



ISSN:1306-3111

e-Journal of New World Sciences Academy
2011, Volume: 6, Number: 3, Article Number: 1A0188

Barış Yıldızlar

Barış Sayın

Ahmet Sertaç Karakaş

Cemil Akçay

Istanbul University

peace@istanbul.edu.tr

barsayin@istanbul.edu.tr

skarakas@istanbul.edu.tr

cakcay@istanbul.edu.tr

Istanbul-Turkey

ENGINEERING SCIENCES

Received: March 2010

Accepted: July 2011

Series : 1A

ISSN : 1308-7231

© 2010 www.newwsa.com

**ANİ ZEMİN HAREKETİ NEDENİYLE OLUŞAN YAPISAL HASARLAR: BİR DURUM
ÇALIŞMASI**

ÖZET

Ülkemizde, betonarme binalarda oluşan yapısal hasarlar, çoğunlukla deprem etkisi altında olmakta ve bu tür hasarları engellemek adına tasarım; statik etkilerin yanı sıra dinamik etkilerin de göz önüne alınması ile yapılmaktadır. Yürürlükteki yönetmeliklerce öngörülme, dolayısı ile kapsam içerisinde dâhil edilmeyen farklı etkiler önemli boyutlarda yapısal hasarlara sebebiyet verebilmektedir. Bu itibarla, bir hastane binası örneği ele alınarak, zeminde oluşan ani hareket nedeniyle oluşan yapısal hasarlar bu çalışmanın kapsamı içerisinde incelenmiştir. Bu çalışma, durum tespit parametrelerinin belirlenmesi, anılan yapıda oluşan hasar türlerinin irdelenmesi, alınacak tedbirlerin belirlenmesi ve tüm bu veriler ışığında önerilerin sunulmasını içermektedir. Çalışma kapsamında, farklı mühendislik prensipleri bir havuzda toplanarak, doğruya en yakın verilerin elde edilmesi amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yapısal Hasar, Zemin Hareketi, Tünel Kazısı, Zemin Güçlendirme, Zemin İyileştirme

STRUCTURAL DAMAGES CAUSED BY SUDDEN GROUND MOVEMENT: A CASE STUDY

ABSTRACT

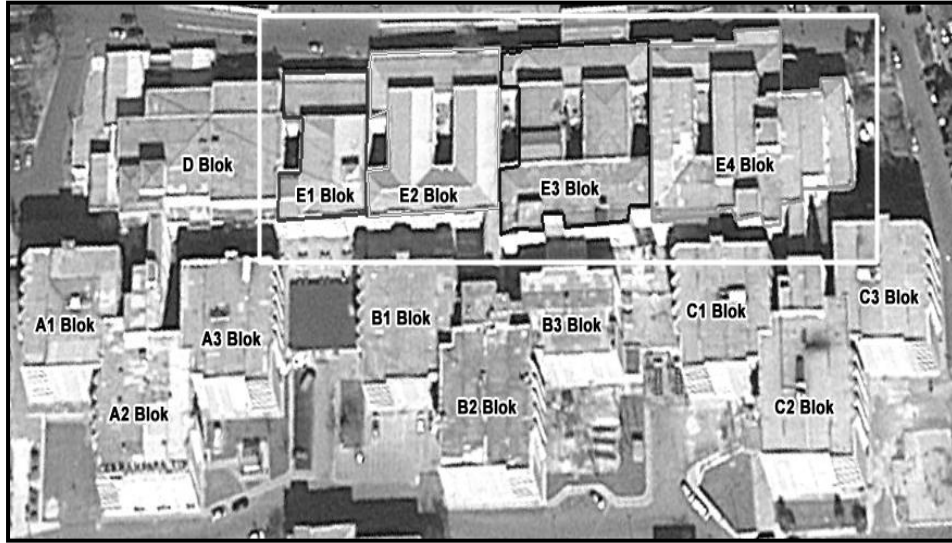
In Turkey, structural damages to reinforced concrete buildings mostly occur as a consequence of earthquakes; so in order to prevent such damages, the designing process is carried out by taking the dynamic effects into account besides the static effects. Various types of effects that were unanticipated by the current regulations, hence that were not contained within the scope of design might inflict a significant level of structural damages. In this context, the structural damages that were created as the impact of sudden movement emanating at the ground in the case of a sample hospital building were investigated within the scope of this study. This study includes the determination of state parameters, examination of the types of damages to the structure in question, specification of the measures to be taken and provision of suggestions in light of all these findings. In general, within the scope of this study, it was targeted to obtain the most accurate findings by combining different engineering disciplines through a comprehensive approach.

Keywords: Structural Damage, Ground Movement, Tunnel Excavation, Ground Strengthening, Ground Improvement

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Büyük kentlerde trafik ve altyapı sorununa çözüm olarak, yapımı planlanan tünellerin inşası sırasında, tünel üst zemin civarında bulunan yapılarda göçme ve hasar riski ortaya çıkmaktadır. Bu öngörü, tünel inşası öncesi ve süresince bir takım incelemelerin yapılmasını ve gerekli önlemler alındıktan sonra anılan çalışmalara başlanması gerektiği fikrini vermektedir [1-5]. Özellikle, kamu hizmeti veren hastane binaları söz konusu olduğunda, bu durum daha çok önem arz etmektedir.

İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa yerleşkesi, Marmara Denizi'nin Yenikapı kıyılarının üst bölümünde Samatya Bölgesi'nde yapılandırılmıştır. Söz konusu yerleşke içerisinde İ.Ü. Cerrahpaşa Tıp Fakültesine ait birimler, diş hekimliği fakültesi, enstitüler, meslek yüksek okulları ve iki adet yurt birimi bulunmaktadır. Tıp Fakültesi bünyesinde 170.000 m² yerleşke içerisinde yaklaşık 220.000 m² kapalı alana sahip çok sayıda blok yer almaktadır. Yaklaşık 35 yaşında olan söz konusu bloklar çeşitli anabilim dallarına tahsis edilmiş hastane binaları, başhekimlik, dekanlık ve ameliyathane binaları olarak hizmet vermektedir. Yapıların bir kısmı birbirinden bağımsız, bir kısmı ise düşey derzler (dilatasyonlar) ile birbirlerinden ayrılmış, fakat yapılar arasında fonksiyonel yatay geçişlere olanak sağlanmıştır. Şekil 1'de E1, E2, E3, E4 ve bu bloklar ile mimari açıdan bağlantılı olan diğer blokları gösteren uydu fotoğrafı yer almaktadır.



Şekil 1. İ.Ü. Cerrahpaşa Tıp Fakültesi yerleşkesinde bulunan ameliyathane blokları ve ilgili diğer bloklara ait uydu fotoğrafı [6]
(Figure 1. Satellite Photo of operating rooms and other blocks in IU Campus Faculty of Medicine [6])

E1, E2, E3 ve E4 ameliyathane blokları, İ.Ü. Cerrahpaşa Tıp Fakültesi'nin işlevi açısından, kritik öneme sahip bloklar olarak nitelendirilmektedir. Merkez laboratuvarı, ameliyathaneler, sterilizasyon bölümü, göz ve kardiyoloji bölümleri, öğretim üyeleri odaları, poliklinik bölümleri ve benzeri kullanım alanları söz konusu yapılar içerisinde yer almaktadır. Özellikle araştırma konusu E1 bloğu, içerdiği sterilizasyon ünitesi nedeni ile yerleşke içerisinde servis açısından sorun yaşanılması kabul edilemez bir bloktur. Ülkemizin saygın tıp fakültelerinden biri olan, yurt içi ve yurt dışından çok sayıda hasta kabul eden hastane sadece E1 blok içerisinde

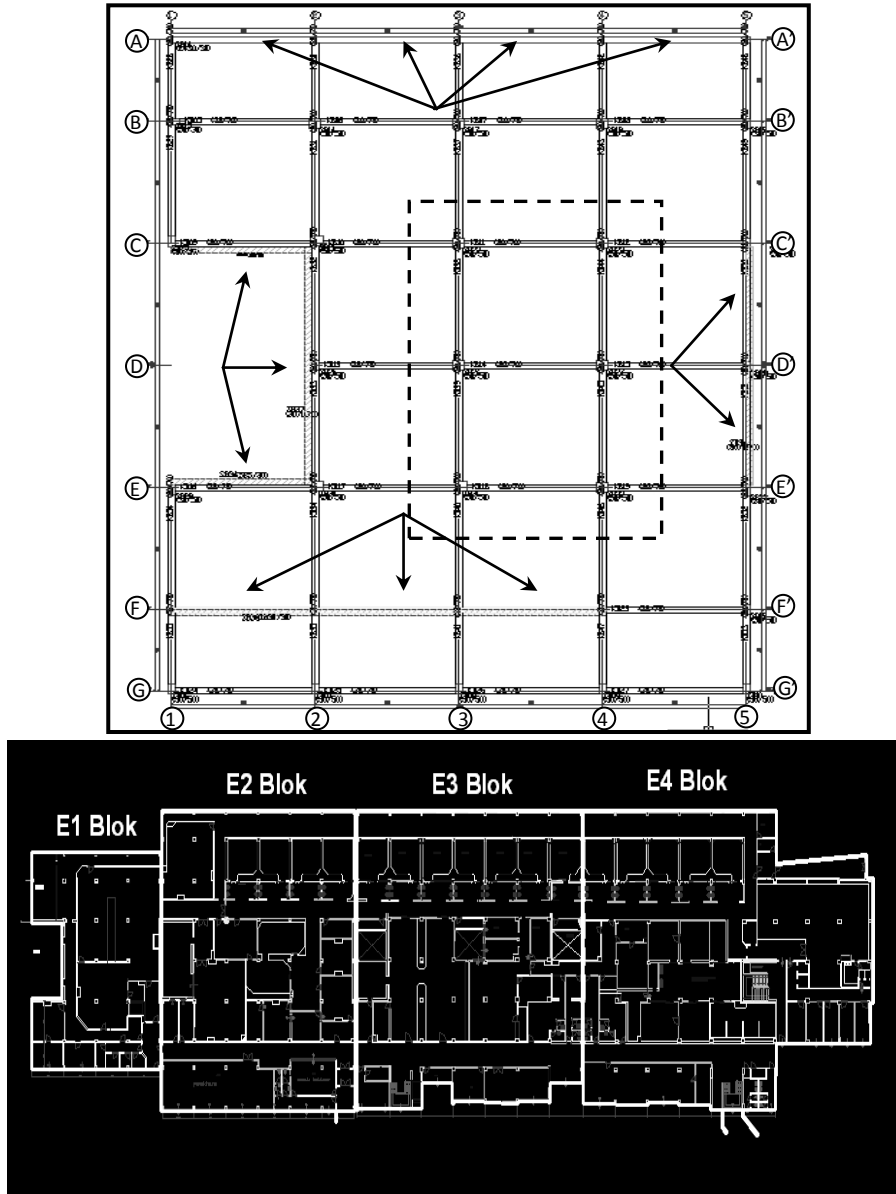
bulunan sterilizasyon ünitesi ile ameliyathanelere hijyenik materyaller sağlamaktadır.

1.1. Bloklara ait Genel Bilgiler ve Güçlendirme Durumu (Overview of the Blocks and Existing Strengthening)

Yapıyı oluşturan hastane binalarına ait blokların mevcut durumları gözlemsel ve çeşitli cihazlar kullanılarak incelenmiştir. Söz konusu blokların mevcut durumları incelendiğinde, 10 MPa civarındaki beton basınç mukavemeti ve donatılardaki ağır korozyon hasarı yapısal emniyette sakınca oluşturan parametrelerdendir. 696 m² oturma alanı ve 2563 m² kullanım alanı bulunan araştırmancının üzerinde yoğunlaştığı E1 Blok yapısındaki en büyük açıklık 6,0 m'dir. Mevcut kolon boyutları zemin kat ve 1. normal katta sabit kalmakta, üst katlarda kademeli olarak azalmaktadır. Kiriş kesitleri ise yapı yüksekliği boyunca değişmemektedir. Kiriş kesitleri sabit kalırken, kolon kesitlerindeki azalma, taşıyıcı sistem üzerinde güçlü kiriş - zayıf kolon problemini doğurmaktadır. Yapının güçlendirme çalışmalarından önce, taşıyıcı sisteminde sadece X eksenini doğrultusunda ve aynı aks üzerinde dört açıklıkta betonarme perde duvarı bulunmaktaydı. Dolayısıyla mevcut yapısal elemanlarının kesit ve konumları irdelendiğinde, kütle merkezi ve rijitlik merkezinin birbirinden oldukça uzak koordinatlarda olduğunu belirtmek mümkündür. E1 blok içerisinde daha önce yapılmış olan güçlendirme imalatlarında X eksenini doğrultusunda beş açıklıkta, Y eksenini doğrultusunda dört açıklıkta betonarme perde duvar imalatı yapılmıştır. Söz konusu ilave betonarme perde duvarların mevcut yapı ile entegrasyonu, açıklıklarda mevcut kolonların en az 20 cm. et kalınlığındaki mantolama uygulaması ile birlikte sağlanmaya çalışılmıştır. Şekil 2'de E1 blokta uygulanmış olan güçlendirme imalatına ait bodrum kat kalıp planı görülmektedir.

E1 Blok bodrum kat planında, planın sol cephesinde bulunan U şeklindeki yapısal elemanlar; sağ bölümde görülen Y eksenini doğrultusunda konumlandırılmış olan elemanlar ve F-F' aksı üzerinde bulunan X ekseninde üç açıklık boyunca devam eden yapısal elemanlar, güçlendirme imalatları ile ilave edilen betonarme perde duvarlardır., X eksenini doğrultusundaki A-A' aksındaki toplam dört açıklık boyunca görülmekte olan betonarme perde duvarlar ise yapının ilk durumunda bulunan perde duvarlardır [7].

İnceleme kapsamındaki blok E1 bloğu olarak adlandırılmaktadır. E1 bloğu, dört adet ameliyathane bloğundan bir tanesidir. Diğer ameliyathane blokları olan E2, E3 ve E4 blokları ile dilatasyonlar ile birbirlerinden ayrılmış fakat bitişik nizam olarak yapılandırılmışlardır. E1 ve E2 blokları bir adet bodrum kat, bir adet zemin kat ve iki normal kat olmak üzere 4 kattan, E3 ve E4 blokları ise bir bodrum, bir zemin ve üç normal kattan oluşmaktadır. Adı geçen bloklar, betonarme perde duvar + çerçeve türü taşıyıcı sisteme sahiptir. Blokların temel sistemleri, sürekli temel iken, döşeme sistemleri kirişli döşeme olarak bilinmektedir. Ameliyathane bloklarında, 2005-2008 yılları arasında güçlendirme uygulamaları gerçekleştirilmiştir. Söz konusu güçlendirme imalatlarından sonra ihtiyaçların artması ve değişmesi nedenlerinden dolayı, adı geçen bloklar, mimari ve kozmetik açıdan değişikliklere maruz kalmıştır. Şekil 3'te mimari yerleşim planı yer almaktadır.



Şekil 3.İ.Ü. Cerrahpaşa Tıp Fakültesi yerleşkesinde bulunan ameliyathane bloklarının yerleşim planı
(Figure 3.Layout plan of the operating rooms in IU Faculty of Cerrahpaşa Medicine campus)

2. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ (RESEARCH SIGNIFICANCE)

Yerleşik düzende artan nüfus yoğunluğu, ihtiyaçları karşılamak amacıyla altyapı gereksinimleri artırmış, bu kapsamda açılan tünellerin inşası sırasında, tünel üst zemin bölgesinde yer alan yapılarda göçme ve hasar riski ortaya çıkmıştır. Söz konusu risklerin, tünel inşası öncesi tasarım yapılırken minimize edilmesi ve fizibilite çalışmalarının yapılması, oluşabilecek problemleri engellemek adına önem arz etmektedir. Bu çalışma, tünel inşası öncesinde zemin üstünde oluşabilecek risklerin ortaya konulması, inşa sırasında oluşan hasarlar için hangi önlemlerin alınması gerektiği ve olası hasarları engellemek için inşa öncesi gerekli önerilerin sunulmasını içermektedir. Bu kapsamda, İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi ameliyathane blokları incelenmiştir. Çalışma; yapı hasar

nedenlerinin araştırılması, zeminde jeoradar çalışması, yapı zemininin güçlendirilmesi, yapıda oluşan çatlak değişimlerinin incelenmesi aşamalarından oluşmaktadır. Bu itibarla, çalışmada, tünel inşası öncesi ve sürecinde göz önüne alınması gereken parametreler ortaya konularak; zaman, emniyet ve ekonomik açıdan kayıpların önlenmesi yolunda uygun öneriler sunulmaktadır.

3. İ.Ü. CERRAHPAŞA TIP FAKÜLTESİ MONOBLOK BİNASINDA MEYDANA GELEN HASAR İLE İLGİLİ TESPİT VE ÖNLEMLER (EVALUATION AND PRECAUTIONS WITH RELATED TO THE DAMAGES OCCURRING IU FACULTY OF CERRAHPASA MEDICINE MONOBLOCK BUILDING)

E1 blok kullanıcılarının ifadelerine göre, 6 Haziran 2010 tarihinde, gece yarısı yapı içerisinde ani bir gürültü duyulmuştur [8]. Yapı içerisindeki muhtelif bölme duvarlarda tespit edilen çatlakların, hissedilen gürültü sonrasında meydana geldiği kanaati oluşmaktadır. Söz konusu çatlakların diyagonal doğrultu geometrisine sahip olduğu saptanmıştır. Çatlak geometrisine itibarla, incelenen yapının üzerine oturduğu zeminde anormal bir hareketin varlığı konusunda şüpheler yoğunlaşmıştır. Yapı üzerinde daha önce uygulanmış olan güçlendirme imalatlarının duvarlarda meydana gelen çatlaklara sebebiyet verdiği ve hatalı bir güçlendirme uygulamasının mevcudiyeti spekülasyon konusu haline gelse de anormal zemin hareketi olasılığının sebebi araştırılmıştır. Diğer taraftan, bölme duvarlarda meydana gelen diyagonal çatlaklar ve duvar konumlarına göre yönleri ile yapıda düşey yönde bir oturmanın olduğu anlaşılmaktadır. Özellikle zemin kat ve 1. normal katta meydana gelen duvar çatlaklarının rahatsız edici boyutlara ulaştığı tespit edilmiştir. Kaynağı tespit edilemeyen ve kullanıcıları son derece tedirgin eden çatlaklar nedeni ile yapı, hasta giriş ve çıkışlarına tedbiren kapatılmıştır. Bir hastane binası için hayati derecede önem arz eden sterilizasyon ünitesinin yer aldığı bodrum kat duvarlarında, toplamda beş milimetrenin üzerinde diyagonal çatlaklar (Şekil 4a), giriş mesnetlerinde çekme ve eğilmeden oluşan çatlakların yanı sıra kesme çatlakları tespit edilmiştir. Bodrum kat tavan döşemesinin altında, eğilmeden dolayı oluşan çekme çatlakları tespit edilmiştir [9].

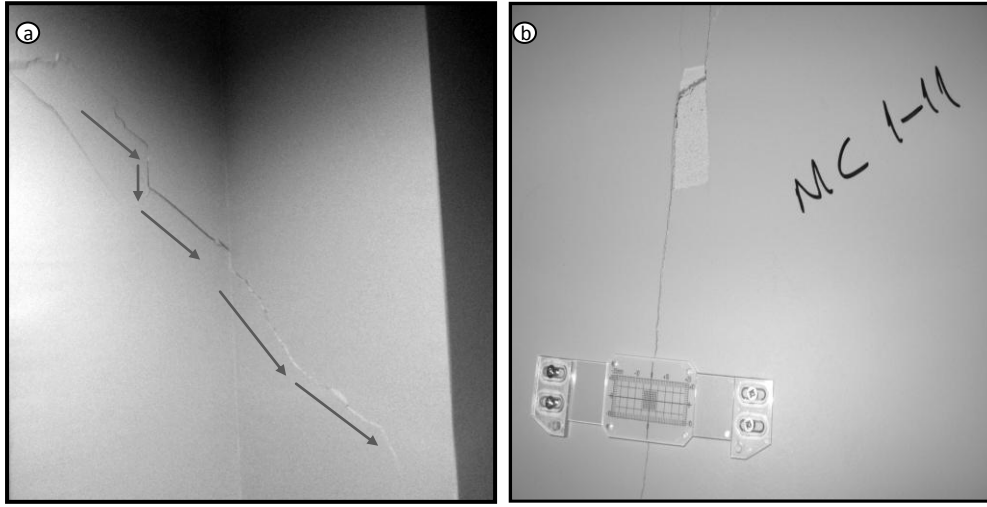
Kirişlerde 1/250 oranından fazla göreceli yer değiştirme, kolonlarda açıklıklara oranla yine 1/250 oranından fazla göreceli oturmalar gözlemlenmiştir. Üst kat taban döşemesinde de yine göreceli aşırı oturmalar nedeniyle üst tarafta eğilmeden dolayı basınç ezilmelerinin oluştuğu ve yer yer fayansların kırıldığı görülmüştür. Tüm bu bulgular, söz konusu bina bloklarının altında bir zemin oturması oluştuğunu işaret etmektedir. Şekil 3'te plan üzerinde, kesikli çizgiler ile sınırlanan alan, inceleme kapsamındaki binada görülen göreceli oturmaların yoğunlaştığı bölgeyi ifade etmektedir. Çatlak gözlenen duvarlar tuğla, gazbeton ve alçıpan malzemeden yapılmış bölme duvarlardır.

Oluşan hasarların zemin hareketinden kaynaklandığı kararına varılmasının ardından, zemindeki ani göçmenin sebepleri araştırılmıştır. Normal şartlarda eski bir bina altında zemin göçmesinin meydana gelebilmesi için;

- Temel zeminin içerisinde ani su hareketine ve temel zeminin suyla birlikte sürüklenmesine, yani temel altı erozyona sebep olan bir olayın gerçekleşmesi,
- Bina altına veya yakınlarına rastlayan bir bölgede kazı ya da tünel çalışması yapılması,
- Deprem ve benzeri bir yükleme etkisinin olması gerekmektedir.

Yukarıda belirtilen olasılıklardan ilk maddede tanımlanan mekanizmaya dair net bir bulgu bulunmamaktadır. Son maddede yer alan

deprem etkisi ise söz konusu tarihte gerçekleşmemiştir. İkinci maddede belirtilen tünel çalışması ihtimali ile ilgili olarak araştırmalara başlanmıştır.



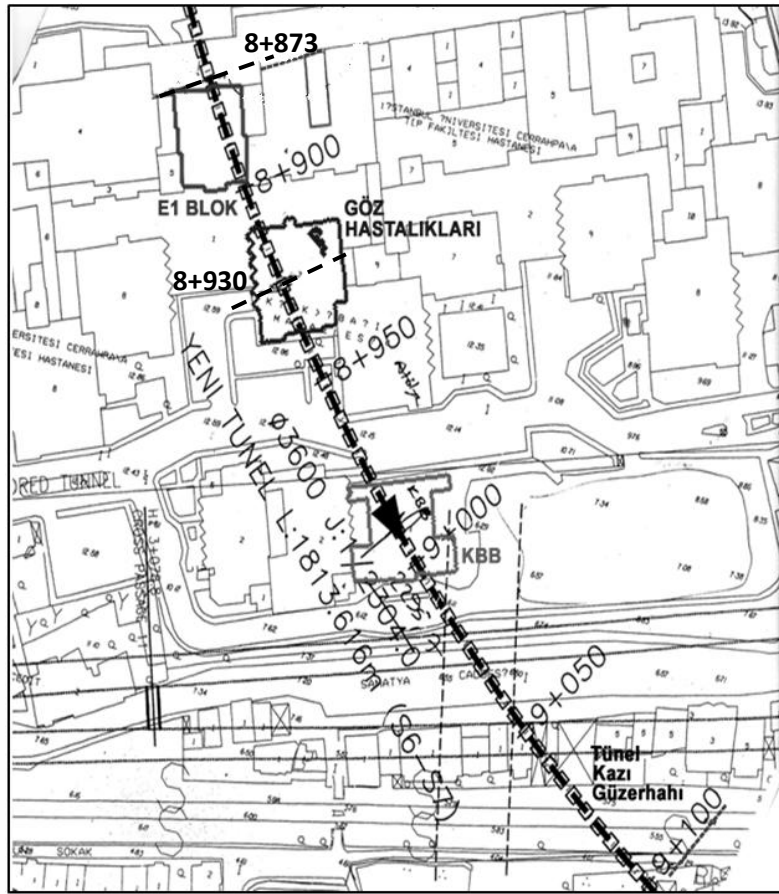
Şekil 4. (a) Duvar boyunca devam eden diyagonal çatlak (b) Örnek MC-1:11 mekanik çatlak ölçer
(Figure 4. (a) Diagonal crack in the infill wall (b) Sample MC-1:11 mechanical crack meter)

3.1. Hasar Nedenlerinin Araştırılması (Investigation of Causes of Damage)

Anılan yapıda belirtilen düzeylerde çatlaklar meydana gelmesine neden olabilecek olasılıklar üzerinde durulurken, öncelikli olarak, yapının hareketini gözlemlemek adına Sterilizasyon mahalline 7 adet (MC-2:1-7) ve ameliyathane mahalline 23 adet (MC-1:1-23) olmak üzere duvar, kiriş ve kolonlarda bulunan çatlaklara toplam 30 adet mekanik çatlak ölçer (MC) yerleştirilip (Şekil 4b), 30 gün süresince günlük periyotlar halinde değer okumaları alınarak çatlak değişimleri gözlenmeye başlanmıştır [10]. Ayrıca, bahsedilen anormal ve ani bir zemin hareketine neden olabilecek dış eylemler araştırılmıştır. Hastane civarlarındaki zemin kazıları taranmış, ayrıca son yıllardaki DLH (Demiryolları, Limanlar ve Hava Meydanları İnşaatı Genel Müdürlüğü) Marmaray Projesi (Boğaz Tüp Tünel Geçişi) ve İSKİ (İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi) Avrupa Yakası 2. Kısım Atıksu Tünel İnşaatı kazı çalışmaları güzergâhları irdelenmiştir. Marmaray Projesi'ne ait kazı işlemleri iki farklı güzergâh üzerinde devam etmekte ve bir güzergâh için yaklaşık iki yıldır herhangi bir faaliyet gerçekleştirilmemektedir. Marmaray Projesi'nin diğer güzergâhındaki aktif kazı çalışması ise inceleme kapsamındaki yapıya yaklaşık 1.5 km uzaklıktadır. İSKİ Avrupa Yakası 2. kısım Atıksu Tünel İnşaatı kazı çalışması güzergâhı incelendiğinde, söz konusu kazı faaliyetinin çatlakların oluştuğu yapının tam altında devam etmekte olduğu tespit edilmiş ve araştırmalar ilgili kazı faaliyeti üzerinde yoğunlaşmıştır. Şekil 5'te, İSKİ Avrupa Yakası 2. Kısım Atıksu Tünel İnşaatı güzergâhı görülmektedir.

Çevre bölge, sivil yapılar ve fakülteye ait komşu bloklar üzerinde çeşitli araştırmalar yapıldığında, monoblokta meydana gelen hasar tarihinden on beş gün kadar önce bazı yakın binalarda da çatlaklar ve farklı oturmalar olduğu, dört-beş günlük bir zaman dilimi öncesinde de hastanenin farklı bir bloğu olan göz hastalıkları bölümünde çatlaklar oluştuğu belirlenmiştir. Sivil yapılarda ikamet eden halkla yapılan görüşmelerde zaman zaman "yeraltından sesler

geldiği" vurgulanmıştır. Elde edilen bilgiler, yeraltında devam etmekte olan bir imalat olduğunu göstermektedir. İSKİ Avrupa Yakası 2. Kısım Atıksu Tünel İnşaatı kazı çalışmasında günde 15 m. ilerlendiği ve tünel kazısının 22 m. derinlikte olduğu ilgili yetkililer tarafından belirtilmiştir. Şekil 5'te görüldüğü üzere, E1 yapısı, güzergâh üzerindeki 8+873 km'ye tekabül etmekte ve tam bina içerisinde, oturma alanının yoğun olduğu bölgenin altından geçmektedir. Araştırmada, özel şahıslara ait yapıların altında 15 gün önce çalışıldığı bilgisi edinilmiştir. Söz konusu sivil yapılar ise güzergâh üzerinde 9+100 km'de bulunmaktadır. Bu bilgiler ışığında, aradaki mesafe ve tünel kazısının günlük ilerleme hızı parametreleri düşünüldüğünde, $(9100-8873)/15=15$ gün değeri, elde edilen bilgiler ile uyum sağlamaktadır. Güzergâh üzerinde görülen Göz Hastalıkları bölümünün bulunduğu yapı 8+930 km mesafede, KBB bölümünün bulunduğu yapı ise 9+000 km mesafededir. Söz konusu yapılar, aynı parametreler ile değerlendirildiğinde elde edilen bilgileri teyit etmektedir.

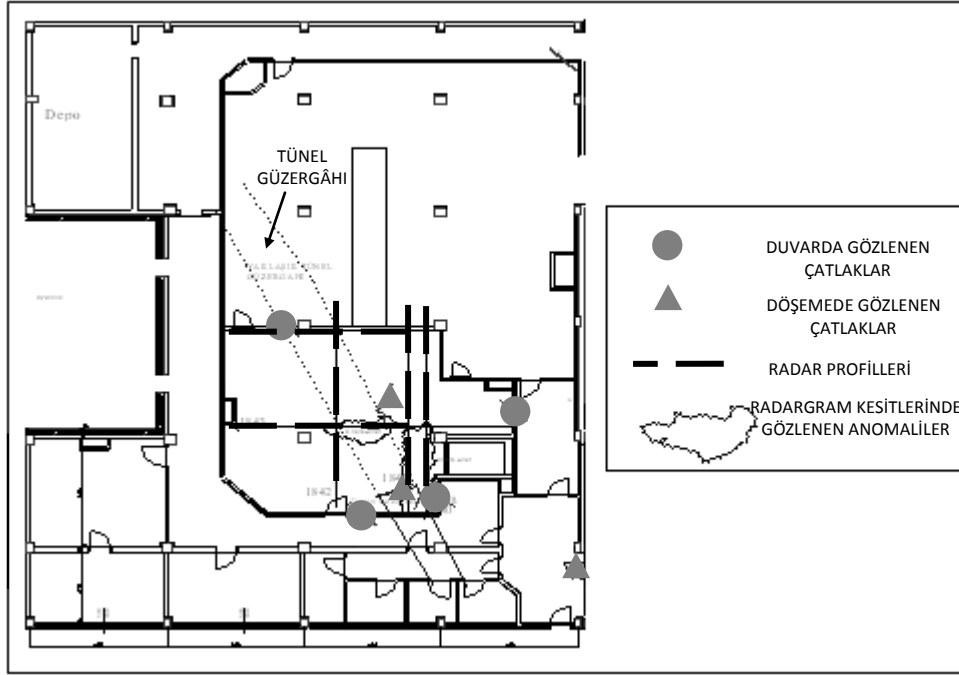


Şekil 5. İSKİ (İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi) Avrupa Yakası 2. Kısım Atıksu Tünel İnşaatı Güzergâhı ve İ.Ü Cerrahpaşa Tıp Fakültesi'nin güzergâh üzerinde kalan blokları [11]
(Figure 5. ISKI, Istanbul Water and Sewerage Authority, European side second part wastewater Tunnel Construction and the Blocks in I.U Faculty of Cerrahpaşa Medicine [11])

• Jeoradar Çalışması (Georadar Study)

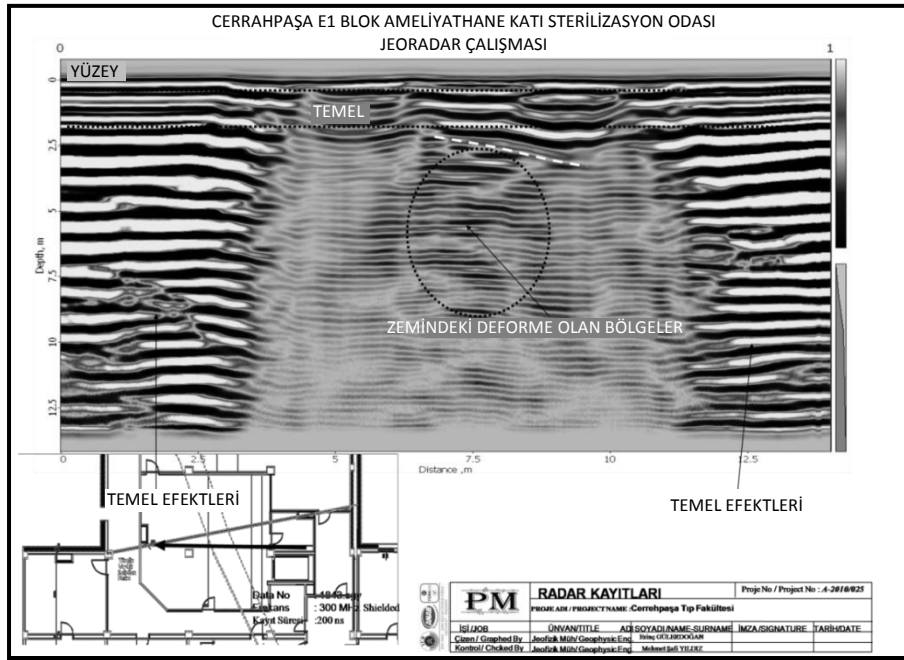
İnceleme kapsamındaki E1 Blok yapısı içerisinde, yapının oturduğu zemindeki olası deformasyonları incelemek adına, bodrum katta (en alt kat) jeoradar çalışması yapılmıştır. Ameliyathane katı

sterilizasyon odasında duvarlarda ve döşemelerde deformasyonların çok olduğu lokasyonda yan yana yaklaşık 9 metre uzunluğunda, birbirine paralel alınan profiller boyunca jeoradar ölçümleri (Şekil 6) ile temel zemini ortamındaki değişimler araştırılmıştır. Bu amaçla 300 MHz'lik anten kullanılarak yaklaşık 15 m. derinliğe kadar cevap alınmaya çalışılmıştır. Elde edilen radargramların iki ve üç boyutlu görüntülerinden, zemin ortamındaki değişimler elde edilmiştir.

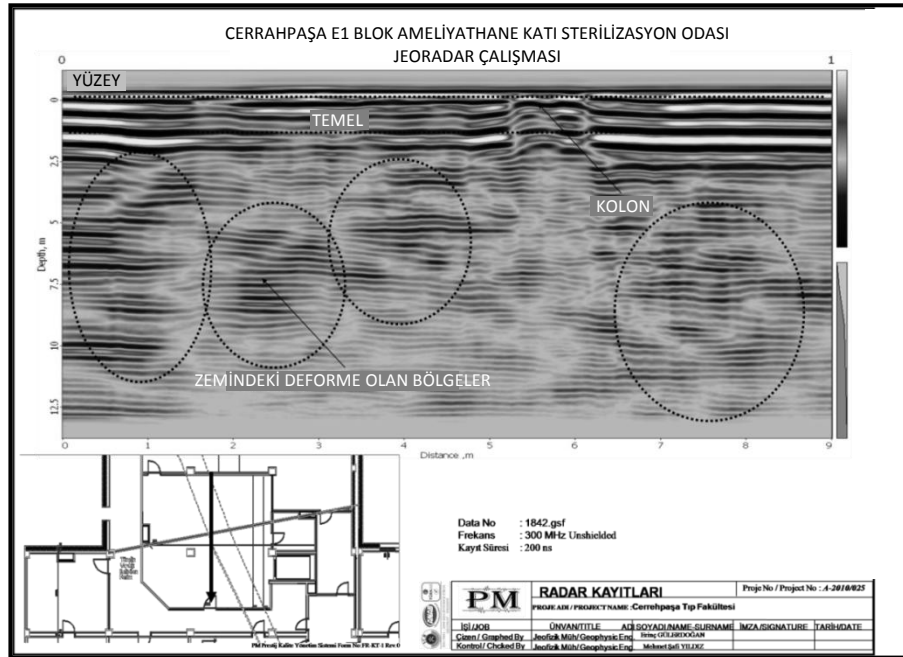


Şekil 6. Jeoradar profilleri, radargram anomalileri, gözlenen çatlak ve deformasyon yerleri ile TBM güzergahının konumu
(Figure 6. Georadar profiles, radargram anomalies, observed cracks and deformations and, the location of the TBM way)

Şekil 6'da görüldüğü üzere, gözlenen deformasyonlarla zemin göçmesinin olduğu tanımlanan bölgede jeoradar tarafından da anomali tespiti yapılmıştır. Yapılan jeoradar çalışmasının bulguları gözlem bulguları ile bire bir örtüşmektedir. İlginç bir şekilde anomali başlangıç bölgesi ile TBM (Tünel açma makinesi, Tunnel boring machines) aynasının ulaştığı kesim de aynıdır.



Şekil 7. İki boyutlu radargram kesiti ve zemindeki deformasyonlar [12]
(Figure 7. 2-D radargram cross-section and the ground deformations [12])



Şekil 8. İki boyutlu radargram kesiti ve zemindeki deformasyonlar[12]
(Figure 8. 2-D radargram cross-section and the ground deformations [12])

İncelenen yapı içerisindeki ameliyathane katında, göreceli oturumların yoğun olduğu bölgede X ve Y eksenlerine paralel doğrultuda alınan iki boyutlu radargram kesitleri ve zeminde meydana gelen deformasyonlar, sırasıyla Şekil 7 ve Şekil 8'de görülmektedir.

3.2. Yapı Zemininin Güçlendirilmesi (Strengthening the Ground of Building)

Söz konusu atık su tünelinin İ.Ü. Cerrahpaşa Tıp Fakültesi arazisinden geçen bölümünde, ilgili güzergah üzerinde yapılan çalışmalarda iki adet fay düzleminin mevcut olduğu belirlenmiştir. Fay düzlemlerinden bir adedi, Şekil 6'da görülen Tünel hattını kesmekte ve inceleme kapsamındaki yapının en fazla hasar gören bölümlerinin altında bulunmaktadır. Yaklaşık olarak 7-8 m genişliğinde olan ezik fay zonu su içermekte ve örselenmiş boşluklu yapıya sahip olduğu bilinmektedir. Diğer fay düzlemi ise 8-10 m genişliğinde olup araştırılan yapıya yakın mesafede tünel kotundan başlayarak üst örtü kalınlığına bağlı olarak, yaklaşık 45° açı ile konik şeklinde üst kısma doğru genişlemektedir.

İncelenen üniversite binalarının bulunduğu bölgede zemin yapısı olarak üstten itibaren yapay dolgu ve alüvyon tabakaları mevcuttur. Söz konusu zemin türlerinin yağışlar ve yer altı suları ile bünyelerinde su barındırdığı, zemin sularının kısa süre içerisinde çekilmesi ve yar altı suyunun ani düşmesi durumunda yapıların altında bulunan zeminlerde ani çökmelere ve oturmalara neden olduğu bilinmektedir [13].

Çalışma kapsamında incelenen blok altında başlayan oturmaların etkisi öncelikle ilgili yapının taşıyıcı elemanlarında hasarların artmasına neden olmuş, sonrasında ise diğer komşu yapıların yapısal elemanlarında etkisini göstermiştir. Söz konusu oturma ve yapısal hasarların, jeolojik formasyonlarda denge oluşuncaya kadar devam etmesi beklenmektedir.

Ani zemin göçmesi ile hasar meydana gelen yapının altında yapılan çalışmalarda yaklaşık 80 ton çimento şerbeti zemine enjekte edilmiştir. Diğer fay düzleminin altında bulunan yapının altında bulunan zemine ise yine yaklaşık olarak 110 ton çimento şerbeti enjekte edilmiştir. Söz konusu zemine çimento şerbeti enjekte etme çalışmaları "zemin güçlendirmesi" adı altında yapılmış olsa dahi enjekte etme işleminden sonra söz konusu zemin içerisinde meydana getirdikleri etki ile ilgili herhangi bir araştırma ya da bulgu mevcut değildir. Şekil 9'da, zemine yapılan çimento şerbeti enjeksiyonu çalışmalarından bir görüntü yer almaktadır.



Şekil 9. Çimento şerbeti enjeksiyonu
(Figure 9. Cement grout injection)

3.3. Hasar Gören Yapıdaki Çatlak Değişimlerinin Değerlendirilmesi (Assessment of Crack Variations in the Damaged Structure)

Sterilizasyon ve ameliyathane mahallerinde monte edilen toplam 30 adet mekanik ölçerle, çatlak ölçümleri 30 gün boyunca okumaları alınmıştır. İlk iki hafta süresince, çatlaklarda mm. seviyesinde artımların olduğu gözlenmiş, sonrasında, zeminde gerçekleştirilen çimento enjeksiyonu sonrasında, üçüncü hafta sonunda, ilk çatlak değerinin altına indiği, son 7 gün zarfında ise, referans değerlerine ulaşmış, çatlak genişliklerinin değişmediği, çatlak ölçerle ile belirlenmiş ve gözlenmiştir. Bu durum, zemin güçlendirmesinin yapının hareketini engellemede etkin bir rol oynadığı sonucunu vermektedir.

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER (CONCLUSIONS AND SUGGESTIONS)

İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Yerleşkesi'nde bulunan Cerrahpaşa Tıp Fakültesi'ne ait bloklardan öncelikli inceleme kapsamına alınan E1 blokta meydana gelen yapısal elemanlardaki hasarların kaynağının, söz konusu yapının altından geçen yaklaşık 4.60 m çapındaki tünel olduğu kanaatine varılmıştır. Söz konusu durum ile ilgili farklı kurum ve kişilerce hazırlanan raporlar varılan kanaati doğrular niteliktedir. Çalışma kapsamında elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir:

- İlgili yapıda temel altı göçme sebebiyle binanın taşıyıcı sisteminde çatlaklar oluşmuş, farklı oturmalar meydana gelmiş ve binanın taşıyıcı sistemindeki yük dağılımları tamamen değişmiştir.
- Söz konusu yapıya komşu diğer bloklar ve tünel kazısının güzergâhı üzerinde bulunan diğer yapıların emniyet seviyelerinde azalma olasılığı bulunmaktadır. İlgili yapıların durumu ayrı bir araştırma konusudur. Bloklar için ilave gözlem ve çalışmalarla değerlendirme yapılması gerekmektedir. Hassas dengede olan E1 blok için büyük bir tehlike ile karşılaşılması olasılık dâhilindedir. Benzer durum bitişik binalar için de söz konusu olabilmektedir.
- 9+100 kilometre ile E1 blok konumu arasında gözlem çalışmaları sırasında ortaya çıkan ve bu aralıktaki güzergâh boyunca tünel açılım hızına paralel olarak oluşmuş bulunan sorunlar tünel açma işleminin zemin üstündeki yapılarda sorunlara sebep olduğunu göstermektedir.

Yapısal hasarlarla ilgili, bir hastane binası örneği ele alınarak gerçekleştirilen çalışma sonucunda, uygulama ve araştırma önerileri aşağıda belirtilmiştir:

- Yapının mevcut durumu, kullanım açısından risk taşıdığından, servis dışı kalmış ve insan trafiğine kapalı durumdadır. Bu süre zarfı içerisinde yapı içerisinde bulunan birimler hizmet verememektedir. Önlem alınmadan yapılan herhangi bir çalışmanın olumsuz etkisi, kurum için hayati önem arz eden bir yapıyı kullanım dışı bırakabilecektir.
- Elde edilen bulgulardan hareketle, mevcut güzergâhın aynı tarzda devam ettirilmesi durumunda yeni hareketlerin oluşabileceği çıkarımını yapmak kaçınılmaz olacaktır.
- Tünel kazılarının, üstünde bulunan yapılara olan etkileri, mühendislik kriterleri kapsamında belirlenmeli ve elde edilen bilgiler kapsamında güzergâh, kazı çapı ve derinlik parametreleri tespit edilmeli, gerekli ön çalışmalar yapılmalı ve güvenlik tedbirleri mutlaka alınmalıdır.
- Tünel açma işlemleri; zemin kaybına, yüzey oturmalarına ve enine hareketlere sebep olmaktadır. Bu gibi durumları engellemek

adına, yapı-zemin etkileşimi dikkate alınmalı ve mevcut yapının altında tünel açma çalışması devam ederken, üstteki yapıya olan etkilerin belirlenmesi gerekmektedir. Bu kapsamda, gerilme-deformasyon davranışını detaylı elde etmek için sayısal zemin-yapı etkileşim analizi gerekmektedir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Selby, A.R., (1999). Tunnelling in Soils-Ground Movements, and Damage to Building in Workington, UK. Geotechnical and Geological Engineering, 17:351-371.
2. Berilgen, M., Doran, B., Yıldırım, S. ve Bulut, A., (2007). İkiz Metro Tünelleri Üzerinde Yer Alan Bir Yapıda Zemin Yapı Etkileşimi Analizi. I. Özel Konulu Sempozyum: Teoride ve Uygulamada Zemin-Yapı Etkileşimi.
3. Aye, Z.Z., Karki, D., and Schulz, C., (2006). Ground Movement Prediction and Building Damage Risk-Assessment for the Deep Excavations and Tunnelling Works in Bangkok Subsoil. International Symposium on Underground Excavation and Tunneling, 2-4 Şubat, Thailand.
4. Dimnock, P.S. ve Mair, R.J., (2008). Effect of Building Stiffness on Tunnelling-Induced Ground Movement. Tunnelling and Underground Space Technology 23: 438-450.
5. Laefer, D.F., Ceribasi, S., Long, J.H., and Cording, E.J., (2009). Predicting RC Frame Response to Excavation-Induced Settlement. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 135:11,1605-1619.
6. Uydu Fotoğrafı, (2010). <http://earth.google.com>, Ziyaret tarihi:Ağustos 2010.
7. İ.Ü. Yapı İşleri ve Teknik Daire Başkanlığı, Tespit Raporu, Haziran 2010.
8. İ.Ü. Cerrahpaşa Tıp Fakültesi El Blok Personeli, Kişisel Görüşme, Haziran (2010).
9. Öztörün, N.K., Çinicioğlu, S.F. ve Kültür, Ö.F., (2010). İstanbul Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyeleri, Teknik Rapor, Haziran, 2010.
10. İ.Ü. Yapı İşleri ve Teknik Daire Başkanlığı, Mekanik Çatlak Ölçer ile Çatlak Değerlerindeki Değişimlerinin Ölçülmesi, Haziran-Temmuz (2010).
11. İSKİ (İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi) Atıksu Daire Başkanlığı, Avrupa Yakası 2.Kısım Atıksu Tünel İnşaatı Güzergâhı Proje Detayları, (2010).
12. PM Mühendislik Müşavirlik Yeraltı Araştırması Kayıtları Tic. Ltd. Şti., İ.Ü. Cerrahpaşa Tıp Fakültesi El Blok Zeminine Ait Jeoradar Kayıtları, (2010).
13. Gözübol, A.M., (2010). İstanbul Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi, Teknik Rapor, Haziran.