



**T.C.
AKSARAY ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BETONARME YAPILARDA ONARIM VE GÜÇLENDİRME YÖNTEMLERİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Dilara DEMİRKAN

DANIŞMAN

Yrd. Doç. Dr. İbrahim Özgür DENEME

AKSARAY, 2014



**T.C.
AKSARAY ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BETONARME YAPILARDA ONARIM VE GÜÇLENDİRME YÖNTEMLERİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Dilara DEMİRKAN

DANIŞMAN

Yrd. Doç. Dr. İbrahim Özgür DENEME

AKSARAY, 2014

T.C.
AKSARAY ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
KABUL ve ONAY BELGESİ

Dilara DEMİRKAN'ın BETONARME YAPILARDA ONARIM VE GÜÇLENDİRME YÖNTEMLERİ başlıklı lisansüstü tez çalışması, aşağıdaki jüri tarafından İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında **YÜKSEK LİSANS** tezi olarak kabul edilmiştir.

İmza

Danışman : Yrd. Doç. Dr. İbrahim Özgür DENEME (Aksaray Üni.)

Üye : Doç. Dr. Metin Hakan SEVERCAN (Niğde Üni.)

Üye : Doç. Dr. Mustafa SÖNMEZ (Aksaray Üni.)

Tezin Savunulduğu Tarih : 31.01.2014

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu' nun tarih ve sayılı kararı ile onaylanmıştır.

Doç. Dr. Selçuk REİS

Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

Gerek ülkemiz gerek Dünya yıllar boyunca büyük depremlere maruz kalmış ve bu depremler büyük hasarlara ve can kayıplarına sebep olmuştur. İnsanoğlunun bilgi birikimin artması ve teknolojinin gelişmesiyle birlikte bu doğal afetin zararlarının azalmasını sağlamak mümkün olmuştur. Ülkemizde maalesef deprem konusuna çok geç önem verilmiştir. Deprem konusu 1939 Erzincan depreminin gerçekleşmesinin ardından şekillenmiş ve 1999 Marmara ve Düzce depremiyle bu konuya verilen önem artmıştır. Buna bağlı olarak yönetmelikler çıkarılmış ve bu yönetmeliklere yıllar içerisinde çeşitli düzeltmeler ve eklemeler yapılmıştır. Bu konuda son olarak Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, 2007 yılında yürürlüğe girmiştir ve bu yönetmelikte daha önce herhangi bir düzenleme altına alınmayan Mevcut Binaların Değerlendirilmesi ve Güçlendirilmesi konusu Bölüm 7 olarak eklenilmiştir. Eklenen bu bölümle birlikte mevcut yapıların deprem davranışları hakkında bilgiler yaklaşık olarak tahmin edilebilmekte ve gerekli tedbirler deprem meydana gelmeden önce alınabilmektedir. Böylece olası can kayıplarının önüne geçilebilmektedir.

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam boyunca her türlü desteğini esirgemeyen, verdiği bilgilerle çalışmama büyük emeği olan danışman hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. İbrahim Özgür DENEME 'ye teşekkürlerimle.

Tez çalışmam sırasında yapı analizi konusunda yardımlarını esirgemeyen Sayın İnşaat Mühendisi Ali Nadi ÖZER ve Sayın İnşaat Mühendisi Özhan Akay'a teşekkür ederim.

Ayrıca bugüne kadar emeklerini benden esirgemeyen ve eğitim gördüğüm her aşamada bana destek olan çok değerli aileme teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
ÖNSÖZ.....	i
TEŞEKKÜR.....	ii
ÖZET.....	v
ABSTRACT.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	x
SİMGELER DİZİNİ.....	xiii
KISALTMALAR DİZİNİ.....	xvi
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Literatür Özeti.....	2
2. YAPILARDA OLUŞAN HASAR BİÇİMLERİ VE NEDENLERİ.....	10
2.1. Betonarme Yapılarda Gözlenen Hasarın Nedenleri ve Türleri.....	10
2.1.1. Betonarme yapı elemanlarındaki çatlaklar ve hasarlar.....	10
2.1.1.1. Döşeme hasarı.....	10
2.1.1.2. Kirişlerde oluşan hasarlar.....	12
2.1.1.3. Kolonlarda oluşan hasarlar.....	13
2.1.1.4. Kolon-kiriş birleşim bölgesi hasarı.....	17
2.1.1.5. Perde hasarları.....	19
2.1.1.6. Temel hasarları.....	22
2.1.2. Betonarme yapı sistemindeki deprem hasarları ve nedenleri	23
2.1.2.1. Uygulama hataları.....	23
2.1.2.2. Malzeme kalitesi.....	27
3. BETONARME BİNALARDA ONARIM VE GÜÇLENDİRME.....	34
3.1. Onarım.....	34
3.2. Güçlendirme.....	34
3.2.1. Güçlendirme yapılacak binada alınacak tedbirler ve yapılacak çalışmalar.....	34
3.3. Hasarlı Betonun Yapıdan Uzaklaştırılması Teknikleri.....	35
3.3.1. Hasarlı betonun çatlatılarak uzaklaştırılması.....	36
3.3.2. Hasarlı betonun kesilerek uzaklaştırılması.....	36
3.3.3. Hasarlı betonun darbe ile kırılması.....	36
3.3.4. Hasarlı betonun parçalara ayrılarak uzaklaştırılması.....	36
3.4. Onarım ve Güçlendirme Malzemeleri.....	37
3.4.1. Tamir harçlarıyla onarım.....	37
3.4.2. Epoksi reçinesi ile onarım ve güçlendirme.....	37

3.4.3. Püskürtme beton ile onarım ve güçlendirme	38
3.4.4. Çelik şeritlerle onarım ve güçlendirme.....	40
3.4.5. Lif takviyeli plastik levhalarla onarım ve güçlendirme.....	41
3.5. Betonarme Binaların Güçlendirilmesi Yöntemleri.....	41
3.5.1. Taşıyıcı sistem elemanlarının güçlendirilmesi.....	41
3.5.1.1. Kolonlarda onarım ve güçlendirme.....	42
3.5.1.2. Kirişlerin onarımı-güçlendirilmesi.....	48
3.5.1.3. Kolon-kiriş birleşim bölgelerinin onarımı-güçlendirilmesi.....	52
3.5.1.4. Döşemelerin onarım ve güçlendirilmesi.....	54
3.5.1.5. Perdelerin onarımı-güçlendirilmesi.....	55
3.5.1.6. Temellerin onarım-güçlendirilmesi.....	57
3.5.1.7. Taşıyıcı sistemin yeni elemanlarla güçlendirilmesi.....	59
4. UYGULAMA PROJESİ İNCELEMESİ.....	65
4.1. 2007 Deprem Yönetmeliğinde Yer Alan Bazı Güçlendirme Hükümleri	65
4.1.1. Binalardan bilgi toplanması.....	65
4.1.2. Yapı elemanlarında hasar sınırları ve hasar bölgeleri.....	66
4.1.2.1. Kırılma türleri ve kesit hasar sınırları.....	66
4.1.2.2. Kesit hasar bölgeleri.....	66
4.1.3. Bina deprem performansının belirlenmesi.....	67
4.1.3.1. Bina performans düzeyleri.....	67
4.1.3.2. Hemen kullanım performans düzeyi.....	67
4.1.3.3. Can güvenliği performans düzeyi.....	68
4.1.3.4. Göçme öncesi performans düzeyi.....	68
4.1.3.5. Göçme durumu.....	69
4.1.4. Binaların kullanım amacına göre hedeflenmesi gereken performans düzeyleri.....	69
4.1.5. Binalar için deprem performansı hesaplama yöntemleri.....	70
4.1.5.1. Doğrusal elastik hesap yöntemleri.....	70
4.2. Uygulama Projesi.....	74
4.2.1. İncelenen yapı mevcut ve güçlendirme halleri proje bilgileri.....	74
4.2.2. İncelenen yapı mevcut ve güçlendirme halleri 3d görünüşleri.....	81
4.2.3. Kat kütlesi hesabı.....	82
4.2.4. Yapı modlarının kıyaslanması.....	83
4.2.5. Eşdeğer deprem yükleri.....	85
4.2.5.1. Mevcut durum eşdeğer deprem yükleri.....	85
4.2.5.2. Mevcut durum deprem tepe yükü hesabı.....	86
4.2.5.3. Perde eklenmesi durumu eşdeğer deprem yükleri.....	87

4.2.5.4. Tüm kolonların mantolanması durumu eşdeğer deprem yükleri.....	87
4.2.5.5. Perde eklenmesi ve kolon mantolama yapılması durumu eşdeğer deprem yükleri.....	88
4.2.6. Kat deprem deplasmanları.....	89
4.2.7. Depremde yapı düzensizliklerinin kontrolü.....	90
4.2.7.1. Mevcut durum düzensizliklerinin kontrolü.....	91
4.2.7.2. Perde eklenmesi durumu düzensizliklerinin kontrolü.....	93
4.2.7.3. Tüm kolonların mantolanması durumu düzensizliklerinin kontrolü.....	94
4.2.7.4. Perde eklenmesi ve kolon mantolama yapılması durumu düzensizliklerinin kontrolü.....	96
4.2.8. Kiriş ve kolon kapasitelerine göre yapı göçme yükü hesabı.....	97
4.2.8.1. Mevcut durum kiriş ve kolon kapasitelerine göre yapı göçme yükü.....	97
4.2.8.2. Perde eklenmesi durum kiriş ve kolon kapasitelerine göre yapı göçme yükü hesabı.....	98
4.2.8.3. Tüm kolonların mantolanması durumu kiriş ve kolon kapasitelerine göre yapı göçme yükü hesabı.....	99
4.2.8.4. Perde eklenmesi ve kolon mantolama yapılması durumu kiriş ve kolon kapasitelerine göre yapı göçme yükü hesabı.....	100
4.2.9. Etki kapasite oranlarına göre kolon ve kirişlerde hasar bölgesi tanımlanması.....	101
4.2.9.1. Mevcut durum etki kapasite oranlarına göre kolon ve kirişlerde hasar bölgesi tanımlanması.....	101
4.2.9.2. Perde eklenmesi durumu etki kapasite oranlarına göre kolon ve kirişlerde hasar bölgesi tanımlanması.....	102
4.2.9.3. Tüm kolonların mantolanması durumu etki kapasite oranlarına göre kolon ve kirişlerde hasar bölgesi tanımlanması.....	103
4.2.9.4. Perde eklenmesi ve kolon mantolaması durumu etki kapasite oranlarına göre kolon ve kirişlerde hasar bölgesi tanımlanması.....	103
4.2.10. Göreli kat öteleme kontrolü.....	104
4.2.11. Yapı istenilen performans değerinin belirlenmesi.....	104
4.2.12. Kiriş hasar yüzdeleri.....	105
4.2.13. Kolon kesme kuvveti dağılımı.....	107
4.2.14. Alt ve üst kesitlerinde minimum hasar bölgesini aşan kolonların kesme kuvveti dağılımı.....	109
4.2.15. Bina performans sonucu.....	111

4.2.16. Can güvenliğini sağlamayan eleman dağılımı.....	112
4.2.17. Güçlendirme durumları metrajları.....	112
5. SONUÇLAR.....	114
KAYNAKLAR.....	116
EKLER	
ÖZGEÇMİŞ	

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

BETONARME YAPILARDA ONARIM VE GÜÇLENDİRME YÖNTEMLERİ

Dilara DEMİRKAN

T.C.

Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman : Yrd. Doç. Dr. İbrahim Özgür DENEME

Tüm yapılar yük etkisi ile şekil değiştirirler. Bu şekil değiştirmeler eğer yükler belli değerlerin altında ise elastiktir. Yükler büyük olduğu zaman özellikle deprem gibi durumlarda yapı rijitliğini ve dayanımını kaybeder ve hasarlar oluşur.

Bu tez çalışmasında, ilk önce depremlerin yapıda oluşturdukları hasarlar, hasar derecesinin tespiti ve güçlendirme yöntemleri ile ilgili genel bilgiler verildikten sonra betonarme yapıların güçlendirilmesi ile ilgili çözümler sunulmuştur. Bu çalışmada uygulama çalışması kapsamında ele alınan binanın mevcut durumu ve üç farklı güçlendirme yöntemi incelenmiştir. Bu yöntemler perde eklenmesi, sadece kolonların mantolanması ve perde eklenmesi ile kolonların mantolanmasının birlikte uygulanmasıdır. Belirlenen modeller Sta4Cad analiz programı ile çözülmüştür. Elde edilen sonuçlar tablolar halinde sunulmuştur. Tez çalışmasının sonuç kısmında incelenmiş olan yapı için uygulanabilecek en uygun güçlendirme modeli tavsiye edilmiştir.

2014, 123 Sayfa

Anahtar Kelimeler: Güçlendirme yöntemleri, Deprem etkisi, Yapı eleman davranışı, Güçlendirme yöntemi karşılaştırmaları.

ABSTRACT

Master of Science

REPAIR AND STRENGTHENING METHODS OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES

Dilara DEMİRKAN

T.R.

Aksaray University Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Civil Engineering

Supervisor : Yrd. Doç. Dr. İbrahim Özgür DENEME

All structures deform under load effect. These deformations are elastic if loads are smaller than the specific values. When abnormal loading conditions, especially in the earthquake, structure will lose its stiffness and strength then damages will occur.

In this thesis, firstly background information about damages occurred at structures due to earthquakes, determination of damage level and reinforcement methods are given and then solutions related to reinforcement of the concrete structures are presented. In this study, current condition of building studied under the scope of application study and three different reinforcement methods are examined. These methods, (i) adding load-bearing wall, (ii) only column exterior sheathing and (iii) adding load-bearing wall plus column exterior sheathing, are analyzed by Sta4Cad software. Results obtained are given as tables. In the conclusion part of thesis study, statically best reinforcement model for the examined structure is suggested.

2014, 123 Pages

Keywords : Stregthening methods, Earthquake effect, Structural member behavior, Comparison of strengthening methods.

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa No
Şekil 2.1. Hasarlı döşemede çatlak ve sehim.....	11
Şekil 2.2. Kirişsiz döşemede zımbalama hasarı.....	11
Şekil 2.3. Kirişte oluşabilecek eğilme çatlakları.....	12
Şekil 2.4. Kirişte oluşabilecek kayma çatlakları.....	12
Şekil 2.5. Kiriş uçlarında mafsallaşma.....	13
Şekil 2.6. Bağ kirişi x kayma çatlağı.....	13
Şekil 2.7. Depreme dayanıklı yapılarda kolonlarda mafsal oluşumu.....	15
Şekil 2.8. Kolonlarda mafsallaşmaların ileri aşaması.....	15
Şekil 2.9. Kolonlarda kesme hasarı.....	16
Şekil 2.10. Kolonlarda basınç hasarı.....	17
Şekil 2.11. a) Güçlü kolon ve b) Güçlü kiriş durumunda kolon-kiriş birleşim bölgesi hasarı	17
Şekil 2.12. Göçme mekanizması 1) Kuvvetli kiriş-zayıf kolon ve 2) Kuvvetli kolon-zayıf kiriş.....	18
Şekil 2.13. Kuvvetli kiriş-Zayıf kolon hasarı.....	18
Şekil 2.14. Perdelerde kesme çatlakları.....	19
Şekil 2.15. Perdelerde eğilme çatlakları hasar biçimi.....	20
Şekil 2.16. Boşluklu perdelerde hasar biçimi.....	20
Şekil 2.17. Perdelerde kayma çatlakları.....	21
Şekil 2.18. Burulma çatlakları oluşmuş bir perde duvar.....	22
Şekil 2.19. Zemin sıvılaşması.	22
Şekil 2.20. Düşey elemanlarda süreksizlik durumları.....	24
Şekil 2.21. Deprem anında kolonlarda oluşan burulma etkisi.....	25
Şekil 2.22. Burulma kuvveti tesirinde kalmış kolonlar.....	25
Şekil 2.23. Tek yönlü kiriş kullanım hatası örneği.....	26
Şekil 2.24. Bir kolon aplikasyon sistemi.....	26
Şekil 2.25. Uygun olmayan beton kalitesi sonucu hasarlar.....	27
Şekil 2.26. Birleşim bölgelerinde hasar oluşumu.....	28
Şekil 2.27. a) Deprem açısından uygun donatı bindirme şekli b) Deprem açısından uygun olmayan donatı bindirme şekli.....	29
Şekil 2.28. Yumuşak katlı yapı hasarı.....	30
Şekil 2.29. Bant pencere nedeniyle kısa kolon hasarı.....	31

Şekil 2.30. Çekiçleme etkisinde yıkılmış bir bina.....	31
Şekil 2.31. Konsolda donatı yerleştirme hataları ve doğru yerleşim.....	33
Şekil 3.1. Püskürtme makinesi.....	40
Şekil 3.2. Püskürtme beton uygulaması.....	40
Şekil 3.3. Kolonun betonarme ile mantolanması.....	43
Şekil 3.4. Kolonun betonarme ile mantolanması uygulaması.....	43
Şekil 3.5. Kolon mantolanmasına örnekler.....	44
Şekil 3.6. Kolonda eski ve yeni betonun kaynaştırılması.....	44
Şekil 3.7. Kolonlarda mantolama.....	45
Şekil 3.8. Kolonun çelik ile sarılması.....	46
Şekil 3.9. Çelik manto ile kolonların güçlendirilmesi.....	47
Şekil 3.10. Kolonun lifli polimer (LP) ile sarılması.....	48
Şekil 3.11. Dıştan etriye eklenmesi.....	49
Şekil 3.12. Kiriş mantolanmasında donatılarda sürekliliğin sağlandığı bir kiriş.....	50
Şekil 3.13. Mevcut kirişin dört taraflı manto ile güçlendirilmesi.....	51
Şekil 3.14. Kirişin tek taraflı manto ile güçlendirilmesi.....	51
Şekil 3.15. Birleşim bölgesinin mantolama ile onarım ve güçlendirilmesi.....	53
Şekil 3.16. Kolon-kiriş birleşim bölgesinin çelik şerit sarılarak güçlendirilmesi.....	54
Şekil 3.17. Birleşim bölgesinin çelik levha donatı ile onarım ve güçlendirilmesi.....	54
Şekil 3.18. Döşemenin kalınlaştırılarak güçlendirilmesi.....	55
Şekil 3.19. Mevcut döşeme ile yeni döşeme arasında kayma gerilmesi bağının sağlanması; a) Çelik profil parçalarıyla, b) Yüzeyi pürüzlendirerek, c) Epoksi uygulaması ve donatı.....	55
Şekil 3.20. Perdelerin onarım ve güçlendirilmesinde mantolama yönteminin kullanılması.....	56
Şekil 3.21. Perde ile döşeme arasında kesme kuvveti aktarımı.....	57
Şekil 3.22. Münferit kolon sömelinin genişletilerek takviyesi.....	58
Şekil 3.23. Mantolanmış kolonda sömel takviyesi.....	59
Şekil 3.24. Taşıyıcı sisteme perde eklenmesi.....	60
Şekil 3.25. Güçlendirme perdesinin donatısının mevcut elemanlara bağlantısı.....	61
Şekil 3.26. Çeşitli çelik çapraz kullanım şekilleri.....	62
Şekil 3.27. Çelik çaprazlarla güçlendirilmiş bina.....	63

Şekil 4.1. İç kuvvet-şekil değiştirme grafiği.....	66
Şekil 4.2. Bina performans düzeyleri.....	67
Şekil 4.3. Etki-kapasite oranı (r) sayısının belirlenmesi.....	72
Şekil 4.4. Samsun ili deprem haritası.....	75

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa No
Çizelge 3.1. Epoksi reçinesi ile betonun mekanik özellikleri.....	38
Çizelge 3.2. Lif takviyeli plastiklerin (LTP) mekanik özellikleri.....	41
Çizelge 4.1. Betonarme binalarda bilgi düzeyleri.....	65
Çizelge 4.2. Binalar için bilgi düzeyi katsayıları.....	66
Çizelge 4.3. Farklı deprem düzeylerinde binalar için öngörülen minimum performans hedefleri.....	70
Çizelge 4.4. Betonarme kirişler için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranları (rs)	73
Çizelge 4.5. Betonarme kolonlar için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranları (rs)	73
Çizelge 4.6. Betonarme perdeler için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranları (rs)	74
Çizelge 4.7. Göreli kat ötelenmesi sınırları.....	74
Çizelge 4.8. İncelenen yapı genel bilgileri.....	76
Çizelge 4.9. Beton ve çelik malzeme bilgileri.....	77
Çizelge 4.10. Taşıma gücü malzeme katsayıları.....	77
Çizelge 4.11. Betonarme hesap yük kombinasyonu.....	78
Çizelge 4.12. Zemin gerilmesi yük kombinasyonu.....	78
Çizelge 4.13. Zemin gerilmesi hareketli yük azaltma değerleri.....	78
Çizelge 4.14. Tasarım spektrum bilgisi.....	79
Çizelge 4.15. DBYBHY 2007 n değeri.....	82
Çizelge 4.16. Sta4Cad programı ile kat kütlesi hesabı.....	82
Çizelge 4.17. Modal analiz - yapı periyod ve vektörleri karşılaştırılması.....	84
Çizelge 4.18. Mevcut durum eşdeğer deprem yükleri.....	85
Çizelge 4.19. Perde eklenmesi durumu eşdeğer deprem yükleri.....	87
Çizelge 4.20. Tüm kolonların mantolanması durumu eşdeğer deprem yükleri...	87
Çizelge 4.21. Perde eklenmesi ve kolon mantolama yapılması durumu eşdeğer deprem yükleri.....	88
Çizelge 4.22. Bütün haller için kat deprem deplasmanlarının kıyaslanması.....	89
Çizelge 4.23. Mevcut durum A1,B2 düzensizliklerinin kontrolü.....	91
Çizelge 4.24. Mevcut durum B1 düzensizliklerinin kontrolü.....	92
Çizelge 4.25. Perde eklenmesi durumu A1,B2 düzensizliklerinin kontrolü.....	93

Çizelge 4.26. Perde eklenmesi durumu B1 düzensizliklerinin kontrolü.....	94
Çizelge 4.27. Tüm kolonların mantolanması durumu A1,B2 düzensizliklerinin kontrolü.....	94
Çizelge 4.28. Tüm kolonların mantolanması durumu B1 düzensizliklerinin kontrolü.....	95
Çizelge 4.29. Perde eklenmesi ve kolon mantolanması durumu A1,B2 düzensizliklerinin kontrolü.....	96
Çizelge 4.30. Perde eklenmesi ve kolon mantolanması durumu B1 düzensizliklerinin kontrolü.....	97
Çizelge 4.31. Mevcut durum plastik mafsallık kontrol tablosu.....	98
Çizelge 4.32. Mevcut durumdaki göçme yükü mukayese tablosu.....	98
Çizelge 4.33. Perde eklenmesi durumu plastik mafsallık kontrol tablosu.....	99
Çizelge 4.34. Perde eklenmesi durumdaki göçme yükü mukayese tablosu.....	99
Çizelge 4.35. Tüm kolonların mantolanması durumu plastik mafsallık kontrol tablosu.....	100
Çizelge 4.36. Tüm kolonların mantolanması durumdaki göçme yükü mukayese tablosu.....	100
Çizelge 4.37. Perde eklenmesi ve kolon mantolama yapılması durumu plastik mafsallık kontrol tablosu.....	101
Çizelge 4.38. Perde eklenmesi ve kolon mantolama yapılması durumdaki göçme yükü mukayese tablosu.....	101
Çizelge 4.39. Mevcut durum kolonlar için güvenlik sınırı oranları.....	101
Çizelge 4.40. Mevcut durum kirişler için güvenlik sınırı oranları.....	102
Çizelge 4.41. Perde eklenmesi durumu kolonlar için güvenlik sınırı oranları.....	102
Çizelge 4.42. Perde eklenmesi durumu kirişler için güvenlik sınırı oranları.....	102
Çizelge 4.43. Tüm kolonların mantolanması durumu kolonlar için güvenlik sınırı oranları.....	103
Çizelge 4.44. Tüm kolonların mantolanması durumu kirişler için güvenlik sınırı oranları.....	103
Çizelge 4.45. Perde eklenmesi ve kolon mantolaması durumu kolonlar için güvenlik sınırı oranları.....	103
Çizelge 4.46. Perde eklenmesi ve kolon mantolaması durumu kirişler için güvenlik sınırı oranları.....	104
Çizelge 4.47. Göreli kat ötelenmesinin tüm durumlar için kıyaslanması.....	104

Çizelge 4.48. Tüm durumların kiriş hasar yüzdelerinin kıyaslanması.....	105
Çizelge 4.49. Tüm durumların kolon kesme kuvveti dağılımı kıyaslanması.....	107
Çizelge 4.50. Tüm durumların alt ve üst kesitlerinde minimum hasar bölgesini aşan kolonların kesme kuvveti dağılımı kıyaslanması.....	109
Çizelge 4.51. Tüm durumların bina performans sonuçlarının genel olarak kıyaslanması.....	111
Çizelge 4.52. Tüm durumların can güvenliğini sağlamayan eleman dağılımının kıyaslanması.....	112
Çizelge 4.53. Tüm durumların metraj kıyaslaması.....	112

SİMGELER DİZİNİ

a	Modal ivme
A_c	Brüt beton en kesit alanı
A(T₁)	Spektral ivme katsayısı
b	Yatay plakaların genişliği
b_w	Kirişin gövde genişliği
d	Kesitin faydalı yüksekliği
C_{R1}	Spektral yer değiştirme oranı
d₁	Modal yer değiştirme
E_f	LP elastisite modülü
EI	Kesitin eğilme rijitliği
(EI)_e	Çatlamış kesitin eğilme rijitliği
(EI)_o	Çatlamamış kesitin eğilme rijitliği
ε_{cu}	Kesitin en dış lifindeki beton basınç birim şekil değiştirmesi
ε_{cg}	Etriye içindeki bölgenin en dışa lifindeki beton basınç birim şekil değiştirmesi
ε_s	Donatı çeliği birim şekil değiştirmesi
ε_f	LP etkin birim uzama sınırı
f_{cm}	Mevcut beton basınç dayanımı
f_{ctm}	Mevcut beton çekme dayanımı
h	İlgili elemanın yüksekliği
I	Bina önem katsayısı
K	Eğrilik
L	İlgili elemanın uzunluğu
M	Moment
M_E	Deprem etkisi ile oluşan eğilme momenti
M_D	Düşey yüklerden oluşan eğilme momenti
M_K	Eğilme momenti kapasitesi
M_D	Artık moment kapasitesi
M_A	Artık moment kapasitesi
N	Eksenel yük
n_f	Tek yüzdeki LP sargı tabaka sayısını
N_A	Artık moment kapasitesine karşılık gelen eksenel kuvvet

N_D	Eksenel basınç kuvveti
N_K	Eksenel kuvvet
N_0	Eksenel yük kapasitesi
r	Etki / kapasite oranı
R	Taşıyıcı sistem davranış katsayısı
R_a	Deprem yükü azaltma katsayısı
r_s	Etki / kapasite oranı sınırı
R_{y1}	Birinci moda ait dayanım azaltma katsayısı
$S(T)$	Spektrum katsayısı
s	Yatay plakaların aralığı
S_a	Spektral ivme
S_d	Spektral yer değiştirme
S_f	LP şeritlerin eksenden eksene olmak üzere aralıkları
T	Bina doğal titreşim periyodu
$T_1^{(1)}$	Başlangıç periyodu
T_a, T_b	Karakteristik periyot
t_j	Yatay plakaların kalınlığı
t_f	Bir tabaka LP için etkili kalınlığı
$U_x N_1$	Binanın tepesinde (N'inci katında) x deprem doğrultusunda (i)'inci itme adımı sonunda elde edilen birinci moda ait yer değiştirme
V	Taban kesme kuvveti
V_c	Kesme kuvveti dayanımına betonun katkısı
V_e	Kesme kuvveti
V_s	Kesme kuvveti dayanımına enine donatının katkısı
V_j	Ek kesme dayanımı
W	Binanın hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak bulunan toplam ağırlığı
w_f	LP şeridinin genişliğini
ρ	Çekme donatısı oranı
ρ_{sm}	Kesitte bulunması gereken enine donatı
ρ'	Basınç donatısı oranı
ρ_b	Dengeli donatı oranı
ω	Açısal frekans
Φ	Eğrilik

σ_1, σ_2	Asal gerilmeler
λ	Katsayı
ηb_i	Burulma düzensizliği katsayısı
Φ_y	Eş değer akma eğriliği
δ	Görelî kat ötelemesi
δ_{ji}	i'inci katta j'inci kolon veya perdenin alt ve üst uçları arasındaki yer değiştirme farkı
θ_p	Plastik dönme
$\phi_x N_1$	Binanın tepesinde (N'inci katında) x deprem doğrultusunda birinci moda ait mod şekli genliği,
ϕ_y	Eş değer akma eğriliği
ϕ_p	Plastik eğrilik istemi
ϕ_t	Toplam eğrilik istemi
Γ_{x1}	X deprem doğrultusunda birinci moda ait katkı çarpanı

KISALTMALAR DİZİNİ

CG	Can Güvenliği
DBYBHY 2007	Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007
Denk.	Denklem
FRP	Karbon Lifli Polimer
GÇ	Göçme Sınırı
GV	Güvenlik Sınırı
GÖ	Göçmenin Önlenmesi
HK	Hemen Kullanım
LP	Lifli Polimer
LTP	Lif Takviyeli Plastik
MN	Minimum Hasar Sınırı
TS	Türk Standartları

1. GİRİŞ

Türkiye konumuna bakıldığında zaman önemli fay hatları üzerinde bulunan bir ülkedir. Bu durum bilinmesine rağmen depremlerin oluşturduğu olumsuz etkiler için gerekli önlemler alınmamaktadır ve buna bağlı olarak çok sayıda can kaybı meydana gelmektedir. Bunun örnekleri yakın zamanda yaşanan Van depreminde görüleceği gibi Erzincan, Dinar ve Marmara depremlerinde de görülmektedir. Farklı ülkelerde bu denli depremlerde can kaybı olmazken veya çok az durumda iken ülkemizde o kadar yaşanmış depremlere rağmen halen çok sayıda insan hayatını kaybetmektedir. Bunun en büyük sebepleri arasında yapıların projede tasarlandığı amaç için kullanılmaması, tasarım hataları, denetim eksiliği gibi sorunlar sayılabilir.

Yaşanan depremlerden sonra yönetmeliğimizde önemli değişiklikler gerçekleşmiş ve güçlendirme konusuna ülkemizde geçte olsa önem verilmeye başlanmıştır. Bu değişiklikler özellikle 1999 Marmara depreminden sonra yapılmıştır. Yönetmeliklerde yapılan değişikliklerle birlikte çeşitli kamu kuruluşları tarafından güçlendirme çalışmaları yapılmaya başlanılmıştır. Şuanda ülkemizde geçerli olan yönetmelik “Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007 (DBYBHY, 2007)”dir. Bu yönetmelik şartları eski yönetmelik ile yapılan yapılara uygulandığında birçok yapının depreme karşı gereken dayanımı göstermediği görülmektedir.

Ülkemiz mevcut yapılarına bakıldığında birçoğunun riskli yapı olduğu görülmektedir. Onarım ve güçlendirme çalışmalarının gerekliliği tespit edildikten sonra bu yöntemlerin uygulanmasında oldukça dikkatli olmak önem arz etmektedir. Yanlış yapılan bir onarım ve güçlendirme çalışması yapıyı olumsuz etkileyebileceğinden dolayı gereken özen gösterilmelidir. Son yıllarda ülkemizde kullanılmakta olan yönetmelik bu konuda olumlu sonuçlar doğurması beklenen çalışmaların geçte olsa başlamasına ön ayak olmuştur ve bu kapsamda büyükşehirlerden başlanarak geniş çaplı güçlendirme çalışmaları yapılması, depreme karşı zayıf olan yapıların ise yıkılıp yeniden yapılması çalışmaları başlatılmıştır. Bu çalışmalarla onarım ve güçlendirme işleri çok büyük önem kazanmıştır.

Yaşanan can kayıplarını azaltmak için malzeme ve yapı davranışları hakkında daha geniş bilgilere sahip olunmalıdır. Bu sebepten dolayı gerek ülkemizde gerek dünyada birçok deneysel çalışmalar yapılmış ve bu çalışmalar sonucu yapı davranışları tahminlerinde gerçeğe daha da yaklaşılmıştır. Bu deneysel çalışmaların yanı sıra deprem görmüş binalarda yapılan araştırmalar da çok büyük bilgi kaynağı oluşturmuş ve bu deneyimler sayesinde çeşitli güçlendirme yöntemleri ortaya çıkmıştır. Bu yöntemler yapı türüne ve kullanım amacına göre farklı şekillerde uygulanmaktadır.

Bu çalışma 5 bölümden oluşmaktadır. 1. Bölümde genel bilgiler, 2. Bölümde yapılarda oluşan hasar biçimleri ve nedenleri, 3. Bölümde güçlendirme ve onarım yöntemleri, 4. Bölümde DBYBHY 2007'ye de bulunan 7. Bölümün incelenmesi ile örnek bir yapının mevcut durumu ve 3 farklı yöntemle güçlendirme projesi yapılmış ve sonuçları DBYBHY 2007'ye göre kıyaslanmıştır. 5. Bölümde ise sonuçlar kısmına yer verilmiştir.

1.1. Literatür Özeti

Betonarme yapıların onarımı ve güçlendirilmesi adına birçok çalışma yapılmıştır. Güçlendirmeler tüm yapı için düşünülebileceği gibi sadece betonarme eleman düzeyinde de yapılabilmektedir. Yapılan incelemelerde bu konuları kapsamaktadır. Bu çalışmalar;

Chronopoulos (1986), çalışmasında onarılmış/güçlendirilmiş betonarme kolonların tersinir yük altındaki davranışını incelemiştir. Çalışmada üç değişik teknik kullanmıştır.

Bunlar;

- Eşit kesit metodu ile güçlendirme (aynı dayanımı sağlayabilmesi için lokal hasar görmüş çeliğin ve betonun yenilenmesi),
- Sarmalama ile güçlendirme (ısıtılmış ve gerilmiş bilezik kullanımı),
- Mantolama ile güçlendirme (yerinde döküm veya püskürtme beton ile)

Yapılan deneylerin sonuçlarını hasar öncesi ve sonrası dayanımı, rijitlik ve düktilite oranlarını şekillendirerek ifade etmiştir. Bu çalışma sonucunda güçlendirilen kolonların mekanik karakterlerinin arttığı tespit edilmiştir.

Suleiman (1990), çalışmasında, mantolanarak güçlendirilen betonarme kolonların aksel yük ve tek eğrilikli eğilme altındaki davranışı ve dayanımını deneysel olarak incelemiştir. Beş deney elemanından üçü tersinir yük altında denenmiş ve sonra bu elemanlar mantolanarak tekrar deneye tabi tutulmuştur. Oluşan hasarlara göre onarım ya da güçlendirme adı verilmiştir. Bu elemanlara ek olarak iki adet hasarsız referans elemanı daha denenmiştir.

Deney elemanları dayanım, süneklik, enerji tüketimi ve rijitlik bakımından incelenmiştir. Sonuçta; mantolama yöntemiyle güçlendirilen elemanlar hem monotik hem de tersinir yük altında referans alınan hasarsız elemanlar kadar iyi davranmıştır. Onarılan elemanlarda ise rijitlik ve dayanım azalması görülmüştür.

Ersoy ve Tankut (1992), çalışmalarında deneysel araştırmalardaki, güçlendirilen veya onarılan sistem ve elemanların davranış ve dayanımları anlamaya çalışmıştır. Çalışmalarında, yapılan araştırma beş ana başlık altında toplanmıştır.

- Mantolu kolonların aksenal yük ve bileşik eğilme altında davranışı,
- Güçlendirilen kirişlerin çeşitli yüklemeler altında davranışı,
- Onarılan veya güçlendirilen döşemelerin davranışı,
- Yerinde dökülmüş betonarme perdelerle güçlendirilmiş çerçevelerin depremi benzeştiren yükler altında davranışı,
- Donatı çubuklarının mevcut betona epoksi ile kenetlenmesi, yöntemleri araştırılmıştır.

Chajes ve diğerleri (1995), çalışmalarında betonarme kirişlerin kesme kuvvetine karşı güçlendirilmesi için dıştan uygulanan kompozit yapıları incelemiştir. Çalışmada 12 adet T kirişten oluşan betonarme eleman incelenmiştir. Kullanılan kompozit yapılar aramit, cam yünü ve fiber grafitir. Bu üç malzeme T kirişlerin etrafına sarılarak uygulanmıştır. Seçilen üç malzemenin de rijitlik ve dayanımları farklıdır. Yapılan deney sonucunda 12 kirişin 8 inde bir dayanım artışı olmazken aramid ile güçlendirilen 4 ünde %60 ila 150 arasında değişen bir dayanım artışı ile karşılaşmıştır.

Ziraba ve Baluch (1995), çalışmalarında betonarme kirişlerin güçlendirilmesi için epoksi yardımıyla çelik levha yapıştırma yöntemini benimsemiştir. Çalışmada güçlendirilen betonarme kirişlerin kesme kuvveti etkisindeki davranışı sonlu elemanlar yardımıyla irdelenmiştir. Modellerde özel bir ara yüzey elemanı rolü oynayan ince tabaka halindeki epoksi yapıştırıcısı yardımıyla plakanın başkalaşması sağlanarak plakanın dayanımı artırılmıştır.

Yapılan deneylerde numuneler aşağıdaki şekilde oluşturulmuştur;

- Önemli ölçüde bükülebilen hafif malzemeler betonarme betonu içine yerleştirilmiştir.
- Dâhili esnek elemanlar ile harici plakalar birlikte kullanılmıştır.
- Ezilmiş beton sıkıştırılarak bir bütün gibi davranması sağlanmıştır.
- Diyagonal gerilmelerde zayıf olan betonarme elemanlar esnek bir yapı kazandırılarak tekrar güçlendirilmiştir.
- Birleştirilen beton tabakası ve dâhili betonarme elemanların başarısızlığı incelenmiştir.

Babaloğlu (1995), çalışmasında komşu iki yüzünden mantolanmış kolon örneklerini mekanik kenetleme yöntemi ile deprem yükleri altında incelemiştir. Deney sonuçları mantolanmış kolonların dayanım ve dayanım azalması, enerji tüketimi, rijitlik değişimi ve süneklik üzerindeki etkilerini, ortaya koyacak şekilde değerlendirilmiştir.

Değerlendirmeler sonucunda komşu iki yüzünden mantolanmış kolonların oldukça başarılı bir davranış sergilediği görülmüştür.

Elmas ve diğerleri (1997), çalışmalarında tekil yükler etkisinde ve orta bölgesinde çekme çatlağı bulunan betonarme kirişlerin epoksi reçinesi ile yapıştırılan çelik plakalarla güçlendirilmesi durumunda gerilme analizi yapılmıştır. Bu inceleme üç aşamada gerçekleşmiştir. İlk aşamada kesiti boyutları belli olan çatlak oluşmamış, çelik plakalarla güçlendirilmiş model ele alınıp, iki noktadan yükleme yapılarak kirişin kritik bölgelerinde oluşan σ normal gerilmeleri ve τ kayma gerilme değişimleri araştırılmıştır. İkinci aşamada kirişin orta bölgesinde, kiriş yüksekliği boyunca çatlama meydana geldiği varsayılarak, aynı kritik bölgelerde gerilme değişimleri araştırılmıştır. Üçüncü aşamada ise ortadan çatlamış kirişin tabanına epoksi yapıştırıcısı ile değişik kalınlıktaki (1.5mm, 4mm, 8mm) ince çelik yapıştırılarak güçlendirme yapılmıştır. Bu durumdaki gerilme değerleri diğer iki aşamadaki gerilme değerleri ile karşılaştırılarak güçlendirmenin kiriş kapasitesine getirdiği değişiklikler araştırılmıştır. Ayrıca bu çalışmada plaka kalınlığı değişimi ile eğilme momenti taşıma kapasitesi arasındaki bağlantıda incelenmiştir.

Ergin (1998), çalışmasında 1975 deprem yönetmeliğine göre projelendirilip yapılmış çok katlı bir binanın, deprem kuvvetlerine karşı güvenliğinin artırılması için yürütülen işlemler açıklanmıştır. Yapının yatay ve düşey yüklere göre analizi SAP90 paket programı yardımıyla yapılmıştır. Yapının dinamik analizi 1975 ve 1999 deprem yönetmeliklerine göre yapıldığından her iki yönetmeliğinde deprem yükleri açısından karşılaştırılması yapılmıştır. Güçlendirme yöntemi olarak kolonların mantolanması ve perdelerin kesit artırılması yöntemleri benimsenmiştir. Ayrıca kesit artışlarından dolayı temel güçlendirilmesi de yapılmıştır. Sonuç olarak binanın sismik güvenliği sağlanmış ve kat ötelenme değerleri sınırlar içinde kalmıştır.

Karaduman ve diğerleri (1999), çalışmada kullanılmakta olan bir yapıda oluşan hasarlar ve nedenleri, yapılacak güçlendirme tekniğinin seçilmesi, güçlendirme projesinin hazırlanma aşaması ve uygulanma aşamasındaki karşılaşılan sorunlar ele alınmıştır. Uygulama örneği olarak ele alınan binada tekil temeller ve döşemelerin güçlendirilmesindeki özel uygulamalardan söz edilmiştir.

Deneme (2001), çalışmasında seçilen yapı için değişik sistemler verilerek tekrarlı çözümler yapılmıştır. Bu çözümlerden ilki mevcut yapının yerindeki beton mukavemetine göre analizinin yapılmasıdır. Ayrıca planda değişik perde ve kolon takviye oluşuna göre 4 çözüm daha yapılmıştır. Çalışmada ayrıca onarım ve

güçlendirme yöntemleri gerek eleman gerekse tüm yapı bazında ele alınmıştır. Çalışma sonucunda yapılan bu çözümler hakkında kıyaslamalara yer verilmiştir.

Kuşan (2002), çalışmasında depremin oluş nedeni, türleri, parametreleri, yapı türleri, depremin yapıya etkileri, betonarme sistemlerde deprem dayanımının sağlanması için gerekli koşulları incelemiştir. Ayrıca yapıda oluşan hasar nedenleri, güçlendirme yöntemlerinin incelenmesi ve bir binayı 1999 Deprem Yönetmeliğinde mevcut verilerle çözerek güçlendirme projesini hazırlamış ve sonuçlarını değerlendirmiştir.

Sayın (2003), çalışmada binalarda çerçeve arasını dolduran dolgu duvarların deprem etkisi altında yapı davranışına olumsuz etkilerini ayrıntılı bir şekilde incelenmiştir. Yapılmış olan deneysel ve analitik çalışmalar ışığında gerekli öneriler sunulmuştur. Dolgu duvarların yapıda bulunduğu konumlar araştırılmış ve oluşturabileceği olumlu ve olumsuz etkiler vurgulanmıştır.

Çalışmada öncelikle, dolgu duvarlar ile ilgili olarak yapılan deneysel ve analitik çalışmalar ayrıntılı olarak incelenmiştir. Deneysel çalışmalardan, dolgu duvarların yapı modellerine nasıl yansıtılacağı saptanmıştır; deneysel ve analitik çalışmalarda betonarme çerçevenin ve dolgu duvarın güçlü-zayıf olduğu durumlara göre karşılaştırılmaları yapılmış; göçme mekanizmaları, yatay rijitlik, enerji yutma kapasitesi gibi davranış özellikleri belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlardan dolgu duvar panellerini iki ucu mafsal basınç çubuğu olarak kabul etmenin gerçekçi bir yaklaşım olduğu görülmüştür. Bu kabul kapsamında, yapı analiz programlarıyla dolgu duvar, diyagonal basınç çubuğu ve diğer yöntemlerle modellenmiştir. Örnek bina üzerinde analizler ve karşılaştırmalar yapılarak elde edilen sonuçlar ve öneriler sunulmuştur.

Akgönen (2005), mevcut taşıyıcı sistem güçlendirme tekniklerini incelenmiş, her bir sistemin statik ve dinamik özelliklerinin olumlu ve olumsuz yanlarını irdelleyerek güçlendirmede kullanılabilecek en uygun taşıyıcı sistemi tespit etmeye çalışmıştır. Daha sonra alternatif olarak, tübüler sistem olarak bilinen bir taşıyıcı sistem, güçlendirme tekniği olarak sunulmuştur.

Şirin (2006), yapı tasarlanırken göz önüne alınması gereken kriterleri, yapı deprem gördükten sonra oluşan hasarları ve bu hasarların nedenlerini incelemiştir. Bu çalışmada yapı proje aşamasındayken alınacak tedbirler üzerinde durulmuştur. Böylece ileride oluşabilecek olası bir güçlendirme durumunu engellemek için veya depremi daha az hasarla atlattmak için yapılacakları anlatmıştır.

Yılmaz (2006), onarım ve güçlendirmenin gerekliliği, hasar nedenleri ve yapı davranışını belirleyen sınır durumları incelemiştir. Yapıya güçlendirme kararı verebilmek için dikkat edilmesi gereken durumlardan bahsetmiştir. Taşıyıcı sistem

elemanlarının onarılması/güçlendirilmesi yöntemleri hakkında bilgiler vermiştir. Mevcut yapının deprem güvenliğinin belirlenebilmesi için AIJ indisleri metodunu, zemin kat düşey taşıyıcı elemanların analizi metotlarını kullanmış ve 1999 deprem yönetmeliği altında incelemiştir.

Ceritli (2006) depremde hasar görmüş yapıların bir bütün olarak güçlendirilmesi ile ilgili bilgi vermiştir. Mantolama ve perde ekleme yöntemiyle güçlendirme konularına değinilmiştir. Depremde hasar görmüş fakat kullanılabilecek düzeyde olan yapılarda, binanın statik sistemini sağlayacak şekilde mantolama ve perde duvarlar ile güçlendirilmesi konularına değinilerek hasar türlerini ve nedenlerini araştırmıştır. Muhtemel bir depremde yapının dayanıklılığının sağlanması ve herhangi bir can kaybına yol açmayacak şekilde boyutlandırmanın yapılması konularında bilgi verilmektedir.

Tarakçı (2006), çalışmasında gerçek bir yapıyı incelemiş olup yerinde yapılan tespitlerle ve 1966 yılında yapılan bir proje yardımıyla ele almıştır. Kolon ve kirişlerdeki donatı tespiti ile gerekli plastik mafsalları oluşturmuş, duvarları ise mevcut yönetmelikte yer alan koşullara göre çapraz elemanlar olarak modellemiş ve dayanımlarına göre eksenel yük mafsalları atamıştır. İncelediği sistemi farklı şekillerde modelleyerek duvarların ve güçlendirme duvarlarının sisteme etkisini incelemiştir.

Tonyalı (2006), çalışmasında öncelikle depremi tanımlamış, yapıya nasıl etkidiği ve oluşturduğu hasar şekilleri hakkında bilgi vermiştir. Daha sonra bu hasarların onarılması için kullanılan malzeme ve yöntemleri incelemiştir. Yapı geometrisine ve hasar durumuna göre hangi güçlendirme yönteminin daha verimli olacağı üzerinde çalışmıştır. Yörükçü (2007), onarım ve güçlendirme ilkelerini ve yöntemlerini araştırmıştır. Bu çalışmada, yapıların güçlendirilmesine sebep olan, yapı kullanım amacının değişiminden kaynaklanan döşeme sehimlerinin giderilmesi için, normal yapıdaki betonarme döşeme üzerine yeni bir döşeme sistemi oluşturmuştur. Bu ise yapının toplam ağırlığını arttırarak, yapının deprem kuvvetlerine daha fazla maruz kalmasına neden olmuştur. Bunun için ise yapıda yine çelik çapraz sistemler kullanarak yapının yanal rijitliğinin ve olası bir depreme karşı performansının arttırmayı amaçlamıştır.

Yılmaz (2007), betonarme binaların yapı dışarısından betonarme perdelerle güçlendirilmesini sağlayacak bir yöntem geliştirmiştir. Çalışma kapsamında üç boyutlu üç adet yapı numunesi tersinir tekrarlı yükler altında denemiştir. Deney serisi, referans yapı ile hasarlı ve hasarsız iken güçlendirilen yapılardan oluşmaktadır. Yapılan çalışmalar sonucunda dış perdelerin hem hasarlı hem de hasarsız yapılarda başarılı

sonuçlar verdiği ve dış perde uygulaması ile yapı kapasitesi ve rijitliğinin artırılabil-diğini göstermiştir.

Sezer (2007), yapı sistemlerinin performans ve kapasitelerini belirlemede kullanılan statik itme yöntemini açıklamış, mevcut yapıların deprem performanslarının belirlenmesini, performansa dayalı tasarımı ve değerlendirme kavramının açıklamasını yapmıştır. Yapıların güçlendirilmesi ve bununla ilgili yöntemler konusuna da değinmiştir.

Gültekin (2008), Sta4Cad ve IdeStatik yapı analiz programlarının uluslararası çevrelerce kabul gören Etabs yapı analiz programıyla karşılaştırmalarının yapılmasını, yeni DBYBHY 2007’ye ne kadar uyumlu olduklarının belirlenmesini amaçlamıştır. Bu kapsamda, basit çerçeveli 5 katlı bir yapıyı, “Eşdeğer Deprem Yöntemi” ve “Mod Birleştirme Yöntemi” kullanarak Sta4Cad, IdeStatik ve Etabs yapı analiz programları ile analiz edip sonuçları karşılaştırmıştır.

Yıldırım (2008), DBYBHY 2007’de yer alan performans tasarımı hem mevcut yapı hem de güçlendirilmiş yapıda uygulamıştır. rnek uygulama olarak ele alınan 5 katlı bir yapının mevcut halinin performansının yetersizliğini tespit etmiştir. Sonra çeşitli güçlendirme alternatifleri için maliyet kıyaslaması yapmış ve en uygun modelin istenilen performans düzeyinde olup olmadığı kontrol etmiştir.

Tosun (2009), beton basınç dayanımının önemine değinmiş ve basınç kontrolünde kullanılan deney yöntemleri hakkında bilgi vermiştir. Ayrıca farklı yerlerden alınan beton numunelerini incelemiş ve sonuçları istatistik olarak kıyaslamıştır. Bunun yanı sıra yapı türlerini incelemiş, yapılarda depremden dolayı oluşan hasar nedenleri ve türlerini irdelemiştir. Güçlendirilmiş betonarme yapıların dinamik özelliklerini ve çalışmaya esas olan bir perdenin Sap2000 modellemesi ve güçlendirilmesini anlatmıştır.

Sümengen (2009), betonarme ereve türü bir yapı için, ülkemizde sıkça kullanılan iki güçlendirme yönteminin (mantolama ve perde ile güçlendirme) performansları hasar olasılık eğrileri yardımıyla irdelemiştir. Üç adet yapı göz önüne almış, her üç yapıya statik itme analiz uygulamış ve yapıların X ve Y doğrularına ait itme eğrilerini ve modal kapasite diyagramlarını elde etmiştir. Modal kapasite eğrilerini kullanarak, ikili doğrusal çevrim modeli için, deprem kayıtları kullanarak zaman tanım alanında doğrusal olmayan çözümlleme yapmış ve elastik olmayan yer değiştirme istemlerini elde etmiştir. Bu yer değiştirme istemlerine karşılık gelen grel kat ötelemelerini esas alarak Hemen Kullanım, Can Güvenliği ve Göçmenin nlenmesi performans seviyelerine ait hasar olasılık eğrileri her iki doğrultu için 30 yer kaydı kullanarak elde etmiştir. Her iki

doğrultu için elde edilen hasar olasılık eğrilerini birleştirmiş ve sözü edilen alternatif güçlendirme yöntemlerinin etkinliklerini yorumlamıştır.

Çınar (2009), çalışmasında öncelikle bir literatür taraması yapmış, DBYBHY 2007'ye göre performans kavramının tanımı, betonarme yapıların performansa dayalı analiz ve değerlendirme konularına ilişkin bilgiler ve performansa dayalı hesap yöntemlerini vermiştir. Yapının doğrusal elastik ve doğrusal elastik olmayan analizleri sonucu "Hemen Kullanım" ve "Can Güvenliği" performans hedeflerini sağlamadığı görmüş, yapı için uygulamaya yönelik alternatif bir güçlendirme önerisi hazırlamış ve DBYBHY 2007'ye göre hedeflenmesi gereken performans seviyelerinin sağladığını göstermiştir.

Gülmez (2010), depremin yapıya olan etkisini, güçlendirme ve onarım yöntemlerini, kullanılan malzemeleri incelemiş, güçlendirme ve onarım yöntemlerini kendi aralarında kıyaslamıştır.

Kıran (2010), çalışmasında alternatif analiz yöntemlerini uygulamak ve aralarında bir kıyaslama yapmak amacıyla, önce DBYBHY 2007'ye göre 8 katlı, düzensiz bir aks sistemine sahip, taşıyıcı sistemi perde ve çerçevelerden oluşan yeni bir bina tasarlamış ve mevcut bir bina gibi kabul etmiştir. Binadan DBYBHY 2007'de tanımlanan "Kapsamlı Bilgi Düzeyi"nde bilgi toplandığı varsayımını yapmıştır. Binanın Doğrusal Elastik Performans Analizi (DEPA), geçerliliği uluslararası kabul görmüş SAP2000 programıyla yapmış ve yönetmelikteki tanımlar doğrultusunda kesit ve bina düzeyinde performans analizini gerçekleştirmiştir. Bu örnek yardımıyla DBYBHY 2007'nin tasarım ilkeleri ile performans değerlendirme kriterlerinin birbiriyle uyumluluğu kontrol etmiştir. İkinci olarak, taşıyıcı sistemi sadece çerçevelerden oluşan, düzgün bir aks sistemine sahip, 2 katlı betonarme bir yapı ele alıp performans analizlerini doğrusal elastik ve doğrusal elastik olmayan analiz yöntemleri ile yaparak sonuçları kesit ve bina düzeyinde karşılaştırmıştır. Söz konusu analizleri, EXTRACT V.3.0.8 ve SAP2000 bilgisayar yazılımlarını kullanarak gerçekleştirmiştir.

Ürünveren (2010), Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile mevcut bir binanın deprem performansının belirlenmesi ve güçlendirilmesini amaçlamıştır. Bu amaçla, betonarme çerçeve sistemli beş katlı bir binayı ele almıştır. Ele alınan binada yaptığı analiz sonucu güçlendirmeye gerek duymuş bu amaçla yapıya güçlendirme perdeleri eklemiştir. Yaptığı analizler sonucu elde edilen sonuçlardan iki binanın (mevcut durum ve güçlendirilmiş durumdaki yapı) belirlenen performans noktalarında yer değiştirme taleplerini, dayanım taleplerini ve en büyük plastik dönmenin hesaplandığı kesitlerde beton ve donatı çeliğindeki birim deformasyonları hesaplayarak bunların kıyaslamalarını yapmıştır.

Atay (2010), uygulama yeri ve şekline göre çeşitli etkileri olan yöntemler, elde edilen bilgiler doğrultusunda, eleman ve malzeme bazında olmak üzere iki başlık altında irdelenmiştir. Her bir güçlendirme yönteminin yapı davranışına etkisine, avantaj ve dezavantajları ve yöntemlere ait uygulama detaylarına yer vermiştir. Farklı güçlendirme ve onarım yöntemleri üzerinde detaylı bilgiler verip, mevcut yapı sistemini ve hasar tipini göz önünde bulundurarak optimum güçlendirme ve onarım yöntemlerini tavsiye etmiştir.

Batmacı (2011), deprem performansı yetersiz olan mevcut yapı sistemlerinde kullanılan güçlendirme yöntemlerini incelemiştir. Bu yöntemleri bir yapıya uygulamış ve hangi yöntemin daha uygun olacağına karar vermiştir. Yapıyı mevcut haliyle inceleyip daha sonra kolonları mantolama, yerinde dökme perde ilavesi ve kat azaltarak güçlendirme yaparak bu çalışmaların sonuçlarını kıyaslamıştır.

Öncü (2011), çalışmasında betonarme ve yığma yapıları ele almıştır. DBYBHY 2007 çerçevesinde irdelediği yapıların, yönetmeliğe göre düzensizlik durumlarını araştırarak, deprem dayanımlarının yeterlilikleri saptamıştır. Depreme benzeyen yükler altında performans analizleri yapmış ve can güvenliği performans seviyelerini belirlemiş yapıların durumuna göre uygulamış güçlendirme modellerini irdemiştir. İrdelenen bu örneklerin olumlu ve olumsuz yönlerini belirleyerek, daha avantajlı çözüm önerilerini sunmaya çalışmıştır. Daha önce uygulanmış olan güçlendirme modelleri ile çalışma kapsamında yeni çözüm önerisi olarak sunulan güçlendirme modellerini, hem performans hem de maliyet açısından karşılaştırarak, tez kapsamında önerilen çözümlerin avantaj veya dezavantajlarını sunmuştur. Güçlendirme modelleri için maliyet analizleri, Bayındırlık Bakanlığı 2010 birim fiyat listesini kullanarak yapmış, güçlendirme yöntemlerinin ekonomikliğini araştırmıştır.

Bu tez çalışmasında, yapılarda oluşan deprem hasarları incelenmiş ve bu hasarlara karşı kullanılabilecek onarım-güçlendirme yöntemleri açıklanmıştır. Uygulama çalışmasında ise mevcutta bulunan bir binanın verileri kullanılarak yapı tasarlanmıştır. Bu yapının mevcut hali, ve çeşitli güçlendirme hallerinde (yapıya perde eklenmesi, tüm kolonların mantolanması ve bazı kolonların mantolanması ile perde eklenmesinin birlikte uygulandığı durum) yapıda oluşan etkiler incelenmiştir. Bu modellemeler Sta4Cad analiz programı kullanılarak çözümlenmiş ve bu programdan elde edilen sonuçlar tablolar halinde sunulmuş ve kıyaslanmıştır. Tez çalışmasının sonucunda bu yöntemlerden en uygun olan güçlendirme modeli tavsiye edilmiştir.

2. YAPILARDA OLUŞAN HASAR BİÇİMLERİ VE NEDENLERİ

Yapılarda meydana gelen hasarları yapı göçmeyecek boyutlara taşımak yapı imalatının gerekli şartları sağlanması ile mümkündür. Bu şartlar;

- Mimari tasarım yapılırken deprem yönetmeliğinde bulunan düzensizliklerden kaçınmak ve diğer konstrüktif kurallara uymak,
- Statik-Betonarme hesaplar yapılırken yapının estetiğine en az zarar verecek şekilde yönetmeliklere uygun bir tasarım yapmak,
- Kullanılacak malzemelerin TSE şartlarını sağlamasına dikkat etmek,
- Yapı imalatında kusursuz işçilik sağlamaktır.

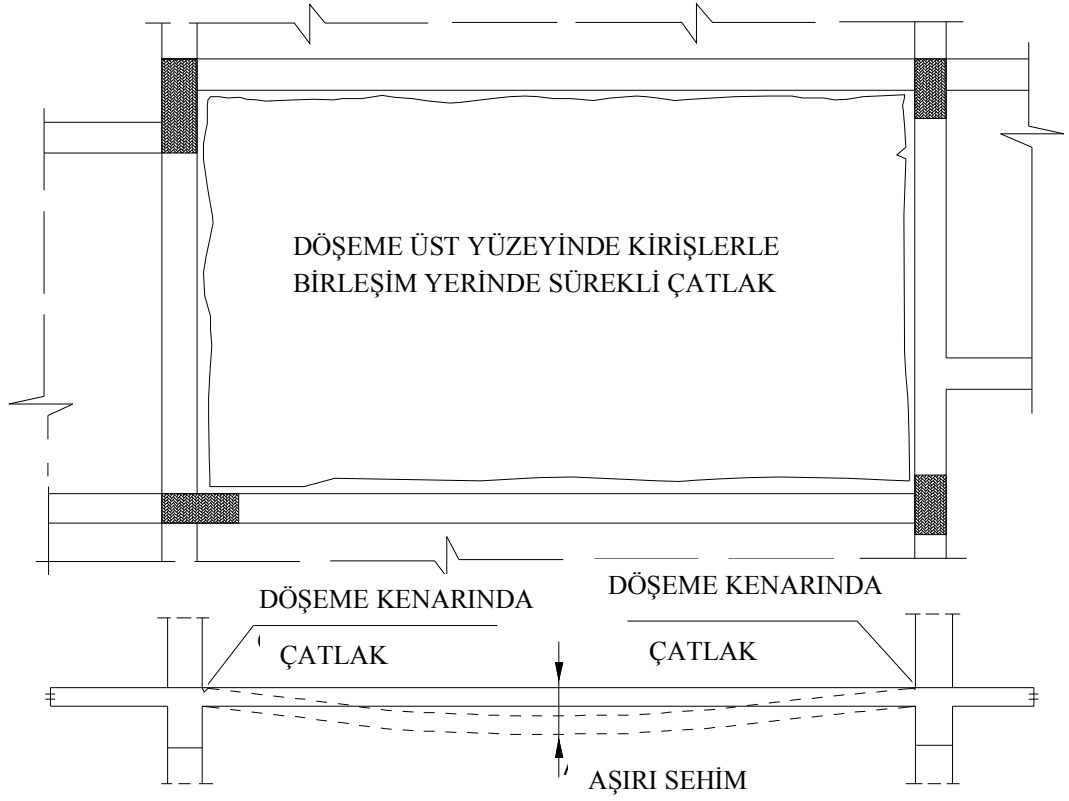
2.1. Betonarme Yapılarda Gözlenen Hasarın Nedenleri ve Türleri

Betonarme yapılarda hasar yapı düzeyinde olabileceği gibi eleman düzeyinde de olabilmektedir. Bu hasarlara yönelik aşağıdaki bölümlerde çeşitli incelemeler yapılmıştır.

2.1.1. Betonarme yapı elemanlarındaki çatlaklar ve hasarlar

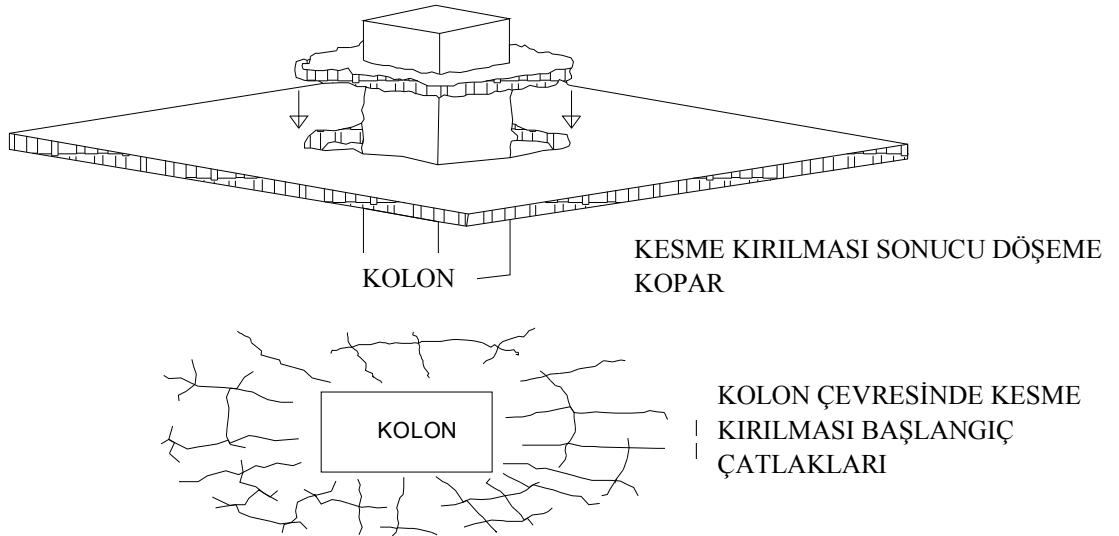
2.1.1.1. Döşeme hasarı

Döşemede oluşan çatlakların çoğu açıklık ortasındaki aşırı sehim çatlaklarıdır. Döşemenin kirişle birleştiği yerde üstte mesnette, kiriş kenarına paralel çatlaklar oluşabilir. Bu durum, donatının yetersiz olmasına, beton örtü kalınlığının sağlanmayıp döşeme kesitlerinde moment kollarının azaltılmasına, kalıbın erken alınarak beton mukavemetini tam kazanmadan döşemenin yüklenmiş olmasına veya beton taşıma gücünün hesapta kabul edilen değerden daha düşük olduğuna işaret eder. Konsol döşemelerin mesnet kesitinde de benzer çatlaklar oluşabilir. Bu durum düşey yükler yanında depremin düşey bileşeninin etkisine de işaret eder. Döşemelerde önemli boşluğun bulunması halinde köşelerde gerilme yığılması nedeniyle çatlaklar oluşabilir (Batmacı, 2011). Bu durum Şekil 2.1.' de gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Hasarlı döşemede çatlak ve sehim

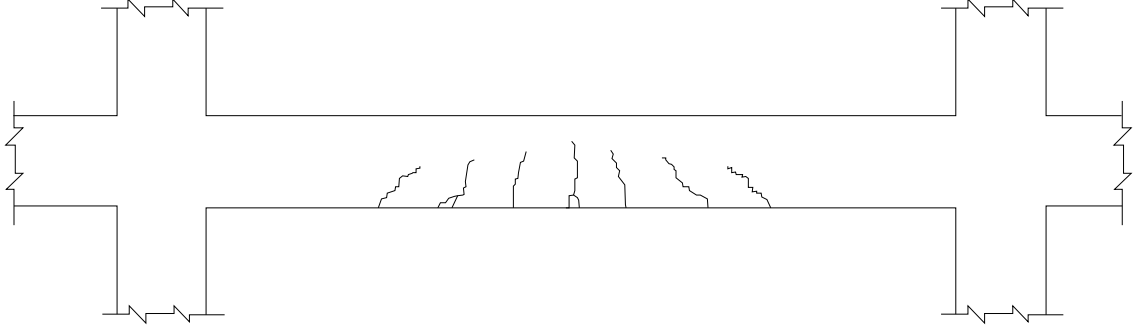
Kirişsiz döşemelerde oluşan hasarlar döşemeyle kolonun birleşim yerlerinde kesme çatlakları şeklinde ortaya çıkar. Bu tip hasar Şekil 2.2.' de görülen döşemeden kolona kesme kuvveti aktaran alanın az olmasından dolayı oluşan zımbalama kırılmasıdır.



Şekil 2.2. Kirişsiz döşemede zımbalama hasarı

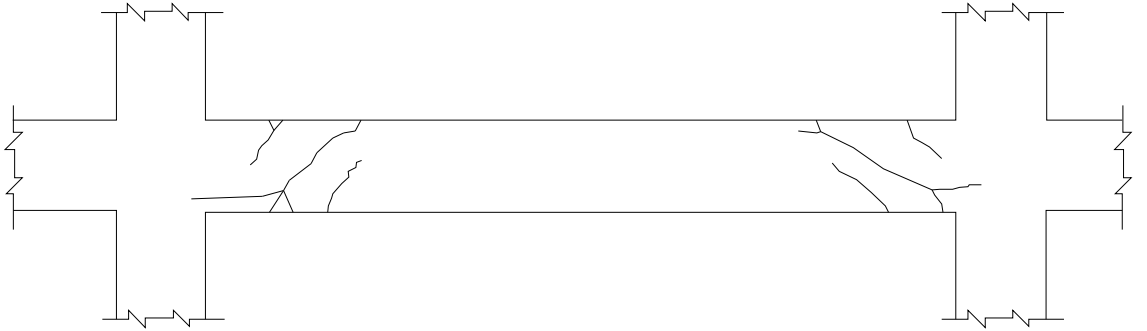
2.1.1.2. Kirişlerde oluşan hasarlar

Betonarme kirişlerde düşey yükler etkisi ile kiriş açıklığında eğilme çatlakları meydana gelir (Şekil 2.3.). Kiriş açıklığındaki donatı yetersizse, bu bölgede donatıların akma limitini aşması durumunda betonda çatlaklar oluşur. Bu çatlakların cm. boyutuna ulaşması donatının akma limitini aştığını gösterir.



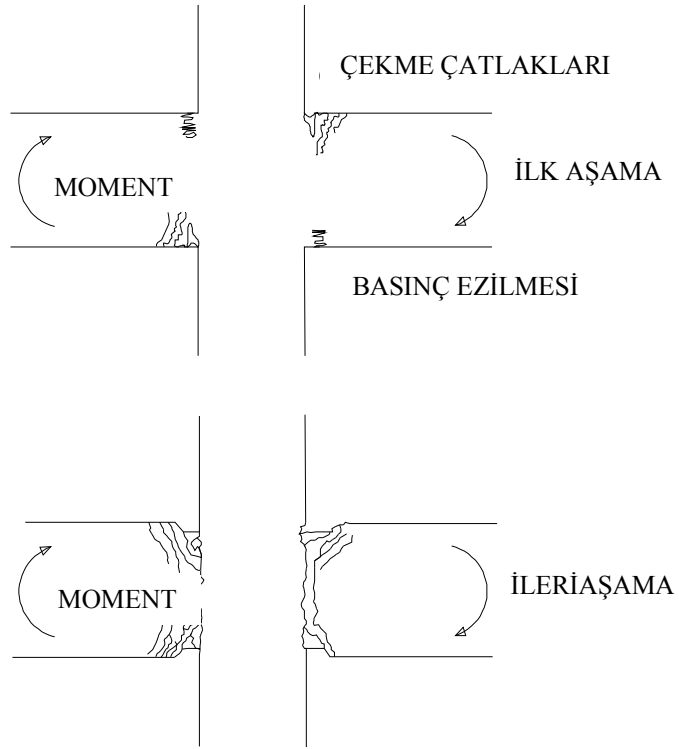
Şekil 2.3. Kirişte oluşabilecek eğilme çatlakları

Deprem etkisi altında kirişlerde en fazla zorlanan kısımlar mesnet bölgeleridir. Şekil 2.4. de görüldüğü gibi bu bölgede kiriş eksenine dik eğilme çatlakları ve 45^0 'lik açıyla da kayma çatlakları oluşabilmektedir. Bu gibi çatlaklara etriye donatısının yetersiz olduğu durumlarda rastlanır.



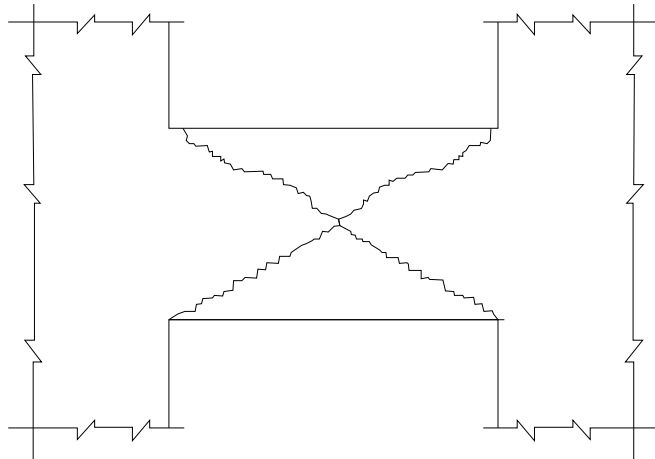
Şekil 2.4. Kirişte oluşabilecek kayma çatlakları

Depremde etki eden kuvvetler tersinir yükler olduğu için kiriş mesnetlerinde ağır hasarlı mafsallar oluşturabilecek pozitif ve negatif moment oluşmasına sebep olabilir.



Şekil 2.5. Kiriş uçlarında mafsallaşma

Kısa açıklıklı kirişlerde sıkça görülen hasarlardan biride kirişle perde birleşim yerlerinde görülen X şeklindeki kayma çatlaklarıdır. Bu durum Şekil 2.6.' da gösterilmiştir.



Şekil 2.6. Bağ kirişi x kayma çatlağı

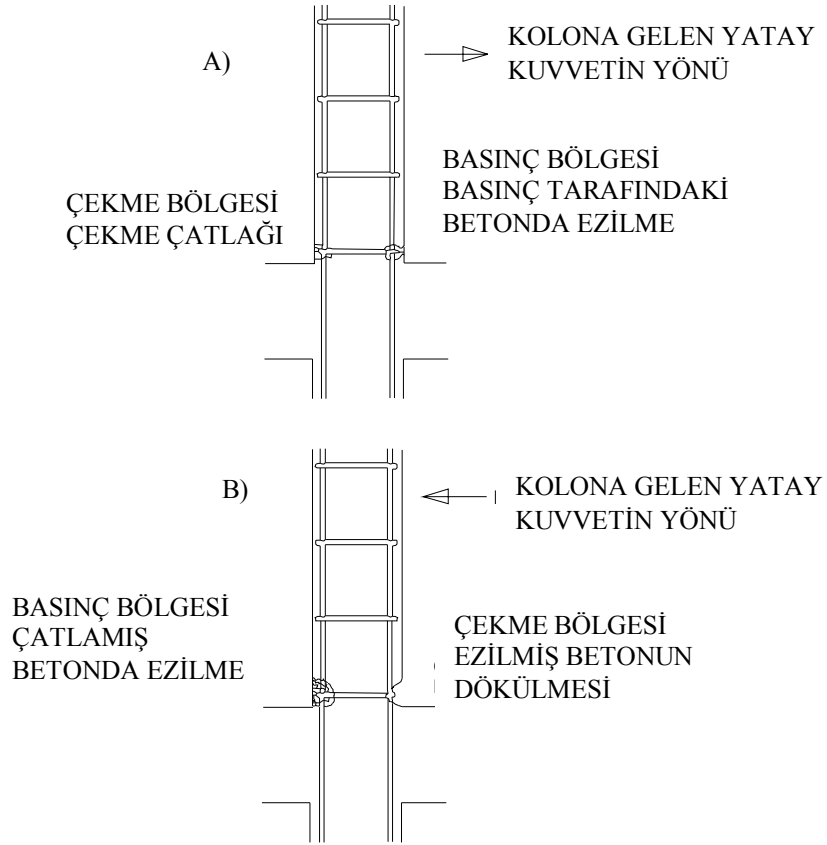
2.1.1.3. Kolonlarda oluşan hasarlar

Kolonlarda normal kuvvet hâkim durumda iken kolon boyutlarına göre yön değiştiren eğilme momenti veya kesme kuvveti hasara sebep olur. Özellikle narinliğin büyük olduğu kolonlarda büyük eğilme momenti, hâkim normal kuvvetle beraber beton basınç bölgesinde ezilme ve parçalanmalara neden olur. Depremi yön değiştirmesi sonucu

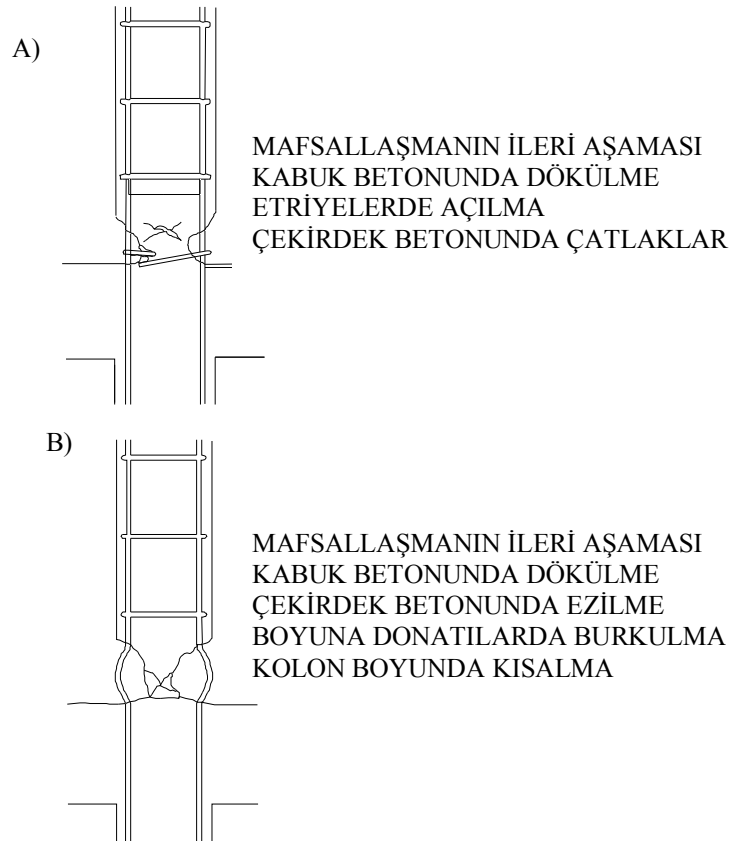
kolonun her iki yüzünde bu hasar meydana gelir. Kolon uç bölgelerinde etriyenin seyrek olması hasarın artmasına ve boyuna donatının burkulmasına sebep olur. Etriyelerin kopması ve boyuna donatının burkulması, kolon başının dağılmasına ve eksenel yük altındaki kolonda bir kısalmaya neden olur. Başka bir deyişle iki döşeme arasındaki yükseklik azalır. Bunun sonucu olarak komşu taşıyıcı elemanlarda yeni bir kuvvet dağılımı ortaya çıkar. Kolon kısa kolon ise, hasarın oluşmasında kesme kuvveti etkili olur. Kesme kuvveti nedeniyle oluşan eğik çekme gerilmeleri sonucu ani oluşan bu tür hasar, binanın toptan göçmesine bile sebep olabilir. Bu hasarın ana sebebi kısa kolon kayma kapasitesinin, eğilme kapasitesine göre daha düşük olmasıdır. Kısa kolon, taşıyıcı sistem düzeninin bir sonucu olarak oluşabileceği gibi, sonradan örülen yığma duvarın etkisi sonucunda da meydana gelebilir. Bu tür hasar tespit edilmesi durumunda, geçici tedbir alınarak binanın toptan göçme tehlikesi önlenmelidir (Celep ve Kumbasar, 2000).

Yapı kütle merkezi ile rijitlik merkezinin çakışmaması kolonlarda ilave burulma momentleri oluşturur. Burulma momentleri etkisi ile kolonun bir tarafında diyagonal çatlaklar oluşur. Diğer tarafında ise yine diyagonal olarak uzanan basınç ezilmeleri görülür.

Deprem kuvvetinin etkime yönüne göre önce kolonun bir yanında çekme çatlakları oluşurken diğer yanında basınçtan ötürü ezilme oluşacaktır (Şekil 2.7.). Deprem hareketinin yönünün değişmesiyle çekme çatlağı olan bölgedeki betonda ezilme, daha önce ezilmiş olan taraftaki betonda dökülme oluşur. Kolon donatılarının üstünde kalan kabuk betonun tümü ile dökülmesi sonucu kolon uçlarında etriye sıklaştırılması yapılmayan donatıların içinde kalan çekirdek betonunda ezilme ve dökülmeler oluşacaktır.



Şekil 2.7. Depreme dayanıklı yapılarda kolonlarda mafsal oluşumu

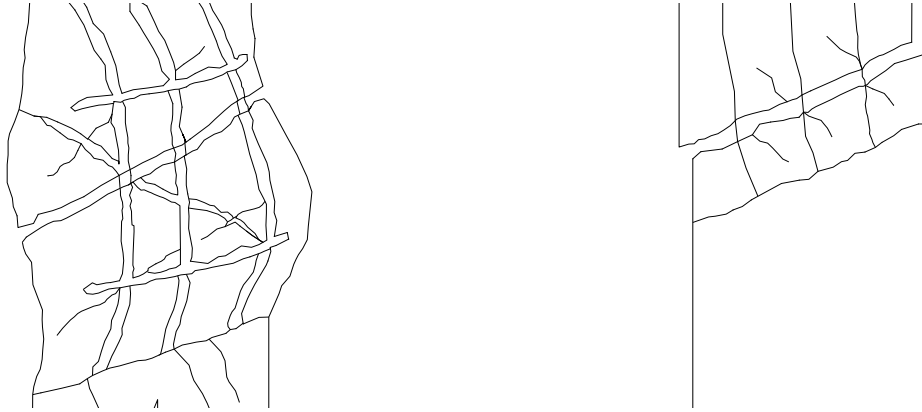


Şekil 2.8. Kolonlarda mafsallaşmaların ileri aşaması

Depreme dayanıklı yapıda mafsallaşma hasarı kabuk betonunda çatlak ve hafif dökülme düzeyinde kalmalıdır. Daha ileri düzeyde mafsallaşma hasarı yapının stabilitesinin bozulmasına yol açan yatay ötelemeler oluşturur ve ikinci mertebeden ek momentlerin ortaya çıkmasıyla yapı hızla yıkılabilir. İleri düzeyde bir mafsallaşma hasarı sonucu parçalanıp dökülen betonun kesme kuvveti taşıma gücü de azalacaktır, etriyelerin açılması da kesme kuvveti taşıma gücünü azaltacaktır. Bu durumda kolonda kesme kırılması da başlayacaktır.

Kolonda kesme hasarı

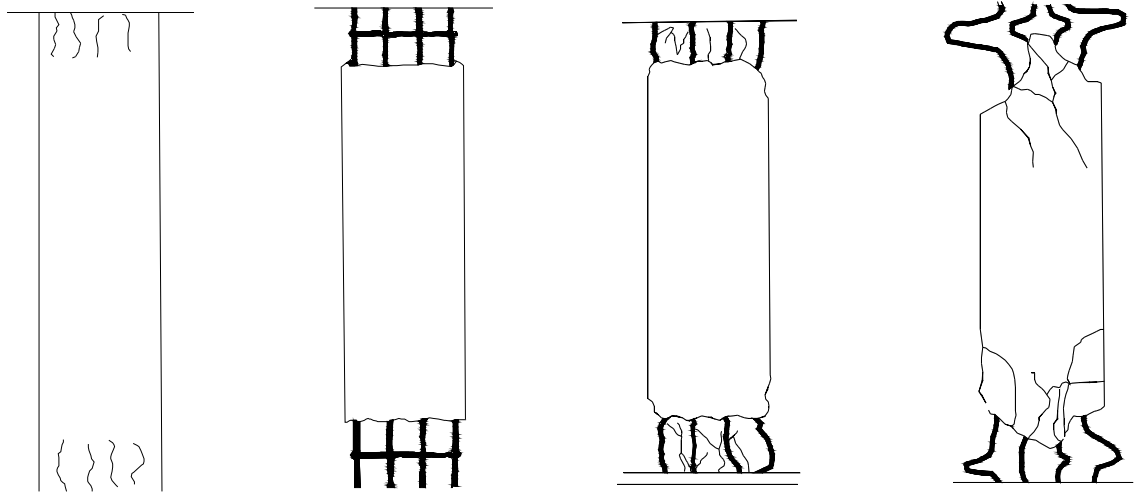
Kolon kesme kuvveti taşıma gücü yetersiz ise yaklaşık 45^0 eğimli çatlaklar şeklinde kesme çatlakları görülür. Beton ile donatı arasında beton basınç dayanımının yetersizliği veya kolon boyuna donatılarının aralarına beton girmemesi nedeniyle aderans sağlanamadığı durumlarda donatı üzerindeki beton kabuk kopup düşer. Donatı ile beton birlikte çalışmadığı için donatı akma gerilmelerine ulaşmadan beton ayrılır, betonarmeden istenilen moment kapasitesine ulaşamaz. Şekil 2.9.' da ileri düzeyde kolon kesme kırılması hasarı örnekleri görülmektedir.



Şekil 2.9. Kolonlarda kesme hasarı

Kolonlarda basınç kırılması

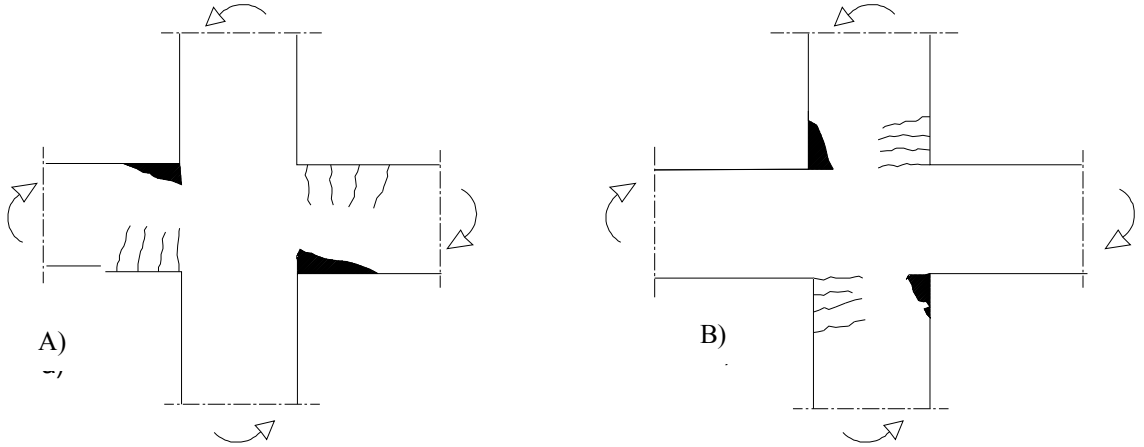
Kolona etkiyen eksenel yük, kolon eksenel yük taşıma kapasitesinin %50'sinden fazla ise deprem sırasında basınç kırılması ile hasar oluşur. Bu hasar beton dayanımının düşük olması sonucunda da oluşabilir. Bu durum, kolon boyuna donatısının akma sınırına ulaşmadan betonun ezilerek çatlaması şeklinde gelişir ve ani yıkılmalara sebep olabilir. Kolon dış yüzünde betonda oluşan düşey çatlaklardan sonra kolon boyuna donatısı dışarı doğru burkulmaya başlar (Şekil 2.10.).



Şekil 2.10. Kolonlarda basınç hasarı

2.1.1.4. Kolon-kiriş birleşim bölgesi hasarı

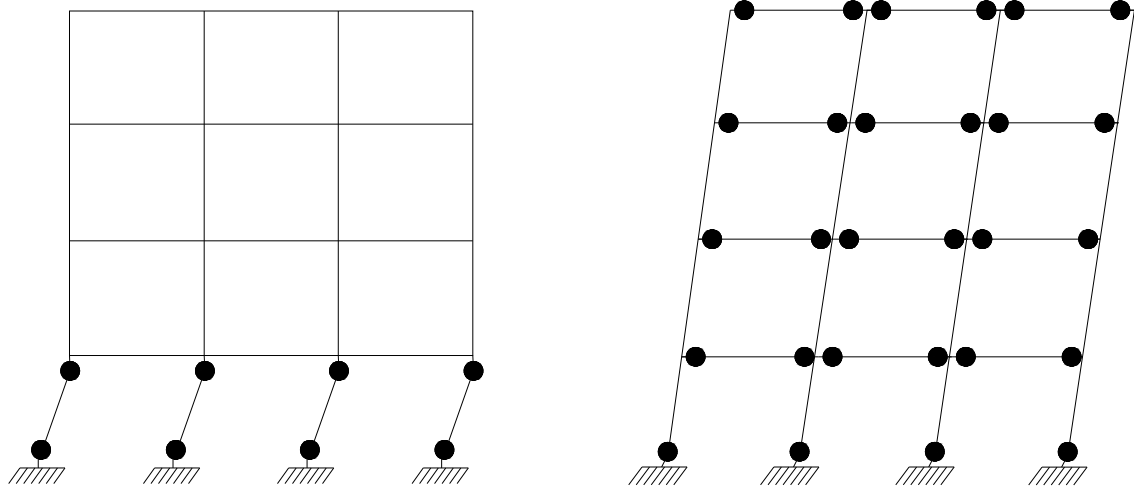
Kolon-kiriş birleşim bölgesinde meydana gelen çatlama ve hasar, sistemin yatay yük taşıyıcılığını ve rijitliğini doğrudan etkilediğinden, belirlenmesine özen gösterilmelidir. Şekil 2.11.' de böyle bir bölgedeki güç tükenme biçimi gösterilmiştir. Uygun düzenlenmiş bir birleşim bölgesinde, kirişte plastik mafsall oluşumu görüleceğinden Şekil 2.11. a)' da verilen türden bir güç tükenmesi beklenir ve bu suretle taşıyıcı sistemin genel kararlılığı korunmuş olur. Şekil 2.11. b)' de ise zayıf kolon-kuvvetli kiriş durumunda olduğu için arzu edilmez (Celep ve Kumbasar, 2000).



Şekil 2.11. a) Güçlü kolon ve b) Güçlü kiriş durumunda kolon-kiriş birleşim bölgesi hasarı

Kuvvetli kiriş-zayıf kolon sistemlerinde önce kolonlarda mafsallaşma oluşur. Sistem sünekliği oldukça düşüktür. Hâlbuki bunun tersi durumda (kuvvetli kolon-zayıf kiriş), akma önce zemin kat kirişlerinde gerçekleşir. Kuvvetli kolon-zayıf kiriş ilkesine uyulduğundan kirişler üst katlara doğru akmaya devam ederken ilk kat kolonları elastik durumdadır. Daha sonra en çok zorlanan ilk kat kolonları da mafsallaşır ve daha yukarı

katlardaki kolonların da akması ile sistem göçer. Kirişlerde enerji sönümüne katıldığı için sünek bir göçme mekanizması sağlanmış olur. İki mekanizmaya ait örnek Şekil 2.12.' de verilmiştir. Dört katlı örnek yapıda göçme anında, 1. durumda 8 bölgede hasar oluşmuş, 2. durumda ise 28 yerde hasar gözlenmiştir. Her hasar bölgesinde eşit enerji tüketildiğini varsaysak bile kuvvetli kolon-zayıf kiriş sistemi, diğerine göre 4 kat fazla enerji tüketebilmektedir.



Şekil 2.12. Göçme mekanizması 1) Kuvvetli kiriş-zayıf kolon ve 2) Kuvvetli kolon-zayıf kiriş



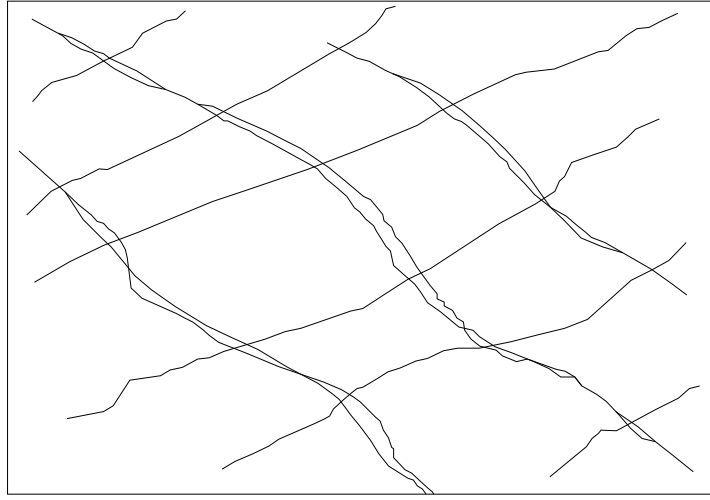
Şekil 2.13. Kuvvetli kiriş-Zayıf kolon hasarı

2.1.1.5. Perde hasarları

Perdelerde deprem sırasında oluşan hasarlar, yapının yüksekliğine göre değişmektedir. Perdelerde üç türlü hasar meydana gelebilir.

Kesme çatlakları

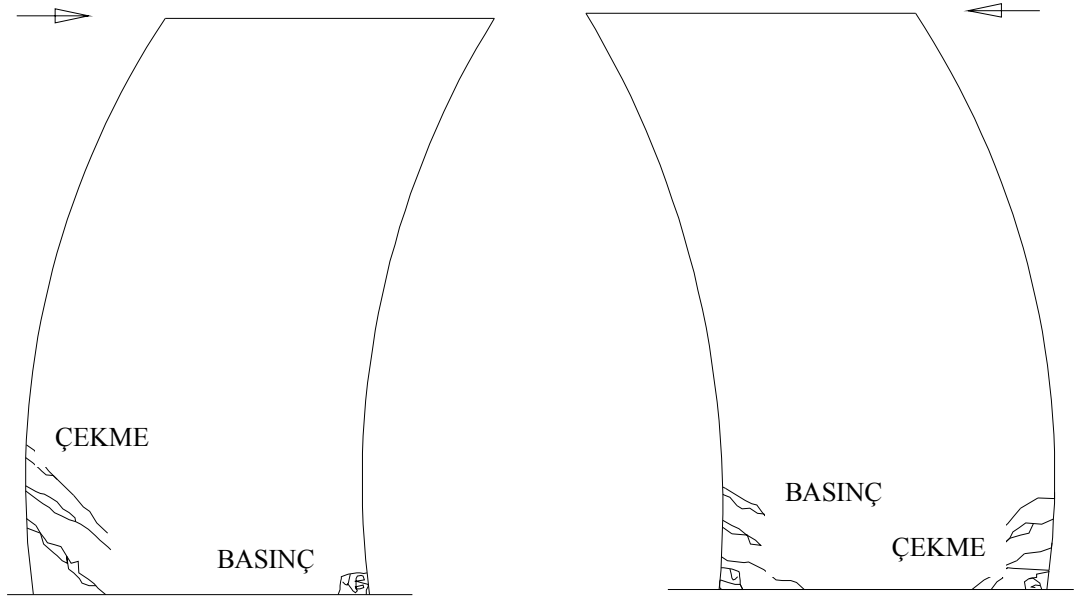
Birkaç katlı alçak yapılarda çoğunlukla kesme çatlakları oluşur (Şekil 2.14.). Çünkü alçak yapılarda perde duvarına deprem sırasında etkiyen eğilme momenti, perdenin moment taşıma kapasitesinden daha az olur. Böylelikle alçak perdelerde genellikle eğilme kırılması oluşmaz. Perdede en çok rastlanan X köşegen çatlaklardır. Bu çatlaklar kesme kuvvetinden oluşan eğik çekme gerilmelerinden dolayı oluşurlar. Sünek olmayan bu güç tükenmesi yapının ani göçmesine sebebiyet verebilir, dikkat edilmelidir. Perde uç bölgeleri iyi düzenlenmiş ise bu hasara rağmen perde eğilme momentleri taşıyabilir (Şirin, 2006).



Şekil 2.14. Perdelerde kesme çatlakları

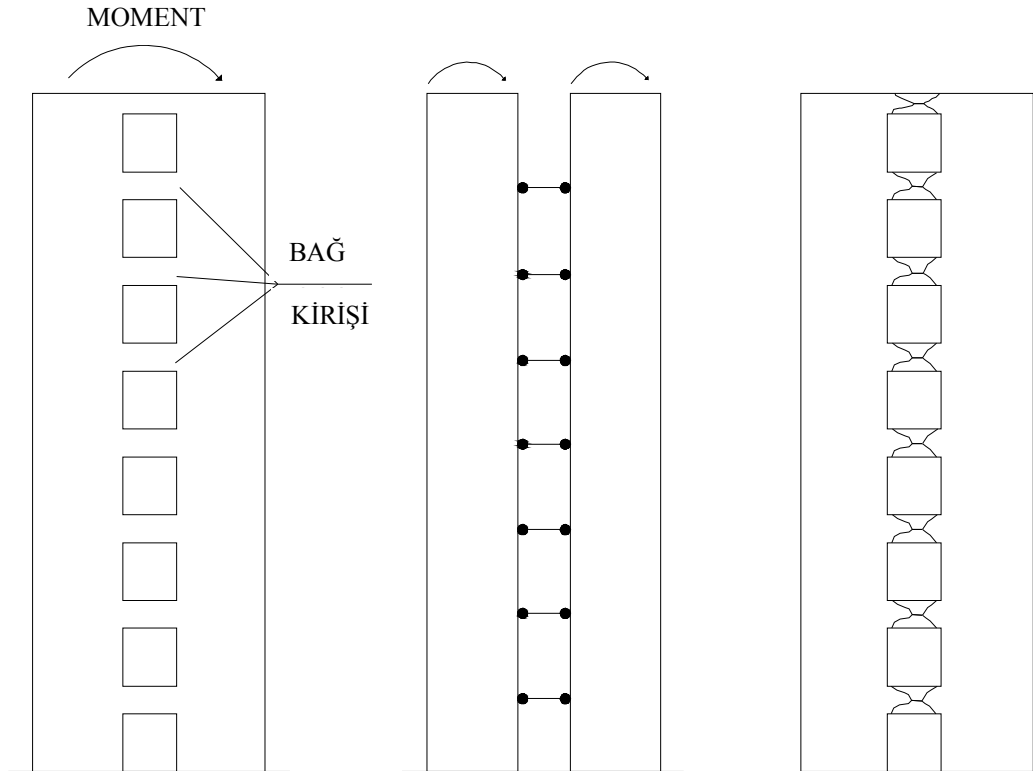
Eğilme çatlakları

Perde de eğilme çatlağına ve hasarına nadir olarak rastlanır. Muhtemelen bu olaya yaklaşıldığında çoğu zaman temelde bir dönme meydana gelerek momentin kesit kapasitesinin üzerine çıkması önlenir. Buna karşılık kesme kuvveti artmaya devam ettiği için kayma güç tükenmesi daha sık oluşur (Celep ve Kumbasar, 2000) (Şekil 2.15.).



Şekil 2.15. Perdelerde eğilme çatlakları hasar biçimi

Boşluklu perde duvarlardaki hasarlar, boşluksuz perde duvarlarında oluşan hasarlardan yapı itibariyle biraz farklıdır. Boşluklu perde duvarı deprem sırasında, birbirine kat düzeyinde bağlanmış iki dolu perde duvarı gibi davranmaktadır. İki perde duvarını birbirine bağlayan bağ kirişlerinin uçlarında kesme veya eğilme kırılması oluşur (Şekil 2.16.).

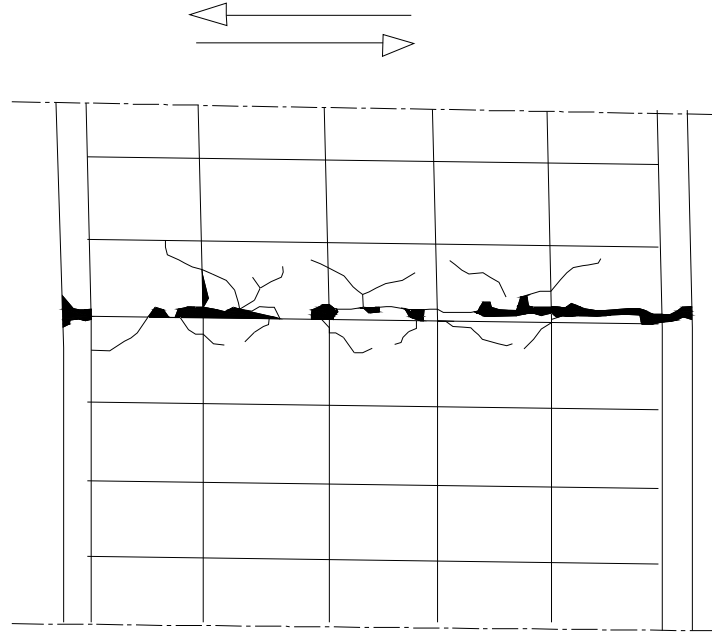


Şekil 2.16. Boşluklu perdelerde hasar biçimi

Bu hasarın sonucunda boşluklu perde iki bağımsız perdeye dönüşür. Hasarın en son gidebildiği nokta ise, her bir dolgu perdenin tabanında eğilme çatlaklarının oluşmasıdır (Şirin, 2006).

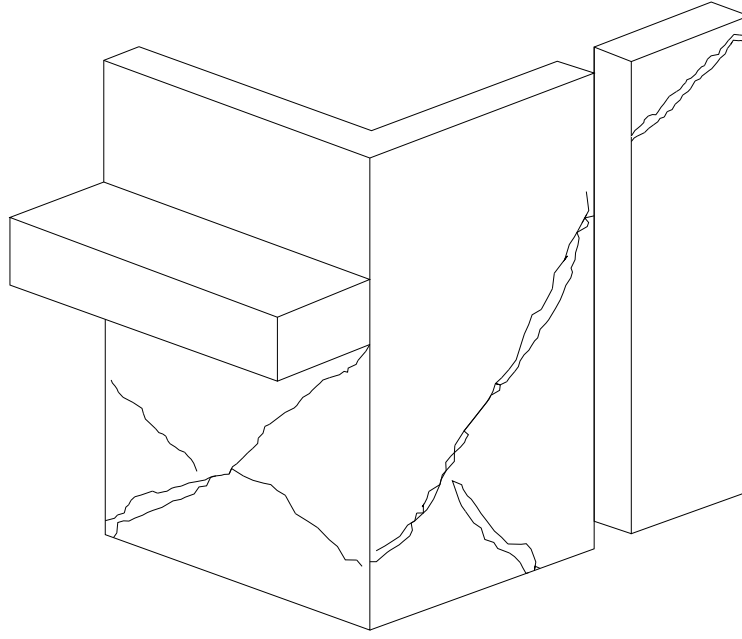
Kayma hasarı

Perdenin kademeli inşa edilmesi nedeniyle oluşan inşaat derz yerinde kaymada rastlanan bir hasar durumudur (Şekil 2.17.). Bu olay, farklı zamanda dökülen iki betonun arakesitinde yeterli bağın oluşmamasından kaynaklanır. Ara kesitte bulunan çatlağın yatay olması nedeniyle, kesit düşey yükler taşımaya devam eder, sistemin tümünü tehlikeye düşürecek bir durum ortaya çıkmayabilir (Celep ve Kumbasar, 2000).



Şekil 2.17. Perdelerde kayma çatlakları

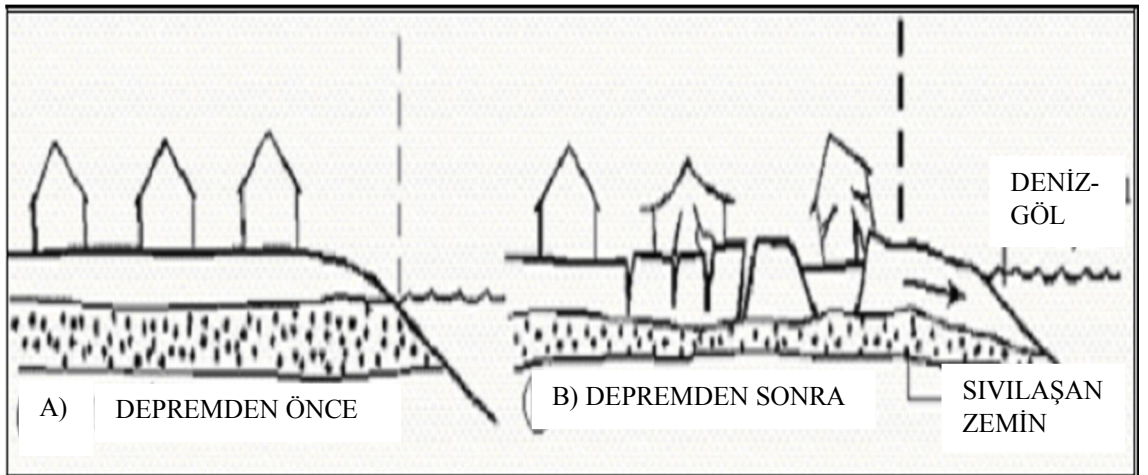
Proje aşamasında perdelerin simetrik yerleştirilmemesi sonucu deprem esnasında perdelerde oluşan burulma momentlerinden dolayı hasarlar oluşabilmektedir. Bu durum Şekil 2.18.' de görüldüğü gibi hasarlara neden olmaktadır.



Şekil 2.18. Burulma çatlakları oluşmuş bir perde duvar

2.1.1.6. Temel hasarları

Deprem sırasında akarsu havzalarında ve kıyı bölgesinde sık rastlanan bir olay zeminin sıvılaşmasıdır. Yer hareketi sonucu yükselen yer altı su seviyesi, titreşim etkisi ile ince taneli zemin ve kumu suya doymun duruma getirir. Deprem hareketi süresince zeminde meydana gelen kayma gerilmeleriyle zemin sıvı gibi akıcı duruma gelir. Özellikle suya doymun kumun ovalık yerlerde, hemen hemen her önemli depremde zemin sıvılaşması meydana gelir (Şekil 2.19.).



Şekil 2.19. Zemin sıvılaşması

Zemin sıvılaşması veya benzeri nedenlerden zeminin taşıma kapasitesinde oluşan azalma, binanın bir bütün olarak düşey oturmasına veya otururken dönmesine neden olabilir. Bu tür hareketler sonucunda kolonun tekil temeli veya plak temeli zımbalamaya

zorladığını gösteren çatlakların oluşmasına neden olur. Temelin bir kısmının dolguda ve bir kısmının da sert yerel bir zeminde bulunması da deprem sırasında binada dönmelere neden olabilir (Celep ve Kumbasar, 2000).

2.1.2. Betonarme yapı sistemindeki deprem hasarları ve nedenleri

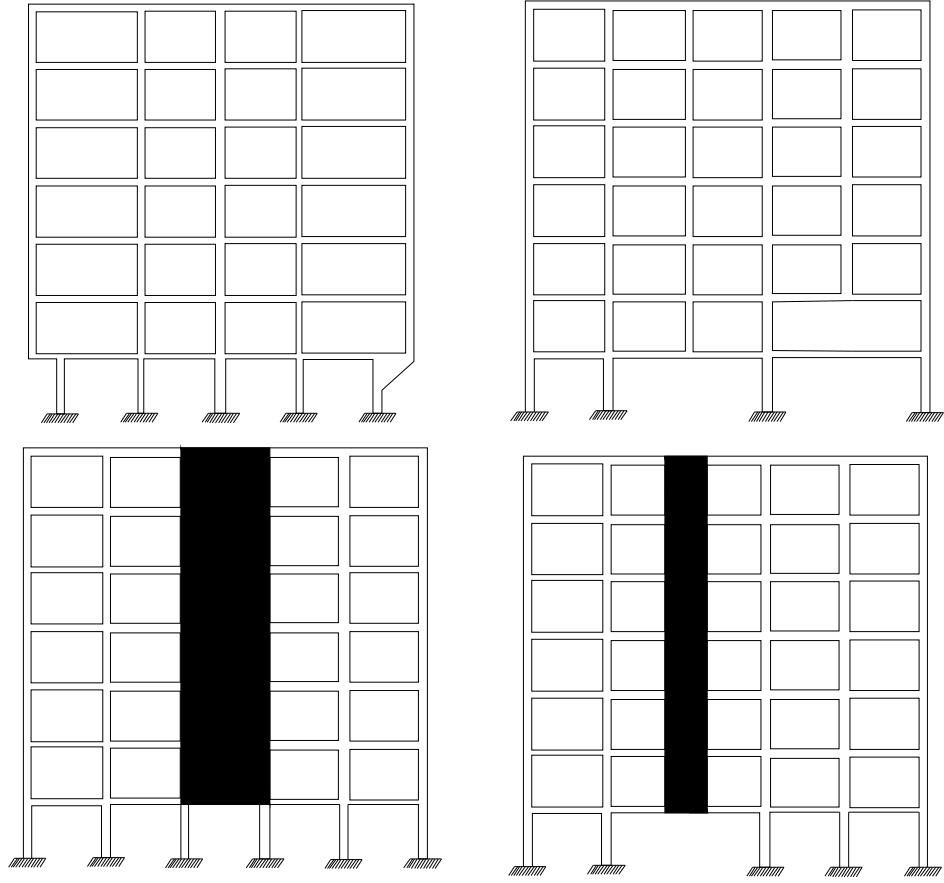
Deprem sonrası hasarlar, çoğunlukla yapı sisteminin deplasman kapasitesinin yetersizliğinden kaynaklanmaktadır. Betonarme yapılarda meydana gelen hasarların birçoğu basit sebeplere dayanır. Yumuşak kat, kuvvetli kiriş–zayıf kolon, yetersiz birleşim bölgeleri, sargılama eksikliği ve beton kalitesinin yetersizliği en çok rastlanan kusurlardandır. Bunlar, yapıların gerekli miktarda enerji tüketmesini engelleyen sebeplerdir.

2.1.2.1. Uygulama hataları

Planda ve düşeyde simetrik olmayan, kat döşemelerinde aşırı boşluklar bulunan, düşey taşıyıcı elemanları süreksiz, kat rijitlikleri yapı yüksekliği boyunca ani değişiklikler gösteren, konsol miktarları önemli değerlere ulaşan ve önemli büyüklüklerde burulma etkileri doğurabilecek şekilde taşıyıcı sistem düzensizliği gösteren yapılarda göçme durumu veya ağır hasar görülebilir (Batmacı, 2011).

Düşey elemanların süreksizliği

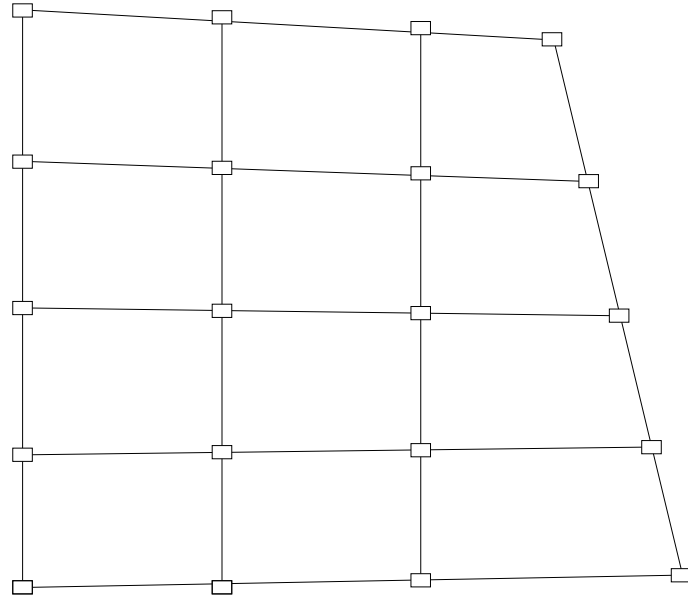
Şekil 2.20.' da düşey eleman süreksizliği olarak bilinen taşıyıcı sistem düşey elemanlarının bazı katlarda kaldırılarak kirişlerin veya guseli kolonların üstüne veya ucuna oturtulması ya da üst kattaki perdelerin altta kolonlara oturtulması durumu görülmektedir. Bu durumların oluşturulmamasına tasarım aşamasında dikkat edilmesi gerekmektedir. Aksi takdirde elemanlarda büyük zorlanmalar meydana gelmektedir.



Şekil 2.20. Düşey elemanlarda süreksizlik durumları

Burulma düzensizliği

Şekil 2.21.' deki gibi projelendirilen yapılarda uçtaki kolonların serbest açıklığındaki aşırı değişim dikkate alınmaz ve kolon kesitleri aynı kalırsa bu elemanlarda burulma etkisinden dolayı hasarlar oluşur. Bu hasarın sebebi ise kolonlardaki burulmadan dolayı oluşan ilave kesme kuvvetleridir.



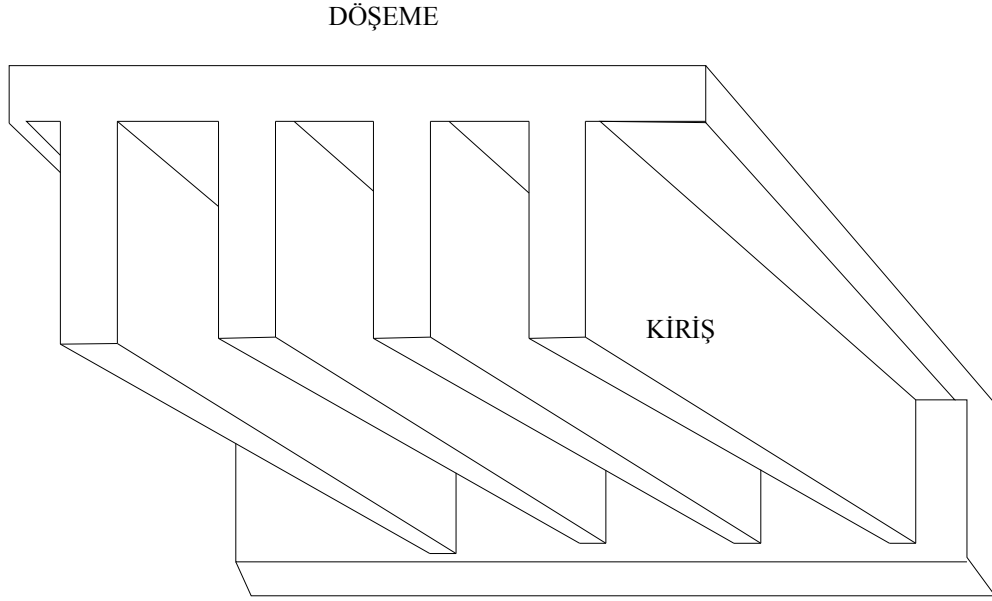
Şekil 2.21. Deprem anında kolonlarda oluşan burulma etkisi



Şekil 2.22. Burulma kuvveti tesirinde kalmış kolonlar

Projede bir yönün diğerine göre zayıf kalması

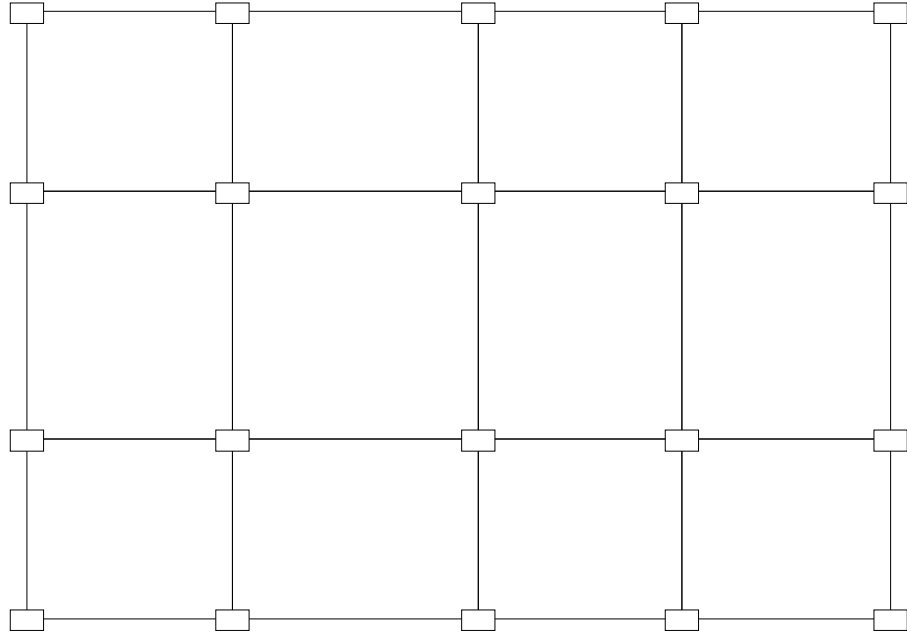
Binada bir yönde çok fazla sayıda kiriş kullanılmış veya daha güçlü kirişler atılmış ancak diğer yönde kiriş sayısı az veya yetersiz kalmışsa zayıf kalan yön deprem sırasında tehlike arz edebilmektedir. Bundan dolayı projelendirme esnasında bu husus göz önüne alınmalıdır. Şekil 2.23.'de kirişlerin tek yönlü kullanılması durumu görülmektedir. Bu durumda diğer yön deprem kuvvetlerine karşı zayıf kalmıştır.



Şekil 2.23. Tek yönlü kiriş kullanım hatası örneği

Bina kolon aplikasyon sisteminde düzenleme hataları

Şekil 2.24.'de olduğu gibi tüm kolonların bir aks doğrultusunda aynı yönde yerleştirilmiş olması o aksı deprem etkisine karşı güçlendirirken diğer aksları da zayıflatmaktadır. Bu durumun önlenmesi için kolon yönlerinin dengeli olarak yerleştirilmesi gerekmektedir.



Şekil 2.24. Bir kolon aplikasyon sistemi

2.1.2.2. Malzeme kalitesi

Beton kalitesinin yetersizliği

Beton kalitesinin projelendirilen değerden düşük olması inşaat sektörünün en önemli sorunlarından birisidir. Düşük dayanımlı beton yüzünden yapının sünekliği ve rijitliği önemli derecede düşmekte olup bu özelliklerin sağlanamamasından dolayı ani ve gevrek kırılmalar oluşabilmektedir.



Şekil 2.25. Uygun olmayan beton kalitesi sonucu hasarlar

Donatı hataları

a) Donatı detaylandırma hataları

Sargı donatısı olarak yerleştirilen etriyelerin uçları, 135° bükülerek çekirdeğe yerleştirilmelidir. 90° bükülmesi halinde etriye uçlarının kenetlenmesi kabuk betonu içinde kalmaktadır. Kabuk dökülünce etriye açılmakta ve sargı etkisi yok olmaktadır (Tosun, 2009).

b) Yetersiz birleşim bölgeleri

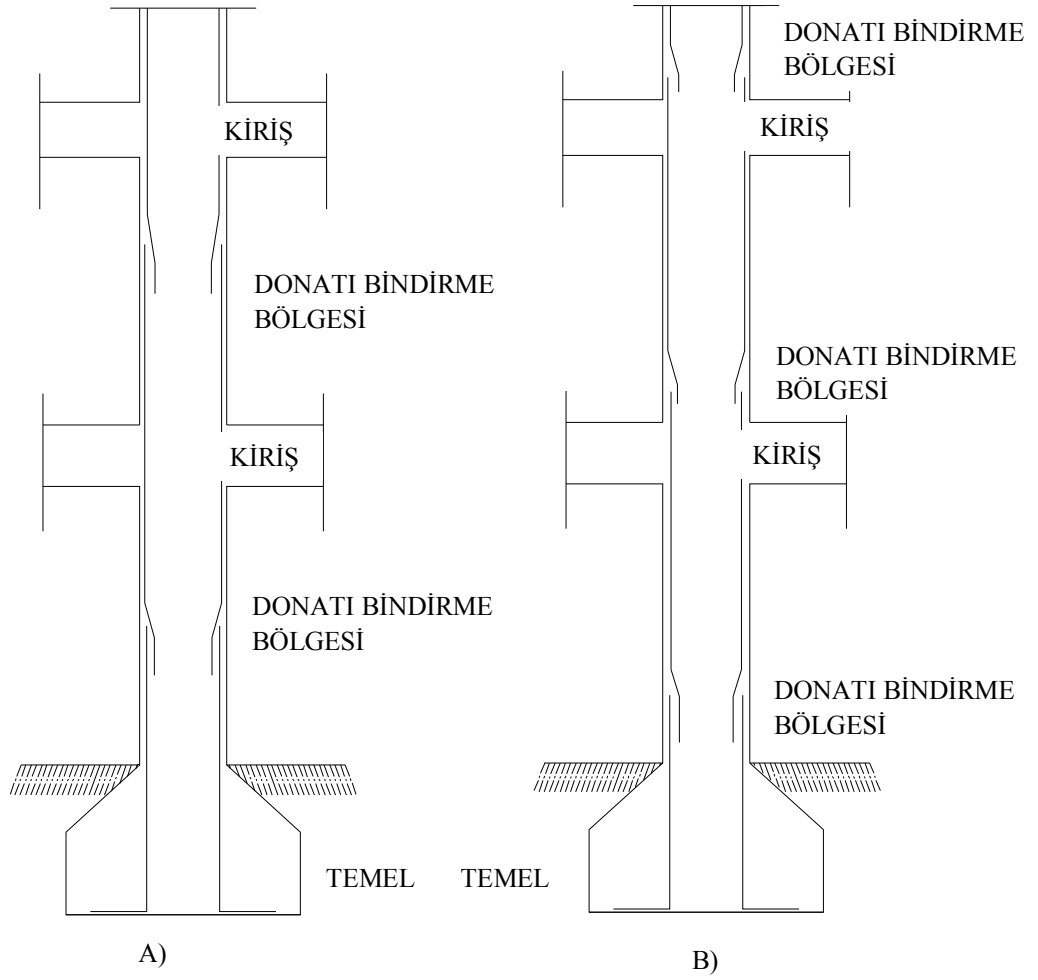
Birleşim bölgelerinin hasarı gevrek olmaktadır. Hâlbuki kiriş uçları daha sünek davranış göstermekte, yapının stabilitesini etkilemeden hasar görebilmektedirler. Bundan dolayı enerjinin öncelikli olarak kirişlerde sönümlenmesi istenmektedir. Ülkemizde, eski binaların çoğunun birleşim bölgesi iyi detaylandırılmamış hasarlar ilk olarak kolonlarda meydana gelmiş ve güçlü kiriş zayıf kolon birleşimlerine neden olunmuştur. Bunun sonucunda yapı gevrek kırılmaya müsait hale gelmiştir.



Şekil 2.26. Birleşim bölgelerinde hasar oluşumu

c) Boyuna donatı bindirme eklerinde yapılan hatalar

Kolon boyuna donatısındaki bindirmeli ekler olabildiğince kat yüksekliği ortasında yapılmalıdır. Fakat ülkemizde bindirme boyu için yönetmeliklerde belirtilen kriterlere uyulmadığı ve bindirmelerin genelde momentin en büyük olduğu yerlerde yapıldığı görülmektedir. Buda yapı açısından sorun oluşturmaktadır.



Şekil 2.27. a) Deprem açısından uygun donatı bindirme şekli b) Deprem açısından uygun olmayan donatı bindirme şekli

Yumuşak kat

Bölme duvarlar taşıyıcı sistem elemanlarından sayılmasalar da diğer elemanların rijitliğini artırarak dayanım kapasitesini artırmaktadırlar. Bundan dolayı bölme duvarlarının az sayıda teşkil edildiği zemin katlarda taşıyıcı elemanlar önemli derecede zorlanmaktadır. Bunların sonucu olarak katta büyük gerilmeler ve yatay ötelenmeler meydana gelmektedir. Birinci katta oluşan rölatif deplasmanlar sonucunda ikinci dereceden momentler oluşmakta ve zemin kata etkiyen tesirler artmaktadır. Bu durumda mafsallaşma tek katta olduğundan yapı yıkılmasa bile büyük yer değiştirmeler sonucunda önemli hasarlar oluşacak ve onarım zorlaşacaktır (Deneme, 2001).

Şehir merkezi, cadde üzeri gibi bölgelerde bulunan binaların genellikle ilk katları mağaza olarak kullanılmaktadır. Bu katların büyük bölümü de bina dışından iç cephenin rahatlıkla görülebilmesi için tuğla duvarlar yerine cam pencereler ile örtülüdür. Ancak aynı binanın üst katlarının dış cephe duvarları ağır tuğlalar ile örtülüdür. Bu durumda olası bir büyük deprem sırasında binanın genelinde yaşanacak deformasyonun büyük

oranda bu yumuşak katta oluşacağı ve enerji dağılım yükünün de yine bu kattaki kolonlara etki edeceği söylenebilir. Geçmiş depremlerde binalarda yaşanan birçok kısmi hasar ve yıkılmaların ana nedeni olarak “Yumuşak Kat” etkisi gösterilebilir.



Şekil 2.28. Yumuşak katlı yapı hasarı

Yumuşak kat yanlışlığı yapılan binalarda karşılaşılan tipik deprem hasarı genellikle binanın üst katlarının alt kattaki yumuşak kat üzerine çökmesi şeklinde gerçekleşmektedir (Şekil 2.28.). Bu tip bir hasar sonrası binanın kullanılabilmesi mümkün olamayacağından binanın tamamen yıkılarak yeniden inşa edilmesi gerekecektir.

Yapılan matematiksel modellemelerde de görüldüğü üzere bir binanın ilk kat kolon yüksekliği üst kattaki kolonların yüksekliklerinin yarısından daha fazla olduğu durumlarda yumuşak kat etkisi yaşanma riski mevcuttur denilebilir. Ayrıca ilk kat dış cephe duvarlarında üst kattakilerin aksine tuğla duvar yerine cam bölmeler mevcutsa bu durumda risk daha da artmıştır denebilir (Atay, 2010).

Kısa kolon

Aynı katta öteki taşıyıcı sistem elemanlarına göre yükseklikleri değişik nedenlerle azaltılmış, başka bir deyişle rijitlikleri arttırılmış olan kolonlar aşırı değerlere varan kesme kuvvetleri nedeniyle ağır hasarın ya da göçmenin başlıca nedenlerinden biri olmuştur. Zemine kısmen gömülmüş bodrum katları ve yatay bant pencereler, bina cephelerinde kolondan kolona yapılan rijit parapetli pencere düzenlemeleri ile merdiven sahanlıklarını taşımak için bina taşıyıcı sistemine eklenen ara kiriş ya da perdecikler,

kademeli katlar kısa kolon oluşumlarına yol açmaktadır (Batmacı, 2011). Bu şekildeki düzenlemede dolgu duvarlarının kolonlardaki deformasyonları önlemesi nedeniyle bu kolonlar kısa kolonlara dönüşmektedir. Bu şekilde kısaltılan kolonlar artan rijitlikleri dolayısıyla daha fazla deprem yükü alırlar ve kesme kuvveti etkisi altında ağır hasar görürler (Deneme, 2001).



Şekil 2.29. Bant pencere nedeniyle kısa kolon hasarı

Çekiçleme

Bitişik nizam yapılarda gerekli olan dilatasyon boşluğunun bırakılmaması yüzünden yapılarda deprem kuvvetleri karşısında oluşan çekiçleme etkileri, bir kısım yapıların bu etki altında ağır hasar görmesine veya yapının tamamen düşeyden saparak devrilmesine sebep teşkil etmiştir. Bitişik nizam yapılarda yeteri kadar dilatasyon boşluğunun bırakılması zorunludur (Atay, 2010).



Şekil 2.30. Çekiçleme etkisinde yıkılmış bir bina

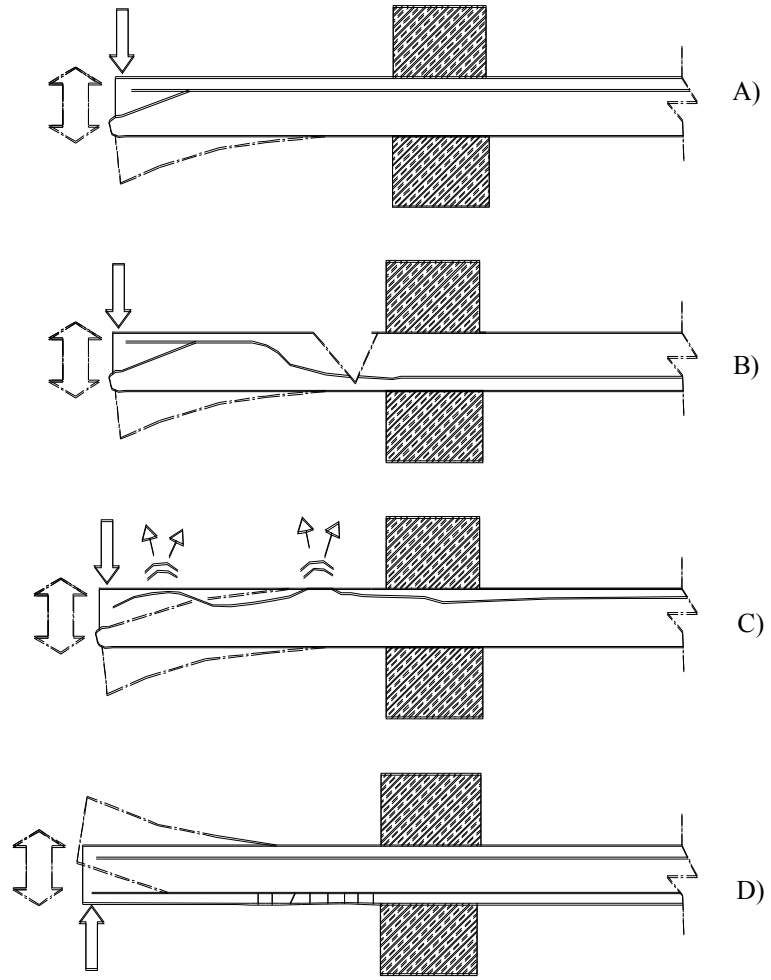
Soğuk derz

Soğuk derz; ayrı zamanlarda dökülen iki betonun arasında sıkı bir bağlantının olmaması durumunda meydana gelen bir sorundur. Bazı yapı elemanları farklı zamanlarda dökülmek zorunda kalınabilir. Beton dökümlerinde gerekli birleşimi sağlayabilmek için daha önce dökülen betonunun üzerine yeni beton dökülmeden önce eski beton üzerindeki kirlerin, tozların, molozların iyice temizlenmesi gerekmektedir.

Konsol sorunları

Yürürlükte bulunan imar yönetmeliklerinde, bina taban alanlarındaki kısıtlar nedeniyle, zemin katlarda oturma alanları oldukça sınırlanmaktadır. Bu durum, çoğunlukla normal katlarda 1.50 m'ye varan çıkmalarla kullanım alanlarının arttırılmasına neden olmaktadır. Buna göre ya zemin kat tavanından itibaren cephelerde konsol kirişler ve uçlarında alın kirişleri teşkil edilerek, ya da kenar kolonlar kısa konsol ucuna oturtularak normal katlarda bu kolonların dış cephe duvarları içerisinde kalması yoluyla kullanım alanının arttırılması yoluna gidilmektedir. Her iki durumda da kenar akslar boyunca düzenli çerçeve oluşturulamamaktadır. Bu durumda birleşim noktasındaki düzensizlik nedeniyle kesit etkileri hesaplananın üzerinde büyük değerlere çıkacaktır. Geometrik süreksizlik nedeniyle düğüm noktasında iç kuvvetler dengelenemeyecek ve donatı düzeni uygun olmayacaktır. Bu durumda düğüm noktasında dengenin sağlanması gereklidir.

Donatılar, projeye uygun olarak yerleştirilmediği takdirde öngörülen mukavemetleri gösteremeyeceklerdir. Örneğin konsolda çekme donatısı gerektiği gibi üste düzgün olarak yerleştirilmeyip rastgele düzensiz yerleştirilirse çekmeye karşı mukavemeti düşük olan beton, çekme donatısının görevini yapmaya çalışacak ve konsolda çatlak oluşacaktır. Deprem etkisinden dolayı konsollarda tersinmeler meydana gelebileceği ve bundan dolayı da konsolun alt yüzeyinde çekme gerilmeleri oluşabileceği unutulmamalı ve yeterli alt donatı da bulundurulmalıdır (Gülmez, 2010).



Şekil 2.31. Konsolda donatı yerleştirme hataları (a.b.c) ve doğru yerleşim (d)

3.BETONARME BİNALARDA ONARIM VE GÜÇLENDİRME

3.1. Onarım

Depremde hasar görüp taşıma gücü azalmış elemanların deprem öncesi dayanımlarına yeniden getirilmesidir. Deprem yükünün etki ettiği kısa süre içinde hasar oluşmuştur, depremin getirdiği geçici yüklerin yarattığı kalıcı deformasyon ve hasar yapının ya da yapı elemanının normal düşey yükleri taşımadaki emniyet katsayısını azaltmıştır. Elemanları deprem öncesi dayanımlarına kavuşturmakla yetinen bir onarımla yapının normal işlevini yürütmesinde hiçbir sorun kalmamıştır yapı deprem öncesindeki durumunda karşılayabileceği etkileri tekrar karşılayabilecek hale getirilmiştir.

3.2. Güçlendirme

Ekonomik ömrü içinde sık olması beklenen düzeyde bir depremde hasar gören yapının, aynı boyutta depremlerin birçok kez yenilenmesi beklentisi karşısında, aynı hasarın tekrar olmaması için eski durumundan daha güçlü duruma getirilmesi için yapılan çalışmalardır.

3.2.1. Güçlendirme yapılacak binada alınacak tedbirler ve yapılacak çalışmalar

- a) Gözle yapılan tespitler ve anında alınması gereken önlemler,
- b) Yapının boşaltılması ya da bazı bölümlerinin askıya alınması,
- c) Taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan elemanların üzerindeki her türlü hasarın fotoğraf ya da kroki olarak kâğıda geçirilmesi, çatlakların genişliği ve yerlerinin ölçülmesi ve işaretlenmesi,
- d) Düşey elemanlardaki kalıcı yatay ötelemeler ve düşeyden sapmaların ölçülmesi, yatay elemanlardaki düşey deformasyon ve sehimlerin ölçülmesi,
- e) Yapı elemanlarının boyutlarının projesinde öngörülenden farklı yapılmış olması durumunda gerçek boyut ve kesitlerinin ölçülerek belirlenmesi,
- f) Yapıdan malzeme örnekleri alınarak bunların dayanım ve gerilim-birim deformasyon özelliklerinin belirlenmesi,
- g) Gerekğinde betonarme yapılarda donatıların üstündeki beton örtü kaldırılarak donatının yeri, çap ve miktarının belirlenmesi,
- h) Yapının deprem ya da hasar öncesi durumu hakkında bilgi toplanması, özellikle hangi koşullarda yapıldığı, daha önce deprem etkisinde kalıp kalmadığı, önceki hasar, onarım ve değişiklikler belirlenmelidir,
- ı) Yapının dinamik özelliklerinin, doğal periyot ve sönüm oranı, ölçülmesi, yapı elemanlarına statik yükleme deneyi yapılması,
- i) Yapı çevresindeki zeminin özelliklerinin saptanması, bunun için gereken sondaj, ölçme ve benzeri işlemlerin yapılması,

j) Yakın çevrede benzer yapıların karşılaştırma amacıyla incelenmesi, olarak sayılabilir. (Yörükçü, 2007).

3.3. Hasarlı Betonun Yapıdan Uzaklaştırılması Teknikleri

Tasarım-yapım hataları, çevre etkileri ve özellikle depremler yapıların taşıyıcı sistemlerinde hem hasara hem de mukavemet kaybına sebep olurlar. Bu yüzden hasarların onarılması, eski ve yeni beton arasında sağlıklı bir aderansın sağlanması son derece önemlidir. Hasar tipi ne olursa olsun eski ve yeni beton arasındaki aderansın sağlanabilmesi için hasarlı kısımların tümü yapıdan uzaklaştırılmalıdır. Bunun için aşağıdaki işlemleri yapmak gerekmektedir;

- Keserek veya başka yöntemler kullanarak uzaklaştırılacak bölgenin sınırlarını belirlemek,
- Bütün hasarlı betonu uzaklaştırmak,
- Betonarme demirin yüzeyini temiz metal görüntüsü elde edinceye kadar temizlemek,
- Gerekli onarım malzemesini, bağ güçlendirici malzemeyi yüzeye uygulamak,

Hasarlı betonun uzaklaştırılması onarım işleminin ilk aşamasıdır. Betonun altında, hasar görmüş donatılar varsa onarıma uygun hale getirilmelidir. Bu yüzden beton için olduğu gibi donatı içinde bir yüzey hazırlığı gerekir. Yüzey hazırlığı ve hasarlı betonun uzaklaştırılması için çeşitli yöntemler vardır. Bunlar aşağıda konu başlıkları halinde açıklanmıştır.

Hasarlı betonu uzaklaştırmak için kullanılacak yöntemlerin etki dereceleri betonun durumuna göre farklılık gösterir. Bazı yöntemler daha az hasarlı yani nispeten sağlam betonda etkili olurken, bazı yöntemler ise çok hasarlı betonda etkili olurlar. Ayrıca seçilen yöntem yapının çeşitli bölgelerindeki bazı kesitlerde etkili olmayabilir. Bu yüzden aynı yapı için birden fazla teknik kullanmak zorunda kalınabilir. Hasarlı betonu uzaklaştırma teknikleri şu başlıklar altında incelenebilir:

3.3.1. Hasarlı betonun çatlatılarak uzaklaştırılması

Beton içinde açılan deliklere hızlı genleşen bir gaz verilerek betonun kontrollü olarak çatlatılması şeklindedir. Yüksek basınç uygulamak, karbondioksit gazı kullanmak uygulanan yöntemlerden bazılarıdır. Hidrolik aletler yardımıyla basınçlı su ile darbe uygulayarak veya hacimce genleşebilen kimyasal maddeler kullanılarak hasarlı beton çatlatılıp uzaklaştırılabilir. Beton üzerinde istenilen çatlama şekline göre açılan deliklere bu yöntemler uygulanarak beton istenilen şekilde uzaklaştırılabilir. Basınçlı su ile darbe vermek çok hasarlı ve çatlaklı bir betonda tercih edilecek bir yöntem değildir. Genleşen

kimyasal maddeler kullanarak betonu çatlatmak ve bu sayede uzaklaştırmak hem istenen şekilde çatlakların oluşumunu kontrol edebilmek hem de sağlam betona en az miktarda zarar verilmesini sağlamak açısından iyi bir yöntemdir. Fakat bu genişleyen kimyasal maddelerin maliyeti yüksektir.

3.3.2. Hasarlı betonun kesilerek uzaklaştırılması

Hasarlı betonun, elmas uçlu testereler, elektrik arkı kullanarak kesme işlemini gerçekleştiren aletler veya yüksek basınçlı su jetleri ile uzaklaştırılmasıdır. Elmas uçlu testerelerin elle taşınabilir boyutta olanları ile birlikte daha küçük boyutta olanları da mevcuttur. Maliyeti yüksek buna karşın işin hızı yavaştır. Döner kafalı kesici testereler yatay ve düşey düzlemdeki hasarlı betonu uzaklaştırmak için rahatça kullanılabilir. Bu yöntemin avantajı betonun istenilen yerlerden düzgün bir biçimde kesilmesine olanak sağlamasıdır. Dezavantajları ise yüksek güç gereksinimi ve toz problemidir. Yüksek basınçlı su jetleri ise suyu yüksek hızlarda betona püskürtürler ve bu sayede betonu aşındırarak keserler.

3.3.3. Hasarlı betonun darbe ile kırılması

Bu metotta hasarlı beton düzenli olarak arka arkaya darbeler uygulayan bir alet ile parçalanıp sağlam beton bölümlerden uzaklaştırılmaktadır. Bu aletin elle kullanılan veya araca monte edilebilen modelleri mevcuttur. Araca monte edilebilen modelleri hidrolik olarak çalışmakta ve kısa sürede istenilen miktarda hasarlı beton uzaklaştırılabilmektedir. Fakat aletin darbe sırasında yaydığı titreşimlerin sağlam betona hasar verebileceği ve yapının dayanıklılığını etkileyebileceği göz önünde bulundurulmalıdır.

3.3.4. Hasarlı betonun parçalara ayrılarak uzaklaştırılması

Uzaklaştırılacak betona üzerinde bulunan çatlak veya kırık parçaları ayıracak büyüklükte çekme gerilmesi uygulanır. Bu metot, diğer metotlardan sonra uygulanarak kalan küçük çatlak ve kırık parçaları uzaklaştırmak için kullanılabilir.

3.4. Onarım ve Güçlendirme Malzemeleri

Çatlaklar en çok rastlanan, en yaygın hasar türüdür ve betonarmede her yerde her zaman oluşabilir. Dış etkilere açık olma durumunda küçük çatlaklar her zaman vardır. Çatlakların onarımında genişliklerine göre değişen yöntemler kullanılabilir. Kılcal çatlaklar gözle ayırt edilebilen, genişliği 1–2 mm kadar olan çatlaklardır. Bunların örtülmesinin nedeni zamanla bu çatlaklardan sızan nemin betonarme donatısında paslanmaya yol açabilmesi ve çatlamış kesitli betonarme elemanların rijitliklerin azalması ve dolayısıyla yapının dinamik özelliklerinin değişmesini önlemektir.

Çatlaklar, özellikle dış hava koşullarına açık taşıyıcı elemanların kısa zamanda güçlerini yitirmelerine yol açmaktadırlar (Öncü, 2011).

3.4.1. Tamir harçlarıyla onarım

Tamir harçları elemanlarda yerel olarak ortaya çıkan beton hasarlarının giderilmesinde yaygın biçimde kullanılır. Yüksek basınç dayanımı ve aderansı özelliğine sahip olan bu harçların seçiminde, uygulandığı beton yüzey ile iyi yapışması, alt tabaka ile elastiklik modülü, ısı genleşme katsayısı gibi özelliklerinin aynı veya benzer olması beklenir. Böylece yükleme durumunda ve sıcaklık değişimi ile ek gerilmelerin çıkması önlenmiş olur. Tamir harcı uygulanan yüzey dışa açık olduğu için atmosfer koşullarına dayanıklı ve düşük geçirimliliğe sahip malzemeler tercih edilmelidir.

Tamir harçları küçük hacimlere uygulandığı için, kalıp kullanılıyorsa, yüksek akışkanlık ve kalıpsız uygulanıyorsa yüksek yapışma özelliğine sahip olması önemlidir. Kururken büzülmesinin düşük olması da tercih sebebidir. Tamir harcı uygulamadan önce yüzeyin hasar görmüş kısımları ile yüzeyde bulunan yapışmayı olumsuz etkileyebilecek maddeler uzaklaştırılarak yüzeyin pürüzlendirilmesi sağlanmalıdır. Kesitte bulunan donatı çeliği, üzerinde eğer varsa pas temizlenmeli, kesit kaybı varsa yeni donatı ilave edilerek üzerine korozyona karşı koruyucu bir kimyasal sürülmelidir.

3.4.2. Epoksi reçinesi ile onarım ve güçlendirme

Kiriş ve kolonlarda meydana gelen çatlaklara epoksi reçinesi enjekte ederek, eleman onarılabilir, rijitliği değişmeden eski dayanımına getirilebilir. Benzer işlem kiriş-kolon birleşim bölgesi için de uygulanabilir. Yerel olan bu uygulama taşıyıcı sistemde rijitlik dağılımını değiştirmeyeceği için, iç kuvvet dağılımını da değiştirmez. Epoksi ve benzeri reçineler beton çatlaklarının doldurulmasında ve ince çelik elemanları betona yapıştırmak için kullanılır. Çok çeşitlilik arz ettiği için amaca uygun reçinenin seçilmesi ve işlemin kontrol edilmesi önemlidir. Epoksi enjeksiyonu genellikle genişliği 0.5 mm~5 mm arasındaki çatlaklar için başarı ile uygulanır. Çatlak genişliğinin daha küçük olduğu durumda uygulama zorlaşır. Çok geniş çatlaklarda çatlak ince kumla doldurulduktan sonra, epoksi reçinesi enjeksiyonu yapılır. Epoksi reçinesi kullanımında yerel çatlak onarımı yapılır. Bu sebepten bir elemanı veya bir bölgeyi güçlendirmek için, bu işlem genellikle tek başına kullanılmaz. Ayrıca, epoksi reçinesi uygulaması beton kalitesinin düşük olması durumunda genellikle beklenen sonucu vermeyebilir. Uygulamanın başarısı yer yer karot alınarak da kontrol edilebilir (Ceritli, 2006).

Epoksi reçinelerinin suya, asite ve alkaliye dirençleri çok iyi olmasına rağmen yüksek ısıya karşın dayanımları düşüktür (genel olarak 100 °C' nin üzerinde dayanımlarını kaybederler). Bu nedenle kullanımları sınırlı kalabilir veya yangına karşın korunmaları

gerekebilir. Epoksi reçinelerinin ve betonun mekanik özellikleri aşağıdaki çizelgede gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. Epoksi reçinesi ile betonun mekanik özellikleri (Şirin, 2006)

Özellik	Beton	Epoksi reçinesi
Basınç Dayanımı (MPa)	20-70	250 e kadar
Çekme Dayanımı (MPa)	2-5	3.5-35
Eğilmede Çekme Dayanımı(MPa)	3.5-7.0	10-35

Uygulamaya önce çatlağın basınçlı hava ile temizlenmesi ile başlanır. Daha sonra çatlak V şeklinde genişletilir ve içine epoksi doldurulur. Daha derindeki çatlakları doldurmak için düşük viskoziteli epoksi düşük basınç altında uygulanmaktadır. Bunun için çatlak boyunca 15~100 cm aralıklarla borular çatlak üzerine yerleştirilir ve boruların çevresi sıvanır. Uygulamaya en düşük seviyedeki noktadan başlanır ve bir sonraki noktadan epoksi çıkana kadar uygulamaya devam edilir. Daha sonra ilk nokta kapatılarak bir sonraki noktaya geçilir ve uygulama bu şekilde devam eder.

Çatlağa epoksi enjeksiyonu ile çatlağın tamir edilmesi yanında epoksinin beton ile donatının arasına girmesinden dolayı beton ile donatının aderansı arttırılmış olur (Şirin, 2006).

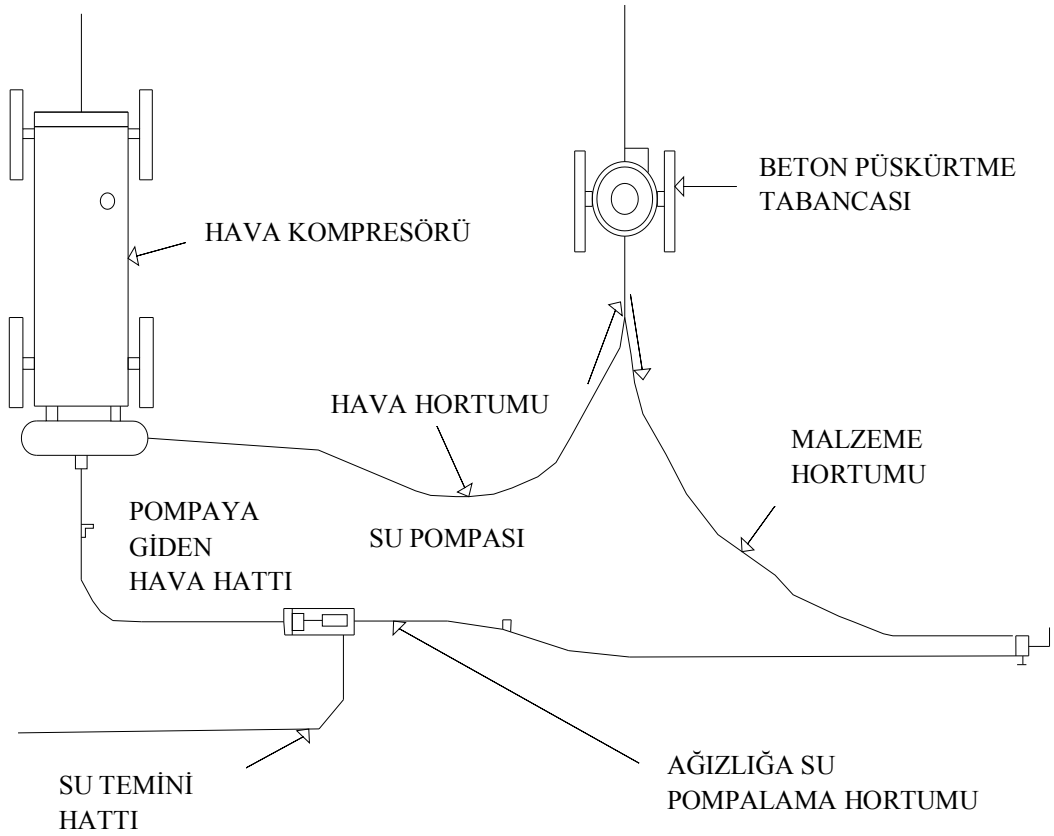
Genel olarak reçinenin kullanımı sırasındaki sıvı döneminin uzun olması ve hemen kapta sertleşmeye geçmemesi istenir. Uygulamadaki nem ve sıcaklığa bağlı olarak, enjeksiyondan sonra sıcaklıkla sertleşme çabuklaştırılabilir (Batmacı, 2011).

3.4.3. Püskürtme beton ile onarım ve güçlendirme

Mantolama yöntemi ile yapılacak güçlendirmede, beton kalınlığının az olduğu durumlarda, kalıp yapılması ve betonun yerleştirilmesi zordur. Böyle durumlarda araç, gereç ve beceri kazanmış eleman varsa, püskürtme beton uygulanabilir. Bu uygulama için gerekli donanımın sağlanması külfetini karşılayacak miktarda işin olması da karar için bir etkidir.

Püskürtme beton, basınçlı hava ile uygulanan betondur. Karışımın hazırlanmasında iki ayrı yöntem mevcuttur. Bunlardan ilki “Kuru Karışım” olarak bilinir. Bu tür püskürtme betonu için makinanın karışım odasında, çimento ve agrega uygun ölçülerde bir araya getirilip karıştırıldıktan sonra, bu kuru karışım seyrek olarak ve basınçlı hava yardımıyla bir hortum içinde püskürtme ucuna iletilir. Meme veya tabanca olarak da adlandırılan bu uca gelen kuru karışıma basınçlı su eklenerek elde edilen beton basınçlı hava yardımıyla betonlanacak yüzeye yüksek hızla püskürtülür. Tabancada katılan su miktarı isteğe uygun bir karışım elde edilmesi için kolayca ayarlanabilir ve gerekli

olduğunda bu suya beton katkı maddeleri de eklenebilir. Daha sonra uygulamaya konulan yöntemde ise çimento, agrega ve su beraber karıştırılır. Elde edilen “Islak Karışım” benzer şekilde hortumla ve basınçlı hava yardımıyla püskürtme ucuna iletilir. Püskürtme beton, yeni inşa edilen yapıların yanında özellikle eski yapıların onarım ve güçlendirme işlerinde geniş bir kullanım alanı bulur. Mevcut kâgir, ve betonarme yapıların yüzlerinin beton tabakasıyla kaplanmasında ve güçlendirilmesinde kullanılır. Başarılı bir püskürtme betonun elde edilmesi, donatının uygun seçilmesi ve yerleştirilmesine de bağlıdır. Küçük çaptaki onarım işlerinde donatı kullanılmayabilir. İşin şekline ve betonun kalınlığına göre yuvarlak veya hasır donatı kullanılır. Donatı, püskürtme sırasında yerini koruyacak ve az yayılacak şekilde yerleştirilmelidir. Donatı hasırı pimlerle veya takozlarla beton püskürtülecek yüzeye bağlanarak bu koşul yerine getirilebilir. Küçük çaplı donatılar tercih edilmeli ve gerektiğinde kullanılan büyük çaplı donatının beton tarafından sarılmasına özen gösterilmelidir. Ayrıca; donatı, beton karşı taraftan ve düşeyden az bir sapma ile püskürtülebilecek şekilde yerleştirilmelidir. Donatıların etrafında betonun boşluk bırakmadan püskürtülmesini sağlayacak kadar mesafe bulunmalıdır. Donatıların birbirine, donatının kalıba veya donatının arka yüzeye mesafesi olan bu aralık, en büyük dane büyüklüğüne ve donatının çapına bağlı olmakla beraber, genellikle 50 mm önerilir. Püskürtme beton kalınlığının 50 mm’den büyük olduğu durumlarda bir konstrüktif donatı (büzülme donatısı gibi) koymak uygun olur. Gerek çubukların ve gerekse hasır donatının ek yerlerinde zayıf bölgelerin oluşmasını engellemek için önlem alınmalıdır (Batmacı, 2011).



Şekil 3.1. Püskürtme makinesi



Şekil 3.2. Püskürtme beton uygulaması

3.4.4. Çelik şeritlerle onarım ve güçlendirme

Çelik şeritler, kirişin alt ve yan yüzlerine, kolonların düşey yüzlerine ve kiriş-kolon birleşim bölgelerine epoksi reçinesi ile yapıştırılırlar. Uygulamada beton yüzeyi zımpara ile düzeltilip, yıkanır ve kurutulduktan sonra yüksek viskoziteli epoksi reçinesi ile beton

ve çelik şeridin basınç uygulayarak yapışması sağlandıktan sonra şeritlerin üzeri beton ile kaplanır.

3.4.5. Lif takviyeli plastik levhalarla onarım ve güçlendirme

Lif takviyeli plastik levhaların hafif olması, korozyon tehlikesinin bulunmaması ve büyük boyutlarda bulunması bu elemanlar için avantaj sayılabilir. Elastiklik modülünün küçük olması güç tükenmesi durumunda büyük şekil değiştirmeler yapabilmesini sağlar. Sürekli yük altında mukavemetinde % 15~60' a varan önemli azalmalar oluşabilmektedir. Bu tür plastik levhalar uygulamada bir ve iki doğrultuda takviyeli olarak kullanılır. Özellikleri kullanılan malzemeye göre değişir (Çizelge 3.2.).

Çizelge 3.2. Lif takviyeli plastiklerin (LTP) mekanik özellikleri (Ceritli, 2006)

Malzeme	Elastiklik Modülü (Gpa)	Çekme Dayanımı (MPa)	Güç Tükenmesi Uzaması (%)	Sürekli Yükte Dayanım Kaybı (%)
Cam-LTP	50-60	1600-1700	3.0-4.5	60
Aramid-LTP	50-75	1200-2000	2.0-2.6	50
Karbon-LTP	150-170	1700-2400	1.0-1.5	15
Çelik	200	220-460	0.2	-

3.5. Betonarme Binaların Güçlendirilmesi Yöntemleri

Güçlendirme uygulamaları, her taşıyıcı sistem türü için eleman ve bina sistemi düzeyinde olmak üzere iki farklı kapsamda değerlendirilmelidir.

- Binanın kolon, kiriş, perde, birleşim bölgesi gibi deprem yüklerini karşılayan elemanlarında dayanım ve şekil değiştirme kapasitelerinin arttırılmasına yönelik olarak uygulanan işlemler, eleman güçlendirmesi olarak tanımlanır.
- Binanın taşıyıcı sisteminin dayanım ve şekil değiştirme kapasitesinin arttırılması ve iç kuvvetlerin dağılımında sürekliliğin sağlanması, binaya yeni elemanlar eklenmesi sistem güçlendirmesi olarak tanımlanır.

3.5.1. Taşıyıcı sistem elemanlarının güçlendirilmesi

Deprem sonrasında binada yalnızca bazı elemanlar hasar görmüşse veya bazı zayıflıklar içeriyorsa, buna karşın diğerleri DBYBHY 2007 koşullarını sağlıyorsa, bina sistem olarak yeterli yanal rijitliğe sahip ve iyi durumda ise hasar gören elemanların onarımı veya güçlendirilmesi yeterli olabilir. Hasar alan elemanın durumuna göre aşağıdaki güçlendirme yöntemleri uygulanabilir.

3.5.1.1. Kolonlarda onarım ve güçlendirme

Betonarme kolonlarda çeşitli hasarlar meydana gelmektedir. Bunlardan eğilme kırılması, deprem etkileri ile kolona gelen eğilme momentinin artması sonucu kolon uçlarında mafsallaşma meydana gelmesi ile oluşur. Kesme kırılması ise kolonun üzerine gelen kesme kuvvetini taşıyamaması sonucu oluşur. Kolon kesitinin en dış lifindeki beton ezilmeye başladığında, henüz akma birim uzamasına ulaşmamış ise kolonda basınç kırılmaları ortaya çıkmaktadır. Yapının kütle ve rijitlik merkezleri çakışık değilse kolonlarda burulma kırılmaları da meydana gelmektedir (Yörükçü, 2007).

Kolon kapasitelerinin arttırılması

Hasar görmüş bir kolonun deprem etkilerini taşıyabilir duruma getirilmesi veya yatay yük taşıma kapasitesinin arttırılması için kolonların güçlendirilmesi gereklidir. Eğer kolonda eğilme kapasitesinin artırılması bekleniyorsa kolona eklenen yeni boyuna donatıların katlar arasında sürekliliğinin sağlanması gereklidir. Ancak, amaç sadece sünekliğe katkıda bulunulması ise çelik lamalarla kolon eksenel yük taşıma kapasitesi arttırılabilir (Yıldırım, 2008).

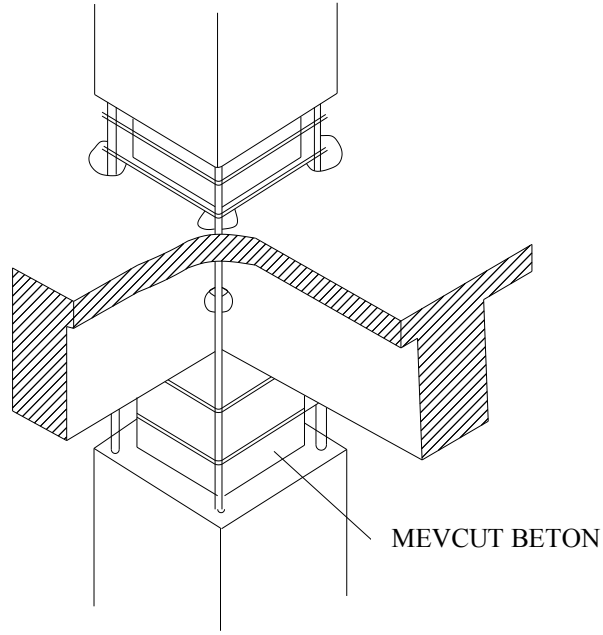
Yerel onarımlar

Kolonların bazı yerlerinde kılcal çatlakların olması, kolon betonunun dökülmesi ve diğer bazı hafif hasarların oluşmasından dolayı bu hasarlar yerel olarak onarılıp güçlendirilir. Kolonlardaki hasarların hafif çatlama şeklinde olduğu durumlarda çatlak genişliğine göre içine reçine veya beton enjekte edilerek yerel onarımlar yapılır. Bu yerel onarım kolonun alt kısmından başlanarak yapılır ve yapılan işlemler kontrol edilir.

Kolonların mantolanması

Mantolama işleminde mevcut kolonun kesiti artırılır. Bu işlem DBYBHY 2007'ye göre mevcut kolonun pas payı sıyrılarak veya yüzeyleri örselenerek uygulanacaktır. Betonarme sargı gerek yatay, gerekse düşey donatının yerleştirilmesi, beton dökülmesi ve minimum pas payının sağlanması için yeterli kalınlıkta olmalıdır. En az sargı kalınlığı 100 mm'dir. Betonarme sargı alt kat döşemesinin üstünden başlar ve üst kat döşemesinin altında sona erer. Eksenel basınç dayanımının arttırılması amacı ile yapılan sargıda, sargı betonu içindeki enine donatı için kolonun tüm yüksekliği boyunca DBYBHY 2007'de verilen enine donatı koşulları sağlanmalıdır. Sarılmış kolonun kesme ve basınç dayanımlarının hesabında, sarılmış brüt kesit boyutları ile manto betonunun tasarım dayanımı kullanılmalı, ancak elde edilen dayanımlar 0.9 ile çarpılarak azaltılmalıdır.

Mantolama ile kolonun hem eksenel yük kapasitesi, hem de sünekliği artırılabilir. Manto içerisine yerleştirilen boyuna donatılar üst katlarda devam ediyorsa kolonun eğilme kapasitesi de artar (Şekil 3.3.).



Şekil 3.3. Kolonun betonarme ile mantolanması

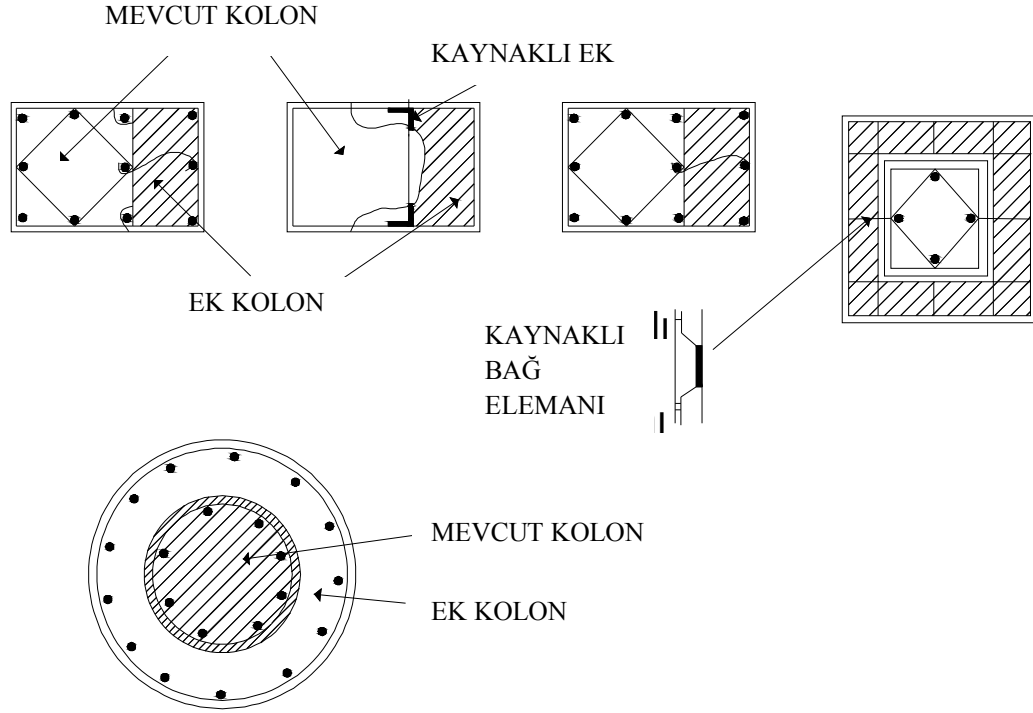


Şekil 3.4. Kolonun betonarme ile mantolanması uygulaması

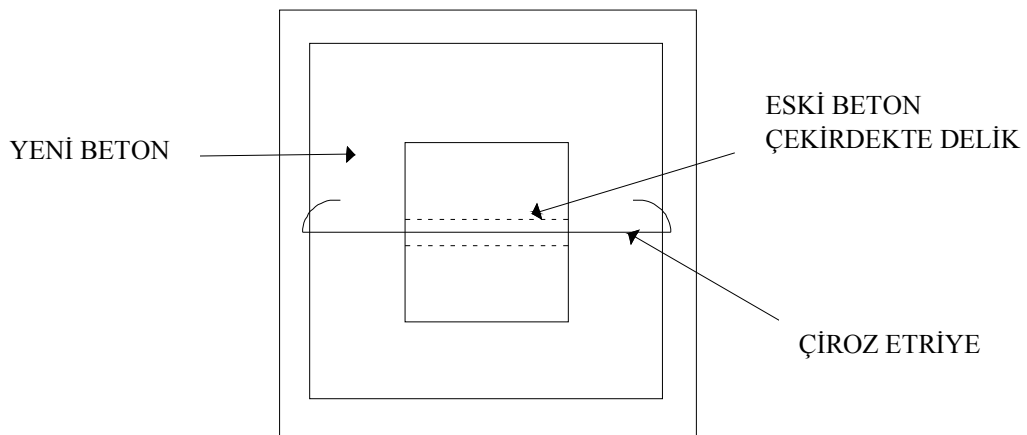
Kolonun uygulamadaki durumuna göre betonarme mantolama uygulamaları farklı şekillerde olabilmektedir. Tüm çevreyi kaplayan bir mantolama ile mevcut ve yeni beton arasında tam bir kuvvet iletişimi sağlanabilir. Tüm çevrenin mantolanmaması

durumunda, mevcut kolonun boyuna donatısının ve etriyesinin meydana çıkarılarak, yeni donatılarla mevcut donatıların bağlantısının yapılması gereklidir.

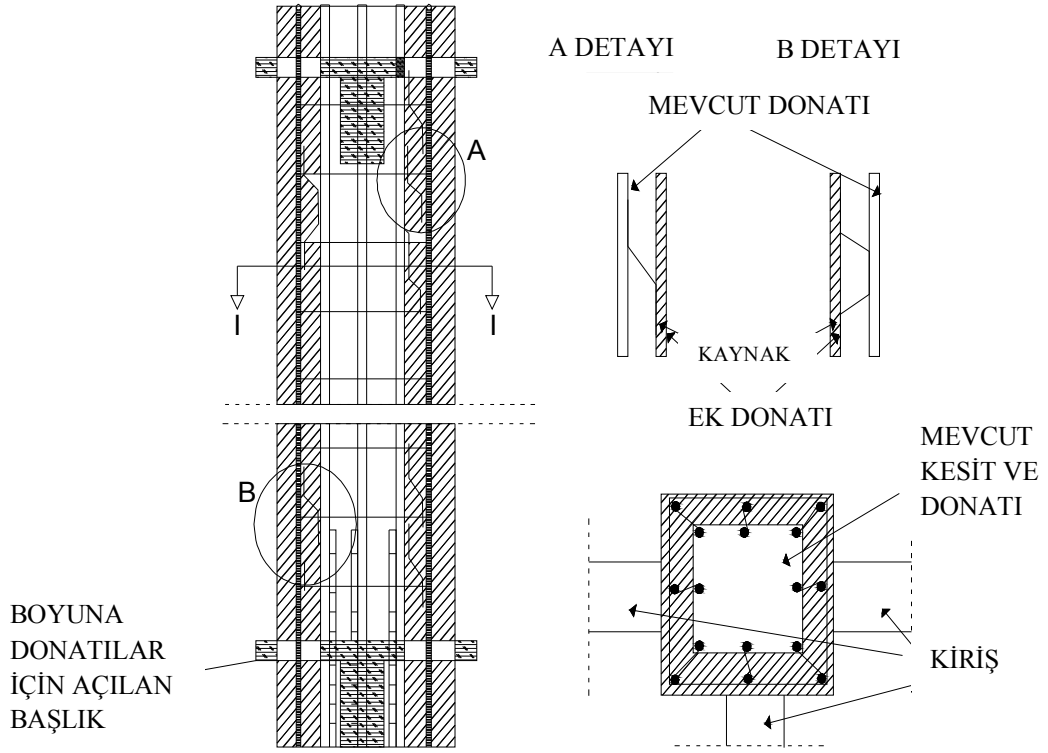
Kolonun normal ve kesme kuvvet kapasitelerinin arttırılmasında, manto donatılarının döşemeyi delerek kiriş-kolon birleşim bölgesini geçmesine ihtiyaç olmayabilir. Ancak, bu durumda kolonun moment kapasitesi arttırılmadığı gibi birleşim bölgesi de güçlendirilmemiş olur (Tosun, 2009).



Şekil 3.5. Kolon mantolanmasına örnekler



Şekil 3.6. Kolonda eski ve yeni betonun kaynaştırılması



Şekil 3.7. Kolonlarda mantolama

Betonarme kolon mantolanmasının istenilen düzeyde olması için;

- Yeni malzemelerin mukavemeti mevcut malzemenin mukavemetine eşit veya yüksek olmalıdır.
- Betonarme manto kalınlığı püskürtme betonlarda 5 cm ve yerinde dökme betonlarda 10 cm'den az kalınlıkta olmamalıdır.
- Üst ve alt donatı kolon yüzünden itibaren aderans boyundan az olmamak üzere ankrajı iyi yapılmalı veya düğüm bölgesinden sürekli olarak yukarıya devam ettirilmelidir.
- Kolonların kenarlarının 30 cm'den büyük olması halinde etriye açıklığını düşürmek için kolon içine delikler açılarak veya kolon tamamen delinerek etriyeler yerleştirilmek mümkündür.
- Ek manto ve donatı ile mevcut donatı ve betonun birlikte çalışması her yönüyle sağlanmalıdır (Tosun, 2009).

Çelik manto ile kolonların onarımı-güçlendirilmesi

Yapılarda çelik mantolama elemanlar ve katlar arası moment aktarımından ziyade eksensel yük kapasitesini arttırmak için kullanılan bir yöntemdir (Tosun, 2009).

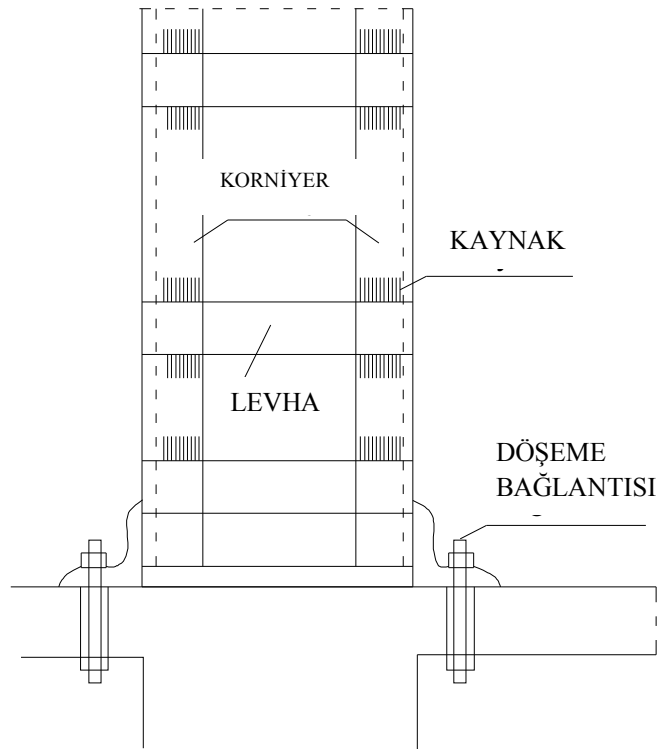
Çelik sargı dikdörtgen betonarme kolonların köşelerine dört adet boyuna köşebent yerleştirilmesi ve köşebentlerin belirli aralıklarla düzenlenen yatay plakalarla

kaynaklanması ile oluşturulur. Köşebentler ile betonarme yüzeyler arasında boşluk kalmamalıdır. Yatay plaklar dört yüzeyde sürekli olmalıdır (Şekil 3.9.). Çelik sargının kolon eksenel yük kapasitesini arttırması için korniyerlerin alt ve üst döşemeler arasında sürekli olması (boşlukların alınması) ve döşemelere başlık plakaları ile basınç aktarması sağlanmalıdır. Basınç aktarımının sağlandığı hesapla gösterilmelidir. Gerekirse köşebentlere ön yükleme yapılarak mevcut betonarme kolon kesitinin düşey yüklerden kaynaklanan eksenel basınç yükü azaltılabilir (Gülmez, 2010).

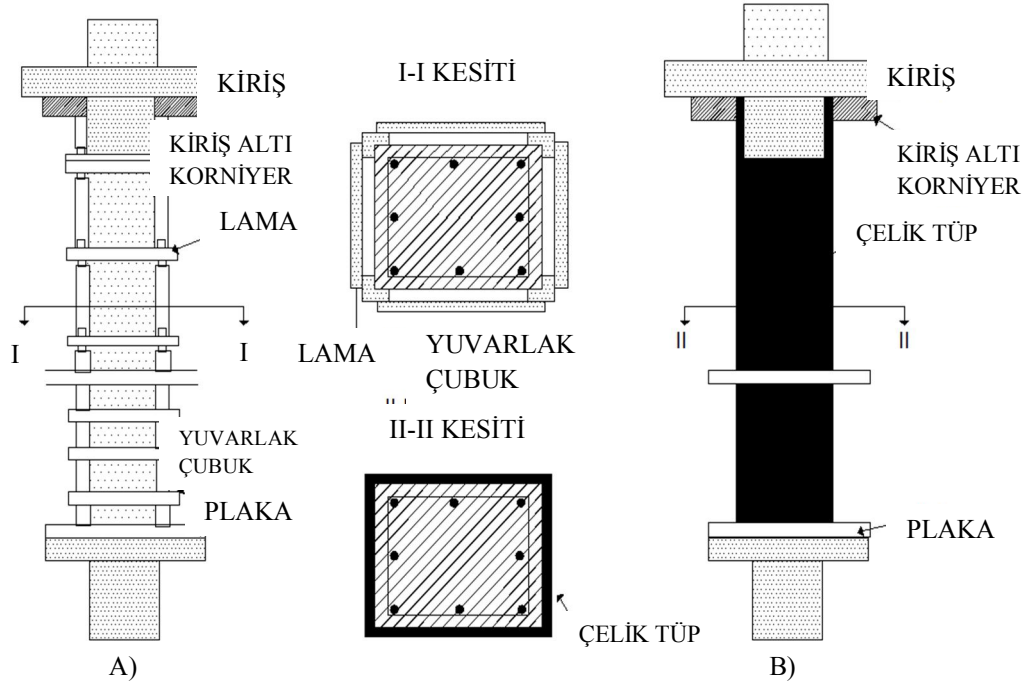
Çelik sargı ile sağlanacak ek kesme dayanımı Denk.(3.1) ile hesaplanacaktır.

$$V_j = \frac{t_j b d}{s} f_{yw} \quad (3.1)$$

Denk.(3.1)' de t_j , b , ve s yatay plakaların kalınlığı, genişliği ve aralığı, d ise kesitin faydalı yüksekliğidir. Çelik sargı ile bindirmeli eklerin zayıflıklarının giderilmesi için sargı boyunun bindirme bölgesi boyundan en az %50 uzun olması ve çelik sargının donatı bindirme bölgesinde kolonun karşılıklı yüzlerinde düzenlenen en az 16 mm çapında iki sıra bulonlu ankrajla sıkıştırılması gereklidir. Bindirme ekinin kolonun alt ucunda yapılmış olması durumunda en az iki sıra bulonlu ankraj alt döşemenin sırasıyla 250 ve 500 mm üzerinde yapılacaktır.



Şekil 3.8. Kolonun çelik ile sarılması



Şekil 3.9. Çelik manto ile kolonların güçlendirilmesi

Çelik kolon mantolama uygulamasında;

- Köşebentler eksenel yük kapasitesini artırmaktadır,
- Yatay lamalar dıştan sargı etkisi sağlar ve korniyerlerin burkulmasını önlemektedir.
- Bu uygulamada aşağıdaki detaylara dikkat edilmelidir.
- İşkenceyle korniyerler kolona iyice yaslanmalıdır,
- Korniyerler aşağıda ve yukarıda rijit çelik plakalara yaslanmalı ve iyice sıkıştırılmalıdır.
- Sıkıştırma, korniyerler yerleştirilmeden önce üstteki kirişin krika ile kaldırılmasıyla sağlanabilir.
- Bu amaçla kolonun iki tarafına simetrik olarak yerleştirilmiş, ortak bir yağ pompasına bağlı iki krika kullanılabilir.
- Krika ile kaldırma yapılamıyorsa, alttaki plakanın altına çakılacak kamalarla sıkıştırma yapılır.
- Eğer korniyerler yeterince sıkıştırılmazsa çelik manto tasarlanan yükü alamaz.

Kolonların lifli polimer (LP) ile sarılması

LP tabakasının kolonların çevresine, lifler enine donatılara paralel olacak şekilde, sarılması ve yapıştırılması ile sargılama sağlanır. LP sargısı ile betonarme kolonların süneklik kapasitesi, kesme ve basınç dayanımları ile boyuna donatı bindirme boyunun yetersiz olduğu durumlarda donatı kenetlenme dayanımı artırılır. LP sargılama ile yapılan güçlendirmelerde tam sargı (tüm kesit çevresinin sarılması) yöntemi

kullanılmalı ve sargı sonunda en az 200 mm bindirme yapılmalıdır. LP sargısı dikdörtgen kolonlarda kolon köşelerinin en az 30 mm yarıçapında yuvarlatılması ile uygulanır. LP uygulaması üretici firma tarafından önerilen yöntemle uygun olarak gerçekleştirilmelidir (Gülmez, 2010).



Şekil 3.10. Kolonun lifli polimer (LP) ile sarılması

3.5.1.2. Kirişlerin onarımı-güçlendirilmesi

Betonarme kirişlerin kesme dayanımlarının ve bazı durumlarda süneklik kapasitelerinin artırılması amacıyla aşağıdaki çözümler sıkça uygulanmaktadır. Bu yöntemlerden bazılarının sadece kesme kuvvet kapasitesini arttırdığı ve eğilme kapasitesini arttırmadığı unutulmamalıdır.

Güçlendirme işlemi sırasında komşu kolonları da göz önüne alarak kuvvetli kiriş-zayıf kolon türünden birleşim bölgesinin meydana getirilmemesine özen gösterilmelidir. Güçlendirme türü hasarın seviyesine (çatlama, beton, ezilmesi, donatı sıyrılma ve kopması) bağlı olarak değişir.

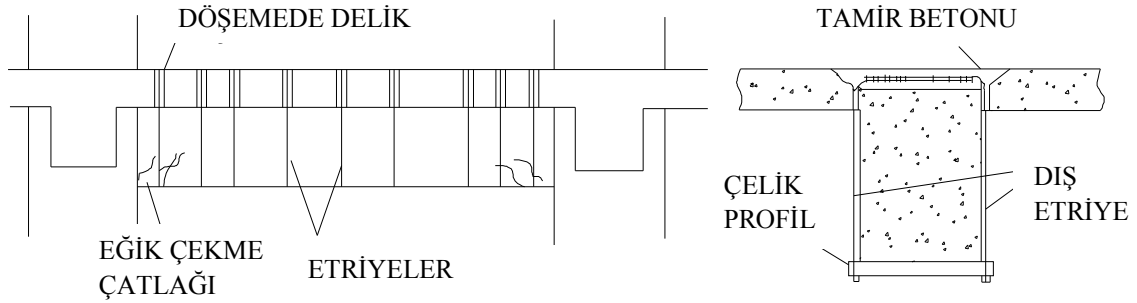
Yerel onarımlar

Hafif çatlaklı kirişler, çimento şerbeti enjeksiyonu veya epoksi ile onarılabilir. Betonun ezilmesi veya donatının kopması gibi hasarın ağır olduğu durumlarda, kirişin geçici olarak askıya alınması uygundur.

Enjeksiyon sadece hafif çatlaklı kirişlerin onarılmasında uygulanır. Hasarlı kısmın kaldırılması ve yenisinin yapılması, betonun kırılması ve ezilmesi, aderansın bozulması ve donatının kopması veya kırılması gibi ağır hasar durumlarında uygulanmamalıdır (Tosun, 2009).

Çelik levha ile kirişlerin onarım-güçlendirilmesi

Kesme dayanımı yetersiz olan kiriş mesnet bölgelerinde gerekli sayıda etriye çubuğu kirişin iki yüzüne dıştan eklenmelidir. Kiriş altına yerleştirilen bir çelik profile bulonla bağlanan çubuklar, üstteki döşemede açılan deliklerden geçirilerek döşeme üst yüzeyinde açılan yuvanın içine bükülerek yerleştirilmektedir. İşlem bittikten sonra açılan boşluklar beton ile doldurulur (Yıldırım, 2008).



Şekil 3.11. Dıştan etriye eklenmesi

Bu yöntem statik yüklere maruz kalan kirişlerin kesme mukavemetini ve açıklık eğilme mukavemetini arttırmak için kullanılır.

Kirişlerin mantolanması

Kirişlerin hem kesme dayanımlarının arttırılması hem de eğilme kapasitelerinin arttırılması amacıyla mevcut kirişe yeni bir betonarme katman eklenir. Burada, dikkat edilmesi gerekli hususlar; eski kiriş ile yeni kiriş arasında tam bir aderansın oluşması ve kiriş donatılarının eğilmeyi alabilecek şekilde komşu açıklıklara devam ettirilmesi veya sıyrılmayacak şekilde aderansın sağlanması için epoksi ile kolon içine ankre edilmesi vb. çözümler uygulanmaktadır (Yıldırım, 2008).

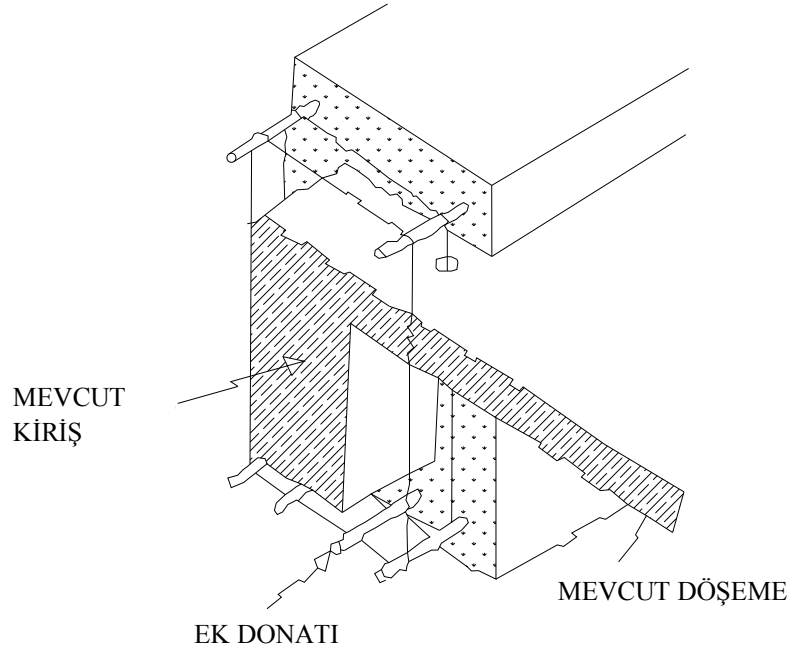


Şekil 3.12. Kiriş mantolanmasında donatılarda sürekliliğin sağlandığı bir kiriş

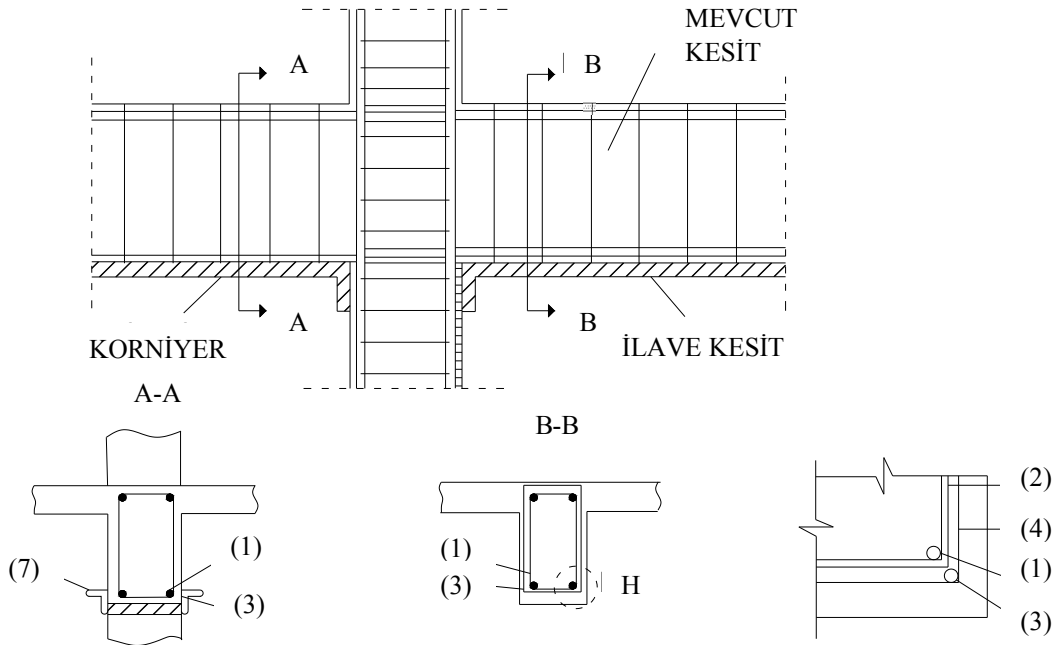
Betonarme manto kısmi olarak altta veya üstte uygulanabilir. Bu şekilde yapılan tek taraflı mantolama kirişin sadece eğilme momentine karşı mukavemetini arttırmak gerektiğinde kullanılmalıdır. Manto yapılırken yeni yerleştirilen manto donatısı ile mevcut boyuna donatı arasında bir bağ sağlanması uygun olur.

Kirişler, gerekli durumda dört veya üç tarafından beton manto giydirilerek de güçlendirilebilir. Mevcut ve yeni betonun bütünleşmesini sağlamak amacıyla, mevcuttaki beton örtü tabakasının kaldırılması ve yüzeyin temizlenmesi gerekir. Donatı düzeninde uygun kenetlenme, bırakılan uygun boylarla, kaynaklama ile veya kenetleme plakaları kullanılmasıyla sağlanmalıdır. Yeni donatılar döşemedeki deliklerden geçerek kirişi çevreleyen etriyerlerle sarılmalıdır. Güçlendirme için konulan donatılar, köşegen yönündeki çubuklarla veya çelik plakalarla mevcut donatılara bağlanmalıdır.

Kirişin yalnız mesnet bölgelerinin güçlendirilmesi ile yetinilmesi söz konusu ise, mesnette döşeme kırılarak açılır, mesnet bölgesi için gerekli ek donatı yerleştirilerek etriyerlerle sarılır (Şekil 3.13.).



Şekil 3.13. Mevcut kirişin dört taraflı manto ile güçlendirilmesi



- 1-MEVCUT DONATI 2-MEVCUT ETRİYE 3-EK BOYUNA DONATI
4-EK ETRİYELER 5-KAYNAKLI BİRLEŞTİRME ÇUBUKLARI 6-KAYNAK
7- KORNİYER YAKA

Şekil 3.14. Kirişin tek taraflı manto ile güçlendirilmesi

Kirişlerin lifli polimer ile sarılması

LP sargılama ile kiriş sünekliğinin ve kesme dayanımının artırılmasında tam sargı (tüm kesit çevresinin sarılması) yöntemi kullanılmalıdır (Yıldırım, 2008).

LP ile güçlendirilen kiriş kesme dayanımı denklem 3.2 ile hesaplanır.

$$V_r = V_c + V_s + V_f \leq V_{\max}$$

3.2

Kesme kuvveti dayanımına betonun katkısı V_c , enine donatının katkısı V_s ve asal basınç gerilmelerini sınırlamak üzere tanımlanan V_{max} değerleri TS-500 tarafından önerilen denklemler ile bulunacaktır. Kesme kuvveti dayanımına LP sargının katkısı V_f sargılamanın şeritler halinde olması durumunda aşağıdaki denklem kullanılacaktır.

$$V_f = \frac{2 n_f t_f w_f E_f \epsilon_f d}{S_f} \quad 3.3$$

n_f tek yüzdeki LP sargı tabaka sayısını, t_f bir tabaka LP için etkili kalınlığı, w_f LP şeridinin genişliğini, E_f LP elastisite modulünü, ϵ_f LP etkin birim uzama sınırını, d eleman faydalı yüksekliğini, S_f ise LP şeritlerin, eksenden eksene olmak üzere, aralıklarını göstermektedir. Sargılamanın sürekli yapılması durumunda, $w_f=S_f$ alınacaktır (DBYBHY, 2007).

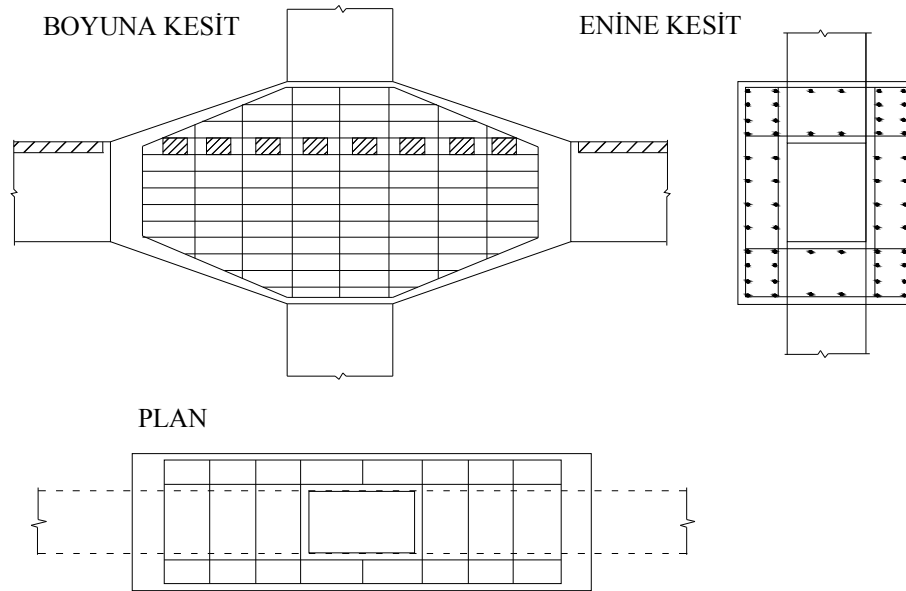
Süreksiz (şeritler halinde) LP kullanılması durumunda LP şeritlerin aralıkları ($w_f + d/4$) değerini geçmemelidir. LP sargısı kirişlerde köşelerin en az 30 mm yarıçapında yuvarlatılması ile uygulanacaktır. LP ile yapılan sargılamalarda sargı sonunda en az 200 mm bindirme yapılmalıdır. LP uygulaması üretici firma tarafından önerilen yöntemle uygun olarak gerçekleştirilmelidir (Gültekin, 2008). Bu sargılama yöntemleri karbon lifli polimerlerle (FRP), Karbon Lifli Şeritlerle (CFRP) vb. yöntemlerle de yapılabilmektedir.

3.5.1.3. Kolon-kiriş birleşim bölgelerinin onarımı-güçlendirilmesi

Hasarın yerel olması ve çatlaklar şeklinde görülmesi durumunda, epoksi reçinesi enjekte edilmesi onarım ve güçlendirme için yeterli olabilir. Aderansı çözülmüş donatının aderansının tekrar oluşturulması için de epoksi enjeksiyonu önerilir. Çimento şerbetinin aderansın kazandırılmasında yeterli olmadığı görülmüştür. Birleşim bölgesinin lif takviyeli polimer levhalarla sarılması hem dağılmanın önlenmesi ve hem de kuvvet iletimini sağlamak için uygun olabilir. Hasarın daha fazla olduğu durumlarda mantolama veya çelik şeritlerle de onarım ve güçlendirme yapılabilir (Şirin, 2006).

Kolon-kiriş birleşim bölgelerinde mantolama yöntemi

Birleşim bölgesinde donatıların yerleştirilmesi veya ankrajı düğüm bölgesinin dar oluşundan dolayı zahmetlidir. Kiriş ve kolon birleşimlerinde onarım ve güçlendirme, düğüm noktasında birleşen hem kolon, hem kirişin mantolanması ile yapılır. Yeni donatıların mevcut donatıya kaynaklanabilmesi için paspayı uzaklaştırılır. Düşey, yatay donatı çubukları ve etriyeler bir iskelet oluşturacak şekilde birbirlerine bağlanmalıdırlar. Mantonun rijitliği de yeterli olmalıdır. Düğüm noktasında yeterli bir kesme dayanımı elde etmek için bu bölgeye yatay ve düşey etriyeler konmalıdır (Yılmaz, 2006).



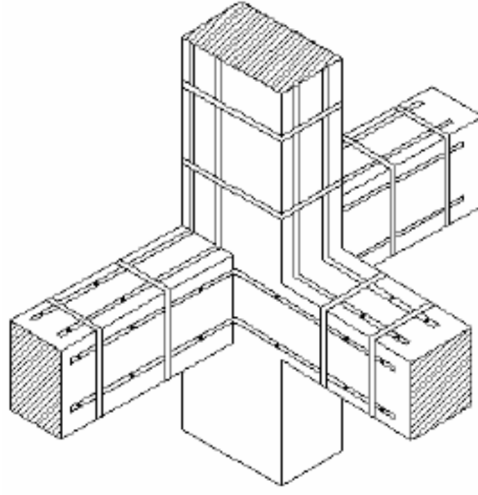
Şekil 3.15. Birleşim bölgesinin mantolama ile onarım ve güçlendirilmesi

Mantolama işleminde şu hususlara dikkat edilmesi gereklidir;

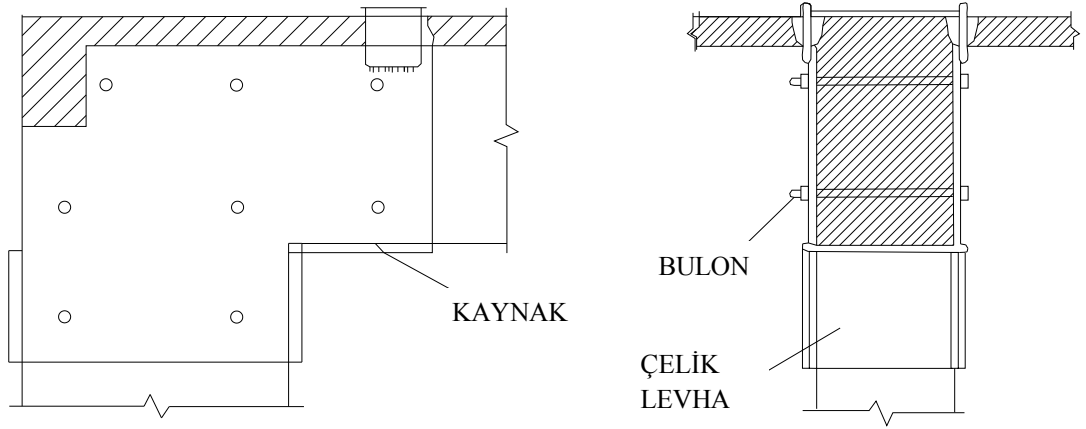
- Ek donatıların mevcut donatılarla bağlanması için mevcut beton uzaklaştırılarak donatılar ortaya çıkarılır,
- Sistemin monolitik çalışması açısından düğüm noktalarında hem kolon hem de kiriş birbirine bağlı olarak mantolanmalıdır,
- Düğüm bölgesine çok miktarda enine ve boyuna donatı yerleştirilmesi gerekebilir. Bundan dolayı manto kalınlığı uygun seçilmelidir,
- Boyuna donatılar ve etriyeler bir iskelet oluşturacak şekilde birbirine bağlanmalıdır. Böylece yapı elemanları birbirlerine kuvvet aktararak beraber çalışırlar,
- Kuvvetli kolon zayıf kiriş ilkesine göre düşey ve yatay etriyeler sık aralıklarla yerleştirilmelidir. Yatay ve düşey etriyeler düğüm bölgesindeki kayma direncini artırarak süneklığe olumlu katkıda bulunurlar,
- Kiriş yüksekliğinin çok fazla olduğu durumlarda yatay etriyeler kiriş gövdesinde açılan deliklerden geçirilerek bağlanırlar,
- Düşey etriyeler döşeme içerisinde açılan deliklerden geçirilerek bağlanırlar.

Kolon-kiriş birleşim bölgelerinin çelik levhalar ile güçlendirilmesi

Çelik levhalar düğümlerin boyutlarında değişiklik olmadan güçlendirmeyi sağlar. Çelik levhalar düğüme öngerilmeli cıvatalarla ankre edilir. Düğüm bölgesi yüzeyi düzgün değilse geniş çimento harcı ile ince bir düzeltme tabakası oluşturulur ve 4 mm kalınlığında çelik levha yerleştirilir. 4 tarafından kiriş saplanan kolonlara uygulanması pratik değildir. Levhaların kolon ve kirişlere çok iyi bağlanmış olmaları halinde iyi bir sistem sağlanmış olur (Şirin, 2006).



Şekil 3.16. Kolon-kiriş birleşim bölgesinin çelik şerit sarılarak güçlendirilmesi

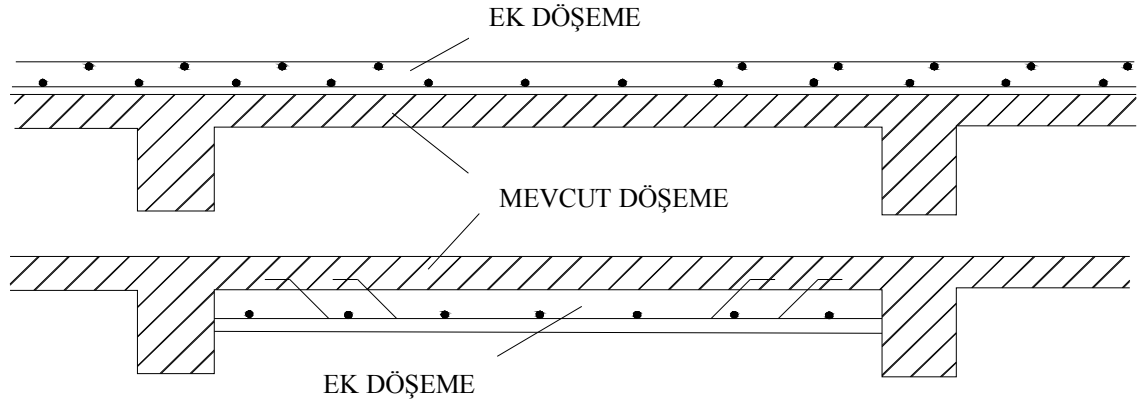


Şekil 3.17. Birleşim bölgesinin çelik levha donatı ile onarım ve güçlendirilmesi

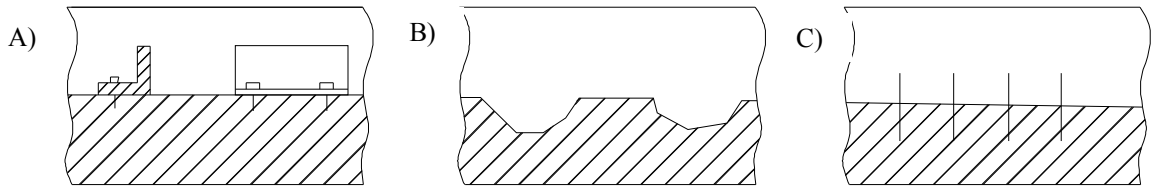
3.5.1.4. Döşemelerin onarım ve güçlendirilmesi

Yerel çatlak veya hasarlar epoksi, çimento şerbeti veya püskürtme beton ile onarılabilir. Bunun dışında bozulan betonun uzaklaştırılması ve kırılan veya burkulan donatının kesilerek kaynakla yeni donatının eklenmesi gerekebilir.

Kesitin eğilme rijitliğini artırmak amacıyla döşeme kalınlığı arttırılabilir. Üstten yeni beton tabakası ile kalınlaştırılabileceği gibi alttan püskürtme beton uygulayarak döşemenin dayanımı arttırılabilir (Şekil 3.18.). Bu sırada yeni kısımlara uygun donatılar da yerleştirilmelidir. Yeni donatının mevcut olana kaynaklı parçalarla bağlanması, sistemin bütünlüğü bakımından istenir. Bu durum Şekil 3.19.'de olduğu gibi çelik çubukların mevcut döşemeye epoksi ile ekilmesi, profil parçalarının çelik dubellerle mevcut döşemeye sabitlenmesi, mevcut döşemenin pürüzlendirilmesi veya mevcut açılan boşluklar ile sağlanır (Kumbasar; Celep, 2000).



Şekil 3.18. Döşemenin kalınlaştırılarak güçlendirilmesi



Şekil 3.19. Mevcut döşeme ile yeni döşeme arasında kayma gerilmesi bağının sağlanması; a) Çelik profil parçalarıyla, b) Yüzeyi pürüzlendirerek, c) Epoksi uygulaması ve donatı

Döşemde uygulanan diğer bir güçlendirme yöntemi ise çelik levhalarla güçlendirmedir. Çelik levhalar yalnızca döşemenin eğilme momenti dayanımını arttırmak için döşemenin alt yüzüne epoksi vb. yapıştırıcılar yardımı ile uygulanır.

Döşeme güçlendirmesinde diğer güçlendirme yöntemlerine nazaran pratik olmayan fakat daha ekonomik olan diğer uygulama yöntemi döşemenin kırılarak tekrar inşa edilmesidir. Ayrıca kat yüksekliğinde bir azalma olmadığından kullanımda bir değişiklik getirmediğinden daha uygun bir yöntemdir. Mevcut döşeme kiriş mesnetleri ile kırıldıktan sonra mevcut donatılardan da istifade edilerek ek donatılar ilave edilir ve istenilen kalınlıkta döşeme betonu dökülür.

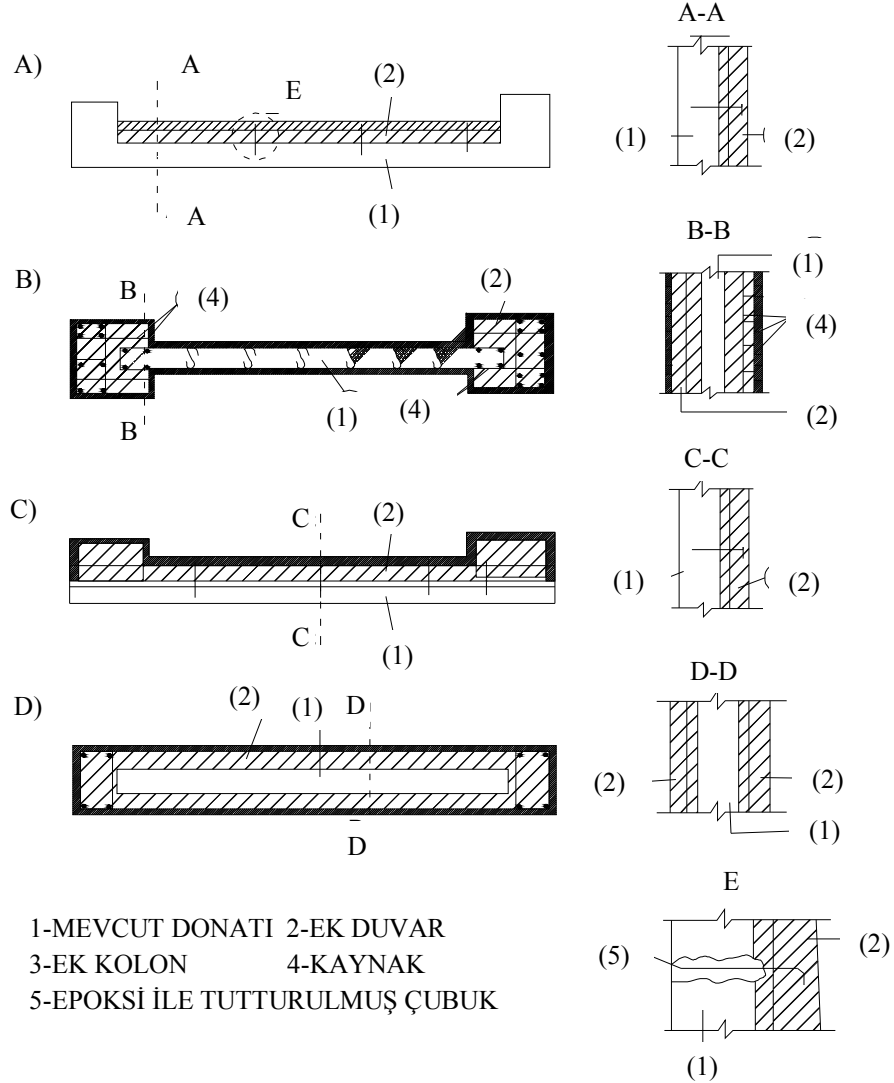
3.5.1.5. Perdelerin onarımı-güçlendirilmesi

Perdeler yapıya gelen yatay yüklerin karşılanmasında yüksek mukavemetinden dolayı yapının en önemli elemanlarından biridir. Perdeler yapının yanal ötelenmelerini büyük ölçüde kısıtlayarak ikinci mertbe momentlerinden dolayı kesitlerin daha çok zorlanmasını önlerler. Bu özelliklerinden dolayı perdelerin onarım ve güçlendirilmesi titizlikle yapılmalıdır (Şirin, 2006).

Deprem yükü taşımak üzere düzenlenen betonarme perdelerde hasarlar, kayma ve eğilme taşıma gücünün yetersizliğinden veya büyük boşluklu perdelerde bağ kirişlerinin yetersizliğinden kaynaklanabilir. Perdelerin güçlendirilmesinde eğer varsa, pencere,

kapı gibi boşlukların doldurulması ile sağlanan ek taşıma gücü kapasitesi yeterli olabilir (Tosun, 2009).

Perdelerde kesme mukavemeti yetersiz ise perde kalınlığı artırılır. Eğilme momenti mukavemeti yetersiz ise perdenin her iki ucuna flanşlar eklenir. Eğer her iki durum da yetersiz ise hem gövde kalınlığının artırılır hem de perde uçlarına flanş eklenmesi yapılır. Ayrıntılar Şekil 3.20.'de gösterilmektedir (Şirin, 2006).

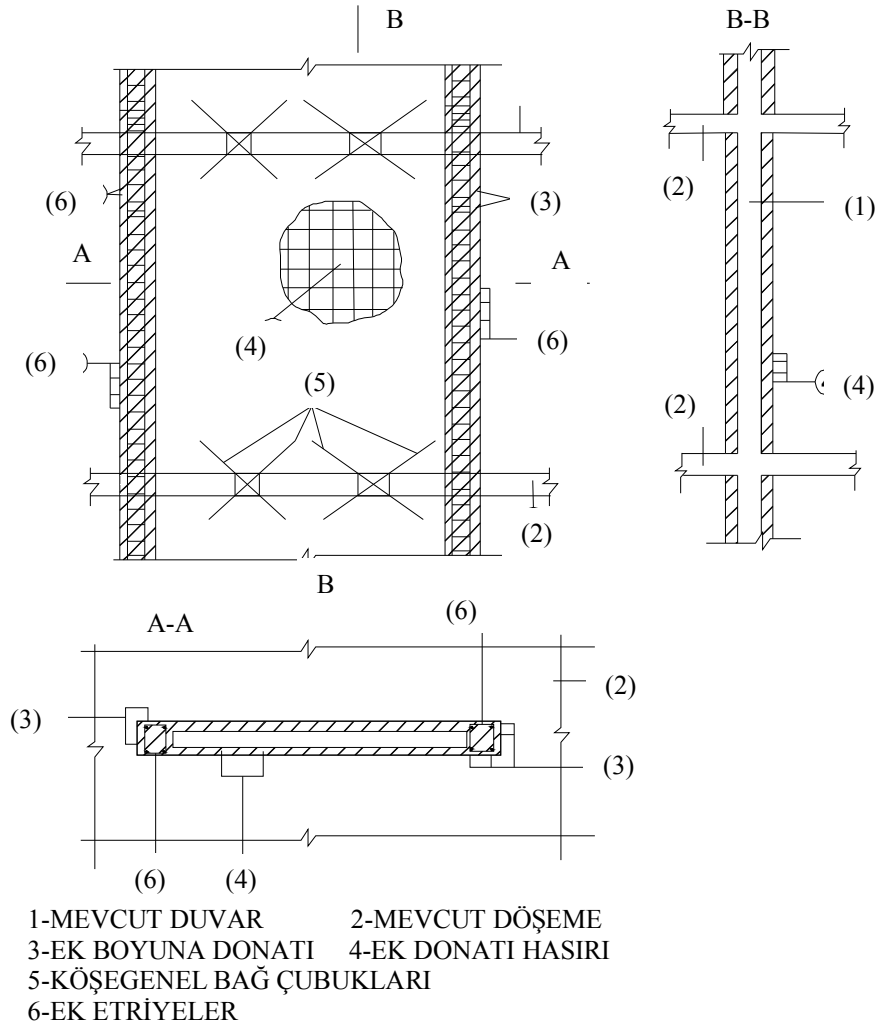


Şekil 3.20. Perdelerin onarım ve güçlendirilmesinde mantolama yönteminin kullanılması

Betonarme yapı elemanlarından olan perdelerin onarımları ve güçlendirilmeleri konusunda aşağıdaki ifadeler kullanılabilir.

- Yeni malzemelerin mukavemetleri mevcut malzemelerden az olmamalıdır.
- İlave perde kalınlığı en az 10 cm, flanş kalınlığı ise en az 15 cm olmalıdır.
- Hem düşey hem de yatay toplam donatının toplam brüt beton alanına oranı 0.0025'den az olmamalıdır.

- Perde ucundaki etriyelerin çapı 8 mm'den ve o bölgedeki boyuna donatı çapının 1/3'ünden ince olmamalıdır. Aralıkları ise uçtaki betonun et kalınlığından ve 15 cm'den fazla olmamalıdır.
- Mevcut perdenin yüzü tamamen pürüzlendirilmeli ve yeni beton mevcut betona her doğrultuda en çok 60 cm aralıklarla epoksi ile tespit edilmiş kancalı dübeller yardımıyla bağlanmalıdır.
- Mümkünse perdelerin boyutları tüm katlarda aynı kalmalıdır (Kuşan, 2008).



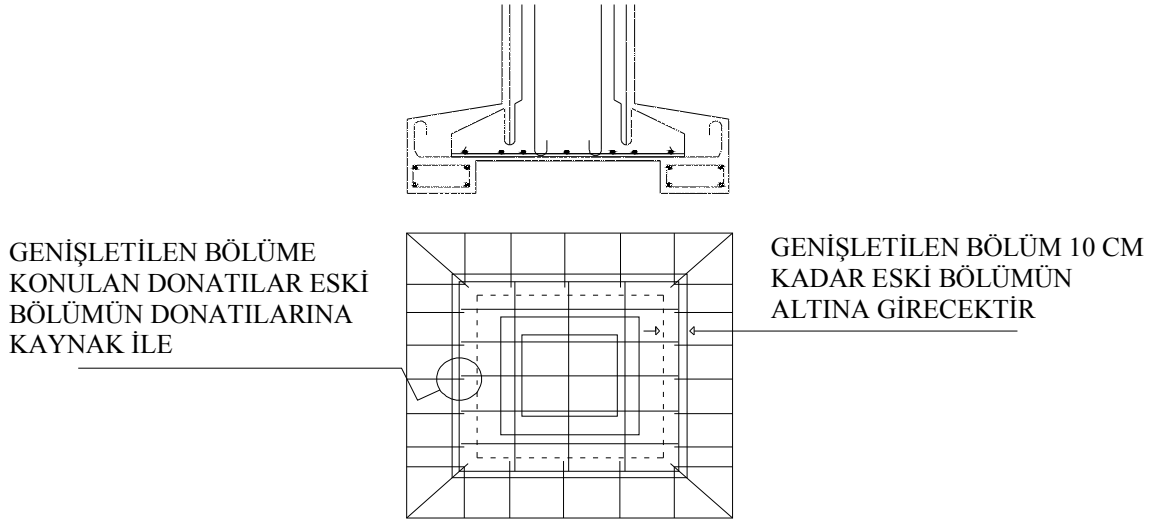
Şekil 3.21. Perde ile döşeme arasında kesme kuvveti aktarımı

3.5.1.6. Temellerin onarım-güçlendirilmesi

Temellerde, temel boyutlarının gelen yükler altında taşıma gücü bakımından yetersiz olması, aşırı deprem yükleri nedeniyle hasarların oluşması, güçlendirme sonrası sabit yüklerin artması onarım ve güçlendirme ihtiyacı ortaya çıkarır. Ayrıca güçlendirme amacı ile yeni eklenen deprem perdeleri içinde temel yapılması zorunludur. Temellerde

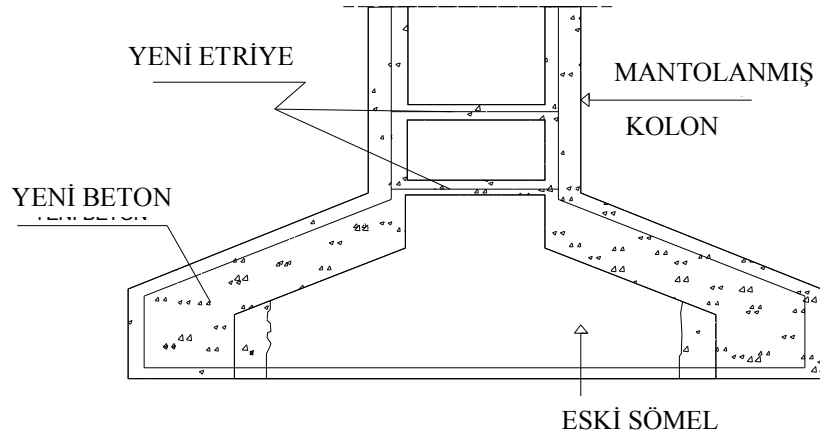
onarım ve güçlendirme, mevcut temel yapısını güçlendirerek veya yeni temel yapısı ekleyerek yapılabilir.

Şekil 3.22.'de mantolanmış bir kolonun temel takviyesi görülmektedir. Mantolanarak en kesiti genişletilmiş bir kolonun temeli yeterli olabilir. Bu durumda temeli büyötmeye gerek olmayabilir. Mantolanarak genişletilen kolonun yeni donatıları eski temelde ankrajlanabilir ya da sömel biraz genişletilerek yeni eklenen donatılar genişletilen bölgede ankrajlanabilir. Sömelin genişletilen bölümüne konulan donatıların eski bölümün donatılarına kaynakla bağlanması ve genişletilen bölümün eski sömelin altına girmesi uygun olacaktır.



Şekil 3.22. Münferit kolon sömelinin genişletilerek takviyesi

Şekil 3.22.'de mantolanarak en kesiti artırılmış kolonun temelının güçlendirilme ayrıntıları verilmektedir. Burada genişletilen sömel tabanına konulan, kolonun uzatılmış boyuna donatıları mevcut sömelin kenarları kırılarak ortaya çıkarılmış donatılarına kaynakla bağlanmalıdır. Şekil 3.23.'da ise mantolanmış bir betonarme kolonun temelının de yine aynı şekilde mantolanması görülmektedir (Yörükçü, 2007).



Şekil 3.23. Mantolanmış kolonda sömel takviyesi

Bazı durumlarda sürekli temeller daha emniyetli olması açısından radye temellere dönüştürülebilirler.

3.5.1.7. Taşıyıcı sistemin yeni elemanlarla güçlendirilmesi

Mevcut yapının yanal yük dayanımı yeni yapı elemanlarının eklenmesiyle artırılabilir. Bu elemanlar uygun projelendirildiğinde deprem etkisinin büyük bir kısmına karşı koyarak, mevcut sistemin yükünü önemli ölçüde azaltırlar. Kullanılacak yeni taşıyıcı eleman, mevcut yapının taşıyıcı sistemine ve hasar durumuna bağlıdır. Yeni elemanlarla tüm sistemin deprem davranışının değişebileceği unutulmamalıdır. Güçlendirme için öngörülen yeni elemanlarla sistemin rijitliği artırılacağı için, genellikle deprem kuvvetleri de artar ve etkiler sistemde değişik bir dağılımla ortaya çıkar. Yeni elemanların yapı içinde düzgün dağıtılmasıyla etkilerin belirli bölgede yığılması ve istenmeyen burulma etkilerinin meydana gelmesi önlenmiş olur. Mevcut ve yeni elemanlar arasındaki kuvvet geçişinin ve bütünleşmesinin sağlanması için ara bölgelerin özenle ele alınması ve projelendirilmesi gerekir (Ceritli, 2006).

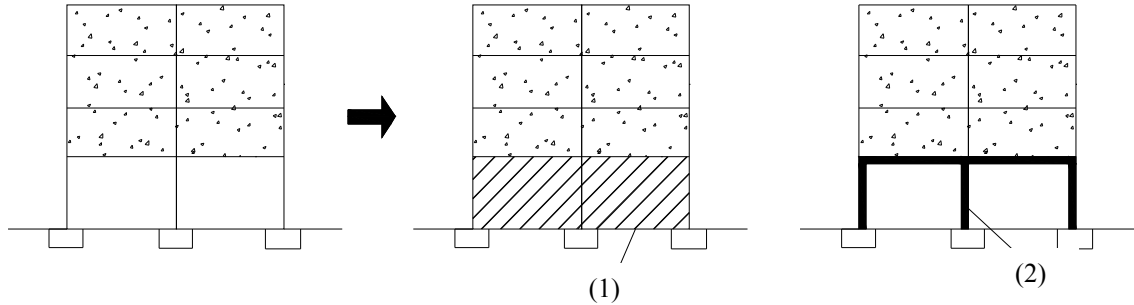
Sistem iyileştirmede temel ilke, bazı çerçevelerin kuvvetlendirilip, rijitleştirilmesidir. Bu işlem, belirli çerçevelere konacak çelik çaprazlar veya dolgu duvarlarla sağlanır. Dolgu duvar prefabrik panolardan veya yerinde dökme betonarmeden oluşabilir. Her iki durumda da dolgu ile çerçevenin bir perde oluşturabilmesi için, dolgu ile çerçeve elemanların etkili bir biçimde bağlanması gerekir.

Çelik çaprazlarla güçlendirme genelde ülkemizdeki yapılar için yeterli olmamaktadır. Bunun nedeni, genelde binaların yanal rijitliklerinin çok düşük olması ve çelik çaprazlarla yeterli rijitlik sağlanamamasıdır. Çerçeve içine yerleştirilen ve çerçeve elemanlarına bağlanan betonarme dolgu duvarlarla perdeli sistemler, ülkemizde en yaygın kullanılan deprem onarım/güçlendirme yöntemidir (Tosun, 2009).

a) Betonarme perdeler eklenmesi yöntemi ile güçlendirme: Perde eklenmesi ile güçlendirme yöntemi, çok sayıda elemanın güçlendirilmesi gereken ve/veya yanal rijitliği yetersiz yapılarda ekonomik nedenlerden ötürü sıkça kullanılan bir güçlendirme yöntemidir. Kimi zaman çok sayıda elemana güçlendirme uygulamak yerine tüm deprem kuvvetini alabilecek yeni bir yanal yük taşıyıcı sistem oluşturmak daha uygun bir yöntem olabilir (Sümengen, 2009).

Perdelerin yerlerinin seçiminde, deprem yükleri altında ek burulma momenti meydana getirilmemesine ve kütle ve rijitlik merkezlerinin olabildiğince yaklaşmasına özen gösterilmelidir. Yeni perdelerin yerlerinin, mevcut perde ve kolon düzenine dikkat edilerek belirlenmesi gerekir (Ceritli, 2006).

Betonarme sisteme eklenecek perdeler çerçeve aksının içinde düzenlenmeli ve temelden başlayarak perde üst kotuna kadar sürekli olmalıdır. Bu amaçla, perde uç bölgesindeki boyuna donatıların ve gereği durumunda perde gövdesindeki boyuna donatıların perde yüksekliği boyunca sürekliliği sağlanmalıdır. Perdeler, içinde bulundukları çerçeveye ankraj çubukları ile bağlanarak birlikte çalışmaları sağlanmalıdır. Ankraj çubukları, mevcut çerçeve elemanları ile eklenen betonarme perde elemanı arasındaki ara yüzlerde deprem kuvvetleri altında oluşan kayma gerilmelerini karşılamak için yeterli dayanıma sahip olmalıdır.

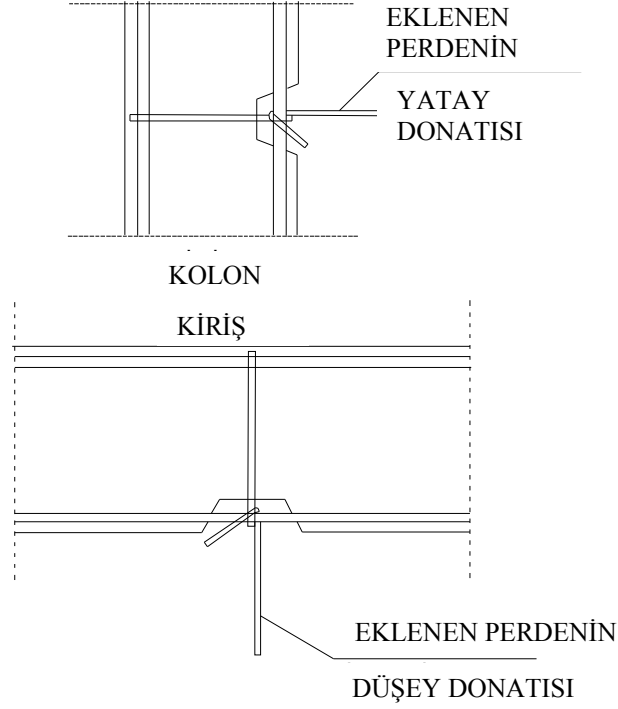


Şekil 3.24. Taşıyıcı sisteme perde eklenmesi

b) Donatısız yığma duvarlarla doldurulması: Çerçeve boşluklarının tuğla duvarlarla doldurulması çok zayıf bir güçlendirme yöntemidir. Bu yöntemle çok az bir taşıma gücü artışı sağlanır. Öte yandan çerçeve açıklıklarındaki kirişlerin altına mesnet teşkili, kirişlerin yükünün boşaltılması ve donatılı yığma duvarla güçlendirme için bir ön hazırlık olarak nitelendirmek doğru olur.

c) Donatılı yığma duvarlarla doldurulması: Bu yöntem çerçeve boşluğuna örülen yapı malzemesinin her iki yüzüne hem yatay hem de düşey yönde donatıların yerleştirilmesi ile yapılır. Yatay donatıların kolonlarda, düşey donatıların kirişlerde açılan deliklerden geçirilerek yapı yüksekliği boyunca sürekliliğinin sağlanması gerekir.

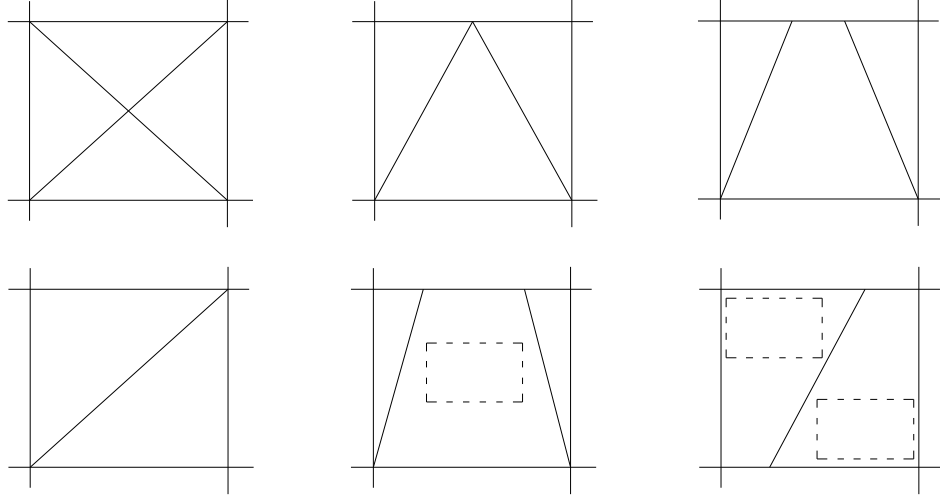
Bu arada eklenen yatay ve düşey donatılar kolon ve kirişlerdeki donatılara Şekil 3.25.'deki gibi kancal bir biçimde bağlanabilir. Bu yöntemde var olan tuğla duvarların güçlendirilmesi için hasır donatı da kullanılabilir. Hasır çeliğin duvarın her iki yüzüne konulması ve yer yer birbirilerine çiroz etriyelerle bağlanması gerekir. Donatılı duvar perde gibi çalışabilmesi için donatıların yapı yüksekliği boyunca sürekli olmaması gerekir.



Şekil 3.25. Güçlendirme perdesinin donatısının mevcut elemanlara bağlantısı

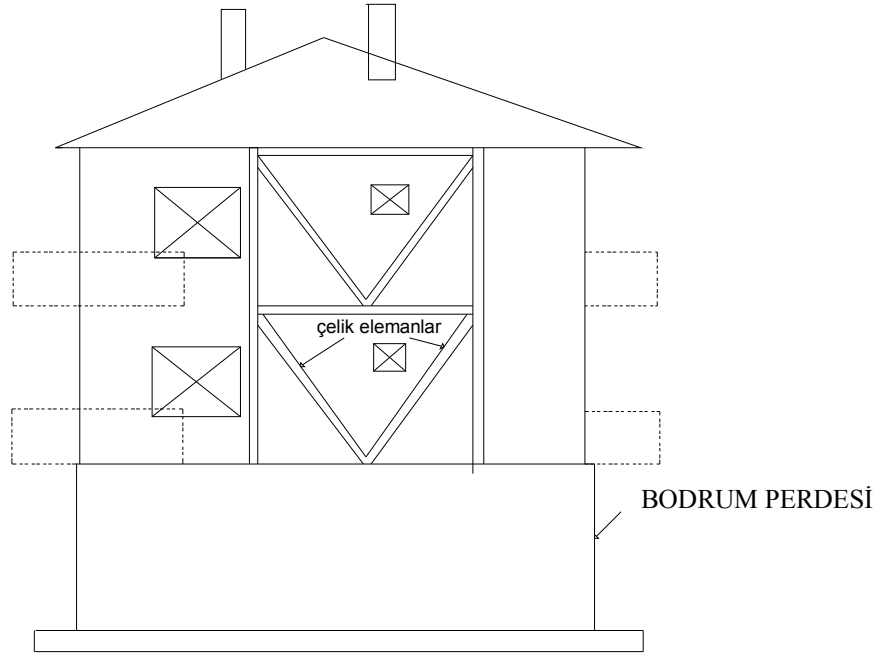
d) Hazır dökülmüş panolarla dolgu: Yerinde dökme betonarme duvar yapımı yerine hazır dökülmüş duvar elemanları da kullanılabilir. Hazır elemanlar standart açıklıklar varsa daha kullanışlı olabilir. Öte yandan yapıda onarılması gereken çok sayıda aynı boyutta çerçeve açıklığı varsa hazır dökülmüş pano ile dolgu yapılabilir. Ancak bunların yapı içinde insan gücü ile taşınabilir boyut ve ağırlıkta olması gerekir. Hazır dökülmüş betonarme panolarla dolgu yaparak güçlendirme, yerinde dökme betonarme perde duvarlarla güçlendirmeye göre daha az yatay yük taşıma gücü sağlar fakat daha sünek olduğu görülmektedir. Bu yöntemde panolar birbirlerine, kolon ve kirişlere kaynaklı olarak bağlanmalıdır. Hazır panoların kolon veya kirişlere bağlantısı, yerinde dökme mevcut elemanlarda kiriş ya da kolonda kesme takoz yuvaları açmak ve buralardaki kiriş ve kolon donatısına hazır elemanlardan gelen donatıları kaynaklamak biçiminde de olabilir. Kesme takozu yuvası epoksi harcı ya da yüksek dayanımlı ve genleşen çimentolu beton ile doldurulmalıdır.

e) Çelik diyagonal elemanlarla güçlendirme: Yapıya betonarme perde duvarların eklenmesi, yapının ağırlığını ve dolayısıyla yapıya gelen deprem kuvvetlerini artırır. Bu artıştan kaçınmak ya da yapının ağırlığını arttırmadan rijitliğini ya da daha önemlisi sünekliğini arttırmak için çerçeve boşlukları arasına çelik çerçeveler ya da diyagonal elemanlar konularak güçlendirme yapılabilir.



Şekil 3.26. Çeşitli çelik çapraz kullanım şekilleri

Kolona ve kirişe bitişik olan çelik elemanlarla kuvvetin olabildiğince düzgün yayılı iletilmesi sağlanır. Ancak, çaprazlar nedeniyle köşelerde oluşan büyük çekme ve basınç kuvvetlerinin betonarme ve çelik taşıyıcı sistem arasında iletilmesi gerekir. Özellikle, beton kalitesinin çok düşük olması durumunda büyük köşe levhalarına ihtiyaç duyulur. Çaprazlı çelik kafes sistemde kuvvetlerin kattan kata geçmesinin sağlanmasına özen gösterilmelidir. Bunun için kolona bitişik düşey çelik elemanların katlar arası sürekliliğinin sağlanması gereklidir.



Şekil 3.27. Çelik çaprazlarla güçlendirilmiş bina

Çelik diyagonallerle güçlendirmede en önemli sorun, deprem sırasında düğüm noktalarıyla çelik diyagonaller arasındaki kuvvet aktarımının güvenli bir şekilde sağlanmasıdır. Güvenli bir kuvvet aktarımı için;

- Özellikle birleşim noktalarının kesme mukavemeti yüksek olmalıdır,
- Düğüm noktaları, çelik yakalar veya çelik tasmlarla sarılarak diyagonaller bu elemanlara bağlanmalıdır,
- Diyagonaller yukarıdaki şekilde olduğu gibi her katta düğüm noktalarındaki bağlantı elemanlarıyla bağlanarak süreklilik elde edilir,
- Çelik çerçevelerde kirişlere dübeller yardımıyla bağlanarak süreklilik elde edilir.
- Çelik çerçevelerle veya diyagonallerle güçlendirmenin diğer güçlendirme yöntemlerine göre avantajları ve dezavantajları ise;
- Yapı ağırlığında önemli bir artış olmamakla beraber, rijitlik ve süneklilik arttırılmış olur,
- Yapının ağırlığında önemli bir artış olmadığından dolayı yapıya gelen toplam deprem yükünde bir artış olmaz. Hatırlanacağı gibi perde duvarlarla güçlendirmede rijitlik artışıyla beraber yapı ağırlığı da önemli miktarda artmaktadır,
- Bu güçlendirme yöntemi diğerlerine göre çok daha kısa sürede yapılabilir. Bundan dolayı deprem sonrası yapıların hasarlı bölümlerini desteklemede hemen kullanılabilirler,

- Çelik çerçeveler yatay kuvvetler etkisinde betonarme perdelerle göre daha güçsüzdür,
- Diyagonaller, çerçevelere uygun şekillerde yerleştirilerek pencere ve kapı için boşluklar bırakabilir. Betonarme perdelerle güçlendirmede bu imkan yoktur.

f) Betonarme sisteme yeni çerçeveler ekleyerek güçlendirme: Betonarme sisteme yeni çerçeveler eklenerek, yatay kuvvetlerin paylaşımı sağlanabilir. Sisteme eklenecek çerçevelerin temelleri, mevcut binanın temelleri ile birlikte düzenlenmelidir. Yeni çerçevelerin mevcut binanın taşıyıcı sistemi ile birlikte çalışması için bu çerçeveler mevcut binanın döşemelerine gerekli yük aktarımını sağlayacak şekilde bağlanmalıdır (Öncü, 2011).

4. UYGULAMA PROJESİ İNCELEMESİ

4.1. 2007 Deprem Yönetmeliğinde Yer Alan Bazı Güçlendirme Hükümleri

4.1.1. Binalardan bilgi toplanması

Değerlendirilmesi planlanan bina yerine gidilerek incelemeler yapılmalıdır. Değerlendirme raporunda binanın yerleşim durumu ve kat adedi yanında, yapılan geoteknik ve malzeme incelemelerinin sonuçları özet olarak verilmelidir. Mevcut bina için bölgedeki deprem durumu göz önüne alınarak zemin karakteristik periyotları ve etkin yer ivmesi katsayısı da belirtilmelidir. Geoteknik incelemede çevredeki genel zemin durumu belirtildikten sonra yapısal hasar ve muhtemel güçlendirme sistemi ile doğrudan ilgili geoteknik, endeks ve mühendislik parametreleri verilmelidir. Bu durumlar incelendikten sonra yapının DBYBHY 2007'de belirtilen bilgi düzeylerinden hangisine dâhil olduğunu Çizelge 4.1.'den belirlememiz gerekmektedir. Bilgi düzeyi belirlenmesinden sonra Çizelge 4.2.'de belirtilen bilgi düzeyi kat sayıları yapıya etkitilmelidir.

Çizelge 4.1. Betonarme binalarda bilgi düzeyleri

Bilgi Düzeyi	Mevcut Yapı Projesi Var Mı?	Eleman Detayları	Malzeme Özellikleri
Sınırlı Bilgi Düzeyi	Yok	Her katta en az birer adet olmak üzere perde ve kolonların %10'unun ve kirişlerin %5'inin pas payları sıyrılır. Ayrıca pas payı sıyrılmayan elemanların %20'sinde enine ve boyuna donatı sayısı ve yerleşimi donatı tespit cihazları ile belirlenecektir.	Her katta kolonlardan veya perdelerden en az iki adet karot alınarak deney yapılacak ve örneklerden elde edilen en düşük basınç dayanımı mevcut beton dayanımı olarak alınacaktır.
Orta Bilgi Düzeyi	Var ya da yok	Perde, kolon ve kirişlerin sayısı her katta en az ikişer adet olmak üzere o kattaki toplam kolon sayısının %20'sinden ve kiriş sayısının %10'undan az olmayacaktır. Ayrıca pas payı sıyrılmayan elemanların %20'sinde enine ve boyuna donatı sayısı ve yerleşimi donatı tespit cihazları ile belirlenecektir.	Her kattaki kolonlardan veya perdelerden toplam üç adetten az olmamak üzere ve binada toplam 9 adetten az olmamak üzere, her 400 m ² 'den bir adet karot alınarak deney yapılacaktır.
Kapsamlı Bilgi Düzeyi	Var	Orta Bilgi Düzeyiyle aynı şartlar sağlanacaktır.	Her kattaki kolonlardan veya perdelerden toplam üç adetten az olmamak üzere ve binada toplam 9 adetten az olmamak üzere, her 200 m ² 'den bir adet karot alınarak deney yapılacaktır.

Çizelge 4.2. Binalar için bilgi düzeyi katsayıları

Bilgi Düzeyi	Bilgi Düzeyi Katsayısı
Sınırlı	0.75
Orta	0.90
Kapsamlı	1.00

4.1.2. Yapı elemanlarında hasar sınırları ve hasar bölgeleri

4.1.2.1. Kırılma türleri ve kesit hasar sınırları

Yapı elemanlarının hasar sınırlarının belirlenebilmesi için öncelikle elemanın kırılma türü belirlenmelidir. Kırılma türü, elemanların kapasitelerine hangi kırılma türüyle ulaştığına göre sünek ve gevrek olarak iki sınıfa ayrılmıştır.

Kesit düzeyinde hasar sınırları için ise sünek elemanlarda 3 sınır durum verilmiştir;

Minimum Hasar Sınırı (MN) : Kritik kesitte elastik ötesi davranışın başlangıcını

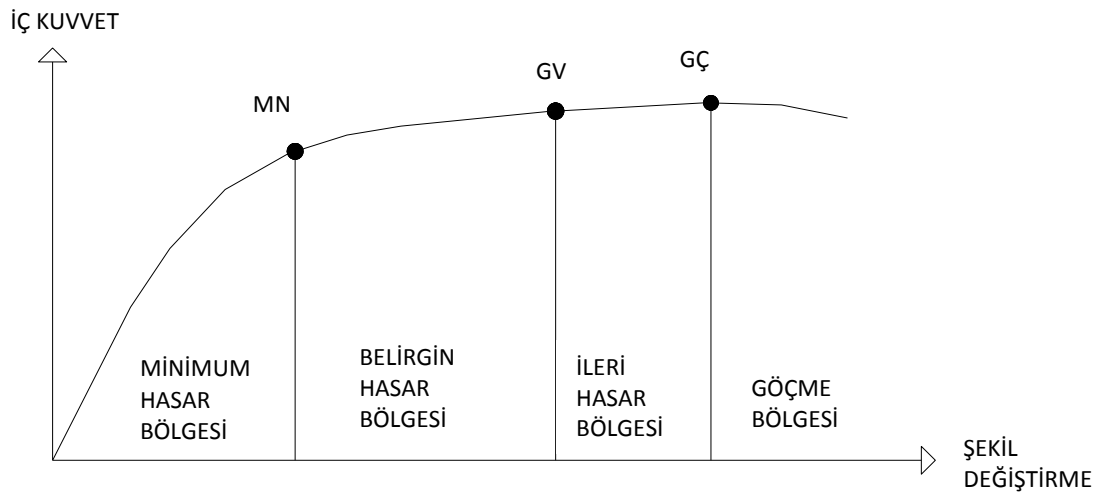
Güvenlik Sınırı (GV) : Kesitin dayanımını güvenli olarak sağlayabileceği elastik ötesi davranışın sınırını

Göçme Sınırı (GÇ) : Kesitin göçme öncesi davranışının sınırını tanımlamaktadır.

Gevrek elemanlarda ise elastik ötesi davranışın oluşmasına izin verilmez.

4.1.2.2. Kesit hasar bölgeleri

Kritik kesitlerinin hasarı MN' ye ulaşmayan elemanlar Minimum Hasar Bölgesi(MH)' nde, MN ile GV arasında kalan elemanlar Belirgin Hasar Bölgesi (BH)' nde, GV ve GÇ arasında kalan elemanlar İleri Hasar Bölgesi (IH)' nde, GÇ' yi aşan elemanlar ise Göçme Bölgesi'nde yer alırlar (Şekil 4.1.).



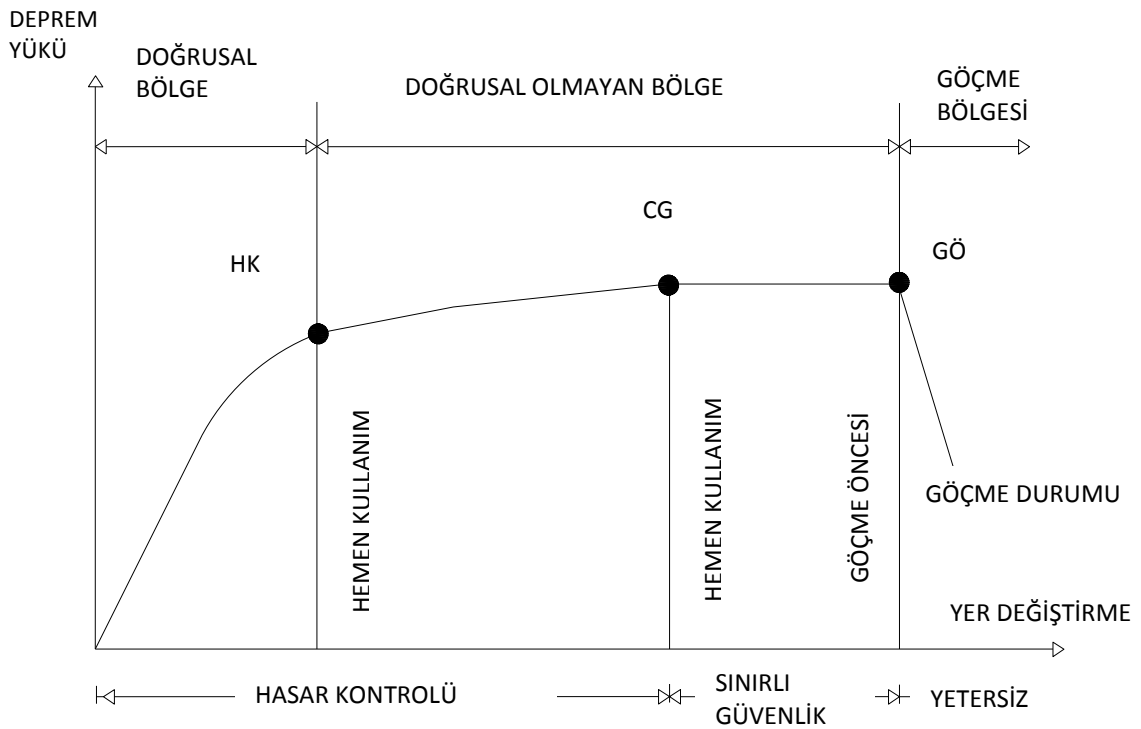
Şekil 4.1. İç kuvvet-şekil değiştirme grafiği

4.1.3. Bina deprem performansının belirlenmesi

Bina deprem performansı hasarlı elemanların toplam eleman yüzdelere, hasar bölgesi tariflerine ve hasar tipine göre belirlenir. Bu şekilde sırasıyla kesit performans düzeyleri, eleman performans düzeyleri ve sonuç olarak taşıyıcı sistemin performans düzeyi belirlenmiştir olur (Çınar, 2009).

4.1.3.1. Bina performans düzeyleri

Binaların deprem performansı, uygulanan deprem etkisi altında yapıda oluşması beklenen hasarın durumu ile ilişkilidir ve dört farklı hasar durumu esas alınarak bina performans düzeyleri tanımlanmıştır. Deprem yönetmeliğinde tanımlanan hesap yöntemlerinin uygulanması ve eleman hasar bölgelerine karar verilmesi ile bina deprem performans düzeyleri belirlenir. Bu performans düzeyleri Hemen Kullanım Performans Düzeyi (HK), Can Güvenliği Performans Düzeyi (CG), Göçme Öncesi Performans Düzeyi (GÖ), Göçme Durumu şeklinde verilmiştir (Şekil 4.2.).



Şekil 4.2. Bina performans düzeyleri

4.1.3.2. Hemen kullanım performans düzeyi

Uygulanan deprem etkisi altında yapısal elemanlarda oluşan hasar minimum düzeydedir. Elemanlar rijitlik ve dayanım özelliklerini korumaktadır, yapıda kalıcı ötelenmeler oluşmamıştır. Az sayıda elemanda akma sınırı aşılmış olabilir. Yapısal olmayan elemanlarda çatlamlar görülebilir, ancak bunlar onarılabilir düzeydedir. Binanın güçlendirilmesine gerek yoktur (Çınar, 2009).

DBYBHY 2007' ye göre;

“Herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için kirişlerin en fazla %10'u belirgin hasar bölgesinde olabilir diğer tüm elemanlar minimum hasar bölgesinde olmalıdır.”

4.1.3.3. Can güvenliği performans düzeyi

Uygulanan deprem etkisi altında yapısal elemanların bir kısmında hasar görülür, ancak bu elemanlar yatay rijitliklerinin ve dayanımlarının önemli bölümünü korumaktadırlar. Yapıda az miktarda kalıcı ötelenmeler oluşabilir; ancak gözle fark edilebilir büyüklükte değildir. Can Güvenliği performans düzeyini sağlayan binalar göz önüne alınan deprem etkisi altında muhtemelen belirgin derecede (orta) hasar göreceklerdir. Ancak bu hasarlar deprem sırasında binada bulunanların can güvenliği için tehdit oluşturmayacaktır. Binanın güçlendirilmesine, güvenlik sınırını aşan elemanların sayısına ve yapı içindeki dağılımına göre karar verilir (Çınar, 2009).

DBYBHY 2007' ye göre;

“Eğer varsa, gevrek olarak hasar gören elemanların güçlendirilmeleri kaydı ile aşağıdaki koşulları sağlayan binaların Can Güvenliği Performans Düzeyi' nde olduğu kabul edilir:

(a) Herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda, ikincil (yatay yük taşıyıcı sisteminde yer almayan) kirişler hariç olmak üzere, kirişlerin en fazla %30'u ve kolonların aşağıdaki (b) paragrafında tanımlanan kadarı İleri Hasar Bölgesi'ne geçebilir.

(b) İleri Hasar Bölgesi'ndeki kolonların, her bir katta kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine toplam katkısı %20'nin altında olmalıdır. En üst katta İleri Hasar Bölgesi'ndeki kolonların kesme kuvvetleri toplamının, o kattaki tüm kolonların kesme kuvvetlerinin toplamına oranı en fazla %40 olabilir.

(c) Diğer taşıyıcı elemanların tümü Minimum Hasar Bölgesi veya Belirgin Hasar Bölgesi'ndedir. Ancak, herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden Minimum Hasar Sınırı aşılmış olan kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin, o kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının %30'u aşmaması gerekir.”

4.1.3.4. Göçme öncesi performans düzeyi

Uygulanan deprem etkisi altında yapısal elemanların önemli kısmında hasar görülür. Bu elemanların bazıları yatay rijitliklerinin ve dayanımlarının önemli bölümünü yitirmişlerdir. Yapısal olmayan elemanlar hasarlıdır, dolgu duvarların bir bölümü yıkılmıştır. Yapının mevcut haliyle kullanımı can güvenli bakımından sakıncalıdır ve

güçlendirilmelidir. Ancak güçlendirmenin ekonomik olup olmadığı değerlendirilmelidir (Öncü, 2011).

DBYBHY 2007' ye göre;

“Gevrek olarak hasar gören tüm elemanların Göçme Bölgesi'nde olduğunun göz önüne alınması kaydı ile aşağıdaki koşulları sağlayan binaların Göçme Öncesi Performans Düzeyi'nde olduğu kabul edilir:

(a) Herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda, ikincil (yatay yük taşıyıcı sisteminde yer almayan) kirişler hariç olmak üzere, kirişlerin en fazla %20'si Göçme Bölgesi'ne geçebilir.

(b) Diğer taşıyıcı elemanların tümü Minimum Hasar Bölgesi, Belirgin Hasar Bölgesi veya İleri Hasar Bölgesi'ndedir. Ancak, herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden Minimum Hasar Sınırı aşılmış olan kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin, o kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının %30'u aşmaması gerekir.

(c) Binanın mevcut durumunda kullanımı can güvenliği bakımından sakıncalıdır.”

4.1.3.5. Göçme durumu

Bina Göçme Öncesi Performans Düzeyi' ni sağlayamıyorsa Göçme Durumu' ndadır. Binanın kullanımı can güvenliği bakımından sakıncalıdır.

4.1.4. Binaların kullanım amacına göre hedeflenmesi gereken performans düzeyleri

DBYBHY 2007'de, mevcut ve güçlendirilecek binaların deprem performanslarının belirlenmesinde esas alınacak deprem düzeyleri ve bu deprem düzeylerinde binalar için öngörülen minimum performans hedefleri Çizelge 4.3.'de verilmiştir.

Çizelge 4.3. Farklı deprem düzeylerinde binalar için öngörülen minimum performans hedefleri

Binanın Kullanım Amacı ve Türü	Deprem Aşılma Olasılığı		
	50 yılda %50	50 yılda %10	50 yılda %2
Deprem Sonrası Kullanımı Gereken Binalar: Hastaneler, sağlık tesisleri, itfaiye binaları, haberleşme ve enerji tesisleri, ulaşım istasyonları, vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, afet yönetim merkezleri, vb.	-----	HK	CG
İnsanların Uzun Süreli ve Yoğun Olarak Bulunduğu Binalar: Okullar, yatakhaneler, yurtlar, pansiyonlar, askeri kıışlalar, cezaevleri, müzeler, vb.	-----	HK	CG
İnsanların Kısa Süreli ve Yoğun Olarak Bulunduğu Binalar: Sinema, tiyatro, konser salonları, kültür merkezleri, spor tesisleri, vb.	HK	CG	-----
Tehlikeli Madde İçeren Binalar: Toksik, parlayıcı ve patlayıcı özellikleri olan maddelerin bulunduğu ve depolandığı binalar	-----	HK	GÖ
Diğer Binalar: Yukarıdaki tanımlara girmeyen diğer binalar (konutlar, işyerleri, oteller, turistik tesisler, endüstri yapıları) vb.	-----	CG	-----

4.1.5. Binalar için deprem performansı hesaplama yöntemleri

Binaların deprem etkileri altındaki performanslarının değerlendirilmesi genel olarak iki farklı kıstasa göre yapılabilmektedir. Bunlar; Doğrusal elastik hesap yöntemleri, Doğrusal elastik olmayan hesap yöntemleridir. Uygulama projesi doğrusal elastik hesap yöntemleri kullanılarak çözüldüğünden dolayı bu bölümde sadece bu yöntemler incelenecektir.

4.1.5.1. Doğrusal elastik hesap yöntemleri

Doğrusal elastik yöntemlerde yapı elemanlarının kapasiteleri elemanın taşıma kapasitelerine ve süneklik özelliklerine bağlı olarak belirlenir. Buna karşılık, deprem talebi için elastik deprem etkileri altında doğrusal teoriye göre hesap yapılır. Elastik hesap yöntemleri Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ve Mod Birleştirme Yöntemi' dir (Yön, 2007).

Eşdeğer deprem yükü yöntemi

Bu yöntem, bodrum üzerinde toplam yüksekliği 25 metreyi ve toplam kat sayısı 8'i aşmayan, ayrıca ek dış merkezlik göz önüne alınmaksızın hesaplanan burulma düzensizliği katsayısı $\eta_{b1} < 1.4$ olan binalara uygulanır. Toplam eşdeğer deprem yükünün (taban kesme kuvveti) hesabında, deprem yükü azaltma katsayısı $R_a=1$ alınır ve denklemin sağ tarafı λ katsayısı ile çarpılır. λ katsayısı bodrum hariç bir ve iki katlı binalarda 1.0, diğerlerinde 0.85 alınacaktır (DBYBHY, 2007). Bunun nedeni birinci

titreşim modunun hâkim olduğu bu tür binalarda birinci moda ait etkin kütlenin genel olarak bina ağırlığının %85'ini geçmemesidir (Sucuoğlu, 2006).

$$V_t = \lambda \cdot W \cdot A(T_1)/R_a \quad (4.1)$$

(Denklem 4.1)'de;

W: Binanın, hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak bulunan toplam ağırlığını,

A(T₁): Spektral ivme katsayısını,

R_a: Deprem yükü azaltma katsayısını simgelemektedir.

Bu yöntem, birinci modun etkili olduğu kat sayısı düşük binalarda ve burulma düzensizliklerin çok etkili olmadığı durumlarda uygulanabilmektedir.

Mod birleştirme yöntemi

Mod Birleştirme Yöntemi'nde de, elastik deprem spektrumları azaltılmadan, aynen kullanılır yani R_a=1 alınır. Bu yöntemde birden fazla mod etkisi göz önüne alındığından, her bina için uygulanabilir. Deprem kuvvetleri birden fazla mod için hesaplanarak, kesit etkileri ayrı ayrı hesaplanır, sonra bu etkiler yönetmeliğin öngördüğü yöntemler yardımıyla birleştirilir (Ürünveren, 2010).

Betonarme yapı elemanlarında hasar düzeylerinin belirlenmesi

Sünek kiriş, kolon ve perde kesitlerinin etki/kapasite (r) oranları, sadece deprem etkisi altında R_a=1 değeri için hesaplanan moment değerleri kullanılarak hesaplanır. Doğrusal elastik yöntemler ile yapılan hesapta, etki/kapasite oranı (r)'nin belirlenmesi şu şekilde yapılabilir:

Herhangi bir kolon veya perde kesitinin deprem hesabında doğrusallaştırılan moment-eksenel kuvvet etkileşim diyagramı Şekil 4.3.'de görülmektedir. Şekildeki D noktasının koordinatları, düşey yüklerden meydana gelen M_D-N_D çiftine karşı gelmektedir. D noktasından başlayan ve etkileşim diyagramının dışına çıkan ikinci doğru parçasının yatay ve düşey izdüşümleri ise, R_a = 1 için deprem hesabından elde edilen ve depremin yönü ile uyumlu olan M_E-N_E çiftine karşı gelmektedir (Şekil 4.3.'de M_E'nin işaretlerinin farklı olduğu iki durum ayrı ayrı gösterilmiştir). İkinci doğru parçasının etkileşim diyagramını kestiği K noktasının koordinatları, kolon veya perde kesitinin M_K moment kapasitesi ve buna karşı gelen N_K eksenel kuvvetidir.

Artık moment kapasitesi M_A ve buna karşı gelen eksenel kuvvet N_A aşağıdaki şekilde tanımlanır.

$$M_A = M_K - M_D \quad (4.2.a)$$

$$N_A = N_K - N_D \quad (4.2.b)$$

Buna göre, sünek kiriş, kolon ve perdelerin etki/kapasite (r) oranları;

M_E: Deprem etkisi ile oluşan eğilme momenti (deprem istemi)

M_D : Düşey yüklerden oluşan eğilme momenti (0.85 katsayısı ile azaltılabilir)

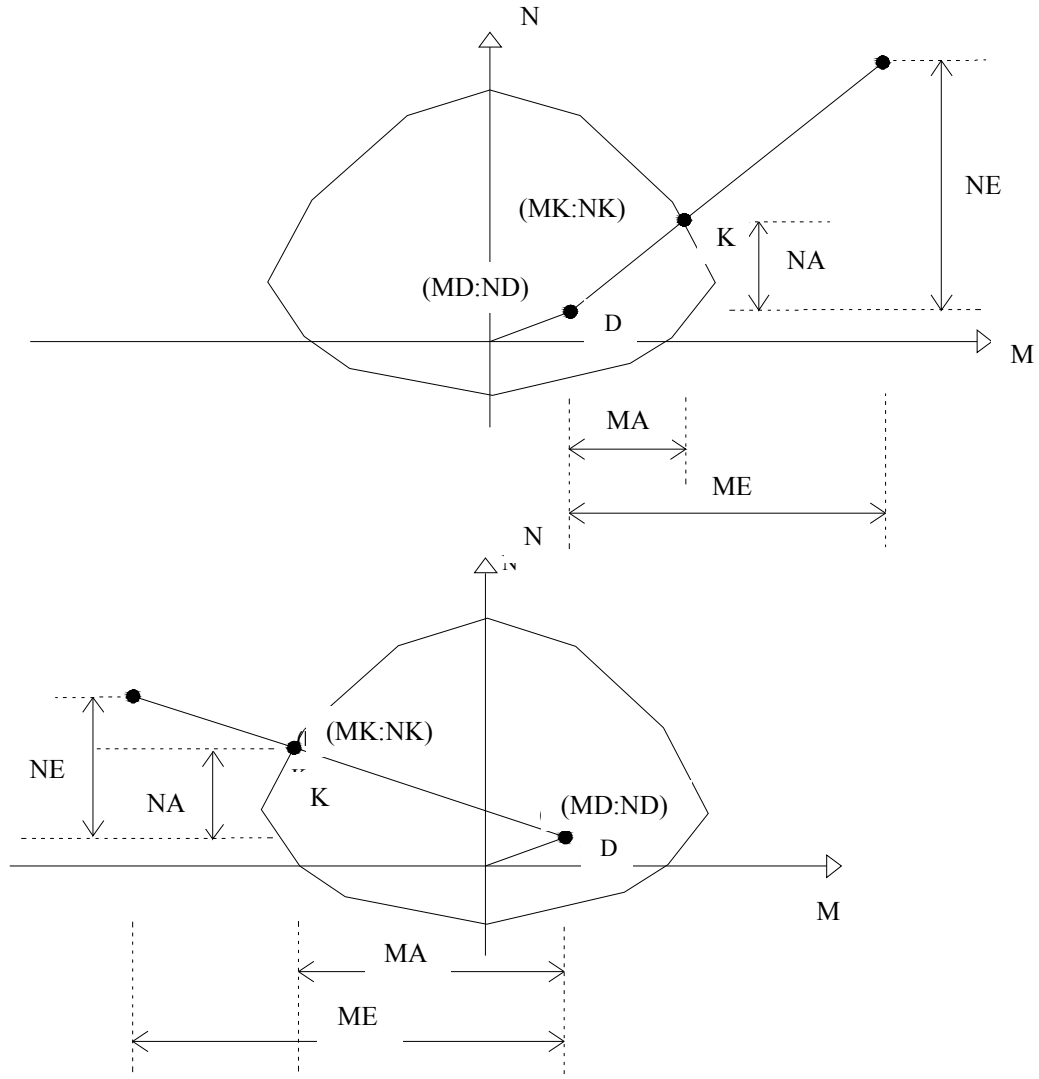
M_K : Eğilme momenti kapasitesi

$M_K - M_D$: Artık moment kapasitesi olmak üzere;

$$r = \frac{M_E}{M_A} = \frac{N_E}{N_A} \leq r_s \quad (4.2.c)$$

Bağıntısı ile hesaplanır.

Şekil 4.3.'deki K kesişme noktasının koordinatları olan M_K veya N_K 'nin geometrik veya sayısal olarak elde edilmesi durumunda, düşey yük hesabından M_D veya N_D , deprem hesabından ise M_E veya N_E bilindiğine göre, Denk.(4.2.a), Denk.(4.2.b) ve Denk. (4.2.c)'den yararlanılarak kesitin eğilme ve eksenel kuvvet altındaki etki/kapasite oranı doğrudan hesaplanabilir. Kolon kesitinin moment kapasitesine karşı gelen eksenel kuvvet N_K , hasar sınırlarını tanımlayan Çizelge 4.5.'de göz önüne alınacak olan eksenel kuvvettir (DBYBHY, 2007).



Şekil 4.3. Etki-kapasite oranı (r) sayısının belirlenmesi

Hesaplanan kiriş, kolon ve perde kesitlerinin ve güçlendirilmiş dolgu duvarlarının etki/kapasite oranları (r), DBYBHY 2007’ de verilen aşağıdaki tablolardaki sınır değerler (r_s) ile karşılaştırılarak elemanların hangi hasar bölgesinde olduğuna karar verilecektir.

Çizelge 4.4. Betonarme kirişler için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranları (r_s)

Sünek Kirişler			Hasar Sınırı		
$\frac{\rho - \rho'}{\rho_b}$	Sargılama	$\frac{V_e}{b_w d f_{ctm}}$	MN	GV	GÇ
≤ 0.0	Var	≤ 0.65	3	7	10
≤ 0.0	Var	≥ 1.30	2.5	5	8
≥ 0.5	Var	≤ 0.65	3	5	7
≥ 0.5	Var	≥ 1.30	2.5	4	5
≤ 0.0	Yok	≤ 0.65	2.5	4	6
≤ 0.0	Yok	≥ 1.30	2	3	5
≥ 0.5	Yok	≤ 0.65	2	3	5
≥ 0.5	Yok	≥ 1.30	1.5	2.5	4

Çizelge 4.4.’ de görülen kesme kuvveti (V_e) depremin yönüyle uyumlu olarak uygulanacaktır. Burada ρ : Çekme donatısı oranını, ρ' : Basınç donatısı oranını, ρ_b : Dengeli donatı oranını, b_w : Kirişin gövde genişliğini, d : Kesitin faydalı yüksekliğini ve f_{ctm} : Mevcut beton çekme dayanımını ifade etmektedir.

Çizelge 4.5. Betonarme kolonlar için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranları (r_s)

Sünek kolonlar			Hasar Sınırı		
$\frac{N_K}{A_c f_{cm}}$	Sargılama	$\frac{V_e}{b_w d f_{ctm}}$	MN	GV	GÇ
≤ 0.1	Var	≤ 0.65	3	6	8
≤ 0.1	Var	≥ 1.30	2.5	5	6
≥ 0.4 ve ≤ 0.7	Var	≤ 0.65	2	4	6
≥ 0.4 ve ≤ 0.7	Var	≥ 1.30	1.5	2.5	3.5
≤ 0.1	Yok	≤ 0.65	2	3.5	5
≤ 0.1	Yok	≥ 1.30	1.5	2.5	3.5
≥ 0.4 ve ≤ 0.7	Yok	≤ 0.65	1.5	2	3
≥ 0.4 ve ≤ 0.7	Yok	≥ 1.30	1	1.5	2
≥ 0.7	-	-	1	1	1

Çizelge 4.5.’ de, N_K : Eksenel kuvveti, A_c : Brüt beton en kesit alanını, f_{cm} :Mevcut beton basınç dayanımını ifade etmektedir.

Çizelge 4.6. Betonarme perdeler için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranları (r_s)

Sünek perdeler	Hasar sınırı		
Perde uç bölgesinde sargılama	MN	GV	GÇ
Var	3	6	8
Yok	2	4	6

Görelî kat ötelemelerinin kontrolü

Doğrusal elastik yöntemlerle yapılan hesapta her bir deprem doğrultusunda, yukarıda belirtilen karşılaştırmalara ek olarak, binanın herhangi bir katındaki kolon veya perdelerin görelî kat ötelemeleri, Çizelge 4.7.' de verilen sınır değerler ile karşılaştırılarak elemanların hangi hasar bölgesinde olduğuna karar verilir. Çizelge 4.7.' de δ_{ji} i'inci katta j'inci kolon veya perdenin alt ve üst uçları arasında yer değiştirme farkı olarak hesaplanan görelî kat ötelemesini, h_{ji} ise ilgili elemanın yüksekliğini göstermektedir (DBYBHY, 2007).

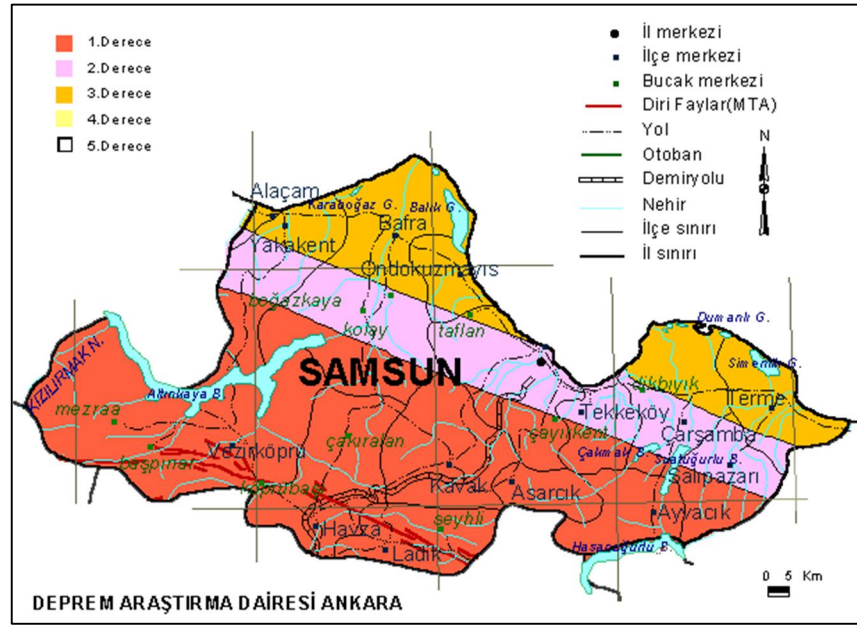
Çizelge 4.7. Görelî kat ötelenmesi sınırları

Görelî kat ötelenmesi oranı	Hasar sınırı		
	MN	GV	GÇ
δ_{ji}/h_{ji}	0.01	0.03	0.04

4.2. Uygulama Projesi

4.2.1.İncelenen yapı mevcut ve güçlendirme halleri proje bilgileri

İncelemeye konu olan yapı Samsun'da bulunan bir yapının verileri kullanılarak tasarlanmıştır. Haritada 2. Derece deprem bölgesi olarak geçmektedir. Bu sebepten ötürü A_0 değeri DBYBHY 2007'de belirtildiği üzere 0.30 olarak alınmıştır. Güçlendirme halleri çözülürken bina bilgi düzeyi kat sayısı 1 olarak alınmıştır.



Şekil 4.4. Samsun ili deprem haritası

Mevcut durumda DBYBHY 2007 Tablo 2.5' de belirtildiği üzere taşıyıcı sistem davranış katsayısı 4 olarak alınmıştır. Yapı önem katsayısı $I=1$ alınmıştır. Bu değer DBYBHY 2007 Tablo 2.3' de konutlar için kullanılan değer satırı göz önüne alınarak kullanılmıştır. Spektrum karakteristik periyodu Z_3 zemin tipi için belirlenen değerlerdir. Hareketli yük katsayısı yine yönetmelikte belirtilen konutlara uygun değer $n=0.30$ alınmıştır. Hareketli yük azaltma katsayısı ise konutlarda $C_z=1$ alınmaktadır. Bu bilgiler ışığında Sta4Cad programına tanımlanan değerler aşağıda Çizelge 4.8.'de verilmiştir.

Çizelge 4.8. İncelenen yapı genel bilgileri

Kat Adedı	4	Betonarme Hesap Yöntemi	Taşıma Gücü Yöntemi TS500-2000
Bir Kattaki Kolon Sayısı	31	Betonarme Kesit Donatı Hesap Yöntemi	Brüt Kesite Göre
Deprem Katsayısı (A_0)	0.3	Deprem Hesabı Yöntemi	Mod Süperpozisyonu İle Dinamik Analiz
Yapı Tipi Katsayısı (R)	Mevcut	4	Temeller Dikkate Alınmadan, Yapı Analizi
	Güçlendirme	1	
Yapı Önem Katsayısı (I)	1	Zemin Gerilmesi Hareketli Yük Azaltma Değeri	0.95
Spektrum Karakteristik Periyodu(T_a/T_b)	0.15/0.6	Zemin Gerilmesi Deprem Artırım Oranı	0.5
Hareketli Yük Katsayısı (n)	0.3	Zemin Gerilmesi Rüzgar Artırım Oranı	0.25
Hareketli Yük Azaltma Katsayısı (C_z)	1	Kolonun Oturduğu Kiriş Tesir Çarpanı	1.5
Zemin Emniyet Gerilmesi (t/m^2)	10.6	Kiriş-Kolon Rijitlik Bölgesi Opsiyonu	Yarı Sonsuz Rijit Davranış
Zemin Yatak Katsayısı (t/m^3)	1000	Kiriş Uçlarında Elastik Ankastrelik Opsiyonu	Elastik Ankastre
Statik Analiz Yöntemi	Lineer Analiz	Beton Yoğunluğu (t/m^3)	2.5
Deprem Standardı	Tdy2007 Code	Genleşme Isı Farkı ($^{\circ}C$)	0

Çizelge 4.9. Beton ve çelik malzeme bilgileri (kg/cm²)

Yapı Elemanı	Malzeme	Elastisite Modülü		Beton dayanım gerilmesi	Çelik akma gerilmesi	
		E	G		(Genel)	(Etriye)
Plak/Nervür	C9	237500	95000	90	2200	2200
HNP*	C9	237500	95000	90	2200	2200
Temel	C9	237500	95000	90	2200	2200
Kiriş\Kolon E1 (mevcut durum)	C9	237500	95000	90	2200/5000	2200
Kiriş\Kolon E1 (diğer durumlar)	C25	302500	121000	250	4200/ 5000	4200
Kiriş\Kolon E2	C9	237500	95000	90	2200	2200

*HNP : Hazır Nervürlü Plak, E: Elastisite modülü, G: Kayma modülüdür.

Beton elastisite modülünün bulunmasında TS500 Bölüm 3.3.3.1. de bulunan elastisite modülü formülü kullanılmıştır. Bu formül;

$E_{cj} = 3250\sqrt{f_{ckj}} + 14000$ (MPa) denklemdir. Burada birimler MPa olarak girileceğinden örneğin 90 kg/cm² dayanıma sahip betonun elastisite modülü;

$E_{cj} = 3250\sqrt{9} + 14000 = 23750$ (MPa) olarak hesaplanmıştır. Aynı şekilde kayma modülü hesabıda yine TS500 bölüm 3.3.3.3 de verilen denklem;

$G_{cj} = 0.40 E_{cj}$ esas alınarak hesaplanmış ve proje değeri olarak yukarıdaki tabloda verilen değerler kullanılmıştır.

Çizelge 4.10. Taşıma gücü malzeme katsayıları

	Beton	Çelik
Yeni Elemanlar	1.50	1.15
Performans Hesabı Tüm Elemanlar	1.00	1.00
Taşıma Gücü Yük Katsayıları	Sabit Yük	Hareketli Yük
	1.40	1.60

TS500 Bölüm 6.2.5 malzeme katsayıları bölümünde bu değerler hakkında gerekli bilgiler verilmiştir. Bu bölümde yerinde dökme betonları için bu kat sayının 1.5 alınacağı, donatı çeliğinin tüm sınıfları için 1.15 alınacağına değinilmiştir. Bu bilgiden hareketle bu katsayılar alınmıştır.

Çizelge 4.11. Betonarme hesap yük kombinasyonu

Ölü yük	Hareketli yük	Zemin	Deprem	Rüzgar	Isı
C _g	C _q	C _s	± C _e	± C _w	C _t
1.40	1.60	0.00	0.00	0.00	0.00
1.40	1.60	1.60	0.00	0.00	0.00
1.00	1.20	0.00	0.00	0.00	1.20
1.00	1.00	0.00	1.00	0.00	0.00
1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00
0.90	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
1.00	1.30	0.00	0.00	1.30	0.00
1.00	1.30	1.00	0.00	1.30	0.00
0.90	0.00	0.00	0.00	1.30	0.00
0.90	0.00	0.90	0.00	1.30	0.00

CODE:TS500

Çizelge 4.12. Zemin gerilmesi yük kombinasyonu

Ölü yük	Hareketli yük	Zemin	Deprem	Rüzgar	Isı
C _g	C _q	C _s	± C _e	± C _w	C _t
1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00
0.67	0.67	0.67	0.67	0.00	0.67
0.80	0.80	0.80	0.00	0.80	0.80

Çizelge 4.13. Zemin gerilmesi hareketli yük azaltma değerleri

Kat	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Eksiltme %				20	40	60	80	80	90	40

Kat Diyaframları

Kat: 4

Kat: 3

Kat: 2

Kat: 1

Çizelge 4.14. Tasarım spektrum bilgisi

T	Sa (m/s ²)
(s)	Ao.I.S(t)
0	3
0.15	7.5
0.6	7.5
0.7	6.63
0.8	5.958
0.9	5.421
1	4.983
1.1	4.617
1.2	4.308
1.3	4.041
1.4	3.807
1.5	3.603
1.6	3.423
1.7	3.261
1.8	3.114
1.9	2.982
2	2.862
2.1	2.754
2.2	2.652
2.3	2.559
2.4	2.475
2.5	2.394
2.6	2.322
2.7	2.253
2.8	2.187
2.9	2.127
3	2.07
5	1.374

Tasarım spektrum değerleri hesaplanırken TDY 2007 Bölüm 2.4’ de belirtilen elastik deprem yüklerinin tanımlanması bölümünde değinilen konular göz önüne alınmıştır. Bu hususlar;

Deprem yüklerinin belirlenmesi için esas alınacak olan Spektral İvme Katsayısı, $A(T)$, %5 sönüm oranı için tanımlanan Elastik İvme Spektrumunun ordinatı olan Elastik Spektral ivme, $S_{ae}(T)$, Spektral İvme Katsayısı ile yerçekimi ivmesi g ’nin çarpımına karşı gelmektedir.

$$A(T)=A_0 I S(T)$$

(4.3)

$$S_{ac}(T)=A(T) g \quad (4.4)$$

Formülleri kullanılmaktadır. Buradaki S(T) değerleri yine DBYBHY 2007 de verilen;

$$S(T)=1+1.5(T/T_A) \quad (0 \leq T \leq T_A) \quad (4.5)$$

$$S(T)= 2.5 \quad (T_A < T \leq T_B) \quad (4.6)$$

$$S(T)= 2.5(T_B/T)^{0.80} \quad (T_B < T) \quad (4.7)$$

Denklemleri ile hesaplanmaktadır.

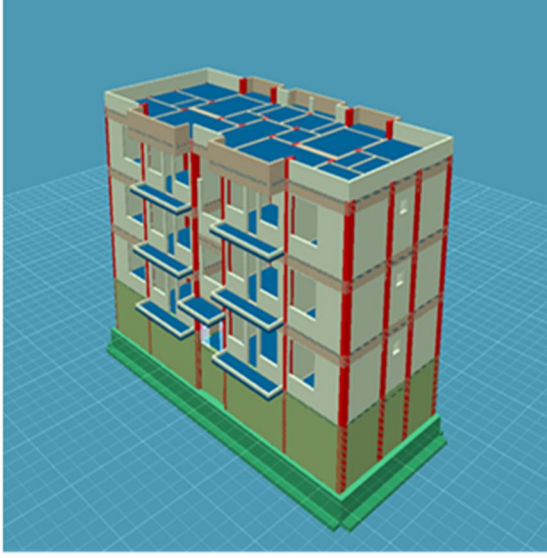
Örneğin T=0.90 için bu formülleri uygulayacak olursak;

$$T_B < T \quad S(T)= 2.5(T_B/T)^{0.80} = 2.5(0.60/0.90)^{0.80}=1.807$$

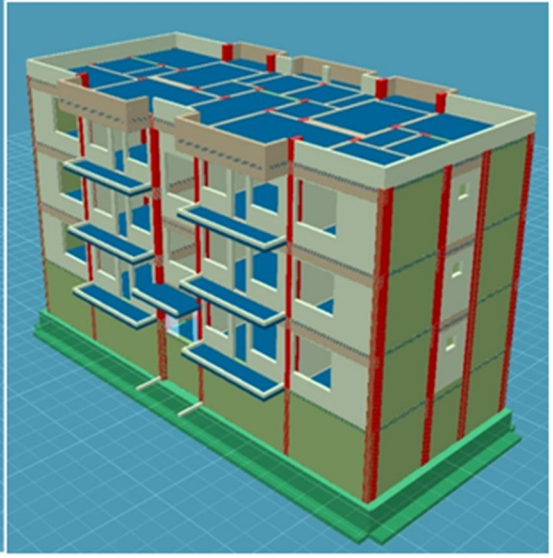
$S_{ac}(T)= A_0 \times I_x S(T) \times g = 0.30 \times 1 \times 1.807 \times 10 = 5.421$ değeri bulunmaktadır. Burada $g=9.81$ m/sn² değeri yaklaşık 10 m/sn² olarak kabul edilmiştir.

Mevcut durumda yapı çözümlenmiş ve yapıda çok fazla yapı elemanının BH seviyesinde olduğu, bazı yapı elemanlarının gevrek olduğu, kolonların %56.7' sinin MH sınırını aştığı görülmüştür. Ayrıca can güvenliğini sağlamayan eleman oranı X yönünde kirişlerin %65' i kolonların %77.8' i ve Y yönünde kirişlerin %94.7' si, kolonların ise %25.9' u can güvenliği şartını sağlamadığından dolayı güçlendirme gerekliliği ortaya çıkmıştır. Bundan dolayı farklı güçlendirme yöntemleri (perde eklenmesi yöntemiyle güçlendirme, bazı kolonların mantolanması ve perde eklenmesi durumunun beraber incelenmesi ve tüm kolonların mantolanması durumları) denenmiş ve sonuçları karşılaştırmalı olarak aşağıda başlıklar halinde incelenmiştir.

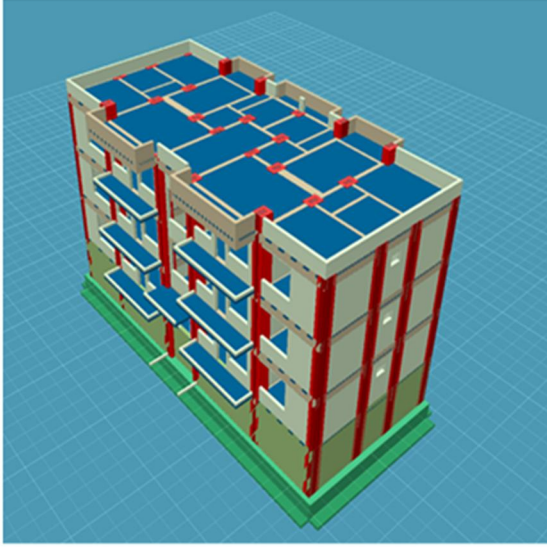
4.2.2. İncelenen yapı mevcut ve güçlendirme halleri 3d görünüşleri



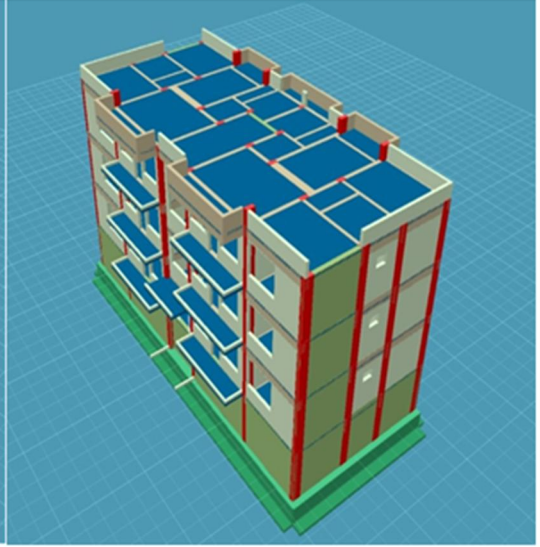
Mevcut Durum



Perde ekleme yöntemi ile
güçlendirilmesi durumu



Kolon Mantolama ile güçlendirilmesi
Durumu



Perde eklenmesi + Kolon Mantolama
Durumu

Her bir durum için kat planları ekler bölümünde sunulmuştur.

4.2.3. Kat kütlesi hesabı

Yapıya ait kat ağırlıkları $W_k = W_g + n \cdot W_q$ formülü ile hesaplanmaktadır. Denklemden;

W_k : Toplam kat ağırlığını,

W_g : Kata ait ölü yük toplamını,

W_q : Kata ait hareketli yük toplamını,

n : Hareketli yük katılım katsayısını

Göstermektedir. Burada n değeri DBYBHY 2007' de bina kullanım amacına göre belirlenen bir katsayıdır. Bu katsayının belirlendiği Çizelge 4.15. aşağıda verilmiştir. Bu çizelgeden konutlar için belirtilen 0.30 değeri kullanılmıştır.

Çizelge 4.15. DBYBHY 2007 n değeri

Binanın Kullanım Amacı	n
Depo, antrepo, vb.	0.8
Okul, öğrenci yurdu, spor tesisi, sinema, tiyatro, konser salonu, garaj, lokanta, mağaza, vb	0.6
Konut, işyeri, otel, hastane, vb.	0.3

Çizelge 4.16. Sta4Cad programı ile kat kütlesi hesabı (t)

Durumlar	H	W_g	W_q	n	R	$\sum W_k$	$\sum W_t$
	(m)				R_x/R_y	$W_g + n \cdot W_q$	
Mevcut Yapı	12	206.11	44.53	0.3	4	219.47	1150.4
	9	270.25	56.91	0.3	4	287.321	
	6	274.36	58.54	0.3	4	291.922	
	3	334.32	58.07	0.3	4	351.736	
Perde Eklenmesi	12	233.77	44.58	0.3	1	247.144	1207.6
	9	285.52	56.96	0.3	1	302.609	
	6	288.79	58.6	0.3	1	306.364	
	3	334.13	58.12	0.3	1	351.563	
Tüm Kolonların Mantolanması	12	267.84	44.96	0.3	1	281.332	1401.0
	9	332.25	57.94	0.3	1	349.634	
	6	335.15	59.56	0.3	1	353.02	
	3	399.67	57.86	0.3	1	417.032	
Perde Eklenmesi ve Kolon Mantolama Yapılması	12	217.58	44.53	0.3	1	230.936	1243.1
	9	299.93	56.67	0.3	1	316.932	
	6	303.20	58.32	0.3	1	320.687	
	3	357.24	57.83	0.3	1	374.584	

Bu tabloda H: Artımsal kat yüksekliği, W_g : Ölü yük, W_q : Hareketli yük, R: Yapı tipi katsayısı, W_k : Kat toplam ağırlığı, W_t : Toplam yapı ağırlığı olarak ifade edilmektedir.

4.2.4. Yapı modlarının kıyaslanması

Yönetmelik Bölüm 2.7.4.1'e göre binanın deprem doğrultusundaki hakim doğal titreşim periyodu hesabı Yönetmelik Denk.(2.11) ile hesaplanır. Bu denklem aşağıda verilen Denklem 4.8' dir.

$$T_1 = 2\pi \left(\frac{\sum_{i=1}^N m_i d_{fi}^2}{\sum_{i=1}^N F_{fi} d_{fi}} \right)^{1/2} \quad (4.8)$$

$$w_i = g_i + nq_i$$

$$m_i = w_i/g \quad g=9.81 \text{ m/sn}^2$$

Burada verilen denklemler göz önüne alınarak mevcut durum yapı periyod değerlerini hesaplamak için Çizelge 4.16.' da belirtilen kat kütlesi değerleri yer çekim ivmesi değerine bölünerek, Çizelge 4.18.' de belirtilen mevcut durum eşdeğer deprem yükleri ve son olarak da Çizelge 4.22.'de verilen kat deprem deplasman değerleri kullanılmıştır. Mevcut durum T_1 ve T_2 periyotlarının hesabı aşağıda verilmiştir. Bu yöntem diğer güçlendirme durumlarına da uygulanarak Çizelge 4.17. oluşturulmuştur.

$$T_1 = 2\pi \left(\frac{\left(\frac{351.738}{9.81} \right) \times (0.0001854)^2 + \left(\frac{291.922}{9.81} \right) \times (0.0093807)^2 + \left(\frac{287.321}{9.81} \right) \times (0.0195383)^2 + \left(\frac{219.472}{9.81} \right) \times (0.0272537)^2}{(70.347) \times (0.0001854) + (25.331) \times (0.0093807) + (49.863) \times (0.0195383) + (60.178) \times (0.0272537)} \right)^{\frac{1}{2}} = 0.6807 \text{ sn}$$

$$T_2 = 2\pi \left(\frac{\left(\frac{351.738}{9.81} \right) \times (0.0001854)^2 + \left(\frac{291.922}{9.81} \right) \times (0.0093807)^2 + \left(\frac{287.321}{9.81} \right) \times (0.0195383)^2 + \left(\frac{219.472}{9.81} \right) \times (0.0272537)^2}{(70.347) \times (0.0001854) + (28.023) \times (0.0093807) + (55.162) \times (0.0195383) + (66.574) \times (0.0272537)} \right)^{\frac{1}{2}} = 0.5189 \text{ sn}$$

Çizelge 4.17. Modal analiz - yapı periyod ve vektörleri karşılaştırılması

Mod		Mevcut Yapı	Perde Eklenmesi	Tüm Kolonların Mantolanması	Perde Eklenmesi ve kolon Mantolama Yapılması
1.mod	ω	9.23	20.68	15.65	15.03
	T	0.6807	0.3038	0.4015	0.4180
2.mod	ω	12.11	25.58	15.86	20.28
	T	0.5189	0.2457	0.3961	0.3099
3.mod	ω	13.81	40.97	19.40	30.19
	T	0.4549	0.1534	0.3239	0.2082
4.mod	ω	24.45	74.05	52.67	53.12
	T	0.2570	0.0849	0.1193	0.1183
5.mod	ω	35.69	76.64	54.39	64.64
	T	0.1760	0.0820	0.1155	0.0972
$\sum M_{xr}\%$		100.00	99.99	100.00	100.00
$\sum M_{yr}\%$		100.00	99.58	100.00	100.00
$\sum M_{br}\%$		99.999	93.020	99.998	100.002
Dinamik kütle oranı (eğer $M_{xr} > \%90.00$ ise yeterli)	M_{xr}	$\%100.00 > \%90.00$	$\%99.99 > \%90.00$	$\%100.00 > \%90.00$	$\%100.00 > \%90.00$
Dinamik kütle oranı (eğer $M_{yr} > \%90.00$ ise yeterli)	M_{yr}	$\%100.00 > \%90.00$	$\%99.58 > \%90.00$	$\%100.00 > \%90.00$	$\%100.00 > \%90.00$

Burada; ω : Açısal frekans (rad/s), T: Periyot (s), M_{xr} , M_{yr} : Etkin kütle katılım oranlarıdır. Periyot değerlerine bakılacak olursa mevcut yapının periyotlarının daha büyük çıktığı görülmektedir. Daha sonra kolon mantolanması ve perde eklenmesi durumunun periyodunun büyük olduğu, daha sonra sadece mantolama ve en son olarak da perde eklenmesi durumunun geldiği görülmektedir. Yapı rijitliği arttıkça periyodunun azaldığı düşünülecek olursak; yapının en yüksek rijitliğe sadece perde eklenerek güçlendirme yapıldığı durumda ulaştığı görülmektedir. Güçlendirme yapılan elemanlar diğer durumlarla kıyaslanacak olursa bu beklenen bir durumdur. Bunun nedeni ise sadece perde eklenmesi durumunda her katta uygulanmak üzere 7 adet perde eklenmiş, sadece kolon mantolaması yapılması durumunda tüm kat kolonları mantolanmış ve perde eklenmesi ve bazı kolonların mantolaması durumunda ise tüm katlara 3 adet perde eklenmiş ve bazı kolonlara mantolama yapılmıştır. Bunlarda rijitliği ve dolayısıyla da yapı periyodunu etkilemiştir.

4.2.5. Eşdeğer deprem yükleri

DBYBHY 2007 Bölüm 2.7' de belirtilen Toplam Eşdeğer Deprem yükünün belirlenmesi bölümünde göz önüne alınan deprem doğrultusunda, binanın tümüne etkiyen Toplam Eşdeğer Deprem Yüğü (taban kesme kuvveti), V_t denklem 4.9' a göre belirlenecektir.

$$V_t = \frac{W A(T_1)}{R_a(T_1)} \geq 0.10 A_0 I W \quad (4.9)$$

Bu denklemde;

W: Binanın toplam ağırlığı (ΣW_k),

A (T_1): Binaya ait spektral ivme katsayısını,

$R_a(T_1)$: Deprem yükü azaltma katsayısını göstermektedir.

Binaya ait spektral ivme katsayısı;

$A(T) = A_0 I S(T)$ bağıntısı ile hesaplanacaktır.

DBYBHY 2007 Bölüm 2.7.2.4' de belirtilen şu hususu da göz önünde bulundurmanız gerekmektedir; bodrum katlarında rijitliği üst katlara oranla çok büyük olan betonarme çevre perdelerinin bulunduğu ve bodrum kat döşemelerinin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, bodrum katlarına ve üstteki katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri, aşağıda belirtildiği üzere, ayrı ayrı hesaplanacaktır. Bu yükler, üst ve alt katların birleşiminden oluşan taşıyıcı sisteme birlikte uygulanacaktır. Üstteki katlara etkiyen toplam eşdeğer deprem yükünün ve eşdeğer kat deprem yüklerinin bodrumdaki rijit çevre perdeleri göz önüne alınmaksızın R katsayısı kullanılacak ve sadece üstteki katların ağırlıkları hesaba katılacaktır. Bu durumda ilgili bütün tanım ve bağıntılarda temel üst kotu yerine zemin katın kotu göz önüne alınacaktır.

4.2.5.1. Mevcut durum eşdeğer deprem yükleri

Çizelge 4.18. Mevcut durum eşdeğer deprem yükleri (t)

	X yönü				Y yönü			
Kat No	Modal Analiz	Eşdeğer Deprem Yön.	Deprem Yüğü	Kat Tipi	Modal Analiz	Eşdeğer Deprem Yön.	Deprem Yüğü	Kat Tipi
4	51.39	60.178	52.693	Üst kat	57.92	66.574	57.92	Üst kat
3	43.87	49.863	44.987	Normal	50.006	55.162	50.006	Normal
2	23.55	25.331	24.154	Normal	27.256	28.023	27.256	Normal
1	5.594	70.347	5.594	Bodrum	7.28	70.347	7.28	Bodrum
Toplam	124.41	205.719	127.428	Genel	142.462	220.106	142.462	Genel
	5.594	70.347	5.594	Bodrum	7.28	70.347	7.28	Bodrum
	118.82	135.372	121.834	Normal	135.182	149.759	135.182	Normal

Deprem yükü hesabı her iki yön içinde aşağıdaki gibi yapılmaktadır.

$$T_x=0.6807 \quad T_y=0.5189$$

$$S(T_x)=2.5 (T_b/T)^{0.8} \quad (T>T_b) \quad ST(x)=2.5(0.60/0.68)^{0.80} = 2.2617$$

$$A_x=A_0 \times I_x \times S(T_x)=0.30 \times 1 \times 2.2617=0.678$$

$$V_{tx} = \frac{WA(T_1)}{R_a(T_1)} \geq 0.10 A_0 I W$$

$$((1150-351.736) \times 0.678) / 4 \geq 0.10 \times 0.30 \times 1 \times (1150-351.736) \Rightarrow 135.37 \text{ t} \geq 23.947 \text{ t}$$

Y Yönü için:

$$S(T_x)=2.5 \quad (T_a < T < T_b)$$

$$A_x=A_0 \times I_x \times S(T_x)=0.30 \times 1 \times 2.5=0.75$$

$$V_{ty} = \frac{WA(T_1)}{R_a(T_1)} \geq 0.10 A_0 I W$$

$$((1150-351.736) \times 0.75) / 4 \geq 0.10 \times 0.30 \times 1 \times (1150-351.736) \Rightarrow 149.76 \text{ t} \geq 23.947 \text{ t}$$

$$X \text{ Deprem kontrol: } 0.90 \times 135.371 = 121.834 \text{ t} > 118.821 \text{ t} \longrightarrow 121.834 \text{ t (seçilen)}$$

$$Y \text{ Deprem kontrol: } 0.90 \times 149.759 = 134.783 \text{ t} < 135.182 \text{ t} \longrightarrow 135.182 \text{ t (seçilen)}$$

4.2.5.2. Mevcut durum deprem tepe yükü hesabı

Deprem tepe yükü hesabı yapılırken DBYBHY 2007 Bölüm 2.7.2.2’de yer alan deprem tepe yükü hesabı kullanılmıştır. Bu hesapta Deprem tepe yükü ΔF_N olarak ifade edilmiş ve aşağıdaki denkleme göre hesaplanmıştır.

$$\Delta F_N = 0.0075 \times N \times V_t \quad (4.10)$$

Bu denklemde N bodrum kat hariç binada bulunan kat sayısını, V_t ise eşdeğer deprem yükünü ifade etmektedir. Buna göre mevcut yapı tepe kuvvetleri hesaplanacak olursa;

$$\Delta F_{Nx} = 0.0075 \times N \times V_t = 0.0075 \times 3 \times 135.372 = 3.0458 \text{ t}$$

$$\Delta F_{Ny} = 0.0075 \times N \times V_t = 0.0075 \times 3 \times 149.759 = 3.369 \text{ t olarak hesaplanmıştır.}$$

Aşağıda diğer durumlar içinde eşdeğer deprem yükü ve tepe kuvveti hesabı aynı yöntemle Sta4cad programına yaptırılmış ve sonuçları yazılmıştır.

4.2.5.3. Perde eklenmesi durumu eşdeğer deprem yükleri

Çizelge 4.19. Perde eklenmesi durumu eşdeğer deprem yükleri (t)

Kat No	X yönü				Y yönü			
	Modal Analiz	Eşdeğer Deprem Yön.	Deprem Yükü	Kat Tipi	Modal Analiz	Eşdeğer Deprem Yön.	Deprem Yükü	Kat Tipi
4	64.241	73.991	65.334	Üst kat	66.97	73.991	66.97	Üst kat
3	50.479	57.45	51.337	Normal	55.136	57.45	55.136	Normal
2	27.334	29.081	27.799	Normal	33.41	29.081	33.41	Normal
1	5.948	70.313	5.948	Bodrum	18.385	70.313	18.385	Bodrum
Toplam	148.002	230.835	150.418	Genel	173.901	230.835	173.901	Genel
	5.948	70.313	5.948	Bodrum	18.385	70.313	18.385	Bodrum
	142.054	160.522	144.47	Normal	155.516	160.522	155.516	Normal

$$V_{tx}=W.A(t)/R_a(t)> 0,10. A_o.I.W \quad 160.52 \text{ t} > 25.68 \text{ t}$$

$$V_{ty}=W.A(t)/R_a(t)> 0,10. A_o.I.W \quad 160.52 \text{ t} > 25.68 \text{ t}$$

$$X \text{ Deprem kontrol: } 0.90 \times 160.522 = 144.470 \text{ t} > 142.054 \text{ t} \longrightarrow 144.47 \text{ t (seçilen)}$$

$$Y \text{ Deprem kontrol: } 0.90 \times 160.522 = 144.470 \text{ t} < 155.515 \text{ t} \longrightarrow 155.51 \text{ t (seçilen)}$$

Deprem tepe yükü $F_{tx}=3.61 \text{ t}$, $F_{ty}=3.61 \text{ t}$ olarak hesaplanmıştır.

4.2.5.4. Tüm kolonların mantolanması durumu eşdeğer deprem yükleri

Çizelge 4.20. Tüm kolonların mantolanması durumu eşdeğer deprem yükleri (t)

Kat No	X yönü				Y yönü			
	Modal Analiz	Eşdeğer Deprem Yön.	Deprem Yükü	Kat Tipi	Modal Analiz	Eşdeğer Deprem Yön.	Deprem Yükü	Kat Tipi
4	72.693	84.419	74.026	Üst kat	76.512	84.419	76.512	Üst kat
3	59.545	66.504	60.637	Normal	59.138	66.504	59.138	Normal
2	30.819	33.574	31.385	Normal	33.342	33.574	33.342	Normal
1	6.317	83.406	6.317	Bodrum	12.925	83.406	12.925	Bodrum
Toplam	169.374	267.903	172.365	Genel	181.917	267.903	181.917	Genel
	6.317	83.406	6.317	Bodrum	12.925	83.406	12.925	Bodrum
	163.057	184.497	166.048	Normal	168.992	184.497	168.992	Normal

$$V_{tx}=W.A(t)/R_a(t)> 0,10. A_o.I.W \quad 184.50 \text{ t} > 29.52 \text{ t}$$

$$V_{ty}=W.A(t)/R_a(t)> 0,10. A_o.I.W \quad 184.50 \text{ t} > 29.52 \text{ t}$$

$$X \text{ Deprem kontrol: } 0.90 \times 184.497 = 166.048 \text{ t} > 163.057 \text{ t} \longrightarrow 166.048 \text{ t (seçilen)}$$

$$Y \text{ Deprem kontrol: } 0.90 \times 184.497 = 166.048 \text{ t} < 168.993 \text{ t} \longrightarrow 168.993 \text{ t (seçilen)}$$

Deprem tepe yükü $F_{tx}=4.15 \text{ t}$, $F_{ty}=4.15 \text{ t}$ olarak hesaplanmıştır.

4.2.5.5. Perde eklenmesi ve kolon mantolama yapılması durumu eşdeğer deprem yükleri

Çizelge 4.21. Perde eklenmesi ve kolon mantolama yapılması durumu eşdeğer deprem yükleri (t)

Kat No	X yönü				Y yönü			
	Modal Analiz	Eşdeğer Deprem Yön.	Deprem Yükü	Kat Tipi	Modal Analiz	Eşdeğer Deprem Yön.	Deprem Yükü	Kat Tipi
4	62.96	70.613	66.396	Üst kat	64.7	70.613	64.7	Üst kat
3	49.414	61.252	52.11	Normal	54.629	61.252	54.629	Normal
2	26.61	30.989	28.063	Normal	32.189	30.989	32.189	Normal
1	5.772	74.917	5.772	Bodrum	14.952	74.917	14.952	Bodrum
Toplam	144.756	237.771	152.341	Genel	166.47	237.771	166.47	Genel
	5.772	74.917	5.772	Bodrum	14.952	74.917	14.952	Bodrum
	138.984	162.854	146.569	Normal	151.518	162.854	151.518	Normal

$$V_{tx}=W.A(t)/R_a(t)> 0,10. A_o.I.W \quad 162.85 \text{ t} > 26.06 \text{ t}$$

$$V_{ty}=W.A(t)/R_a(t)> 0,10. A_o.I.W \quad 162.85 \text{ t} > 26.06 \text{ t}$$

$$X \text{ Deprem kontrol: } 0.90 \times 162.854 = 146.569 \text{ t} > 138.984 \text{ t} \longrightarrow 146.569 \text{ t (seçilen)}$$

$$Y \text{ Deprem kontrol: } 0.90 \times 162.854 = 146.569 \text{ t} < 151.518 \text{ t} \longrightarrow 151.518 \text{ t (seçilen)}$$

Deprem tepe yükü $F_{tx}=3.66 \text{ t}$, $F_{ty}=3.66 \text{ t}$ olarak hesaplanmıştır.

4.2.6. Kat deprem deplasmanları

Çizelge 4.22. Bütün haller için kat deprem deplasmanlarının kıyaslanması

	Kat	9. yükleme		10. yükleme		11. yükleme		12. yükleme		Deprem yapı salınımı	
	(dyf)	δ_x (m)	θ_z (rad)	δ_x (m)	θ_z (rad)	δ_y (m)	θ_z (rad)	δ_y (m)	θ_z (rad)	X (m)	Y (m)
Mevcut Durum	4	0.0272537	0.0000072	0.272537	0.0000072	-0.017311	0.0000054	-0.017311	0.0000054	0.00227	0.00144
	3	0.0195383	-0.000002	0.0195383	-0.000002	-0.012714	0.0000035	-0.012714	0.0000035		
	2	0.0093807	-0.000002	0.0093807	-0.000002	-0.006192	0.0000014	-0.006192	0.0000014		
	1	0.0001854	-0.000001	0.0001854	-0.000001	-0.00067	0.0000001	-0.00067	0.0000001		
Perde Eklenmesi	4	0.0060116	-0.000033	0.0060116	-0.000033	-0.004051	0.0000007	-0.004051	0.0000007	0.0005	0.00034
	3	0.0041399	-0.000017	0.0041399	-0.000017	-0.002911	0.0000005	-0.002911	0.0000005		
	2	0.0020526	-0.000005	0.0020526	-0.000005	-0.001688	0.0000003	-0.001688	0.0000003		
	1	0.0002333	-0.000002	0.0002333	-0.000002	-0.000671	0.0000001	-0.000671	0.0000001		
Tüm Kolonların Mantolanması	4	0.0101579	0.0000013	0.0101579	0.0000013	-0.010686	0.0000000	-0.010686	0.0000000	0.00085	0.00089
	3	0.0072967	-0.000008	0.0072967	-0.000008	-0.0075	0.0000000	-0.0075	0.0000000		
	2	0.0034069	-0.000008	0.0034069	-0.000008	-0.003743	0.0000000	-0.003743	0.0000000		
	1	0.0002828	-0.000002	0.0002828	-0.000002	-0.000836	0.0000000	-0.000836	0.0000000		
Perde Eklenmesi ve kolon Mantolama Yapılması	4	0.0123528	0.0000308	0.0123528	0.0000308	-0.006559	0.0000301	-0.006559	0.0000301	0.00103	0.00055
	3	0.0077941	0.0000167	0.0077941	0.0000167	-0.004481	0.0000187	-0.004481	0.0000187		
	2	0.0036394	0.0000053	0.0036394	0.0000053	-0.00241	0.0000077	-0.00241	0.0000077		
	1	0.0002981	-0.000002	0.0002981	-0.000002	-0.000717	0.0000000	-0.000717	0.0000000		

δ_x : Göreli kat ötelemesi, θ : Dönme açısı

4.2.7. Depremde yapı düzensizliklerinin kontrolü

DBYBHY 2007’de belirtilen A1,B1 ve B2 düzensizlik kontrolleri aşağıda her durum için ayrı ayrı incelenmiştir.

1) A1 tipi düzensizlik durumu (burulma düzensizliği)

Herhangi bir katta en büyük görelî kat ötelemesinin o katta aynı doğrultudaki ortalama görelî ötelemeye oranını ifade eden Burulma Düzensizliği Katsayısı η_{bi} ’nin 1.2’den büyük olması durumudur. Burulma düzensizliği katsayısı :

$$(\Delta i)_{ort} = 1/2 [(\Delta i)_{max} + (\Delta i)_{min}] \quad (4.11)$$

$\eta_{bi} = (\Delta i)_{max} / (\Delta i)_{ort} > 1.2$ olarak hesaplanmaktadır.

2) B1 tipi düzensizlik durumu (zayıf kat)

Betonarme binalarda, 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 η_{ci} ’nin 0.80’den küçük olması durumudur.

$$(\sum A_k)_i > (\sum A_k)_{i+1} \text{ ise} \quad (4.12)$$

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

Herhangi bir katta etkili kesme alanının hesabı denklem 4.12’ ye göre yapılmaktadır.

$$\sum A_e = \sum A_w + \sum A_g + 0.15 \sum A_k \quad (4.13)$$

$\sum A_e$ = Herhangi bir katta, göz önüne alınan deprem doğrultusunda etkili kesme alanı,

$\sum A_g$ = Herhangi bir katta, göz önüne alınan deprem doğrultusuna paralel doğrultuda perde olarak çalışan taşıyıcı sistem elemanlarının en kesit alanlarının toplamı,

$\sum A_k$ = Herhangi bir katta, göz önüne alınan deprem doğrultusuna paralel kargir dolgu duvar alanlarının (kapı ve pencere boşlukları hariç) toplamını ifade eder.

3) B2 tipi düzensizlik (komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (yumuşak kat))

Herhangi bir deprem doğrultusunda, herhangi bir katın görelî deplasmanının bir alt ya da bir üst kat görelî deplasmanına oranı Rijitlik Düzensizliği Katsayısı η_{ki} ’nin 2 den büyük olması durumudur.

$$[\eta_{ki} = (\Delta_i / h_i)_{ort} / (\Delta_{(i+1)} / h_{(i+1)})_{ort} > 2.0 \quad (4.14)$$

$$\text{veya } \eta_{ki} = (\Delta_i / h_i)_{ort} / (\Delta_{(i-1)} / h_{(i-1)})_{ort} > 2.0]$$

4.2.7.1. Mevcut durum düzensizliklerinin kontrolü

Çizelge 4.23. Mevcut durum A1,B2 düzensizliklerinin kontrolü

X yönü (+)

Kat	ΔX düst(m)	$\frac{\Delta X}{dalt(m)}$	ΔX ort	nbi	nki	$R \cdot \Delta x/h$	θ_i	kat tipi
4	0.0030685	0.0031046	0.0030865	1.01	0.00	0.00414	0.00422	Normal kat
3	0.004064	0.004062	0.0040631	1.00	1.32	0.00542	0.00698	Normal kat
2	0.0036783	0.0036772	0.0036777	1.00	0.91	0.0049	0.00801	Normal kat
1	0.0000779	0.000071	0.0000745	1.05	0.00	0.0001	0.00000	Bodrum kat

X yönü (-)

Kat	ΔX düst(m)	$\frac{\Delta X}{dalt(m)}$	ΔX ort	nbi	nki	$R \cdot \Delta x/h$	θ_i	kat tipi
4	0.0030685	0.0031046	0.0030865	1.01	0.00	0.00414	0.00422	Normal kat
3	0.0040642	0.004062	0.0040631	1.00	1.32	0.00542	0.00698	Normal kat
2	0.0036783	0.0036772	0.0036777	1.00	0.91	0.0049	0.00801	Normal kat
1	0.0000779	0.000071	0.0000745	1.05	0.00	0.0001	0.00000	Bodrum kat

Y yönü (+)

Kat	ΔY düst(m)	$\frac{\Delta Y}{dalt(m)}$	ΔX ort	nbi	nki	$R \cdot \Delta y/h$	θ_i	kat tipi
4	0.0018474	0.0018306	0.001839	1.00	0.00	0.00246	0.00229	Normal kat
3	0.0026182	0.0025996	0.0026089	1.00	1.42	0.00349	0.00406	Normal kat
2	0.0022144	0.002203	0.0022087	1.00	0.85	0.00295	0.00433	Normal kat
1	0.0002685	0.0002677	0.0002681	1.00	0.00	0.00036	0.00000	Bodrum kat

Y yönü (-)

Kat	ΔY düst(m)	ΔY dalt(m)	ΔX ort	nbi	nki	$R \cdot \Delta y/h$	θ_i	kat tipi
4	0.0018474	0.0018306	0.001839	1.00	0.00	0.00246	0.00229	Normal kat
3	0.0026182	0.0025996	0.0026089	1.00	1.42	0.00349	0.00406	Normal kat
2	0.0022144	0.002203	0.0022087	1.00	0.85	0.00295	0.00433	Normal kat
1	0.0002685	0.0002677	0.0002681	1.00	0.00	0.00036	0.00000	Bodrum kat

Çizelge 4.24. Mevcut durum B1 düzensizliklerinin kontrolü

Kat	A_w	A_{gx}	A_{gy}	A_{kx}	A_{ky}	ΣA_{ex}	ΣA_{ey}	n_{cix}	n_{ciy}	Açıklama
4	3.38	0.00	0.00	5.78	11.6	4.24	5.12	1.00	1.00	Üst Kat ✓
3	3.38	0.00	0.00	5.78	11.6	4.24	5.12	1.00	1.00	Düzenli ✓
2	3.38	0.00	0.00	5.68	11.08	4.23	5.04	1.00	0.98	Düzenli ✓
1	3.58	8.37	3.21	0.00	0.00	11.95	6.79	2.83	1.35	Bodrum Kat

4.2.7.2. Perde eklenmesi durumu düzensizliklerinin kontrolü

Çizelge 4.25. Perde eklenmesi durumu A1,B2 düzensizliklerinin kontrolü

X yönü (+)

Kat	ΔX düst(m)	ΔX dalt(m)	ΔX ort	nbi	nki	$R \cdot \Delta x/h$	θ_i	kat tipi
4	0.0007893	0.0007305	0.0007599	1.04	0.00	0.00105	0.00095	Normal kat
3	0.0008601	0.0008169	0.0008385	1.03	1.10	0.00115	0.00131	Normal kat
2	0.0007323	0.0007221	0.0007272	1.01	0.87	0.00098	0.00143	Normal kat
1	0.0000978	0.0000891	0.0000934	1.05	0.00	0.00013	0.00000	Bodrum kat

X yönü (-)

Kat	ΔX düst(m)	ΔX dalt(m)	ΔX ort	nbi	nki	$R \cdot \Delta x/h$	θ_i	kat tipi
4	0.0007893	0.0007305	0.0007599	1.04	0.00	0.00105	0.00095	Normal kat
3	0.0008601	0.0008169	0.0008385	1.03	1.10	0.00115	0.00131	Normal kat
2	0.0007323	0.0007221	0.0007272	1.01	0.87	0.00098	0.00143	Normal kat
1	0.0000978	0.0000891	0.0000934	1.05	0.00	0.00013	0.00000	Bodrum kat

Y yönü (+)

Kat	ΔY düst(m)	ΔY dalt(m)	ΔX ort	nbi	nki	$R \cdot \Delta y/h$	θ_i	kat tipi
4	0.0004569	0.0004549	0.0004559	1.00	0.00	0.00061	0.00055	Normal kat
3	0.0004901	0.000488	0.0004891	1.00	1.21	0.00065	0.00073	Normal kat
2	0.0004075	0.0004059	0.0004067	1.00	1.05	0.00054	0.00074	Normal kat
1	0.0002691	0.0002684	0.0002687	1.00	0.00	0.00036	0.00000	Bodrum kat

Y yönü (-)

Kat	ΔY düst(m)	ΔY dalt(m)	ΔX ort	nbi	nki	$R \cdot \Delta y/h$	θ_i	kat tipi
4	0.0004569	0.0004549	0.0004559	1.00	0.00	0.00061	0.00055	Normal kat
3	0.0004901	0.000488	0.0004891	1.00	1.21	0.00065	0.00073	Normal kat
2	0.0004075	0.0004059	0.0004067	1.00	1.05	0.00054	0.00074	Normal kat
1	0.0002691	0.0002684	0.0002687	1.00	0.00	0.00036	0.00000	Bodrum kat

Çizelge 4.26. Perde eklenmesi durumu B1 düzensizliklerinin kontrolü

Kat	A_w	A_{gx}	A_{gy}	A_{kx}	A_{ky}	ΣA_{ex}	ΣA_{ey}	n_{cix}	n_{ciy}	Açıklama
4	3.58	1.59	2.77	4.82	9.02	5.89	7.70	1.00	1.00	Üst Kat ✓
3	3.58	1.59	2.77	4.82	9.02	5.89	7.70	1.00	1.00	Düzenli ✓
2	3.58	1.59	2.77	4.72	8.50	5.88	7.62	1.00	0.99	Düzenli ✓
1	3.78	9.97	3.21	0.00	0.00	13.74	6.99	2.34	0.92	Bodrum Kat

4.2.7.3. Tüm kolonların mantolanması durumu düzensizliklerinin kontrolü

Çizelge 4.27. Tüm kolonların mantolanması durumu A1,B2 düzensizliklerinin kontrolü

X yönü (+)

Kat	ΔX düst(m)	ΔX dalt(m)	ΔX ort	nbi	nki	$R \cdot \Delta x/h$	θ_i	kat tipi
4	0.0011268	0.0011617	0.0011443	1.02	0.00	0.00155	0.00143	Normal kat
3	0.0015546	0.0015558	0.0015552	1.00	1.36	0.00207	0.00242	Normal kat
2	0.001262	0.0012387	0.0012503	1.01	0.80	0.00168	0.00246	Normal kat
1	0.0001176	0.0001092	0.0001134	1.04	0.00	0.00016	0.00000	Bodrum kat

X yönü (-)

Kat	ΔX düst(m)	ΔX dalt(m)	ΔX ort	nbi	nki	$R \cdot \Delta x/h$	θ_i	kat tipi
4	0.0011268	0.0011617	0.0011443	1.02	0.00	0.00155	0.00143	Normal kat
3	0.0015546	0.0015558	0.0015552	1.00	1.36	0.00207	0.00242	Normal kat
2	0.001262	0.0012387	0.0012503	1.01	0.80	0.00168	0.00246	Normal kat
1	0.0001176	0.0001092	0.0001134	1.04	0.00	0.00016	0.00000	Bodrum kat

Y yönü (-)

Kat	ΔY düst(m)	ΔY dalt(m)	ΔX ort	nbi	nki	$R \cdot \Delta y/h$	θ_i	kat tipi
4	0.0012746	0.0012737	0.0012741	1.00	0.00	0.0017	0.00154	Normal kat
3	0.0015026	0.0015029	0.0015027	1.00	1.18	0.00200	0.00232	Normal kat
2	0.0011624	0.0011636	0.001163	1.00	0.77	0.00155	0.00225	Normal kat
1	0.0003344	0.0003348	0.0003346	1.00	0.00	0.00045	0.00000	Bodrum kat

Çizelge 4.28. Tüm kolonların mantolanması durumu B1 düzensizliklerinin kontrolü

Kat	Aw	Agx	Agy	Akx	Aky	ΣA_{ex}	ΣA_{ey}	ncix	nciy	Açıklama
4	11.60	0.00	0.00	5.78	11.60	12.46	13.34	1.00	1.00	Üst Kat ✓
3	11.60	0.00	0.00	5.78	11.60	12.46	13.34	1.00	1.00	Düzenli ✓
2	11.60	0.00	0.00	5.68	11.08	12.45	13.26	1.00	0.99	Düzenli ✓
1	11.80	8.37	3.21	0.00	0.00	20.17	15.01	1.62	1.13	Bodrum Kat

4.2.7.4. Perde eklenmesi ve kolon mantolama yapılması durumu düzensizliklerinin kontrolü**Çizelge 4.29** Perde eklenmesi ve kolon mantolanması durumu A1,B2 düzensizliklerinin kontrolü

X yönü (+)

Kat	$\hat{\sigma}_X$ düst(m)	$\hat{\sigma}_X$ dalt(m)	$\hat{\sigma}_X$ ort	nbi	nki	$R \cdot \hat{\sigma}_x/h$	ϵ_i	kat tipi
4	0.0018022	0.0018532	0.0018277	1.01	0.00	0.00247	0.00209	Normal kat
3	0.0016438	0.0016851	0.0016644	1.01	0.91	0.00225	0.00255	Normal kat
2	0.0013221	0.0013517	0.0013369	1.01	0.80	0.0018	0.00263	Normal kat
1	0.0001251	0.0001141	0.0001196	1.05	0.00	0.00017	0.00000	Bodrum kat

X yönü (-)

Kat	$\hat{\sigma}_X$ düst(m)	$\hat{\sigma}_X$ dalt(m)	$\hat{\sigma}_X$ ort	nbi	nki	$R \cdot \hat{\sigma}_x/h$	ϵ_i	kat tipi
4	0.0018022	0.0018532	0.0018277	1.01	0.00	0.00247	0.00209	Normal kat
3	0.0016438	0.0016851	0.0016644	1.01	0.91	0.00225	0.00255	Normal kat
2	0.0013221	0.0013517	0.0013369	1.01	0.80	0.0018	0.00263	Normal kat
1	0.0001251	0.0001141	0.0001196	1.05	0.00	0.00017	0.00000	Bodrum kat

Y yönü (+)

Kat	ΔY düst(m)	ΔY dalt(m)	ΔX ort	nbi	nki	$R \cdot \Delta y/h$	θ_i	kat tipi
4	0.0008846	0.0007833	0.0008339	1.06	0.00	0.00118	0.00098	Normal kat
3	0.0008798	0.0007819	0.0008308	1.06	1.26	0.00117	0.00126	Normal kat
2	0.0007136	0.0006428	0.0006782	1.05	1.13	0.00095	0.00129	Normal kat
1	0.0002858	0.0002882	0.000287	1.00	0.00	0.00038	0.00000	Bodrum kat

Y yönü (-)

Kat	ΔY düst(m)	ΔY dalt(m)	ΔX ort	nbi	nki	$R \cdot \Delta y/h$	θ_i	kat tipi
4	0.0008846	0.0007833	0.0008339	1.06	0.00	0.00118	0.00098	Normal kat
3	0.0008798	0.0007819	0.0008308	1.06	1.26	0.00117	0.00126	Normal kat
2	0.0007136	0.0006428	0.0006782	1.05	1.13	0.00095	0.00129	Normal kat
1	0.0002858	0.0002882	0.000287	1.00	0.00	0.00038	0.00000	Bodrum kat

Çizelge 4.30. Perde eklenmesi ve kolon mantolanması durumu B1 düzensizliklerinin kontrolü

Kat	A_w	A_{gx}	A_{gy}	A_{kx}	A_{ky}	ΣA_{ex}	ΣA_{ey}	n_{cix}	n_{ciy}	Açıklama
4	3.38	0.65	1.39	5.28	10.31	4.82	6.31	1.00	1.00	Üst Kat ✓
3	6.58	0.65	1.39	5.28	10.31	8.03	9.51	1.67	1.51	Düzenli ✓
2	6.58	0.65	1.39	5.19	9.79	8.01	9.44	1.00	0.99	Düzenli ✓
1	6.78	9.03	3.21	0.00	0.00	15.81	9.99	1.97	1.06	Bodrum Kat

Durumlar ayrı ayrı incelendiğinde hiçbir uygulamada A1,B1 ve B2 tipi düzensizliğe rastlanılmamıştır.

4.2.8. Kiriş ve kolon kapasitelerine göre yapı göçme yükü hesabı

4.2.8.1. Mevcut durum kiriş ve kolon kapasitelerine göre yapı göçme yükü

Kolon taban kapasite momentleri toplamı: $M_{rx}=174.36$ (tm) $M_{ry}=361.95$ (tm)

Kolonlara bağlı kiriş kapasite momentleri toplamı: $M_{rx}=675.52$ (tm) $M_{ry}=865.26$ (tm)

Kiriş kapasite momentleri toplamı: $M_{rx}=675.52$ (tm) $M_{ry}=865.26$ (tm)

X Yönü göçme kapasitesi: $P_x=121.83 \times (174.36 + 675.52) / 816.62 = 116.28$ (t)

Y Yönü göçme kapasitesi: $P_y = 135.18 \times (361.95 + 865.26) / 903.08 = 183.7 \text{ (t)}$

Zayıf kat göçme kapasitesi: $P_x = 116.28 \text{ (t)}$, $P_y = 243.43 \text{ (t)}$

$V_{tx} = \lambda \cdot A_o \cdot I \cdot S(t) \cdot W = 414.24 \text{ (t)}$ ($\lambda = 0.85$)

$V_{ty} = \lambda \cdot A_o \cdot I \cdot S(t) \cdot W = 459.62 \text{ (t)}$ ($\lambda = 0.85$)

Burada λ katsayısı DBYBHY 2007’de belirtilen bodrum hariç bir ve iki katlı binalarda 1.0, diğerlerinde 0.85 alınacaktır ifadesi göz önünde bulundurularak alınmıştır.

Çizelge 4.31. Mevcut durum plastik mafsalsal kontrol tablosu

Kat No	X YÖNÜ			Y YÖNÜ		
	Kolon	Kiriş	Kapasite	Kolon	Kiriş	Kapasite
	$\Sigma M_c \text{ (tm)}$	$\Sigma M_{bi} \text{ (tm)}$	$V_r \text{ (t)}$	$\Sigma M_c \text{ (tm)}$	$\Sigma M_{bi} \text{ (tm)}$	$V_r \text{ (t)}$
4	153.83	148.99	96.27	324.37	241.58	188.65
3	168.02	409.14	112.08	348.62	553.42	195.67
2	174.36	675.52	116.28	361.95	865.26	183.70

$(M_{ci} \geq M_{bi}) \Rightarrow \Sigma M_{bi}$ Kiriş Plastik Mafsalsal Kontrolü

Mevcut yapıda $\Sigma M_b > \Sigma M_c$ olmasından ötürü 2. ve 3. katlarda her iki yönde de plastik mafsallaşmaya rastlanmıştır. Bu durum bize birleşim bölgesinde kuvvetli kiriş- zayıf kolon birleşimi olduğunu göstermektedir. Bu durum hasar türleri konusunda da açıklandığı üzere yapının ani göçmesine sebep olan bir hasardır. Bundan dolayı bu durumun güçlendirme hallerinde düzeltilmesi gerekmektedir.

Çizelge 4.32. Mevcut durumdaki göçme yükü mukayese tablosu

Kat No	X YÖNÜ		Y YÖNÜ	
	Deprem yükü	Mevcut Yapı	Deprem yükü	Mevcut Yapı
	$V_e \text{ (t)}$	$V_r \text{ (t)}$	$V_e \text{ (t)}$	$V_r \text{ (t)}$
4	52.69	96.27 ✓	57.92	188.65 ✓
3	97.68	112.08 ✓	107.93	195.67 ✓
2	121.83	116.28 x	135.18	183.7 ✓

Yapının 2. Katında X deprem yönünde $V_e > V_r$ durumuyla karşılaşmış bu kattaki kesme kuvvetinin depremden gelen kesme kuvvetini karşılayamadığı görülmüştür.

4.2.8.2. Perde eklenmesi durum kiriş ve kolon kapasitelerine göre yapı göçme yükü hesabı

Kolon taban kapasite momentleri toplamı: $M_{rx} = 1723.85 \text{ (tm)}$ $M_{ry} = 2368.79 \text{ (tm)}$

Kolonlara bağlı kiriş kapasite momentleri toplamı: $M_{rx} = 712.61 \text{ (tm)}$ $M_{ry} = 756.39 \text{ (tm)}$

Kiriş kapasite momentleri toplamı: $M_{rx} = 712.61 \text{ (tm)}$ $M_{ry} = 756.39 \text{ (tm)}$

X Yönü göçme kapasitesi: $P_x = 144.47 \times (1723.85 + 712.61) / 979.42 = 359.39 \text{ (t)}$

Y Yönü göçme kapasitesi: $P_y = 155.52 \times (2368.79 + 756.39) / 1033.77 = 470.14 \text{ (t)}$

Zayıf kat göçme kapasitesi: $P_x = 1149.29 \text{ (t)}$, $P_y = 1587.16 \text{ (t)}$

$V_{tx} = \lambda \cdot A_o \cdot I \cdot S(t) \cdot W = 491.2 \text{ (t)}$ ($\lambda = 0.85$)

$V_{ty} = \lambda \cdot A_o \cdot I \cdot S(t) \cdot W = 528.75 \text{ (t)}$ ($\lambda = 0.85$)

Çizelge 4.33. Perde eklenmesi durumu plastik mafsalsal kontrol tablosu

Kat No	X YÖNÜ			Y YÖNÜ		
	Kolon	Kiriş	Kapasite	Kolon	Kiriş	Kapasite
	$\Sigma M_c \text{ (tm)}$	$\Sigma M_{bi} \text{ (tm)}$	$V_r \text{ (t)}$	$\Sigma M_c \text{ (tm)}$	$\Sigma M_{bi} \text{ (tm)}$	$V_r \text{ (t)}$
4	1609.46	164.34	591.27	2215.98	206.35	807.44
3	1671.15	439.07	450.91	2300.9	495.68	602.02
2	1723.85	712.61	359.39	2368.79	756.39	470.14

$(M_{ci} \geq M_{bi}) \Rightarrow \Sigma M_{bi}$ Kiriş Plastik Mafsalsal Kontrolü

Planda belirtilen yerlere perde eklenmesiyle güçlendirme yapılması durumunda plastik mafsallaşma durumuna rastlanılmamıştır.

Çizelge 4.34. Perde eklenmesi durumdaki göçme yükü mukayese tablosu

Kat No	X YÖNÜ		Y YÖNÜ	
	Deprem yükü	Güçlendirilmiş yapı	Deprem yükü	Güçlendirilmiş Yapı
	$V_e \text{ (t)}$	$V_r \text{ (t)}$	$V_e \text{ (t)}$	$V_r \text{ (t)}$
4	65.33	591.27✓	66.97	807.44✓
3	116.67	450.91✓	122.11	602.02✓
2	144.47	359.39 ✓	155.52	470.14✓

Perde eklenmesi ile güçlendirme durumunda tüm katlarda depremden gelen kesme kuvvetleri her iki yönde de karşılanmıştır.

4.2.8.3. Tüm kolonların mantolanması durumu kiriş ve kolon kapasitelerine göre yapı göçme yükü hesabı

Kolon taban kapasite momentleri toplamı: $M_{rx} = 1131.25 \text{ (tm)}$ $M_{ry} = 1746.37 \text{ (tm)}$

Kolonlara bağlı kiriş kapasite momentleri toplamı: $M_{rx} = 1016.56 \text{ (tm)}$ $M_{ry} = 935.65 \text{ (tm)}$

Kiriş kapasite momentleri toplamı: $M_{rx} = 1016.59 \text{ (tm)}$ $M_{ry} = 935.65 \text{ (tm)}$

X Yönü göçme kapasitesi: $P_x = 166.05 \times (1131.25 + 1016.59) / 1124.21 = 317.24 \text{ (t)}$

Y Yönü göçme kapasitesi: $P_y = 168.99 \times (1746.37 + 935.65) / 1143.47 = 396.37 \text{ (t)}$

Zayıf kat göçme kapasitesi: $P_x = 754.28 \text{ (t)}$, $P_y = 1165.28 \text{ (t)}$

$V_{tx} = \lambda \cdot A_o \cdot I \cdot S(t) \cdot W = 564.56 \text{ (t)}$ ($\lambda = 0.85$)

$V_{ty} = \lambda \cdot A_o \cdot I \cdot S(t) \cdot W = 574.58 \text{ (t)}$ ($\lambda = 0.85$)

Çizelge 4.35. Tüm kolonların mantolanması durumu plastik mafsallı kontrol tablosu

Kat No	X YÖNÜ			Y YÖNÜ		
	Kolon	Kiriş	Kapasite	Kolon	Kiriş	Kapasite
	ΣM_c (tm)	ΣM_{bi} (tm)	V_r (t)	ΣM_c (tm)	ΣM_{bi} (tm)	V_r (t)
4	1003.95	686.3	563.42	1565.99	623.94	729.98
3	1067.84	1359.65	522.14	1655.71	1247.62	618.77
2	1131.25	2033.19	467.39	1746.37	1871.3	534.65

$(M_{ci} \geq M_{bi}) \Rightarrow \Sigma M_{bi}$ Kiriş Plastik Mafsallı Kontrolü

Tüm kolonların mantolanması durumunda 2. Katta sadece X yönünde 3. Katta her iki yönde plastik mafsallaşmaya rastlanılmıştır.

Çizelge 4.36. Tüm kolonların mantolanması durumundaki göçme yükü mukayese tablosu

Kat No	X YÖNÜ		Y YÖNÜ	
	Deprem yükü	Güçlendirilmiş yapı	Deprem yükü	Güçlendirilmiş Yapı
	V_e (t)	V_r (t)	V_e (t)	V_r (t)
4	74.03	563.42✓	76.51	729.98✓
3	134.66	522.14✓	135.65	618.77✓
2	166.05	467.39✓	168.99	534.65✓

Çizelgeden anlaşıldığı üzere yapı depremten gelen kesme kuvvetlerini karşılayabilecek durumdadır.

4.2.8.4. Perde eklenmesi ve kolon mantolama yapılması durumu kiriş ve kolon kapasitelerine göre yapı göçme yükü hesabı

Kolon taban kapasite momentleri toplamı: $M_{rx}=1101.91$ (tm) $M_{ry}=1982.0$ (tm)

Kolonlara bağlı kiriş kapasite momentleri toplamı: $M_{rx}=872.23$ (tm) $M_{ry}=1153.85$ (tm)

Kiriş kapasite momentleri toplamı: $M_{rx}=872.23$ (tm) $M_{ry}=1153.85$ (tm)

X Yönü göçme kapasitesi: $P_x=146.57 \times (1101.91 + 872.23) / 994.41 = 290.97$ (t)

Y Yönü göçme kapasitesi: $P_y=151.52 \times (1982.0 + 1153.85) / 1006.64 = 472.0$ (t)

Zayıf kat göçme kapasitesi: $P_x=734.65$ (t), $P_y=1318.08$ (t)

$V_{tx} = \lambda \cdot A_o \cdot I \cdot S(t) \cdot W = 498.33$ (t) ($\lambda = 0.85$)

$V_{ty} = \lambda \cdot A_o \cdot I \cdot S(t) \cdot W = 515.16$ (t) ($\lambda = 0.85$)

Çizelge 4.37. Perde eklenmesi ve kolon mantolama yapılması durumu plastik mafsallık kontrol tablosu

Kat No	X YÖNÜ			Y YÖNÜ		
	Kolon	Kiriş	Kapasite	Kolon	Kiriş	Kapasite
	ΣM_c (tm)	ΣM_{bi} (tm)	V_r (t)	ΣM_c (tm)	ΣM_{bi} (tm)	V_r (t)
4	630.87	145.99	258.95	1294.95	279.12	524.69
3	1047.89	670.52	367.12	1907.8	916.42	610.43
2	1101.91	1195.97	338.69	1977.12	1556.72	531.91

($M_{ci} \geq M_{bi}$) => ΣM_{bi} Kiriş Plastik Mafsallık Kontrolü

2. kat X deprem yönü için plastik mafsallaşma yapmıştır.

Çizelge 4.38. Perde eklenmesi ve kolon mantolama yapılması durumdaki göçme yükü mukayese tablosu

Kat No	X YÖNÜ		Y YÖNÜ	
	Deprem yükü	Güçlendirilmiş yapı	Deprem yükü	Güçlendirilmiş Yapı
	V_e (t)	V_r (t)	V_e (t)	V_r (t)
4	66.4	258.95✓	64.7	524.69✓
3	118.51	367.12✓	119.33	610.43✓
2	146.57	338.69✓	151.52	531.91 ✓

Deprem kesme kuvvetlerini karşılamada yapıda bir sıkıntı bulunmamaktadır.

4.2.9. Etki kapasite oranlarına göre kolon ve kirişlerde hasar bölgesi tanımlanması

Hasar bölgeleri tanımlanırken kullanılan hasar sınırı değerleri yukarıda bölüm 4.1.5.1.3’de verilen tablolardaki hasar sınırı değerlerinin iterasyon yapılması sonucu bulunmuş değerlerdir. Bulunan bu sınır değerlerine göre elemanların hasar durumu belirlenmiştir. Aşağıda her durum için bazı elemanların eleman hasar düzeyleri belirlenmiş ve çizelgeler halinde verilmiştir.

4.2.9.1. Mevcut durum etki kapasite oranlarına göre kolon ve kirişlerde hasar bölgesi tanımlanması

Çizelge 4.39. Mevcut durum kolonlar için güvenlik sınırı oranları

Kolon No	$N/A_c.F_c$	$V/(b.d.f_{ctm})$	r (M_E/M_A)	Hasar Sınırı			Hasar
				MN	GV	GÇ	
S101	0.161	0.328	0.00	2.80	5.60	7.60	MH
S202	0.218	0.100	2.80	1.80	2.91	4.21	BH
S205	0.429	0.160	3.40	1.50	2.00	3.00	GB
S328	0.267	0.769	2.70	1.63	2.53	3.66	IH
S329	0.267	0.769	2.70	1.63	2.53	3.66	IH
S331	0.127	0.262	2.29	1.96	3.37	4.82	BH

Bu çizelgede; N_k : Eksenel kuvvet, A_c : Kolon veya perdenin brüt kesit alan, f_{ctm} : Beton çekme dayanımı, V_e : Kesme kuvveti, b_w : Kiriş gövde genişliği, d : Kiriş ve kolonun faydalı yüksekliği, M_E : Deprem etkisi ile oluşan eğilme momenti, M_A : Artık moment kapasitesi olarak tanımlanmaktadır.

Çizelge 4.40. Mevcut durum kirişler için güvenlik sınırı oranları

Kiriş No	$(\rho-\rho')/\rho_b$	$V/(b.d.f_{ctm})$	r (M_E/M_A)	Hasar Sınırı			Hasar
				MN	GV	GÇ	
K107	0.124	0.497	0.00	2.38	3.75	5.75	MH
K203	0.159	0.690	2.55	2.46	3.93	5.92	BH
K339	-0.080	0.436	2.87	2.50	4.00	6.00	BH
K345	0.080	0.557	4.02	2.42	3.84	5.84	İH

ρ : Çekme donatısı oranı, ρ_b : Dengeli donatı oranı, ρ' : Basınç donatısı oranı

4.2.9.2. Perde eklenmesi durumu etki kapasite oranlarına göre kolon ve kirişlerde hasar bölgesi tanımlanması

Çizelge 4.41. Perde eklenmesi durumu kolonlar için güvenlik sınırı oranları

Kolon No	$N/A_c.F_c$	$V/(b.d.f_{ctm})$	r (M_E/M_A)	Hasar Sınırı			Hasar
				MN	GV	GÇ	
S101	0.045	0.297	0.00	2.94	5.88	7.88	MN
S202	0.039	0.168	0.46	1.52	2.05	3.07	MN
S205	0.045	0.317	0.48	1.50	2.00	3.00	MN
S328	0.275	0.771	0.55	2.31	4.62	6.62	MN
S329	0.307	0.402	0.30	2.31	4.62	6.62	MN
S331	0.062	0.281	0.48	3.00	6.00	8.00	MN

Çizelge 4.42. Perde eklenmesi durumu kirişler için güvenlik sınırı oranları

Kiriş No	$(\rho-\rho')/\rho_b$	$V/(b.d.f_{ctm})$	r (M_E/M_A)	Hasar Sınırı			Hasar
				MN	GV	GÇ	
K107	0.124	0.498	0.00	2.38	3.75	5.75	MH
K203	0.159	0.690	0.85	2.42	3.84	5.84	MH
K339	0.244	0.636	0.31	3.00	6.02	8.53	MN
K345	Bu güçlendirmede burada perde bulunmaktadır.						

4.2.9.3. Tüm kolonların mantolanması durumu etki kapasite oranlarına göre kolon ve kirişlerde hasar bölgesi tanımlanması

Çizelge 4.43. Tüm kolonların mantolanması durumu kolonlar için güvenlik sınırı oranları

Kolon No	$N/A_c.F_c$	$V/(b.d.f_{ctm})$	r (M_E/M_A)	Hasar Sınırı			Hasar
				MN	GV	GÇ	
S101	0.002	0.029	0.00	3.00	6.00	8.00	MH
S202	0.181	0.000	0.00	2.73	5.46	7.46	MH
S205	0.178	0.000	0.00	2.74	5.48	7.48	MH
S328	0.089	0.688	0.37	2.97	5.94	7.88	MH
S329	0.087	0.686	0.37	2.97	5.94	7.89	MH
S331	0.079	0.352	0.37	3.00	6.00	8.00	MN

Çizelge 4.44. Tüm kolonların mantolanması durumu kirişler için güvenlik sınırı oranları

Kiriş No	$(\rho-\rho')/\rho_b$	$V/(b.d.f_{ctm})$	r (M_E/M_A)	Hasar Sınırı			Hasar
				MN	GV	GÇ	
K107	0.124	0.498	0.00	2.38	3.75	5.75	MH
K203	0.159	0.665	2.36	2.48	3.97	5.97	MH
K339	0.159	0.554	2.10	2.34	3.68	5.68	MH
K345	0.080	0.481	2.51	2.42	3.84	5.84	BH

4.2.9.4. Perde eklenmesi ve kolon mantolaması durumu etki kapasite oranlarına göre kolon ve kirişlerde hasar bölgesi tanımlanması

Çizelge 4.45. Perde eklenmesi ve kolon mantolaması durumu kolonlar için güvenlik sınırı oranları

Kolon No	$N/A_c.F_c$	$V/(b.d.f_{ctm})$	r (M_E/M_A)	Hasar Sınırı			Hasar
				MN	GV	GÇ	
S101	0.135	0.155	0.00	2.88	5.77	7.77	MH
S202	0.433	0.261	0.81	1.50	2.00	3.00	MH
S205	0.448	0.250	0.76	1.50	2.00	3.00	MH
S328	0.327	0.545	0.50	2.24	4.49	6.49	MH
S329	0.327	0.543	0.55	2.24	4.49	6.49	MH
S331	0.053	0.336	1.02	3.00	6.00	8.00	MH

Çizelge 4.46. Perde eklenmesi ve kolon mantolaması durumu kirişler için güvenlik sınırı oranları

Kiriş No	$(\rho-\rho')/\rho_b$	$V/(b.d.f_{ctm})$	r (M_E/M_A)	Hasar Sınırı			Hasar
				MN	GV	GÇ	
K107	0.124	0.498	0.00	2.38	3.75	5.75	MH
K203	0.263	0.766	0.53	2.91	5.69	8.07	MH
K339	0.263	0.858	0.63	2.84	5.48	7.78	MH
K345	0.132	0.674	0.57	2.98	6.41	9.14	MH

4.2.10. Göreli kat öteleme kontrolü

Çizelge 4.47. Göreli kat ötelenmesinin tüm durumlar için kıyaslanması

	Kat	h_i	X yönü $R_x \cdot \Delta_x/h$	Y yönü $R_y \cdot \Delta_y/h$
Mevcut Durum	4	3	0.0102871 BH	0.0061301 MH
	3	3	0.0135435 BH	0.0086964 MH
	2	3	0.0122603 BH	0.0073623 MH
	1	3	0.0002472 MH	0.0008937 MH
Perde Eklenmesi	4	3	0.0024957 MH	0.0015197 MH
	3	3	0.002783 MH	0.0016302 MH
	2	3	0.0024258 MH	0.0013556 MH
	1	3	0.000311 MH	0.0008958 MH
Tüm Kolonların Mantolanması	4	3	0.0038149 MH	0.0042472 MH
	3	3	0.0051864 MH	0.0050091 MH
	2	3	0.0041655 MH	0.0038766 MH
	1	3	0.0003771 MH	0.0011153 MH
Perde Eklenmesi ve Kolon Mantolama Yapılması	4	3	0.0060783 MH	0.0027710 MH
	3	3	0.0055395 MH	0.0027617 MH
	2	3	0.0044551 MH	0.0022571 MH
	1	3	0.0003975 MH	0.0009567 MH

Görelî kat ötelenmesi hasar durumu belirlenirken yukarıda Bölüm 4.1.5.1.3’de verilen sınır değerler ile kıyaslama yapılmıştır. Buna göre tabloda görüldüğü üzere mevcut durum X yönü hariç bütün durumlarda minimum hasar değeri sağlanmaktadır.

4.2.11. Yapı istenilen performans değerinin belirlenmesi

Göz önüne alınan yapı 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan depreme göre tasarlanmıştır. Bundan dolayı Tablo 4.3’de belirtildiği üzere Can Güvenliği Performans Seviyesi’ni sağlaması gerekmektedir. Bu performans düzeyinde sağlanması gerek değerler aşağıda verilen tablolarla incelenmiş ve gerekli yorumlar yapılmıştır.

4.2.12. Kiriş hasar yüzdeleri

Çizelge 4.48. Tüm durumların kiriş hasar yüzdelerinin kıyaslanması (%)

	Kat No	(-X)				(X)				(-Y)				(Y)			
		MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB
Mevcut	4	100.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00
	3	25.00	60.00	15.00	0.00	35.00	45.00	20.00	0.00	0.00	73.70	26.30	0.00	0.00	57.90	42.10	0.00
	2	20.00	15.00	60.00	5.00	20.00	15.00	65.00	0.00	0.00	15.80	73.70	10.50	0.00	5.30	84.20	10.50
	1	100.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	84.60	15.40	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00
	Max.	100.00									73.70		10.50			84.20	
Perde Eklenmesi	4	89.50	10.50	0.00	0.00	94.70	5.30	0.00	0.00	92.00	8.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00
	3	94.70	5.30	0.00	0.00	94.70	5.30	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00
	2	100.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00
	1	100.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00
	Max.		10.50											100.00			
Tüm Kolonların Mantolanması	4	77.30	22.70	27.30	0.00	0.00	72.70	27.30	0.00	0.00	48.10	51.90	0.00	0.00	40.70	59.30	0.00
	3	54.50	13.60	22.70	4.50	54.50	13.60	31.80	0.00	5.30	73.70	21.10	0.00	0.00	57.90	42.10	0.00
	2	22.70	40.90	13.60	36.40	27.30	31.80	4.50	5.30	73.70	21.10	0.00	0.00	47.40	52.60	0.00	0.00
	1	100.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	69.20	30.80	0.00	0.00
	Max.	100.00		13.60						73.70					52.60		
Perde Eklenmesi ve Kolon Mantolama Yapılması	4	100.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00
	3	94.70	5.30	0.00	0.00	94.70	5.30	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00
	2	78.90	21.10	0.00	0.00	78.90	21.10	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00
	1	100.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00
	Max.	100.00	21.10														

Yukarıdaki kiriş hasar yüzdeleri, can güvenliği performans düzeyi hakkında yönetmeliğin belirlemiş olduğu sınır olan “ herhangi bir katta uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda kirişlerin en fazla %30 u ileri hasar bölgesine geçebilir” ifadesi göz önüne alınarak tablo değerlendirilecek olursa;

Mevcut durumda; bütün yönlerde özellikle ikinci kat kirişlerinde bu sınır önemli ölçüde aşılmış hatta göçme bölgesinde % 10 civarında kirişler bulunmaktadır. Bu sebepten ötürü mevcut durum can güvenliği durumunu sağlayamamaktadır.

Sadece belli yerlere simetrik perde eklenmesi durumunda ise; hiçbir yönde ve hiçbir katta ileri hasar bölgesinde kiriş olmadığı görülmektedir. Dolayısıyla bu güçlendirme türünde can güvenliği sınırı kirişler açısından sağlanmıştır.

Tüm kolonların mantolanması durumunda; kirişlerin göçme bölgesine geçtiği görülmüş bu sebepten ötürü kirişlerde yönetmeliğin ön görmüş olduğu can güvenliği durumu sağlanamamıştır.

Bazı kolonların güçlendirilmesi ve perde eklenmesi durumunda; yukarıda ki tabloda görüldüğü üzere can güvenliği sınırı kirişler için fazlasıyla sağlanmıştır.

4.2.13. Kolon kesme kuvveti dağılımı

Çizelge 4.49. Tüm durumların kolon kesme kuvveti dağılımı kıyaslanması (%)

	Kat No	(-X)				(+X)				(-Y)				(+Y)			
		MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB
Mevcut	4	0.00	85.00	15.00	0.00	0.00	85.10	14.90	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00
	3	0.00	26.50	52.30	21.20	0.00	26.50	52.30	21.20	31.10	68.90	0.00	0.00	30.00	70.00	0.00	0.00
	2	0.00	18.50	35.50	46.00	0.00	18.50	35.30	46.20	9.70	58.40	32.00	0.00	5.10	69.50	25.50	0.00
	1	100.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00
	Max.			52.30			85.10		46.20	100.00							
Perde Eklenmesi	4	100.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00
	3	99.70	0.30	0.00	0.00	99.70	0.30	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00
	2	99.80	0.20	0.00	0.00	99.80	0.20	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00
	1	100.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00
	Max.	100.00	0.30														
Tüm Kolonların Mantolanması	4	100.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00
	3	100.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00
	2	100.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00
	1	100.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00
	Max.	100.00															
Perde Eklenmesi ve Kolon Mantolama Yapılması	4	96.00	4.00	0.00	0.00	95.90	4.10	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00
	3	96.40	3.60	0.00	0.00	96.40	3.60	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00
	2	95.80	2.80	1.40	0.00	95.80	2.80	1.40	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00
	1	100.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00
	Max.						4.10	1.40		100.00							

Binadan istenilen performans düzeyinin değerlendirilmesi başlığı altında Can Güvenliği Performans Düzeyi (b) bendinde bildirilen “ İleri Hasar Bölgesi ’ndeki kolonların, her bir katta kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine toplam katkısı %20’nin altında olmalıdır” ve “en st katta İleri Hasar Bölgesi’ndeki kolonların kesme kuvvetleri toplamının, o kattaki tüm kolonların kesme kuvvetlerinin toplamına oranı en fazla %40 olabilir” ifadeleri göz önüne alınmıştır. Bu durum yukarıda ki karşılaştırma tablosunda görüldüğü üzere sadece mevcut durumda karşılanamamakta olup diğer durumlar için sağlanmıştır.

4.2.14. Alt ve üst kesitlerinde minimum hasar bölgesini aşan kolonların kesme kuvveti dağılımı

Çizelge 4.50. Tüm durumların alt ve üst kesitlerinde minimum hasar bölgesini aşan kolonların kesme kuvveti dağılımı kıyaslanması (%)

	KAT	(-X)		(X)		(-Y)		(Y)	
	NO	MH	BH+IH+GB	MH	BH+IH+GB	MH	BH+IH+GB	MH	BH+IH+GB
Mevcut	4	92.20	7.80	88.10	11.90	100.00	0.00	100.00	0.00
	3	42.40	57.60	42.60	57.40	100.00	0.00	100.00	0.00
	2	63.00	37.00	63.10	36.90	100.00	0.00	100.00	0.00
	1	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00
	Max.	57.60	100.00			100.00			
Perde Eklenmesi	4	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00
	3	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00
	2	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00
	1	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00
	Max.	100.00							
Tüm Kolonların Mantolanması	4	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00
	3	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00
	2	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00
	1	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00
	Max.	100.00							
Perde Eklenmesi ve Kolon Mantolama Yapılması	4	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00
	3	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00
	2	98.60	1.40	98.60	1.40	100.00	0.00	100.00	0.00
	1	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00
	Max.	100.00			1.40				

Binadan istenilen performans düzeyinin değerlendirilmesi başlığı altında Can Güvenliği Performans Düzeyi (c) bendinde “herhangi bir katta alt ve st kesitlerinin ikisinde birden Minimum Hasar Sınırı aşılmış olan kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin, o kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının %30’u aşmaması gerekir” ifadesi yer almaktadır. Buna göre söz konusu durumun sadece mevcut yapıda sağlanmadığı görülmektedir diğer güçlendirme hallerinde bu durum sağlanmıştır.

4.2.15. Bina performans sonucu

Çizelge 4.51. Tüm durumların bina performans sonuçlarının genel olarak kıyaslanması

Mevcut Durum: Bina yatay yük kapasite oranı 2. kat : $V_r/V_e=116.28/121.83=0.954$ Plastiklesen kolon Vc oranı=%57.6>%30 x Göçme durumu, Güçlendirme gereklidir. Can güvenliği x Göçmenin önlenmesi durumu yeterlilik kontrolü: Göçme bölgesi Kiriş Hasar oranı=%10.5<%20 ✓ Plastiklesen kolon Vc oranı %57.6>%30 x,(GB=%0.0 ✓)	Planda Gösterilen Yerlere Perde Eklenmesi Durumu: Bina yatay yük kapasite oranı 2. kat : $V_r/V_e=359.39/144.47=2.488$ Belirgin Kiriş Hasar oranı=%10.5>%10 Hemen kullanım x Can güvenliği durumu, Güçlendirme yeterlidir. Can güvenliği yeterlilik kontrolü: Kiriş Hasar oranı=(IH=%0.0 <=%30 ✓),(GB=%0.0 ✓) Kolon Hasar oranı=(IH=%0.0 <=%20 ✓),(GB=%0.0 ✓) Üst kat Vc oranı=(IH=%0.0 <=%40 ✓),(GB=%0.0 ✓) Plastiklesen kolon Vc oranı (BH+IH+GB=%0.0<=%30 ✓),(GB=%0.0 ✓)
Tüm Kolonların Mantolanması Durumu: Bina yatay yük kapasite oranı 2. kat : $V_r/V_e=467.39/166.05=2.815$ İleri Kiriş Hasar oranı=%52.6>%20 Can güvenliği x Göçmenin önlenmesi durumu, Güçlendirme gereklidir. Can güvenliği x Can güvenliği yeterlilik kontrolü: Kiriş Hasar oranı=(IH=%52.6>%30 x),(GB=%13.6>%0 x) Kolon Hasar oranı=(IH=%0.0<=%20 ✓),(GB=%0.0 ✓) Ust kat Vc oranı=(IH=%0.0<=%40 ✓),(GB=%0.0 ✓) Plastiklesen kolon Vc oranı (BH+IH+GB=%0.0<=%30 ✓),(GB=%0.0 ✓)	Mantolama ve Perde Eklenmesi Durumu: Bina yatay yük kapasite oranı 2. kat : $V_r/V_e=338.69/146.57=2.311$ Belirgin Kiriş Hasar oranı=%21.1>%10 Hemen kullanım x Can güvenliği durumu, Güçlendirme yeterlidir. Can güvenliği yeterlilik kontrolü: Kiriş Hasar oranı=(IH=%0.0<=%30 ✓),(GB=%0.0 ✓) Kolon Hasar oranı=(IH=%1.4<=%20 ✓),(GB=%0.0 ✓) Ust kat Vc oranı=(IH=%0.0<=%40 ✓),(GB=%0.0 ✓) Plastiklesen kolon Vc oranı (BH+IH+GB=%1.4<=%30 ✓),(GB=%0.0 ✓)

4.2.16. Can güvenliğini sağlamayan eleman dağılımı

Çizelge 4.52. Tüm durumların can güvenliğini sağlamayan eleman dağılımının kıyaslanması

	KAT NO	X YÖNÜ		Y YÖNÜ	
		Kiriş(%)	Kolon(%)	Kiriş(%)	Kolon(%)
Mevcut	4	0/20 (%0.0)	4/27 (%14.8)	0/27 (%0.0)	0/27 (%0.0)
	3	4/20 (%20.0)	18/27 (%66.7)	8/19 (%42.10)	0/27 0 (%0.0)
	2	13/20 (%65.0)	21/27 (%77.8)	18/19 (%94.70)	7/27 (%25.90)
	1	0/11 (%0.0)	0/52 (%0.0)	0/13 (%0.0)	0/52 (%0.0)
Perde Eklenmesi	4	0/19 (%0.0)	0/36 (%0.0)	0/25 (%0.0)	0/36 (%0.0)
	3	0/19 (%0.0)	0/36 (%0.0)	0/17 (%0.0)	0/36 (%0.0)
	2	0/19 (%0.0)	0/36 (%0.0)	0/17 (%0.0)	0/36 (%0.0)
	1	0/10 (%0.0)	0/57 (%0.0)	0/15 (%0.0)	0/57 (%0.0)
Tüm Kolonların Mantolanması	4	0/22 (%0.0)	0/54 (%0.0)	0/27(%0.0)	0/54(%0.0)
	3	7/22 (%31.8)	0/54 (%0.0)	8/19(%42.1)	0/54(%0.0)
	2	8/22 (%36.4)	0/54 (%0.0)	10/19(%52.6)	0/54(%0.0)
	1	0/11 (%0.0)	0/79 (%0.0)	0/13(%0.0)	0/79(%0.0)
Perde Eklenmesi ve Kolon Mantolama Yapılması	4	0/19 (%0.0)	0/30 (%0.0)	0/25 (%0.0)	0/30 (%0.0)
	3	0/19 (%0.0)	0/38 (%0.0)	0/17 (%0.0)	0/38 (%0.0)
	2	0/19 (%0.0)	0/38 (%0.0)	0/17 (%0.0)	0/38 (%0.0)
	1	0/10 (%0.0)	0/61 (%0.0)	0/13 (%0.0)	0/61 (%0.0)

Bu tabloda yukarıda bahsedilen kolon kirişlerin özet halinde yüzde yansımaları görülmektedir. Bu tablodan da okunulabileceği gibi mevcut durum ve tüm kolonların güçlendirilmesi durumu haricinde ki durumlarda can güvenliği durumu sağlanmaktadır. Burada kıyas kriteri her bir kat için kolonlarının %20 sinin, kirişlerin ise %30 undan fazlasının can güvenliği sınırını aşmamasıdır. Bu koşul üst kat kolonlarının %40 Kirişlerinin ise %30 undan fazlasının can güvenliği sınırını aşmamasıdır.

4.2.17. Güçlendirme durumları metrajları

Çizelge 4.53. Tüm durumların metraj kıyaslaması

METRAJ KIYASLAMALARI					
GÜÇLENDİRME DURUMU	KALIP METRAJİ	BETON METRAJİ	DONATI METRAJİ		
			Ø8	Ø12	Ø14
	m ²	m ³	kg	kg	kg
Sadece Perde ile Güçlendirme	439.20	77.04	1015.31	2789.03	-
Tüm Kolonların Mantolanması	2169.60	397.53	7006.73	-	7580.92
Perde Eklenmesi ve Bazı Kolonların Mantolanması Durumu	796.80	220.16	3926.58	601.00	3573.26

Çizelge 4.53.' de binada bulunan tüm kolonları mantolamak diğer yöntemlere göre hiçte ekonomik olmayan bir yöntemdir. Bu yöntemler arasında en ekonomik olan yöntem binanın belli yerlerine perdeler eklemek olacaktır.

5. SONUÇLAR

Bu tez çalışmasında, DBYBHY 2007'ye uygun olarak mevcut bir binanın depreme dayanıklılığının kontrolü ve farklı güçlendirme durumlarında yapının analizi yapılmıştır.

Bu çalışmada düzenli plana sahip kolon ve kirişlerden oluşan yapının mevcut durum modeli, planda belirlenen yerlere perde eklenmesi ile güçlendirilmesi, yapıda bulunan tüm kolonların mantolanması ile güçlendirme ve planda belirlenen yerlere perde eklenmesi ile kolon mantolanmasıyla güçlendirme durumları olmak üzere 4 ayrı model üzerinde çalışma yapılmıştır. Bu modellerden her biri Sta4Cad programıyla modellenmiş ve modellemeye ilişkin veriler aynı tutularak programa tanımlanmıştır.

Çalışma sonuçları açısından değerlendirilecek olursa, mevcut durumun gelecek olan deprem yüklerini karşılayamayacak durumda olmasından ötürü güçlendirme gereksinimi doğmuştur. Bu açıdan yapı öncelikle perde eklenmesi yöntemiyle güçlendirilmeye çalışılmış ve bu güçlendirme yöntemiyle binanın dayanımının arttığı ve can güvenliği sınırını (tüm kat elemanlarında can güvenliğini sağlamayan eleman oranı %0 olarak belirlenmiştir) karşıladığı görülmüştür. Diğer bir güçlendirme yöntemi olarak binada bulunan tüm kolonlar mantolanarak yapı dayanımı artırılmıştır. Ancak bu durumda bina gerekli performansı gösterememiş (can güvenliği durumunu sağlamayan elemanların % 36.4 seviyesinde olduğu görülmüştür) ve bu güçlendirme türü yetersiz kalmıştır. Son olarak karşılaştırılan güçlendirme durumu ise planda belirlenen yerlere perde eklenmesi ve kolon mantolaması yapılmasında ise yapı dayanımı artırılmış ve istenilen can güvenliği seviyesi (tüm kat elemanlarında can güvenliğini sağlamayan eleman oranı %0 olarak belirlenmiştir) sağlanmıştır. Sonuç olarak mevcut yapı ve tüm kolonların mantolanması durumu haricindeki iki güçlendirme durumunda bina istenilen seviyede dayanıma kavuşmuştur.

Yapılan güçlendirme yöntemlerinde can güvenliği durumunu sağlamayan durum olan tüm kolonların mantolanması durumunda mali açıdan da en yüksek tutara ulaşılmıştır. Bu güçlendirme yönteminde 2169.60 m² kalıp, 397.53 m³ beton, 7006.73 kg Ø8' lik donatı ve 7580.92 kg Ø14' luk donatı kullanılmıştır. Bu yöntem gerek can güvenliği düzeyini sağlamaması gerekse maliyet açısından tavsiye edilmemektedir. Diğer yöntemlerden perde ilavesi ve bazı kolonların mantolanması durumunda 796.80 m² kalıp, 220.16 m³ beton, 3926.58 kg Ø8' lik donatı ve 601.00 kg Ø12' lik donatı

3573.26 kg Ø14 lük donatı kullanılmıştır. Son olarak yapının belirli yerlerine perde eklenmesi durumu mali açıdan en uygun olan yöntemdir bu yöntemde 439.20 m² kalıp, 77.04 m³ beton, 1015.31 kg Ø8' lik donatı ve 2789.03 kg Ø12' lik donatı kullanılmıştır. Maliyet açısından en uygun yöntem sadece perde eklenmesi durumu olarak ortaya çıkmıştır. Bu yöntemde DBYBHY 2007 şartlarının sağlandığı da yukarıdaki bölümlerden anlaşılmaktadır.

Yapılacak güçlendirme çalışmalarında, yapıların tekrar depreme maruz kalacağı düşüncesi ile güçlendirme yapılmalı yapılan güçlendirmeler esnasında yapıda burulma meydana getirmemeye dikkat edilmelidir. Ayrıca bina kullanımını olumsuz etkileyecek her türlü işten kaçınılmalıdır.

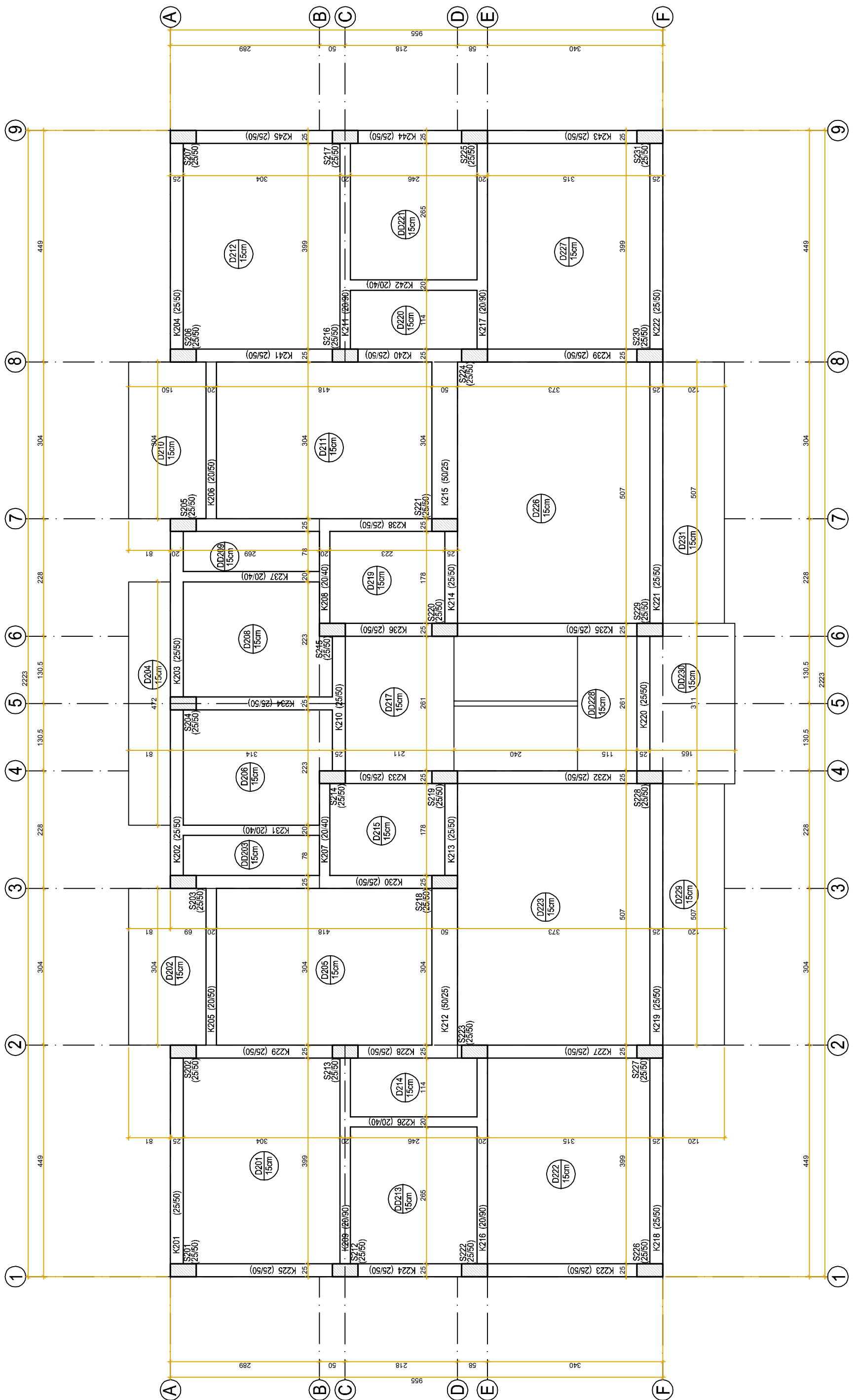
KAYNAKLAR

- Chronopoulos, P., 1986. Response of repaired/strengthened RC columns under cyclic actions, Proceedings of the 8th European Conference on Earthquake Engineering, V.5, Lisbon.
- Suleiman, R., 1991. Repair and strengthening of reinforced concrete columns, Ph. D. Thesis in Middle East Technical University, Ankara January.
- Chajes, M., J., Januszka, T., F., Mertz, D., R., Thomson, T., A. ve Finch, W., 1995. Shear strengthening of reinforced concrete beams using externally applied composite fabric, ACI Structural Journal.
- Zıraba, Y., N. ve Baluch, M., H., 1995. Computational model for reinforced concrete beams strengthened by epoxy bonded steel plates, Finite Elements in Analysis and Design 20.
- Babalioğlu, M., N., 1995. Çift eğrilikli betonarme kolonların komşu iki yüzünden onarımı veya güçlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara.
- Elmas, M., Çağlar, N., ve Mert, N., 1997. hasar görmüş betonarme kirişlerin çelik plakalarla güçlendirilmesi, XIV. Teknik Kongre Bildiriler Kitabı, Türkiye İnşaat Mühendisleri Odası, İzmir.
- Ergin, C., 1998. Betonarme yapıların onarım ve güçlendirme teknikleri ve çok katlı bir yapıya uygulanması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Karaduman, M., Kaltakçı, Y., Umucalılar, A.ve Çınar, B., 1999. Betonarme yapıların onarım ve güçlendirilmesinde karşılaşılan sorunlar ve bir uygulama örneği, XV. Teknik Kongre Bildiriler Kitabı, Türkiye İnşaat Mühendisleri Odası, Ankara.
- Celep, Z. ve Kumbasar, N., 2000. Deprem mühendisliğine giriş ve depreme dayanıklı yapı tasarımı, İkinci Baskı, Beta Dağıtım, İstanbul.
- Deneme, İ.Ö., 2001. Depremde hasar gören yapıların güçlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Niğde Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Niğde.
- Kuşan H., 2002. Depremde hasar gören yapıların onarımı ve güçlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Sayın B., 2003. Mevcut betonarme yapıların yeni deprem yönetmeliğine göre projelendirilmesi ve güçlendirme teknikleri, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Akgönen A. R. İ., 2005. Depreme dayanıklı yapı tasarımı ve onarım- güçlendirme tekniklerinin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.
- Sucuoğlu, H., 2006. Deprem yönetmeliği performans esaslı hesap yöntemlerinin karşılıklı değerlendirmesi, Türkiye Mühendislik Haberleri / Sayı: 444-445 - 2006/4-5, 26 S.

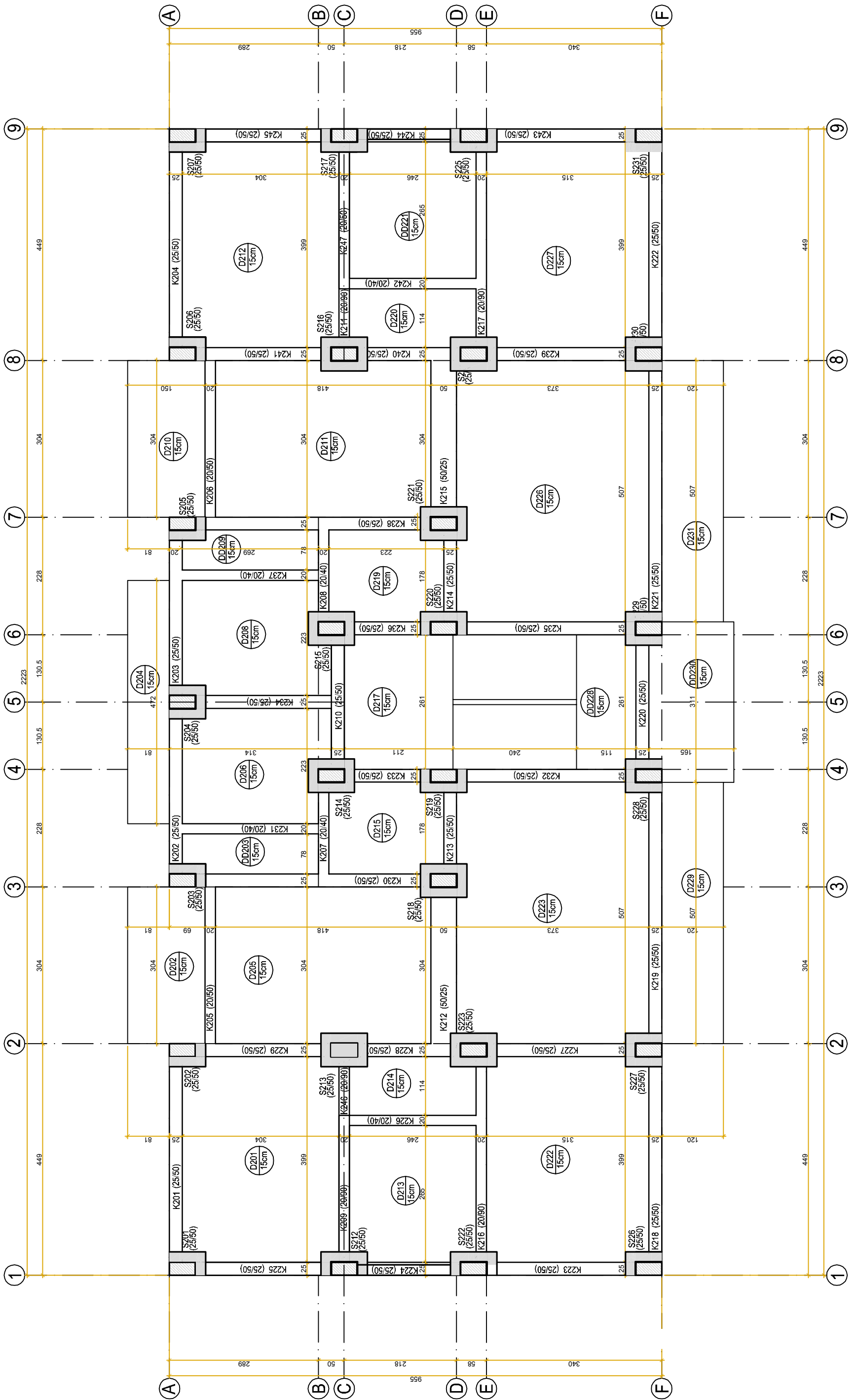
- Şirin C., 2006. Yapılarda oluşan hasar biçimleri ve nedenleri ve yapıların onarım ve güçlendirilmesi teknikleri ile bir yapının güçlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Tarakçı U., 2006. Mevcut yapıların incelenmesi ve dolgu duvar takviyesi ile güçlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.
- Ceritli S., 2006. Depremde hasar görmüş yapıların mantolama ve perdelerle güçlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- Tonyalı H., 2006. Betonarme binalarda duvar etkisi ve güçlendirilmesi, Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İstanbul.
- Yılmaz, B., 2006. Betonarme yapıların onarımı ve güçlendirilmesi /güçlendirmenin ekonomik olmaması durumunda patlayıcı madde kullanılarak kontrollü yıkımı”, Yüksek Lisans Tezi, Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- T.C. Resmi Gazete, Deprem bölgelerinde yapılacak binalar hakkında yönetmelik. (26454), 2007.
- Yılmaz, S., 2007. Betonarme binaların yapı dışarısından perde duvarlarla güçlendirilmesi, Doktora Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.
- Yörükçü, B., 2007. Hasarlı yapıların onarım ve güçlendirme ilkeleri, Yüksek Lisans Tezi, Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Sezer, F., 2007. Betonarme bir yapının doğrusal olmayan yöntemle deprem güvenliğinin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Celep, Z. ve Gençoğlu, M., 2008. Deprem yönetmeliği (2007) de doğrusal olmayan çözümleme yöntemlerine basit örnekler, Betonarme Yapılar Semineri, İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Gültekin E. E., 2008. Mevcut yapıların depreme karşı güçlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Yıldırım M., 2008. Deprem etkisindeki betonarme yapıların onarım ve güçlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Antakya/Hatay.
- Tosun, M., 2009. Perde duvarlı betonarme karkas binanın yapımı sırasında malzemelerinin mekanik özelliklerinin betonun dayanımına etkisi, kat perdesi deprem süresince hasar oluşmuş perde karkas şemalı bir binanın depreme dayanıklılığının ve güçlendirme metotlarının incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.

- Sümengen U., 2009. Mevcut yapılarda kullanılan güçlendirme yöntemlerinin hasar olasılığına etkisi, Yüksek Lisans Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Çınar, A., 2009. Performansa dayalı tasarım ile binaların sismik değerlendirilmesi: Bir durum çalışması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Doğangün, A., 2010. Betonarme yapıların hesap ve tasarımı, Birsan Yayınevi, İstanbul.
- Gülmez, Ö., 2010. Depremde hasar gören betonarme yapıların güçlendirilmesi ve mimariye olan etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Haliç Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Atay H., 2010. Depremde hasar görmüş yapıların güçlendirme yöntemleri ve güçlendirmede kullanılan malzemeler, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Ürünveren M. F., 2010. Çok katlı betonarme yapılarda deprem performansının belirlenmesi yöntemleri ve güçlendirme önerileri, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Kıran, F., 2010. Binaların performans analizi için kullanılan doğrusal ve doğrusal olmayan analiz yöntemlerinin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Batmacı, H., 2011. Depremde hasar gören bir binanın mantolama, perde ilavesi ve kat azaltılması yöntemi ile güçlendirilmelerinin karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Öncü, G., 2011. Mevcut betonarme ve yığma binaların depreme karşı onasım ve güçlendirme yöntemleri ve İzmir'deki bazı uygulama örneklerinin irdelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Darılmaz, K., 2012. Depreme dayanıklı betonarme binaların tasarımına giriş, Sage Yayınevi, Ankara

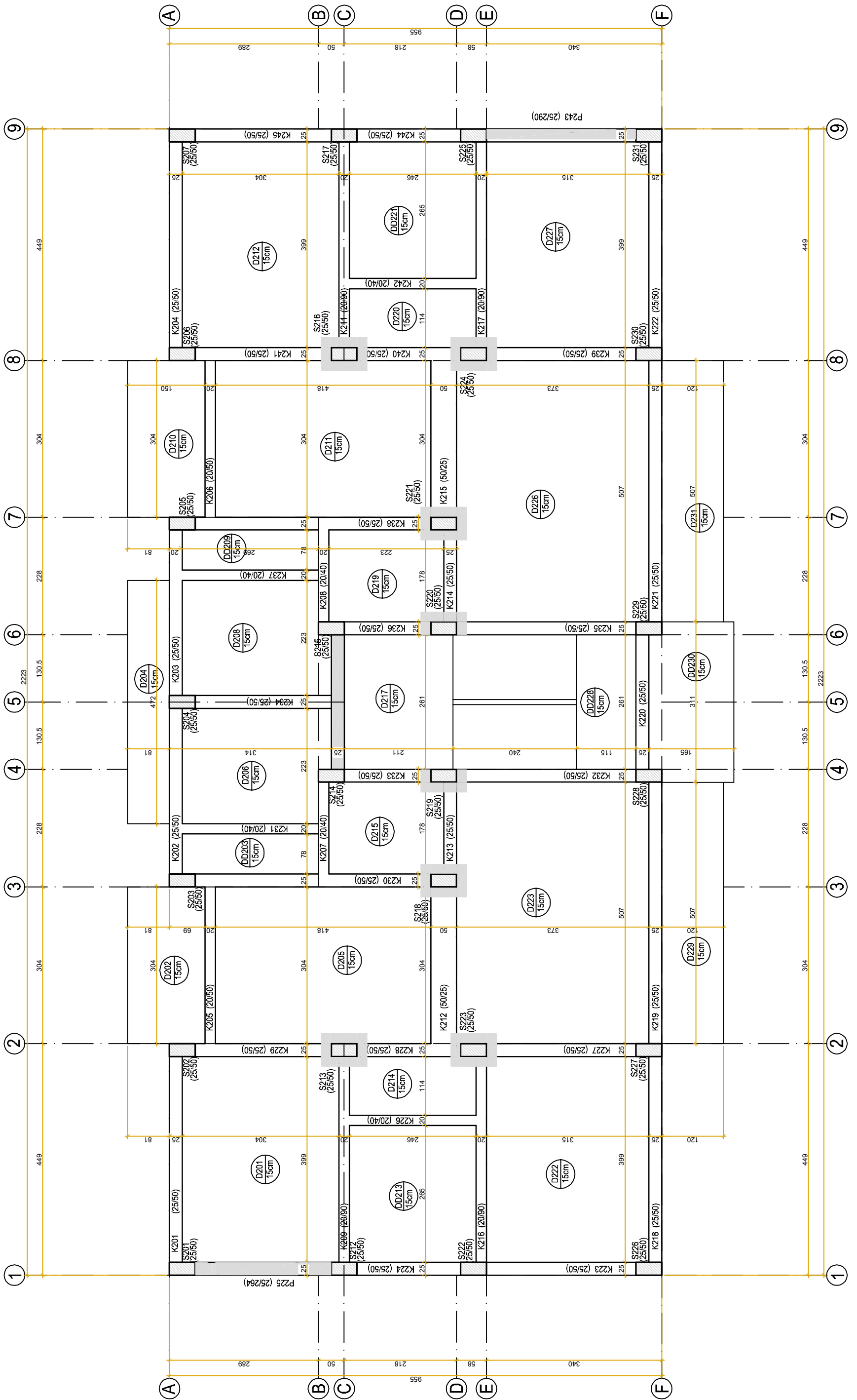
EKLER







EK-3. TUM KOLONLARIN MANTOLANMASI DURUMU KAT KALIP PLANI



EK-4. PERDE EKLENMESİ VE BAZI KOLONLARIN MANTOLANMASI DURUMU KAT KALIP PLANI

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Dilara DEMİRKAN

Doğum Yılı :1989

Eğitim Bilgileri (Kurum ve Yıl)

Lisans : Aksaray Üniversitesi (2007-2011)

Yüksek Lisans : Aksaray Üniversitesi (20011-2014)

İletişim Bilgileri

Adres :Çaldıran Mah. 492. Cad. 523. Sok. 4/12 Keçiören/ANKARA

Telefon : 05360578720

E-posta : dlrdmrkn@hotmail.com

