

Yatay Yönlü Dinamik Davranışların Gerçek-Zamanlı Olarak Tespit Edilmesi Uygulamalarında Farklı Gerçek-Zamanlı Yaklaşımların İncelenmesi: Gerçek-Zamanlı PPP ve VADASE Yaklaşımı

Investigation of Different Real-Time Approaches in Real-Time Detection of Horizontal Directional Dynamic Behaviors: Real-Time PPP and VADASE Approach

Mert Bezcioglu^{1,✉}, Cemal Özer Yiğit¹, Ahmet Anıl Dindar², Özgür Avcı³, Ahmed El-Mowafy⁴, Barış Karadeniz¹

¹Gebze Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Kocaeli

²Gebze Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Kocaeli

³Sistem A.Ş., Sürekli İzleme ve Referans İstasyonu Sistemleri Bölümü, Ataşehir, İstanbul

⁴School of Earth and Planetary Sciences, Curtin University, Perth, Australia

✉mbezcioglu@gtu.edu.tr

Özet

Bu çalışmada gerçek-zamanlı (RT) Hassas Nokta Konumlama (PPP) ve gerçek-zamanlı Varyometrik yaklaşım (VADASE) yöntemlerinin yatay yönlü dinamik davranışları gerçek-zamanlı olarak belirleme uygulamalarındaki performansı araştırılmaktadır. İki gerçek-zamanlı yöntemin anlık olarak dinamik deplasmanları belirleyebilme yeteneğini incelemek için, tek eksenli bir sarsma tablası kullanılarak 0.25 Hz ve 8.0 Hz aralığında frekans ve 5 ve 10 mm genlik değerlerine sahip harmonik salınımlar, 1940 El Centro, 1995 Kobe, 1989 Loma Prieta ve 1999 Düzce depremleri ve bunlara ek olarak, söz konusu yöntemlerin kalıcı deplasmanları belirleyebilme performansını test etmek için adım fonksiyonları üretilmiştir. 20 Hz örneklem aralığında Küresel Konum Belirleme Sistemi (GPS) gözlemlerine dayalı olarak elde edilen RT-PPP ve VADASE sonuçları Doğrusal Değişken Diferansiyel Transformatör (LVDT) sensörü ve rölatif konum belirleme tekniği ile frekans ve zaman alanlarında karşılaştırılmıştır. Frekans alanındaki bulgular, iki gerçek-zamanlı yöntemin de harmonik salınımların tepe frekans değerlerini başarılı bir şekilde yakalayabildiğini açıkça göstermektedir. Zaman alanındaki analizler ise dinamik deplasman değerlerinin VADASE tekniği ile RT-PPP yöntemine kıyasla daha başarılı yakalanabileceğini ifade etmektedir. VADASE tekniği ile LVDT arasındaki farkların Karesel Ortalama Hata (KOH) değerleri 1.4 mm ile 6.00 mm arasında değişirken, RT-PPP tekniği ile LVDT arasındaki farkların KOH değerleri 2.3 mm ile 11.6 mm arasında değişmektedir. Deprem testleri ve adım hareketi testlerinin sonuçları ise VADASE tekniğinin RT-PPP tekniğinden daha güvenilir sonuçlar sağladığını açıkça vurgulamaktadır. Çalışmanın sonuçları RT-PPP ve VADASE tekniklerinin mühendislik yapılarının ve sismik dalga formlarının yatay yönlü dinamik davranışlarını gerçek-zamanlı olarak zaman ve frekans alanında başarılı bir şekilde yakalayabileceğini ve gerçek-zamanlı yapı sağlığı izleme ve deprem erken uyarı sistemlerine başarılı bir şekilde entegre edilebileceğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Gerçek-zamanlı PPP, VADASE, Yüksek-frekanslı GNSS

Abstract

In this study, the effectiveness of real-time (RT) Precise Point Positioning (PPP) and real-time variometric approach (VADASE) methods in determining horizontal directional dynamic behaviors in real-time applications were investigated. To examine the ability of both real-time methods to detect dynamic displacements in real-time, harmonic oscillations with frequencies between 0.25 Hz and 8.0 Hz and amplitudes of 5 and 10 mm, 1940 El Centro, 1995 Kobe, 1989 Loma Prieta and 1999 Duzce earthquakes were produced employing a single axis shake-table. Moreover, step functions were produced to investigate the performance of both methods in determining permanent displacements in real-time. RT-PPP and VADASE results obtained based on Global Positioning System (GPS) observations at 20 Hz sampling rate were compared in frequency and time domains with relative positioning technique and Linear Variable Differential Transformer (LVDT) sensor. The outcomes in the frequency domain clearly show that both real-time methods can capture the peak frequency values of the harmonic oscillations. Moreover, the findings in the time domain indicates that the dynamic displacement can be captured more accurate employing the VADASE technique, compared to the RT-

PPP method. The Root Mean Square (RMSE) values of the differences between the VADASE approach and LVDT ranged from 1.4 mm to 6.00 mm, while the RMSE values of the differences between the RT-PPP technique and LVDT are between 2.3 mm and 11.6 mm. The results of earthquake and step motion tests clearly emphasize that the VADASE technique provides more reliable results than the RT-PPP technique. The results of the study show that RT-PPP and VADASE techniques can capture the horizontal directional dynamic behavior of engineering structures and seismic waveforms in real-time in the time and frequency domain, and both methods have the potential to be successfully integrated into real-time structural health monitoring and earthquake early warning systems.

Keywords: *Real-time PPP, VADASE, High-rate GNSS*