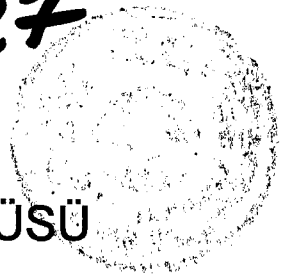


150327



T.C.

GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BETONARME YAPILARDA SİSMİK
İYİLEŞTİRME YÖNTEMLERİ VE MALİYET
KARŞILAŞTIRMALARI

Serkan BİLGİÇ
YÜKSEK LİSANS TEZİ
DEPREM VE YAPI BİLİMLERİ
ANABİLİM DALI

TEZ DANIŞMANI
Yrd.Doç.Dr. Bülent AKBAŞ

GEBZE

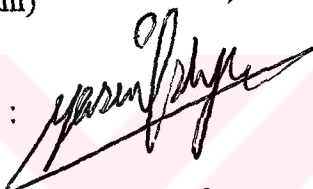
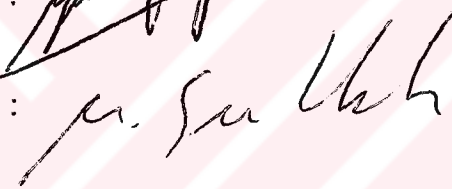
2004

150 327



Serkan BİLGİÇ'in tez çalışması, GYTE Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 01/07/2004 tarih ve 2004/27 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından Deprem ve Yapı Bilimleri Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

JÜRI

ÜYE :  Yrd. Doç. Dr. Bülent AKBAŞ
(Tez Danışmanı)
ÜYE :  Yrd. Doç. Dr. Yasin FAHJAN
ÜYE :  Yrd. Doç. Dr. Eren UYKAN

ONAY

GYTE Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun
04.11.2004 tarih ve 2004/41 sayılı kararı.


İmza/Mühür
Yrd. Doç. Dr. Ahmet CAPOGLU
GYTE Mühendislik ve Fen Bil.
Enstitüsü Müdür Yardımcısı


ÖZET

Sismik izolasyon, mühendislik olarak mümkün olan alternatifler içinde en akla yatkın olan yöntemlerden biridir. Elastomerik kauçuk mesnetler (rubber bearing) ve sürtünme esaslı kayar bilyeli enerji sönümleyici izolatörler (friction pendulum system) temel olarak sismik izolasyon sistemlerinin tipik örnekleridir. Sismik izolatörler, yapının frekansını azaltmaktadırlar. Dolayısıyla, üst yapı rölatif olarak rijit kalabilmektedir. Frekansın küçülmesi ile ivme ivme spektrumunun azalan bölgesine ulaşılmaktadır. Böylece yapıya etkiyen ivmeler küçülmekte ve tepkileri de buna bağlı olarak azalmaktadır.

Bu çalışmada betonarme yapımızın depreme karşı güçlendirilmesinde alternatif bir izolasyon cihazı olan Sürtünmeli Sarkaç Tipi Sismik İzolatörü'nün (Friction Pendulum System) ve Elastomerik Kauçuk Mesnetler'in (Rubber Bearing) uygulanabilirliği ve maliyeti, yapının doğrusal olmayan dinamik analizi yapılarak incelenecektir. Elde edilen sonuçlar yorumlanacaktır.

SUMMARY

Seismic isolation is conceivably one of the most promising alternatives in this regards. Isolation systems are basically typified into rubber bearings and sliding bearings. This type of systems rarely possess re-centering capability, except the Friction Pendulum Bearings (FPS) which, with curved sliding surfaces, can provide the isolated structures with restoring forces by gravity. The seismic isolators reduce frequency value of structures. Consequently, super-structure can remain relatively as a rigid building. Deformations will rather occur in isolators. Reduced zone of the acceleration spectrum is reached by means of frequency reduction. Thus, accelerations acting upon the structure and the related reactions decrease.

In this study, the applicability and cost of displacement of the Friction Pendulum Systems and Rubber Bearing Systems which consist of alternative bearings for structure will be examined by non-linear dynamic analysis of structure. The result will be obtained.



TEŞEKKÜR

Bu tez çalışması sırasında destek ve yardımlarını esirgemeyen danışmanım, Sayın Yrd. Doç. Dr. Bülent Akbaş Beyefendi'ye, Sayın Yrd. Doç. Dr. M. Eren Uçkan Beyefendi'ye , Sayın Yrd. Doç. Dr. Yasin Fahjan Beyefendi'ye , Sayın İnş. Müh. Niyazi Parlar Beyefendi'ye , İnş. Müh. Serdar Altın Beyefendi'ye, kıymetli mesai arkadaşlarıma ve bana her zaman maddi ve manevi desteğini esirgemeyen aileme ve biricik eşim Zuhal Bilgiç Hanımefendi'ye sonsuz teşekkürlerimi bir borç bilirim

En içten saygılarımla,



İÇİNDEKİLER DİZİNİ

ÖZET

SUMMARY

TEŞEKKÜR

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

ŞEKİLLER DİZİNİ

TABLolar DİZİNİ

1. ONARIM ve GÜÇLENDİRME MALZEMELRİ

1

1.1. Giriş

1

1.2. Tamir Harçları ile Onarım ve Güçlendirme

2

1.3. Püskürtme Beton ile Onarım ve Güçlendirme

3

1.4. Epoksi Reçinesi ile Onarım ve Güçlendirme

7

1.5. Çelik Şeritlerle Onarım ve Güçlendirme

9

1.6. Lif Takviyeli Plastik Levhalarla Onarım ve Güçlendirme

10

2. TAŞIYICI SİSTEM ELEMANLARININ GÜÇLENDİRİLMESİ

11

2.1. Döşemenin Güçlendirilmesi

11

2.2. Kirişin Güçlendirilmesi

12

2.3. Kolonun Güçlendirilmesi

14

2.4. Kiriş-Kolon Bölgesinin Güçlendirilmesi

18

2.5. Perdenin Güçlendirilmesi

21

2.6. Temelin Güçlendirilmesi

23

3. TAŞIYICI SİSTEMİN YENİ ELEMANLARLA GÜÇLENDİRİLMESİ

25

3.1. Betonarme Perdelerle Güçlendirme

25

3.2. Çelik Çaprazlarla Güçlendirme

32

4. SİSMİK İZOLATÖRLER

35

4.1. Depreme Dayanıklı Yapı Tasarım Yaklaşımı

35

4.2. Sismik Yalıtımlı Yapı Tasarım Yaklaşımı

35

4.3. Sismik Yapı Yalıtımı ve Enerji Sönümlendirme

35

4.3.1. Sismik Yapı Yalıtımının Sağladığı Avantajlar

35

4.3.2. Sismik Yalıtım Cihazları ve Metodları

36

4.3.2.1. Kauçuk Esaslı Sismik İzolatörler

36

4.3.2.2. Sürtünme Esaslı Sismik İzolatörler

37

4.3.2.3. Enerji Sönümlendirici Cihazlar

37

4.3.2.4. Vibrasyon Kontrol Cihazları

38

4.3.3. Sismik İzolatör Cihazları İçin Kullanılan Standartlar

38

4.4. Köprü ve Viyadüklerin Depreme Karşı Dayanıklı Olarak Projelendirilmesi	39
5. ÖRNEK YAPININ ANALİZİ	50
5.1. Dinamik Analiz	52
5.2. Spektral Analiz	56
5.3. FPS'lerin Tasarım Parametreleri	61
5.4. LRB'lerin Tasarım Parametreleri	61
5.5. FPS'lerin ve LRB'lerin Program Üzerinde Tanımlanması	67
5.5. Doğrusal Olmayan Zaman Geçmişi Analizi	70
5.6. Maliyet Analizi	73
6.SONUÇLAR VE ÖNERİLER	74
KAYNAKLAR	75
ÖZGEÇMİŞ	76



ŞEKİLLER DİZİNİ



Sekil

1.1.Yakın ve Uzak Tabanca ile Püskürtme Uygulaması	
2.1.Döşemenin Kalınlaştırılarak Güçlendirilmesi	11
2.2.Mevcut Döşeme ile Yeni Döşeme Arasında Kayma Gerilmesi Bağının Sağlanması	11
2.3.Mevcut kirişin güçlendirilmesi	12
2.4.Mevcut Kirişin Bir ve İki Taraflı Güçlendirilmesi	13
2.5.Kolonun Yeni Donatı Eklenmesi ile Onarılması	13
2.6.Kolonun Mantolama ile Güçlendirilmesi	15
2.7. Kolonun Mantolama ile Güçlendirilmesine Değişik Örnekler	16
2.8.Kolonun Matolanmasında Katlar Arasındaki Kesitin Devam Etmesi Durumu	16
2.9.Kiriş-Kolon Birleşim Bölgesinin Çelik Şeritler Sarılarak Güçlendirilmesi	18
2.10.Kiriş-Kolon Birleşim Bölgesinin Mantolama ile Güçlendirilmesi	19
2.11. Kiriş-Kolon Birleşim Bölgesinin Çelik Levhalarla Güçlendirilmesi	20
2.12.Perdenin Kesit Kalınlaştırılarak Güçlendirilmesi	21
2.13.Temel Alt Seviyesine İnirmeden Temelin Güçlendirilmesi	22
2.14. Temel Alt Seviyesine İnilererek Temelin Güçlendirilmesi	23
2.15.Yapıya Eklenebilecek Değişik Perde Türleri	24
3.1.Dış Perdenin Mevcut Kirişe Bağlanması	25
3.2.Dış Perdede Temel Düzeni	26
3.3.Eksenel Perde Durumunda Donatı Düzeni	28
3.4.Güçlendirme Perdesinin Kirişi Sararak Yükselmesi ve Mevcut Kolonu Mantolayarak Bütünleşmesi	29
3.5.Dış Merkez Perdenin Katta Döşemeyi Delmesi Durumunda Donatı Durumu	30
3.6.Güçlendirme Perdesi Temeli	31
3.7.Normal Kuvveti Düşük Perdenin Oluşturulmasında Komşu Kolonun Normal Kuvvetinden Faydanılması	32
3.8.Çelik Çaprazlarla Güçlendirilmiş Bina	33
3.9.Çelik Çaprazların Betonarme Çerçeve İçine Yerleştirilmesi	34
3.10.Dışmerkez Çelik Çaprazların Betonarme Kirişe Bağlanması	34
5.1.Kalıp Planı	50
5.2.Yapının Sap 200’de Üç Boyutlu Görünüşü	51
5.3.Birinci Mod Şekli Ve Peryodu	52



Sekil

5.4.X-Z Düzleminde 2. Mod Şekli ve Peryodu	
5.5.Y-Z Düzleminde 3. Mod Şekli ve Peryodu	
5.6.X-Z Düzleminde 4. Mod Şekli ve Peryodu	54
5.7.Y-Z Düzleminde 5. Mod Şekli ve Peryodu	54
5.8.Üç Doğrultuda Analiz İçin Kesme Kuvveti (Fx) Diyagramı	56
5.9. Üç Doğrultuda Analiz İçin Eğilme Momenti (Mx) Diyagramı	57
5.10. Üç Doğrultuda Analiz İçin Kesme Kuvveti (Fy) Diyagramı	58
5.11. Üç Doğrultuda Analiz İçin Eğilme Momenti (My) Diyagramı	59
5.12. Üç Doğrultuda Analiz Sonucu Deplasman Diyagramı	60
5.13.FPS Sismik Cihazının Histerik Davranışı	64
5.14.Sismik İzolatörün (FPS) Sürtünme ve Hız İlişkisi	64
5.15.(NLLink Element) Doğrusal Olmayan Bağlantı Elemanı (FPS) Cihazının SAP 2000 'deki Görünümü	68
5.16.(NLLink Element) Doğrusal Olmayan Bağlantı Elemanı (LRB) Cihazının SAP 2000 'deki Görünümü	69
5.17.İzmit Depremi Kuzey-güney Bileşeninin İvme-zaman Grafiği	70
5.18.Yapının (LRB Ø700) Çatı Kodu Deplasmanı(Y yönünde)	71
5.19.Yapının (LRB Ø700) Çatı Kodu Deplasmanı (X yönünde)	72
5.20.Maliyet Analizi	73

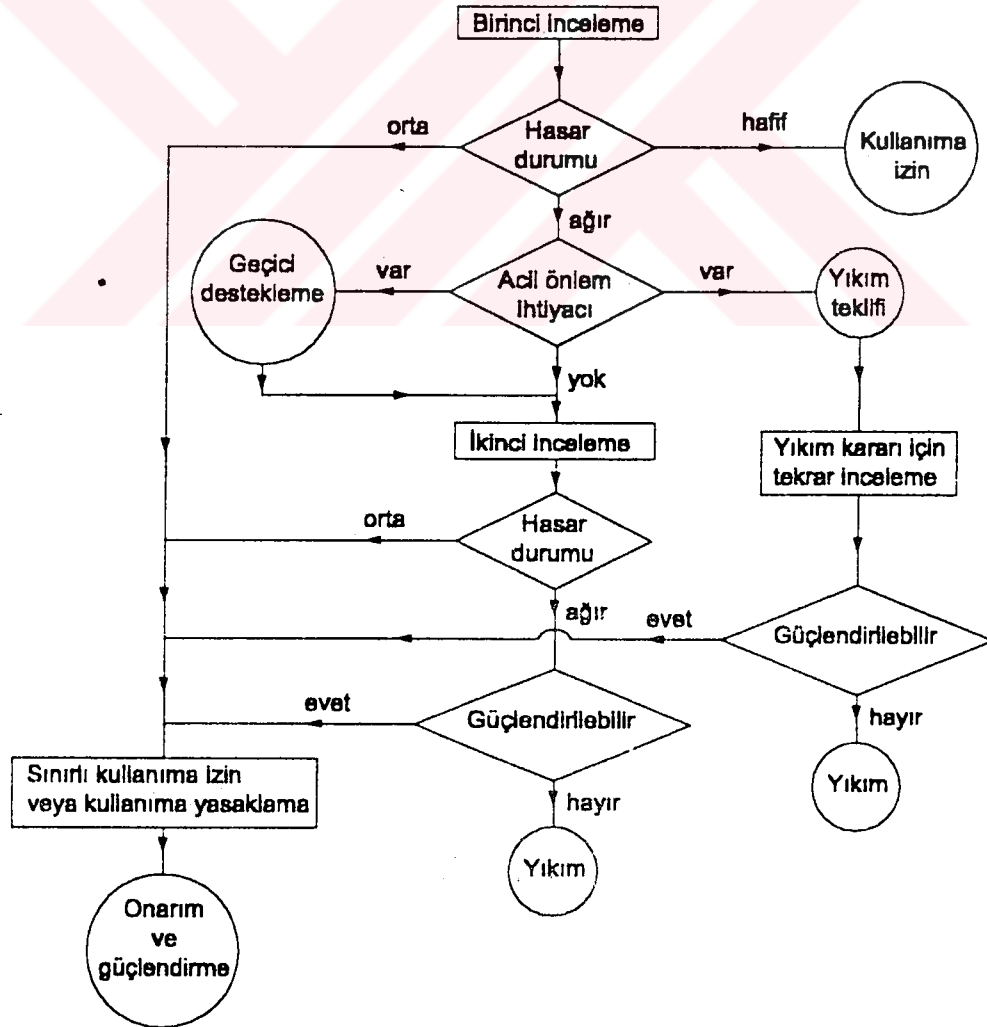
TABLOLAR DİZİNİ

<u>Tablo</u>	<u>Sayfa</u>
1.1. Deprem Hasarı Görmüş Binanın İncelenmesinde İzlenen Yol	1
1.2. Beton ve Epoksi Reçinesinin Mekanik Özelliklerinin Karşılaştırılması	8
1.3. Lif Takviyeli Plastiklerin (LTP) Mekanik Özellikleri	10
5.1. Kolon Kesitleri	50
5.2. Yapının Doğal Titreşim Peryodları ve Modları	55
5.3. Etkin Kütle Oranları	55
5.4. Analiz Sonucu Elde Edilen Max. Değerler	60
5.5. LRB Ø400'ün Parametrik Değerleri	62
5.6. LRB Ø600-700'ün Parametrik Değerleri	63
5.7. BRG-A Cihazının Parametrik Değerleri	65
5.8. BRG-B Cihazının Parametrik Değerleri	65
5.9. BRG-C Cihazının Parametrik Değerleri	65
5.9. LRB Ø400 Cihazının Hesabedilen Parametrik Değerleri	66
5.10. LRB Ø600 Cihazının Hesabedilen Parametrik Değerleri	66
5.11. LRB Ø700 Cihazının Hesabedilen Parametrik Değerleri	66
5.13. Maliyet Analizi	73

1. ONARIM VE GÜÇLENDİRME MALZEMELERİ

1.1.Giriş

Depremden sonra yapılan inceleme sonucu binalar hafif, orta ve ağır hasarlı olarak üç 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 *Tablo 1.1.* de verilen akış diyagramı ile ayrıntılı biçimde tanımlanmıştır. 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.



Tablo 1.1. Deprem hasarı görmüş binanın incelenmesinde izlenen yol

Betonarme yapı elemanları için günümüzde çok değişik güçlendirme malzemeleri mevcuttur. Bunlar, özellikleri yüksek olduğu oranda pahalı olup, uygulaması daha çok özen ister. 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.

1.2. Tamir Harçları ile Onarım ve Güçlendirme

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 yüzeyle 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 dışa 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 kurulandırılarak, 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 20 mm 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 *10mm* 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 doygun 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.

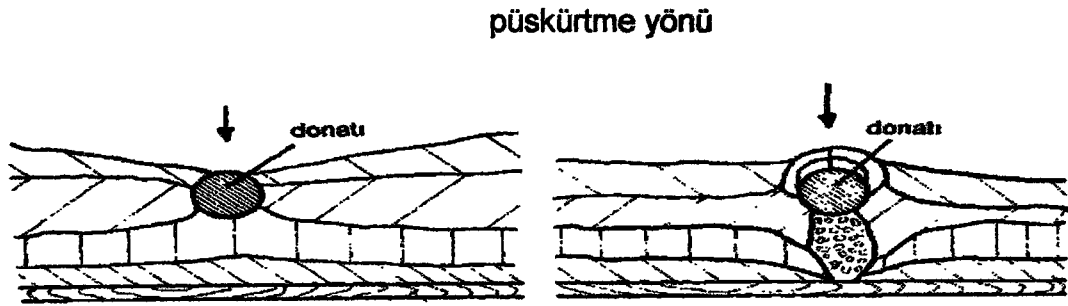
1.3. Püskürtme Beton ile Onarım ve Güçlendirme

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 etkidir.

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



Şekil 1.1. a) Yakın ve

b) uzak tabanca ile püskürtme uygulaması

yerleştirilmelidir. Donatı hasırı pimlerle veya takozlarla beton püskürtülecek yüzeye bağlanarak bu koşul yerine getirilebilir. Küçük çaplı donatılar tercih edilmeli ve gerektiğinde kullanılan büyük çaplı donatının beton tarafından sarılmasına özen gösterilmelidir. Ayrıca; donatı, beton karşı taraftan ve düşeyden az bir sapma ile püskürtülebilecek şekilde yerleştirilmelidir. Donatıların etrafında betonun boşluk bırakmadan püskürtülmesini sağlayacak kadar mesafe bulunmalıdır. Donatıların birbirine, donatının kalıba veya donatının arka yüzeye mesafesi olan bu aralık, en büyük dane büyüklüğüne ve donatının çapına bağlı olmakla beraber, ince malzemeli püskürtme harç ve ince çaplı hasır donatı kullanıldığında en az 10~20mm olup, püskürtme beton ve büyük çaplı donatılarda 40~50mm 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 50~60mm den ve konulacak hasır donatının göz aralıkları da 50mm den küçük olmamalıdır. Daha küçük gözlü hasır donatı ancak konstrüktif donatı olarak konulabilir.

Püskürtme beton kalınlığının 50mm 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 yönde 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 40Ø olmalı ve çubuklar ekte birbirlerine bağlanmamalı, araları en az 50mm 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 zayıt 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. Fazla yakın tutulan tabancada ise, yüzeye yapışmadan sıçrayan beton fazla olur (Şekil 1.1.)

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 zayıt 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 akmaması 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 20~30mm yi aşmaması tavsiye edilirken, döşemelerde bu kalınlık rahatlıkla 70mm 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 oram 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 taneli agrega çoğalır, az da olsa elek eğrisi değişir. Geri sıçrayan çimento miktarı az olup 50kg/m^3 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, sıkılık ve su-çimento oranı deneyle belirlenmelidir. Püskürtme betonun tabakalı uygulamasında, her bir tabaka çekiçe kontrol edilerek şüpheli yerlerdeki beton uzaklaştırılmalıdır. En az her 100m^3 betonda bir defa püskürtülen betonun sıkılığı, 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.

1.4. Epoksi Reçinesi ile 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 1.2.de verilmiştir. Genel olarak reçinenin kullanım sırasındaki sıvı döneminin uzun olması ve hemen kapta 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.

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

Tablo 1.2. Beton ve epoksi reçinesinin mekanik özelliklerinin karşılaştırılması

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 100~150mm derinliğinde ve 10mm 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.

Epoksi enjeksiyonu genellikle genişliği 0.5~5mm arasındaki çatlaklar için başarı ile uygulanır. Çatlak genişliğinin küçük olduğu durumda (0.1-0.5mm), 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 artırır.

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 etmek üzere yapılan tersinir yükleme deneylerinden, onarım gören kirişlerin çok iyi enerji yutma kapasitesine sahip oldukları belirlenmiştir. Donatıdaki pekleşme nedeniyle, onarılmış kirişlerin, çatlamamış 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.

1.5. 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 1.0~1.5mm 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.

1.6. Lif Takviyeli Plastik Levhalarla Onarım ve Güçlendirme

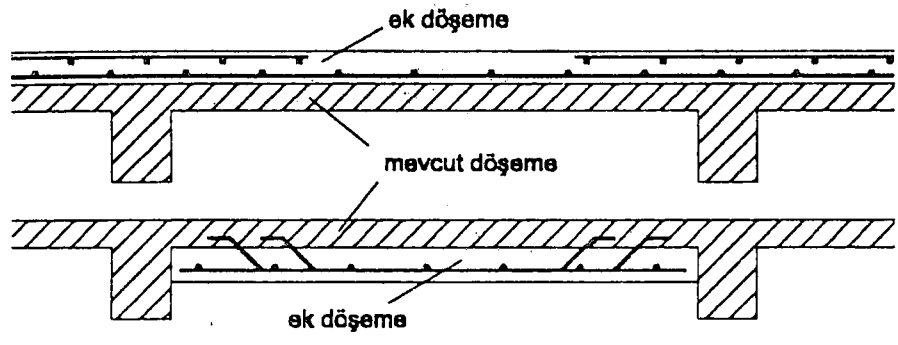
Bu uygulama çelik şerit yapıştırma işlemine benzer. Hafif olması, korozyon tehlikesinin bulunmaması ve büyük boyutlarda bulunması üstünlükleridir. Ayrıca, elastiklik modülünün küçük olması ve güç tükenmesi durumunda büyük şekil değiştirmeler yapabilmesine sebep olur. Ancak, güç tükenmesine kadar elastik davranışı sebebiyle, malzeme düşük sürekliliktir. Sürekli yük altında başlangıç 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 1.3). 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.

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 sürekliliğini olumsuz yönde azaltırlar.

Malzeme	Elastiklik modülü (GPa)	Çekme davranımı (Mpa)	Güç tükenmesi uzaması (%)	Sürekli yükte davranım kavbı (%)
Cam-LTP	50	1700-2 100	3	60
Aramid-	65-120	1700-	2-3	50
Karbon-	135-190	1700-	1-1.5	15
Çelik	200	220-460	0.2	-

Tablo 1.3. Lif takviyeli plastiklerin (LTP) mekanik özellikleri (akmagerilmesi)



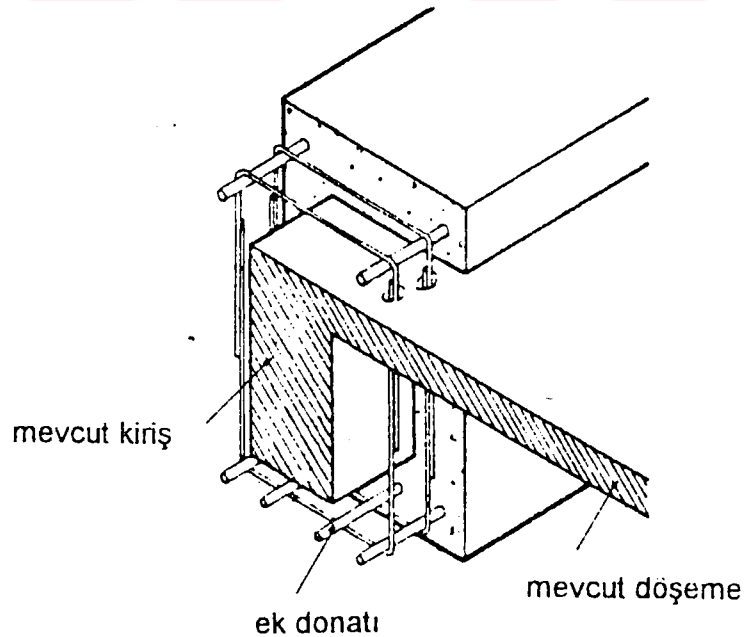
Sekil 2.1. Döşemenin kalınlaştırılarak güçlendirilmesi

kalınlığının artırılmasıyla, kesitin eğilme rijitliği artırılır. Üstten yeni beton tabakası ile kalınlaştırılabileceği gibi alttan püskürtme beton uygulayarak döşemenin dayanımı artırılabilir (Şekil 2.1.). 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 2.2.)

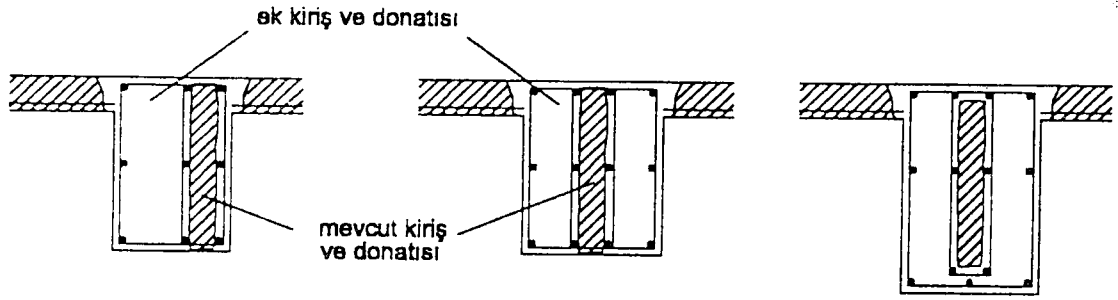
2.2. Kirişin Güçlendirilmesi

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.

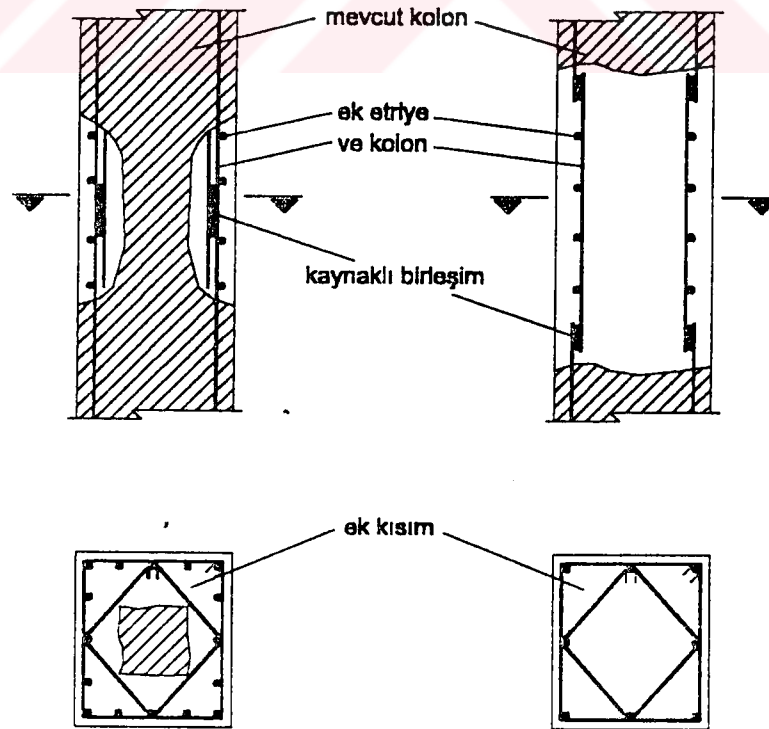


Şekil 2.3. Mevcut kirişin güçlendirilmesi



Şekil 2.4. Mevcut kirişin bir ve iki taraflı güçlendirilmesi

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. 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.



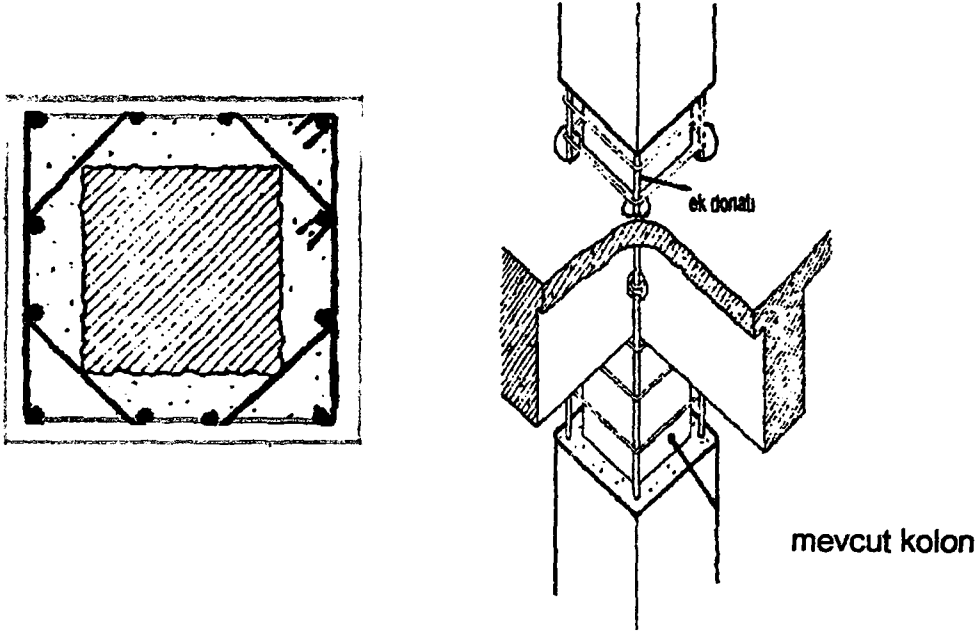
Şekil 2.5. Kolonun yeni donatı eklenmesi ile onarılması

Kirişler, gerekli durumda dört veya üç tarafından beton manto giydirilerek güçlendirilebilir (Şekil 2.3.). Mevcut ve yeni betonun bütünleşmesini sağlamak amacıyla, mevcut betondaki beton örtü tabakasının kaldırılması ve yüzeyin temizlenmesi gerekir. Donatı düzeninde uygun kenetlenme, bırakılan uygun boylarla, kaynaklama ile veya kenetleme plakaları kullanılmasıyla sağlanmalıdır. Yeni donatılar döşemedeki deliklerden geçerek kirişi çevreleyen etriyelerle sarılmalıdır. Döşeme delikleri güçlendirme kirişine beton dökmek için de kullanılabilir. Güçlendirme için konulan donatılar, köşegen yönündeki çubuklarla veya çelik plakalarla mevcut donatılara bağlanmalıdır.

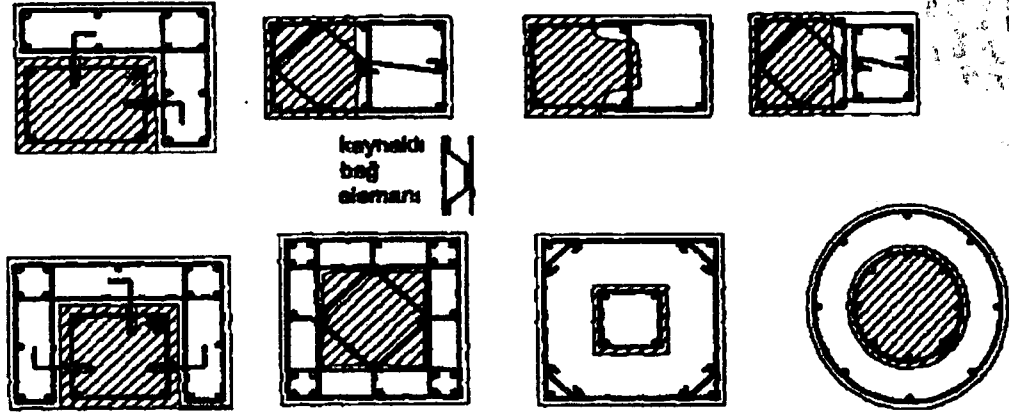
Kirişin yalnız mesnet bölgelerinin güçlendirilmesi ile yetinilmesi söz konusu ise mesnette döşeme kırılarak açılır, mesnet bölgesi için gerekli ek donatı yerleştirilerek etriyelerle sarılır. Kiriş kesitinin genişletilmesi tek veya çift taraflı olabilir ve kiriş yüksekliği de arttırılabilir (Şekil 2.4). Kirişlerde mesnet kesitinin güçlendirilmesi, döşeme kalınlığının arttırılıp üst donatı eklenmesiyle veya alttan kolonu geçen bir donatı konulmasıyla yapılabilirse de, uygulaması zordur.

2.3. 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 sürekliliği, 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 0.1~5mm genişliğindeki çatlaklar epoksi reçinesi ile onarılabilir. Bu amaçla 0.20~1.00m 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.

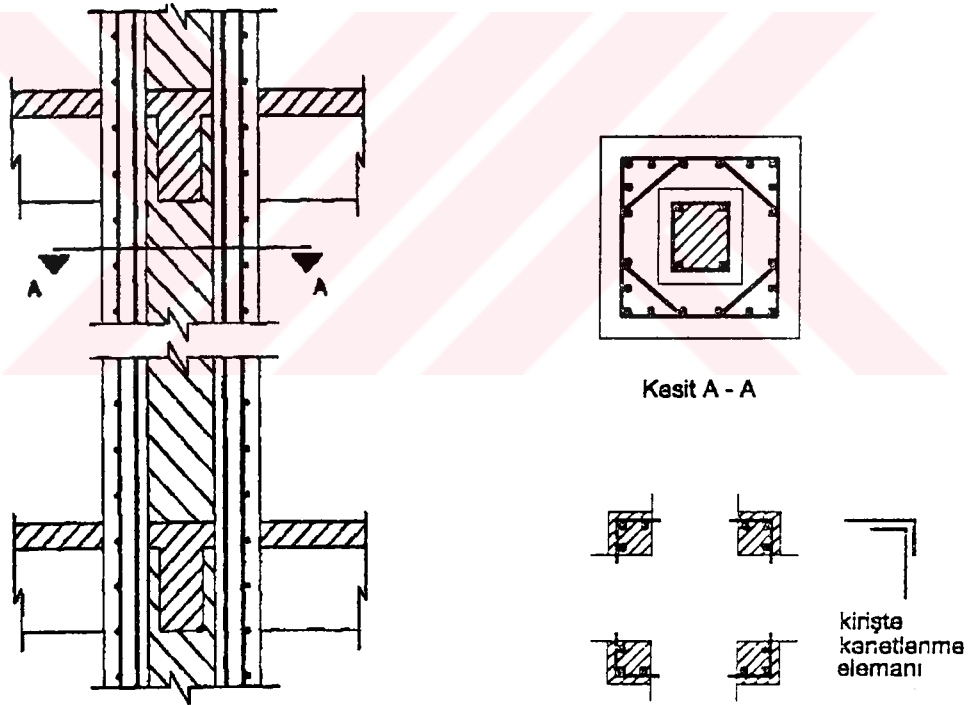


Şekil 2.6. Kolonun mantolama ile güçlendirilmesi



Şekil 2.7. Kolonun mantolama ile güçlendirilmesine değişik örnekler

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 doymun duruma



Şekil 2.8. Kolonun mantolanmasında katlar arasında kesitin devam etmesi durumu

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 2.5).



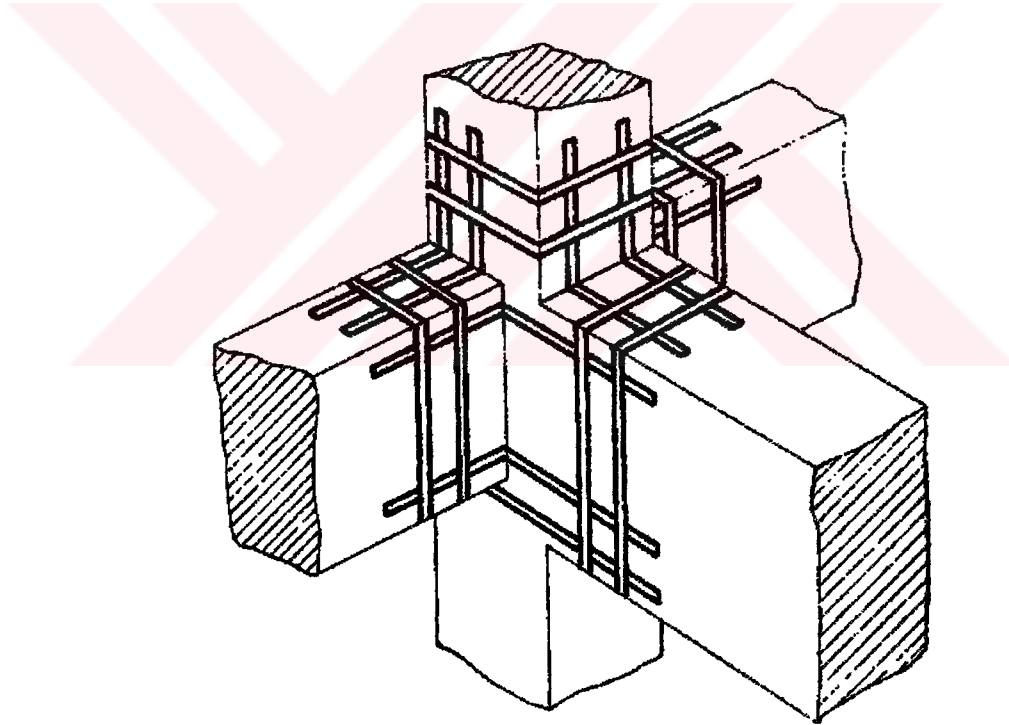
Kolonun taşıma gücünün artırılması için yaygın olarak kullanılan diğer bir yöntem de kolonun mantolanmasıdır (Şekil 2.6.). Mantolama da mevcut kolona, beton kesiti ve donatı eklenir. Mevcut ve yeni kolonun bütünleşmesini sağlamak için ara yüzün pürüzlendirilmesi gereklidir. Manto kalınlığının, betonlama sırasında boşluk kalmaması için, 100mm den az olmaması uygundur. Uygulamadaki duruma göre kolon bir, iki, üç ve dört tarafından mantolanabilir (Şekil 2.7). Ancak, tüm çevreyi kaplayan bir mantolama tercih edilmelidir. Bu suretle mevcut ve yeni beton arasında tam bir kuvvet iletişimi sağlanabilir. Tüm çevrenin mantolanmaması durumunda, mevcut kolonun boyuna donatısının ve etriyesinin meydana çıkarılarak, yeni etriyelerin bunlara doğrudan veya bir bağ parçası ile kaynaklanması gereklidir. Dört taraftan mantolama da yüz pürüzlendirilmesi genellikle yeterli olursa da, büyük etkiler söz konusu olduğunda beton örtü tabakasının kaldırılması uygun olur. Özellikle bir, iki ve üç taraflı mantolama da, 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 artırılmadığı 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 2.8). Bunun gibi manto kısmında, kolonlar için öngörülen konstrüktif kurallara uyulması gerekir.

Kolonlar lif takviyeli plastik levhalarla sarılarak da onarılıp, güçlendirilebilir. Bu suretle 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.

2.4.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.

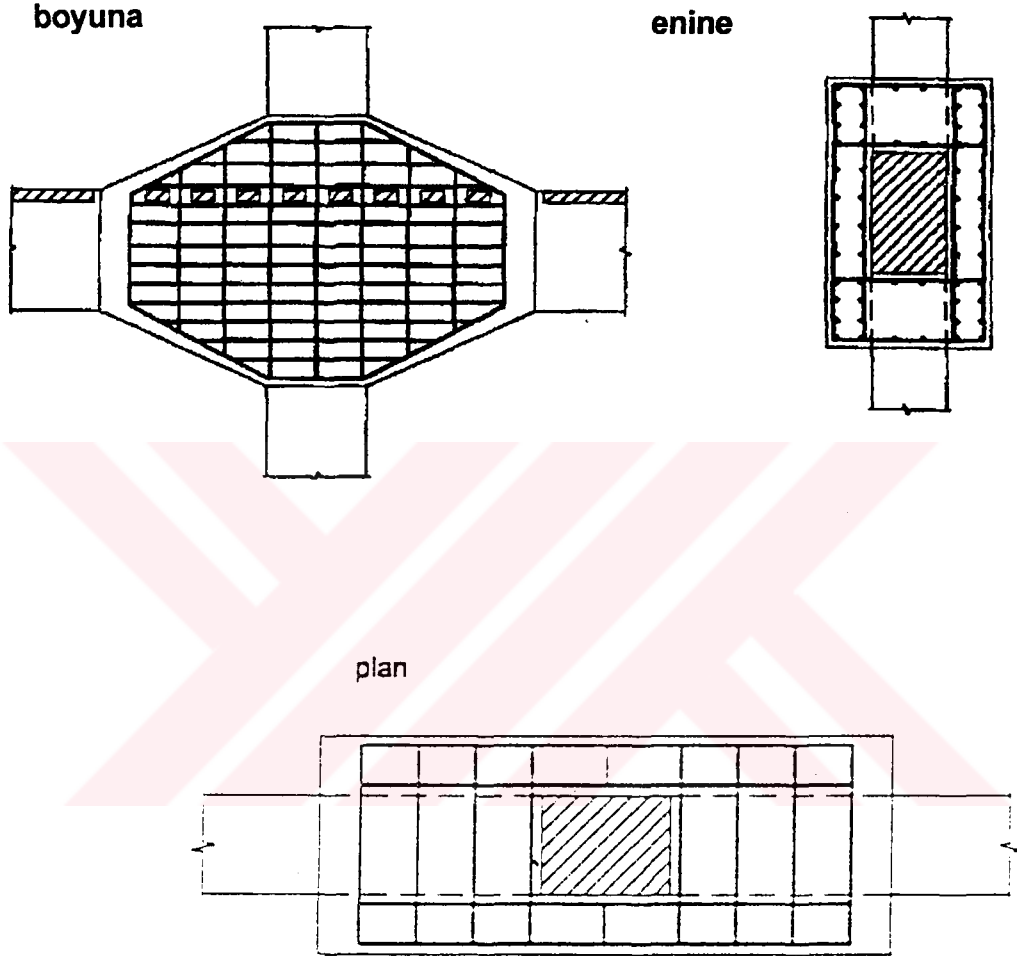


Şekil 2.9. Kiriş-kolon birleşim bölgesinin çelik şeritler sarılarak güçlendirilmesi

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

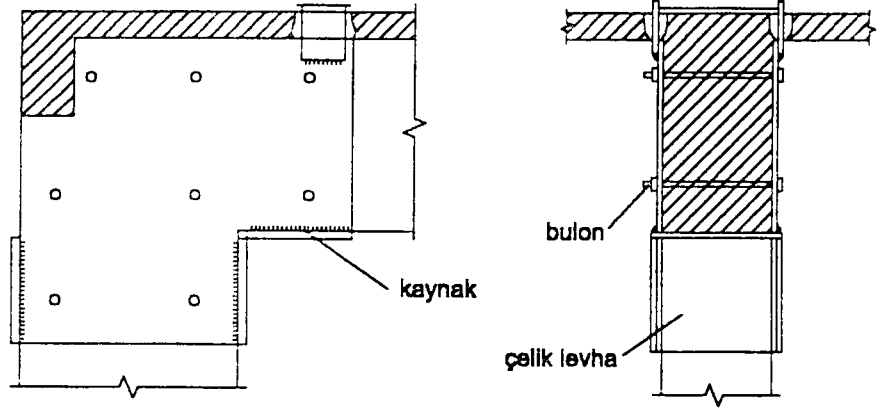
dağılmanın önlenmesi ve hem de kuvvet iletimini sağlamak için uygun olabilir.

Hasarın daha da yaygın olması durumunda, kiriş-kolon birleşim bölgesi, çelik şeritler yapıştırılarak ve sarılarak güçlendirilebilir (Şekil 2.9). Bu suretle, kesitlerin eğilme momenti kapasiteleri artırılırken; sarılan lamalarla, bu bölgede



Şekil 2.10. Kiriş-kolon birleşim bölgesinin mantolama ile güçlendirilmesi

oluşturulan enine basınçla, betonun dolayısıyla elemanın sürekliliği artırılır. İhtiyaç 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.



Şekil 2.11. Kiriş-kolon birleşim bölgesinin çelik levha ve ön gerilmeli bulonlarla güçlendirilmesi

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 (~0.20m 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.

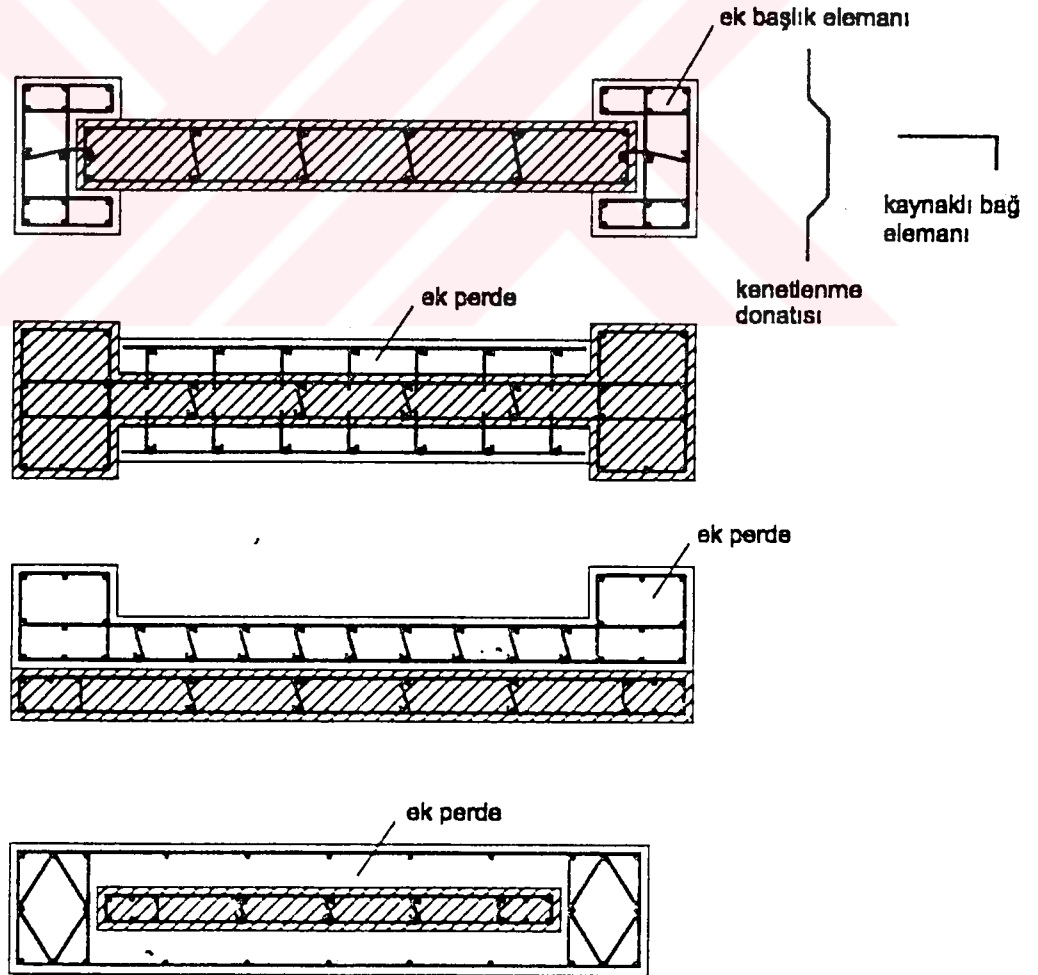
Duruma özgü bir yaklaşım gerektiren, kiriş-kolon birleşim bölgesinin güçlendirilmesine bir örnek de Şekil 2.10.de verilmiştir. Burada mantolama yoluyla birleşen elemanların bütünleşmesi sağlanmaktadır. Kısa donatıların kenetlenmesi için kaynak kullanılması ve mevcut ve yeni betonun bütünleşmesi için beton örtü tabakasının kaldırılması gerekli olabilir. Yerleştirilecek donatının bir uzay kafes sistemi oluşturması ve kuvvet akışı ile uyumlu yerleştirilmesi amaca hizmet edecektir. Bu donatıları örtecek ve rijitliği sağlayacak beton kesitinin oluşturulması da gereklidir. Şekil 2.10. 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 2.11.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.

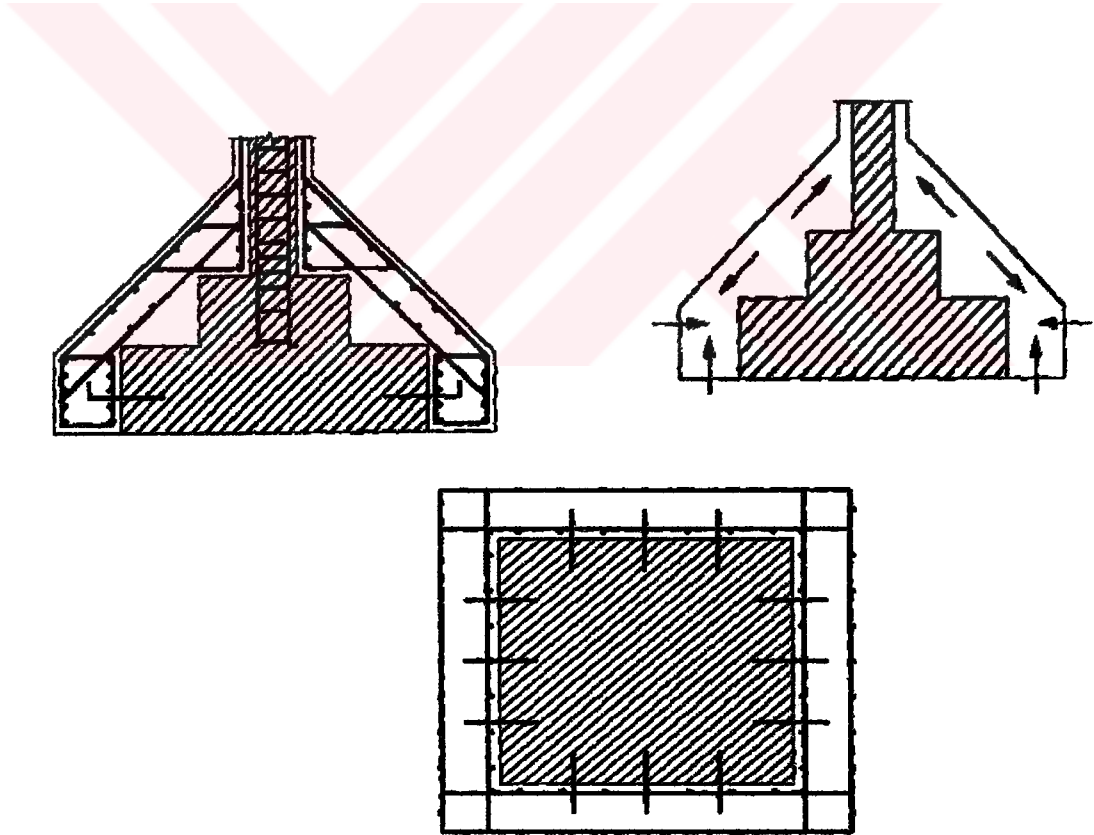
2.5. Perdenin Güçlendirilmesi

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.



Şekil 2.12. Perdenin kesit kalınlaştırılması ile üçlendirilmesi

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 doldurulamadığı 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 işlemten önce çatlakların epoksi enjeksiyonunun yapılması ve yüzeyin temizlenmesi önemlidir.



Şekil 2.13. Temel alt seviyesine inilmeden temelin güçlendirilmesi

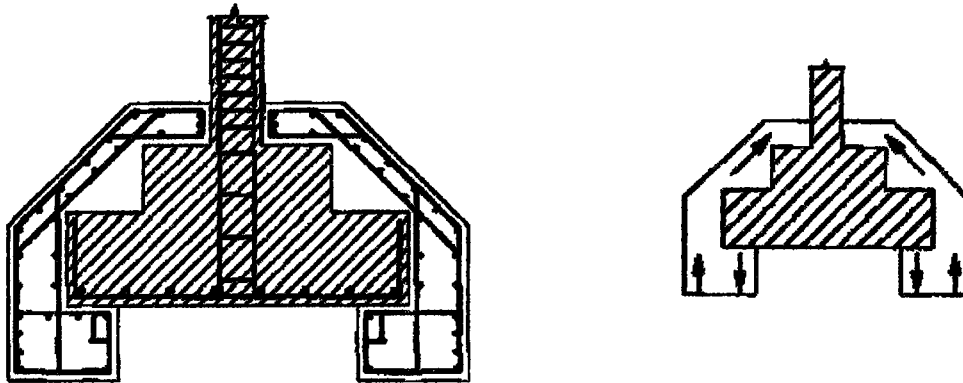
Eğer mevcut perde yetersiz kalırsa, kalınlığını arttırarak rijitliğini ve dayanımını yükseltmek önerilir (Şekil 2.12). Kalınlığın arttırılması sırasında ek donatıların yerleştirilmesi ve uygun başlık yapılması gerekli olabilir. Yeni donatıların

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 yüzüne epoksi uygulaması gerekli olabilir. Perdenin eğilme dayanımı yeni başlık kısımlarının ilavesi ve gerekli donatı düzeninin sağlanması ile artırılabilir.

2.6. 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 temele ilave yapılabildiği gibi, yeni temel düzenlenebilir veya temel zemini iyileştirilebilir.

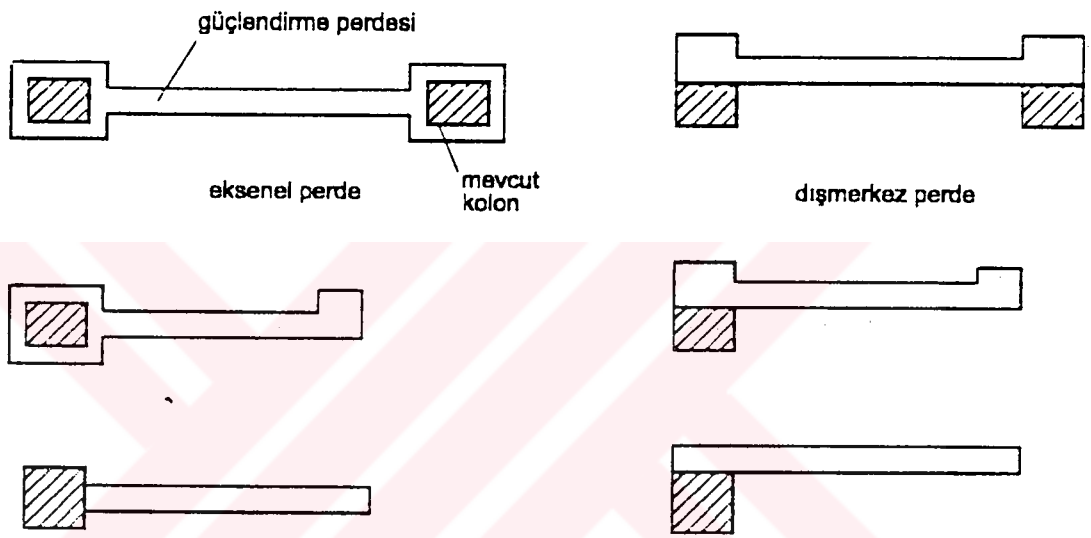
Şekil 2.13. de kolonu da mantolanarak güçlendirilen bir temeldeki mantolama şekli görülmektedir. Sadece temelin güçlendirilmesine bir örnek de Şekil 2.14. de verilmiştir. Temelden üst yapıya aktarılabilecek tepkiyi eski temel vasıtasıyla



Şekil 2.14. Temel alt seviyesine inilerek temelin güçlendirilmesi

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

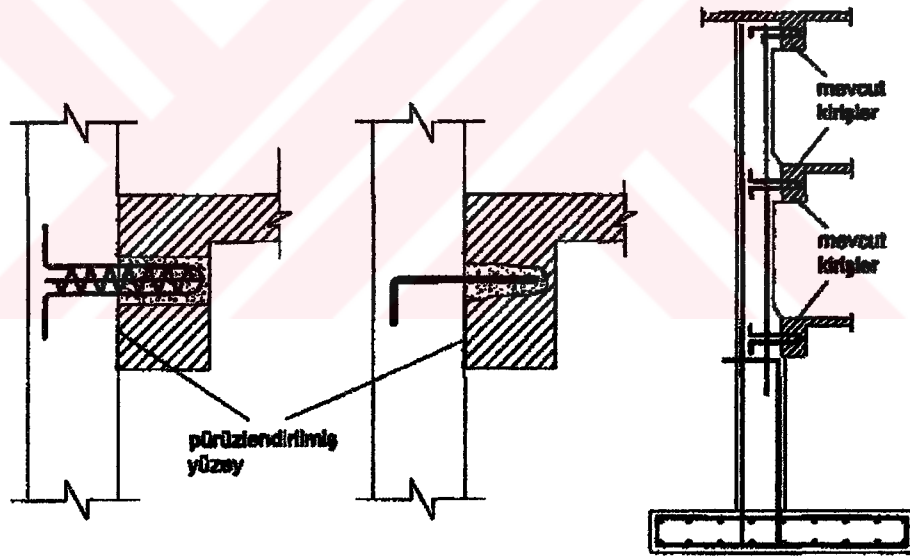
edilmelidir. Ayrıca, iki beton yüzünden kayma gerilmeleri iletimi için dikiş çubukları veya beton yüzeyine epoksi uygulaması gerekli olabilir.



Şekil 2.15. Yapıya eklenebilecek değişik perde türleri

3. TAŞIYICI SİSTEMİN YENİ ELEMANLARLA GÜÇLENDİRİLMESİ

Mevcut yapının yanal yük dayanımı yeni yapı elemanlarının eklenmesiyle artırılabilir. Bu elemanlar uygun projelendirildiğinde deprem etkisinin büyük bir kısmına karşı koyarak, mevcut sistemin yükünü önemli ölçüde azaltırlar. Kullanılacak yeni taşıyıcı eleman, mevcut yapının taşıyıcı sistemine ve hasar durumuna bağlıdır. Yeni elemanlarla tüm sistemin deprem davranışının değişebileceği unutulmamalıdır. Güçlendirme için öngörülen yeni elemanlarla sistemin rijitliği 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.



Şekil 3.1. Dış perdenin mevcut kirişlere bağlanması

3.1. Betonarme Perdelerle Güçlendirme

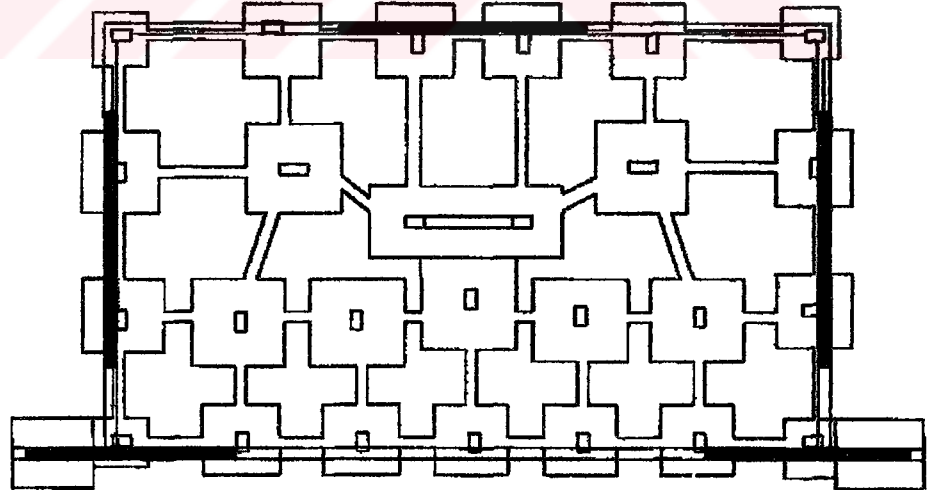
Taşıyıcı sistemin depreme karşı güçlendirilmesinde yeni perdelerin ilave edilmesine oldukça yaygın olarak rastlanır (Şekil 2.15). Perdelerin yerlerinin seçiminde, deprem yükleri altında ek burulma momenti meydana getirilmemesine ve kütle ve rijitlik merkezlerinin olabildiğince yaklaşmasına özen gösterilmelidir.

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 de 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.

a. 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 perdelerle göre daha sünek olmasına karşılık



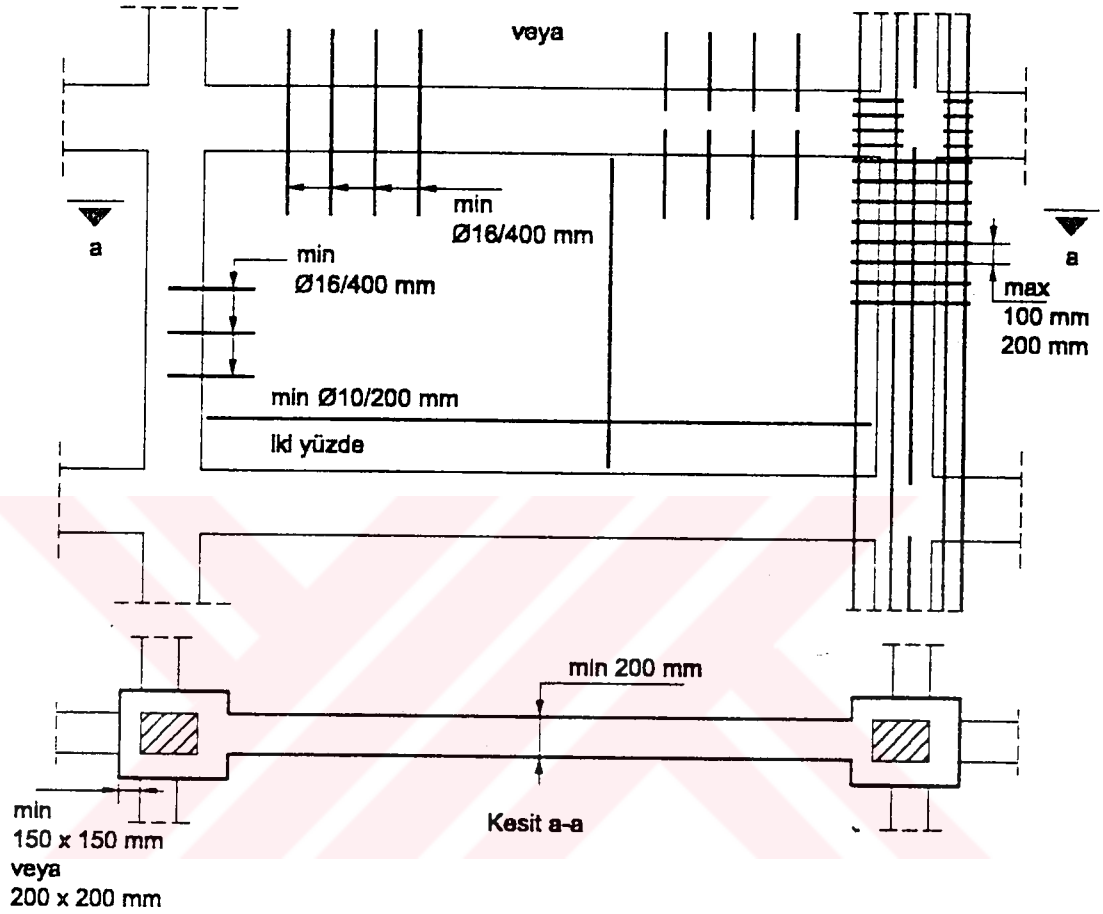
Şekil 3.2. Dış perdede temel düzeni

inşası ve donatı detayları daha fazla özen ister. Binanın cephesinde balkon bulunması güçlendirme perdesinin düşey sürekliliğinin oluşturulmasında zorluklar çıkarır (Şekil 3.1). 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 3.2).

b. İç betonarme perdeler

İç perdeler planda binanın iç kısımlarında bulunurlar. Bunlar genellikle iki uçtaki kolonu mantolayarak onlarla bütünleşirler (Şekil 3.3). Bu durum perdenin mevcut sistemle bütünleşmesini sağlayacağı gibi, perdenin uçlarında meydana gelecek çekme kuvvetinin kolon basınç kuvvetini göz önüne alarak azaltılmasını da sağlar. Bunun yanında perde temelinde 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. Her iki durumda da perde kat seviyelerinde döşemeyi başlık bölgelerinde deler, bu suretle 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 3.4.). Eğer perdenin bir ucu kolonu dört kenardan mantolayarak bağlanmıyor, sadece kolonun üç, iki veya bir kenarı ile birleşiyorsa, kolon ile perde arası bütünleşmeyi komşu kolon yüzeylerine belirli aralıklarla yerleştirilecek bağ (dikiş) donatılan 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 3.5.)- Ancak, bu durum perde kalınlığının büyük olmasını gerektirdiği için pek tercih edilmez.

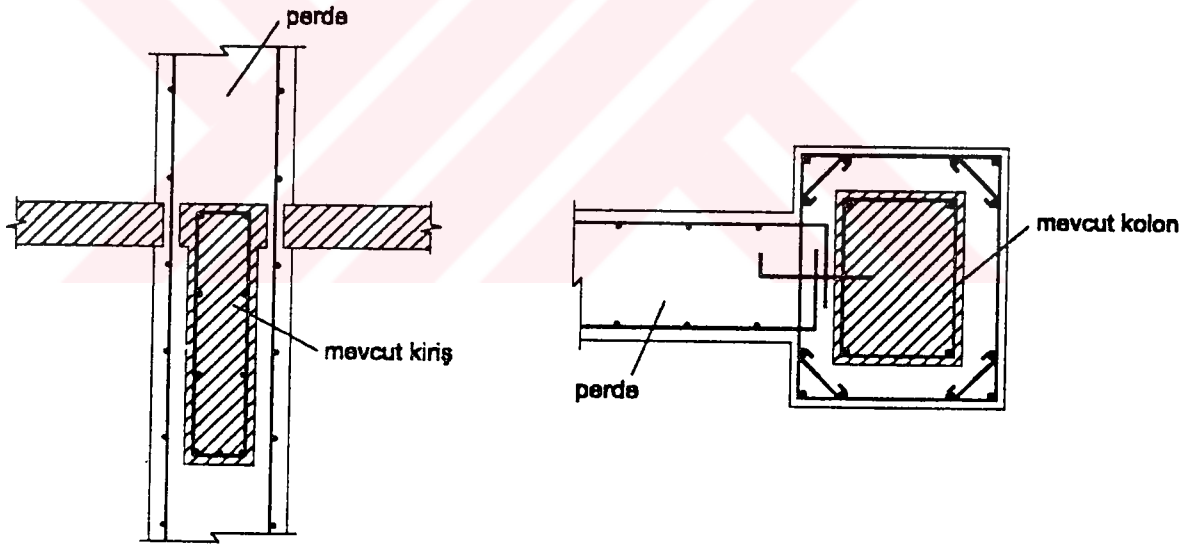


Şekil 3.3. Eksenel perde durumunda donatı düzeni

c. Eksenel betonarme perdeler

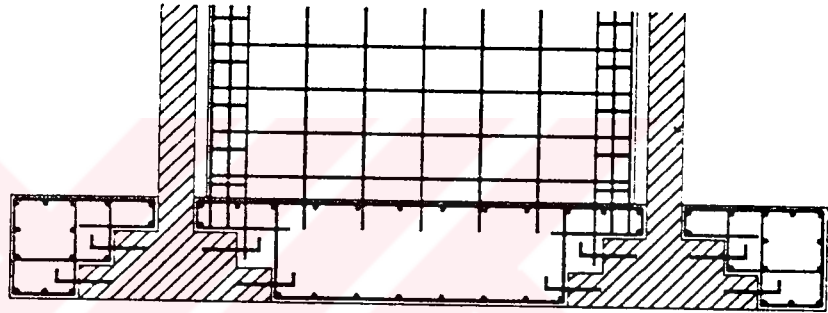
Perdeler kolon ve kirişlerin oluşturduğu çerçeve gözlerindeki bölme duvarları perdeye dönüştürülerek, güçlendirme yapılabilir. Kolon ve kiriş eksenleri arasında kalan bu tür perdeler mimari düzeni en az rahatsız ettikleri için tercih edilirler. Yapının kiriş ve kolonlarındaki hasar az ise veya onarımla eski duruma getirilmişse, bölme duvarlarına taşıyıcılık kazandırılması, özellikle iki veya üç katlı yapılarda yeterli olabilir. Bina kat adedinin az olması nedeniyle bina deprem yükü yığma yapı davranışına yakın bir çalışma tekli 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. 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 donatılan epoksi ile kolon ve kirişe bağlanabildiği gibi, kaynaklı donatı birleşimi de kullanılabilir. Kirişlerle perdenin beraber çalışması da benzer şekilde sağlanabilir. Ancak, böyle bir değişiklikle, 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.

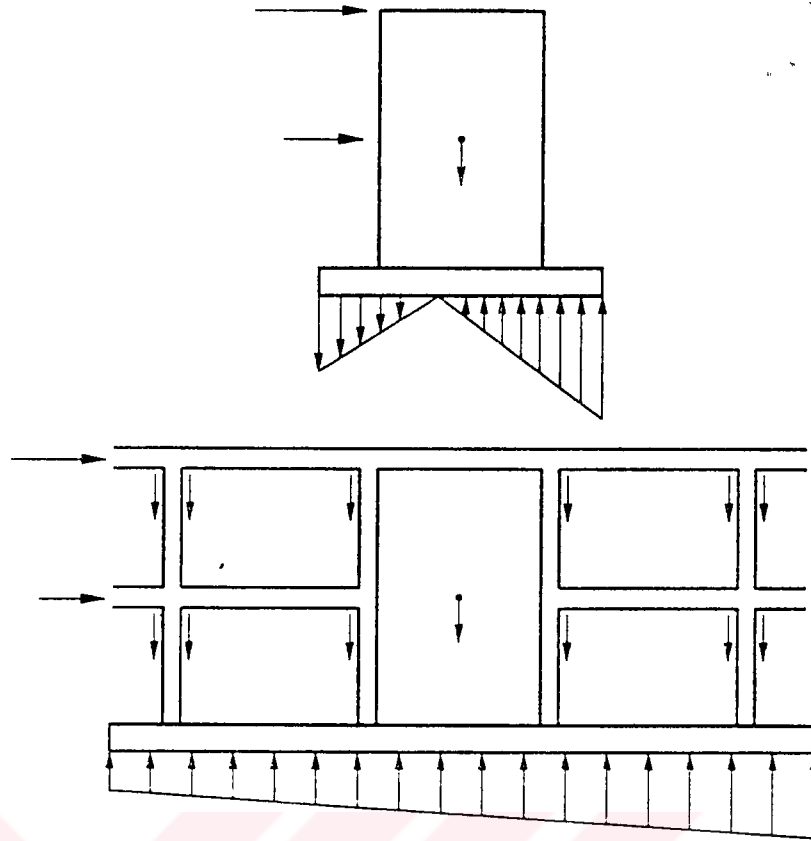


Şekil 3.4. Güçlendirme perdesinin mevcut kirişi sararak yükselmesi ve mevcut kolonu mantolayarak bütünleşmesi

veya plak temel düzenlenmesidir. Bu suretle kolonların normal kuvvetlerinden faydalanarak perdeye komşu tekil temeller birleştirilerek büyük bir perde temeli yapılması gerekebilir (Şekil 3.7). 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 donatılan yerleştirmek önerilir.



Şekil 3.6. Güçlendirme perdesi temeli

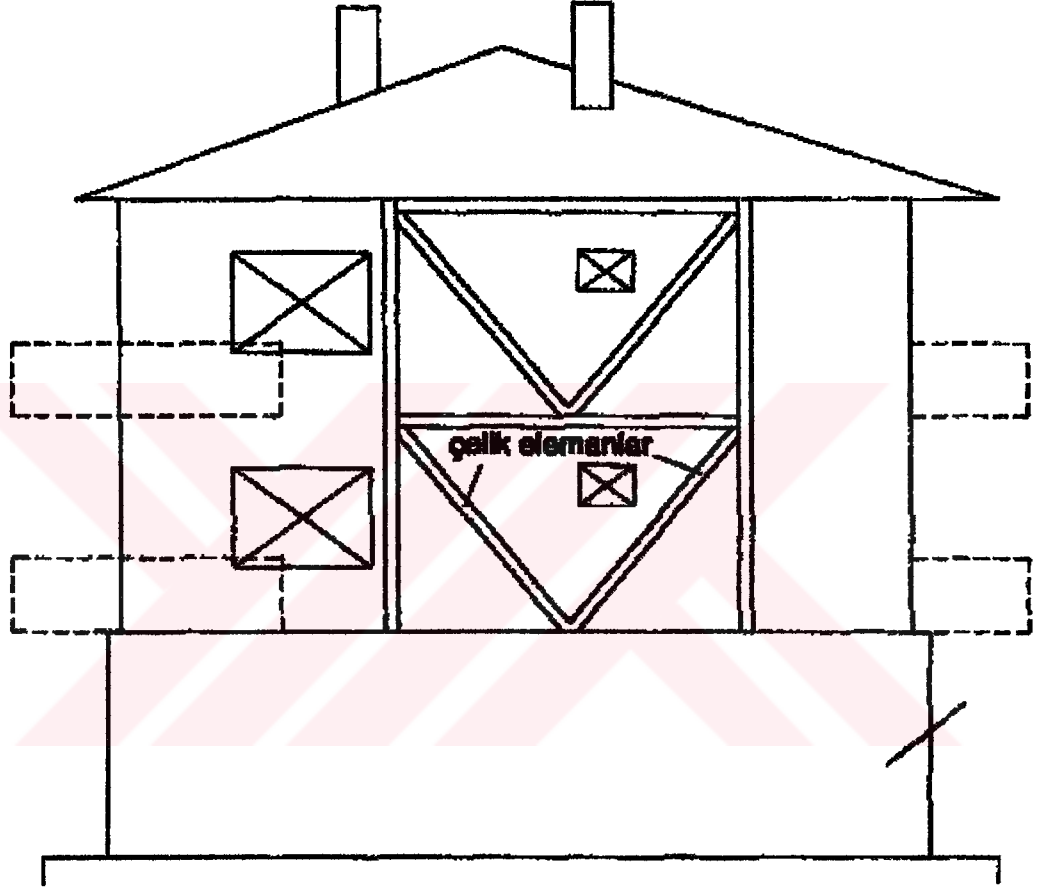


Şekil 3.7. Normal kuvveti düşük perde temelinin oluşturulmasında komşu kolonların normal kuvvetlerinden faydalanılması

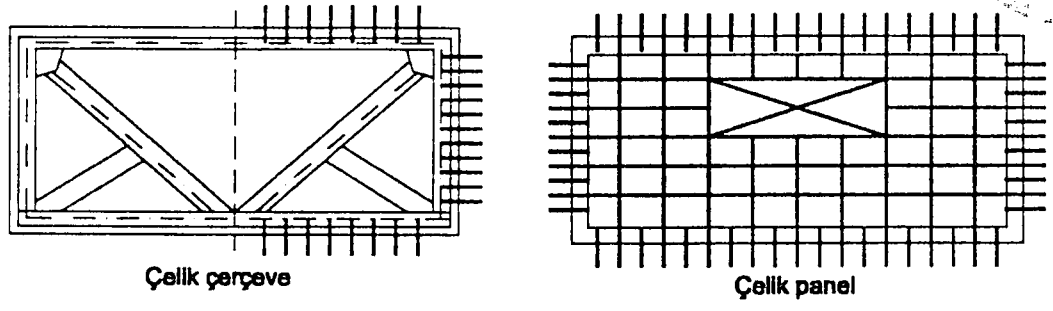
3.2. Çelik Çaprazlarla Güçlendirme

Taşıyıcı sistem betonarme perdeler yerine çelik çaprazlar kullanılarak güçlendirilebilir. Bu durumda en basit uygulama kiriş-kolon düzlemine yerleştirilecek çaprazlar yanında kolon ve kirişe bitişik konulacak çelik elemanlarla yapılabilir. Eksenel çelik çaprazlar yanında dış merkez çaprazlar da kullanılabilir (Şekil 3.8). Ancak, bu durumda dışmerkezlik nedeniyle kuvvetlerin alınması yeni güçlükler doğurabilir. Çaprazlar betonarme çerçevenin içinde oluşturabildiği gibi, dışında da oluşturulup ona bağlanabilir (Şekil 3.9 ve Şekil 3.10). 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 çelik kesitleriyle mümkün olur. Bunun yanında mevcut

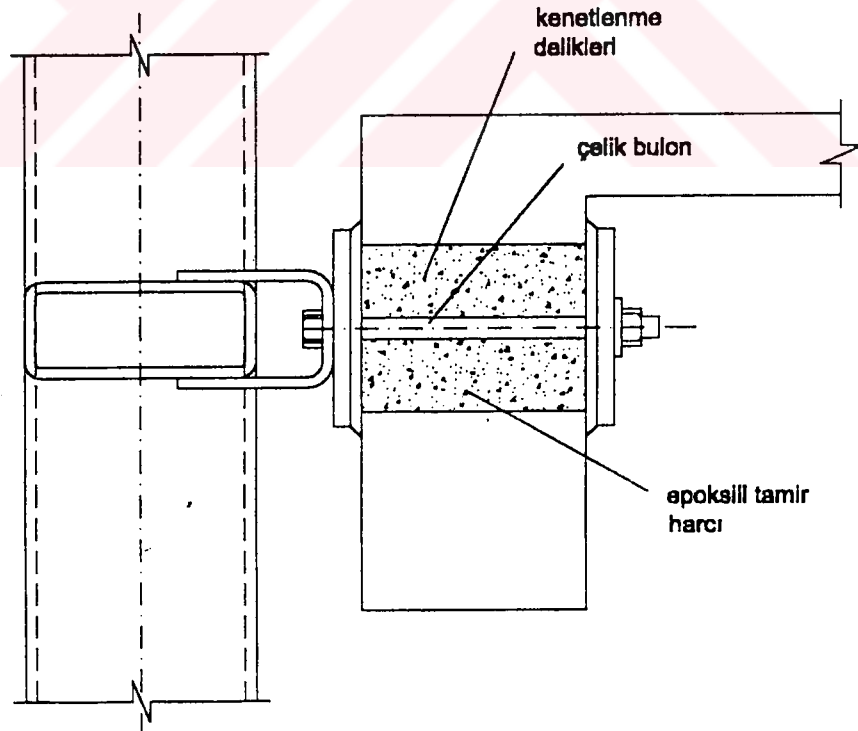
betonarme sistemle elik sistemin bütünleşmesini sağlamak ve betonarme sistemde oluşan deprem kuvvetlerinin önemli bir kısmını elik taşıyıcılara iletmek ayrıntılı çalışma gerektiren bir husustur.



şekil 3.8. elik aprazlarla güçlendirilmiş bina



Şekil 3.9. Çelik çaprazların betonarme çerçeve içine yerleştirilmesi



Şekil 3.10. Dışmerkez çelik çaprazların betonarme kirişe bağlanması

4.SİSMİK İZOLATÖRLER - SEISMIC ISOLATORS

4.1.Depreme Dayanıklı Yapı Tasarım Yaklaşımı

Yapıların depreme dayanıklı tasarımı, genellikle yapıları depremde gelen yükleri taşıyabilecek yada başka bir deyişle depremde meydana gelen titreşim enerjisini tüketebilecek güçte tasarlayıp inşa etmekle sağlanmaktadır. Bu yaklaşımda depremin yapıya getirdiği yük yada titreşim girdisi, olduğu gibi kabul edilmekte bu girdinin düzeyinde herhangi oynama yapılmamaktadır.

4.2. Sismik Yalıtımlı Yapı Tasarım Yaklaşımı

Depreme dayanıklı yapı tasarımında depremde yapıya gelebilecek yüklere de etkiyen ve bunları azaltan tasarım yaklaşımları yapılmaktadır. Yapıların temellerinin sismik olarak yatay hareket için yalıtılması, yapıya gelen yatay yüklerin ve titreşim enerjisinin azaltılması depreme dayanıklı yapı tasarımında başka bir seçenektir.

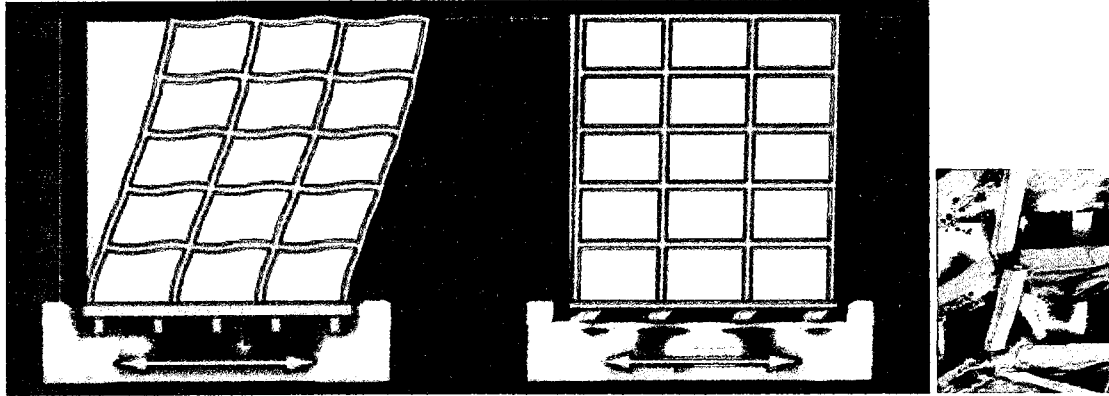
4.3. Sismik Yapı Yalıtımı ve Enerji Sönümlendirme

Sismik yapı yalıtımı yapıların deprem etkilerinden korunması amacıyla geliştirilmiş bir sistemdir.Sistemin amacı bir yapıya etkiyen deprem yüklerinin azaltılmasıdır.Bu cihazların özel tasarımları sayesinde deprem hareketi sırasında üstyapıya etkiyen deprem yükleri konvansiyonel (temele ankastre bağlı) yapılara oranla önemli ölçüde azaltılabilmektedir.

4.3.1. Sismik Yapı Yalıtımının Sağladığı Avantajlar

- Yüksek can güvenliği
- Yapının taşıyıcı sistemi ve mimari elemanlarından minimum deprem hasarı
- Şiddetli depremlerden sonra bile hemen kullanım
- Yapının değerli eşya ve cihaz içeriğine etkin koruma
- Yapının tehlikeli içeriğine etkin koruma
- Yapıların operasyona minimum engelleme ile güçlendirilmesi

- Minimum bakım gereksinimi



Normal Yapı

Sismik Yalıtılmış Yapı

Normal bir yapıda deprem sırasında katlar arası farklı deplasmanlardan dolayı, kolon ve kiriş birleşimlerinde hasarlar meydana gelir.

Sismik yalıtılmış bir yapıda katlar arası farklı deplasman normal bir yapıda oluşandan daha az olacağı için kolon ve kirişlerde zorlanmalar minimum olacaktır.

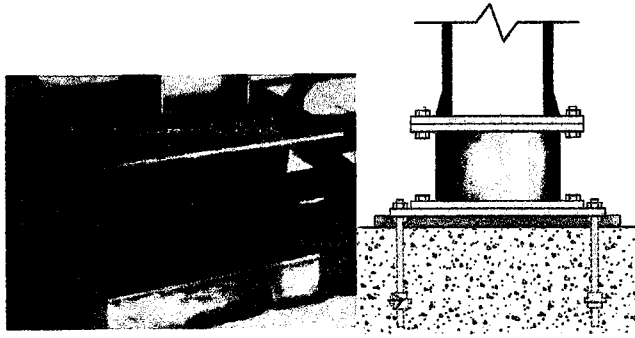
4.3.2. Sismik Yalıtım Cihazları ve Metodları:

- Kauçuk Esaslı Sismik İzolatörler – *Rubber Bearings*
- Sürtünme Esaslı Sismik İzolatörler – *Friction Pendulum Systems*
- Sönümlendirici Cihazlar ;
 - Viskoz Esaslı Sismik Sönümlendiriciler – *Viscous Dampers*
 - Kurşun Çekme Sönümlendiriciler – *Lead Extrusion Dampers*
 - Çelik Sönümlendiriciler – *Steel Hysteretic Dampers*
- Vibrasyon Kontrol Cihazları – *Vibration\Structural Control Systems*

4.3.2.1. Kauçuk Esaslı Sismik İzolatörler – *Rubber Bearings*:

Yatay birim şekil değiştirmesi ve kayma deformasyonu yüksek olan (%150) doğal kauçuğun içine rijitlik ve sönüm artışı için karbon siyahı eklenir. Ayrıca dinamik sönümü ve yatay stabilitesini yükseltmek amacıyla kurşun çekirdek yerleştirilir. Kauçuk esaslı sismik izolatörlerde yatayda her yönde kayma deformasyonu %150'ye yakındır. İzolatör cihazının orijinal pozisyonuna dönmesi düşey yüke ve içindeki çelik levhaların ve kurşun çekirdeğe bağlıdır. Hesaplanan yatay ve düşey deplasmanları karşılayabilecek

kapasitedeki kauçuk esaslı sismik izolatör taban plakları yardımıyla kolon altına yerleştirilir.



4.3.2.2. Sürtünme Esaslı Sismik İzolatörler – *Friction Pendulum System*

Özel metaller kullanılarak iç bükükey küresel yüzey üzerinde kayabilen mesnet elemanı bu yatay hareket sırasında binayı yükselten bir özelliği olduğundan gelen enerjiyi sönmölemek ve deprem etkisini %80 oranında azaltmaktadır.

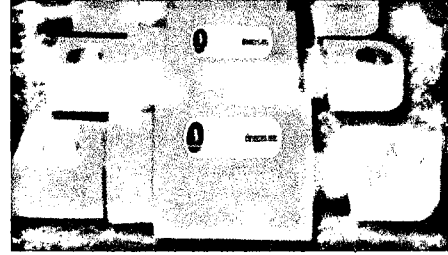
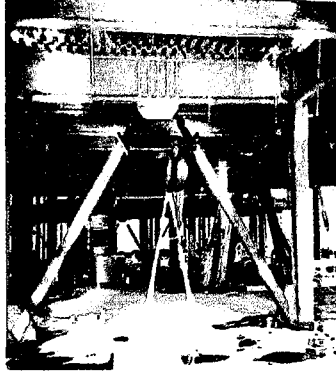


Kolon altına yerleştirilen sürtünme esaslı sismik izolatör, içbükey %5'lik sürtünmeli yüzeyi sayesinde tabandan gelen deprem yüklerinin yapıya %5'lik kısmını aktarır. Deprem enerjisini içbükey kısım sarkaç prensibine dayanarak yapının ağırlığını kullanarak sönmöler.

4.3.2.3. Enerji Sönmölendirici Cihazlar - *Viscous Dampers*

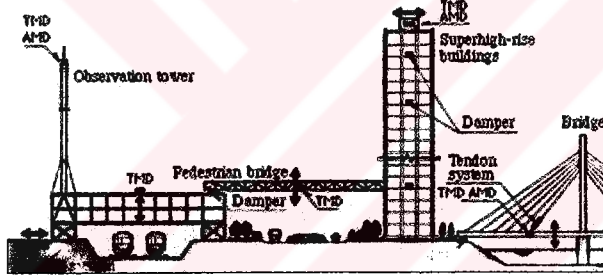
Yapıda yatay hareketleri minimuma indirmek ve yatay deprem enerjisini absorbe etmek veya sönmölemek amacıyla kullanılan bu sistem, yatay rijitlik sağlaması gereken akslara yerleştirilir. Hidrolik esaslı sıvıların sıkışması prensibine dayanarak çalışan cihazlar, yatay yükleri lineer olmayan bir mantıkla sönmöledikleri için rijit b

bağlantılardan daha kullanışlı ve elverişlidir.



Sönümlendirme cihazı yatay yükleri içindeki viskoz sıvı ile sönümlendirmeye, absorbe etmeye çalışır. Tekrarlı dinamik yükler altında, rijit birleşimli sistemlerden daha elverişli bir çözümdür.

4.3.2.4. Vibrasyon Kontrol Cihazları – *Vibration\Structural Control Systems:*



Yapının en üstüne konan kütleler yardımıyla, kütle yapının deprem sırasında yapacağı deplasmanla ters yönde uyumlu hareket ederek, yapının yatay deplasmanlarını minimuma indirmeye çalışır.

4.3.3. Sismik İzolatör Cihazları İçin Kullanılan Standartlar:

ENV 1998 (Eurocode 8)

AASHTO Standart Specifications For Highway Bridges

AASHTO Guide Specifications For Seismic İsolation Design

EN 1337 - Structural Bearings

CEN TC 340 – European Standart on Antiseismic Devices

NEHRP – Guidelines For The Seismic Rehabilitation Of Buildings

UBC – Uniform Building Code

FEMA273 – Federal Emergency Management Agency



4.4.Köprü ve Viyadüklerin Depreme Karşı Dayanıklı Olarak Projelendirilmesi

Deprem Mühendisliği' nin amacı; mühendislik yapılarını, karayolu ve demiryolu güzergahlarındaki köprü ve viyadük gibi önemli büyük sanat yapılarını depreme dayanıklı olarak projelendirmektir. Bu amaca ulaşmanın tek başına yeterli olamayacağı; dünyada ve yurdumuzda son yıllarda yaşanan şiddetli depremlerin meydana getirdiği can kayıpları, ulaşımın aksaması ve çoğu yerlerde tamamen engellenmesi, yapılarda kalıcı hasarlarla meydana gelen önemli işgücü ve üretimdeki gecikmelerin neden olduğu ekonomik kayıplar ile daha iyi anlaşılmıştır. Deprem Mühendisliği' nde ve yürürlükteki şartnamelerde amaçlanan, öncelikle deprem etkisine maruz kalabilecek yapılardaki ve çevresindeki canlıların hayatlarını kurtarmak ve en az ekonomik zarar ve hasar ile depremi karşılamaktır. İleri Deprem Mühendisliği' nde son 25 senede kat edilen gelişmeler, bilgisayar sistemleri ve programları ile hesap metotlarındaki ilerlemeler, buna paralel olarak malzeme ve imalat teknolojilerindeki yenilikler ve deprem etkilerinin deneyimlerle daha iyi anlaşılması sayesinde; deprem dinamik yüklerinin mühendislik yapılarına, köprü ve viyadüklere verebileceği zararların önlenmesi, can ve mal kayıplarının en aza indirilebilmesi ve ulaşımın devamının sağlanabilmesi amacıyla "Deprem Dinamik İzolatörleri" adı verilen bazı yeni sistemler ve ekipmanlar geliştirilmiştir. Deprem hareketlerinden ilk etkilenecek olan altyapı ile rijit üstyapıyı yatay yönlerde ayırıp farklı periyotlarda titreşebilmelerini sağlayabilmek için geliştirilen deprem izolatörleri; mesnet izolatörü, sismik izolatör, şok emici, dinamik izolasyon, enerji sönmüleyici, kauçuk izolatör, viskoz akışkanlı amortisör olarak da adlandırılabilir.

Deprem Dinamik İzolatörlerinin amacı; aktif fay hareketlerinin meydana getirdiği etkili yer kaya yatay ivmesinin (oluşturduğu deprem yatay yüklerinin) - genellikle yukarı doğru yayıldıkça- büyüyerek mühendislik yapılarına, köprü ve viyadüklerde rijit kiriş ve tabliyelere ulaşmalarını, kirişlerin kenar ayak ve başlık kiriş mesnetlerinden kurtularak aşağı doğru düşmelerini önlemek şeklinde özetlenebilir. Ancak bu şekilde, yapılara etkiyen deprem kuvvetlerinin deprem izolatörleri

yardımıyla yapıda yerleştirildikleri kotlarda söndürülerek etkileri azaltılabilir ve üst yapının yatay hareketleri zarar vermeyecek mertebelerde tutulabilir. Örneğin, bir viyadükte kiriş altlarındaki mesnet bölgelerinde kullanılan deprem izolatörleri sayesinde, başlık ve kiriş arası rölatif yatay deplasmanlar çok azalır, bütün viyadük üst yapısı boyunca salınım esnasında mafsallar oluşmaz ve tamamen elastik davranış görülür. Kiriş-tabliye kotunda yatay ivmeler azalır ve dolayısıyla kolon-orta ayak (pier) uçlarına gelen yatay yükler önemli ölçüde küçülür. Deprem izolatörlerinin doğru olarak kullanılması ile, can ve mal güvenliğinin sağlanmasının yanı sıra, yapı güvenliği de arttırılmış olur, ulaşım süreklilik kazanır ve depremlerden sonra köprü ve viyadüklerin hasar görmeden kullanılmasına devam edilir. Ayrıca, yeni inşa edilecek köprü ve viyadüklerde kullanılmasıyla inşaat maliyetlerini de azaltır. Özellikle deprem anında ve sonrasında, öncelikle sağlam kalması zorunlu olan itfaiye merkezleri, hastaneler, sağlık binaları, kontrol ve bilgi işlem tesisleri, yönetim merkezleri, okullar, acil ihtiyaç duyulacak malların üretimini sağlayan fabrikalar, telekomünikasyon yapıları, depolama tankları gibi hayati önemi olan merkezler arasında ulaşımın devamlılığını sağlayacak köprü ve viyadüklerde deprem dinamik izolatörlerin kullanılması çok daha önem kazanmaktadır. Burada köprü ve viyadüklerden anlaşılması gereken; her tür betonarme, çelik veya kompozit taşıyıcı sistemi (temel, orta ve kenar ayaklar, kirişlerin mesnetlendiği orta ayak başlıkları, ön germeli prekast - yerinde dökme - itme sürme betonarme veya çelik kirişler, beton-çelik veya kompozit döşeme tabliyeleri) bulunan her açıklıktaki alçak, orta ve yüksek köprü ve viyadükler gibi ilgili şartnamelere göre inşa edilmiş olan karayolu, otoyol ve demiryolu büyük sanat yapılarıdır.

Bir yapının dinamik davranış modeli; yapı ile zemin etkileşimi, köprü kirişleri ile başlık kirişi ve kenar ayak bağlantıları, titreşimli makine ile oturduğu temel vb. projelendirmelerinde, en basit olarak; “yapı kütlesine” (mass) etkiyen deprem kuvvetleri ile sabit ve doğru orantılı bir hareketi (yatay deplasmanı) ve “elastisiteyi” ifade eden sabit katsayılı yay (spring) ve zamana bağlı olarak bu hareketin değiştiğini gösteren ve “sürtünmeyi” ifade eden sönüm kutusu (dashpot, damping) modellerinin çeşitli şekillerde yerleştirilmeleri ve birlikte kullanılmaları ile kurulabilir. Deprem izolatör uygulamalarında, genellikle yay modelini çelik levhalarla kuvvetlendirilmiş (vulcanization/ebonitleştirme ile aderansı sağlanmış) elastomerik kauçuk malzemeli çeşitli tip ve boyutlarda, uzman firmalar tarafından patentli ve özel olarak imal edilen mesnetler; sönüm kutusu modelini içinde yüksek viskoz akışkan bulunan piston

benzeri ekipmanlar yerine getirir.

Elastomerik kauçuk mesnetler (rubber bearings); düşey doğrultuda yapının kendi (zati ağırlığını) ve hareketli (trafik) yüklerini, yatay deprem kuvvetleri etkisiyle en gayri müsait durumlarda meydana gelebilecek düşey doğrultuda aşırı basınç (ve çekme) kuvvetlerini taşıyabilecek sert yay, yatay deprem kuvvetleri altında ise yatay doğrultularda yatay hareket yapabilme özeliği ile bu yükleri söndürerek rahatça taşıyabilecek yumuşak yay görevini üstlenirler. Bu tip mesnetlerin (örneğin: basit, en ekonomik ve sıkça kullanılan HDRB -High Damping Rubber Bearings) düşey yükleri taşıma, aynı zamanda deprem titreşimlerini azaltma ve deprem enerjisini söndürme görevleri vardır. Bu tip deprem izolatörlerinin düşey yükler altında rijit ve yatay yükler altında esnek (elastik) davranabilmeleri gerektiğinden, düşey yükler altında dayanımı sağlamak için mesneti kuvvetlendiren çelik levhalar ve yatay deplasmanları gerçekleştirebilmek amacıyla gerekli kayma deformasyon kabiliyetini sağlamak için bazı özel kauçuk malzeme kaliteleri dikkate alınarak projelendirilmelidir. Bu tip mesnetler, üretici firmaların deneyimlerine bağlı olarak farklı şekillerde ve adlarda üretilirler. Hepsinde aranan özellikler; başta bakım gerektirmemeleri, ekonomik olmaları, kolay montaj sağlamaları ve yapı ömrü boyunca dış etkilere (ozon, atmosferik etkiler) karşı dayanıklı olmalarıdır. Kimyasal ve fiziksel özellikleri şartnamelerde istenen değerleri sağladığı testlerle ispat etmeleridir. Bu tür mesnetlerin ortasında dolu bir çubuk şeklinde genellikle kurşun malzemeden bir çekirdek ilavesiyle imal edilen (örneğin LRB -Lead Rubber Bearings), daha sınırlı kayma deformasyonuna sahip ve az da olsa elastoplastik davranış sergileyen bazı deprem izolatörleri de yaygın olarak kullanılmaktadır. Örneğin, 0,1g değerinde etkili yer kaya yatay ivmesi kararlaştırılan bir bölgede inşa edilecek köprü ve viyadüklerin projelendirilmesinde, sadece statik eşdeğer kuvvet metoduna (Single-Mode Spectral Method – AASHTO, 1996, Division I-A) göre hesaplar yapılır ve elastomer kauçuk (tercihen viyadüklerde chloropolypropilen /örneğin Neoprene veya tabii kauçuk ana malzemeli) çelik levhalarla vulkanize yöntemiyle aderansı sağlanarak kuvvetlendirilmiş basit standart elastomerik kauçuk mesnetler (RB – Rubber Bearings) kullanılmaktadır. Bu mesnetlerde de yatay rijitlik (max. kayma deformasyonu $g = 0,7$), elastik özellikler, kimyasal ve dayanım özelliklerinin sağlanması gereken değerler için ilgili şartnamelere bakılmalı ve üretim sırasında imalatçı firmanın yapacağı kauçuk malzeme fiziksel ve kimyasal testlerinin raporları istenmeli, ayrıca İdare

tarafından imalat sonrasında bitmiş mesnetler arasında gelişigüzel seçilecek numuneler üzerinde tercihen tarafsız bir laboratuarda yükleme, boyut, fiziksel vb. testler yaptırılmalı ve daha sonra onaylanıp kullanım izni verilmelidir. Sıkça kullanılan elastomerik kauçuk standart mesnetlerde, örneğin $V=4500\text{kN}$ düşey yük etkisi altında, toplam 130 mm. kalınlıklı 400x800mm. dikdörtgen veya 650mm. çaplı daire kesitler (ve $g=0,7$) için yatay deplasman 65mm. kadardır. Pratikte genellikle kullanılan HDRB deprem izolatörlerinde, toplam kalınlıklar 200-450mm. için, yatay deplasmanlar 12-40 cm. mertebelerinde düşünülmekte, projesine göre boyutları büyütülerek yatay hareket kabiliyeti de arttırılabilmektedir. Deprem esnasında en az 2-3 saniyelik bir periyot ile titreşirler. Yukarıda adı geçen mesnetlerin montajları çok hassasiyet gerektirmeden oldukça basit bir şekilde yapılabilir. Standart basit tip kauçuk mesnetlerin (RB) içinde enerji sönümleyici özel bir malzeme (sistem) bulunmayıp, uygulamaların çoğunda enerji sönümleyebilen bazı ekipmanlarla birlikte kullanılmaları gerekir. Buna karşın çelik levhalar ile kuvvetlendirilmiş (kurşun malzemeden yapılmış bir çekirdeği olan LRB veya yüksek sönümleme kabiliyetli HDRB gibi) elastomerik kauçuk özel mesnetler, şiddetli deprem yükleri esas alınan çoğu projelerde, hem düşey yükleri taşıyan standart mesnet işlevi görür, hem de yatay yükleri söndürebilen deprem izolatörü olarak yeterli olmaktadır. Etkili yer kaya yatay ivmesi (effective bedrock horizontal acceleration), 0,1g değerinden büyük elde edilen (kararlaştırılan) bölgelerde inşa edilecek köprü ve viyadüklerin kullanım amacı ve önemine, açıklık sayısına ve diğer bazı kriterlere bağlı olarak daha detaylı dinamik hesapların yapılması gerekebilir. (Multimode Spectral Method – AASHTO, 1996, Division I-A, 1999 Interim Revisions; AASHTO Guide Specifications for Seismic Isolation Design , Interim 2000). Bu hesap metoduna göre; HDRB, LRB gibi geliştirilmiş özel kauçuk mesnetler sınıfındaki deprem izolatörlerinin kullanılması; depreme dayanıklı bir yapının yapılabilmesi ve yapıyı etkileyebilecek büyük deprem yüklerinin taşınabilmesi, ayrıca inşaat yapım maliyetinde ekonomi sağlanması açısından önemle dikkate alınmalıdır.

Enerji sönümleyici mesnet ve ekipmanlar (dampers); üretici uzman firmaların deneyimlerine göre çeşitli model ve malzemeler ile farklı tiplerde imal edilmektedirler. Çelik levha ve kauçuk malzemeler kullanılarak imal edilen, oldukça basit ve en ekonomik izolatörlere örnek olarak, yukarıda da belirtildiği gibi, çelik levhalarla kuvvetlendirilmiş yüksek sönümlü özel kauçuk izolatörler (HDRB) verilebilir. Bu tip izolatörler düşey yükleri taşır, kayma deformasyonu ($g = 1,5 - 2$)

yapabilme kabiliyetiyle yatay deplasmanlara izin verir ve aynı zamanda deprem enerjisini söndürür. Bu sırada tekrarlı yükler etkisiyle özel kauçukta oluşabilecek max. sıcaklık 5 derece C kadar artabilir. Benzer amaçla kullanılan kurşun çekirdekli kauçuk izolatörlerde (LRB), düşey yük taşıma ve biraz daha sınırlı olan kayma deformasyonu kauçuk malzeme ile sağlanır, deprem enerjisi ise mesnet ortasına düşey konumda yerleştirilmiş olan kurşun malzemeli bir çubuk ile söndürülmektedir. Projelendirmede; aynı performans beklenen bu tip deprem izolatörleri arasında; tekrarlı yükler altındaki davranışları, soğuk hava etkileri, kayma deformasyonları/şekil değiştirmeleri, aşınma ve dayanım özellikleri, dönme ve burkulma limitleri, orijinal pozisyonuna geri gelme kabiliyetleri, hesaplanacak izolatör boyutları, imalatları, maliyetleri ve hatta olabilecek aşırı ısınmanın olumsuz etkileri mutlaka dikkate alınmalıdır. AASHTO Guide Spec. ile sadece pasif izolasyon sistemleri incelenmekte olup, bununla birlikte UIC772R, BE1/76, BS5400 Section 9.1, EN1337.1, AS1523, CNR Uni10018, ASTM D4014 ve DIN4141 gibi uluslararası önemli şartnamelere de müracaat edilebilir. Silikon gibi viskoz akışkanlı (Viscous Damping Device-VDD) ve kurşun malzemeli (Lead Extrusion Damper-LED) piston benzeri enerji söndürücü izolatörler, sürtünme esaslı konik ve pendulum (kayar bilyeli) kayar mesnet tipi enerji söndürücü izolatörler (Friction Pendulum FP) pratikte kullanılan diğer başlıca enerji söndürücülerdir. Esas amaç , deprem titreşimlerini yutarak yok etmek ve kısa zamanda söndürmektir. Çelik çubuk, kurşun çekirdek gibi metal enerji söndürücüler plastisite (ki burada deprem enerjisi ısıya dönüşür), viskoz akışkanlı enerji söndürücüler ise kayma dirençleri ile titreşimleri emerler. Silikon akışkan kullanılan deprem izolatörleri, silikon malzemenin sıkışabilme özeliği ile yay işlevi, viskozite özeliği ile de enerji söndürme işlevini yerine getirirler. Sürtünmeli pendulum prensibi ile çalışan (konkav küresel bir kaygan tava (pot) yüzey parçası içinde kayar bir bilyeden oluşan) çok yönlü kayar çelik mesnetler, çelik malzemeler arasında meydana gelen bir sürtünme ile deprem enerjisini söndürürler. Özellikle, köprü ve viyadük gibi yapıların servis yükleri altında çalışırken oluşabilecek bazı olumsuz etkileri önlemek amacı ile kayıcı mesnetlerdeki sürtünmelerin en az mertebelerde tutulması istenmektedir. DIN4141, EN1313.2, SETRA ve BS 5400 gibi bazı şartnamelerde, bu tip kayıcı mesnetlerde meydana gelen sürtünmelere sınır getirilmiştir. (-30 C derecede sürtünme katsayısı max. % 3 olmalıdır.) Mesnetler ile ilgili Avrupa Şartnamesi EN 1337 - 2 (European Standard for Bearings), (ayrıca AASHTO Guide Spec. Section.16) düşey yük taşıyan kayar mesnetlerde kaygan PTFE yüzey kullanılmasını öngörmektedir, (bearing liner-virgin PTFE resin: ASTM D1457). Enerji yutarak titreşimleri sınırlayan hemen hemen bütün

deprem izolatör sistemlerinde, çoğu kez zamana bağlı olarak servis yükleri altında bile, az da olsa kalıcı deformasyonlar meydana gelebilir. Beklenenden daha şiddetli bir deprem etkisi altında bazı deprem izolatörleri plastik davranış gösterirler ve yapıya hasar vermese bile orijinal konumundan az da olsa sapmalara sebep olabilirler. Sürtünmeli pendulum konkav yüzeyi içindeki bilyenin yatay yöndeki deprem hareketi sırasında, taşıdığı üst yapı kotunda (geçici) bir yükselme olabilir. Yapının, servis ömrü boyunca farklı ısı yükleri ve hareketli (köprü ve viyadüklerde rüzgar ve fren kuvvetleri ile trafik yükleri) yükler gibi etkiler altında kalacağı düşünüldüğünde, deprem izolatörlerinin oldukça uzun sayılabilecek yapı ömrü süresince yapı ile uyumlu çalışması ve üst yapıda istenmeyen gerilme birikimlerine neden olmaması gerekir. Projelendirme aşamasında, özellikle kayıcı mesnetlerde oluşabilecek aşırı sürtünmeler nedeniyle yapı elemanlarında meydana gelebilecek ilave gerilme birikimlerini karşılayacak önlemler araştırmalı, gerektiğinde kesit büyütmesi ve donatı ilaveleri yapılarak, bundan doğacak ilave maliyetler de dikkate alınmalıdır. Deprem ve şiddetli fren gibi ani yüklemeleri, yapı elemanları arasında rijit bir bağlantı elemanı gibi karşılayan, ancak servis yükleri ve farklı sıcaklık etkisiyle yavaşça oluşan benzer yükler altında serbest olarak hareket edebilen Lock-Up Device LUD, Shock Transmission Unit STU gibi benzer amaçlar için kullanılan diğer bazı tip deprem izolatörleri de bulunmaktadır.

Deprem izolatörlerinin seçiminde; önceden gerçekleşmiş şiddetli depremler etkisi altındaki davranışları ve performans deneyimleri, referansları, projelendirmede statik ve dinamik hesap yöntemlerine uygunluğu, taşıyıcı sistemlere uygulanabilirliği, satın alma maliyetleri, bakım gereksinimi olup olmadığı, dış etkenler de dikkate alındığında izolatörün ömrü gibi faktörler projeci, danışman mühendis ve İdare tarafından üzerinde titizlikle durulmasında gereken konulardır. Elastomerik kauçuk deprem izolatör mesnetleri ile yukarıda adı geçen enerji sönmüleyici ekipmanlar birlikte veya ayrı ayrı kullanılabilirler. Her bir mevcut veya yeni yapılacak mühendislik yapısının özelliklerine göre deprem izolatör gereksinimi ve tipleri çok detaylı bir şekilde incelenmeli ve uzmanlarca projelendirilmelidir. Projelendirme çalışmalarında kullanılacak malzemeler seçilmeli, geoteknik ve deprem mühendisleri tam bir koordinasyon içinde ve ilgili yönetmelikler dikkate alınarak projelendirme çalışmaları yapılmalıdır. Uluslararası şartname ve yönetmelikler bazı özel durumlarda yetersiz kalabilir. Bu durumda yapının inşa edileceği bölgenin deprem mühendisliği açısından çok iyi incelenmesi gerekebilir, hatta bu incelemeler uzun zaman alabilir. En

önemli konu bölgenin etkili yer kaya ivmesinin (yapı ömrü ve belirli zaman dilimleri dikkate alındığında farklı değerler elde edilebilir) tayin edilmesidir. Deprem mühendisliği açısından en önemli veri olan bu değer, mühendislik jeolojisi, jeofizik ve geoteknik etütler, arazi ve laboratuvar deneyleri gibi bir seri çalışmanın sonucunda elde edilebilir. Ayrıca bölgede aktif fay hatları ve bu hatlara uzaklıklar çok iyi araştırılmalıdır. Bu çalışmaların sonucunda ulaşılması istenen amaç, deprem esnasında oluşabilecek etkili yer kaya ivmelerinin, yerçekimi ivmesinin (örneğin: 0,2g veya 0,4g) bir yüzdesi olarak elde edilmesidir.

Deprem izolatörlerin ileri imalat teknolojileri ve gelişmiş mühendislik tekniklerine sahip sayılı uzman firmalarca imal edilmeleri ve patentlerinin alınmaya başlanması 25 yıl öncelerine dayanır. 1980' li yıllardan itibaren başta Japonya, Amerika Birleşik Devletleri, Kanada, Yeni Zelanda, İtalya olmak üzere Türkiye, İngiltere, Hindistan, Yunanistan, Romanya, Çin, Malezya, Şili, Meksika, Portekiz, Bangladeş, Danimarka, Azerbaycan, Fransa, Dubai gibi bir çok memlekette deprem izolatörleri ve enerji sönümleyicilerin birçok farklı uygulamaları bulunmaktadır. Köprü ve viyadüklerde, deprem izolatörlerinin maliyeti toplam inşaat maliyetinin örneğin etkili yer kaya ivmesi 0.3g – 0.4g olan bir bölgede % 5-10 değerlerine kadar çıkabilmektedir. Deprem izolatörlerinin ilk bakışta yüksek gibi görülen bu maliyetlerine karşın sağladığı emniyet, can kaybı ve hasarların önlenmesi, bir o kadar da önemlisi yapının deprem etkisine maruz kaldığı sürelerde ve sonrasında bütün fonksiyonlarını kesintisiz ve eksiksiz yerine getirmesi, yapının verdiği hizmetler ve üretimde sürekliliğin sağlanması, depremlerden sonra yapıda tamir ve kuvvetlendirme gereksinimini ortadan kaldırması dikkate alındığında yanlış bir karar ve pahalı bir yatırım olmadığı açıkça görülür. Ayrıca, deprem izolatörlerinin deprem hesaplarında çözümün en önemli bir parçası olduğu unutulmamalıdır.

Deprem izolatörleri ilk defa, özellikle yeni yapılan, deprem esnasında ve hemen sonra hizmetlerini sürdürmesi zorunlu görülen yapılarda uygulanmaya başlanmıştır. Bu izolatör sistemlerinin deprem esnasında gösterdikleri performansları ile kendilerini kanıtlamış olmaları, zamanla önceden inşa edilmiş önemli ve mevcut (öncelikle hastaneler, kontrol merkezleri, tarihi binalar) yapıların da depreme karşı dayanımlarını arttırmak amacıyla kullanılmalarını sağlamıştır. Köprü ve viyadüklerde ise öncelikle ABD, İtalya, Japonya gibi deprem bölgesinde bulunan ve bu konuda uzmanlaşmış memleketlerde kullanılmıştır. Yurdumuzda, 1990 başlarından itibaren ve dünya literatürüne girecek önemde birçok viyadükte deprem izolatörleri başarıyla

kullanılmıştır. Örneğin; Adana – Gaziantep otoyolunda yatay yer ivmesi katsayısı 0,4 alınarak birçok viyadük (Multimod Spectral Analysis) hesap metoduna göre projelendirilmiş ve proje gereği çeşitli deprem izolatörleri kullanılmıştır. Ayrıca Ankara-Gerede otoyolunda etkili yatay yer kaya ivme değeri 0,3 g esas alınarak aynı hesap yöntemiyle projelendirilen viyadüklerde de özel mesnet ve deprem izolatörleri kullanılmıştır. Deprem bölgelerinde inşa edilecek viyadüklerin en baştan depreme dayanıklı olarak projelendirilmeleri gerekir, aksi halde viyadük taşıyıcı sistemi değişebilir. Örneğin, etkili yer kaya ivme değeri 0,1 g esas alınarak projelendirilen bir viyadük ile, 0,4 g esas alınarak projelendirilen bir viyadük arasında oldukça farklılıklar olacaktır. Buna, viyadük taşıyıcı sistemi, zemin etkisi, taşıyıcı üst yapının ve özellikle kenar ayakların projelendirilmesi, genleşme derzlerinin yerleri ve özellikleri, tabliyenin açıklıklar boyunca sürekliliği, orta ayakların geometrisi, narinliği ve sünekliği, donatı ekleri - detayları, inşaat metodu örnek olarak verilebilir.

Farklı malzemeler, şekiller ve tiplerde geliştirilmiş olan deprem izolatörlerinin (hatta bazı özel önemli yapılar için yeni tip izolatörlerin özel olarak projelendirildiği uygulamalar vardır) kullanılacağı köprü ve viyadük için kabul edilen projelendirme kriterlerine uygunluğu, aynı ölçekte imal edilen izolatör örnekleri üzerinde gerçekleştirilecek bir seri laboratuvar yükleme testleri ile ispat edilmelidir. Buradaki amaç, izolatörden deprem esnasında beklenen tekrarlı yükler altında yapacağı deformasyonların, dayanım gibi özelliklerin, hesaplarda kabul edilen değerleri emniyetli bir şekilde sağladığının gösterilmesidir. Bazı durumlarda test sonuçları projelendirmeyi etkileyebilir. Bu çalışmalar, bu konularda teorik ve pratik deneyimi olan danışman kişi ve kuruluşların kontrol ve gözetiminde yapılmalıdır. Tarafsız bir danışmanlık kuruluşunun bu tür önemli projelerde aldığı görev çok önemlidir. İzolatör performans testleri ancak yükleme test aparatları bulunan sayılı bazı laboratuvarlarda yapılabilir. Zira uygulanacak yük değerleri çok büyük olabilir. Örneğin; düşey yük (eksenel basınç kuvveti) 5000 ton (50000 KN) , eksenel çekme kuvveti 3000 ton , yatay yük (kesme kuvveti) +1000 ton ve -1000 ton .gibi oldukça büyük yük değerleri söz konusu olmaktadır. Avrupa’da bu büyüklükteki testleri yapabilecek çok az sayıda (örneğin ISMES/İtalya) laboratuvar bulunmaktadır. Deprem izolatörleri, köprünün (viyadüğün) servis yükleri (hareketli yükler, trafik yükleri, rüzgar yükleri gibi) inşaat sırasında tabliye betonu rötresi, farklı sıcaklık nedeniyle oluşan yükler vb. etkisi altında meydana gelen deplasmanları kontrol altında tutarlar. Örneğin piston tipi izolatörler, ani yükleme altındaki yük taşıma kabiliyeti yanı sıra zamanla yavaş yavaş



oluşan yük artışlarını ve eksilmelerini bir uyum içinde karşılarlar. Bu tip izolatörlerde enerji sönümlenme kuvveti, stroke hızına bağlı olarak değişir. Viskoz akışkan (silikon gibi) ile çalışan piston tipi enerji sönümleyici izolatörler , elastomerik kauçuk izolatörler ile sabit katsayılı yay modellerinin arasında bir model davranışı sergilerler ve tamamen elastik olup kalıcı bir deformasyona izin vermezler, ayrıca farklı sıcaklıklardan etkilenmezler. Deprem izolatör tip seçimi, yukarıda belirtilen izolatör özellikleri dikkate alınarak, köprü ve viyadük proje kriterleri, taşıyıcı sistem ve yükler gibi veriler ile birlikte, gerekirse imalatçı firmaların katkılarıyla projelendirmenin başında yapılmalıdır.

Köprü ve viyadüklerin depreme karşı dayanıklı olarak projelendirilmesi için kullanılabilecek en gelişmiş yönetmeliklerden birisi, AASHTO "Standard Specifications for Highway Bridges, Division I-A, 1996 " yönetmeliğidir. Bu yönetmeliğin 5., 6. ve 7. bölümlerinde, temeller dahil projelendirme ile ilgili önemli şartlar ana hatlarıyla verilmiş olup AASHTO "1999 Commentary" eki ile birlikte değerlendirilmelidir. AASHTO eki "Guide Specifications, 1983" esas alınarak yenilenmiş hali ile AASHTO "Standard Spec.s , Division I-A, 1996 " 3. bölümü; jeofizik, jeolojik ve geoteknik çalışmalar ile tayin edilecek etkili yerkaya ivme katsayısı (effective bedrock acceleration coefficient) dikkate alınarak yapının sismik performans sınıfının belirlenmesi için; 4. bölümü ise yapının analiz ve projelendirilmesine yön verecek bilgilerin bulunduğu ve yapının sismik performans sınıfına bağlı olarak takip edilmesi gereken hesap metodlarının belirlenmesi için, yurdumuzda da çok yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmalardan amaç, statik eşdeğer yatay yüke göre (yapı ağırlığının belli bir yüzdesi, yapının ağırlık merkezinin bulunduğu seviyede yatay yük olarak alınarak tek bir mod ile deprem hesaplarının yapılması) veya çok modlu spektral analiz metodunun kullanılarak daha detaylı ve geniş deneyim gerektiren hesap metodunun uygulanacağına karar verilmesidir. Örneğin; deprem bölgesinde inşa edilecek bazı önemli viyadüklerin sadece projelendirme maliyeti 0,3 – 0,5 milyon u.s.d. mertebelerine ulaşabilmektedir. Uzun açıklıklı (80 – 150 m) ve yüksek ayaklı (50 – 150 m) , örneğin otoyol viyadüklerinin toplam maliyetinin 15 – 50 milyon u.s.d. aralığında olduğu varsayılırsa, kullanılacak

mesnetlerin ve deprem izolatörlerinin toplam maliyetlerinin ne kadar önemli olduğu anlaşılabilir. Ancak deprem izolatörlerinin kullanılma zorunluluğu yanı sıra sağladığı ekonomi ve teknik yararlar dikkate alınıp karşılaştırıldığında çok da yüksek maliyetler olmadığı görülür. Deneyimler, yer kaya ivmesinin 0.3g (17.08.1999 Gölcük, 0.52g ; 12.09.1999 Düzce, 0.85g) olarak değerlendirilmesi halinde bile deprem izolatörlerinin kullanılmaları, aksi halde depreme dayanıklı projelendirme kriterlerinin sağlanamayacağını göstermiştir. Depremin üstyapıda oluşturduğu salınımları belli limitler arasında tutabilmek için, orta ayaklar(kolonlar) mümkün olduğunca sünek (ductile: hareket kabiliyeti sağlayacak esneklikte) ve üst yapının (viyadük tabliyesi) sürekli ve genleşme derzlerinin sadece iki kenar ayaklarda düşünüleceği ve deprem izolatörlerinin kiriş altları ile başlık kirişleri üzerine yerleştirileceği bir yapı sisteminde ancak kolon başlarına gelecek yatay deprem yükleri azaltılabilecektir. Yukarıda açıklanan hesap metodlarının yanı sıra, çok modlu spektrum analizinde uyulması gereken çok önemli konstrüktif esaslar da bulunur. Örneğin, sünek orta ayakların(kolonların) temele yakın 1/3 yüksekliği boyunca (plastik bölge) düşey donatı bindirme eklerine izin verilmez. Bu bölgelerde bindirme eki yerine manşon vb. ek sistemleri kullanılmalıdır. Özellikle köprü veya viyadük tipi seçilirken, proje kriterleri ile birlikte (inşaat süresi, yapım metodu, estetik görünüm ve toplam maliyet dikkate alınarak) ön projelendirme safhasında sismik izolatörler de çok iyi araştırılmalıdır.

Depreme dayanıklı olarak projelendirilmemiş veya beklenen depremlerden daha az şiddetlere göre projelendirilip inşa edilmiş olan eski köprü ve viyadüklerde aşağıda belirtilen zayıf noktaların giderilmesi için deprem izolatörleri kullanılabilir:

- orta ayaklar veya kolonlar genellikle sünek davranış koşullarını sağlamazlar,
- kirişlerin başlık kirişlerine oturduğu yerlerde mesnet uzunlukları yetersizdir,
- kiriş alt uçlarında yerleştirilmiş bulunan mesnetler, deprem yüklerini ve titreşimlerini karşılayacak ve sönümleyecek yeterlikte değildir.
- Depreme dayanıklı olmadığı sonradan anlaşılan viyadüklerde, daha büyük şiddetli bir depreme dayanıklı hale getirilme konusu ise tamamen deprem mühendisliği teorik eğitimi almış ve pratik deneyimi bulunan uzman mühendis ve deneyimli uzman firmalar tarafından yerine getirilebilecek çok önemli bir konudur.

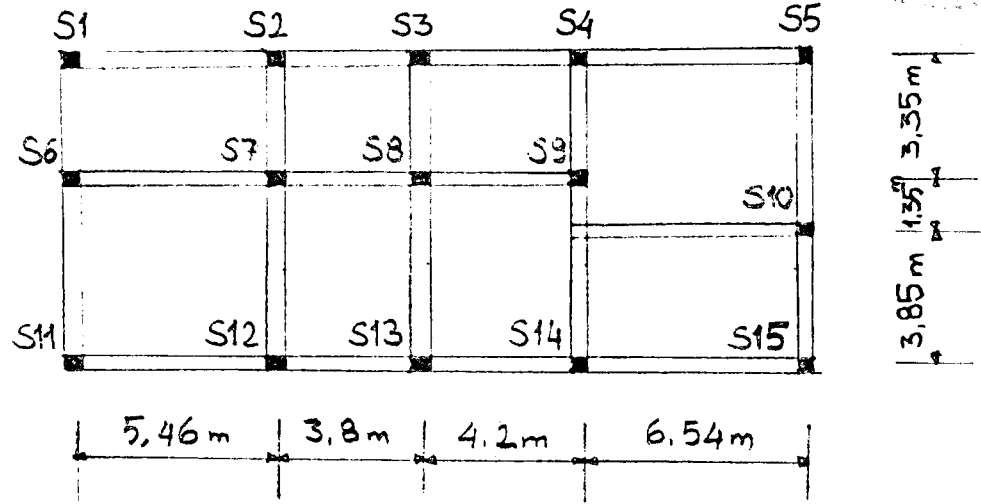
Mevcut köprü ve viyadüklerin deprem performanslarını arttırmak için



uygulanacak en pratik ve ekonomik metot, mevcut mesnetlerin yerinden sökülerek mevcut geometriye göre projelendirilmiş HDRB gibi özel elastomerik deprem izolatör mesnetlerin ve/veya enerji sönümleyici ekipmanların yerleştirilmesidir. Deprem izolatör mesnetlerinin yatay yönlerde esneyerek hareket edebilme kabiliyeti, üst yapı kiriş ve tabliye döşemesi ağırlıklarının oluşturduğu deprem yatay yüklerinin azalarak kolon başlıklarına ve kenar ayaklara etkimesini sağlayacaktır. Böylece altyapının ilk projesinde hesaba katılmamış olan aşırı kesme kuvvetleri (yatay yükler) ve moment etkisiyle yapının elastik davranışı aşarak hasar görmesi önlenebilir.

Sonuç olarak; mühendislik ve yeni teknolojilerin önemini depremlerden edindiği deneyimlerle daha iyi kavrayan memleketlerde, deprem izolatörlerinin kullanımının her geçen gün arttığını söylemek mümkündür. Özellikle deprem bölgelerinde bulunan, önemini depremlerden edindiği kötü deneyim ve kayıplarla daha iyi gören, mühendislik ve teknolojiye önem veren hemen hemen bütün ileri ve belli bir ekonomik refaha ulaşmış memleketlerde yukarıda kısaca anlatılmaya çalışılan deprem izolatörlerinin kullanılması, tartışılması bir yana neredeyse zorunlu bir ihtiyaç haline gelmektedir.

5.ÖRNEK YAPININ ANALİZİ

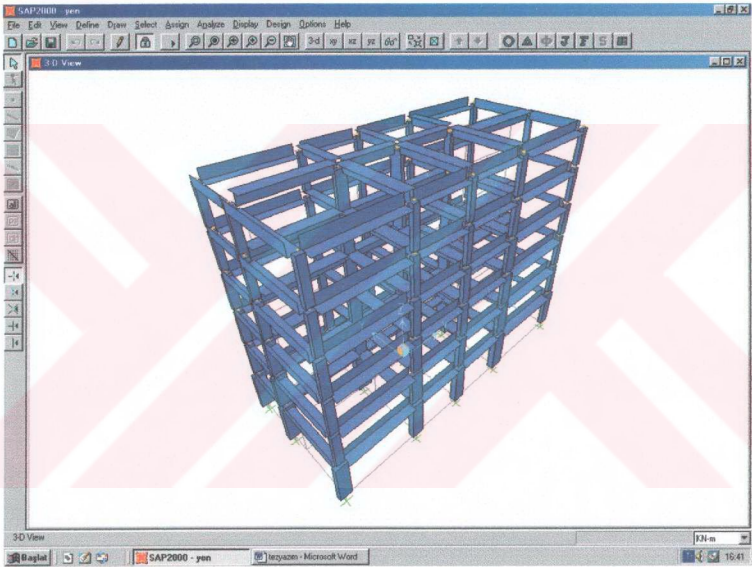


Şekil 5.1. Kalıp planı

	5. kat	4. kat	3. kat	2. kat	1. kat	Zemin kat
S1	40*25	40*25	50*25	50*25	50*25	60*30
S2	40*25	40*25	50*25	50*25	60*30	80*30
S3	40*25	40*25	50*25	50*25	50*25	60*30
S4	40*25	40*25	50*25	50*25	60*30	80*30
S5	40*25	40*25	50*25	50*25	50*25	60*30
S6	40*25	40*25	50*25	60*25	80*25	80*30
S7	70*25	70*25	70*30	80*30	90*30	90*40
S8	25*85	25*58	25*85	30*85	30*85	40*90
S9	25*50	25*50	25*80	25*80	30*90	40*90
S10	25*40	25*40	25*50	25*60	25*80	30*80
S11	40*25	40*25	50*25	50*25	50*25	60*30
S12	40*25	40*25	50*25	60*25	80*25	80*30
S13	40*25	40*25	50*25	60*25	60*30	80*30
S14	50*25	50*25	80*25	80*25	90*30	90*30
S15	40*25	40*25	50*25	50*25	50*25	60*30

Tablo 5.1. Kolon kesitleri

Betonarme yapımız İzmit'te inşa edilmiştir. Beton cinsi BS20 seçilmiştir. 5 normal kat ve bir zemin kat olmak üzere toplam 6 katlı bir yapıdır, döşeme kalınlığı 12cm, kat yüksekliği normal katlarda 2.55m. Zemin katta 3.12m'dir. Kolon kesitleri önce X sonra Y eksenine doğrultusunda yazılmıştır. 1997 İzmit depremini yaşayan binamız orta hasarlı olarak depremi atlattığı bitişinde bulunan yapı yıkılmıştır. Yatay deprem yükleri altında, kat döşemelerinin, kendi düzlemleri içinde, rijit cisim hareketi yaptıklarının belirtilmesi için her kat için "Rijit Diyaframlar" tanımlanmıştır.



Şekil 5.2. Yapının SAP 2000'de Üç Boyutlu Görünüşü

Yapıda hareketli yük: 2 kN/m Sabit yük : 4.59 kN/m alınmıştır.

Wbina : 12100 kN Wkolon : 1400 kN

Etkin Yer İvmesi Katsayısı $A_0=0.40$ (Birinci derece deprem bölgesi)

Yapı Önem Katsayısı $I=1$

Spektrum Karakteristik Periyodu $T_b=0.40$ (Yerel Zemin Sınıfı Z2)

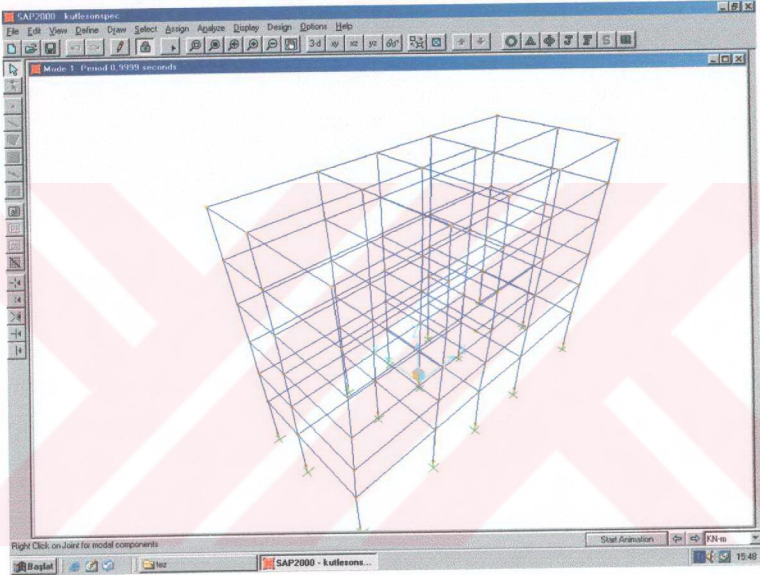
Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı $R=8$

Her iki yöndeki Spektrum katsayıları $S_x=3.01$ $S_y=3.5$

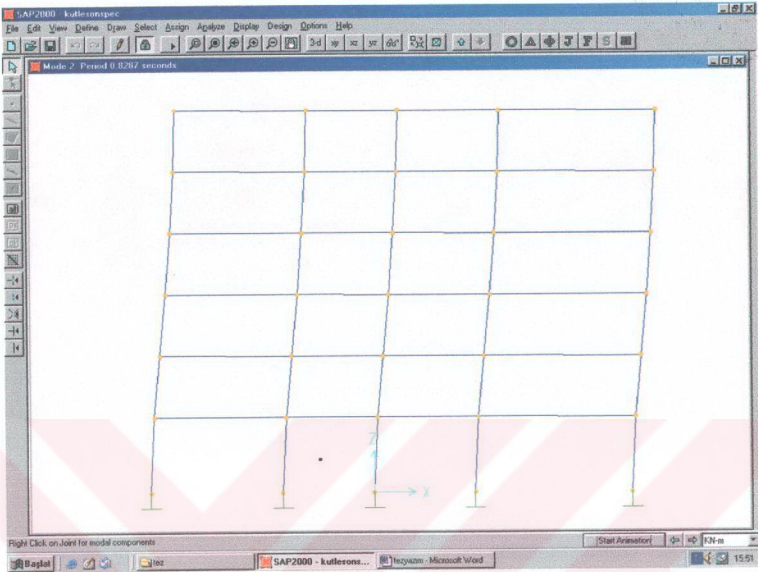
Toplam Deprem Yükleri $V_{tx}=1821 \text{ kN}$ $V_{ty}=2117,5 \text{ kN}$

5.1. Dinamik Analiz

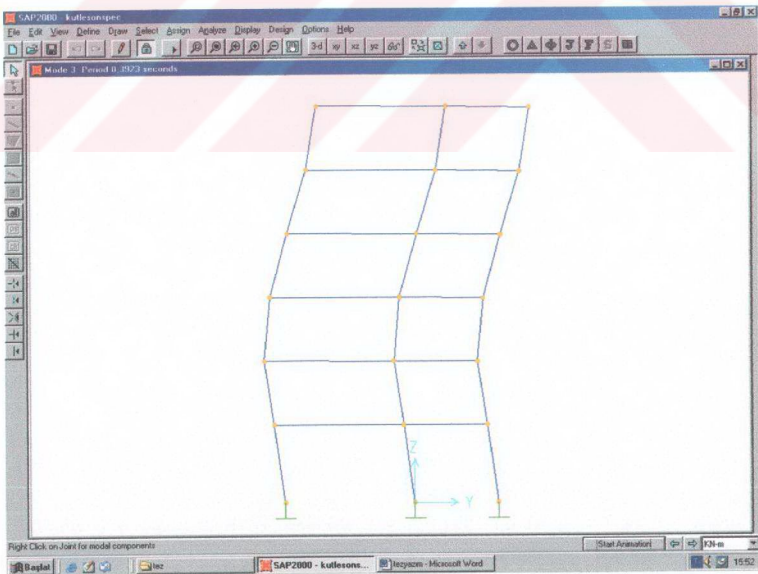
Yapının dinamik davranışını anlamak için ilk olarak modal analiz yapılır. Ölçülen doğal frekans ve mod şekilleri bu modlar esnasında yapının yapının nasıl tepki vereceğini anlama konusunda yardımcı olmaktadır. Modal analizde EIGEN ANALİZ yöntemi kullanılarak ilk 10 mod hesaplanmıştır.



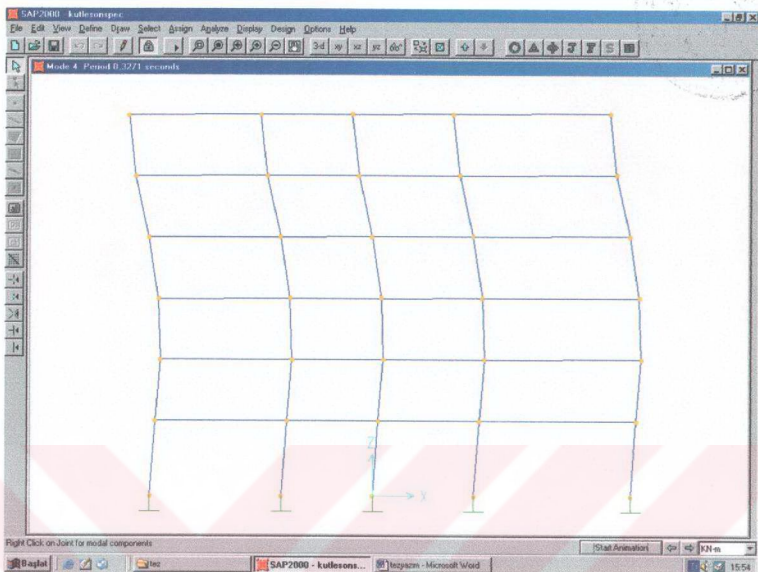
Şekil 5. 3. Birinci (1.) Mod Şekli ve Peryodu



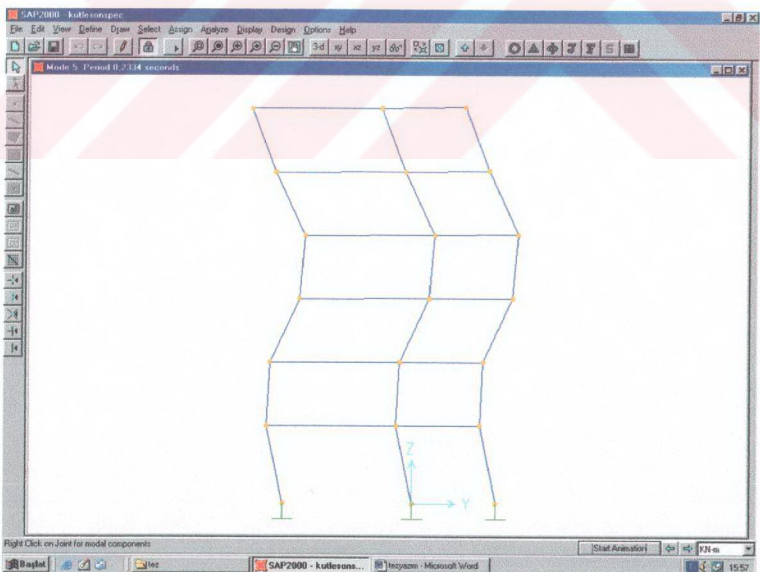
Şekil 5.4. x-z düzleminde 2. Mod Şekli ve Peryodu



Şekil 5.5. y-z düzleminde 3. Mod Şekli ve Peryodu



Şekil.5.6. x-z düzleminde 4. Mod Şekli ve Peryodu



Şekil. 5.7. y-z düzleminde 5. Mod Şekli ve Peryodu

MODE	PERIOD	FREQUENCY	FREQUENCY	EIGEN VALUE
	(sn)	(Devir/sn)	(RAD/sn)	(RAD/sn)**2
1	0.999919	1.000081	6.283693	39.484803
2	0.828722	1.206677	7.581773	57.483279
3	0.392252	2.549384	16.018251	256.584353
4	0.327144	3.056762	19.206201	368.878145
5	0.233448	4.283609	26.914708	724.401511
6	0.194692	5.136319	32.272447	1041.511
7	0.162721	6.145491	38.613260	1490.984
8	0.132814	7.529330	47.308174	2238.063
9	0.129794	7.704488	48.408727	2343.405
10	0.112408	8.896135	55.896067	3124.370

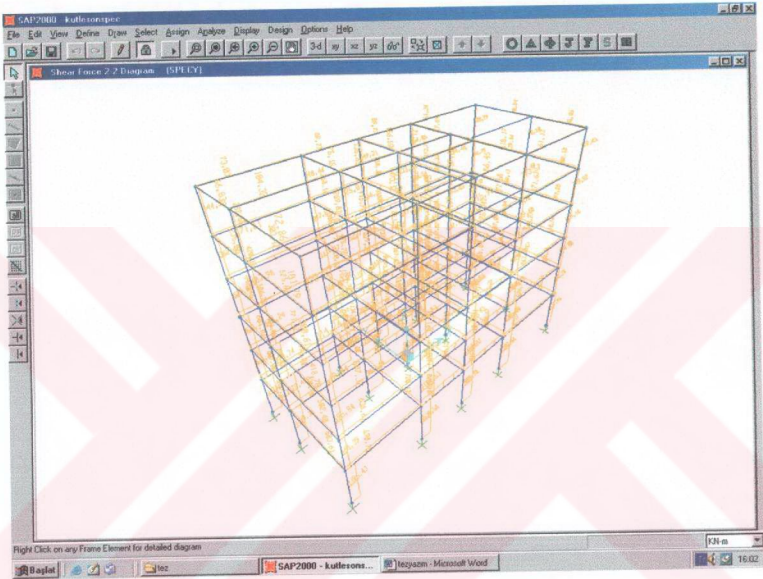
Tablo 5.2. Yapının doğal titreşim periyodları ve frekansları

MODE	PERIOD	INDIVIDUAL MODE (PERCENT)			CUMULATIVE SUM	
		UX	UY	UZ	UX	UY
1	0.999919	0.5380	74.4315	0.0000	0.5380	74.4315
2	0.828722	73.5225	0.5289	0.0000	74.0605	74.9603
3	0.392252	0.0842	14.7873	0.0000	74.1447	89.7476
4	0.327144	14.1144	0.1046	0.0000	88.2591	89.8522
5	0.233448	0.0673	5.7401	0.0000	88.3265	95.5923
6	0.194692	6.1916	0.0638	0.0000	94.5181	95.6561
7	0.162721	0.0411	2.8470	0.0000	94.5592	98.5031
8	0.132814	3.0098	0.0163	0.0000	97.5690	98.5195
9	0.129794	0.0247	1.3923	0.0000	97.5938	99.9118
10	0.112408	0.0093	0.0473	0.0000	97.6030	99.9591

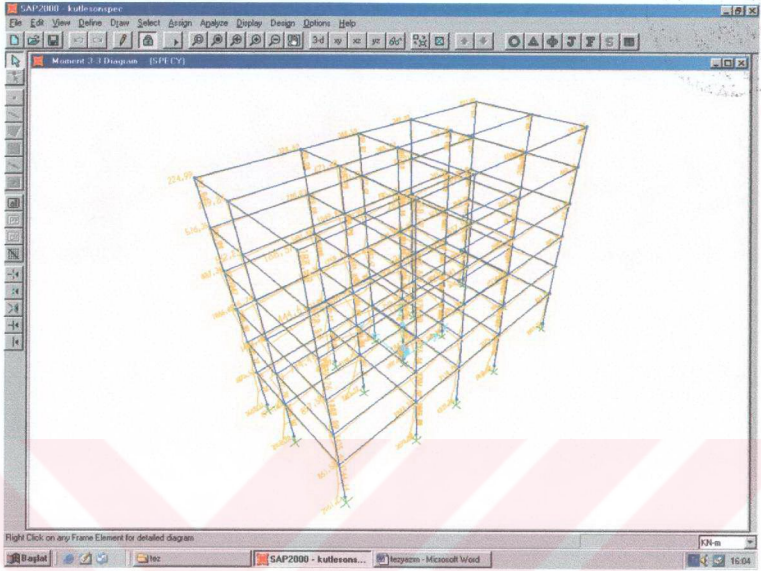
Tablo 5.3. Etkin kütle oranları

5.2. Spektral Analiz

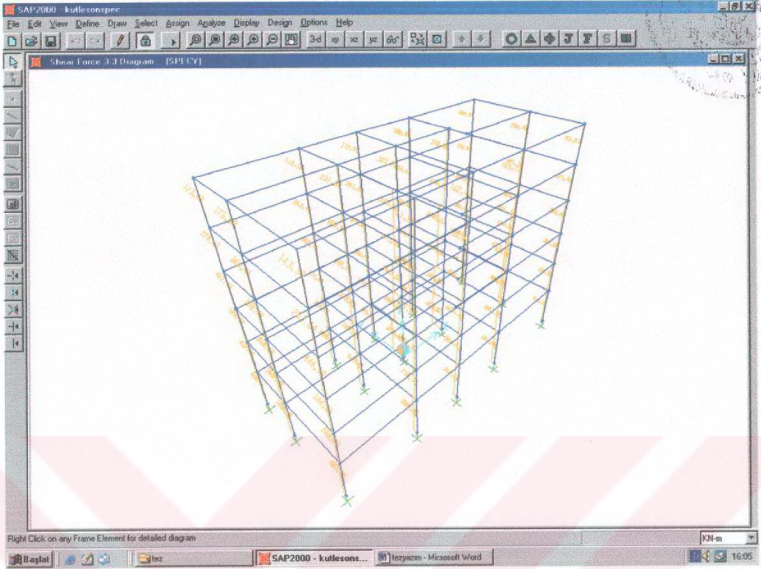
Analiz yapılırken yer ivmesi 0.4g, zemin sınıfı 2, %5 sönümlü tasarım spektrumu kullanılmıştır. UBC94S2 fonksiyonu kullanılarak F_x , M_x , F_y , M_y ve deplasman hesaplanmıştır.



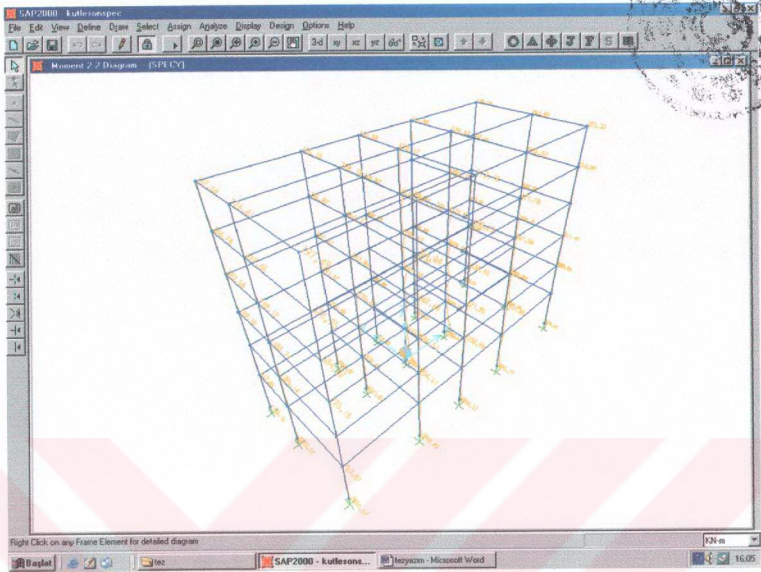
Şekil 5.8. Üç doğrultuda analiz için Kesme Kuvveti (F_x) diyagramı



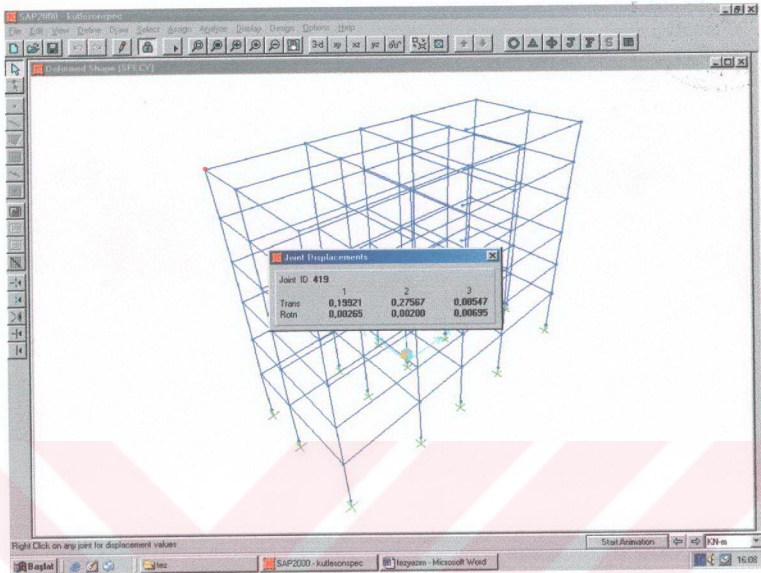
Şekil 5.9.Üç doğrultuda analiz için Eğilme Momenti (Mx) diyagramı



Şekil 5.10. Üç doğrultuda analiz için Kesme Kuvveti (F_y) diyagramı



Şekil. 5.11. Üç doğrultuda analiz için Eğilme Momenti (M_y) diyagramı



Şekil 5.12. Üç doğrultuda analiz sonucu deplasman diyagramı

Fx	Mx	Fy	My	Deplasman	Deplasman	Deplasman
kN	kNm	kN	kNm	U1 (m)	U2 (m)	U3 (m)
2815	7675,72	3754,58	10257,31	0,19921	0.27567	0,00547

Tablo 5.4. Analiz sonucu elde edilen max. değerler.

5.3.FPS'lerin Tasarım Parametreleri

u = Cihazın sürtünme katsayısı

W = Cihazın Tasarım Yüğü (kN)

R = Cihazın Konkav Kayma Yüzeyinin Eğrilik Yarıçapı (m)

D =Tasarım Deplasmanı

F =Yanal Yüğü (kN)

T =Cihazın Peryodu (sn)

K_{eff} =Efektif Rijitlik (kN/m)

K_i =İlk Rijitlik (kN/m)

T_{eff} =Efektif Peryod (sn)

K_{fps} =Cihazın Rijitlik Katsayısı (kN/m)

$D_y=2,54 \text{ E-}03$ (m)

B =Efektif Sönüm Katsayısı

$F=uW+(W/R)D$

$T=2\sqrt{(R/g)}$

$K_i=uW/D_y$

$T_{eff}=2\sqrt{(W/(K_{eff}*g))}$

$B=(2/\pi) * (u/(u+(D/R)))$

$K_{fps}=uw/D_y$

$K_{eff}=F/D$

5.4. LRB'lerin Tasarım Parametreleri

$K_H=(G*A)/tr$

K_H : Yatay rijitlik (kN/m)

$K_H=(W/g)*(2\pi/T)^2$

tr : Yükseklik (m)

$K_{eff}=K_2+Q/D$

A : Alan (m²)

$W_D=2\pi K_{eff} D^{\beta}$

G : Kayma modülü (MPa)

$Q=W_D/(4D)$

$G=0,4 \text{ MPa}$

$tr=0,2 \text{ m}$

"MARTI" KAÜÇUK DEPREM YALITICILARI (Ø400)			
Tip	GZP-400	GZY-400	
Çap	420	420	
(mm)			
Yükseklik	124	124	
(mm)			
Düşey Basınç Kapasitesi	1800	1800	
(kN)			
Düşey Stiffness	750	1000	
(kN/mm)			
Yatay Stiffness	0.85	1.42	
(kN/mm)			
Sönüm Oranı	5	18	
(%)			
Tasarım Deplasmanı	80	80	
(mm)			
Maximum Deplasman	200	200	
(mm)			

Not : GZP = Kurşun sönümsüz

GZY = Kurşun sönümlü

Tablo 5.5. LRB Ø 400'ün Parametrik Değerleri

(Tablodaki değerler www.parlar.com.tr adresinden alınmıştır.)

"MARTI" KAÜÇÜK DEPREM YALITICILARI (Ø600-Ø700)

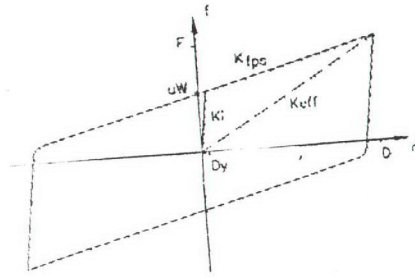
Tıp	GZP-600	GZY-600	GZP-700	GZY-700
Çap	620	620	720	720
(mm)				
Yükseklik	197	197	237	237
(mm)				
Düşey Basınç Kapasitesi	4000	4000	5500	5500
(kN)				
Düşey Stiffness	1690	2200	2480	3050
(kN/mm)				
Yatay Stiffness ($\gamma=50\%$)	0,90 - 1,57	1,92 - 3,36	1,13 - 1,97	1,90 - 3,32
(kN/mm)				
Yatay Stiffness ($\gamma=250\%$)	0,74 - 1,29	1,02 - 1,79	0,85 - 1,48	1,09 - 1,90
(kN/mm)				
Sönüm Oranı	5	29	5	25
(%)				
Tasarım Deplasmanı	112	112	133	133
(mm)				
Maximum Deplasman	350	350	385	385
(mm)				

Not : GZP = Kurşun sönümsüz

GZY = Kurşun sönümlü

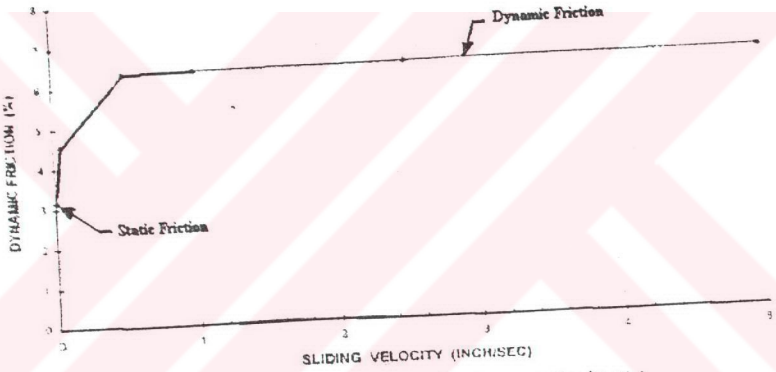
Tablo 5.6. LRB Ø 600-700'ün Parametrik Değerleri

(Tablodaki değerler www.parlar.com.tr adresinden alınmıştır.)



HYSTERESIS LOOP

Şekil 5.13. FPS Sismik Cihazının Histerik Davranışı



Şekil 5.14. Sismik İzolatörün (FPS) Sürtünme ve Hız İlişkisi

u	W (kN)	R (m)	Kfps (kN/m)	D (mm)	F (kN)	T (sn)	Keff (kN/m)	Teff (sn)	B
%7	7000	3.96	1768	635	1613	4	2540	3.330	0.193

Tablo 5.7. BRG-A Cihazının Parametrik Değerleri

u	W (kN)	R (m)	Kfps (kN/m)	D (mm)	F (kN)	T (sn)	Keff (kN/m)	Teff (sn)	B
%7	7000	2.23	3139	457	1925	3	4212	2.586	0.162

Tablo 5. 8. BRG-B CihazınınParametrik Değerleri

u	W (kN)	R (m)	Kfps (kN/m)	D (mm)	F (kN)	T (sn)	Keff (kN/m)	Teff (sn)	B
%7	7000	1.55	4516	508	2784	2.5	5480	2.267	0.112

Tablo 5. 9. BRG-C Cihazının Parametrik Değerleri

W (kN)	T (sn)	Keff (kN/m)	Q (kN)	K ₂ (kN/m)	B	D (m)	Ratio
12100	4	3043.4	688	2183.4	0.18	0.8	0.7

Tablo 5.10. LRB Ø400 Cihazının Hesabedilen Parametrik Değerleri

W (kN)	T (sn)	Keff (kN/m)	Q (kN)	K ₂ (kN/m)	B	D (m)	Ratio
12100	3	5410	274	2963.5	0.29	0.112	0.5

Tablo 5.11. LRB Ø600 Cihazının Hesabedilen Parametrik Değerleri

W (kN)	T (sn)	Keff (kN/m)	Q (kN)	K ₂ (kN/m)	B	D (m)	Ratio
12100	2.5	7791	406	4738	0.25	0.113	0.7

Tablo 5.12. LRB Ø700 Cihazının Hesabedilen Parametrik Değerleri

5.5.FPS'lerin ve LRB'lerin Program Üzerinde Tanımlanması

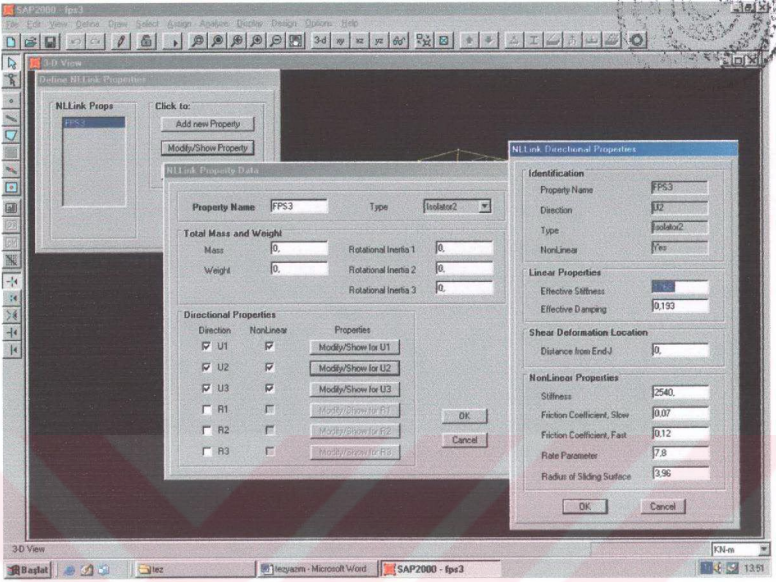
Sap 2000 non-linear programında (SAP2000 Nonlinear Version 7.11 Copyright (C) 1978-1999) yapıda kullanılacak FPS'lerin ve LRB'lerin karakteristik parametrelerini tanımlamak gerekiyor.SAP 2000 programı FPS sismik yalıtıcı cihazlarının tanımlanması ve hesabının yapılması için (ISOLATOR 2) seçeneğini, LRB'lerin tanımlanması ve hesabının yapılması için de (ISOLATOR 1) seçeneğini sunmaktadır.Doğrusal olmayan bağlantı elemanı sismik cihazlar (NLLink ELEMENT) olarak tanımlanmaktadır.

FPS'lerle ilgili tüm parametrik değerler ve maliyetler (Serdar Altın, Alternatif Sismik İzolasyon Cihazı FPS Sürtümlü Sarkaç Tipi Deprem İzolatörlerinin Bolu Viyadüğü'nde Uygulanabilirliği ve Performanslarının Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Gebze, 2003) alınmıştır.

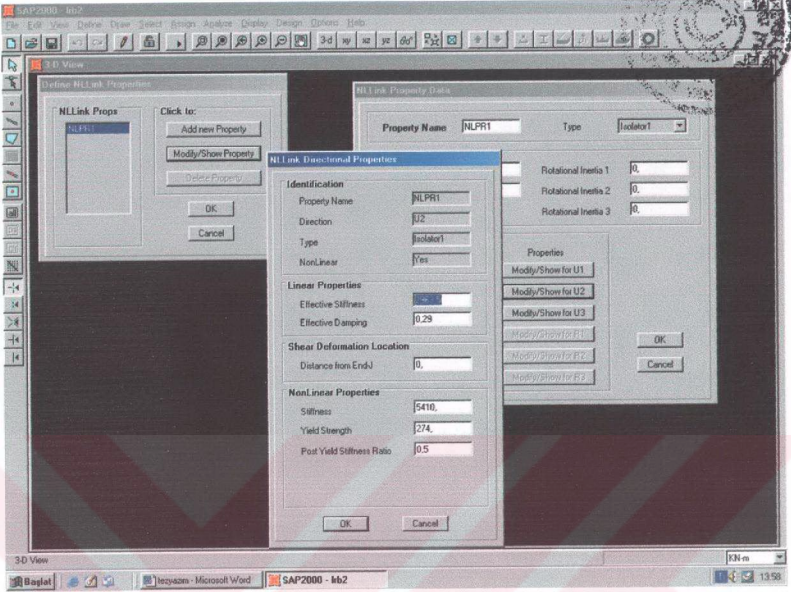
LRB'lerle ilgili değerler ve maliyetler (www.parlar.com.tr adresinden ve Parlar Müh. Müş. Lit. Şti.) alınmıştır.

FPS cihazlarının tanımlanması ve hesabının yapılması için (ISOLATOR 2) seçeneği altında sırasıyla:

1. Doğrusal olmayan bağlantı elemanı sismik cihaz (NLLink ELEMENT) z-ekseni doğrultusunda yani, düşey doğrultuda doğrusal olarak tanımlanır.Düşey yönde efektif rijitlik, tüm sismik yalıtıcı (FPS)'lerde 1.000.000 kN/m olarak alınmıştır.
2. Enine ve boyuna doğrultularda ise sismik cihaz doğrusal olmayan davranış gösterdiğinden, sırasıyla efektif rijitlik katsayısı, efektif sönüm değeri, (FPS) sismik cihazının rijitlik katsayısı, yavaş ve hızlı sürtünme katsayıları, konkav kayma yüzeyinin eğrilik yarıçapı değerleri hesabedilerek programa girilmiştir.
3. Ayrıca cihazın statik ve dinamik sürtünme sırasındaki hız oranı katsayısı değeri Şekil 5.14'den tespit edilip yerine (sn/m) biriminde yazılmıştır.



Şekil 5.15. (NLink Element) Doğrusal Olmayan Bağlantı Elemanı (FPS) Cihazının SAP 2000’deki Görünümü

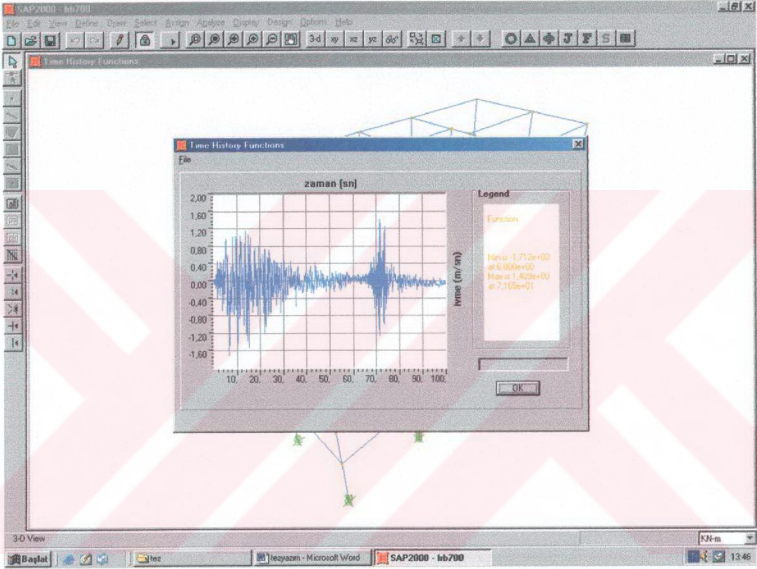


Şekil 5.16. (NLink) Doğrusal Olmayan Bağlantı Elemanı LRB Cihazının Sap 2000'deki Görünümü

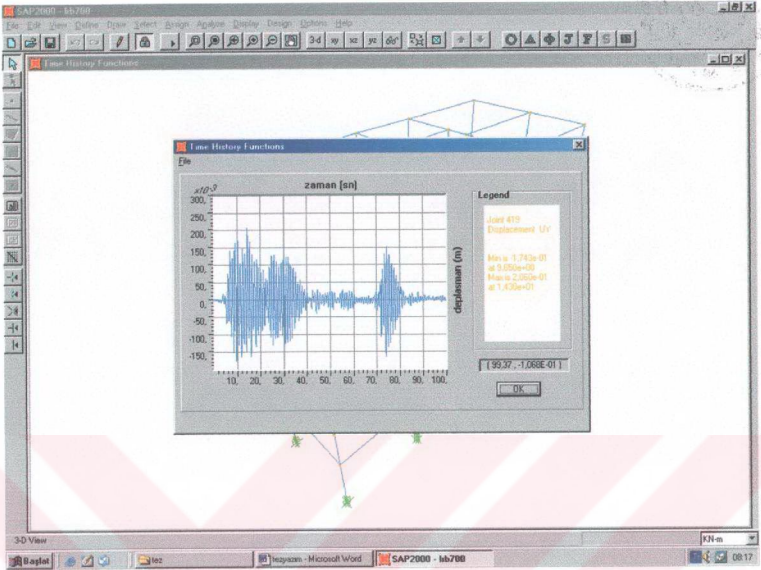
5.5. Doğrusal Olmayan Zaman Geçmişi Analizi

1999 Kocaeli depreminin kuzey-güney bileşeni %5 sönümlü 2000 data ile 0.05 saniyelik aralıklarla programa girilmiştir. Sismik izolatörler, doğrusal olmayan zaman geçmişi analizinde

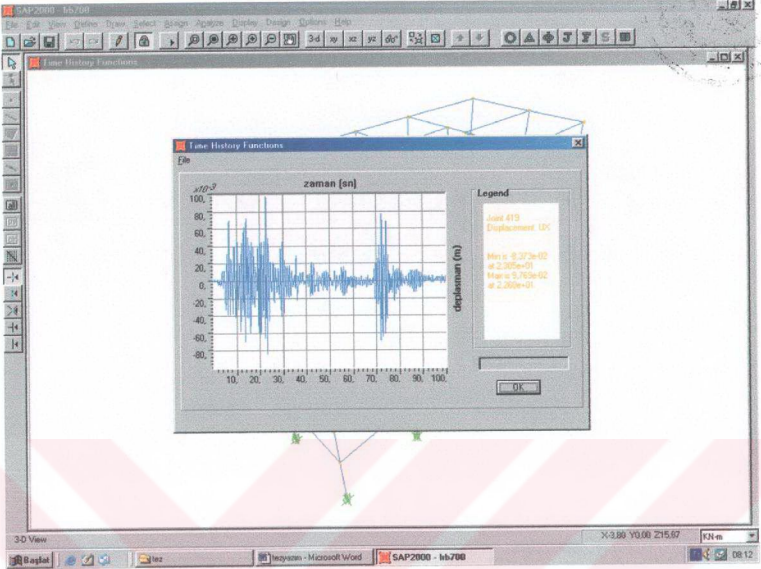
(NLLINK ELEMENT) elemanlar kullanılarak sisteme girilmiştir.



Şekil. 5.17. İzmit Depremi Kuzey-Güney Bileşeni'nin İvme-Zaman Grafiği



Şekil. 5.18.Yapının (LRB Ø700)çatı kodu deplasmanı(Y yönünde)



Şekil 5.19. Yapının(LRB Ø700) çatı kodu deplasmanı(X yönünde)

Sismik yalıtım (LRB Ø700) yapılan yapımızın İzmit depreminde elde edilen maximum deplasmanlar :

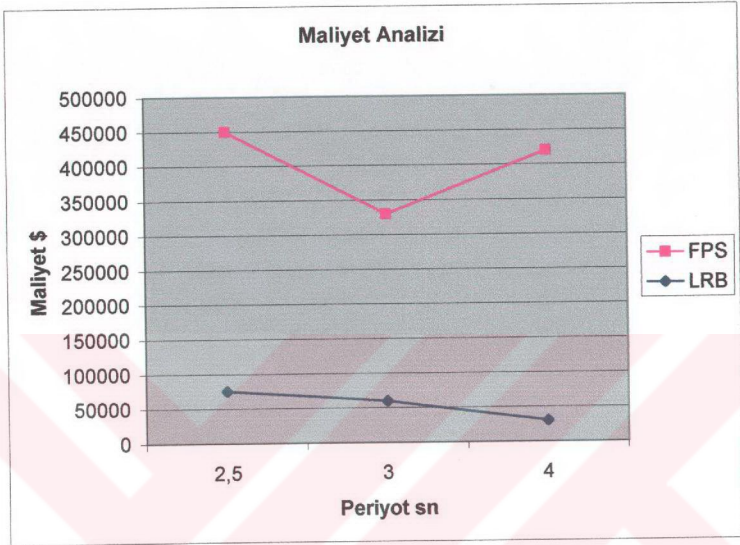
$$U_{x\max} = 97.69 \text{ mm}$$

$$U_{x\min} = 83.73 \text{ mm}$$

$$U_{y\max} = 200 \text{ mm}$$

$$U_{y\min} = 174.3 \text{ mm}$$

5.6. Maliyet Analizi



Şekil. 5.20. Maliyet Analizi

Periyot	LRB	FPS
2,5	75.000 \$	375.000 \$
3	60.000 \$	270.000 \$
4	30.000 \$	390.000 \$

Tablo 5.13. Maliyet analizi

6.SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bir yapının, büyük bir depremde hasarı en az tutacak biçimde yönetmeliklere uygun olarak depreme dayanıklı olarak yapılması olasıdır.Ancak bu geleneksel yöntemle yapı, depreme karşı yalıtılmış olmayacaktır.Çünkü, bir yalıtım ile amaçlanan, yalnızca yapının depreme dayanıklı olması değil , onun deprem ve sonrasında yapılan yatırımın , yapılar içinde değerli aygıt ve donanımın hiçbir şekilde etkilenmemesinin sağlanmasıdır.Hastanelerde bu konu hayati önem taşımaktadır.

Deprem Dinamik İzolatörlerinin amacı; aktif fay hareketlerinin meydana getirdiği etkili yerkaya yatay ivmesinin (oluşturduğu deprem yatay kuvvetlerinin)- genellikle yukarı doğru yayıldıkça- büyüyerek mühendislik yapılarına zarar vermesini önlemek şeklinde özetlenebilir.Ancak bu şekilde, yapılara etkiyen deprem kuvvetlerinin deprem izolatörleri yardımıyla yapıda yerleştirildikleri kotlarda söndürülerek etkileri azaltılabilir ve üst yapının yatay hareketleri zarar vermeyecek mertebelerde tutulabilir.

Bu tez çalışmasında yapını depreme karşı güçlendirilmesinde Sürtünme Sarkaç Tipi Sismik İzolatörlerin ve Kauçuk Esaslı Sismik İzolatörlerin davranışları dinamik analizleri yapılarak sorgulanmıştır.Her bir izolatör için ayrı ayrı yapılan dorusal olmayan zaman geçmişi analizi sonucu elde edilen veriler göstermektedir ki; tüm sismik izolatörlerin mevcut tasarım deplasman kapasiteleri ihtiyaç duyulan deplasman şartlarını sağlamaktadır.



KAYNAKLAR

1. Ahmet Ercan, Yapı İnceleme Yöntemleri, İstanbul: Birsan Yayınevi, Şubat 2003
2. Serdar Altın, Alternatif Sismik İzolasyon Cihazı (FPS) Sürtünmeli Sarkaç Tipi Deprem İzolatörlerinin Bolu Viyadüğü'nde Uygulanabilirliğinin ve Perfaomanslarının Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Gebze, 2003
3. Zekai Celep ve Nahit Kumbasar, Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, İstanbul, Beta Dağıtım, 2000
4. Deprem Güvenli Konut Sempozyumu, Mesa Yayıncılık, Ankara, 1999
5. Naeim, Farzad and M.Kelly, James. Design of Seismic Isolated Structures From Theory to Practice. (Canada ; John Wiley –Sons, 1999)
6. LRB Parametrik Değerler, www.parlar.com.tr
7. Nejat Bayülke, Depremde Hasar gören Yapıların Onarım ve Güçlendirilmesi, İMO İzmir Şubesi Yayın No: 15; İzmir, 2001
8. İlhan Berktaş, Betonarme 1 Taşıma Gücü ve Kesit Hesapları, İMO İstanbul, Nisan 1995.
9. Uğur Ersoy, Betonarme 2 Döşeme ve Temeller, İstanbul, Evrim Yayınevi, 1995
10. Günay Özmen ve Engin Orakdoğen, Örneklerle SAP 2000, Birsan Yayınevi, 2003
11. Bülent Akbaş, Siesmic Refrofit and Eartquake Hazard Redection Textbook, Gebze, 2001

ÖZGEÇMİŞ



1976'da Aksaray'da doğdu. İlkokulu Mithat Gürsoy İlkokulu'nda tamamladı. Ortaokulu Fatma-Mithat Gürsoy İlköğretim Okulu'nda liseyi Aksaray Lisesi'nde tamamladı. 1995 yılında Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nü kazandı. 2000 yılında mezun oldu. 1999 yılında iş hayatına atıldı. 2001'de Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Deprem ve Yapı Bilimleri Anabilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine başladı. Temel dersleri Gebze'de ve Kocaeli Üniversitesi'nde tamamladı.