

Kanalizasyon Şebekelerinin Kurulması Aşamasında Yapılması Gereken Jeoteknik Çalışmalar ve Örnek Bir Uygulama

A.M. Kılıç & N. Yapıcı

Çukurova Üniversitesi, Mülki Mühendisliği Bölümü, Adana, Türkiye

ÖZET: Bu çalışma da; Kadırlı İlçesi için yapılması düşünülen, kanalizasyon şebeke, toplayıcı ve arıtma sahalarının jeolojik ve jeoteknik değerlendirilmesi yapılmıştır. Bu amaçla, derinlikleri 4-12.45 metre arasında değişen, 29 noktada 174.04 metre sondaj yapılmış ve zemin numuneleri alınmıştır. Ayrıca arıtma sahasında 2 adet 7.55 metre derinliğinde araştırma çukuru açılmıştır. Saha gözlemleri sonucunda, zeminlerin jeolojik özellikleri belirlenmiştir. Laboratuvar deneyleri sonucunda ise zeminlere ait jeomekanik parametreler belirlenmiştir. Son aşamada ise, zeminlere ait, emniyetli taşıma gücü hesabı yapılmıştır.

ABSTRACT: In this study, the geological and geotechnical evaluations in Kadırlı County are done which are planned to build the county's sewer system; the collector and the purification zones. To examine the properties of the study site, 29 different observation and drilling points were determined and several samples were taken by drilling boreholes, approximately between 4 and 12.45 m deep each at the total of 174.04 m. Also two observation holes are drilled about 7.55 m deep in the purification zone and the geological properties are determined from the study observations. However, the geomechanical parameters in these zones are also determined as the result of the experimental studies. At the last step, bearing ratio of safety is calculated at these zones.

1 GİRİŞ

Büyük yerleşim birimlerinde kanalizasyon şebekelerinin kurulması öncesi, şebeke, toplayıcı ve arıtma tesisi sahalarına ait olan zemin, yeraltı suyu ve mühendislik parametrelerinin belirlenmesi hayati bir önem taşımaktadır. Bu amaçla çalışma alanlarında gözlemsel saha jeolojisi çalışmaları, zeminin yeraltı suyu durumu ve zeminin jeomekanik özelliklerinin belirlenmesi gerekmektedir. Zeminin jeomekanik özelliklerini belirleyebilmek için ise temel araştırma sondajları yapılmalı ve bununla beraber araştırma çukurları da açılmalıdır. Ayrıca günümüzde bu tür çalışmaların yapılması, bir zorunluluk ve gereklilik olarak ta karşımıza çıkmaktadır.

Yeni işlerde zemin etütleri amacı ekonomik ve güvenli yapı tasarımı yapmak, yapım ve ihale için gerekli bilgileri güvenilir bir biçimde toplamaktır. Araştırma, önceden toplanan bilgileri doğrular ve onları geliştirici şekilde planlanmalıdır. Mevcut yapıların güvenliğinin araştırılmasına veya hasarlara

yönelik olarak yapılan araştırmalar ise ilgililenen konu ile doğrudan bağlantılı olacaktır (Yıldırım, 2002).

Zemin ve temel etütleri, temel tasarımı ile zemin-temel-yapı etkileşiminin irdelenmesinde kullanılacak zemin özellikleri ve zemin parametrelerinin tayini için yapılan ve çevresinde zemin ve yeraltı suyu ile ilgili bütün verilerin toplanması amacıyla yapılan çalışmalar olup bu çalışmaların sonucunda temel ön tasarımı belirlenir. Etütlerin kapsamı ve içeriği yapı özellikleri, zemin koşulları, civardaki yapılar, depremsellik, çevre ilişkileri ve yeraltı suyu durumu gibi faktörlere bağlıdır.

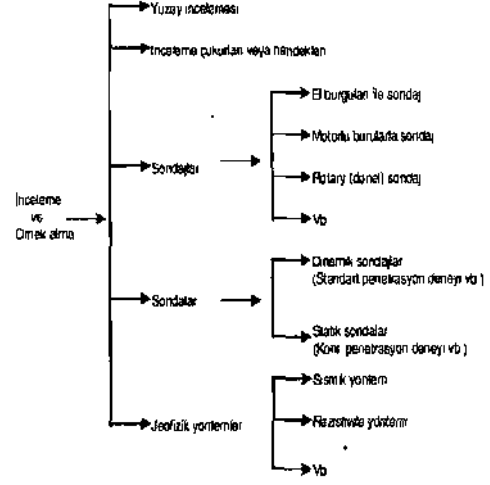
Zemin özellikleri ve üst yapı karakteristikleri arazi çalışmalarında kullanılacak yöntemlerin belirlenmesinde oldukça önemlidir. Deneylerden elde edilen değerlerin yorumlanması, gerekli düzeltmelerin yapılması, doğru yerlerde amaca uygun kullanılması yapı güvenliği ve ekonomisi açısından büyük önem taşımaktadır.

Zemin etüt planlaması ve yorumlanmasındaki temel amaç sahanın jeolojisinin anlaşılmasıdır.

Mühendislik problemleri karmaşık değil ve jeoloji belirgin ise yeterli jeolojik bilgi sondaj ve deney çukurları ile doğrulanarak büro çalışmalarından elde edilir. Diğer durumlarda jeolojik haritalar hazırlanmalıdır.

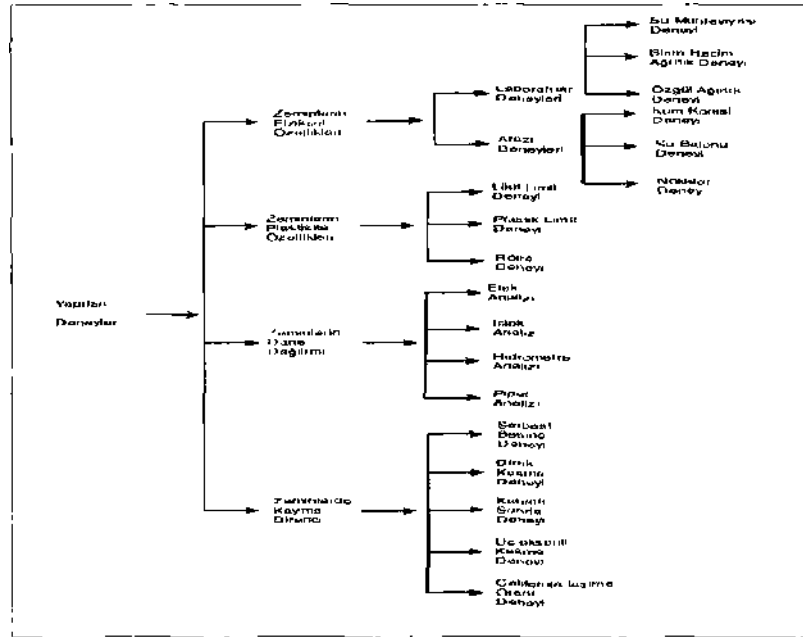
Zemindeki bilinmeyenlerin azaltılması ve gerçekçi bir tasarımın gerçekleştirilebilmesi için yeterli bir jeoteknik araştırmanın yapılması gerekmektedir. Ancak bu durum çoğu zaman gerçekleşmemekte ve arazi jeoteknik araştırmalarının maliyeti, bazen toplam proje bedelinin % 0.1-0.3 aralığına düşebilmektedir. Düşük araştırma seviyelerinde, zemin ile ilgili belirsizliklerin çok daha fazla olacağı bir gerçektir. Bu nedenle. NCR (1984); konuyla ilgili olarak uluslararası bir standart olmamasına rağmen, jeoteknik araştırma maliyetinin toplamı proje bedelinin en az %3'ü kadar olması noktasında bir öneri getirmiştir. Ancak yapılacak jeoteknik araştırma kapsamının, temel zeminyle ilgili değişkenlere göre daraltılıp, genişletilebileceği de ifade edilmektedir (Littlejohn et al., 1994; Whyte, 1995).

Zeminlerin incelenmesi ve örnek alma işleri birçok aşamadan meydana gelmektedir. Bu işlemler sayesinde zeminlerin tanınması daha basit olmakta ve zemin etüt çalışmalarında kolaylık sağlamaktadır. Zeminlerin incelenmesi Şekil 1'de verilmektedir.



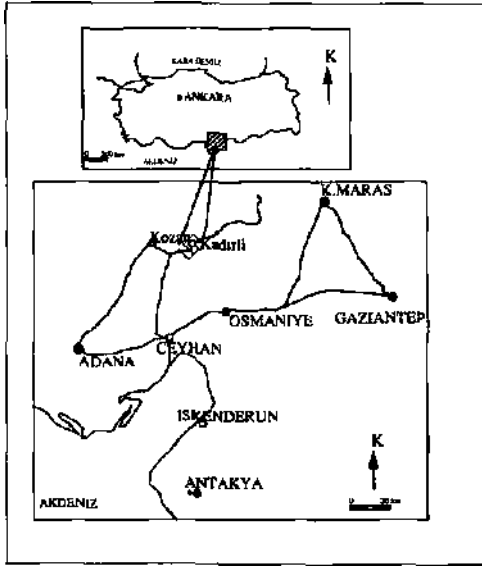
Şekil 1. Zemin İnceleme ve Örnek Alma Yöntemleri

Zemin etütlerinde zeminlerin fiziksel, plastisite, dane (granülometri) dağılım özellikleri ile zeminlerin geçirimsizliği, konsolidasyonu, oturması ve kayma direnci özelliklerinin belirlenmesi gerekmektedir. Belirlenmesi gereken bu özellikler Şekil 2'de verilmektedir.



Şekil 2. Zemin Etütleri İçin Uygulanan Deneyler

Çalışma alanı, Osmaniye İH, Kadirli ilçesi sınırları içerisinde bulunmaktadır. Kadirli Doğu Akdeniz Bölgesinde olup Doğu Çukurova'nın kuzeydoğusunda yer alır. İlçenin doğusunda Andırın ve Diizici, Güneyinde Ceyhan ve Osmaniye, Batısında Kozan, Kuzeyinde Feke ve Saimbeyli bulunmaktadır. İlçenin doğal sınırları ise, Doğuda Ceyhan ve Keşiş, Güneyinde Ceyhan ırmağı. Batıda Sumbaş Çayı, kuzeyde Akçadağ ve Toklu Dağı ile çevrilidir (Şekil 3). Kadirli'nin yüzölçümü 1497 knT'dir. İlçe merkezinin deniz seviyesinden yüksekliği ise 95 metredir.



Şekil 3. Çalışma Alanı Yer Buldum Haritası

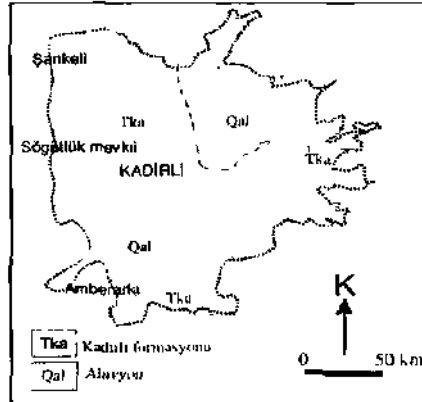
Araştırma için, gözlemsel olarak, saha jeolojisi çalışmaları, temel araştırma sondajları, yeraltı suyu, temel zeminin mühendislik parametreleri ve alman örneklerin laboratuvar deneyleri gerçekleştirilmiştir. Laboratuvar deneyleri (ASTM, 1994 ve TSE 1900) standartlarına uygun olarak gerçekleştirilmiştir.

2 ÇALIŞMA ALANI HAKKINDA BİLGİLER

2.1 Çalışma Alanı Genel Jeolojisi

İnceleme bölgesi ve yakın çevresi, Üst Miyosen-PHYosen yaşlı Kadirli formasyonu içerisinde yer almaktadır. Formasyon, daha çok bölgede yüksek kotlu alanlarda ve yataya yakın tabakalıdır (Pompai, 1983). Başlıca; az tutturulmuş, çevrede

bulunan yaşça daha eski formasyonların (daha çok Mesezoik yaşlı Kireçtaşı ve Ofiyolit) bazen iyi yuvarlaklaşmış iş bazende köşeli çakıllarını içeren konglomera; kalın katmanlı, açık sarımsı renkli, ince taneli ve gevşek çimentolu kumtaşı; gri renkli ve bol gastropod katkılı killi kireçtaşı ve kil ve marn'dan oluşmaktadır. Marnlar yer yer kömürleşmiş bitki kalıntılarını içermektedir. Saha gözlemleri ve sondajlı etütlerde üst seviyelerin atmosferik koşullar nedeni ile ayrıştığı ve çakıllı-kumlu-killi-si İli rezidüel toprak tabakasına ve kalınlıkları yer yer 6.5 m'ye yaklaşan kaliçi oluşumlarına dönüştüğü belirlenmiştir (Pompai, 1986). Bölgede en genç birimleri ise alüvyon çökeller oluşturmaktadır (Şekil 4).



Şekil 4. Çalışma Alanı Jeoloji Haritası

2.2 Tektonik ve Deprem Durumu

Adana ili doğuda Doğu Anadolu Fay zone, batı ve kuzeybatıda ise Ecemiş fayı ile çevrelenmiş konumdadır. Türkiye'nin en büyük fay zonlarından birisi olan Doğu Anadolu fayı ve Ecemiş fayı günümüzde halen hareketini sürdüren aktif faylar olarak kabul edilmektedirler.

Doğu Anadolu fayı; sol yönlü doğrultu atımlı bir fay olup, Antakya'dan Karlıova'ya kadar uzanan yaklaşık KD-GB uzanımlı bir faydır. Doğu Anadolu Fay zone tek bir kırık sisteminden oluşmayıp irili ufaklı yüzlerce fayların birleşmesinden oluşmaktadır. Doğu Anadolu Fay zone üzerinde önceki araştırmacılar tarafından ölçülen fay zone genişliği yaklaşık 2-3 km olup, fayın toplam atımı (Arpat ve Şaroğlu, 1972) tarafından 22 km olarak tespit edilmiştir. Fay zone boyunca toplam düşey atım 400 metredir. Doğu Anadolu fay zoneunun

oluşumu Geç Miyosen'de Arap ve Anadolu levhalarının çarpışması ile oluşmuştur.

Ecemiş Fay Zonu; Yaklaşık olarak Kayseri-Yahyalı'nın batısında Dünderlı köyünden başlayarak KKD-GGB uzanımlı olarak Mersin-Gülek yakınlarına kadar uzanır. Genel doğrultusu K27D olan Ecemiş Fayı birbirine paralel bir çok kırık parçasından meydana gelmiştir. Dünderlı-Pozantı arasındaki 78 km'lik bölümde oldukça belirgin şekilde izlenmektedir. Pozantı-Gülek arasında Ecemiş Fayı küçük parçalara ayrılmaktadır.

Doğu Anadolu ve Ecemiş fayı dışında Adana ve yakın çevresinde gerek son oluşan depremlerin sebebi ile oluşmuş gerekse çok önceleri oluşmuş 2 adet ana fay zonu daha bulunmaktadır. Bunlar Karaisalı-Karsantı fay zonu ve Karataş-Osmaniye fay zonudur (Gökçen, 1988).

Karaisalı-Karsantı fay zonu, Adana havzasının kuzeyinde, Ecemiş fay zonunun güneyinde Karaisalı İle Karsantı arasında değişik boy ve doğrultularda gelişmiş olan çok sayıda kırıktan meydana gelen bir fay zonudur. Ecemiş ve Karataş-Osmaniye fay zonlarının arasında yer alması, çok geniş bir alanda izlenmesi ve 20km 'ye varan uzunlukta parçacıklarının izlenmesi ile önemli bir fay zonudur. Birbirine paralel iki ana doğrultu hakimdir (Wenk et al., 1998). Fayların KD-GB ve D-B uzanımlı olmak üzere İki ana doğrultuda yoğunlaştığı gözlenir. Bu iki farklı doğrultudaki fayların mekanizmalarının da birbirinden farklı çalıştığı gözlenmektedir. Bir kısmı sol yönlü doğrultu atımlı iken diğer bir kısmı da sağ yönlü doğrultu alımlı fay sistemine göre çalışmaktadır.

Karataş-Osmaniye fay zonu ise, Adana ovasının GD'sunda Karataş-Osmaniye arasında genel doğrultusu KD-GB olan, yaklaşık 120km uzunluğunda bir zon içinde birbirine paralel bir çok (aydan oluşmaktadır. Bir çoğu kıyıya paralel olan bu faylar belirgin morfolojik görünüşleri yanında Ku vaterner yaşlı kaya birimlerini etkilemeleri nedeniyle önemlidirler (Adalier and Aydingun, 1998).

3 SAHA VE SONDAJ ÇALIŞMALARI

Bu çalışma kapsamında Osmaniye İli'ne bağlı Kadirli İlçesi kanalizasyon şebekesi kurulması aşamamasında, saha jeolojisi çalışmaları gerçekleştirilmiş ve ayrıca zeminin yeraltı suyu durumu belirlenmiştir. Zemine ait jeomekanik özelliklerini belirlemek için, derinlikleri 4-12.45 metre arasında değişen 29 noktada 174.04 metre uzunluğa sahip sondaj yapılarak zemin numuneleri alınmıştır (TS 1901). Ayrıca anıma sahasında 2 adet

7.55 metre derinliğinde araştırma çukurları açılmıştır.

Yapılan sondaj ve araştırma çukurlarına ait bilgiler Çizelge 1 ve çalışmaların yapıldığı yerleri gösteren bazı kesiller ise Şekil 5,6,7,8 ve 9'da verilmektedir. Sondaj çalışmaları Crealius XC 90H/Rotary tipi sondaj makinesi ile gerçekleştirilmiştir.

Zemin birimlerinin sertlik ve sıklığını kontrol etmek amacı ile her 1.5 metre derinlikte bir standart penetrasyon testi (SPT) yapılmıştır. Sondajlarda toplam 108 adet Örselenmiş numune ile ince taneli zeminlerde hidrolik baskı kullanılarak 12 adet örselenmemiş numune (UD) alınmıştır.

Saha ve sondaj çalışmaları sonucunda çalışma alanıyla ilgili olarak bulunan Yerel jeoloji ve yer altı suyu bulguları da aşağıda verilmektedir.

3.1 Yerci Jeoloji

3.1.1 Kadirli Formasyonu (T⁺)

İnceleme alanımızda yaygın olarak tespit edilen Kadirli formasyonu yüksek kotlu alanlarda gözlenmektedir. Formasyon az tutturulmuş konglomera, kumtaşt, killi kireçtaşı, kil taşı ve marn'lardan meydana gelmiştir. Saha gözlemlerimiz ve sondajlı etütlerle, üst seviyelerinin atmosferik koşullar nedeni ile ileri derecede ayrıştığı ve çakıllı, kumlu, killi siltli rezidüel toprak tabakasına dönüştüğü belirlenmiştir. Gri, açık sarı, pembemsi renk tonlarına sahiptir. Formasyonun birimleri genel olarak yatay tabakalıdır. Kalınlığı, tip kesitlerinde 2425 m olarak belirlenmiş olup, 4000m kalınlığa erişebileceği söylenmektedir. Özellikle Savrun deresinin iki yanındaki yükselteleri oluşturmaktadır, içerdikleri fosiller nedeni ile yaşının Üst Miyosen-Pliyosen olduğu daha önceki çalışmalarda belirtilmiştir (Pompai, 1983).

3.1.2 Alüvyonlar (Q_{n,t})

İnceleme alanında geniş ve düz alanları kaplayan en genç oluşuklar, Kuvaterner yaşlı alüvyon çökelleridir. Kadirli ilçe merkezinin güney bölümünü ve Savrun dereninin kenar bölümlerini alüvyon çekelleri oluşturmuştur, ince taneliden iri taneliye değişen boyutta (kil, şilt, kum, çakıl, blok) sedimanlar ile temsil olunmaktadır.

3.2 Yeraltı Suyu

İnceleme alanında yer alan. Tersiyer yaşlı Kadirli formasyonu İçerisinde gerçekleştirilen temel sondaj

araştırmalarında yeraltı suyuna rastlanmamıştır. Çalışılan zamanın yaz ve en kurak dönem olması nedeni ile alüvyon keileri içerisinde açılan temci sondaj kuyularında da (sadece ST2'de 5.00m'de yeraltı suyu bulunmakta) yeraltı suyuna

rastlanmamıştır. Doğu Akdeniz iklimine sahip olan bölge, yaz ayları hariç oldukça yağış almaktadır. Yağış durumu 24.1 mm (Aęustos) ile 113.4 mm (Aralık) arasında değişmekte olup, yağış ortalaması ise 68.98 mm'dir (Meteoroloji. 2002).

Çizelge 1. Kanalizasyon Tatbikat Projesine Ait Temel Sondaj ve Araştırma ukuru Listesi

Kuyu No	Koordinatlar			Derinlik (m)	rselenmiř SPT	rselenmemiř UD	YASS (m)
	Z	X	Y				
ST1	76.80	3063300	2736150	6.45	4	1	
ST2	73.50	2978750	2744050	6.45	4	1	5
SŞ3	86.50	3040800	2799950	4.00	2	1	
ST4	95.90	3000900	2858200	5.00	3	-	
SŞ5	83.90	2944400	2821550	4.00	2	1	
ST6	81.30	2866350	2834400	6.45	4	1	
SŞ7	110.10	2931550	2894950	3.74	2	-	
ST8	103.20	2938900	2958000	5.00	3	-	
ST9	84.80	2838100	2908700	6.45	4	-	
ST10	103.20	3125700	2924500	6.45	4	-	
SŞ11	94.50	2996700	3013700	4.00	2	-	
SŞ12	129.80	3042900	2915100	4.00	2	-	
ST13	97.95	3050900	3035200	6.45	4	1	
SŞ14	156.80	3089750	3134600	4.00	2	-	
ST15	107.75	2974850	3102000	5.00	3	1	
ST16	163.80	2999200	3200700	5.00	3	-	
ST17	123.50	2934200	3214450	4.80	3	-	
ST18	124.80	2879850	3179500	4.00	2	-	
ST19	105.60	2912300	3066000	4.00	2	1	
ST20	107.60	2930000	2992500	5.00	3	-	
ST21	106.60	2833350	3036700	4.00	2	-	
ST22	88.70	2818100	2939400	6.45	4	1	
SŞ23	105.85	2745600	3010400	4.00	2	1	
ST24	85.00	2732500	2862200	6.10	4	1	
STM25	81.80	2804800	2839300	6.45	4	-	
STM2	75.20	2919450	2744450	9.45	6	1	
SA1	79.20	2742950	2760010	12.45	8	-	
SA2	78.00	2746900	2744800	12.45	8	-	
SA3	78.00	2739500	2753000	12.45	8	2	
Toplam: 29 Adet Sondaj				174.04	108	12	
Araştırma ukurları Bİlgileri							
Çukur No	Koordinatlar			Derinlik (m)	Torba no (adet)	YASS (m)	
	Z	X	Z				
AI	79.30	2750500	2754000	3.70	2	-	
A2	78.20	2742000	2751500	3.85	2	-	
Toplam: 2 Adet ukur				7.55	4		

4 LABORATUAR ALIřMALARI

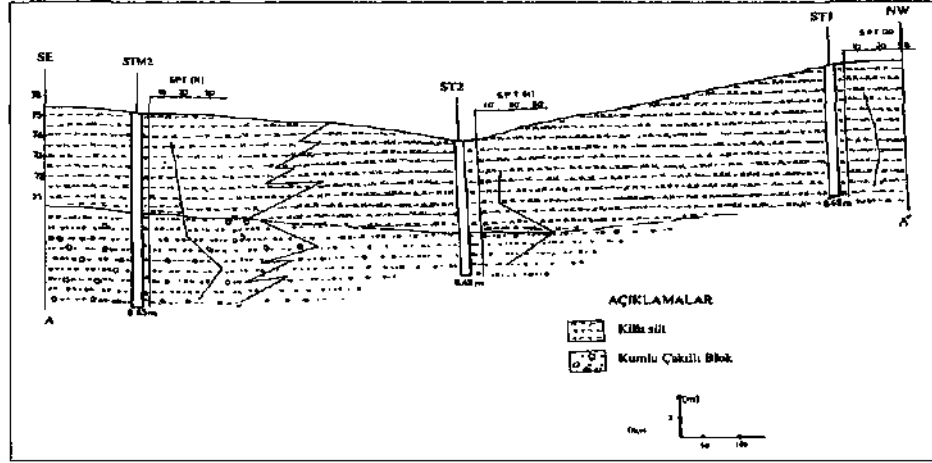
Sondaj atışmaları sırasında zemin tabakalarından alınan SPT kodlu 16 adet örselenmiş ve UD kodlu 11 adet örselenmemiş örnek üzerinde, zeminin mühendislik parametrelerinin belirlenmesi amacıyla (ASTM, 1994 ve TSE 1900) standartlarına uygun

olarak deneyler zemin mekaniği deneyleri yapılmıştır. Ayrıca arıtma sahasında açtırılan araştırma çukurlarından alınan torba numuneleri üzerinde zeminin geirirliiliğini öğrenmeye yönelik olarak perméabilité deneyleri yapılmıştır.

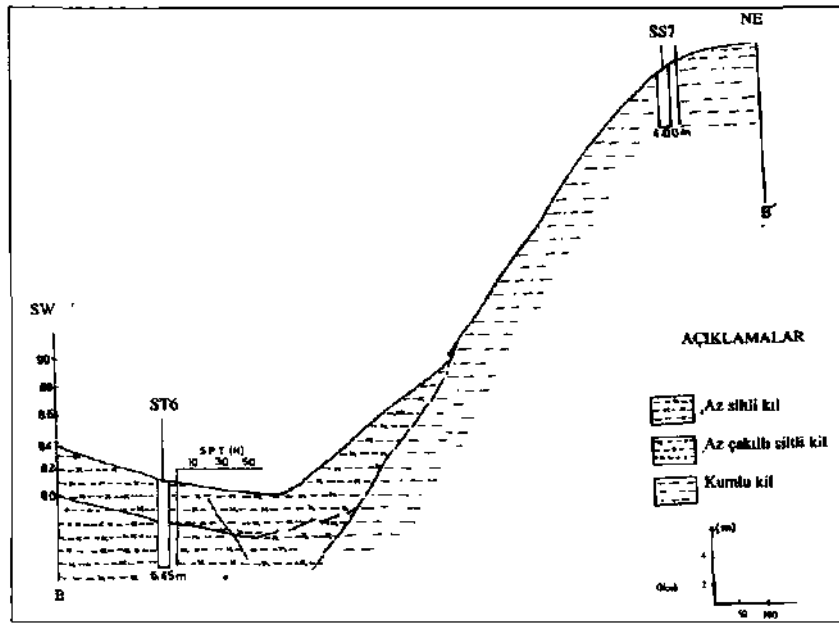
Zemin mekanięi deneyleri sonucunda kanalizasyon projesinin geçirileceęi alanlara ait;

doğal su içeriği, Atterberg Limitleri, tabii birim hacim ağırlığı değerleri belirlenmiş, elek ve hidrometre analizleri gerçekleştirilerek zemin sınıflaması yapılmıştır. Üç eksenli basma deneyi ile kohezyon ve içsel sürtünme açısı değerleri, konsolidasyon deneyleri sonucunda ise hacimsel sıkışabilirlik, şişme yüzde ve basıncı değerleri

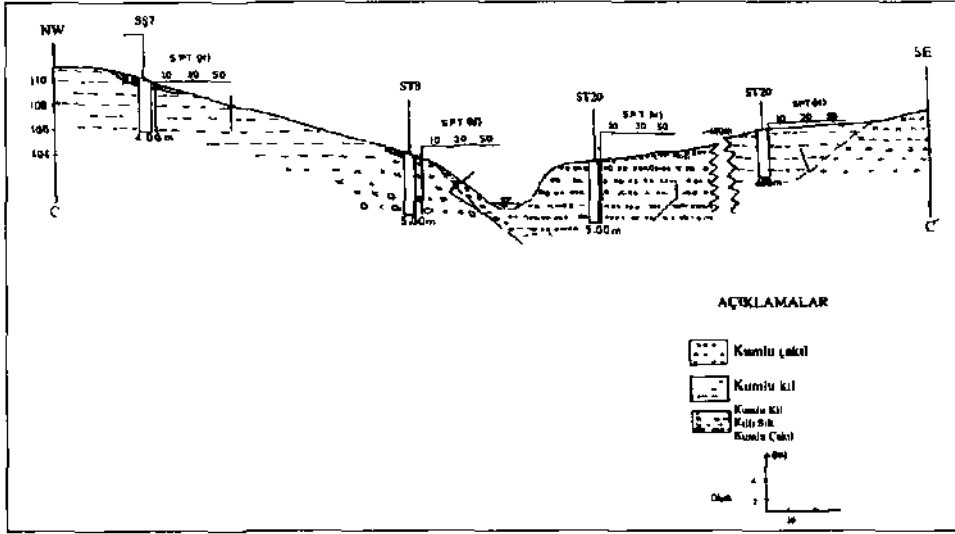
bulunmuştur. Son olarak arıtma tesisine ail Çukurlardan alınan örneklerden yararlanılarak perméabilite deneyleri sonucunda geçirimsizlik değerleri belirlenmiştir. Deneyler sonucunda elde edilen bulgular toplu olarak Çizelge 2'de sunulmuştur.



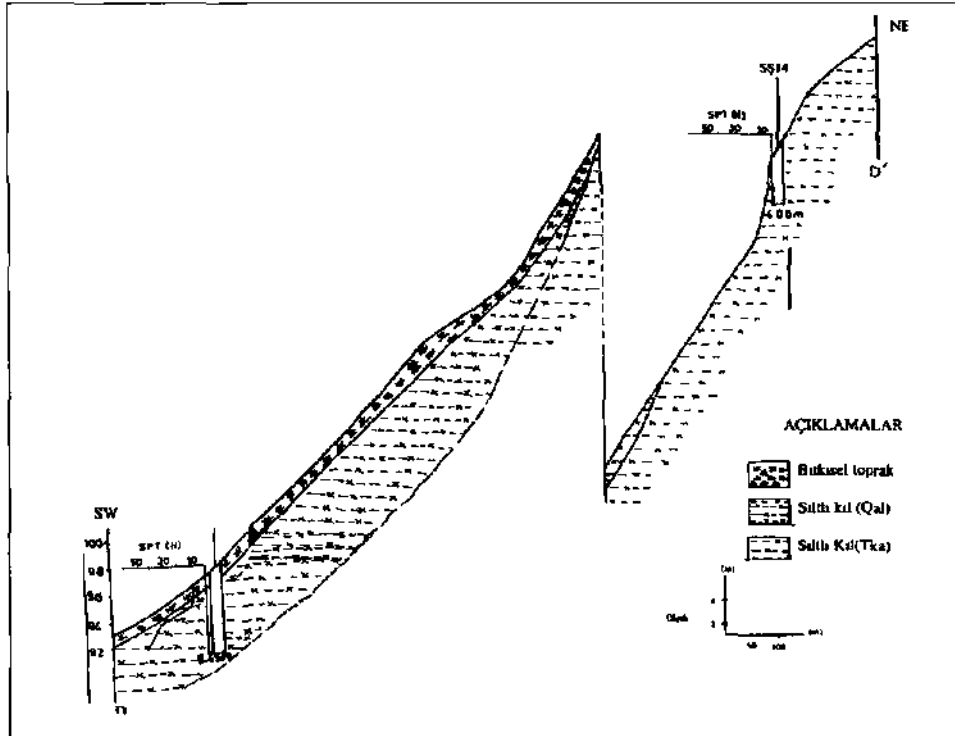
Şekil 5. ST1, ST2 ve STM3 Sondajlarının Konumlarına Alt Kesitler



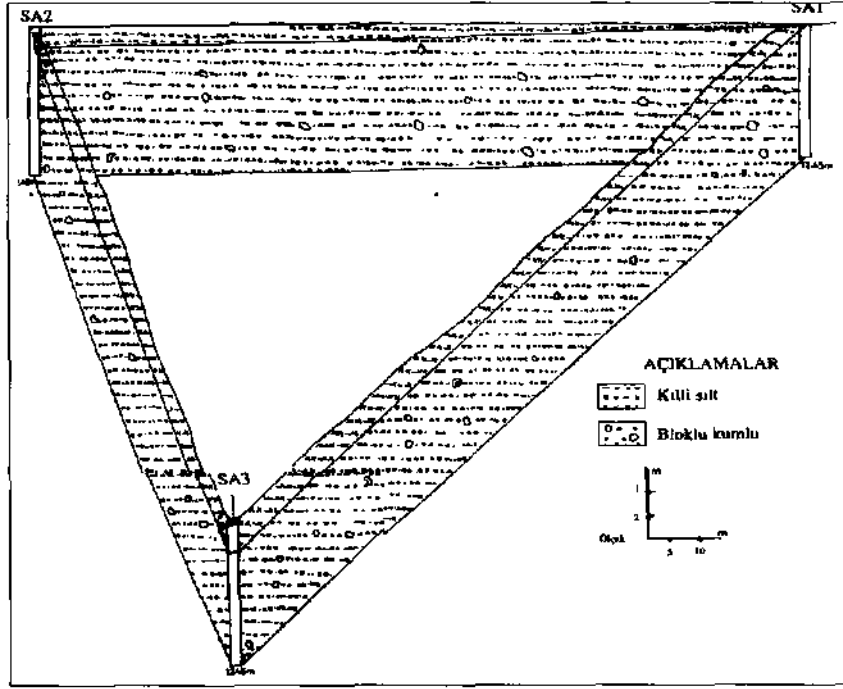
Şekil 6. ST6 ve ST7 Sondajlarının Konumlarına Ait Kesitler



Şekil 7 SŞ7, ST8, SŞ19 ve ST20 Sondajlarının Konumlarına Ait Kesitler



Şekil 8 SŞ7, ST8, SŞ19 ve ST20 Sondajlarının Konumlarına Ait Kesitler



Şekil 9. SA1, SA2 ve SA3 Sondajlarının Konumlarına Ail Kesitler

4.1 Doğal Su İçeriği

Çalışma alanında yer alan zemin birimlerinin doğal su içerikleri, örselenmiş ve örselenmemiş numuneler üzerinde tespit edilmiştir. Buna göre; Kuvaterner yaşlı İnce taneli alüvyon çökellerinin (Q_1) doğal su içerikleri; $W_n = 9-27.0$ aralığında, Tersiyer yaşlı Kadırlı formasyonunun (T_{k1}) üst seviyeleri ileri derecede altere olması sonucu rezidüel toprak tabakasına dönüşmüştür. Rezidüel toprak tabakasının ince taneli seviyelerinin doğal su içerikleri; $W_n = 5-15$ aralığında değişim göstermektedir, ince taneli zeminlerin su içeriklerin LL (likit limit) ve PL (plastik limit) değerlerinin altında olması zeminin orta katı-kalı-sert kıvamlı olduğunu göstermektedir (Çizelge 2).

4.2 Atterberg Limitleri (LL, PL, PI)

Deney sonuçlarına göre, alüvyon çökellerinin (Q_1) LL (likit limit) değerleri, %39-64; PL (plastik limit) değerleri, % 16-27 ve PI (plastisite İndisi) değerlerinin ise, % 19-39 aralığında, rezidüel toprak tabakasının (Q_1) likit limit değerlerinin, % 45-57 plastik limit değerlerinin, % 20-26 ve plastisite indisi değerlerinin ise, % 25-34 aralıklarında değiştiği belirlenmiştir. Yorum olarak proje

260

sahasındaki ince taneli zeminlerin orta-yüksek plastisiteli ve orta-yüksek şişme derecesine sahip olduğu söylenebilir.

4.3 Tabii Birim Hacim Ağırlığı

Zemin birimlerinin tabii birim hacim ağırlıkları, genel olarak; $\gamma_n = 1.8-2.3 \text{ kg/cm}^3$ aralığında değiştiği tespit olunmuştur.

4.4 Elek Analizi, Hidrometre ve Zemin Sınıflaması

Zemin tabakalarından alınan örnekler üzerinde tane boyu dağılımını belirlemek ve plastisite özellikleri ile birlikte zemin sınıflarını tayin edebilmek amacıyla elek analizleri yapılmış olup, 4, 10, 40, 100 ve 200 nolu elekten geçen malzeme yüzdeleri ve zeminlerin çakıl kum ve silt+kil içerikleri tayin edilmiştir. Hidrometre deneyi ile de 200 nolu elekten geçen ince taneli çökellerin oranları belirlenmiştir (Çizelge 2).

Sonuçlar İncelendiğinde, ince taneli alüvyonların (Q_1) ve rezidüel toprağın (T^1) CL (inorganik killi çakıllı killi, kumlu killi, silth killi, yağsız killi) -CH (yüksek plastisiteli inorganik killi, yağlı killi) grubu orta-yüksek plastisiteli zemin sınıfında

yer aldığı belirlenmiştir, iri taneli çökeller sahada analizleri yapılarak, zemin içerisindeki kil, silt, kum, gözlemsel olarak ve ayrıca laboratuarda elek çakılı oranları belirlenmiştir.

Çizelge 2. Deneyler Sonucunda Elde Edilen Bulgular

Sondaj No	Numunc Adı	Derinlik (Metre)	Wn (%)	Atterberg Limitleri			Elek Analizi		Zemin Grup	Üç Eksenli Basınç Deneyi		
				LL* (%)	PL* (%)	PI*	4	-200		Wn (%)	C* (kg/cm ²)	φ* (°)
ST1	UD1	4-4.5	19	41	22	19	4	66		19	70	5
SŞ3	UD1	2.5-3	21	61	22	39	8	66	CL	21	67	10
ST4	SPT2	3-3.45	-	-	-	-	10	62	CH			
SŞ5	UD1	2.5-3	27	59	27	32	2	84		27	66	7
ST6	UD1	2.5-3	18	40	19	21	2	80	CH	18	106	9
SK9	SPT3	4.5-4.95	-	-	-	-	14	32	CL			
ST10	SPT4	6-6.45	-	-	-	-	16	20				
SŞ12	SPT2	3.5-4	-	-	-	-	10	42				
ST13	UD1	2.5-3	16	64	25	39	6	64		16	44	6
SŞ14	SPT2	3.5-4	19	-	-	-	2	83	CH			
ST15	UD1	2.5-3	5	45	20	25	4	74				
ST16	SPT3	4.55-5	7	57	25	32	6	69	CL			
SŞ19	UD1	2.5-3	19	48	22	26	2	71	CH	19	113	10
ST20	SPT3	4.5-4.95	-	-	-	-	4	70	CL			
SŞ21	SPT2	3.55-4	12	39	16	23	2	72				
ST22	UD1	2.5-3	20	59	27	32	1	86	CL			
ST22	SPT4	6-6.45	21	63	26	37	4	64	CH			
SŞ23	UD1	2.5-3	15	60	26	34	8	62	CH			
SŞ24	UD1	2.5-3	9	55	22	33	4	68	CH	20	72	6
STM2	UD1	4-4.5	14	58	26	32	1	80	CH			
STM2	SPT4	6-6.45					5	56	CH			
STM25	SPT1	1.5-1.95					6	63				
STM25	SPT3	4.5-4.95					6	54				
SA1	SPT4	6-6.45					22	10				
SA2	SPT1	1.5-1.95	14	42	22	20	4	42				
SA2	SPT5	7.5-7.95					32	6	CL			
SA3	SPT3	4.5-4.95					12	26				
AÇ1	UD1	0-1.6					6	68		Geçirimsizlik=7.36.10 ⁻⁷ m/s		
AÇ1		1.6-3.7					16	28		Geçirimsizlik=9.25.10 ⁻⁴ m/s		
AÇ2		0-2.8					16	42		Geçirimsizlik=4.91.10 ⁻⁶ m/s		
AÇ2		2.8-3.85					30	14		Geçirimsizlik=1.27.10 ⁻⁴ m/s		

LL*: Likit limit; PL*: Plastik limit; PI*: Plastisite indisi C*: Kohzyon: <φ>: içsel sürtünme açısı

4.5 Üç Eksenli Basınç Deneyleri

Proje sahasından alınan 8 adet örselenmemiş (UD) örnek üzerinde üç eksenli basınç deneyleri (UU) yapılmış olup, dayanım parametreleri; tabii birim hacim ağırlığı (γ_n)=1.8-2.3 kg/cm³, kohezyon (C)=44-113 kg/cnV ve İçsel sürtünme açısı (φ)=5-10° olarak tespit edilmiştir.

4.6 Konsolidasyon Deneyi

Örselenmemiş bir adet örnek üzerinde (STM2) zeminin delormasyon özelliklerinin tayin amacı ile konsolidasyon deneyi yapılmıştır. Deney sonucuna

göre CH sınıfında olan ince taneli çökelin hacimsel sıkışabilirliği (m_j, 1.00-2.00 kg/cm² olağan basınç aralığında, 0.00925 cmVkg arasında bulunmuştur. Örselenmemiş örneğin, şişme yüzdesi, 3.75 ve şişme basıncı ise 1.00 kg/cm² olarak bulunmuştur.

4.7 Perméabilité Deneyi

Çalışma alanı atık su arıtma tesisi sahasında deneyler için açtırılan araştırma çukurlarından alınan torba numuneler üzerinde perméabilité deneyleri yapılmıştır. Üst seviyelerdeki killi, siltli yer yer de az kumlu olan alüvyon çökellerinin perméabilites; 4.91 x 10⁻⁶ ve 7.36 x 10⁻⁷ m/s olarak, daha alt

seviyedeki bloklu, çakıllı, kumlu, yer yer de siltli olan ın alüvyon çokellerinde ise 1 27 9 25xi0⁴m/s olarak belirlenmiştir Arıtma sahasında usl seviyelerde 'er alan, genel olarak kılı siltli yer yer de kum ^akıllı zemin birimi <t geçimnlı zemin sınıfın girekcn ^aha alt seviyelerdeki bloklu, kumlu, çakıllı yer yer de siltli olan ın taneli malzeme geçimnlı sınıfla yer aldığı tespit edilmiştir

5 BULGULARIN JEOTEKNİK AÇIDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Çalışmanın gerçekleştirildiği kanalizasyon hattının geçeceği alanları kapsayan zeminler, Tersiyer yaşlı Kadırlı Foı masyonu (T^O içinde az tutturulmuş konglomera, kumtaşı, kılı kireçtaşı, kıltaşı ve marnların ust seviyelerinin iten derecede alterasyonu sonucu oluşan rezidual toprak tabakası ile daha genç oluşumlu olan ve blok, çakıl, kum, şilt, kıl sedımanlarının yer aldığı alüvyon (Q_{u1}) çokelleri şeklindedir Jeoteknik değerlendirmenin yapılması için, her bir formasyondaki birimler ikiye ayrılarak, laboratuvar deneyleri sonucunda elde edilen veriler kullanılarak, emniyetli zemin genime (q_{em}) değerlen hesaplanmıştır

5.1 Zeminin Emniyetli Taşıma Gucu Hesabı

Bu çalışmada, birimlerin (T^, ve Q_a) dayanım özellikleri doğrudan örselenmemiş numuneler üzerinde laboratuvar deneyler yapılarak bulunmuştur Hesaplamalarda, Terzaghi'nın,

$$q_t = K_1 C N_c + \gamma_1 D_1 N_1 + 0.5 K_2 \gamma_2 B N_g \quad (1)$$

$$q_t^1 = q_t - \gamma_1 D_1 \quad (2)$$

$$q_{em} = \frac{q_t^1}{G_s} \quad (3)$$

Yukarıda verilen 3 eşitliğinden faydalanılmıştır Burada,

q_{em} Zeminin emniyetli taşıma gucu (kg/cm²)

q_t Taşıma gucu (kg/cm²)

q_t¹ Net Taşıma gucu (kg/cm²)

C Kohezyon fkgf/cm²)

γ₁ y- > Birim hacim ağırlıkları (kg/cm³)

D₁ Temel kalınlığı (cm)

B Temel genişliği (cm)

İ İçsel sürtünme açısı

N_c, N_s ve N_g İçsel sürtünme açısına bağlı katsayılar

K₁ ve K₂ Temel şekline bağlı katsayılar (Çizelge 3)

G_s Emniyet katsayısı (2 ile 5 arasında değişmektedir)

5.2 Kadırlı Formasyonu (TW) İçin Yapılan Hesaplamalar

Çalışmaların gerçekleştirildiği sahasının bu bölümü topografik olarak daha eğimli alanlarını oluştururlar Usl Miyosen-Pliyosen yaşında olan Kadırlı formasyonu çokelleri yatay tabakalıdır Yapılan sondajlı etütlerle usl seviyelerinin atmosferik koşullar nedeni ile ileri derecede alterasyona uğradığı tespit edilmiştir Çakıl, kum, şilt ve kıl bo yutunda ayrışıp rezidual (yerinde) toprak tabakasına dönüşen bu çokeller, kahve, pembemsi, sarımsı, bej renk tonlarına sahiptir

Çizelge 3 Hesaplamalarda Kullanılan K₁ ve K₂ Değerleri

Temel Şekli	K ₁	K ₂
Şerit	1	0.5
Kare	1.2	0.4
Daire	1.3	0.3
Dikdörtgen	1 + 0.2 $\frac{B}{L}$	0.5 - 0.1 $\frac{B}{L}$

Rezidual toprağın (T&) ince taneli seviyeleri genel olarak kılı şilt şeklinde belirlenmiş olup, çok katı-sert kıvamlıdır, içlerinde yer yer kum ve çakıllar bulunmaktadır BirleşUnlmış zemin sınıflamasına göre CL CH grubunda olup (TS 1500), orta-yuksek plastisiteli ve orta-yuksek şişme derecesine sahiptir Projelendirmede kullanılacak ve aşağıda verilen zemin parametreleri, saha ve laboratuvar değerleri esas alınarak, γ_s 1.9 ton/m³, C 44 kg/cm², İ 6°, 1.2 ve 3 formüllerinden hareketle, zeminin emniyetli taşıma gucu (q_m)=15 kg/cm² olarak hesaplanmıştır Burada, K₁ ve K₂ 1 ve 0.5 (şerit temel olduğu için), N_c=6.5, N_s=1.5 ve N_g=0 (<p=6 olduğu için) ve 2m genişliğinde ve 2m derinliğindeki bir şerit temel için G_s=3 olarak alınmıştır (Uzuner, 2000)

Rezidual toprak tabakasının ın taneli seviyeleri (kum, çakıl) sıkı-çok sıkı yapıda olup, yer yer in çakıllar ve şilt çokelleri içermektedir (hesaplamalarda ın taneli zeminlere ait özellikler sahada yapılan deneyler ile belirlenmiştir) Buradaki hesaplamalarda da aynı formüller kullanılarak q_{em}=6.8 kg/cm² olarak bulunmuştur Burada, K₁ ve K₂ 1 ve 0.5 (şerit temel olduğu için), N_c=52.2, N_s=36 ve N_g=36 (<İ>=34 olduğu için) ve 2m genişliğinde ve 2m denliğindeki bir ,eril temel için G_s=3 olarak alınmıştır (Uzuner, 2000)

5.3 Alüvyonlar <Q₁> İçin Yapılan Hesaplamalar

Temel araştırma sondajları sonucu. Kadırlı ilçesinde alüvyon çokellerinin oluşturduğu düzlüklerde, ince ianeden blok boyutuna kadar değişen çapta sedımanlar tespit edilmiştir Genel olarak, Kuvaterner yaşlı alüvyon çokellerinin usı

seviyelerinde kalınlığı değişken olan kahve, bej renkli, içlerinde yer yer kum çakıl tanelen bulunduran, çok katı-sert kıvamlı kılı şilt, sı İtli kıl, kumlu kıl, çakıllı şilt turu, ağırlığı ince taneli malzeme olan sedımanlar belirlenmiştir CL CH grubu orta-yuksek plasıtelıdır Kuvaterner yaşlı alüvyon çökellerinin ince taneli bölümlerinde kullanılacak zemin parametreleri, projelendirmede kullanılacak ve aşağıda verilen zemin parametreleri, saha ve laboratuar değerleri esas alınarak, $\gamma_s = 19 \text{ ton/m}^3$, $C = 0.7 \text{ kg/cm}^2$, $f_l > 5''$. 1, 2 ve 3 formüllerinden hareketle, zeminin emniyetli taşıma gucu (q_{em})=17 kg/cm^2 olarak hesaplanmıştır Burada, K_1 ve $K_2 = 1$ ve 0.5 (şerit temel olduğu için), $K_3 = 6.5$, $N_1 = 1.5$ ve $N_2 = 0$ ($0 = 6$ olduğu için) ve 2m genişliğinde ve 2m dennliğindeki bir şerit temel için $G_s = 3$ olarak alınmıştır (Üzuner, 2000)

Alüvyon çökellerinin ın taneli bolumlen kum, çakıl ve bloklı yapıdan oluşmaktadır Özellikle Savrun deresine yakın olan temel sondaj kuyularında, in taneli alüvyonlar yoğun olarak gözlenmiştir Arıtma sahasında ise ust seviyelerde ince taneli sedımanlar, alt seviyelerde ın taneli çökeller temel araştırma kuyuları ve araştırma çukurları ile tespit olunmuştur Gri, bej renkli, orta sıkı-sıkı-çok sıkı yapılı, içlerinde taneleri bağlayıcı özellikte ince taneli sedımanlar bulunmaktadır (hesaplamlarda ın taneli zeminlere ait özellikler sahada yapılan deneyler ile belirlenmiştir) Buradaki hesaplamalarda da aynı formüller kullanılarak $q_{em} = 4.1 \text{ kg/cm}^2$ olarak bulunmuştur Burada, K_1 ve $K_2 = 1$ ve 0.5 (şerit temel olduğu için), $N_1 = 37.2$, $N_2 = 23$ ve $N_3 = 20$ ($C = P = 30$ olduğu için) ve 2m genişliğinde ve 2m derinliğindeki bir şerit temel için $G_s = 3$ olarak alınmıştır (Üzuner, 2000)

İnce taneli alüvyon çökellerinin 1 00-2 00 kg/cm^2 olağan basın aralığındaki hacimsel sıkılaşılabilirlik değerleri, $mv = 0.00925 \text{ cm}^3/\text{kg}$ olarak bulunmuştur

S.4 Atık Su Arıtma Sahası

Yapılan etütlerde arıtma sahasının Alüvyonlardan (Q_{a1}) oluştuğu gözlemlenmiştir Ust seviyelerde kalınlığı 1 50 metre ile 2 75 metre aralığında değişen ince taneli kılı şilt çökellerinin bulunduğu tespit edilmiştir İnce taneli malzeme içerisinde yer yer kum çakıl tanelen bulunmaktadır Kılı şilt çökeilen altında gri renkli, orta sıkı sıkı-çok sıkı yapılı, içlerinde ortalama %15 düzeyinde in te taneli malzeme bulunduran, ın taneli kumlu çakıl çökeilen yer almaktadır

Arıtma sahasının yapısı da Alüvyonlar (Qj) biçiminde olduğundan, bir önceki bölümde aynı tıp zemin yapısı için yapılan zemin emniyet gerilmesi (q_{em}) hesaplamaları aynen geçerlidir Yani ince

taneli Alüvyonlar için, zeminin emniyetli taşıma gucu (q_{em})= 7 kg/cm^2 ve ın taneli Alüvyon çökeller için ise, zemin emniyet gerilmesi (q_{em})=4.1 kg/cm^2 olarak alınmıştır Ayrıca, permeabilip deneylen sonucunda, ust seviyelerdeki kılı şilt ço' ellerinin perméabilité değen, 491×10^{-8} ile 7.36×10^{-7} m/s aralığında bulunmuştur İn taneli kumlu çakıl çökellerinin permeabilte değeri ise $1.27 - 9.25 \times 10^{-4}$ m/s olarak bulunmuştur Yapılan değerlendirmede ince taneli çökeller az geçirirmlı iken, ın taneli çökeller geçirirmlı sınıtta yer aldığı görülmüştür

6 SONUÇLAR

Gerçekleştirilmiş olan bu çalışma kapsamında, Kadirli ilçesi için yapılması düşünülen, kanalizasyon şebeke, toplayıcı ve arıtma sahaları jeolojik ve jeotekmk yönden değerlendirilmesi yapılmıştır

Zemine ait jeomekanik özelliklerini belirlemek için, dennlikleri 4-12 45 metre arasında değişen 29 noktada 174 04 metre uzunluğa sahip sondaj yapılarak zemin numuneleri alınmıştır Ayrıca antma sahasında 2 adet 7 55 metre derinliğinde araştırma çukurları açılmıştır Zemin birimlerinin sertlik ve sıklığını kontrol etmek amacı ile her 1 5 metre derinlikte bir standart penetrasyon testi (SPT) yapılmıştır Sondajlarda toplam 108 adet örselenmiş numune ile ince taneli zeminlerde hidrolik baskı kullanarak 12 adet örselenmemiş numune (UD) alınmıştır

Jeolojik açıdan yapılan saha gözlemlen sonucu, inceleme alanındaki Tersiyer yaşlı Kadirli formasyonunun (T_{10}) az tutturulmuş konglomera, kumtaşı, kıltaşı, kılı kireçtaşı, marnlardan teşekkül etmiş olduğu, genel olarak yüksek topografyaya sahip alanları meydana getirdiği görülmüştür Ayrıca, Kadirli formasyonuna ait birimlerin ust seviyeleri ilen derecede alterasyon sonucu reziduel toprak tabakasına dönüşmüştür Reziduel toprak tabakası kılı, sikli, kumlu, çakılı birimlerden meydana gelmiş olup, inceleme alanındaki daha du? alanları Kuvaterner yaşlı alüvyon çökeilen (Q_{a1}) oluşturmuştur Alüvyon çökeilen kıl, şilt, kum çakıl ve blok turu sedımanlardan oluşmuştur

Çalışma alanında yer alan zemin birimlerinin doğal su içerikleri, Kuvaterner yaşlı ince taneli alüvyon çökellerinin (Q_{a1}) doğal su içerikleri, $W_n = \% 9-27.0$ aralığında, Tersiyer yaşlı Kadılı formasyonunun (T_{10}) *usl* seviyeleri ilen derecede altere olması sonucu reziduel toprak tabakasına dönüşmüştür Reziduel toprak tabakasının ince taneli seviyeleri inin doğal su içerikleri, $W_n = \% 5-15$ aralığında değişim göstermektedir, ince taneli zeminlenn su içeriklerin LL (likit limit) ve PL

(plastik limit) değerlerinin altında olması zeminin orta kalı-katı-sert kıvamlı olduğunu göstermektedir.

Alüvyon çökellerinin (Qal) LL (likil limit) değerleri, %39-64; PL (plastik limit) değerleri, % 16-27 ve PI (plaslisite indisi) değerlerinin ise, % 19-39 aralığında, rezidüel toprak tabakasının (Q_u) likit limit değerlerinin, % 45-57 plastik limit değerlerinin, % 20-26 ve plaslisite indisi değerlerinin ise, % 25-34 aralıklarında değiştiği belirlenmiştir. Genel bir yorum olarak proje sahasındaki ince taneli zeminlerin orta- yüksek plastisiteli ve orta-yüksek şişme derecesine sahip olduğu söylenebilir.

Zemin birimlerinin tabii birim hacim ağırlıkları, genel olarak: $\gamma_{n,} = 1.8-2.3 \text{ kg/cm}^3$ aralığında değişmektedir.

Yapılan zemin sınıflamasına göre; ince taneli alüvyonların (Q_u) ve rezidüel toprağın (TkJ CL (inorganik killer çakıllı killer, kumlu killer, siltli killer, yağsız killer)-CH (yüksek plastisiteli inorganik klller, yağlı killer) grubu orta-yüksek plastisiteli zemin sınıfında yer aldığı belirlenmiştir.

Üç eksenli basınç deneyleri sonucunda dayanım parametreleri; tabii birim hacim ağırlığı (γ_n)=1.8-2.3 kg/cm³, kohezyon (C)=44-113kg/cm² ve içsel sürtünme açısı (ϕ)=5-10° olarak tespit edilmiştir.

Konsolidasyon deneyi sonucunda CH sınıfında olan ince taneli çökelin hacimsel sıkışabilirliği (m_v), 1.00-2.00 kg/cm² olağan basınç aralığında, 0.00925 cm²/kg arasında bulunmuştur. Örselememiş örneğin, şişme yüzdesi, 3.75 ve şişme basıncı ise 1.00 kg/cm² olarak bulunmuştur.

Atık su arıtma tesisi sahası için yapılan perméabilité deneyleri sonucunda; üst seviyelerdeki killi, siltli yer yer de az kumlu olan alüvyon çökellerinin permeabilitesi; 4.91×10^{-10} ve 7.36×10^{-10} m/s olarak, daha alt seviyedeki bloklu, çakıllı, kumlu, yer yer de siltli olan iri alüvyon çökellerinde ise $1.27-9.25 \times 10^{-10}$ rru's olarak belirlenmiştir. Arıtma sahasında üst seviyelerde yer alan, genel olarak killi siltli yer yer de kum, çakıllı zemin birimi az geçirimsiz zemin sınıfına girerken, daha alt seviyelerdeki bloklu, kumlu, çakıllı yer yer de siltli olan iri taneli malzeme geçirimsiz sınıfta yer aldığı tespit edilmiştir.

Kadirli Formasyonu (Tt.) içerisinde yer alan ince taneli rezidüel toprak tabakasının zeminin emniyetli taşıma gücü (q^{TM})=1.15 kg/cm², iri tanelilerin, 4.1 1.15 kg/cm², Alüvyon Çökellerin (Qal), ince taneli kısımlarının ki, 1.7 ve iri taneli kısımları ise 6.8kg/cm² olarak hesaplanmış olup, bu değerler yapılacak olan kanalizasyon inşaatının tabana uygulayacağı basıncı kaldıracak güçtedir.

İnceleme alanı içerisinde açılan temel sondaj kuyularının sadece bir ianesinde (ST2), 5-00 metre

derinliğinde yeraltı suyuna rastlanmıştır. Diğer lokasyonlarda ve arıtma sahasındaki araştırma çukurlarında yeraltı suyu tespit edilememiştir.

Proje sahasındaki temel tabanları(özellikle anima sahası) farklı oturumların önlenmesi için tek tip zemine (örneğin killi silt veya çakıllı kum) yerleştirilmelidir.

KAYNAKLAR

- Adalier K. and Aydingun O., 1998-, Sınırcımu engineering aspects of the June 27, 1995 Adana Ceyhan (Turkey) earthquake. Engineering Structure. 23. Issue 4, 343-335.
- Arpat E. ve Şaroğlu F., 1972; Doğu Anadolu Fayı ile ilgili bazı gözlemler ve düşünceler. MTA Dergisi. 78.44-50
- ASTM (American Society for Testing and Material), 1994; Annual Boak of ASTM Standards Construction; Soil and Rock. ASTM Publication. V.04.08.978 pp.
- Gökçen S.I., Kelling G., Floyd P.A. and Gökçen N., 1988: Sedimentology of a late cenozoic collisional sequence: the MisLs complex. Adana, Southern Turkey. Sedimentary Geology, 59:205-235.
- Littlejohn G.S., Cole, K.W and Mellon*. T.W., 1994: Without She Investigation Ground is A Hazard Proc. Inst. Civil Engrs.Civil Eng. Vol.102, May. 72-78.
- Meierolojİ. 2002: Kadirli ilçesine Ait Yağış İstatistikleri NCR, 1984; Geotechnical Site Investigation for Underground Projects, ÜS Nationale Research Council. National Committee on Tunneling Technology. V.I. National Academy Pres, Washington.
- Pompai S., 1986; Savnırı Dağı Batısında Yer alan Taş Köprü (K ad iri i)Akçal uşağı-Zinciri i kuyu (Kozan) Arasındaki Bölgenin jeolojisi. Gazi Üniversitesi Müh.-Mim. Fak. Dergisi. cill I. no: 1. S 65-100.1986. Ankara.
- Pompai S., 1983: Doğu Toroslarda Kadirli-Kozan-Feke (Adana) ile Çokak (K.Maraş) Arasındaki Bölgenin Stratigrafisi ve Teklonik Özellikleri. S.U. Müh.-Mim. Fak. Jeoloji müh. Bini. Doktora Tezi 133 s. Konya.
- TS 1900, İnşaat Mühendisliğinde Zemin Deneyleri, Ankara.
- TS 1500, inşaat Mühendisliğinde Zemin Sınıflandırılması. Ankara.
- TS 1901. hvsaal Mühendisi iğinde Sondaj Yolları ile Örselemiş ve Örselememiş Numune Alma Yöntemleri. Ankara.
- Uzuner B.A. 2000: Temel Zemin Mühendisliğine Giriş. Derya Yayınevi, Trabzon.. sf203
- Wenk T., Corinne L. and Kaspar P., 1998; The Adana-Ceyhan earthquake of June 27, 1998. Report on the Reconnaissance Mission From July 6-12, of the Swiss Society of Earthquake Engineering and Slniciural Dynamics (SGEB).
- Whyie I.L.. 1995: The Financial Benefit from Site Investigation Strategy. Ground Engineering, Oct.. 33-36.
- Yıldırım S., 2002. Zemin İncelemesi ve Temel Tasarımı. Birsen Yayın Evi. İstanbul. 466sf