

5 m BENCH ŞERİT METRE ve ÇELİK CETVEL KALİBRASYON SİSTEMİ

Bülent ÖZGÜR¹, Dr. Tanfer YANDAYAN²

^{1,2} TÜBİTAK, Ulusal Metroloji Enstitüsü (UME) – Boyutsal Laboratuvarı
P.K. 54 41470 Gebze – KOCAELİ
Tel : 0 262 6795000
e-mail : ¹ bulent.ozgur@ume.tubitak.gov.tr, ² tanfer.yandayan@ume.tubitak.gov.tr

ÖZET

Şerit metre ve Çelik Cetveller, boyutsal ölçümlerde izlenebilirliğin endüstriye aktarılabilmesi için kullanılan önemli ekipmanların arasında yer almaktadır. Bu ekipmanlar ayrıca yasal metroloji kapsamına girdikleri için üreticileri açısından da büyük önem taşımaktadır. UME’de geliştirilen bu sistemle, endüstriye verilen kalibrasyon hizmeti dışında şerit metre ve çelik cetvel üreticilerinin ürünlerini Avrupa Pazarı’nda kabul ettirebilmelerini ve Avrupa standardı direktiflerine uygun ürün geliştirebilmelerini sağlamak mümkün olmaktadır.

UME’de kurulan 5m BENCH sistemi ile Türkiye’de uluslararası yasal metroloji kapsamında OIML R35 standardı ve ayrıca TC. Sanayi ve Ticaret Bakanlığı’nın Avrupa Yasal Metroloji Standardı 73/362/EEC Direktifi temelinde hazırladığı yönetmeliğe uygun kontrollerin gerçekleştirilmesi mümkündür.

Anahtar sözcükler : Çelik ve Şerit Metre , Yasal Metroloji , Uzunluk Ölçümleri

1. GİRİŞ

Ölçüm sistemi; Nominal boyu 5 m ye kadar olan Çelik cetvel (atelye cetvelleri) ve şerit metrelerin bir seferde de daha uzun metrelerin ise ekleme yöntemi ile kalibrasyonunun gerçekleştirilebildiği bir sistem olarak UME de geliştirilmiştir. Sistem ana olarak iki adet 6 m daire kesitli ray , mekanik ve optik parçalardan oluşmuştur. Sistemdeki raylar ; üç adet ağır mermer blok üzerine kinematik hareket prensibine uygun mekanik aparatlar yardımı ile bağlanmıştır. Mekanik aksamlar üzerine, alüminyum kesitli özel profil yardımı ile referans ölçme skalası bağlanmıştır. Sistem seçimli olarak laser interferometre de bağlanabilecek şekilde tasarlanmıştır. Raylar üzerinde hareket edebilen taşıyıcı ünite üzerinde probamayı sağlayan CCD kamera ile mikrometre kontrollü X/Y tabla kullanılmıştır. Taşıyıcı araba sistemi daire kesitli ray üzerinde hareketi sağlayacak motorizasyon ünitesi ile birlikte tasarlanmıştır. CCD Kamera ile alınan görüntüler de MS Visual Basic ile hazırlanmış özel bir ölçme yazılımı ile değerlendirilmektedir. Bu sayede operatör motorizasyon ünitesini kullanarak CCD kameradan yazılıma alınan görüntü başında kalibrasyon işlemini rahatlıkla gerçekleştirebilmektedir. Sistemin hareketi esnasında mesafe bilgileri, taşıyıcı üniteye bağlı X/Y Tabla yardımı ile seçimli olarak laser interferometre veya optik lineer encoder (Optik cetvel) kullanılarak alınmakta ve yazılım içerisinde on-line olarak değerlendirilebilmektedir.

Şerit Metre ve Çelik Cetvel’lerin kalibrasyonu genel olarak karşılaştırma metoduna dayanır. Karşılaştırma metodu, SI Uzunluk birimine izlenebilir referans şerit metre veya cetvel’e ihtiyaç duyar. Öncelikle referans şerit metrenin izlenebilirliğinin temini amacı ile laser interferometre ile kalibre edilmesi gerekir. Kalibre edilen referans şerit metre ile ölçülecek test şerit metresi uygun bağlama ve gerdirme işlemleri ayarlandıktan sonra belirlenen ölçüm adımlarında karşılaştırılarak kalibrasyon işlemi gerçekleştirilir. 5 m BENCH sisteminde de optik cetvel adımı verdiğimiz referans şerit metre laser interferometre mesafe optikleri ile küçük aralıklarla kalibre edilerek sistemde kullanılmıştır. Sanayiden ge-

len test metrelerinin karşılaştırma yöntemi ile kalibrasyonunda kalibre edilmiş optik cetvel kullanılmaktadır. Ayrıca sistem referans olarak laser interferometre'yi de kullanabilmektedir.

2. 5 m BENCH ÖLÇÜM SİSTEMİ YAPISI ve İŞLEVLERİ



Şekil 1: 5 m – Ölçüm Sisteminin Genel Görünüşü

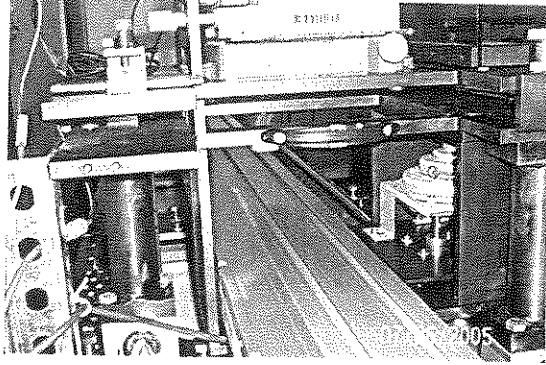
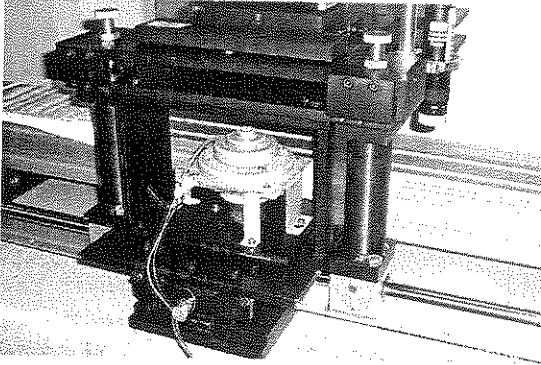
Çelik Cetvel ve Şerit Metre ölçüm sistemi 5m'ye kadar olan metrelerin kalibrasyonunda kullanılmak için UME 'de Boyutsal Laboratuvarında dizayn edilmiş ve geliştirilmiştir. Sistem izlenebilirliği laser interferometre üzerinden sağlanan 6 m lik Optik cetvel (ölçme cetveli)'ne sahiptir. Sistemde laser interferometre kullanımı opsiyonel seçimli olarak düşünülmüştür. Minimum 30000 USD lık laser interferometrenin böyle bir sisteme getireceği maliyet yükü ve laser interferometrenin kullanımının kısıtlanıp böyle bir sistemde bağlı kalmasının getireceği sıkıntıda bu şekilde giderilmiştir. Bu sayede laser interferometrenin diğer kalibrasyonlarda kullanılabilmesi temin edilmiştir.

2.1. Taşıyıcı Konstrüksiyon ve Ray Sistemi

Sistem $20 \pm 0.5C^{\circ}$ ortam şartlarında çalışmaktadır. 6.6 m uzunluğunda, 0.6 m genişlikte ve 1.5 m yüksekliğindedir. Ana parçaları ; taşıyıcı çelik konstrüksiyon , 2.2 m uzunluğunda 200mmx600mm kesitinde 3 adet mermer blok, 2 adet $\phi 25$ mm daire kesitli 6 m ray , mekanik taşıyıcı araba ünitesi ve optik parçalardan oluşmaktadır. Rayları taşıyan çelik plakalar mermer üzerine çelik dübel ile sabitlenmiş ve rayların yükseklik, doğrusalılık ve paralellik ayarını yapabilecek mekanizlar içermektedir. Konstrüksiyondaki rayların ayarları için hassas optik ayar sistemleri kullanılmıştır. 5.5 m lik ray uzunluğu boyunca taşıyıcı arabanın 0.5 mm içerisinde hareket edecek şekilde doğrusalılığı ayarlanmıştır.

2.2. Taşıyıcı Araba Mekanizması

Taşıyıcı araba; ray üzerine üç noktadan lineer çoklu bilyalı kaymalı yataklar üzerinde bağlanmıştır. Taşıyıcı araba üzerinde sistemin eğim (tilting) hareketinin ayarlanabileceği bir mekanizma bulunmaktadır. Taşıyıcı araba üzerine montajı yapılmış motorizasyon ünitesi ile ileri ve geri yöne hareketi rahatlıkla sağlanmıştır. Taşıyıcı araba hareketi X/Y tabla ve mekanik bağlantı parçaları ile optik cetvel'e bağlanmıştır. Bu sayede X/Y tabla hareketi esnasında optik cetvel'den ölçüm bilgileri bilgisayara alınmıştır.

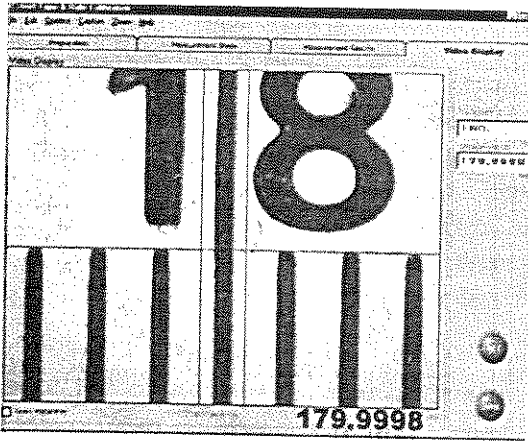


2.3. Çelik Cetvel ve Şerit Metre Destek ve Gerdirme Ünitesi

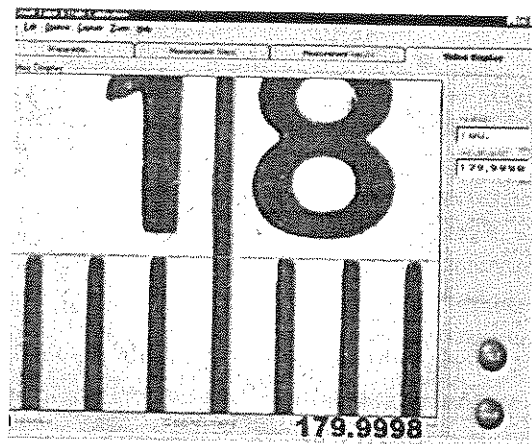
Sistemde ölçülecek metreler 100 mm x 100 mm kesitinde ve 6m uzunluğunda alüminyum profil üzerine kamera ekseninde ve kamera ile okunabilecek şekilde ve düzgünlüğü ayarlanmış konumda yerleştirilir. Gerdirme işleminde şerit metre özel klipsler ve çelik teller yardımı ile 100 mm çapındaki tekerlek üzerinden geçirilerek yerleştirilir. Gerdirme işleminde 10N ile 50N 'a kadar olan ağırlıklar kullanılır.

2.4. Cetvel Skala Çizgileri Üzerine Hedef Çizgilerinin Yerleşimi ve Optik Problema

Hedef çizgiler ile cetvel çizgilerinin çakıştırılması işleminde CCD kameradan ve boyutsal laboratuvarı tarafından geliştirilen yazılımdan faydalanılmaktadır. Analog siyah beyaz bir kamera ve uygun lensler yardımı ile görüntü monitör üzerine alınabilmektedir. Sistem büyütmesi 50X dir. Kullanıcı yazılım üzerinden ve X/Y tabla üzerindeki mikrometre yardımı ile optik probleme işlemini rahatlıkla gerçekleştirebilmektedir. Hedef Çizgiler (Cross Target) , yazılım yardımı ile üretilmiştir. Ayarlama yapmadan önce kırmızı renk ile beliren çizgiler , daha sonra uygun pozisyonda kilitlendiğinde yeşil renk olarak gözükmetedir. Farklı cetvel çizgi kalınlıklarına göre araları açıp kapatılarak ayarlama yapılabilir.



(a)



(b)

Şekil 2: Skala çizgilerinin yerleşimi (a) Cross Target in ayarlanması (b) Ölçüm Noktalarının görünümü

2.5. Uzunluk Ölçme Sistemi

Taşıyıcı araba ve üzerindeki X/Y tabla hareketi ile 6m lik HEIDENHAIN optik cetvelden mesafe bilgileri alınabilmektedir. Optik cetvel ; uzama katsayısı 10 ppm ve çözünürlüğü 0.1µm olan çelik bir cetveldir. Optik cetvel için üreticinin belirttiği doğruluk değeri $\pm 5\mu\text{m}$ dir. Optik cetvel alüminyum profilden destek üzerine ve X ile Y yönünde dorusal-

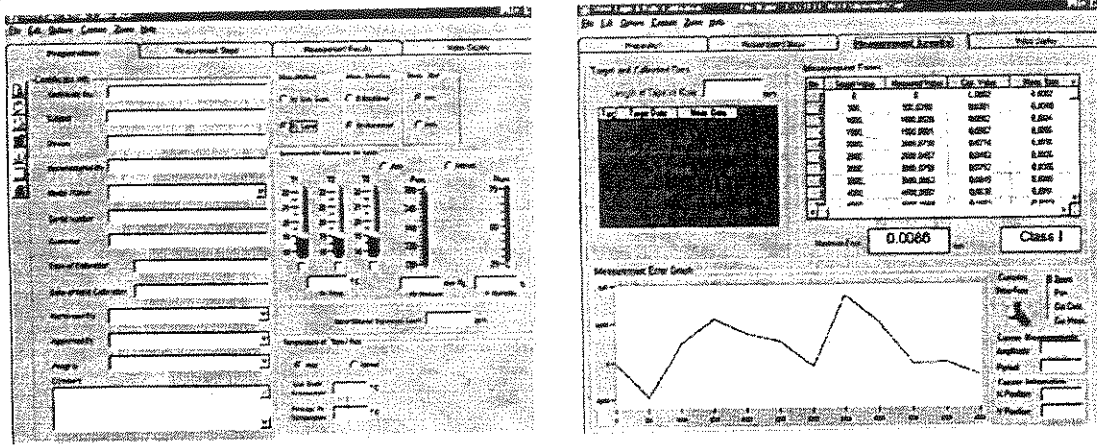
İhği taşıyıcı arabanın ray üzerindeki hareketine uygun olarak bağlanmıştır. Bu konumu ile en uygun ABBE ofseti elde edilmiş olmaktadır. Böylece Optik cetvel , ölçülecek cetvele dikey yönde 18 mm ve yatay yönde 75 mm uzaklıkta bulunmaktadır. Hewlett Packard (HP) model 5528A laser ölçme sistemi iki ray ortasına ve ölçülecek cetvele daha yakın konumda bağlanabilmektedir. Bu sayede ölçüm doğruluğu artırılabilir ve ABBE offseti oldukça azaltılabilmektedir. Yazılım içerisinde laser interferometre veya Optik cetvel seçimli olarak kullanılabilir. Her ikisi ile de kalibrasyon işlemleri gerçekleştirilebilir. HP Laser interferometre ayrıca optik cetvel'in kalibrasyonunda da kullanılabilir.

2.6. Sıcaklık Ölçme Sistemi

Sistemde ölçülecek cetvel ve optik cetvel'in sıcaklık değerlerini belirlemek için "Platinum Resistor Thermometers (100 ohm : Pt100) kullanılmaktadır. Üç adet Sensor 5 metrelik sistem boyunca cetvel oturma yüzeyleri üzerine konumlandırılmaktadır. Ölçüm esnasında sıcaklık farklılıklarından dolayı oluşan düzeltme değerleri kalibre edilmiş her bir ölçüm aralığına ilave edilmektedir.

2.7. Yazılım ve Veri Toplama

Kalibrasyon işlemine özel yazılım MS Visual Basic 6.0 ile yazılmıştır. Windows ortamında çalışmaktadır. Yazılım dataları seçimli olarak sunduğu optik cetvel gösterge ünitesi veya laser interferometre gösterge ünitesinden alabilmektedir.



Şekil -3 : Yazılımın genel görünüşü

5 m BENCH sisteminde optik cetvel adını verdiğimiz referansın skalası laser interferometre mesafe optikleri ile kalibrasyonu küçük aralıklarla yapılmıştır. Optik cetvel'in laser interferometreye göre hataları MS Access database'i olarak yapılandırılmış ve yazılım ile bağlantısı sağlanmıştır. Bu sayede kalibrasyon esnasında herhangi bir aralıktaki düzeltme değeri yazılım tarafından tespit edilerek kalibrasyon işlemine katılmaktadır. Bu dosya optik cetvel'in laser interferometre ile yapılan kalibrasyonu sonucunda tespit edilen hata değerlerini içermektedir. Taşıyıcı arabanın hareketi esnasında optik cetvel gösterge ünitesinden elde edilen mesafe bilgisi bu dosya içerisindeki düzeltme değerini direkt hesaba katar. Ayrıca optik cetvel kullanılarak yapılan ölçümlerde sıcaklık farklılıklarından oluşan sıcaklık düzeltmesi de yazılım tarafından hesaba katılarak gerçek uzunluk bilgilerine ulaşılmaktadır. Bu bilgi yazılım ekranında aynı anda kullanıcı tarafından görülebilmektedir. Elde edilen sonuçlar OIML R35 standartlarında verilen hata sınıfları ile karşılaştırılarak ölçülen cetvelin sınıf değerleri belirlenir.

2.8. Yazılımın Kullanılması

Şerit metre ve çelik cetvel kalibrasyonlarında müşterinin özel bir talebi olmadıkça kalibrasyon işlemi 10 eşit aralıkta gerçekleştirilir. Üç farklı ölçüm aralığı seçme opsiyonu mevcuttur.

- İki noktada ölçüm : Başlangıç ve bitiş noktası kullanıcı tarafından belirlenen iki adet noktada veri alınmasını sağlar
- Eşit aralıklı ölçüm (Equal Steps) : Başlangıç ve bitiş noktası kullanıcı tarafından belirlenen "n" adet eşit aralıklı adımlarla veri alınmasını sağlar
- Farklı adımlarla (Different Steps) : Kullanıcı tarafından belirlenen istenilen herhangi bir noktadan başlanılabilen ve aralarında herhangi bir bağlantı olmayan gelişigüzel "n" adet noktada veri alınmasını sağlar.

- Ayrıca bu ölçüm adımlarında ölçüm yönü (Meas. Direction) ve ölçüm yönü sayısı (Cycles) belirlenebilir. Ölçüm yönü iki seçeneklidir.
- Çift yönlü (Bidirectional) : Başlangıç noktasından başlanılarak ölçüm adımları ile max. Ölçüm noktasına gidilir. Max. Nokta tekrarlanarak geriye doğru ölçüm adımlarında dönülerek başlangıç noktasına gelinir. Bu durumda çift yönlü ve 1 çevrim ölçüm alınmış olur.
- Tek yönlü (Unidirectional): Başlangıç noktasından başlanılarak ölçüm adımlarında max. ölçüm noktasına gelinir. Bu durumda tek yönlü ve 1 çevrim ölçüm alınmış olur.

Çift yönlü veya tek yönlü ölçüm yönü ve ölçme adımları ile ölçme sayısı belirlendiğinde ölçülecek noktalar yazılım tarafından kullanıcı karşısına otomatik olarak çıkar. Ölçüm birimi kullanıcı tarafından "mm" veya "inch" olarak seçilebilir. Sıcaklık değerleri sıcaklık sensörlerinden otomatik alınabildiği gibi manuel olarakta yazılıma girilebilmektedir.

3. 5 m ÖLÇME SİSTEMİNİN KALİBRASYONU

5m ölçme sisteminin kalibrasyonu farklı adımlarla gerçekleştirilir. Bunları şu başlıklarda inceleyebiliriz.

- Taşıyıcı arabanın açısal (Tilting) hatası. (PITCH , YAW ve ROLL)
- Taşıyıcı arabanın dizaynı dolayısı ile ölçümün doğruluğu.
- Micrometre ile optik probmadaki hataların tespiti
- Optik cetvel'in laser interferometre ye göre hatalarının kompanzasyonu.

3.1. Taşıyıcı Arabanın Hareketi Esnasında Oluşan Açısal (PITCH, YAW, ROLL) Hatalar

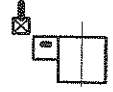
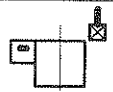

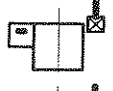
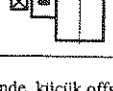

Taşıyıcı arabanın 5500 mm boyunca hareketi esnasında pitch ve yaw hataları açı optikleri ile ve roll hataları ise elektronik level metre yardımı ile tespit edilmiştir. Maksimum hatalar aşağıdaki gibidir.

Pitch hatası = 350 " , Yaw hatası = 300 " ve Roll hatası = 200 " dir.

X/Y tabla daki mikrometrenin 25mm lik hareketi esnasındaki hatalar sistem üzerinde 6 farklı noktada ölçülmüştür. Bu hata miktarının da 4 saniyenin altında bir değer verdiği tespit edilmiştir.

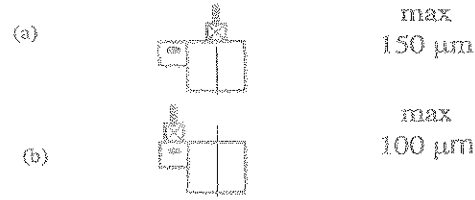
3.2. Taşıyıcı arabanın hareketi sırasında uzunluk ölçümü işleminin doğruluğunun araştırılması

Pratik olarak laser interferometrenin optik eksenini ile çelik cetvel veya şerit metrenin ölçme eksenini aynı ekseninde birleştirebilmek mümkün değildir. Bu durum ABBE offset inin oluşmasına neden olmaktadır. ABBE ofseti değerinin ve hataların en düşük olduğu konumu belirlemek için, taşıyıcı arabanın hareketi esnasında optik cetvel'in sabit konumu ile beraber laser interferometrenin değişik konumlarındaki pitch hatası yönündeki açısal hatalarının sebep olabileceği pozisyon hataları, diğer bir deyişle optik cetvel ile laser interferometre arasındaki maksimum farkların değeri tespit edilmiştir.

(a)		max 120 µm	(a)		max 180 µm
(b)		max 90 µm	(b)		max 170 µm
(c)		max 70 µm	(c)		max 150 µm
Şekil-5: YAW yönünde küçük offset kullanarak PITCH hareketi esnasında ABBE offset değerinin etkileri			Şekil-6 : YAW yönünde büyük offset kullanarak PITCH hareketi esnasında ABBE offset değerinin etkileri		

Şekil 5 ve Şekil 6 da görüldüğü üzere laser interferometre optik eksenini sabit konumdaki optik cetvel eksenine ne kadar yaklaşırsa PITCH yönündeki laser interferometre okuması ile optik cetvel okuma değerleri arasındaki fark azalmaktadır. Abbe offsetinin büyümesi halinde de bu fark artmaktadır.

YAW yönündeki etkiler de Şekil-7 da görülmektedir.



Şekil - 7 : YAW hareketinin etkileri

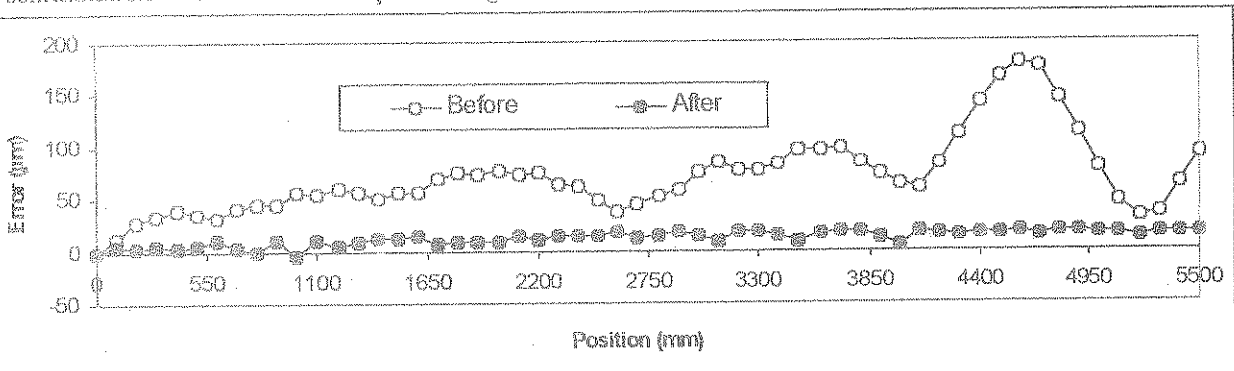
3.3. Micrometre ile Optik Problemadaki Hataların Tespiti

X/Y tabla üzerindeki micrometre hareketi, farklı yönlerden ve mesafelerden hareket ettirilerek taşıyıcı arabanın raylarındaki farklı konumlarında ölçüme etkileri kontrol edilmiştir. Oluşan bu etkiler sonucunda elde edilen standart sapmanın 2µm nin altında olduğu tespit edilmiştir. Bu değer de belirsizlik bütçesi içerisine dahil edilmiştir.

3.4. Optik Cetvel'in Hatalarının Kompanzasyonu

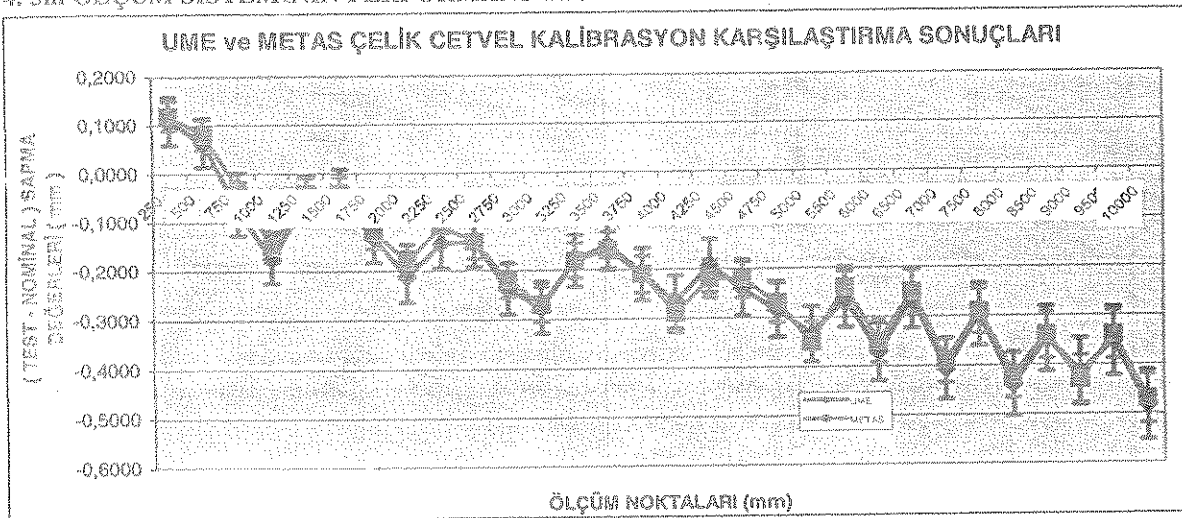
Optik cetvel, laser interferometre kullanılarak 100 mm aralıklar ile 5500 mm boyuca kalibre edilmiştir. Hata değeri üç ölçümün ortalaması alınarak oluşturulmuştur. Yazılım doğru mesafe değerini bulabilmek için optik cetvel gösteriminesinden alınan değerlere bu düzeltme dosyasındaki değerleri ilave etmektedir. Düzeltmiş değerler yazılım ekranında anlık olarak gösterilmektedir.

0 - 5500 mm aralığındaki herhangi bir noktadaki düzeltme değeri lineer interpolasyon yöntemi ile birbirine yakın nokta (100 mm aralıklı düzeltme değerleri) arasında yazılım tarafından hesaplanarak o ölçüm noktası için düzeltme değeri olarak alınmaktadır. Düzeltilmiş değerler laser interferometre ile ayrıca kontrol edilmiştir. Düzeltme öncesinde sonrasında sistemde kalan hatalar Şekil-8 de gösterilmektedir.



Şekil -8: Sistemde kullanılan Optik cetvel'in kalibrasyonu

4. 5m ÖLÇÜM SİSTEMİNİN PERFORMANS TESTİ



5 m Ölçüm Sisteminin performansı; METAS-İsviçre Ulusal Metroloji Enstitüsü tarafından kalibrasyonu yapılan 10 m şerit metrenin 5 m ölçüm sistemi ile kaydırma yöntemi ile yapılan resmi olmayan karşılaştırma sonuçları Şekil –10 da görülmektedir. UME-5m Bench Çelik cetvel ve şerit metre kalibrasyon sistemi İsviçre Ulusal metroloji enstitüsünün yaptığı olduğu kalibrasyon sonuçlarını sağlamaktadır.

5. ÖLÇÜM BELİRSİZLİĞİ

Ölçüm belirsizliği "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (GUM, ISO.1993)" dökümanına uygun olarak hesaplanmıştır. Ölçüm belirsizliği uzunluğa bağlı olarak

$$U_{k=2} = [(a)^2 + (b.L)^2]^{1/2} \text{ mm ; L= metre}$$

Kapsam faktörü k=2, "a" sabit değerler , "b" boya bağlı değerler ve L ölçülen boy olarak hesaplanmıştır.

Optik cetvel ile yapılan kalibrasyonlarda belirsizlik hesabı şu şekilde olacaktır.

Uzunluktan bağımsız faktörler : "a"

- Taşıyıcı arabanın açısal hatalarından kaynaklanan ve uzunluk ölçme sistemi (Optik cetvel) kalibrasyonu sebebiyle kendisini gösteren PITCH hatası ve YAW hatası
- Laser interferometrenin çözünürlüğünden
- Laser interferometre ile yapılan kalibrasyonun tekrarlanabilirliği
- Optik cetvel'in laser interferometre ile kalibrasyonu sırasında max. Sapma
- Optik cetvel'in çözünürlüğü
- Optik problama etkisi
- Optik problama da tekrarlanabilirliğin etkisi
- Şerit metre kalibrasyonu esnasında alınan tekrarlanabilirlik

Uzunluğa bağlı faktörler : "b.L"

Uzunluğa bağlı faktörler ortam şartları "sıcaklık ve nem" den etkilenen faktörlerdir.

- Laser interferometrenin mevcut şartlarda kullanımından kaynaklanan sıcaklık ve nem den etkilenmesi
- Optik cetvel kalibrasyonu sırasında sıcaklık değişiminin 0.15 °C bir belirsizlikle ölçülürse bu değer etkisi $0.15 \times 11,5.10^{-6}$ dir.
- Optik cetvel'in malzemesi çelik olduğu düşünülürse , sıcaklık farklılıkları sebebi ile çelikteki $\pm 0.5^\circ\text{C}$ değişimde çeliğin sıcaklıkla uzama katsayısı değerinin belirsizliği 1.0×10^{-6} ve bu değer etkisi $0.5 \times 1.0 \times 10^{-6}$ dir.
- Şerit metre kalibrasyonu sırasında sıcaklık değişiminin 0.15 °C bir belirsizlikle ölçülürse bu değer etkisi $0.15 \times 11,5.10^{-6}$ dir.
- Şerit metre'in malzemesi çelik ise, sıcaklık farklılıkları sebebi ile çelikteki $\pm 0.5^\circ\text{C}$ değişimde çeliğin sıcaklıkla uzama katsayısı değerinin belirsizliği 1.0×10^{-6} ve bu değer etkisi $0.5 \times 1.0 \times 10^{-6}$ dir.

Optik cetvel kullanılarak yapılan kalibrasyonlarda bu gibi faktörler belirsizlik bütçesi içerisinde hesaplandığında

Belirsizlik Bütçesi

Standart belirsizlik	Kapsam faktörü k=1	$U_{k=1} = \sqrt{((0.025)^2 + (0.0025 * L)^2)} \text{ mm : (L = metre)}$
Genişletilmiş belirsizlik	Kapsam faktörü k=2	$U_{k=2} = \sqrt{((0.05)^2 + (0.005 * L)^2)} \text{ mm : (L = metre)}$

olarak tespit edilmiştir.

6. SONUÇ

Çelik Cetvel ve Şerit Metre ölçüm sistemi; optik cetvel veya opsiyonel olarak seçilebilen laser interferometre yardımı ile 5m ye kadar olan metrelerin kalibrasyonunda kullanılabilir. Optik cetvel kullanılarak yapılan kalibrasyonlarda tahmin edilen belirsizlik değeri

$$U_{k=2} = \sqrt{((0.05)^2 + (0.005 * L)^2)} \text{ mm , (L = metre)}$$

Sistem önümüzdeki yıllarda kurulması planlanan laser interferometre yardımı ile 50 m ye kadar şerit metrelerin kalibrasyonunu yapacak ölçme sistemi için referans olacak ve ayrıca Türkiye’de uluslararası yasal metroloji kapsamındaki OIML R35 standardı ve ayrıca TC. Sanayi ve Ticaret Bakanlığı’nın Avrupa Yasal Metroloji Standardı 73/362/EEC direktifi temelinde hazırladığı yönetmeliğe uygun kontrollerin gerçekleştirilmesi mümkün olacaktır.

7. KAYNAKLAR

1. OIML R 35 – EN, "Material measures of length for general use", International Organization of Legal Metrology 1985, <http://www.oiml.org/>
2. 73/362/EEC, "Material measures of length.", European standards and directives, 1973.
3. BIPM web site, <http://kcdb.bipm.fr/appendixC/search.asp?met=L>
4. Rosenberg C.B., Munteanu C. S. C, and Ferguson R. A. "Calibration of flexible tapes to ppm accuracy level", OIML Bulletin, **38**, 25-29, 1997, <http://www.oiml.org/>.
5. Euromet Length web site, <http://www.npl.co.uk/euromet/length/projects/forms/677-progress.pdf>
6. Guide to the expression of uncertainty in measurement, International Organization of Standardization (ISO), - Geneva, 1993.
7. Dr. Tanfer Yandayan, Bülent Özgür, "5 m-measurement system for traceable measurements of tapes and rules", Recent Developments in Dimensional Metrology - SPIE Conference, San Diego, USA, 1-8 August 2003.,