

MALZEME TEST MAKİNASI KALİBRASYONUNDA BAĞLANTI APARATLARININ KALİBRASYON SONUÇLARINA ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Abdullah HAMARAT*
Burhanettin KALAÇAY
Dr. Bülent AYDEMİR

* abdullah.hamarat@emis-turkey.com

EMİS Kalibrasyon ve Ölçüm Hizmetleri Ltd.Şti., Ataşehir /İSTANBUL
Tel: 0216 577 6240

ÖZET

Malzeme Test Makinaları, hedeflenen kalitede bir ürün üretebilmek için malzemenin dayanımı hakkında bir takım bilgiler edinebilmek için yapılan çekme, basma, eğilme v.s. testlerinde kullanılan makinalardır. Her cihazda olduğu gibi malzeme test makinalarında da doğru ve güvenilir sonuçlar cihazın belirli aralıklarla kalibrasyonu ile mümkündür. Kalibrasyon sonuçlarının doğruluğunda ise, malzeme test makinasının ve kuvvet ölçme cihazının performansı, referans cihaz, kalibrasyonda kullanılan metod vb. gibi etkenlerin yanı sıra referans cihazın malzeme test makinasına bağlantı şekli ve aparatları da etkili olmaktadır. Malzeme test makinalarının kuvvet kalibrasyonu TS EN ISO 7500-1 standardına uygun olarak gerçekleştirilir. Standartta bağlantı ekipmanları tam olarak tanımlanmadığından bu konuda sıkıntılar yaşanmaktadır. Bu çalışmada, kalibrasyon esnasında kullanılan bağlantı şekli ve aparatların kalibrasyon sonuçlarına etkileri incelenmiş ve elde edilen sonuçlar yorumlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Malzeme test makinası, bağlantı aparatı etkisi, TS EN ISO 7500-1

┌
┌
┌
┌

ABSTRACT

Material testing machines are used in the test in order to get some information about the strength of the material like tensile, compression, bending test etc. to produce the targeted quality product. As with any device, the calibration of material testing machines at regular intervals is possible with accurate and reliable results. The accuracy of the calibration results are also effected by connection of the reference device to the material testing machine and connection apparatus as well as itself the reference device and used calibration method. Force calibration of the material testing machines is carried out in accordance with TS EN ISO 7500-1. There are some problems in this regard because of there is no clearly definition for connections in this standard. In this study, the effect of the connection type and apparatus used during calibration were investigated and interpreted the results of the calibration.

Key Words: Material test machine, effect of apparatus, TS EN ISO 7500-1

1. GİRİŞ

Çekme/basma test cihazı veya diğer bir adıyla malzeme test makinaları (Şekil 1), günümüzde mekanik, yarı-otomatik ve tam otomatik olarak çeşitli tip ve kapasitelerde üretilmektedirler. Sanayide metal, plastik, ahşap, karton v.s. gibi malzemeden üretilmiş ürünlerin dayanıklılık, mukavemet testlerinin yapılmasında kullanılmaktadırlar.



Şekil 1. Malzeme Test Makinası

Modern anlamda günümüzde imal edilen cihazlar, cihaz gövdesi, kuvveti oluşturmak ve sabit tutmak için bir ünite, elde edilen kuvvetin okunması için bir kuvvet dönüştürücü ve okuma ünitesi, uzama ölçümü için motor enkoderi veya ekstansometre ve elde edilen verilerin istatistiksel analizi için bilgisayar programından meydana gelmektedir. Kullanılacakları kuvvet aralığına göre tek yada çift kolonlu olarak imal edilmektedirler. Malzeme test makinasından elde edilen kuvvet değerleri, satılacak yada satın alınacak malzemenin kabul kriteri olarak veya AR-GE / ÜR-GE çalışmalarında kullanılmak üzere referans veri olarak alınmaktadır. Bu nedenle söz konusu cihazların kalibrasyonları önem arz etmektedir. Bu cihazlar uluslar arası alanda kabul edilen TS EN ISO 7500-1 standardına uygun olarak kalibre edilmelidir. Söz konusu standartta bağlantı ekipmanları tam olarak tanımlanmadığından, farklı bağlantı şekillerinin ölçüm sonuçlarına etkileri bu çalışmada incelenmiştir.

┘
┘
┘

2. ÖLÇÜMDE KULLANILAN CİHAZ VE BAĞLANTI ŞEKİLLERİ

Ölçümler TÜBİTAK UME de bulunan Zwick marka test makinasında yapılmıştır. Makinaya ait 100 N kapasiteli kuvvet ölçme cihazının çekme yönündeki kalibrasyonunun TS EN ISO 7500-1 standardına uygun olarak yapılması hedeflenmiştir. Kalibrasyonda kullanılan referans cihaz sertifikalı 100 N kapasiteli askılı kütle setidir. Kalibrasyonda askılı kütlelerin makinaya bağlantısında 3 farklı bağlantı kullanılmıştır. Bunlar kablo bağı ile bağlantı, kanca mapa bağlantısı ve aksenel vidalı bağlantı olup şekilleri şekil 2 de verilmiştir.



3. ÖLÇÜMLER

┘

Malzeme test makinasının kuvvet kalibrasyonu, Şekil 2a, Şekil 2b ve Şekil 2c' de yer alan bağlantı şekillerinin her biri ile ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, sanayi imalatı parçalar (kanca, mapa ve kütle taşıyıcı bağlantı aparatı) ile açısal etkileri gözlemlemek için bağlantı şeklini değiştirmeden 0° ve 180° konumlarında ölçümler yapılmıştır. Kalibrasyon işlemi ısıl etkenlerin minimum değerlerde tutulması için sıcaklık kontrollü (20±1 °C ve 50±10 % nem) laboratuvar ortamında gerçekleştirilmiştir. Kalibrasyon işlemi TS EN ISO 7500-1 standardına göre ve yalnızca bağlantı aparatlarının etkilerine görebilmek için sadece bir konumda gerçekleştirilmiş ve her bir bağlantı şeklinde %10 luk adımlarla artan yönde kuvvet adımlarında 3 seri olarak gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışmada bağlantı şekli ve aparatların etkileri incelendiğinden referans olarak yük hücresi yerine değeri değişmeyen sertifikalı kütle seti kullanılmıştır. Kalibrasyon standartta yer alan sabit gerçek kuvvet metodu ile yapılmıştır ve her bir kuvvet adımındaki okumalar cihaz ekranından N biriminde gerçekleştirilmiş ve sapma ve belirsizlik değerleri bağıl olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan hata parametreleri ve formülleri aşağıda verilmiştir.

Bağıl doğruluk hatası:

$$q = \frac{\overline{F}_i - F}{F} \times 100$$

q : Deney makinasının kuvvet ölçme sisteminin bağıl doğruluk hatası

\overline{F}_i : Doğrulanacak kuvvet ölçme cihazının kuvvet göstergesinin artan kuvvet adımında gösterdiği değerlerin ortalaması

F : Kuvvet adımındaki sabit gerçek kuvvet

Bağıl tekrarlanabilirlik hatası:

Kalibrasyon sabit gerçek kuvvetle yapıldığından, bağıl tekrarlanabilirlik hatası aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır.

$$b = \frac{F_{imak} - F_{imin}}{F} \times 100$$

b : Deney makinasının kuvvet ölçme sisteminin bağıl tekrarlanabilirlik hatası

F_{imak} : Artan kuvvet adımında deney makinası göstergesinden okunan maksimum kuvvet değeri

F_{imin} : Artan kuvvet adımında deney makinası göstergesinden okunan minimum kuvvet değeri

F : Kuvvet adımındaki sabit gerçek kuvvet

Genişletilmiş bağıl ölçüm belirsizliği:

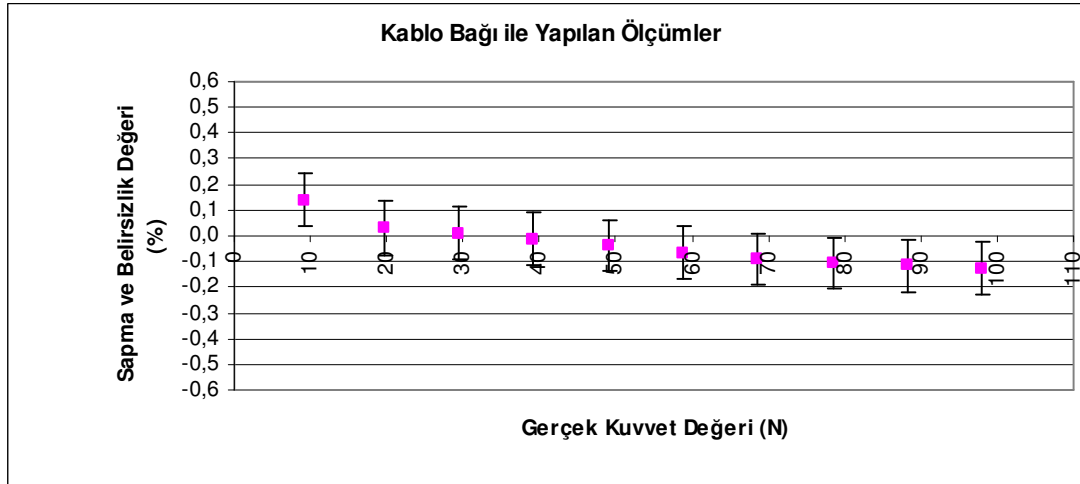
Genişletilmiş bağıl ölçüm belirsizliği (U_E) her bir kuvvet adımı için hesaplanan bileşik bağıl ölçüm belirsizliğinin (u_c) kapsam faktörü (k) ile çarpılması ile elde edilir. Kapsam faktörü % 95 güvenilirlik düzeyinde $k=2$ olarak alınmıştır. Bileşik belirsizlik ise ölçümde etkili olabilecek ilgili tüm standart belirsizliklerin varyanslarından aşağıda yer alan denklemde görüldüğü gibi hesaplanmıştır.

$$U_E = kx_{u_c} = \sqrt{(u_{ref})^2 + (u_b)^2 + (u_r)^2 + (u_z)^2}$$

- u_{ref} : Kalibrasyonda kullanılan referans cihazın bağıl belirsizliği (referansın sertifikasından, cihazın uzun süreli sapma ve sıcaklık etkileşiminden gelen bileşenleri içermektedir)
- u_b : Cihazın bağıl tekrarlanabilirlik belirsizliği
- u_r : Cihazın bağıl çözünürlük belirsizliği
- u_z : Cihazın bağıl sıfır sapma belirsizliği

3.1. Kablo Bağı Kullanılarak Yapılan Ölçümler

Bağlantı şeklinin kalibrasyon sonuçlarını etkilerini incelemek için öncelikle kütle taşıyıcı aparat malzeme test makinasına Şekil 2a' da görüldüğü gibi bir kablo bağı kullanılarak asılmıştır. Kalibrasyona başlamadan önce kütle taşıyıcı cihaza bağlandıktan sonra malzeme test makinası göstergesi sıfırlanmıştır. Önceden belirlenmiş her bir adımdaki kuvvet değeri, sertifikalı ölü ağırlıklar kütle taşıyıcıya yerleştirilerek oluşturulmuştur. Her bir kuvvet noktasında, ölü ağırlığa karşılık gelen cihaz göstergesindeki kuvvet değeri (F_i) okunarak kaydedilmiştir. Kalibrasyon işlemi %10' luk artımlarla 10 eşit adımda gerçekleştirilmiştir. Sistem üzerinde kuvvet değerine etki edebilecek diğer olası etkileri ortadan kaldırmak için kalibrasyon işlemi, aynı konumda 3 seri olarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar aşağıda yer almaktadır (şekil 3).

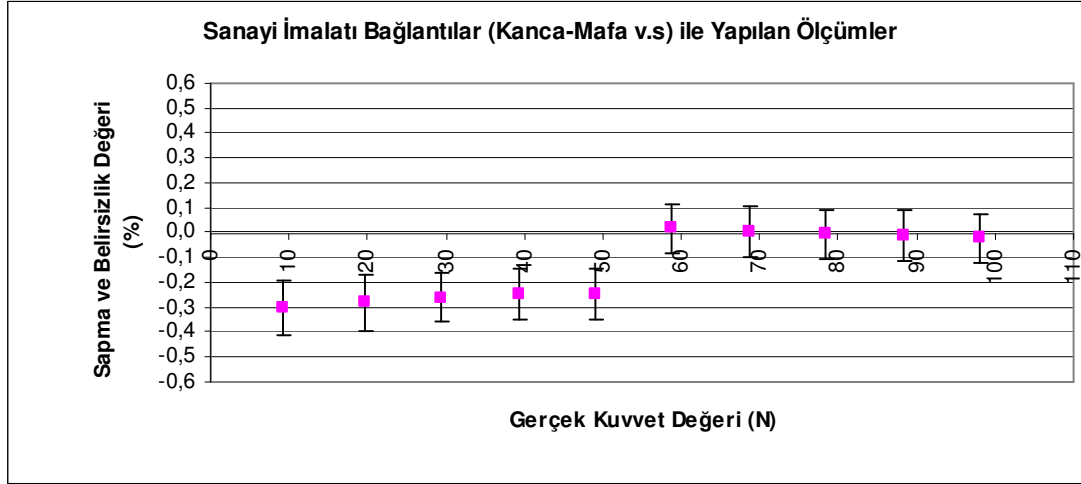


Şekil 3. Kablo bağı ile yapılan ölçümlerin sapma ve belirsizlik değerleri

3.2. Kanca Mapa Bağlantısı (Sanayi İmalatı Bağlantılar) ile Yapılan Ölçümler

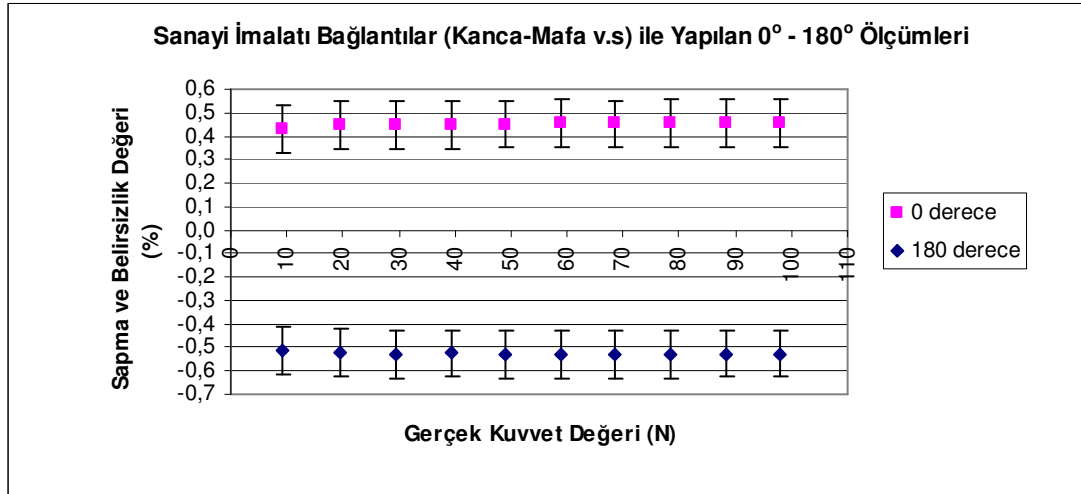
Bu bağlantı şeklinde, referans ölü ağırlıklar malzeme test makinasına sanayi imalatı kanca ve mapa yardımı ile bağlanmıştır (Şekil 2b). Ölçümlere başlamadan önce kütle taşıyıcı cihaza bağlandıktan sonra malzeme test makinası göstergesi sıfırlanmıştır. Önceden belirlenmiş her bir adımdaki kuvvet değeri, sertifikalı ölü ağırlıklar kütle taşıyıcıya yerleştirilerek oluşturulmuştur. Her bir kuvvet noktasında, ölü ağırlığa karşılık gelen cihaz göstergesindeki kuvvet değeri (F_i) okunarak kaydedilmiştir. Kalibrasyon işlemi %10' luk artımlarla 10 eşit adımda gerçekleştirilmiştir. Sistem

üzerinde kuvvet değerine etki edebilecek diğer olası etkileri ortadan kaldırmak için kalibrasyon işlemi, aynı konumda 3 seri olarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar aşağıda yer almaktadır (şekil 4).



Şekil 4. Kanca mapa bağlantısı (Sanayi imalatı bağlantılar) ile yapılan ölçümlerin sapma ve belirsizlik değerleri

Bu bağlantı şeklinde ilave olarak ilk konumda ölçümler alındıktan sonra konum 180° değiştirilerek ölçümler tekrarlanmıştır. 0° konumunda, ölçümlere başlamadan önce kütle taşıyıcı cihaza bağlandıktan sonra malzeme test makinası göstergesi sıfırlanmıştır. Önceden belirlenmiş her bir adımdaki kuvvet değeri, sertifikalı ölü ağırlıklar kütle taşıyıcıya yerleştirilerek oluşturulmuştur. Her bir kuvvet noktasında, ölü ağırlığa karşılık gelen cihaz göstergesindeki kuvvet değeri (F_i) okunarak kaydedilmiştir. Kalibrasyon işlemi %10' luk artımlarla 10 eşit adımda gerçekleştirilmiştir. 0° konumunda 3 seri ölçüm gerçekleştirildikten sonra, bağlantı aparatlarının konuma bağlı etkilerini görebilmek için kütle taşıyıcı kanca-mafa bağlantısı ile birlikte 180° döndürülerek aynı şartlarda 3 seri ölçüm daha alınmıştır. Elde edilen sonuçlar aşağıda yer almaktadır (şekil 5).

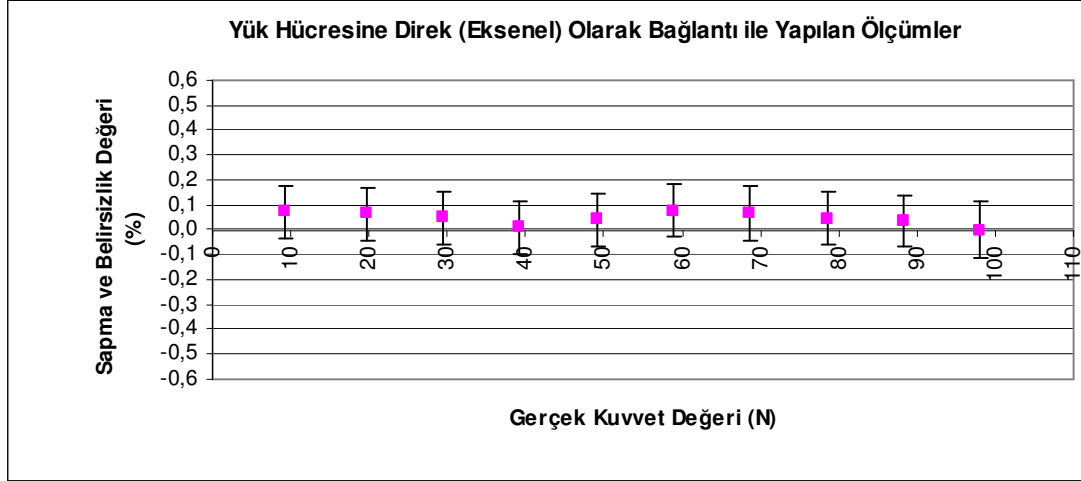


Şekil 5. Kanca mapa bağlantısı (Sanayi imalatı bağlantılar) ile yapılan 0° ve 180° deki ölçümlerin sapma ve belirsizlik değerleri

3.3. Eksenel Vidalı Bağlantı ile Yapılan Ölçümler

Bu bağlantı şeklinde, referans ölü ağırlıkları taşıyan kütle taşıyıcı, malzeme test makinası yük hücreğine direk olarak bağlanmıştır (Şekil 2c). Ölçümlere başlamadan önce, kütle taşıyıcı cihaza bağlı iken malzeme test makinası göstergesi sıfırlanmıştır. Önceden belirlenmiş her bir adımdaki kuvvet

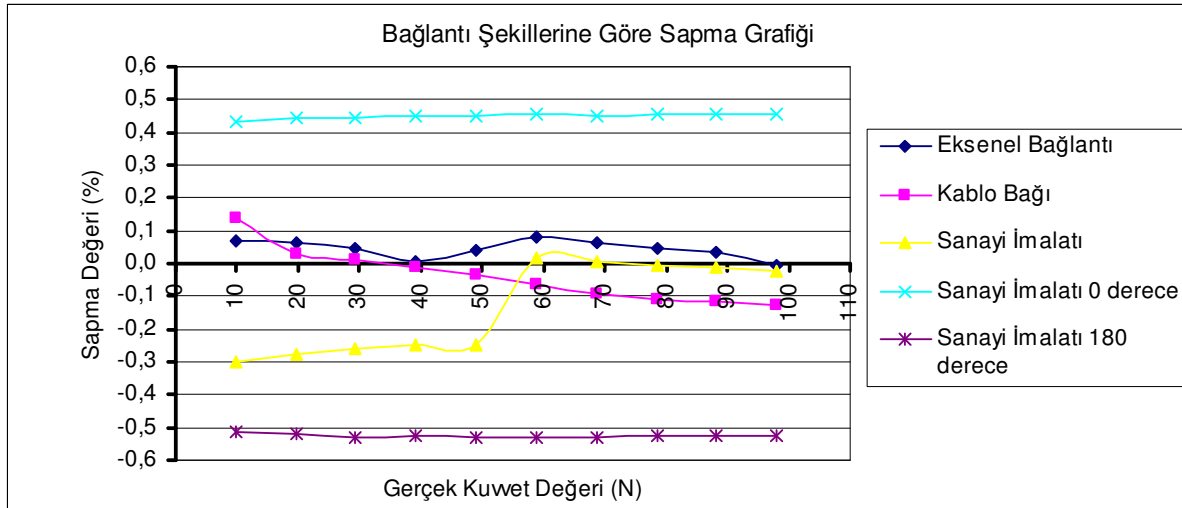
değeri, sertifikalı ölü ağırlıklar kütle taşıyıcıya yerleştirilerek oluşturulmuştur. Her bir kuvvet noktasında, ölü ağırlığa karşılık gelen cihaz göstergesindeki kuvvet değeri (F_i) okunarak kaydedilmiştir. Kalibrasyon işlemi %10' luk artımlarla 10 eşit adımda gerçekleştirilmiştir. Sistem üzerinde kuvvet değerine etki edebilecek diğer olası etkileri ortadan kaldırmak için kalibrasyon işlemi, aynı konumda 3 seri olarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar aşağıda yer almaktadır (Şekil 6).



Şekil 6. Eksenel vidalı (yük hücre sine direkt olarak) bağlantı ile yapılan ölçümlerin sapma ve belirsizlik değerleri

4. SONUÇLARIN KARŞILAŞTIRILMASI VE “ E_n ” FAKTÖRÜNÜN DEĞERLENDİRİLMESİ

Önceki bölümlerde bahsi geçen bağlantı şekillerine göre sapmaların toplu halde ifade edildiği grafik Şekil 7’ de yer almaktadır. Grafikte, bağlantı şekli ve aynı bağlantı şeklindeki açısız döndürülmeye karşı sistemin tepkisi ve göstergeden elde edilen ölçüm değerlerinin gerçek değerden sapmaları toplu halde görülmektedir.



Şekil 7. Bağlantı şekillerine göre sapma eğrileri

Farklı bağlantı aparatları kullanılarak yapılan ölçümleri değerlendirebilmek için, sapma değerleri tek başlarına yeterli olmamaktadır. Literatüre baktığımızda bu tip bir kıyaslama, sapma değerlerinin yanı sıra belirsizlik değerleri de dikkate alınarak hesaplanan “ E_n ” sapması ile yapılmaktadır (ISO/IEC 17043).

Ölçüm sonuçlarının $E_n \leq 1$ kriterini karşılama beklenmektedir. “ E_n ” değerleri ise aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmaktadır.

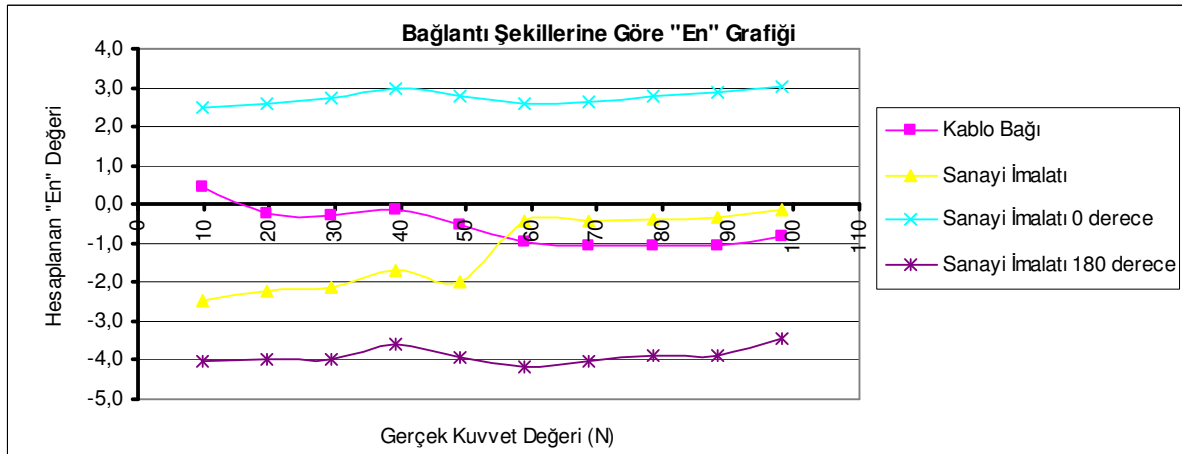
$$E_n = \frac{q_r - q_t}{\sqrt{(U_r)^2 + (U_t)^2}}$$

- q_r : Referans alınan (eksenel bağlantılı) ölçümün sapma değeri
 q_t : İncelenen (diğer bağlantılı) ölçümün sapma değeri
 U_r : Referans alınan (eksenel bağlantılı) ölçümün genişletilmiş belirsizlik değeri
 U_t : İncelenen (diğer bağlantılı) ölçümün genişletilmiş belirsizlik değeri

Yukarıda yer alan formül kullanılarak hesaplanan “ E_n ” sapmaları Tablo 1 ve Şekil 8’ de görülmektedir.

Tablo 1. Hesaplanan “ E_n ” değerleri

Kablo Bağı Bağlantı "En" Değerleri		Sanayi İmalatı Bağlantı "En" Değerleri		Sanayi İmalatı Bağlantı 0° Konumu "En" Değerleri		Sanayi İmalatı Bağlantı 180° Konumu "En" Değerleri	
Gerçek Kuvvet Değeri F [N]	E_n	Gerçek Kuvvet Değeri F [N]	E_n	Gerçek Kuvvet Değeri F [N]	E_n	Gerçek Kuvvet Değeri F [N]	E_n
9,807	0,46	9,807	-2,46	9,807	2,47	9,807	-4,02
19,613	-0,22	19,613	-2,20	19,613	2,60	19,613	-3,98
29,420	-0,26	29,420	-2,13	29,420	2,74	29,420	-3,98
39,227	-0,14	39,227	-1,71	39,227	2,99	39,227	-3,61
49,034	-0,55	49,034	-1,98	49,034	2,80	49,034	-3,93
58,840	-0,97	58,840	-0,43	58,840	2,57	58,840	-4,15
68,647	-1,07	68,647	-0,42	68,647	2,62	68,647	-4,05
78,454	-1,04	78,454	-0,36	78,454	2,76	78,454	-3,89
88,260	-1,04	88,260	-0,32	88,260	2,88	88,260	-3,88
98,067	-0,81	98,067	-0,13	98,067	3,04	98,067	-3,46



Şekil 8. Bağlantı şekillerine göre “ E_n ” sapma eğrileri

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada, TS EN ISO 7500–1 standardına göre kalibrasyonu yapılan malzeme test makinalarının farklı bağlantı şekilleri kullanılarak yapılan ölçümlerde, cihaz gösterge değerlerinin bağlantı şekline göre değeri etkilendiği tespit edilmiştir. Çalışmada, kütle değerindeki olası değişimin test sonuçlarına etki etmeyecek kadar düşük olan referans ölçü ağırlıkları kullanılarak ölçümler gerçekleştirilmiştir. Ölçümlerin kendi içlerindeki tekrarlanabilirliklere bakıldığında, seriler arasında son derece tekrarlanabilir sonuçlar alındığı görülmektedir. Tekrarlanabilirlik sonuçlarına göre yargıya

gidilmesi durumunda, ölçüm sonuçlarına güvenilebileceği gibi bir yanılgıya düşülebilmektedir. Eksenel bağlantıya göre diğer bağlantı şekillerinin “E_n” sapmaları ele alındığında, cihaz gösterge değerlerinin her bir bağlantı şeklinde kabul edilebilir sınırların dışına çıktığını göstermiştir. Aynı bağlantı elemanları ile söküp takma işleminden sonra aynı sapma değerlerinin elde edilemediği ve sapmaların yön değiştirdiği görülmüştür. Kanca mapalı bağlantı elemanları ile 0° ve 180° açısız konumda yapılan ölçümlerde sapma değerlerinin yön değiştirdiği ve “E_n” değerinin “+3” birimden “-4” birime kadar değiştiği görülmüştür.

Bu çalışma, malzeme test makinasının performansında kuvvet ölçme sensörü ve tasarimsal kriterlerin yanı sıra, numunenin cihaza eksenel olarak bağlanması da kritik öneme sahip olduğu görülmüştür. Her ne kadar aynı bağlantı şekli ile tekrarlanan değerler elde edilse de, ortalama ölçüm değerlerinin gerçek değerlerden farkı yadsınamaz mertebelerde olabilmektedir. Malzeme test makinaları ile yapılan gerek çekme gerekse basma yönündeki uygulamalarda, kuvvetin eksenel yönde tatbik edilmesinin son derece önemli olduğu görülmüştür.

↓
↓
↓

KAYNAKLAR

- [1] TS EN ISO 7500-1 Metal Malzemeler - Tek Eksenli Statik Deney Makinalarının Doğrulanması– Bölüm 1: Çekme/Basma Deney Makinaları – Kuvvet Ölçme Sisteminin Doğrulanması ve Kalibrasyonu, 2005
- [2] ISO/IEC 17043 Conformity assessment – General requirements for proficiency testing, 2010
- [3] EN ISO 376, Metallic Materials - Calibration of Force-Proving Instruments Used for the Verification of The Uniaxial Testing Machine, 2004
- [4] EN ISO 376, Metallic Materials - Calibration of Force-Proving Instruments Used for the Verification of The Uniaxial Testing Machine, 2011
- [5] Aydemir, B., Pelit, E., Fank, S., Genel Kuvvet Metrolojisi Eğitim Dökümanı, TÜBİTAK UME, 2008
- [6] Aydemir, B., Pelit, E., Fank, S., Malzeme Test Makinası Kalibrasyon Eğitim Dokümanı, TÜBİTAK UME, 2008
- [7] EA-04/02, 1999 Expression of the uncertainty of measurement in calibration
- [8] EA-10/04 (EAL-G22) , 1996, Uncertainty of Calibration Results in Force Measurements
- [9] EURAMET-cg-04.01 Uncertainty of Force Measurements, march 2010
- [10] www.tse.org.tr

ÖZGEÇMİŞ

Abdullah HAMARAT

1975 Yenice/Çanakkale doğumludur. 1996 yılında İTÜ Makina Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümünü bitirmiştir ve 2002 yılında İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Enerji Bölümü' nde yüksek lisansını tamamlamıştır. 1997-2002 yılları arasında özel sektörde enerji, teknik servis, proje yöneticiliği gibi çeşitli alanlarda çalışmıştır. 2002-2007 yılları arasında TÜBİTAK-UME Basınç Standartları Laboratuvarı' nda araştırmacı olarak çalışmıştır. 2009 yılından bu yana Emis Kalibrasyon' da Teknik Müdür olarak çalışmaktadır.

Burhanettin KALAÇAY

1981 Ardahan doğumludur. 2003 yılında MKÜ Makine Bölümünü bitirmiştir. Özel sektörde çeşitli firmalarda üretim ve kalite bölümlerinde çalışmıştır. 2008 yılından bu yana Emis kalibrasyonda çalışmakta ve kuvvet grubu laboratuvar sorumluluğunu üstlenmektedir.

Dr. 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.