

# Yapı Denetim Sistemi Kapsamında Elde Edilen Çelik Çekme Deneysel Sonuçlarına Dair Bir İrdeleme

## Özet

Betonarme yapılarda kullanılan çelik donatı çubuklarının mekanik özelliklerinin ilgili standartlara uygunluklarının incelendiği bu çalışmada; öncelikle çelik donatılar konusunda ilgili standartlara değinilmekte ve donatıların sağlaması gerekli mekanik özellikler üzerinde durulmaktadır. Ardından, bir ilimizde 2012 yılında yapı denetim laboratuvarları tarafından gerçekleştirilmiş olan çelik çekme deneylerinin sonuçları istatistiksel olarak incelenmiş ve ilgili standart ve şartnamelere uygunlukları değerlendirilmiştir.

## 1. Giriş

Şantiyeye getirilen çelikler kullanılmadan önce bağımsız bir laboratuvarında çekme deneyleri gerçekleştirilerek ilgili standart ve yönetmeliklere uygunluklarının tespit edilmesi şarttır. Betonarme yapılarda kullanılacak çelik çubukların taşıması gereken özellikler TS 708 [1] standardında ele alınmaktadır. Bu standartta çeliklerin; kimyasal ve mekanik özellikleri, bükmeye elverişli olup olmadıkları, boyut ve kütleleri ile ilgili toleransları, çubukların yüzey geometrileri, incelemeler için gerekli numune sayıları gibi çeşitli sınırlamalar bulunmaktadır. Mekanik özelliklerine ve üretim yöntemlerine bağlı olarak çelikler çeşitli sınıflara ayrılmaktadır. Ülkemizde en yaygın kullanılan çelik sınıfı S420 sınıfı çeliklerdir. Nervürlü yüzeye sahip bu çeliklerin TS 708'e göre sağlaması gereken mekanik özellikleri Tablo 1'de verilmektedir.

**Tablo 1** - TS 708-2010 standardına göre S420 sınıfı çeliklerin sağlaması gerekli mekanik özellikler

Çelik sınıfı	Minimum Akma Mukavemeti (N/mm <sup>2</sup> )	Minimum Çekme Mukavemeti (N/mm <sup>2</sup> )	Minimum Çekme dayanımı /Akma dayanımı Oranı	Deneysel akma dayanımı/karakteristik akma dayanımı oranı en fazla	Minimum Kopma Uzaması (%)
S420	420	500	1,15	1,30	10

Türkiye'de yapılan yapıların "Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik" [2] (kısaca afet yönetmeliği) hükümlerine uygun yapılması gereklidir. Bu yönetmeliğe göre çeşitli betonarme yapı elemanlarında S420'den daha yüksek dayanımlı donatı çeliği kullanılmasına izin verilmemektedir. 2007 tarihli Afet Yönetmeliğinin çelik donatılar ile ilgili koşulları ise şu şekildedir:

1. Donatı çeliğinin deneysel olarak bulunan ortalama akma dayanımı, ilgili çelik standardında öngörülen karakteristik akma dayanımının 1.3 katından daha fazla olmayacaktır.
2. Deneysel olarak bulunan ortalama kopma dayanımı, yine deneysel olarak bulunan ortalama akma dayanımının 1,15 katından daha az olmayacaktır.

Bu koşullar TS 708'deki koşullarla aynıdır. Ancak, afet yönetmeliğindeki ikinci koşulda geçen "kopma dayanımı" ifadesinin yazım hatasından kaynakladığı ve bu ifadenin "çekme dayanımı" olması gerektiği düşünülmektedir. TS 708'de aynı ifade çekme dayanımı/akma dayanımı şeklindedir. Ayrıca, afet yönetmeliğinin esas aldığı Amerikan ACI 318 standardında da bu ifade yine çekme dayanımı/akma dayanımı biçimindedir [3].

Betonarme yapıların tasarım ve yapım kurallarını belirleyen TS 500 [4] standardı ise çelik donatılar konusunda TS 708'e atıf vermekte ve beton donatısı olarak kullanılacak çeliklerin TS 708'e uygun olması gerektiğini belirtmektedir.

Çeliklerin akma dayanımları ile ilgili koşullar dikkate alındığında; S420 sınıfı çelikleri için TS 708'de tanımlanan karakteristik akma dayanımı 420 N/mm<sup>2</sup>'dir. Deney sonuçları için elde edilen akma dayanımı  $< 420 \times 1,3 = 546 \text{ N/mm}^2$  olmalıdır.

## 2. Çelik Çekme Deney Sonuçları

Ülkemizde kullanılan çelik donatı çubuklarının özelliklerinin incelenmesi amacıyla bir ilimizdeki yapı denetim laboratuvarlarında 2012 yılında gerçekleştirilmiş olan çelik çekme deneylerinin sonuçları değerlendirilmiştir. Farklı çaplardaki toplam 1698 adet S420 sınıfındaki donatı üzerinde gerçekleştirilen deneyler sonucunda TS 708 ve afet yönetmeliği şartlarına uygun olmayan numunelerin oranları Tablo 2'de verilmektedir.

## 3. Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Deney sonuçları incelendiğinde, donatı çaplarının büyük bir kısmının 8 ile 16 mm arasında kaldığı görülmektedir. Bu çaplar arasındaki donatıların toplam oranı %92'yi bulmaktadır. Yani yurdumuzda inşa edilen yapılarda kullanılan donatıların büyük çoğunluğunun 8 ila 16 mm çapları arasında olduğu söylenebilir. Büyük çaplı donatıların kullanımının ise az oranlarda kaldığı gözlenmektedir.

TS 708'e göre S420 sınıfı çelikler için akma dayanımının en az 420 N/mm<sup>2</sup> olması gereklidir. Tablo 2'den görüldüğü gibi bu sınıra uymayan donatıların oranı, tüm numuneler dikkate alındığında, %2,3 olmaktadır. Deneysel akma dayanımının karakteristik akma dayanımının %30'undan daha yüksek olmaması şartı bakımından deney sonuçları incelendiğinde ise; tüm numunelerin dikkate alınması durumunda, uygun olmayan donatıların oranı %10,2'dir. Ancak, Tablo 2'den de görülebi-

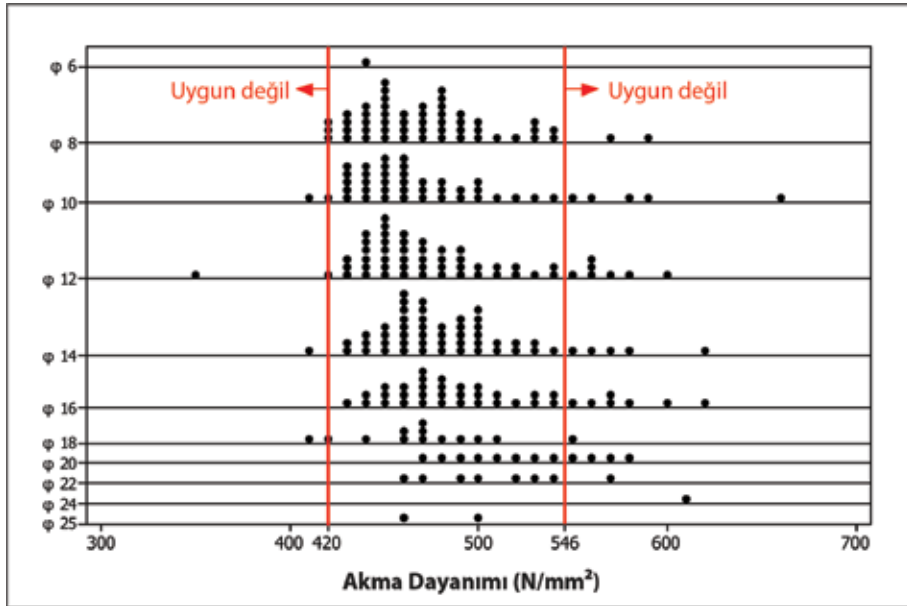
**Tablo 2 - TS 708 ve afet yönetmeliği şartlarına uygun olmayan numunelerin oranları**

Donatı Çapı (mm)	Numune Sayısı	Toplam Numune Sayısına Oranı (%)	Uygun Olmayan Numune Oranları (%)				
			Akma Dayanımı < 420 N/mm <sup>2</sup>	Akma Dayanımı > 546 N/mm <sup>2</sup>	Çekme Dayanımı < 500 N/mm <sup>2</sup>	Çekme Dayanımı / Akma Dayanımı oranı < 1,15	Kopma Uzama Oranı < %10
8	354	20,8	2,5	4,0	1,4	2,0	0,0
10	280	16,5	2,5	8,6	2,5	8,6	0,0
12	346	20,4	3,2	15,0	0,6	4,6	0,6
14	342	20,1	2,0	7,6	0,3	7,0	0,0
16	241	14,2	0,4	13,3	0,4	4,1	0,0
18	62	3,6	6,5	3,2	3,2	0,0	0,0
20	44	2,6	0,0	36,4	0,0	0,0	0,0
22	24	1,4	0,0	29,2	0,0	0,0	0,0
25	5	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Toplam	1698	100	2,3	10,2	1,1	4,8	0,1

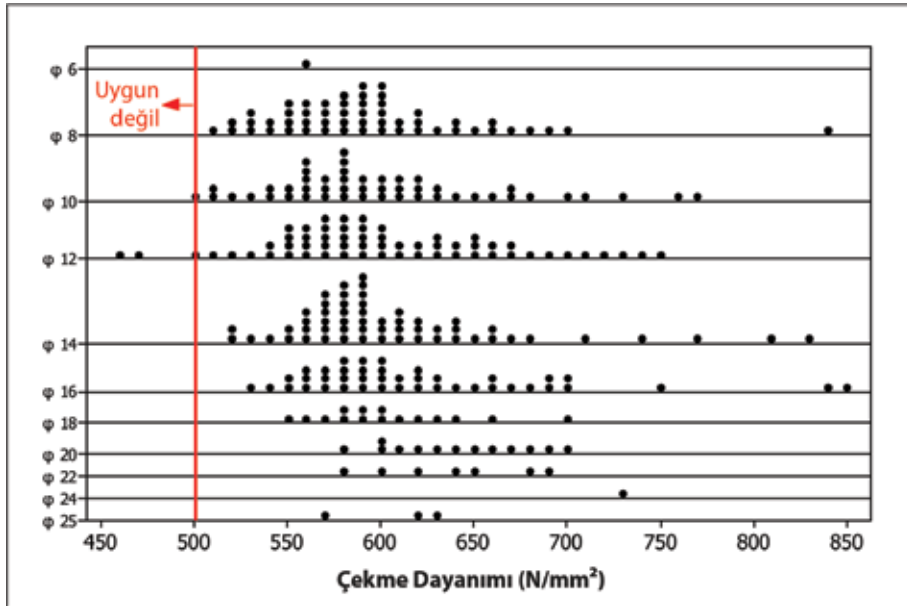
leceği gibi, farklı çaplar ayrı ayrı ele alındığında uygun olmayanların oranları daha fazladır. Alt ve üst akma sınırları dışında kalan numuneler birlikte değerlendirildiğinde ise, akma dayanımı nedeniyle standartlara uygun olmayanların oranı daha da artmaktadır.

Deneylerde elde edilen akma dayanımları farklı çaplar için Şekil 1'de gösterilmektedir. S420 sınıfı çelik için akma dayanımının alt ve üst sınırları olan 420 N/mm<sup>2</sup> ve 546 N/mm<sup>2</sup> değerleri de şekil üzerinde işaretlenmiştir. Akma dayanımlarının histogram eğrisi olarak sunulan bu şekildeki her bir nokta sekiz adet deney sonucunu temsil etmektedir. Bu sonuçlara göre akma dayanımları yaklaşık 450 ila 470 N/mm<sup>2</sup> arasında olduğu Şekil 1'den görülmektedir.

Tablo 1'den görülebileceği gibi deney yapılan numunelerin tamamı dikkate alındığında çekme dayanımı uygun olmayanların miktarı %1,1 olarak belirlenmiştir. Çekme dayanımlarına ait histogram ise Şekil 2'de verilmektedir. Buna göre, deney yapılan donatılarda çekme dayanımlarının daha çok 550 ila 600 N/mm<sup>2</sup> arasında kaldığı görülmektedir.



Şekil 1 - Farklı çaplar için elde edilen akma dayanımlarının dağılımı



Şekil 2 - Farklı çaplar için elde edilen çekme dayanımlarının dağılımı

Çekme dayanımı/akma dayanımı oranınının 1,15'den düşük kaldığı numunelerin tüm numunelere oranı %4,8'dir. Ancak, 10 ve 14 mm çaplı çubuklarda bu uygunsuzluğa sahip olan donatıların %8,0 ve %7,0 ile daha yüksek oranda olduğu gözlenmektedir (Tablo 2).

Deney yapılan donatıların neredeyse tamamının kopma uzama bakımından standartta öngörülen sınır değeri sağladığı görülmektedir.

2012 yılında yapılan çelik çekme deneylerinin sonuçları önceki yıllarda elde edilen sonuçlarla karşılaştırıldığında, sonuçlar geçmiş yıllara göre farklılık göstermektedir. Örneğin, S420 sınıfı çeliklerde 420 N/mm<sup>2</sup> olan akma sınırına uymayan çeliklerin oranı; 1978 -1988 yıllarında [5] arasında %53, 1988 - 1998 yılları arasında [6] yaklaşık %30, 2001 - 2006 yılları arasında [7] yaklaşık %17 olarak belirlenmiştir. 2000 yılında yapılmış çekme deneylerinde [8] bu akma sınırına uymayan çeliklerin oranı ise ortalamada yaklaşık % 10 olarak elde edilmiştir. Sonuçları 2012 yılına ait olan deney sonuçlarına bakıldığında ise akma dayanımı bakımından uygun olmayanların oranının %2,3 olduğu görülmektedir. Benzer farklılıklar diğer mekanik özellikler bakımından da söz konusudur.

Standartta uygun olmayan çeliklerin yıllar içinde azalmasının nedeni olarak çelik donatı üretiminin geçmişe göre daha iyileştiği gösterilebilir. İnşaatlarda kullanılacak çelik donatıların yapı denetim sistemi içinde geçmişe göre daha sıkı bir kontrolünün de standartlara uygun donatı üretiminde olumlu bir etkisi olduğunu söylemek de mümkündür.

Diğer yandan, standartlarda yapılan değişiklikler de donatıların standartta uygunluklarını etkilemektedir. Örneğin, 2010 yılında yenilenen TS 708'de; kopma uzama oranının belirlenmesinde kullanılan ölçüm boyunun "10 x çap" değerinden "5 x çap" değerine azaltılmasına bağlı olarak, elde edilen uzama oranları artmakta ve bunun sonucunda da ilgili kriterlere uymayan numune sayısında azalma olmaktadır. Çekme dayanımı / akma dayanımı oranı afet yönetmeliğinin 1998 tarihli baskısında 1,25 iken 2007 tarihli baskıda bu oran 1,15'e düşürülmüştür. Böylece uygun olmayan çeliklerin oranı azalmaktadır.

#### 4. Sonuç

2012 yılında bir ilimizdeki Yapı Denetim laboratuvarlarından elde edilen çelik çekme deney sonuçları incelendiğinde, en fazla uygunsuzluğun afet yönetmeliğinde ve TS 708'de tanımlanan akma dayanımının üst sınırının aşılması hususunda olduğu görülmektedir. Çeliğin akma dayanımına bir üst sınırlama getirilmesi yapı elemanlarının daha sünek bir davranış göstermesine yöneliktir. Geçmiş yıllara ait verilerle karşılaştırıldığında çelik donatıların özelliklerindeki iyileşmeler ülkemizdeki yapı malzemesi kalitesi adına olumlu gelişmelerdir. Kalite kontrol süreçlerinin daha etkin uygulanmasıyla birlikte malzeme ve yapı kalitesindeki artışın devam etmesi beklenmektedir.

#### Kaynaklar

- [1] TS 708, Türk Standardı 708 - Çelik - Betonarme için Donatı Çeliği, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2010.
- [2] Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, 2007.
- [3] ACI 318, Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary (ACI 318M-05), American Concrete Institute, Michigan, ABD, 2005.
- [4] TS 500, Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2010, Tadil: 2002.
- [5] Akyüz, S. ve Uyan, M., Türkiye'de Kullanılan Beton Çelik Çubuklar Üzerine Bir İnceleme, İMO Teknik Dergi, s. 497-508, Nisan 1992.
- [6] Akyüz S., Uyan M., ve Yıldırım H., Türkiye'de Kullanılan Beton Çelik Çubuklar Üzerine Bir İnceleme, Hazır Beton, Sayı 35, s. 93-100, 1999.
- [7] Yıldız, M. ve Bal, İ.E., Türkiye'de Kullanılan Beton Çelik Çubukların Değerlendirilmesi, İstanbul Bülten, İMO İstanbul Şubesi, Sayı 90, s. 11-16, 2007.
- [8] Özkul, M.H., Çelik Donatıların Deprem Yönetmeliği Açısından İncelenmesi, Türkiye Mühendislik Haberleri, Sayı: 426, s. 52-55, 2003.