Beşinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, 26-30 Mayıs 2003, İstanbul
AT-025

BORU HATLARINA DEPREM YÜKLERİNİN ETKİSİ
EARTHQUAKE EFFECTS ON BURIED PIPELINES

Selçuk TOPRAK[1,2], Koji YOSHIZAKI[3]

[1]Yrd.Doç.Dr., Pamukkale Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Denizli.
[2]Misafir Araştırmacı, Waseda Üni. ve Advanced Ind. Science and Tech. (AIST), Japan
[3]Uzman Dr., Tokyo Gas Co., Japan

ABSTRACT

The recent earthquakes, such as the 1994 Northridge, U.S.A., 1995 Kobe, Japan and 1999 Kocaeli, Turkey earthquakes resulted in extensive damage to lifeline systems. The widespread disruption provided a unique opportunity to evaluate the geographic variability of the damage, and the relationship among damage, transient motion, and permanent ground deformation. This paper discusses the earthquake damage on pipelines with various examples. Special emphasis is given to geographic information systems (GIS) and their application to pipeline networks in evaluating the spatial characteristics of earthquake effects. The performance of City of Los Angeles water supply system during the 1994 Northridge earthquake is evaluated with GIS. Relationships between pipeline damage and various seismic parameters are examined and the best correlations are identified. The earthquake resistant design codes in Japan for lifeline systems such as gas, water, and sewage, which are revised after the 1995 Kobe earthquake, are summarized.

GİRİŞ

Altyapı (candamarı) sistemleri içinde yer alan boru hatları petrol, doğal gaz, su ve atık su gibi insan hayatında önemli yer tutan malzemelerin iletiminde temel rol oynamaktadır. İlave olarak telekomünikasyon ve elektrik güç dağıtım sistemlerinde de kullanılmaktadır. Boru hatlarının deprem öncesinde olduğu kadar deprem sonrasında da fonksiyonunu devam ettirebilmesi gerekir. Hemen deprem sonrasında çıkan yangınlarla savaşmak için su gereklidir. Depremi izleyen günlerde de gerek insanların yaşamı gerekse endüstri için petrol, doğal gaz, su ve atık su sistemlerinin işlevselliğini sürdürmesi ya da çok kısa zamanda işlevselliğini kazanması gerekir.

Boru hatları bazen belirli dar bir hat üzerinde kilometrelerce uzandığı gibi bazende bir şehrin altında dağıtım sistemi olarak geniş bir alana yayılırlar. Örneğin, petrolü tesislerden alarak binlerce kilometre mesafedeki limanlara taşıyan borular ilk gruba girerken,

şehirlerde konutlara ve işyerlerine dağıtımı gerçekleştiren doğal gaz ve su hatları son gruba girer. Boru hatları uzun mesafeleri kapsadığı ve geniş alanlara yayıldığı için depremlerden çok etkilenmektedir. Bu makalede depremin yeraltı boru hatları üzerine etkileri ve borularda meydana gelen zararların sebepleri üzerinde durulmuştur. Amerika'daki 1994 Northridge, Japonya'daki 1995 Kobe ve Türkiye'deki 1999 Kocaeli depreminden örnekler verilerek bu alandaki yeni gelişmeler sunulmuştur.

YAPILAN ÇALIŞMA VE KULLANILAN YÖNTEMLER

Bu çalışmada depremlerin boru hatlarına verdiği zararlar değişik örneklerle sunulmuştur. Özellikle coğrafi bilgi sistemleri (CBS) ve bunların boru hatları sistemlerine depremin etkilerinin değerlendirilmesi için uygulanışı açıklanmıştır. 1994 Northridge depremi, 1906 San Fransisco depreminden beri A.B.D.'de bir su dağıtım şebekesinde meydana gelen en büyük zararı vermiştir. Los Angeles Su ve Elektrik İdare'sine (LADWP) ve Metropolitan Su Kuruluşu'na (MWD) ait suyu şehir içerisine ulaştıran iletim borularında (boru çapı $\geq$ 600 mm) 74 noktada ve LADWP dağıtım şebekesi borularında (boru çapı < 600 mm) 1013 noktada onarım gerekmiştir. Boru onarım yerleri, iletim ve dağıtım borularının cins ve boyut özellikleri coğrafi bilgi sistemleri veri tabanı olarak ARC/INFO yazılımı ile hazırlanmıştır. Yaklaşık olarak 11000 km dağıtım hattı ve 1000 km iletim hattı sayısallaştırılarak bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Los Angeles şehri su şebekesinin 1994 Northridge depremindeki performansı CBS ile incelenmiştir. Gömülü boru hatları ile değişik sismik parametreler arasında ilişkiler irdelenmiş ve en iyi korelasyonlar tespit edilmiştir.

Batı Japonya'nın endüstri ve kültür merkezi olan toplam 15 milyon nüfuslu Hanshin bölgesi, Kobe ve Osaka, 1995 Kobe depreminin yoğun tesirinde kalmıştır. Bu bölgedeki su, atık su, gaz, elektrik ve telekomunikasyon sistemleri gibi candamarı sistemlerinin gördüğü zarardan en az 3 milyon kişi ciddi şekilde etkilenmiştir. Özellikle kalıcı yer deformasyonlarının gerçekleştiği alanlarda çok yoğun zararlar gözlenmiştir. 1995 Kobe depremini izleyen yıllarda gaz, su ve atık su sistemlerini de içine alan candamarı sistemleri için Japonya'daki deprem yönetmeliklerinde değişiklikler yapıldı. 1995 Kobe depreminden sonra Japonya'da gaz, su ve atık su gibi candamarı sistemleri için geliştirilen ve değiştirilen deprem yönetmelikleri özetlenmiştir.

SONUÇ

Candamarı sistemlerinin geçmiş depremlerdeki performansının değerlendirilmesi ve çıkarılan derslerin uygulamaya konması gelecekteki depremlere hazırlanmak açısından büyük avantajlar sağlar. 1994 Northridge depremi sonrasında coğrafi bilgi sistemlerini kullanarak, geniş alanlara yayılmış bulunan boru hatları sistemlerinin ve oluşan zarar verilerinin detaylı analizi ve zararlarda etkili parametrelerin incelenmesi mümkün olmuştur. 1999 Kocaeli depremi sonrası incelemeleri özellikle fay hatları ile boru hatları arasındaki etkileşimi araştırmada faydalı olmuştur. Bu çalışmaların sonuçları, bir yörede olması muhtemel depremler için boru hatlarının performansının değerlendirilmesinde, hazırlıkların ve iyileştirme programlarının yapılmasında ve deprem sonrası afet yönetimi çalışmalarında belirleyici rol oynar. 1995 Kobe depreminden sonra Japonya'da candamarı sistemleri için geliştirilen ve değiştirilen deprem yönetmelikleri gibi çalışmalarda depreme dayanıklı candamarı sistemi tasarımlarının yapılması için önemlidir.

DEPREM BÖLGELERİNDE GÖMÜLÜ BORULARIN DAVRANIŞI
BEHAVIOR OF BURIED PIPES IN EARTHQUAKE ZONES

Müge BALKAYA[1], Elif YILMAZ[2], Ahmet SAĞLAMER[3]
[1]Araş. Gör., İTÜ İnşaat Fakültesi, Geoteknik Anabilim Dalı, Maslak, İstanbul.
[2]Dr., Enar Mühendislik Mim. Danışmanlık Ltd. Şti., Levent, İstanbul.
[3]Prof. Dr., İTÜ İnşaat Fakültesi, Geoteknik Anabilim Dalı, Maslak, İstanbul.

ABSTRACT

Production and construction of buried pipes especially in earthquake prone areas require particular attention. Buried pipes serving, as utilities in a city or metropolitan area must be stable during an earthquake and should comply with the design codes in use. In this paper, essential measures that must be provided for buried pipes that are also subject to earth pressures and external loads in earthquake zones are studied. In addition to this, behavior of a buried pipeline at the Sakarya Industrial Zone during Kocaeli Earthquake is analyzed by using the finite element method.

GİRİŞ

Gömülü borularda deprem nedeniyle meydana gelen hasarlar ulaşım, iletişim, elektrik, petrol, doğalgaz, su ve kanalizasyon sistemleri gibi hayati servislerin kullanım dışı kalmasına neden olmaktadır. Depremde her ne kadar yeraltı yapılarının, üst yapı elemanlarından daha dayanıklı olduğu düşünülse de yakın zamandaki büyük depremlerde, gömülü borularda büyük hasarlar oluştuğu bilinmektedir. Gömülü boru hatlarında sismik hareketler sonucu oluşan hasarlar, zemin hareketi ve faylanma, sismik dalgalar, kumlu zeminlerin sıvılaşması ya da yatay yönde komşu iki zemin tabakasının rijitliğindeki farklılıktan kaynaklanmaktadır.

Bu bildiride, gömülü borularda deprem sırasında karşılaşılan hasar türleri, hasar oluşmasına sebep olan faktörler ile kullanılması tavsiye edilen boru malzemesi ve alınması gereken tedbirler konu edilmiştir. 17 Ağustos 1999 Marmara Depreminde boru hatlarında görülen hasarlar irdelendikten sonra Sakarya Organize Sanayi Bölgesi içinde bulunduğu kabul edilen gömülü boru hattının sismik davranışı sonlu elemanlarla incelenmiştir.

GÖMÜLÜ BORULARIN DAVRANIŞININ SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİYLE İNCELENMESİ

Yeraltı yapılarının deprem sırasındaki davranışını öngörmek için yapılan çalışmalarda, üst yapıların sismik davranışına benzer yöntemler kullanılmaktadır. Ancak, gömülü boruların

sismik davranışı diğer üst yapılardan farklıdır. Üst yapı gibi projelendirilen, boru hattını çevreleyen zemin koşullarını ve boru malzeme niteliklerini dikkate almayan projelendirme çalışmaları, gömülü boruların depremdeki sismik davranışını modellemekten uzaktır. Sadece üstündeki dolgu yükünü taşıyacak şekilde boyutlandırılan, altındaki yumuşak zemin ortamını dikkate almayan ve boru altına sınırlı kalınlıkta seçme malzeme yerleştirmek suretiyle zemin iyileştirmesi yapıldığı kabul edilen gömülü borularda deprem sebebiyle hasarların oluşması kaçınılmazdır. Nitekim, 17 Ağustos 1999 Marmara Depreminde fay kırığının her iki tarafında 20km'lik genişlikteki bölgelerde yer alan gömülü borularda, su ve atık su iletim hatlarında oldukça ağır hasarın oluştuğu görülmüştür.

Bu problemi sonlu elemanlar yöntemiyle incelemek amacıyla Sakarya Organize Sanayi Bölgesi içinde bulunduğu kabul edilen zemine gömülü boru hattı, Sakarya ivme kaydının şiddetli genlikler bölgesini kapsayan 27 sn'lik ivme izi kullanılarak PLAXIS sonlu elemanlar yazılımıyla analiz edilmiştir. Yapılan sonlu elemanlar analizinde, deprem öncesinde ve sonrasında boruya etkiyen yer değiştirme, boruya etkiyen eksenel ve kesme kuvveti ile moment değerleri hesaplanmıştır. Elde edilen verilere göre, deprem sebebiyle boruya etkiyen eksenel ve kesme kuvvetleri ile moment değerlerinde büyük değişiklikler olmadığı görülmüştür. Ayrıca, gömülü borudaki yer değiştirmelerin maksimum değerine, maksimum ivme sırasında ulaşmadığı ve maksimum deformasyonun yüzey dalgalarını takiben oluştuğu tespit edilmiştir. Diğer yandan, analiz sonucunda boru hattında beklenen en büyük yer değiştirme değeri olarak d=1.85m hesaplanmıştır.

Gömülü boru hatlarında sismik hareketler sonucu oluşan hasarlar daha çok siltli kumlu zeminlerin sıvılaşması ya da yatay yönde komşu iki zemin tabakasının rijitliğindeki farklılıktan kaynaklanmaktadır ve boru hattının belirli bir yerindeki hasar, sistemin diğer parçalarını da etkilemektedir. Bu sebeple, bu bildiride konu edilen zemin koşullarında imal edilen ve beton malzemeden oluşan gömülü borunun 1.80m dolayında yer değiştirme yapması olanaksızdır. Deprem sırasında boru malzemesinin cinsine bağlı olarak borunun kırılması nedeniyle yer değiştirmeler daha sınırlı kalmaktadır. Bununla birlikte, büyük orandaki yer değiştirmeler sebebiyle boru hattı bağlantı noktalarında ayrılma, oturmaya bağlı olarak kırılma ve çatlama olması beklenmelidir.

SONUÇLAR

Deprem bölgelerinde inşa edilecek gömülü boruların projelendirilmesinde, depremde hasar oluşup oluşmayacağını öngörmek ve gerektiği takdirde önlem almak için zemin problemleri için geliştirilen sonlu elemanlar yazılımlarıyla analizler yapmak faydalı olmaktadır. Seçilen tasarım depremleri vasıtasıyla zemin koşulları ve boru hattının niteliklerini dikkate alan iki ve üç boyutlu analizler yapabilen yazılımlarla gömülü boruların sismik davranışı modellenebilmektedir.

Marmara Depreminde, özellikle Adapazarı'nda temiz ve atıksu şebekelerinde önemli hasarlar meydana gelmiştir. Bu bildiride, Sakarya Organize Sanayi Bölgesi içinde bulunduğu kabul edilen gömülü boru hattına 17 Ağustos 1999 Marmara Depremindeki Sakarya ivme kaydı etkitilerek boru hattının sismik davranışı incelenmiştir. Sonlu elemanlar analizi sonucunda, söz konusu yumuşak zemin koşullarında imal edilen ve beton malzemeden oluşan gömülü borunun büyük miktarda yer değiştirme yapacağı ve büyük orandaki yer değiştirmeler sebebiyle boru hattı bağlantı noktalarında ayrılma, oturmaya bağlı olarak kırılma ve çatlama olması beklenebileceği belirlenmiştir.

Beşinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, 26-30 Mayıs 2003, İstanbul
AT-128

DEPREMLERDE ALTYAPI DAVRANIŞI VE OLUŞAN HASARLAR
SEISMIC BEHAVIOUR AND DAMAGE STATES OF LIFELINES

Özal YÜZÜGÜLLÜ[1], Gülüm BİRGÖREN[2]
[1] Prof. Dr., BÜ, Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, İstanbul.
[2] Yük.Müh., Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, Japan.

ABSTRACT

Lifelines can be defined as, Transportation Systems highways, railroads, air and water transport) and Utilities (water, wastewater, electric power, gas, telecommunication) systems whose loss of function in an urban area results in major desruption and potential loss of life. In this paper, the various seismic damage types of lifelines will be summarized first, then examples extracted from the Earthquake Masterplan of Izmir Metropolitan Area will follow. The above mentioned Masterplan was prepared by Boğaziçi University for the Greater Municipality of Izmir.

Key Words: Lifelines, Earthquake Damage, Earthquake Masterplan

GİRİŞ

İnsan ve kent yaşamının idamesi için gerekli bütün yapılar ***Altyapı*** olarak tanımlanabilir. Altyapılar genelde yiyecek, su, enerji, yakıt, haberleşme gibi gereksinmelerin imal edildikleri yerden kullanıldıkları yere kadar olan kısım için gerekli olan yapılardır. Elektrik veya suyun kesilmesi, şehir yaşamını felce uğratır; bu yüzden meydana gelebilecek büyük ekonomik kayıplara ilaveten, halk sağlığı tehlikeye girer ve icabında şehirden göç bile başlar.Altyapı sistemi bilhassa kentlerde önem arzeder. Yakın zamanda 1992 Erzincan ve 1995 Dinar depremlerinin dışında Türkiye'de meydana gelen depremlerin çoğunluğu kırsal yöreleri etkilemiştir, o yüzden depremlerde gerçek anlamda altyapı davranışına ait veri miktarı çok kısıtlıdır. ABD ve Japonya bu konuda ençok tecrübeye ve araştırmaya sahip iki ülkedir.ABD'de altyapı hasarının ehemmiyeti, ilk defa 1906 San Francisco depremindeki deprem sonrası yangınla anlaşılmıştır. 17 Ocak 1995 te meydana gelen Kobe depreminde altyapı hasarı ve yangın etkisi oldukça geniş yer kaplar.

Altyapı Sistemleri "Ulaşım" ve "Hizmet" olmak üzere iki alt sınıfa ayrılacak olursa, "***Ulaşım Sistemi***"ne Otoyol Köprüleri ve Viyadükleri, Otoyollar, Demiryolu Ray Güzergahları, Metro, Havayolları (Terminal Binaları, Uçuş Pistleri), Tüneller ve Limanlar; "***Hizmet Sistemi***"ne ise Elektrik (Üretim Santralleri Nakil Hatları, Nakil Alt İstasyonları, Dağıtım Şebekesi), Doğalgaz, İçmesuyu (Su Kanalları, Anaboru Hatları, Pompa İstasyonları, Baraj ve Göletler, Su Arıtma Tesisleri, Hazneler ve Su Depoları, Kuyular), Atıksu (Ana Kolektörler, Pompa İstasyonları, Atıksu Arıtma Tesisleri) dahil edilmektedir.

SONUÇ

Bu tebliğde, yukarıda sıralana altyapı sistemlerinde depremden dolayı oluşabilecek hasarlar incelenecek ve daha sonra Boğaziçi Üniversitesi tarafından İzmir Büyükşehir Belediyesi için 1999 yılında hazırlanan "İzmir Büyükşehir Deprem Master Planı" nda yer alan Altyapı Fiziksel Hasarları tahminlerinden örnekler verilecektir.

Fifth National Conference on Earthquake Engineering, 26-30 May 2003, Istanbul, Turkey
AE-002

THE ROLE OF TRANSCURRENT FAULT STRUCTURES IN DAMAGE TYPOLOGY DURING THE IZMIT AND DÜZCE EARTHQUAKES (TURKEY, 1999)

Eythymios LEKKAS[1]
[1]Assoc.Prof.Dr., University of Athens, Dept. of Geology, Athens, Greece.

INTRODUCTION

The Turkey earthquakes of 17 August (Mw=7.4) and 12 November 1999 (Mw=7.1) took a heavy toll on human lives and properties. The meizoseismal areas included the towns of Izmit, Gölcük, Adapazari, Düzce and Bolu. Instrumental and field reconnaissance data confirm the right-lateral reactivation fault segments along the North Anatolian Fault Zone (NAFZ). We dealt with the characteristics of the reactivated fault segment of the NAFZ, the tectonic structures produced by this reactivation and mainly with the type of damage that each tectonic form caused.

METHOD

We described a host of tectonic forms along the surficial fault traces caused by local changes in the mean geometrical, kinematic and dynamic characteristics of the fault zone. For each of the above tectonic form, the types of building damage are described, while we give separate descriptions for building failure caused by the kinematics of the fault blocks themselves. We also examine several cases of building collapse separately, showing that the vast majority of R/C frame structures founded on the fault zone were demolished, while the few that remained standing were rendered inoperable.

CONCLUSIONS

After identifying the tectonic forms produced by the reactivated fault segment and mapping the caused damage, we concluded that the types of damage vary according to the surficial expression of the earthquake rupture and can be summarized in the following:

- Along the main fault trace, almost all structures, regardless of type, collapsed.
- Only a handful of structures avoided collapse, and these were mainly steel structures, with foundations that could absorb large amounts of deformation.
- Within micro-pull-apart basins, the majority of reinforced concrete structures collapsed totally and the remainder only partially. Relatively better was the performance of buildings with supporting brick masonry, some of which, in spite of suffering considerable damage, did not collapse. The width of the heavy-damage zone was greater in this case, compared to that of a single fault trace.

- In pull-apart basins, the reinforced concrete buildings performed relatively better than the ones with supporting brick masonry, in terms of collapse. A large percentage of damage was due to partial collapse of structural elements, deformation of frame, and tilting, caused by fault block rotation. This tilting rendered most structures inoperable.
- In the above case the site effects (liquefaction, differential settlement, and lateral spreading) played a significant part.
- On the coastal zone, the tsunamis, which hit an area that corresponded to a downthrown fault block, amplified the severity of damage.
- When the large buildings founded in flower structures they were affected more than the smaller R/C or brick masonry ones and collapsed totally or partially. A typical effect in this case was the "sinking" of buildings into the loose surficial formations.
- The vast majority of near-fault collapses were eastward or westward, that is, parallel to the fault strike. The directivity of collapse was obvious even at buildings with structural elements oriented in such a way that did not favor this type of damage.

In conclusion, we should say that the margin for avoidance of collapse along the fault zone was very narrow, both for the reinforced concrete or clay-brick masonry bearing wall structures. Besides, the resulting tectonic structures (pull-apart basins at various scales, flower structures) aggravated this situation locally. Furthermore, some specific types of damage, such as preferential collapse directions, tilting, subsidence and sinking, were observed.