



İstanbul Sismik Riskin Azaltılması ve  
Acil Durum Hazırlık Projesi  
**İSMEP**

# Depreme Karşı Yapısal Güçlendirme



Dünya Bankası'nda 4784-TU no'lu İkraz Anlaşması çerçevesinde finansmanı sağlanan, İstanbul Valiliği İl Özel İdaresi İstanbul Proje Koordinasyon Birimi (İPKB) tarafından yürütülen, "İstanbul Sismik Riskin Azaltılması ve Acil Durum Hazırlık Projesi'nin (İSMEP)" A bileşeni kapsamında yaptırılan

**"Toplumun Afete Hazırlığı Eğitim Materyalleri"**

Beyaz Gemi Eğitim ve Danışmanlık tarafından hazırlanmıştır.

Nisan 2009, İstanbul

Copyright©2009

Tüm hakları saklıdır.

Bu kitabı hiçbir bölümü İl Özel İdaresi İstanbul Proje Koordinasyon Birimi'nin (İPKB) veya İstanbul İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü'nün (İstanbul ADM) yazılı izni olmadan elektronik, dijital veya mekanik yollarla çoğaltılp dağıtılamaz.

Bu kitap kâr amaçlı kullanılamaz.



**Hazırlayan:**

Dr. Müh. Cüneyt TÜZÜN

Dr. Müh. Ufuk HANCILAR

Dep. Yük. Müh. Murat Ergenekon SELÇUK

Prof. Dr. Mustafa ERDİK

**Redaksiyon:**

Nihal BOZTEKİN

**Grafik Tasarım:**

Serkan AYRAÇ

**Kapak Tasarım:**

Begüm PEKTAS

**İllüstrasyon:**

Mehmet DAL

**Proje Yönetimi**

**İstanbul Proje Koordinasyon Birimi (İPKB)**

K. Gökhan ELGIN

Yalçın KAYA

Fikret AZILI

**İstanbul İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü**

Gökay Atilla BOSTAN

**Proje Yürütucusu ve Danışmanlık Hizmeti**

Beyaz Gemi Eğitim ve Danışmanlık

**İSMEP'in (İstanbul Sismik Riskin Azaltılması ve Acil Durum Hazırlık Projesi)** A Bileşeni olan Acil Durum Hazırlık Kapasitesinin Arttırılması kapsamında hazırlanan 'Toplumun Afete Hazırlığı Eğitim Materyalleri'nin, örnek uygulamalar çerçevesinde şekillenmesi ve amaçlarına ulaşmasında çok taraflı bir işbirliği önemli rol oynadı.

Uzun ve emek yoğun bir çalışmanın ürünü olan ve pek çok kurum ve kişinin engin bilgi ve tecrübeleri ışığında hayat bulan bu proje çerçevesinde, değerli katkılarını bizden esirgemeyen;

T.C. Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı'na  
T.C. Başbakanlık Hazine ve Dış Ticaret Müsteşarlığı'na (HDTM)  
T.C. Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı'na (DPT)  
T.C. Başbakanlık Toplu Konut İdaresi Başkanlığı'na (TOKİ)  
T.C. Başbakanlık Sosyal Hizmetler ve Çocuk Esirgeme Kurumu Genel Müdürlüğü'ne  
T.C. Başbakanlık Özürlüler İdaresi Başkanlığı'na  
T.C. İçişleri Bakanlığı'na  
T.C. Milli Eğitim Bakanlığı'na  
T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı'na  
T.C. Sağlık Bakanlığı'na  
T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı'na  
T.C. Sanayi ve Ticaret Bakanlığı'na  
T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı'na  
İstanbul Büyükşehir Belediyesi'ne  
Bağcılar Belediyesi'ne  
Pendik Belediyesi'ne  
Zeytinburnu Belediyesi'ne  
Kadıköy Belediyesi'ne  
Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği'ne (TMMOB)  
Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü'ne (BÜ – KRDAE)  
Deprem Mühendisliği Bölümü  
Afete Hazırlık Eğitim Birimi (AHEB)  
İstanbul Teknik Üniversitesi'ne (İTÜ)  
Afet Yönetim Merkezi (AYM)  
Orta Doğu Teknik Üniversitesi'ne (ODTÜ)  
Afet Yönetimi Araştırma ve Uygulama Merkezi (DMC)  
Yıldız Teknik Üniversitesi'ne (YTÜ)  
Marmara ve Boğazları Belediyeler Birliği'ne  
Türkiye Müteahhitler Birliği'ne  
Yapı Denetim Kuruluşları Birliği'ne  
İstanbul Ticaret Odası'na (İTO)  
İstanbul Sanayi Odası'na (İSO)  
Türkiye Kızılay Derneği Eğitim Bölümü'ne  
Mahalle Afet Gönüllüleri Vakfı'na (MAG)  
İstanbul Anadolu Yakası MAG Derneği'ne (İAY – MAG – DER)  
Arama Kurtarma Derneği'ne (AKUT)  
İstanbul Esnaf ve Sanatkârlar Odaları Birliği'ne (İSTESOB)  
Telsiz Radyo Amatörleri Cemiyeti'ne (TRAC)  
Türkiye Esnaf ve Sanatkârlar Konfederasyonu'na (TESK)  
Türkiye İşçi Sendikaları Konfederasyonu'na (TÜRK – İŞ)  
Sosyal Hizmet Uzmanları Derneği'ne (SHUDER)  
Türk Psikologlar Derneği'ne (TPD)  
Türk Psikiyatри Derneği'ne  
Türkiye Sakatlar Konfederasyonu'na  
Japonya Uluslararası İşbirliği Ajansı Türkiye Ofisi'ne (JICA)

ve kaynakçada yer alan tüm yayın sahipleri ile birlikte proje süresince göstermiş oldukları titiz ve özverili çalışmalarından dolayı proje ekibine teşekkür ederiz.



# İÇİNDEKİLER

GİRİŞ	1
GÜÇLENDİRME NEDİR?	2
DEPREM GÜVENLİĞİNİN SAPTANMASI VE GÜÇLENDİRME GEREĞİ	2
GÜÇLENDİRME YÖNTEMLERİ	4
ELEMAN GÜÇLENDİRMESİ	
Kirişlerin Güçlendirilmesi	
Kolonların Güçlendirilmesi	
SİSTEM GÜÇLENDİRMESİ	
Dolgu Duvarların Güçlendirilmesi	
Betonarme Taşıyıcı Sistemlerin Perde Duvarla Güçlendirilmesi	
Yığma Binaların Güçlendirilmesi	
DEPREME KARŞI GÜÇLENDİRMEDE YENİ TEKNOLOJİLER	16
GÜÇLENDİRME UYGULAMASINDA KARŞILAŞILAN ZORLUKLAR	17
SIKÇA SORULAN SORULAR	19
SÖZLÜK	21
KAYNAKLAR	22

# GİRİŞ

Bu çalışmada, depremde hasar görmüş ya da depremden önce taşıyıcı sisteminde yetersizlikler tespit edilen bir binada uygulanacak yapısal güçlendirme çalışmalarının amacı, güçlendirme yönteminin belirlenmesi ve seçilen yöntemin uygulanması konularında toplum bilincinin oluşturulması hedeflenmektedir.



Bir binanın deprem güvenliğinin hedeflenen düzeye yükseltilmesi amacıyla yapılan iyileştirme/güçlendirme uygulamalarının teknik boyutları mümkün olduğunda basitleştirilerek söz konusu uygulamanın neleri kapsadığı ve yararlarının ne olabileceği, bu aşamada karşılaşılabilecek sorunların neler olabileceği konularına değinilecektir. “Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik-DBYBHY, 2007” esas alınarak, ülkemizdeki mevcut bina stokunun büyük bölümünü oluşturan betonarme ve yiğma binalarda uygulanan klasik güçlendirme yöntemleri ile depreme karşı yapısal güçlendirmede kullanılmaya başlanan yeni teknolojilerden söz edilecektir.

alınarak, ülkemizdeki mevcut bina stokunun büyük bölümünü oluşturan betonarme ve yiğma binalarda uygulanan klasik güçlendirme yöntemleri ile depreme karşı yapısal güçlendirmede kullanılmaya başlanan yeni teknolojilerden söz edilecektir.

# GÜÇLENDİRME NEDİR?

Güçlendirme, binaların deprem güvenliğini artırmak için yapılan işlemleri içerir. Bu işlemler bazen binanın tümüne, bazen de sadece bazı taşıyıcı sistem elemanlarına uygulanır. Binanın güçlendirilmesi iki nedenle gerekebilir. Bunlardan birincisi, depremden kaynaklanan bir hasardan dolayı güvenliğin artırılmasına ihtiyaç duyulmasıdır. İkincisi ise, herhangi bir hasar bulunmadığı halde, binanın depreme karşı yeterince güvenli olmadığından tespit edilmesidir. Her iki durumda da, binanın deprem güvenliğinin hedeflenen düzeye yükseltilmesi için yapısal güçlendirmeye başvurulacaktır.

## DEPREM GÜVENLİĞİNİN SAPTAŞMASI VE GÜÇLENDİRME GEREĞİ

“Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik”, Mart 2007 itibarıyle Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. Yönetmelik, yeni yapılacak binalarda depreme dayanıklılığı esas alacak bir tasarım yapılmasını öngörür. Bu tasarımın ana ilkesi, yapısal ve yapısal olmayan sistem elemanlarının hafif şiddetteki depremlerde hasar görmemesi, orta şiddetteki depremlerde onarılabilir düzeyde kalması, şiddetli depremlerde ise can güvenliğinin sağlanması amacıyla kalıcı yapısal hasar oluşumunun sınırlanmasıdır. Burada sözü edilen “şiddetli deprem”i tanımlamak için, ellî yıl içerisinde %10 olasılıkla aşılması beklenen yer hareketi seçilir ve deprem tehlikesi bölgeleme haritaları yapılır. Binanın böyle bir depremde can kaybına yol açmayacak ölçüde bir hasar görmesi makul karşılanabilir.

Yeni yapılacak binalar dışında, var olanların deprem karşısındaki performansları da yönetmeliğin konularından biridir; yapıların değerlendirilmesi ve güçlendirilmesinde uygulanacak hesap kuralları ve ilkeleri burada tanımlanmıştır. Binanın deprem performansı, uygulanan deprem etkisi altında olması beklenen hasarla ilişkilidir. Bu performans düzeyleri en az hasar durumunda şöyle sıralanabilir:

- Hemen kullanım
- Can güvenliği
- Göçmenin önlenmesi
- Göçme durumu

Farklı olasılıklarla aşılması beklenen deprem yer hareketleri (örneğin ellî yıl içerisinde %2, %10 veya %50 olasılıkla), bir başka deyişle daha az şiddetliden daha yüksek şiddetliye doğru nitelenebilecek depremler karşısında binanın hedeflenen

minimum performans düzeyi de o binanın kullanım amacı ve türüne göre farklılık göstermektedir. Örneğin, insanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu okul, yatakhane, yurt, kışla gibi mekânlar için elli yıl içerisinde %10 olasılıkla meydana gelmesi beklenen deprem etkilerinden söz edilebilir. Bu durumda “hemen kullanım”a izin verecek minimum hasar hedeflenir. Aynı deprem etkileri altında konut, işyeri, otel gibi binalar için ise “can güvenliği”ni esas alan orta hasar hedeflenmektedir.

Depreme dayanıklı tasarlanmış bir binanın olası şiddetli bir depremde taşıyıcı olan ya da olmayan elemanlarında hasar beklenir. Depreme dayanıklı tasarım ilkelerine uyulmadan inşa edilmiş binalarda ise genellikle daha ağır hasarlar gerçekleşmesi kaçınılmazdır. Bu durum, güçlendirme gereğini doğurur. Öte yandan proje ve yapım hatası nedeniyle güçlendirilmesi gereken yapılar da vardır. Bazen mimari nedenlerle ve kullanım ihtiyaçlarıyla binanın taşıyıcı sistemi değiştirilir; bu durumda güçlendirme gereği ortaya çıkabilir. Güncel deprem şartnamelerine uyum sağlanması ve/veya değişen deprem bekleneleri nedeniyle de mevcut binaların güçlendirilmesi gerekebilir. Bunlar dışındaki nedenlerden bazıları ise, binanın konumu, işlevi veya tarihi önemidir.

Güçlendirmede maliyet de belirleyici unsurlardan biridir. Bu işlemin yapılabilmesi için, güçlendirme maliyetinin binanın yıkım ve yeniden yapım maliyetine oranı kabul edilebilir düzeyde olmalıdır.

**Güçlendirmenin amacı, binanın deprem güvenliğini en iyi ve uygun teknik yöntemlerle, en kısa zamanda ve bina sakinlerine en az zorluk çıkararak istenen düzeye eristemektir.**

Güçlendirme kararının teknik olduğu kadar sosyal, ekonomik ve hukuki boyutları da vardır. Bu nedenle, bölgedeki yetkililer deprem etkisi altında risk taşıyan binalara yapılacak müdahaleye karar verirken, bütün bu boyutları dikkate almalıdır. Bu noktada verilen kararın bir ölçüde öznel olacağı da unutulmamalıdır.

Depreme karşı güçlendirme kararı verilirken, yerinde yapılan incelemeler ve testler önemlidir. Elde edilen bilgiler ışığında ve önerilen hesap yöntemleriyle binanın deprem güvenliği saptanır. Mevcut durumun istenen performans düzeyinin altında kalması durumunda, güçlendirmeye başvurulur.

Bir binanın hedeflenen performans düzeyine erişmesi için şu işlere başvurulur:

- Deprem hasarlarına neden olacak kusurların giderilmesi
- Deprem güvenliğini artırmaya yönelik yeni elemanlar eklenmesi
- Yapının ağırlığının azaltılması
- Kuvvet aktarımında sürekliliğin sağlanması

# GÜÇLENDİRME YÖNTEMLERİ

İyileştirme/güçlendirme yöntemleri ikiye ayrılır: Eleman güçlendirmesi ve sistem güçlendirmesi.

Güçlendirme kolon, kiriş, perde, birleşim bölgesi gibi binanın mevcut taşıyıcı sistem elemanlarına uygulanır. Bazı durumlarda ise yeni taşıyıcı elemanlar eklenerek sistem iyileştirilir. Binada sadece bazı elemanlar deprem etkisine karşı dayaniksız olup, diğerleri yönetmelik koşullarına uygunsa ve bina yeterli yanal dayanıma sahipse eleman bazında güçlendirme yeterli olabilir. Bu durumda sadece, yeterince dayanıklı olmadığı saptanan elemanlara güçlendirme uygulanacaktır. Öte yandan, binanın taşıyıcı sisteminde çok sayıda kusurlu eleman varsa, bina yeterli yanal dayanıma sahip değilse ve/veya yumuşak kat, zayıf kat, kısa kolon gibi önemli sistem zayıflıkları mevcutsa, daha bütünsel bir sistem iyileştirilmesi yapılarak bina depreme karşı güçlendirilmelidir.

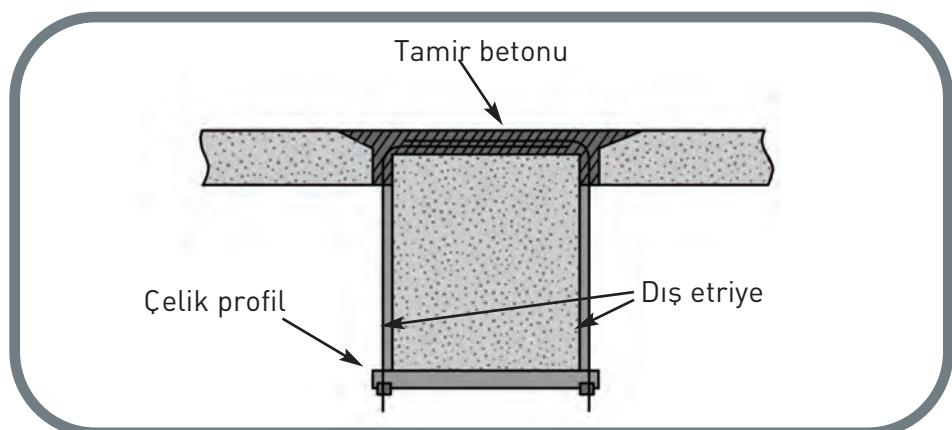
## ELEMAN GÜÇLENDİRMESİ

Binanın kolon, kiriş, perde, birleşim bölgesi gibi elemanlarında dayanım ve şekil değiştirme kapasitelerini artırmaya yönelik işlemler “eleman güçlendirmesi” olarak tanımlanır.

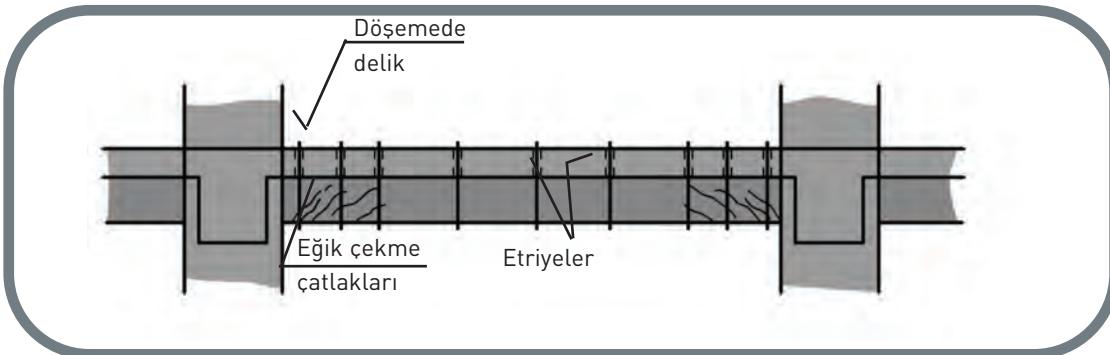
### Kirişlerin Güçlendirilmesi

Betonarme kirişler, taşıma gücünün veya süneklik kapasitesinin artırılması, dıştan etriye eklenmesi, çelik plakalar yapıştırılması, lifli polimerle sarma ve tam veya kısmi manto uygulanmasıyla güçlendirilebilir.

**Dıştan etriye ekleme:** Kiriş mesnet bölgelerinde gerekli sayıda etriye çubuğu kirişin iki yüzüne dıştan eklenerek kesme dayanımı artırılabilir (Şekil 1). Kirişin altına yerleştirilen çelik profile bulonla bağlanan etriye çubukları, üstteki döşemede açılan deliklerden geçirilerek döşeme üst yüzeyinde açılan yuhanın içine bükülür ve boşlıklar betonla doldurulur (Şekil 2). Bu uygulamada profil ve bulonların paslanma gibi dış etkilerden korunmasına özen gösterilmelidir.

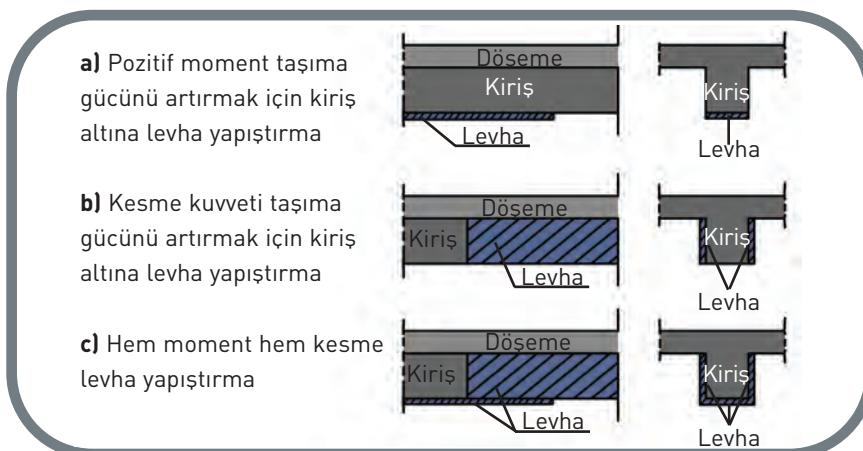


Şekil 1. Kirişe dıştan etriye eklenmesi.



**Şekil 2.** Yeni eklenen etriyelerin döşeme mede ankrajlanması.

**Çelik levha yapıştırılması:** Kırışlar, alt veya alt ve yan yüzlerine sadece çelik levha yapıştırılarak da güçlendirilebilir (Şekil 3). Levhaların betona yapıştırılması işleminde hem levhanın hem de betonun yüzeyleri hazırlanarak tam ve sağlıklı bir yapışma sağlanmalıdır. Hem alt hem de yan yüzlere levha yapıştırılacaksa bunlar köşede kaynaklanacaktır.



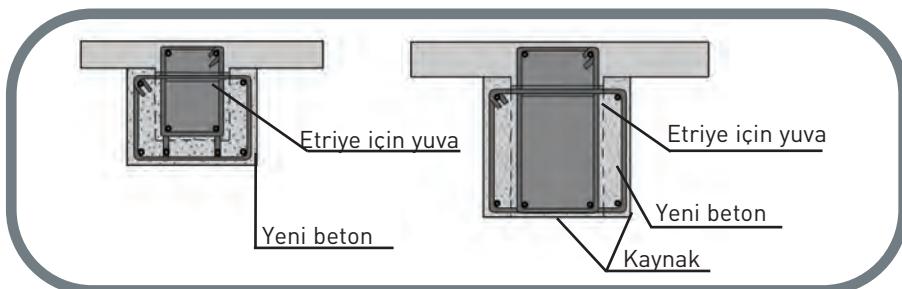
**Şekil 3.** Kırışlere çelik levha yapıştırılması.



**Şekil 4.** Kırışların lifli polimerle sarılması.

**Lifli polimer sargı:** Lifli polimerle sarılarak güçlendirilen kırışlarda tüm kırış çevresinin sarılmasıyla istenen dayanım artırımı ve sünek davranış yeteneği sağlanabilir (Şekil 4). Tüm kırış çevresinin sarılması yerine şeritler halinde lifli polimer uygulamasında bu şeritlerin aralıkları ve bindirme boyları yönetmelikte verilen değerlere uygun olmalıdır.

**Mantolama:** Kırışlar mantolama yöntemiyle de güçlendirilebilir. Bu uygulamada ilave boyuna donatılar ve etriyeler konularak kırış betonarme bir mantoyla sarılır (Şekil 5). Manto yapılırken yeni yerleştirilen manto donatısıyla mevcut boyuna donatı arasında bir bağ sağlanmalıdır. Bu bağ, boyuna donatılara kaynaklanan U ve Z çubuklarıyla sağlanabilir.

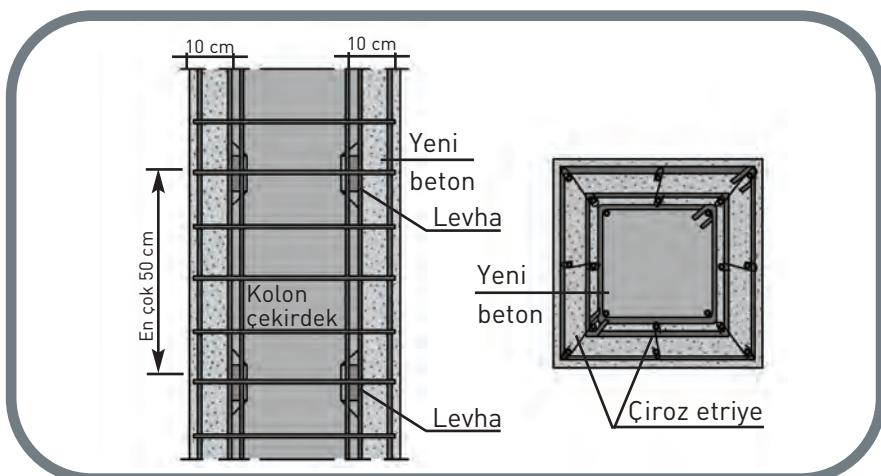


Şekil 5. Kırışların mantollanması.

## Kolonların Güçlendirilmesi

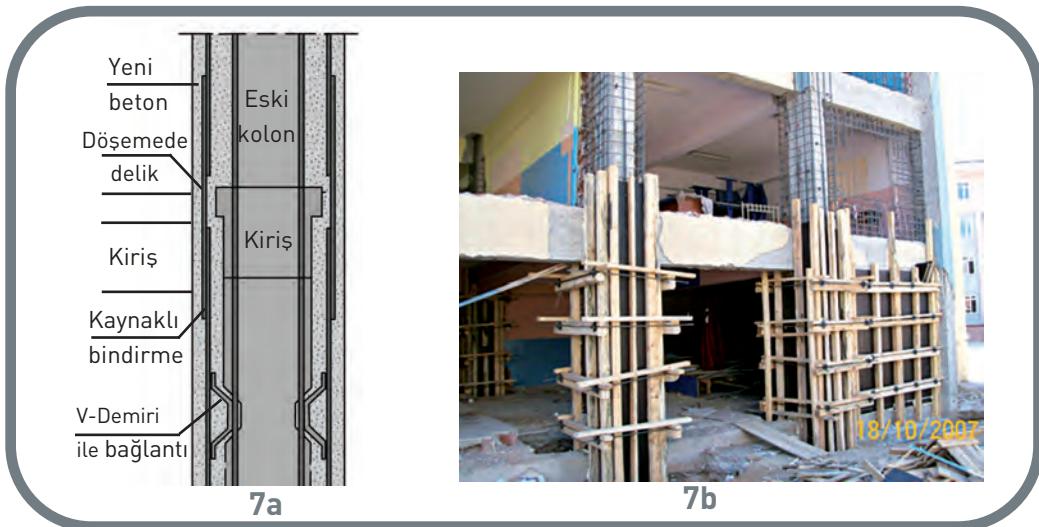
Betonarme kolonlar sünekliklerinin veya taşıma güçlerinin artırılması amacıyla betonarme sargı, çelik sargı ve lifli polimer sargıyla güçlendirilebilir.

**Betonarme sargı:** Betonarme sargılıma yöntemi kolonun mantolaması olarak da bilinir. Kolon en az 10 cm kalınlığında beton mantoyla dört bir yanından sarılır ve bu manto içine yeni boyuna ve enine donatılar yerleştirilir (Şekil 6).



Şekil 6. Betonarme kolon mantosu.

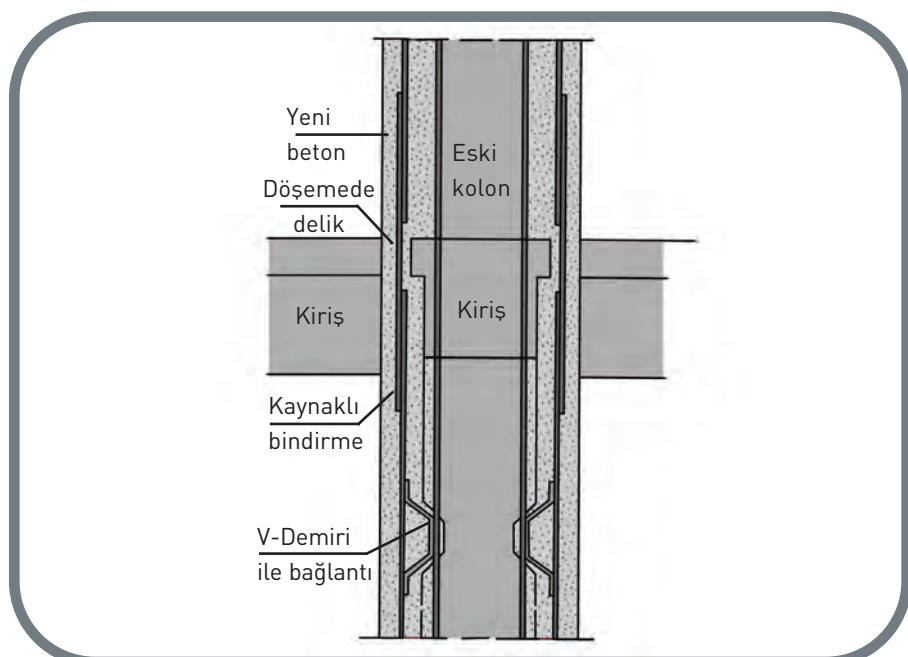
Betonarme sargı alt kat döşemesinin üstünde başlar ve üst kat döşemesinin altında sona erer. Bu uygulamada eski ve yeni betonun kaynaştırılması ve yeni konulan boyuna donatılarla eski donatılar arasında sağlıklı bir bağlantı yapılması önemlidir (Şekil 7).



**Şekil 7a.** Kolon mantolanmasında eski ve yeni boyuna donatı bağlantıları.

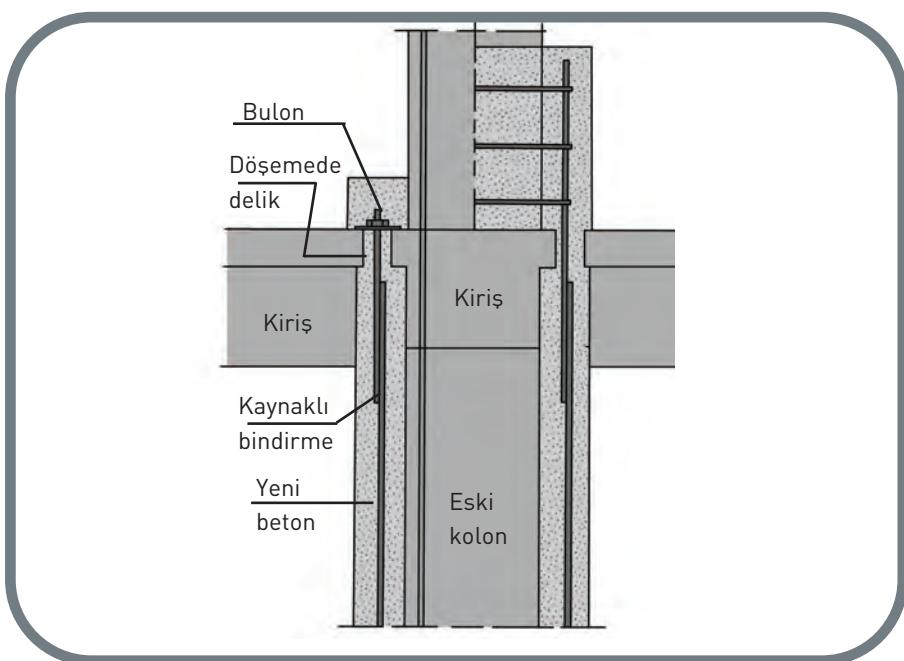
**Şekil 7b.** Uygulama örneği (İSMEP arşivinden alınmıştır).

Mevcut kolonun pas payı sıyrılmalı, varsa hasarlı bölgeler etriyeler ve boyuna donatılarla belirlenen kolon çekirdek bölümüne kadar kazınmalıdır, mevcut beton mümkünse basınçlı suyla yıkandıktan sonra toz ve gevşek malzemeden temizlendikten sonra beton yüzeyleri örselenerek mantolama uygulamasına başlanmalıdır. Yeni eklenen boyuna donatılar bodrum katta temel pabucunda açılacak yuvalara özel harçlı olarak yerleştirilebilir. Mantolama işleminin üst katlarda da devam etmesi durumunda donatılar kat düzeyini geçerken kullanılan bindirme ayrıntıları Şekil 8'de görülebilir.



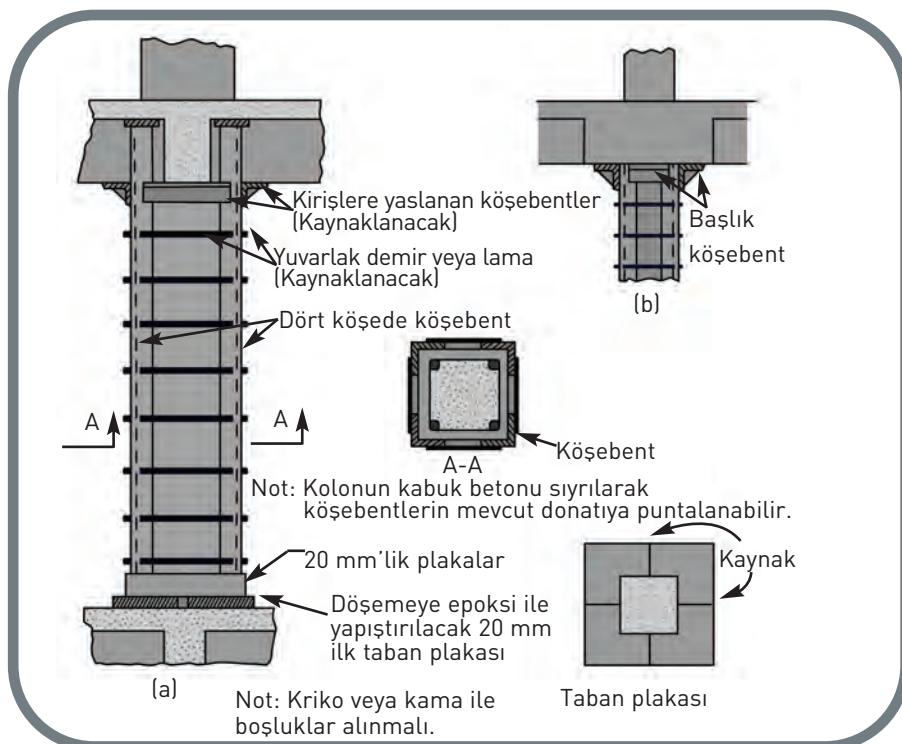
**Şekil 8.** Yeni eklenen boyuna donatılarının düzenlenmesi.

Mantolama üst katta devam etmiyorsa kolon boyuna donatılarının üst uçlarının ankrajlanmasıında Şekil 9'da gösterilen yöntem uygulanabilir. Öte yandan, yeni eklenen enine donatıların bağlanması ve beton ile boyuna donatıları sıkıca sarması gereklidir. Bu sebeple, yeni konulan enine donatılar kolonun tüm yüksekliği boyunca demir çapı ve yerleştirme sıklığı açısından Deprem Yönetmeliği'nde verilen minimum koşulları sağlamalıdır. Ayrıca kolon-kiriş birleşim bölgelerinde kirişler delinerek veya kirişlere ankraj konularak gerekli enine donatı sağlanmalıdır.

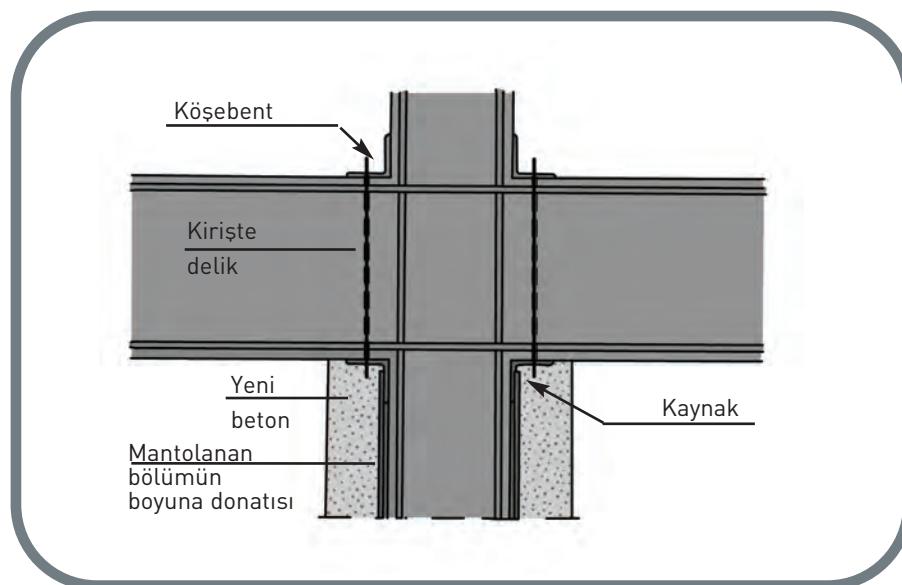


**Şekil 9.** Yeni eklenen boyuna donatıların ankrajlanması.

**Çelik sargı:** Betonarme dikdörtgen kolonlar köşelerine dört adet boyuna çelik köşebent yerleştirilerek ve bu köşebentlerin belirli aralıklarla düzenlenen yatay plakalarla kaynaklanmasıyla oluşan çelik sargıyla da güçlendirilebilir (Şekil 10). Bu uygulamada köşebentler ile betonarme yüzeyler arasında boşluk kalmamalı ve yatay plakalar dört yüzeye sürekli olmalıdır. Çelik köşebentler alt ve üst dösemeler arasında sürekli olmalı, dösemelere başlık plakaları ve bulonla ankrajlanmalıdır (Şekil 11). Yatay plakaların kalınlığı, genişliği ve aralığı ile yapılacak bulonlu bağlantıların detayları Deprem Yönetmeliği'nde verilen koşulları sağlamalıdır.



**Şekil 10.** Kolonun çelik sargıyla mantolanması.



**Şekil 11.** Çelik köşebentlerin ankrajlanması.

**Lifli polimer sargı:** Lifli polimer tabakası kolonların çevresine, lifler enine donatılara paralel olacak şekilde sarılarak ve yapıştırılarak sargılama sağlanır (Şekil 12). Bu uygulamayla betonarme kolonların süneklik kapasitesi ve dayanımlarının artırılmasıyla boyuna donatı bindirme boyunun yetersiz olduğu durumlarda donatı kenetleme dayanımının artımı sağlanabilir.

Lifli polimer ile kolonun tüm çevresi sarılmalı ve sargı sonunda yapılacak bindirme ve kolon köşe geçişleri için Deprem Yönetmeliği'nde belirtilen koşullara uyulmalıdır.

## SİSTEM GÜÇLENDİRMESİ

Binanın taşıyıcı sisteminin dayanım ve şekil değiştirme kapasitesinin artırılması ve iç kuvvetlerin dağılımında sürekliliği sağlamak amacıyla binaya yeni elemanlar eklenmesi "sistem güçlendirmesi" olarak tanımlanır.

### Dolgu Duvarların Güçlendirilmesi

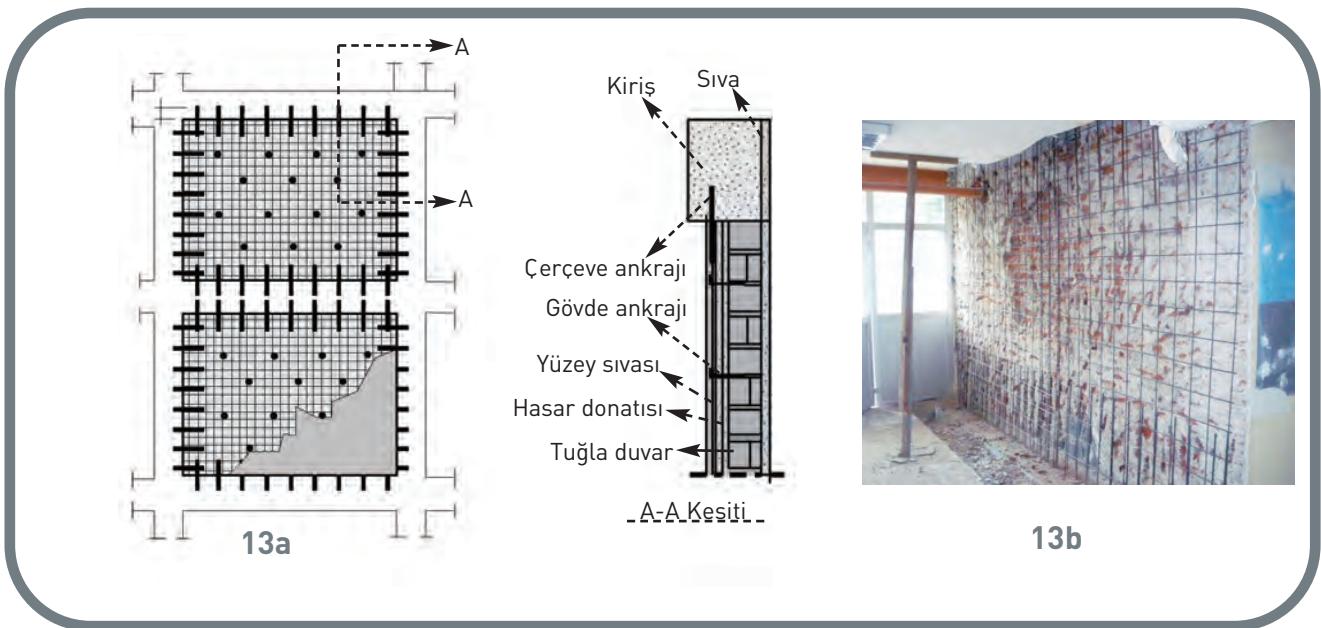
Dolgu duvarların güçlendirilmesi bodrum hariç en fazla üç katlı binalarda, temel üstünden yukarıya kadar üst üste süreklilik gösteren betonarme çerçeveye içindeki dolgu duvarlara uygulanabilir. Güçlendirme hasır çelik donatılı özel sıvıyla, lifli polimerle veya prefabrike beton panellerle yapılabilir.

**Hasır çelik donatılı özel sıva:** Şekil 13'te gösterildiği gibi, dolgu duvarlar hasır çelik donatılı özel sıvıyla güçlendirilebilir. Uygulamada kullanılacak olan özel sıva tabakasının karışımı, kalınlığı, hasır donatının aralıkları, malzeme özellikleri ve yapılacak uygulamanın tasarımiyla ilgili hesap ve kontroller Deprem Yönetmeliği'nde belirtilen şartları sağlamalıdır.

Öte yandan, güçlendirilen dolgu duvarlarında oluşan kuvvetlerin zemine güvenle aktarılması için gerekli olan temel düzenlemesi de yapılmalıdır.



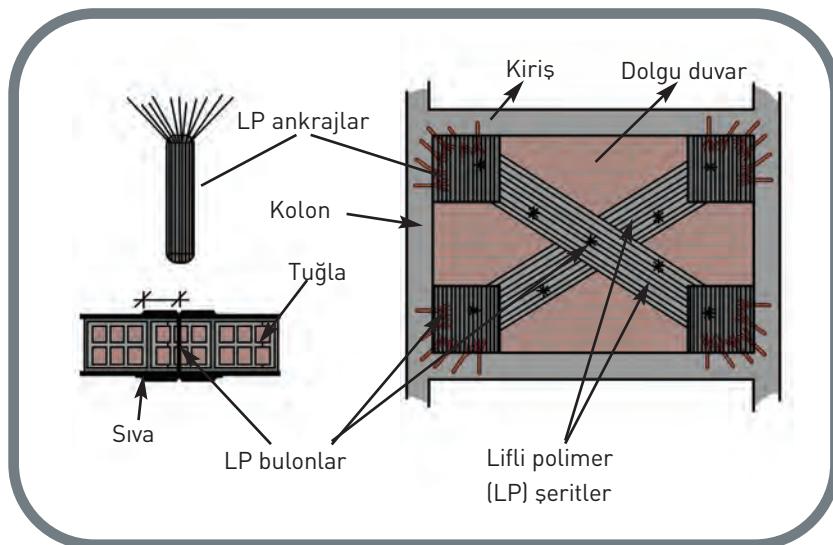
Şekil 12. Kolonların lifli polimerle sargılanması.



**Şekil 13a.** Dolgu duvarın hasır çelik donatılı özel sıvayla güçlendirilmesi.

**Şekil 13b.** Uygulama örneği (İSMEP arşivinden alınmıştır).

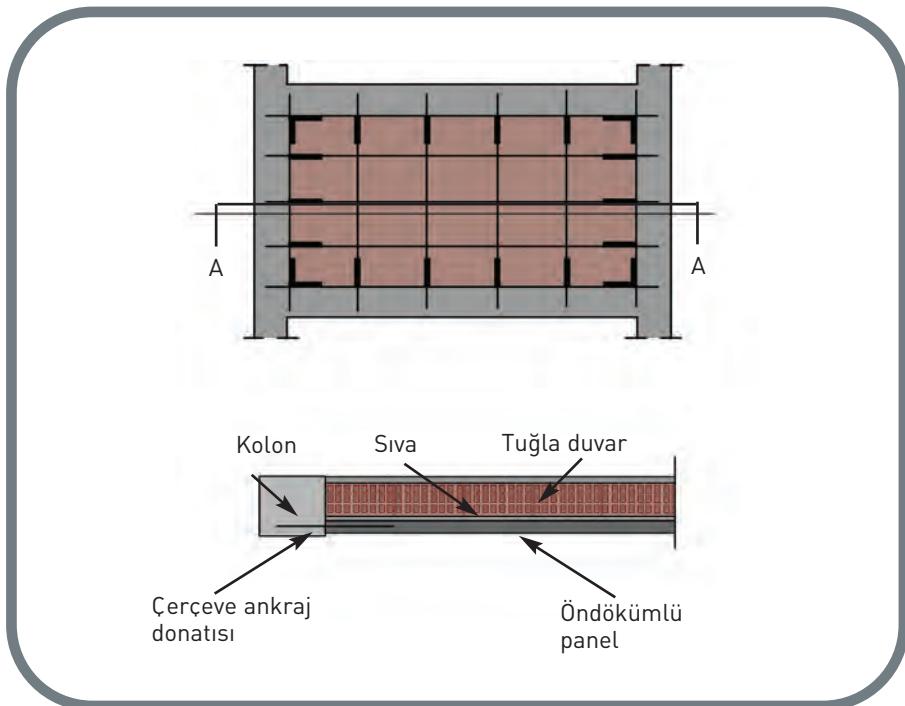
**Lifli polimer:** Köşegen lifli polimer uygulaması, uzunluğunun yüksekliğine oranı 0.5 ile 2 arasında olan duvarlara Şekil 14'te gösterildiği gibi yapılabilir. Lifli polimerlerin malzeme özellikleri, kalınlıkları, genişlikleri ve yapılacak uygulamanın tasarımıyla ilgili hesap ve kontroller Deprem Yönetmeliği'nde belirtilen koşulları sağlamalıdır. Köşeden köşeye uygulanan lifli polimer şeritlerini dolgu duvara ankrajlanmaları epoksi kullanılarak sağlıklı bir şekilde gerçekleştirilmelidir. Güçlendirilen dolgu duvarlarında oluşan kuvvetlerin zemine güvenle aktarılması için gerekli olan temel düzenlemesi de yapılmalıdır.



**Şekil 14.** Dolgu duvarın lifli polimer bantları ile güçlendirilmesi.

**Prefabrike beton panel:** Dolgu duvarların öndökümlü (prefabrike) panellerle güçlendirilmesinde, öndökümlü paneller mutlaka çerçeve içinde kalacak şekilde ve tam ortalanarak yerleştirilmeli, çerçeveye yük aktarımı sağlanması için ankrajlar düzenlenmelidir (Şekil 15).

Bu tür güçlendirme, uzunluğunun yüksekliğine oranı 0.5 ile 2 arasında olan duvarlara uygulanabilir. Öndökümlü beton paneller epoksi esaslı bir yapıştırıcıyla duvara tutturulmalı, panellerin malzeme özelliği, kalınlığı, üretimi ve yapılacak uygulamanın tasarımiyla ilgili hesap ve kontroller Deprem Yönetmeliği'nde belirtilen koşulları sağlamalıdır.



**Şekil 15.** Dolgu duvarın prefabrike beton panelle güçlendirilmesi.

## Betonarme Taşıyıcı Sistemlerin Perde Duvarla Güçlendirilmesi

Dayanımı ve yanal rıjitliği yetersiz olan betonarme taşıyıcı sistemler betonarme perde duvarlarla güçlendirilebilir. Burada amaç, yapıya daha çok yatay yük taşıyacak elemanlar konmasıdır. Betonarme perdeler mevcut çerçeve düzlemi içinde veya çerçeveye bitişik olarak düzenlenlenebilir.



**Şekil 16.** Betonarme çerçeve düzlemi içine perde duvar eklenmesi.



**Şekil 17.** Betonarme çerçeve düzlemine bitişik perde duvar eklenmesi.



**Şekil 18.** Yiğma duvara hasır çelik donatı uygulaması.

**Çerçeve düzlemi içinde betonarme perde eklenmesi:** Şekil 16'da gösterildiği gibi, çerçevelerin içine betonarme perde duvar yapılarak binanın mevcut taşıyıcı sistemi güçlendirilebilir.

Bu uygulamada perde duvarın herhangi bir katta kesilmesi binada o katta gerilme birikimi ve deprem davranışının ani değişimine sebep olacağından, eklenen perde duvarlar binanın temelinden başlayarak en üst kata kadar aralıksız devam etmelidir.

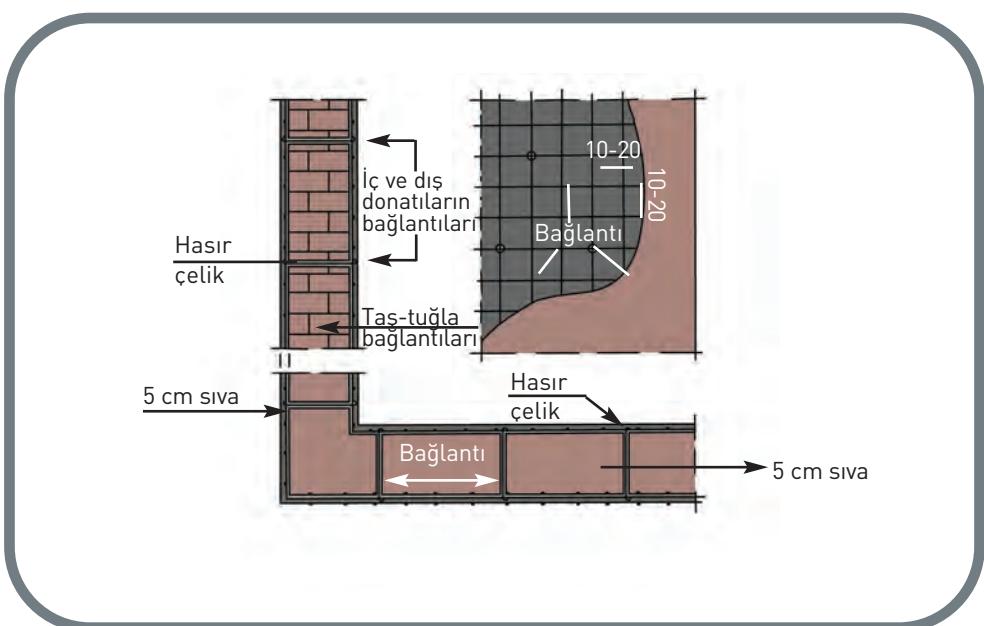
Dikkat edilmesi gereken diğer önemli nokta, perdelerin bitişik oldukları çerçeveye ankray çubuklarıyla bağlanarak birlikte çalışmalarının sağlanmasıdır. Yeni konulan perde duvarların altına, sistemde oluşan kuvvetleri güvenle temel zeminine aktaracak perde temelleri tasarlanacaktır. Ankray çubuklarının ve perde temellerinin tasarımları Deprem Yönetmeliği'nde belirtilen kurallara göre yapılacaktır.

**Çerçeve düzlemine bitişik betonarme perde eklenmesi:** Betonarme perdeler Şekil 17'de gösterildiği gibi çerçevelere bitişik olarak da yapılabilir. Benzer olarak, perde duvarlar binanın temelinden başlayıp en üst kata kadar sürekli olarak devam etmelidir. Yeni konulan bu perdeler çerçeveye ankray çubuklarıyla bağlanacak ve perdelerin altına Deprem Yönetmeliği'ne göre tasarlanmış temeller yapılacaktır.

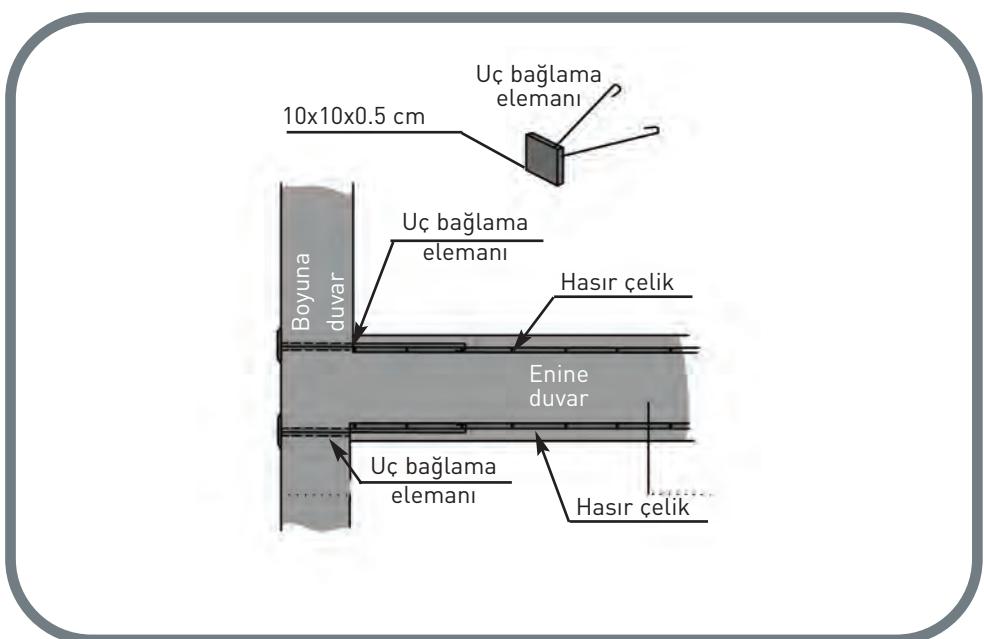
## Yığma Binaların Güçlendirilmesi

Yığma binalarda hemen tüm duvarlar taşıyıcı olduğu için, güçlendirme tümüyle duvarların yatay ve düşey yük taşıma kapasitelerinin artırılmasıyla sağlanmaktadır.

Yığma duvarlar, dolgu duvarlara benzer şekilde duvarın iç ve dış yüzlerine çelik hasır donatısı konulup üzerine özel sıva püskürtülmesi yöntemiyle güçlendirilebilir (Şekil 18). Duvarda belli aralıklarla delikler açılarak iç ve dış yüzdeki donatıların birbirine bağlanması gerekir (Şekil 19-20).

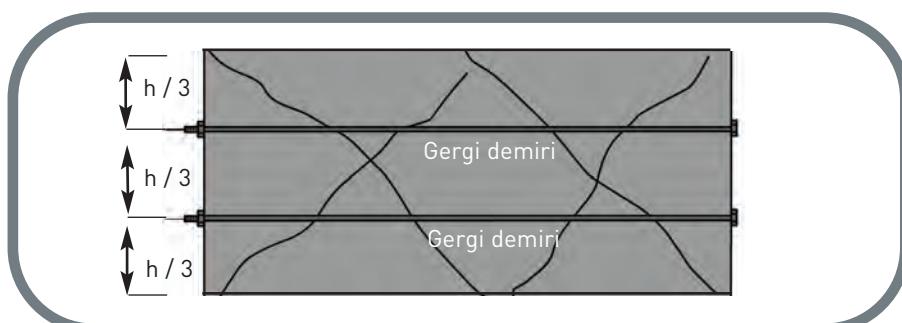


**Şekil 19.** Yığma duvarların hasır çelik donatılı betonla güçlendirilmesi.

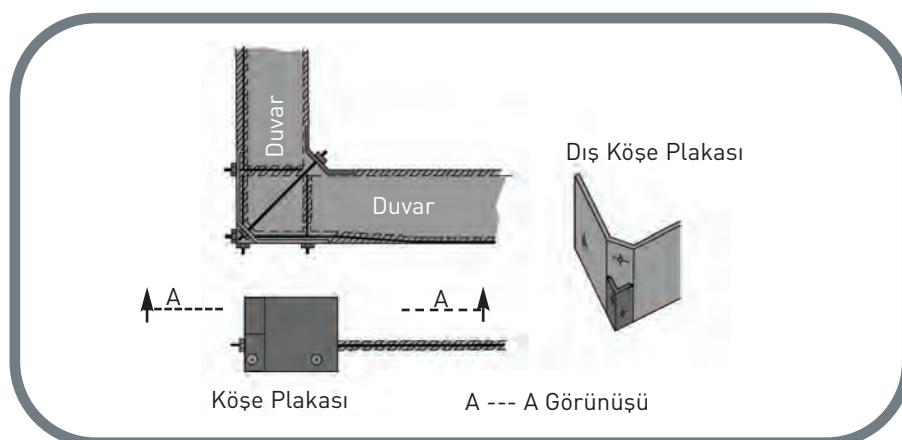


**Şekil 20.** Hasır çelik donatının duvara bağlanması.

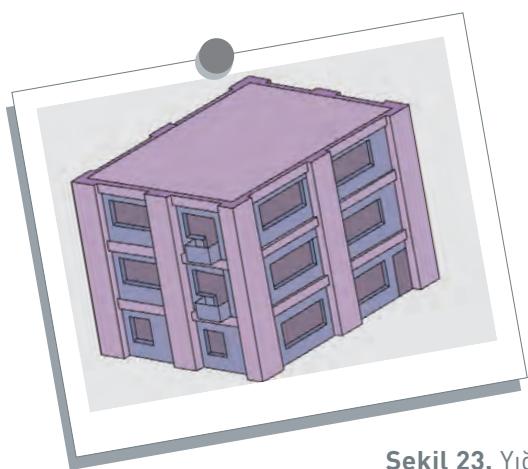
Yığma bina duvarları donatıyla bağlanarak da güçlendirilebilir (Şekil 21). Gergi demirleri, birbirine dik duvarların kesiştiği yerlerde açılan yuvalardan geçirilerek uçlarından bulonlarla sıkılır. Gergi demirlerinin duvar yüksekliğinin üçte biri ölçüde aralıklara bölünerek konulması en etkin sonucu verir (Şekil 22). Duvara konulan bu demirler duvarın direncini artırırken deprem sırasında oluşacak çekme gerilmelerinin bir bölümünü taşıyarak duvarın dağılmmasını önler.



**Şekil 21.** Yığma duvarın gergi demirleriyle sarılması.



**Şekil 22.** Gergi demirlerin duvar köşelerinde bağlanması.



Yığma binaların tümüyle dıştan güçlendirilmesi de mümkündür. Şekil 23'te gösterildiği gibi, yığma bina dıştan bir betonarme çerçeve içine de alınabilir. Bu çerçeve sistemin binaya bir depremde gelebilecek yatay kuvvetlerin tümüne yakın bir bölümünü güvenle taşıyabilecek biçimde boyutlandırılması ve temellerin de bu koşula göre tasarlanması gerekmektedir.

**Şekil 23.** Yığma binanın betonarme çerçeveye sarılması.

# DEPREME KARŞI GÜÇLENDİRMEDE YENİ TEKNOLOJİLER

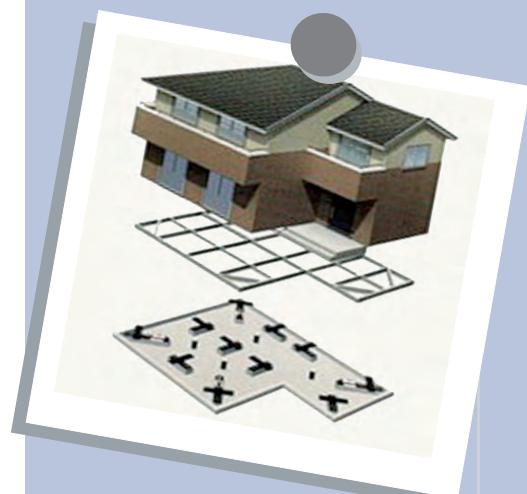
Binaları deprem sırasında etkiyen yüklerin azaltılması bir başka güçlendirme yöntemidir. Son yıllarda gelişen teknolojiye paralel olarak üretilen bazı araçlar, deprem sırasında meydana gelen titreşimleri sönümleyerek binaların depremden daha az etkilenmesini sağlamaktadır. Genel olarak “yalıtım sistemi” şeklinde adlandırılan bu araçlar binanın temel üstü seviyesine yerleştirilerek yapıya deprem etkilerinin azaltılarak aktarılmasını sağlar (Şekil 24).

Yalıtım sistemleri son yıllarda ülkemizde de kullanılmaya başlanan teknolojiler arasındadır. Yalıtım sistemleri farklı geometride ve farklı malzemelerden yapılmaktadır. Sistemin tasarımı, yani geometrisi ve malzemesi, binanın türü, büyülüğu ve binaya etkimesi beklenen deprem kuvvetleri göz önünde bulundurularak yapılır.

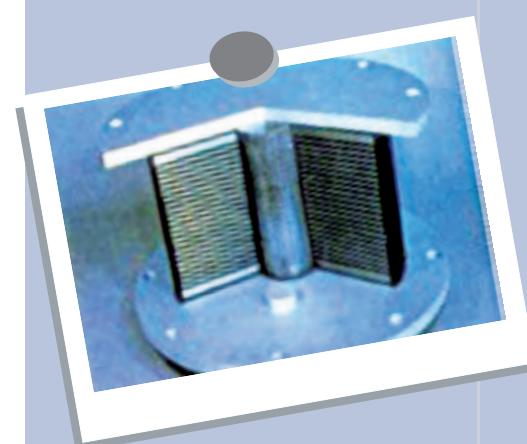
Uygulamada en çok kullanılan yalıtıcı birimler, elastomer yalıtıcılar (kurşun çekirdekli, yalın, yüksek sönümlü), düz ve eğimli yüzeyli sürtünmeli yalıtıcılar (düzlem veya küresel yüzeyli, tek veya çift taraflı kızaklı), bilya yataklı yalıtıcılar (bilyalı konik, dağınık bilyalı, çapraz doğrusal bilya yataklı) ve yay-söndürücü sistemleri (helis çelik yay, viskoz söndürüler) olarak sıralanabilir (Şekil 25-26).

Yalıtım sistemlerinin yanında, özel üretilmiş araçlar yardımıyla da binaların deprem tehlikesi azaltılmaktadır. Bunlar deprem sırasında yapıya etkiyen kuvvetlerin yaratacağı enerjinin önceden belirlenen noktalarda sönümlenmesini amaçlar.

Söz konusu araçların yapının belirli noktalarına belirli şekillerde yerleştirilmesiyle, depremde meydana gelen etkilerin o noktalarda karşılanması sağlanır. Böylece yapının diğer elemanlarına deprem etkilerinin iletilmesi engellenmiş olur. Bu araçlardan bazıları hidrolik sönümlerici ve özel alaşımardan üretilmiş çelik çaprazlardır (Şekil 27).



Şekil 24. Yalıtım sistemi uygulaması.



Şekil 25. Kurşun çekirdekli elastomer yalıtıcı ve uygulama örneği.



Şekil 26. Eğimli yüzeyli sürtünmeli yalıtıçı.



Şekil 27. Çelik çapraz uygulaması.

# GÜÇLENDİRME UYGULAMASINDA KARŞILAŞILAN ZORLUKLAR

Bir binanın güçlendirilmesi aşamasında temelde teknik, hukuki ve ekonomik problemlerle karşılaşılmaktadır. Teknik problemler, tasarım aşamasında yetişmiş ve tecrübeli teknik elemanların yetersizliği, önerilen güçlendirme yönteminin uygulamásında yeterli düzeyde işgünün olmayışı, seçilen güçlendirme yönteminde kullanılacak malzeme ve ekipmanın yetersizliği şeklinde sıralanabilir. Mevcut ekonomik kaynaklar da seçilen güçlendirme yönteminde ve diğer aşamaların gelişmesinde doğrudan etkilidir. Diğer yandan teknik ve ekonomik şartların sağlanması durumunda bile söz konusu binanın konumu, kullanım amacı ve hak sahiplerinin etkileri, güçlendirme uygulamalarının şekillenmesine, hatta gerçekleşmemesine yol açabilir.



## **SIKÇA SORULAN SORULAR**

**Yaşadığım binanın eski deprem yönetmeliğine göre yapılmış olması binanın ağır hasar göreceğini gösterir mi?**

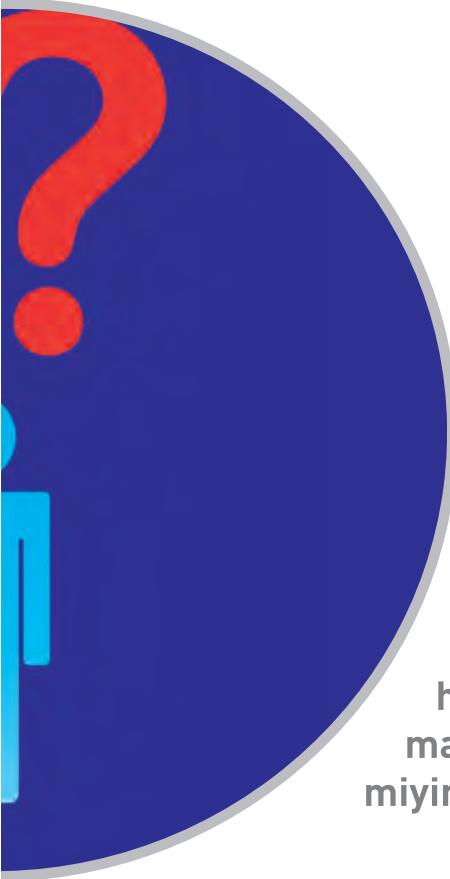
Tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de deprem yönetmelikleri gelişen ve değişen bilgi birikimi ve deneyime paralel olarak güncellenmektedir. Depreme dayanıklı yapı tasarımindan, binanın beklenen deprem etkileri altında öngörülen düzeyde performans göstermesi hedeflenmektedir. Önceki yönetmeliklere göre tasarlanmış bir binada hiç hasar oluşmayabileceği gibi, çeşitli düzeylerde hasar oluşumu da beklenebilir.

**Binamızın depreme dayanıklı olarak tasarlandığı söyleniyor. Bu, bir depremde binamızda hiç hasar olmayacağı anlamına mı gelir?**

Deprem Yönetmeliği'nde belirtilen ilkelere göre tasarlanmış bir binada şiddetli bir deprem etkisi altında can kaybına yol açmayacak derecede hasar beklenebilir.

**Evimin depreme dayanıklı olup olmadığını nasıl anlarım? Bu konuda en doğru yardımı kimden alabilirim?**

Bir binanın deprem etkileri altında göstereceği performans, bu konuda uzman inşaat veya deprem mühendisi kontrolünde gerçekleştirilecek detaylı analizler sonucunda belirlenebilir. Bu işlemler, yerinde görsel inceleme, malzeme testleri ve sonrasında binanın matematiksel modelinin oluşturulmasına dayanır.



B i n a m i z i  
depreme karşı  
güçlendirdik-  
ten sonra,  
büyük bir dep-  
remde binada  
hiç hasar olma-  
masını bekleyebilir  
miyim?

Depreme dayanıklı yapı tasarımına benzer şekilde, bir binanın depreme karşı güçlendirilmesinden sonra da can kaybına sebebiyet vermeyecek derecede hasar beklenebilir. Öte yandan, depremden sonra binanın kullanım performans düzeyi minimum hasar hedeflenerek güçlendirilebilir. Ancak bu durumda artan maliyet ve önerilecek güçlendirme çözümünün teknik açıdan uygulanabilirliği göz önünde bulundurulmalıdır.

**Yapılan çalışmalar sonucunda,  
beklenen büyük depremde  
İstanbul'da kaç binanın yıkı-  
lacağını, kaç tanesinin hasar  
göreceğini gazetelerde okuyorum.  
Bunlar biliniyorsa, binalar neden  
tek tek açıklanmıyor?**

Söz konusu çalışmalar İstanbul'daki genel bina envanterini değerlendirmeye yönelik ve olası bir depremde ortaya çıkacak hasarın boyutları hakkında ilgili kurum ve kuruluşları bilgilendirme amaçlıdır. Bu çalışmalarda tüm binalar tek tek, detaylı bir şekilde deprem performanslarını belirlemeye yönelik olarak analiz edilmemiştir.

# SÖZLÜK

**ankraj:** Bir elemanın bir başka malzeme veya elemanın içine sokulup sabitlenerek beraber çalışır hale getirilmesi.

**betonarme manto:** Yapısal bir elemanın (kolon, kiriş gibi) boyutlarının boyuna ve enine donatılı beton tabakayla sarılarak büyütülmesi.

**çelik manto:** Yapısal bir elemanın (kolon, kiriş gibi) çelik levha veya köşebentlerle sarılması.

**dolgu duvar:** Betonarme binalarda kolon ve kirişlerin oluşturduğu çerçevelerin içinde bulunan, yapısal taşıyıcı sisteme dahil olmayan, ancak binanın deprem davranışları üzerinde önemli etkileri bulunan duvarlar.

**lifli polimer:** Yapısında bulunan karbon sayesinde yüksek dayanım özelliği olan, bir çeşit kumaş görünümündeki malzeme.

**perde duvar:** Betonarme binalarda plan boyutlarının oranı en az 1/7 olan düşey taşıyıcı elemanlar.



**taban yalıcı:** Binanın yatay yük taşıyıcı sistemine gelen deprem kuvvetlerini azaltmak amacıyla, binanın ana kütlesi altında kullanılan özel elemanlar.

**yığma duvar:** Yığma binaları oluşturan ve esas taşıyıcı görevi yapan duvarlar.

# KAYNAKLAR

Betonarme Binaların Onarım ve Güçlendirilmesi (kurs notları), TÜBİTAK, İMO, 1999.

Bayülke, N., Depremlerde Hasar Gören Yapıların Onarım ve Güçlendirilmesi, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi, 1995.

Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007, T.C. Bayındırılık ve İskân Bakanlığı, Ankara.

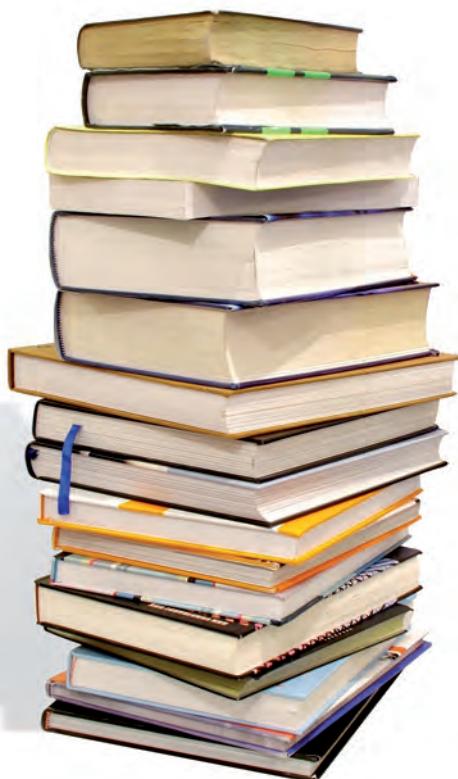
Deprem Yalıtımı Şartnamesi (Deprem İzolasyon Derneği adına hazırlanmış taslak şartname) 2008, Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul.

## ŞEKİLLER

Şekil 4 , 12: Sika Ürün Kataloğu

Şekil 18 : BASF Ürün Kataloğu

Şekil 25 : [www.hatlubrekip.com](http://www.hatlubrekip.com)



## **İSMEP PROJESİ**

### **TOPLUMUN AFETE HAZIRLIĞI EĞİTİM PROGRAMLARI**

- Depreme Karşı Yapısal Olmayan Risklerin Azaltılması
- Depreme Karşı Yapısal Risklerin Azaltılması
- Eğitim Kurumları İçin Afet Acil Yardım Planlama Rehberi
- Sağlık Kuruluşları İçin Afet Acil Yardım Planlama Rehberi
- Birey ve Aile İçin Depremde İlk 72 Saat
- Sanayi ve İşyerleri İçin Afet Acil Yardım Planlama Rehberi
- Olağandışı Durumlarda Yaşamı Südürme
- Afetlerde Psikolojik İlkyardım
- Engelliler İçin Depremde İlk 72 Saat
- Yerel Afet Gönüllüleri İçin Afete Hazırlık
- Zorunlu Deprem Sigortası Bilinci
- Afet Zararlarını Azaltmaya Yönelik Şehir Planlama ve Yapılaşma
  - Yerel Yöneticiler İçin
  - Teknik Elemanlar İçin
  - Toplum Temsilcileri İçin

*Notlar*



## Notlar



[www.guvenliyasam.org](http://www.guvenliyasam.org)

