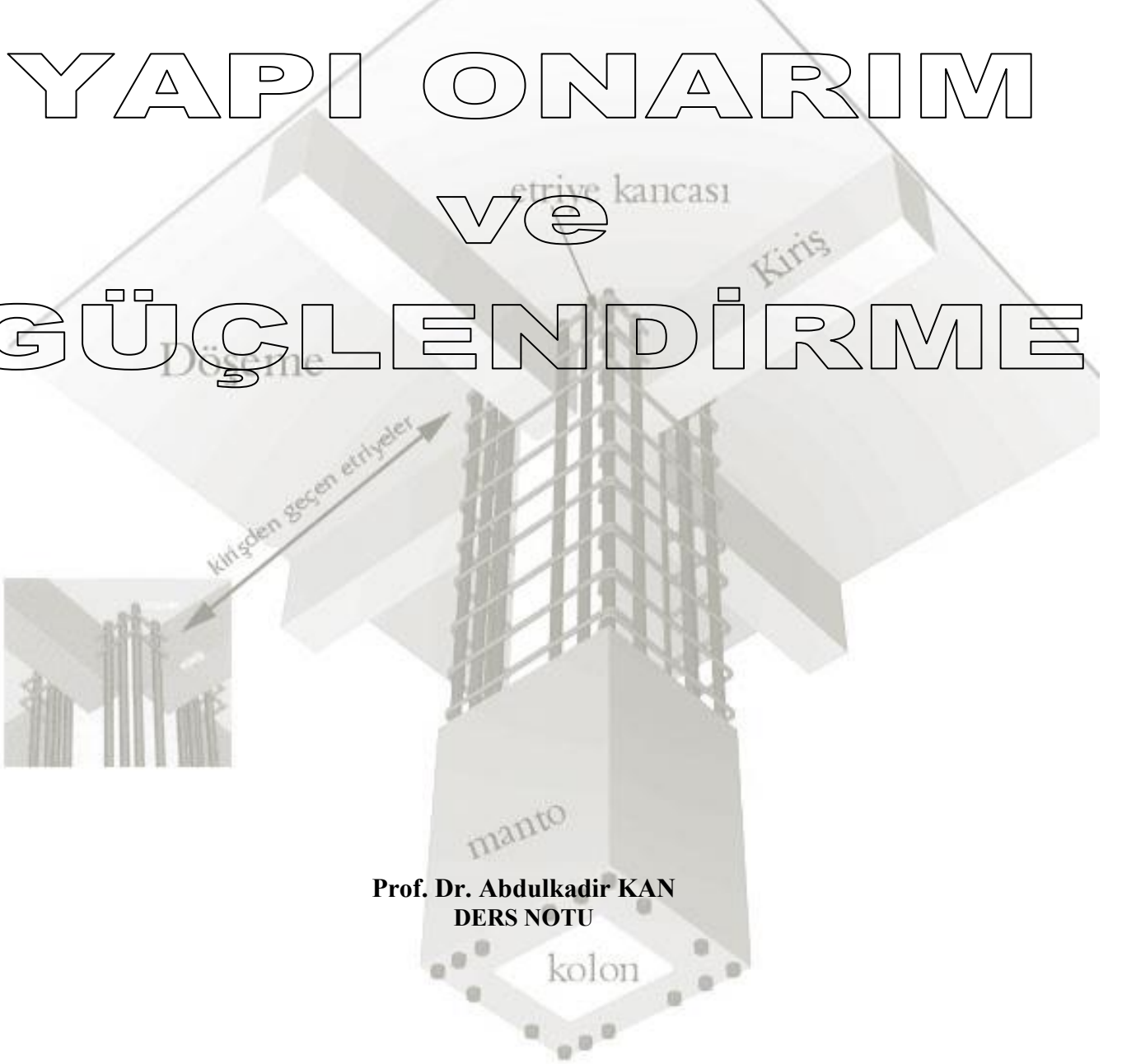


YAPI ONARIM ve GÜÇLENDİRME



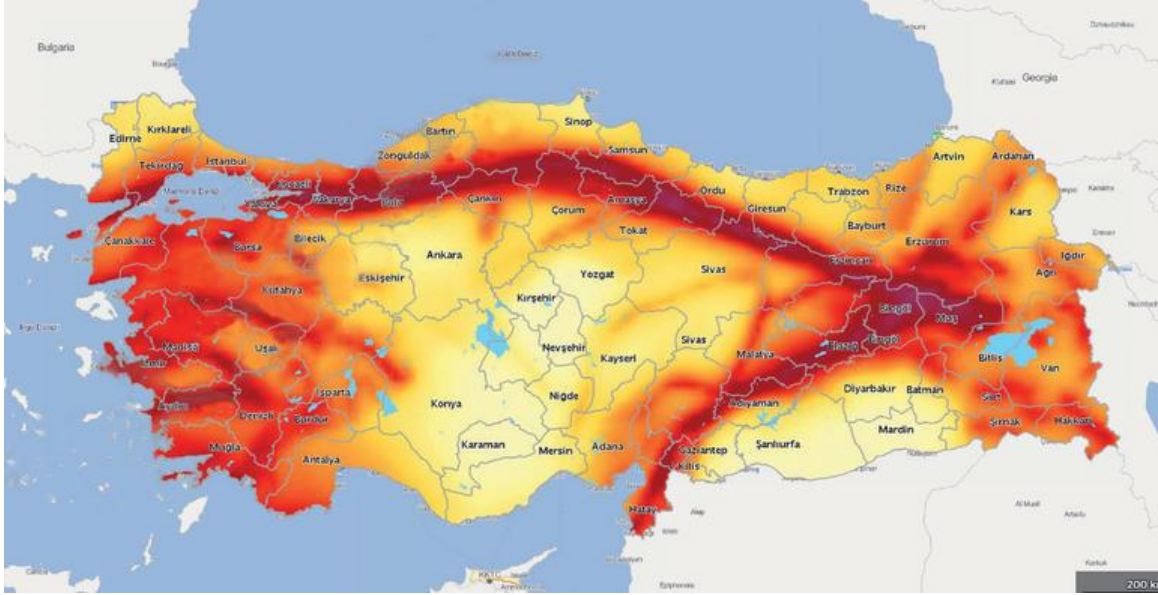
Prof. Dr. Abdulkadir KAN
DERS NOTU

YAPILARIN ONARIM VE GÜÇLENDİRİLMESİ

Giriş

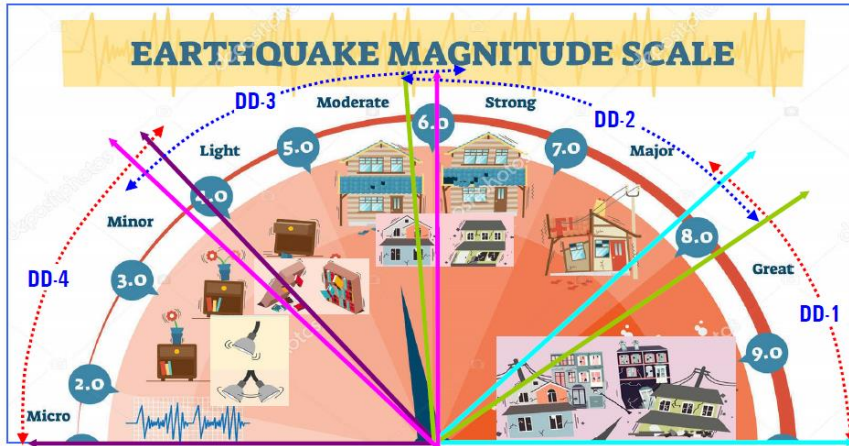
DEPREM

Yurdumuz dünyanın en etkin deprem kuşaklarından birinin üzerinde bulunmaktadır. Geçmişte yurdumuzda birçok yıkıcı depremler olduğu gibi, gelecekte de sık sık oluşacak depremlerle büyük can ve mal kaybına uğrayacağımız akıldan çıkarılmamalıdır. Deprem Bölgeleri Haritasına göre, yurdumuzun %92'sinin deprem bölgeleri içerisinde olduğu, nüfusumuzun %95'inin deprem tehlikesi altında yaşadığı ve ayrıca büyük sanayi merkezlerinin %98'i ve barajlarımızın %93'ünün deprem bölgesinde bulunduğu bilinmektedir.



Şekil 1. 22/01/2018 tarih ve 2018/11275 sayılı Bakanlar Kurulu kararı ile yürürlüğe konulan Türkiye Deprem Tehlike Haritası. Bu haritalara <https://tdth.afad.gov.tr/> adresli internet sitesinden erişilebilir.

Depremlerin yeryüzünde can kaybı, yapı ve tesisler üzerinde oluşturmuş olduğu hasara göre sınıflandırılması "Deprem Şiddeti" adı verilen bir ölçeklemeye göre yapılmaktadır. Bu ölçekleme deprem-ölçerlerin bulunması öncesinde oluşturulmuş, yaşadığımız yüzyıl içinde geliştirilmiştir. Şiddet, büyüklükten farklı olarak, doğrudan yeryüzü zemin yapısı ve yapılaşma koşulları ile ilişkilidir. Deprem şiddetini ölçmede birçok yöntem (Rossi-Forel, Mercalli-Sieberg, Omori-Cancani, Mercalli-Cancani, Mercalli, Medvedev-Sponheur Karnik ve Japon yöntemleri) bulunmakla birlikte en yaygın uygulananı Mercalli yöntemidir.



Şekil 2

2018 yılında yürürlüğe giren TBDY' de ise dört farklı deprem yer hareketi düzeyi tanımlanmıştır.

Deprem Yer Hareketi Düzeyi-1 (DD-1). DD-1 Deprem Yer Hareketi, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %2 ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 2475 yıl olduğu çok seyrek deprem yer hareketini nitelemektedir. Bu deprem yer hareketi, *göz önüne alınan en büyük deprem yer hareketi* olarak da adlandırılmaktadır.

Deprem Yer Hareketi Düzeyi-2 (DD-2): DD-2 Deprem Yer Hareketi, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %10 ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 475 yıl olduğu seyrek deprem yer hareketini nitelemektedir. Bu deprem yer hareketi, *standart tasarım deprem yer hareketi* olarak da adlandırılmaktadır.

Deprem Yer Hareketi Düzeyi-3 (DD-3): DD-3 Deprem Yer Hareketi, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %50 ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 72 yıl olduğu *sık deprem yer hareketi*ni nitelemektedir.

Deprem Yer Hareketi Düzeyi-4 (DD-4): DD-4 Deprem Yer Hareketi, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %68 (30 yılda aşılma olasılığı %50) ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 43 yıl olduğu çok sık deprem yer hareketini nitelemektedir. Bu deprem yer hareketi, *servis deprem yer hareketi* olarak da adlandırılmaktadır.

Tablo 1

DEPREM DÜZEYİ	50 yılda aşılma olasılığı	Tekrarlanma periyodu (yıl)	Açıklama
DD-1	%2	2745	Çok seyrek olan en büyük deprem
DD-2	%10	475	Seyrek olan TASARIM DEPREMİ
DD-3	%50	72	Sık olan ama yıkıcı olmayan
DD-4	%68	43	Çok sık olan servis depremi

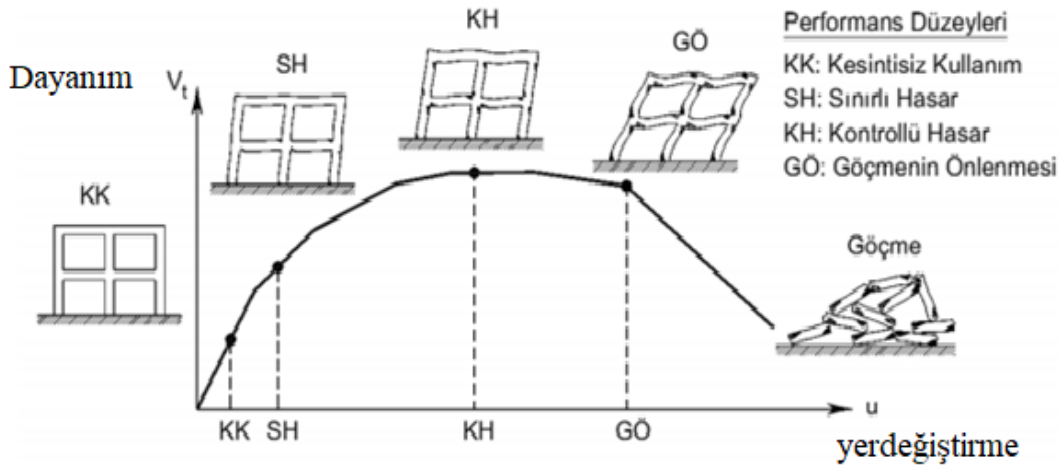
Deprem yönetmelikleri çerçevesinde depreme dayanıklı yapı tasarımı, yukarıda tanımlanan dört düzeyden *binanın bulunduğu bölgede tasarıma esas deprem yer hareketi göz alınarak yapılır*. Bu aşama için kullanılan “Tasarıma esas deprem” belirli bir zaman dilimi içinde, ilgili coğrafi bölge için öngörülen belirli büyüklükteki bir depremin belirli bir olasılıkla oluşabileceği esasına göre tanımlanır. Yönetmeliklerde bu şekilde tanımlanan depreme göre yapılan yapı tasarımının ilk iki aşamada öngörülen yapı davranışını güvenli bir biçimde sağlayacağı kabul edilir.

Yeni yapılacak binaların depreme dayanıklı tasarımının ana ilkesi ve Deprem etkisi altında bina taşıyıcı sistemleri için Bina Performans Düzeyleri (TBDY Bölüm 3.4) TBDY’de şu şekilde sınıflandırılmıştır.

Bina Performans Hedefleri’nin tanımına esas olmak üzere, deprem etkisi altında bina taşıyıcı sistemleri için Bina Performans Düzeyleri şu şekilde tanımlanmıştır.

- Kesintisiz Kullanım (KK) Performans Düzeyi**, bina taşıyıcı sistem elemanlarında yapısal hasarın meydana gelmediği veya hasarın ihmal edilebilir ölçüde kaldığı duruma karşı gelmektedir.
- Sınırlı Hasar (SH) Performans Düzeyi**, bina taşıyıcı sistem elemanlarında sınırlı düzeyde hasarın meydana geldiği, diğer deyişle doğrusal olmayan davranışın sınırlı kaldığı hasar düzeyine karşı gelmektedir.
- Kontrollü Hasar (KH) Performans Düzeyi**, can güvenliğini sağlamak üzere bina taşıyıcı sistem elemanlarında çok ağır olmayan ve çoğunlukla onarılması mümkün olan kontrollü hasar düzeyine karşı gelmektedir.
- Göçmenin Önlenmesi (GÖ) Performans Düzeyi**, bina taşıyıcı sistem elemanlarında ileri düzeyde ağır hasarın meydana geldiği göçme öncesi duruma karşı gelmektedir. Binanın kısmen veya tamamen göçmesi önlenmiştir.

Deprem etkisi altında bina taşıyıcı sistemleri için Bina Performans Düzeyleri (TBDY Bölüm 3.4)



Şekil 3: Bina Performans Düzeyleri. (Darılmaz;2018)

TASARIM ESASLARI

Bir yapı, tasarlanan kullanım ömrü boyunca uygun güvenilirlik derecesini sağlayacak ve ekonomik olacak tarzda tasarlanmalı ve inşa edilmelidir.

Yapı;

- İnşa edilmesi ve kullanım esnasında oluşması muhtemel bütün etkiler ve tesirlere direnç göstermeli,
- Kullanım için gerekli şartlara uygunluğu sürdürmelidir.
- Bir yapı, yeterli;
- Yapısal direnç,
- Kullanılabilirlik ve
- Dayanıklılığa sahip olacak şekilde tasarlanmalıdır.

Yapısal tasarım ile ilgili niceliklerin (etkiler, geometri, sınırlamalar, malzeme mukavemeti, vb) rasgele doğası göz önüne alındığında, yapısal güvenilirlik değerlendirmesi deterministik yöntemle yapılamaz, bir olasılık analizi gerekir.

- Güvenlik doğrulamasının amacı belirli bir tehlike durumunun oluşması veya aşılması olasılığının sabit bir değerin altında kalmasını sağlamaktır. Bu değer, yapı türünün can ve mal güvenliğine etkisinin bir fonksiyonu olarak belirlenir. Bir yapı için tehlikeli olan her durum bir "sınır durum" olarak adlandırılır. Yapı bu sınır duruma eriştikten sonra, artık tasarım hedeflerini yerine getiremez.

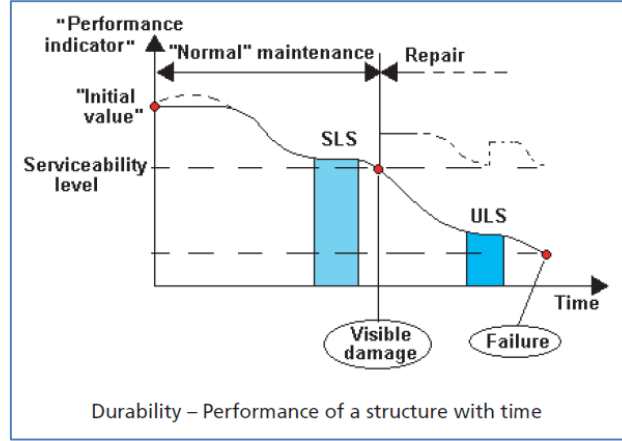
- İki tip sınır durumu vardır:

- Taşıma Gücü Sınır Durumu (ULS: Ultimate Limit State)

- Kullanılabilirlik Sınır Durumu (SLS: Serviceability Limit State)

- Taşıma Gücü Sınır Durumunu aşma yapının tamamının veya bir bölümünün göçmesine neden olur.

- Kullanılabilirlik Sınır Durumunu aşma ise, projenin gereksinimleri açısından yapıyı elverişsiz hale getirir.



Şekil 4

Onarım (Repair), Depremde hasar görüp taşıma gücü azalmış elemanların deprem öncesi dayanımlarına yeniden getirilmesidir. Deprem yükünün etkilediği kısa süre içinde yapısal elemanda hasar oluşmuştur, depremin getirdiği geçici yüklerin yarattığı kalıcı deformasyon ve hasar yapının ya da yapı elemanının normal düşey yükleri taşımadaki emniyet katsayısını azaltmıştır. Yapısal elemanları, deprem öncesi dayanımlarına kavuşturmakla yetinilen bir onarımla yapının normal işlevini yürütmesinde bir güvenlik sorunu kalmamış olur.

Bu düzeydeki onarımın mantığı şudur: Yapıda hasar yapan yükler normal kullanım yükleri gibi sürekli etkiyen yükler değildir, deprem yükleri geçici etkiyen yüklerdir. Yapının deprem öncesi durumuna getirilmesi yeterlidir. Çünkü yapının deprem öncesinde bir yük taşıma sorunu yoktu. Yapının eskisinden daha dayanıklı olması için gereken harcamalar, aynı düzeye getirmek için gerekenden daha fazladır. Öte yandan aynı büyüklükte bir depremin yapının ekonomik ömrü içinde bir kez daha olma olasılığı az olabilir. 50 yılda bir olan büyüklükte bir depremde hasar görmüş bir yapı 3-5 yıl sonra tümü ile yıktırılıp yeniden yapılacaksa, 50 yıl sonra tekrar olması beklenen aynı büyüklükteki bir ikinci depreme dayanacak düzeyde onarılması ekonomik değildir.

Güçlendirme (Strengthening), hasar görmemiş bir yapıyı ya da yapı elemanını geçerli bir güvenlik düzeyine çıkarmak için yapılan işlemlerdir. Konuyla ilgili İngilizce yayınlarda sıkça geçen ve giderek teknik literatürümüze de giren “Retrofit” kelimesi yapıların depreme karşı güçlendirilmesi anlamına gelen genel bir kelimedir. Örneğin, kolonların ya da kirişlerin mantolanması birer “Retrofit” işlemidir. Ekonomik ömrü içinde sık sık olması beklenen düzeyde bir depremde hasar gören yapının, aynı boyutta depremlerin birçok kez yenilenmesi beklentisi karşısında aynı hasarın tekrar tekrar olmaması için eski durumundan daha güçlü duruma getirilmesi gerekir. Yapı ya da yapı elemanında hasar yapan etkinin boyutu aynı biçimde sürmekte ise, ya da deprem gibi yapının ekonomik ömrü içinde aynı boyutta depremlerin yine olması bekleniyorsa ki bu etkinin sürececeği anlamına gelir, hasarın önlenmesi, durdurulması ve yinelenmemesi için yapının eski durumundan daha güçlü bir konuma getirilmesi gerekir. Yük altında aşırı sehim, deformasyon ve çatlak yapmış bir yapı ya da yapı elemanı yükünü taşıırken zorlandığını gösterir. Bu durumda ya yükü azaltmak ve hasara yol açan etkiyi, oturma gibi, gidermek ya da elemanın dayanımını arttırmak gerekir. Bu ise güçlendirme olarak adlandırılmaktadır.

Herhangi bir nedenle çatlamış yapının sağlamlaştırılması söz konusu olabilir. Sağlamlaştırma, döşeme, kiriş, kolon ve temel gibi taşıyıcı elemanların kesitlerinin büyütülerek taşıma gücünün artırılması demektir (Çamlıbel).

Onarımdaki amaç önceki durumu geri getirmektir, bu kullanım bakımından olabileceği gibi yapının yük taşıma kapasitesini, rijitliğini, sünekliğini ve dayanıklılığını artırmak şeklinde olabilir. Güçlendirmede ki amaç ise, yapının dayanım ve benzeri karakteristiklerini önceki düzeyinin üstüne çıkartmaktır.

Bir yapının onarılması için hasarlı olması gereklidir. Güçlendirme işlemi için böyle bir gerekçe yoktur. Yapı onarıldıktan sonra, eski rijitliğine kavuşturulan bir yapı, büyük olasılıkla bir sonraki yer hareketinde aynı performansı gösteremeyecektir. Onarım ve güçlendirmenin hedefi, yapıyı yalnızca deprem öncesi sahip olduğu güvenliğe ulaştırmak değildir. Amaç, yapının şiddetli yer hareketlerine karşı koyabilecek rijitliğe ulaştırılmasıdır. Eğer, hasarlı bir yapı onarılacaksa, hasar nedeni saptanmadan önce hiçbir onarım yapılmamalıdır. Yapı güvenliğinin belirlenmesi işlemi sonucunda yetersiz dayanıma sahip olduğu belirlenen (hasarlı veya hasarsız) bir yapının güçlendirilmesi gereklidir. Yapı güvenliğinin belirlenmesi aşamasında mevcut sisteminin tüm hesapları eldeki malzeme bilgileri kullanılarak yeniden yapıldığından dolayı, taşıyıcı sistemin zayıflıkları bilinmektedir.

Onarım ve güçlendirme uzmanlık isteyen ve her probleme farklı çözümler gerektiren özel bir konudur. Hasara uğramış yapıların onarım ve güçlendirilmesinde, çeşitli paket uygulamalar bir bütün olarak kullanılmaktadır. Zamana bağlı oluşan donma –çözünme hasarları ya da çeşitli agresif kimyasalların sebep olduğu korozyon hasarları, deprem gibi aşırı yüklemeler sonucu oluşabilecek statik zafiyetler ya da kullanım amacının değişmesinden dolayı ortaya çıkacak yeni ihtiyaçlara göre betonarme yapıların onarım ve güçlendirilmesi gerekebilir.

Türkiye bir deprem ülkesidir. Bu bilinç ile yaşamak, bu bilinç ile depreme dayanıklı yapılar inşa etmek ve bu bilinç ile yetersiz dayanıma sahip binalarımızı güçlendirmek zorundayız. Tipik bir konutun, şiddetli bir depremde hasar görmesi normal karşılanabilir. Önemli olan, yapıların toptan göçmesinin önlenmesidir. Binaların şiddetli bir depremi tamamen hasarsız olarak atlatmasını sağlayacak şekilde projelendirilmesi ekonomik değildir. Ancak, yönetmeliklerimiz şiddetli depremlerde bile yapıların göçmesini engelleyecek önlemleri en detaylı şekilde içermektedir. Bu durumda, depremi hasarlı olarak atlatmış bir yapının taşıyıcı sisteminin onarımı gündeme gelmektedir. Bugüne kadar, çeşitli depremlerde hasar görmüş on binlerce yapıya onarım ve güçlendirme uygulanmıştır. Bu uygulamaların ana hedefi, yapıdaki hasarı onarmanın ötesinde, yapıyı gelebilecek en kuvvetli yer hareketlerine dayanabilecek şekilde güçlendirmektir.

Onarım ve güçlendirme ilkeleri hasarın nedeni ile bağlantılıdır.

***Amaç**, hasarın nedenlerini giderecek önlemlerin belirlenmesi ve

*Hasarın ortaya çıkardığı direnç kaybının giderilmesi ya da

*Bir daha olmaması için gerekli güçlendirme önlemlerinin belirlenmesidir.

ONARIM VE GÜÇLENDİRME DÜZEYLERİ

Yapı hasarının giderilmesinde temel olarak; yapı dayanımının, hasar öncesi ve hasar sonrası seviyesi, olmak üzere iki düzeyi vardır. Yapı dayanımı, hasar öncesi düzeye getirilir ya da yapının hasar öncesine göre daha yüksek bir dayanıma sahip olması sağlanır. Genellikle hasar öncesi dayanım düzeyine getirmek **ONARIM**, hasar öncesine göre daha yüksek bir dayanım düzeyine getirmek **GÜÇLENDİRME** olarak nitelenmektedir.

Deprem Riski Altındaki Yapılar:

- ✓ Planda ve düşeyde simetrik olmayan sistemler (A ve B türü düzensizlikler) (Deprem Yönetmeliğine bakınız)
- ✓ Kat alanları ve kat yükseklikleri yapı yüksekliği boyunca değişkenlik gösteren sistemler
- ✓ Diyaframda büyük boşluklar içeren ya da zayıf diyafram bağları olan sistemler
- ✓ Sistemdeki süreksizlikler nedeniyle yükleri en kısa yoldan zemine aktaramayan yapılar
- ✓ Bitişik düzende olan yapılar
- ✓ Büyük ağırlıkların, kütlelerin bulunduğu yapılar
- ✓ Yapıda yumuşak kat, kısa kolon bulunması
- ✓ Donatı korozyon, yetersiz donatı yüzdesi, düşük beton kalitesi, kötü işçilik
- ✓ Olumsuz zemin koşulları, yetersiz temel bağlantıları

Betonarme yapılarda görülen kusurlar ve hasar nedenleri;

1-Uygun olmayan taşıyıcı sistem düzenlemeleri

Yapının kullanım amacına uygun olmayan tasarım yapılması. Bunun bir sonucu olarak uygun olmayan taşıyıcı sistem seçimi.

2-Donatı detaylarının yetersiz ve zayıf olması

Kiriş kolon birleşimlerinde gerektiği gibi etriye sıklaştırılması yapılmaması. Etriye uçlarının kenetlenmesi genellikle kabuk betonu içinde kalması. Düşey donatının bindirme boyları yönetmeliğin öngördüğünden kısa tutulması. Donatı çap ve aralıklarının yönetmeliklerin öngördüğünden az ya da çok olması.

3-İşçilik ve malzeme hataları ile birlikte yetersiz denetim

Deprem sonucunda, binaların deprem sonrası durumları gözlenerek hazırlanan Hasar Belirleme Raporuna göre (Sayfa 47) binalar üç gruba ayrılır.

1-Depremde hasar görmeyen ve hemen kullanılabilir binalar,

- 2-Onarım ve güçlendirmeden sonra kullanılabilir binalar,
- 3-Çökme tehlikesi olup, yıkılması gereken binalar.

Yapı güvenliğinin belirlenmesine ne zaman gereksinim duyulur?

Deprem bölgelerinde inşa edilmiş yapıların güçlendirilmesi için mutlaka bir depremde hasar görerek çıkmış olması gerekmektedir. Hasarsız bir binanın da yapısal sisteminin iyileştirilerek güçlendirilmesi gerekebilir. Yapı herhangi bir nedenle hasar görmüşse, yeterli güvenliğe sahip olmadığı açıktır. Aşağıdaki durumlarda, **hasarsız olmasına rağmen** mevcut bir yapının göçmeye karşı güvenliğinin belirlenmesi gerekir:

1. Malzeme dayanımının, yapının projesinde öngörülen değerlerden düşük olduğu saptanmışsa,
2. Betonarme binalarda donatıların detaylandırılmasında bazı kurallar vardır. Yapının yeterli oranda enerji tüketebilmesi ve deformasyon kabiliyetinin artması açısından büyük önem taşıyan bu kurallara uyulmamış olduğu belirlenmişse,
3. Binanın kullanım amacı değişmişse,
4. Halen yürürlükte olan yönetmeliklerden önceki yönetmelikler kullanılarak projelendirilmişse,
5. Binanın yanal rijitliğinin yetersiz olduğu belirlenmişse,
6. Binaya yeni bir kat çıkılması gerekiyorsa,

Güçlendirme veya yıkım kararının verilmesi

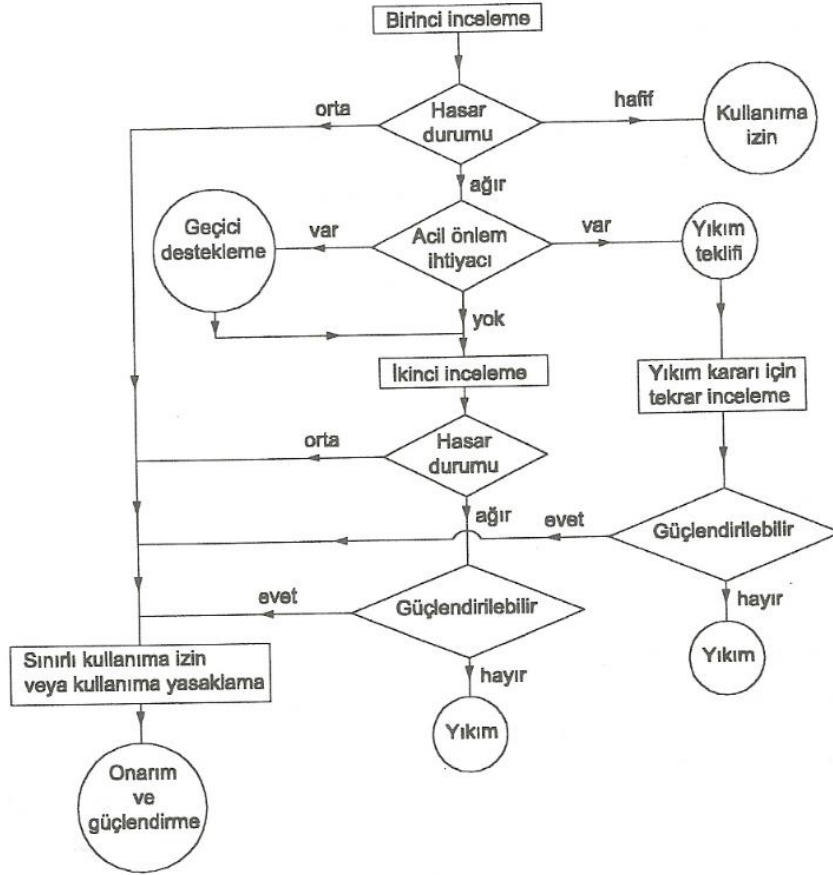
Bina ile ilgili mevcut durumu belirlemeye ilişkin işlemlerin (mevcut durumun proje ile uyumu, gerekirse taşıyıcı sistem rölövesinin hazırlanması, yapı malzemesine ait tespitler ve geoteknik inceleme) yapılmasını takiben, mevcut taşıyıcı sistemin çözümlemesi yapılarak seçilecek güçlendirme düzeyi belirlenmelidir.

Binanın taşıyıcı sisteminin durumu, hasarı ve varsa deprem hesabı incelenmelidir. Bu incelemede binanın köşe ve kenar kolonları ve her iki doğrultudaki yatay yük taşıyan çerçeve sayısı özel olarak gözden geçirilmelidir. Taşıyıcı sistemin depremde Çevre ve Şehircilik Bakanlığı ölçütlerine göre orta hasar görmüş olması veya mevcut sistemde taşıyıcı sistem elemanlarından birinin kaldırılmış olması **güçlendirme kararının verilmesi** için yeterli olabilir. Ayrıca, beton kalitesi proje değerlerinin altında olup (<C25) kabul edilebilir sınırlardan da düşük ise veya bina projesinde tasarlanandan daha fazla katlı yapılmış ise, taşıyıcı sistemin güçlendirilmesi gerekir.

Güçlendirme maliyetinin binanın yeniden yapılması bedelinin önemli bir oranını (örneğin %40) geçmesi durumunda, önemli güçlendirme gerektiren ve ekonomik ömrünün önemli bir kısmını tamamlamış (1970 yılından önce yapılmış binalar) olan ve herhangi bir tarihi değeri veya itibarı olmayan binalar ile Bayındırlık ve İskân Bakanlığı (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı) ölçütlerine göre ağır hasarlı sınıfa giren binalar için **yıkım kararı** verilebilir. Güçlendirilen binaya ilişkin güçlendirme esasları ile ilgili bir değerlendirme raporu verilir. Hafif hasarlı binalar hemen veya bazı taşıyıcı olmayan elemanlarda yapılacak onarımlardan sonra kullanımına izin verilebilir. Ağır hasarlı yapılar, güçlendirilmesi ekonomik bakımdan güzel sonuçlar vermeyen tehlikeli yapılar olup hemen yıkım kararı verilmelidir. Orta hasarlı binalarda ise ayrıntılı incelemeler yapılarak güçlendirme projeleri hazırlanır. Bu işlem Şekil 5’ de verilen akış şemasında açıklanmıştır (Celep, Kumbasar,2000).

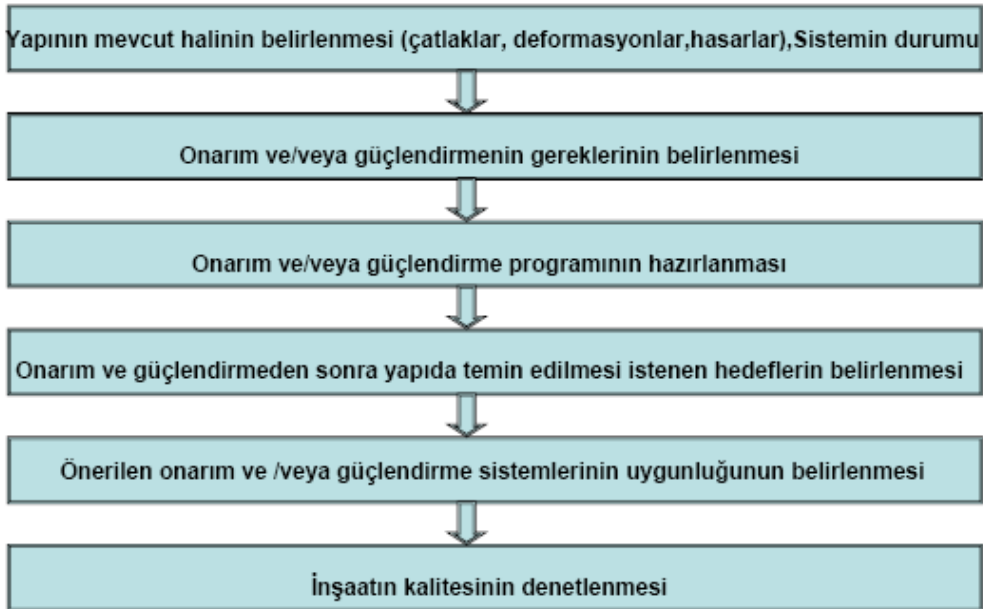
Güçlendirmenin minimum koşulları

Güçlendirme, taşıyıcı sistemde ek perde öngörülmesi, kolonların mantolanması (betonarme sargı), kirişlerin ve temelin güçlendirilmesi olarak yapılabilir. Zemin seviyesinden itibaren üç veya daha az katlı ve önem katsayısı $I=1$ olan binalarda, deprem yükünün karşılandığının gösterilmesi koşuluyla, sadece kolon mantolanması ile güçlendirme yapılabilir. Dört katlı ve daha yüksek binalarda perde eklenmesi ile güçlendirme yapılması uygundur



Şekil 5:

Onarım ve Güçlendirme Süreçleri



Şekil 6

Mevcut bir yapının güvenliğini belirlenmesi amacıyla yapılan çalışmalar şu şekilde özetlenebilir.

- *Yapının mevcut projelerinin elde edilmesi* oldukça yararlıdır. Projeler, yapının hangi varsayımlar ile projelendirilmiş olduğunu anlamak, yapının taşıyıcı sisteminin çeşidini belirlemek, dikkate alınan yüklemeleri incelemek ve mevcut donatıların yeterliliğini kontrol etmek açısından önemlidir.
- Projeleri bulunmayan yapılarda, taşıyıcı sistemin belirlenmesi, projesi bulunan yapılarda ise inşaatın projeye uygunluğunun saptanması açısından *detaylı bir rölöve¹ yapılması* gereklidir. Hasarlı binalarda, hasarın rölövelerde gösterilmesi gereklidir.
- *Mevcut malzeme dayanımlarının saptanması* gereklidir. Bu amaçla, tahribatlı ve tahribatsız testler yapılarak kullanılan malzemenin mekanik özellikleri saptanır.
- Elde edilen bulgular ışığında, *binanın yapısal projesi yürürlükteki yönetmeliklere uygun olarak yeniden yapılır* ve mevcut taşıyıcı sistemin yeterliliği kontrol edilir.

Geoteknik Etüt

Onarım ve güçlendirme projesi yapılacak olan bir yapıda öncelikle kapsamlı geoteknik etütlerin yapılması gerekmektedir. Geoteknik etütlerde, projenin tasarım ve hesaplarında kullanılmak üzere en az zemin sınıfı², zeminin emniyetli taşıma gücü, zemin yataklanma katsayısı, zemin hâkim titreşim periyodu parametreleri ve bu parametrelerin bulunmasında kullanılan laboratuvar deney sonuçları bulunmalı ve bu etütler konusunda uzman bir inşaat mühendisi tarafından tetkik edilmelidir.

Rölöve

Mevcut yapının varsa projeleri temin edilmeli, projeleri bulunmayan yapıların taşıyıcı sistem rölöveleri ve mimari rölöveleri çıkarılmalıdır. Bu rölöveler üzerinde yapının hasar gören taşıyıcı elemanlarının hasar durumları işlenmeli ve proje üzerinde gösterilmelidir.

Malzeme Kalitesinin Tanımlanması

Onarım ve güçlendirme projesi yapılacak olan yapının mutlaka mevcut malzeme kalitesinin tanımlanması gerekmektedir. Yapı inşaatında var olan yapısal elemanların taşıma kapasiteleri boyutlarına ve kullanılan malzemeye bağlıdır. Malzeme olarak ta beton ve çeliği kullanılmaktadır. İnceleme aşamasında yapıda kullanılan betonun ve çeliğin dayanımlarının belirlenmesi gerekir.

Beton Kalitesi Tespiti:

Beton kalitesinin tanımlanması; yapının mevcut beton kalitesinin doğru olarak tanımlanması, yapıdan karot³ numunesi alınması ile mümkündür. Yapıdan karot numuneleri alınırken ve test edilmesinde TS-10465⁴'in bütün kaidelerine uyulmalı, ayrıca karot alınırken taşıyıcı elemanlara hasar vermemek amacıyla kolonlardan moment sıfır noktasından, perdelerde gövde bölgesinden, kirişlerde çekme bölgelerinden numune alınmalıdır. Karot numuneleri laboratuvar ortamında serbest basınç deneyine tabi tutulduktan sonra projeci tarafından TS-10465'e göre değerlendirilerek mevcut beton basınç dayanımı bulunmalı, deney sonuçları ve değerlendirme raporu proje ekinde verilmelidir.



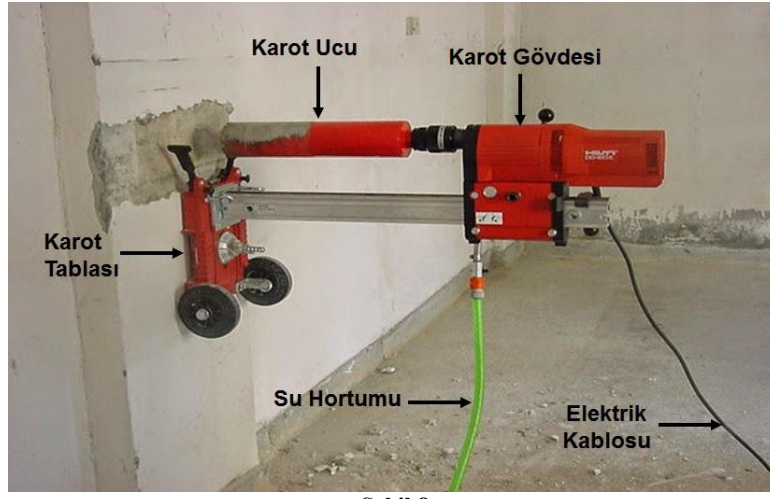
Şekil 7

¹ Yapının ya da yapı grubunun tümünün yada bir bölümünün mevcut durumunun belli ölçeklerde anlatılması için hazırlanan ve herhangi bir yorum yada değerlendirme içermeyen çizimsel belgelerine “rölöve” denilir.

2- TBDY 2018, Tablo 16.1 – Yerel Zemin Sınıfları, sayfa 343

³ Kavram olarak Core Drill olarak adlandırılır. İngilizce deki “havuç” kelimesine karşılık gelen bu kelime, dilimizde beton delme, beton kesme makineleri ve uygulamaları anlamına gelmektedir.

⁴ TS 10465: Beton Deney Metotları- Yapı Ve Yapı Bileşenlerinde Sertleşmiş Betondan Numune Alınması Ve Basınç Mukavemetinin Tayini (tahribatlı metot)



Şekil 8

Donatı Kalitesi ve Miktarının Tespiti:

Onarım ve güçlendirme projesi yapılacak olan yapının mevcut betonarme projeleri bulunmuyorsa yapının düşey taşıyıcı elemanlarının beton paspayı, çap tesbiti ve donatı haritalama cihazları kullanılarak (profometre⁵) donatı planı çıkarılır. Bu cihaz sağlanamıyorsa, düşey ve yatay taşıyıcı elemanların belirli bölgelerinde paspayları kaldırılarak mevcut yapının donatı rölövesi çıkarılmalı ve mevcut rölöve planlarına işlenmelidir.



Şekil 9. Donatı Tarama Sistemi. PS 250 Beton içindeki inşaat demirlerini hassas bir şekilde tespit eder, demir boyutunu ve tahribatsız yapısal, inceleme için gereken beton örtü derinliğini kolayca tahmin eder.

Takviye projesi çizimleri

Yapının güçlendirme projesine ilişkin çizimler, profesyonel mühendislik kuralları çerçevesinde yeterli ayrıntıda, anlaşılabilir ve uygulanabilir biçimde hazırlanmalıdır. Güçlendirme ve onarım detayları her bir bina ve eleman bazında ayrı ayrı düzenlenmeli tip detaylarla yetinilmemelidir.

Güçlendirme Türleri

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

1- Binanın kolon, kiriş, perde, birleşim bölgesi gibi deprem yüklerini karşılayan elemanlarında dayanım ve şekildeğiştirme kapasitelerinin artırılmasına yönelik olarak uygulanan işlemler, eleman güçlendirmesi olarak tanımlanır.

2- Binanın taşıyıcı sisteminin dayanım ve şekildeğiştirme kapasitesinin artırılması ve iç kuvvetlerin dağılımında sürekliliğin sağlanması, binaya yeni elemanlar eklenmesi, birleşim bölgelerinin güçlendirilmesi, deprem etkilerinin azaltılması amacıyla binanın kütlelerinin azaltılması işlemleri sistem güçlendirmesi olarak tanımlanır.

Farklı hasar nedenleri değişik onarım ilkelerinin uygulanmasını gerektirmekle birlikte yine de hemen her **durumda kullanılabilir ortak önlemler** vardır. Bu önlemler depreme dayanıklı yapı kavramı ile de bağlantılıdır. Her durumda kullanılabilir ortak önlemler şunlardır.

⁵ - Beton demirlerinin yerini bulma- Paspayının ölçülmesi- Paspayı değerlerinin saklanması ve istatistiksel değerlendirme- Çubuk çapının tesbitine yarayan elektronik alet.

1-Yapı ağırlığı azaltılabilir

Yapı oturmaları, proje hataları, tasarım yüklerinin zaman içerisinde yetersiz kalması (aşırı yüklerin ortaya çıkması), deprem etkileri, yapı malzemelerinin hatalı ve eksik kullanılması (donatı yetersizliği gibi) ve imalat hataları nedeniyle yapısal çatlaklar oluşabilir. Bu durumda yapıya etkiyen sabit yükler azaltılabilirse çatlama duracağından hasar etkisinin ortadan kalkma ihtimali doğacaktır. Depremde yapıya gelen kuvvet yapının ağırlığı ile orantılı olduğu için yapının ağırlığında yapılacak bir azaltma aynı oranda yapıya gelebilecek deprem kuvvetinin de azalmasını sağlayacaktır. Yapıyı hafifletmek için tuğla bölme duvarların yerine daha hafif alçı, gazbeton ya da ahşap panolu bölme duvarlar yapılabilir. Yapı üst katlarından bir ya da birkaçı yıkılabilir. Yapıda çatıyı yalıtım için konulmuş ağır malzemeler daha hafifleri ile değiştirilebilir. Yapı içindeki kalın sıvalar ya da dış yüzündeki taş kaplamalar kaldırılabilir. Çatı arasında var olan su depoları veya genleşme depoları başka bir sisteme dönüştürülebilir. Yapıyı hafifletme olanağı her zaman olmayabilir. Ancak bu imkândan faydalanma yolları aranmalıdır. Merdivenlerden taşıyıcı sisteme gelen yükleri azaltmak için merdivenlerin yüklerini doğrudan zemine aktaran düzenlemeler yapılabilir.

15.10.7. Kütle azaltılması bir yapı güçlendirme yöntemi değildir. Ancak yapıya etki eden düşey yüklerin ve deprem kuvvetlerinin azalan kütle ile orantılı olarak azalacak olması yapı güvenliğini arttıracaktır. Azaltılacak veya kaldırılacak kütle ne kadar yapı üst kotlarına yakın ise, deprem güvenliğini arttırmadaki etkinliği de o kadar fazla olacaktır. En etkili kütle azaltılması türleri binanın üst katının veya katlarının iptal edilerek kaldırılması, mevcut çatının hafif bir çatı ile değiştirilmesi, çatıda bulunan su deposu vb tesisat ağırlıklarının zemine indirilmesi, ağır balkonların, parapetlerin, bölme duvarların, cephe kaplamalarının daha hafif elemanlar ile değiştirilmesidir.

2- Yapının sünekliği artırılabilir

Süneklik, dayanımda bir azalma olmadan büyük deformasyon yapabilme yeteneğidir. Süneklik yapının enerji tüketme gücüdür. Betonarme yapılar, rijit kolon-kiriş birleşimlerinin çatlayıp hasar görerek mafsallı birleşim yerine dönüşmesi ile depremin enerjisini tüketirler. Mafsallaşan düğüm noktasının yük taşıma gücünde önemli bir kayıp olmamalıdır. Yapıların deprem sonrası onarımlarında çoğunlukla kesitlerin genişletilmesi, çerçeve boşluklarına perde duvar konulması gibi önlemler kullanılmaktadır. Bunlar ise genellikle yapının dayanımını artıran fakat sünekliği artırmayan uygulamalardır. Rijitliği yüksek elemanların sünekliği azdır. Ayrıca mantolama biçimindeki güçlendirmelerde çok miktarda donatı kullanılacağından süneklik yine azalacaktır. Donatı oranı yükseldikçe süneklik azalmaktadır (Bayülke 1989). Yapılan onarım ve güçlendirme de sünekliğin ne yönde değiştiğini belirlemek kolay değildir. Genellikle onarım ve güçlendirme yapının sünekliğini azaltmaktadır.

3- Yapının taşıma gücü artırılabilir

Yumuşak zemin katı oluşmasının temel nedeni; bu katların ticari kullanım amacıyla daha yüksek, çoğunlukla ara katlı yapılması ve vitrin gibi faktörler nedeniyle dış cephelerinde hiç yatay deprem yükü taşıyan eleman bulunmaması. Deprem sırasında yatay kuvvetlerin en fazla bu katlarda oluşması nedeniyle yıkılma ve çökme kaçınılmaz oluyor. Hangi ülkede olursa olsun, geçmiş depremlerde vuku bulan bina hasarları incelendiğinde, tipik olarak zemin katlarındaki yığma dolgu duvarları, üst katlardaki yığma dolgu duvarlara nazaran hiç veya çok az olan binaların, zemin kat hizasında büyük hasar gördüğüne şahit oluruz. Çünkü yığma dolgu duvarlarından yoksun olan zemin katın yatay deplasmanlara karşı direnci, yığma dolgu duvarları bakımından zengin olan üst katlara göre çok azdır. Bu yüzden düşey yönde rijitlik süreksizliği bulunan katlara zayıf kat denir. Zemin kat yüksekliğinin üst katlara nazaran daha fazla olması da, zayıf kat düzensizliği yaratır. Mağaza, restoran ve banka gibi çeşitli ticari fonksiyonlara geniş alanlar sağlayabilmek için, dolgu duvar örülme ve/veya kat yüksekliği göreceli olarak büyük olan zemin katlar, çok katlı binalarda deprem hasarlarının odak noktasıdır.

Esasen, deprem esnasında zayıf katın hasar görmesinin başlıca nedeni, üst katlardaki yığma dolgu duvarlarının, zemin katta bulunmayışıdır.



Şekil 10.Zayıf kat

Yapıda oluşan hasar gelen kuvvetlere karşı dayanımın az olmasının sonucudur. Gelen kuvvetlere karşı yeterli dayanımın sağlanması ile hasar durdurulacak ya da bir daha olmayacaktır. Bunun gerçekleşmesi için yapının gelen ya da gelebilecek yüklere karşı dayanımının, eğer yetersiz ise, artırılması gerekir. Deprem hasarına karşı yapının özellikle yatay kuvvet taşıma gücü artırılmalıdır. Çünkü yapı hasar gördüğü depremin sonunda, deprem öncesindeki yetersiz olduğu bu depremde kanıtlanmış olan eski taşıma gücünden bile, daha az olan bir taşıma gücündedir. Özellikle bu durum yatay kuvvetlere karşı dayanım için geçerlidir. Bu arada yapının düşey yükleri değişmemiştir. Ancak yatay yüklerin etkisi ile olan hasar yapının düşey yük taşımadaki güvenliğini de azaltmıştır. Özellikle kalıcı yatay ötelemelerin oluşturduğu ikinci mertbe momentler ve çatlayıp zayıflamış olan kolon ve kiriş en kesitleri dolayısı ile yapı güvenliği azalmaktadır. Yapı hasar altında düşey yüklerini düşük bir güvenlik payı ile taşımaktadır. Kuvvetli bir artçı depremde yıkılabilir. Yapının onarımının ilk aşaması zayıflamış düşey yük taşıma kapasitesinin artırılması, yapının askıya alınması ile ikinci aşamada da yatay yüklere, deprem yüklerine, karşı olan dayanımın artırılması gerekir. Taşıma gücünün artırılması yapıya yatay ve düşey yükleri alacak yeni elemanlar eklenmesi, mevcut elemanların en kesitlerinin genişletilmesi ile yapılır. Genellikle yapılan onarım ve güçlendirme ile yapının daha büyük deprem yüklerine karşı elastik bölgede kalarak, hasar olmadan, karşı koymasını sağlamaktır.

4- Yapının Dinamik Özellikleri İyileştirilebilir

Yapıların iki önemli dinamik özelliği vardır Periyot ve sönüm. Yapının periyot ve sönümü yapıya gelen yatay yük düzeyine bağlıdır. Periyot ve sönüm arttıkça yapıya gelen deprem yükü azalabilir. Bu nedenle periyot ve sönüm deprem yer hareketinin spektrumuna bağlı olarak yapıya deprem süresi içinde etkiyen yatay yük düzeyini de belirler.

Yapıdaki hasar, asal titreşim periyodu ile zemin hakim periyodunun birbirine çok yakın olmasından dolayı oluşan rezonans ile ilgili ise, yapının dinamik özelliklerinin değiştirilip yapı periyodu ile zemin hakim periyodunun birbirinden uzaklaştırılması sağlanabilir. Bunun için zeminin dinamik özellikleri de belirlenmelidir. Daha sonra yapı periyodunun uzatılması ya da kısaltılması, yapının daha esnek ya da rijit bir konuma sokulması ile, yapı periyodu zemin hakim periyodundan uzaklaştırılabilir. Yapının yükü artırılırsa periyodu uzar, ancak aynı zamanda yapıya gelen deprem yükü artar ve yapının taşıma gücünün de artırılması gerekir. Yapının rijitliği artırılırsa periyodu kısalmır. Yapıya yeni elemanlar eklenmesi ve kesitlerin genişletilmesi yapının hem rijitliğini hem de taşıma gücünü artıracaktır. Yapının sönüm oranının artırılması ve yapıdaki katlar arasında rijitlik değişimlerinin uyumlu olmasının sağlanması da yapının dinamik özelliklerini iyileştiren önlemlerdir. Yapının rijitliğinin üst katlardan aşağıya doğru giderek artması, katlar arasında ani ve büyük rijitlik farklarının olmaması (*üst kattan gelen perde duvarın zemin katta yapılmamış olmasından ya da zemin katta yapılan perde duvarların üst katlarda kesilmiş olması gibi*) yapının dinamik özelliklerini iyileştiren önlemlerdir.

5- Yapıdaki Burulma Etkisi Azaltılabilir

Birçok yapıda hasar yapının katlarındaki ağırlık ve rijitlik merkezlerinin birbirinden uzak olmasının ortaya çıkardığı burulma etkisi ile oluşmaktadır. Örneğin perde duvarların yapının bir yanında toplanmış olması burulma oluşturacağı gibi, taşıyıcı olmayan bölme duvarların katlarda dengeli bir biçimde yerleştirilmemiş olması da, yapının ağırlık ve rijitlik merkezleri arasında fark oluşturarak, yapıda burulma etkisi ortaya çıkarabilmektedir. Burulma sonucu yapının bazı elemanlarına gelen yatay kuvvetler, burulma etkisi oluşmayacağı varsayımına göre yapılan hesaplarla, elemanda sağlanan dayanımdan büyük olur ve hasar yapar. Güçlendirme sırasında eklenen perde duvarların da bir burulma etkisi yaratabilecekleri göz önünde tutulmalı ve yerleştirmeleri sırasında rijitlik merkezi ile ağırlık merkezi arasındaki mesafe olabildiğince az tutulmalıdır (*A1 düzensizliği*).

6- Yükleri Taşıyacak Yeni Elemanlar Yerleştirilebilir

Yapıda depremde gelen yatay yükleri taşıyacak elemanlar yetersiz ise ya bu elemanların yatay yük taşıma güçleri artırılır ya da yeni yatay yük taşıyacak elemanlar yerleştirilir.

Yapıların onarım ve güçlendirilmesine karar verilirken göz önünde tutulması gereken bir başka nokta yapının bulunduğu yerdeki imkânlardır. Nitelikli malzeme ve işçiliğin temin edilememesi sebebiyle öngörülen dayanımda yapılamamış bir binanın güçlendirilmesi için gerekli kaliteli işçilik ve malzeme bu sefer temin edilebilecek mi?

Onarım ve güçlendirme işinin projeyi hazırlayanlarca denetlenerek yaptırılması daha etkili olacaktır. Çünkü istenilen amacı sağlayacak ayrıntıların kesinlikle hiçbir ödün verilmeden yaptırılması gerekir. Bir diğer deyişle güçlendirme işlemleri, projeyi yapan teknik eleman tarafından "kendi eli" ile gerçekleştirilmelidir veya denetlenmelidir.

ONARIM VE GÜÇLENDİRME MALZEMELERİ

Betonarme yapı elemanları için günümüzde çok değişik güçlendirme malzemeleri mevcuttur. Bunlar, özellikleri yüksek olduğu oranda pahalı olup, uygulaması daha çok özen ister. Dikkatsiz ve rastgele yapılacak uygulamada, malzemeden beklenen verimin alınması mümkün değildir. Bu tür malzemelerin seçiminde yaygın kullanma alanı bulmuş, şantiye koşullarına uygun olanları tercih etmek yerinde olur. Malzemenin satın alınması sırasında imalatçısından teknik destek garantisi 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. Başlıca onarım ve güçlendirme malzemeleri şöyle sıralanabilir.

1-Tamir harçları ile onarım

Tamir harçları elemanlarda yerel olarak ortaya çıkan beton hasarlarının giderilmesinde yaygın biçimde kullanılır. Kiriş, kolon, perde ve döşemelerde, korozyon ve yapım kusurları sebebiyle beton dökülmesi meydana gelmiş, donatı ortaya çıkmış ise, hazır tamir harcı uygulaması tavsiye edilir. Yüksek basınç dayanımına ve aderans özelliğine sahip olan bu harçların seçiminde, uygulandığı beton yüzeyle iyi yapışması, alt tabaka ile aynı elastiklik modülü, sıcaklık genleşme katsayısına sahip olması beklenir. Bu suretle yükleme durumunda ve sıcaklık değişimiyle ek gerilmelerin çıkması önlenmiş olur. Tamir harcı uygulanan yüzey dışı açık olduğu için, atmosfer koşullarına dayanıklı olması ve düşük geçirimsizliğe sahip olması tercih edilmelidir. Kururken büzülmesinin düşük olması ve işlenebilme için su/çimento oranını düşürmek amacıyla süper akışkanlaştırıcı içermesi de tercih sebebidir. Kolon veya perdelerde karot alınmasıyla açılan boşluklar da, hazır tamir harcı ile doldurulmalıdır.

Tamir harcı uygulamasından önce, yüzeydeki harç, gevşek parçalar, bozulmuş hasar görmüş beton, yağ, boya kalıntıları, kireç, toz ve kir temizlenmeli, yüzey pürüzlendirilmelidir. Kesitte bulunan donatı çeliği kumlanarak, üzerindeki pas temizlenmeli ve üzerine korozyona karşı koruyucu bir kimyasal sürülmelidir. Mevcut donatının kesiti korozyon sebebiyle küçülmüşse, 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 (rabitze teli). Konulan hasır ile yüzey arasında tamir harcının nüfuz edebilmesi için biraz boşluk bırakılmalıdır. Donatısız yüzeydeki veya donatı üzerindeki harç kalınlığı en az 10 mm olmalıdır.

Donatı çubukları veya hasır donatı yerleştirildikten sonra, tamir harcı uygulamasından önce yüzey suya doygun hale getirilmelidir. Tamir harcı mala ile sürülebileceği gibi, püskürtülerek de uygulanabilir. Harç yüzeyinin düzeltme işleminden sonra, sıcaklık veya rüzgâr gibi nedenlerle hızla kuruyarak içindeki hidrasyon suyunu kaybetmemesi için, bitmiş kesite bakım yapılmalıdır.

2-Püskürtme beton ile onarım ve güçlendirme

Püskürtme betonun, özellikle kalıp yapmanın zor olduğu veya ekonomik olmadığı yerlerde, betonun yerleştirilmesi ve sıkılaştırılmasının güç olduğu veya betonun ince bir tabaka olarak uygulanması gereken yerlerde kullanılması uygundur. Püskürtme beton, eski yapıların onarım ve güçlendirme işlerinde geniş bir kullanım alanı bulur. Mevcut betonarme ve yığma binaların yüzlerinin beton tabakasıyla kaplanmasında ve güçlendirilmesinde kullanılır. Başarılı bir püskürtme betonun elde edilmesi, donatının uygun seçilmesi ve yerleştirilmesine de bağlıdır. Küçük çaptaki onarım işlerinde donatı kullanılmayabilir. Küçük çaplı donatılar tercih edilmeli ve donatı püskürtme sırasında yerini koruyacak şekilde yerleştirilmelidir. Donatıların etrafında betonun boşluk bırakmadan püskürtülmesini sağlayacak kadar mesafe bulunmalıdır. Donatıların birbirine, donatının kalıba veya donatının arka yüzeye mesafesi olan bu aralık, en büyük dane büyüklüğüne ve donatının çapına bağlı olmakla beraber, genellikle 50 mm önerilir. Püskürtme beton kalınlığının daha büyük olduğu durumlarda bir konstrüktif donatının konulması uygun olur.

Püskürtülen betonun bir kısmı püskürtme yerindeki sert yüzeye, donatıya veya daha evvel yapılan betona çarparak geri sıçar. Bu geri sıçrayarak kullanılmaz duruma gelen beton oranı püskürtme basıncı, çimento ve su miktarı, agreganın en büyük dane büyüklüğü, donatının miktar ve şekli ile püskürtme tabakasının kalınlığına bağlıdır. Bunlarda değişiklik yapılarak azaltılabilirse de püskürtme yüzeyinin eğimi önemlidir. Genel olarak sıçrama oranı döşeme gibi yatay yüzeyler için %5-15 ve duvar gibi dikey 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 durum betonun dayanımını arttırsa da betonu büzülme çatlaklarına karşı hassas duruma getirir. Ayrıca, danelerin sıçraması sonucu betonda daha ince daneli agrega çoğalır, az da olsa elek eğrisi değişir. Sıçrayan beton, yapışan betona ve püskürtme betonun hazırlanmasında kullanılan malzemeye karıştırılmalıdır.

3-Epoksi reçinesi ile onarım ve güçlendirme⁶

Epoksi ve benzeri reçineler; betonarme perdeler, kolonlar, döşemeler ve kirişlerdeki beton çatlakların doldurulmasında ve ince çelik elemanları betona yapıştırmak için kullanılır. Epoksi uygulaması taşıyıcı sistemde rijitlik dağılımını dolayısıyla iç kuvvet dağılımını da değiştirmez. Uygulamada epoksi; bu türden olan sıvı reçineler (epoksi, poliester, poliüretan, akrilik gibi) için genel anlamda kullanılır. Reçineyi oluşturan kimyasal birleşenlerin çeşitlerine ve kimyasal

⁶ Epoksi Enjeksiyonu: Kolon, perde ve kiriş elemanlarında oluşmuş olan çatlakların belli bir genişliği aşmadığı yapılarda betonun aderansının artırılması amacıyla epoksi enjeksiyonu kullanılabilir

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 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 bağ nemle birlikte azalmaz. Uygulamadaki nem ve sıcaklığa bağlı olarak, enjeksiyondan sonra kür uygulanarak sertleşme çabuklaştırılabilir. Reçinenin viskozitesinin enjekte edilecek çatlakların kalınlığına uygun olması gerekir.

Çatlaklar, yaş veya sertleşmiş betonda oluşan çatlaklar olarak sınıflandırılır. Her çatlama türünün nedeni birçok farklı faktöre bağlıdır ve sadece görünümü etkilemekle kalmaz aynı zamanda önemli yapısal sorun ya da dayanıklılık eksikliği gösterebilir. Çatlaklar, hasarın toplam boyutunu temsil edebilir veya daha büyük boyutlu problemlere işaret edebilir. Çatlama nedenleri şunlardır: plastik büzülme çatlakları; yerleşme çatlakları; kurutma büzülmesi; termal gerilmeler; Kimyasal reaksiyon; hava; donatı korozyonu; kötü inşaat uygulamaları; aşırı yükler; tasarım ve detaylandırmada hatalar; ve harici olarak uygulanan yükler.

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

Epoksi kullanımı ile yerel çatlak onarımı yapıldığı unutulmamalıdır. Bir elemanı veya bir bölgeyi güçlendirmek için genellikle tek başına kullanılmaz. Güçlendirme işlemlerinde diğer yöntemlerle beraber epoksi uygulaması tercih edilir. Yangına karşı dayanıksızlığı epoksinin bir zayıf tarafıdır. Epoksinin 80 °C nin üstünde dayanımını kaybettiği bilindiği için, ilgili durumlarda epoksili elemanın yangına karşı korunması gerekir.

Tablo 2. Normal dayanımlı beton ile epoksi reçinesinin dayanım değerlerinin kıyaslanması

ÖZELLİK	BETON	EPOKSİ REÇİNESİ
Basınç dayanımı (MPa)	20-70	250
Çekme dayanımı (MPa)	2-5	3.5-35
Eğilmede çekme dayanımı (MPa)	3.5-70	10-35
En büyük birim boy değişimi	0.01	0.2-50

4. Çelik Şeritlerle (lama) Onarım ve Güçlendirme

Betonarme elemanlar enine ve boyuna doğrultusunda çelik şeritler kullanılarak onarılıp güçlendirilebilir. Dayanımı yüksek ve kalınlığı 1.0-1.5 mm olan çelik şeritler, kirişin alt ve yan yüzlerine, kolonların düşey yüzlerine ve kiriş – kolon birleşim bölgesine epoksi reçinesi ile yapıştırılır. Uygulamada önce beton yüzeyi düzeltilerek yıkanır ve kurutulur. Yüksek viskoziteli epoksi reçinesi beton ve çelik şeridin yapışma yüzeyine sürülür. Basınç uygulayarak 24 saat yapıştırma sağlanır. Şeritlerin uygulanmasında beton yüzeyle bütünleşmesi için beton dayanımının yeterli olması gerekir. Hazır çelik şeritler yerine çelik lamalar da kullanılarak da uygulama yapılabilir.

Çelik şerit uygulamasında elemanların rijitliklerinde değişiklik oluşmadığı kabul edilir. Eleman kesitlerinin eğilme momenti ve kesme kuvveti kapasiteleri artırılırken, sarılan çelik şeritler bu bölgede enine basınç oluşturarak, deprem etkisi durumunda betonun dolayısıyla elemanın sünekliliğini artırır. Şerit düzeninin seçiminde elemandaki kuvvet akışı göz önünde tutulmalıdır. Betonda enine basıncın yeterli şekilde oluşması için, şeritlerin dar olmaması (50 mm uygun genişlik) ve birbirlerinden ayırık yerleştirilmemesi (0.20 m uygun aralık) gerekir. Çelik şeritler beton yüzeyine yapıştırılırken, bunlar basınç ve çekme kuvvetini alacak şekilde düzenlenmelidir. Çelik şeritlerin üzeri tamir harcı ile örtülerek hem korozyona hem de sınırlı ölçüde yangına karşı korunabilir. Basınç etkisinde şeritlerin burkulmaması ve çekme kuvveti durumunda çelik şeritlerin betondan ayrılmaması gerekir. Bu uygulama türü pahalı olduğu için, hasarlı kolonların mantolanma ile onarılması tercih edilebilir.



Şekil 11. Çelik levhalarla kiriş güçlendirmesi



Şekil 12: Çelik lamalarla kuşatma

5-Kompozit (lif takviyeli plastik levhalar) ile onarım ve güçlendirme.⁷

Çelik lamalar yerine kullanılır. Lifler karbon veya camdan mamuldür. Kompozit levhalar vinil veya epoksi içine yerleştirilmiş liflerle elde edilen fabrikasyon bir malzemedir. Çekme dayanımları yüksektir (yaklaşık olarak çeliğin 3 katı). Kompozit levhaların kalınlıkları 0.5mm ila 1.2mm arasında değişmektedir. Genişlikleri de 5 ila 10 cm arasındadır. Yoğunluğu çeliğin beşte biri kadardır. Etriye yerine kullanılabilen karbon şeritler ve tüller de mevcuttur. Tüller özellikle etriye sıklaştırması gereken yerlerde rahatlıkla kullanılabilir. Sakıncaları fiyatlarının yüksek oluşu, yangın ve yüksek sıcaklıkta risk taşımalarıdır.



Şekil 13. Kompozit Levha Uygulaması

Karbon Plakaları beton, ahşap ve yığma yapıların güçlendirilmesi için kullanılan çekilmiş karbon lif donatılı polimer (CFRP) laminatlarıdır.

Karbon Plakaların Özellikleri / Avantajları

- Korozyon riski yoktur - Çok yüksek dayanımlara sahiptir - Mükemmel dayanıklılığa sahiptir
- Hafiftir - Sınırsız boyda imal edilebilir, ek ihtiyacı olmaz - Et kalınlığı azdır, üzeri direkt olarak boyanabilir - Kolay taşınır (rulolar halinde) - Plakaların kesişim noktaları kolay geçilir
- Montajı, özellikle baş üstü uygulamalarda çok kolaydır- Mükemmel yorulma dayanımına sahiptir - Plakalar uygulanmadan önce çok az bir ön hazırlık gerektirir - Yüksek dayanım ve elastisite modülü kombinasyonları mevcuttur.
- Yüksek alkali dayanımına sahiptir.

Donatı korozyonunun onarılması

Yapıda mevcut olan donatının paslanması, beton kesiti azalması gibi hasarların giderilmesi onarım kapsamına girer. Yaygın olarak rastlanan donatı korozyonu ve beton dökülmesi hasarının daha büyümemesi için onarılması gerekir. Bunun için, önce donatı civarındaki gevşek parçalar uzaklaştırılır. Pas; tercihen kumlama yapılarak (klor içermeyen kum ile) veya sert fırça ile temizlenmelidir. Gerekirse, önemli kesit kaybı söz konusu ise, donatı eklenir. Daha sonra bu bölge hafif sulanır, su çekilince ve ıslaklık varken lateks⁸ esaslı bir bulamaç (çimento+ polimer+paslanmayı durdurucu katkı) fırça ile yüzeye sürülerek uygulanır. Bulamaç uygulandıktan hemen sonra hiç beklemeden tamir harcı tercihen püskürtme yolu ile uygulanır ve boşluklar doldurulur (tamir harcı rötre yapmayan bir harçtır). Daha sonra tamir harcı ile yüzey düzeltilir ve geçirimsizliği sağlamak için akrilik⁹ bir yüzey koruyucu kimyasal çözelti tekrar yüzeye uygulanır

⁷ Sargı etkisini arttırabilmek amacıyla çelik veya karbon fiberli levhalar yapıştırılabilir.

⁸ Çimento esaslı harç, sıva, şap vb için performans artırıcı sentetik kauçuk bazlı akışkan katkı

⁹ Akrolin oksitlenmesinden elde edilen renksiz ve keskin kokuya sahip bir tür asittir. Akrilik asitlerin, ışıık, ısı ya da metallerle maruz bırakılması sonucu oluşan polimerlerin genel adına akrilik denir. Akrilik günümüzde çok kullanılan son derece hijyenik bir polimer türüdür. Banyo küvetleri,



Şekil 14. Döşeme donatısında korozyon onarımı.

BETONARME BİNALARIN GÜÇLENDİRİLMESİ

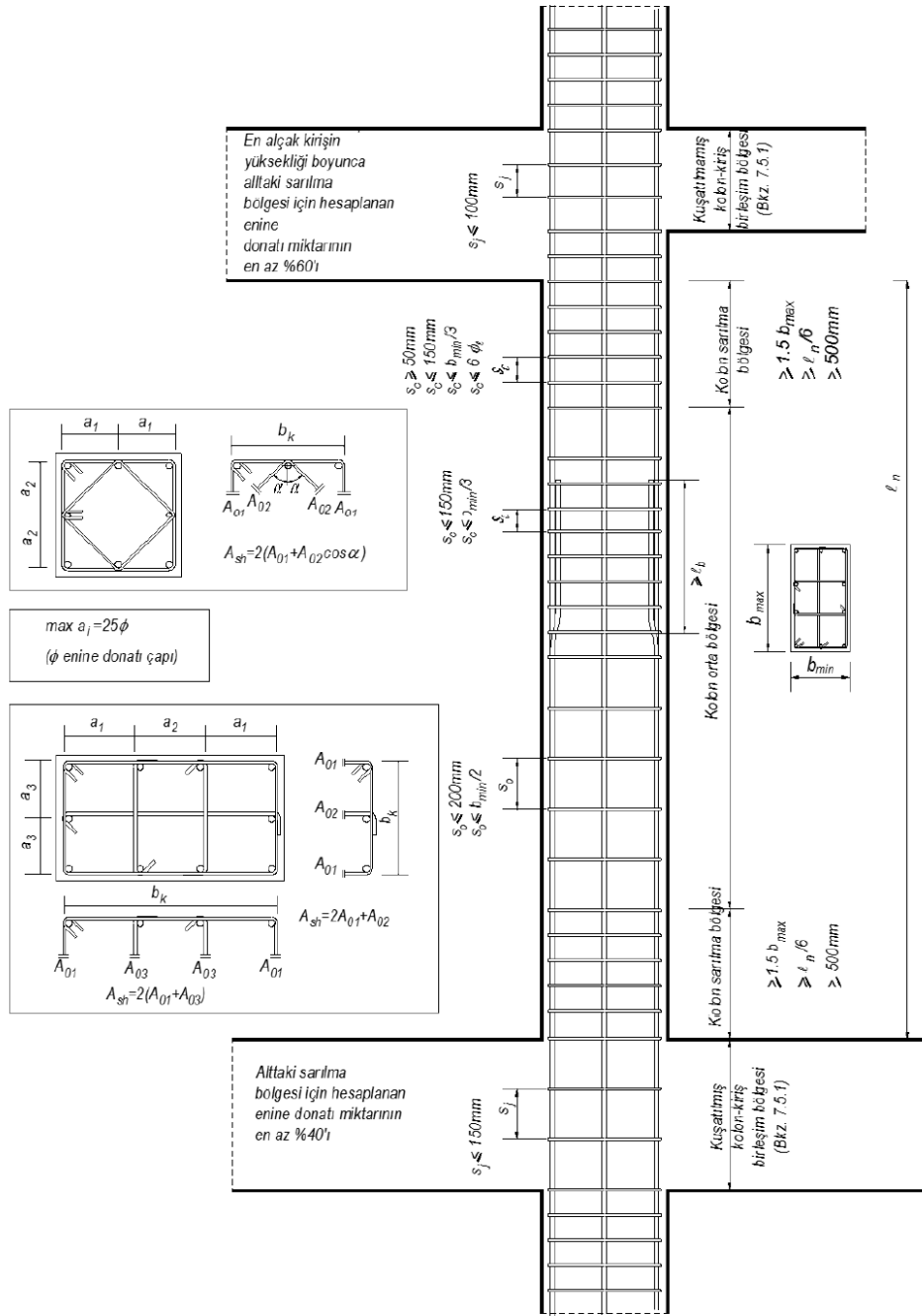
1- Kolonların Sarılması: Kolonların sünekliğini arttırmaya yönelik olarak kesme ve basınç dayanımlarının artırılması, bindirmeli eklerin zayıflıklarının giderilmesi için aşağıda verilen yöntemler kullanılabilir. Bu yöntemler ile kolonların eğilme kapasitesi arttırılmaz.

1-1- Betonarme Sargı: Mevcut kolonun beton örtüsü sıyrılarak veya yüzeyleri pürüzlendirilerek uygulanacaktır. Betonarme sargı gerek yatay, gerekse düşey donatının yerleştirilmesi, beton dökülmesi ve minimum beton örtüsünün sağlanması için yeterli kalınlıkta olmalıdır. En az sargı kalınlığı 100 mm'dir. *Betonarme sargı kat döşemesinin üstünde başlar ve üst kat döşemesinin altında sona erer.* Eksenel basınç dayanımının arttırılması amacı ile yapılan sargıda, sargı betonu içindeki enine donatı için kolonun tüm yüksekliği boyunca Kolon orta bölgesinde $\phi 8$ 'den küçük çaplı enine donatı kullanılmayacaktır. Kolon boyunca etriye, çiroz veya spiral aralığı, en küçük enkesit boyutunun yarısından ve 200 mm'den daha büyük alınmayacaktır. Etriye kollarının ve/veya çirozların arasındaki yatay mesafe, a , etriye çapının 25 katından daha fazla olmayacaktır. Kolon orta bölgesi, kolonun alt ve üst uçlarında tanımlanan sarılma bölgeleri arasında kalan bölgedir (Şekil 15). Bu yöntemde boyuna donatı kat döşemesini delip geçmez. Bundan dolayı kolonun eğilme kapasitesi arttırmaz.

Mevcut kolonların yalnızca düşey yükleri yeterli güvenlikle taşımaları yeterlidir. Bu değer TS500' de ön görülen değer olarak alınabilir ($N_{\max} = 0.6 f_{ck} A_c$ veya $N_d \leq 0.9 f_{cd} A_c$ ve $A_c \geq \frac{N_d \max}{0.5 f_{ck}}$).

Düşey yükleri yeterli güvenlikle taşıyamayan kolonlar yalnızca düşey yükleri taşımada yetersiz oldukları katlarda, çelik veya betonarme mantolama yoluyla güçlendirilebilirler. Yerel olarak ağır hasarlı olan kolonlar da mantolanmalıdır. Mantolama işleminde plandaki simetri ve ana tasarım korunmalıdır. Manto kalınlığı **10-15 cm** den az yapılmamalı, mantoya en az alanının %1'i oranında ve betonun işlenmesine izin verecek çapta boyuna donatı konulmalı, yönetmelikte öngörülen miktar ve sıklıkta etriye yerleştirilmelidir. Betonun yerleşimi düşünülerek kalınlığı 15cm ve daha az olan mantolamalarda dışta tek etriye konulması uygun olur. Mantolanan kolonlarda manto donatısının yeterli miktarının, özellikle köşe donatılarının, kattan kata geçişi sağlanmalı, manto ilgili kattan temele kadar inmeli ve manto donatılarının temele kenetlenmesi sağlanmalıdır.

duş kabin panoları, aydınlatma elemanları gibi birçok yerde yüksek kalite için akrilik tercih edilir. Ayrıca organik gözlük camları, "contact lens"ler, protez damak ve dişler hep akrilik esastır.



Şekil 15: Kolon orta bölgesi

Malzeme dayanımlarının belirlenmesinde yeteri kadar karot alınmış ise, mevcut elemanların tahkikinde, karakteristik beton basınç dayanımlarından hesap dayanımlarına geçişte malzeme güvenliğine ait katsayı (γ_{mc}) için 1,5 yerine daha küçük bir değer mesela, 1.25 alınabilir.



Şekil 16: Kolon ve temelin betonarme sargı ile güçlendirilmesi



Şekil 17: Kiriş çatlaklarına epoksi enjeksiyonu

BA Perde ile güçlendirme:

Sisteme eklenecek taşıyıcı sistem elemanlarının tip, sayı ve boyutlarının seçimi mevcut taşıyıcı sistemin özelliklerine ve yapının fonksiyonel düzen, durum ve planına bağlıdır. Sistem iyileştirilmesinde perdelerle güçlendirme halen en yaygın ve geleneksel uygulama şeklidir. Perde ilave edilmesinde dikkat edilmesi gereken en önemli husus, yeni durumun yapıda burulma etkileri yaratmamasıdır. Yapının kütle ve rijitlik merkezi mümkün olduğunca yakın kalmalıdır. Güçlendirme perdeleri her iki doğrultuda en az ikişer tane olmalıdır. Yapının kat adedinin ve plandaki alanının az olması

halinde toplam perde sayısı üçe de indirilebilir. Perdenin iki kolon arasında kalması tercih edilmelidir. Bazı hallerde bir taraftan bir kolona birleşmesi düşünülebilir. Bu durumda diğer tarafta perde ucu düzenlenmelidir. İki uçtan da kolona bitişik olmayan döşemeyi delip geçen perde ile döşeme arasında çok büyük gerilme yığılmaları meydana geleceğinden bu tür perdeler yapılmamalıdır. Perdelerin temellerinin oluşturulması da çok önemlidir. Komşu kolonları da kapsayacak şekilde sürekli veya plak temel düzenlemesi yapmak gerekir. Bu şekilde kolonların normal kuvvetlerinden faydalanarak perdeye komşu tekil temeller birleştirilerek büyük bir perde temeli yapılması gerekir.

Yeni perdeler, mevcut çerçeveler içine ve en az bir kolona komşu olacak şekilde yerleştirilmelidir. Mevcut beton dayanımlarının yeterli görülmesi halinde ($>C16$) mevcut kolon ile yeni perdenin bütünleşmesi dikiş donatıları ile sağlanarak, kolon donatısı perde başlık donatısına dâhil edilebilir. Aksi halde perdeye komşu kolonun mantolanması gerekir.

Perde uç kuvvetlerinin katlar arası geçişi için gerekli donatı düzeni yapılmalıdır. Perde gövde donatısının sürekliliği, kolonu ve kirişi geçen veya delen tek sıra, kolonlarda ve kirişlerde minimum $\varnothing 16/300\text{mm}$ donatı ile sağlanacaktır. Perdede her iki yüzde ve her iki doğrultuda minimum $\varnothing 10/200\text{mm}$ gövde donatısı bulunacaktır. Perde uç bölgesinde perde kritik yüksekliği boyunca en az $\varnothing 10/100\text{mm}$ ve diğer katlarda en az $\varnothing 10/200\text{mm}$ etriye yerleştirilmelidir.

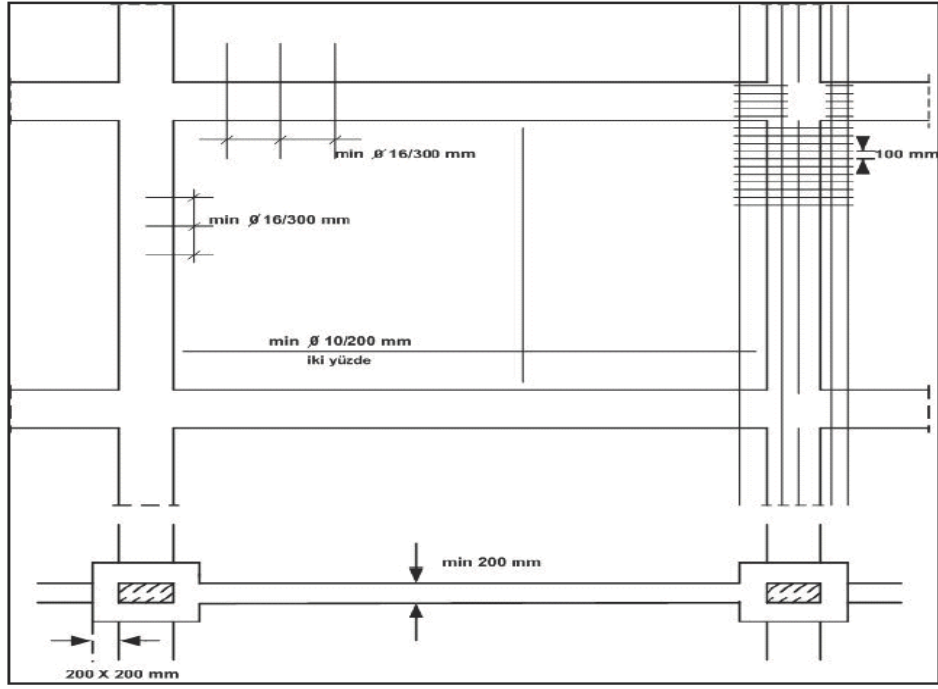
Şekil 18 de görüldüğü gibi, perde filiz donatılarının çerçeve elemanlarına gömülme boyu en az $15\varnothing$, filiz için açılan delik çapı, filiz donatısı çapının 4mm fazlasından büyük olacaktır. Filizler perde içine en az $35\varnothing$ kadar uzatılmalıdır. Filiz çubuklarının ara mesafeleri 25-40cm arasında seçilmelidir. Kolonlara gömülen dikiş donatısının yatayla eğimi epoksinin dışarı akmasını önleyecek değerde (örneğin yatayla $\sim 10^\circ$ açılı) olmalıdır. Dübel çakma işleminden önce silindirik tel fırça ile delik iyice temizlenmeli, tozlar ve kırıntılar vakum ile dışarıya alınmalıdır.

Kolonun iyice pürüzlendirilmesi ve mantonun dört tarafından yapılması durumunda kayma gerilmesi aktarıcı filiz çubukları konulmayabilir. Perde veya manto betonu dökülürken üstte kiriş altında 5~10cm lik boşluk bırakılarak bu kısım rötresiz harç ile doldurulmalıdır. Tercihen kendinden yerleşen beton kullanılmalıdır. Perde eklenmesi için yapılan kalıbın en üst kısmına eğimli bir levha konularak, üst döşemeden açılan deliklerden beton dökülebilir (Şekil 18).

Güçlendirilmiş binada, mevcut kolon ve kiriş gibi mevcut taşıyıcı sistem elemanlarının kontrolünde, aşağıda verilen koşulların sağlanmaması durumunda kolon ve kirişlerin güçlendirilmesi gerekecektir:

$$\begin{aligned} A_{s(\text{gerekli})} &< (1.20 \sim 1.33) ' A_{s(\text{mevcut})} && (\text{kolon-donatı biliniyorsa}) \\ A_{s(\text{gerekli})} &< (0.012 \sim 0.015) ' A_c(\text{mevcut}) && (\text{kolon – donatı bilinmiyorsa}) \\ A_{s(\text{gerekli})} &< (1.00 \sim 1.25) ' A_{s(\text{mevcut})} && (\text{kiriş – donatı biliniyorsa}) \\ A_{s(\text{gerekli})} &< (0.015 \sim 0.020) ' A_c(\text{mevcut}) && (\text{kiriş – donatı bilinmiyorsa}) \end{aligned}$$

Burada; A_c , kolon en kesit alanı; A_s , kolonlarda toplam donatı alanı ve kirişlerde açıklık ve ortalama mesnet çekme donatılarının toplamıdır. Hesaplarda mevcut elemanlar ile yeni elemanların elastisite modüllerinin farklılığı göz önüne alınmalıdır.



Şekil 18: Perde güçlendirme detayı



Şekil 19: Güçlendirme perdesi kalıbı, eğimli beton yolu ve döşeme delikleri



Şekil 20. Perde ile güçlendirme işi

Taşıyıcı sistem çizimleri mevcut olan veya taşıyıcı sistem rölövesi hazırlanan, önem katsayısı $I = 1$ olan (Deprem yönetmeliğine bak) altı ve daha az katlı binalarda, düzgün çerçeve oluşumu ve yeterli beton kalitesi ve donatı düzeni başta olmak üzere, taşıyıcı sistemin, uygun düzeyde olduğu kabul edilirse, eklenecek perde alanı ve yeri yaklaşık hesaplarla da tespit edilebilir. Bu durumda her bir doğrultuda en az iki perde, mümkün mertebe simetri sağlayacak ve burulma oluşturmayacak şekilde bütün katlarda azaltılmadan yerleştirilmelidir. Hasarlı ve kritik olanlar dışında taşıyıcı sistem elemanları için ayrıca bir kontrol yapılmayabilir. Güçlendirme perdeleri mevcut bölme duvarlarının yerine konulabileceği gibi hemen onlara yapışık olarak bir veya iki taraflı olarak da yerleştirilebilir.



Şekil 21: (a ve b) Perde eklemek suretiyle güçlendirme çalışması

Kuvvet aktarımı

Güçlendirme perdelerinin uç donatılarının ve mantolanan kolonların ana donatılarının katlar arası sürekliliği mutlaka sağlanması gerekir. Taşıyıcı sistemin mevcut elemanları ile eklenen yeni elemanlar arasında kuvvet aktarılması da temin edilmelidir. Bunun için aşağıdaki yöntemlerden biri yâda birkaçı kullanılabilir.

- Mevcut beton ile yeni beton ara yüzeyinde bütünleşmeyi sağlayan özel kimyasal malzeme kullanılması,
- Mevcut ve eklenen elemana ait donatıların birbirlerine kaynak, kanca ve başka yöntemlerle bağlanması (esnek ve rijit bağlantı V donatıları),
- Betondan betona kesme kuvveti aktarımında mevcut betonda dişler açılması veya yüzey pürüzlülüğünün sağlanması, filiz donatıları yerleştirilmesi.

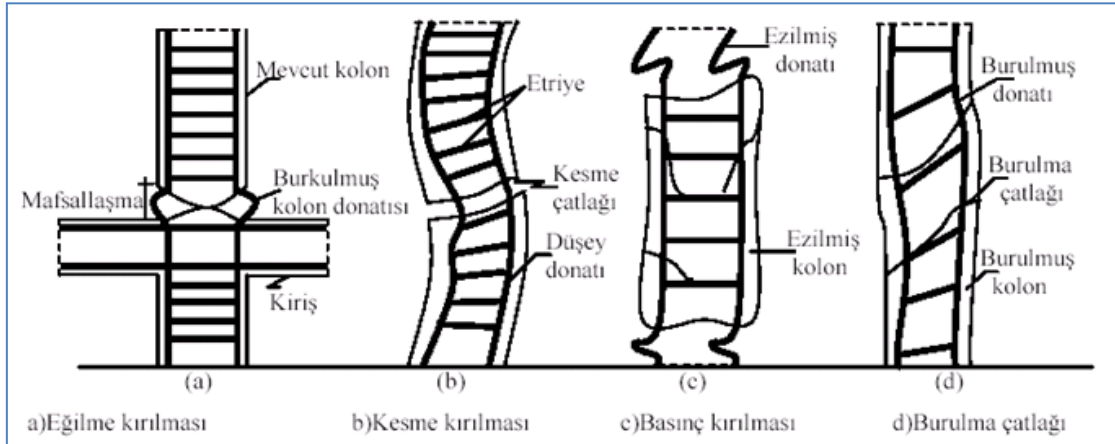
Eski ve yeni beton arasındaki aderansın sağlanması için eski betona TS 3233 standardına uygun pürüzlendirme yapılmalıdır.

Zemin üstü dört veya daha az katlı ve önem katsayısı $I = 1$ olan binalarda betonarme perdeler yerine duvarlar kaldırılmaksızın ara duvarlara donatı ve beton tabaka eklenerek güçlendirme yapılabilir. Betonarme perde veya duvara hasır donatılı beton tabaka eklenmesi seçeneklerine maliyet karşılaştırılmasından sonra karar verilebilir. Güçlendirmenin yeterliği yığma binalar için verilen kurallar kullanılarak gösterilecek ve konu ile ilgili olan konstrüktif esaslara uyulması gerekir.

BETONARME KOLONLARIN HASAR BİÇİMLERİ ve ONARIM VE GÜÇLENDİRME YÖNTEMLERİ

Genel hatlarıyla betonarme kolonlarda dört çeşit hasar meydana geldiği gözlenmiştir (Şekil 22).

- Bunlardan eğilme kırılması, deprem etkileri ile kolona etkiyen eğilme momentinin artması sonucu kolon uçlarında mafsallaşma meydana gelmesi ile oluşur (Şekil 22a).
- Kesme kırılması, kolonun üzerine etkiyen kesme kuvvetini taşıyamaması sonucu oluşur (Şekil 22b).
- Basınç Kırılması, kolon kesitinin en dış lifindeki beton ezilmeye başladığında, boyuna donatı henüz akma birim uzamasına ulaşmamış ise kolonda basınç kırılması ortaya çıkar. Bu tür kırılmaların donatının fazla olduğu (denge üstü kırılması) betonarme kesitlerde olduğu bilinmektedir (Şekil 22c).
- Burulma kırılması, Yapının kütle ve rijitlik merkezleri çakışık değilse kolonlarda bu tür hasarlarda olduğu belirlenmiştir (Şekil 22d).



Şekil 22 : Betonarme kolonlarda hasar biçimleri

Betonarme kolonların güçlendirilmesi onların eksenel yük, moment ve kesme kuvveti taşıma güçlerinin artırılmasıdır. Bu işlem genellikle

- Betonarme kesitin artırılması (betonarme sargı)
- Kolona yeni donatılı en kesit eklenmesi (kanat ekleme)
- Kolonun çelik bir kafes içine alınması şeklinde gerçekleştirilir.

Yapılan çelik çerçeve kolonun düşey yük taşıma gücünü artırır. Betonarme kesitin artırılması kolonun bütün çevresinde yapılırsa "Mantolama" ya da "gömlek geçirme" denir. Gömlek geçirme tabiri pek kullanılmamaktadır. Bunun yerine "Betonarme Sargı" deyimini kullanmak daha doğrudur. Kolonun yalnızca iki kenarına yeni kesitler eklenirse bu yönteme "Kanat ekleme" denilir. Çelik kafes içine alarak güçlendirmede birbirinden farklı iki malzemenin birlikte çalışması için çelik kafes ile beton arasında tam bir yapışma sağlanmalıdır. Çelik kafes kolonun eksenel yükünden pay alacak biçimde kirişlere de bağlanmalıdır.

Betonarme Kolonların Betonarme Sargı ile Güçlendirilmesi

Betonarme kolonun betonarme elemanlarla onarımı ya da güçlendirilmesi kolonun beton en kesitinin ve boyuna donatısının artırılmasıdır. Donatı miktar olarak artırılır ancak yüzde olarak aynı kalabilir ya da artırılabilir. Mantolamada üzerinde durulacak ayrıntılar eski ve yeni betonun kaynaştırılması, yeni boyuna donatı ile eski boyuna donatının ankrajı olarak sıralanabilir. Güçlendirmede en önemli nokta kolona eklenen bölüme eski var olan bölümden yük aktarılmasıdır. Mantolamanın temel amacı; kolonun eksenel kuvvet taşıma gücünü artırarak düşey yüklere karşı güvenlik payını yükseltmektir.

Kolon güçlendirmesinde kolonun üzerindeki hasarlı bölümler etriyeler ve boyuna donatı ile belirlenen kolon "çekirdek" bölümüne kadar kazınmalıdır. Var olan beton, varsa basınçlı su ile yıkanarak toz ve gevşek malzemeden temizlenmelidir. Böylece kolonun sadece çekirdek kısmı kalır. Mantolama sırasında eklenen yeni bölümlerin kalınlığı 5 cm olmasının istenmesi bu kadar zahmete değmeyeceğinden, 5 cm kalınlığında gömlek geçirme yerine en az 10-15 cm kalınlıkta gömlek geçirme yani mantolama iş gücü ve emek açısından tavsiye edilmektedir.

TBDY de ise

15.10.1. Kolonların Sarılması

Kolonların sünekliğini arttırmaya yönelik olarak kesme ve basınç dayanımlarının artırılması, bindirmeli eklerin zayıflıklarının giderilmesi için aşağıda verilen yöntemler kullanılabilir. Bu yöntemler ile kolonların eğilme kapasitesi arttırılmaz.

15.10.1.1 – Betonarme Sargı: Mevcut kolonun pas payı sıyrılarak veya yüzeyleri örselenerek uygulanacaktır. Betonarme sargı gerek yatay, gerekse düşey donatının yerleştirilmesi, beton dökülmesi ve minimum pas payının sağlanması için yeterli kalınlıkta olmalıdır. En az sargı kalınlığı 100 mm'dir. Betonarme sargı alt kat döşemesinin üstünde başlar ve üst kat döşemesinin altında sona erer. Eksenel basınç dayanımının arttırılması amacı ile yapılan sargıda, sargı betonu içindeki enine donatı için kolonun tüm yüksekliği boyunca 7.3.4.2'de verilen kurallar uygulanacaktır.

7.3.4.2 – Kolon orta bölgesi, kolonun alt ve üst uçlarında tanımlanan sarılma bölgeleri arasında kalan bölgedir. Kolon orta bölgesinde Ø8'den küçük çaplı enine donatı kullanılmayacaktır. Kolon boyunca etriye, çiroz veya spiral aralığı, en küçük enkesit boyutunun yarısından ve 200 mm'den daha fazla olmayacaktır. Etriye kollarının ve/veya çirozların arasındaki yatay uzaklık, *a*, etriye çapının 25 katından daha fazla olmayacaktır.

15.10.1.2 – Çelik Sargı: Çelik sargı dikdörtgen betonarme kolonların köşelerine dört adet boyuna köşebent yerleştirilmesi ve köşebentlerin belirli aralıklarla düzenlenen yatay plakalarla kaynaklanması ile oluşturulur. Köşebentler ile betonarme yüzeyler arasında boşluk kalmamalıdır. Yatay plakalar dört yüzeyde sürekli olmalıdır. Çelik sargının kolon eksenel yük kapasitesini arttırması için korniyerlerin alt ve üst döşemeler arasında sürekli olması (boşlukların alınması) ve döşemelere başlık plakaları ile basınç aktarması aktarımının sağlandığı hesapla gösterilmelidir. Gerekirse köşebentlere ön yükleme yapılarak mevcut betonarme kolon kesitinin düşey yüklerden kaynaklanan eksenel basınç yükü azaltılabilir.

15.10.1.3 – Lifli Polimer (LP) Sargı: LP tabakasının kolonların çevresine, lifler enine donatılara paralel olacak şekilde, sarılması ve yapıştırılması ile sargılama sağlanır. LP sargısı ile betonarme kolonların süneklik kapasitesi, kesme ve basınç dayanımları ile boyuna donatı bindirme boyunun yetersiz olduğu durumlarda donatı kenetlenme dayanımı artırılır. LP sargılama ile yapılan güçlendirmelerde tam sargı (tüm kesit çevresinin sarılması) yöntemi kullanılmalı ve sargı sonunda en az 200 mm bindirme yapılmalıdır. LP sargısı dikdörtgen kolonlarda kolon köşelerinin en az 30 mm yarıçapında yuvarlatılması ile uygulanır. LP uygulaması üretici firma tarafından önerilen yöntemle uygun olarak gerçekleştirilmelidir.

Güçlendirilecek kolonun betonunda açılacak dişlerin kuvvet aktarmaya olumlu katkısı vardır. Eski ve yeni betonu kaynaştırmak için betonda diş açılması yanında eski kolonun çekirdeğinin içinden geçen çiroz etriyeler de yararlı olur. Eski ve yeni donatıların bağlanması ve ankrajı rijit veya esnek bağlantılarla yapılabilir. Rijit bağlantı 10 cm lik ince mantolamada, esnek bağlantı ise 10-15 cm kalınlığında mantolama uygulanmasında tavsiye edilir.

Kolonların Eğilme Kapasitesinin Arttırılması

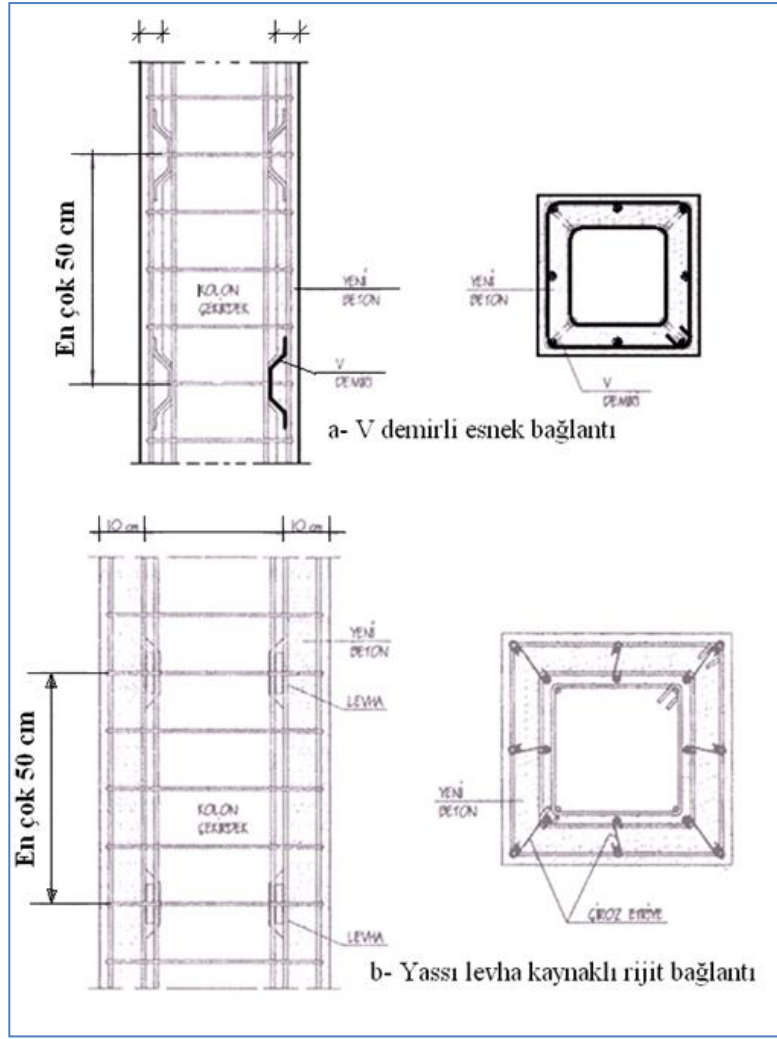
Kolonların eğilme kapasitesini arttırmak için kolon kesitleri büyütülebilir. Bu işlem aynı zamanda kolonun kesme ve basınç kuvveti kapasitelerini de artırır. Büyütülen kolona eklenen boyuna donatıların katlar arasında sürekliliği sağlanacaktır. Boyuna donatılar kat döşemelerinde açılan deliklerden geçirilecektir. Kolon-kiriş birleşim bölgelerinde kirişler delinerek veya kirişlere ankraj yapılarak gerekli enine donatı konulacaktır. Kolonun büyütülen kesiti TBDY 7.3.4 e göre enine donatı ile sarılacaktır (min Ø8/150). Büyütülen kolon kesitinin beton örtüsü, eklenen düşey ve yatay donatıyı örtmek için yeterli kalınlıkta olacaktır. Yeni ve eski betonun aderansının sağlanması için mevcut kolonun yüzeyindeki sıva tabakası sıyrılacak ve beton yüzeyleri pürüzlendirilecektir. Büyütülmüş kolon kesitinin eğilme, kesme, basınç dayanımının ve eğilme rijitliğinin hesabında brüt kesit boyutları ve eklenen kesit betonunun tasarım özellikleri esas alınacak, ancak elde edilen rijitlik ve dayanımlar 0.9 ile çarpılarak azaltılacaktır.



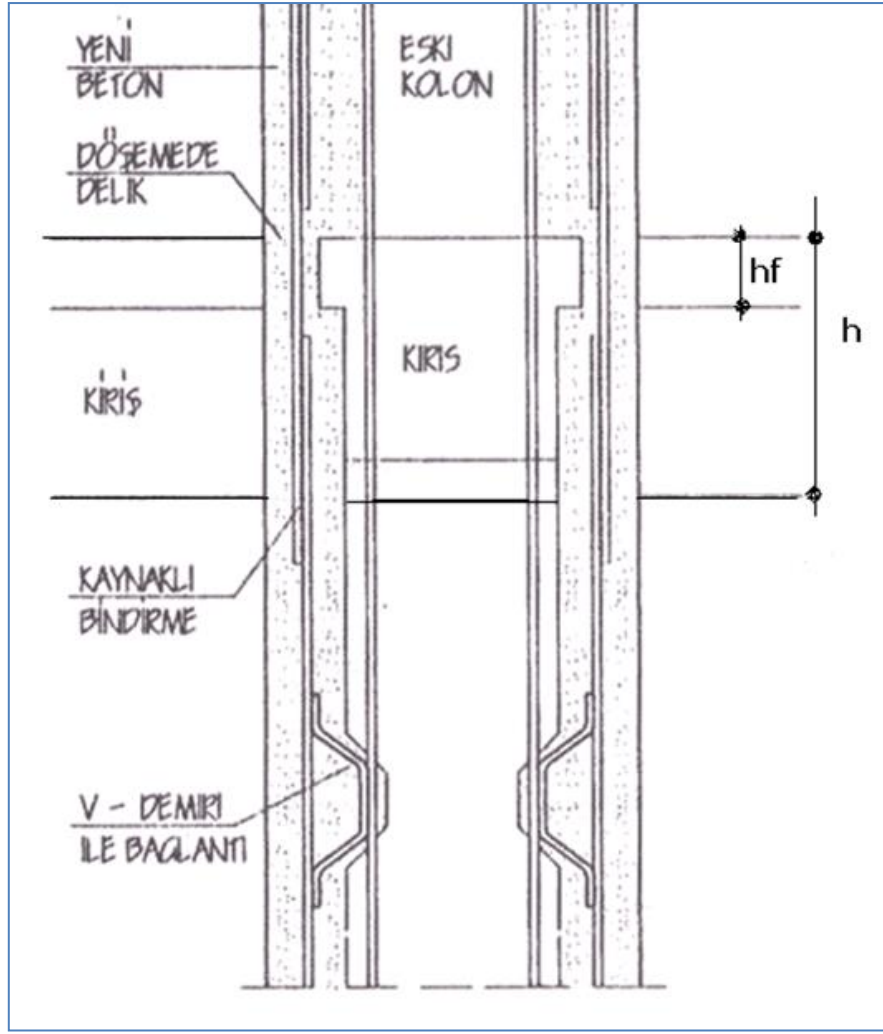
Şekil 23.Esnek bağlantı ve kolonda dış açılması



Şekil 24: Kolon donatılarının katlar arası sürekliliği için döşemede açılan boşluklar

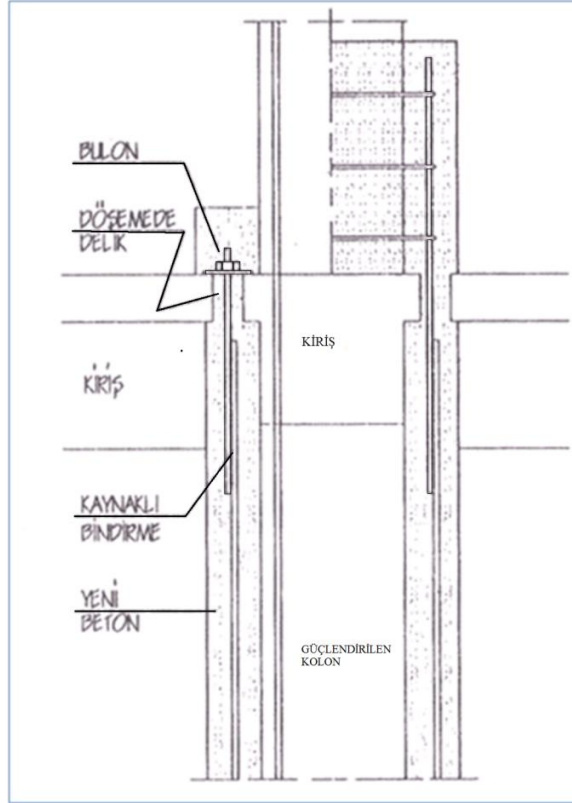


Şekil 25: Kolonun eski ve yeni donatılarının birbirine RİJİT ve ESNEK olarak bağlanması



Şekil 26: Yeni eklenen kolon boyuna donatılarının kat düzeyinde eklenmesi.

Şekil-26'da mantolama işleminin üst katlarda da yapılması durumunda kat düzeyini geçerken boyuna donatıların bindirme ayrıntısı verilmektedir. Mantolama işlemi üst katta devam etmiyorsa kolon boyuna donatılarının üst uçlarının ankrajlanmasında Şekil-27'de gösterilen yöntemler uygulanabilir. Şekil 27'de sol tarafta görülen yöntem cıvatalı ankraj olarak nitelenebilir. Sağ taraftaki yöntem ise betonun içinde ankraj olarak nitelenebilir. Burada da boyuna donatının bindirildiği yerlerde kaynaklanması gerekir.



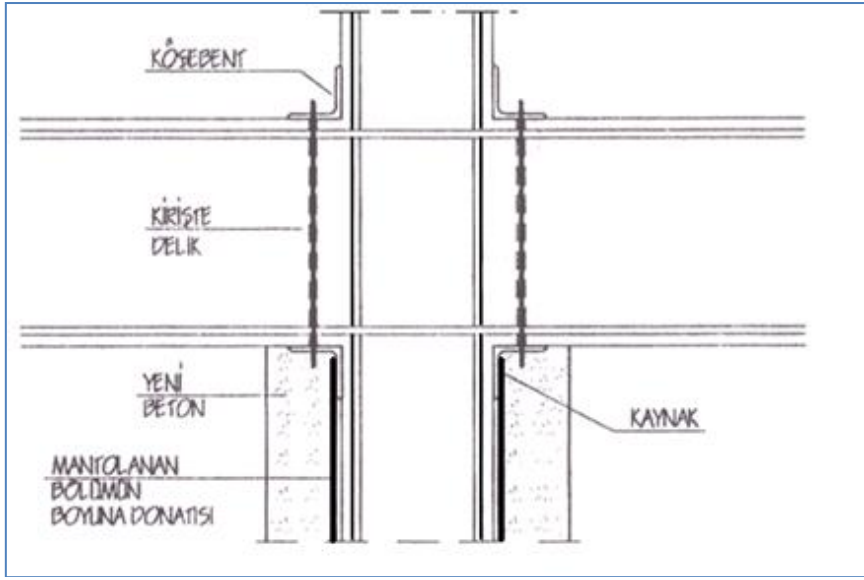
Şekil 27: Mantolama işlemi üst katta devam etmiyorsa, solda cıvatalı (bulon) ankraj, sağda ve alttaki resimde betona gömme ankrajı (Üstte uygulama örneği İst, Esenyurt;2015)



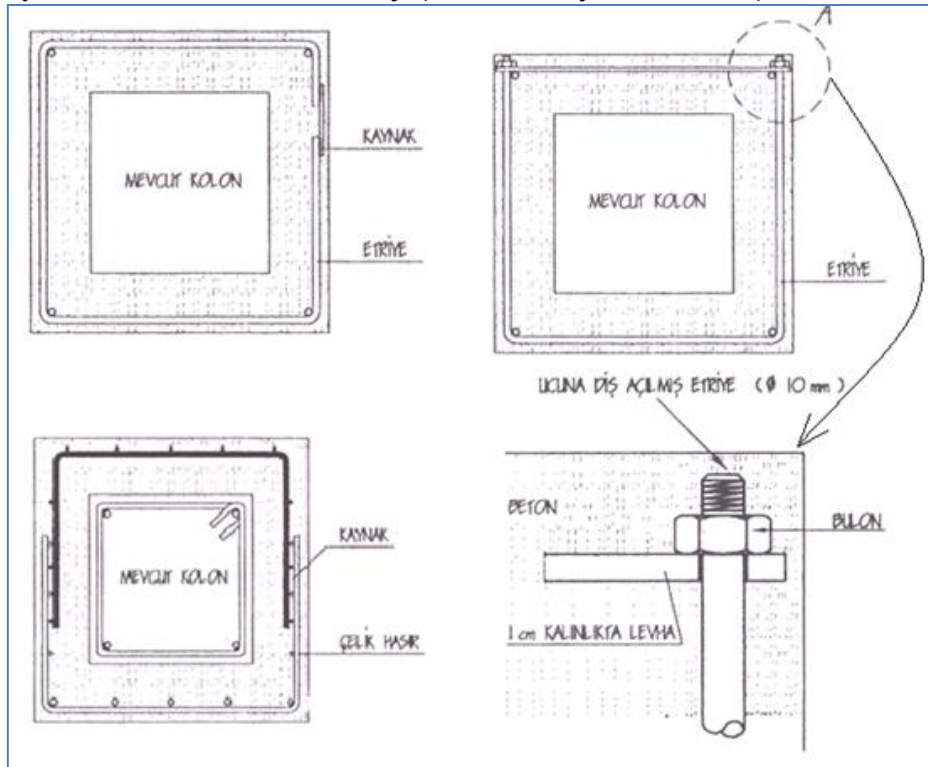
Şekil 28: Üstte temel atma töreni yapılan binanın kolon ölçü ve donatısı (1957), altta ise aynı binanın fotoğraftaki kolonunun 2013 deki güçlendirilme işi



Kolon güçlendirmesinin bir başka ayrıntısı da kolon boyuna donatılarının ankrajıdır. Şekil-29-30'da ise köşebentlerle kaynaklı olarak yapılan bir başka tür kolon boyuna donatısının ucunun mekanik ankraj biçimi verilmektedir (Tankın, Ersoy ve Aksan 1989). Güçlendirme için yeniden eklenen bölümlerde enine donatıların bağlanması ve beton ile boyuna donatıları sıkıca sarması gerekir. Bilindiği gibi etriyelerin, boyuna donatıların burkulmalarını önlemek, kesme gerilmelerini taşımak, betonu sararak yanıl destek sağlayarak basınç dayanımını artırmak gibi görevleri vardır. Bunun için yeniden sarılan etriyelerde bir gevşeklik olmaması gerekir. Bu amaçla konulacak etriyelerin uçlarında **bindirmeli kanca** yerine **kaynak** ya da **bulonla** sıkıştırılmalı bağlantı yapmak çok daha etkili olacaktır. Bulonlu bağlantı pek pratik gözükmemektedir. Bir kolon için 10-15 civarında etriye kullanılacağı düşünülürse, etriyelerin uçlarına dış açılması, yassı lamalara delik açılması zor ve zaman alıcı bir işlemdir. En ideali kaynaklı ek yapmaktır. Bu arada enine donatının **dairesel fret** biçiminde olması daha etkilidir. Kolona eklenecek yeni mantoda etriye ve boyuna donatı olarak hasır çelik de kullanılabilir.



Şekil 29: Eklene boyuna donatılarının mekanik ankrajı (Tankut, Ersoy, Aksan, 1989)



Şekil 30: Yeni eklenmiş bölümdeki etriyelerin betonu ve boyuna donatıyı sıkı sarması için ayrıntılar ve kolon mantolamasında çelik hasır kullanımı

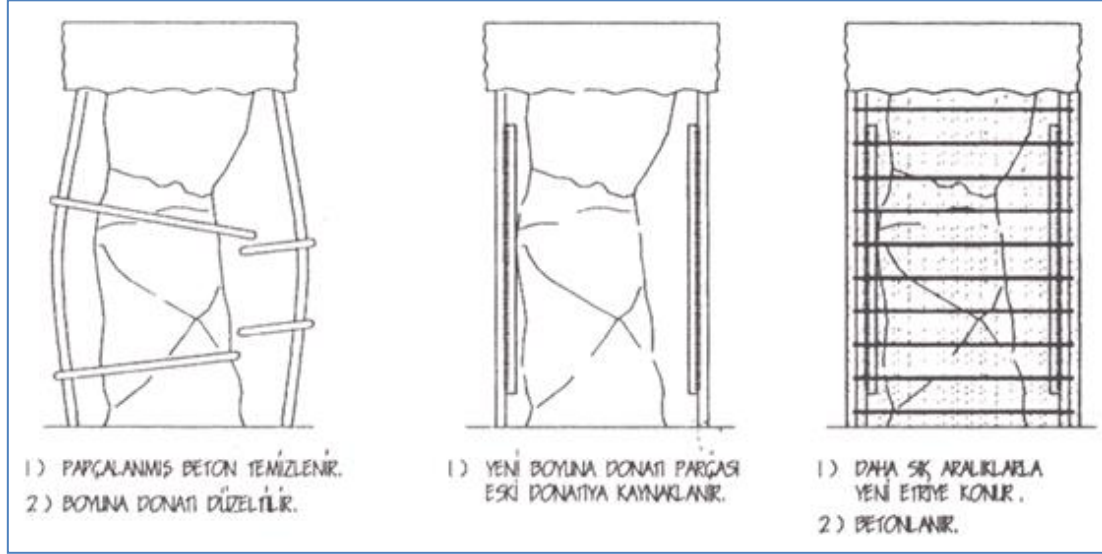
Mantolama İle Kolon Güçlendirmesi Üzerine Öneriler

1- Kolonların betonarme mantolama ile güçlendirilmesinde boyuna donatı yüzdesi % 1'den az olamayacağı gibi, %1'in çok üzerine de çıkılmamalıdır. Çünkü donatı yüzdesi % 1 olan kolonların sünek davranan en ekonomik donatı yüzdeli kolonlar olduğu deneysel olarak çıkarılmıştır. Ancak kolon güçlendirmesinde öngörülenden daha fazla donatı oranı oluşmaktadır.

2- Mantolama ile kolon güçlendirmesi için gereken en kesit ve donatı miktarının hesabı yapılabilir. Bu hesap yaklaşımı ile gereken en kesit hesabı ve seçilen et kalınlığı ve donatının taşıyabileceği yük hesaplanmalıdır. Yeni eklenen bölüm ile eski bölüm arasında tam bir kaynaşma, kuvvet aktarımı, olmasını beklemek gerçekçi olamaz. Bu nedenle güçlendirme için eklenen bölümün yük taşıma kapasitesinin teorik olarak hesaplanan miktarının en çok % 70'inin pratik olarak kullanılabileceği düşünülerek gereken en kesit ve donatı miktarı seçimi yapılmalıdır.

3- Beton kabuğu tümü ile dökülmüş, boyuna donatıları burkularak eğilmiş, bazı etriyeleri açılmış kolonların, bir diğer ifadeyle mafsallaşmanın son aşamasında (Şekil-31) kolonlarında onarımı yapılabilir. Önce kırılmış ve parçalanmış beton temizlenir. Bu arada kolonun askıya alınmış olması gerekir (Şekil 32). Kolon askıya alındığı zaman üzerindeki yük kalkmış olan boyuna donatıları düzeltilebilmek daha kolay olur. Burkulmuş boyuna donatılar ısıtılarak ya da başka yöntemlerle düzeltilir. Isıtma ile donatı düzeltilmesinde demire uygulanan ısı 500°C den fazla olmamalıdır. Düzeltile

boyuna donatılara yeni donatı parçaları (Şekil-31) 'de gösterildiği gibi kaynakla eklenebilir. Çalışmış donatı çubuklarının sertleştiğinden dolayı düzeltilerek tekrar kullanılması sakıncalı olduğu unutulmamalıdır.



Şekil 31: Betonlu parçalanmış (Mafsallaşmış) kolonların onarımı



Şekil 32: Yük aktaran bir yapısal elemanın askıya alınması

Bu eklenen yeni donatıların çapları eski düzeltilmiş donatıların aynısı olabileceği gibi daha büyük çaplı donatı da konulabilir. Daha sonra bu bölüme yeniden sık aralıklarla ve çift etriye yerleştirilir. Son olarak bu bölüme yüksek dayanımlı beton doldurulur. Betondaki agrega boyutlarının büyük olmaması betonun bütün donatıları sarabilmesi için gereklidir. Kolondaki mafsallaşmanın derecesine göre bu onarım biçiminin çeşitli aşamaları vardır. Eğer boyuna donatı burkulup üzerindeki beton dökülmemiş ise yalnızca parçalanmış beton temizlenip bir miktar daha yeni etriye eklenmesi ve yeniden betonlama ile yetinilebilir. Bu onarım yönteminin etkinliğini belirlemek için yapılan deneylerde kolonların hasar öncesi dayanımlarının yeniden sağlanabildiği laboratuvar koşullarında gözlenmiştir (Augusti ve diğerleri 1980).

4- Kolonların güçlendirilmesi sırasında kullanılacak betonun agrega boyutları hem eklenen en kesit alanının et kalınlığına hemde boyuna donatılar arasındaki aralığa bağlıdır. Genellikle kullanılan agreganın en büyük tane çapı, bu sözü edilen et kalınlığının yarısından büyük olmamalıdır (0-16mm). Yoksa donatıların arasına beton girmez, donatı ile tam olarak sarılmaz ve donatı ile beton arasındaki kenetlenme (aderans) gerçekleşmez. En az paspayı (20 mm), en az etriye çapı (Ø8) ve en az boyuna donatı çapı (Ø14) için gerekli kalınlığın 42 mm olabileceği hesaplanırsa et kalınlığının 100 mm den az olamayacağı aşikârdır.

TS 500/2000 den:

3.1.2 - Agrega

Betonda kullanılacak agrega, yapının kullanılma şekli ve yapı çevresindeki durum da dikkate alınarak, TS 706'ya uygun olmalıdır. Agrega granülometrisinin beton niteliği üzerindeki önemli etkisi nedeniyle, kullanılacak agrega ile önceden yapılacak deneylerle amaca en uygun granülometri belirlenmelidir. Betonda kullanılacak agreganın en büyük dane büyüklüğü, kalıp genişliğinin 1/5 inden, döşeme kalınlığının 1/3 ünden, iki donatı çubuğu arasındaki uzaklığın 3/4 ünden ve beton örtüsünden büyük olamaz.

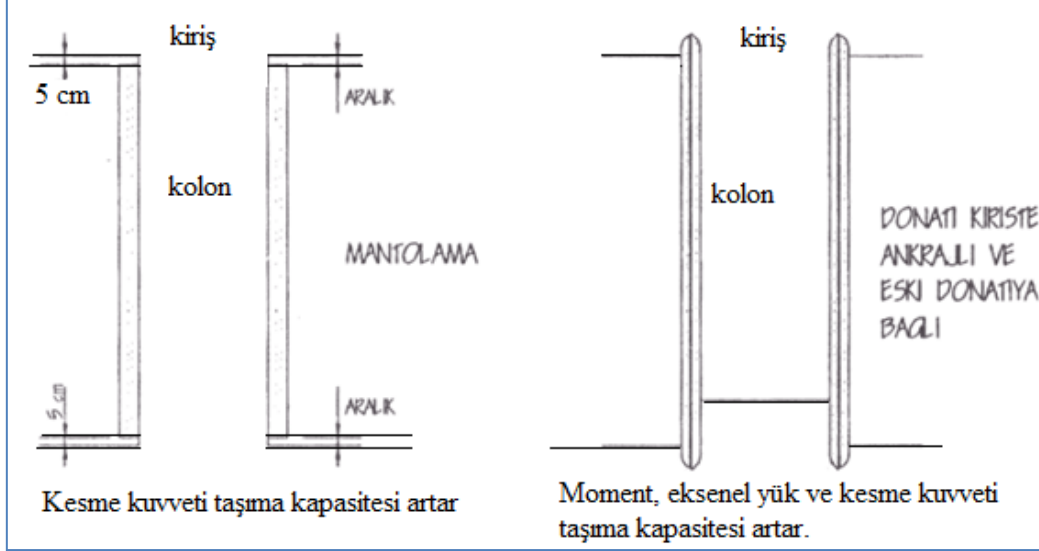
9.5.2 - Donatı Aralığı

Aynı sıradaki donatı çubukları arasındaki net aralık donatı çapından, maksimum agrega çapının 4/3 ünden ve 25 mm den az olamaz. Bu sınırlar bindirmeli eklerin bulunduğu yerlerde de geçerlidir. Donatının iki veya daha fazla sıra olarak yerleştirilmesi gereken

durumlarda, üst sıradaki çubuklar alt sıradakilerle aynı düşey eksen üzerinde sıralanmalı ve iki sıra arasındaki net açıklık en az 25 mm veya çap kadar olmalıdır. Kolonlarda iki boyuna donatı arasındaki net uzaklık çubuk çapının 1,5 katından, en büyük agrega çapının 4/3 ünden ve 40 mm den az olamaz.

5- Şekil-33a 'da gösterilen biçimde onarım ile kolonun kesme kuvveti taşıma kapasitesi artarken moment ve eksenel yük taşıma gücünde bir artış olmaz. Buna karşılık (Şekil-33b)'deki gibi bir onarım ile mantolanmış bölüm boyuna donatılarının mevcut kolon boyuna donatıları ile bağlantısı sağlanmış ise kesme kuvveti taşıma gücünün artışı yanında moment ve eksenel yük taşıma gücünde de artışlar beklenmelidir.

Ancak moment taşıma gücünü artırmak için kolon güçlendirilmesi öngörülmemektedir. Bu amaç için çerçeve açıklıklarına perde duvar yerleştirme yöntemi kullanılmalıdır.

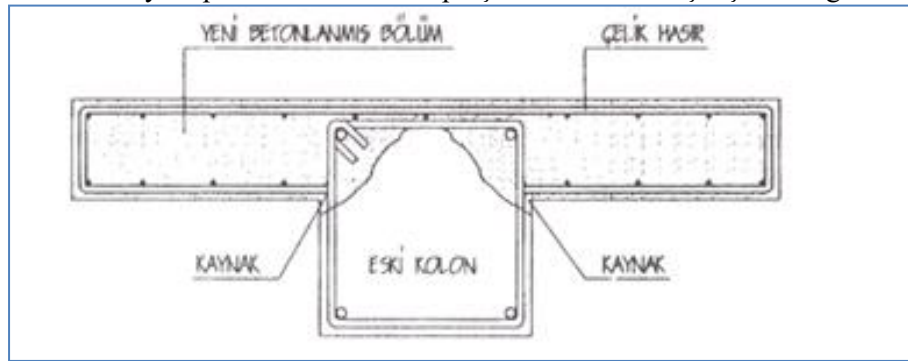


Şekil 33: Moment ve Kesme kuvveti kapasitesini artırmak için Kolon mantolama yöntemleri.

6-Tankut ve Diğerleri (1989) yaptıkları deneylerde hasarsız kolonların güçlendirilmesinde kolon yükünün askıya alındığı ve onarımın yük altında yapıldığı durumlarda mantolamanın etkinliğinin %90'a ulaştığını, hasarlı kolonlarda yapılan mantolama sonrası yükleme deneylerinde ise kolonun yükünün askıya alınarak yapılan mantolamanın % 80 etkili olduğu, kolonun askıya alınmadan yük altında mantolamanın yapıldığı durumlarda ise etkinliğin ancak % 50 kadar olduğu gözlenmiştir. Bu açıdan hasarlı kolon onarımının kesinlikle kolonun yükü askıya alınarak yapılması önerilmektedir.

Betonarme Kolonların "Kanat" Eklenecek Güçlendirilmesi

Kolonlarda uygulanan bir başka güçlendirme biçimi kolonun iki yanına kanat biçiminde perde duvar eklenmesidir (Şekil-34, 35). Bu yöntem ile perdenin yatay donatısı kolonun yatay donatılarına kaynaklanmaktadır. Daha sonra betonlama ile eski kolon betonunun yeni perde betonu ile tek parça olarak birlikte çalışması sağlanmaktadır.



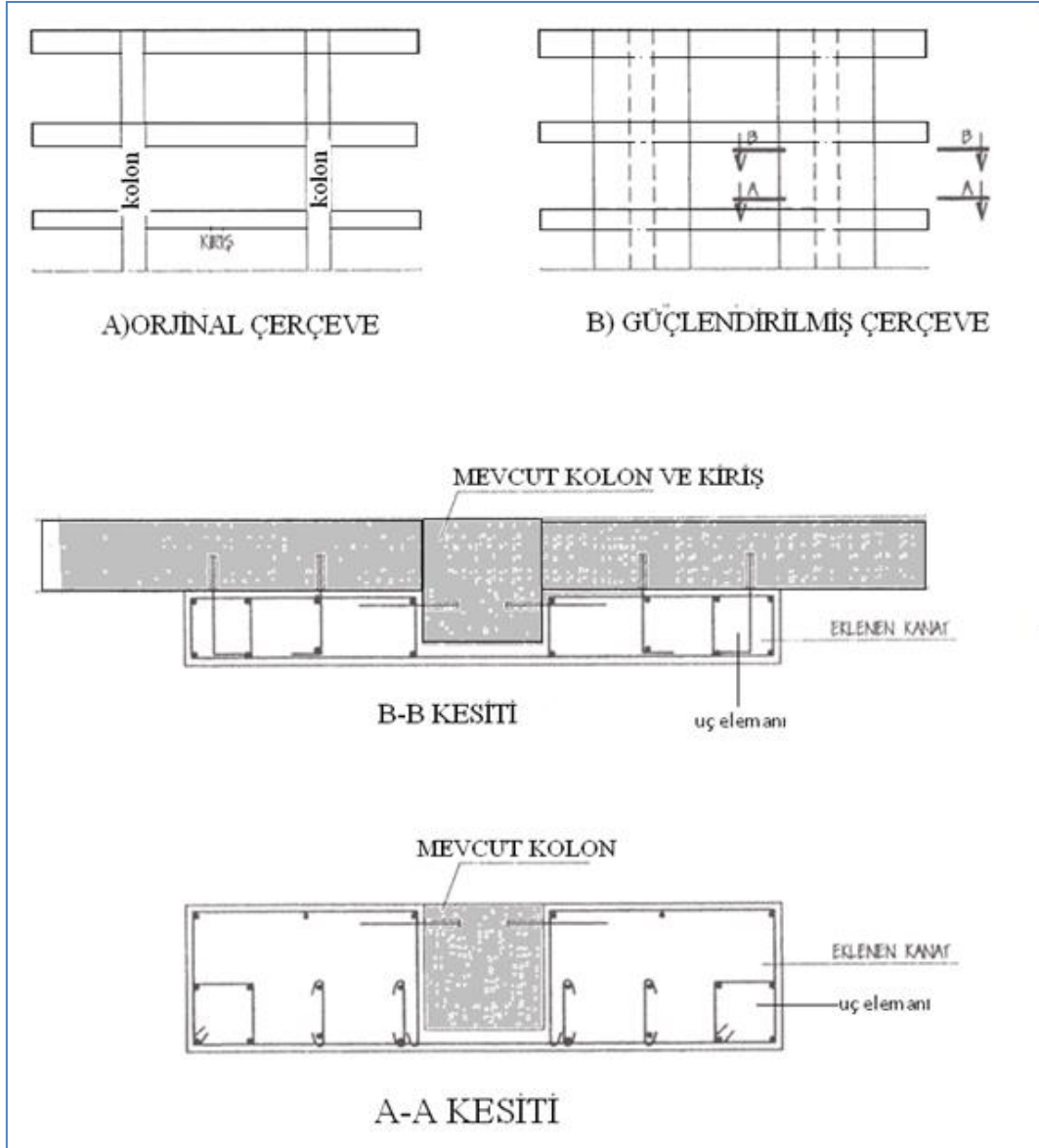
Şekil 34: Betonarme kolonun "perde duvara dönüştürülerek" güçlendirilmesi

Kanat eklenerek takviye edilmiş kolonlar üzerinde Ohkubo (1991) tarafından yapılan deneylerde kanatsız ve kanatlı kolonun yatay yükler altında davranışı incelenmiştir. Kanat eklenmiş kolonlar ya eğilme etkisinden ya da kesme etkisinden kırılmaktadır. Kolonlara kanat eklenmesi ile hem moment hemde kesme kuvveti taşıma gücü 2-3 kat artmaktadır. İnce olan kanatlardaki basınç bölgesi betonunun etriyelerle kısıtlanması oldukça güç olduğu için genellikle süneklik artışları az olmaktadır. Ancak Bush ve Diğerleri (1986) yaptıkları deneylerde kolona ekledikleri kanatlar (Şekil-35), kolon kalınlığında olduğu ve çekirdek betonu etriyeler ve boyuna donatı ile iyi sarıldığı ve de eklenen bölüm ile eski bölümler arasında tam bir yapışma sağladıkları için yüksek süneklik gerçekleştirmiştir.

Bu nedenle kolonlara kanat eklenerek dayanım ve sünekliği artırılması için

- 1) Eklenen kanatlarla kolon bir perdeye dönüştürülmeli,
- 2) Kanatların uçlarında özel olarak kısıtlanmış uç elemanları olmalı,
- 3) Kanatların kalınlığı uçlardaki beton çekirdek alanını etriyelerle kısıtlayabilecek kadar olmalı
- 4) Kanat çekirdek betonu alanı toplamı kanat alanına yakın olmalıdır.

Kanat eklenmiş kolonların davranışı başlangıçta perde duvar davranışına yaklaşmakta daha sonra kanatların hasarının gelişmesinden sonra kanatsız kolonun davranışına yaklaşmaktadır.



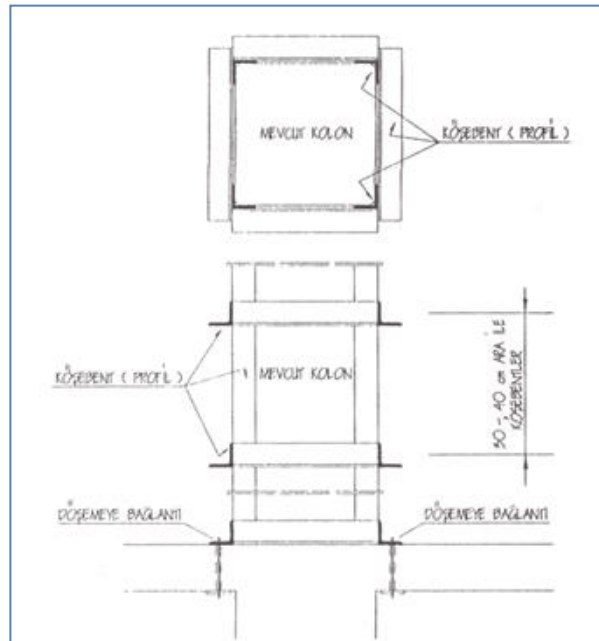
Şekil 35: Kolonların kanat eklenerek güçlendirilmesi.

Betonarme Kolonların " Çelik Kafes "İçine Alınarak Güçlendirilmesi (ceket)

Betonarme kolonların güçlendirilmesi kolonu profil demirlerle bir kafes içine alma yöntemi ile de yapılabilir (Şekil-36, 37 ve 38). Bu yöntem ile kolonun moment ve eksenel yük taşıma kapasitesinde önemli bir artış olmamaktadır. Ancak çabuk yapılabilen ve hasarlı kolonun artçı depremlerde daha çok hasar görmesini önleyen ve kolonun parçalanıp dağılmasını engelleyen ve kolon betonuna yanal destek vererek dayanımı artıran bir onarım-askıya alma yöntemi olarak uygulanabilir. Kolonun çevresine yapılacak çelik kafes de köşebent ya da lama kullanılabilir. Çelik kafes ile betonun birbirine çok sıkı yapışması gerekir.



Şekil 36. Kolon ve kirişlerin çelik levhalarla güçlendirilmesi



Şekil 37: Betonarme kolonun çelik köşebentlerle güçlendirilmesi



Şekil 40. Temel kolonu güçlendirme

BETONARME KİRİŞLERİN HASAR BİÇİMLERİ ve ONARIM VE GÜÇLENDİRME YÖNTEMLERİ

Betonarme kirişlerde hasarlar şu şekilde sıralanabilir;

- 1-Kirişin maruz kaldığı yatay ve düşey yüklerden dolayı meydana gelen eğilme hasarları
- 2-Kolon-kiriş birleşim bölgesinde meydana gelen hasarlar
- 3-Kesme kuvvetleri sonucunda oluşan kesme hasarları

En sık rastlanan hasar şekli, kirişte çekme donatısının yetersiz oluşu nedeniyle kiriş ortasındaki çekme bölgesinde meydana gelen çatlaklara bağlı kiriş hasarlarıdır. Kirişte oluşan çatlaklar, donatıda oluşan gerilmelerin akma gerilmesini aşmasından dolayı meydana gelmektedir.

Kirişlerin onarım ve güçlendirilmesinde ki amaç, düşey yüklere, deprem ve rüzgâr kuvvetlerine mukavemet bakımından yetersiz görülen hasarlı veya hasarsız kirişlere yeterli mukavemet ve rijitliği kazandırmaktır. Güçlendirme işinde göz önünde tutulması gereken çok önemli bir husus vardır. Güçlendirmeden sonra kirişlerin dayanım ve rijitlikleri kolonlarındaki ile karşılaştırılmalıdır. Güçlendirmeden sonra “*kuvvetli kiriş-zayıf kolon durumu*” oluşturulmamalıdır. Bundan özellikle kaçınılmalıdır. Kuvvetli kiriş-zayıf kolon durumunda, deprem etkisi altında, kolon uçlarında mafsall oluşması gibi tehlikeli bir durum ortaya çıkar.

Kolonlarda mafsall oluşması sistemin mekanizma durumuna girmesini çok daha kolaylaştırır. Sabit moment altında eğrilik sürekli artıyorsa bu kesitlerde “Plastik Mafsall” olduğu varsayılır. Plastik mafsallın klasik mafsaldan tek farkı, momentin sıfır olmayıp “ $M_y = \text{taşıma gücü momenti}$ ”ne eşit olmasıdır. Örneğin çok katlı bir yapıda bir kattaki bütün kiriş uçlarında plastik mafsall oluşması bir mekanizma durumu yaratmadığı halde o katta bütün kolon uçlarında mafsall oluşması yapının mekanizma durumuna geçmesine ve devrilerek yıkılmasına neden olur.

Kirişlerin onarımı ve güçlendirilmesi yöntemleri

Yerel onarımlar -Enjeksiyon: Sadece hafif çatlaklı kirişlerin onarılmasında uygulanır. Epoksi ve çimento harcı enjeksiyonları kolonlara uygulanmalarında anlatılan esaslara uygun olarak yapılır.

-Hasarlı kısmın kaldırılması ve yenisinin yapılması: Betonun kırılması ve ezilmesi, aderansın bozulması ve donatının kopması veya kırılması gibi ağır hasar durumlarında uygulanmalıdır. Ezilmiş olan beton veya zarar görmüş donatı yerinden çıkarılmadan önce hasarlı kiriş geçici olarak desteklenmeli, askıya alınmalıdır. Kirişlerde hasarlı kısmın kaldırılıp yenisinin konulması ve yapılması işi kolonlardakine benzer. Mevcut kirişlerin veya döşemelerin altına yerleştirilecek beton iyice sıkıştırılmalı ve yerleştirilme işlemine çok dikkat edilmelidir. Eğer betonu yerleştirmek için kirişin üst yüzünden yaklaşma ve yanaşma imkânı sağlanamıyorsa betonun sıkıştırılması son derece zor olur. Bu gibi durumlarda “kendinden yerleşen beton” çeşidi uygulanmalıdır.

Betonarme Kirişlerin betonarme sargı ile güçlendirilmesi

Betonarme sargı, kirişin bir, üç veya dört yanına beton ilave edilerek gerçekleştirilebilir. İki yan yüzüne veya alt ve üst yüzlerine betonarme sargı yapılması uygulamada rastlanmamaktadır. Mevcut ve yeni beton arasında uygun ve yeterli aderans temin edilmesi ve ilave edilen donatının mevcut donatıya kaynaklanması için beton örtü (paspayı) kırılarak uzaklaştırılır. Beton yüzeyinin pürüzlendirilmesi ile engebeli bir beton yüzeyi, ayrıca kaynaklanmış etriyelerle de ankraj temin edilir. Böylece manto için mevcut kirişe iyi bir kayma ve çekme bağlantısı temin edilir.

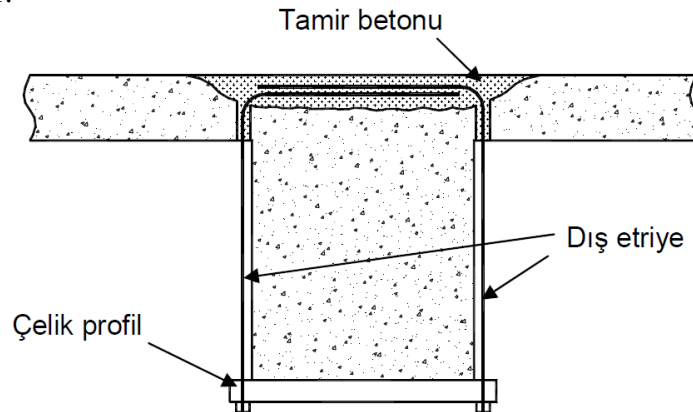
Kirişlerin betonarme sargı ile güçlendirilmesi eğilme veya kesme dayanımlarını artırmak için yapılabilir. Güçlendirmede boyuna veya enine donatı öncelik kazanır. Boyuna donatının düğüm bölgesinde güvenilir ankrajı büyük önem taşır. Bunun için yeterli aderans boyu verilir veya çelik ankraj levhalarına veya profillerine boyuna donatı kaynaklanır (Şekil 41).



Şekil 41

Dıştan Etriye Ekleme (TBDY 15.10.3.1)

Kesme dayanımı yetersiz olan kiriş mesnet bölgelerinde gerekli sayıda etriye kirişin iki yüzüne Şekil 42’de gösterildiği gibi dıştan eklenmelidir. Kiriş altına yerleştirilen bir çelik profile bulonla bağlanan çubuklar, üstteki döşemede açılan deliklerden geçirilerek döşeme üst yüzeyinde açılan yuvanın içine bükülerek yerleştirilecektir. Daha sonra betonda açılan boşluklar beton ile doldurulacaktır. Bu yöntem aynı esaslarla farklı detaylar kullanılarak da uygulanabilir. Kirişlerin dıştan eklenen etriyeler ile arttırılan kesme dayanımı TS-500’e göre hesaplanacaktır. Dıştan eklenen etriyelerin sargılama etkisi yoktur, kiriş kesitinin sünekliğini arttırmaz. Bu uygulamada profil ve bulonlar dış etkilere karşı korunmalıdır. Mevcut kirişlerin her yüzüne dağıtılmış ilave etriyelerle uygun kesme ve süneklik iyileştirilmesi temin edilmelidir. Etriyelerin kolları mantonun üst kısmında döşeme içinde açılan deliklerden geçmelidir ve yeterli derecede ankre edilmelidirler.



Şekil 42: Kirişlerin dıştan etriye eklenmesi ile güçlendirilmesi

Kirişlerin hasar görmesi sonucu akma sınırına ulaşan çekme donatısı yerine yeni çekme donatısı konularak moment taşıma kapasiteleri artırılmaktadır. Burada yeni boyuna donatı ile eski boyuna donatı V ve Z demirleri ile birbirine kaynaklanarak bağlantıları sağlanır. Moment taşıma kapasitesini artırmak için kullanılan bir diğer yöntem ise hasar görmüş kirişlerin alt yüzüne çelik levha yapıştırılarak yapılan güçlendirmedir. Çelik levha ile güçlendirme tekniği aynı zamanda kirişlerin kesme dayanımını artırmak içinde kullanılmaktadır (Bayülke, 1995). (TBDY 15.10.1.2)

Lifli Polimer (LP) ile Sarma: (15.10.3.2) LP sargılama ile kiriş sünekliğinin ve kesme dayanımının arttırılmasında tam sargı (tüm kesit çevresinin sarılması) yöntemi kullanılmalıdır.

Süreksiz (şeritler halinde) LP kullanılması durumunda LP şeritlerin aralıkları $(w_f + d/4)$ değerini geçmemelidir. LP sargısı kirişlerde köşelerin en az 30 mm yarıçapında yuvarlatılması ile uygulanacaktır. LP

ile yapılan sargılamalarda sargı sonunda en az 200 mm bindirme yapılmalıdır. LP uygulaması üretici tarafından önerilen yöntemle uygun olarak gerçekleştirilmelidir.

(w_f = Lifli polimer şeritinin genişliği)



Şekil 43. Kiriş güçlendirme



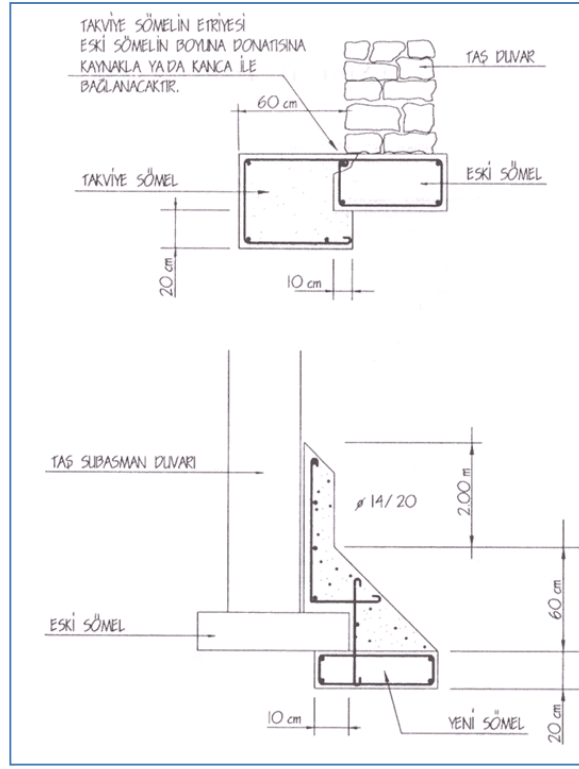
Şekil 44. Kolon- Kiriş düğüm noktası güçlendirme

BETONARME TEMELLERİN GÜÇLENDİRİLMESİ

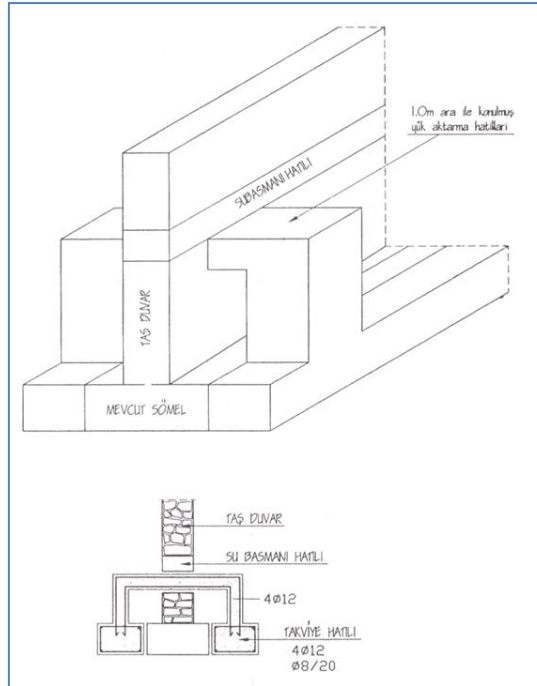
Güçlendirme Yöntemleri

Temellerin güçlendirilme ihtiyacı iki ayrı biçimde ortaya çıkmaktadır. Birincisi temel boyutlarının gelen yükleri taşımada yetersiz olması, diğeri ise yapının güçlendirilmesi için eklenen yeni elemanlar için yeni temel yapılması ya da mevcut temelin genişletilmesidir.

Temellerin güçlendirilmesinde eski ve yeni bölümlerin birlikte çalışması, eski elemandan yeni elemana yük aktarılmasının sağlanması gerekmektedir. Bunu sağlayacak bazı temel ayrıntıları Şekil-45 ve 46'da verilmektedir. Bu ayrıntılar tuğla yığma yapıların betonarme temellerinde de kullanılabilir. Bu resimlerde yığma yapı temel duvarlarında duvarın yükünü eklenecek yeni temellere aktarabileceği sanılan bir başka ayrıntı verilmektedir. Subasman duvarı hatılının hemen altında 1.00 metre ara ile konulacak duvara dik yöndeki hatıllarla duvarın yükü eski temelin her iki yanına yapılmış yeni sömellere de aktarılmaktadır.



Şekil 45. Temel güçlendirme ayrıntıları



Şekil 46: Duvar yükünün yeni sömellere aktarılması



Şekil 47

Şekil 47’de tekil temele sahip eski bir yapı temelini ek yapılarak sürekli temel şekline getirilme çalışması görülmektedir. Bu tür güçlendirmede kolonlar arasına bağ kirişi de yapılmalıdır. TBDY’ de Betonarme ve çelik binalarda tekil temelleri veya kazık başlıklarını her iki doğrultuda, sürekli temelleri ise kolon veya perde hizalarında birbirlerine bağlayan bağ kirişleri düzenlenmesi gerektiği ve yerel zemin sınıfı ZA olan temel zeminlerinde ise bağ kirişlerinin yapılmayabileceği belirtilmiştir. Bağ kirişlerinin minimum boyutu $300 \text{ mm} \times 300 \text{ mm}$, donatı oranı en az % 0.5, etriye çapı 8 mm ve etriye aralığı 200 mm olacaktır. Bağ kirişleri yerine betonarme döşemeler de kullanılabilir. Bu durumda, döşeme kalınlığı 150 mm’den az olmamalıdır.

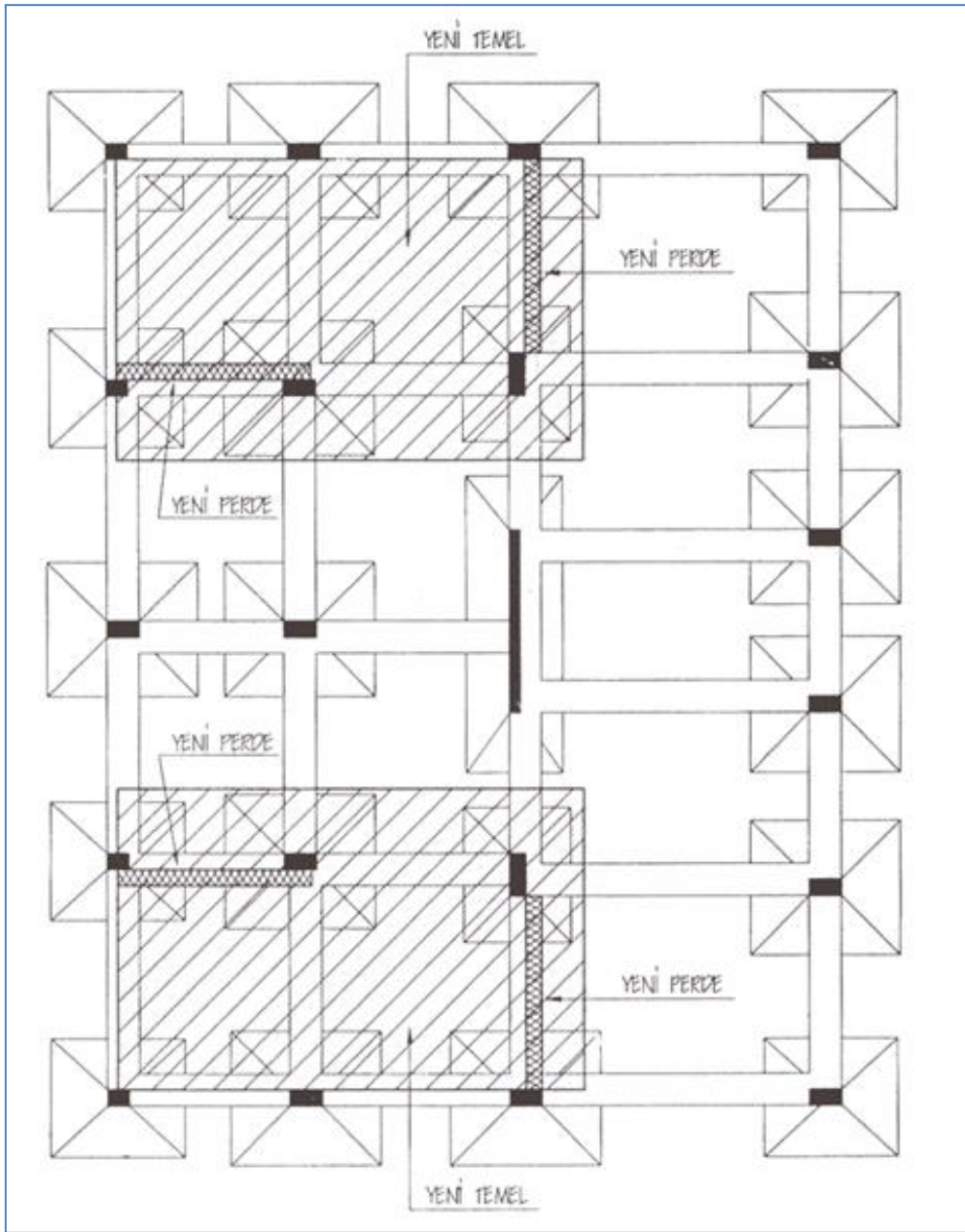
Bu resimdeki güçlendirmede iki kolon arasına perde duvarda eklenerek sistem güçlendirmesine gidilmiştir.



Şekil 48. Temel güçlendirme çalışması. (üstte bağ kirişi plak kesitinde olan uygulama, altta sömel güçlendirme)

Şekil-49 de betonarme yapılarda çerçeveler arasına konulmuş ve kolonlarla bağlantısı olmayan bir perde duvarın temel ayrıntısı verilmektedir. Burada perdenin temeli mevcut kolonların temeli ile bağlantısız yapılmaktadır. Mevcut temellerin yetersiz olduğu durumlarda, temeller eklerle büyütülmeli, temellerin mevcut ve yeni bölümleri arasında bağlantıyı sağlayacak biçimde yeterli çap ve aralıkta filiz donatıları kullanılmalıdır. Ek olarak konulan betonarme perde etkilerinin, uygun temellerle güvenli bir şekilde zemine iletilmelidir. Mevcut temel ile yeni temelin bağlantısı filiz

donatılarla yapılacaktır. Filiz donatıları için temelde açılacak deliğin derinliği en az 20Ø olacak ve bu filizler perde içine en az 60Ø uzatılmalıdır.



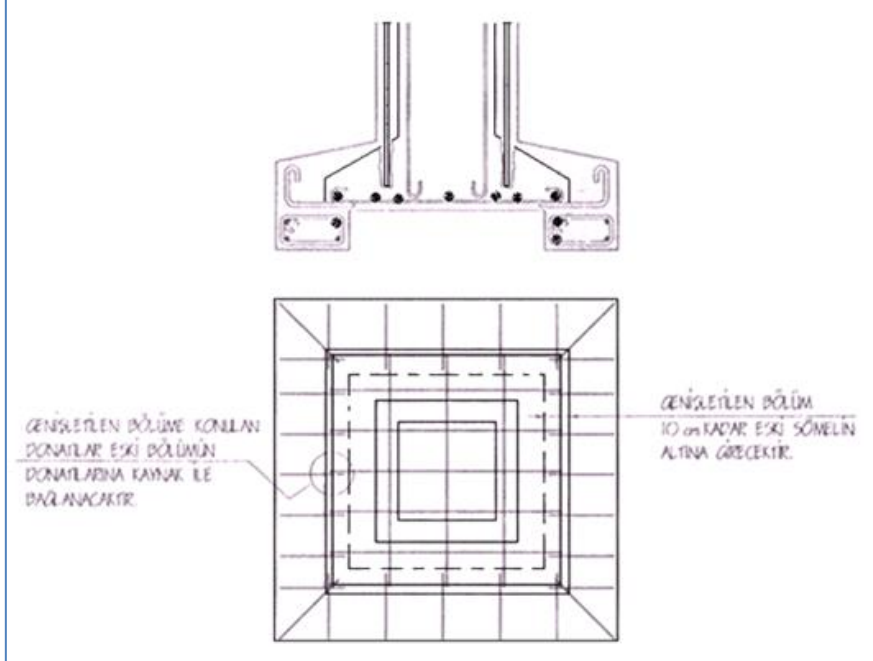
Şekil 49. Takviye perde duvar temel ayrıntıları



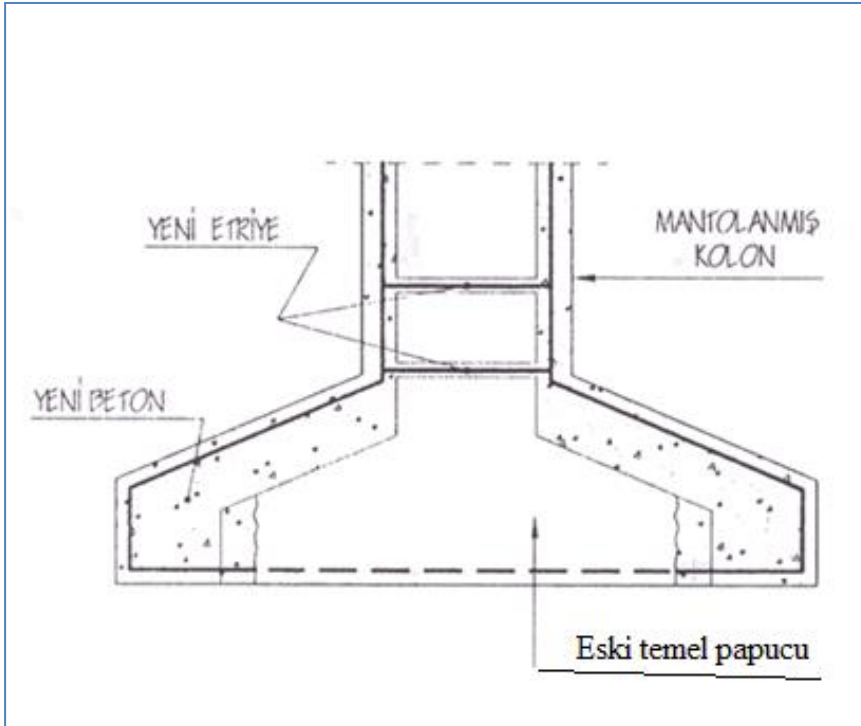
Şekil 50: Temel güçlendirme (Tekil temelden radye temele geçiş)

Şekil 50-53 ‘de mantolanarak en kesiti artırılmış kolonun temelinin güçlendirilme ayrıntıları verilmektedir. Burada genişletilen sömel tabanına konulan, kolonun uzatılmış boyuna donatıları mevcut sömelin kenarları kırılarak ortaya çıkarılmış donatılarına kaynakla bağlanmalıdır.

Perde duvarın temelini boyutları perdenin bir deprem sırasında taşıyabileceği en büyük eğilme momentini güvenle taşıyabilecek güçte seçilmelidir. Şekil-52’de mantolanmış bir kolonun temel takviyesi görülmektedir. Mantolanarak en kesiti büyütülmüş bir kolonun temeli yeterli olabilir, diğer bir ifade ile temel, kolonun aksine projesine göre yapılmış demektir. Bu durumda temeli büyötmeye gerek olmayabilir. Mantolanarak genişletilen kolonun yeni donatıları eski temelde ankrajlanabilir ya da sömel biraz genişletilerek yeni eklenen donatılar genişletilen bölgede ankrajlanabilir. Sömelin genişletilen bölümüne konulan donatılar eski bölümün donatılarına kaynakla bağlanmalıdır. Bu arada genişletilen bölümün Şekil-52’de gösterildiği gibi 10 cm kadar eski sömelin altına girmesi uygun olacaktır.



Şekil 51. Tekil temellerin “temel taban alanlarının büyütölerek” güçlendirilmesi



Şekil 52. Mantolanmış kolon ve bağlandığı temelin güçlendirilmesi

2. YIĞMA BİNALARIN ONARIM VE GÜÇLENDİRİLMESİ



Şekil 53: Yığma bina (Harman Tuğla duvarlı)

Düşey taşıyıcı elemanları taşıyıcı duvarlardan oluşan yapılara yığma yapılar denilir. Yığma bina türleri aşağıda verilmiştir

- (a) *Donatısız yığma bina*, taşıyıcı duvarların donatı kullanılmadan sadece kargir birim ve harç kullanılarak oluşturulan süneklik düzeyi sınırlı bina cinsini,
- (b) *Donatılı yığma bina*, kargir birim ve harç kullanılarak oluşturulan taşıyıcı duvarlarda TBDY 2018’de (Bölüm 11) verilen kurallara uygun olacak şekilde donatı yerleştirilmesi ile elde edilen süneklik düzeyi yüksek binaları,
- (c) *Kuşatılmış yığma bina*, birbirlerine ve döşemeye betonarme olarak bağlı, taşıyıcı duvarların örülmesinden sonra ve bunları kalıp olarak kullanarak hazırlanan yatay ve düşey hatılların, yine TBDY 2018 (Bölüm 11)’de verilen kurallara uygun olacak şekilde teşkil edilmesi ile oluşturulan süneklik düzeyi sınırlı binaları,
- (d) *Donatılı panel sistemli bina ise*, önüretimli donatılı gazbeton paneller arası yivlerde bulunan donatıların temele ve kat seviyelerindeki betonarme hatıllara bağlandığı ve düşey gazbeton panellerin yan yana getirilerek taşıyıcı duvarları teşkil ettiği, yine donatılı gazbeton panellerin betonarme hatıllara bağlanarak döşemeleri meydana getirdiği süneklik düzeyi yüksek binaları kapsar.

Yığma taşıyıcı duvarlar tuğla kargir birim (TS EN 771-1), yoğun veya hafif agregalı beton kargir birimler (TS EN 771-3), gazbeton kargir birimler (TS EN 771-4), doğal taş birimler (TS EN 771-6) veya yapay taş birimler (TS EN 771-5) ile oluşturulabilirler. Boşluklu beton briketler, dolgu duvarları için üretilmiş diğer tuğlalar, kerpiç, moloz taş, ponza taşı ve benzeri biçim verilmiş bloklar, hiçbir zaman taşıyıcı duvar malzemesi olarak kullanılamazlar.

Taşıyıcı duvarların onarımında amaç, hasar gören bir sistemin daha önceki duruma getirilmesi olup, herhangi bir hesaba gerek yoktur. Yığma binaların mevcut durumu taşıyıcı sistem duvar rölövesi çıkartılarak belirtilmelidir. Bu rölöveye varsa binadaki hasarın düzeyi, taşıyıcı duvarlarındaki çatlak genişliği ve duvarın düşeyden ayrılma miktarı işlenmelidir. Taşıyıcı duvarların malzeme ve harç kalitesi¹⁰, duvarların katlar arası üst üste bulunması durumu bu araştırmada göz önüne alınmalı ve projeye işlenmelidir. Yığma taşıyıcı duvarlarda genişliği 2 mm den 25 mm ye kadar olan çatlaklar orta hasar göstergesi olup, güçlendirme sebebi olarak kabul edilebilir. Çatlak genişliği 25 mm den büyük, ya da kalıcı ötelenme oranı (duvar düzleminin düşeyden ayrılması) 1/100 den daha çok ise duvar ağır hasarlı addedilerek yenilenmelidir. Boşluklu beton briketler, dolgu duvarları için üretilmiş diğer tuğlalar, kerpiç, moloz taş, ponza taşı ve benzeri biçim verilmiş bloklar, hiçbir zaman taşıyıcı duvar malzemesi olarak kullanılmamalıdır. Yapıda bu malzemeler ile örülmüş duvar varsa gerekli önlemler alınarak yıkılmalı ve izin verilen örgü malzemeleri ile örülmesi sağlanmalıdır.

¹⁰ Taşıyıcı duvarlarda çimento takviyeli kireç harcı (çimento/kireç/kum hacimsel oranı = 1/2/9) ya da çimento harcı (çimento/kum hacimsel oranı = 1/4) kullanılacaktır.

2.1. Güçlendirme yöntemleri

Güçlendirmenin yeterliği, kat, duvarlar yenilenerek, kalınlıkları arttırılarak ve boşlukları (TBDY 11.5.2 de kapı pencere boşlukları belirtilmiştir) kesme kuvvetinden duvarlarda oluşan kayma gerilmelerinin ilgili malzemenin sınır değerleri ile kontrolü şeklinde yapılır. **Yeterli güvenlik** yığma binalarda kat azaltılması yoluyla sağlanabildiği gibi) azaltılarak da temin edilebilir. Güçlendirme duvar yüzlerine yerleştirilmiş olan hasır donatılar yaklaşık en az 5 cm kalınlıkta beton tabaka eklenerek de yapılabilir. Hasır donatıların temele ve kat hatılarına bağlanması gerekir (Şekil 54)



Şekil 54: Yığma yapıların güçlendirilmesi (Hasır donatı ve beton tabaka, püskürtme beton uygulaması)

Yığma bina güçlendirilmesinde **basitleştirilmiş güçlendirme** yapılabilir. Basitleştirilmiş güçlendirme şu şekillerden biri ya da birkaçı şeklinde yapılabilir.

- Taşıyıcı Duvarların artırılması
- Bölme duvarlarının klasik yöntemlerle taşıyıcı hale dönüştürülmesi
- Ön döküm betonarme panellerle taşıyıcı sistem oluşturulması
- Bodrum katta çevre perdesi yapılması
- Kat azaltılması
- Ağır balkonların ve parapetlerin kaldırılması
- Binada mevcut düzensizliklerin kaldırılması
- Bölme duvarların lif takviyeli kompozitlerle taşıyıcı hale dönüştürülmesi.

Yığma bina türleri için izin verilen en çok kat adetleri $BYS = \text{Bina Yükseklik Sınıfı}$ olmak üzere, aşağıdaki tablo verilen BYS ışığında yine aynı yönetmelikte verilen (Tablo 3) yüksekliklerden fazla olamaz.

Tablo 3: TBDY 2018 de verilen Bina Yükseklik Sınıfları

Tablo 3.3 – Bina Yükseklik Sınıfları ve Deprem Tasarım Sınıflarına Göre Tanımlanan Bina Yükseklik Aralıkları

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

Tablo 4: İzin verilen yığma bina yükseklikleri

E. YIGMA BİNA TAŞIYICI SİSTEMLERİ	
E1. Süneklik Düzeyi Yüksek Taşıyıcı Sistemler	
E11. Donatılı yığma binalar	$BYS \geq 7$
E12. Donatılı gazbeton panel binalar	$BYS \geq 7$
E2. Süneklik Düzeyi Sınırlı Taşıyıcı Sistemler (Bkz.4.3.4.1)	
E21. Kuşatılmış yığma binalar	$BYS = 8$
E22. Donatısız yığma binalar	$BYS = 8$

ÖZEL UYGULAMALAR

EPOKSİ REÇİNE ENJEKSİYON

Betondaki 5 mm'ye kadar çatlakların onarımında kullanılan bir enjeksiyon sistemidir. Çatlak üzerinde açılan deliklere monte edilen enjeksiyon dübelleri aracılığıyla, düşük viskoziteli, yüksek mukavemetli, epoksi enjeksiyon reçinesi, airless, yüksek basınçlı pompalar ile enjekte edilir. Epoksi reçinenin çatlak dışına çıkmasını engellemek için çatlak yüzeyi de epoksi harç ile önceden kapatılır. Deprem, yanlış yükleme, proje veya imalat hatası gibi nedenlerle çatlamış olan Betonarme yapı elemanlarının, çatlamadan önceki dayanım ve sürekliliğine kavuşturulmasında uygulanan tek yöntemdir.



ÇATLAKLARIN ONARIMI

Çatlaklar durmuş ise onarılabilir. Çatlak onarımı kendi başına bir olay değildir. Çatlak etkiyen bir kuvvetin ya da bir dayanım yetersizliğinin ifadesidir. Çatlağa yol açan etki ortadan kaldırıldıktan sonra çatlak onarımı yapılmalıdır. Öte yandan genellikle durmuş çatlak yoktur. Bütün çatlaklar açılır ve kapanır. Çatlakların genişleyen polistren köpük (EPS) gibi esnek malzeme ile doldurulması oynamayı önleyebilir. Ancak bu malzemenin üzerine konulan sıva bu harekete uymayabilir. Dolgu ve örtü için çekomastik gibi daha elastik bir malzeme uygun olacaktır. Ancak çatlakların dikilmesi başka yerlerde yeni çatlakların oluşmasına engel olmayabilir.

1) Epoksi reçineleri: Epoksi reçineleri yapıştırma özellikleri çok iyi olan sentetik reçinelerdir. Suya, aside ve alkaliye dirençleri çok iyidir. Zamanla özelliklerini yitirmezler. Çatlağa doldurulmuş epoksi yapıştırıcısı, çatlağın yarattığı süreksizlik ortamını sürekli duruma dönüştürür. Çatlağın her iki yüzünü çatlak boyunca sürekli olarak birbirlerine bağlar ve gerilme birikimlerini önler.

2) Epoksi ile onarım yöntemleri:

a) Epoksi enjeksiyon yöntemi 0.2-0.3 mm genişliğindeki çatlakların onarımı için uygundur. epoksi reçinesi donatı ile beton arasında açılmaları doldurarak donatı ile beton arasındaki aderansı arttırmaktadır.

b) Epoksi harcı ile doldurma ezilmiş ve parçalanmış ve de dökülmüş betonları doldurmak için kullanılır. Epoksinin içine çok ince agrega katılarak bir tür 'beton' elde edilir ve tahrip edilmiş betonun yerine konulmaktadır.

3) Epoksi ile onarımda taşıma gücü artışı: Epoksi doldurulmuş çatlak ara yüzeyinde oldukça yüksek bir çekme dayanımı sağlanmaktadır.



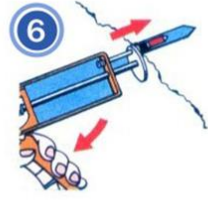
4) Çimento şerbeti: Çimento standardı (TS-24)^{11, 12} e göre çimento tanelerinin %95'i 200 (0.074 mm) ile 325 (0.044) nolu eleklerden geçmelidir. Çimento şerbetinin 0,1 mm. ve daha büyük çatlaklara girebilmesi mümkün görünmemektedir. Ancak kılcal çatlaklara çimento şerbeti ancak basınç altında doldurulmalıdır.

5) Çimento enjeksiyonu: Çimento enjeksiyonu özellikle taşıma gücü zayıf olan moloz taş duvarlarda düşük basınçlar altında uygulanır.

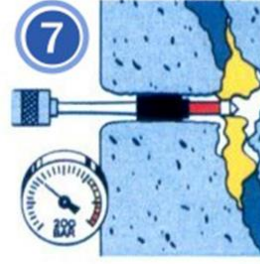
6) Mekanik bağlayıcılar: Çatlakların epoksi reçinesi, çimento şerbeti ya da harçla onarımı genellikle artık genişlemeyen durmuş çatlakların doldurulması amacıyla yapılmaktadır. Çatlakta genişleme sürüyorsa çatlağın mekanik bağlayıcılarla dikilmesi gerekir.

¹¹ TS 24, Çimentoların fiziki ve mekanik deney metotları, TSE, 1985.

¹² TS EN 196-1, Çimento deney metotları-Bölüm1:Dayanım tayini, Mart 2002, TSE, Ankara.



Paker yerleştirici aletinin (K2001) klavuz plakası plastik enjeksiyon PAKER tabancasının meme başına kolayca geçirilecek ve sabitlenecektir. Sap çalıştırılarak siyah lastik dolgu aletinin şaftı üzerinde üst kısma itilecek ve matkap deliğinin içine girecektir. Dolgu maddesi, deliğin iç yüzeyinde sert şekilde sıkışacaktır.



Pakerdeki kırmızı lastiğin dışındaki paralel enjeksiyon akış yolu, enjekte edilmiş malzemenin geri akmasını önler.

ESKİ VE YENİ BETONU KAYNAŞTIRMA YÖNTEMLERİ

Betonarme yapı elemanının onarım ya da güçlendirilmesinde, beton en kesitinin büyütülmesi gerekiyorsa, daha önce dökülmüş beton ile yeni dökülen betonun birlikte “monolitik” tek parça olarak çalışması gerekir.

1) Basınç Kuvvetlerin Aktarımı: Bu aktarımın sağlanması için eski betonun yüzünün pürüzlü bir duruma getirilmesi, yeni dökülen betonun eski betona iyi yapışması için taze betona hafif bir basınç (10 kg/cm^2) uygulanması ya da özel bağlayıcı maddelerin kullanılması önerilmektedir. Püskürtme beton ya da özel beton kullanılması ile hemen hemen tam süreklilik sağlanabilmektedir.

2) Kesme kuvvetleri etkisi altında kaynaşma: Eski ve yeni betonun kesme kuvvetleri etkisi altında kaynaşması çok daha önemlidir. Farklı zamanlarda dökülmüş iki betonun ara yüzeyinin kesme etkisi altında kuvvet aktarımı betonların birbirine yapışması ve sürtünme ile gerçekleşmektedir.

3) Kama donatısı ile kaynaştırma: Eski ve yeni betonun ara yüzeyine dik yönde yerleştirilmiş filiz demirlerinin kama etkisi ile kesme kuvvetleri aktarabileceği bilinmektedir. Kama etkisinden yararlanılacak filiz demirlerinin eski betonda ankraj için açılacak yuvalara yüksek dayanımlı ve genişlen harç ile yerleştirilmesi gerekir.

4) Epoksi reçineleri ile kaynaştırma: Basınç altında eski ve yeni beton arasındaki yüzeyde kaynaşma hemen hemen %100 etkilidir.

HASAR BELİRLEME RAPORU

Aşağıda UNDP/UNIDO¹³ tarafından hazırlanan hasar belirleme tablosu verilmiştir. Burada Madde 20'de verilen hasar dereceleri değerlendirilirken aşağıdaki sınıflandırma öngörülmüştür.

1. Yok: Taşıyıcı elemanda görünür çatlak yok. Duvar ve duvar ile çerçevenin birleşim çizgilerinde çatlak var.
2. Hafif: Duvar ve tavanda çatlaklar. Sıva dökülmesi. Taşıyıcı elemanlarda deprem dayanımını etkilemeyen küçük çatlaklar.
3. Orta: Taşıyıcı duvarlarda köşegen veya diğer çatlaklar. Kolon, kiriş ve perdelerde büyük çatlaklar.
4. Ağır: Duvarlarda ezilmeli büyük çatlaklar. Kolon, kiriş ve perdelerde küçük ayrılmalar.
5. Çok Ağır: Taşıyıcı elemanlar ve birleşim bölgelerinde çok fazla hasar ve ayrılmalar. Binanın tümünde çarpılma. Kısmen veya tamamen göçme.

HASAR BELİRLEME RAPORU

1. İL / İLÇE / KÖY :/...../.....

2. BİNANIN TANIMI:

2.1. Bina No :

2.2. Tespit grup No :

2.3. Yerleşim No :

2.4. Binanın Mülkiyeti :

☐ 1. Mal Sahibi

☐ 2. Kiracı

☐ 3. Hisseli

3. BİNANIN ASAL EKSEN DOĞRULTUSU :

☐ 1. KG

☐ 2. DB

☐ 3. Belirtiniz

4. BİNANIN BLOKTAKİ KONUMU :

☐ 1. Köşe

☐ 2. Orta

☐ 3. Serbest

5. KAT SAYISI :

5.1. Zemin Üstü

5.2. Zemin Altı

6. PLANDAKİ BİNA ALANI :m²

7. PLANDAKİ BİNA FORMU :

☐ 1. Dikdörtgen

☐ 2. Kare

☐ 3. Diğer (Belirtiniz)

8. BİNANIN KULLANIM AMACI :

8.1. Zemin üstü katlar..... ☐ 1. Konut

☐ 2. İşyeri

☐ 3. Kamu

8.2. Zemin kat..... ☐ 1. Konut

☐ 2. İşyeri

☐ 3. Kamu

9. BAĞIMSIZ KONUT SAYISI:Adet

10. BİNANIN YAŞI:Yıl

11. TAŞIYICI SİSTEM TÜRÜ:

Birinci Rakam	İkinci Rakam	Üçüncü Rakam
1. YİĞMA	1. Bağlantısız	1. Kerpiç
	2. Yatay bağlantılı	2. Harçsız taş
	3. Yatay ve düşey bağlantı	3. Harçlı taş
	4. Betonarme tabliyelı veya çatılı	4. Dolu tuğla
		5. Düşey delikli tuğla
		6. Yatay delikli tuğla
		7. Biriket
		8. Donatısız beton

¹³ The United Nations Development Programme (UNDP),
Nations Industrial Development Organization (UNIDO)

2. BETONARME	1. Yerinde dökme 2. Prefabrike	1. Hafif bölme duvarlı 2. Dolu tuğla duvarlı 3. Düşey delikli tuğla duvarlı 4. Yatay delikli tuğla duvarlı 5. Biriket bölme duvarlı
3. ÇELİK	1. Ağır çelik yapı 2. Hafif çelik yapı 3. Betonarme veya yığma ile 4. Karışık çelik yapı	1. Hafif bölme duvarlı 2. Dolu tuğla bölme duvarlı 3. Düşey delikli tuğla duvarlı 4. Yatay delikli tuğla duvarlı 5. Biriket bölme duvarlı
4. AHŞAP	1. Ahşap çerçeve 2. Bağdadi 3. Diğer	1. Hafif bölme duvarlı 2. Dolu tuğla bölme duvarlı 3. Düşey delikli tuğla duvarlı 4. Yatay delikli tuğla duvarlı 5. Biriket bölme duvarlı

12. DÖŞEMELER:

- ☐ 1. Betonarme ☐ 2. Çelik ☐ 3. Ahşap ☐ 4. Diğer

13. TEMELLER:

- ☐ 1. Duvaraltı ☐ 2. Tekli ☐ 3. Sürekli ☐ 4. Plak

14. ÇATI :

- ☐ 1. Betonarme ☐ 2. Çelik ☐ 3. Ahşap ☐ 4. Diğer

15. ÇATI KAPLAMASI:

- ☐ 1. Kiremit ☐ 2. Metal levha ☐ 3. Bitümlü kağıt
☐ 4. Oluklu levha ☐ 5. Toprak ☐ 6. Teras

16. İNŞAAT KALİTESİ:

- ☐ 1. İyi ☐ 2. Orta ☐ 3. Zayıf

17. TAŞIYICI SİSTEMİN TÜRÜ:

- ☐ 1. Taşıyıcı duvar ☐ 2. Çerçeve ☐ 3. Çerçeve+Taşıyıcı Duvar
☐ 4. Perde + Çerçeve ☐ 5. Kolon + Taşıyıcı duvar ☐ 6. Diğer

18. DİĞER KATLARA GÖRE BİRİNCİ KAT RİJİTLİĞİ:

- ☐ 1. Büyük ☐ 2. Yaklaşık eşit ☐ 3. Küçük

19. DAHA ÖNCEKİ DEPREMLERDE ONARIM DURUMU:

- ☐ 1. Yapıldı ☐ 2. Yapılmadı ☐ 3. Bilinmiyor

20. HASAR DERECESESİ:

- ☐ 1. Yok ☐ 2. Hafif ☐ 3. Orta ☐ 4. Ağır ☐ 5. Çok ağır

Taşıyıcı Sistemin Elemanları

- 20.1. Taşıyıcı duvarlar..... ☐
 20.2. Kolonlar..... ☐
 20.3. Kirişler..... ☐
 20.4. Çerçeve birleşim yerleri... ☐
 20.5. Perdeler..... ☐
 20.6. Merdivenler..... ☐
 20.7. Döşemeler..... ☐
 20.8. Temeller..... ☐
 20.9. Çatı..... ☐

Taşıyıcı Olmayan Elemanlar ve Tesisat

- 20.10. Bölme duvarlar..... ☐
 20.11. Hafif bölme duvarlar..... ☐
 20.12. Dış duvarlar..... ☐
 20.13. Elektrik tesisatı..... ☐
 20.14. Temiz ve pis su tesisatı.... ☐

21. BİNADA TOPLAM HASAR:

- ☐ 1. Hasar Yok ☐ 2. Hafif ☐ 3. Orta ☐ 4. Ağır ☐ 5. Çok ağır

22. YANGIN, SEL GİBİ DOLAYLI HASARLAR:

- ☐ 1. Var ☐ 2. Yok

23. ZEMİN PROBLEMİ:

- ☐ 1.Yok ☐ 2. Hafif çökme ☐ 3. Yoğun çökme ☐ 4. Sıvılaşma
☐ 5.Toprak kayması ☐ 6. Kaya kopması ☐ 7. Fay hareketi

24. DEPREM SONRASI KULLANMA DURUMU:

- ☐ 1. Sınırlama yok
☐ 2. Sürekli kullanma için onarım ve güçlendirme gerekli
☐ 3. Çökme tehlikesi var

25. ACİL ÖNLEM DURUMU:

- ☐ 1. İhtiyaç yok ☐ 2. Hasarın temizlenmesi gerekli
☐ 3. Göçmenin önlenmesi gerekli ☐ 4. Komşu binaların korunması gerekli
☐ 5. Hemen yıkımı gerekli

26. EK BİLGİLERİN DURUMU

- ☐ 1. Yok ☐ 2. Fotoğraf ☐ 3. Kroki ve ek bilgi ☐ 4. Fotoğraf, kroki, ek bilgi

27. CAN KAYBI SAYISI :kişi**28. TESPİT TARİHİ :**/...../2005**29. TESPİTİ YAPANLAR**

İmza :			
Adı Soyadı :			
Ünvanı :			

Kaynaklar

Erdem Canbay. Betonarme Yapıların Onarımı ve Güçlendirilmesi”

Alper İlki. Betonarme Yapılarda Riskler ve Risklerin Azaltılması İ T Ü İnşaat Fakültesi Yapı Anabilim Dalı İTÜ Yapı ve Deprem Mühendisliği laboratuvarı

Joseph Kubin., Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı ve Onarım/Güçlendirme Teknikleri. ODTÜ

F. Altun vd., ECAS2002 Uluslararası Yapı ve Deprem Müh. Sempozyumu, 14 Ekim 2002, ODTÜ

Erdal Coşkun., Betonarme Yapıların Geleneksel Yöntemlerle Depreme Karşı Güçlendirilmesi.

Erdal Coşkun., YAPI HASARLARI

Sinan Altın, Özgür ANIL, M. Emin Kara. Betonarme Kirişlerin Dıştan Yapıştırılan Çelik Levhalarla Kismeye Karşı Güçlendirilmesi

Ali Dora Yılmaz, Engin Cüneyt Seyhan. Onarım Ve Güçlendirme Uygulama Örnekleri. Deprem Sempozyumu. Kocaeli, 2005

Nejat Bayülke. Depremlerde Hasar Gören Yapıların Onarım ve Güçlendirilmesi. 2010.

Zekai Celep, Nahit Kumbasar. Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı. 2000

A.Nafiz Çamlıbel, Betonarme Yapılarda Çatlamış Elemanların Davranışı ve Sağlamlaştırma Yöntemleri. Yıldız Üni. Mim. Fak. Ders notu.

Nejat Bayülke 1995, Depremlerde Hasar Gören Yapıların Onarımı ve Güçlendirilmesi, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, İzmir.

Kutlu Darılmaz Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018’e Göre Tasarıma Kısa Bakış Betonarme Sistemlerin Modellenmesi, Analizi ve Boyutlandırılması (İTÜ), İMO Antalya Şubesi;

http://www.imo.org.tr/resimler/dosya_ekler/c047eaa5e409ee3_ek.pdf?tipi=1&turu=X&sube=21