

TÜRKİYEDEKİ SON DEPREMLER VE BETON

Mehmet Ali TAŞDEMİR M.Hulusi ÖZKUL Hakan Nuri ATAĞAN
İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi , 80626 Maslak, İstanbul

ÖZET

Marmara Depremi, 1200 km'lik Kuzey Anadolu Fay Hattının 120 km'lik bir bölümünde yüzey kırılmasına neden oldu. Bu deprem büyük ölçüde Düzce-Çınarcık hattını etkiledi. Bölge Türkiye Endüstrisinin üçtebirini kapsamaktadır. Söz konusu bölgede beton performansının çok kötü olduğu iyi bilinmektedir. Tamamen göçen veya ağır hasar gören bazı yapılardan karot numuneler alındı. Bu numuneler İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Yapı Malzemesi Laboratuvarında denendi. Elde edilen sonuçlar bu çalışmada hem dayanım hem de dürabilite yönüyle değerlendirildi.

1. GİRİŞ

17 Ağustos 1999 tarihinde saat 03.02'de Marmara'nın doğusunda olan depremin büyüklüğü 7.4 olarak kaydedildi. Bu deprem ülkemizin yaşadığı en büyük felaketlerden biri olarak nitelenebilir. Nedeni ise 1200 km uzunluğunda olduğu bilinen Kuzey Anadolu Fay Hattı'nın Düzce'den Çınarcık'a kadar yaklaşık 120 km'lik bölümünün kırılmasıydı. 45 saniye süren bu depremin izleri çok uzun bir süre ülkemiz insanlarının hafızalarından silinmeyecek kadar derindir. Merkez üssü Gölcük olan Marmara Depremi sadece 44 000'nin üzerinde yaralı ve 20 000 civarında insan kaybıyla sınırlı kalmadı, ülkemizin candamarı olan sanayi tesislerinde de büyük tahribata neden oldu. Bu deprem nedeniyle 141 000 kişi işini kaybetti. 134 000 aile de evsiz kaldı. 245 000 ev ve konut kullanılamaz hale geldi. Bu depremin Türkiye ekonomisinde yarattığı kaybın yaklaşık 15 milyar ABD doları olduğu tahmin edilmektedir. Üzerinden yaklaşık iki ay geçen bu deprem sonrasında en çok konuşulan bölgenin jeolojik yapısı oldu. Bundan sonraki büyük şokun ne zaman olabileceği üzerine senaryolar üretildi. Ülke insanı konuşulanları ve tartışmaları televizyonlardan ve basından ilgiyle izledi, çoğu insan adımı ilk kez duyduğu jeofizik ve sismoloji konularıyla ilgilenmeye başladı. Ancak göçen yapılardaki hasarların nelerden kaynaklandığı konusunda maalesef çok az bilgi edinildi. Çok yaygın kullanımı olan ve göçen göçmeyen bütün binalarda kullanılan betonların kalitesi konusunda kamuoyu yeteri kadar anlatılamadı. Uzun bir geçmişe sahip

olan Yapı Mühendisliği ülkemizde de gelişmiş olmasına ve sadece ülkemizde değil ülke sınırları dışında da önemli yapıları başarıyla inşa etmemize karşın Marmara Depreminde yaşananların sorgulanması ve gerekli önlemlerin zaman kaybına neden olmadan alınması gereklidir. Gerek nüfus yoğunluğunun, gerek sanayisinin büyük bir bölümü deprem kuşağında olan Türkiye bu bölgeleri terketmeyeceğine göre Bilgi ve Bilim ile yaşamayı öğrenmesi, geçmiş depremlerden çıkarılmayan derslerin en azından bu depremden çıkarılması gerekir. Bu yazıda daha çok beton kalitesi üzerinde durulmakla yetinilmektedir. Ancak bu deprem ve öncekiler de bina hasarlarında beton kalitesinin önemini büyük bir açıklıkla ortaya koymaktadır.

2. BİR İNŞAATIN YAPIM SÜRECİ DİSİPLERARASI BİR OLAYDIR

Bir yapıdan beklenen; dayanım, dürabilite (dayanıklılık), ekonomi, fonksiyon ve estetiği sağlamasıdır. Yapıyla ilgili mimar ve mühendisler bu unsurları birleştirmek durumundadır. Bir yapı üretilirken şu aşamalardan geçilmelidir:

- a) Yapı tasarımı: i) Yer seçimi, ii) Zemin etüdü, iii) Sistem seçimi, iv) Projelendirme ve v) Projenin ayrıntılandırılması.
- b) Malzeme seçimi ve malzemenin denetimi: i) Kullanılan malzemelerin davranışı, ii) Seçilen malzemelerin amaca uygun olup olmadığı, iii) Kullanılan malzemelerde kalite denetim süreci.
- c) İnşaat süreci: i) Tasarım ile uyumlu bir yapı üretim teknolojisi, ii) Montaj ve işçilik.

Yapı servis ömrünü tamamlayıncaya kadar projenin sürdüğü düşünülmelidir. Ülkemizde yeterince önem verilmeyen ancak Marmara Depremiyle önemi ortaya daha belirgin olarak çıkan binaların bakımı ve onarımı aşamalarını da bu sürece eklemek gerekir.

Ülkemizde bu aşamalara gereken özenin gösterilmediği bir kez daha ortaya çıkmıştır. Aşağıda bu konulara da değinilecektir.

3. DENEYLER VE GÖZLEMLER

Marmara Depremi'ni izleyen 2. ve 3. günlerde Türkiye Hazır Beton Birliği'nin de desteği ile Bağcılar, Avcılar, Yalova, Çınarcık, Gölcük, Kocaeli ve Adapazarı'nda yıkılan veya ağır hasara uğrayan binalardan beton bloklar alındı, bunlardan İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Yapı Malzemesi Laboratuvarında beton karot numuneleri çıkarılarak basınç dayanımları bulundu. Elde edilen sonuçlar Tablo 1 de gösterilmektedir.

Tablo 1 in incelenmesinden görüldüğü gibi Bağcılar, Avcılar, Yalova, Gölcük ve Çınarcık'da göçen veya ağır hasara uğrayan yapılarda kullanılan betonların TS 500 ve TS 11222'deki taşıyıcı beton sınıfına girmemekte, yani dayanımları 14 N/mm²'nin altında kalmaktadır. Adapazarı'ndaki iki yapıya ait betonlar ile Yalova ve Gölcük'deki bazı betonların taşıyıcı beton sınıfına girmeleri ise ya deney sayısının yetersizliğinden dolayı ortaya çıkan

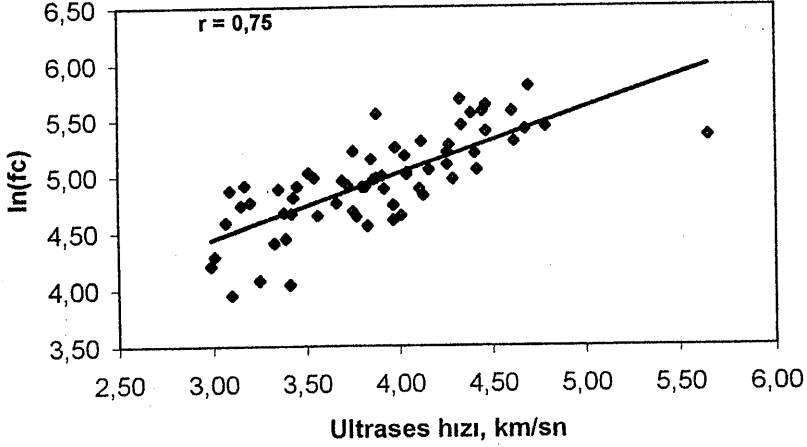
Tablo 1: Deprem bölgesinde ağır hasar görmüş veya yıkılan yapılardan alınan beton karot numunelere ait basınç dayanımları

Yer	Beton karot basınç dayanımları, N/mm ²	Ortalama basınç dayanımı, N/mm ²	Ortalama Eşdeğer Küp Basınç Dayanımı, Kgf/cm ²
Bağcılar	4.0, 6.4, 7.7, 9.6 ve 11.4	7.8	81
Avcılar	4.5, 6.2, 7.5 ve 12.7	7.7	79
Adapazarı	9.2, 10.3, 18.6 ve 32.6	-	-
Kocaeli	10.7, 11.2, 12.3, 12.5, 13.6, 13.7, 14.4, 14.8, 15.3, 15.4, 16.2, 18.1, 19.6, 20.6 ve 22.0	15.4	163
Yalova	9.2, 9.4, 9.8, 9.9, 10.5, 11.5, 12.4, 12.5, 13.0, 13.4, 13.8, 13.8, 14.2, 16.5, 16.7, 17.0 ve 23.5	13.4	132
Çınarcık	4.8 ve 5.4	-	-
Gölcük	5.6, 6.0, 9.2, 9.2, 9.5, 11.5, 13.2, 17.4 ve 19.9	11.3	117

rastlantısal bir duruma bağlanabilir, ya da bu yapılarda beton dayanımı dışında sonuç bölümünde diğer etkenlerin biri ya da bir kaçının etken olduğu sonucu çıkarılabilir. Esasen Adapazarı'ndaki problemin birinci derecede zemin olduğu açıktır. Kocaeli'ndeki durumda ise betonların taşıyıcı olmalarına karşın hem zemin hem de üst yapıdaki yapısal sorunların etkili olduğu düşünülebilir. Avcılar ve Bağcılar ise depremin merkez üssünden uzak olmalarına karşın özellikle üst yapı ve ikinci derecede de olası zemin sorunlarından kaynaklanan nedenlere bağlanabilir. Depremin olduğu Marmara bölgesindeki ağır hasar gören veya yıkılan yapılardan alınan 64 beton numune üzerinde basınç dayanımı yanında ultrases hızı, birim ağırlık ve ağırlıkça su emme değerleri de elde edildi. Şekil 1'in incelenmesinden görüldüğü üzere ultrases hızı ile basınç dayanımı arasında iyi bir korelasyon vardır. Basınç dayanımı ultrases hızına bağlayan ve aşağıda verilen denklemdeki korelasyon katsayısı 0,76 dir.

$$f_c = 14,64e^{0,584u} \quad (1)$$

Bu denklemde u ultrases hızını, f_c beton basınç dayanımını göstermektedir.



Şekil 1. Beton Karot Numunelerde Basınç Dayanımı-Ultras ses Hızı İlişkisi

Şekil 2 de ise ağırlıkça su emme değerleriyle beton basınç dayanımı arasındaki bağıntı verilmektedir. Bu şeklin incelenmesinden de görüldüğü üzere basınç dayanımı ile su emme arasında iyi bir korelasyon vardır. Bu ilişkiyi ifade eden Denklem (2) de verilen bağıntıdaki korelasyon katsayısı 0,77 dir.

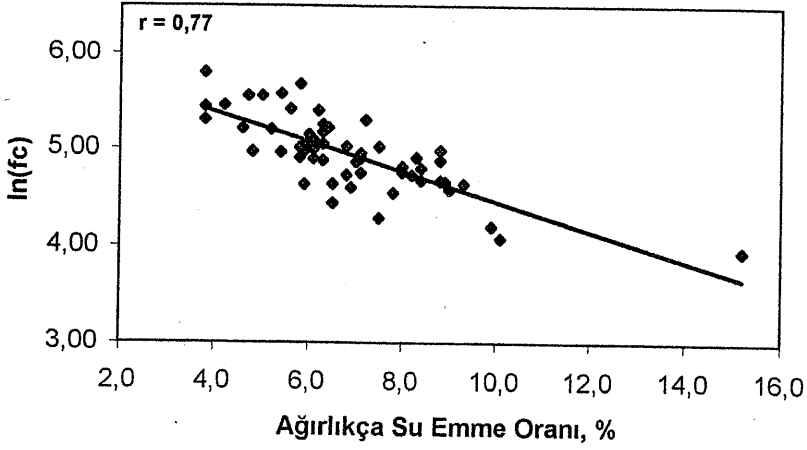
$$f_c = 407,5e^{-0,155(s)} \quad (2)$$

Bu denklemde s ağırlıkça su emmeyi göstermektedir. Şekil 2'nin incelenmesinden görüldüğü üzere karotların su emme değerleri çok geniş bir aralıkta değişmektedir. Normal betonun ağırlıkça su emme değerinin %4-%5 mertebelerinde olduğu düşünülürse deprem bölgelerindeki betonların düşük kalitede olmalarının diğer bir göstergesi de su emme değerlerindeki aşırı yükselmelerdir. Bu tür betonlarda basınç dayanımının düşük olması ile sonuçlanan sakinca yanında dürabilite bakımından da yetersiz durum belirgin biçimde ortaya çıkmaktadır.

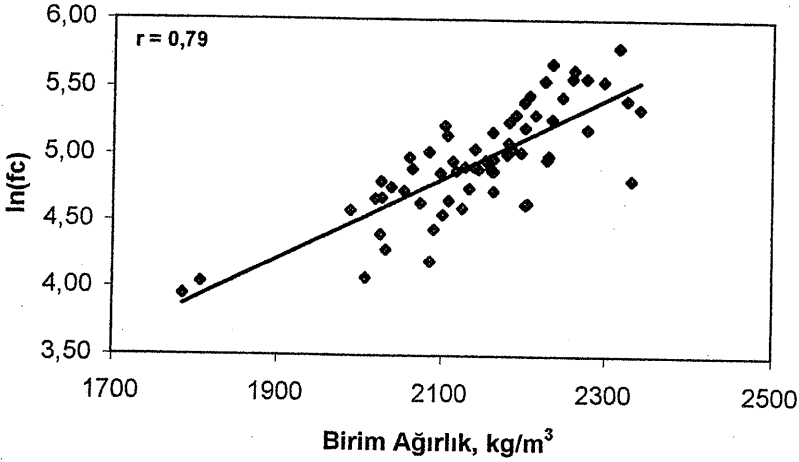
Şekil 3'de görüldüğü gibi karot numunelerinde basınç dayanımıyla birim ağırlık arasındaki bağıntıda iyi bir korelasyon vardır. Denklem 3 ile gösterilen bağıntıdaki korelasyon katsayısı 0.79 dur.

$$f_c = 0,224e^{0,003\Delta} \quad (3)$$

Bu denklemde Δ kg/m³ cinsinden beton birim ağırlığını göstermektedir.



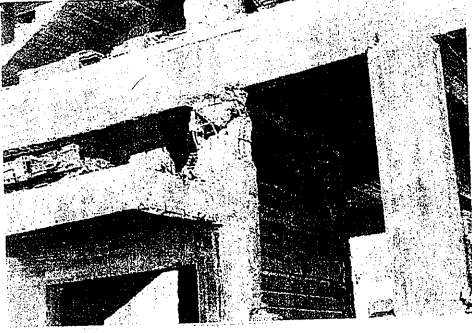
Şekil 2. Ağırlıkça Su Emme-Basınç Dayanımı İlişkisi



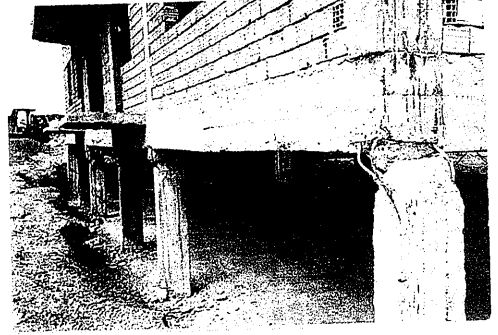
Şekil 3. Karot Numunelerde Beton Basınç Dayanımı ile Birim Ağırlık Arasındaki İlişki

Şekil 1, 2 ve 3 yarı logaritmik ölçekte çizilmektedir. İncelenen bütün özellikler geniş bir aralıkta değişmektedir. Özellikle birim ağırlıktaki değişim aralığı oldukça geniştir. Normal betonun birim ağırlığının $2300\text{-}2400 \text{ kg/m}^3$ arasında olduğu düşünülürse söz konusu karotlarda boşluk miktarlarının aşırı yüksek olduğu Şekil 3'ün incelenmesinden anlaşılmaktadır. Ayrıca

birim ağırlığı hafif beton sınıfına giren betonların olması da ilgi çekicidir. Ancak bunların basınç dayanımları taşıyıcı hafif beton dayanımından çok yalıtım betonlarının dayanım değerlerine sahip oldukları gözönüne alınmalıdır. Şekil 4-8'deki ağır hasar veya yıkılma nedenleri yapısal sorunlardan ve beton kalitesinin uygun olmamasından kaynaklanmaktadır.



Şekil 4. Kısa Kolon ve Düşük Dayanımlı Betondan Kaynaklanan Hasar (İTÜ Yapı-Deprem Arşivi)



Şekil 5. Yumuşak Kat ve Düşük Kaliteli Beton Nedeniyle Kolon Başlarında Plastik Mafsallı Oluşumu (İTÜ Yapı-Deprem Arşivi)



Şekil 6. Kolonda Sıkıştırılmamış Etriyenin ve Kalitesiz Betonun Neden Olduğu Ağır Hasar (İTÜ Yapı-Deprem Arşivi)



Şekil 7. Yetersiz Filiz Boyundan Sınıfına Uygun Olmayan Betondan Kaynaklanan Ağır Kolon Hasarı (İTÜ Yapı-Deprem Arşivi)



Şekil 8. Kolon Kiriş Birleşiminde Kalitesiz Betondan Kaynaklanan Hasar (İTÜ Yapı-Deprem Arşivi)

Birim ağırlık ve su emme özelliklerinin düşük olması, buna bağlı olarak ultrases hızındaki düşüşler söz konusu betonların bileşimlerinde fazla su içermeleri ve bunun sonucu su/çimento oranının düşmesine, ayrıca iyi yerleştirilmemesine bağlanabilir. Ayrıca kür süreleri de yeterli olmadığı için çimento hidrasyonu yeterince gelişememiş ve boşlukların süresizliği sağlanamamıştır. Bu durum yüksek su emme değerleri ve donatı korozyonu şeklinde sonuçlanmıştır.

Tablo 2. Avcılardan Alınan Betonlardaki Tane Boyut Dağılımı

Elek (mm)	Elekten Geçen (%)			
	31.5	16	8	4
Avcılar	100	98	87	70
Avcılar	100	97	91	83
Avcılar	100	100	99	91
Avcılar	100	80	59	51
Avcılar	100	84	80	65

Avcılar'da 5 ayrı binadan alınan karot örnekleri agregalara zarar vermeden kırılmış ve 4 mm ve üzerindeki eleklerden elenmiştir. Betonların ortalama 300 kg/m³ dozajlı oldukları kabul edilerek çimento miktarı, toplam ince malzemeden düşülmüştür. Tablo 2'de gösterilen

deney sonuçlarına göre, en büyük agrega boyutu bazı betonlarda 8 mm, ya da bunun biraz üzerindedir. Kum sınırı olarak kabul edilen 4 mm'den geçen malzeme miktarları denenilen 5 betondan 4'ünde %65'in üzerindedir; %91'e varan değerler elde edilmiştir. Bu şekilde ince agregalarla üretilen betonların su gereksinmesi aşırı yükselir, bunun sonucu olarak su/çimento oranı düşer. Ayrıca ince agregalar arasındaki boşluk miktarı daha yüksektir ve bu boşlukları doldurmak için daha yüksek miktarda çimentoya gerek duyulur. Bu durum betonlardaki düşük dayanımın nedeni olarak kabul edilebilir.

Özetlemek gerekirse; Bağcılar, Avcılar, Çınarcık ve Gölçük'teki betonarme binaların yıkılmasında beton kalitesinin düşük olmasının önemli etkisi vardır. Kalitesiz betonun neden olduğu diğer bir sorun yapının kalıcılığını (dürabilitesini) olumsuz etkilemesidir. Bu konu aşağıda kısaca ele alınacaktır.

4. ÖNCE DEN BİLİ NEN FAKAT DEPREMLE BELİRGİNLEŞEN KOROZYON TEHLİKESİ

Beton kalitesinin düşük olması nedeniyle boşluklu beton betonarme çeliğini koruyamamaktadır. Çelik üzerindeki beton tabakasının (pas payının) yetersiz olması, çoğunlukla da bu tabakanın hiç bulunmaması çeliğin korozyonuna neden olmaktadır. Çeliğin korozyonunda etkili olaylardan biri pas payı tabakasının karbonatlaşmasıdır. Karbonatlaşma, geçirimsiz bir betonda, havadaki karbondioksit betonun boşluklarına girerek hidrasyon sonucu ortaya çıkmış olan kalsiyum hidroksit ile birleşip kalsiyum karbonata dönüşmesidir. Böylece ortamdaki pH derecesi 11-12 mertebelerinden yaklaşık 8'e doğru azalır. Sonuçta çelik üzerinde bulunan pasivasyon tabakası tahrip olur ve çelik korozyona uğrar. Pasivasyon tabakasını yok eden ikinci önemli etken klor iyonlarıdır. Korozyonun sürebilmesi için gerekli olan iki diğer etken ise nem ve oksijen difüzyonu (yayınımı) dur. Bu nedenlerle korozyonun başlayıp sürebilmesi, betonun yeterli geçirimsizliği sağlayamayarak CO₂, Cl₂, nem ve O₂'in difüzyonuna engel olamamasından kaynaklanmaktadır. Geçirimsiz bir beton üretiminde göz önünde tutulması gereken iki etken vardır: su/çimento oranı ve çimento dozajı. TS 11222 Hazır Beton Standardında belirli çevre koşullarında betonun sahip olması gereken maksimum su/çimento oranı ve minimum çimento dozajı verilmiştir. Bir yapıda dürabiliteyi sağlamak için taşıyıcı sistemin gerektirdiği beton sınıfından daha yüksek dayanımlı beton kullanmak gerekebilir. Deniz sahilinde yer almış olan bölgelerde hem rutubet hem de havadaki klor iyonu konsantrasyonu yüksektir. Böylece korozyonu önlemesi gereken beton da zayıf olunca donatı korozyonu büyük bir sorun olarak gündeme gelmektedir (Taşdemir ve Akyüz, 1999). Depremden de daha büyük olan bu sorun ne yazık ki zayıf ve çatlamış pas payı tabakasının deprem sonrası dökülmesiyle çoğu yurttan tarafından şaşkınlıkla farkedilmiştir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapıların deprem etkisi sonucu yıkılması bir çok faktöre bağlıdır. Bunlar, zemin durumu, uygun temel seçilmemesi, deprem hesabını da içeren statik projenin bulunmaması ya da yeterli olmaması, projenin değiştirilerek uygulanması, yumuşak kat ya da kısa kolon gibi yapısal

sorunlar, projede belirtilen sınıfta beton kullanılmaması, çelik donatının sınıfının yeterli olmaması, çelik donatının doğru çapta, sayıda ve şekilde yerleştirilmemesi, filiz boylarının yeterli olmaması, etriyelerin yerleştirilmesinde ve işçiliğindeki hatalar olarak sayılabilir.

Erzincan, Dinar ve Adana depremlerinden elde edilen sonuçlar, betonarme yapılarda deprem hasar oranı ile beton kalitesi arasında kuvvetli bir korelasyon olduğunu göstermektedir. 17 Ağustos depremini geçiren bölgelerde alınan beton örneklerin basınç dayanımlarının ağırlıklı olarak taşıyıcı beton sınıfına girmedikleri, bu nedenle yapıların tümüyle yıkılmalarında ya da ağır hasar görmelerinde yetersiz beton kullanımının da önemli bir etken olduğu görüşüne varılmıştır.

Betonun içindeki çeliğin korozyonuna karşı şu önlemler alınabilir: 1) En önemli ve en pratik önlem betonu geçirimsiz yapmaktır; yani betonun su/çimento oranı düşük olmalı, bileşenler ve bileşim standartlara uygun olmalı, vibratör uygulanarak yerleştirilmeli, betona su kürü yeterince uygulanmalıdır, 2) Beton yüzeyine koruyucu malzemeler uygulanmalı (bitüm veya polimer esaslı malzemeler), 3) Çeliğin bir koruyucu ile kaplanması (galvanizasyon, kadmiyum,epoksi ve nikel ile kaplama ya da korozyon inhibitörü içeren katkı ile kaplama), 4) Elektro kimyasal süreçle korozyonun kontrol altına alınması, 5) Önemli yapılarda katodik korunma uygulanması.

Binaların deprem veya korozyon sonrası sorunları için; i) Hasar tesbitlerinin doğru yapılması, ii) Onarım yöntemleri ve gerekli ise Güçlendirme Yöntemlerinin bilinçli yapılması, iii) Deprem sonrası Sistem ve Malzeme davranışının iyi analiz edilmesi yaşanan bunca felaket sonrası kaçınılmazdır. Bu işlemlerin kesinlikle bilgili ve deneyimli konusunda uzman mühendislerle yaptırılması gereklidir.

Bir yapıda hangi özellikte beton kullanılacağı projede açık olarak belirtilmelidir. Projeyi uygulayacak olan şantiye mühendisi projeyi ayrıntılı olarak inceledikten sonra yapıda hangi cins betonların kullanılacağını, projeyi yapan ekiple de konuşarak belirler. Burada betonun sınıfı dışında, dürabilite koşulları, taze betonun kıvamı ve en büyük agrega boyutu ve içeriği de tanımlanır. Kimyasal dış etkilerin bulunduğu durumlarda çimento cinsi de saptanır.

Tanımlanan betonun üretilmesi için beton üretiminde kullanılacak olan agrega, çimento, varsa kimyasal ve mineral katkıların standartlara uygun olması gerekir. Karışım suyunun da içilebilir nitelikte olması, bu mümkün değilse zararlı maddeleri içermemesi istenir. Betonun oluşturan malzemelerin ayrı ayrı standartlara uygun olması da yetmez, belirli sınıf-tür-tipteki betonu üretebilmek için hangi malzemelerin ne oranlarda kullanılacağını da bilmek gerekir. Bu ise bir eğitim ve deneyim işidir. Betonun bileşimine giren malzemelerin miktarları tek tek belirlendikten sonra bunların doğru bir şekilde ölçülmesi gerekir; örneğin agrega ve çimentoda $\pm\%3$ 'den fazla ölçüm hatasına izin verilmez. Bu ise ancak malzemeleri ayrı ayrı tartmakla mümkündür. Bu nedenle göz kararı ölçümün gerçekleştirildiği elle beton dökümünün bu duyarlılığı sağlayamayacağı açıktır. Bunun için ya şantiyede beton santrali kurmak, ya da betonu bir hazır beton tesisinden almak gerekir. Bir çok durumda, ikinci seçeneğin daha ekonomik olduğu bilinmektedir.

Beton denetiminin iki cephesi vardır. Bunlardan birincisi, beton bir hazır beton tesisinden alınıyor ise, hazır beton üreticisinin ürettiği betonu sürekli ve düzenli olarak denetliyor olması gerekir. Örneğin; hergün, o gün sattığı tüm beton sınıf, tür ve tipi için yeterli sayıda örnek alarak bu örneklerin 7. ve 28. günde dayanımını belirlemesi gerekir. Eğer ürettiği beton miktarı belli bir cins için, belirtilen miktarların üzerine çıkıyor ise örnek sayısını da artırmalıdır. Öte yandan hazır beton üreticisi, aynı zamanda betonu oluşturan malzemelerin özelliklerini de periyodik olarak denetlemekle yükümlüdür.

Denetimin ikinci cephesi ise betonu tüketen taraftır, yani betonu yapısında kullanan kişilerin teknik elemanlarıdır. Bir şantiyede kullanılan betonun her 50 m³'ü için, ya da eğer yapı katlar şeklinde yapılıyor ise her kat için 6 adet örnek alınarak basınç dayanımları 7 ve 28. günlerde belirlenmelidir. Bu denetim nasılsa beton üreticisi tarafından örnek alınıyor diyerek ihmal edilmemelidir.

Bir hazır beton üreticisi, genel olarak her ay ürettiği belirli cinsteki betonlara ait dayanım sonuçlarının ortalama ve standard sapmalarını bularak istatistik olarak değerlendirir. Beton tüketicisi olan taraf ise dayanım sonuçlarını bir kez de tüm yapı bittikten sonra ele alarak değerlendirmeli ve amaçlanan beton sınıflarına ulaşıp ulaşılmadığı denetlenmelidir.

Betondan örnek alınarak yapılan denetimler, su içinde saklanan betonlar üzerinde gerçekleştirilir. Bu nedenle yapıdaki gerçek durumu değil söz konusu betonların potansiyel dayanımlarını yansıtır. Gerekirse yapının bitiminde, yapıdan karot örnekler alınarak ve yapıda ultrases hızı ölçümü ve yüzey sertliği gibi yıkıntısız yöntemlerle deney yapılarak da yapıda kullanılan betonun gerçek durumu ortaya çıkarılabilir. Bu durumda betonun bileşim özelliklerinin yanında, kalıplara yerleştirilme derecesinin ve beton döküldükten sonraki bakımının da önemli etkisi vardır. Genel kural olarak beton kalıplara iyi bir şekilde, örneğin vibratör kullanılarak yerleştirilmeli, ayrıca dökümü izleyen günlerde, en az ilk 7 gün sulanmalıdır. Çünkü son iki önlem alınmaz ise beton dayanımında %30-40'a varan düşüşler görülebilir.

Beton denilince agregası, çimento, su ve var ise kimyasal ve mineral katkıların karışımı akla gelir. Burada agregası denilen malzeme ince ve iri bölümlerden oluşur ve her iki tür malzemeyi de belirli oranlarda içermesi gerekir. İnce agregası, genellikle kum adını alır ve iri agregalar arasındaki boşlukları doldurur. Sadece ince agregası ile, yani kum ile yapılan karışıma (kum+çimento+su) harç adı verilir ve sıva işlerinde ya da yapının ince işlerinde kullanılır. Hiç bir zaman harç ile kolon, kiriş gibi taşıyıcı elemanlar üretilemez. Bu tür elemanlar, ince ve iri agregaların bir arada bulunduğu beton ile üretilebilir. Son 17 Ağustos depreminde yıkılan bazı yapılarda sadece kum kullanılarak, yani iri agregası bulundurmeyen harç şeklindeki karışımlarla taşıyıcı elemanların üretildiği görülmüştür. Burada kısmen deniz ya da dere kumu olması önemli değildir, önemli olan karışımın içinde yeterince iri agregası (yani çakıl ya da macır) bulunmasıdır ve malzemelerin standartlara uygun olmasıdır. Benzer durum Adana-Ceyhan depreminde hasar gören yapılarda da gözlenmiştir (Özkul ve Öztaş, 1998). Bu yapılarda kullanılan betonlar tuvenan denilen ve Ceyhan nehrinden çıkarılan

agreganın herhangi bir tasnife tabi tutulmadan olduğu gibi kullanılmasıyla üretilmiştir. Bu durumda, bazı betonlar çok ince, yani kum ağırlıklı, bazı betonlar ise çok iri olmakta, sonuçta beton yeterli özellikleri taşımamaktadır. Dinar ve Erzincan depremlerinde hasar gören yapılarda da tuvenan agregası sorununun yaşandığı gözlenmiştir.

KAYNAKLAR

ÖZKUL, M.H. ve ÖZTAŞ, A., Adana Deprem Araştırma Raporu, T.H.B.B. Dergisi, Yıl 5, Sayı 28, 1998, s.40-42.

TAŞDEMİR, M.A. ve AKYÜZ, S., Betonun Dürabilitesi Üzerine Genel Bir Değerlendirme, T.H.B.B., Yıl 6, Sayı 32, 1999, s.37-43.

RECENT EARTHQUAKES IN TURKEY AND CONCRETE

ABSTRACT

The Marmara earthquake caused surface failure along a 120 km segment of the 1200 km long North Anatolian Fault. This earthquake was strongly affected the Düzce-Çınarcık line. The area includes one third of Turkish industry. It is well known that the performance of concrete in this region was very poor. The core specimens were taken from some structures which were totally collapsed or severely damaged. The specimens were tested in the Building Research Laboratory in the Civil Engineering Faculty at Istanbul Technical University. The results obtained were evaluated from both strength and durability point of view.

