

**TOPRAK DOLGU BARAJLARIN
TEMEL ZEMİNİNDE SIVILAŞMA PROBLEMİ
VE BİR UYGULAMA**

Evren SEYREK

136633

**Osmangazi Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Geoteknik Bilim Dalında
YÜKSEK LİSANS TEZİ
olarak hazırlanmıştır**

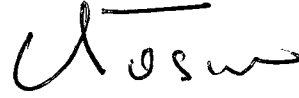
Danışman: Prof. Dr. Hasan TOSUN

Eylül-2003

136633
**TEZ YÜRÜTME BÜROSU
KÜLTÜR YATIRIM VE
KONUT VE İNŞAAT YATIRIM**

Evren SEYREK'in YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı "TOPRAK DOLGU BARAJLARIN TEMEL ZEMİNİNDE SIVILAŞMA PROBLEMİ VE BİR UYGULAMA" başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

Üye: Prof. Dr. Hasan TOSUN



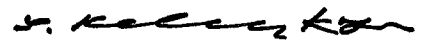
Üye: Y. Doç. Dr. Gülgün YILMAZ



Üye: Y. Doç. Dr. Volkan OKUR



Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunun15.9.2003.....gün
ve2003-15/18..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.


Prof. M. Selami KILIÇKAYA

Enstitü Müdürü

TEŐEKKÖR

Bu tezin hazırlanması sırasında bana yol gösteren ve bilgilerini benimle paylaşarak çalışmalarımı yönlendiren Sayın Prof. Dr. Hasan TOSUN'a, çalışmalarım sırasında bana sürekli destek olan aileme ve çalışma arkadaşlarıma en içten dileklerle teşekkürlerimi sunarım.

İnş. Müh. Evren SEYREK

Eskişehir, Eylül 2003



İÇİNDEKİLER

Sayfa

İÇİNDEKİLER.....	i
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	iii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	v
ÖZET.....	vi
ABSTRACT.....	vii
1. GİRİŞ	1
2. DOLGU BARAJ DEPREMSELLİĞİ	2
2.1. Sismik Tasarımda Dikkate Alınan Başlıca Faktörler	2
2.2. Analiz İçin Depremlerin Seçimi	4
2.3. Pik Yer Hareketi Parametreleri	6
3. SIVILAŞMA ANALİZİ YÖNTEMLERİ	9
3.1. SPT Ampirik Yöntemi	11
3.1.1. SPT sonuçlarının düzeltilmesi	19
3.1.1.1. Örtü gerilmesi düzeltmesi	19
3.1.1.2. Enerji düzeltmesi	21
3.1.2. Sıvılaşma analizi için Seed yaklaşımı	23
3.1.3. Sıvılaşma analizi için Tokimatsu ve Yoshimi yaklaşımı	25
3.2. Kayma Dalga Hızı Verisi	29
4. DEMİRÖZÜ BARAJI KARAKTERİSTİKLERİ	30
4.1. Genel	31
4.2. Jeoloji ve Yeni Oluşumlar.....	32

4.3. Geoteknik Veriler.....	34
5. DEMİRÖZÜ BARAJI SİSMİK RİSK ANALİZİ	38
5.1 Verilerin Temini	38
5.2 Verilerin Dönüştürülmesi.....	38
5.3 Sismik Analizler	41
6. DEMİRÖZÜ BARAJI SIVILAŞMA ANALİZİ	47
7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	62
KAYNAKLAR.....	64
EKLER:	
Ek. 1: Tanımlama Denev Sonuçları	
Ek. 2: Sıvılaşma Analizi Tane Dağılım Kriterleri	
Ek. 3: Sıvılaşma Analizi Sonuçları	

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil	<u>Sayfa</u>
3.1 Sıvılaşma Açısından Duyarlı Tane Boyutunu Gösteren Tane Dağılım Eğrileri	10
3.2 Standart Penetrasyon Direnci, Nispi Sıklık ve Örtü Basıncı Arasındaki İlişki.....	12
3.3 Düz Zemin Şartları İçin Kumun Arazi Sıvılaşma Davranışı ve Penetrasyon Direnci Arasındaki İlişki.....	13
3.4 Çeşitli Büyüklükteki Depremler İçin Sıvılaşma Değerlendirme Diyagramı.....	14
3.5 Siltli Kumlar İçin Sıvılaşmaya Neden Olan Gerilme Oranı ve N_1 Arasındaki İlişki (Deprem büyüklüğü = 7.5).....	15
3.6 Siltli Kumlar İçin Sıvılaşmaya Neden Olan Gerilme Oranı ve N_1 Arasındaki İlişki (Deprem büyüklüğü = 7.0).....	16
3.7 Siltli Kumlar İçin Sıvılaşmaya Neden Olan Gerilme Oranı ve N_1 Arasındaki İlişki (Deprem büyüklüğü = 6.5).....	17
3.8 Siltli Kumlar İçin Sıvılaşmaya Neden Olan Gerilme Oranı ve N_1 Arasındaki İlişki (Deprem büyüklüğü = 6.0).....	18
3.9 Örtü Basıncı Düzeltme Katsayısının Efektif Örtü Basıncı ve Nispi Sıklık Değerine Göre Değişimi.....	20
3.10 SPT Yöntemi Şahmerdanlarının Konfigurasyonu.....	22
3.11 USBR Esasında Sıvılaşma Analizi Değerlendirme Aşamaları	24
3.12 Değişik Zemin Profilleri için R_d Düzeltme Katsayısı Aralığı.....	25
3.13 Tokimatsu ve Yoshimi Esasında Sıvılaşma Analizi Değerlendirme Aşamaları.....	28
4.1 Demirözü Barajı Gövde Enkesiti.....	31
4.2 Baraj Yerindeki Jeolojik Birimlerin Konumu.....	33
4.3 Baraj Yeri Jeolojik Kesitleri	36
5.1 Demirözü Barajı ve Çevresinin Gutenberg-Richter Yöntemi İle Tehlike Analizi.....	42

5.2 Demirözü Barajı ve Çevresinin Gumbel Yöntemi İle Tehlike Analizi.....	43
5.3 Gumbel Yöntemine Göre Demirözü Barajı ve Çevresi İçin Yapı Ömrü-M-Risk İlişkisi.....	44
5.4 Demirözü Barajı ve Çevresi Sismo-Tektonik Haritası	45
6.1 SK7 Kuyusuna Ait Ham ve Düzeltilmiş N-Darbe Sayılarının Derinlikle Değişimi.....	49
6.2 SK8 Kuyusuna Ait Ham ve Düzeltilmiş N-Darbe Sayılarının Derinlikle Değişimi.....	50
6.3 SK9 Kuyusuna Ait Ham ve Düzeltilmiş N-Darbe Sayılarının Derinlikle Değişimi.....	51
6.4 SK10 Kuyusuna Ait Ham ve Düzeltilmiş N-Darbe Sayılarının Derinlikle Değişimi.....	52
6.5 SK11 Kuyusuna Ait Ham ve Düzeltilmiş N-Darbe Sayılarının Derinlikle Değişimi.....	53
6.6 (a) Düzeltilmiş N Darbe Direnci-İnce Malzeme Miktarı İlişkisi	59
6.6 (b) Derinlik-Güvenlik Sayısı İlişkisi.....	59
6.7 Tokimatsu ve Yoshimi (1983) Yöntemine Göre Derinlik-Güvenlik Sayısı İlişkisi.....	60
6.8 D-D' Kesiti Sıvılaşma Potansiyeli Haritası.....	61

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge	<u>Sayfa</u>
3.1 Örtü Basıncı İçin Önerilen Düzeltme Faktörleri	21
3.2 SPT Yöntemi İçin Enerji Düzeltme Oranları.....	23
3.3 İnce Yüzdesi Düzeltme Faktörü.....	27
4.1 Demirözü Barajı Proje Karakteristikleri.....	30
4.2 Yer altı Suyu Ölçüm Değerleri.....	34
4.3 Sondaj Kuyularına Ait Ham N-Darbe Sayısı Derinlik İlişkisi.....	37
4.4 Açılan Sondajlara Ait Fiziksel Özelliklerin İstatistiksel Özeti.....	37
5.1 (39.20-41.07)N (38.72-41.08)E Arasındaki Deprem Verileri ($M_s > 4$)	39
5.2 100Yıllık Peryod İçinde Oluşan Depremlerin Büyüklüğe Göre Dağılımı	41
5.3 Demirözü Barajı Maksimum Yer İvmesi Sonuçları.....	46
6.1 USBR (1989) Esasına Göre Sıvılaşma Analizi (amaks=0.15g ve İnşaat Öncesi Durum).....	54
6.2 Tokimatsu ve Yoshimi (1983) Esasına Göre Sıvılaşma Analizi (İnşaat Öncesi Durum).....	56

ÖZET

Temel zemininde oluşan sıvılaşma; yüksek sismik aktiviteye sahip bölgede inşa edilecek toprak dolgu barajların tasarımında karşılaşılan önemli problemlerden birini oluşturmaktadır. Bu tip baraj yerlerinde sıvılaşma riskinin tamamen ortadan kaldırılması yönünde önlemler düşünüldüğünde, baraj maliyeti önemli ölçüde artmakta ve belki de barajın inşa edilmesinden vazgeçilmektedir. Bu amaçla yapılacak analizlerin farklı zemin ve yükleme koşulları dikkate alınarak gerçekleştirilmesi, uygun çözümü oluşturmaktadır. Bu çalışmalara bağlı olarak kısmi iyileştirme önlemleri ile problemler aşılabacaktır.

Bu çalışmada; zeminlerin sıvılaşma potansiyeli tanımlanmakta, dolgu baraj deprenselliği değerlendirilmekte, bir baraj yeri için deprem riski analizinin esasları ortaya konulmakta ve sıvılaşma analizi için önerilen iki ayrı yöntemin esasları özetlenmektedir. Çalışmada, temel zemini yönünden kritik konum arz ettiği belirtilen Demirözü Baraj yeri verileri kullanılarak kapsamlı bir analiz yapılmıştır.

Çalışma sonucunda görülmüştür ki; toprak dolgu barajlarda yapı güvenliği için kritik durum, baraj inşa öncesi ortaya çıkmaktadır. Yapı güvenliği için topuk bölgesinde iyileştirme önlemlerinin alınması gerekmektedir. Bu önlemler, zeminin fiziksel ve mekanik özelliklerine göre farklılık arz etmektedir.

Anahtar Kelimeler: Sıvılaşma, Sismik Aktivite, Standart Penetrasyon Deneyi,
Toprak Dolgu Baraj

ABSTRACT

Liquefaction is one of the most important problems of foundation soil for the earthfill dams, which are constructed on the area of high seismic activity. If design and construction measures are considered to cancel liquefaction risk of foundation soil, the total cost of dam severely increases and perhaps, the project can be diminished. An adequate solution can be obtained by the analysis including different loading and soil conditions. The liquefaction problem of foundation soil can be solved with considering partial design and construction measures without severely increase in total cost.

This study defines soil liquefaction processes and its potential for earthfill dam, and outlines the fundamentals of seismic risk analysis for dam structures, as based on two different methods. It also introduces a detail analysis for Demirözü dam, which is located at Northeast of Turkey.

As a result of this study, the most critical case is the soil without earth loading (soil before construction). In other words, the toe and heel of dams are the areas which have low safety factors. Therefore, ground modification or construction measures can be needed. It is clear that type of measures and ground modification rigidly depends on physical and mechanical properties of foundation soil.

Keywords : Liquefaction, Seismic Activity, Standart Penetration Test, Earthfill Dam.

1. GİRİŞ

Deprem; fay veya volkanik aktivite gibi nedenlerle yeraltında uzun bir süre içinde biriken enerjinin, ani bir boşalım ile yer kabuğunda çıkardığı hızlı bir hareket olarak tanımlanır. Tabii afetlerin en önemlilerinden biri olan deprem; yer kabuğunda bir titreşim yarattığından, yapıların mesnetlenmesinde zamana bağlı bir yer hareketi doğuracak ve dinamik bir etki yaratacaktır. Bu nedenle, deprem oluşma ihtimali olan bölgelerde yapılacak ve yapılmış olan yapıların deprem yükleri altındaki davranışının tahmin edilmesinde, en başta yapıya dayanak sağlayan temel sisteminin ve bu sistemin bir parçası olan temel zemininin, deprem yükleri altında nasıl davranacağına bilinmesi gerekmektedir (Tosun, 2002). Bu amaçla yapılacak çalışmalarda; ilk olarak temel zemininin malzeme özellikleri belirlenir ve daha sonra da arazi yapısına, tabakalanma durumuna ve yapı ile temel zemininden kaynaklanan sınır koşullarına göre, bu özelliklerin yorumlanması yapılır.

Günümüzde inşa edilen barajların çoğunun, işletmeye alınmadan önce deprem yönünden emniyetli olduğu, barajın sismik tasarımı ile gösterilebilmektedir. Barajların deprem emniyetinin başarılı bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için anlamlı sismik parametrelerin kullanılması gerekmektedir. Barajlarda ve ilgili yapılarda oluşan hasarların; ya direk olarak baraj temelini kesen veya temele yakın fay hareketlerinden veya barajdan belli bir uzaklıkta oluşan bir depremin baraj temelinde ortaya çıkardığı yer hareketinden kaynaklandığı düşünülürse, yapı emniyeti açısından bu parametrelerin seçiminin ve seçilen bu parametrelerin tasarımda kullanılmasının, ne denli önemli olduğu açık bir şekilde ortaya çıkmaktadır (Tosun, 2002).

Bu tezde, yer hareketi karakteristikleri tanımlanmakta, baraj temel birimine ait uygun sismik parametre seçimine değinilmekte ve seçilen bu parametreler ile Demirözü Barajı sıvılaşma potansiyeli irdelenmektedir.

2. DOLGU BARAJ DEPREMSELLİĞİ

Dolgu Barajların tasarımında, baraj yeri depremselliği önemle incelenmektedir. Bu amaçla yapılacak tasarımda dikkate alınan faktörler kadar, analiz için depremlerin seçimi ile pik yer hareketi parametrelerinin belirlenmesi de önem arz etmektedir.

2.1 Sismik Tasarımda Dikkate Alınan Başlıca Faktörler

Baraj yeri ve civarındaki jeolojik ve tektonik oluşumlar; bir baraj projesi için sismik tasarım parametrelerinin seçiminde etkili olan faktörlerdendir. Aşağıda anlatılan bu faktörlerin, belli bir esasla sınırlandırılmadığı ve yerel koşullarda baraj büyüklüğü, yapının fonksiyonu ve nihai olarak oluşacak hasar veya toplam göçme ile biçimlendirildiği belirtilmektedir. Mevcut bir barajın güvenlik değerlendirmesi için sismik parametrelerin seçimi, detaylı çalışma gerektiren işlemler serisidir.

Dolgu barajlar için yapılacak jeolojik ve depremsellik çalışmaları; bölgesel ölçekte dikkate alınmalı ve daha sonra baraj yerine odaklaştırılmalıdır. Bazı baraj sahaları için belirgin tüm jeolojik oluşumları açıklayabilmek ve özgün koşulları dikkate almak için büyük bir bölgesel çalışma alanının değerlendirilmesi gerekebilir.

Ancak dolgu barajlar için bölgesel jeolojik çalışmaların yapılacağı alanlarla ilgili bir sınırlama getirilmiştir. Buna göre bölgesel jeoloji çalışmaları, baraj alanı etrafında en az 100 km çaplı bir alanı kapsamalıdır. Çalışma sahası içinde herhangi bir ana fay mevcut ise veya çalışma sahası özgün azalım karakteristiklerine sahip bir bölge içinde bulunuyorsa, bu uzaklık 300 km' ye çıkarılabilir. (Tosun, 2002)

ICOLD (1989); böyle bir çalışma için, aşağıdaki sıralanan jeolojik verilerin elde edilmesi gerektiğini belirtmiştir.

- Projenin yerleştirildiği alanın fiziko-coğrafik ve tektonik tanımlanması
- Proje alanının jeolojik tarihçesi
- Jeolojik formasyonlar, kaya tipleri ve zemin depozitlerinin tanımı
- Bölgesel tektonik mekanizmaların, ilgili fay ve fayların tip veya tiplerinin yorumu
- Fayların lokasyonu ve tanımı; fayların deprem yaratma kapasiteleri
- İlgili sahası içinde yer alan fayların her biri için fay aktivitesi nispi değerlerinin tahmini (ortalama kayma hızı, büyük depremler arasındaki zaman aralığı gibi).

Tarihsel deprem verileri; bir alanın sismik paterninin tanımlanmasına yardımcı olur ve bu alanda gelecekte oluşması beklenen deprem hareketlerinin tahmininde önemli bir rol oynar. Bu tahmin; geçmişte oluşmuş aktivitelerin aynı bölgede veya yakınında yeniden oluşabileceği varsayımına dayanır. Tarihsel deprem verilerinin eksikliği, ilgili alanın sismik aktiviteye sahip olmadığını göstermez. Türkiye’de depremsellik ile ilgili olarak düzenlenmiş kapsamlı deprem katalogları mevcuttur. Bu katalogları Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Kandilli Deprem Araştırma Enstitüsü ve bazı Üniversitelerden elde etmek mümkündür. Bu kataloglardan;

- Deprem merkezüstü koordinatları
- Deprem büyüklüğü
- Deprem oluşumunun tarihi ve zamanı
- Deprem oluşum derinliğine ulaşmak mümkündür.

Baraj alanına ait jeolojik bilgiler; o alanda oluşması beklenen zemin hareketi karakteristiklerinin bazılarının araştırılması ve baraj temelindeki potansiyel fay hareketlerinin değerlendirilmesi için gereklidir. Baraj yerinde veya civarında oluşmuş bir fay hareketini veya sismik aktiviteyi gösteren herhangi bir jeolojik koşul gözden kaçırılmamalıdır. Yerel jeolojik verilerin aşağıda belirtilen hususları da içermesi gerektiği belirtilmiştir (USBR,1989).

- Zeminin veya formasyonun tipi, yaygınlığı ve kalınlığı.
- Yerel fayların yeri ve kronolojisi
- Su tablasının konumu, yer altı suyu basıncı ve akım koşulları ile karşılaşılan formasyonun permeabilite karakteristiklerini ihtiva eden hidrojeolojik koşulların belirlenmesi
- Düzensiz dalga ve rezervuar şev göçme potansiyelinin değerlendirilmesi
- Temel ve yamaç koşullarının belirlenmesi
- Baraj yeri veya benzeri jeolojik ve tektonik alanda oluşan tarihsel depremlerin güçlü kayıtlarının dökümü.

2.2 Analiz İçin Depremlerin Seçimi

Depremler; ivme, deprem süresi gibi uygun sismik değerlendirme parametrelerini seçebilmek amacıyla tanımlanır. Bu yüzden, bizi doğru çözüme götürecektir deprem büyüklüğünü tespit etmek, analiz sırasında bize oldukça kolaylık sağlayacaktır.

Bir yapının tasarımı için; deprem hareket seviyelerinin tahmininde kullanılacak değişik depremlerin tanımlanması amacıyla uluslararası kullanım olan terimler mevcut değildir. Ancak barajların sismik tasarımı ile ilgili uluslararası kurumlar; çoğunlukla belli tanımlamalar getirmiş ve bu tanımların yaygın olarak kullanılması yönünde gayret göstermektedir. Tosun (2002), Uluslararası Büyük Barajlar Komitesi tarafından getirilen tanımları özet olarak aşağıda ifade etmiştir.

“En Büyük Güvenilir Deprem

En büyük güvenilir deprem (MCE), bir tanımlanmış fay boyunca veya coğrafi olarak tanımlanmış bir tektonik bölge içinde görülmesi muhtemel en büyük depremdir. MCE; genellikle beklenen büyüklüğün üst sınırı gibi tanımlanır. Bölgede ve baraj alanında tanımlanmış her aktif fay veya tektonik bölge, bir MCE ile ilişkilendirilebilir.

Kontrol Eden En Büyük Güvenilir Deprem

Kontrol eden en büyük güvenilir deprem (CMCE), baraja etkiyen tüm MCE'lerin en kritik olanıdır. Dikkate alınan baraj için en ciddi sonuçları veren en büyük güvenilir deprem (MCE), kontrol eden en büyük güvenilir depremi (CMCE) oluşturmaktadır. Düşük aktiviteli ve zayıf olarak tanımlanmış tektonik oluşumlu bölgeler için CMCE, tutucu olmasına rağmen baraja orta yakın bölge içinde güvensiz gibi gözükken MCE'nin güvenilir oluşumunu temsil eder.

En Büyük Tasarım Depremi

En büyük tasarım depremi (MDE) barajın projelendirileceği veya analiz edileceği yer hareketinin en büyük seviyesidir. Göçtüğü zaman hasara ve can kaybına neden olabilecek barajlar için MDE; normal olarak baraj alanında oluşması beklenen hareketin seviyesine (CMCE seviyesi) eşit bir büyüklük ile temsil edilir. Eğer baraj göçmesi; can ve mal kaybına neden olmuyorsa, MDE için CMCE'den daha düşük hareket seviyesi seçilebilir.

İşletme Esaslı Deprem

İşletme esaslı deprem (OBE), baraj alanında 100 yıllık ekonomik ömürde % 50 aşılma olasılığı olan yer hareketini temsil etmektedir. Bundan dolayı OBE; istatistiksel yöntemler kullanılarak belirlenebilir. DSİ pratiğinde, 100 yıllık ekonomik ömürde % 10 aşılma olasılığına karşılık gelen ivme değerinin yarısı "tasarım esaslı deprem" olarak değerlendirilmektedir.

Rezervuarın Yarattığı Deprem

Rezervuarın yarattığı deprem (RIE), baraj membasında su dolumu, ani düşüm veya rezervuarın varlığından dolayı, ortaya çıkan yer hareketinin en büyük seviyesini temsil eder. RIE'nin dikkate alınması genellikle 100 m'den büyük yüksekliğe ve büyük rezervuar hacmine (>500 hm³) sahip barajlarla sınırlandırılmıştır. Baraj lokasyonuna ve sahip olunan sismo-tektonik koşullara bağlı olarak RIE; OBE'den daha küçük, eşit veya daha büyük hareketi temsil edebilir. Bazı bölgelerde RIE, MDE olarak alınabilir.

Ancak pratikteki uygulama sonuçları RIE'nin MDE'den daha büyük oluşmadığını göstermektedir.”

2.3 Pik Yer Hareketi Parametreleri

Yer hareketi; ivme, hız ve deplasman değerlerinin pik ve efektif değeri ile karakterize edilir. Azalım ilişkileri olarak bilinen ampirik bağıntılar; yer hareketi parametrelerinin, enerji boşalım kaynağından uzaklığı ve deprem büyüklüğünü ilişkilendirir. Bu eşitlikler; özellikle yakın ilgi alanında uzaklığın ve büyüklüğün tahmininde hassas sonuçlar verir.

Pik yer ivmesi (PGA); tahmin edilmesindeki bazı eksikliklere rağmen, baraj analizinde sismik parametrelerin karakterize edilmesi için en çok kullanılan elemandır. Bu parametreyi doğru tahmin edebilme amacıyla son yıllarda birçok azalım eşitlikleri geliştirilmiştir.

Gumbel (1981); kırılma zonuna uzaklığı 50 km olan kaydedilmiş yer hareketi verilerine bağlı olarak bir yaklaşımda bulunmuştur. Büyüklükleri 5.0-7.7 arasında olan ve dünyanın çeşitli yerlerinde oluşan 27 deprem verisine bağlı olarak aşağıdaki ilişkiyi önermiştir.

$$PGA = 0.0185e^{1.28M}(R+0.147e^{0.737M})^{-1.75} \quad (2.1)$$

PGA = Yer çekimi ivmesi(g) esasında oluşan en büyük yatay yer ivmesi

M = Richter ölçeğinde deprem büyüklüğü

R = Kırılma zonuna olan mesafe (km)

Yakın mesafe için güçlü yer hareketi verilerine bağlı olarak kırılma zonu ile en büyük yatay ivme ve hız değerlerini ilişkilendiren başka ilişkilerde sunulmuştur (Joyner ve Boore,1981).

$$\log A = -1.02 + 0.249M - \log r - 0.00255r + 0.26P \quad (2.2)$$

$$\log V = -0.67 + 0.489M - \log r - 0.00256r + 0.17s + 0.26P \quad (2.3)$$

A = Yer çekimi ivmesi(g) esasında en büyük yatay ivme

V = En büyük yatay hız (cm/s)

M = Deprem büyüklüğü (Moment)

d = Kayıt noktasından kırılma zonuna olan en yakın mesafe (km)

Eşitlik 2.2 ve 2.3’de kullanılan “P” değeri, gerçek değer in %50 ve %84 aşılma olasılıklarının olduğu durum için sırasıyla sıfır ve bir alınır. Eşitlik 2.3’de kullanılan “s” değerinin ise, kaya ortam için sıfır ve zemin ortam için bir alınması önerilmiştir. Aynı eşitliklerde kullanılan “r” değeri ise aşağıda önerilen eşitlikler yardımı ile hesaplanabilir.

$$r = (d^2 + 7.3^2)^{1/2} \quad (5.0 \leq M \leq 7.7 \text{ için}) \quad (2.4)$$

$$r = (d^2 + 4.0^2)^{1/2} \quad (5.3 \leq M \leq 7.4 \text{ için}) \quad (2.5)$$

Ambraseys (1995): Avrupa kıtasında oluşan depremlere bağlı olarak en büyük yatay ve düşey yer ivmesinin tahmini için bazı eşitlikler önermiştir. Bu eşitlikler, odak derinliğinin dikkate alındığı ve alınmadığı durum olarak düzenlenmiştir. Odak derinliğinin dikkate alınmadığı durum için eşitlik 2.6 ve eşitlik 2.7, odak derinliğinin dikkate alındığı durum için ise eşitlik 2.8 ve eşitlik 2.9 göz önünde bulundurularak çözüme gidilir.

$$\log(a_h) = -1.09 + 0.238M_s - 0.00050r - \log(r) + 0.28P \quad (2.6)$$

$$\log(a_v) = -1.34 + 0.203M_s - \log(r) + 0.27P \quad (2.7)$$

$$\log(a_h) = -0.87 + 0.217M_s - 0.00117r - \log(r) + 0.26P \quad (2.8)$$

$$\log(a_v) = -1.10 + 0.200M_s - 0.00015r - \log(r) + 0.26P \quad (2.9)$$

a_h = En büyük yatay yer ivmesi

a_v = En büyük düşey yer ivmesi

M_s = Yüzey dalgası esasında deprem büyüklüğü

Yukarıdaki eşitliklerde kullanılan “P” değeri için eşitlik 2.2 ve eşitlik 2.3’de yapılan tanımlama geçerlidir. “r” mesafesi ise bir sonraki sayfada verilen eşitlik yardımı ile belirlenir. Ancak odak derinliğinin dikkate alınmadığı durum için ise “h” mesafesi 6.0 km alınır.

$$r = (d^2 + h^2)^{1/2} \quad (2.10)$$

d = kaynak uzaklığı (km)

h = odak derinliği (km)

PGA’a ait bir eşitliği kullanmak yerine, değişik eşitlikler kullanılarak bulunan ortalama değerin kullanımı daha uygundur. DSİ uygulamalarında ise en az 3 eşitliğin kullanımının tercih edildiği belirtilmektedir. (Tosun, 2002)

3. SIVILAŞMA ANALİZİ YÖNTEMLERİ

Sıvılaşma olasılığının belirlenmesine yönelik iki yöntem vardır. Bunlar; örselenmemiş numuneler üzerinde laboratuvar deneylerinin yapılması ve arazi deneylerinin uygulanmasıdır.

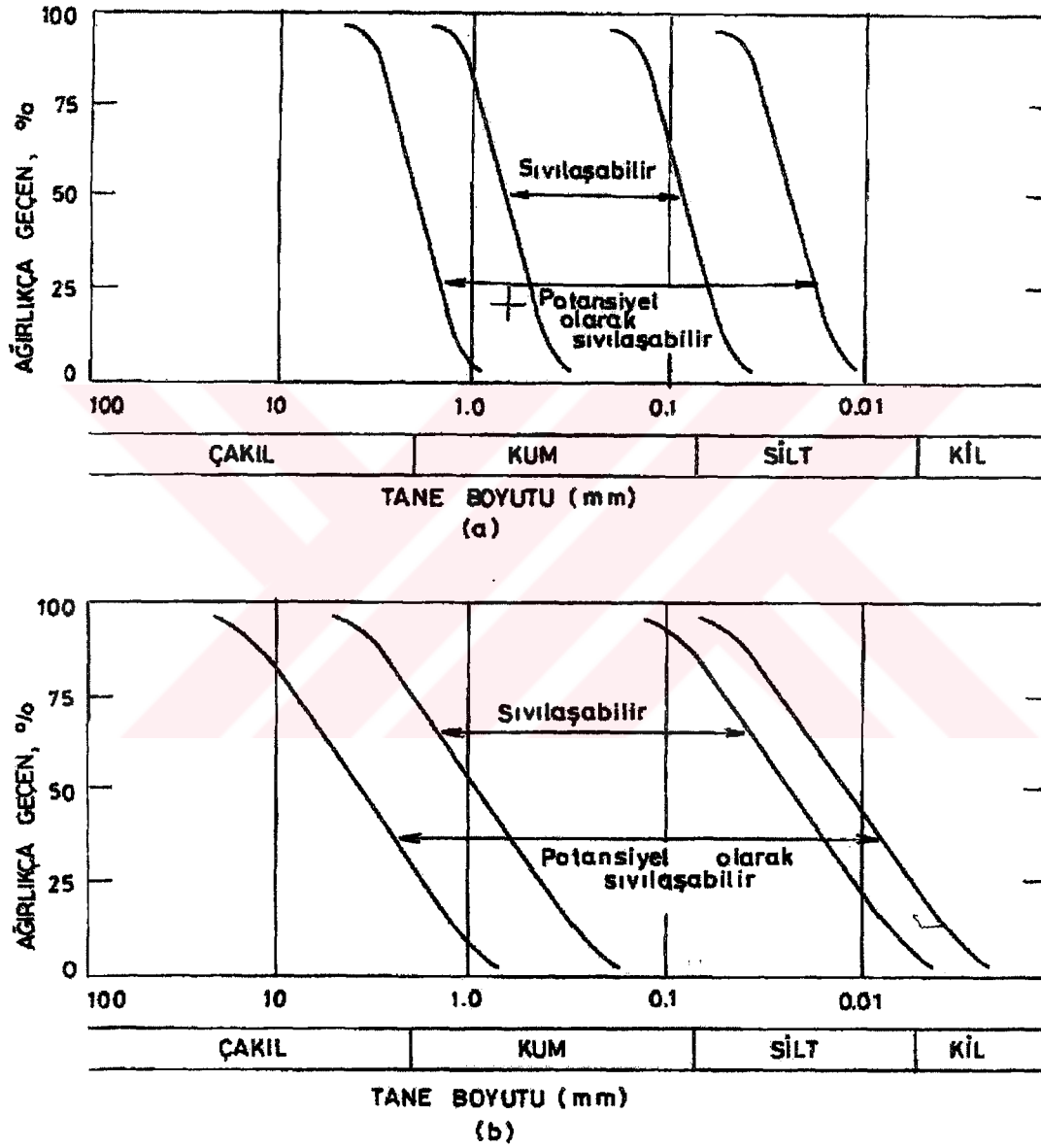
Laboratuvar deneylerinin yapılması; numune alımı ve numunenin arazideki gerilmelere konsolidasyonu sırasındaki örselenmeler sebebiyle oldukça zordur. Tekrarlı basit kayma testi her ne kadar arazide oluşan sismik yükleri en iyi modelleyebilen test olsa da her projede uygulanabilirliği, testin zor ve pahalı olması bakımından kısıtlıdır. Örselenme sorunları, dondurularak örnekleme yöntemleri ile alınan numuneler üzerinde tekrarlı basit kayma ya da bükmeli kayma testlerinin uygulanması ile aşılabılır. Ancak deneylerin zorluğu ve ekonomik olmamaları gibi sebepler, bu narin laboratuvar yöntemlerinin tipik mühendislik uygulamalarında kullanımlarını kısıtlar (Çetin, 2002).

İster laboratuvar deneyleri ile isterse arazi deneyleri ile sıvılaşma potansiyeli belirlenmeden önce, ön bir sıvılaşma hassasiyeti çalışmaları yapılmalıdır. Bu ön araştırma için, USBR (1989), aşağıdaki ifade edilen ilişkinin geçerli olduğunu belirtmektedir.

- Eğer zeminin kil miktarı, %20'den büyük ise ($c > \%20$) veya su muhtevası, zeminin likit limitinin %90'ından küçükse ($w < 0.9LL$), zemin sıvılaşabilir özelliktedir.
- Eğer zeminin kil miktarı %15'den küçük ise ($c < \%15$) ve likit limiti 35'den küçük ($LL < 35$) veya su muhtevası, zeminin likit limitinin %90'ından büyük ise ($w > 0.9LL$), zemin potansiyel olarak sıvılaşabilir.

Sıvılaşma potansiyelinin belirlenmesi için yapılan ön araştırma safhalarından biri de tane özelliklerini dikkate alan bir çalışmadır. Şekil 3.1a ve 3.1b'de kötü ve iyi

derecelenmiş zeminler için sıvılaştırılabilir ve potansiyel olarak sıvılaştırılabilir tane boyutu aralıkları sunulmaktadır.



Şekil 3.1 Sıvılaştırma Açısından Duyarlı Tane Boyutunu Gösteren Tane Dağılım Eğrileri
(a) Kötü Derecelenmiş Zemin (b) İyi derecelenmiş Zemin (Iwasaki,1986)

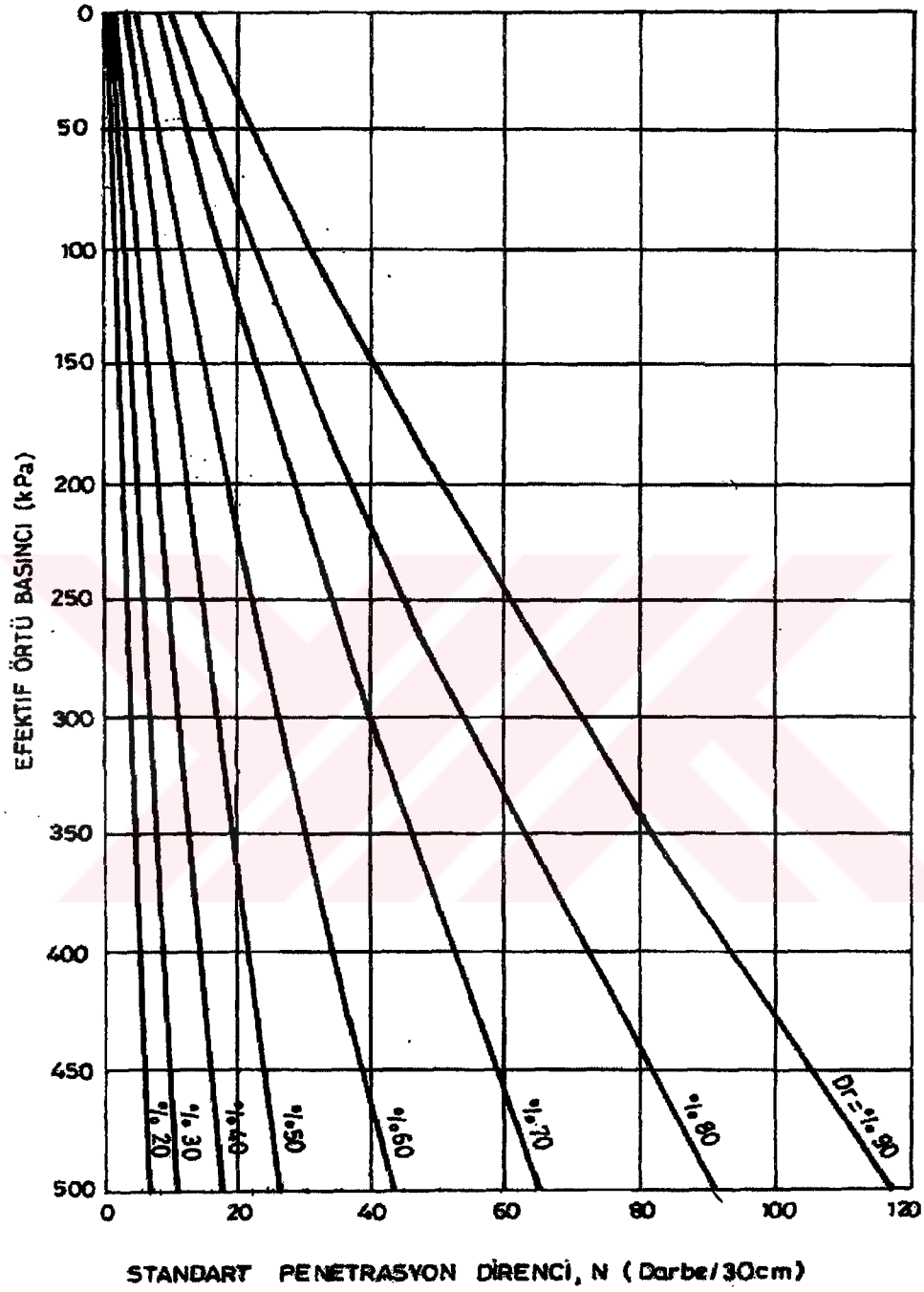
3.1 SPT Ampirik Yöntemi

Standart Penetrasyon Deney Sonuçlarının sınıflama analizinde kullanımı ile ilgili olarak Tosun (2002) aşağıda belirtilen değerlendirmeyi yapmıştır.

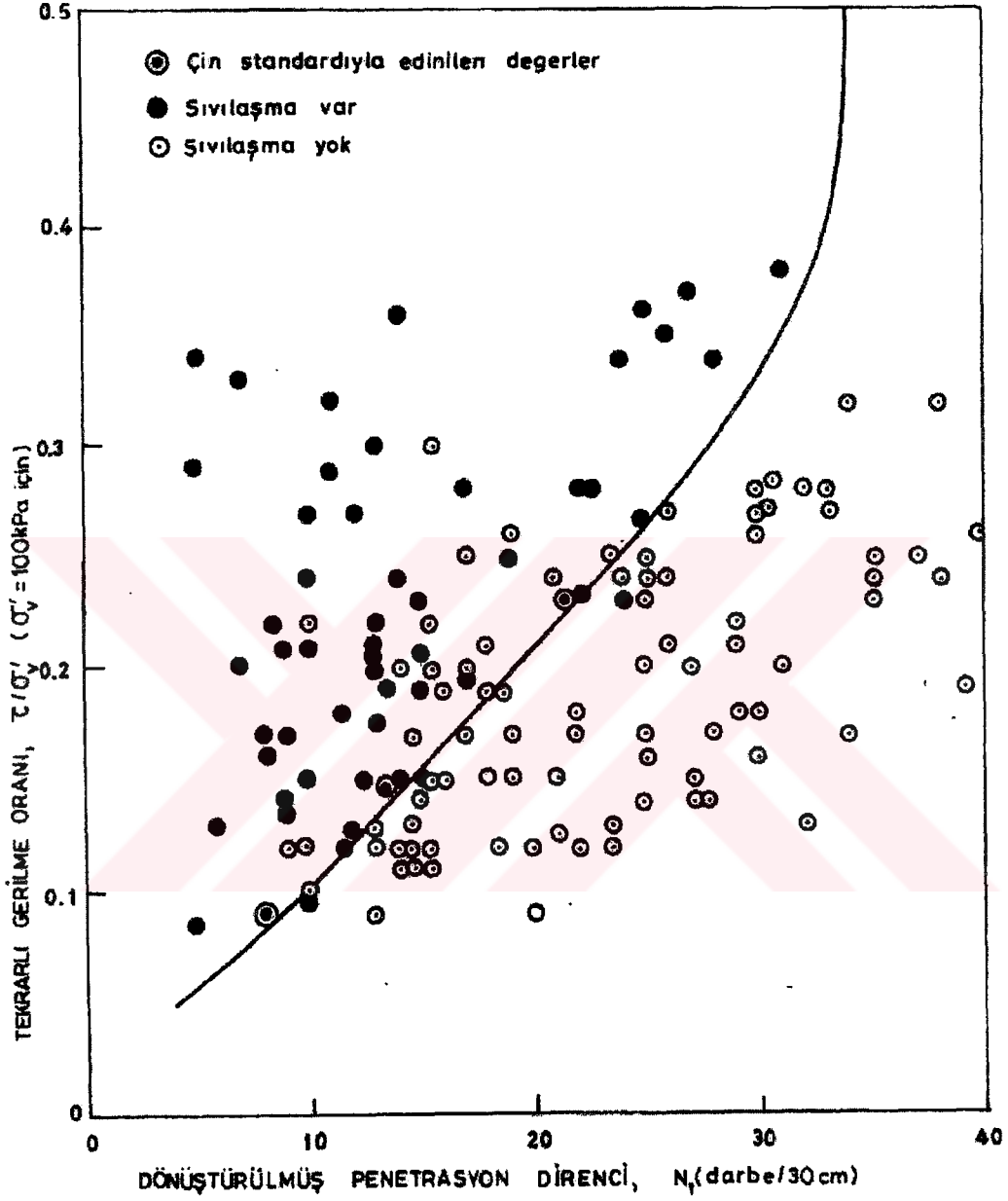
“Standart Penetrasyon Deneyi (SPT); bir kaşık samplerin, 63.5 kgf ağırlığındaki bir şahmerdanın 76 cm’den düşürülmesi suretiyle 30 cm çakılması için gereken darbe sayısının belirlenmesi esasına dayanır. Bu deney sonuçlarının sınıflama analizinde kullanılması için yapılan çalışmalar uzun zaman devam etmiştir.

Başlangıçta, darbe sayıları, deney yapılan seviyedeki malzemenin ne kadar sıkı veya gevşek olduğunu tahmin etmek amacıyla nispi sıklık değeri ile ilişkilendirilmiştir (Şekil 3.2). Daha sonraki yıllarda, sınıflama potansiyelinin belirlenmesine yönelik bir ilişki daha önerildi. Bu ilişki; elbette, zemin tipi ve zemin davranışı hakkında ayırt edici ve sınıflayıcı bilgiler vermiyordu. Şekil 3.3’de verilen bu ilişki, özellikle 1981 yılında Çin ve Japonya’da oluşan deprem verileri de dikkate alınarak güncelleştirildi. Deprem büyüklüğünün yalnızca 7.5 olduğu durum için geliştirilen bu ilişki, daha sonraki yıllarda değişik büyüklük seviyeleri alınarak Şekil 3.4’de sunulduğu gibi dönüştürüldü. Ancak şekilden de görüleceği gibi, bu ilişki zeminin sahip olduğu tane dağılımından bağımsızdı.

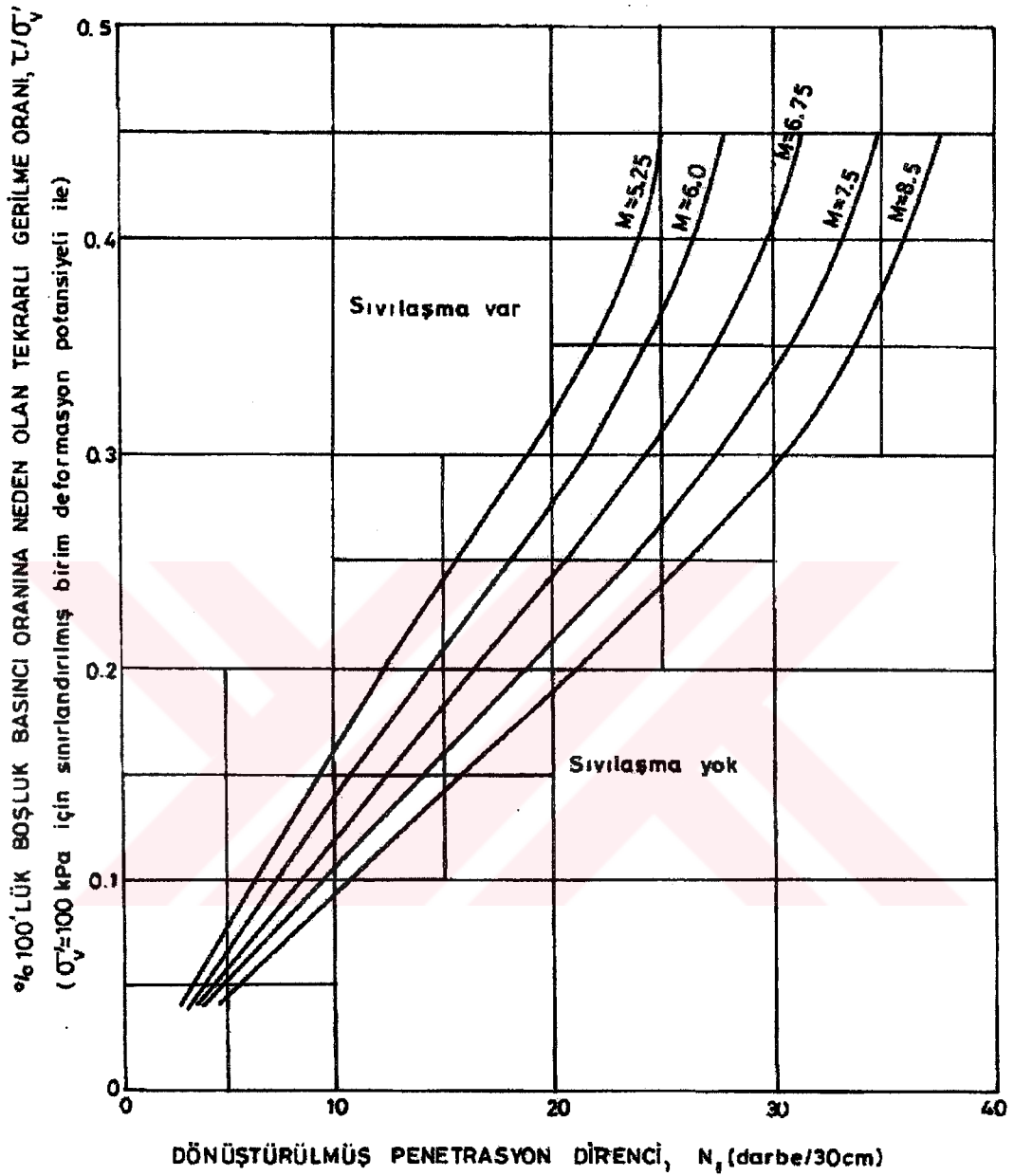
Bu eksikliği gidermek için; kullanılan ekipmanın ve yöntemin ortaya çıkardığı enerjinin ve zemin içindeki ince malzemenin fonksiyonu olarak SPT veri kaynakları incelendi. Bu çalışmaların sonucunda Şekil 3.5’de verilen ilişki sunuldu. Bu ilişkinin, 7.5’den farklı bir deprem büyüklüğü için kullanılması halinde, bir düzeltmenin yapılması gerekiyordu. Bu amaçla, deprem büyüklüğünün gerilme oranındaki nispi değişim etkisi araştırıldı. Şekil 3,6, 3.7 ve 3.8’de sunulan kartlar ile değişik büyüklük seviyelerinin yanında ince malzeme miktarını da dikkate alan siltli kum zeminler için darbe direnci-gerilme oranı ilişkisi sunulmuş oldu (USBR,1989).



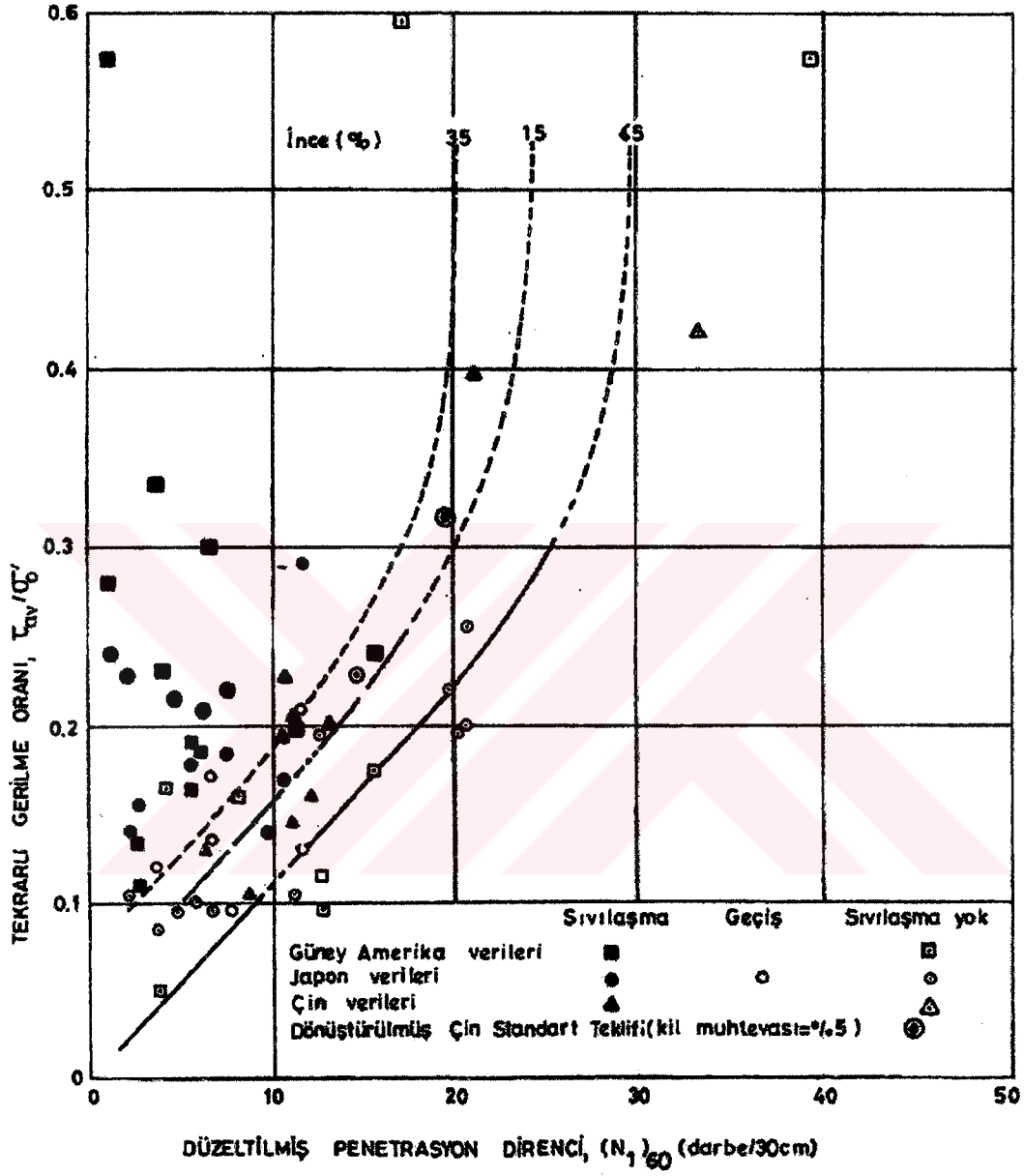
Şekil 3.2. Standart Penetrasyon Direnci, Nispi Sıklık ve Örtü Basıncı Arasındaki İlişki (USBR, 1989)



Şekil 3.3 Düz Zemin Şartları İçin Kumun Arazi Sıvılaşma Davranışı ve Penetrasyon Direnci Arasındaki İlişki ($M=7.5$) (USBR, 1989)



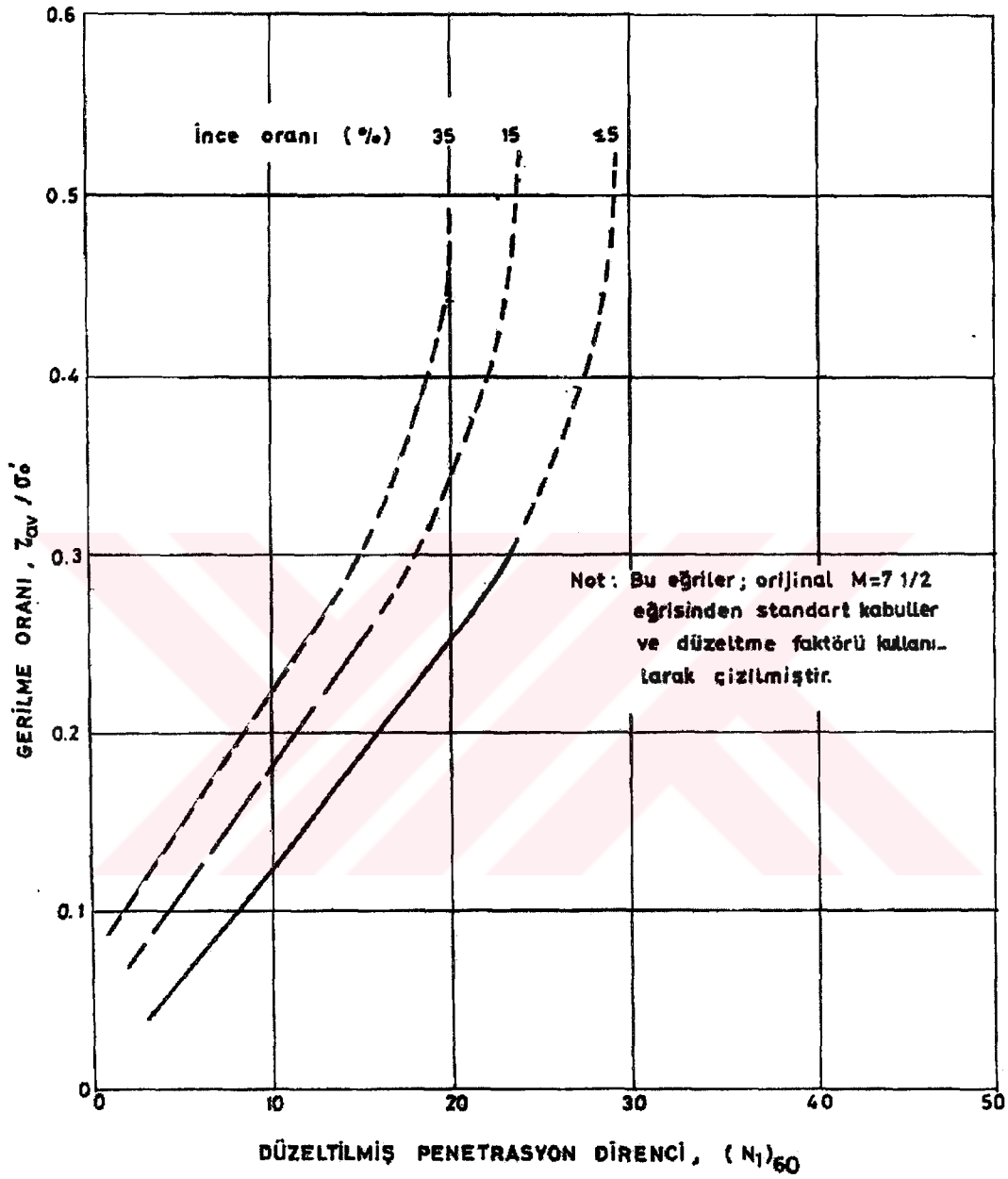
Şekil 3.4 Çeşitli Büyüklükteki Depremler İçin Sıvılaşma Potansiyeli Değerlendirme Diyagramı (USBR, 1989)



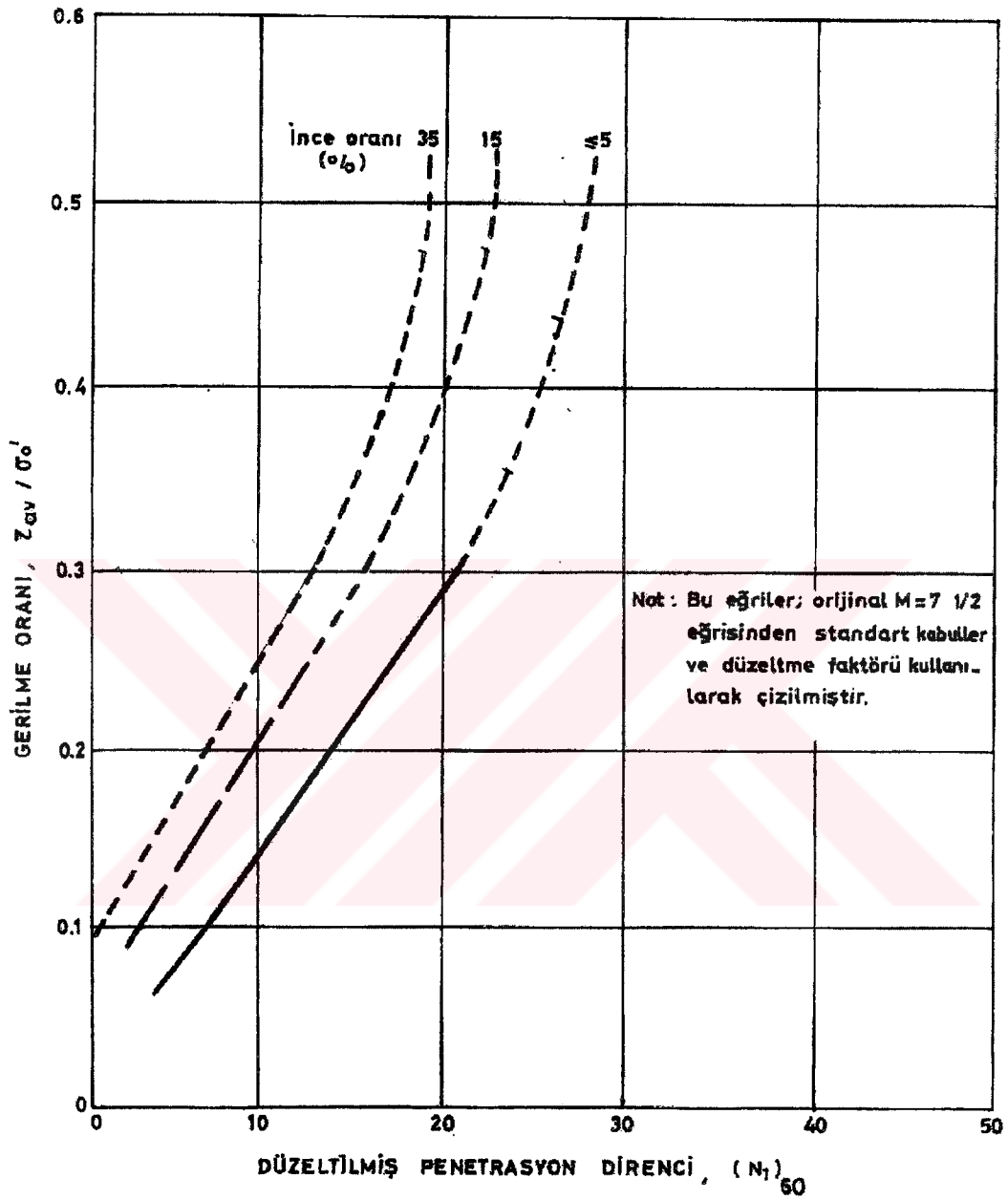
Şekil 3.5 Siltli Kumlar İçin Sıvılaşmaya Neden Olan Gerilme Oranı ve N_1 Arasındaki İlişki (Deprem Büyüklüğü = 7.5) (USBR, 1989)



Şekil 3.6 Siltli Kumlar İçin Sıvılaşmaya Neden Olan Gerilme Oranı ve N_1 Arasındaki İlişki (Deprem Büyüklüğü = 7.0) (USBR, 1989)



Şekil 3.7 Siltli Kumlar İçin Sıvılaşmaya Neden Olan Gerilme Oranı ve N_1 Arasındaki İlişki (Deprem Büyüklüğü = 6.5) (USB, 1989)



Şekil 3.8 Siltli Kumlar İçin Sıvılaşmaya Neden Olan Gerilme Oranı ve N_1 Arasındaki İlişki (Deprem Büyüklüğü = 6.0) (USBR, 1989)

3.1.1 SPT sonuçlarının düzeltilmesi

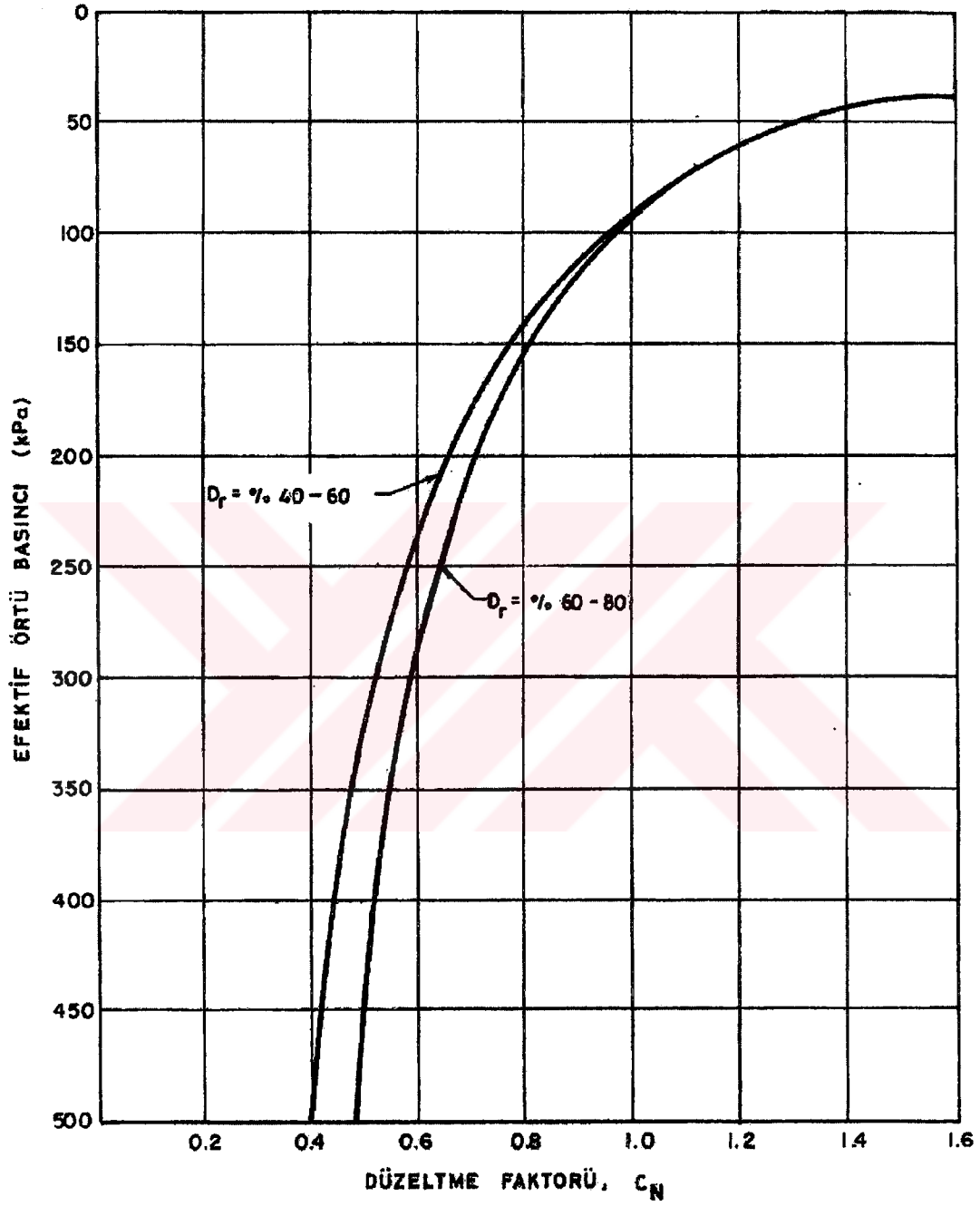
Bir önceki bölümde verilen grafiklerden de görüldüğü gibi, gerilme oranı ile ham N darbe direnci arasında değil, düzeltilmiş N sayısı ($N_{1(60)}$) arasında bir ilişki kurulmuştur. Penetrasyon direncinin; deprem salınımı esnasında zemin sıvılaşma direncinin bir indeksi gibi kullanımının artması nedeniyle, bu deneyin standart kullanımının sağlanması amacıyla çok çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Standart Penetrasyon direnci; değişik boyutta şahmerdanlar, verimi etkileyen değişik enerji iletim sistemleri ve değişik numune tüpleri kullanımı ile değişkenlik göstermektedir.

Sıvılaşma analizi için geliştirilen ampirik ilişkilerde N-darbe direnci sayılarının kullanılabilmesi için bazı düzeltmelerin yapılması gerektiği önerilmiştir (Tokimatsu ve Yoshimi, 1983; Seed vd., 1985; Seed ve DeAlba, 1986; Skempton, 1986). Sıvılaşma analizi için geliştirilen ampirik ilişkilerde, N-darbe direnci sayılarının kullanılması için önerilen düzeltmeler aşağıda özetlenmektedir.

3.1.1.1 Örtü gerilmesi düzeltmesi

Kumlarda yapılan Standart Penetrasyon Deneyi sonuçlarının, örtü basıncı dikkate alınarak düzeltilmesi ile ilgili değişik araştırmalar yapılmıştır. Çizelge 3.1.' de örtü basıncı için önerilen düzeltme faktörleri verilmektedir.

ABD Su İşleri Teşkilatı'nda, Seed (1979) tarafından önerilen, efektif örtü basıncı, sıklık derecesi ve düzeltme faktörü arasındaki ilişki Şekil 3.9'da sunulmaktadır. DSİ uygulamalarında da, bu düzeltme faktörünün kullanımı benimsenmiştir. Bu düzeltme; SPT deneyinin yapıldığı seviyedeki örtü basıncı dikkate alınarak yapılmalıdır.



Şekil 3.9 Örtü Basıncı Düzeltme Katsayısının Efektif Örtü Basıncı Ve Nispi Sıklık Değerine Göre Değişimi (USBR, 1989)

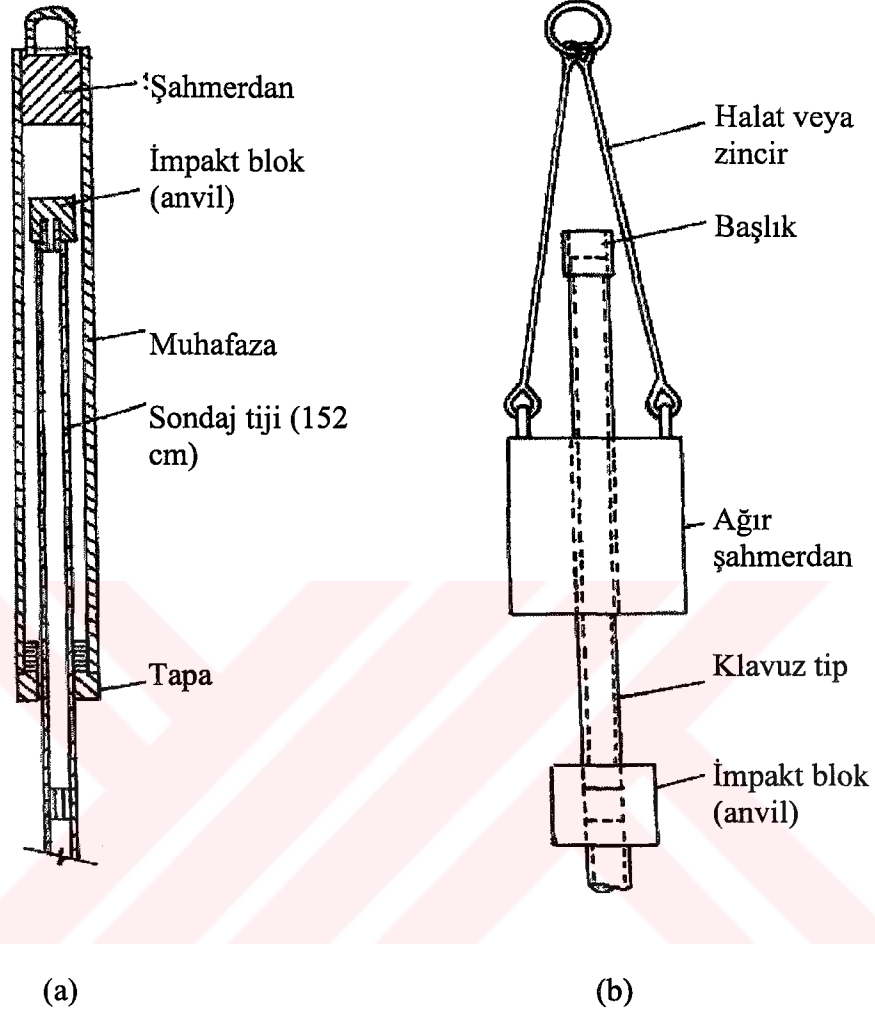
Çizelge 3.1 Örtü Basıncı İçin Önerilen Düzeltme Faktörleri

Yaklaşımlar	Düzeltilme faktörü C_N	$\bar{\sigma}_v$ ' in birimi
Peck Hanson ve Thorburn (1974)	$C_N = 0.77 \log_{10} \frac{20}{\bar{\sigma}_v}$	tsf
Seed (1976)	$C_N = 1 - 1.25 \log \bar{\sigma}_v$	tsf
Seed (1979)	Şekil 3.9	kPa
Tokimatsu ve Yoshimi (1983)	$C_N = \frac{1.7}{0.7 + \bar{\sigma}_v}$	kgf/cm ²

3.1.1.2 Enerji düzeltmesi

Dünyada değişik standartta deney ekipmanı kullanıldığı için, sondaj tijine uygulanan enerji; ülkeden ülkeye, hatta aynı ülkenin farklı bölgelerinde bile değişebilmektedir. ABD’de iki ayrı şahmerdan kullanımı yaygındır (Şekil 3.10). Bu iki şahmerdan tipi; aynı enerji iletim tekniği uygulansa bile, sondaj tijine değişik miktarda enerji aktarılmaktadır.

ABD’de sondaj tijine enerji iletiminde yoğun olarak “halat-makara tekniği” kullanılmakta iken, Japonya’da ağırlıklı olarak “donut” tipi şahmerdan üç değişik iletim tekniği benimsenerek uygulanmaktadır.



Şekil 3.10 SPT Yöntemi Şahmerdanlarının Konfigirasyonu : (a) Emniyet Şahmerdanı
(b) Donut Şahmerdanı

Sondaj takımına enerji uygulama tipi ve tekniği ülkeden ülkeye farklılık arz etmektedir. Bu farklılıkların sonuçlar üzerindeki etkisini kaldırmak için şahmerdan tipi ve şahmerdan düşürme tekniğine bağlı olarak düzeltmeler önerilmiştir. Farklı ülkelerde uygulanan ortalama enerji oranları, Çizelge 3.2’de sunulmuştur. Bu çizelgeden bulunan enerji oranları, standart enerji olarak benimsenen değer (%60) ile mukayese edilerek N-darbe direnci değerlerinde düzeltmeye gidilir.”

Çizelge 3.2 SPT Yöntemi İçin Enerji Düzeltme Oranları

Ülke	Şahmerdan tipi	Şahmerdan düşümü	Tahmin edilen tij enerjisi(%)	Düzeltilme faktörü (%60'lık tij enerjisi için)
Japonya	Donut	Serbest düşme	78	78/60=1.30
	Donut	Halat ve makara	67	67/60=1.12
ABD	Emniyet	Halat ve makara	60	60/60=1.0
	Donut	Halat ve makara	45	45/60=0.75
Arjantin	Donut	Halat ve makara	45	45/60=0.75
Çin	Donut	Serbest düşme	60	60/60=1.0
	Donut	Halat ve makara	50	50/60=0.83

3.1.2 Sıvılaşma analizi için Seed yaklaşımı

Yöntem esas olarak, tekrarlı gerilme oranının zemin direnci ile mukayesesine dayanmaktadır. Daha önce tanımlanan tüm düzeltmeler, zemin direncinin doğru tahminine yöneliktir. Bir başka ifade ile, bu düzeltmeler darbe sayısına uygulanır. Deprem esnasında zemin sıvılaşma direncini belirlemek için kullanılan tekrarlı gerilme oranı ise aşağıdaki denklem yardımı ile bulunur.

$$\frac{\tau_{av}}{\sigma_{v'}} = 0.65 \cdot \frac{a_{maks}}{g} \cdot \frac{\sigma_v}{\sigma_{v'}} \cdot R_d \quad (3.1)$$

a_{maks} = Maksimum yer ivmesi

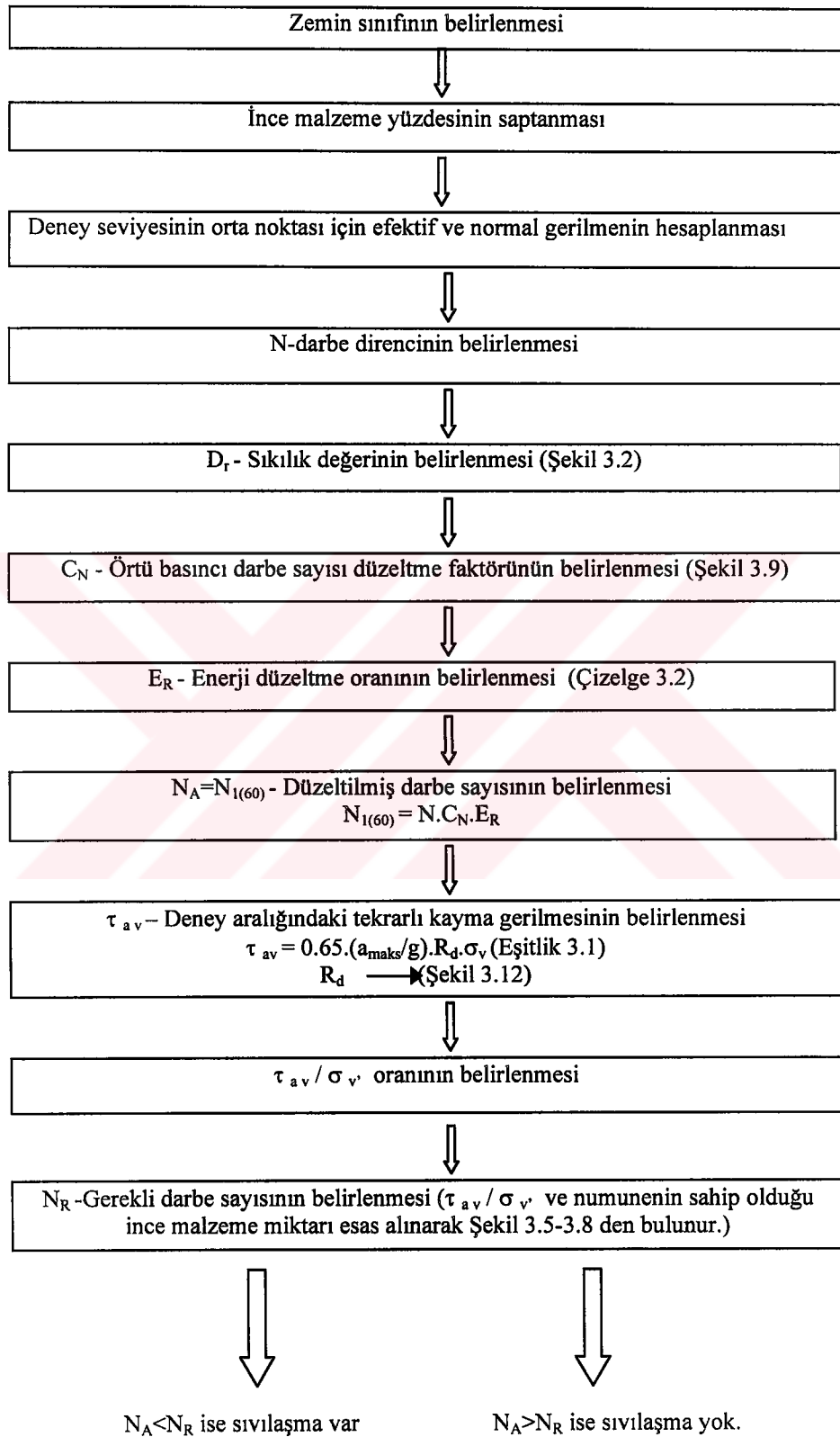
σ_v = Toplam gerilme

$\sigma_{v'}$ = Efektif gerilme

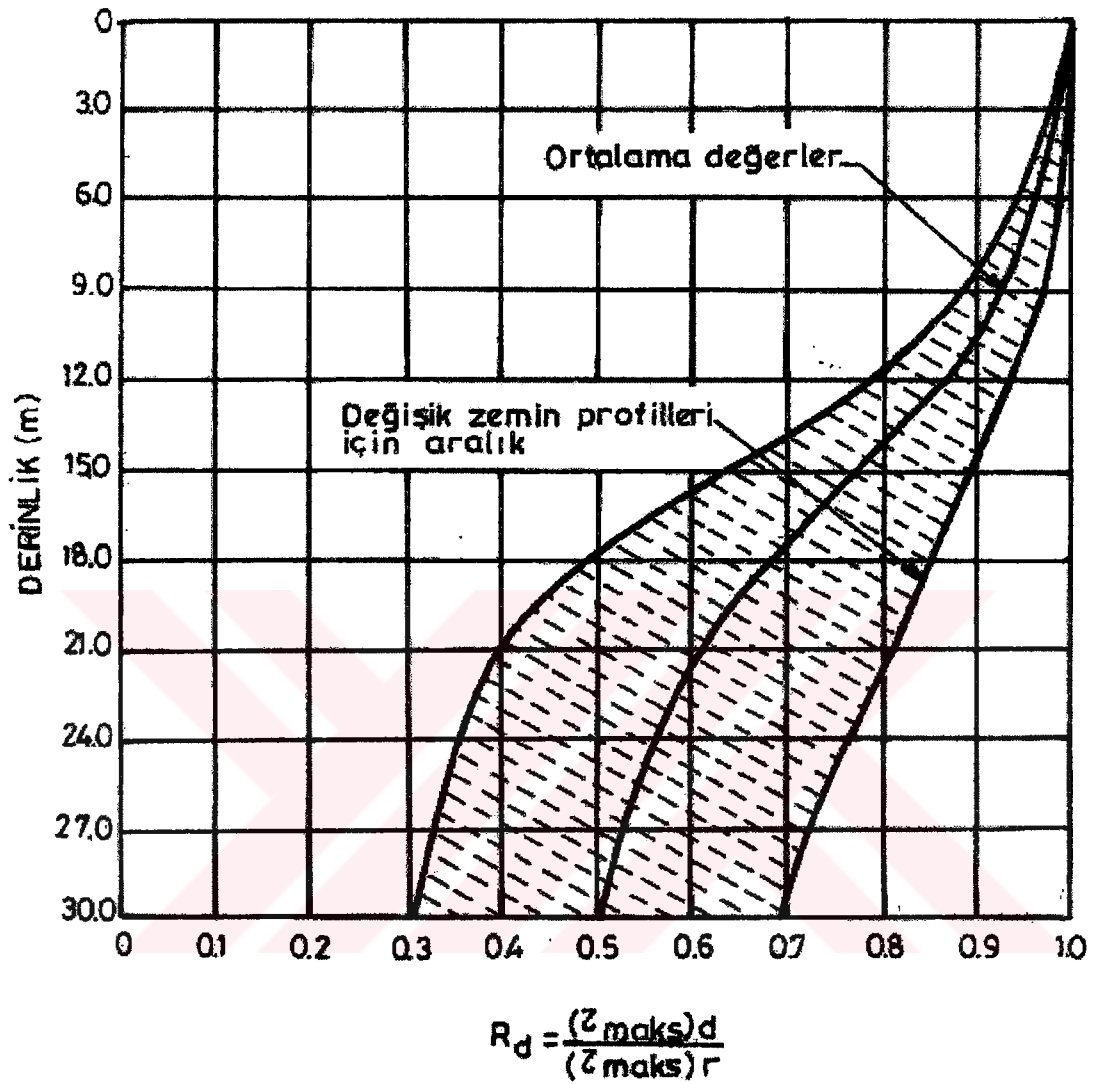
R_d = Gerilme azaltma katsayısı

τ_{av} = Tekrarlı kayma gerilmesi

$\frac{\tau_{av}}{\sigma_{v'}}$ = Tekrarlı gerilme oranı



Şekil 3.11 USBR Esasında Sivilaşma Analizi Değerlendirme Aşamaları



Şekil 3.12 Değişik zemin profilleri için R_d düzeltme katsayısı aralığı (USBR, 1989)

3.1.3 Sıvılaşma analizi için Tokimatsu ve Yoshimi yaklaşımı

Tokimatsu ve Yoshimi (1983) tarafından önerilen bu yaklaşım, bazı noktalarında, Seed tarafından sunulan yaklaşımdan farklılıklar göstermektedir. Bu farklılıklar ayrıntılı olarak anlatılacaktır.

Tokimatsu ve Yoshimi (1983); eşitlik 3.2 ile eşdeğer dinamik kayma gerilmesi tanımı yapmıştır.

$$\frac{\tau_d}{\sigma_{0'}} = \frac{a_{maks}}{g} \cdot \frac{\sigma_0}{\sigma_{0'}} \cdot r_d \cdot r_n \quad (3.2)$$

$$r_d = 1 - 0.015 z. \quad (3.3)$$

$$r_n = 0.1(M-1) \quad (3.4)$$

a_{maks} = Maksimum yer ivmesi

σ_0 = Toplam gerilme

$\sigma_{0'}$ = Efektif gerilme

r_d = Gerilme azaltma katsayısı

r_n = Deprem büyüklüğüne bağlı düzeltme sayısı

τ_d = Tekrarlı kayma gerilmesi

M = Deprem büyüklüğü

z = Derinlik (m) dir.

Zemin sıvılaşma direnci Eşitlik 3.5 ile verilirken, sıvılaşmaya karşı güvenlik katsayısı da Eşitlik 3.7 ile verilmektedir.

$$\frac{\tau_l}{\sigma_{0'}} = a C_r \left[\frac{16 N_a}{100} + \left(\frac{16 \sqrt{N_a}}{C_s} \right)^n \right] \quad (3.5)$$

Eşitlik 3.5 de, sıvılaşma olan ve olmayan şartları belirlemek amacıyla a, C_r , n ve C_s sabitleri sırasıyla 0.45, 0.57, 0.14 ve 85 alınmıştır.

$$N_a = N_1 + \Delta N F \quad (3.6)$$

$$F_L = \frac{\tau_l}{\sigma_{0'}} / \frac{\tau_d}{\sigma_{0'}} \quad (3.7)$$

N_a = Düzeltilmiş penetrasyon direnci

N_1 = Japon yöntemine (%80 tij enerjisi) göre düzeltilmiş ve örtü basıncı düzeltilmesini de içeren büyüklük

$\Delta N F$ = İnce malzeme yüzdesine göre düzeltme katsayısı (Çizelge 3.3)

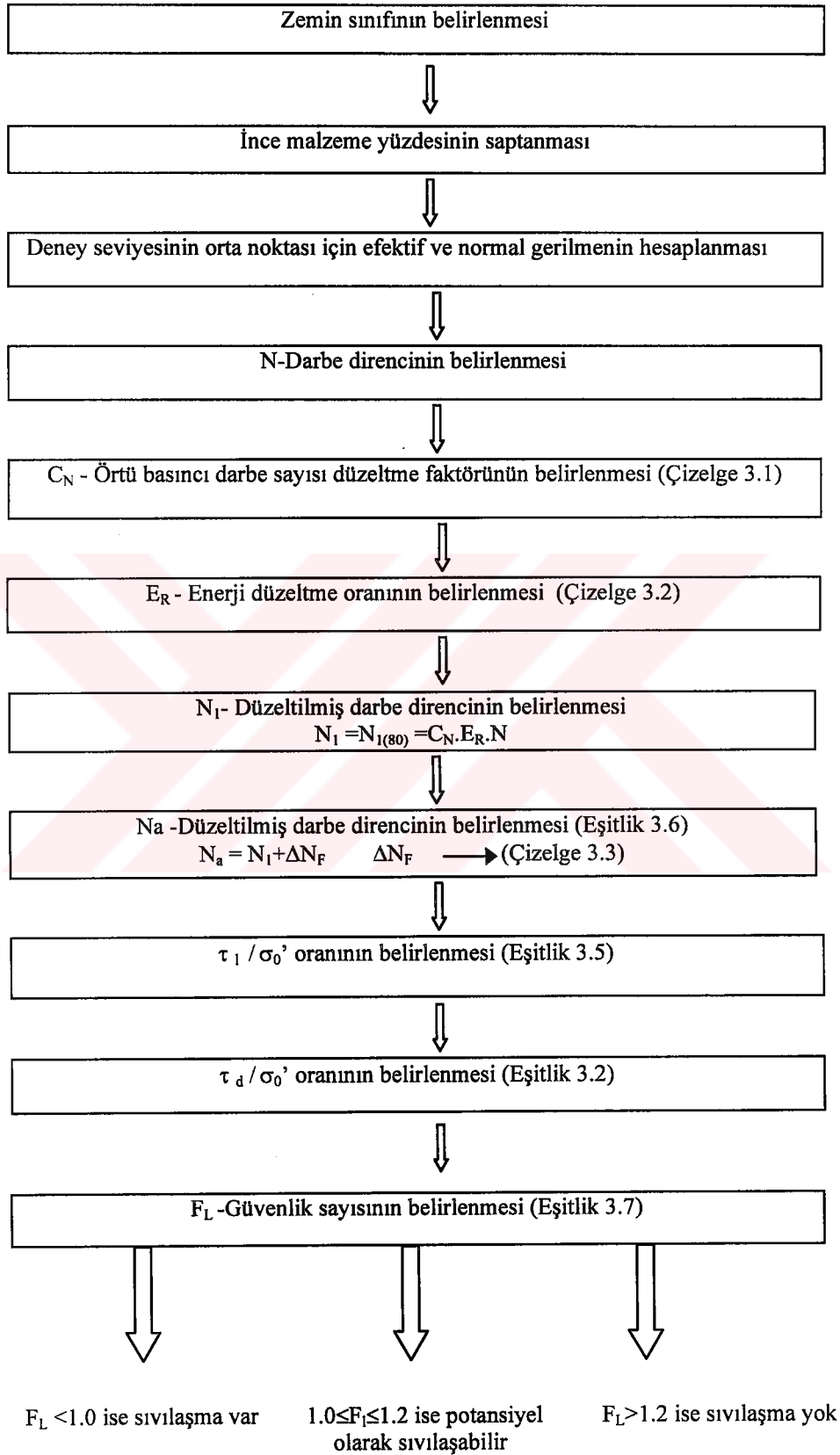
Çizelge 3.3. İnce Yüzdesi Düzeltme Faktörü

İnce Yüzdesi (FC)	ΔN_F
0-5	0
5-10	Enterpolasyon
10-	0.1.FC

USBR yaklaşımı ile Tokimatsu ve Yoshimi yaklaşımı arasındaki farklardan biri, düzeltilmiş SPT darbe direnci değerlerinin hesabındaki enerji düzeltme oranlarıdır. Seed yaklaşımı %60'lık enerjiyi dikkate alırken Tokimatsu ve Yoshimi %80'lik enerjiyi dikkate almaktadır.

Bir diğer fark ise C_N örtü basıncı düzeltme faktörünün belirlenmesindedir. USBR; C_N için Şekil 3.9'daki ilişkiyi dikkate alırken, Tokimatsu ve Yoshimi ise Çizelge 3.1 'de verilen, kendi geliştirdikleri ilişkiyi kullanmaktadır.

İki yöntem arasında, belki de üzerinde en çok durulması gereken nokta, sıvılaşma potansiyelinin olup olmadığı noktasında çizdikleri sınırdır. USBR; çok tutucu bir değerlendirme ile “sıvılaşma var” veya “sıvılaşma yok” derken, Yoshimi ve Tokimatsu; sadece “sıvılaşma var” ve “sıvılaşma yok” tanımını değil, “marjinal olarak sıvılaşma var” terimini de kullanmıştır. Böylelikle potansiyel olarak sıvılaşabilir tanımını getirmiştir.



Şekil 3.13 Tokimatsu ve Yoshimi Esasında Sıvılaşma Analizi Değerlendirme Aşamaları

3.2 Kayma Dalga Hızı Verisi

Bir zemin tabakasının sıvılaşma potansiyeli ya örselenmemiş zemin numuneleri üzerinde yapılan laboratuvar deneyleri veya baraj sahasında yapılan arazi deneyleri ile belirlenir. Bu iki metodun birlikte kullanılması çok sık kullanılan bir yoldur.

İri taneli kohezyonsuz malzemelerin sıvılaşma potansiyeli, nadiren SPT deneyi kullanılarak başarılı bir şekilde değerlendirilebilmektedir. Eğer bu malzemeler üzerinde kayma dalga hızı verileri elde edilmişse ve bu veriler; planda ve kesitte zemin depozitini doğru olarak temsil ediyorsa, sıvılaşma potansiyeline karar vermede güvenilirlik derecesi artar. Yüksek kayma dalga hızına sahip depozitler “genleşen zemin”, düşük kayma dalga hızına sahip depozitler ise “sıkışabilir zemin” olarak değerlendirilir.

Kayma dalga hızı ile SPT N-darbe direnci arasındaki ilişki tesbit edilmiş ve aşağıdaki eşitlikte verilmiştir (Eşitlik 3.8). Burada V_s , kayma dalga hızı olup (m/s) boyutundadır. N ise SPT deneyinden bulunan N-darbe direnci sayısıdır. Kayabağlı (1996) ise; kayma dalga hızı ile N_{60} değeri arasında Eşitlik 3.9’daki ilişkiyi önermiştir.

$$V_s = 152 + 5.1N \quad (3.8)$$

$$V_s = 175 + 3.75N_{60} \quad (3.9)$$

Tosun (2002); kayma dalga hızlarına bağlı olarak sıvılaşma analizi yapılmasında dikkatli olunmasını önermiştir. Yalnızca kayma dalga hızına bağlı yaklaşımlar; sıvılaşma analizi için yeterli gözükmemektedir.

4. DEMİRÖZÜ BARAJI KARAKTERİSTİKLERİ

4.1 Genel

Sulama amaçlı Çayır yolu-Aydıntepe Projesi kapsamında yer alan Demirözü Barajı, Demirözü ilçesinin 5 km güneyinde, Çoruh nehrinin yan kollarından Lori deresi üzerinde inşa edilecektir. Zonlu toprak dolgu tipinde projelendirilen barajın, talvegden yüksekliği 32.50 m'dir. Sulama amaçlı olarak inşa edilecek olan bu barajda temel zeminiyle ilgili bazı problemler yaşanmıştır.

Demirözü Barajı'nın proje karakteristikleri aşağıda bir tablo halinde verilmektedir. Ayrıca barajın tipik kesiti Şekil 4.1' de sunulmaktadır.

Çizelge 4.1 Demirözü Barajı Proje Karakteristikleri

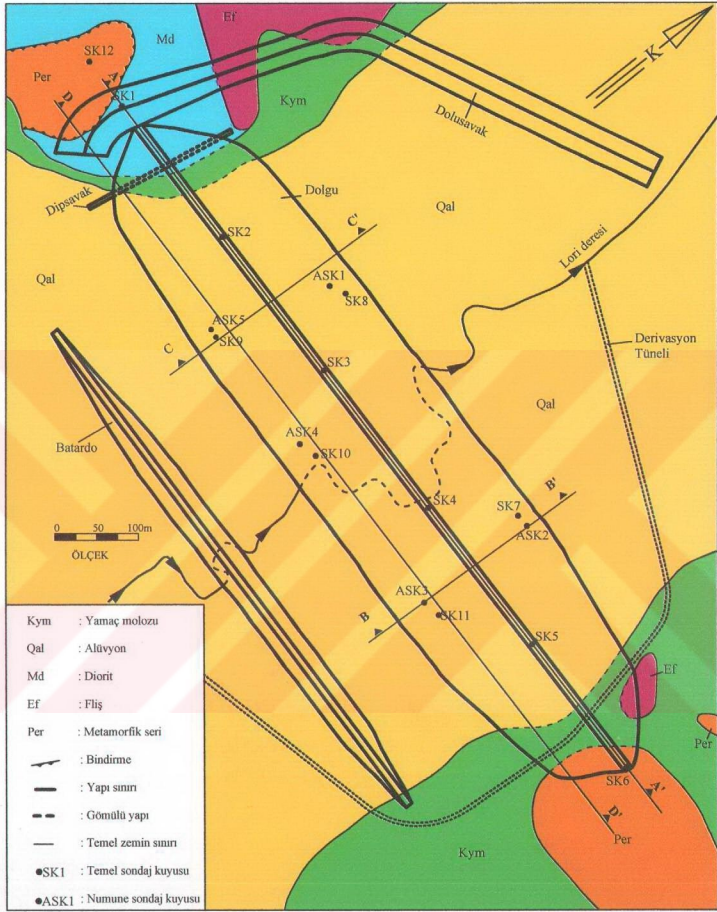
Baraj tipi	Zonlu toprak dolgu
Kret uzunluğu	965.00 m
Kret genişliği	10.00 m
Talveg kotu	1681.50 m.
Kret kotu	1714.00 m
Baraj yüksekli (talvegden)	32.50 m
Toplam gövde dolgu hacmi	5 639 041 m ³
Yağış alanı	306.00 km ²
Yıllık ortalama akım	49.69 hm ³
Maksimum su seviyesi	1711.98 m
Minimum su seviyesi	1695.00 m
Ölü hacim	10.00 hm ³
Aktif hacim	51.80 hm ³
Toplam depolama hacmi	61.80 hm ³

4.2 Jeoloji ve Yapısal Oluşumlar

Baraj yeri, göl ve drenaj alanından oluşan, bir başka ifade ile inceleme alanını kapsayan bölgede değişik kayaç ve zemin tipleri bulunmaktadır. Tortul kayaçlar, eski jeolojik zaman diliminde oluşmuş konglomera-kumtaşı-kireçtaşı serisi, fliş, kireçtaşı ile genç zaman diliminde oluşmuş fliş, alüvyon ve yamaç molozu ihtiva etmektedir. Bölgedeki mağmatik kayaçları ise diyorit-gabro ve diyabaz olarak adlandırılan birimler oluşturmaktadır. İnceleme alanının en yaşlı birimini ise metamorfik kayaçlar oluşturmaktadır. “Metamorfik seri” olarak adlandırılan bu birim, gnays, şist, kuvarsit ve fillat tipi kısımları ihtiva etmekte, göl alanının büyük bir bölümünde ortaya çıkmaktadır.

İnceleme alanında birimler değişik zamanlarda tektonik oluşumlara maruz kalmış ve bu etkiler sonucunda bölgede diskardanslar, kıvrımlanmalar, bindirmeler ve faylanmalar oluşmuştur. Metamorfik seri içindeki birimler, şişti bir yapılanmaya sahiptir. Bu yapıda yapraklanma yüzeyleri; kuzeydoğu-güneydoğu doğrultulu ve eğim güneydoğuya doğru oluşmaktadır. Eğim açısı oldukça değişken olup 5 ile 55 derece arasında değişmektedir.

Bu inceleme açısından bölgede kritik birimler; fliş, alüvyon ve yamaç molozudur (Şekil 4.2). İnceleme alanının dar bir alanında yer alan genç fliş, kumtaşı, şeyl, tuf ve volkanoklastiklerden oluşmakta ve ayrılmış halde kum, killi kum ve siltli kil şeklinde görülmektedir. Alüvyon; Lori deresi aşkın havzasında yer almakta ve en fazla 32 m. kalınlığa sahip bulunmaktadır. Bu çalışmanın en önemli temel zemin birimini oluşturan alüvyon; kil, silt, kum ve çakıl boyutunda zeminlerden oluşmakta ve yer yer değişik sıklık değerleri sunmaktadır. Baraj aks yerinde her iki sahilinde de bulunan yamaç molozu; ana kayanın erozyona uğramasıyla oluşmuş ve 0.50 ile 4.0 m kalınlığına sahip iri taneli gevşek bir malzemedir.



Şekil 4.2 Baraj Yerindeki Jeolojik Birimlerin Konumu

4.3 Geoteknik Veriler

Demirözü baraj yeri geoteknik çalışmaları; Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü tarafından planlama ve proje olmak üzere iki aşamada gerçekleştirilmiştir (DSİ, 1992). Planlama aşamasında baraj aksı boyunca toplam 301 m uzunlukta 6 adet sondaj deliği (SK1, SK2, SK3, SK4, SK5 ve SK6) açılmıştır. Bu lokasyonların tamamında, permeabilite katsayısını belirlemek amacıyla arazi deneyleri ve yamaçta olanlar hariç tamamında SPT deneyleri yapılmıştır. İlgili sondajlarda statik yeraltı suyu seviyeleri belirlenmiştir. Bu seviyeler Çizelge 4.2’de verilmektedir.

Çizelge 4.2 Yeraltı Suyu Ölçüm Değerleri

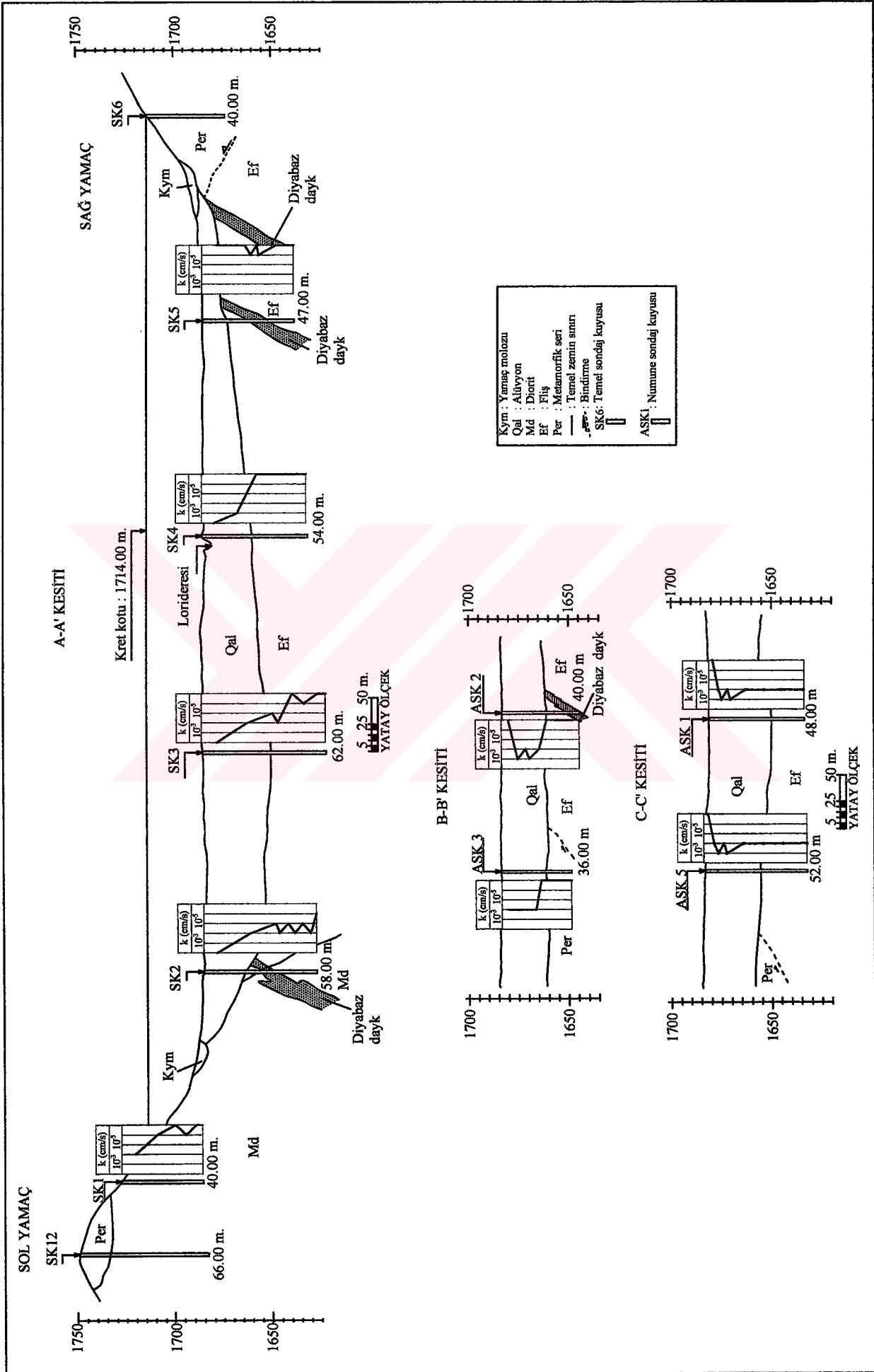
Sondaj No	Sondaj Yeri	Sondaj Yüksekliği	Yeraltı Suyu Seviyesi (Yüzeyden) (m)
SK-1	Sol Yamaç	1725.00	6.50
SK-2	Talveg	1685.20	3.00
SK-3	Talveg	1683.90	2.15
SK-4	Talveg	1682.00	1.55
SK-5	Talveg	1684.32	1.40
SK-6	Sağ Yamaç	1713.00	2.00

Proje aşamasında yapılan çalışmalar ise, daha detaylı ve nicel veriler elde etmek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla 5 ayrı temel sondaj deliği (SK7, SK8, SK9, SK10 ve SK11) açılmış ve bu deliklerde belirtilen seviyelerde SPT deneyi yapılmıştır. Bu sondaj deliklerinin yanında, laboratuvar deneyleri için numune temin etmek amacıyla toplam 231 m uzunluğunda ilave 5 adet sondaj deliği (ASK1, ASK2, ASK3, ASK4 ve ASK5) açılmıştır.

Bu çalışma kapsamının dışında daha önceden yapılmış geoteknik veriler kullanılarak, temel zemininin (alüvyon) statik ve dinamik koşullardaki davranışı ortaya konulmaya çalışılmaktadır. Bu veriler ışığında üç ayrı kesit oluşturularak, ilgili bölgedeki alüvyon zemin sınırı çıkarılmış ve her lokasyondaki k-değerleri profili oluşturulmuştur (Şekil 4.3). Bu verilere göre, alüvyon derinliği değişkendir ve alüvyon-ana kaya geçişleri, k-değerleri profili ile uyum sağlamaktadır.

Alüvyon zeminde permeabilite katsayısı değeri; 10^{-2} – 10^{-4} cm/s aralığında değişmektedir. Ancak ana kayada nispi olarak daha düşük permeabilite katsayısı değerleri ($k < 10^{-5}$ cm/s) elde edilmektedir. Genç fliş birimleri yarı geçirimli-geçirimsiz özelliğe sahipken metamorfik seri ve magmatik kayaç birimi geçirimsiz ($k < 10^{-7}$ cm/s) özelliğe sahiptir. Alüvyon zemin içinde su tablası ortalama 2.02 m derinlikte yer almaktadır.

Alüvyon zemin içinde yapılan SPT deney sonuçları oldukça değişik değerler sunmaktadır. Ham N-darbe direnci değerleri; 3 ile 48 aralığında değişmektedir. Bu veriler göre; temel zeminini gevşek-sıkı konum içinde sınıflandırılmaktadır (Terzaghi ve Peck, 1967). İlgili N-darbe direnci değerleri Çizelge 4.3’de sunulmuştur. Ek 1’de verilen tanımlama deney sonuçlarına göre; temel zemini kum-çakıl boyutuna sahiptir ve ilgili fiziksel verilerin istatistiksel özeti Çizelge 4.4’de sunulmaktadır. Bu verilere göre; tüm kuyular için ince, kum ve çakıl miktarları sırası ile % 3.1-94.8, % 4.9–77.8 ve % 0-87.0 arasında değişmektedir. Ortalama likit limit ve plastisite indisi değerleri ise sırası ile % 36.7 ve 13.7 olarak hesaplanmıştır. Ancak bu verilerin genel bir tanımlama için kullanılabileceği, tabakalanma durumunun farklılık oluşturduğu belirtilmelidir.



Şekil 4.3 Baraj Yeri Jeolojik Kesitleri

Çizelge 4.3 Sondaj Kuyularına Ait Ham N-darbe sayısı Derinlik İlişkisi

Sondaj No	Derinlik (m)	Ham N-Darbe Sayısı	Sondaj No	Derinlik (m)	Ham N-Darbe Sayısı
SK2	4.50-5.00	50	SK9	2.00-3.00	11
SK3	8.00-9.00	26		5.00-6.00	26
	11.00-12.00	12		7.00-8.00	13
	14.00-15.00	17		8.00-9.00	18
	16.00-17.00	24		10.00-11.00	17
	5.00-6.00	17		11.00-12.00	32
SK4	10.00-11.00	17		13.00-14.00	15
	3.00-4.00	13		14.00-15.00	48
SK5	4.00-5.00	16		16.00-17.00	20
	7.00-8.00	21		17.00-18.00	16
	9.00-10.00	18	18.00-19.00	14	
	4.00-5.00	15	SK10	2.00-3.00	4
5.00-6.00	18	5.00-6.00		17	
6.00-7.00	11	7.00-8.00		11	
7.00-8.00	28	8.00-9.00		43	
SK7	10.00-11.00	26		9.00-10.00	8
	11.00-12.00	25		11.00-12.00	12
	14.00-15.00	42		13.00-14.00	10
	2.00-3.00	3		14.00-15.00	15
SK8	5.00-6.00	10		16.00-17.00	13
	7.00-8.00	8		17.00-18.00	22
	8.00-9.00	12	18.00-19.00	20	
	10.00-11.00	14	SK11	3.00-4.00	15
	11.00-12.00	15		5.00-6.00	14
	13.00-14.00	38		6.00-7.00	13
	14.00-15.00	15		8.00-9.00	35
	16.00-17.00	17		9.00-10.00	14
	17.00-18.00	20		11.00-12.00	10
	19.00-20.00	13	12.00-13.00	11	
			14.00-15.00	10	

Çizelge 4.4 Açılan Sondajlara Ait Fiziksel Özelliklerin İstatistiksel Özeti

Zemin Özellikleri	Numune Sayısı	En Düşük Değer	En Yüksek Değer	Ortalama Değer
- Tane Dağılımı	88			
- Çakıl (%)		0	87	25.7
- Kum (%)		4.9	77.8	33.4
- İnce (%)		3.1	94.8	40,9
- Kıvam Karakteristikleri	51			
- Likit Limit (%)		20.1	69.5	36.7
- Plastik Limit (%)		17.7	35.2	23.0
- Plastisite İndisi(%)		3.5	34.3	13.7

5. DEMİRÖZÜ BARAJI SİSMİK RİSK ANALİZİ

5.1 Verilerin Temini

Çalışma alanında, baraj yeri merkez olacak şekilde 100 km yarıçaplı bir daire içinde 1900-2000 yılları arasında oluşan depremler dikkate alınarak farklı yöntemler ile sismik risk analizi yapılmıştır. İlgili veriler ; Afet İşleri Genel Müdürlüğü kataloğundan temin edilmiş olup, büyüklüğü 4.0 dan büyük depremleri ihtiva etmektedir. Bu kayıtlardan alınan 1900-2000 yılları arasında oluşmuş 104 adet depreme ait karakteristik bilgiler, Çizelge 5.1'de sunulmaktadır. Çizelgedeki M_b , M_d , M_L , M_s ; sırasıyla cisim dalgası büyüklüğünü, süreye bağlı büyüklüğü, yerel büyüklüğü ve yüzey dalgası büyüklüğünü ifade etmektedir.

5.2 Verilerin Dönüştürülmesi

İlgili alanda, 100 yıllık bir peryotta yüzey dalgası büyüklüğü esasında oluşan 4.0'dan büyük depremlerin dağılımı Çizelge 5.2 de sunulmaktadır. Bölgede kaydedilen en büyük deprem 1939 Erzincan depremi ($M_s=7.9$) dir.

Deprem kataloğunda verilen kayıtlar farklı esasta sunulmuştur. Çalışma kapsamında bu verilerin bir esasa göre dönüştürülmesi üzerine çalışılmıştır. Bu amaçla yapılan çalışmalar ampirik ilişkileri sunmaktadır. Kalafat (2002); Türkiye koşulları için süreye bağlı büyüklüklerin yüzey dalgası ve cisim dalgası büyüklüğüne dönüştürülmesi yönünde çalışmış ve çalışma sonucu Eşitlik 5.1 ve Eşitlik 5.2 de sunulan ampirik ilişkiyi ortaya koymuştur.

$$M_s = (M_d - 1.59) / 0.67 \quad (5.1)$$

$$M_b = (M_d - 0.76) / 0.81 \quad (5.2)$$

Çizelge 5.1. (39.20-41.07)N (38.72-41.08)E Arası Deprem Verileri ($M_s > 4$)

TARİH	ZAMAN	ENLEM	BOYLAM	DERİNLİK	KAYNAK1	Mb1	Md1	Ml1	Ms1
06.04.1907		39.30	40.40	0					4.9
15.09.1929	13:10	40.25	38.76	50					5.0
09.04.1930	05:27	39.55	39.26	10					5.0
20.04.1930	10:20	39.37	39.35	60					4.9
10.12.1930	10:31	39.72	39.24	30					5.6
31.07.1931	00:25	41.02	39.55	10					4.9
13.10.1935	19:32	39.35	40.52	40					5.0
14.10.1935	07:27	39.20	40.60	0					4.6
07.12.1937	09:31	39.94	40.43	60					4.7
21.11.1939	08:49	39.82	39.71	80					5.9
26.12.1939	23:57	39.80	39.51	20					7.9
28.12.1939	19:10	39.71	39.80	80					4.2
29.12.1939	11:33	39.89	39.27	10					4.9
29.12.1939	13:18	39.70	39.55	10					4.8
29.12.1939	16:04	39.70	39.70	0					4.0
22.04.1940	12:20	39.62	39.89	20					4.9
29.05.1940	15:24	39.41	40.00	60					4.8
08.11.1941		39.74	39.50	0					6.0
12.11.1941	10:04	39.74	39.43	70					5.9
27.07.1947	20:09	39.96	40.79	40					4.9
17.08.1949	18:44	39.57	40.62	40					7.0
17.08.1949	20:38	40.10	40.57	100					5.3
17.08.1949	20:45	39.58	40.57	60					5.2
23.08.1949	13:40	39.42	40.98	10					4.6
29.08.1949	00:19	39.50	40.60	0					4.8
01.11.1949	04:10	39.30	40.30	0					4.9
02.01.1950	21:15	39.30	41.00	0					4.9
04.02.1950	09:30	39.50	40.60	0					4.9
15.12.1953	16:40	39.61	41.08	40					4.6
24.10.1954	00:44	40.00	40.00	0					4.6
07.11.1954	22:52	40.25	40.03	20					4.5
22.02.1957	07:57	40.10	40.10	15					4.2
07.07.1957	05:58	39.37	40.46	60					5.1
14.01.1958	13:34	39.48	40.41	60					5.1
13.02.1958	07:51	39.80	40.80	20					4.2
13.12.1959	02:07	39.75	38.75	0					4.5
26.01.1960	09:52	40.19	38.75	20					5.9
24.04.1960	06:00	39.59	39.10	10					4.3
09.06.1960	02:44	39.99	39.67	10					4.2
01.11.1961	08:58	39.69	40.82	20					4.5
12.03.1963	12:38	39.36	40.15	10					4.2
24.02.1964	11:32:19 .0	39.85	40.34	57	ISC	4.4			4.1
21.08.1964	16:49:09 .0	40.25	41.02	13	ISC	4.5			4.2
04.09.1964	03:39:36 .0	39.40	40.28	54	ISC	4.8			4.6
16.11.1964	05:27:28 .0	39.52	40.32	16	ISC	4.9			4.7
31.08.1965	07:29:46 .0	39.36	40.79	11	ISC	5.1			4.9
20.08.1966	11:59:09 .0	39.42	40.98	14	ISC	5.3			5.2
20.08.1966	15:17:34 .0	39.31	40.51	34	ISC	4.5			4.2
23.08.1966	01:35:45 .0	39.32	40.97	30	ISC	4.6			4.3
26.07.1967	18:53:01 .0	39.54	40.38		ISC	5.6			5.5
13.03.1968	00:53:42 .0	39.48	40.40	71	ISC	4.3			4.0
18.09.1968	06:17:03 .0	39.81	40.21	25	ISC	4.6			4.3
25.09.1968	20:52:15 .0	39.24	40.29	41	ISC	5.0			4.8

TARİH	ZAMAN	ENLEM	BOYLAM	DERİNLİK	KAYNAK1	Mb1	Md1	Mİ1	Ms1
10.01.1969	01:23:12 .0	39.80	40.20	56	ISC	4.5			4.2
27.09.1969	16:57:48 .0	40.10	41.00		LAO		4.4		4.2
01.10.1969	20:33:37 .0	39.32	40.56	17	ISC	4.7			4.4
03.09.1970	05:32:10 .0	39.60	38.78		ISC	5.0			4.8
01.12.1970	11:57:30 .0	39.90	38.93	26	ISC	4.7			4.4
22.05.1971	18:43:41 .0	39.23	40.61	50	ISC	4.4			4.1
24.05.1971	18:32:14 .0	39.38	40.59	62	ISC	4.4			4.1
29.05.1971	12:06:23 .0	39.33	39.98	33	ISC	4.4			4.1
19.03.1973	12:20:07 .0	39.99	40.32	33	ISC	4.4			4.1
02.10.1976	10:06:02 .0	39.47	39.95	53	ISC	4.7			4.4
19.10.1976	23:08:51 .0	40.11	38.93	39	ISC	4.4			4.1
21.02.1977	13:02:30 .0	39.90	40.08	33	ISC	4.8			4.6
15.02.1978	03:17:39 .0	39.67	39.88	49	ISC	4.7			4.5
15.02.1978	03:27:43 .0	39.76	40.01	54	ISC	4.6			4.3
15.02.1978	05:47:53 .0	39.69	39.67	42	ISC	4.4			4.2
13.08.1978	17:20:25 .0	39.33	41.07	128	ISC	4.3			4.0
19.01.1979	23:36:58 .0	39.91	39.59		ISC	4.9			4.3
20.01.1979	03:46:05 .0	39.97	39.64	42	ISC	4.4			4.1
18.10.1980	03:14:10 .0	39.91	40.31	37	ISC	5.1			4.4
13.04.1981	19:41:45 .0	39.94	40.67	52	ISC	4.4			4.1
01.01.1983	23:06:22 .0	39.45	40.35	33	ISC	4.5			4.2
06.04.1983	07:35:51 .0	39.89	40.43	45	ISC	5.0			4.1
18.11.1983	01:15:37 .0	39.79	39.43	37	ISC	5.0			4.8
18.11.1983	02:07:25 .0	39.94	39.22	33	ISC	4.6			4.3
20.11.1983	16:04:35 .0	39.82	39.33	47	ISC	4.6			4.3
15.05.1984	17:41:36 .0	39.82	39.43	10	ISC	4.6			4.3
10.06.1985	21:41:43 .0	39.77	39.57	33	ISC	4.5			4.2
12.08.1985	02:54:44 .0	39.95	39.77	29	ISC	4.9			4.2
05.09.1985	09:14:39 .0	40.24	40.19	3	ISC	4.0			4.0
13.09.1987	01:23:13 .0	40.63	40.88	10	ISC	4.3			4.0
30.03.1988	21:42:04 .0	39.24	40.34	10	ISC	4.3			4.0
20.05.1989	20:44:02 .0	39.59	40.18	34	ISC	5.0			5.3
20.04.1990	23:30:05 .0	40.12	40.07	22	ISC	5.0			4.7
13.03.1992	17:18:39 .0	39.72	39.63	23	ISC	6.1			6.8
13.03.1992	18:37:57 .0	39.87	39.46	34	ISC	4.7			5.1
13.03.1992	20:15:17 .0	39.22	39.78	10	ISC	4.4			4.1
13.03.1992	22:47:43 .0	39.96	39.68	10	ISC	4.6			4.3
14.03.1992	01:24:34 .0	39.63	39.69	22	ISC	4.6			4.1
15.03.1992	16:16:25 .0	39.53	39.93	29	ISC	5.4			5.8
21.03.1992	23:15:50 .0	39.62	39.87	15	ISC	4.6			4.0
19.04.1992	10:14:39 .0	39.62	39.63	39	ISC	4.4			4.1
20.04.1992	18:05:00 .0	39.55	39.81	19	ISC	4.6			4.3
29.01.1995	04:16:56.80	39.82	40.64	28	ISC	4.8			4.8
05.12.1995	18:49:32.10	39.43	40.11	26	ISC	5.3			5.7
05.12.1995	18:52:38.30	39.60	40.26	10	ISC	5.2			5.7
21.03.1996	11:18:04.40	39.81	40.12	10	ISK		4.3		4.0
23.06.1996	08:54:54.10	39.41	40.48	5	ISK		4.3		4.0
11.01.1997	14:40:18.00	39.68	39.78	15	ISK		5.0		5.1
04.03.1997	14:23:00.90	39.29	40.72	46	ISC	4.1			4.5
13.04.1998	15:14:31.80	39.31	41.07	15	ISK		5.0		5.1
22.08.1999	11:12:58.68	39.28	40.17	28.2	ISC	4.3			4.0

Çizelge 5.2. 100 Yıllık Bir Peryod İçinde Oluşan Depremlerin Büyüklüğe Göre Dağılımı

Deprem Büyüklüğü (M_s)	Deprem Sayısı
4.0-5.0	80
5.0-6.0	20
6.0-7.0	2
>7.0	2

Yu-Xian vd. (1996) ise; Çin için, yerel büyüklüğe bağlı olarak yüzey dalgası büyüklüğünün tanımlanabileceği bir ilişki sunmuştur.

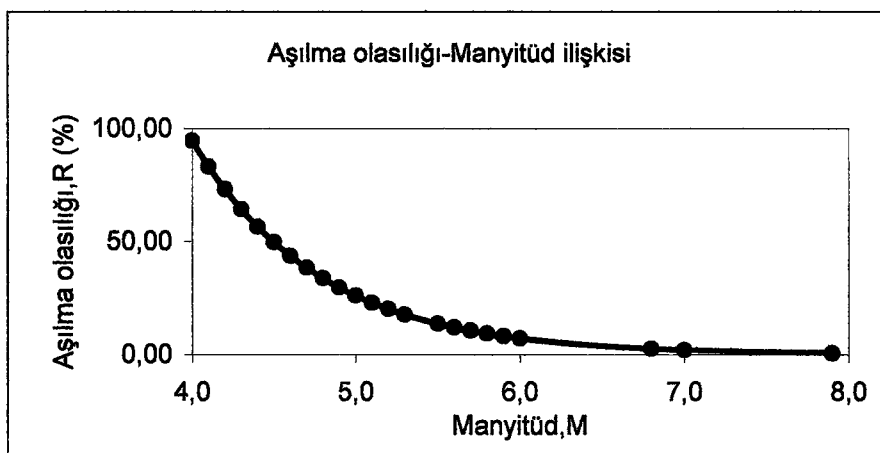
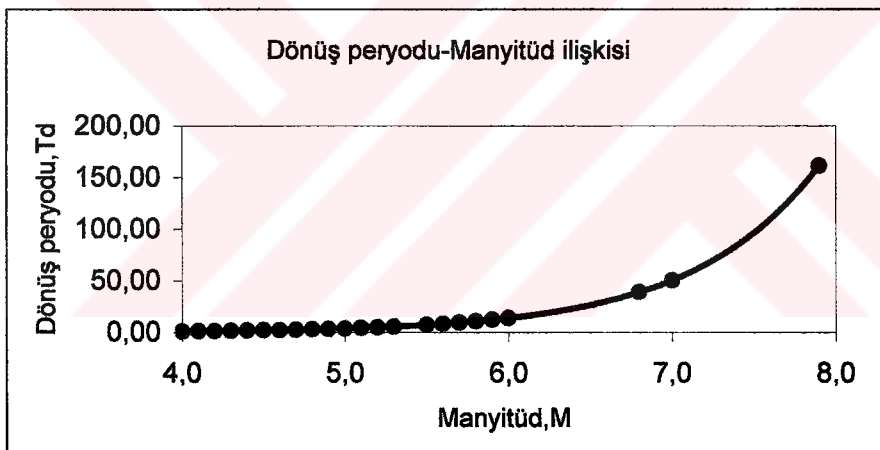
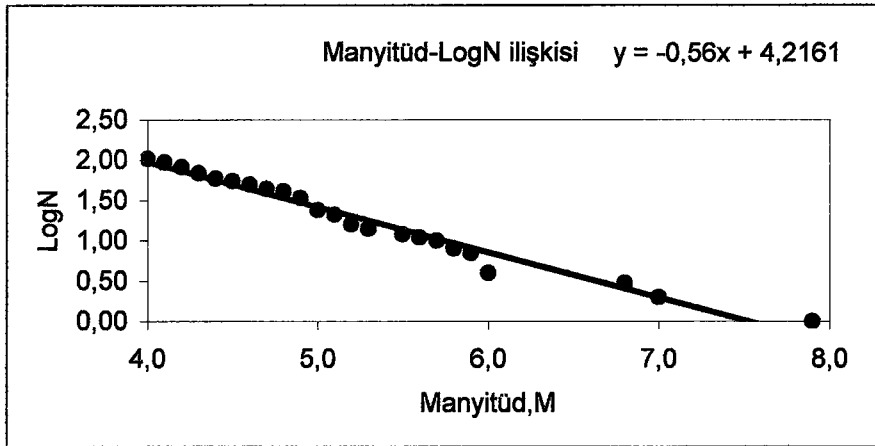
$$M_s = 1.13M_l - 1.08 \quad (5.3)$$

5.3 Sismik Analizler

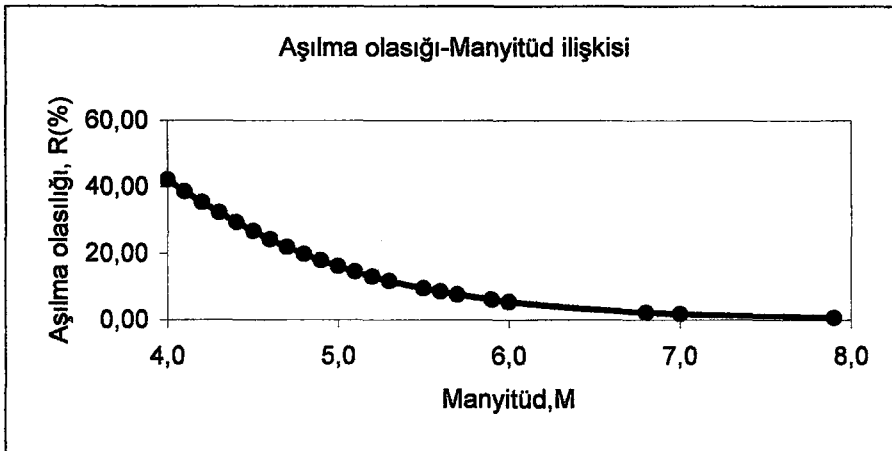
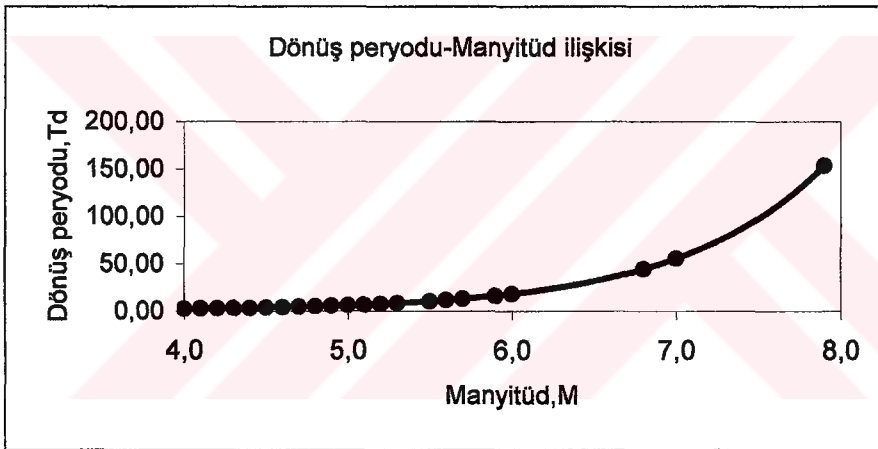
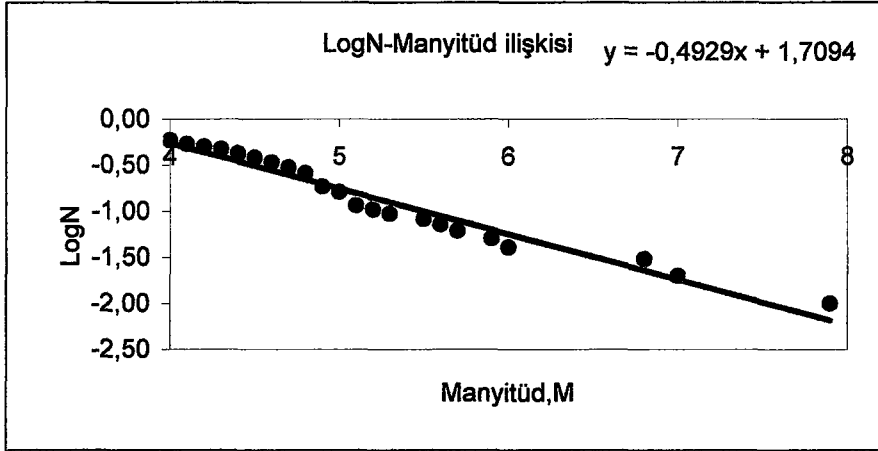
Demirözü Barajı sismik risk analizi iki ayrı yöntem ile yapılmıştır. Gutenberg-Richter yönteminde, olmuş bütün depremler esas alınırken, Gumbel yönteminde, her yılda meydana gelen en büyük deprem, deprem olmayan yıllarda ise bu çalışma için elde edilen katalogun da alt sınırı olan $M_s=4.0$ değerini esas alınmıştır.

Gutenberg-Richter yöntemine göre sismik tarihçe içinde oluşması muhtemel en büyük depremin büyüklüğü 7.5 ve bu büyüklükteki bir depremin tekrarlama periyodu 100 yıldır. 50 yıllık periyod için en büyük depremin büyüklüğü ise 7.0 olarak bulunmuştur. Gumbel yönteminde ise sismik tarihçe içinde oluşması muhtemel en büyük depremin büyüklüğü 7.5 ve bu büyüklükteki bir depremin tekrarlama periyodu 100 yıldır. 50 yıllık periyod için en büyük depremin büyüklüğü ise 6.9 olarak bulunmuştur. 7.5 büyüklüğündeki bir depremin 25, 50 ve 100 yıllık yapı ömrü içinde meydana gelme olasılıkları sırasıyla % 22.68, % 40.22 ve % 34.26 olarak bulunmuştur.

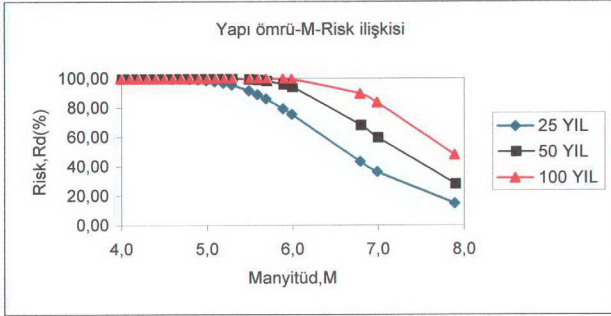
Her iki yöntem ile, Demirözü Barajı ve çevresi için yapılan tehlike analizinde elde edilen sonuçlar, Şekil 5.1, 5.2 ve 5.3'de sunulmaktadır.



Şekil 5.1 Demirözü Barajı ve Çevresinin Gutenberg-Richter Yöntemi İle Tehlike Analizi



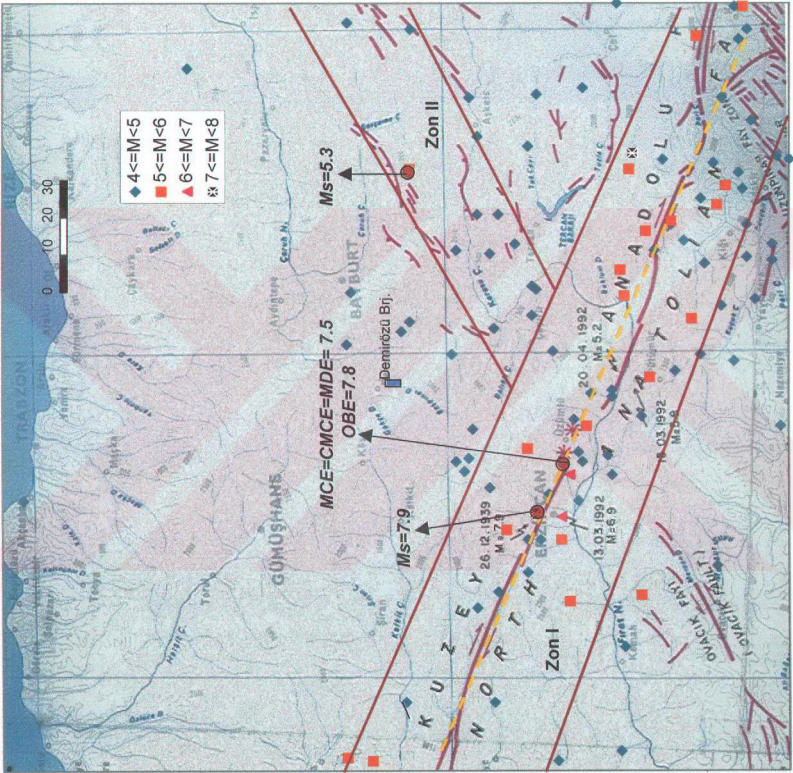
Şekil 5.2 Demirözü Barajı ve Çevresinin Gumbel Yöntemi İle Tehlike Analizi



Şekil 5.3 Gumbel Yöntemine Göre Demirözü Barajı ve Çevresi İçin
Yapı Ömrü-M-Risk İlişkisi

5.4 Karakteristik Sismik Parametrelerin Seçimi

Bölüm 5.2 de, baraj ve çevresinin deprenselliği incelenmiştir. Ancak bu şekilde istatistiksel analizler sonucunda elde edilen deprem büyüklüklerinin belirlenmesi yeterli değildir. Bununla birlikte ilgili depremlerin baraj aks yerinde yarattığı en büyük yer ivmesi değerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu amaçla bölgenin tektonik haritası üzerine oluşan depremler işaretlenerek ve Türkiye için önerilen sismik kaynak zonları dikkate alınarak (Erdik vd., 1985) bölgenin sismo – tektonik haritası oluşturulmuştur. Baraj ve çevresinde iki ayrı kaynak zonu oluşmaktadır. Birinci zon; Kuzey Anadolu Fayını ihtiva etmektedir ki, en büyük depremler bu zon içinde ortaya çıkmıştır. İkinci zon ise Kuzeydoğu-Güneybatı doğrultusuna sahip ilk zonun kuzeyinde kalan ZonII dir (Şekil 5.4). Bu zonlar içerisinde oluşan en büyük depremler dikkate alınarak deterministik yöntemle en büyük yer ivmesi hesaplanmıştır. Ayrıca bölgede karakteristik depremler tanımlanarak (MDE=7.5 ve OBE=7.8) ZonI için ivme hesapları yapılmıştır. Bu hesaplar sonucunda oluşan en büyük ivme değerleri çizelge 5.3 de sunulmaktadır. Değerlendirmede Bölüm 2.3 de esas anlatılan Gumbel (1981) ile Ambraseys (1995) ilişkileri kullanılmıştır. Bu şekilde elde edilen verilere bağlı olarak sıvılaşma analizi için en büyük yer ivmesi değeri 0.15g alınmıştır.



Şekil 5.4 Demirözü Barajı ve Çevresi Sismo-Tektonik Haritası

Çizelge 5.3 Demirözü Barajı Maksimum Yer İvmesi Analizi Sonuçları

Kaynak	Deprem Büyüklüğü		a_{maks} (g) Gumbel (1981)	a_{maks} (g) Ambraseys (1995)
	Ms	Ml		
Zon I	7.9	8.0	0.15	0.11
Zon II	5.3	5.6	0.02	0.01
MCE=CMCE=MDE	7.5	7.6	0.12	0.10
OBE	7.8	7.9	0.14	0.11

6. DEMİRÖZÜ BARAJI SIVILAŞMA ANALİZİ

Baraj temel zemini sıvılaştırma potansiyelinin detaylı analizine geçmeden önce, ön araştırma amaçlı olarak Iwasaki (1986) tarafından tane boyutu esasında tanımlanan yöntem değerlendirilmiştir. Detaylı Bölüm 3’de anlatılan bu yöntemde göre her bir lokasyon için yapılan değerlendirme Ek 2’de sunulmaktadır. Bu verilere göre, temel zeminin sıvılaştırma potansiyeli hakkında yorum yapma zorluğu ortaya çıkmaktadır. Bir başka ifadeyle ifade ile de yalnızca bu verilere bağlı olarak temel zeminin sıvılaştırma potansiyelini takdir etmek mümkün gözükmemektedir.

Detaylı sıvılaştırma analizi için SPT verilerine dayalı yöntemler kullanılmıştır. Detaylı Bölüm 3.1’de anlatılan iki ayrı yöntem esasında değerlendirme yapılmıştır. Her iki yöntemde kullanılan SPT verileriyle her bir yöntem için örtü basıncına göre düzeltilmiş verilere ait loglar Şekil 6.1 ,6.2, 6.3, 6.4 ve 6.5 de verilmektedir.

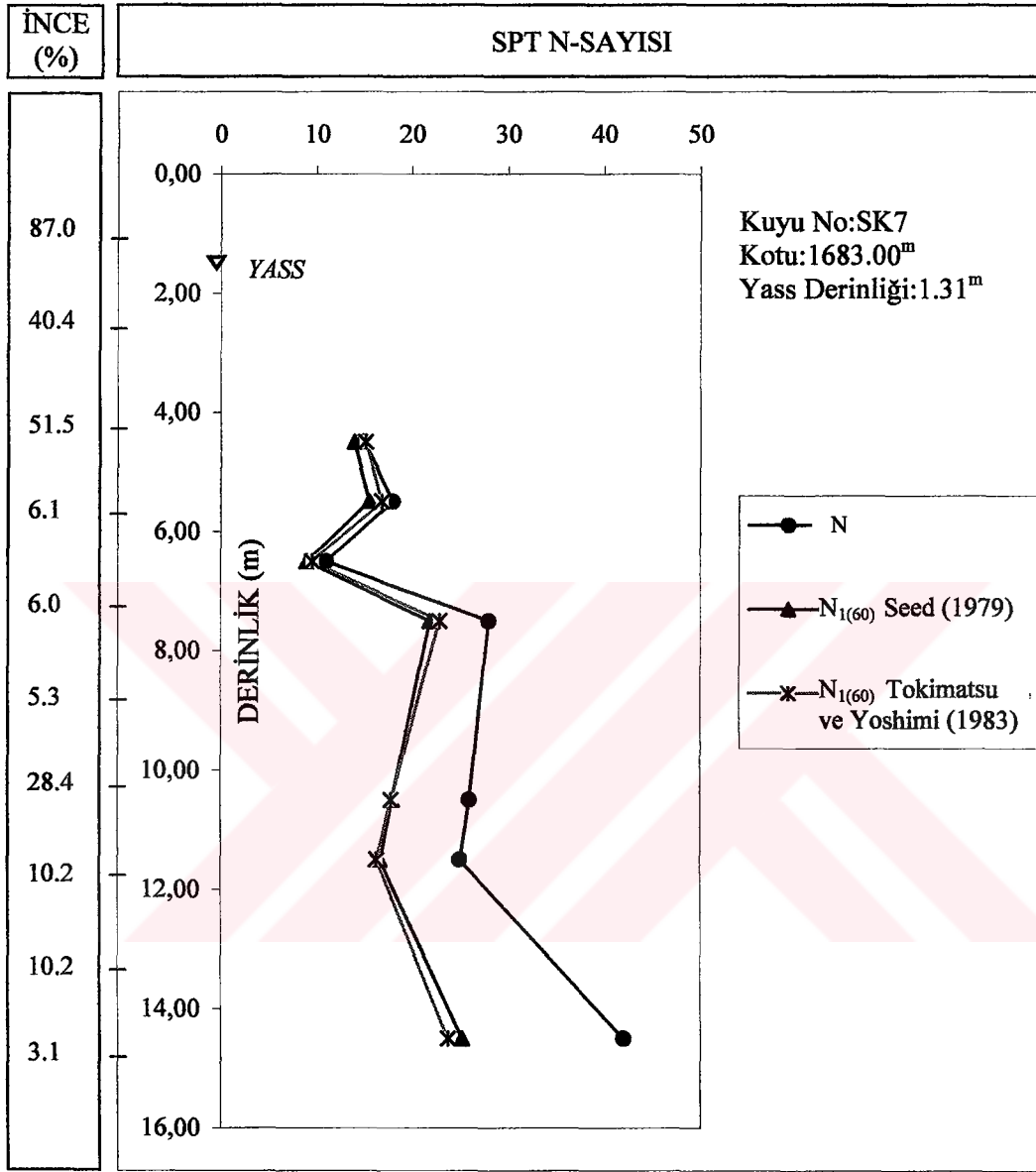
Analizler inşaat öncesi, inşaat sonu ve işletme hali için ayrı ayrı yapılmıştır. Her bir analiz 3 farklı ivme durumunda gerçekleştirilmiştir. Analizde temel zemini için doğal yoğunluk, su muhtevası ve özgül gravite değerleri sırası ile 1.89 Mg/m³, % 18.5 ve 2.65 alınmıştır. İnşaat sonu ve işletme hali için yapılan analizlerde ilgili kesitlerdeki dolgu seviyesi dikkate alınmış ve dolgunun doğal ve doygun yoğunlukları; sırası ile 1.80 ve 1.90 Mg/m³ seçilmiştir.

USBR (1989) yöntemine göre yapılan değerlendirme ; baraj yerine etkili olan en büyük üç ayrı yer ivmesi değeri dikkate alınarak yapılmıştır. Çizelge 6.1’de en kritik duruma (amaks=0.15g ve inşaat öncesi durum) ait veriler sunulmaktadır. Diğer veriler ise Ek 3’de verilmektedir. Bu değerlendirmede iki ayrı düzeltme faktörü ($K\alpha$ ve $K\sigma$) ile ilgili etkiler dikkate alınmamıştır (Tosun, 2002). Çizelgeden de görüleceği gibi değişik lokasyonlardaki bazı seviyelerde sıvılaştırma görülmektedir. Şekil 6.6a’da değişik lokasyonlar için ince malzeme miktarları ile düzeltilmiş N-darbe sayısı değerine bağlı

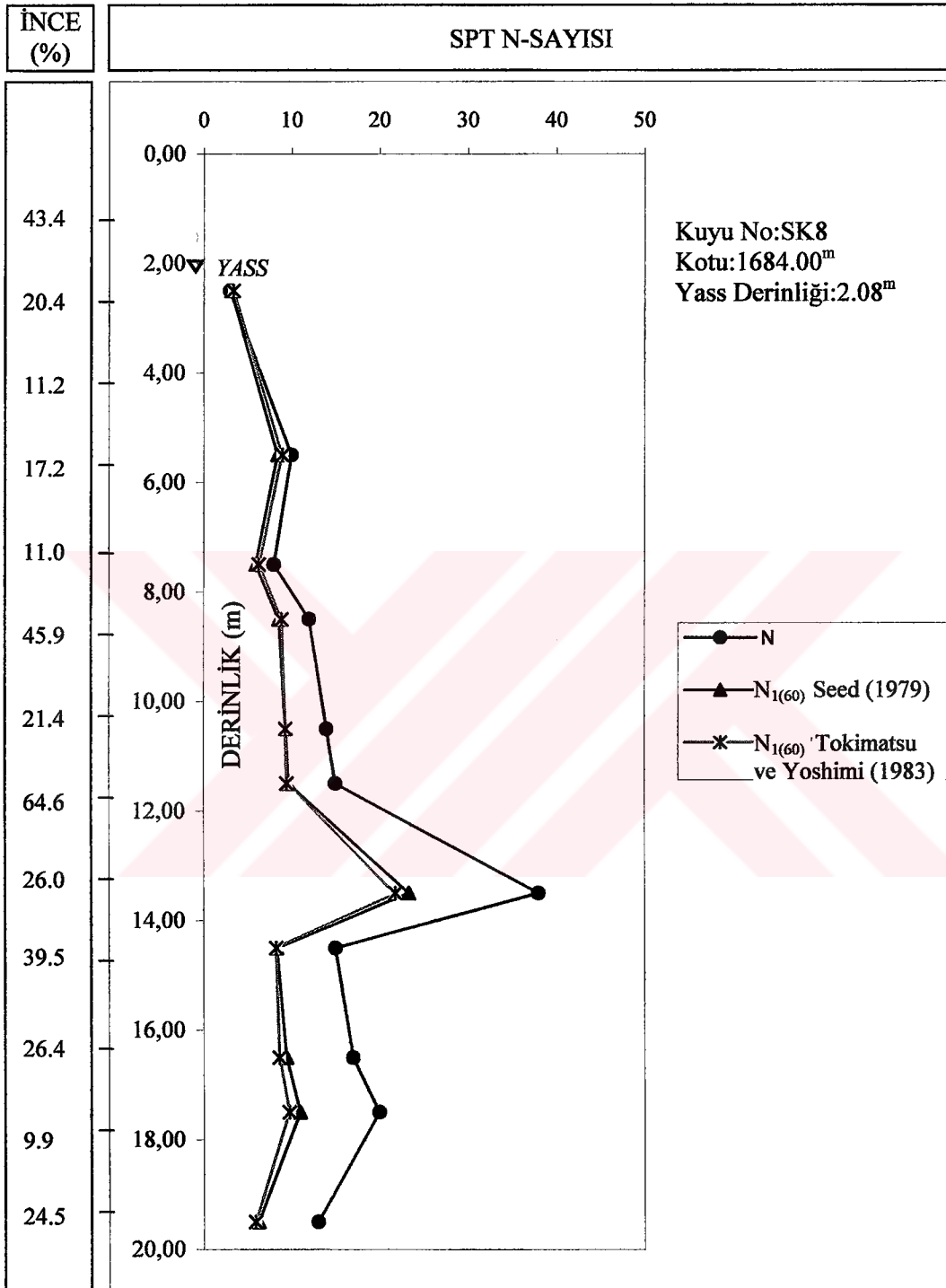
olarak gerilme oranları sunulmaktadır. Şekil 6.6b’de ise güvenlik sayısı-derinlik ilişkisi aktarılmıştır.

Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yaklaşımına göre yapılan değerlendirme; Çizelge 6.2’de verilmektedir. Burada direkt güvenlik sayısı kavramı verilmektedir. Güvenlik sayısı 1.0’dan küçük ise zemin; “sıvılaşan zemin”, 1.2’den büyük ise “sıvılaşmayan zemin” ve 1.0-1.2 arasında ise “sıvılaşma potansiyeli olan zemin” tanımlaması yapılmaktadır ve buna göre de sıvılaşma hali sırasıyla “L”, “NL” ve “ML” olarak tanımlanmaktadır. İlgili yönleme ait veriler Şekil 6.7’de sunulmaktadır.

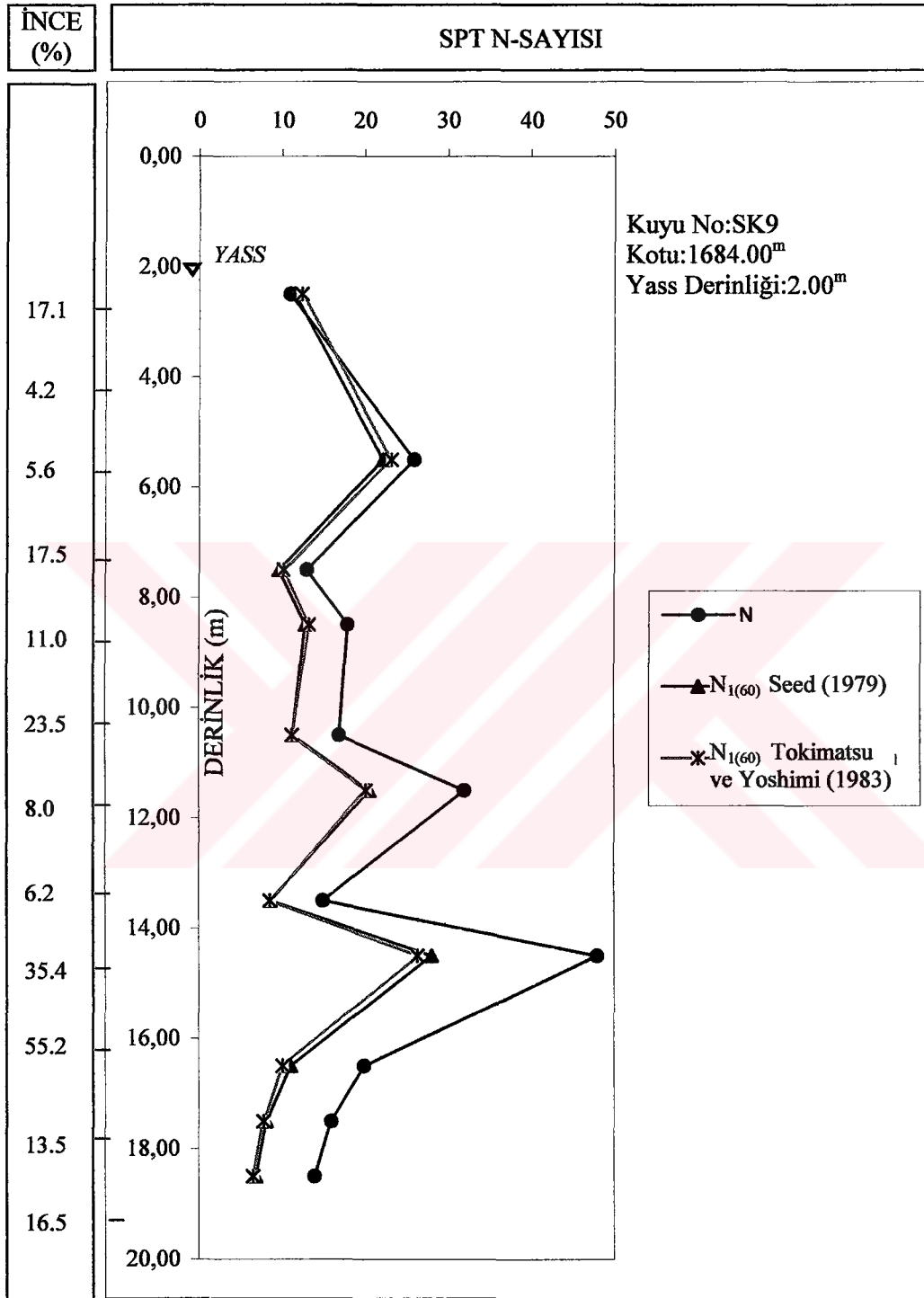
Bu analizler sonucunda sıvılaşacak zeminlerin derinlikle değişimi ilişkilendirilerek bir kesit oluşturulmuştur. Bu ilişki Şekil 6.8’de sunulmaktadır. Buradan da görüleceği gibi ilgili kesitte inşaat öncesi durum için yüzeyden ortalama 10 m. derinlikte sıvılaşabilir zemin mevcuttur. Ancak aynı kesit diğer iki durum için oluşturulursa ilgili sıvılaşabilir zonunun oluşmadığı veya sınırlı derinlikte olduğu görülür. Bu durum dolgu barajlardaki temel zeminin sıvılaşma durumunda en kritik yerinin topuk bölgesi olduğu göstermektedir.



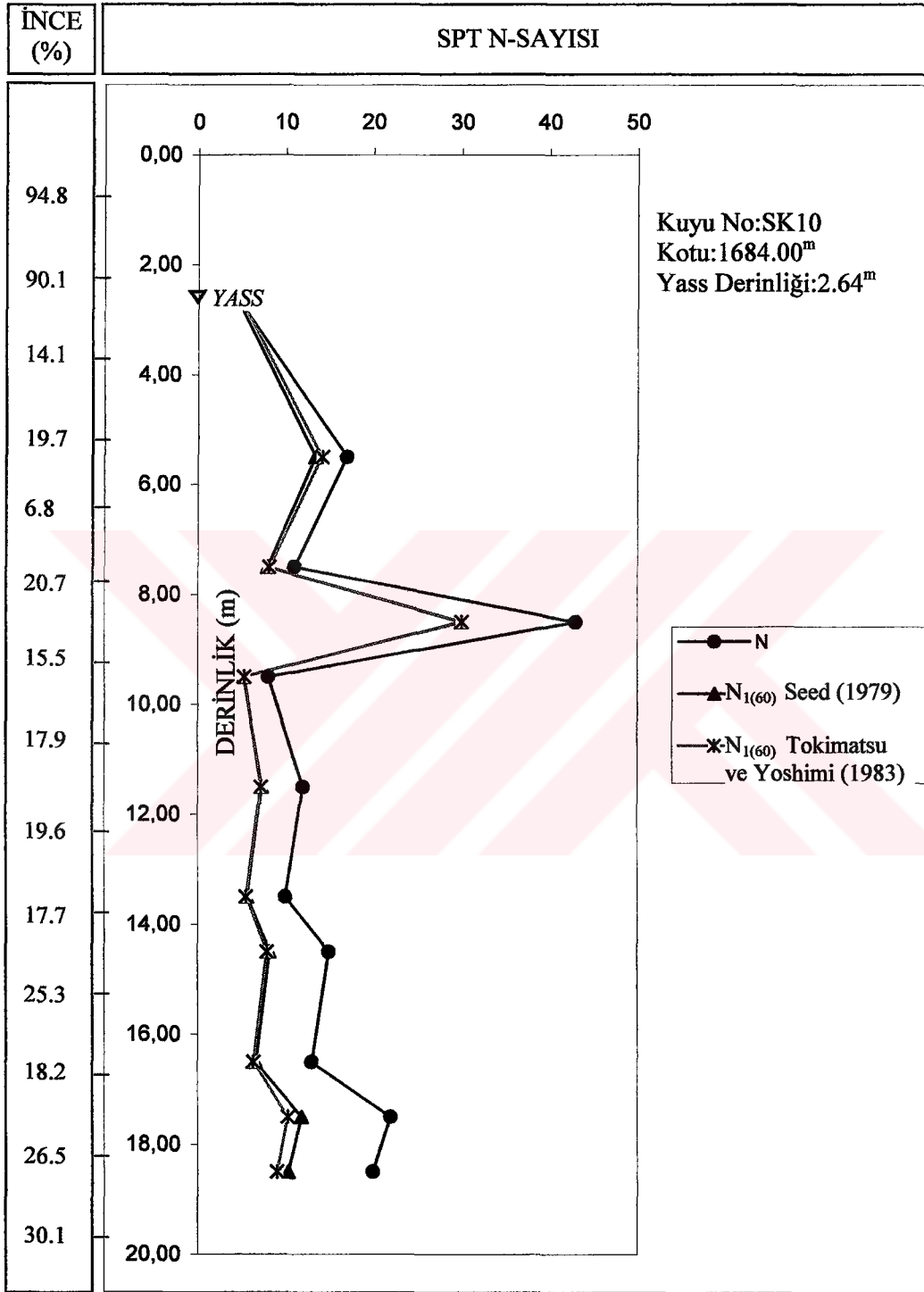
Şekil 6.1 SK7 Kuyusuna Ait Ham ve Düzeltmiş N-Darbe Sayılarının Derinlikle Değişimi



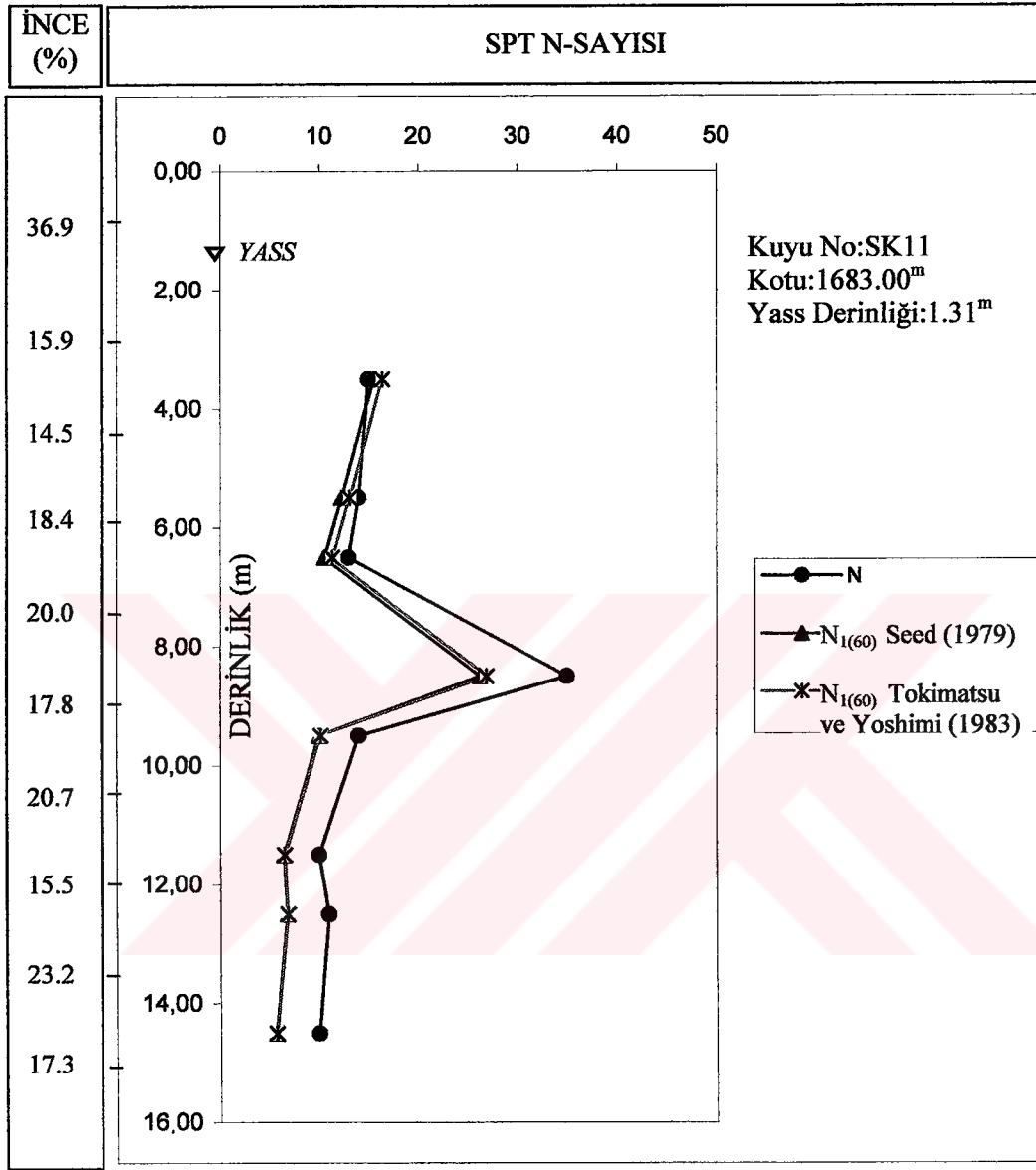
Şekil 6.2 SK8 Kuyusuna Ait Ham ve Düzeltmiş N-Darbe Sayılarının Derinlikle Değişimi



Şekil 6.3 SK9 Kuyusuna Ait Ham ve Düzeltmiş N-Darbe Sayılarının Derinlikle Değişimi



Şekil 6.4 SK10 Kuyusuna Ait Ham ve Düzeltmiş N-Darbe Sayılarının Derinlikle Değişimi



Şekil 6.5 SK11 Kuyusuna Ait Ham ve Düzeltilmiş N-Darbe Sayılarının Derinlikle Değişimi

Çizelge 6.1 USBR (1989) Esasına Göre Sıvılaşma Analizi ($a_{maks}=0.15$ g ve İnşaat Öncesi Durum)

Kuyu No	Derinlik(m)	Zemin tipi	İnce(%)	σ'_v	N	Dr(%)	CN		E_R	$N_{1(60)}=N_A$	τ_{sv}	τ_{sv}/σ'_v	N_R	EVET HAYIR
							Seed(1979)	N_R						
SK7	4.50	SM-ML	51.50	55.27	15	76	1.24	0.75	13.95	8.17	0.15	---	---	
	5.50	SW-SM	6.10	64.98	18	80	1.15	0.75	15.53	9.97	0.15	13.33	HAYIR	
	6.50	SP-SC	6.00	74.69	11	63	1.09	0.75	8.99	11.71	0.16	14.07	EVET	
	7.50	SP-SC	6.00	84.40	28	88	1.04	0.75	21.84	13.41	0.16	14.07	HAYIR	
	10.50	SM	28.40	113.54	26	82	0.92	0.75	17.94	17.87	0.16	8.70	HAYIR	
	11.50	GP-GM	10.20	123.25	25	79	0.89	0.75	16.69	19.06	0.15	11.30	HAYIR	
	14.50	GC	3.10	152.39	42	90	0.80	0.75	25.20	21.43	0.14	12.59	HAYIR	
SK8	2.50	GM	20.40	42.67	3	40	1.40	0.75	3.15	4.51	0.11	5.19	EVET	
	5.50	GM	17.20	71.81	10	60	1.12	0.75	8.40	9.90	0.14	8.15	HAYIR	
	7.50	GP-GM	11.00	91.23	8	50	0.99	0.75	5.94	13.35	0.15	11.11	EVET	
	8.50	SM-MH	45.90	100.94	12	59	0.95	0.75	8.55	14.83	0.15	---	---	
	10.50	GM	21.40	120.37	14	61	0.89	0.75	9.35	17.81	0.15	8.70	HAYIR	
	11.50	ML	64.60	130.08	15	62	0.86	0.75	9.68	19.00	0.15	---	---	
	13.50	SC	26.00	149.50	38	88	0.82	0.75	23.37	20.91	0.14	7.03	HAYIR	
	14.50	SC	39.50	159.22	15	58	0.74	0.75	8.33	21.37	0.13	---	---	
	16.50	SC-GC	26.40	178.64	17	60	0.74	0.75	9.44	22.97	0.13	6.11	HAYIR	
	17.50	SP-SM	9.90	188.35	20	62	0.73	0.75	10.95	23.44	0.12	8.81	HAYIR	
19.50	SM-GM	24.50	207.78	13	51	0.64	0.75	6.24	24.07	0.12	5.56	HAYIR		
SK9	2.50	GC-SC	17.10	41.99	11	68	1.40	0.75	11.55	4.52	0.11	5.56	HAYIR	
	5.50	GP-GM	5.60	71.12	26	89	1.14	0.75	22.23	9.91	0.14	12.41	HAYIR	
	7.50	GM	17.50	90.55	13	63	0.99	0.75	9.65	13.36	0.15	9.07	HAYIR	
	8.50	GP-GM	11.00	100.26	18	70	0.95	0.75	12.83	14.84	0.15	11.11	HAYIR	
	10.50	GM	23.50	119.68	17	65	0.89	0.75	11.35	17.82	0.15	8.33	HAYIR	
	11.50	GP-GM	8.00	129.39	32	84	0.86	0.75	20.64	19.01	0.15	12.41	HAYIR	
	13.50	GP-GM	6.20	148.82	15	59	0.77	0.75	8.66	20.92	0.14	12.11	EVET	
	14.50	GM	35.40	158.53	48	>90	0.78	0.75	28.08	21.38	0.13	---	---	
	16.50	NP	55.20	177.95	20	63	0.74	0.75	11.10	22.98	0.13	---	---	
	17.50	GM	13.50	187.67	16	57	0.68	0.75	8.16	23.45	0.12	7.41	HAYIR	
18.50	GM	13.50	197.38	14	53	0.66	0.75	6.93	23.75	0.12	7.41	EVET		

Çizelge 6.1- Devamı

Kuyu No	Derinlik(m)	Zemin tipi	İnce(%)	σ'_v (kPa)	N	Dr(%)	CN		$N_{1(60)}=N_A$	τ_{av}	τ_{av}/σ'_v	N_R	EVET HAYIR	
							Seed(1979)	E_R						
SK10	2.50	GC	14.10	46.35	4	43	1.36	0.75	4.08	4.46	0.10	5.19	EVET	
	5.50	GP-GM	6.80	76.72	17	73	1.05	0.75	13.39	9.85	0.13	11.10	HAYIR	
	7.50	GC-SC	20.70	96.15	11	59	0.96	0.75	7.92	13.29	0.14	7.78	HAYIR	
	8.50	GC-GM	15.50	105.86	43	>90	0.93	0.75	29.99	14.78	0.14	8.33	HAYIR	
	9.50	GC-GM	15.50	115.57	8	45	0.87	0.75	5.22	16.33	0.14	8.33	EVET	
	11.50	SC-GC	17.90	135.00	12	55	0.81	0.75	7.29	18.95	0.14	8.15	EVET	
	13.50	GM-SM	17.70	154.42	10	49	0.75	0.75	5.63	20.86	0.14	8.15	EVET	
	14.50	GM-SM	17.70	164.13	15	56	0.73	0.75	8.21	21.33	0.13	7.26	HAYIR	
	16.50	GC	18.20	183.55	13	52	0.68	0.75	6.63	22.93	0.12	6.48	HAYIR	
	17.50	GC	18.20	193.27	22	63	0.72	0.75	11.88	23.40	0.12	6.48	HAYIR	
	18.50	GC-SC	26.50	202.98	20	61	0.69	0.75	10.35	23.70	0.12	5.19	HAYIR	
	SK11	3.50	GC-GM	14.50	45.56	15	78	1.38	0.75	15.53	6.35	0.14	8.80	HAYIR
		5.50	GC	18.40	64.98	14	71	1.17	0.75	12.29	9.97	0.15	8.89	HAYIR
		6.50	GC	18.40	74.69	13	67	1.08	0.75	10.53	11.71	0.16	9.44	HAYIR
8.50		SC	17.80	94.11	35	>90	1.00	0.75	26.25	14.90	0.16	10.00	HAYIR	
9.50		GC-SC	20.70	103.82	14	64	0.95	0.75	9.98	16.45	0.16	9.44	HAYIR	
11.50		GM-SM	15.50	123.25	10	53	0.86	0.75	6.45	19.06	0.15	9.19	EVET	
12.50		SM-GM	23.20	132.95	11	54	0.82	0.75	6.77	19.97	0.15	8.22	EVET	
14.50		GM	17.30	152.39	10	50	0.75	0.75	5.63	21.43	0.14	8.15	EVET	

Çizelge 6.2 Tokimatsu ve Yoshimi (1983) Esasına Göre Sıvılaşma Analizi (İnşaat Öncesi Durum)

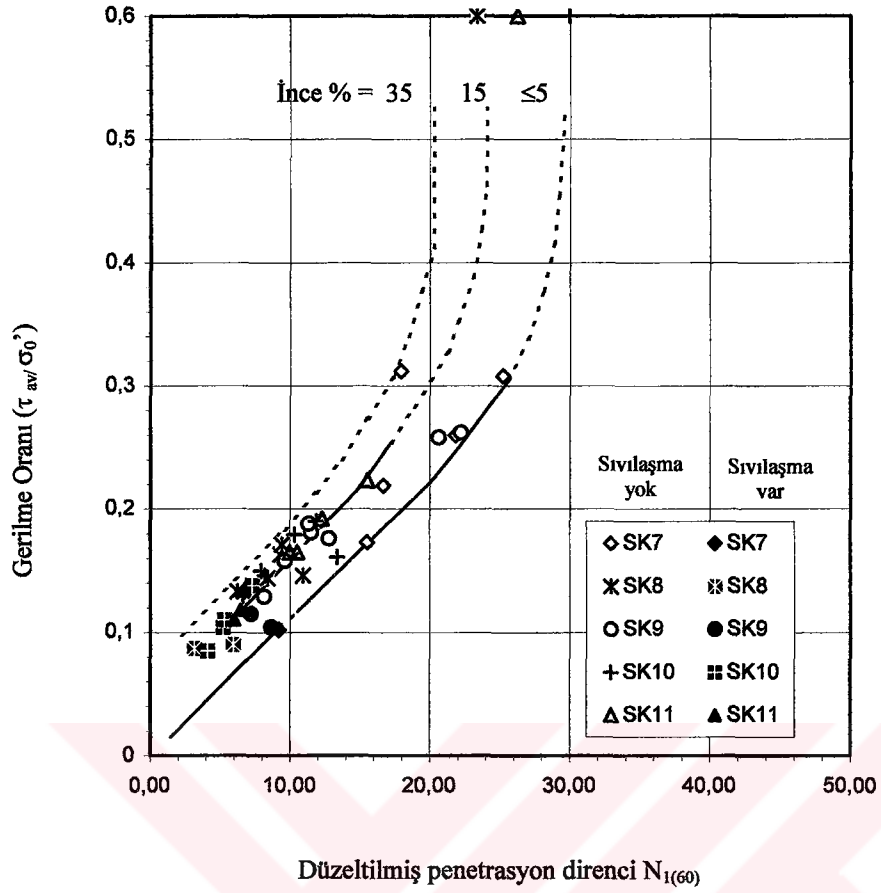
Kuyu No	Derinlik(m)	Zemin tipi	İnce(%)	N ₁₍₆₀₎	ΔN _F	τ _L /σ _{0'}	τ _d /σ _{0'}	a _{maks} =0.12g			a _{maks} =0.14g			a _{maks} =0.15g				
								FL	SIVILAŞMA	τ _d /σ _{0'}	FL	SIVILAŞMA	τ _d /σ _{0'}	FL	SIVILAŞMA	τ _d /σ _{0'}		
SK7	4.50	SM-ML	51.50	11.35	9.15	0.213	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
	5.50	SW-SM	6.10	12.63	1.10	0.154	0.117	1.32	NL	0.143	1.08	ML	0.155	0.99	L	0.155	L	
	6.50	SP-SC	6.00	7.20	1.00	0.118	0.118	1.00	ML	0.144	0.82	L	0.157	0.75	L	0.157	L	
	7.50	SP-SC	6.00	17.16	1.00	0.187	0.119	1.57	NL	0.145	1.29	NL	0.158	1.18	ML	0.158	ML	
	10.50	SM	28.40	13.39	6.84	0.209	0.118	1.77	NL	0.144	1.45	NL	0.156	1.34	NL	0.156	NL	
	11.50	GP-GM	10.20	12.22	5.02	0.179	0.117	1.53	NL	0.143	1.25	NL	0.155	1.15	ML	0.155	ML	
	14.50	GC	3.10	17.82	0.00	0.184	0.113	1.63	NL	0.138	1.33	NL	0.150	1.23	NL	0.150	NL	
SK8	2.50	GM	20.40	2.53	6.04	0.120	0.082	1.46	NL	0.100	1.20	ML	0.109	1.10	ML	0.109	ML	
	5.50	GM	17.20	6.68	5.72	0.145	0.105	1.38	NL	0.128	1.13	ML	0.139	1.04	ML	0.139	ML	
	7.50	GP-GM	11.00	4.69	5.10	0.129	0.110	1.17	ML	0.134	0.96	L	0.145	0.89	L	0.145	L	
	8.50	SM-MH	45.90	6.64	8.59	0.164	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	10.50	GM	21.40	6.95	6.14	0.150	0.111	1.35	NL	0.135	1.11	ML	0.147	1.02	ML	0.147	ML	
	11.50	ML	64.60	7.08	10.46	0.181	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	13.50	SC	26.00	16.34	6.60	0.257	0.109	2.36	NL	0.133	1.93	NL	0.144	1.78	NL	0.144	NL	
	14.50	SC	39.50	6.17	7.95	0.156	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	16.50	SC-GC	26.40	6.45	6.64	0.150	0.105	1.43	NL	0.128	1.17	ML	0.140	1.07	ML	0.140	ML	
	17.50	SP-SM	9.90	7.30	4.90	0.144	0.104	1.38	NL	0.127	1.13	ML	0.138	1.04	ML	0.138	ML	
19.50	SM-GM	24.50	4.41	6.45	0.136	0.101	1.35	NL	0.123	1.11	ML	0.133	1.02	ML	0.133	ML		

Çizelge 6.2- Devamı

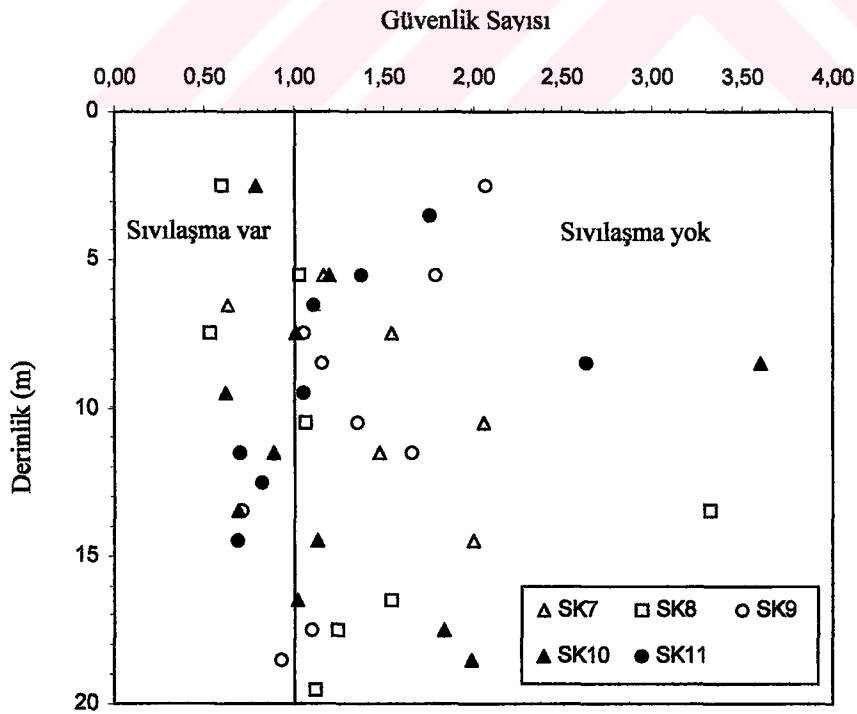
Kuyu No	Derinlik(m)	Zemin tipi	İnce(%)	$N_{I(80)}$	ΔN_F	τ_L/σ'_v	τ_d/σ'_v	$a_{maks}=0.12g$			$a_{maks}=0.14g$			$a_{maks}=0.15g$		
								FL	SIVILAŞMA	τ_d/σ'_v	FL	SIVILAŞMA	τ_d/σ'_v	FL	SIVILAŞMA	τ_d/σ'_v
SK9	2.50	GC-SC	17.10	9.33	5.71	0.162	0.084	1.93	NL	0.102	1.59	NL	0.111	1.46	NL	
	5.50	GP-GM	5.60	17.45	0.60	0.186	0.106	1.75	NL	0.130	1.43	NL	0.141	1.32	NL	
	7.50	GM	17.50	7.66	5.75	0.152	0.110	1.38	NL	0.135	1.13	ML	0.147	1.03	ML	
	8.50	GP-GM	11.00	10.00	5.10	0.163	0.111	1.47	NL	0.136	1.20	ML	0.148	1.10	ML	
	10.50	GM	23.50	8.47	6.35	0.161	0.112	1.44	NL	0.136	1.18	ML	0.148	1.09	ML	
	11.50	GP-GM	8.00	15.16	3.00	0.187	0.111	1.68	NL	0.136	1.38	NL	0.147	1.27	NL	
	13.50	GP-GM	6.20	6.47	1.20	0.114	0.109	1.05	ML	0.133	0.86	L	0.145	0.79	L	
	14.50	GM	35.40	19.82	7.54	0.421	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
	16.50	NP	55.20	7.61	9.52	0.178	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
	17.50	GM	13.50	5.86	5.35	0.138	0.104	1.33	NL	0.127	1.09	ML	0.138	1.00	ML	
SK10	2.50	GC	14.10	3.26	5.41	0.121	0.075	1.61	NL	0.092	1.32	NL	0.100	1.21	NL	
	5.50	GP-GM	6.80	10.97	1.80	0.148	0.098	1.51	NL	0.119	1.24	NL	0.130	1.14	ML	
	7.50	GC-SC	20.70	6.26	6.07	0.145	0.104	1.39	NL	0.126	1.15	ML	0.137	1.05	ML	
	8.50	GC-GM	15.50	23.11	5.55	0.506	0.105	4.82	NL	0.128	3.95	NL	0.139	3.64	NL	
	9.50	GC-GM	15.50	4.07	5.55	0.127	0.106	1.20	ML	0.129	0.98	L	0.140	0.91	L	
	11.50	SC-GC	17.90	5.53	5.79	0.138	0.106	1.30	NL	0.129	1.07	ML	0.141	0.98	L	
	13.50	GM-SM	17.70	4.20	5.77	0.130	0.105	1.24	NL	0.128	1.02	ML	0.139	0.94	L	
	14.50	GM-SM	17.70	6.04	5.77	0.142	0.104	1.37	NL	0.127	1.12	ML	0.138	1.03	ML	
	16.50	GC	18.20	4.83	5.82	0.134	0.102	1.31	NL	0.125	1.07	ML	0.136	0.99	L	
	17.50	GC	18.20	7.88	5.82	0.154	0.101	1.52	NL	0.123	1.25	NL	0.134	1.15	ML	
18.50	GC-SC	26.50	6.91	6.65	0.153	0.100	1.53	NL	0.122	1.25	NL	0.132	1.16	ML		

Çizelge 6.2- Devamı

Kuyu No	Derinlik(m)	Zemin tipi	İnce(%)	$N_{1(80)}$	ΔN_f	$a_{maks}=0.12g$			$a_{maks}=0.14g$			$a_{maks}=0.15g$			
						τ_d/σ'_v	τ_d/σ'_v	FL	τ_d/σ'_v	FL	SIVILAŞMA	τ_d/σ'_v	FL	SIVILAŞMA	τ_d/σ'_v
SK11	3.50	GC-GM	14.50	12.32	5.45	0.183	0.109	1.68	NL	0.133	1.38	NL	0.144	1.27	NL
	5.50	GC	18.40	9.83	5.84	0.167	0.117	1.43	NL	0.143	1.17	ML	0.155	1.08	ML
	6.50	GC	18.40	8.51	5.84	0.158	0.118	1.34	NL	0.144	1.10	ML	0.157	1.00	ML
	8.50	SC	17.80	20.17	5.78	0.352	0.119	2.96	NL	0.145	2.43	NL	0.158	2.23	NL
	9.50	GC-SC	20.70	7.61	6.07	0.153	0.119	1.29	NL	0.145	1.06	ML	0.157	0.97	L
	11.50	GM-SM	15.50	4.89	5.55	0.133	0.117	1.14	ML	0.143	0.93	L	0.155	0.86	L
	12.50	SM-GM	23.20	5.12	6.32	0.139	0.116	1.20	ML	0.141	0.99	L	0.154	0.90	L
	14.50	GM	17.30	4.24	5.73	0.130	0.113	1.15	ML	0.138	0.94	L	0.150	0.87	L

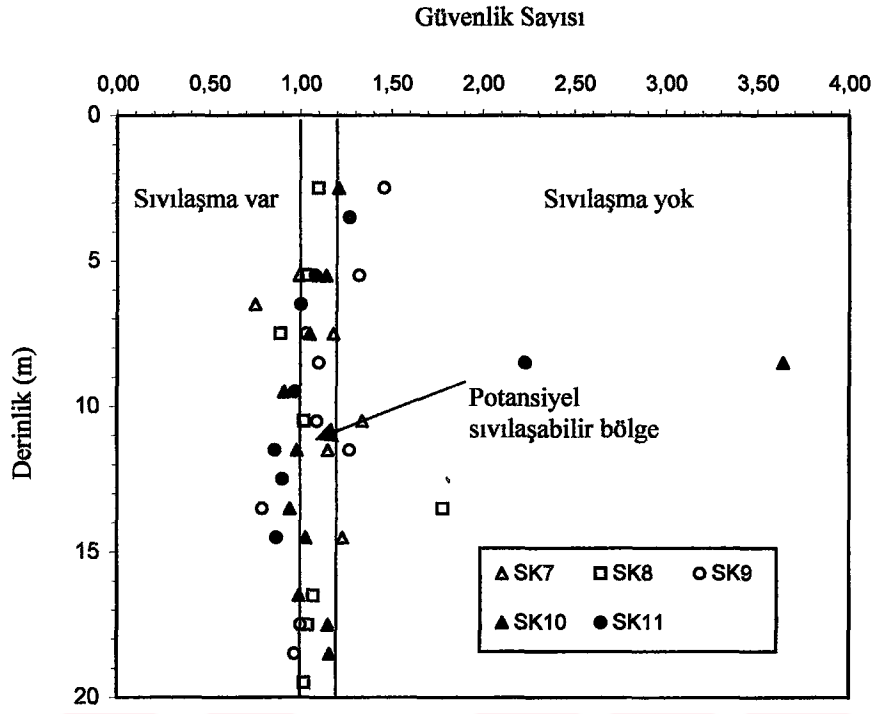


(a)



(b)

Şekil 6.6 USBR (1989)Yöntemine Göre Numunelerin Sıvılaşabilirliği
 (a) Düzeltilmiş N-Darbe Direnci- İnce Malzeme Miktarı İlişkisi
 (b) Derinlik-Güvenlik Sayısı İlişkisi



Şekil 6.7 Tokimatsu ve Yoshimi (1983)Yöntemine Göre Derinlik-Güvenlik Sayısı İlişkisi

7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada toprak dolgu barajların temel zemininde sıvılaşma problemi incelenmiş ve baraj yeri sismik verileri değerlendirilerek bir baraj yeri için farklı yöntemlerle risk analizi yapılmış ve sıvılaşma analizi gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma sonucunda aşağıda özetlenen sonuç ve önerilere ulaşılmıştır.

- Baraj yeri sıvılaşma analizi için fiziksel özelliklere dayalı değerlendirme yöntemlerinin kullanılması uygun değildir. Doğal su muhtevası, likit limit arasındaki ilişki ve sınır plastisite indisi değerleri, ayrıca tane dağılımına bağlı sınırlar bir ön değerlendirme için kullanılabilir, detaylı sıvılaşma analizi yöntemlerine alternatif değildir.
- Baraj yeri sismik risk analizi için önerilen yaklaşımlardan Gumbel ve Gutenberg-Richter yöntemi farklı sınırlamalara bağlı olmasına rağmen benzer sonuçlar elde edilmiştir.
- Deterministik değerlendirmede, sismik kaynak sınırları uygun ve doğru seçilmelidir. Bazen yakın ancak küçük depremler üreten bir kaynak zonu, daha yüksek en büyük yer ivmesi değerleri yaratabilmektedir.
- USBR yaklaşımı (1989) ile yapılan sıvılaşma analizi çok tutucu sonuçlar sunmaktadır. Çünkü tek bir sınır güvenlik sayısına göre temel zeminin sıvılaşp sıvılaşmayacağına karar verilmektedir. Oysaki Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yaklaşımı; güvenlik sayısının 1.0 ile 1.2 arası olduğu durum için bir geçiş bölgesi önerilmektedir ve bu bölge içinde yer alan zeminler için "sıvılaşma potansiyeli olan" tanımını yapmaktadır. Barajlar; büyük yapılardır ve sonucunda oluşabilecek hasar ve göçmelerin telafisi mümkün gözükmemektedir. Bu nedenle; baraj yapılarına ait temel zemini için yapılacak sıvılaşma analizinde USBR yaklaşımının kullanılması uygun olacaktır.

– Bu çalışma sonucunda görülmüştür ki; baraj yerinde sıvılaşma yönünden en kritik durum; inşaat öncesi temel zemininin sahip olduğu durumdur. Artan dolgu yükleri altında, temel zemini efektif gerilme ile yüklendiğinden, sıvılaşmaya güvenliği artmaktadır. Bu nedendir ki; toprak dolgu barajların memba ve mansap topukları; kritik bölgeleri oluşturmaktadır. Deprem sırasında bu bölgede oluşacak sıvılaşma, yapının genel stabilitesini de etkileyecek ve yapıda hasar ve göçmelere neden olabilecektir (Tosun vd., 1999).

– Sıvılaşma potansiyeli olan barajlarda iyileştirme yöntemleri, topuk bölgesinde ve önündeki zeminde uygulanmalıdır. Bu tez kapsamında, örnek bir uygulama olarak değerlendirilen Demirözü Baraj yerinde de bu yönde önlemler alınması uygun olur. Ancak değerlendirme için dinamik laboratuvar verilerine de bağlı analizin yapılması ve bu sonuçların karşılaştırmalı analizine bağlı olarak önlemlerin kesinleştirilmesi uygun olur.

KAYNAKLAR

Ambraseys, N.N., 1995, Prediction of Earthquake Peak Ground Acceleration in Europe: Earthquake Engineering and Structural Dynamics, V.24, 467-490.

Bağcı, G., 1990, Batı Anadolu Deprem Riskinin İncelenmesi, Deprem Araştırma Bülteni, Ankara, Sayı: 68, s:96-111.

Çetin, K. Ö., 2002, Zemin Sıvılaşması ve Sismik Zemin Davranışı, 4. Kıyı Mühendisliği Ulusal Sempozyumu, Bildiriler Kitabı, Antalya, 1. Cilt, s:19-54 .

DSİ, 1992, Çayırözü-Aydıntepe Projesi Demirözü Barajı Mühendislik Jeolojisi Raporu.

Erdik, M., Doyuran, V., Gülkan, P., Akkaş, N.,1985, Türkiye’de Deprem Tehlikesinin İstatistiki Açından Değerlendirilmesi, ODTU Deprem Mühendisliği Araştırma Merkezi, s:116.

Ezen, Ü., 1981, Kuzey Anadolu Fay Zonunda Deprem-Kaynak Parametrelerinin Magnitüdle İlişkisi, Deprem Araştırma Enstitüsü Bülteni, Ankara, Sayı :32, s: 53-77.

ICOLD, 1989, Selecting Seismic Parameters for Large Dams- Guidelines and Recommendations: ICOLD Committee on Seismic Aspects of Dams Design, Bulletin 72.

Iwasaki, T., 1986, Soil Liquefaction Studies in Japan, State-of-Art: Soil Dynamics and Earthquake Engineering, V.5, N.1.

Joyner, W.B. and Boore, D.M., 1981, Peak Horizontal Acceleration and Velocity from Strong-Motion Records Including Records from 1979 Imperial Valley, California Earthquake: Bulletin of Seismological Society of Amerika, V.71, N.6, 2011-2038.

Kalafat, D., 2002, Sismik Ağlarda Deprem Büyüklüklerinin Ampirik Olarak İlişkilendirilmesi: Aktif Tektonik Araştırma Grubu ATAG-6 (MTA Genel Müdürlüğü, 21-22 Kasım 2002) Bildiri Özetleri Kitabı, Ankara, s: 105-108.

Kayabağlı, K., 1996, Soil Liquefaction Evaluation Using Shear Wave Velocity. *Engineering Geology* 44, 121-127.

Seed, H.B., 1979, Soil Liquefaction and Cyclic Mobility Evaluation for Level Ground During Earthquakes: *J. Geotech Eng. Div. ASCE*, 105(2), 201-225.

Seed, H.B., Tokimatsu K., Harder, L.F., Chung, R.M., 1984, The Influence of SPT Procedures in Soil Liquefaction Resistance Evaluations: *Journal of Geotechnical Engineering*, Vol.III, N.12, 1425-1445.

Seed, H.B, and DeAlba, P., 1986, Use of SPT and CPT Tests for Evaluating the Liquefaction Resistance of Sands: *Use of In-situ Tests in Geotechnical Engineering*, ASCE Geotech Spec. Publ. 6, 281-302.

Skempton, A.W, 1986, Standart Penetration Test Procedures and Effects in Sands of Overburden Pressure, Relative Density, Particle Size, Ageing and Overconsolidation: *Geotechnique*, 36(3), 425-447.

Sivrikaya, O., Toğrol, E., 2002, Standart Penetrasyon Deneyinin Türkiye'deki Uygulaması, *Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği Dokuzuncu Ulusal Kongresi*, 21-22 Ekim, Eskişehir, Cilt I, s: 158-167.

Terzaghi, K., and Peck, R.B., 1967, *Soil Mechanics in Engineering Practise* (2 ed), New York, John Wiley, 7259 p.

Tezcan, S., Acar, Y., Çivi, A., 1979, İstanbul İçin Deprem Riski Analizi, *Deprem Araştırma Enstitüsü Bülteni*, Ankara, Sayı:26, s: 5-34.

Tokimatsu, K., and Yoshimi, Y., 1983, Empirical Correlation of Soil Liquefaction Based On SPT N-Value and Fines Content, *Soils and Foundations*, 23(4), p: 56-74.

Tosun, H., and Ulusay, R., 1997, Engineering Geological Characterization and Evaluation of Liquefaction Susceptibility of Foundation Soils at a Dam Site Southwest Turkey: *Environmental and Engineering Geoscience*, Vol.III, No.3, pp:389-409.

Tosun, H., Zorluer, İ., Savaş, H., Taşkiran, Ö., Demirkol, H., ve Kar, A., 1999, Temel Sorunlarından Oluşan Baraj Göçmeleri, *Osmangazi Üniversitesi, Geoteknik Yayınları Serisi:99/1*, 95s.

Tosun, H., 2002, Dolgu Baraj Depremselliği ve Tasarım Esasları, *DSİ Genel Müdürlüğü*, Ankara, s: 208.

Ulusay, R., Aydan, Ö., Kumsar, H., Sönmez, H., 2000, Engineering Geological Characteristics of The 1998 Adana-Ceyhan Earthquake, With Particular Emphasis on Liquefaction Phenomena and The Role of Soil Behaviour, *Bull Eng Geol Env*, Vol:59, p:99-118.

USBR, 1989, Embakment Dams- Design Standarts (Seismic Design and Analysis, No.13), United States Department of Interior Bureau of Reclamation, Denver, Colorado, 77 p.

Yüçemen, M.S., Sismik Risk Analizi, 1982, ODTU, İdari Bilimler Fakültesi, Yayın No: 41, s: 160.



EK 1: TANIMLAMA DENEY SONUÇLARI

ASK1 Kuyusu Zemin İndeks Özellikleri

DERİNLİK(m)	TANE DAĞILIMI				SINIFI		
	İNCE(%)	KUM(%)	ÇAKIL(%)	LL(%)		PL(%)	PI(%)
1.00-1.50	43.4	15.6	41.0	---	---	---	GM
2.50-3.00	20.4	27.3	52.3	---	---	---	GM
4.00-4.50	11.2	24.7	64.1	---	---	---	GP-GM
5.50-6.00	17.2	19.8	63.0	---	---	---	GM
7.00-7.50	11.0	33.2	55.8	---	---	---	GP-GM
8.50-9.00	45.9	37.4	16.7	50.3	27.1	23.2	SM-MH
10.00-10.50	21.4	32.7	45.9	37.5	24.9	12.6	GM
11.50-12.00	64.6	24.7	10.7	41.6	25.3	16.3	ML
13.00-13.50	26.0	50.0	24.0	36.7	21.2	15.5	SC
14.50-15.00	39.5	48.6	11.9	44.0	20.1	23.9	SC
16.00-16.50	26.4	41.6	32.0	39.3	23.3	16.0	SC-GC
17.50-18.00	9.9	40.9	49.2	---	---	---	SP-SM
19.00-19.50	24.5	40.0	35.5	---	---	---	SM-GM
20.50-21.00	20.7	39.5	39.8	39.0	21.8	17.2	GC-SC
22.00-22.50	25.1	53.5	21.4	---	---	---	SM
23.50-24.00	27.4	36.5	36.1	---	---	---	SM-GM
25.00-25.50	32.1	41.1	26.8	36.6	24.1	12.5	SM
26.50-27.00	33.7	42.3	24.0	41.4	21.4	20.0	SC
28.00-28.50	35.2	41.6	23.2	36.4	20.6	15.8	SC
29.50-30.00	39.9	42.3	17.8	38.2	24.8	13.4	SM

ASK2 Kuyusu Zemin İndeks Özellikleri

DERİNLİK(m)	TANE DAĞILIMI				LL(%)	PL(%)	PI(%)	SINIFI
	İNCE(%)	KUM(%)	ÇAKIL(%)					
0.90-1.50	87.0	13.0	0.0	55.8	28.1	27.7	MH	
2.33-3.00	40.4	37.7	21.9	34.8	23.4	11.4	SM	
4.00-4.50	51.5	31.7	16.8	35.8	24.5	11.3	SM-ML	
5.50-6.00	6.1	60.3	33.6	---	---	---	SW-SM	
7.00-7.50	6.0	77.6	16.4	28.4	18.1	10.3	SP-SC	
8.50-9.50	5.3	17.5	77.2	---	---	---	GW-GM	
10.00-10.50	28.4	48.7	22.9	39.4	24.4	15.0	SM	
11.50-12.00	10.2	21.1	68.7	---	---	---	GP-GM	
13.00-13.50	10.2	31.2	58.6	---	---	---	GP-GM	
14.50-15.00	3.1	35.0	61.9	37.0	20.5	16.5	GC	
16.00-16.50	5.2	10.0	84.8	---	---	---	GP-GM	
17.50-18.00	21.5	77.8	0.7	22.1	18.6	3.5	SM	
19.00-19.50	13.7	11.0	75.3	---	---	---	GM	
20.50-21.00	19.5	19.2	61.3	---	---	---	GM	
22.00-22.50	14.6	40.7	44.7	---	---	---	GM-SM	

ASK3 Kuyusu Zemin İndeks Özellikleri

DERİNLİK(m)	TANE DAĞILIMI				LL(%)	PL(%)	PI(%)	SINIFI
	İNCE(%)	KUM(%)	ÇAKIL(%)					
0.50-2.00	36.9	25.5	37.6		25.2	18.7	6.5	GC-GM
2.00-3.50	15.9	35.6	48.5		25.7	20.3	5.4	GC-GM
3.50-5.00	14.5	37.5	48.0		24.4	17.3	7.1	GC-GM
5.00-6.50	18.4	26.1	55.5		28.6	18.4	10.2	GC
6.50-8.00	20.0	38.6	41.4		----	----	----	GM-SM
8.00-9.50	17.8	58.4	23.8		34.2	19.9	14.3	SC
9.50-11.00	20.7	38.6	40.7		34.1	18.9	15.2	GC-SC
11.00-12.50	15.5	38.3	46.2		35.0	23.6	11.4	GM-SM
12.50-14.00	23.2	43.2	33.6		----	----	----	SM-GM
14.00-15.50	17.3	33.7	49.0		38.5	24.1	14.4	GM
17.00-18.50	18.0	35.9	46.1		33.2	25.6	7.6	GM
18.50-20.00	49.5	38.7	11.8		32.2	18.6	13.6	SC-CL

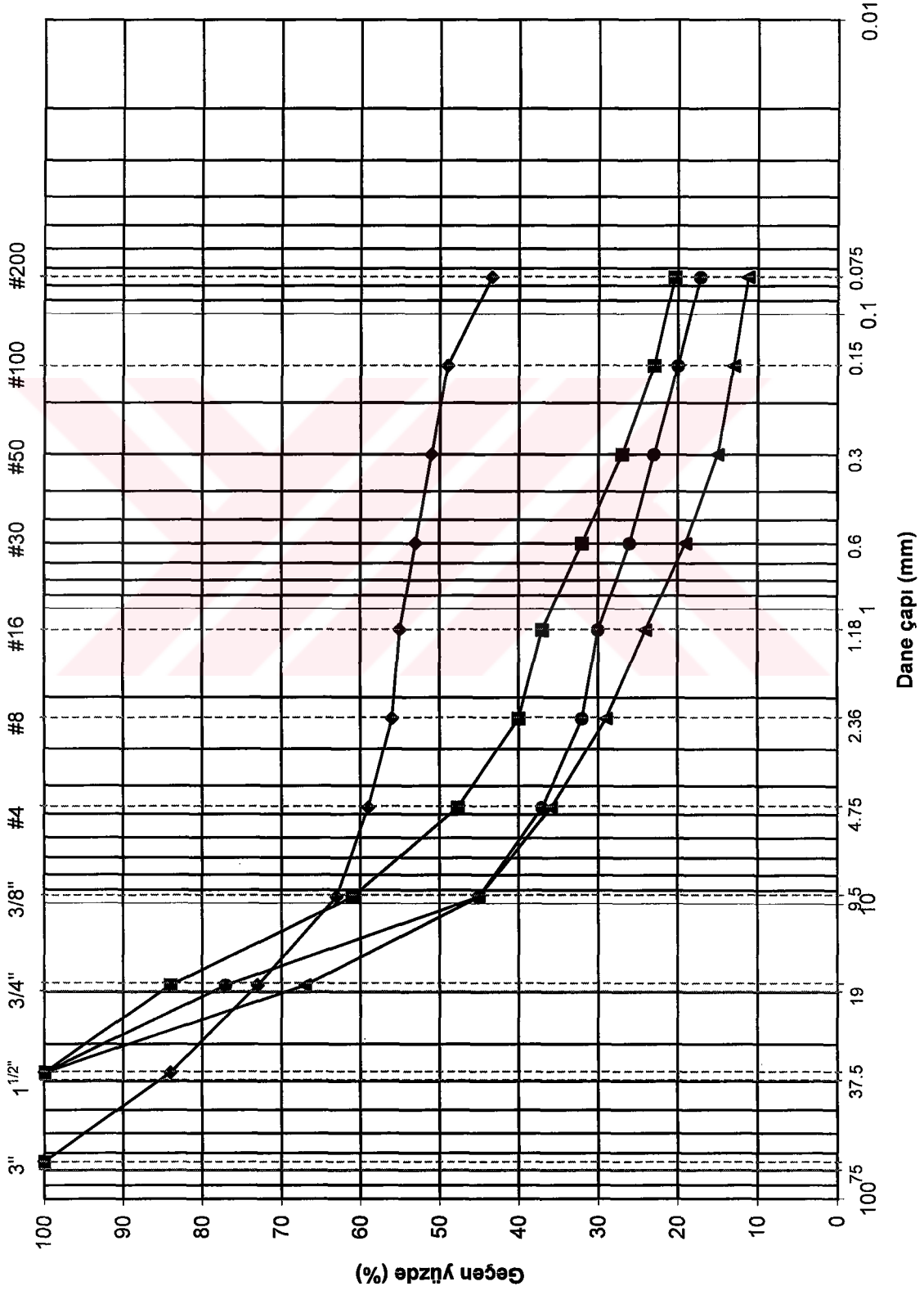
ASK4 Kuyusu Zemin İndeks Özellikleri

DERİNLİK(m)	TANE DAĞILIMI				LL(%)	PL(%)	PI(%)	SINIFI
	İNCE(%)	KUM(%)	ÇAKIL(%)					
0.50-0.75	94.8	4.9	0.3		69.5	35.2	34.3	MH
2.00-2.30	90.1	6.6	3.3		48.6	27.2	21.4	MH
3.50-3.70	14.1	32.0	53.9		31.4	19.5	11.9	GC
5.00-5.20	19.7	42.1	38.2		31.6	22.3	9.3	SM-GM
6.20-6.50	6.8	17.0	76.2		---	---	---	GP-GM
7.50-8.00	20.7	34.9	44.4		30.6	19.2	11.4	GC-SC
9.00-9.50	15.5	33.9	50.6		28.0	19.6	8.4	GC-GM
10.50-11.00	17.9	41.7	40.4		30.1	18.2	11.9	SC-GC
12.00-12.50	19.6	33.7	46.7		---	---	---	GM
13.50-14.00	17.7	38.7	43.6		39.0	28.5	10.5	GM-SM
15.00-15.50	25.3	35.6	39.1		36.4	23.3	13.1	GM-SM
16.50-17.00	18.2	29.5	52.3		37.7	22.9	14.8	GC
18.00-18.50	26.5	35.2	38.3		32.0	21.4	10.6	GC-SC
19.50-20.00	30.1	44.1	25.8		37.6	26.6	11.0	SM
21.00-21.50	24.6	34.5	40.9		34.4	26.3	8.1	GM-SM
22.50-23.00	27.2	36.3	36.5		44.2	31.9	12.3	GM-SM
24.00-24.50	42.7	38.3	19.0		40.1	30.6	9.5	SM
25.15-26.00	27.6	36.1	36.3		40.9	25.4	15.5	GM-SM
27.00-27.50	24.2	28.9	46.9		27.0	17.7	9.3	GC
28.50-29.00	18.5	42.9	38.6		34.4	24.6	9.8	SM-GM
30.00-30.50	17.4	41.9	40.7		35.8	27.1	8.7	SM-GM
31.50-32.00	24.4	49.1	26.5		---	---	---	SM
33.00-33.50	30.2	36	33.8		---	---	---	SM-GM
34.50-35.00	32.2	36.4	31.4		---	---	---	SM-GM

ASK5 Kuyusu Zemin İndeks Özellikleri

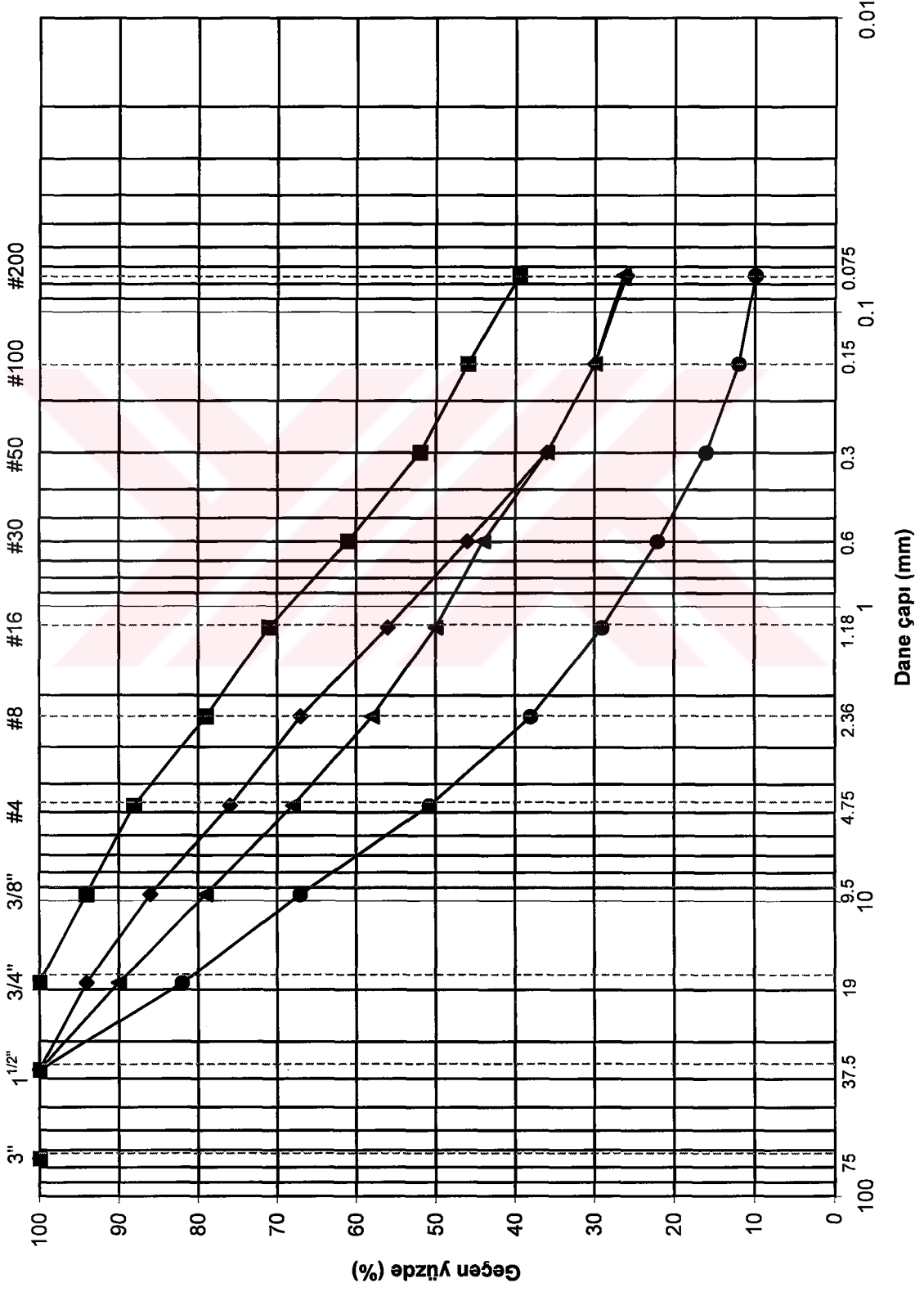
DERİNLİK(m)	TANE DAĞILIMI			LL(%)	PL(%)	PI(%)	SINIFI
	İNCE(%)	KUM(%)	ÇAKIL(%)				
0.50-0.85				56.7	26.6	30.1	
2.50-3.00	17.1	40.8	42.1	30.1	18.7	11.4	GC-SC
4.00-4.50	4.2	8.8	87.0	---	---	---	GP
5.50-6.00	5.6	10.5	83.9	---	---	---	GP-GM
7.00-7.50	17.5	24.8	57.7	---	---	---	GM
8.50-9.00	11.0	20.9	68.1	---	---	---	GP-GM
10.00-10.50	23.5	24.2	52.3	---	---	---	GM
11.50-12.00	8.0	14.2	77.8	---	---	---	GP-GM
13.00-13.50	6.2	28.3	65.5	---	---	---	GP-GM
14.50-15.00	35.4	16.7	47.9	---	---	---	GM
16.00-16.50	55.2	27.2	17.6	---	---	---	NP
17.50-18.00	13.5	21.4	65.1	---	---	---	GM
19.00-19.50	16.5	16.6	66.9	---	---	---	GM
21.00-21.50	7.9	10.6	81.5	---	---	---	GP-GM
22.50-23.00	31.1	53.2	15.7	31.4	19.5	11.9	SC
24.00-24.50	75.0	21.1	3.9	40.8	24.3	16.5	ML
25.00-25.50	58.2	38.9	2.9	---	---	---	NP

Kuyu No: ASK1/1

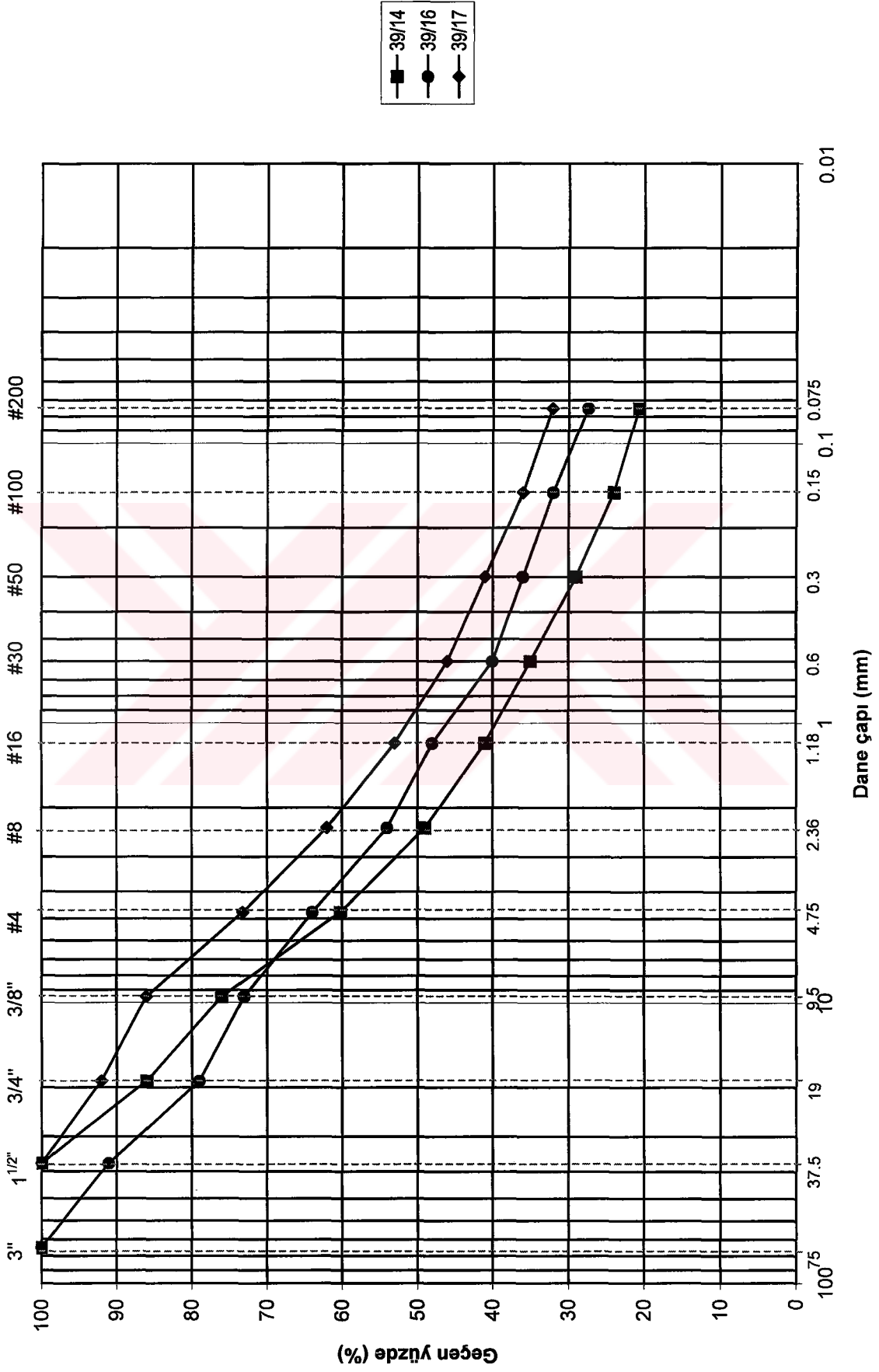


◆ 39/1
■ 39/2
▲ 39/3
● 39/4

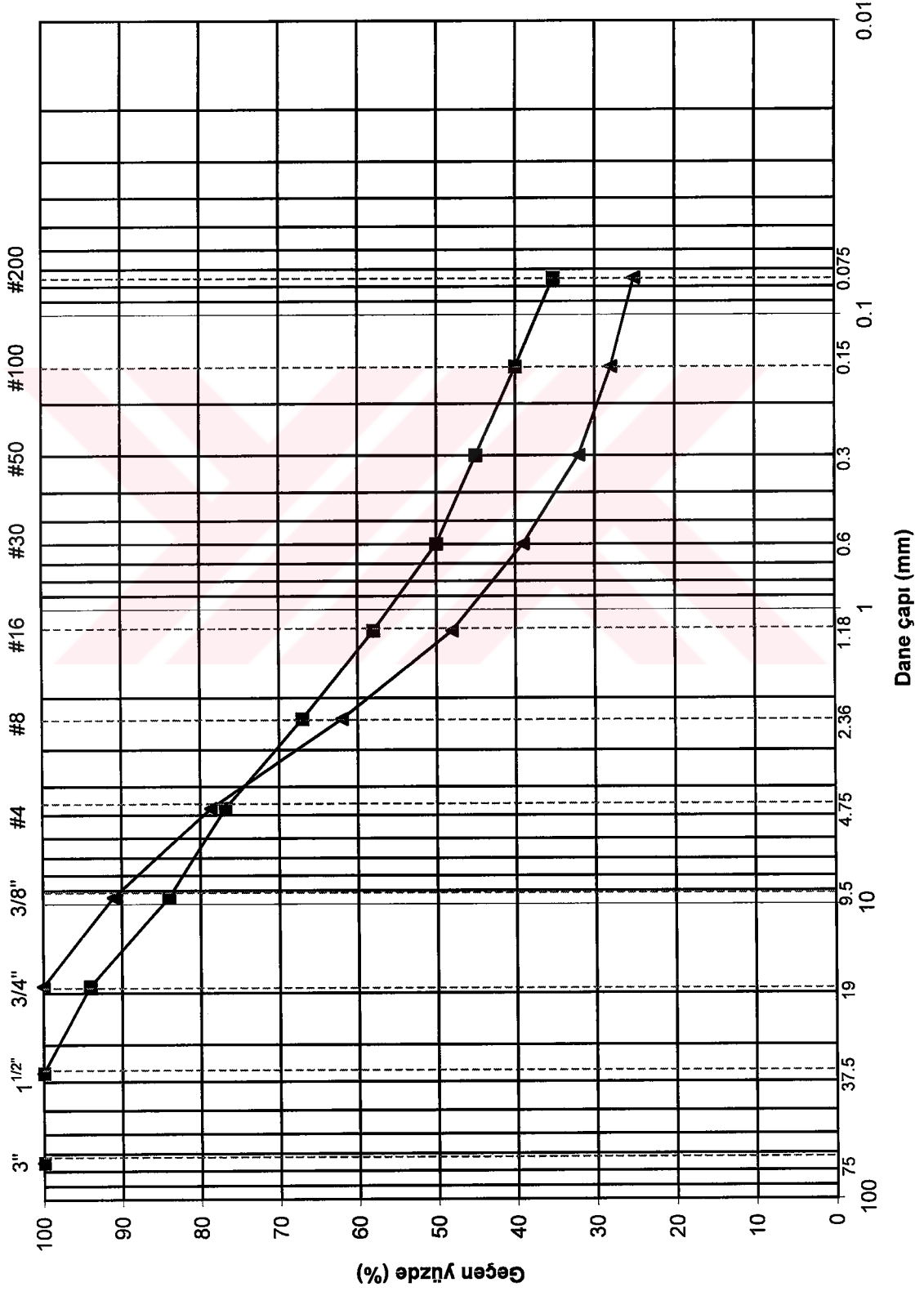
Kuyu No: ASK1/1



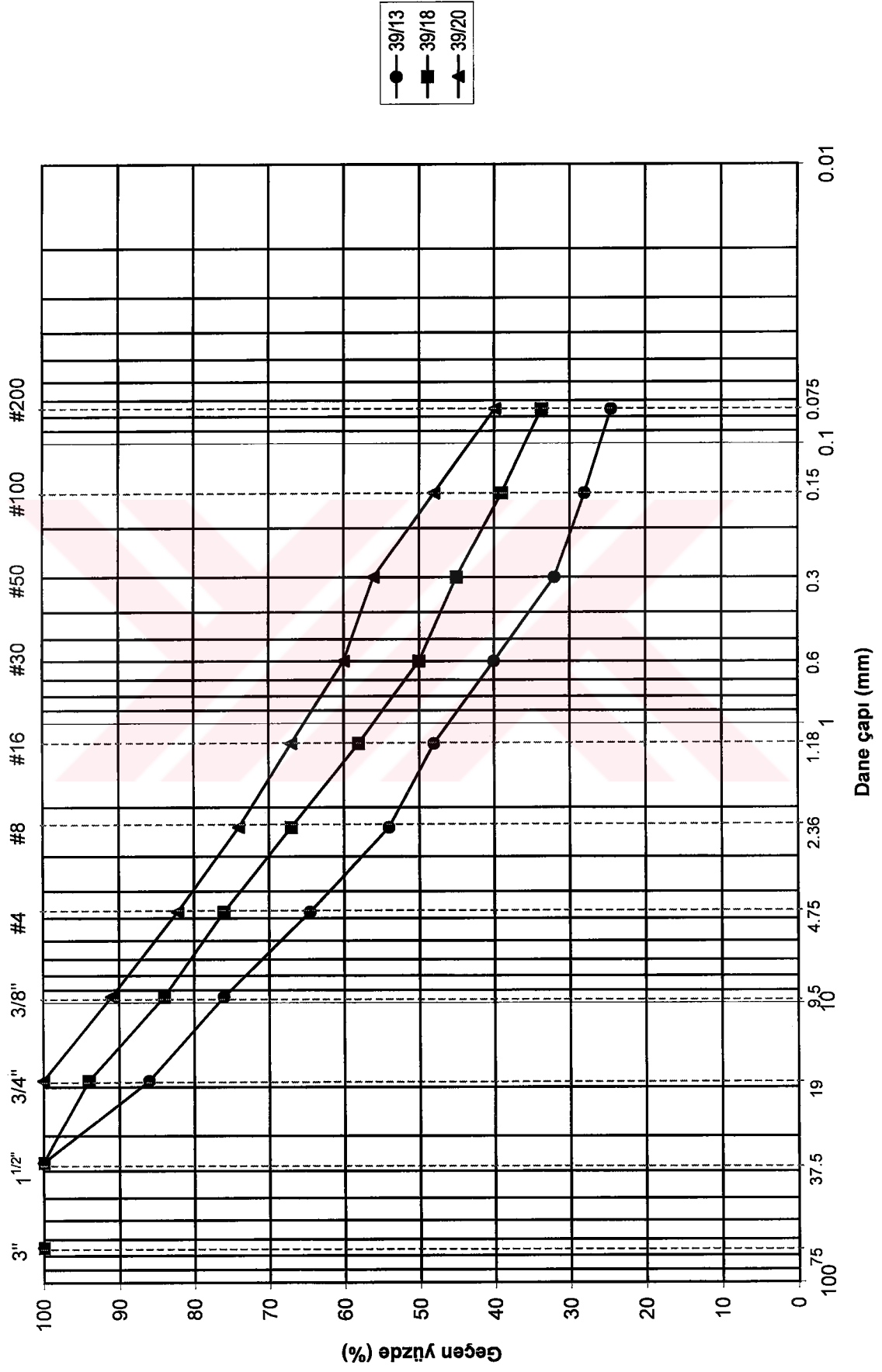
Kuyu No: ASK1/1



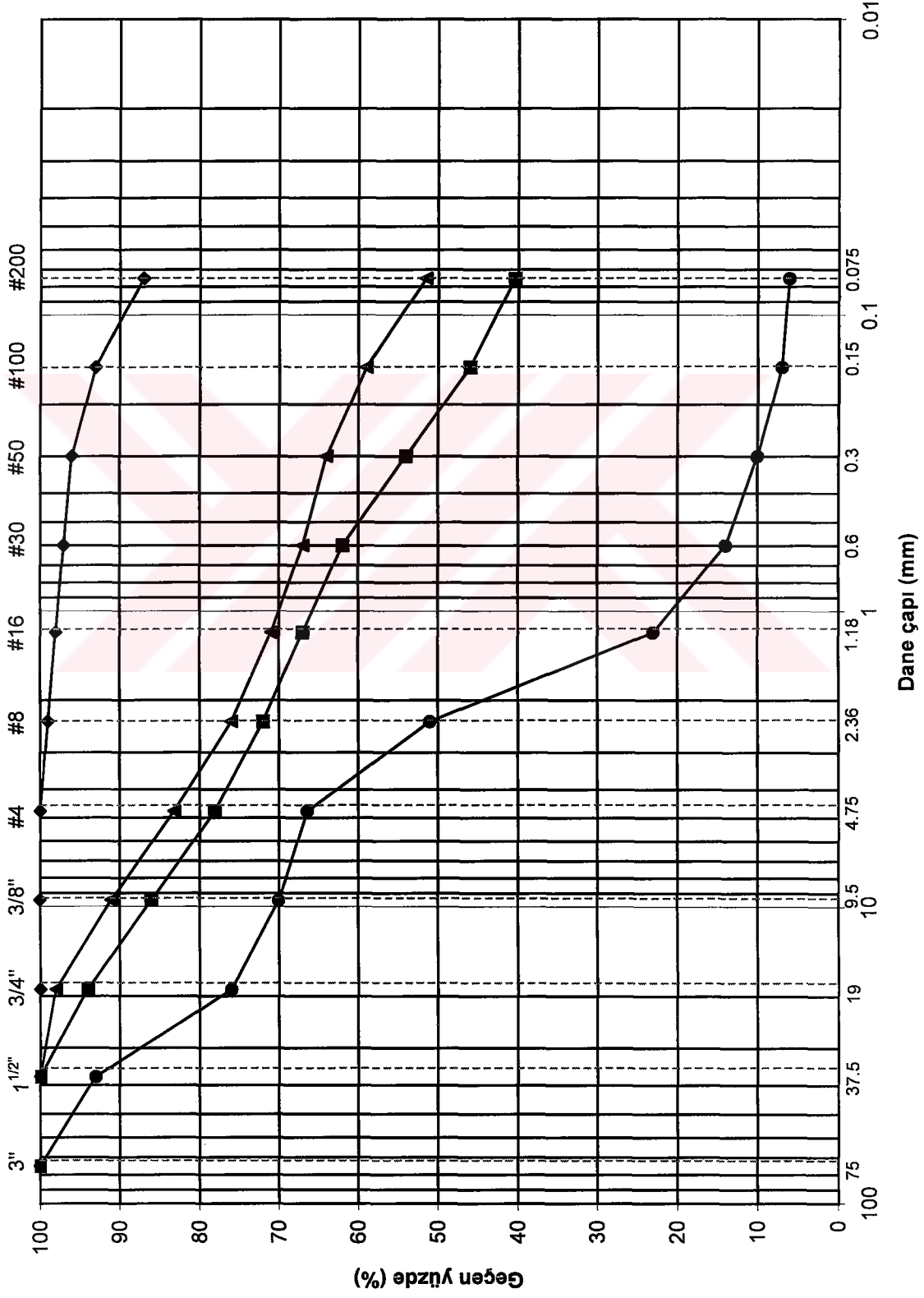
Kuyu No: ASK1/1



Kuyu No: ASK1/1

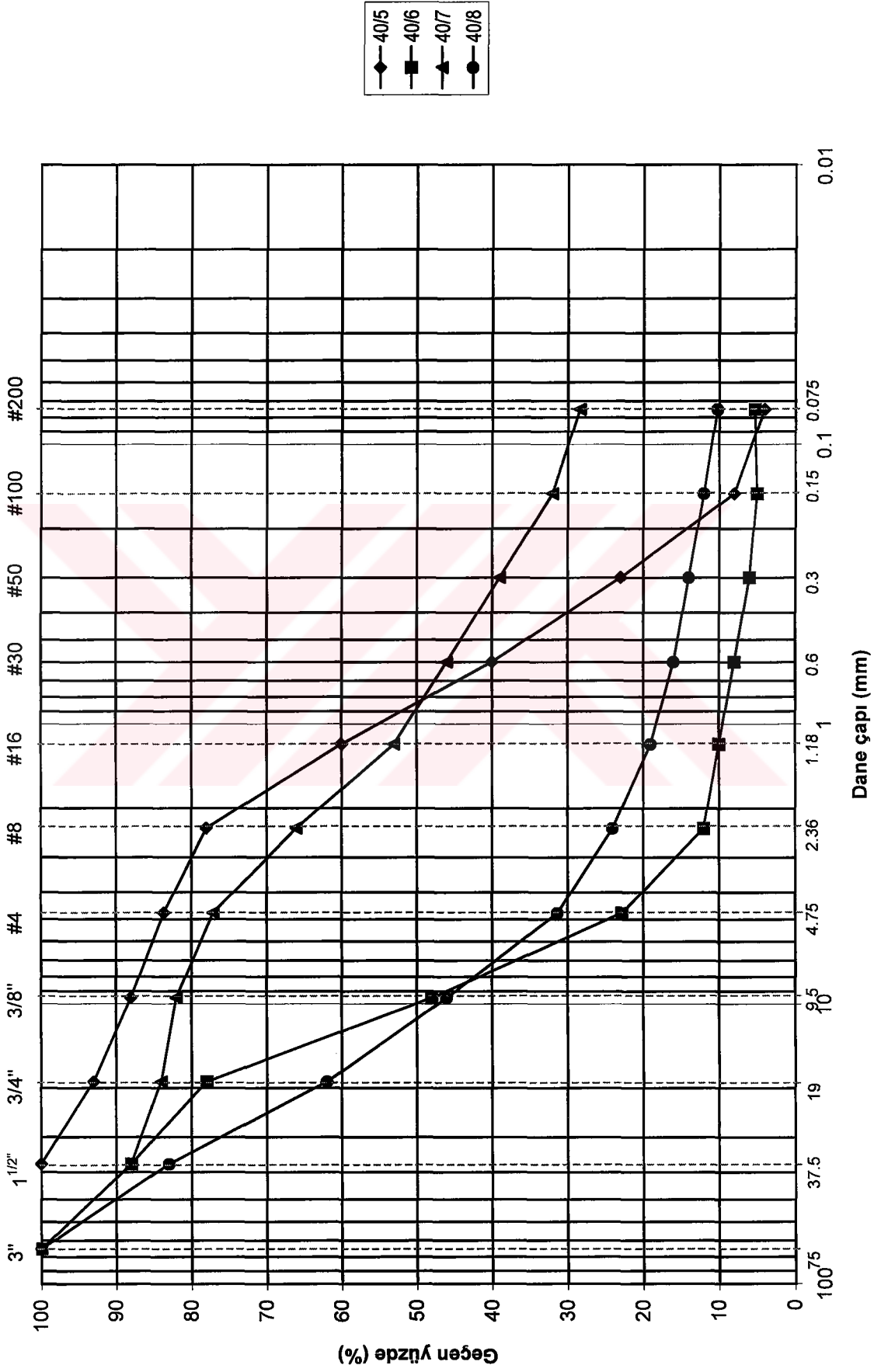


Kuyu No: ASK2/1

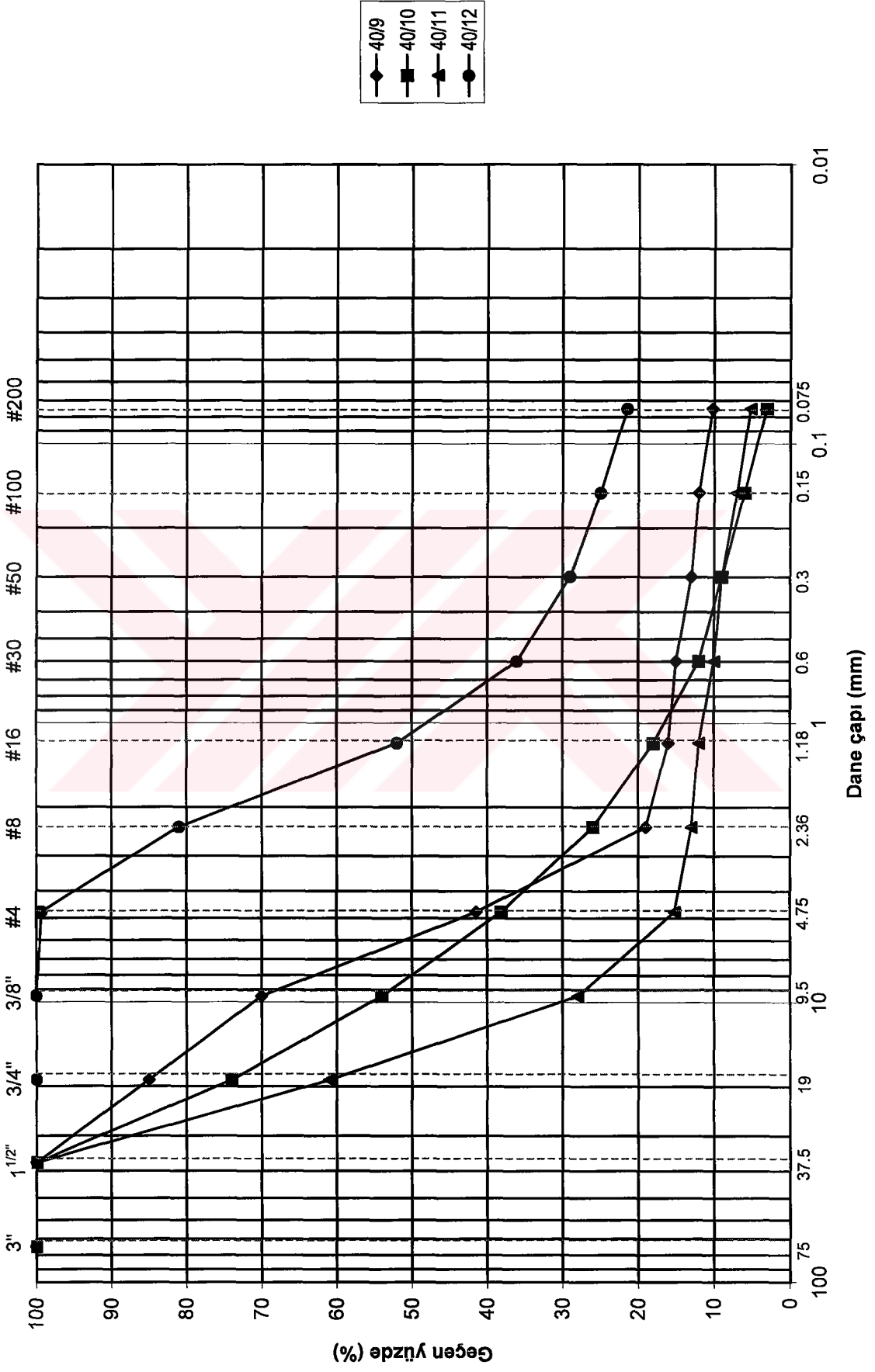


40/1
40/2
40/3
40/4

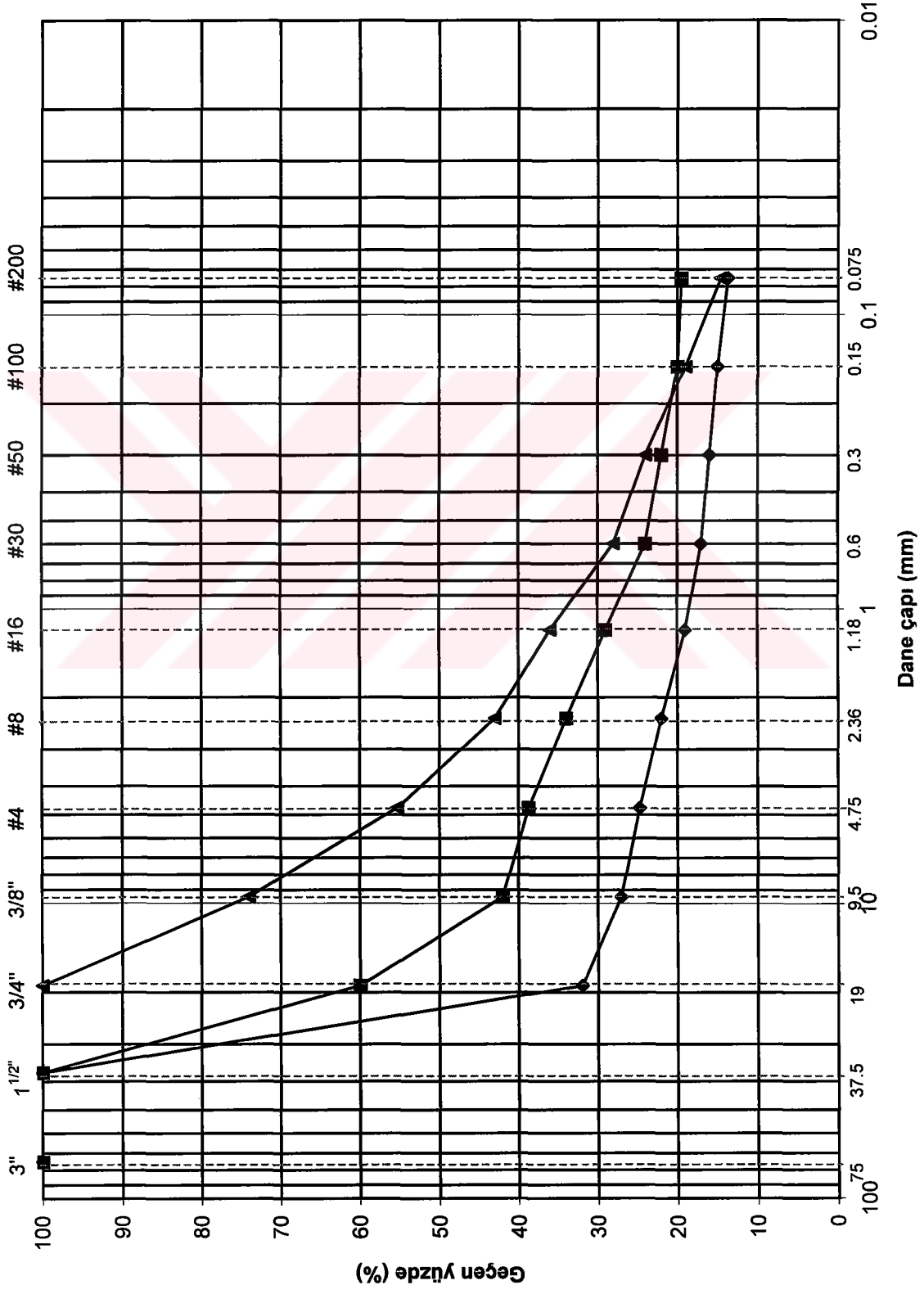
Kuyu No: ASK2/1



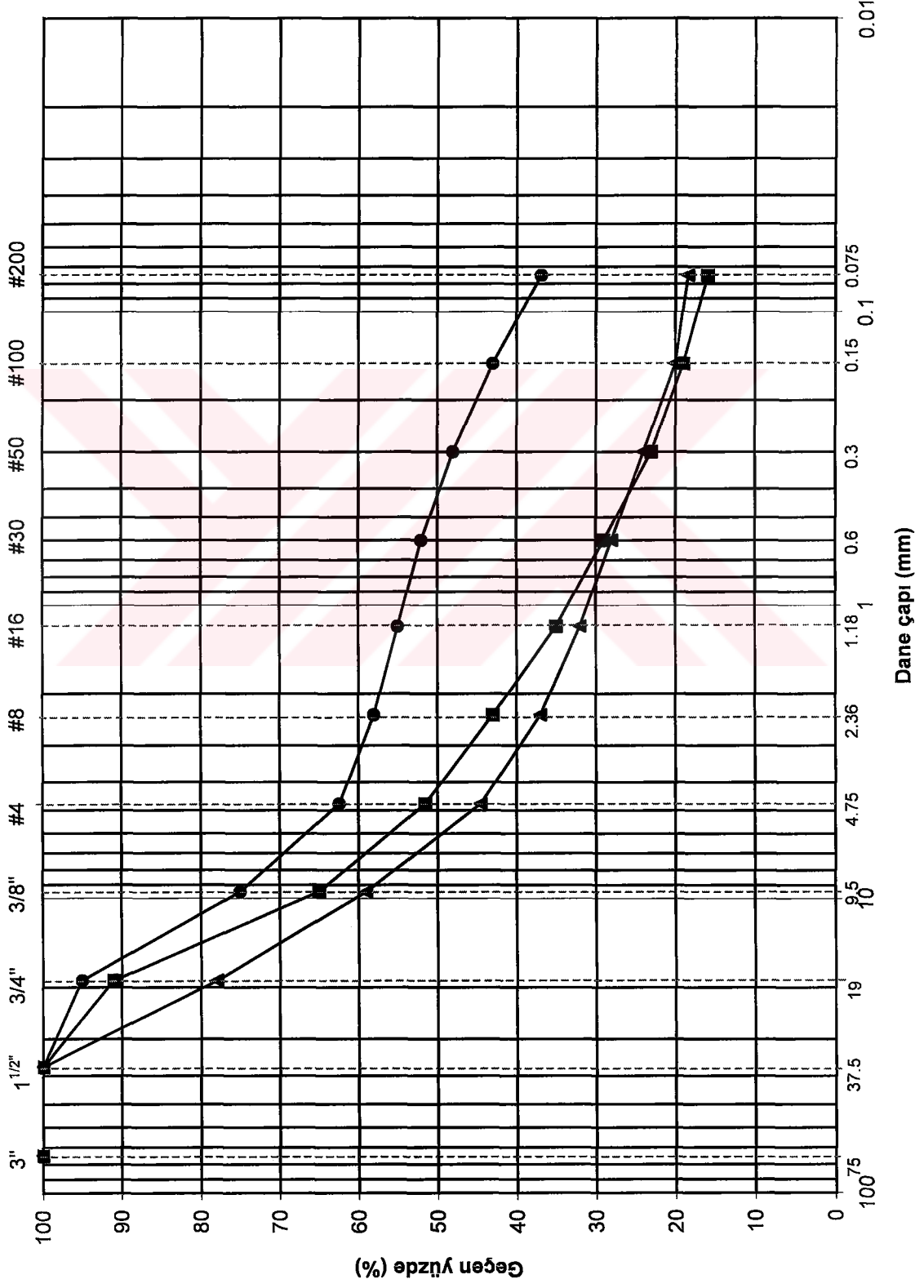
Kuyu No: ASK2/1



Kuyu No: ASK2/1

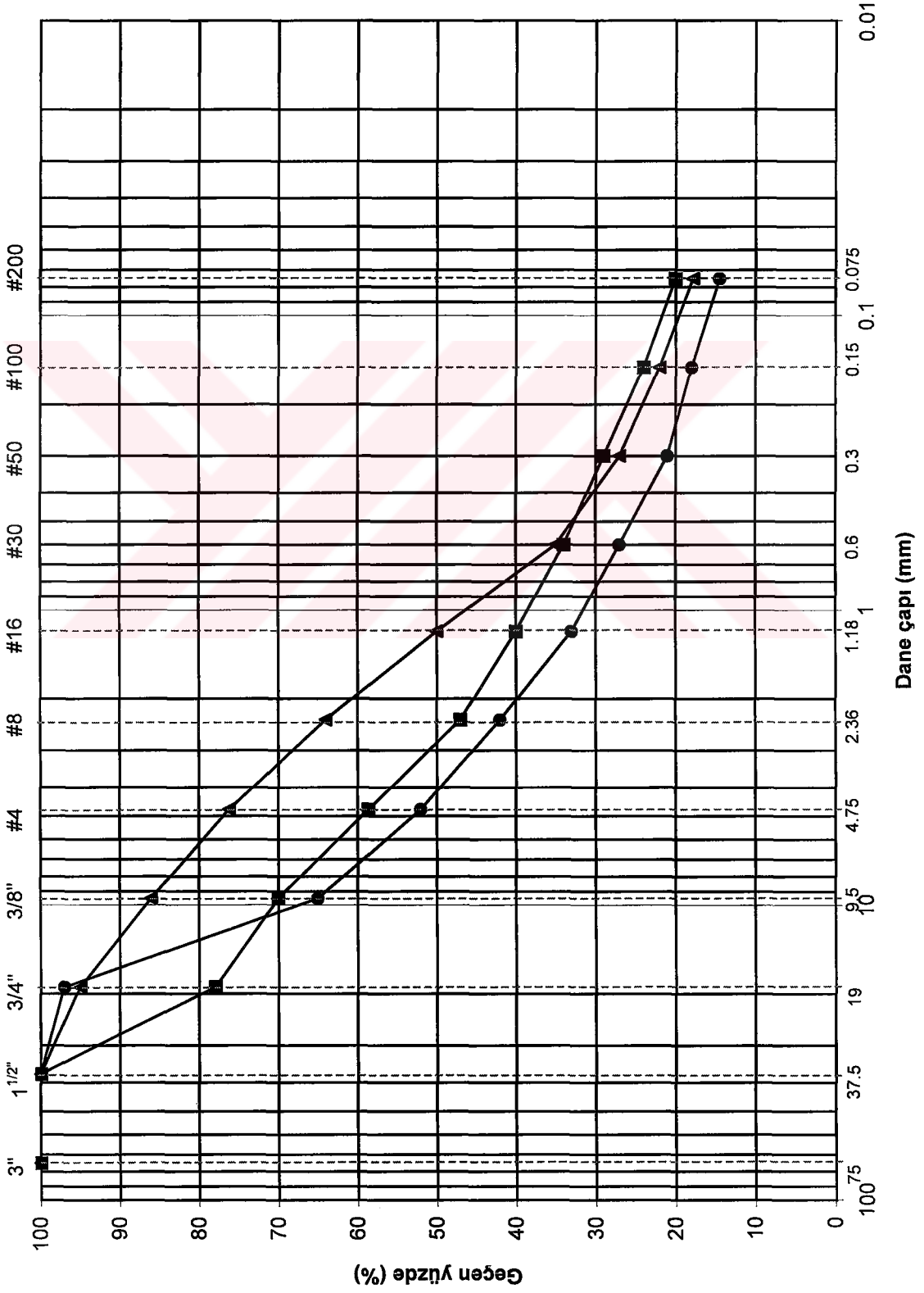


Kuyu No: ASK3/1



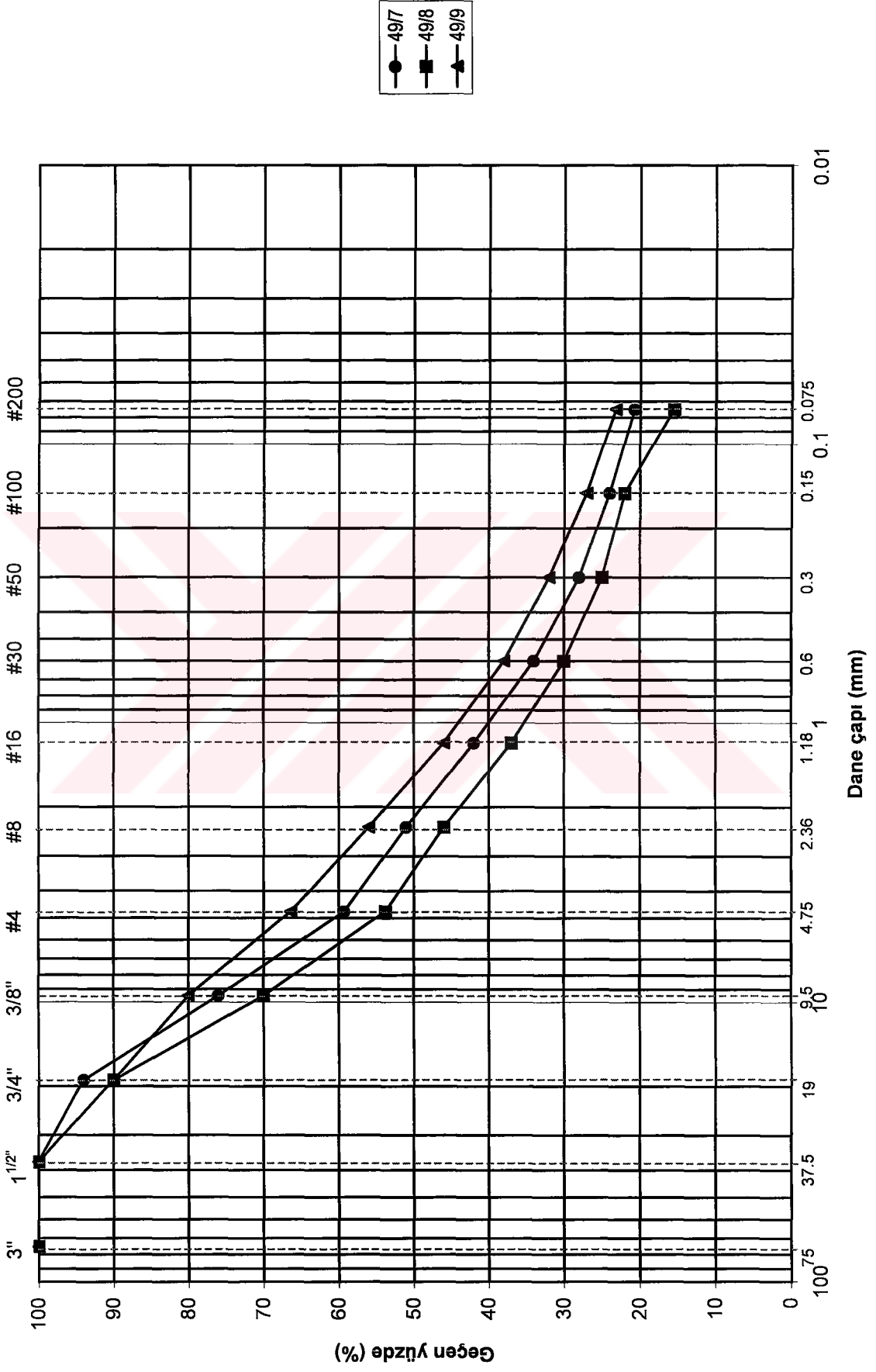
● 49/1
■ 49/2
▲ 49/4

Kuyu No: ASK3/1

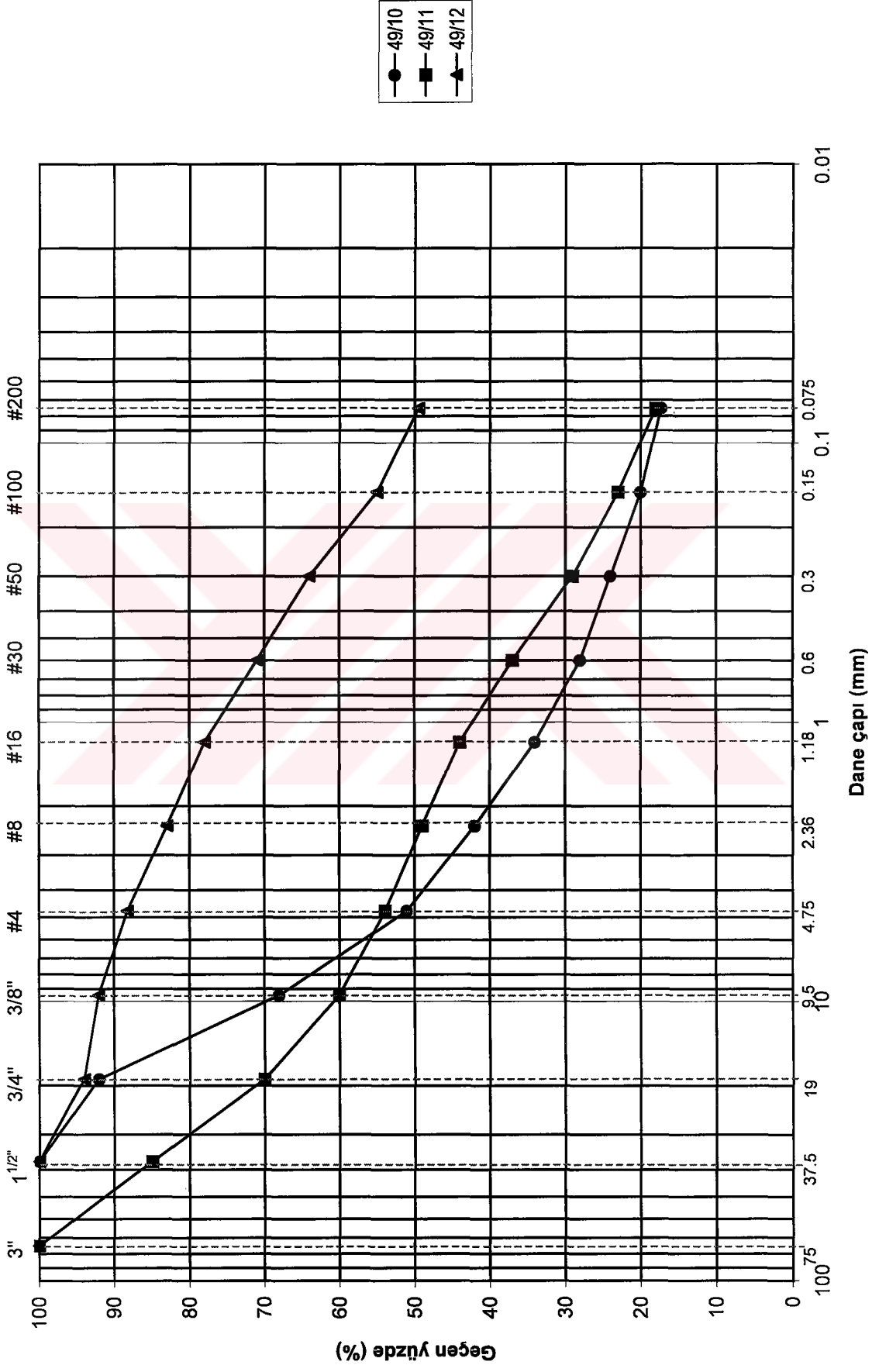


● 49/3
■ 49/5
▲ 49/6

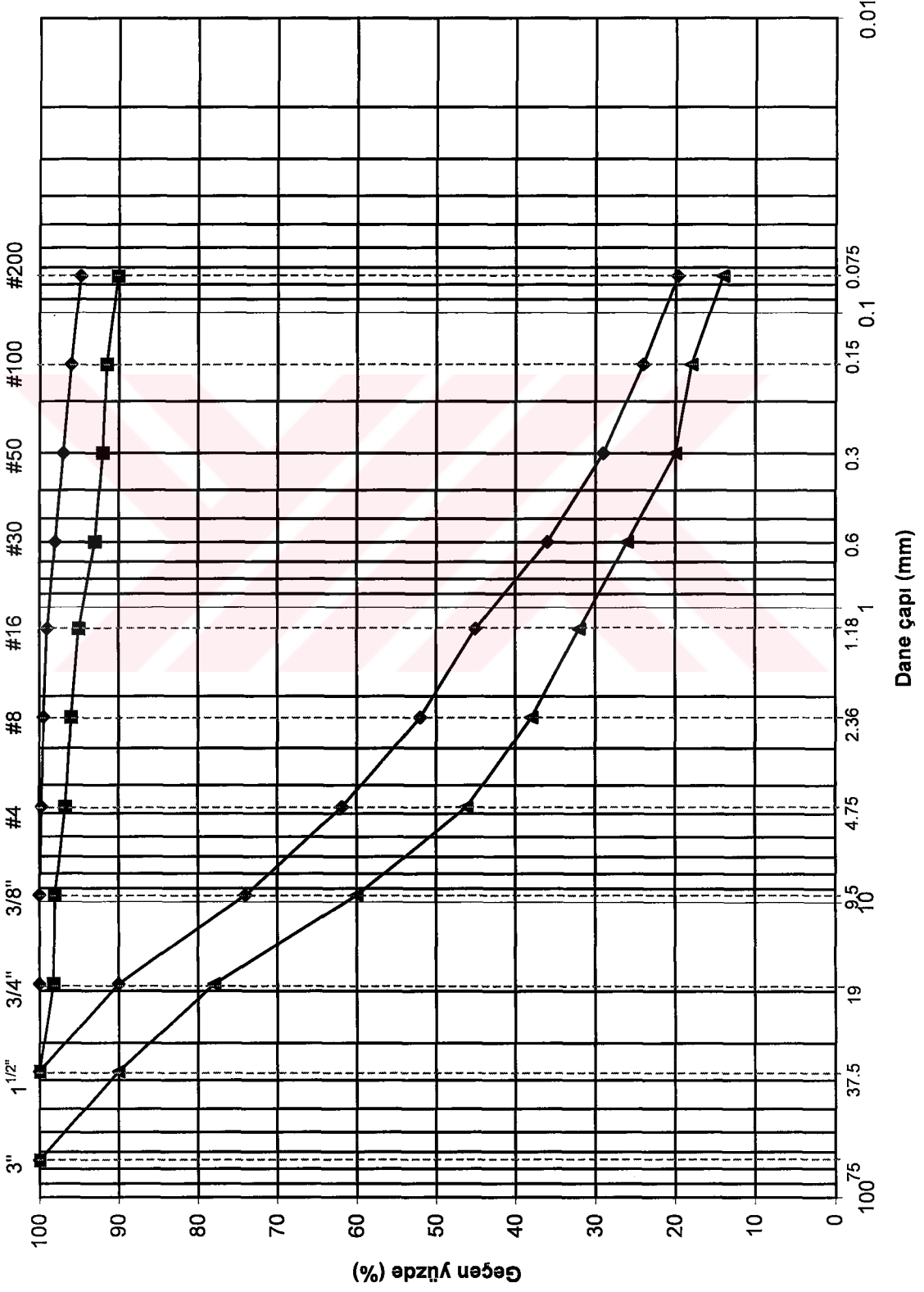
Kuyu No: ASK3/1



Kuyu No: ASK3/1

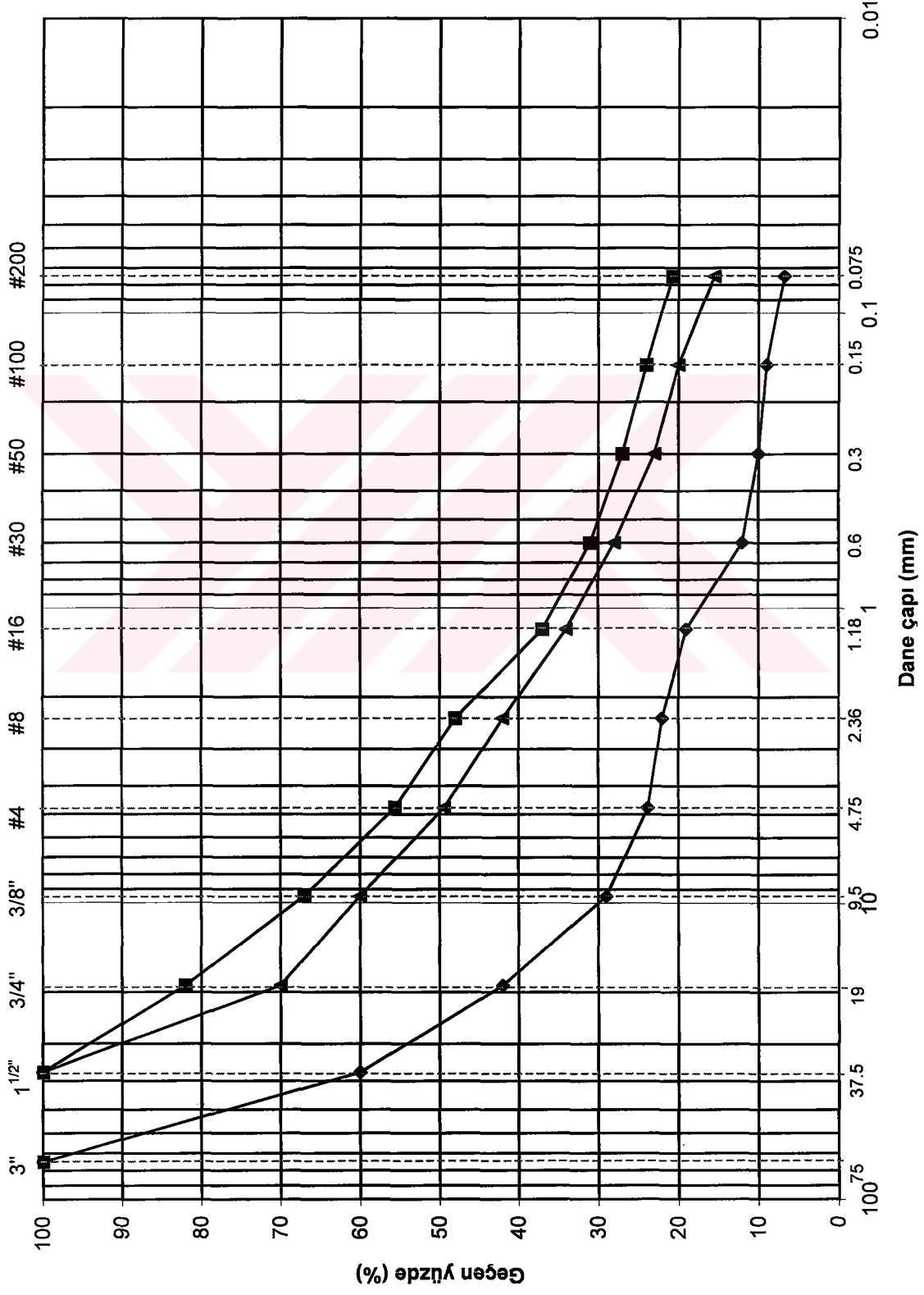


Kuyu No: ASK4/1



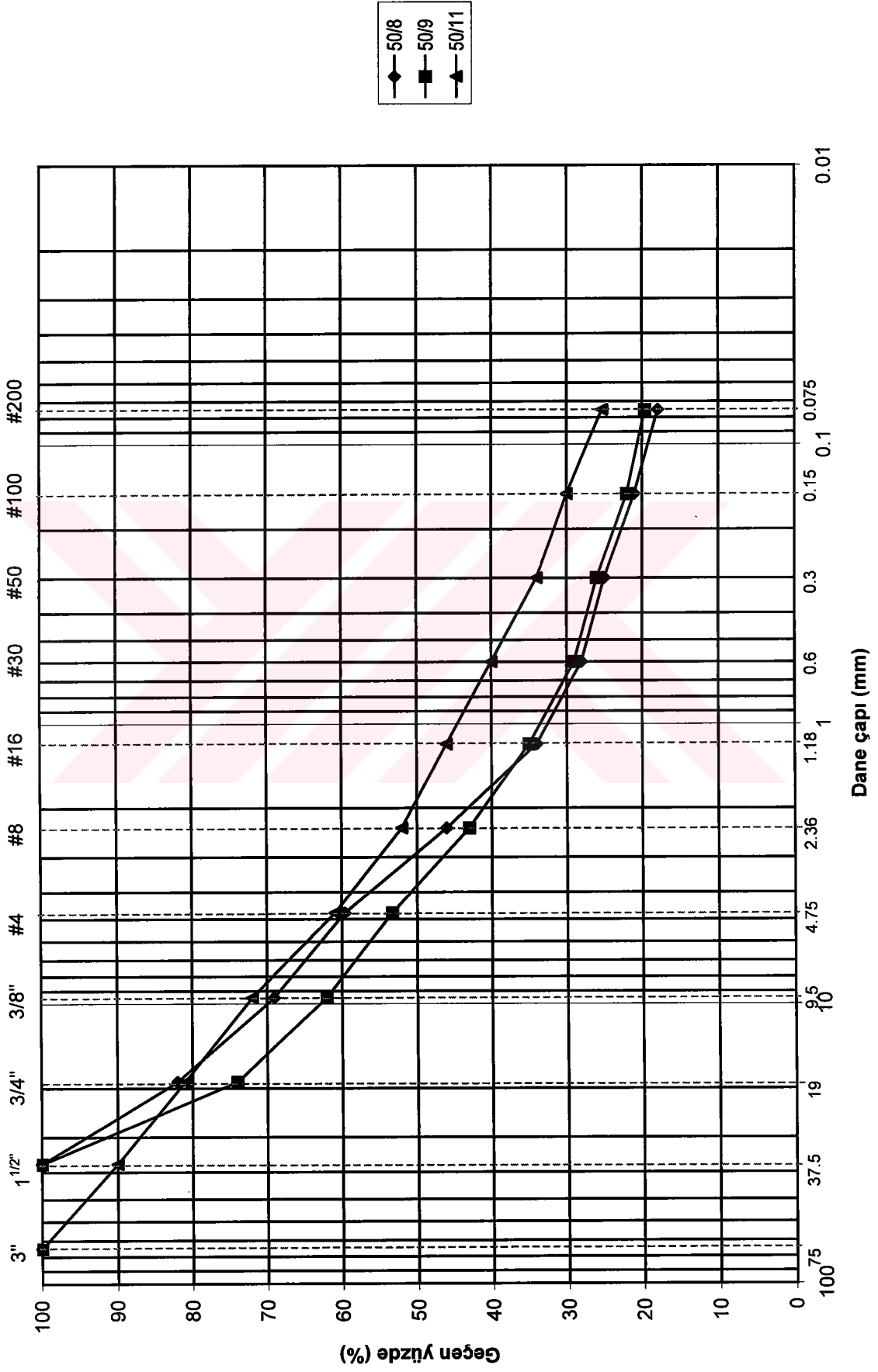
◆ 50/1
■ 50/2
▲ 50/3
◆ 50/4

Kuyu No: ASK4/1

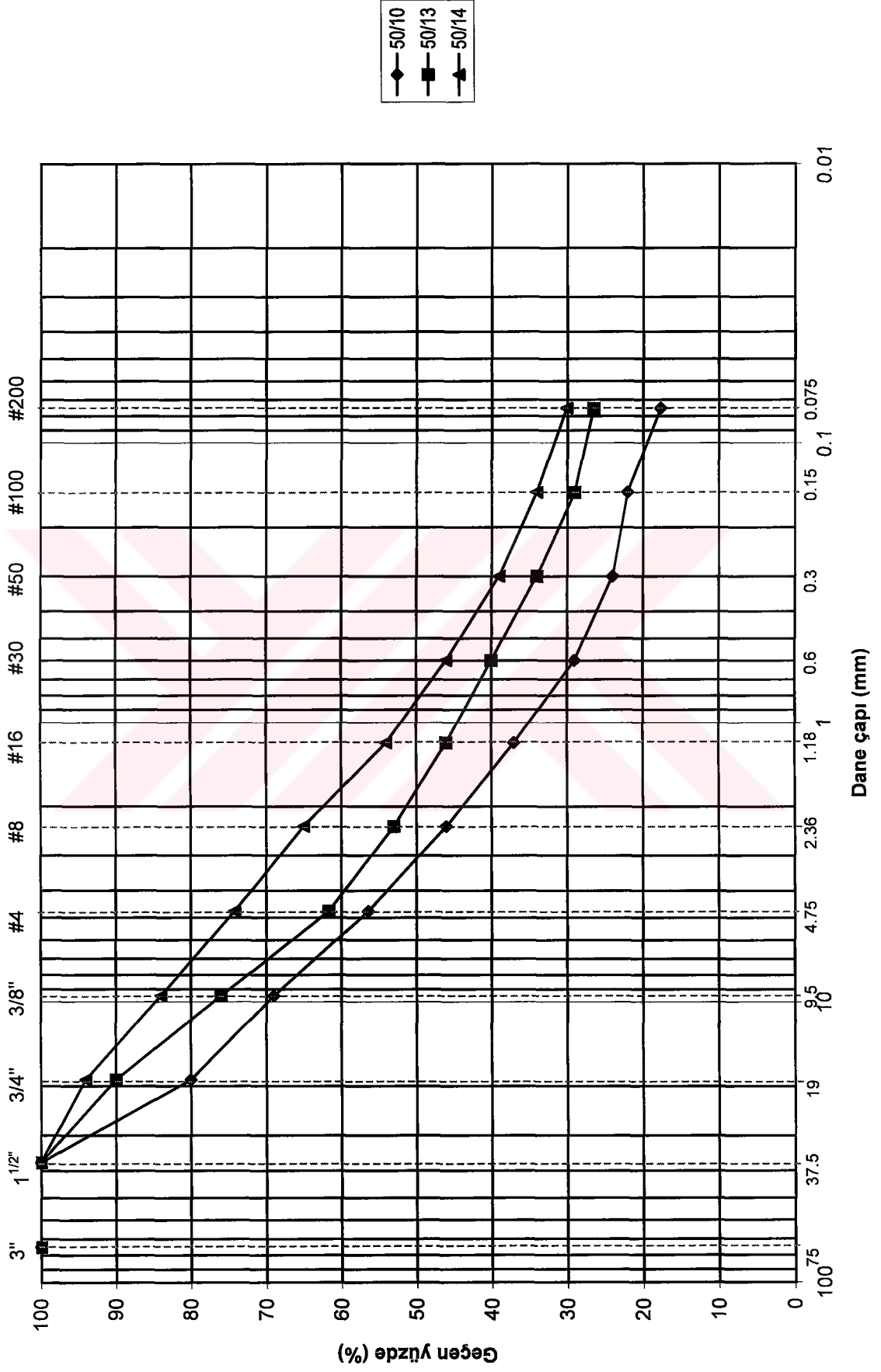


◆ 50/5
■ 50/6
▲ 50/7

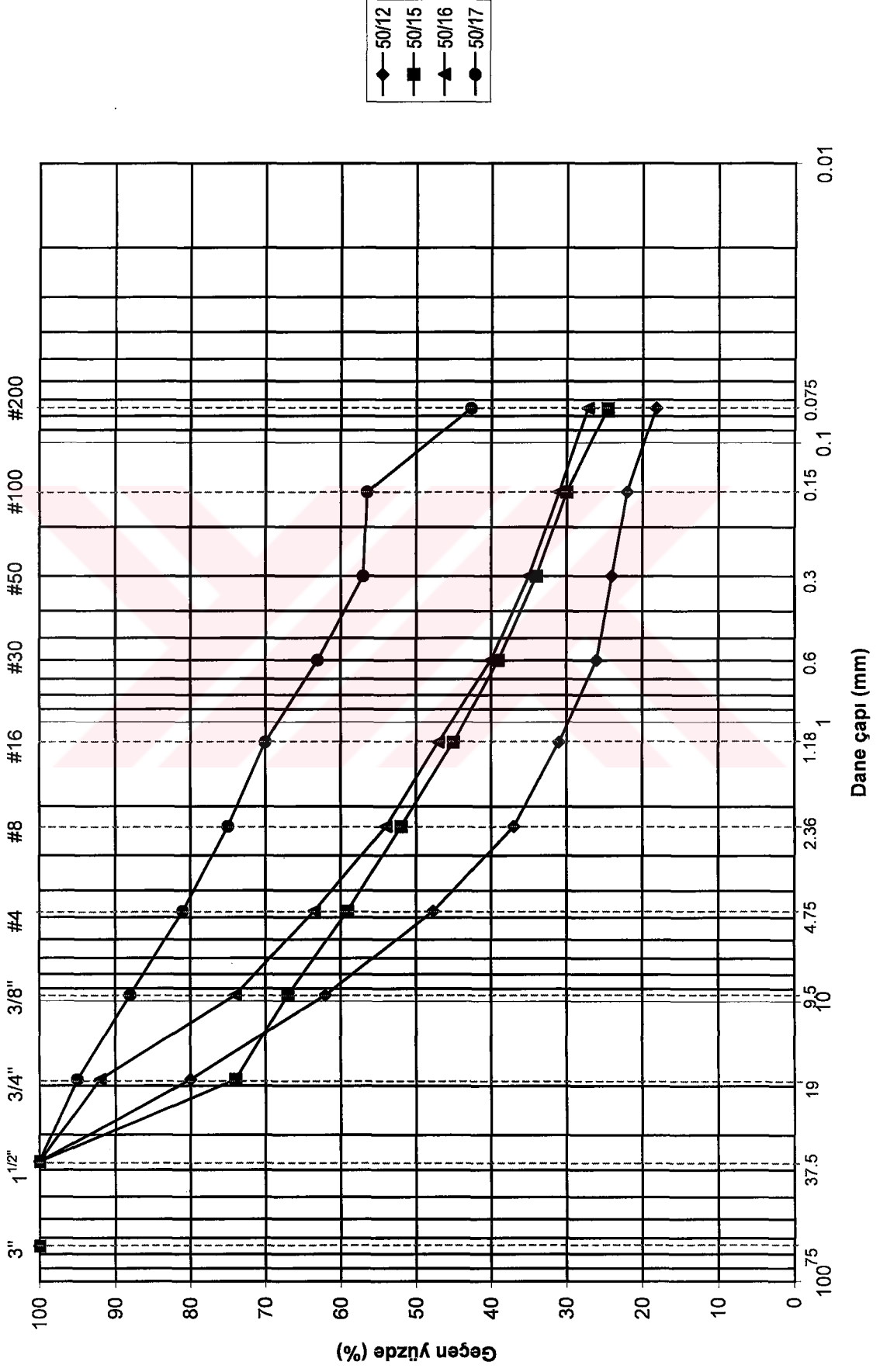
Kuyu No: ASK4/1



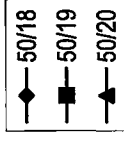
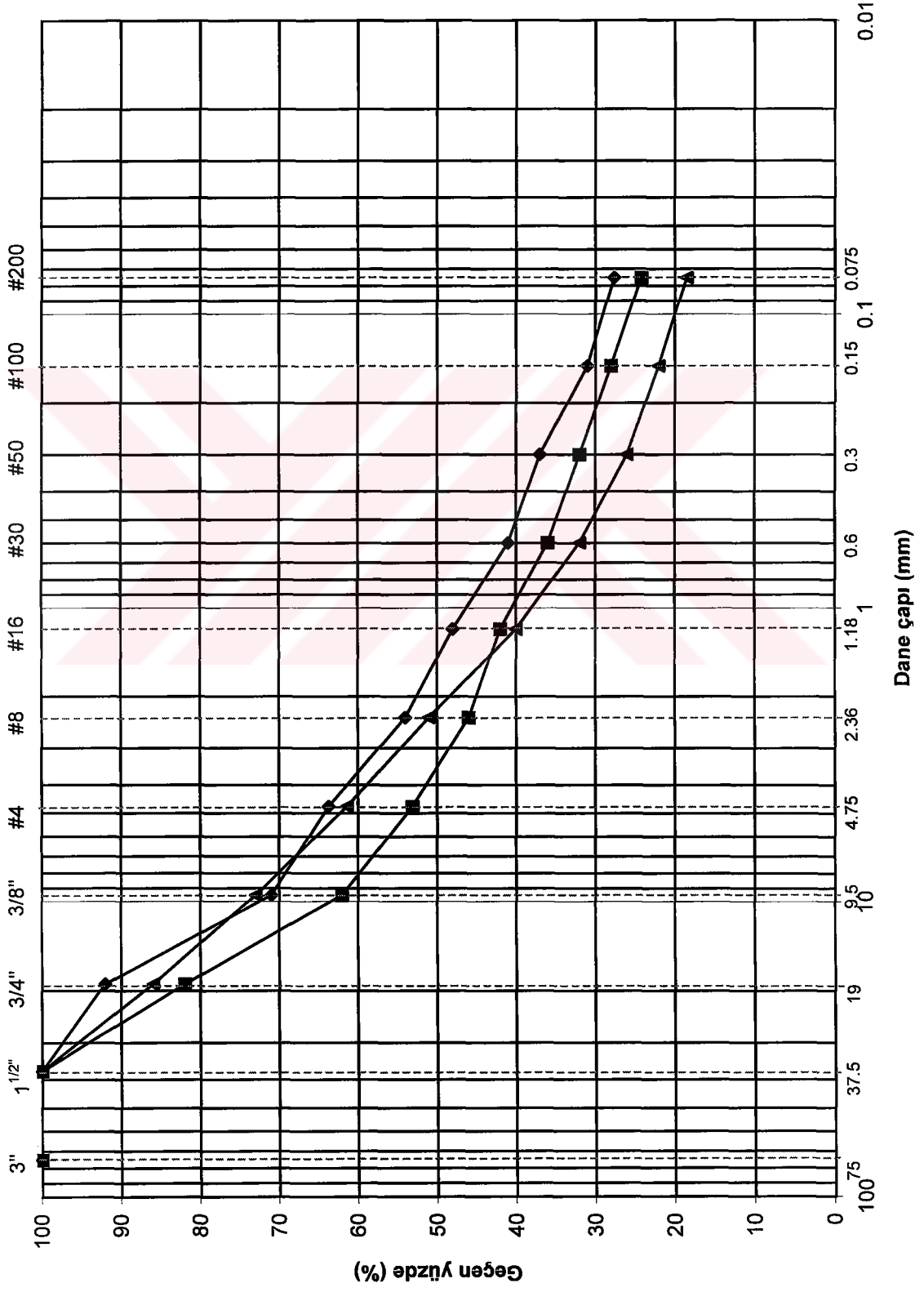
Kuyu No: ASK4/1



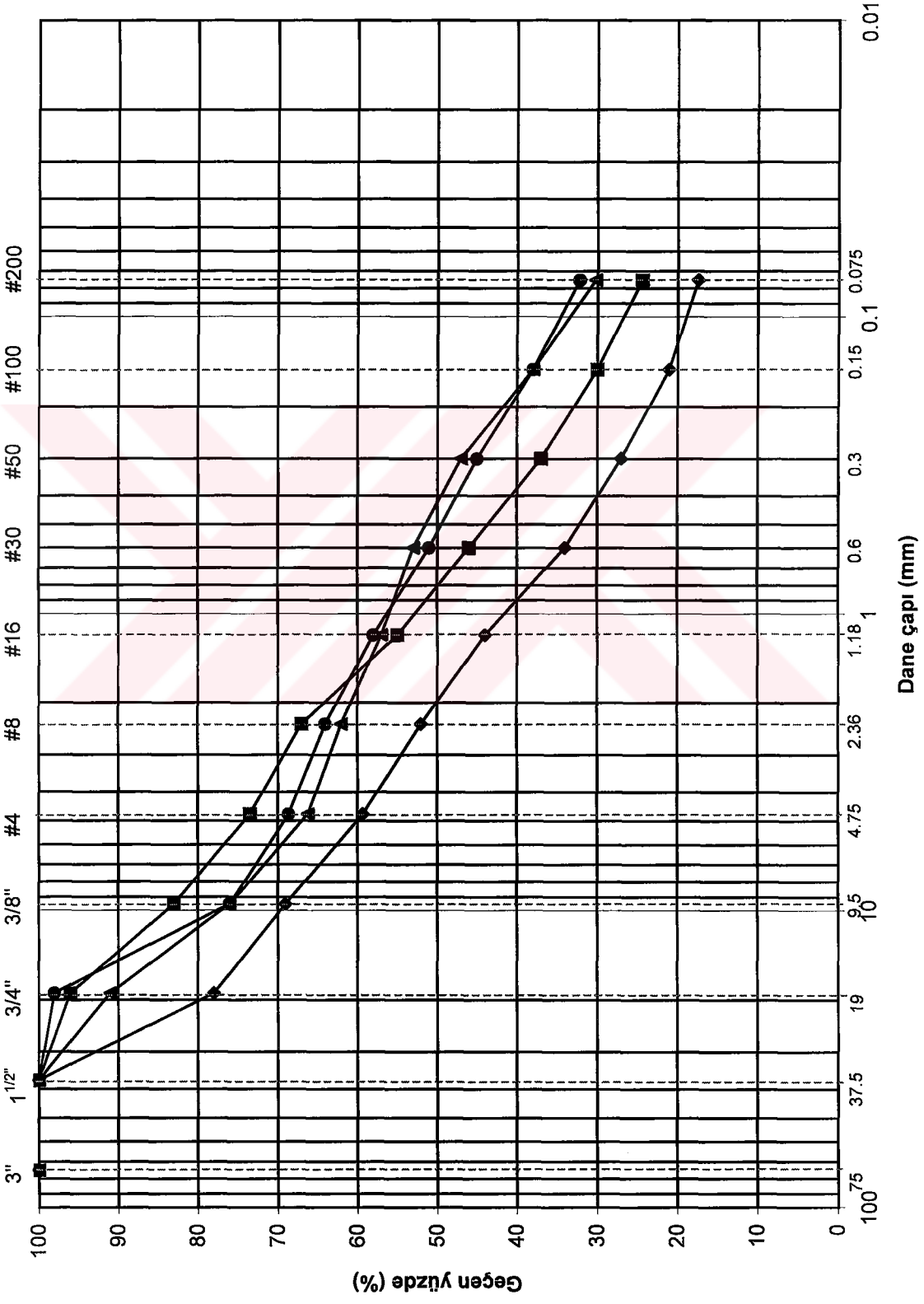
Kuyu No: ASK4/1



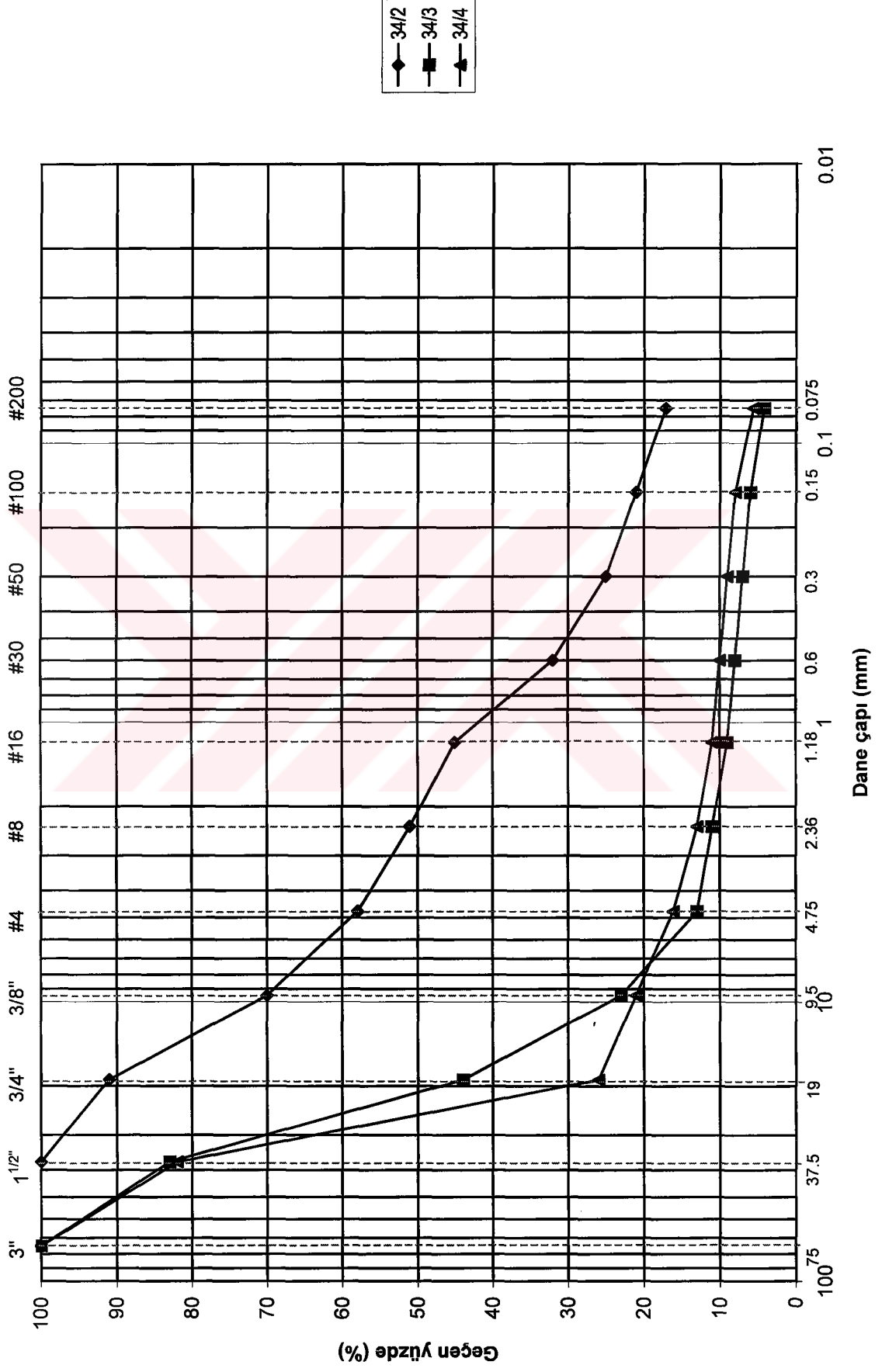
Kuyu No: ASK4/1



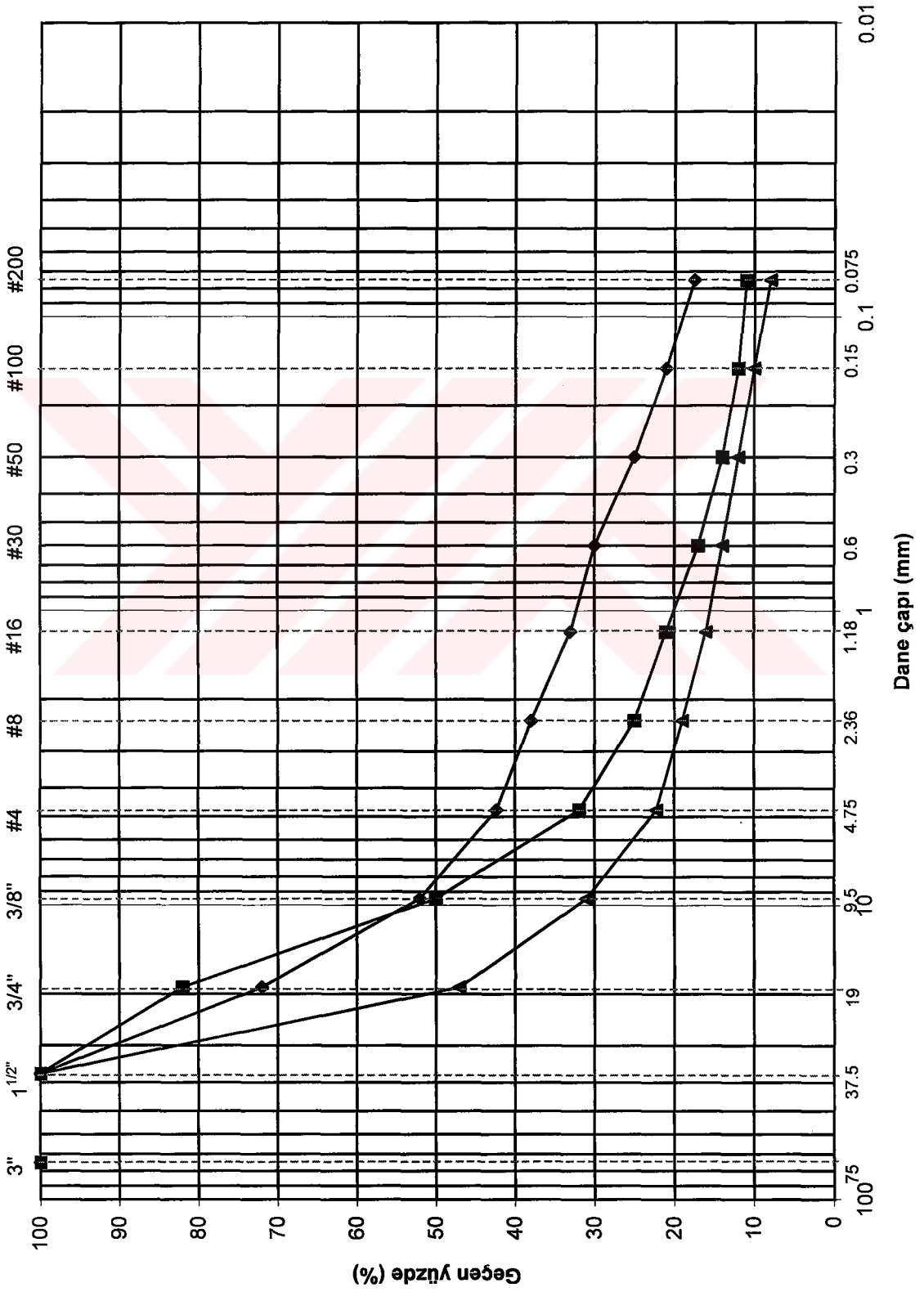
Kuyu No: ASK4/1



Kuyu No: ASK5/1

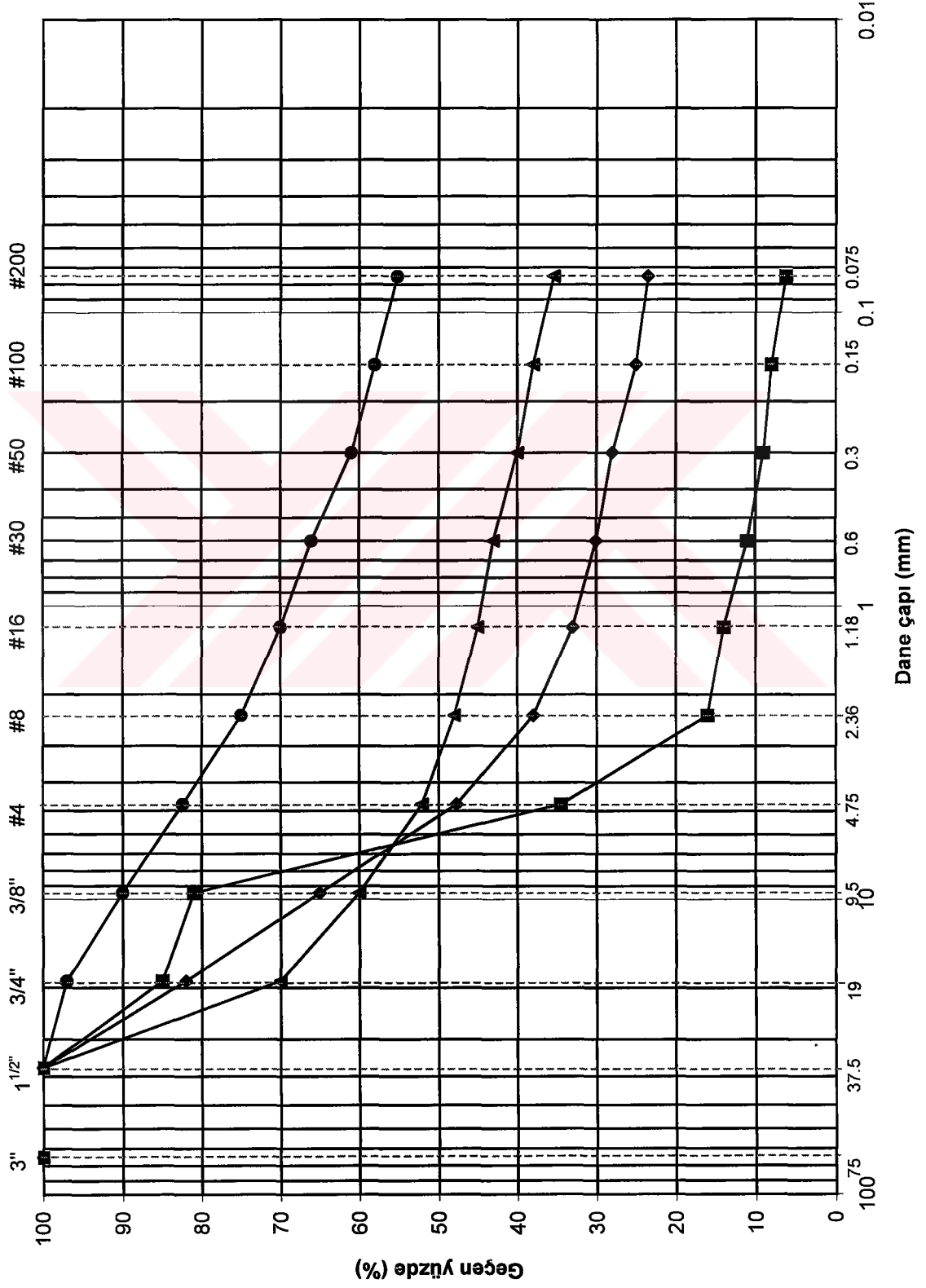


Kuyu No: ASK5/1

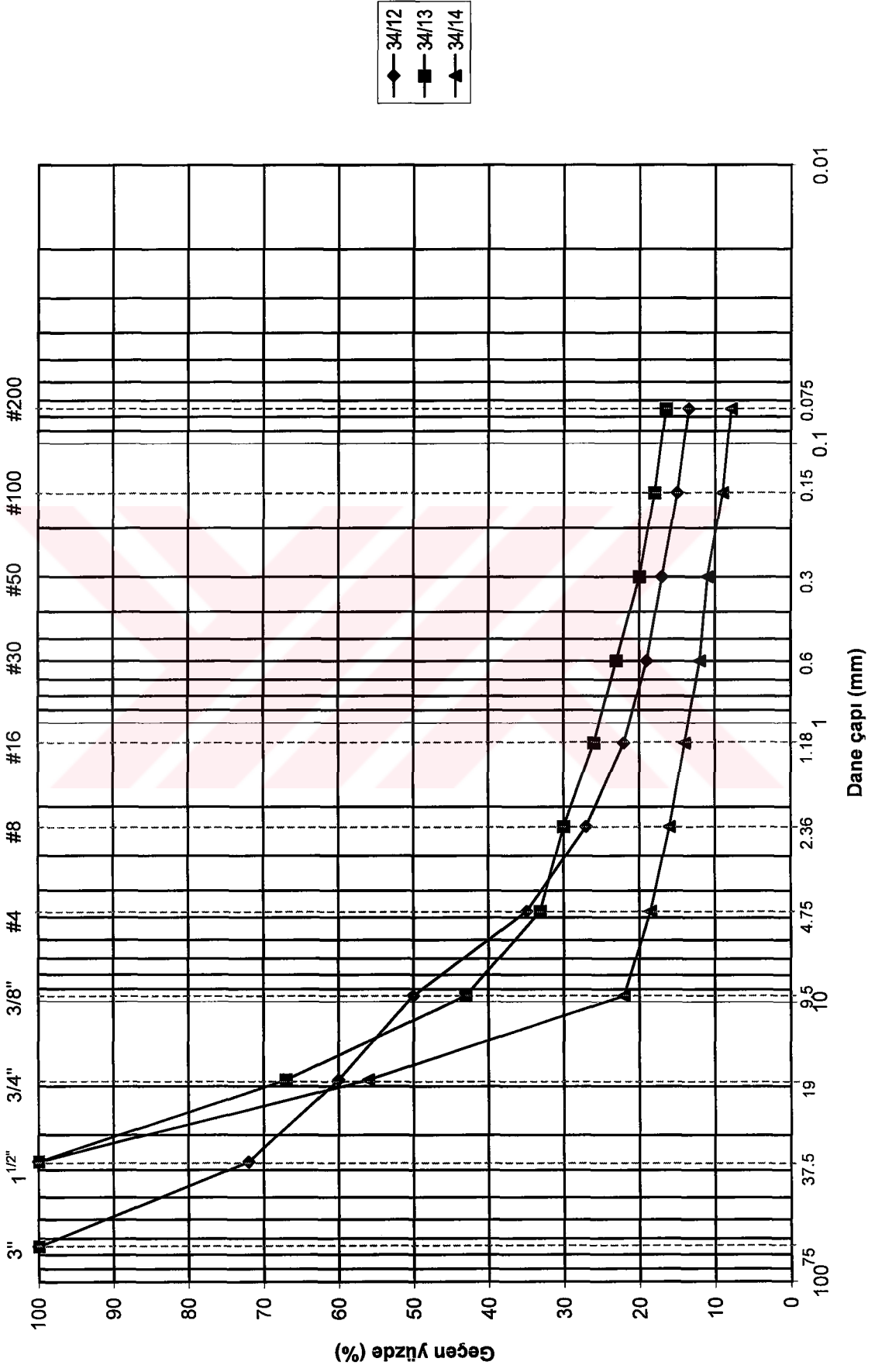


◆ 3/4/5
■ 3/4/6
▲ 3/4/8

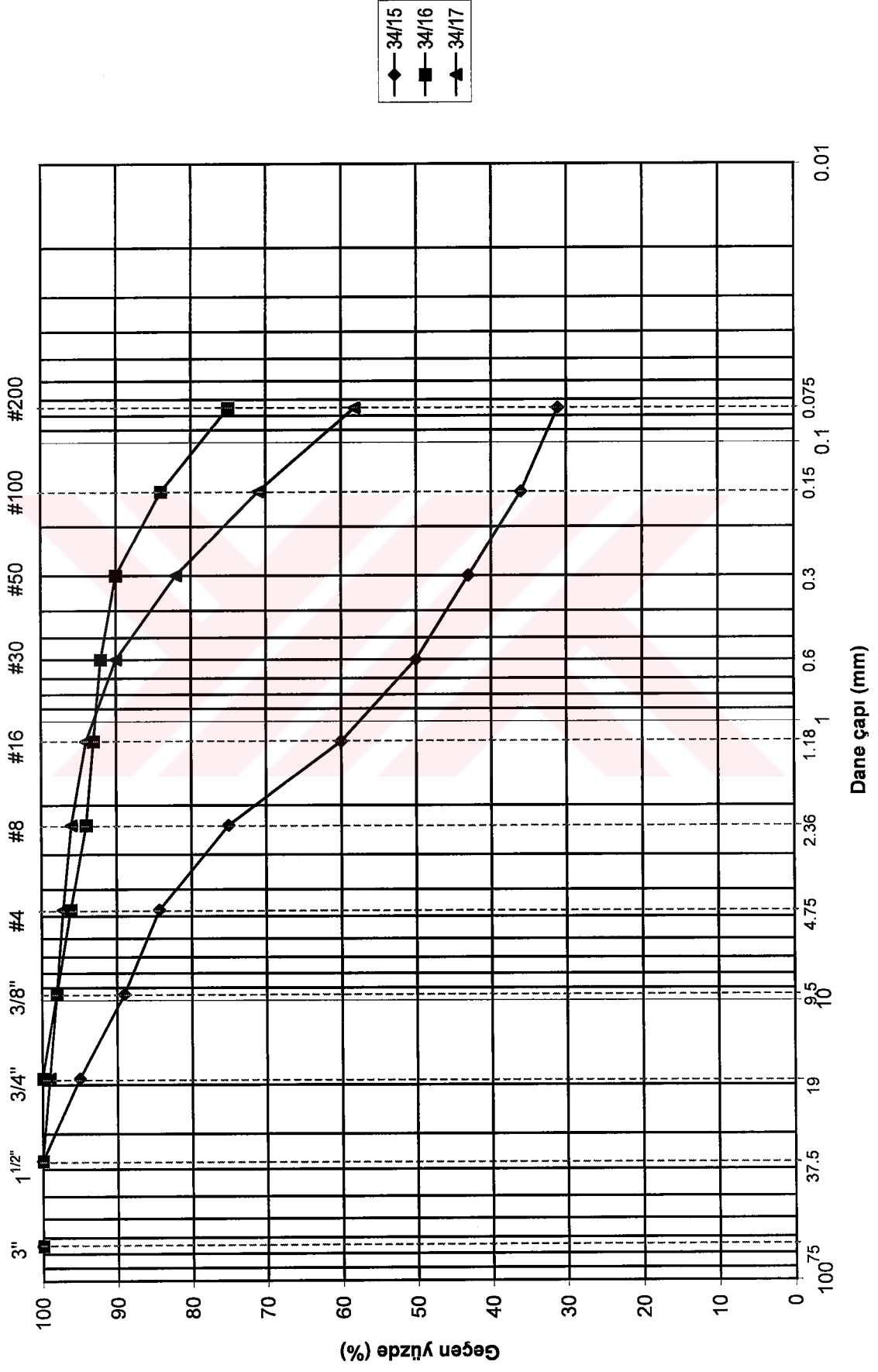
Kuyu No: ASK5/1



Kuyu No: ASK5/1



Kuyu No: ASK5/1





**EK 2: SIVILAŞMA ANALİZİ TANE DAĞILIM
KRİTERLERİ**



EK 3: SIVILAŞMA ANALİZİ SONUÇLARI

Tokimatsu ve Yoshimi (1983) Esasına Göre Sıvılaşma Analizi (İnşaat Sonu Hali)

Kuyu No	Derinlik(m)	Zemin tipi	İncee(%)	N ₁₍₆₀₎	ΔN _F	τ _v /σ _{v'}	τ _d /σ _{v'}	a _{max} =0.12g			a _{max} =0.14g			a _{max} =0.15g			
								FL	SIVILAŞMA	τ _d /σ _{v'}	FL	SIVILAŞMA	τ _d /σ _{v'}	FL	SIVILAŞMA	τ _d /σ _{v'}	
SK7	4.50	SM-ML	51.50	11.35	9.15	0.213	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	5.50	SW-SM	6.10	12.63	1.10	0.154	0.064	0.064	0.064	0.078	1.97	NL	0.085	1.81	NL	0.085	1.81
	6.50	SP-SC	6.00	7.20	1.00	0.118	0.064	0.064	0.079	0.079	1.49	NL	0.085	1.39	NL	0.085	1.39
	7.50	SP-SC	6.00	17.16	1.00	0.187	0.064	0.064	0.079	0.079	2.37	NL	0.086	2.17	NL	0.086	2.17
	10.50	SM	28.40	13.39	6.84	0.209	0.064	0.064	0.078	0.078	2.68	NL	0.085	2.46	NL	0.085	2.46
	11.50	GP-GM	10.20	12.22	5.02	0.179	0.063	0.063	0.077	0.077	2.32	NL	0.084	2.13	NL	0.084	2.13
	14.50	GC	3.10	17.82	0.00	0.184	0.061	0.061	0.075	0.075	2.45	NL	0.081	2.27	NL	0.081	2.27
SK8	2.50	GM	20.40	2.53	6.04	0.120	0.062	0.062	0.076	1.58	NL	0.082	1.46	NL	0.082	1.46	
	5.50	GM	17.20	6.68	5.72	0.145	0.064	0.064	0.079	1.84	NL	0.085	1.71	NL	0.085	1.71	
	7.50	GP-GM	11.00	4.69	5.10	0.129	0.065	0.065	0.079	1.63	NL	0.086	1.50	NL	0.086	1.50	
	8.50	SM-MH	45.90	6.64	8.59	0.164	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	10.50	GM	21.40	6.95	6.14	0.150	0.065	0.065	0.079	1.90	NL	0.086	1.74	NL	0.086	1.74	
	11.50	ML	64.60	7.08	10.46	0.181	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	13.50	SC	26.00	16.34	6.60	0.257	0.063	0.063	0.077	3.34	NL	0.084	3.06	NL	0.084	3.06	
	14.50	SC	39.50	6.17	7.95	0.156	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	16.50	SC-GC	26.40	6.45	6.64	0.150	0.061	0.061	0.074	2.03	NL	0.081	1.85	NL	0.081	1.85	
	17.50	SP-SM	9.90	7.30	4.90	0.144	0.060	0.060	0.073	1.97	NL	0.080	1.80	NL	0.080	1.80	
19.50	SM-GM	24.50	4.41	6.45	0.136	0.058	0.058	0.071	1.92	NL	0.077	1.77	NL	0.077	1.77		

Tokimatsu ve Yoshimi (1983) Esasına Göre Sıvılaşma Analizi (İnşaat Sonu Hali)

Kuyu No	Derinlik(m)	Zemin tipi	İnce(%)	N ₁₍₆₀₎	ΔN _F	τ _v /σ _{v'}	τ _d /σ _{v'}	a _{maks} =0.12g			a _{maks} =0.14g			a _{maks} =0.15g		
								FL	SIVILAŞMA	τ _d /σ _{v'}	FL	SIVILAŞMA	τ _d /σ _{v'}	FL	SIVILAŞMA	τ _d /σ _{v'}
SK9	2.50	GC-SC	17.10	9.33	5.71	0.162	0.059	2.75	NL	0.072	2.25	NL	0.078	2.08	NL	
	5.50	GP-GM	5.60	17.45	0.60	0.186	0.060	3.10	NL	0.074	2.51	NL	0.080	2.33	NL	
	7.50	GM	17.50	7.66	5.75	0.152	0.060	2.53	NL	0.074	2.05	NL	0.080	1.90	NL	
	8.50	GP-GM	11.00	10.00	5.10	0.163	0.060	2.72	NL	0.074	2.20	NL	0.080	2.04	NL	
	10.50	GM	23.50	8.47	6.35	0.161	0.060	2.68	NL	0.073	2.21	NL	0.079	2.04	NL	
	11.50	GP-GM	8.00	15.16	3.00	0.187	0.059	3.17	NL	0.072	2.60	NL	0.078	2.40	NL	
	13.50	GP-GM	6.20	6.47	1.20	0.114	0.058	1.97	NL	0.071	1.61	NL	0.077	1.48	NL	
	14.50	GM	35.40	19.82	7.54	0.421	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
	16.50	NP	55.20	7.61	9.52	0.178	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
	17.50	GM	13.50	5.86	5.35	0.138	0.054	2.56	NL	0.066	2.09	NL	0.072	1.92	NL	
18.50	GM	13.50	4.94	5.35	0.132	0.053	2.49	NL	0.065	2.03	NL	0.071	1.86	NL		
SK10	2.50	GC	14.10	3.26	5.41	0.121	0.058	2.09	NL	0.071	1.70	NL	0.077	1.57	NL	
	5.50	GP-GM	6.80	10.97	1.80	0.148	0.059	2.51	NL	0.072	2.06	NL	0.079	1.87	NL	
	7.50	GC-SC	20.70	6.26	6.07	0.145	0.059	2.46	NL	0.072	2.01	NL	0.079	1.84	NL	
	8.50	GC-GM	15.50	23.11	5.55	0.506	0.059	8.58	NL	0.072	7.03	NL	0.079	6.41	NL	
	9.50	GC-GM	15.50	4.07	5.55	0.127	0.059	2.15	NL	0.072	1.76	NL	0.078	1.63	NL	
	11.50	SC-GC	17.90	5.53	5.79	0.138	0.058	2.38	NL	0.071	1.94	NL	0.077	1.79	NL	
	13.50	GM-SM	17.70	4.20	5.77	0.130	0.057	2.28	NL	0.070	1.86	NL	0.076	1.71	NL	
	14.50	GM-SM	17.70	6.04	5.77	0.142	0.056	2.54	NL	0.069	2.06	NL	0.075	1.89	NL	
	16.50	GC	18.20	4.83	5.82	0.134	0.055	2.44	NL	0.067	2.00	NL	0.072	1.86	NL	
	17.50	GC	18.20	7.88	5.82	0.154	0.054	2.85	NL	0.066	2.33	NL	0.071	2.17	NL	
18.50	GC-SC	26.50	6.91	6.65	0.153	0.053	2.89	NL	0.064	2.39	NL	0.070	2.19	NL		

Tokimatsu ve Yoshimi (1983) Esasına Göre Sıvılaşma Analizi (İnşaat Sonu Hali)

Kuyu No	Derinlik(m)	Zemin tipi	İncee(%)	$N_{1(80)}$	ΔN_F	τ_L/σ'_0	$a_{maks}=0.12g$				$a_{maks}=0.14g$				$a_{maks}=0.15g$			
							τ_d/σ'_0	FL	SIVILAŞMA	τ_d/σ'_0	FL	SIVILAŞMA	τ_d/σ'_0	FL	SIVILAŞMA	τ_d/σ'_0	FL	SIVILAŞMA
SK11	3.50	GC-GM	14.50	12.32	5.45	0.183	0.060	3.05	NL	0.073	2.51	NL	0.079	2.32	NL			
	5.50	GC	18.40	9.83	5.84	0.167	0.060	2.78	NL	0.073	2.29	NL	0.080	2.09	NL			
	6.50	GC	18.40	8.51	5.84	0.158	0.060	2.63	NL	0.073	2.16	NL	0.079	2.00	NL			
	8.50	SC	17.80	20.17	5.78	0.352	0.059	5.97	NL	0.073	4.82	NL	0.079	4.46	NL			
	9.50	GC-SC	20.70	7.61	6.07	0.153	0.059	2.59	NL	0.072	2.13	NL	0.078	1.96	NL			
	11.50	GM-SM	15.50	4.89	5.55	0.133	0.058	2.29	NL	0.071	1.87	NL	0.077	1.73	NL			
	12.50	SM-GM	23.20	5.12	6.32	0.139	0.057	2.44	NL	0.070	1.99	NL	0.076	1.83	NL			
	14.50	GM	17.30	4.24	5.73	0.130	0.056	2.32	NL	0.068	1.91	NL	0.074	1.76	NL			

Tokimatsu ve Yoshimi (1983) Esasına Göre Sıvılaşma Analizi (İşletme Hali)

Kuyu No	Derinlik(m)	Zemin tipi	İnce(%)	N ₁₍₆₀₎	ΔN _F	τ _L /σ _{0'}	τ _d /σ _{0'}	a _{maks} =0.12g		a _{maks} =0.14g		a _{maks} =0.15g			
								FL	SIVILAŞMA	FL	SIVILAŞMA	FL	SIVILAŞMA	FL	SIVILAŞMA
SK7	4.50	SM-ML	51.50	11.35	9.15	0.213	---	---	---	---	---	---	---		
	5.50	SW-SM	6.10	12.63	1.10	0.154	0.067	2.30	NL	0.082	1.88	NL	0.089	1.73	NL
	6.50	SP-SC	6.00	7.20	1.00	0.118	0.067	1.76	NL	0.082	1.44	NL	0.089	1.33	NL
	7.50	SP-SC	6.00	17.16	1.00	0.187	0.067	2.79	NL	0.082	2.28	NL	0.089	2.10	NL
	10.50	SM	28.40	13.39	6.84	0.209	0.066	3.17	NL	0.081	2.58	NL	0.088	2.38	NL
	11.50	GP-GM	10.20	12.22	5.02	0.179	0.066	2.71	NL	0.080	2.24	NL	0.087	2.06	NL
	14.50	GC	3.10	17.82	0.00	0.184	0.063	2.92	NL	0.077	2.39	NL	0.084	2.19	NL
SK8	2.50	GM	20.40	2.53	6.04	0.120	0.065	1.85	NL	0.079	1.52	NL	0.086	1.40	NL
	5.50	GM	17.20	6.68	5.72	0.145	0.067	2.16	NL	0.082	1.77	NL	0.089	1.63	NL
	7.50	GP-GM	11.00	4.69	5.10	0.129	0.067	1.93	NL	0.082	1.57	NL	0.089	1.45	NL
	8.50	SM-MH	45.90	6.64	8.59	0.164	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	10.50	GM	21.40	6.95	6.14	0.150	0.067	2.24	NL	0.081	1.85	NL	0.088	1.70	NL
	11.50	ML	64.60	7.08	10.46	0.181	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	13.50	SC	26.00	16.34	6.60	0.257	0.065	3.95	NL	0.079	3.25	NL	0.086	2.99	NL
	14.50	SC	39.50	6.17	7.95	0.156	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	16.50	SC-GC	26.40	6.45	6.64	0.150	0.062	2.42	NL	0.076	1.97	NL	0.083	1.81	NL
	17.50	SP-SM	9.90	7.30	4.90	0.144	0.062	2.32	NL	0.075	1.92	NL	0.082	1.76	NL
19.50	SM-GM	24.50	4.41	6.45	0.136	0.059	2.31	NL	0.072	1.89	NL	0.079	1.72	NL	

Tokimatsu ve Yoshimi (1983) Esasına Göre Sıvılaşma Analizi (İşletme Hali)

Kuyu No	Derinlik(m)	Zemin tipi	İnce(%)	$N_{1(80)}$	ΔN_F	τ_L/σ'_0	τ_d/σ'_0	$a_{maks}=0.12g$			$a_{maks}=0.14g$			$a_{maks}=0.15g$		
								FL	SIVILAŞMA	τ_d/σ'_0	FL	SIVILAŞMA	τ_d/σ'_0	FL	SIVILAŞMA	τ_d/σ'_0
SK9	2.50	GC-SC	17.10	9.33	5.71	0.162	0.122	1.33	NL	0.149	1.09	ML	0.162	1.00	ML	
	5.50	GP-GM	5.60	17.45	0.60	0.186	0.114	1.63	NL	0.139	1.34	NL	0.151	1.23	NL	
	7.50	GM	17.50	7.66	5.75	0.152	0.108	1.41	NL	0.132	1.15	ML	0.144	1.06	ML	
	8.50	GP-GM	11.00	10.00	5.10	0.163	0.106	1.54	NL	0.129	1.26	NL	0.14	1.16	ML	
	10.50	GM	23.50	8.47	6.35	0.161	0.101	1.59	NL	0.123	1.31	NL	0.134	1.20	ML	
	11.50	GP-GM	8.00	15.16	3.00	0.187	0.098	1.91	NL	0.12	1.56	NL	0.13	1.44	NL	
	13.50	GP-GM	6.20	6.47	1.20	0.114	0.093	1.23	NL	0.114	1.00	ML	0.124	0.92	L	
	14.50	GM	35.40	19.82	7.54	0.421	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
16.50	NP	55.20	7.61	9.52	0.178	---	---	---	---	---	---	---	---	---		
17.50	GM	13.50	5.86	5.35	0.138	0.083	1.66	NL	0.102	1.35	NL	0.111	1.24	NL		
18.50	GM	13.50	4.94	5.35	0.132	0.081	1.63	NL	0.099	1.33	NL	0.107	1.23	NL		
SK10	2.50	GC	14.10	3.26	5.41	0.121	0.122	0.99	L	0.149	0.81	L	0.162	0.75	L	
	5.50	GP-GM	6.80	10.97	1.80	0.148	0.114	1.30	NL	0.139	1.06	ML	0.151	0.98	L	
	7.50	GC-SC	20.70	6.26	6.07	0.145	0.108	1.34	NL	0.132	1.10	ML	0.144	1.01	ML	
	8.50	GC-GM	15.50	23.11	5.55	0.506	0.106	4.77	NL	0.129	3.92	NL	0.140	3.61	NL	
	9.50	GC-GM	15.50	4.07	5.55	0.127	0.103	1.23	NL	0.126	1.01	ML	0.137	0.93	L	
	11.50	SC-GC	17.90	5.53	5.79	0.138	0.098	1.41	NL	0.120	1.15	ML	0.130	1.06	ML	
	13.50	GM-SM	17.70	4.20	5.77	0.130	0.093	1.40	NL	0.114	1.14	ML	0.124	1.05	ML	
	14.50	GM-SM	17.70	6.04	5.77	0.142	0.091	1.56	NL	0.111	1.28	NL	0.120	1.18	ML	
	16.50	GC	18.20	4.83	5.82	0.134	0.086	1.56	NL	0.105	1.28	NL	0.114	1.18	ML	
	17.50	GC	18.20	7.88	5.82	0.154	0.083	1.86	NL	0.102	1.51	NL	0.111	1.39	NL	
18.50	GC-SC	26.50	6.91	6.65	0.153	0.081	1.89	NL	0.099	1.55	NL	0.107	1.43	NL		

Tokimatsu ve Yoshimi (1983) Esasına Göre Sıvılaşma Analizi (İşletme Hali)

Kuyu No	Derinlik(m)	Zemin tipi	İnce(%)	$N_{I(80)}$	ΔN_F	τ_L/σ'_0	τ_d/σ'_0	$a_{maks}=0.12g$		$a_{maks}=0.14g$		$a_{maks}=0.15g$			
								FL	SIVILAŞMA	τ_d/σ'_0	FL	SIVILAŞMA	τ_d/σ'_0	FL	SIVILAŞMA
SK11	3.50	GC-GM	14.50	12.32	5.45	0.183	0.117	1.56	NL	0.142	1.29	NL	0.155	1.18	ML
	5.50	GC	18.40	9.83	5.84	0.167	0.111	1.50	NL	0.136	1.23	NL	0.148	1.13	ML
	6.50	GC	18.40	8.51	5.84	0.158	0.109	1.45	NL	0.133	1.19	ML	0.144	1.10	ML
	8.50	SC	17.80	20.17	5.78	0.352	0.103	3.42	NL	0.126	2.79	NL	0.137	2.57	NL
	9.50	GC-SC	20.70	7.61	6.07	0.153	0.101	1.51	NL	0.123	1.24	NL	0.134	1.14	ML
	11.50	GM-SM	15.50	4.89	5.55	0.133	0.096	1.39	NL	0.117	1.14	ML	0.127	1.05	ML
	12.50	SM-GM	23.20	5.12	6.32	0.139	0.093	1.49	NL	0.114	1.22	NL	0.124	1.12	ML
	14.50	GM	17.30	4.24	5.73	0.130	0.088	1.48	NL	0.108	1.20	ML	0.117	1.11	ML

USBR (1989) Esasına Göre Sıvılaşma Analizi ($a_{maks}=0.12$ g ve İnşaat Öncesi Hal)

Kuyu No	Derinlik(m)	Zemin tipi	İnce(%)	σ'_v (kPa)	N	Dr(%)	Seed(1979)	CN	E _R	N ₁₍₆₀₎ =N _A	τ_{av}	τ_{av}/σ'_v	N _R	EVET HAYIR
SK7	4.50	SM-ML	51.50	55.27	15	76	1.24	0.75	13.95	6.54	0.12	---	---	---
	5.50	SW-SM	6.10	64.98	18	80	1.15	0.75	15.53	7.98	0.12	10.37	HAYIR	
	6.50	SP-SC	6.00	74.69	11	63	1.09	0.75	8.99	9.37	0.13	11.10	EVET	
	7.50	SP-SC	6.00	84.40	28	88	1.04	0.75	21.84	10.73	0.13	11.10	HAYIR	
	10.50	SM	28.40	113.54	26	82	0.92	0.75	17.94	14.30	0.13	5.74	HAYIR	
	11.50	GP-GM	10.20	123.25	25	79	0.89	0.75	16.69	15.25	0.12	8.70	HAYIR	
	14.50	GC	3.10	152.39	42	90	0.80	0.75	25.20	17.14	0.11	10.00	HAYIR	
	2.50	GM	20.40	42.67	3	40	1.40	0.75	3.15	3.61	0.08	2.78	HAYIR	
	5.50	GM	17.20	71.81	10	60	1.12	0.75	8.40	7.92	0.11	5.48	HAYIR	
	7.50	GP-GM	11.00	91.23	8	50	0.99	0.75	5.94	10.68	0.12	8.43	EVET	
SK8	8.50	SM-MH	45.90	100.94	12	59	0.95	0.75	8.55	11.87	0.12	---	---	
	10.50	GM	21.40	120.37	14	61	0.89	0.75	9.35	14.25	0.12	5.93	HAYIR	
	11.50	ML	64.60	130.08	15	62	0.86	0.75	9.68	15.20	0.12	---	---	
	13.50	SC	26.00	149.50	38	88	0.82	0.75	23.37	16.73	0.11	4.44	HAYIR	
	14.50	SC	39.50	159.22	15	58	0.74	0.75	8.33	17.10	0.11	---	---	
	16.50	SC-GC	26.40	178.64	17	60	0.74	0.75	9.44	18.38	0.10	3.52	HAYIR	
	17.50	SP-SM	9.90	188.35	20	62	0.73	0.75	10.95	18.76	0.10	6.85	HAYIR	
	19.50	SM-GM	24.50	207.78	13	51	0.64	0.75	6.24	19.26	0.09	3.22	HAYIR	
	2.50	GC-SC	17.10	41.99	11	68	1.40	0.75	11.55	3.61	0.09	4.07	HAYIR	
	5.50	GP-GM	5.60	71.12	26	89	1.14	0.75	22.23	7.93	0.11	9.81	HAYIR	
SK9	7.50	GM	17.50	90.55	13	63	0.99	0.75	9.65	10.69	0.12	6.19	HAYIR	
	8.50	GP-GM	11.00	100.26	18	70	0.95	0.75	12.83	11.87	0.12	8.33	HAYIR	
	10.50	GM	23.50	119.68	17	65	0.89	0.75	11.35	14.26	0.12	5.56	HAYIR	
	11.50	GP-GM	8.00	129.39	32	84	0.86	0.75	20.64	15.21	0.12	9.56	HAYIR	
	13.50	GP-GM	6.20	148.82	15	59	0.77	0.75	8.66	16.73	0.11	9.52	EVET	
	14.50	GM	35.40	158.53	48	>90	0.78	0.75	28.08	17.11	0.11	---	---	
	16.50	NP	55.20	177.95	20	63	0.74	0.75	11.10	18.38	0.10	---	---	
	17.50	GM	13.50	187.67	16	57	0.68	0.75	8.16	18.76	0.10	5.56	HAYIR	
	18.50	GM	13.50	197.38	14	53	0.66	0.75	6.93	19.00	0.10	5.56	HAYIR	

USBR (1989) Esasına Göre Sıvılaşma Analizi ($a_{maks}=0.12$ g ve İnşaat Öncesi Hal)

Kuyu No	Derinlik(m)	Zemin tipi	İnce(%)	σ'_v (kPa)	N	Dr(%)	Seed(1979)	E_R	$N_{(60)}=N_A$	τ_{av}	τ_{av}/σ'_v	N_R	EVET HAYIR	
														CN
SK10	2.50	GC	14.10	46.35	4	43	1.36	0.75	4.08	3.57	0.08	3.52	HAYIR	
	5.50	GP-GM	6.80	76.72	17	73	1.05	0.75	13.39	7.88	0.10	8.33	HAYIR	
	7.50	GC-SC	20.70	96.15	11	59	0.96	0.75	7.92	10.63	0.11	5.09	HAYIR	
	8.50	GC-GM	15.50	105.86	43	>90	0.93	0.75	29.99	11.82	0.11	5.74	HAYIR	
	9.50	GC-GM	15.50	115.57	8	45	0.87	0.75	5.22	13.07	0.11	5.74	EVET	
	11.50	SC-GC	17.90	135.00	12	55	0.81	0.75	7.29	15.16	0.11	5.44	HAYIR	
	13.50	GM-SM	17.70	154.42	10	49	0.75	0.75	5.63	16.69	0.11	5.44	HAYIR	
	14.50	GM-SM	17.70	164.13	15	56	0.73	0.75	8.21	17.06	0.10	4.74	HAYIR	
	16.50	GC	18.20	183.55	13	52	0.68	0.75	6.63	18.34	0.10	4.74	HAYIR	
	17.50	GC	18.20	193.27	22	63	0.72	0.75	11.88	18.72	0.10	4.74	HAYIR	
	18.50	GC-SC	26.50	202.98	20	61	0.69	0.75	10.35	18.96	0.09	2.78	HAYIR	
	SK11	3.50	GC-GM	14.50	45.56	15	78	1.38	0.75	15.53	5.08	0.11	6.10	HAYIR
		5.50	GC	18.40	64.98	14	71	1.17	0.75	12.29	7.98	0.12	6.11	HAYIR
		6.50	GC	18.40	74.69	13	67	1.08	0.75	10.53	9.37	0.13	6.85	HAYIR
		8.50	SC	17.80	94.11	35	>90	1.00	0.75	26.25	11.92	0.13	7.04	HAYIR
9.50		GC-SC	20.70	103.82	14	64	0.95	0.75	9.98	13.16	0.13	6.85	HAYIR	
11.50		GM-SM	15.50	123.25	10	53	0.86	0.75	6.45	15.25	0.12	6.60	EVET	
12.50		SM-GM	23.20	132.95	11	54	0.82	0.75	6.77	15.98	0.12	5.56	HAYIR	
14.50		GM	17.30	152.39	10	50	0.75	0.75	5.63	17.14	0.11	5.37	HAYIR	

USBR (1989) Esasına Göre Sıvılaşma Analizi ($a_{maks}=0.14$ g ve İnşaat Öncesi Hal)

Kuyu No	Derinlik(m)	Zemin tipi	İnce(%)	σ'_v (kPa)	N	Dr(%)	CN		τ_{av}	τ_{av}/σ'_v	N_R	EVET HAYIR
							Seed(1979)	E_R				
SK7	4.50	SM-ML	51.50	55.27	15	76	1.24	0.75	13.95	7.62	0.14	---
	5.50	SW-SM	6.10	64.98	18	80	1.15	0.75	15.53	9.31	0.14	12.22 HAYIR
	6.50	SP-SC	6.00	74.69	11	63	1.09	0.75	8.99	10.93	0.15	13.33 EVET
	7.50	SP-SC	6.00	84.40	28	88	1.04	0.75	21.84	12.52	0.15	13.33 HAYIR
	10.50	SM	28.40	113.54	26	82	0.92	0.75	17.94	16.68	0.15	7.78 HAYIR
	11.50	GP-GM	10.20	123.25	25	79	0.89	0.75	16.69	17.79	0.14	10.56 HAYIR
14.50	GC	3.10	152.39	42	90	0.80	0.75	25.20	20.00	0.13	11.85 HAYIR	
SK8	2.50	GM	20.40	42.67	3	40	1.40	0.75	3.15	4.21	0.10	4.26 EVET
	5.50	GM	17.20	71.81	10	60	1.12	0.75	8.40	9.24	0.13	7.22 HAYIR
	7.50	GP-GM	11.00	91.23	8	50	0.99	0.75	5.94	12.46	0.14	10.19 EVET
	8.50	SM-MH	45.90	100.94	12	59	0.95	0.75	8.55	13.84	0.14	---
	10.50	GM	21.40	120.37	14	61	0.89	0.75	9.35	16.62	0.14	7.59 HAYIR
	11.50	ML	64.60	130.08	15	62	0.86	0.75	9.68	17.74	0.14	---
	13.50	SC	26.00	149.50	38	88	0.82	0.75	23.37	19.52	0.13	6.11 HAYIR
	14.50	SC	39.50	159.22	15	58	0.74	0.75	8.33	19.95	0.13	---
	16.50	SC-GC	26.40	178.64	17	60	0.74	0.75	9.44	21.44	0.12	5.19 HAYIR
	17.50	SP-SM	9.90	188.35	20	62	0.73	0.75	10.95	21.88	0.12	8.81 HAYIR
	19.50	SM-GM	24.50	207.78	13	51	0.64	0.75	6.24	22.47	0.11	4.52 HAYIR
	SK9	2.50	GC-SC	17.10	41.99	11	68	1.40	0.75	11.55	4.22	0.10
5.50		GP-GM	5.60	71.12	26	89	1.14	0.75	22.23	9.25	0.13	11.56 HAYIR
7.50		GM	17.50	90.55	13	63	0.99	0.75	9.65	12.47	0.14	8.15 HAYIR
8.50		GP-GM	11.00	100.26	18	70	0.95	0.75	12.83	13.85	0.14	10.19 HAYIR
10.50		GM	23.50	119.68	17	65	0.89	0.75	11.35	16.63	0.14	7.41 HAYIR
11.50		GP-GM	8.00	129.39	32	84	0.86	0.75	20.64	17.74	0.14	11.30 HAYIR
13.50		GP-GM	6.20	148.82	15	59	0.77	0.75	8.66	19.52	0.13	11.11 EVET
14.50		GM	35.40	158.53	48	>90	0.78	0.75	28.08	19.96	0.13	---
16.50		NP	55.20	177.95	20	63	0.74	0.75	11.10	21.45	0.12	---
17.50		GM	13.50	187.67	16	57	0.68	0.75	8.16	21.89	0.12	7.41 HAYIR
18.50	GM	13.50	197.38	14	53	0.66	0.75	6.93	22.16	0.11	6.48 HAYIR	

USBR (1989) Esasına Göre Sıvılaşma Analizi ($a_{maks}=0.14$ g ve İnşaat Öncesi Hal)

Kuyu No	Derinlik(m)	Zemin tipi	İnce(%)	σ'_v (kPa)	N	Dr(%)	Seed(1979)	CN	E_R	$N_{I(60)}=N_A$	τ_{av}	τ_{av}/σ'_v	N_R	EVET HAYIR
SK10	2.50	GC	14.10	46.35	4	43	1.36	0.75	4.08	4.17	0.09	4.07	HAYIR	
	5.50	GP-GM	6.80	76.72	17	73	1.05	0.75	13.39	9.19	0.12	10.00	HAYIR	
	7.50	GC-SC	20.70	96.15	11	59	0.96	0.75	7.92	12.41	0.13	6.78	HAYIR	
	8.50	GC-GM	15.50	105.86	43	>90	0.93	0.75	29.99	13.79	0.13	7.41	HAYIR	
	9.50	GC-GM	15.50	115.57	8	45	0.87	0.75	5.22	15.24	0.13	7.41	EVET	
	11.50	SC-GC	17.90	135.00	12	55	0.81	0.75	7.29	17.69	0.13	7.26	HAYIR	
	13.50	GM-SM	17.70	154.42	10	49	0.75	0.75	5.63	19.47	0.13	7.26	EVET	
	14.50	GM-SM	17.70	164.13	15	56	0.73	0.75	8.21	19.91	0.12	6.48	HAYIR	
	16.50	GC	18.20	183.55	13	52	0.68	0.75	6.63	21.40	0.12	6.48	HAYIR	
	17.50	GC	18.20	193.27	22	63	0.72	0.75	11.88	21.84	0.11	5.44	HAYIR	
	18.50	GC-SC	26.50	202.98	20	61	0.69	0.75	10.35	22.12	0.11	4.37	HAYIR	
	SK11	3.50	GC-GM	14.50	45.56	15	78	1.38	0.75	15.53	5.93	0.13	7.78	HAYIR
		5.50	GC	18.40	64.98	14	71	1.17	0.75	12.29	9.31	0.14	7.86	HAYIR
		6.50	GC	18.40	74.69	13	67	1.08	0.75	10.53	10.93	0.15	8.89	HAYIR
		8.50	SC	17.80	94.11	35	>90	1.00	0.75	26.25	13.90	0.15	8.89	HAYIR
9.50		GC-SC	20.70	103.82	14	64	0.95	0.75	9.98	15.35	0.15	8.63	HAYIR	
11.50		GM-SM	15.50	123.25	10	53	0.86	0.75	6.45	17.79	0.14	8.52	EVET	
12.50		SM-GM	23.20	132.95	11	54	0.82	0.75	6.77	18.64	0.14	7.44	EVET	
14.50		GM	17.30	152.39	10	50	0.75	0.75	5.63	20.00	0.13	7.04	EVET	

USBR (1989) Esasına Göre Sıvılaşma Analizi ($a_{maks}=0.12$ g ve İnşaat Sonu Hali)

Kuyu No	Derinlik(m)	Zemin tipi	İnce(%)	σ'_v (kPa)	N	Dr(%)	Seed(1979)	CN	E_R	$N_{I(60)}=N_A$	τ_{av}	τ_{av}/σ'_v	N_R	EVET HAYIR
SK7	4.50	SM-ML	51.50	284.82	15	76	1.24	0.75	13.95	17.46	0.06	---	---	---
	5.50	SW-SM	6.10	294.53	18	80	1.15	0.75	15.53	17.75	0.06	4.81	HAYIR	
	6.50	SP-SC	6.00	304.24	11	63	1.09	0.75	8.99	18.06	0.06	4.81	HAYIR	
	7.50	SP-SC	6.00	313.95	28	88	1.04	0.75	21.84	17.97	0.06	4.81	HAYIR	
	10.50	SM	28.40	343.09	26	82	0.92	0.75	17.94	19.09	0.06	0.00	HAYIR	
	11.50	GP-GM	10.20	352.80	25	79	0.89	0.75	16.69	19.56	0.06	3.70	HAYIR	
	14.50	GC	3.10	381.94	42	90	0.80	0.75	25.20	20.86	0.05	4.44	HAYIR	
SK8	2.50	GM	20.40	254.57	3	40	1.40	0.75	3.15	15.74	0.06	1.11	HAYIR	
	5.50	GM	17.20	283.70	10	60	1.12	0.75	8.40	17.52	0.06	1.53	HAYIR	
	7.50	GP-GM	11.00	303.12	8	50	0.99	0.75	5.94	18.12	0.06	3.33	HAYIR	
	8.50	SM-MH	45.90	312.84	12	59	0.95	0.75	8.55	18.03	0.06	---	---	
	10.50	GM	21.40	332.26	14	61	0.89	0.75	9.35	18.67	0.06	0.93	HAYIR	
	11.50	ML	64.60	341.97	15	62	0.86	0.75	9.68	19.14	0.06	---	---	
	13.50	SC	26.00	361.40	38	88	0.82	0.75	23.37	20.16	0.06	0.02	HAYIR	
	14.50	SC	39.50	371.11	15	58	0.74	0.75	8.33	20.57	0.06	---	---	
	16.50	SC-GC	26.40	390.53	17	60	0.74	0.75	9.44	21.37	0.05	0.00	HAYIR	
	17.50	SP-SM	9.90	400.24	20	62	0.73	0.75	10.95	21.85	0.05	2.96	HAYIR	
	19.50	SM-GM	24.50	419.67	13	51	0.64	0.75	6.24	22.48	0.05	0.00	HAYIR	
	SK9	2.50	GC-SC	17.10	298.02	11	68	1.40	0.75	11.55	16.82	0.06	1.36	HAYIR
		5.50	GP-GM	5.60	327.16	26	89	1.14	0.75	22.23	17.68	0.05	4.63	HAYIR
7.50		GM	17.50	346.58	13	63	0.99	0.75	9.65	18.75	0.05	0.74	HAYIR	
8.50		GP-GM	11.00	356.29	18	70	0.95	0.75	12.83	18.77	0.05	2.41	HAYIR	
10.50		GM	23.50	375.72	17	65	0.89	0.75	11.35	19.55	0.05	0.00	HAYIR	
11.50		GP-GM	8.00	385.43	32	84	0.86	0.75	20.64	19.97	0.05	3.70	HAYIR	
13.50		GP-GM	6.20	404.85	15	59	0.77	0.75	8.66	20.79	0.05	4.37	HAYIR	
14.50		GM	35.40	414.57	48	>90	0.78	0.75	28.08	21.29	0.05	---	---	
16.50		NP	55.20	433.99	20	63	0.74	0.75	11.10	22.11	0.05	---	---	
17.50		GM	13.50	443.70	16	57	0.68	0.75	8.16	22.54	0.05	1.67	HAYIR	
18.50	GM	13.50	453.41	14	53	0.66	0.75	6.93	22.89	0.05	1.67	HAYIR		

USBR (1989) Esasına Göre Sıvılaşma Analizi ($a_{maks}=0.12$ g ve İnşaat Sonu Hali)

Kuyu No	Derinlik(m)	Zemin tipi	İnce(%)	σ'_v (kPa)	N	Dr(%)	Seed(1979)	E_R	$N_{160}=N_A$	τ_{av}	τ_{av}/σ'_v	N_R	EVET	
														HAYIR
SK10	2.50	GC	14.10	302.39	4	43	1.36	0.75	4.08	16.79	0.06	2.19	HAYIR	
	5.50	GP-GM	6.80	332.76	17	73	1.05	0.75	13.39	17.65	0.05	4.15	HAYIR	
	7.50	GC-SC	20.70	352.18	11	59	0.96	0.75	7.92	18.71	0.05	0.27	HAYIR	
	8.50	GC-GM	15.50	361.90	43	>90	0.93	0.75	29.99	18.74	0.05	1.11	HAYIR	
	9.50	GC-GM	15.50	371.61	8	45	0.87	0.75	5.22	19.24	0.05	1.11	HAYIR	
	11.50	SC-GC	17.90	391.03	12	55	0.81	0.75	7.29	19.94	0.05	0.68	HAYIR	
	13.50	GM-SM	17.70	410.46	10	49	0.75	0.75	5.63	20.77	0.05	0.70	HAYIR	
	14.50	GM-SM	17.70	420.17	15	56	0.73	0.75	8.21	21.26	0.05	0.70	HAYIR	
	16.50	GC	18.20	439.59	13	52	0.68	0.75	6.63	22.09	0.05	0.64	HAYIR	
	17.50	GC	18.20	449.30	22	63	0.72	0.75	11.88	22.51	0.05	0.64	HAYIR	
	18.50	GC-SC	26.50	459.02	20	61	0.69	0.75	10.35	22.87	0.05	0.00	HAYIR	
	SK11	3.50	GC-GM	14.50	319.25	15	78	1.38	0.75	15.53	17.28	0.05	0.98	HAYIR
		5.50	GC	18.40	338.67	14	71	1.17	0.75	12.29	18.13	0.05	0.61	HAYIR
		6.50	GC	18.40	348.38	13	67	1.08	0.75	10.53	18.69	0.05	0.61	HAYIR
		8.50	SC	17.80	367.80	35	>90	1.00	0.75	26.25	19.22	0.05	0.70	HAYIR
9.50		GC-SC	20.70	377.51	14	64	0.95	0.75	9.98	19.50	0.05	0.27	HAYIR	
11.50		GM-SM	15.50	396.94	10	53	0.86	0.75	6.45	20.43	0.05	1.11	HAYIR	
12.50		SM-GM	23.20	406.64	11	54	0.82	0.75	6.77	20.74	0.05	0.00	HAYIR	
14.50		GM	17.30	426.08	10	50	0.75	0.75	5.63	21.66	0.05	0.77	HAYIR	

USBR (1989) Esasına Göre Sıvılaşma Analizi ($a_{maks}=0.14$ g ve İnşaat Sonu Hali)

Kuyu No	Derinlik(m)	Zemin tipi	İnceleme (%)	σ'_v (kPa)	N	Dr (%)	CN		E_R	$N_{I(60)}=N_A$	τ_{av}	τ_{av}/σ'_v	N_R	Evet Hayır
							Seed(1979)	N_R						
SK7	4.50	SM-ML	51.50	284.82	15	76	1.24	0.75	13.95	20.37	0.07	---	---	
	5.50	SW-SM	6.10	294.53	18	80	1.15	0.75	15.53	20.71	0.07	5.56	HAYIR	
	6.50	SP-SC	6.00	304.24	11	63	1.09	0.75	8.99	21.07	0.07	5.56	HAYIR	
	7.50	SP-SC	6.00	313.95	28	88	1.04	0.75	21.84	20.97	0.07	5.56	HAYIR	
	10.50	SM	28.40	343.09	26	82	0.92	0.75	17.94	22.28	0.06	0.00	HAYIR	
	11.50	GP-GM	10.20	352.80	25	79	0.89	0.75	16.69	22.83	0.06	3.70	HAYIR	
14.50	GC	3.10	381.94	42	90	0.80	0.75	25.20	24.34	0.06	5.19	HAYIR		
SK8	2.50	GM	20.40	254.57	3	40	1.40	0.75	3.15	18.36	0.07	1.85	HAYIR	
	5.50	GM	17.20	283.70	10	60	1.12	0.75	8.40	20.44	0.07	2.22	HAYIR	
	7.50	GP-GM	11.00	303.12	8	50	0.99	0.75	5.94	21.14	0.07	3.70	HAYIR	
	8.50	SM-MH	45.90	312.84	12	59	0.95	0.75	8.55	21.03	0.07	---	---	
	10.50	GM	21.40	332.26	14	61	0.89	0.75	9.35	21.78	0.07	1.67	HAYIR	
	11.50	ML	64.60	341.97	15	62	0.86	0.75	9.68	22.33	0.07	---	---	
	13.50	SC	26.00	361.40	38	88	0.82	0.75	23.37	23.52	0.07	0.67	HAYIR	
	14.50	SC	39.50	371.11	15	58	0.74	0.75	8.33	24.00	0.06	---	---	
	16.50	SC-GC	26.40	390.53	17	60	0.74	0.75	9.44	24.93	0.06	0.16	HAYIR	
	17.50	SP-SM	9.90	400.24	20	62	0.73	0.75	10.95	25.50	0.06	3.70	HAYIR	
	19.50	SM-GM	24.50	419.67	13	51	0.64	0.75	6.24	26.23	0.06	0.26	HAYIR	
	SK9	2.50	GC-SC	17.10	298.02	11	68	1.40	0.75	11.55	19.63	0.07	2.10	HAYIR
5.50		GP-GM	5.60	327.16	26	89	1.14	0.75	22.23	20.63	0.06	5.33	HAYIR	
7.50		GM	17.50	346.58	13	63	0.99	0.75	9.65	21.87	0.06	1.48	HAYIR	
8.50		GP-GM	11.00	356.29	18	70	0.95	0.75	12.83	21.90	0.06	3.33	HAYIR	
10.50		GM	23.50	375.72	17	65	0.89	0.75	11.35	22.81	0.06	0.59	HAYIR	
11.50		GP-GM	8.00	385.43	32	84	0.86	0.75	20.64	23.30	0.06	4.44	HAYIR	
13.50		GP-GM	6.20	404.85	15	59	0.77	0.75	8.66	24.26	0.06	4.74	HAYIR	
14.50		GM	35.40	414.57	48	>90	0.78	0.75	28.08	24.83	0.06	---	---	
16.50		NP	55.20	433.99	20	63	0.74	0.75	11.10	25.80	0.06	---	---	
17.50		GM	13.50	443.70	16	57	0.68	0.75	8.16	26.29	0.06	2.04	HAYIR	
18.50	GM	13.50	453.41	14	53	0.66	0.75	6.93	26.71	0.06	2.04	HAYIR		

USBR (1989) Esasına Göre Sıvılaşma Analizi ($a_{maks}=0.14$ g ve İnşaat Sonu Hali)

Kuyu No	Derinlik(m)	Zemin tipi	İnce(%)	σ'_v (kPa)	N	Dr(%)	Seed(1979)	CN	E_R	$N_{I(60)}=N_A$	τ_{av}	τ_{av}/σ'_v	N_R	EVET
SK10	2.50	GC	14.10	302.39	4	43	1.36	0.75	4.08	19.59	0.06	2.19	HAYIR	
	5.50	GP-GM	6.80	332.76	17	73	1.05	0.75	13.39	20.59	0.06	4.70	HAYIR	
	7.50	GC-SC	20.70	352.18	11	59	0.96	0.75	7.92	21.83	0.06	1.01	HAYIR	
	8.50	GC-GM	15.50	361.90	43	>90	0.93	0.75	29.99	21.87	0.06	1.85	HAYIR	
	9.50	GC-GM	15.50	371.61	8	45	0.87	0.75	5.22	22.45	0.06	1.85	HAYIR	
	11.50	SC-GC	17.90	391.03	12	55	0.81	0.75	7.29	23.27	0.06	1.42	HAYIR	
	13.50	GM-SM	17.70	410.46	10	49	0.75	0.75	5.63	24.23	0.06	1.43	HAYIR	
	14.50	GM-SM	17.70	420.17	15	56	0.73	0.75	8.21	24.80	0.06	1.45	HAYIR	
	16.50	GC	18.20	439.59	13	52	0.68	0.75	6.63	25.77	0.06	1.38	HAYIR	
	17.50	GC	18.20	449.30	22	63	0.72	0.75	11.88	26.26	0.06	1.38	HAYIR	
	18.50	GC-SC	26.50	459.02	20	61	0.69	0.75	10.35	26.68	0.06	0.15	HAYIR	
	SK11	3.50	GC-GM	14.50	319.25	15	78	1.38	0.75	15.53	20.15	0.06	1.72	HAYIR
		5.50	GC	18.40	338.67	14	71	1.17	0.75	12.29	21.15	0.06	1.35	HAYIR
		6.50	GC	18.40	348.38	13	67	1.08	0.75	10.53	21.80	0.06	1.35	HAYIR
8.50		SC	17.80	367.80	35	>90	1.00	0.75	26.25	22.42	0.06	1.44	HAYIR	
9.50		GC-SC	20.70	377.51	14	64	0.95	0.75	9.98	22.75	0.06	1.01	HAYIR	
11.50		GM-SM	15.50	396.94	10	53	0.86	0.75	6.45	23.83	0.06	1.85	HAYIR	
12.50		SM-GM	23.20	406.64	11	54	0.82	0.75	6.77	24.20	0.06	0.64	HAYIR	
14.50		GM	17.30	426.08	10	50	0.75	0.75	5.63	25.27	0.06	1.51	HAYIR	

USBR (1989) Esasına Göre Sıvılaşma Analizi ($a_{maks}=0.15$ g ve İnşaat Sonu Hali)

Kuyu No	Derinlik(m)	Zemin tipi	İnce(%)	σ'_v (kPa)	N	Dr(%)	Seed(1979)	CN	E_R	$N_{1(60)}=N_A$	τ_{av}	τ_{av}/σ'_v	N_R	EVET	
														HAYIR	HAYIR
SK7	4.50	SM-ML	51.50	284.82	15	76	1.24	0.75	13.95	21.82	0.08	---	---	---	---
	5.50	SW-SM	6.10	294.53	18	80	1.15	0.75	15.53	22.19	0.08	7.04	7.04	HAYIR	HAYIR
	6.50	SP-SC	6.00	304.24	11	63	1.09	0.75	8.99	22.58	0.07	5.56	5.56	HAYIR	HAYIR
	7.50	SP-SC	6.00	313.95	28	88	1.04	0.75	21.84	22.47	0.07	5.56	5.56	HAYIR	HAYIR
	10.50	SM	28.40	343.09	26	82	0.92	0.75	17.94	23.87	0.07	0.74	0.74	HAYIR	HAYIR
	11.50	GP-GM	10.20	352.80	25	79	0.89	0.75	16.69	24.46	0.07	4.44	4.44	HAYIR	HAYIR
14.50	GC	3.10	381.94	42	90	0.80	0.75	25.20	26.07	0.07	5.93	5.93	HAYIR	HAYIR	
SK8	2.50	GM	20.40	254.57	3	40	1.40	0.75	3.15	19.67	0.08	2.72	2.72	HAYIR	HAYIR
	5.50	GM	17.20	283.70	10	60	1.12	0.75	8.40	21.90	0.08	2.96	2.96	HAYIR	HAYIR
	7.50	GP-GM	11.00	303.12	8	50	0.99	0.75	5.94	22.65	0.07	3.70	3.70	HAYIR	HAYIR
	8.50	SM-MH	45.90	312.84	12	59	0.95	0.75	8.55	22.54	0.07	---	---	---	---
	10.50	GM	21.40	332.26	14	61	0.89	0.75	9.35	23.34	0.07	1.67	1.67	HAYIR	HAYIR
	11.50	ML	64.60	341.97	15	62	0.86	0.75	9.68	23.93	0.07	---	---	---	---
	13.50	SC	26.00	361.40	38	88	0.82	0.75	23.37	25.20	0.07	0.76	0.76	HAYIR	HAYIR
	14.50	SC	39.50	371.11	15	58	0.74	0.75	8.33	25.71	0.07	---	---	---	---
	16.50	SC-GC	26.40	390.53	17	60	0.74	0.75	9.44	26.71	0.07	0.72	0.72	HAYIR	HAYIR
	17.50	SP-SM	9.90	400.24	20	62	0.73	0.75	10.95	27.32	0.07	4.44	4.44	HAYIR	HAYIR
19.50	SM-GM	24.50	419.67	13	51	0.64	0.75	6.24	28.10	0.07	1.00	1.00	HAYIR	HAYIR	
SK9	2.50	GC-SC	17.10	298.02	11	68	1.40	0.75	11.55	21.03	0.07	2.40	2.40	HAYIR	HAYIR
	5.50	GP-GM	5.60	327.16	26	89	1.14	0.75	22.23	22.10	0.07	5.70	5.70	HAYIR	HAYIR
	7.50	GM	17.50	346.58	13	63	0.99	0.75	9.65	23.43	0.07	2.04	2.04	HAYIR	HAYIR
	8.50	GP-GM	11.00	356.29	18	70	0.95	0.75	12.83	23.47	0.07	3.88	3.88	HAYIR	HAYIR
	10.50	GM	23.50	375.72	17	65	0.89	0.75	11.35	24.44	0.07	1.15	1.15	HAYIR	HAYIR
	11.50	GP-GM	8.00	385.43	32	84	0.86	0.75	20.64	24.97	0.06	4.44	4.44	HAYIR	HAYIR
	13.50	GP-GM	6.20	404.85	15	59	0.77	0.75	8.66	25.99	0.06	4.74	4.74	HAYIR	HAYIR
	14.50	GM	35.40	414.57	48	>90	0.78	0.75	28.08	26.61	0.06	---	---	---	---
	16.50	NP	55.20	433.99	20	63	0.74	0.75	11.10	27.64	0.06	---	---	---	---
	17.50	GM	13.50	443.70	16	57	0.68	0.75	8.16	28.17	0.06	2.04	2.04	HAYIR	HAYIR
18.50	GM	13.50	453.41	14	53	0.66	0.75	6.93	28.62	0.06	2.04	2.04	HAYIR	HAYIR	

USBR (1989) Esasına Göre Sıvılaşma Analizi ($a_{maks}=0.15$ g ve İnşaat Sonu Hali)

Kuyu No	Derinlik(m)	Zemin tipi	İnce(%)	σ'_v (kPa)	N	Dr(%)	CN		$N_{I(60)}=N_A$	τ_{av}	τ_{av}/σ'_v	N_R	EVET HAYIR
							Seed(1979)	E_R					
SK10	2.50	GC	14.10	302.39	4	43	1.36	0.75	4.08	20.99	0.07	2.56	HAYIR
	5.50	GP-GM	6.80	332.76	17	73	1.05	0.75	13.39	22.06	0.07	5.07	HAYIR
	7.50	GC-SC	20.70	352.18	11	59	0.96	0.75	7.92	23.39	0.07	1.56	HAYIR
	8.50	GC-GM	15.50	361.90	43	>90	0.93	0.75	29.99	23.43	0.06	1.85	HAYIR
	9.50	GC-GM	15.50	371.61	8	45	0.87	0.75	5.22	24.05	0.06	1.85	HAYIR
	11.50	SC-GC	17.90	391.03	12	55	0.81	0.75	7.29	24.93	0.06	1.42	HAYIR
	13.50	GM-SM	17.70	410.46	10	49	0.75	0.75	5.63	25.96	0.06	1.45	HAYIR
	14.50	GM-SM	17.70	420.17	15	56	0.73	0.75	8.21	26.57	0.06	1.45	HAYIR
	16.50	GC	18.20	439.59	13	52	0.68	0.75	6.63	27.61	0.06	1.38	HAYIR
	17.50	GC	18.20	449.30	22	63	0.72	0.75	11.88	28.14	0.06	1.38	HAYIR
18.50	GC-SC	26.50	459.02	20	61	0.69	0.75	10.35	28.58	0.06	0.15	HAYIR	
SK11	3.50	GC-GM	14.50	319.25	15	78	1.38	0.75	15.53	21.59	0.07	2.09	HAYIR
	5.50	GC	18.40	338.67	14	71	1.17	0.75	12.29	22.66	0.07	1.90	HAYIR
	6.50	GC	18.40	348.38	13	67	1.08	0.75	10.53	23.36	0.07	1.90	HAYIR
	8.50	SC	17.80	367.80	35	>90	1.00	0.75	26.25	24.02	0.07	1.99	HAYIR
	9.50	GC-SC	20.70	377.51	14	64	0.95	0.75	9.98	24.37	0.06	1.81	HAYIR
	11.50	GM-SM	15.50	396.94	10	53	0.86	0.75	6.45	25.53	0.06	1.85	HAYIR
	12.50	SM-GM	23.20	406.64	11	54	0.82	0.75	6.77	25.93	0.06	0.64	HAYIR
	14.50	GM	17.30	426.08	10	50	0.75	0.75	5.63	27.08	0.06	1.51	HAYIR

USBR (1989) Esasına Göre Sıvılaşma Analizi ($a_{maks}=0.12$ g ve İşletme Hali)

Kuyu No	Derinlik(m)	Zemin tipi	σ'_v İnce(%)	σ'_v (kPa)	N	Dr(%)	Seed(1979)	CN	E_R	$N_{I(60)}=N_A$	τ_{av}	τ_{av}/σ'_v	N_R	EVET HAYIR
SK7	4.50	SM-ML	51.50	273.25	15	76	1.24	0.75	13.95	17.53	0.06	---	---	---
	5.50	SW-SM	6.10	282.96	18	80	1.15	0.75	15.53	17.82	0.06	4.81	HAYIR	
	6.50	SP-SC	6.00	292.68	11	63	1.09	0.75	8.99	18.13	0.06	4.81	HAYIR	
	7.50	SP-SC	6.00	302.39	28	88	1.04	0.75	21.84	18.04	0.06	4.81	HAYIR	
	10.50	SM	28.40	331.52	26	82	0.92	0.75	17.94	19.15	0.06	0.00	HAYIR	
	11.50	GP-GM	10.20	341.24	25	79	0.89	0.75	16.69	19.62	0.06	3.70	HAYIR	
	14.50	GC	3.10	370.37	42	90	0.80	0.75	25.20	20.91	0.06	4.44	HAYIR	
SK8	2.50	GM	20.40	245.00	3	40	1.40	0.75	3.15	15.80	0.06	1.11	HAYIR	
	5.50	GM	17.20	274.14	10	60	1.12	0.75	8.40	17.58	0.06	1.53	HAYIR	
	7.50	GP-GM	11.00	293.56	8	50	0.99	0.75	5.94	18.17	0.06	3.33	HAYIR	
	8.50	SM-MH	45.90	303.27	12	59	0.95	0.75	8.55	18.08	0.06	---	---	
	10.50	GM	21.40	322.70	14	61	0.89	0.75	9.35	18.72	0.06	0.93	HAYIR	
	11.50	ML	64.60	332.41	15	62	0.86	0.75	9.68	19.19	0.06	---	---	
	13.50	SC	26.00	351.83	38	88	0.82	0.75	23.37	20.21	0.06	0.02	HAYIR	
	14.50	SC	39.50	361.54	15	58	0.74	0.75	8.33	20.61	0.06	---	---	
	16.50	SC-GC	26.40	380.97	17	60	0.74	0.75	9.44	21.41	0.06	0.16	HAYIR	
	17.50	SP-SM	9.90	390.68	20	62	0.73	0.75	10.95	21.89	0.06	3.70	HAYIR	
	19.50	SM-GM	24.50	410.10	13	51	0.64	0.75	6.24	22.52	0.05	0.00	HAYIR	
	SK9	2.50	GC-SC	17.10	152.30	11	68	1.40	0.75	11.55	17.72	0.12	6.23	HAYIR
		5.50	GP-GM	5.60	181.43	26	89	1.14	0.75	22.23	18.47	0.10	8.67	HAYIR
7.50		GM	17.50	200.86	13	63	0.99	0.75	9.65	19.50	0.10	4.88	HAYIR	
8.50		GP-GM	11.00	210.57	18	70	0.95	0.75	12.83	19.50	0.09	5.37	HAYIR	
10.50		GM	23.50	229.99	17	65	0.89	0.75	11.35	20.24	0.09	2.87	HAYIR	
11.50		GP-GM	8.00	239.70	32	84	0.86	0.75	20.64	20.65	0.09	6.85	HAYIR	
13.50		GP-GM	6.20	259.13	15	59	0.77	0.75	8.66	21.44	0.08	6.96	HAYIR	
14.50		GM	35.40	268.84	48	>90	0.78	0.75	28.08	21.93	0.08	---	---	
16.50		NP	55.20	288.26	20	63	0.74	0.75	11.10	22.73	0.08	---	---	
17.50		GM	13.50	297.97	16	57	0.68	0.75	8.16	23.15	0.08	4.26	HAYIR	
18.50	GM	13.50	307.69	14	53	0.66	0.75	6.93	23.49	0.08	4.26	HAYIR		

USBR (1989) Esasına Göre Sıvılaşma Analizi ($a_{maks}=0.12$ g ve İşletme Hali)

Kuyu No	Derinlik(m)	Zemin tipi	İnce(%)	σ'_v (kPa)	N	Dr(%)	Seed(1979)	CN	E_R	$N_{I(60)}=N_A$	τ_{av}	τ_{av}/σ'_v	N_R	EVET
SK10	2.50	GC	14.10	152.30	4	43	1.36	0.75	4.08	17.72	0.12	7.37	EVET	
	5.50	GP-GM	6.80	181.43	17	73	1.05	0.75	13.39	18.47	0.10	8.41	HAYIR	
	7.50	GC-SC	20.70	200.86	11	59	0.96	0.75	7.92	19.50	0.10	4.31	HAYIR	
	8.50	GC-GM	15.50	210.57	43	>90	0.93	0.75	29.99	19.50	0.09	4.01	HAYIR	
	9.50	GC-GM	15.50	220.28	8	45	0.87	0.75	5.22	19.98	0.09	4.01	HAYIR	
	11.50	SC-GC	17.90	239.70	12	55	0.81	0.75	7.29	20.65	0.09	3.73	HAYIR	
	13.50	GM-SM	17.70	259.13	10	49	0.75	0.75	5.63	21.44	0.08	3.19	HAYIR	
	14.50	GM-SM	17.70	268.84	15	56	0.73	0.75	8.21	21.93	0.08	3.19	HAYIR	
	16.50	GC	18.20	288.26	13	52	0.68	0.75	6.63	22.73	0.08	3.13	HAYIR	
	17.50	GC	18.20	297.97	22	63	0.72	0.75	11.88	23.15	0.08	3.13	HAYIR	
	18.50	GC-SC	26.50	307.69	20	61	0.69	0.75	10.35	23.49	0.08	1.95	HAYIR	
	SK11	3.50	GC-GM	14.50	170.84	15	78	1.38	0.75	15.53	18.11	0.11	5.63	HAYIR
		5.50	GC	18.40	190.26	14	71	1.17	0.75	12.29	18.92	0.10	4.41	HAYIR
		6.50	GC	18.40	199.97	13	67	1.08	0.75	10.53	19.46	0.10	4.41	HAYIR
8.50		SC	17.80	219.40	35	>90	1.00	0.75	26.25	19.94	0.09	3.74	HAYIR	
9.50		GC-SC	20.70	229.11	14	64	0.95	0.75	9.98	20.20	0.09	3.39	HAYIR	
11.50		GM-SM	15.50	248.53	10	53	0.86	0.75	6.45	21.10	0.08	3.46	HAYIR	
12.50		SM-GM	23.20	258.24	11	54	0.82	0.75	6.77	21.41	0.08	2.53	HAYIR	
14.50		GM	17.30	277.67	10	50	0.75	0.75	5.63	22.31	0.08	3.24	HAYIR	

USBR (1989) Esasına Göre Sıvılaşma Analizi ($a_{maks}=0.14$ g ve İşletme Hali)

Kuyu No	Derinlik(m)	Zemin tipi	İnce(%)	σ'_v (kPa)	N	Dr(%)	CN			τ_{av}	τ_{av}/σ'_v	N_R	EVET HAYIR	
							E_R	$N_{I(60)}=N_A$	$N_{I(60)}$					
SK7	4.50	SM-ML	51.50	273.25	15	76	1.24	0.75	13.95	20.45	0.07	---	---	
	5.50	SW-SM	6.10	282.96	18	80	1.15	0.75	15.53	20.79	0.07	5.56	HAYIR	
	6.50	SP-SC	6.00	292.68	11	63	1.09	0.75	8.99	21.15	0.07	5.56	HAYIR	
	7.50	SP-SC	6.00	302.39	28	88	1.04	0.75	21.84	21.04	0.07	5.56	HAYIR	
	10.50	SM	28.40	331.52	26	82	0.92	0.75	17.94	22.34	0.07	0.00	HAYIR	
	11.50	GP-GM	10.20	341.24	25	79	0.89	0.75	16.69	22.89	0.07	4.44	HAYIR	
	14.50	GC	3.10	370.37	42	90	0.80	0.75	25.20	24.40	0.07	5.19	HAYIR	
SK8	2.50	GM	20.40	245.00	3	40	1.40	0.75	3.15	18.43	0.08	2.72	HAYIR	
	5.50	GM	17.20	274.14	10	60	1.12	0.75	8.40	20.51	0.07	2.22	HAYIR	
	7.50	GP-GM	11.00	293.56	8	50	0.99	0.75	5.94	21.20	0.07	3.70	HAYIR	
	8.50	SM-MH	45.90	303.27	12	59	0.95	0.75	8.55	21.09	0.07	---	---	
	10.50	GM	21.40	322.70	14	61	0.89	0.75	9.35	21.84	0.07	1.67	HAYIR	
	11.50	ML	64.60	332.41	15	62	0.86	0.75	9.68	22.39	0.07	---	---	
	13.50	SC	26.00	351.83	38	88	0.82	0.75	23.37	23.57	0.07	0.76	HAYIR	
	14.50	SC	39.50	361.54	15	58	0.74	0.75	8.33	24.05	0.07	---	---	
	16.50	SC-GC	26.40	380.97	17	60	0.74	0.75	9.44	24.98	0.07	0.72	HAYIR	
	17.50	SP-SM	9.90	390.68	20	62	0.73	0.75	10.95	25.54	0.07	4.44	HAYIR	
	19.50	SM-GM	24.50	410.10	13	51	0.64	0.75	6.24	26.27	0.06	0.26	HAYIR	
	SK9	2.50	GC-SC	17.10	152.30	11	68	1.40	0.75	11.55	20.67	0.14	8.45	HAYIR
		5.50	GP-GM	5.60	181.43	26	89	1.14	0.75	22.23	21.55	0.12	10.70	HAYIR
7.50		GM	17.50	200.86	13	63	0.99	0.75	9.65	22.75	0.11	5.25	HAYIR	
8.50		GP-GM	11.00	210.57	18	70	0.95	0.75	12.83	22.74	0.11	7.78	HAYIR	
10.50		GM	23.50	229.99	17	65	0.89	0.75	11.35	23.61	0.10	3.98	HAYIR	
11.50		GP-GM	8.00	239.70	32	84	0.86	0.75	20.64	24.09	0.10	7.96	HAYIR	
13.50		GP-GM	6.20	259.13	15	59	0.77	0.75	8.66	25.02	0.10	8.63	HAYIR	
14.50		GM	35.40	268.84	48	>90	0.78	0.75	28.08	25.58	0.10	---	---	
16.50		NP	55.20	288.26	20	63	0.74	0.75	11.10	26.52	0.09	---	---	
17.50		GM	13.50	297.97	16	57	0.68	0.75	8.16	27.01	0.09	4.81	HAYIR	
18.50	GM	13.50	307.69	14	53	0.66	0.75	6.93	27.41	0.09	4.81	HAYIR		

USBR (1989) Esasına Göre Sıvılaşma Analizi ($a_{maks}=0.14$ g ve İşletme Hali)

Kuyu No	Derinlik(m)	Zemin tipi	İnce(%)	σ'_v (kPa)	N	Dr(%)	Seed(1979)	CN	E_R	$N_{i(60)}=N_A$	τ_{av}	τ_{av}/σ'_v	N_R	EVET	
														HAYIR	HAYIR
SK10	2.50	GC	14.10	152.30	4	43	1.36	0.75	4.08	20.67	0.14	9.41	EVET	HAYIR	
	5.50	GP-GM	6.80	181.43	17	73	1.05	0.75	13.39	21.55	0.12	10.26	EVET	HAYIR	
	7.50	GC-SC	20.70	200.86	11	59	0.96	0.75	7.92	22.75	0.11	5.05	HAYIR	HAYIR	
	8.50	GC-GM	15.50	210.57	43	>90	0.93	0.75	29.99	22.74	0.11	5.50	HAYIR	HAYIR	
	9.50	GC-GM	15.50	220.28	8	45	0.87	0.75	5.22	23.31	0.11	5.50	EVET	HAYIR	
	11.50	SC-GC	17.90	239.70	12	55	0.81	0.75	7.29	24.09	0.10	4.65	HAYIR	HAYIR	
	13.50	GM-SM	17.70	259.13	10	49	0.75	0.75	5.63	25.02	0.10	4.68	HAYIR	HAYIR	
	14.50	GM-SM	17.70	268.84	15	56	0.73	0.75	8.21	25.58	0.10	4.68	HAYIR	HAYIR	
	16.50	GC	18.20	288.26	13	52	0.68	0.75	6.63	26.52	0.09	3.69	HAYIR	HAYIR	
	17.50	GC	18.20	297.97	22	63	0.72	0.75	11.88	27.01	0.09	3.69	HAYIR	HAYIR	
	18.50	GC-SC	26.50	307.69	20	61	0.69	0.75	10.35	27.41	0.09	2.88	HAYIR	HAYIR	
	SK11	3.50	GC-GM	14.50	170.84	15	78	1.38	0.75	15.53	21.13	0.12	6.37	HAYIR	HAYIR
		5.50	GC	18.40	190.26	14	71	1.17	0.75	12.29	22.07	0.12	6.07	HAYIR	HAYIR
		6.50	GC	18.40	199.97	13	67	1.08	0.75	10.53	22.70	0.11	5.15	HAYIR	HAYIR
		8.50	SC	17.80	219.40	35	>90	1.00	0.75	26.25	23.26	0.11	5.22	HAYIR	HAYIR
9.50		GC-SC	20.70	229.11	14	64	0.95	0.75	9.98	23.57	0.10	4.31	HAYIR	HAYIR	
11.50		GM-SM	15.50	248.53	10	53	0.86	0.75	6.45	24.62	0.10	4.94	HAYIR	HAYIR	
12.50		SM-GM	23.20	258.24	11	54	0.82	0.75	6.77	24.98	0.10	4.01	HAYIR	HAYIR	
14.50	GM	17.30	277.67	10	50	0.75	0.75	5.63	26.02	0.09	3.98	HAYIR	HAYIR		

USBR (1989) Esasına Göre Sıvılaşma Analizi ($a_{maks}=0.15$ g ve İşletme Hali)

Kuyu No	Derinlik(m)	Zemin tipi	İnce(%)	σ'_v (kPa)	N	Dr(%)	Seed(1979)	CN	E_R	$N_{I(60)}=N_A$	τ_{av}	τ_{av}/σ'_v	N_R	EVET	
														HAYIR	HAYIR
SK7	4.50	SM-ML	51.50	273.25	15	76	1.24	0.75	13.95	21.91	0.08	---	---	---	---
	5.50	SW-SM	6.10	282.96	18	80	1.15	0.75	15.53	22.27	0.08	7.04	7.04	HAYIR	HAYIR
	6.50	SP-SC	6.00	292.68	11	63	1.09	0.75	8.99	22.66	0.08	7.04	7.04	HAYIR	HAYIR
	7.50	SP-SC	6.00	302.39	28	88	1.04	0.75	21.84	22.54	0.07	7.04	7.04	HAYIR	HAYIR
	10.50	SM	28.40	331.52	26	82	0.92	0.75	17.94	23.94	0.07	0.00	0.00	HAYIR	HAYIR
	11.50	GP-GM	10.20	341.24	25	79	0.89	0.75	16.69	24.53	0.07	4.44	4.44	HAYIR	HAYIR
14.50	GC	3.10	370.37	42	90	0.80	0.75	25.20	26.14	0.07	5.19	5.19	HAYIR	HAYIR	
SK8	2.50	GM	20.40	245.00	3	40	1.40	0.75	3.15	19.75	0.08	2.72	2.72	HAYIR	HAYIR
	5.50	GM	17.20	274.14	10	60	1.12	0.75	8.40	21.97	0.08	2.96	2.96	HAYIR	HAYIR
	7.50	GP-GM	11.00	293.56	8	50	0.99	0.75	5.94	22.72	0.08	5.00	5.00	HAYIR	HAYIR
	8.50	SM-MH	45.90	303.27	12	59	0.95	0.75	8.55	22.60	0.07	---	---	---	---
	10.50	GM	21.40	322.70	14	61	0.89	0.75	9.35	23.40	0.07	1.67	1.67	HAYIR	HAYIR
	11.50	ML	64.60	332.41	15	62	0.86	0.75	9.68	23.99	0.07	---	---	---	---
	13.50	SC	26.00	351.83	38	88	0.82	0.75	23.37	25.26	0.07	0.76	0.76	HAYIR	HAYIR
	14.50	SC	39.50	361.54	15	58	0.74	0.75	8.33	25.77	0.07	---	---	---	---
	16.50	SC-GC	26.40	380.97	17	60	0.74	0.75	9.44	26.76	0.07	0.72	0.72	HAYIR	HAYIR
	17.50	SP-SM	9.90	390.68	20	62	0.73	0.75	10.95	27.37	0.07	4.44	4.44	HAYIR	HAYIR
19.50	SM-GM	24.50	410.10	13	51	0.64	0.75	6.24	28.15	0.07	1.00	1.00	HAYIR	HAYIR	
SK9	2.50	GC-SC	17.10	152.30	11	68	1.40	0.75	11.55	22.15	0.15	9.19	9.19	HAYIR	HAYIR
	5.50	GP-GM	5.60	181.43	26	89	1.14	0.75	22.23	23.09	0.13	11.63	11.63	HAYIR	HAYIR
	7.50	GM	17.50	200.86	13	63	0.99	0.75	9.65	24.38	0.12	6.18	6.18	HAYIR	HAYIR
	8.50	GP-GM	11.00	210.57	18	70	0.95	0.75	12.83	24.37	0.12	8.52	8.52	HAYIR	HAYIR
	10.50	GM	23.50	229.99	17	65	0.89	0.75	11.35	25.30	0.11	4.72	4.72	HAYIR	HAYIR
	11.50	GP-GM	8.00	239.70	32	84	0.86	0.75	20.64	25.81	0.11	8.70	8.70	HAYIR	HAYIR
	13.50	GP-GM	6.20	259.13	15	59	0.77	0.75	8.66	26.80	0.10	8.63	8.63	HAYIR	HAYIR
	14.50	GM	35.40	268.84	48	>90	0.78	0.75	28.08	27.41	0.10	---	---	---	---
	16.50	NP	55.20	288.26	20	63	0.74	0.75	11.10	28.42	0.10	---	---	---	---
	17.50	GM	13.50	297.97	16	57	0.68	0.75	8.16	28.94	0.10	5.93	5.93	HAYIR	HAYIR
18.50	GM	13.50	307.69	14	53	0.66	0.75	6.93	29.37	0.10	5.93	5.93	HAYIR	HAYIR	

USBR (1989) Esasına Göre Sıvılaşma Analizi ($a_{maks}=0.15$ g ve İşletme Hali)

Kuyu No	Derinlik(m)	Zemin tipi	İnce(%)	σ'_v (kPa)	N	Dr(%)	Seed(1979)	CN		τ_{av}	τ_{av}/σ'_v	N_R	EVET HAYIR
								E_R	$N_{I(60)}=N_A$				
SK10	2.50	GC	14.10	152.30	4	43	1.36	0.75	4.08	22.15	0.15	10.15	EVET
	5.50	GP-GM	6.80	181.43	17	73	1.05	0.75	13.39	23.09	0.13	11.19	HAYIR
	7.50	GC-SC	20.70	200.86	11	59	0.96	0.75	7.92	24.38	0.12	5.80	HAYIR
	8.50	GC-GM	15.50	210.57	43	>90	0.93	0.75	29.99	24.37	0.12	6.61	HAYIR
	9.50	GC-GM	15.50	220.28	8	45	0.87	0.75	5.22	24.97	0.11	5.50	EVET
	11.50	SC-GC	17.90	239.70	12	55	0.81	0.75	7.29	25.81	0.11	5.21	HAYIR
	13.50	GM-SM	17.70	259.13	10	49	0.75	0.75	5.63	26.80	0.10	4.68	HAYIR
	14.50	GM-SM	17.70	268.84	15	56	0.73	0.75	8.21	27.41	0.10	4.68	HAYIR
	16.50	GC	18.20	288.26	13	52	0.68	0.75	6.63	28.42	0.10	4.61	HAYIR
	17.50	GC	18.20	297.97	22	63	0.72	0.75	11.88	28.94	0.10	4.61	HAYIR
18.50	GC-SC	26.50	307.69	20	61	0.69	0.75	10.35	29.37	0.10	3.62	HAYIR	
SK11	3.50	GC-GM	14.50	170.84	15	78	1.38	0.75	15.53	22.64	0.13	7.30	HAYIR
	5.50	GC	18.40	190.26	14	71	1.17	0.75	12.29	23.65	0.12	6.07	HAYIR
	6.50	GC	18.40	199.97	13	67	1.08	0.75	10.53	24.32	0.12	6.07	HAYIR
	8.50	SC	17.80	219.40	35	>90	1.00	0.75	26.25	24.92	0.11	5.22	HAYIR
	9.50	GC-SC	20.70	229.11	14	64	0.95	0.75	9.98	25.25	0.11	4.87	HAYIR
	11.50	GM-SM	15.50	248.53	10	53	0.86	0.75	6.45	26.38	0.11	5.50	HAYIR
	12.50	SM-GM	23.20	258.24	11	54	0.82	0.75	6.77	26.76	0.10	4.01	HAYIR
	14.50	GM	17.30	277.67	10	50	0.75	0.75	5.63	27.88	0.10	4.72	HAYIR