

Prof. Dr. HULUSİ ÖZKUL**(İTÜ İnşaat Fakültesi Malzeme Ana Bilim Dalı Öğretim Üyesi)-**

Sayın Başkan, Sayın Müsteşarımız, Değerli Konuklar; ben de konuşmamda İstanbul'daki yapılara yapı malzemesi açısından yaklaşılmaya çalışacağım.



İSTANBUL'DAKİ YAPILARIN YAPI MALZEMESİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ*

ÖZET

İstanbul'daki yapıların bir bölümü 1999 yılındaki Marmara Depremi sırasında önemli hasarlara uğramıştır. Bu nedenle yapıların olası bir İstanbul depremi'ndeki davranışları açısından yapıldıkları malzemelerin durumları önemlidir. İstanbul'daki yapı stoku genellikle betonarme binalardan oluşmaktadır. Betonarme yapı sisteminde kullanılan iki taşıyıcı malzeme olan beton ve çeliğin durumu önem kazanmaktadır. Bu yazıda, yapılarda kullanılan bu iki malzeme dayanım ve dayanıklılık açısından ele alınmıştır.

1. GİRİŞ

Yurdumuzda son yıllarda oluşan depremlerde yıkılan ya da ağır hasar gören yapılarda temel olumsuzluklardan birisinin de kullanılan malzemelerin standard değerleri sağlamadıkları bilinmektedir. Erzincan, Dinar, Adana, Marmara, Afyon ve Bingöl depremlerinde yerinde yapılan gözlem ve malzemeler üzerinde gerçekleştirilen deneylerde malzeme sorununun önemli olduğu anlaşılmaktadır[1-4].

İstanbul'daki yapı stokunun büyük bir bölümünün betonarme sistemle yapıldığı söylenebilir. Bunun yanında yığma veya karma olarak yapılan yapılar da bulunmaktadır. Betonarme yapıların iki ana taşıyıcı malzemesi beton ve çeliktir. 1980 yılı öncesi üretilen yapılarda hazır beton yöntem ve araçlarından yararlanılmadığı bilinmektedir. Bu dönemde yapılan yapılarındaki beton üretim şekilleri şu şekilde özetlenebilir: Küçük bir bölümünde ağırlık veya hacim esasına dayalı malzeme ölçüm yöntemleri uygulanmaktaydı. Büyük bir bölümünde ise herhangi bir ölçü yönteminden yararlanılmadan göz kararı ile malzeme miktarları belirlenmekteydi. Her iki yöntemde de malzemeler betoniye ile karıştırılmaktaydı. Sonuncu yöntemde ise göz kararı belirlenen malzemeler insan gücü ile karıştırılmaktaydı. İlk yöntemde özenli davranmak koşulu ile belirli bir başarı beklenebilir. Ancak son iki yöntemde başarı şansa kalmıştır.

1980 yılı sonrasında öncelikle İstanbul'dan başlamak üzere hazır beton üretimi yaygınlaşmaya başlamıştır. 2004 yılı verilerine göre yurdumuzda 1 yılda 31.5 Milyon m³ hazır beton üretilmiş ve bunun yaklaşık 2/3'ü üretim süreci kalite güvence sistemine göre denetlenmiştir. Ancak hazır betonun geri kalan bölümünde 3. taraflarca uygulanan bir denetimin varlığından söz edilemez.

*M. Hulusi ÖZKUL (İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi), M. Ali TAŞDEMİR (İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi)

Bu nedenlerle, yapı stokumuzu beton açısından hazır betonun yaygınlaşmasından önce ve sonra olmak üzere iki bölüme ayırmak doğru olacaktır. Ancak, hazır betondan önce yukarıda belirtildiği şekilde ağırlık veya hacim yöntemi ile malzeme miktarlarının belirlendiği küçük bir bölüm de bulunmaktaydı. Diğer taraftan, hazır betonda da denetimsiz üretim yapan bir bölümden söz edilebilir.

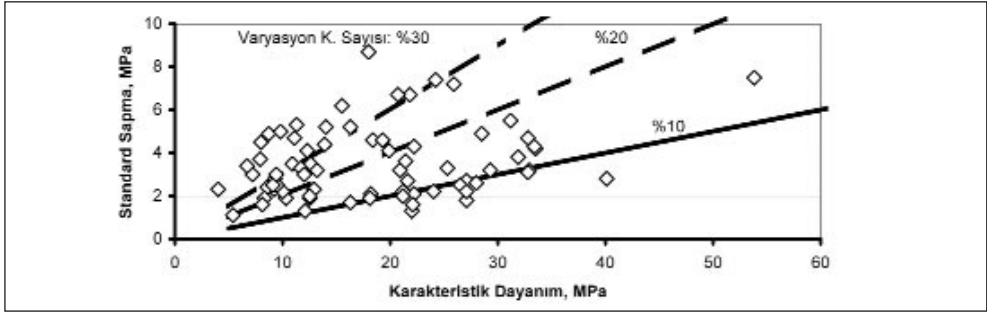
2. BETON ve SORUNLARI

Bilindiği gibi beton agrega, çimento, su, kimyasal katkıları ve varsa mineral katkıların karışımından oluşan bir malzemedir. Beton, bileşen malzemelerin ağırlık esasına göre ve %3'den daha duyarlı bir şekilde tartılarak yeterli şekilde karıştırılması ile TS EN 206-1'de belirtildiği gibi üretilir. Ağırlık yönteminin uygulanması beton santrali kurulmasını gerektirir. Günümüzde, yurdumuzda da beton hazır beton olarak tanımlanan yöntemle üretilmektedir. Betonun iletilmesi de önemlidir ve hazır beton genellikle tranmikserler ile şantiyeye taşınmakta ve pompa ile kalıplarına iletilmektedir. Kalıplara iletilen betonun iyi bir şekilde, vibratör kullanılarak yerleştirilmesi gerekir. Yerleştirilen betona doğru bir şekilde yüzey bitirme işlemi uygulandıktan sonra en az bir hafta süre ile (kış aylarında daha uzun süre) bakım (kür) yapılmalıdır. Puzolanlı çimentolarla yapılan betonlarda kür süresi uzatılmalıdır. Bakımın amacı betona çimento hidratasyonu için gerekli olan suyu sağlayabilmektir. Bunun dışında, yaz ve kış aylarında ayrı olmak üzere beton dökümü sırasında ve izleyen günlerde özel önlemler almak gerekir. Betonun üretim, döküm ve bakım aşamalarında kuralına uygun olmayan şekilde gerçekleşen uygulamalar önemli sorunlara yol açar.

Şekil 1'de İstanbul'da son yıllarda bazı betonarme yapıların betonları üzerinde gerçekleştirilen yıkıntılı-yıkıntısız deney sonuçlarına göre elde edilen karakteristik dayanım (%90 güvenlikli) ve standard sapma değerleri verilmiştir. Bu sonuçlar elde edilirken yapılardan yeterince karot alınmış, ayrıca ölçülen Schmidt sertlik değerleri, karot sonuçları ile düzeltilmiştir. Sonuçlar içinde geleneksel yöntemlerle üretilen betonların yanında hazır beton ile üretilen yapılar da yer almaktadır. Karakteristik dayanım sonuçları arasında 10 MPa'dan daha küçük olan değerler de bulunmaktadır. Söz konusu yapılarda geleneksel yöntemlerle üretilen beton kullanılmıştır. Ancak, karakteristik dayanımı 20 MPa ve üzerinde bulunan yapılar da vardır. Diğer bir nokta ise standard sapmanın ve dolayısı ile varyasyon katsayısının bazı betonlarda yüksek olmasıdır. Varyasyon katsayısı aşağıdaki bağıntıdan hesaplanmıştır:

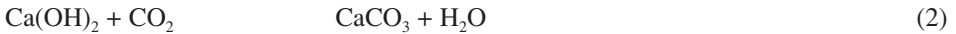
$$\text{Varyasyon Katsayısı} = \text{Standard sapma} / \text{Basınç dayanımı}. \quad (1)$$

Şekil üzerinde %10, %20 ve %30'luk varyasyon katsayı eğrileri verilmiştir. Varyasyon katsayısının %10'nun altında kaldığı betonlarda ancak iyi bir üretim ve uygulama yapıldığından bahsedilebilir. **Şekil 1**'den görüldüğü gibi deney yapılan yapılardaki betonların önemli bir bölümünde varyasyon katsayısı % 10'nun üzerindedir ve %30'a sahip betonlar bile vardır. Bu durum, söz konusu betonlarda üretim aşamasındaki düzensizliği, önemli bir bölümünde ağırlık yönteminin kullanılmadığını göstermektedir. Ancak, hazır beton ile üretilen yapılarda da yüksek varyasyon katsayıları bulunabilir; bu durum da daha çok yerleştirme ve bakım sorunlarından, bir bölümü ise denetimsiz üretimden kaynaklanabilir.



Şekil 1: Karakteristik dayanım ve standart sapmanın değişimi ve varyasyon değerleri.

Taşıyıcı malzeme olarak betondan iki işlev beklenir: Dayanım ve dayanıklılık (dürabilite). Aslında her taşıyıcı malzemeden beklenen bu iki özelliğten birincisi genel olarak mühendislik çevrelerinde kabul görmüş bir durumdur. Ancak yukarıda anlatıldığı şekilde üretim yönteminin doğru seçilmemiş olmasından kaynaklanan önemli sorunlar söz konusudur. Diğer yandan, ikinci konunun (dayanıklılık) önemi konusunda genel bir bilinç olduğu söylenemez. Oysa malzemeler ikinci sayılan özelliklerini (dayanıklılık) kaybettiklerinde birinci özelliklerini (dayanım) de taşıyamazlar. Bilindiği gibi betonarme yapıların en önemli dayanıklılık sorunu donatı korozyonudur. Beton, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 'nin varlığından dolayı bazik bir ortamdır ve normal koşullarda çelik donatılar üzerinde bir pasivasyon tabakası oluşturarak korozyondan korur. Bu tabaka iki şekilde tahrip olabilir; klor etkisi ve karbonatlaşma etkisi. Klorlu ortamlarda, özellikle denize yakın bölgelerde ve buz çözücülerin kullanıldığı durumlarda klor etkisi ile korozyon oluşabilir. Ayrıca, beton bileşimine giren malzemelerin klor içermeleri sonucunda da korozyon gerçekleşebilir. Korozyonun ikinci başlama yolu paspayı betonunun tümüyle karbonatlaşmaya uğramasıdır. Havanın karbondioksiti ile reaksiyona giren $\text{Ca}(\text{OH})_2$ karbonata dönüşür:



Bu şekilde karbonatlaşan paspayı betonunda pH değeri 12-13 düzeyinden 8-9 düzeyine kadar düşer ve donatı yüzeyindeki koruyucu (pasivasyon) tabakası tahrip olur. Klor etkisi ya da karbonatlaşma nedeniyle pasivasyon tabakası tahrip olan donatıda korozyonun başlayabilmesi için iki ek koşul daha gerekir; bunlar nem ve oksijenin donatı etrafında yeterli ölçüde bulunması. Bu koşulların yerine gelmesi sonucu çelik donatının bazı bölümleri pas (Fe(OH)₃) dönüşür. Oluşan pasın hacmi, çeliğin hacminden 2-6 kat daha büyük olduğu için paspayı betonu çatlayarak ayrılır ve beton-donatı arasındaki aderans düşer, ayrıca donatı kesiti ve beton kesiti azalır. Görüldüğü üzere donatı korozyonunun başlaması (klor girişi ve karbonatlaşma) ve sürebilmesi (O₂ ve nem girişi) için Cl⁻, CO₂, O₂ ve H₂O'nun paspayı betonunu aşarak donatıya ulaşması gerekir. Bu nedenle donatı korozyonunda beton kalitesinin önemli etkisi vardır. Geçirimsiz bir betonda söz konusu zararlıların etkisi düşük düzeyde kalır. Betonda dayanım ve geçirimsizlik özelliklerinin öncelikle su/çimento oranına ve minimum çimento dozajına benzer şekilde bağlı oldukları düşünülürse dayanımı düşük olan betonların geçirimsizlik özelliklerinin de zayıf olduğu, yani geçirimli oldukları değerlendirme-

si yapılabilir. TS EN 206 Standardı değişik çevre koşulları altında betonların taşımaları gereken minimum beton sınıfları ile maksimum su/çimento oranları ve minimum çimento dozajları belirtilmiştir. Buna göre karbonatlaşma yolu ile korozyon etkisi altındaki betonlarda en zayıf çevre etkisi olan XC1 sınıfında bile C25 sınıfı, orta şiddetteki çevre etkisinde (XC2) ise C30 sınıfı betonlar öngörülmektedir. Bu nedenle yapı stokumuzda C 25-30'dan daha düşük dayanımlı beton kullanılmış yapıların, ki bu yapılar büyük bir bölümünü oluşturmaktadır, korozyona karşı korunmasız durumda oldukları söylenebilir.

3. DONATI ve SORUNLARI

Yapılarda kullanılan çelik donatılar önceki bölümde belirtildiği gibi korozyon riski altındadır ve yapı stokumuzun önemli bir bölümü bu sorunu taşımaktadır. Betonarme yapılardaki bir başka sorun ise kullanılan donatıların mekanik özelliklerinin standard değerleri taşımasıdır. Bilindiği gibi betonarme çeliklerinin standartta (TS 708, TS 500) verilen akma sınırı, çekme dayanımı ve kopma uzama oranı gibi değerleri taşıma zorunluluğu vardır.

İTÜ İnşaat Fakültesi Yapı Malzemesi Laboratuvarı'nda kişi ve firmaların başvurusuna bağlı olarak İstanbul'daki inşaatlarda kullanılması düşünülen çelikler üzerinde mekanik deneyler yapılmaktadır. Söz konusu laboratuvar 10'ar yıllık aralarla iki kez elde edilen deney sonuçları derlenerek değerlendirilmiştir. **Tablo 1**'de 1978-89 yılları arasında denenen BÇ IIIa sınıfı olması baklenen çeliklerin akma sınırı, çekme dayanımı ve kopma uzama oranları açısından TS 708 Standardına uygunlukları karşılaştırılmıştır[5]. Bu tabloya göre standardı sağlamama durumu en çok akma sınırı açısından ortaya çıkmakta ve denenen çubuklarda % 52.4'ünün minimum akma sınırı olan 420 MPa değerini sağlayamadıkları anlaşılmaktadır. Çekme dayanımı ve kopma uzama oranı açısından değerlendirildiğinde ise % 90'ın üzerinde standardı sağladığı görülmüştür. Aynı zaman diliminde BÇİ (düz) çelikleri incelenmiş [5] ve toplam 223 numune üzerinde yapılan deneylerde akma sınırı ve çekme dayanımının büyük ölçüde standardı sağladığı, ancak kopma uzama oranını sağlamayan numunelerin oranının %15'e ulaştığı belirlenmiştir.

TS 708'e uygun olanların oranı (%)			
Çelik Çapı (mm)	Akma Sınırı	Çekme Dayanımı Oranı	Kopma Uzama
Ø 8	77.0	100	97.0
Ø 10	59.5	93.8	98.5
Ø 12	52.5	91.1	94.9
Ø 14	39.9	93.2	96.4
Ø 16	44.8	90.6	97.6
Ø 18	37.9	90.3	96.0
Ø 20	42.9	93.7	98.4
Ø 22	47.8	87	95.7
Ø 24	30.5	86.9	95.7
Ø 26	33.9	96.8	96.6
Toplam numune sayısı: 751			

Tablo 1: 1978-88 yılları arasında deney yapılan çeliklerin TS 708'e uygunluğu[5]

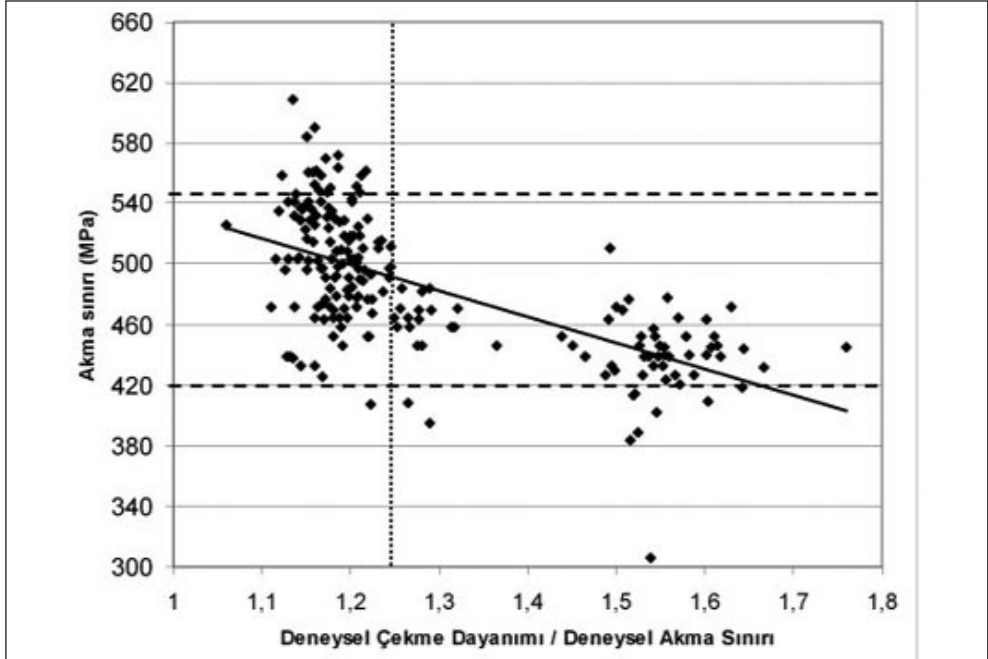
Yukarıda sözü edilen laboratuvar 1988-1998 yılları arasında yapılmış [6] ve **Tablo 2**'de özetlenen sonuçlar elde edilmiştir. Yine standardı sağlamama oranı akma sınırı açısından en yüksek değerdedir. Ancak, 1978-88 aralığı arasındaki sonuçlarla (**Tablo 1**) karşılaştırıldığında TS 708'e uygun olanların oranının arttığı görülmektedir; bu zaman diliminde denenen tüm çubuklar gözönüne alındığında uymayanların oranının % 30'a indiği (önceki on yıllık süreçte %52.4'dü), dolayısıyla

yaklaşık % 22'lik bir iyileşme gözlenmiştir. Bu zaman aralığında BÇİ çelikleri (numune sayısı: 514) için yapılan değerlendirmede [6] akma sınırı ve çekme dayanımlarının bir önceki dönemde (1978-88) olduğu gibi çok büyük oranda sağlandığı, ayrıca bu son dönemde kopma uzama oranlarında da iyileşmenin gerçekleştiği ve standarda uymayanların oranının %2.7'ye indiği gözlenmiştir.

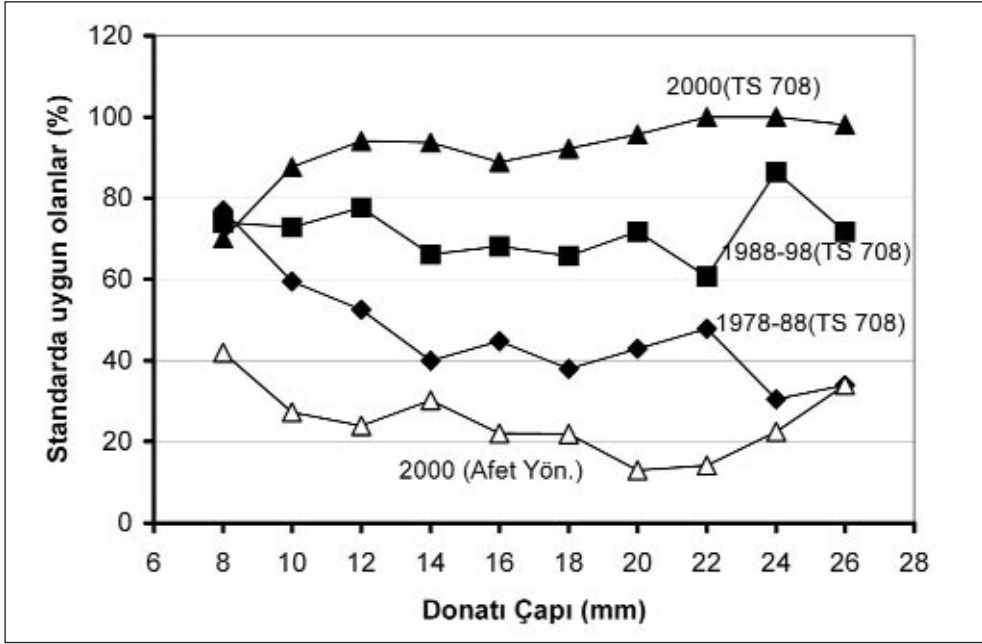
Öte yandan, “Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik”in 1998 tarihli yeni baskısında “7.2.5. Malzeme Dayanımları” bölümünde 7.2.5.4'te belirtilen elemanlar hariç olmak üzere, betonarme taşıyıcı sistem elemanlarında S420'den daha yüksek dayanımlı donatı çeliğinin kullanılamayacağı belirtilmiştir. Aynı zamanda çeliğin kopma uzama oranının %10'dan az olamayacağı kaydedilmiştir. Yönetmeliğin getirdiği diğer bir koşul, deneysel olarak bulunan ortalama akma dayanımının, standartta öngörülen karakteristik akma dayanımının 1.3 katından

TS 708'e uygun olanların oranı %			
Çelik Çapı (mm)	Akma Sınırı	Çekme Dayanımı	Kopma Uzama Oranı
Ø 8	74.0	89.5	95.9
Ø 10	72.8	89.5	98.0
Ø 12	77.7	92.4	98.2
Ø 14	66.1	85.2	99.8
Ø 16	68.1	90.0	98.5
Ø 18	65.8	89.0	99.0
Ø 20	71.7	84.4	98.5
Ø 22	60.7	96.5	99.7
Ø 24	86.5	86.9	100
Ø 26	71.7	91.2	99.0
Toplam numune sayısı: 4714			

Tablo 2: 1988-98 yılları arasında deney yapılan çeliklerin TS 708'e uygunluğu[6]



Şekil 2: “(Deneysel Çekme Dayanımı) / (Deneysel Akma Sınırı)” oranının akma sınırı ile değişimi (Ø 14 mm için).



Şekil 3: Değişik dönemlerde gerçekleştirilen deneylerde elde edilen sonuçların TS 708 ve Afet Yönetmeliğine uygunluk oranları

büyük olamayacağıdır. Ayrıca deneysel olarak bulunan ortalama kopma dayanımı, (çekme dayanımı olması gerekir) yine deneysel olarak bulunan ortalama akma dayanımının 1.25 katından daha az olamayacaktır.

2000 yılında İTÜ İnşaat Fakültesi Yapı Malzemesi Laboratuvarı'na getirilen çelikler üzerinde gerçekleştirilen deneylerin sonuçlarının değerlendirilmesi yapılmış [7] ve her bir anma çapı için elde edilen sonuçlar **Tablo 3'**de verilmiştir. Değerlendirmeler TS 708 Standardı ve Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkındaki Yönetmelik'e göre ayrı ayrı yapılmıştır. Ayrıca tabloda minimum akma sınırı koşulunu sağlayan çubukların, toplam denenen çubuk sayısına oranları, benzer şekilde Afet Yönetmeliği'nde verilen akma sınırı aralığında ($420 \leq \sigma_a \leq 546$ MPa) kalan çeliklerin sayısal oranı, ve aynı yönetmeliğin "(Deneysel Çekme Dayanımı) / (Deneysel Akma Sınırı) ≥ 1.25 " koşulunu sağlayan çeliklerin oranları da verilmiştir.

Tablo 3'de verilen sonuçların TS 708 "Beton Çelik Çubukları" Standardı'nı sağlama oranı %69.5 ile %100 arasında değişmektedir. Özellikle büyük çaplardaki çubuklarda %90'ın üzerinde standarda uygunluk sağlanmıştır. Benzer değerlendirme Afet Yönetmeliğine uygunluk açısından yapıldığında farklı bir durum ortaya çıkmakta ve oranlar önemli biçimde düşmektedir. Bazı çaplarda denenen numune sayısı 40-64 arasında değişirken diğer bazı çaplarda ise 200'ün üzerine çıkmıştır. Bu nedenle sonuçların genel eğilimini göstermek açısından yeterli oldukları düşünülebilir. Bu durumda, sonuçların TS 708 Standardı'na uygunluğu özellikle büyük çaplarda ($\varnothing \geq 12$ mm) % 90 oranlarına çıkabilirken ($\varnothing 16$: % 88.9), Afet Yönetmeliği koşullarını sağlayan çubukların oranları çok düşük kalmaktadır. $\varnothing 8$ ve $\varnothing$

Çelik Çapı (mm)	Toplam Numune Sayısı	Akma Sınırı ≥ 420 MPa %	Akma Sınırı (420-546) MPa	Den.Ç.Da./ Den.A.Sın. ≤ 1.25 %	TS 708'e Uygun (%)	Afet Yönetmeliğine Uygun %
Ø 8	174	70.0	57.5	71.8	69.5	42.0
Ø 10	202	87.6	48.0	39.0	86.6	27.2
Ø 12	205	94.1	40.5	29.3	93.7	23.9
Ø 14	222	93.7	84.2	36.0	92.3	30.2
Ø 16	235	88.9	74.5	34.5	88.9	22.1
Ø 18	64	92.2	70.3	29.7	92.2	21.9
Ø 20	116	95.7	65.5	23.3	94.8	12.9
Ø 22	64	100	71.9	17.2	100	14.1
Ø 24	40	100	77.5	25.0	97.5	22.5
Ø 26	53	98.1	67.9	35.8	98.1	34.0

Tablo 3: 2000 yılında deney yapılan çelik çubuklarda standartları sağlama oranları[7]

26'lıklar dışındaki çubuklarda % 70 ve üzerindeki oranlarda söz konusu yönetmeliğin sağlanmadığı görülmektedir (sağlanmama oranları Ø 8: %58, Ø 26: %66). Bu aykırılıkta, bazı çeliklerde akma sınırının 420-546 MPa aralığına girememesi yanında asıl belirleyici olan etkenin “(Deneysel Çekme Dayanımı) / (Deneysel Akma Sınırı) ≥ 1.25 ” koşulunun sağlanamaması olduğu anlaşılmaktadır.

Şekil 2'de “(Deneysel Çekme Dayanımı) / (Deneysel Akma Sınırı)” oranının akma sınırı ile değişimi Ø 14 çelikleri için verilmiştir. Genel olarak, söz konusu oran arttıkça akma sınırının düştüğü görülmektedir. Deney sonuçlarının iki farklı öbek oluşturdıkları söylenebilir; birinci öbek yüksek akma sınırlı, ancak düşük “(Deneysel Çekme Dayanımı) / (Deneysel Akma Sınırı)” oranlı, ikincisi ise tam tersi özellikte olmak üzere. **Şekil 2'**de verilen grafik kesikli çizgilerle 6 bölgeye ayrılmıştır. Afet Yönetmeliğini sağlayan bölge sağ-ortada kalmaktadır. Sol-orta bölgede yer alan donatıların ise akma sınırları yönetmeliği sağlamakta birlikte “(Deneysel Çekme Dayanımı) / (Deneysel Akma Sınırı) ≥ 1.25 ” koşulu sağlanmadığı için Yönetmeliğe uymamaktadır.

Şekil 3'de 1978-88 ve 1988-98 dönemleri ile 2000 yılına ait çelikler üzerinde yapılan deneylerin sonuçlarının TS 708 Standardına uygunluk oranları ile sadece 2000 yılına ait olan sonuçların Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik'e uygunluk oranları birlikte gösterilmiştir. 1978-88 döneminden 1988-98 dönemine ve izleyen 2000 yılına geçildiğinde TS 708'e uygunluk açısından büyük gelişmeler olduğu gözlenmektedir. Ancak 2000 yılına ait sonuçlar Deprem Yönetmeliği açısından incelendiğinde aynı olumlu tablo oluşmakta, deney sonuçlarının büyük oranda yönetmeliği sağlamadığı gözlenmektedir.

4. SONUÇLAR

1- İstanbuldaki konut stokunun önemli bir bölümünde (özellikle hazır betonun yaygınlaşmasından önce) düşük dayanımlı beton ve donatı korozyonuna bağlı dürabilite sorunu vardır.

- 2- Beton dayanımlarında varyasyon katsayısı yüksektir; bu sorun üretimden kaynaklanacağı gibi uygulama ve yetersiz kür koşullarından da ileri gelebilir.
- 3- Betonların düşük dayanımlı ve geçirimli olmaları nedeniyle betonarme yapılarda korozyon sorunu vardır
- 4- Betonarme yapılarda kullanılan çelik donatılarını;
 - 1978-88 döneminde üretilenlerin yarısından çoğu,
 - 1988-98 döneminde üretilenlerin yaklaşık %30'u,
 - 2000 yılında üretilenlerin yaklaşık % 10'u TS 708 standardını sağlamamaktadır.
- 5- 2000 yılında deney yapılan çelik çubuklardan “Afet Bölgelerinde Yapılan Yapılar Hakkındaki Yönetmelik”e uyanların oranı ancak %26 (uymayanların oranı: % 74) dır.

KAYNAKLAR

- [1] M. H. Özkul ve A. Öztaş, “Adana Deprem Araştırma Raporu”, Hazır Beton Dergisi, THBB, Yıl 5, Sayı 28, 1998, 40-42.
- [2] M. A. Taşdemir, M. H. Özkul, “Marmara Depremi Beton Araştırması”, Hazır Beton Dergisi, THBB, Yıl 6, Sayı 35, 1999, 13-18.
- [3] F. Türker, “Afyon Depremi İzlenimleri”, Hazır Beton Dergisi, THBB, Yıl 9, Sayı 49, 2002, 10-12.
- [4] A. Öztaş, “2003 Bingöl Depremi Beton Araştırma Raporu”, Hazır Beton Dergisi, THBB, Yıl 10, Sayı 56, 2003, 93-95.
- [5] S. Akyüz, M. Uyan, “Türkiye’de Kullanılan Beton Çelik Çubuklar Üzerine Bir İnceleme”, İMO Teknik Dergi, Nisan, 1992.
- [6] S. Akyüz, M. Uyan, ve H. Yıldırım, Türkiye’de Kullanılan Çelik Çubuklar Üzerine İstatistik Bir Değerlendirme”, Hazır Beton Dergisi, THBB, Yıl 6, Sayı 35, 1999, 93-100.
- [7] M. H. Özkul, “Çelik Donatıların Deprem Yönetmeliği Açısından İncelenmesi”, Türkiye Mühendislik Haberleri Dergisi, TMMOB İMO, Yıl 48, Sayı 426, 2003, 52-55.