

BİNA RÖLÖVESİ

2022-2023 Bahar Yarıyılı Mühendislik Ölçmeleri
Uygulaması Dersi Uygulama 1 Föyü

Prof. Dr. Metin SOYCAN

Öğr. Gör. Dr. Mehmet EREN

Arş. Gör. Cemali ALTUNTAŞ

1. Giriş

Gelişen inşaat teknolojisi ve artan gereksinimler nedeniyle günümüzde yüksek ve büyük binaların sayısı hızla artmaktadır. Tarihi binaların rekonstrüksiyonu, binaların dış cephe giydirmelerinin yapılması, bina cephelerinde yer alan pencerelerin doğramalarının ve çerçevelerinin olabildiğince en az harcama ile yerine montajı gibi çalışmalarda ölçü ve hesaplardaki eksik ve yanlışlar hem zaman israfına hem de maliyet artışına neden olmaktadır. Bu çalışmaların en kısa zamanda, en doğru ve en ekonomik şekilde yapılması ancak bina cephe ölçüsünün alınması ile mümkün olabilir. Bu ölçüler için en uygun aletlerden biri, reflektörsüz ölçüm yapabilen elektronik bir takeometredir.

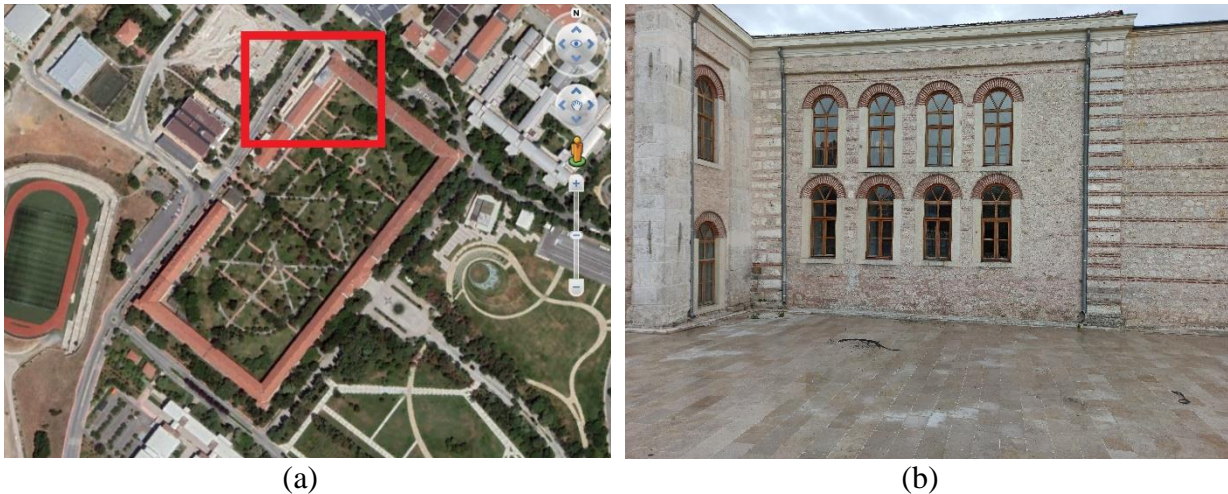
Bina cephe ölçümü için şu durumlar söz konusu olabilir:

- (a) Mevcut bir binanın ölçümü ve kontrolü
- (b) Yapılmakta olan bir binanın aplikasyonu ve kontrolü

Bu uygulama kapsamında bina yüzeyinin mevcut durumunu saptayan yüzey planı elde edilecektir. Bunun için aşağıdaki bölümlerde detaylandırılan yöntemler izlenecektir.

2. Çalışma bölgesi ve uygulama kapsamı

Yıldız Teknik Üniversitesi Davutpaşa Kampüsü Tarihi Hamam Binası, bu uygulamanın çalışma bölgesi olarak seçilmiştir (Şekil 2.1). Bu uygulama kapsamında, seçilen bina cephesinde yer alan pencere çerçevelerinin ve cephe detaylarının koordinatları belirlenerek iki boyutlu cephe planı hazırlanacaktır. Ayrıca pencerelerden birinin ahşap doğrama detayları da ölçülecek ve 1 adet pencere için gereken ahşap ve cam malzeme miktarı ilk olarak alansal biçimde belirlenecektir. Daha sonra bu alanlar verilen ahşap ve cam malzeme kalınlıkları ile çarpılarak 1 adet pencere için gereken malzeme miktarının hacimsel karşılığı bulunacaktır. Bulunan miktarlar pencere adediyle (örneğin Şekil 2.1'deki cephe için 8 ile) çarpılarak tüm pencereler için ihtiyaç duyulan toplam malzeme miktarı hesaplanacak ve dosyaya eklenecektir.



Şekil 2.1. (a) Çalışma bölgesinin konumu (b) rölövesi hazırlanacak bina cephesi

3. Yöntem

Bu uygulama kapsamında bina rölövesi işlemi iki şekilde gerçekleştirilecektir:

- (1) Yersel jeodezik yöntem
- (2) Sayısal tek fotoğraf değerlendirmesi

3.1. Yersel jeodezik yöntem

Yersel jeodezik yöntemle cephe alımında ilk olarak ölçümü yapılacak bina yüzeyinin ön tarafında cepheye hâkim uygun bir istasyon noktası (S) seçilir. Bunun yanı sıra bina cephesinin düzlem kontrolünü gerçekleştirmek için cephe üzerinde üç adet dayanak (referans) noktası seçilir. Bu noktalardan iki tanesi (A, B), yaklaşık su basman seviyesinde, bina cephesini içine alacak şekilde seçilir (Şekil 3.1). A ve B noktaları arasındaki yatay mesafe (S_{AB}) çelik şerit metre yardımıyla, yükseklik farkı (Δh) ise trigonometrik veya geometrik nivelman yöntemiyle mm veya cm hassasiyetinde belirlenir. Ölçülerin değerlendirilmesi için üç boyutlu yerel bir koordinat sistemi oluşturulur. Bu koordinat sistemi;

- A noktası orijin,
- A noktasından geçen çekül doğrultusu z-ekseni,
- AB doğrultusu y-ekseni,
- y-ekseniyle saat yönünün tersinde 100° açı yapan doğrultu x-ekseni

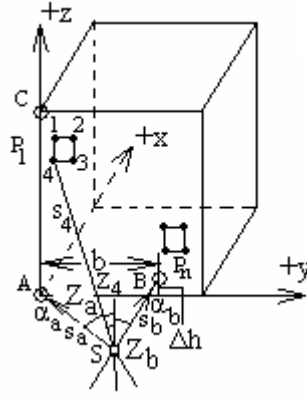
olacak şekilde tanımlanabilir. İşlem kolaylığını sağlamak adına, hiçbir noktanın koordinatlarının negatif olmaması için A noktasının koordinatları metre biriminde (100, 100, 100) olarak seçilebilir. Bu durumda B noktasının koordinatları aşağıdaki şekilde olur:

$$x_B = 100; \quad y_B = 100 + S_{AB}; \quad z_B = 100 + \Delta h; \quad (3.1)$$

Düzlem denklemini oluşturmak için üçüncü bir referans noktası gereklidir. Fakat burada sadece alım yapılacağı için üçüncü bir referans noktasını (C) yüzey üzerinde işaretlemeye lüzum yoktur.

A ve B arasındaki Δh yükseklik farkı mümkünse gidiş-dönüş geometrik nivelman yöntemiyle, değilse trigonometrik nivelman yöntemiyle belirlenir.

Cephe üzerindeki kiriş, kolon, pencere, kapı vb. elemanların ayrıntı noktaları kodlandırılarak her bir noktaya ait yatay doğrultu, düşey açı ve eğik mesafe değerleri ölçülür. Bina yüzeyi için, elemanların ayrıntı noktalarını içeren, düzgün bir ölçü krokisi hazırlanır. Kroki, sayısal kamera ile çekilmiş cephe fotoğrafı ile desteklenir. Bu ölçüler daha sonra değerlendirilerek cephe planı elde edilir. Yüzey elemanlarının gerçek boyutları nokta koordinatlarına göre bulunur. Cephe giydirme elemanlarının siparişleri de bu değerlere göre verilir.



Şekil 3.1. Bina cephe ölçümü (Koç, 2009)

3.1.1. Serbest istasyon noktasının üç boyutlu koordinat hesabı

Cephe ölçümünün yapılabilmesi için bina yüzeyini en iyi şekilde görececek bir nokta seçilerek reflektörsüz ölçüm yapabilen bir elektronik takeometre o noktaya kurulur. Öncelikle A ve B noktalarının üç boyutlu kutupsal ölçümü yapılır. Daha sonra bina yüzeyinin ölçü krokisi yapılarak detay noktalarının üç boyutlu kutupsal ölçüleri tek tek okunur ve kaydedilir. Ölçüm yapılırken noktaların kodlandırılması kolaylık sağlar. Pencere köşe noktaları “P”, kapı köşe noktaları “K”, kolon köşeleri “S”, giriş köşeleri “M” gibi harflerle yazılacak olursa çalışma daha kontrollü olur. Bu krokinin fotoğrafla desteklenmesi, değerlendirme aşamasında yararlı olur. Krokinin iyi tutulması ve ölçülerin titiz yapılması planın başarıyla hazırlanmasını sağlayan unsurlardır.

Ölçülerin değerlendirilmesi ve planın çizimi için alet kurulan noktanın üç boyutlu koordinatlarının hesaplanması gerekmektedir.

İstasyon noktasının yukarıda tanımlanan koordinat sistemindeki koordinatlarını elde etmeden evvel ikinci bir yerel koordinat sistemi oluşturulur. Bu koordinat sistemi;

- S noktası orijin,
- S noktasından geçen çekül doğrultusu z-ekseni,
- açılı bölün dairesinin “0” doğrultusu x-ekseni,
- x-ekseniyle saat yönünde 100° açı yapan doğrultu y-ekseni

olacak şekilde tanımlanabilir. Bu noktada ifade kolaylığını sağlamak açısından ilk tanımlanan yerel koordinat sistemine “BİRİNCİ KOORDİNAT SİSTEMİ” adı verilip bu sistem “xyz” kısaltmasıyla ifade edilebilir. İkinci tanımlanan yerel koordinat sistemine ise “İKİNCİ KOORDİNAT SİSTEMİ” adı verilip bu sistem “XYZ” kısaltmasıyla ifade edilebilir. Bu noktada, istasyon noktasının koordinat hesabıyla işlemlere devam edilir.

İstasyon noktası XYZ sisteminde orijin olduğu için $X_S = 0 \text{ m}$; $Y_S = 0 \text{ m}$; $Z_S = 0 \text{ m}$ olur. İstasyon noktasına kurulan aletle A ve B noktalarına bakılarak eğik uzaklık (s), yatay doğrultu (r) ve düşey açı (Z) ölçüleri kaydedilir. A ve B noktalarının XYZ sisteminde tanımlı koordinatları (3.2) eşitliğiyle hesaplanır.

$$\begin{bmatrix} X_A \\ Y_A \\ X_B \\ Y_B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} s_{SA} \sin(Z_{SA}) \cos(r_{SA}) \\ s_{SA} \sin(Z_{SA}) \sin(r_{SA}) \\ s_{SB} \sin(Z_{SB}) \cos(r_{SB}) \\ s_{SB} \sin(Z_{SB}) \sin(r_{SB}) \end{bmatrix} \quad (3.2)$$

A ve B noktalarının XYZ sisteminde tanımlı koordinatları bulunduğundan sonra aşağıda verilen eşitlikler kullanılarak S noktasının xyz sisteminde tanımlı koordinatları kontrollü olarak hesaplanır (Koc, 2009).

$$a = \frac{(Y_B - Y_A)(Y_B - Y_A)}{(X_B - X_A)^2 + (Y_B - Y_A)^2}; \quad o = \frac{(X_B - X_A)(Y_B - Y_A)}{(X_B - X_A)^2 + (Y_B - Y_A)^2}; \quad (3.3)$$

$$\begin{bmatrix} x_S \\ y_S \\ z_S \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_A + a(X_S - X_A) - o(Y_S - Y_A) \\ y_A + o(X_S - X_A) + a(Y_S - Y_A) \\ (z_A + z_B - s_{SA} \cos(Z_{SA}) - s_{SB} \cos(Z_{SB}))/2 \end{bmatrix} \quad (3.4)$$

Bu eşitlikteki Kontrol işlemi A veya B noktasının xyz sisteminde tanımlı koordinatlarının hesaplanmasıyla gerçekleştirilebilir. B noktasının tercih edilmesi hâlinde, yapılacak kontrol işlemine ilişkin eşitlik şu şekilde olur:

$$\begin{bmatrix} x_B \\ y_B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_S + a(X_B - X_S) - o(Y_B - Y_S) \\ y_S + o(X_B - X_S) + a(Y_B - Y_S) \end{bmatrix} \quad (3.5)$$

3.1.2. Detay noktalarının üç boyutlu koordinat hesabı

Reflektörsüz cephe alımında bina yüzeyinin hangi noktası ölçülmek isteniyorsa takeometrenin dürbünü o noktaya yöneltilerek yatay doğrultu, eğik mesafe ve düşey açı ölçüleri kaydedilir. Ölçülerin hatasız ve kolay bir şekilde değerlendirilebilmesi için bina yüzeyinin bir krokisinin tutulması önemlidir. Ayrıca dijital bir kamera ile bina cephesinin fotoğrafının çekilmesi de faydalı olur. Ölçüm işlemi tamamlandıktan sonra bina yüzeyindeki detay noktalarının koordinatlarını hesaplamak için bir dizi işlem gerçekleştirilir. İlk olarak SA kenarının açıklık açısı hesaplanır:

$$(SA) = \tan^{-1} \left(\frac{y_A - y_S}{x_A - x_S} \right) \quad (3.6)$$

Daha sonra S noktası ile i. noktayı birleştiren her bir kenarın SA kenarı ile yaptığı kırılma açıları bulunur. Kırılma açıları kullanılarak açıklık açıları da hesaplanır:

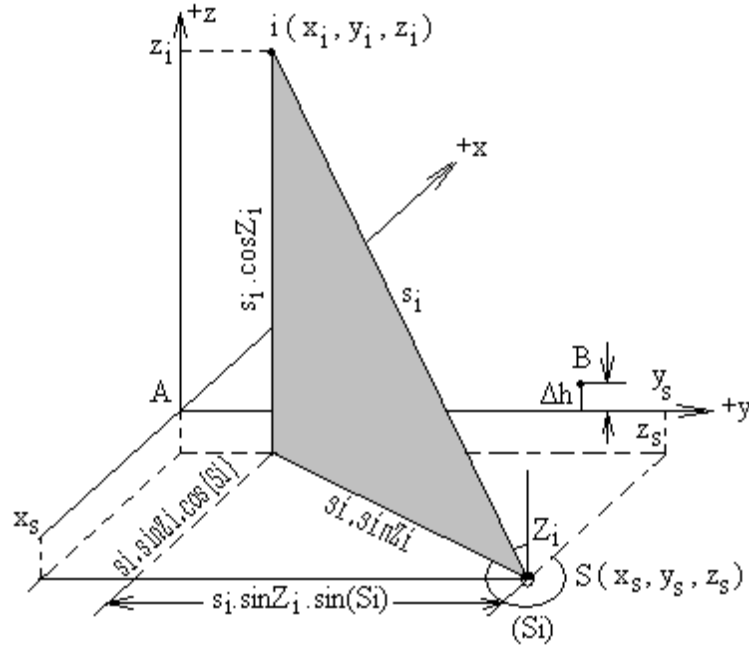
$$\beta_i = r_{Si} - r_{SA} \quad (3.7a)$$

$$(Si) = (SA) + \beta_i \quad (3.7b)$$

S noktası ile yaptığı açıklık açısı bulunan detay noktalarının koordinatları (3.8) eşitliğiyle hesaplanır (Koc, 2009):

$$\begin{bmatrix} x_i \\ y_i \\ z_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_S \\ y_S \\ z_S \end{bmatrix} + s_{Si} \begin{bmatrix} \cos(Si) \sin(Z_{Si}) \\ \sin(Si) \sin(Z_{Si}) \\ \cos(Z_{Si}) \end{bmatrix}; \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (3.8)$$

Detay noktalarının üç boyutlu koordinat hesabındaki geometrik ilişkiler Şekil 3.2’de gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Detay noktalarının üç boyutlu koordinat hesabı (Koç, 2009)

3.2. Sayısal tek fotoğraf değerlendirilmesi

Bina rölövesi işlemi, elektronik takeometre ile yapılan ölçümlerle yapılabileceği gibi dijital kameralar vasıtasıyla elde edilen fotoğrafların analiz edilmesiyle de gerçekleştirilebilmektedir. Bu uygulama kapsamında, elektronik takeometrenin kurulduğu nokta üzerinde durularak, akıllı telefon kamerasıyla bina cephesini tamamen kapsayacak, mümkün olduğunca cepheye dik, düşey veya yatay konumda dijital fotoğraf çekilecektir. Elde edilen dijital fotoğrafın koordinatları; dördü cephe köşelerine, ikisi cephenin ortasına yakın olmak üzere xyz sisteminde tanımlı koordinatları bilinen en az 6 adet nokta kullanılarak iki boyutlu afin dönüşümüyle xyz sisteminde tanımlı bir biçime dönüştürülecektir (Her iki yöntem için koordinat sistemlerinin uygun olması için fotoğraf üzerinde seçilecek 6 noktanın, yersel jeodezik yöntemde belirlenen sistemde ifade edilmesi gerekmektedir). Daha sonra dönüştürülmüş fotoğraf üzerinden, bina cephesinin detaylarının çizimi gerçekleştirilecektir.

Afin dönüşümünde kullanılan noktaların iki boyutlu “resim koordinatları”, “harita koordinatları” ve bunların arasındaki farklar (y-ekseni ve z-ekseni yönündeki hatalar) listelenecektir. Bu değerler kullanılarak bir koordinatın ortalama hatası (s_0) hesaplanacaktır:

$$s_0 = \sqrt{\frac{[v_y v_y] + [v_z v_z]}{2n-6}} \quad (3.9)$$

Burada $[v_y v_y]$ y-ekseni yönündeki hataların karelerinin toplamını, $[v_z v_z]$ z-ekseni yönündeki hataların karelerinin toplamını, n ise dönüşümde kullanılan nokta sayısını ifade etmektedir.

4. Uygulamanın sonuçlandırılması ve dosya teslimi

Bu uygulama sonucunda, her bir öğrenci yersel jeodezik yöntem ve sayısal tek fotoğraf değerlendirmesi yolu kullanarak bina cephe planını elde etmiş olacaktır. Bina pencerelerinde kullanılacak malzemelerin yaklaşık hacminin hesaplanmasında camın kalınlığı 1.5 cm, ahşap doğramanın kalınlığı ise 2.5 cm alınacaktır. Uygulama tamamlandıktan sonra teslim edilecek dosyanın hazırlanmasında aşağıdaki hususlara dikkat edilmesi gerekmektedir:

- 1) Ölçümü yapılan cephenin dikkatli ve özenli olarak çizilmiş ölçü krokisi, çalışmaya mutlaka konulmalıdır. Her bir detay noktasının bir numarası olmalıdır (çizelgelerde karışıklık olmaması için yersel jeodezik yolla alınan detaylarda T001, T002, T003,...; sayısal tek fotoğraf değerlendirmesi yoluyla işaretlenen detay noktalarında ise F001, F002, F003,... şeklinde isimlendirme yapılabilir).
- 2) Yatay doğrultu, eğik mesafe ve düşey açı ölçüleri bir ölçüm çizelgesi hazırlanarak liste hâlinde teslim edilmelidir.
- 3) İstasyon noktasının üç boyutlu koordinat hesabı ve kontrolü açık olarak gösterilmelidir. Sabit noktaların koordinatları çizelge olarak verilmelidir.
- 4) Cephe üzerine dağılmış en az 4 adet detay noktasının üç boyutlu koordinat hesabı formülleriyle birlikte açık olarak gösterilmelidir. Diğer detay noktalarının koordinatları ise bir koordinat çizelgesi hazırlanarak liste hâlinde teslim edilmelidir.
- 5) Sayısal tek fotoğraf değerlendirmesi yolu izlenirken gerçekleştirilen afin dönüşümü işleminde kullanılan noktaların resim ve harita koordinatları ile ortalama hata değerini içeren bir afin dönüşümü hesap çizelgesi hazırlanmalıdır.
- 6) Cephe üzerindeki pencerelerin yenilenmesinde kullanılacak ahşap ve cam malzeme miktarı yersel jeodezik yöntem ve sayısal tek fotoğraf değerlendirmesiyle hacimsel olarak hesaplanmalıdır. İki yöntemle bulunan miktarlar karşılaştırılmalı ve yorumlanmalıdır.
- 7) Her bir öğrenci bina cephesinin 1/50 veya 1/100 ölçeğinde, biri yersel jeodezik yöntem biri sayısal tek fotoğraf değerlendirmesiyle elde edilmiş olmak üzere, karelaçlı iki adet planını çalışmasına koymalıdır. Koordinat değerleri pafta kenarlarına yazılmalı ve ölçek gösterilmelidir. A ve B noktaları paftada görülmelidir. İki farklı yöntemle elde edilen cephe planları karşılaştırılmalı ve yorumlanmalıdır.
- 8) Yukarıda verilen maddelerdeki tüm hususlara dikkat etmekle beraber her bir öğrencinin bireysel olarak teslim edeceği dosyada bulunması gereken içerik şu şekildedir:
 - a. Ölçüler (yatay doğrultu, eğik mesafe, düşey açı)
 - b. Ölçü krokisi
 - c. Cephenin dijital fotoğrafı
 - d. A ve B noktaları arası nivelman hesabı
 - e. İstasyon noktasının koordinat hesabı (formüllü ve açık bir şekilde çözümü)
 - f. En az 4 detay noktasının koordinat hesabı (formüllü ve açık bir şekilde çözümü)
 - g. Afin dönüşümü hesap çizelgesi
 - h. Ahşap ve cam malzeme miktar çizelgesi

- i. Bütün detay noktalarının koordinatlarını içeren koordinat özet çizelgesi
- j. Kareli bina cephe planları (biri yersel jeodezik yöntemle, biri sayısal tek fotoğraf değerlendirmesi yoluyla hazırlanmış 2 adet)
- k. Çalışmayı özetleyen ve analiz eden en az 200 kelimedenden oluşan rapor (Times New Roman, 12 punto, iki yana yaslı olarak ve 1.5 satır aralıklı hazırlanmalıdır)

5. Kaynaklar

Koç, İ., (2009), Bina cephelerinin ölçümü ve aplikasyonu. *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 4.Ulusal Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu*, Trabzon.

Koç, İ., Özel Ölçmeler ders notu, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.