

# YAPI SAĞLIĞININ İZLENMESİNDE KULLANILAN OEM GNSS KARTININ ARAZI TESTLERİ

Y.BOZDAĞ<sup>1</sup>, B.AKPINAR<sup>2</sup>, N.O.AYKUT<sup>2</sup>, K. GÜRKAN<sup>3</sup>, A.A DİNDAR<sup>4</sup>, E.GÜLAL<sup>2</sup>

<sup>1</sup>115Y250 no.lu TÜBİTAK Projesi Bursiyeri, YTÜ, Harita Mühendisliği Bölümü, İstanbul  
[ynsbzdg@gmail.com](mailto:ynsbzdg@gmail.com)

<sup>2</sup>Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, İstanbul  
[bakpinar@yildiz.edu.tr](mailto:bakpinar@yildiz.edu.tr), [oaykut@yildiz.edu.tr](mailto:oaykut@yildiz.edu.tr), [egulal@yildiz.edu.tr](mailto:egulal@yildiz.edu.tr)

<sup>3</sup>İstanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, İstanbul  
[kgurkan@istanbul.edu.tr](mailto:kgurkan@istanbul.edu.tr)

<sup>4</sup>Gebze Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul  
[adindar@gtu.edu.tr](mailto:adindar@gtu.edu.tr)

## Özet

Günümüzde mühendislik yapılarının hareketlerinin izlenmesi, yapı sağlığı ve afet yönetimi açısından büyük önem taşımaktadır. Köprü, baraj, kule ve yüksek binalar gibi yapıların sağlığı ve güvenilirliği bu yapıların hareketlerinin izlenmesi, olası tehlikeli durumların zamanında tespit edilerek gerekli önlemlerin zamanında alınması ile sağlanabilir. Özellikle mühendislik yapıları başta olmak üzere tüm kritik yapıların inşası sırasında ve işletme evrelerinde durumlarının izlenmesi, bu yapılara etkiyen kuvvetlere karşı yapının verdiği tepkilerin ölçülerek analiz edilmesi ve düzensiz davranışların belirlenerek acil durum planlarının devreye sokulması afet yönetimi açısından da oldukça önem kazanmaktadır. Günümüzde mühendislik yapılarının izlenmesinde farklı ölçme alet ve donanımları kullanılmaktadır. Gelişen teknolojiye paralel olarak Global Navigasyon Konum Belirleme (GNSS) tekniği mühendislik yapılarındaki deplasmanların belirlenmesinde sağladığı yüksek doğruluk ve kullanım kolaylığı nedeniyle yaygın olarak kullanılmaktadır.

Bu çalışmada, Yapı Sağlığı İzlemesine Yönelik Ulusal Ölçme Sistemi Geliştirilmesi konulu TÜBİTAK 1005 projesi kapsamında alınan OEM çift frekanslı GNSS kartı ile yapılan Ağ RTK testlerinin sonuçları verilmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Yapı Sağlığı, OEM GNSS, RTK, Ağ-RTK.

## FIELD TESTS OF OEM GNSS BOARD USED FOR STRUCTURAL HEALTH MONITORING

### Abstract

At the present time, monitoring of engineering structure is important for structural health, management of disaster. Structural health and reliability of bridge, dam, tower and high buildings, monitoring of these structures' movements and detecting of possible dangerous situations can be provided with necessary precautions on time. Especially, Emergency case is putting in place become important for disaster management too, during substantial construction of buildings and monitoring of working phase situations, being analysis of affects against forces on these buildings and by detecting irregular behavior. With developing technology, Global Navigation Satellite Systems (GNSS) technique, because of providing high precision and ease of use in detecting of displacement of engineering structures has been used commonly.

*In this study, the results of Network RTK field tests of OEM GNSS board which is taken by "Design and Development of National Measurement System for Structural Health Monitoring" TUBITAK 1005 project, is given.*

**Keywords:** *Structural Health, OEM GNSS, RTK, Network RTK*

## 1.Giriş

Mühendislik yapılarının sağlığı ve güvenilirliği, bu yapıların hareketlerinin izlenerek olası tehlikeli durumların zamanında tespit edilmesi, bilgilerin karar vericilere ulaştırılması ve gereken önlemlerin zamanında alınması ile sağlanabilir. Özellikle ülkemiz gibi deprem kuşağında bulunan ülkelerdeki mühendislik yapılarının imalat ve işletme evrelerindeki davranışlarının izlenmesi, yapı sağlığı ve afet yönetimi açısından önem kazanmaktadır.

Mühendislik yapılarının hareketlerinin izlenmesinde Mühendislik Ölçmeleri bilim dalı çerçevesinde Harita Mühendisleri etkin olarak görev almaktadır. Jeodezik ölçme yöntemleri olarak da adlandırılan, GNSS alıcıları, total station aletleri ve nivolar kullanılarak yapılarda meydana gelen deformasyonların belirlenmesi ile ilgili yurtiçi ve yurt dışında yapılmış/yapılmakta olan çalışmalar bulunmaktadır. Jeodezik ölçme yöntemleri ile yapıda meydana gelen deplasmanlar belirlenebilmektedir. Yurtiçinde ve yurt dışında yapılan çalışmalarda gerçek zamanlı kinematik (RTK) GPS yönteminden yararlanılmakta olduğu görülmektedir (Erdoğan vd., 2007; Li vd., 2006; Çelebi, 2000).

## 2.Yapı Sağlığının İzlenmesi

Yapı sistematiğinin deprem, fırtına, aşırı yağış vb. doğal olaylar karşısında kullanıcı sağlığını etkilemeyecek dayanıklılıkta ve kullanıcı işlemlerinin kolay bir şekilde ve güven içinde gerçekleştirilebilmesini sağlayacak kullanılabilirlikte olması gerekmektedir. Deprem ya da rüzgâr tarafından oluşan yapısal titreşimlerin kontrolü, kontrollü rijitlik, kütle, sönüm, şekil değişimi ya da pasif veya aktif karşı koyucu kontrol kuvvetlerinin oluşturulması gibi pek çok farklı yöntemlerle yapılabilmektedir (Housner, Bergman vd. 1997). Bugüne kadar birbirinden farklı birçok yapısal kontrol sistemleri kullanılarak yapı kontrolünün verimliliğinin, güvenilirliğinin ve güvenilirlik seviyesinin artırılması için yeni yöntemler de önerilmiştir. Yapı kontrol sistemleri 3 ana kısımda sınıflandırılabilir (Housner, Bergman vd. 1997):

- Pasif Kontrol sistemleri
- Aktif Kontrol Sistemleri
- Hibrit Kontrol Sistemleri

## Yapı Sağlığının İzlenmesinde Kullanılan OEM GNSS Kartının Arazi Testleri

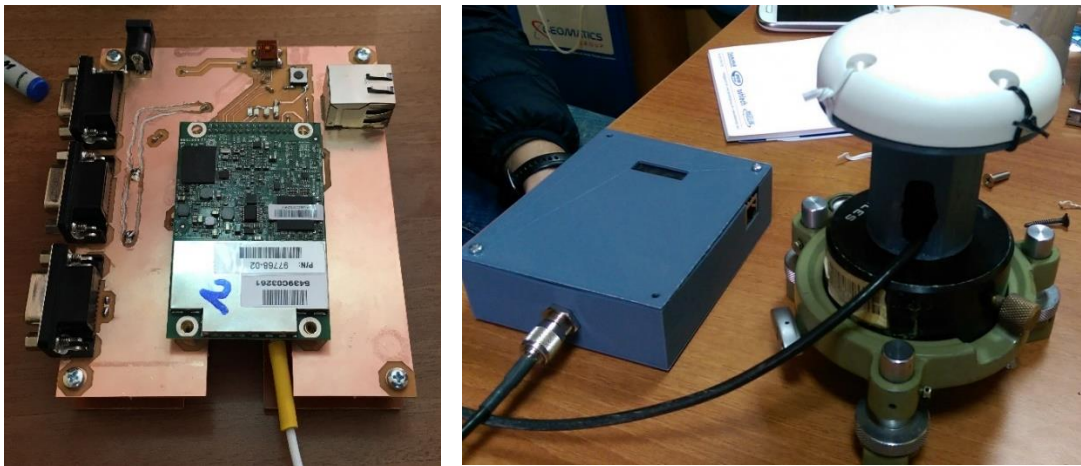
Bu sistemler izlenen yapının çeşidine göre kullanımıyla birlikte kendi aralarında da farklılık göstermektedir. Günümüzde çok sayıda yapı sağlığı izleme yöntemleri olmasına rağmen genel kabul gören ve kesin sonuç veren aktif ya da pasif bir yöntem bulunmamaktadır (Janapati, Kopsaftopoulos vd. 2016). İnsan hayatının büyük bir bölümünün kapalı alanlarda geçtiği düşünüldüğünde yaşanan bu yapıların sağlığının belirli aralıklarla kontrol edilmesi gerekmektedir. Yapının sağlığı ve güvenliği, yapının hareketinin izlenerek olası tehlikeli durumların zamanında tespit edilmesi, bilgilerin karar vericilere ulaştırılması ve gereken önlemlerin zamanında alınması ile sağlanabilir.

Mühendislik yapılarının izlenmesi ile ilgili çalışmalar incelendiğinde RTK GPS yönteminin köprü, kule, yüksek binalar gibi farklı mühendislik yapılarının izlenmesi çalışmasında kullanımının uygun ve yaygın olduğu görülmektedir. GNSS alıcıları ile yapılan ölçümlerde mutlak konum bilgisi elde edilmektedir.

### 3. OEM GNSS Kartı ve Arazi Testleri

Yapı sağlığı izlenmesine yönelik çalışmaların çoğunda RTK GNSS tekniği kullanılarak ölçümler yapılmaktadır. Günümüzde bir GNSS alıcısının maliyeti marka ve modele göre değişiklik göstermekte olup kabaca 25.000-35.000TL civarındadır. Bu gibi çalışmalarda tek bir GNSS alıcısı da her zaman yeterli olmayıp, yapıların farklı yerlerine yerleştirilmek üzere daha çok sayıda alıcıya ihtiyaç duyulmaktadır. Dolayısıyla bu durum maliyeti de arttırmaktadır.

115Y250 no.lu “Yapı Sağlığı İzlenmesine Yönelik Ulusal Ölçme Sistemi Geliştirilmesi” isimli TÜBİTAK 1005 projesi kapsamında OEM GNSS kartı temin edilmiş ve bu kartın çalıştırılması için proje ekibi tarafından devreler ve altlık elektronik kartlar tasarlanmıştır.



Şekil 1. Elektronik devre tasarımı, OEM GNSS kartı ve GNSS anteni

## Yapı Sağlığının İzlenmesinde Kullanılan OEM GNSS Kartının Arazi Testleri

Testlerde kullanılan OEM GNSS kartı, Trimble firmasının MB-ONE model, çift frekans özelliğine sahip, PPS çıkışı verebilen, ağ RTK servisleriyle çalışabilen yüksek duyarlıklı bir GNSS kartıdır (Şekil 1). Kart, elektronik devre üzerine yerleştirilerek kutulanmış, internet, anten soketi, RS232 ve güç soketleri yerleştirilmiştir. GNSS anteni olarak Trimble AV34 modeli seçilmiştir.

OEM GNSS kartının tanımlanması, gerekli özelliklerinin eklenmesi ilk etapta, AshCom yazılımı yardımıyla yapılmıştır. Bu yazılım yardımıyla ilgili komutlar, National Marine Electronics Association (NMEA) veri protokolü çerçevesinde alıcıya gönderilmektedir. Arazi testleri, Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi D Blok çatısında bulunan UZEL isimli pilyede gerçekleştirilmiştir (Tablo 1).

Tablo 1. UZEL Test noktasının koordinat değerleri (ITRF96 datum, 2005.0 epok)

Test Noktası	Sağa (m)	Yukarı (m)	Elip.Yükseklik (m)
UZEL	406541.0435	4543749.1076	126.9104

Ölçümlerde, ağ RTK servisleri için internet bağlantısı, VINN yardımıyla harici bir modem ile yapılmıştır. GPS verileri AshCom yazılımı yardımıyla ilgili NMEA komutlarını GNSS kartına göndererek, dizüstü bilgisayara gerçek zamanlı olarak toplanmıştır (Şekil 2). Arazi testlerinde, ilk olarak UZEL noktasından yaklaşık 5 metre uzaklıkta bulunan YLDZ Referans istasyonuna bağlanılarak RTK GPS ölçüleri yapılmıştır. Ölçümlerde kayıt aralığı 1 saniye olmak üzere gerçek zamanlı olarak yapılmış ve NMEA GGA formatında dizüstü bilgisayara kaydedilmiştir. Yaklaşık 24 saat boyunca YLDZ ağına dayalı olarak koordinat bilgisi elde edilmiştir. Sonrasında CORS-TR/TUSAGA Aktif ve İSKİ-UKBS Ağlarına bağlanılarak, Sanal Referans Yöntemi (VRS) kullanılarak RTK verileri toplanmıştır.



Şekil 2.UZEL test noktası ve arazi testi

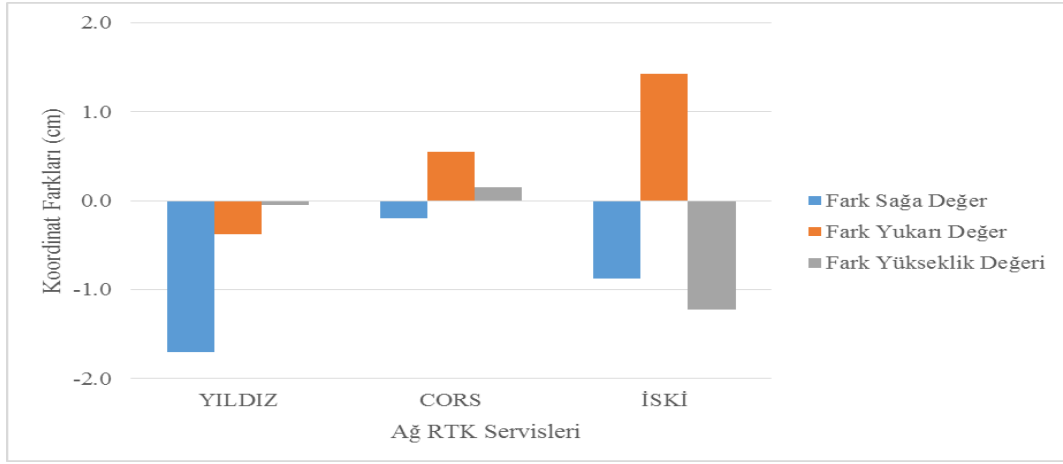
Yapılan arazi testi ölçümleri sonucunda, YLDZ, CORS-TR ve ISKI-UKBS ağlarına dayalı olarak UZEL noktasının enlem, boylam ve yükseklik değerleri 1 saniyelik epoklarda belirlenmiştir. Kaydedilen veriler ön değerlendirmeden geçirilerek, NMEA protokolüne göre 4 (RTK Fixed) olmayan veriler ayıklanmıştır. ISKI-UKBS ağına dayalı olarak belirlenen koordinat değerleri ITRF2005 datumundan ITRF96 datumuna dönüştürülmüştür. NMEA GGA cümlecği ile toplanan coğrafi koordinatlar, ITRF96 TM30 projeksiyon koordinatlarına çevrilmiştir. Yapılan değerlemeler sonucunda hesaplanan ortalama koordinat değerleri ile UZEL test noktasının gerçek değerinden olan farklar Tablo 2' de, Uzel noktasının ortalama koordinat değerleri ve standart sapmaları ise Tablo 3' de verilmekte olup, Şekil 3' de ise her bir ağ RTK çözümü için koordinat farkları görülmektedir.

Tablo 2.UZEL test noktasında hesaplanan ortalama koordinat değerleri ve farkları

<b>NRTK Caster</b>	<b>Sağa (m)</b>	<b>Yukarı (m)</b>	<b>Yükseklik (m)</b>	<b>Fark Sağa (cm)</b>	<b>Fark Yukarı (cm)</b>	<b>Fark Yük. (cm)</b>
YILDIZ	406541.0605	4543749.1114	126.9109	-1.70	-0.38	-0.05
CORS	406541.0455	4543749.1021	126.9089	-0.20	0.55	0.15
İSKİ	406541.0523	4543749.0933	126.9226	-0.88	1.43	-1.22

Tablo 3.UZEL test noktasında hesaplanan ortalama koordinat değerleri ve standart sapmaları

NRTK Caster	Sağa (m)	Sağa Standart Sapma(cm)	Yukarı (m)	Yukarı Standart Sapma(cm)	Yükseklik (m)	Yukarı Standart Sapma(cm)
YILDIZ	406541.0605	0.31	4543749.1114	0.25	126.9109	0.51
CORS	406541.0455	0.41	4543749.1021	0.53	126.9089	4.43
İSKİ	406541.0523	1.08	4543749.0933	2.06	126.9226	1.15



Şekil 3. Koordinat farkları

#### 4. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada, çift frekanslı Trimble MB-One OEM GNSS kartlarının performans testleri yapılmıştır. Arazi testleri sonucunda, UZEL noktasının gerçek koordinat değerleri ile OEM GNSS kartları ile YLDZ, CORS-TR ve İSKİ-UKBS ağlarına dayalı olarak belirlenen ortalama koordinat değerleri arasındaki farkların sağa değerinde 2 cm altında olduğu, yukarı değerinde 0.5 cm ile 1.5 cm arasında kaldığı ve yükseklikte 1.3 cm'nin altında kalmaktadır. Eren, vd (2009) tarafından CORS-TR testleri kapsamında yapılan bir çalışmada sağa ve yukarı koordinat değerlerindeki artık hataların 3 cm'nin altında kaldığı görülmektedir. Eroğlu S. (2015) tarafından gerçekleştirilen testler sonucunda İSKİ UKBS yardımıyla bulunmuş olan noktanın sağa, yukarı ve yükseklik doğruluklarının da altında kaldığı görülmektedir. Yapılan arazi testleri sonucunda, OEM GNSS kartı kullanılarak yapılan ölçümlerle ulaşılan doğruluklar RTK GPS yönteminin konum belirleme doğruluklarını sağladığı görülmektedir. Yapılan testlerde karşılaşılan sorunlar RTK GPS' de karşılaşılan sorunlar ile benzerdir. Düzeltme zamanındaki gecikme bunların başında gelmektedir. Bu sebeple zaman gecikmesi takip edilmelidir.

## Teşekkür

Bu çalışma, 115Y250 no.lu “Yapı Sağlığı İzlemesine Yönelik Ulusal Ölçme Sistemi Geliştirilmesi” konulu TÜBİTAK 1005 Ulusal Yeni Fikirler ve Ürünler Araştırma Destek Projesi kapsamında yapılmıştır.

## Kaynaklar

Çelebi, M. (2000)., GPS in dynamic monitoring of long-period structures, *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 20, 477-483.

Erdoğan, H., Akpınar, B., Gülal, E., Ata, E. (2007). Monitoring the dynamic behaviors of the Bosphorus Bridge by GPS during Esurasia Marathon, *Nonlinear Processes in Geophysics*, 14(4), 513-523.

Eren, K., Uzel, T., Gülal, E., Yıldırım, Ö., Cingöz, A. (2009). Results From A Comprehensive Global Navigation Satellite System Test In The CORS-TR Network: Case Study, *Journal of Surveying Engineering*, 135-1, 10-18.

Eroğlu, S. (2015)., Yersel Yönetimlerde bir ilk: Uydulardan Konum Belirleme Sistemi, *İller ve Belediyeler Dergisi*

Housner, G. W., L. A. Bergman, T. K. Caughey, A. G. Chassiakos, R. O. Claus, S. F. Masri, R. E. Skelton, T. T. Soong, B. F. Spencer and J. T. P. Yao (1997)., Structural control: Past, present, and future. *Journal of Engineering Mechanics-Asce* 123(9): 897-971.

Janapati, V., F. Kopsaftopoulos, F. Li, S. J. Lee and F. K. Chang (2016)., Damage detection sensitivity characterization of acousto-ultrasound-based structural health monitoring techniques. *Structural Health Monitoring* 15(2): 143-161.

Li, X., Ge, L., Ambikairajah, E., Rizos, C., Tamura, Y., Yoshida, A. (2006)., Full-scale structural monitoring using and integrated GPS and accelerometer system, *GPS Solutions*, 10, 233-247, doi: 10.1007/s10291-006-0023-y.

Snay, R. A. and T. Soler (2008)., Continuously Operating Reference Station (CORS): History, Applications, and Future Enhancements. *Journal of Surveying Engineering* 134(4): 95-104.