

MÜHENDİSLİK YAPILARINDA DEFORMASYON ÖLÇMELERİ

Y. KALKAN, R. M. ALKAN

*İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü,
Ölçme Tekniği Anabilim Dalı, İstanbul. kalkany@itu.edu.tr, alkanr@itu.edu.tr*

Özet

Deformasyon Ölçmeleri, mühendislik ölçmeleri içinde önemli bir yere ve konuma sahiptir. Gerek üzerinde yaşadığımız doğal ortamda, gerekse insan eliyle inşa edilmiş mühendislik yapılarında zamanla ortaya çıkabilecek geometrik değişimlerin (deformasyonların) sonuçları, insan hayatını ve onun güvenliğini yakından ilgilendirmektedir. Bu sebeple, mühendislik yapıları ve çevresindeki geometrik değişimlerin izlenmesi, belirlenmesi ve tanımlanması son derece önem taşımaktadır. Bu çalışmada, Baraj, Köprü, Tünel gibi önemli mühendislik yapılarında zamanla ortaya çıkabilecek geometrik değişimlerin ve bu değişimlere yol açan bazı parametrelerin izlenmesinde kullanılan yöntem, donanım, ölçme ve analizinden söz edilmiştir. Önemli bir mühendislik yapısı olan Karakaya Demiryolu Köprüsünde deformasyon izlemek üzere oluşturulmuş olan klasik yöntemle deformasyon izleme sisteminden ve Büyük barajlarımızda kurulmuş olan jeodezik ve jeodezik olmayan deformasyon izleme sistemlerinden bahsedilmiştir.

Anahtar kelimeler : Deformasyon Ölçmeleri, GPS, Baraj, İnklinometre, Oturma kolonu.

Abstract

Deformation surveys have an important status among engineering surveys. Results of the geometrical deformations that can occur in time in both in the environment that we are all living in and in the engineering structures that are build by human being concern the human life and safety closely. Therefore, recognizing, determining, and observing the geometrical deformations in engineering structures and its surroundings have great importance. Bu çalışmada, Baraj, Köprü, Tünel gibi önemli mühendislik yapılarında zamanla ortaya çıkabilecek geometrik değişimlerin ve bu değişimlere yol açan bazı parametrelerin izlenmesinde kullanılan yöntem, donanım, ölçme ve analizinden söz edilmiştir. In this study, the methods, hardware, surveys, and the analysis of the geometrical deformations in the important engineering structures such as dams, bridges, and tunnels are explained. Additionally, a deformation observation system consists of a classical and geodesic/non-geodesic deformation observation system that are constructed at giant dams to observe deformations occurred in the Karakaya Railway Bridge which is an important engineering structure is also explained here.

Key words: Deformation measurements, GPS, Dam, Inclinator, Settlement gauges

1. Giriş

Mühendislik ölçmeleri içerisinde giderek önem kazanan problemlerden birisi de deformasyon ölçmeleridir. Özellikle son yıllarda bu konuya olan duyarlılık artarak devam etmektedir. Gerek yer kabuğu hareketlerini, gerekse mühendislik yapılarında zamanla oluşabilecek deformasyonları izlemek üzere, jeodezik ve jeodezik olmayan bir çok yöntem kullanılmaktadır. Jeodezik yöntemlerde, yatay ve

Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, Mühendislik Ölçmeleri STB Komisyonu

2. Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu

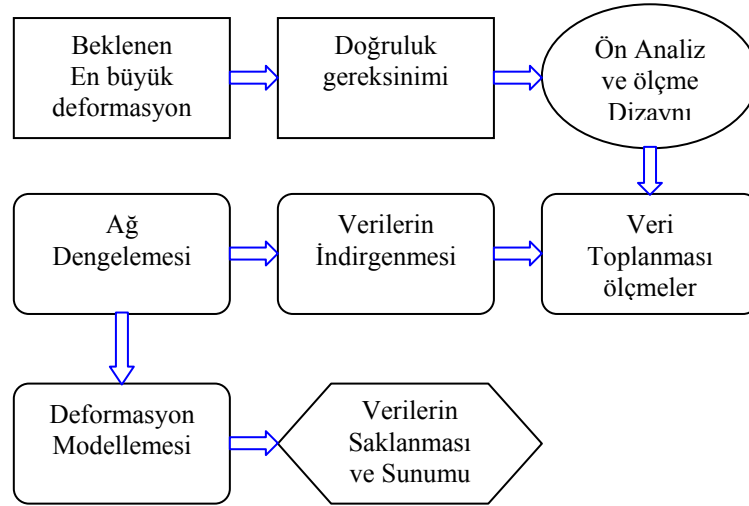
23-25 Kasım 2005, İTÜ – İstanbul

düşey yöndeki deformasyonların izlenmesi, bu amaç için oluşturulmuş kontrol noktalarında (ağlarında), periyodik olarak yapılan klasik ve/veya GPS ölçülerinin değerlendirilmesine ve analizine dayanır. Jeodezik olmayan yöntemlerde ise yapıda ve çevresinde oluşan deformasyonlar, deformasyonlara neden olan yük değişimleri, yer altı su seviyesi değişimi, gerilme, sıcaklık gibi değişik faktörlerin büyüklükleri ve değişimleri bazı özel donanım ve yöntemlerle ölçülür. Bu konuda daha geniş bilgi *Pretorius, vd., 2001, Clement, vd. 2001, Askenazi, vd., 1997, Roberts vd. 2000, Kalkan, vd. 2002 ve 2003, Svend-Erik 2001* gibi kaynaklardan edinilebilir.

Günümüzde teknolojik gelişmelerin bir sonucu olarak standartlı mühendislik yapılarının hızla artması, deformasyon probleminin önemini bir kat daha artırmıştır. Özellikle, baraj, köprü, tünel, enerji santralleri, çok katlı yüksek yapılar ve anıt niteliği taşıyan tarihi yapılar gibi mühendislik yapılarında zamanla ortaya çıkabilen geometrik değişimlerin izlenmesi, daha önemli hale gelmiştir. Söz konusu mühendislik yapıları ve yakın çevresindeki zeminin fiziksel özellikleri, yapının kendi ağırlığı ve hareketli dış yükler gibi faktörler yapı ve çevresinde deformasyona neden olabilir. Bu değişimlerin izlenmesi ve zamanında belirlenmesi, ortaya çıkabilecek zararların önceden alınacak önlemlerle önlenmesini veya zararlarının en aza indirilmesini sağlayacaktır.

2. Deformasyon Ölçmelerinde Temel Adımlar

Her mühendislik projesinde olduğu gibi, deformasyonların izlenmesi çalışmalarında da takip edilmesi zorunlu bazı temel adımlar söz konusudur (Şekil 1). Bu çalışmaların bir sıra dahilinde yapılması önem taşır. Öncelikle, beklenen deformasyon veya deformasyonların olası maksimum değerlerinin tahmin edilmesi, bu iş için gerekli ölçme doğruluklarının ve ölçme yöntemlerinin belirlenmesi gerekir. Daha sonra, bu ihtiyaca cevap verecek bir ölçme ağının dizaynı ve uygun ölçme yöntemleriyle ölçülmesi adımları gelir. Bundan sonraki adımlar ise, toplanan verilerin değerlendirilmesi, dengelenmesi ve belirlenen deformasyonların modellenmesi şeklinde sıralanmaktadır (EM 2002).



Şekil 1. Deformasyonların İzlenmesinde başvurulacak temel adımlar

Mühendislik yapılarındaki deformasyonların izlenmesinde takip edilecek temel işlem adımları da çok az farkla benzerlik gösterir. Özetle;

- deformasyonu izlenecek yapının performansının (durumunun) belirlenmesi,
- konum doğruluğu gereksinimi ve buna uygun yöntemin seçimi,
- ölçmelerin türü ve sayısı,
- ölçmelerde kullanılacak alet ve donanımların seçimi,
- Ölçmelerin yapılması ve verilerin toplanması,
- Verilerin değerlendirilmesi ve analizi,
- Deformasyonların zaman, konum ve frekans bakımından davranışının ortaya konması,
- Modellenmesi,
- Rapor edilmesi

şeklinde sıralanabilir.

Baraj, köprü ve tünel gibi mühendislik yapılarında uygulanacak deformasyon izlemelerinde, genellikle Jeodezik ve jeodezik olmayan ölçme yöntemleri birlikte kullanılır. Jeodezik yöntemde, uygun jeodezik ağılar oluşturularak uygun periyotlarda ölçmeler yapılmakta, bazan da otomatik ölçme ve konumlama sistemleri ile sürekli izleme mümkünsöz konusu olmaktadır. Burada özellikle büyük barajlarda uygulanmakta olan deformasyon izleme sistemlerinden kısaca söz edilecektir.

3. Barajlarda Uygulanan Deformasyon İzleme Sistemleri

Uluslar arası Büyük Barajlar Komitesinin(ICOLD) verilerine göre, yer yüzünde çok sayıda büyük baraj inşa edilmiş ve 1984 yılı itibariyle bu sayı 18600 'e ulaşmıştır. Günümüzde bu sayının çok daha arttığı kesindir. Barajlar gibi büyük mühendislik yapılarının sebep olabileceği felaketlerin boyutu da büyük olacaktır. Bu sebeple, baraj yapılarının periyodik izlenmesi ve ortaya çıkabilecek deformasyonların belirlenmesi oldukça önem taşır. Barajlarda suyun tutulmasıyla başlayan ve işletme safhasında devam eden izleme çalışmaları, barajın tipine ve işletmeye alınmasından itibaren geçen zamana bağlı olarak farklı periyotlarda ve farklı doğruluklardaki ölçmelerle gerçekleştirilir. Çok sayıda büyük baraja sahip Çin de uygulanmakta olan bazı kriterler örnek olarak aşağıda verilmiştir(Chen,).

Barajlardaki Deformasyon Ölçmelerinde Uygulanan Bazı Kriterler(Çin de uygulanan)

Baraj Tipi	Beton kemer	Kaya Dolgu
İzlenen Deformasyonlar	- Konum Değişimleri (Yatay yerdeğişt.) - Temel oturmaları, Düşeyden sapmalar - Boşluk suyu basıncı - Sızıntı - Gövdedeki sıcaklık Değişimi - Beton Gerilmesi	- Yatay yer değiştirme - Düşey yer değiştirme - Boşluk suyu basıncı - Sızıntı
İzleme Doğruluğu	- Yatay Yer değiştirme : 1- 1.5 mm - Düşey Yer değiştirme : 1- 1.5 mm	a) İnşaat Aşamasında - Yatay yer değişimi : 10 mm - Düşey yer değişimi : 5-10mm b) İşletme Sırasında - Yatay yer değişimi : 5 mm - Düşey yer değişimi : 3-5 mm

Ölçme Periyodu Aralığı	a) Baraja su tutulması döneminde 7-10 gün	7-10 gün
	b) Barajın dolmasını takiben stabilite kazanıncaya kadar (3-5 yıl) 15-30 gün	1 ay
	c) Barajın Normal İşletme Periy.onda 1-3 ay	3 ay

Barajlardaki deformasyonların belirlenebilmesi için gerekli olan izleme yöntemleri ve talep edilen ölçme doğrulukları, bu işin sadece jeodezik yöntemle değil, daha başka izleme yöntemlerinin de devreye konmasını zorunlu kılmaktadır.

Barajlarda genellikle uygulanmakta olan Deformasyon İzleme Yöntemleri

Jeodezik Yöntem	Diğer Yöntemler ve Ölçme Donanımları
Aliynman Ölçmeleri Klasik Konum Ölçmeleri Uydu bazlı konum ölçmeleri Hassas trigonometrik nivelman Hassas geometrik nivelman	Eğim ölçmeleri (İnklinometreler) Deplasman Ölçmeleri (Settlement Tubes) Uzunluk değişim Ölçmeleri (Extensometreler) Boşluk suyu basıncı Ölçmeleri (Piezometreler) Düşeyden ayrılma ölçmeleri (reversed pendulum) Derz Ölçerleri (Jointmetreler) Çatlak ölçmeleri (Crackmetreler)

4. Deformasyon Analizi

Belirli periyotlarda yapılmış olan deformasyon ölçmelerinin sonuçlarını karşılaştırabilmek için öncelikle her periyot tek başına değerlendirilerek uyumsuz ölçülerin belirlenmesi yoluna gidilir. Bilindiği gibi bu yaklaşım, Gauss Markoff Modeline dayandırılır ve bazı test kurallarına göre, daha önceden yapılmış kabullerle(belirlenmiş kriterlerle) çelişen düzeltme değerlerinin belirlenmesi şeklinde yapılır. Belirlenen kaba hatalı ölçüler, ya kümeden çıkarılır, ya yeniden ölçülür ya da ağırlığına müdahale edilerek etkisi azaltılır. Ölçülerden giderilemeyen artık sistematik hatalar ise, ya modelin bir fonksiyonel parçası olarak düşünülür, ya da bir stokastik etki olarak göz önüne alınır. Bu ön işlemlerden sonra, periyotlar arasında korelasyonun var olması halinde çift periyot dengelemesi yapılır. Birleşik dengelemenin Gauss-Markoff Modeli, i ve j periyotları için;

$$L_i + v_i = A_i X_i, \quad \Sigma_i \quad ; \quad L_j + v_j = A_j X_j, \quad \Sigma_j \quad (1)$$

ise, birlikte dengelemenin Matematik Modeli,

$$\begin{pmatrix} l_i \\ l_j \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} v_i \\ v_j \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A_i & 0 \\ 0 & A_j \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} X_i \\ X_j \end{pmatrix} ; \quad \begin{pmatrix} \Sigma_i & 0 \\ 0 & \Sigma_j \end{pmatrix} = \sigma_0^2 \cdot \begin{pmatrix} Q_i & 0 \\ 0 & Q_j \end{pmatrix} \quad (2)$$

$$L+v = A.X \quad ; \quad \Sigma = \sigma_0^2 . Q \quad (3)$$

Eğer bileşik dengeleme yapılamıyorsa, periyotları karşılaştırabilmek için bazı hesaplamalar gerekir. σ_0^2 teorik varyansının veya tahmin değerlerinin $E(S_{oi}^2) = E(S_{oj}^2) = \sigma_0^2$ aynı ümit değerine sahip olması şartıyla S_o^2 ortak varyansı iki periyodun ayrı ayrı dengelenmesinden hesaplanabilir.

$$S_o^2 = \frac{f_i S_{oi}^2 + f_j S_{oj}^2}{f_i + f_j} = \frac{q}{f}, \quad q = (V^T P V)_i + (V^T P V)_j, \quad f = f_i + f_j \quad (4)$$

Periyotların birleştirilebilmesi için zorunlu olan diğer bir işlem, her iki periyodun da aynı bir jeodezik datuma dayandırılmasıdır. Başka bir ifadeyle, bilinen noktalar için aynı yaklaşık koordinatların kullanılması gerekir. Başlangıçta farklı datuma sahip ölçüler, uygun dönüşüm eşitlikleri ile aynı bir datuma dönüştürülür.

Örneğin şart denklemi $R_1 x = 0$ olan datadan $R_2 x = 0$ olan dataya dönüşüm bir S-transformasyonu ile sağlanabilir.

$AS=0$ ve $S^T S=I$ olduğunda $R_1=B_1 S$ ve $R_2=B_2 S$ olsun. Ayrıca, köşegen elemanları +1 ve 0 olan B_1 ve B_2 matrisleri seçilsin. Böyle bir B matrisi kolayca değiştirilerek değişik şartlar oluşturulabilir. B matrisinin uygun şekilde dizaynından sonra $R_1 x = 0$ şartı ile ilişki kurulan tahmini x_1 parametresinin kofaktörler matrisi;

$$Q_{x1} = (N + R_1 R_1^T)^{-1} N (N + R_1 R_1^T)^{-1} \quad (5)$$

$R_2 x = 0$ şartı ile ilişki kurulan tahmini x_2 parametresinin kofaktörler matrisi Q_{x2} olmak üzere, her Q_x için geçerli olan $N Q_x N = N$ eşitliği ile ilişkilendirilirse,

$$Q_{x1} = (N + R_1 R_1^T)^{-1} N Q_{x2} N (N + R_1 R_1^T)^{-1} \quad (6)$$

ve

$$K_1 = (N + R_1 R_1^T)^{-1} N \quad (7)$$

Denirse

$$\begin{aligned} Q_{x1} &= K_1 Q_{x2} K_1^T \\ x_1 &= K_1 x_2 \\ x_2 &= K_2 x_1 \end{aligned} \quad (8)$$

olur (Demirel, 1997).

Analiz Yöntemleri:

Jeodezik yöntemle deformasyon analizinde bir çok yöntem söz konusudur. Özellikle, aşağıda verilen üç yöntemin sıklıkla kullanıldığı kaynaklardan anlaşılmaktadır (Ayan, 1983; Aksoy, 1987; Baykal, 1989).

1- Teta kare (θ^2) Büyüklüğü ile Deformasyon Analizi

İki periyodun birlikte dengelenmesinden bulunan fark vektörü d , ters ağırlık matrisi Q_{dd} ve serbestlik derecesi f olmak üzere, öncelikle birim ağırlıklı ölçünün öncül (apriori) varyansı hesaplanır.

$$\theta^2 = d^T \cdot Q_{dd} \cdot f^{-1} \quad (9)$$

daha sonra her bir periyodun ayrı ayrı serbest dengelenmesinden elde edilen varyansların birleştirilmesinden m^2 ortalama varyansı bulunur. Sıfır hipotezi olarak $\theta^2 = m^2$ seçilir ve $T = \theta^2 / m^2$ test büyüklüğü hesaplanarak F testine göre karşılaştırılır. Sıfır hipotezi reddedildiğinde ağırlık herhangi bir yerinde deformasyon olduğu söylenebilir. Deformasyon olan noktayı bulmak için,

$$\theta_k^2 = d_k^T \cdot Q_{dk} \cdot d_k / 2 \quad (10)$$

eşitliğinden bulunacak en büyük θ_k^2 değerine karşılık gelen noktada deformasyon olduğu söylenebilir.

2- Analitik yöntemle deformasyon Analizi

Analitik yöntemle deformasyon analizinde ölçme periyotları arasında geçen sürede konumu (veya yüksekliği) değişmeyen noktalar aranır. Önce, farklı periyotlardan bulunan sonuçlar bir transformasyonla benzerlik dönüşümüne tabi tutulur. Daha sonra, bir ön test işlemi ile iki veya daha fazla stabil nokta belirlenir. Bundan sonra ağırlık iki periyodu birlikte dengelenerek sabit noktalar dışındaki noktalarda yeniden test işlemi uygulanır ve

$$T_k = d_k^T \cdot Q_{dk}^{-1} \cdot d_k / 2 \cdot m_0^2 \quad (11)$$

eşitliğinden test büyüklüğü hesaplanır. Burada m_0^2 , birim ağırlıklı ölçünün örneklem varyansıdır. Karşılaştırma F testine göre yapılır.

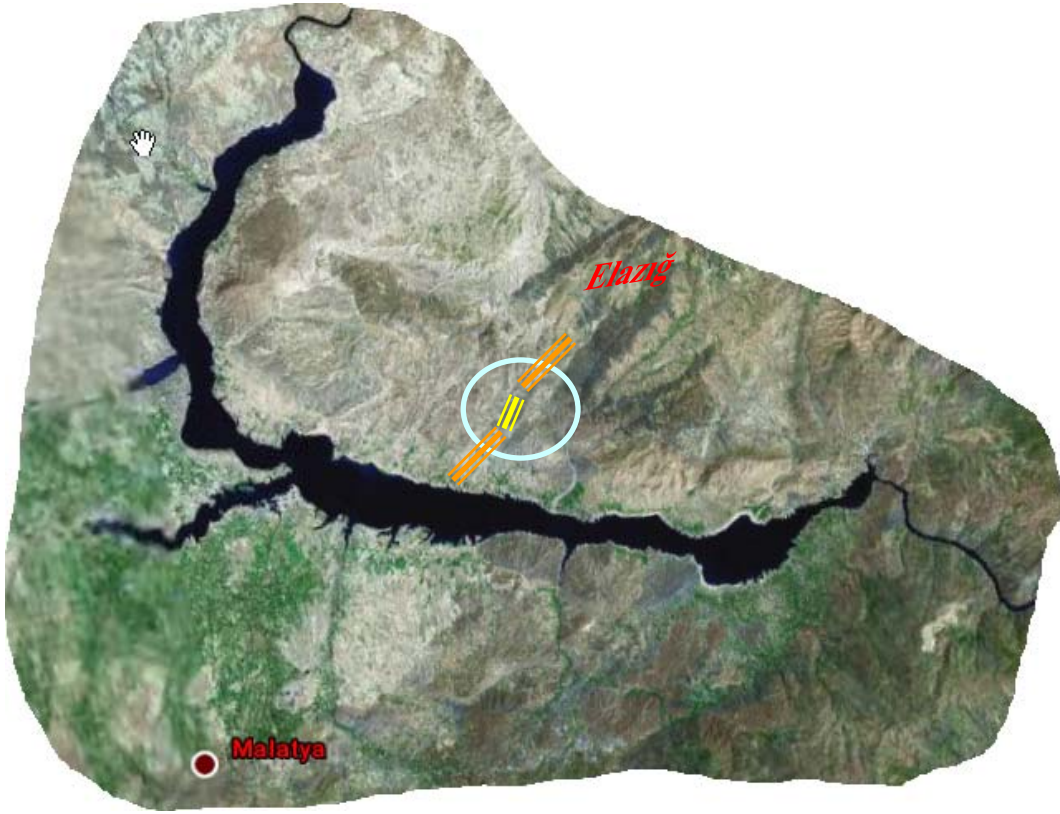
3- Bağlı Güven Elipsleri ile Deformasyon Analizi

Bu yöntemle deformasyon analizinde her bir nokta için bağlı güven elipslerinin elemanları hesaplanır ve uygun bir ölçekte çizilir. Aynı şekilde bu noktalara ait hareket vektörleri de bir ucu elips merkezinde olmak üzere aynı ölçekte çizilir. Vektörün elipsi taşıdığı noktalarda, deformasyonun varlığından söz edilebilir. Bu yöntem, doğrudan doğruya analitik yöntemin geometrik bir yorumudur.

5. Karakaya Baraj Köprüsünde Deformasyon Ölçmeleri

Bu çalışma, Devlet Liman ve Hava Meydanları (D.L.H.) Genel Müdürlüğü ile İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Dekanlığı arasında imzalanan bir protokol çerçevesinde, Karakaya Demiryolu Köprüsünde zamanla ortaya çıkabilecek yatay ve düşey deformasyonların belirlenmesi için gerekli jeodezik tesislerin kurulması ve ilk peryot ölçmelerinin yapılıp değerlendirilmesi işini kapsamaktadır.

Karakaya baraj gölü üzerinde yer alan ve Malatya ile Elazığ'ı birbirine bağlayan bu köprü, 30 adet betonarme ayak üzerine oturan çelik üst yapıdan oluşmaktadır(Şekil 2, Resim 1). Kazık temellere oturan betonarme ayakların eksenleri arasındaki açıklık 70 m., köprünün toplam uzunluğu 2030 m. dir. Köprü üzerinde yapılan ilk etüdlardan köprü çevresinde özellikle iki taraf kara bağlantıları çevresinde zeminin hareketli olduğu gözlenmiştir.

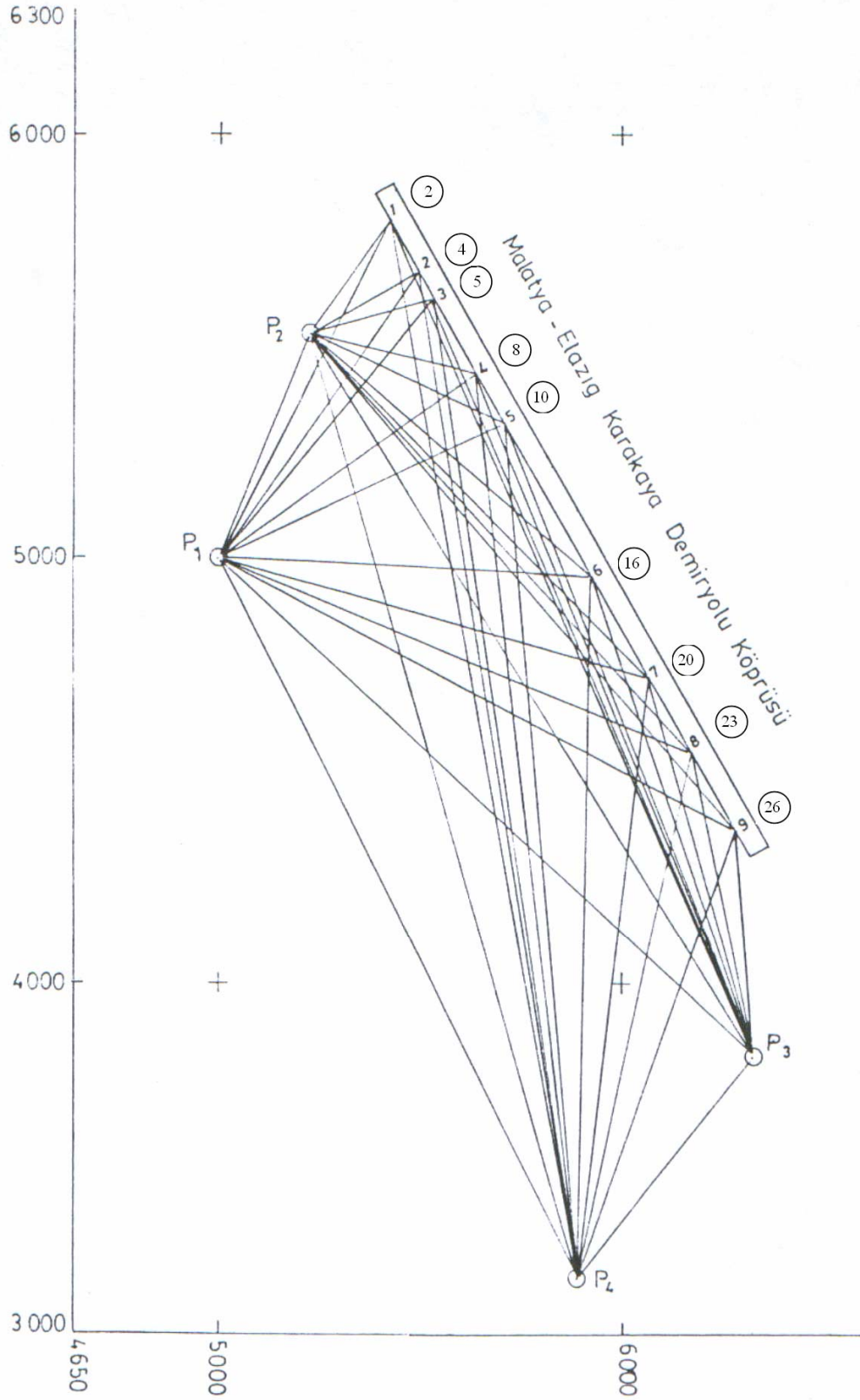


Şekil 2. Karakaya Baraj Gölü ve Demiryolu Köprüsünün konumu



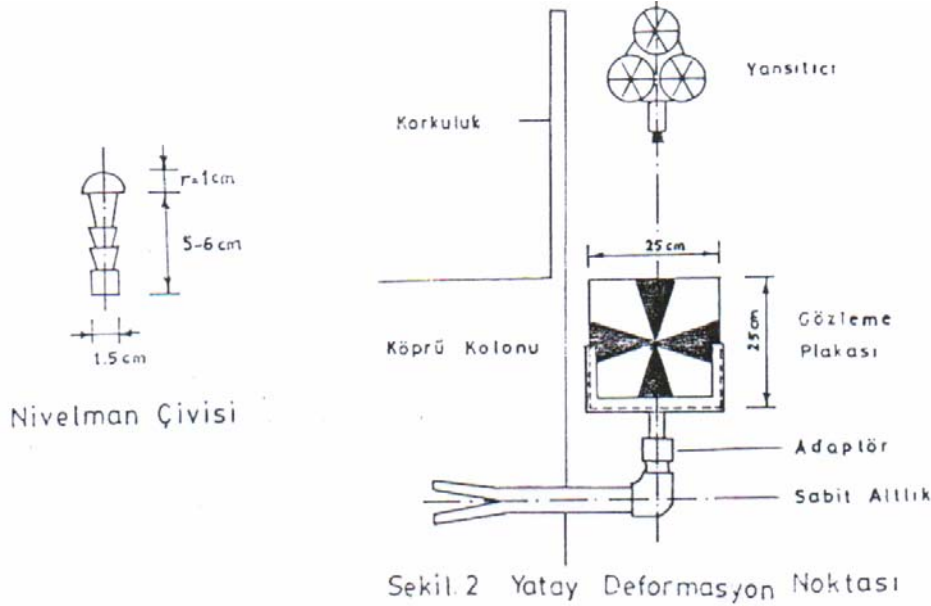
Resim 1. Karakaya Barajı Demiryolu köprüsü

Köprüde oluşabilecek yatay ve düşey hareketleri jeodezik yöntemle belirleyebilmek için köprü ve çevresinde yatay ve düşey deformasyon ağı oluşturulmuştur. Yatay deformasyon ağı, baraj gölünün her iki tarafındaki arazide, sağlam zeminlerde seçilmiş kontrol noktaları ile köprü ayaklarında seçilmiş yatay deformasyon noktalarından oluşmuştur (Şekil.3).



Şekil 3. Yatay Deformasyon Ağı ve Ölçme Planı

Özellikle, deformasyon noktalarının seçiminde uzmanların da görüşü alınarak uygun ayaklar ve uygun yerler seçilmiştir. Kontrol noktaları pilye şeklinde tesis edilirken deformasyon noktaları köprü ayağına monte edilen sabit altlık ve adaptörden oluşmaktadır. Bu noktalar prinç malzemeden özel imalat olup merkezleştirme hatası olmaksızın üzerine hem gözleme plakası hem de yansıtıcı takılabilmektedir (Şekil.4).



Şekil 4. Yapı üzerindeki yatay ve düşey kontrol noktaları için tesis yapısı

Köprüdeki düşey hareketleri belirleyebilmek için köprü ayakları üzerinde ve yaklaşım dolgu duvarlarının üzerinde ve çevrede yer alan iki bina duvarında ve sağlam zeminli arazide olmak üzere toplam 36 noktalı bir düşey ağ oluşturulmuştur.

Konum ölçmelerinde yatay ve düşey açıları Universal Wild T3 teodolitiyle, uzunlukları Uni Ranger Elektro-optik uzaklık ölçeri ile ölçülmüştür.

Yükseklik ölçmelerinde Presizyonlu Nivelman ve Vadi Geçiş Nivelman Teknikleri kullanılmıştır. Presizyonlu nivelman ölçmelerinde Wild N3 Presizyonlu Nivosu ve Laser –Interferans yöntemiyle bölümlendirilmiş invar miralar kullanılmıştır.

6. Sonuçlar

Dünyanın birçok ülkesinde bazı önemli mühendislik yapıları üzerine günlük sıcaklık değişiminin etkisinin araştırıldığı bir zamanda, Ülkemizde bu türden önemli yapılar üzerinde zamanla ortaya çıkabilecek hareketlerin izlenip belirlenmemesi önemli bir eksikliktir. Bu tür yapılarda deformasyon ölçmelerine imkan verecek tesis ve planlama daha proje aşamasındayken düşünülmeli ve inşaat sırasında yapılmalıdır.

Bu çalışmanın son bölümünde söz edilmiş olan Karakaya Demiryolu Köprüsündeki Deformasyon Ölçmeleri sonuçlarına göre; yatay konum ağında nokta konum hatası için ± 2.5 mm ortalama değere, düşey deformasyon ağında ise, ± 0.3 mm.lik yükseklik hatasına ulaşılmıştır. Bu tür araştırmalarda istenen yüksek doğruluğa ulaşmada, presizyonu yüksek aletlerin kullanılması, ağların tasarımında etkili

hata kaynaklarının yeterince dikkate alınması ve ölçmelerin uzman bir ekip tarafından yapılması önemli faktörler olmuştur. Ancak uzunluk ölçmeleri için özel amaçlı ve daha presizyonlu aletler kullanılarak nokta konum doğrulukları daha da artırılabilir.

Teşekkür: Son Bölümde sözü edilen ölçmelerde bizzat emeği geçmiş olan Prof. Dr. Orhan Baykal'a, Yar. Doç. Dr. Zeki Coşkun'a, Öğr. Gör. Dr. Ufuk Özerman'a, Yük. Müh. Zafer N. Kızılsu'ya ve Yük. Müh. Adalet Dervişoğlu'na teşekkür ediyoruz.

Kaynaklar

Aksoy, A. “Jeodezik Değerlerin Matematik- İstatistik Testlerle İrdelenmesi“ Türkiye I. harita Kurultayı, Ankara, şubat 1987, s 559-593.

Ashkenazi, V.,H., Dodson, T., 1997. “Monitoring the movements of bridges by GPS” 10th Int. Tech. Meeting of Satallite Division of the U.S. Ins. Of Navigation GPS ION’97, Kansas City, Missouri, 16-19 Sept., 1165-1172.

Ayan, T. “Jeodezik Ağlarda deformasyon analizine Genel Bakış“ İTÜ Dergisi 1983, Cilt 40, sayfa 20-26.

Baykal, O. , Kalkan, Y. , Öztan, O. “Karakaya Demiryolu Köprüsü Deformasyon Ölçmeleri“, Teknik Rapor, T.C. Ulaştırma Bakanlığı, DLH Genel Müdürlüğü, 1989.

Chen Yong-qi, *Deformation Surveys In P.R. China*

Clement, O., Chris, R., Jinling, W., 2001. “Toward The Implementation of On-Line Structural Monitoring Using RTK-GPS and Analysis of Results Using The Wavelet Transform” The 10th International Symposium on deformation measurements, 19-22 march 2001 Orange, California, USA.

Demirel, H. 1987. S-Transformasyonu ve Deformasyon Analizi, *Türkiye I. Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, Ankara.

EM 110-2-1009, 2002. *Engineering and Design Structural deformation Surveying* Department of the Army US Army Corps of Engineers, Washington, DC 20314-1000.

Kalkan, Y., Baykal, O., Alkan, R. M., Yanalak, M., *Deformation Monitoring With Geodetic and Geotechnical Methods a Case Study in Ambarlı Region*, International Symposium on Geographic Information Systems, September, 2002, İstanbul.

Kalkan, Y., Baykal, O., Alkan, R.M., Yanalak, M., Erden, T. 2003.“Heyelanların Jeodezik Ve Geoteknik Yöntemlerle İzlenmesi : Ambarlı Liman Bölgesinde Bir Uygulama“, I. Ulusal Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu, 30-31 Ekim 2003, İstanbul.

Pretorius, C.J, Schmidt, W.F., Van Staden, C.S. “The Extensive Geodetic System Used for The Monitoring of a 185 Meter high Arch Dam In Southern Africa” The 10th International Symposium on deformation measurements, 19-22 march 2001 Orange, California, USA.

Roberts, G.W.,X. Meng And Dodson, 2000. “Structural Dynamic and deflection monitoring using Integrated GPS and Triaxial accelerometers” 13th Int. Tech. Meeting of Satallite Division of the U.S. Ins. of Navigation GPS ION 2000, Salt Lake City, Utah, 19-22 Sept.

Svend-Erik, B., “Deformation Measurement on Bridge and Tunnel of the Fixed Link Between Sweden and Denmark” The 10th International Symposium on deformation measurements, 19-22 march 2001 Orange, California, USA.