

DEFORMASYON ÖLÇMELERİ

Derleyen : Ömer CENAN
(İstanbul)

GİRİŞ

Bilindiği gibi yeryüzü noktaları devamlı olarak yatay ve düşey yöndeki değişmelerin etkisi altındadırlar. Bu değişmeler üzerinde genellikle durulmaz. Deformasyon ölçmeleri ancak toplum için büyük tehlikeler yaratabilecek ve maddî zararların doğmasına sebep olabilecek baraj, tünel, köprü, büyük binalar gibi suni yapılarla toprak kaymasının söz konusu olduğu yerlerde uygulanır. Büyük yüklerin, sarsıntıların etkisi altında kalan veyahut da sağlam zemin üzerinde bulunmayan yapılar devamlı olarak değişmeye uğrarlar. Bu değişmeler :

a) Yapının içinde veya dışında yapı malzemesi, ısl, su »-jsmcı v.s. gibi etkenlerin sebep oldukları değişmeler (örneğin; bölgesel çatlamlar, bel verme ve eğilmeler gibi),

b) Yatay ve düşey yöndeki konum değişmesi;

Diye iki grupta toplanabilirler.

Bu değişmeler fiziksel, jeodezik, veya fotoğrametrik yöntemler yardımı ile saptanırlar.

Birinci grupta sıralanan değişmeler genellikle harita mühendisinin görevleri dışında kalır ve yapı inşa halinde iken alâkalı branşın mühendisleri tarafından belirli yerlere koydurulan alet ve işaretler yardımı ile fiziksel ölçme yöntemine göre saptanırlar.

Ölçme mühendisliğinin görev alanı içine giren genellikle ikinci kısımda belirtilen yatay ve düşey yöndeki konum değişmelerinin saptanmasıdır.

Burada yalnız yatay ve düşey yöndeki konum değişmelerinin saptanmasında uygulanan jeodezik yöntemler üzerinde durulacaktır.

Yatay Yöndeki Hareketler

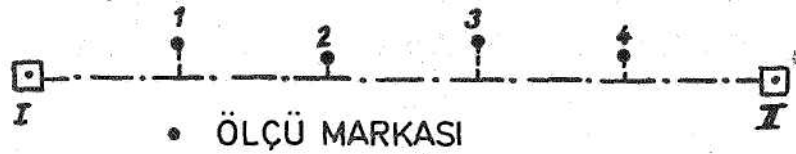
Yatay yöndeki yapı hareketlerinin yönü ve büyüklüğünü saptamak amaa ile uygulanan değişik yöntemlerin tamamı açı (Triangülasyon) veya uzunluk ölçmesine (Trilaterasyon) veyahut da poligon dizilerinde olduğu gibi açı ve uzunluk ölçmesinin birlikte uygulanması prensibine dayanmaktadır. Bu yöntemlerden hangisinin uygulanacağı istenilen prezisyona (bu ise yöntemin uygulanacağı yerdeki hareketin büyüklüğüne bağlıdır) göre tayin edilir.

1) Uzunluk ölçme yöntemi İle yatay yöndeki deformasyonların saptanması

Yöntem oldukça basittir. Yapı üzerindeki ölçü noktaları ile yeri değişmeyen sabit noktalar arasındaki uzunlukların değişik zamanlarda yapılacak ölçülerle tesbit edilmesi ve buradan deformasyon büyüklüğünün saptanması prensibine dayanır. Değişik zamanlarda yapılacak ölçüler arasındaki farklar ölçü noktasının ve dolayısıyla yapının değişme değerini verir. Kısa boylu uzunlukların ekonomik olarak 1 mm presizyonla saptanması mümkün olmakla beraber sabit noktanın yapının çok yakınında seçilmesi ve bu sebeple de sabit noktanın yapı ile birlikte değişmesi söz konusu olabileceğinden oldukça sakıncalı bir yöntemdir. Bu nedenle uzunluk ölçme yöntemi genellikle yapı hareketleri yerine, yapı üzerindeki iki noktanın birbirine göre konum değişmesinin saptanmasında uygulanır. Bu amaç için jeodezik ölçme araçları kullanılmaz.

2) Aİlyman Yöntemi

Bu yöntemde yapı üzerine yerleştirilmiş olan ölçü noktalarının sabit bir doğrudan (değişmeyen) olan dik uzaklıkları ölçülür. Değişik iki zamanda yapılmış olan iki ölçü yardımı ile yapıda meydana gelen yatay yöndeki hareket miktarı saptanır.

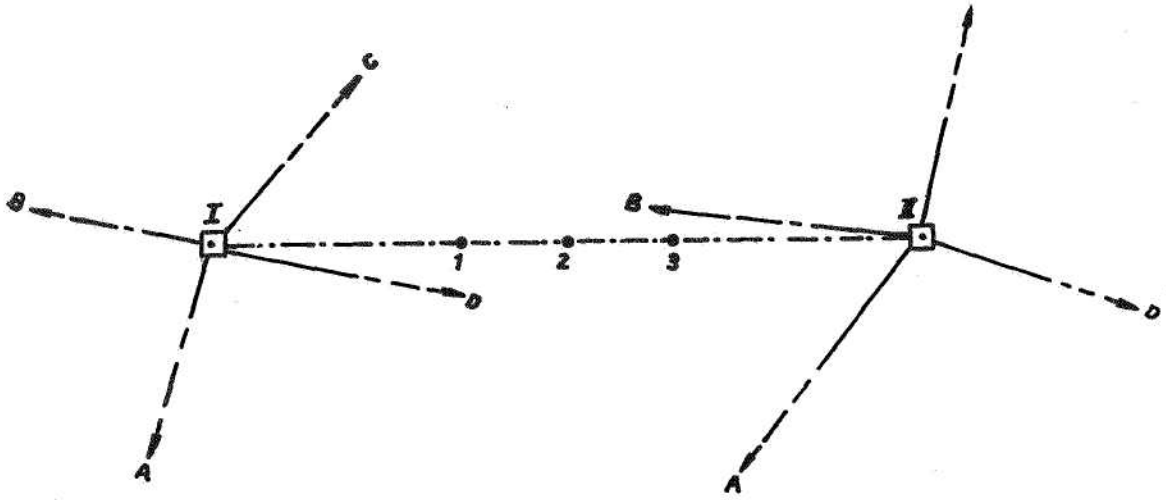


Şekil : 1

Yöntemde yalnız aliyman doğrusuna dik yöndeki hareketler ölçülebildiğinden yalnız bir yönde değişme gösteren yapılar için (örneğin; istinat duvarları, baraj'lar v.s.) uygulanır. Aliyman hattı beklenen hareket yönüne dik yönde seçilerek uç noktalarının yerlerinin uzun yıllar devam edecek ölçü işlemine elverişli olmasına, işaretlemenin don seviyesine inilerek yapılmasına dikkat edilir. Her iki uca konulacak işaretler 50 x 50 boyunda ve 120 cm yüksekliğinde taş veya betondan yapılarak üst kısımları hedefe veya alet yerleştirilecek şekilde inşa edilirler. Bu gözleme sütunlarının da zamanla yapı ile birlikte değişebileceği husus göz önünde tutularak bu sütunların civarında söz konusu noktadan 250 - 1200 m. uzakta bulunan röper noktaları seçilir. Bu noktaların gözleme sütununun dört yönüne dağılmış olarak seçimine özellikle dikkat edilir. (Şekil : 2) de A, B, C, D harfleri ile belirtilen, bu noktalar, yapılacak ölçü ve hesaplar yardımı ile aliyman hattının uç noktasının ds yapı ile birlikte her hangi bir değişmeye uğrayıp uğramadığını saptanmaya yararlar. Yapının belirli yerlerine yerleştirilen ölçü noktaları, özel hedefleri alacak şekildedirler. Bu hedefler (Mire) 1 veyahut da II no-lı noktada bulunan operatörün alet yardımı ile ölçü noktasının aliyman hattından olan dik uzaklığı okumasını sağlayan transversal bölümlere sahiptir. Diğer tipleri ise üzerinde nokta şeklinde hedefeye sahip olan ve özel bir tertibatla aliyman doğrusuna doğru hareket ettirilebilecek şekildedirler Bu şekilde olanlarda miracı gözleme noktasında bulunan operatörün komutuna göre ölçü noktasında bulunan hedefeyi aliyman doğrusuna kadar hareket ettirerek ölçü noktası ve aliyman doğrusu arasındaki uzaklığı okur ve kaydeder. Açı ölçüleri için büyütme ve aydınlatma gücü fazla olan teodolit şeklindeki alet, buna baraj aleti denilir, kullanılır. Ölçü aliyman doğrusunun her iki uç noktasından yapılır.

Pratikte aliyman yönteminin uygulanmasında çeşitli güçlüklerle karşılaşıldığından (örneğin; 1, II noktalarının yapı etkisi altında kalmayacak şekilde yapı alanının dışında seçilmesi ve bu nedenle de okuma veya miracı ile anlaşma olanağının mümkün olmayışı gibi) deformasyon değerleri uç noktasından yapılacak açı ölçülerine göre hesaplanır.

Tablo : 1, Şekil : 2 de belirtilen deformasyon ölçüsünün nasıl değerlendirildiğini göstermektedir. Açı ölçüleri prezisyon teodolitlerle aliyman doğrusunun iki uç noktasından yapılır. Yapı üzerinde bulunan ölçü noktaları, uç noktasına değişik uzaklıkta olduklarından yapılan hesap işleminde ağırlıkların da göz önünde tutulması gerekir. Ağırlık ola-



Şekil : 2

r
 rak p = ————— (s = ölçü noktasının aliyma doğrusunun ucuna olan
 uzaklığı) alınır. Bu amaç için, uzunlukların (s) 1 : 1000 oransal hata
 ile belirlenmeleri yeterlidir. Her ikî noktadan elde edilen sonuçlardan
 (Tablo : 1, sütun 8) aritmetik ortalama alınmak suretiyle kesin defor»
 masyon değerleri elde edilir (9. sütun). Tablonun 6. sütunundan gö-
 rülebileceği gibi 1. ve 2. ölçüde (4. ve 5. sütunlarda verilen değerler 4.
 serinin ortalamasıdır) A, B, C, D röper noktaları arasında küçük farklar
 mevcuttur. Deformasyon değerlerinin hesabında önce bu farkların gideril-
 mesi gerekir. Her bir okumaya getirilecek düzeltme

$$v_a = \frac{[(Ar)]}{n} \text{ formüllüne göre hesap}$$

edilir 7. sütun). Burada n röper noktası sayısını belirtmektedir. Daha
 önce de belirtildiği gib I ve II noktalarında da kayma mevcut ise bu
 A, B, C, D noktalarının rasatlarından faydalanmak suretiyle daha ön-
 ceden hesap edilerek deformasyon değerlerinin bulunmasında göz önünde
 tutulur (hesap işleminin uzun olması nedeni ile burada, söz konusu
 noktalarda, herhangi bir kayma hareketi mevcut olmayan bîr örnek
 alınmıştır).

3) Trigonometrik Yöntem

Bu yöntemde yatay yöndeki deformasyon I ar, trigonometrik kestir-
 me ile saptanırlar. Pratikte en çok uygulanan bîr yöntemdir. En basit
 uygulama şekil, Şekil : 3 de görüldüğü gibi yapı üzerindeki ölçü mar-
 kalarının triyagölasyon noktalarından yapılacak açı ölçmeleri ile önden
 kestirilmelerinden ibarettir.

Tablo : 1

N.No	s	s/p	5.10.58 ölçüsü	15.5.59 ölçüsü	Park	Düzeltil.	Boyuna Kayma	Mutlak Kayma
1	2	3	4	5	6	7	8	9
I.Nokta								
A			0.0000	0.0000	(0)	(-1.0)		
B			95.3568	95.3572	(+4)	(+3.0)		
C			227.9034	227.9032	(-2)	(-3.0)		
1	88.6	0.139	281.4348	281.4380	+32	+31.0	+4.3	4.2
2	123.0	0.193	281.4360	281.4392	+32	+31.0	+6.0	5.8
3	164.5	0.258	281.4390	281.4404	+14	+13.0	+3.4	3.5
D			294.2871	291.2873	(+2)	(+1.0)		
				(C)	-4	0.0		
II.Nokta								
A			0.0000	0.0000	(0)	(+0.5)		
3	73.5	0.115	57.6197	57.6166	-31	-30.5	-3.5	
2	115.0	0.181	57.6251	57.6219	-32	-31.5	-5.7	
1	149.4	0.235	57.6253	57.6235	-18	-17.5	-4.1	
B			64.6032	64.6029	(-3)	(-2.5)		
C			173.4379	173.4381	(+2)	(+2.5)		
D			278.1855	278.1854	(-1)	(-0.5)		
				(C)	-2	0.0		
					Δr	$\Delta r'$	$q = \Delta r' \cdot \frac{s}{S}$	

Değişik zamanlarda yapılan ölçüler arasındaki farklar, yapıda meydana gelen deformasyon değerlerini verir. Pratikte genellikle fazla bir ölçünün mevcut olmadığı bu tür (Şekil : 3) uygulama şeklinden kaçınılarak deformasyon ölçüleri, tam bir triyangülasyon ağı kurulmak suretiyle saptanır. Şekil : 4, baraj deformasyonlarını ölçmek amacı ile tesis edilmiş olan bu tüi bir triyangülasyon ağını göstermektedir. Bu yöntemde yapı üzerindeki ölçü noktalarının yerlerinin seçiminde, bunların gözlem ışınlarını yaklaşık olarak dik bir şekilde kesmesine dikkat edilir.

Açı ölçüsü için genellikle presizyon teodolitler (örneğin : Th2, Theo 10, T2 vs) kullanılır. Triangülasyon noktası ve ölçü noktası arasındaki uzaklığın çok büyük olması halinde ölçü T3, DKM3 veya benzeri aletlerden biri ile yapılır. Açı ölçüsü işin büyüklüğü ve amacına göre 20 seriye kadar da yapılabilir. Bir önceki kısımda da belirtildiği gibi açı ölçüsü

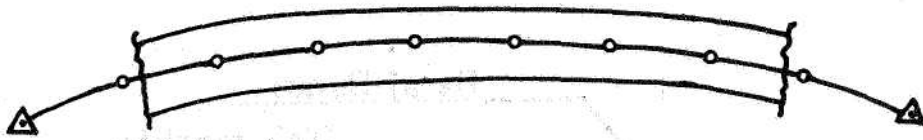


yapılan noktada herhangi bir kaymanın var olup olmadığı hususu, röper noktalarından faydalanılmak suretiyle saptanır ve var olması halinde hesap işlemlerinde gözönünde tutulur.

Yapılan ölçü ve hesaplar sonunda elde edilen sonuçlardan herhangi bir deformasyon var olup olmadığına karar verebilmek için bu sonuçları, ölçü işleminde sağlanan ortalama hata ile karşılaştırmak gerekir. Bir yapıda deformasyonun var olduğuna ancak bulunan sonucun, ortalama hatanın 3 katından büyük olması halinde karar verilebilir.

4) Presizyon Poligon dizileri

Trigonometrik yöntem hem fazla zaman aldığından hem de bazı amaçlar için yeterli presizyonda sonuçlar vermediğinden her yerde uygulanmaz. Büyük presizyon aranan işlerde poligon dizilerinden faydalanılır. Açık ve uzunluk ölçme prensibine dayanan bu yöntem genellikle baraj duvarları ve baraj kontrol geçitlerindeki yatay yöndeki deformasyonları saptamak amacı ile uygulanır.



Sekil : 5

Poligon dizisinin kenarları genellikle 10-30 m. arasında seçilecek kenar boyları, 0,1 ilâ 0,2 mm. presizyonla uzunluk ölçmesini sağlayan invar - şerit veya bantları ile ölçülür.

Düşey Yöndeki Hareketler 1

___ Nivemanın Yöntemi

Düşey yöndeki deformasyonların saptanmasında en çok uygulanan bir yöntemdir. Ölçü işlemi presizyon nivelman aleti ve invar miraları ile yapılır. Bu yöntemde de, yapı etki sahasının dışında kalan yerlerde röper noktaları seçilir. Değişik zamanlarda yapılan iki ölçü arasındaki fark yardımı ile yapıda meydana gelen deformasyon değerleri (çökme veya yükselmeler) hesaplanır. (Şekil : 6) büyük bir binadaki düşey yöndeki deformasyonları saptamak amacı ile bina üzerine yerleştirilen röper noktaları (1, 2, 3, 4 no. lu noktalar) ile yapı etki alanı dışında seçilen röper noktalarını (I, II, III, IV, V, VI no. lu noktalar) göstermektedir. Aynı şeklin ölçü değerleri ve hesap sonucu (Tablo : 2')de verilmiştir.

,> ,H. ;

Şekil : 6

Tablo : 2

N.No	1.10.1958 Ölçüsü m	1.4.1958 Ölçüsü m	Yük.Farkı Δh mm	Sonuçlar $\Delta h'$ mm
I	136.5732 +1.3567	136.5782 +1.3562	(0.0)	(+0.3)
II	137.9349 -0.4543	137.9344 -0.4540	(-0.5)	(-0.2)
III	137.4806 -2.4601	137.4804 -2.4616	(-0.2)	(+0.1)
1	135.0205 +0.6103	135.0188 +0.6076	-1.7	-1.4
2	135.6308 +0.1123	135.6264 +0.1132	-4.4	-4.1
3	135.7431 +0.0308	135.7396 +0.0310	-3.5	-3.2
4	135.7739 -0.2459	135.7706 -0.2430	-3.3	-3.0
IV	135.5280 -1.3048	135.5276 -1.3047	(-0.4)	(-0.1)
V	134.2232 +1.1597	134.2229 +1.1596	(-0.3)	(0.0)
VI	135.3829	135.3825	(-0.4)	(-0.1)
[Δh]			= -1.8	[$\Delta h'$]=0.0

2) Trigonometrik Nivelman

Bu yöntem presizyon nivelmanın yapılamadığı yerlerde (örneğin, röper noktalarının değişik yükseklikte bulunmaları hali) uygulanır. Ölçü noktalarının şekli, açı ölçüsünü mümkün kılan hedefe şeklindedirler ve genellikle bazı yapılarda (örneğin; Baraj, köprü) aynı zamanda yatay yöndeki deformasyon ölçmeleri için de kullanılırlar.

Yükseklikleri triyagölasyon noktalarından yapılacak düşey açı ölçmeleri ile

$$H = H_i + s \cdot \cot Z + E - R$$

formülüne göre hesaplanır. Burada H gözlenen noktanın yüksekliğini, H_i alet muylu eksen kotunu, s yatay uzaklığı, Z düşey açığı, E yer küre-

$$S^2$$

sellliğini ($E = \frac{S^2}{2r}$, r = dünyanın yarı çapı) ve R de düşey refraksi-

$$S^2$$