

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DEPREMDE HASAR GÖRMÜŞ
YAPILARIN MANTOLAMA VE PERDELERLE
GÜÇLENDİRİLMESİ**

Yusuf Serdar CERİTLİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİMDALI

ELAZIĞ, 2006

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DEPREMDE HASAR GÖRMÜŞ
YAPILARIN MANTOLAMA VE PERDELERLE
GÜÇLENDİRİLMESİ**

Yusuf Serdar CERİTLİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİMDALI

Bu Tez,..... tarihinde aşağıda belirtilen jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile başarılı/başarısız olarak değerlendirilmiştir.

Danışman: **Prof. Ali Sayıl ERDOĞAN**

Üye:

Üye:

Üye:

Bu Tezin kabulü, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun/...../..... tarih
..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

TEŐEKKÖR

Yüksek lisans tezi olarak yapılan bu araştırmanın yürütülmesinde bana yol gösteren, görüş ve önerilerde bulunan sayın Prof. Ali Sayıl ERDOĞAN'a, sayın Ar. Gör. Kürşat ALYAMAÇ'a, sayın Kazım AYDIN'a, sayın Halil İbrahim ŐİRECİ'ye ve ideYAPI Bilgisayar Destekli Tasarım Mühendislik Danışmanlık Taahhüt Ltd. Őti.'ne teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

İçindekiler	I
Şekillerin Listesi	IV
Tabloların Listesi	VI
Simgeler	VII
Kısaltmalar	VIII
Özet	IX
Abstract	X
Önsöz	1
1.Giriş	2
1.1. Gereklilik	2
2. Depreme Dayanıklı Yapı Kavramı Nedeni İle Onarım Ve Güçlendirme Gereği	2
2.1. Onarım Ve Güçlendirme Gerekçeleri	2
2.2. Betonarme Yapılarda Onarım Ve Güçlendirilme	3
2.3. Onarım Ve Güçlendirme Malzemeleri	4
2.4. Tamir Harçları İle Onarım	4
2.5. Püskürtme Beton İle Onarım Ve Güçlendirme	5
2.6. Epoksi Reçinesi İle Onarım Ve Güçlendirme	9
2.7. Çelik Şeritlerle Onarım Ve Güçlendirme	10
2.8. Lif Takviyeli Plastik Levhalarla Onarım Ve Güçlendirme	11
3. Taşıyıcı Sistem Elemanlarının Güçlendirilmesi	12
3.1. Döşemenin Güçlendirilmesi	12
3.2. Kirişin Güçlendirilmesi	13
3.3. Kolonun Güçlendirilmesi	14
3.4. Kiriş-Kolon Birleşim Bölgesinin Güçlendirilmesi	18
3.5. Perdenin Güçlendirilmesi	20
3.6. Temelin Güçlendirilmesi	21
4. Taşıyıcı Sistemin Yeni Elemanlarla Güçlendirilmesi	23
4.1. Betonarme Perdelerle Güçlendirme	23
4.1.1. Dış Betonarme Perdeler	24

4.1.2. İç Betonarme Perdeler	25
4.1.3. Eksenel Betonarme Perdeler	27
4.1.4. Dışmerkez Betonarme Perdeler	28
4.2. Çelik Çaprazlarla Güçlendirme	29
5. Güç Projesi	32
5.1. Güçlendirme Projesi	32
5.2. Mevcut Durum Ve Hasar Tespiti Ve Değerlendirilmesi	33
5.2.1. Binanın Mimari Rölövesinin Hazırlanması	33
5.2.2. Binanın Taşıyıcı Sistem Rölövesinin Hazırlanması	33
5.2.3. Binanın Hasar Rölövesinin Hazırlanması	33
5.2.4. Binada Beton Kalitesinin Belirlenmesi	35
5.2.5. Binada Donatı Kalite Ve Düzeninin Belirlenmesi	36
5.2.6. Geoteknik Bilgilerin Belirlenmesi	36
5.3. Güçlendirme Projesinin Hazırlanması	37
5.3.1. Hasarlı Beton Yüzeyle Hazır Tamir Harcı Uygulaması	37
5.3.2. Kiriş Ve Kolon Gibi Elemanlarını Epoksi Reçinesi Uygulaması İle Onarılması	37
5.3.3. Kiriş, Kolon Ve Döşeme Gibi Elemanların Onarım Ve Güçlendirilmesinde, Çelik Elemanlar, Çelik Şerit, Lif Takviyeli Plastik Levha Uygulaması	37
5.3.4. Kolon Mantolanması	38
5.3.5. Korozyon Hasan Onarımı	38
5.3.6. Taşıyıcı Sistemin Güçlendirilmesi	39
5.4. Güçlendirme Projesinin İlkelerinin Belirlenmesi	39
5.4.1. Taşıyıcı Sistemin Depremden Önceki Durumunun İncelemesi	39
5.4.2. Güçlendirilmiş Taşıyıcı Sistemin Çözümlemesi	39
6. Yatay Yük- Yerdeğiştirme Eğrisi	43
7. Taşıyıcı Sistemin Değerlendirilmesi	45
8. Performans Noktasının Kabul Kriterleri	48
8.1. Bina İçin Genel Kabul Kriterleri	48

8.2. Eleman İçin Kabul Kriterleri	49
9. Fema -356	51
9.1. Performans Seviyeleri	51
9.2. Temel Kavramlar	52
9.3. Kapasite Eğrisinin Belirlenmesi	53
10. Performans Noktasının Hesabı	54
10.1. Pushover Analiz Seçenekleri	55
10.2. Analiz Bitiş Seçenekleri	58
10.3. Mesnet Seçenekleri Sekmesi	58
10.4. Fema356 Performans Noktası	59
10.5. Pushover Analizinin Yapılması Ve Pushover Eğrisinin İncelenmesi	59
10.6. Pushover Eğrisi Sekmesi	59
10.7. 3d Görüntü Sekmesi	59
10.8. Detaylar Sekmesi	60
10.9. Pushover Analizinin Sonuçlarının Kayıt Edilmesi, Yüklenmesi Ve Silinmesi	61
10.10. Pushover Analiz Raporları	61
10.11. Performans Noktası Raporları	62
11.Sonuç	63
12.Kaynaklar	64
Özgeçmiş	

EKLER

Onarım ve Güçlendirme Projesi Çalışması

Görünüş

Normal Kalıp Planı

Güçlendirme Kalıp Planı

Güçlendirme Kolon Aplikasyon

Temel Planı

Eski Yeni Pushover Grafikleri

Eski Yönetmeliklerdeki Yük Raporları

Yeni Yönetmeliklerdeki Yük ve Deprem Raporları

Güçlendirme Raporları

Beton Kalıp Donatı Metrajı Karşılaştırılması

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil 1 a) Yakın ve b) uzak tabanca ile püskürtme uygulaması	7
Şekil 2. Döşemenin kalınlaştırılarak güçlendirilmesi	12
Şekil 3. Mevcut döşeme ile yeni döşeme arasında kayma gerilmesi bağının sağlanması	12
Şekil 4. Mevcut kirişin güçlendirilmesi	14
Şekil 5. Mevcut kirişin bir ve iki taraflı güçlendirilmesi	14
Şekil 6. Kolonun yeni donatı eklenmesi ile onarılması	15
Şekil 7. Kolonun mantolama ile güçlendirilmesi	16
Şekil 8. Kolonun mantolama ile güçlendirilmesine değişik örnekler	16
Şekil 9. Kolonun mantolanmasında katlar arasında kesitin devam etmesi durumu	17
Şekil 10. Kiriş – kolon birleşim bölgesinin çelik şeritler sarılarak güçlendirilmesi	18
Şekil 11. Kiriş – kolon birleşim bölgesinin mantolama ile güçlendirilmesi	19
Şekil 12. Kiriş – kolon birleşim bölgesinin çelik levha güçlendirilmesi	20
Şekil 13. Perdenin kesit kalınlaştırılması ile güçlendirilmesi	21
Şekil 14. Temel alt seviyesine inilmeden temelin güçlendirilmesi	22
Şekil 15. Temel alt seviyesine inilerek temelin güçlendirilmesi	22
Şekli 16. Yapıya eklenebilecek değişik perde türleri	23
Şekil 17. Dış perdenin mevcut kirişlere bağlanması	24
Şekil 18. Dış perdede temel düzeni	25
Şekil 19. Eksenel perde durumunda donatı düzeni	26
Şekil 20. Güçlendirme perdesinin ve mevcut kolonu mantolayarak bütünleşmesi	26
Şekil 21. Dışmerkez perdenin katta döşemeyi delmesi durumunda donatı düzeni	27
Şekil 22. Güçlendirme perdesi temeli	28
Şekil 23. Normal kuvveti düşük perde temelinin oluşturulmasında komşu kolonların normal kuvvetlerinden faydalanılması	29
Şekil 24. Çelik çaprazlarla güçlendirilmiş bina	30
Şekil 25. Çelik çaprazların betonarme çerçeve içine yerleştirilmesi	30
Şekil 26. Dışmerkez çelik çaprazların betonarme kirişe bağlanması	31

Şekil 27. Deprem hasan görmüş binanın inleminde izlenen yol	32
Şekil 28. Beton dayanımının betondaki ses dalgası yayılma hızına bağılılığı	35
Şekil 29. Beton dayanımının beton yüzeyindeki darbeli çekiç değerine bağılılığı	36
Şekil 30. Dişli döşemeli kalıp planında güçlendirme perdelerinin yerleşimi	42
Şekil 31. Gerçek yüklemde omurga eğrisinin oluşması	43
Şekil 32. Basitleştirilmiş tipik yatay yük-yerdeğiştirme değişimleri	43
Şekil 34. Taşıyıcı sistemde kapasite spektrum eğrisi	44
Şekil 33. Yatay etki çözümlemesinden kapasite spektrum eğrisinin elde edilmesi	44
Şekil 36. Spektral azalma için sönüm elde edilmesi	46
Şekil 35. Talep spektrum ve kapasite spektrum eğrileri	46
Şekil 37. Performans noktasının bulunması	47
Şekil 38. Sünnek olan ve yapıda performans seviyeleri ve yerdeğiştirme	51
Şekil 39. Yatay kuvvet-yer değiştirme eğrisi	53
Şekil 40. Taban kesme kuvveti-tepe noktası yer değiştirme eğrisi	54
Şekil 41. Rijitlik –kütle merkezi yük dağılımı	57

TABLULARIN LİSTESİ

Tablo 1. Beton ve epoksi reçinesinin mekanik özelliklerinin karşılaştırılması	9
Tablo 2. Lif takviyeli plastiklerin (LTP) mekanik özellikleri (akma gerilmesi)	11
Tablo 3. Katlar arası yer değiştirmenin kat yüksekliğine oranının sınırı	49
Tablo 4. Gözönüne alınabilecek deprem için parametreler	52
Tablo 5. Co katsayısı	55
Tablo 6. Cm katsayısı	55
Tablo 7. Performans seviyesi	56
Tablo 8. Raporda kullanılan rasyonların anlamları	6

SİMGELER LİSTESİ

A	Alan
B	Numune Kesitinin Kenar Uzunluğu
e	Dış Merkezlik
E	Elastiklik Modülü
F	Kuvvet
F _c	Uygulanan Kuvvet
G	Özgül Ağırlık
L	Mesnetler Arası Mesafe
Mpa	Megapaskal
N	Newton
P	Basınç
R _c	Basınç Dayanımı
R _f	Eğilmede Çekme Dayanımı
TS	Türk Standartları

KISALTMALAR

AS:	Akma sınırı
HS:	Hasar sınırı
GS:	Göçme sınırı
Ke:	Elastik Rijitlik
Ks:	Elastoplastik Rijitlik
b:	Pilye
c:	Beton
d:	Tasarım
cr:	Çatlama
g:	Özgül Ağırlık
m:	Ortalama
q:	Hareketli Yük
s:	Donatı Çeliği
r:	Taşıma Gücü
t:	Çekme
y:	Akma
w:	Enine Donatı

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

DEPREMDE HASAR GÖRMÜŞ YAPILARIN MANTOLAMAVE PERDELERLE GÜÇLENDİRİLMESİ

Yusuf Serdar CERİTLİ

T.C

Fırat Üniversitesi

İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı

2006

Bu çalışmada, depremde hasar görmüş yapıların güçlendirilmesi konusunda yapının bir bütün olarak güçlendirilmesi ile ilgili bilgi verilmektedir. Deprem üzerine yapılan araştırmalar şiddetli deprem bölgelerinde özellikle yüksek yapılarda perde duvar veya perde duvarların bulunması gerektiğini ortaya çıkarmıştır. Yapılan bu araştırmada mantolama ve perde yöntemiyle güçlendirme konularına değinilmiştir. Depremde hasar görmüş kullanılabilir düzeyde olan yapılarda, meydana gelmiş hasara göre binanın statik sistemini sağlayacak şekilde mantolama ve perde duvarlar ile güçlendirilmesi konularına değinilerek hasar türleri ve nedenleri araştırılmıştır. Muhtemel bir depremde yapının dayanıklılığının sağlanması ve herhangi bir can kaybına yol açmayacak şekilde boyutlandırılmanın yapılması konularında bilgi verilmektedir.

ABSTRACT

Master Thesis

STRENGTHENING OF DAMAGED STRUCTURES RESULT OF AN EARTHQUAKE WITH COATING AND SHEAR WALLS

Yusuf Serdar CERİTLİ

Firat University

Graduate School of Science and Technology

Department of Civil Engineering

2006, Page: 64

In this study, there is information about strengthening of structures as a whole, which were damaged during an earthquake. We know from researches that on the high-risk region of earthquake, there must be shear walls, especially in high buildings. In this study, strengthening methods with mantling and shear walls are mentioned. Provide static system of structure comparing with damage, coating and reinforcing with shear walls was mentioned, also kinds and reasons of damages were investigated. At a probable earthquake to provide durability of structure and not to lose any life is aimed. Topics about dimensions to provide these conditions are informed.

ÖNSÖZ

Yapılan bu araştırmada mantolama ve perde yöntemiyle güçlendirme konularına deyinilmiştir. Depremde hasar görmüş kullanılabilecek düzeyde olan yapılarda, meydana gelmiş hasara göre binanın statik sistemini sağlayacak şekilde mantolama ve perde duvarlar ile güçlendirilmesi konularına değinilerek hasar türleri ve nedenleri araştırılmıştır. Muhtemel bir depremde yapının dayanıklılığının sağlanması ve herhangi bir can kaybına yol açmayacak şekilde boyutlandırılmanın yapılması konularında bilgi verilmektedir.

Depremde hasar görmüş yapılar hakkında inceleme yapılmış. Deprem öncesi ve sonrasında yapılan güçlendirme projeleri incelenmiş ve projedeki güçlendirmeler hakkında değerlendirmeler yapılmıştır.

1.GİRİŞ

1.1. Gereklilik

Yapıların dayanımlarının artırılması gereğinin değişik nedenleri vardır. Projesinde ve yapımında hata, kusur ve eksiklikler olan yapının çeşitli elemanlarında zaman içinde hasar ve zayıflık belirtileri ortaya çıkabilir; yapıların kullanma amacının zaman içinde değiştirilmesi yapıda taşıyıcı sistemde değişiklik yapılmasını gerektirebilir. Bunlardan başka yapılarda onarım ve güçlendirmeyi gerektiren en önemli olay depremlerin yapılardaki etkileridir. Depremlerin ortaya çıkardığı onarım ve güçlendirme gereğini anlamak için depreme dayanıklı yapı tasarım kavramını değerlendirmek gerekir. [1]

2. DEPREME DAYANIKLI YAPI KAVRAMI NEDENİ İLE ONARIM VE GÜÇLENDİRME GEREĞİ

Bugünün geçerli depreme dayanıklı yapı tasarımı ilkelerine göre yapılar ekonomik ömürleri içinde en az bir kez olması beklenen yüksek şiddetteki depremlerde can kaybını önleyecek dayanımda yapılırlar. Bu yaklaşımdan şu sonuç çıkarılabilir:

Depreme dayanıklı yapıların olması beklenen en şiddetli depremin etkisinde taşıyıcı olan ya da olmayan elemanlarında hasar olacaktır. Depreme dayanıklı olarak nitelenen yapıların en şiddetli depremlerde hasar görmesinin beklendiği bir ortamda depreme karşı yeterli önlem alınmadan yapılmış eski ve yeni yapılarda da çeşitli düzeylerde, genellikle daha ağır, hasar olacağı kesindir. Bir deprem sonrasında, depremin şiddeti ile bağlı olmaksızın çeşitli düzeylerde hasar görmüş birçok yapı ile karşılaşmaktadır.

Deprem nedeni ile ancak deprem olmadan da var olan bir başka onarım ve güçlendirme gereği ise bugünün depreme dayanıklı yapı kurallarından önce yapılmış eski yapıların kullanılmasının süregelmesinden kaynaklanmaktadır. Bu yapılarda bugünün teknolojisinin sağladığı düzeyde deprem güvenliği yoktur. Deprem güvenliklerinin bugün yeni yapılan yapılarda olması istenen düzeylere çıkarılması çok önemli ve büyük boyutlu bir yapıların güçlendirilmesi gereksinimi yaratmıştır. Bu ekonomileri en güçlü olan ülkelerin bile üstesinden gelmekte zorlandığı büyük boyutta bir olaydır. Bütün bunlara ek olarak şiddetli bir deprem sonrasında ortaya çıkan çok sayıda ve acil onarım ve güçlendirme gereğinde bulunmaktadır.[13]

2.1. Onarım ve Güçlendirme Gereçleri

Proje ve yapım hatası sonucu onarım ve güçlendirilmesi gereken yapılar da her zaman vardır. Yapının taşıyıcı sisteminin bir takım mimari ve kullanma gereçleri ile yapı bittikten sonra değiştirilmesi nedeni ile de onarım ve güçlendirme gereği ortaya çıkmaktadır.

Bu açılardan yapıların onarım ve güçlendirilmesi her yönü ile üzerinde önemle durulması gereken bir konu olarak gündemdedir. Depremlerde ağır hasar görmüş ancak

yıkılmamış yapılardan pek azı yıktırılmaktadır. Çoğu onarım ve güçlendirme ile yeniden kullanılmaktadır. Ağır, ancak onarılabilir derecede hasarlı yapıların onarımındaki amaç bunların hasar öncesine göre daha yüksek güvenli bir duruma getirilmesidir. Böylece aynı şiddette bir deprem yeniden olursa yapıdaki hasar daha düşük bir düzeyde kalabilecektir. Bu amacın gerçekleştirilmesi ise yapının taşıyıcı sisteminin çeşitli özelliklerinin geliştirilip iyileştirilmesi ve taşıma gücünün artırılmasını gerektirir. Onarım yapının taşıyıcı olmayan sıva ve benzeri bölümlerinin düzeltilmesi ve kusurlarının kapatılması değildir. Yapının ilk tasarımında yapılandıran daha ayrıntılı hesap ve incelemeyi gerektiren bir işlemdir. Onarım bedelinin önemli bir bölümü mühendislik hizmetlerine ve uygulamadaki özenli işçiliğe gidebilir. Ayrıca az miktarda fakat yüksek kaliteli malzeme gereksinimi de olacaktır. Onarım bedeli ve süresi onarım kararının alınmasında etkilidir. Bazı durumlarda onarımın bedeli yeniden yapı bedelinin yarısından fazlasına ulaşabilir. [9,11]

Onarımda kullanılacak malzeme ve yöntemlerin yerel olanaklara göre seçilmesi önerilir. Onarımın gerektirdiği kalitede işçilik yeni yapı yapmak için gerekenden daha yüksektir. Yeni bir yapı yapmak için gerekli kalitede işçilik ve malzemenin bulunmasının güç olduğu bir ortamda, özellikle bir deprem sonrasında işçilik ve malzemeye talebin yoğun olduğu bir sırada daha kaliteli onarım işçiliği ve malzemesi de bulmak güç olacaktır.

Onarımın çeşitli aşamaları olacaktır. Önce yapıdaki hasarın ve bunun nedenlerinin yapının bir analizi yapılarak, daha sonra da yapının onarılmasının teknik ve ekonomik açıdan olanaklı olup olmadığının, belirlenmesi gerekir. Öte yandan tarih ve kültür değeri olan bir yapının onarımında önemli olan bir mirasın korunmasıdır ve onarım bedeli düşünülmez. Onarım kararı alındıktan sonra onarım ve güçlendirmenin ayrıntıları belirlenir. Bunlar gerekli yapı güvenliği düzeyinin hangi yollarla sağlanacağını ayrıntılarıdır. Onarım projesinin uygulanmasında kontrol çok önemlidir. Çünkü genellikle onarım duyarlı boyut ve bağlantı ayrıntılarını içerir. Küçük bir yanlış onarımdan beklenen amacın gerçekleşmesini engelleyebilir. Dar, güç ve sıkışık koşullar altında yapılacak çalışma işçilik kalitesinin düşmesine de yol açabilir. Kontrol işleminin onarım ve güçlendirme projesini yapmış ve fenni sorumluluğunu üstlenmiş teknik elemanlarca yapılması onarımın etkili olması için gereklidir. [2, 7]

2.2. Betonarme Yapılarda Onarım Ve Güçlendirme

Bu safha, İlk değerlendirmenin yapılmasından sonra binanın, mümkün olduğunda, kullanılabilir duruma getirilmesi ile ilgilidir. Önce yapının bu amaca yönelik bir değerlendirmesi yapılarak daha sonra güçlendirme sistemine karar verilir. Hazırlanan hasar belirleme formunda genellikle binalar kullanma durumuna göre: 1) Depremden hasar görmeyen ve hemen kullanılabilir binalar, 2) Onarım ve güçlendirmeden sonra kullanılabilir binalar, 3) Çökme tehlikesi olup, yıkılması gereken binalar, olarak üç sınıfa ayrılır. Bu sınıflama; depremden

hemen sonra yapılması nedeniyle, daha sonra zamanla taşıyıcı sistemdeki plastik şekil değiştirmeleri ve zemindeki hareket sonucu ortaya çıkan hasarları gözönüne almaz. Bu nedenle tekrar ve daha ayrıntılı bir değerlendirmeye ihtiyaç vardır. Özellikle hasarın yaygın olduğu depremlerde bu sınıflandırmanın hızla gözden geçirilerek güçlendirme işlemine başlanması gerekir. Bu dönemde, teknik konuların yanında, çok daha farklı sosyal ve yasal sorunlarla karşılaşılacağı unutulmamalıdır. Depremle ilgili karar verme işleminin her safhasında olduğu gibi, bu sınıflandırmada da belirsizlikler mevcuttur. Karar vermede, geçerli deprem yönetmeliğinin kullanılması önerilebilir. Ancak, pek çok binanın bu yönetmeliğin eski ve daha gevşek kayıtlarına göre ve bazen hiç dikkate almadan inşa edildiği unutulmamalıdır. Yapıldığı zamanda deprem yönetmeliğine uygun boyutlandırılmış olan bina, yeni yönetmeliğe göre güvensiz olabilir. Açıklanan teknik işlemler yürütülürken, konu ile ilgili mal sahibi ve kamu yöneticilerine; hasarın onarımı ve yapının güçlendirilmesinin maliyetleri konusunda bilgi vermek de gerekir. [3]

2.3. Onarım Ve Güçlendirme Malzemeleri

Betonarme yapı elemanları için günümüzde çok değişik güçlendirme malzemeleri mevcuttur. Bunlar, özellikleri yüksek olduğu oranda pahalı olup, uygulaması daha çok özen ister. Dikkatsiz ve rasgele yapılacak uygulamadan malzemedeki beklenen verimin alınması mümkün değildir. Bu tür malzemelerin seçiminde yaygın kullanım alanı bulmuş, şantiye koşullarına uygun olanları tercih etmek yerinde olur, Malzemenin satın alınması sırasında imalatçısından teknik destek sözü de alınmalıdır. Uygulama sırasında en az günlük belirlenecek deneylerle malzemenin ve uygulamanın kalitesi kontrol edilmelidir, Yapının kalitesinin düşük olması ve çok belirsizlikleri içermesi durumunda, ileri teknoloji ürünleri yerine, olabildiğince uygulaması basit yaygın kabul görmüş malzemeleri tercih etmelidir. Örneğin, beton kalitesi çok düşük bir elemanda epoksi enjeksiyonu, karbon lifli malzeme uygulamasının vereceği sonuç şüpheli olacaktır. Ayrıca, onarım ve güçlendirmeye son kararın maliyet analizi yapıldıktan sonra verilmesi gerekir. [12]

2.4. Tamir Harçları İle Onarım

Tamir harçları elemanlarda yerel olarak ortaya çıkan beton hasarlarının giderilmesinde yaygın biçimde kullanılır. Yüksek basınç dayanımına ve aderans özelliğine sahip olan bu harçların seçiminde, uygulandığı beton yüzeye iyi yapışması, alt tabaka ile aynı elastiklik modülü, ısı genleşme katsayısına sahip olması beklenir. Bu suretle yükleme durumunda ve sıcaklık değişimiyle ek gerilmelerin çıkması önlenmiş olur. Tamir harcı uygulanan yüzey dışı açık olduğu için atmosfer koşullarına dayanıklı olması ve düşük geçirimsizliğe sahip olması tercih edilmelidir. Tamir harçları küçük hacimlere uygulandığı için, kalıp kullanılıyorsa, yüksek akışkanlık ve kalıpsız uygulanıyorsa yüksek yapışma özelliği önemli olur. Kururken

büzülmesinin düşük olması ve işlenebilme için su/çimento oranını düşürmek amacıyla süper akışkanlaştırıcı içermesi de tercih sebebidir.

Tamir harcı uygulamadan önce yüzeydeki harç, gevşek parçalar ve bozulmuş hasar görmüş beton temizlenmelidir, Yüzeydeki yağ, boya kalıntıları, kireç, toz ve kir temizlenmelidir. Yüzey bir keski ile pürüzlendirilmelidir. Kesitte bulunan donatı çeliği kumlandırılarak, üzerindeki pas temizlenmeli ve üzerine korozyona karşı koruyucu bir kimyasal sürülmelidir. Mevcut donatının kapasitesi azalmışsa, yeni donatı çubukları ilave edilmelidir. Tamir harcı uygulanacak yüzeyde su sızıntısı mevcutsa, bu sızıntı durdurulmalıdır. Eğer tamir harcı uygulaması 20mm den kalın olacaksa ve etriye yoksa harç kalınlığındaki gerilmeleri alabilmek için, yüzeye tel veya çelik hasır bağlanmalıdır. Konulan hasırla yüzey arasında tamir harcının nüfuz edebilmesi için biraz boşluk bırakılmalıdır. Donatısız yüzeydeki veya donatı üzerindeki harç kalınlığı en az 10 mm olmalıdır. Bazı tamir harçları içinde çelik lifler de bulunmaktadır. Bu durumda ayrıca tel veya çelik hasıra ihtiyaç kalmayabilir. Donatı çubukları veya hasır yerleştirildikten sonra, tamir harcı uygulamasından önce kesit suya doymun hale getirilmelidir. Harç kalıp içine dökülüyorsa, kalıbın özel açılma pencereleri bulunmalıdır. Döküm işlemine başlamadan önce ahşap kalıplar ıslatılmalıdır. Böylece harcın içindeki suyun emilmesi önlenmiş olur. Tamir harcı mala ile sürülebileceği gibi, püskürtülerek de uygulanabilir. Harcın düzeltme işleminden sonra, sıcaklık veya rüzgar gibi nedenlerle hızla kuruyarak içindeki hidrasyon suyunu kaybetmemesi için, bitmiş kesite bakım yapılmalıdır. [5, 7, 10]

2.5. Püskürtme Beton İle Onarım Ve Güçlendirme

Aşağıda açıklanan 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 etkindir.

Püskürtme beton, basınçlı hava ile uygulanan betondur. Karışımın hazırlanmasında iki ayrı yöntem mevcuttur. Bunlardan ilki Kuru Karışım olarak bilinir. Bu tür püskürtme beton 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

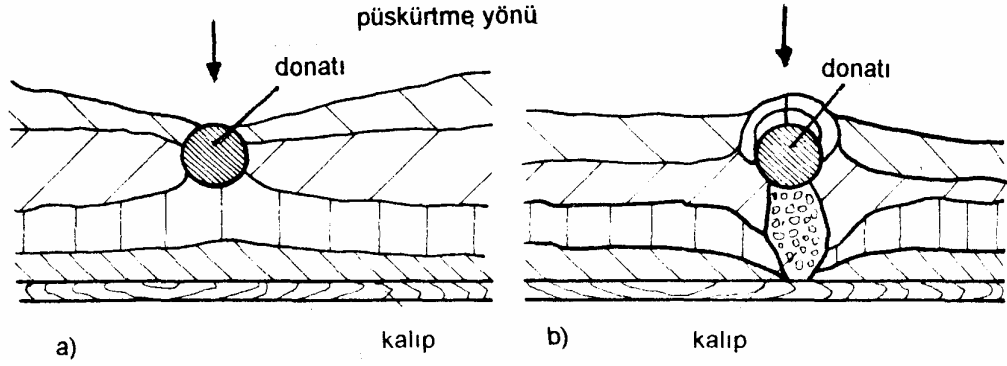
edilen Islak Karışım benzer şekilde hortumla ve basınçlı hava yardımıyla püskürtme ucuna iletilir. Püskürtme beton, yeni inşa edilen yapıların yanında özellikle eski yapıların onarım ve güçlendirme işlerinde geniş bir kullanım alanı bulur. Mevcut kagir, tuğla, çelik ve betonarme yapıların yüzlerinin beton tabakasıyla kaplanmasında ve güçlendirilmesinde, çelik yapıların sıcaklık etkilerinden korunması ve güçlendirilmesinde ve benzeri yerlerde kullanılır. Sonuç olarak püskürtme betonun, özellikle kalıp yapmanın zor olduğu veya ekonomik olmadığı yerlerde, betonun yerleştirilmesi ve sıkıştırılmasının güç olduğu veya betonun ince bir tabaka olarak uygulanması gereken yerlerde kullanılmasının uygun olduğu söylenebilir.

Başarılı bir püskürtme betonun elde edilmesi, donatının uygun seçilmesi ve yerleştirilmesine de bağlıdır. Küçük çaptaki onarım işlerinde donatı kullanılmayabilir. İşin şekline ve beton kalınlığına göre yuvarlak veya hasır donatı kullanılır. Donatı, püskürtme sırasında yerini koruyacak ve az yayılacak şekilde yerleştirilmelidir. Donatı hasır 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, ince malzemeli püskürtme harç ve ince çaplı hasır donatı kullanıldığında en az 10-20 mm olup, püskürtme beton ve büyük çaplı donatılarda 40-50 mm önerilir. Gerekirse donatıyı mesafeyi ayarlayan ayaklar üzerine oturtmalıdır. Ancak, bunların kesiti zayıflatmamasına dikkat etmelidir. Donatının dış tesirlerden korunmasında, normal betonarmede kullanılan kurallara uyulur. Aynı doğrultuda bulunan donatılar arası temiz açıklık 50~60 mm den ve konulacak hasır donatının göz aralıkları da 50 mm den küçük olmamalıdır. Daha küçük gözlü hasır donatı ancak konstrüktif donatı olarak konulabilir. [13]

Püskürtme beton kalınlığının 50 mm den büyük olduğu durumlarda bir konstrüktif donatı (büzülme donatısı gibi) koymak uygun olur. Çift donatı ağının bulunduğu durumlarda, ikinci ağı, birinci ağ betonla sarıldıktan sonra koymak daha uygun olabilir. Ancak, tabancaya yakın ağ her iki doğrultuda en az çubuk çapının 12 katı aralığa, diğer ağ da yine her iki doğrultuda en az çubuk çapının 6 katı aralığa sahipse, her iki ağın beraber betonlanması halinde de tatmin edici sonuç alınabilir. Projede öngörülen yerlerine itinalı bir şekilde yerleştirilen donatılar temiz ve aderansı zayıflatacak şeylerden arınmış olmalıdır. Gerek çubukların ve gerekse hasır donatının ek yerlerinde zayıf bölgelerin oluşmasını önlemek için önlem alınmalıdır. Donatı çubuklarının bindirme yoluyla eklenmesinde, ek boyu 40ϕ olmalı ve çubuklar ekle birbirlerine bağlanmamalı, araları en az 50 mm olacak şekilde ayrılmalıdır. Hasır donatının eki ise her doğrultuda bir veya bir buçuk göz bindirilerek yapılmalıdır.

Çalışmaların odak noktası püskürtme ucu ve tabancası olduğundan, püskürtenin yeterli tecrübeye sahip olması şarttır. Püskürtme yerinin gerektiği gibi temiz olduğu kontrol edildikten veya gerektiğinde daha önce yapılacak basınçlı hava ve su temizliğinden sonra, püskürtme işlemine başlanır. Püskürtme tabancasını tutan, hava basıncını kontrol ederek püskürtmenin düzgün ve uygun hızda olmasını sağlar. Su miktarı kuru yöntemde tabancada kontrol edildiğinden, ayrıca dikkat sarf etmek gerekir. Püskürtülen plastik karışımın sıkı olması, az zayıf vermesi, fakat bunun yanında gerekli sertlikte olup akmaması hep uygun su ayarı ile mümkün olur. Buna ayrıca, tabancanın püskürtme yüzeyine imkan nispetinde dik ve uygun uzaklıkta tutulması etkir. Tabanca, uygulamaya göre değişmek üzere 0.50m~1.50m mesafede tutularak uygun sonuç alınabilir. Uzak tutulan tabanca donatının arkasını yeterli betonla dolduramayacağı için, zayıf kesitler meydana gelir ve buralarda kalan malzeme ilerde beton yüzünde çatlaklara sebep olabilir. [13], [14]

Fazla yakın tutulan tabancada ise, yüzeye yapışmadan sıçrayan beton fazla olur (Şekil 1)



Şekil 1 a) Yakın ve b) uzak tabanca ile püskürtme uygulaması

Mevcut donatının arkasını betonlama amacıyla, tabanca normalden daha fazla yaklaştırılabileceği gibi, yüzeye olan dikliği biraz değiştirilebilir. Ayrıca, betonun aralığa daha iyi yerleşmesi, betonun akmamasına dikkat ederek, suyunu buralarda biraz arttırarak sağlanabilir. Donatı çubukları sıkısa, tabancanın yeri değiştirilmeden birden fazla donatı betonlanabilir. İyi karışmamış veya akan beton uzaklaştırılarak yerlerine tekrar püskürtme beton tatbik edilmelidir. Özellikle ıslak karışımda karışım odasında 30~50 dakikadan fazla kalan beton tabancaya sevk edilmemelidir. Bu süre kuru karışımda daha fazla olup, bir saat civarındadır. Geri sıçrayan betonun yeni kısma karışması önlenmeli ve bu zayıf olarak uzaklaştırılmalıdır. İletim hortumunun kolay hareketi sağlanarak, tabancayı idare edenin istediği yönde ilerlemesine imkan verilmelidir.

Püskürtme yapılacak yüzey büyükse, kalınlık konacak takozlarla veya gergin tellerle belirtilebilir. Ancak, daha sonra takozların çıkartılmasına ve yerlerinin püskürtme betonla doldurulmasına, tellerin püskürtme sonuna kadar gergin kalmasına dikkat edilmelidir. Düşey ve düşeye yakın yüzeylerde püskürtme aşağıdan başlamalıdır. Kalınlık fazla ise püskürtme tabakalar halinde yapılır. Tabaka kalınlığını püskürtme betonun yerinde durabilmesi ve akması belirlerse de 20mm den daha az uygulanmamalıdır. İlk tabakanın en azından donatıyı kaplayacak şekilde seçilmesi uygundur. Tabakalı uygulamada geriye sıçrayan betonun uzaklaştırılmasına dikkat etmelidir. Döşemelerde; tabanca düşeyden biraz saptırılarak sıçrayan kısımların bitmiş kısma düşmemesi sağlanırsa oradan kolaylıkla uzaklaştırılabilir. Tabakalı uygulamayla, fazla kalınlıktan dolayı betonun akması veya düşmesi önlenir. Tavana veya duvara yapılacak uygulamada tabaka kalınlığının 20-30 mm yi aşmaması tavsiye edilirken, döşemelerde bu kalınlık rahatlıkla 70 mm olabilir. Alt tabaka yeterli katılaştıktan sonra, tamamen sertleşmesini beklemeden yeni tabaka püskürtülür. Bu bekleme, betonun türüne ve uygulama şartlarına bağlı ise de, yarım ile bir saat arasında değişir. Tamamen sertleşmiş tabakaya beton, ancak gerekli temizlikleri yapıp, basınçlı hava ve su tutulduktan sonra püskürtülebilir. Yeni tabakanın püskürtülmesinden önce, şüpheli yerler kontrol edilerek iyi kaynaşmamış kısımlar uzaklaştırılmalı ve bütün yüzey nemlendirilmelidir. Kontrol ve uzaklaştırma sırasında çekiç, daha iyisi basınçlı hava ile çalışan yuvarlak uçlu aletler kullanılmalı, taşçı kalemi gibi sivri aletleri kullanmaktan kaçınılmalıdır.

Püskürtülen betonun bir kısmı püskürtme yerindeki sert yüzeye, donatıya veya daha evvel yapılan betona çarparak geri sıçrar. Bu geri sıçrayarak kullanılmaz hale gelen beton oranı püskürtme basıncı, çimento ve su miktarı, agreganın en büyük dane büyüklüğü, donatının miktar ve şekli ile püskürtme tabakasının kalınlığına bağlıdır. Bunlarda değişiklik yapılarak azaltılabilirse de, püskürtme yüzeyinin eğimi önemlidir. Genel olarak sıçrama oranı döşeme gibi yatay yüzeyler için %5~15, duvar gibi düşey yüzeyler için %15~30 iken, tavanlarda yapılan uygulamada bu oran %25~50 arasında değişir. Sıçrama başlangıçta büyük olursa da, daha sonra ilk betonun yüzeye yapışmaya başlamasıyla azalır. Daha çok iri veya çimento hamuru ile sarılmamış malzeme geri sıçradığı için, yüzeyde kalan betonun çimento miktarı yüksektir. Bu, betonun dayanımını arttırırsa da, betonu büzülme çatlaklarına karşı hassas duruma getirir. Ayrıca, danelerin sıçraması sonucu betonda daha ince daneli agrega çoğalır, az da olsa elek eğrisi değişir. Geri sıçrayan çimento miktarı az olup 50 kg/m³ civarında değişir. Tabancanın püskürtme yüzüne dik tutulmaması veya sallanması, karışım suyunun az olması sıçramayı arttırıcı yönde etkiler. Sıçrayan beton, ne yapışan betona katılmalı ve ne de püskürtme betonun hazırlanmasında kullanılan malzemeye karıştırılmalıdır.

Kuru sistemde, karışımın homojen ve topaksız olmasına gözle dikkat edilmelidir. Islak sistemde ise çıkan beton plastikliği devamlı kontrol edilmeli, ve en az günde bir defa plastiklik,

sıklık ve su-çimento oranı deneyle belirlenmelidir. Püskürtme betonun tabakalı uygulamasında, her bir tabaka çekiçe kontrol edilerek şüpheli yerlerdeki beton uzaklaştırılmalıdır. En az her 100 m³ betonda bir defa püskürtülen betonun sıklığı, su-çimento oranı ve birleşimi normal betonda olduğu gibi kontrol edilmeli ve başlangıçta yapılan uygunluk kontrolünde bulunan değerlerden mevcut sapmalar düzeltilmelidir. Yapı veya deney levhaları üzerindeki sertleşmiş betondan uygun numuneler alınarak, beton kalitesi kontrol edilmelidir. Güçlendirme amaçlı olarak, kolon, kiriş veya duvarların genişletilmesinde kullanıldığı durumlarda kalıbın, sıçrayan kısmı tekrar içerde bırakmayacak şekilde hazırlanmış olmasına dikkat etmelidir. Genel olarak, dar delik veya oyukların püskürtme beton yerine, normal betonla doldurulması üzerinin püskürtme betonla kaplanması tavsiye edilir. [13, 15]

2.6. Epoksi Reçinesi İle Onarım Ve Güçlendirme

Epoksi ve benzeri reçineler beton çatlaklarının doldurulmasında ve ince çelik elemanları betona yapıştırmak için kullanılır. Uygulamada epoksi, bu türden olan sıvı reçineler (epoksi, poliester, poliüretan, akrilik gibi) için genel anlamda kullanılmaktadır. Reçineyi oluşturan kimyasal birleşenlerin çeşitlerine ve kimyasal yapılarına, kullanılma oranlarına ve eklenen maddelere bağlı olarak pek çok türleri mevcuttur. Bu nedenle amaca uygun reçinenin seçilmesi önemlidir. Bir mukayese olması bakımından betonun ve epoksi reçinesinin mekanik özellikleri Tablo 1. de verilmiştir.

Tablo 1. Beton ve epoksi reçinesinin mekanik özelliklerinin karşılaştırılması

<i>Özellik</i>	<i>Beton</i>	<i>Epoksi reçinesi</i>
<i>Basınç dayanımı (MPa)</i>	<i>20 – 70</i>	<i>250 e kadar</i>
<i>Çekme dayanımı (MPa)</i>	<i>2 – 5</i>	<i>3.5 – 35</i>
<i>Eğilmede çekme dayanımı (MPa)</i>	<i>3.5 – 7.0</i>	<i>10 – 35</i>
<i>En büyük boy değiştirme</i>	<i>0.01</i>	<i>0.2 – 50</i>

Genel olarak reçinenin kullanım sırasındaki sıvı döneminin uzun olması ve hemen kaptı sertleşmeye geçmemesi istenir. Reçinenin betona, yığma duvara ve çeliğe yapışma özelliği çok iyidir ve bu bağda nemle bir azalma görülmez. Uygulamadaki nem ve sıcaklığa bağlı olarak, enjeksiyondan sonra sıcaklıkla sertleşme çabuklaştırılabilir. Genel olarak reçineler 100°C nin üzerinde dayanımlarını kaybederler. Bu nedenle kullanımları sınırlı kalabilir veya yangına karşı korunmaları gerekebilir. Viskozitelerinin enjekte edilecek çatlağın kalınlığına uygun olması gerekir.

Epoksi; betonarme perdeler, kolonlar, döşemeler ve kirişlerdeki çatlakların onarımında yaygın bir şekilde kullanılır. Bu yöntemde çatlak ve boşluklar epoksi malzemesi ile doldurulur. Uygulamaya başlamadan önce beton içinde ses hızı ölçülerek çatlak ve boşluk durumu hakkında bir tespit yapılır. Çatlaklar boyunca yaklaşık 100-150 mm derinliğinde ve 10 mm çapında, yeterli sayıda delik açılır. Yüzeyde çatlağın dış kısımları genişletilerek V şekline getirilir.

Açılan deliklerdeki toz ve gevşek beton parçaları hava ile emilerek temizlenir. Daha sonra çatlağın dış yüzü, enjeksiyonun dışarı çıkmaması için, pasta kıvamlı bir epoksi ile çatlak boyunca yapıştırılır. Açılan deliklere basınçlı uygulama için memeler yerleştirilir. Bu küçük elemanların kenarlarının sızdırmaz bir şekilde kapatılması önemlidir. Uygulamaya en düşük seviyedeki memeye epoksi enjeksiyonu ile başlanır ve epoksinin üst komşu memeden çıkması beklenir. Bu durumda ele alınan meme ucu kapatılarak benzer işlem için daha üstteki memelere geçilir. Epoksi enjeksiyonunun bakımı yapıldıktan sonra, bu bölgelerde tekrar ses hızı ölçülür. Eğer düzensizlikler olduğu gözlenirse işlem tekrarlanır. [7,14]

Epoksi enjeksiyonu genellikle genişliği 0.5~5 mm arasındaki çatlaklar için başarı ile uygulanır. Çatlak genişliğinin küçük olduğu durumda (0.1~0.5 mm), çatlağın bulunduğu kesitin kum ve fırça ile temizlenmesinden sonra, epoksi dış yüzeyden doğrudan doğruya fırça ile uygulanır. Daha geniş çatlaklarda; rötre, sünme ve sıcaklık etkilerini azaltmak için ek bir doldurucu malzemenin kullanılması önerilir. Çok geniş çatlaklarda çatlak ince kumla doldurulduktan sonra epoksi enjeksiyonu uygundur.

Epoksi kullanımında yerel çatlak onarımı yapıldığı unutulmamalıdır. Bir elemanı veya bir bölgeyi güçlendirmek için genellikle tek başına kullanılmaz. Güçlendirme işleminde diğer yöntemlerle beraber epoksi uygulaması tercih edilir. Örneğin, ek beton kesitlerinin elde edilmesinde mevcut beton yüzü temizleyip epoksi sürüldükten sonra yeni betonun dökülmesi aradaki kaynaşmaya yardımcı olur. Böyle bir durumda da mekanik bazı ek önlemlerin (dikiş donatısı gibi) alınması önerilir. Uygulamanın özel malzeme, işçilik ve alet gerektirmesi maliyeti arttırır.

Epoksi uygulamasının başarısı, bu yöntemle onarılmış silindirler üzerinde yapılacak deneylerle kontrol edilebilir. Başarılı bir uygulamada, silindirin onarılan epoksi-beton yüzeyinden değil, yeni çatlaklarla kırılması gerekir. Deprem yüklemesini temsil etmeye üzere yapılan tersinir yükleme deneylerinden, onarım gören kirişlerin çok iyi enerji yutma kapasitesine sahip oldukları belirlenmiştir. Donatıdaki pekleşme nedeniyle, onarılmış kirişlerin, çatlamaş kirişlere göre daha dayanıklı oldukları gözlenmiştir. Ancak, muhtemelen bütün çatlakların doldurulmaması nedeniyle bu tür kirişlerde daha esnek davranış ortaya çıkar. Sonuç olarak, epoksi uygulamasını konu alan deney sonuçlarının genellikle olumlu olduğu söylenebilir. Ancak, kiriş-kolon birleşim bölgelerindeki donatının aderans çözülmesi bu onarım türünün bir üst sınırı olarak görülebilir. [14]

2.7. Çelik Şeritlerle Onarım Ve Güçlendirme

Çelik şeritlerle onarım ve güçlendirme oldukça yeni bir uygulama olup, bunlar kirişin alt ve yan yüzlerine, kolonların düşey yüzlerine ve kiriş-kolon birleşim bölgesine epoksi reçinesi ile yapıştırılırlar Paslanmaz çelikten olan bu şeritler 1.0~1.5 mm

kalınlığındadır. Uygulamada önce beton yüzeyi zımpara ile düzeltilip, yıkanır ve kurutulur. Yüksek viskoziteli epoksi reçinesi beton ve çelik şeridin yapışma yüzeyine sürülür. Basınç uygulayarak 24 saat yapıştırma sağlanır. Şeritler tel ağ ve çimento harcı veya püskürtme beton ile kaplanır.

2.8. Lif Takviyeli Plastik Levhalarla Onarım Ve Güçlendirme

Bu uygulama çelik şerit yapıştırma işlemine benzer. Hafif olması, korozyon tehlikesinin bulunmaması ve büyük boyutlarda bulunması üstünlükleridir. Ayrıca, elastiklik modülünün küçük olması ve güç tükenmesi durumunda büyük şekil değiştirmeler yapabilmesine sebep olur. Ancak, güç tükenmesine kadar elastik davranışı sebebiyle, malzeme düşük sünekliktedir. Sürekli yük altında mukavemetinde % 15~60 a varan önemli azalmaların olduğu bildirilmiştir. Bu nedenle depreme karşı ve sürekli olmayan yük için güçlendirme uygulamalarında yararlıdır. Bu tür plastik levhalar uygulamada bir ve iki doğrultuda takviyeli olarak kullanılır. Özellikleri kullanılan malzemeye göre değişir (Tablo 2.). Özellikle betonarme perde ve döşeme ile yığma yapı duvarı gibi geniş düz yüzey uygulamaları ve dairesel kolon, baca, hazne ve tank gibi elemanların onarım ve güçlendirilmesinde tercih edilir.

Tablo 2. Lif takviyeli plastiklerin (LTP) mekanik özellikleri (akma gerilmesi)

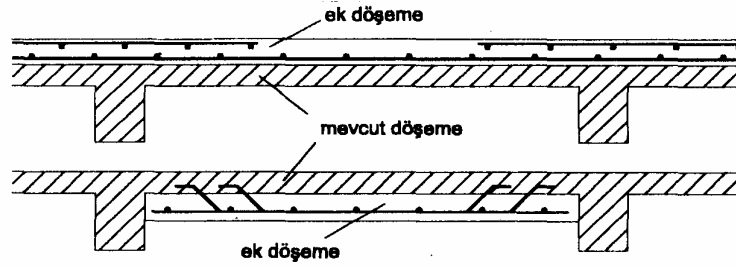
<i>Malzeme</i>	<i>Elastiklik modülü (GPa)</i>	<i>Çekme dayanımı (MPa)</i>	<i>Güç tükenmesi uzaması (%)</i>	<i>Sürekli yükte dayanım kaybı (%)</i>
<i>Cam-LTP</i>	<i>50-60</i>	<i>1600-1700</i>	<i>3.0-4.5</i>	<i>60</i>
<i>Aramid-LTP</i>	<i>50-75</i>	<i>1200-2000</i>	<i>2.0-2.6</i>	<i>50</i>
<i>Karbon-LTP</i>	<i>150-170</i>	<i>1700-2400</i>	<i>1.0-1.5</i>	<i>15</i>
<i>Çelik</i>	<i>200</i>	<i>220-460</i>	<i>0.2*</i>	<i>-</i>

Uygulamada önce düşük viskoziteli bir epoksi astar sürülür, bu kuruduktan sonra epoksili harçla düzgün olmayan yüzey düzeltilir. Bunların üzerine epoksi esaslı bir yapıştırıcı sürülür ve üzerine lif takviyeli plastik levha yapıştırılarak alttaki yapıştırıcının emilmesi sağlanır. Sıva yapılacaksa kum serpilerek bırakılır. Bunların çelikten en önemli farklılığı davranışının güç tükenmesine kadar tamamen elastik olmasıdır. Bu plastik levhalar, çelik levhalar yerine elemanların eğilme momenti ve kayma dayanımına arttırmak için başarılı bir şekilde kullanılmaktadır. İnce olduklarından dolayı elemanın rijitliğini ve taşıyıcı sistemdeki kuvvet dağılımını değiştirmezler. Bu durum yerine göre olumlu veya olumsuz bir özellik olarak ortaya çıkar. Buna karşılık kesit sünekliğini azaltırlar. [6, 8]

3. TAŞIYICI SİSTEM ELEMANLARININ GÜÇLENDİRİLMESİ

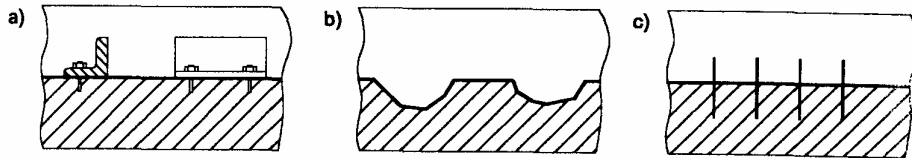
3.1. Döşemenin Güçlendirilmesi

Döşemeler genel olarak düşey yükleri taşımak için projelendirilirler. Yatay yük etkisinde bu yükleri düşey taşıyıcılara (kolon ve perde) iletecek dayanım ve rijitliğe sahip olmaları arzu edilir. Hasarlar, genellikle döşemenin büyük boşluk olan kısımlarında ve doğrudan perdeye mesnetlendiği yerlerde meydana gelir. Hasarın onarılması yanında, kalınlığı yeterli olmayan döşemenin kalınlığının artırılması veya eklenen yeni perde duvarlarıyla olan yük aktarımının sağlanması gerekir. Yerel çatlak veya hasarlar epoksi, çimento şerbeti veya püskürtme beton ile onarılabilir. Bu sırada özellikle bozulan betonun uzaklaştırılması ve kırılan veya burkulan donatının kesilerek kaynakla yeni donatının eklenmesi gerekir. Döşeme kalınlığının artırılmasıyla, kesitin eğilme rijitliği artırılır. Üstten yeni beton tabakası ile kalınlaştırılabileceği gibi alttan püskürtme beton uygulayarak döşemenin dayanımı artırılabilir (Şekil 2).



Şekil 2. Döşemenin kalınlaştırılarak güçlendirilmesi

Bu sırada yeni kısımlara uygun donatılar da yerleştirilmelidir. Yeni donatının mevcut olana kaynaklı parçalarla bağlanması, sistemin bütünlüğü bakımından istenir. Yeni ve mevcut döşeme arasındaki kayma gerilmesinin akışını sağlamak için yüzeyin pürüzlendirilmesi yanında, donatı veya çelik profil parçalarından da faydalanılabilir (Şekil 3).



Şekil 3. Mevcut döşeme ile yeni döşeme arasında kayma gerilmesi bağının sağlanması; a) çelik profil parçalarıyla, b) yüzeyi pürüzlendirerek, c) epoksi uygulaması ve donatı

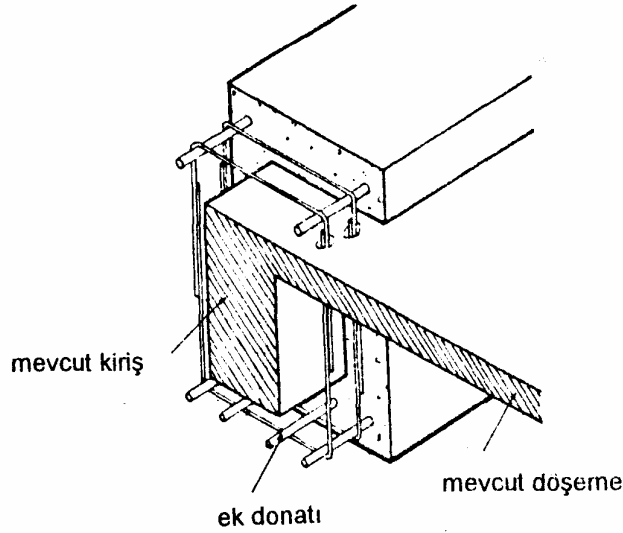
3.2. Kirişin Güçlendirilmesi

Hasar gören veya dayanım ve rijitliği yeterli olmayan kirişler değişik şekilde onarılır ve güçlendirilir. Bu işlem 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, donatının sıyrılma ve kopması) bağlı olarak değişir.

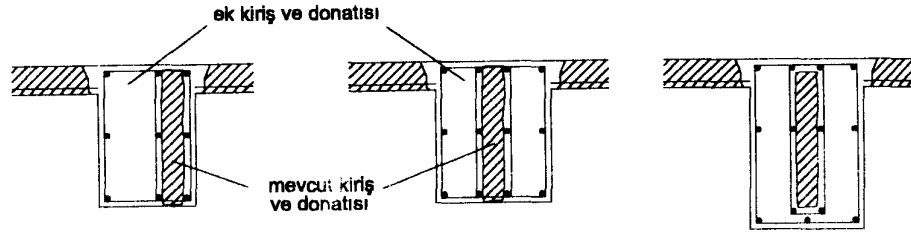
Hafif çatlaklı kirişler, epoksi veya çimento şerbeti enjeksiyonu ile onarılabilir. Betonun ezilmesi veya donatının kopması gibi hasarın ağır olduğu durumlarda, kirişin geçici olarak askıya alınması uygundur. Hasarlı yerel kısımlar basınçlı su veya hava ile temizlenip, kopan veya burkulan donatıları kesilerek kaynakla eklendikten sonra betonlanması yoluyla onarılabilir. Yeterli açıklık donatısına sahip olmayan kirişlerde alttan çelik şeritler veya lif takviyeli karbon levha yapıştırılarak ilgili çatlaklar onarılıp kiriş güçlendirilebilir. Lif takviyeli karbon levha uygulaması yan yüzlere de yapılarak, kayma donatısı eksikliği giderilebilir ve ilgili çatlaklar onarılabilir. Bu amaçla sıva tabakasının kaldırılması, alt ve yan yüzün pürüzlendirilmesi gerekir.

[14]

Kirişlerde çatlak onarımında epoksi enjeksiyonu da kullanılabilir. Bu işlemin başarılı olması için, betonun yeterli dayanıma sahip olması gerekir. Dağılan düşük dayanımlı beton durumunda yerel bir onarım olan epoksi enjeksiyonunun uygulanması tavsiye edilmez. Kirişler, gerekli durumda dört veya üç tarafından beton manto giydirilerek güçlendirilebilir (Şekil 4). Mevcut ve yeni betonun bütünleşmesini sağlamak amacıyla, mevcut betondaki beton önü 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 etriyelerle sarılmalıdır. Döşeme delikleri güçlendirme kirişine beton dökmek için de kullanılabilir. Güçlendirme için konulan donatılar, köşegen önündeki çubuklarla veya çelik plakalarla mevcut donatılara bağlanmalıdır. [14], [9]



Şekil 4. Mevcut kirişin güçlendirilmesi



Şekil 5. Mevcut kirişin bir ve iki taraflı güçlendirilmesi

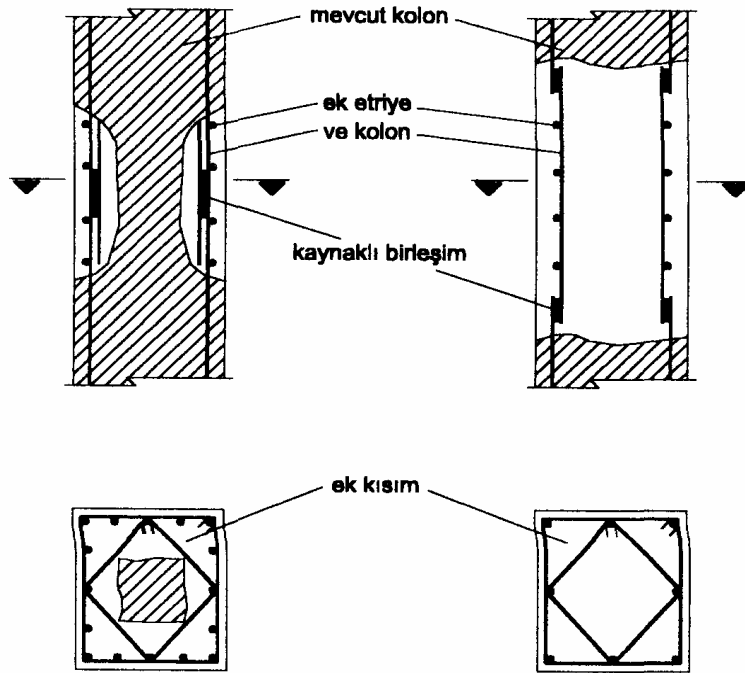
Kirişin yalnız mesnet bölgelerinin güçlendirilmesi ile yetinilmesi söz konusu ise, mesnette döşeme kırılarak açılır. Mesnet bölgesi için gerekli ek donatı yerleştirilerek etriyelerle sarılır. Kiriş kesitinin genişletilmesi tek veya çift taraflı olabilir ve kiriş yüksekliği de arttırılabilir (Şekil 5). Kirişlerde mesnet kesitinin güçlendirilmesi, döşeme kalınlığının arttırılıp üst donatı eklenmesiyle veya alttan kolonu geçen bir donatı konulmasıyla yapılabilirse de, uygulaması zordur.

3.3. Kolonun Güçlendirilmesi

Hasar görmüş bir kolonun deprem etkilerini taşıyabilir duruma getirilmesi veya yatay yük taşıma kapasitesinin arttırılması için kolonların güçlendirilmesi gerekebilir. Kolonun eğilme dayanımı kesit alanının büyütülmesiyle ve yeni boyuna donatılar ilave edilerek sağlanır. Buna karşılık kesme kuvveti dayanımı ve sünekliği, enine donatının sıklaştırılmasıyla gerçekleştirilir. Binanın planında kolonların kesitlerini birbirine yaklaştırmak sistemin davranışının dengeli olmasını sağlar. Kolonlarda hasar durumuna göre çeşitli onarım ve güçlendirme türü söz konusu olabilir. Kirişlerde olduğu gibi kolonlarda da 0.1~5 mm genişliğindeki çatlaklar epoksi reçinesi

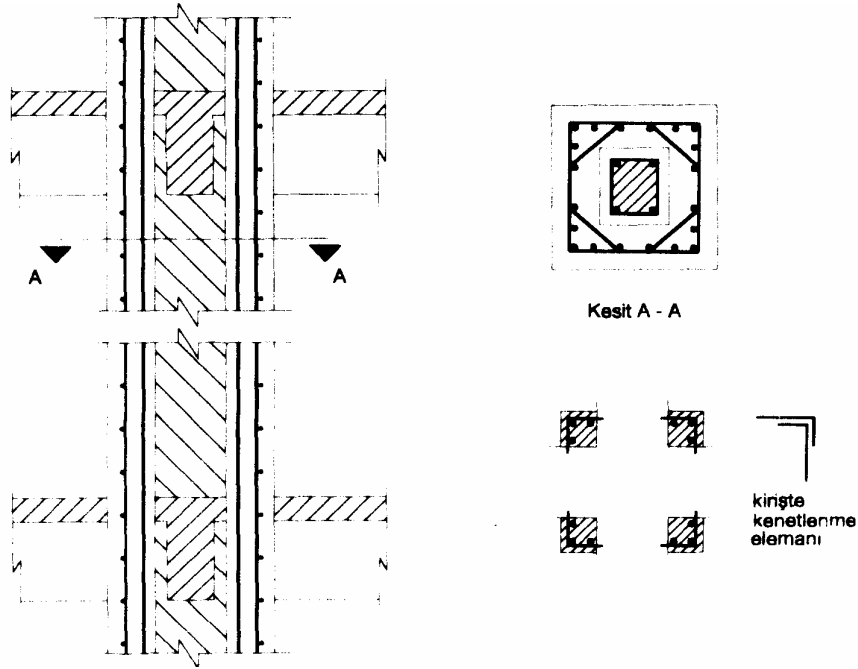
ile onarılabilir. Bu amaçla 0.20~1.00 m aralıkla açılan deliklerden epoksi aşağıdan başlayarak yukarı doğru enjekte edilir. Daha büyük çatlaklara çimento şerbeti enjeksiyonu uygun düşebilir. Ancak, güçlendirilen bölgelerin yapılacak deneylerle kontrol edilmesi gerekir.

Eğer, kolonda yerel olarak beton ezilmesi varsa, bu bölgenin temizlenmesi, pürüzlendirilmesi duruma göre etriye veya boyuna donatı ilave edilmesi uygundur. Beton dökülmeden, mevcut yüzeylerin suya doygun duruma getirilmesi, eski ve yeni betonun bütünleşmesini sağlar. Bu amaçla özel kalıp kullanılması ve kesitin şişirilerek beton dökülmesi veya tamir harcı kullanılması uygun olabilir. Betonun sertleşmesinden sonra fazla olan kısımlar kazınır (Şekil 6).



Şekil 6. Kolonun yeni donatı eklenmesi ile onarılması

Dört taraftan mantolamada yüz pürüzlendirilmesi genellikle yeterli olursa da, büyük etkiler söz konusu olduğunda beton örtü tabakasının kaldırılması uygun olur. Özellikle bir, iki ve üç taraflı mantolamada, mevcut kolonla manto kısmının bütünleşmesine özen gösterilmelidir. Bu amaçla L şeklindeki kenetlenme donatısı kullanılabilir. Kolon mantolanması durumunda ek donatıların da basınç ve çekme kuvveti alabileceğini düşünerek, bunların kenetlenmesinin sağlanması ve manto gereken katlar arasında donatının sürekliliğinin sağlanması önemlidir. Kolonun normal ve kesme kuvvet kapasitelerinin artırılmasında, manto donatılarının döşemeyi delerek kiriş-kolon birleşim bölgesini geçmesine ihtiyaç olmayabilir. Ancak, bu durumda kolonun moment kapasitesi arttırılmadığı gibi birleşim bölgesi de güçlendirilmemiş olur. Eğer, yapının güçlendirilmesi sırasında yatay deprem yüklerinin karşılanması için perdeler öngörülmüşse, bu tür mantolama kabul edilebilir. Böyle bir durum söz konusu değilse, döşemede açılacak deliklerden boyuna donatının devam ettirilmesi ve bu deliklerin beton dökme sağlayacak büyüklükte olması gereklidir (Şekil 9). Bunun gibi manto kısmında, kolonlar için öngörülen konstrüktif kurallara uyulması gerekir.[15,11]



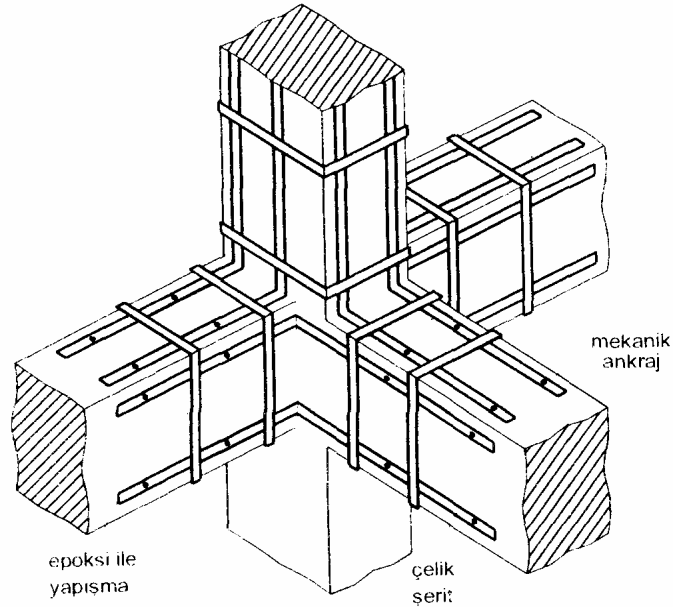
Şekil 9. Kolonun mantolanmasında katlar arasında kesitin devam etmesi durumu

Kolonlar lif takviyeli plastik levhalarla sarılarak da onarılıp, güçlendirilebilir. Bu surette kolon rijitliğinde önemli bir değişiklik oluşmadığı için, taşıyıcı sistemde bir iç kuvvet değişimi ortaya çıkmaz. Bunun gibi, onarım ve güçlendirmede çelik lamalar da kullanılabilir. Ancak, eğer kolonun kirişle birleşim bölgesini geçen bir onarım veya güçlendirme söz konusu ise, katlar arasında normal kuvvet ve eğilme momenti iletiminin göz önüne alınması gerekir.

3.4. Kiriş-Kolon Birleşim Bölgesinin Güçlendirilmesi

Depremde en fazla hasar gören kiriş-kolon birleşim bölgeleri, taşıyıcı sistemin en çok zorlanan ve güçlendirilmesi en zor olan kısımlarını oluşturur. Birleşim bölgesinde farklı doğrultudaki elemanlar birleşerek, kesit etkileri birbirleriyle dengelenir. Deprem yükleri altında bu bölgede kesme kuvveti dayanımının ve donatı kenetlenmelerinin yeterli olmaması en çok rastlanan hasar türlerini oluşturur. Ayrıca, büyük şiddetteki depremlerde birleşim bölgesine birleşen kesitlerde meydana gelen plastik mafsallar sonucu büyük dönmeler, donatıda aderans çözülmesi sonucu kaymalar ve geniş çatlaklar oluşabilir. Deprem etkisinde birleşim bölgesinin iki tarafındaki eğilme momentinin farklı işarette olması, kiriş kesitinde zıt gerilme durumları doğmasına ve bunun sonucu donatının birleşim bölgesinden çekilip çıkarılmak istenmesine yol açar. Bu nedenle donatı kenetlenmelerine ve eklerine özen göstermek gerekir. [10]

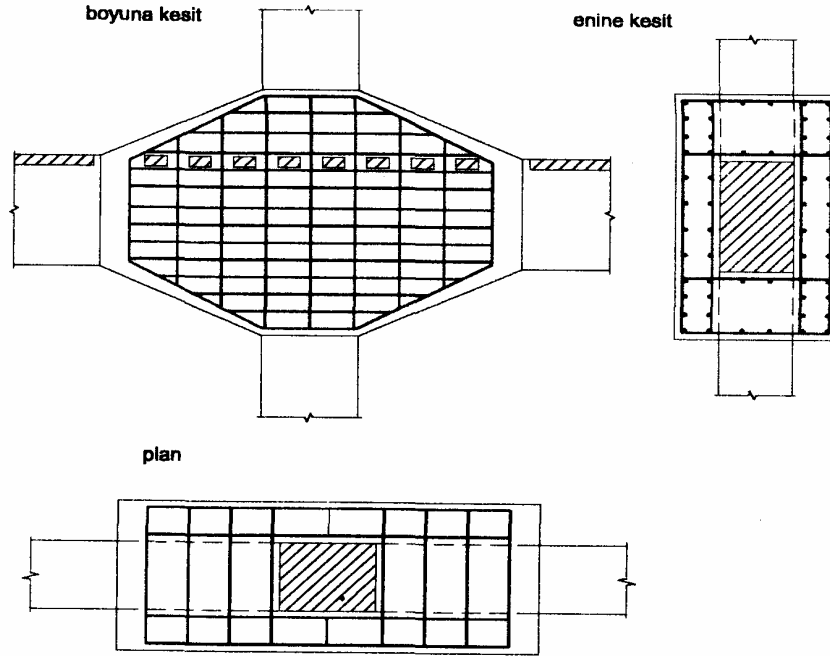
Hasarın yerel olması ve çatlaklar şeklinde görülmesi durumunda, epoksi reçinesi enjekte edilmesi onarım ve güçlendirme için yeterli olabilir. Aderansı çözülmüş donatının aderansının tekrar oluşturulması için de epoksi enjeksiyonu önerilir. Çimento şerbetinin aderansın kazandırılmasında yeterli olmadığı bildirilmiştir. Birleşim bölgesinin lif takviyeli polimer levhalarla sarılması hem dağılmanın önlenmesi ve hem de kuvvet iletimini sağlamak için uygun olabilir.



Şekil 10. Kiriş – kolon birleşim bölgesinin çelik şeritler sarılarak güçlendirilmesi

Hasarın daha da yaygın olması durumunda, kiriş-kolon birleşim bölgesi, çelik şeritler yapıştırılarak ve sarılarak güçlendirilebilir (Şekil 10). Bu suretle, kesitlerin eğilme momenti kapasiteleri artırılırken: sarılan lamalarla, bu bölgede oluşturulan enine basınçla, betonun

dolayısıyla elemanın sünekliği artırılır. İhtiyaç olduğunda süneklik artırımı için etriyeleri eksik olan kolon ve kiriş kesitlerinde sadece sargı şeritleri kullanılabilir. Uygulama için bölgedeki ezilen beton temizlenir, yüzeyler düzeltilir ve özel yapıştırıcılar kullanılarak boyuna çelik şeritler yapıştırılır. Yapışmanın tam olması için şeritlerin betona işkence aletleriyle bağlanması gerekebilir. Daha sonra sargı şeritleri sarılarak uçları birbirinin üzerine yeterli boyda gelecek şekilde yapıştırılır. Bu sırada kiriş sargı şeritlerinin, o bölgedeki döşeme kaplamasının kaldırılmasından ve döşemede delikler açıldıktan sonra uygulanabileceği unutulmamalıdır. Betonda enine basıncın yeterli şekilde oluşması için şeritlerin geniş (~50mm uygun genişlik) olması ve birbirlerine yakın (0.10 m~0.20 m uygun aralık) yerleştirilmesi gerekir. Bu tür uygulama özel özene ihtiyaç gösterir. Ayrıca uygulanan güçlendirme şeklinin basit bile olsa, deneyle kontrolü önemlidir. Bütün bu işlemlerden sonra, bölgenin sıvanması ve şeritlerin kapatılması gerekir. [14]

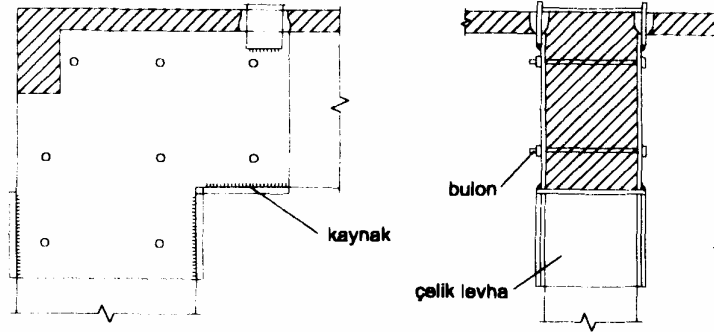


Şekil 11. Kiriş – kolon birleşim bölgesinin mantolama ile güçlendirilmesi

Duruma özgü bir yaklaşım gerektiren, kiriş-kolon birleşim bölgesinin güçlendirilmesine bir örnek de Şekil 11 de verilmiştir. Burada mantolama yoluyla birleşen elemanların bütünleşmesi sağlanmaktadır. Kısa donatıların kenetlenmesi için kaynak kullanılması ve mevcut ve yeni betonun bütünleşmesi için beton örtü tabakasının kaldırılması gerekli olabilir. Yerleştirilecek donatının bir uzay kafes sistem oluşturması ve kuvvet akışı ile uyumlu yerleştirilmesi amaca hizmet edecektir. Bu donatıları örtecek ve rijitliği sağlayacak beton kesitinin oluşturulması da gereklidir. Şekil 11 de verilen güçlendirme biçiminin döşeme üzerine taşıdığı gözden kaçırılmamalıdır. Etriyeler döşemede delik açılarak bağlanmıştır. Sadece birleşim

bölgesini güçlendiren bu mantolama, kiriş ve kolonların da mantolanması durumunda daha elverişli ve kolay uygulanabilir.

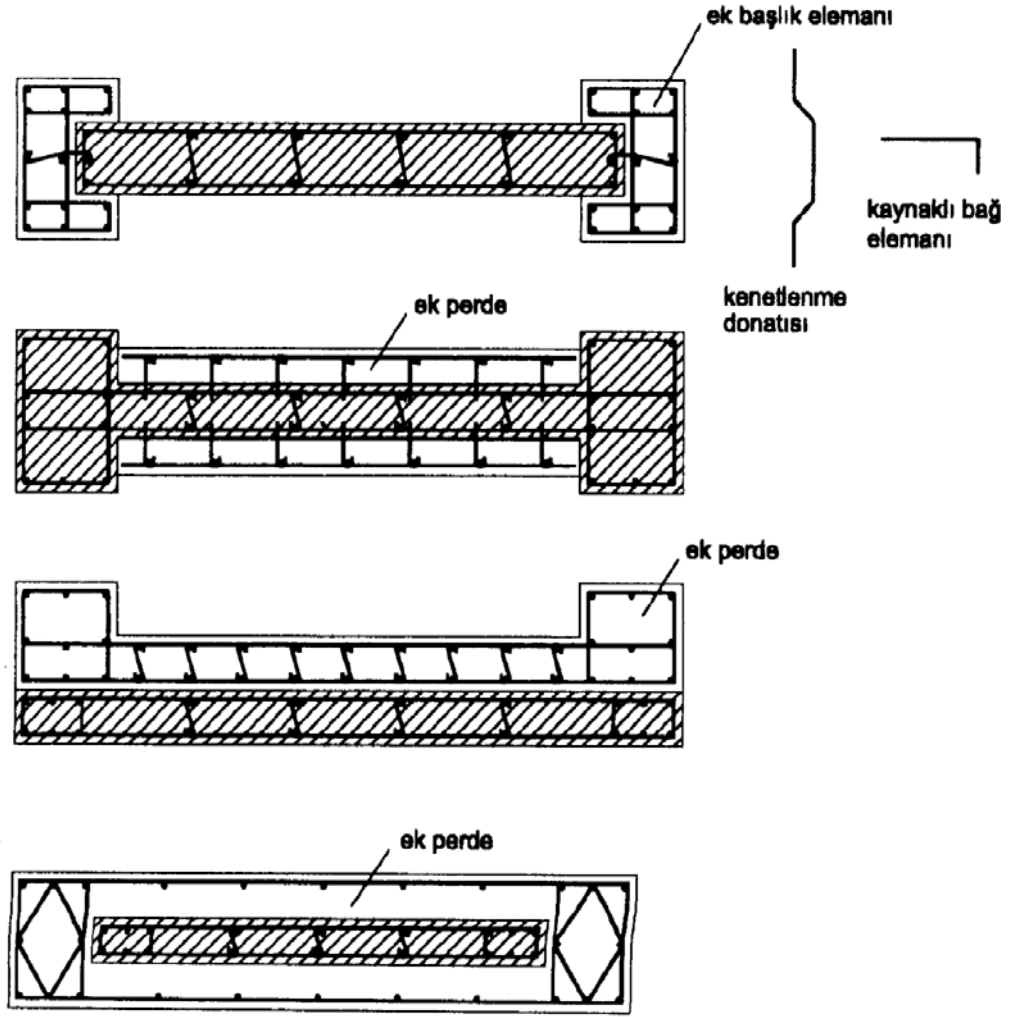
Şekil 12 de ise çelik levhalar kullanılarak yapılan bir güçlendirme türü gösterilmiştir. Özellikle endüstri yapılarındaki çerçevelerde kullanımı uygun düşer. Birleşim bölgesinin şekline uygun çelik levhalar epoksi ile yapıştırılıp, bulonlarla bağlanırlar. Kuvvet akışının sağlanması için bu ek levhaların kiriş ve kolon yüzündeki diğer levhalara kaynaklanması gerekir.



Şekil 12. Kiriş – kolon birleşim bölgesinin çelik levha ve öngerilmeli bulonlarla güçlendirilmesi

3.5. Perdenin Güçlendirilmesi

Perdeler, deprem yüklerinin karşılanmasında rijitlik ve dayanım bakımından taşıyıcı sistemin önemli elemanlarıdır. Hasar görmeleri durumunda, onarım ve güçlendirilmeleri özenle yapılmalıdır. 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. Diğer yapı elemanlarında olduğu gibi, betonda ezilme olmadığı durumda epoksi enjeksiyonu perdeler için de yaygın olarak kullanılır. Ancak, bütün çatlaklar doldurulmadığı için hasardan önceki rijitlik elde edilemez. Perdede beton ezilmesi veya donatı burkulması varsa, kolonlarda uygulanan onarım ve güçlendirme yöntemi burada da uygun düşer. Hasar derecesine göre hasarlı kısmın temizlenmesi, ek donatı yerleştirilmesi ve bu kısmın betonlanması gerekebilir. Bunun gibi, perdenin düşey yüzeyine çelik şeritler veya lif takviyeli levhalar yapıştırılarak kolay bir onarım ve güçlendirme yapılabilir. Bu işlemden önce çatlakların epoksi enjeksiyonunun yapılması ve yüzeyin temizlenmesi önemlidir. [14], [15]



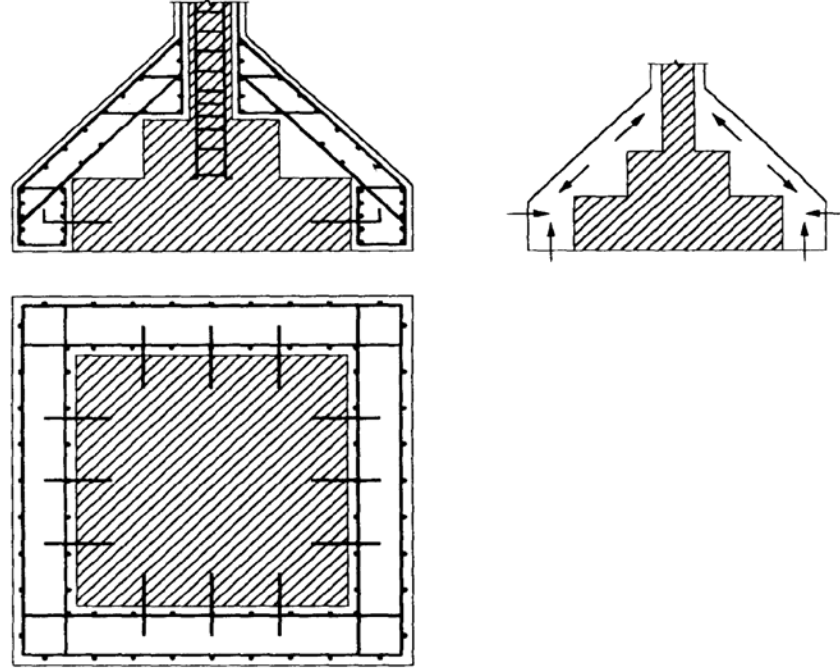
Şekil 13. Perdenin kesit kalınlaştırılması ile güçlendirilmesi

Eğer mevcut perde yetersiz kalırsa, kalınlığını arttırarak rijitliğini ve dayanımını yükseltmek önerilir (Şekil 13). Kalınlığın arttırılması sırasında ek donatıların yerleştirilmesi ve uygun başlık yapılması gerekli olabilir. Yeni donatıların mevcut olanlara bağ parçaları ile kaynaklanması ve mevcut beton yüzünün pürüzlendirilmesi bütünleşmeyi sağlayacağından önemlidir. Aradaki bağ kuvvetlerinin iletimini sağlamak için dikiş çubuklarının kullanılması ve mevcut perde yüzeyine epoksi uygulaması gerekli olabilir. Perdenin eğilme dayanımı yeni başlık kısımlarının ilavesi ve gerekli donatı düzeninin sağlanması ile arttırılabilir.

3.6. Temelin Güçlendirilmesi

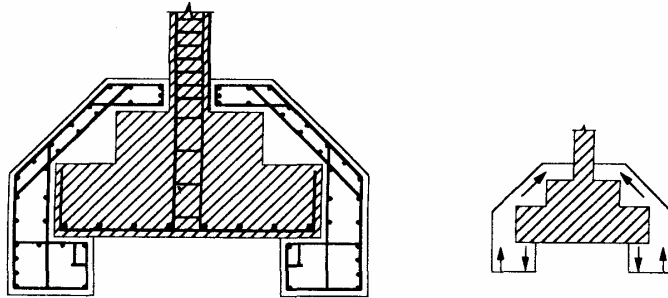
Diğer yapı elemanlarına göre daha zor ve pahalı olan temel güçlendirilmesi işlemi aşağıda verilen durumlarda söz konusu olur: a) Kötü zemin nedeniyle temelde büyük oturmalar meydana gelirse; b) Büyük deprem yükleriyle temelde hasar oluşursa; c) Yapı yüklerinde güçlendirmeden ileri gelen artmalar veya deprem yönetmeliğindeki değişikliklerden

kaynaklanan yatay yük artışı ile temel yetersiz kalırsa; d) Sonradan kat ilavesiyle, temel yetersiz kalırsa. Temel sisteminin güçlendirilmesinde, mevcut temeile ilave yapılabildiği gibi, yeni temel düzenlenebilir veya temel zemini iyileştirilebilir.



Şekil 14. Temel alt seviyesine inilmeden temelin güçlendirilmesi

Şekil 14. de kolonu da mantolanarak güçlendirilen bir temeldeki mantolama şekli görülmektedir. Sadece temelin güçlendirilmesine bir örnek de Şekil 15.de verilmiştir. Temelden üst yapıya aktarılacak tepkiyi eski temel vasıtasıyla iletebilmek için temel pabucu çevresinde ek dişler oluşturulmuştur. Bu uygulama temelin altına inilmesi söz konusu olduğu için, çok özen ve dikkat ister. Bu iki tür temel güçlendirilmesinde temel zemini ile üst yapı arasında yük aktarılış biçiminin değişeceğine ve bu nedenle en çok zorlanan kesitlerin farklı yerde oluşacağına dikkat edilmelidir. Ayrıca, iki beton yüzünden kayma gerilmeleri iletimi için dikiş çubukları veya beton yüzeyine epoksi uygulaması gerekli olabilir.



Şekil 15. Temel alt seviyesine inilerek temelin güçlendirilmesi

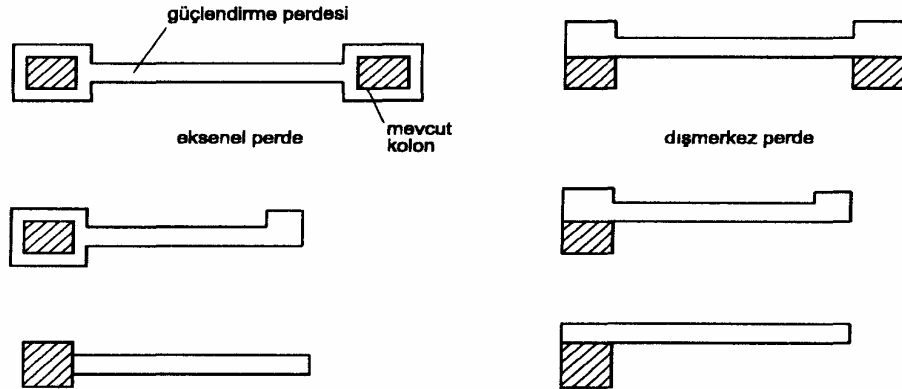
4. TAŞIYICI SİSTEMİN YENİ ELEMANLARLA GÜÇLENDİRİLMESİ

Mevcut yapının yanal yük dayanımı yeni yapı elemanlarının eklenmesiyle arttırılabilir. 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 arttırılacağı 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. [10], [14]

4.1. Betonarme Perdelerle Güçlendirme

Taşıyıcı sistemin depreme karşı güçlendirilmesinde yeni perdelerin ilave edilmesine oldukça yaygın olarak rastlanır (Şekil 16). 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. Perdenin iki kolon arasında bulunması tercih edilmelidir. Bazı durumlarda bir taraftan bir kolona birleşmesi kabul edilebilir. Hiçbir kolona bitişik olmayan doğrudan döşemeyi delip geçen perde döşeme arasında çok büyük gerilme yığılmaları oluşacağı için kabul edilmemelidir. Binanın dışına doğrudan kirişe bitişik yerleştirilen perde, sistemde ek zorlamalar oluşturması bakımından tercih edilmeyebilir.

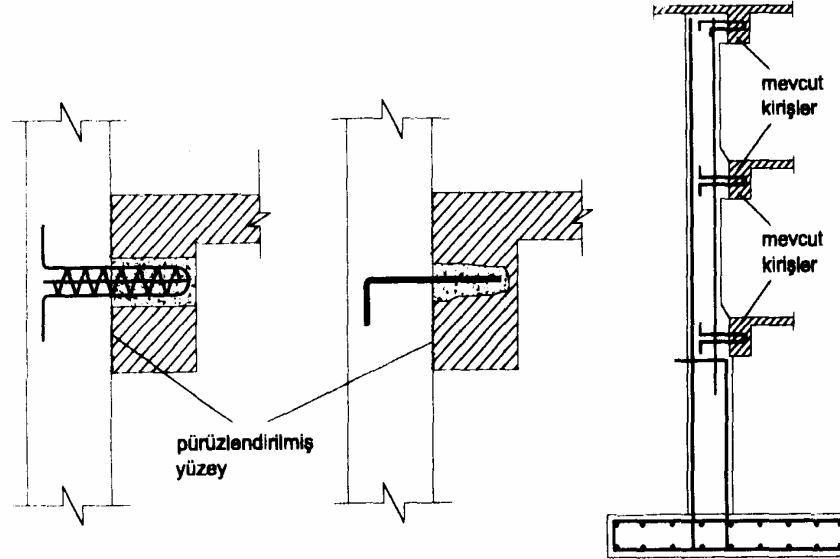
Güçlendirme perdeleri plandaki durumlarına göre değişik şekillerde ortaya çıkar. Perdeler planda yerleşimlerine göre dış perdeler ve iç perdeler olarak ve düşey kesitteki durumlarına göre eksenel ve dışmerkez olarak isimlendirilirler.



Şekli 16. Yapıya eklenebilecek değişik perde türleri

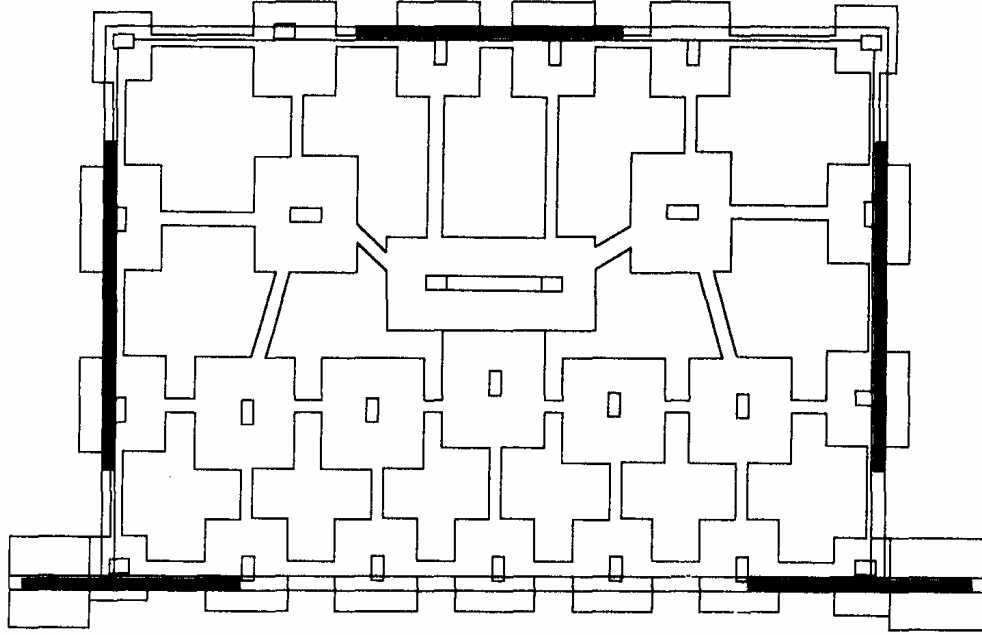
4.1.1. Dış Betonarme Perdeler:

Bina dışına yerleştirilen cephe perdeleri, mimari fonksiyonları bozmaması ve bina dışından inşa edilebilmeleri bakımından tercih edilir. Ancak, bu durumda da binanın cephelerinde bulunan pencereler dolu perde yapımını önler ve perdenin boşluklu olarak ortaya çıkmasına sebep olur. Boşluklu perdeler dolu perdeler göre daha sünek olmasına karşılık inşası ve donatı detayları daha fazla özen ister.



Şekil 17. Dış perdenin mevcut kirişlere bağlanması

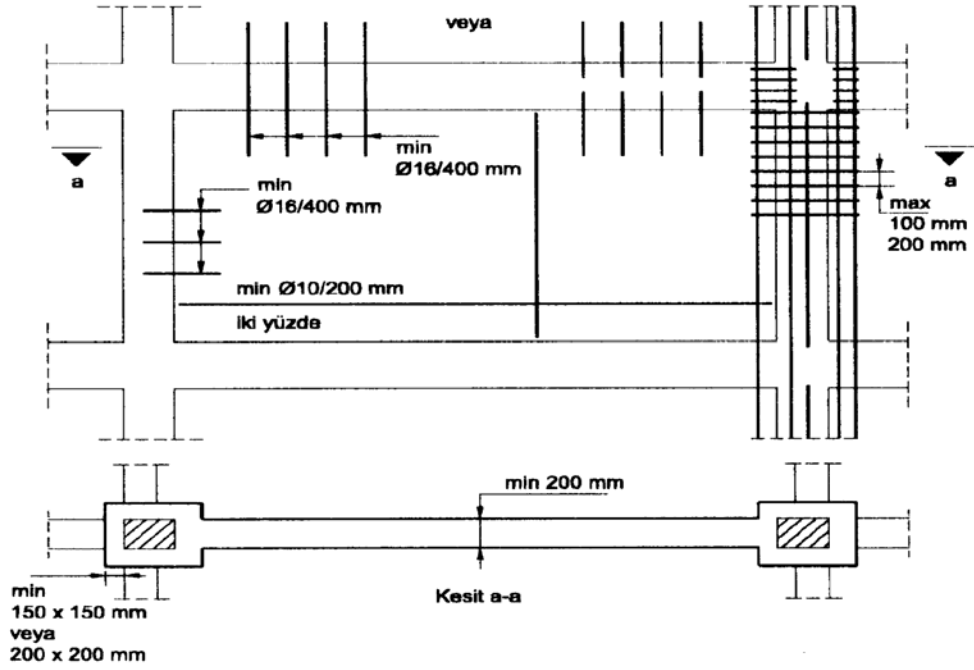
Binanın cephesinde balkon bulunması güçlendirme perdesinin düşey sürekliliğinin oluşturulmasında zorluklar çıkarır (Şekil 17.). Binanın dışında kalan perdelerin mevcut kirişle ve kolonlarla bağlantılarının yapılarak sistemin bütünleşmesinin sağlanması önemlidir. Perdeye komşu kolonlar mantolanarak perde ile birleştirilirse, bütünleşme daha sağlıklı biçimde yapılabilir. Eğer böyle bir durum söz konusu olmazsa, kat seviyelerindeki kirişlere yapılacak bağlantılarla perdenin mevcut sistemle bütünleşmesi gerekir. Yeni perdenin temeli, mevcut temeller kullanılarak veya yeni temel eklenerek oluşturulabilir. (Şekil 18.)



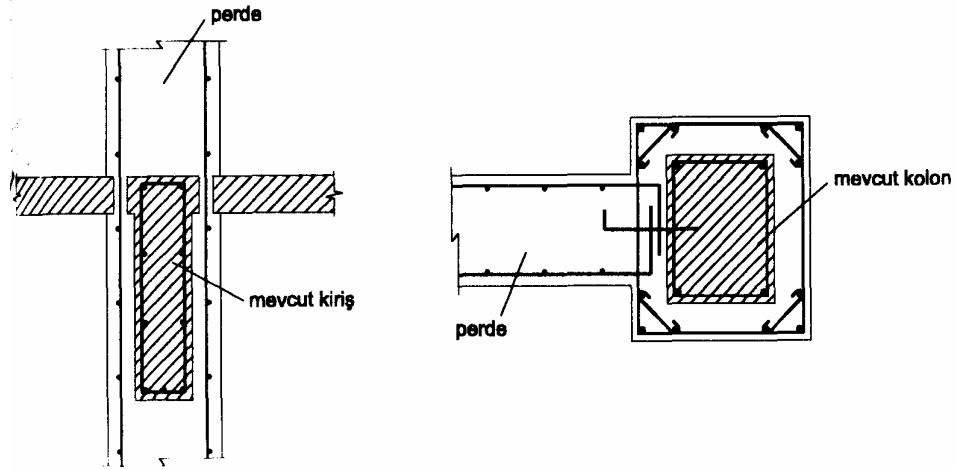
Şekil 18. Dış perdede temel düzeni

4.1.2. İç Betonarme Perdeler:

İç perdeler planda binanın iç kısımlarında bulunurlar. Bunlar genellikle iki uçtaki kolonu mantolayarak onlarla bütünleşirler (Şekil 19). Bu durum perdenin mevcut sistemle bütünleşmesini sağlayacağı gibi, perdenin uçlarında meydana gelecek çekme kuvvetinin kolon basınç kuvvetini gözönüne alarak azaltılmasını da sağlar. Bunun yanında perde temelinin düzenlenmesinde kolon basınç kuvvetinin olumlu katkısı hesaba katılmış olur. Kapı ve pencere boşluğunun bulunması durumunda perde bir uçtan komşu kolona bağlanırken, diğer taraftan perde için bir uç bölgesi oluşturulur.



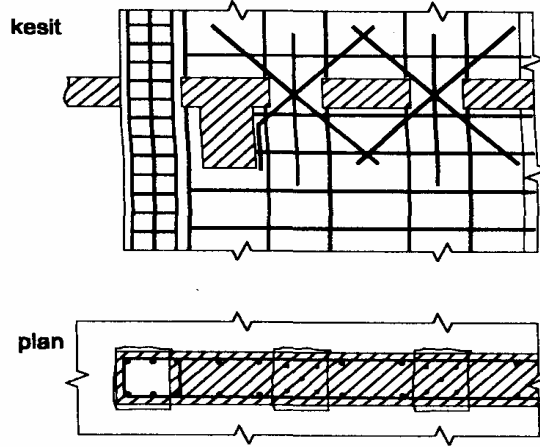
Şekil 19. Eksenel perde durumunda donatı düzeni



Şekil 20. Güçlendirme perdesinin mevcut kirişi sararak yükselmesi ile mevcut kolonu mantolayarak bütünleşmesi

Her iki durumda da perde kat seviyelerinde döşemeyi başlık bölgelerinde deler, bu suretli başlık donatılarının sürekliliği sağlanır. Bunun yanında perde gövdesinde döşemede yer yer boşluklar açılarak, hem beton dökümü için kolaylık sağlanırken, bu boşluklara yerleştirilecek çapraz donatılarla perdenin katlar arası bütünleşmesi daha da rahatlatılmış olur (Şekil 20). Eğer perdenin bir ucu kolonu dörtkenardan mantolayarak bağlanmıyor, sadece kolonun üç, iki veya bir kenarı ile birleşiyorsa, kolon ile perde arası bütünleşmeyi komşu kolon

yüzeylerine belirli aralıklarla yerleştirilecek bağ (dikiş) donatıları ile sağlamak mümkün olur. Kalın perdelerin kat kirişlerini içerecek şekilde düzenlenmesi yatay kuvvet iletimini, perde donatısının sürekliliğini ve bütünleşmeyi güvenli bir şekilde ortaya çıkarır (Şekil 21). Ancak, bu durum perde kalınlığının büyük olmasını gerektirdiği için pek tercih edilmez. [14]



Şekil 21. Dışmerkez perdenin katta döşemeyi delmesi durumunda donatı düzeni

4.1.3. Eksenel Betonarme Perdeler:

Perdeler kolon ve kirişlerin oluşturduğu çerçeve gözlerindeki bölme duvarları perdeye dönüştürülerek güçlendirme yapılabilir. Kolon ve kiriş eksenleri arasında kalan bu tür perdeler mimari düzeni en az rahatsız ettikleri için tercih edilirler. Yapının kiriş ve kolonlarındaki hasar az ise veya onarımla eski duruma getirilmişse, bölme duvarlarına taşıyıcılık kazandırılması, özellikle iki veya üç katlı yapılarda yeterli olabilir. Bina kat adedinin az olması nedeniyle bina deprem yükü yığıma yapı davranışına yakın bir çalışma şekli ile karşılanır. Böyle bir durumda kat perdelerinin komşu kiriş ve kolonlarla bütünleşmesinin sağlanması önemlidir. Perdeye komşu kiriş ve kolonlar güçlendirme sisteminin bir parçası olduklarından, katlar arası kuvvet iletimin yapılabilmesi gerekir. Eğer bu elemanlarda önemli hasar varsa, beton veya donatılarından şüphe ediliyorsa, katlar arası kuvvet akışının sağlanması için tedbir alınması gerekir. [2]

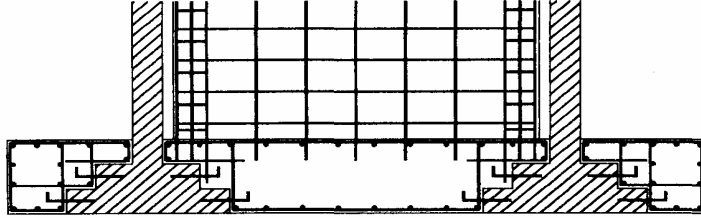
Bu amaçla perde başlıklarının sürekliliğinin sağlanması için başlıklar genişletilebilir. Her durumda da kolon ve kirişler ile perde arasında kesme kuvvetinin iletilmesi için dikiş donatısı kullanılır. Bu amaçla dikiş donatıları epoksi ile kolon ve kirişe bağlanabildiği gibi kaynaklı donatı birleşimi de kullanılabilir. Kirişlerle perdenin beraber çalışması da benzer şekilde sağlanabilir. Ancak, böyle bir değişiklik, mevcut taşıyıcı elemanlardaki zorlamalar tamamen farklı değerler alabilir. Düşey yükler altında basınca çalışan bir kolon, deprem yükleri altında çekme kuvveti ile zorlanabilir. Çok katlı yapılarda eksenel perde uçlarda genişletilerek

kolonu sarması öngörülerek, bu manto kısmından perde uç donatılarının sürekliliği kolayca sağlanabilir. [1]

4.1.4. Dışmerkez betonarme perdeler:

Bina yüksekliğinin artması ile büyüyen deprem kuvvetlerinin karşılanmasında güçlendirme perdesinde katlar arası sürekliliğin sağlanması daha önem kazanır. Bunun gibi, mevcut taşıyıcı sistemdeki kolon ve kirişlerin hasarlı olması veya kesit. donatı ve beton kalitesinde belirsizlikler bulunması, perdelerin kiriş eksenlerine göre dışmerkez olarak yerleştirilerek döşemedeki deliklerle sürekliliğin sağlanmasını gerektirebilir. Bu durumda da komşu kolonların perdelerle bütünleşecek şekilde mantolanması uygundur. Dışmerkez perde düzeninde perde başlarının donatıları devam ettirilerek, katlar arası perde sürekliliği sağlanabilir. Genellikle kolonlardan oluşan çerçeve sistemlerinin perdelerle güçlendirilmesine gidilir. Ancak, perdeler rijitlikleri nedeniyle deprem kuvvetinin önemli bir kısmını alırlar. Buna karşılık sistem yükünü aldıktan sonra ilave edildikleri için, normal kuvvetleri kendi ağırlıklarından ibarettir. Sadece yeni olarak gelecek hareketli düşey yüklerin taşınmasında yardımcı olurlar.

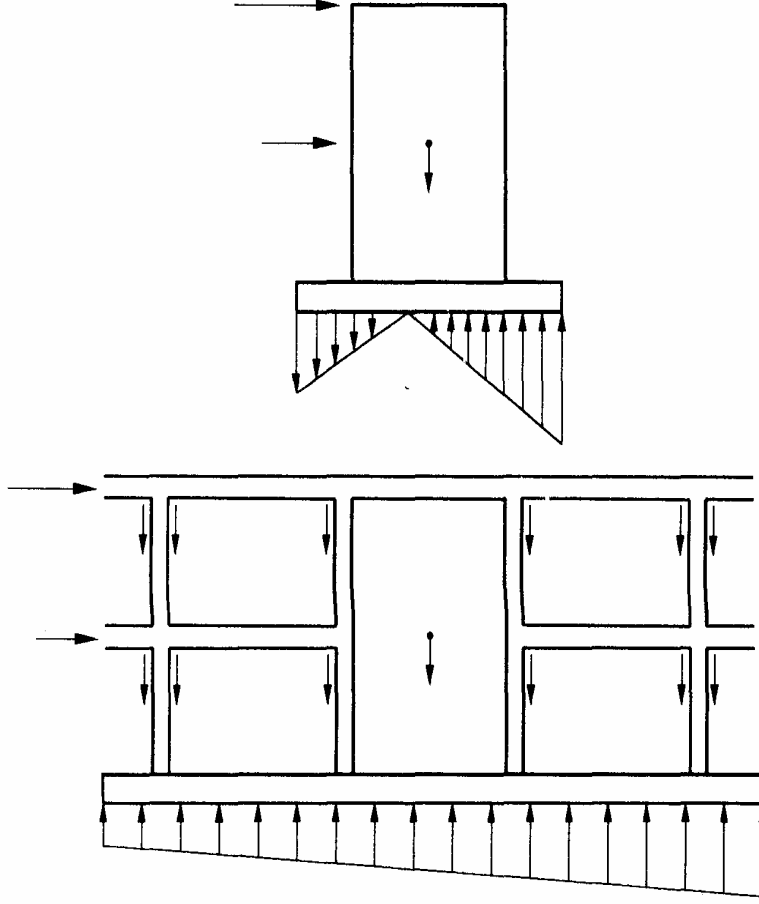
Perdelerin temelleri mevcut temellerden faydalanılarak oluşturulabilir (Şekil 22). Ancak, normal kuvveti küçük, eğilme momenti büyük olan perdeler temel düzenlenmesi ortaya çıkan büyük çekme gerilmelerinden dolayı zorluklar ortaya çıkar. [3]



Şekil 22. Güçlendirme perdesi temeli

Temelin çekme gerilmesi almadığı kabul edilerek temelin bazı bölgelerde zeminden yerel olarak ayrıldığı kabulü yapılması gerekli olur. Temeli kalın yaparak bu bölgeleri sınırlandırmak mümkün olabilir. Bunun yanında, daha etkili bir çözüm, komşu kolonları da içerecek şekilde sürekli veya plak temel düzenlenmesidir. Bu suretle kolonların normal kuvvetlerinden faydalanarak perdeye komşu tekil temeller birleştirilerek büyük bir perde temeli yapılması gerekebilir (Şekil 23). Zemin güvenlik gerilmesinin yeterli olmadığı yerlerde, temel genişletmesinin yanında, zeminin iyileştirilmesi de düşünülebilir. Bunun gibi deprem etkisi durumunda, etkinin kısa süreli olması nedeniyle zemin emniyet gerilmesinin üstündeki bazı yerel gerilme artışlarına müsaade edilebilir. Perde için yapılan yeni temellerin mevcutlarla

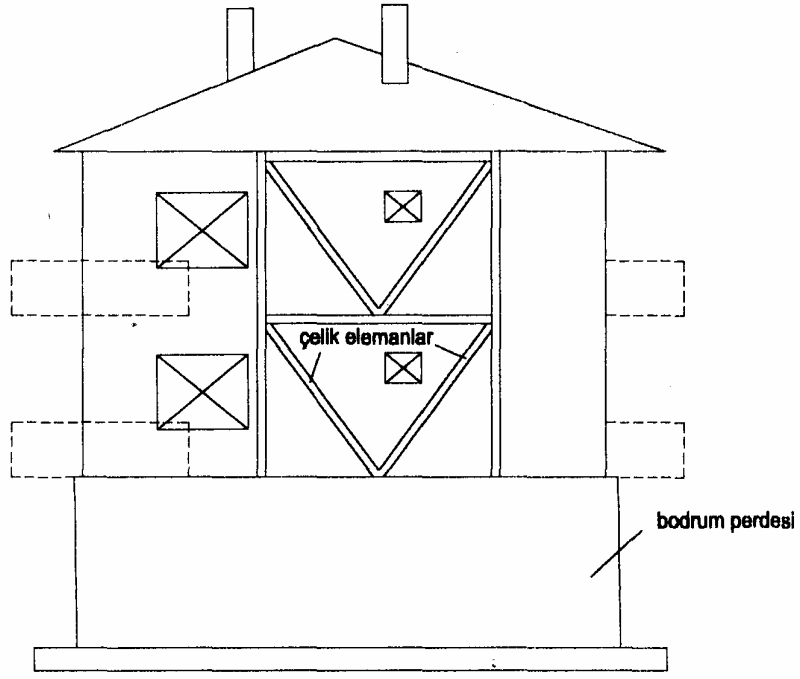
beraber çalışması ve perdenin ana donatılarının temele kenetlenmesi sağlanmalıdır. Bu amaçla temelin ortak yüzeyine epoksi sürmek ve dikiş donatıları yerleştirmek önerilir. [10]



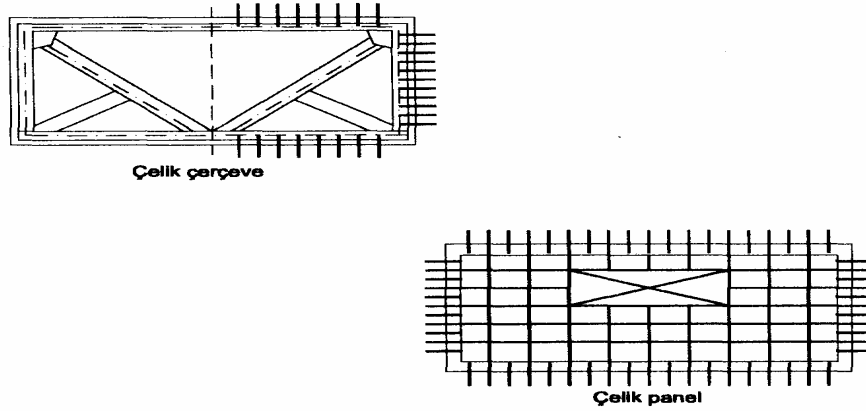
Şekil 23. Normal kuvveti düşük perde temelinin oluşturulmasında komşu kolonların normal kuvvetlerinden faydalanılması

4.2. Çelik Çarpazlarla Güçlendirme

Taşıyıcı sistem betonarme perdeler yerine çelik çarpazlar kullanılarak güçlendirilebilir. Bu durumda en basit uygulama kiriş-kolon düzlemine yerleştirilecek çarpazlar yanında kolon ve kirişe bitişik konulacak çelik elemanlarla yapılabilir. Eksenel çelik çarpazlar yanında dış merkez çarpazlar da kullanılabilir (Şekil 24). Ancak, bu durumda dışmerkezlik nedeniyle kuvvetlerin alınması yeni güçlükler doğurabilir.



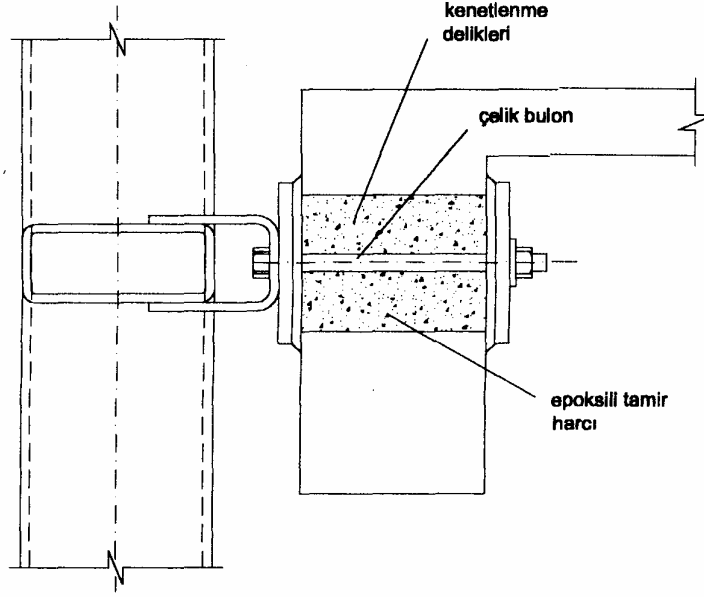
Şekil 24. Çelik çaprazlarla güçlendirilmiş bina



Şekil 25. Çelik çaprazların betonarme çerçeve içine yerleştirilmesi

Çaprazlar betonarme çerçevenin içinde oluşturabildiği gibi, dışında da oluşturulup ona bağlanabilir (Şekil 25) ve (Şekil 26). Kolona ve kirişe bitişik olan çelik elemanlarla kuvvetin olabildiğince düzgün yayılı iletilmesi sağlanır. Ancak, çaprazlar nedeniyle köşelerde büyük yoğun 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. Çelik elemanların rijitliklerinin betonarmeye göre düşük olması nedeniyle, yatay deprem yüklerinin önemli bir bölümünün taşınması ancak çok büyük

elik kesitleriyle mümkün olur. Bunun yanında mevcut betonarme sistemle elik sistemin bütünleşmesini sağlamak ve betonarme sistemde oluşan deprem kuvvetlerinin önemli bir kısmını elik taşıyıcılara iletmek ayrıntılı çalışma gerektiren bir husustur. [12]

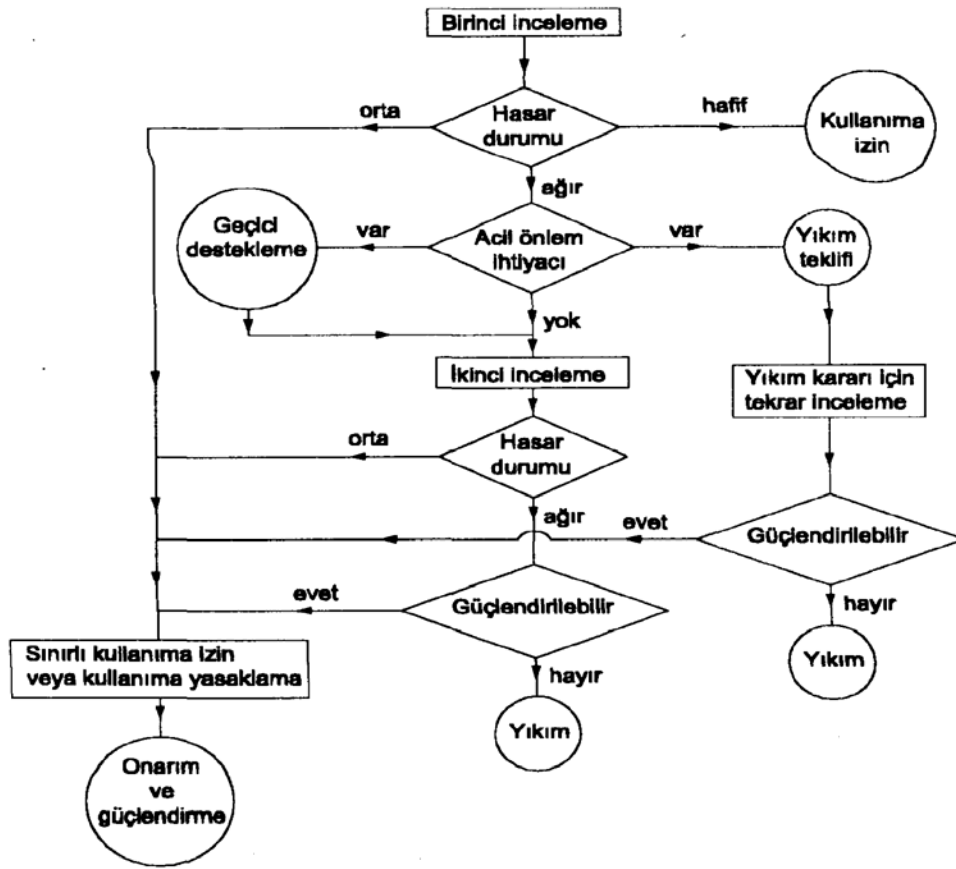


şekil 26. Dışmerkez elik aprazların betonarme kirişe bağlanması

5. GÜÇ PROJESİ

5.1. Güçlendirme Projesi

Depremden sonra yapılan inceleme sonucu binalar hafif, orta ve ağır hasarlı olarak bölüme ayrılır. Hafif hasarlı binalar hemen veya bazı taşıyıcı olmayan elemanlarda yapılacak onarımlardan sonra kullanılabilir. Ağır hasarlı yapılar ise, ekonomik olarak güçlendirmesi mümkün olmayan binalar olup, tehlikeli durumu ortadan kaldırmak için hemen yıkılır. Buna karşılık orta hasarlı binalar daha ayrıntılı incelenerek güçlendirme projeleri hazırlanır. Bu işlem Şekil 27.de verilen akış diyagramı ile ayrıntılı biçimde tanımlanmıştır.



Şekil 27. Deprem hasan görmüş binanın inlemesinde izlenen yol

Orta hasarlı betonarme bir binanın güçlendirilme projelerinin hazırlanmasında ilk adım, binadaki hasarın incelenmesi ve bina için bir yapısal hasar raporunun hazırlanmasıdır. Daha sonra güçlendirme sistemine ve projelendirme ilkesine karar vermek gerekir. En son adım da projenin kabul edilen ilkelere uygun olarak hazırlanması olur.

5.2. Mevcut Durum Ve Hasar Tesbiti Değerlendirilmesi

5.2.1. Binanın Mimari Rölövesinin Hazırlanması:

Elde proje mevcut değilse, hazırlanacak rölövede binanın hacimlerinin kullanım şekillerinin, kapı ve pencere yerleri ve boyutlarının belirtilmesi gerekir. Mevcut bir mimari plan varsa, bunun yerinde uygunluğu kontrol edilerek gerekli değişiklikler not edilmeli ve banyo ve mutfakta tesisatın bağlı olduğu yerler gösterilmelidir.

5.2.2. Binanın Taşıyıcı Sistem Rölövesinin Hazırlanması:

Betonarme proje yoksa, bu rölövede; kiriş, kolon ve perde yerlerinin ve boyutlarının belirtilmesi, kat yüksekliklerinin bulunması gerekir. Bunun gibi, merdiven kısmı esas alınarak döşeme yüksekliği ve döşeme türü tespit edilebilir. Binada temel yer yer açılarak temel düzeni, temelin geometrik boyutları, derinliği ve bağ kirişlerinin durumu belirlenmelidir. Temellerin yerel veya dışardan açılması yeterli olabilir. Eğer binanın statik ve betonarme hesapları ve ilgili çizimleri varsa, bunun yerinde uygunluğu açıklık ve eleman boyutları ve doğrultuları bakımından kontrol edilerek gerekli değişiklikler not edilmelidir.

Genellikle eski binaların projesini bulmak mümkün olmaz. Bu durumda binanın mimari rölövesi ile taşıyıcı sistem rölövesinin hazırlanması gerekir. Kolon ve perdelerin yerleşim durumu ile kirişlerin plandaki düzeninin belirlenmesi için bazı duvarların kırılması gerekebilir. Özellikle kirişlerin bölme duvarları içinde kalması veya asmolen döşemelerde geniş kirişlerin döşeme içinde bulunması taşıyıcı sistemin belirlenmesi için büyük zorluk çıkarır.

5.2.3. Binanın Hasar Rölövesinin Hazırlanması:

Hazırlanan taşıyıcı sistem rölövesi esas alınarak, binada her katta, bölme duvarı, kolon, kiriş, kiriş-kolon birleşim bölgesi, perde ve temel hasarı işlenmelidir. Binada, dönme veya temelin zemine batması durumları not edilmelidir. Özellikle, çatlakla kesilmiş veya dağılmış kolonlar belirlenmeli ve bunların depremden önceki durumuna getirilebilmesi için epoksi reçinesi enjeksiyonu veya mantolama gerekip gerekmediğine karar verilerek, hasar rölövesine kayıt edilmelidir. Dört tarafından mantolanma gerektiren kolonların veya kiriş-kolon düğüm bölgelerindeki çatlaklara epoksi uygulaması gerekemeyebilir. Binaların büyük bir kısmının kolon mantolanması veya perde ilavesi ile güçlendirilebileceği gözönünde tutularak, hasar tespiti sırasında güçlendirme perde yerlerinin belirlenmesi ve güçlendirme perdelerinin hasar gören ve mantolanması gereken kolonlara en azından bir kenarından bitişik yapılması, mantolama ile perdeyi beraber ortaya çıkaracağı için tercih edilmelidir. Hazırlanacak hasar raporuna varsa çatı hareketi veya göçmesi, kalkan duvarlarının ve bacanın yıkılması gibi hususlar işaretlenerek, yerinde alınacak tedbire karar verilmelidir. Bu tedbirler, bacaların kısaltılması, kalkan duvarlarına düşey ve yatay hatıl konulması, çatının döşemeye bağlanması şeklinde olabilir.

Hazırlanan kat kalıp planları esas alınarak binadaki hasarın incelenmesi ve bunların bu planlara işlenmesi, taşıyıcı sistem elemanlarındaki hasarın belirtilmesi yanında bölme duvarlarındaki x çatlaklarının ve hasarın derecesi de binanın depremden etkilenme derecesini göstermesi bakımından önemlidir. Taşıyıcı sistem elemanlarında hasar, kiriş ve kolonlarda çatlak olarak ortaya çıkar. En önemli hasar kolon-kiriş birleşim bölgelerinin depremden zorlanmasından oluşan çatlaklar, beton dökülmeleri veya donatı burkulmalarıdır. Depremden sonra kolonlarda betonun bölgesel boşalması ve donatının burkulması gibi önemli hasarların meydana geldiği gözlenmiştir. Binanın merdiven bölgesi taşıyıcı sistemin düzenli olmadığı bir bölümdür. Bu nedenle burada özellikle duvar hasarları daha çok kendini gösterir. Genellikle hasar zemin katta yoğunlaşmış olarak görülür, üst katlara çıkıldıkça hasar azalır. Yurdumuzda kalıp işçiliğinin kaliteli olmadığı yerlerde, meydana gelen kusurları örtmek amacıyla kalın sıva kullanılır. Bu ise, büyük sıva çatlaklarının oluşmasına sebep olur. Bazı durumlarda, bu çatlaklar taşıyıcı elemanlarda devam etmeden yüzeyde kalabilir. Bunun gibi, merdiven kolu plağında ve bunun sahanlık plağı ile birleşim yerinde hatalı donatı uygulamasına yaygın olarak rastlanır. Bu durum deprem hasarlarının buralarda yoğunlaşmasına sebep olur.

Yapılan hasar tespitinin sonunda meydana gelen hasarın sebepleri hakkında önem sırasına göre kısa bilgi verilmesi faydalıdır. Yurdumuzdaki deprem hasarının ana sebepleri önem sırasına göre aşağıdaki gibi sıralanabilir:

a. Beton kalitesinin düşük olması, hasarın en önemli nedeni olarak görülebilir. Betonun elastiklik modülünün düşük olması büyük yatay şekil değiştirmeye neden olduğu için bölme duvarlarda büyük hasar meydana gelir. Bunun yanında düşük kaliteli beton, kesitlerin de mukavemetinin düşmesine neden olur.

b. Kolon başlarında ortaya çıkan kesilmelerin en önemli sebebi de bu bölgelerde donatı detaylarına gerekli özenin gösterilmemiş olması ve beton yüzeylerinin bütünleşmesinin sağlanmamış olmasıdır.

c. Taşıyıcı sistemin düzgün ve sürekli çerçevelerden oluşturulmaması da hasarın artmasına neden olur.

d. Betonarme perdelerin bulunmaması, yatay yer değiştirmelerin artmasına ve bölme duvarlarında ağır hasara sebep olur.

e. Donatı düzenindeki yanlışlıklar merdiven ve sahanlıklardaki hasarın diğer bir sebebi olarak belirir. [14]

f. Temellerin yüzeye yakın olması, deprem yüklerinin yapıdaki etkilerinin artmasına neden olur.

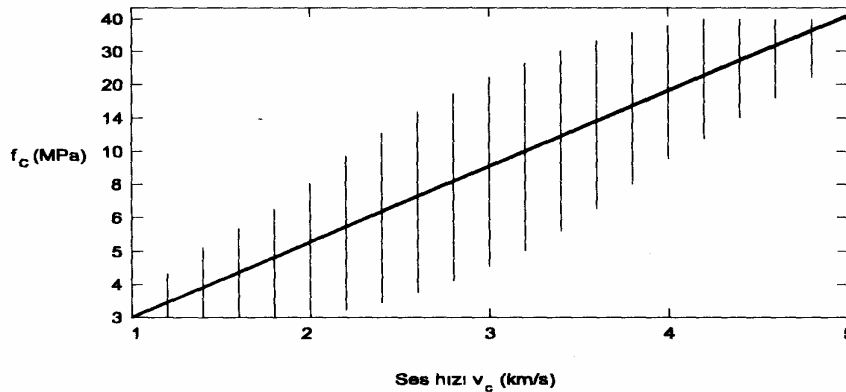
g. Bazı bloklarda, çatının odun ve kömür deposu olarak kullanılması deprem yüklerini artırması nedeniyle hasan arttırır.

h. Kolon-kiriş birleşim bölgelerinde etriye konulmaması da hasarın artmasının diğer bir nedenidir.

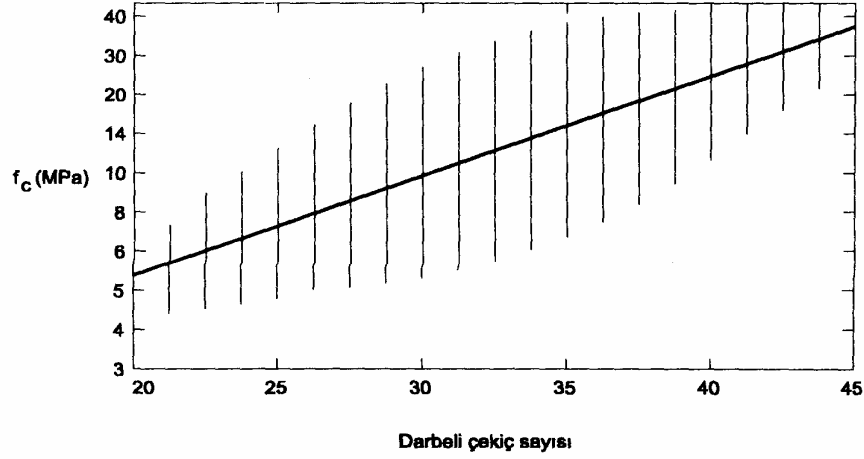
Binada hasar tespiti yapanın, ilk tespitlere dayanarak bir güçlendirme sistemi önermesi, projelendirmenin daha kolay oluşturulması ve gözden önemli bir şeyin kaçmamasını sağlar. Yapılacak öneride hasar görüp düşey yük taşıyıcılığı şüpheli olan kolonların mantolanması bulunmalıdır. Taşıyıcı sistemin toplam deprem güvenliği kolonların mantolanması ile oluşturulabildiği gibi güçlendirme perdelerinin öngörülmesi ile de sağlanabilir. Bunun için mantolanması uygun görülen kolonların belirlenmesi veya muhtemel perde yerlerinin işaretlenmesi önemlidir. Bunlar yerleri daha sonra hazırlanacak proje çözümlerinde alınacak sonuçlara göre kontrol edilecektir. Yerinde yapılacak incelemede kolon mantolanmasının veya perde yerlerinin mimari bakımdan bir sakınca doğurup doğurmadığı kontrol edilmelidir. [7]

5.2.4. Binada beton kalitesinin belirlenmesi:

Binada beton kalitesi en az üç karot numunesi alarak belirlenmelidir. Karot sayısı binanın büyüklüğüne göre arttırılabilirse de, bulunan mukavemetin ortalama bir değer olması ve bunların alınan elemanları zayıflatacağı düşünülerek, çoğaltılması tercih edilmeyebilir. Karot değerleri, her katta en az üç kolon veya perdede yapılacak darbeli çekiç deneyleri ve ses hızı ölçümü deneyleri ile karşılıklı korelasyon kurularak yaygınlaştırılır. Ölçülen bu değerler ile karot sonuçları arasında korelasyon kurularak, beton kalitesi konusunda oldukça gerçekçi sonuç elde etmek mümkündür. Şekil 28 ve Şekil 29 da, beton içinde yayılan sesi dalgasının hızına ve beton yüzüne uygulanan darbeli çekiç sayısına bağlı olarak beton dayanımı verilmiştir. Beton dayanım değişiminin geniş bir dağılımla ortaya çıkması, bu sonuçların daima karot deneyleri ile desteklenmesinin önemine işaret etmektedir. Karotların varsa perdelerden alınması tercih edilmeli ve donatının kesilmemesine özen gösterilmelidir.



Şekil 28. Beton dayanımının betondaki ses dalgası yayılma hızına bağlılığı



Şekil 29. Beton dayanımının beton yüzeyindeki darbeli çekiç değerine bağlılığı

5.2.5. Binada donatı kalite ve düzeninin belirlenmesi:

Binada bodrum veya zemin katta açılacak en az üç kolonda pas payı kaldırılarak boyuna donatı ve enine donatı miktarı ve düzeni tespit edilmelidir. Kolonların biri bütün kenarlarından açılabilirse de, diğerlerinin bir veya iki kenardan açılması mevcut sistemi zayıflatmamak bakımından tercih edilmelidir. Benzer şekilde seçilecek üç kirişte donatı, açıklıkta ve mesnet kesitine yakın alttan bakılarak, boyuna donatı düzeni pilye sayısı ve enine donatı aralık ve çapı tespit edilebilir. Donatılarda korozyon nedeniyle çap küçülmesi varsa belirlenmelidir. Kullanılacak manyetik aletle donatının belirlenmesi işlemi yaygınlaştırılabilir. Bütün bu bilgilerin elde edilmesinde daima belirsizliklerle karşı karşıya bulunulacağı gözden uzak tutulmamalıdır.

5.2.6. Geoteknik bilgilerin belirlenmesi:

Temel zeminine ait geoteknik bilgilerin toplanması için muayene çukuru açılacağı ve sondaj yapılabileceği gibi, çevrede elde edilen benzer bilgilerden de faydalanılabilir. Yapılacak işlemlerin seçimi, güçlendirme işlemlerinin kapsamına bağlı olacaktır. Geoteknik inceleme sonucu yapısal hasar ve muhtemel güçlendirme sistemi ile doğrudan ilgili parametreler, olan zeminin tabii birim hacim ağırlığı, zemin emniyet gerilmesi ve yatak katsayısı olarak verilmelidir. Bölgedeki deprem durumu göz önüne alınarak zemin karakteristik periyotları ve etkin yer ivmesi katsayısı da belirtilmelidir. Yeraltı su seviyesi hakkında bilgi ve binadaki temel durumu ve temel derinliği de geoteknik inceleme sırasında tespit edilebilir.

5.3. Güçlendirme Projesinin Hazırlanması

Güçlendirme projesinin geliştirilmesinde çeşitli seçenekler söz konusu olur. Özellikle projenin ekonomik olması, mevcut binanın mimari fonksiyonlarının bozulmaması ve kolay uygulanabilir olması tercih edilmelidir. Depremde hasar gören betonarme bir yapının güçlendirmesinde, taşıyıcı sistemin güçlendirilmesi esas alınmalıdır. Bu işlem sırasında hasar gören elemanlar da onarılıp güçlendirilebilir. Bu çerçevede elemanların ve taşıyıcı sistemin güçlendirilmesi seçenekleri aşağıdaki gibi verilebilir:

5.3.1. Hasarlı Beton Yüzeyle Hazır Tamir Harcı Uygulaması

Kiriş, kolon, perde ve döşemelerde, korozyon ve yapım kusurları sebebiyle beton dökülmesi meydana gelmiş, donatı ortaya çıkmış ise, hazır tamir harcı uygulaması tavsiye edilir. Tamir harcının sertleşirken büzülme yapmamasının sağlanması ve uygulamasından önce donatıya mevcut beton yüzeyine aderans artırıcı bir tabaka sürülmesi uygundur. Kolon veya perdelerde karot alınmasıyla açılan boşluklar da, hazır tamir harcı ile doldurulmalıdır.

5.3.2. Kiriş Ve Kolon Gibi Elemanların Epoksi Reçinesi Uygulaması İle Onarılması

Kiriş ve kolonlarda meydana gelen çatlaklara epoksi reçinesi enjekte ederek, eleman onarılarak, 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. Reçinenin viskozitesinin enjekte edilecek çatlağın kalınlığına uygun olması gerekir. 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. Genellikle, epoksi reçinesi enjeksiyonu güçlendirme işlemlerinde diğer yöntemlere beraber uygulanır. Uygulama pahalı olduğu için çok çatlaklı kolonların mantolanma ile onarılması tercih edilebilir. Ayrıca, epoksi reçinesi uygulaması beton kalitesinin düşük olması durumunda genellikle beklenen sonucu vermeyebilir. Uygulamanın başarısı yer yer karot alınarak da kontrol edilebilir. [9]

5.3.3. Kiriş, Kolon Ve Döşeme Gibi Elemanların Onarım Ve Güçlendirilmesinde, Çelik Elemanlar, Çelik Şerit, Lif Takviyeli Plastik Levha Uygulaması

Kiriş ve kolonlarda ve bunların birleşim bölgelerinde meydana gelen çatlaklar epoksi reçinesi uygulamasından sonra veya ihtiyaç duyulmadığında bu uygulama yapılmadan doğrudan çelik şeritler sarılarak onarılıp güçlendirilebilir. Çelik şeritler, elemanların enine ve boyuna

doğrultusunda bulunurlar. Şerit uygulaması ile elemanların rijitliklerinde değişiklik yapılmadan onarım veya güçlendirme yapılır. Eleman kesitlerinin eğilme momenti ve kesme kuvveti kapasiteleri arttırılırken: sarılan çelik şeritler bu bölgede enine basınç oluşturarak, deprem etkisi durumunda betonun dolayısıyla elemanın sünekliğini arttırır. Şerit düzeninin seçiminde elemandaki kuvvet akışı göz önünde tutulmalıdır. Betonda enine basıncın yeterli şekilde oluşması için. şeritlerin dar olmaması (~50mm uygun genişlik) ve birbirlerinden ayrık yerleştirilmemesi (~0.20m uygun aralık) gerekir. Çelik şeritler beton yüzeyine yapıştırılırken, bunlar basınç ve çekme kuvvetini alacak şekilde düzenlenmelidir. Çelik şeritlerin üzeri tamir harcı ile örtülerek hem korozyona ve hem de sınırlı ölçüde yangına karşı korunmalıdır. Basınç kuvveti durumunda şeritlerin burkulmaması ve çekme kuvveti durumunda çelik şeritlerin betondan ayrılmaması gerekir. Bu uygulama, ancak yeterli beton dayanımı bulunduğu tercih edilmelidir. Uygulama pahalı olduğu için hasarlı kolonların mantolanma ile onarılması tercih edilebilir. Kiriş, kolon ve döşeme gibi elemanların onarılıp güçlendirilmesinde çelik elemanlar yanında, lif takviyeli plastik levha da kullanılabilir. Bu durumda elemanda kuvvet iletiminin ve sürekliliğin sağlanmasına özen gösterilmelidir.

5.3.4. Kolon Mantolanması

Hasar tespitinde yük taşıyıcılığı şüpheli olarak belirlenen kolonlar mantolanma ile onarılır ve güçlendirilir. Ancak, bu durumda kolon rijitliğinin dolayısıyla iç kuvvet dağılımının değiştiği unutulmamalıdır. Kolon mantosunun kolon-kiriş birleşim bölgesini sarması ve donatıdaki çekme ve basınç kuvvetlerini temele aktarması için donatının temel bloğuna kenetlenmesi önemlidir. Genellikle bir katta kolon mantolanmasına ihtiyaç varsa, bu temele kadar inmeli ve manto donatısı temele filizlerle bağlanmalıdır. Kolonun mantolanması ile değişen rijitlik, daha büyük deprem momentlerinin kolonda dolayısıyla temelde oluşmasına yol açar. Bu durumda temelin de incelenmesi sözkonusu olabilir. Katlar arasında döşemeden bırakılan deliklerle manto donatısının bir kısmının sürekliliği sağlanmalıdır. Genellikle 0.10 m~0.15 m kalınlığında manto yeterli olabilir. Beton dökümü ve donatı yerleştirilmesi için 0.10 m nin altına inilmesi tavsiye edilmez. Manto uygulamasında beton kesit kalınlığının az olması sebebiyle mutlaka vibratör kullanılmalıdır. Mantolama işlemi kolon kenarlarına çelik korniyerler konulması ve bunların ara bağlantılarının yapılması ile de gerçekleştirilebilir. [8]

5.3.5. Korozyon Hasarı Onarımı

Donatının korozyonu binanın sadece bodrum katında ileri olmayan derecede tespit edilmişse, ayrıntılı bir güçlendirme projesine gidilmeyip, donatının üzerindeki pas tel fırça ile temizlenip, üzerine korozyon önleyen ve aderansı zedelemeyen bir tabaka sürüldükten sonra hazır tamir harcı uygulanmalıdır. Korozyon ilerlemiş ve donatının kesitinde önemli bir azalma meydana gelmişse, elemanın ayrıca onarılması gerekir. Eğer korozyon yalnız bodrum katta ileri

derecede bulunuyorsa, taşıyıcı sistemin simetrisine dikkat ederek bodrum kat kolonlarının mantolanması yeterli olabilir. Bunun yanında korozyonun oluşmaması ve önlenmesi için gerekli tedbirler alınmalıdır.

5.3.6. Taşıyıcı Sistemin Güçlendirilmesi

Burada taşıyıcı sistem kolonlarının mantolanması ve perde ilavesi ile güçlendirme yaygın biçimde kullanılır. Taşıyıcı sistemin toplam deprem güvenliği kolonların mantolanması ile elde edilebildiği gibi, güçlendirme perdelerinin öngörülmesi ile de sağlanabilir. Ancak, yüksek yapılarda ve asmolen döşemeli yapılarda güçlendirme perdesi konulmadan yönetmeliğin yer değiştirme için koyduğu şartların sağlanması oldukça zordur. Perde ile güçlendirilmeye karar verildiğinde, perde yerlerinin seçiminde bunların banyo hacimlerine ve tesisat bağlantılarına bitişik olmamasına özen gösterilmelidir. Güçlendirmenin olabildiğince bütün katlarda yapılması sağlanmalıdır. Perdelerin temelden çatıya kadar, kalınlığı veya boyu değişerek de olsa devam etmesi ve herhangi bir katta yapılan kolon mantolanmasının temele kadar inmesi buna örnektir. Bunun yanında bodrum katta çevre perdesi yapılması veya bazı perdelerin kat yüksekliği büyük asmolen döşeme içinde kalan kirişlere sahip binalarda zemin katına kadar yapılması da söz konusu olabilir. Bu iki durum taşıyıcı sisteme sadece ek bir kapasite sağlanması için düşünülmelidir. Bunun yanında, taşıyıcı sistem çelik elemanlar ilave edilerek de güçlendirilebilir. Bu durumda mevcut beton elemanların yatay rijitliği, yeni çelik elemanlardan daha büyük olacağı için, çelik elemanlara deprem yükünün öngörülen kısmının taşınması büyük kesitler veya çaprazlama (çelik perde) gerektirebilir. [6]

5.4. Güçlendirme Projesinin İlkelerinin Belirlenmesi

5.4.1. Taşıyıcı Sistemin Depremden Önceki Durumunun İncelemesi

Mevcut taşıyıcı sistemin kusurlarının tespiti için binanın depremden hasar görmemiş durumu TS500 ve 1998 Deprem Yönetmeliği esas alınarak düşey yük ve deprem etkisi altında (1.4G+1.6Q) ve (G+Q+E) çözümlenmesi yapılacaktır. Kesit kontrolünde, eğer binanın projesi yoksa, sınırlı sayıda yapılan donatı tespitleri göz önüne alınabileceği gibi, minimum donatı şartları da kullanılabilir. Yapılan bu inceleme ve kesit kontrolü ile tespit edilen hasar sebepleri hakkında yorum yapılması mümkün olacak ve deprem yüklemesi altındaki taşıyıcı sistemin davranışı anlaşılacaktır.

5.4.2. Güçlendirilmiş Taşıyıcı Sistemin Çözümlemesi

Hasar belirleme raporu esas alınarak mantolanacak kolonlar tespit edilir. Güçlendirme için bina dışına veya içine, eksenel veya dışmerkez perde yerleştirilerek sistem çözülür. Güçlendirme perdeleri her iki doğrultuda en az ikişer tane olmalı ve bina yüksekliğince devam etmelidir. Binanın kat adedinin ve plandaki alanının küçük olması durumunda perde sayısı üçe de indirilebilir. Gerektiğinde de bunların kalınlıkları veya boyları küçültülebilir. Kapı ve

pencere boşluklarının bırakılması için boşluklu perdeye de karar verilebilirse de, boşluklu perdenin kalıp ve donatı detaylarının uygulaması daha çok özen ister.

Yapılacak çözümlemede mevcut taşıyıcı sistem ile güçlendirme elemanlarının elastiklik modüllerinin farklılığı göz önüne alınması uygundur. Bu durum mevcut elemanlarla güçlendirme elemanları arasındaki yük paylaşımında etkili olur. Çözümlemenin Deprem Yönetmeliği çerçevesinde belirlenen etkiler altında, TS500 ün öngördüğü (1.4G+1.6Q) ve (G+Q+E) yüklemeleri için yapılması gerekir.

Betonarme veya çelik güçlendirme perdelerinin, deprem etkisinden oluşan taban kesme kuvvetinin mevcut yapının durumuna göre en az % 70 lik veya benzeri bir bölümünü karşılamaının sağlanması tavsiye edilir. Bu oranın mevcut taşıyıcı sistem kolon ve kirişlerinde ek güçlendirme gerektirmeyecek şekilde belirlenmesi uygundur. Belirlenecek bu koşul perde sayısı ve boyutlarının belirlenmesinde etkili olur. Genel olarak mevcut sistemin normal süneklikte olduğu kabul edilerek ve güçlendirme elemanlarını yüksek süneklikte projelendirilerek, taşıyıcı sistem davranış katsayısı $R = 6$ ve deprem bölgesine bağlı olarak ilgili katsayısı alınarak hesaplanır. [3]

Elde edilen çözüm sonuçları esas alınarak, mevcut taşıyıcı sistemle, güçlendirme sistemi arasındaki kuvvet akışının sağlandığı gösterilmelidir (Perde uç donatılarının katlar arası sürekliliğinin sağlanması, deprem yüklerinin kat kirişlerinden perdelere geçmesi ve kolonlarla perdenin bütünleşmesinin sağlanması gibi). Perde gövde donatısının sürekliliği, kolonu ve kirişi geçen veya delen tek sıra, kolonlar ve kirişlerde minimum $\phi 16/300\text{mm}$ donatısı ile sağlanabilir. Bu kenetlenme çubuklarının boylarının kolon ve kiriş içinde en az $\max(10\phi, 150\text{mm})$ ve perde içinde 20ϕ olması tavsiye edilir. Perde uç donatısı hesabında birleştiği kolon donatıları hesaba katılarak, bu donatılar azaltılabilir. Perdede, her iki yüzde ve her iki doğrultuda minimum $\phi 10/200\text{mm}$ (veya çelik hasır eşdeğeri) gövde donatısı yerleştirilebilir. Perde uç bölgesinde minimum bir etriye seçilebilir (ilk katta $\phi 10/100\text{mm}$ ve diğer katlarda $\phi 10/200\text{mm}$). Gerekli olmadığı durumlarda perde uçlarındaki kolonlar mantolanmayıp, mevcut kolon ile güçlendirme perdesinin bütünleşmesi kolona bağlanan bağ çubukları ile sağlanabilir. Perde uç kolonlarında manto kalınlığının minimum 150mm alınması uygundur. Boşluklu perde düzenlenmesi durumunda pencere altlarında veya kapı üstlerinde bağ kirişlerinin düzenlenmesi gerekir. Perde uç bölgesinde, Deprem Yönetmeliği'nin öngördüğü minimum donatı konulmalı ve bu donatının perde yüksekliğince devam etmesi sağlanmalıdır. [5]

Güçlendirilmiş yapıda, mevcut kolon ve kiriş gibi mevcut taşıyıcı sistem elemanlarının kontrolünde, aşağıda verilen koşulların sağlanmaması durumunda kolon ve kirişlerin güçlendirilmesi tavsiye edilebilir:

$$A_s (\text{gerekli}) < (1.20 \sim 1.50) \times A_s (\text{mevcut}) \quad (\text{kolon - donatı biliniyorsa})$$

$$A_s (\text{gerekli}) \leq (0,012 \sim 0,015) A_c (\text{mevcut}) \quad (\text{kolon - donatı bilinmiyorsa})$$

$$A_s (\text{gerekli}) \leq (1.00 \sim 1.25) \times A_s (\text{mevcut}) \quad (\text{kiriş - donatı biliniyorsa})$$

$$A_s (\text{gerekli}) \leq (0,015 \sim 0,020) A_c (\text{mevcut}) \quad (\text{kiriş - donatı bilinmiyorsa})$$

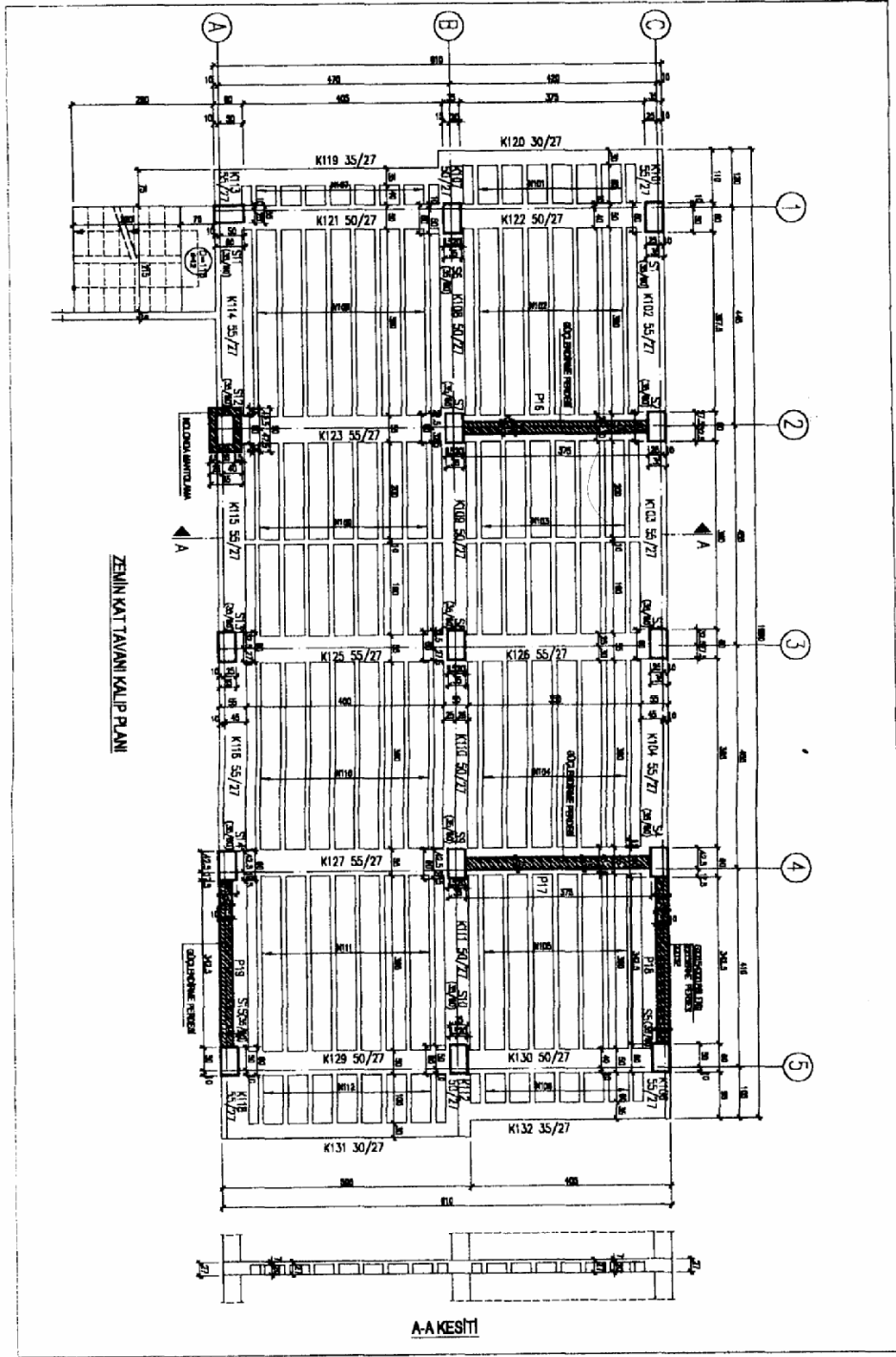
Burada A_c eleman kesit alanı, A_s kolonlarda toplam donatı alanı ve kirişlerde açıklık ve ortalama mesnet çekme donatılarının toplamıdır. Deprem yüklerinin önemli bir kısmı güçlendirme perdeleri ile taşındığı için, kolonlar için yapılan betonarme kesit hesabında $N_d / (b d) \leq 0.5 \sqrt{ck}$ gibi minimum bir koşul esas alınarak, güçlendirmeye karar verilebilir.

Her durumda güçlendirme perdelerindeki deprem momentlerinin ve mantolanan kolon etkilerinin güvenli bir şekilde zemine iletildiği gösterilmelidir. Binanın düzgün sürekli temelleri mevcutsa, perdeler bu temellere mesnetlenebilir. Eğer perde deprem etkilerinin bu temeller tarafından karşılanabiliyorsa, ek temel güçlendirmesine ihtiyaç yoktur. Bazı durumlarda mevcut temelin güçlendirilmesi veya mevcut üzerine yeni temel yapılması gerekebilir. Her durumda da mevcut ve yeni temelin bütünleşmesi sağlanmalıdır.

Temelin düzenlemesinde, mevcut temel durumunun ne şekilde gözönüne alınacağı kararı önemlidir. Mevcut ve yeni temelin bütünleşmesi için ara bir bağ donatısı kullanılabilir (sürekli temel durumunda $\Phi 16/400mm$ ve tekil temel durumunda $12\Phi 16$ bağ donatısının kullanılması gibi). Temelde perdenin uçlarında bulunan kolonların dışında, perde temeline oturan ve aksel kuvveti temel hesaplarında gözönüne alınan kolonların bulunması halinde, bu kolonların çevresinde oluşan kayma gerilmesinin bir üst sınırının olacağı unutulmamalıdır ($300 \sim 400kN/m^2$ gibi). Temel birleşen kolonlarda yerel manto yapılarak bu gerilme kabul edilen sınıra indirilebilir.

Projenin uygulanmasının, yetkili mühendis tarafından yapılması uygundur. Projenin uygulanmasında, proje müellifi uygulama sorumluluğuna ortaktır. Sınırlı sayıda yapılan incelemeler sonucunda hazırlanan güçlendirme projesinin uygulamasında, ortaya çıkan farklı durumlar proje müellifine bildirilerek çözülmesi ve kayıt altına alınması gerekir.

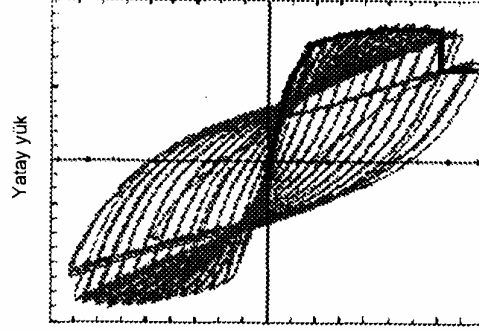
Şekil 30.da güçlendirme yapılan bir binanın kat planı görülmektedir. Her iki doğrultuda ikişer perde öngörülmüştür. Asmolen döşemede geniş kirişlerin bulunması nedeniyle perde başları kolonları sarmadan sadece komşu olarak düzenlenmiş olup, bu uç bölgelerinden donatının sürekliliği planlanmıştır. Planda bir kolonunda muhtemelen meydana gelen hasar nedeniyle mantolanmış olduğu görülmektedir. [11]



Şekil 30. Dişli döşemeli kalıp planında güçlendirme perdelerinin yerleşimi

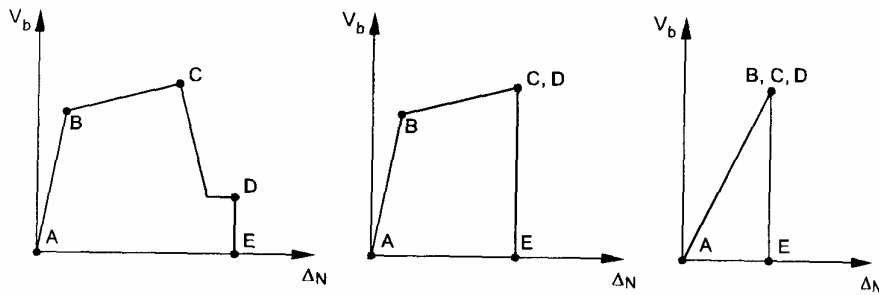
6. YATAY YÜK- YERDEĞİŞTİRME EĞRİSİ

Deprem yükleri taşıyıcı sistemi tekrarlanan ve yön değiştiren biçimde zorlar. Örnek olarak bir taşıyıcı sistemde deprem yükünü temsil eden bir yatay yükün sisteme yön değiştirerek ve artarak uygulandığını gözönüne alalım. Toplam yük ile en üst kat yer değiştirmesi arasındaki ilişkinin Şekil 31 deki gibi oluştuğu kabul edilebilir.



Şekil 31. Gerçek yüklemelerde omurga eğrisinin oluşması

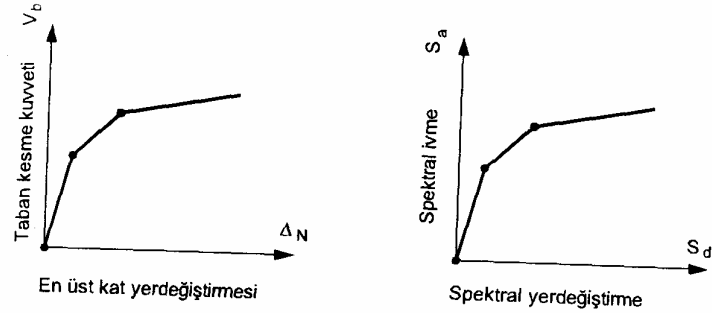
Burada çevrimsel eğrilerin en uç noktalarının birleştirilmesi ile elde edilen eğri tüm davranışı temsil etmesi bakımından Omurga Eğrisi olarak isimlendirilir. Deprem etkisi gibi dinamik bir etki sonucu ortaya çıkan bu eğrinin, deprem yükünü temsil eden bir yatay yüklem altında elde edilebileceği söylenebilir. Sistemin doğrusal olmayan davranışını temsil edilen ve deprem durumunda beklenen düşey yüklerin varlığı ile elde edilen bu eğri $V_b - \Delta_N$, Yatay Yük Yerdeğiştirme Eğrisi olarak adlandırılır. Sistem elemanlarının davranışına bağlı olarak bu eğri Şekil 32 de verildiği gibi basitleştirilebilir. Şekildeki birinci eğri sünek ve üçüncü eğri gevrek bir davranışa karşı gelmektedir.



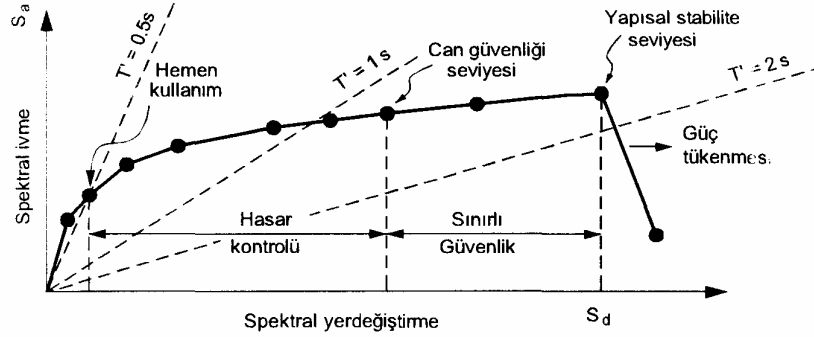
Şekil 32. Basitleştirilmiş tipik yatay yük-yerdeğiştirme değişimleri

Yatay yük-yerdeğiştirme eğrisinin elastik bölgesinde davranış doğrusaldır. Ancak, betonda çatlama, donatıda akma ve bazı kesitlerin taşıma gücü değerlerine erişmesi sonucu ortaya çıkan plastik şekil değiştirmelerle sistemin davranışı yumuşar ve eğrinin eğimi azalır. Binalarda deprem etkilerinin oluşmasına birinci mod çok daha etkili olduğu için yatay yük

dağılımında birinci mod esas alınır ve taşıyıcı sisteme uygulanacak dış yük için bu mod için (31) de verildiği gibi bir yayılış kabul edilir. Çözümde yerdeğiştirmenin bina yüksekliğince değişiminde de birinci mod etkili olacağı için sadece en üst katın yerdeğiştirmesinin gözönüne alınması yeterlidir. Yatay yükün uygulaması sırasında yapıda G+Q şeklindeki düşey yüklerin bulunduğu kabul edilerek ve yatay yük adım adım artırılarak taşıyıcı sistem çözümü yapılır. Her adımda kesitlerdeki plastik şekil değiştirmeler sonucu oluşan rijitlik değişimi göz önüne alınır. Plastik şekli değiştirmelerin belirli bir kesitte yoğunlaşması kabulüne dayanan plastikmafsul kabulü kullanılarak çözümleme basitleştirilebilir. Bu kesitlerin moment-eğrilik bağıntısı kesitin taşıyabileceği momente kadar doğrusal ve daha sonra moment artmadan kesitte dönmenin arttığı yani davranışının elastik-ideal plastik olduğu kabul edilebilir. Ancak, kolon kesitlerinde taşınabilecek momentin normal kuvvete bağlı olduğunun göz önüne alınması gerekir. Bu durumda çözümleme sırasında yatay yük artırılırken, kolon ve kirişlerin uçlarındaki kritik kesitler kontrol edilerek, kesitin moment taşıma kapasitesine eriştikten sonraki yüklemelerde moment artmadan kesitin döndüğü kabul edilebilir. Böylece bulunan $V_b - \Delta_N$ yatay yük-yerdeğiştirme eğrisi, (34) bağıntısı kullanılarak $S_d - S_a$ Kapasite Spektrum Eğrisi haline getirilir (şekil 33).



şekil 33. Yatay etki çözümlemesinden kapasite spektrum eğrisinin elde edilmesi



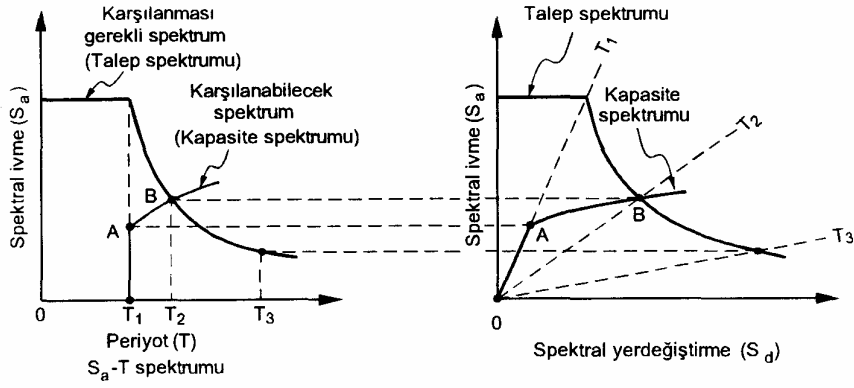
şekil 34. Taşıyıcı sistemde kapasite spektrum eğrisi

7. TAŞIYICI SİSTEMİN DEĞERLENDİRİLMESİ

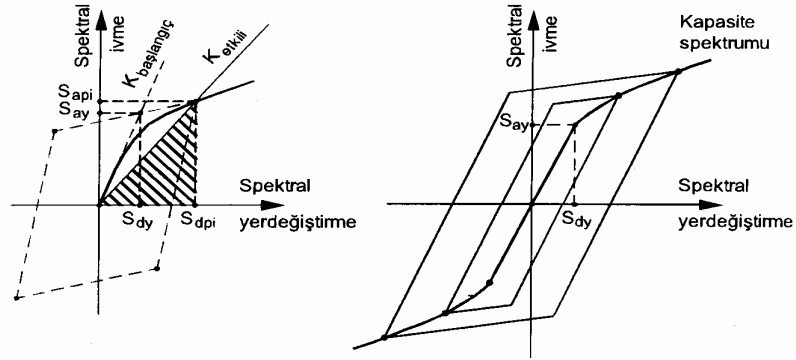
Açıklanan yöntemle taşıyıcı sistemin deprem etkisi altındaki davranışını en üst kat yerdeğiştirmesinin yatay kuvvete bağlı olarak elde edilen kapasite spektrum eğrisinin temsil ettiği kabul edilir. Şekil 34.de böyle bir eğri gösterilmiştir. Burada başlangıçtan geçen doğrular sabit periyoda karşı gelir ve ilerleyen yükleme durumunda rijitlik azaldıkça periyot da artar. Eğrinin doğrusal durumdan ayrılmasından sonra, hasar ile orantılı olan plastik davranış ortaya çıkar. Yükün artması ile sistemdeki plastik şekil değiştirmeler sonucu sistem yumuşar ve rijitlik azalır. Eğrinin bu bölümünde kesitlerdeki betonda dökülmeler ve çatlamlar ile donatıda plastik şekil değiştirmeler meydana gelir. Yükleme ile elemanlarda hasar olarak beliren bu tür plastik şekil değiştirmeler artarak devam eder. Kesitlerin bir veya bir kaçında plastik mafsalsal dönme kapasitesine erişilmesi sistemi taşıma gücü sınır durumuna getirebilir. Eğer plastik mafsalsal kesitlerinde yeterli dönme kapasitesi varsa, taşıyıcı sistem en sonunda yapısal stabilite sınırına gelir ve güç tükenmesi ortaya çıkar. Herhangi bir yükleme adımında meydana gelen hasar ve taşıyıcı sistemde geriye kalan ek taşıma kapasitesi göz önüne alınarak, hemen kullanım, can güvenliği ve yapısal stabilite performans seviyeleri tanımlanabilir. Bunun gibi, hasar kontrolü ve sınırlı güvenlik performans aralıkları oluşturulabilir.

Şekil 35 de alışılagelen $T - S_a$ düzleminde öngörülen belirli bir deprem için karşılanması gerekli spektral ivme talebi ve karşılanabilecek kapasite spektrumu beraber görülmektedir. Başlangıçta yapının T_1 periyodu olduğu için kapasite spektrumu bu değerden başlamakta ve elastik davranış devam ettiği sürede A noktasına kadar artmaktadır. Plastik şekil değiştirmelerin başlamasıyla periyot artarken, karşılanabilecek spektral ivme de artmaktadır. Sonucunda talep ile spektrum eğrilerinin kesiştiği B noktasında performans noktası ortaya çıkar. Benzer davranış $S_d - S_a$ düzleminde de gösterilebilir. Burada başlangıçtan geçen doğrular sabit periyoda karşı geldiği için kapasite spektrumu başlangıçtan başlayarak elastik davranış bölgesinde sabit bir eğimle yükselmekte, hasarın ortaya çıkması ve rijitliğin azalması ile periyot büyümekte ve kapasite spektrum eğrisinin eğimi azalarak B performans noktasına erişilmektedir.

Şekil 35. de gösterildiği gibi, talep spektrum eğrisi ile kapasite spektrum eğrisi üst üste çizilerek binanın performans noktası bulunabilir. Ancak, kapasite spektrum eğrisinin üzerinde ilerlerken sönüm artar. Kapasite spektrumunda sönüm Şekil 36 da görüldüğü gibi elastik davranışın sona erdiği noktanın koordinatları yanında, aranan performans noktasının koordinatlarına bağlıdır. Bu sönüme bağlı olarak talep spektrumunun azaltılması gerekir. Bu durum ise, çözümün ancak bir ardışık yaklaşımla elde edilebileceğini göstermektedir.

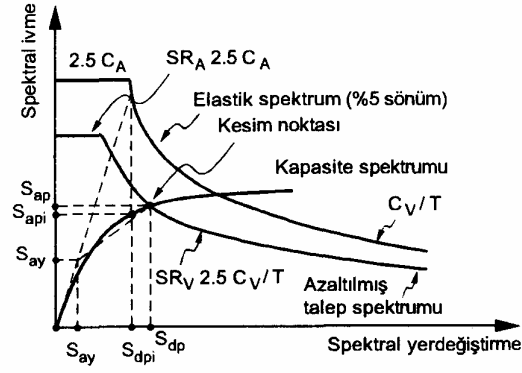


Şekil 35. Talep spektrum ve kapasite spektrum eğrileri



Şekil 36. Spektral azalma için sönüm elde edilmesi

Şekil 37 de bu ardışık yaklaşım işlemi gösterilmiştir. Önce gözönüne alınan bölgeye bağlı olarak %5 sönümlü Talep Spektrum Eğrisi oluşturulur. Daha sonra seçilen taşıyıcı sisteme ait yatay yük-yerdeğiştirme eğrisi çizilir ve bu eğri yukarıda açıklandığı gibi Kapasite Spektrum Eğrisi'ne çevrilir. Geriye sadece performans noktasındaki sönümün elde edilmesi kalır. Bunun için ilk tahmin olarak bir performans noktası seçilir. Bu ilk tahmin elastik talep spektrumu eğrisi ile kapasite spektrum eğrisinin doğrusal kolunun uzatılıp kesişmesi ile bulunabilir. Elastik davranışla plastik davranışta eşit yerdeğiştirmelerin ortaya çıkacağı kabulü sonucu bulunan bu kesim noktası ile aynı yerdeğiştirmeye sahip olan kapasite spektrum eğrisi üzerindeki nokta ilk tahmin olarak kabul edilebilir. Böylece $S_{a_{pi}}$ ve $S_{d_{pi}}$ değerleri belirlenmiş olur. Daha sonra kapasite spektrum eğrisi iki doğru ile temsil edilir. Bu basitleştirmede, gerçek eğri değişimi ile kabul edilen iki doğrudan ibaret olan değişimin altında kalan alanların eşit olması esas alınır.



Şekil 37. Performans noktasının bulunması

$$\beta_{ef} = 0.05 + \beta_o = 0.05 + 0.64K \frac{S_{a_y} S_{d_{pi}} - S_{d_y} S_{a_{pi}}}{S_{a_{pi}} S_{d_{pi}}} \quad (1)$$

$$SR_A = \frac{1}{2.12} [3.21 - 0.68 \ln(100\beta_{ef})] \quad SR_V = \frac{1}{1.65} [2.31 - 0.41 \ln(100\beta_{ef})] \quad (2)$$

Daha sonra bulunan ilk tahmin değerleri kullanılarak verilen (1) ve (2) yardımıyla spektral azaltma katsayıları hesap edilir ve azaltılan talep spektrum eğrisi çizilerek, kapasite spektrum eğrisi ile kesim noktası koordinatları S_{a_p} ve S_{d_p} bulunur. Bulunan bu değerler ile kabul edilen $S_{a_{pi}}$ ve $S_{d_{pi}}$ değerlerinin yakınlığına göre gerekiyorsa sönüm değiştirilerek ardışık yaklaşım tekrarlanır veya sonuç kabul edilir.

8. PERFORMANS NOKTASININ KABUL KRİTERLERİ

$$V_{b1} = g M_1^* S_{a1} = \alpha_1 W S_{a1} \quad \alpha_1 = \frac{M_1^*}{M} = \frac{M_1^* g}{W} \quad M = \sum_{i=1}^N m_i$$

$$W = \sum_{i=1}^N w_i \sum_{i=1}^N m_i g \quad M_1^* = \frac{\left(\sum_{i=1}^N m_i \phi_{i1} \right)^2}{\sum_{i=1}^N m_i \phi_{i1}^2} \quad \alpha_1 = \frac{\left(\sum_{i=1}^N w_i \phi_{i1} \right)^2}{\left(\sum_{i=1}^N w_i \right) \left(\sum_{i=1}^N w_i \phi_{i1}^2 \right)} \quad (3)$$

$$v_{nl} = \Gamma_1 \phi_{nl} S_{dl} \quad \Delta_N = \Gamma_1 \phi_{Nl} S_{dl} \quad \Gamma_1 = \frac{\sum_{i=1}^N m_i \phi_{i1}}{\sum_{i=1}^N m_i \phi_{i1}^2} \quad (4)$$

Performans noktasının bulunmasından sonra, S_{ap} ve S_{dp} değerlerinden (3) ve (4) bağıntıları ile karşı gelen taban kesme kuvveti ve en üst kat yerdeğiştirme hesap edilir. Binanın öngörülen performans seviyesinin koşullarını sağlayıp sağlamadığı, ilgili seviye için öngörülen sınırların kontrol edilmesiyle belirlenir. Eğer bu sınırlar sağlanmıyorsa, performans seviyesinin değiştirilmesi veya taşıyıcı elemanların dayanımlarının ve rijitliklerinin artırılması gerekir. Bu sınırlar ATC-40 da ayrıntılı biçimde verilmiş olup, iki sınıfta toplanabilir:

8.1. Bina İçin Genel Kabul Kriterleri

Binanın tümü için öngörülen kabul kriterleri olup, düşey yük kapasitesi, yatay yük kapasitesi ve katlar arası rölatif ötelemeler sınırı bunları teşkil eder. Binanın performans noktasındaki toplam yatay yük kapasitesinin, ilerleyen yükleme adımlarında oluşan plastik mafsallarla %20 den daha fazla azalmaması gerekir. Bu suretle deprem etkisindeki yükleme çevrimleri sonucu oluşan dayanım azalması sınırlandırılır. Hasarın performans seviyelerine bağlı olarak sınırlandırılması için, binanın katlar arası yer değiştirmesinin kat yüksekliğine oranının Tablo3 de verilen değerleri aşmaması istenir. Bu suretle hasar sınırlaması yanında, ikinci mertbe etkilerin de sınırlandırılması gerçekleşir. Tabloda verilen yapısal stabilite durumunda her kat için yapılacak kontrolde V ; deprem kat kesme kuvveti ve P ; düşey yüklerden oluşan kat eksenel yüküdür. [14]

Tablo 3. Katlar arası yer değiştirmenin kat yüksekliğine oranının sınırı

<i>Katlar arası yerdeğiştirme/ kat yüksekliği sınırı</i>	<i>Performans seviyesi</i>			
	<i>Hemen kullanım</i>	<i>Hasar kontrolü</i>	<i>Can güvenliği</i>	<i>Yapısal stabilite</i>
<i>Maksimum toplam oranı</i>	<i>0.01</i>	<i>0.01-0.02</i>	<i>0.02</i>	<i>0.33 V_i / P_i</i>
<i>Maksimum elastik ötesi yerdeğiştirme oranı</i>	<i>0.005</i>	<i>0.005-0.015</i>	<i>sınır yok</i>	<i>sınır yok</i>

8.2. Eleman İçin Kabul Kriterleri

Binanın elemanları taşıyıcı olan ve olmayan olarak ikiye ayrılır. Taşıyıcı olanlar da, birincil ve ikincil olmak üzere ayrıca ikiye ayrılır. Kapasite eğrisi üzerinde elde edilen performans noktasında her elemandaki gerilmeler ve şekil değiştirmelerin hesaplanarak kabul edilen performans noktasının şartlarını sağlayıp sağlamadığı ve ilgili sınır değerlerin altında kalıp kalmadığı kontrol edilir. Eleman için gerekli olan kabul kriterleri, elemanın türüne ve elemanda güç tükenmesini meydana getirecek olan kritik etkinin türüne bağlıdır. Kiriş ve kolonlarda meydana gelecek plastik mafsal dönmelerinin, kiriş kolon birleşim bölgelerinde kesme kuvvetinden dolayı oluşacak kayma açısının ve perdelerdeki plastik mafsal dönmelerinin kabul sınırları göz önünde tutularak kontrol edilmesi öngörülür. [15]

Bu sınırların incelenmesinden, beklendiği gibi yapının ana elemanlarında ikincil elemanlara göre daha küçük plastik mafsal dönmelerine izin verildiği ve sünekliliğin büyük olduğu kuvvetli boyuna donatı bulunmayan etriyeli kesitlerde daha büyük dönmelere izin verildiği görülür. Bu sınır dönmeler, performans noktasının hemen kullanım gibi daha az hasara karşı gelmesi durumunda daha küçüktür. Kesme kuvvetinin kritik olduğu ve sünek olmayan güç tükenmesi turu olabilecek kirişlerde sınır dönme açıları küçük tutulmuştur. Sık etriyenin bulunması durumunda ise sınır dönmeler büyütülmüştür. Performans kavramı, mevcut bir binanın incelenmesinde veya yeni bir binanın projelendirilmesinde daha gerçekçi bir çözüm sağlamak için geliştirilmiştir. Yukarıda açıklandığı gibi, deprem yönetmeliğinde verilen tek bir çözüme karşı bu yöntemde binanın fonksiyonuna ve göz önüne alınacak deprem etkisine bağlı olarak çok çeşitli çözümler sunulmaktadır.

Deprem yönetmeliği kurallarına göre daha gerçekçi çözümler sunan, matematiksel çekiciliği olan ve ardışık yaklaşım gerektiren bu yöntemin zayıf tarafları aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Kontrollerde kullanılan tüm sayısal sınır değerler sınırlı sayıdaki çözümlerden elde edilmiştir. Yeni yapılacak çözümlerden kazanılacak deneyimlerle bu değerlerde değişiklik yapılması ve daha gerçekçi değerlerin elde edilmesi çok muhtemeldir.

- İncelemede birinci modun etkili Olduğu kabul edilerek yöntem geliştirilmiştir. Çözümde kapasite eğrisinin elde edilmesinde birinci mod değişimine uygun bir yük alınmaktadır. Ancak, plastik şekil değiştirmelerin oluşması ile rijitlik ve birinci mod olarak kabul edilebilecek titreşim şekli değişir. Ayrıca, periyodu büyük binalarda diğer modların katkısı da önemli olacağından yöntemin yaklaşımı zayıflamaktadır.

- Çözüm genel olarak düzlem çerçeve sistemler için geliştirilmiştir. Üç boyutlu taşıyıcı sistemlere yapılacak genelleştirme için yeni kabullere ihtiyaç vardır.

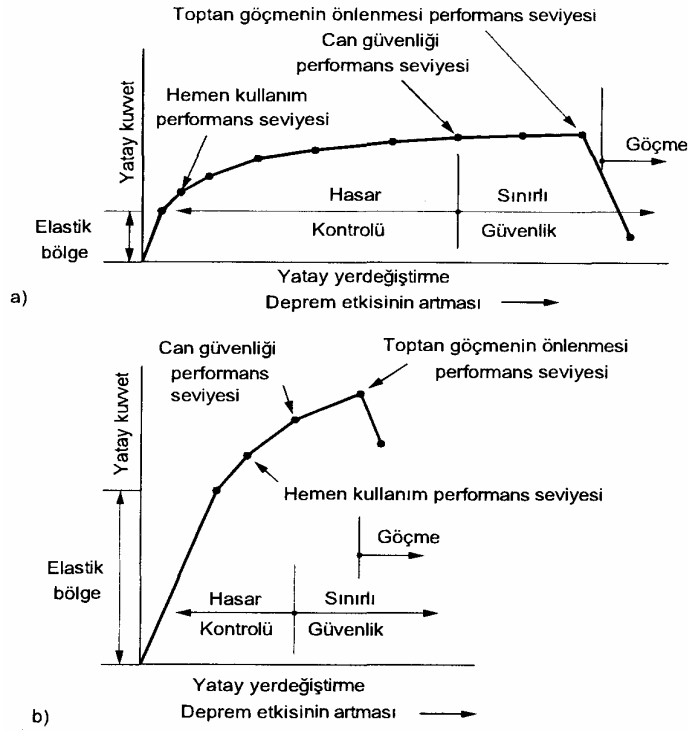
- Depremde oluşan plastik mafsallarda çevrimsel şekil değiştirmelerden dolayı önemli bir enerji miktarı tüketilir. Kapasite eğrisi tek bir yönde yükleme sonucu elde edildiği için, çevrimsel davranışın içinde kalan alanla ilgili olan, bu enerji tüketimini yöntemin uygulamasında belirlemek mümkün değildir. Bu sadece bir sönüm katsayısı ile hesaba katılmaktadır. [13]

9. FEMA -356

FEMA-356: önce FEMA-273 ve FEMA-274 olarak binaların deprem güçlendirmesinde kullanılmak üzere geliştirilmiştir. Ancak, verilen performans kavramına dayalı kavramların yeni proje oluşturulmasında da kullanılması mümkündür. ATC-40 deki kayıtların ilerisine giderek FEMA-356 bütün binaları kapsamak üzere hazırlanmış olup, kabul kriterleri doğrusal olan ve olmayan çözümler için de verilmiştir. Bu belgede açıklanan ana kavram ATC-40 da verilenin benzeridir.

9.1. Performans Seviyeleri

FEMA-356 da da bina için öngörülen performans seviyeleri ATC-40'deki ile benzerdir. Sadece yapısal stabilite performans seviyesi, toptan göçmenin önlenmesi performans seviyesi olarak isimlendirilir. Şekil 38 a da sünek bir yapıda artan taban kesme kuvvetine bağlı olarak meydana gelen yanal yer değiştirme gösterilmiştir. Ayrıca, bu şekilde performans seviyeleri de görülmektedir. Hemen kullanım seviyesinde hasar sınırlı kalmıştır. Bina ilk rijitliğinin büyük bir kısmını veya muhtemelen hepsini korumaktadır. Toptan göçmenin önlenmesi seviyesinde, binada önemli hasar meydana gelmiştir. Bu seviyenin üstüne çıkıldığında, bina kararsız duruma gelecek ve göçecektir.



Şekil 38. Sünek olan ve yapıda performans seviyeleri ve yerdeğiştirme

Can güvenliği seviyesinde binada önemli hasarlar meydana gelmiş ve bina ilk rijitliğinin önemli bir kısmını kaybetmiştir. Bununla beraber, göçme ortaya çıkmadan oluşacak ek yanal yer

değiştirme kapasitesi bulunmaktadır. Genel olarak, can güvenliği seviyesini sağlayan binanın, toptan göçmeye erişmeden en az %33 daha büyük yanal yer değiştirme yapabileceği kabul edilebilir. Şekil 38.b. sünek olmayan davranış durumunda taban kesme kuvveti ile yanal yer değiştirme eğrisini göstermektedir. Tanımlanan üç performans seviyesinin burada daha küçük aralıklarla oluştuğu görülmektedir. [7]

Her bir performans amacı, bir yandan belirli bir Deprem Hasar Seviyesi ve diğer yandan belirli bir Bina Performans Seviyesi öngörülerek tanımlanır. İşlem sırasında binanın her elemanı birincil (ana) ve ikincil (tali) eleman olarak sınıflandırılır. Ana elemanlar, taşıyıcı sistemin deprem etkisi altında göçmesini doğrudan engelleyen türdendir. Bu elemanlarda kısmi dayanım ve rijitlik kaybının meydana gelmesine müsaade edilir. Binadaki performans seviyeleri, taşıyıcı olan ve olmayan elemanların performans seviyesine bağlı olarak Tablo 4.de tanımlanmıştır. [14]

Tablo 4. Gözönüne alınabilecek deprem için parametreler

<i>Aşılma olasılığı</i>	<i>Esas alınan zaman aralığı</i>	<i>Ortalama dönüş periyodu</i>
% 50	50 yıl	72 yıl
% 20	50 yıl	225 yıl
% 10	50 yıl	474 yıl
% 2	50 yıl	2475 yıl

9.2. Temel Kavramlar

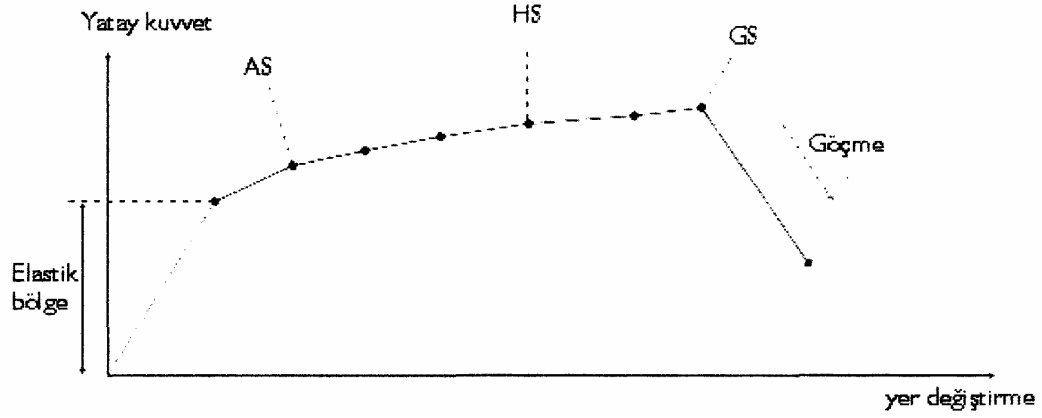
Yapıların yatay yükler etkisindeki özelliklerinin ve performans seviyesinin incelendiği pushover analizleri, genel olarak yapıda adım adım atırılan yatay yüklerin etkisi sonucunda, rijitlik ve yapı dayanım değişiminin yapı elemanlarındaki elastik olmayan davranış özellikleri dikkate alınarak hesaplandığı ve bu hesapların belli performans değerleri için tanımlandığı, sayısal bir inceleme yöntemidir. Pushover analizlerinde uygulanan iki farklı hesaplama yöntemi vardır. Bunlar, deplasman kontrollü analiz ve yük kontrollü analizdir. Deplasman kontrollü analiz yönteminde, yapının en üst katında ağırlık merkezinin bulunduğu nokta belirli bir deplasman seviyesine ulaşınca kadar yapıya yatay yükleme yapılır. Kuvvet kontrollü analiz yönteminde ise yapı belli bir yatay yük seviyesine ulaşınca kadar yüklenir. Bu yüklemeler belirli aralıklar ile arttırılarak her bir adımda yapı elemanlarında ortaya çıkan kuvvet – deplasman ilişkisi incelenir ve yapının hasar düzeyi belirlenir. [8]

Mevcut yapıların incelenmesi amacına yönelik olarak kullanılan performans analizi yöntemleri yeni yapılacak yapılarda da kullanılabilir bir hesap yöntemidir.

Performans seviyesi, deprem etkilerinden dolayı yapıda meydana gelecek hasar seviyeleri ile belirlenir. Depreme dayanıklı yapı tasarımında, yapının küçük şiddetli depremleri hasarsız atlatması, orta şiddetli depremleri sınırlı hasarlı atlatması, büyük şiddetli depremleri toptan göçme olmadan atlatması amaçlanır. Bu nedenle yapıya ait çeşitli performans seviyeleri

ve bunlar için çeşitli sınır durumları tanımlanmıştır. Performans seviyeleri aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır:

Hemen Kullanım Seviyesi (Akma Sınırı); programda AS gösterimi kullanılmıştır; Can Güvenliği Seviyesi (Hasar Sınırı); programda HS gösterimi kullanılmıştır; Göçme Güvenliği (Göçme Sınırı); programda GS gösterimi kullanılmıştır. [10]



Şekil 39. Yatay kuvvet-yer değiştirme eğrisi

9.3. Kapasite Eğrisinin Belirlenmesi

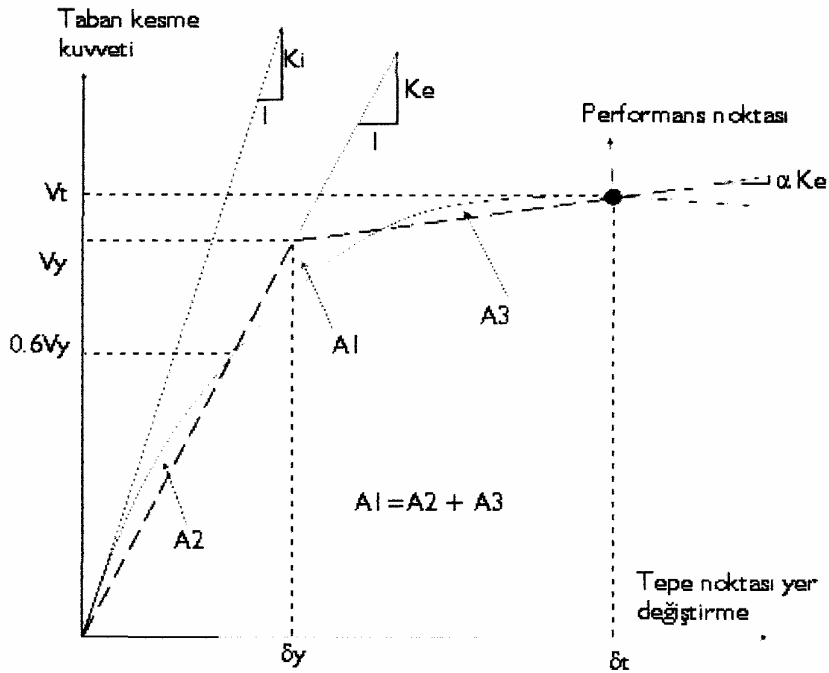
Yatay kuvvet – yer değiştirme eğrisi, deprem etkisi altında yapının lineer olmayan davranışını temsil eder. Bu eğrinin elastik bölgesinde davranış lineerdir. Ancak artan yükler altında bazı kesitler taşıma gücüne erişir ve plastik şekil değiştirmeler meydana gelir. Bundan dolayı eğrinin eğimi azalır.

Yapıya etki ettirilecek yatay yük dağılımı (genelde 1. mod dinamik mod) seçilir. Düşey yükler kombinasyonu (G + Q) alınarak, yatay yükler adım adım arttırılır. Her adımda kesitlerdeki plastik şekil değiştirmeler sonucu oluşan rijitlik değişimi belirlenir. Plastik mafsallara göre şekil değiştirmelerin belirli bir kesitte toplandığı varsayılır. Kesitler moment taşıma kapasitesine erişmesi sonucunda artan değiştirme eğrisi (kapasite eğrisi) oluşturulur. [9]

10. PERFORMANS NOKTASININ HESABI

(FEMA356 – LİNEER OLMAYAN STATİK PROSEDÜR)

Kapasite doğru parçasında oluşacak şekilde idealleştirilir. Bu doğrulardan birincisinin eğimi elastik rijitliği (K_e), ikincisinin eğimi ise elastoplastik rijitliği (K_s) temsil eder. İdealleştirme yapılırken, gerçek ve idealleştirilmiş kapasite diyagramlarının altında kalan alanların eşit olmasına dikkat edilir. Ayrıca K_e eğimi doğrunun kapasite eğrisini kestiği noktanın ordinatının, K_e ve K_s eğimli doğruların kesiştiği noktanın ordinatının 0.60 katı olması koşulu sağlanır.



Şekil 40. Taban kesme kuvveti-tepe noktası yer değiştirme eğrisi

Göz önüne alınan doğrultuda yatay kuvvet- yer değiştirme eğrisi kullanarak yapının etkin periyodu (T_e) aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$T_e = T_i \sqrt{\frac{K_i}{K_e}}$$

T_i = Göz önüne alınan doğrultudaki yapının 1. mod periyodu

K_i = Kapasite eğrisinin başlangıç noktasındaki teğetinin eğimi

K_e = İdealleştirilen kapasite eğrisindeki birinci doğrunun eğimi

Öngörülen hedef yer değiştirme aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$\delta_t = Co.C1.C2.C3.Sa. \frac{Te^2}{4\pi^2} g$$

Co = En üst katın 1. mod kütle katılım oranı. Dinamik analizden hesaplanır veya Fema356 tablodan alınabilir.

Tablo 5. Co katsayısı

Kat Adedi	CO
1	1
2	1.2
3	1.3
4	1.4
10 ve üstü	1.5

C1 = Lineer elastik ve değiştirmeyi, beklenen maksimum elastik yer değiştirmeye dönüştüren düzeltme katsayısı

$$Te \geq Ts \text{ ise } C1 = 1$$

$$Te < Ts \text{ ise } C1 = [1 + (R - 1)Ts/Te]/R$$

$$R = Sa.Cm / (Vy / W)$$

$$W = \text{Yapı ağırlığı}$$

$$Sa = \text{Spektral ivme (Etkin periyoda ve sönüm oranına bağlı olarak hesaplanır)}$$

$$Ti > 1 \text{ sn ise } Cm = 1$$

$$Ti < 1 \text{ sn ise;}$$

Tablo 6. Cm katsayısı

Kat Adedi	Cm	
	Çerçeve	Perde
1 - 2	1	1
3 ve üstü	0.9	0.8

C2 = Histeresiz enerji şeklinin etkisini hesaba katan düzeltme katsayısı. Lineer olmayan analiz için 1 alınabilir veya Fema356 tablodan alınabilir.

Tablo 7. Performans seviyesi

Performans Seviyesi				
	Çerçeve 1	Çerçeve 2	Çerçeve 1	Çerçeve 2
Akma Sınırı	1.0	1.0	1.0	1.0
Hasar Sınırı	1.3	1.0	1.1	1.0
Göçme Sınırı	1.5	1.0	1.2	1.0

Kat kesme kuvvetinin %30'dan fazlasını karşılayan elemanların rijitlik ve dayanımlarında deprem etkisinde azalma meydana geliyorsa "Çerçeve 1" kabul edilir.

Çerçeve 1 = Normal süneklikteki çerçeveler; birleşim bölgeleri yarı rijit olan çerçeveler; donatısız yığma yapılar; sadece çekme taşıyan rijitleştirme çerçeveleri

Çerçeve 2 = Bunların dışındakiler

C3 = İkinci mertbe etkileri nedeniyle artan yer değiştirmelerin etkisini göz önüne alan düzeltme katsayısı (p delta)

Akmadan sonra pozitif eğimli davranış için C3 = 1; akmadan sonra negatif eğimli davranışlar için

$$C3 = 1 + \frac{|\alpha|}{Te} (R-1)^{\frac{3}{2}} \text{ denklemi kullanılır.}$$

10.1. Pushover Analiz Seçenekleri

İnceleme yapılacak mevcut bina programda tanımlanır ve eleman donatıları ile malzeme bilgileri obje ayarlarında ve betonarme diyaloglarında girilir ve sistemin 3 boyutlu analizi yapılır. Pushover analiz yapmak için toolbardan "Pushover Analiz" butonu tıklanır ve ardından "Pushover Analiz Seçenekleri" diyalogu açılır.

Genel ayarlar sekmesi

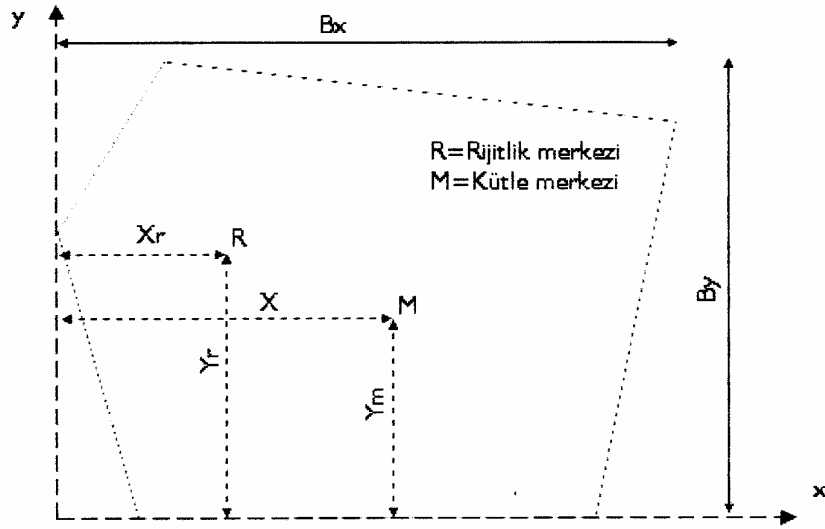
Yük dağılımı

İtme kuvvetini oluşturacak yük dağılımının tipi belirlenir. Seçenekler sırasıyla, eşdeğer statik dağılım (üçgen), 1. mod dinamik dağılım, birleştirilmiş mod ile dinamik, sabit dağılım ve kullanıcı tanımlı dağılımdır. İstenilen dağılım tipi farenin sol tuşu ile tıklanarak seçilir.

Yükleme

Hangi yükleme kombinasyonu ile statik itme analiz yapılacağı belirlenir. Diyalogda G + Q satırların önündeki katsayılar değiştirilebilir. F1, F2 x yönü, F3, F4 y yönü itme kuvvetidir. + ve – seçilerek yükleme doğrultusu değiştirilebilir.

Eksantriste oranı x, y; itme kuvvetinin kütle merkezinden x ve y yönünde ne kadar kaydırılacağı belirlenir. Buna göre;



Şekil 41.Rijitlik –kütle merkezi yük dağılımı

$$e_x = |Y_m - Y_r| + EksantristeOranıX * B_y$$

$$e_y = |X_m - X_r| + EksantristeOranıY * B_x$$

İtme kuvvetlerinin pozisyonları,

F1 -> kütle merkezinden + yönünde e_x

F2 -> kütle merkezinden – yönünde e_x

F3 -> kütle merkezinden + yönünde e_y

F4 -> kütle merkezinden – yönünde e_y seçilir.

10.2. Analiz Bitiş Seçenekleri

Tepe deplasman değeri: Binanın tepe noktasının hangi deplasman değerinden büyük olması durumunda pushover analiz program tarafından bitirileceğın değeri girilir.

Tepe deplasman değeri * bina yüksekliği: Bina yüksekliğinin kaç katının deplasman değeri olarak analiz sonlanmasında kullanılacağıın değeri girilir. Tepe deplasman bu kutuda yazan değeri ile bina yüksekliğinin çarpımından fazla olduğunda pushover analiz bitirilecektir.

[9]

İşlem sayısı: Pushover analiz kaç adımda bitirileceği bilgisi girilir.

Herhangi bir eleman maksimum değeri aştığında: İşaretlendiğinde, pushover analiz sırasında bir eleman maksimum değeri aştığında analiz bitirilecek demektir.

İtme kuvveti toleransı: Pushover analizde, itme kuvveti artırılırken hangi değeri ile arttırılabileceği ve yeni itme kuvvetinin bulunabileceği bu satırda belirlenir.

10.3. Mesnet Seçenekleri Sekmesi

Plastik mafsal seçenekleri

Pushover analiz sırasında mesnetlerde plastik mafsal oranlarının program tarafından hesaplanması isteniyorsa, “otomatik hesaplama” seçeneği işaretlenir. Seçenek işaretlenmezse, kolonlar ve kirişler için plastikleşme oranı girilir.

Mu/My oranı: Moment – eğirlik diyagramındaki elemanın ikinci eğimi (eğilme rijitlikleri) ile birinci eğimi (taşırma gücü momenti) arasındaki orandır.

Kirişler için kapasite faktörü: Kiriş kapasitesinde plastik mafsal boyunu dikkate alarak azaltma veya arttırma yapmak için kullanılır. [9]

Kolonlar için kapasite faktörü: Kolon kapasitesinde plastik mafsal boyunu dikkate alarak azaltma veya arttırma yapmak için kullanılır.

Sınır durumları: Sünek elemanlar için en kritik kesit göz önüne alınarak üç durum tanımlanmıştır. Bunlar akma sınır (AS), hasar sınırı (HS) ve göçme sınırı (GS)'dir. Akma sınır kritik kesitte elastik ötesi davranışın başlangıcını, hasar sınırı kesitin dayanımını güvenli olarak sağlayabileceği elastik ötesi davranış, göçme sınırı ise kesitin göçme öncesi davranışını tanımlamaktadır. Pushover analizde eleman için hesaplanan iç kuvvetlerin ve deformasyonların, aşağıda kendileri için verilen sınır değeri ile karşılaştırılması sonucunda, elemanların hasar durumlarına karar verilir.

Çelik güvenli katsayısı: Hesapta kullanılacak çelik hesap dayanımı değeri belirleyen malzeme katsayısı değeri girilir.

Beton güvenlik katsayısı: Hesapta kullanılacak beton hesap dayanımı değerini belirleyen malzeme katsayısı değeri girilir. [9]

10.4. Fema356 Performans Noktası

Co değeri: En üst katın 1.mod kütle katılım oranı. Dinamik analizden hesaplanır veya Fema356 tablodan alınabilir veya bir alt satırda istenilen bir değer girilebilir.

Tanımlı C1 değeri: Lineer elastik yer değiştirmeyi, beklenen maksimum elastik yer değiştirmeye dönüştüren düzeltme katsayısı.

C2 değeri: Histeresiz enerji şeklinin etkisini hesaba katan düzeltme katsayısı. Lineer olmayan analiz için 1 alınabilir veya Fema356 tablodan alınabilir.

C3 değeri: İkinci mertebe etkileri nedeniyle artan yer değiştirmelerin etkisini göz önüne alan düzeltme katsayısı. (P delta)

10.5. Pushover Analizinin Yapılması ve Pushover Eğrisinin İncelenmesi

- Toolbardan Pushover Analiz butonunu tıklayın
- Pushover seçenekleri diyalogunda gerekli ayarları yapın ve tamam butonunu tıklayın
- Analiz başlayacak ve ekrana pushover analize ait “durum” diyalogu açılacaktır.

10.6. Pushover Eğrisi Sekmesi

Program yatay eksen deplasman, dikey eksen taban kesme kuvveti olmak ait bir grafik oluşturulur. Bu grafik üzerinde mesnetlerinde plastik mafsallık oluşturulan elemanlar art arda belirlenerek sırayla gösterilen Mavi renkte görünen noktalar kirişleri, kırmızı nokta ile görünen noktalar ise kolonları temsil eder. Taşıma gücünü aşmış (göçmüş) elemanlar ise ayrıca işaretlenir. Farenin imleci bu noktaların üzerine getirildiğinde hesaba ilişkin bilgi kutusu açılır. Bu bilgi kutusunda, elemanın adı, katı, taban kesme kuvveti, deplasman taşıma gücü, mafsallık ve akma, hasar ve göçme sınırına gelmiş elemanların sayısı yazılır. Altta ileri, geri butonları ise, bir sonraki veya bir önceki elemana gidilmesini sağlar. Durdur butonu, hesabı herhangi bir aşamada durdurur. Kaydet butonu pushover analiz sonuçlarını kayıt eder. [9]

10.7. 3D Görüntü Sekmesi

Bu sekmede pushover analiz sonuçlarının 3 boyutlu grafik gösterimi yapılmaktadır. 3 boyutlu çerçeve üzerinde, plastik mafsallar, akma, hasar, göçme sınırına gelmiş elemanlar gösterilir. İşlemler adım adım görülebilir ve 3 boyutlu çerçeve animasyon yaptırılabilir.

Kirişleri göster: İşaretlenirse 3 boyutlu çerçevede kirişler gösterilir. İşaretlenmezse gösterilmez.

Kolonları göster: İşaretlenirse 3 boyutlu çerçevede kolonlar gösterilir. İşaretlenmezse gösterilmez.

Deformasyon ölçeği: Deplasmanların gerçek değerinden kaç kat büyültüleceği değeri girilir. Deformasyonların incelenemeyecek kadar küçük olması durumunda etkileri büyütme için bu satıra yeterli büyüklükte bir değer girilir.

Şeffaflık: Çerçeve çizgilerinin görünüp görünmemesini sağlayan göstergedir. Sağa doğru çerçeve çizgileri daha belirgin sola doğru daha siliktir.

Başlat: Pushover analizinin aşamalarını canlandırmak için bu buton tıklanır. İşlem başladığında ilk durum ile son durum arasındaki işlemler ile yapı deformasyonu 3 boyutlu çerçevede gösterilir.

FPS: Animasyonda bir saniyede kullanılacak görüntü karesi sayısıdır. Değer büyütülürse animasyon hızlanır, küçültülürse yavaşlar.

Düğüm Noktalarını Göster: İşaretlenirse 3 boyutlu çerçevede düğüm noktaları gösterilir. İşaretlenmezse gösterilmez.

Eleman İsimlerini Göster: İşaretlenirse 3 boyutlu çerçevede eleman isimleri gösterilir. İşaretlenmezse gösterilmez.

Plastik mafsalları göster: İşaretlenirse 3 boyutlu çerçevede plastik mafsallar bu satırda görünen renk ile gösterilir. İşaretlenmezse gösterilmez. [9]

AS Mesnetleri Göster: İşaretlenirse 3 boyutlu çerçevede akma sınırına ulaşmış mesnetler bu satırda görünen renk ile gösterilir. İşaretlenmezse gösterilmez.

HS Mesnetleri Göster: İşaretlenirse 3 boyutlu çerçevede hasar sınırına ulaşmış mesnetler bu satırda görünen renk ile gösterilir. İşaretlenmezse gösterilmez.

GS Mesnetleri Göster: İşaretlenirse 3 boyutlu çerçevede göçme sınırına ulaşmış mesnetler bu satırda görünen renk ile gösterilir. İşaretlenmezse gösterilmez.

> G Mesnetlerini Göster: İşaretlenirse 3 boyutlu çerçevede göçme sınırını aşmış mesnetler bu satırda görünen renk ile gösterilir. İşaretlenmezse gösterilmez.

Durdur: Pushover analizi bir aşamada durdurur.

Kaydet: Pushover analiz sonuçlarını dosyaya kayıt eder.

10.8. Detaylar Sekmesi

Plastikleşmiş bölümünde, plastik mafsallara erişmiş elemanlar; AS bölümünde akma sınırına ulaşmış elemanlar; HS bölümünde hasar sınırına ulaşmış elemanlar; GS bölümünde göçme sınırına ulaşmış elemanlar; > G bölümünde ise göçme sınırını aşmış elemanlar listelenir.

Listede elemanın katı, adı ve ucu yazılır. “İlk uç” terimi kirişlerde sol, kolonlarda alt mesnedi; “İkinci uç” terimi ise kirişlerde sağ, kolonlarda üst mesnedi ifade eder.

10.9. Pushover Analizinin Sonuçlarının Kayıt Edilmesi, Yüklenmesi Ve Silinmesi

Pushover analizin incelendiği diyalogda Kaydet butonu tıklanarak söz konusu yüklemeye ait sonuçlar kayıt edilirler.

- Toolbardan Pushover Analiz butonunu tıklayın
- Pushover seçenekleri diyalogunda gerekli ayarları yapın ve tamam butonunu tıklayın
- Analiz bittiğinde diyalogdaki “Kaydet” butonunu tıklayın
- Açılan satıra bir isim yazın ve “Tamam” butonunu tıklayın

Kayıt edilmiş pushover analizin yüklenmesi için

- Analiz/Pushover analiz/Pushover analiz sonuçlarını göz at satırını tıklayınız
- “Pushover Analiz Sonuçları” diyalogu açılacaktır. Bu diyalogda daha önce kayıt edilmiş sonuçları kayıt ismi ile listelenmektedir.
- İsteddiğiniz analiz sonucunu seçin ve “Görüntü” butonunu tıklayın.
- Pushover analiz sonuçları açılacaktır.
- “Tamam” butonunu tıklayarak diyalogdan çıkın.

Daha önceden kayıt edilmiş pushover analizin silinmesi için

- Analiz/Pushover analiz/Pushover analiz sonuçlarını göz at satırını tıklayın.
- “Pushover Analiz Sonuçları” diyalogu açılacaktır. Bu diyalogda daha önce kayıt edilmiş sonuçları kayıt ismi ile listelenmektedir.
- İsteddiğiniz analiz sonucunu seçin ve “Sil” butonunu tıklayın.
- “Tamam” butonunu tıklayarak diyalogdan çıkın.

10.10. Pushover analiz raporları

Pushover analiz sonuçlarını yazıcıya göndermek için.

- Rapor/pushover analiz/Pushover Analiz Genel Raporu satırını tıklayın.
- “Pushover Analiz Sonuçları” diyalogu açılacaktır.
- Bu diyalog’da raporunu almak istediğiniz analizi seçin ve Tamam butonunu tıklayın.
- Rapor programı çalışacak ve sonuçlar listelenecektir

Tablo 8. Raporda kullanılan ratasyonların anlamları

Simge	Birimi	Açıklaması
Adım		Söz konusu elemanın pushover analizi süresince kaçınıcı adımında işlem gördüğü işlem sırasında eleman taşıma gücünü kaybetmişse (göçmüşse) adım yazısının işareti konulur.
Depl.	mm	İlgili adımdaki tepe deplasman değeridir
Obje		Söz konusu elemanın adı ve katıdır
Taban kuvveti		İlgili adımdaki taban kesme kuvvetidir
Plast. Konumu		Söz konusu elemanın plastik mafsallık durumudur. Kirişler için, sol, sağ, alt, üst sırasıyla kirişin sol, sağ mesneti ile kesitin altını ve üstünü işaret eder. Kolonlar üst, majör, minör yönü sırasıyla kolonun alt ve üst mesneti ile kolonun yönler eder.
A-B		Elastik bölgede kalan mesnet sayısıdır.
B-AS		Plastik mafsallık oluşmuş, akma sınırına henüz ulaşmamış mesnetlerin sayısıdır.
AS-HS		Akma sınırına ulaşmış, hasar sınırına henüz ulaşmamış mesnetlerin sayısıdır.
HS-GS		Hasar sınırına ulaşmış, göçme sınırına henüz ulaşmamış mesnetlerin sayısıdır.
GS-G		Göçme sınırına ulaşmış, henüz göçmemiş mesnetlerin sayısıdır.
>G		Göçmüş mesnetlerin sayısıdır.

10.11. Performans Noktası Raporları

Bu raporda Fema 356'ya göre belirlenen performans noktasına göre yapının durumu belirtilir. Birinci satırda, pushover analiz raporunun adı, sırasıyla tepe deplasman değeri, taban kuvveti ve performans noktasının kaçınıcı adımda hesaplandığı bilgileri yazılır. Daha sonraki satırda ise, performans noktasına göre, kirişlerin ve kolonların kat bazında sınır durumlarını belirten yüzde değerleri basılır.

Sınır yüzdeleri = $100 * \frac{\text{Belirtilen Sınır İçinde Kalan Mesnet Sayısı}}{\text{Toplam Mesnet Sayısı}}$ [9]

11. SONUÇ

Statik sistemin rölatif kat deplasmanlarının çok yüksek oluşu nedeni ile rijitlik artırılarak oluşan rölatif kat deplasmanlarının azaltılması için “kolon mantolama+perdeleme” sistemi takviyesi ile takviye çalışması yapılmıştır. Bu çözüm yöntemi ile rölatif kat deplasmanları azalmış ve kolonlara gelen kesme kuvvetleri de büyük oranda perdeler tarafından aktarıldığı için yapı güvenliği yeniden sağlanabilmiştir.

Yapılacak güçlendirme çalışmalarında yapıların tekrar depreme maruz kalacağı düşüncesi ile mevcut çerçeve sistemi ile uyumlu betonarme perdeler önerilmelidir. Yapılacak proje çalışmalarında ise perdelerin mimari kullanımı fazla etkilenmeyecek şekilde ve yapıda burulma kuvvetleri meydana getirmeyecek yerlerde olmalıdır.

Perde ve kolon mantolanması ile yapılan güçlendirilme projesinde, maliyetin ve işçiliğin sıkıntılarını düşünecek olursak ve tabii ki depremde mal ve can kayıplarını da göz önüne alarak projelendirme esnasında yapılacak olan perdeler ve kolonların boyut ve miktarlarının güçlendirme yapılmadan önceki sistemin kaba inşaatının % 11.41 i kadar olduğunu görürüz. İnşaatın ilk yapım aşamasında bu miktar çok daha az olacaktır.Bu yüzden projelendirilme aşamasında iken perde ve yapının boyutlandırılmasına dikkat edilmelidir.Bu şekilde daha sonradan oluşabilecek felaketleri de engellemiş olacağız.

Doğal felaketlerin en korkuncu olan deprem mühendislik yapıları üzerinde hasarlara yol açmaktadır. Bu hasarların yapı güvenliğini etkileyecek şekilde onarılması gerekli durumlarda tüm sistemin güçlendirilmesi kaçınılmazdır. Bu yapıların projelendirilmesi ve uygulanması yürürlükte olan yönetmeliklere uygun olarak yapılması gerekmektedir. Yapılacak proje çalışmalarında mühendislik deneyimi ve malzeme bilgisi sonderece önemlidir. Proje çalışmasının sağlıklı olması yerinde detay imalatlarının özelliklerinede bağlıdır. Onarım çalışmaları yönetmeliklere uygun ve kontrollüğün bilgisi dahilinde yapılmalıdır.

12. KAYNAKLAR

1. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, "Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik", Başbakanlık Basımevi, Ankara, 1997
2. Bayülke, N., "Depreme Dayanıklı Betonarme ve Yığma Yapı Tasarımı", İMO İzmir Şubesi, yayın No: 27, İzmir, 1998
3. Bayülke, N., "Depremlerde Hasar Gören Yapıların Onarımı ve Güçlendirilmesi", Yapı Malzemesi ve Deprem Araştırma Genel Müdürlüğü, Ankara, 1984
4. Demir, A., "Depremlerde Hasar Görmüş Betonarme Yapıların Onarımı ve Güçlendirilmesi", İTÜ İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul, 1992
5. Çatal, H.H., "Depremden Hasar Gören Yapıların Onarım ve Güçlendirilmesi", Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü Deprem Araştırma Dairesi Deprem Araştırma Bülteni, Yayın No 68, Ankara, 1990
6. Gürbüz, A., "Betonarme Taşıyıcı Sistemlerin Takviyesi ve Onarımı", Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Konya, 1990
7. www.deprem.gov.tr 27 Haziran 1998 Adana-Ceyhan Depreminde Yapısal Hasar
8. Bayülke N., Celep Z., Kumbasar N., Yapı Dinamiği ve Deprem Mühendisliğine Giriş, Sema Matbacılık, İstanbul 2001.
9. Fema -356, Prestandart and Commentary for Seismic rehabilitation of buildings, Federal Emergency Management Agency, Washington, 1997
10. Demir H., Depremde Hasar Görmüş Betonarme Yapıların Onarım ve Güçlendirilmesi, İTÜ İnşaat Fakültesi, İstanbul, 1992
11. A.K. Chopra, Dynamics of Structures Theory and Applications to earthquake engineering, Prentice Hall, Englewood Cliffs 2001
12. N.N. Ambraseys Engineering Seismology, Earthquake Engineering and Structural Dynamics 17, 1-105, 1988.
13. Erdik M. Yüzügüllü Ö., Deprem Mühendisliği Açısından Yapı dinamiğine Giriş, Deprem Araştırma Enstitüsü, Ankara, 1980
14. Celep Z., Kumbasar N., Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, İTÜ, İstanbul, 2004
15. Bayülke N., Depremlerde Hasar Gören Yapıların Onarım ve Güçlendirilmesi, İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi, İzmir, 2001

ÖZGEÇMİŞ

Yusuf Serdar CERİTLİ 1979 yılında Malatya’da doğmuştur. İlk, orta öğrenimini Malatya’da yapmıştır. Lise öğrenimini Elbistan Mükremin Halil Lisesi’nde tamamlamıştır. 1998 yılında Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği bölümünü kazanmış ve 2003 yılında başarı ile mezun olmuştur. Aynı yıl, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans eğitime başlamıştır. Halen Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans yapmaktadır.

ONARIM GÜÇLENDİRME PROJESİ ÇALIŞMASI

Güçlendirme çalışmasında, yapı için yatay kuvvetlerin oluşturduğu deplasmanlar “kolon mantolama + perdeleme “ sistemi ile yapı rijitliği artırılarak sınırlandırılmıştır. Güçlendirme projesi çalışmasında elde edilen genel sonuçlar verilmiştir.

Yapı deprem etkisi altındaki davranışında; yapı ağırlığı, taşıyıcı elemanların konumu, boyutları,zemin özellikleri ,yapı-zemin etkileşimi gibi etkilerin yanı sıra mimari tasarımın da önemli etkileri olmaktadır.Betonarme taşıyıcı elemanlarda,bu nedenlere bağlı olarak ve yatay kuvvet etkisiyle hafif,orta veya ağır hasarlar meydana gelmektedir.Bu hasarların giderilmesi ve yapı güvenliğinin yeniden sağlanması için bu elemanların onarım ve/veya güçlendirilmesi gerekli olmaktadır.

Onarım ve takviye uygulaması, Adana Misafirhane binasına yapılacak olup yapı, bodrum, zemin+iki normal kattan ibarettir.

Betonarme yapıların üretiminde düzensiz yapı planları teşkil edilmekte ya da malzeme ile ilgili işçilik hataları yapılmaktadır.Binalarda ortaya çıkan deprem kuvvetleri,yatay rijitliklerle karşılaşması gereken dinamik bir etkidir.Depreme dayanıklı yapı yapmanın önemli aşamalarından birisi de,sürekli ve düzenli yerleştirilmiş aks ve perdelerin bulunduğu taşıyıcı sistemlerin oluşturulmasıdır.

Deprem perdeleri,yapının yatay ötelenme rijitliğini artırır,depremin yol açtığı yatay ötelenme ve rölatif kat deplasman miktarını azaltır,deprem kuvvetlerinin büyük bir kısmını karşılayarak kolonlara etki eden yatay kesit tesirlerini azaltır.İyi tasarlanmış bir perde-çerçeve sisteminde deprem kuvvetleri,perde ve çerçeveler tarafından bir etkileşim içerisinde taşınırlar.

Yapı malzeme özellikleri,hasarlar ve nedenleri,yerel zemin koşulları belirtildikten sonra ikinci aşama olan onarım ve güçlendirme projesinin hazırlanmasına geçilir.Bu aşamada,öncelikle hasar görmüş elemanların onarımı proje üzerinden gerçekleştirilir.Mevcut duruma ve hasar görmüş elemanların takviye haline göre sistem çözülür.Elde edilen statik sonuçlara göre,yetersiz kalan kesitler tespit edilir.Tüm sistemin güvenliğini sağlamak için,yetersiz elemanları da kapsayan güçlendirme sisteminin belirlenmesi çalışmaları yapılır.Mevcut yapı kullanım amacı,Mimari özellikleri ve güçlendirme sisteminin yapılabilirliği ön plana çıkartarak güçlendirme sistemi seçilmelidir.

Güçlendirme sistemi seçiminde; yerel zemin koşulları,mevcut ve güçlendirmede kullanılacak olan malzeme özellikleri,yapı için süneklik katsayısı kullanılan yapının yapı önem katsayısı,zemin özelliklerine bağlı periyotlar,zemin emniyet gerilmesi ve yatak katsayısı,yeni deprem yönetmeliği ile yürürlükte olan diğer yönetmelik kurallarına uygun olmalıdır.

Mevcut durum, üretimi yapılan projeye ve yerinde elde edilen röleve bilgilerine bağlı olarak çözülmüştür. Çözümde betonarme çeliği mevcut projeden BÇI, zemin emniyet gerilmesi $2,0 \text{ kg/cm}^2$ alınmıştır. Yapının bodrum katı çepeçevre betonarme perde olup, kat yüksekliği 3 m dir. Temel sürekli olup BS16 betonu S220 demiri kullanılmıştır. Güçlendirme projesinde mantolanan kolon ve güçlendirme perdelerinde BS20 betonu S420 demiri kullanılmıştır. Deprem bölgesi 1. bölge alınmıştır.

Bina önem katsayısı $I : 1,2$
Yapı tipi katsayısı $K_x : 1$
Yapı tipi katsayısı $K_y : 1$
Zemin hakim periyodu $T_a : 0,25$
Taşıyıcı sistem davranış katsayısı $R:7$
Yatak katsayısı 2000
Z3 $T_a:0.15 \quad T_b:.25$

Betonarme Kolon Takviyeleri

Hasarlı kolonlar için kolon mantolaması, her kenarda 12 cm. örtü betonu ihmal edilerek yapılmıştır. Bu kolonlar bodrum+zemin katta, S13, S15, S17, S19, S20, S21, S22, S25, S27, S29, S32, S34 ve 1.katta ise S20 kolon mantolamaları devam ettirilmiştir. Kolon bütünlüğünü tekrar sağlayan ve düşey yük kapasitesini artıran mantolama, eğilme dayanımını da artırmaktadır. Ancak bu artışa fazla güvenmeyerek, kolonlarda kesme gerilmesi $0,20 \times (f_{ck})^{1/2}$ (N/mm^2) değerini aşmayacak şekilde ve olası bir depremde yapı güvenirliliğini artırmak için ilave perde güçlendirilmesi çalışmasına gidilmiştir. Böylece hasarlı kolonların kesme kuvveti ve eğilme momenti değerleri düşürülmüş olmaktadır.

Betonarme Perde Takviyeleri

Betonarme perde yerleri, mimari kullanımı etkilemeyecek şekilde ölü duvarlar dikkate alınarak seçilmiştir. Perdeli sistem statik çözüm sonuçlarında, yapı periyodu ve zemin özellikleri, rölatif kat deplasmanları ile ağırlık ve rijitlik merkezlerinin çakışması gibi genel özelliklere dikkat edilmiştir. Ayrıca, perde kesme gerilmeleri, $0,30 \times (f_{ck})^{1/2}$ (N/mm^2) değerini aşmayacak şekilde seçilmiştir. Perdeler, katlar arası sürekliliği sağlamak ve hasarsız olan üst kat rijitlikleri de azalmış olduğu için son kat döşemesine kadar devam ettirilmiştir.

A-B , F-G aksları,

A-B ,U-V aksları

F-G ,D-E aksları

U-V ,D-E aksları arasına 25 cm kalınlığın da tüm katlarda kiriş altına kadar güçlendirme perdesi yapılmıştır.

Temellerde herhangi bir güçlendirmeye gidilmemiştir.Kesitler yapılan güçlendirilme projesine uygundur.

Güçlendirme projesindeki maliyet hesabında sadece beton, kalıp, demir fiyatları verilmiş,bunların karşılaştırılması yapılmıştır.2005 Bayındırlık fiyatları esas alınmıştır.

Güçlendirme yapılmadan önce yapıdaki ;

Demir metrajı : 127185 KG

Kalıp metrajı : 5250.93 M²

Beton metrajı : 1050 M³

Güçlendirme yapıldıktan sonra yapıdaki ;

Demir metrajı : 138784 KG

Kalıp metrajı : 5659.51 M²

Beton metrajı : 1120 M³

Poz no :23.001/1 Ø8- Ø12 betonarme demiri bayındırlık birim fiyatı :1176,06 YTL/Ton

Poz no :23.002 Ø14-Ø50 betonarme demiri bayındırlık birim fiyatı :1081,44 YTL/Ton

Poz no :21.011 Düz yüzeyli betonarme kalıbı bayındırlık birim fiyatı :1176,06 YTL/ M²

Poz no :16.035/2 BS16 Betonu bayındırlık birim fiyatı :84,01 YTL/ M³

Poz no :16.044/4 BS20 Betonu bayındırlık birim fiyatı :87,29 YTL/ M³

Güçlendirme yapılmadan önce yapının kaba inşaatının maliyeti ;

Ø8- Ø12 betonarme demiri : 64.266 x 1176,06 x 1 = 75.581,00 YTL

Ø14-Ø50 betonarme demiri : 62.919 x 1081,44 x 1 = 68.043,00 YTL

Düz yüzeyli betonarme kalıbı : 5250.93 x 10,93 x 1 = 57.393,00 YTL

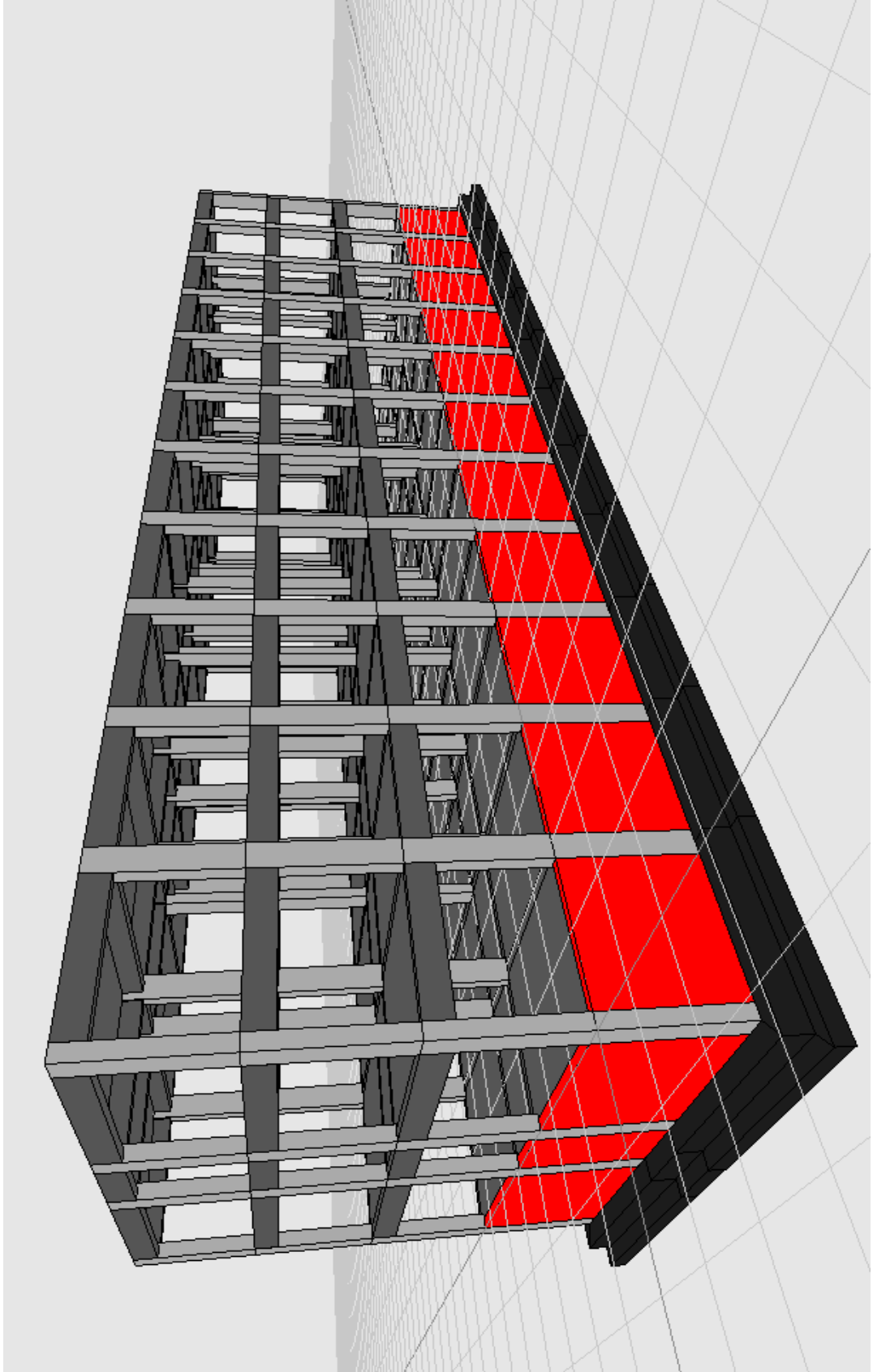
BS16 Betonu : 1050 x 84,01 x 1 = 88.210,00 YTL

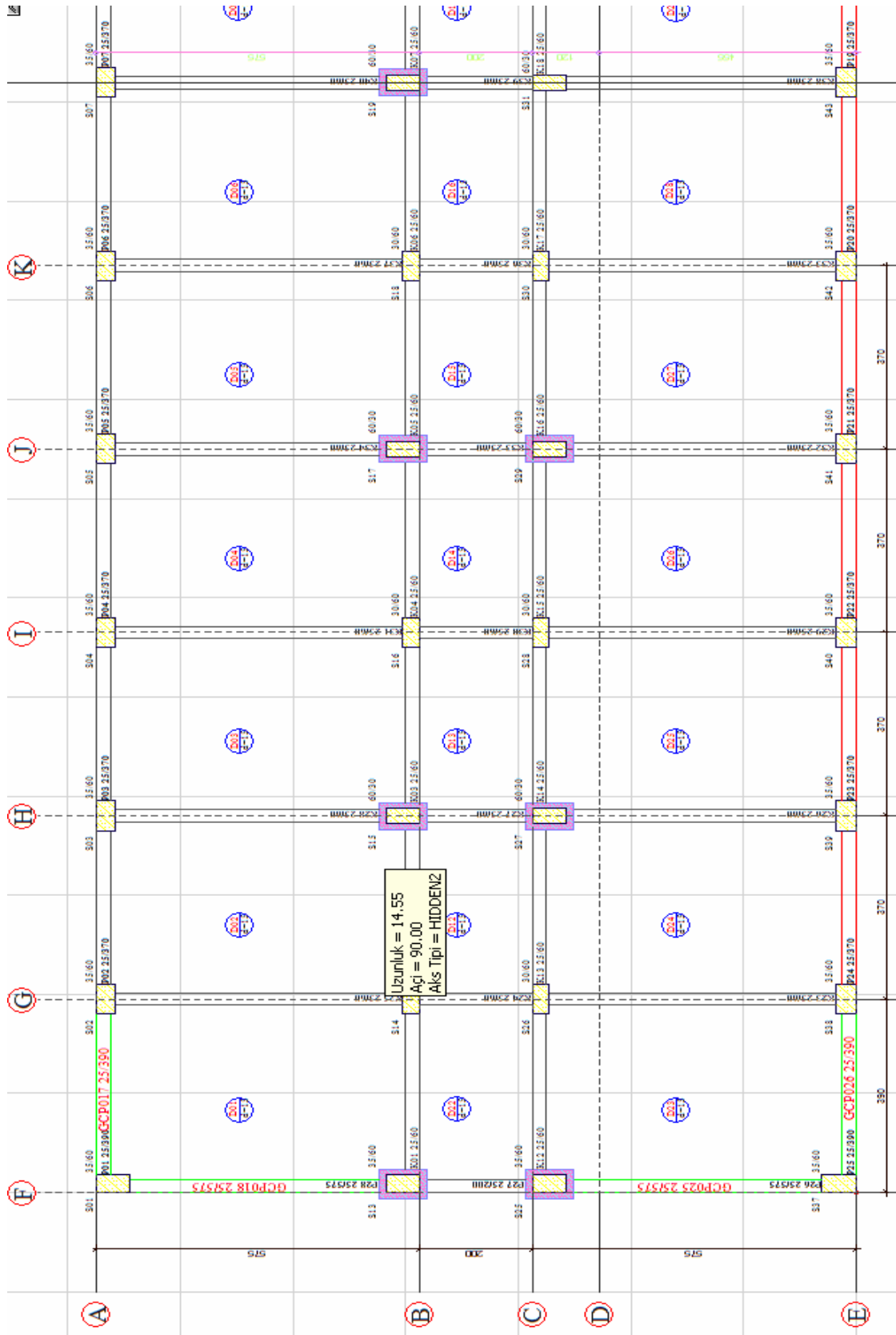
TOPLAM = 289.227,00 YTL

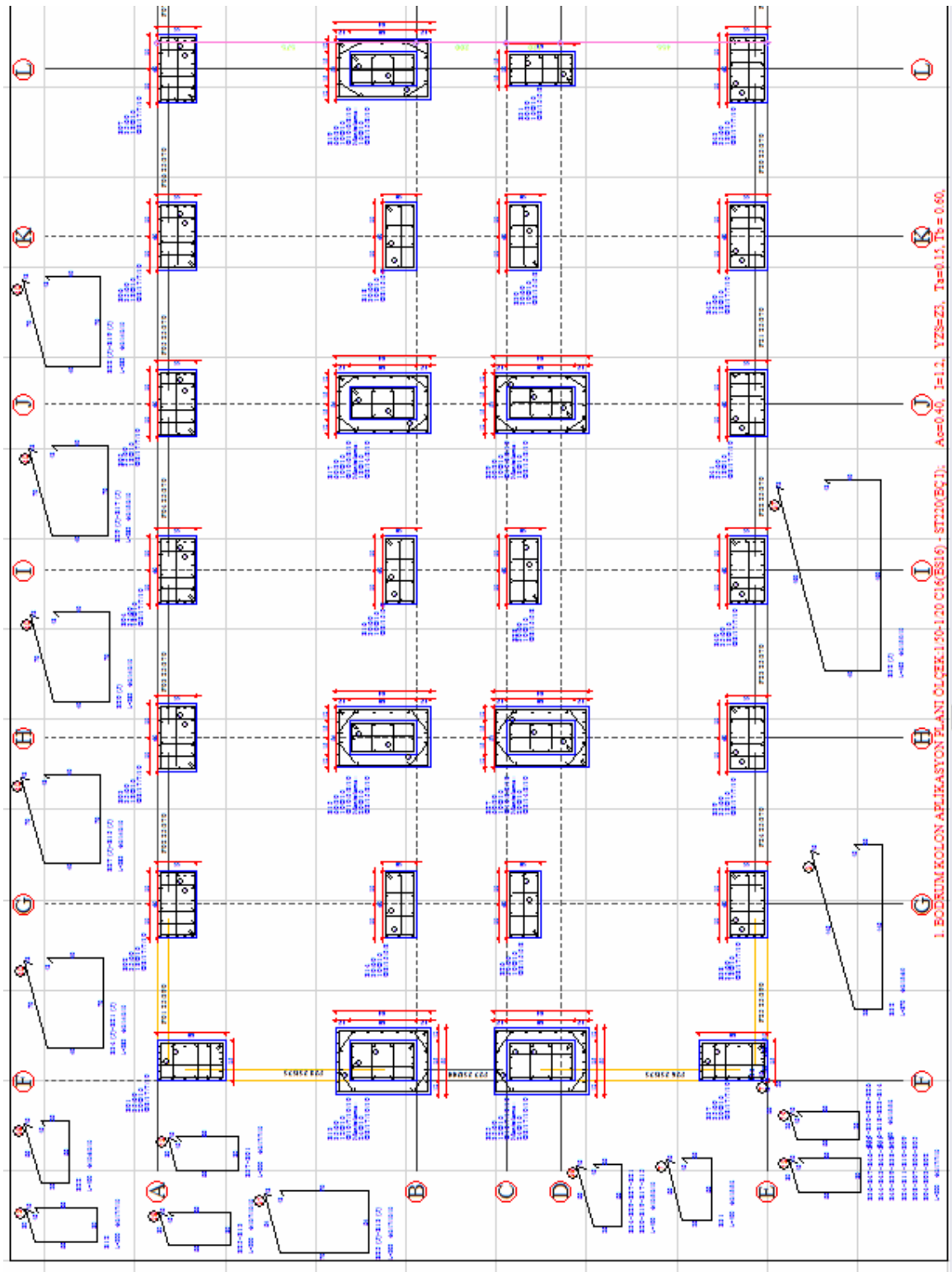
Güçlendirme yapıldıktan sonra yapının kaba inşaatının maliyeti ;

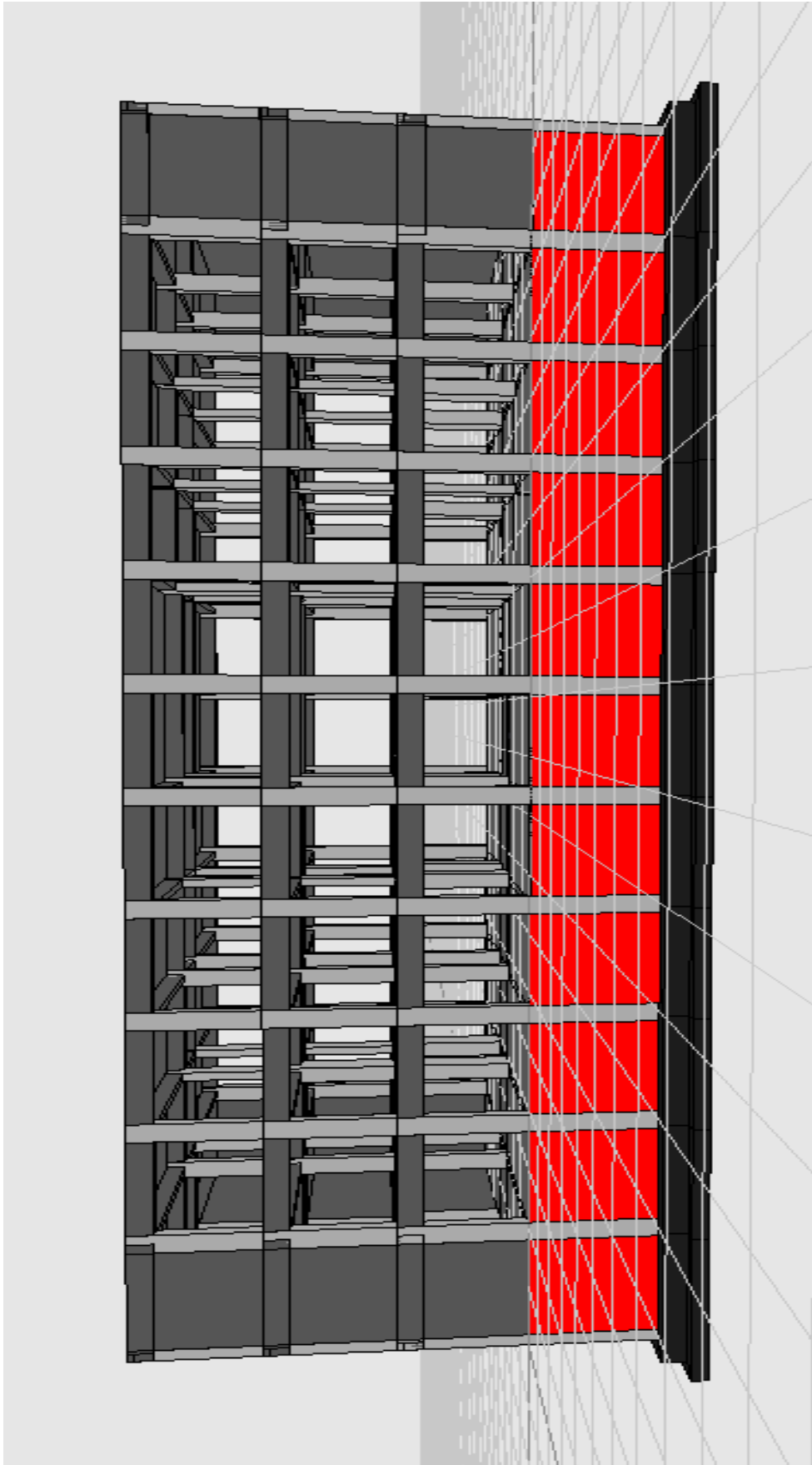
Ø8- Ø12 betonarme demiri	: 69.212 x 1176,06 x 1	= 81.397,00	YTL
Ø14-Ø50 betonarme demiri	: 75.865 x 1081,44 x 1	= 82.043,00	YTL
Düz yüzeyli betonarme kalıbı	: 5659.51 x 10,93 x 1	= 61.858,00	YTL
BS16 Beton	: 1050 x 84,01 x 1	= 88.210,00	YTL
BS20 Beton	: 70 x 84,01 x 1	= 6.110,00	YTL
TOPLAM		= 319.618,00	YTL

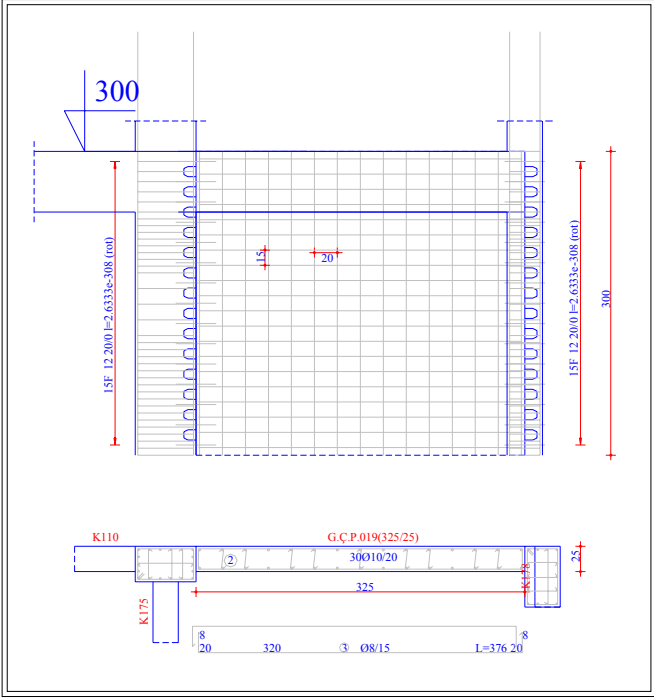
- Bina Güçlendirme Yapıldıktan Sonraki Birim Fiyatı ;
- 319.618,00 – 289.227,00 = 30.391,00 YTL dir.
- Binada güçlendirme yapılırken çıkabilecek ek masraflar % 20 oranında alınmıştır.
- 6.078,00 YTL dir.
- **TOPLAM : 36.469,00YTL** dir.
- Binanın güçlendirme maliyeti, Güçlendirme yapılmadan önce yapının kaba inşaatının maliyetinin % 11.41 i kadardır.











ideCAD Statik (Ver: 5.485)

Betonarme yapılar için hesap, çizim, güçlendirme ve metraj içeren entegre CAD programı

Proje Adı : Misafirhane

Firma :

Kontrol eden :

Kat sayısı :	4
Yapı önem katsayısı :	1.20
Tajiyici sistem davranış katsayısı (girilen) :	7.00
Tajiyici sistem davranış katsayısı (seçilen) :	7.00
Süneklik düzeyi :	NORMAL
Dişorem büyüklüğü :	1
Ekim yer ivme katsayısı :	0.40
Zemin sınıfı :	Z3, Ta = 0.15, Tb = 0.60
Riftli bodrum katı numarası :	-1
Riftli bodrum katı sayısı :	1
Zemin emniyet genişliği :	20.00 t/m2
Yatak katsayısı :	2000.00 t/m3
Beton Sınıfları :	16, 20
Çelik Sınıfları :	220, 420
Beton örtüm hacim ağırlığı :	2.50 t/m3
Beton güvenlik katsayısı :	1.50
Çelik güvenlik katsayısı :	1.15
Zati yük faktörü :	1.40
Hareketli yük faktörü :	1.60
Yönetsellik :	TS600-2000, TDY 1975
Betonarme hesap yöntemi :	Tajima gücü
Deprem belirlenme yöntemi :	Eski deprem yönetmeliği
Temel analiz yöntemi :	Elastik zemine oturan temel

ideCAD Statik (Ver: 5.485)

Betonarme yapılar için hesap, çizim, güçlendirme ve metraj içeren entegre CAD programı

Proje Adı : Misafirhane

Firma :

Kontrol eden :

Kat sayısı :	4
Yapı önem katsayısı :	1.20
Taşıyıcı sistem davranış katsayısı (güçlüler) :	7.00
Taşıyıcı sistem davranış katsayısı (sacfler) :	7.00
Süneklik düzeyi :	YÜKSEK
Deprem bölgesi :	1
Ekön yer ivme katsayısı :	0.40
Zemin sınıfı :	Z3, Ta = 0.15, To = 0.50
Rift bodrum katı numarası :	-1
Rift bodrum katı sayısı :	1
Zemin emniyetli gerilmesi :	20.00 t/m ²
Yatak katsayısı :	2000.00 t/m ³
Beton Sınıfları :	16, 20
Çelik Sınıfları :	220, 420
Beton birim hacim ağırlığı :	2.50 t/m ³
Beton güvenlik katsayısı :	1.50
Çelik güvenlik katsayısı :	1.15
Zati yük faktörü :	1.40
Hareketli yük faktörü :	1.60
Yönetmelik :	TS500-2000, TDY 1997
Betonarme hesap yöntemi :	Tabanca gücü
Deprem belirlenme yöntemi :	Mod birleştirme yöntemi (dinamik)
Temel analiz yöntemi :	Elastik zemine oturan temel

YAPI UZAY ÇERÇEVE ELEMAN BİLGİLERİ

Katman	Kat	h	h ₁	h ₂	h ₃	h ₄	h ₅	h ₆	h ₇	h ₈	h ₉	h ₁₀	h ₁₁	h ₁₂	h ₁₃	h ₁₄	h ₁₅
--------	-----	---	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------

KAT EŞDEĞER YATAY KUVVETLERİ VE GENEL BİLGİLERİ

Kat	g ₁	g ₂	HTKK	w ₁	h ₁	w ₁ ² /h ₁	F _{1(x)}	F _{1(y)}	X _m	Y _m	X _r	Y _r
2. KAT	511.06	161.33	0.30	559.46	9.00	5035.16	142.66	142.66	20.46	6.79	20.51	6.87
1. KAT	511.06	161.33	0.30	559.46	9.00	3356.17	95.91	95.91	20.46	6.79	20.54	6.87
ZEMİN KAT	511.06	161.33	0.30	559.46	9.00	1678.29	47.95	47.95	20.46	6.79	20.56	6.86
1. BODURLUK	641.72	161.33	0.30	690.12	3.00		220.54	220.54	20.47	6.78	20.60	6.71

DİNAMİK HESAP

W	+	1678.29
T _{1e}	+	0.36
h ₁	+	9.00
ΔF _{1(x)}	+	0.00
ΔF _{1(y)}	+	0.00
V _{1(x)}	+	287.72
V _{1(y)}	+	287.72
V _{1(x)}	+	282.92
V _{1(y)}	+	282.17
V _{1(x)} / V _{1(x)}	+	1.09
V _{1(y)} / V _{1(y)}	+	1.10
β	+	1.00
β V _{1(x)} / V _{1(x)}	+	1.09
β V _{1(y)} / V _{1(y)}	+	1.10
A ₀	+	0.40
I	+	1.20

Spektrum Katsayısı (Spektrum Eğrisi)

$$S(T) = 1 + 1.5 T^r / 0.15 \quad (0 \leq T \leq 0.15)$$

$$S(T) = 2.5 \quad (0.15 \leq T \leq 0.6)$$

$$S(T) = 2.5 (0.6 / T)^{0.5} \quad (T \geq 0.6)$$

İlgili modun T_n değeri yerine koyularak S(T_n) hesaplanır.

X	1. MOD	2. MOD	3. MOD
Serbest Titreşim Frekansı (s ⁻¹)	22.079	66.783	107.109
Doğal Titreşim Periyodu (T _n)	0.226875	0.094054	0.088662
Spektrum Katsayısı S(T _n)	2.500	1.941	1.587
Spektral İvme Katsayısı A ₁ (T _n)	1.250	0.922	0.762
Diğerlem Yükü Asılma Katsayısı R ₁ (T _n)	1.000	4.920	2.651
İvme Spektrum Oranları Sp ₁ (T _n)	1.652	1.548	2.046
İçten modal kütle	155.625	12.421	2.067
C Katsayısı	10.162	12.626	23.627
Kalite payı	12.475	-2.665	1.426

X Hesaba Katılan Titreşim Modu Sayısı Yeterlik Kontrolü

Bina Toplam Külesi	171.02
Bina Toplam Külesi ≥ 20% :	162.56
Bina Toplam Külesi ≥ 5% :	8.55
Toplam İçten Modal Kütle (Σ)	171.12

Hesaba katılan titreşim modu sayısı yeterlidir.

X Karakteristik Mod Vektörleri

Kat	1. MOD	2. MOD	3. MOD
2. KAT	1.000	1.000	1.000

DİNAMİK HESAP

KAT	1. MOD	2. MOD	3. MOD
2. KAT	1.225	-0.298	0.081
1. KAT	0.372	0.188	-0.129
ZEMİN KAT	0.532	0.355	0.115
1. BODURUM	0.034	0.027	0.010

X Yapı Kat Modal Kütelleri

KAT	1. MOD	2. MOD	3. MOD
2. KAT	89.878	-18.298	2.471
1. KAT	55.442	9.454	-7.942
ZEMİN KAT	30.313	20.273	6.529
1. BODURUM	0.000	0.000	0.000

X Yapı Kat Elastik Deprem Yükleri

KAT	1. MOD	2. MOD	3. MOD
2. KAT	918.088	-81.272	7.722
1. KAT	610.711	40.915	-5.145
ZEMİN KAT	305.355	20.457	2.974
1. BODURUM	0.000	0.000	0.000

X Yapı Kat Tasarım Deprem Yükleri

KAT	1. MOD	2. MOD	3. MOD
2. KAT	120.887	-12.329	2.115
1. KAT	87.344	8.288	-1.410
ZEMİN KAT	42.822	4.122	0.705
1. BODURUM	0.000	0.000	0.000

X Yapı Kat Maksimum Yükleri

KAT	ESNEĞİZİLİ	DİNAMİK
2. KAT	142.882	121.378
1. KAT	95.908	87.897
ZEMİN KAT	47.504	42.555
1. BODURUM	0.000	0.000
TOPLAM	287.12	262.92

Spektrum Katayısı (Spektrum Eğrisi)

$$S(T) = 1 + 1.5 T / 0.15 \quad (0.15 \leq T < 0.15)$$
$$S(T) = 2.5 \quad (0.15 \leq T < 0.6)$$
$$S(T) = 2.5 (0.6 / T)^{0.5} \quad (T \geq 0.6)$$

İlgili modun Tn değeri yerine koyularak S(Tn) hesaplanır.

Y

	1. MOD	2. MOD	3. MOD
Sırasıyla Titreşim Frekansı (Hz)	20.142	83.185	107.212
Doğal Titreşim Periyodu (Tn)	0.211921	0.099495	0.088992
Spektrum Katayısı S(Tn)	2.500	1.995	1.988
Spektral İyeme Katayısı A(Tn)	1.000	0.957	0.781
Deprem Yükü Azaltma Katayısı Rk(Tn)	1.000	0.147	2.847
İyeme Spektrum Ordinali Spe(Tn)	1.852	1.825	2.047
İyon modu kütlesi	185.121	14.124	2.025
C Katayısı	10.102	12.895	24.224
Katlı çarpımı	12.485	-3.759	1.418

Y Hesaba Katılan Titreşim Modu Sayısı Yeterlik Kontrolü

Yine Toplam Kütlesi	171.09
Yine Toplam Kütlesi < 90%	152.95
Yine Toplam Kütlesi < 80%	8.55

DİNAMİK HEŞAP**Y Normalleştirilmiş Yapı Serbest Titreşim Modları**

KAT	1.MOD	2.MOD	3.MOD
2.KAT	0.099	0.078	0.041
1.KAT	0.077	-0.047	-0.087
2DİN KAT	0.045	-0.287	0.060
1.ŞÖRÜRÜM	0.002	-0.012	0.019

Y Yapı Kat Maksimum İvmeleri

KAT	1.MOD	2.MOD	3.MOD
2.KAT	1.259	-0.391	0.229
1.KAT	0.991	0.179	-0.137
2DİN KAT	0.259	0.969	0.114
1.ŞÖRÜRÜM	0.049	0.027	0.029

Y Yapı Kat Modal Kütleleri

KAT	1.MOD	2.MOD	3.MOD
2.KAT	70.909	-19.929	9.291
1.KAT	24.799	10.000	-7.912
2DİN KAT	90.000	20.709	6.699
1.ŞÖRÜRÜM	0.000	0.000	0.000

Y Yapı Kat Elastik Deprem Yükleri

KAT	1.MOD	2.MOD	3.MOD
2.KAT	919.041	-69.272	7.494
1.KAT	609.991	64.020	-4.999
2DİN KAT	204.247	22.122	2.699
1.ŞÖRÜRÜM	0.000	0.000	0.000

Y Yapı Kat Tasarım Deprem Yükleri

KAT	1.MOD	2.MOD	3.MOD
2.KAT	190.494	-19.992	0.000
1.KAT	69.999	8.297	-1.999
2DİN KAT	49.479	4.299	0.994
1.ŞÖRÜRÜM	0.000	0.000	0.000

Y Yapı Kat Maksimum Yükleri

KAT	STATİK	DİNAMİK
2.KAT	149.992	190.999
1.KAT	99.999	87.441
2DİN KAT	47.994	49.799
1.ŞÖRÜRÜM	0.000	0.000
TOPLAM	247.72	249.17

KATLARA ETKİYEN YATAY YÜKLER**Yüklem 1 (X YÖNÜ + 0.05) E1 Deprem**

Kat	Fx	Fy	Fz	Mb
2.KAT	0.00	0.80	191.99	0.00
1.KAT	0.00	0.80	87.70	0.00
2DİN KAT	0.00	0.80	49.99	0.00
1.ŞÖRÜRÜM	0.00	0.72	200.94	0.00

Yüklem 2 (X YÖNÜ - 0.05) E2 Deprem

Kat	Fx	Fy	Fz	Mb
2.KAT	0.00	-0.80	191.99	0.00
1.KAT	0.00	-0.80	87.70	0.00
2DİN KAT	0.00	-0.80	49.99	0.00
1.ŞÖRÜRÜM	0.00	-0.72	200.94	0.00

Yüklem 3 (Y YÖNÜ + 0.05) E3 Deprem

Kat	Fx	Fy	Fz	Mb
2.KAT	2.41	0.00	191.00	212.40
1.KAT	2.49	0.00	87.44	212.84
2DİN KAT	2.49	0.00	49.79	107.17
1.ŞÖRÜRÜM	2.19	0.00	200.94	492.49

Yüklem 4 (Y YÖNÜ - 0.05) E4 Deprem

KATLARA ETKİYEN YATAY YÜKLER

Yüklem 4 (Y YÖNÜ - 0.05) E4 Deprem

Kat	X	Y	Z	G1	G2	G3	G4	G5	G6	U(x)	U(y)	U(z)	R(x)	R(y)	R(z)
2.KAT	-2.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	121.00	0.00	0.00	-212.40	0.00	0.00
1.KAT	-2.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	87.64	0.00	0.00	-175.28	0.00	0.00
20/20.KAT	-2.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	69.79	0.00	0.00	-139.58	0.00	0.00
1.BOZORUM	-2.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	202.84	0.00	0.00	-405.68	0.00	0.00

DÜĞÜM NOKTASI DEPLAŞMANLARI

Yüklem 1 (X YÖNÜ + 0.05) E1 Deprem Deplasmanlar U ve Dönmeler R

Dn	Kat	X	Y	Z	G1	G2	G3	G4	G5	G6	U(x)	U(y)	U(z)	R(x)	R(y)	R(z)
----	-----	---	---	---	----	----	----	----	----	----	------	------	------	------	------	------

Yüklem 2 (X YÖNÜ - 0.05) E2 Deprem Deplasmanlar U ve Dönmeler R

Dn	Kat	X	Y	Z	G1	G2	G3	G4	G5	G6	U(x)	U(y)	U(z)	R(x)	R(y)	R(z)
----	-----	---	---	---	----	----	----	----	----	----	------	------	------	------	------	------

Yüklem 3 (Y YÖNÜ + 0.05) E3 Deprem Deplasmanlar U ve Dönmeler R

Dn	Kat	X	Y	Z	G1	G2	G3	G4	G5	G6	U(x)	U(y)	U(z)	R(x)	R(y)	R(z)
----	-----	---	---	---	----	----	----	----	----	----	------	------	------	------	------	------

Yüklem 4 (Y YÖNÜ - 0.05) E4 Deprem Deplasmanlar U ve Dönmeler R

Dn	Kat	X	Y	Z	G1	G2	G3	G4	G5	G6	U(x)	U(y)	U(z)	R(x)	R(y)	R(z)
----	-----	---	---	---	----	----	----	----	----	----	------	------	------	------	------	------

Yüklem 5 Q DÜŞEY Deplasmanlar U ve Dönmeler R

Dn	Kat	X	Y	Z	G1	G2	G3	G4	G5	G6	U(x)	U(y)	U(z)	R(x)	R(y)	R(z)
----	-----	---	---	---	----	----	----	----	----	----	------	------	------	------	------	------

Yüklem 6 Q DÜŞEY Deplasmanlar U ve Dönmeler R

Dn	Kat	X	Y	Z	G1	G2	G3	G4	G5	G6	U(x)	U(y)	U(z)	R(x)	R(y)	R(z)
----	-----	---	---	---	----	----	----	----	----	----	------	------	------	------	------	------

KAT DEPLAŞMANLARI

Yüklem 1 (X YÖNÜ + 0.05) E1 Deprem

Kat	X	Y	Z
2.KAT	0.002602	0.000002	-0.000016
1.KAT	0.002622	0.000016	-0.000012
20/20.KAT	0.001591	0.000006	-0.000005
1.BOZORUM	0.000121	0.000001	0.000000

Yüklem 2 (X YÖNÜ - 0.05) E2 Deprem

Kat	X	Y	Z
2.KAT	0.002609	-0.000005	0.000001
1.KAT	0.002629	-0.000006	0.000016
20/20.KAT	0.001596	-0.000002	0.000008
1.BOZORUM	0.000121	0.000000	0.000001

Yüklem 3 (Y YÖNÜ + 0.05) E3 Deprem

Kat	X	Y	Z
2.KAT	0.000019	0.004806	0.000009
1.KAT	0.000011	0.004827	0.000009
20/20.KAT	0.000005	0.001712	0.000012
1.BOZORUM	0.000000	0.000004	0.000002

Yüklem 4 (Y YÖNÜ - 0.05) E4 Deprem

Kat	X	Y	Z
2.KAT	0.000002	0.004890	-0.000079
1.KAT	0.000000	0.004892	-0.000029
20/20.KAT	-0.000002	0.001722	-0.000025
1.BOZORUM	0.000000	0.000004	-0.000002

ELEMAN UÇ KUVVETLERİ

Yüklem 1 (X YÖNÜ + 0.05) E1 Deprem

Eleman Adı	Kat	tx1	ty1	tz1	mx1	my1	mz1	tx2	ty2	tz2	mx2	my2	mz2
K101	2.KAT	0.00	0.00	1.20	0.00	2.88	0.00	0.00	0.00	-1.20	0.00	2.88	-0.00
K102	0.00	0.00	1.87	0.00	2.17	-0.01	0.00	0.00	0.00	-1.87	0.00	2.88	0.01
K103	0.00	0.00	1.88	0.00	2.02	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.88	0.00	2.08	0.00
K104	0.00	0.00	1.88	0.00	2.08	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.88	0.00	2.01	0.00
K105	0.00	0.00	1.87	0.00	2.02	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.87	0.00	2.08	0.00

GÖRELİ KAT ÖTELEMELEERİNİN İNİRLANDIRILMA İİ

1. Deprem Yöklemeesi

Kat	d1S2U	d1-1S2U	MSU	d1S2A	d1-1S2A	MSA	d1S2A	d1-1S2A	MSA	d1S2U	d1-1S2U	MSU	N	Almas	AlmasH
2.KUT	229	1.27	0.72	224	1.29	0.70	224	1.29	0.70	229	1.27	0.72	200	0.72	2.09E-004
1.KUT	127	0.66	0.79	129	0.62	0.72	129	0.62	0.72	127	0.66	0.79	200	0.79	2.64E-004
200IN KUT	0.64	0.19	0.62	0.62	0.19	0.64	0.62	0.19	0.64	0.64	0.19	0.62	200	0.62	2.17E-004
1.900RUM	0.19	0.00	0.19	0.19	0.00	0.19	0.19	0.00	0.19	0.19	0.00	0.19	200	0.19	6.22E-002

2. Deprem Yöklemeesi

Kat	d1S2U	d1-1S2U	MSU	d1S2A	d1-1S2A	MSA	d1S2A	d1-1S2A	MSA	d1S2U	d1-1S2U	MSU	N	Almas	AlmasH
2.KUT	229	1.29	0.70	220	1.26	0.72	220	1.26	0.72	229	1.29	0.70	200	0.70	2.60E-004
1.KUT	129	0.61	0.71	126	0.61	0.74	126	0.61	0.74	129	0.61	0.71	200	0.71	2.02E-004
200IN KUT	0.61	0.19	0.62	0.61	0.19	0.62	0.61	0.19	0.62	0.61	0.19	0.62	200	0.62	2.16E-004
1.900RUM	0.19	0.00	0.19	0.19	0.00	0.19	0.19	0.00	0.19	0.19	0.00	0.19	200	0.19	6.21E-002

3. Deprem Yöklemeesi

Kat	d1S2U	d1-1S2U	MSU	d1S2A	d1-1S2A	MSA	d1S2A	d1-1S2A	MSA	d1S2U	d1-1S2U	MSU	N	Almas	AlmasH
2.KUT	141	1.17	0.65	141	1.17	0.65	246	1.91	0.76	246	1.91	0.76	200	0.76	2.22E-004
1.KUT	117	0.79	0.64	117	0.79	0.64	141	1.19	0.77	141	1.19	0.77	200	0.77	2.27E-004
200IN KUT	0.79	0.31	0.62	0.79	0.31	0.62	119	0.62	0.71	119	0.62	0.71	200	0.71	2.26E-004
1.900RUM	0.31	0.00	0.31	0.31	0.00	0.31	0.62	0.62	0.62	0.62	0.00	0.62	200	0.62	1.62E-004

4. Deprem Yöklemeesi

Kat	d1S2U	d1-1S2U	MSU	d1S2A	d1-1S2A	MSA	d1S2A	d1-1S2A	MSA	d1S2U	d1-1S2U	MSU	N	Almas	AlmasH
2.KUT	219	1.22	0.59	219	1.22	0.59	204	1.69	0.27	204	1.69	0.27	200	0.27	1.92E-004
1.KUT	122	0.66	0.59	122	0.66	0.59	126	0.87	0.59	126	0.87	0.59	200	0.59	1.87E-004
200IN KUT	0.66	0.40	0.52	0.66	0.40	0.52	0.87	0.52	0.54	0.87	0.52	0.54	200	0.52	1.80E-004
1.900RUM	0.40	0.00	0.40	0.40	0.00	0.40	0.52	0.52	0.52	0.52	0.00	0.52	200	0.40	1.22E-004

2. MERTEBE ETKİLERİ

Bu projede P-delta etkileri dikkate alınmıştır.

DÜZENLİLİK DURUMLARI

A-Planda Düzensizlik Durumları

A1-Burula Düzensizliği

Kat	Almas	AlmasH	Almas	-bH / AlmasH	AlmasH	Almas	-bH / AlmasH	AlmasH	Almas	-bH / AlmasH	AlmasH	Almas	-bH			
2.KUT	0.72	0.70	0.71	1.01	0.72	0.70	0.71	1.01	0.76	0.62	0.69	1.27	0.29	0.27	0.29	1.00
1.KUT	0.79	0.72	0.72	1.01	0.74	0.71	0.72	1.01	0.77	0.64	0.61	1.27	0.29	0.29	0.29	1.00
200IN KUT	0.62	0.64	0.64	1.01	0.62	0.64	1.02	0.71	0.62	0.59	1.29	0.22	0.24	0.22	1.01	
1.900RUM	0.19	0.19	0.19	1.02	0.19	0.19	0.19	1.02	0.62	0.51	0.27	1.12	0.40	0.39	0.37	1.10

A4-Taçlı Eleman Eksenlerinin Paralel Olmaması

200IN KUTUNUN DÜZENSİZLİK DURUMU YUTUŞMADIR.

B-Düsey Doğrultuda Düzensizlik Durumları

B1-Komsu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği (Zayıf Kat) - X

Kat	T(AaH)	T(AaH)	T(AaH)	T(AaH)	T(AaH)	T(AaH)	T(AaH)	T(AaH)	T(AaH)	-cd
1.KUT	9.72	9.22	11.47	14.72	9.72	9.22	11.22	14.70	1.00	
200IN KUT	9.72	9.22	11.22	14.70	9.72	9.22	7.09	14.09	0.99	
1.900RUM	9.72	9.22	7.09	14.09	9.72	17.20	7.09	24.01	1.99	

B1-Komsu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği (Zayıf Kat) - Y

Kat	T(AaH)	T(AaH)	T(AaH)	T(AaH)	T(AaH)	T(AaH)	T(AaH)	T(AaH)	T(AaH)	-cd
1.KUT	9.72	4.22	9.22	12.43	9.72	4.22	9.43	12.41	1.00	
200IN KUT	9.72	4.22	9.43	12.41	9.72	4.22	11.69	12.72	1.02	
1.900RUM	9.72	4.22	11.69	12.72	9.72	2.22	11.69	17.02	1.09	

B2-Komsu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumusak Kat)

İdeCAD Statik (İdeYAP'ın Tescilli Markasıdır)

PROJEDE HATALAR TESPİT EDİLDİ

Proje/Yapan : Proje Kontrol :

Proje : Mısafırhane

Sayfa 3

DÜZENSİZLİK DURUMLARI

B2-Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat)

Kat	(A)1ort	(A1+1)ort	±0	(A)2ort	(A1+1)ort	±0	(A)2ort	(A1+1)ort	±0	(A)2ort	(A1+1)ort	±0
1.KAT	0.73	0.71	1.00	0.73	0.71	1.00	0.61	0.59	1.00	0.59	0.59	1.00
2DİN KAT	0.64	0.72	0.69	0.64	0.72	0.69	0.59	0.61	0.69	0.59	0.59	0.69
1.SÖZÜM	0.18	0.64	0.59	0.18	0.64	0.64	0.59	0.57	0.59	0.64	0.57	0.67

B3-Taçlılı Sırtların Döşey Elemanlarının Süreksizliği

TÜREVİ SAĞTAN DÜŞEY ELEMANLARINDA SÜREKSİZLİK BULUNMAMAKTADIR.

R KATSAYISININ SEÇİM NEDENİ

Devrilme Momenti Kontrolü 1. Deprem Yükleme

Kat	PM	M	±M
2DİN KAT	0.0000	1840.1240	0.0000

Devrilme Momenti Kontrolü 2. Deprem Yükleme

Kat	PM	M	±M
2DİN KAT	0.0000	1840.1240	0.0000

Devrilme Momenti Kontrolü 3. Deprem Yükleme

Kat	PM	M	±M
2DİN KAT	0.0000	1840.4132	0.0000

Devrilme Momenti Kontrolü 4. Deprem Yükleme

Kat	PM	M	±M
2DİN KAT	0.0000	1840.4132	0.0000

Kesme Kuvveti Kontrolü 1. Deprem Yükleme

Kat	PM	PM	±Ty	±Ty	%Ty	%Ty
2.KAT	0.0000	0.0000	143.7846	8.0512	0.0000	0.0000
1.KAT	0.0000	0.0000	298.7298	10.0762	0.0000	0.0000
2DİN KAT	0.0000	0.0000	287.7232	12.1403	0.0000	0.0000
1.SÖZÜM	27.1112	8.9228	401.2284	11.2244	0.9248	0.8819

Kesme Kuvveti Kontrolü 2. Deprem Yükleme

Kat	PM	PM	±Ty	±Ty	%Ty	%Ty
2.KAT	0.0000	0.0000	143.7846	7.4568	0.0000	0.0000
1.KAT	0.0000	0.0000	298.7298	11.7188	0.0000	0.0000
2DİN KAT	0.0000	0.0000	287.7232	13.2303	0.0000	0.0000
1.SÖZÜM	27.1112	13.2842	401.2284	12.7232	0.9248	0.8819

Kesme Kuvveti Kontrolü 3. Deprem Yükleme

Kat	PM	PM	±Ty	±Ty	%Ty	%Ty
2.KAT	0.0000	0.0000	8.8982	143.7872	0.0000	0.0000
1.KAT	0.0000	0.0000	13.1751	298.7318	0.0000	0.0000
2DİN KAT	0.0000	0.0000	12.7872	287.7232	0.0000	0.0000
1.SÖZÜM	24.1028	248.8282	26.8713	384.6218	0.8208	0.8784

Kesme Kuvveti Kontrolü 4. Deprem Yükleme

Kat	PM	PM	±Ty	±Ty	%Ty	%Ty
2.KAT	0.0000	0.0000	14.7148	143.7872	0.0000	0.0000
1.KAT	0.0000	0.0000	23.4147	298.7318	0.0000	0.0000
2DİN KAT	0.0000	0.0000	27.2423	287.7232	0.0000	0.0000
1.SÖZÜM	22.6428	248.2841	29.2768	385.1462	0.8212	0.8808

Deprem Sığası	1
Sıra Önem Katsayısı	1.00
Sıra Toplam Yönelim	12.00
Çiftlen R Katsayısı	7.00
Seçilen R Katsayısı	7.00
Max. ω_n	0.0000

IdoCAD Statik (İdeYAP)'nin Tesisi(!!!) Markasıdır)

PROJEDE HATALAR TESPİT EDİLDİ

Projeyi Yapan : Proje Kontrol :

Proje : Mızafirhane

Sayfa 4

R KATBAŞIĞININ SEÇİM NEDENİ

125 (-)cm 1.00

HEBAP YÖNTEMİNİN SEÇİM NEDENİ

Deprem Bölgesi 1
Bina Toplam Yüksekliği 12.00
Z1 Düzlemsizliği Var
Z2 Düzlemsizliği Yok
Z3 Düzlemsizliği Yok
Z4 Düzlemsizliği Yok
Kullanılan Hesap Yöntemi Dinamik

V1g/V1k ORANLARI

Kat	V1g1	V1k1	Oran	V1g2	V1k2	Oran	V1g3	V1k3	Oran	V1g4	V1k4	Oran
2.KAT	145.74	145.74	1.00	145.74	145.74	1.00	145.77	145.77	1.00	145.77	145.77	1.00
1.KAT	226.73	226.73	1.00	226.73	226.73	1.00	226.73	226.73	1.00	226.73	226.73	1.00
2BİNİ KAT	230.72	227.72	0.99	230.70	227.72	0.99	222.17	227.72	0.97	222.22	227.72	0.97
1.900RUM	22.90	22.90	0.99	27.94	27.94	0.99	72.90	72.90	0.99	72.90	72.90	0.99

Güçlendirme yapılmadan önce

IdoCAD Statik (IdoYAP)'nın Tescilli Markasıdır)

Projeyi Yapan : Proje Kontrol :
Proje : Misafirhane

Sayfa

KALIP METRAJI

AÇIKLAMA	TOPLAM
2.KAT	
DÖŞEMELER	480.06
KIRBİLER	338.79
KOLONLAR	240.00
KATTOPLAM	1048.73
1.KAT	
DÖŞEMELER	480.06
KIRBİLER	338.79
KOLONLAR	240.00
KATTOPLAM	1048.73
ZEMİNKAT	
DÖŞEMELER	480.06
KIRBİLER	338.79
KOLONLAR	240.00
KATTOPLAM	1048.73
1.SODRUM	
DÖŞEMELER	480.06
KIRBİLER	220.00
PERDELER	593.57
KOLONLAR	215.40
SÜBİTLİTİMLER	582.00
KATTOPLAM	2194.73
GENEL TOPLAM	5250.93

Güçlendirme yapılmadan önce

BETON METRAJI

Açıklama	TOPLAM
2. KAT	
DÖSEMELER	69.142
KIRISLER	42.135
KOLONLAR	29.250
KAT TOPLAM	140.527
1. KAT	
DÖSEMELER	69.142
KIRISLER	42.135
KOLONLAR	29.250
KAT TOPLAM	140.527
ZEMİN KAT	
DÖSEMELER	69.142
KIRISLER	42.135
KOLONLAR	29.250
KAT TOPLAM	140.527
1. BODRUM	
DÖSEMELER	69.142
KIRISLER	28.485
PERDELER	68.250
KOLONLAR	29.250
SÜREKLİ TEMELLER	430.848
KAT TOPLAM	625.975
GENEL TOPLAM	1047.557

Güclendirme yapılmadan önce

DONATI METRAJI

Açıklama	Ø8	Ø10	Ø12	Ø14	Ø16	Ø18	Ø20	Ø22	Ø24	Ø26	Ø28	Ø30	Ø32
2. KAT													
DÖSEMELELER		4882.89											
KIRISLER	1895.20	27.13	3136.33	391.66	1015.36								
KOLONLAR	3046.20				4570.44								
KAT TOPLAM	4941.40	4910.02	3136.33	391.66	5585.80								
1. KAT													
DÖSEMELELER		4882.89											
KIRISLER	2188.27	94.40	3262.24	1022.68	1452.75								
KOLONLAR	3199.99				6654.38								
KAT TOPLAM	5388.26	4977.30	3262.24	1022.68	8107.13								
ZEMİN KAT													
DÖSEMELELER		4882.89											
KIRISLER	2390.36	185.55	3316.09	741.88	2676.49								
KOLONLAR	3219.97				7550.56								
KAT TOPLAM	5610.33	5068.45	3316.09	741.88	10227.05								
1. BODRUM													
DÖSEMELELER		4907.34											
KIRISLER	1450.05	31.47	1903.13	812.42	709.28								
PERDELER	1614.45	2192.41											
KOLONLAR	3012.08	437.86			5744.47								
SÜREKLİ TEMELLER	8228.26	1302.25	657.09	4888.56	3688.79	24859.98							
KAT TOPLAM	14304.84	8871.33	2560.22	5700.99	10142.54	24859.98							
GENEL TOPLAM	30244.83	23827.10	12274.88	7857.21	34062.52	24859.98							

Güçlendirme yaptıktan sonra

KALIP METRAJI

Açıklama	TOPLAM
2. KAT	
DÖSEMELER	460.70
KIRISLER	338.79
PERDELER	161.50
KOLONLAR	239.40
KAT TOPLAM	1190.39
1. KAT	
DÖSEMELER	460.40
KIRISLER	337.68
PERDELER	161.50
KOLONLAR	239.40
KAT TOPLAM	1188.98
ZEMİN KAT	
DÖSEMELER	459.04
KIRISLER	333.23
PERDELER	161.50
KOLONLAR	239.40
KAT TOPLAM	1183.17
1. BODRUM	
DÖSEMELER	459.03
KIRISLER	214.19
PERDELER	555.57
KOLONLAR	215.40
SÜREKLİ TEMELLER	652.80
KAT TOPLAM	2096.98
GENEL TOPLAM	5659.51

Güçlendirme yaptıktan sonra

BETON METRAJI

Açıklama	TOPLAM
2. KAT	
DÖSEMELER	69.105
KIRISLER	42.135
PERDELER	18.000
KOLONLAR	29.250
KAT TOPLAM	158.490
1. KAT	
DÖSEMELER	69.059
KIRISLER	41.991
PERDELER	18.000
KOLONLAR	30.892
KAT TOPLAM	159.942
ZEMİN KAT	
DÖSEMELER	68.856
KIRISLER	41.415
PERDELER	18.000
KOLONLAR	38.351
KAT TOPLAM	166.622
1. BODRUM	
DÖSEMELER	68.854
KIRISLER	27.729
PERDELER	68.250
KOLONLAR	39.820
SÜREKLİ TEMELLER	430.848
KAT TOPLAM	635.501
GENEL TOPLAM	1120.555

Güçlendirme yaptıktan sonra

DONATI METRAJI

Açıklama	Ø8	Ø10	Ø12	Ø14	Ø16	Ø18	Ø20	Ø22	Ø24	Ø26	Ø28	Ø30	Ø32
2. KAT													
DÖŞEMELER		4447.68											
KIRISLER	1095.20	27.13	3136.33	391.66	1015.36								
PERDELER	505.24	537.28											
KOLONLAR	3094.55				4890.35								
KAT TOPLAM	5495.00	5012.08	3136.33	391.66	5905.71								
1. KAT													
DÖŞEMELER		4447.68											
KIRISLER	2185.49	90.06	3262.24	1022.68	1452.75								
PERDELER	505.24	562.20											
KOLONLAR	3222.19				6824.86								
KAT TOPLAM	5912.92	5099.94	3262.24	1022.68	8277.61								
ZEMİN KAT													
DÖŞEMELER		4447.68											
KIRISLER	2377.16	167.11	3316.09	741.88	2676.49								
PERDELER	505.24	562.20											
KOLONLAR	3177.81	255.37			8172.41								
KAT TOPLAM	6060.22	5433.36	3316.09	741.88	10848.90								
1. BODRUM													
DÖŞEMELER		4907.34											
KIRISLER	1427.13	27.13	1903.13	812.42	709.28								
PERDELER	1636.88	2269.80		375.27									
KOLONLAR	2583.17	1543.30			7050.98								
SÜREKLİ TEMELLER	8228.26	1302.25	657.09	4888.56	3688.79	24859.98							
KAT TOPLAM	13875.44	10049.82	2560.22	6076.25	11449.05	24859.98							
GENEL TOPLAM	31343.57	25595.20	12274.88	8232.47	36481.28	24859.98							