

GÜÇLENDİRME YAPILAR

Hasarsız yapı elemanlarının veya yapı sistemlerinin, veya hasarlı yapı elemanlarının hasarlarının giderilmesi amacı ile yapılan onarımdan sonra, performanslarının iyileştirilmesini sağlamak üzere yapılan müdahalelerdir.

Gerek güçlendirme projesinin hazırlanması, gerekse güçlendirme uygulaması önemli ölçüde tecrübe ve bilgi gerektirir. Bilinçsiz yapılan bir güçlendirme yapısal riskleri azaltmak yerine arttırmış olabilir.

GÜÇLENDİRME YÖNTEMLERİ

Betonarme kolonların güçlendirilmesi onların aksel yük, moment ve kesme kuvveti taşıma güçlerinin artırılmasıdır. Bu işlem genellikle ya betonarme kesitin artırılması, kolona yeni donatılı en kesit eklenmesi ya da kolonun çelik bir kafes içine alınarak betona yandan destek verilerek taşıma gücünün artırılmasıdır. Konulan çelik çerçeve de düşey yük taşıma gücünü artıracaktır.

Betonarme kesitin artırılması ya kolonun bütün çevresinde olur buna "mantolama" ya da "gömlek geçirme" denir; ya da kolonun yalnızca iki kenarına yeni kesitler eklenir. Bu yöntem de "kanat ekleme" olarak nitelenir.

Çelik kafes içine alarak güçlendirmede birbirinden farklı iki malzemenin birlikte çalışması için çelik kafes ile beton arasında tam bir yapışma ve çelik kafesin kolonun aksel yükünden payı alacak biçimde kirişlere de bağlanmasıdır.

MANTOLAMA

Betonarme kolonun betonarme elemanlarla onarımı ya da güçlendirilmesi kolonun beton en kesidinin 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 düşey yük taşıma kapasitesini artırarak düşey yüklerle karşı güvenlik payını yükseltmektir.

Eski ve Yeni Betonu Kaynaştırma

Kolon güçlendirmesinde kolonun üzerindeki hasarlı bölümler etriyeler ve boyuna donatı ile belirlen kolon "çekirdek" bölümüne kadar kazınmalıdır. Var olan beton varsa basınçlı su ile yıkanarak toz ve gevşek malzemedan temizlenmelidir. Mantolama sırasında eklenen yeni bölümlerin kalınlığı 5 ya da 10 cm olacaktır. 5 cm kalınlığında gömlek geçirme ile küçük kolonlarda (25 x 25 cm) % 96, büyük kolonlarda (40 x 40 cm) % 56 kadar en kesit artışı olmaktadır. Buna karşılık 10 cm'lik gömlek geçirme ile küçük kolonlarda % 224, büyük kolonlarda ise % 125 en kesit artışı sağlanmaktadır. Bu açıdan pek çok durumda 5 cm 'lik gömlek geçirme ile önemli miktarda düşey yük taşıma kapasitesi artışı sağlanabilecektir.

Kolonun güçlendirilmesi (Mantolama)

Yapım hataları, detaylandırma hataları, eksik malzeme ve deprem gibi zorlamalar sonucunda hasar gören betonarme kolon, perde ve kirişlerin onarımı amacıyla çeşitli teknikler geliştirilmiştir. Bu tekniklere, genellikle kalıcı deformasyon yapmamış olan elemanların rijitliğinin ve sünekliliğinin artırılması amacıyla başvurulmaktadır.

Hasarlı elemanların onarımı çeşitli yöntemler ile gerçekleştirilebilir. Bu yöntemler içerisinde en sıkça kullanılanlar:

Çelik Manto: Bu yöntem ile kolon ve kiriş içinde olması gereken sargı donatısı, bantlar kullanılarak elemanın dışında sağlanıyor. Bu şekilde kolonun hem aksel yük kapasitesi artırılıyor hem de daha yüksek süneklik elde ediliyor. Çelik manto, katlar arası süreklilik sağlanmadığı için kolonun eğilme kapasitesine bir katkı sağlamamaktadır.

Betonarme Manto: Bu yöntem genellikle kolonlarda uygulanır. Bu yöntem ile kolonun hem aksel yük kapasitesi hem de sünekliği artırılabilir. Manto içerisine yerleştirilen boyuna donatıların katlar arasında sürekliliği sağlanırsa, kolonun eğilme kapasitesi de artıyor. Resim 5'te donatı demirleri yerleştirilmiş tipik bir kolon mantosu görülmektedir. Mevcut kolon ile yeni dökülecek manto betonunun aderansının yüksek olabilmesi için mevcut kolonun donatıları ortaya çıkıncaya kadar kabuk betonu kırılmaktadır.

Epoksi Enjeksiyonu: Kolon, perde ve kiriş elemanlarında oluşmuş olan çatlakların belli bir genişliği aşmadığı yapılarda betonun aderansının artırılması amacıyla epoksi enjeksiyonu kullanılabilir. Ayrıca, sargı etkisini arttırabilmek amacıyla çelik veya karbon fiberli levhalar yapıştırılabilir.

Ekonomik sınırlar içerisinde kalması kaydıyla her yapının onarılması ve güçlendirilmesi mümkündür. Bilinçli yapılan onarım ve güçlendirme, binaların gerçek anlamda depreme dayanıklı hale gelmesini sağlamaktadır ve güvenle kullanılabilirler. Hiçbir binanın şiddetli bir depremi hasarsız atlaması garanti edilemez, ancak en önemli mühendislik hedefi göçmenin önlenmesidir.

Mantolamada 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 yüzdeleri kolonlar olduğu deneysel olarak çıkarılmıştır.

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 kullanılabilmesi 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 deyişle mafsallaşmanın son aşamasında kolonlarında onarımı yapılabilir. Önce bütün paralanmış beton temizlenir. Bu arada kolonun askıya alınmış olması gerekir. Kolon askıya alındığı zaman üzerindeki yük kalkmış olan boyuna donatılar kendiliğinden düzelebilir ya da burkulmuş boyuna donatılar ısıtılarak ya da başka yöntemlerle düzeltilir. Isıtma ile donatı düzeltilmesinde demire uygulanan ısı 500°C den fazla olmamalıdır. Düzeltilen boyuna donatılara yeni donatı parçaları kaynakla eklenir. Bu eklenen yeni donatıların çapları eski düzeltilmiş donatıların aynı olabileceği gibi daha büyük çaplı donatı da kullanılabilir. 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.

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. Yoksa donatıların arasına beton girmez, donatı ile tam olarak sarılmaz ve donatı ile beton arasındaki kenetlenme (aderans) gerçekleşmez.

5- onarım ile kolonun kesme kuvveti taşıma kapasitesi artarken moment ve eksenel yük taşıma gücünde bir artış olmaz. Buna karşılık 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 öngörülmektedir. Bu amaç için çerçeve açıklıklarına perde duvar yerleştirme yöntemi kullanılmalıdır.

6- (1989)da yapılan 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.

KİRİŞİN GÜÇLENDİRİLMESİ

Hasar gören veya dayanım ve rijitliği yeterli olmayan kirişler değişik şekilde onarılır ve güçlendirilir. Bu işlem sırasında komşu kolonları da göz önüne alarak kuvvetli kiriş zayıf kolon türünden birleşim bölgesinin meydana getirilmemesine özen gösterilmelidir. Güçlendirme türü hasarın seviyesine (çatlama, beton, ezilmesi, donatı sıyrılma ve kopması) bağlı olarak değişir. Hafif çatlaklı kirişler, epoksi ve çimento şerbeti enjeksiyonu, ile onarılabilir. Betonun ezilmesi veya donatının kopması gibi hasarın ağır olduğu durumlarda, geçici olarak askıya alınması uygundur. Hasarlı yerel kısımlar, basınçlı su veya hava ile temizlenip, kopan veya burkulan donatıların kesilerek kaynakla eklendikten sonra betonlanması yoluyla onarılabilir. Kirişlerin, gerekli durumda dört veya üç tarafından beton manto giydirilerek güçlendirilebilir. Mevcut yeni betonun bütünleşmesini sağlamak gayesiyle, mevcut betondaki beton örtü tabakasının kaldırılması ve yüzeyin temizlenmesi gerekir. Donatı düzeninde uygun kenetlenme, bırakılan uygun boylarla, kaynaklama ile veya kenetleme plakaları kullanılmasıyla saplanmalıdır. Yeni donatılar döşemedeki deliklerden geçerek kirişi çevreleyen etriyerlerle sarılmalıdır. Güçlendirme için konulan donatılar, köşegen yönündeki çubuklarla veya çelik plakalarla mevcut donatılara bağlanmalıdır. Kirişin yalnız mesnet bölgelerinin güçlendirilmesi ile yetinilmesi söz konusu ise, mesnete döşeme kırılarak açılır, mesnet bölgesi için gerekli ek donatı yerleştirilerek etriyerlerle sarılır. Kiriş kesitinin genişletilmesi tek veya çift taraflı olabilir.

KOLON-KİRİŞ BÖLGESİ

Depremde en fazla hasar gören kiriş kolon birleşim bölgeleri, taşıyıcı sistemin en çok zorlanan ve güçlendirilmesi en zor olan kısımlarını oluşturur.

Birleşim bölgesinde farklı doğrultudaki elemanlar birleşerek, kesit etkileri birbirleriyle dengelenir. Deprem yükleri altında bu bölgede kesme kuvveti dayanımının ve donatı kenetlenmelerinin yeterli olmaması en çok rastlanan hasar türlerini oluşturur. Ayrıca, büyük şiddetteki depremlerde birleşim bölgesine birleşen kesitlerde meydana gelen plastik mafsallar sonucu büyük dönmeler, donatıda aderans çözülmesi sonucu kaymalar ve geniş çatlaklar oluşabilir.

Deprem etkisinde birleşim bölgesinin iki tarafındaki eğilme momentinin farklı işarette olması, kiriş kesitinde farklı gerilme durumları doğmasına ve bunun sonucu donatının birleşim bölgesinden çekilip çıkarılmak istenmesine yol açar. Bu sebeple donatı kenetlenmelerine ve eklerine özen göstermek gerekir. Hasarın yerel olması ve çatlaklar şeklinde görülmesi durumunda, epoksi reçinesi enjekte edilmesi onarım ve güçlendirme için yeterli olabilir. Aderansı çözülmüş donatının aderansının tekrar oluşturulması için de epoksi enjeksiyonu önerilir.

Çimento şerbetinin aderansın kazandırılmasında yeterli olmadığı bildirilmiştir. Hasarın daha da yaygın olması durumunda kiriş kolon birleşim bölgesi, çelik lamalar yapıştırılarak ve sarılarak güçlendirilebilir. Bu suretle , kesitlerin eğilme momenti kapasiteleri arttırılırken; sarılan lamalarla, bu bölgede oluşturulan enine basınçla, betonun dolayısıyla elemanın sünekliği arttırılır. İhtiyaç olduğunda süneklik artırımı için etriyeleri eksik olan kolon ve kiriş kesitlerinde sadece sargılamaları kullanılabilir. Uygulama için bölgedeki ezilen beton temizlenir., yüzeyler düzeltilir ve özel yapıştırıcılar kullanılarak boyuna lamalar yapıştırılır. Yapışmanın tam olması için lamaların betona işkence aletleriyle bağlanması gerekebilir. Daha sonra sargı lamaları sarılarak uçları birbirinin üzerine yeterli boyda gelecek şekilde yapıştırılır. Bu sırada kiriş sargı lamalarının, o bölgedeki döşeme kaplamasının kaldırılmasından ve döşemede delikler açıldıktan sonra uygulanabileceği unutulmamalıdır. Betonda enine basıncın yeterli şekilde oluşması için lamaların dar olmaması (-50 mm uygun genişlik) ve birbirlerinden ayrıık (-0.20 m uygun aralık) yerleştirilmemesi gerekir. Bu tür uygulama özel özene ihtiyaç gösterir.

Ayrıca uygulanan güçlendirme şeklinin basit bile olsa deneyle kontrolü önemlidir. Bütün bu işlemlerden sonra, bölgenin sıvanması ve lamaların kapatılması gerekir. Duruma özgü bir yaklaşım gerektiren, kiriş kolon birleşim bölgesinin güçlendirilmesine bir örnek de verilmiştir. Burada mantolama yoluyla birleşen elemanların bütünleşmesi sağlanmaktadır. Kısa donatıların kenetlenmesi için kaynak kullanılması ve mevcut yeni betonun bütünleşmesi için beton örtü tabakasının kaldırılması gerekli olabilir. Yerleştirilecek donatının bir uzay kafes sistem oluşturması ve kuvvet akışı ile uyumlu yerleştirilmesi amaca hizmet edecektir. Bu donatıları örtecek ve rijitliği sağlayacak beton kesitinin oluşturulması ise gereklidir. Verilen güçlendirme biçiminin döşeme üzerine taşıdığı gözden kaçırılmamalıdır.

Etriyeler döşemede delik açılarak bağlanmıştır. Sadece birleşim bölgesini güçlendiren bu mantolama, kiriş ve kolonların da mantolanması durumunda daha elverişli ve kolay uygulanabilir. Çelik levhalar kullanılarak yapılan bir güçlendirme türü gösterilmiştir. Özellikle endüstri yapılarındaki çerçevelerde kullanımı uygun düşer. Birleşim bölgesinin şekline uygun çelik levhalar epoksi ile yapıştırılıp, butonlarla bağlanırlar. Kuvvet akışının sağlanması için bu ek levhalarının kiriş ve kolona kaynaklanması gerekir.

DÖŞEME

Döşemelerde genel olarak düşey yükleri taşımak için projelendirilirler. Yatay yük etkisinde bu yükleri düşey taşıyıcılara (kolon ve perde) iletecek dayanım ve rijitliğe sahip olmaları arzu edilir. Hasarlar, genellikle döşemenin büyük boşluk olan kısımlarda ve doğrudan perdeye mesnetlendiği yerlerde meydana gelir. Hasarın onarılması yanında, kalınlığı yeterli olmayan döşemenin kalınlığının arttırılması veya eklenen yeni perde duvarlarıyla olan yük aktarımının sağlanması gerekir. Yerel çatlak ve hasarlar epoksi, çimento şerbeti veya püskürtme beton ile onarılabilir. Bu sırada özellikle bozulan betonun uzaklaştırılması ve kırılan veya burkulan donatının kesilerek kaynakla yeni donatının eklenmesi gerekir.

Döşeme kalınlığının arttırılmasıyla, kesitin eğilme rijitliği arttırılır. Üstten yeni beton tabakası ile kalınlaştırılabileceği gibi alttan püskürtme beton uygulanarak döşemenin dayanımı arttırılabilir. Bu sırada yeni kısımlara uygun donatılar da yerleştirilmelidir. Yeni donatının mevcut olana kaynaklı parçalarla bağlanması, sistemin bütünlüğü bakımından istenir.

PERDE

Perdeler , deprem yüklerinin karşılanmasında rijitlik ve dayanım bakımından taşıyıcı sistemin önemli elemanlarıdır. Hasar görmeleri durumunda, onarım ve güçlendirilmeleri özenle yapılmalıdır. Deprem yükü taşımak üzere düzenlenen betonarme perdelerle hasarlar, kayma ve eğilme taşıma gücünün yetersizliğinden veya büyük boşluklu perdelerde bağ kirişlerinin yetersizliğinden kaynaklanabilir. Perdelerin güçlendirilmesinde eğer varsa, pencere, kapı gibi boşlukların doldurulması ile sağlanan ek taşıma gücü kapasitesi yeterli olabilir. Diğer yapı elemanlarından olduğu gibi, betonda ezilme olmadığı durumda epoksi enjeksiyonu perdeler için de yaygın olarak kullanılır. Ancak, bütün çatlaklar doldurulmadığı için hasardan önceki rijitlik elde edilmez.

Perdede beton ezilmesi veya donatı burkulması varsa, kolonlarda uygulanan onarım ve güçlendirme yöntemi burada da uygun düşer. Hasar derecesine göre hasarlı kısmın temizlenmesi, ek donatı yerleştirilmesi ve kısmın betonlanması gerekebilir. Eğer mevcut perde yetersiz kalırsa, kalınlığını arttırarak rijitliğini ve dayanımını yükseltmek önerilir. Kalınlığın arttırılması sırasında ek donatıların yerleştirilmesi ve uygun başlık yapılması gerekli olabilir. Yeni donatıların mevcut olanlara bağ parçaları ile kaynaklanması ve mevcut beton yüzünün pürüzlendirilmesi bütünleşmeyi sağlayacağından önemlidir. Aradaki bağ kuvvetlerinin iletimini sağlamak için dikiş çubuklarının kullanılması ve mevcut perde yüzeyine epoksi uygulanması gerekli olabilir. Perdenin eğilme dayanımı yeni başlık kısımlarının ilavesi ve gerekli donatı düzenin sağlanması ile arttırılabilir.

TEMEL

Temellerdeki güçlendirme gereği iki ayrı biçimde ortaya çıkmaktadır. Birincisi temel boyutlarının gelen yükleri taşımada, yetersiz olması, diğeri ise yapılm 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.

Betonarme yapılarda çerçeveler arasına konulmuş ve kolonlarla bağlantısı olmayan bir perde duvarın temel ayrıntısı verilmektedir. Buradan perdenin temeli mevcut kolonların temeli ile bağlantısız yapılmaktadır. Perde duvarın temelinin boyutları perdenin bir deprem sırasında taşıyabileceği en büyük eğilme momentini güvenle taşıyabilecek güçte seçilmelidir. Manlolanarak en kesidi genişletilmiş bir kolonun temeli yeterli olabilir, diğeri bir deyişle temel kolonun aksine projesine göre yapılmıştır. Bu durumda temeli büyütme 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.

Burada genişletilen sömel tabanına konulan, kolonun uzatılmış boyuna donatıları mevcut sömelin kenarları kırılarak ortaya çıkarılmış donatılarına kaynakla bağlanmalıdır.

Perde duvarlara eklenen perdeler gelen depremde gelecek yatay kuvvetlerin temelde yapacağı dönme ve temele aktarılacak gerilmelerin, kolonlarda gelen düşey yüklerin karşı yöndeki baskı etkisi

ile azalacağı sanılmaktadır. Kolonlardan gelen düşey yük momentin yaratacağı dönmeye karşı koyacaktır.