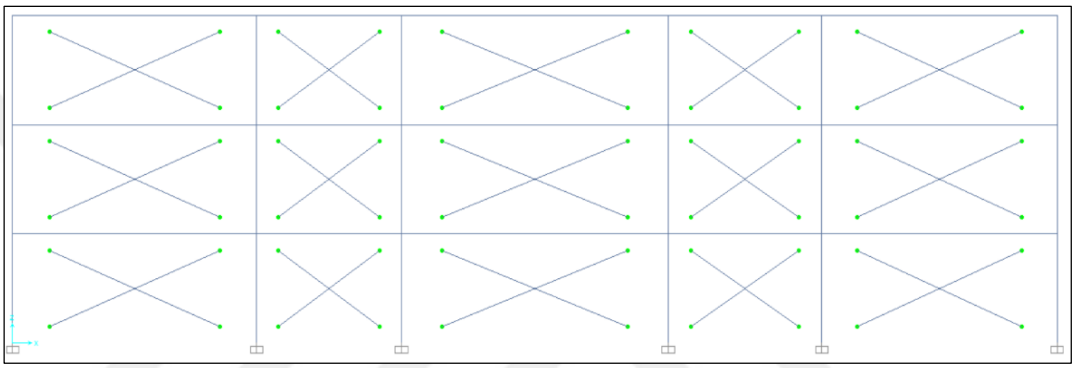
Kiriş No	Birim Basınç Dayanımı fk	Tasarım Basınç Dayanımı ft (ft=fk/1.5)	Dolgu Duvar Elastsite Modülü (E=750fk) veya 2000 kgf/cm2	Kesme Dayanımı KN/cm2	Gduv (G=%40E)
K101	0,27	0,23	202,5	0,02	81
K102	0,27	0,23	202,5	0,02	81
K103	0,27	0,23	202,5	0,02	81
K104	0,27	0,23	202,5	0,02	81
K105	0,27	0,23	202,5	0,02	81
K106	0,27	0,23	202,5	0,02	81
K107	0,27	0,23	202,5	0,02	81
K131	0,27	0,23	202,5	0,02	81
K132	0,27	0,23	202,5	0,02	81
K133	0,27	0,23	202,5	0,02	81
K134	0,27	0,23	202,5	0,02	81
K135	0,27	0,23	202,5	0,02	81
K136	0,27	0,23	202,5	0,02	81
K137	0,27	0,23	202,5	0,02	81
K138	0,27	0,23	202,5	0,02	81
K139	0,27	0,23	202,5	0,02	81
K140	0,27	0,23	202,5	0,02	81
K141	0,27	0,23	202,5	0,02	81
K142	0,27	0,23	202,5	0,02	81
K145	0,27	0,23	202,5	0,02	81
K153	0,27	0,23	202,5	0,02	81
K156	0,27	0,23	202,5	0,02	81
K157	0,27	0,23	202,5	0,02	81
K169	0,27	0,23	202,5	0,02	81
K170	0,27	0,23	202,5	0,02	81
K172	0,27	0,23	202,5	0,02	81
K181	0,27	0,23	202,5	0,02	81
K183-	0,27	0,23	202,5	0,02	81
K186	0,27	0,23	202,5	0,02	81

Çizelge 4.35. ESBÇ Kesit Özellikleri

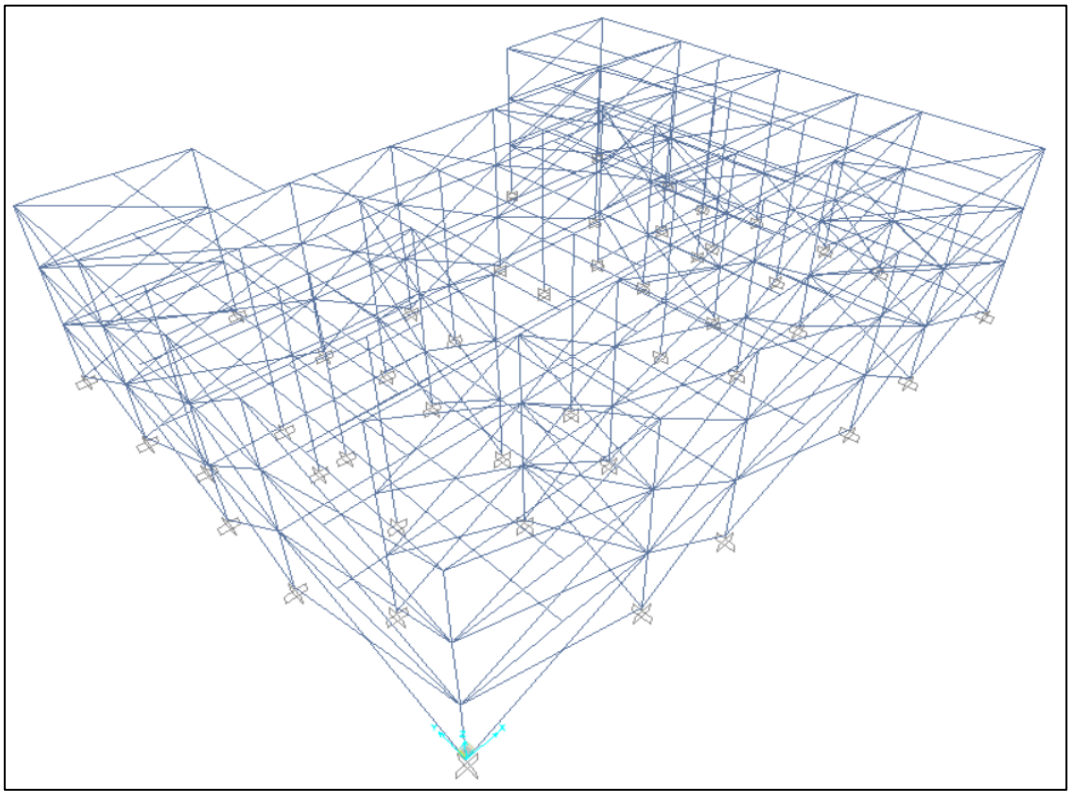
td (cm)	rd (cm) Köşegen Uzunluğu	hd (cm)	Ɵ	sin2Ɵ	Ec ton/m2	I_k (cm4)	λ_d	ESBÇ Genişliği cm
20	814,63	280	20,1033	0,6455	300 000	2500000	0,06	47,25
20	800,56	280	20,4723	0,6553	300 000	225000	0,06	46,27
20	824,03	280	19,8643	0,6392	300 000	225000	0,06	47,90
20	417,73	280	42,0892	0,9948	300 000	2500000	0,08	21,20
20	675,74	280	24,4790	0,7542	300 000	2500000	0,06	37,76
20	603,84	280	27,6260	0,8217	300 000	2500000	0,07	32,99
20	648,56	280	25,5773	0,7788	300 000	225000	0,06	35,94
20	551,38	280	30,5182	0,8749	300 000	2500000	0,07	29,58
20	472,02	280	36,3844	0,9551	300 000	2500000	0,07	24,55
20	933,01	280	17,4639	0,5725	300 000	2500000	0,05	55,60
20	417,73	280	42,0892	0,9948	300 000	2500000	0,08	21,20
20	814,63	280	20,1033	0,6455	300 000	225000	0,06	47,25
20	749,28	280	21,9434	0,6932	300 000	1080000	0,06	42,74
20	512,29	280	33,1317	0,9154	300 000	1080000	0,07	27,08
20	933,01	280	17,4639	0,5725	300 000	1080000	0,05	55,60
20	533,40	280	31,6638	0,8936	300 000	1080000	0,07	28,43
20	791,20	280	20,7256	0,6620	300 000	1080000	0,06	45,62
20	833,44	280	19,6307	0,6329	300 000	2500000	0,06	48,56
20	425,21	280	41,1859	0,9912	300 000	2500000	0,08	21,66
20	496,49	280	34,3302	0,9314	300 000	225000	0,07	26,08
20	450,57	280	38,4215	0,9737	300 000	225000	0,08	23,21
20	425,21	280	41,1859	0,9912	300 000	2500000	0,08	21,66
20	353,02	280	52,4809	0,9661	300 000	2500000	0,09	17,32
20	425,21	280	41,1859	0,9912	300 000	2500000	0,08	21,66
20	356,09	280	51,8428	0,9716	300 000	2500000	0,09	17,50
20	603,84	280	27,6260	0,8217	300 000	225000	0,07	32,99
20	476,05	280	36,0274	0,9514	300 000	2500000	0,07	24,80
20	786,53	280	20,8545	0,6653	300 000	2500000	0,06	45,30
20	492,37	280	34,6584	0,9355	300 000	2500000	0,07	25,82

4.6.2. Çift Çapraz ESBÇ Olması Durumunda DY2007'e Göre Eşdeğer Deprem Yükü Hesapları

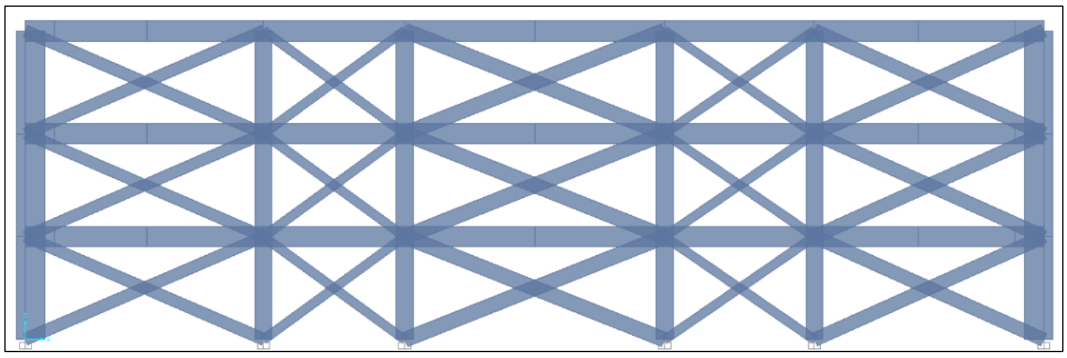
ESBÇ modellemede sadece basınca çalışacak elemanlar olmalıdır. Ancak lineer hesap yapılması durumunda çok az da olsa çekme kuvvetinede maruz kalmış olurlar. Bu durumun önüne geçilmesi için çaprazlar sağa ve sola yatık olmak üzere farklı şekillerde modellenmiştir. Bu çalışmada eşdeğer sanal basınç çubuklarında oluşan çekme kuvvetleri göz ardı edilmiştir. Şekil 4.5., Şekil 4.6. ve Şekil 4.7'de ESBÇlarının çift çapraz modelleri gösterilmiştir.



Şekil 4.5. ESBÇ'nun Çift Çapraz Mafsallı Modeli



Şekil 4.6. ESBÇ'nun Çift Çaprazlı Üç Boyutlu Modeli



Şekil 4.7. ESBÇ'nun Çift Çapraz Modeli

4.6.2.1. Çift Çapraz ESBÇ Olması Durumunda DY2007'e Göre Fiktif Yük Hesabı

Fiktif yük hesabı parametrelerinde bir değişiklik olmadığından hesap değerleri bir önceki kısımla aynıdır. Bu sebeple bu hesap ve çizelge tekrar yapılmamıştır.

4.6.2.2. Çift Çapraz ESBÇ Olması Durumunda DY2007'e Göre Bina Hâkim Doğal Titreşim Periyodu

Yönetmeliğin 1.Doğal Periyot hesabı için sunduğu ampirik formüldeki kütle değerleri önceki bölümlerde aynı olsa da dolgu duvarların etkisi ile deplasmanların ve dolayısı ile periyotlarında değişeceği için periyot hesabı bu bölümde tekrar yapılmış ve ESBÇ olması durumunda yapının periyot ve deplasmanlarındaki değişimler X ve Y doğrultuları için Çizelge 4.36 ve Çizelge 4.37 yardımı ile gösterilmiştir. Çizelgelerde görüldüğü gibi artan rijitlik etkisi ile periyotta azalma meydana gelmiştir.

Çizelge 4.36. X Yönü İçin Bina Hâkim Doğal Titreşim Periyodu DY2007

YÖN	Modal Analiz ile SAP2000 programından elde edilen periyot değeri
X	0.2730

Çizelge 4.87. Y Yönü İçin Bina Hâkim Doğal Titreşim Periyodu DY2007

YÖN	Modal Analiz ile SAP2000 programından elde edilen periyot değeri
Y	0.3790

4.6.2.3. Çift Çapraz ESBÇ Olması Durumunda DY2007'e Göre Eşdeğer Deprem Yükü Taban Kesme Kuvveti

Değişen periyotlar ESBÇ olmaksızın yapmış olduğumuz hesaplarla X doğrultusunda aynı sınır değerler içerisinde kaldığı için, X doğrultusunda eşdeğer

deprem yükünde bir değişiklik olamamaktadır. Bu sebeple çalışmada eşdeğer deprem yükündeki değişikliği yönetmelik farklılığının etkisi olarak hesap detayları gösterilerek yapılmıştır. Dolgu duvarların eşdeğer deprem yüküne etkisi 4.7.'de ki sonuç karşılaştırma tabloları olan Çizelge 4.57 ve Çizelge 4.58'de gösterilmiştir.

4.6.3. Çift Çapraz ESBÇ Olması Durumunda DY2007'ye Göre Düzensizlik Kontrolleri

Planda değişiklik yapılmadığından sonuç değişmemiştir ve planda düzensizlik oluşmamıştır.

4.6.3.1. Çift Çapraz ESBÇ Olması Durumunda DY2007'e Göre Burulma Düzensizliği

$(\Delta_i)_{ort}$ = 1/2(($\Delta_I)_{max}$+($\Delta_I)_{min}$) olmak üzere, η_{bi} = ($\Delta_I)_{max}$ / ($\Delta_I)_{ort}$ > 1.2 olması durumunda yapıda burulma düzensizliği oluşacaktır. Ancak çalışmış olduğumuz yapıda tüm köşe birleşim noktalarında her kat için birbirine çok yakın deplasmanlar oluştuğundan $(\Delta_i)_{max}$ ve ($\Delta_i)_{ort}$ birbirine çok yakındır. Bu durumunda yapının burulma düzensizliği katsayısı η_{bi}=1≤1.2 olduğundan burulma düzensizliği oluşmamıştır (Çizelge 4.38) ve (Çizelge 4.39).

Çizelge 4.38. X Yönü Komşu Katlar Arası Burulma Düzensizliği

Katlar	h_i mm	$\Delta_{i\ max}$ (m)	$(\Delta_i)_{ort}$	$\eta_{ki} = \Delta_{i\ max} / (\Delta_i)_{ort}$
1	3.5	0.0017	0.00145	1.17
2	3.5	0.0025	0.00215	1.16
3	3.5	0.0018	0.00165	1.09

Çizelge 4.39. Y Yönü Komşu Katlar Arası Burulma Düzensizliği

Katlar	h_i mm	$\Delta_{i\ max}$ (m)	$(\Delta_i)_{ort}$	$\eta_{ki} = \Delta_{i\ max} / (\Delta_i)_{ort}$
1	3.5	0.0027	0.0025	0.93
2	3.5	0.0035	0.0033	1.06
3	3.5	0.0023	0.0022	1.05

Çizelge 4.38 ve Çizelge 4.39da görüldüğü gibi ESBÇ olmaması durumunda DY2007ye göre rijitlik artmış, deplasmanlarda büyük azalmalar oluşmuş ve burulma düzensizliği katsayısı azalmıştır.

4.6.3.2.Çift Çapraz ESBÇ Olması Durumunda DY2007'e Göre Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat)

$\eta_{ki} = (\Delta_i / h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort} \leq 2.0$ dir. (4.13)

SAP2000 analiz programı yardımı ile X ve Y yönünde elde edilen deplasmanlar ve yumuşak kat düzensizliği hesapları Çizelge 4.40 ve Çizelge 4.41'de verilmiştir. Sonuçlardan da anlaşılacağı üzere rijitlik düzensizliği bulunmamaktadır.

Çizelge 4.40. X Yönü Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat)

Katlar	$h_{i\ m}$	$\Delta_{i\ ort}$ (m)	$(\Delta_i/h_i)_{ort}$	$\eta_{ki}=(\Delta_i/h_i)_{ort}/(\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort}$
1	3.5	0.0025	0.000414	-----
2	3.5	0.0033	0.000614	1.48
3	3.5	0.0022	0.000471	0.77

Çizelge 4.41. Y Yönü Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat)

Katlar	$h_{i\ mm}$	$\Delta_{i\ ort}$ (m)	$(\Delta_i/h_i)_{ort}$	$\eta_{ki}=(\Delta_i/h_i)_{ort}/(\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort}$
1	3.5	0.0025	0.0007	-----
2	3.5	0.0033	0.00093	1.33
3	3.5	0.0022	0.000629	0.68

Çizelge 4.40 ve Çizelge 4.41'de gösterildiği gibi ESBÇ olması durumunda rijitlik artışı ve deplasmanların azalması ile rijitlik düzensizliği katsayısında azalma meydana gelmiştir.

4.6.4. Çift Çapraz ESBÇ Olması Durumunda DY2007'ye Göre Etkin Göreli Kat Ötelemeleri

Çizelge 4.42. X Yönü Etkin Göreli Kat Ötelemeleri

Katlar	$h_{i\ (}$m)	d_{ix}	$\Delta ix=d_i - d_{i-1}$	$\delta ix= R\ \Delta i$	$(\delta i)_{max}/hi \leq 0.02$
1	3.5	0.0017	0.0017	0.0119	0.0034
2	3.5	0.0042	0.0025	0.0175	0.005
3	3.5	0.006	0.0018	0.0126	0.0036

Çizelge 4.43. Y Yönü Etkin Göreli Kat Ötelemeleri

Katlar	h_i (m)	d_{iy}	$\Delta iy=d_i - d_{i-1}$	$\delta iy= R\ \Delta i$	$(\delta i)_{max}/hi \leq 0.02$
1	3.5	0.0027	0.0027	0.0189	0.0054
2	3.5	0.0062	0.0035	0.0245	0.007
3	3.5	0.0085	0.0023	0.0161	0.0046

Çizelge 4.42 ve Çizelge 4.43'te gösterildiği gibi göreli kat öteleme sonuçları 0.02 sınırının altındadır.

4.6.5. Çift Çapraz ESBÇ Olması Durumunda TBDY-2018'e Göre Deprem Kuvveti Hesabı, Düzensizlik Kontrolleri ve Etkin Göreli Kat Ötelenmesi

Betonarme yapılarda dolgu duvarların ESBÇ olarak modellenmesi durumunda periyotlarda ve deplasmanlarda değişiklikler gözlenmektedir. TBDY-2018 deprem yönetmeliğinde periyottaki değişiklik spektral ivmelerle beraber deprem yükü azaltma katsayısını da doğrudan etkilediğinden eşdeğer deprem yükü hesapları, düzensizlikler ve etkin göreli kat ötelemeleri tekrar hesaplanmıştır.

4.6.5.1. Çift Çapraz ESBÇ Olması Durumunda TBDY-2018'e Göre Yapı Spektral İvme Katsayıları

Çizelge 4.44. Elastik Tasarım Spektrumu SaeD

Yatay Elastik Tasarım Spektrumu $S_{ae}(Tx)$	
T(x) Periyodu	0.2734 sn
T(y) Periyodu	0.3788 sn
$T_A = 0{,}20*T_B$	0.082 sn
$T_B = S_{D1}/S_{DS}$	0.411 sn
T_{AD}	0,027
T_{BD}	0,137
T_{LD}	3,000
$T_A \leq Tx \leq T_B$; $Sae(Tx) = S_{DS}$	0.257
Yatay Elastik Tasarım Spektrumu $S_{ae}(Ty)$	
$T_A \leq Ty \leq T_B$; $Sae(Ty) = S_{DS}$	0.257

ESBÇ'unun çift çapraz olarak yerleştirilmesi sonucu yapıdaki periyotlar ve periyotların sınır değerleri değişmiştir. Buna bağlı olarak elastik tasarım spektrumu ve

diğer değişkenlerde de değişiklikler gözlenmiştir. Bu sebeple eşdeğer deprem yükü bu bölümde yeniden hesaplanmıştır.

4.6.5.2. Çift Çapraz ESBÇ Olması Durumunda TBDY-2018'e Göre Yapı Davranış Tanım Katsayıları

Çizelge 4.45. Süneklik Düzeyi Yüksek Sistemlerde Bina Taşıyıcı Sistemi

Süneklik Düzeyi Yüksek Sistemlerde Bina Taşıyıcı Sistemi	R	D	BYS
A15 - Deprem etkilerinin moment aktaran süneklik düzeyi yüksek betonarme çerçeveler ile süneklik düzeyi yüksek boşluksuz betonarme perdelerce tarafından birlikte karşılandığı binalar;	7	2,5	BYS >2

Çizelge 4.46. Deprem Yükü Azaltma Katsayıları

Deprem Yükü Azaltma Katsayısı (X)	
$R_a(Tx)=D+(R/I-D)(Tx/T_B)$	$Tx \leq T_B$
3,94	0,270≤0,411
Deprem Yükü Azaltma Katsayısı (Y)	
$R_a(Ty)=D+(R/I-D)(Ty/T_B)$	$Ty \leq T_B$
4,50	0,379≤0,411

Çizelge 4.47. Azaltılmış Tasarım İvme Spektrumu

X Yönü Azaltılmış Tasarım İvme Spektrumu	
$S_{aR}(T_p)^{(x)} = S_{ae}(T_{PX})/R_a(T_p)$	0,0652
Y Yönü Azaltılmış Tasarım İvme Spektrumu	
$S_{aR}(T_p)^{(Y)} = S_{ae}(T_{pY})/R_a(T_{py})$	0,0571

4.6.5.3. Çift Çapraz ESBÇ Olması Durumunda TBDY-2018'e Göre Eşdeğer Deprem Yükü Hesabı

$$V_{tE}^{(X)} = m_t S_{aR}(T_p)^{(X)} \geq 0.04 m_t I S_{DS} g = 264.175\ t \geq 62.42\ ton$$

$$F_{NE}^{(X)} = 0.0075 N V_{tE}^{(X)} = 5.94\ ton$$

$$V_{tE}^{(y)} = m_t S_{aR}(T_p)^{(y)} \geq 0.04 m_t I S_{DS} g = 231.365\ t \geq 62.43\ t$$

$$F_{NE}^{(y)} = 0.0075 N V_{tE}^{(y)} = 5.21\ ton$$

Çizelge 4.48. Katlara Gelen Yatay Yükler (Kat Kesme Kuvvetleri)

Kat	$F_{iE}{}^{(X)} = (V_{tE}{}^{(X)} - \Delta F_{NE}{}^{(X)}) \frac{m_i H_i}{\sum_{i=1}^{N} m_j H_J}$	
	X Yönü Kat Kesme	Y Yönü Kat Kesme
$F_{1x,y}$	51.45	45.05
$F_{2x,y}$	100.24	87.79
$F_{3x,y}$	112.49	98.52
Sfi	264.18	231.37

$V_{tE}{}^{(X)} = \Delta F_{NE}{}^{(X)} + \sum_{i=1}^{N} F_{iE}{}^{(X)}$ = 270.12 Tonf

$V_{tE}{}^{(y)} = \Delta F_{NE}{}^{(y)} + \sum_{i=1}^{N} F_{iE}{}^{(y)}$ = 236.58 Tonf

ESBÇ yöntemi ile oluşturulan modelde yapı 1. doğal titreşim periyodunun köşe periyotları sınır şartını DY2007'de değiştirmezken Çizelge 4.44'te görüldüğü gibi TBDY-2018 yönetmeliğinde sınır şartı değişmiştir ve bu değişim sebebi ile TBDY-2018'e göre eşdeğer deprem yükünde değişiklik meydana geldiği görülmüştür. Çizelge 4.48'de görüldüğü gibi çalışma yapılan örnekte deprem kuvveti artmıştır.

4.6.6. Çift Çapraz ESBÇ Olması Durumunda TBDY-2018'e Göre Düzensizlik Kontrolleri

Çalışma yapılan yapıda bir değişiklik yapılmadığından döşeme süreksizliği, planda çıkıntılar bulunması ve düşeyde süreksizlik kontrolleri sonuçları değişmemiştir bu sebeple bu kontroller tekrar yapılmamıştır. Ancak yatay kuvvetimiz değiştiği için burulma düzensizliği, komşu katlar arası dayanım düzensizliği, komşu katlar arası rijitlik düzensizliği ve etkin göreli kat ötelemesi kontrolleri tekrar yapılmıştır.

4.6.6.1. Çift Çapraz ESBÇ Olması Durumunda TBDY-2018'e Göre Burulma Düzensizliği

Çizelge 4.49. X Yönü Komşu Katlar Arası Burulma Düzensizliği

Katlar	$h_{i\ mm}$	$\Delta_{i\ max}$ (m)	$(\Delta_i)_{ort}$	$\eta_{ki} = \Delta_{i\ max} / (\Delta_i)_{ort}$
1	3.5	0.0017	0.0015	1.13
2	3.5	0.0025	0.0022	1.14
3	3.5	0.0018	0.0017	1.06

Çizelge 4.50. Y Yönü Komşu Katlar Arası Burulma Düzensizliği

Katlar	$h_{i\ mm}$	$\Delta_{i\ max}$ (m)	$(\Delta_i)_{ort}$	$\eta_{ki} = \Delta_{i\ max} / (\Delta_i)_{ort}$
1	3.5	0.0027	0.0025	1.08
2	3.5	0.0035	0.0033	1.06
3	3.5	0.0023	0.0022	1.05

Çizelge 4.49 ve Çizelge 4.50'de görüldüğü gibi çalışma yapılan okul yapısında burulma düzensizliği mevcut değildir. Ancak deplasmanlarda artış gözlemlenmiştir.

4.6.6.2.Çift Çapraz ESBÇ Olması Durumunda TBDY-2018'e Göre Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği (Zayıf Kat)

Çizelge 4.51. X Yönü Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat)

Katlar	$h_{i\ m}$	$\Delta_{i\ ort}$ (m)	$(\Delta_i/h_i)_{ort}$	$\eta_{ki}=(\Delta_i/h_i)_{ort}/(\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort}$
1	3.5	0.0015	0.00043	------
2	3.5	0.0022	0.00062	1.44
3	3.5	0.0017	0.00047	0.75

Çizelge 4.52. Y Yönü Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat)

Katlar	$h_{i\ mm}$	$\Delta_{i\ ort}$ (m)	$(\Delta_i/h_i)_{ort}$	$\eta_{ki}=(\Delta_i/h_i)_{ort}/(\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort}$
1	3.5	0.0025	0.0007	-----
2	3.5	0.0033	0.00093	1.32
3	3.5	0.0022	0.00063	0.67

Çizelge 4.51 ve Çizelge 4.52'de hesaplandığı gibi çalışma yapılan yapıda yumuşak kat düzensizliği mevcut değildir.

4.6.7. Çift Çapraz ESBÇ Olması Durumunda TBDY-2018'e Göre Etkin Göreli Kat Ötelemeleri

Etkin göreli kat ötelemesinden daha önce detayları ile bahsedilmiştir. Bu bölümde sayısal çalışmamızın sonuçları ifade edilmiştir.

Yapıda etkin göreli kat ötelemesi koşulu sağlanmıştır. Dolgu duvarların modellenmesi farkına bağlı olarak sonuç karşılaştırmaları ilerleyen bölümlerde sunulmuştur.

Çizelge 4.53. X Yönü Etkin Göreli Kat Ötelemeleri

Katlar	h_i	I	d_{ix}	$\Delta ix=d_i-d_{i-1}$	$\delta_i^x = \frac{R}{I}\Delta_i^x$	λ	$\lambda(\delta i)_{max}/hi$
1	3.5	1.5	0.0017	0.0017	0.00793	0.4268	0.00097
2	3.5	1.5	0.0042	0.0025	0.01167	0.4268	0.00142
3	3.5	1.5	0.0060	0.0018	0.0084	0.4268	0.00102

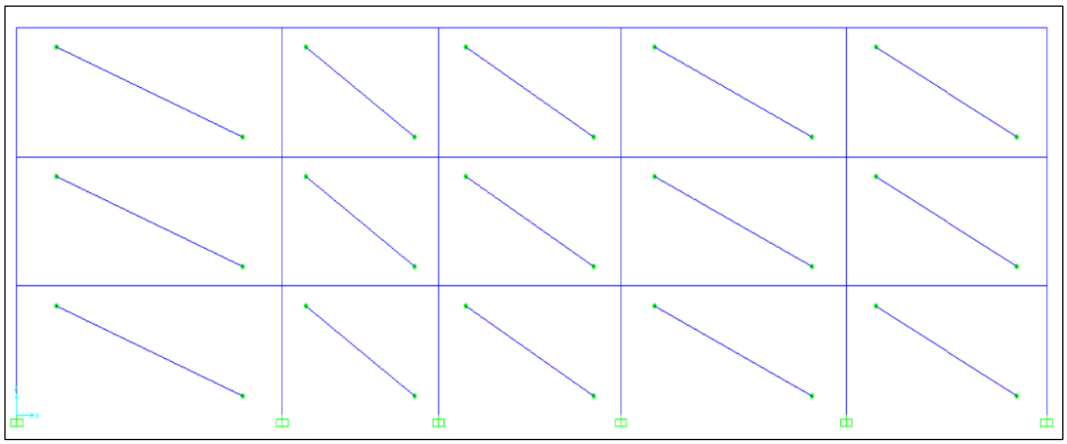
Çizelge 4.54. Y Yönü Etkin Göreli Kat Ötelemeleri

Katlar	h_i (m)	I	d_{iy}	$\Delta iy=d_i-d_{i-1}$	$\delta_i^y = \frac{R}{I}\Delta_i^y$	λ	$\lambda(\delta i)_{max}/hi$
1	3.5	1.5	0.0027	0.0027	0.0126	0.4268	0.0013
2	3.5	1.5	0.0062	0.0035	0.0163	0.4268	0.0020
3	3.5	1.5	0.0085	0.0023	0.0107	0.4268	0.0015

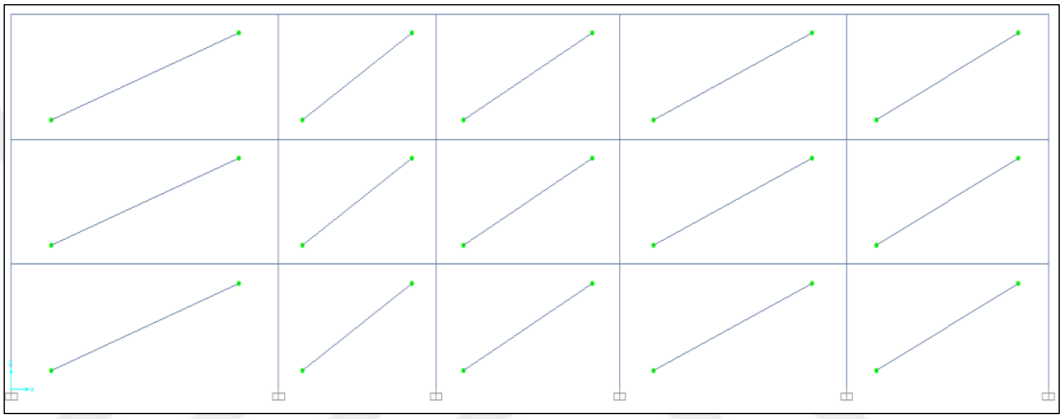
Çizelge 4.53 ve Çizelge 4.54'te görüldüğü gibi ESBÇ yöntemi ile modellenen yapıda etkin göreli kat ötelemelerinde azalmalar meydana gelmiştir. Çalışma yapılan yapıda dolgu duvarların düşey taşıyıcı elemanlara bitişik olması veya esnek derz malzemesi ile ayrı olması durumlarının ikisinde de yani 0.008κ ve 0.016κ sınır şartları sağlanmıştır.

4.7. ESBÇ Tek doğrultuda Olması Durumunda DY2007 ve TBDY-2018'e Göre Deprem Yükü, Düzensizlikler ve Etkin Göreli Kat Ötelemeleri Karşılaştırması

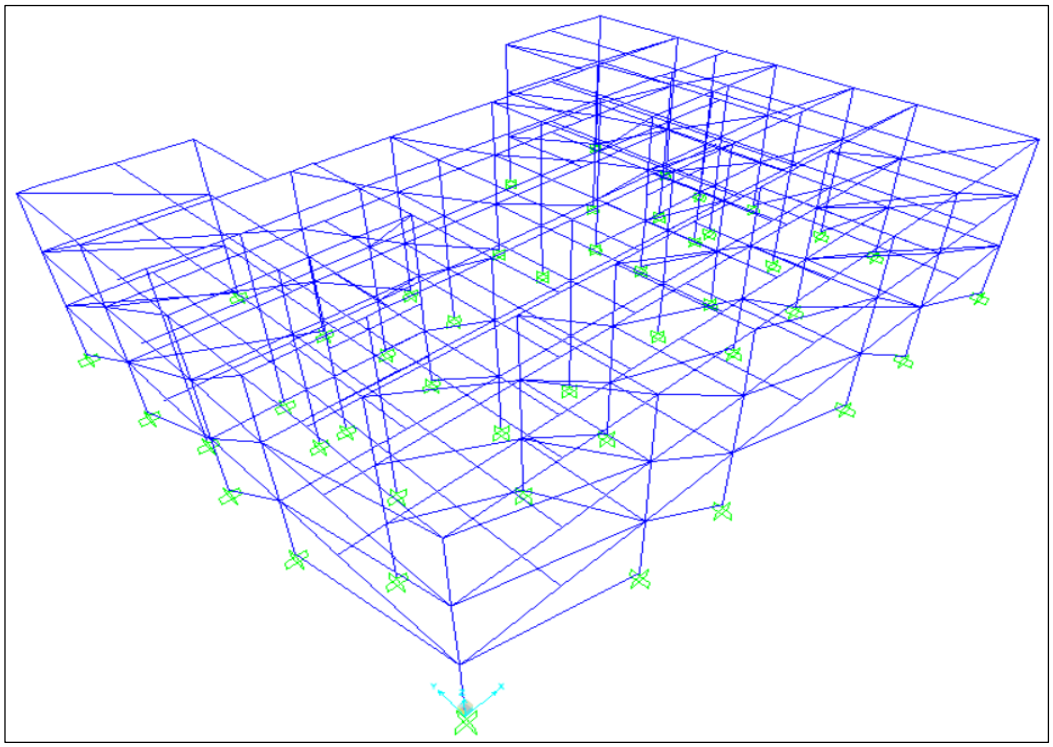
Önceki bölümlerde DY2007 ve TBDY-2018'e göre ESBÇ olmadığı durum ve Çapraz ESBÇ olması durumunda bina doğal periyotlarının, yatay deplasmanlarının, kat kesme kuvvetlerinin, düzensizliklerin ve etkin göreli kat ötelemelerinin nasıl değiştiğini incelenmiştir. Ancak daha önce değinildiği gibi, ESBÇ uygun iki taşıyıcı arasında sadece basınca çalışan iki ucu mafsallı çubuk elemanlar olarak modellenmelidirler. Ancak yapının bu şekilde modellenmesi durumunda çapraz çubukların çekme kuvvetlerine maruz kalmamaları daha doğrusu çekmeye çalışmamaları için nonlinear analiz yapılmalıdır. Fakat bu çalışma kapsamında nonlinear analiz bulunmadığı için Şekil 4.8, Şekil 4.9 ve Şekil 4.10'da gösterildiği gibi çapraz ESBÇ' ları çift çapraz yerine, çekme limiti sıfır olan, iki ucu mafsallı tek çapraz elemanlar olarak modellenerek çapraz çubukların çekme kuvveti almamaları sağlanmıştır.



Şekil 4.8. ESBÇ'nin Sağa Yatık (+XY Yönünde) Çubuk Model Görünümü



Şekil 4.9. ESBÇ'nin Sağa Yatık (-XY Yönünde) Çubuk Model Görünümü



Şekil 4.10. ESBÇ'nin Sağa Yatık (+XY Yönünde) Üç Boyutlu Model Görünümü

Düzensizlikler, eşdeğer deprem yükü ve etkin göreli kat ötelemeleri önceki bölümlerde çift çapraz örneği için detaylı olarak verilmiştir. Tek çapraz ESBÇ modeli için bu hesaplamalar yapılmıştır ancak hesap detayları verilmeyerek sonuçları Çizelge 4.55, Çizelge 4.56 ve Çizelge 4.57'de karşılaştırılmıştır.

Çizelge 4.55. TBDY-2018'e Göre Karşılaştırma Çizelgesi

Yönetmelik	Kontrol		Duvarsız	Çapraz ESBÇ	+XY ESBÇ	-XY ESBÇ
TBDY-2018	Periyot	Tx	0.33	0.273	0.2767	0.2942
		Ty	0.46	0.379	0.3845	0.4039
	Deplasman "X"	dx_1	0.0009	0.0007	0.0009	0.0009
		dx_2	0.0023	0.0018	0.0022	0.0022
		dx_3	0.0035	0.0026	0.0033	0.0032
	Deplasman "Y"	dy_1	0.0013	0.0011	0.0010	0.0010
		dy_2	0.0034	0.0027	0.0026	0.0025
		dy_3	0.005	0.0038	0.0035	0.0035
	Kat Kesme "X"	F_{1X}	40.19	51.45	45.06	50.03
		F_{2X}	78.31	100.24	87.79	97.47
		F_{3X}	87.88	112.49	98.52	109.39
	Kat Kesme "Y"	F_{1y}	38.31	45.06	44.74	43.78
		F_{2y}	75.62	87.79	87.18	85.30
		F_{3y}	84.87	98.52	97.83	95.73

Çizelge 4.55'te görüldüğü gibi ESBÇ modeli TBDY-2018 yönetmeliğine göre yapılan hesaplamalarda yapı periyot ve deplasmanlarında değişikliklere sebep olmuştur. Çift çapraz ESBÇ modelinde deplasmanda azalma görülmüşken tek çapraz ESBÇ modelinde değişiklik gözlenmemiştir. Diğer taraftan dolgu duvarların ESBÇ olarak modellenmesi her durumda periyotta azalmaya sebep olmaktadır. Ancak bu azalma çift taraflı çapraz ESBÇ modelinde diğer modellere göre daha yüksektir.

Çizelge 4.56'da DY2007'ye göre hesapları yapılan duvarsız ve ESBÇ modellerinin yapı rijitliğine ve davranışına etkisi görülmektedir. Bu modelin sonucu olarak ESBÇ yapının periyot ve deplasmanlarında azalmalar meydana getirmiştirler.

Çizelge 4.56. DY2007'ye Göre Karşılaştırma Çizelgesi

Yönetmelik	Kontrol		Duvarsız	Çapraz ESBÇ
DY2007	Peryot	Tx	0.33	0.273
		Ty	0.46	0.379
	Deplasman "X"	dx_1	0.002	0.0017
		dx_2	0.0053	0.0042
		dx_3	0.0081	0.0060
	Deplasman "Y"	dy_1	0.0028	0.0027
		dy_2	0.0069	0.0062
		dy_3	0.0098	0.0085
	Kat Kesme "X"	F_{1X}	109,5906	117.45
		F_{2X}	214,9114	230.34
		F_{3X}	241,1598	258.47
	Kat Kesme "Y"	F_{1y}	83.43	97.42
		F_{2y}	163.63	191.05
		F_{3y}	173.92	203.07

Çizelge 4.57. ESBÇ'nin Yapı Doğal Periyodda Oluşturduğu % Değişim

ESBÇ Bulunma Durumu	X Periyot	Değişen Yüzde	Y Periyot	Değişen Yüzde
ESBÇ Olmadan	0.33	-----	0.46	----
Çapraz ESBÇ	0.273	%18 Azalma	0.379	%18 Azalma
+XY ESBÇ	0.2767	%17 Azalma	0.3845	%17 Azalma
-XY ESBÇ	0.2942	%11 Azalma	0.4039	%13 Azalma

Çizelge 4.57'de hesaplanmış olan değişim yüzdeleri çalışma yapılan modelde ESBÇ modelinin yapının 1. doğal titreşim periyodunda %12 ile %18 arasında azalmaya sebep olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.55 ve Çizelge 4.56 göstermektedir ki TBDY-2018 yönetmeliği ile yapılan analiz sonucunda bu çalışmanın yapılmış olduğu yapı ve zemin değerlerindeki bir yapı için eşdeğer deprem yükü büyük oranda azalmıştır. Eşdeğer deprem yükündeki azalmalar, bu çalışmadaki yapı için X yönünde %66 iken Y yönünde %54 oranında gözlemlenmiştir.

Görülmektedir ki eşdeğer sanal basınç çubuğu modelinin karşılıklı çift çapraz olarak modellenmesi yapı 1. doğal titreşim periyoduna eşdeğer sanal basınç çubuğunun tek çapraz modellenmesinden daha fazla etki etmektedir. Ancak analizin nonlinear yapılmaması sanal basınç çubuklarından 1 tanesinin azda olsa çekme kuvveti almasına sebep olmuştur. Bu sebeple lineer çalışmalarda çift çapraz eşdeğer sanal basınç çubuğu modeli tavsiye edilmemektedir.

Her ne kadar TBDY-2018 yönetmeliği ile birlikte tasarım ve gözetimde uzmanlık şartları düzenlenmiş dahi olsa uygulama hatalarından kaçınılması için aynı hassasiyetin uygulama gözetimi içinde gösterilmesi gerekmektedir. Çalışmanın sonucunda dolgu duvarların yapı davranışına etkisini gözlemlemiş olmamız bu elemanların konumlarının yahut karakteristik özelliklerinin, dolgu duvardaki boşluk miktarları ve boşluk konumlarının uygulama sırasında veya uygulama sonrasında isteğe bağlı değil hesaplara bağlı olarak değiştirilmesinin önemini ortaya koymuştur.

4.3.3 ve 4.5.3'de çalışma yapılan yapının, Ankara'nın Etimesgut ilçesinde 39.969090 enlemi ve 32.654410 boylamında ki bir noktanın zemin değerlerinde olması varsayılarak benzer şekilde DY2007 ve TBDY-2018'e göre analizler yapılarak eşdeğer deprem yükleri hesaplanmıştır. Bu hesapta baz alınan zemin değerleri Adem Gündoğan'ın 20.05.2019 güncel baskılı Betonarme Yapıların Hesap ve Tasarımı adlı kitabında bulunan örnek yapı çözümünden alınmıştır.

Konum	Enlem: 39.969090, Boylam:32.654410
Zemin değeri	ZC
Harita Spektral İvme Katsayıları	Ss : 0.324, S_1 :0.122
Tasarım İvme Spektral Katsayıları	S_{DS}:0.421, S_{D1}:0.183

Köşe Periyotları T_A:0.087, T_B:0.435

Elastik Spektrum katsayısı $S_{ae}(Tx)$= 0.421, $S_{ae}(Ty)$=0.398

Deprem Yükü Azaltma Katsayısı R_{ax}:4.10, R_{ay}:4.67

Azaltılmış Tasarım İvme Spektrumu $S_{aR}(Tx)$:0.1028, $S_{aR}(Ty)$:0.0852

Bu değerlere göre TBDY2018'e göre yapılan analizler sonucu incelenen yapının eşdeğer deprem yükü;

$Vtx=m_tS_{aR}(Tx)$= 155.31 Ton

$Vty=m_tS_{aR}(Ty)$= 128.79 Ton

olarak hesaplanıştır.

Aynı şekilde DY2007'e göre yapılacak hesaplarda Etimesgut Ankara baz alınarak yapılmıştır. Buna Göre hesap parametreleri aşağıda verilmiştir.

Deprem Bölgesi 4. Derece Deprem Bölgesi

Zemin Sınıfı, Z2

Etkin Yer İvmesi Katsayısı, Ao:0.1

Karakteristik Spektrum Periyodu, T_A:015, T_B:0.40

Spektral İvme Katsayısı, S(Tx):2.50, S(Ty):2.24

Deprem Yükü Azaltma Katsayısı Ra(x,y): 7

Spektral İvme A(Tx): 0.35, A(Tx): 0.3129

Bu parametrelerle DY2007'e göre yapılan eşdeğer deprem yükü hesabı sonucu

Vtx= WA(T1)/Ra(T) =75.54 ton

Vty= WA(T1)/Ra(T)= 67.54 ton olarak elde edilmiştir.

Yapılan çalışma sonucunda incelenen okul yapısının zemin değerleri farklı başka bir lokasyonda bulunması durumunda önceki hesap değerlerinin tersi olarak TBDY-2018'e göre yapılan eşdeğer deprem yükü hesabı sonuçlarında azalma değil artış görülmüştür. Bu artış X yönünde %51.36 , Y yönünde ise %47.56 değerindedir. Bu

değerler göstermektedir ki TBDY2018'e göre yapılan hesaplamalar her bölgede aynı veya sabit değerler vermeyip zemin değerlerinin değişmesi ile büyük oranda değişecektir. Bu değişimler yapı türüne, zemin değerlerine ve aynı bölgede bulunsa dahi faya mesafesine göre büyük oranda artıp azalabilmektedir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Deprem yönetmeliklerindeki değişimlerin geçmişten gelen tecrübeler, gelişen tasarım, malzeme ve bilişim teknolojileri ışığında olumlu yönde gerçekleştiği görülmektedir. Bu değişimlerin sonucu olarak deprem kuvvetleri hesaplanmaya başlanmış, bu kuvvetlerin bağlı olduğu değişkenler arttırılarak gerçeğe daha yakın veriler elde edilmiştir. Böylelikle yönetmeliklerdeki değişiklikler yapıların deprem performanslarının hesaplanabilmesini ve depreme dayanıklı yapıların tasarlanmasını sağlamıştır.

Çalışma sonucunda yapımızın Diyarbakır mevkii için verilen enlem ve boylamlardaki zemin değerlerine bağlı olarak TBDY-2018 ile yapılan analizde eşdeğer deprem yükünde büyük oranda azalma gözlenmiştir. Aynı yapının Ankara mevkii için verilen enlem ve boylamlardaki zemin değerlerine bağlı olarak TBDY-2018'e göre yapılan eşdeğer deprem yükü hesabı sonucunda ise büyük bir artış gözlemlenmiştir. Yapı zemin etkileşimi bu sonuçların farkında açık bir şekilde görülmektedir. Ancak bu eksilmenin ve artışın sadece bu çalışma kapsamındaki yapı için geçerli olduğu söylenebilir. Bu eksilmenin ve artışın genel geçerliliğinin olabilmesi için daha fazla yapı türünün farklı zemin koşullarında incelenmesi gerekmektedir. Farkı yapılar için değişen parametreler her durumda farklı sonuçlar verebilir.

Bu çalışmanın odak noktası olan dolgu duvarların yapı davranışına etkisinin TBDY-2018 yönetmeliğinde etkin göreli kat ötelemesi başlığı altında ele alınması, dolgu duvarların yapı davranışına etkisinin göz ardı edilemeyeceğini göstermiştir.

Yapılan çalışma sonucunda dolgu duvarlarının yapı periyodunda azalmalara sebep olduğu gözlenmiştir. Bu sebeple dolgu duvarlarının yapı modellerinde sadece zati yük olarak alınmayıp yapı davranışına etkisi olan, taşıyıcı eleman olarak hesaplanmaları önemlidir. Ancak bu durumda dolgu duvarların yapının uygulama ve servis ömürleri boyunca tıpkı betonarme elemanlar gibi düşünülüp konum ve karakteristik özelliklerinin değiştirilmemesi veya yetkin bir mühendisin hesap ve yorumu sonucunda değiştirilmesi gerekmektedir.

Bu tez çalışması kapsamında incelenen betonarme okul yapısında dolgu duvarların çift çaprazlı eşdeğer sanal basınç çubuğu modelinde lineer hesap yapılması durumunda çekme limitleri sıfır alınsa dahi ESBÇ'larından birinin çekme kuvveti aldığı gözlenmiştir. Bunun sonucu olarak daha rijit bir yapı elde edildiği için modal analizin verdiği periyot sonuçları gerçeğe çok yakın değildir. Bu sorunun çözümü olarak modelde çift çapraz çubuk kullanılması durumunda lineer analiz yerine nonlinear analiz yapılması gereklidir. Ancak çalışmanın kapsamında nonlinear analiz bulunmadığından lineer analiz yapılmıştır. Lineer analiz yapılması durumunda sonuçların gerçeğe yakınlığının sağlanabilmesi için, ESBÇ'ları karşılıklı çift çapraz değil, tek çapraz sanal basınç çubuk olarak modellenmiştir.

Dolgu duvarların yapı davranışına olan etkisi ile ilgili çalışmanın sonucunda, dolgu duvarlı kirişlerin, dolgu duvarsız kirişlere göre daha az sehim yaptığı ve daha az hasar anlaşılmıştır. Dolgu duvarların bulunmaması, çift çaprazlı eşdeğer sanal basınç çubuğu ve tek çaprazlı eşdeğer sanal basınç çubuğu olarak modellenmesi durumlarında, yapının mod şeklinin değişmediği ancak, yapının rijitliğinin arttığı, yapıya ait deplasman ve periyodun önemli oranda azaldığı görülmüştür. Lineer hesap yapılması durumunda, bu azalmanın çift çaprazlı durumda tek çaprazlı duruma göre daha fazla olduğu ancak oluşan çekme kuvveti sebebi ile gerçeğe yakın sonuç vermediği, tek çaprazlı eşdeğer sanal basınç çubuk kullanılmasının önemi de görülmüştür. Bu sebeple çift çapraz kullanılması durumunda nonlinear hesap yönteminin seçilmesi lineer hesap durumunda tek çapraz kullanılması önerilebilir. Aynı zamanda dolgu duvar etkisini daha açık görebilme için çalışmanın bir birinden farklı, daha fazla sayıda yapı üzerinde yapılması, yapının daha yüksek ve mümkünse burulma düzensizliğinin bulunması veya simetrik olmaması çalışma sağlı için önemlidir.

6. KAYNAKLAR

Alyamaç K.E., Erdoğan, A.S., Geçmişten günümüze afet yönetmelikleri ve uygulamada karşılaşılan tasarım hataları. Deprem Sempozyumu Kocaeli 2005. 23-25 Mart 2005 Kocaeli.

Aydınoğlu, N., Özer E., Sucuoğlu H. 2007. Yeni deprem yönetmeliği ve uygulamalı çözümler 2007

Başaran, V., (2018), "Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine (TBDY2019) Göre Afyonkarahisar İçin Deprem Yüklerinin Değerlendirilmesi" Afyon Kocatepe University Journal of Science and Engineering Sayı:18 (2018) 015 602 (1028 – 1035)

Bikçe, M., Geneş, C.M., Kaçın, S., Zubaroğlu A. 2011. "Betonarme Bir Yapıda Duvarsız Ve Duvarlı Hallerin Dinamik Testleri". Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı. Ankara.

Bayülke, N., Betonarme Yapının Dolgu Duvarı, TMH Türkiye Mühendislik Haberleri Sayı:426-2003/4.

Beklen, C., Çağatay, İ.H., (2009). "Çerçevelerde Dolgu Duvar Etkisinin İncelenmesi", yüksek lisans tezi, Çukurova üniversitesi fen bilimleri enstitüsü, Adana.

Darılmaz, K., Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018'e göre tasarıma kısa bakış, betonarme sistemlerin modellenmesi, analizi ve boyutlandırılması. TMMOB 10 Mayıs 2018

Davis, R., Krishnan, P., Menon, D. 2004 "Effect Of Infıll Stıffness On Seısmıc Performance Of Multı-Storey Rc Framed Buıldıngs In India" 13th World Conference on Earthquake Engineering, Canada.

DY1962, Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik 1962

DY1968, Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik 1968

DY1975, Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik 1975

DY1998, Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik 1998

DBYBH2007, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007

Doğangün, A. 2019. Betonarme Yapıların Hesap ve Tasarımı. Birsen Yayınevi, Yayın No:9789755113104, Sayfa:758. İstanbul.

İstanbul Teknik Üniversitesi, Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Riskli Binaların Tespit Edilmesi Hakkında Esaslar.

Kaplan, S.A., "Dolgu Duvarların Betonarme taşıyıcı Sistem Performansına etkisi", TMH Türkiye Mühendislik Haberleri Sayı:452-2008/6.

Klinger, R.E., Bertero, V., (1976). ''Infilled Frames in Earthquake-Resistant Construction'', Earthquake Engineering Research Center, University of California, Berkeley, 76-32.

Köse, M., Karslıoğlu, Ö., "Dolgu Duvarların Bina Doğal Periyot ve Mod Şekline Olan Etkileri" Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, 16-20 Ekim 2007, İstanbul

Liauw, T.C., (1979). ''Test on Multitory Infilled Frames Subjected to Dynamics Lateral Loading'', ACI Journal, 551-563.

Mert, S. 2015. Dolgu Duvarların Betonarme Taşıyıcı Sistem Performansına Etkisinin Belirlenmesi. Yüksek lisans tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.

Özcebe, G., Ersoy, U., Türk, M., (2003). ''Betonarme Çerçevelerin Betonarme Dolgu Duvarlarla Depreme Karşı Onarım ve Güçlendirilmesi'', Beşinci Ulusal Deprem Güvenliği Konferansı.

Öztürk, M.T., 2009. Eski deprem yönetmeliklerine göre boyutlandırılan betonarme binaların güncel yönetmeliğe göre deprem performansının belirlenmesi. Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi

Polyakov, S., (1956). ''Masonry Infilled Framed Buildings'', An Investigation into the Strength and Stiffness of Masonry Infilling, Russia.

Sevil, T., Baran, M., Canbay, E., "Tuğla Dolgu Duvarların B/A Çerçeveli Yapıların Davranışına Etkilerinin İncelenmesi; Deneysel Ve Kuramsal Çalışmalar".

International Journal of Engineering Research and Development, Vol.2, No.2, June 2010.

Smith, B.S., (1962). ‘’Lateral Stiffnes of İnfilled Frames’’, ASCE Structural Division Journal, 183-189.

Smith, B.S., Carter, C., (1969). ‘’A Method of Analysis for İnfilled Frames’’, Institution of Civil Engineers, 44: 31-48.

Taşan, Z.A., (2012). “Türk deprem yönetmeliği-1998 (TDY- 98) ile deprem bölgelerinde yapılacak binalar hakkında yönetmelik-2007 (DY2007) karşılaştırılması.” Yüksek lisans tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana.

TBDY-2018, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018-Betonarme Tasarım Şartnameleri

T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, ODTÜ, Riskli Yapıların Tespit Edilmesine İlişkin Esaslar.

TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Antalya Şubesi Yayın No:3. 2014 Türkiye

Uğurlu, M. A., (2011). “kilitli ve standart tuğla duvarlı betonarme çerçevelerin quasi-statik yükleme altında çevrimsel tanımlaması deneysel ve analitik çalışma” Yüksek lisans tezi, Dokuz Eylül üniversitesi, İzmir

Üstün, M. 2013. Betonarme bir binanın davranışının eski ve güncel tasarım yönetmeliklerine göre incelenmesi. Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı :Öner METE

Doğum Tarihi ve Yeri : 01.12.1984 – Güroymak / Bitlis

E-mail : oner.mete@mail.com

Gsm : 90 505 665 0206

Eğitim

1991 – 1996 Güroymak Kazım Karabekir İlköğretim Okulu

1996 – 1999 Güroymak PİO

1999 - 2002 Bitlis Anadolu Lisesi

2002 – 2003 Van Kazım Karabekir Lisesi

2005-2010 Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği

Mesleki Tecrübe

- 2010 – 2011 – Kocaman İnşaat – Bakırköy/İstanbul
- 2011 – 2015 – VASKİ Van Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü
- 2015 – 2018 – DEZA Mimarlık – BİTLİS
- 2018 – 2019 – Aktor İnşaat – Antalya
- 2019 - ……. – Globus İç Mimarlık – Antalya

DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TEZ İNTİHAL FORMU

ÖĞRENCİ BİLGİLERİ	
ADI VE SOYADI	ÖNER METE
ÖĞRENCİ NO	11806010
EĞİTİM – ÖĞRETİM YILI	
YARIYIL	☐ Güz ☒ Bahar
ANABİLİM DALI	
PROGRAM	Yüksek Lisans
TEZ KONUSU	
İNTİHAL RAPORU BİLGİLERİ	
RAPOR TÜRÜ	Tez Savunma Sınavı Sonrası
SAYFA SAYISI	137
BENZERLİK ORANI	%20
RAPORLAMA TARİHİ	31/07/ 2019

Yukarıda başlığı/konusu gösterilen tez çalışmamın kapak sayfası, giriş, ana bölümler, sonuç ve tartışma kısımlarından oluşan toplam 137 sayfalık kısmına ilişkin, 31/07/2019 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından *Turnitin* adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan intihal raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 20'dir.

Uygulanan filtrelemeler:

☐ Kabul/Onay sayfaları hariç,
☐ Kaynakça hariç
☐ Alıntılar hariç/dâhil
☐ Diğer

Dicle Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Programlarda Tez Çalışması İntihal Raporu Uygulama Esasları'nı inceledim ve bu Uygulama Esasları'nda belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edilmesi durumunda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini saygılarımla arz ederim.

Öner METE

31/07/2019

Doç. Dr. A.Halim KARAŞİN **Tez Danışmanı** 31/07/2019	Prof. Dr. Z. Fuat TOPRAK **Anabilim Dalı Başkanı** 31/07/2019

Formdaki bilgiler bilgisayar ortamında doldurulmalıdır. El yazısı ile doldurulan formlar geçersiz sayılmaktadır.

KGK-FRM-340/00