

EĞİM ÖLÇERLERİN JEODEZİK AMAÇLI ÇALIŞMALARDA KULLANILMASINA BİR ÖRNEK

*Bihter EROL, Rahmi Nurhan ÇELİK**

ÖZET

Jeodezik ölçmelerde, ölçmeye konu olan problemin niteliğine ve bunun gerektirdiği ölçme doğruluğuna yönelik olarak uygun olan ölçme yöntemi ve donanımının kullanılması büyük önem taşımaktadır.

Çok çeşitli amaçlara yönelik jeodezik ölçmelerde konvansiyonel ölçme donanımları, uydu teknolojisine dayalı ölçme sistemlerinin yanı sıra dijital ya da analog eğim ölçerlerin de kullanıldığı bilinmektedir. Örnek olarak, hidrografik ölçmelerde, astro-jeodezik yöntem ile geoit belirlemede yardımcı donanım olarak, volkanolojide, endüstriyel amaçlı ölçmelerde, köprü, viyadük, baraj, gökdelen gibi mühendislik yapılarının hareketlerinin belirlenmesinde eğim ölçerler kullanılmaktadır.

Bu çalışmada da, İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesinin beş katlı betonarme binasının üzerine tesis edilmiş ISTA-IGS nokta tesisi görevi yapan pilyenin (1.12 m yüksekliğinde) ve onu taşıyan binanın hareketleri mikroradyan presizyonunda ölçme yapabilen NIVEL20 dijital eğim ölçerler ile izlenmiştir. Ölçmeler üç farklı zaman diliminde yapılmıştır. Ölçme periyotlarından birincisi, 1999 yılında 19-26 Mart tarihleri arasında 8 gün, ikincisi, 2000 yılında 10 Mart ve 06 Nisan tarihleri arasında 27 gün ve sonuncusu, 2002 yılında 17 Şubat ve 01 Nisan tarihleri arasında 46 gün sürmüştür. Gerçekleştirilen bu çalışma ve elde edilen sonuçlara bu bildiride yer verilmektedir. Elde edilen deneyimler de ayrıca burada paylaşılmaktadır.

ABSTRACT

AN EXAMPLE OF USING INCLINATION SENSORS IN MEASUREMENTS WITH GEODETIC AIMS

In geodetic measurements, using an appropriate measurement technique and measurement equipments according to aim of the geodetic work and its needed accuracy has a major importance.

İTÜ İnşaat Fakültesi, Jeodezi Anabilim Dalı, 80626, Maslak-İstanbul
e-mail: bihter@itu.edu.tr, celikn@itu.edu.tr

Besides the conventional measurement techniques and satellite based measurement techniques, digital or analog precise inclination sensors are also used in geodetic measurements with various aims. As examples, in hydrographic measurements, as an auxiliary measurement equipment in geoid determination with astro-geodetic method, in volcanological measurements, in industrial measurements, in monitoring deformations of engineering structures as if dams, bridges, viaducts or sky-scrappers etc. inclination sensors are utilized.

In this study, the movements of a pillar, which is ISTA IGS continuous GPS reference station, were monitored. The pillar is in 1.12 m height and had been constructed on the building of Civil Engineering Faculty, İstanbul Technical University. This building is reinforced concrete and has five floors. During the measurements, Leica NIVEL20 double axes digital inclination sensors were used and the measurement precision of these equipments is in micro-radian. Measurements were carried out in to three parts. First period measurements had taken 8 days in 19-26 March 1999, the second one 23 days in 10 March and 06 April 2000 and the last one 46 days in 17 February and 01 April 2002. In here, this study is going to be explained, the results of the measurement periods are going to be given. The experiences, which were procured from the study, are also going to be given here.

1. GİRİŞ

Jeodeziye yönelik gerçekleştirilen ölçmelerde, çalışmanın türü, amacı, gerektirdiği doğruluk, çalışmada kullanılacak ölçme donanımının ve ölçme yönteminin belirlenmesinde etkin olur. Hızla gelişen teknoloji ile birlikte ölçme sistemleri ve donanımlarının presizyonu da artmakta, elektroniğin her alanındaki olumlu etkileri jeodezi alanında gözlenmekte ve mekanik çalışma prensipleri ile çalışan konvansiyonel ölçme aletleri elektronikleşmekte ve daha kolay kullanılır hale gelmektedir.

Dijital eğim ölçerler de gelişmiş teknolojinin birer ürünüdürler ve yüksek presizyon gerektiren jeodezik amaçlı bir çok ölçmede kullanılmaktadırlar. Bu ölçmeler, mühendislik yapılarındaki deformasyonların izlenmesinden astro-jeodezik ölçmelere kadar jeodezinin bir çok alanında kullanıla gelmektedir.

Burada sözü edilecek çalışmada, IGS' in (International GPS Service=Uluslar arası GPS Servisi) sürekli GPS referans ağı noktalarından biri olan ISTA IGS istasyonunun nokta tesisi olan pilyenin hareketleri üç aşamalı olarak izlenmiştir. Ölçmelerde çift eksenli dijital NIVEL20 eğim ölçerler kullanılmıştır. Leica firması tarafından üretilen bu ölçme aletlerinin presizyonu mikroradyan mertebesinde.

Çalışmada hareketleri izlenen pilye, İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi binasının beş katlı betonarme binasının üzerine tesis edilmiştir ve bina üzerinde stabil bir bölge olması gerekçesi ile tesisin binanın taşıyıcı kolonlarından bir tanesinin üzerine tesis edilmesine özen gösterilmiştir. Gözlemler yaklaşık birer yıl ara ile 8 ila 46 gün arasında değişen üç aylı periyot halinde gerçekleştirilmiştir.

Çalışmanın amacı, ISTA IGS referans istasyonunun nokta tesisinin yeterince stabil olup olmadığını sınamak ve binanın doğal hareketlerinin, üzerinde yer alan pilyeyi ne şekilde etkilediğini ortaya koymak olmuştur.

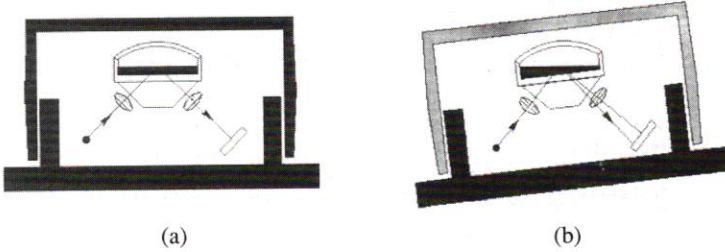
Burada da, gözlemler için oluşturulan ölçme sistemi ve donanımı ayrıntıları ile anlatılacak, ölçme verileri yorumlanacak ve her üç ölçme periyodu birbirleri ile karşılaştırılacak, bu karşılaştırmalardan ortaya çıkan sonuçlar açıklanacaktır. Ayrıca, böylesi bir çalışmadan edinilen deneyimlere de burada yer verilecektir.

2. DİJİTAL EĞİM ÖLÇERLERİN ÇALIŞMA PRENSİPLERİ

Bu bölümde, dijital eğim ölçerlerin çalışma prensipleri NIVEL20 eğim ölçerler üzerinde özelleştirilerek ifade edilecektir.

Çift eksenli NIVEL20 eğim ölçerler eğimin değerini eksenleri yönünde mikroradyan mertebesinde bir presizyon ile eş zamanlı olarak ölçen ve görüntüleyen bir ölçme sistemidir.

Bu sistem opto-elektronik esaslara göre çalışır. Çalışma prensibi kabaca, yatay bir sıvı yüzeyi ile eğime sahip olan yüzeyin arasındaki açının ölçülmesine dayanır (bkz. Şekil 1). Bu elektro-optik açı ölçme sistemi tarafından ölçülen açı, dijital çıkış sinyaline dönüştürülür (Anonim, 1998a) (Özöner, 2000). Analog eğim ölçerlerde ise bu açı analog olarak algılanır



Şekil 1: Eğim ölçerlerin ölçme prensipleri şekillerde kabaca gösterilmektedir, (a); Sistem tam yatayken sinyalin algılayıcı levhada düştüğü nokta, (b); Sistem eğimli iken sinyalin algılayıcı levha üzerinde düştüğü nokta (Özöner, 2000).

NIVEL20 dijital eğim ölçerlerin yapısında, ölçme anında ortamın ısısını da eğim ölçmeleri ile eş zamanlı olarak ölçen ve kayıt bölümüne gönderen bir ısı ölçer yer alır. Isı ölçer ölçme anındaki ortamın sıcaklığını santigrat derece cinsinden verir. Eğim ölçer sisteminin kullanım amacına bağlı olarak, eğim ölçerleri anlık ortam sıcaklık bilgisi ile ilişkilendirilebilir. Genel anlamda eğim ölçerlerin jeodezik ve endüstriyel amaçlara yönelik olarak kullanıldıkları alanlar aşağıdaki gibi özetlenebilmektedir.

- Mühendislik yapılarındaki deformasyonların ve hareketliliğin izlenmesinde kullanılmaktadır. Yüksek presizyona sahip olmaları, uzun süreli kesintisiz ölçme yapabilmeye

özellikleri, arazi koşullarında dayanıklı cihazlar olmaları ve istenirse uzaktan kontrol edilebilmeleri olanağının bulunması bu ölçmelerde avantaj sağlamaktadır. Örneklen-
dirilecek olunursa, barajların, köprülerin, viyadüklerin, çok katlı binaların hareketle-
rinin izlenmesinde bu donanımların kullanıldığı uygulamalar vardır.

- Volkan biliminde, volkanlara ilişkin faaliyetlerin gözlenmesinde ve buna ilişkin bi-
limsel araştırmaların ölçmelerinde dijital ve analog, çift eksenli ya da tek eksenli
eğim ölçerler kullanılmaktadır.
- Hidrografik ölçmelerde yardımcı ölçme donanımı olarak kullanılmaktadırlar.
- Astro-jeodezik yöntem ile geoid belirlemede, ölçülerdeki gürültülerin eliminasyonu-
na yönelik olarak, gerekli olan ölçmelerin gerçekleştirilmesinde yardımcı ölçme do-
nanımı olarak kullanıldıkları uygulamalar vardır.
- Endüstride, büyük iş makinelerinin ve teçhizatlarının montajında oldukça önemli gö-
rev üstlenen bir ölçme sistemidir. Özellikle çift eksenli eğim ölçerler bu ölçme gru-
bunda daha çok tercih edilirler. Endüstriye yönelik olarak yapılan bu ölçmelerde, X
ve Y eksenleri doğrultusunda yapılan anlık ölçmeler ile montaj yapılacak yüzeyin tes-
viyesi yüksek presizyon ile gerçekleştirilir. Çift eksenli sayesinde cihazın tekrar tek-
rar ayarlanması gereği ortadan kalkmış olur. Böylelikle ölçmelerde zamandan kazanç
sağlanır ve ölçülere etki edebilecek hata kaynakları belirli oranda elemine olur (Özö-
ner, 2000).
- Bir yüzeyin eğiminin belirlenmesi ve/veya tesviye edilmesi amacı ile eğim ölçerler
kullanılırlar. Bu amaca yönelik uygulamalarda, uygulanan özel bir ölçme yöntemi
vardır (Özöner, 2000).

3. ÖRNEK ÇALIŞMA: ISTA-IGS NOKTASININ HAREKETLERİNİN İZLENMESİ

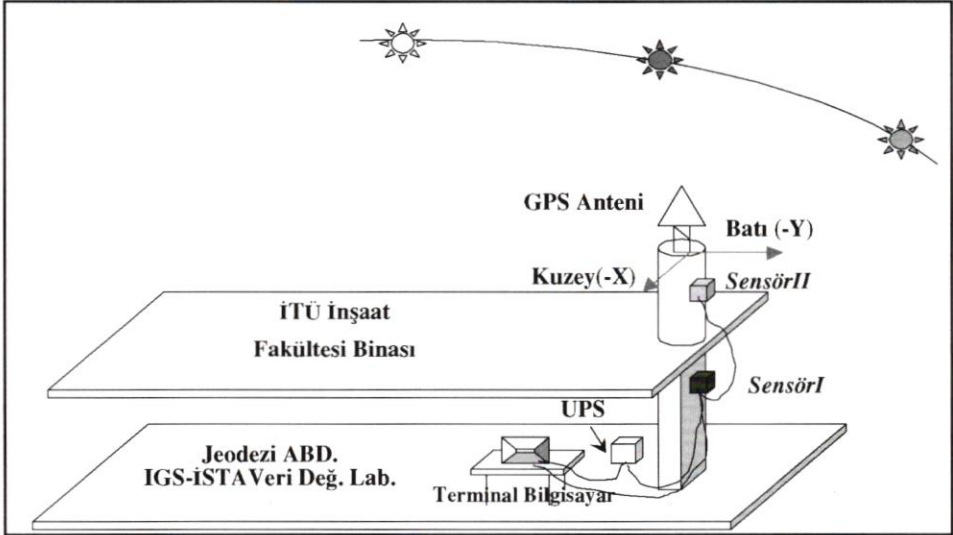
ISTA sabit GPS referans istasyonu 1999 da kurulmuştur ve IGS' in Sürekli GPS Referans Ağı'nın İstanbul'da yer alan noktasıdır. İstasyonun nokta tesisi 1.12 m yüksekliğe sahip bir pilyedir ve İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesinin beş katlı betonarme binası üze-
rinde yer almaktadır.

IGS uluslar arası bir jeodezi kuruluşudur. Üstlendiği görev ve sorumluluklardan bazıları, GPS uydusu efemerislerinin belirlenmesi, yer dönme parametrelerinin hesaplanması, IGS izle-
me istasyonlarına ait koordinatlar ve hız vektörlerinin belirlenmesi, GPS uydusu ve IGS izle-
me istasyonları saat bilgilerinin belirlenmesi, tektonik çalışmalar ve kıta hareketlerinin izlen-
mesi vs. dir (Anonim, 2000), (Özöner, 2000).

Genel anlamda, sabit GPS referans istasyonlarına ait nokta tesislerinin fiziksel koşullarının sağlanması gereken bir takım şartlar vardır. Örneğin, nokta tesisinin çevresinde GPS anteni tarafından alınacak uydusu sinyali engelleyebilecek ya da sinyale bozucu etki yapabilecek herhangi unsur bulunmamalıdır. GPS anteninden alınan veriyi, algılayıcı ve kayıt donanımı-
nın bulunduğu birime taşıyacak olan kablolar mümkün olduğunca az yol kat etmelidir. Sa-

bit GPS istasyonunun her türlü donanımı, olabildiğince, diğer insanların ve sisteme zararı olabilecek hayvanların erişiminden uzak bir mekanda konuşlandırılmış olmalıdır. Sabit GPS istasyonu gerektiğinde derhal ulaşılacak bir konumda olmalı ve çevresinde enerji sağlayacak bir kaynak olmalıdır v.s. (Erol ve Özöner, 2001). İSTA sabit GPS istasyonunun çevresel koşulları, uluslararası literatürde belirtilen bu şartları iyi bir biçimde sağlamaktadır. Ancak istasyonun bir binanın üzerine tesis edilmiş olması, binanın nokta tesisine bir etkisi olup olmadığını araştırmaya sevk etmiş ve bu amaçla burada anlatılan çalışma gerçekleştirilmiştir. Problemin çözümüne yönelik olarak, gerçekleştirilen ölçmelerde iki adet NIVEL20 çift eksenli dijital eğim ölçerlerden oluşan bir ölçme sistemi kullanılmıştır. Böyle bir ölçme sisteminin kullanılmasında eğim ölçerlerin sağladığı mikroradyan mertebesindeki presizyonun amaca uygun bir presizyon olmasının yanı sıra bu ölçme aletlerinin birbirleri ile paralel olarak eş zamanlı ölçme yapabilmeleri de etkin rol oynamıştır.

Eğim ölçerlerin kullanılmasındaki belirtilen sebepler doğrultusunda, son iki ölçme periyodunda kullanılan ölçme sistemi şu şekilde tasarlanmış ve de kullanılmıştır; 1 numaralı eğim ölçer pilyenin izdüşümünde yer alan bina taşıyıcı kolonuna çelik taşıyıcı bir konsol ile, 2 numaralı eğim ölçer ise pilyenin gövdesine, yüksekliğinin yaklaşık olarak ortasına gelecek şekilde ve aynı düzencek ile tesis edilmiştir (bkz. Şekil 2). Ölçmelerin ilk periyodunda kullanılan ölçme sisteminin dizaynı ise daha farklı idi. 8 günlük ilk ölçme periyodu istasyonun kurulduğu fakat faaliyete geçmediği günlere rastlamış olması nedeniyle bir numaralı eğim ölçer pilyenin izdüşümündeki taşıyıcı bina kolonunun taban ile bulunduğu yere (alt tarafına) ve iki numaralı eğim ölçer ise pilyenin üzerine, antenin montajının yapıldığı satıha çelik montaj altlıkları ile konumlandırılmışlardır. İkinci yöntem bu tür problemlerin çözümünde daha uygun bir sistem ve donanım düzeni olmasına karşın ilk ölçme periyodundaki sistem ve donanım düzeni sonucunda elde edilen ölçmeler ve sonuçlar doğruluk ve amaca uygun sonuç elde etme açısından bir farklılık göstermemiştir.



Şekil 2: İkinci ve üçüncü ölçme periyodunda kullanılan ölçme sistemi görülmektedir (Özöner, 2000) (Özöner ve Çelik, 2002).

Ölçme periyotları ile ilgili bilgiler aşağıdaki tabloda yer almaktadır (bkz. Tablo 1).

Ölçme Periyodu	Başlama Tarihi	Bitiş Tarihi	Veri Kayıt Aralığı	Alet Sayısı	Toplam Süre	Veriler
I	19.03.1999	26.03.1999	1 dakika	2	8 gün	X Eğim (mrad) Y Eğim (mrad) T (santigratderece)
II	10.03.2000	06.04.2000	1 dakika	2	27 gün	X Eğim (mrad) Y Eğim (mrad) T (santigratderece)
III	17.02.2002	01.04.2002	10 dakika	2	41 gün	X Eğim (mrad) Y Eğim (mrad) T (santigratderece)

Tablo 1: Ölçme periyotlarına ilişkin özet bilgiler tabloda yer almaktadır. Veriler sütununda ölçmeler sırasında kullanılan her iki eğim ölçer tarafından kayıt edilen veriler ve büyüklüklerin cinsleri yer almaktadır (mrad=miliradyan, X=x eksenini Y=y eksenini ifade etmektedir.).

Tablo 1 de verilen kayıt aralıkları, eğim ölçerlerin normal şartlar altında veriyi kayıt ettikleri sürelerdir. Bu aralıkların dışında, herhangi bir rasgele anda meydana gelen ani ve büyük değerdeki eğim değişiklikleri de rutin zamanların dışında otomatik olarak kayıt edilmektedir. III. Ölçme periyodunda kayıt aralığı, ölçme süresinin 41 gün olması dolayısıyla, verilerin kayıt edildiği bilgisayarın hafıza kullanımını optimize etmek ve veri tabanı dosyasının kapasitesini zorlamamak amacıyla 10 dakikaya çıkartılmış ve bu veri kayıt aralığı yeterli bulunmuştur.

Ölçme sisteminde, eğim ölçerler tarafından ölçülen veriler, dijital olarak bilgisayara aktarılmış ve bu bilgisayarda çalışmakta olan SOPOM 4.3. yazılımı tarafından bir veri tabanı dosyasında kayıt edilmişlerdir. SOPOM 4.3. yazılımı Leica firması tarafından NIVEL20 eğim ölçerler ile kullanılmak üzere üretilen yazılımlardan bir tanesidir. Bu yazılımla ölçülen eğim ve sıcaklık verileri ölçme anında ve sonrasında grafik ve sayısal olarak görselleştirilebilmekte ve kayıt edilebilmektedir. Yazılım veriler ile ilgili herhangi bir analiz yapma yeteneğine sahip olmamakla birlikte, istenildiği takdirde gereken veri analizleri için kullanıcısı tarafından ek programlar ile özelleştirilebilme imkanına sahiptir.

3.1 ÇALIŞMA VERİLERİNİN İRDELENMESİ, ANALİZİ VE MODELLENMESİ

Bu başlık altında, gerçekleştirilen çalışmanın verileri irdelenecek ve ayrıca pilye üzerine monte edilmiş olan (bkz. Şekil 2) 2 numaralı eğim ölçer tarafından kayıt edilmiş olan pilyenin X ve Y eksenleri yönünde yaptığı hareketlere ilişkin modelleme çalışmalarından söz edilecektir.

Çalışmada her üç ölçme periyodunda kayıt edilen ölçüler ele alınmış ve periyotlardan alınan sonuçların birbirlerini destekledikleri görülmüştür.

İrdelemeler sırasında, kayıt edilen eğim değerlerinin görsel olarak irdelenebilmeleri ve her iki eksen doğrultusundaki eğilme hareketlerinin daha somut bir biçimde canlandırılabilmesi açısından veri grafikleri hazırlanmıştır. Bu grafiklerin hazırlanmasında SURFER6.0 grafik programından faydalanılmıştır. Veri grafikleri her bir gün için ayrı ayrı oluşturulmuştur, yani her bir grafik pilyenin ve pilyeyi taşıyan bina kolonunun bir gün boyunca yaptığı hareketi göstermektedir. Eğim verisi grafikleri iki boyutlu grafiklerdir. Şekil3-a-b-c den de görüldüğü gibi, yatay eksen her iki eğim ölçerin X eksenini, düşey eksen ise Y eksenini temsil etmektedir. Bu bağlamda, ölçmeler sırasında her iki eğim ölçerin eksen yönlerinin aynı bir biçimde yöneltilmiş olmasına dikkat edilmiştir. II. ve III. Ölçme periyotlarında da eksen yönlerinin aynı olması sağlanmıştır. Çünkü bu her iki ölçme periyodunun birbirleri ile karşılaştırılabilmesi ve birlikte irdelenebilmeleri açısından önem taşımaktadır. Ayrıca eğim veri grafiklerinde gün ikiye saatlik dilimlere bölünmüş ve her iki saatlik aralık farklı bir renkte gösterilmiş ve bu aralıklar çentikler ile birbirlerinden ayrılmışlardır (bkz. Şekil 3). Bu da hareketin hangi saatler arasında daha büyük değerlerde olduğu konusunda fikir vermektedir (bkz. Şekil 3).

Eğim veri grafiklerinden başka, zamana bağlı sıcaklık grafikleri de günlük aralıklar halinde oluşturulmuştur. Bu grafiklerden de ortam sıcaklığının bir ölçme gününde en fazla ne kadar değiştiği, nasıl değiştiği gibi bilgiler daha kolay bir biçimde edinilmiş ve bu bilgiler eğim verilerinin yorumlanmasında kullanılmıştır.

Eğim ölçerler tarafından ölçülen sıcaklık verilerinin yanı sıra, her bir ölçme günündeki hava durumuna ilişkin güneşlilik, rüzgarlılık durumu gibi bilgiler nitel gözlemler ile ölçme ekibi tarafından rapor edilmişlerdir. Ayrıca bu raporlara ek olarak da rüzgar ve nem gibi nicel bilgiler de İTÜ Meteoroloji mühendisliği internet sayfasından günlük olarak alınarak bu raporlara eklenmiştir. Bu raporlarda özellikle pilyenin yapmış olduğu hareketlerin yorumlanmasında önemli rol oynamıştır.

Tablo 2: Üç ölçme periyodundan rasgele birer örnek olarak alınan, güneşli ve açık gözleme gününe ait eğim ve sıcaklık değerleri. Sabah, saat 5 ile 6 arasında, Öğlen, saat 12yi, Akşam, saat 19-20 arasında, Gece ise, saat 22-24 arasında ifade etmekte olup, değerler bu saat aralıklarından rasgele seçilmiştir.

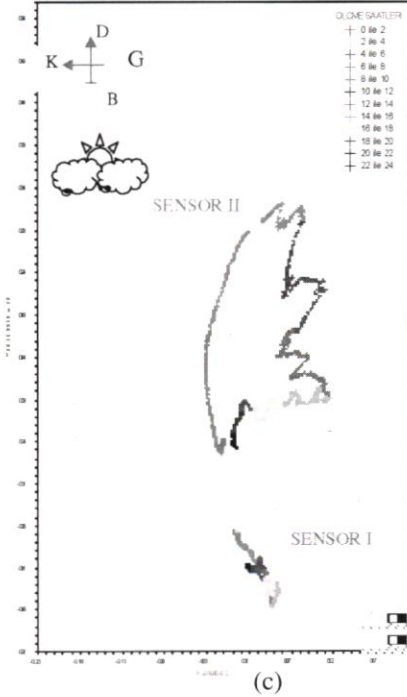
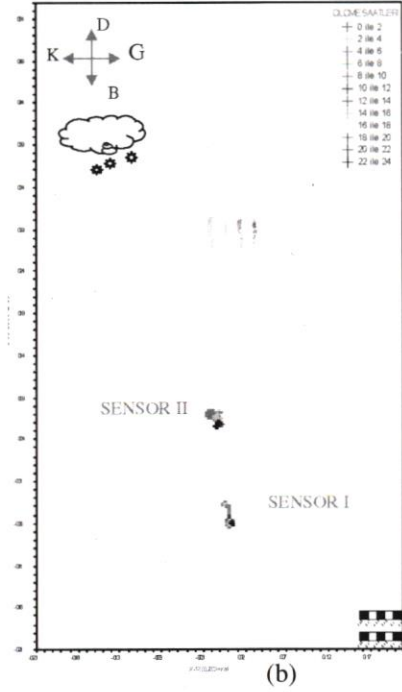
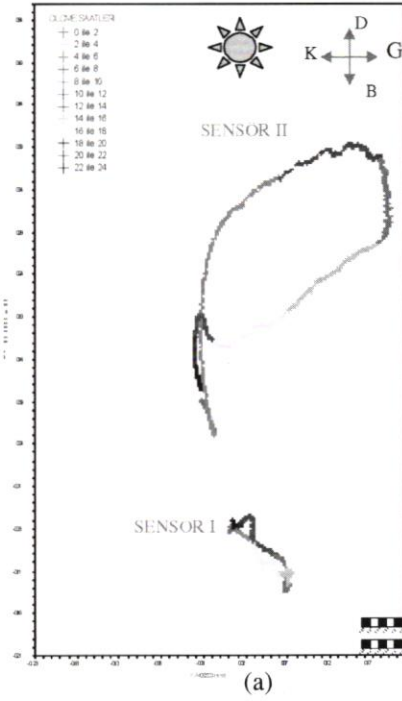
Tüm Gün Güneşli ve açık	Ölçme Günü	Eksen/ Sıcaklık	Sabah	Öğle	Akşam	Gece	Ölçme Günü için Maks. Genlik	Tüm periyot için Maks. Genlik
I. Periyot	22.03.1999	X	-0.007 mrad	-0.189 mrad	-0.031 mrad	-0.021 mrad	0.314 mrad	0.535 mrad
		Y	-0.010 mrad	0.260 mrad	0.051 mrad	0.007 mrad	0.351 mrad	0.580 mrad
		T	5.9 C	21.6 C	11.5 C	8.6 C	20.8 C	-
II. Periyot	03.04.2000	X	-0.141 mrad	0.038 mrad	-0.121 mrad	-0.141 mrad	0.210 mrad	0.220 mrad
		Y	0.140 mrad	0.468 mrad	0.306 mrad	0.235 mrad	0.390 mrad	0.395 mrad
		T	10.8 C	31.2 C	23.7 C	14.5 C	22 C	-
III. Periyot	16.02.2002	X	0.034 mrad	0.284 mrad	0.022 mrad	0.029 mrad	0.264 mrad	0.333 mrad
		Y	-0.047 mrad	0.174 mrad	0.059 mrad	0.015 mrad	0.249 mrad	0.250 mrad
		T	4.3 C	22.9 C	11.5 C	8.4 C	21 C	-

Not 1: Tabloda yer alan değerler pilye üzerindeki II nolu eğim ölçere ait değerlerdir. Not 2: Genlik=(Günün maksimum değeri - Günün minimum değeri)

Tablo 3: Üç ölçme periyodundan rasgele birer örnek olarak alınan, Bulutlu ve Tam olarak kapalı geçen gözleme gününe ait eğim ve sıcaklık değerleri. Verilen gözleme günlerinde güneş direkt olarak etkili olmamıştır. Sabah, saat 5 ile 6 arasında, Öğlen, saat 12yi, Akşam, saat 19-20 arasında, Gece ise, saat 22-24 arasında ifade etmekte olup, değerler bu saat aralıklarından rasgele seçilmiştir.

Tüm Gün Bulutlu ve Kapalı	Ölçme Günü	Eksen/ Sıcaklık	Sabah	Öğle	Akşam	Gece	Maksimum Genlik
I. Periyot	20.03.1999	X	-0.011 mrad	-0.001 mrad	-0.021 mrad	-0.021 mrad	0.028 mrad
		Y	-0.005 mrad	0.010 mrad	-0.011 mrad	-0.016 mrad	0.032 mrad
		T	7.0 C	8.7 C	6.6 C	6.4 C	2.5 mrad
II. Periyot	17.03.2000	X	-0.004 mrad	-0.010 mrad	0.001 mrad	-0.004 mrad	0.020 mrad
		Y	0.037 mrad	0.037 mrad	0.026 mrad	0.026 mrad	0.020 mrad
		T	2.5 C	7.4 C	5.2 C	4.4 C	4 C
III. Periyot	20.02.2002	X	-0.004 mrad	0.008 mrad	0.014 mrad	0.020 mrad	0.031 mrad
		Y	-0.006 mrad	-0.022 mrad	-0.024 mrad	-0.033 mrad	0.045 mrad
		T	15.1 C	12 C	10.9 C	9.8 C	7 C

Not 1: Tabloda yer alan değerler pilye üzerindeki II nolu eğim ölçere ait değerlerdir. Not 2: Genlik=(Günün maksimum değeri - Günün minimum değeri)



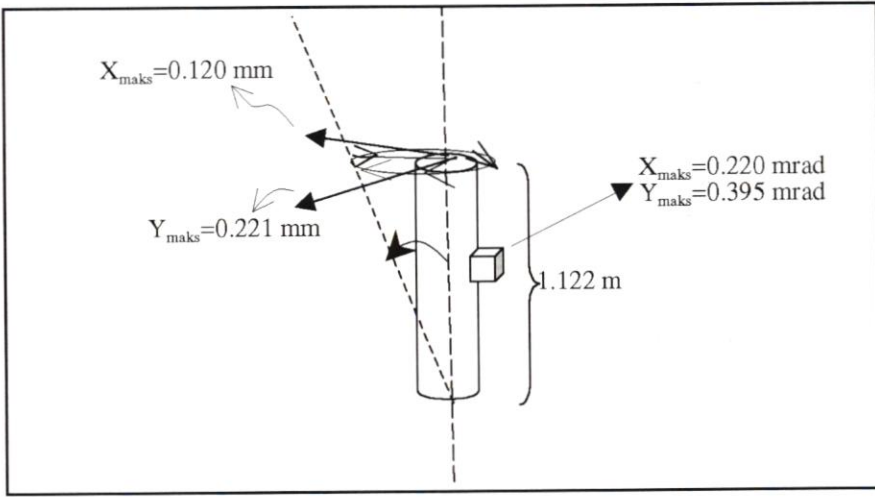
Şekil 3 a-b-c : Örnek eğim grafikleri – Burada yer verilen grafikler, II. Ölçme periyoduna ait farklı hava koşullarına sahip üç gözleme gününe ait olan grafiklerdir. Her güne ait eğim verilerinin grafiklere aktarılma nedeni ölçülen hareketlerin görsel olarak analiz edilmelerini sağlamak ve bu hareketleri somutlaştırmak için oluşturulmuşlardır. Grafiklerde Sensör-I olarak adlandırılan eğim ölçer bina kolonunda yer alan eğim ölçer, Sensör-II olarak adlandırılan eğim ölçer pilye üzerinde yer alan eğim ölçerdir. Grafiklerin üzerlerinde o ölçme gününe ait hava durumunu gösterir semboller ve yönleri gösteren oklar bulunmaktadır. Yatay eksenle sensörün X eksenini doğrultusunda kayıt ettiği eğim değerleri, dikey eksenle sensörün Y eksenini doğrultusunda kayıt ettiği eğim değerleri gösterilmiştir. Grafiğin ait olduğu ölçme günü ve ölçü birimi (milyaradyan) grafiklerin altında belirtilmiştir. Şekil-a' da güneşli bir ölçme günü, Şekil-b'de karlı bir ölçme günü ve Şekil-c' de ise parçalı bulutlu bir ölçme gününde her iki sensörün kayıt etmiş olduğu verilere ilişkin örnek eğim grafikleri yer almaktadır (Özöner, 2000), (Özöner ve Çelik, 2001), (Özöner ve Çelik, 2002). Grafiklerde gün ikiye saatlik dilimlere bölünmüş ve her iki saatlik aralık farklı bir renkte gösterilmiş ve bu aralıklar çentikler ile birbirlerinden ayrılmışlardır.

Oluşturulan zamana bağlı eğim veri grafiklerinde 2 numaralı eğim ölçer ile 1 numaralı eğim ölçerin vermiş oldukları değerler birbirleri ile karşılaştırıldıklarında, Şekil 3'te görüldüğü gibi, pilyede kayıt edilen hareketliliğin taşıyıcı bina kolonunda kayıt edilen hareketliliğe göre daha büyük miktarda olduğu, her ölçme periyodunda ve her bir ölçme günü için, gözlenmiştir. Taşıyıcı bina kolonunda küçük miktarlarda ve rasgele olduğu gözlenen hareketliliğin, binanın olağan hareketliliği olduğuna ve bunun pilyenin hareketleri üzerinde herhangi bir etkisi olmayacağına karar verilmiştir. Bu durumda, pilyede gözlenen hareketliliğin daha başka bir takım sebepleri olasılığı üzerinde durulmuştur. Bu sebepler araştırılmış, irdelenmiş, günlük gözlemci raporları ile eşleştirilmiş ve ortaya aşağıda açıklanan sonuç çıkmıştır.

Pilyenin inşa edilmiş olduğu malzeme direkt güneş ışının etkisi ile genleşmeye uygun bir malzemedir. Dolayısıyla, direkt güneş ışığının etkili olduğu günlerde pilyenin, sabahdan doğuya bakan, öğleden sonra da güneşin yön değiştirmesi ile batıya yüzeyi genleşerek uzamakta ve pilye tersi istikamete doğru eğilmektedir. Bu hareket, güneşin etkili olduğu, açık ve bulutsuz günlerde sistematik olarak bu şekilde gerçekleşmektedir. Gün içi sıcaklık farklarının da fazla değişmediği, bulutlu ve kapalı günlerde ise pilyenin hareket miktarı yaklaşık olarak bina kolonunda kayıt edilen hareket büyüklüğünde ve rasgele karakterde olmaktadır.

Yapılan irdelemeler sonucunda ulaşılan bu sonuç, her üç ölçme periyodunda da birbirini destekler nitelikte olmuş ve herhangi değişikliğe uğramamıştır. Bu durum karşısında, birinci ölçme periyodu süresince güneşli ve açık günler dikkate alındığında, pilyenin X eksenli doğrultusunda kayıt edilen maksimum eğim miktarı 0.535 mrad ve Y eksenli doğrultusundaki maksimum eğim miktarı 0.580 mrad'dır. İkinci ölçme periyodunda pilyede X ve Y eksenleri doğrultusunda kayıt edilen maksimum eğim miktarları sırasıyla 0.220 mrad ve 0.395 mrad olmuştur. İkinci periyoda ilişkin bu maksimum değerlerin milimetre cinsinden karşılıkları ve hareketin illüstrasyonu Şekil 4'te yer almaktadır. Üçüncü periyotta ise pilye de kayıt edilen maksimum eğim miktarları X ve Y eksenleri doğrultusunda sırasıyla 0.333 mrad ve 0.250 mrad olmuştur. Birinci periyotta kayıt edilen maksimum eğim değerlerinin diğer iki periyottan daha büyük olma nedeni, bu periyotta güneş ışınlarının etki etme açısı ile ya da güneşin doğuş ve batış süreleri ile ilgili olabileceği düşünülmektedir.

Çalışmaların devamında, güneşli ve açık ölçme günlerinde pilyede X ve Y eksenleri yönünde kayıt edilen eğim değişimlerinin zamana bağlı olarak modellenmesine yönelik bir takım çalışmalar da gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalar neticesinde X eksenli yönündeki hareketin bir sinüs fonksiyonuna uyum gösterdiği, Y ekseninin gün içerisindeki zamana bağlı hareketinin ise 4. dereceden bir polinom ile ifade edilebileceği görülmüştür. Pilye günlük hareketlerini modellemeye ilişkin hesaplanan bu fonksiyonlarda zaman bağımsız değişken, X ve Y eğim değerleri de bağımlı değişken olarak tanımlanmıştır. Fonksiyon katsayılarının hesabı Curve Expert programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Daha sağlıklı hareket modellerine ulaşmak düşüncesi ile, ilerideki çalışmalarda, eğim verilerinin spektral analiz yöntemlerine göre de ele alınarak değerlendirilmesi düşünülmektedir.



Şekil 4: Bu şekilde II. Ölçme periyodu sonunda pilyenin X ve Y yönünde, ölçme periyodu süresince yapmış olduğu maksimum hareket miktarları gösterilmektedir. 27 günlük süreçte pilyenin X ekseninde sahip olduğu maksimum eğim değeri 0.220 mrad ve Y ekseninde 0.395 mrad'dır. Pilyenin yüksekliğinin 1.122 m olması ve 2 numaralı eğim ölçerin pilye gövdesinin yaklaşık olarak ortasına monte edilmesi dolayısıyla, miliradyan cinsinden kayıtlı edilen bu maksimum eğim değerleri, X ekseninde doğrultusunda 0.120 mm ve Y ekseninde doğrultusunda 0.221 mm büyüklüğündeki eğim hareketine karşılık gelirler. Bu büyüklükteki bir hareket noktanın kullanım amacıyla dikkate alındığında konum bilgileri açısından herhangi önemli bir etkiye sahip değildir (Özöner, 2000) (Özöner ve Çelik, 2002).

4. SONUÇLAR DENEYİMLER VE ÖNERİLER

Bu bildiride, ISTA-IGS sürekli GPS referans istasyonunun nokta tesisinin hareketlerinin gözlenmesi konu edilmiştir. ISTA referans istasyonunun nokta tesisi 1.12 m yüksekliğinde bir pilyedir. Pilye tesisinin beş katlı betonarme bir binanın taşıyıcı kolonlarından bir tanesi üzerine gelecek şekilde tesis edilmiş olması ve çevresel koşulları nedeni ile pilyenin hareketlerinin gözlenmesi ihtiyacı böylesi bir çalışmanın konusunu oluşturmuştur.

Ölçmeler üç ayrı periyot halinde gerçekleştirilmiş ve ölçmelerde dijital presizyolu eğim ölçerler kullanılmıştır. Her bir periyodun sonuçları incelendiğinde her üç periyottan ortaya çıkan sonuçlar birbirlerini destekler nitelikte olmuştur. Pilyede belirli bir hareket saptanmış ancak bu hareketin nedeninin kendisini taşıyan binadan kaynaklanmadığı anlaşılmıştır. Pilyedeki hareketin nedeninin yapılmış olduğu malzemenin maruz kaldığı direkt güneş ışığı karşısında genişlerken şekil değiştirmesinden dolayı gerçekleştiği yapılan irdelemelerin bir sonucudur.

Çalışmanın en önemli sonuçlarından biri, pilyedeki hareket miktarının noktanın koordinatlarını en fazla, X ekseninde doğrultusunda yaklaşık 0.120 mm ve Y ekseninde doğrultusunda yak-

laşık 0.210 mm etkileyeceği ve bu hareketliliğinde IGS' in amaçları doğrultusunda hizmet etmesini engellemeyeceği yönündedir. IGS' in referans istasyonlarının tesislerinin güvenilirliğine dair bir takım değerlendirmelerden geçirdiği bilinmektedir.

Çalışmadan edinilen deneyimler ise şu şekilde özetlenebilir, yoruma ve irdelemeye dayalı bilimsel amaçlı ölçmelerde evre ve atmosfer koşullarının lme ekibi tarafından rapor edilmesinin çalışmanın daha sonraki aşamalarında, veriler irdelenirken oldukça büyük faydaları olmaktadır.

Ayrıca, bu çalışma ile presizyonlu eğim ölçerlerin jeodezik amaçlar doğrultusunda, mühendislik yapıları yada lme nokta tesislerindeki hareketliliğin sürekli olarak izlenmesinde oldukça kullanışlı ve uygun lme donanımları oldukları anlaşılmıştır.

şu ana kadar, ISTA-IGS noktasının hareketlerinin izlenmesine yönelik her üç periyodik lme de yılın hep aynı zamanında, yani Kış ve İlkbahar aylarında yapılmıştır. Önümüzdeki çalışmalarda, yaz aylarında da pilyenin hareketlerinin yine aynı lme donanımı kullanılarak izlenmesi ve elde edilen verilerin farklı analiz yöntemleri de kullanılarak analiz edilmeleri planlanmaktadır.

Çalışmanın verilerine dayanılarak, jeodezik amaçlı kullanılan nokta tesislerinin dış yüzeylerinin, dış ortam koşullarından yalıtılmasını sağlayacak ahşap, sperlit vb. koruma malzemeleri ile kaplanmaları önerilmektedir.

5. TEşEKKüR

Gerçekleştirilen projeye vermiş oldukları alet ve donanım desteğinden dolayı "Lecica Sistem Bilgisayar ve Teknik Hizmetler A.ř." ye teşekkürleri.

KAYNAKLAR

- Anonim, (1998) "NIVEL20 Instruction Manual", 308 592 EN-IX.98, Leica Geosystems AG, İsviçre
- Anonim, (2000) "IGS (International GPS Service) Resmi İnternet Sitesi", <http://igsb.jpl.nasa.gov/>
- Çelik, R.N., (1999) "Real Time Precise Structure Monitoring Using NIVEL20", Third Turkish-German Joint Geodetic Days, s.209-222, İTÜ, İstanbul
- Çelik, R, N, (2001) "Real Time Large Structure Monitoring Using the Inclination Sensor, Strong Motion Instrumentation for Civil Engineering Structures", NATO ASi Series E Applied Sciences, Vol. 397, Kluwer Academic Publisher, ISSN 034-9930, ISBN 0-7923-6916-5 Hardbo-und, ISBN 0-7923-6917-3 Paperback, s.397-406, Boston, ABD
- Erol, S., Özöner, B., (2001) "A Detailed Review on Continious Reference Station Networks", International Symposium on Geodetic, Photogrammetric and Satellite Technologies – Development and Integrated Applications, 8-9 Kasım 2001, Sofya-Bulgaristan
- Erol (Özöner) B., Çelik R. N., (2002) "Presizyonlu Eğim Sensörlerinin Büyük Yapıların Hareketlerinin İzlenmesinde Kullanımı", Selçuk Üniversitesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Öğretiminde 30.Yıl Sempozyumu,16-18 Ekim 2002, Konya
- Özöner, B., (2000) "Presizyonlu Eğim Sensörüyle Büyük Yapıların Deformasyonlarının İzlenmesi", Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- Özöner, B., Çelik, R. N., (2001) "Monitoring And Analysing The Movements of Ista-Igs Reference Station Using Inclination Sensors", International Symposium on Geodetic, Photogrammetric and Satellite Technologies – Development and Integrated Applications, s.343-351, Sofya-Bulgaristan