

**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**KOCAELİ İLİ ÖZELİNDE STANDART PENETRASYON
DENEYİ İLE ZEMİN PARAMETRELERİ ARASINDAKİ
İLİŞKİLER**

MURAT KARADENİZ

KOCAELİ 2015

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**KOCAELİ İLİ ÖZELİNDE STANDART PENETRASYON
DENEYİ İLE ZEMİN PARAMETRELERİ ARASINDAKİ
İLİŞKİLER**

MURAT KARADENİZ

Yrd.Doç.Dr. Utkan MUTMAN
Danışman, Kocaeli Üniv.

Prof.Dr. Safa Bozkurt COŞKUN
Jüri Üyesi, Kocaeli Üniv.

Doç.Dr. Berna UNUTMAZ
Jüri Üyesi, Hacettepe Üniv.



Tezin Savunulduğu Tarih: 24.07.2015

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜRLER

Kocaeli Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi İnşaat Mühendisliği Anabilim dalında Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanan bu çalışma Yrd. Doç. Dr. Utkan MUTMAN denetiminde gerçekleştirilmiştir.

Öncelikle beni Yüksek Lisans öğrencisi olarak kabul eden ve çalışmalarım süresince değerli öneri ve eleştirileri ile yönlendiren, araştırmalarımın her safhasında benden desteğini esirgemeyen danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Utkan MUTMAN'a teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmam sırasında her zaman yanımda olan ve manevi desteklerini benden esirgemeyen is arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Son olarak tüm yaşantım boyunca, birçok fedakârlığa katlanarak beni bu günlere getiren ve sürekli yanımda olarak beni destekleyen değerli Ailem'e sonsuz şükranlarımı sunarım.

Haziran – 2015

Murat KARADENİZ

İÇİNDEKİLER

| | |
|--|------|
| ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR | i |
| İÇİNDEKİLER | ii |
| ŞEKİLLER DİZİNİ..... | iv |
| TABLolar DİZİNİ | vi |
| SİMGELER DİZİNİ VE KISALTMALAR | vii |
| ÖZET | viii |
| ABSTRACT | ix |
| GİRİŞ | 1 |
| 1. STANDART PENETRASYON DENEYİ (SPT)..... | 3 |
| 1.1. Deneyin Amacı | 3 |
| 1.2. Deneyin Uygulanma Alanları | 4 |
| 1.3. SPT Deneyinin Avantajları..... | 4 |
| 1.4. SPT Deneyinin Dezavantajları | 5 |
| 1.5. SPT Deneyinde Kullanılan Ekipmanlar | 5 |
| 1.5.1. Sondaj makinesi ve kule | 5 |
| 1.5.2. Çakma ekipmanı (şahmerdan) | 6 |
| 1.5.3. Kılavuz borusu ve dövme başlığı | 8 |
| 1.5.4. Tijler | 8 |
| 1.5.5. Boyuna yarık tüp..... | 9 |
| 1.6. Standart Penetrasyon Deneyinin Yapılışı | 9 |
| 1.7. SPT'nin Sonucunu Etkiyen Faktörler..... | 11 |
| 1.8. SPT-N Değerlerinin Düzeltilmesi | 12 |
| 1.8.1. Siltli kum / ince kum düzeltmesi | 12 |
| 1.8.2. Örtü yükü düzeltmesi..... | 13 |
| 1.8.3. Deney ekipmanına bağlı düzeltmeler | 14 |
| 1.8.3.1. Şahmerdan verimi (E_m) | 15 |
| 1.8.3.2. Tij uzunluğu düzeltme faktörleri (C_R)..... | 16 |
| 1.8.3.3. Sondaj çapı düzeltme faktörleri (C_B) | 17 |
| 1.8.3.4. Numune alıcı içindeki kılıf düzeltme faktörü (C_s)..... | 17 |
| 2. SPT-ZEMİN PARAMETRELERİ KORELASYONLARI | 19 |
| 2.1. SPT-N ile Serbest Basınç Mukavemeti (q_u) arasındaki ilişkiler..... | 20 |
| 2.2. SPT – Drenajsız Kayma Mukavemeti (c_u) | 21 |
| 2.3. SPT– Odometrik Deformasyon Modülü (M) | 25 |
| 2.4. SPT-N İçsel Sürtünme Açısı İlişkisi (ϕ) | 26 |
| 2.5. SPT- Bağlı Yoğunluk (D_r) İlişkisi | 32 |
| 2.6. SPT-N İzin verilebilir taşıma gücü (q_a) ilişkisi..... | 35 |
| 2.6.1. Terzaghi ve Peck (1948) | 36 |
| 2.6.2. Terzaghi ve Peck (1967) | 37 |
| 2.6.3. Peck ve diğerleri (1974)..... | 37 |
| 2.7. SPT-N Zemin Modül Değerleri İlişkisi | 39 |
| 3. LABORATUVAR DENEYLERİ | 41 |
| 3.1. Giriş | 41 |
| 3.2. Elek Analizi | 41 |

| | | |
|--------|---|----|
| 3.3. | Likit Limit | 42 |
| 3.4. | Plastik Limit | 43 |
| 3.5. | Doğal Su Muhtevası | 44 |
| 3.6. | Dane Birim Hacim Ağırlığı | 45 |
| 3.7. | Serbest Basınç Deneyi (UC)..... | 46 |
| 4. | REGRESYON VE KORELASYON ANALİZİ..... | 48 |
| 5. | KOCAELİ İLİNDE SPT-N İLE ZEMİN PARAMETRELERİ ARASINDAKİ İLİŞKİLER..... | 51 |
| 5.1. | SPT-N ile Atterberg Limitleri Arasındaki İlişki..... | 52 |
| 5.2. | SPT-N ile Derinlik İlişkisi..... | 54 |
| 5.3. | SPT-N ile Drenajsız Kayma Mukavemeti (c_u) Arasındaki İlişkiler | 56 |
| 5.3.1. | İnce daneli kohezyonlu zeminler | 57 |
| 5.3.2. | Düşük plastisiteli killer (CL) | 60 |
| 5.3.3. | Yüksek plastisiteli killer (CH) | 61 |
| 5.3.4. | c_u/N ile plastisite indisi (PI) ilişkisi | 63 |
| 5.4. | İnce Daneli Kohezyonlu Zeminler İçin Önerilen Korelasyonların Önceki Çalışmalarla Karşılaştırma..... | 65 |
| 5.5. | Değerlendirme | 72 |
| 6. | SONUÇLAR VE ÖNERİLER..... | 75 |
| | KAYNAKLAR | 76 |
| | EKLER..... | 79 |
| | KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER | 98 |
| | ÖZGEÇMİŞ | 99 |

ŞEKİLLER DİZİNİ

| | | |
|-------------|---|----|
| Şekil 1.1. | Sondaj makinası | 6 |
| Şekil 1.2 | (a) Halka tipi şahmerdan (b) Güvenli tip şahmerdan | 7 |
| Şekil 1.3. | Otomatik tip şahmerdan | 7 |
| Şekil 1.4. | Tij | 8 |
| Şekil 1.5. | Boyuna yarık tüp | 9 |
| Şekil 1.6. | SPT deney şeması ve SPT kaşığı | 10 |
| Şekil 1.7. | Arazide SPT uygulaması | 11 |
| Şekil 1.8. | C_N 'nin σ_v' değerine göre değişimi | 14 |
| Şekil 2.1. | SPT-N – c_u ilişkisi | 22 |
| Şekil 2.2. | SPT- N_{60} - c_u - PI ilişkisi | 23 |
| Şekil 2.3. | SPT-N – c_u ilişkisi | 24 |
| Şekil 2.4. | SPT- N_{60} - m_v - PI ilişkisi | 26 |
| Şekil 2.5. | SPT-N değerleri ile içsel sürtünme açısı arasındaki bağıntıların grafiği | 28 |
| Şekil 2.6. | Düzeltilmiş $N_{1,60}$ SPT darbe sayısı ile kumların içsel sürtünme açısı(ϕ) arasındaki ampirik ilişki | 29 |
| Şekil 2.7. | $\sigma_v 0'$ - SPT- N_{60} - ϕ' ilişkisi | 29 |
| Şekil 2.8. | $\sigma_v 0'$ - SPT- N_{60} - ϕ' ilişkisi | 30 |
| Şekil 2.9. | D_r - ϕ' ilişkisi)..... | 30 |
| Şekil 2.10. | SPT-(N_1) $_{60}$ - ϕ' - OCR ilişkisi | 31 |
| Şekil 2.11. | SPT-(N_1) $_{60}$ - ϕ' ilişkisi | 32 |
| Şekil 2.12. | SPT-N darbe sayısı ile bağıl yoğunluk (D_r) arasındaki ilişki | 33 |
| Şekil 2.13. | SPT-N - D_r – $\sigma_v 0'$ ilişkisi | 34 |
| Şekil 2.14. | Bazaraa (1967) ve Holtz ve Gibbs (1979) korelasyonlarının karşılaştırması..... | 35 |
| Şekil 2.15. | Kumlar (kohezyonsuz zeminler) için taşıma gücü grafiği | 36 |
| Şekil 2.16. | İzin verilebilir taşıma gücü değerleri | 38 |
| Şekil 2.17. | Düzeltilme faktörlerinin şematik gösterimi..... | 39 |
| Şekil 2.18. | SPT-N değerleri ile elastisite modülü arasındaki bağıntılar..... | 40 |
| Şekil 3.1. | Elek Analizi Deneyinde Kullanılan Çeşitli Elekler..... | 42 |
| Şekil 3.2. | Likit Limit deney seti | 43 |
| Şekil 3.3. | Plastik Limit Deney Seti | 44 |
| Şekil 3.4. | Su muhtevasının bulunmasında kullanılan etüv ve terazi | 45 |
| Şekil 3.5. | Dane birim hacim ağırlık tayininde kullanılan piknometreler | 46 |
| Şekil 3.6. | Tek eksenli basınç deney seti | 47 |
| Şekil 3.7. | Tek Eksenli Basınç Deneyi Kayma Gerilmesi Düşey Basınç Grafiği | 47 |
| Şekil 4.1. | Regresyon denkleminin grafiksel gösterimi..... | 49 |
| Şekil 4.2. | Korelasyon katsayısının (r) grafiksel gösterimi | 50 |
| Şekil 4.3. | Excel'de regresyon analizi örneği | 50 |
| Şekil 5.1. | Likit Limit (LL) ile Plastisite İndisi(PL)karşılaştırılması | 52 |
| Şekil 5.2. | SPT- N_{60} ile Likit Limit (LL) karşılaştırması | 53 |
| Şekil 5.3. | SPT- N_{60} ile Plastik Limit (PL) karşılaştırması | 53 |

| | | |
|-------------|--|----|
| Şekil 5.4. | SPT- N_{60} ile Plastisite İndisi (PI) karşılaştırması..... | 54 |
| Şekil 5.5. | Derinlik ile SPT- N_a ilişkisi | 55 |
| Şekil 5.6. | Derinlik (m) ile SPT- N_{60} ilişkisi | 55 |
| Şekil 5.7. | UC deneyinde kullanılan numunelere ait plastisite grafiği | 57 |
| Şekil 5.8. | İnce daneli zeminler için SPT- c_u ilişkisi | 58 |
| Şekil 5.9. | Eşitlik M&K 3 ve M&K 4 ile hesaplanan c_u (kPa) değerleri | 59 |
| Şekil 5.10. | Düşük plasiteli killer (CH) için SPT-N ile c_u ilişkisi | 60 |
| Şekil 5.11. | CL için önerilen bağıntıların önceki çalışmalarla karşılaştırılması..... | 61 |
| Şekil 5.12. | Yüksek plastisiteli killer (CH) için SPT-N ile c_u ilişkisi..... | 62 |
| Şekil 5.13. | CH için önerilen bağıntıların önceki çalışmalarla karşılaştırılması | 63 |
| Şekil 5.14. | PI ile f_1 katsayısı arasındaki değişim..... | 64 |
| Şekil 5.15. | İnce daneli zeminler için önerilen eşitliklerin karşılaştırılması | 64 |
| Şekil 5.16. | Hesaplanan ve ölçülen (c_u) karşılaştırılması Saglerant (1974)..... | 66 |
| Şekil 5.17. | Hesaplan ve ölçülen c_u karşılaştırılması Sivrikaya&Toğrol (2002) N_{60} | 66 |
| Şekil 5.18. | Hesaplanan ve ölçülen c_u karşılaştırılması Sivrikaya&Toğrol (2002) | 67 |
| Şekil 5.19. | Hesaplan ve ölçülen c_u karşılaştırılması Terzaghi&Peck (1967) N_{60} | 67 |
| Şekil 5.20. | Hesaplan ve ölçülen c_u karşılaştırılması Terzaghi&Peck (1967) N_a | 68 |
| Şekil 5.21. | Hesaplan ve ölçülen c_u karşılaştırılması Kulhawy&Mayne (1990) N_{60} | 68 |
| Şekil 5.22. | Hesaplan ve ölçülen c_u karşılaştırılması İyisan&Ansal (1990) N_{60} | 69 |
| Şekil 5.23. | Hesaplan ve ölçülen c_u karşılaştırılması M&K 1 | 69 |
| Şekil 5.24. | Hesaplan ve ölçülen c_u karşılaştırılması M&K 2 | 70 |
| Şekil 5.25. | Hesaplan ve ölçülen c_u karşılaştırılması M&K 3 | 70 |
| Şekil 5.26. | Hesaplan ve ölçülen c_u karşılaştırılması M&K 4 | 71 |
| Şekil 5.27. | Bu çalışma için zemin türlerine ve SPT düzeltmelerine göre önerilen korelasyonlar | 73 |

TABLÖLALAR DİZİNİ

| | | |
|------------|--|----|
| Tablo 1.1. | Enerji oranları..... | 16 |
| Tablo 1.2. | Tij uzunluğu düzeltme faktörleri..... | 16 |
| Tablo 1.3. | Sondaj çapı düzeltme faktörleri..... | 17 |
| Tablo 1.4. | Kılıf düzeltme faktörü | 18 |
| Tablo 2.1. | Zemin cinslerine göre q_u ile SPT-N arasındaki ilişkiler | 20 |
| Tablo 2.2. | SPT-N – q_u ilişkisi | 21 |
| Tablo 2.3. | SPT-N'e göre killi zeminlerin kıvamı ile c_u arasındaki değişim aralığı..... | 22 |
| Tablo 2.4. | Literatürde önerilen SPT-N ile c_u (kPa) arasındaki ilişkiler..... | 25 |
| Tablo 2.5. | Literatürde önerilen SPT-N ile \emptyset arasındaki ilişkiler | 27 |
| Tablo 2.6. | SPT- $(N_1)_{70}$ - D_r - \emptyset' - γ_s ilişkisi | 32 |
| Tablo 2.7. | SPT-N – D_r ilişkisi..... | 34 |
| Tablo 2.8. | SPT-N değerleri ile elastisite modülü arasındaki eşitlikler..... | 39 |
| Tablo 5.1. | SPT-N ile Atterberg limitleri korelasyonunda kullanılan verilerin özellikleri..... | 52 |
| Tablo 5.2. | Çalışmada analiz edilen zemin alt grupları | 56 |
| Tablo 5.3. | UC deneyinde İnce daneli zeminlerde analizde kullanılan verilerin özellikleri..... | 57 |
| Tablo 5.4. | UC deneyinde CL zemin tipinde analizde kullanılan verilerin özellikleri..... | 60 |
| Tablo 5.5. | UC deneyinde CH zemin tipinde analizde kullanılan verilerin özellikleri..... | 62 |
| Tablo 5.6. | Bu çalışma için zemin tiplerine göre önerilen eşitlikler | 72 |

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

| | |
|-----------------|--|
| a | : Regresyon Sabiti |
| b | : Regresyon katsayısı |
| B | : Temel Genişliği, (m) |
| c | : Kohezyon |
| C _B | : Sondaj Kuyusunun Çapına Göre Düzeltme Katsayısı |
| CL | : Low Plasticity Clay Düşük Plastisiteli Killer |
| CH | : Yüksek Plastisiteli Killer |
| C _N | : Düzeltme Faktörü |
| C _R | : Tij Uzunluğuna Göre Düzeltme Katsayısı |
| C _S | : Numune Alıcısının Durumuna Göre Düzeltme Katsayısı |
| c _u | : Drenajsız Kayma Mukavemeti, (kPa) |
| D _f | : Temel derinliği, (m) |
| D _r | : Bağlı Yoğunluk |
| E _m | : Şahmerdan Verimi |
| E _s | : Zemin Elastisite Modülü, (kPa) |
| LL | : Likit limit |
| m _v | : Hacimsel Sıkışma Katsayısı |
| ML | : Silt |
| n | : Veri Sayısı |
| N | : SPT Darbe Sayısı |
| N [?] | : Siltli Kum Düzeltmesi Yapılmış SPT- Değeri |
| N ₆₀ | : Deneyin Uygulanışına Göre Düzeltilmiş SPT-N değeri |
| PL | : Plastik Limit |
| PI | : Plastisite İndisi |
| q _a | : Emniyetli Taşıma Gücü, (kPa) |
| q _u | : Serbest Basınç Mukavemeti, (kPa) |
| q _z | : Zemin Emniyet Gerilmesi, (kPa) |
| r | : Korelasyon Katsayısı |
| s | : Standart Hata |
| SPT-N | : SPT Darbe Sayısı |
| w _n | : Su İçeriği |
| V _s | : Kayma dalgası hızı |
| YAS | : Yeraltı Suyu |
| z | : Derinlik, (m) |
| Ø | : İçsel Sürtünme Açısı (derece) |
| σ | : Efektif Örtü Basıncı (yatay gerilme), (kPa) |
| σ' _v | : Arazideki Düşey Efektif Gerilme, (kPa) |

Kısaltmalar

SPT : Standart Penetration Test, (Standart Penetrasyon Deneyi)

KOCAELİ İLİ ÖZELİNDE STANDART PENETRASYON DENEYİ İLE ZEMİN PARAMETRELERİ ARASINDAKİ İLİŞKİLER

ÖZET

Geoteknik tasarım prosedüründe ilk olarak netleştirilmesi gereken temel husus çalışma sahasının zemin profilinin karakterize edilmesidir. Laboratuvar ve arazi deneyleri , geoteknik biliminde zemin özelliklerinin tahmin edilmesine sağlayan en önemli araçlardır. Standart Penetrasyon Deneyi (SPT) zemin incelemelerinde en sık kullanılan ve en eski arazi deneylerinden biridir. Deneylerin yapımındaki güçlükler ve maliyet nedeniyle Mühendislik uygulamalarında zemin parametrelerinin mümkün olduğu kadar az ve kolay elde edilebilen bilgilerle belirlemek tercih olunmuştur. Bundan dolayı SPT-N değeri ile çeşitli zemin özellikleri arasındaki ilişkiler bir çok araştırmacı tarafından incelenmiş ve farklı korelasyonlar elde edilmiştir.

Bu çalışmada zeminin fiziksel ve mekanik özellikleri bölgeden bölgeye farklılık gösterdiği için daha ekonomik ve güvenli korelasyonlar elde etmek için Türkiye / Kocaeli ili sınırları içerisinde yapılmış olan SPT deneylerinden elde edilen SPT-N değerlerinde gerekli düzeltmeler yapıp, laboratuvar deneylerinden elde edilen zemin parametreleri (LL,PI,PL, c_u), arasında lineer regresyon analizleri yapıp korelasyonlar elde edilmiştir.

Yapılan çalışmalar sonucunda SPT-N ile Atterberg limitleri arasında herhangi bir ilişki bulunamamış SPT_N ile değeri ile drenajsız kayma mukavemeti (c_u) arasında yaklaşık korelasyonlar elde edilip ,daha önceki çalışmalarla karşılaştırılmıştır. Terzaghi ve Peck (1967), Sivrikaya & Toğrol (2002) ,İyisan ve Ansal (1990) çalışmalarıyla uyumlu, Saglerant (1972) ve Kulhawy ve Mayne (1990) çalışmalarıyla ise çok farklı sonuçlar vermiştir.

Anahtar Kelimeler: Atterberg Limitleri, Drenajsız Kayma Mukavemeti, Korelasyon, Standart Penetrasyon Deneyi (SPT).

RELATIONSHIP BETWEEN STANDART PENETRATION TEST AND SOIL PARAMETERS FOR KOCAELI

ABSTRACT

In the procedure of the geotechnical design, characterizing the soil profile of the field in the main work focus that needs to get clarified, is the first thing that should be done. In the geotechnical science, the main tools for calculating soil properties are laboratory and field tests. Standard Penetration Test (SPT) is one of the oldest and most commonly used field tests in soil researches. Due to the difficulties and the costs, in engineering applications it has been suggested that the determining of the soil parameters should be done through the less and possibly easy obtained data. Therefore, through the SPT-N value, relationships between various soil properties have been investigated by many researchers and in the same time various co-relations have been obtained.

In this study, due to the differences found in the physical and mechanical properties of the soil from a zone to a different one, and with the aim to obtain more economic and safer co-relations, the SPT-N values obtained through SPT tests executed inside the Kocaeli/Turkey province, after the necessary corrected factor had been done, co-relations were obtained by doing the regression analysis between them and the (LL, PI, PL, S_u) soil parameters obtained in the laboratory tests.

The results of the studies have shown that not a single relation between the SPT-N and the Atterberg limits was found. The obtained approximated co-relations between the SPT-N value and the undrained shear strength (c_u) have been compared with the previous studies. Similarities with the studies of Terzaghi and Peck (1967), Sivrikaya & Toğrol (2002), İyisan and Ansal (1990) were found, but considerable different results were given in comparison with the studies of Saglerant (1972) and Kulhawy and Mayne (1990).

Key Words: Atterberg Limit, Undrained Shear Strength, Correlation, Standart Penetration Test (SPT).

GİRİŞ

Geoteknik tasarım prosedüründe ilk olarak netleştirilmesi gereken temel husus çalışma sahasının zemin profilinin belirlenmesidir. Laboratuvar ve arazi deneyleri, geoteknik mühendisliğinde zemin özelliklerinin tahmin edilmesini sağlayan en önemli araçlardır.

Geoteknik Mühendisliği'nde, zemin parametrelerini laboratuvar deneyleri ile belirlemekten başka, bir diğer yaklaşım da, arazi deneyleri ile belirlemektir. Özellikle kumlu zeminlerde örselenmemiş örnekler alınamaz. Arazi deneyleri ile zemin, yerinde doğal durumda deneye tabi tutulur. Gerek laboratuvar deneylerinin, gerekse arazi deneylerinin birbirlerine göre üstün yanları olsa da birbirlerini tamamlayan çalışmalardır. Arazi deneyleri laboratuvar deneyinden daha geniş bölgede uygulandığından, sonuçlar zemin tabakasını daha iyi temsil edebilmektedir.

Bu arazi deneylerinden olan Standart Penetrasyon Deneyi dünyada ve ülkemizde çoğu zemin tipinde en yaygın kullanılan deneylerin başında gelmektedir. Standart penetrasyon deneyi temel olarak, yerinde yapılan bir dinamik kesme (makaslama) deneyidir. Makaslama (kesme) dayanımı taneli zeminlerde, zeminin bağıl sıkılığına, kohezyonlu zeminlerde ise zeminin dayanım parametrelerine (kohezyona, içsel sürtünme açısına) bağlıdır. Bu nedenle penetrasyon deneyi sonuçları ile zemin parametreleri arasında bir bağıntı kurmak olasıdır. Deneylerin yapımındaki güçlükler ve maliyet nedeniyle mühendislik uygulamalarında zemin parametrelerinin mümkün olduğu kadar az ve kolay elde edilebilen bilgilerle belirlemek tercih olunmuştur. Bu bağlamda çeşitli araştırmacılar tarafından arazi deneylerinden zeminin özelliklerini elde edebilmek için farklı korelasyonlar elde edilmiştir.

Bu çalışmada ise zemin özellikleri ve SPT deneyinde kullanılan aletler bölgeden bölgeye farklılık gösterdiğinden Türkiye'nin Marmara Bölgesinde bulunan Kocaeli ili özelinde SPT-N ile zemin parametreleri arasında korelasyonlar elde edilmesi amaçlanmıştır. İlk aşamada Kocaeli ilinde yapılmış olan Standart Penetrasyon Deneyi'nden elde edilen SPT-N vuruş sayıları özel ve kamu kuruluşlarından

toplanmış olup gerekli SPT düzeltmeleri yapılmıştır. İkinci aşamada ise bu verilerle laboratuvarдан elde edilen veriler arasında regresyon ve korelasyon analizleri yapıp SPT-N ve zemin parametreleri arasında korelasyonlar elde edilmiştir.

Bu anlatılanlar ışığında ikinci bölümde SPT deneyi hakkında genel bilgiler verilmiş literatürde araştırmacıların yapmış oldukları çalışmalardan bahsedilmiştir.

Üçüncü bölümde SPT-N ile zemin parametreleri arasındaki ilişkide kullanılacak olan zemin parametrelerini bulmak için yapılan laboratuvar testlerinden bahsedilmiştir.

Dördüncü bölümde SPT-N ile zemin parametreleri arasındaki ilişkilerini araştırmak için kullanılacak istatistiksel yöntemler hakkında genel bilgi verilmiştir.

Beşinci bölümde Kocaeli ili bölgesinde elde edilen SPT-N ile Atterberg limitleri, drenajsız kayma mukavemeti gibi zemin parametreleri ile olan ilişkileri araştırılmış ve korelasyonlar elde edilmiştir. Elde edilen korelasyonlar önceki çalışmalarla karşılaştırılmıştır.

Altıncı bölümde ise çalışma sonunda elde edilen sonuçlar açıklanmış ve öneriler sunulmuştur.

1. STANDART PENETRASYON DENEYİ (SPT)

Yerinde yapılan (in-situ) deneylerden olan Standart Penetrasyon Deneyi (SPT), zemin incelemelerinde en sık kullanılan ve en eski arazi deneylerinden biridir. Standart penetrasyon deneyi temel olarak, yerinde yapılan bir dinamik kesme (makaslama) deneyidir. Makaslama (kesme) dayanımı taneli zeminlerde, zeminin bağıl sıklığına, kohezyonlu zeminlerde ise zeminin dayanım parametrelerine (kohezyona, içsel sürtünme açısına) bağlıdır.

Yüzeysel ve derin temellerin taşıma güçlerinin tahmin edilmesinde dünyanın birçok ülkesinde standart bir metot olarak kullanılmaktadır. SPT kaba bir metottur fakat yıllardır önemli ampirik bilgiler elde edildiğinden dolayı kullanışlı bir testtir (Lee vd.,1983; Uzundurukan, 2001).

İlk defa 1927 yılında ABD de Raymond Concrete Piling Firması tarafından kullanılan ve çapı 60 - 100 mm arasında değişen sondaj kuyularında uygulanabilen Standart Penetrasyon Deneyi (SPT), dikkatli ve özenli yapıldığında zeminin fiziksel ve mekanik özellikleri hakkında faydalı ve ekonomik bilgiler sağlamaktadır. Aslında kumlu zeminler için kullanılan bu deney, yumuşak killerden zayıf kayalara kadar değişik malzemelerde farklı amaçlar için uygulanabilmektedir.

Kohezyonsuz zeminlerden, standart ve klasik numune alıcılarla örselenmemiş örnek almak hemen hemen olanaksız ve pahalı bir işlemdir. Bu nedenden dolayı zemin özelliklerinin, çeşitli miktarlarda örselenmiş numuneler üstünde yapılacak laboratuvar deneyleri yerine arazi deneyleri ile belirlenmesi tercih edilmektedir (Alkaya, 2007;Toğrol ve Sivrikaya, 2003).

1.1. Deneyin Amacı

- Kohezyonsuz zeminlerin izafi yoğunluklarının/direnç özelliklerinin belirlenmesi,
- Sığ temeller ve derin temeller için zeminlerin taşıma kapasitelerinin hesaplanması

- Kayma mukavemetinin belirlenmesi,
- Kumların sıkıştırılma (kompaksiyon) derecelerinin belirlenmesi ve sıvılaşma potansiyelinin değerlendirilmesi,
- SPT'den elde edilen verilerin, zeminlerin diğer özellikleri ile karşılaştırılması sonucunda zemin parametrelerin
 - Kumların içsel sürtünme açısı (ϕ)
 - Kumların elastisitemodülü (E_s)
 - Killerin drenajsız kesme mukavemeti (c_u)
 - Killerin hacimsel sıkışma indisi (m_v) belirlenmesi
- Zeminlerin indeks özelliklerini belirlemeye yönelik laboratuvar deneyleri için örselenmiş örnek almak, olarak sayabiliriz (Alkaya, 2007; Uzundurukan, 2001).

1.2. Deneyin Uygulanma Alanları

SPT deneyinin uygulama alanı oldukça geniş olup aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır.

- Yapı temellerinin taşıma gücü hesaplamalarında,
- Kumlu zeminlerde inşa edilen temellerin oturma miktarının kolayca belirlenmesinde,
- Sıvılaşma potansiyelinin değerlendirilmesinde,
- Zeminlerin rölatif yoğunluğunun belirlenmesinde,
- Zemin içsel sürtünme açısının belirlenmesinde,
- Kohezyonlu zeminlerde tek eksenli basınç dayanımının yaklaşık olarak tahmininde uygulanır.

1.3. SPT Deneyinin Avantajları

- Deney süresi kısadır.
- Deney ekipmanı basit, dayanıklı ve yaygın olarak bilinir.
- En geniş uygulama tarihine ve verisine sahiptir. Uluslararası düzeyde en yaygın olarak kullanılan arazi deneyidir.
- Hem penetrasyon direnci ölçülüp hem de örnek alınarak, bunun sağlanabileceği diğer deney erden daha az maliyetlidir.

- Kohezyonlu ve kohezyonsuz zeminlerin yanı sıra sıkı, ince çakıl ve dolgu tabakalarına da uygulanabilmektedir.
- Literatürde, SPT verilerinden mühendislik yorumu ve parametreleri elde etmek için önerilen çok sayıda yöntem vardır.
- Deney diğer arazi deneylerine göre kolay, ekonomik, hızlı uygulanabilir.
- YASS altında ve üstünde uygulanabilir (Alkaya, 2007).
- Yumuşak zayıf kayalardan, ince daneli zeminlerden oluşan yumuşak tabakalara kadar çoğu zemin tipinde uygulanabilir.
- Araştırmanın bir parçası olarak, genellikle örselenmiş bir zemin numunesi alınarak dane boyutu karakteristiklerinin belirlenmesine imkan verir.
- Uzun yıllardır kullanılmakta olmasından dolayı, zemin parametreleri ile ilgili çok sayıda kullanışlı bağıntı geliştirilmiştir.

1.4. SPT Deneyinin Dezavantajları

- İri granül, blok ve kaya gibi zeminlerde zeminlerde uygulanamaması,
- Operatör hatasından etkilenen bir deney olması,
- Killerde, efektif gerilme düzeltilmesinin oldukça güvenilir olması (Uzundurukan, 2001),
- Standart ve nitelikli ekipman kullanılmadığı zaman hatalı sonuçlar verebilmesi,
- Yeterli deneyimi olmayan personel tarafından uygulandığında yanıltıcı sonuçlar alınabilmesi,
- Çok yumuşak ve hassas killerde yanıltıcı sonuçlar verebilmesi, olarak sayabiliriz.

1.5. SPT Deneyinde Kullanılan Ekipmanlar

1.5.1. Sondaj makinesi ve kule

SPT takımının kuyu tabanına indirilerek deney sonunda çıkarılmasının sağlanması, kuyunun delinmesi ve temizlenmesi işlemlerinde sondaj makinası ve kulenin rolü büyüktür. SPT deneylerinde 6,5 m yüksekliği olan makaralı kule ile D-75 TSM, POLSAŞ, CRAELLUS ve xc 90-h v.b. marka sondörlerin kullanımı uygundur.

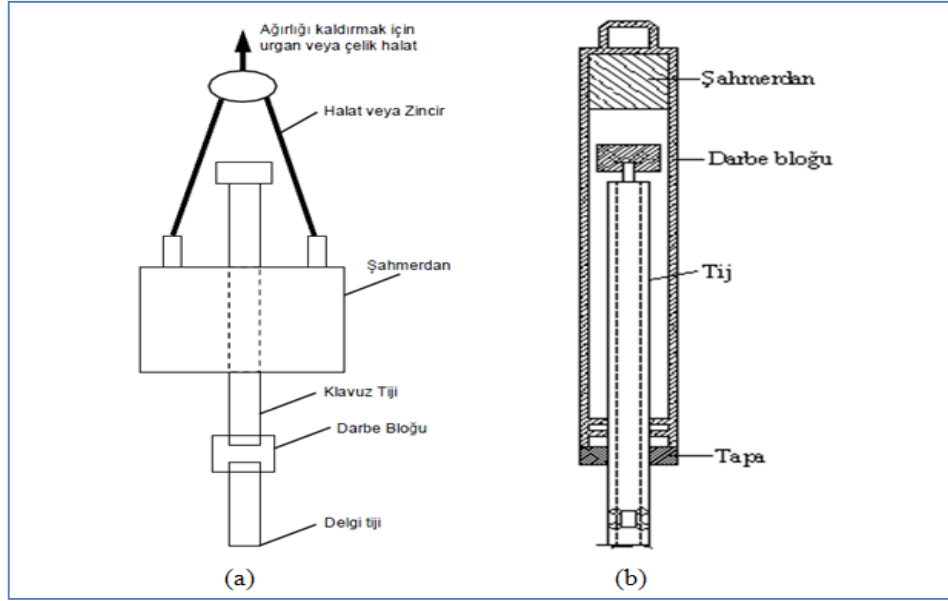


Şekil 1.1. Sondaj makinası

1.5.2. Çakma ekipmanı (şahmerdan)

SPT deneyinde 3 çeşit şahmerdan kullanılmaktadır.

- Halka (Donut) tipi şahmerdan: Bu tokmaklar tavsiye edilmemektedir. Ancak özel durumlarda kullanılmak zorunda kalınabilir. Sondaj gövdesine yaklaşık %45 serbest serbest düşme enerjisi sağlar (Şekil 1.2a). Bu yöntemde kişisel hata payı yüksektir ve uygulamada yaygın olarak kullanılan bir yöntem değildir.
- Güvenlik (Safety Hammer) tipi şahmerdan: SPT için en yaygın kullanılan şahmerdandır. Bu tür tokmaklar, SPT'nin yapılmasında ekonomik ve güvenlidir (Şekil 1.2b). Kapalı çakma başlığı, küçük metal parçalarının fırlamasından ve operatörün çakma yüzeyine ellerinin gelmesinden doğacak tehlikeyi ortadan kaldırır. Güvenli tokmaklar yaklaşık 81,3 cm toplam vuruşa göre dizayn edilmelidir. Operatörün 76,2 cm düşüşü görebilmesi için kılavuz çubuğu üzerine işaret konmalıdır (Farrar, 1999). Güvenli Tokmakların en kullanışlı durumu kedibaşına 2 sarımla uygulanan tokmak düşürülmesi sonucu oluşan enerjinin % 60'ını aktardığı kabul edilir.



Şekil 1.2. (a) Halka tipi şahmerdan (b) Güvenli tip şahmerdan

- Otomatik Şahmerdanlar: Otomatik şahmerdanlar, genellikle daha güvenli ve uygulanmasında tekrarlanabilme imkânı sağlamaktadır (Şekil2.3). Bu şahmerdan mekanizması önceden ayarlanan darbe sayısı frekansında şahmerdanı kaldırır ve indirir. Şahmerdan neredeyse serbest düşme modunda düştüğünden dolayı, otomatik şahmerdan sondaj gövdesine maksimum % 95 ila % 100 serbest düşüş enerjisi sağlar. Otomatik şahmerdan kullanılıyorsa zemin inceleme tutanağında belirtilmelidir.



Şekil 1.3. Otomatik tip şahmerdan

1.5.3. Kılavuz borusu ve dövme başlığı

Şahmerdanın ortasındaki delikten geçen ve boyu 1,20-1,50 cm arasında değişen tije kılavuz borusu denir. SPT deneyinde şahmerdanın üzerine düşürüldüğü 7,6 cm çapında ve 10 cm boyunda silindir şeklindeki aparattır. Dövme başlığının alt ve üst tarafında orta kısmında yer alan redüksiyonlar tijlerle bağlantıyı sağlar.

1.5.4. Tijler

Tijler sondaj aşamasında torkları aktaran, şahmerdan düşürme aşamasında ise düşey kuvvetleri ileten elemanlardır. Şahmerdan tipi ve şahmerdanın düşürülme mekanizması kadar, tijler de enerji kayıplarında önemli unsurlardır (Şekil 1.4).

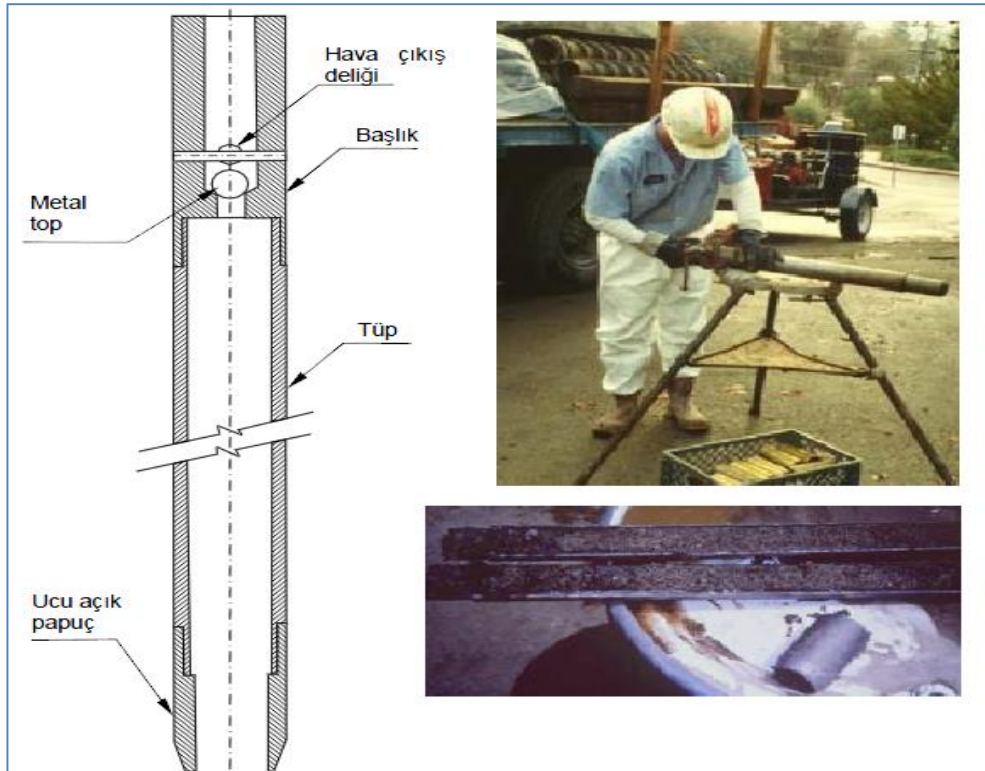
Çok kısa tijler kullanıldığında numene alıcıya enerji girişi, yansıyan dalgalar yüzünden erken sona erer. Gerçekte enerjinin sönümlenmesi 9 metre derinliğe kadar problemdir. Fakat düzeltme küçük olup sıkça dikkate alınmaz. Enerjinin sönümlenmesi aynı zamanda delgi tijlerinin boyutunun bir fonksiyonudur. Sığ derinliklerde SPT-N değerleri daha yüksektir. 30 m'den daha büyük delgi tijlerde, bazı kayıplar olacağı için, düzeltme yapılmalıdır. Yapılan çalışmalarda 30 m'den 60 m'ye kadar enerjideki azalma % 10 civarındadır (Farrar,1999).



Şekil 1.4. Tij

1.5.5. Boyuna yarık tüp

Zeminin göreceli yoğunluğunun belirlenmesinde kullanılan ve dinamik deneylerden olan standart penetrasyon deneyi (SPT) sırasında, çakma borusu ucuna takılan yarık tüpün zemine girmesi sırasında içine örselenmiş zemin almak için kullanılmaktadır. Örnek alma tüpü yaklaşık 650 mm uzunluğunda, 50 mm dış ve 35 mm iç çapındadır (Şekil 1.5).



Şekil 1.5. Boyuna yarık tüp

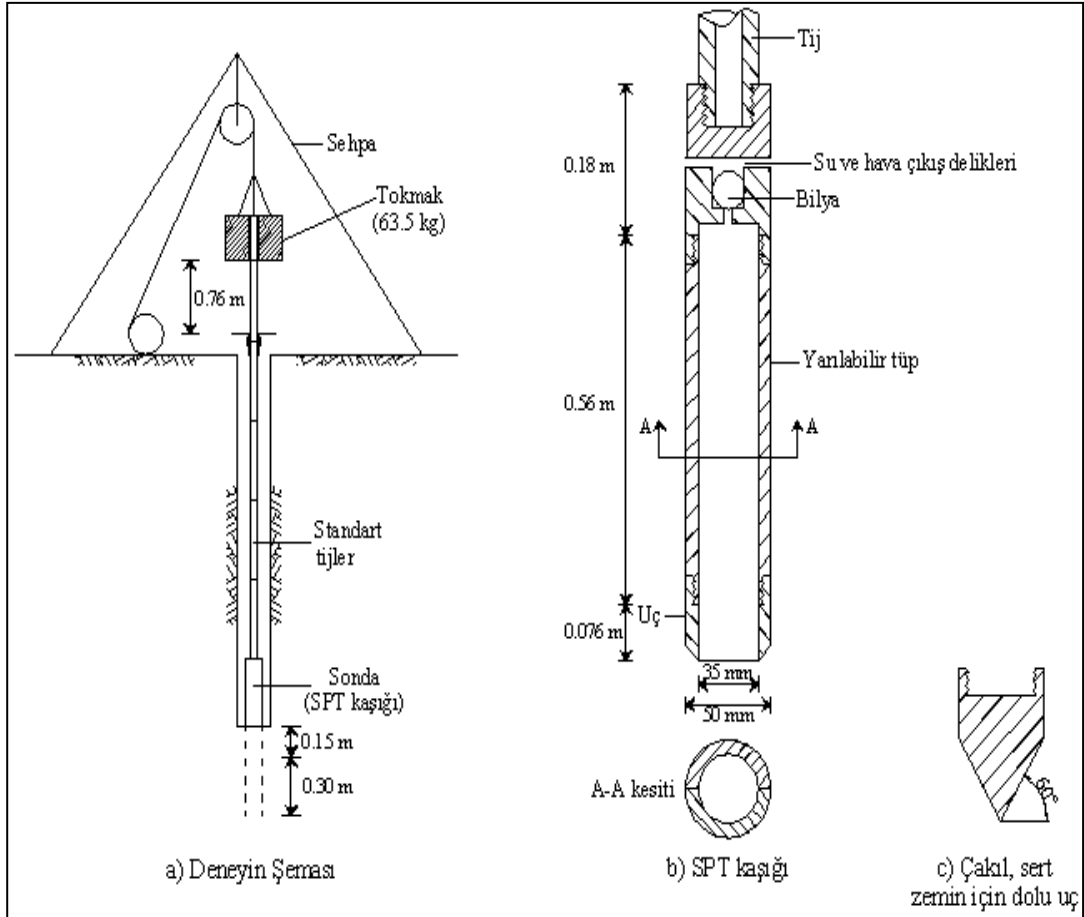
1.6. Standart Penetrasyon Deneyinin Yapılışı

SPT deneyi, standart boyutlara sahip boyuna yarık tüpe 63,5 kg ağırlığındaki bir şahmerdanın 76,2 cm den serbestçe düşürülmesi sonucu uygulanan enerji ile zemine çakılması esasına dayanmaktadır (Şekil 1.6).

Deney başlamadan önce sondaj çubuğu üzerine 15 cm aralıklı dört referans çizgisi çizilir. Referans çizgileri kaşığın zemine girişini gözlemlememizi sağlar. Deney 63,5kg ağırlığındaki tokmağın 76,2 cm yükseklikten düşürülmesiyle başlar. Tokmağın düşürülmesi sonucunda kaşığın her 15 cm penetrasyonu için sayılan

tokmak vuruşları kaydedilir. İlk 15 cm'lik mesafe örselenmemiş zemin üzerine, numune alıcı çakılarak oturtulur. Bu vuruş kaşığının oturması içindir. Sonraki iki 15 cm'lik penetrasyon toplamı "Standart Penetrasyon Direnci" olarak adlandırılır. Bu durumda ikinci ve üçüncü 15cm'lik penetrasyonların toplamı bize vuruş sayısı "N"i verir. Başka bir ifade ile bu değer o zeminin SPT-N değeridir. Sert zeminlerde, artarda üç 15 cm ilerleme aşamasından bir tanesinde, 50 darbede 15 cm penetrasyon gerçekleşmez ise deney durdurulur ve refü değerine ulaşıldığı şeklinde yorumlanır. Deney aşağıdaki karşılaşılan 3 kritere rastlanana kadar sürdürülür;

- Toplam 100 vuruş uygulanması,
- Tokmağın 10 vuruştan sonra fark edilir bir penetrasyon yapmaması,
- Zemine toplam 45 cm girişi tamamlaması.



Şekil 1.6. SPT deney şeması ve SPT kaşığı (Çolak, 2007)



Şekil 1.7. Arazide SPT uygulaması

1.7. SPT'nin Sonucunu Etkiyen Faktörler

SPT sonuçlarını etkileyen birçok faktör vardır. Sonuçları doğru analiz etmek için bu faktörleri göz önüne almalıyız. Ölçülen penetrasyon direnci ($SPT-N_a$) bu faktörlerden dolayı aşırı yüksek ve çok düşük olabilmektedir. Deneye etki eden faktörleri aşağıdaki gibi sıralayabiliriz.

- Deney için gerekli her türlü ekipmanın standart dışı ölçü ve ağırlıkta olması,
- Sondaj kuyusunun yeterince temizlenmemesi sonucu deneyin dolguda yapılması,
- İri daneli zeminlerde, çakılan muhafaza borusu içinde deneyin yapılması,
- Şahmerdan düşüşlerinin ritmik ve standart yükseklikten yapılmaması,
- Penetrometre, tij, çakma başlığı ve klavuz tijlerin arasındaki bağlantının iyi sıkılmaması,
- Kendir halatın tambura $1 \frac{3}{4}$ sarımdan fazla veya az sarılması,
- Kendir halatın geçtiği yerlerde sürtünmesi,
- Kuyu çapının büyük olması,

- Sondajda çok güçlü bir çamur pompasının kullanılması,
- Sondaj tijlerinin durumu,
- Şahmerdanın türü,
- Şahmerdanın konumu,
- Penetrometre çarığının durumu,
- Numune alıcıdaki hasarlar,
- Numune alıcı içerisinde gömlek olup olmaması,
- Numunenin alındığı seviyeye göre yeraltı su seviyesinin durumu,
- Kuyunun sondajı ve SPT deneyi arasında geçen süre,
- Deney sırasında yeterli gözlem yapılmaması bu faktörler arasında sayılabilir. (Alkaya, 2007; Sivrikaya ve Toğrol, 2003; Uzundurukan, 2001).

1.8. SPT-N Değerlerinin Düzeltilmesi

Daha önce belirtildiği gibi deney düzeneğindeki farklılıklar ölçülen arazi değerlerini etkilemektedir. Ayrıca siltli kum ve ince kum zeminlerde penetrasyon esnasında yükselen boşluk suyu basınçları darbe sayılarını değiştirmektedir. Bu nedenlerle deney sonuçlarının yorumlanması öncesinde SPT-N değerlerinde daha kullanılabilir, faydalı ve karşılaştırılabilir sonuçlar elde etmek için, SPT-N değerleri üzerinde düzeltmeler yapılmalıdır (Sivrikaya ve Toğrol, 2003). Bu düzeltmeler başlıca 3 şekilde yapılabilmektedir.

- Siltli kum / İnce kum düzeltmesi
- Örtü yükü düzeltmesi
- Deney ekipmanına bağlı düzeltmeler

1.8.1. Siltli kum / ince kum düzeltmesi

Siltli kum düzeltmesi bazı kaynaklarda hacimsel genleşme (dilatancy) düzeltmesi olarak da anılmaktadır. Dinamik yüklemelere maruz kalan suya doygun siltli veya ince dane oranı yüksek kumlu zeminlerde düşük geçirgenlikten dolayı su aniden drene edilememekte ve boşluk suyu basınçları yükselmektedir. Drene olmayan suyun varlığı zeminin mukavemetini geçici olarak arttırmakta ve SPT- değerini yanıltıcı olarak yükseltmektedir. Bu nedenle değerlerine, aşağıdaki koşulların tamamı geçerli olması durumunda siltli kum düzeltmesi yapılır:

- Deneysel yeraltı suyu seviyesi altında yapılmış ise
- Deneysel yapıldığı zemin türü ince kum veya siltli kum ise
- SPT-N darbe sayısı 15 ten büyükse

Siltli kum düzeltmesi Eşitlik (1.1) kullanılarak yapılır (Terzaghi ve Peck, 1948).

$$N' = 15 + (N_{\text{arazi}} - 15) / 2 \quad (1.1)$$

Burada; N' : siltli kum düzeltmesi yapılmış SPT- değeridir.

1.8.2. Örtü yükü düzeltmesi

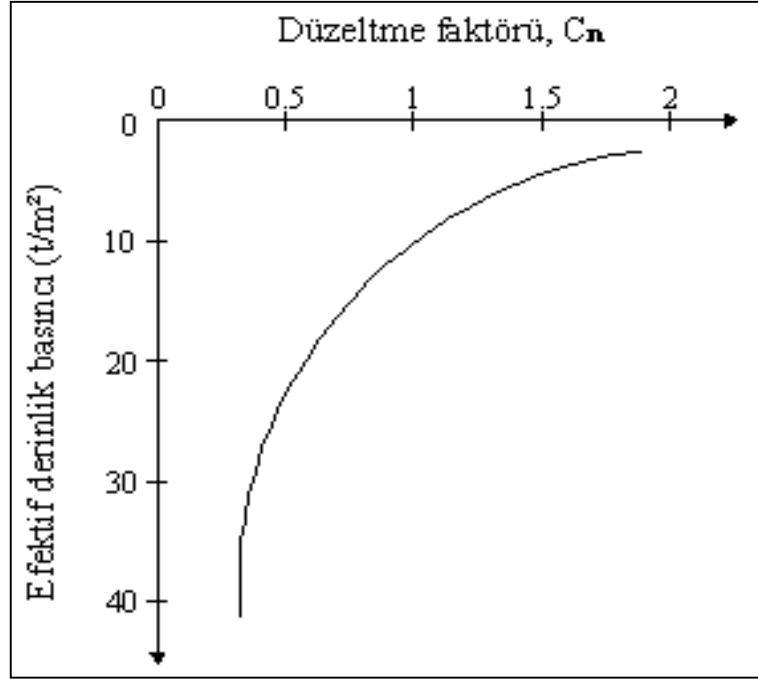
Zeminin homojen, derinlikle değişmeyen birim ağırlık ve su içeriğine sahip olması durumunda SPT değerleri derinlikle artmaktadır. Bunun nedeni derine inildikçe örtü yükü gerilmelerinin (overburdenstress) artması, dolayısıyla da deneyin daha yüksek düşey ve yatay çevre basınçları altında gerçekleştirilmesidir. Sonuçta aynı penetrasyonu sağlayan darbe sayısı artmaktadır. Örtü yükü düzeltmesi yapılmış SPT- N' değeri olarak gösterilmektedir.

Aynı özellikteki zemini derinlikten bağımsız tek bir standart penetrasyon değeri ile tanımlamak amacıyla örtü yükü etkisi için bir düzeltme faktörü (C_N) uygulanmaktadır. Bu faktörün tanımında efektif örtü yükünün (σ'_v) yaklaşık 100 kN/m² olduğu derinliklerde olarak tanımlanmakta, daha düşük örtü yüklerinde, ve daha yüksek örtü yüklerinde değerleri $C_N > 1$, ve daha düşük örtü yüklerinde $C_N < 1$, değerleri uygulanmaktadır.

Killi zeminler için C_N düzeltmesi hâlâ tartışmalı olmakla beraber, pratikte uygulanmamaktadır. Kohezyonlu zeminlerde sığ derinlikler için düzeltmenin gereksiz fakat derin durumlar için düzeltmenin hala tartışma konusudur (Farrar, 2001). Literatür çalışmalarına baktığımızda önerilen C_N değerleri arasında önemli farklar olmadığı anlaşılmaktadır. C_N değerini bulmak için Eşitlik (1.2)'yi kullanabiliriz.

$$C_N = \sqrt{\frac{95,76}{\sigma'_v}} \quad (1.2)$$

σ'_v : Düşey efektif gerilme



Şekil 1.8. C_N 'nin σ_v' değerine göre değişimi (Uzuner, 2000)

1.8.3. Deney ekipmanına bağlı düzeltmeler

Arazide elde edilen SPT-N değerleri, deneyde kullanılan ekipmanlardan kaynaklanan değişimlerin yansıtılması amacıyla bazı düzeltme faktörleri kullanılarak yeniden hesaplanır. Deney yöntemlerindeki hatalar, ölçülen N değerini N_{60} 'a dönüştürerek azda olsa giderilebilir (Skempton, 1986).

$$N_{60} = E_m \cdot C_B \cdot C_S \cdot C_R \cdot N / 60 \quad (1.3)$$

Bu formülde;

N_{60} : Deneyin uygulanaşına göre düzeltilmiş SPT-N değeri

E_m : Şahmerdan verimi

C_B : Sondaj kuyusunun çapına göre düzeltme katsayısı

C_S : Numune alıcısının durumuna göre düzeltme katsayısı

C_R : T_{ij} uzunluğuna göre düzeltme katsayısı

N: Deneyde ölçülen SPT-N değeri

1.8.3.1. Şahmerdan verimi (E_m)

SPT tüpüne uygulanan dinamik enerji her darbe için 63,5 kg ağırlığındaki bir kütle için 76,2 cm'den düşürülmesi olarak standartlaştırılmış olmakla birlikte, deney

esnasında yapılan ölçümler tüpün ucuna transfer edilen enerjinin, tatbik edilen 473,4 J enerjinin %40'larına kadar inebildiğini göstermiştir. Enerji kayıplarının başlıca nedenleri aşağıda sıralanmıştır (Skempton, 1986; Clayton vd., 1995):

- Tij ve şahmerdanların ağırlığı tarafından sönmelenen enerji
- Şahmerdanın örse çarpması sonucu açığa çıkan ısı ve ses enerjisi
- Tijlerin eğilmesi veya atalet momenti küçük tijlerin kullanımı
- Değişik şahmerdan parçaları arasında, halatların sürtündüğü yüzeylerdeki enerji kayıpları

Yapılan enerji ölçümleri, kullanılan şahmerdan ve düşürme mekanizmasına bağlı olarak deney düzeneğinden delgi tabanına aktarılan enerji seviyelerinin değişken olduğunu göstermiştir. Sonuçta SPT-N değerlerine bir enerji düzeltmesi yapılması öngörülmüştür.

Enerji düzeltmelerinde, emniyetli şahmerdan sisteminde elde edilebilen %60 enerji transferi standart olarak alınmış ve diğer sistemlerdeki enerji transfer değerlerine oranlanmıştır. Farklı ülkelerde kullanılan farklı sistemlerdeki enerji oranları Tablo 1.1' de verilmektedir.

Ülkemizde son zamanlarda emniyetli tip şahmerdanlar kullanılmaya başlanmış olsa da, halen yaygın olarak halka tipi şahmerdan, kedibaşı ve iki tur dolama sistemi kullanılmaktadır. Tablo 1.1' de görüldüğü gibi bu sistemde enerji oranı %45'tir. Tablo 1.1 incelendiğinde enerji oranlarının %43 ila %85 aralığında değiştiği, dolayısıyla enerji düzeltmesi yapılmadığı durumda SPT değerlerinde iki kat mertebesinde farklılıklar ortaya çıkabildiği anlaşılmaktadır.

Tablo 1.1. Enerji oranları(Clayton vd., 1995)

| Ülke | Şahmerdan Tipi Mekanizması | Şahmerdan Düşürme Mekanizması | Enerji Oranı, E_R (%) |
|-----------|----------------------------|-------------------------------|-------------------------|
| Arjantin | Halka | Kedibaşı | 45 |
| Brezilya | İğneli Ağırlık | Elle bırakmalı | 72 |
| Çin | Otomatik Halka | Elle dolamalı | 60 |
| | Halka | Serbest bırakma | 55 |
| | Halka | Kedibaşı | 50 |
| Kolombiya | Halka | Kedibaşı | 50 |
| Japonya | Halka | Tombi | 78 - 85 |
| | Halka | Kedibaşı, 2 tur+özelsalıverme | 65 - 67 |
| İngiltere | Otomatik | Gitgel | 73 |
| ABD | Emniyetli | Kedibaşı, 2 tur | 55 - 60 |
| | Halka | Kedibaşı, 2 tur | 45 |
| Venezuela | Halka | Kedibaşı | 43 |

1.8.3.2. Tij uzunluğu düzeltme faktörleri (C_R)

Tablo 1.2. Tij uzunluğu düzeltme faktörleri

| TİJ UZUNLUĞU | C_R | | |
|--------------|---------------------|-----------------|----------------------|
| | Seed ve diğ. (1985) | Skempton (1986) | Youd ve Idriss(1997) |
| < 3 m | 0,75 | - | - |
| 3 - 4 m | 1,0 | 0,75 | 0,75 |
| 4 - 6 m | 1,0 | 0,85 | 0,85 |
| 6 - 9 m | 1,0 | 0,95 | 0,95 |
| > 9 m | 1,0 | 1,0 | - |
| 9 -30 m | - | - | 1,0 |

Numune alıcıya aktarılan enerji, tijin uzunluğuna bağlı olarak bir dereceye kadar etkilenir ve ölçülen SPT-Narazi değerleri bazen bu faktör için düzeltilir. Tablo 1.2'de, Seed ve diğerleri (1985), Skempton(1986) ve Youd ve Idriss (1997) tarafından önerilen CR değerleri özetlenmiştir.

1.8.3.3. Sondaj çapı düzeltme faktörleri (C_B)

Ölçülen SPT-N değerleri, sondaj çapının 115 mm'den büyük olduğu durumlarda deneylerin yapılması halinde, düzeltme yapılır. Sondaj kuyuları 115 mm'den büyük olduğunda gerilme boşalması meydana gelir ve ölçülen SPT-N değerleri daha küçük çaptaki delik için ölçülen SPT-N değerinden daha düşüktür. Bu etki kumlarda önemli olabilir fakat kohezyonlu zeminlerde muhtemelen ihmal edilebilir (Sanglerat, 1982). Tablo 1.3 sondaj çapı düzeltme faktörü için önerilen (C_B) değerleri göstermektedir.

Tablo 1.3. Sondaj çapı düzeltme faktörleri (Skempton, 1986)

| Sondaj kuyu çapı | C_B |
|------------------|-------|
| 65 - 115 mm | 1,00 |
| 150 mm | 1,05 |
| 200 mm | 1,15 |

1.8.3.4. Numune alıcı içindeki kılıf düzeltme faktörleri (C_s)

Standart penetrasyon deneyi, numune alıcı içerisinde kılıf kullanarak veya kılıfsız şekilde yapılabilir. Uygulamalarda kılıflar sıkça ihmal edilir ve dolayısıyla numune alma tüpün iç çapı artar. İç çaptaki artma, numune alıcının içerisindeki sürtünmeyi azaltır ve zeminin ölçülen penetrasyon direncini azaltır. Skempton (1986) ve Youd ve Idriss (1997) iç kaplamanın olmaması durumunda düzeltme faktörlerinin aralığını Tablo 1.4'de gösterildiği gibi önermişlerdir.

Tablo 1.4. Kılıf düzeltme faktörü (Youd ve Idriss, 1997; Skempton, 1986)

| Numune alıcı şekli | C _s | |
|--------------------|-----------------------|----------------|
| | Youd ve Idriss (1997) | Skempton(1986) |
| Kılıflı (Standart) | 1,00 | 1,00 |
| Kılıflı (Amerika) | 1,10-1,30 | 1,20 |

2. SPT-ZEMİN PARAMETRELERİ KORELASYONLARI

Standart penetrasyon deneyinin uygulanmaya başlamasından itibaren numunenin alınmasında, deneylerin yapılmasındaki güçlükler nedeniyle zemin parametrelerinin daha kolay belirlenmesi için SPT-N ile zemin parametreleri arasında korelasyonlar oluşturulmaya çalışılmış ve bu doğrultuda günümüze kadar ki çalışmalarda çok sayıda ampirik bağıntı önerilmiştir. Ancak literatürde verilen korelasyonlarda çoğunlukla standart sapma veya regresyon katsayısı değerleri yer almamaktadır ve kullanılan bağıntının gerçek zemin özelliklerini hangi hata payı ile temsil ettiği değerlendirilememektedir bu yüzden bu korelasyonların kullanılmasında çok dikkatli olmak gerekmektedir. Bunları kullanırken aşağıdaki belirtilen hususlar çok önemlidir (Sivrikaya ,2003).

- Korelasyon denklemindeki zeminin mühendislik özelliğinin, hangi deney tipi sonuçları kullanılarak elde edildiği önemlidir. Her deney tipinden elde edilen sonuçlar farklı olacağından, geliştirilecek korelasyonlar da farklı olacaktır.
- Korelasyon denkleminde kullanılan SPT-N düzeltmeleri içerip içermediği bilinmelidir.
- Korelasyon denklemi elde edilirken, yapılan regresyon analizlerinde kaç veri çifti kullanıldığı, korelasyon katsayısının ne olduğu ve bu ilişkilerin istatistiksel anlamlılığı istatistiksel parametrelerin bilinmesi gerekir.
- Korelasyon denkleminin hangi zemin sınıfı için geçerli olduğu belirtilmelidir.

Ayrıca önerilen korelasyonlar genellikle belli bir coğrafyada yer alan zeminler için türetilmiştir. Farklı bölgelerde bu korelasyonların kullanılması durumunda bölgesel farklılıkların etkisi olabileceği dikkate alınmalıdır. Korelasyon denklemi elde edilirken herhangi bir parametrenin belirlenmesi aşamasında, mevcut tüm korelasyonlar kullanılarak, parametrenin hangi aralıkta değişebileceğinin ortaya konması ve tüm değerler dikkate alınarak bir mühendislik yorumuyla parametre seçiminin yapılmasıdır.

Standart penetrasyon deneyi esas olarak kohezyonsuz zeminlerdeki bir uygulamadır. Ancak deney yaygın olarak kohezyonlu zeminlerde de yapılmaktadır. Örselenmemiş örnek almanın mümkün olduğu durumlarda kohezyonlu zeminlerde kayma dayanımı ve sıkışabilirlik parametreleri mutlak surette zemin mekaniği laboratuvar deneyleri ile belirlenmelidir.

2.1. SPT-N ile Serbest Basınç Mukavemeti (q_u) Arasındaki İlişkiler

SPT-N değerinin bilinmesi halinde q_u , c_u ve m_v hakkında bilgi edinebilmek mümkündür. q_u zeminin hakkında bilgi verirken, c_u toplam gerilme analizlerinde kullanılan bir parametre ve m_v ise killi zeminlerde konsolidasyon oturmasının hesaplanmasında kullanılan parametredir. SPT-N değerine dayanarak sert killerdeki sürtünme kazıklarının taşıma kapasitesi hakkında kabaca fikir edinmek mümkündür. Tahmin edilen kilin kayma mukavemetinden, statik kazık formülleri ile kil zeminlerdeki sürtünme kazıklarının birim uç mukavemeti ve birim çevre sürtünmesi tayin edilebilir.

Çeşitli araştırmacılar, zeminin cinsine bağlı olarak serbest basınç mukavemeti(q_u) ile SPT-N sayısı arasında ilişkiler geliştirmişlerdir (Tablo 2.1).

Tablo 2.1. Zemin cinslerine göre q_u ile SPT-N arasındaki ilişkiler

| Yapılan Çalışmalar | Zemin Cinsi | q_u (kN/m ²) |
|----------------------|----------------------------|----------------------------|
| Sowers (1979) | Yüksek plastisiteli killer | 25N |
| | Orta plastisiteli killer | 15N |
| | Düşük plastisiteli killer | 7,5N |
| Kulhawy&Mayne (1990) | Killer | 12N |
| Sanglerat (1972) | Killer | 25N |
| | Siltli killer | 20N |
| Hara et al. (1974) | İnce daneli zeminler | 58N _{0,72} |
| Nixon (1982) | Killer | 24N |

Terzaghi ve Peck (1967) tarafından yapılan kapsamlı karşılaştırmalı çalışmalarda SPT-N değeri ile killerin kıvamları ve serbest basınç deneyi yapılarak laboratuvarında ölçülen serbest basınç mukavemeti (q_u) arasındaki ilişkiyi belirlemişlerdir. Bu ilişki yaklaşık olarak aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$q_u = 12,5N \text{ (kPa)} \quad (2.1)$$

Tablo 2.2. SPT-N – q_u ilişkisi (Terzaghi ve Peck, 1967)

| SPT-N | Kıvam | Serbest Basınç Mukavemeti q_u (kPa) |
|---------|-------------|---------------------------------------|
| 0 - 2 | Çok yumuşak | < 25 |
| 2 - 4 | Yumuşak | 25 – 50 |
| 4 - 8 | Orta katı | 50 – 100 |
| 8 - 15 | Katı | 100 – 200 |
| 15 - 30 | Çok katı | 200 – 400 |
| > 30 | Sert | > 400 |

2.2. SPT – Drenajsız Kayma Mukavemeti (c_u)

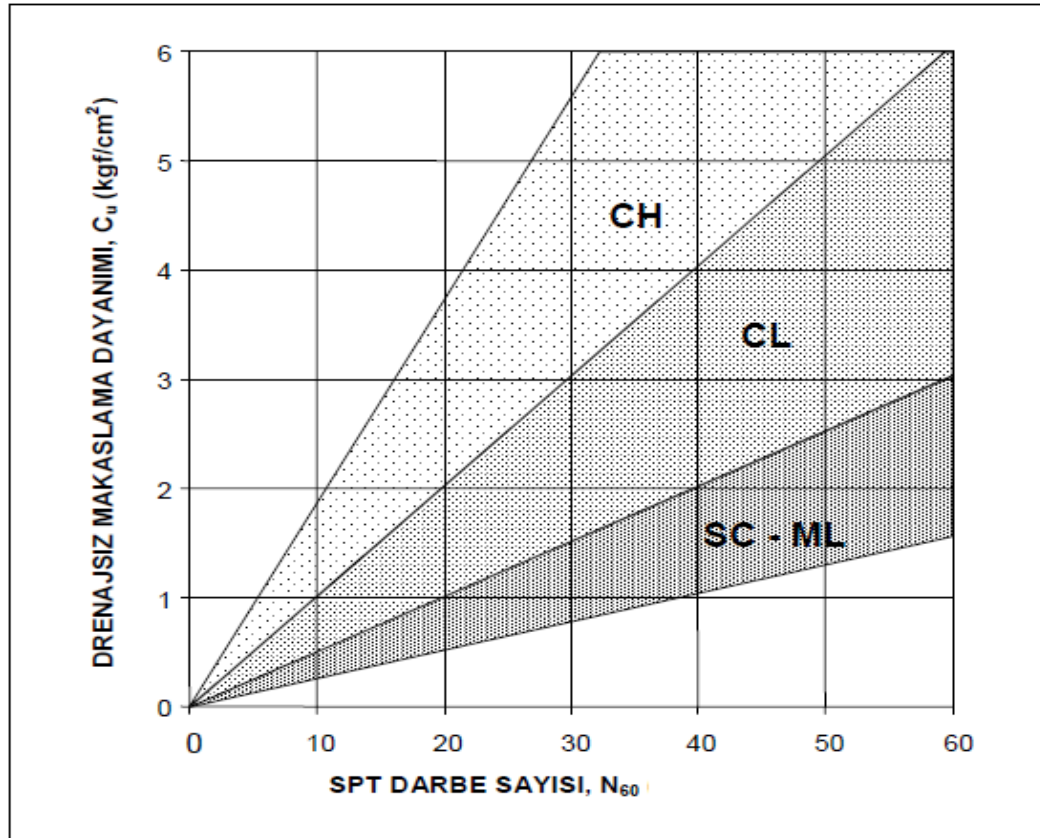
Kohezyonlu zeminlerin drenajsız makaslama dayanımı, c_u direkt veya indirekt yollarla laboratuvar deneyleri ile bulunabilir. Bunun dışında çeşitli araştırmacılar göre SPT-N değerleri killeri için drenajsız makaslama dayanımının (c_u) tahmin edilmesinde kullanılabilir.

Tschebotaripeff (1973), Parcher ve Means (1968), Terzaghi ve Peck (1967) tarafından önerilen, SPT-N ile drenajsız kayma mukavemeti arasındaki yaklaşık ilişkiler, Tablo 2.3’de zemin kıvamına bağlı olarak verilmiştir. Bu ilişkiler nispeten hassas olmayan killerde nispeten hassas olmayan killerde, drenajsız kayma mukavemetinin tahmininde kullanılmaktadır.

Doygun zeminler için Sowers (1976) tarafından geliştirilen c_u , SPT-N ve zemin türü arasındaki ilişkiler Şekil 2.1’de gösterilmiştir.

Tablo 2.3. SPT-N'e göre killi zeminlerin kıvamı ile c_u arasındaki değişim aralığı

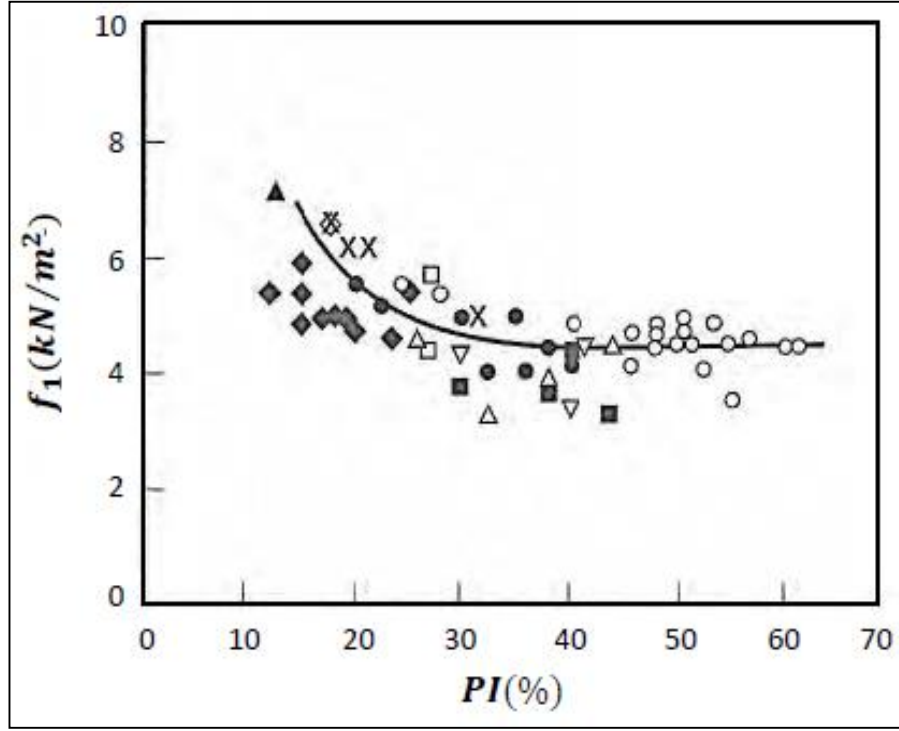
| SPT-N | Kıvam | Drenajsız Kayma Mukavemeti c_u (kPa) | | |
|---------|-------------|--|-------------------------|----------------------|
| | | Tschebotarioff (1973) | Parcher ve Means (1968) | Terzaghi&Peck (1967) |
| 0 - 2 | Çok yumuşak | 15 | <12 | <12,5 |
| 2 - 4 | Yumuşak | 15-30 | 12-25 | 12,5-25 |
| 4 - 8 | Orta katı | 30-60 | 25-50 | 25-50 |
| 8 - 15 | Katı | 60-120 | 50-100 | 50-100 |
| 15 - 30 | Çok katı | 120 | 100-200 | 100-200 |
| > 30 | Sert | >225 | >200 | >200 |



Şekil 2.1. SPT-N – c_u ilişkisi (Sowers, 1979)

Stroud (1974), hassas olmayan killer üzerinde yapılan UU deney sonuçlarını kullanarak c_u/N oranını plastisite indisine bağlı olarak aşağıdaki bağlantıyı geliştirmiştir.

$$c_u = f_1 N_{60} \text{ (kPa)} \quad (2.2)$$



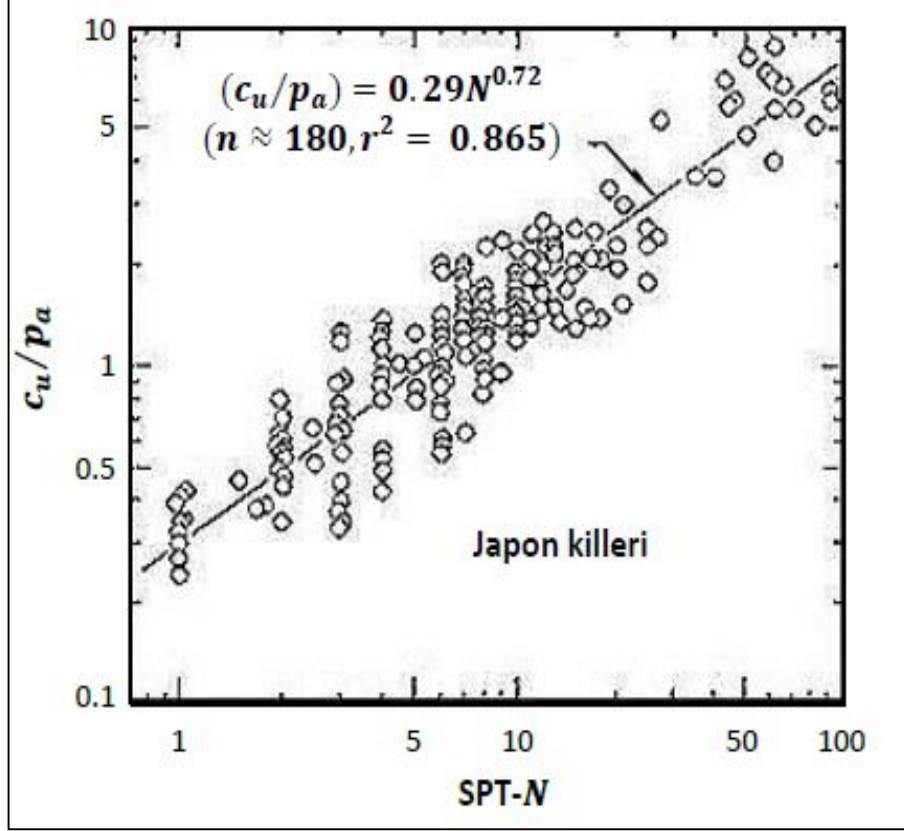
Şekil 2.2. SPT-N₆₀ - c_u - PI ilişkisi (Stroud, 1974)

Burada; f_1 faktörü kilin plastisite indisine bağlı olarak (artan PI değeri ile azalan) 4 – 6 kN/m² aralığında değişmektedir. Stroud (1974) korelasyonu uygulamada yaygın olarak kullanılmaktadır. Aynı zamanda, bu ilişki yaklaşık olarak Eşitlik (2.3) ile de temsil edilebilmektedir.

$$c_u \text{ (kN/m}^2\text{)} = \begin{cases} \text{PI} < 20 \text{ için:} & (6-7)N_{60} \\ 20 < \text{PI} < 30 \text{ için:} & (4-5)N_{60} \\ \text{PI} > 30 \text{ için:} & 4,2N_{60} \end{cases} \quad (2.3)$$

Hara vd. (1974) aynı SPT deney düzeneğini kullanarak ve laboratuarda konsolidasyonsuz-drenajsız üç eksenli basınç deneyleri (UU) yaparak elde ettikleri 180 gözlemden oluşan veri tabanında, SPT-N ile c_u arasında uygun sayılabilecek bir

korelasyon olduğunu göstermişlerdir (Şekil 2.3). Bu ilişki $c_u/p_a = 0,29N^{0,72}$ bağıntısı ile de temsil edilmektedir.



Şekil 2.3. SPT-N – c_u ilişkisi (Hara vd., 1974)

p_a : atmosferik basınç $\cong 100 \text{ kN/m}^2$, n: gözlem sayısı, r: korelasyon katsayısı

Kohezyonlu zeminlerde SPT-N değerinin 5'den küçük olduğu durumlarda, Japanese Road Association (1980)'nin önerdiği eşitlikle, SPT-N değerleri ile drenajsız makaslama dayanımı arasında bağlantı kurulabilir.

$$\text{SPT} - N < 5 \text{ için } c_u = 5 + 7,5N \text{ (kPa)} \quad (\text{Japanese Road Association, 1980}) \quad (2.4)$$

Literatürde bir çok araştırmacı tarafından SPT-N ile kohezyonlu zeminler arasında ilişkiler araştırılmış ve birçok korelasyonlar önerilmiştir. En çok kullanılan korelasyonlar aşağıda Tablo 2.4'de verilmiştir.

Tablo 2.4. Literatürde önerilen SPT-N ile c_u (kPa) arasındaki ilişkiler

| Araştırmacılar | Zemin Cinsi | c_u (kPa) |
|-----------------------------|----------------------------|------------------------------|
| Sowers (1979) | Yüksek plastisiteli killer | 12,5N |
| | Orta plastisiteli killer | 7,5N |
| | Düşük plastisiteli killer | 3,75N |
| Kulhawy&Mayne (1990) | Killer | 12N |
| İyisan ve Ansal (1990) | İnce daneli zeminler | 4,43Na + 8,07 |
| Sanglerat (1972) | Killer | 12,5N |
| | Siltli killer | 10N |
| Terzaghi&Peck (1967) | İnce daneli zeminler | 6,25N |
| Hara et al. (1974) | İnce daneli zeminler | 29N ^{0,72} |
| Nixon (1982) | Killer | 12N |
| Sivrikaya&Toğrol (2002) | Yüksek plastisiteli killer | 4,85Na , 6,82N ₆₀ |
| | Düşük plastisiteli killer | 3,35Na , 4,93N ₆₀ |
| | İnce daneli zeminler | 4,32Na , 6,18N ₆₀ |
| Décourt (1990) | Killer | 12,5N |
| | | 15N ₆₀ |
| Hettiarachchi& Brown (2009) | İnce daneli zeminler | 4,1N ₆₀ |
| Stroud (1974) | PI<20 | (6-7)N |
| | 20<PI<30 | (4-5)N |
| | PI>30 | 4,2N |

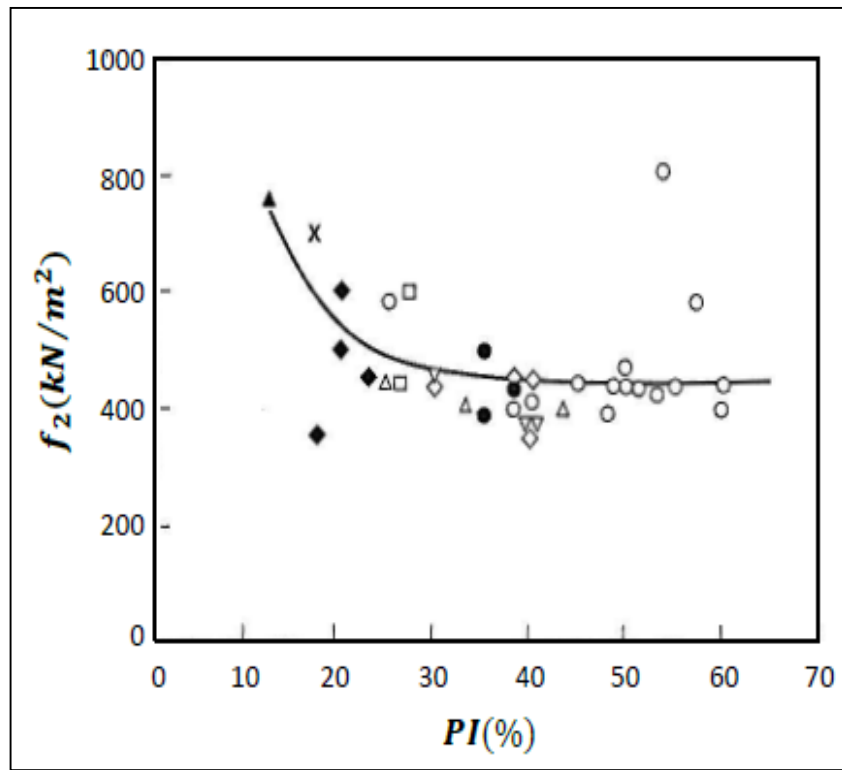
2.3. SPT– Odometrik Deformasyon Modülü (M)

Odometrik deformasyon modülü, tek ekseninde yüklenen zeminin, yüklendiği yöne dik olan yönde sıfır birim deformasyon kabulünü esas alan, gerilme-deformasyon koşulundaki yüklemekten kaynaklanan aksenal gerilmenin aksenal birim deformasyona oranı olarak tanımlanmaktadır. Odometrik modül, laboratuvarında

odometre deneyinden elde edilmekte olup, geniş temeller altındaki kohezyonlu zeminlerin uzun dönemli deformasyon modülünü temsil etmektedir.

Stroud (1974), araştırmaları kapsamında kohezyonlu zeminlerde hacimsel sıkışma katsayısı (m_v) ile SPT değerleri arasındaki ilişki için Şekil 2.4’de verilen korelasyonu önermektedir. Burada; $m_v=1/f_2N_{60}$ olarak m^2/kN cinsinden tanımlanmıştır. Buna göre, killi zeminler için odometrik modül (M) Eşitlik (2.5)’deki gibidir.

$$M(kN/m^2)=\frac{1}{m_v}=f_2 \cdot N_{60} \quad (2.5)$$



Şekil 2.4. SPT-N₆₀ - m_v - PI ilişkisi (Stroud, 1974)

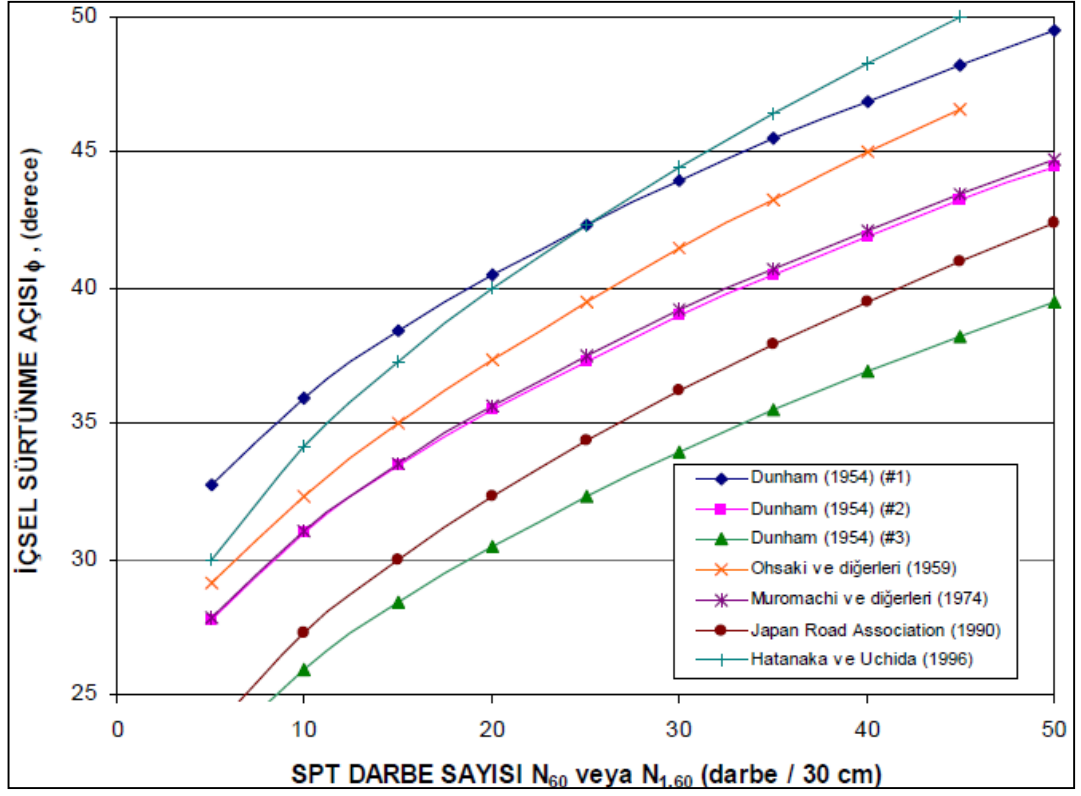
2.4. SPT-N İçsel Sürtünme Açısı İlişkisi (ϕ)

Kohezyonsuz zeminlerde örselenmemiş örneklerin alınarak kayma direnci açısının laboratuarda belirlenmesi genellikle mümkün olmamaktadır. . Bu durumda arazi deneyleri ile kayma direnci açısı arasında verilen ampirik korelasyonlar kullanılmakta ve ϕ açısı bulunduktan sonra genel taşıma gücü denklemler kullanılarak taşıma gücü hesaplanmaktadır. İçsel sürtünme açısı (ϕ) ile SPT-N değerleri arasındaki ilişkiyi veren eşitlikler Tabo 2.5’de özetlenmiş ve Şekil 2.5’de

bu eşitliklerin grafiksel gösterimi verilmiştir. Şekil 2.5.de SPT-N değeri ile ϕ arasındaki ilişki görülmektedir.

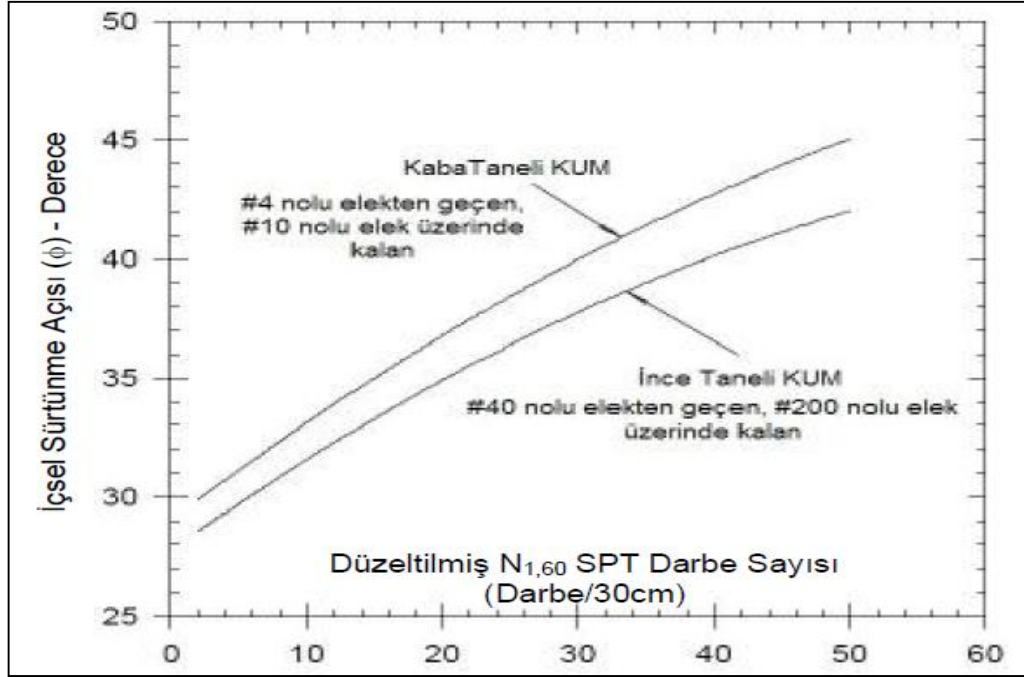
Tablo 2.5. Literatürde önerilen SPT-N ile ϕ arasındaki ilişkiler

| Zemin Türü | İçsel Sürtünme Açısı (ϕ) | Araştırmacılar |
|--|---|-------------------------------|
| Köşeli ve iyi boylanmış zemin tanecikleri | $\phi = (12N)^{0.5} + 25$ | Dunham (1954) |
| Yuvarlak ve iyi boylanmış veya köşeli ve üniform boylanmış zemin tanecikleri | $\phi = (12N)^{0.5} + 20$ | Dunham (1954) |
| Üniform boylanmış zemin tanecikleri | $\phi = (12N)^{0.5} + 15$ | Dunham (1954) |
| Kumlu ve kumlu ince çakıl zemin | $\phi = 28^\circ + (N / 4)$ | Peck ve diğerleri (1957) |
| Kumlu zemin | $\phi = (20N)^{0.5} + 15$ | Ohsaki ve diğerleri (1959) |
| Granüler (Tanecikli – Çakıllı) zemin | $\phi = 20 + 3,5(N)^{0.5}$ | Muromachi ve diğerleri (1974) |
| Kumlu zemin | $\phi = (20N_1)^{0.5} + 20$ N _{1,60} değerinin Kullanılması önerilmektedir. | Hatanaka ve Uchida (1996) |
| Kumlu zemin | $\phi = (15N)^{0.5} + 15 \leq 45$ (N > 5) | Japan Road Association (1990) |
| Not: SPT-N değerleri yerine düzeltilmiş N ₆₀ değerleri kullanılmalıdır. | | |



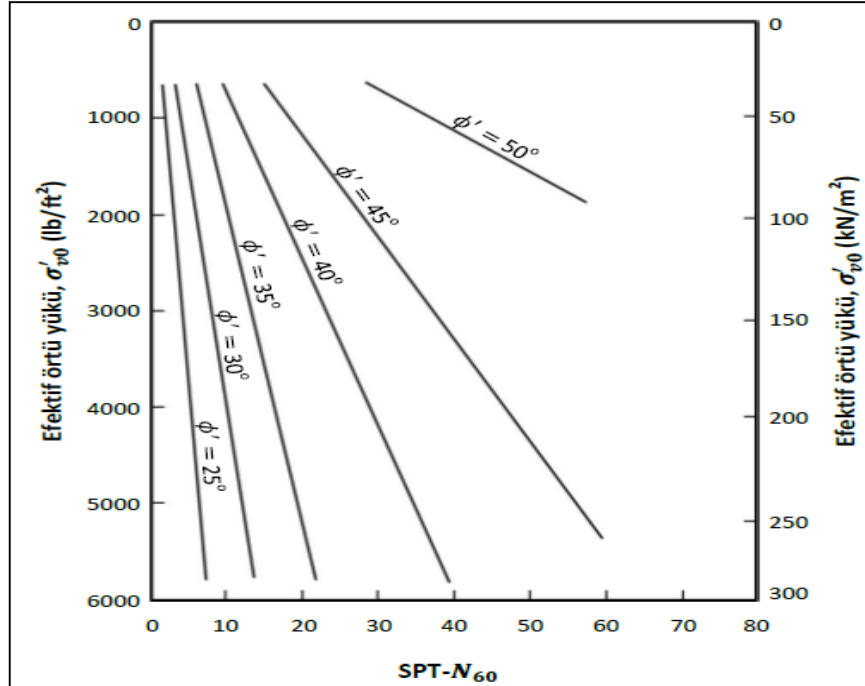
Şekil 2.5. SPT-N değerleri ile içsel sürtünme açısı arasındaki bağıntıların grafiği

Terzaghi ve diğeri (1996) tarafından geliştirilen düzeltilmiş $N_{1,60}$ SPT darbe sayıları ile içsel sürtünme açısı (ϕ) arasındaki ilişkinin grafiksel gösterimi Şekil 2.6.'da verilmiştir. Bu şekilde ince kum tanımı #40 nolu elekten geçen, #200 nolu elek üzerinde kalanlar için, kaba taneli kum tanımı ise #4 nolu elekten geçen, #10 nolu elek üzerinde kalanlar için kullanılmıştır.



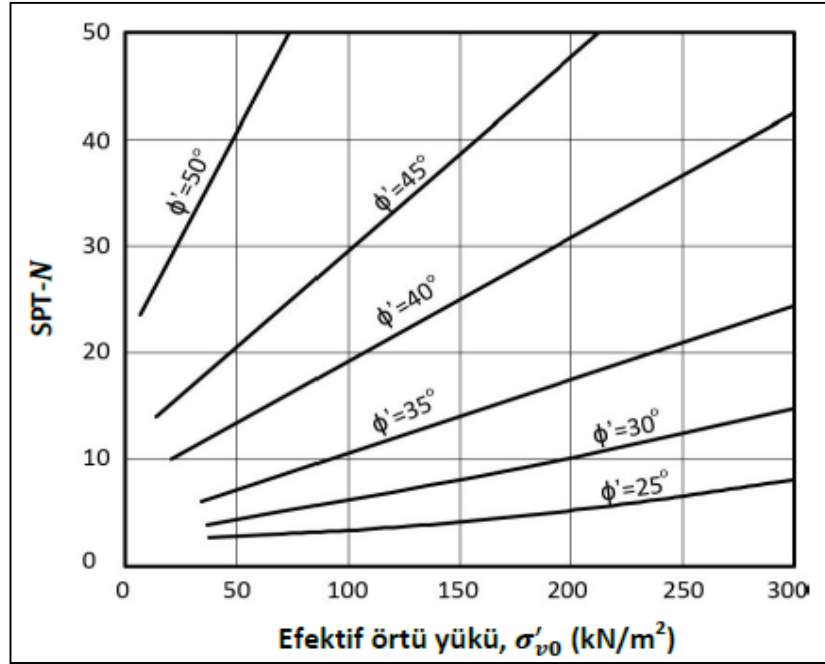
Şekil 2.6. Düzeltilmiş $N_{1,60}$ SPT darbe sayısı ile kumların içsel sürtünme açısı(ϕ) arasındaki ampirik ilişki (Terzaghi ve diğerleri, 1996)

DeMello (1971), SPT-N ile (ϕ') arasındaki ilişkinin efektif örtü yüküne bağlı olduğunu dikkate alarak, (σ'_{v0}), SPT- N_{60} ve (ϕ') arasında Şekil 2.7.'de gösterilen korelasyonu önermiştir.



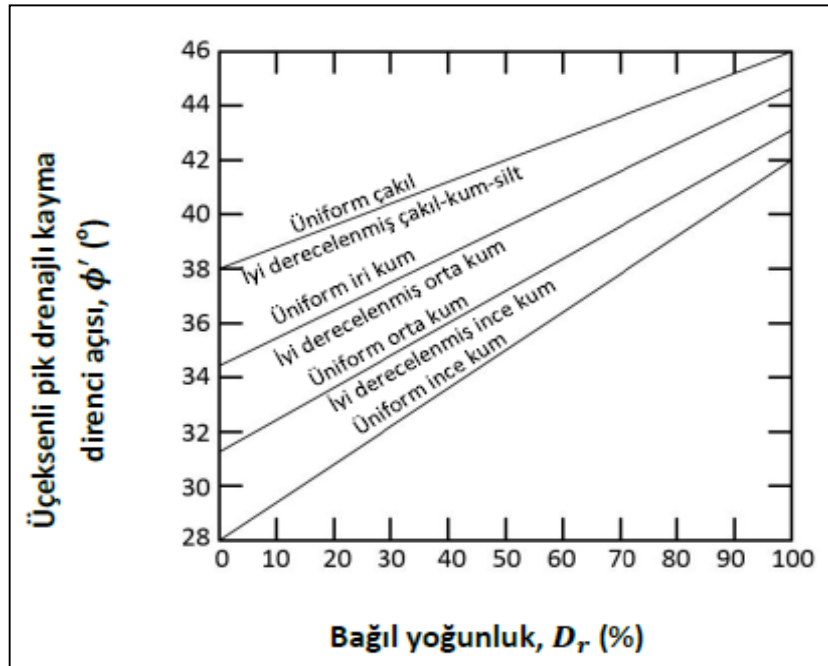
Şekil 2.7. σ'_{v0} - SPT- N_{60} - ϕ' ilişkisi (De Mello, 1971)

Schmertmann (1975) tarafından önerilen (σ'_{v0}), SPT-N₆₀ ve (ϕ') arasındaki ilişki Şekil 2.8'de verilmiştir.



Şekil 2.8. σ'_{v0} - SPT-N₆₀ - ϕ' ilişkisi (Schmertmann, 1975)

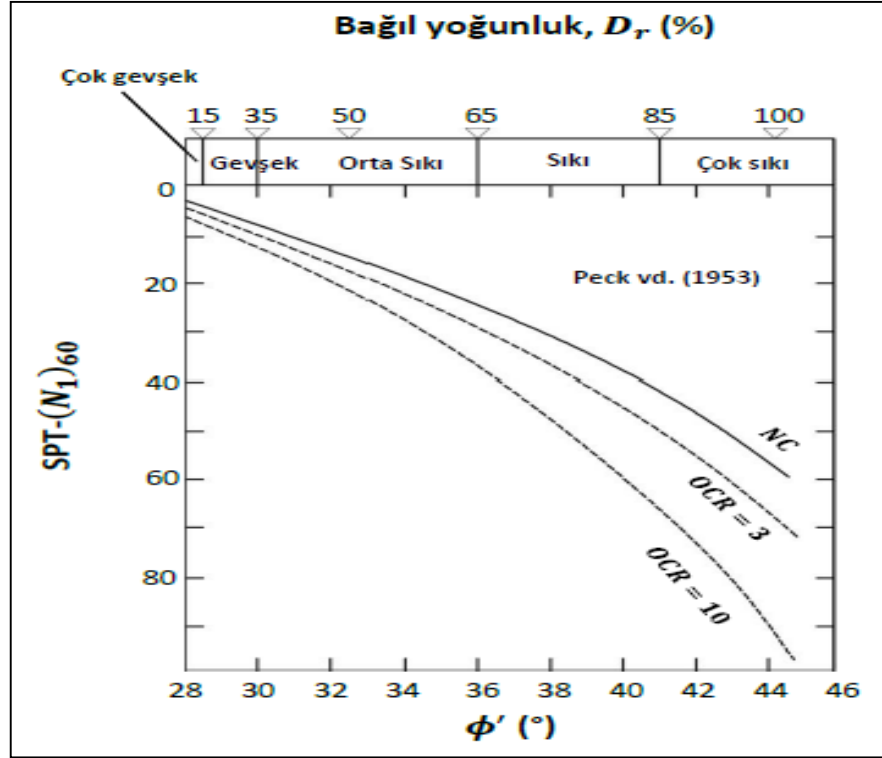
Benzer bir yaklaşımla Schmertmann (1975) bağıl yoğunluk (D_r) ile kayma direnci açısı (ϕ') arasında Şekil 2.9'da gösterilen korelasyonu önermiştir.



Şekil 2.9. D_r - ϕ' ilişkisi (Schmertmann, 1975)

Bowles (1996), $SPT-(N_1)_{70}$ - bağıl yoğunluk (D_r) – kayma direnci açısı (ϕ') – doymun birim ağırlık (γ_s) arasındaki ilişkileri Tablo 2.10.'da vermektedir. Bowles (1996) tarafından verilen bu tabloda önerilen ϕ' değerleri analitik olarak Eşitlik (2.6) ile de temsil edilebilmektedir. Bu bağıntıda D_r ondalık cinsindedir.

$$\phi' = 28^\circ + 15^\circ D_r (\mp 2^\circ) \quad (2.6)$$

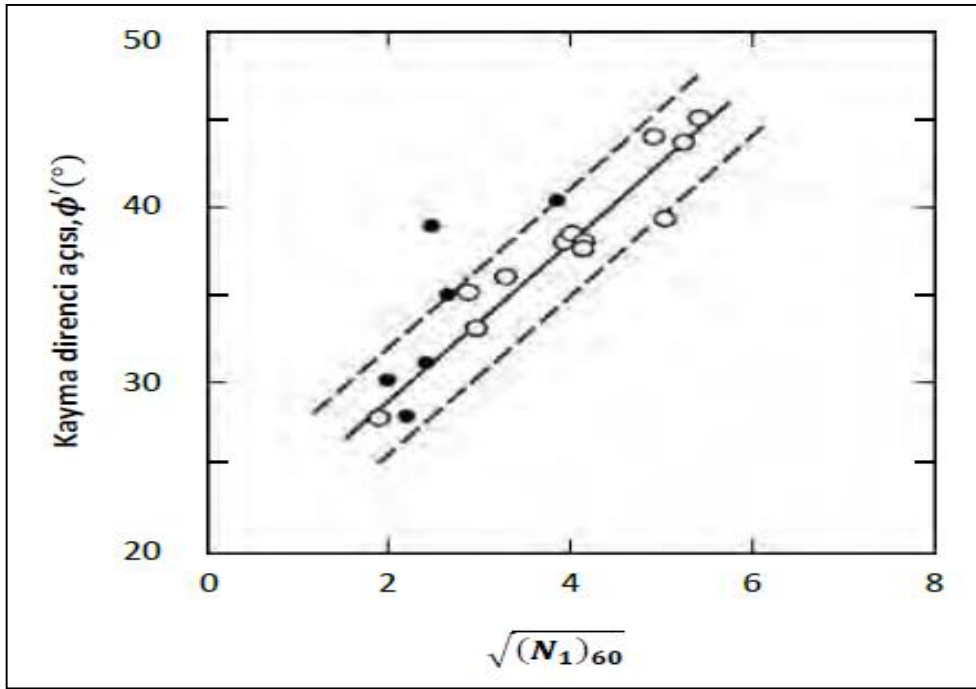


Şekil 2.10. SPT-(N₁)₆₀ - φ' - OCR ilişkisi (Stroud, 1988)

Hatanaka ve Uchida (1996) aldıkları yüksek kalitede dondurulmuş kum örnekleri üzerinde üç eksenli basınç deneyleri yaparak ϕ' değerlerini belirlemişler ve aynı sahadan elde edilen $SPT-(N_1)_{60}$ değerleri ile bağıntısını araştırmışlardır. Bu çalışmalar sonucu Şekil 2.11' de verilen korelasyonu önermişlerdir.

Tablo 2.6. SPT- $(N_1)_{70}$ - D_r - ϕ' - γ_s ilişkisi (Bowles, 1996)

| Tanım | | Çok gevşek | Gevşek | Orta sıkı | Sıkı | Çok sıkı |
|-----------------------------------|------|------------|---------|-----------|---------|----------|
| Dr | | 0 | 0,15 | 0,35 | 0,65 | 0,85 |
| $(N_1)_{70}$ | ince | 1 - 2 | 3 - 6 | 7 - 15 | 16 - 30 | - |
| | orta | 2 - 3 | 4 - 7 | 8 - 20 | 21 - 40 | > 40 |
| | iri | 3 - 6 | 5 - 9 | 10 - 25 | 26 - 45 | > 45 |
| ϕ' | ince | 26 - 28 | 28 - 30 | 30 - 34 | 33 - 38 | < 50 |
| | orta | 27 - 28 | 30 - 32 | 32 - 36 | 36 - 42 | |
| | iri | 28 - 30 | 30 - 34 | 33 - 40 | 40 - 50 | |
| γ_s (kN / m ³) | | 11 - 16 | 14 - 18 | 17 - 20 | 17 - 22 | 20 - 23 |



Şekil 2.11. SPT- $(N_1)_{60}$ - ϕ' ilişkisi (Hatanaka ve Uchida, 1996)

2.5. SPT- Bağlı Yoğunluk (D_r) İlişkisi

Kumlu zeminlerde, deneyin verdiği SPT sayısı aslında zeminin rölatif yoğunluğuna bağlı olmakla beraber, deney yerinin zemin yüzeyinden derinliği ve bir dereceye kadar da yeraltı suyu seviyesinin deney yerine göre konumundan etkilenir.

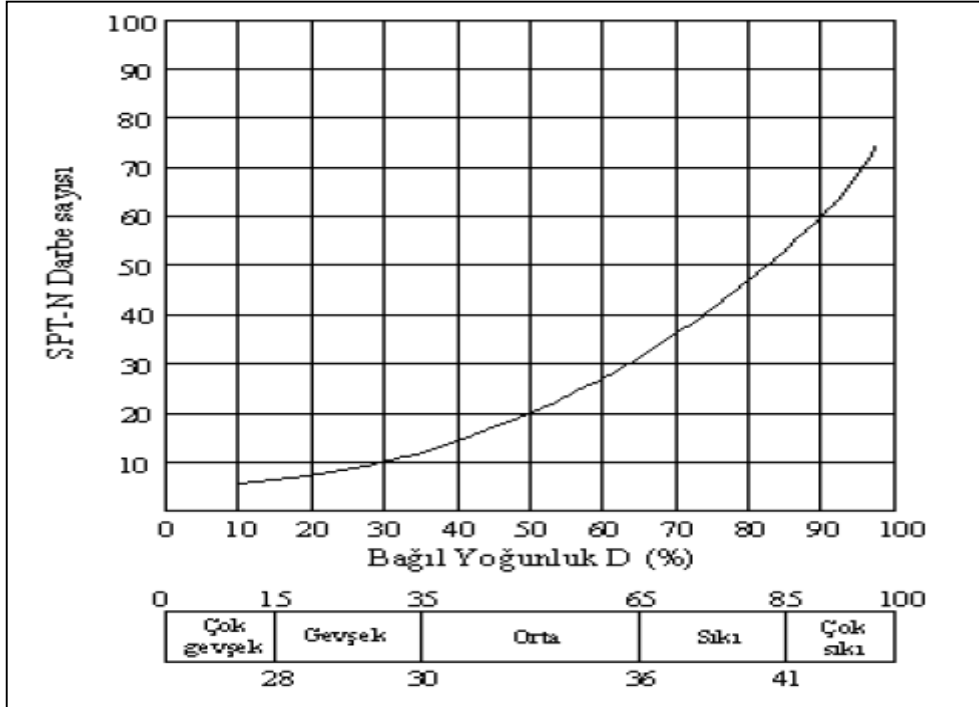
Özellikle kohezyonsuz zeminler (kumlar ve çakıllar) için darbe sayıları ile rölatif yoğunluk arasında değişik korelasyonlar verilmektedir. SPT, ancak kohezyonsuz zeminlerde sıklığı güvenilir biçimde verebilir. Kohezyonlu zeminlerde ise bu deney sonuçlarına çok güvenilmemeli, kabaca yapılan değerlendirmelerde kullanılmalıdır.

Bağıl yoğunluk (relative density), D_r , Eşitlik (2.7) ile tanımlanmakta olup kum zeminin doğal halde, en sıkı/en gevşek yerleşmesi durumuna oranla, konumunu yansıtmaktadır.

$$D_r = \frac{e_{\max} - e_n}{e_{\max} - e_{\min}} \quad (2.7)$$

Burada;

e_{\max} : kumun en gevşek konumdaki boşluk oranı, e_{\min} : en sıkı konumdaki boşluk oranı ve e_n : doğal boşluk oranıdır.

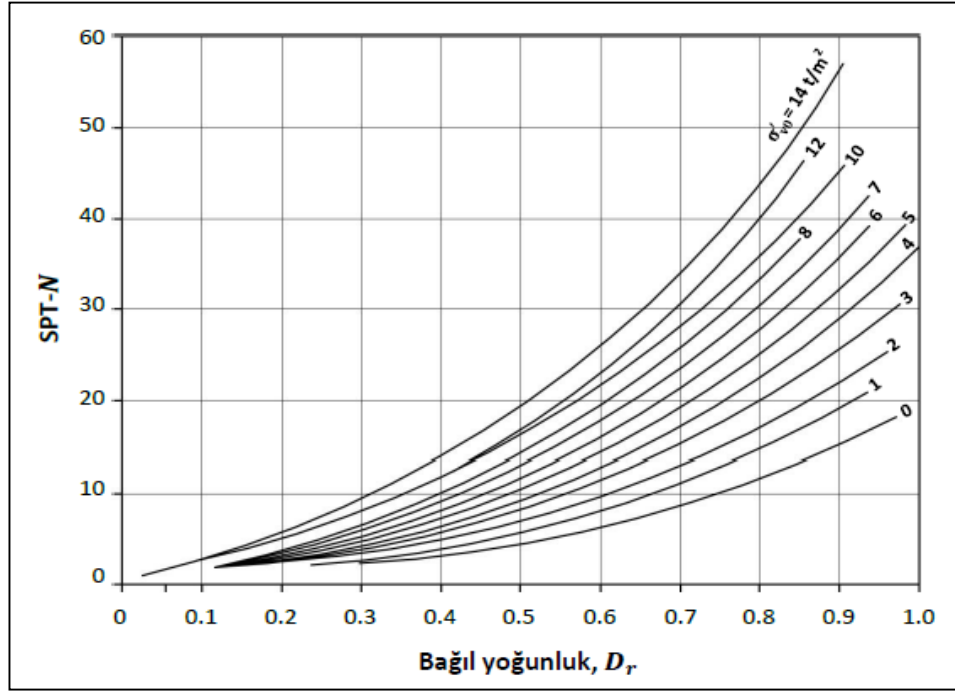


Şekil 2.12. SPT-N darbe sayısı ile bağıl yoğunluk (D_r) arasındaki ilişki

Terzaghi ve Peck (1967), SPT-N değeri ile D_r ilişkisini, genel bir yaklaşımla, Tablo 2.7'deki gibi tanımlamışlardır.

Tablo 2.7. SPT-N – Dr ilişkisi (Terzaghi ve Peck, 1967)

| SPT-N | Sıklık Durumu | Dr (%) |
|-------|---------------|--------|
| 0-4 | Çok gevşek | 0-15 |
| 4-10 | Gevşek | 15-30 |
| 10-30 | Orta sıkı | 35-65 |
| 30-50 | Sıkı | 65-85 |
| >50 | Çok sıkı | 85-100 |



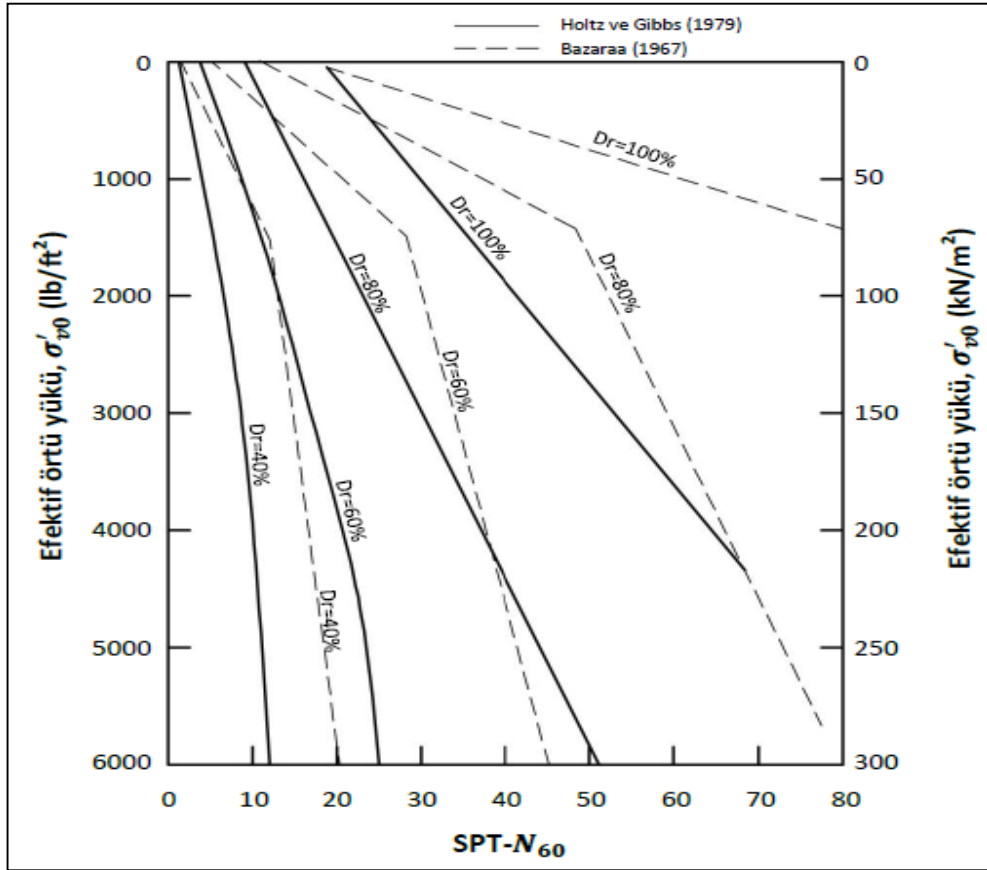
Şekil 2.13. SPT-N - $D_r - \sigma'_{v0}$ ilişkisi (Gibbs ve Holtz, 1957)

Skempton (1986) tarafından önerilen SPT- $(N_1)_{60}$ değeri ile D_r arasındaki ilişki Eşitlik (2.8)'de verilmiştir.

$$D_r(\%) = 100 \left(\frac{(N_1)_{60}}{0.28\sigma'_{v0} + 27} \right)^{0.5} \quad (2.8)$$

Burada, σ'_{v0} : efektif örtü yükü (kN/m^2).

Coduto (2000), önerilen korelasyonlar arasında önemli farklılıklar olduğuna dikkat çekerek Holtz ve Gibbs (1979) ve Bazaraa (1967) tarafından önerilen korelasyonlardaki farklılıkları Şekil 2.14’de göstermiştir.



Şekil 2.14. Bazaraa (1967) ve Holtz ve Gibbs (1979) korelasyonlarının karşılaştırması (Coduto, 2000)

2.6. SPT-N İzin verilebilir taşıma gücü (q_a) ilişkisi

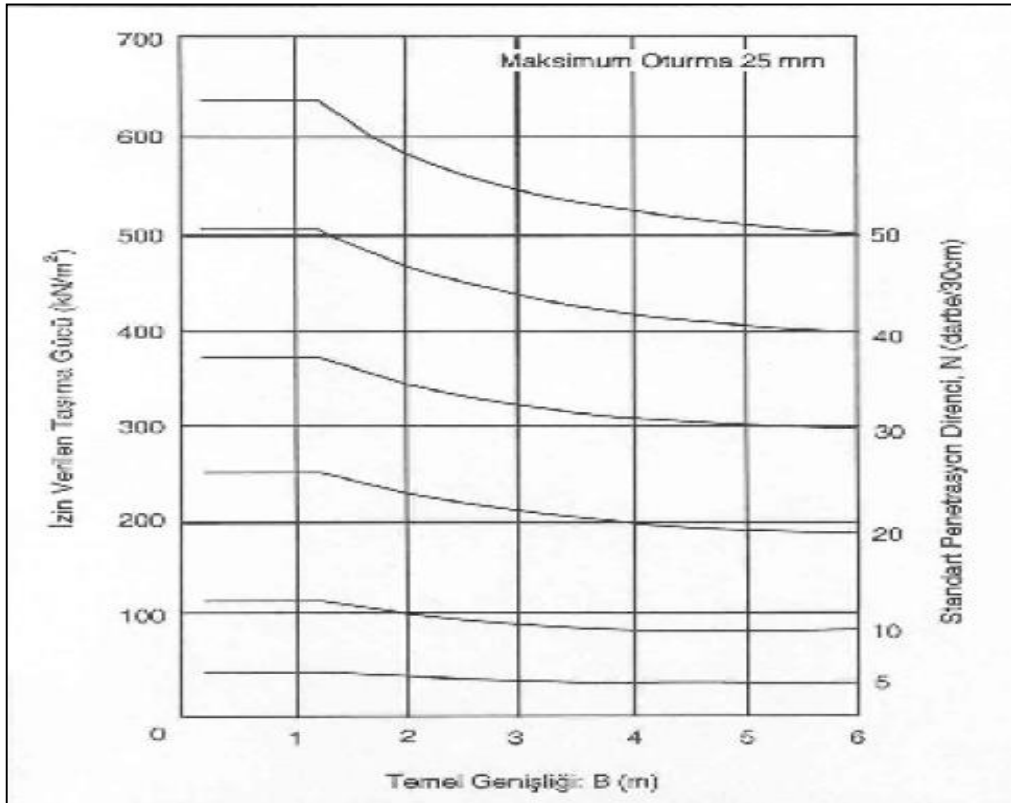
Deneysel taşıma gücünün bulunmasında Standart , Statik ve Dinamik Penetrasyon, Pressiometre ve Veyn gibi arazi deneyi sonuçları kullanılır. Deneysel yöntemde, temelin en fazla oturması dikkate alınarak izin verilebilir taşıma basıncı ampirik olarak bulunabilir. Fakat bitişik temellerin etkisiyle oluşan oturmalar dikkate alınmaz.

Deneysel yoldan taşıma gücü analizine gidilmesi halinde, eğer sömeller birbirlerini etkileyecek kadar yakın aralıklı yerleştirilmiş ise, ayrıca detaylı oturma analizi yapmak gerekmektedir.

Kumlar üzerinde inşa edilecek temeller için izin verilebilir taşıma gücü değerine, standart penetrasyon deneyine (SPT) dayalı olarak yaklaşımda bulunabilir. Aşağıda değişik araştırmacıların yaklaşımları verilmiştir.

2.6.1. Terzaghi ve Peck (1948)

(N) değeri ile zeminin izin verilebilir taşıma basıncı arasındaki ilk ilişki, Terzaghi ve Peck tarafından 1948 yılında sunulmuştur. Terzaghi ve Peck (1948) tarafından önerilen bu yaklaşımda, 25 mm'lik oturma esas alınarak ve temel genişliğine (B) bağlı olarak, düzeltilmiş SPT-N darbe sayıları ile izin verilebilir taşıma gücü belirlenebilir. Şekil 2.15'de verilen bu ilişki, oturmaların 25 mm'yi aşmadığı ve yer altı suyu seviyesinin temel tabanından en az temel genişliğinin iki katı kadar derinlikte olduğu durumlar için geçerlidir.



Şekil 2.15. Kumlar (kohezyonsuz zeminler) için taşıma gücü grafiği (Terzaghi ve Peck, 1948)

2.6.2. Terzaghi ve Peck (1967)

Terzaghi ve Peck (1967) tarafından arazi gözlemlerine göre geliştirilmiş olan aşağıdaki eşitlikler, kumlu ve ince çakıllı düzeylerin izin verilebilir taşıma gücünün hesaplanmasında önerilmiştir.

a – Yeraltı suyu düzeyinin üzerinde yapılan deneylerde;

$$q_a = (N' - 3) / 5 \text{ (kg/cm}^2\text{)} \quad (2.9)$$

b – Yeraltı suyu düzeyinin altında yapılan deneylerde;

$$q_a = (N' - 3) / 10 \text{ (kg/cm}^2\text{)} \quad (2.10)$$

2.6.3. Peck ve diğerleri (1974)

1948 yılından sonra yapılmış araştırma sonuçları ve bilgi birikimi dikkate alınması ile ortaya çıkan bu yaklaşımda, temel altındaki zeminde temel genişliğinin iki katı (2B) kadar olan derinlikte elde edilen (N) değerlerinin ortalaması alınır ve (N) darbe sayılarında düzeltmeler yapılır. Eğer zemin siltli, ince taneli kum ve yer altı suyu içeriyorsa ve (N > 15) ise, (N) değerleri Eşitlik (2.11) kullanılarak yer altı suyu düzeltmesi yapılır. Ayrıca derinlik faktörü de dikkate alınmalıdır. Sondaj tijinde oluşacak titreşim, yüzeyce uygulanacak enerjinin doğrudan sonda ucuna aktarılmasını önlemektedir.

Ayrıca derin seviyelerde tijin kendi ağırlığı batmayı kolaylaştırmaktadır. Bu nedenle ölçülen (N) değerine Eşitlik (2.12) kullanılarak bir örtü gerilimi düzeltmesi uygulanmalıdır. Eşitlik (2.13)'de verilen (σ_v'), efektif düşey örtü basıncıdır.

$$\text{Yeraltı suyu düzeltmesi ; } N' = 15 + [0,5(N - 15)] \quad (2.11)$$

$$\text{Örtü gerilimi düzeltmesi; } N_{1,60} = C_N \cdot N \quad (2.12)$$

$$\text{Örtü gerilimi düzeltme katsayısı ; } C_N = 0,77 \times \log_{10} [2000 / (\sigma_v')] \quad (2.13)$$

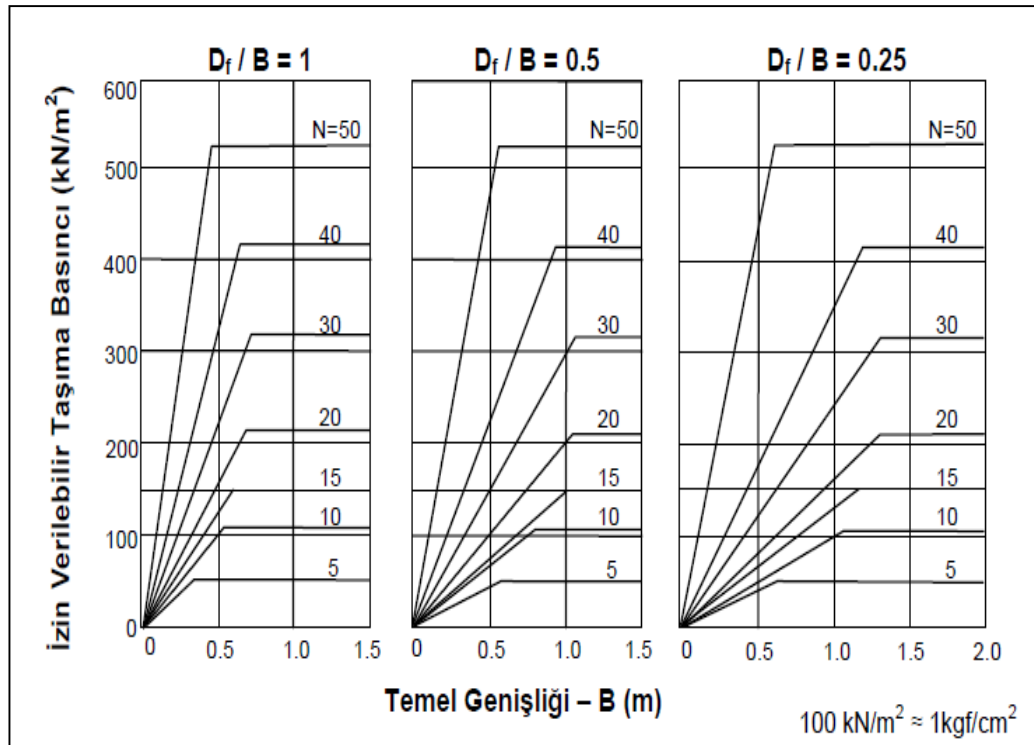
Düzeltilmiş bu ortalama (N) değerleri, Şekil 2.9'da verilen yeni grafiklerde kullanılarak, daha duyarlı olarak çözüme gidilebilir. Şekil 2.9'da verilen bu bağıntıda, 25 mm'lik oturmayı tolere edebilecek zeminin izin verilebilir taşıma

basıncı, (N) değeri ve D_f/B oranına bağlı olarak incelenmektedir. Burada, (D_f) temel derinliği, (B) ise temel genişliğidir.

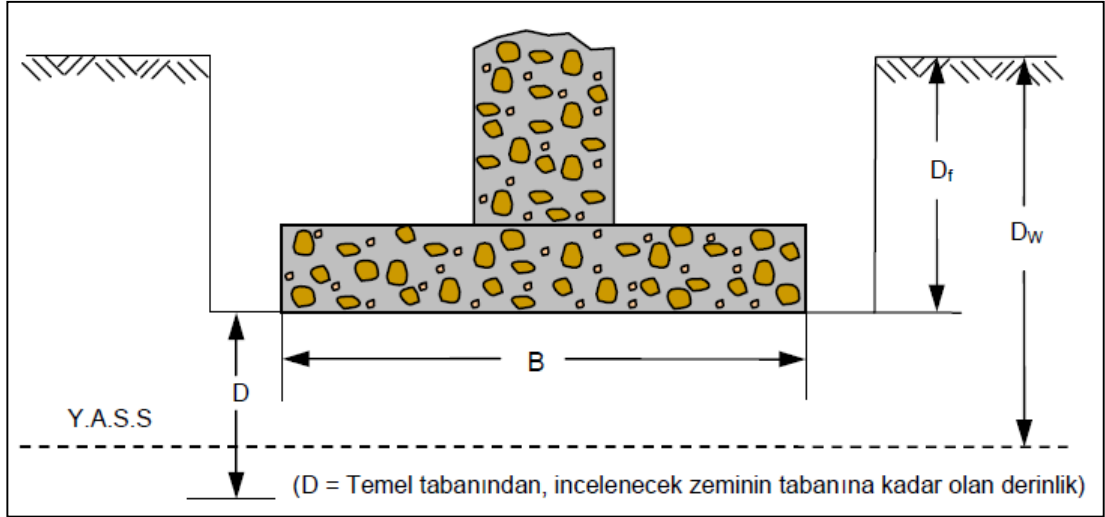
Şekil 2.16'dan elde edilen izin verilebilir taşıma basıncı (q_a) değerinin, ortamda yeraltısuyu olması durumunda yeniden düzeltilmesi gerekmektedir (Eşitlik 2.14). Burada (C_w) düzeltme faktörüdür ve Eşitlik (2.18)'den bulunur. Bu faktörün bulunmasında kullanılan (D_w) temel etrafındaki sürşaj yüzeyinden yer altı suyu seviyesine kadar olan derinliktir. Bu düzeltmelerde kullanılan kavramlar Şekil 2.16'nın üzerinde gösterilmiştir.

$$q'_a = C_w \cdot q_a \quad (2.14)$$

$$C_w = 0,5 + [(0,5 \times D_w) / (D_f + B)] \quad (2.15)$$



Şekil 2.16. İzin verilebilir taşıma gücü değerleri (Peck ve diğerleri, 1974)



Şekil 2.17. Düzeltme faktörlerinin şematik gösterimi

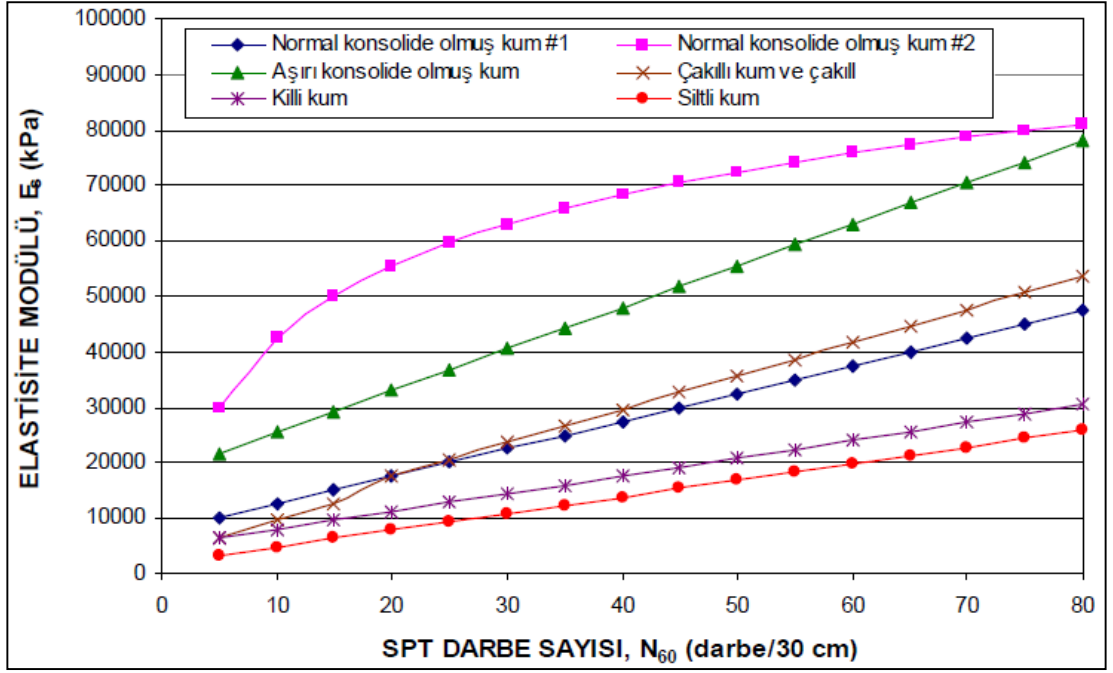
2.7. SPT-N Zemin Modül Değerleri İlişkisi

SPT-N değerleri ile aynı zamanda zeminlerin yerinde (in-situ) Young modülünün (elastisite modülü, E - E_s) belirlenmesi için yaklaşım sağlayabilir.

SPT- N değerleri ile elastisite modülü arasında kurulan eşitlikler Tablo 2.8’de ve bu tabloda yer alan eşitlikler yardımıyla ilişkilerin grafiksel gösterimim Şekil 2.18’de verilmiştir.

Tablo 2.8. Tan ve diğerleri (1991)’e göre SPT-N değerleri ile elastisite modülü arasındaki eşitlikler

| Zemin Türü | Elastisite Modülü, E_s (E) - kPa |
|---|---|
| Normal konsolide olmuş kum (SW, SP) | $E_s = 500.(N_{60} + 15)$ #1 $E_s = (15000 \text{ ile } 22000). \ln N_{60}$ #2 |
| Aşırı konsolide olmuş kum | $E_s = 18000 + 750N_{60}$ |
| Çakıllı kum ve çakıl (GW, GP, GM, GC) | $E_s = 600.(N_{60} + 6)$ $N_{60} \leq 15$ $E_s = 600.(N_{60} + 6) + 2000.N_{60}$ $N_{60} > 15$ |
| Killi kum (SC) | $E_s = 320.(N_{60} + 15)$ |
| Siltli kum (SM) | $E_s = 300.(N_{60} + 6)$ |
| Not: SPT-N değerleri yerine düzeltilmiş N_{60} değerleri kullanılmalıdır. | |



Şekil 2.18. SPT-N değerleri ile elastisite modülü arasındaki bağıntılar

3. LABORATUVAR DENEYLERİ

3.1. Giriş

Zemin olarak nitelendirilen malzeme, birleşimi bakımından farklı birçok malzemeyi bünyesinde bulundurur. Bu yüzden zeminlerin arazideki yüklemeler (mühendislik yapıları) altındaki davranışlarını analiz etmek, mühendislik tasarımı için gerekli parametreleri bulmak ve tüm zeminler için geçerli bir davranış modeli kurmak son derece güçtür. Bu nedenle zemini belirli standart sistemlere göre sınıflandırmak gerekir.

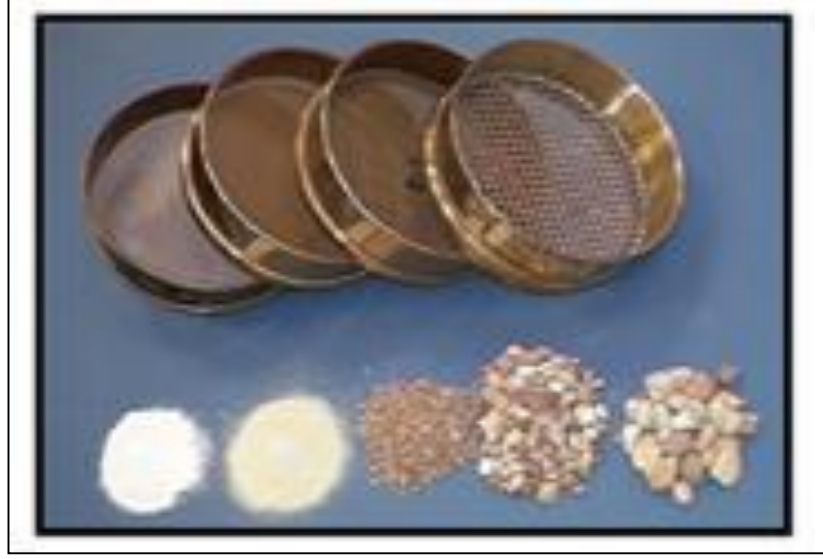
Zeminleri sınıflandırmanın amacı, zeminleri özelliklerine göre gruplandırmaktır. Belli tür zeminlerin belli özelliklerinin olacağı aşikârdır. Zeminin sınıfı bilindiğinde, özellikleri de genel olarak belli olur. Bilindiği üzere; zemin, hem zemin altında taşıyıcı ortamdır, hemde örneğin toprak barajlarda olduğu gibi malzeme olarak kullanılır. Ayrıca geoteknik alanında yapılan çalışmalar, araştırmalar, zeminin sınıfı (zeminin cinsi) belirtilerek yayınlanmaktadır. Zeminin sınıfı belirtilmezse, bilgilerin birikimi veya geleceğe aktarılması imkânsız hale gelir (Uzuner, 1998).

3.2. Elek Analizi

Çeşitli özelliklerdeki zeminlerin sınıflandırılmasını sağlayan ve mühendislik özellikleri hakkında bazı önemli ipuçları veren zemin özelliklerine endeks özellikleri adı verilir. Granülometri analizi, zemin dane büyüklüklerini ve toplam kütle içerisindeki ağırlıkça miktarlarını yüzde cinsinden hesaplayıp zeminlerin önemli bir endeks özelliği olan dane büyüklüğü dağılımının ve çakıl, kum, silt ve kil yüzdelilerinin belirlenmesi amacıyla yapılır.

Deney Ekipmanları

- Çeşitli açıklıkta tel örgülü kare gözlü ASTM' ye uygun elekler (19 mm, 9,53 mm, 4,75 mm, 2,00 mm, 0,85 mm, 0,425 mm, 0,25 mm, 0,15mm, 0,075mm) (Şekil 3.1)
- Terazi (0,01 g duyarlılığı)
- Etüv ($110 \pm 5^\circ \text{C}$ 'de sabit kalabilen termostat kontrollü ve hava dolaşımli)



Şekil 3.1. Elek Analizi Deneyinde Kullanılan Çeşitli Elekler

3.3. Likit Limit

Atterberg'e göre likit limit şöyle tanımlanmıştır: Likit limit öyle bir su muhtevasıdır ki, yoğrulmuş durumdaki bir kil, bu su muhtevasından daha büyük muhtevalarında bir akışkan gibi hareket etmesine karşın bunun altındaki su muhtevası değerlerinde plastik bir madde gibi davranır.

Likit limit olarak tanımlanan; zeminin viskoz bir sıvı kıvamından plastik kıvama geçtiği su muhtevası değerinin belirlenmesi için, Casagrande (1932) tarafından bir deney şekli belirlenmiş ve bu deney günümüzde uluslararası bir standart haline gelmiştir.

Deney Ekipmanları

- Oluk açma bıçağı (Likit limit kaşığı) (Likit limit kaşığı iki türdür. Üçgen şeklinde olanı kil zeminler, diğeri ise siltli zeminler için uygundur)

- Karıştırma spatulası (yaklaşık 10 cm boyunda ve 2 cm genişliğinde)
- Karıştırma kapları
- Etüv, $60^{\circ}C$ ve $110 \pm 5^{\circ}C$ ' de sabit kalabilen termostat kontrollü ve hava dolaşimli
- Terazi (0,01 g duyarlılığı)
- Su içeriği tayini için metal örnek kapları
- Desikatör
- Fırından örnek çıkartmak için ısıya dayanıklı eldiven
- No.40 (0,425 mm) elek
- Plastik su kabı (piset)



Şekil 3.2. Likit Limit deney seti

3.4. Plastik Limit

Plastik limit, Atterberg tarafından yine bir su muhtevası olarak tanımlanmış ve bu su muhtevasından daha düşük değerlerde kil numunesinin artık plastik bir malzeme olmaktan çıktığı ve kolayca ufalanan bir hal aldığı ifade edilmiştir. Plastik limitin tayininde en önemli araç, deneyi yapacak olan kişinin yeteneğidir. Deneyden önce eller temiz ve kuru olmalıdır. Plastik limit deneyi, Atterberg tarafından cam plaka veya bir kağıt üzerinde kilin el ayası ile yuvarlanarak inceltilen zemin silindirlerinin 3 mm çapa geldiklerinde parçalanmaya başladıkları su muhtevası olarak tarif edilir (Skempton ve Bishop, 1967).

Deney Ekipmanları

- Cam plaka
- Metal veya cam çubuk
- Karıştırma kabı
- Karıştırma spatulası
- Etüv (110 ± 5 ° C'de sabit kalabilen termostat kontrollü ve hava dolaşimli)
- Terazî (0,01 g duyarlıklı)
- Su içeriğini belirlemek için kullanılacak olan metal örnek kapları



Şekil 3.3. Plastik Limit Deney Seti

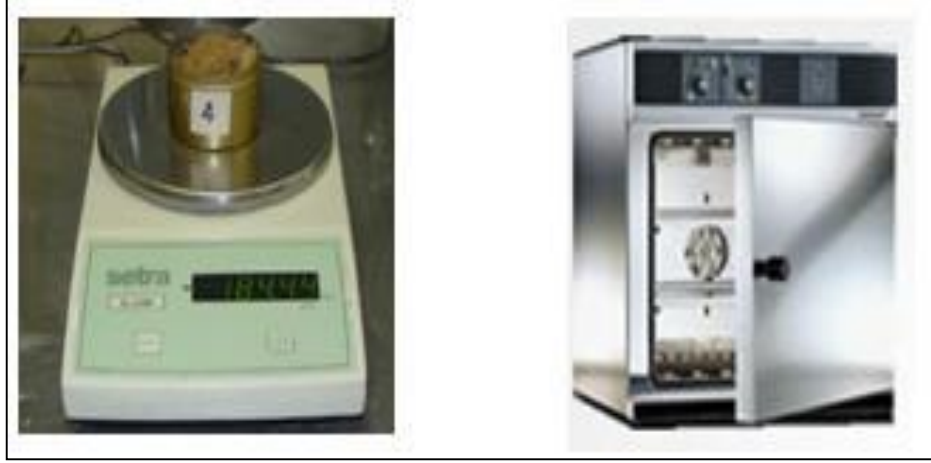
3.5. Doğal Su Muhtevası

Bu deney, zemin örneklerinin su muhtevasının belirlenmesi amacıyla yapılmaktadır. Zemin laboratuvar deneylerinde en çok kullanılan ve belirlenmesi en kolay olan su muhtevası, bir zemin örneğinin içerdiği su ağırlığının aynı örneğin kuru ağırlığına oranı olarak tanımlanır ve yüzde olarak ifade edilir.

Deney Ekipmanları

- Etüv (110 ± 5 ° C'de sabit kalabilen termostat kontrollü ve hava dolaşimli)
- Terazî (0,01 g duyarlıklı)

- Örnek kapları
- Fırından örnek çıkartmak için ısıya dayanıklı eldiven
- Desikatör veya nem kabı
- Karıştırma spatulası, bölgeç



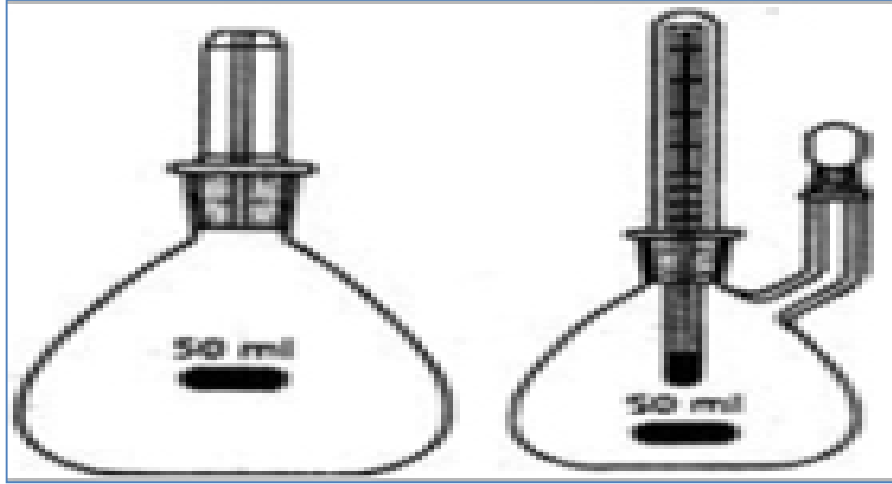
Şekil 3.4. Su muhtevasının bulunmasında kullanılan etüv ve terazi

3.6. Dane Birim Hacim Ağırlığı

Kohezyonlu ve kohezyonsuz zeminlerin dane birim hacim ağırlıkları piknometre denilen cam kap yardımıyla belirlenir. Aşağıda zeminlerin dane birim hacim ağırlığı için yapılan piknometre deneyi ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

Deney Ekipmanları

- Piknometre (Şekil 3.5)
- Saf su
- Etüv (110 ± 5 ° C’de sabit kalabilen termostat kontrollü ve hava dolaşimli)
- Vakum pompası
- Terazi (0,01 g duyarlıklı)



Şekil 3.5. Dane birim hacim ağırlık tayininde kullanılan piknometreler

3.7. Serbest Basınç Deneyi (UC)

Serbest basınç deneyi üç eksenli basınç deneyinin özel bir halidir. Üç eksenli kesmede numune üç yönden basınç altındadır. Serbest basınçta ise yanıl basınç yoktur ve herhangi bir yanıl destek olmaksızın kendi kendini dik olarak ayakta tutabilecek özelliklere sahip zeminler üzerinde uygulanabilmektedir. Bu yüzden kumlar üzerinde uygulanması mümkün değildir , yalnızca killi zeminlerde uygulanan bir deney yöntemidir. Serbest basınç deneyi, örselenmemiş kohezyonlu numuneler üzerinde yapılır ve deney sonucunda serbest basınç mukavemeti elde edilir. Numunenin kırıldığı gerilme değeri, numunenin serbest basınç mukavemeti olarak adlandırılır (Karayolları Genel Müdürlüğü, 1965).

Ekipmanlar

- Tek Eksenli Basınç Aleti (Şekil 3.16)
- Etüv Aleti
- Kıl Testere
- Numune (TS 1900'e göre ve BS 1377'ye göre 38 mm çap ve 76 mm yükseklikte)
- Numune Hazırlama Aparatı
- Düşey Deformasyon Saati(TS 1900'e göre 0,01 mm duyarlıklı mikrometreli saat)
- Tartı (TS 1900'e ve BS 1377'ye göre 0,5g duyarlıklı tartı)

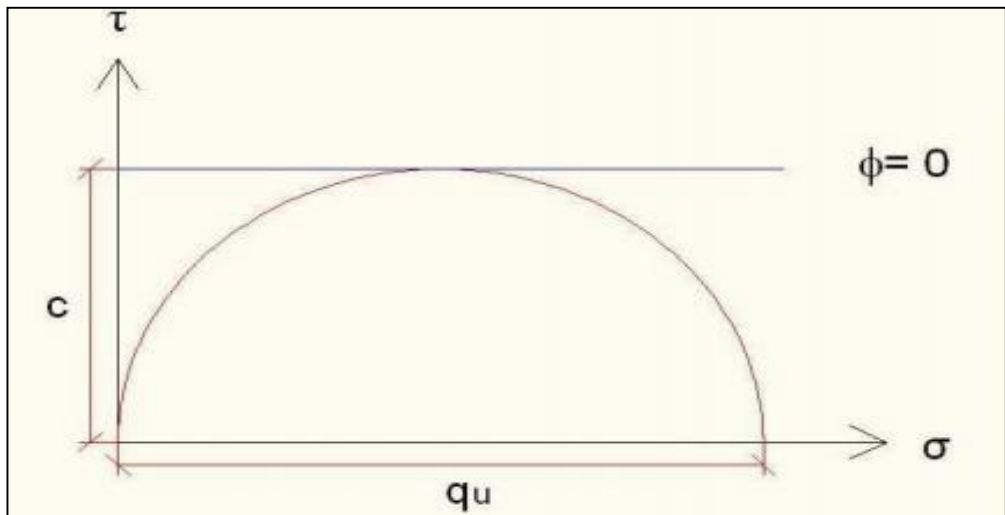
Tek eksenli basınç deneyinde yanıl basınç yoktur ve aynı numuneye yapılacak bütün deneyler aynı mohr dairesini verecektir (Şekil 3.7). Bu nedenle de içsel sürtünme

açısını ϕ bulmak söz konusu değildir. Gerçekten de normal konsolide suya doymun zeminlerde açısının değeri sıfır sayılabilir. Kayma direncinin değeri ise basınç direncinin yarısı olarak hesaplanır Eşitlik (3.1). Elde edilen q_u değeri ile numunenin konsistansı belirlenebilir.

$$c_u = q_u / 2 \quad (3.1)$$



Şekil 3.6. Tek eksenli basınç deney seti



Şekil 3.7. Tek Eksenli Basınç Deneyi Kayma Gerilmesi Düşey Basınç Grafiği

4. REGRESYON VE KORELASYON ANALİZİ

Mühendislik alanında yapılan araştırmalarda çoğunlukla, bir değişken başka değişken yardımıyla tanımlanır. Değişkenler arasında bir ilişki olup olmadığını, eğer varsa bu ilişkinin şeklini, yönünü ve derecesini araştırmak için istatistiğin regresyon ve korelasyon analiz metodları kullanılır. Değişkenler arasındaki ilişki matematik fonksiyon olarak tanımlanır. Bu fonksiyon lineer bir doğru lineer olmayan bir eğri denklemi şeklinde ifade edilebilir. Ne tip fonksiyonun daha uygun olacağı, elde edilen serpilme diyagramının şeklinden anlaşılabilir (Bayazıt, 1996).

Regresyon analizi bağımlı değişken ile bir veya daha çok bağımsız değişken arasındaki ilişkiyi incelemek amacıyla kullanılan bir analiz yöntemidir. İki değişken arasında belirgin bir ilişki olduğunda, bu ilişki dağılım grafiğindeki noktalar arasından geçen uygun bir doğru olarak ta tanımlanabilir. Bu doğruya regresyon doğrusu denir ve matematiksel olarak bir denklem ile gösterilebilir. Bu denkleme de regresyon denklemi denir. Regresyon analizi iki değişken arasındaki ilişkinin yalnızca şeklini, belirlerken ; kuvveti ,yönü ve doğrunun veya eğrinin verilere uyumluluğu hakkında bilgi vermez. İlişkinin yönünün ,derecesinin ve istatistiksel olarak anlamlılığının tayini korelasyon katsayısı (r) ile ifade edilmektedir.

Regresyon doğrusunun denklemi;

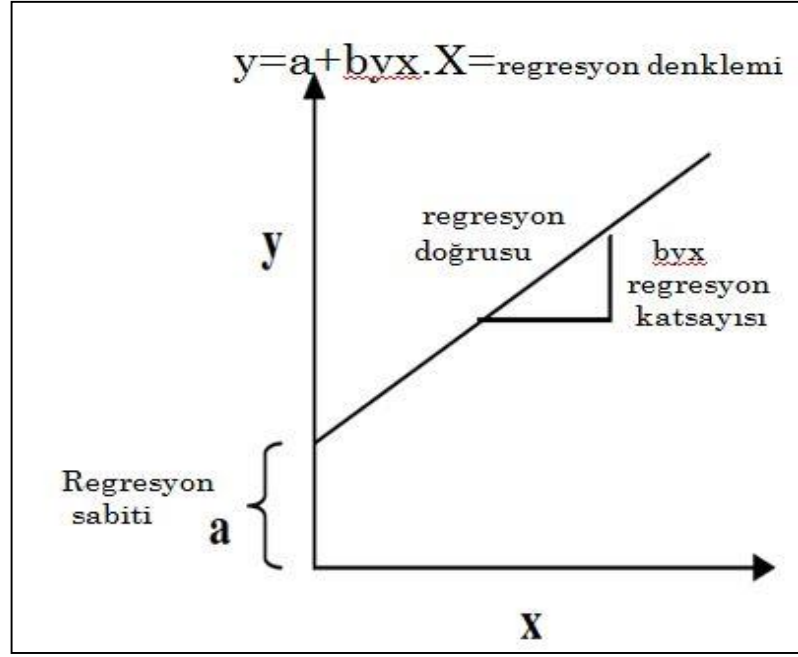
$$y=a+bx$$

y=Bağımlı değişken

a=Regresyon sabiti

b=Regresyon katsayısı

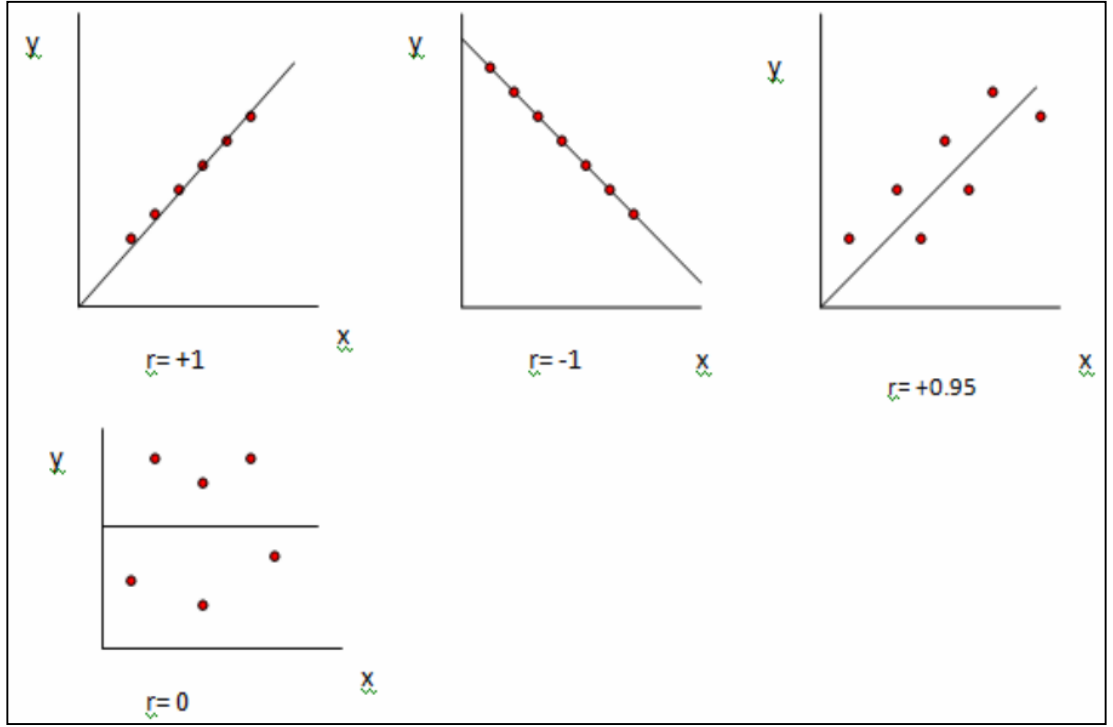
x=Bağımsız değişken



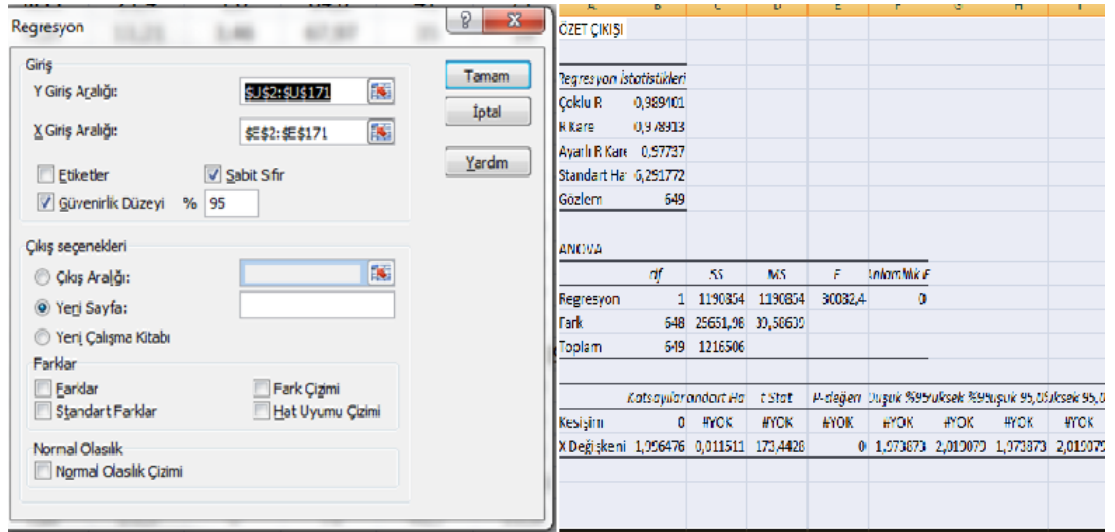
Şekil 4.1. Regresyon denkleminin grafiksel gösterimi

r 'nin değeri -1 ile +1 arasında değişebilmektedir. Mutlak değer 1 olması iki değişken arasında fonksiyonel bir ilişki olduğunu, 0 olması ise değişkenlerin birbirinden bağımsız olduğunu gösterir. r 'nin mutlak değeri 0'dan 1'e doğru büyüdükçe ilişki kuvvetlenir. Korelasyon katsayısının (r) karesine eşit olan "determinasyon katsayısı" (R^2), bağımlı değişkenin (y) varyansının bağımsız değişkenin değişiminden kaynaklanan yüzdesini verir. Bu nedenle R^2 regresyon bağıntısının anlamlılığının bir ölçüsüdür. R^2 'nin değeri 1'e yaklaştıkça regresyonun anlamlılığı giderek artar (Toğrol ve Toğrol, 1967).

Regresyon denkleminin standart hatası (s), bize elde edilecek sonuçların doğru veya eğri üzerinde hangi aralıkta değiştiğini göstermektedir. R^2 ve s tek başına anlam ifade etmez. Geliştirilen istatistiksel modelin anlamlılık açısından en uygun olduğuna karar vermek için, geliştirilen modelin aynı anda hem en yüksek r 'ye ve hem de en düşük s 'ye sahip olması gerekir.



Şekil 4.2. Korelasyon katsayısının (r) grafiksel gösterimi



Şekil 4.3. Excel'de regresyon analizi örneği

5. KOCAELİ İLİNDE SPT-N İLE ZEMİN PARAMETRELERİ ARASINDAKİ İLİŞKİLER

Bu çalışmanın ilk aşamasında Kocaeli İlinde yapılan zemin incelemelerindeki SPT arazi çalışmaları verileri incelenmiştir. SPT deneyinden elde edilen numunelere ait zemin sınıflandırması ve mukavemet parametreleri testleri yapılmış bu deneylere karşılık gelen SPT-N darbe sayıları sondaj loglarından tespit edilmiştir. Sondaj loglarından elde edilen SPT-N_a verilerinde aletsel detaylar ve deney uygulama yöntemine bağlı olarak enerji düzeltmesi (E_m), tij uzunluğu düzeltmesi (C_R), sondaj çapı düzeltmesi (C_B), numune alıcı kılıf düzeltmesi (C_S), düzeltmeleri yapılmıştır.

SPT-N verilerinde düzeltmede sondaj çapları 65-115 mm arasında olduğu için C_B=1 (Skempton,1986), numune alıcılarda kılıf kullanıldığı için C_S=1 (Skempton, 1986), şahmerdan verimi E_R=%45 (Clayton,1990) ve tijin uzunluğuna bağlı olarak CR; 0,75, 0,85, 0,95, 1,00 alınmıştır (Tablo 1.2). Bu çalışma yapılırken killi zeminler için tartışmalı olan C_N düzeltmesi dikkate alınmamıştır. Düzeltmeler Eşitlik (5.1)'de yerine konduğunda aşağıdaki formül elde edilmiştir.

$$N_{60}=1.1.45.C_R.N_a/60 = 0,75.C_R.N_a \quad (5.1)$$

İkinci aşamasında ise SPT-N_a ve SPT-N₆₀ değerleri ile mühendislik parametreleri arasında Excel'de regresyon analizi yapılarak anlamlı korelasyonlar elde edilmeye çalışılmıştır. Bulunan bağıntıların istatistiksel olarak anlamlılığı korelasyon katsayısı (r) ve standart sapma (s) değerleri kullanılarak değerlendirilmiştir. Korelasyon katsayısı (r) iki değişkenin değişimlerinde, ne dereceye kadar uygunluk olduğunu belirler. 'r' değeri; herhangi iki parametre arasındaki ilişki (r < 0,30) ilişki olmadığı, (0,3 < r < 0,499) zayıf bir ilişki, (0,5 < r < 0,699) orta ilişki, r>0,7 güçlü bir ilişki olduğu anlamına gelmektedir.

5.1. SPT-N ile Atterberg Limitleri Arasındaki İlişki

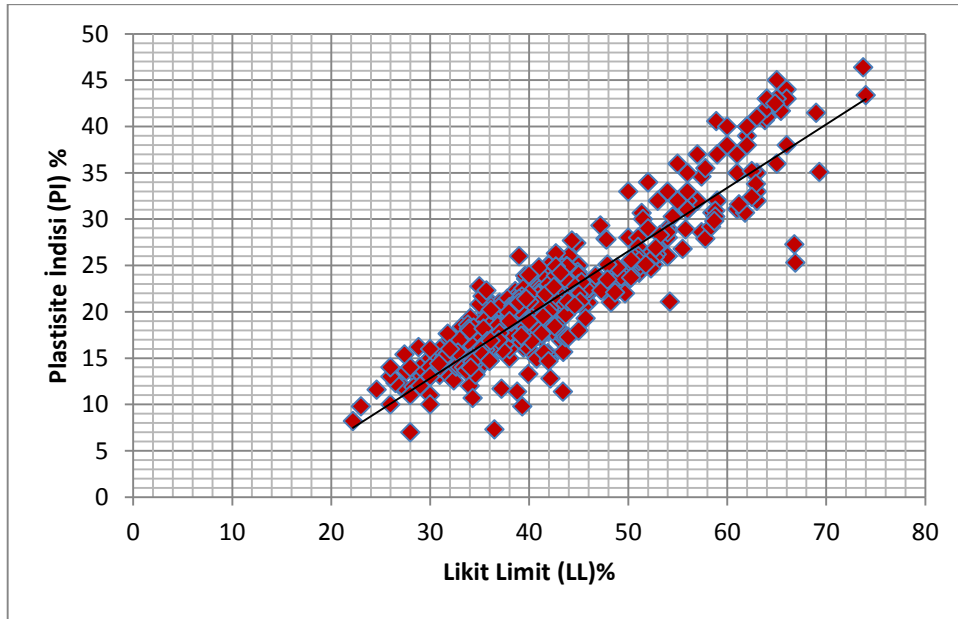
Bu bölümde Tablo 5.1’de özellikleri verilen 659 veri ile likit limit ve plastisite indisi ve düzeltilme katsayıları uygulanmış SPT-N₆₀ darbe sayısı ile arasındaki ilişkiler sırasıyla incelenmiştir. Verilerin özellikleri (EK-A)’ da verilmiştir.

Tablo 5.1. SPT-N ile Atterberg limitleri korelasyonunda kullanılan verilerin özellikleri

| Özellikler | Min. | Max | Ort. | Standart Sap. |
|------------------------|------|-------|-------|---------------|
| Plastik limit (PL) | 12 | 41,6 | 21,13 | 3,72 |
| Likit limit (LL) | 22,2 | 74 | 42,47 | 8,42 |
| Plastisite İndisi (PI) | 7 | 39,41 | 21,38 | 6,34 |
| SPT-N ₆₀ | 2,05 | 63 | 15,96 | 8,77 |

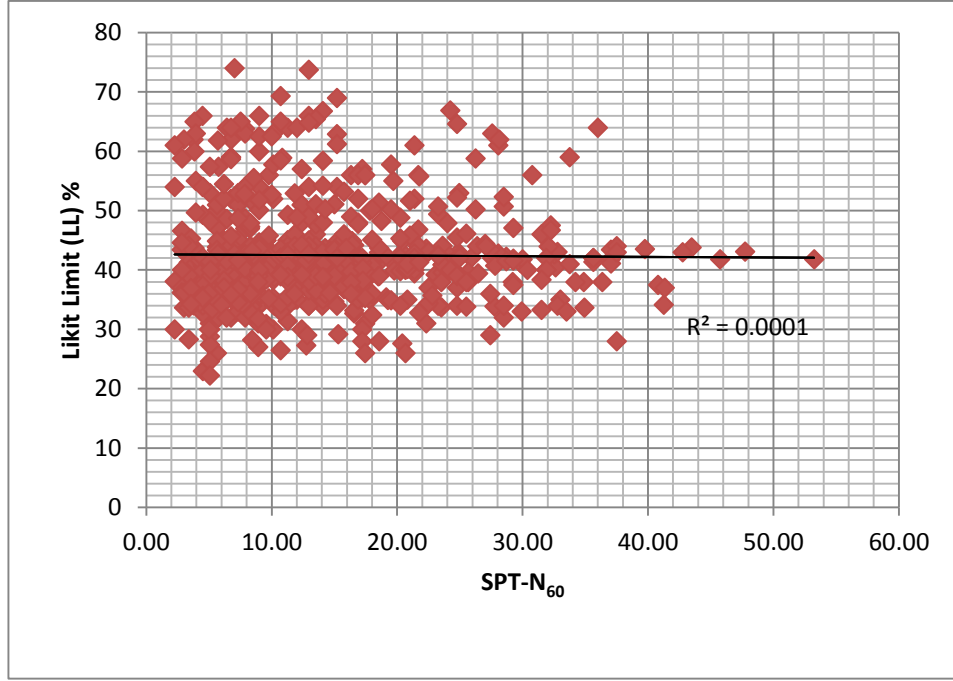
Likit limit ve plastisite indisi arasında yapılan regresyon ve korelasyon analizlerinde aralarında çok güçlü ilişki olduğu bulunmuştur ve aşağıdaki bağıntı elde edilmiştir.

$$PI=0,685.LL-7,718 \quad , \quad r= 0,70 \quad , \quad s=2,69 \quad (5.2)$$

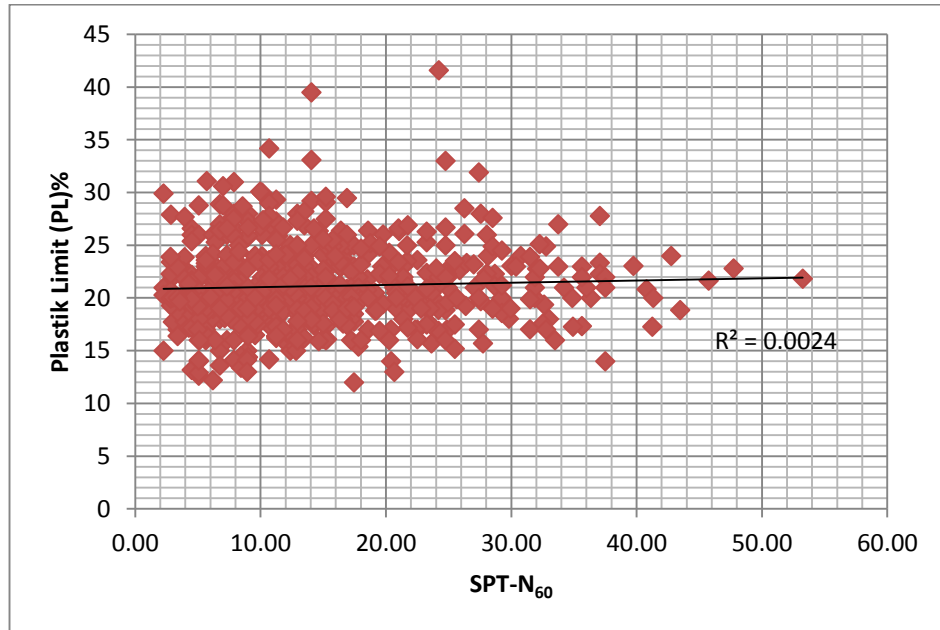


Şekil 5.1. Likit Limit (LL) ile Plastisite İndisi (PI) karşılaştırılması

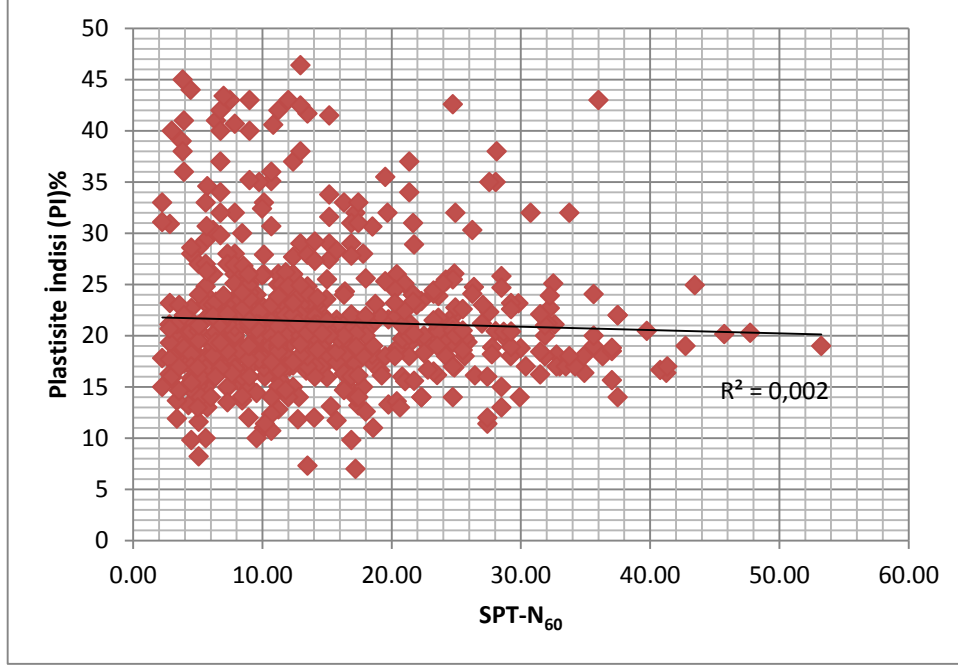
Şekil 5.2, 5.3, 5.4'de N_{60} düzeltilmesi yapılmış SPT- N_{60} değerleri ve likit limit, plastik limit ve plastisite indisi arasındaki ilişkiler sırasıyla gösterilmiştir. Şekillerden de anlaşılacağı gibi korelasyon katsayısı (r) sıfıra çok yakın değerler verdiği için SPT- N_{60} ile atterberg limitleri arasında herhangi bir ilişki bulunamamıştır. SPT-N değeri değişimiyle atterberg limitleri arasında ilişki olmadığı görülmüştür.



Şekil 5.2. SPT- N_{60} ile Likit Limit (LL) karşılaştırması



Şekil 5.3. SPT- N_{60} ile Plastik Limit (PL) karşılaştırması



Şekil 5.4. SPT-N₆₀ ile Plastisite İndisi (PI) karşılaştırması

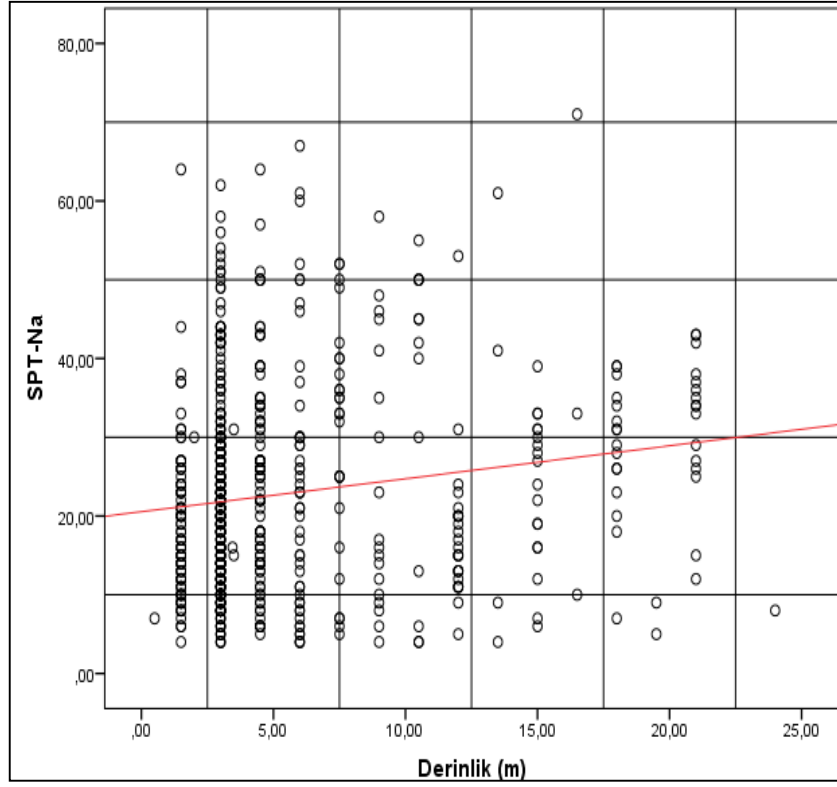
5.2. SPT-N ile Derinlik İlişkisi

Bu bölümde 649 adet veri analiz edilmiştir. SPT deneyinin yapıldığı derinlik 1,5 m ile 24 m arasında değişmektedir.

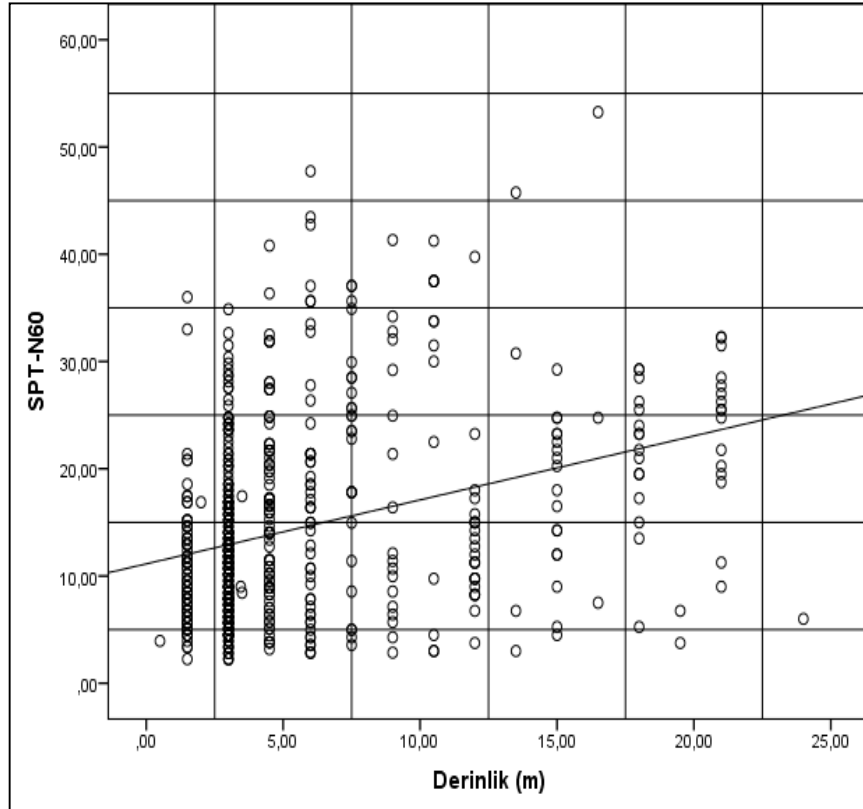
Şekil 5.5'de SPT deneyinin yapıldığı derinlikle SPT-N_a değerleri arasında korelasyon yapılmış olup korelasyon katsayısı r sıfıra çok yakın değerler vermiştir.

Şekil 5.6'da ise SPT deneyinin yapıldığı derinlikle düzeltilmiş SPT-N₆₀ değerleriyle ilişkileri araştırılmış ve korelasyon katsayısı $r=0,31$ çıkmıştır. Buna dayanarak SPT-N₆₀ darbe sayısı ile SPT deneyinin yapıldığı derinlik arasında zayıf bir ilişki olduğu söylenebilir.

Her iki şekilde de SPT deneyinin yapıldığı derinlik arttıkça SPT-N değerlerinde artış yönünde eğilim olduğu gözükmemektedir. SPT-N₆₀ verilerindeki artışın daha çok olması SPT-N_a verilerine yapılan t_{ij} düzeltmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir.



Şekil 5.5. Derinlik ile SPT-Na ilişkisi



Şekil 5.6. Derinlik (m) ile SPT-N₆₀ ilişkisi

5.3. SPT-N ile Drenajsız Kayma Mukavemeti (c_u) Arasındaki İlişkiler

Bu bölümde Kocaeli İlinde yapılmış olan SPT deneylerinden elde edilen SPT-Na ve düzeltilme katsayıları uygulanmış SPT-N₆₀vuruş sayıları ile zemin sınıflandırılması yapılmış numunelerin serbest basınç mukavemetinin yarısı alınarak belirlenmiş olan drenajsız kayma mukavemeti arasındaki ilişkiler araştırılmış. Analiz edilen verilerin özellikleri ekler kısmında (EK- B) de verilmiştir.

Bu çalışmada öncelikle SPT-N ile drenajsız kayma mukavemeti (c_u) arasındaki ilişki, korelasyon analizi kullanılarak araştırılmıştır. Daha sonra veriler kullanılarak drenajsız kayma mukavemetini SPT-N cinsinden ifade edebilmek ve eşitlik geliştirmek için lineer regresyon analizleri için yapılmış en uygun regresyon sonuçları bulunmuştur.

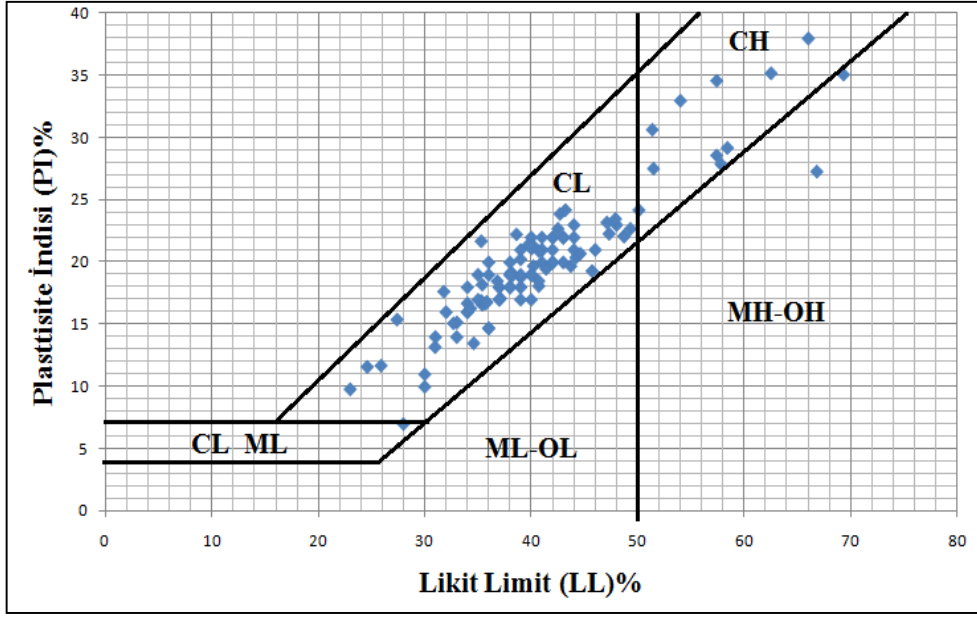
$y=a+bx$ lineer regresyon bağıntısında SPT-N değeri sıfır olduğunda c_u değeri sıfır olacağından a katsayısı sıfır olarak alınmıştır. Böylece lineer regresyon denklemi $y=bx$ şeklini almıştır. Bu çalışmada y yerine c_u , x yerine ise SPT-N yazılarak Eşitlik (5.3) aşağıdaki gibi elde edilmiştir.

$$c_u=b.N \text{ (kPa)} \quad (5.3)$$

Bu bölümde regresyon ve korelasyon analizleri; düşük plastisiteli killer (CL), yüksek plastisiteli killer ve tüm ince daneli kohezyonlu zeminler için ayrı ayrı yapıp her biri için regresyon denklemleri elde edilmiştir.

Tablo 5.2. Çalışmada analiz edilen zemin alt grupları

| Zemin Cinsi | Numune Sayısı |
|-------------|---------------|
| CH | 13 |
| CL | 88 |
| MH-ML-CI | 12 |



Şekil 5.7. UC deneyinde kullanılan numunelere ait plastisite grafiği

5.3.1. İnce daneli kohezyonlu zeminler

Bu bölümde Tablo 5.3’de özellikleri verilen 113 ince daneli kohezyonlu zeminlerde SPT-N ile c_u ilişkisi 2 durumda incelenmiştir.

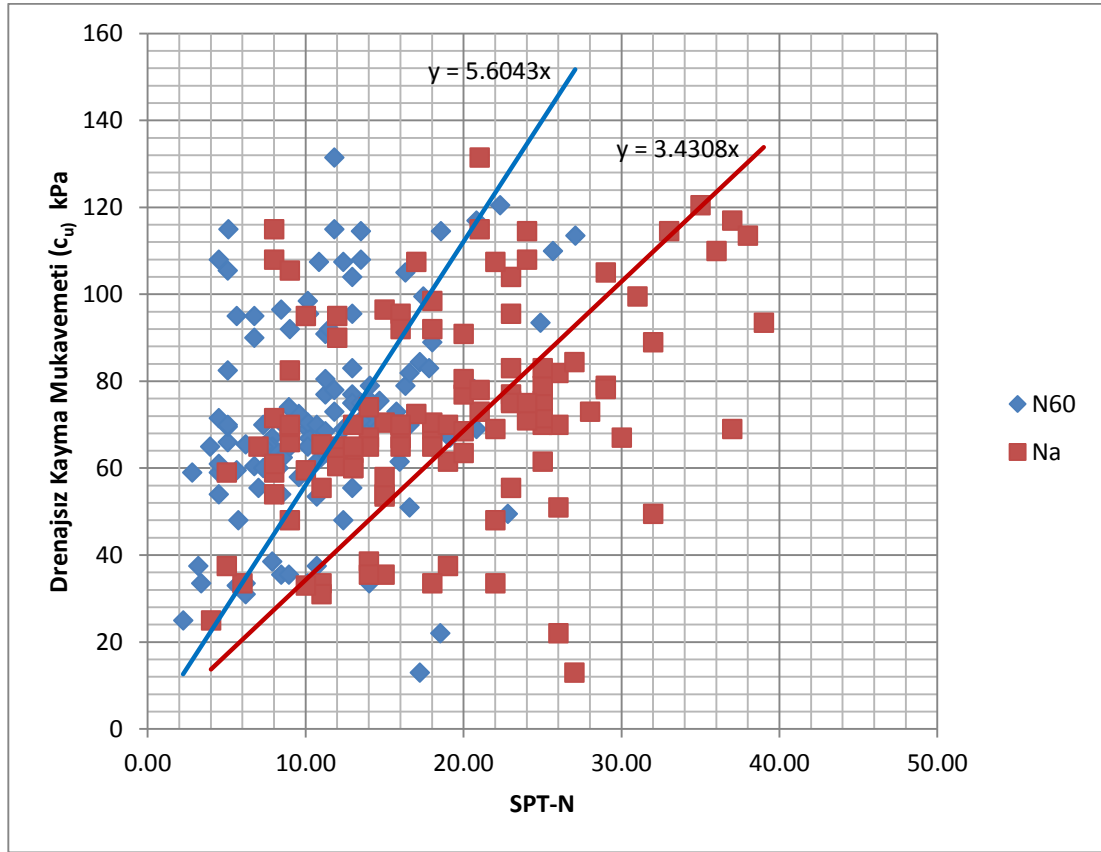
Tablo 5.3. UC deneyinde İnce daneli zeminlerde analizde kullanılan verilerin özellikleri

| Özellikler | Min. | Max | Ort. | Standart Sap. |
|--------------------------------------|------|-------|-------|---------------|
| Plastik limit (PL) | 12,9 | 39,5 | 20,89 | 4,02 |
| Likit limit (LL) | 23 | 69,3 | 40,67 | 8,17 |
| Plastisite İndisi (PI) | 7 | 38 | 19,95 | 5,09 |
| Doğal Su Muhtevası (w_n) | 5,5 | 38,8 | 21,75 | 5,59 |
| SPT-(Narazi) | 4 | 39 | 18,71 | 8,13 |
| SPT-N60 | 2,25 | 27,08 | 11,13 | 5,23 |
| Drenajsız Kayma Mukavemeti (c_u) | 13 | 131,5 | 72,48 | 23,8 |

Birinci durumda sadece SPT-N vuruş sayısı bağımsız değişken, c_u ise bağımlı değişken olarak kabul edilmiştir. SPT- N_a ve SPT- N_{60} ile c_u arasında ayrı ayrı basit doğrusal regresyon analizi yapılmıştır ve aşağıdaki M&K1 ve M&K2 korelasyonları elde edilmiştir. Elde edilen denklemin korelasyon katsayısı (r) değeri 1'e yakın değerler vermiştir. İnce daneli zeminlerde SPT-N ile c_u arasında çok güçlü bir ilişki bulunmuştur.

$$(M\&K1) \rightarrow c_u = 3,430.N_a, \quad r=0,91, \quad s=30,47$$

$$(M\&K2) \rightarrow c_u = 5,604.N_{60}, \quad r=0,90, \quad s=32,8$$



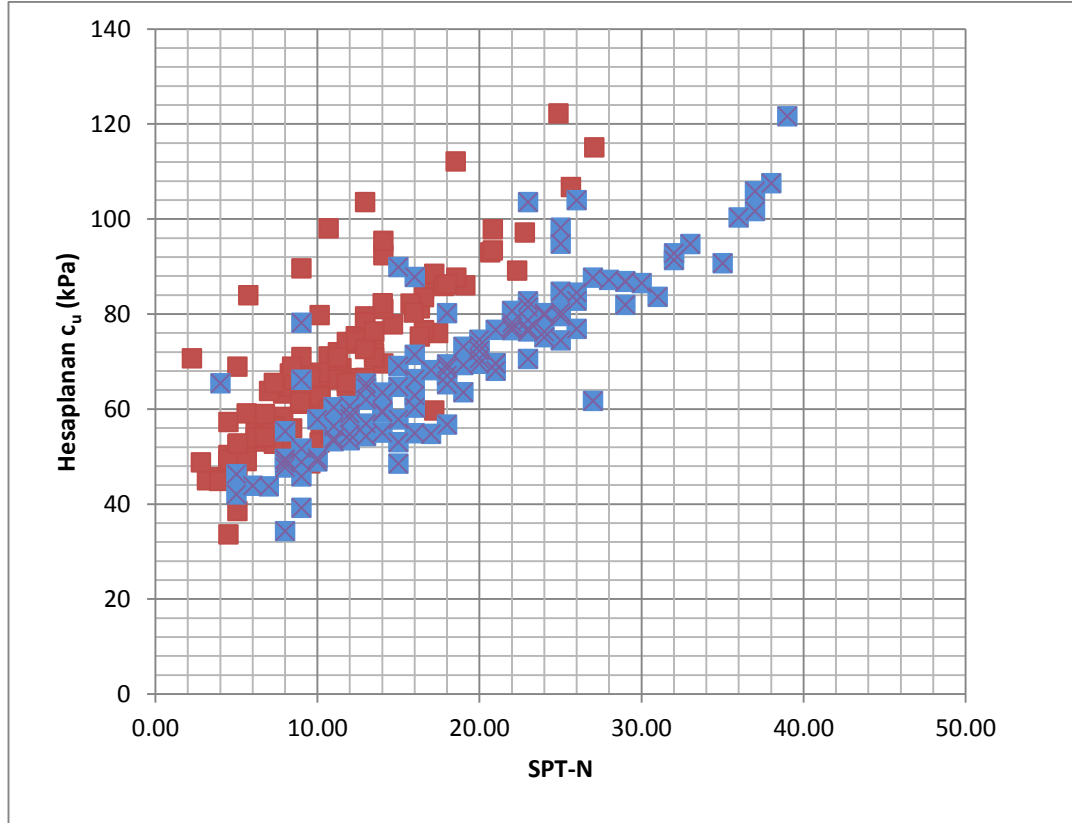
Şekil 5.8. İnce daneli zeminler için SPT- c_u ilişkisi

İkinci durumda ise, killi zeminlerde zeminin mühendislik parametrelerini etkileyen önemli faktörlerden olan doğal su muhtevası (w_n) ve plastisite indisi (PI), SPT-N vuruş sayısına ek olarak bağımsız değişken olarak kabul edilmiş, bağımlı değişken olarak da drenajsız kayma mukavemeti (c_u) kabul edilmiştir. Bu bağımlı ve bağımsız değişkenler arasında regresyon analizleri yapılmış aşağıdaki eşitlikler elde edilmiştir.

$$(M\&K3) \rightarrow c_u=1,86.Na+0,39.wn+1,34.PI \quad , r=0,94 \quad , s=25,83$$

$$(M\&K4) \rightarrow c_u=2,71.N60+0,40.wn+1,54.PI \quad , r=0,93 \quad , s=26,71$$

M&K3 ve M&K4 eşitliğinde SPT-N darbe sayılarına karşılık gelen w_n , PI değerleri yerine koyulursa Şekil 5.9'daki değerler hesaplanır.



Şekil 5.9. Eşitlik M&K 3 ve M&K 4 ile hesaplanan c_u (kPa) değerleri

Birinci ve ikinci durumdaki regresyon analizleri karşılaştırıldığında; ikinci durumdaki korelasyon katsayısı (r) birinci duruma göre 1'e daha yakın çıkmıştır. Standart hatalar ise ikinci durumda birinci durumdan daha az olmuştur, bundan dolayı plastisite indisi ve doğal su muhtevasını içeren korelasyonlar daha anlamlı sonuçlar vermektedir. İkinci durumda elde edilen denklemler daha anlamlı korelasyon katsayısı vermesine rağmen direk SPT-N ile c_u ilişkisini vermediği için birinci durumdaki korelasyonları kullanmak daha pratik ve ekonomik olacağı düşünülmektedir.

5.3.2. Düşük plastisiteli killer (CL)

Bu bölümde Tablo 5.4’de özellikleri verilmiş olan düşük plastisiteli killer için araziden elde edilen 88 adet SPT-Na değerleri ve SPT düzeltmesi yapılmış SPT-N₆₀ değerleri ile drenajsız kayma mukavemeti (c_u) arasındaki ilişkiler araştırılmıştır.

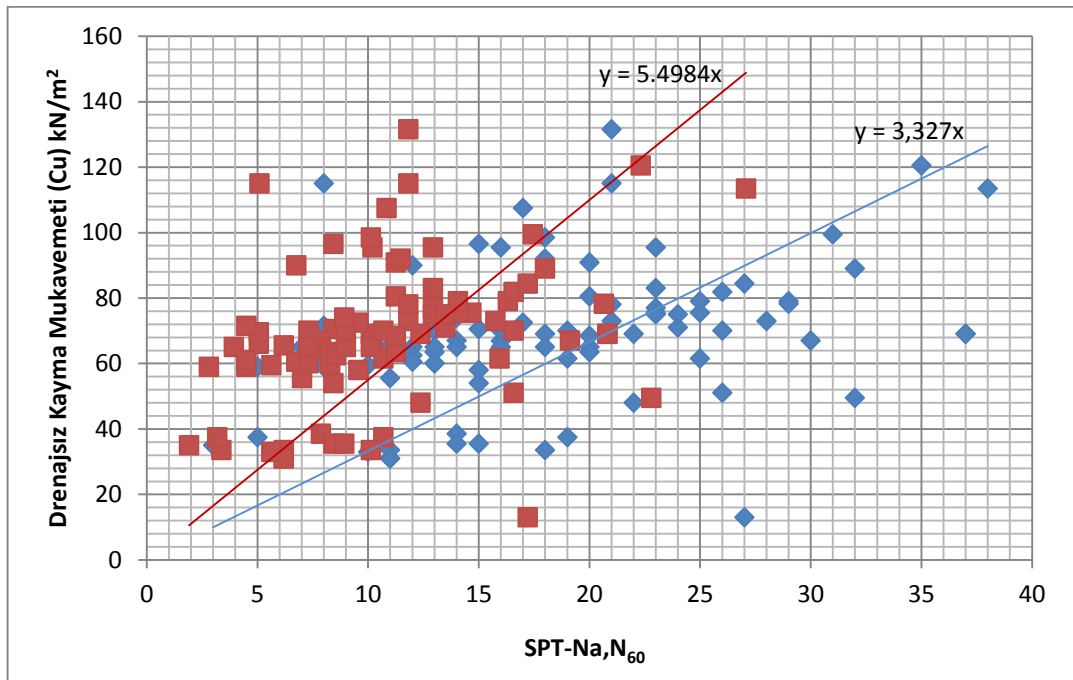
Tablo 5.4. UC deneyinde CL zemin tipinde analizde kullanılan verilerin özellikleri

| Özellikler | Min. | Max | Ort. | Standart Sap. |
|--------------------------------------|------|-------|-------|---------------|
| SPT-(N _{arazi}) | 3 | 38 | 18,29 | 7,88 |
| SPT-N ₆₀ | 1,91 | 27,07 | 11,25 | 5,01 |
| Drenajsız Kayma Mukavemeti (c_u) | 13 | 131,5 | 68,58 | 21,83 |

SPT-Nave düzeltmesi yapılmış SPT-N₆₀ değerleri ile drenajsız kayma mukavemeti (c_u) arasında regresyon ve korelasyon analizi yapıp aşağıdaki denklemler elde edilmiştir. Önerilen bağıntıların korelasyon katsayısı 1’e oldukça yakın çıkmıştır.

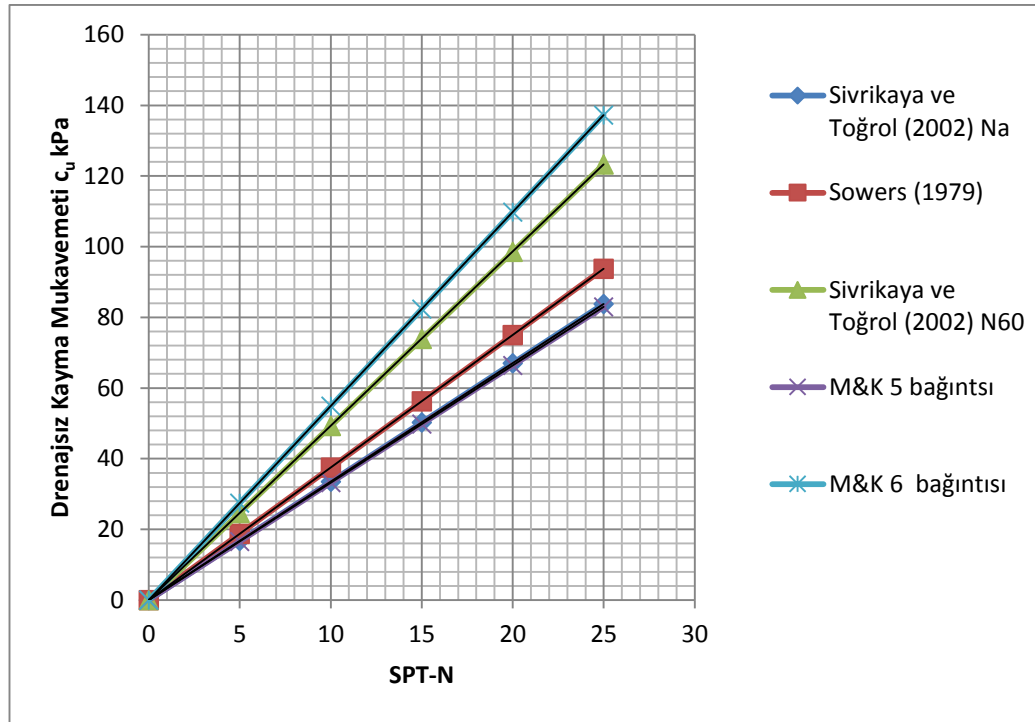
$$(M\&K\ 5) \rightarrow c_u = 3,327.N_a \quad , \quad r=0,92 \quad , \quad s=28,24$$

$$(M\&K\ 6) \rightarrow c_u = 5,498.N_{60} \quad , \quad r=0,92 \quad , \quad s=29,7$$



Şekil 5.10. Düşük plasiteli killer (CH) için SPT-N ile c_u ilişkisi

Elde edilen denklemlerin, ince daneli zeminlerde elde edilen denklemlerle yakın çıkması ince daneli zeminlerde kullanılan verilerin çoğu düşük plastisiteli killerden oluştuğu için ince daneli zeminlerde elde edilen denklem katsayısı (b) ile oldukça yakın değerler elde edilmiştir.



Şekil 5.11. CL için önerilen bağıntıların önceki çalışmalarla karşılaştırılması

Şekil 5.11' de görüldüğü gibi düşük plastisiteli killer için SPT- N_a darbe sayısı için bu çalışmada önerilen M&K 5 korelasyonu Sivrikaya&Toğrol (2002) çalışmasıyla çok yakın değerler elde edilmiştir. Sowers (1979) düşük platiseteli killer için önerdiği çalışmalarıyla yakın değerler elde edilmiştir. N_a/N_{60} oranı Sivrikaya&Toğrol (2002) değerlerine göre daha fazla çıkmasının nedeni korelasyonda kullanılan numunelerin alındığı sondaj derinliğinin büyük bir kısmının 4 metreden düşük olmasından kaynaklandığı tahmin edilmektedir.

5.3.3. Yüksek plastisiteli killer (CH)

Bu bölümde Tablo 5.5' de özellikleri verilmiş olan yüksek plastisiteli killer için araziden elde edilen 13 adet SPT- N_a değerleri ve SPT düzeltmesi yapılmış SPT- N_{60} değerleri ile drenajsız kayma mukavemeti (c_u) arasındaki ilişkiler araştırılmıştır.

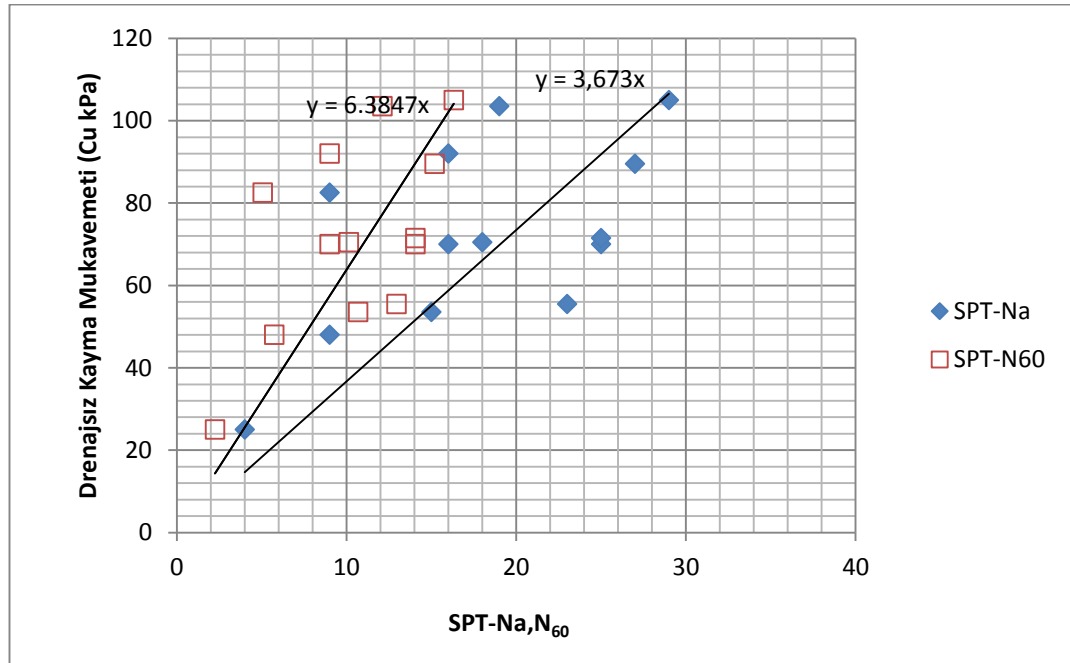
Tablo 5.5. UC deneyinde CH zemin tipinde analizde kullanılan verilerin özellikleri

| Özellikler | Min. | Max. | Ort. | Standart Sap. |
|--|------|-------|-------|---------------|
| SPT-(N _{arazi}) | 4 | 25 | 18,07 | 7,64 |
| SPT-N ₆₀ | 2,25 | 16,31 | 10,5 | 4,23 |
| Drenajsız Kayma Mukavemeti (C _u) | 25 | 105 | 72,03 | 22,92 |

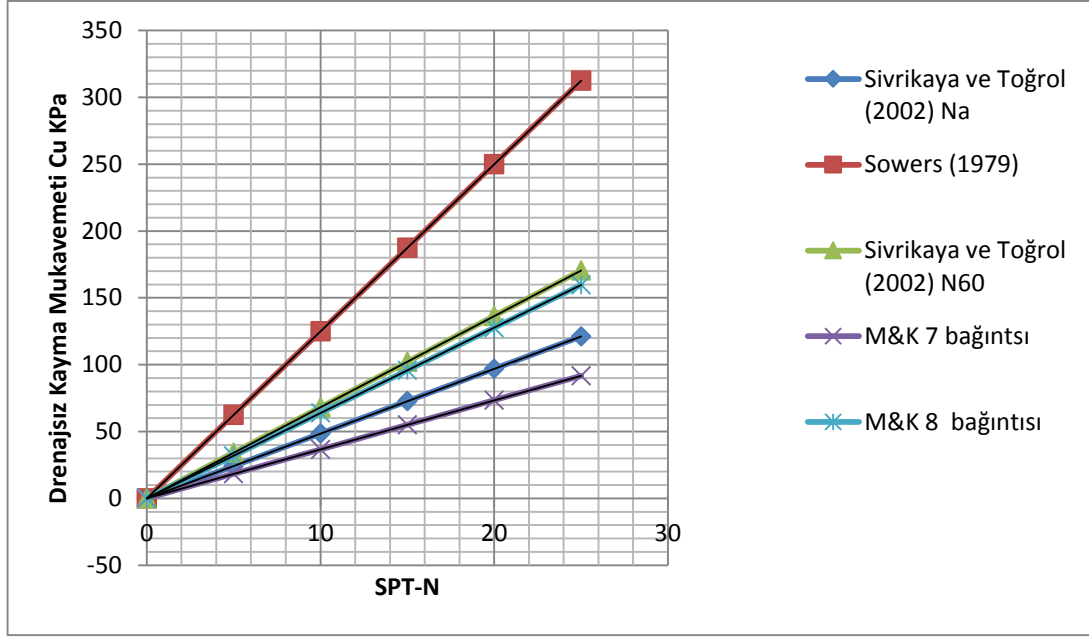
Yukarıdaki tabloda özellikleri verilen SPT-N_a,N₆₀ değerleri ile drenajsız kayma mukavemeti (c_u) arasında regresyon ve korelasyon analizleri yapıp aşağıdaki bağıntılar elde edilmiştir. Elde edilen eşitliklerin korelasyon katsayısı (r) 1'e çok yakın çıkmıştır. SPT-N verileri ile drenajsız kayma mukavemeti arasında çok kuvvetli ilişki olduğu anlamına gelmektedir.

$$(M\&K\ 7) \rightarrow c_u = 3,673N_a \quad , \quad r = 0,95 \quad , \quad s = 24,13$$

$$(M\&K\ 8) \rightarrow c_u = 6,384 N_{60} \quad , \quad r = 0,95 \quad , \quad s = 23,38$$



Şekil 5.12. Yüksek plastisiteli killer (CH) için SPT-N ile c_u ilişkisi



Şekil 5.13. CH için önerilen bağıntıların önceki çalışmalarla karşılaştırılması

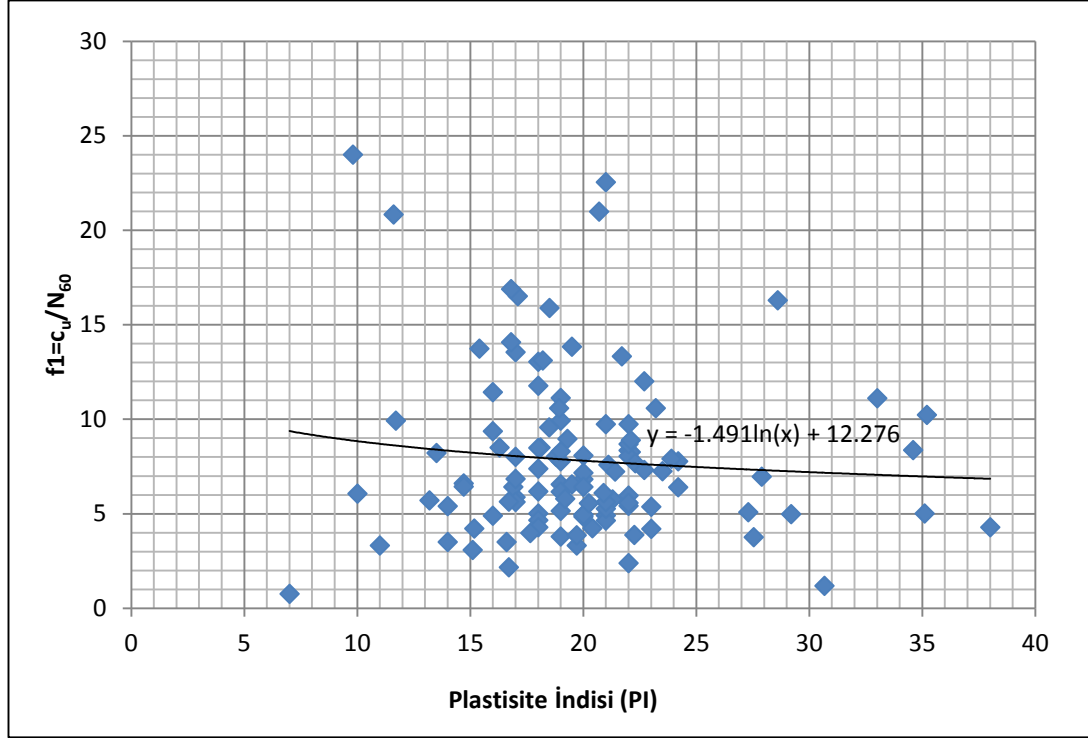
Yüksek plastisiteli killer için bu çalışmada önerilen düzeltilmiş SPT-N₆₀ verileri kullanılan M&K 8 bağıntısının katsayısı (b=6,384) Sivrikaya ve Toğrol (2002) (b=6,82) ve literatürde en yaygın olarak kullanılan Terzaghi ve Peck (1967) b= 6,25 çalışmalarıyla oldukça uyumlu sonuçlar vermiştir. SPT-N_a verileri kullanılarak önerilen M&K 7'nin bağıntısının katsayısı (b=3,673) en düşük değerleri vermiştir. Sivrikaya ve Toğrol (2002) önerdiği SPT-N_a için bağıntı katsayısı b=4,85 daha yüksek sonuçlar vermiştir. Sowers (1979) önerdiği bağıntı ise bu çalışmada önerilen bağıntılara göre oldukça yüksek değerler vermiştir.

5.3.4. c_u/N ile plastisite indisi (PI) ilişkisi

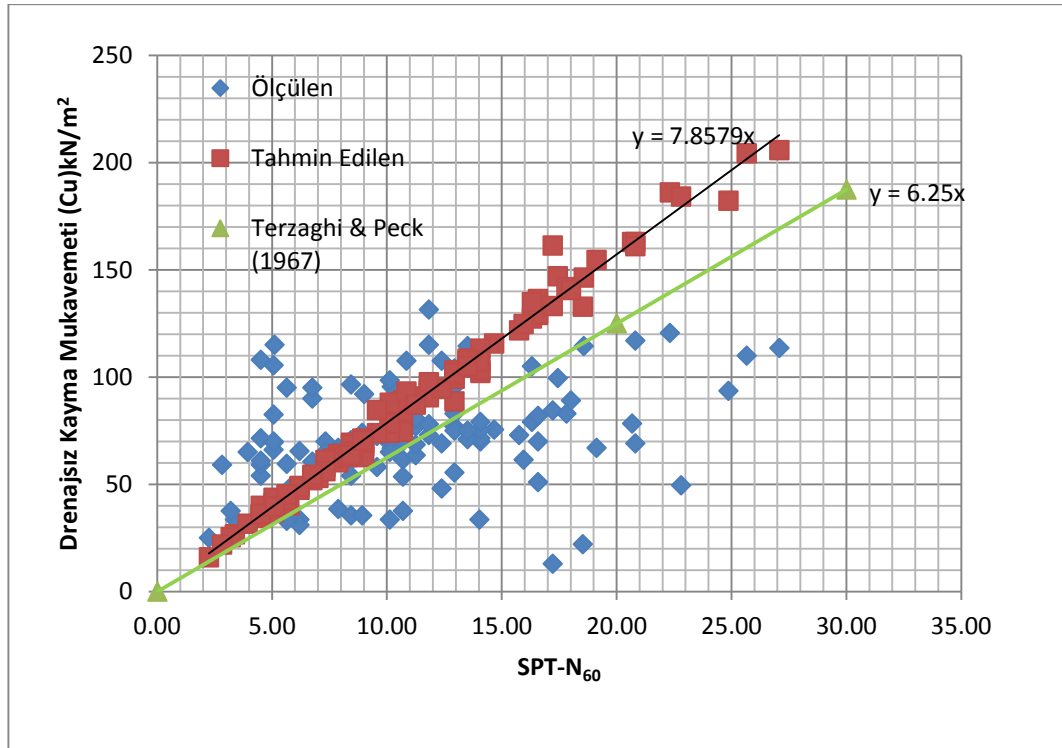
Stroud (1974), hassas olmayan killer üzerinde yapılan UU deney sonuçları kullanarak $c_u/N_{60}=f_1$ oranını plastisite indisine bağlı olarak incelemiştir. Bu çalışmaya benzer şekilde serbest basınç deneyini değerinin yarısı alınarak elde edilen drenaj kayma mukavemeti (c_u) ve f_1 katsayısı plastisite indisinin (PI) fonksiyonu olarak incelenmiştir. İnce daneli zemin korelasyonlarında kullanılan 113 veriyle f_1 ile PI arasında regresyon analizi yapılmış, korelasyon katsayısı ($r=0,08$) bulunmuştur (Şekil 5.13).

$$f_1 = -1,49 \ln(\text{PI}) + 12,27 \quad (5.4)$$

$$c_u = [-1,49 \ln(\text{PI}) + 12,27] \cdot N_{60} \quad (5.5)$$



Şekil 5.14. PI ile f_1 katsayısı arasındaki değişim



Şekil 5.15. İnce daneli zeminler için önerilen eşitliklerin karşılaştırılması

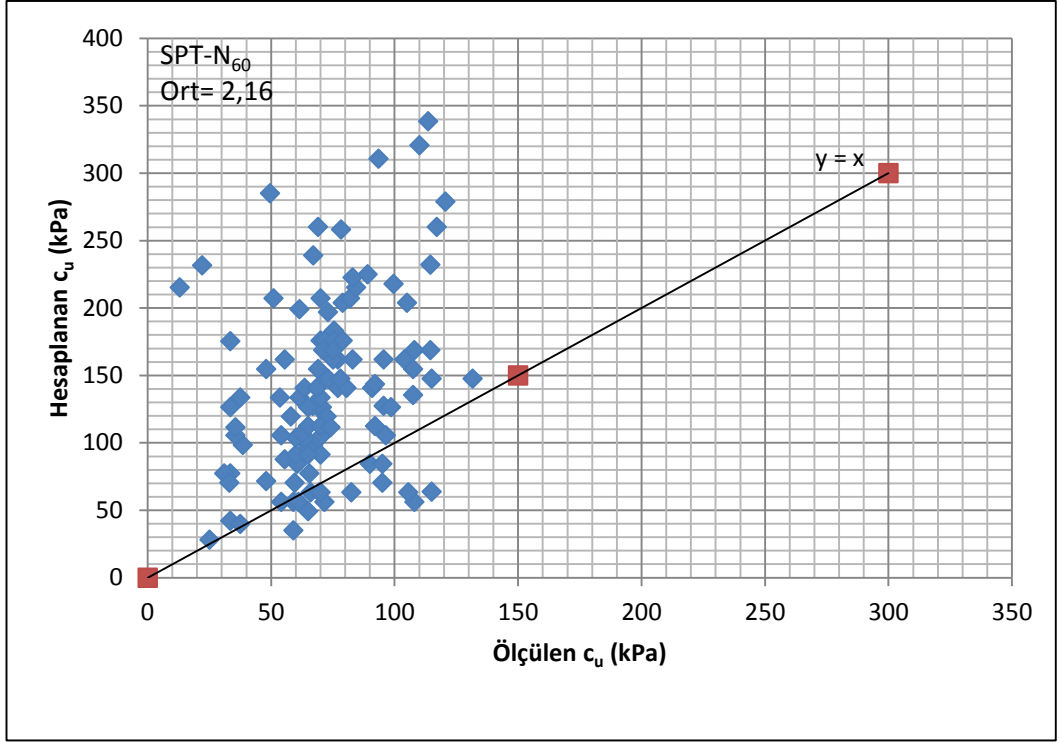
Ölçülen, önerilen korelasyon denkleminde tahmin edilen, Terzaghi ve Peck (1967)'in önerdiği denklemin sonuçları toplu olarak Şekil 5.15'de verilmiştir. SPT- N_{60} değerinin 15'e kadar değerleri için uyumlu sonuçlar vermektedir. $N_{60}>15$ değerinden sonra önemli sapmalar olmaktadır. Ayrıca f_i katsayısı Stroud 1974 de önerdiği katsayılardan yüksek çıkmaktadır. Lineer modelde ise Terzaghi ve Peck (1967) önerdiği değerlerden yüksek çıkmaktadır. Bu denklem korelasyon katsayısı çok düşük olduğundan ayrıca literatürde en yaygın olarak kullanılan Terzaghi ve Peck (1967) ve Stroud (1974) önerdiği değerlerden yüksek değerler verdiği için ve korelasyon katsayısı (r) değeri sıfıra çok yakın olduğu için kullanılması güvenli olmayacağı düşünülmektedir.

5.4. İnce Daneli Kohezyonlu Zeminler İçin Önerilen Korelasyonların Önceki Çalışmalarla Karşılaştırma

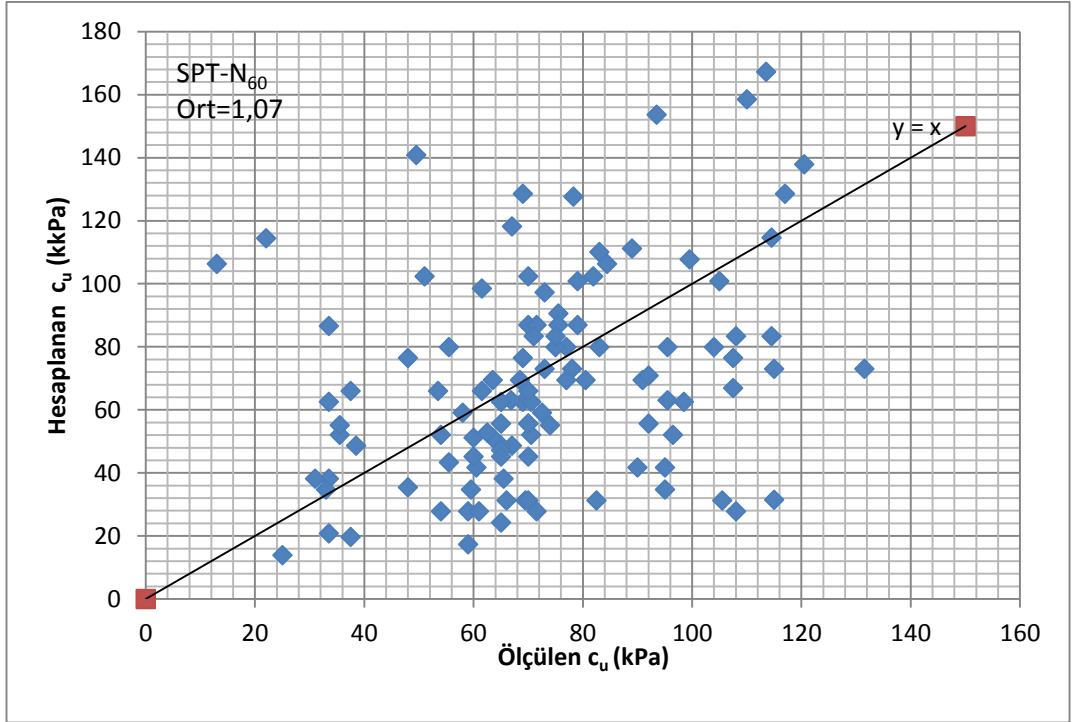
Bu bölümde bu çalışmada ince daneli kohezyonlu zeminlerde önerilen korelasyonlar, literatürde önerilen çalışmalarla karşılaştırılmıştır. Literatürde önerilen çalışmalardan Terzaghi&Peck (1967), Saglerant (1974), Sivrikaya&Toğrol (2002), Kulhawy&Mayne (1990) ve İyisan& Ansal (1990) karşılaştırma için seçilmiştir. Karşılaştırma yapılırken her bir çalışma için ölçülen ve hesaplanan drenajsız kayma mukavemeti (c_u) değerleri arasında grafikler çizilmiş ve istatistiksel olarak değerlendirmek için hesaplanan değerlerin ölçülen değerlere oranının ortalaması (Ort) değerleri kullanılmıştır.

Burada ;

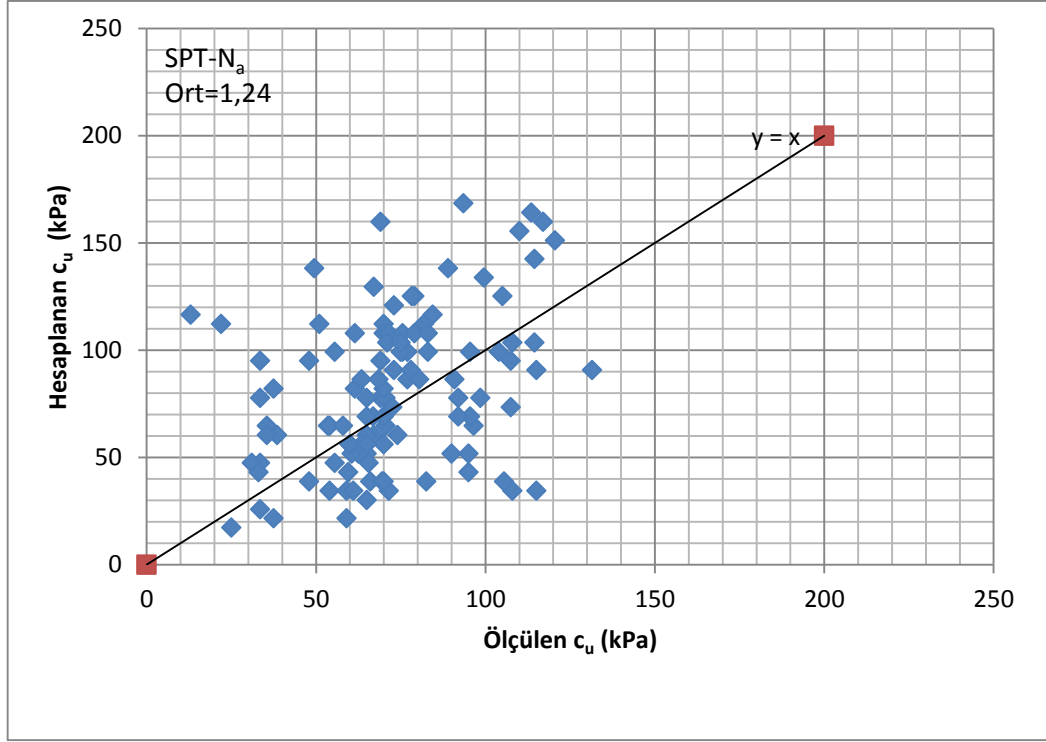
$Ort = \text{Hesaplanan drenajsız kayma mukavemetinin ölçülen drenajsız kayma mukavemetine oranının ortalamasıdır.}$



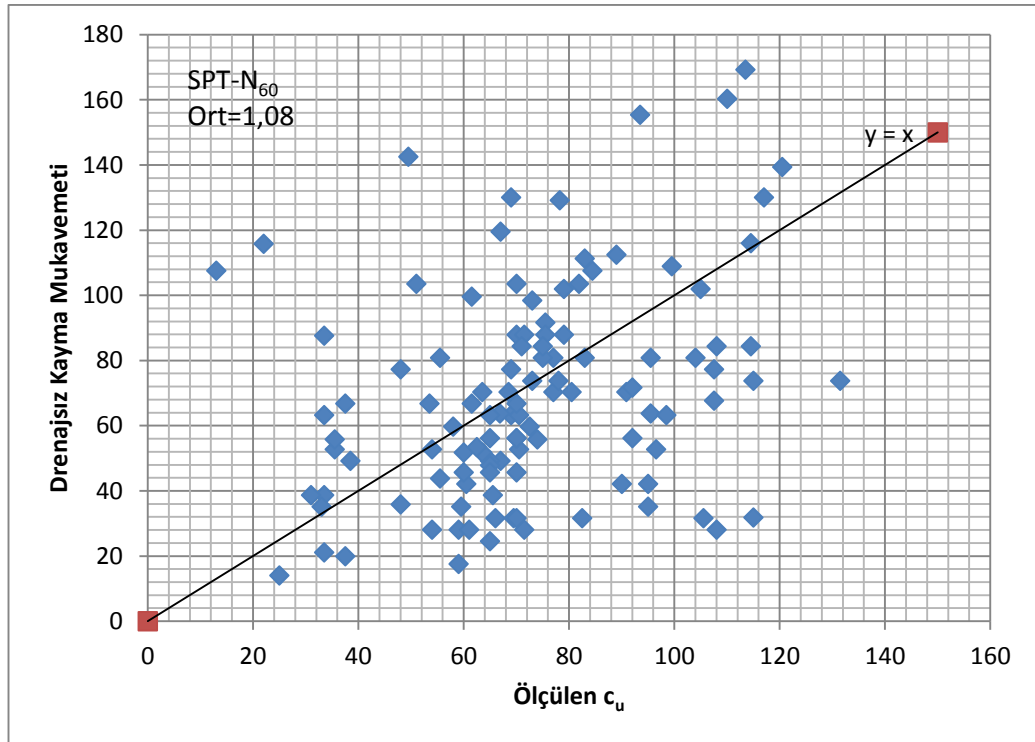
Şekil 5.16. Hesaplanan ve ölçülen (c_u) karşılaştırılması Saglant (1974)



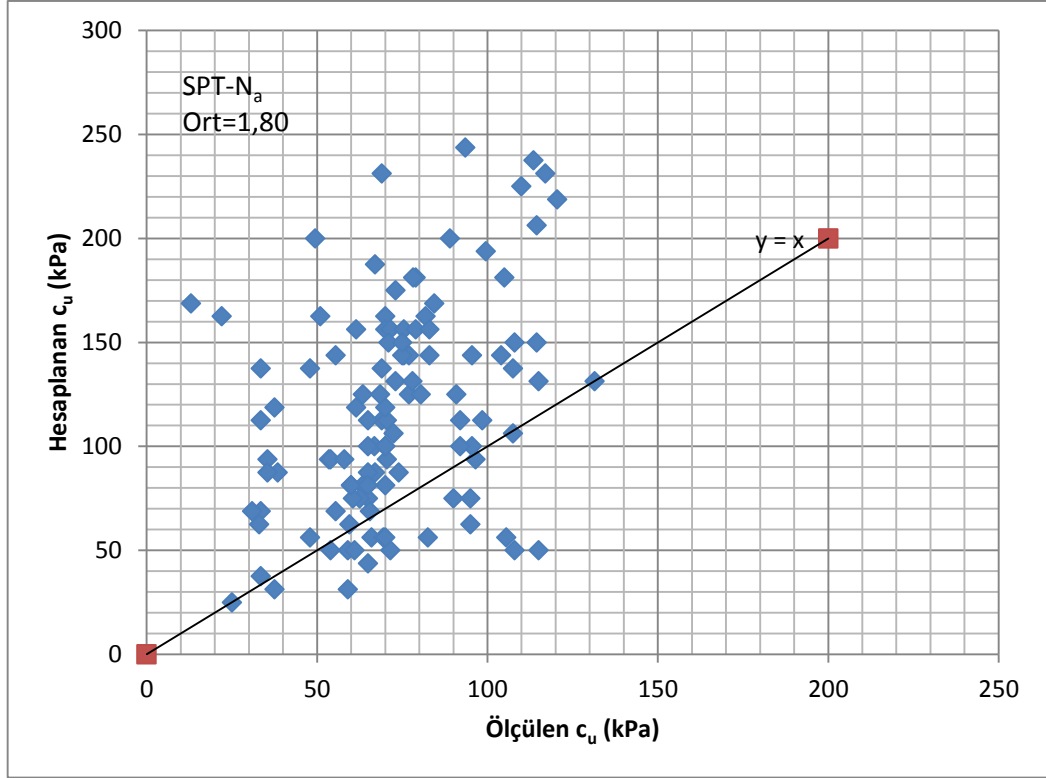
Şekil 5.17. Hesaplanan ve ölçülen c_u karşılaştırılması Sivrikaya&Toğrol (2002) N₆₀



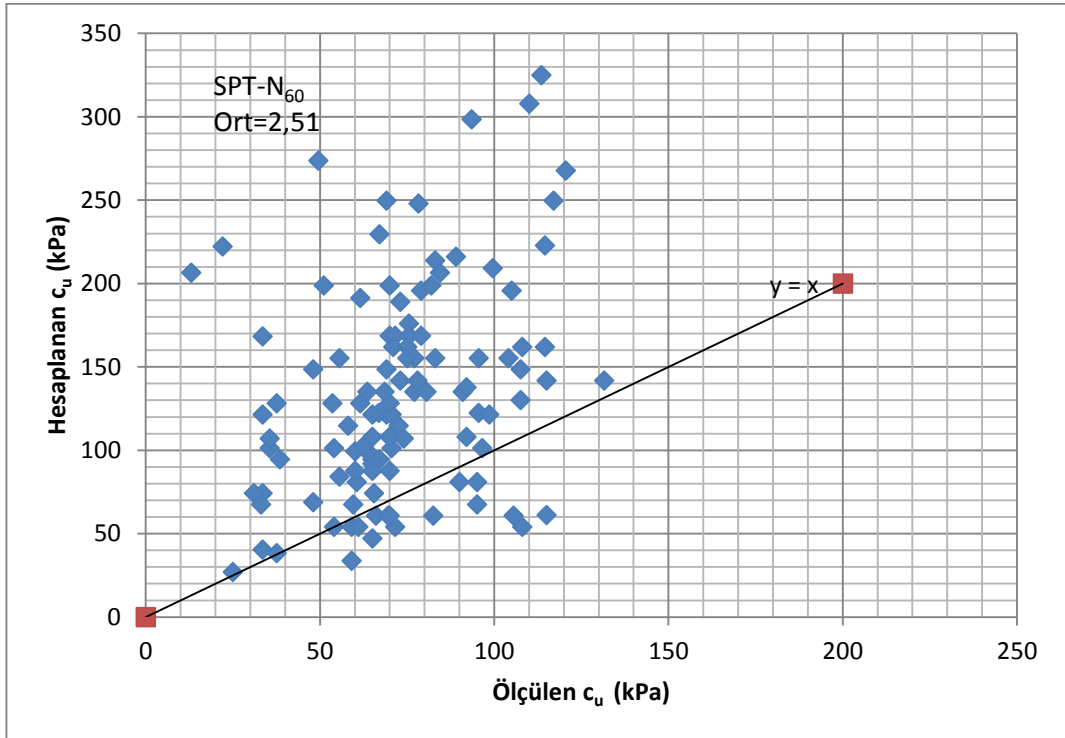
Şekil 5.18. Hesaplanan ve ölçülen c_u karşılaştırılması Sivrikaya&Toğrol (2002)



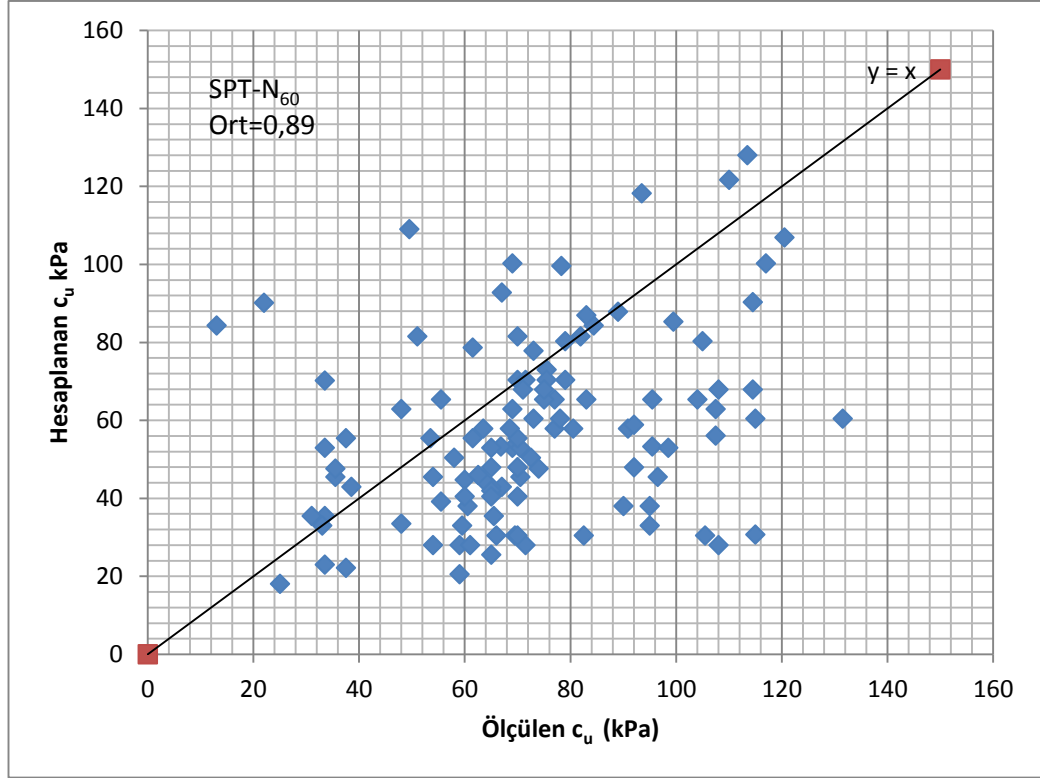
Şekil 5.19. Hesaplan ve ölçülen c_u karşılaştırılması Terzaghi&Peck (1967) N₆₀



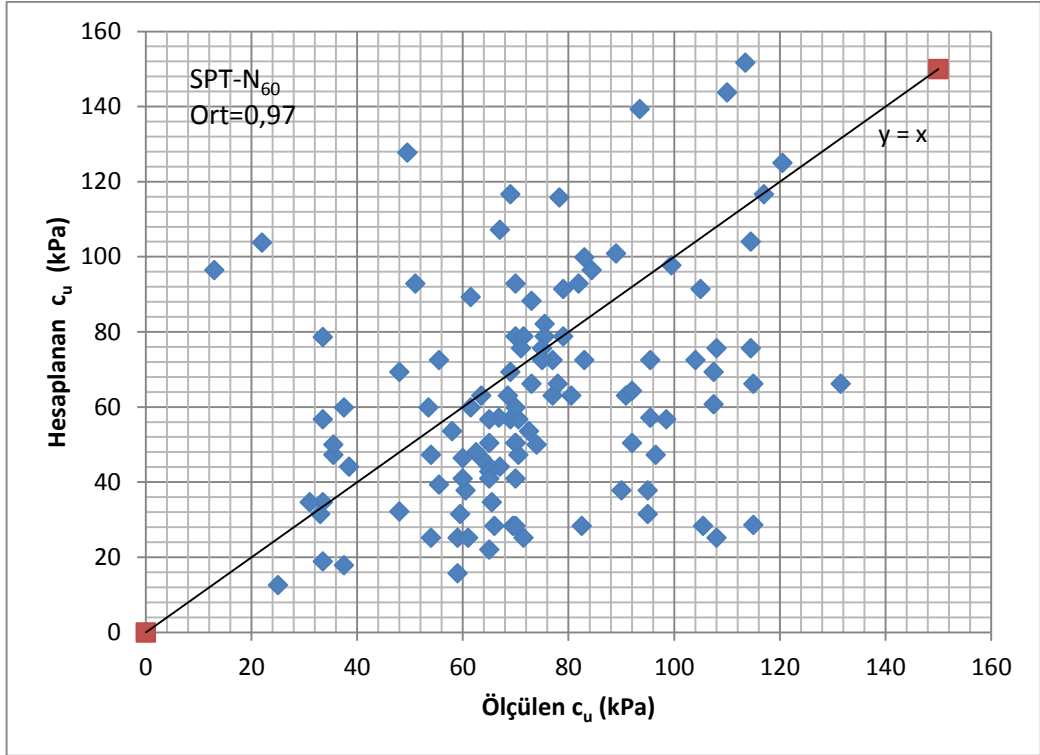
Şekil 5.20. Hesaplan ve ölçülen c_u karşılaştırılması Terzaghi&Peck (1967) N_a



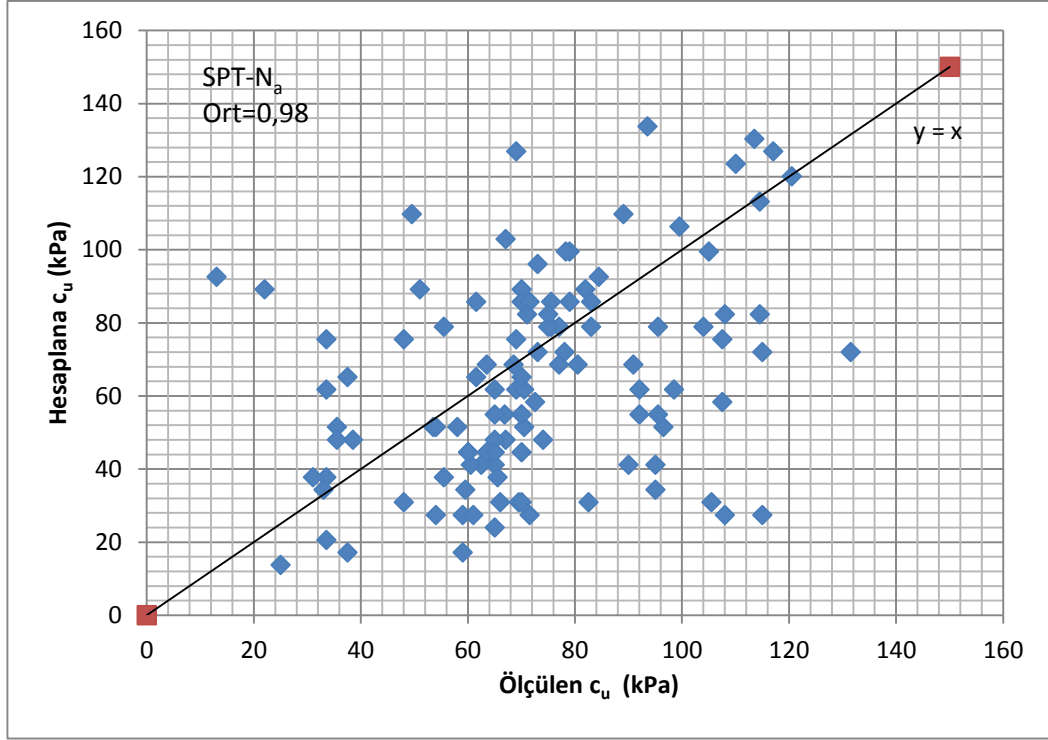
Şekil 5.21. Hesaplan ve ölçülen c_u karşılaştırılması Kulhawy&Mayne (1990) N_{60}



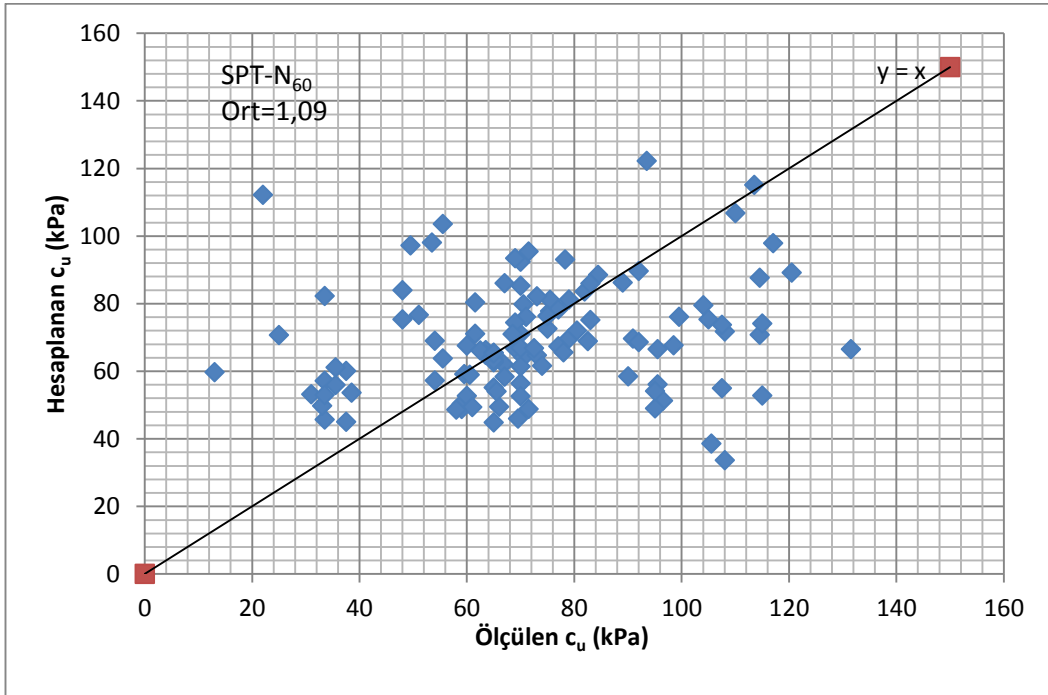
Şekil 5.22. Hesaplan ve ölçülen c_u karşılaştırılması İyisan&Ansal (1990) N₆₀



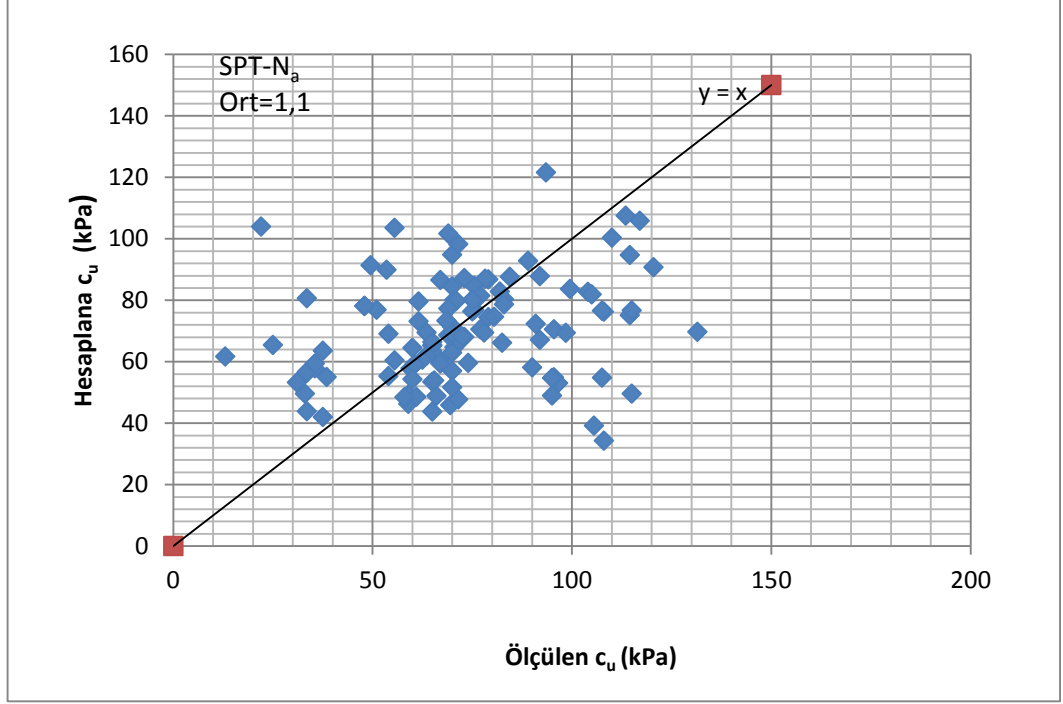
Şekil 5.23. Hesaplan ve ölçülen c_u karşılaştırılması M&K 1



Şekil 5.24. Hesaplan ve ölçülen c_u karşılaştırılması M&K 2



Şekil 5.25. Hesaplan ve ölçülen c_u karşılaştırılması M&K 3



Şekil 5.26. Hesaplan ve ölçülen c_u karşılaştırılması M&K 4

Bu çalışmada önerilen (M&K) bağlantılar, hesaplanan drenajsız kayma mukavemeti ile ölçülen drenajsız kayma mukavemeti oranının ortalaması 1'e en yakın ve standart değerleri vermiştir. Bağımsız değişken olarak sadece SPT- N_a ve SPT- N_{60} verileri kullanılan (M&K 1) ve (M&K 2) denklemlerinin Ort değerleri 1'e en yakın değerleri vermiştir.

Kulhawy&Mayne (1990) ve Saglerant (1972)'in önerdiği korelasyonlar çok yüksek değerler vermiştir (Ort=2,51– Ort=2,16 sırasıyla). Bu farklılıklar zemin özelliklerinin ve SPT deneyinde kullanılan araçların bölgeden bölgeye farklılıklar göstermesinden dolayı kaynaklandığı düşünülmektedir.

Sivrikaya&Toğrol (2002) önerdiği korelasyonlar ise bu çalışmada önerilen korelasyonlardan sonra en yakın değerleri vermiştir. Sivrikaya&Toğrol (2002) önerdiği korelasyonlar bu çalışmanın yapıldığı Kocaeli bölgesini de kapsayan Türkiye sınırları içinden yapılması, hangi zemin tipi için hangi zemin korelasyonları kullanılacağını ve SPT-N darbe sayılarında düzeltme yapılıp ve yapılmadığını açıkça belirtmesinden dolayı uyumlu sonuçlar çıktığı tahmin edilmektedir.

Literatürde en yaygın olarak kullanılan Terzaghi&Peck (1967) önerdiği korelasyonda SPT-N₆₀ vuruş sayısı kullanıldığında Ort değeri 1'e yakın sonuçlar vermiştir (Ort=1,08). SPT-N_a verileri kullanıldığında ise yüksek değerler vermiştir (Şekil 5.18). Literatürde kullanılan Terzaghi&Peck (1967) denkleminde düzeltilmiş SPT-N₆₀ değerlerinin kullanılması daha doğru olacağı tespit edilmiştir.

5.5. Değerlendirme

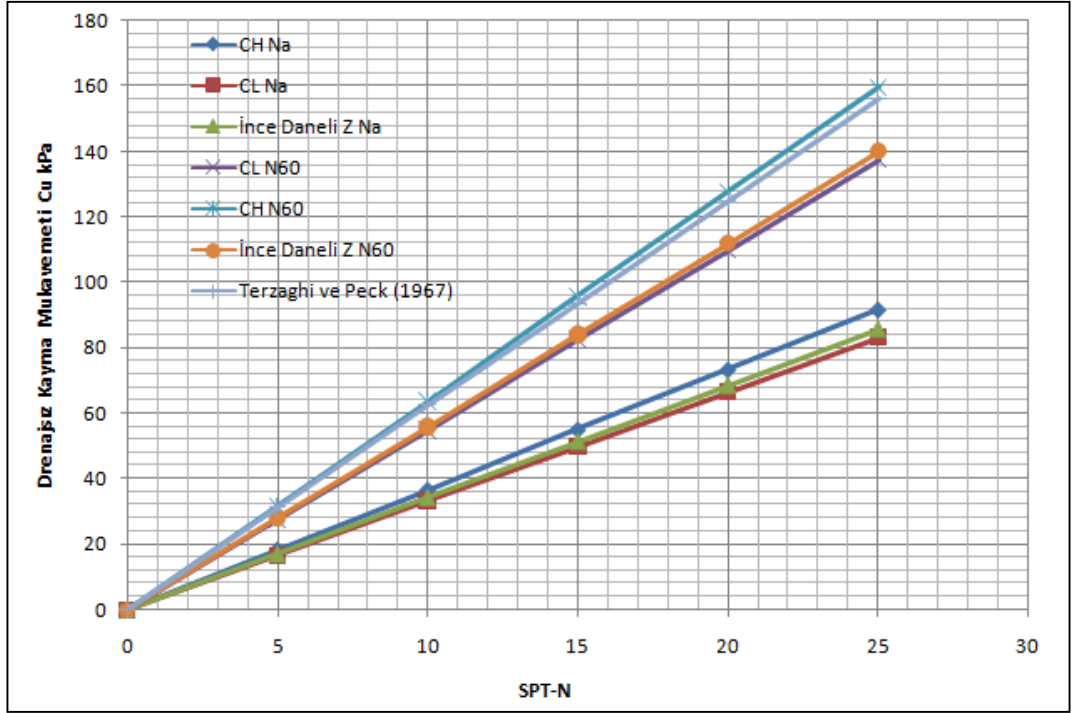
Tablo 5.6. 'da bu çalışmada ince daneli kohezyonlu zeminler için elde edilen eşitlikler zemin türlerine göre verilmiştir.

Tablo 5.6. Bu çalışma için zemin tiplerine göre önerilen eşitlikler

| Zemin Cinsi | Düzeltilme | Eşitlik katsayısı (b) | Korelasyon katsayısı (r) | Standart hata (s) |
|------------------------------|---------------------|-----------------------|--------------------------|-------------------|
| Düşük plastiteli killer (CL) | SPT-N _a | 3,43 | 0,91 | 30,47 |
| | SPT-N ₆₀ | 5,604 | 0,90 | 32,8 |
| Yüksek plastiteli kiler (CH) | SPT-N _a | 3,673 | 0,95 | 24,13 |
| | SPT-N ₆₀ | 6,384 | 0,95 | 23,8 |
| İnce daneli zeminler | SPT-N _a | 3,327 | 0,92 | 28,24 |
| | SPT-N ₆₀ | 5,498 | 0,92 | 29,7 |

Şekil 5.27.'den de görüleceği gibi b katsayısı en yüksek değerleri yüksek plastisiteli killi zeminler için vermektedir. Literatürde en çok kullanılan bağıntılardan olan Terzaghi ve Peck (1967) önerdiği korelasyon SPT- N₆₀ darbe sayısı kullanıldığı zaman çok uyumlu sonuçlar vermektedir. SPT-N_a verileri kullanıldığında ise oldukça düşük değerler vermektedir. Bu yüzden SPT-N verileri ile c_u arasındaki ilişki araştırılırken SPT düzeltmeleri yapıp yapılmadığı ve hangi zemin türü için geçerli olduğunu belirtmek daha güvenli ve anlamlı olacaktır.

Tablo 5.6. incelendiğinde b katsayısı yüksek plastisiteli killer (CH) için en yüksek değeri düşük plastisiteli killer (CL) için ise en düşük değeri vermektedir. Bu da literatürde önerilen bağıntılarla paralellik göstermektedir.



Şekil 5.27. Bu çalışma için zemin türlerine ve SPT düzeltmelerine göre önerilen korelasyonlar

Düşük plastisiteli killerin (CL) b katsayı değerleri ince daneli kohezyonlu zeminlerlerin katsayısına çok yakın çıkmasının sebebi ince daneli kohezyonlu zeminlerde kullanılan verilerin ağırlıklı olarak düşük plastisiteli kil olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Bu yapılan çalışmada sondaj loglarında; SPT'nin nasıl yapıldığı, hangi aletler kullanıldığı ve yer altı su seviyesinin ne kadar olduğu gibi bazı eksiklikler olduğu tespit edilmiştir.

İnce daneli kohezyonlu zeminler için c_u/N ile PI arasında herhangi bir ilişki bulunamamıştır.

Bu çalışmada serbest basınç deneyinde kullanılan numuneler genellikle 1,5-4,5 metre arasında olduğu için $SPT-N_a / SPT-N_{60}$ oranı Sivrikaya ve Toğrol'un önerdiği korelasyonlardan fazla çıkmıştır. Daha anlamlı ve sağlıklı korelasyonlar elde etmek için numunelerin sondaj derinliği boyunca her 3 metrede bir alınması gerekir.

SPT-N düzeltme katsayılarında t_{ij} düzeltmesi (C_R) ve enerji düzeltmesi (E_m) SPT-N değerine en çok etki eden katsayılar olarak tespit edilmiştir.

SPT ile drenajsız kayma mukavemeti arasında literatürde önerilen korelasyonlarda aşağıdaki belirsizlikler tespit edilmiştir.

- Hangi zemin tipi için yapıldığı
- SPT-N düzetmeleri içerip içermediği
- Hangi deney tipi sonuçları kullanıldığı
- İstatiksel anlamlı olup olmadığı (n = veri sayısı r =korelasyon katsayısı s =standart sapma) (Sivrikaya, 2003).

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu yapılan çalışmayla Kocaeli bölgesine ait SPT–N darbe sayısı ile laboratuvar deneylerinden elde edilen zemin parametreleri ile ilişkiler araştırılmış, regresyon ve korelasyon analizleri yapılmış önceki çalışmalarla karşılaştırılmış aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

Bu çalışmada Kocaeli İlinde yapılan SPT arazi deneylerinden elde edilen N darbe sayıları ile ince daneli kohezyonlu zeminlerin, düşük plastisiteli killerin ve yüksek plastisiteli killerin drenajsız kayma mukavemetleri arasında yaklaşık korelasyonlar elde edilmiştir.

SPT-N darbe sayısı ile atterberg limitleri arasında bir ilişki bulunamamıştır.

SPT-N darbe sayısı ile drenajsız kayma mukavemeti arasında güçlü bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Yapılan çalışmanın ışığında Kocaeli ili özelinde ince daneli zeminler için aşağıdaki korelasyonlar önerilmektedir.

$$c_u=5,604.N_{60}$$

$$c_u=3,43.N_a$$

Bu çalışmada elde edilen korelasyonlar literatürdeki çalışmalarla karşılaştırıldığında Sivrikaya&Toğrol (2002), Terzahgi&Peck (1967) ve İyisan&Ansal (1990) çalışmalarıyla uyumlu sonuçlar vermiştir. Saglerant (1974), Kulhawy&Mayne (1990) çalışmaları bu çalışmada elde edilen değerlerden oldukça yüksek değerler vermiştir.

Zemin özellikleri ve deneylerde kullanılan aletler bölgeden bölgeye farklılık gösterdiğinden korelasyonları seçerken o bölgede yapılmış veya yakınında yapılmış korelasyonları dikkate almak daha ekonomik ve güvenli olacağı düşünülmektedir.

Araziden elde edilen SPT-Na değerlerine SPT düzeltmeleri yapıldığında elde edilen korelasyonlar literatürde önerilen korelasyonlarla daha uyumlu sonuçlar vermiştir.

KAYNAKLAR

Bowles J. E., *Foundation Analysis and Design*, 4.th ed., McGraw-Hill International Editions Civil Engineering Series, Singapore,1998.

Clayton C. R. I., SPT Energy Transmission Theory: Measurement and Significance, *Ground Engineering*, 1990, **23**(10), 35 - 43.

Coduto D. P., *Foundation Design: Principles and Practices*, 2nd ed., Prentice Hall, New Jersey, 2000.

Décourt L., The Standard Penetration Test State of the Art Report), *Norwegian Geotechnical Institute Publication*, Oslo, Norway, 179, 1990.

Erol A. O., Çekinmez Z., *Geoteknik Mühendisliğinde Saha Deneyleri*, Yüksel Proje, Ankara, 2014.

Farrar J. A., Chitwood D., CME Automotic Hammer Operations, *U.S. Department of the Interior Bureau of Reclamation Earth Sciences and Research Laboratory*, DSO-99-03, 1999.

Hara A., Ohta T., Niwa M., Tanaka S., Banno T., Shear Modulus and Shear Strength of Cohesive Soils, *Soils and Foundation*, 1974, **14**(3),1 - 12.

Hatanaka M., Uchida A., Empirical Correlation between Penetration Resistance and Internal Friction Angle of Sandy Soils, *Soils and Foundations*, 1996, **36**(4), 1 – 10.

Hettiarachchi H., Brown T., Use of SPT Blow Counts to Estimate Shear Strength Properties of Soils: Energy Balance Approach, *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 2009, **135**(6), 125-135.

Horn H. M., North American experience in sampling and laboratory dynamic testing, *ASTM Geotechnical Testing Journal*,1979, **2**(2), 84-97.

İyisan R., Ansal A., SPT-N darbe sayıları ile kayma mukavemeti ilişkisi, *Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği Üçüncü Ulusal Kongresi*, İstanbul, 25-26 Ekim 1990.

Keskin S. N., Çimen Ö., Uzundurukan S., Killerin Sıkışma Karakteristiklerinin Belirlenmesinde Konsolidasyon ve Arazi Penetrasyon Deneyleri, *10. Ulusal Kil Sempozyumu*, Konya, 19-22 Eylül 2001.

Kulhawy F. H., Mayne P. W., Manual on Estimating Soil Properties for Foundation Design, *Electric Power Research Institute (EPRI)*, EL-6800, 1493-6, 1990.

Meyerhof G. G., Penetration tests and bearing capacity of cohesionless soils, *Journal of Geotechnical Engineering*, 1956, **82**(1), 1-19.

Nassaji F., Behzad K., SPT capability to estimate undrained shear strength of fine-grained soils of Tehran /Iran, *EJGE*, 2011, **16**(4), 1229-1238

Nixon I. K., Standard penetration test: State-of-the-art report, *Proceedings of the 2nd European Symposium on Penetration Testing*, Amsterdam, Netherlands, 24-27 May 1982.

Otçu N., Isparta merkez inşaat alanlarında yapılan standart penetrasyon (spt) deneyleri ve zemin emniyet gerilmesi tayini, Yüksek lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü , 2009, 234160.

Sanglerat G., *The Penetrometer and Soil Exploration*, Elsevier Publishing Co., Amsterdam, 1972.

Sağlamer A., Standart Penetrasyon Deneyi Nedir - Ne Değildir, *Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği Türk Milli Komitesi Bülteni*, 1979, **1**(4), 267-271.

Schmertmann J. H. , Palacios A., Energy Dynamics of SPT, *Journal of Geotechnical Engineering Division ASCE*, 1979, **105**(GT8), 909-926.

Sivrikaya O., Toğrol E., Relations between SPT-N and q_u , *5th International Congress on Advances in Civil Engineering*, Istanbul, Turkey, 2-5 Eylül 2002.

Sivrikaya O., Toğrol E., Türkiye’de SPT-N Değeri ile İnce Daneli Zeminlerin Drenajsız Kayma Mukavemeti arasındaki İlişkiler, *İMO Teknik Dergi*, 2007, **18**(4), 4229 -4246.

Sivrikaya O., Standart penetrasyon deneyi ile zemin özelliklerinin belirlenmesi ve Türkiye'deki uygulaması, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi; Fen Bilimleri Enstitüsü , İstanbul , 2003.

Sivrikaya O., Toğrol E., İnce daneli zeminlerde SPT sonuçlarının düzeltilmesi üzerine bir çalışma, *İTÜ Mühendislik Dergisi*, 2003, **2**(6), 59-67.

Sivrikaya O., Toğrol E., *Arazi Deneyleri ve Geoteknik Tasarımda Kullanımları*, Birsen Yayınevi, İstanbul, 2009.

Sivrikaya O., Toğrol E., Standart Penetrasyon Deneyinin Türkiye’deki Uygulaması, *Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği 9. Ulusal Kongresi*, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir, 21-22 Ekim 2002.

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

Sowers G. F., *Introductory Soil Mechanics and Foundations*, 4th ed., Macmillan, New York, 1979.

Stroud M. A., The Standard Penetration Test in Insensitive Clays and Softrock, *Proceedings of the 1st European Symposium on Penetration Testing*, 1974, 2(2), 367 - 375.

Şekercioğlu E., *Yapıların Projelendirilmesinde Mühendislik Jeolojisi*, Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları, Ankara, 1998.

Terzaghi K., and Peck R. B., *Soil Mechanics in Engineering Practice*, 1st ed., John Wiley, Newyork,1948.

Terzaghi K, and Peck R. B., *Soil Mechanics in Engineering Practice*, 2nt ed., John Wiley, Newyork,1967.

Toğrol B., Toğrol E., *İstatistik Metodları*, Matbaa Teknisyenleri Basım Evi, İstanbul, 1967.

Tshebotarioff G. P., *Foundations Retaining and Earth Structures*, 2nd. Edition, McGraw-Hill, Newyork, 1973.

Ulusay R., *Uygulamalı Jeoteknik Bilgiler*, Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları, Ankara, 2001.

Uzuner B. A., *Temel Zemin Mekaniği*, Teknik Yayın Evi, Ankara, 1998.

Youd T. L., Idriss I. M., Summary Report Proc. of the NCEER workshop on evaluation of liquefaction resistance of soils, *NCEER* , 97-0022, 1997.

EKLER

EK –A SPT-N ile Atterberg limitleri korelasyonlarında kullanılan veriler

| Derinlik | N _a | N ₆₀ | W _n % | LL% | PL% | PI% | TS1500 Zemin Sınıflandırması |
|----------|----------------|-----------------|------------------|-------|-------|-------|------------------------------|
| 3 | 12 | 6,75 | 18,8 | 45 | 22 | 23 | SC |
| 3 | 18 | 10,13 | 21,4 | 41 | 21 | 20 | CL |
| 3 | 12 | 6,75 | 19,9 | 38 | 19 | 19 | SC |
| 3 | 10 | 5,63 | 20,9 | 26 | 16 | 10 | SC |
| 3 | 9 | 5,06 | 14,74 | 30 | 17 | 13 | CL |
| 1,5 | 12 | 6,75 | 20,51 | 32 | 15 | 17 | CL |
| 3 | 16 | 9,00 | 23,11 | 34 | 17 | 17 | CL |
| 1,5 | 13 | 7,31 | 21,25 | 33 | 16 | 17 | CL |
| 1,5 | 21 | 11,81 | 13,21 | 35 | 16 | 19 | CL |
| 1,5 | 9 | 5,06 | 13,08 | 31 | 16 | 15 | SC |
| 3 | 14 | 7,88 | 19,41 | 32 | 16 | 16 | CL |
| 4,5 | 32 | 20,40 | 23,13 | 43 | 17 | 26 | CL |
| 4,5 | 14 | 8,93 | 20,66 | 31 | 15 | 16 | CL |
| 3 | 6 | 3,38 | 18,67 | 36 | 17 | 19 | CL |
| 1,5 | 4 | 2,25 | 21,1 | 30 | 15 | 15 | CL |
| 1,5 | 15 | 8,44 | 18,74 | 43 | 21 | 22 | CL |
| 3 | 10 | 5,63 | 24,07 | 42 | 18 | 24 | CL |
| 3 | 22 | 12,38 | 10,75 | 30 | 15 | 15 | CL |
| 3 | 20 | 11,25 | 20,57 | 40 | 24 | 16 | SC |
| 3 | 11 | 6,19 | 16,56 | 40 | 18 | 22 | CL |
| 3 | 14 | 7,88 | 24,91 | 38 | 20 | 18 | CL |
| 3 | 24 | 13,50 | 15,33 | 46 | 24 | 22 | CL |
| 4,5 | 14 | 8,93 | 17,39 | 27 | 15 | 12 | CL |
| 4,5 | 44 | 28,05 | 13,79 | 61 | 26 | 35 | CH |
| 3 | 29 | 16,31 | 15,54 | 43 | 23 | 20 | CL |
| 4,5 | 18 | 11,48 | 18,6 | 40 | 22 | 18 | CL |
| 9 | 17 | 12,11 | 20,8 | 39 | 22 | 17 | CL |
| 3,5 | 31 | 17,44 | 21,32 | 30,97 | 17,78 | 13,19 | CL |
| 4,5 | 35 | 22,31 | 20,55 | 43,61 | 20,33 | 23,38 | CL |
| 16,5 | 33 | 24,75 | 25,05 | 64,61 | 22,01 | 42,6 | CH |
| 1,5 | 10 | 5,63 | 32,99 | 47,21 | 18,49 | 29,31 | CL |
| 3 | 22 | 12,38 | 19,03 | 38,61 | 16,36 | 22,25 | CL |
| 6 | 26 | 18,53 | 37,32 | 51,36 | 20,69 | 30,67 | CH |
| 3 | 27 | 15,19 | 24,87 | 44,76 | 17,32 | 27,44 | CL |
| 1,5 | 14 | 7,88 | 33,78 | 63,81 | 23,13 | 40,68 | CH |
| 4,5 | 20 | 12,75 | 17,39 | 27,3 | 15,45 | 11,85 | CL |

| | | | | | | | |
|-----|----|-------|-------|-------|-------|-------|----|
| 7,5 | 25 | 17,81 | 22,29 | 36,26 | 15,39 | 20,87 | CL |
| 1,5 | 9 | 5,06 | 19,75 | 28,83 | 12,65 | 16,18 | CL |
| 7,5 | 21 | 14,96 | 23,74 | 39,71 | 16,14 | 23,57 | CL |
| 1,5 | 15 | 8,44 | 24,66 | 33,02 | 17,85 | 15,17 | CL |
| 4,5 | 34 | 21,68 | 15,57 | 44 | 20 | 24 | CL |
| 1,5 | 20 | 11,25 | 14,43 | 45 | 20 | 25 | CL |
| 1,5 | 26 | 14,63 | 16,41 | 42 | 20 | 22 | CL |
| 1,5 | 44 | 33,00 | 11,27 | 35 | 18 | 17 | CL |
| 1,5 | 37 | 20,81 | 9,26 | 35 | 19 | 16 | CL |
| 3 | 39 | 21,94 | 20,51 | 42 | 19 | 23 | CL |
| 4,5 | 34 | 21,68 | 15,57 | 44 | 20 | 24 | CL |
| 1,5 | 20 | 11,25 | 14,43 | 45 | 20 | 25 | CL |
| 1,5 | 26 | 14,63 | 16,41 | 42 | 20 | 22 | CL |
| 4,5 | 57 | 36,34 | 7,14 | 38 | 20 | 18 | CL |
| 4,5 | 39 | 24,86 | 7,98 | 39 | 17 | 22 | CL |
| 3 | 6 | 3,38 | 9,3 | 28,3 | 16,4 | 11,9 | SC |
| 3 | 12 | 6,75 | 21 | 38,6 | 19,5 | 19,1 | CL |
| 3 | 9 | 5,06 | 25,8 | 35,5 | 18,1 | 17,4 | CL |
| 3 | 15 | 8,44 | 15,8 | 28,2 | 14,5 | 13,7 | CL |
| 3 | 10 | 5,63 | 21,3 | 31,8 | 16,3 | 15,5 | CL |
| 3 | 43 | 24,19 | 24,95 | 39,86 | 19,53 | 20,33 | CL |
| 3 | 44 | 24,75 | 22,63 | 39,47 | 18,85 | 20,5 | CL |
| 3 | 41 | 23,06 | 24,41 | 39,2 | 19,2 | 20 | CL |
| 3 | 30 | 16,88 | 26,12 | 39,02 | 19,53 | 20,39 | CL |
| 3 | 22 | 12,38 | 23,78 | 40,75 | 20,69 | 20,06 | CL |
| 3 | 31 | 17,44 | 21,87 | 39,98 | 18,51 | 21,47 | CL |
| 3 | 14 | 7,88 | 21,79 | 40,39 | 20,83 | 19,58 | CL |
| 3 | 43 | 24,19 | 23,71 | 39,94 | 18,9 | 21,04 | CL |
| 3 | 19 | 10,69 | 22,31 | 38,96 | 17,4 | 21,56 | CL |
| 3 | 58 | 32,63 | 24,01 | 40,45 | 19,38 | 21,08 | CL |
| 2 | 30 | 16,88 | 23,72 | 41,02 | 20,74 | 20,28 | CL |
| 1,5 | 30 | 16,88 | 24,48 | 41,22 | 20,86 | 20,36 | CL |
| 3 | 33 | 18,56 | 22,77 | 41,31 | 20,11 | 21,2 | CL |
| 3 | 19 | 10,69 | 23,09 | 42,8 | 21,53 | 21,28 | CL |
| 3 | 28 | 15,75 | 24,45 | 45,11 | 23,56 | 21,56 | CL |
| 3 | 42 | 23,63 | 22,79 | 44,05 | 22,3 | 21,75 | CL |
| 3 | 15 | 8,44 | 23,83 | 43,8 | 22,65 | 21,15 | CL |
| 1,5 | 14 | 7,88 | 20,68 | 43,77 | 22,78 | 20,99 | CL |
| 3 | 46 | 25,88 | 24,34 | 42,02 | 22,66 | 19,36 | CL |
| 3 | 14 | 7,88 | 24,7 | 63 | 31 | 32 | CH |
| 3 | 23 | 12,94 | 19,08 | 54 | 25 | 29 | CH |
| 3 | 18 | 10,13 | 22,56 | 63 | 30 | 33 | CH |
| 0,5 | 7 | 3,94 | 38,4 | 55 | 19 | 36 | CH |

| | | | | | | | |
|-----|----|-------|-------|-------|-------|-------|----|
| 3 | 30 | 16,88 | 21,56 | 41,25 | 19,85 | 21,4 | CL |
| 4,5 | 31 | 19,76 | 21,46 | 41,03 | 19,44 | 21,59 | CL |
| 3 | 42 | 23,63 | 21,05 | 39,59 | 15,7 | 23,89 | CL |
| 3 | 16 | 9,00 | 21 | 41,07 | 19,59 | 21,48 | CL |
| 3 | 14 | 7,88 | 20,69 | 41,52 | 17,89 | 23,63 | CL |
| 3 | 24 | 13,50 | 20,53 | 40,96 | 18,1 | 22,86 | CL |
| 4,5 | 39 | 24,86 | 20,41 | 42,98 | 16,93 | 26,05 | CL |
| 3 | 33 | 18,56 | 20,89 | 42,53 | 24,15 | 18,38 | CL |
| 3 | 14 | 7,88 | 20,78 | 40,15 | 21,31 | 18,84 | CL |
| 4,5 | 17 | 10,84 | 19,81 | 41,31 | 20,72 | 20,59 | CL |
| 3 | 36 | 20,25 | 18,41 | 42,15 | 23,63 | 18,52 | CL |
| 3 | 20 | 11,25 | 20,78 | 41,59 | 22,07 | 19,52 | CL |
| 4,5 | 22 | 14,03 | 20,62 | 40,59 | 20,79 | 19,8 | CL |
| 3 | 25 | 14,06 | 20,57 | 41,27 | 22,13 | 19,14 | CL |
| 3 | 18 | 10,13 | 21,34 | 42,35 | 23,95 | 18,4 | CL |
| 6 | 21 | 14,96 | 21,45 | 41,94 | 24,1 | 17,84 | CL |
| 3 | 53 | 29,81 | 20,36 | 41,2 | 18,03 | 23,17 | CL |
| 3 | 16 | 9,00 | 20,65 | 40,75 | 25,81 | 14,94 | CL |
| 6 | 13 | 9,26 | 20,41 | 39,41 | 16,88 | 22,53 | CL |
| 3 | 13 | 7,31 | 20,43 | 42,01 | 27,11 | 14,9 | CL |
| 3 | 51 | 28,69 | 20,96 | 42,22 | 22,28 | 19,94 | CL |
| 6 | 67 | 47,74 | 20,74 | 43,11 | 22,82 | 20,29 | CL |
| 3 | 52 | 29,25 | 20,58 | 41,9 | 18,7 | 23,2 | CL |
| 3 | 15 | 8,44 | 20,96 | 41,56 | 22,96 | 18,6 | CL |
| 6 | 20 | 14,25 | 20,66 | 43,68 | 20,96 | 22,72 | CL |
| 3 | 13 | 7,31 | 20,24 | 41,67 | 21,6 | 20,07 | CL |
| 3 | 30 | 16,88 | 21,43 | 42,21 | 20,14 | 22,07 | CL |
| 6 | 52 | 37,05 | 21,12 | 41,84 | 23,35 | 18,49 | CL |
| 3 | 20 | 11,25 | 21,02 | 41,84 | 23,35 | 18,49 | CL |
| 3 | 18 | 10,13 | 21,25 | 40,79 | 18,07 | 22,72 | CL |
| 6 | 24 | 17,10 | 20,88 | 41,02 | 22,89 | 18,13 | CL |
| 3 | 18 | 10,13 | 20,74 | 42,74 | 21,69 | 21,05 | CL |
| 3 | 20 | 11,25 | 21,63 | 44,02 | 17,98 | 26,04 | CL |
| 6 | 23 | 16,39 | 20,62 | 41,5 | 20,34 | 21,16 | CL |
| 3 | 21 | 11,81 | 20,14 | 42,59 | 19,16 | 23,43 | CL |
| 3 | 20 | 11,25 | 22,01 | 39,28 | 17,61 | 21,67 | CL |
| 6 | 26 | 18,53 | 21,28 | 42,95 | 21,77 | 21,18 | CL |
| 3 | 43 | 24,19 | 20,39 | 42,36 | 16,88 | 25,48 | CL |
| 1,5 | 26 | 14,63 | 22,37 | 43,26 | 26,36 | 16,9 | CL |
| 6 | 61 | 43,46 | 21,42 | 43,78 | 18,85 | 24,93 | CL |
| 3 | 32 | 18,00 | 20,68 | 40,67 | 20,11 | 20,56 | CL |
| 3 | 17 | 9,56 | 21,11 | 42,02 | 20,09 | 21,93 | CL |
| 6 | 17 | 12,11 | 20,86 | 42,38 | 24,5 | 17,88 | CL |

| | | | | | | | |
|-----|----|-------|-------|-------|-------|-------|----|
| 3 | 19 | 10,69 | 20,31 | 43,51 | 26,36 | 17,15 | CL |
| 3 | 20 | 11,25 | 21,58 | 42,15 | 29,34 | 12,81 | CL |
| 6 | 21 | 14,96 | 20,69 | 39,72 | 21,65 | 18,07 | CL |
| 4,5 | 51 | 32,51 | 20,14 | 42,67 | 17,58 | 25,09 | CL |
| 3 | 14 | 7,88 | 21,37 | 42,78 | 21,85 | 20,93 | CL |
| 7,5 | 36 | 25,65 | 19,74 | 39,65 | 19,88 | 19,77 | CL |
| 4,5 | 33 | 21,04 | 18,64 | 41,91 | 26,36 | 15,55 | CL |
| 3 | 47 | 26,44 | 22,07 | 39,45 | 23,33 | 16,12 | CL |
| 7,5 | 16 | 11,40 | 21,8 | 41,5 | 25,91 | 15,59 | CL |
| 4,5 | 31 | 19,76 | 21,34 | 39,92 | 26,03 | 13,29 | CL |
| 3 | 23 | 12,94 | 19,87 | 41,01 | 18,58 | 22,43 | CL |
| 3 | 40 | 22,50 | 22,12 | 43,09 | 23,59 | 19,5 | CL |
| 7,5 | 52 | 37,05 | 21,58 | 43,45 | 27,79 | 15,66 | CL |
| 4,5 | 44 | 28,05 | 20,46 | 42,76 | 22,33 | 20,43 | CL |
| 3 | 20 | 11,25 | 22,14 | 41,95 | 27,28 | 14,67 | CL |
| 7,5 | 35 | 24,94 | 21,09 | 42,35 | 19,59 | 22,76 | CL |
| 4,5 | 22 | 14,03 | 20,33 | 43,09 | 22,91 | 20,18 | CL |
| 3 | 49 | 27,56 | 20,78 | 42,01 | 19,7 | 22,31 | CL |
| 7,5 | 52 | 37,05 | 19,88 | 41,09 | 22,28 | 18,81 | CL |
| 6 | 50 | 35,63 | 19,64 | 41,39 | 17,33 | 24,06 | CL |
| 3 | 34 | 19,13 | 22,29 | 42,42 | 20,49 | 21,93 | CL |
| 9 | 46 | 32,78 | 19,32 | 43,06 | 24,89 | 18,17 | CL |
| 6 | 30 | 21,38 | 18,75 | 42,53 | 21,27 | 21,26 | CL |
| 3 | 33 | 18,56 | 20,97 | 43,67 | 26,4 | 17,27 | CL |
| 9 | 23 | 16,39 | 19,61 | 43,95 | 26,4 | 17,27 | CL |
| 6 | 37 | 26,36 | 18,63 | 44,02 | 19,26 | 24,76 | CL |
| 4,5 | 30 | 19,13 | 21,8 | 35,4 | 18,8 | 16,6 | CL |
| 4,5 | 26 | 16,58 | 21,3 | 32,7 | 17,6 | 15,1 | CL |
| 4,5 | 32 | 20,40 | 24,7 | 44,9 | 23 | 21,9 | CL |
| 4,5 | 26 | 16,58 | 20,1 | 37 | 19 | 18 | CL |
| 4,5 | 24 | 15,30 | 25,8 | 29,2 | 16,1 | 13,1 | CL |
| 4,5 | 25 | 15,94 | 25,6 | 36,8 | 19,4 | 17,4 | CL |
| 4,5 | 26 | 16,58 | 22,6 | 44,2 | 23,8 | 20,4 | CL |
| 1,5 | 14 | 7,88 | 23,3 | 40,7 | 22,8 | 18,1 | CL |
| 1,5 | 8 | 4,50 | 25,8 | 49,3 | 26,6 | 22,7 | CL |
| 1,5 | 9 | 5,06 | 20,5 | 38 | 20 | 18 | CL |
| 1,5 | 19 | 10,69 | 23,7 | 40,2 | 18,9 | 21,3 | CL |
| 4,5 | 16 | 10,20 | 21,6 | 40,1 | 21,8 | 18,3 | CL |
| 3,5 | 15 | 8,44 | 30,73 | 51,5 | 21,5 | 30 | CH |
| 6 | 23 | 16,39 | 26,4 | 44,9 | 25,2 | 24,3 | CL |
| 4,5 | 38 | 24,23 | 34,7 | 66,9 | 41,6 | 25,3 | MH |
| 6 | 15 | 10,69 | 38,34 | 69,3 | 34,2 | 35,1 | MH |
| 4,5 | 9 | 5,74 | 38,61 | 57,4 | 22,8 | 34,6 | CH |

| | | | | | | | |
|------|----|-------|-------|-------|-------|-------|----|
| 4,5 | 17 | 10,84 | 22,06 | 58,9 | 18,3 | 40,6 | CH |
| 4,5 | 43 | 27,41 | 34,95 | 43,4 | 31,9 | 11,4 | ML |
| 1,5 | 9 | 5,06 | 28,5 | 57,4 | 28,8 | 28,6 | CH |
| 3 | 30 | 16,88 | 24,19 | 39,3 | 29,5 | 9,8 | ML |
| 1,5 | 17 | 9,56 | 18 | 45 | 24 | 21 | CL |
| 4,5 | 7 | 4,46 | 28 | 66 | 22 | 44 | CH |
| 7,5 | 6 | 4,28 | 19 | 41 | 20 | 21 | CL |
| 12 | 5 | 3,75 | 22 | 62 | 23 | 39 | CH |
| 21 | 15 | 11,25 | 27 | 64 | 22 | 42 | CH |
| 4,5 | 6 | 3,83 | 26 | 65 | 20 | 45 | CH |
| 9 | 16 | 11,40 | 29 | 43 | 23 | 20 | CL |
| 15 | 16 | 12,00 | 33 | 64 | 21 | 43 | CH |
| 21 | 12 | 9,00 | 34 | 66 | 23 | 43 | CH |
| 4,5 | 6 | 3,83 | 27 | 60 | 22 | 38 | CH |
| 9 | 9 | 6,41 | 29 | 64 | 23 | 41 | CH |
| 13,5 | 9 | 6,75 | 29 | 62 | 22 | 40 | CH |
| 16,5 | 10 | 7,50 | 33 | 65 | 22 | 43 | CH |
| 1,5 | 16 | 9,00 | 21 | 60 | 20 | 40 | CH |
| 3 | 7 | 3,94 | 25 | 63 | 22 | 41 | CH |
| 6 | 18 | 12,83 | 28 | 29 | 15 | 14 | CH |
| 10,5 | 4 | 3,00 | 31 | 62 | 22 | 40 | CH |
| 19,5 | 9 | 6,75 | 34 | 64 | 22 | 42 | CH |
| 3 | 11 | 6,19 | 22,2 | 37 | 19 | 18 | CL |
| 3 | 10 | 5,63 | 21,2 | 37 | 20 | 17 | CL |
| 3 | 11 | 6,19 | 22,1 | 37 | 18 | 19 | CL |
| 3 | 11 | 6,19 | 22,2 | 37 | 19 | 18 | CL |
| 4,5 | 5 | 3,19 | 22,1 | 37 | 19 | 18 | CL |
| 3 | 10 | 5,63 | 21,2 | 37 | 20 | 17 | CL |
| 3 | 11 | 6,19 | 22,1 | 37 | 18 | 19 | CL |
| 3 | 20 | 11,25 | 20,25 | 39,3 | 21,6 | 17,1 | CL |
| 1,5 | 6 | 3,38 | 22,73 | 41,26 | 22,78 | 18,48 | CL |
| 4,5 | 29 | 18,49 | 23,08 | 38,94 | 20,78 | 18,16 | CL |
| 12 | 31 | 23,25 | 22,56 | 42,58 | 22,39 | 20,19 | CL |
| 15 | 22 | 16,50 | 22,81 | 37 | 18,93 | 18,07 | CL |
| 18 | 20 | 15,00 | 21,27 | 34,71 | 18,79 | 15,92 | CL |
| 3 | 10 | 5,63 | 22,52 | 37,04 | 19,08 | 17,96 | CL |
| 4,5 | 6 | 3,83 | 23,65 | 37,91 | 19,24 | 18,67 | CL |
| 7,5 | 33 | 23,51 | 22,96 | 33,69 | 17,53 | 16,16 | CL |
| 13,5 | 61 | 45,75 | 24,22 | 41,82 | 21,66 | 20,16 | CL |
| 1,5 | 13 | 7,31 | 22,63 | 40,59 | 21,19 | 19,4 | CL |
| 3 | 11 | 6,19 | 22,1 | 41,19 | 21,06 | 20,13 | CL |
| 6 | 23 | 16,39 | 23,31 | 44,21 | 22,93 | 21,18 | CL |
| 12 | 53 | 39,75 | 22,89 | 43,51 | 23,05 | 20,46 | CL |

| | | | | | | | |
|------|----|-------|-------|-------|-------|-------|----|
| 16,5 | 71 | 53,25 | 23,1 | 41,83 | 21,84 | 19 | CL |
| 1,5 | 10 | 5,63 | 21,82 | 43,84 | 22,16 | 21,68 | CL |
| 3 | 8 | 4,50 | 22,08 | 41,89 | 21,34 | 20,55 | CL |
| 6 | 8 | 5,70 | 20,52 | 39,08 | 22,19 | 16,89 | CL |
| 10,5 | 6 | 4,50 | 20,78 | 33,19 | 17,76 | 15,43 | CL |
| 13,5 | 4 | 3,00 | 22,19 | 33,64 | 17,75 | 15,89 | CL |
| 19,5 | 5 | 3,75 | 22,43 | 34,06 | 19,35 | 19,35 | CL |
| 1,5 | 12 | 6,75 | 23,26 | 43,09 | 22,13 | 20,96 | CL |
| 4,5 | 25 | 15,94 | 20,02 | 38,94 | 20,16 | 18,78 | CL |
| 6 | 27 | 19,24 | 23,67 | 34,96 | 18,84 | 16,12 | CL |
| 15 | 33 | 24,75 | 21,69 | 41,79 | 22,49 | 19,3 | CL |
| 1,5 | 15 | 8,44 | 23,76 | 39,02 | 20,24 | 18,78 | CL |
| 3 | 7 | 3,94 | 20,13 | 41,14 | 23,86 | 17,28 | CL |
| 4,5 | 6 | 3,83 | 20,97 | 43,71 | 22,53 | 21,18 | CL |
| 10,5 | 40 | 30,00 | 22,18 | 41,82 | 23,04 | 18,78 | CL |
| 1,5 | 12 | 6,75 | 23,12 | 36,22 | 18,71 | 17,51 | CL |
| 3 | 19 | 10,69 | 20,46 | 26,51 | 14,18 | 12,33 | CL |
| 4,5 | 32 | 20,40 | 22,93 | 27,61 | 14,01 | 13,6 | CL |
| 6 | 39 | 27,79 | 22,01 | 40,73 | 21,85 | 18,88 | CL |
| 7,5 | 49 | 34,91 | 23,26 | 33,64 | 17,27 | 16,37 | CL |
| 10,5 | 55 | 41,25 | 21,67 | 34,17 | 17,27 | 16,37 | CL |
| 3 | 20 | 11,25 | 20,85 | 31,42 | 16,36 | 15,06 | CL |
| 4,5 | 27 | 17,21 | 21,22 | 35,31 | 18,02 | 17,29 | CL |
| 6 | 30 | 21,38 | 21,18 | 42,03 | 21,21 | 20,82 | CL |
| 9 | 45 | 32,06 | 23,97 | 43,97 | 22,77 | 21,2 | CL |
| 10,5 | 42 | 31,50 | 21,5 | 33,28 | 17,05 | 16,23 | CL |
| 3 | 4 | 2,25 | 35,34 | 54 | 21 | 33 | CH |
| 3 | 9 | 5,06 | 16,71 | 30 | 14 | 16 | CL |
| 3 | 12 | 6,75 | 27,35 | 59 | 22 | 37 | CH |
| 3 | 8 | 4,50 | 25,96 | 38 | 18 | 20 | CL |
| 3 | 10 | 5,63 | 20,63 | 38 | 23 | 15 | CL |
| 3 | 16 | 9,00 | 20,74 | 44,68 | 20,51 | 24,17 | CL |
| 4,5 | 18 | 11,48 | 21,1 | 43,18 | 20,47 | 22,71 | CL |
| 3 | 17 | 9,56 | 21,95 | 40,57 | 21,01 | 19,56 | CL |
| 3 | 22 | 12,38 | 22,38 | 44,33 | 16,63 | 27,7 | CL |
| 1,5 | 20 | 11,25 | 21,84 | 40,11 | 16,23 | 23,88 | CL |
| 3 | 22 | 12,38 | 23,4 | 40,5 | 23,4 | 17,1 | CL |
| 1,5 | 24 | 13,50 | 19,7 | 47,7 | 19,8 | 27,9 | CL |
| 4,5 | 34 | 21,68 | 21,45 | 46,8 | 23,5 | 23,3 | CL |
| 1,5 | 23 | 12,94 | 9,42 | 34 | 16 | 18 | CL |
| 1,5 | 15 | 8,44 | 9,42 | 34 | 18 | 16 | CL |
| 4,5 | 16 | 10,20 | 9,52 | 34 | 18 | 16 | CL |
| 4,5 | 9 | 5,74 | 11,7 | 32 | 19 | 13 | CL |

| | | | | | | | |
|------|----|-------|-------|-------|-------|-------|----|
| 3 | 26 | 14,63 | 14,4 | 40 | 22 | 18 | CI |
| 4,5 | 27 | 17,21 | 11,94 | 30 | 16 | 14 | SC |
| 1,5 | 10 | 5,63 | 13 | 50 | 17 | 33 | CH |
| 3 | 12 | 6,75 | 16 | 52 | 18 | 34 | CL |
| 4,5 | 15 | 9,56 | 13 | 45 | 21 | 24 | CL |
| 9 | 30 | 21,38 | 13 | 52 | 18 | 34 | CH |
| 1,5 | 30 | 16,88 | 13 | 52 | 23 | 29 | CH |
| 4,5 | 18 | 11,48 | 12 | 42 | 17 | 25 | CL |
| 10,5 | 13 | 9,75 | 13 | 56 | 21 | 35 | CH |
| 12 | 11 | 8,25 | 12 | 44 | 21 | 23 | CL |
| 15 | 16 | 12,00 | 15 | 35 | 21 | 14 | SC |
| 1,5 | 23 | 12,94 | 13 | 45 | 17 | 18 | CL |
| 3 | 22 | 12,38 | 15 | 48 | 25 | 23 | CL |
| 4,5 | 22 | 14,03 | 15 | 34 | 22 | 12 | SC |
| 7,5 | 25 | 17,81 | 13 | 50 | 22 | 28 | CH |
| 10,5 | 30 | 22,50 | 15 | 37 | 17 | 20 | SC |
| 15 | 33 | 24,75 | 15 | 37 | 16 | 21 | SC |
| 1,5 | 27 | 15,19 | 13,1 | 54 | 25 | 29 | CH |
| 3 | 29 | 16,31 | 15,2 | 56 | 23 | 33 | CH |
| 4,5 | 27 | 17,21 | 13,1 | 57 | 25 | 32 | CH |
| 10,5 | 45 | 33,75 | 13,1 | 59 | 27 | 32 | CH |
| 13,5 | 41 | 30,75 | 13,1 | 56 | 24 | 32 | CH |
| 1,5 | 31 | 17,44 | 13 | 56 | 23 | 33 | CH |
| 3 | 35 | 19,69 | 13,1 | 55 | 23 | 32 | CH |
| 4,5 | 34 | 21,68 | 13 | 56 | 25 | 31 | CH |
| 7,5 | 35 | 24,94 | 8,2 | 53 | 21 | 32 | CH |
| 3 | 24 | 13,50 | 21,87 | 41 | 16,2 | 24,8 | CL |
| 1,5 | 25 | 14,06 | 21,69 | 40,66 | 21,67 | 18,99 | CL |
| 3 | 36 | 20,25 | 21,87 | 39,82 | 21,66 | 18,16 | CL |
| 1,5 | 38 | 21,38 | 22,32 | 42,78 | 21,68 | 21,1 | CL |
| 3 | 51 | 28,69 | 21,29 | 41,51 | 21,15 | 20,36 | CL |
| 4,5 | 64 | 40,80 | 23,28 | 37,48 | 20,84 | 16,64 | CL |
| 4,5 | 21 | 13,39 | 16,1 | 35,2 | 18,6 | 16,6 | CL |
| 4,5 | 27 | 17,21 | 15,6 | 41,2 | 22,5 | 18,7 | CL |
| 4,5 | 26 | 16,58 | 13,4 | 33,2 | 19,8 | 18,4 | CL |
| 4,5 | 23 | 14,66 | 22,34 | 40 | 21 | 19 | CL |
| 4,5 | 26 | 16,58 | 19,65 | 38 | 18 | 20 | CL |
| 4,5 | 27 | 17,21 | 23,9 | 42 | 21 | 21 | CL |
| 6 | 29 | 20,66 | 19,41 | 40 | 21 | 19 | CL |
| 3 | 20 | 11,25 | 21,25 | 42 | 22 | 20 | CL |
| 1,5 | 18 | 10,13 | 13 | 40 | 22 | 18 | CL |
| 4,5 | 50 | 31,88 | 14 | 40 | 20 | 20 | CL |
| 6 | 50 | 35,63 | 17 | 42 | 23 | 19 | CL |

| | | | | | | | |
|------|----|-------|-------|-------|-------|-------|----|
| 10,5 | 50 | 37,50 | 15 | 28 | 14 | 14 | GC |
| 1,5 | 24 | 13,50 | 13 | 39 | 20 | 19 | CL |
| 4,5 | 50 | 31,88 | 13 | 42 | 21 | 21 | CL |
| 10,5 | 50 | 37,50 | 18 | 44 | 22 | 22 | CL |
| 1,5 | 64 | 36,00 | 19 | 64 | 21 | 43 | CH |
| 4,5 | 50 | 31,88 | 17 | 40 | 22 | 18 | CL |
| 7,5 | 50 | 35,63 | 19 | 42 | 22 | 20 | CL |
| 10,5 | 50 | 37,50 | 17 | 43 | 21 | 22 | CL |
| 3 | 16 | 9,00 | 15,14 | 35,6 | 14,39 | 21,21 | CL |
| 3 | 11 | 6,19 | 16,69 | 34,99 | 12,22 | 22,77 | CL |
| 4,5 | 39 | 24,86 | 20,3 | 39,2 | 22,3 | 16,9 | CL |
| 1,5 | 21 | 11,81 | 11,8 | 46 | 23 | 23 | CI |
| 3 | 21 | 11,81 | 12 | 39 | 19 | 20 | CI |
| 1,5 | 12 | 6,75 | 22,65 | 39,16 | 20,93 | 18,24 | CL |
| 3 | 21 | 11,81 | 21,82 | 41,66 | 21,61 | 20,05 | CL |
| 3 | 21 | 11,81 | 22,92 | 40,15 | 20,24 | 19,91 | CL |
| 4,5 | 18 | 11,48 | 21,63 | 39,02 | 20,23 | 18,79 | CL |
| 3 | 14 | 7,88 | 22,81 | 41,39 | 21,53 | 19,86 | CL |
| 3 | 30 | 16,88 | 21,96 | 38,11 | 17,44 | 20,67 | CL |
| 3 | 18 | 10,13 | 23,9 | 57,8 | 29,9 | 27,9 | CH |
| 3 | 25 | 14,06 | 23,5 | 58,4 | 29,2 | 29,2 | CH |
| 3 | 25 | 14,06 | 38,8 | 66,8 | 39,5 | 27,3 | MH |
| 3 | 9 | 5,06 | 21,7 | 27,4 | 22 | 15,4 | CL |
| 3 | 10 | 5,63 | 20,8 | 47,1 | 23,9 | 23,2 | CL |
| 3 | 8 | 4,50 | 20,7 | 40,7 | 22,2 | 18,5 | CL |
| 3 | 30 | 16,88 | 19 | 56 | 25 | 31 | CH |
| 3 | 31 | 17,44 | 19 | 56 | 25 | 31 | CH |
| 3 | 16 | 9,00 | 19 | 54 | 28 | 26 | CH |
| 3 | 19 | 10,69 | 26 | 65 | 29 | 36 | CH |
| 3 | 30 | 16,88 | 17 | 48 | 26 | 22 | CL |
| 3 | 18 | 10,13 | 23,3 | 35,3 | 18,4 | 16,9 | CL |
| 3 | 62 | 34,88 | 23,8 | 38 | 20 | 18 | CL |
| 3 | 54 | 30,38 | 6,63 | 40 | 23 | 17 | CL |
| 6 | 60 | 42,75 | 26,97 | 43 | 24 | 19 | CL |
| 3 | 23 | 12,94 | 20,8 | 43,5 | 23,12 | 20,38 | CL |
| 3 | 14 | 7,88 | 22,64 | 37,98 | 20,17 | 17,61 | CL |
| 3 | 19 | 10,69 | 20,91 | 40,71 | 21,4 | 19,31 | CL |
| 3 | 20 | 11,25 | 22,09 | 40,89 | 20,45 | 20,44 | CL |
| 3 | 14 | 7,88 | 21,98 | 42,69 | 20,74 | 21,95 | CL |
| 3 | 43 | 24,19 | 20,56 | 41,08 | 21,26 | 19,82 | CL |
| 3 | 29 | 16,31 | 22,07 | 37,53 | 18,46 | 19,07 | CL |
| 3 | 26 | 14,63 | 21,21 | 38,04 | 20,87 | 17,17 | CL |
| 3 | 28 | 15,75 | 21,92 | 41,5 | 21,38 | 20,12 | CL |

| | | | | | | | |
|-----|----|-------|-------|-------|-------|-------|----|
| 3 | 28 | 15,75 | 21,71 | 38,55 | 20,29 | 18,26 | CL |
| 1,5 | 17 | 9,56 | 20,25 | 40,89 | 21,1 | 19,79 | CL |
| 3 | 22 | 12,38 | 21,21 | 41,56 | 20,85 | 20,71 | CL |
| 3 | 23 | 12,94 | 21,08 | 41,12 | 21,2 | 19,92 | CL |
| 1,5 | 14 | 7,88 | 20,56 | 40,52 | 20,42 | 20,1 | CL |
| 3 | 21 | 11,81 | 21,18 | 37,58 | 18,71 | 18,87 | CL |
| 3 | 27 | 15,19 | 20,42 | 42,9 | 22,55 | 20,35 | CL |
| 3 | 38 | 21,38 | 21,11 | 39,41 | 20,18 | 19,23 | CL |
| 3 | 56 | 31,50 | 21,66 | 38,33 | 19,88 | 18,45 | CL |
| 3 | 25 | 14,06 | 19 | 48 | 25 | 23 | CL |
| 3 | 28 | 15,75 | 18 | 46 | 25 | 21 | CL |
| 3 | 24 | 13,50 | 18 | 44 | 23 | 21 | CL |
| 3 | 22 | 12,38 | 18 | 51 | 25 | 26 | CH |
| 3 | 11 | 6,19 | 16 | 45 | 22 | 23 | CL |
| 3 | 14 | 7,88 | 19 | 47 | 24 | 23 | CL |
| 3 | 14 | 7,88 | 21 | 54 | 26 | 28 | CH |
| 3 | 12 | 6,75 | 23 | 59 | 27 | 32 | CH |
| 3 | 13 | 7,31 | 19 | 51 | 23 | 28 | CH |
| 1,5 | 13 | 7,31 | 20 | 53 | 26 | 27 | CH |
| 3 | 14 | 7,88 | 21 | 54 | 28 | 26 | CH |
| 1,5 | 8 | 4,50 | 20 | 54 | 26 | 28 | CH |
| 3 | 9 | 5,06 | 24 | 53 | 26 | 27 | CH |
| 1,5 | 10 | 5,63 | 19 | 51 | 24 | 27 | CH |
| 3 | 11 | 6,19 | 21 | 52 | 26 | 26 | CH |
| 1,5 | 17 | 9,56 | 18 | 45 | 24 | 21 | CL |
| 3 | 18 | 10,13 | 20 | 52 | 26 | 26 | CH |
| 1,5 | 22 | 12,38 | 20 | 51 | 25 | 26 | CH |
| 3 | 23 | 12,94 | 19 | 44 | 21 | 23 | CL |
| 6 | 30 | 21,38 | 16 | 40 | 22 | 18 | CL |
| 18 | 31 | 23,25 | 20,8 | 34 | 17,5 | 16,5 | CL |
| 1,5 | 8 | 4,50 | 21,8 | 41 | 21 | 20 | CL |
| 3 | 15 | 8,44 | 22,31 | 42,69 | 17,86 | 24,88 | CL |
| 3 | 14 | 7,88 | 22,8 | 34,97 | 14,13 | 20,84 | CL |
| 3 | 38 | 21,38 | 24,8 | 61 | 23 | 37 | CH |
| 3 | 49 | 27,56 | 15,8 | 63 | 28 | 35 | CH |
| 3 | 50 | 28,13 | 17 | 62 | 24 | 38 | CH |
| 3 | 29 | 16,31 | 35 | 49 | 25 | 24 | CL |
| 3 | 23 | 12,94 | 26 | 49 | 25 | 24 | CL |
| 7,5 | 40 | 28,50 | 6,8 | 32 | 19 | 13 | CL |
| 9 | 41 | 29,21 | 13,2 | 38 | 20 | 18 | CI |
| 4,5 | 27 | 17,21 | 5,5 | 28 | 21 | 7 | CL |
| 4,5 | 35 | 22,31 | 15,3 | 34 | 20 | 14 | CL |
| 1,5 | 16 | 9,00 | 14,6 | 36 | 20 | 16 | CI |

| | | | | | | | |
|------|----|-------|-------|------|------|------|----|
| 3 | 42 | 23,63 | 15,8 | 40,9 | 20,5 | 20,4 | CL |
| 3 | 37 | 20,81 | 16,6 | 40,2 | 20,5 | 19,7 | CL |
| 3 | 21 | 11,81 | 12,6 | 38 | 20 | 18 | CL |
| 3 | 25 | 14,06 | 13,4 | 35 | 18 | 17 | CL |
| 4,5 | 43 | 27,41 | 9,16 | 29 | 17 | 12 | CL |
| 3 | 33 | 18,56 | 10,15 | 28 | 17 | 11 | CL |
| 3 | 42 | 23,63 | 15,8 | 40,9 | 20,5 | 20,4 | CL |
| 3 | 37 | 20,81 | 16,6 | 40,2 | 20,5 | 19,7 | CL |
| 4,5 | 22 | 14,03 | 26,29 | 43 | 21 | 22 | CI |
| 3 | 29 | 16,31 | 18,8 | 38,4 | 20,3 | 18,1 | CL |
| 1,5 | 27 | 15,19 | 17,46 | 40 | 20 | 20 | CI |
| 3 | 44 | 24,75 | 18,22 | 34 | 33 | 14 | CL |
| 3 | 14 | 7,88 | 20,1 | 48,7 | 26,6 | 22,1 | CL |
| 3 | 16 | 9,00 | 23,7 | 50,1 | 25,9 | 24,2 | CH |
| 3 | 14 | 7,88 | 23,5 | 35,8 | 19 | 16,8 | CL |
| 3 | 25 | 14,06 | 19,21 | 38 | 22 | 16 | CI |
| 6 | 46 | 32,78 | 14,46 | 34 | 17 | 17 | SC |
| 3 | 21 | 11,81 | 22,41 | 38 | 21 | 17 | CI |
| 9 | 58 | 41,33 | 15,96 | 37 | 20 | 17 | SC |
| 3 | 20 | 11,25 | 27,24 | 40 | 23 | 17 | CI |
| 7,5 | 25 | 17,81 | 25,02 | 39 | 21 | 18 | CI |
| 3 | 19 | 10,69 | 20,1 | 41,4 | 21,9 | 19,5 | CL |
| 3 | 20 | 11,25 | 25,5 | 34 | 17,3 | 16,7 | CL |
| 6 | 47 | 33,49 | 10,27 | 33 | 16 | 17 | CL |
| 3 | 44 | 24,75 | 25,1 | 45,5 | 25 | 20,5 | CL |
| 3 | 19 | 10,69 | 24,18 | 33 | 19 | 14 | CL |
| 1,5 | 18 | 10,13 | 23,59 | 39 | 21 | 18 | CI |
| 3 | 18 | 10,13 | 21,8 | 30 | 19 | 11 | CL |
| 6 | 25 | 17,81 | 23,93 | 35 | 20 | 15 | CI |
| 4,5 | 35 | 22,31 | 17,65 | 31 | 17 | 14 | CL |
| 9 | 48 | 34,20 | 21,38 | 38 | 21 | 17 | CL |
| 3 | 27 | 15,19 | 14,51 | 34 | 16 | 18 | CL |
| 1,5 | 21 | 11,81 | 23,9 | 37 | 17 | 20 | CI |
| 3 | 23 | 12,94 | 26,8 | 42 | 20 | 22 | CI |
| 7,5 | 33 | 23,51 | 23,3 | 38 | 19 | 19 | CI |
| 3 | 24 | 13,50 | 22,7 | 39 | 22 | 17 | CI |
| 6 | 34 | 24,23 | 22,6 | 40 | 22 | 18 | SC |
| 7,5 | 36 | 25,65 | 23,8 | 38 | 20 | 18 | CI |
| 10,5 | 45 | 33,75 | 22,3 | 41 | 23 | 18 | CI |
| 1,5 | 23 | 12,94 | 14,2 | 34 | 16 | 18 | CL |
| 3 | 24 | 13,50 | 16,4 | 39 | 21 | 18 | CI |
| 6 | 30 | 21,38 | 15,9 | 42 | 22 | 20 | CI |
| 1,5 | 19 | 10,69 | 19 | 42 | 19 | 23 | CI |

| | | | | | | | |
|------|----|-------|-------|-------|-------|-------|----|
| 3 | 22 | 12,38 | 16 | 42 | 20 | 22 | CI |
| 4,5 | 22 | 14,03 | 16,9 | 41 | 21 | 20 | CI |
| 9 | 35 | 24,94 | 15,3 | 42 | 22 | 20 | CI |
| 3 | 28 | 15,75 | 25,3 | 36,8 | 19,4 | 17,4 | CL |
| 3 | 29 | 16,31 | 21,5 | 39,7 | 23,4 | 16,3 | CL |
| 3 | 32 | 18,00 | 20,7 | 32,4 | 19,8 | 12,6 | CL |
| 3 | 16 | 9,00 | 17 | 37,4 | 16,4 | 21 | CL |
| 3 | 15 | 8,44 | 15,84 | 39,4 | 18,3 | 21,1 | CL |
| 3 | 12 | 6,75 | 17,21 | 35,3 | 13,6 | 21,7 | CL |
| 3 | 15 | 8,44 | 16,04 | 35,7 | 13,4 | 22,3 | CL |
| 1,5 | 37 | 20,81 | 22,9 | 41 | 20 | 21 | CI |
| 1,5 | 33 | 18,56 | 20,3 | 39 | 20 | 19 | CI |
| 3 | 23 | 12,94 | 23,72 | 41 | 19 | 22 | CL |
| 3 | 23 | 12,94 | 23,4 | 42 | 22 | 20 | CL |
| 3 | 8 | 4,50 | 37,2 | 54 | 25,4 | 28,6 | CH |
| 3 | 10 | 5,63 | 20,9 | 44,9 | 23,3 | 21,6 | CL |
| 3,45 | 16 | 9,00 | 28 | 62,5 | 27,3 | 35,2 | CH |
| 1,5 | 27 | 15,19 | 18,6 | 69 | 27,5 | 41,5 | CH |
| 3 | 8 | 4,50 | 13,2 | 32,7 | 17,3 | 15,4 | SC |
| 3 | 44 | 24,75 | 12,66 | 39 | 22 | 17 | CL |
| 1,5 | 20 | 11,25 | 17,45 | 43 | 22 | 21 | CL |
| 3 | 22 | 12,38 | 20,91 | 57 | 20 | 37 | CH |
| 3 | 19 | 10,69 | 18,56 | 42 | 22 | 20 | CL |
| 6 | 29 | 20,66 | 14,61 | 26 | 13 | 13 | GC |
| 1,5 | 31 | 17,44 | 11,25 | 26 | 12 | 14 | GC |
| 3 | 13 | 7,31 | 22,9 | 36 | 21 | 15 | CL |
| 3 | 16 | 9,00 | 16,3 | 38 | 20 | 18 | CL |
| 3 | 19 | 10,69 | 14,3 | 42 | 23 | 19 | CL |
| 3 | 16 | 9,00 | 21,83 | 38,24 | 19,05 | 19,19 | CL |
| 3 | 25 | 14,06 | 21,14 | 40,92 | 19,11 | 21,81 | CL |
| 3 | 32 | 18,00 | 16,65 | 36 | 16 | 20 | CL |
| 3 | 21 | 11,81 | 20,84 | 44 | 22 | 22 | CL |
| 3 | 23 | 12,94 | 25,27 | 66 | 28 | 38 | CH |
| 3 | 22 | 12,38 | 17,66 | 43 | 21 | 22 | CL |
| 3 | 18 | 10,13 | 19,94 | 41 | 21 | 21 | CL |
| 3 | 28 | 15,75 | | 53,2 | 24,9 | 28,3 | CH |
| 3 | 18 | 10,13 | | 38,3 | 20,6 | 17,7 | CL |
| 3 | 21 | 11,81 | | 52,9 | 26,7 | 26,2 | CH |
| 3 | 17 | 9,56 | | 30,9 | 16,5 | 14,4 | CL |
| 3 | 23 | 12,94 | | 36,6 | 18,5 | 18,1 | SC |
| 3 | 30 | 16,88 | | 47,8 | 20 | 27,8 | CL |
| 3 | 24 | 13,50 | | 51,1 | 26,9 | 24,2 | CH |
| 3 | 28 | 15,75 | | 37,2 | 25,5 | 11,7 | ML |

| | | | | | | | |
|----|----|-------|------|------|------|------|----|
| 3 | 15 | 8,44 | | 32,6 | 18,5 | 14,1 | CL |
| 3 | 27 | 15,19 | | 62,9 | 29,1 | 33,8 | CH |
| 3 | 25 | 14,06 | | 54,2 | 33,1 | 21,1 | MH |
| 3 | 7 | 3,94 | 14,1 | 36,6 | 17,8 | 18,8 | CL |
| 6 | 10 | 7,13 | 15,3 | 36,6 | 18,1 | 18,5 | CL |
| 15 | 28 | 21,00 | 23,4 | 51,7 | 26,6 | 25,1 | CH |
| 3 | 6 | 3,38 | 14,3 | 39,1 | 18,7 | 20,4 | CL |
| 6 | 11 | 7,84 | 23,1 | 52,6 | 27,5 | 25,1 | CH |
| 15 | 27 | 20,25 | 21 | 48,8 | 24,3 | 24,5 | CL |
| 6 | 4 | 2,85 | 17,2 | 40 | 20,7 | 19,3 | CL |
| 12 | 13 | 9,75 | 19,8 | 45,8 | 23,5 | 22,3 | CL |
| 18 | 23 | 17,25 | 16,3 | 40,3 | 20,1 | 20,2 | CL |
| 9 | 15 | 10,69 | 24 | 58,5 | 27,8 | 30,7 | CH |
| 12 | 20 | 15,00 | 19,2 | 43,4 | 22,7 | 20,7 | CL |
| 18 | 34 | 25,50 | 11,8 | 33,8 | 15,2 | 18,6 | CL |
| 6 | 4 | 2,85 | 20,1 | 46,6 | 23,4 | 23,2 | CL |
| 21 | 25 | 18,75 | 22,7 | 48,3 | 25,2 | 23,1 | CL |
| 6 | 14 | 9,98 | 23,5 | 52,7 | 26,8 | 25,9 | CH |
| 12 | 23 | 17,25 | 15,6 | 38,2 | 19,3 | 18,9 | CL |
| 18 | 39 | 29,25 | 15,3 | 37,5 | 18,6 | 18,9 | CL |
| 6 | 4 | 2,85 | 23,7 | 58,8 | 27,9 | 30,9 | CH |
| 12 | 13 | 9,75 | 16,5 | 40,9 | 19,8 | 21,1 | CL |
| 18 | 31 | 23,25 | 21,4 | 49,4 | 25,3 | 24,1 | CL |
| 12 | 24 | 18,00 | 20,1 | 45,1 | 23,2 | 21,9 | CL |
| 15 | 29 | 21,75 | 23,2 | 55,8 | 26,9 | 28,9 | CH |
| 18 | 39 | 29,25 | 17,5 | 41,6 | 21,2 | 20,4 | CL |
| 6 | 11 | 7,84 | 22,4 | 52,8 | 25,9 | 26,9 | CH |
| 12 | 21 | 15,75 | 15,1 | 37,2 | 18,8 | 18,4 | CL |
| 21 | 43 | 32,25 | 22,8 | 47,5 | 25,1 | 22,7 | CL |
| 12 | 19 | 14,25 | 14,2 | 36 | 17,4 | 18,6 | CL |
| 15 | 31 | 23,25 | 23,9 | 50,7 | 26,3 | 24,4 | CH |
| 18 | 38 | 28,50 | 21,5 | 50,7 | 24,9 | 25,8 | CH |
| 6 | 9 | 6,41 | 24,2 | 48,6 | 25,3 | 23,3 | CL |
| 12 | 20 | 15,00 | 23,9 | 51,1 | 25,6 | 25,5 | CH |
| 21 | 42 | 31,50 | 20,5 | 46 | 23,9 | 22,1 | CL |
| 6 | 5 | 3,56 | 19,3 | 45,3 | 22,3 | 23 | CL |
| 18 | 35 | 26,25 | 23,2 | 50,2 | 26,1 | 24,1 | CH |
| 12 | 18 | 13,50 | 15,9 | 39,5 | 18,6 | 20,9 | CL |
| 21 | 37 | 27,75 | 12,1 | 33,9 | 15,7 | 18,2 | CL |
| 18 | 26 | 19,50 | 19,6 | 57,8 | 22,3 | 35,5 | CH |
| 3 | 11 | 6,19 | 21,4 | 54,5 | 24,2 | 30,3 | CH |
| 6 | 15 | 10,69 | 20,2 | 34,3 | 23,6 | 10,7 | CL |
| 15 | 39 | 29,25 | 21,8 | 47,1 | 24,5 | 22,6 | CL |

| | | | | | | | |
|-----|----|-------|------|------|------|------|----|
| 12 | 11 | 8,25 | 19,6 | 47 | 23,3 | 23,7 | CL |
| 21 | 36 | 27,00 | 19,5 | 44,4 | 23,2 | 21,2 | CL |
| 12 | 15 | 11,25 | 13,9 | 35,5 | 16,4 | 19,1 | CL |
| 15 | 19 | 14,25 | 14,2 | 38,7 | 17,6 | 21,1 | CL |
| 21 | 33 | 24,75 | 23 | 52,2 | 26,7 | 25,5 | CH |
| 12 | 15 | 11,25 | 22,1 | 49,3 | 25,5 | 23,8 | CL |
| 18 | 26 | 19,50 | 21,8 | 50,2 | 24,9 | 25,3 | CH |
| 21 | 43 | 32,25 | 18,5 | 46,7 | 22,8 | 23,9 | CL |
| 12 | 13 | 9,75 | 13,6 | 35,2 | 17,5 | 17,7 | CL |
| 21 | 26 | 19,50 | 13,1 | 34,9 | 16,9 | 18 | CL |
| 3 | 4 | 2,25 | 26,4 | 61 | 29,9 | 31,1 | CH |
| 18 | 29 | 21,75 | 14,2 | 32,8 | 17,2 | 15,6 | CL |
| 21 | 34 | 25,50 | 20,8 | 46,1 | 23,5 | 22,6 | CL |
| 9 | 6 | 4,28 | 14,9 | 34,5 | 17,2 | 17,3 | CL |
| 12 | 11 | 8,25 | 15,1 | 36 | 17,5 | 18,5 | CL |
| 18 | 28 | 21,00 | 20,9 | 45,8 | 23,4 | 22,4 | CL |
| 6 | 6 | 4,28 | 19,3 | 41,6 | 21,2 | 20,4 | CL |
| 21 | 29 | 21,75 | 16,7 | 41,3 | 21,1 | 20,2 | CL |
| 3 | 5 | 2,81 | 21,2 | 43,4 | 22,3 | 21,1 | CL |
| 6 | 9 | 6,41 | 17,6 | 40,7 | 20,4 | 20,3 | CL |
| 15 | 30 | 22,50 | 14,2 | 34,4 | 16,1 | 18,3 | CL |
| 15 | 24 | 18,00 | 22,1 | 50,3 | 24,7 | 25,6 | CH |
| 21 | 35 | 26,25 | 24,9 | 58,8 | 28,5 | 30,3 | CH |
| 9 | 14 | 9,98 | 27,3 | 62,5 | 30,1 | 32,4 | CH |
| 12 | 17 | 12,75 | 16,5 | 41,6 | 20,4 | 21,2 | CL |
| 21 | 38 | 28,50 | 23,8 | 52,3 | 27,6 | 24,7 | CH |
| 12 | 9 | 6,75 | 25,2 | 58,7 | 28,9 | 29,8 | CH |
| 15 | 12 | 9,00 | 23 | 51,8 | 26,7 | 25,1 | CH |
| 21 | 27 | 20,25 | 18,5 | 45,3 | 22,1 | 23,2 | CL |
| 9 | 8 | 5,70 | 28,3 | 61,8 | 31,1 | 30,7 | CH |
| 12 | 12 | 9,00 | 12,8 | 37,8 | 16,4 | 21,4 | CL |
| 12 | 16 | 12,00 | 21,4 | 48,9 | 24,1 | 24,8 | CL |
| 15 | 19 | 14,25 | 23 | 50,3 | 26,6 | 23,7 | CH |
| 21 | 34 | 25,50 | 14,5 | 38 | 17,5 | 20,5 | CL |
| 9 | 10 | 7,13 | 20,7 | 45 | 23,1 | 21,9 | CL |
| 12 | 15 | 11,25 | 16,5 | 38,1 | 19,3 | 18,8 | CL |
| 18 | 32 | 24,00 | 19,3 | 47,9 | 22,8 | 25,1 | CL |
| 9 | 12 | 8,55 | 24,2 | 55,5 | 28,7 | 26,8 | CH |
| 12 | 20 | 15,00 | 13,4 | 39 | 17,6 | 21,4 | CL |
| 15 | 31 | 23,25 | 17,6 | 42,4 | 20,9 | 21,5 | CL |
| 7,5 | 32 | 22,80 | 24,3 | 35,7 | 19 | 16,7 | CL |
| 18 | 18 | 13,50 | 30,1 | 36,5 | 28,2 | 7,3 | ML |
| 3 | 4 | 2,25 | 22,9 | 38,1 | 20,3 | 17,8 | CL |

| | | | | | | | |
|------|----|-------|-------|-------|-------|-------|----|
| 3,00 | 10 | 5,63 | 24,16 | 41,24 | 23,61 | 17,63 | CL |
| 3 | 8 | 4,50 | 23,39 | 39,87 | 18,44 | 21,43 | CL |
| 3 | 8 | 4,50 | 24,33 | 42,08 | 21,68 | 20,4 | CL |
| 3 | 13 | 7,31 | 24,74 | 45,17 | 24,07 | 21,1 | CL |
| 1,5 | 6 | 3,38 | 24,76 | 44,08 | 22,94 | 21,14 | CL |
| 3 | 9 | 5,06 | 24,28 | 36,95 | 16,48 | 20,47 | CL |
| 3 | 20 | 11,25 | 24,61 | 42,58 | 24,15 | 18,43 | CL |
| 3 | 14 | 7,88 | 23,41 | 40,25 | 23,43 | 16,82 | CL |
| 3 | 12 | 6,75 | 23,34 | 44,08 | 22,04 | 21,14 | CL |
| 4,5 | 16 | 10,20 | 22,8 | 38,8 | 27,4 | 11,4 | ML |
| 3 | 8 | 4,50 | 16,16 | 23 | 13,2 | 9,8 | CL |
| 3 | 9 | 5,06 | 17,75 | 24,6 | 12,9 | 11,6 | CL |
| 3 | 9 | 5,06 | 16,59 | 22,2 | 14,1 | 8,2 | CL |
| 4,5 | 25 | 15,94 | 17,1 | 43,7 | 24 | 19,7 | CL |
| 1,5 | 7 | 3,94 | 23,3 | 49,7 | 27,7 | 22 | CL |
| 4,5 | 11 | 7,01 | 20,3 | 42,7 | 28,8 | 23,9 | CL |
| 4,5 | 12 | 7,65 | 23,8 | 34,3 | 18 | 16,3 | CL |
| 4,5 | 13 | 8,29 | 20,3 | 47,3 | 25 | 22,3 | CL |
| 4,5 | 13 | 8,29 | 22,6 | 47,9 | 24,4 | 23,5 | CL |
| 3 | 20 | 11,25 | 20,95 | 40,72 | 19,82 | 20,9 | CL |
| 1,5 | 11 | 6,19 | 21,49 | 40,03 | 18,1 | 21,93 | CL |
| 1,5 | 11 | 6,19 | 20,65 | 38,22 | 19,29 | 18,93 | CL |
| 1,5 | 11 | 6,19 | 19,78 | 37,06 | 18,99 | 18,07 | CL |
| 1,5 | 16 | 9,00 | 19,31 | 39,7 | 18,91 | 20,79 | CL |
| 3 | 17 | 9,56 | 21,24 | 40,02 | 18,91 | 21,11 | CL |
| 3 | 17 | 9,56 | 20,27 | 38,4 | 17,76 | 20,64 | CL |
| 1,5 | 23 | 12,94 | 20,22 | 38,11 | 18,91 | 19,2 | CL |
| 1,5 | 20 | 11,25 | 18,71 | 38,86 | 19,32 | 19,54 | CL |
| 1,5 | 24 | 13,50 | 21,65 | 39 | 18,75 | 20,25 | CL |
| 3 | 25 | 14,06 | 19,66 | 38,82 | 17,95 | 20,87 | CL |
| 3 | 29 | 16,31 | 19,94 | 37,94 | 17,97 | 19,97 | CL |
| 3 | 13 | 7,31 | 20,55 | 36,81 | 18,32 | 18,49 | CL |
| 3 | 9 | 5,06 | 23,13 | 48,25 | 21,81 | 21,04 | CL |
| 4,5 | 10 | 6,38 | 22,06 | 41,56 | 22,18 | 19,38 | CL |
| 3 | 10 | 5,63 | 22,35 | 43,39 | 18,59 | 24,8 | CL |
| 4,5 | 14 | 8,93 | 23,76 | 43,85 | 18,94 | 24,91 | CL |
| 3 | 13 | 7,31 | 23,19 | 41,67 | 19,79 | 21,88 | CL |
| 4,5 | 14 | 8,93 | 22,98 | 43,91 | 22,76 | 21,15 | CL |
| 3 | 27 | 15,19 | 14,3 | 42 | 22 | 20 | CL |
| 7,5 | 38 | 27,08 | 15,5 | 44 | 21 | 23 | CL |
| 3 | 30 | 16,88 | 16 | 35 | 19 | 16 | CL |
| 7,5 | 40 | 28,50 | 16,5 | 34 | 19 | 15 | CL |
| 3 | 36 | 20,25 | 16,6 | 34 | 16 | 18 | CL |

| | | | | | | | |
|------|----|-------|-------|-------|-------|-------|----|
| 7,5 | 42 | 29,93 | 16,1 | 33 | 19 | 14 | CL |
| 4,5 | 43 | 27,41 | 13,8 | 36 | 20 | 16 | CL |
| 3 | 5 | 2,81 | 23,8 | 44,6 | 23,9 | 20,7 | CL |
| 3 | 24 | 13,50 | 34,14 | 65,43 | 23,73 | 41,7 | CH |
| 4,5 | 14 | 8,93 | 24,83 | 31,79 | 14,14 | 17,65 | CL |
| 6 | 8 | 5,70 | 38,63 | 42,71 | 16,39 | 26,32 | CL |
| 3 | 23 | 12,94 | 41,02 | 73,75 | 27,34 | 46,41 | CH |
| 3 | 26 | 14,63 | 24,54 | 36,15 | 15,92 | 20,23 | CL |
| 3 | 23 | 12,94 | 33,64 | 64,84 | 22,36 | 42,48 | CH |
| 3 | 8 | 4,50 | 25,8 | 35,4 | 17,2 | 18,2 | CL |
| 7,5 | 12 | 8,55 | 20,3 | 42,5 | 19,8 | 22,7 | CL |
| 3 | 9 | 5,06 | 22,6 | 41,4 | 21,9 | 19,5 | CL |
| 3 | 12 | 6,75 | 27,9 | 45,7 | 26,4 | 19,3 | CL |
| 3 | 13 | 7,31 | 30,9 | 34,6 | 21,1 | 13,5 | CL |
| 3 | 8 | 4,50 | 28,1 | 37 | 20 | 17 | CL |
| 3 | 13 | 7,31 | 29,7 | 48,7 | 26,6 | 22,1 | CL |
| 3 | 10 | 5,63 | 20,2 | 35,8 | 19 | 16,8 | CL |
| 3 | 12 | 6,75 | 25,3 | 35,8 | 19 | 16,8 | CL |
| 4,5 | 8 | 5,10 | 16,8 | 39 | 18 | 21 | CL |
| 4,5 | 11 | 7,01 | 30,2 | 74 | 30,6 | 43,4 | CH |
| 3 | 8 | 4,50 | 23,05 | 37,32 | 21,48 | 15,84 | CL |
| 7,5 | 7 | 4,99 | 21,36 | 35,84 | 20,76 | 15,08 | CL |
| 3 | 8 | 4,50 | 24,38 | 34,06 | 19,35 | 14,71 | CL |
| 6 | 6 | 4,28 | 22,93 | 34,59 | 21,35 | 13,23 | CL |
| 18 | 7 | 5,25 | 24,73 | 33,41 | 19,41 | 14 | CL |
| 3 | 8 | 4,50 | 25,06 | 35,68 | 20,17 | 15,51 | CL |
| 9 | 4 | 2,85 | 22,13 | 37 | 19,3 | 17,7 | CL |
| 3 | 5 | 2,81 | 23,08 | 36,18 | 19,94 | 16,24 | CL |
| 10,5 | 4 | 3,00 | 24,72 | 36,12 | 20,08 | 16,04 | CL |
| 15 | 7 | 5,25 | 23,18 | 35,58 | 19,66 | 15,92 | CL |
| 3 | 31 | 17,44 | 22,27 | 35,26 | 19,15 | 16,11 | CL |
| 7,5 | 5 | 3,56 | 25,19 | 36,93 | 19,99 | 16,94 | CL |
| 7,5 | 7 | 4,99 | 24,42 | 36,11 | 19,23 | 16,88 | CL |
| 15 | 6 | 4,50 | 21,31 | 35,27 | 19,88 | 15,39 | CL |
| 3 | 6 | 3,38 | 22,98 | 33,64 | 20 | 13,64 | CL |
| 6 | 5 | 3,56 | 23,14 | 34,28 | 19,67 | 14,61 | CL |
| 24 | 8 | 6,00 | 20,81 | 34,11 | 20,12 | 13,99 | CL |
| 3 | 22 | 12,38 | 20,5 | 44,2 | 21 | 23,2 | CL |
| 3 | 23 | 12,94 | 22,1 | 42,7 | 17,8 | 24,9 | CL |
| 6 | 7 | 4,99 | 24,5 | 30 | 17 | 13 | CL |
| 3 | 16 | 9,00 | 20,3 | 39,7 | 18,3 | 21,4 | CL |
| 3 | 16 | 9,00 | 24,3 | 43,6 | 20 | 23,6 | CL |
| 3 | 15 | 8,44 | 22,4 | 43,2 | 19 | 24,2 | CL |

| | | | | | | | |
|-----|----|-------|-------|------|------|------|----|
| 4,5 | 14 | 8,93 | 23,5 | 39 | 13 | 26 | CL |
| 3 | 16 | 9,00 | 19,7 | 40 | 21 | 19 | CL |
| 4,5 | 15 | 9,56 | 18,5 | 30 | 20 | 10 | CL |
| 3 | 21 | 11,81 | 27,67 | 36 | 21,3 | 14,7 | CL |
| 3 | 22 | 12,38 | 25,85 | 39,2 | 21,8 | 17,4 | CL |
| 3 | 19 | 10,69 | 19,25 | 39,2 | 21,8 | 17,4 | CL |
| 4,5 | 14 | 8,93 | 20,67 | 38 | 19 | 19 | CL |
| 4,5 | 10 | 6,38 | 30,1 | 32 | 16 | 16 | CL |
| 3 | 29 | 16,31 | 21,3 | 36 | 21,3 | 14,7 | CH |
| 3 | 27 | 15,19 | 20,15 | 61,2 | 29,6 | 31,6 | CH |
| 4,5 | 8 | 5,10 | 22,35 | 40 | 16 | 24 | CL |

EK –B SPT-N ile c_u (kPa) korelasyonlarında kullanılan veriler

| Derinlik | Na | N ₆₀ | Wn% | LL% | PL% | PI% | Zemin Sınıfı | r(gr/cm ³) | qu(kg/cm ²) |
|----------|----|-----------------|-------|-------|-------|-------|--------------|------------------------|-------------------------|
| 3 | 18 | 10,13 | 21,4 | 41 | 21 | 20 | CL | 1,87 | 1,38 |
| 1,5 | 21 | 11,81 | 13,21 | 35 | 16 | 19 | CL | 2,07 | 2,63 |
| 3 | 14 | 7,88 | 19,41 | 32 | 16 | 16 | CL | 1,99 | 0,77 |
| 3 | 6 | 3,38 | 18,67 | 36 | 17 | 19 | CL | 1,98 | 0,67 |
| 1,5 | 15 | 8,44 | 18,74 | 43 | 21 | 22 | CL | 1,93 | 1,41 |
| 3 | 11 | 6,19 | 16,56 | 40 | 18 | 22 | CL | 1,99 | 0,67 |
| 3 | 29 | 16,31 | 15,54 | 43 | 23 | 20 | CL | 2,05 | 1,58 |
| 3,5 | 31 | 17,44 | 21,32 | 30,97 | 17,78 | 13,19 | CL | 2,03 | 1,99 |
| 3 | 22 | 12,38 | 19,03 | 38,61 | 16,36 | 22,25 | CL | 2,11 | 0,96 |
| 6 | 26 | 18,53 | 37,32 | 51,36 | 20,69 | 30,67 | CH | 2,1 | 0,44 |
| 1,5 | 15 | 8,44 | 24,66 | 33,02 | 17,85 | 15,17 | CL | 2 | 0,71 |
| 4,5 | 16 | 10,20 | 13,1 | 38 | 19 | 19 | CL | 2 | 1,337 |
| 4,5 | 30 | 19,13 | 21,8 | 35,4 | 18,8 | 16,6 | CL | 1,76 | 1,34 |
| 4,5 | 26 | 16,58 | 21,3 | 32,7 | 17,6 | 15,1 | CL | 1,8 | 1,02 |
| 4,5 | 26 | 16,58 | 22,6 | 44,2 | 23,8 | 20,4 | CL | 1,88 | 1,4 |
| 4,5 | 39 | 24,86 | 31,27 | 51,47 | 23,93 | 27,54 | CH | 1,5 | 1,87 |
| 1,5 | 14 | 7,88 | 23,3 | 40,7 | 22,8 | 18,1 | CL | 1,89 | 1,34 |
| 1,5 | 8 | 4,50 | 25,8 | 49,3 | 26,6 | 22,7 | CL | 1,72 | 1,08 |
| 1,5 | 9 | 5,06 | 20,5 | 38 | 20 | 18 | CL | 1,79 | 1,32 |
| 1,5 | 19 | 10,69 | 23,7 | 40,2 | 18,9 | 21,3 | CL | 1,76 | 1,23 |
| 6 | 15 | 10,69 | 38,34 | 69,3 | 34,2 | 35,1 | MH | 1,75 | 1,07 |
| 4,5 | 9 | 5,74 | 38,61 | 57,4 | 22,8 | 34,6 | CH | 1,79 | 0,96 |
| 1,5 | 9 | 5,06 | 28,5 | 57,4 | 28,8 | 28,6 | CH | 1,97 | 1,65 |
| 3 | 11 | 6,19 | 22,2 | 37 | 19 | 18 | CL | 1,87 | 0,62 |
| 4,5 | 5 | 3,19 | 22,1 | 37 | 19 | 18 | CL | 1,82 | 0,75 |
| 3 | 10 | 5,63 | 21,2 | 37 | 20 | 17 | CL | 1,83 | 0,66 |
| 3 | 4 | 2,25 | 35,34 | 54 | 21 | 33 | CH | 1,8 | 0,5 |

| | | | | | | | | | |
|-----|----|-------|-------|-------|-------|-------|----|------|-------|
| 1,5 | 23 | 12,94 | 9,42 | 34 | 16 | 18 | CL | 1,88 | 1,91 |
| 1,5 | 15 | 8,44 | 9,42 | 34 | 18 | 16 | CL | 1,88 | 1,93 |
| 4,5 | 16 | 10,20 | 9,52 | 34 | 18 | 16 | CL | 1,88 | 1,91 |
| 4,5 | 23 | 14,66 | 22,34 | 40 | 21 | 19 | CL | 1,95 | 1,51 |
| 4,5 | 26 | 16,58 | 19,65 | 38 | 18 | 20 | CL | 2,03 | 1,638 |
| 4,5 | 27 | 17,21 | 23,9 | 42 | 21 | 21 | CL | 1,89 | 1,688 |
| 6 | 29 | 20,66 | 19,41 | 40 | 21 | 19 | CL | 1,91 | 1,565 |
| 3 | 20 | 11,25 | 21,25 | 42 | 22 | 20 | CL | 2,05 | 1,818 |
| 4,5 | 18 | 11,48 | 21,63 | 39,02 | 20,23 | 18,79 | CL | 1,86 | 1,84 |
| 3 | 18 | 10,13 | 23,9 | 57,8 | 29,9 | 27,9 | CH | 1,87 | 1,41 |
| 3 | 25 | 14,06 | 23,5 | 58,4 | 29,2 | 29,2 | CH | 1,96 | 1,4 |
| 3 | 25 | 14,06 | 38,8 | 66,8 | 39,5 | 27,3 | MH | 1,88 | 1,43 |
| 3 | 9 | 5,06 | 21,7 | 27,4 | 22 | 15,4 | CL | 1,81 | 1,39 |
| 3 | 10 | 5,63 | 20,8 | 47,1 | 23,9 | 23,2 | CL | 1,84 | 1,19 |
| 3 | 8 | 4,50 | 20,7 | 40,7 | 22,2 | 18,5 | CL | 1,76 | 1,43 |
| 3 | 18 | 10,13 | 23,3 | 35,3 | 18,4 | 16,9 | CL | 1,86 | 1,3 |
| 3 | 25 | 14,06 | 19 | 48 | 25 | 23 | CL | 1,89 | 1,51 |
| 3 | 28 | 15,75 | 18 | 46 | 25 | 21 | CL | 1,68 | 1,46 |
| 3 | 24 | 13,50 | 18 | 44 | 23 | 21 | CL | 1,89 | 1,42 |
| 4,5 | 27 | 17,21 | 5,5 | 28 | 21 | 7 | CL | 1,74 | 0,26 |
| 3 | 21 | 11,81 | 12,6 | 38 | 20 | 18 | CL | 1,92 | 1,46 |
| 3 | 25 | 14,06 | 13,4 | 35 | 18 | 17 | CL | 1,86 | 1,58 |
| 3 | 37 | 20,81 | 16,6 | 40,2 | 20,5 | 19,7 | CL | 1,79 | 1,38 |
| 4,5 | 22 | 14,03 | 26,29 | 43 | 21 | 22 | CI | 2,07 | 0,67 |
| 3 | 14 | 7,88 | 20,1 | 48,7 | 26,6 | 22,1 | CL | 1,8 | 1,3 |
| 3 | 16 | 9,00 | 23,7 | 50,1 | 25,9 | 24,2 | CH | 1,72 | 1,4 |
| 3 | 20 | 11,25 | 27,24 | 40 | 23 | 17 | CI | 1,95 | 1,54 |
| 7,5 | 25 | 17,81 | 25,02 | 39 | 21 | 18 | CI | 1,97 | 1,66 |
| 3 | 19 | 10,69 | 20,1 | 41,4 | 21,9 | 19,5 | CL | 1,76 | 1,4 |
| 3 | 20 | 11,25 | 25,5 | 34 | 17,3 | 16,7 | CL | 1,83 | 1,27 |
| 3 | 19 | 10,69 | 24,18 | 33 | 19 | 14 | CL | 1,92 | 0,75 |
| 3 | 18 | 10,13 | 21,8 | 30 | 19 | 11 | CL | 1,9 | 0,67 |
| 4,5 | 35 | 22,31 | 17,65 | 31 | 17 | 14 | CL | 2,16 | 2,41 |
| 3 | 23 | 12,94 | 26,8 | 42 | 20 | 22 | CI | 1,98 | 2,08 |
| 3 | 24 | 13,50 | 22,7 | 39 | 22 | 17 | CI | 1,96 | 2,16 |
| 7,5 | 36 | 25,65 | 23,8 | 38 | 20 | 18 | CI | 1,99 | 2,2 |
| 3 | 24 | 13,50 | 16,4 | 39 | 21 | 18 | CI | 1,97 | 2,29 |
| 3 | 22 | 12,38 | 16 | 42 | 20 | 22 | CI | 1,98 | 2,15 |
| 3 | 12 | 6,75 | 17,21 | 35,3 | 13,6 | 21,7 | CL | 2,09 | 1,8 |
| 1,5 | 37 | 20,81 | 22,9 | 41 | 20 | 21 | CI | 1,97 | 2,34 |
| 1,5 | 33 | 18,56 | 20,3 | 39 | 20 | 19 | CI | 1,98 | 2,29 |
| 3 | 23 | 12,94 | 23,72 | 41 | 19 | 22 | CL | 1,96 | 1,54 |
| 3 | 20 | 11,25 | 27,22 | 42 | 22 | 20 | CL | 1,99 | 1,61 |

| | | | | | | | | | |
|------|----|-------|-------|-------|-------|-------|----|------|------|
| 3 | 23 | 12,94 | 23,4 | 42 | 22 | 20 | CL | 2,03 | 1,66 |
| 3,45 | 16 | 9,00 | 28 | 62,5 | 27,3 | 35,2 | CH | 1,82 | 1,84 |
| 3 | 32 | 18,00 | 16,65 | 36 | 16 | 20 | CL | 2 | 1,78 |
| 3 | 21 | 11,81 | 20,84 | 44 | 22 | 22 | CL | 2 | 2,3 |
| 3 | 23 | 12,94 | 25,27 | 66 | 28 | 38 | CH | 1,98 | 1,11 |
| 3 | 22 | 12,38 | 17,66 | 43 | 21 | 22 | CL | 2,02 | 1,38 |
| 3 | 18 | 10,13 | 19,94 | 41 | 21 | 21 | CL | 1,99 | 1,97 |
| 7,5 | 32 | 22,80 | 24,3 | 35,7 | 19 | 16,7 | CL | 1,66 | 0,99 |
| 4,5 | 17 | 10,84 | 19,29 | 25,9 | 14,2 | 11,7 | CL | 2,13 | 2,15 |
| 3 | 8 | 4,50 | 16,16 | 23 | 13,2 | 9,8 | CL | 2,12 | 2,16 |
| 3 | 9 | 5,06 | 17,75 | 24,6 | 12,9 | 11,6 | CL | 2,13 | 2,11 |
| 4,5 | 25 | 15,94 | 17,1 | 43,7 | 24 | 19,7 | CL | 1,75 | 1,23 |
| 4,5 | 11 | 7,01 | 20,3 | 42,7 | 28,8 | 23,9 | CL | 1,85 | 1,11 |
| 4,5 | 12 | 7,65 | 23,8 | 34,3 | 18 | 16,3 | CL | 1,76 | 1,3 |
| 4,5 | 13 | 8,29 | 20,3 | 47,3 | 25 | 22,3 | CL | 1,88 | 1,27 |
| 4,5 | 13 | 8,29 | 22,6 | 47,9 | 24,4 | 23,5 | CL | 1,92 | 1,2 |
| 3 | 20 | 11,25 | 20,95 | 40,72 | 19,82 | 20,9 | CL | 1,86 | 1,37 |
| 1,5 | 11 | 6,19 | 20,65 | 38,22 | 19,29 | 18,93 | CL | 1,85 | 1,31 |
| 3 | 17 | 9,56 | 21,24 | 40,02 | 18,91 | 21,11 | CL | 1,86 | 1,45 |
| 1,5 | 23 | 12,94 | 20,22 | 38,11 | 18,91 | 19,2 | CL | 1,86 | 1,5 |
| 1,5 | 24 | 13,50 | 21,65 | 39 | 18,75 | 20,25 | CL | 1,87 | 1,5 |
| 3 | 13 | 7,31 | 20,55 | 36,81 | 18,32 | 18,49 | CL | 1,88 | 1,4 |
| 7,5 | 38 | 27,08 | 15,5 | 44 | 21 | 23 | CL | 1,96 | 2,27 |
| 3 | 5 | 2,81 | 23,8 | 44,6 | 23,9 | 20,7 | CL | 1,76 | 1,18 |
| 4,5 | 14 | 8,93 | 24,83 | 31,79 | 14,14 | 17,65 | CL | 2,01 | 0,71 |
| 3 | 7 | 3,94 | 20,1 | 37,1 | 19,5 | 17,1 | CL | 1,53 | 1,3 |
| 3 | 8 | 4,50 | 25,8 | 35,4 | 17,2 | 18,2 | CL | 2,03 | 1,18 |
| 7,5 | 12 | 8,55 | 20,3 | 42,5 | 19,8 | 22,7 | CL | 1,74 | 1,25 |
| 3 | 9 | 5,06 | 22,6 | 41,4 | 21,9 | 19,5 | CL | 1,76 | 1,4 |
| 3 | 12 | 6,75 | 27,9 | 45,7 | 26,4 | 19,3 | CL | 1,81 | 1,21 |
| 3 | 13 | 7,31 | 30,9 | 34,6 | 21,1 | 13,5 | CL | 1,87 | 1,2 |
| 3 | 8 | 4,50 | 28,1 | 37 | 20 | 17 | CL | 1,78 | 1,22 |
| 3 | 13 | 7,31 | 29,7 | 48,7 | 26,6 | 22,1 | CL | 1,8 | 1,3 |
| 3 | 10 | 5,63 | 20,2 | 35,8 | 19 | 16,8 | CL | 1,86 | 1,9 |
| 3 | 12 | 6,75 | 25,3 | 35,8 | 19 | 16,8 | CL | 1,86 | 1,9 |
| 4,5 | 8 | 5,10 | 16,8 | 39 | 18 | 21 | CL | 1,99 | 2,3 |
| 3 | 16 | 9,00 | 20,3 | 39,7 | 18,3 | 21,4 | CL | 1,73 | 1,3 |
| 3 | 15 | 8,44 | 22,4 | 43,2 | 19 | 24,2 | CL | 1,82 | 1,08 |
| 3 | 16 | 9,00 | 19,7 | 40 | 21 | 19 | CL | 1,75 | 1,4 |
| 4,5 | 15 | 9,56 | 18,5 | 30 | 20 | 10 | CL | 1,77 | 1,16 |
| 3 | 21 | 11,81 | 27,67 | 36 | 21,3 | 14,7 | CL | 1,91 | 1,56 |
| 4,5 | 14 | 8,93 | 20,67 | 38 | 19 | 19 | CL | 1,85 | 1,48 |
| 3 | 29 | 16,31 | 21,3 | 36 | 21,3 | 14,7 | CH | 1,93 | 2,1 |

KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER

Karadeniz M., Utkan M., A New Approach to Standart Penetration Test Correlation For Kocaeli/Turkey , *International Conference on Civil, Environmental and Medical Engineering (ICEME)*, New York, USA , 4 June 2015.

ÖZGEÇMİŞ

1986 yılında Trabzon Of'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Kocaeli'de tamamladı. 2004 yılında girdiği Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümünden 2010 yılında İnşaat Mühendisi olarak mezun oldu. 2012 yılından itibaren Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Eğitimini sürdürmektedir. 2012 yılından bu yana Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesinde Araştırma Görevlisi olarak görev yapmaktadır.