



SELÇUK ÜNİVERSİTESİ KONTROL BAZI

Cevat İNAL, Sercan BÜLBÜL

¹ Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Müh. Bölümü, KONYA

¹cevat@selcuk.edu.tr, ¹sbulbul@selcuk.edu.tr

(Geliş/Received: 24.09.2014; Kabul/Accepted in Revised Form: 15.01.2015)

Özet :1970 li yılların başından itibaren uzunlukların ölçülmesinde elektronik uzunluk ölçerler yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu aletlerden doğru ve güvenilir sonuçlar elde etmek için ölçme sistemlerinin iyi bilinmesi, ölçü sırasında gerekli tedbirlerin alınması ve kalibrasyonlarının yapılmış olması gerekir. Bu kapsamda uzunluk ölçümünde sistematik hataya neden olan sıfır noktası eki hatası, ölçek hatası ve faz farkı ölçme hatasının periyodik olarak belirlenmesi önem arz etmektedir. Alet parametreleri olarak isimlendirilen bu hatalar bu amaç için oluşturulan kontrol bazlarında belirlenebilmektedir.

Alet parametrelerinin belirlenmesine yönelik ilk kontrol bazı Selçuk Üniversitesi kampus alanı içinde 1990 yılında tesis edilmiştir. Ancak 2010 yılında yeni açılan yollar ve kampus planındaki değişiklik nedeniyle kontrol bazı kullanılamaz hale gelmiştir. Hem kamu kurumları, hem de üniversitemizde bulunan uzaklık ölçerlerin kontrol ve kalibrasyonlarını yapabilmek amacıyla 2010 yılında yeni bir kontrol bazı oluşturulmuştur. Oluşturulan kontrol bazı 6 noktalı ve ~ 660 m uzunluğundadır. Bugüne kadar, oluşturulan kontrol bazında; Konya, Karaman, Aksaray, Eskişehir, Afyon gibi çevre illerde bulunan Kadastro Müdürlüklerindeki aletlerin kontrol ve kalibrasyonları yapılmıştır. Bu çalışmada, yeni oluşturulan kontrol bazının tasarımı ve teknik özellikleri anlatılmaktadır. Ayrıca, Selçuk Üniversitesi kontrol bazında alet parametrelerinin belirlenmesine yönelik Microsoft Excel 2007 ortamında bir program hazırlanmıştır. Hazırlanan program ile elektronik uzaklık ölçerlerin sıfır noktası eki, ölçek katsayısı ve faz farkı ölçme fonksiyonları belirlenebilmekte ve belirlenen parametreler için anlamlılık testi yapılabilmektedir.

Anahtar sözcükler : Kontrol, kalibrasyon, sıfır eki, ölçek katsayısı, faz farkı ölçme fonksiyonu

Selçuk University Control Baseline

Abstract : Since the early 1970s, Electronic Distance Measurements (EDMs) have been widely used in the length measurements. To obtain accurate and reliable results from these instruments, EDM users must have a good knowledge about the measurement system and must take necessary precaution during measurement and calibration of EDMs should be done. In this context, the periodic determination of the zero addition error, scale coefficient error and phase difference measurement errors, which cause systematic error during length measurements, is important. These errors called as instrument parameters can be determined in control baseline which was set up for calibrations.

The first control baseline, for determining instrument parameters, was set up in 1990 at the campus area of Selçuk University. But in 2010, this baseline had become disfunctioning because of construction of new roads and changes in campus plan. The new baseline was set up in 2010 to control and to calibrate the EDMs used by both government agencies and Selçuk University. The baseline has 6 points and 660 m of length. Up to now, the EDMs used by Konya, Karaman, Aksaray, Eskişehir, Afyon Cadastral Survey Directorates were controlled and calibrated in this baseline. In this study, the design and technical properties of this newly built baseline are presented. Beside, a program for determining the

instrument parameters in the baseline at the campus area of Selcuk University, was prepared in Microsoft Excel 2007. With the prepared program, zero addition error, scale coefficient error and phase difference measurement error of EDMs can be determined and significance test can be made for determined parameters.

Key Words: Control, calibration, zero addition, scale coefficient, phase difference measurement function

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Elektromagnetik uzaklık ölçerlerin kalitesinin kontrolü, ölçü doğruluklarının iyileştirilmesi ve yasal zorunluluk nedeniyle kontrol ve kalibrasyonları yapılmaktadır (Rüeger, 1996). 15 Temmuz 2005 tarihli Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği'nin 106. Maddesinde elektronik uzunluk ölçerlerin periyodik kontrollerinin yapılması ve bu kapsamda uzunluk ölçme ünitelerinin; alet- yansıtıcı sisteminin sıfır noktası eki değeri, ölçek hatası ve kenar ölçme doğruluğunun belirlenmesi gerektiği vurgulanmıştır. Dünyada olduğu gibi ülkemizde de bu amaçla kontrol bazları oluşturulmuş bulunmaktadır (Ergin ve diğ., 1993, Aksoy ve diğ., 1987; İnal, 2010). Elektromagnetik uzaklık ölçmelerinde düzenli hataları aletsel hatalar oluşturmaktadır. Bu hatalar, alet parametreleri olarak da adlandırılan sıfır noktası eki hatası, faz farkı ölçme hatası ve ince ölçeğin frekansının zamanla değişmesi ile oluşur (Burnside, 1991). Elektromagnetik uzaklık ölçerlerdeki alet parametreleri üretici firma tarafından verilmektedir. Verilen bu değerler alette kullanılan çeşitli aygıtların zamanla yorulması ve diğer nedenlerle güncelliğini yitirir. Bu nedenle aletlerin yapımçı kuruluş tarafından verilen doğrulukta çalışıp çalışmadığının kontrol edilmesi ve bu hataların ölçme anındaki büyüklüklerinin izlenmesi gerekir.

Elektromagnetik uzaklık ölçerlerin alet parametrelerinin zamanla değişip değişmediklerinin belirlenmesi "kontrol", eğer değişmişse alet parametrelerinin veya ölçülerin buna göre düzeltilmesi "kalibrasyon" olarak adlandırılır. Bir uzaklık ölçerin kontrolü laboratuarda veya arazi ölçmeleriyle yapılabilmektedir. Daha genel koşulları içerdiğinden ve bu koşullarda yapılan ölçmelerde aletin öncül karesel kenar ölçme hatası da belirlenebildiğinden arazideki ölçmeler ile kontrol ve kalibrasyon yöntemi daha fazla tercih edilmektedir (Aksoy ve diğ., 1987; İnal, 2013).

2. ARAZİ ÖLÇMELERİYLE KALİBRASYON (CALIBRATION BY LAND MEASUREMENTS)

Arazi ölçmeleriyle kalibrasyonda elektronik uzaklık ölçerlerin sıfır noktası eki hatası, modülasyon frekans hatası (ölçek hatası) ve faz farkı ölçme hatası belirlenebilir.

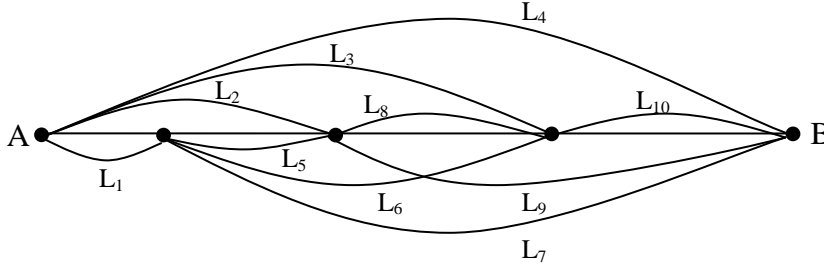
Sıfır noktası eki hatası alet ve yansıtıcının dış merkezliği nedeniyle oluşur. Bu hata özellikle kısa mesafelerde bağıl doğruluğu etkilediği için belirlenmesi oldukça önemlidir. Ölçülen uzunluktan bağımsız bir hata gibi düşünülerek ölçülere düzeltme getirilir. Sıfır noktası eki düzeltmesi bir uzunluk ölçer ve yansıtıcı seti için verilmektedir.

Modülasyon frekans hatası uzunluk ölçümünde frekansı üreten kuvarslardan kaynaklanmaktadır. Kuvarslar hem dış etkilerden hem de aletin içindeki elektronik parçaların ısınmasından dolayı sıcaklıktan etkilenir (Uzel, 1987). Ayrıca kuvarsın zamanla eskimesinden dolayı modülasyon frekansında değişim meydana gelir ve sistematik bir hata oluşur (Gülal ve Deniz, 2005). Bu hata ölçek hatası olarak da isimlendirilir ve mesafeye bağımlı bir hatadır (İnal, 2013).

Faz farkı ölçme hatası ise elektriksel ve optik sinyal bindirmeden kaynaklanmaktadır. Elektriksel ve optik bindirmeler nedeniyle meydana gelen bu hata genellikle sinüs eğrisi şeklindedir. Kısa mesafe uzunluk ölçerlerde bu hata en çok ± 5 mm olabilmektedir (Gülal ve Deniz, 2005). Aynı birim uzunluğun kesirlerinde faz farkı ölçme hatası da aynı olmaktadır (İnal, 2013).

Arazi ölçmeleriyle kalibrasyonda genellikle n parçalı bir uzunluk kullanılır. Sıfır noktası ekinin ortalama hatasının bir ölçünün ortalama hatasının yarısından küçük ya da eşit ($m_k \leq 0.5 m_l$) olması için uzunluğun 6 ya da 7 parçaya bölünmesi önerilir (Uzel, 1981).

Alet parametrelerinin belirlenmesinde en uygun yöntem Schwendener (1972) tarafından önerilen kesit yöntemidir. Bu yöntem Heerbrugg tasarım olarak isimlendirilir ve bu yöntemde elektronik uzaklık ölçerlerin; sıfır noktası eki, ölçek katsayısı ve faz farkı ölçme fonksiyonu belirlenebilir(Rüeger, 1996). Alet parametrelerinden sadece sıfır noktası eki ve ölçek katsayısı belirlenecek ise bu durumda Pauli(1968) tarafından önerilen Aarau tasarım kullanılabilir. Bu yöntemlerde noktalar arasındaki uzunluklar Şekil 1 de görüldüğü gibi kombinasyonlar biçiminde ölçülür.



Şekil 1. Kombinasyonlu ölçmeler (Combination measurements)

Kontrol bazlarının tasarımında merkezleme hatalarını ortadan kaldırmak için, bir hat boyunca, istasyonlar sağlam zemine pilye şeklinde tesis edilmeli(Hodges, 1978), kombinasyonlar şeklinde ölçü yapabilmek için bütün pilyeler arasında görüş olmalı, model hatalarını azaltmak için kontrol kenarı aynı bitki örtüsünden geçmeli ve kontrol bazı eğimsiz veya az eğimli bir arazide bulunmalıdır. Ayrıca ölçü kolaylığı için pilyelere arabayla kolaylıkla ulaşılabilir (İnal, 1991).

2.1 Heerbrugg Tasarım ile Sıfır Noktası Eki, Faz Farkı Ölçme Fonksiyonu ve Model Dalga Frekansının Kalibrasyonu(Calibration of Zero Addition, Model Wave Frequency and Phase Difference Measurement with Heerbrugg Design)

Sıfır noktası eki, faz farkı ölçme fonksiyonu ve model dalga frekansının kalibrasyonu amacıyla oluşturulan kontrol kenarlarında ara uzunluklar ve bunların kombinasyonundan oluşan uzunlukların kesirleri aletin birim uzunluğuna dengeli bir şekilde dağılmalıdır. Bu amaç için farklı birim uzunluk ve nokta sayısına göre kontrol kenarının tasarımında aşağıdaki yol izlenebilir. Önce Çizelge 1 den nokta sayısına bağlı olarak B_0 ve D büyüklükleri alınır. B_0 , birim uzunluğun en yakın tam katına yuvarlatılarak B yardımcı büyüklüğü elde edilir. Ara uzunluklar Çizelge 2 ye göre belirlenir(Rüeger, 1996).

Çizelge 1. B_0 ve D yardımcı büyüklüklerinin hesabı (Calculating of auxiliary magnitudes of B_0 and D)

N	5	6	7	8
B_0	$\frac{1}{6}(C_0 - 4A - U)$	$\frac{1}{10}(C_0 - 5A - U)$	$\frac{1}{15}(C_0 - 6A - U)$	$\frac{1}{21}(C_0 - 7A - U)$
D	$\frac{1}{16}U$	$\frac{1}{25}U$	$\frac{1}{36}U$	$\frac{1}{49}U$

Çizelge 2. Kontrol kenarındaki ara uzunlukların hesabı (*Calculating of intermediate lengths in control baseline*)

Ara uzunluk \ N	5	6	7	8
1	A+B+3D	A+B+3D	A+B+3D	A+B+3D
2	A+3B+7D	A+3B+7D	A+3B+7D	A+3B+7D
3	A+2B+5D	A+4B+9D	A+5B+11D	A+5B+11D
4	A+D	A+2B+5D	A+4B+9D	A+6B+13D
5	-	A+D	A+2B+5D	A+4B+9D
6	-	-	A+D	A+2B+5D
7	-	-	-	A+D

Çizelgelere uygun olarak oluşturulan kontrol kenarında, ölçülen uzunluklar küçükten büyüğe doğru sıralanırsa, uzunlukla birim uzunluğun kesirleri de büyür. Böylece kontrol kenarındaki ölçülerin değerlendirilmesinde farklı bir yol izlenebilir. Ölçüler; ara uzaklıklar bilinmeyen olarak alınıp en küçük kareler yöntemine göre dengelendiğinde, büyüklük sırasına göre dizilen ölçüler ve dengelemeden hesaplanan düzeltmeleri bir dik koordinat sisteminde çizilirse, oluşan eğrinin sıfır noktası eki ve faz farkı ölçme fonksiyonunu göstermesi gerekir. Büyüklük sırasına dizilen ölçülerin düzeltmelerinin lineer regresyonu ile sıfır noktası ekinin uzunluğa bağımlılığı araştırılabilir.

Şekil 1 deki gibi ölçüler kombinasyonlar şeklinde yapılır ve sıfır noktası ekinin uzunlukla değişmediği varsayılarak ölçülerin değerlendirilmesinde;

$$V_{ij} = x_i + x_{i+1} + \dots + x_{j-i} + K_0 + K_{11} \cdot \cos\Delta\phi_i + K_{12} \cdot \sin\Delta\phi_i + \dots - D_{ij} \quad \left(\begin{array}{l} i = 1, N-1 \\ j = 2, N \end{array} \right) \quad (1)$$

genel düzeltme eşitliği yazılabilir. En küçük kareler yöntemine göre dengeleme yapılarak x_i , K_0 , K_{11} , K_{12} , değerleri ve ortalama hataları hesaplanır. (1) eşitliğindeki $\Delta\phi_{ij}$;

$$\Delta\phi_{ij} = \frac{n \cdot u - D_{ij}}{u} \quad (n \cdot u > D_{ij}) \quad (2)$$

ile hesaplanır. Burada ;

- i : Alet kurulan nokta,
- j : Yansıtıcı kurulan nokta,
- x : Bilinmeyen olarak ara uzaklık,
- K_0 : Alet yansıtıcı sisteminin sıfır eki hatası,
- K_{11}, K_{12} : Faz farkı ölçme fonksiyonunu belirlemek için Fourier katsayıları,
- u : Birim uzunluk,
- n : Tamsayı,
- N : Kontrol kenarındaki nokta sayısıdır.

En küçük kareler yöntemine göre hesaplanan bilinmeyenler kullanılarak, faz farkı ölçme fonksiyonu (veya hatası),

$$\begin{aligned} A_1 &= (K_{11}^2 + K_{12}^2)^{1/2} & A_2 &= (K_{21}^2 + K_{22}^2)^{1/2} \\ \rho_1 &= \arctan\left(\frac{K_{11}}{K_{12}}\right) & \rho_2 &= \arctan\left(\frac{K_{21}}{K_{22}}\right) \end{aligned} \quad (3)$$

eşitliklerinden yararlanılarak;

$$F_z = K_0 + A_1 \cdot \sin(\Delta\phi + \rho_1) + A_2 \cdot \sin(2\Delta\phi + \rho_2) + \quad (4)$$

şeklinde yazılabilir.

Model dalgaının frekansının kalibrasyonu için kontrol kenarı ölçekli olmalıdır. Bu durumda hata denklemi;

$$V_{ij} = K_0 + K_{11} \cdot \cos(\Delta\phi_i) + K_{21} \cdot \cos(2\Delta\phi_i) + K_{12} \sin(\Delta\phi_i) + K_{22} \sin(2\Delta\phi_i) + S_{ij}\alpha + S_{ij} - D_{ij} \quad (5)$$

biçiminde yazılarak sıfır noktası eki hatası (K_0), faz farkı ölçme fonksiyonu (f_z) ve modülasyon frekansının hatası (α) en küçük kareler yöntemine göre dengeleme yapılarak hesaplanır. (5) eşitliğinde D_{ij} ölçülen uzunluğu, S_{ij} bilinen uzunluğu göstermektedir(Özgen ve Deniz, 1986).

3. SELÇUK ÜNİVERSİTESİ KONTROL BAZININ TASARIMI VE ÖLÇEKLENDİRİLMESİ (DESIGN AND SCALING OF SELCUK UNIVERSITY BASELINE)

3.1 Kontrol Bazının Tasarımı (Design of Baseline)

Selçuk Üniversitesi kontrol bazı elektronik uzunluk ölçerlerin;

- Sıfır noktası ekini,
- Ölçek katsayısını,
- Faz farkı ölçme fonksiyonunu

belirlemek üzere tasarlanmıştır. Kontrol bazı 6 noktalı olarak tesis edilmiştir(Şekil 2).



Şekil 2. Selçuk Üniversitesi kontrol bazı (Selcuk University control baseline)

Tasarımda Heerbrugg Tasarım kullanılmıştır. Ara uzunluklar ve bunların kombinasyonundan oluşan uzunlukların belirlenmesinde;

- U = 10 m (birim uzunluk)
- A = 30 m (ölçmede karşılaşılabilecek en kısa kenar)
- C₀ = 700 m (kontrol kenarının yaklaşık toplam uzunluğu)

$N = 6$ (kontrol kenarındaki nokta sayısı)
alınmıştır. Çizelge 1 e göre B ve D yardımcı büyüklükleri $B= 54$ m (U nun tam katı 50 m), $D= 0.40$ m olarak hesaplanmıştır. Çizelge 2 ye göre ara uzunluklar ;

$$\begin{aligned} A+B+3D &= 81.2 \text{ m} \\ A+3B+7D &= 182.8 \text{ m} \\ A+4B+9D &= 233.6 \text{ m} \\ A+2B+5D &= 132.0 \text{ m} \\ A+D &= 30.4 \text{ m} \end{aligned}$$

olarak belirlenmiştir. Uzunlukların artık kısmının birim uzunluğa dengeli dağılmasını sağlamak amacıyla hesaplanan uzunluklarda küçük değişiklikler yapılmış ve kontrol bazındaki uzunluklar tasarlanmıştır (Çizelge 3).

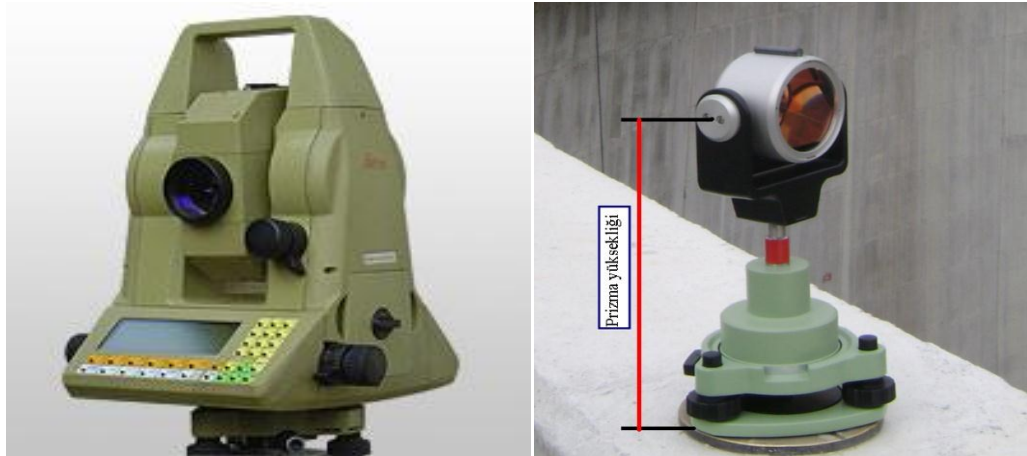
Çizelge 3. Planlanan uzunluklar (*Planning lengths*)

DN	BN	Planlanan uzunluk(m)	DN	BN	Planlanan uzunluk(m)	DN	BN	Planlanan uzunluk(m)
1	2	81.2	2	3	182.8	3	5	365.5
1	3	264.0	2	4	416.4	3	6	395.9
1	4	497.6	2	5	548.3	4	5	131.9
1	5	629.5	2	6	578.7	4	6	162.3
1	6	659.9	3	4	233.6	5	6	30.4

3.2 Kontrol Bazında Yapılan Ölçmeler (Measurements which are Made in Control Baseline)

Kontrol bazında, pilyelere kot vermek amacıyla noktalar arasında gidiş-dönüş geometrik nivelman yapılmış, noktaların ortometrik yükseklikleri hesaplanmıştır.

Kontrol bazındaki ilk ölçmeler Leica TCA 1800 ve özel aparatlı GPH 1P yansıtıcıları ile her defasında 5 bağımsız yöneltme yapılarak, karşılıklı olarak ölçülmüştür(Şekil 3).



Şekil 3. Leica TCA 1800 ve tribrah üzerine monte edilmiş GPH1P hassas yansıtıcı (*Leica TCA 1800 and precision reflector GPH1P which was mounted on tribrach*)

Ölçü sırasında sıcaklık ve basınç değerleri dijital olarak belirlenmiş ve bu değerler alete girilerek atmosferik düzeltme getirilmiş eğik uzunluklar elde edilmiştir. Daha sonra elde edilen uzunluklar pilye kotları, alet ve işaret yükseklikleri dikkate alınarak 1 numaralı pilyenin üst noktasından geçen yatay düzleme indirgenmiştir. İndirgemedede;

- H_a :Alet kurulan noktanın yüksekliği
- H_b :Yansıtıcı tutulan noktanın yüksekliği
- I_E :Elektronik uzaklık ölçer yüksekliği

T_p :Yansıtıcı yüksekliği

D' :Yatay mesafe

D :Atmosferik düzeltme getirilmiş eğik uzunluk,

R :6 373 394 m

olmak üzere;

$$\Delta h = H_b + T_p - H_a - I_E \quad (6)$$

$$H_{ort} = (H_b + T_p + H_a + I_E)/2 \quad (7)$$

$$D' = (D^2 - \Delta h^2)^{1/2} \quad (8)$$

$$S = (R + H_1)/(R + H_{ort}) * D' \quad (9)$$

eşitlikleri kullanılmıştır. (1) eşitliğine göre sıfır eki ve ara uzunluklar bilinmeyen alınarak En Küçük Kareler Yöntemine(EKKY) göre dengeleme yapılmış, ara uzunluklar ve bunların kombinasyonundan oluşan uzunlukların dengelenmiş değerleri hesaplanmıştır. Dengeleme sonucu birim ağırlıklı ölçünün ortalama hatası ± 0.3 mm ve ara uzaklık bilinmeyenlerinin ortalama hatası ise ± 0.2 mm dir. Kontrol bazının dengelenmiş uzunlukları Çizelge 4 de verilmektedir.

Çizelge 4. Dengelenmiş ölçüler (*Adjusted measurements*)

DN	BN	Dengelenmiş Uz.(m)	DN	BN	Dengelenmiş Uz.(m)	DN	BN	Dengelenmiş Uz.(m)
1	2	81.2025	2	3	182.8885	3	5	365.3827
1	3	264.0910	2	4	416.4001	3	6	395.6400
1	4	497.6026	2	5	548.2712	4	5	131.8711
1	5	629.4737	2	6	578.5285	4	6	162.1284
1	6	659.7310	3	4	233.5116	5	6	30.2573

3.3 Alet Parametrelerinin Hesaplanması (Calculating of Instruments Parameters)

Selçuk Üniversitesi kontrol bazında herhangi bir uzaklık ölçerin alet parametrelerinin hesaplanabilmesi için ilgili aletle kombinasyonlar şeklinde ölçmeler yapılır. Ölçü sırasında alet kurulan noktalarda sıcaklık ve basınç değerleri ölçülür. Bu değerler alete girilir. Ölçü sırasında sıcaklık ve basınç değerlerine ilave olarak alet ve yansıtıcı yükseklikleri de ölçülür. Ölçmeler sonunda atmosferik düzeltme getirilmiş eğik uzunluklar elde edilir. Microsoft Excel ortamında hazırlanan programa atmosferik düzeltme getirilmiş eğik uzunluklar, kontrol edilecek aletin birim uzunluğu, alet ve yansıtıcı yükseklikleri girildiğinde alet parametreleri hesaplanabilmekte ve bu parametreler için anlamlılık testi yapılabilmektedir. Program önce girilen alet-işaret yükseklikleri ve atmosferik düzeltme getirilmiş uzunluklar yardımıyla (6)-(9) eşitliklerini kullanarak ölçüleri 1 numaralı pilyeden geçen yatay düzleme indirgemekte, daha sonra istenen parametreler bağlı olarak (5) eşitliğine göre düzeltme denklemlerini oluşturmakta ve EKKY ile alet-yansıtıcı sisteminin sıfır eki değerini(K_0), α katsayısını, fourier katsayılarını(K_{11} , K_{12}) ve bunların ortalama hatalarını (m_{K_0} , m_α , $m_{K_{11}}$, $m_{K_{12}}$) hesaplayabilmektedir. Hesaplanan parametrelerin anlamlılık testi için t_0 , t_α , t_{11} , t_{12} test büyüklükleri; sıfır noktası eki için,

$$t_0 = |K_0 - K|/m_{K_0} \quad (10)$$

ölçek katsayısı için,

$$t_\alpha = |\alpha|/m_\alpha \quad (11)$$

fourier katsayıları için,

$$t_{11} = |K_{11}|/m_{K_{11}}$$

$$t_{12} = |K_{12}|/m_{K_{12}} \quad (12)$$

hesaplanır. $t_{\text{tablo}} = t_{n-4,1-\alpha/2}$ olmak üzere, test büyüklüğü $< t_{\text{tablo}}$ ise parametreler değişmemiştir kararı verilir (İnal ve diğ., 2008).

Programı test etmek için Selçuk Üniversitesi ölçme aletleri laboratuvarında bulunan Topcon GTS 105N elektronik takeometresi ile kontrol bazında ölçmeler yapılmış ve aletin uzunluk ölçme ünitesinin parametreleri hesaplanmıştır. Programda ilk önce uzunluklar 1 nolu pilyeden geçen yatay düzleme indirgenmektedir (Çizelge 5).

Çizelge 5. Ölçülen uzunlukların 1 nolu pilyeden geçen düzleme indirgenmesi (Reducing the measured lengths on the plane passing trough the no.1 pillar)

DN	BN	Atm. Düz. Get. Eğik Uzunluk (D) m	Alet Yük. (IE) m	Yan. Yük. (Tp) m	Yük. Farkı Δh m	Yatay Mesafe (m)	Ortalama Yükseklik Hort (m)	1 nolu Pilyeye İnd. Uzunluk S m
1	2	0.218	0.078	81.2453	1.6080	81.2294	1164.02	81.2294
1	3	0.218	0.078	264.2392	8.0240	264.1173	1167.22	264.1172
1	4	0.218	0.0775	497.9628	18.2285	497.6291	1172.33	497.6283
1	5	0.218	0.077	629.9838	24.6590	629.5010	1175.54	629.4998
1	6	0.218	0.079	660.2678	26.0160	659.7551	1176.22	659.7537
2	3	0.219	0.0825	183.0235	6.2795	182.9157	1168.10	182.9156
2	4	0.219	0.082	416.7545	16.4840	416.4284	1173.20	416.4277
2	5	0.219	0.077	548.7805	22.9100	548.3021	1176.42	548.3009
2	6	0.219	0.079	579.0652	24.2670	578.5565	1177.09	578.5552
3	4	0.219	0.0775	233.7575	10.0635	233.5408	1176.41	233.5403
3	5	0.219	0.0775	365.7840	16.4945	365.4119	1179.62	365.4110
3	6	0.219	0.079	396.0710	17.8510	395.6685	1180.30	395.6674
4	5	0.217	0.078	132.0508	6.2920	131.9008	1184.73	131.9004
4	6	0.217	0.0795	162.3333	7.6485	162.1530	1185.40	162.1524
5	6	0.218	0.079	30.3078	1.2160	30.2834	1188.62	30.2833

Daha sonra (5) eşitliği kullanılarak en küçük kareler yöntemine göre K_0 , K_{11} , K_{12} ve α katsayıları ile ortalama hataları hesaplanmaktadır.

$$\begin{aligned} K_0 &= -27.28 \text{ mm} \pm 1.14 \text{ mm} \\ K_{11} &= 0.54 \text{ mm} \pm 0.76 \text{ mm} \\ K_{12} &= -0.05 \text{ mm} \pm 0.83 \text{ mm} \\ \alpha &= 1.34 \text{ mm} \pm 2.97 \text{ mm} \end{aligned}$$

(3), (4) eşitlikleriyle faz farkı ölçme fonksiyonu hesaplanabilmektedir.

$$F_z = 0.545 \text{ mm} + \sin(\Delta\varphi + 106.2386)$$

(10)-(12) eşitlikleri ile de parametreler için anlamlılık testi yapılmaktadır (Çizelge 6).

Çizelge 6. Alet parametreleri için anlamlılık testi (*Significance test for instruments parameters*)

Parametreler ve ortalama hataları	Test Büyüklüğü	Tablo Değeri	Karar
$K_0 = -27.28 \text{ mm} \pm 1.14 \text{ mm}$	2.386	2.201	Değişim Anlamlı
$\alpha = 1.34 \text{ mm} \pm 2.97 \text{ mm}$	0.451	2.201	Değişim Anlamsız
$K_{11} = 0.54 \text{ mm} \pm 0.76 \text{ mm}$	0.711	2.201	Değişim Anlamsız
$K_{12} = -0.05 \text{ mm} \pm 0.83 \text{ mm}$	0.060	2.201	Değişim Anlamsız

4. SONUÇ (RESULTS)

Elektronik uzunluk ölçme aletleriyle doğru ve güvenilir sonuçlar elde edilmesi için bu aletlerin periyodik olarak kontrol ve kalibrasyonlarının yapılması gerekmektedir. Bu kapsamda gerek 31 Ocak 1988 tarihli BÖHYH gerekse 15 Temmuz 2005 tarihli BÖHHBÜY ölçmede kullanılacak uzunluk ölçerlerin periyodik kontrolünün yapılmasını zorunlu kılmıştır. Selçuk Üniversitesinde uzaklık ölçerlerin kalibrasyonuna yönelik ilk çalışma bir araştırma projesi kapsamında, 7 noktalı ve ~1500 m uzunluğunda, 1990 yılında tesis edilmiştir. Ancak 2010 yılında yeni açılan yollar ve kampus planındaki değişiklik nedeniyle kontrol bazı kullanılamaz hale gelmiştir. Hem kamu kurumları hem de üniversitemizde bulunan uzaklık ölçerlerin kontrol ve kalibrasyonu yapabilmek amacıyla 2010 yılında Selçuk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) koordinatörlüğü tarafından desteklenen alt yapı projesi kapsamında 6 noktalı ~660 m uzunluklu kontrol bazı tesis edilmiştir. Tesis edilen kontrol bazıyla elektronik uzunluk ölçümünde sistematik hataya neden olan sıfır noktası eki hatası, ölçek hatası ve faz farkı ölçme hatası belirlenebilmektedir. Kontrol bazının ölçeklendirilmesi Leica TCA 1800 aleti ile yapılmıştır. Sıfır noktası eki ve ara uzaklıklar bilinmeyen alınarak en küçük kareler yöntemiyle dengeleme yapılmış birim ağırlıklı ölçünün ortalama hatası $m_0 = \pm 0,3 \text{ mm}$, ve ara uzaklık bilinmeyenlerinin ortalama hataları $m_x = \pm 0,2 \text{ mm}$ olarak hesaplanmıştır. Bu çalışmada Selçuk Üniversitesi kampus alanında tesis edilen kontrol bazının tanıtımı yapılmıştır. Kontrol bazında uzaklık ölçerlerin ya da elektronik takeometrelerin uzaklık ölçme ünitelerinin kontrol ve kalibrasyonu yapılabilmektedir. Bu amaçla Microsoft Excel 2007 ortamında bir program hazırlanmıştır. Parametreleri belirlenecek aletlerle ölçülen atmosferik düzeltme getirilmiş uzunluklar ve alet-reflektör yükseklikleri programa girildiğinde alet parametreleri otomatik olarak hesaplanabilmekte ve hesaplanan parametreler için anlamlılık testi yapılabilmektedir. Programın çalışmasını kontrol etmek için S.Ü. Harita Mühendisliği Bölümü Ölçme Laboratuvarında bulunan Topcon GTS 105N elektronik takeometresinin kalibrasyon parametreleri hesaplanmıştır. Sadece sıfır noktası eki ve ölçek katsayısının belirlenmesi amacıyla hesap yapıldığında $K_0 = -27.37 \text{ mm}$, ölçek katsayısı $\alpha = 1.60 \text{ mm/km}$ hesaplanmıştır. Sıfır noktası eki, ölçek katsayısı ve faz farkı ölçme fonksiyonunun belirlenmesi amacıyla yapılan hesaplamada $K_0 = -27.28 \text{ mm}$, $\alpha = 1.34 \text{ mm/km}$ ve faz farkı ölçme fonksiyonu $Fz = 0.545 \text{ mm} + \sin(\Delta\varphi + 106.2369^\circ)$ olarak hesaplanmıştır. Yapılan anlamlılık testinde Topcon GTS 105N elektronik takeometresinin alet-yansıtıcı sisteminin sıfır noktası ekinin değiştiği sonucuna varılmıştır.

KAYNAKLAR(REFERENCES)

- Aksoy, A., Ayan, T., Güneş, İ.H., Deniz, R., 1987, "Elektromagnetik Uzaklık Ölçerlerin Kontrol ve Kalibrasyonları İçin Tesis Edilen Kalibrasyon Bazları ve İlk Ölçme Sonuçları", *Türkiye 1. Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, S.313-329, Ankara.
- Burnside, C.D., 1991, "Electromagnetic Distance Measurement", 3rd ed. BSP Prof. Books, 278 pp, Oxford.
- Ergin, M.N., Tombaklar, Ö., İnal, C., Büyükkaltunel, M., 1993, "Elektromagnetik Mesafe Ölçerler İçin Kontrol ve Kalibrasyon Bazının Oluşturulması", *SÜAF Projesi, Proje No: 90/24, Konya*.
- Gülal, E., Deniz, R., 2005, "Elektronik Ölçme Aletlerinin Kontrol ve Kalibrasyonu", 2. Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu, s.213-224, 23-25 Kasım, İstanbul
- Hodges, M.D.J., 1978, "Etalonnage et Tests des Instruments de Mesure Electro-Optique des Distances (M.E.D.)", *Geometre*, S.16-25.

- İnal, C.,1991, "Elektromagnetik Uzaklık Ölçerlerde Sıfır Noktası Eki ve Ölçek Faktörünün Belirlenmesi", *S.Ü.Müh.-Mim. Fak. Dergisi*, 6. Cilt, 1. Sayı, S.1-11, Konya.
- İnal, C., 2010, "Elektronik Uzunluk Ölçerlerin Kalibrasyon Parametrelerinin Belirlenmesi İçin Kontrol Kenarlarının Oluşturulması", *S.Ü. BAP Alt yapı projesi Raporu, Proje No: 10301025, Konya*
- İnal, C., 2013, "Modern Jeodezide Ölçme Aletleri" *Ders Notları, Genişletilmiş 2. Baskı, S.Ü. Mühendislik Fakültesi, Yayın No : 50, Konya*
- Inal, C., Sanlioglu I., Yigit, C.O., 2008, "Scaling of EDM Calibration Baselines by GPS and Controlling of EDM parameters", *Survey review*, 40, 309, pp. 304-312
- Özgen,G., Deniz,R.,1986, "Elektromagnetik Dalgalarla Jeodezik Ölçmeler(Elektrometri)", *İTÜ Matbaası, Sayı 1320,İstanbul*
- Pauli, W., 1968, "Messung einer kurzen Basis mit dem EOSdurch Streckenmessung in allen Kombinationen" *Vermessungstechnik(VT) 16: 242-246.*
- Rüeger, J.M., 1996 "Electronic Distance Measurement", *Sydney.*
- Schwendener H,R., 1972, "Electronic Distancers for Short-ranges: Accuracy and Checking Procedures", *Surv. Rev. 21(164):273-281.*
- Uzel, T., 1981, "Jeodezik Amaçlı Elektromagnetik Ölçmeler" *İstanbul Devlet Mühendislik Mimarlık Akademisi Yayınları, Sayı 159, İstanbul.*
- Uzel, T., 1987, "Elektronik Uzunluk Ölçümünde Modülasyon Frekansına Bağlı Hatalar", *Yıldız Üniversitesi Dergisi, Sayı 1-2, İstanbul.*