

ÜLKEMİZDE ÜRETİLEN DONATI ÇELİKLERİNDEKİ KALİTE PROBLEMLERİ VE TS 708 (2010)

İnş. Yük. Müh. Hakan ATAÖY

A) GİRİŞ

Son yirmi yılda yaşadığımız her büyük deprem sonrası; ülkemizde yaygın yapı türü olan betonarme yapılarındaki çeşitli kusur ve eksiklikler gündeme gelmiş ve tartışılmıştır. Betonarme'yi oluşturan malzemelerden "beton" üzerinde genel ve teknik kamuoyu yoğunlukla durmuş ve bu konuda pek çok akademik çalışma üretilmiş, nihayetinde yönetmeliklerde beton kalitesini arttırmaya ve denetimine yönelik pek çok olumlu adım atılmıştır. Özellikle 17 Ağustos depreminden sonra ülke genelinde yapı malzemesi olarak beton kalitesinde ciddi düzelmeler hem talep hem de üretim boyutunda kaydedilmiştir.

Ancak; betonarmeyi kavram olarak oluşturan ana malzemelerden "donatı çeliği" diğer bileşen olan beton kadar sorgulanmamış veya zaten endüstriyel bir hammadde olduğu için yeterince dikkatle kalite anlamında ele alınmamıştır. 17 Ağustos depremi sonrası bu satırların yazarı tarafından yapılan bir araştırmada [1] donatı ile ilgili yaşanan somut probleme dikkat çekilmiş ve özellikle TPB tarafından yapılan pek çok teknik seminerde "donatı kalitesi" üzerinde durulmuştur.

Yaşadığımız Van depremi sonrasında da hasar gören bir yapıdan alınan örnekler üzerinde yapılan incelemelerde [2] benzer problemlere rastlanmıştır. Bu

makalede ayrıca vurgulanacağı üzere kapsamlı iki akademik çalışmada [3, 4] donatı çeliklerindeki sorunlara ülkemizdeki yürürlükteki şartnameler bağlamında vurgu yapılmıştır.

Bu yazıda özellikle S 420 nervürlü donatı çeliğindeki kalite problemleri; TS 708 (Nisan 2010) "Çelik-Betonarme İçin-Donatı Çeliği" standardı [5] referansı ile belirtilen donatı türü özelinde ele alınacaktır.

B) DONATI ÇELİĞİ İLE İLGİLİ YASAL MEVZUAT

Türkiye'de betonarme yapıım tekniği ile inşa edilen yapılarda kullanılan donatı çeliği TS 708 standardına atıfla üretilmektedir. Ancak bu malzeme ile ilgili T.C Bakanlar Kurulu kararı ile Resmi Gazete'de yayınlanarak yürürlüğe giren "Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik" [6] ile de önemli kriterler getirilmiştir.

Ayrıca "Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları" adlı TS 500 standardı da 3.2 maddesiyle [7] donatı çeliklerinin mekanik özellikleri ile kaynaklanabilme koşullarına yer vermektedir. Kısacası donatı çeliklerinin kalitesini ilgilendiren ve ülkemizde yürürlükte olan bir tanesi T.C Bakanlar Kurulu kararı ile yayınlanan yönetmelik ile diğer ikisi de Türk Standartları Enstitüsü tarafından standart olarak yayınlanan toplam üç adet yasal referans vardır.

B.1) TS 708 / 2010 Çelik-Betonarme İçin- Donatı Çeliği Standartı

Türk Standartları Teknik Kurulunun 13 Nisan 2010 tarihinde yaptığı toplantıda mevcut "Beton Çelik Çubukları TS 708/Mart 1996" [8] standardı yürürlükten kaldırılmış ve yerine "Çelik- Betonarme İçin-Donatı Çeliği TS 708/ Nisan 2010" adı ile yeni bir standart yürürlüğe girmiştir.

Yaklaşık olarak 14 yıl yürürlükte bulunan TS 708/ Mart 1996 standardında nervürlü S 420 (ST IIIa) donatı çeliği minimum akma mukavemeti 420 N/mm², minimum çekme mukavemeti 500 N/mm² ve çekme/akma dayanımı oranı minimum 1.10 olarak mekanik özellikleri tanımlanmış, ayrıca kimyasal kompozisyonundaki kütlece max. karbon miktarı limiti olarak %0,40 (binde 4) değeri belirtilmiş ve herhangi bir karbon eşdeğeri limiti tanımlanmamıştır. TS 708'in yeni versiyonu olan TS 708/ Nisan 2010'da ise; S 420 donatı çeliğinin akma ve çekme minimum değerleri değiştirilmeksizin çekme/akma dayanımları oranı minimum 1.15 olarak değiştirilmiş ve ayrıca deneysel akma dayanımı/ karakteristik akma dayanımı maksimum oranı 1.30 olarak ilave edilmiştir. Kimyasal kompozisyonundaki kütlece maksimum karbon elementi miktarı ise %0,45 (binde dört buçuk) ile eski haline nazaran artırılmış ve karbon eşdeğeri limiti yine tanımsız bırakılmıştır.

Ayrıca önemli bir değişiklik olarak akma dayanımı 420 N/mm² olan (TS 708/ 1996'daki gibi özel bir vurgu ya da başlığın verilmemesinden dolayı sıcak haddelendiği düşünülmektedir) iki ayrı nervürlü donatı çeliği cinsi daha ("B 420B" ve "B 420C") bulunmaktadır. Bunlardan ilki olan B 420B donatısı çekme dayanımı minimum değeri belirtilmeyen ancak çekme dayanımı / akma dayanımı minimum oranı 1.08 olarak tanımlanan, deneysel akma dayanımı / karakteristik akma dayanımı oranı verilmeyen, kimyasal kompozisyonundaki kütlece maksimum Karbon elementi miktarı %0,22 ile sınırlandırılan, karbon eşdeğeri ise %0,50 ile tanımlanan bir yeni donatı türüdür. B 420C ile tanımlanan diğerinde ise minimum çekme dayanımı limiti verilmemiş ancak çekme dayanımı/akma dayanımı minimum oranı 1.15 maksimum oranı ise 1.35, deneysel akma dayanımı / karakteristik akma dayanımı maksimum oranı 1.30, kopma uzaması miktarı minimum %12 olarak belirlenmiş ve kimyasal kompozisyonundaki kütlece max. Karbon elementi miktarı %0,22 ile sınırlandırılmış ve karbon eşdeğeri limiti de %0,50 olarak tanımlanmıştır. Dolayısıyla TS 708/ 2010 versiyonunda 420 N/mm² akma dayanımı olan nervürlü donatı çeliği çeşidi üçe çıkmış ve bu donatıların gerek mekanik özelliklerinde gerekse kimyasal kompozisyonlarında eski haline nazaran değişiklikler yapılarak yürürlüğe girmiştir.

B.2) Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik

1990'lı yıllarda dünyada ve ülkemizde sıkça yaşanan depremlerden sonra uzun erimli

çalışmalarla mevcut 1975 Afet Yönetmeliğimiz radikal değişikliklerle tamamen yeniden ele alınmış ve 02.09.1997 tarihinde Resmi Gazete'de yayınlanarak "Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik" adı ile yayınlanarak yürürlüğe girmiştir. Söz konusu yönetmeliğin güncel gelişmelerle kapsamı genişletilmiş ve 06.03.2006 tarihinde bu kez "Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik" adı ile tekrar Resmi Gazete'de yayınlanarak yürürlüğe girmiştir. Mevcut yönetmelik ülkemizde inşa edilecek yapıların tasarımı ve yapımı ile ilgili yasal ve amir koşulları içermektedir.

Bu yönetmeliğin gerek 1997 özgün hali gerekse 2006 versiyonunda "malzeme" başlığı altında donatı çeliklerine önemli kriterler getirilmiştir. İlgili kriterler şöyledir; a. Etriye, çiroz ve döseme donatısı dışında nervürlü donatı kullanılmayacağı, b. Betonarme taşıyıcı sistem (kolon-kiriş) elemanlarında S 420'den yüksek dayanımlı çelik kullanılmayacağı; c. Kullanılan donatının kopma birim uzamasının %10'dan az olamayacağı, d. Donatı çeliğinin deneysel olarak bulunan ortalama akma dayanımının, ilgili çelik standardında öngörülen karakteristik akma dayanımının 1.30 katından fazla olamayacağı, e. Deneysel olarak bulunan ortalama kopma dayanımının, yine deneysel olarak bulunan ortalama akma dayanımının 1.15 katından az olamayacağını (bu kriter 1997 yönetmeliğinde 1.25 katı idi) , f. Kaynak yapılacak donatı çeliğinin karbon eşdeğerinin TS 500'de verilen sınırı aşamayacağı, şeklinde olup, esasen donatı kullanımı şartlarına dair çok önemli kriterler getirilmiştir.

B.3) TS 500 Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları

TS 500 standardı 1984'den 2000 yılına kadar yürürlükte kalmış ve Şubat 2000'de önemli ölçüde revize edilerek TS 500/ 2000 olarak yayınlanmıştır. Söz konusu standart donatıların mekanik özellikleri konusunda yürürlükteki TS 708 standardına atıf yapmakla beraber, kaynak yapılacak doğal sertlikteki donatı çubuklarının karbon eşdeğerinin %0.40 (binde 4) değerini aşamayacağı koşulunu getirmiştir. Ancak bu değer Şubat 2001 tarihli standart tadil teklifi üzerine %0.50 değeri olarak revize edilmiş ve yayınlanmıştır [9]. Dolayısıyla yürürlükte olan TS standartlarında ilk defa karbon eşdeğeri limiti S 420 donatı çeliği için bu yayında belirtilmiştir.

C) DONATI ÇELİKLERİNİN KİMYASAL BİLEŞİMLERİNİN (KOMPOZİSYONLARI) MEKANİK ÖZELLİKLERİ İLE İLİŞKİSİ

Donatı çeliklerinin işlenebilirlik, bükülebilirlik ve kaynaklanabilirlik özellikleri esasen doğrudan malzemenin sertliğiyle, dolayısıyla içerdiği karbon elementi miktarı ile bileşimine bağlı olarak edilen karbon eşdeğeri ve haddelenmiş malzemenin soğuma yöntemlerine bağlıdır. Donatıların kimyasal bileşimleri dışında özellikle çeliğin soğutulması sırasındaki uygulanan prosesinde bükülebilirlik ve türlevleri fonksiyonlar konusundaki etkisi büyüktür. Çeliğin istenen bu yeteneğinin yüksek olması için haddelendikten sonraki soğutma işleminde temperleme adı verilen bir yöntemin uygulanması gereklidir. Temperleme 1200 derece sıcaklıktaki final tezgahını terk eden çelik donatıların, basınçlı suyla yüzey sıcaklıklarının 300-400 derece sıcaklıklara indirilip, soğutma platformlarına alınması

işlemdir. Bu işlem neticesinde sıcak olan çekirdekten dış kabuğa doğru tekrar ısı transferi olmakta ve böylece çeperi yüksek mukavemete sahip, iç bölümleri sünek olan yüksek mukavemetli çelik düşük karbon eşleniği değerlerinde üretilebilmektedir.

Bu proses yöntemi ile birlikte ilgili özelliklerin sağlanabilmesi için çelik çubuklardaki kimyasal bileşimini oluşturan ana element olan karbon miktarının sınırlandırılması ve diğer elementlerin miktarının da ilgili karbon değeri ile beraber değerlendirildiği karbon eşdeğeri miktarının sınırlandırılması gerekmektedir. Bu yüzdendir ki, pek çok ülke şartnamesi gerek karbon elementi kütlece yüzdesini gerekse karbon eşdeğeri miktarlarına bir üst limit getirmiştir, bu konuda ülkemizdeki durumu da içeren bir tablo (**Tablo 1**) aşağıda sunulmuştur. Bu tablodan da görüleceği üzere Türkiye dışındaki ülke standartlarındaki kimyasal analiz sonucu izin verilen karbon elementi miktarı %0.22-%0.30 aralığında sınırlı iken, TS 708'de bu rakam %0.45'dir ve yine ayrıca

işlenebilirlik için önemli bir baz kriter olan karbon eşdeğeri limiti diğeri ülke standartlarında %0.50 ile %0.55 arasında sınırlı iken, ülkemiz malzeme standardında S 420 çeliği için herhangi bir sınır belirlenmemiştir.

Çelik donatıların bileşimindeki karbon oranının artması ile mukavemet değerlerinde görece artış oluşmakla beraber, akma eşiği-kopma eşiğine yaklaşmakta, olması gereken ve istenen şekil değiştirme platosu kısalmakta bu da tasarım yönetmeliklerinin istemediği sünek olmayan gevrek davranışa yol açmaktadır. Dolayısıyla donatı çeliklerinin içindeki münhasıran karbon miktarının ve diğer element miktarlarının ifadesi olan karbon eşdeğerinin sınırlandırılması gereği açıktır.

Donatı çeliklerinin bileşimindeki karbon miktarlarına bağlı olarak gerçekleştirilecek gerilme-şekil değiştirme grafiği **Şekil-1**'de [3] sunulmuştur. Sınırlanmış karbon yüzdesi ve karbon eşdeğeri ile elde edilen sünek çelik deformasyonunda, elastik bölgede lineer olarak artan eğri akma

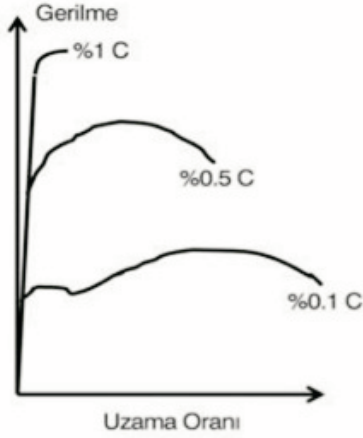
gerilmesine ulaştıktan sonra yataylaşarak plato oluşturur ve daha sonra tekrar yükselerek yani pekleşerek çekme dayanımı noktasına ulaşır ve nihayetinde alçalarak kopar. Donatıdan istenen davranış budur ve esasen deprem yönetmeliğinin donatılardaki akma değerine üst sınır getirmesi ve akma ile kopma dayanımı ilişkisine bir minimum sınır getirmesinin sebebi de bu davranışın sağlanabilmesi içindir. Aksi durumda oluşması muhtemel kapasite artışları tasarım kurgusunu bozabilecek ve nihayetinde eğilme göçmesinden önce oluşabilecek kesme nedeniyle ani ve gevrek kırılmaya neden olacaktır.

D) YASAL MEVZUAT BAZINDA ÇELİK DONATI KALİTE DEĞERLENDİRMELERİ

Ülkemizde betonarme yapı tasarımında ana mevzuat "Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik" ve TS 500 "Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları" adlı standarttır. Önceki bölümlerde de anlatılmaya çalışıldığı üzere tasarım ve yapıma

Ülke	Standart	Donatı Cinsi	Cmax %	CE max %
TÜRKİYE	TS 708/1996	S 420	0,40	-
TÜRKİYE	TS 708/2010	S420	0,45	-
İNGİLTERE	BS 4449	GR 460	0,25	0,51
ABD	ASTM A706 M	GR 60	0,30	0,55
FRANSA	NF A35-016	Fe E 400	0,22	0,50
JAPONYA	JIS 1997	S40	0,29	0,55
ALMANYA	DIN 488	Bst 420S	0,22	0,50
İSPANYA	UNE 36068-94	B 400S	0,22	0,50
PORTEKİZ	E449 LNEC	A 400NR	0,22	0,50
YUNANİSTAN	ELOT 971	S 400S	0,22	0,50
İTALYA	UNI (D.M 2008)	B 450C	0,22	0,50

Tablo 1 - Uluslararası standartlardaki S 420 veya muadili donatı çeliklerinin kimyasal analizlerinde izin verilen maksimum karbon oranları ve karbon eşdeğeri limitleri



Şekil 1 - Çeliklerde Gerilme - Şekil Değişirme [3]

esas bu kaynaklar ile TS 708 standardının ilgili içeriğinde büyük çelişkiler ve farklılıklar bulunmaktadır.

Bu konuda İTÜ'de yapılan bir çalışmada [3] mevcut deprem yönetmeliğinin çelik donatılar üzerine belirlediği şartların ACI 318 bazlı bir karşılaştırılması yapılmış ve uyum içinde olduğu saptanmıştır. İlgili çalışmada ACI 318 tasarım kodunun mevcut aynı ülkedeki ASTM A 706 ve ASTM A 615'deki donatı çeliği yapım standardı ile de çelişme halinde olmadığı ortaya konmuştur. Yine aynı çalışmanın deneysel değerlendirmelerinde teste tabi tutulan toplam 1375 adet çelik donatı örneğinin %74'ünün mevcut deprem yönetmeliği koşullarını sağlamadığı deneysel çalışmalarla ortaya konmuş ve yayınlanmıştır.

Benzer bir çalışma 2009 yılında Uluslararası Deprem Sempozyumu'nda sunulmuş [4] ve ODTÜ, İTÜ ve Selçuk Üniversitesi deney laboratuvarlarında toplam 5693 adet donatı çubuğu üzerinde yapılan testlerde 1997 deprem yönetmeliği (ACI 318 İLE AYNIYDIR) koşullarının % 42 oranında sağlanamadığı, 2006 deprem yönetmeliği koşullarının ise % 21

oranında sağlanamadığı saptaması yapılmıştır. Bu satırların yazarı tarafından 17 Ağustos 1999 depremi sonrası yapılan bir çalışmada [1] hasar görmüş yapılardan alınan donatı örneklerinin KOSGEB laboratuvarlarındaki mekanik ve kimyasal test sonuçları (Tablo 2 ve Tablo 3) yüksek karbon yüzdesi(%0.43) ve dolayısıyla yüksek karbon eşdeğerine sahip

(%0.75) donatı çeliklerinin akmadan koptuğunu ve incelenen donatıların % 75'inin mevcut deprem yönetmeliğine aykırı olduğunu göstermiş ve bu yayında donatı kimyasal kompozisyonuna - karbon eşdeğeri tanımına vurgu yapılmıştır.

Geçtiğimiz yıl yaşanan Van depremi sonrasında Türkiye Prefabrik Birliği tarafından yapılan araştırmada, tek holü montaj esnasında hasar

ELEMENT		A	B	C	D
KARBON	C	0,17200	0,43000	0,10500	0,17800
SİLİSYUM	Si	0,23600	0,26000	0,12500	0,27200
MANGAN	Ma	0,56800	1,64000	0,64400	1,82000
FOSFOR	P	0,00594	0,00692	0,05120	0,00512
KÜKÜRT	S	0,02420	0,10500	0,03340	0,08540
KROM	Cr	0,05180	0,12000	0,04970	0,13300
MOLİBDEN	Mo	0,00416	0,01190	0,00100	0,00100
NİKEL	Ni	0,06950	0,09300	0,09590	0,43400
BAKIR	Cu	0,03900	0,13800	0,09260	0,06490
KARBON EŞL.		0,28529	0,75831	0,23524	0,51555

Tablo 2 - 17 Ağustos 1999 Depremi sonrası hasar görmüş yapılardan alınan donatılardaki kimyasal analiz sonuçları [1]

	Numune No.	Çap (mm)	Akma Dayanımı (N/mm ²)	Çekme Dayanımı (N/mm ²)
A	991C	18	451.4	521.8
	992C	18	551.2	589.6
B	996C	12	-	775.9
	997	12	-	753.9
C	989C	22	262.5	416.8
	990	22	278.2	416.8
D	993C	14	493.5	581.7
	991C	14	509.2	583.8

Tablo 3 - 17 Ağustos 1999 Depremi sonrası hasar görmüş yapılardan alınan donatılardaki mekanik test sonuçları [1]

(tablodaki A ile indisenen donatılar hariç diğerleri Deprem Yönetmeliği koşullarını sağlamamaktadır)

görmüş bir endüstriyel yapıdan alınan donatı örnekleri ODTÜ laboratuvarlarında kimyasal ve mekanik testlere (Tablo 4) tabi tutulmuş ve söz konusu donatıların tamamının mevcut deprem yönetmeliği koşullarını sağlamadığı görülmüştür [2] (bu konudaki TPB raporu kapsamlı olarak ayrıca yayınlanacaktır).

E) SONUÇ VE ÖNERİLER

Yukarıda da açıklanmaya çalışıldığı üzere donatı kalitesindeki bu sorunun kaynağı ülkemizdeki ilgili üretim standardının yüksek karbon içerikli S420 çeliği üretimine olanak sağlaması ve bu durumda deprem yönetmeliğine aykırı bir uygulamaya kaynaklık etmesidir. Türkiye’de üretilen S 420 kalitesindeki donatı çeliğinin önemli bir yüzdesi mevcut deprem yönetmeliğimiz şartlarını sağlamamaktadır, bu durum en azından 2010 yılına kadar pratik olarak süregelmiştir. Yıllık 10 milyon ton’a varan iç piyasa donatı çeliği tüketimi içinde böylesi bir riskin var olması ülkemiz için ciddi bir tehlikedir. Söz konusu kullanımı deprem yönetmeliği açısından sakıncalı donatıların, depremler sonrası hasar gören veya yıkılan yapılarda da gözükmesi mevcut riskin güncelliği ve büyüklüğü hakkında olumsuz bir kanaat

oluşturmaktadır. **Hasarlar sonrası yapılan saha gözlemlerinde genellikle tasarım veya yapım hatalarının vurgulandığı tespitlerde yönetmeliklere aykırı donatı kullanımını gerçeğinin hasara olan etkisi mutlaka araştırılmalıdır.**

Esasen TS 708/Nisan 2010 revizyonu deprem yönetmeliği kriterlerine yaklaşmakla beraber, yaygın kullanımın olduğu S420 donatı çeliğinde yüksek oranda karbon içeriğine (%0.45) izin verilmesi ve karbon eşdeğeri eşik kriteri tanımı yapılmaması nedeni ile hala risk içermektedir, 17 Ağustos 1999 depremi sonrasında hasarlı yapıdan alınan donatı örneğindeki %0.43’lük karbon değeri bu riski doğrulamaktadır, bu nedenle öncelikle TS 708 standardındaki S 420 çeliği karbon elementi yüzdesi referans diğer ülke kodlarında olduğu gibi %0.25-%0.30 aralığına çekilmeli ve karbon eşdeğeri limiti de %0.50 olmalıdır. Bu koşul sağlandığı takdirde deprem yönetmeliği ilgili koşulları da asgari olarak sağlanabilecektir, aksi durumda ise bu kez TS 708’e aykırı donatı kullanımı söz konusu olacaktır. **Şu anki hali ile gerek karbon elementi yüzdesi gerekse karbon eşdeğeri limiti ve mekanik özellikleri açısından deprem yönetmeliği koşullarını sağlayabilecek TS 708’deki tek nervürlü donatı sınıfı ise B 420C**

olarak tanımlanan sınıftır. Yeni olan bu donatı sınıfı da tasarım ve yapım yönetmeliklerinde yer almamaktadır, bu nedenle de yukarıda belirtilen revizyonun TS 708’de ivedi olarak yapılarak, tüm standardın amir “deprem yönetmeliği” şartlarına uygun hale getirilmesi, akabinde de TS 500 standardının bu revizyonlara uygun hale getirilmesi bundan sonraki risklerin yaşanmaması açısından gereklidir.

Son söz olarak da her durumda; yapım aşamasında kullanılacak her türlü donatının “deprem yönetmeliği” şartlarına uygunluğu test edilmeli, belgelenmeli bu kriterlere uymayan donatının kullanılmaması gerçeği unutulmamalıdır.

TEŞEKKÜR: Uzun yıllardan beri ilgili konuda beraber çalıştığım mesai arkadaşlarım Dolunay Çapan, Murat Kiper ve Engin Şengün’e değerli katkıları için teşekkür ederim.

YARARLANILAN KAYNAKÇA

1. “17.Ağustos.1999 Marmara Depremi ve TPB üyelerince yapılan prefabrike yapılar “ Hakan Ataköy / TPB Beton Prefabrikasyon Dergisi/Ekim 1999-Ocak 2000/Sayı 52-53
2. ODTÜ Metalürji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü 15.12.2011 tarihli raporu
3. “Çelik Donatıların Deprem Yönetmeliği Açısından İncelenmesi” Prof. Dr. M. Hulusi ÖZKUL-İTÜ / TMH-Türkiye Mühendislik Haberleri Dergisi / Sayı 426 2003-4
4. “BÇ III-a Beton Çelik Çubuklarının Türk Deprem Yönetmelikleri Açısından İncelenmesi” Fırat F.K, Yücemem M.S / Uluslararası Deprem Sempozyumu - Kocaeli 2009
5. TS 708 / Nisan 2010 “Çelik-Betonarme İçin-Donatı Çeliği” Standardı
6. “Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik” Bayındırlık ve İskan Bakanlığı 6 Mart 2006 / 26100 sayılı Resmî Gazete
7. TS 500 / Şubat 2000 “Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları” standardı
8. TS 708 / Mart 1996 “Beton Çelik Çubukları” standardı
9. TS 500 / Şubat 2000 T1: Şubat 2001 standart tadil teklifi ve standart revizyonu

Numune Kod No	Numune ilk boyutları (mm)	Akma Dayancı ($R_{p0,2}/R_{eH}$) (N/mm ²)	Çekme Dayancı (R_m) (N/mm ²)	**%Uzama (A)
1 - ϕ 18	*Çap: 21,50	$R_{0,2} = R_m$	691	9,8
2 - ϕ 18	*Çap: 21,08	$R_{0,2} = R_m$	730	8,2
3 - ϕ 22	*Çap: 17,86	570	657	27,2
4 - ϕ 22	*Çap: 17,63	626	703	***

Tablo 4 - Van depremi sonrası hasar görmüş bir yapıdan alınan donatıların mekanik test sonuçları [2]

(Donatıların tamamı deprem yönetmeliği kriterlerine aykırıdır)