

**Makale
(Article)**

Baraj Emniyeti ve Deformasyon İzleme Çalışmaları Atatürk Barajı Örneği

Yunus KALKAN

İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fak. Geomatik Müh. Böl., 34469 İstanbul/TÜRKİYE
kalkany@itu.edu.tr

Özet

Barajlar gibi önemli ve kritik su yapılarının, kendilerinden beklenen fonksiyonları, güvenli ve sürekli olarak yerine getirebilmeleri için izlenmeleri ve emniyetlerinin sağlanması önem taşımaktadır. Bunun için mevcut durumlarının ve değişebilecek şartlar altındaki davranışlarının bir bilgi sistemi mantığı içinde ortaya konması oldukça önemlidir. Özellikle büyük barajlar ve yakın çevresinin jeodezik ve jeodezik olmayan yöntemlerle periyodik olarak izlenmesi bir zorunluluktur.

Bu çalışmada, öncelikle baraj ve baraj emniyeti hakkında kısa bilgi verilmiş ve ülkemizdeki barajlar ve bu yapılarda uygulanmakta olan izleme çalışmalarından bahsedilmiştir. Özellikle büyük barajlarda yapılması gerekli deformasyon izleme tekniklerinden söz edilmiştir. Örnek bir çalışma olarak Atatürk Barajında sürdürülmekte olan deformasyon izleme çalışmaları tanıtılmıştır. Atatürk barajı, ülkemizin en büyük barajı olduğu gibi dünyanın da sayılı barajları arasında yer almaktadır. Gerek sulama, gerek içme ve gerekse enerji üretimi bakımından önemli bir konuma sahiptir. Bu barajda, farklı disiplinler tarafından uygulanmakta olan Jeodezik ve jeodezik olmayan deformasyon izleme yöntemleri hakkında genel bilgi verilmiş ve özellikle, yedi yıldan beri sürdürmekte olduğumuz jeodezik yöntemlerle deformasyon izleme çalışmalarından ve elde edilen bir kısım sonuçlarından bahsedilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Atatürk Barajı, Deformasyon Ölçmeleri, Jeodezik Ölçme Teknikleri, Jeodezik olmayan Teknikler, GPS.

Dam Safety and Deformation Monitoring Studies in Ataturk Dam

Abstract

The importance of water and water structures are increasing recently. This situation is more considerable for such countries like Turkey which located in middle zone of the world. The dams are one of the important engineering structures which are used for water supply, flood control, agricultural uses, drinking and hydroelectric power. Turkey has about 600 large dams. Dams are very large and critical structures and they demand the use or application of precise monitoring methods at regular intervals. Monitoring is an essential component of the dams. In this study, some information about dams and the methods of monitoring are given. The case study, dam and dam safety and deformation measurements of Atatürk Dam is mentioned. Atatürk Dam is one of the five dams constructed on Fırat River and has importance including especially irrigation and hydroelectric power. In addition, brief information is given about Atatürk Dam and the methods of geodetic and non-geodetic monitoring measurements applied by different disciplines. Especially geodetic monitoring methods are emphasized and also some of new measuring techniques recommended.

Keywords: Atatürk Dam, Deformation Monitoring, Geodetic Techniques, Non-geodetic Techniques.

Bu makaleye atf yapmak için

Kalkan Y., "Baraj Emniyeti ve Deformasyon İzleme Çalışmaları Atatürk Barajı Örneği" Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi 2014, 6(3) 40-50

How to cite this article

Kalkan, Y., "Dam Safety and Deformation Monitoring Studies in Ataturk Dam" Electronic Journal of Map Technologies, 2014, 6(3) 40 -50

1. GİRİŞ

Artan dünya nüfusu, yükselen hayat standartları ve bozulan doğal denge, suya olan ihtiyacı daha da artırmıştır. Özellikle, bizim gibi sınırlı su kaynaklarına sahip ülkeler için bu, daha büyük bir öneme sahiptir. Su kaynaklarının yeterince kontrol altına alınması ve boşa akıp giden suların mümkün olduğunca baraj, göl, gölet gibi ortamlarda biriktirilmesi ve bunların var olan enerjilerinin kontrollü ve faydalı bir şekilde açığa çıkarılması ana hedefdir.

Barajlar gibi su yapıları, suyu biriktirmek, akımını düzenlemek, sulama, içme ve enerji üretme gibi birçok fonksiyonu yerine getiren önemli mühendislik yapılarıdır. Kaynaklara göre, Dünyada 150 binden fazla baraj bulunmaktadır [1]. İkinci dünya savaşından sonra, baraj yapım teknolojisindeki hızlı gelişmelere paralel olarak çok daha yüksek ve çok daha hacimli barajlar yapılmaya başlanmıştır. Bu gün için, gövde yüksekliği 300 metrenin üzerinde ve gövde hacmi 200 milyon metre küpten daha fazla olan barajlar inşa edilebilmektedir. Dünyanın en yüksek barajı, 335 m. gövde yüksekliği ile Tacikistan'daki *Rogun barajı* olduğu gibi, en büyük gövde hacmine sahip barajı da, 540 milyar metre küp gövde hacmiyle Kanadadaki *Synrude Tailings Barajı*dır. Hidrolik enerji üretimi bakımından ise, dünyanın en büyük kurulu gücüne sahip barajı ise, Çin'deki *Three Gorges barajı*dır [2]. Ülkemizde ise, Uluslararası kriterlere göre baraj niteliğinde olan 900'e yakın baraj bulunmaktadır [3]. Bu sayıya inşa, proje ve planlama safhasında olan büyük gölet ve barajlar eklenecek olursa, bu sayı yaklaşık 2000'i aşmaktadır [4].

Barajlar gibi kritik mühendislik yapılarında zamanla ortaya çıkabilecek herhangi bir olumsuzluk, baraj ve yakın çevresinde yaşayan insanlar için kimi zaman bir afete dönüşebilir ve ülke ekonomisi için de ciddi zararlara neden olabilir. Bu sebeple, bu tür mühendislik yapıları, inşasından itibaren izlenmeye alınıp, jeodezik ve jeodezik olmayan ölçme teknikleri kullanılarak muhtemel değişimleri ve deformasyonları belirlenmeye çalışılır.

Bu çalışmada, baraj emniyeti hakkında bilgi verilmiş ve bu yapılarda uygulanmakta olan deformasyon izleme tekniklerinden söz edilmiştir. Örnek bir çalışma olarak Atatürk Barajı ve bu barajda 1990 dan beri sürdürülmekte olan deformasyon izleme çalışmaları hakkında genel bilgi verilmiş, özellikle, 7 yılı aşkın zamandan beri İTÜ İnşaat Fakültesi Geomatik Mühendisliği Bölümü olarak DSI'nin desteği ile sürdürdüğümüz jeodezik yöntemlerle deformasyon izleme çalışmaları ve ulaşılan bir kısım sonuçları paylaşmıştır [5].

2. BARAJ EMNİYETİ ve BARAJLARDA DEFORMASYONLARIN İZLENMESİ

Barajlar, değişik yük altında bulunan kritik mühendislik yapıları olarak tanımlanır. Baraj ve yakın çevresi, birçok nedene bağlı olarak zaman içinde deformasyona uğrayabilir. Barajın yapısı, gövdenin ve su kütesinin ağırlığı, suyun basıncı, gövde içi su basıncındaki değişim, sıcaklık değişimleri ve yer kabuğu hareketleri gibi faktörler deformasyonların sebepleri olabilir. Bu değişimler, bazen barajların yıkılmasına kadar giden sonuçlara yol açabilir (Şekil 1). Tarihte bunun birçok örnekleri mevcuttur [6].



a) Glano barajı (İtalya 1923)



b) Teton barajı (ABD 1976)

Şekil 1. Tarihte yıkılan baraj örnekleri

Bunun için, barajlarda zamanla oluşabilecek fiziksel ve geometrik değişimler izlenir ve bu değişimlerin anlamlı seviyelerde olup olmadıkları ve kritik değerlere yaklaşıp yaklaşmadıkları belirlenmeye çalışılır. Böylece, zamanında alınacak önlemlerle yapının emniyeti, verimliliği ve yapıdan beklenen faydanın sürekliliği yanında, yol açabileceği zararların da önlenmesi sağlanmış olur. Özellikle son yıllarda bu konuya olan ilgi ve duyarlılık artarak devam etmektedir. Gelişmiş ülkelerde bu doğrultuda kurum-kuruluşlar oluşturulmuş (ABD'deki Dam Safety gibi) ve mevcut barajların performanslarının belirlenmesi, ömürlerinin ve verimliliklerinin artırılması gibi konular üzerinde çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmalarda, özellikle baraj gövdesinin geometrisi ve bunun zamana bağlı değişimi ile bu değişimi etkileyebilecek faktörler (hidrolik yük, gövde içi gerilmeler, basınç değişimleri, yatay düşey hareketler gibi) oldukça önem taşımaktadır. Bu sebeple, özellikle büyük barajlarda zamanla meydana gelebilecek bu değişimleri izlemek üzere, birçok izleme yöntemi uygulanmaktadır [7].

2.1 Barajlarda Deformasyon İzleme Yöntemleri

Baraj deformasyonlarının izlenmesinde jeodezik ve jeodezik olmayan birçok yöntem söz konusudur. Jeodezik yöntem, alıymnan ölçmelerinden uydu bazlı konum ölçmelerine kadar birçok farklı ölçme tekniğini içinde barındırır (Çizelge 1).

Çizelge 1. Jeodezik yöntemle deformasyon izleme teknikleri ve ölçme donanımları

Jeodezik Yöntemler	Kullanılan Alet ve Donanımlar
<ul style="list-style-type: none"> • Alıymnan Ölçmeleri • Klasik Konum Ölçmeleri • Uydu bazlı konum ölçmeleri • Presiz. Trigonometrik Nivelman Ölçmeleri • Presiz. Geometrik Nivelman Ölçmeleri • Laser Tarama Tekniği • İnterferometrik SAR Görüntü Tekniği 	<ul style="list-style-type: none"> • Teodolit, Laser Optik, İnvar Tel vs. • Total Station, Teodolit ve Uzaklık Ölçer • GNSS Alıcıları • Presiz. Total Station, Teodolit ve Uz. Ölç. • Presiz. Geometrik Nivelman Donanımı • Laser Tarayıcı • SAR Uydu Görüntülerinin Değerlendirilmesi

En fazla uygulanan şekliyle, yatay ve düşey yöndeki deformasyonların izlenmesi işi, bu amaç için oluşturulmuş deformasyon ağlarında, periyodik olarak yapılacak Klasik ve/veya Uydu Bazlı ölçmelerle yapılır. Baraj gövdesi ve yakın çevresindeki konum değişimleri, bölge dışında seçilen referans noktalarına

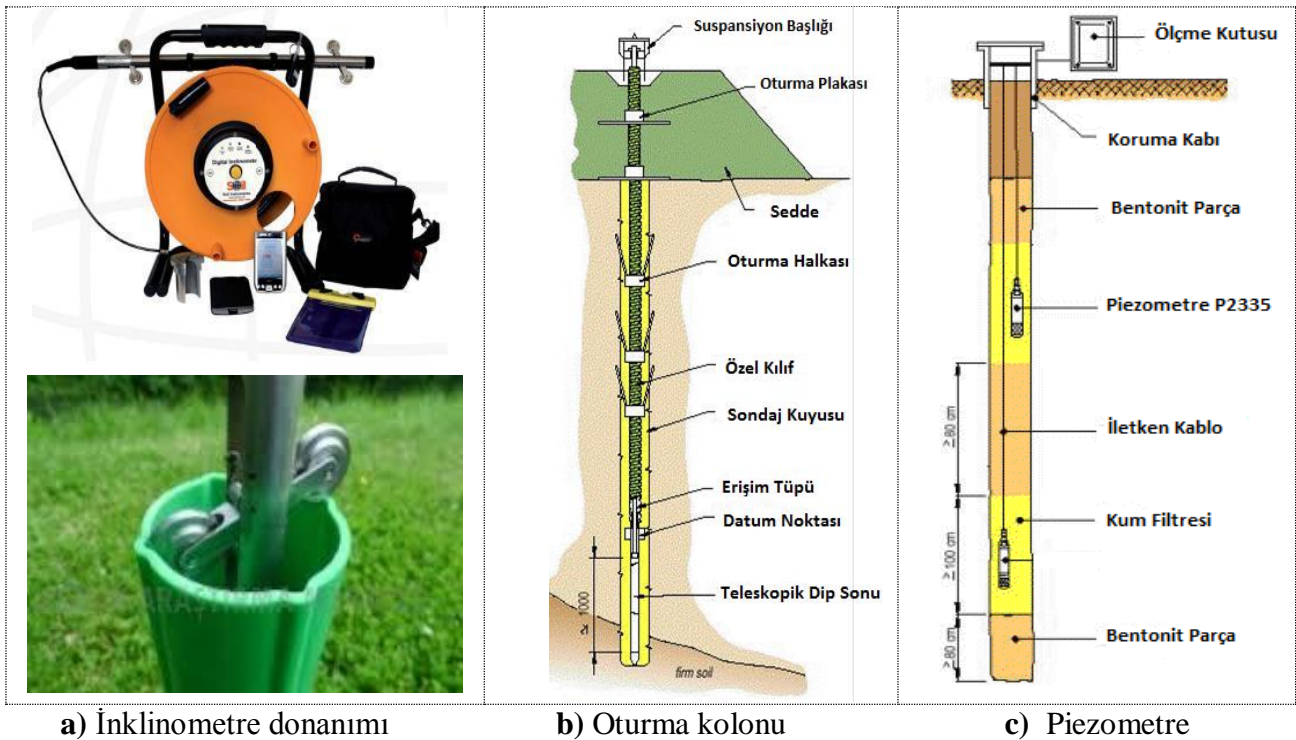
göre, bağıl olarak belirlenmeye çalışılır. Jeodezik yöntemde ölçme metodu ve ölçme aralığının seçimi ve bu ölçmelere ilişkin standartlar, izlenecek barajın türüne, beklenen deformasyonların çeşidine ve barajın bulunduğu aşamaya bağıl olarak farklılıklar gösterir.

Jeodezik olmayan yöntemlerde ise, özellikle baraj gövdesinde farklı derinliklerdeki yatay-düşey hareketler yanında, baraj ve çevresindeki deformasyonlara neden olan yük değişimleri, yer altı su seviyesi değişimleri, gerilmeler, sıcaklık değişimleri ve temel kaya stabilitesi gibi değişik faktörlerin büyüklükleri ve değişimleri bazı özel donanımlarla ölçülerek izlenir (Çizelge 2).

Çizelge 2. Jeodezik olmayan yöntemler ve ölçme donanımları

Jeodezik Olmayan Yöntemler	Ölçme Donanımları
<ul style="list-style-type: none"> • Eğim ölçmeleri • Düşey yer Değiştirme Ölçmeleri • Uzunluk değişim Ölçmeleri • Boşluk suyu basıncı Ölçmeleri • Düşeyden ayrılma ölçmeleri • Derz Ölçmeleri • Çatlak ölçmeleri 	<ul style="list-style-type: none"> • İnklinometreler • Oturma kolonları • Extensometreler • Piezometreler • Pendulum • Jointmetreler • Crackmetreler

Bu donanımların önemli bir bölümü, borulu ve kablolu aletler olarak bilinir. En önemli avantajları, otomatik izleme ve kayıt yapılabilmesi ve bu verilerin belli merkezlerde toplanabilmesidir. Farklı derinliklerdeki yatay konum değişimlerini ölçen *inklinometreler* (eğimölçerler) ile yine farklı derinliklerdeki düşey konum değişimlerini ölçen *settlement tubes* (oturma kolonları) ve boşluk suyu basıncı değişimlerini ölçen *piezometreler* bu aletlerden bazılarıdır [8-11] (Şekil 2).



Şekil 2. Jeodezik olmayan bazı ölçme donanımları

3. ATATÜRK BARAJI ve DEFORMASYON İZLEME ÇALIŞMALARI

Atatürk barajı ülkemizin en büyük barajı olduğu gibi dünyanın da sayılı barajları arasında yer almaktadır. Güneydoğu Anadolu Projesi (GAP) kapsamında Fırat Nehri üzerinde inşa edilen beş barajdan birisidir (Şekil 3).



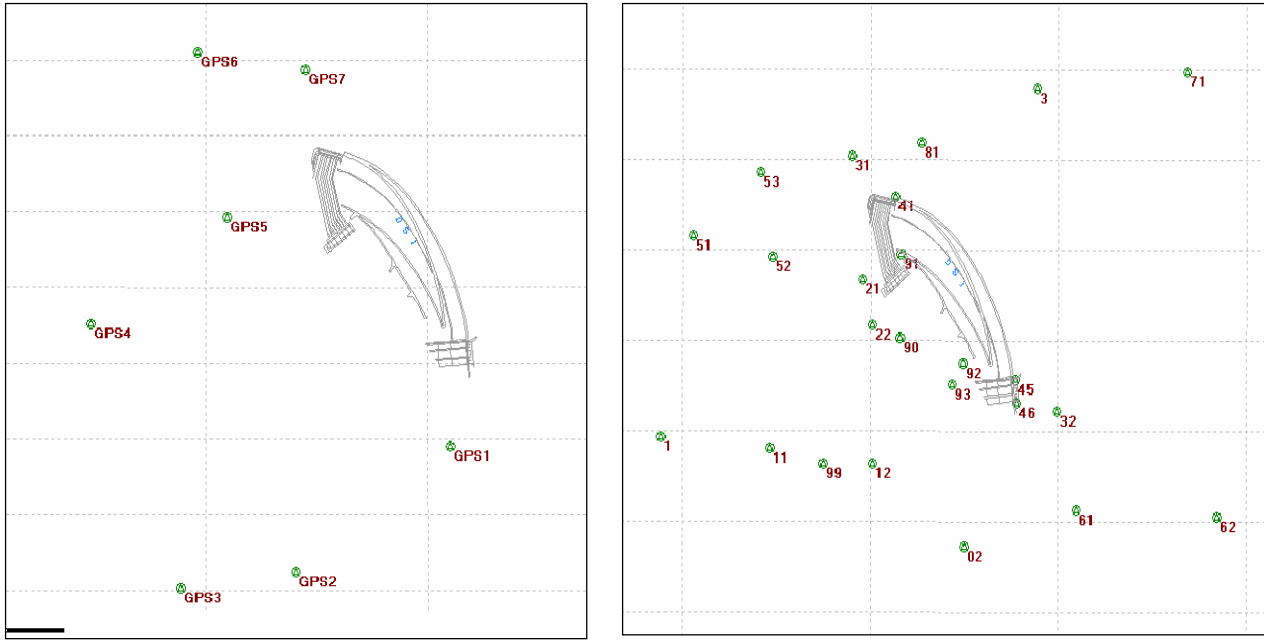
Şekil 3. Atatürk barajı gölalanı ve barajdan bir görünüm

1983 -1992 yılları arasında yapılan baraj, hem sulama, hem içme suyu, hem de enerji amaçlı olarak inşa edilmiştir. Baraj gölünden alınan sulama suyu, Şanlıurfa tünelleri ve pompaj istasyonları ile Harran Ovasına ulaştırılmakta ve yaklaşık 900 000 hektarlık bir alanın sulanması hedeflenmektedir. Ayrıca, Şanlıurfa şehrinin içme ve kullanma suyunun temin edildiği Atatürk Barajı, aynı zamanda Türkiye'nin enerji ihtiyacının da önemli bir bölümünü karşılayan bir Hidro-Elektrik santralini beslemektedir.

Genellikle tüm büyük barajlarda olduğu gibi, Atatürk barajında da zamanla ortaya çıkabilecek değişimleri belirleyebilmek amacıyla Jeodezik ve jeodezik olmayan yöntemlerle deformasyon izleme çalışmaları başlatılmış ve günümüze kadar bu çalışmalar büyük oranda devam ettirilmiştir [12-14].

3.1 Atatürk Barajında Jeodezik Yöntemlerle Deformasyonların İzlenmesi

Baraj ve yakın çevresindeki hareketlerin izlenebilmesi amacıyla, hareket beklenmeyen sağlam zeminli bölgelerde seçilmiş 32 noktalı bir referans ağı ile hareket olabilecek bölgelerde seçilmiş yaklaşık 400 noktalı bir obje ağı (*Deformasyon Ağı*) oluşturulmuştur (Şekil 4 ve 5). Ayrıca, baraj gövdesi üzerinde 36 noktalı ve santral binasında yaklaşık 45 noktalı olmak üzere iki nivelman ağı da mevcuttur. Referans ağının dıştaki 7 noktası sadece GPS ağı olarak düşünülmüş ve nokta tesisleri kısa kare pilye şeklinde ve diğer 25 noktası ise, klasik açı-kenar gözlemleri yapacak şekilde tasarlanmış olup nokta tesisleri normal yükseklikte dairesel ölçme pilyeleri şeklinde yapılmıştır. Bu referans noktaları, baraj gövdesini ve yakın çevresini kuşatacak şekilde çevreye dağılmış noktalardan oluşmaktadır (Şekil 4). Bu noktalardan bir bölümü, baraj gövdesi ve çevresinde yer alan deformasyon (obje) noktalarının ölçülmesinde kullanılmaktadır. Baraj gövdesi, yan palyeler ve galeriler gibi bölgelerde çeşitli faktörlerin etkisiyle zaman içinde oluşabilecek hareketleri izlemek üzere tesis edilmiş yaklaşık 400 noktalı obje ağının 200 den fazla noktası baraj gövdesi üzerinde yer almaktadır (Şekil 5). Bu noktalar genellikle 7 adet ana kesit ve 15 adet ara kesitler üzerinde seçilmeye çalışılmış ve bu noktalar, zorunlu merkezleştirmeli zemin noktaları şeklinde tesis edilmiştir. Baraj gövdesinde yer alan bu noktaların konumları hem klasik açı kenar ölçmeleri ile hem de GPS ölçmeleri ile belirlenmiştir.

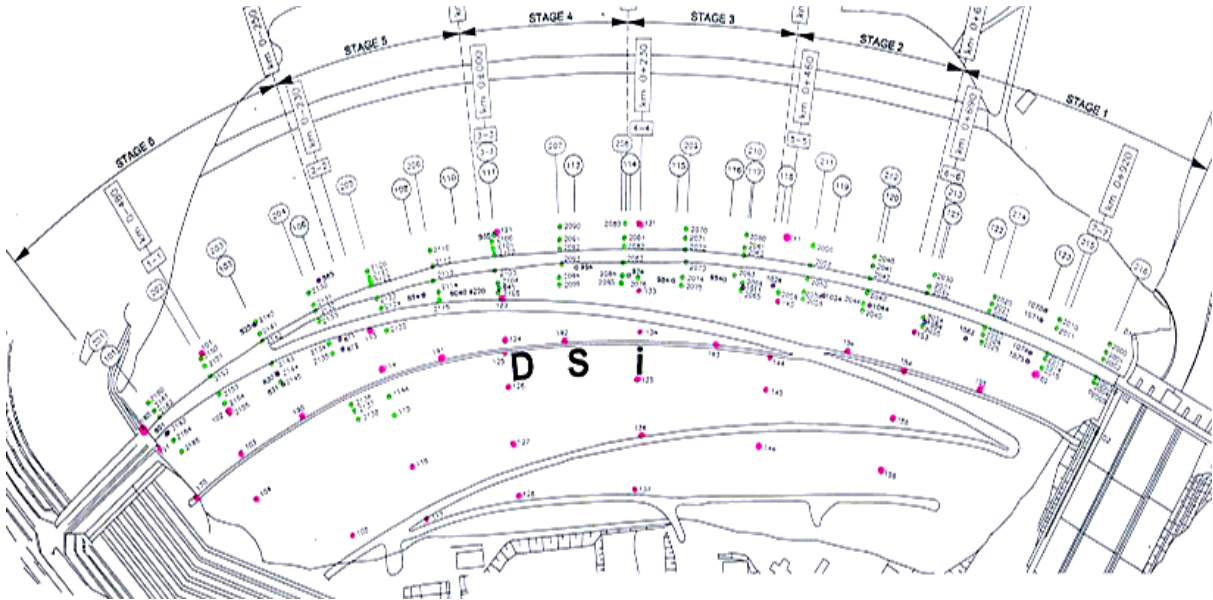


a) GPS ağı

b) Klasik açı-kenar ağı

Şekil 4. Atatürk barajı referans ağı

Ayrıca, kret eksenı boyunca doğrudan kil çekirdekteki oturmayı izlemek üzere merkezde oluşturulmuş 12 adet nivelman noktası ve buna ek olarak 12 adet membada, 12 adet mansapta seçilen yüzey noktalarıyla birlikte toplam 36 noktalı yükseklik ağı aylık periyotta presizyonlu geometrik nivelman ölçmeleri ile ölçülerek değerlendirilmiş ve aylık periyotlarda yükseklik değişimleri belirlenmiştir. Ölçmelerde Topcon Hiper GGD&PLUS presizyonlu nivosu ve donanımları kullanılmıştır.



Şekil 5. Baraj gövdesi üzerindeki deformasyon noktaları

3.1.1 Klasik Açı-Kenar Ağı Ölçmeleri ve Değerlendirmesi

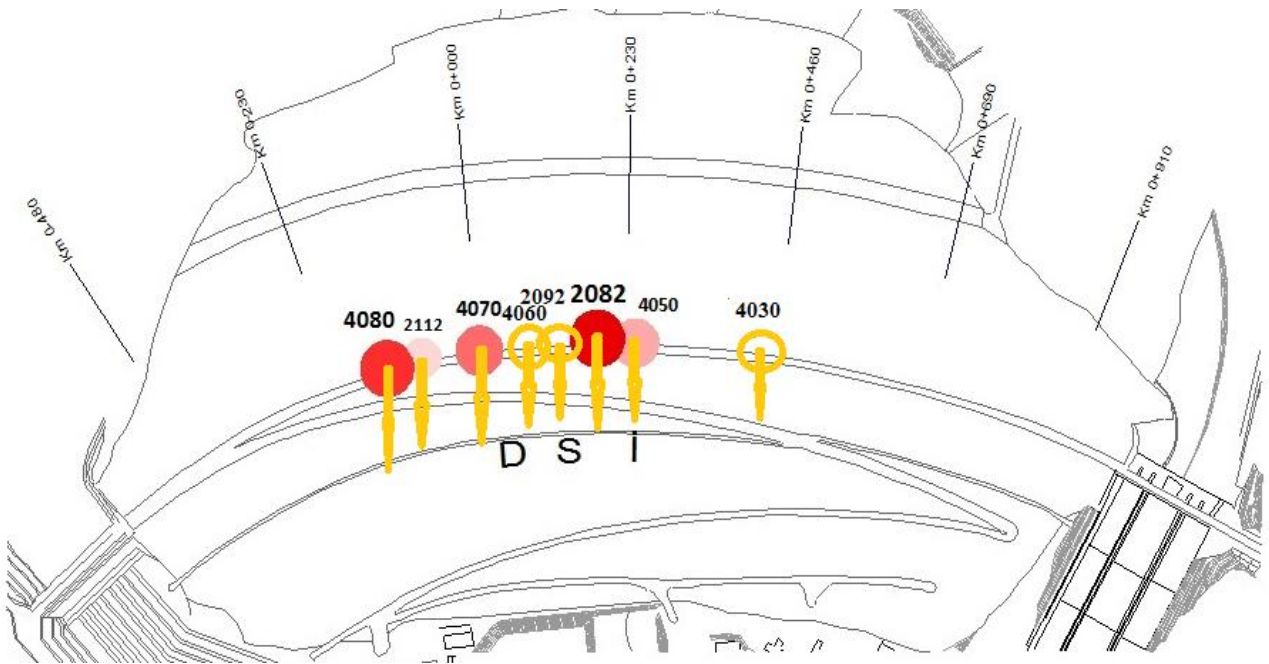
Klasik Nirengi ağının ölçmeleri, hassas yatay-düşey açi ile uzunluk ölçmelerinden oluşmaktadır. Bu çalışmamızda, yaklaşık 25 noktalı klasik nirengi ağının yaklaşık 13 noktasında alet kurularak 18 noktada açi-kenar ölçmeleri yapılmıştır.

Ayrıca, bu referans ağı ile obje noktalarını birbirine bağlamak için yaklaşık 9 adet nirengi noktasından baraj gövdesi üzerindeki 200 den fazla obje noktasına konum belirlenecek şekilde ölçmeler yapılmıştır. Ölçmelerde Leica T3000 teodoliti ile Leica DI 3000 uzaklık ölçeri ve Leica TDA 5005 Total station aletleri ve donanımları kullanılmıştır. Her periyot ölçülerin değerlendirilip uygun stokastik modelle dengelenme sinden sonra, nirengi ağı için bir kaç mm nokta konum doğrulukları elde edilmiştir. Baraj gövdesi üzerinde yer alan obje (deformasyon) noktaları için nokta konum doğrulukları ise, 1 cm'nin altında kalmıştır.

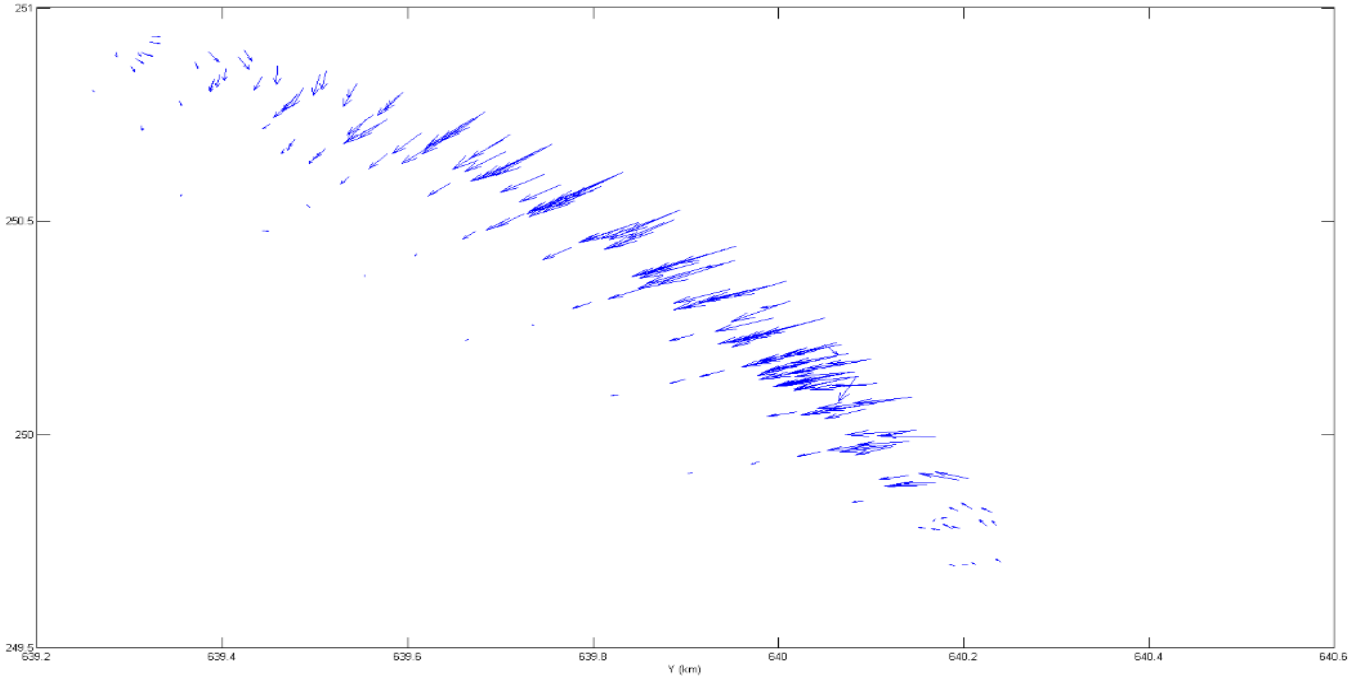
Şu ana kadar tarafımızdan gerçekleştirilmiş olan toplam 11 periyot ölçme sonuçları karşılaştırılmıştır. Çift periyot analizi yapılarak periyotlar arası fark vektörleri ve bunlara ait doğruluk kriterleri hesaplanmıştır. Elde edilen farkların en iyi ihtimalle anlamlı hareket olup olmadığını test etmek için test büyüklüğü olarak yatayda, $T_i = 2,5 * (MdP_i)$ ve düşeyde $DH_i = 2,5 * (MdH_i)$ eşitliğinden elde edilen test büyüklükleri kullanılarak ($dP_i > T_i$ veya $dR_i > T_i$ ve $|dH_i| > DH_i$) anlamlı sayılabilecek farklar belirlenmiştir [15]. Kasım 2013 de yapılan 11.Periyot ölçme sonuçlarına göre, %97,5 güvenle, obje noktalarının yaklaşık % 87'sinde anlamlı radyal hareket (baraj kret aksına dik doğrultudaki bileşeni) ve % 55'inde anlamlı düşey hareket (oturma şeklinde) belirlenmiş olup membadan mansaba doğru olmak üzere 7 yıllık sürede gelişen en büyük radyal hareket 21,1 cm ve 2082 nolu noktada (0+230 kesitinde) olmak üzere en büyük düşey hareket, -24,1 cm olarak belirlenmiştir. Gövde noktaları için belirlenen bu fark vektörlerinin bir bölümü Çizelge 3'de ve Şekil 6'da, tamamı için çizdirilmiş grafikler ise, Şekil 7'de verilmiştir.

Çizelge 3. Hesaplanan fark vektörleri ve anlamlılık testi

Nok. No	DYi (cm)	DXi (cm)	dPi (cm)	MdPi (cm)	Açıklık (grad)	dRi (cm)	Ti (cm)	Nok. No	dHi (cm)	MdHi (cm)	DHi (cm)
2082	-17,61	-11,70	21,14	1,45	395,667	21,09	3,63	2082	-24,06	1,28	3,20
4080	-12,83	-16,75	21,10	0,61	397,612	21,08	1,53	4060	-24,04	0,77	1,91
4070	-13,95	-15,45	20,82	0,67	394,755	20,75	1,67	2092	-22,86	1,21	3,03
4050	-17,08	-11,88	20,81	0,80	394,310	20,72	2,00	4050	-22,67	1,06	2,64
2112	-14,26	-14,92	20,64	1,40	0,560	20,64	3,50	4030	-22,64	1,16	2,28
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---



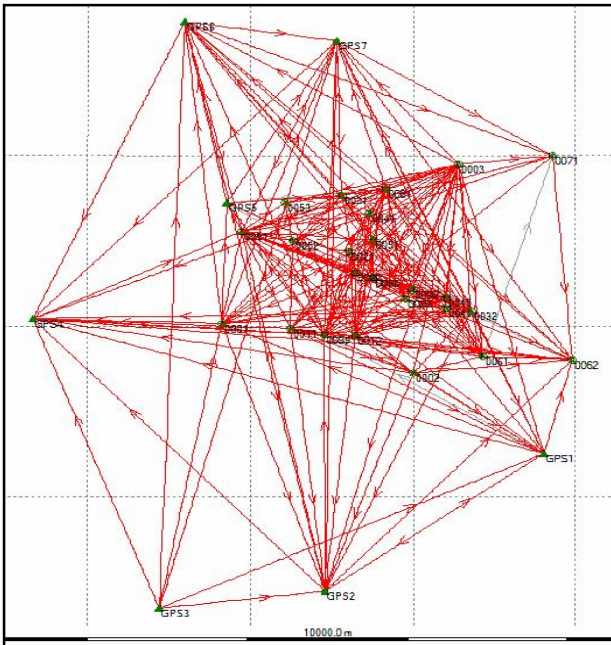
Şekil 6. Gövde üzerinde en fazla hareket belirlenen noktaların konumları



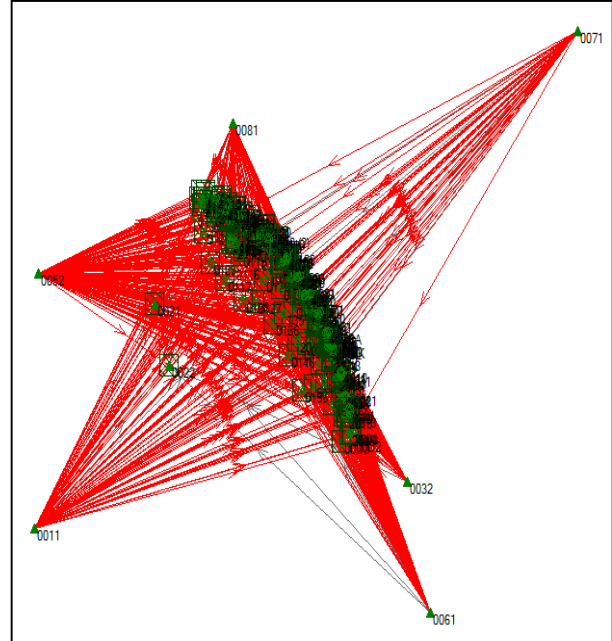
Şekil 7. Gövde noktaları için belirlenen yedi buçuk yıllık konum hareket vektörleri (May2006-Kas2013)

3.1.2 GNSS Ölçmeleri ve Değerlendirmesi

Referans ağının tüm noktaları (Şekil 7a) GNSS ölçme yöntemiyle ölçülmüş ve ölçmeler, 7 noktalı GNSS ağında tüm gün, diğer noktalarda ise en az 2 saatlik oturumlarla gerçekleştirilmiştir. Gövde üzerindeki obje noktalarının(deformasyon noktalarının) tamamına yakını en az 5 sabit noktaya göre (Şekil 7b) ve yarım saatlik oturumlarla yine GNSS yöntemiyle de ölçülerek konum ve yükseklikleri belirlenmiştir.

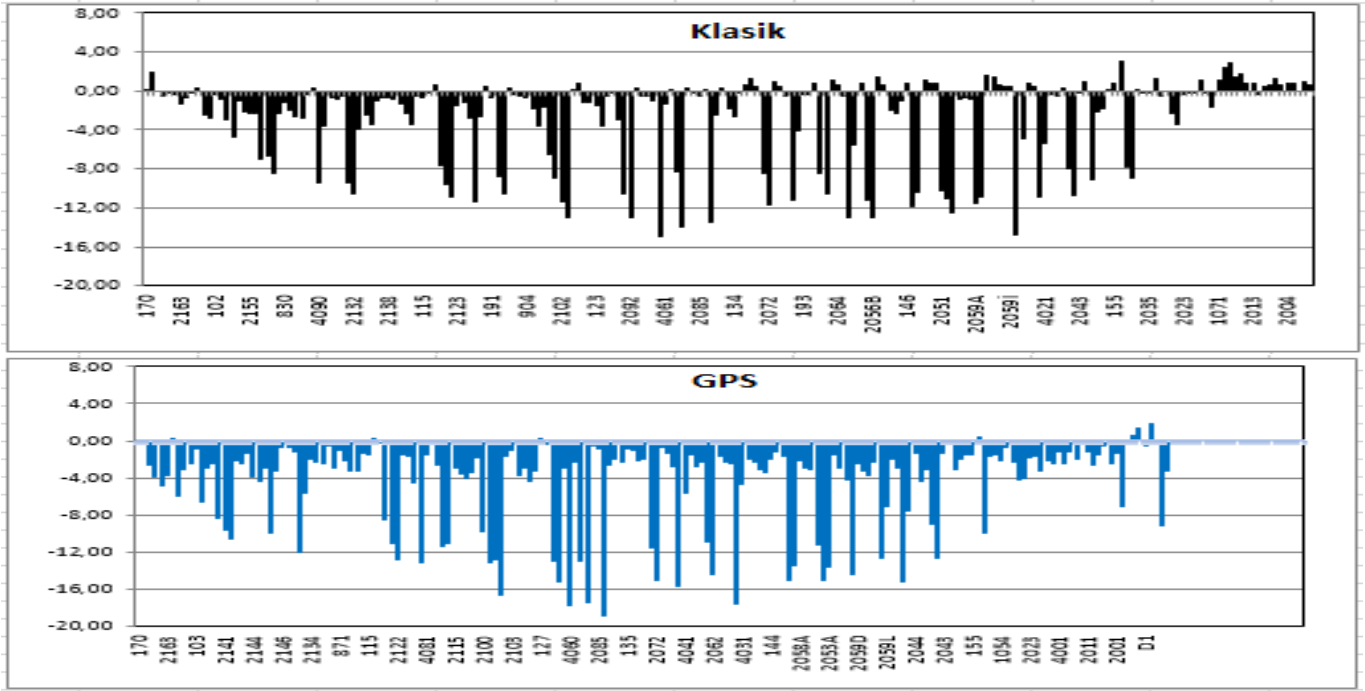


Şekil 7a. Referans ağı GNSS ölçme kanvası



Şekil 7b. Objeye ağı GNSS ölçme kanvası

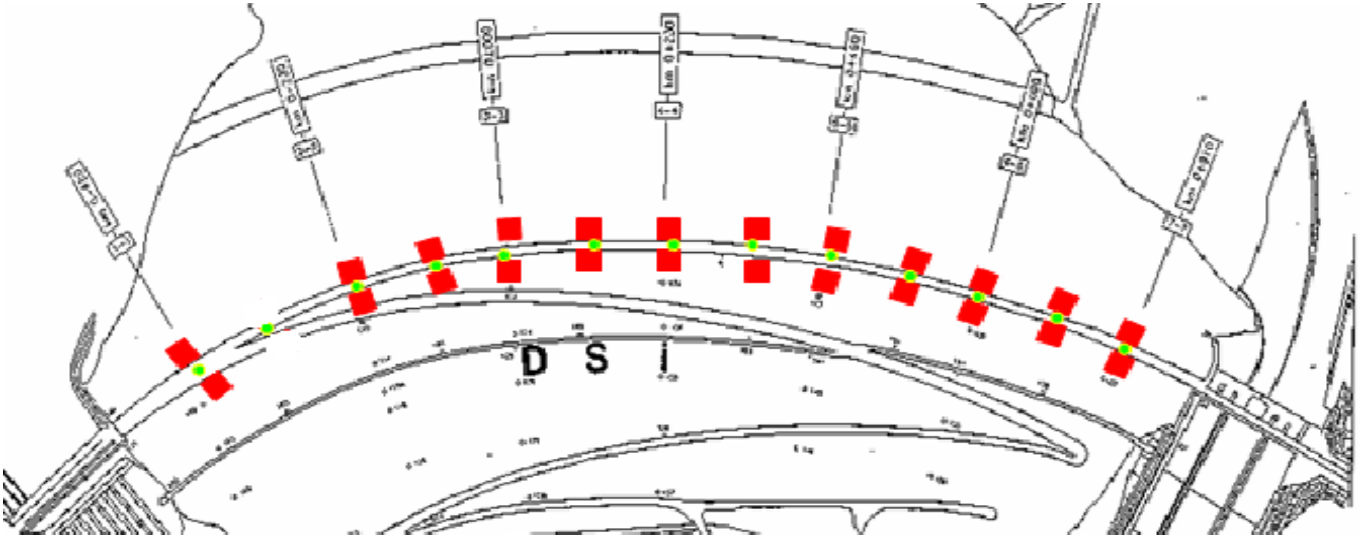
Bundan sonra, çift periyot karşılaştırması yapılarak fark vektörleri hesaplanmıştır. GNSS ölçmelerinden elde edilen sonuçlarla klasik yöntemden bulunan sonuçlar hem konum hem de yükseklik için karşılaştırılmış ve her iki yöntemden bulunan sonuçların genelde uyumlu oldukları görülmüştür. Burada özellikle yükseklik farklarına ilişkin karşılaştırmanın grafik bir çıktısı Şekil 8' de verilmiştir.



Şekil 8. Deformasyon noktaları için klasik ölçme sonuçları ile GNNS sonuçlarının karşılaştırılması

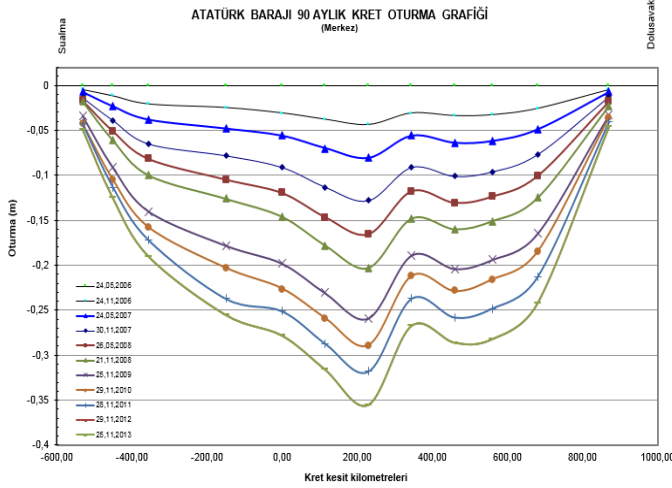
3.1.3 Kret Nivelmanı ve Değerlendirmeler

Kret üstünde hem yüzeydeki hem de kil çekirdekdeki düşey hareketleri izlemek üzere üç dizi (mamba, merkez, mansap) halinde oluşturulmuş olan kret nivelman ağı (Şekil 9), aylık periyotlarda presizyonlu geometrik nivelman tekniği ile ölçülerek nokta yükseklikleri ve değişimleri belirlenmiştir.

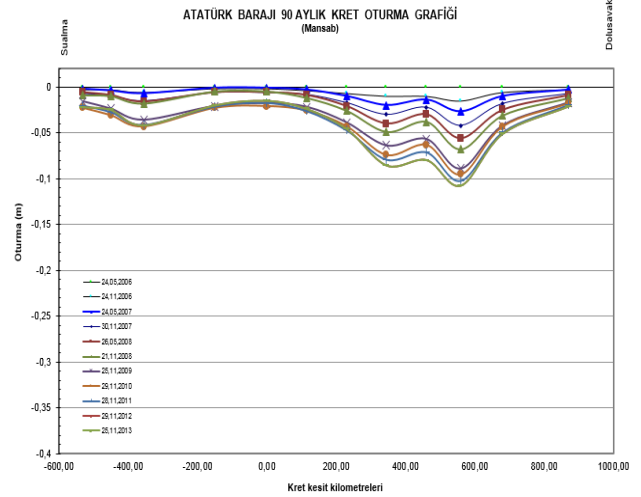


Şekil 9. Kret nivelman ağı noktaları

Yaklaşık 7,5 yıllık bir süre içinde meydana gelmiş olan toplam düşey hareketler Mayıs 2006- Kasım 2008 dönemi için 6 aylık periyotlarda ondan sonraki dönemde ise yıllık periyotlarda olmak üzere Şekil 10a ve Şekil 10b'de verilmiştir.



Şekil 10a. Merkez hattı oturma grafiği (m)



Şekil 10b. Mansap hattı oturma grafiği (m)

Burada, merkez ve mambadaki noktaların düşey hareketleri birbirine çok yakın olmasına rağmen mansaptaki oturmaların daha küçük değerlerde oldukları görülmektedir. En büyük düşey hareketin meydana geldiği 0+230m kesitindeki (yaklaşık akarsu yatağı) toplam oturma, 7,5 yıllık süre için, yaklaşık 35 cm. olarak belirlenmiştir. Bu hareketin aylık hızı, ilk yılda yaklaşık 7 mm'lerde iken son yıllarda yaklaşık 4 mm'lere gerilemiştir. Ayrıca, krette meydana gelen bu hareketlerin baraj gölü su kotuyla doğrusal bir ilişkisi de belirlenememiştir.

4. SONUÇLAR

Atatürk Barajı, Ülkemizin en büyük barajı olduğu gibi Dünyanın da sayılı barajları arasında yer almaktadır. Bu tür mühendislik yapılarının kontrol altında tutulması ve zamanla oluşabilecek deformasyonların izlenmesi hayati önem taşımaktadır. Atatürk Barajında bu izleme çalışmalarını yapabilmek için çok önemli ölçme tesisleri yapılmış ve jeodezik ve jeodezik olmayan bir çok izleme teknikleri ile 1992 den beri baraj ve çevresi sürekli izlenmektedir.

Tarafımızdan ilk ölçmeleri Mayıs 2006'da yapılan klasik ölçme sonuçları ile Kasım 2013 klasik ölçme sonuçları karşılaştırılmış ve 7,5 yıllık sürede obje noktalarının yaklaşık %80'inde anlamlı sayılabilecek radyal hareketler meydana geldiği belirlenmiştir. Mambadan mansaba doğru gelişen bu hareketlerin en büyük değeri 21.1 cm'ye ulaşmıştır

Diğer yandan, uydu bazlı konum belirleme yöntemi ile yapılan ölçülerin değerlendirilmesi sonucunda noktaların 3 boyutlu konumları oldukça yüksek doğrulukla belirlenmiştir. Klasik ölçmelerden elde edilen sonuçlarla, GNSS ölçmelerinden elde edilen sonuçların önemli oranda birbirleri ile uyumlu oldukları görülmüştür. Oldukça zaman alıcı ve zahmetli çalışmalar gerektiren klasik ölçmeler yerine, hava şartlarından bağımsız, gece ve gündüz ölçme imkanı sunan GNSS ölçmelerinin özellikle Atatürk barajı gibi ufku açık ve GNSS ölçmelerine elverişli olan barajlarda rahatlıkla kullanılabileceği görülmüştür. Konum ölçmelerinden elde edilen ± 1 cm'den daha iyi konum doğruluğu bu tezimizi destekler niteliktedir. Ancak, yükseklik doğruluğu için bu tezi aynı oranda savunmak şimdilik zordur.

TEŞEKKÜR

Atatürk Barajında Jeodezik Yöntemlerle Deformasyonların İzlenmesi Projesi kapsamında yaklaşık sekiz yıldan beri sürdürmekte olduğumuz çalışmalarda büyük desteğini gördüğümüz başta DSİ yöneticilerine ve baraj çalışanlarına, ayrıca, İTÜ İnşaat Fakültesi Geomatik Mühendisliği Bölümünden çalışmalara katılan ve destek veren tüm meslektaşlarımıza şükranlarımızı sunuyoruz.

NOT

Bu çalışma, Hitit Üniversitesinde 15-17 Ekim 2014 tarihleri arasında gerçekleştirilen 7. Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumunda sunulan “Baraj Emniyeti ve Deformasyon İzleme Çalışmaları Atatürk Barajı Örneği” başlıklı çalışmanın revize edilmiş ve genişletilmiş halidir.

KAYNAKLAR

1. Akarun, R., 1983, “ Atatürk Barajı ve Dünyadaki Büyük Barajlar ” Atatürk Barajı Özel Sayısı, DSİ-Ankara.
2. URL 1, Bureau of Reclamation Web Page, What is the biggest dam in the world?, <http://www.usbr.gov/lc/hooverdam/History/essays/biggest.html>, 13 Ağustos 2014.
3. URL 2, Devlet Su İşleri Web Sayfası, <http://www.dsi.gov.tr>, 13 Ağustos 2014.
4. DSİ, 2013, “ Türkiyedeki Barajlar ve Hidroelektrik Santraller ”, DSİ Teknoloji Dairesi Başkanlığı Ankara.
5. Kalkan, Y., 2007, “ Atatürk Barajında Jeodezik Yöntemlerle Deformasyonların İzlenmesi ”, Projesi Teknik Raporu, DSİ Genel Müdürlüğü, Ankara.
6. ASDSO 2010, “ Association of State Dam Officials ”, Lexington, KY, USA., <http://www.damsafety.org>
7. Kalkan, Y., Alkan, R.M., 2005, “ Mühendislik Yapılarında Deformasyon Ölçmeleri ”, 2. Ulusal Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu, 23-25 Kasım 2005, İstanbul, s. 64-74
8. Kalkan, Y., Baykal, O., Alkan, R. M., Yanalak, M., 2002, “ Deformation Monitoring With Geodetic and Geotechnical Methods a Case Study in Ambarlı Region ”, International Symposium on Geographic Information Systems, September, 2002, İstanbul.
9. 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.
10. 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.
11. Pretorius, C.J, Schmidt, W.F., Van Staden, C.S., 2001, “ 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.
12. Technical Report, 2004, “ Atatürk Dam And Hydroelectric Power Plant Geodetic Dam Monitoring ” May 2004. Electrowatt Engineering Ltd., Zurich. Dolsar Engineering Ltd., Ankara.
13. Usage, 2002, “ Engineering and Design Structural deformation Surveying (EM 110-2-1009) ”, Department of the Army US Army Corps of Engineers, Washington, DC 20314-1000.
14. Svend-Erik, B., 2001, “ 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.
15. Hoover, W., E., 1984, “ Algorithms For Confidence Circles and Ellipses ”, NOAA Technical Report NOS 107 C&GS 3, Charting and Geodetic SeNices, Rockville, MD, September 1984.