



Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi

Araştırma Makalesi

Çukurca İlçesinin Yerleşime Uygunluk Açısından Değerlendirilmesi

Ali ATEŞ^a, Adil ÖZDEMİR^b, Burak YEŞİL^{c,*}

^a Düzce Üniversitesi Teknoloji Fak. İnşaat Müh. Bölümü Konuralp-Düzce, TÜRKİYE

^b Mühendislik ve Yapı Bölümü, Çankaya, Ankara, TÜRKİYE

^c Düzce Üniversitesi Düzce MYO İnşaat Bölümü Merkez-Düzce, TÜRKİYE

* Sorumlu yazarın e-posta adresi: burakyesil@duzce.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada, Çukurca ilçesinin yerleşimi için uygun, uygun olmayan ve önlemlenmeli alanların sınırlarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaca yönelik olarak, arazi çalışmaları kapsamında jeolojik birimlerin litolojik sınırları çizilmiş, tektonik hatlar belirlenmiş ve 1/2000 ölçekli mühendislik jeolojisi ve yerleşime uygunluk haritası oluşturulmuştur. Ayrıca, jeoteknik amaçlı sondajlardan elde edilen standart penetrasyon deney (SPT) verileri ile konsolidasyon oturması ve taşıma gücü hesapları, kaya ve zeminlerin fiziksel özelliklerinin araştırılması için kullanılmıştır. Diğer yandan, kütle hareketi (heyelan vb.) potansiyeli taşıyan ve yüksek topografik eğim değerine sahip olan alanlar ($\alpha \geq \% 30$) belirlenmiştir. Mühendislik jeolojisi ve jeoteknik incelemeler birlikte ele alınarak sonuçta "Çukurca İlçesi" ve çevresini oluşturan alan, yerleşime uygunluk açısından değerlendirilmiştir. İnceleme alanından alınan örselenmemiş kohezyonlu birimlerden, SK-1 ve SK-13 lokasyonlarında normal konsolide, SK-8 lokasyonunda ise aşırı konsolide zeminler olduğu anlaşılmıştır. Konsolidasyon oturması hesaplarında oturmaların 0.19-0.22 cm arasında olduğu ve izin verilen sınırların oldukça altında kaldığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Çukurca, SPT, Oturma analizi, Taşıma gücü, Yerleşime Uygunluk

Evaluation of Suitability Location of Çukurca

ABSTRACT

In this study, suitable for the placement of Cukurca, aim at determining the appropriate precautionary and non-border areas was obtained. For this purpose, drawn lithological unit within the land boundaries of geological studies, tectonic determined and 1/2000 scale engineering geology and settlement suitability map was made. In addition, geotechnical drilling obtained from experiments, the standard penetration (SPT) with data consolidation settlement and bearing capacity calculations have been used to investigate the physical properties of rock and soil. On the other hand, the mass movement (landslides, etc.), the areas with the highest potential and topographic slope value ($\alpha \geq 30\%$) were identified. Engineering geology and geotechnical studies taken together ultimately "Cukurca district" and areas that make up the environment are evaluated for compliance with the settlement. Not abuse from the study area of cohesive unit normally consolidated in SK-1 and SK-13 locations, while the SK-8 locations were found to be over-consolidated floors. The consolidation settlement of accounts is between 0,19 to 0,22 cm and was seen seating in the well below the allowable limit.

Keywords: Çukurca, Settlement analysis, Standard penetration test, Bearing capacity, Conformity the residential

I. GİRİŞ

ÇUKURCA İlçesi, doğusunda Yüksekova, batısında Şırnak (Uludere ve Beytulşebap), Kuzeyinde Hakkâri ve Güneyde ise Irak Devlet Hududu ile çevrilidir. 1/25000 ölçekli N51-a4 ve N51-d1 paftalarında yer alan Çukurca'ya Hakkâri üzerinden yaklaşık 80 km'lik bir yolla düzenli ulaşım sağlanmaktadır. İlçe toprakları, yüksek dağlarla kaplıdır. İlçenin rakımı 1285 m'dir. Kuzeyinde Altındağları, kuzeydoğusunda Gare Dağı, batısında Konaklı Dağı yer alır. Dağlar derin ve dik vadilerle parçalanmıştır. Çukurca adı da belirtilen bu coğrafi konumundan gelmektedir. Çalışma alanı, Temmuz-2007 tarihinde İller Bankası Harita Dairesi tarafından onaylanan 1/5000 ölçekli 4 adet N51-A22C, N51-A23D, N51-D02B, N51-D03A numaralı halihazır haritalardaki sınırlarından oluşmaktadır. Çalışma alanı, Çukurca (Hakkâri) Belediyesi sınırları içerisinde olup yaklaşık 470 hektardır.

Yerleşime uygunluk açısından değerlendirilen çukurca, Doğu Anadolu bölgesinin en güney kesiminde Irak ve İran'a komşu Hakkâri ilinin bir ilçesidir (Şekil 1).

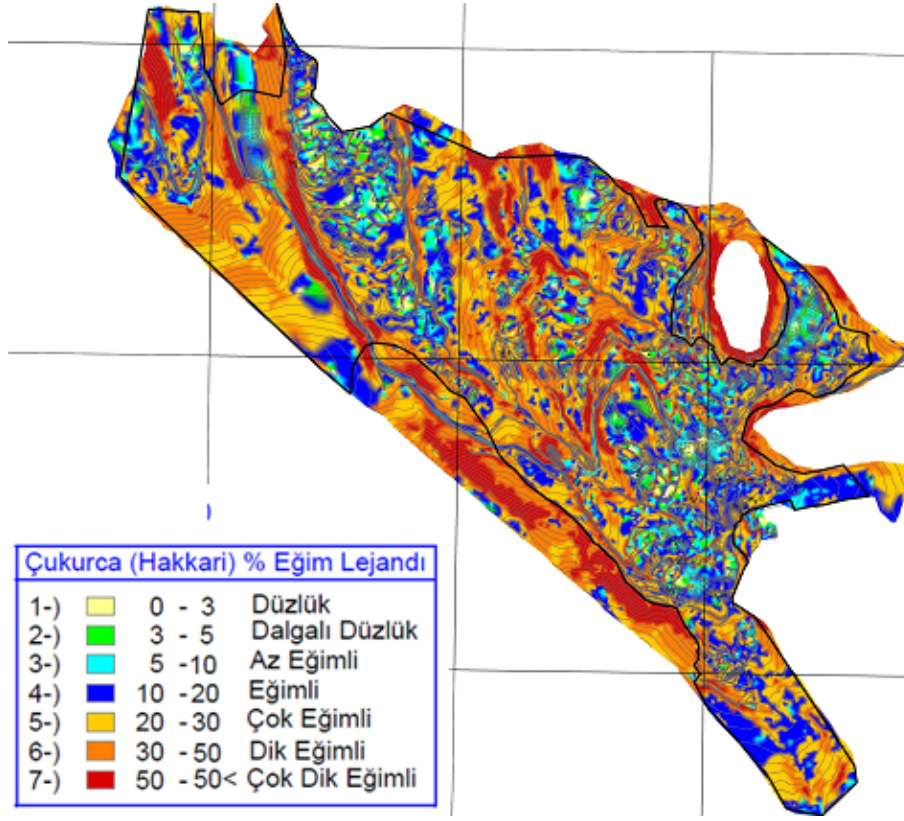


Şekil 1. Çukurca (Hakkâri) ilçesine ait yer bulduru haritası

Hakkâri ili hudutları içinde oldukça yüksek dağlar ve derin vadiler bulunmaktadır. Morfolojik gidiler D-B ve K-G yönlerindedir. İl hudutları içinde önemli yükseltiler; Tanıntanın (3049 m), Altın (3303 m), Karadağ (3630 m), Arabi (3250 m), Cilo (4130 m), Oramar (3363 m), Kaval (2578 m), Sümbül (3339 m) dağlarıdır. Yöre su açısından oldukça zengin olup, önemli akarsular; Büyük Zap suyu, Bezi dere, Faraşın dere, Masiro dere, Nebil çayı, Şemdinan suyudur. İlçenin bulunduğu alan etrafı yükseltilerle çevrili ortada dar ama nispeten daha düzlük alanları kapsar. İsmine uygun topografyaya sahiptir. Çalışma alanı 7 farklı eğim sınıfına ayrılmıştır (Şekil 2). Çukurca beldesinde en fazla eğim % 30-50 ve üzeri değerlerle çalışma alanının güneybatı kısmında bulunmaktadır. Diğer alanların eğimi % 10 ila %30 arasında değişmektedir. Diğer yandan yerleşime uygunluk haritasına kıstas oluşturması açısından %40 ve daha fazla eğimli alanlar hesaplarda dikkate alınmamıştır.

Çalışma alanı 1.derece tehlikeli deprem bölgesinde olup Şemdinli Yüksekova Fay zonu ve Güneydoğu Anadolu Bindirmesi'nin etkisi altındadır.

Bu çalışmada, Çukurca İlçesine ait jeolojik ve jeoteknik veriler "Yerleşime Uygunluk" amacıyla değerlendirilmiştir. Yerleşime uygunluk haritaları Necd programı ile oluşturulmuştur.



Şekil 2. Çukurca (Hakkâri) ilçesi alanı eğim haritası

II. İNCELEME ALANININ JEOLJİSİ

Çalışma alanında Cudi Grubuna ait Kretase yaşlı Latdağı formasyonu hakimdir. Bu formasyonun killi kireçtaşlarından oluşan Beyazköy Üyesi (JK1b) ile kireçtaşlarını ayırmak oldukça zordur. Ancak yapılan çalışma sonucunda farklı düzeyler oluşturan dayanım farkı baz alınarak daha sert olan kireçtaşları ile killi kireçtaşı-kiltaşı özelliğindeki birimler arasında tedrici bir sınır çizilerek birbirinden ayrılmıştır. Bunun yanı sıra özellikle ayrılmış olduğu kesimlerde kolay aşınabilen killi kireçtaşı-kiltaşı birimlerinin yüksek açılı yamaçlarında yer yer yamaç molozları oluşmuştur. Bu yamaç molozları genelde yüzeysel ve haritalanamayacak yayımlıdır.

A. LİTERATÜR ÇALIŞMASI

Kireçtaşı (JK1): Latdağı formasyonuna ait kireçtaşlarıdır. Çalışma alanında bugünkü yerleşim alanlarını kuzeyden, doğudan ve güneyden kireçtaşı yükselimleri kuşaklamaktadır. Yer yer kil içermekle birlikte karbonat oranı daha yüksektir. Çoğu kesimlerde ise saf kristalden kalker görünümündedir. Sertliği hayli yüksek olan birim kalın katmanlı-masif, çoğu yerde yataya yakın konumda olmakla birlikte değişen katman eğimleri göstermektedir. Topografik olarak son derece yüksek röliyefli ve sarp alanlar oluşturan birim sert ve zor aşınan nitelik taşıdığı için kendini yüksek noktalarda koruyabilmiştir (Şekil 3). Mavimsi gri-gri renkli görünümüne sahip kireçtaşlarının taze yüzeyleri açık gri-krem renklerindedir.



Şekil 3. İnceleme alanındaki kireçtaşlarından görünüm (Sabır dağı)

Killi Kireçtaşı (JK1b): Bölgedeki killi kireçtaşları, Cudi Grubuna ait Latdağı formasyonunun Beyazdağ üyesi olarak literatürde geçmektedir. Çukurca'nın bugünkü yerleşim alanları genellikle bu birim üzerinde gelişmiştir. Jenez olarak kireçtaşları ile aynı, eşzamanlı olarak oluşmuştur. Ancak yer yer artan oranda kil içerdiği için kireçtaşı birimiyle dayanım farkı göstermektedir (Şekil 4). Bu dayanım farkından dolayı daha kolay ayrışıp, aşınabilen birim ayrıca suya karşı hassastır ve bu da aşınmayı kolaylaştırıcı bir rol oynamaktadır. Bu kısımda yapılan sondajlarından alınan karotların RQD değerleri oldukça düşüktür. Rengi çoğunlukla beyazımsı-sarımsı gri, kalın katmanlı, masif, çoğunlukla altere olmuş, bozuşmuş hatta yer yer toprağımsı görünüm kazanmıştır (Şekil 5). Harita alanının orta kesimlerinde geniş bir alan kapsamaktadır.



Şekil 4. Gri renkli, Beyazdağ üyesi kilttaşlarından görünüm



Şekil 5. Aşırı bozuşmuş Beyazdağ üyesine ait kilttaşlarından görünüm

Alüvyon (Qal): Çukurca ilçesinin içinden geçen dereler etrafında haritalanmayacak kadar dar alanlarda yayılım göstermektedir. Yüksek eğim nedeni ile dere, etrafına fazla alüvyon bırakmamaktadır. Ancak aşırı altıe olmuş ve suyu geçirmemesi nedeni ile çeltik üretimi yapılabilen sulak alanlar alüvyon olarak algılanabilir. Bu alanlar çalışmada Beyazdağ üyesi kiltaşları olarak haritalanmıştır.

III. MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ

Mühendislik jeolojisi çalışmaları kapsamında arazi, laboratuvar ve büro çalışmaları gerçekleştirilerek, 1/2000 ölçekli mühendislik jeolojisi, yerleşime uygunluk ve dökümantasyon haritaları hazırlanmıştır.

Zeminlerin mühendislik özelliklerini belirlemek amacıyla derinlikleri 10.00 ile 15.50 m arasında değişen ve toplam derinliği 315 m olan, 25 adet jeoteknik sondaj kuyusu açılmıştır. Sondajlar sırasında her 1,5 m de bir standart penetrasyon deneyi (SPT) ile zeminlerin penetrasyon direnci belirlenerek, örselenmiş numune alınmıştır. Ayrıca 9 adet örselenmemiş numune (UD) alınmıştır. Kaya birimlerden ise karot alınmıştır. Sondaj lokasyonlarına ait koordinatlar Tablo 1’de verilmiştir.

Çalışma alanından elde edilen örselenmiş, örselenmemiş ve kaya numuneler Çevre ve Şehircilik Bakanlığı onaylı Zemin ve Kaya Mekaniği Laboratuvarında deneylere tabi tutulmuştur.

Tablo 1. Çalışma alanında yapılan jeoteknik sondaj noktalarının koordinatları ile alınan numunelerin dağılımı

SONDAJ/ KUYU NO	KOORDİNATLAR			DERİNLİK (m)	S P T	UD	KAROT	YASS (m)
	Y	X	Z					
SK-1	374612	4126022	975	15,00	√	√	√	-
SK-2	375070	4126033	1004	11,00	√	-	-	-
SK-3	375428	4125860	1024	15,45	√	-	-	-
SK-4	375481	4126136	1002	15,45	√	-	-	-
SK-5	375673	4125314	1081	10,00	√	-	√	-
SK-6	375989	4125183	1152	10,00	√	-	√	-
SK-7	376635	4125196	1253	10,50	√	-	√	-
SK-8	376771	4125301	1255	15,00	√	√	√	-
SK-9	376722	4125857	1238	13,00	√	-	√	-
SK-10	377109	4124538	1359	12,00	√	-	√	-
SK-11	377063	4124616	1346	12,50	√	-	√	-
SK-12	377321	4124590	1382	12,00	√	-	√	-
SK-13	377042	4124494	1355	15,45	√	√	√	-
SK-14	376944	4124108	1351	12,00	√	-	√	-
SK-15	376744	4124129	1333	12,00	√	-	√	-
SK-16	376766	4124263	1331	12,00	√	-	√	-
SK-17	376944	4124616	1332	15,50	√	√	√	-
SK-18	376756	4124348	1318	15,50	√	-	√	3,00
SK-19	376835	4124538	1313	11,50	√	-	√	4,00
SK-20	376582	4124654	1286	12,00	√	√	√	4,00
SK-21	377532	4125139	1368	15,00	√	√	√	4,00
SK-22	377469	4125211	1349	15,00	√	√	√	7,50
SK-23	376887	4124961	1294	15,45	√	√	-	7,50
SK-24	376797	4125136	1278	15,45	√	√	-	12,00
SK-25	376522	4124856	1295	15,00	√	-	√	-

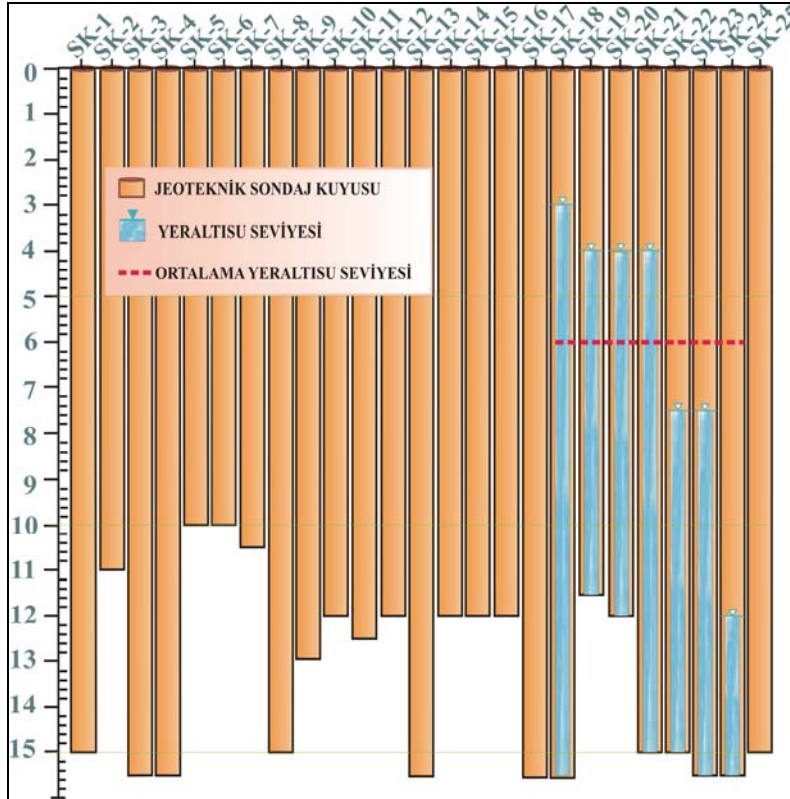
Çalışma alanından elde edilen jeoteknik parametreler sonucunda, taşıma gücü analizleri ve konsolidasyon oturması yapılmıştır.

A. SONDAJ ÇALIŞMALARI

Çalışma alanında yapılan jeoteknik sondajlar zeminlerin litolojik özelliklerini, düşey doğrultudaki değişimlerini ve yeraltı suyu durumu ile mühendislik parametreleri gibi bilgileri elde etme amacıyla yapılmıştır. Sondajlar TS-1901'e [1] göre yapılmış olup, hidrolik morset baskılı klasik rotary sistem sondaj makinesi ve ekipmanları kullanılmıştır. Sondajlarda burgulu sistemle ilerlenmiş, refü veren yerlerde karotlu sondaj yapılmıştır.

B. ARAZİ DENEYLERİ

Sondajların yapımı sırasında her 1,50 m bir standart penetrasyon deneyi (SPT) yapılmış ve örselenmiş zemin örnekleri alınmıştır. Standart Penetrasyon Deneyi (SPT) esas olarak yerinde yapılan bir dinamik kesme deneyidir. Kesme direnci daneli zeminlerde zeminin izafi sıkılığına, kohezyonlu zeminlerde ise zeminin mukavemet parametrelerine bağlıdır. Bu sebeple penetrasyon deneyi sonuçları ile taşıma gücü arasında gerçeğe uygun bir bağlantı kurulabildiği gibi diğer jeoteknik hesaplamalarda da kullanılmaktadır. SK-18, SK-19, SK-20, SK-21, SK-22, SK-23 ve SK-24, no'lu sondajlarda yeraltı suyu mevcut olup, sondajların açıldığı tarih itibariyle, çalışma alanı sınırları içinde yeraltı su seviyesinin 3.00-12.00 m arasında değiştiği ve ortalama yeraltı su seviyesinin ise 6.00 m olduğu belirlenmiştir (Şekil 6).



Şekil 6. Jeoteknik amaçlı sondaj kuyularının derinlikleri ve yeraltı suyu seviyeleri

SPT deneyinden elde edilen (ham, düzeltilmemiş) darbe sayıları en düşük 11 olarak kaydedilmiştir (18 nolu kuyu). SPT deneyleri sırasında alınan örselenmiş örnekler 2” dış çaplı ve 1 3/8” iç çaplı yarık numune alıcı ile alınmıştır. Alınan numuneler doğal özelliklerini kaybetmemesi için iç içe geçmiş iki ayrı naylon torba içine konmuş, etiketlenmiş ve ağızları hava almayacak şekilde sıkıca bağlanmıştır.

Karot numunesi alınan killi kireçtaşı birimlerinde ise, 76 mm çapında 1.5 m boyundaki karotiyer yardımı ile de karot numuneleri alınarak, özel olarak hazırlanmış karot sandıklarında muhafaza edilmiştir (Şekil 7). Karotlarda elde edilen RQD değerleri oldukça düşük olduğundan tek eksenli deneye uygun numune elde edilememiştir.



Şekil 7. Çukurca jeoteknik sondajlarından elde edilen numuneler

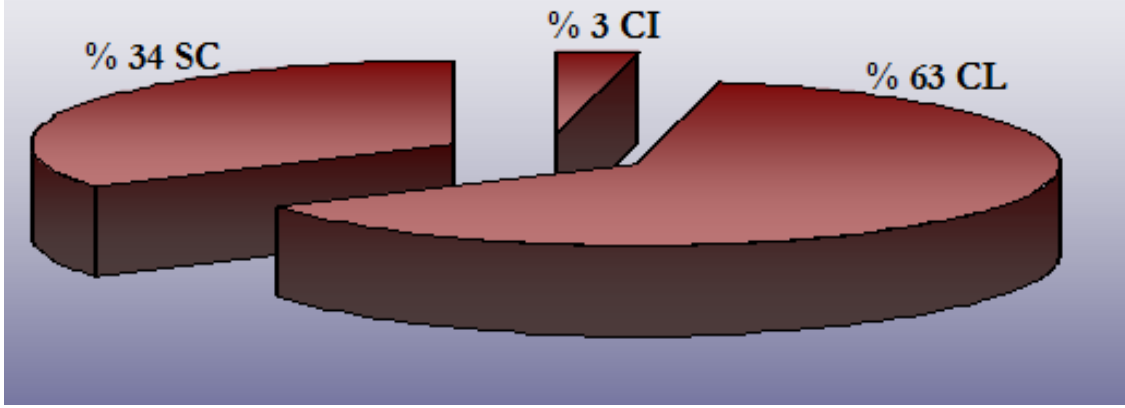
Çalışma alanı genelinde, killi kireçtaşı birimleri SPT verileri “çok katı – sert” olarak nitelendirilirken karot alınan kaya birimlerinin “tamamen ayrılmış” “çok zayıf” kaya sınıfında olduğu belirlenmiştir.

C. LABORATUVAR DENEYLERİ

Açılan 25 adet sondaj kuyusundan alınan örselenmiş (SPT) ve örselenmemiş (UD) örnekler üzerinde Su İçeriği, Elek Analizi, Atterberg Limitleri, Konsolidasyon, Üç Eksenli Dayanım ve Direk Kesme Kutusu deneyleri; kayalarda Birim Hacim Ağırlık ve Nokta Yükleme deneyleri yapılmıştır. TS 1900-1’e [2] göre fiziksel özelliklerin tayini, TS 1900-2’ye [3] göre mekanik özelliklerin tayinine yönelik olarak deneyler yapılmış, örnekler birleştirilmiş zemin sınıflamasına (USCS) göre sınıflandırılmıştır.

Toplam 110 adet örnek üzerinde laboratuvar deneyi yapılmıştır. Bu numunelerin 77 adedi üzerinde zemin deneyleri, geri kalanında ise kaya deneyleri yapılmıştır.

Sondajlardan alınan zemin örneklerinin laboratuvar analiz sonuçları, çalışma alanındaki zeminlerin, %34’ünün iri daneli, % 66’sının ise ince daneli olduğunu göstermektedir. Analiz edilen örneklerin tamamının, % 34’ü kum (SC) ve % 66’sı kil (CI, CL) grubu zeminlerden oluşmaktadır (Şekil 8). İnceleme alanında su muhtevaları kil grubu zeminlerde % 23.8-36.2 ve kum grubu zeminlerde % 16.0-32.0 arasında değişmektedir.



Şekil 8. İnceleme alanı zemin türleri

Birleşik zemin sınıflamasına (USCS) göre bütün zeminlerin % 66'sını oluşturan ince daneli zeminlerin, TS 1500'e [4] göre % 63'ünü düşük plastisiteli kil (CL), % 3'ünü ise orta plastisiteli kil (CI) oluşturmaktadır.

İnce daneli zeminlerin likit limit değerleri, orta plastisiteli killer (CI) için % 36-37 ve plastisitesi düşük killer (CL) için % 33-41, arasında değişmektedir. Plastik limit değerleri ise orta plastisiteli killer (CI) için % 20-21 ve plastisitesi düşük killer (CL) için % 16-21 arasında değişmektedir.

Birleşik zemin sınıflamasına göre iri daneli zeminler bütün zeminlerin % 34'ünü oluşturmaktadır. İri daneli zeminlerin, TS 1500'e [4] göre % 34'ü killi kum (SC) zeminlerden oluşmaktadır.

İnceleme alanında, jeoteknik sondajlardan alınan örselenmemiş örneklerden yapılan Üç Eksenli Basınç Dayanımı Deneyi sonuçlarına göre kohezyon (c) 0,68-0,82 kgf/cm² arasında, içsel sürtünme açısı (ϕ) ise 4-6°'dir.

İnceleme alanında, SK-1, SK-5, SK-6, SK-7, SK-8, SK-9, SK-10, SK-11, SK-12, SK-14, SK-15, SK-16, SK-17, SK-18, SK-19, SK-20, SK-21 ve SK-22 nolu kuyuların muhtelif derinliklerinden alınan karotlar üzerinde yapılan Nokta Yükleme deneyinde 24.8-41.2 kg/cm² arasında değerler elde edilmiştir. Karot numunelerin Tabii Birim Hacim Ağırlıkları ise 2.52-2.71 gr/cm³ arasında değerler almaktadır.

IV. ZEMİN VE KAYA TÜRLERİNİN JEOTEKNİK ÖZELLİKLERİ

İnceleme alanı zeminlerinin fiziksel özellikleri tespit edilmiş, TS 1500'e [4] göre sınıflandırılması yapılmıştır. Bilindiği üzere yeraltı suyu yapı temellerini ve bu temellerin üzerinde yer aldığı büyük kütleleri çoğu zaman olumsuz etkileyen ve bu nedenle istenmeyen bir unsurdur. Gerek yapılan sondajlarda gerekse arazi gözlemleri (keson kuyu, su kuyusu vs.) sonucu inceleme alanının bir bölümünde (SK-18, 19, 20, 21, 22, 23 ve 24) yapı temellerini doğrudan etkileyecek derinlikte yeraltı suyu bulunmaktadır. Yeraltı suyu bulunan kuyularda litoloji gereği sıvılaşma meydana gelmesi öngörülmektedir.

A. ZEMİNLERİN TÜRLERİNİN JEOTEKNİK ÖZELLİKLERİ

Zeminin doğal su içeriğinin kıvam limitleri ile karşılaştırılması bize o zeminin mukavemeti hakkında bir fikir vermektedir. Ayrıca ince taneli zeminler Atterberg limitleri esas alınarak sınıflandırılmaktadır. Birleşik zemin sınıflamasına göre bütün zeminlerin % 66'sını oluşturan ince daneli zeminlerin, likitlilik indeksi (I_L) ve kıvamlılık indeksi (I_C) aşağıdaki formüllerden hesaplanmış, Çizelge 2'de verilmiştir. İnce daneli zeminde su muhtevası en düşük % 23.8 ve en yüksek % 36.2'dir.

$$I_L = (W_n - PL) / PI \text{ (Likitlilik İndeksi)}$$

$$I_C = (LL - W_n) / PI \text{ (Kıvamlılık İndeksi)}$$

Türk Zemin Sınıflandırma Sistemine göre, Cassagrande plastisite diyagramında elde edilen noktalardan, kil zeminlerin plastisitesi düşük kil (CL) ve orta plastisiteli kil (CI) olduğu anlaşılmaktadır [4].

İnce daneli zeminler, Holtz ve Kovacs (1981)'in likitlik indeksi sınıflamasına göre Tablo 2'de belirtilen derinliklerde, "plastik katı" ($0 < I_L < 1$) ve "sıvı" ($I_L > 1$) özellikte olduğu tespit edilmiştir. Likitlilik indeksi (I_L) zeminin gerilim tarihçesi hakkında bilgi verir. Normal konsolide killerin likitlilik indeksi 1, aşırı konsolide killerin ise sıfıra yaklaşan rakamlardır.

Leonards'ın ince daneli zeminlerin plastisite indeksi sınıflamasına göre yine Tablo 2'de belirtilen derinliklerde plastik plastisiteli (PI % 15-40) zeminler sınıfına girmektedirler [5]. Burmister'e göre ince daneli zeminlerin plastisite indeksi sınıflandırmasına göre de yine Tablo 2'de belirtilen derinliklerde zeminler, "orta (PI % 10-20) ve yüksek plastisiteli (PI % 20-40)" özelliğe sahiptirler [6].

Tablo 2. İnce daneli zeminlerin indeks özellikleri

Kuyu No	Derinlik (m)	W (%)	LL (%)	PL (%)	PI (%)	IL	IC	Zemin Sınıfı
SK-1	3.00-3.50	23.8	41	13	28	0.39	0.61	CL
	4.50-4.95	26.2	33	17	16	0.58	0.43	CL
	6.00-6.45	31	34	16	18	0.83	0.17	CL
	10.50-10.95	31.6	34	17	17	0.86	0.14	CL
SK-2	1.50-1.95	32.9	34	18	16	0.93	0.07	CL
	6.00-6.45	34.4	33	17	16	1.09	-0.09	CL
	7.50-7.95	36.2	33	17	16	1.20	-0.20	CL
SK-3	3.00-3.45	25.1	33	17	16	0.51	0.49	CL
	12.00-12.45	33.7	36	21	15	0.85	0.15	CI
	13.50-13.95	28.9	37	20	17	0.52	0.48	CI
SK-4	3.00-3.45	25.2	33	17	16	0.51	0.49	CL
	13.50-13.95	28.1	39	20	19	0.43	0.57	CL
	15.00-15.45	30.2	37	18	19	0.64	0.36	CL
SK-5	1.50-1.95	29.4	38	20	18	0.52	0.48	CL
	3.00-3.45	30.8	36	20	16	0.68	0.33	CL
SK-6	1.50-1.95	29.7	36	19	17	0.63	0.37	CL
SK-7	4.50-4.95	29.7	36	19	17	0.63	0.37	CL
SK-8	3.00-3.50	24.6	33	17	16	0.48	0.53	CL
	7.50-7.95	28.1	39	20	19	0.43	0.57	CL
	10.50-10.95	30.2	37	18	19	0.64	0.36	CL
SK-9	1.50-1.95	29.7	36	19	17	0.63	0.37	CL
SK-10	3.00-3.45	28.1	39	20	19	0.43	0.57	CL
	4.50-4.95	30.2	37	18	19	0.64	0.36	CL
SK-11	6.00-6.45	30.2	37	18	19	0.64	0.36	CL
SK-12	3.00-3.45	28.1	39	20	19	0.43	0.57	CL
SK-13	1.50-1.95	30.2	37	18	19	0.64	0.36	CL

	3.00-3.50	24.6	33	17	16	0.48	0.53	CL
	12.00-12.45	28.1	39	20	19	0.43	0.57	CL
	15.00-15.45	30.2	37	18	19	0.64	0.36	CL
	3.00-3.45	29.4	38	20	18	0.52	0.48	CL
SK-14	6.00-6.45	30.8	36	20	16	0.68	0.33	CL
	7.50-7.95	29.7	36	19	17	0.63	0.37	CL
SK-15	1.50-1.95	33.7	36	21	15	0.85	0.15	CL
SK-16	3.00-3.45	25.1	33	17	16	0.51	0.49	CL
SK-17	1.50-1.95	28.9	37	20	17	0.52	0.48	CL
	3.00-3.45	29.4	38	20	18	0.52	0.48	CL
SK-18	6.00-6.45	30.8	36	20	16	0.68	0.33	CL
SK-19	4.50-4.95	30.2	37	18	19	0.64	0.36	CL
SK-20	4.50-4.95	25.1	33	17	16	0.51	0.49	CL
SK-21	1.50-1.95	29.4	38	20	18	0.52	0.48	CL
	3.00-3.45	30.8	36	20	16	0.68	0.33	CL
SK-22	10.50-10.95	28	37	20	17	0.47	0.53	CL
	1.50-1.95	25.1	33	17	16	0.51	0.49	CL
SK-23	10.50-10.95	28.1	39	20	19	0.43	0.57	CL
	15.00-15.45	30.2	37	18	19	0.64	0.36	CL
	3.00-3.45	29.4	38	19	19	0.55	0.45	CL
SK-24	12.00-12.45	29.4	38	20	18	0.52	0.48	CL
	13.50-13.95	30.8	36	20	16	0.68	0.33	CL
	1.50-1.95	29.7	38	19	19	0.56	0.44	CL
SK-25	9.00-9.45	30.2	37	18	19	0.64	0.36	CL
	12.00-12.45	29.4	38	20	18	0.52	0.48	CL

Kıvamlılık indeksine (IC) göre zeminler “çok yumuşak”, “yumuşak” ve “sıkı” olarak sınıflandırılmıştır [7]. Kıvam limitleri zeminlerin sınıflandırılmasını sağlamak ve zeminin fiziksel özellikleri hakkında ön bilgiler vermektedir. Genel olarak zeminin plastisitesi arttıkça şişme potansiyeli artmakta, su geçirgenliği azalmakta, arazi kazı ve dolgu işlemleri sırasında zorluklarla karşılaşmaktadır.

A.1. Konsolidasyon Oturması Hesapları

Doymun ve kohezyonlu zeminler, üzerlerindeki örtüden veya yapılardan kaynaklanan yükler gibi sabit yükler altında hacimsel küçülmeye uğrarlar. Zemindeki katı taneler ve su sıkışma özelliğine sahip olmadığından, yük altındaki zemin zamanla gözeneklerindeki suyu atar ve katı taneler birbirine yaklaşırlar. Bu süreç konsolidasyon, hacimsel küçülmenin bir sonucu olarak meydana gelen düşey yer değiştirme ise oturma olarak tanımlanır [8].

Kohezyonlu bir zemin su içinde dereceli bir depolanmaya sahipse, bu durumda zemin tümüyle doymun koşullarda olacak ve üstteki zeminin yüküyle basınçta düzenli bir artış meydana gelecektir. Konsolide olan zemin, düzenli bir konsolidasyon sürecine maruz kalacak ve bu koşullarda oluşacak zemin de normal konsolide bir zemin olacaktır. Kohezyonlu bir zeminin geçmişte yüksek bir basınç altında konsolide olması, daha sonra üstteki örtü yükünün erozyon nedeniyle aşınmış olması ve güncel olarak daha düşük bir etkin basınç altında bulunması muhtemeldir. Bu tür zeminler ise aşırı konsolide zeminler olarak tanımlanır. Aşırı konsolidasyon oranı (OCR), ön konsolidasyon basıncının (P_{max}), zemin üzerindeki etkin (efektif) basınca (P_0) oranıdır [8]. Aşırı konsolidasyon oranı (OCR) 1 veya 1'den küçükse zeminler normal konsolide, 1'den büyükse aşırı konsolide olarak tanımlanır. Aşırı konsolide killer üzerine gelecek temel yüklerinin ön konsolidasyon basıncını aşmaması gerekir [9].

Aşırı konsolide killerde ön konsolidasyon basıncının aşılması durumunda beklenmedik düzeyde aşırı oturmalar meydana gelebilir [10].

Çalışmanın imar planına esas olması ve sadece bir noktadan elde edilen sonuçların genel olarak kabul edilemeyeceği bilinmektedir. Bununla beraber 3 lokasyondan (SK-1, SK-8 ve SK-13) alınan örselenmemiş örnekler üzerinde konsolidasyon ve oturma deneyleri yapılmıştır. Çalışma alanındaki kohezyonlu zeminlerin konsolidasyon dereceleri tespit edilerek sınıflandırılmıştır (Tablo 3).

Tablo 3. Killerin konsolidasyon derecesi

Lokasyon	γ_{zemin} (g/cm ³)	H (cm)	Pmax (kg/cm ²)	Po (kg/cm ²)	OCR	Konsolidasyon Derecesi
SK-1	2.02	650	1.10	1.31	0.84	Normal Konsolide
SK-8	1.98	550	1.60	1.09	1.47	Aşırı Konsolide
SK-13	1.98	770	1.20	1.53	0.78	Normal Konsolide

Yapılan bu çalışma sonucunda inceleme alanından alınan örselenmemiş kohezyonlu birimlerden, SK-1 ve SK-13 lokasyonlarında normal konsolide, SK-8 lokasyonunda ise aşırı konsolide zeminler olduğu anlaşılmıştır. Konsolidasyon deneyi hesaplama füyünden hacimsel sıkışabilirlik katsayısı (m_v) bulunarak oturma hesabında kullanılmıştır.

Analizlerde kullanılan program, Seed ve DeAlba'nın yöntemi olan ve 1996 ve 1998'deki seminerlerde rapor edildiği şekilde Youd vd.'e göre [11] hazırlanmıştır [12]. Hesaplamalarda 2x3x2 m dörtgen temel boyutları kullanılmış olup % 90 konsolidasyon düzeyi için gerekli olan süreye göre yapılmıştır. 2 m temel derinliğindeki bina temel tabanına aktarılacak yük 45 kPa olarak varsayılmıştır (Tablo 4).

Tablo 4. Zeminlerin konsolidasyon oturması sonuçları

Lokasyon	h (m)	γ_{zemin} (gr/cm ³)	m_v (cm ² /kgf)	Oturma (cm)
SK-1	13.00	2.02	0.0164	0.22
SK-8	11.00	1.98	0.0124	0.19
SK-13	15.40	1.98	0.0160	0.24

Yapı temellerinde izin verilen toplam oturma miktarları killi zeminlerde münferit sömeller 7,5 cm, radye (jeneral) temellerde ise 12,5 cm'dir [13]. Oturma hesaplarına göre, Tablo 4 incelendiğinde çalışma alanındaki killi birimlerde oturma miktarlarının müsaade edilen sınırları geçmediği gözlenmiştir.

Bununla beraber çalışma alanındaki kohezyonlu zeminlerde az da olsa oturma tespit edildiği için yapılaşma öncesinde parsel bazında yapılacak zemin etütleri sırasında, konsolidasyon deneyleri ile oturma hesapları yapılarak oturmaların müsaade edilen sınırları geçmesi durumunda zemin iyileştirmesi çalışmaları yapılmalıdır. Bunun yanı sıra diğer zemin parametrelerinden de doğacak problemleri de göz önünde bulundurarak problemlerin tamamını ortadan kaldıracak tarzda iyileştirme yöntemleri uygulanmalı ve gerekli inşaat tedbirlerinin alınmalıdır.

A.2. Taşıma Kapasitesi Özellikleri

Çalışma alanındaki birimlerin taşıma kapasitesi hakkında fikir edinmek amacıyla sondaj kuyularından elde edilen veriler kullanılarak hesaplamalar yapılmıştır.

A.2.1. Kohezyonlu Zeminlerde Taşıma Kapasitesi Hesapları

Çalışma alanında SK-1 ve SK-13 nolu sondajlardan alınan örselenmemiş numunelerden elde edilen laboratuvar değerleri (kohezyon, içsel sürtünme açısı ve tabii birim hacim ağırlığı) kullanılarak taşıma kapasitesi hesaplamaları yapılmıştır. Laboratuvar verilerine göre elde edilen taşıma kapasitesi değerlerinin 220 ve 218 kPa olduğu görülmüştür (Tablo 5).

Tablo 5. Laboratuvar değerleri ile hesaplanmış izin verilebilir taşıma gücü

Sondaj Kuyu No	Kohezyon (kgf/cm ²)	İçsel Sürtünme Açısı (φ)	Birim Hacim Ağırlık (ton/m ³)	Temel Tipi	Temel Derinliği (m)	Temel Genişliği (m)	İzin Verilebilir Taşıma Gücü (kPa)
SK-1	0.99	3	2.02	ŞERİT	1.50	2.00	220.0
SK-13	0.98	3	1.98	ŞERİT	1.50	2.00	218.0

A.2.2. Kohezyonsuz Zeminlerde Taşıma Kapasitesi Hesapları

Çalışma alanında az çakıllı, killi, kumlu seviyelerde yapılan sondajlardan alınan örselenmiş örnekler üzerinde yapılan taşıma kapasitesi hesapları Terzaghi ve Peck yöntemiyle SPT-N değerleri kullanılarak yapılmıştır [14]. Hesaplamalarda mütemadi (Şerit) temel tipi için izin verilebilir taşıma gücü değerleri belirlenmiştir. Temel derinliği 1,50 m, temel genişliği 2,00 m olarak kabul edilmiştir. Hesaplamalarda sondaj kuyu verilerine dayalı olarak yapılan taşıma kapasitesi hesaplamalarında her kuyudaki ilk 5 SPT-N değerleri dikkate alınmıştır. Buna göre, yapılan taşıma kapasitesi hesaplarından izin verilebilir taşıma güçlerinin 218-854 kPa aralığında olduğu görülmüştür (Tablo 6).

Sondajlardan elde edilen SPT-N değerlerinden de anlaşıldığı üzere çalışma alanının tamamında üst kısımları oldukça bozuşmuş orta sert özellikte killi kireçtaşı birimleri bulunmaktadır.

Tablo 6. SPT-N değerleri ile hesaplanmış izin verilebilir taşıma gücü

Kuyu no	Temel derinliği (m)	Temel genişliği (m)	İzin verilebilir taşıma gücü (kpa)
SK-2	1.50	2.00	598
SK-3	1.50	2.00	584
SK-4	1.50	2.00	614
SK-5	1.50	2.00	811
SK-6	1.50	2.00	854
SK-7	1.50	2.00	704
SK-9	1.50	2.00	599
SK-10	1.50	2.00	535
SK-11	1.50	2.00	479
SK-12	1.50	2.00	730
SK-13	1.50	2.00	218
SK-14	1.50	2.00	742
SK-15	1.50	2.00	735
SK-16	1.50	2.00	542
SK-17	1.50	2.00	750

SK-18	1.50	2.00	644
SK-19	1.50	2.00	737
SK-20	1.50	2.00	715
SK-21	1.50	2.00	813
SK-22	1.50	2.00	556
SK-23	1.50	2.00	710
SK-24	1.50	2.00	596
SK-25	1.50	2.00	771

A.3. Kaya Türlerinin Jeoteknik Özellikleri

Çukurca inceleme alanının etrafındaki yükseltileri oluşturan Latdağı formasyonuna ait kireçtaşları ile ilçenin yerleştiği alandaki Latdağı formasyonunun Beyazdağ üyesine ait killi kireçtaşı birimleri kaya özelliğindedir ve yüksek derecede ayrılmışlardır. Bugünkü yerleşim alanları genellikle bu birim üzerinde gelişmiştir. Köken olarak kireçtaşları ile eşzamanlı olarak oluşmuştur. Ancak yer yer artan oranda kil içerdiği için kireçtaşı birimiyle dayanım farkı göstermektedir. Bu dayanım farkından dolayı daha kolay ayrışıp, aşınabilen birim ayrıca suya karşı hassastır ve bu da aşınmayı kolaylaştırıcı bir rol oynamaktadır. Rengi çoğunlukla beyazımsı-sarımsı gri, kalın katmanlı, masif, çoğunlukla altere olmuş, bozuşmuş hatta yer yer toprağımsı görünüm kazanmıştır. Harita alanının orta kesimlerinde geniş bir alan kapsamaktadır.

Bu zeminlerden alınan karotlar üzerinde yapılan nokta yükleme deneylerinden aşağıdaki bağıntı yardımıyla kayaların tek eksenli basınç dayanımları 26.63-55.55 MPa arasında olduğu tespit edilmiştir [15] (Tablo 7).

$$\text{Tek Eksenli Basınç Dayanımı (TBD)} = 10.957 * I_{s(50)}$$

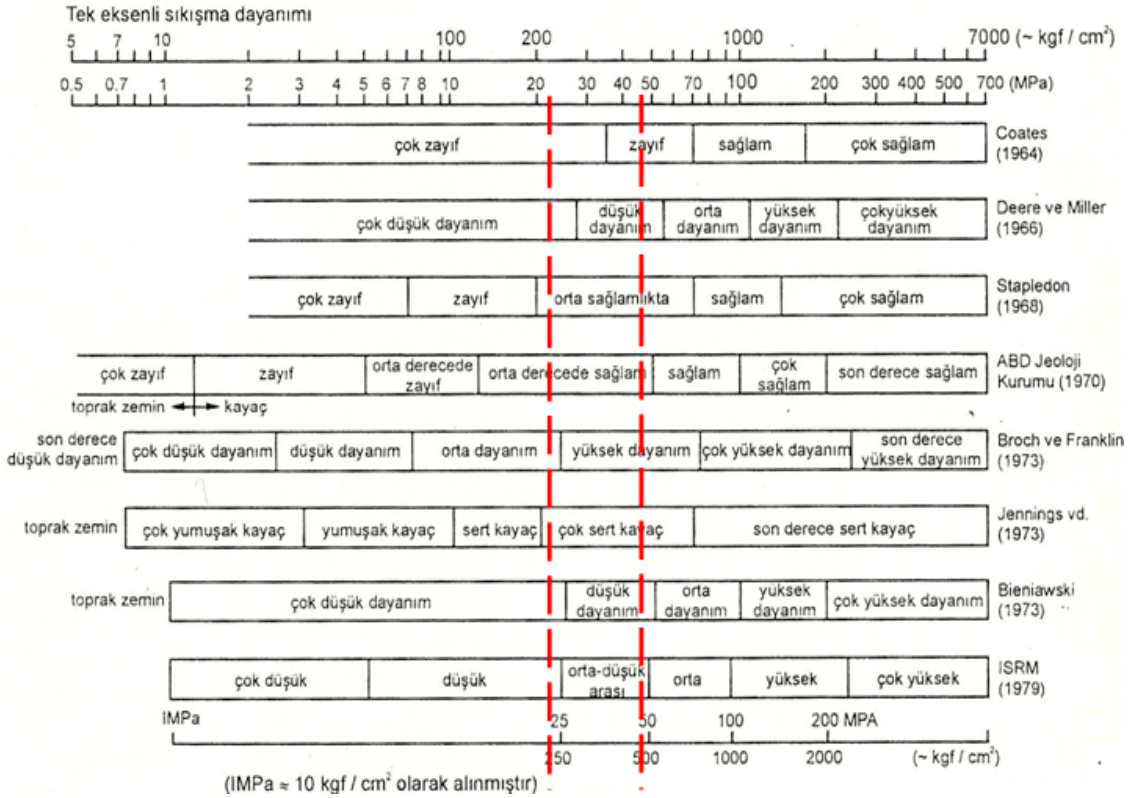
Tablo 7. Kayaların genel özellikleri

Sondaj No	Derinlik (m)	BHA (t/m3)	Nokta Yükleme Dayanımı (MPa)	Tek Eksenli Dayanımı (MPa)	TKV (%)
SK-1	13.00	2.58	3.04	33.31	22
	14.50	2.56	2.88	31.56	26
SK-5	7.00	2.66	3.26	35.72	25
	9.00	2.66	3.38	37.03	22
SK-6	6.00	2.68	3.70	40.54	30
	8.00	2.71	4.03	44.16	25
SK-7	8.20	2.70	4.04	44.27	23
	9.60	2.52	2.43	26.63	28
SK-8	12.00	2.58	4.17	45.69	22
	14.00	2.70	5.07	55.55	26
SK-9	10.20	2.68	4.77	52.26	25
	12.40	2.56	3.08	33.75	25
SK-10	9.70	2.66	3.26	35.72	20
	11.30	2.66	3.38	37.03	20
SK-11	9.30	2.58	3.04	33.31	32
	11.00	2.56	2.88	31.56	23
SK-12	8.25	2.56	3.08	33.75	30
	10.70	2.66	2.88	31.56	30
SK-14	9.20	2.70	5.07	55.55	25
SK-16	10.20	2.60	2.44	26.74	30

SK-17	9.22	2.58	3.04	33.31	20
	14.01	2.56	2.88	31.56	32
SK-18	11.20	2.70	5.07	55.55	24
	13.30	2.60	2.44	26.74	31
SK-19	7.20	2.66	3.26	35.72	27
	10.05	2.66	3.38	37.03	34
SK-20	7.45	2.56	3.08	33.75	24
	11.20	2.66	2.88	31.56	35
SK-21	9.32	2.58	3.04	33.31	25
	13.20	2.56	2.88	31.56	30
SK-22	12.10	2.70	4.04	44.27	26
	13.70	2.52	2.43	26.63	30

Laboratuarda yapılan deneylerle kayaç numunelerin doğal birim hacim ağırlığı ortalama 2.52-2.71gr/cm³ olarak tespit edilmiştir.

Jeoteknik sondaj çalışmalarında alınan karot numuneleri üzerinde yapılan değerlendirmelerde kayaların tamamen ayrılmış (W5) ayrışma derecesine sahip olup toplam karot verimlerinin (TKV) % 22-35, RQD değerleri ise 10 cm'lik silindirik karot olmadığı için tespit edilememiştir (Tablo 7). Bu nedenle de karot örneklerinden, laboratuarda tek eksenli deney yapılamamış nokta yükleme deneyinden yaklaşım yapılmıştır. Bieniawski ve Deere ve Miller'e göre kayalar düşük, ISRM'ye göre orta-düşük dayanıma sahiptir [16] [17] [18] (Şekil 9).



Şekil 9. Kayaçlar için önerilen tek eksenli sıkışma dayanımı sınıflandırmaları [16] [17] [18]

V. YERLEŞİME UYGUNLUK DEĞERLENDİRİLMESİ

Çalışma alanındaki killi kireçtaşı ve kireçtaşı birimlerinin bulunduğu az eğimli ve yapılaşma açısından problem tespit edilemeyen alanlar Yerleşime Uygun Alanlar-1 (UA-1), bölgedeki killi kireçtaşı ve kireçtaşı birimlerindeki fazla eğimli olan bölgeler Önlem Alınabilecek Nitelikte Kaya Düşmesi Sorunlu Alanlar olarak Önlemlili Alan 2.2 (ÖA-2.2) ve yüksek yer altı su seviyesine göre önlem alınabilecek alanlar ise Önlemlili Alan 5.3 (ÖA-5.3) şeklinde değerlendirilmiştir (Şekil 10).

A. UYGUN ALANLAR (UA-1): Zemin Ortamlar

Çukurca çalışma alanının yerleşimlerinin yoğun olarak gözlemlendiği orta bölümlerinde kalan killi kireçtaşlarının rezüdüel olmuş üst kısımları zemin özelliği kazanmıştır. Son derece sıkı zemin özelliğindeki seviyelerden oluşan bu az eğimli alanlar ile kireçtaşlarının eğimi az kısımları yapılaşmaya uygun zemin özelliğindeki alanlar olarak belirlenmiş ve yerleşime uygunluk haritasında “UA-1” simgesiyle gösterilmiştir. Bu alanlarda açılan jeoteknik sondaj kuyularındaki yeraltı su seviyesinin nispeten derinleştiği ancak yerel olarak bazı noktalarda tekrar yükseldiği, SPT-N değerleri ile taşıma gücü değerlerinin ise yüksek değerlere sahip olduğu ve bu alanlarda oturma, şişme ve sıvılaşma riskinin olmadığı görülmüştür. Bu kısımdaki kaya zeminlerde açılan jeoteknik sondaj kuyularından alınan karot örneklerinin nokta yükleme deneylerinden elde edilen tek eksenli basınç dayanımları ve buna bağlı olarak hesaplanan emniyetli taşıma gücü değerlerinin kabul edilebilir sınırlarda çıkmıştır. Ancak yine de kaya kalitesi oldukça düşüktür.

B. ÖNLEMLİ ALANLAR (ÖA)

B.1. Önlemlili Alanlar 2 (ÖA-2): Kütle Hareketleri ve Yüksek Eğim Açısından Önlemlili Alanlar

B.2. Önlemlili Alanlar 2.1 (ÖA-2.1). Önlem Alınabilecek Nitelikte Stabilite Sorunlu Alanlar

ÖA-2.1 alanı 1:2.000 ölçekli, N51-D03-A2 nolu paftasında yer almaktadır. Beyazdağ Üyesinin killi kireçtaşı birimlerinden oluşmaktadır. Maruz kalabileceği ikincil etkenlerden dolayı bu alanlar Önlemlili Alanlar 2.1 şeklinde ayrılmıştır. Bu alanın güney sınırında önceki çalışmalarda aktif bir heyelan haritalanmıştır. Paftasında ÖA-2.1 şeklinde işaretli olan kesimler bu heyelanın etki alanı içerisindedir.

Askeri alan içerisinde kalan Heyelan, inceleme alanı sınırlarının hemen dışında olmakla birlikte, etki alanı, aktivitesi, derinliği, genişliği ve kayma tipi gibi özellikleri açısından irdelenmiştir. Arazide gözlemlendiğimiz heyelan alanı; üzerinde meydana gelmiş gerilme çatlakları ve morfolojisinde meydana getirmiş olduğu güncel ondülasyon ile aktif bir heyelandır. Heyelan alanı ve çevresinde gözlenen morfoloji derin ancak düzlemsel bir kayma modeli oluşturan bir akma tipini ifade etmektedir. Herhangi bir etkenden dolayı heyelanda meydana gelebilecek bir hareketin yönü Önlemlili Alanlar 2.1 olarak ayırdığımız alana doğrudur.

B.3. Önlemlili Alan 2.2 (ÖA-2.2): Önlem Alınabilecek Nitelikte Kaya Düşmesi Sorunlu Alanlar

Çalışma alanındaki killi kireçtaşı ve kireçtaşı birimlerinin bulunduğu yüksek eğimli alanlar “Önlemlili Alanlar 2.2” olarak değerlendirilmiştir. Ekli yerleşime uygunluk haritasında “ÖA-2.2” simgesiyle gösterilmiştir. Çukurca ilçesinde ÖA-2.2 ile gösterilen alanlarda yapılan jeoteknik değerlendirmeler sonucunda; Özellikle jeoteknik sondajlardan, üstteki bozuşmuş zon kalınlığı çok az olup SPT-N

Jeoteknik etüt amaçlı, zeminlerin mühendislik özelliklerini belirlemek amacıyla derinlikleri 10.00-15.50 m arasında değişen toplam derinliği 315 m olan, 25 adet jeoteknik sondaj kuyusu açılmıştır.

İnceleme alanındaki Beyazdağ üyesi killi kireçtaşı seviyelerinin üst kısımları zemin özelliği göstermektedir. Bu zeminlerin % 66'sı ince taneli, % 34'ü iri taneli malzemeden oluşmaktadır. İnce daneli zeminde su muhtevası en düşük % 23.8 ve en yüksek % 36.2'dir.

Türk Zemin Sınıflandırma Sistemine göre, Cassagrande plastisite diyagramında elde edilen noktalardan, kil zeminlerin plastisitesi düşük kil (CL) ve orta plastisiteli kil (CI) olduğu anlaşılmaktadır. İnce daneli zeminler, likitlik indeksi sınıflamasına göre "plastik katı" ve "sıvı" özellikte olduğu, ince daneli zeminlerin plastisite indeksi sınıflamasına göre zeminler, "orta ve yüksek plastisiteli" özelliğe sahiptirler.

İnceleme alanından alınan örselenmemiş kohezyonlu birimlerden, SK-1 ve SK-13 lokasyonlarında normal konsolide, SK-8 lokasyonunda ise aşırı konsolide zeminler olduğu anlaşılmıştır. Konsolidasyon oturması hesaplarında oturmaların 0.19-0.22 cm arasında olduğu ve izin verilen sınırların oldukça altında kaldığı görülmüştür.

İnceleme alanında laboratuvar verilerine göre elde edilen taşıma kapasitesi değerlerinin 220 ve 218 kPa aralığında, SPT-N değerlerine göre yapılan taşıma kapasitesi hesaplarında izin verilebilir taşıma güçlerinin 218-854 kPa aralığında olduğu görülmüştür.

İnceleme alanında yapılan sondajlardan alınan karotların doğal birim hacim ağırlığının 2.52-2.71 gr/cm³ arasında, nokta yükleme deneylerinin 2.44-5.07 MPa (tek eksenli basınç dayanımları 26.63-55.55 MPa) arasında sonuçlar verdiği dolayısıyla bu kayaların, "orta-düşük dayanıma" sahip olduğu tespit edilmiştir.

Çalışma alanındaki killi kireçtaşı ve kireçtaşı birimlerinin bulunduğu az eğimli ve yapılaşma açısından problem tespit edilemeyen alanlar Yerleşime Uygun Alanlar-1 (UA-1), bölgedeki killi kireçtaşı ve kireçtaşı birimlerindeki fazla eğimli olan bölgeler Önlem Alınabilecek Nitelikte Kaya Düşmesi Sorunlu Alanlar olarak Önlemlenilen Alan 2.2 (ÖA-2.2) ve yüksek yer altı su seviyesine göre önlem alınabilecek alanlar ise Önlemlenilen Alan 5.3 (ÖA-5.3) şeklinde değerlendirilmiştir.

VII. KAYNAKLAR

- [1] TS 1901 İnşaat Mühendisliğinde Sondaj Yolları ile Örselenmemiş Numune Alma Yöntemleri (1975).
- [2] TS 1900-1 İnşaat Mühendisliğinde Zemin Laboratuvar Deneyleri Bölüm 1: Fiziksel Özelliklerin Tayini (2006).
- [3] TS 1900-2 İnşaat Mühendisliğinde Zemin Laboratuvar Deneyleri Bölüm 2: Mekanik (2006).
- [4] TS-1500 İnşaat Mühendisliğinde Zeminlerin Sınıflandırılması (2000).
- [5] G. A. Leonards, Foundation Engineering. Mc Graw Hill Book Comp., (1962) 1136.
- [6] D.M. Burmister, Identification and classification of soil An appraisal and statement of principles. ASTM STP 113, Amer. Soc. for Test and Mat., Philadelphia (1951).
- [7] IAEG. Rock and soil description and classification for engineering geological mapping report by the IAEG commission on engineering geological mapping. *Bulletin of the International Association of Engineering Geology* 24, (1981) 235-274.

- [8] R.D. Holtz and D. Kovacs, *An Introduction to Geotechnical Engineering*. Prentice-Hall Inc., New Jersey, (1981) 736 p.
- [9] R. F. Craig, *Soil Mechanics*. Van Nostrand Reinhold Ltd., London, (1978) 317 p.
- [10] Ulusay, R. *Uygulamalı Jeoteknik Bilgiler*. TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları, 38, (2001) 385 s.
- [11] T.L. Youd, I.M. Idriss, R.D. Andrus, I. Arango, G. Castro, J.T. Christian, R. Dobry, W.D.L. Finn, L.F. Harder, M.E. Hynes, K. Ishihara, J.P. Koester, S.S.C. Liao, W.F. Marcuson III., G.R. Martin, J.K. Mitchell, Y. Moriwaki, M.S. Power, P.K. Robertson, R.B. Seed and II.K.H. Stokoe, Liquefaction resistance of soils: Summary report from the 1996 NCEER and 1998 NCEER/NSF workshops on evaluation of liquefaction resistance of soils, *J. of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 127 (2001) 817-833
- [12] H. Sönmez, HS Jeotek, Jeoteknik Paket Programı, Hacettepe Üniv. Müh. Fak. Vakfı. (2007).
- [13] E. Şekerciöglü, *Yapıların Projelendirilmesinde Mühendislik Jeolojisi*, Ankara (2002).
- [14] K. Terzaghi, and R.B. Peck, *Soil Mechanics in Engineering Practice*, 2nd Ed., John Wiley & Sons, Inc., New York, (1967) 729 p.
- [15] H. Başarır, M. Kumral ve A. Özsan, *Kayaçların tek eksenli basınç dayanımının basit deney yöntemleriyle tahmini*. VII. Bölgesel Kaya Mekaniği Sempozyumu Sivas, Türkiye (2004).
- [16] Z. T. Bieniawski, *Transactions of the South African Institution of Civil Engineers*, 15(12) (1973) 335-344.
- [17] D.U. Deere, R.P. Miller, *Engineering classification and index properties for intact rocks*. Tech. Report. Air Force Weapons Lab., New Mexico, No., AFNL-TR, Kirtland. (1966) pp. 65-116.
- [18] International Society for Rock Mechanics (ISRM) Suggested methods for the quantitative description of discontinuities in rock masses. (Coordinator, Barton, N.) *Int. J. Rock Mech. Sci. and Geomech. Abstr.*, Vol. 15: (1978) 319-368.