

17 AĞUSTOS 1999 MARMARA DEPREMİNDE HASAR GÖRMÜŞ BİR YAPIDA GÜÇLENDİRME UYGULAMASI

M. Zeki ÖZYURT*, Kemalettin YILMAZ* ve Hüseyin KASAP*

* Sakarya Üniv., Müh. Fak., İnş. Müh. Böl. Sakarya

ÖZET

Bu çalışmada, 17 Ağustos 1999 Marmara Depreminde orta hasar görmüş bir yapı için yapılmış olan güçlendirme uygulaması hakkında bilgi verilmiştir. Yapının mevcut durumu ve deprem sonucu gördüğü hasarlar kısaca belirtildikten sonra, yapının güçlendirilmesi için seçilmiş olan güçlendirme sistemi tanıtılmıştır. Daha sonra bu güçlendirmenin uygulamasında kullanılan malzemelerin özellikleri ve hazırlanışı ile güçlendirilen kolonların; orta ve kiriş-kolon birleşim bölgelerinde donatı yerleşimleri için yapılan uygulamalar anlatılmıştır.

Anahtar Kelimeler : Güçlendirme, Betonarme Yapı, Deprem

A STRENGTHENING APPICATION OF A BUILDING DAMAGED DUE TO 17 TH AUGUST 1999 MARMARA EARTHQUAKE

ABSTRACT

In this study, some informations about the application of strengthening of a reinforced concrete building which was damaged during the Marmara Earthquake occured on August 17, 1999 is presented. After, the status of the structure and the damages was determined, the chosen system for stengthening the building was explained. Then, the properties and the preparation of the materials which were used in strenthening applications of the building and the applications for the placement of reinforcements at the centre of columns strengthened and in the beam-column joints are explained.

Keywords : Strengthening, RC Structure, Earthquake

1. GİRİŞ

17 Ağustos 1999 Marmara Depreminde Sakarya, Kocaeli, Yalova, Bolu ve Düzce illerinde ve bu illere bağlı bazı ilçelerde bulunan yapıların bir kısmı yıkılmış, bazı binalar da onarılamayacak kadar ağır hasar görmüş ve bunların yıkımına karar verilmiştir. Diğer taraftan yapılan hasar tespit çalışmaları sonucunda hasar görmüş bir kısım binaların hasarlarının onarılabilecek seviyede olduğu tespit edilmiştir. Bu binalardan orta hasarlı olarak sınıflandırılanlarının güçlendirilmesinin gerektiğine karar verilmiştir. Bu çalışmada Sakarya İli - Erenler Beldesinde bulunan orta hasarlı bir bina için yapılmış olan güçlendirme uygulamaları hakkında bilgi verilmiştir.

2. MARMARA DEPREMİ

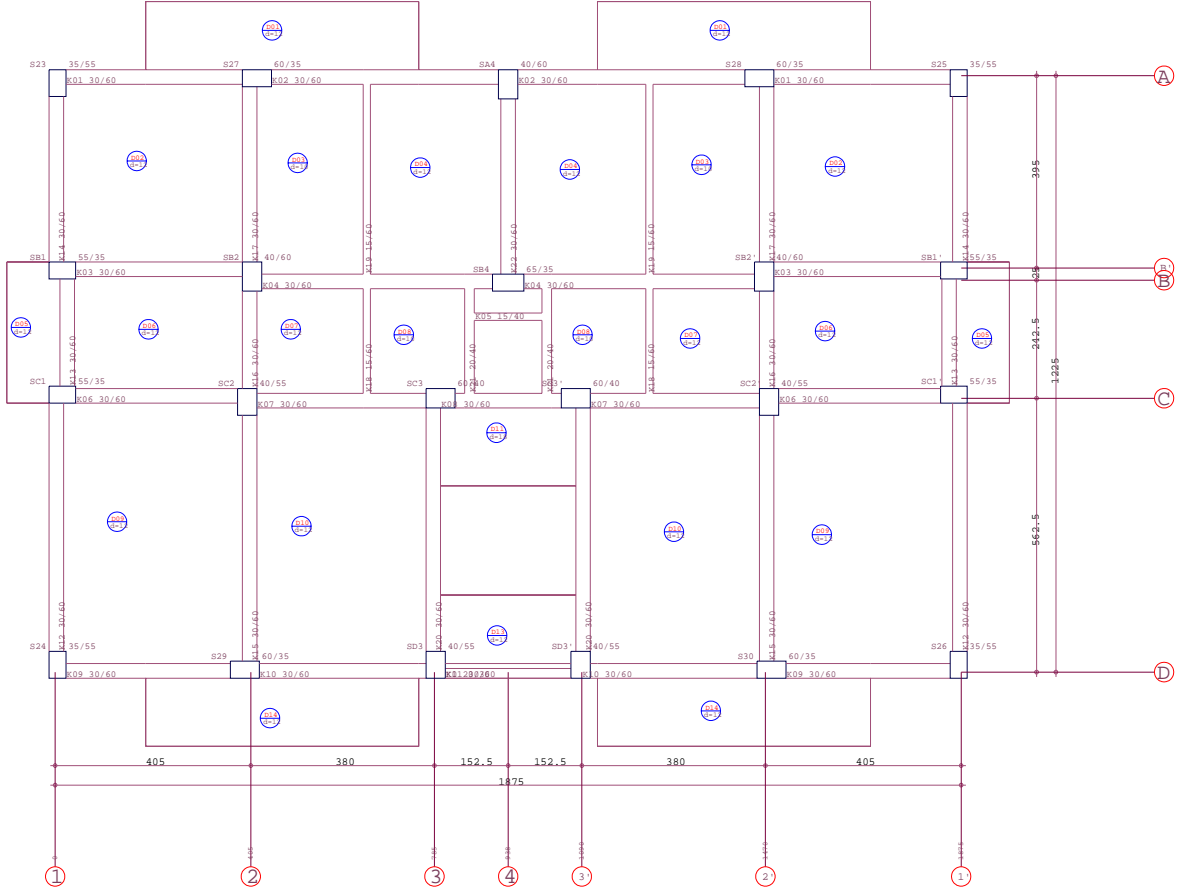
17 Ağustos 1999 tarihinde İzmit Körfezi ve civarını yıkan 7.4 büyüklüğünde yıkıcı bir deprem meydana gelmiştir. Deprem 16 bin kişinin ölümüne, 25 binden fazla kişinin yaralanmasına ve 75 bin civarında binanın tamamen yıkılmasına neden olmuştur. Depremde Kuzey Anadolu Fayı'nın Gölyaka-Karamürsel arasında uzanan yaklaşık 100-120 km'lik bölümü kırılmıştır. Deprem, Gölyaka-Karamürsel arasında uzanan dört fay segmentini kıran birkaç şoklu yırtılmadan oluşmuştur. Dış merkezi Gölcük olan ilk ana şok, Gölcük-Sapanca Gölü arasında uzanan 40 km'lik bölümü ve Gölcük-Karamürsel arasında deniz içerisinde uzanan 20-30 km'lik bölümünü; dış merkezi Sapanca Gölü-Akyazı arasında kalan ikinci ana şok ise Sapanca Gölü-Gölyaka arasında uzanan 50 km'lik bölümünü kırmıştır. Her iki yırtılma, dış merkez ortada olacak şekilde iki yönde yayılmıştır. Bu nedenle, ilk şok 3 m'lik sağ yönlü yatay atıma, ikinci şok 1.5 m'lik yatay atıma neden olmuş ve iki kırığın çakışma bölgesinde 4.5 m'lik yatay atım gelişmiştir. 45 saniye süren depremin en büyük şiddeti, X (MSK) olarak belirlenmiştir. En büyük yer ivmesi Adapazarı yer hareketi istasyonunda 0.4 g olarak kaydedilmiştir. Yumuşak zeminde kaydedilmiş bu değer, sert zeminlere göre hareketin dört kat büyütüldüğünü göstermektedir [1].

3. İNCELENEN BİNALARIN TAŞIYICI SİSTEMİ VE HASAR DURUMLARI

Bu çalışmada güçlendirme uygulaması yapılan binalar, Sakarya İli Erenler Beldesinde bulunmakta olan Birlik Sitesi adlı kooperatife ait 12 ayrı blok halinde inşa edilmiştir. Binalar 4 adedi A, 8 adedi ise B tipi olmak üzere iki ayrı tipte ve 1975 Deprem Yönetmeliği'ne göre kolon-kiriş çerçeve sistemli olarak projelendirilmiştir. A ve B tiplerinin taşıyıcı sistemi aynı olmakla beraber kat alanları A tipi binalarda yaklaşık 200 m², B tipi binalarda ise yaklaşık 260 m² dir. Bu binalardan B tipi bir binanın zemin kat planı Şekil 1'de verilmiştir.

Binalar Zemin kat + 4 Normal katlı olup, zemin katları bodrum ve kısmen dükkan olarak, normal katlar ise konut olarak kullanılmaktadır. Zemin kat yüksekliği A tipi binalarda yaklaşık 4.20 m, B tipi binalarda ise yaklaşık 4.40 m olup, normal katlar ise 2.88 m yüksekliğindedir.

Elektronik Schmidt çekici ile yerinde yapılan tespitlerde yapılarda mevcut beton sınıfının C20 olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 1. B tipi binalar için güçlendirme öncesi zemin kat planı.

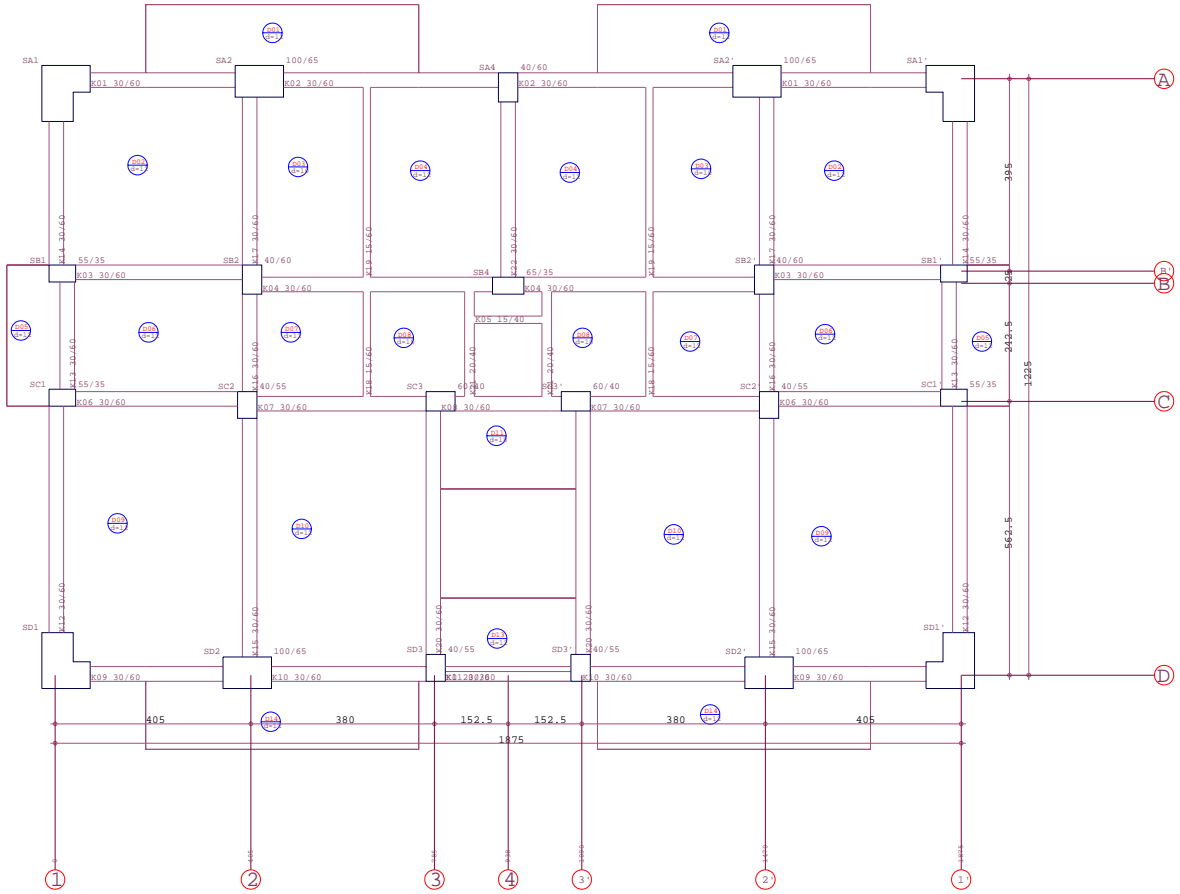
Binaların bulunduğu alanda yapılan sondajlarla alınan zemin numunelerinin laboratuvar ortamında incelenmesi sonucunda; A1-A4 bloklarında zemin emniyet gerilmesinin minimum değeri $\sigma_{z,em} = 2.0$ kPa, yerel zemin sınıfı Z2, B1-B5 bloklarında ise $\sigma_{z,em} = 1.8$ kPa, yerel zemin sınıfı Z2, B6-B8 bloklarında $\sigma_{z,em} = 1.4$ kPa, yerel zemin sınıfı Z3 olarak belirlenmiştir. Aynı inceleme sonucunda yapıların bulunduğu zeminde sıvılaşma riski bulunmadığı tespit edilmiştir.

Deprem sonrasında yapılan tespitlerde, binaların özellikle zemin katlarındaki köşe ve kenar kolonların bazılarının üst uç bölgelerinde ve kolon-kiriş birleşim bölgelerinde ve kirişlerin bazılarında çatlakların oluştuğu görülmüştür. Bunun yanında zemin kat duvarlarının kısmen yıkıldığı veya çatladığı tespit edilmiştir.

4. GÜÇLENDİRME SİSTEMİ

A ve B tipi olarak tanımlanan 12 blok halindeki bütün yapıların güçlendirmesi amacıyla genelde hasar oluşan 4 köşe kolonu zemin kattan son kata kadar dışta 0.15 m., içte 0.10 m. olmak üzere 4 kenarından mantolanarak L tipi ve oldukça rijit bir kolona çevrilerek yanal kat deplasmanlarının büyük oranda azaltılması amaçlanmıştır. Son katta ise dıştan ve kiriş altından mantolama yeterli görülmüş olup, içten mantolamaya gerek görülmemiştir. Ayrıca zemin katın yüksekliğinin diğer katlardan fazla olması nedeniyle bu kattaki yumuşak kat oluşumunu azaltmak amacıyla, sadece zemin katta ön ve arka cephede köşelere yakın 4

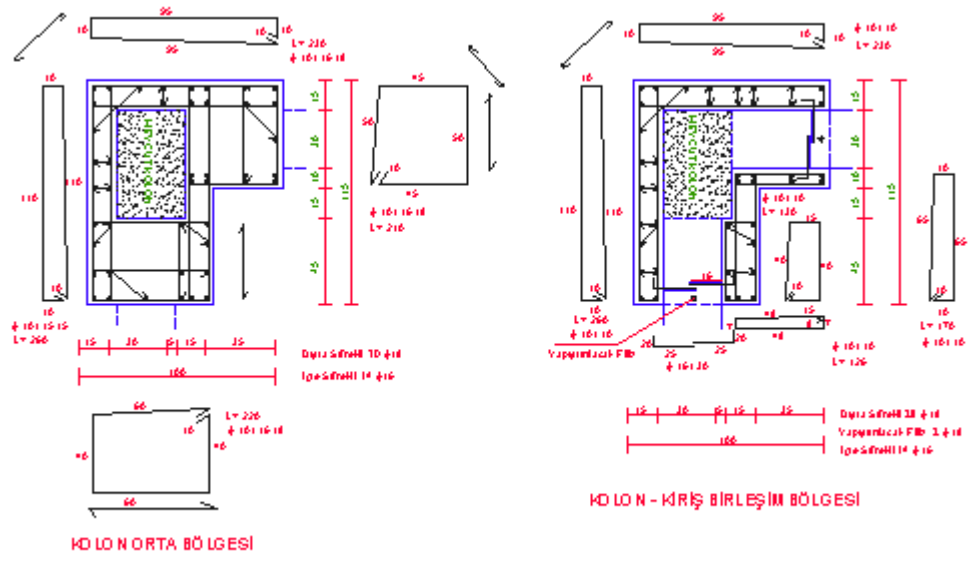
kolonda da dört tarafından 0.15'er m. mantolama ön görülmüştür. Mantolanan bu kolonlar, yatay kuvvetlerin en az %70'ini alacak şekilde boyutlandırılmışlardır. Yine B tipi binalar için, güçlendirme sonrasında taşıyıcı sistemi gösteren zemin kat planı Şekil 2'de verilmiştir.



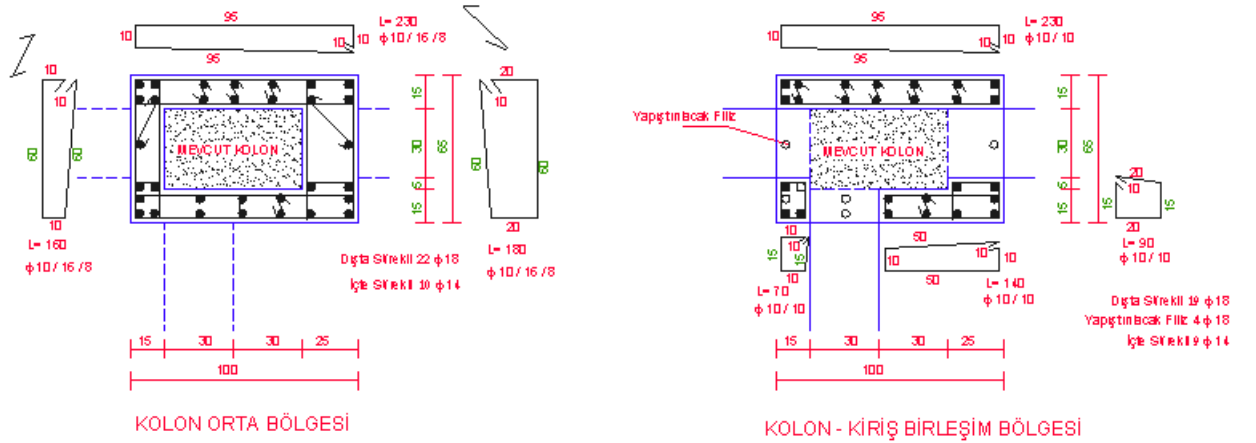
Şekil 2. B tipi binalar için güçlendirme sonrası zemin kat planı.

Söz konusu binalar yukarıda bahsedilen güçlendirilmiş olan yeni taşıyıcı sistemle 1998 Deprem Yönetmeliği'ne göre kontrol edilmiş ve bu durumda taşıyıcı sistem boyut ve donatılarının yeterli olduğu görülmüştür. Yapının süneklik düzeyi yüksek kabul edilerek hesaplarda davranış katsayısı $R = 5.5$ alınmıştır. Bina boyunca en alt kattan en üst kata kadar köşe kolonlarda yapılan güçlendirmenin kolonun orta bölgesinde ve kolon-kiriş birleşim bölgelerinde olmak üzere boyut ve donatı detayı, örnek olarak zemin katta bulunan SA1 kolonu için aşağıdaki şekilde verilmiştir (Şekil 3).

Yalnız zemin katta bulunan ve köşe kolona yakın olan 4 adet kenar kolondaki güçlendirmenin boyut ve donatı detayı ise Şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 3. Zemin kat SA1 kolonundaki güçlendirme detayı



Şekil 4. Zemin kat köşe kolonlara yakın 4 adet orta kolondaki güçlendirme detayı

5. KULLANILAN MALZEMELER

5.1 Beton

Yapılan güçlendirmede kullanılan beton; günlük tüketimin az olması (8-10 m³), bu miktar betonun uzun sürede tüketiliyor olması ve özel bileşiminden dolayı, inşaat mahallinde 250 lt kapasiteli bir betoniyerde itina ile hazırlanarak üretilmiştir. Satın alınan agregalar, çimento ve katkı maddeleri inşaat sahasına getirilerek stoklanmış ve **C35** sınıf dayanımında, akıcı kıvamlı bir beton üretilmesi amaçlanarak buna göre gerekli bileşim hesabı 1 m³ beton için yapılmıştır. Bulunan sonuçlar üretimin bir torba çimento (50 kg) başına yapılacağı düşünülerek karışımındaki diğer malzemeler bu miktar bir çimentoya göre uyarlanıp, ölçülebilen hacim cinsinden hesaplanarak verilmiştir. Buna göre bir harman beton için bileşiminde kullanılan malzeme miktarları Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Bir harman beton bileşimine giren malzeme miktarları

Malzemeler	Miktar
Çimento	50 kg (PÇ 42,5)
Kum (0-5mm)	75 lt
Taş tozu	25 lt
Mıdır I (6-10mm)	50 lt
Mıdır II (10-16mm)	30 lt
Su	20 lt
Süper akışkanlaştırıcı	0,75 kg
Çelik tel	4 kg
Rötre önleyici toz katkı	1 kg (sadece kiriş altı bölgesinde)

Her malzeme miktarına uygun ölçü kapları hazırlanarak malzemeler hacim esasına göre ölçülüp betoniyer kazanına boşaltılmıştır. Beton kalitesinin denetimini sağlamak amacıyla üretim esnasında malzemelerin doğru ölçülmesi ve karıştırılması sürekli kontrol edilerek üniformluluk sağlanmaya çalışılmıştır. Değişik zamanlarda alınan beton numunelerinin laboratuvar koşullarında (su içerisinde) saklandıktan sonraki 28 günlük standart küp basınç dayanımlarının ortalama 45 MPa 'nın üstünde olduğu, bunun da C35 kalite sınıfı bir betona karşılık geldiği görülmüştür. Kalıp malzemesi olarak özel hazırlanmış iki yüzeyi film kaplı 20 mm kalınlığında beton kontrplağı ile bu kalıpların bağlanması ve sıkılmasında özel olarak hazırlanmış kutu profil demirleri, tığ demir çubukları ve çiroz somunlar kullanılmıştır. Betonun yerleştirilmesinde teçhizatın yoğunluğu, kalıbın darlığı ve kolon yüksekliğinin her katta tek aşamada doldurulması gerektiği dikkate alınarak iki farklı sıkıştırma yöntemi birlikte uygulanmıştır. Bunlardan biri dalıcı vibratör ile betonu içten, diğeri vibratörün ucuna takılan özel bir aparat tampon ile kalıba dıştan titreşim uygulamasıdır. Bu işlemler sonucunda brüt beton yüzeyi elde edildiğinden yüzeyin sıvanmasına gerek kalmamıştır. Uygulama yaz ayında yapıldığından kolon kalıpları bir gün sonra sökülüp beton yüzeylerine üç gün sürekli ıslak kür yapılmıştır.

5.1.1 Agregalar

Beton üretiminde; Sakarya bölgesinden temin edilen yıkanmış – elenmiş oldukça temiz doğal nehir kumu ile kırma malzeme olarak yine aynı bölgeden çıkarılan kalker kökenli kırma taş tozu, I. No mıdır (6 – 10 mm) ve II No mıdır (10 – 16 mm) olmak üzere toplam dört ayrı agrega kullanılmıştır. Bu malzemeler inşaat mahalline getirilerek ayrı ayrı, fakat birbirine yakın yerlere stok edilmiştir.

5.1.2 Çimento

Karışımında PÇ 42,5 torba çimento kullanılmıştır. 1 m³ taze beton içindeki çimento miktarı (dozaj) 400 kg tasarlanarak üretimde yer alan diğer malzemeler bir torba çimento başına göre hesaplanarak şantiyede ölçülebilen hacim cinsine dönüştürülerek verilmiştir.

5.1.3 Katkı Maddeleri

Beton üretiminde farklı amaçlar için üç ayrı katkı maddesi kullanılmıştır. Bunlar süper akışkanlaştırıcı – kıvam koruyucu, rötre önleyici ve süneklik – tokluk artırıcı çelik tel katkılarıdır.

Süper Akışkanlaştırıcılar

Süper akışkanlaştırıcılar karışımdaki su miktarını azaltmak için kullanılmaktadır. Betondaki karma suyunun görevi çimentonun hidrasyonunu sağlamak ve agrega yüzeylerini ıslatarak betonun belli bir kıvamda kalıbına boşluksuz yerleşmesini gerçekleştirmektir. Kullanılan su gerekli miktarın altında kaldığında işlenebilme zorlaşacak, bunun sonucu boşluk miktarı artacaktır. Su gereğinden fazla kullanıldığında ise boşluklardaki fazla su buharlaşarak sertleşmiş betondaki boşluk oranını artıracaktır. Bu da betonun hem geçirgenliğini hem de dayanım ve dayanıklılığını olumsuz yönde etkileyecektir. Bu nedenle, betonun performansını etkileyen en önemli unsur karışımdaki su – çimento oranıdır. Bu oran belli bir işlenebilirlik için ne kadar düşük olursa beton performansı o nispette yüksek olacaktır. Bu amaçla karışımda su miktarını artırmadan işlenebilir kıvamda bir beton üretiminin yegane yolu akışkanlaştırıcı veya süper akışkanlaştırıcı katkı maddeleri kullanmaktır. Bu katkı maddelerinin genelde kullanım amaçları [2];

- İşlenebilirliği katkısız betonla aynı tutarak su / çimento oranını düşürüp daha yüksek dayanımlı beton elde etmek,
- Su – çimento oranını değiştirmeden betonun kıvamını artırarak “akıcı beton” işlenebilirliği kolaylaştırmaktır.

Karışımında kullanılan süper akışkanlaştırıcı katkının su azaltma oranı % 15 in üzerinde olup bunun yanı sıra kıvam koruma özelliği de mevcuttur. Güçlendirme betonu yazın sıcak aylarda üretildiğinden bunun ne denli önemli olduğu açıktır. Günümüzde bu katkıların hazır beton sektöründe yaygın ve sürekli kullanılması bunları betonun vazgeçilmez bileşeni haline getirmiştir. Elde edilen sonuçlara göre beton üretiminde akışkanlaştırıcıların kullanılması ile hem üretim ve yerleştirme kolaylaşmakta hem de beton performansı yükselmektedir. Böylece karışımdaki su miktarını artırmadan işlenebilme iyileşmekte, beton kalıbına daha az enerji ile boşluksuz olarak yerleştirilebilmektedir. Güçlendirme işleminde kesit darlığı ve donatı yoğunluğu dikkate alındığında işlenebilirliğin yüksek seçilmesinin ne denli önemli olduğu anlaşılır. Yapılan güçlendirme işleminde bu katkı, çimento ağırlığının %1,5’i oranında kullanılmıştır.

Çelik Lifler

Çelik lifler betonun zayıf olan mekanik özelliklerini iyileştirmek amacı ile kullanılmaktadır. Günümüzde süresiz dağılı liflerin betona katılması; betonun çekme dayanımını, darbe yüklerine karşı direncini, sünekliğini, enerji emme kapasitesini ve çatlak gelişim karakteristiklerini geliştirmek için kullanılan en etkin yöntemlerden birisidir. Çelik lifler beton içinde çatlak oluşumunu azaltmakta ve oluşan çatlakların da beton içerisinde ilerlemesini yavaşlatarak özellikle betonun eğilme dayanımını artırmaktadır [3]. Yapılan çalışmalarda maksimum yükten sonra, lifli betonlarda, artan deformasyon sonucunda yükün azalma hızının normal betonlara göre çok daha yavaş olduğu anlaşılmıştır. Dolayısı ile liflerin matristen ayrılması ve uzamaları nedeniyle tüketilen enerji lifli betonlarda oldukça fazladır. Bu nedenle lifli betonların sünekliği ve tokluğunun lifsiz betonlara göre önemli artışlar sağladığı belirtilmektedir. Bu özelliklerinden dolayı çelik lifli betonlar (telli beton), deprem güvenliğinin artırılmasında betonarme binalarda, endüstriyel yapılarda, havaalanı ve yol kaplamalarında, tünel kaplamaları ve şev stabilitesinin sağlanmasında püskürtme beton olarak ve çeşitli mimari narin yapı elamanlarının inşasında geniş bir kullanım alanına sahiptir.

Güçlendirmede 30 mm uzunluğunda 0.5 mm çapında birbirine yapışık deste halinde üretilmiş olan Dramix ZC 30 / 0,50 kodlu çelik lifler kullanılmıştır. Üretim esnasında bu lif demetleri su ile karşılaşınca yapıştırıcı kısımların çözülmesi ile tek lif halinde betonun her tarafına dağılmaktadır. Uçları bükülmüş lifler betona ankrajı güçlendirir ve liflerin çekme dayanımları, kırılma ve tek noktada deformasyon gelişimini engelleyerek geciktirirler. Betonda mikro çatlakların genişlemesini durdurarak çatlakta köprü oluştururlar ve yükün bir kısmını çatlığa dik doğrultuda iletirler. Kiriş – kolon birleşim bölgesinin sünekliği üzerinde etkili olarak deprem esnasında bu bölgenin büyük oranda enerji tüketmesini sağlarlar. Çelik lifler beton içerisine ıslak karışım aşamasında 30 kg/m³ miktarında kullanılmıştır.

5.2 Çelik Donatı Çubukları

Yapısal güçlendirmede BÇIIIa nervürlü çelik kullanılmıştır. Kullanılması deprem bölgelerinde önerilen bu çelik çubuklar üzerinde laboratuarda yapılan çekme deneylerinde ilgili standartça öngörülen akma ve çekme dayanımları ile kopma-uzama oranının sağlandığı görülmüştür.

6. GÜÇLENDİRME UYGULAMASI

6.1 Temeldeki Uygulama

Boyuna ve enine kesitleri Şekil 5 ve Şekil 6'da gösterildiği gibi, toprak, pabuç genişliğince kalıp çalışma payı da dikkate alınarak, temel alt kotuna kadar kazılmıştır. Daha sonra temel pabuç demirleri için temel alt kotundan 0.10 m yukarıda, 0.15 m arayla ankraj için delikler açılıp filizler yapıştırılmıştır.

Kolonun dıştaki genişleyen kısmının demirlerinin ankrajı için, temel kirişi yüksekliğince mevcut temelin yan yüzlerine 0.30 m arayla 16 mm çapında C şeklindeki ankraj demirleri açılan deliklere yapıştırılmıştır.

Kolonun temeldeki beton manto kalınlığı, temel üst kotuna kadar 0.10 m artırılmıştır. Temeldeki kolon manto betonuyla, mevcut temel kirişinin birlikte çalışması için ters U şeklinde ankraj demirleri yerleştirilmiştir.

Temel kirişi üstünden 0.30 m derinliğinde delikler açılarak temel kirişi üstüne denk gelen kolon boyuna donatısının sayısı kadar filiz yapıştırılmıştır.

Tüm ankraj delikleri, çapı boyuna donatı çapından 5 mm daha fazla olan hilti ucuyla açılmış ve deliklerin içerisinde bulunan tozlar kompresörle temizlenmiştir. Daha sonra filizler epoksiyle yapıştırılmıştır.

6.3 Zemin Kat Duvarlarının Hasır Donatıyla Güçlendirilmesi

Zemin katın yüksek olması nedeniyle, depremde duvarlarda oluşan geniş çapraz çatlakların onarımı ve gelecekteki şiddetli bir depremde oluşması muhtemel benzer çatlakların önlenmesi amacıyla zemin kat duvarlarına iki yüzden hasır donatı takviyesi yapılmıştır. Bu takviye; basınç ve çekme çubukları oluşturmak için hasır donatılar, duvarların iki yüzüne 0.85 m genişliğinde çapraz doğrultuda yerleştirilerek ve iki yüzdeki hasır donatılar belirli aralıklarla karşılıklı birbirlerine bağlandıktan sonra, duvar yüzeylerine kireçsiz, yüksek dozlu çimento harcıyla kaba sıva uygulanarak yapılmıştır.

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, özgün olan ve önemli görülen bazı sonuçlar şöyle özetlenebilir;

Güçlendirmede, günlük tüketimin fazla olmaması halinde, endüstriyel hazır beton kullanmak yerine, malzemeler inşaat mahallinde hazırlanarak betonun bir reçete dahilinde ve kontrollü bir biçimde betoniyerle üretilmesi, kullanıma daha uygun olacaktır. Yapılan işin özelliğinden ve öneminden dolayı; belli miktardaki bir betonun daha uzun sürede tüketiliyor olması, farklı katkı maddelerinin kullanılabilmesine fırsat sağlaması ve bileşimin yeniden düzenlenmesi gereğinin duyulması ile talep edilen zamanda temin edilebilmesi, ancak betonun yerinde üretilmesi ile mümkündür. Aksi halde, bölgemizdeki bir çok binanın güçlendirilmesi esnasında yapılan gözlemlerde de görüldüğü gibi sabahtan getirilen bir mikser betona sürekli su katılarak akşama kadar kullanılabilir. Bunun yanı sıra beton bileşiminin kalıptaki yerine uygun olmadığı yapılan tespitlerde yaygın olarak görülmüştür.

Yapılan güçlendirmede mevcut sistemde büyütülen(mantolanan) temel ve kolonların yüzeyleri beton seviyesine kadar açılmış, eski beton kırılmamıştır. Sadece mantonun isabet ettiği döşeme betonu kırılmış ve temeldeki kolon manto betonuyla mevcut temel kirişinin birlikte çalışmasını sağlamak için ters U şeklinde ankraj demirlerinin geldiği yerlere delikler açılmıştır.

Mantolanan kolonlarda eski ve yeni betonun temas yüzeylerinin ve mevcut kirişin bir bütün olarak çalışmasını temin etmek amacıyla, mantolanan kolonun içinde kalan kirişe; kiriş altından yukarı, kiriş üstünden aşağı doğru olmak üzere U şeklinde yerleştirilen ankraj demirlerinden yararlanılmıştır. Çapları 16 mm olan bu ankraj demirleri, 15 cm arayla kolon manto etriyelerinin içinden geçecek şekilde düzenlenmiştir (Şekil 7).

Ağır duvar hasarlarının onarım ve güçlendirilmesi amacıyla iki yüzüne belli aralıklarla çapraz doğrultuda yerleştirilen çelik hasırlar, yine belli aralıklarda karşılıklı birbirine bağlandıktan sonra duvar yüzeylerine kireçsiz, yüksek dozlu çimento harcıyla kaba sıva uygulaması yapılması zemin kat duvarlarına oldukça iyi bir rijitlik kazandıracaktır.

KAYNAKÇA

- [1] “17 Ağustos 1999 İzmit Körfezi Depremi Raporu”, TC Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü Deprem Araştırma Dairesi Başkanlığı, Ankara Ocak 2000.
- [2] Yılmaz, K., “Normal ve Süper Akışkanlaştırıcıların Betona Kazandırdıkları”, Hazır Beton Dergisi, İstanbul Mart- Nisan 2002.
- [3] Arslan, A., “Lifli Betonların Genel Özellikleri”, Hazır Beton Dergisi, İstanbul Kasım-Aralık 1999.
- [4] “ATC-20 : Procedures for Post-Earthquake Safety Evaluation of Buildings”; App Technology Council, California 1989.
- [5] Celep Z., Özcan Z., “Erzincan’daki Betonarme Bir Caminin Deprem Davranışının İncelenmesi”
- [6] Celep Z., Özcan Z., “Erzincan’daki Betonarme Bir Binanın Deprem Davranışının İncelenmesi”
- [7] “Repair and Strengthening of Reinforced Concrete, Stone Brick Masonry Buildings”, Building Construction Under Seismic Conditions in the Balkan Region, UNDP/UNIDO Project Rer/78/015, Vienna 1983.
- [8] Celep Z., Kumbasar, N., “Yapı Dinamiği”, Sema Matbaacılık, İstanbul 2000.
- [9] Celep Z., Kumbasar, N., “Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı”, Sema Matbaacılık, İstanbul 2000.
- [10] “Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar hakkında Yönetmelik”, 1998.
- [11] Demir, H., “Depremlerden Hasar Görmüş Betonarme Yapıların Onarım ve Güçlendirilmesi”, İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Matbaası , İstanbul 1992.
- [12] “Marmara ve Düzce Depremleri Mühendislik Raporu”, Deprem Mühendisliği Araştırma Merkezi Üyeleri, Ankara Nisan 2000.
- [13] Bayülke, N., “Depremlerde Hasar Gören Yapıların Onarım ve Güçlendirilmesi”, İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi Yayın No:15, İzmir 1999.