Pamukkale Univ Muh Bilim Derg, 22(6), 545-552, 2016

Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi

Pamukkale University Journal of Engineering Sciences

Oltu (Erzurum) yerleşim alanı ve yakın çevresinin jeoteknik haritalaması

Geotechnical mapping of Oltu (Erzurum) residential area and its vicinity

Necmi YARBAŞI[1*]

[1]Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Oltu Yer Bilimleri Fakültesi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye.
nyarbasi@atauni.edu.tr

Geliş Tarihi/Received: 03.06.2015, Kabul Tarihi/Accepted: 14.09.2015 doi: 10.5505/pajes.2015.79037
* Yazışılan yazar/Corresponding author Araştırma Makalesi/Research Article

Öz

Oltu-Narman (Erzurum) havzası, Doğu Anadolu'nun önemli aktif fay kuşaklarından olan Kuzey Doğu Anadolu Fay (KDAF) zonunda yer alan bir Tersiyer çökelim havzasıdır. Havzanın temelini Üst Kretase yaşlı volkano-tortul istif ve Eosen yaşlı fliş ile ofiyolitli karmaşık oluşturmaktadır. Havza ise Oligosen yaşlı alt sedimanter birim, volkanik birim ve üst sedimanter birimden oluşmaktadır. Alt sedimanter birim konglomera, kumtaşı, silt-kil tabakaları ve jips-kireçtaşı bantlarından, Volkanik birim ise aglomera, ignimbrit ve tüflerle temsil edilmektedir. Alt sedimanter birimle uyumludur. Üst sedimanter birim ve alt sedimanter birim benzer litolojik özellikler göstermektedir. Ancak bu birimde kil içeriği yüksektir. Ayrıca havzada kuvaterner yaşlı alüviyal çökellerde bulunmaktadır. Oltu (Erzurum) yerleşim alanı yaklaşık kuzeydoğu-güneybatı doğrultulu Oltu Çayının her iki kenarı boyunca Oltu Çayına paralel olarak uzanmaktadır. Yerleşim alanı alt sedimanter birim, eski alüvyon çökelleri ve yeni alüvyon çökelleri üzerinde yer almakta olup, yapılaşma bu birimler üzerinde devam etmektedir. İnceleme alanı, dört (4) ayrı jeoteknik bölgeye ayrılmıştır. Her bölgenin jeoteknik özellikleri, deprem hasarlarının en aza indirilmesi amaçlı olarak yapılaşma açısından değerlendirilmiştir. Oltu (Erzurum) ve yakın çevresinin genel jeolojisi esas alınarak dokuz(9) noktada örnekleme, on iki (12) sondaj kuyusu ve yirmi dört (24) araştırma çukuru açılmıştır. Her zemin örneğine ait fiziksel ve mekanik özellikleri, yatay ve düşey değişiklikleri, hidrojeolojik durumu, topografik özellikleri ve bölgenin depremselliği göz önüne alınarak jeoteknik haritası hazırlanmıştır.

Anahtar kelimeler: Oltu-Narman havzası, Jeoteknik haritalama, fiziksel ve mekanik özellikler

Abstract

Oltu-Narman Basin (Erzurum) is a Tertiary depositional area, located on the central segment of the North East Anatolian Fault Zone (NEFZ), one of the most active seismotectonic belt of Eastern Anatolia. The Upper Cretaceous volcano-sedimentary sequence and the Eocene flysch and ophiolitic complex constitute basement of the basin. The basin consists of Oligocene lower upper sedimentary units volcanic rocks and upper sedimentary units. The lower sedimentary unit consists of conglomerate, sandstone, silt-clay layers and gypsum-limestone band. The volcanic unit is generally comprise with pyroclastics, mainly agglomerates, tuff and ignimbrite where emplaced on lower sedimentary unit conformably. The lower sedimentary unit and the upper sedimentary unit shows similar lithological characters. However, this unit has high clay content. In addition, the basin is located in the quaternary alluvial deposits. Oltu (Erzurum) residential area lies parallel to the Oltu River on northeast-southwest direction along both sides of the Oltu River. Oltu Residential areas with continuing constructions have been located on the lower sedimentary unit, the old alluvial deposits and new alluvial deposits. Research area separated four (4) distinct geotechnical zones. The geotechnic parameters of each zone are interpreted and evaluated in terms of urban planning and housing for the purpose of seismic hazard reduction. Nine (9) sampling point, twelve (12) borehole and twenty four (24) research pit was opened on the basis of general geological context of the Oltu (Erzurum) urban and vicinity area. Geotechnical mapping has been drawn by considering on the horizontal and vertical changes of physical and mechanical properties of each soil samples, the hydrogeological conditions, topographic characteristics and the seismicity of the region.

Keywords: Oltu-Narman basin, Geotechnical mapping, Physical and mechanical properties

1 Giriş

İnceleme alanı Erzurum ilinin yaklaşık 125 *km* kuzeydoğusunda yer almaktadır. Oltu havzası adı verilen bu alan Oltu çayının iki kenarı boyunca uzanan yaklaşık kuzeydoğu-güneybatı doğrultulu yükseltiler ile bu yüksek kotlu kesimler arasında ve onlara paralel konumda yer alan dere yatakları ile aşındırma sonucu ortaya çıkmış olan peneplen alanlardan meydana gelmiştir [1].

Oltu-Narman Tersiyer havzasının kuzeydoğu kesiminde yer alan Kömürlü nahiyesi ve Balkaya köyü civarında yer alan kömür oluşukları nedeniyle, bölgede çok sayıda jeolojik amaçlı çalışmalar yapılmıştır [1]-[3],[7],[8],[10],[11],[13], [15],[17],[19]-[21].

Jeoteknik Haritalar, yerleşim yerleri gelişme planlarının hazırlanmasında, sanayi bölgeleri, toplu konut ve katı-atık depolama alanları için uygun yer seçiminde planlamacı ve mühendislerin ihtiyaçları olan temel verileri içeren en önemli bilgi kaynaklarıdır [28].

Jeoteknik bölgelendirme haritalarının İmar planı revizyonlarında kesinlikle kullanılması yapılacak değişikliklerin jeoteknik haritada bölgeler için verilen kriterlere göre düzenlenmesi kaçınılmazdır. Ancak bu şekilde yüzeydeki yapısal üretim yer altı şartlarına uygun hale getirilmiş olur. Erzurum, Erzincan, Bingöl, Muş ve Van gibi Doğu Anadolu'nun deprem riski yüksek il ve aktif fay kuşakları üzerinde yer alan çok sayıda ilçede planlamacıların jeoteknik haritaları kullanmaları gereklidir [28].

Oltu (Erzurum), Doğu Anadolu' da deprem riski yüksek alanlardan biri olan Kuzey Doğu Anadolu Fay Zonunda (KDAFZ) yer alması ve yerleşim alanının alüviyal malzemeden oluşması nedeniyle, deprem zararlarının en aza indirilmesi için yerleşim planlamasının Jeoteknik Haritalamaya uygun yapılması günümüzde bilimsel ve teknik zorunluluk haline gelmiştir [27].

2 Jeoloji

2.1 Litoloji

Havzanın temelini Üst Kretase yaşlı volkano-tortul istif ve Eosen yaşlı filiş ile ofiyolitli karmaşık oluşturmaktadır. Havza ise Oligosen yaşlı konglomera, kumtaşı, silt-kil tabakaları ve jips-kireçtaşı bantlarından oluşan alt sedimanter birim, aglomera, ignimbrit ve tüflerle temsil edilen volkanik birim, alt sedimanter birime göre daha ince taneli ve kil içeriği daha yüksek olan üst sedimanter birim ve Kuvaterner yaşlı alüvyon çökellerden oluşmaktadır.

Oltu-Narman havzasındaki ayrık tortullar ve piroklastik diziler, Oligosen'in farklı zaman aralıkları süresince Oligosen öncesi temel üzerindeki depozitlerdir.

Oltu-Narman havzasını oluşturan sedimanter birimler, yaklaşık 950 m kalınlığında kırmızı taneli konglomera yatakları, kumtaşı, çamurtaşı ve küçük karbonat mercekleri ve sokulumları ile jips-anhidrit-tuzlu evaporitik sedimentler ile başlamaktadır.

Sedimanter istifin alt seviyelerini oluşturan bu kısım Alabalık köyünde üst seviyelerde, Yol boyu köyünde ise alt seviyelerde gözlenir. İri taneli seviyelerin yoğun olduğu birim Yol boyu köyü yakınlarında çamurtaşı ve marn tabakaları ile temsil edilmektedir.

Yaklaşık 600 m kalınlığındaki volkanik birim, genellikle piroklastik, aglomera, tüf ve ignimbritlerden ibarettir. Oltu-Narman havzası yaklaşık 450 m kalınlığında en alt sedimanter birimle benzer litolojik özellikler gösteren oluşuklarla sonlanmaktadır.

Havzanın üst seviyesini oluşturan bu oluşuklar üst sedimanter oluşuklara göre nispeten daha ince taneli ve kil içerikleri daha fazladır. İnceleme alanı ve yakın çevresinin genelleştirilmiş jeoloji haritası Şekil 1'de verilmiştir [17].

2.2 Morfoloji

Kuzey Anadolu Orojenik kuşağı içerisinde yer alan Oltu-Narman havzası morfolojik olarak engebeli bir yapıya sahiptir. Bölgede KD-GB uzanımlı sıra dağlar ve bu dağ şeritleri arasında çöküntü havzaları mevcut olup, nehir ve akarsular tarafından geniş vadiler oluşturulmuştur.

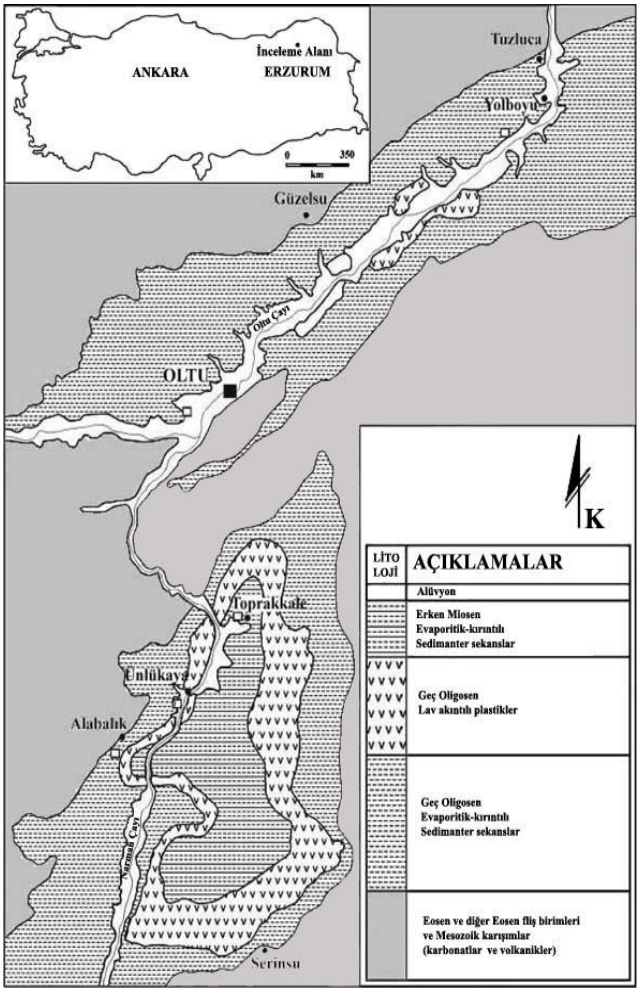
Böylece başta tektonik kuvvetler olmak üzere akarsu aşındırması bölgenin bu günkü topografik görünümünü almasında etkili olmuştur. Karataş Tepe 2265 m ve Pulur Tepe 1918 m ile Oltu Çayı ve Sivri dere önemli yükselti ve nehirlerdir [1],[5],[15].

İnceleme alanı genellikle eğimli bir topografyaya sahip olup en düşük kotu oluşturan Oltu Çayı ve çevresinde rakım 1270 m en yüksek kotu oluşturan bölgelerde ise rakım 1400 m civarındadır.

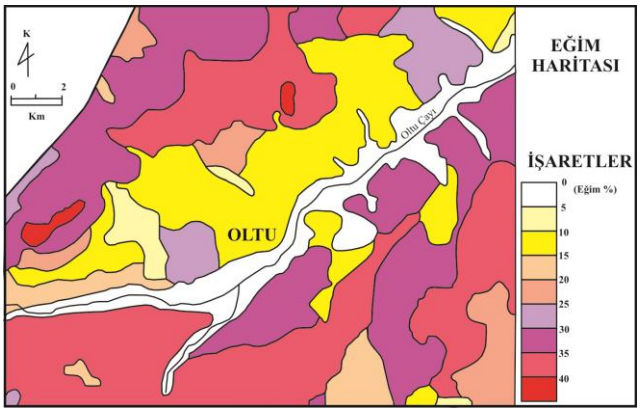
Oltu ve yakın çevresindeki eğim ve yamaç yönelimi genel olarak güneybatı ve kuzeydoğu yönündedir [21]. Oltu yerleşim yeri kuzey-kuzeydoğusunda %10-15 arasında değişen eğimli alanlar bulunurken, güneyinde ise %20-25 hatta %35-40 derecelik eğimli yamaçlar mevcuttur (Şekil 2).

2.3 Yeraltı su seviyesi durumu

Yeraltı su seviyesi yamaçlardan itibaren Oltu çayına inildikçe yüzeye yaklaşmaktadır. Oltu Çayı ve yakın çevresinde yeraltı suyu yüzeye çok yakındır. Oltu Çayını besleyen çok sayıda küçük dereler bulunmaktadır. İnceleme alanında Oltu (Erzurum) Belediyesince Oltu Çayı ve yakın çevresinde yaptırılan sondaj çalışmalarında yer altı su seviyeleri Ocak 2010 tarihi itibariyle, SK-1 kuyusunda 2.10 m, SK-3 kuyusunda 2.40 m, SK-4 kuyusunda 8.90 m, SK-5 kuyusunda 1.20 m ve SK-11 kuyusunda ise 5.45 m olarak ölçülmüştür [21]. Ölçülen statik su seviyelerinin mevsimsel olarak değişebileceği unutulmamalıdır.



Şekil 1: Oltu (Erzurum) ve yakın çevresinin genelleştirilmiş jeoloji haritası [17].



Şekil 2: Oltu (Erzurum) ve yakın çevresinin eğim grupları haritası [1'den değiştirilerek].

2.4 Depremsellik

Türkiye sismik olarak aktif olan Alp-Himalaya deprem kuşağı üzerinde yer almaktadır. Türkiye ve civarındaki bölgede gözlenen tektonizma; Afrika, Ege, Arap, Anadolu, Karadeniz ve Avrasya plakaları birbirlerine göre rölatif hareketlerine bağlı olarak meydana gelmiştir [18].

Arap plakasının kuzeye doğru hareketi Doğu Anadolu'da sıkışmaya neden olmuştur. Bu sıkışma sonucunda Anadolu plakası batıya, Kuzey Anadolu plakası doğuya doğru kaymaktadır. Bu yüzden Doğu Anadolu'da yüksek topografya gözlenmektedir. Ayrıca Doğu Anadolu'nun kabuk kalınlığı Batı Anadolu'nunkinden daha fazladır.

Geçiş sınırlarında yer alan Kuzey Anadolu Fayı sağ yönlü ve Doğu Anadolu Fayı ise sol yönlü doğrultu atımlı faylardır. İnceleme alnının da içerisinde bulunduğu Kuzey Doğu Anadolu Fay Zonu ise çok sayıda irili ufaklı sol yönlü doğrultu atımlı fayları içermektedir [9].

İnceleme alanı, Çat (Erzurum) civarından başlayan Erzurum, Dumlu, Tortum ve Oltu boyunca uzanan Dumlu fay zonu içerisinde yer almaktadır. Oltu (Erzurum) yerleşim alanı, etrafı yüksek tepelerle çevrili geniş bir alana yayılmıştır. İlçe genellikle Oltu çayının eski birikintileri ve yamaç molozu üzerindedir.

Bayındırlık ve İskân Bakanlığının 1996 yılında hazırlamış olduğu Türkiye Deprem Bölgeleri Haritasına göre 2. Derece deprem bölgesidir. Projelendirme çalışmalarında Afet İşleri Genel Müdürlüğü'ne ait deprem yönetmeliğinde belirtilen hususlara uyulmalıdır. Bölgede oluşan büyük depremler genellikle Erzincan, Horasan, Pülümür, Pasinler, Varto, Malazgirt ve Karlıova civarında yoğunlaşmaktadır [6]. Bölge ve çevresinde 1983 yılında 6.8 büyüklüğünde Horasan-Narman depremi ve 1999 yılında büyüklüğü 5.0 olan Oltu-Şenkaya depremi sonucu bölgede can ve mal kaybı yaşanmıştır (Tablo 1).

Tablo1 : Oltu (Erzurum) ve yakın çevresinde meydana gelen önemli depremler [4],[27].

Tarih	Mağnitüd (M)	Lokasyon
03.01.1952	5.8	Pasinler-Erzurum
30.10.1983	6.8	Horasan-Erzurum
18.09.1984	5.9	Balkaya-Erzurum
07.12.1988	6.8	Kars-Akyaka
13.03.1992	6.9	Erzincan
03.12.1999	5.0	Oltu-Şenkaya
25.03.2004	5.1	Aşkale-Erzurum
28.03.2004	5.3	Aşkale-Erzurum

3 Jeoteknik haritalama

Jeoteknik bölge veya birim zemin türü, tabaka kalınlıkları, malzemenin fiziksel ve mekanik özellikleri, eğim ve hidrojeolojik şartların belli sınır değerlerleri içinde kaldığı ve komşularından farklılık arz eden alanlar olarak tanımlanmaktadır. Çalışma alanında bu tanımı sağlayan 4 farklı jeoteknik bölge belirlenmiştir (Şekil 5).

Bölge sınırlarının tespitinde zeminin jeo-mühendislik özelliklerinin yanal ve düşey dağılımı, her bölge için ana zemin türlerinin (Eski alüvyon, Yeni alüvyon, Volkano-tortul birim ve Volkanik birim) fiziksel-mekanik özellikleri, topografik, eğim, hidrolojik ve depremsellik durumları göz önünde tutulmuştur.

İnceleme alanının dokuz (9) farklı noktasında tabii alüvyon zemini oluşturan kumlu çakıl tabakalarından örselenmiş örnek, ince taneli siltli kil veya siltli killi kum tabakalarından ise örselenmemiş zemin örnekleri (ÖY) açılmış olan temel çukurlarından veya araştırma çukurlarından, tabii zemin yüzeyinden yaklaşık 2.5-3.0 m derinlikten alınmıştır.

Laboratuarda ise granülometrik özellikler, tane birim hacim ağırlığı (γ_s), kıvam limitleri (W_L, W_p, PI), geçirgenlik (k), maksimum kuru birim hacim ağırlığı (γ_{kmax}), optimum su muhtevası (W_{opt}), gibi fiziksel parametreler, kesme kutusu deneyi ile kohezyon (c) ve içsel sürtünme açısı ($\emptyset$) gibi mekanik özellikler TS 1900'deki esaslara uyularak belirlenmiştir [24]. Bu değerlerden elde edilen Sınır Taşıma Gücü (qs) değerleri, Terzaghi Taşıma Gücü Teorisine göre hesaplanmıştır. Buna göre,

$(q_s) = k_1 c N_c + \gamma_n D_f N_q + k_2 B \gamma_n N_\gamma$[25].

Burada, q_s sınır taşıma gücü, k_1, k_2 temel şekil katsayıları, N_c, N_q, N_γ taşıma gücü faktörleri, c kohezyon, $\emptyset$ içsel sürtünme açısı, B temel genişliği, D_f temel derinliği , γ_n doğal birim hacim ağırlığıdır. Alüvyon malzemenin (kumlu çakıl ve siltli, kil veya siltli killi kum) gevşek veya sıkılaşmış zemin sınıfında olması nedeniyle bölgesel kayma kırılması durumu kabul edilmiştir [24]. Bu amaçla, kesme kutusu deneyleri ile elde edilen kohezyon değerleri yerine, azaltılmış değerler olan $c^* = (2/3)c$ değerleri, içsel sürtünme açısı ($\emptyset$) değerleri yerine de azaltılmış değerler olan $tan\emptyset^* = (2/3)tan\emptyset$ değerleri kullanılmıştır[26]. Temel sistemi ve genişliği olarak, $B = 1.5\ m$ genişlikli sürekli temel alınmıştır. Bu durumda temel şekil katsayıları, $k_1 = 1$ $k_2 = 0.5$ olarak belirlenmiştir.

Yeraltı suyunun temel zeminine etkisi olmadığı kabul edilmiş ve ortalama doğal birim hacim ağırlık kumlu çakıl birimi için $\gamma_n = 14.7\ kN/m^3$, siltli kum birimi için $\gamma_n = 15.9\ kN/m^3$ olarak alınmıştır. Örnekler temel çukurunda temel taban seviyesinde alındığı için düşey efektif gerilme ($p_0 = \gamma D_f = 0$) sıfır olarak kabul edilmiştir.

Volkano-tortul istifin ise yüzeye yaklaştığı gözlenen iki (2) noktasında örnekleme yapılmıştır. Daha güneydeki yüksek eğimlere sahip olan ve yapılaşmanın olmadığı volkanik birim (karbonatlar ve volkanikler) ile ilgili olarak örnekleme yapılmamıştır.

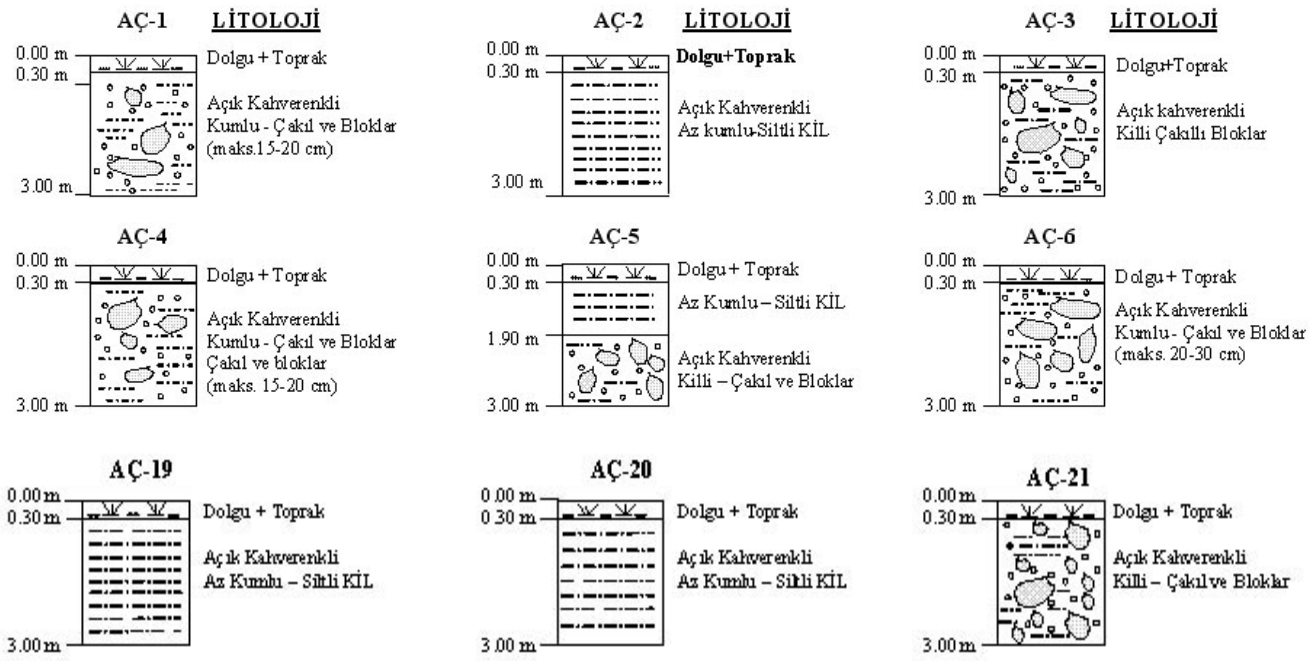
Ayrıca farklı noktalarda açılan 24 adet araştırma çukuruna (AÇ) ait kesitleri Şekil 3'te, 12 araştırma sondajında (SK) ilerlemeye paralel olarak her 1.5 m'de Standart Penetrasyon Testi (SPT) yapılmış ve sondaj logları ise Şekil 4'te verilmiştir. Hazırlanan örnek alım ve jeoteknik bölgelendirme haritası Şekil 5'te, 3D görüntüsü ise Şekil 6'da verilmiştir. Bu jeoteknik haritada gösterilen dört (4) bölgeye ait bilgiler ise aşağıda verilmiştir.

3.1 Bölge 1. yeni alüvyon (kaba kumlu çakıl)

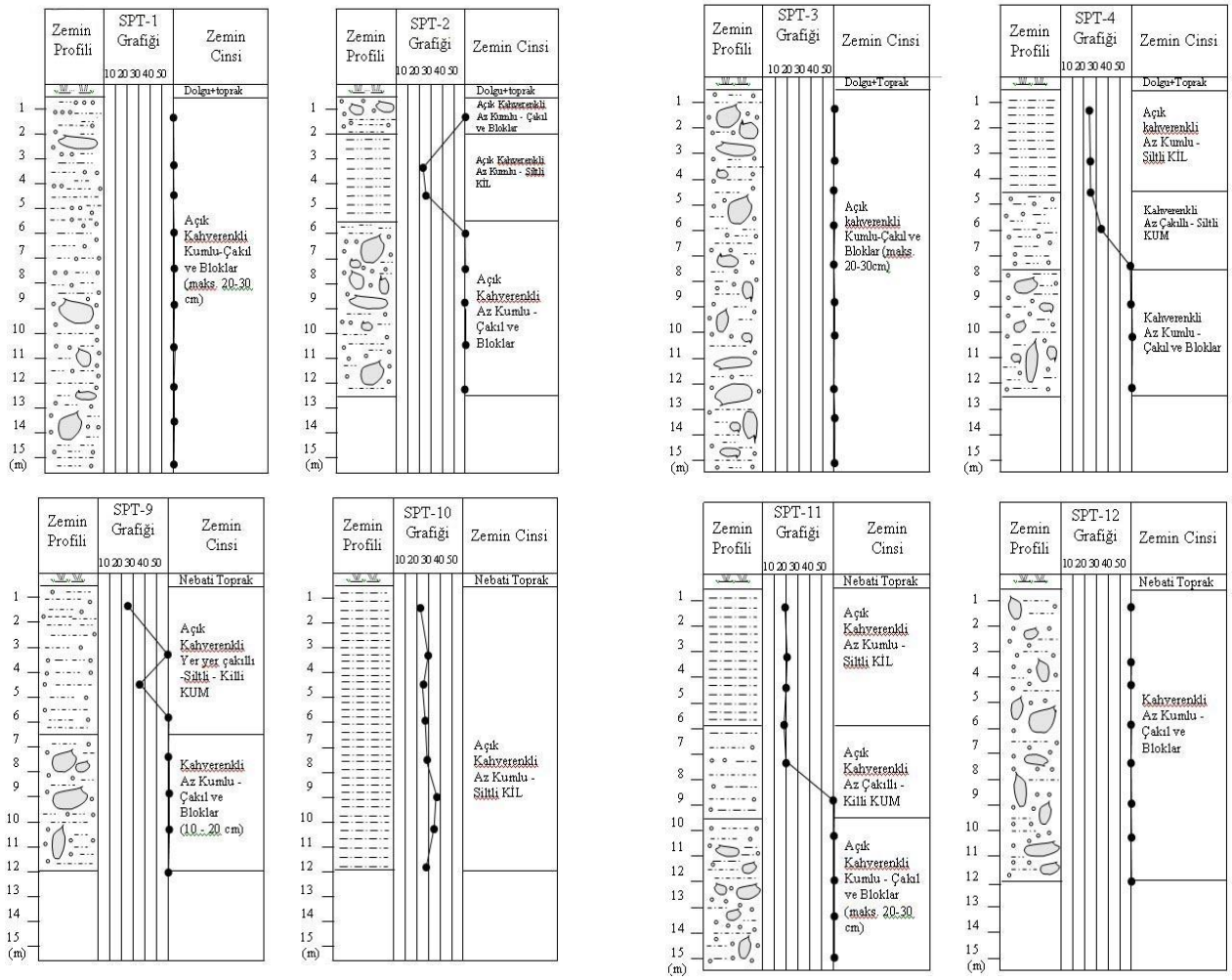
Jeoteknik Bölgelendirme haritasında 1 Numaralı alan olarak gösterilen bölge, Oltu Çayı yakın çevresinde bulunan alandır. Bu bölgede açılan araştırma çukurlarında 0.00-0.30 m bitkisel toprak veya dolgu, 0.30-5.00 m'ye kadar kumlu çakıl birimine rastlanmıştır. Bu alanlarda yeraltı su seviyesi yüzeye yakın olup zemin tutturulmamış alüvyonlardan oluşmaktadır.

Birleştirilmiş Zemin Sınıflamasına (USCS) göre kötü derecelenmiş kumlu Çakıl (GP) sınıfındadır. Ağırlıkça ortalama olarak, Taş-blok= %2-5, Çakıl= %54-51, Kum= %43-42, Silt/kil= %1-2 aralıklarında değişmektedir.

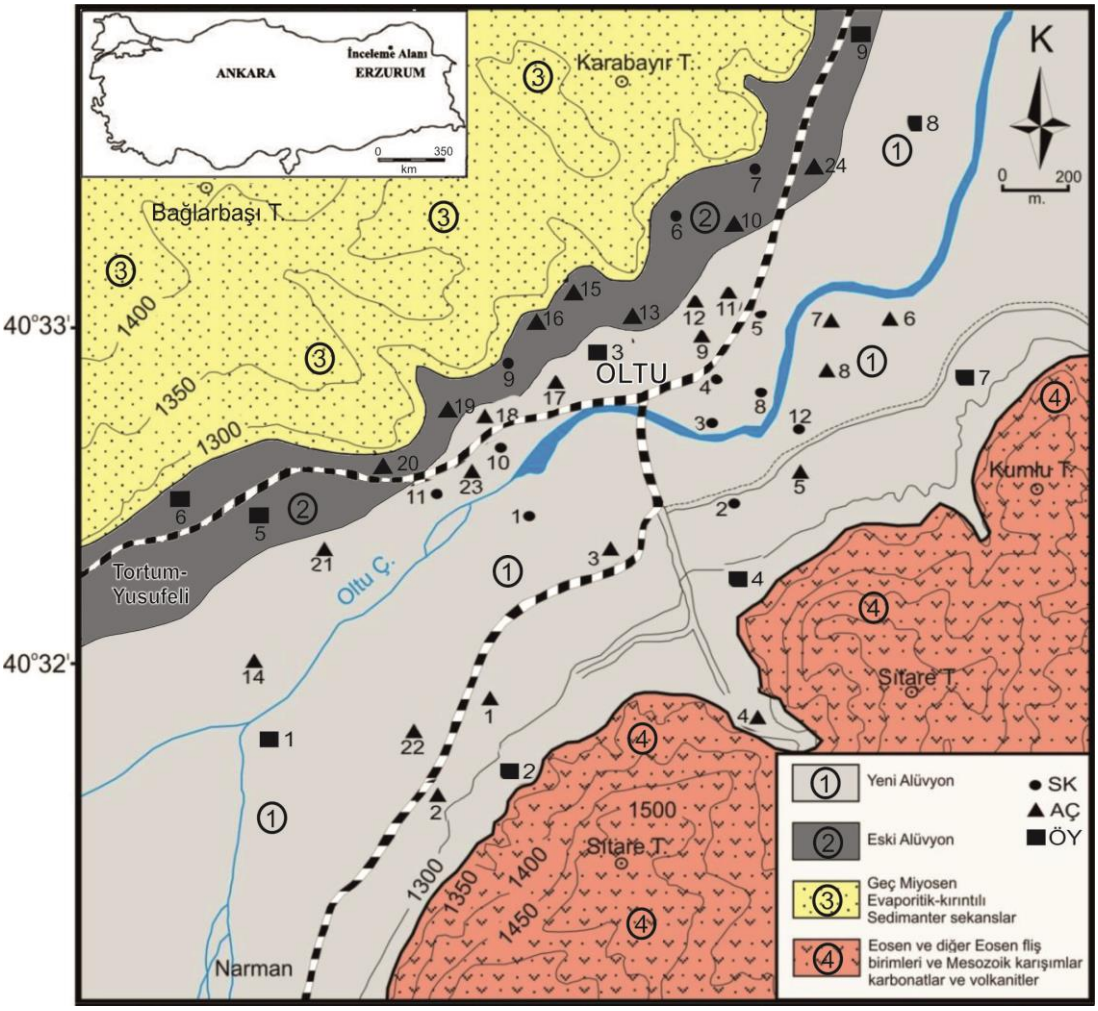
Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi
Pamukkale University Journal of Engineering Sciences



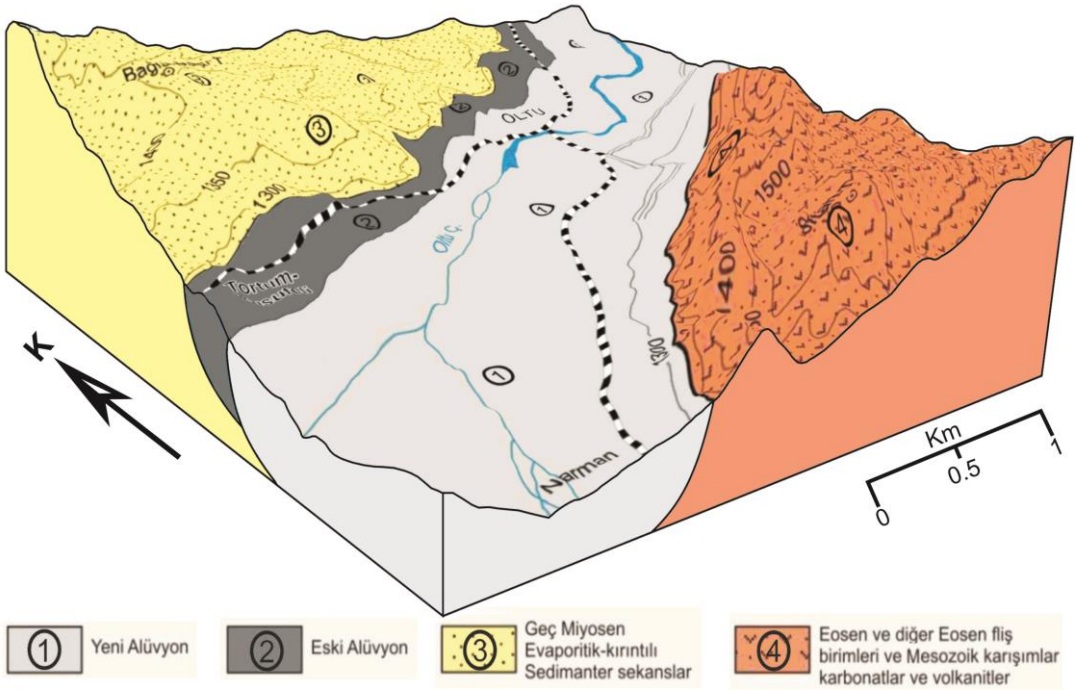
Şekil 3: İnceleme alanı ve yakın çevresinde açılan araştırma çukurlarına ait zemin profilleri.



Şekil 4: İnceleme alanı ve yakın çevresinde yapılan sondaj kuyu logları.



Şekil 5: Oltu (Erzurum) ve yakın çevresi yerleşim alanının örnek dağılımı ve jeoteknik haritalaması (SK: Sondaj kuyusu, AÇ: Araştırma çukuru, ÖY: Örnekleme yerleri).



Şekil 6: Oltu (Erzurum) ve yakın çevresi yerleşim alanının 3D görüntüsü.

Kumlu çakıldan oluşan alüviyal birimde çakıl boyutları maksimum 5-8 cm, bloklar ise 20-30 cm aralığındadır. Yer altı su seviyesi 2.0-10.0 m arasında değişmektedir. Sabit seviyeli permeabilite deneyi sonuçlarına göre 10^{-2}-10^{-3} cm/sn değerleri ile geçirimli malzeme sınıfındadır[22]. Standart Penetrasyon Testinden (SPT) birimin kumlu çakıllı oluşu nedeniyle sonuç alınamamıştır. Bölgede meydana gelebilecek depremlerden etkilenme olasılığı yüksektir.

Zemin sıvılaşması, özellikle yeraltı su seviyesinin yüksek olduğu (deniz kenarı, dere kenarı gibi) yerlerde yüzeylenen doygun kohezyonsuz zeminlerde, boşluk suyu drenajının mümkün olamadığı ani yükleme durumlarında, bu tür zeminlerin sıkışmaya meyilli olmaları sebebiyle, boşluk suyu basınçlarındaki ani yükselmeye bağlı olarak efektif gerilmelerin düşmesi sonucunda ortaya çıkmaktadır [14].

Bu bölge litolojik özellik, yeraltı su seviyesinin yüksek oluşu, hasar yapıcı deprem merkezlerine yaklaşık 40-100 km mesafelerde bulunuşu sıvılaşma riskini de beraberinde getirmektedir. Bu bölge için parsel bazında sıvılaşma analizlerinin yapılması gereklidir.

Oltu Çayı ve çevresinde yapılan sondaj ve araştırma çukuru çalışmalarında yeraltı su seviyesinin yüzeye çok yakın olmasından ve zeminin tutturulmamış kumlu çakıl ve bloklardan oluşmasından dolayı bu zeminler, Türk Sismik Tasarım Kodları zemin sınıflandırmasında Z4 yerel zemin sınıfı ve D grubu zeminler kategorisine girmektedir [12].

Bölgenin fiziksel ve mekanik özellikler aşağıdaki Tablo 2'de gösterilmiştir.

Tablo 2: Yeni alüviyal zemine ait fiziksel ve mekanik özellikler.

Örnek No	1	2	4	7	8
$USCS$	GP	GP	GP	GP	GP
$\gamma_s(kN/m^3)$	25.7	25.3	25.5	25.4	25.6
$W_L(\%)$	18	20	22	25	16
W_P (%)	NP	NP	NP	NP	NP
$\gamma_{kmax}(kN/m^3)$	18.5	18.1	18.1	18.6	18.4
$W_{opt}(\%)$	13.2	20.6	14.7	21.3	12.5
$k(cm/sn)$	$1x10^{-2}$	$3x10^{-2}$	$1x10^{-3}$	$2x10^{-3}$	$1x10^{-2}$

$USCS$: Birleştirilmiş zemin sınıflaması, GP: Kötü derecelenmiş kumlu çakıl, $SM-SC$: Siltli kum, kum-kil karışımı, γ_s: Tane birim hacim ağırlığı, W_L: Likit limit, W_P: Plastik limit, PI: Plastisite indisi, NP: Non Plastik, γ_{kmax}: Maksimum kuru birim hacim ağırlığı, W_{opt} : Optimum su muhtevası, k: Permeabilite katsayısı.

3.2 Bölge 2. eski alüvyon (siltli kil ve siltli killi kum)

Oltu (Erzurum) merkez ve yakın çevresinde yapılaşmanın yoğun olarak devam ettiği ikinci önemli alanlardan biridir. Bu bölgede yeraltı su seviyesi birinci bölgeye nazaran daha derinlerdedir.

Birleştirilmiş Zemin Sınıflamasına (USCS) göre kötü derecelenmiş siltli kum veya kötü derecelenmiş kumlu Silt/kil (SM-SC) sınıfındadır. Ağırlıkça ortalama olarak, Çakıl= %3-8, Kum= %55-60, Silt/kil= %30-35 aralıklarında değişmektedir. Sabit seviyeli permeabilte deneyi sonuçlarına göre 10^{-5}-10^{-7} cm/sn değerleri ile az geçirimli malzeme sınıfındadır [20]. Bu birimde yapılan SPT değerlerine göre SPT-N=20-25 arasında değiştiği çok sıkılaşmış zemin sınıfında olduğu belirlenmiştir [21],[23]. Ortalama sınır taşıma gücü 548.7 kPa'dır.

Bu bölge zemin sıvılaşması açısından litolojik özellik, SPT değerleri, hasar yapıcı deprem merkezlerine yaklaşık 40-100 km mesafelerde bulunuşu sıvılaşma riskini de beraberinde getirmektedir. Ancak, yeraltı su seviyesinin derinlerde oluşu, bu etkiyi azaltmaktadır. Bu bölge için de parsel bazında sıvılaşma analizlerinin yapılması gereklidir.

Oltu Çayı ve Sedimanter kayaçlar arasında kalan ve yeraltı suyunun çok derinlerde olduğu eski alüvyonlardan oluşan alanlar ise Türk Sismik Tasarım Kodları zemin sınıflandırmasında Z2-Z3 yerel zemin sınıfı ve B-C grubu zeminler kategorisine girmektedir [12]. Bölgeye ait fiziksel ve mekanik özellikler Tablo 3'de gösterilmiştir.

Tablo 3: Eski alüviyal zeminin fiziksel ve mekanik özellikleri.

Örnek No	3	5	6	9
$USCS$	SM-SC	SM-SC	SC	SC
γ_s (kN/m³)	24.3	24.5	24.7	25.2
W_L (%)	37	38	45	42
W_P (%)	28	25	25	27
$PI(\%)$	9	13	20	15
$\gamma_{kmax}(kN/m^3)$	17.2	16.7	16.9	17.3
$W_{opt}(\%)$	17.4	12.9	17.1	23.4
k (cm/sn)	$2x10^{-5}$	$1x10^{-6}$	$2x10^{-7}$	$1x10^{-7}$
C (kPa)	18	25	28	25
∅ (Derece)	32	34	30	33
q_s (kPa)	484.2	578.7	560.8	571.0

c: Kohezyon, ∅: İçsel sürtünme açısı, q_s: Sınır taşıma gücü.

3.3 Bölge 3. volkano-tortul birim (sedimanter diziler)

Bu bölge, inceleme alanının kuzey doğusunda yer almaktadır. Kumtaşı, killi kireçtaşı, jips ara katkıları ve bazaltik oluşuklardan ibarettir. Topografik eğimin %10-15 arasında değiştiği alanlardır. Yer altı su seviyesi derinlerdedir. Ancak yersel heyelanlı sahalar mevcuttur. Bu alanda yapılaşma öncelikli olarak düşünülmelidir. Depremsellik açısından 1 ve 2. Bölgelere göre daha iyi konumdadır. Zira, litolojik ve tabakalı yapısı nedeniyle deprem dalgaları genliğini azaltıcı etkisi vardır.

Bölge, Türk Sismik Tasarım Kodları zemin sınıflandırmasında Z1-Z2 yerel zemin sınıfı, A-B grubu zemin özelliklerine sahiptir [12]. Volkanik kayaçlardan bazaltların Franklin (1971)'e [16] göre jeo-mekanik kaya sınıflamasında yüksek dayanımlı (H) kayaç grubunda, Volkano-tortul kayaçlardan kireçtaşı ise orta dayanımlı (M) kaya grubunda yer almaktadırlar [22]. Bölgeye ait fiziksel ve mekanik özellikler Tablo 4' de gösterilmiştir.

Tablo 4: Üçüncü bölgeye (sedimanter diziler) ait fiziksel ve mekanik özellikler.

Örnek No	5 (Bazalt)	6 (Kireçtaşı)
Özgül ağırlık (Gs)	2.85	2.65
Su emme (Ort.) %	0.7	1.1
Tek eksenli basınç (σ_c) MPa	47	17
c (MPa)	8.1	1.5
∅ (Derece)	42	33

3.4 Bölge 4. volkanik birim (karbonatlar ve volkanikler)

Bu bölge inceleme sahasının güney kenar kuşağında yer alır. Bu bölgede topografya oldukça yüksek eğimli yamaçlardan oluşmaktadır (Şekil 2). Yeraltı su probleminin olmadığı, yapılaşmanın bulunmadığı alandır. Ancak, bu bölgede bulunan karbonatlar ve volkanik kayaçlar alüviyal malzemenin kaynağını oluşturmaktadır. Bu bölge için örnekleme yapılmamıştır. Bu bölge, yapılaşmaya zeminin jeoteknik özellikleri ve deprem açısından uygundur. Ancak planlamada

diğer faktörler olan yamaç eğimi, heyelan ve kırık zonları dışlanmalıdır. Ayrıca yüksek rakım ve kuzeye bakış nedeniyle planlamada değerlendirilmesi gereken diğer hususlardır. Sedimanter ve Magmatik kökenli kayaçlardan oluşan eğimli alanlar ise Türk Sismik Tasarım Kodları zemin sınıflandırmasında Z1-Z2 yerel zemin sınıfı, A-B grubu zemin özellikleri göstermektedir [12].

4 Sonuç ve öneriler

1. Havzanın temelini Üst Kretase yaşlı volkano-tortul istif ve Eosen yaşlı fliş ile ofiyolitli karmaşık oluşturmaktadır. Havza ise Oligosen yaşlı konglomera, kumtaşı, silt-kil tabakaları ve jips-kireçtaşı bantlarından oluşan alt sedimanter birim, aglomera, ignimbrit ve tüflerle temsil edilen volkanik birim, alt sedimanter birime göre daha ince taneli ve kil içeriği daha yüksek olan üst sedimanter birim ve Kuvaterner yaşlı alüvyon çökellerden oluşmaktadır,
2. Kuzey Doğu Anadolu Orojenik kuşağı içerisinde yer alan Oltu-Narman havzası morfolojik olarak engebeli bir yapıya sahiptir. Bölgede KD-GB uzanımlı sıra dağlar ve bu dağ şeritleri arasında çöküntü havzaları mevcut olup, nehir ve akarsular tarafından geniş vadiler oluşturulmuştur. Tektonizma, sedimantasyon ve volkanizma birlikte gelişmiş, akarsu aşındırması bölgenin bu günkü topografik görünümünü almasında etkili olmuştur.
3. Oltu (Erzurum) yerleşim merkezi ve yakın çevresinin kuzey-kuzeydoğusunda %10-15 arasında değişen eğimli alanlar bulunurken, güneyinde ise %20-25 hatta %35-40 derecelik eğimli alanlar mevcuttur. Eğimin >30 ve üzerinde olan ve muhtemel kaya düşmesi riskli alanlarda yapılaşmaya gidilmesi durumunda oluşacak şevler, istinat duvarlarıyla desteklenmeli ayrıca kaya düşmesine karşı gerekli önlemler alınmalıdır.
4. Yeraltı suyu yamaçlardan itibaren Oltu çayına inildikçe yüzeye yaklaşmaktadır. Oltu Çayı ve yakın çevresinde yeraltı suyu yüzeye çok yakındır. Bu yeraltı su seviyeleri mevsimsel olarak değişebilmektedir. Oltu Çayını besleyen çok sayıda küçük dereler bulunmaktadır.
5. İnceleme alanı, Çat (Erzurum) civarından başlayan Erzurum, Dumlu, Tortum ve Oltu boyunca uzanan Dumlu fay zonu içerisinde yer almakta olup Türkiye Deprem Bölgeleri Haritasına göre 2. Derece deprem bölgesidir.
6. Jeoteknik bölgelendirme tamamen zeminin fiziksel ve jeoteknik özelliklerinin yanal ve düşey dağılımına göre yapılmıştır. Tespit edilen 4 bölgeden, 1 ve 2. inci bölgeler diğer iki bölgeye kıyasla çok farklı karakteristik özelliklere sahiptir.

Dördüncü bölge volkanik kayaçlardan, üçüncü bölge düşey kesitte çok büyük oranda volkano-tortul kayaç istifinden oluşmaktadır. Diğer bir ve ikinci bölgeler ise alüvyon zemindir ve kendi aralarında keskin olmayan (göreceli) sınırlarla ayrılmıştır. Bunlardan;

1 No.lu jeoteknik bölge, inceleme sahasının deprem, zemin, jeoteknik özellikler etkileşimi bakımından en olumsuz kesimidir. Mümkün olduğu kadar yapılaşma dışı tutulmalıdır. Ancak bir veya iki katlı deprem tipi tasarımlar için uygun olabilir. Yapı temellerinin kaba çakıllı katmanlar içinde yerleştirilmesi tercih edilmelidir,

2 No.lu jeoteknik bölge, zemin koşulları, düşük eğimli topografyası ve yer altı su seviyesinin derinlerde oluşu sıkılaşmış zemin oluşu nedeniyle tercih edilebilir. Yapı temellerinin kaba alüvyon katmanlar içinde yerleştirilmesi, ince katmanlardan mümkün olduğu ölçüde kaçınılması, (mümkün olmadığı durumlarda zemin iyileştirilmesi) yapı-zemin etkileşimi açısından, yapılaşmaya belli önlemlerin alınması ile uygundur. Ort. sınır taşıma gücü 548.7 kPa'dır.

3 No.lu jeoteknik bölge, inceleme alanının yaklaşık olarak kuzey doğusundaki sedimanter kökenli kayaçların yer aldığı az eğimli yamaçlardır. Yapılaşmanın bu bölgelere kaydırılması uygun olacaktır.

4 No.lu jeoteknik bölge ise inceleme alanı güneyinde yüzeylenmektedir. Tamamen sedimanter ve volkanik kayaçlardan ibarettir. Bu bölge, yapılaşmaya jeoteknik özellikler ve deprem açısından uygundur. Ancak diğer faktörler olan yüksek yamaç eğimi ve heyelanlı sahalar planlama dışı tutulmalıdır,

7. Yapılaşmanın yoğun bir şekilde devam ettiği 1. ve 2. bölgelerde parsel bazında sıvılaşma analizlerinin yapılması gereklidir,

8. İnceleme alanı, 2. Derece Deprem Bölgesi kuşağında yer aldığından projelendirme çalışmalarında, Afet İşleri Genel Müdürlüğü'ne ait deprem yönetmeliğinde belirtilen hususlara uyulmalı ve parsel bazında detaylı çalışmalar yapılmalıdır.

5 Kaynaklar

[1] Atalay İ. *Oltu Çayı Havzasının Fiziki Coğrafyası ve Amenajmanı*. İzmir, Türkiye, Ege Üniversitesi, Sosyal Bilimleri Fakültesi Yayını, 1982.
[2] Akalın L. "Balkaya ve Sütkans (Erzurum) Linyit Sahaları Etüdü". Ankara, Türkiye, Maden Tetkik ve Arama Raporu, 224, 1978.
[3] Altınlı İE. "Oltu-Olur-Narman Dolaylarının Jeolojik İncelemesi". Ankara, Türkiye, Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı Raporu, 449, 1969.
[4] Bağcı G, Yatman A, Özdemir S, Altın N. "Türkiye'de hasar yapan depremler". *Deprem Araştırma Bülteni*, 69, 113-126, 1994.
[5] Barka A. "Doğu Anadolu'da ve Marmara çevresinde gelecekte olabilecek büyük depremlerin olasılı episantr alanları". *Yeryuvarı ve İnsan*, 9(2-3), 31-33, 1983.
[6] Bayrak, Y. "Erzurum ve Civarının Depremselliği". 1. Doğu Anadolu ve Kafkasya Depremleri Jeofizik Toplantısı. Erzurum, Türkiye, 2001.
[7] Baykal F. "Oltu-Göle-Ardahan-Çıldır Bölgesinin Jeolojik Ana Çizgileri". Ankara, Türkiye, Maden Tetkik ve Arama Raporu, 1928, 1950.
[8] Bayraktutan MS. Narman (Erzurum) Havzasının Miyosen'deki Sedimantolojik Evrimi. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye, 1982.
[9] Bozkurt E. "Neotectonics of Turkey-a synthesis". *Geodynamica Acta*, 14(1-3), 3-30, 2001.
[10] Bozkuş C. "Oltu-Narman Tersiyer havzası kuzey doğusunun (Kömürlü) stratigrafisi". *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 33, 47-56, 1990.
[11] Bulut Y, Öğün Y, Dümenci S, Bozkuş, Taha M, Öner A. "Tortum-Narman-Oltu-Olur Dolayının Jeolojisi ve Kömür Olanakları". Ankara, Türkiye, Maden Tetkik ve Arama Raporu, 8889, 1989. (yayımlanmamış).

[12] Çamlıbel N. *Yapıların Taşıma Gücünün İyileştirilmesi*. İstanbul, Türkiye, Birsen Yayınevi, 2000.
[13] Çetin A. "Erzurum (Oltu) Yöresinin Jeolojisi Ön Raporu". Van, Türkiye, Maden Tetkik ve Arama Raporu, 23, 1976.
[14] Çetin KÖ, Unutmaz B. "Zemin sıvılaşması ve sismik zemin davranışı". *Türkiye Mühendislik Haberleri*, 430, 32-37, 2004.
[15] Çil V. Oltu (Erzurum Kuzeydoğusu) Yöresinin Jeolojik İncelemesi. Yüksek Lisans Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas, Türkiye, 2003.
[16] Franklin JA. "Triaxial strength of rock materials". *Rock Mechanics*, 3(2), 86-98, 1971.
[17] Kalkan E, Bayraktutan MS. "Geotechnical evaluation of Turkish clay deposits: A case study in Northern Turkey". *Environmental Geology*, 55(5), 937-950, 2008.
[18] Kasapoğlu KE, Toksöz MN. "Tectonic consequences of the collision of the Arabian and Eurasian plates: Finite element models". *Tectonophysics*, 100(1-3), 71-95, 1983.
[19] Konak N, Hakyemez HY, Bilgiç T, Bilgin ZR, Hepsen N, Ercan T. "Kuzeydoğu Pontidlerin (Oltu-Olur-Şenkaya-Narman-Tortum-Uzundere-Yusufeli) Jeolojisi". Ankara, Türkiye, Maden Tetkik ve Arama Raporu, 10489, 2001. (yayımlanmamış).
[20] Lahn E. "Karasu-Çoruh Arasındaki Mıntıkada Yapılan Jeolojik Araştırma". Ankara, Türkiye, Maden Tetkik ve Arama Raporu, 838, 1939.
[21] Oltu (Erzurum) Belediyesi. "Revize İmar Planına Esas Jeolojik-Jeoteknik Etüt Raporu". Oltu-Erzurum, Türkiye, 2010. (yayınlanmamış).
[22] Önalp A. *İnşaat Mühendislerine Geoteknik Bilgisi*. 1. baskı. Trabzon, Türkiye, Karadeniz Teknik Üniversitesi Yayını, 1982.
[23] Pampal, S. *Genel ve Uygulamalı Jeoloji*. İstanbul, Türkiye, Milli Eğitim Bakanlığı Yayını, 1987.
[24] TS 1900. "İnşaat Mühendisliğinde Zemin Laboratuvar Deneyleri". Ankara, Türkiye, 1987.
[25] Terzaghi K, Peck RB. *Soil Mechanics in Engineering Practice*. 2nd ed. New York, USA, Willey, 1967.
[26] Uzuner BA. *Temel Zemin Mekaniği*. Ankara, Türkiye, Teknik Yayınevi, 2000.
[27] Yarbasi N, Kalkan E. "Geotechnical mapping for alluvial fan deposits controlled by active faults: A case study in the Erzurum, NE Turkey". *Environmental Geology*, 58(4), 701-714, 2009.
[28] Yarbaşı, N. Erzurum Şehir Merkezi Batı Kesiminin Geoteknik Haritalaması. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye, 2001.