

# BETON TEST MAKİNALARININ KALİBRASYONUNDA KARŞILAŞILAN SORUNLAR ÜZERİNE ÇÖZÜMLER

**Bülent AYDEMİR**  
**Sinan FANK**

## ÖZET

Beton test makinalarına ait kuvvet ölçme sistemlerinin kalibrasyonu 2004 yılına kadar malzeme test makinaları için kullanılan EN 10002-2(1991) veya güncel hali EN ISO 7500-1(2004) standardına göre yapılmıyordu. Bu standardın beton test makinaları için gerekli olan tüm kontrollerde yetersiz kalması nedeniyle, beton test makinalarına yönelik olarak hazırlanmış olan TS EN 12390-4(2002) standardının yayınlanmasıyla, bu standardın kullanılmasının gerekliliği ortaya çıkmıştır. Bu standart EN ISO 7500-1 ile bir çok yönden ortak noktalara sahip olmakla birlikte, farklı olarak ilave ölçümleri de içermektedir. Yapılacak ölçümlerin TS EN 12390-4 standardının da yeteri kadar açık ifade edilmemesi nedeniyle bazı ölçümler, kalibrasyon yapan laboratuvarlar arasında farklı yorumlara ve uygulamalara sebep olmaktadır. Bu çalışmada, TS EN 12390-4 standardına uygun olarak yapılan ölçümler ve elde edilen verilere göre hesaplanan ortalama birim şekil değiştirme oranı, birim şekil değiştirme oranları arasındaki en büyük fark ve her milimetre yer değiştirmedeki birim şekil değiştirme oranları hesapları açıklanmıştır.

## 1. GİRİŞ

Genel olarak malzeme test makinalarının kuvvet ölçme sistemlerinin doğrulamaları, Avrupa Birliği standartları içerisinde yer alan EN 10002-2 veya EN ISO 7500-1 standartlarına göre gerçekleştirilmektedir [1,2]. Bu standartlar Türk Standartları Enstitüsü tarafından TS EN 10002-2 ve TS EN ISO 7500-1 olarak Türkçeleştirilmiştir[3,4]. EN 12390-4(2000) standardının yayınlanmasından sonra ise, beton test makinalarının kuvvet doğrulamasında esas alınması önerilmiştir [5]. Bu Standard 2002 yılında "TS EN 12390-4, Beton - Sertleşmiş Beton Deneyle - Bölüm 4: Basınç Dayanımı - Deneyle Makinalarının Özellikleri" standardı olarak Türkçeleştirilmiştir [3].

İlerleyen yıllar içinde kalibrasyon uygulamalarında farklı kalibrasyon laboratuvarının farklı standardı referans almasını engelleyebilmek amacıyla, 2007 yılında TURKAK sektör komitesi tarafından 01 sayılı öneriler yayınlanmıştır [4]. Buna göre, ülkemizde, standarda uygun beton üretiminin yapılabilmesi için, beton üreticilerinin ve bu konuda test yapan laboratuvarların ilgili standarda uygun beton test preslerine sahip olmaları gerekmektedir. Beton Test Preslerinin uygun olup olmadığına ise, bu cihazların ilgili standarda göre muayene ve kalibrasyonu yapılarak karar verilebilmektedir.

Bu çalışmada TS EN 12390-4 standardının Ek A bölümüne uygun olarak yapılan ölçümler ve elde edilen verilere göre hesaplanan ortalama birim şekil değiştirme oranı, birim şekil değiştirme oranları arasındaki en büyük fark ve her milimetre yer değiştirmede, birim şekil değiştirme oranları hesapları açıklanmıştır.

## 2. STANDARDA UYGUN OLARAK YAPILAN ÖLÇÜMLER

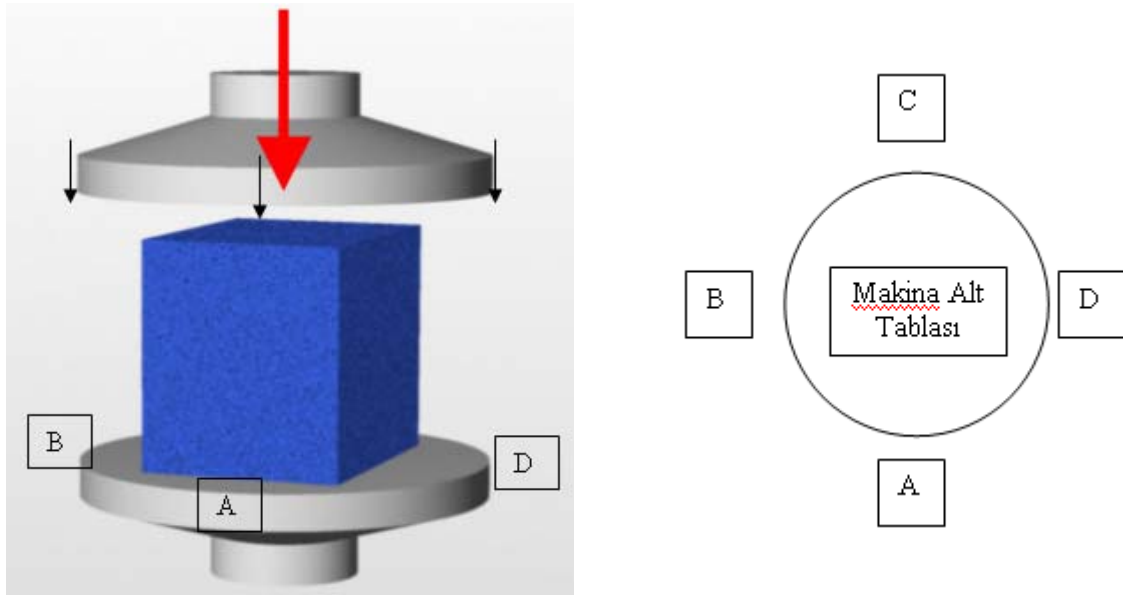
Gerçekleştirilecek ölçümler maddeler halinde ve detaylı bir şekilde aşağıda açıklanmış olup karşılaşılabilecek problemlere çözümler sunulmuştur.

### 2.1. Kuvvet Kalibrasyonu

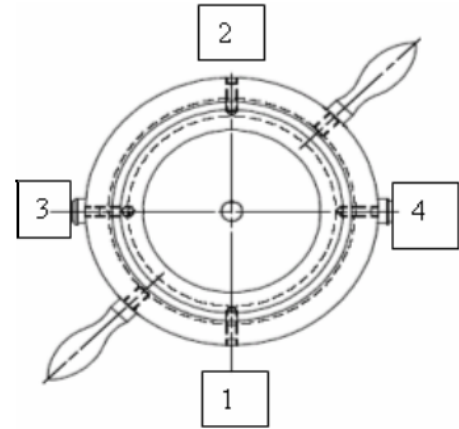
Beton test makinalarının kuvvet kalibrasyonu EN ISO 376(2002) standardına göre kalibre edilmiş ve sınıf değeri doğrulama işlemi uygulanacak makinanın sınıfına eşit veya daha iyi olan bir kuvvet dönüştürücü ile gerçekleştirilir [5]. Beton test makinasının TS EN 12390-4 standardı Ek B de detaylı olarak belirtilen yöntem uygun olarak ölçümleri gerçekleştirilir ve çizelge 1 de belirtilen değerlere göre sınıflandırılarak kuvvet kalibrasyonu yapılır. Bu kalibrasyon EN ISO 7500-1 standardındaki yöntemle benzer şekilde yapılması nedeniyle ölçümler esnasında genel olarak herhangi bir problemle karşılaşılmaz.

### 2.2. Makina Üst Yükleme Başlığının Kendiliğinden Ayarlanmasının Ve Makine Bileşenleri Doğrultularının Kontrolü

Kalibre edilen beton test presine ait üst yükleme başlığının eksenden kaçıklıkları kendiliğinden doğru şekilde ayarladığının ve makina bileşen parçaları doğrultularının doğru olduğunun belirlenebilmesi amacıyla bu kontroller yapılır. Bu ölçüm için kalibre edilecek beton test makinasının başlık plakasının kenar orta noktaları; A, B, C ve D harfleri (Şekil 1) ve kalibrasyon referans kuvvet dönüştürücü cihazının dört adet köprü konumları da 1,2,3 ve 4 rakamları kullanılarak işaretlenir [6]. (Şekil 2)



Şekil 1. Makina Tablasının Önden Ve Üstten İşaretleme Noktalarının Gösterimi



**Şekil 2.** Kalibrasyon Referans Kuvvet Dönüştürücünün Önden Ve Üstten İşaretleme Noktalarının Gösterimi

Kalibre edilecek cihaza, referans kuvvet dönüştürücünün üst yüzü ile makina üst yükleme başlığı arasında yaklaşık olarak 5 mm aralık kalacak şekilde konumlandırılır. Daha sonra üst yükleme başlığı, BD ekseninden A noktasına doğru cihaza temas edinceye kadar yatırılır veya eğilir. Makina üst yükleme başlığı dikkatlice serbest bırakılır ve başlık cihaza tam oturuncaya kadar makina çalıştırılır. Cihazdan okunan gösterge yükü, düzgün şekilde artmak üzere, en az 200kN yük uygulanır. Bu noktada yük sabit tutulur ve referans kuvvet dönüştürücünün dört köprüsünden gösterge değerleri alınır. Uygulanan yük, sabitleme öncesinde 200 kN'u geçerse, 220 kN'dan fazla olmadıkça, gösterge değeri okunabilir. Yükün, 220 kN'u aşması durumunda işlem tekrarlanır.

Aynı işlem üst yükleme başlığının, BD eksenini etrafında C noktasına doğru, daha sonrada AC eksenini etrafında B noktasına ve son olarak ta D noktasına doğru eğilerek tekrarlanır. Her nokta için referans kuvvet dönüştürücünün gösterge değerleri kaydedilir.

A noktasına doğru üst yükleme başlığının eğilmesi durumunda 200kN kuvvet değerinde referans kuvvet dönüştürücüden alınan gösterge değerleri tablo 1 de verilmiştir. Bu değerlere göre referans kuvvet dönüştürücünün 1. köprü değerinin birim şekil değiştirme miktarına oranı, aşağıdaki formül ile hesaplanır.

$$e_1 = (R_1 - R_{ort}) / R_{ort} \quad (1)$$

$e_1$ : Köprüden okunan birim şekil değişimi oranı

$R_1$ : 1. köprüden okunan birim şekil değişimi değeri

$R_{ort}$ : Okunan birim şekil değişimi değerlerinin ortalaması

Diğer köprüler içinde aynı formül ile diğer birim şekil değiştirme oranları hesaplanır. B,C ve D noktaları içinde aynı işlemler tekrarlanarak Tablo 2 oluşturulur. Tablo 2'den görüldüğü gibi birim şekil değişim oranları arasındaki en büyük fark ve ortalama birim şekil değiştirme oranının en büyük değerleri TS EN 12390-4 standardında verilen Çizelge 3'e göre değerlendirilir.

**Tablo 1.** A Noktasına Doğru Başlık Eğilmiş Durumdaki Kuvvet Dönüştürücü Gösterge Değerleri

Kuvvet dönüştürücü kanalları	A noktası (F: 200 kN)	
R <sub>1</sub>	0,12881	mV/V
R <sub>2</sub>	0,14207	mV/V
R <sub>3</sub>	0,14776	mV/V
R <sub>4</sub>	0,13056	mV/V
R <sub>ort</sub>	0,13730	mV/V

**Tablo 2.** Birim Şekil Değiştirme Oranlarının Hesaplanan Değerleri

	A noktası	C noktası	B noktası	D noktası	e <sub>max</sub> -e <sub>min</sub>	e <sub>ort</sub>
e <sub>1</sub>	-0,0618	-0,0413	-0,0644	-0,0529	0,0231	-0,0551
e <sub>2</sub>	0,0347	0,0157	0,0375	0,0244	0,0217	0,0281
e <sub>3</sub>	0,0762	0,0957	0,1022	0,1121	0,0359	0,0965
e <sub>4</sub>	-0,0491	-0,0703	-0,0753	-0,0837	0,0346	-0,0696
En büyük değer					<b>0,0359</b>	<b>0,0965</b>

Kuvvet kN	Birim şekil değ. oranları arasındaki en büyük fark	Ortalama birim şekil değiştirme oranı
200	0,0359	0,0965
2000	-	-

**Tablo 3.** Ortalama Birim Şekil Değiştirme Oranı, Birim Şekil Değiştirme Oranları Arasındaki En Büyük Fark ve Her Milimetre Yer Değiştirmede, Birim Şekil Değiştirme Oranları İçin İzin Verilen En Büyük Değerler[3].

Yük	Makina üst yükleme başlığının kendiliğinden ayarlanması	Makina bileşen parçalarının doğrultularının ayarlanması	Üst yükleme başlığı hareketinin sınırlandırılması
kN	Birim şekil değiştirme oranları arasında izin verilen en büyük fark	İzin verilen en büyük ortalama birim şekil değiştirme oranı	Her milimetre yer değiştirme için, izin verilen birim şekil değiştirme oranları
200	0,10	± 0,10	0,06
2000	İzin verilmez	İzin verilmez	0,04

### 2.3. Makinanın Üst Yükleme Başlığı Hareket Sınırlanmasının Kontrol İşlemi

Kalibre edilecek beton test presinin üst yükleme başlığının hareket sınırlaması kontrolü için, öncelikle referans kuvvet dönüştürücü, merkezi konumdan AC hattı boyunca A noktasına doğru ( $6 \pm 0,05$ ) mm ötelenir. Bu sayede presin eksenden kaçık bir şekilde yüklenmesi sağlanmış olur. Makina üst yükleme başlığı tekrar ayarlanmadan, başlık cihaza temas edinceye kadar çalıştırılır ve düzgün şekilde sabit hızda yük uygulanır. 200kN ve 2000kN nominal kuvvetlerde değerler mümkün olduğunca sabit kalması sağlanarak dört köprüden alınan gösterge değerleri kaydedilir. Makina yükleme kapasitesinin 2000 kN'dan daha küçük olması halinde, okumalar 200 kN ve cihazın en büyük yükleme değerinde alınır.

Kuvvet değerinin, % 10 geçmeyecek şekilde sabit tutulması sağlanır. % 10'dan daha fazla kuvvet değerinin geçilmesi halinde ölçümler tekrarlanır.

Bu ölçümler benzer şekilde referans kuvvet dönüştürücünün merkezi konumdan ( $6 \pm 0,05$ ) mm hareket ettirilme işleminin, önce AC hattı üzerinde C noktasına, daha sonra BD hattı üzerinde B noktasına, son olarak ta BD hattı üzerinde D noktasına doğru yapılmasıyla tekrarlanır. Birim şekil değiştirme oranı,  $r$  ile gösterilir. 1, 2, 3 ve 4 indisleri, köprülerin birim şekil değiştirme silindiri üzerindeki yerlerini (Şekil 2), a,b,c ve d indisleri (Şekil 1), referans kuvvet dönüştürücünün kendine doğru yaklaştırıldığı noktayı gösterir. Örnek olarak,  $r_{1a}$ ; 1 numaralı köprüden, referans kuvvet dönüştürücü A noktasına doğru 6 mm yaklaştırıldığı zaman alınan birim şekil değiştirme oranını gösterir.

A noktasına doğru 6 mm ötelenmiş durumda 200kN ve 2000kN kuvvet değerindeki alınan gösterge değerleri tablo 3 de verilmiştir. Bu değerlere göre 1. köprü değerinin birim şekil değiştirme oranı aşağıdaki formül ile hesaplanır.

$$R_{o1}=(R_1-R_{ort})/R_{ort} \quad (2)$$

C noktasına doğru 6 mm ötelenmiş durumda 200kN ve 2000kN kuvvet değerindeki alınan gösterge değerleri Tablo 4 de verilmiştir. Elde edilen bu değerler kullanılarak TS EN 12390–4 standardında yer alan A–1 formülüne göre hesaplanan hata değerleri de Tablo 5 gösterilmiştir.

Tablo 5'den görüldüğü gibi birim şekil değişim oranları arasındaki en büyük fark ve ortalama birim şekil değiştirme oranının en büyük değerleri TS EN 12390–4 standardında verilen Çizelge 3'e göre değerlendirilir.

**Tablo 4.** A Konumuna Doğru 6mm Ötelenmiş Durumdaki Kuvvet Dönüştürücü Gösterge Değerleri

Kuvvet dönüştürücü kanalları	F: 200 kN	F: 2000 kN	
	A noktası	A noktası	
$R_1$	0,11199	1,27148	mV/V
$R_2$	0,16115	1,48465	mV/V
$R_3$	0,16528	1,54618	mV/V
$R_4$	0,09956	1,19448	mV/V
$R_{ort}$	0,13450	1,37420	mV/V

$$R_{o1}=(R_1-R_{ort})/R_{ort}$$

Hesaplanan Değerler	F: 200 kN	F: 2000 kN
	A noktası	A noktası
$R_{o1} = r_1$	-0,167	-0,075
$R_{o2} = r_2$	0,198	0,080

**Tablo 5.** C Konumuna Doğru 6 mm Ötelenmiş Durumdaki Kuvvet Dönüştürücü Gösterge Değerleri

Kuvvet dönüştürücü kanalları	F: 200 kN	F: 2000 kN	
	C noktası	C noktası	
R <sub>1</sub>	0,11199	1,27148	mV/V
R <sub>2</sub>	0,16115	1,48465	mV/V
R <sub>3</sub>	0,16528	1,54618	mV/V
R <sub>4</sub>	0,09956	1,19448	mV/V
R <sub>ort</sub>	0,13450	1,37420	mV/V

$$R_{o1}=(R_1-R_{ort})/R_{ort}$$

Hesaplanan Değerler	F: 200 kN	F: 2000 kN
	C noktası	C noktası
R <sub>o1</sub> = r <sub>1</sub>	0,136	0,080
R <sub>o2</sub> = r <sub>2</sub>	-0,107	-0,074

**Tablo 6.** AC Hattı Boyunca Öteleme Sonucundaki Birim Şekil Değiştirme Miktarları

	A noktası		C noktası	
	200 kN	2000 kN	200 kN	2000 kN
r <sub>1</sub>	-0,167	-0,075	0,136	0,080
r <sub>2</sub>	0,198	0,080	-0,107	-0,074

$$\frac{(r_{1c} - r_{2c}) - (r_{1a} - r_{2a})}{24}$$

$$=[(0,136-(-0,107))-((-0,167)-0,198)] / 24$$

$$=0,0253$$

Kuvvet kN	Her mm. için birim şekil değişimi	
	AC hattı	BD hattı
200	0,0253	0,0303
2000	0,0129	0,0147

### 3. SONUÇ

Birim şekil değişimi miktarlarının belirlenmesi için gerçekleştirilen ölçüm sonuçlarından da görüldüğü gibi, TS EN 12390-4 standardının ek A bölümüne uygun olarak yapılan ölçümler ve elde edilen sonuçlara göre, okunan en büyük fark 0,1 değerini geçmemelidir. Bu da % 10 değerine karşılık gelmekte olup yapılan örnek hesaplardan görüleceği üzere en büyük fark BD hattında 200 kN yük değeri için 0,0303 elde edilmiş olup bu sonuçların standardın gerekliliklerini karşıladığı görülmektedir.

Bu makale ile standartta anlaşılması güç olan Ek A kısmındaki birim şekil değiştirme hesaplarının detaylı olarak açıklanması yapılmış olup kullanıcılara faydalı ve açıklamalı olması amacıyla hazırlanmıştır.

## KAYNAKLAR

- [1] EN 10002-2, Metallic materials - Tensile testing - Part 2: Verification of the force measuring system of the tensile testing machines, 1991
- [2] EN ISO 7500-1, Metallic materials -Verification of static uniaxial testing machines - Part 1: Tension/compression testing machines - Verification and calibration of the force-measuring system, 1999
- [3] TS EN 12390-4, Beton - Sertleşmiş Beton Deneyleri - Bölüm 4: Basınç Dayanımı - Deney Makinalarının Özellikleri, 2002
- [4] www.turkak.org.tr
- [5] EN ISO 376, Metallic materials - Calibration of the force-proving instruments used for the verification of uniaxial testing machines, 2002
- [6] www.gtm-gmbh.com

## ÖZGEÇMİŞLER

### Bülent AYDEMİR

1973 yılı Eskişehir doğumludur. 1994 yılında Erciyes Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Bölümünü bitirmiştir. 1996 yılında Kocaeli Üniversitesinden Yüksek Mühendis, 2003 yılında Eskişehir Osmangazi Üniversitesinden Doktor ünvanını almıştır. 1994-2000 yılları arasında Eskişehir Osmangazi Üniversitesinde Araştırma Görevlisi olarak görev yapmıştır. 2000 yılından beri TÜBİTAK-UME Kuvvet Ölçümleri Lab. Uzman Araştırmacı olarak görev yapmaktadır. Kuvvet ölçme cihazları, malzeme test makineleri, ekstansometre, sertlik cihazları, çentik darbe cihazları ve yorulma cihazlarında test ve kalibrasyon konularında çalışmaktadır.

### Sinan FANK

1968 yılında Fatsa/ORDU' da doğdu. Lise öğrenimini Haydarpaşa Endüstri Meslek Lisesi Ağaç İşleri Bölümünde tamamladı. Üniversite eğitimi kapsamında, 1989 yılında İ.T.Ü Makina Fakültesi'nden lisans derecesini, 1992 yılında yine İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Anabilim dalından yüksek lisans ve 2002 yılında ise doktora derecesini aldı.

1991 yılında TÜBİTAK, Ulusal Metroloji Enstitüsü (UME) işe başladı. Kuvvet metrolojisi ile ilgili 19 adet yurtdışı, 15 adet ise yurtiçi ve 12 adet UME için yayını bulunan Dr. Sinan FANK halen, TÜBİTAK-UME Kuvvet Ölçümleri Laboratuvarında uzman araştırmacı ve laboratuvar sorumlusu olarak görev yapmaktadır.