

DEPREMLERDEN HASAR GÖREN YAPILARIN KOLONLARININ ONARIM VE GÜÇLENDİRİLMESİ

REPAIR AND STRENGTHENING OF BUILDING COLUMNS DAMAGED BY EARTHQUAKES

Halit Demir¹

SUMMARY

Repair and strengthening methods of reinforced concrete columns, used in the practice are summarized. General outlines are given first. Later local repair of cracks injecting epoxy resins and cement grouts or replacement of the damaged parts is described. In strengthening using reinforced concrete jacketing, steel profile jacketing and steel encasement are also described.

Following these, general recommendations to be considered are given.

ÖZET

Depremlerden hasar görmüş yapıların kolonlarının onarım ve güçlendirilmesi ele alınmış ve bunlarla ilgili uygulamadaki metodlar açıklanmıştır. Önce genel bilgiler verilmiş sonra her bir yöntemin uygulanması anlatılmıştır. Yerel onarımda çeşitli reçine veya çimento harcı enjeksiyonu, hasarlı kısmın kısmen veya tamamen kaldırılması yöntemleri, güçlendirmede ise betonarme manto, çelik profil iskelet ve çelik levha kılıf geçirme metodları tanıtılmıştır. Sonunda da gözönünde tutulması gereken hususlara dikkat çekilmiştir.

1 Prof. Dr., İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi, Maslak, İstanbul

GİRİŞ VE GENEL BİLGİLER

Depremeler yapıların taşıyıcı sistemlerinde hasara ve bu nedenle fonksiyon ve mukavemet kaybına sebep olabilirler. Böyle durumlarda yapının onarım ve/veya güçlendirilmesine gereksinme duyulur. Onarım (tamir) görünüş ve kullanım bakımından hasarlı bir yapının görünüş, kullanılabilirlik, taşıma gücü ve diğer mukavemet ve statik karakteristiklerinin ve gereğinde dayanımının iyileştirilmesi için önceki karakteristiklerini tamamen veya kısmen geri getirmek üzere yapılan işlem ve değişikliktir.

Güçlendirme (takviye) yapının taşıma gücünü, rijidliğini, duktilitesini veya stabilitesini veya bunlardan bir veya birkaçını mevcut durumunun üzerine çıkarmak için yapılan müdahale ve değişikliktir. Bunun için yapının hasar görmüş olması gerekmez. Kullanım ve işletme yüklerinde bir artmanın söz konusu olması halinde güçlendirme gerekebileceği gibi öngörülen yükler için eksik projelendirilmiş veya inşa edilmiş bir yapının da güçlendirilmesi gerekebilir.

Hasarlı veya hasarsız, mukavemet karakteristikleri eksik bir yapının güçlendirilmesi gerektiğinde (hasarlı veya hasarsız) elemanlarının güçlendirilmesi ve/veya yapının ilave elemanlar veya sistemlerle güçlendirilmesi söz konusu olur. Bu konularda bilgi, kaynaklar listesinde verilen [1-7] ve daha başka yayınlarda bulunabilir. Bu yazıda taşıyıcı elemanlardan kolonların onarım ve güçlendirilmeleri ele alınacaktır. Bu türlü müdahale ile taşıyıcı sistemlerin mukavemeti bir dereceye kadar veya önemli derecede arttırılabilir. Bu arada duktilite (süneklik) de ıslah olunabilir. Ayrıca rijidlik artırılabilir. Fakat bu sonuncu hususta dikkatli olmak gerekir. Çünkü rijidliğin artması bazı kere yanında bazı problemler de getirebilir.

İstenilen deprem mukavemetine, hasar düzeyine, elemanların tiplerine ve birleşimlerine göre taşıyıcı sistem kısımları onarılabilir ve/veya güçlendirilebilir. Bunun için enjeksiyon, hasarlı kısımların çıkarılması ve yerine yenilerinin konulması veya mantolama, ya da bunların bazılarının birlikte uygulanması cihetine gidilebilir.

Bütün bu işlerde eski ve yeni beton arasında sağlıklı bir aderans temin edilmesi son derece önemlidir. Bunun için orijinal kısmın örtüsünü veya kabuğunu çentmek ve yontmak ve yüzeyi pürüzlendirmek, yüzeyi tutkalamak (betonlamadan önce örneğin

epoksi ile), ilave eğik donatı çubukları kaynaklamak veya betonarme veya çelik bağlantılar, dübeller, pimler kullanmak yollarına gidilebilir.

Az aralıklı, yeterli ve uygun biçimde etriye ve sargı çubukları ile enine doğrultuda sarıp genişlemeye karşı kısıtlamak enine yayılmayı önlemesi ile bir güçlendirme olduğu gibi elemanların düktilitesini de artırır ve çok yararlıdır.

Elemanların rijitliklerindeki değişimler dolayısıyla taşıyıcı sistemde iç kuvvetlerin yeniden dağılımının bazı durumlarda çok önemli olması söz konusudur. Bu hususun dikkatle gözönüne alınması gerekir.

Köşebent (korniyer) profillerle ve çelik şeritlerle teşkil edilen iskelet geçirmek suretiyle yapılan takviyeler tekil elemanların güçlendirilmesinde kullanılır. Bu yoldan kiriş-kolon birleşimlerinin takviyesi imkansız veya çok zordur.

Çelik levha kılıf ile gömlek giydirme, esas elemanların yüzeylerine çelik levhalar yapıştırarak gerçekleştirilir. Donatı olarak iş gören çelik levhalar betona epoksi reçineleri ile yapıştırılırlar. Bu teknik herhangi bir tahribatı gerektirmez. Uygulaması epeyce kolaydır. Elemanın kesit boyutlarında artış ihmal edilebilecek kadar azdır.

Çelik profillerle teşkil edilen iskelet geçirme ve levhalarla yapılan gömlek giydirme takviyesinde yeni eklenen çelik parçaların yangına ve korozyona karşı korunması bakımından özel önlemlerin alınması gereklidir. Betonarme mantolama böyle bir koruma önlemini gerektirmez fakat inşaatı çok daha zordur.

Rehabilitasyondan amaç binaların depreme karşı mukavemetini iyileştirmektir. Burada, kolonun eğilme ve kesme mukavemetlerinin artırılması, sünekliğinin (düktilitesinin) iyileştirilmesi söz konusu olabilir ve bunlar uygun tekniklerle gerçekleştirilebilir.

Kolonun eğilme mukavemeti, beton kesit alanının büyütülmesi ve yeni boyuna donatılar ilave edilmesi suretiyle artırılabilir. Kesme mukavemeti ve özellikle de süneklik etriyeler ve çelik kuşak veya şeritlerle sarmak ve sınırlamak suretiyle iyileştirilir. Kolon rijitliklerini zorlanmaları ile orantılı duruma getirmek, bunun için mesela başka elemanlarla gereğinde irtibatını kesmek veya birlikte çalışmasını önlemek, taşıyıcı sistemin bütün kolonlarının uyumlu davranışı bakımından iyileşme temin

edebilir.

Taşıyıcı sistem yıkılmamakla beraber betonarme kolonlar hafiften ağıra kadar değişen çeşitli şekillerde hasar görebilirler. Betonda kırılma veya donatıda hasar olmaksızın yatay veya eğik doğrultuda çatlak, betonun ezilmesi, donatının burkulması, etriyelerin kopması veya açılması bu türlü hasar çeşitlerinin başlıcalarıdır. Hasarın derecesine göre enjeksiyon, hasarlı kısmın kaldırılması ve yerine yenisinin konulması yani yeniden yapılması veya mantolama gibi onarım ve güçlendirme teknikleri kullanılabilir.

KOLONLARIN ONARIM VE GÜÇLENDİRİLMESİ

Yukarıda verilen genel bilgilerden sonra aşağıda kolonların onarım ve güçlendirilmesi ile ilgili yöntemlerden uygulamada en çok kullanılanları, yerel onarımlar ve betonarme mantolama, çelik profil iskelet geçirme, çelik levha kılıf giydirme suretiyle güçlendirme başlıkları altında sunulmaya çalışılacaktır.

Yerel Onarımlar

Reçine enjeksiyonları betonu veya donatısı hasar görmemiş, sadece hafif çatlaklı kolonların onarımında uygulanır. Enjeksiyon donanımının sonundaki ağızlık kısmında karıştırılarak hazırlanan reçine 0.1-5 mm genişliğindeki çatlaklar için uygundur. Reçine, 20-100 cm aralıklarla açılmış olan deliklere yerleştirilen ağızlardan enjekte edilir.

Çimento harcı enjeksiyonları ise daha geniş çatlaklara uygulanabilir (2 - 5 mm). Enjeksiyona kolonun tabanından başlanır ve yukarı doğru ilerlenir. Mukavemet ve sıkılık konusunda emin olunmalı veya kontrolleri uygun görülecek şekillerde yapılmalıdır.

Betonu ezilmiş, donatısı burkulmuş veya etriyeleri kopmuş hasarlı kolon durumlarında hasarlı kısmın çıkarılıp yenisinin yapılması yoluna gidilmelidir.

Betonun hafifçe hasar gördüğü durumlarda gevşemiş beton kaldırılır, yüzeyler pürüzlendirilir ve tozlar temizlenir. Kaldırılan betonun miktarına bağlı olarak bir miktar ek etriye ve boyuna donatı konulabilir. Betonlamadan önce mevcut kolon suyla ıslanır ve suya doyurulur. Kalıp ve yerleştirilen beton onarılacak seviyenin yeterince yukarısına kadar devam ettirilir, Bir gün sonra kalıp sökülebilir ve fazlalık teşkil eden henüz taze beton çentilebilir.

Boyuna donatının, etriyelerin koptuğu ve betonun ezildiği

durumlarda hasarlı kısımların tamamının kaldırılması ve yerine yenisinin yapılması cihetine gidilir.

Eğer sadece onarım gerekli ise başlangıçtaki kesit alanı korunur. Eğer güçlendirme gerekli ise kolonun kesit alanı artırılmalıdır. Hasarlı ve gevşek beton yerinden kaldırılmalı, yeni boyuna donatı konulmalı ve mevcut donatıya kaynaklanmalı, ayrıca küçük aralıklarla yeni etriyeler ilave edilmelidir.

Rötre yapmayan veya rötresi az olan beton kullanılmalıdır. Mevcut betonla yeni beton arasında iyi bir aderans sağlamaya büyük özen gösterilmelidir.

Betonarme Mantolama

Mantolama büyük hasarlı kolonlarda veya kolon mukavemetinin yetersiz olduğu hallerde uygulanır. Böylelikle kolonların kapasitelerinin artması nedeni ile hem bir güçlendirme yöntemi olur, hem de hasarları gidermesi bakımından bir onarım görevi görür.

Genel anlamdaki mantolama betonarme manto, çelik profil iskelet veya çelik levha kılıf ilavesi suretiyle yapılabilir.

Betonarme mantolama, ilave bakımından kolon çevresinde mevcut olan sahaya ve çalışma şartlarına göre bir, iki, üç veya dört yandan yapılabilir. Dört yandan yapılması özellikle tavsiye olunur. Çünkü ileride olabilecek depremlerde en iyi davranış bu şekilde elde edilebilir. Ayrıca mevcut betonla yenisi arasında en iyi aderans bu şekilde sağlanabilir.

Bir, iki veya üç yandan mantolamada kolonun, ilavenin geleceği kısımlarındaki betonu çentilerek temizlenmeli ve mevcut etriyelere yeni etriyeler kaynaklanmalıdır.

Dört yandan mantolama halinde büyük yüklerin aktarılması durumları haricinde mevcut kolonun dört yanının pürüzlendirilmesi yetebilir.

Donatıları kat döşemeleri içerisinden devam ettirmeden kat yüksekliği içerisinde yapılan mantolama kolonun o bölgedeki eksenel ve kesme mukavemetini artırır. Fakat kolonun eğilme mukavemeti ve kolon-kiriş düğümünün mukavemeti artmaz. Bu nedenle ileride olabilecek bir depremde çerçevenin tüm olarak davranışı yeterli olmayabilir.

Sadece kat içerisinde kalacak bir mantolama depreme karşı eğilme mukavemetini iyileştirmedeğinden ayrıca deprem perdelerinin

ilavesine gereksinme söz konusu olur. Uygun ve yeterli eğilme mukavemeti yeni boyuna donatıları betonarme döşemede açılan deliklerden geçirerek ve kolon-kiriş birleşim bölgesinde yeni beton dökülerek sağlanabilir. Boyuna donatının döşeme kirişleri bölgesinde iyi sarılmasına ve kavranmasına özel özen gösterilmelidir.

Yalnız bir taraftan mantolama durumunda mevcut betonla yenisi arasındaki bağlantı iyi bir detay ve az aralıklı, iyi ankre edilmiş ilave enine donatı ile sağlanmalıdır.

Aşağıdaki çözümler uygulanabilir:

- Mevcut boyuna donatıya etriyelerle ankraj yapılması, Kaynak şart değildir. Fakat ilave etriyelerin kancalarının geçmesi için betonun serbest yüzünün çentilmesi zorunludur.

- İlave etriyelerin mevcut kolona kaynaklanması. Etriye bölgesinde beton örtü kaldırılmalı ve her yeni etriye mevcut birine kaynaklanmalıdır.

- Boyuna donatıya kaynaklanmış, bükülmüş çubuklarla bağlantı sağlanması. Beton sadece kaynak bölgesinde ve boyuna donatıya kadar çentilmelidir. Böylelikle kesme kuvvetlerini taşıyabilecek dişler teşkil edilmiş olur. Bükülmüş çubuklar, boyuna donatı arasında direkt kuvvet aktarımına imkan verirler. Kaynaklanmış bükük çubuklar yerine mevcut ve yeni boyuna donatı arasında çelik levha kaynaklanabilir.

İki ve üç yanlı mantolama hallerinde de benzer detaylar uygulanabilir.

Dört yandan mantolamada çeşitli çözümlerin uygulanması mümkündür. Bunlarda şu şekilde hareket edilir:

Mantolama kaynaklı hasır donatı ve beton tabakası ile gerçekleştirilebilir. Bu çözüm kolonun yerel sünekliğini iyileştirir fakat kolonun eğilme mukavemetini hasır donatının döşmeden geçmesinin imkansızlığı dolayısıyla önemli derecede artırmaz. Hasır donatı uzun bir binme bölgesi olmak üzere kolonu sarmalı, ya da karşılıklı iki yüzde yeterli birer binme bölgesi olmak üzere iki hasırdan oluşmalıdır.

Bükülmüş bağlayıcı çubuklar kullanarak mantolamada ilave donatı mevcut donatıya bükülmüş çubukların kaynaklanması ile eklenmiştir. Bu şekilde mantolama orta donatı çubuklarının yeni etriyelerle sarılamadığı büyük kesitteki kolonların mantolanmasında uygulanır.

Etriyeler kullanılarak mantolamada yeni ilave edilen boyuna donatı çubuklarının köşelerde yoğunlaştırılması suretiyle boyuna

donatının tamamının sarılması sağlanır. Sarmanın temin edilebilmesi için manto kalınlığı yeterli ve etriyeler yeterli sıklıkta olmalıdır. Bu yöntemde döşemede açılmış deliklerden geçen yeni boyuna donatı ile kolon mantosuna alttaki ve üstteki kolonlarla sürekli bir bağlantı temin edilir.

İyi bir sargı dairesel kapalı (yeterince binen) etriyeler ve dairesel yeni bir beton kesit kullanılarak da gerçekleştirilebilir. Geniş kirişler halinde boyuna donatı döşeme içinden geçirilemez. Kirişsiz döşeme veya nisbeten dar kirişler halinde ilave donatının döşeme içerisinden geçirilerek birleştirilmesi mümkündür. Etriyelerin, sargı donatısının uygun ve yeterli ankrajına ve eklenmesine özel dikkat gösterilmelidir.

Mantolamada ayrıca şunlara dikkat edilmelidir:

- Yeni malzemelerin mukavemeti kolonda mevcut malzemenin mukavemetine eşit veya ondan fazla olmalıdır. Beton mukavemetinin mevcut betonunkinden en az 5 MPa (50 kgf/cm²) fazla olması uygun olur.

- Mantonun kalınlığı püskürtme beton halinde en az 4-5 cm, yerinde dökme beton halinde 10 cm olmalıdır.

- İlave beton alanına göre ilave boyuna donatı oranı 0.01 den az, 0.06 dan fazla olmamalıdır. Bu donatı dört yandan mantolama halinde 4 adet çubuktan az ve çapları 14 mm den ince olmamalıdır.

- Etriyeler, köşe donatı çubuğu ve yanındaki boyuna çubuk etriye köşeleri tarafından yandan desteklenecek şekilde olmalıdır. Hiç bir ara çubuk köşeden 10 cm den daha uzak olmamalıdır. Bazı hallerde mevcut kolonun içine delikler açmak, deliklerin içerisine epoksi ile etriye kancalarını tesbit etmek veya kolonun kalınlığınca delik açarak etriyeleri yerleştirmek gerekebilir.

- Etriyelerin çapları en az 8 mm olmalı, boyuna donatı çubuklarının çapının üçte birinden az olmamalıdır. Ancak kaynaklı donatı hasırı halinde bunun altına inilebilir.

- Etriyeler arasındaki düşey aralık 20 cm den fazla olmamalıdır. Düğüm civarında kolonun serbest boyunun dörtte biri kadar bir uzunlukta bu aralık 10 cm yi geçmemelidir. Ayrıca bu aralığın manto kalınlığını geçmemesi de tavsiye olunur.

Manto betonu ya normal veya özel yerinde dökme beton, ya da püskürtme beton olarak yerleştirilebilir. Her iki yöntem halinde de mevcut beton yüzeyi çentilerek veya kuvvetli şekilde kum püskürtülerek tamamen pürüzlendirilmeli ve bütün gevşek malzeme, toz ve yağdan temizlenmelidir. Beton dökülmeden veya püskürtme

beton uygulanmadan önce yeni betonun geleceği yüzey iyice ıslatılmalı ve suya doyurulmalıdır.

Çelik Profil İskelet Geçirme

Çelik profil iskelet geçirme kolonun dört köşesinin her birine bir köşebent (korniyer) profili yerleştirmek ve bunları bir iskelet teşkil etmek üzere enine kuşaklarla bağlamakla gerçekleştirilir. Bu kuşaklar en az 12 mm çapında olmak üzere yuvarlak çelik çubuklar veya minimum 25/4 mm kesitte olmak üzere çelik bandlar olabilir ve köşelerdeki korniyerlere kaynaklanırlar. Korniyerler 50/50/5 kesitinden daha küçük olmamalıdır. Korniyerlerle mevcut beton arasındaki aralıklar ve boşluklar rötreye yapmayan çimento harcı veya reçine harcı ile doldurulmalıdır. Kaynaklı hasır donatı ile donatılmış betonla veya püskürtme betonla gerçekleştirilen bir örtü yangına karşı etkili ve çok kere yeterlidir. Kuvvetlerin aktarılması için önemli olan, korniyer profiller ve döşeme arasındaki sıkı dayanım, döşeme ile kolon çevresi boyunca doğrudan temasta olan ve korniyerden teşkil edilmiş olan yaka veya tasma diyebileceğimiz bir eleman vasıtasıyla gerçekleştirilir. Genellikle yük taşıma kapasitesindeki artışın yanında kolonun sünek davranışında da bir iyileşme elde edilir. Bununla beraber rijidlik hemen hemen değişmez.

Bu yöntem burada verilen daimi takviyeden başka geçici takviyede de kullanılır.

Çelik Levha Kılıf Geçirme

Çelik kılıf geçirme mevcut kolonun ince çelik levha ile tamamen çevrilip örtülmesidir.

Bu uygulamada kolon kesiti çok az artar. 4-6 mm kalımda çelik levhalar bir bütün teşkil etmek üzere sürekli olarak kaynaklanmışlardır ve mevcut kolondan belirli bir uzaklıkta bulunurlar. Kılıf ve kolon arasındaki boşluk rötreye yapmayan veya geniş çimento harcı veya betonla doldurulmalıdır. Dairesel kılıf en etkilidir. Çünkü bu halde çembersel kuvvetler sayesinde sarma ve kavrama temin edilir. Levhalarda eğilme etkisi oluşmaz. En etkili şekildir. Dikdörtgen şeklinde kılıf geçirme iki tane L şeklinde levhayı köşegenel olarak karşı köşelerde kaynaklıyarak veya dört köşeye konulacak dört korniyere dört yüzün dört levhasını kaynaklıyarak gerçekleştirilebilir. Süneklik ve aksenal yük taşıma

mukavemeti çelik kılıfla (özellikle dairesel kılıf halinde) yerel olarak önemli derecede arttırılabilir. Fakat bir çerçevenin eğilme mukavemeti bu yöntemle iyileştirilemez. Çünkü çelik kılıf döşemenin içersinden geçirmek mümkün değildir. Yangına ve korozyona karşı korunma bakımından özel önlemler düşünölmeli ve alınmalıdır.

GÖZ ÖNÜNDE TUTULACAK HUSUSLAR

Onarım ve/veya güçlendirme hesapları takviyenin yeterli aksenal, kesme ve eğilme mukavemeti temin ettiğini ve süneklığı iyileştirdiğini göstermek bakımından gereklidir. Hesaplar güçlendirilen kolonun rijitliğini belirtmek bakımından da lüzumludur.

Proje hesaplarının kapsamı hasar derecesine ve gerçekleştirilmek istenilen güçlendirme düzeyine bağlıdır. Eğilme mukavemetinin hesabında ilave edilen donatı ve beton alanı hesaba katılmalıdır. Yeterli kesme mukavemeti ilave etriyelerin veya hasır donatının belirlenmesi ile temin edilmelidir. Bu donatı güçlendirilmiş kolonun süneklliğini de arttırır. Onarılmış veya güçlendirilmiş kolonlardaki kesit büyümesi önemli rijitlik artmalarına sebep olabilir. Bu da, deprem momentlerinin öncekinden farklı olarak yeniden dağılmasına, dolayısıyla da binanın çeşitli kısımlarında deprem kuvvetlerinin değişmesine sebep olur. Rijitlik değişimi hesaba esas alınacak deprem kuvvetlerinin değişmesine de neden olur. Çünkü bu kuvvetler sistemin rijitliği ile de ilgilidirler. Bu sebepten güçlendirilmiş kolonların rijitliklerinin en gerçekçi şekilde hesaba katılması çok önemlidir.

Kolonun mevcut ve sonradan ilave edilen kısımları arasında etkileşim bu iki malzeme arasındaki aderansla çok ilgilidir. Eğer aderans mükemmel ise ve mevcut ve sonradan ilave edilen kısım arasında kayma olmuyorsa güçlendirilmiş kolon yekpare bir blok olarak davranır ve en yüksek derecede mukavemet ve rijitlik elde edilir. Yükleme-zaman geçmişi (güçlendirme işleri sırasında geçici olarak aksenal kuvvetin boşaltılması) ve malzemeye özgü özellikler (sünme ve büzölme olayları dahil) mevcut kolonla yeni eklenen manto arasında iç kuvvetlerin dağılımını etkiler ve bunun hesaplarda göz önüne alınması gerekir. Mukavemet hesaplarında basitlik temini için, kolon ciddi olarak hasarlı değilse ve iyi bir aderans temin

edilebiliyorsa, uygun bir kabul yapılabilir. Bu kabule göre ölü yüklere karşı ilk kesit, hareketli yüklere ve deprem kuvvetlerine karşı da ilk kesit ve manto kesitinden oluşan kompozit kesit düşünülebilir.

Güçlendirilmiş kolonun rijitliği bileşik elemanın davranışı hesaba katılarak belirlenmelidir. Eğer mevcut kolonla yeni manto betonu arasında iyi bir aderans varsa bu iki kesitten oluşan bileşik kesit yerine eşdeğer bir kesit düşünülerek hesap yapılmalıdır. Eğer aderans şüpheli ise veya mevcut kolonun betonunun mukavemeti kısmen kaybolmuşsa mevcut kolonun katkısının uygun görülecek kabullerle azaltılması gerekir. Bununla beraber güçlendirilmiş kolonun rijitliği mevcut kolonun ve yeni ilavenin ayrı ayrı alınması ile elde edilecek rijitliklerinin toplamından az alınmamalıdır. Mevcut kolonun tamamen kırılması sınır durumunda elemanın rijitliği sadece mantonun rijitliğini alarak belirlenmelidir. Çünkü bu halde onarılmış esas kolon rijitliğe ihmal edilebilecek bir katkıda bulunur.

Güçlendirilmiş kolonların gerçek rijitlik değerlerindeki belirsizlikler nedeni ile proje mühendisi kesin proje hesapları için uygun rijitlik kabulleri yapmalıdır. Taşıyıcı sistemlerin çoğu için pratik bir yaklaşım olarak monolitik elemana ait rijitlik değerleri kullanılır. Rijitliğin ekstrem değerlerini kullanarak yapılan hesaplar belirli çerçeve noktalarına saptanan kolonlar ve kirişler için göresel rijitlikleri değerlendirmek bakımından uygun olabilir. Kompleks taşıyıcı sistemler için rijitlikte değişimle ilgili kabullere dayanan daha detaylı hesaplar kullanılabilir.

KAYNAKLAR

1. Abdulla, A.S.(1993)"State of the Art in Repair and Strenghtening of Reinforced Concrete Buildings", Thesis for Master of Science Degree, Supervisor: Prof. H.Demir, Fen Bilimleri Enstitüsü İstanbul Teknik Üniversitesi.
2. AIJ "Guidelines for Post Earthquake Damage Inspection and Restoration. Techniques of Reinforced Concrete Buildings".
3. CEB(1983) "Assesment of Concrete Structures and Design Procedures for Upgrading (Redesign), Bulletin Information No.162.
4. Demir, H.(1984)"Theory and Practice of Earthquake Engineering", Ders Notları, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yıldız Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

5. Demir, H.(1991) "Repair and Strenghtening of Structures" Ders Notları, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü,
6. Demir, H.(1992) "Depremlerden Hasar Görmüş Betonarme Yapıların Onarım ve Güçlendirilmesi",İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Matbaası.
7. UNDP/UNIDO(1983)"Repair and Strenghtening of Reinforced Concrete, Stone and Brick-Masonry Buildings".