

ADAPAZARI ZEMİNLERİNDE SAĞLAM KATMAN DERİNLİKLERİ

S. SERT

Arş. Grv. Dr.
Sakarya Üniversitesi
Adapazarı, Türkiye

E. BOL

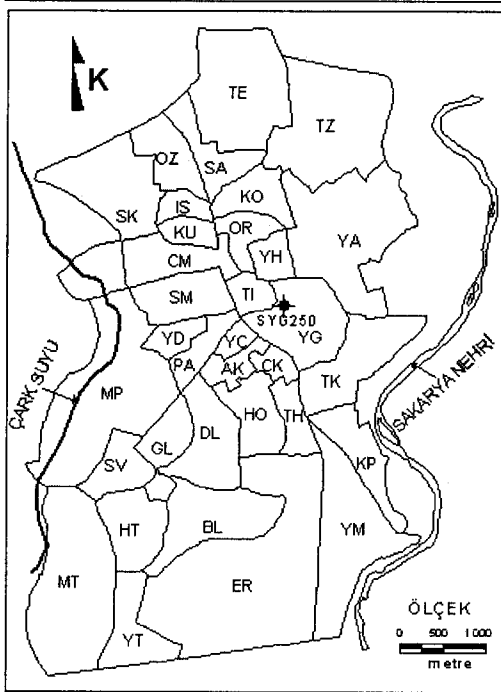
Arş. Grv. Dr.
Sakarya Üniversitesi
Adapazarı, Türkiye

ÖZET

Adapazarı, 1999 Kocaeli ($M_w=7.4$) ve Düzce ($M_w=7.2$) depremleriyle büyük yıkıma uğramış, depremler sırasında çok sayıda can kaybı ve önemli maddi kayıp meydana gelmiştir. Oluşan hasarın nedeni olarak, kentin üzerinde oturduğu aluviyal kökenli zemin gösterilmiş, “kötü” olarak nitelendirilen zemin özellikleri sebebiyle belediyece kat sayısı kısıtlamasına gidilmiştir. Sadece gözlemlere dayanan ve bilimsel/teknik dayanağı olmayan ve halen süregelen bu sınırlamanın gerçeği tam yansıtmadığı depremler sonrasında yapılan zemin araştırmalarıyla ortaya çıkmıştır. Bu çalışma kapsamında sıkı olarak nitelendirilen bölgelerin yüzeye olan mesafeleri irdelenmiş, ayrıca Coğrafi Bilgi Sistemi kullanılarak bu derinliklerin kent içindeki dağılımı sayısal ortamda gösterilmiştir. SPTN değerleri gözönüne alınarak hazırlanan sağlam tabakaların yüzeye yakınlığını gösteren sayısal harita, daha önce Adapazarı kentinin yer altı morfolojisini anlama amacıyla yapılan çalışmalarla karşılaştırıldığında; eski nehir yataklarını temsil eden temiz kum ve çakılların $SPTN>30$ olan bölgeler ile çakıştığı görülmüştür. Sonuçta kentin değişik bölge ve derinliklerinde SPTN sonuçları refü değeri verebilen, CPT uç dirençleri 30 MPa’ı geçebilen ve iyi temel ortamı olarak nitelendirilebilecek sıkı-çok sıkı kum tabakalarının varlığı ve bu tabakaların da eski nehir yatağı kalıntıları olduğu teyit edilmiştir.

GİRİŞ

Adapazarı zeminleri günümüzde kentin hemen doğu sınırından kuzeye doğru akan Sakarya Nehri'nin (Şekil 1) getirmiş olduğu alüvyonlardan oluşmuştur. Geçmişte Sakarya Nehri kent alüvyonlarının oluşmasında büyük rol oynamasına rağmen günümüzde üzerine yapılan barajların ve ovada nehrin iki yanında oluşturulan taşkın önleyici seddelerin yapılması sonucu çökme süreci durmuştur (1). Yüzeğe yakın yeraltı suyu seviyesi 1999 depreminde zeminden kaynaklanan; sıvılaşma, zemin direncinin azalması, yayılı temel dışındaki yüzeysel temellerde taban kabarması, taşıma gücü kaybı gibi çeşitli yenilme türlerinin oluşmasında (2) ve yapısal hasarın artmasında büyük rol oynamıştır.



Şekil 1. Yer bulduru haritası

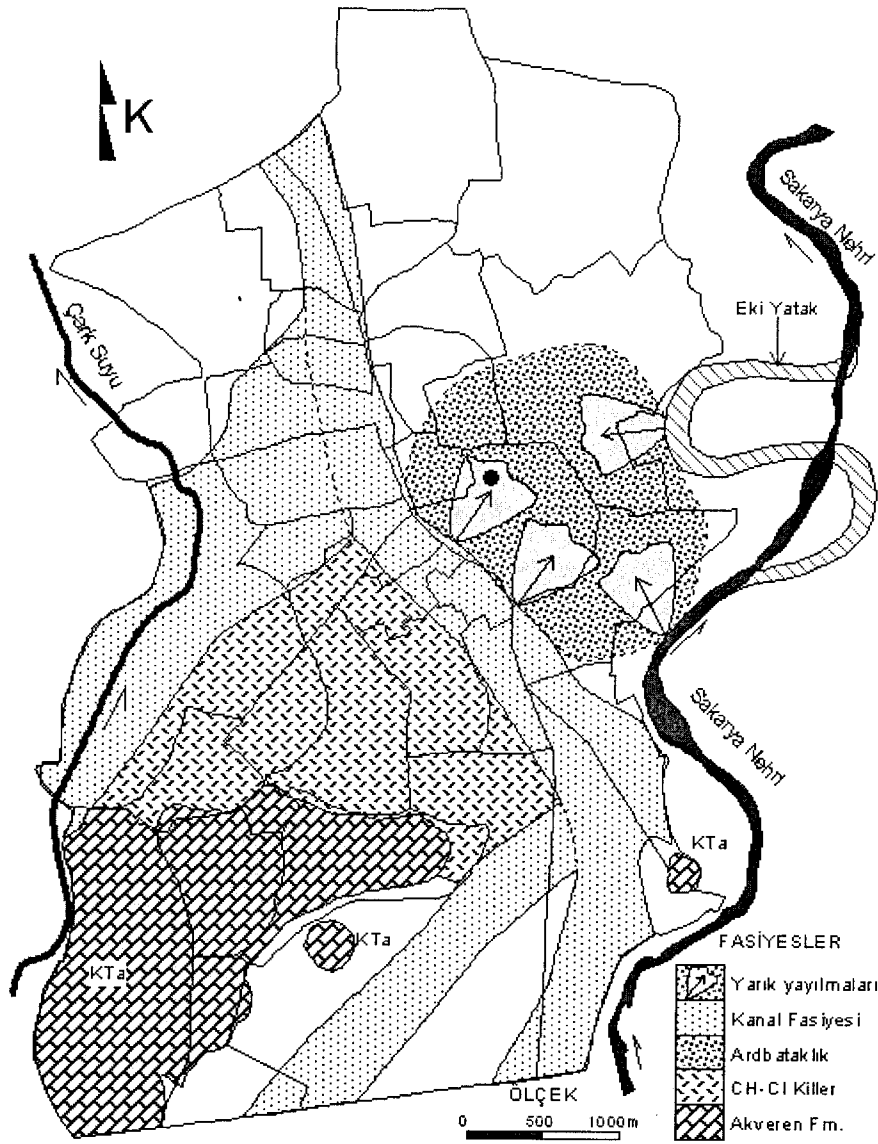
Jeomorfolojik Çalışmalar

Bol (2003) Adapazarı kenti zeminlerinin üst 0.0-50.0 metre arasının akarsu (*fluvial*) kökenli alüvyonlar tarafından oluştuğuna dikkat çekmiş, ovanın oluşumuna katkıda bulunan Sakarya Nehri'nin, geçmişte şimdiki kent merkezinde yaptığı hareketleri ve ardında bıraktığı sedimentlerin dağılımını ortaya koyduğu çalışmasında kentin akarsu (*fluvial*) tarihçesini incelemiştir (1). Bu araştırma sonuçlarına göre Adapazarı'nın üst kesimleri menderesli bir nehre ait akarsu fasiyesinin (*fluvial facies*) burun seti sedimentleri (*point bar deposits*), ard bataklık (*backswamp*), terkedilmiş kanal depoları (*abandoned channel deposits*), sırt (*levee*), yarık yayılmaları (*crevasse splays*) gibi, taşkın ovalarını (*floodplain*) oluşturan alt fasiyeslerinden (*subfacies*) oluşmakta ve herbir alt fasiyes litolojik ve geoteknik bakımdan birbirinden farklılıklar sunmaktadır. Sondaj çalışmalarından elde edilen numunelerin değerlendirilmesinden ortalama dane boyları tayin edilmiş (D_{50}), bu dane boylarının dağılımlarının coğrafi bilgi sistemi tabanlı bir yazılımda haritalanması sonucunda ise kent merkezinde yaklaşık 1500 yıl önce hüküm sürmüş, ortalama dane çapının 0.4 mm olan kumlardan oluşan, eski bir nehrin kanallarını oluşturan kalıntıları saptanmıştır (Şekil 2) (3). Şekilde özellikle Tıgıcılar (TI) ve Yenigün (YG) mahallelerini içine alan ve ard bataklık (*backswamp*) olarak ayırtlanan bölgede düşük plastisiteli ince tabakalı killerle ara katkılı siltler egemendir. Bu bölgede siltler genellikle ML sınıfında olup suya doygunurlar. Aynı zamanda nehir taşkın zamanlarında, akarsu en keskin dönüş yaptığı noktalardan, yatak kenarlarındaki ince kumlardan oluşan sırtları (*levee*) yararak bu alçak bölgeye doğru yüklerini boşaltmış ve sonuçta ince kumlardan oluşan ince tabakalı yarık yayılması (*crevasse splay*) çökellerini oluşturmuştur (Şekil 3). Güneyde bulunan tepelik kısımların hemen kuzeyi de tipik zemin profili bakımından diğer bölgelere nazaran farklı bir yapı sunmaktadır. Bu bölgede orta ve yüksek plastisiteli killer (CI ve CH) bulunmakta, bunlar tüm kesit

orta ve yüksek plastisiteli killer (CI ve CH) bulunmakta; bunlar tüm kesit boyunca kendilerini gösterebilmektedirler. Bu killerin güneydeki tepelik kısımlarında bulunan Akveren Formasyonu'na (KTa) ait kayaçların ayrışıp ince malzemelerin bu alçak bölgeye taşınması sonucu oluştuğu görüşü ağırlık taşımaktadır (1).

Kullanılan Veriler ve Çalışmanın Amacı

Bu çalışmaya yönelik olarak 1999 depremlerinden önce ve sonra gerçekleştirilen 630 dolayında sondaj gözden geçirilmiştir. Bu sondajlarda en az her 1.50 m'de bir SPT deneyi yapılmış, ayrıca elde edilen örselenmiş ve örselenmemiş numuneler Sakarya Üniversitesi Geoteknik Laboratuvarı'nda TS1900/1987'ye göre gerekli deneylere tabi tutulmuş ve TS1500/2000 uyarınca sınıflandırılmışlardır. Sondaj bulgularına ek olarak büyük bir çoğunluğu Sakarya Üniversitesi tarafından yapılan yaklaşık 250 adet Koni Penetrasyon Deneyi (CPTU) de değerlendirilmiştir. Bu çalışma kapsamında eldeki tüm veriler bir veritabanı altında toplanarak değerlendirilmiş ve Coğrafi Bilgi Sistemi kullanılarak Adapazarı kent merkezinde inşa edilecek yapılar için sağlam temel ortamlarının varlığı irdelenmiştir.



Şekil 2. Adapazarı kenti akarsu fasiesleri (3)

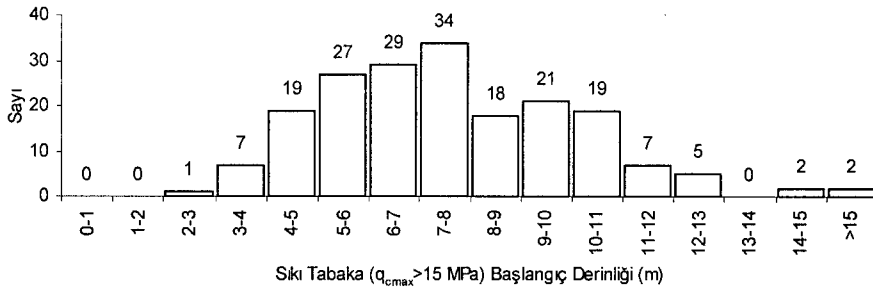
Sondalama ve Sondaj Verilerinin Değerlendirilmesi

Koni Penetrasyon Deneyi (CPTU)

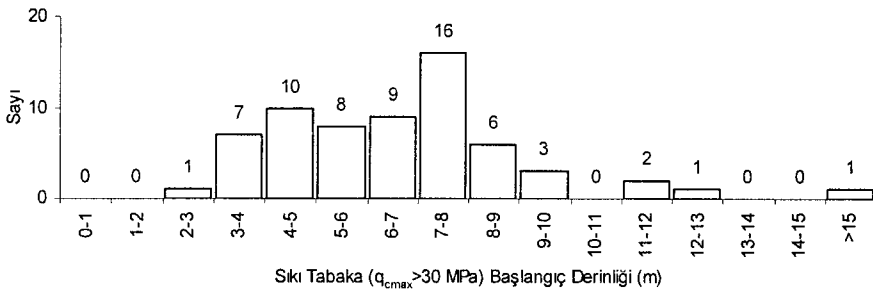
Adapazarı merkezinde yapılan 250 adet CPT sonuçları değerlendirildiğinde uç dirençlerinin 191 kesitte 15 MPa'ı, 64 kesitte de 30

MPa'ı aştığı sıkı ve çok sıkı tabakaların varlığı ortaya çıkmaktadır. 200 kN kapasiteli CPT deney aletinin ankrajlarının sökülmesi sebebiyle sıkı tabaka kalınlığı her zaman tam ölçülemese de birçok durumda bu tabakaların kalınlığının 5 m'yi geçtiği yapılan sondajlarda da doğrulanmıştır.

CPT deney sonuçlarına göre sıkı ve çok sıkı tabakaların başlangıç derinlikleri Şekil 3 ve 4'te gösterilmiştir (4). Burada dikkati çeken bulgulardan ilki, üst 3 m'de bir kesit dışında hiçbir durumda sıkı/çok sıkı tabakalarla karşılaşılmasıdır. Sıkı ve çok sıkı tabakaların başlangıç derinliklerinin %65'den fazlası 5 m ile 10 m arasında bulunmaktadır. Çok sıkı tabakaların %30'u 4-5 m'den başlarken 10 m'den daha derinlerdeki çok sıkı tabaka oranı %5'te kalmaktadır.



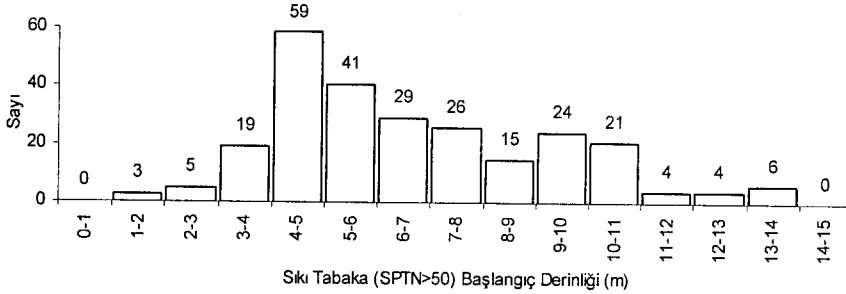
Şekil 3. CPT sonuçlarına göre sıkı tabaka ($q_{cmax} > 15$ MPa) başlangıcı histogramı



Şekil 4. CPT sonuçlarına göre sıkı tabaka ($q_{cmax} > 30$ MPa) başlangıcı histogramı

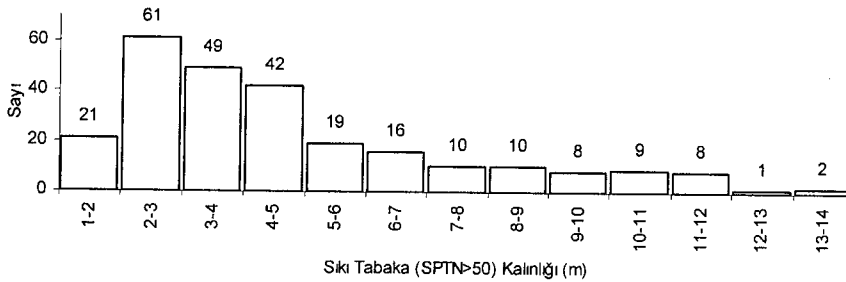
Standart Penetrasyon Deneyi (SPT)

Adapazarı merkezinde yapılan 630 civarında sondaj değerlendirildiğinde bunların yarısına yakınında ham SPTN değerlerinin refü verdiği çok sıkı tabakaların bulunduğu görülmüştür. Sondaj sonuçlarından da üst 3 m’de sağlam tabakaların hemen hemen hiç bulunmadığı anlaşılmaktadır. Çok sıkı tabakaların tespit edildiği 256 sondaja göre bunların 86 tanesi üst 5 m’de, 135 tanesi 5 m ile 10 m arasında ve 35 tanesi de 10 m’den daha derinde başlamaktadır (Şekil 5).



Şekil 5. Sondaj sonuçlarına göre çok sıkı tabaka başlangıcı histogramı

Şekil 6’da sondajlarda ortaya çıkan sıkı tabaka kalınlıkları gösterilmektedir. Buradan 2 m ile 5 m arasındaki kalınlıklara en fazla rastlandığı söylenebilmektedir. 256 sıkı tabakanın kalınlıklarınının 173’ü sıfır ile 5 m arasında, 63’ü 5 m ile 10 m arasında ve 20 tanesi de 10 m’den daha fazla çıkmaktadır.



Şekil 6. Sondaj sonuçlarına göre çok sıkı tabaka kalınlıkları histogramı

Yukarıdaki istatistik bulgular deprem sonrası yapılan çalışmalar tarafından desteklenmektedir. Önalp ve diğ. (2000, 2001), kent merkezinde 1965'e kadar süren değişik nitelikli sellenmelere bağlı olarak üst 5 m'de killer ve plastik olmayan siltlerin, bunların altında da sıkı kum veya hafif aşırı konsolide killerin bulunduğu kesitlerle sık sık karşılaşıldığını belirtmişlerdir (5, 2). Üst 5 m için SPTN değerlerinin 2 ile 10 arasında değiştiği, sonda uç dirençlerinin de 2 MPa'dan küçük ölçüldüğü, bu derinliğin altında SPT darbe sayılarının 20'nin üzerinde çıktığı ve refüye yöneldiği bulgusu Şekil 5 ile uyushmaktadır.

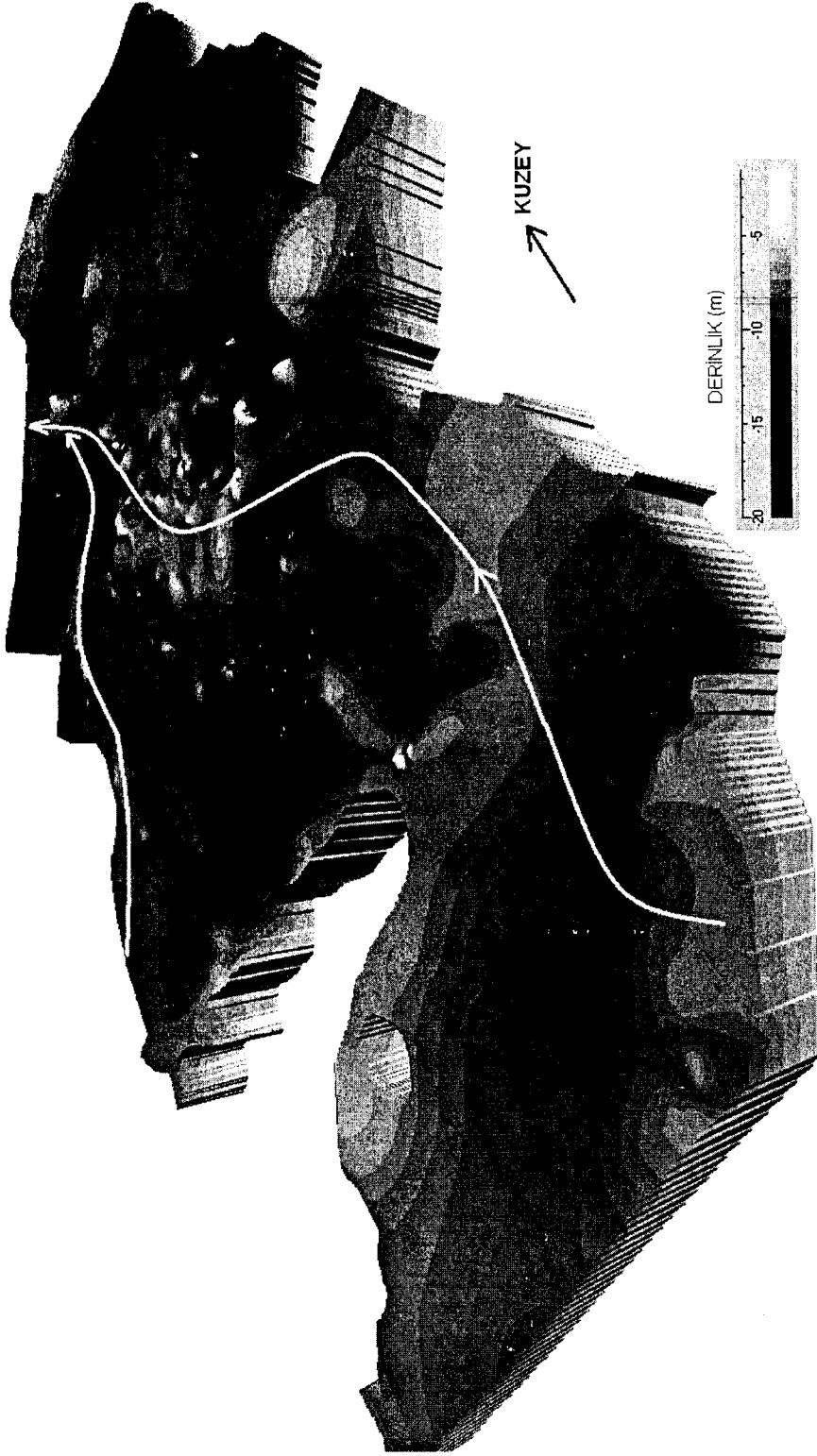
Bol (2003), yukarıda sunulan istatistik bulguları destekler nitelikte, üst katmanlardaki kayma direnci düşük zeminlerin aksine kent merkezinde eski nehir yataklarının bulunduğu bölümlerde yüksek yapılaşma için sağlam bir temel zemini oluşturabilecek sıkı kum ve çakıllı kumların varlığına işaret etmektedir (1).

Bray ve Stewart (2000), depremlerde hasar gören yapılarda yaptıkları gözlemler sonucunda oturma, taşıma gücü kaybı ve yanıl yer değıştirmelerin yer altı su seviyesinin yüzeye yakınlığı nedeniyle bodrumsuz inşa edilen ve temelleri yüzeye oturtulan binalarda daha çok oluştuğunu belirtmişlerdir (6).

Sağlam Tabaka Dağılımları

Kent için oluşturulan geoteknik veritabanından sıkı tabakaların (SPTN>30) karşılaşıldığı ilk derinlikler sorgulanmış ve bu sondajlara ait koordinat bilgileri kentin sayısal haritası ile birleştirilmiş ve coğrafi bilgi sistemi ortamında bu tabakaların başlangıç derinliği haritası hazırlanmıştır (Şekil 7).

Burada açık renk ile temsil edilen bölgeler sıkı tabakaların yüzeye yakın olduğu kısımlara, koyu renk ise sağlam tabakaların derinde olduğu kısımlara karşılık gelmektedir. Şekil 7'de beyaz çizgi ile gösterilen yüzeye en yakın sıkı tabakaların olduğu bölgeler Şekil 2'de gösterilen eski nehir yataklarına karşılık gelmektedir. Şekil 2'de ard bataklık (*backswamp*) olarak nitelendirilen bölgenin bu haritadaki iz düşümünde de sıkı tabakaların en derinde rastlanıldığı bölgeler olması dikkate değerdir. Yenigün (YG) ve Tıgıcılar (TI) mahallelerine (Şekil 1) karşılık gelen bu alanlarda 1999 depremi sırasında hemen hemen tüm binalarda çeşitli sebeplerden kaynaklanan zemin problemleri görülmüştür.



Şekil 7. Adapazarı zeminlerinde SPTN>30 olan tabakaların üç boyutlu yüzeye yakınlık haritası

Sonuç

1999 depremi sonucunda oluşan yapısal hasarların tamamının sorumluluğunu Adapazarı kenti zeminlerine yüklemenin yanlış olduğu yapılan geoteknik ve jeomorfolojik çalışmalar sonrasında ortaya çıkmıştır. Yapılan bu çalışmada gösterildiği gibi eski nehir yatakları ile temsil olunan kumlar üzerinde yapılan arazi deneylerinde refü değerine kadar çıkabilen darbe sayıları elde edilmekte ve sıkı-çok sıkı olarak nitelendirilen zeminlere karşılık gelmektedir.

Sonuç olarak kentte minimum yüzeysel temel derinliğinin 3 m olması gerektiği, binaların bodrumlu yapılması durumunda veya derin temel sistemleri ile yüksek yapılaşmaya gidilebileceği görüşüne varılmaktadır.

Teşekkür

Çalışmamıza destek veren Prof. Dr. Akın Önalp, Yrd. Doç. Dr. Ersin Arel ve Yrd. Doç. Dr. Aşkın Özocak'a teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

1. Bol, E., "Adapazarı Zeminlerinin Geoteknik Özellikleri", Doktora Tezi, SAÜ FBE, 195 sayfa, Adapazarı, 2003.
2. Önalp, A., Arel, E., Bol, E., "A General Assesment of the Effects of 1999 Earthquake on the Soil-Structure Interaction in Adapazarı", Jubilee Papers in Honour of Prof. Dr. Ergün Tođrol, İstanbul, pp. 76-89, 2001.
3. Bol, E., Önalp, A., Arel, E., "1999 Depremi Ardından Yeraltı Suyu Seviyesi Değişimleri", Deprem Sempozyumu Kocaeli 2005, s. 1180-1189, Kocaeli.
4. Sert, S., "Aluviyal Ortamda Kazıklı Yayılı Temellerin Üç Boyutlu Analizi", Doktora Tezi, SAÜ FBE, 137 sayfa, Adapazarı, 2003.
5. Önalp, A., Sert, S., Bol, E., "Adapazarı Zeminlerinin Deprem Performansı", Zemin Mekaniđi ve Temel Mühendisliđi Sekizinci Ulusal Kongresi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, s. 373-382, 2000.
6. Bray, J., Stewart, J.P., "Damage Patterns and Foundation Performance in Adapazarı", Earthquake Spectra, Supplement to Vol. 16, pp. 163-187, 2000.

Abstract

Adapazari city in Turkey experienced most of ground failure problems such as liquefaction, strength decay of soils, bearing capacity failure during the 1999 Kocaeli-Adapazarı earthquake. Following the 1999 Marmara earthquakes in Turkey, although the alluvial soils of the city were blamed at the time, soil studies have shown that inadequate foundation design might have been the primary reason for the widespread damage in Adapazarı. Implementation of around 630 boreholes and 250 soundings by Sakarya University after the earthquake has shown that dense layers of sand or stiff clays are found at depths 5 to 15 m, which means that if the top soft layers of soil are avoided, successful foundation systems can be designed for higher structures. Data from the in-situ and laboratory testing were entered into a database called "*The Adapazarı soil database*". This database is connected to a Geographical Information System (GIS) software. In this study it is demonstrated that digital map of dense layers which give high cone tip resistance and refusal at SPT testing correspond to coarse grained sands and gravels which are found in the ancient river channel.

