

DSİ BÜYÜK İSTANBUL İÇME SUYU II. MERHALE PROJESİ MELEN SİSTEMİNDE MÜHENDİSLİK ÖLÇMELERİ

Y. KALKAN ¹, B. YANIK ²

ÖZET

Dünyanın nadide şehirlerinden biri olan İstanbul, aynı zamanda bir su medeniyeti olmuştur. Romalılar, Bizanslar ve Osmanlı dönemlerinde su temini alanında önemli çalışmalar yapıldığı gibi Cumhuriyet döneminde de çok ciddi çalışmalar yapılmıştır. Bunlardan önemli birisi, İstanbulun 2040 yılına kadarki içme suyu ihtiyacını karşılamak üzere geliştirilmiş olan “Melen İçme Suyu Projesidir”. Bu projeye, Düzce İli sınırları içerisinde yer alan Melen çayından, yaklaşık 185 km lik bir isale hattı ile İstanbula içme suyu götürülmesi planlanmıştır. Bu projede, baraj, isale hattı, pompa istasyonu, arıtma tesisi, regülatör, yol ve tünel gibi çok sayıda mühendislik projesi birlikte uygulanmakta ve mühendislik ölçmeleri bakımından önemli bir uygulama alanı oluşturmaktadır. Bu çalışmada, Melen Sistemi Mühendislik Hizmetleri Projesinden ve güzergah boyunca proje altlığı olarak kullanılmış olan haritalardan ve bunlara temel teşkil eden jeodezik noktalardan bahsedilmiştir. Sadece kazıda gitmesi öngörülmüş olan bu dev isale hattında, temel kriterler de dikkate alınarak kazı miktarını en aza indirmek üzere optimum bir profil dizaynı yapılmıştır. Ayrıca, döşenen 2500 mm çaplı dev çelik boruların yatay ve düşey kurba isabet eden noktalarında uygulanacak özel parçaların boyutlandırılması ve uygulaması ile birlikte güzergahta yer alan çok sayıda tünelde, tünel aksının uygulaması hakkında bilgi verilmiş ve bazı önerilerde bulunulmuştur.

Anahtar kelimeler: Melen, isale hattı, jeodezik noktalar, uygulama, kontrol ölçmeleri

THE ENGINEERING SURVEY IN DSİ GREAT İSTANBUL SECOND STAGE WATER PROJECT

ABSTRACT

Istanbul, which is one of the most fabulous cities in the world, has been a water civilization at the same time as well. Many remarkable works have been realised to supply water

¹ İTÜ, İnşaat Fakültesi, Jeodezi ve Fotogrametri Müh. Bölümü, Maslak 80626, İstanbul, Türkiye, kalkany@itu.edu.tr

² DSİ XIV. Bölge Müdürlüğü 141. Şube Müdürü K.Çamlıca/ Üsküdar 34996 İstanbul/Türkiye, byanik@dsi.gov.tr

during Republican Period as well as Roman, Byzantine, and Ottoman eras. One of the important ones is “Melen Water Supply Project” which was developed to meet the domestic water demand of Istanbul city until 2040. With the project, it is planned to supply water to Istanbul from Melen River where is within the boundaries of Düzce Province through a transmission main of 185 km long. Many engineering structures such as dams, transmission main, pumping stations, water treatment plant, intake weir, roads and tunnels are being constructed together within this project and this forms an important medium for engineering surveying and measurement applications. In this study, Melen System Engineering Services and the maps which were used as the design basis along the route and geodetic points which are the essential for these have been reviewed. An optimum profile has been designed for the line to minimize the quantity of excavation by considering some essential criterion. In addition, some information was given and recommendations were made about the dimensioning of the specials of the 2500 mm diameter giant pipes at the horizontal and vertical curves and the setting out of tunnel axis through many tunnels along the line.

Keywords: Melen, Transmission Main, geodetic points, setting out, controlling measurement

1. GİRİŞ

Mühendislik Ölçmelerinin en önemli uygulama alanlarından birisi de, boyuna mühendislik yapıları olarak isimlendirilen yol, tünel, altyapı ve enerji nakil hattı gibi boyuna uzayıp giden mühendislik projeleridir. Bu tür projeler, hızla artan Dünya nüfusuna, gelişen teknolojiye ve artan talebe bağlı olarak hızla artmakta ve her geçen gün daha fazla önem kazanmakta ve uygulama alanı bulmaktadır. Ülke sathında olduğu gibi, Ülkeler ve Kıtalar arası demir yolları, oto yollar, petrol, doğal gaz, su ve enerji iletim hatları, bu tür projeler için en güzel örneklerdir. Boyuna mühendislik yapılarındaki bu gelişmeler mühendislik ölçmelerinin önemini bir kat daha artırmıştır. Global ölçekteki bu projelerde ortak datumun sağlanması, proje altlığının ve proje uygulamasının bir bütünlük içerisinde yapılabilmesi ve projenin her safhasında gerekli kontrollerin gerçekleştirilmesi, mühendislik ölçmelerinin önemli problemlerindendir. Kısacası ölçmesiz mühendislik düşünülemez.

Bu çalışmada, boyuna mühendislik yapıları olarak, önemli bir mühendislik projesi uygulaması olan “DSİ Büyük İstanbul İçme Suyu Temini Melen Sistemi Mühendislik Hizmetleri Projesi”nden ve bu kapsamda uygulanmakta olan mühendislik ölçmelerinden bahsedilmiştir.

2. DSİ BÜYÜK İSTANBUL İÇME SUYU MELEN PROJESİ

Melen Sistemi, İstanbul'un yaklaşık 170 km doğusunda, Düzce ili sınırları içinde bulunan Melen nehrinin su kaynaklarından yararlanmak suretiyle İstanbul'un 2040 yılına kadar ki su sorununu çözmeye yönelik geliştirilmiş önemli bir projedir. Yaklaşık 185 km olan isale (su getirme) hattı güzergahı dört ilin (Düzce, Adapazarı, İzmit, İstanbul) sınırlarını aşarak İstanbul'a ulaşmaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. Büyük İstanbul İçme Suyu Temini Melen Sistemi Güzergahı

İstanbul ve çevresinin giderek artan su ihtiyacını karşılamak amacıyla geliştirilen Melen Sistemi üç aşamalı bir projedir (Tablo 1)(Sözleşme, 1996-1).

Aşama	İş Tanımı
I	Melen regülatörü, Melen pompa istasyonu (debisi 8.5 m ³ /s, terfi yüksekliği 196 m), Melen terfi hattı ve deposu, Melen Terfi Deposu ile Alaçalı barajı arasındaki boru hattı, Alaçalı Barajı ile giriş - çıkış tünelleri, Alaçalı Barajı - Cumhuriyet arıtma tesisi arası boru hattı, Cumhuriyet arıtma tesisi (720 000 m ³ /gün kapasiteli), Cumhuriyet pompa istasyonu (debisi 8.3 m ³ /s, terfi yüksekliği 96 m), Cumhuriyet terfi hattı ve deposu, Bekleme, Beykoz, Ortaçeşme, Ayazağa tünelleri ve Boğaz Tüneli ile Cumhuriyet terfi deposu - Kağıthane Dağıtım Merkezi arasındaki boru hattı.
II	İki pompa istasyonu ve arıtma tesisine ünite ilave edilerek genişletilmesi, Melen barajı ve 2. isale hattı
III	İki pompa istasyonu ve arıtma tesisine ünite ilave edilerek genişletilmesi ve 3. isale hattı

Tablo 1. Melen Projesi Aşamaları

Bu proje ile, ilk etapta Melen nehrinden 8,5 m³/s debiyle alınan su, iç çapı 2,5 m olan yaklaşık 152 km uzunluğunda borularla, ve iç çapı 4 ve 4,5 m olan daire kesitli beton kaplamalı ve yaklaşık 27 km uzunluğunda tünellerle İstanbul'un Anadolu ve Avrupa yakasına ulaştırılacaktır. Projede yer alan Boğaz Geçışı, yaklaşım tünelleri ile birlikte yaklaşık 5.5 km uzunluğunda olacaktır. Tünelin boğaz kesimi -135 metre kotunda, %0.2 eğimde açılacak ve tünelin içi 4 m çapında çelik kaplama yapılacaktır.

Projenin 1. aşamasının toplam yatırım bedeli 1,181 milyar US\$ olarak öngörülmüştür. Bunun önemli bir bölümü Japon JBIC (Japan Bank For International Cooperation) kredisi ile finanse edilmektedir. Kredinin yıllık faizi ise, ilk dilimde % 3, ikinci dilimde % 2.5'dir.

Büyük Melen Sistemi'nin Mühendislik, Müşavirlik ve Kontrollük Hizmetleri, Melen Ortak Girişim Grubu (Melen OGG) tarafından yürütülmektedir. Bu Konsorsiyum, üçü yabancı toplam sekiz firmadan oluşmaktadır (Tablo 2). Taahhüdün tümünü 72 ayda tamamlamak üzere Nisan 1996'da işe başlamıştır.

	Firma Adı	Ülke Adı
1.	Nippon Koei Co., Ltd.	Japonya
2.	Sir Alexander Gibb & Partners Ltd.	İngiltere
3.	Mott MacDonald Ltd.	İngiltere
4.	Setan Mühendislik Ltd. Şti.	Türkiye
5.	Su-Yapı Mühendislik ve Müşavirlik A.Ş.	Türkiye
6.	Temelsu Uluslararası Mühendislik Hizmetleri A.Ş.	Türkiye
7.	Dapta Proje Taahhüt Ltd. Şti.	Türkiye
8.	Sial Yerbilimleri Etüt ve Müşavirlik Lt.Şti.	Türkiye

Tablo 2. Melen Ortak Girişim Grubunu Oluşturan Yerli/Yabancı Firmalar

Projenin Birinci Aşaması 11 İş Ünitesinden oluşmaktadır. Bunlardan 7 adeti inşaat, 3 adeti imalat ve 1 adeti enerji işlerini kapsamaktadır. Her bir iş grubunun adları ve yüklenicileri Tablo 3 de verilmiştir. Son Tasfiye Kararnamesi kapsamında feshedilen 4 ve 7 Nolu iş paketleri yeniden ihale safhasındadır. Ayrıca, 11 nolu iş paketinde de ihale çalışmaları devam etmektedir.

Paket No.	İşin Adı	Firma İsimleri
1. İş Paketi	Melen Su Alma Regülatörü ve Melen ve Cumhuriyet Pompaj Sistemleri	YÜKSEL İnş. A.Ş.- HİTACHI Ltd.
2. İş Paketi	Melen Terfi Deposu-Kıncıllı Sırtı Arası Boru Hattı İnşaatı	ALSİM Alarko San.Tes. ve Tic. A.Ş.- JSC Ros Neftegazstroy Ortak Girişimi
3. İş Paketi	Kıncıllı Sırtı-Cumhuriyet Arıtma Tesisi Arası Boru Hattı İnşaatı	ACK İnş.San. ve Tic.A.Ş.- GÜRİŞ İnş.ve Müh.A.Ş. Ortak Girişimi
4. İş Paketi	Alaçalı Barajı ve İsale Tünelleri İnş. (Feshedildi)	Balfour Beatty - Garanti STFA İnş.A.Ş. Ortak Girişimi
5. İş Paketi	Cumhuriyet İçmesuyu Arıtma Tesisi	LİMAK İnş. San. ve Tic.A.Ş., OTV SA - EMIT SpA - Marubeni Co. Ortak Girişimi
6. İş Paketi	Cumhuriyet Terfi Deposu-Osmankuyu Kağıthane Arası İletim Hattı	ALKE İnş.San.ve Tic. A.Ş. - ATAÇ İnş. Ve San.A.Ş. Ortak Girişimi
7. İş Paketi	Boğaziçi Tüneli İnşaatı (Feshedildi)	Philipp Holzman AG - KİSKA Adi Komandit Şti Ortak Girişim
8. İş Paketi	2.5 m Çaplı Çelik Boruların 1. Kısımının Temini	NOKSEL Çelik Boru San. A.Ş.
9. İş Paketi	2.5 m Çaplı Çelik Boruların 2. Kısımının Temini	ÜMRAN Çelik Boru San. A.Ş.
10. İş Paketi	2.5 m Çaplı Çelik Boruların 3. Kısımının Temini	ERCİYAS Çelik Boru San. A.Ş.

Tablo 3. Uygulama Projesi Aşamasında Melen Sistemi İş Üniteleri ve Yüklenici Firmalar

2.1. Melen Sisteminde Harita Çalışmaları

Melen Sistemi İsale Hattı Güzergahında üç farklı kurum tarafından, farklı zamanlarda ve farklı özelliklerde yapılmış üç çeşit harita kullanılmıştır. Bunlar:

1. Melen Su Alma Regülatörü başlangıç olmak üzere 0 ile 69 km 'leri ve 82 ile 156 km leri arasında yaklaşık, toplam 115 km' lik bölümdeki haritalar. Güzergahın bu bölümüne ait 200 metre genişliğindeki şerit harita ile Regülatör ve Baraj Bölgelerindeki 1/5000

ölçekli harita bütünlemesi ve güncellemesi müşavir Melen OGG tarafından bir taşeron firmaya yaptırılmıştır.

2. 69 ile 131 km' leri arasında toplam yaklaşık 60 km' lik güzergah bölümündeki haritalar. Bunlar da DSİ tarafından STFA Firmasına Fotogrametrik Yöntemle yaptırılan 1/2000 ölçekli haritalardır.

3. İstanbul yerleşim alanı dahilinde güzergahın 167+147 ile 182+159 km' leri arasında toplam yaklaşık 15 km' lik güzergah bölümünde, İstanbul Büyükşehir Belediyesinden temin edilen 1/1000 ölçekli sayısal fotogrametrik haritalardır.

Bu haritalar bilgisayar ortamında birleştirilerek yaklaşık 200 m genişlikli bir sayısal güzergah haritası elde edilmiştir. Güzergahın bir bölümüne ait şerit harita Ek.1 de verilmiştir.

• Nirengi ve Nivelman Ağları

Güzergah boyunca yaklaşık 350 noktalı bir nirengi ağı ve 190 noktalı bir nivelman ağı oluşturulmuştur. 1997 yılında yapılan ilk ölçmelerde Nirengi Ağı bir bütün olarak değil, parça parça Ülke Sistemine dönüştürülmüştür. Daha sonra 1999 yılında bölgede yaşanan iki önemli deprem sonrasında some noktaları dahil, nirengi ve nivelman ağlarının ölçüleri Aralık 2000 de yenilenmiştir. Ölçmelerde GPS ölçme tekniği ve geometrik nivelman tekniği uygulanmıştır. 69 Ana ve gerisi sıklaştırma noktalarından oluşan Nirengi ağının koordinatları önce ITRF94 datumunda belirlenmiş ve konum doğrulukları 2 cm'den daha iyi değerlerde bulunmuştur. Daha sonra bu koordinatlar, 1997 yılında yapılan ilk ölçülerin aksine, 20 adet ortak noktadan yararlanılarak bir bütün olarak Ülke Sistemine dönüştürülmüştür. Dönüşüm doğruluğu olarak 4.7 cm bulunmuştur. Yapılan karşılaştırmalardan koordinat farklarının genelde 10 cm. nin altında kaldığı ve bazı noktalar için daha büyük değerlerin söz konusu olduğu, ancak bunların farklı noktalar olabileceği ve bir kısmının da Ülke sistemindeki noktaların distorsiyonundan kaynaklanabileceği belirtilmiştir (Çelik, 2001).

Bundan başka, yaklaşık 190 adet RS noktasından oluşan nivelman güzergahında, noktalar arasında gidiş- dönüş nivelmanı tekrar yapılmış ve nokta kotları hesaplanmıştır. Eski ve yeni nivelman ölçülerinden bulunan kotlar karşılaştırılarak farklara bakılmış ve 'bu farkların hata sınırı içerisinde kaldığı ifade edilmiştir (Har-Tek, 2001).

Mühendislik Projelerinin projelendirilmesi, uygulaması ve kontrolü gibi konularda vazgeçilemez altlıklardan olan Nirengi ve Nivelman noktalarının sağlıklı ve güvenilir olması çok önem taşımaktadır. Deprem sonrası yapılan bu tekrar ölçme ve değerlendirme kararı, yerinde ve isabetli bir karar olmuştur.

YAĞMUR SUYU VE KANALİZASYON ŞEBEKESİ İNŞAATLARINDA JEODEZİK ÇALIŞMALAR: TARSUS ÖRNEĞİ

Ali AZAR ¹, Şenol KUŞCU ²

Elektrik, içme suyu, atıksu, yağmur suyu, doğal gaz, telefon şebekeleri vb. teknik altyapı şebekesi inşaatları süresince yürütülen jeodezik çalışmalar, mühendislik ölçmeleri başlığında büyük önem taşıyan çalışmalardır. Kentleşme sürecinin ve bu süreçle ilişkilendirildiğinde teknik altyapının kentler ve kentliler açısından taşıdığı önem de yadsınamaz. Ayrıca, günümüzde her geçen gün daha fazla önem kazanan, mesleğimizin ve toplumumuzun gündemine giderek daha ağırlıklı olarak yerleşen bir diğer konu olan, başta kent bilgi sistemleri olmak üzere, coğrafi bilgi sistemleri uygulamaları açısından da teknik altyapının sağlıklı olarak sayısal ortamda erişilebilir olarak kurulması büyük önem taşımaktadır. Bu bildiri kapsamında, teknik altyapı bileşenlerinden olan yağmur suyu ve kanalizasyon şebekesi inşaatlarında yürütülen jeodezik çalışmalar, Tarsus Atıksu Projesi kapsamında yürütülen çalışmalar özelinde ele alınmaktadır. İnşaat sürecinde yürütülen jeodezik çalışmalar; imar planlarına uygun olarak gerçekleştirilen projede altlık olarak kullanılacak imar planlarının sayısallaştırılması, hat tasarımına konu olan bölgede arazi kotlarının ya da siyah kotların ölçülerek sayısal planlara işlenmesi, bu planlar üzerinde arazinin varolan yapısına göre en uygun eğime sahip ana ve yardımcı hatların tasarlanıp çizilmesi, hattın etkilediği alanın belirlenip hidrolik hesaplamalar için gerekli verilerin üretilmesi, imalat aşamasında hattın araziye uygulaması, hattın proje kot ve eğimine göre döşenmesinin arazide izlenmesi, hak ediş hesaplamaları için tesis edilen hatların ölçülüp boru metraj hesabının yapılması, as-built çizimleri için gerekli ölçümlerin yapılması ve projenin çizilmesi ile hattın idareye teslimi için gerekli verilerin hazırlanması şeklinde özetlenebilir. Bildiride, ana hatlarıyla özetlenen bu çalışmalarda izlenen jeodezik yaklaşım ve karşılaşılan teknik ve hukuksal sorunlar ele alınmakta ve yaşanan deneyimin ışığında bu tür çalışmaların yürütülüş biçimine ilişkin öneriler dile getirilmektedir.

¹ Yük. Müh., GÜRİŞ İnşaat, TARSUS

² Prof. Dr., ZKÜ, Müh. Fak., Jeodezi ve Fot. Müh. Böl., ZONGULDAK

GÜNEY HALIÇ HAVZASI ATIKSU VE YAĞMURSUYU HATLARININ GIS UYUMLU ÖLÇÜMLERİ

Metin TORUN ¹, Salih EROĞLU ¹

Güney Haliç Havzası Avrupa Yakası II.Kısım Zeytinburnu-Eminönü-Bakırköy-Eyüp ve Fatih İlçeleri Atıksu ve Yağmursuyu Şebeke ve Ana Toplayıcı Hatlarının her bir baca için X-Y-Z ve H (Akar Kot) bilgileri ile her bir hat için akış yönü yatay mesafe çap ve eğim bilgilerinin Teknik Özellikleri Şartnamesi'nde belirtildiği şekilde GIS'e uyumlu olarak 1/1000 ölçekli sayısal pafta halinde teslimi ve bilgisayar ortamında hazırlanması işi aşağıdaki sıra ile yapılmıştır.

- 1) İş Teslimi bünyesinde bahse konu bölgelere ait tüm 1/1000 ölçekli paftalar ve yine bu bölgelere ait mevcut atıksu ve yağmursuyu bilgileri sayısal ortamda, Kanal Proje Müdürlüğü Arşivindeki tüm bilgiler de pafta üzerinde yükleniciye teslim edildi.
- 2) Arazi Gezim Ekibinin pafta pafta altyapı bilgileri olmayan sokak ve caddelerde tespit ettiği bacaları yaklaşık olarak paftasına işledi.
- 3) Derinlik Ekibi, yaklaşık işlenen bacaların derinliklerini, akış yönünü ve çapını tespit etti.
- 4) Arazi Ölçüm Ekibi, her bir bacaya ait koordinat bilgilerini Büyük Ölçekli Harita Yapım Yönetmeliğine uygun şekilde ölçtü.
- 5) Büro Ekibi, nihai bilgileri toplayarak GIS uyumlu iş sonu projelerini hazırladı.

Bu iş aşamasında, kayıp bacaların tespit edilerek asfalt seviyesi yükseltilmesi ve dolu bacaların temizlenmesi işi yükleniciye yaptırılmış olup projenin bütünlüğü açısından Tarihi Yarımada'da bulunan; Osmanlı'nın Fransızlar'a 1900'li yılların başında yaptırmış olduğu ana hatları gösterir paftalar da sayısallaştırılmıştır.

İş sonunda bu beş ilçe genelinde 21868 X-Y-Z ve H(Akar Kot) ve 1613 X-Y-Z (Vidanjör kullanımı gerekli bacaların derinlikleri alınmamıştır) olmak üzere toplam 23481 adet bacanın ölçümü yapılmış olup Altyapı Bilgi Sistemimize dahil edilmiştir.

İSKİ Harita İşleri Müdürlüğü

DEFORMASYONLARIN BELİRLENMESİNDE İSTATİSTİKSEL YAKLAŞIM

L. TAŞCI¹, E. GÖKALP²

ÖZET

Genel bir kural olarak, deformasyon incelemesi yapılan alan ve/veya yapılarda, deformasyon araştırması ve analizleri periyotlar halinde yapılmış deformasyon ölçüleri arasında yapılır. Fakat bu periyotlar arasında geçen zaman içerisinde deformasyon ölçüsü gerçekleştirilen yapı veya alanlarda oluşan hareketler hakkında bilgi elde edilemez. Periyotlar arasında oluşan deformasyon bilgisine ulaşmak için, deformasyon ölçüsü yapılan alan veya yapılarda sürekli jeodezik gözlem yada jeoteknik ölçülerden yararlanmak gerekir. Belirtilen bu işlemlerin haricinde istatistiksel yöntem kullanılarak periyotlar arasında oluşan deformasyon bilgisine ulaşmak mümkündür. İstatistiksel yöntem kullanıldığı zaman tahmin edilmiş deformasyon, ölçülmüş niteliklerden elde edilebilir. Ölçümler ve tahminler arasındaki iyi bir uyum, geçmişte deforme olmuş bir yapının davranışları hakkında bize bilgi verir. Daha açık bir şekilde ifade edilmek istenirse, uygulama alanında daha önceden yapılmış deformasyon ölçüleri mevcut ise, bu ölçülerden yararlanarak matematiksel bir fonksiyon elde edilir. Bir başka deyişle farklı zaman aralıklarında elde edilmiş deformasyonlara matematiksel bir fonksiyon uydurulur. Bu fonksiyon yardımıyla yapının ilk ölçü periyodunun yapıldığı andan itibaren matematiksel fonksiyonun oluşturulduğu zaman dilimine ait herhangi bir aralıkta istenildiği anda geçmişe yönelik deformasyonları elde edebilmek mümkündür. Bu çalışma için, Altınkaya barajında yapılmış olan deformasyon ölçüleri kullanılmıştır. Buradan elde edilen deformasyon bilgilerine göre baraj kretinde en çok deformasyon beklenen noktada matematiksel fonksiyon oluşturulmuş ve sonuçlar mevcut deformasyon ölçüleri ile test edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kaya Dolgu Baraj, Deformasyon, İstatistiksel Metot.

A STATISTICAL APPROACH TO DETERMINATION OF THE DEFORMATION

ABSTRACT

Deformation analysis has been generally made among the deformation measurements of the various periods in searching deformation in structures and/or areas. However,

¹ FÜ, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Müh. Bölümü, 23119, Elazığ, Türkiye, ltasci@firat.edu.tr

² KTÜ Mühendislik Mimarlık Fakültesi Jeodezi ve Fotogrametri Müh. 61080, Trabzon, Türkiye, ertan@ktu.edu.tr

information about movement on the structure can not be obtained for the time interval between two successive periods. In order to have information about the mentioned time, structure has to be monitored continuously or geotechnical measurements have to be used. Except these mentioned above, this information can be obtained by use of statistical methods. When statistical methods are used, expected deformation can be determined from measured qualities. Consistency between measured and expected values could give information of the behavior of the deform body at the past. If the deformations measurements are exist at the past; mathematical function can be determined from these measurements. In other words, a mathematical function or polynomial can be suited to deformations which are obtained from different time periods. With use of this function, deformation could be obtained for any time that is concern. In this study, deformation measurements at Altınkaya dam have been used. Then, mathematical function with respect to obtained deformation information has been composed at the point where maximum deformation expected on the dam's crest. Finally, results have been tested with existing deformation measurements.

Keywords: Rockfill Dam, Deformation, Statistic Method.

1. GİRİŞ

Büyük mühendislik yapıları bir ülkenin sosyo-ekonomik gelişiminin bir göstergesidir. Bununla birlikte bu yapılar örneğin barajlar, köprüler, gökdelenler vd. çeşitli yüklenme faktörlerinden dolayı devamlı deformasyona maruz kalırlar. Deformasyondan dolayı bir yapıda özellikle de barajlarda oluşacak kusurların belirlenmesi gereklidir. Çünkü barajlarda oluşacak kusurlar engellenmesi mümkün olmayacak çok büyük bir felakete yol açabilirler. Bu yüzden, barajlar güvenlik altında olması gereken ve denetimi zorunlu olan önemli mühendislik yapılarındandır. Barajlarda güvenlik ve denetim ile ilgili çalışmalar araştırma, inceleme ve tasarım aşamasında başlar, yapım aşamasında ve işletme aşamasında da barajın ömrü boyunca devam eder. İşletme aşamasında iken, başlangıçta sık periyotlarla yapılan bu denetimler barajın yaşlanması ile daha seyrek periyotlarda olur. Fakat barajda risk oluşturacak özel durumlarda (deprem gibi) ölçme periyotları sıklaştırılmalıdır.

Deformasyonların belirlenmesi ile ilgili yapılacak çalışmalar, gelecekte yapılacak benzer çalışmalar için bir veri tabanı oluşumuna katkı sağlayacaktır. Ayrıca, olası can ve mal kaybının önlenmesi ile birlikte yapılan ulusal yatırımların korunmasını ve felaketlerden önce tedbir alınmasını sağlayacaktır.

Barajlarda deformasyonun mekanizmasının daha iyi anlaşılmasının sağlanabilmesi için yük-yerdeğiştirme ilişkisinin belirlenmesi gereklidir. Yük-yerdeğiştirme ilişkisi istatistiksel

ve fonksiyonel olarak adlandırılan fiziksel modellenmeler yardımı ile belirlenmektedir. Fonksiyonel model olarak, mühendislik problemlerinin yaklaşık çözümlerini elde etmek için kullanılan ve sayısal analiz tekniği olan sonlu elemanlar metodu kullanılarak belirlenmektedir.

2. İSTATİSTİKSEL METODUN GENEL TEORİSİ

İstatistiksel metot, gözlenmiş yükler (deformasyona sebep olan iç ve dış yükler) ile gözlemlenmiş deformasyonlar arasındaki korelasyonları belirleyen regresyon analizi sayesinde yük-yerdeğiştirme ilişkisinin deneysel modelini belirler. Korelasyonlar geçmiş veriler üzerinde istatistiksel analizin yapılması ile elde edilebilir. Bu model kullanıldığı zaman tahmin edilmiş deformasyon, ölçülmüş niteliklerden elde edilebilir (Chen ve Chrzanowski, 1986, Gökalp ve Karaali, 1994). Ölçümler ve tahminler arasındaki iyi bir uyum, geçmişte deforme olmuş bir yapının davranışları hakkında bize bilgi verir. Daha açık bir şekilde ifade edilmek istenirse, uygulama alanında daha önceden yapılmış deformasyon ölçüleri mevcut ise, bu ölçülerden yararlanarak elde edilecek matematiksel bir fonksiyon elde edilir. Bir başka deyişle farklı zaman aralıklarında elde edilmiş deformasyonlara matematiksel bir fonksiyon uydurulur. Bu fonksiyon yardımıyla yapının ilk ölçü periyodunun yapıldığı andan itibaren matematiksel fonksiyonun oluşturulduğu zaman dilimine ait herhangi bir aralıkta istenildiği anda geçmişe yönelik deformasyonları elde edebilmek mümkündür. Bu metodu uygulayabilmek için yapı ile ilgili daha önceden yapılmış ölçülere ihtiyaç duyulduğundan, metot soncul bir yapıya sahiptir (Taşçı, 2003). İstatistiksel metot ile yorumlama yapabilmek için, sebep ve sonuç nitelikleri arasındaki ilişkiyi daha iyi yansıtacak yeterli gözlem miktarı gerekmektedir (Chen ve Chrzanowski, 1986). Burada yeterli gözlem miktarından kasıt yapı üzerinde gerçekleştirilen deformasyon ölçüsü ile fonksiyona dahil edilmesi gereken diğer parametrelerin (ısı, su seviyesi vd. gibi) ölçümüdür. Sebep ve sonuç arasındaki fonksiyonel ilişki (1) eşitliğinde olduğu gibi kurulur.

$$d + v = B e \quad (1)$$

d geometrik analizin sonucundan elde edilmiş yada direkt olarak gözlemlerin vektörüdür,

B matrisinin elemanları sebep olucu niteliklerin fonksiyonudur, v düzeltme vektörüdür. e vektörü, belirlenecek etkilerin büyüklüğünü temsil eder.

t zamanın bir fonksiyonu olarak sebep olan etkiler için bir barajın tepkisinin modellenmesi örnek alınırsa, herhangi bir i noktasının yatay yerdeğiştirmesi $d_i(t)$,

$$d_i(t) = F_i(t) + L_i(t) + G_i(t) + V(t) \quad (2)$$

olarak modellenebilir. Burada;

$F_i(t)$ = Hidrostatik basınç bileşeni,

$L_i(t)$ = Isı bileşeni,

$G_i(t)$ = Barajın elastik olmayan davranışından dolayı değiştirilemez bileşen,

$V(t)$ = Düzeltme bileşeni.

Hidrostatik basınç bileşeni rezervuardaki $h(t)$ su yüksekliğinin bir fonksiyonudur.

$$F_i(t) = a_0 + a_1 h(t) + a_2 h^2(t) + a_3 h^3(t) + \dots + a_m h^m(t) \quad (3)$$

Isı bileşeni iki şekilde modellenebilir. Isı $T_i(t)$ zamanlarında ölçülmüşse, o zaman

$$L_i(t) = e_{i1} T_1(t) + e_{i2} T_2(t) + \dots + e_{ik} T_k(t) \quad (4)$$

Eğer ısı ölçülmemişse ve ısı uygulanacaksa, o zaman

$$L_i(t) = f_{i1} \sin w(t) + c_{i1} \cos w(t) + f_{i2} \sin 2w(t) + c_{i2} \cos w(t) + \dots + f_{ip} \sin p w(t) + c_{ip} \cos p w(t) \quad (5)$$

Burada;

$$W = 2\pi / \tau \quad \tau = 1 \text{ yıl.} \quad (6)$$

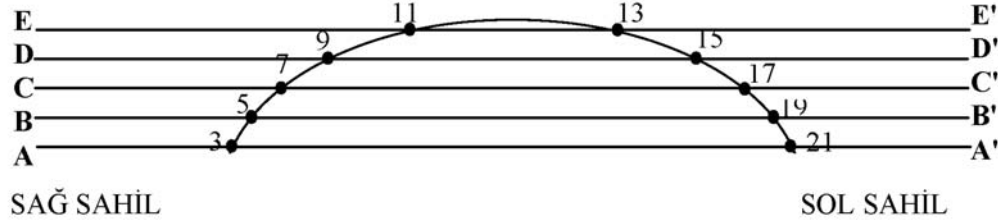
Dolgu barajlar için ısı etkisi önemsizdir (EM-1110-2-1004, 1994). Fiziksel yorumlama için istatistiksel metot sadece gözlenmiş yerdeğiştirmelere değil aynı zamanda diğer gözlenmiş niteliklere de (gerilim, suyun basıncı vd.) uygulanabilir.

2.1 İstatistiksel modelleme için uygulama

İstatistiksel modelleme için, baraj kreti üzerindeki noktaların deformasyon ölçüsü ile birlikte baraj rezervuarındaki su seviyesinin de düzenli aralıklarla ölçülmesi gereklidir.

Bu çalışmaya 2000 yılında başladığımız için barajın ilk ölçümleri bizde mevcut değildir. Bu modelleme ile yorumlama yapabilmek için, DSİ elemanları tarafından yersel olarak gerçekleştirilen deformasyon ölçüleri kullanılmıştır.

Baraj kreti üzerindeki obje noktalarının yerdeğiştirmeleri Samsun DSİ Bölge Müdürlüğü elemanlarınca yersel sistemler kullanılarak izlenmiştir. Baraj kreti üzerinde ilk deformasyon ölçüsü 25.11.1988 yılında yapılmış ve bu yıldan sonra 1999 yılında meydana gelen Kocaeli depremine kadar bir daha deformasyon ölçüsü gerçekleştirilmemiştir. Bu depremden sonra, 2000 yılında barajda tekrar deformasyon ölçülerine başlanmıştır. DSİ elemanlarınca yapılan deformasyon ölçüsü biçimi Şekil 1' de verilmiştir.



Şekil 1. DSİ elemanlarınca yapılmış yersel deformasyon ölçü şekli

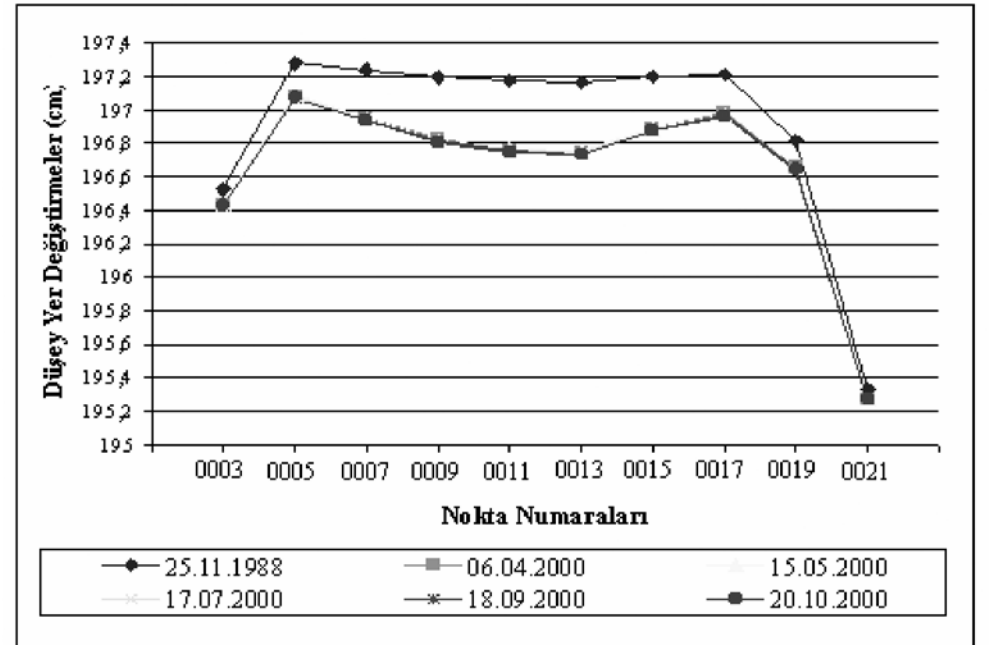
Bu ölçü düzeneğine göre A-A', B-B', C-C', D-D' ve E-E' aliyman doğrultuları oluşturulmuştur. Baraj kreti üzerine konumlandırılmış obje noktalarındaki yatay hareketler, aliyman doğrultularına göre belirlenmektedir. Bunun için barajın sol sahilinde tesis edilmiş olan A', B', C', D', ve E' noktalarına sırasıyla elektronik alet kurulmakta ve yine sırasıyla barajın sağ sahilinde bulunan A, B, C, D ve E noktalarına gözlem yapıлып aliyman doğrultuları belirlenmektedir. Baraj kreti üzerinde bulunan iki kişi şekil 1' de görülen aliyman doğrultularına denk gelen obje noktalarında bulunmaktadır. Bu kişiler ellerinde bulunan bir çelik şeriti obje noktasında tutmakta ve elektronik aleti kullanan kişinin direktiflerine göre hareket etmektedirler. Elektronik aleti kullanan kişi objektiften gözlem ağının kesişimi üzerine düşen çelik şerit üzerindeki değeri okuyup kaydetmektedir. Böylelikle obje noktalarının aliyman doğrultusundan kayma miktarları belirlenmektedir.

Baraj kreti üzerine konumlandırılmış obje noktalarındaki yükseklik bilgileri, yine sol sahilde bulunan A', B', C', D', ve E' noktaları üzerine elektronik alet kurulmaktadır. Baraj kretindeki obje noktaları üzerine reflektör tutularak obje noktalarının yükseklik bilgileri okunmaktadır.

Elde edilen yatay ve yükseklik bilgileri 1988 yılında yapılmış olan ilk periyot ölçüye göre değerlendirilmekte yani fark alınmaktadır. Böylelikle yatay ve düşey deformasyonlar belirlenmektedir. Bu ölçülere ait deformasyon bilgileri Tablo 1 ve 2'de, noktaların yerdeğiştirme grafikleri Şekil 2 ve 3'de verilmiştir.

Nokta No	Yükseklik Ölçüsü Tarihleri					
	25.11.1988	06.04.2000	15.05.2000	17.07.2000	18.09.2000	20.10.2000
	Yükseklik Ölçüsü Tarihlerindeki Baraj Rezervuarı Su Kotu					
		168.15	177.33	177.68	170.83	168.31
Yükseklikler (m.)						
0003	196.526	196.429	196.437	196.425	196.422	196.426
0005	197.280	197.080	197.089	197.082	197.074	197.075
0007	197.240	196.947	196.948	196.942	196.934	196.934
0009	197.196	196.824	196.819	196.822	196.814	196.809
0011	197.175	196.761	196.768	196.760	196.754	196.748
0013	197.163	196.746	196.754	196.745	196.739	196.735
0015	197.202	196.885	196.886	196.877	196.875	196.873
0017	197.210	196.978	196.976	196.971	196.967	196.965
0019	196.816	196.653	196.650	196.648	196.646	196.643
0021	195.333	195.275	195.275	195.274	195.272	195.272

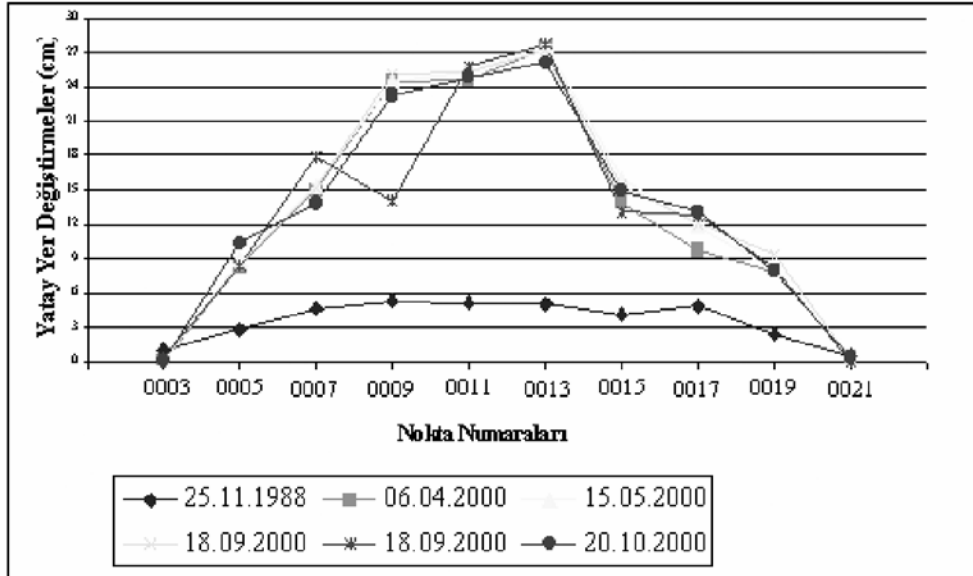
Tablo 1. DSİ elemanlarınca elde edilmiş Jeodezik klasik ölçülerle yükseklik bilgileri



Şekil 2. DSİ elemanlarınca elde edilmiş klasik jeodezik ölçülerden çizilmiş yükseklikler

Nokta No	Yatay Deformasyon Ölçüsü Tarihleri					
	25.11.1988	06.04.2000	15.05.2000	17.07.2000	18.09.2000	20.10.2000
	Deformasyon Ölçüsü Tarihlerindeki Rezervuar Su Kotu					
		168.15	177.33	177.68	170.83	168.31
Yatay Deformasyonlar (cm.)						
0003	1.0	0.0	0.0	0.1	0.3	0.0
0005	2.8	8.3	8.0	8.6	8.4	10.3
0007	4.6	15.0	15.3	15.1	17.9	13.8
0009	5.3	24.5	24.5	25.1	14.0	23.3
0011	5.1	24.6	25.3	25.4	25.8	24.9
0013	5.0	27.4	27.7	27.3	27.8	26.1
0015	4.1	13.9	16.0	15.4	13.1	14.9
0017	4.9	9.7	11.8	12.1	12.7	13.1
0019	2.4	7.9	8.0	9.3	8.1	7.9
0021	0.5	0.3	0.2	0.2	0.0	0.3

Tablo 2. DSİ elemanlarınca elde edilmiş Jeodezik klasik ölçülerle yatay yerdeğıştirmeler



Şekil 3. DSİ elemanlarınca elde edilmiş klasik jeodezik ölçülerden çizilmiş yatay yerdeğıştirmeler

0013 nolu nokta için Tablo 1’de verilen düşey yerdeğıştirme değeri kullanarak bu noktaya ait yerdeğıştirme eğrisi çizilmiştir. Bu nokta baraj kreti eksenin orta kısmında bulunup su yükü etkisine en çok maruz kalan noktadır. Çalışmanın bu bölümünde örnek teşkil etmesi açısından ve yukarıda belirtilen özel durumdan dolayı bu nokta seçilmiştir. Bu noktada yersel ölçülerden elde edilmiş 0013 nolu noktanın düşey yerdeğıştirme eğrisine İstatiska programı yardımıyla bir fonksiyon uydurulmuştur. Bu fonksiyon sadece baraj rezervuarındaki suyun hidrostatik basıncı dikkate alınarak oluşturulmuştur. Dolgu barajlarda ısı etkisi önemsiz olduğundan barajda ek olarak ısı ölçümleri yapılmamış ve fonksiyona dahil edilmemiştir. Bu çalışmada, örnek olarak sadece 0013 nolu noktanın düşey yerdeğıştirmesi incelenmiştir.

Altınkaya barajında yerdeğıştirmelerin istatistiksel olarak değerlendirilmesi için yersel sistemlerle yapılmış deformasyon ölçme değeri kullanılmıştır. Ayrıca, Altınkaya barajında günlük olarak ölçülen su seviyesi değeri de bu çalışmada kullanılmıştır. İstatiska programı yardımıyla 0013 nolu nokta için elde edilen düşey yerdeğıştirme fonksiyonu denklem (7)’de verilmiştir.

$$D = 42.58 - 3.579 \cdot X + 1.296 \cdot X^2 - 0.125 \cdot X^3 \quad (7)$$

$$X = (H - 162.9) / 17.49$$

Burada, H değeri deformasyonun belirlenmek istendiği andaki rezervuardaki su kotudur. 17.49 nümerik değeri baraj su tutmaya başladığı andan itibaren ölçülen en yüksek ve en düşük su kotu arasındaki farktır. 162.90 nümerik değeri ise baraj su tutmaya başladığı andan itibaren ölçülen en düşük su kotudur. Bu fonksiyonun çeşitli su kotlarına göre değerlendirilmesine göre elde edilmiş sonuçlar Tablo 3’de verilmiştir.

Nokta No	Su Kotu	X	Hesaplanmış Deformasyon (m.)	Ölçülmüş Deformasyon (m.)
0013	168.15	0.300172	0.416	0.417
0013	177.33	0.825043	0.404	0.409
0013	177.68	0.845054	0.405	0.418
0013	170.83	0.453402	0.413	0.424
0013	168.31	0.309320	0.416	0.428
0013	180.39	1.000000	0.401	-
0013	171.00	0.463122	0.411	-

Tablo 3. 0013 Nolu noktaya ait düşey yerdeğıştirme değeri

SONUÇ VE ÖNERİLER

İstatistiksel metot ile baraj gibi büyük mühendislik yapılarında, yapının geçmişteki hareketleri hakkında büyük bir yaklaşıklıkla bilgi elde etmek mümkündür. Bu metot ile daha duyarlı yerdeğiştirme değerleri elde etmek için baraj rezervuarındaki su yüksekliğinin ve baraj kretindeki obje noktalarının sürekli veya çok kısa zaman aralıklarında ölçülmesi gereklidir.

Deformasyon ölçmelerinin, İstatistiksel metot kullanılarak yorumlanması disiplinler arası bilgi paylaşımını gerektirmektedir. Disiplinler arasında yapılacak etkili işbirliği ölçülmüş sonuçların daha hassas bir şekilde yorumlanması için zorunludur.

İstatistiksel modelleme için elde edilmiş fonksiyon, sadece bu baraj için geçerlidir. Bu tür elde edilmiş fonksiyonlar ilgili yapının özelliklerini taşır ve diğer yapılar için bir kara kutu gibi davranır. Bu fonksiyon kullanılarak diğer yapılar için genelleme yapılamaz. Elde edilen fonksiyon yardımı ile barajın geçmiş günlerindeki farklı su seviyelerinde yatay ve düşey yerdeğiştirme değerlerini elde etmek mümkündür.

Not: Bu çalışma F.Ü ve K.T.Ü araştırma fonlarınınca desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

Chen, Y.Q., Chrzanowski, A., 1986, An Overview of The Physical Interpretation of Deformation Measurements, At The Deformation Measurements Workshop. M.I.T, Cambridge, Mass.

Engineer Manuel, EM-1110-2-1004, 1994, *Deformation Monitoring And Control Surveying*, U.S. Army Corps of Engineers. Washington, DC.

Gökalp, E., Karaali, C., 1994, An Overview of The Physical Interpretation of Deformation Measurements, I. Turkish International Symposium on Deformations Measurements, İstanbul.

Taşçı, L., 2003, Kaya Dolgu Barajlarda Deformasyonların GPS yöntemi ile Belirlenmesi, Doktora Tezi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Anabilim Dalı, K.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

KÜRE YÜZEYİNDEN YARARLANILARAK GÖRÜLEMİYEN NOKTALARIN KONUMLANDIRILMASI

R. G. HOŞBAŞ¹, N. O. AYKUT¹, N. KUTLU¹

ÖZET

Günümüzde Endüstriyel Ölçmeler gelişen ölçme alet ve donanımlarına paralel olarak mühendislik ölçmeleri alanı içinde önemli bir yere sahip olmuştur. Makine teçhizat ve donanımlarının ölçülmesi obje ve alet dik koordinat sistemleri arasında üç boyutlu bir dik koordinat dönüşümüne dayanmaktadır. Ölçü sırasında bazı obje noktalarının ölçü aletinin görüş alanının dışında bulunması yani görülmemesi durumunda bilinen yersel yöntemlerle ölçülmesi uzun ve karmaşık çözümlere dayanmaktadır. Bu gibi durumlarda görülmeyen noktaya tutulan sabit uzunluktaki jalon ucundaki yansıtıcıya yapılacak ölçülerle görülemeyen noktanın konumlandırılması olanaklıdır. Sunulan çalışmada çok sayıda noktaya yapılan gözlemlerle dengelemeli olarak görülemeyen noktanın konumlandırılmasının nasıl gerçekleştirileceği bir uygulama ile verilmektedir.

Anahtar kelimeler: Küre, üç boyutlu nokta konumlandırma, endüstriyel ölçme, ayarlı alımı

LOCATING HIDDEN POINTS USING A SPHERICAL SURFACE

ABSTRACT

Industrial measurements have an important place for engineering measurements depending on the surveying equipments. Measurements of machine equipments are based on a 3D coordinate transformation between object and instrument coordinate systems. Sometimes object points can not be seen by surveying instrument, and measurements of these object points with known terrestrial methods is very time spending and complicated process. It is possible to determine the position of points which have not seen, by observing the reflector located on a fixed length of rod on the unknown points. In this study, it was explained that how can we determine the positions of unknown points by observing too many points with adjustment process, and an example for this process was given.

Keywords: Sphere, 3D point positioning, industrial measurement, detail surveying.

¹ YTÜ, İnşaat Fakültesi, Jeodezi ve Fotogrametri Müh. Böl., Ölçme Tekniği Anabilim Dalı, 34349 Beşiktaş-İSTANBUL
ghosbas@yildiz.edu.tr, oaykut@yildiz.edu.tr, nkutlu@yildiz.edu.tr

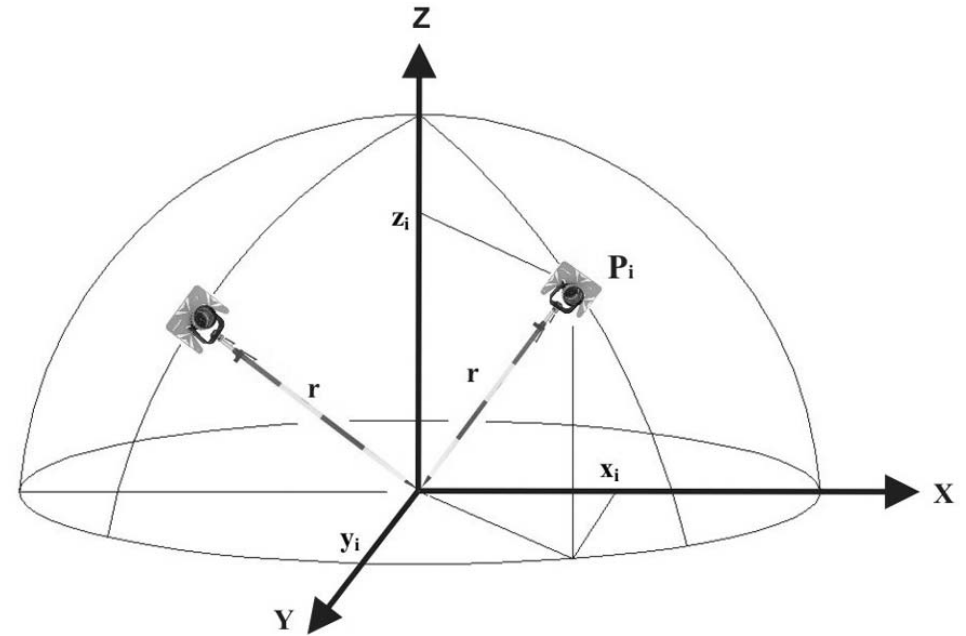
1. KÜRE YÜZEYİ MATEMATİK MODELİ

Bilindiği gibi üç boyutlu uzayda bir noktadan eşit uzaklıktaki noktaların geometri yeri bir küreyi tanımlar. Buna göre r yarıçaplı bir küre üzerindeki noktalar için

$$r = \sqrt{(x_i - x)^2 + (y_i - y)^2 + (z_i - z)^2} \quad (1)$$

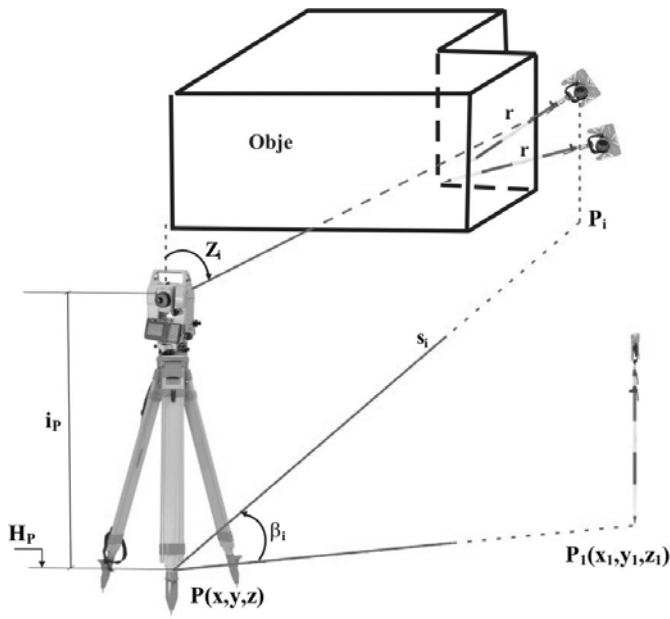
eşitliği geçerlidir.

Günümüzde ölçme işlemlerinde genellikle total station olarak adlandırılan bileşik ölçme aletleri kullanılarak hem doğrultular hem de kenar uzunlukları yüksek doğrulukla belirlenebilmektedir. Bu aletlerin yansıtıcıları boyu ayarlanabilen jalonlarla birlikte kullanılmaktadır. Ölçü sırasında jalon boyu değiştirilmez ise jalona bakılarak yapılacak gözlemlerde jalon boyu yarıçap olarak kabul edilebilir. Bu takdirde jalonun ölçü noktasındaki ucu sabit tutularak çok sayıda ölçü yapılması durumunda bu noktalar küre yüzeyi parçası oluştururlar.



Şekil 1. Yarım küre yüzeyi

(1) bağıntısında üç bilinmeyen (x,y,z) bulunmaktadır. Buna göre üç noktaya ölçü yapılarak bu noktalara koordinat verilebilir. Elde edilen üç bilinmeyenli üç denklem sistemi çözülerek jalon ucunun bulunduğu noktanın koordinatları hesaplanabilir. Bu şekilde görülemeyen noktanın koordinatları küre yüzeyi oluşturularak belirlenebilir (Şekil 2)



Şekil 2. Görülemeyen noktaların konumlandırılması

Eğer üçten fazla noktaya ölçü yapılmışsa görülemeyen noktanın koordinatları dengelemeli olarak bulunabilir. Ölçülen her noktanın koordinatlarından yararlanarak jalon boyu (r) hesaplanabilir. Bu durumda (1) bağıntısından her ölçü için düzeltme denklemi yazılabilir. (1) bağıntısına *varyans yayılma yasası* uygulanıp, bilinmeyenlere göre kısmi türevleri alındığında düzeltme denklemi katsayıları a , b , c ve küçültülmüş ölçü ℓ elde edilir.

$$a = -\frac{(x_i - x)}{\sqrt{(x_i - x)^2 + (y_i - y)^2 + (z_i - z)^2}} \partial x = -\frac{(x_i - x_o)}{r_o} \quad (2)$$

$$b = -\frac{(y_i - y)}{\sqrt{(x_i - x)^2 + (y_i - y)^2 + (z_i - z)^2}} \partial y = -\frac{(y_i - y_o)}{r_o} \quad (3)$$

$$c = -\frac{(z_i - z)}{\sqrt{(x_i - x)^2 + (y_i - y)^2 + (z_i - z)^2}} \partial z = -\frac{(z_i - z_o)}{r_o} \quad (4)$$

$$\ell = r - r_o \quad (5)$$

$$r_o = \sqrt{(x_i - x_o)^2 + (y_i - y_o)^2 + (z_i - z_o)^2}$$

Her ölçülen nokta için doğrusallaştırılmış düzeltme denklemleri olarak

$$v_i = a_i \partial x + b_i \partial y + c_i \partial z - \ell_i \quad (6)$$

bağıntısı ile elde edilir. Görülemeyen noktanın yaklaşık koordinat değerleri olarak herhangi üç noktaya yapılan ölçüden oluşturulan denklem sisteminin çözümünden elde edilen değerler alınır.

Çözüm için dolaylı ölçüler dengelemesi algoritmasından yararlanır. n sayıda noktaya ölçü yapılması durumunda düzeltme denklemleri ve normal denklemler

$$v = \begin{bmatrix} a_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ a_n & b_n & c_n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} \ell_1 \\ \ell_2 \\ \vdots \\ \ell_n \end{bmatrix} \quad (7)$$

$$N = A^T A \quad , \quad n = A^T \ell \quad , \quad N x - n = 0$$

şeklinde kurulur. Sistemin çözümü ile bilinmeyenler, birim ağırlıklı ölçünün standart sapması ve bilinmeyenlere ilişkin standart sapmalar hesaplanır.

$$x = N^{-1} n \quad , \quad s_o = \sqrt{\frac{[vv]}{n-3}} \quad (8)$$

$$s(x) = s_o \sqrt{q_{xx}} \quad , \quad s(y) = s_o \sqrt{q_{yy}} \quad , \quad s(z) = s_o \sqrt{q_{zz}}$$

(8)'deki koordinat standart sapmaları hesabında geçen q_{xx} , q_{yy} , q_{zz} ifadeleri Q ağırlık katsayıları matrisinin sağ köşegen elemanlarıdır.

2. UYGULAMA

Uygulama için YTÜ Yıldız Yerleşim Birimi içindeki bir alanda seçilen bir noktadan (100) görülebilen bir noktaya (102) önce doğrudan gözlem yapılmış ve koordinatları hesaplanmıştır. Sonra sabit bir noktadan (101) çıkış alınarak görülemediği varsayılan noktadaki jalon boyu değiştirilmeden küre yüzeyi oluşturacak şekilde yansıtıcının konumu değiştirilerek 13 yeni noktaya gözlem yapılarak yatay doğrultu, düşey açı ve eğik kenar ölçüleri yapılmıştır (Tablo 1). Ölçülerden yeni noktaların koordinatları hesaplanmıştır (Tablo 2).

DN	BN	Ölçülen Doğrultular (gon)	Sıfıra İndirgenmiş Doğrultular	Düşey Açı (gon)	Eğik Mesafe (m)	Yatay Mesafe (m)
100	101	0.0004	0.0000			
	102	29.7118	29.7114	99.7928	5.981	5.981
	1	29.9404	29.9400	100.4570	5.565	5.565
	2	30.2322	30.2318	103.0626	5.131	5.119
	3	29.5864	29.5860	105.0076	4.966	4.935
	4	25.0680	25.0676	102.2440	5.341	5.334
	5	24.3958	24.3954	100.6932	5.916	5.915
	6	20.7294	20.7290	102.5688	6.074	6.064
	7	24.3032	24.3028	101.3332	6.393	6.390
	8	28.5322	28.5318	100.7390	6.488	6.487
	9	28.5654	28.5650	101.7418	6.716	6.711
	10	34.0030	34.0026	100.7144	6.231	6.230
	11	34.6912	34.6908	100.7256	5.821	5.820
12	37.5324	37.5320	102.1316	5.760	5.754	
13	34.9040	34.9036	102.8468	5.293	5.282	

Tablo 1. Ölçüler

NN	Yi	Xi	Zi
100	200.00	100.00	50.000
102	202.70	105.30	50.000
1	202.52	104.96	51.435
2	202.34	104.55	51.228
3	202.21	104.41	51.086
4	202.05	104.93	51.287
5	202.21	105.49	51.411
6	201.94	105.75	51.230
7	202.38	105.93	51.341
8	202.81	105.85	51.400
9	202.91	106.05	51.291
10	203.17	105.36	51.405
11	203.02	104.98	51.409
12	203.20	104.78	51.282
13	202.75	104.51	51.239

Tablo 2. Sabit ve yeni nokta koordinatları

(2), (3) ve (4) bağıntılarına göre düzeltme denklemleri katsayıları hesaplanarak A şekil (katsayılar) matrisi, (5) bağıntısı ile de küçültülmüş ölçüler hesaplanarak ℓ vektörü oluşturulmuştur.

Oluşturulan denklem sistemi (7) eşitliklerine göre iteratif olarak çözülerek, (8) bağıntılarından görülemeyen noktanın kesin koordinat değerleri ve koordinat standart sapmaları hesaplanmıştır.

Şekil (katsayılar) matrisi A ve küçültülmüş ölçüler vektörü ℓ

$$A = \begin{bmatrix} 0.2573 & 0.1063 & -0.9605 \\ 0.5219 & 0.2232 & -0.8233 \\ 0.6086 & 0.3054 & -0.7323 \\ 0.2768 & 0.4214 & -0.8636 \\ -0.0926 & 0.3126 & -0.9454 \\ -0.2715 & 0.4927 & -0.8268 \\ -0.3894 & 0.1997 & -0.8992 \\ -0.3328 & -0.0865 & -0.9390 \\ -0.4699 & -0.1548 & -0.8690 \\ -0.0103 & -0.3275 & -0.9448 \\ -0.0273 & 0.3206 & -0.9468 \\ 0.3731 & -0.3470 & -0.8604 \\ 0.5534 & -0.0514 & -0.8313 \end{bmatrix} \quad \ell = \begin{bmatrix} -4.09538 \\ -3.23085 \\ 7.27326 \\ -0.98180 \\ -2.27844 \\ 0.90688 \\ -2.18970 \\ -0.78743 \\ 3.14598 \\ 2.64029 \\ 2.46593 \\ -1.16242 \\ -0.90755 \end{bmatrix}$$

Normal denklem katsayılar matrisi $N = A^T A$

$$N = \begin{bmatrix} 1.79750 & 0.14410 & -0.72412 \\ 0.14410 & 1.07688 & -1.19284 \\ -0.72412 & -1.19284 & 10.12563 \end{bmatrix}$$

Küçültülmüş bilinmeyenler $n = A^T \ell$

$$n = \begin{bmatrix} -0.0142 \\ -0.0945 \\ 0.4188 \end{bmatrix}$$

Ağırlık katsayıları matrisi $Q = N^{-1}$

$$Q = \begin{bmatrix} 0.57405 & -0.03605 & 0.03681 \\ -0.03605 & 1.07023 & 0.12350 \\ 0.03681 & 0.12350 & 0.11594 \end{bmatrix}$$

$$q_{xx} = 0.57405, \quad q_{yy} = 1.07023, \quad q_{zz} = 0.11594$$

Ölçüler (m)	Düzeltilmeler (mm)	Düzeltilmiş Ölçüler (m)	Kısa Ölçü (m)
1.5	4.06	1.5041	-4.10
1.5	3.20	1.5032	-3.23
1.5	-7.31	1.4927	7.27
1.5	0.93	1.5009	-0.98
1.5	2.23	1.5022	-2.28
1.5	-0.96	1.4990	0.91
1.5	2.14	1.5021	-2.19
1.5	0.75	1.5008	-0.79
1.5	-3.18	1.4968	3.15
1.5	-2.66	1.4973	2.64
1.5	-2.52	1.4975	2.47
1.5	1.15	1.5012	-1.16
1.5	0.89	1.5009	-0.91

$$[vv] = 117.607660 \quad s_0 = 3.43 \text{ mm}$$

Tablo 3. Düzeltilmiş ölçüler

	Yaklaşık Koordinatlar (m)	Küçültülmüş Bilinmeyenler (mm)	Standart sapma (mm)	Kesin Koordinatlar (m)
X	105.3478	0.01	2.60	105.3478
Y	202.6816	-0.05	3.55	202.6816
Z	49.9904	0.04	1.17	49.9904

Tablo 4. Kesin koordinatlar

3. SONUÇ VE ÖNERİLER

Görülemeyen varsayılan noktanın, doğrudan belirlenen ile küre yüzeyi modelinden yararlanılarak dengelenmeli olarak bulunan nokta koordinatları arasında $dx = -6.4\text{mm}$, $dy = +9.5\text{mm}$ ve $dz = +4.1\text{mm}$ farklar elde edilmiştir. Doğrudan belirlenen nokta koordinatları tek ölçü değerinden, dengelenmeli olarak elde edilen değer ise 13 noktaya

yapılan ölçülerden belirlenmiştir. Görüldüğü gibi farklar 1cm'nin altında olup ayrıntı ölçmelerinde beklenen konum doğruluğunu sağlayacak boyuttadır. Dolayısıyla ayrıntı ölçmelerinde görülemeyen bir noktanın konumu önerilen yöntem uygulanarak bir kez daha alet kurulmasına gereksinim duyulmadan istenen doğrulukta rahatlıkla belirlenebilir.

Topografik ortamda uygulaması yapılan görülemeyen noktaların konumlandırılmasına ilişkin yöntem önerisi özellikle endüstriyel ölçme çalışmalarında da rahatlıkla uygulanabilir. Endüstriyel ölçmelerde bazı durumlarda obje küçük bir makine teçhizatı olup ölçü aletinin ikinci bir noktaya kurulması obje boyutlarının belirlenmesinde aranan doğruluğu olumsuz etkileyebilir. Böylesi durumlarda ikinci bir noktaya alet kurulmasına gereksinim duyulmadan tek noktadan yapılan gözlemlerle obje boyutları belirlenebilir.

Sunulan bu çalışmada önerilen konumlama yöntemi jeodezik verilerden yararlanarak obje yüzeylerinin modellenmesi konusunda uygulanması kolay temel bir modeldir.

4. KAYNAKLAR

Kahmen, H., (1988). *Vermessungskunde I*, Walter de Gruyter, Berlin.

Karadeniz, A., (1988), *Yüksek Matematik Cilt II*, Çağlayan Kitabevi, İstanbul.

Öztürk, E. ve Şerbetçi, M., (1995). *Dengeleme Hesabı Cilt II*, KTÜ Basımevi, No:144, Trabzon.

Songu, C., Şerbetçi, M., Gülal, E., (2003). *Ölçme Bilgisi Cilt I*, Birsan Yayınevi, İstanbul.

TOPRAK DOLGU BARAJLARDA DEFORMASYON ÖLÇMELERİ, ALİBEY BARAJI ÖRNEĞİ

V.E. GÜLAL¹, H. ERKAYA¹, R.G. HOŞBAŞ¹, N. ERSOY¹

ÖZET

Bütün büyük mühendislik yapıları gibi barajlarda kontrol altında tutulmadıkları sürece birer potansiyel tehlike oluşturmaktadırlar. Jeodezik ölçme teknikleri, mühendislik yapılarının kontrolü için oluşturulan konseptin bir parçasıdır. Yapılarda gerek inşa gerekse işletme devresinde yapılan jeodezik gözlemlerle, yapının güncel durumu hakkında bilgi edinilirken aynı zamanda yapı için oluşturulan modelin kalibrasyonu da sağlanmaktadır. Gelişmiş ülkelerde mühendislik yapılarının jeodezik yöntemlerle periyodik kontrolü, yönetmeliklerle zorunlu tutulmaktadır.

Bu çalışmada 1975 yılında yapımına başlanan ve 1983 yılında inşası tamamlanan Alibey toprak dolgu barajında, 1996-2003 yılları arasında yatay değişimlerin izlenmesi için yapılan deformasyon ölçümleri ve sonuçları ele alınmıştır.

Anahtar Kelimeler: Baraj, Mühendislik Ölçmesi, Deformasyon

DEFORMATION MEASUREMENT FOR EARTHFILL DAMS AND AN EXAMPLE; ALİBEY DAM

ABSTRACT

Dams are potential risky constructions if they are not controlled like all big engineering constructions. Geodetic measurement techniques are a part of the concept, which is formed for the controls of engineering constructions. By the means of geodetic measurements, which is done both in construction and operation periods, current position of the construction can be determined and also the model that formed for construction can be calibrated. Periodic control of engineering constructions is an obligatory subject in regulations in developed countries.

¹ YTÜ, İnşaat Fakültesi, Jeodezi ve Fotogrametri Müh. Bölümü 34349 Yıldız İstanbul

In 1975, Alibey Earthfill Dam was started to construct and finished in 1983. Deformation measurements of this dam were performed between 1996-2003 for monitoring the horizontal changes. In this study, deformation measurements and the results were examined.

Keywords: Dam, Engineering Surveying, Deformation.

1. BARAJLARIN GÜVENLİĞİ

Başlangıçta taşkınları önlemek ve içme suyu temin etmek için kurulan barajlar 20 yüzyılda artan nüfus ve gelişen teknolojiye paralel olarak daha fazla enerjiye gereksinim duyulması nedeniyle enerji açığının karşılanması amacıyla da barajlar inşa edilmeye başlamıştır. Enerji üretimi amaçlı barajlara olan bu gereksinim ise daha yüksek barajların inşasını zorunlu kılmıştır. Yüksek barajların inşası ve yeni inşa edilecek barajlar için zemin ve topografik yapı bakımından daha az uygun yerlerin kalması bu barajların kontrol altında tutulmaları gereksinimini ortaya çıkarmıştır. Bu çerçevede 1928 yılında kurulan ve 1967 yılından itibaren bağımsız olarak faaliyet gösteren Büyük Barajlar Uluslararası Komisyonu ICOLD Dünyadaki bütün barajların kaydını tutmakta ve bilgi alışverişi ile ilgili çalışmalar yapmaktadır. ICOLD kayıtlarına göre 1986 yılı sonunda Dünyada 36235 baraj bulunmaktadır.

1820-1986 yılları arasında meydana gelen yaklaşık 600 baraj kazasından 309'unun nedenleri aşağıda Tablo-1'de verilmektedir.

Neden	Sayı	Yüzde %
Taşkın	111	35.92
Temel problemleri	104	33.66
Baraj gölüne yamaç kayması	28	9.06
Yapım hataları	6	1.94
Gövde çatlakları	9	2.91
Savaş	5	1.62
Hatalı hesaplamalar	4	1.29
Deprem	-	-
Bilinmeyen sebepler	42	13.59
Toplam	309	100

Tablo 1 Baraj kazalarının nedenleri (Blind 1982)

Tablo-1 incelendiğinde kaza nedenleri arasında baraj gölüne olan yamaç kaymaları önemli bir yer tutmaktadır. Bu nedenle barajların gözlemleri sadece baraj gövdesi ile sınırlandırılmamalı gözlem planı oluşturulurken yamaçlardan rezervuara olabilecek olası kaymalar da göz önünde bulundurularak ölçme planı baraj gövdesi ve yakın çevresini de kapsayacak şekilde genişletilmelidir.

Barajlarda yapılacak olan jeodezik gözlemlerin zaman aralıkları, baraj gövdesine ve yakın çevresine etkiyen iç ve dış kuvvetlerin zamansal akışı göz önünde bulundurularak planlanmalıdır. Barajın ilk dolmuş evresi baraj gövdesindeki hareketlerin izlenmesi için en kritik dönemdir. Bu evrede ölçüler belirli su seviyelerinde gerçekleştirilmelidir. Barajın işletme devresinin ilk yıllarında ise jeodezik ölçümler rezervuardaki su seviyesinin en fazla ve en düşük olduğu ilkbahar ve sonbahar aylarında olmak üzere yılda iki kez yapılmalıdır. Normal işletme devresinde ise oluşturulan yatay ve düşey kontrol ağındaki bütün ölçüleri kapsayan kapsamlı ölçüler beş yılda bir tekrarlanmalı normal bir ölçü programı çerçevesinde karakteristik bölgeleri içeren rutin ölçüler ise her yıl tekrarlanmalıdır.

Ölçme Yöntemi	İlk Dolmuş Evresi	İşletme Devresinin İlk Evresi (2-3) Yıl	Normal İşletme Devresi
Bağıl Ölçüler	Belirli su seviyelerinde	Yılda iki kez	<ul style="list-style-type: none"> • 5 yılda bir • Her yıl
Mutlak Ölçüler	Günlük	Haftalık	Aylık

Tablo 2 Barajlarda ölçme periyotları (Gülal 1997)

Görüldüğü gibi deformasyon ve deplasman ölçümleri ilk dolmuş sırasında başlamalı ve barajın bütün ömrü boyunca sürmelidir. Baraj gövdesinin ve yakın çevresinin jeodezik gözlemindeki amaçları ise aşağıdaki şekilde ana başlıklarla sıralayabiliriz.

- Baraj gövdesindeki ve çevresinde meydana gelebilecek olağan dışı davranışların önceden belirlenmesi,
- Projede kabul edilen hesapların sınanması için beklenen hareketlerle gerçek hareketlerin karşılaştırılması ve
- Hesaplama modelinin kalibrasyonudur.

2. DEFORMASYON ÖLÇÜLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Deformasyon ölçüleri ve değerlendirilmesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendislerinin Mühendislik Ölçmeleri alanında uğraştıkları geleneksel bir çalışma alanı olmuştur. Günümüze kadar deformasyon ölçülerinin değerlendirilmesi konusunda Karlsruhe yaklaşımı, Hannover yaklaşımı gibi birçok analiz yöntemi geliştirilmiştir. Bu çalışmada jeodezik ölçülerin analizinde Karlsruhe Yaklaşımı analiz yöntemi kullanılmıştır. Yöntemin işlem akışı kısaca aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

Her ölçme döneminde yapılan ölçüler, ayrı olarak serbest ağ yöntemi ile aşağıda gösterilen fonksiyonel ve stokastik model ile dengelenerek kurulan modele aykırı olan ölçüler ölçü kümesinden ayklanır.

$$l + v = A \hat{x} \quad \text{Fonksiyonel model} \quad (1)$$

$$\Sigma_{ll} = \sigma_0^2 Q_{ll} \quad \text{Stokastik model} \quad (2)$$

Ölçü kümesindeki uyumsuz ölçülerin belirlenmesinden sonra her ölçme dönemi için düzeltmelerin kareleri toplamı ve soncul standart sapma değerleri belirlenir.

$$\Omega_i = [P_{vv}]_i, \quad s_o^2 = \frac{\Omega_i}{f_i} \quad (3)$$

Bundan sonraki aşamada iki ölçme dönemi arasında hareketsiz olduğu öngörülen referans noktaları araştırılır.

Global test için sıfır hipotezi olarak her iki ölçme döneminde nokta koordinatlarının değişmediği ileri sürülür.

$$H_0 : E\{\hat{x}_1\} = E\{\hat{x}_2\} \quad (4)$$

Bu modelde referans noktaları x_R için bir çift, obje noktaları x_O için iki çift koordinat bilinmeyi öngörülerek iki ölçme dönemi birlikte dengelenir. Böylece referans noktalarının yer değiştirmedeği varsayımı dengeleme modeli içinde kapalı bir şekilde öngörülmüş olur.

$$\begin{bmatrix} l_1 \\ l_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{R1} & A_{O1} & 0 \\ A_{R2} & 0 & A_{O2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{x}_{R1} \\ \hat{x}_{O1} \\ \hat{x}_{O2} \end{bmatrix} \quad \text{Fonksiyonel model} \quad (5)$$

$$\Sigma_{11} = \sigma_0^2 \begin{bmatrix} Q_{11,1} & 0 \\ 0 & Q_{11,2} \end{bmatrix} \quad \text{Stokastik model} \quad (6)$$

Kapalı hipotez ile her iki ölçü periyodunun bir arada değerlendirilmesi ile düzeltmelerin kareleri toplamı Ω_H ve R artık büyüklüğü hesaplanır.

$$\Omega_H = [Pv\dot{v}]_H^{-1}, \quad R = \Omega_H^{-1} - \Omega^{-1}, \quad \Omega = (\Omega_1 + \Omega_2) \quad (7)$$

n periyotlardaki ölçü sayılarını, u bilinmeyen sayısını, d defekt sayısını ve f serbestlik derecesini göstermek üzere kapalı hipotez ile oluşturulan modelin serbestlik derecesi f_H hesaplanır.

$$f_H = n_1 + n_2 - u + d, \quad h = f_H - f, \quad f = (f_1 + f_2) \quad (8)$$

Sıfır hipotezinin (4) geçerli olup olmadığını araştırabilmek için test büyüklüğü T aşağıdaki şekilde oluşturulur.

$$T = \frac{R}{h} \cdot \frac{f}{\Omega} \quad (9)$$

T test büyüklüğü F dağılımlıdır ve bunun için

$$P\{T > F\{h, f, \alpha\} / H_0\} = \alpha \quad (10)$$

olasılık eşitliği geçerlidir. T test değeri F dağılımının sınır değerini aşarsa öngörülen α yanılma olasılığı ile referans noktalarından birinin hareket ettiği kanısına varılır. Bu durumda her defasında bir nokta referans noktaları arasından çıkarılarak kararlı nokta sayısı kadar dengeleme yapılır. Referans noktaları arasından çıkarılması durumunda en küçük Ω_H değerini veren noktanın yer değiştirdiği kararı verilir. Global test sonucu olumlu olana kadar başka anlamlı yer değiştiren nokta olup olmadığı araştırılır.

İki ölçme döneminin birlikte dengelenmesi aşaması sonucunda her obje noktası için fark vektörleri hesaplanarak bu farkların anlamlı bir noktasal yer değiştirme olup olmadığı belirlenir.

$$d = \hat{x}_{O2} - \hat{x}_{O1}, \quad Q_{dd} = Q_{O,11} + Q_{O,22} - Q_{O,12} - Q_{O,21} \quad (11)$$

Her bir d_j farkı için T_{di} test büyüklüğü hesaplanarak bu farkların anlamlı bir noktasal yer değiştirme olup olmadığı belirlenir.

$$T_{di} = \frac{d_i^T Q_{dd,i}^+ d_i}{2 \Omega / f}, \quad F_{2, f_H, 1-\alpha}, \quad F \geq T_{di} \quad (12)$$

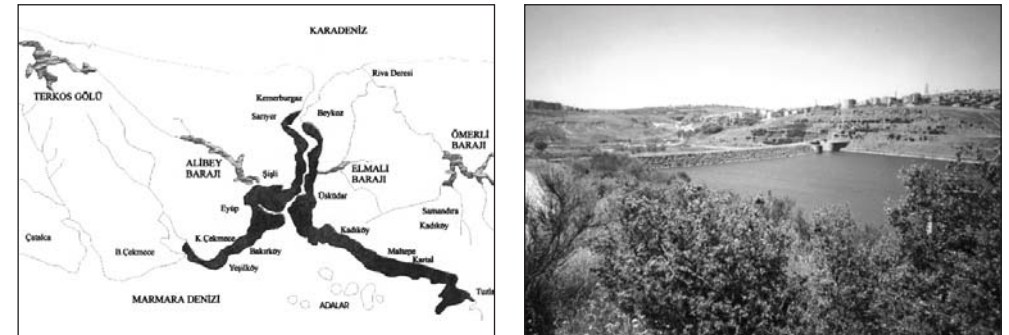
ise obje noktasının iki ölçme dönemi arasında yer değiştirmedeği aksi halde noktada anlamlı bir yer değiştirme yani deformasyon olduğu sonucuna varılır (Heck B., 1983), (Hoşbaş R.G., 1992).

3. ALİBEY BARAJI ÖRNEĞİ

Alibey Barajı İstanbul'un yaklaşık 40 km kuzey batısında ve aynı adı taşıyan derenin üzerine inşa edilmiştir. Baraj gölü yaklaşık 160 km²'lik drenaj alanında toplanan yağış suları ve Terkos Gölü'nden derivasyonla aktarılan sularla beslenmektedir. İnşasına 1975 yılında başlanan baraj, zemin problemleri nedeniyle 1983 yılında işletmeye açılmıştır. Barajın gövde yüksekliği 28 m, kret uzunluğu 304 m, kret genişliği 15 m, en fazla su kotu 30 m, en az su kotu 11.25 m 'dir.

Barajın yeri	İstanbul-Alibey
Amacı	İçme suyu temini
İnşaat yılı	1975-1983
Gövde dolgu tipi	Toprak dolgu
Gövde hacmi	1927000 m ³
Yükseklik	28.00 m
Göl hacmi	66.80 hm ³
Göl alanı	4.66 km ²

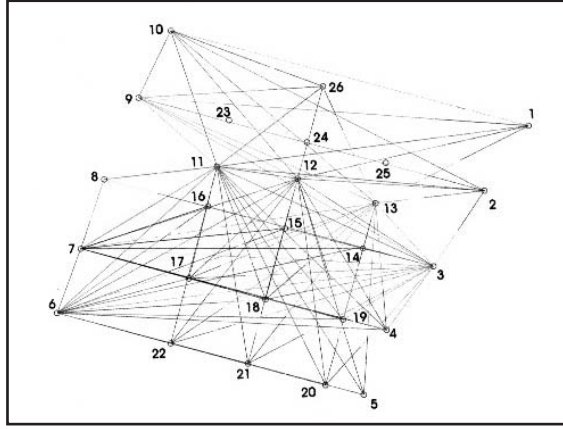
Tablo 3 Alibey Barajı özellikleri



Şekil 1 Alibey Barajı

Alibey Barajı jeodezik kontrol ağı pilye şeklinde tesis edilmiş 10 adet referans noktası (1-10) ve yine pilye şeklinde tesis edilmiş 3 tanesi baraj kreti (11, 12, 13), 9 tanesi barajın mansap bölgesinde (14-22) olmak üzere 12 adet obje noktasından oluşmaktadır. Jeodezik kontrol ağı, İTÜ Jeodezi ve Foto.Müh. Bölümü öğretim elemanlarından oluşan bir çalışma ekibi tarafından oluşturulmuş ve 1987-1991 yılları arasında deformasyon ölçümleri aynı elemanlar tarafından yapılmıştır. Alibey Barajı'nda 1996 tarihinden itibaren YTÜ çalışma ekibi tarafından 6 periyot deformasyon ölçüsü yapılmıştır.

Konum ağındaki değişimleri belirlemek için öncelikle her bir ölçme periyodu Bölüm 2'de açıklandığı gibi serbest olarak dengelenmiştir. Ölçme periyotlarına ve ölçülerin değerlendirilmesine ilişkin bazı sonuçlar Tablo 4'de verilmektedir



Şekil 2 Alibey barajı jeodezik kontrol ağı

Ölçme Periyodu	Nokta Sayısı		Ölçü Sayısı		Standart Sapma	
	Referans	Obje	Doğrultu	Kenar	Öncül (mgon)	Soncul (mgon)
1996	10	12	114	45	1.00	0.982
1999	10	12	87	56	1.00	0.945
2000	10	12	168	79	1.00	0.938
2001	10	12	122	100	1.00	1.089
2002	10	12	145	54	1.00	0.960
2003	10	12	201	157	1.00	0.934

Tablo 4 Ölçü periyotlarının değerlendirme sonuçları

Ölçme periyotlarının her birinin serbest olarak dengelenmesi ve dönemler arasında model uyumunun sağlanmasından sonra hareketli noktaların belirlenmesi için periyotlar arasında analiz yapılmıştır. 1996 ve 2003 yılı ölçme periyotlarına ilişkin analiz sonuçları aşağıda Tablo 6'da verilmektedir.

ALİBEY BARAJI 1996-2003 DÖNEMİ DEFORMASYON ANALİZİ	
Ağıdaki Toplam Ölçü Sayısı	517
Ağda Ölçülen Doğrultu Sayısı	315
Ağda ölçülen Kenar Sayısı	202
Referans Noktalarının Sayısı	5
Obje Noktalarının Sayısı	17
Alet Kurulan Nokta Sayısı	44
Bilinmeyen Sayısı	78

Tablo 5 Ölçü planı

Nokta No	Fark Vektörü		Test Değeri T	Test Sonucu F=2.99	Deformasyon Vektörü (mm)
	DX (mm)	DY (mm)			
1	-3.12	-8.91	5.38	Deformasyon var	9.44
2	4.35	-10.83	27.81	Deformasyon var	11.67
5	4.81	11.82	34.76	Deformasyon var	12.76
6	-6.26	7.03	12.97	Deformasyon var	9.41
8	-0.72	2.71	6.92	Deformasyon var	2.8
11	-15.35	9.12	103.9	Deformasyon var	17.86
12	-19.82	-5.76	199.05	Deformasyon var	20.64
13	17.04	-10.4	94.15	Deformasyon var	19.97
14	1.53	-9.81	12.33	Deformasyon var	9.92
15	-11.74	-9.37	25.74	Deformasyon var	15.02
16	-9.75	-0.97	11.65	Deformasyon var	9.79
17	-22.51	28.79	64.3	Deformasyon var	36.55
18	-3.93	-17.47	31.95	Deformasyon var	17.91
19	-0.99	-1.98	1.21	Deformasyon yok	2.22
20	1.04	5.98	2.84	Deformasyon yok	6.07
21	-2.17	-15.46	7.85	Deformasyon var	15.61
22	-16.06	23.8	19.86	Deformasyon var	28.71

Tablo 6 Hareketli nokta araştırması

Bölüm 2'de açıklanan deformasyon analizi yöntemine göre yapılan değerlendirmede referans noktaları arasında hareketli nokta olup olmadığı araştırılmış ve hareketsiz olarak düşünülen 1, 2, 5, 6, 8 numaralı referans noktalarının hareket ettiği belirlenmiştir. Bu noktalar referans noktaları kümesinden çıkartılarak obje noktaları kümesine dahil edilmiştir. Hareketli referans noktalarının belirlenmesinden sonra deformasyonların yerleştirilmesine

geçilmiştir. Yapılan test sonucu Tablo 6 da verilen sonuçlar elde edilmiştir. Tablo incelendiğinde en fazla deformasyon miktarı 17 numaralı noktada görülmektedir. Deformasyon miktarları ve yönleri incelendiğinde meydana gelen hareketin çok düzenli bir hareket olduğu söylenemez.

4. SONUÇLAR

Önemli mühendislik yapıları arasında sayılan barajlar sadece inşa evresinde değil barajın işletme devresinde de Tablo 2 de önerildiği şekilde periyodik olarak jeodezik yöntemlerle gözlenmelidir.

Periyodik olarak yapılan gözlemler sonucunda, baraj gövdesinde ve çevresinde meydana gelebilecek olağan dışı davranışlar önceden belirlenebilmekte, projede kabul edilen hesapların sınanması için beklenen hareketlerle gerçek hareketlerin karşılaştırılması yapılabilmekte ve böylelikle hesaplama modelinin kalibrasyonu gerçekleştirilebilmektedir. Barajların jeodezik yöntemlerle periyodik kontrolü gelişmiş bir çok ülkede yönetmeliklerle zorunlu hale getirilmiştir. Çok sayıda baraj bulunan ülkemizde de böyle bir yönetmeliğe ve standarda gereksinim duyulmaktadır.

Barajların yersel jeodezik yöntemlerle gözlenmesinin yanında güncel yöntemler olarak noktalar arasında direkt görüş gerektirmeyen GPS gibi yapay uydular ile konumlama teknikleri, otomatik hedef izleme sistemleri olan robot takeometreler ve elektronik eğim ölçme sistemleri de deformasyonlarının belirlenmesinde ulaştıkları ölçü doğruluğu dikkate alındığında rahatlıkla kullanılabilir..

KAYNAKLAR

- Blind, H. (1982). Sicherheit von Talsperren, Wasserwirtschaft Sayı 3
- Erkaya, H.(1987). Mühendislik Yapılarındaki Deformasyonların Jeodezik Yöntemlerle Saptanması ve Bir Model Üzerine Uygulanması, Doktora Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- Gülal, E.(1997). Geodaetische Überwachung einer Talsperre; eine Anwendung der Kalman Filtertechnik, Doktora Tezi, Hannover Üniversitesi Jeodezi Enstitüsü, Hannover
- Heck B. (1983). Das Verfahren des Analysis von Geodaetisches Institut der Universitaet Karlsruhe, Schriftenreihe Wiss. Studiengang Vermessungswesen, HSBW Heft 9, München
- Hoşbaş G. (1992). Baraj Deformasyonlarının Belirlenmesinde Jeodezik Yaklaşımların İrdelenmesi Ve Bir Öneri, Doktora Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul