

Kaynaşlı (Düzce) TOKİ Yerleşim Alanı Zeminlerinin Geoteknik Özelliklerinin Jeofizik ve Geoteknik Yöntemlerle Araştırılması

Ali ATEŞ¹, Burak YEŞİL^{2*}, Baran TOPRAK³

¹Düzce Üniversitesi, Teknoloji Fak., İnşaat Müh. Bölümü, Konuralp/DÜZCE

²Düzce Üniversitesi, Düzce MYO, İnşaat Teknolojisi Bölümü, Merkez/DÜZCE

³Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fak., İnşaat Müh. Bölümü, Beşevler/ANKARA

Özet

Kaynaşlı ilçesinde yapılaşmaya açılacak alanda yer mühendislik özelliklerinin ortaya çıkartılması amacı ile jeofizik, jeolojik ve goteknik yöntemler birlikte kullanılmış ve zemin geoteknik özellikleri araştırılmıştır.

Kaynaşlı (Düzce), Kuzey Anadolu Fay zonunun önemli segmentlerinden Mudurnu civarında 2 kola ayrılan Düzce fayının Kuzey segmenti Zonunda yer alan, birinci derece deprem bölgesi niteliklerine sahip bir Pliyo-Kuvaterner çökelme alanıdır. Son otuz yıl içinde 1999 12 Kasım deprem öncesine kadar çarpık ve hızlı yapılaşmaya maruz kalmıştır. Çalışma alanı, Kaynaşlı Havzası'nın etrafında bulunan Dağlardan kaynaklanan kalın alüvyon yelpazelerle (Kuvaterner) örtülmüştür. Yerleşim alanı birinci derece deprem bölgesinde yer alması ve ilçenin aktif faylar tarafından kesilen alüvyon yelpazeler üzerinde gelişmiş olması nedeniyle deprem tehlikesiyle karşı karşıya kalmış bir durumdadır. Kaynaşlı alüvyon zemini zayıf jeo-mühendislik parametrelerine sahiptir. Bu nedenle kuvvetli yer hareketleri ($M > 5.0$) sırasında olumsuz zemin-yapı etkileşimine yol açmaktadır. Araştırmada, sahanın yaklaşık 4-12m'lik kalınlığının ayrıntılı zemin kesitleri ölçülmüş, iri ve ince taneli alüvyal çökelim birimlerinin yanal ve düşeyde kalınlık değişimleri saptanmıştır. Çalışmalar yüzeyde yer alan üst toprak zeminle beraber altta yer alan birbirine geçişli olan formasyonların bulunduğunu göstermiştir. Üst zeminde kalınlığı 1.0 m civarında değişen bitkisel toprağın altında kalınlığı 5-8 m arasında değişen siltli kum ve çakıldan oluşan alüvyon tabakası bulunmaktadır. Bu tabakanın altında ise konkordans olarak çakıl ve siltli kum katmanları yer almaktadır.

Arazide Standart Penetrasyon Testi (SPT) ve sismik kırılma çalışması yapılmış, laboratuar deneyleri ile zemin örneklerinin fiziksel-mekanik özellikleri belirlenmiştir. Elde edilen geoteknik parametreler ve jeolojik gözlemler sonucu Çalışma alanının sığ geoteknik haritası hazırlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Geoteknik özellikler, taşıma gücü, Kaynaşlı ilçesi (Düzce)

* Burak YEŞİL, burakyesil@duzce.edu.tr, Tel: (380) 524 00 99/7133

Techniques for Geophysical and Geotechnical Investigation of Characteristics of Kaynaşlı (Düzce) TOKİ Residential Area Soils

Abstract

The study has been undertaken at Kaynaşlı town of Duzce. The study was aimed at evaluating the competence of the nearsurface formations as foundation materials. Geophysical and geotechnical methods of investigations were adopted.

Kaynaşlı (Duzce) is a Pliyo-Quaternary depositional area and located on the central segment of the Duzce Fault Zone, which is one of the most active seismotectonic belt of the Western Anatolia. Kaynaşlı (Duzce) urban area was developed, as the consequence of rapid and massive construction continued during the last 30 years, towards the north, the west and southwest of Duzce. The investigated area located at the eastern margin of the Duzce Basin. This structure is covered by thick alluvial fan deposits (Quaternary), originated at the Kaynaşlı Mountain, to the urban area. Negative soil-structure interaction revealed, during the strong ground motions ($M > 5.0$) due to the poor geotechnical properties of the Kaynaşlı alluvial soil. In this research, detailed soil sections of the upper horizon (approx. 4-12 m), lateral and vertical changes in thickness of coarse and fine grained alluvial depositional units were measured. The seismic refraction and vertical electrical soundings were performed at 12 points and seismic and electrical studies were conducted at the same points. The undisturbed and disturbed samples were collected at every 1.5 m in the boreholes. The geophysical results revealed to distinct geoelectric sequences which consist of topsoil and interchaled formation beneath it. Top soil consists of organic layer about 1.0 m of depth at the surface and silty clay with thickness of 5-8 m. Gravel and silty clay layers were placed concordantly below the top soil.

Geotechnical laboratory tests exerted on soil samples to obtain physical and mechanical properties. Shallow geotechnical mapping of the research area was prepared depending on the geotechnical tests results and geological features observed in field.

Keywords: *Geotechnical properties, bearing capacity, Kaynaşlı district (Düzce)*

1. Giriş

Ülkemizin büyük bir bölümü deprem kuşağında bulunmaktadır. Düzce, tarih boyunca maruz kaldığı depremlerde çok büyük can ve mal kaybına uğramıştır. Ancak, 12 Kasım 1999 depreminden sonra can ve mal kaybını en aza indirmek için Düzce Belediyesi ile Düzce Bayındırlık İl Müdürlüğü ortak bir çalışma başlatmıştır. Bu çalışma ile Düzce’de inşa edilen yapılarda bir kalite standardına ulaşılmaya çalışılmaktadır. Bu aşamada sadece kullanılan malzeme ve betonun miktar ve kalite bakımından yeterli olup olmadığı, inşaatın her aşamasında titizlikte kontrol edilmekte ve gerekli laboratuvar deneyleri ile test edilmektedir.

Gösterilen bu duyarlılık yapıların projelendirilmesi aşamasında gösterilmediği sürece, amaçlanan hedefe ulaşılması mümkün değildir. İyi bir projelendirme için zemin-yapı etkileşiminin, dolayısıyla da zeminin geoteknik özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir. Bu çalışmada, Düzce Kaynaşlı ilçesinde TOKİ konutları için inşası planlanan alanda zemin özellikleri araştırılmıştır.

Son yıllarda büyük ve devasa mühendislik yapılarının planlanması ve geniş alanlar tutması nedeniyle arazi çalışmalarına dayalı yöntemlerin maliyet açısından pahalı olmasıyla tamamlayıcı ve maliyet açısından daha ucuz yöntemler olan jeofiziksel yöntemlerin kullanılmasını gerekli kılmaktadır. Bundan dolayı bu çalışmada jeofizik ve geoteknik yöntemler bir arada olmak üzere Kaynaşlı TOKİ alanında yapılması planlanmış inşaat alanında her iki yöntem kullanılmış ve temel zeminin geoteknik özellikleri araştırılmıştır.

2. Konu İle İlgili Önceki Çalışmalar

Planlanan mühendislik yapıları eğer geniş bir alanı kaplıyorsa somut verilere dayanan diğer bir ifade ile örselenmiş ve örselenmemiş numune almayı içeren arazi deneyleri zaman almakla beraber aynı zamanda ekonomik olarak da pahalıya mal olmaktadır. Bunun için hem arazide geniş alanları ön etüd amacıyla taramak hem de arazi ve laboratuvar çalışmalarını pratikleştirmek ve tamamlayıcı olarak katkıda bulunmak amacıyla geoteknik ve jeofizik yöntem ve bulguların beraber kullanılmasının faydalı olduğu düşünülmektedir. Bu konuda Tonyalı ve Yıldırım [1] geoteknik ve jeofizik yöntemleri birlikte kullanarak zeminlerin özelliklerinin taşıma gücü ve oturma analizini temel alan yöntemlerin irdelenmesi ile ilgili olarak bir çalışma yapmışlardır, ve çalışma sonunda incelenen temel tipi ve boyutları için sismik yöntemlerle elde edilen nihai ve emniyetli taşıma gücü değerlerine göre yapısal analiz gerçekleştirmek yerine, bu verileri ön inceleme ve fizibilite aşamalarında değerlendirmenin daha faydalı olacağını belirtmişlerdir. Buna ek olarak, jeofizik yöntemlerin geniş çaplı arazi incelemelerinde, geoteknik çalışmaları kolaylaştırmak ve maliyetleri düşürmek maksatlı kullanılmasının uygun olacağını ilave olarak belirtmişlerdir.

Buna benzer bir çalışma olarak Yalova ve Ankara'nın Nallıhan ilçesine bağlı Çayırhan beldesinde, Kurtuluş ve Bozkurt [2,3] her iki yöntemi beraber uygulamışlar ve çalışma sonucunda zeminin yapılaşmaya uygunluk açısından yer mühendislik özelliklerini ortaya koymuşlardır. Sismik yöntemler kullanılarak bulunan nihai taşıma gücünün, kendi içinde ve diğer metotlar kullanılarak elde edilen değerlerle yeterince uyumlu olmadığını ortaya koymuşlardır. Sismik yöntemler içinde, laboratuvar ve arazi deney sonuçlarıyla analiz yapan yöntemlere en yakın sonuçların, kayma dalgası hızlarını kullanarak hesaplama yapan yöntemler olduğunu ortaya koymuşlardır.

3. Materyal ve Metot

3.1. Çalışma alanı

Düzce İli, Kaynaşlı İlçesi, 1 Pafta ve 294,295, 596 Parselinde 16.656,44 m² inşaat alanında yapılacak olan 2B+Z+4 katlı 110 konutluk TOKİ inşaat alanının zemin özelliklerini belirlemek amacıyla Jeolojik, Jeofizik ve Jeoteknik zemin ölçümleri yapılmıştır. Çalışma alanı Düzce iline 15 km mesafede, D-100 karayoluna doğu-batı

uzanımlı olup bu karayolun güney ve kuzeyi boyunca yayılmış durumdadır. Bu çalışma alanıyla ilgili yer bulduru haritası Şekil 1 ve uydu görüntüsü Şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 1. Çalışma alanını (Düzce) yer bulduru haritası.

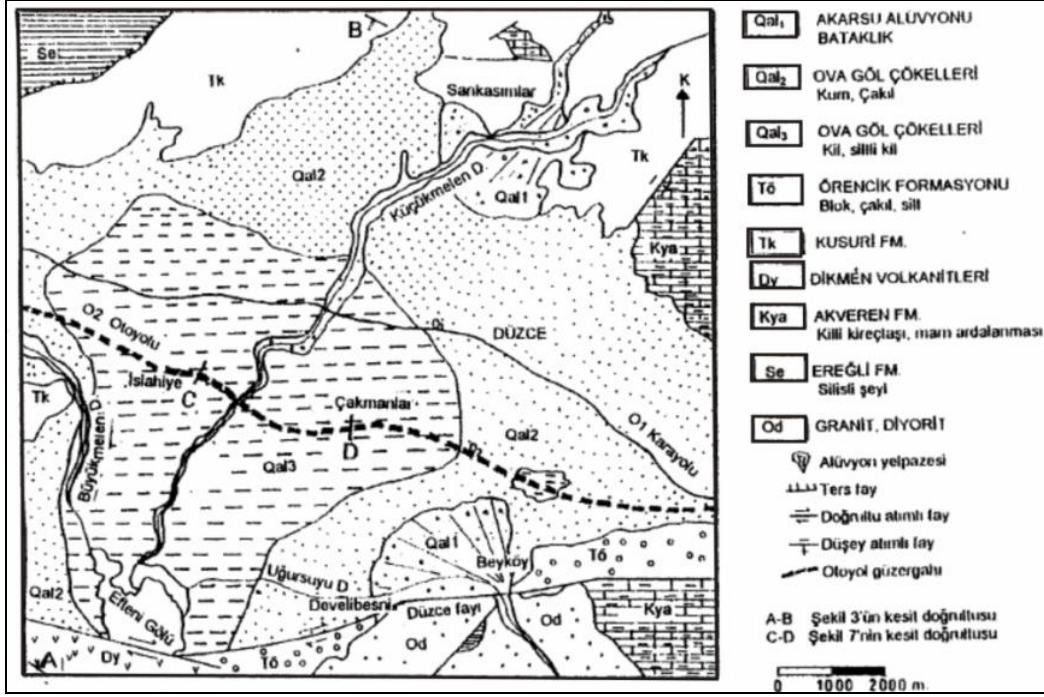


Şekil 2. Çalışma alanı uydu görüntüsü [4]

Yeraltı suyu konusuna gelince, çalışma alanında, mevsimlere bağlı olarak yüzeysel sular görülmekle beraber yeraltı suyuna rastlanılmamıştır.

3.2. Çalışma alanının jeolojisi

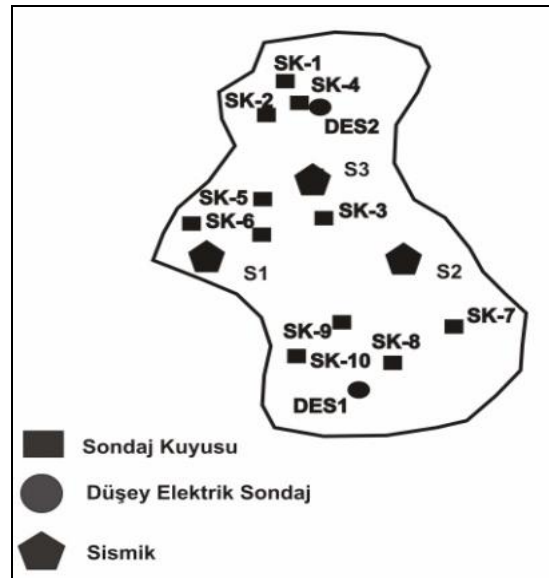
Düzce jeolojik bakımdan IV. Zaman (kuarterler) alüvyon teşekküllerini kapsamaktadır. Alüvyon malzemeler akarsular boyunca oluşmuştur. Ova genel olarak toprak arazi ile kaplıdır. Yamaç, arazi ve tepelerde yer yer volkanik, andezit ve diyabaz kayalar ile kesilmiştir. Çalışma alanında, kuvaterner yaşlı alüvyonlar gözlenmektedir ve geniş yayılım gösteren ince elemanlı alüvyonlar, küçük boyutlu, çakıllı, kumlu, siltli, killi, az bloklu, yanıl ve düşey geçişli seviyeler birbirleri içinde merceklenmeli, kamalanmalı, gevşek ve tutturulmamıştır (Şekil 3). Çalışma alanının olduğu bölgelerde yaklaşık 1.00m kalınlığında dolgu ve toprak yüzlek verir. Açılan sondajdan alınan örneklerin gözle yapılan tanımlamalardan yukarıdan aşağıya doğru; az kumlu siltli kil, siltli kil kum, siltli iri kumlu kil çakıl, iri kum çakıl serileri geçmektedir [5]. Bölgenin kuzeydoğu kısmında da kalker örtülerine rastlanmıştır. Çalışma alanı birinci derece deprem kuşağı üzerinde bulunmaktadır.



Şekil 3. Çalışma alanının jeoloji haritası [5]

3.3. Materyal ve yöntem

Çalışma alanından zemin profili ve zemin özelliklerini belirlemek amacı ile statik ve temel mühendislik çalışmaları için gerekli olan parametrelerin belirlenmesine yönelik olarak toplan derinliği 220 m olan, 11 adet örnek noktasında alüvyon zemini oluşturan kumlu çakıl tabakalarından örselenmiş örnek, ince taneli siltli çakıllı kum mercceklerinden ise örselenmemiş zemin örneği, silindirik tüp numune alıcılar ile açılmış olan temel çukurlarından alınmıştır (Şekil 4) [6].



Şekil 4. Çalışma alanı sondaj dağılımı [7]

Sahada gerçekleştirilen sondajlarda her 1.5 m’de bir SPT testleri ile örselenmiş numune ile belirli seviyelerden örselenmemiş (UD) numuneler alınmış ve kuyu içlerinde Standard Penetrasyon Testi uygulanmıştır (Şekil 5) [7]. Bu test ile dış çapı 50.00 mm iç çapı 34.90 mm olan Standard yarık tüp 63.50 kg ağırlığında bir tokmak ile 76.20 cm yükseklikten serbest olarak düşürülmüş ve zemine 15’er cm olarak 3 giriş (45 cm) için vurulması gereken darbe sayıları saptanmıştır.



Şekil 5. Çalışma alanında SPT sondaj çalışması

Sondajların tamamlanmasından 24 saat sonra yeraltı suyu ölçümleri yapılmış ve açılan sondaj kuyularında yeraltı suyuna rastlanmamıştır. Alüvyon malzemenin jeofizik parametreleri; P ve dalga hızı ve (VP) ve S dalga hızı (VS) sismograf cihazıyla sismik kırılma yöntemi uygulanarak belirlenmiştir. Çalışma alanında 3 adet sismik 2 adet resistivite çalışması yapılmıştır. Ölçüler karşılıklı atış yapılarak alınmış olup, serim boyu 24 m, jeofon aralığı 2m ve atış noktası ile ilk jeofon arası uzaklık (offset) 2 m olarak belirlenmiştir. Jeofon kuplajı toprak tabakasının üst kısmı 15-20 cm olarak kazınıp jeofonların zemine iyice sıkıştırılması ile sağlanmıştır. Enerji kaynağı olarak 10 kg’lık bir balyoz kullanılmış ve sismik P dalgaları yere iyice oturtulmuş bir çelik levha üzerine bu balyozun impulsif vuruşu ile gerçekleşmiştir. S dalgaları ise yere oturtulmuş ve üzerine arazi aracı çıkartılarak sabitlenmiş ahşap bir kütüğün iki ucundan balyozla vurularak oluşturulmuştur [8]. Düşey elektrik sondaj çalışmasında maksimum 450 volt potansiyele sahip Geotron tipi dijital çıkışlı sığ resistivite cihazı kullanılmıştır. Açılan 11 temel araştırma sondajlarının değişik derinliklerinden alınan örselenmemiş zemin örnekleri naylon torbalara konarak derhal laboratuara gönderilmiş ve çeşitli testlere tabi tutulmuştur [9,10].

Laboratuarda ise; granülometri, tane birim hacim ağırlığı (γ), kıvam limitleri (WL, WP, PI) geçirgenlik (k), porozite (n), boşluk oranı (e), doyum yüzdesi (Sr), rölatif sıklık (Dr), konsolidasyon katsayısı (Cv), hacimsel sıkışma katsayısı (Mv) gibi fizik parametreler ile maksimum kuru birim hacim ağırlığı (γ_{kmax}), optimum su içeriği (w_{opt}), kohezyon (c) ve içsel sürtünme açısı (ϕ) gibi geoteknik özellikler belirlenmiştir [9,10]. Bu değerlerden elde edilen sınır taşıma gücü değerleri ise aşağıda şekilde (Eş.4) hesaplanmıştır [11,12,13]. Buna göre,

$$q_u = K_1 c N_c + \gamma_1 D_f N_q + K_2 \gamma_2 B N_\gamma \quad (4)$$

Alüvyon malzemenin (kumlu çakıl ve siltli kum) gevşek veya orta sıkı zemin sınıfında olması nedeniyle bölgesel kayma kırılması durumu kabul edilmiştir. Bu amaçla drenajsız kesme kutusu deneyi ile elde edilen kohezyon değerleri yerine, azaltılmış değerler olan $c^*=(2/3)c$ değerleri, içsel sürtünme açısı (ϕ) değerleri yerine de azaltılmış değerler olan $\phi^*=(2/3)\tan \phi$ değerleri kullanılmıştır. Temel sistemi ve genişliği olarak, $B=1.5$ m genişlikli sürekli temel alınmıştır. Bu durumda temek şekil katsayıları, $K_1=1$, $K_2=0.5$ olarak alınmıştır. Yeraltı suyunun temel zeminine etkisi olmadığı kabul edilmiş ve ortalama doğal birim hacim ağırlık kumlu çakıl birim için $\gamma_n=1.55$ gr/cm³, siltli kum birim için $\gamma_n=1.60$ gr/cm³ alınmıştır. Örnekler temel çukurunda temel taban seviyesinde alındığı için düşey efektif gerilme ($P_o'=\gamma.D_f=0$ olarak kabul edilmiş ve güvenlik katsayısı (G_S) 3.5 olarak alınmıştır ve örnek bir çalışma yapılmıştır [14].

4. Arazi Çalışmalarının Bulguları

Çalışma alanının özelliklerini ortaya koymak amacı ile yapılan sismik kırılma çalışmaları sonucunda V_{P1} : 400-722 m/sn ve V_{S1} : 210-533 m/sn hız değerine sahip, yüzeyden itibaren derinliği yer yer 2.19-2.75 m civarında değişen gevşek örtü tabakasının varlığı tespit edilmiştir.

Örtü tabakasının altında V_{P2} :1067-1377 m/sn ve V_{S2} :438-1687 m/sn arasında hız değerine sahip tabaka siltli kil tabakası olarak değerlendirilmiştir. Sismik hızların ampirik bağıntılarda kullanılması ile bulunan dinamik zemin parametreleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. V_P ve V_S dalga hızlarına göre hesaplanan zemin dinamik elastik parametreleri.

Serim No	V_P (m/s)	V_S (m/s)	d (gr/cm ³)	E (kg/cm ²)	G (kg/cm ²)	h
S1	451	210	1.7	748	2061	2,75
	1067	438	1.93	3696	10440	
S2	722	533	1.73	2811	994	2.24
	1377	1687	2.01	13579	4700	
S3	400	439	1.68	1667	608	2.19
	1230	1647	1.99	11988	4151	

Tablo 1 (devam). V_P ve V_S dalga hızlarına göre hesaplanan zemin dinamik elastik parametreleri.

K (kg/cm ²)	K_S (kg/cm ²)	Oturma (cm)	q_s (kg/cm ²)	Zemin Büyütmesi	T_o (sn)
2836	774	1.86	0.85	2.12	0.48
19826	1489	0.62	1.44	1.4	
5469	1039	1.59	0.99	1.91	0.43
40824	2095	0.55	1.65	1.15	
2153	678	2.07	0.77	2.22	0.46
35596	1949	0.58	1.55	1.2	

$$d = \frac{16 + (0.002V_p)}{10} \quad (5)$$

$$E = \frac{dV_s^2}{100(3V_p^2 + 4V_s^2)(V_p - V_s^2)} \quad (6)$$

$$G = \frac{d_1V_{s1}^2}{100} h = \sqrt{\frac{0.5T_1V_{p1}V_{p2}}{V_{p12}V_{p22}}} \quad (7)$$

$$K = \frac{d\left(V_{p2} - \frac{4}{3}V_{s2}\right)}{100} \quad (8)$$

$$q_s = \frac{0.02d_1V_{s1}}{10} \quad (9)$$

Yapılan sismik kırılma çalışması sonucu elde edilen V_p ve V_s hızları değerlendirildiğinde, yerel zemin sınıfı Z3 olarak bulunmuştur (Tablo 2). Çalışma alanında yer alan birimlere ait yataklanma katsayısı (Eş.10) aşağıdaki eşitlik ile hesaplanmıştır.

$$K_s = \frac{40\left(\frac{V_{p1}}{V_{s1}}\right)(100q_{s1})}{10} \quad (10)$$

Buna göre yataklanma katsayısı 1. Katman için $K_s=678 \text{ ton/m}^3$ ve 2. tabaka için ise $K_s=2095 \text{ ton/m}^3$ olarak bulunmuştur.

Tablo 2. Deprem yönetmeliğine göre zeminlerin sismik sınıflandırılması [15].

Deprem Yönetmeliğine Göre Yerel Zemin Sınıflaması		V_s (m/sn)	T_a-T_b (sn)	V_p/V_s	G_s (kg/cm^2)	E_d (kg/cm^2)	q_s (kg/cm^2)
Z1	Çok Sıkı Zemin	>700	0.10-0.30	1.5-2.0	>10000	>30000	10-100
Z2	Sıkı-Katı	400-700	0.15-0.40	2.0-2.5	3000-10000	10000-30000	3-10
Z3	Orta Sıkı- Bozuşmuş	200-400	0.15-0.60	2.5-3.0	600-3000	1700-10000	1-3
Z4	Gevşek-Yumuşak	<200	0.20-0.90	3.0-10.0	<600	<1700	<1

4.1. Elektrik öz direnç bulguları

Jeofizik resistivite düşey kesitlerde görülen düşük resistivite değerleri (11.24-16.58 ohm), yeraltı suyu olanakları açısından zayıf kısımları, yüksek resistivite değerleri (27.87-36.28 ohm) kesimler ise çakıllı, kumlu sert kıvamlı siltli kil tabakası olarak yorumlanmıştır.

4.2. Geoteknik bulgular

Çalışma alanında yapılan sondaj çalışmasında alınan örselenmiş (SPT) ve örselenmemiş (UD) numuneleri üzerinde yapılan su içeriği deneyi sonucunda (W_n) %17.20-24.60 arasında bulunmuştur. Bu çalışmada zeminin doğal su içeriğinin göreceli olarak düşük olduğunu ve neminin doğal haldeki durumunda bulunduğunu göstermektedir. Çalışma alanında sondaj çalışmasında her 1.5m derinlikte yapılan Standard Penetrasyon Testinde

(SPT-N) alınan örselenmiş numuneler ile örselenmemiş (UD) numuneler üzerinde laboratuarda yapılan elek analizi deneyi sonucunda elde edilen % çakıl, kum, silt ve kil değerleri Tablo 3’de verilmiştir. Zemin iyi derecelenmiş olarak olarak sınıflandırılmıştır. Tablo 3’den de görüleceği gibi zemin genellikle ince taneli formasyonlardan (% 67.45-85) oluşmaktadır.

Tablo 3. Elek analizi sonuçları

Çakıl (%)	0.0-7.98
Kum (%)	10.0-24.83
Kil ve silt (%)	68.75-85

Zemin örneklerinin likit limitleri % 31 ile 47, Plastik Limitleri % 14 ile 24 ve Plastisite İndisleri ise % 13 ile 25 arasında değişmektedir. Genel olarak yüksek likit ve plastik limite sahip olan zeminler zayıf temel materyaller olarak kabul edilir. Bununla beraber plastiklik indisi % 20’nin altında olan zeminler iyi mühendislik özelliği gösterir. Test yapılan zemin örneklerinin kıvamlılık İndisi $I_C=0.64-1.16$ olarak bulunmuştur. Bu değer zeminin “sıkı-çok sert” olduğunu belirtmektedir. Test yapılan zemin örneklerinin ortalama zemin sıkışabilirliği $C_C=0.20-0.39$ “orta sıkışabilir” olarak tespit edilmiştir. Ortalama zemin plastisitesi $PI=13-25$ olarak bulunmuştur. Plastisite indisine göre şişme derecesi “orta” ve şişme yüzdesi “10-23” olarak bulunmuştur [16]. Elde edilen zemin verileri değerlendirilmiş ve zemin sınıfı CL olarak belirlenmiştir. Kuru dayanım “orta-yüksek” genleşme özelliği “yok-çok yavaş”, sağlamlık “orta” olarak belirlenmiş olup, kohezyon (c) 21-51 kPa, içsel sürtünme açısı (ϕ), 6-11 olarak bulunmuştur.

4.3. Zemin taşıma gücünün değerlendirilmesi

Çalışma alanında yer alan zeminlere ait taşıma gücü hesapları, SK-1 (2.00-2.5 m) ve SK-5 No’lu (4.00-4.5 m) sondajlarda siltli kil tabakasından belirtilen derinliklerden alınan örselenmemiş numuneler üzerinde yapılan üç eksenli basınç dayanımı deneylerinden yararlanarak hesaplanmıştır. Buna göre; yüzeysel temeller için nihai taşıma gücü temel kazı derinliğinin (D_f) 1.50 m olması, temel genişliği (B) 1.00m olması ve mütemadi temel tipi seçilmesi durumunda zeminin kıvam ve dayanım özellikleri dikkate alındığında zemin emniyet gerilmesi (q_{all}); $1.4 \leq q_{all} \leq 1.7$ kg/cm² arasında, temel kazı derinliğinin (D_f) 3.00m olması durumunda ise, $1.57 \leq q_{all} \leq 1.75$ kg/cm² arasında bulunmuştur. Baskın periyodu 1/1 1.5 ve 1.5 katsayıları ile çarpılarak, “yapı doğal periyotlarının”ın yer almaması gereken “amplifikasyon bölgesinin” nin $T_{o};0.50$ s için; $T_{o1}=0.67*0.50=0.34$ ve $T_{o2}=1.50*0.50=0.75$ arasında olduğu bulunmuştur.

Jeofizik ve geoteknik sonuçlar çalışma alanında üstte siltli kil ve kumdan oluşan 5-7 m kalınlığında alüvyon ile onun altında yanal geçişli siltli kil ve çakıl tabakalarının diskordans olarak bulunduğunu göstermiştir. Geoteknik sonuçları göreceli olarak zeminin düşük su içeriğine sahip olduğunu, plastisite indisine göre zeminin şişme derecesinin orta ve şişme yüzdesinin % 10-20 olduğu bulunmuştur. Yukarıdaki sonuçlara göre çalışma alanında, zeminde meydana gelebilecek deformasyonları engellemek için temel kazı derinliğinin en az 1.50-2.0 m’ye indirilmesi, doğal zeminden itibaren 80-130 cm iri malzeme doldurarak 20-30 cm tabakalar halinde kademeli olarak en az % 95 proktor sağlayacak şekilde sıkıştırılması, her kademede düzenli olarak sıkışma kontrolünün yapılması, sıkışmış bu dolgu tabakası üzerine 20 cm grobeton dökülmesi ve uygun temel sisteminin bunun üzerine inşası uygun görülmektedir.

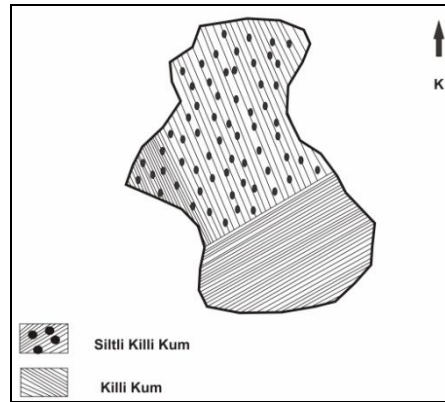
Çalışma alanının zemin özellikleri Tablo 4’de bu özelliklere göre elde edilen çalışma alanının sığ geoteknik haritası Şekil 8’de verilmiştir.

Tablo 4. Çalışma alanında yer alan zeminlerin indeks özellikleri.

Sondaj No	Numune	Derinlik (m)	Su İçeriği (%)	Zemin Sınıfı	Atterg Limitleri			Sıkışma İndici (C _c)	Kıvamlılık İndisi (I _c)
					LL (%)	PI (%)	PI (%)		
SK-1	SPT	1,50-1,95	21.71	CL	47	22	25	-	1.04
SK-1	UD	2-2.5	21.87	CL	43	20	23	-	1.0
SK-1	SPT	3-3.45	21.59	CL	42	19	23	-	0.91
SK-2	SPT	1.5-1.95	23.15	CL	43	22	21	-	0.95
SK-2	UD	-	22.86	CL	42	20	22	-	0.90
SK-2	SPT	3-3.45	16.09	CL	38	19	19	-	1.15
SK-2	SPT	7.5-7.95	17.75	SC	33	17	16	-	1.18
SK-2	SPT	10.5-10.95	14.95	GC	28	15	13	-	1.07
SK-3	SPT	9-9.45	19.05	SC	39	18	21	-	0.95
SK-4	SPT	1.5-1.95	-	SC	31	16	15	-	1.33
SK-4	UD	3-3.5	-	CL	38	21	17	-	1.41
SK-5	SPT	1.5-1.95	-	SC	29	15	14	-	1.28
SK-5	SPT	6-6.45	-	SC	28	16	12	-	1.66
SK-8	UD	2.5-3	-	CL	40	19	21	-	1.04
SK-8	SPT	3-3.45	-	CL	38	22	16	-	1.18
SK-8	SPT	7.5-7.95	-	CL	40	21	19	-	1.10
SK-8	SPT	10.5-10.95	-	CL	38	17	21	-	1.09
SK-9	SPT	1.5-1.95	-	CL	40	22	18	-	1.33
SK-9	UD	2-2.5	-	SC	33	16	17	-	1.17
SK-9	SPT	3-3.45	-	CL	36	20	16	-	1.18
SK-9	SPT	9-9.45	-	CL	45	22	23	-	0.95
SK-9	SPT	13.5-13.95	-	CL	47	24	23	-	0.91
SK-10	SPT	1.5-1.95	-	CL	40	21	19	-	1.1
SK-10	UD	2.5-3	-	CL	38	18	20	0.0398	0.85
SK-10	SPT	3-3.45	-	CL	42	20	22	-	1
SK-10	SPT	6-6.45	-	SC	36	17	19	-	1.47
SK-10	SPT	12-12.45	-	CL	38	16	22	-	0.90
SK-10	SPT	15-15.45	-	CL	29	15	14	-	1.42
SK-11	SPT	1.5-1.95	-	CL	45	23	22	-	0.95
SK-11	SPT	3-3.45	-	CL	42	21	21	-	1.28
SK-11	SPT	7.5-7.95	-	CL	40	20	20	-	1.0

Tablo 4 (devam). Çalışma alanında yer alan zeminlerin index özellikleri.

Sondaj No	Kıvam	Sıkışabilirlik	Şişme	Kuru Dayanım	Genleşme
SK-1	Sert	Orta	Yok, Çok Az	Hızlı Yavaş	Yok, Çok Yavaş
SK-1	Sert	Orta	Yok, Çok Az	Hızlı Yavaş	Yok, Çok Yavaş
SK-1	Sert	Orta	Yok, Çok Az	Hızlı Yavaş	Yok, Çok Yavaş
SK-2	Sert	Orta	Yok, Çok Az	Hızlı Yavaş	Yok, Çok Yavaş
SK-2	Sert	Orta	Yok, Çok Az	Hızlı Yavaş	Yok, Çok Yavaş
SK-2	Çok sert	Orta	Yok, Çok Az	Hızlı Yavaş	Yok, Çok Yavaş
SK-2	Çok Sert	Orta	Yok, Çok Az	Hızlı Yavaş	Yok, Çok Yavaş
SK-2	Çok Sert	Orta	Yok, Çok Az	Hızlı Yavaş	Yok, Çok Yavaş
SK-3	Sert	Orta	Yok, Çok Az	Hızlı Yavaş	Yok, Çok Yavaş
SK-4	Çok Sert	Orta	Yok, Çok Az	Hızlı Yavaş	Yok, Çok Yavaş
SK-4	Çok Sert	Orta	Yok, Çok Az	Hızlı Yavaş	Yok, Çok Yavaş
SK-5	Çok Sert	Orta	Yok, Çok Az	Hızlı Yavaş	Yok, Çok Yavaş
SK-5	Çok Sert	Orta	Yok, Çok Az	Hızlı Yavaş	Yok, Çok Yavaş
SK-8	Çok Sert	Orta	Yok, Çok Az	Hızlı Yavaş	Yok, Çok Yavaş
SK-8	Çok Sert	Orta	Yok, Çok Az	Hızlı Yavaş	Yok, Çok Yavaş
SK-8	Çok Sert	Orta	Yok, Çok Az	Hızlı Yavaş	Yok, Çok Yavaş
SK-8	Çok Sert	Orta	Yok, Çok Az	Hızlı Yavaş	Yok, Çok Yavaş
SK-9	Çok Sert	Orta	Yok, Çok Az	Hızlı Yavaş	Yok, Çok Yavaş
SK-9	Çok Sert	Orta	Yok, Çok Az	Hızlı Yavaş	Yok, Çok Yavaş
SK-9	Çok Sert	Orta	Yok, Çok Az	Hızlı Yavaş	Yok, Çok Yavaş
SK-9	Çok Sert	Orta	Yok, Çok Az	Hızlı Yavaş	Yok, Çok Yavaş
SK-9	Çok Sert	Orta	Yok, Çok Az	Hızlı Yavaş	Yok, Çok Yavaş
SK-10	Çok Sert	Orta	Yok, Çok Az	Hızlı Yavaş	Yok, Çok Yavaş
SK-10	Sert	Orta	Yok, Çok Az	Hızlı Yavaş	Yok, Çok Yavaş
SK-10	Çok Sert	Orta	Yok, Çok Az	Hızlı Yavaş	Yok, Çok Yavaş
SK-10	Çok Sert	Orta	Yok, Çok Az	Hızlı Yavaş	Yok, Çok Yavaş
SK-10	Sert	Orta	Yok, Çok Az	Hızlı Yavaş	Yok, Çok Yavaş
SK-10	Çok Sert	Orta	Yok, Çok Az	Hızlı Yavaş	Yok, Çok Yavaş
SK-11	Sert	Orta	Yok, Çok Az	Hızlı Yavaş	Yok, Çok Yavaş
SK-11	Çok Sert	Orta	Yok, Çok Az	Hızlı Yavaş	Yok, Çok Yavaş
SK-11	Çok Sert	Orta	Yok, Çok Az	Hızlı Yavaş	Yok, Çok Yavaş



Şekil 8. Kaynaşlı TOKI çalışma alanının sıg geoteknik haritası

5. Tartışma ve Çalışmanın Değerlendirmeler

Çalışma alanında sismik ve geoteknik yöntemler birlikte kullanılmıştır. Bu alana TOKİ idaresi toplu konut yapmayı planlamıştır. Bu amaçla yapılmış olan deneyler sonucunda her iki yöntemle bulunan sonuçların paralellik taşıdığı görülmüştür. Elde edilen parametreler temel zeminin yapılaşmaya uygun olup taşıma gücü ve oturma açısından bir riskin olmadığını ortaya koymuştur. Bu çalışmadaki temel amaç çalışma alanının geoteknik zemin özelliklerinin araştırmasıyla beraber her iki yöntemin benzer sonuçlar verip vermediğinin araştırılmasına dayanmaktadır. İnşaat mühendisliği disipliniinde ağırlıklı olarak arazi deneyleri kullanılırken, Jeoloji ve Jeofizik Mühendisliği disiplinlerinde daha çok sismik ve jeofizik yöntemler kullanılmaktadır. Bu çalışma ilgili yöntemler arasında tezat olmadığını her iki yöntemin birlikte kullanılabilirliğini göstermiştir. Ve burada esas belirtilmek istenen noktanın somut verilere dayalı arazi yöntemlerinin yanında tamamlayıcı olarak da sismik ve jeofizik yöntemlerin kullanılmasının uygun olacağını görülmüş olmasıdır.

Kaynaklar

- [1]. Yıldırım H., Tonyalı İ. Zemin İnceleme Yöntemlerini Kullanan Taşıma Gücü Analiz Metodlarının İncelenmesi, 4. Geoteknik Sempozyumu 1-2 Aralık 2011, Çukurova Üniversitesi, 1-2 Aralık 2011, Adana.
- [2]. Kurtuluş, C., Bozkurt, A., Çayırhan İlçesi'nin, Ankara, Zemin Özelliklerinin Jeofizik Ve Geoteknik Yöntemlerle Araştırılması, Uygulamalı Yerbilimleri Sayı:2, 15-27, 2009.
- [3]. Kurtuluş, C., Bozkurt, A., Jeofizik Ve Geoteknik Metotlarla Mühendislik Uygulamaları: Yalova'da Arazi Uygulaması, Uygulamalı Yerbilimleri Sayı:1, 1-14, 2009.
- [4]. Kaynaşlı ilçesi sınırlarını gösteren bir uydu görüntüsü, <http://maps.google.com>.
- [5]. M.T.A Genel Müdürlüğü ve Ankara Üniversitesi (A.U), 1999, 17 Ağustos 1999 Depremi Sonrası Düzce (Bolu) İlçesi Alternatif Yerleşim Alanlarının Jeolojik İncelenmesi, TÜBİTAK Yer Deniz Atmosfer Bilimleri ve Çevre Araştırma Grubu Raporu 59.
- [6]. ASTM D1586-11 Standard Test Method for Standard Penetration Test (SPT) and Split-Barrel Sampling of Soils.
- [7]. Ateş, A., (2012).015.03.2002 tarihli TOKİ "Jeolojik ve Geoteknik Etüt Raporu"
- [8]. ASTM D 5777-00 Standard Guide for Using the Seismic Refraction Method for Subsurface Investigation.
- [9]. TS 1900-1, 2006, İnşaat Mühendisliğinde Zemin Laboratuvar Deneyleri - Bölüm 1: Fiziksel özelliklerin tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 5-52. TS 1900-2, 2006, İnşaat mühendisliğinde zemin laboratuvar deneyleri-Bölüm 2: Mekanik özelliklerin tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 15-51.
- [10]. ASTM D 2487 (American Society for Testing for Materials), 2000, Standard Particle for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classifications Systems). Annual Book of ASTM Standards.
- [11]. Terzaghi, K., "Theoretical Soil Mechanics" Wiley, New York.
- [12]. Terzaghi, K., ve Peck, R.B.,1948 "Soil Mechanics In Engineering Practice" Wiley, 729, New York.

- [13]. Terzaghi, K., Peck, R.B. 1967. "Soil Mechanics in Engineering Practice. New York(Milley) 2nd. Ed.
- [14]. Tezcan, S.S., Keçeli, A., Özdemir Z., (2006). "Allowable bearing capacity of shallow foundations based on shear wave velocity", Technical Note, İstanbul.
- [15]. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (1998)
- [16]. Holtz, W.G., Gibbs, H.J., 1956. "Engineering Properties Of Expansive Clays. Transaction, ASCE, Vol.121, 641-677.

Notasyon

V_P	: P dalga hızı,	γ_n	: Doğal birim hacim ağırlığıdır
V_S	: S dalga hızı,	D_f	: Temel derinliği
K	: Balk modülü	B	: Temel genişliği
E	: Elastisite modülü	ϕ	: İçsel sürtünme açısı
G	: Kayma modülü	c	: Kohezyon
q_u	: Sınır taşıma gücü	N_c, N_q, N_γ	: Taşıma gücü faktörleri
q_s	: Zemin emniyet gerilmesini	K_1, K_2	: Temel şekil katsayıları
M_w	: Moment büyüklüğü	L	: Fay uzunluğu (km)