KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

STANDART PENETRASYON TESTİ KORELASYONUNA YENİ BİR YAKLAŞIM

SİBEL ÖZTÜRK

KOCAELİ 2015

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

STANDART PENETRASYON TESTİ KORELASYONUNA YENİ BİR YAKLAŞIM

SİBEL ÖZTÜRK

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 TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasında geoteknik incelemelerde oldukça yaygın bir şekilde kullanılan Standart Penetrasyon Deneyi (SPT)' nden elde edilen veriler ile zeminlerin dinamik özellikleri arasındaki ilişkiler araştırılmış ve yeni korelasyonlar önerilmiştir.

Tez çalışmalarım süresince görüş ve önerilerinden yaralandığım, birlikte çalışmaktan onur duyduğum Sayın Yrd. Doç. Dr. Utkan Mutman hocama, lisansüstü eğitimim boyunca fikirleri ve görüşleri ile desteğini esirgemeyen Sayın Doç. Dr. Berna Unutmaz hocama ve tüm hayatım boyunca destek ve sevgileriyle yanımda olan aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Haziran – 2015 Sibel ÖZTÜRK

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR i
İÇİNDEKİLER ii
ŞEKİLLER DİZİNİ iv
TABLOLAR DİZİNİ vi
SİMGELER DİZİNİ VE KISALTMALAR vii
ÖZET ix
ABSTRACT x
GİRİŞ 1
1. STANDART PENETRASYON DENEYİ (SPT) 3
1.1. SPT Deneyinin Amacı 4
1.2. SPT Deneyinin Avantajları 5
1.3. SPT Deneyinin Dezavantajları 5
1.4. Standart Penetrasyon Deneyinde Kullanılan Ekipmanlar 6
1.4.1. Sondaj makinesi 6
1.4.2. Standart penetrasyon borusu ve çarıklar 7
1.4.3. Şahmerdanlar 8
1.4.4. Tijler 10
1.4.5. Boyuna yarık tüp 10
1.4.6. Sürme pabucu 11
1.5. Standart Penetrasyon Deneyinin Yapılışı 11
1.6. SPT-N Değerini Etkileyen Faktörler 15
1.7. SPT-N Değerine İlişkin Düzeltmeler 17
1.7.1. Deney ekipmanına bağlı düzeltmeler 18
1.7.1.1. Derinlik düzeltme faktörü (C_N) 18
1.7.1.2. Şahmerdan verimi (E_m) 19
1.7.1.3. Tij uzunluğu düzeltme faktörü (C_R) 20
1.7.1.4. Sondaj çapı düzeltme faktörü (C_B) 21
1.7.1.5. Kılıf düzeltme faktörü (C_S) 21
1.7.2. Örtü yükü düzeltmesi 22
1.7.3. Siltli kum / ince kum düzeltmesi 23
1.8. SPT Zemin Parametreleri Korelasyonları 23
2. SPT KORELASYONLARI İLE İLGİLİ YAPILMIŞ ÇALIŞMALAR 25
2.1. SPT-N ile Bağıl Yoğunluk (Dr) İlişkisi 25
2.2. SPT-N ile Efektif Kayma Mukavemeti Açısı ($\emptyset'$) İlişkisi 29
2.3. SPT-N ile Deformasyon Modülü (E_s) İlişkisi 36
2.4. SPT-N ile Serbest Basınç Mukavemeti (q_u) İlişkisi 40
2.5. SPT-N ile Drenajsız Kayma Mukavemeti (C_u) İlişkisi 41
2.6. SPT-N ile Odometrik Deformasyon Modülü (M) İlişkisi 47
2.7. SPT-N ile Drenajsız Deformasyon Modülü (E_u) İlişkisi 48
2.8. Yüzeysel Temellerde SPT-N ile Taşıma Gücü İlişkisi 50
2.9. Derin Temellerde SPT-N ile Taşıma Gücü İlişkisi 50
2.10. SPT-N ile Kayma Dalgası Hızı İlişkisi 51
2.11. SPT-N ile İçsel Sürtünme Açısı (Ø) İlişkisi 53

3. LABORATUVAR DENEYLERİ....56
3.1. Atterberg (Kıvam) Limitleri....56
3.1.1. Doğal su muhtevası....56
3.1.2. Likit limit....57
3.1.3. Plastik limit....58
3.2. Üç Eksenli Basınç Deneyi (UU)....59
3.3. Serbest Basınç Deneyi (UC)....61
4. REGRESYON VE KORELASYON ANALİZLERİ....63
5. KARABÜK İLİNDE YAPILAN SPT-N İLE ZEMİN PARAMETRELERİ KORELASYONLARI....64
5.1. SPT-N ile Kohezyon (c) Arasındaki İlişkiler....65
5.2. Standart Penetrasyon Deneyi (SPT) Değerlendirmeleri....70
5.2.1. SPT-N ile serbest basınç deneyinden elde edilen kohezyon (c) ilişkisi....70
5.2.2. SPT-N ile konsolidasyonsuz drenajsız üç eksenli basınç deneyinden elde edilen kohezyon (c) ilişkisi....76
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER....83
KAYNAKLAR....85
EKLER....88
KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER....121
ÖZGEÇMİŞ....122

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Sondaj makinesi 7
Şekil 1.2. SPT boruları 7
Şekil 1.3. Otomatik tip şahmerdan 9
Şekil 1.4. Safety ve Donut tipi şahmerdan 9
Şekil 1.5. Boyuna yarık tüpün boyutları 11
Şekil 1.6. SPT deney şeması ve SPT kaşığı 12
Şekil 1.7. Tijin işaretlenmesi ve şahmerdanın yerleştirilmesi 13
Şekil 1.8. Şahmerdanın düşürülmesi 13
Şekil 1.9. Numunelerin alınması 14
Şekil 1.10. Numunelerin poşetlenip, parafinlenerek etiketlenmesi 15
Şekil 1.11. C_N'nin σv' değerine göre değişimi 22
Şekil 2.1. SPT-N - D_r – σv0' ilişkisi 26
Şekil 2.2. D_r – e ilişkisi 27
Şekil 2.3. Bazaraa (1967) ve Holtz&Gibbs (1979) korelasyonlarının karşılaştırılması 28
Şekil 2.4. SPT-N ile içsel sürtünme açısı arasındaki bağıntıların grafiği….. 30
Şekil 2.5. σv0'- SPT-N_{60} - Ø′ ilişkisi 31
Şekil 2.6. σv0'- SPT-N_{60} - Ø′ ilişkisi 32
Şekil 2.7. D_r - Ø' ilişkisi 33
Şekil 2.8. SPT-$(N_1)_{60}$ - Ø′ - OCR ilişkisi 34
Şekil 2.9. SPT-$(N_1)_{60}$ - Ø' ilişkisi 35
Şekil 2.10. SPT-N – E_s – σv0′ ilişkisi 36
Şekil 2.11. E_s - SPT-N – (q_{net}/q_{ult}) ilişkisi 37
Şekil 2.12. SPT-N değerleri ile elastisite modülü arasındaki bağıntılar 39
Şekil 2.13. SPT-N – c_u ilişkisi 43
Şekil 2.14. SPT-N – c_u ilişkisi 44
Şekil 2.15. SPT-N_{60} - c_u - PI ilişkisi 45
Şekil 2.16. f_1 ile PI arasındaki ilişki 46
Şekil 2.17. SPT-N_{60} - m_v - PI ilişkisi 48
Şekil 2.18. PI ile E_u /N arasındaki ilişki 49
Şekil 2.19. SPT-N değerleri ile içsel sürtünme açısı arasındaki bağıntıların grafiği….. 55
Şekil 3.1. Doğal su muhtevası ekipmanları (etüv ve terazi) 56
Şekil 3.2. Likit limit deney seti 58
Şekil 3.3. Plastik limit deney seti 59
Şekil 3.4. Üç eksenli basınç deney aleti 60
Şekil 3.5. Üç eksenli basınç deneyi kayma gerilmesi-düşey basınç 61
Şekil 3.6. Tek eksenli basınç deney aleti 62
Şekil 3.7. Tek eksenli basınç deneyi kayma gerilmesi-düşey basınç 62
Şekil 5.1. SPT-N_a- SPT-N_{60} ile c arasındaki ilişki 67
Şekil 5.2. SPT-N & c ilişkisi 69
Şekil 5.3. Hesaplanan ve ölçülen kohezyon arasındaki ilişki 70

Şekil 5.4. Sanglerat (1972)'a göre SPT-N_{60} & c ilişkisi....72
Şekil 5.5. Terzaghi&Peck (1967)'a göre SPT-N_{60} & c ilişkisi....73
Şekil 5.6. Sowers (1979)'a göre SPT-N_{60} & c ilişkisi....73
Şekil 5.7. Nixon (1982)'a göre SPT-N_{60} & c ilişkisi....74
Şekil 5.8. Kulhawy&Mayne (1990)'e göre SPT-N_{60} & c ilişkisi....74
Şekil 5.9. İyisan&Ansal (1990)'a göre SPT-N_{60} & c ilişkisi....75
Şekil 5.10. Sivrikaya&Toğrol (2002)'a göre SPT-N_{60} & c ilişkisi....75
Şekil 5.11. Tschebotarioff (1973)'e göre SPT-N_{60} & c ilişkisi....78
Şekil 5.12. Parcher ve Means (1968)'e göre SPT-N_{60} & c ilişkisi....79
Şekil 5.13. Terzaghi ve Peck (1967)'e göre SPT-N_{60} & c ilişkisi....79
Şekil 5.14. İyisan ve Ansal (1990)'a göre SPT-N_{60} & c ilişkisi....80
Şekil 5.15. Sivrikaya ve Toğrol (2007)'a göre SPT-N_{60} & c ilişkisi....80
Şekil 5.16. Nassaji ve Kalantari (2011)'a göre SPT-N_{60} & c ilişkisi....81

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 1.1. Enerji oranları 20
Tablo 1.2. Tij uzunluğu düzeltme faktörü 20
Tablo 1.3. Sondaj çapı düzeltme faktörü 21
Tablo 1.4. Kılıf düzeltme faktörü 22
Tablo 2.1. SPT-N– D_r ilişkisi 26
Tablo 2.2. SPT-$(N_1)_{70}$ - D_r - Ø' - γs ilişkisi 34
Tablo 2.3. SPT-N_{55} – E_s bağıntıları 38
Tablo 2.4. SPT-N – E_s bağıntıları 38
Tablo 2.5. SPT-N – E_s arasındaki eşitlikler 39
Tablo 2.6. q_u ile N_{60}* arasındaki ilişkiler 40
Tablo 2.7. SPT-N' e göre killi zeminlerin kıvamı ve q_u arasındaki ilişkiler 40
Tablo 2.8. q_u ile SPT-N ve N_{60} arasındaki ilişkiler 41
Tablo 2.9. SPT-N – c_u ilişkisi 42
Tablo 2.10. SPT-N – c_u ilişkisi 42
Tablo 2.11. SPT-N ve N_{60} ile C_u arasındaki ilişkiler 47
Tablo 2.12. Değişik zemin türleri için önerilen β' faktörleri 49
Tablo 2.13. SPT-N değerleri ile içsel sürtünme açısı arasındaki bağıntılar 54
Tablo 5.1. Çalışmada kullanılan verilerin bir kısmı 66
Tablo 5.2. Analiz için kullanılan numunelerin zemin sınıfı 68
Tablo 5.3. Çalışmada kullanılan verilerin bir kısmı 71
Tablo 5.4. SPT-N ile c arasındaki ilişkiler (serbest basınç deneyi) 72
Tablo 5.5. Analiz sonucunda elde edilen kohezyon değerlerinin bir kısmı 76
Tablo 5.6. Çalışmada kullanılan verilerin bir kısmı 77
Tablo 5.7. SPT-N ile c arasındaki ilişkiler (üç eksenli basınç deneyi) 78
Tablo 5.8. Analiz sonucunda elde edilen kohezyon değerlerinin bir kısmı 82

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

B : Temel genişliği, (m)
c : Kohezyon, (kPa)
C_B : Sondaj kuyusunun çapına göre düzeltme katsayısı
C_N : Derinlik düzeltmesi
C_S : Numune alıcısının durumuna göre düzeltme katsayısı
C_R : Tij uzunluğuna göre düzeltme katsayısı
C_u : Drenajsız kayma mukavemeti
D : Temel derinliği, (m)
D_r : Bağıl yoğunluk
E_m : Şahmerdan verimi
E_R : Enerji oranı
E_s : Deformasyon modülü, (kPa)
E_u : Drenajsız deformasyon modülü
M : Odometrik deformasyon modülü
m_v : Hacimsel sıkışma katsayısı
N : Darbe sayısı
N_{60} : Tokmak enerjisinin % 60'ına göre düzeltilmiş vuruş sayısı
N_{60}^{*} : Doğal su muhtevası ve plastisite indisi ile düzeltilmiş N_{60} değeri
p_a : Atmosferik basınç, (kN/m^2)
q_{net} : Zeminin nihai taşıma gücü, (kPa)
q_u : Serbest basınç mukavemeti, (kPa)
q_a : Taşıma gücü, (kPa)
q_b : Düşey kazıklarda net uç direnci, (kPa)
q_s : Düşey kazıklarda sürtünme direnci, (kPa)
R : Korelasyon katsayısı
V_s : Kayma dalgası hızı, (m/sn)
w_n : Doğal su muhtevası
$\sigma_v^{'}$: Düşey efektif gerilme, (kPa)
$\sigma_{v0}^{'}$: Efektif örtü yükü, (kPa)
$ø'$: Efektif kayma mukavemeti açısı, (derece)
$ø$: İçsel sürtünme açısı, (derece)
ν : Poisson oranı
τ : Kayma mukavemeti, (kPa)
σ : Toplam basınç, (kPa)

Kısaltmalar

CH : High Plasticity Clay, (Yüksek Plastisiteli Kil)
CL : Low Plasticity Clay, (Düşük Plastisiteli Kil)
FHWA : Federal Highway Administration, (Federal Karayolu İdaresi)
GC : Clayey Gravel, (Killi Çakıl)

GM	: Silty Gravel, (Siltli Çakıl)
GP	: Poorly Graded Gravel, (Kötü Derecelenmiş Çakıl)
GW	: Well Graded Gravel, (İyi Derecelenmiş Çakıl)
LL	: Likit Limit
OCR	: Over Consolidation Ratio, (Aşırı Konsolidasyon Oranı)
PI	: Plastisite İndisi
PL	: Plastik Limit
SC	: Clayey Sand, (Killi Kum)
SM	: Silty Sand, (Siltli Kum)
SP	: Poorly Graded Sand, (Kötü Derecelenmiş Kum)
SPT	: Standart Penetration Test, (Standart Penetrasyon Deneyi)
SW	: Well Graded Sand, (İyi Derecelenmiş Kum)
UC	: Unconfined Compression Test, (Serbest Basınç Deneyi)
UU	: Unconsolidated Undrained Triaxial Test, (Konsolidasyonsuz Drenajsız Üç Eksenli Basınç Deneyi)

STANDART PENETRASYON TESTİ KORELASYONUNA YENİ BİR YAKLAŞIM

ÖZET

Geoteknik incelemelerde, Standart Penetrasyon Deneyi oldukça yaygın bir şekilde kullanılan arazi deneylerinin başında gelmektedir. Ülkemizde de Standart Penetrasyon Deneyi, hemen hemen her zemin inceleme programının ana parçalarından birini oluşturmaktadır. Ayrıca zemin incelemelerinde belirlenmesi gereken parametreler bazen çeşitli sebeplerden dolayı elde edilememektedir. Bu durumda da Standart Penetrasyon Deneyinden korelasyonlarla bu zemin parametreleri elde edilmektedir. Günümüze kadar birçok araştırmacı Standart Penetrasyon Deneyi korelasyonlarını yapmışlardır. Fakat çalıştıkları bölgeler farklı olduğu için her korelasyon farklı sonuç vermektedir.

Bu çalışmada Türkiye'nin Batı Karadeniz Bölümü'nde yer alan Karabük İlinde yapılan zemin incelemelerinde yapılan Standart Penetrasyon Deneyi ile laboratuar deneyleri sonucu elde edilen değerler arasında korelasyon yapılmıştır.
Bu çalışmanın ilk aşamasında Karabük / Türkiye yapılan zemin incelemelerindeki arazi çalışmaları incelenmiştir. Sondajlardan alınan örselenmiş ve örselenmemiş numuneler üzerinde zemin mekaniği deneyleri sonucunda elde edilen parametreler bir araya toplanmıştır. Bu parametreler; likit limit, plastik limit, sıkışma indeksi, kohezyon ve içsel sürtünme açısıdır. Her sondaj kuyusunda yapılan Standart Penetrasyon Deneyi sonucunda elde edilen SPT-N değeri ile bu zemin parametreleri eşleştirilmiştir.

Çalışmanın ikinci aşamasında belirlenen parametreler arasında regresyon analizi yapılarak Standart Penetrasyon Deneyi ile zemin parametreleri arasında korelasyonlar elde edilmiştir. Bu şekilde Karabük / Türkiye için özel Standart Penetrasyon Deneyi koralasyonları elde edilmiştir. Bu şekilde elde edilemeyen zemin parametreleri Standart Penetrasyon Deneyi sonucunda daha doğru bir şekilde belirlenmektedir.

Anahtar kelimeler: Korelasyon, Standart Penetrasyon Testi, Zemin Kayma Mukavemeti Parametreleri.

A NEW APPROACH TO CORRELATION OF STANDART PENETRATION TEST

ABSTRACT

In Geotechnical research, the Standart Penetration Test is one of the very widely used field tests. Standard Penetration Test constitutes one of the main parts of almost every ground investigation program in our country, too. In addition, the parameters to be determined in the ground examination sometimes can not be obtained due to various reasons. In this case, from the correlations of Standard Penetration Tests, soil parameters are obtained. Up to the present day, many researchers have done Standard Penetration Test correlations. However; because they work in different areas, each correlation gives different results.

In this study, the correlation was made between the values obtained from the Standard Penetration Test made in soil examinations which were done in Karabük (Turkey's western Black Sea part) and laboratory tests.
In the first stage of this study, the fieldwork done in the ground examinations in Karabük / Turkey has been analysed. The parameters obtained as a result of soil mechanics tests on disturbed and undisturbed samples taken from drills huddled together. These parameters are liquid limit, plastic limit, compression index, cohesion and internal friction angle. The SPT-N value obtained as a result of Standard Penetration Test done on each borehole and these soil parameters were matched.

In the second stage of this study, by performing regression analysis between determined parameters, correlations were obtained between Standard Penetration Test and soil parameters. In this way, special Standard Penetration Test correlations for Karabük / Turkey were obtained. Soil parameters which couln't be obtained in this way are determined more accurately by Standard Penetration Test results.

Keywords: Correlation, Soil Shear Strength Parameters, Standart Penetration Test.

GİRİŞ

İnşaat mühendisliğinde depreme dayanıklı bina tasarımının en önemli unsurlarından biri yapı zemin ilişkisidir. Bu ilişkiyi doğru analiz edebilmek için zemin parametrelerinin yeterli derinliğe kadar bilinmesi gerekir. Mühendislik yapılarının projelendirilmesinde önem arz eden zemin parametrelerin belirlenmesi amacıyla çalışma alanı ve yakın çevresinde sondaj, deney ve laboratuar analizleri ile incelemeler yapılır. Bu çalışmalar sonucunda zemin ve temel etüd raporları oluşturulur.

Zemin etüt raporlarında en yaygın olarak kullanılan deneylerden birisi Standart Penetrasyon Deneyidir. Deney esas olarak ayrık, iri daneli zeminlerden örselenmemiş numune alma zorluğu nedeni ile bu tür zeminlerin yerleşim sıkılığının yerinde belirlenmesi amacı ile ortaya atılmış olup, 1920'lerden beri kullanılmaktadır, 1930'larda ise standart hale gelmiştir. Türkiye'de de hem yapımının kolaylığı hem de ekonomik olmasından kaynaklanan ve sonuçlarının yorumlanması diğer deneylere göre daha kolay olan bu deney oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır. Deney ince taneli zeminlerin kıvam ve mukavemet özelliklerinin tahmininde, iri taneli zeminlerde göreceli sıkılığın derecesinin belirlenmesinde kullanılır. Özellikle sondajla alınacak numunelerin uygun kalitelerde olmaması durumunda zemin parametrelerinin belirlenebilmesi için çok uygun bir deney olmaktadır. SPT deneyi genel olarak; zeminin mekanik ve mukavemet özelliklerinin tahmininde, ayrık daneli, kum, çakıl zeminler için, ince daneli zeminlere göre daha güvenilir sonuçlar verir (Toğrol ve Tan, 2003).

Standart penetrasyon deneyinin ilk uygulandığı yıllardan itibaren zemin parametreleri ile SPT dirençleri arasında korelasyonlar oluşturulmaya çalışılmış ve bu doğrultuda günümüz literatüründe çok sayıda ampirik bağıntı önerilmiştir. Diğer taraftan önerilen korelasyonlar genellikle belli bir coğrafyada yer alan zeminler için türetilmiştir. Farklı bölgelerde bu korelasyonların kullanılması durumunda bölgesel farklılıkların etkisi olabileceği dikkate alınmalıdır.

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 yapılması gerekir (A.Orhan Erol ve Zeynep Çekinmez, 2014).

Bu çalışmada, standart penetrasyon testi korelasyonuna yeni bir yaklaşım getirilmesi amaçlanmıştır. Çalışma bölgesi olarak Karabük ili seçilmiştir. Bölgenin coğrafi özellikleri, jeolojik ve geoteknik özellikleriyle birlikte bölgede yapılan arazi çalışmaları ve bu çalışmalar sonucunda oluşturulan zemin etüd raporları detaylı bir şekilde incelenmiştir. Sondajlardan alınan örselenmiş ve örselenmemiş numuneler üzerinde zemin mekaniği deneyleri sonucunda elde edilen likit limit, plastik limit, plastisite indeksi, sıkışma indeksi, doğal birim hacim ağırlık, kuru birim hacim ağırlık, kohezyon ve içsel sürtünme açısı gibi parametreler Excel programında bir araya toplanmıştır. Her sondaj kuyusunda yapılan Standart Penetrasyon Deneyi sonucunda elde edilen SPT-N değeri ile bu zemin parametreleri eşleştirilmiştir.

Çalışmanın ikinci aşamasında belirlenen parametreler arasında regresyon analizi yapılarak Standart Penetrasyon Deneyi ile zemin parametreleri arasında korelasyonlar elde edilmiştir. Bu şekilde Karabük ili için özel Standart Penetrasyon Deneyi koralasyonları elde edilmiştir.

Çalışmanın sonuç bölümünde ise elde edilen tüm korelasyonların geçmiş yıllarda yapılmış diğer bağıntılarla karşılaştırılması ve geoteknik mühendisliği açısından yorumlanması yapılmıştır.

1. STANDART PENETRASYON DENEYİ (SPT)

Standart Penetrasyon Deneyi (SPT), zemin mukavemet ve yoğunluğunu değerlendirmek, aynı zamanda örselenmiş örnek almak amacıyla sondaj kuyusu içinde (in-situ) yapılan bir dinamik kesme deneyidir (Toğrol ve Sivrikaya, 2003).

Standart Penetrasyon Deneyi (SPT), zemin incelemelerinde en sık kullanılan ve en eski arazi deneylerinden biridir. SPT oldukça kapsamlı şekilde Kuzey ve Güney Amerika, Büyük Britanya ve Japonya'da kullanılmaktadır. Kuzey Amerika'da SPT zemin incelemelerinin anahtar taşı olmuş ve olmaya da devam etmektedir (Horn, 1979). Mori (1979)'a göre Japonya'da ön inceleme aşamasında sondajların % 90' dan fazlası SPT ile birlikte yapılmaktadır. Bu deney Türkiye'de ve birçok ülkede en fazla tercih edilen deneydir. Türkiye'de SPT hemen hemen her zemin inceleme programının ana kısımlarından biri olarak karşımıza çıkmaktadır.

Standart Penetrasyon Deneyi (SPT) standart bir numune alıcının, dinamik olarak 76 cm yükseklikten 63,5 kg ağırlığındaki bir tokmağın düşürülerek standart bir numune alıcının zemine 45 cm sokulması şeklinde uygulanır. Numune alıcının iç çapı 3,5 cm ve dış çapı 5 cm olup uzunluğu 81 cm'dir. Numune kaşığının zemine son 30 cm'lik girmesine karşı gelen toplam darbe sayısı, zeminin penetrasyon direnci (SPT-N) olarak tarif edilir. Bu deney, yumuşak killer ve gevşek kumlardan çok sert killer ve sıkı kumlara kadar çeşitli zemin türlerinde uygulanabilmektedir (Sağlamer, 1979).

İlk defa 1927 yılında ABD'de Raymond Concrete Piling firması tarafından kullanılan ve çapı 60-100 mm arasında değişen sondaj kuyularında uygulanabilen SPT, dikkatli yapıldığı takdirde zeminin fiziksel ve mekanik özellikleri hakkında faydalı ampirik bilgiler sağlamaktadır. Standart penetrasyon deneyi ABD'de yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.

Nispeten basit ve ucuz olan bu deney, özellikle kohezyonsuz zeminlerde zeminin bazı niteliklerini (izafi yoğunluk) tanımlamak için geliştirilmiş olup, yumuşak killerden zayıf kayalara kadar değişik malzemelerde farklı amaçlar için uygulanabilmektedir. Ancak kili zeminlerin, deneyde belirlenen dinamik özelliklerine ilişkin sonuçlar pek güvenilir olmadığından, yalnızca nitel bir yol gösterici olarak işlev görmektedir. Bu nedenle testin kohezyonlu zeminlerde kullanılması tavsiye edilmemektedir (Lee vd.,1983).

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

SPT için bilinen en iyi standartların Büyük Biritanya BS 1377 ve Kuzey Amerika ASTM D1586 standartları olduğu bilinir. Örneğin Avustralya, Brezilya, Danimarka, Japonya, Hindistan ve İsveç'te deney standartlaştırılmış olup, bu uluslar arası standartlara uygun bir şekilde yapılmaktadır. Ayrıca ülkemizde de bu deney için TS-5744'e uyulması gerekmektedir.

1.1. SPT Deneyinin 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; kumların içsel sürtünme açısı (Ø), kumların elastisite modülü (E_s), killerin drenajsız kesme mukavemeti (C_u), killerin hacimsel sıkışma indisi (m_v) parametrelerinin de dolaylı olarak tahmin edilebilmesi,
- Zeminlerin indeks özelliklerini belirlemeye yönelik laboratuar deneyleri için örselenmiş örnek almak, olarak sayabiliriz.

1.2. SPT Deneyinin Avantajları

- Deney ekipmanı basit, dayanıklı ve yaygın olarak bilinir.
- En geniş uygulama tarihine ve verisine sahiptir. Uluslar arası düzeyde en yaygın olarak kullanılan arazi deneyidir.
- Hem penetrasyon direnci ölçülüp hem de örnek alınarak, bunun sağlanabileceği diğer deneylerden 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 uygulanabilirdir.
- YASS altında ve üstünde uygulanabilir.
- 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.
- Ülkemizde çoğu sondaj firmaları tarafından yapılabilir olması, başlıca avantajları arasında sayılabilir.

1.3. SPT Deneyinin Dezavantajları

- Çakıllı, molozlu, bloklu zeminlerde uygulanamaması,
- Alınan numunelerin örselenmiş olması ve sadece tanımlama deneylerinde kullanılabilmesi,
- Killerde, efektif gerilme düzeltilmesinin oldukça güvenilmez olması,
- Zemin direncinin derinlik boyunca değişiminin sürekli olarak gözlenememesinden dolayı nispeten sıkı tabakalar arasında bulunan ince, zayıf tabakaların atlanabilmesi,
- Zemin sınıflaması laboratuar destekli yapılmadığı taktirde yanlış değerlendirilebilmesi,

- Standart ve nitelikli ekipman kullanılmadığı zaman hatalı sonuçlar verebilmesi,
- Yeterli deneyimi olmayan personel tarafından uygulandığında yanıltıcı sonuçlar alınabilmesi,
- Sondaj firmalarına göre değişiklik göstermesi,
- Prosedürün detaylarına bağlı kalınmaması,
- Yaygın kullanımı ve basit prosedürüne rağmen SPT deney sonuçlarının, numune alımı, sondaj, ekipman ve operatör karakteristiklerinden büyük ölçüde etkilenmesi olarak sayabiliriz.

1.4. Standart Penetrasyon Deneyinde Kullanılan Ekipmanlar

1.4.1. Sondaj makinesi

Sondaj makinesi kısaca, bir kızağa veya kamyona monteli basit yapılı sondaj donanımı olarak tanımlanabilir. En az 120 mm. çapında, 200 m derinlik kapasiteli, her eğim ve doğrultuda, her türlü jeolojik formasyonda sondaj çukuru açabilecek, hidrolik baskı sistemine sahip jeoteknik amaçlı makinelerdir. Sondaj makinesi, kuyu dikliğini sağlamak amacıyla sondajın yapılacağı yerde hazırlanan düzgün bir yüzey üzerine, sondaj sırasında çökmeyecek biçimde yerleştirilir. Düzlüğü sağlamak için su terazisi kullanılmalıdır. Büyük sondaj donanımlarında ayrı ayrı makinelerle yürütülen işlevler sondaj makinelerinde birleştirilmiş ve bir makine tarafından yapılma olanağı getirilmiştir. Genellikle sığ sondajların açımında kullanılırlar.

- Rotari sondaj: SPT' nin ilk yapıldığı yıllardaki veriler, temiz su ile yapılan rotari sondajdan elde edilen SPT-N değerinin, sondaj çamuru kullanılandan çok düşük olduğunu göstermektedir. Gevsek doygun kumlarda sondaj yapmak için en iyi yol bentonit veya polimerle artırılan sondaj suyu ve fışkırtma ile oluşacak örselenmeyi önleyecek sondaj uçları kullanmaktır. Sulu rotari metodu, doygun kumlarda SPT-N değerini belirleme için düşünülen en iyi yöntemdir (Farrar, 1999).
- Burgu sondajı: Bu yöntem, suya doygun gevsek kumlarda başarılı bir şekilde kullanılabilmektedir. İçi bos burgular kullanılırken ana problem, burguların kumu gevşetip kabartmasıdır



Şekil 1.1. Sondaj makinesi

1.4.2. Standart penetrasyon borusu ve çarıklar

Deneyde kullanılacak Standart Penetrasyon borusunun; dış çapı 51 mm, iç çapı 35 mm, uzunluğu ise 45,7 cm olmalıdır. SPT borusu boyuna ortadan iki eşit parçaya ayrılabilmekte ve parçalar birleştirildiğinde tüp şeklini almaktadır. Semplerin üst kısmında 42 mm lik tije bağlantı sağlayan redüksiyonlu başlık, alt ucunda ise 7 cm boyunda ağzı yarım konik, kenarları kesici çarık bulunmaktadır. SPT borusuna çarık ve başlık eklendiğinde deney aparatının boyu 60,5 cm olmaktadır.



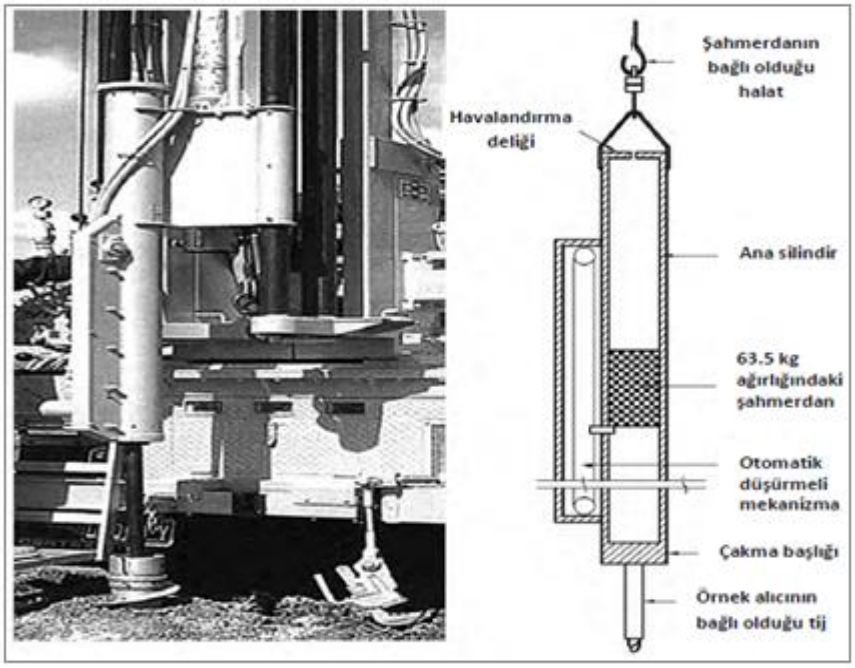
Şekil 1.2. SPT boruları

1.4.3. Şahmerdanlar

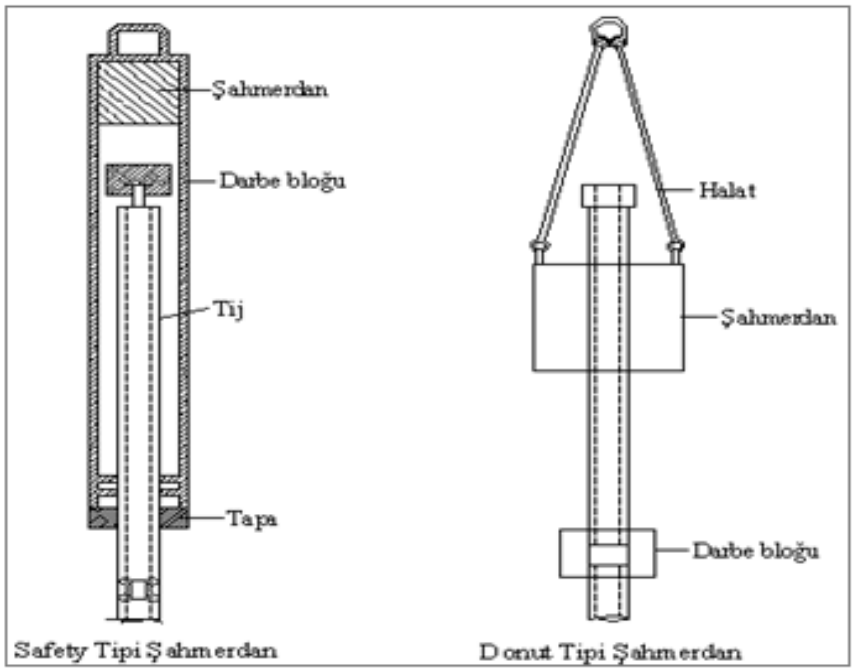
SPT deneyinde çakma ekipmanı olarak 3 çeşit şahmerdan kullanılmaktadır.

- Otomatik düşürmeli şahmerdan: Şekil 1.3'de gösterilen otomatik düşürmeli şahmerdanlar, operatör hatasına izin vermeyen, her düşüşte tijlere iletilen enerjide sapmanın en az olduğu, dolayısıyla da en sağlıklı şahmerdan türüdür. Clayton (1990)'a göre otomatik düşürmeli şahmerdanlarla, başlangıçtaki enerjinin ortalama %73'ü zemine aktarılabilmekte ve standart sapma %2,8 civarında olmaktadır. Otomatik düşürmeli şahmerdanlar, İngiltere'de standart olarak kullanılan bir mekanizma olup, Japonya, Amerika ve İsrail'de de yaygın olarak kullanılmaktadır (Clayton vd., 1990).
- Halka (Donut) tipi şahmerdan**:** Halka tokmaklar genelde tercih edilmemektedir, ancak özel durumlarda kullanılmak zorunda kalınabilir. Eğer yapılan deney verisi sıvılaşma analizinde kullanılacaksa kullanılan halka tokmağın enerjisinin ölçülmesi gerekmektedir. Açık bir sistemden oluşur. Sondaj gövdesine yaklaşık % 45 serbest düşme enerjisi sağlar. Enerji aktarımı yüksek düzeyde değişkendir. Bu yöntemde kişisel hata payı yüksektir.
- Güvenlik (Safety Hammer) tipi şahmerdan**:** Bu tür tokmaklar, SPT' nin yapılmasında ekonomik ve güvenlidir. Kapalı çakma baslığı, küçük metal parçalarının fırlamasından ve operatörün çakma yüzeyine ellerinin gelmesinden doğacak tehlikeyi ortadan kaldırır. Güvenli tokmakta, deney kurallara uygun ve sürekli olarak yönetildiği sürece doğal geometrisinden dolayı enerji aktarımı yalnızca yaklaşık %20'e kadar değişmektedir. Güvenli tokmaklar yaklaşık 813 mm toplam vuruşa göre tasarlanmalıdır. Operatörün 0,76 m 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 aktardığının kabul edilmesidir. Gerçekte tokmaklar tasarımlarına bağlı olarak numune alıcıya enerjinin yaklaşık %60~75'ini aktarırlar. Enerji aktarımı etkileyen bir faktör de kılavuz çubuğudur. Bazı güvenli tokmaklar ile içi dolu tijler kullanılırken, bazen de içi bos AW tipi tijler kullanılmaktadır.

İçi dolu kılavuz çubuğuna sahip güvenli tokmak, içi boş kılavuz çubuğuna sahip güvenli tokmaktan daha az enerji aktarımı sağlamaktadır. Bununla beraber, bu farklar önemli boyutta değildirler (Farrar, 1999).



Şekil 1.3. Otomatik tip şahmerdan



Şekil 1.4. Safety ve Donut tipi şahmerdan (Ulusay, 2001)

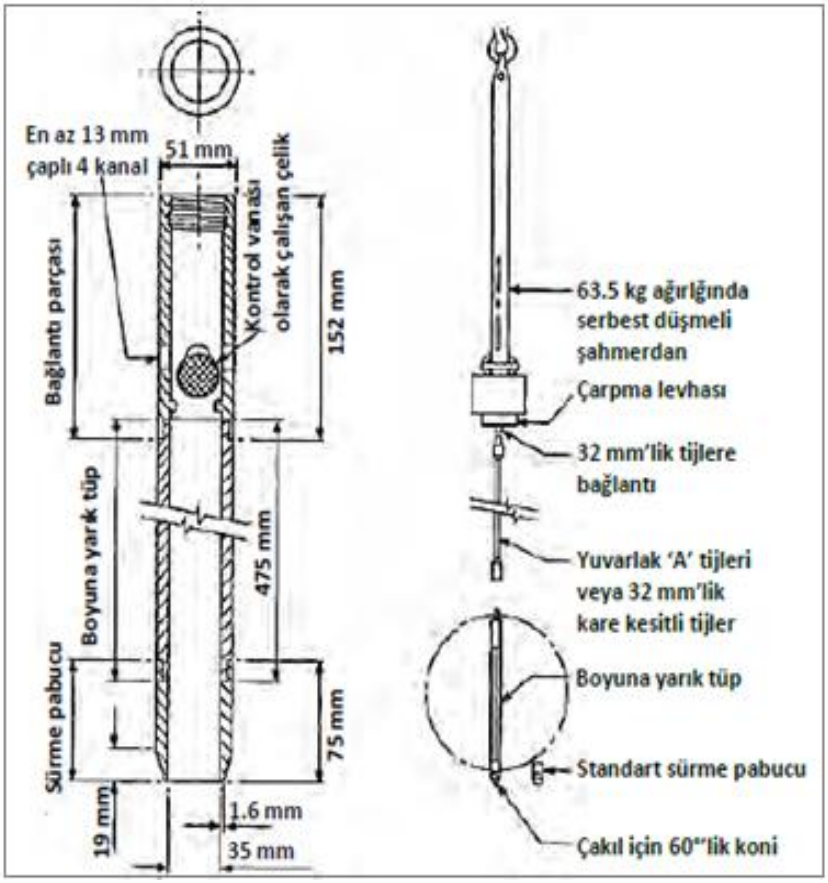
1.4.4. Tijler

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 bir unsurdur.

Çok kısa tijler kullanıldığında numune alıcıya enerji girişi, yansıyan dalgalar yüzünden erken sona erer. Gerçekte enerjinin erken sönümlenmesi 9 m derinliklere kadar bir 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).

1.4.5. Boyuna yarık tüp

Standart penatrasyon deneyi (SPT) sırasında, çakma borusu ucuna takılır ve yarık tüpün zemine girmesi esnasında içine örselenmiş numune almak için kullanılır. SPT yapılan seviyelerde, boyuna yarık numune alıcının içinden çıkan örselenmiş numuneler sınıflama deneylerinde kullanılmak üzere naylon torbalar içerisinde muhafaza edilerek laboratuara gönderilir. Deney esnasında alınan bu örselenmiş örneklerden, zemin tipi ve sınıfı belirlenir. Örnek alma tüpü yaklaşık 650 mm uzunluğunda, 50 mm dış çap ve 35 mm iç çapındadır.



Şekil 1.5. Boyuna yarık tüpün boyutları (Clayton vd., 1995)

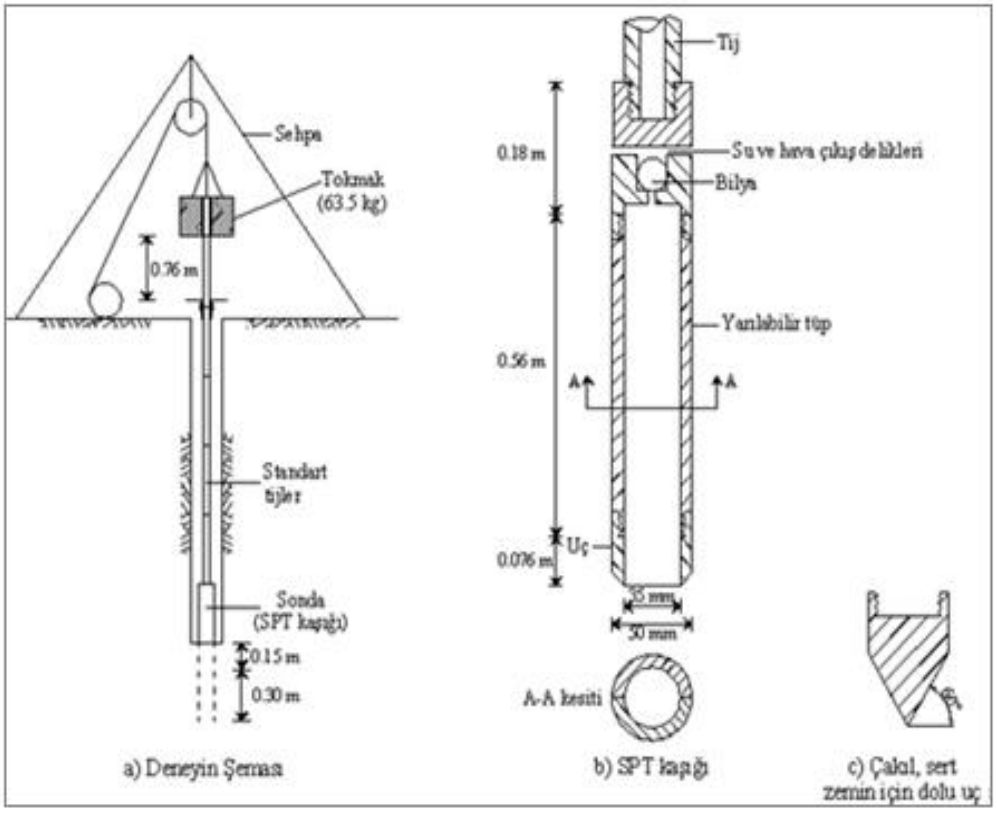
1.4.6. Sürme pabucu

Genel olarak uygulamada örnek alıcının ucunda standart açık kesitli pabuç kullanılmaktadır. Bu pabuç yerine, çakıllı-bloklu granüler zeminlerdeki uygulamalarda 60° açılı deliksiz konik pabuç kullanılmaktadır. Clayton (1995), konik pabucun penetrasyon direncini yaklaşık iki katına çıkardığını iddia ederek, kullanılmamasını önermiştir.

1.5. Standart Penetrasyon Deneyinin Yapılışı

SPT, ASTM (D 1686) da tanımlandığı şekilde, sondaj tijlerine takılmış, ortasından ikiye ayrılabilen ve içinde pirinçten yapılmış bir iç tüpün bulunduğu bir örnekleyicinin, 63,5 kg ağırlığında bir şahmerdanın 760 mm yükseklikten tijlerin üzerine düşürülerek zemine sokulması ilkesine dayanır. Kullanılan şahmerdan türleri çeşitli ülkelere göre farklılık göstermekle birlikte, ülkemizde yaygın olarak Donut tipi şahmerdan kullanılmaktadır (ULUSAY R., 2001).

Uygulamada ilk önce rotary (dönel) sondaj yardımıyla kuyu açılır. Daha sonra kuyu tabanındaki kırıntılar iyice temizlenip standart penetrometre çakma tijleri yardımıyla kuyu tabanına inilir. Birbirine vidalanmış standart tijlerin ucuna, standart boyutlardaki dış çapı 5 cm, iç çapı 3,5 cm ve yaklaşık uzunluğu 65 cm olan bir numune alıcı (kaşık) yerleştirilir. Çakma tijleri üzerine çakma başlığı (örs) ve kılavuz tij takılır ve kılavuz tij üzerine 76 cm düşme yüksekliği işaretlenir. Kuyu zemin kotu seviyesinden itibaren 3 adet 15 cm mesafe, çakma tiji üzerine tebeşirle işaretlenip, kendir halat kullanılarak çakma başlığı üzerine kılavuz tij aracılığıyla 63,5 kg ağırlığındaki şahmerdan yerleştirilir. Sondaj makinesi çalıştırıldıktan sonra, kendir halat kedi başına (tanbur) 1 tam 3 bölü 4 tur sarılır ve serbest bırakılması için gerekli enerji sağlanıp, şahmerdan 76 cm yükseklikten düşürülür.



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



Şekil 1.7. Tijin işaretlenmesi ve şahmerdanın yerleştirilmesi



Şekil 1.8. Şahmerdanın düşürülmesi

Bu hareket 76 cm yükseklikten ritmik olarak tekrarlanır ve her 15 cm mesafenin çakılması için gerekli darbe sayısı kaydedilir. Bu şekilde kuyu tabanında bulunan, değişik özellikteki zeminin derinliği daha sağlıklı belirlenip, çakma işlemini zorlaştıran çakıl, blok veya çimentolaşmış yerler saptanmış olur. Örnekleyici son iki aşamada 30 cm ' lik bir penetrasyona ulaşmadan önce elde edilen darbe sayısı 50 ise daha fazla darbe uygulanmaz ve SPT değeri 'refü' olarak adlandırılır. Kaydedilen değerlerden son iki değerin toplamı SPT-N30 (Son 30 cm' lik penetrasyon için gerekli vuruş sayılarının toplamı, ASTM D1586 standardına göre SPT-N sayısı olarak tanımlanır) değerini verir. Deney genellikle 1,5 m aralıklarla tekrarlanır. Tüm bunlardan sonra, kuyudan takımla beraber tüp çıkarılıp, açılarak içindeki zemin örneği bir kavanoz veya poşete konulur ve ağzı sıkıca kapatılarak parafinlenir. Bu örnekler üzerinde laboratuarda çeşitli deneyler yapılarak, zemin sınıfı belirlenir.



Şekil 1.9. Numunelerin alınması



Şekil 1.10. Numunelerin poşetlenip, parafinlenerek etiketlenmesi

1.6. SPT-N Değerini Etkileyen Faktörler

SPT sonuçlarına etkiyen başlıca faktörler, sondaj metotları, sondaj çapı, numune alıcının doğal zemine oturmaması, numune alıcının durumu, numune alıcının kaplama borusu içindeki konumu, tij uzunluğu, tokmak düşürme yöntemi, tokmak düşürme sıklığı, eksantrik çarpma, operatör deneyimi olarak gösterilebilir. Sondaj çapı 10 cm' nin üzerine çıktığında ve eksantrik çarpma durumunda SPT darbe sayısında düşme meydana gelmektedir. Basit olmasına ve çok yaygın kullanılmasına karşılık standart penetrasyon deneyi delgi ve numune alma yöntemlerinden fazlasıyla etkilenmektedir. Gerek delgi, gerekse numune alma sırasında yapılan hatalı işlemeler deneyi standart olmaktan çıkarmakta ve elde edilen veriler yanlış değerlendirilmelere yol açmaktadır. Görüldüğü gibi SPT sonuçlarının geniş bir aralıkta değişmesine neden olan birçok faktör vardır. Bu durum SPT sonuçlarının yorumlanmasında ve önceki verilerin kullanılmasında zorluklara neden olmaktadır. Bu nedenle SPT verileri etkiyen bu faktörler dikkate alınarak düzeltilmektedir. NAVFAC (1988) uygulamada N değerlerini etkileyebilecek etkenleri ve sonuçlarını aşağıdaki gibi sıralamaktadır.

- Sondaj deliğinin yeterince temizlenemeyişi: SPT deneyi yalnızca belirli bir derinlikte orijinal zeminde yapılmalıdır. Örnek alıcıda biriken çamur, örnek alıcı çakıldıkça sıkışmakta ve N sayısını artırmaktadır.
- Örnek alıcının sondaj kılıfı alt ucundan yukarıda çakılması: Kumlarda artan, kohezyonlu zeminlerde azalan N sayılarına neden olmaktadır.
- Sondajda yeteri kadar hidrolik yük sağlanamaması: Özellikle kumlu zeminlerin tümüyle gevşeme olasılığı doğmaktadır.
- Deney yapanın gösterdiği özen: Aynı zeminde aynı aygıtla yapılan deneyler, deney yapan kişiye, o andaki gösterilen özen ve deney yapılan zamana bağlı olarak değişebilmektedir.
- Örnek alıcının fazla çakılması: Genelde daha yüksek N değerleri elde edilmektedir.
- Örnek alıcının çakılla tıkanması: Gevşek kumların sıkılığının gerçekten çok fazla sanılmasına yol açabilmektedir.
- Tıkanmış kılıf borusu: Yer altı suyu altında gevşek kumlarda hidrostatik basınç, kumun yükselmesine ve kılıf borusunu tıkamasına yol açıp yüksek N değerlerine neden olabilmektedir.
- Kılıf borusu alt ucu ötesinin fazla yıkanması: Sıkı kumlar, gereğinden fazla yıkanma nedeniyle gevşeyip düşük N değerleri verebilmektedir.
- Delme yöntemi: Sondajın kılıflı ya da sondaj çamuru ile yapılması farklı N değerleri elde etmeye yol açabilmektedir.
- Standart olmayan tokmak düşüşü: İletilen enerjinin üniform olmayışına yol açabilmektedir.
- Tokmağın serbest düşmesinin sağlanamaması: Kedibaşında 1,5 sarımdan fazla ip sarmak ve/veya çelik halat kullanmak tokmak düşüşünü sınırlamaktadır.
- Doğru ağırlık kullanılmaması: Pratikte 5 kg kadar farklı ağırlıkların kullanıldığı gözlenmektedir.
- Ağırlığın eksenel düşmemesi: Çarpma enerjisi azaldığından yüksek N değerleri ölçülmektedir.
- Kılavuz kullanılmaması: Doğru olmayan N değerleri ölçülmektedir.
- Örnek alıcı ucunun iyi olmaması: Hasarlı uçlar açıklığı azalttığı veya uç dolu alanını arttırdığı için artan N değerlerine yol açmaktadır.

- Standarttan daha ağır sondaj çubuğu kullanılması: Daha çok enerji emildiği için N sayıları daha fazla ölçülmektedir.
- Doğru olmayan delme tekniği: SPT orijinal olarak yıkamalı sondajlar sırasında geliştirilmiştir. Zeminin daha çok örselenmesine yol açacak delme teknikleri (örneğin darbeli sondaj) N sayılarını etkilemektedir.
- Çok büyük sondaj deliği: 100 mm' den büyük sondaj deliği çapı önerilmemektedir. Daha fazla çaplarda azalan N değerleri ölçülebilmektedir.
- Yeterli denetim olmaması: Örnek alıcının bir çakılla tıkanmasını, sonuçları özenle izleyen bir usta belirleyip önlem alabilmektedir.
- Çok büyük pompa kullanmak: Yüksek pompa gücü sondaj tabanını gevşetip düşük N değerlerine yol açabilmektedir.

1.7. SPT-N Değerine İlişkin Düzeltmeler

Verilen bir zeminin SPT sonuçlarını etkileyen birçok faktör vardır. Bu değişim veya deneyin tekrarlanabilirliğinin düşük olması, SPT deneyi sonuçlarının yorumlanmasında ve geçmiş verilerin güvenle kullanılmasında zorluklara sebep olmaktadır. Son zamanlarda, özellikle SPT tokmakların arazideki enerjilerinin ölçülmesi ve SPT' nin dinamiği (Kovacs ve diğ., 1981, Clayton 1990, Farrar, 1999) üzerine mevcut araştırmalar, önemli derecede SPT deneyine ve sonuçlarına ait bilgileri geliştirmiştir. Bunun sonucu olarak deneydeki belirsizlikler giderilebilir.

Geoteknik mühendisliği uygulamalarında, arazide ölçülen darbe sayılarında ($SPT\text{-}N_{arazi}$) tokmak enerjisi, jeolojik basınç ve sonuçları etkileyen çeşitli diğer dış değişkenler için düzeltme yapılmalıdır. Ölçülen darbe sayıları ($SPT\text{-}N_{arazi}$) çok aşırı yüksek veya çok aşırı düşük olabilmektedir.

Aşırı yüksek olarak ölçülen $SPT\text{-}N_{arazi}$ değeri, zeminin özelliklerinin ve taşıma gücünün güvenli olmayan tahminlerine sebep olmaktadır. Aşırı düşük olarak ölçülen $SPT\text{-}N_{arazi}$ değeri ise, ekonomik olmayan aşırı güvenli sonuçlar ortaya çıkarmaktadır. Daha kullanılabilir, faydalı ve karşılaştırılabilir sonuçlar elde etmek için, SPT-N değerleri üzerinde düzeltmeler yapılmalıdır (Sivrikaya ve Toğrol, 2003). Bu düzeltmeler başlıca üç şekilde yapılabilmektedir.

- Deney ekipmanına bağlı düzeltmeler,
- Derinlik düzeltmesi,
- Yeraltı suyu düzeltmesi

1.7.1. 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).

$$N_{60}=C_N.E_m.C_B.C_S.C_R.N/60 \quad (1.1)$$

Bu formülde;

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

C_N: Derinlik düzeltmesi

E_m: Şahmerdan verimi

C_B: Sondaj kuyusunun çapına göre düzeltme katsayısı

C_S: Numune alıcısının durumuna göre düzeltme katsayısı

C_R: Tij uzunluğuna göre düzeltme katsayısı

N: Deneyde ölçülen SPT-N değeri

1.7.1.1. Derinlik düzeltme faktörü (C_N)

Farklı derinliklerde ölçülen SPT-N sayılarını karşılaştırmak için, ölçülen SPT-N sayıları 100 kPa' lık standart basınca ($\sigma_v^{'}$) göre ayarlanmaktadır. Kohezyonsuz malzemelerin penetrasyon direnci, ağır bir şekilde çevre basıncına bağlıdır. Aynı kum için sığ derinlikte yapılan bir SPT deneyi, daha derinde yapılan SPT deneyinden daha düşük SPT-N değerine sahip olacaktır. N_{arazi}, C_N ile çarpılarak çevre basıncı etkileri karşılanır. Kohezyonlu zeminlerde sığ derinlikler için düzeltmenin gereksiz fakat derin durumlar için düzeltmenin hala tartışma

konusudur (Farrar, 2001). Bununla beraber pratikte killi zeminler için C_N uygulanmamaktadır.

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

σ'_v: Düşey efektif gerilme (kPa)

1.7.1.2. Şahmerdan verimi (E_m)

SPT tüpüne uygulanan dinamik enerji her darbe için 63,5 kg ağırlığındaki bir kütlenin 76,2 cm' den düşürülmesi olarak standartlaştırılmış olmakla birlikte, deney esnasında yapılan ölçümler tüpün ucuna transfer edilen enerjinin, tatbik edilen 473,4 Jül enerjinin %40'larına kadar inebildiğini göstermiştir. Enerji kayıplarının başlıca nedenleri aşağıda sıralanmıştır (Skempton, 1986; Clayton vd., 1995):

- Tij ve şahmerdanların ağırlığı tarafından sönümlenen 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- 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 2.1'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 ile %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 Halka Halka	Elle dolamalı Serbest bırakma Kedibaşı	60 55 50
Kolombiya	Halka	Kedibaşı	50
Japonya	Halka Halka	Tombi Kedibaşı, 2 tur+özelsalıverme	78 - 85 65 - 67
İngiltere	Otomatik	Gitgel	73
ABD	Emniyetli Halka	Kedibaşı, 2 tur Kedibaşı, 2 tur	55 - 60 45
Venezuella	Halka	Kedibaşı	43

1.7.1.3. Tij uzunluğu düzeltme faktörü (C_R)

Tablo 1.2. Tij uzunluğu düzeltme faktörü

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
> 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 C_R değerleri özetlenmiştir.

1.7.1.4. Sondaj çapı düzeltme faktörü (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 faktörü

Sondaj kuyu çapı	C_B
65 - 115 mm	1.00
150 mm	1.05
200 mm	1.15

1.7.1.5. Kılıf düzeltme faktörü (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

1.7.2. Örtü yükü düzeltmesi

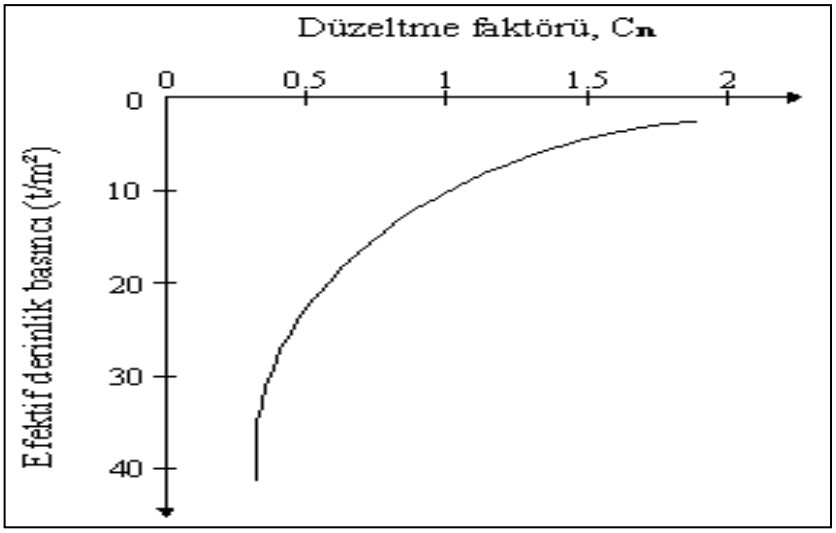
SPT-N değerleri, deney seviyesinin üstündeki zeminden kaynaklanan efektif gerilmenin etkilerini gidermek için de düzeltilmelidir. Homojen bir zemin içerisinde derinde yapılan deneyler, aynı zamanda daha sığ seviyelerde yapılan deneylerden daha yüksek N değerlerine sahiptir. Yapılan deneylerde 1,5 m ve 3 m'de kullanılan tijler aynı olmadığı için derinlik düzeltmesine ihtiyaç duyulmuştur. Derinlik düzeltme faktörü olarak aşağıdaki formül kullanılmıştır.

$$N'_{60} = C_N . N_{60} \tag{1.3}$$

$$C_N = \frac{1,7}{0,7+\sigma'_v} \tag{1.4}$$

$$\sigma'_v = 1,7 . \text{Derinlik} \tag{1.5}$$

Şekil 1.11'de düzeltme faktörünün jeolojik yüke göre değişimini gösteren grafik verilmiştir.



Şekil 1.11. CN' nin σ'_v değerine göre değişimi (Uzuner, 2000)

1.7.3. Siltli kum / ince kum düzeltmesi

Bu düzeltme, suya doygun çok ince kum veya siltli kumlar için geçerlidir. SPT deneyi sırasında gevşek çok ince veya siltli suya doygun kumlar için, zeminde yükün dinamik şekilde uygulanması ve zeminin düşük geçirimliliği yüzünden pozitif boşluk suyu basıncı oluşur. Bu pozitif boşluk suyu basınçları numune kaşığının penetrasyonuna karşı koyan zeminin kayma dayanımını azaltır. Böylece böyle gevşek zeminlerin SPT-N değeri azalır. Bunun yanında sıkı, çok ince veya siltli doygun kum için penetrasyon deneyi, penetrasyon direncini artıran negatif boşluk suyu basınçları meydana getirebilir ve böylece SPT-N değerini arttırabilir. Bu etkiyi dikkate almak için Terzaghi ve Peck (1967) tarafından, ince veya siltli suya doygun kum için SPT-N_{arazi} > 15 olması durumunda, izafi sıkılık hemen hemen SPT-N değerinde kuru kumun izafi sıkılığına eşit olmaktadır.

SPT deneyi çok ince veya siltli kumlarda yapıldığında, ölçülen SPT-N_{arazi} değerleri dinamik boşluk suyu basıncı etkileri için düzeltmeye ihtiyaç duyulmaktadır (Meyerhof, 1956). Düzeltme yalnızca ölçülen SPT-N_{arazi} değerlerinin 15'den büyük olan durumlar için gerekmektedir.

$$N=15+(N_{arazi}-15)/2 \qquad N_{arazi} > 15 \qquad (1.6)$$

Bu düzeltme yapılmazsa, suya doygun orta sıkı çok ince kum veya siltli kumun rölatif sıkılığı, SPT deney sonuçlarından aşırı yüksek tahmin edilebilir (Terzaghi ve Peck, 1967).

1.8. SPT- Zemin Parametreleri Korelasyonları

Arazide standart penetrasyon deneyinin uygulanmaya başlandığı yıllardan itibaren SPT-N darbe sayıları ile zemin parametreleri arasında çeşitli korelasyonlar oluşturulmuştur. Bu korelasyonlar sonucunda literatürde bulunan bir çok ampirik formül mevcuttur. Ancak mevcut korelasyonlardaki verilerin standart sapmalarının mertebesi, korelasyonların geçerli olup olmadığının araştırılmasını gerektirmektedir.

Literatürde verilen korelasyonların birçoğunda standart sapma, regresyon katsayısı değerleri ve ampirik bağıntı ile gerçek zemin özellikleri arasındaki hata payı yer almamaktadır.

1970 yılından sonra bulunan ampirik bağıntıların çoğunda SPT enerji seviyeleri belirtilmektedir. 1970 yılından önce geliştirilen korelasyonlarda ise SPT enerji seviyeleri belirtilmediğinden dolayı bu korelasyonlar kullanılırken enerji seviyesinin %50 veya %55 civarında olduğu varsayılabilir.

Arazi deneyleri ve laboratuar deneyleri sonucunda bulunan zemin parametrelerinin değerleri arasındaki ilişkiler, mühendislere gerek tasarım sırasında yardımcı olmakta, gerekse çeşitli yöntemlerle bulunan sonuçların tutarlılığını kontrol etme imkânı sağlamaktadır. Fakat literatürde mevcut olan SPT ile ilgili korelasyon denklemlerinde bazı belirsizlikler ve yoruma açık hususlar olduğu gözlenmiştir. Korelasyonların SPT düzeltmelerini içerip içermediği, korelasyonların hangi deney tipi sonuçları kullanılarak elde edildiği, korelasyonların istatistiksel açıdan anlamlı olup olmadığı, korelasyonların hangi zemin sınıfı için geçerli olduğu gibi bilgiler kesin olarak bilinmemektedir.

Sonuç olarak mühendislerin korelasyon denklemlerini kullanmadan önce bahsedilen belirsiz durumları incelemesi gerekmektedir. Bu belirsizliklerin bilinmemesi denklemlerin yanlış sonuçlara ve hatalı tasarımlara yol açmasına neden olacaktır.

2. SPT KORELASYONLARI İLE İLGİLİ YAPILMIŞ ÇALIŞMALAR

2.1. SPT-N ile Bağıl Yoğunluk (Dr) İlişkisi

Araştırmacılar tarafından yapılan standart penetrasyon deneyleri sırasında kaydedilen darbe sayıları (N) ile kumlu zeminlerin bağıl yoğunlukları (D_r) arasında bir ilişki bulunmaktadır. Penetrasyon direnci, bağıl yoğunluğun etkin olduğu efektif örtü yüküne bağlıdır. Buna bağlı olarak σ'_v ve N darbe sayısı kullanılarak bağıl yoğunluk (D_r) hesaplanabilir. Araştırmacılar tarafından önerilen σ'_v, N ve D_r arasındaki korelasyonlar aşağıda sunulmuştur.

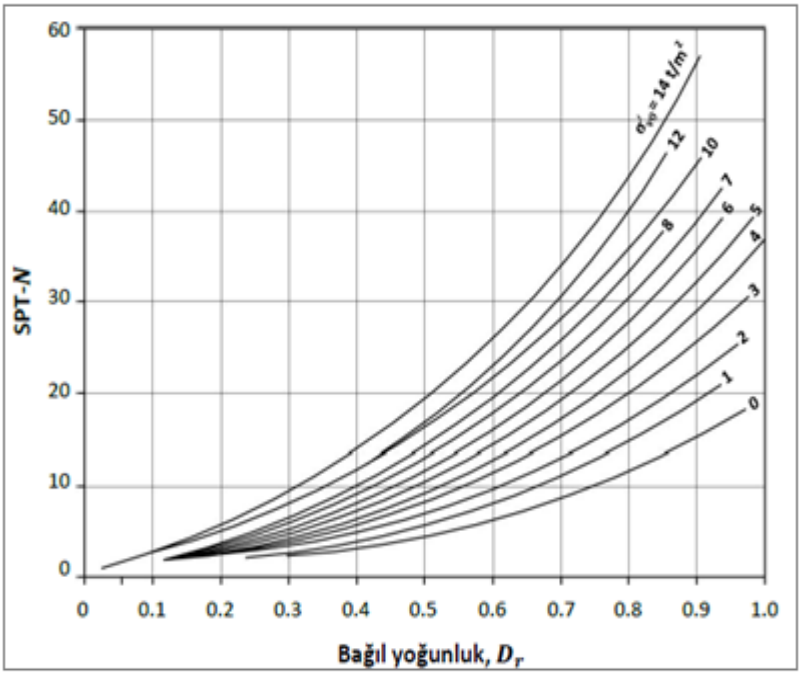
Bağıl yoğunluk D_r, kum zeminin doğal halde, en sıkı/en gevşek yerleşmesi durumuna oranla, konumunu yansıtmaktadır. Denklem (2.1) ile gösterilmektedir.

$$D_r = \frac{e_{max} - e_n}{e_{max} - e_{min}} \tag{2.1}$$

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

Gibbs ve Holtz (1957) normal konsolide olmuş kum için, darbe sayısı (N), D_r ve zemin örtü yükü (σ'_{v0}) ilişkisini Şekil 2.1' de gösterildiği gibi açıklamışlar ve Denklem (2.2)' yi önermişlerdir.

$$D_r \approx \left(\frac{N}{12\sigma'_{v0}+17}\right)^{0,5} \tag{2.2}$$



Şekil 2.1. SPT-N - $D_r - \sigma'_{v0}$ ilişkisi (Gibbs ve Holtz, 1957)

Meyerhof (1957), normal konsolide olmuş silis kumu için darbe sayısının bağıl yoğunluğun karesi ve efektif örtü yükü ile doğru orantılı olduğu Denklem (2.3)' ü önermiştir.

$$N=(17+24\frac{\sigma'_{v0}}{98})D_r^2 \qquad (2.3)$$

Burada, σ'_{v0}: Deney derinliğindeki efektif düşey (örtü yükü) gerilimi (kN/m^2) ve D_r: bağıl yoğunluktur.

Terzaghi ve Peck (1967), kum için penetrasyon direnci (SPT-N) ile D_r ilişkisini, Tablo 2.1' deki gibi tanımlamışlardır.

Tablo 2.1. SPT-N– D_r ilişkisi (Terzaghi&Peck, 1967)

SPT-N Aralığı	Bağıl Yoğunluk	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

Skempton (1986) normal konsolide olmuş kum için SPT-$(N_1)_{60}$ değeri ile D_r arasındaki ilişkiyi Denklem (2.4) ile açıklamıştır.

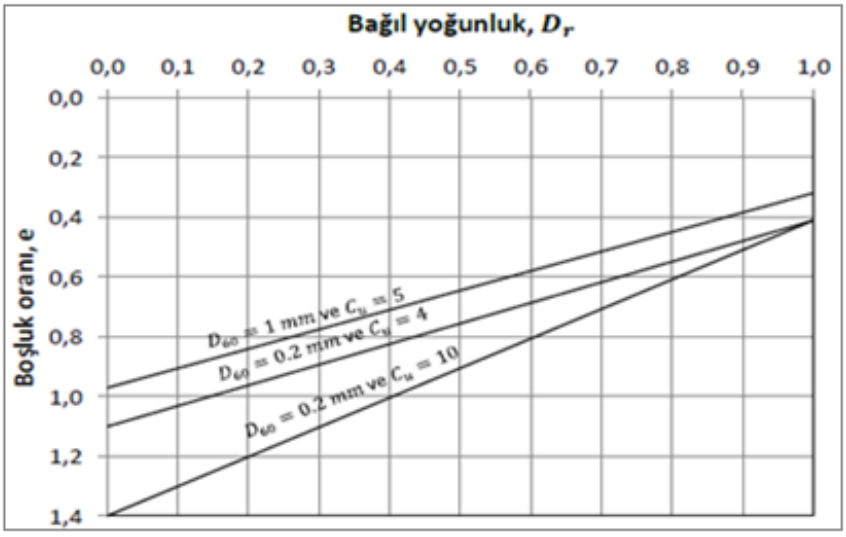
$$D_r(\%)=100\left(\frac{(N_1)_{60}}{0{,}28\sigma'_{v0}+27}\right)^{0,5} \quad (2.4)$$

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

Jamilowski vd. (1988) SPT-N değeri ile D_r arasındaki ilişkiyi Denklem (2.5) ile açıklamıştır. Bu denklem D_r > %35 için geçerli olup, N_{60} değerinin iri kumlarda 0,92, ince kumlarda 1.08 faktörleri ile çarpılması gerekir.

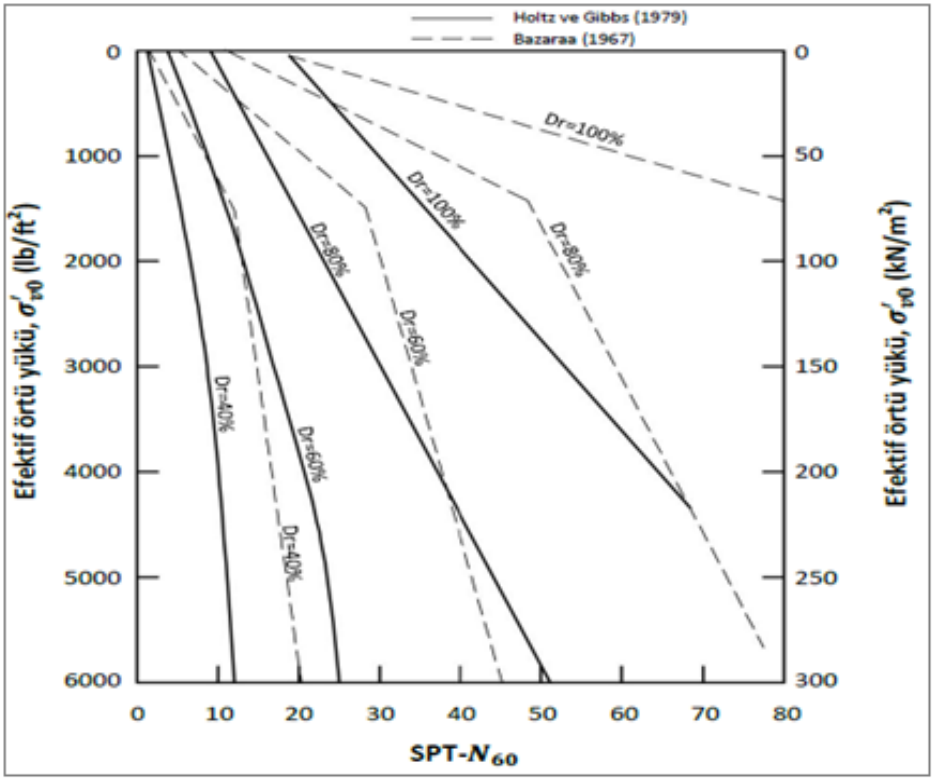
$$D_r(\%)\approx 100\left(\frac{N_{60}}{60}\right)^{0,5} \quad (2.5)$$

Aboshi vd. (1991) tarafından önerilen bağıl yoğunluk (D_r) – boşluk oranı (e) ilişkisi Şekil 2.2' de verilmektedir. Şekil 2.2' de, C_u: üniformluk katsayısıdır ve D_{60}: danelerin %60'ının küçük olduğu dane boyutudur.



Şekil 2. 2. D_r – e ilişkisi (Aboshi vd., 1991)

Coduto (2000), araştırmacılar tarafından önerilen korelasyonlar arasında önemli farklılıklar olduğunu savunmuştur. Holtz ve Gibbs (1979) ve Bazaraa (1967) tarafından önerilen korelasyonlardaki farklılıkları Şekil 2.3' de göstermiştir.



Şekil 2.3. Bazaraa (1967) ve Holtz ve Gibbs (1979) korelasyonlarının karşılaştırması (Coduto, 2000)

Cubrinovski ve Ishihara (1999), SPT-N_1 - D_r – D_{50} arasındaki ilişkiyi Denklem (2.6) ile tanımlamışlardır.

$$N_1/D_r^2 = 9\times\left(0{,}23+\frac{0{,}06}{D_{50}}\right)^{-1{,}7} \tag{2.6}$$

Burada; D_{50}: danelerin %50'sinin küçük olduğu dane boyutu ve D_r: bağıl yoğunluktur (ondalık birimde).

Yoshida ve Ikemi (1988), çakıllı zeminler ve kumlar için darbe sayısı (N), D_r ve zemin örtü yükü (σ'_{v0}) ilişkisini aşağıdaki gibi açıklamıştır.

Kum için;

$$D_r = 25(N)^{0{,}57}\times(\sigma'_v)^{-0{,}14} \tag{2.7}$$

%25 oranında çakıl içeren kum-çakıl karışımı için;

$$D_r = 18(N)^{0{,}57}\times(\sigma'_v)^{-0{,}14} \tag{2.8}$$

%50 oranında çakıl içeren kum-çakıl karışımı için;

$$D_r=25(N)^{0,44}\times(\sigma'_v)^{-0,13} \quad (2.9)$$

Tüm kumlar için ortalama değer;

$$D_r=18(N)^{0,46}\times(\sigma'_v)^{-0,12} \quad (2.10)$$

2.2. SPT-N ile Efektif Kayma Mukavemeti Açısı (Ø′) İlişkisi

SPT, kumlar ve siltler için arazideki efektif kayma mukavemeti açısını (Ø′) tahmin etmede kullanılabilir. İri daneli zeminler için farklı araştırmacılar tarafından önerilen SPT-N değeri ile (Ø′) arasındaki ilişkiyi gösteren ampirik ifadeler mevcuttur (Meyerhof, 1956; Bowles, 1968; Duncan ve Buchignani, 1976; Mithchell ve Katti 1981).

Birçok ifade ve grafiklerde, sadece N sayısı gösterilmektedir. Bu, enerji düzeltmesinin yapılmamış olduğuna işaret etmektedir. Bununla beraber, SPT için

teorik enerjinin %60'ını aktaran tokmaklar en yaygın şekilde kullanılagelmiştir. Bağıntıya göre esas alınan verilerin böyle tokmaklara sahip deneylerden elde edilmesi muhtemeldir. Bundan dolayı, bu ifadelerle birlikte N60 kullanmak mantıklı gözükmektedir (McGregor ve Duncan, 1998). Dolayısıyla orijinal makalelerde N sayısı, burada enerji düzeltmesi yapılmış olan N^*_{60} olarak gösterilmiştir.

Dunham (1954), darbe sayısı (N) ve efektif kayma mukavemeti açısı (Ø′) arasındaki ilişkiyi aşağıdaki gibi açıklamıştır.

Köşeli ve iyi derecelenmiş zemin daneleri için;

$$Ø'=(12N^*_{60})^{0,5}+25 \quad (2.11)$$

Yuvarlak ve iyi derecelenmiş veya köseli ve üniform derecelenmiş zemin daneleri için;

$$Ø'=(12N^*_{60})^{0,5}+20 \quad (2.12)$$

Yuvarlak ve üniform derecelenmiş zemin daneleri için;

$$Ø'=(12N^{*}_{60})^{0,5}+15 \qquad (2.13)$$

Ohsaki ve diğ. (1959), kumlu zeminler için darbe sayısı (N) ve efektif kayma mukavemeti açısı (Ø′) arasındaki ilişkiyi Denklem (2.14) ile açıklamıştır.

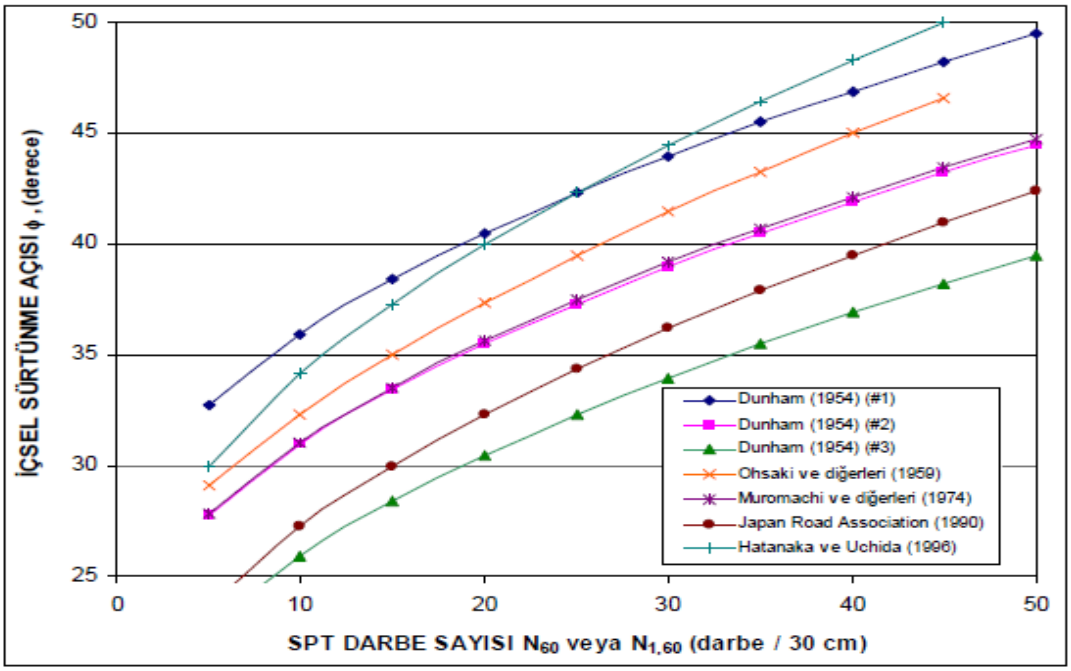
$$Ø'=(12N^{*}_{60})^{0,5}+15 \qquad (2.14)$$

Muromachi ve diğ. (1974), kaba daneli zeminler için darbe sayısı (N) ve efektif kayma mukavemeti açısı (Ø′) arasındaki ilişkiyi Denklem (2.15) ile açıklamıştır.

$$Ø'=(3,5N^{*}_{60})^{0,5}+20 \qquad (2.15)$$

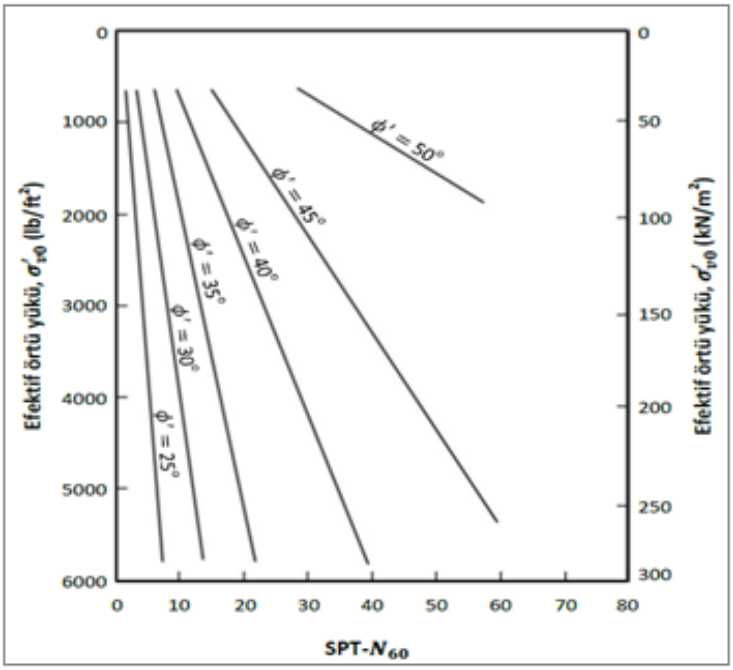
Japan Road Association (1990), kumlu zeminler için darbe sayısı (N) ve efektif kayma mukavemeti açısı (Ø′) arasındaki ilişkiyi Denklem (2.16) ile açıklamıştır.

$$Ø'=(15N^{*}_{60})^{0,5}+15> 45 \qquad (N^{*}_{60}> 5) \qquad (2.16)$$



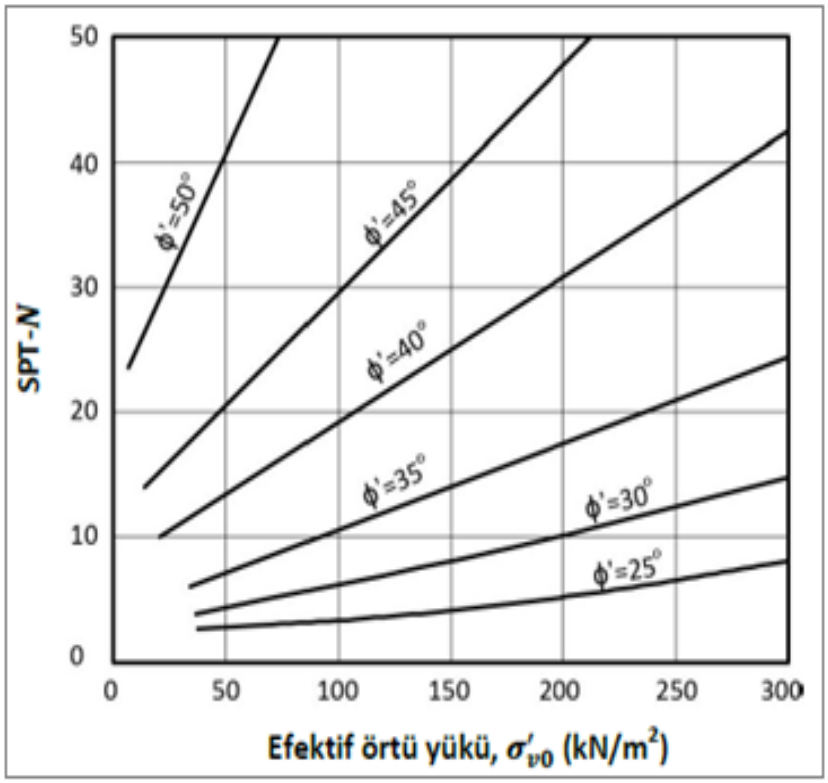
Şekil 2.4. SPT-N ile içsel sürtünme açısı arasındaki bağıntıların grafiği

DeMello (1971), darbe sayısı (N) ve efektif kayma mukavemeti açısının (Ø′) efektif örtü yüküne bağlı olduğunu dikkate alarak (σ'_{v0}), SPT-N_{60} ve (Ø′) arasındaki ilişkiyi Şekil 2.4' de gösterilen korelasyonla açıklamıştır.



Şekil 2.5. σ'_{v0} - SPT-N_{60} - Ø′ ilişkisi (De Mello, 1971)

Schmertmann (1975) tarafından önerilen (σ'_{v0}), SPT-N_{60} ve (Ø′) arasındaki ilişki Şekil 2.6' da verilmiştir.



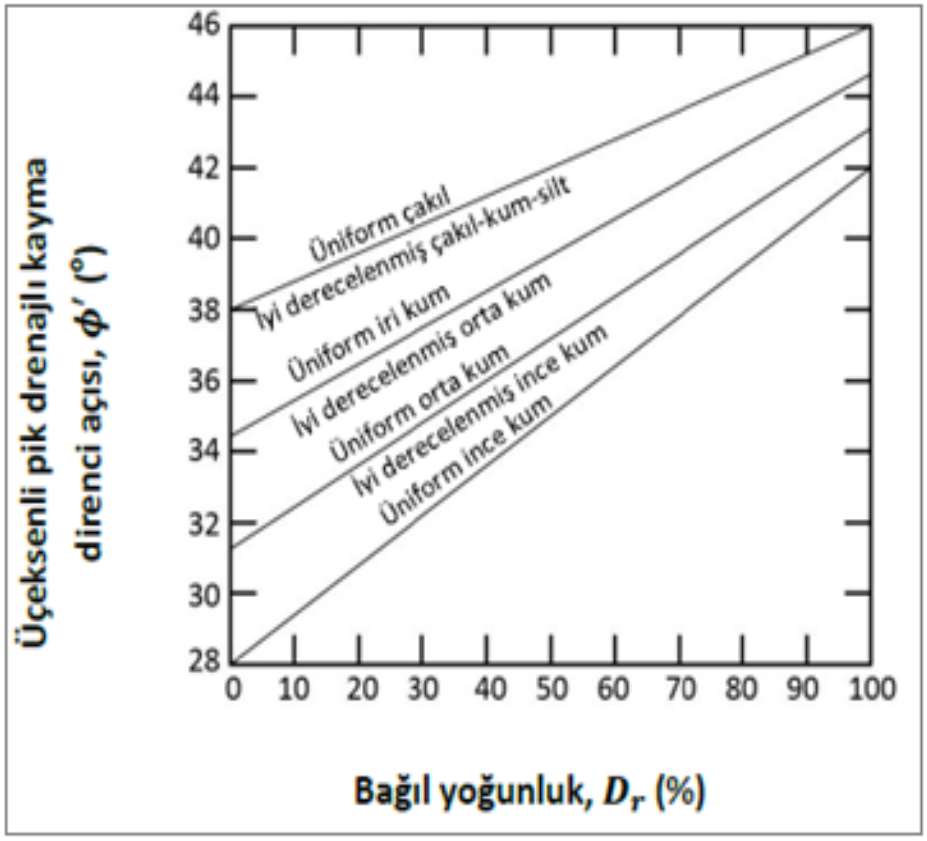
Şekil 2.6. σ'_{v0} - SPT-N_{60} - Ø′ ilişkisi (Schmertmann, 1975)

Kulhawy ve Mayne (1990), (σ'_{v0}), SPT-N_{60} ve (Ø′) arasındaki korelasyonu Denklem (2.17) ile ifade etmiştir.

$$\text{Ø}'=\tan^{-1}\left[\frac{N}{12{,}2+20{,}3\frac{\sigma'_{v0}}{p_a}}\right]^{0{,}34} \qquad (2.17)$$

Burada; p_a: atmosferik basınç olup ≅ 100 kN/m^{2}' dir.

Schmertmann (1975), bağıl yoğunluk (D_r) ile kayma direnci açısı (Ø') arasındaki korelasyonu Şekil 2.7' de açıklamıştır.

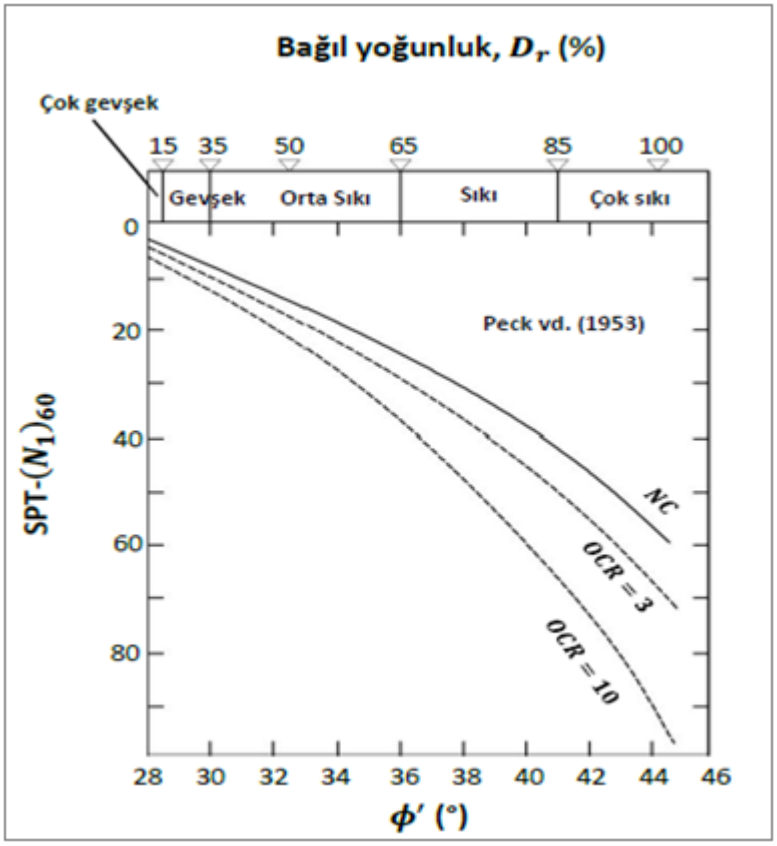


Şekil 2.7. D_r - $\emptyset'$ ilişkisi (Schmertmann, 1975)

Peck vd. (1974) tarafından önerilen N - $\emptyset'$ korelasyonu, Stroud (1988) tarafından $(N_1)_{60}$ düzeltmesi yapılarak yeniden düzenlenmiştir. Şekil 3.8' de gösterilen bu düzenlemede ayrıca SPT-$(N_1)_{60}$ - $\emptyset'$ ilişkisinin aşırı konsolidasyon oranı (OCR) ile bağıntısı da yansıtılmıştır. Burada; NC: normal konsolide zeminleri temsil etmektedir.

Bowles (1996), SPT-$(N_1)_{70}$ - bağıl yoğunluk (D_r) – kayma direnci açısı ($\emptyset'$) – doygun birim ağırlık (γ_s) arasındaki ilişkileri Tablo 2.2' de vermektedir. Bowles (1996) tarafından verilen bu tabloda önerilen $\emptyset'$ değerleri analitik olarak Denklem (2.18) ile de temsil edilebilmektedir. Bu denklemde D_r ondalık cinsindendir.

$$\emptyset'=28^\circ+15^\circ D_r\left(\mp 2^\circ\right) \tag{2.18}$$

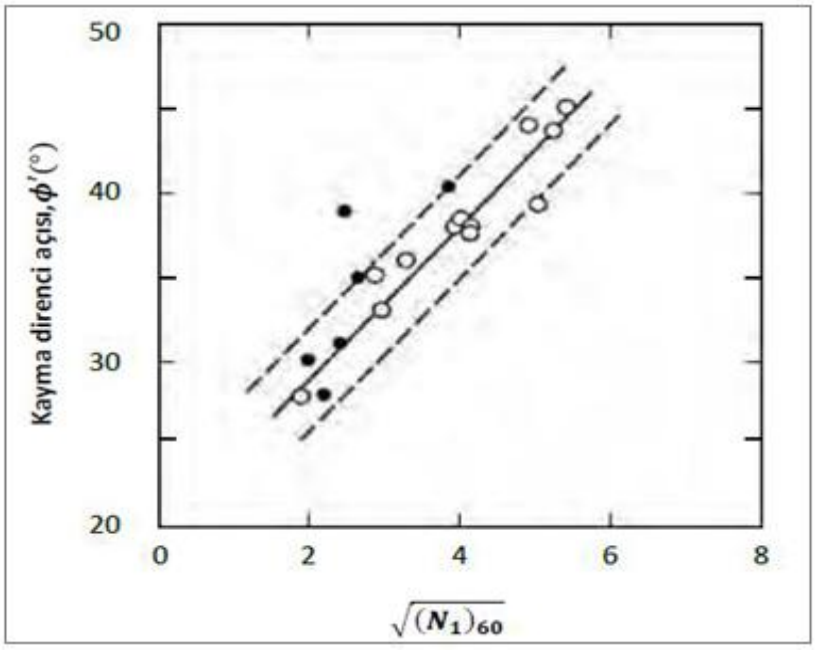


Şekil 2.8. SPT-$(N_1)_{60}$ - Ø′ - OCR ilişkisi (Stroud, 1988)

Tablo 2.2. SPT-$(N_1)_{70}$ - D_r - Ø' - 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
Ø′	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

Hatanaka ve Uchida (1996) aldıkları yüksek kalitede dondurulmuş kum örnekleri üzerinde üç eksenli basınç deneyleri yaparak Ø' değerlerini belirlemişler ve aynı sahadan elde edilen SPT-$(N_1)_{60}$ değerleri ile bağıntısını araştırmışlardır. Bu çalışmalar sonucu Şekil 2.9' da verilen korelasyonu önermişlerdir.



Şekil 2.9. SPT-$(N_1)_{60}$ - ø' ilişkisi (Hatanaka&Uchida, 1996)

Hettiarachchi ve Brown (2009), SPT numune alıcı çarığının minyatür bir açık uçlu çakma kazık gibi davrandığını düşünerek, enerji dengesi yaklaşımını öne sürmüşlerdir. Standart Penetrasyon Deneyi sırasında verilen enerjinin bir kısmının zemine iletildiği, bu enerjinin ise numune alıcı çarık yüzeyi etrafında sürtünme kuvvetini ve çarık ucunda uç direncini yenmek için harcandığını belirtmişlerdir. Enerji dengesi yöntemini kullanarak zeminin kayma mukavemeti özellikleri hakkında ilişkiler önermiş olup, ø' ile N60 arasında aşağıdaki denklemi oluşturmuşlardır.

$$\text{ø}' = \frac{1}{\beta} \tan^{-1}\left(0{,}25 N_{60} \frac{p_a}{\sigma'_{v0}}\right) \qquad (2.19)$$

p_a: Atmosfer basıncı »100 kN/m2

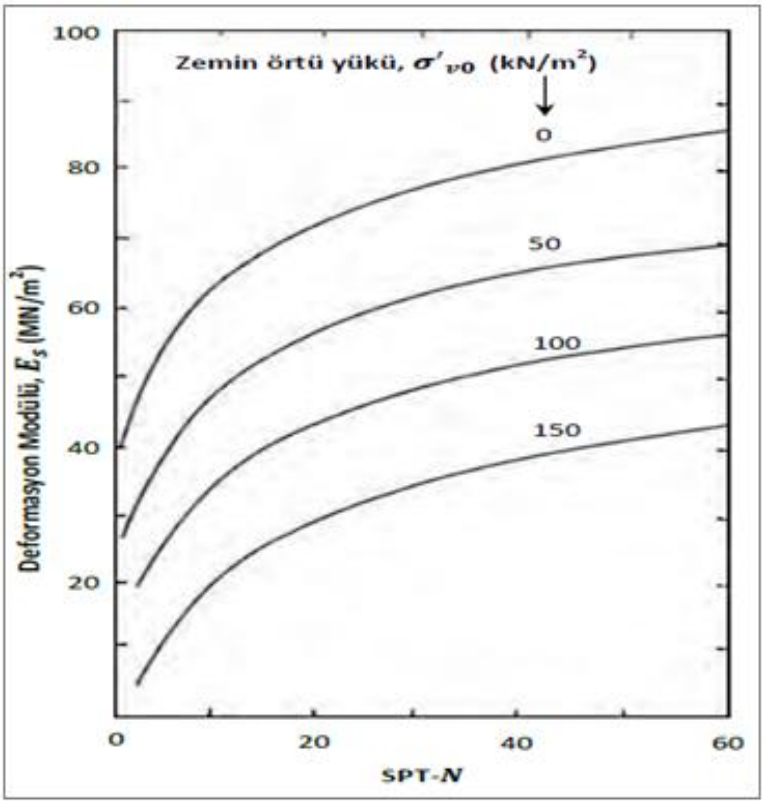
1/b: Deneysel katsayı = 0,3818

σ'_{vo}: Düsey jeolojik efektif gerilme

Hettiarachchi ve Brown (2009), enerji aktarımının sert veya sıkı zemin tabakalarında oldukça karmaşık olduğunu, bu tip zeminlerde numune alıcı çarığın minyatür bir kapalı uçlu çakma kazık gibi davrandığını, bu nedenle söz konusu eşitliğin sıkı – çok sıkı zemin koşullarında uygun olmayacağını belirtmişlerdir.

2.3. SPT-N ile Deformasyon Modülü (E_s) İlişkisi

Menzenbach (1967), SPT-N – E_s arasındaki korelasyonu açıklarken, efektif düşey gerilmelerde artış olduğunda deformasyon modülü değerlerinde azalmalar olduğunu savunmuştur. SPT-N – E_s – σ'_{v0} ilişkisini Şekil 2.10' da açıklamıştır.



Şekil 2.10. SPT-N – E_s – σ'_{v0} ilişkisi (Menzenbach, 1967)

D'Appolonia vd. (1970) önceden yüklenmiş kumlarda SPT-N – E_m ilişkisini Denklem (2.20a) ile, normal konsolide kumlarda ise Denklem (2.20b) ile açıklamıştır. Bu bağıntılarda $E_m=E_s/(1-v^2)$ olarak tanımlanmıştır ve tsf cinsindendir.

$$E_m(\text{tsf}) = \begin{cases} \text{önceden yüklenmiş kumlar:} & 420+10N_{ave} \\ \text{normal konsolide kumlar:} & 194+8N_{ave} \end{cases} \quad \begin{matrix} (2.20a) \\ (2.20b) \end{matrix}$$

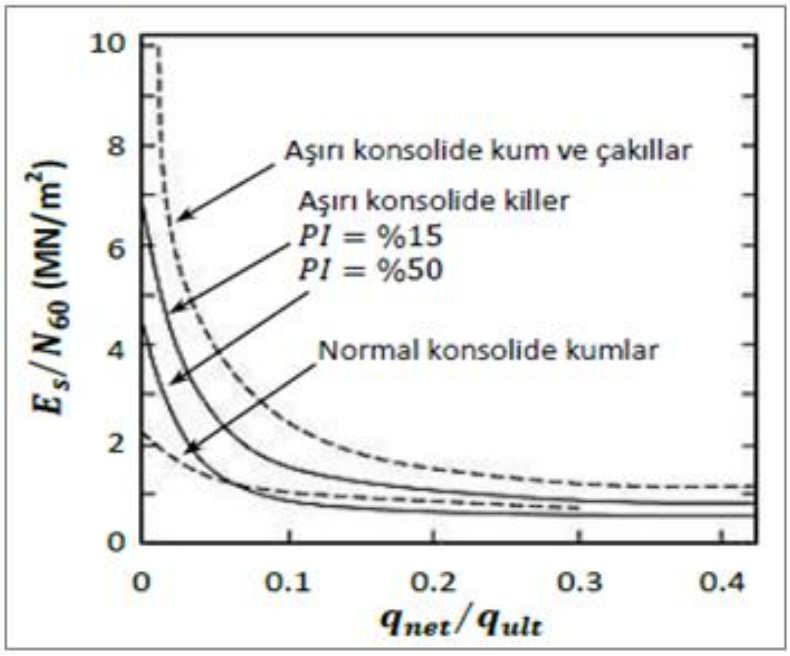
Burada; N_{ave}: temel altında, temel genişliği kadar kalınlıktaki tabakanın ağırlıklı ortalama SPT-N değeri ve *v*: Poisson oranıdır.

Schultze ve Sherif (1973), kohezyonsuz zeminlere oturan temellerde ölçülen deplasmanların geri analizlerinden elde ettiği SPT-N – E_s (kN/m^2) korelasyonunu Denklem (2.21)' da açıklamıştır.

$$E_s=9,4N^{0,87}\sqrt{B}\left(1+0,4\frac{D}{B}\right) \quad (2.21)$$

Burada; B: temel genişliği (m) ve D: temel derinliğidir (m).

Stroud (1988), uzun araştırmalar soncunda SPT-N – E_s ilişkisinin zeminin nihai taşıma gücünün hangi oranda yüklenmesine bağlı olduğunu savunarak, kohezyonsuz ve kohezyonlu zeminlerde (efektif gerilmeler cinsinden) E_s değerleri için Şekil 2.11'de verilen korelasyonları önermiştir. Burada; q_{net}: net temel gerilmesi ve zeminin nihai taşıma gücüdür. Taşıma gücü için kullanılan güvenlik sayısının genellikle 3 olduğu düşünülürse bu çalışmaya göre $E_s/N_{60}=1(MN/m^2)$ mertebesinde olduğu söylenebilir.



Şekil 2.11. E_s - SPT-N – (q_{net}/q_{ult}) ilişkisi (Stroud, 1988)

Kulhawy ve Mayne (1990), kumlar için SPT-N değerlerinden yaklaşık E_s değerinin tahmin edilebileceğini belirtmiştir.

$$E_s(kN/m^2)=\left\{\begin{matrix}\text{Siltli, killi kumlar:} & 500N_{60}\\ \text{Temiz kumlar:} & 1000N_{60}\\ \text{Aşırı konsolide temiz kumlar:} & 1500N_{60}\end{matrix}\right\} \quad (2.22)$$

Bowles (1996) literatürde araştırmacılar tarafından değişik zemin türleri için önerilen SPT-N_{55} – E_s korelasyonlarını Tablo 2.3'de özetlemiştir. Bu değerler normal konsolide kumlar için verilmiş olup önceden yüklenmiş kumlarda bu tablodaki değerlerin $(OCR)^{0,5}$ faktörü ile çarpılması önerilmiştir.

Tablo 2.3. SPT-N_{55} – E_s bağıntıları (Bowles, 1996)

Zemin Türü	**E_s (kN/m^2)**
Normal Konsolide Kumlar	$500(N_{55}+15)$
	$7000\sqrt{N_{55}}$
	$6000N_{55}$
	$(15000\text{-}22000)\ln N_{55}$
	$(2600\text{-}2900)N_{55}$
Suya Doygun Kumlar	$250(N_{55}+15)$
Çakıllı Kumlar	$1200(N_{55}+6)$
	$N_{55}\leq 15$ için $600(N_{55}+6)$
	$N_{55}>15$ için $2000+600(N_{55}+6)$
Killi Kumlar	$320(N_{55}+15)$
Silt, Kumlu Silt, Killi Silt	$300(N_{55}+6)$

FHWA (2002a) yayınında Tablo 2.4'deki bağıntılar önerilmektedir.

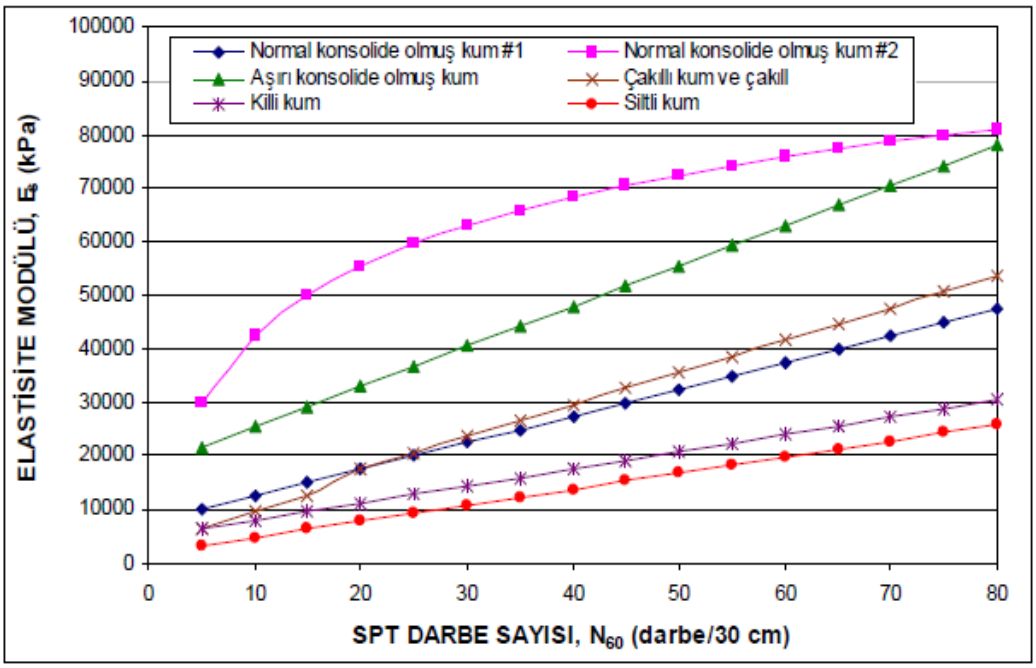
Tablo 2.4. SPT-N – E_s bağıntıları (FHWA, 2002a)

Zemin Türü	**E_s (kN/m^2)**
Silt, kumlu silt, düşük kohezyonlu karışık zeminler	$400(N_1)_{60}$
Temiz ince-orta kum ve az siltli kum	$700(N_1)_{60}$
İri kum ve çakıllı kum	$1000(N_1)_{60}$
Kumlu çakıl	$1200(N_1)_{60}$

Tan ve diğerleri (1991), SPT-N değerleri ile elastisite modülü arasındaki eşitlikleri Tablo 2.5'de açıklamıştır.

Tablo 2.5. SPT-N - Es arasındaki eşitlikler (Tan ve diğerleri, 1991)

Zemin Tanımlaması	**Elastisite Modülü, E_s - kPa**
Normal konsolide olmuş kum (SW, SP)	$E_s=500(N_{60}+15)$ #1 $E_s=15000$ to $20000)\ln N_{60}$ #2
Aşırı konsolide olmuş kum	$E_s=18000(750N_{60})$
Çakıllı kum ve çakıl (GW, GP, GM, GC)	$E_s=600(N_{60}+6)$ $N_{60}\leq 15$ $E_s=600(N_{60}+6)+2000$ $N_{60}>15$
Killi kum (SC)	$E_s=320(N_{60}+15)$
Siltli kum (SM)	$E_s=300(N_{60}+6)$
E_S' nin birimi kPa (1 tsf ≈ 100 kPa) cinsindendir. Not: SPT-N değerleri yerine düzeltilmiş N_{60} değerleri kullanılmalıdır.	



Şekil 2.12. SPT-N değerleri ile elastisite modülü arasındaki bağıntılar

2.4. SPT- N ile Serbest Basınç Mukavemeti (q_u) İlişkisi

Çeşitli araştırmacılar, zeminin cinsine bağlı olarak serbest basınç mukavemeti (qu) ile N_{60}^* sayısı arasında ilişkiler geliştirmişlerdir. Bu bağıntılar Tablo 2.6'da topluca verilmiştir.

Tablo 2.6. qu ile N_{60}* arasındaki ilişkiler (Toğrol ve Sivrikaya, 2009)

Yapılan Çalışmalar	Zemin Cinsi	q_u (kPa)
Sanglerat (1972) ve Tomlinson (1986)	Kil Siltli kil	$25N_{60}^*$ $20N_{60}^*$
Sowers (1979)	Yüksek Plastisisteli Kil Orta Plastisisteli Kil Düşük Plastisisteli Kil	$25N_{60}^*$ $15N_{60}^*$ $7,5N_{60}^*$
Nixon (1982)	Kil	$24N_{60}^*$
Kulhawy ve Mayne (1990)	Killi Zemin	$58(N_{60}^*)^{0,72}$

Terzaghi ve Peck (1967) ve Bowles (1968) tarafından önerilen, N_{60}^* ile serbest basınç mukavemeti arasındaki yaklaşık ilişkiler Tablo 2.7'de verilmiştir.

Tablo 2.7. SPT-N' e göre killi zeminlerin kıvamı ve q_u arasındaki ilişkiler

Zemin Kıvamı	Terzaghi ve Peck (1967)		Bowles (1968)	
	N_{60}^*	q_u (kPa)	N_{60}^*	q_u (kPa)
Çok Yumuşak	< 2	< 25	< 2	< 25
Yumuşak	2 - 4	25 - 50	2 - 4	25 - 50
Orta Katı	4 - 8	50 - 100	4 - 8	50 - 100
Katı	8 - 15	100 - 200	8 - 16	100 - 200
Çok Katı	15 - 30	200 - 400	16 - 32	200 - 400
Sert	> 30	> 400	> 32	> 400

Terzaghi ve Peck, N^*_{60} değeri ile serbest basınç mukavemeti (q_u) arasındaki ilişkiyi Denklem (2.23)'de gösterildiği gibi belirlemişlerdir.

$$q_u=12,5N^*_{60} \quad (kPa) \tag{2.23}$$

Sivrikaya ve Toğrol (2002), Birleştirilmiş Zemin Sınıflandırmasına göre zeminleri ayırarak yapmış oldukları çalışmada, serbest basınç mukavemeti (q_u) ile standart penetrasyon direnci arasında aşağıdaki ilişkileri vermiştir. Ayrıca Sivrikaya ve Toğrol (2002), denklem katsayısını plastisite indisi (Ip) cinsinden ifade eden N60< 25 için ilişki elde etmiştir (Tablo 2.8).

Tablo 2.8. q_u ile SPT-N ve N_{60} arasındaki ilişkiler (Sivrikaya ve Toğrol, 2002)

Zemin Cinsi (n: Numune sayısı)	qu (kPa)	Korelasyon Katsayısı (r)
Yüksek Plastisiteli Kil (CH) n=113	9,70 SPT-N 13,63 N_{60}	0,83 0,80
Düşük Plastisiteli Kil (CL) n=72	6,70 SPT-N 9,85 N_{60}	0,76 0,73
İnce Daneli Zemin n=226	8,64 SPT-N 12,36 N_{60}	0,80 0,78
İnce Daneli Zemin (n=30)	$(0,19I_p+6,20)N_{60}$, $N_{60}< 25$	

2.5. SPT–N ile Drenajsız Kayma Mukavemeti (C_u) İlişkisi

Kulhawy ve Mayne (1990), ince daneli zeminler üzerinde gerçekleştirdikleri deneyler sonucunda C_u ile SPT-N arasında aşağıdaki denklemi önermişlerdir.

$$C_u=29N^{0,72} \tag{2.24}$$

Terzaghi ve Peck (1967), kohezyonlu zeminler için drenajsız kayma dayanımı ile SPT-N değeri arasındaki korelasyonu Tablo 2.9'daki gibi göstermişlerdir.

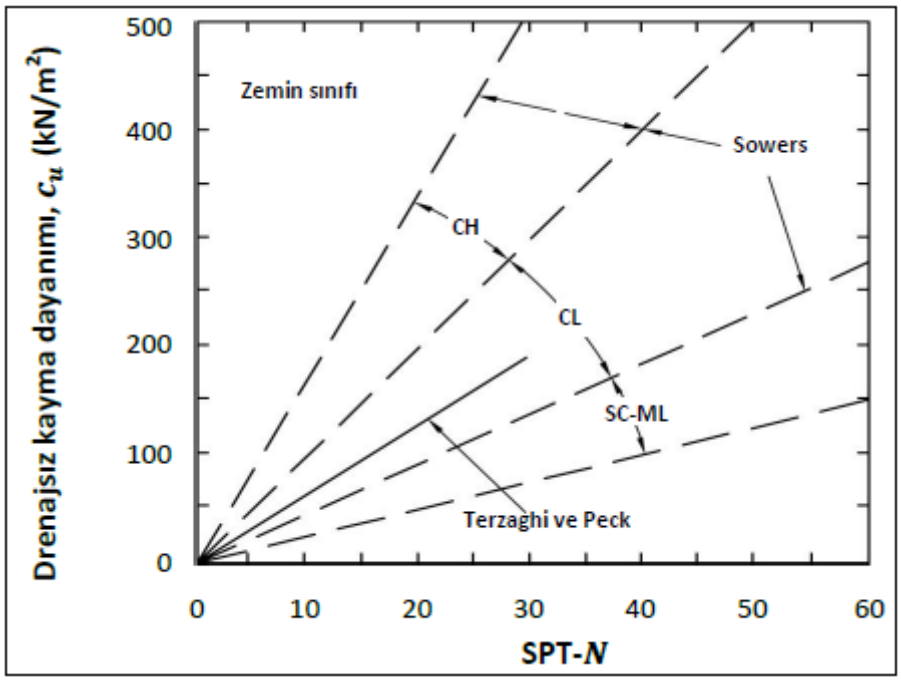
Tablo 2.9. SPT-N – c_u ilişkisi (Terzaghi&Peck, 1967)

SPT-N	Kıvam	Yaklaşık c_u/p_a oranı
0 - 2	Çok yumuşak	< 1/8
2 - 4	Yumuşak	1/8 – 1/4
4 - 8	Orta katı	1/4 – 1/2
8 - 15	Katı	1/2 – 1
15 - 30	Çok katı	1 – 2
> 30	Sert	> 2

Terzaghi ve Peck (1967), drenajsız kayma dayanımı ve standart penetrasyon direnci arasındaki korelasyonu Şekil 2.13 ile açıklamıştır. Kilin plastiklik özelliklerini dikkate alan yeni bir korelasyonda, Sowers (1979) tarafından önerilmiştir ve aynı şekil üzerinde gösterilmiştir. Terzaghi ve Peck ile Sowers tarafından önerilen korelasyonlar Tablo 2.10'da verilmiştir.

Tablo 2.10. SPT-N – c_u ilişkisi (Terzaghi ve Peck, 1967)

Araştırmacılar	Zemin Cinsi	C_u (kPa)
Terzaghi & Peck (1967)	İnce daneli zeminler	6,25N
Sowers (1979)	Yüksek plastisiteli killer	12,5N
	Orta plastisiteli killer	7,5N
	Düşük plastisiteli killer	3,75N



Şekil 2.13. SPT-N – c_u ilişkisi (Terzaghi&Peck, 1967 ve Sowers, 1979)

İyisan ve Ansal (1990), Türkiye'nin çeşitli yerlerinden elde edilen ince daneli zeminler üzerinde gerçekleştirilen serbest basınç deneyi sonuçlarını ($C_u=q_u/2$ olarak) kullanarak C_u ile SPT-N arasında aşağıdaki denklemi önermişlerdir.

$$C_u=4,43N+8,07 \tag{2.25}$$

Sanglerat (1972), killi ve siltli killi numuneler üzerinde gerçekleştirdiği serbest basınç deneyi sonuçlarından elde ettiği C_u ile SPT-N arasındaki korelasyonları Denklem (2.26) ile açıklamıştır.

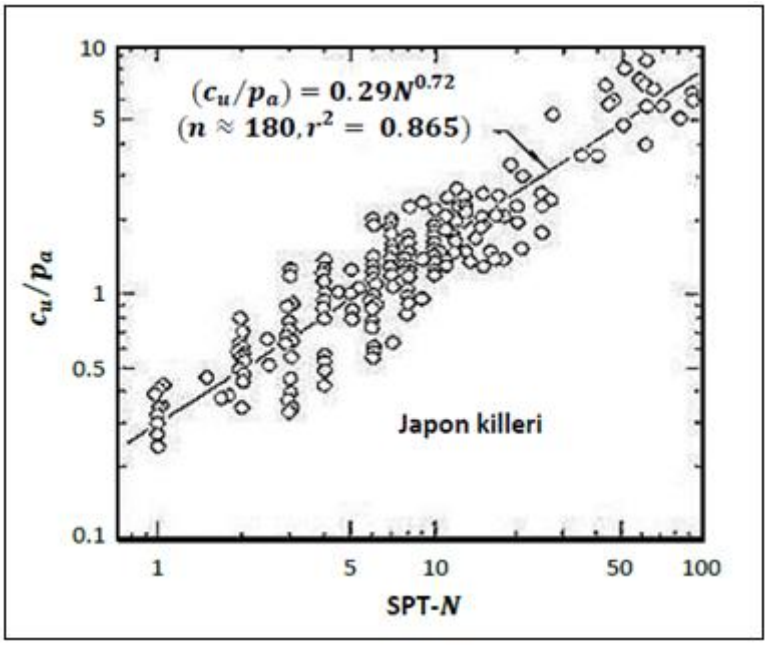
$$C_u(kN/m^2)=\begin{Bmatrix}\text{killer,} & 12,5N\\ \text{siltli killer,} & 10N\end{Bmatrix} \tag{2.26}$$

Nixon (1982), killi zeminler üzerinde gerçekleştirdiği serbest basınç deneyi sonuçlarından elde ettiği C_u ile SPT-N arasındaki denklemi Denklem (2.27) ile açıklamıştır.

$$c_u(kN/m^2)=12N \tag{2.27}$$

Hara vd. (1974), aynı SPT deney düzeneği üzerinde konsolidasyonsuz- drenajsız üç eksenli basınç deneyleri (UU) yaparak buldukları 180 tane veriden, SPT-N ile c_u arasında uygun sayılabilecek bir korelasyon olduğunu göstermişlerdir (Şekil 3.14) ve bu korelasyonu Denklem (2.28) ile açıklamışlardır.

$$\frac{c_u}{p_a}=0{,}29N^{0{,}72} \qquad (2.28)$$



Şekil 2.14. SPT-N – c_u ilişkisi (Hara vd., 1974)

p_a:atmosferik basınç≅100kN/m^2, n: gözlem sayısı, r: korelasyon katsayısı

Stroud (1974), İngiltere'de 42 farklı sahada 1200 adet SPT-N değerinden oluşan bir veri tabanı oluşturmuştur. 102 mm çaplı örselenmemiş numuneler alınarak konsolidasyosuz- drenajsız üç eksenli basınç deneyleri (UU) yapılmıştır. Bu sayede killerin drenajsız kayma mukavemetleri belirlenmiştir. Araştırmalar sonucunda oluşturulan raporda, killerin ve yumuşak kayaların plastisite indislerinin PI=25-60, SPT-N değerlerinin N_{60}=10-80 darbe/30cm ve de laboratuvar deneylerinden elde edilen drenajsız kayma dayanımı değerlerinin c_u=25-500 kN/m^2 aralıklarında değiştiği açıklanmıştır.

Stroud (1974), SPT-N_{60} değeri ile c_u arasındaki korelasyonu Şekil 2.15 ile göstermiştir. Korelasyonda genel eğilimlerden oluşan aşırı sapmaların killerin fisürlü yapısından kaynaklandığını vurgulamıştır.

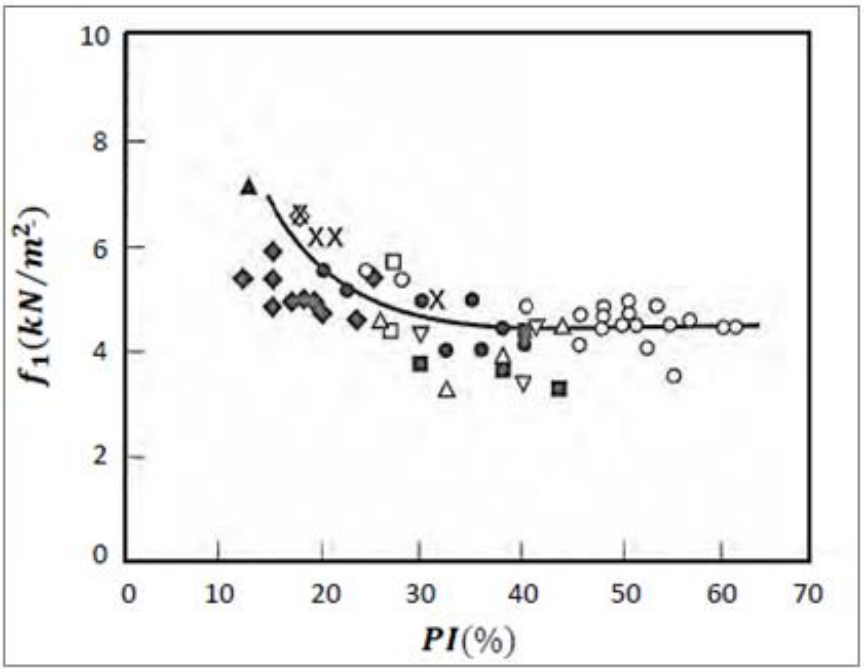
Korelasyon,

$$c_u(kN/m^2)=f_1 \times N_{60} \tag{2.29}$$

denklemi ile verilmektedir. Burada; f_1 faktörü kilin plastisite indisine bağlı olarak (artan PI değeri ile azalan) 4 – 6 kN/m^2 aralığında değişmektedir.

Aynı zamanda, bu ilişki yaklaşık olarak Denklem (2.30) ile de temsil edilebilmektedir.

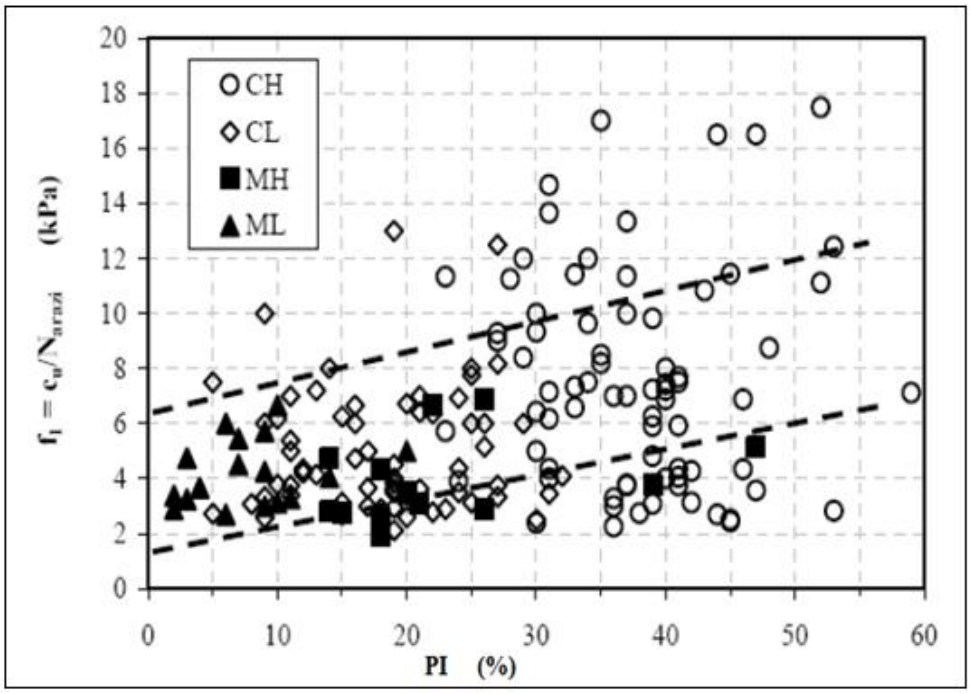
$$c_u(kN/m^2)=\begin{cases} PI<20 \text{ için:} & (6\text{-}7)N_{60} \\ 20<PI<30 \text{ için:} & (4\text{-}5)N_{60} \\ PI>30 \text{ için:} & 4{,}2N_{60} \end{cases} \tag{2.30}$$



Şekil 2.15. SPT-N_{60} - c_u - PI ilişkisi (Stroud, 1974)

Sivrikaya ve Toğrol (2007), f_1'in plastisite indisi ile değişimini araştırmışlardır. Bu çalışma sonucunda, Stroud (1974)' un önerdiği plastisite indisinin artması ile f_1 katsayısının azalması yaklaşımına katılmadıklarını belirtmişlerdir.

Sivrikaya ve Toğrol (2007), üç eksenli basınç deneylerinden elde edilen drenajsız kayma mukavemeti değerlerini kullanarak plastisite indisinin artması ile f_1 değerinin artma eğiliminde olduğunu belirtmişlerdir (Şekil 2.16).



Şekil 2.16. f_1 ile PI arasındaki ilişki (Sivrikaya ve Toğrol, 2007)

Sivrikaya ve Toğrol (2007), örselenmemiş numuneler üzerinde yapılan serbest basınç, üç eksenli basınç deneyi ve arazi veyn deneylerinden elde edilen C_u ile SPT- N değerleri arasındaki ilişkileri incelemişlerdir. Zemin sınıfları ve deney türleri için, C_u ile arazide ölçülen zemin penetrasyon direnci SPT-N ve düzeltilmiş zemin penetrasyon direnci N_{60} arasında belirlenen ilişkiler Tablo 2.17'de verilmiştir.

Sivrikaya ve Toğrol (2007), homojen zemin özelliğine sahip bir bölgeden elde edilen arazi veyn deneyi sonuçlarını kullanarak drenajsız kayma mukavemeti C_u ile plastisite indisi PI ve arazide ölçülen zemin penetrasyon direnci SPT-N arasında aşağıdaki denklemi önermişlerdir.

$$C_u=(0,12PI+2,08)SPT\text{-}N \quad (kPa), \; r=0,62 \qquad (2.31)$$

Tablo 2.11. SPT-N ve N_{60} ile C_u arasındaki ilişkiler (Sivrikaya ve Toğrol, 2007)

Zemin Cinsi	C_u (kPa) Serbest Basınç Deneyi	C_u (kPa) Üç Eksenli Basınç Deneyi	C_u (kPa) Arazi Veyn Deneyi	C_u (kPa) Ortalama
Yüksek Plastisiteli Kil (CH)	4,85 SPT-N r=0,83 6,82 N_{60} r=0,80	5,90 SPT-N r=0,80 8,76 N_{60} r=0,80	6,17 SPT-N r=0,86 8,27 N_{60} r=0,87	5,50 SPT-N 7,80 N_{60}
Düşük Plastisiteli Kil (CL)	3,35 SPT-N r=0,76 4,93 N_{60} r=0,73	3,97 SPT-N r=0,75 5,82 N_{60} r=0,75	3,58 SPT-N r=0,82 4,88 N_{60} r=0,83	3,70 SPT-N 5,35 N_{60}
Kil	4,33 SPT-N r=0,82 6,19 N_{60} r=0,77	5,13 SPT-N r=0,76 7,57 N_{60} r=0,76	4,97 SPT-N r=0,73 6,72 N_{60} r=0,75	4,75 SPT-N 6,90 N_{60}
İnce Daneli Zemin	4,32 SPT-N r=0,80 6,18 N_{60} r=0,78	4,68 SPT-N r=0,72 6,97 N_{60} r=0,71	4,18 SPT-N r=0,76 5,77 N_{60} r=0,79	4,45 SPT-N 6,35 N_{60}

2.6. SPT–N ile Odometrik Deformasyon Modülü (M) İlişkisi

Odometrik deformasyon modülü, tek eksende yüklenen zeminin, yüklendiği yöne dik olan yönde sıfır birim deformasyon kabulünü esas alan, gerilme-deformasyon koşulundaki yüklemeden kaynaklanan eksenel gerilmenin eksenel birim deformasyona oranı olarak tanımlanmaktadır. Odometrik modül, laboratuvarda odometre deneyinden elde edilmekte olup, geniş temeller altındaki kohezyonlu zeminlerin uzun dönemli deformasyon modülünü temsil etmektedir (A.Orhan Erol ve Zeynep Çekinmez, 2014).

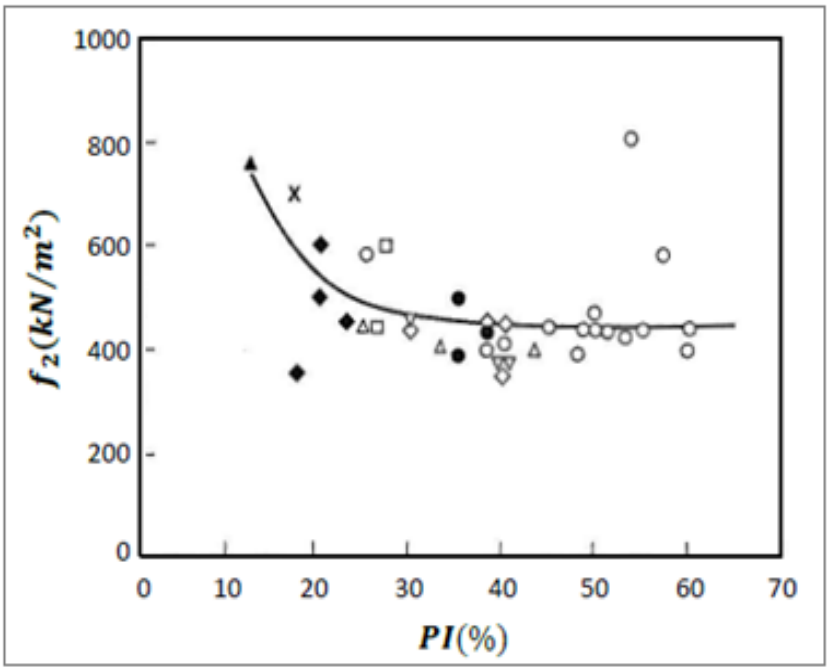
Stroud (1974), N_{60} ile hacimsel sıkışma katsayısı (m_v) arasındaki korelasyonu plastisite indisine bağlı olarak hassas olmayan killerde belirlemiştir. Şekil 2.17'de görüldüğü gibi m_v, f_2 katsayısına bağlı olarak aşağıdaki gibi önerilmiştir.

$$m_v=\frac{1}{f_2 N_{60}} \tag{2.32}$$

Formülde m_v' nin birimi m^2/ kN' dur.

Buna göre, killi zeminler için odometrik modül (M) Denklem (2.33)'deki gibidir.

$$M(kN/m^2)=\frac{1}{m_v}=f_2 \times N_{60} \tag{2.33}$$



Şekil 2.17. SPT-N60 - m_v - PI ilişkisi (Stroud, 1974)

2.7. SPT- N ile Drenajsız Deformasyon Modülü (E_u) İlişkisi

Butler (1975), drenajsız deformasyon modülü, E_u ile SPT-N arasındaki ilişkiyi Denklem (2.34)'deki gibi açıklamıştır.

$$E_u/N_{60}=(1\text{-}1{,}2)\ (MN/m^2) \tag{2.34}$$

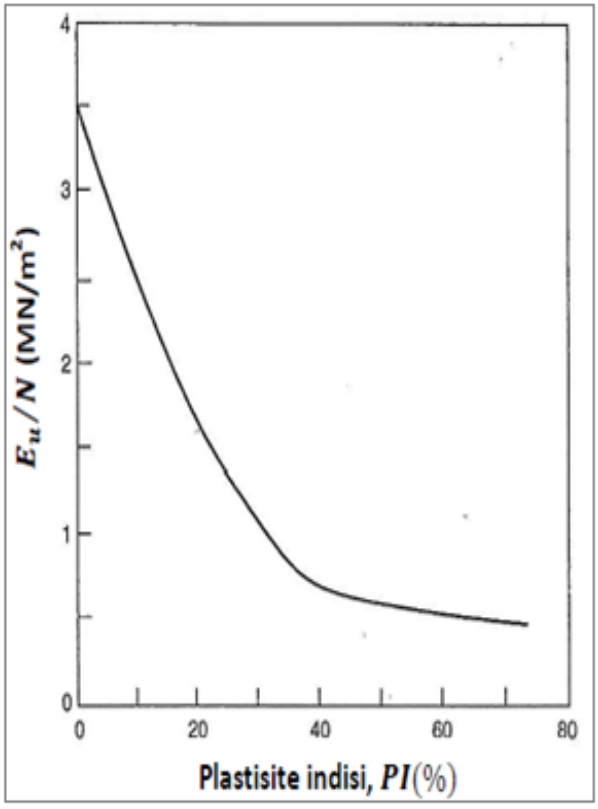
Kohezyonlu zeminlerde uzun dönem/drenajlı deformasyon modülü, E'_s ile kısa dönem/drenajsız modülü, E_u arasında Denklem (2.35) önerilmiştir.

$$E_s' = \beta' E_u \quad (2.35)$$

Bu formülde zeminin Poisson oranı değerine bağlı olan β' faktörü Tablo 2.12'den, E_u değerleri ise SPT-N ve plastisite indisi (PI) değerlerinin fonksiyonu olan Şekil 2.18'den alınmaktadır.

Tablo 2.12. Değişik zemin türleri için önerilen β' faktörleri (Poulos ve Small, 2000)

Zemin Türü	**β' faktörü**
Çakıl	0.9
Kum	0.8
Silt, siltli kil	0.7
Sert kil	0.6
Yumuşak kil	0.4



Şekil 2.18. PI ile Eu /N arasındaki ilişki (Poulos&Small, 2000)

2.8. Yüzeysel Temellerde SPT-N ile Taşıma Gücü İlişkisi

Literatürde iri daneli zeminler için, taşıma gücü ve SPT-N arasında çeşitli araştırmacıların önermiş olduğu korelasyonlar mevcuttur.

Meyerhof (1956) 25 mm oturma için, emniyetli taşıma gücünü kPa olarak Denklem (2.36) ile açıklamıştır.

$$q_a=\begin{cases}12(\text{SPT-N})k_d, & B\leq 1{,}22\ \text{m}\\ 8(\text{SPT-N})\left(\frac{B+0{,}305}{B}\right)^2 k_d, & B>1{,}22\ \text{m}\end{cases} \tag{2.36}$$

$$k_d=1+0{,}33\left(\frac{D_f}{B}\right)\leq 1{,}33 \tag{2.37}$$

Bu ifadelerde SPT-N, temel seviyesinin B/4 kadar üstü ile bu seviyenin 1,5B altı arasındaki kesimde ölçülen SPT-N değerlerinin ortalamasıdır.

Bowles (1988), Meyerhof ifadelerine bir düzeltme getirerek taşıma gücü ve SPT-N arasındaki ilişkiyi Denklem (2.38) ile açıklamıştır.

$$q_a=\begin{cases}20(\text{SPT-N})k_d, & B\leq 1{,}22\ \text{m}\\ 12{,}5(\text{SPT-N})\left(\frac{B+0{,}305}{B}\right)^2 k_d, & B>1{,}22\ \text{m}\end{cases} \tag{2.38}$$

Parry (1977), taşıma gücü ve SPT-N arasındaki ilişkiyi Denklem (2.39) ile açıklamıştır.

$$q_u=0{,}24(\text{SPT-N})\left[\frac{D_f+0{,}73B}{D_f+0{,}75B}\right] \tag{2.39}$$

Burada q_u nihai tasıma gücü (MPa), SPT-N temel altından 0,75B derinlik boyunca ortalama SPT-N değeri, B temel genişliği (m), D_f temel derinliği (m)'dir.

2.9. Derin Temellerde SPT-N ile Taşıma Gücü İlişkisi

Meyerhof (1976), düşey kazıklarda net uç direnci (q_b) ve sürtünme direncini (q_s) veren taşıma gücü korelasyonlarını aşağıdaki bağıntılarla açıklamıştır.

Kumlar ve çakıllar için;

$$q_b=40N_{1,60}\frac{L}{B}\leq 400N_{1,60} \quad (2.40)$$

Plastik olmayan siltler için;

$$q_b=40N_{1,60}\frac{L}{B}\leq 400N_{1,60} \quad (2.41)$$

İri daneli zeminlerde büyük deplasman kazıklar için;

$$q_s=2N_{60} \quad (2.42)$$

İri daneli zeminlerde küçük deplasman kazıklar için;

$$q_s=N_{60} \quad (2.43)$$

Burada q_b uç direnci (kPa), q_s sürtünme direnci (kPa), L zemine gömülü kazık boyu (m), B kazık çapı (m) göstermektedir. Denklem 3.42'nin üst sınırı L/B≥10 ve Denklem 2.43'ün üst sınırı L/B≥7,5 olması durumunda uygulanır.

Briaud ve diğ. (1985), düşey kazıklar için taşıma gücünü belirleyen korelasyonu Denklem (2.44) ile açıklamıştır.

$$q_b=1970(N_{60})^{0,36} \quad (2.44)$$

$$q_s=22,4(N_{60})^{0,29} \quad (2.45)$$

Burada q_b ve q_s birimleri kPa' dır.

2.10. SPT-N ile Kayma Dalgası Hızı İlişkisi

Shaibata (1970), kumlar için kayma dalgası hızını standart penetrasyon direnci ve efektif düşey gerilmenin bir fonksiyonu olarak N değeri cinsinden Denklem (2.46) ile açıklamıştır.

$$V_s=31,7N^{0,5} \quad (m/sn) \tag{2.46}$$

Burada;

V_s: Kayma dalgası hızı

N: Standart penetrasyon deneyi darbe sayısıdır.

Kanai ve diğ. (1966), genelde kumlarda yapılan yaklaşık 70 mikrotremor ölçüm sonuçlarını kullanarak Denklem (2.47)' yi önermiştir.

$$V_s=19N^{0,6} \quad (m/sn) \tag{2.47}$$

Ohba ve Toriumi (1970), Japonya' da Osaka yakınlarında alüvyon zeminlerde yapılan Rayleigh hızı ölçümlerine dayanan korelasyonu Denklem (2.48) ile açıklamıştır.

$$V_s=85,3N^{0,31} \quad (m/sn) \tag{2.48}$$

Sakai (1968), plaka yükleme deneyi ile N sayısından elde edilen taşıma gücünü karşılaştırarak elastisite modülünü elde etmiştir. Bunun sonucunda ise kayma dalgası hızını N sayısına göre hesaplamıştır. Plaka yükleme deneyinde deformasyon derinlikle değiştiğinden, dairesel yükleme plağı çapının 3-4 katı derinlikteki ortalama deformasyonu kullanarak kayma dalgası hızı ve SPT-N darbe sayısı arasındaki korelasyon aşağıdaki gibidir.

$$V_s=(15\text{-}30,5)N^{0,5} \quad (m/sn) \tag{2.49}$$

Ohsaki ve Iwasaki (1973), genelde aşağı kuyu ölçümlerinden sağlanan veriler ile, jeolojik yaşın ve zemin tipinin etkisini de dikkate alarak V_s- N ilişkisini basit istatistik analizle incelemişlerdir. Analizde, Ohsaki ve Sakaguchi (1972) tarafından önerilen basitleştirilmiş zemin profili içinde her zemin tipi için ortalama olarak alınan N değerleri kullanılmıştır. Bu yönteme göre kayma modülü (G) veya kayma dalgası hızının sabit olduğu tabaka içinde, aynı hız veya kayma modülüne ortalama bir N darbe sayısı karşı gelmektedir.

Araştırmacılar, Kanai ve diğ.(1966) verilerini kullanarak kum ve killer için kayma modülleri arasında, tipik arazi yoğunluklarını belirleyerek karşılaştırma yapmışlardır.

Bu çalışmalardan aynı N değerinde kilin daha büyük kayma modülüne sahip olduğu sonucuna varılmış ve Japonya'da kumlar için birim hacim ağırlığı 1,80 t/m^3 kabul edilerek aşağıdaki denklemi elde etmişlerdir.

$$V_s=81,4N^{0,39} \quad (m/sn) \tag{2.50}$$

Ohta ve ark. (1972), 18 sahadan toplanan 100 veri ile regresyon analizi yaparak Ohsaki ve Iwasaki (1973)'ye benzer bir bağıntı elde etmiş ve birim hacim ağırlığı 1,80 t/m^3 kabul ederek aşağıdaki korelasyonu elde etmiştir.

$$V_s=87,2N^{0,36} \quad (m/sn) \tag{2.51}$$

İmai ve Yoshimura (1975), aşağı kuyu sismik ölçümleri ile 70 sahada 100 sondaj kuyusunda toplanan arazi verilerini kullanarak V_s' in zemin tipi ve jeoloji ilişkisini inceleyerek V_s ile zeminlerin diğer mühendislik özellikleri arasında iyi sayılabilecek bir korelasyon olduğunu savunmuşlardır. Kayma dalgası hızının Halosen yaşlı alüvyon kumlarda 78-329 m/sn ve Pleistosen dilüvyal kumlarda ise 220-649 m/sn arasında değiştiğini ve daha yaşlı zeminlerin açık olarak daha yüksek değerde ve daha geniş sınırlarda V_s'e sahip olduğunu gösterdiler. Daha yaşlı zeminlerin genç zeminlere göre daha derinlerde olduğu düşünüldüğünde, sahip olduğu efektif yükten dolayı daha fazla V_s' e sahip olması doğal bir sonuçtur. Bu araştırmacılar, N – V_s ilişkisinde zemin tipinin etkisinin ayırt edilmesinin zor olduğu sonucuna vararak, zemin cinsinden bağımsız olarak tüm verilerle aşağıdaki denkleme ulaşmışlardır.

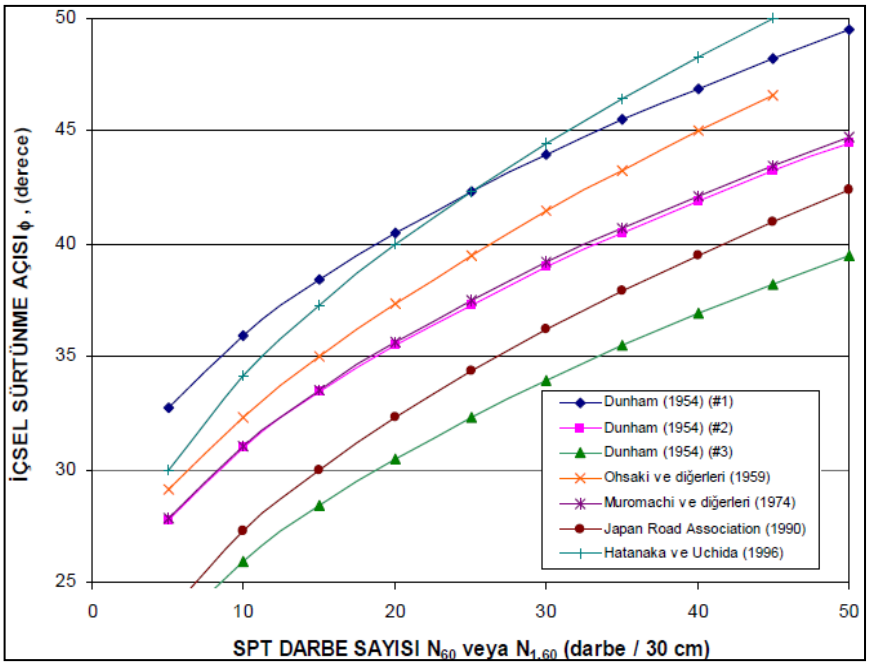
$$V_s=92N^{0,329} \quad (m/sn) \tag{2.52}$$

2.11. SPT-N ile İçsel Sürtünme Açısı (Ø) İlişkisi

SPT, kumların ve siltlerin yerindeki içsel sürtünme açısı (Ø) değerlerinin belirlenmesinde de kullanılır. İçsel sürtünme açısı (Ø) ile SPT-N değerleri arasındaki ilişkiyi veren eşitlikler Tablo 2.13'de özetlenmiş ve Şekil 2.19'da bu eşitliklerin grafiksel gösterimi verilmiştir.

Tablo 2.13. SPT-N değerleri ile içsel sürtünme açısı arasındaki bağıntılar

Zemin Türü	İçsel Sürtünme Açısı Ø (derece)	Araştırmacılar
Köşeli ve iyi boylanmış zemin tanecikleri	$\emptyset=(12N)^{0,5}+25$	Dunham (1954)
Yuvarlak ve iyi boylanmış veya köşeli ve üniform boylanmış zemin tanecikleri	$\emptyset=(12N)^{0,5}+20$	Dunham (1954)
Üniform boylanmış zemin tanecikleri	$\emptyset=(12N)^{0,5}+15$	Dunham (1954)
Kumlu ve kumlu ince çakıl zemin	$\emptyset=(28)^{\circ}+(N/4)$	Peck ve diğerleri (1957)
Kumlu zemin	$\emptyset=(20N)^{0,5}+15$	Ohsaki ve diğerleri (1959)
Granüler (Tanecikli – Çakıllı) zemin	$\emptyset=20+3,5(N)^{0,5}$	Muromachi ve diğerleri (1974)
Kumlu zemin	$\emptyset=(20N_1)^{0,5}+20$	Hatanaka ve Uchida (1996)
Kumlu zemin	$\emptyset=(15N)^{0,5}+15\leq45$ (N>5)	Japan Road Association (1990)
Not: SPT-N değerleri yerine düzeltilmiş N_{60} değerleri kullanılmalıdır.		



Şekil 2.19. SPT-N değerleri ile içsel sürtünme açısı arasındaki bağıntıların grafiği

3. LABORATUVAR DENEYLERİ

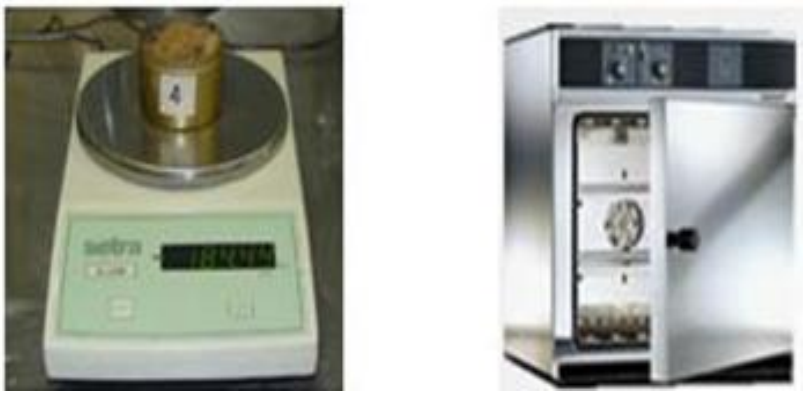
3.1. Atterberg (Kıvam) Limitleri

Killeri tarif ederken granülometri eğrisi ve minerolojinin yetersiz kaldığı durumlarda Atterberg (1913) likit limit ve plastik limit deneyleri kullanılmaktadır. İnce daneli zeminler su muhtevalarına bağlı olarak katı, yarı katı veya sıvı kıvamda olabilirler. İnce daneli zeminlerin çoğu, doğal halde plastik kıvamda bulunur ve bu kıvam aralığını belirleyen en yüksek ve en düşük su muhtevalarına likit limit (LL) ve plastik limit (PL) denir. Zeminin su muhtevasındaki değişim ile kıvamı arasında ilişkinin belirlenebilmesi için rötre, plastik ve likit limitlerinin belirlenmesi gerekmektedir.

3.1.1. Doğal su muhtevası

Bu deney, zemin numunelerinin su muhtevasının belirlenmesi amacıyla yapılmaktadır. Zemin laboratuar 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.

Doğal su muhtevası deneyi; etüv (110 ± 5 º C'de sabit kalabilen termostat kontrollü ve hava dolaşımlı), terazi (0,01 g duyarlıklı), örnek kapları, fırından örnek çıkartmak için ısıya dayanıklı eldiven, desikatör veya nem kabı, karıştırma spatulası ve bölgeç gibi ekipmanlardan oluşur.



Şekil 3.1. Doğal su muhtevası ekipmanları (etüv ve terazi)

3.1.2. 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 su muhtevalarında bir akışkan gibi hareket etmesine karşın bunun altındaki su muhtevası değerlerinde plastik bir madde gibi davranır.

Likit limit değerinin belirlenmesi için, Casagrande (1932) tarafından bir deney şekli belirlenmiş ve bu deney günümüzde uluslararası bir standart haline gelmiştir. Likit limit deneyi Casagrande likit limit aleti ile tayin edilir. Bu deneyi yapmak için önceden kurumamış kil zemin numunesi damıtık su ile bir kapta spatula yardımı ile karıştırılır. Plastik kıvama gelen numune daha sonra Casagrande aletinin pirinçten üretilmiş çanak kısmına konur. Çanağa koyulmuş kil içersinde açılan belli ölçüdeki bir yarığın kapanması için gereken vuruş sayısı, kabı belli bir yükseklikten düşürmek kaydıyla bulunur. Su muhtevaları değiştirilerek her yeni durum için vuruş sayıları yeniden tespit edilir ve bu şekilde en az 3 nokta bulunduktan sonra enterpolasyon yöntemi ile N=25 vuruş sayısına denk gelen su muhtevası değeri hesaplanır ve bu su muhtevası likit limit olarak tanımlanır. Casagrande aletinde pirinçten mamul çanağının şekli ve ağırlığı, özel kaşıkla açılan yarığın (çentiğin) şekli ve miktarı, düşüşün yüksekliği vb. bir takım standartlarla belirlenmiş olup alet, zemin mekaniği laboratuarlarında bu standartlara uygun bir biçimde konulmuş olarak bulunmaktadır (Skempton ve Bishop, 1967).

Likit limit deneyi; oluk açma bıçağı, karıştırma spatulası (yaklaşık 10 cm boyunda ve 2 cm genişliğinde), karıştırma kapları, etüv (60°C ve 110±5°C'de sabit kalabilen termostat kontrollü ve hava dolaşımlı), terazi (0,01 g duyarlıklı), 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) gibi ekipmanlardan oluşur.



Şekil 3.2. Likit limit deney seti

3.1.3. Plastik limit

Atterberg'e göre plastik limit şöyle tanımlanmıştır: Plastik limit öyle bir su muhtevasıdır ki, bu su muhtevasından daha düşük değerlerde kil numunesi artık plastik bir malzeme olmaktan çıkar ve kolayca ufalanan bir hal alır.

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).

Plastik limit deneyi; cam plaka, metal veya cam çubuk, karıştırma kabı, karıştırma spatulası, etüv (110 ± 5 ° C'de sabit kalabilen termostat kontrollü ve hava dolaşımlı), terazi (0,01 g duyarlıklı), su içeriğini belirlemek için kullanılacak olan metal örnek kaplar gibi ekipmanlardan oluşur.



Şekil 3.3. Plastik limit deney seti

3.2. Üç Eksenli Basınç Deneyi (UU)

Zeminlerin kayma mukavemetinin tayini için yapılan diğer bir deney de üç eksenli basınç deneyidir. Kesme deneyinde aletin özelliği dolayısıyla tabiat şartlarına uymak zorlaşmaktadır. Üç eksenli basınç deneyinde bu dezavantaj mümkün olduğunca ortadan kaldırılmakta ve numunenin doğada bulunduğu şartlar yaratılmaya çalışılmaktadır. Böylece daha incelikli ve gerçeğe yakın değerler elde etmek mümkün olmaktadır. Bu deney, numuneye verilen çevresel bir basınç altında gittikçe artan bir düşey yük ile kırılma anını bulmak ve bu kırılma anına denk gelen asal gerilmelerden mohr dairelerini çizip, Coulomb'un kayma formülüne ait c ve Ø değerlerini bulmak esasına dayanmaktadır.

Silindir Hücre (TS 1900'e göre hücre içinde basınç 5kPa hassasiyetle uygulanabilmelidir.) (BS 1377'ye göre 1000kN/m2 iç basınca kadar dayanabilmeli.)

Üç eksenli basınç deneyi; basınç makinası, vakum kaynağı, numune (TS 1900' e göre çapı 3.5cm – 11cm arası, yüksekliği ise çapının iki katı dolaylarında olan bir silindirik numune), etüv, lastik membran (TS 1900'e göre çapı deney numunesi çapına eşit, boyu ise numune boyundan 5cm daha uzun olmamalıdır, 0.25mm kalınlığında bir membran yeterlidir), kıl testere, düşey deformasyon saati gibi ekipmanlardan oluşur.



Şekil 3.4. Üç eksenli basınç deney aleti

Killi zeminler kayma mukavemetinin bir kısmını sürtünmeden aldıkları halde, su içerikleri değişmeden yüklendiklerinde sadece kohezyona bağlı mukavemet gösterirler. Killi zeminlerin üç eksenli basınç deneyi sonucunda bulunan kayma mukavemeti incelendiğinde Denklem (3.1) elde edilmiştir.

$$\tau=c+\sigma \tan\emptyset \qquad (3.1)$$

Burada,

τ: Kayma mukavemeti

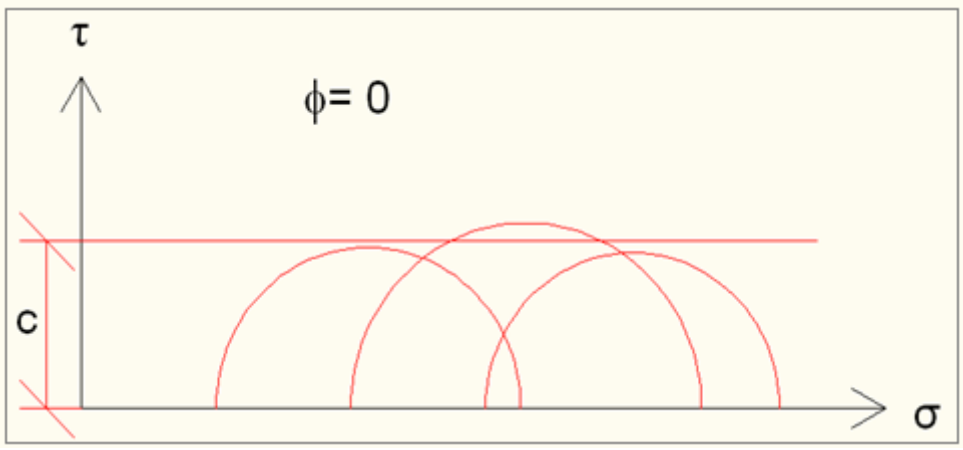
c: Kohezyon

σ: Toplam basınç

$\emptyset$: Kayma mukavemeti açısı

C_u: Drenajsız kayma mukavemetidir.

Kohezyonlu doygun zeminler için, $\emptyset = 0$ ve $\tau=C_u=c$ olur.



Şekil 3.5. Üç eksenli basınç deneyi kayma gerilmesi-düşey basınç

3.3. 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 yanal basınç yoktur. Üç eksenli basınç deneyi zeminin tabiattaki halini daha iyi temsil etmektedir ama tek eksenli basınç deneyi daha hızlı, ucuz ve zahmetsiz bir deneydir. 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 kabul edilir.

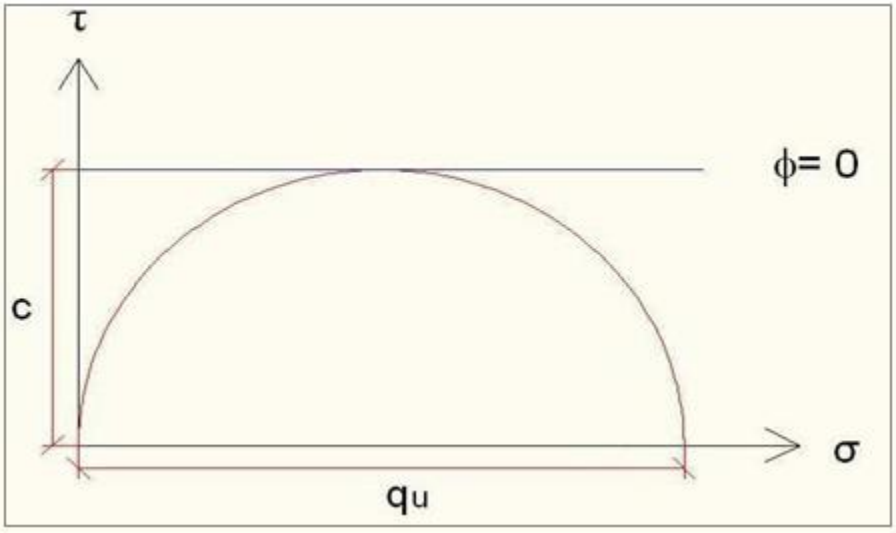
Serbest basınç deneyi; tek eksenli basınç aleti, etüv, kıl testere, numune (TS 1900'e göre ve BS 1377'ye göre 38mm çap ve 76mm yükseklikte), numune hazırlama aparatı, düşey deformasyon saati (TS 1900'e göre 0,01mm duyarlıklı mikrometreli saat), tartı (TS 1900'e ve BS 1377'ye göre 0,5g duyarlıklı tartı) gibi ekipmanlardan oluşur.



Şekil 3.6. Tek eksenli basınç deney aleti

Tek eksenli basınç deneyinde yanal basınç yoktur ve aynı numuneye yapılacak bütün deneyler aynı mohr dairesini (Şekil 4.6) verecektir. Bu nedenle de içsel sürtünme açısını bulmak söz konusu değildir. Gerçekten de normal konsolide suya doygun zeminlerde ∅ açısının değeri sıfir sayılabilir. Kayma direncinin değeri ise basınç direncinin yarısı olarak hesaplanır. Elde edilen q_u değeri ile numunenin konsistansı belirlenebilir.

$$\tau=c_u=q_u/2 \qquad (3.2)$$



Şekil 3.7. Tek eksenli basınç deneyi kayma gerilmesi-düşey basınç

4. REGRESYON VE KORELASYON ANALİZLERİ

Mühendislik alanında yapılan çalışmalarda genellikle bir değişken başka değişkenler yardımıyla tanımlanır. Değişkenler arasında bir ilişki olup olmadığını, eğer varsa bu ilişkinin seklini ve derecesini araştırmak için istatistiğin regresyon ve korelasyon analizi metotları kullanılır. Eğer, değişkenler arasında bir ilişki olduğu bulunabiliyorsa, bu ilişki en iyi şekilde ancak matematik fonksiyon olarak tanımlanabilir. Bu fonksiyon, ilişkinin sekline göre lineer bir doğru veya bir eğri denklemi şeklinde ifade edilebilir (Bayazıt, 1996).

Üzerinde durulan değişkenlerden birinin bağımlı (y), diğerinin bağımsız (x) olması durumunda y'nin x'in bir fonksiyonu olarak ifade eden ilişkiye regresyon denir. y=a+bx şeklindeki lineer regresyonun anlamlılığı %5 anlamlılık düzeylerinde incelendiğinde (t test), b=0 ve a ≠0 olduğu bulunur. Böylece y=a+bx şeklindeki doğrusal regresyon denklemi y=bx şeklini alır.

Bu tez çalışmasında y kohezyon değerini (c), x ise korelasyonda kullanılan SPT-N darbe sayısı değişkenlerini göstermektedir. Ayrı formüldeki a ve b ise regresyon analizi sonucunda bulanan korelasyon katsayılardır. Korelasyon katsayısı r, -1 ile +1 arasında değişen değerler alır ($-1 \leq r \leq +1$). Korelasyon katsayısı, değişkenler arasında ilişki olmadığı durumda 0, tam veya kuvvetli bir ilişki varsa 1, ters yönlü ve tam bir ilişki varsa -1 değerini alır. Analizi basitleştirmek ve doğru sonuç alabilmek için korelasyon eğrisinin başlangıç noktasından geçtiği kabul edilir. Birçok bilim adamı da arazi deneyleri sonucu buldukları korelasyonlarda, korelasyon eğrisinin başlangıç noktasından geçtiğini kabul ederek çalışmalarını tamamlamıştır.

5. KARABÜK İLİNDE YAPILAN SPT-N İLE ZEMİN PARAMETRELERİ KORELASYONLARI

Bu tez çalışması kapsamında, Karabük ili sınırları içerisinde, yerel zemin koşullarının belirlenmesi amacıyla farklı şirketler tarafından hazırlanan toplam 371 adet zemin etüd raporu ve zemin sondaj logları toplanmıştır. Zemin etüd raporlarının 120 adeti yalnızca araştırma çukuru loglarına göre hazırlandığından, yapılmış olan sondajlardan 251 tanesine ait veriler kullanılmıştır.

Zemin inceleme programlarında sıkça tercih edilen arazi deneylerinden SPT deney sonuçları ile zemin incelemesi sırasında alınan örselenmemiş zemin numuneleri üzerinde laboratuarda yapılmış olan deneylerden elde edilen SPT-N darbe sayısı, drenajsız kayma mukavemeti (c_u), kohezyon (c), doğal su muhtevası (w_n), likit limit (LL), plastik limit (PL), plastisite indisi (PI) gibi zeminlerin çeşitli özellikleri arasındaki ilişkiler araştırılmıştır.

Mühendislik alanındaki çalışmalarda en önemli sorunlar iki veya daha fazla değişkenin arasındaki ilişkinin incelenmesi sırasında ortaya çıkmaktadır. Geoteknik Mühendisliği uygulamalarında, zemin numunelerinin alınmasında, numuneler üzerinde laboratuar deneyleri gerçekleştirilmesindeki güçlükler, bu işlemlerin maliyetinin yüksek olması ve fazla zaman gerektirmesi nedenleri ile sınırlı sayıda bilgi ile çözüme gidilme yolu tercih edilmektedir (Toğrol ve Sivrikaya, 2009).

Bu durumda, arazi deneylerinden elde edilen sonuçların önemi ortaya çıkmaktadır. Arazide doğal koşullarda uygulanan deney teknikleri ile elde edilen bilgilerden zemin özelliklerini belirlemek son yıllarda çeşitli bilim adamları tarafından da uygun görülmüştür.

Bu çalışmada aynı tür zeminler üzerinde ölçülen SPT– N darbe sayısı ve kohezyon (c) değerlerinin birbirleriyle ilişkileri araştırılarak, aralarında bir korelasyon geliştirilmiştir.

5.1. SPT-N ile Kohezyon (c) Arasındaki İlişkiler

Zemin etüd raporlarından alınarak Excel programına kaydedilen toplam 293 adet veri arasında korelasyon yapabilmek için ilk önce SPT-N değerlerinde gerekli olan düzeltmeler yapılmıştır.

N_{60} şeklinde gösterilen düzeltme aşağıdaki ifadelerle verilmektedir (McGregor and Duncan, 1988).

$$N_{60}=\frac{C_E C_B C_S C_R N_a}{60} \tag{5.1}$$

Burada;

N_{60}= Teorik serbest düşme tokmak enerjisinin % 60'ına göre düzeltilmiş vuruş sayısı,

N_a= Arazide ölçülen darbe sayısıdır.

Enerji düzeltmesi (C_E) için Türkiye koşullarına uygun olan %45 değeri kullanılmıştır. Karabük'te yapılan sondajlar 100 mm çapında yapıldığı için sondaj çapı düzeltmesi (C_B) 1 olarak kabul edilmiştir. Ayrıca SPT numune alıcısı kılıfsız kullanıldığı için numune alıcı kılıf düzeltmesi (C_S) 1 olarak alınmıştır. Tij uzunluğu düzeltmesi (C_R) için Tablo 1.1'deki düzeltme faktörleri kullanılmıştır.

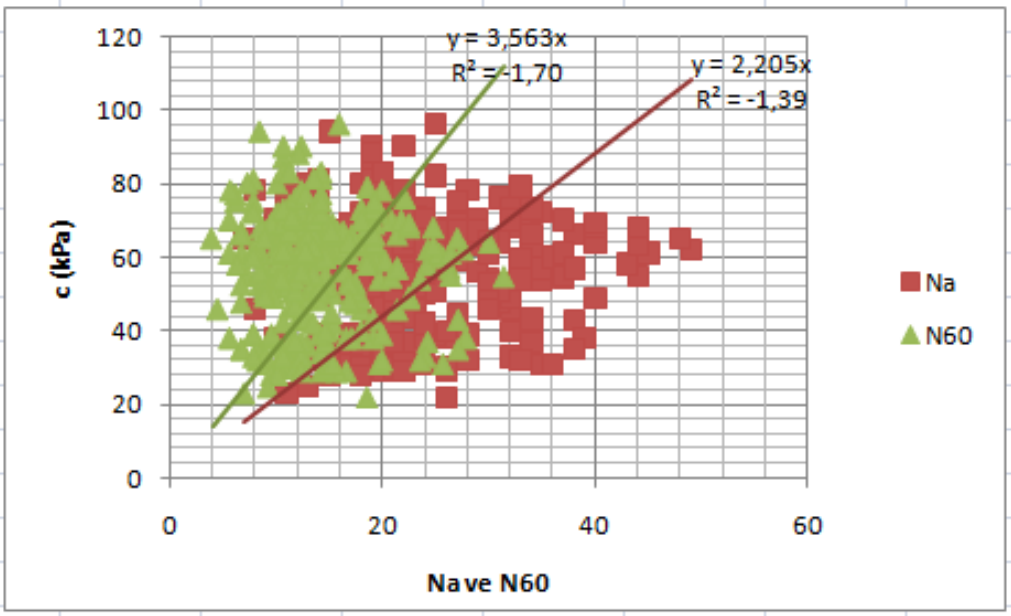
Farrar (1999), ince daneli zeminlerde, sığ durumlarda C_N düzeltmesi yapılmamasının normal olabileceği fakat özellikle derinde yapılan deneyler için hâlâ tartışmalı olduğunu belirtmiştir. Killi zeminler için C_N düzeltmesi hâlâ tartışmalı olmakla beraber, pratikte uygulanmamaktadır (Decourt, 1990). Dolayısıyla bu çalışmada C_N dikkate alınmamıştır.

Killi zeminlerde ölçülen 293 adet SPT vuruş sayılarında (N_a), Denklem (5.1) kullanılarak düzeltme yapılmıştır. Elde edilen 293 değerden seçilen bir kısmı Tablo 5.1'de verilmiştir.

Tablo 5.1. Çalışmada kullanılan verilerin bir kısmı

N_a	N_{60}	c (kPa)
23	12,94	36
26	14,63	38
38	21,38	57
35	19,69	59
15	8,44	62
16	9,00	54
30	22,50	49,2
44	31,35	54,7
38	27,08	43
24	13,50	73
24	15,30	50,1
22	12,38	48,1
24	15,30	69
24	13,30	73
27	15,19	66
24	13,50	65
27	15,19	62
11	6,19	75
17	9,56	69
10	5,63	70
20	11,25	74
16	9,00	57
13	7,31	55
25	14,06	82
24	13,50	52
12	6,75	35
11	6,19	77
11	7,01	23
22	14,03	48,2
21	14,96	64
15	8,44	52,4

Arazide ölçülen darbe sayıları (N_a) ve teorik serbest düşme tokmak enerjisinin % 60'ına göre düzeltilmiş vuruş sayısı (N_{60}) ile kohezyon (c) değeri arasındaki ilişki Şekil 5.1'de gösterilmiştir.



Şekil 5.1. SPT-N_a- SPT-N_{60} ile c arasındaki ilişki

Her iki durumda regresyon analizleri karşılaştırıldığında, korelasyon katsayısı (r) iki durumda da $-1 \leq r \leq +1$ arasında çıkmamıştır. Bu yüzden laboratuar verilerinden bulduğumuz plastisite indisi ve doğal su muhtevasını hesaba katarak yeniden düzeltilen bir N^*_{60} değeri ile daha anlamlı korelasyonlar elde edebiliriz.

Özellikle killi zeminlerde yapılan SPT deney sonucunu etkileyen faktörlerden biride zeminin plastisitesidir. Bu nedenle kohezyon ile SPT vuruş sayıları arasında korelasyon yapabilmek için bu durumu göz önüne almak gerekir. Korelasyon yapmadan önce düzeltilmiş SPT-N değeri (N_{60}) ile zeminin su muhtevası ve plastisite indisi arasında Denklem (5.2) kurulmuştur.

$$N^*_{60} = \left(N_{60}\,\frac{W_n}{PI}\right)^{0,55} \qquad (5.2)$$

Burada;

N^*_{60}: Doğal su muhtevası ve plastisite indisi ile düzeltilmiş N_{60} değeri

W_n: Doğal su muhtevası

PI: Plastisite indisi

Elde edilen N_{60}^{*} değeri ve bu değerler üzerinde basit doğrusal regresyon analizi yapılmıştır. Bu analizde ilk önce korelasyon katsayısı bulunmuş daha sonra da regresyon denklemi elde edilmiştir. Korelasyon katsayısı için aşağıdaki bağıntı kullanılmıştır.

$$r_{N_{60}^{*},C_u} = \frac{\sum_{i=1}^{M} (N_{60i}^{*} - \overline{N_{60}^{*}}).(C_{ui} - \overline{C_u})}{M.S_{N_{60}^{*}}.S_{C_u}} \tag{5.3}$$

$r_{N_{60}^{*},C_u}$: N_{60} ve C_u arasındaki korelasyon katsayısı

N_{60i}^{*}: Düzeltilmiş SPT-N değerleri

N_{60}^{*}: Düzeltilmiş SPT-N değerlerinin ortalama sabiti

C_{ui}: Örselenmemiş numune kohezyonu

C_u: Örselenmemiş numune kohezyonunun ortalama sabiti

$S_{N_{60}^{*}}$: Düzeltilmiş SPT-N değerlerinin standart sapma sabiti

S_{C_u} : Örselenmemiş numune kohezyonunun standart sapma sabiti

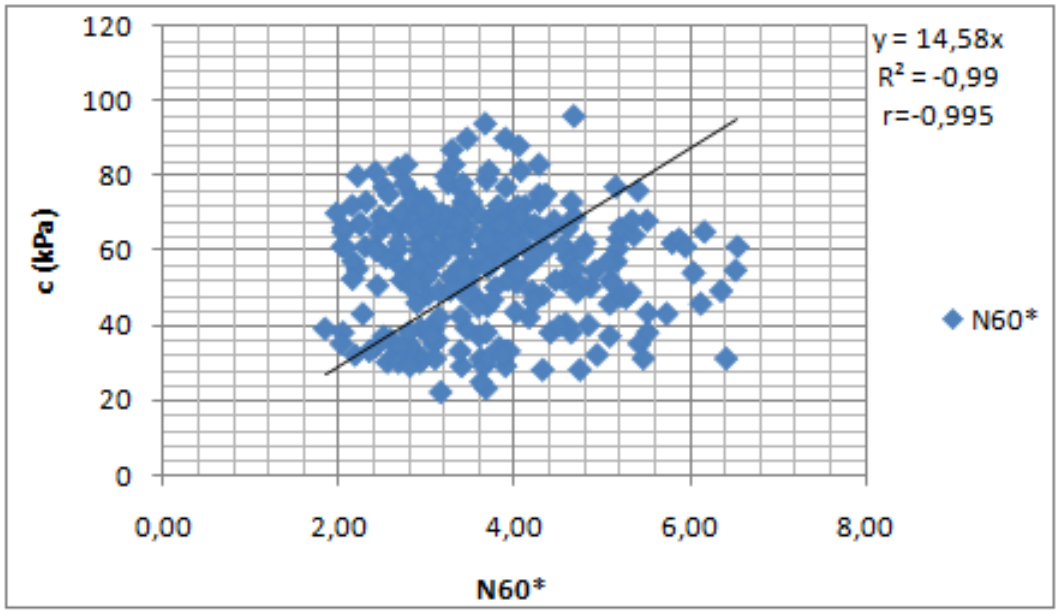
M: toplam numune sayısı

Sondajlardan alınan örselenmemiş numuneler üzerinde gerçekleştirilen toplam 293 adet konsolidasyonsuz drenajsız üç eksenli basınç deneyi sonuçları kullanılarak SPT-N ile c arasında söz konusu zeminler için ilişkiler incelenmiştir. İncelenen numunelerin zemin cinsine göre sayıları Tablo 5.2'de verilmiştir.

Tablo 5.2. Analiz için kullanılan numunelerin zemin sınıfı

Zemin Sınıfı	Veri Sayısı (n)
Yüksek plastisiteli kil (CH)	171
Düşük plastisiteli kil (CL)	122

Konsolidasyonsuz drenajsız üç eksenli basınç deneyi sonuçları kullanılarak doğrusal denklem cinsi için SPT-N ile c arasındaki korelasyon bulunmuştur. Grafiği Şekil 5.2 ile gösterilmiştir.



Şekil 5.2. SPT-N & c ilişkisi

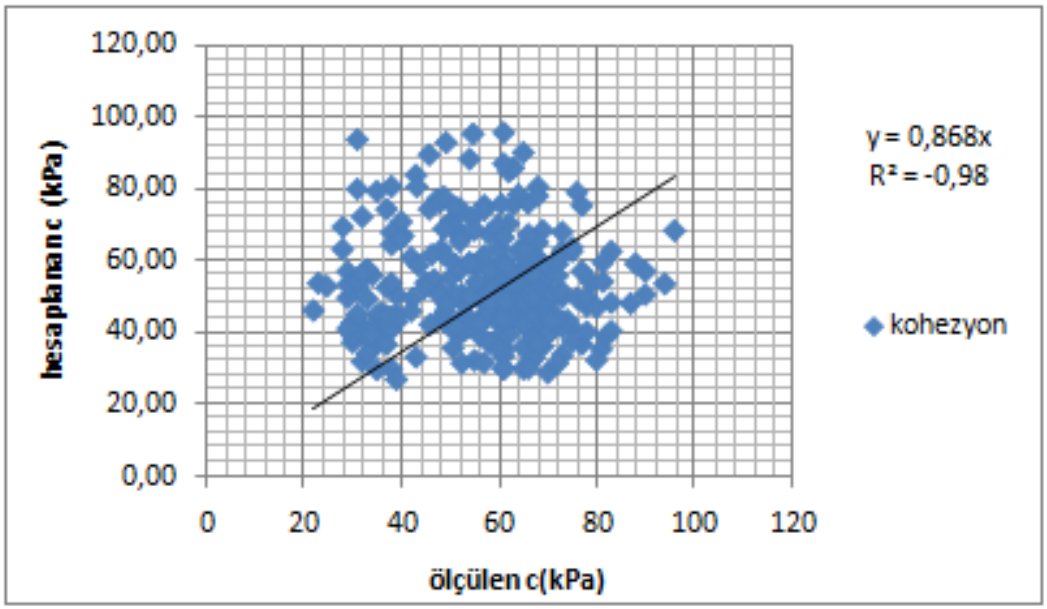
N_{60}^{*} ile c arasında korelasyon katsayısı -0,995 gibi -1,00' e çok yakın bir değer bulunmuştur. N_a değerinin sıfır olması durumunda c değerinin de sıfır olması gerektiği için regresyon denklemi Denklem (5.4) ile hesaplanmıştır.

$$c=b.N_{60}^{*} \tag{5.4}$$

N_{60}^{*} ile c değerlerinin ortalamaları kullanılarak b katsayısı elde edilmiş ve N_{60} ile c arasındaki korelasyonu veren denklem aşağıdaki gibi elde edilmiştir.

$$c\ (kPa) = 14{,}58\left(N_{60}\frac{W_n}{PI}\right)^{0{,}55} \tag{5.5}$$

Bu çalışmada ölçülen kohezyon değeri ile hesaplanan kohezyon değeri arasında oluşturulan regresyon analizinde; korelasyon katsayısı (r) -0,989 gibi 1'e çok yakın bir değer bulunmuştur. Bu korelasyon sonucu SPT-N darbe sayısı ile kohezyon arasında plastisite indisi ve doğal su muhtevasına bağlı güçlü bir ilişki olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 5.3. Hesaplanan ve ölçülen kohezyon arasındaki ilişki

5.2. Standart Penetrasyon Deneyi (SPT) Değerlendirmeleri

SPT-N darbe sayısı ile kohezyon (c) arasındaki ilişkiler, serbest basınç deneyi ve konsolidasyonsuz drenajsız üç eksenli basınç deneyi neticesinde elde edilmiş olup, ilişkiler iki farklı deney için ayrı ayrı araştırılmıştır.

5.2.1. SPT-N ile serbest basınç deneyinden elde edilen kohezyon (c) ilişkisi

Sondajlardan alınan örselenmemiş numuneler üzerinde gerçekleştirilen toplam 293 adet serbest basınç deneyi verileri kullanılarak SPT-N ile kohezyon arasında söz konusu zeminler için ilişkiler incelenmiştir

Serbest basınç deneyi sonuçları kullanılarak doğrusal denklem cinsi için SPT-N ile c arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Teorik serbest düşme tokmak enerjisinin % 60' ına göre düzeltilmiş vuruş sayısı (N_{60}) kullanılarak araştırmacıların kohezyon değerleri yeniden hesaplanmıştır. Elde edilen 293 değerden seçilen bir kısmı Tablo 5.3' de verilmiştir.

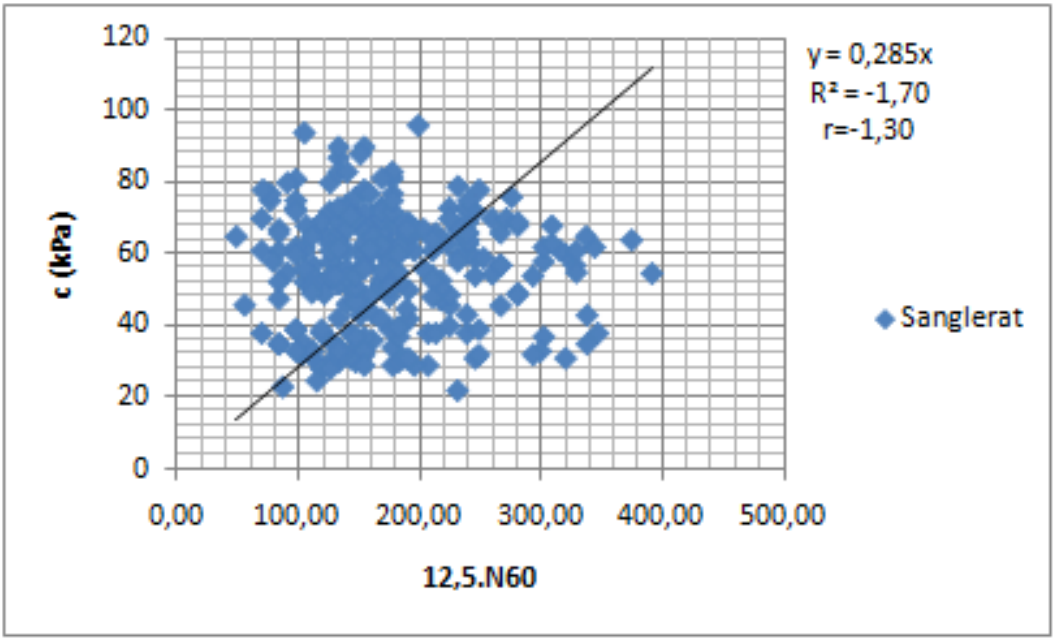
Tablo 5.3. Çalışmada kullanılan verilerin bir kısmı

N_{60}	Sanglerat (1972) 12.5N	Terzaghi & Peck (1967) 6.25N	Sowers (1979) 7.5N	Nixon (1982) 12N	Kulhawy & Mayne (1990) $29N^{0,72}$	İyisan & Ansal (1990) 4.43N+8.07	Sivrikaya & Toğrol (2002) 6.18N
12,94	161,72	80,86	97,03	155,25	183,20	65,38	63,78
14,63	182,81	91,41	109,69	175,50	200,11	72,86	72,10
21,38	267,19	133,59	160,31	256,50	262,98	102,76	105,38
19,69	246,09	123,05	147,66	236,25	247,87	95,29	97,06
8,44	105,47	52,73	63,28	101,25	134,67	45,45	41,60
9,00	112,50	56,25	67,50	108,00	141,08	47,94	44,37
22,50	281,25	140,63	168,75	270,00	272,88	107,75	110,93
31,35	391,88	195,94	235,13	376,20	346,49	146,95	154,56
27,08	338,44	169,22	203,06	324,90	311,78	128,01	133,48
13,50	168,75	84,38	101,25	162,00	188,90	67,88	66,56
15,30	191,25	95,63	114,75	183,60	206,72	75,85	75,43
12,38	154,69	77,34	92,81	148,50	177,43	62,89	61,01
15,30	191,25	95,63	114,75	183,60	206,72	75,85	75,43
13,50	168,75	84,38	101,25	162,00	188,90	67,88	66,56
15,19	189,84	94,92	113,91	182,25	205,62	75,35	74,87
13,50	168,75	84,38	101,25	162,00	188,90	67,88	66,56
15,19	189,84	94,92	113,91	182,25	205,62	75,35	74,87
6,19	77,34	38,67	46,41	74,25	107,72	35,48	30,50
9,56	119,53	59,77	71,72	114,75	147,37	50,43	47,14
5,63	70,31	35,16	42,19	67,50	100,57	32,99	27,73
11,25	140,63	70,31	84,38	135,00	165,66	57,91	55,46
9,00	112,50	56,25	67,50	108,00	141,08	47,94	44,37
7,31	91,41	45,70	54,84	87,75	121,49	40,46	36,05
14,06	175,78	87,89	105,47	168,75	194,54	70,37	69,33
13,50	168,75	84,38	101,25	162,00	188,90	67,88	66,56
6,75	84,38	42,19	50,63	81,00	114,68	37,97	33,28
6,19	77,34	38,67	46,41	74,25	107,72	35,48	30,50
7,01	87,66	43,83	52,59	84,15	117,88	39,14	34,57
14,03	175,31	87,66	105,19	168,30	194,16	70,20	69,14
14,96	187,03	93,52	112,22	179,55	203,42	74,35	73,77
8,44	105,47	52,73	63,28	101,25	134,67	45,45	41,60

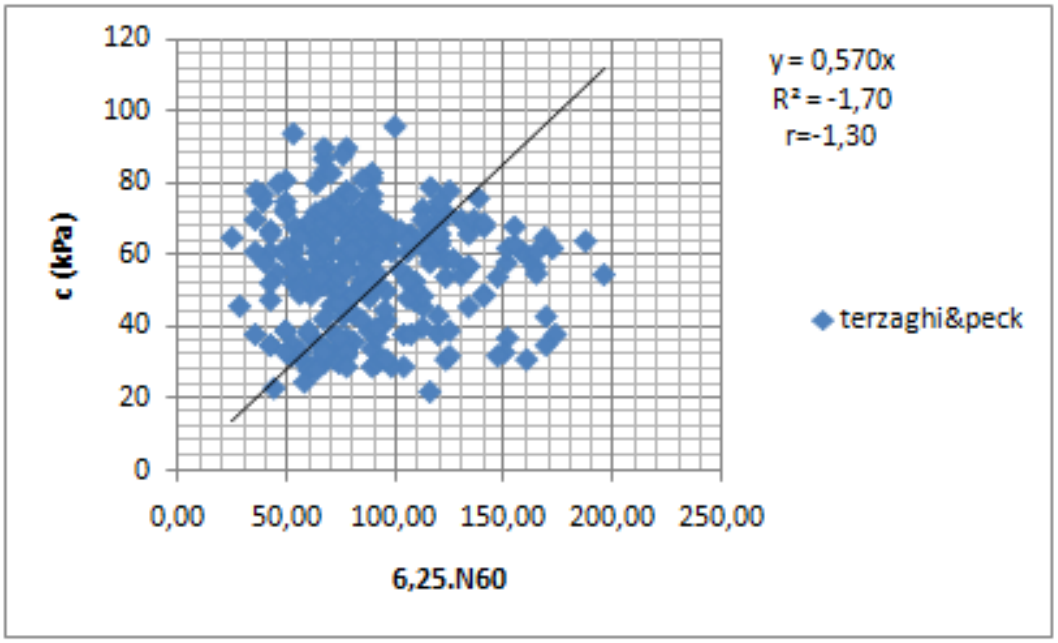
Elde edilen ifadeler ve özellikleri Tablo 5.4'de özetlenmiştir. Bu ifadeler incelendiğinde, korelasyon katsayılarının 0,96 ~ 1,30 değerleri arasında olduğu görülmektedir. İncelenen ilişkilere ait grafikler aşağıda verilmiştir.

Tablo 5.4. SPT-N ile c arasındaki ilişkiler (serbest basınç deneyi)

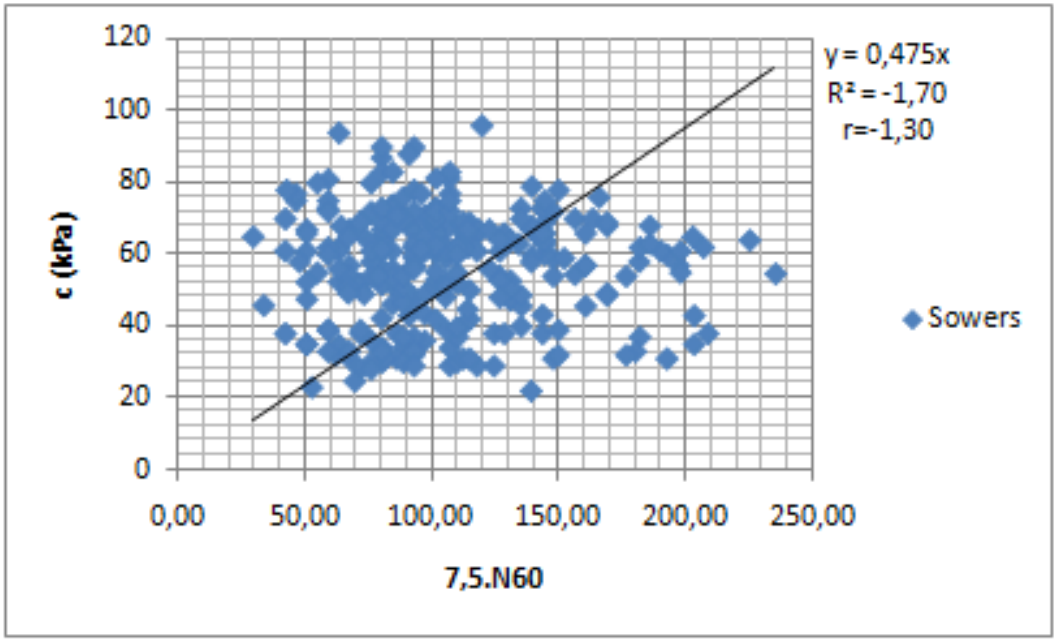
Araştırmacılar	C (kPa)	Korelasyon katsayısı (r)
Sanglerat (1972)	$0,285(12,5N_{60})$	-1,30
Terzaghi & Peck (1967)	$0,57(6,25N_{60})$	-1,30
Sowers (1979)	$0,475(7,5N_{60})$	-1,30
Nixon (1982)	$0,297(12N_{60})$	-1,30
Kulhawy & Mayne (1990)	$0,276(29N_{60}^{0,72})$	-0,96
İyisan ve Ansal (1990)	$0,73(4,43N_{60}+8,07)$	-1,17
Sivrikaya & Toğrol (2002)	$0,722(4,93N_{60})$	-1,30



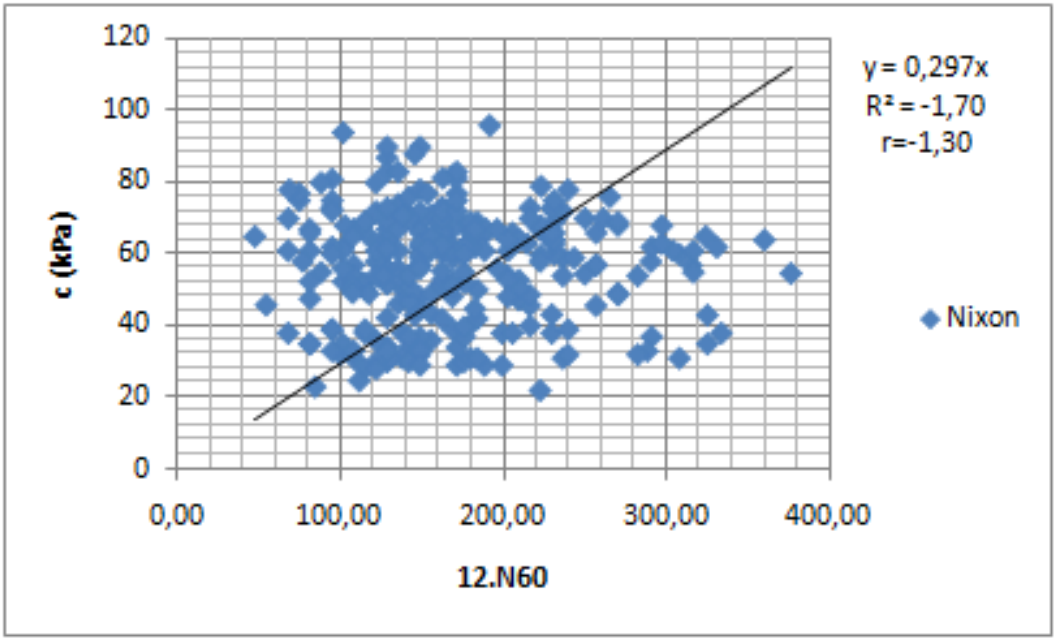
Şekil 5.4. Sanglerat (1972)'a göre SPT-N_{60} & c ilişkisi



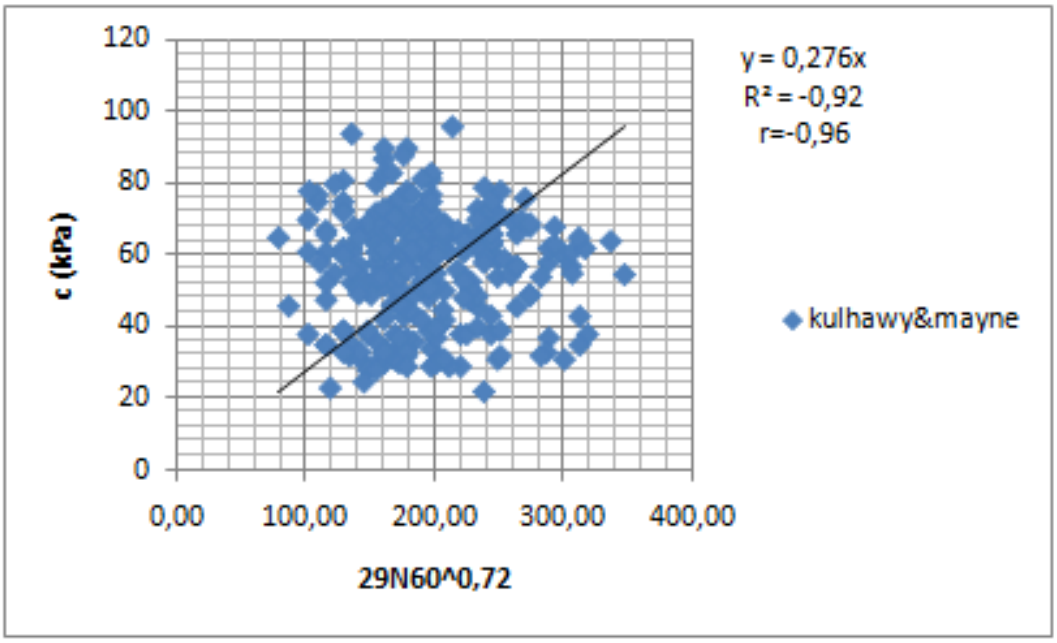
Şekil 5.5. Terzaghi&Peck (1967)'a göre SPT-N_{60} & c ilişkisi



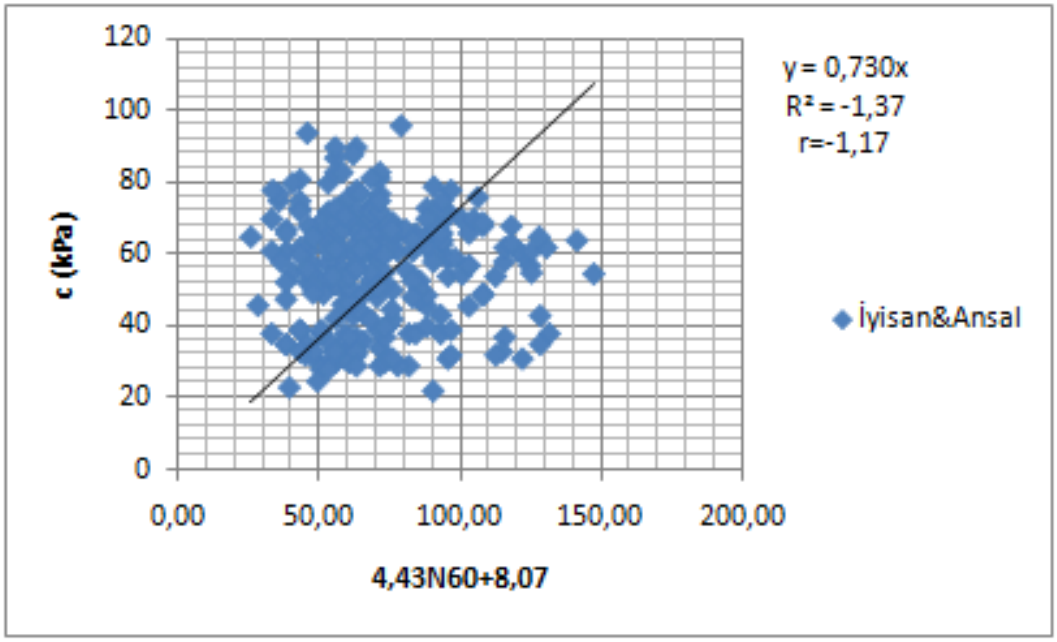
Şekil 5.6. Sowers (1979)'a göre SPT-N_{60} & c ilişkisi



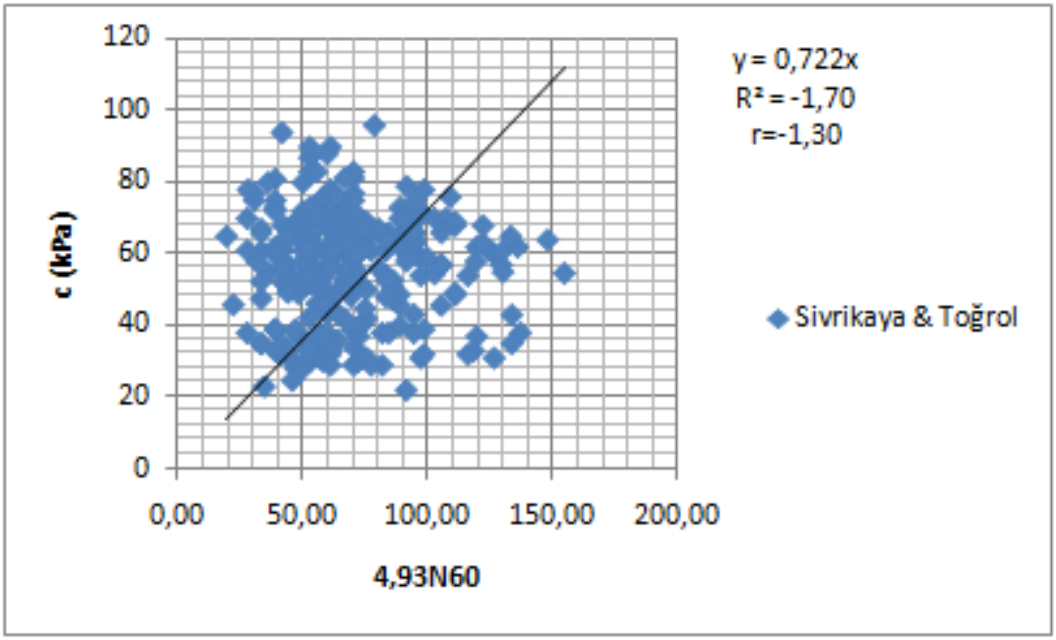
Şekil 5.7. Nixon (1982)'a göre SPT-N_{60} & c ilişkisi



Şekil 5.8. Kulhawy&Mayne (1990)'e göre SPT-N_{60} & c ilişkisi



Şekil 5.9. İyisan&Ansal (1990)'a göre SPT-N_{60} & c ilişkisi



Şekil 5.10. Sivrikaya&Toğrol (2002)'a göre SPT-N_{60} & c ilişkisi

Gerçekleştirilen regresyon ve korelasyon analizleri sonucunda elde edilen kohezyon değerlerinin bir kısmı Tablo 5.5' de verilmiştir.

Tablo 5.5. Analiz sonucunda elde edilen kohezyon değerlerinin bir kısmı

C (kPa)	Öztürk (2015)	Sanglerat (1972)	Terzaghi & Peck (1967)	Sowers (1969)	Nixon (1982)	Kulhawy & Mayne (1990)	İyisan & Ansal (1990)	Sivrikaya & Toğrol (2002)
36	45,52	46,09	46,09	46,09	46,11	50,56	47,73	46,05
68	54,02	52,10	52,10	52,10	52,12	55,23	53,19	52,06
57	61,37	76,15	76,15	76,15	76,18	72,58	75,02	76,08
59	57,38	70,14	70,14	70,14	70,17	68,41	69,56	70,08
62	49,76	30,06	30,06	30,06	30,07	37,17	33,18	30,03
54	59,34	32,06	32,06	32,06	32,08	38,94	35,00	32,04
49,2	92,63	80,16	80,16	80,16	80,19	75,31	78,65	80,09
54,7	95,02	111,68	111,68	111,68	111,73	95,63	107,27	111,59
43	83,58	96,45	96,45	96,45	96,50	86,05	93,45	96,37
73	42,94	48,09	48,09	48,09	48,11	52,14	49,55	48,05
50,1	55,20	54,51	54,51	54,51	54,53	57,05	55,37	54,46
48,1	44,01	44,09	44,09	44,09	44,10	48,97	45,91	44,05
69	56,24	54,51	54,51	54,51	54,53	57,05	55,37	54,46
73	49,77	48,09	48,09	48,09	48,11	52,14	49,55	48,05
66	59,20	54,11	54,11	54,11	54,13	56,75	55,01	54,06
65	35,81	48,09	48,09	48,09	48,11	52,14	49,55	48,05
62	47,27	54,11	54,11	54,11	54,13	56,75	55,01	54,06
75	41,31	22,04	22,04	22,04	22,05	29,73	25,90	22,02
69	36,09	34,07	34,07	34,07	34,08	40,67	36,82	34,04
70	28,82	20,04	20,04	20,04	20,05	27,76	24,08	20,02
74	43,40	40,08	40,08	40,08	40,10	45,72	42,27	40,04
57	44,96	32,06	32,06	32,06	32,08	38,94	35,00	32,04
55	32,25	26,05	26,05	26,05	26,06	33,53	29,54	26,03
82	38,90	50,10	50,10	50,10	50,12	53,69	51,37	50,05
52	43,17	48,09	48,09	48,09	48,11	52,14	49,55	48,05
35	44,90	24,05	24,05	24,05	24,06	31,65	27,72	24,03
77	36,69	22,04	22,04	22,04	22,05	29,73	25,90	22,02
23	53,63	24,98	24,98	24,98	24,99	32,53	28,57	24,96
48,2	63,05	49,96	49,96	49,96	49,99	53,59	51,25	49,92

5.2.2. SPT-N ile konsolidasyonsuz drenajsız üç eksenli basınç deneyinden elde edilen kohezyon (c) ilişkisi

Sondajlardan alınan örselenmemiş numuneler üzerinde gerçekleştirilen toplam 293 adet konsolidasyonsuz drenajsız üç eksenli basınç deneyi verileri kullanılarak SPT-N ile kohezyon arasında söz konusu zeminler için ilişkiler incelenmiştir

Konsolidasyonsuz drenajsız üç eksenli basınç deneyi sonuçları kullanılarak doğrusal denklem cinsi için SPT-N ile c arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Teorik serbest düşme tokmak enerjisinin %60'ına göre düzeltilmiş vuruş sayısı (N_{60}) kullanılarak araştırmacıların kohezyon değerleri yeniden hesaplanmıştır. Elde edilen 293 değerden seçilen bir kısmı Tablo 5.6'da verilmiştir.

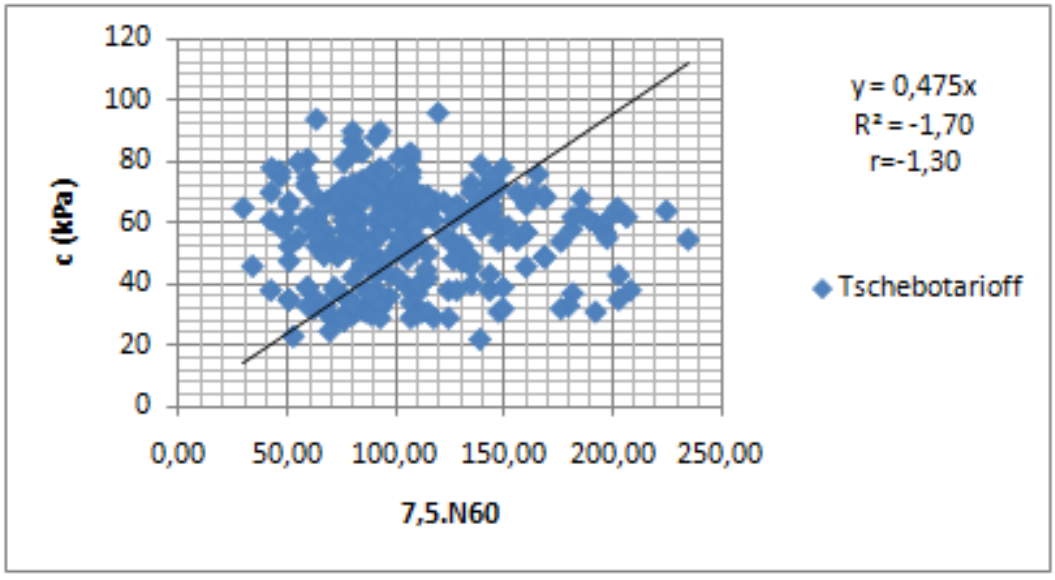
Tablo 5.6. Çalışmada kullanılan verilerin bir kısmı

N_{60}	Tschebotarioff (1973)	Parcher & Means (1968)	Terzaghi &Peck (1967)	İyisan & Ansal (1990)	Sivrikaya & Toğrol (2002)	Nassaji &Kalantari (2011)
	7.5N	6.25N	6.67N	4.43N+8.07	4.75N	1.6N+15,4
12,94	97,03	80,86	86,29	65,38	61,45	36,1
14,63	109,69	91,41	97,55	72,86	69,47	38,8
21,38	160,31	133,59	142,57	102,76	101,53	49,6
19,69	147,66	123,05	131,32	95,29	93,52	46,9
8,44	63,28	52,73	56,28	45,45	40,08	28,9
9	67,50	56,25	60,03	47,94	42,75	29,8
22,5	168,75	140,63	150,08	107,75	106,88	51,4
31,35	235,13	195,94	209,10	146,95	148,91	65,56
27,08	203,06	169,22	180,59	128,01	128,61	58,72
13,5	101,25	84,38	90,05	67,88	64,13	37
15,3	114,75	95,63	102,05	75,85	72,68	39,88
12,38	92,81	77,34	82,54	62,89	58,78	35,2
15,3	114,75	95,63	102,05	75,85	72,68	39,88
13,5	101,25	84,38	90,05	67,88	64,13	37
15,19	113,91	94,92	101,30	75,35	72,14	39,7
13,5	101,25	84,38	90,05	67,88	64,13	37
15,19	113,91	94,92	101,30	75,35	72,14	39,7
6,19	46,41	38,67	41,27	35,48	29,39	25,3
9,56	71,72	59,77	63,78	50,43	45,42	30,7
5,63	42,19	35,16	37,52	32,99	26,72	24,4
11,25	84,38	70,31	75,04	57,91	53,44	33,4
9	67,50	56,25	60,03	47,94	42,75	29,8
7,31	54,84	45,70	48,77	40,46	34,73	27,1
14,06	105,47	87,89	93,80	70,37	66,80	37,9
13,5	101,25	84,38	90,05	67,88	64,13	37
6,75	50,63	42,19	45,02	37,97	32,06	26,2
6,19	46,41	38,67	41,27	35,48	29,39	25,3
7,01	52,59	43,83	46,77	39,14	33,31	26,62
14,03	105,19	87,66	93,55	70,20	66,62	37,84
14,96	112,22	93,52	99,80	74,35	71,07	39,34
8,44	63,28	52,73	56,28	45,45	40,08	28,9

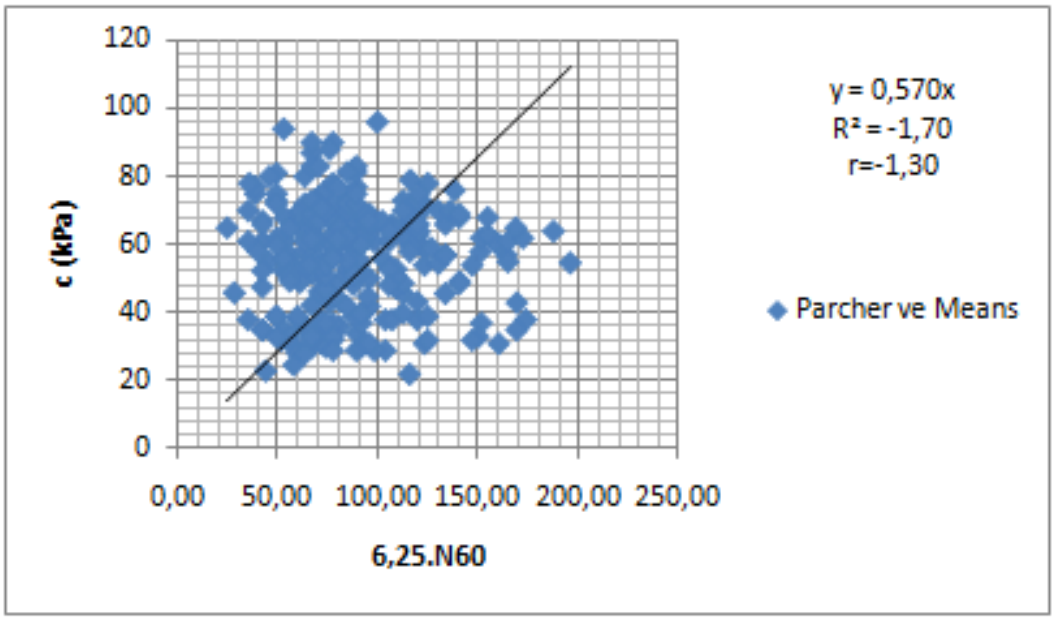
Elde edilen ifadeler ve özellikleri Tablo 5.7'de özetlenmiştir. Bu ifadeler incelendiğinde, korelasyon katsayılarının 0,806 ~ 1,30 değerleri arasında olduğu görülmektedir. İncelenen ilişkilere ait grafikler aşağıda verilmiştir.

Tablo 5.7. SPT-N ile c arasındaki ilişkiler (üç eksenli basınç deneyi)

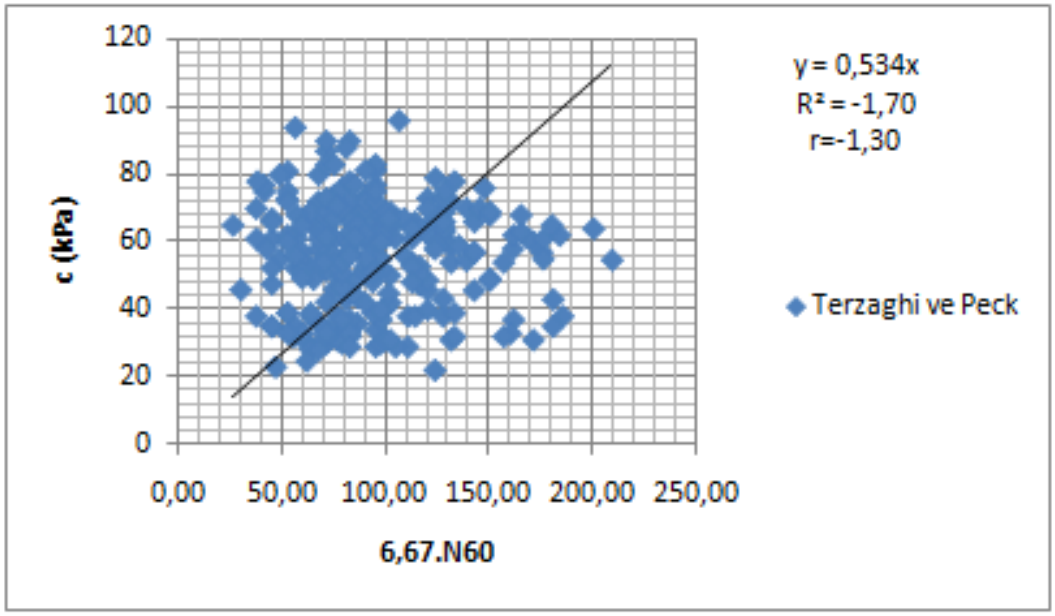
Araştırmacılar	C (kPa)	Korelasyon katsayısı (r)
Tschebotarioff (1973)	$0,475(7,5N_{60})$	-1,30
Parcher ve Means (1968)	$0,57(6,25N_{60})$	-1,30
Terzaghi ve Peck (1967)	$0,534(6,67N_{60})$	-1,30
İyisan ve Ansal (1990)	$0,73(4,43N_{60}+8,07)$	-1,17
Sivrikaya ve Toğrol (2007)	$0,75(4,75N_{60})$	-1,30
Nassaji ve Kalantari (2011)	$1,431(1,6N_{60}+15,4)$	-0,806



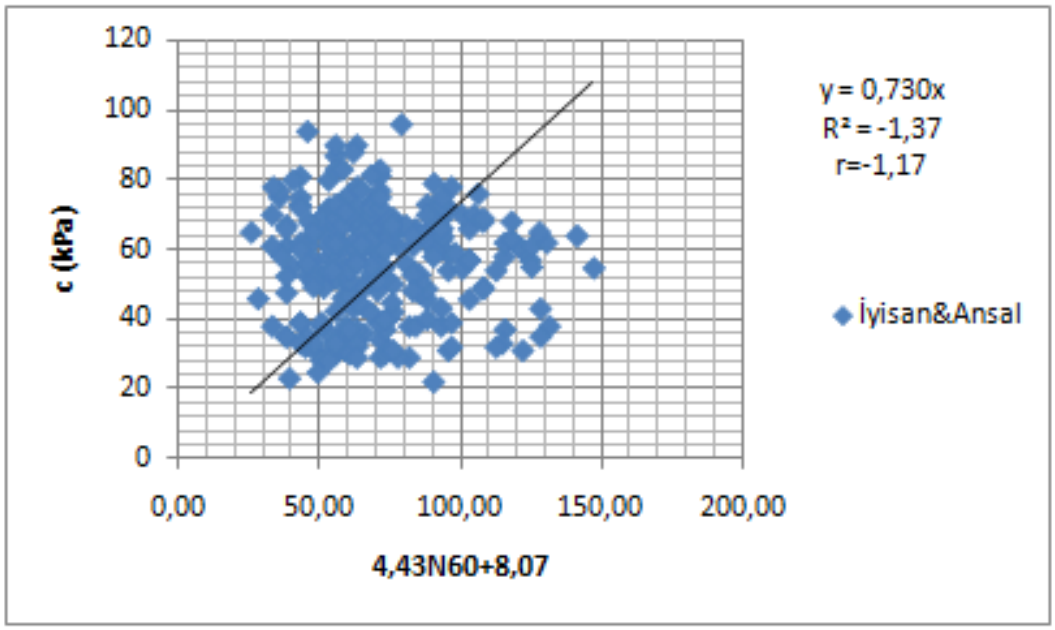
Şekil 5.11. Tschebotarioff (1973)'e göre SPT-N_{60} & c ilişkisi



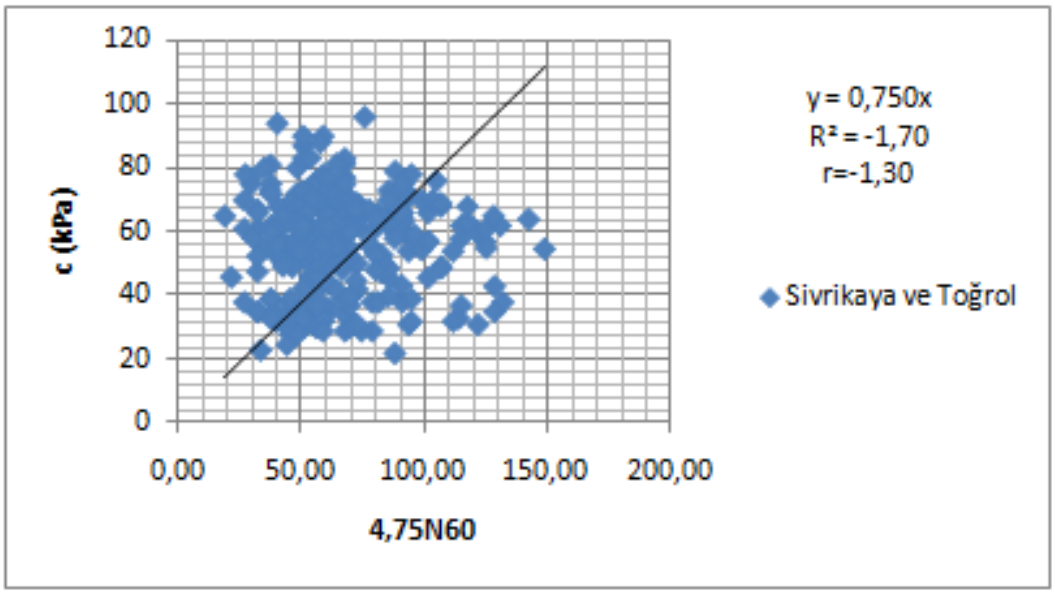
Şekil 5.12. Parcher ve Means (1968)'e göre SPT-N_{60} & c ilişkisi



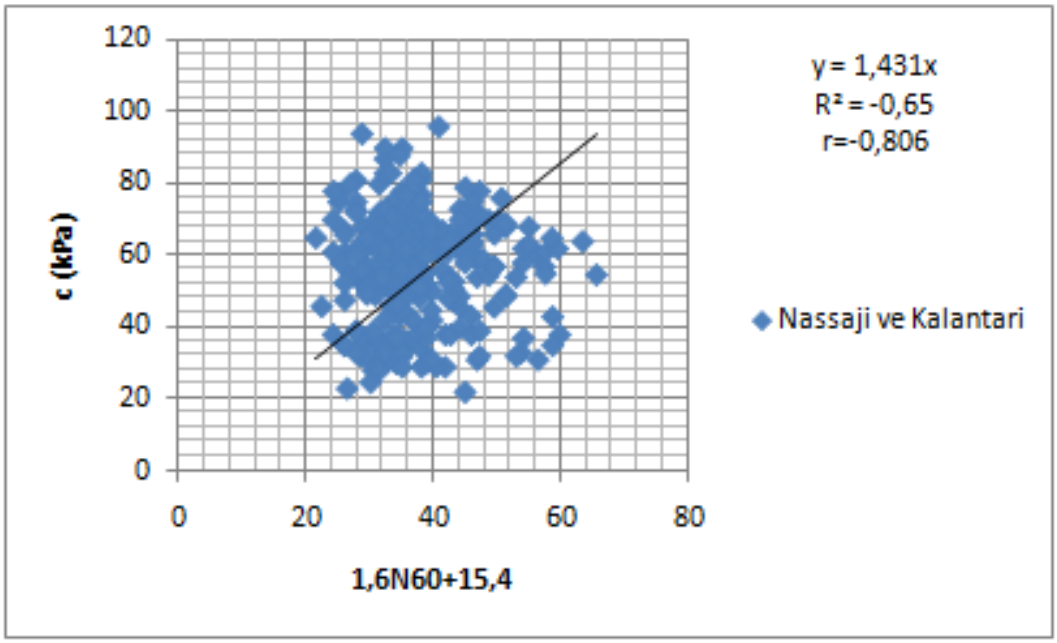
Şekil 5.13. Terzaghi ve Peck (1967)'e göre SPT-N_{60} & c ilişkisi



Şekil 5.14. İyisan ve Ansal (1990)'a göre SPT-N_{60} & c ilişkisi



Şekil 5.15. Sivrikaya ve Toğrol (2007)'a göre SPT-N_{60} & c ilişkisi



Şekil 5.16. Nassaji ve Kalantari (2011)'a göre SPT-N_{60} & c ilişkisi

Gerçekleştirilen regresyon ve korelasyon analizleri sonucunda elde edilen kohezyon değerlerinin bir kısmı Tablo 5.8' de verilmiştir.

Tablo 5.8. Analiz sonucunda elde edilen kohezyon değerlerinin bir kısmı

C (kPa)	Öztürk (2015)	Tschebotarioff (1973)	Parcher & Means (1968)	Terzaghi &Peck (1967)	İyisan & Ansal (1990)	Sivrikaya & Toğrol (2002)	Nassaji &Kalantari (2011)
36	45,52	46,09	46,09	46,08	47,73	46,09	51,66
68	54,02	52,10	52,10	52,09	53,19	52,10	55,52
57	61,37	76,15	76,15	76,13	75,02	76,15	70,98
59	57,38	70,14	70,14	70,12	69,56	70,14	67,11
62	49,76	30,06	30,06	30,05	33,18	30,06	41,36
54	59,34	32,06	32,06	32,06	35,00	32,06	42,64
49,2	92,63	80,16	80,16	80,14	78,65	80,16	73,55
54,7	95,02	111,68	111,68	111,66	107,27	111,68	93,82
43	83,58	96,45	96,45	96,44	93,45	96,45	84,03
73	42,94	48,09	48,09	48,08	49,55	48,09	52,95
50,1	55,20	54,51	54,51	54,50	55,37	54,51	57,07
48,1	44,01	44,09	44,09	44,08	45,91	44,09	50,37
69	56,24	54,51	54,51	54,50	55,37	54,51	57,07
73	49,77	48,09	48,09	48,08	49,55	48,09	52,95
66	59,20	54,11	54,11	54,09	55,01	54,11	56,81
65	35,81	48,09	48,09	48,08	49,55	48,09	52,95
62	47,27	54,11	54,11	54,09	55,01	54,11	56,81
75	41,31	22,04	22,04	22,04	25,90	22,04	36,20
69	36,09	34,07	34,07	34,06	36,82	34,07	43,93
70	28,82	20,04	20,04	20,04	24,08	20,04	34,92
74	43,40	40,08	40,08	40,07	42,27	40,08	47,80
57	44,96	32,06	32,06	32,06	35,00	32,06	42,64
55	32,25	26,05	26,05	26,05	29,54	26,05	38,78
82	38,90	50,10	50,10	50,09	51,37	50,10	54,23
52	43,17	48,09	48,09	48,08	49,55	48,09	52,95
35	44,90	24,05	24,05	24,04	27,72	24,05	37,49
77	36,69	22,04	22,04	22,04	25,90	22,04	36,20
23	53,63	24,98	24,98	24,98	28,57	24,98	38,09
48,2	63,05	49,96	49,96	49,95	51,25	49,96	54,15
64	49,76	53,30	53,30	53,29	54,28	53,30	56,30
52,4	50,59	30,06	30,06	30,05	33,18	30,06	41,36

6.SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında, Karabük iline ait Standart Penetrasyon Deneyi (SPT) ile laboratuvar deney sonuçlarından elde edilen veriler kullanılarak, SPT-N darbe sayısı ile zeminin çeşitli parametreleri arasında regresyon ve korelasyon analizleri yapılmış ve geçmişte yapılan çalışmalarla karşılaştırılmıştır.

Karabük, Türkiye için geliştirilen kohezyon ile N_{60} arasındaki doğrusal korelasyonlar gerçek kohezyon değeri ile yakın sonuçlar vermemektedir. Bu nedenle arazide N_a değerini etkileyen zemin parametrelerinin de korelasyonda kullanılması gereklidir. Bu çalışmada N_{60} değeri ile doğal su muhtevası ve plastisite indisinin kohezyon değerini etkilediği görülmüştür. N_{60} değeri ile gerçeğe daha yakın bir kohezyon değerinin elde edilmesi için doğal su muhtevası ve plastisite indisinin kullanılması Karabük, Türkiye için gereklidir.

Serbest basınç deneyi ve konsolidasyonsuz drenajsız üç eksenli basınç deneyi sonuçları yardımıyla çeşitli ilişkiler elde edilmiştir. Konsolidasyonsuz drenajsız üç eksenli basınç deneyi, düzeltilmemiş SPT-N ve düzeltilmiş SPT-N_{60} ile hesaplanan kohezyon değerleri arasında yüksek ve düşük plastisiteli kil zeminlere ilişkin olarak aşağıdaki bağıntı elde edilmiştir.

$$c\ (\text{kPa}) = 14{,}58 \left(N_{60} \frac{W_n}{PI} \right)^{0{,}55} \tag{6.1}$$

Çeşitli araştırmacıların önerdiği değerler ile bu çalışmada, SPT vuruş sayılarındaki düzeltmeleri dikkate alarak incelendiğinde, Kulhawy ve Mayne (1990)'in önerdiği sonuçların uyumlu olduğu görülürken, diğer araştırmacıların önerdiklerinin ise oldukça yüksek değerler verdiği görülmüştür.

SPT sonuçlarını doğru bir şekilde yorumlayabilmek için, deneyin tam olarak nasıl yapıldığının bilinmesi gerekmektedir. Geçmişten beri, SPT için kullanılan ekipman ülkeden ülkeye farklılıklar göstermektedir. Bu nedenle korelasyonları seçerken

yalnızca o bölgede yapılmış korelasyonları dikkate almak güvenilir sonuçlar bulunmasına ve doğru tasarımlar yapılmasına yardımcı olacaktır.

KAYNAKLAR

Aboshi H., Mizunu Y., ve Kuwabara M., *Present State of Sand Compaction Pile in Japan*, Deep Foundation Improvements: Design, Construction and Testing, ASTM, STP 1089, Japan, 1991.

Aydın K., Ankara *Metro Güzergahlarında SPT- V_s Korelasyonu Üzerine Bir Çalışma*, Yüksek lisans tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü , 2010, 269450.

Bayazıt M., Oğuz B. Y., *Mühendisler İçin İstatistik*, Birsen Yayınevi, İstanbul, 2011.

Cubrinovski M., Ishihara, K., *Empirical Correlation between SPT N-value and Relative Density for Sandy Soils*, Soils and Foundations, 1999, **39(**5), 61 - 71.

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.

Gibbs H. J., Holtz W. G., *Research on Determining the Density of Sands by Spoon Penetration Testing*, Proc. 4th. ICSMFE, London, 1957, (1), 35-39.

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*, İstambul, 25-26 Ekim 1990.

Jamilowsky M., Ghionna V. N., Lancelotto R., Pasqualini E., *New Correlations of Penetrating Testing*, Penetration Testing ISOPT-1, AA Balkema,1988, (1), 263-296.

Kovacs W.D., Salomone L.A., Yokel F.Y., *Energy measurement in the Standard Penetration Test*, U.S. Department of Commerce and National Bureau of Standards, Washington, DC, 1981.

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

McGregor J. A., Duncan, J. M., *Performance and Use of the Standard Penetration Test in Geotechnical Engineering Practice*, Center for Geotechnical Practice and Research, Virginia Polytechnic Institute, Blacksburg, VA, 1998.

Menzenbach E., *Le Capacidad Soportante de Pilotes y Grupos Pilotes, Technologia*, Ingeneria Civil, Aavana University, Cuba, 1967, **2**(1), 20-21.

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 Europen Symposium on Penetration Testing*, Amsterdam, Netherlands, 24-27 May 1982.

Ohsaki Y., Sakaguchi, O., *Major Types of Soil Deposits in Urban Areas of Japan*, Faculty of Engineering Research Report 72-03, 1972.

Otçu N., *Isparta Merkez İnşaat Alanlarında Yapılan Standart Penetrasyon (spt) Deneyleri ve 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., 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.

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.

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. Laboratuar Deney Sonuçları ve SPT-N Değerleri

PROJE KODU	SONDAJ KUYUSU NO	DERİNLİK (m)	N (0-15)	N (15-30)	N (30-45)	N30	ZEMİN SINIFI
1	SK-1	1,5	7	10	13	23	CL
	SK-2	3	9	11	15	26	CL
2	SK-1	1	10	17	21	38	CL
	SK-3	1	8	17	18	35	CL
3	SK-1	3	5	6	9	15	CH
	SK-2	3	7	8	8	16	CL
4	SK-1	10,5	11	14	16	30	CL
	SK-2	6	11	20	24	44	CH
	SK-2	7,5	7	11	27	38	CH
5	SK-1	3	8	11	13	24	CH
	SK-1	4,5	8	11	13	24	CH
	SK-2	3	5	9	13	22	CH
	SK-2	4,5	7	10	14	24	CH
6	SK-1	4	7	11	13	24	CH
	SK-2	4	8	13	14	27	CH
7	SK-1	4	7	11	13	24	CH
	SK-2	4	8	13	14	27	CL
	SK-2	3	4	5	6	11	CH
	SK-4	3	5	8	9	17	CH
	SK-7	3	4	4	6	10	CH
	SK-8	3	7	8	12	20	CH
	SK-9	3	5	7	9	16	CL
	SK-12	3	6	6	7	13	CH
	SK-14	3	9	11	14	25	CH
	SK-16	3	8	10	14	24	CH
8	SK-1	1,5	4	5	7	12	CL
	SK-1	3	4	5	6	11	CL
	SK-1	4,5	4	5	6	11	CL
	SK-1	4,6	9	10	12	22	CL
	SK-1	6	8	10	11	21	CH
	SK-2	1,5	6	7	8	15	CL
	SK-2	3	7	8	8	16	CH
	SK-3	4,5	6	8	10	18	CL
	SK-3	6	7	12	15	27	CH
9	SK-1	3	5	7	11	18	CH
	SK-1	6	14	12	15	27	CL
	SK-2	3	8	9	10	19	CH
	SK-2	6	14	12	15	27	CH
	SK-2	9	14	12	15	27	CH

PROJE KODU	SONDAJ KUYUSU NO	DERİNLİK (m)	N (0-15)	N (15-30)	N (30-45)	N30	ZEMİN SINIFI
10	SK-1	1,5	9	11	12	23	CL
	SK-1	3	9	11	12	23	CH
	SK-2	1,5	10	11	13	24	CH
	SK-2	3	10	11	13	24	CH
11	SK-1	3	10	16	18	34	CL
	SK-2	3	6	11	14	25	CL
12	SK-1	1,5	6	7	9	16	CH
	SK-1	3	6	7	9	16	CH
	SK-1	1,5	11	14	17	31	CL
	SK-3	3	7	8	11	19	CH
	SK-3	6	7	11	10	21	CL
13	SK-1	3	16	16	18	34	CH
	SK-2	1,5	14	14	18	32	CL
	SK-4	3	17	19	24	43	CH
	SK-4	1,5	14	14	17	31	CL
	SK-5	1,5	15	15	17	32	CL
	SK-6	1,5	14	16	18	34	CL
14	SK-1	1,5	7	9	13	22	CH
	SK-1	3	7	9	13	22	CL
	SK-2	1,5	6	8	11	19	CH
	SK-2	3	6	8	11	19	CH
15	SK-1	1,5	7	10	11	21	CH
	SK-1	3	9	12	14	26	CH
	SK-1	3	9	13	14	27	CH
	SK-2	3	5	5	7	12	CH
16	SK-1	1,5	10	15	20	35	CL
	SK-1	3	10	15	20	35	CL
	SK-2	3	8	13	15	28	CL
17	SK-1	1,5-1,95	10	11	13	24	CL
	SK-2	3-3,45	10	11	14	25	CH
	SK-3	3	8	9	12	21	CH
	SK-5	6,5	9	10	10	20	CL

PROJE KODU	SONDAJ KUYUSU NO	DERİNLİK (m)	N (0-15)	N (15-30)	N (30-45)	N30	ZEMİN SINIFI
18	SK-1	15,5	9	9	10	19	CL
	SK-1	3	4	5	5	10	CH
	SK-1	4,5	5	6	7	13	CH
	SK-1	9	7	8	11	19	CH
	SK-2	6	7	8	10	18	CH
	SK-2	9	9	9	11	20	CH
	SK-2	12	8	10	17	27	CH
	SK-3	6	6	7	8	15	CH
	SK-3	7,5	7	8	10	18	CH
	SK-3	15	10	11	14	25	CH
	SK-10	3	6	12	18	30	CH
	SK-10	6,5	7	14	20	34	CH
	SK-10	10	10	15	20	35	CL
	SK-11	3	6	12	17	29	CH
	SK-11	8	8	14	22	36	CH
	SK-11	13	11	13	27	40	CH
19	SK-1	0,5	17	19	26	45	CL
	SK-1	3	11	17	21	38	CH
	SK-2	3	13	16	21	37	CH
20	SK-1	1,5	14	16	17	33	CH
	SK-2	1,5	9	15	22	37	CH
	SK-3	1,5	13	15	16	31	CH
	SK-4	1,5	15	15	16	31	CH
21	SK-1	3	8	8	11	19	CL
	SK-1	4,5	10	12	14	26	CL
	SK-2	4,5	11	11	12	23	CL
	SK-3	3	9	10	12	22	CL
	SK-3	4,5	10	13	13	26	CL
	SK-4	6	11	13	15	28	CL
	SK-4	9	14	17	22	39	CL
	SK-5	3	6	7	7	14	CL
	SK-5	6	9	10	12	22	CL
	SK-6	1,5	7	8	11	19	CL
	SK-6	4,5	10	10	14	24	CL
	SK-7	3	10	11	15	26	CL
	SK-7	9	17	18	20	38	CL
	SK-8	9	14	17	17	34	CL

PROJE KODU	SONDAJ KUYUSU NO	DERİNLİK (m)	N (0-15)	N (15-30)	N (30-45)	N30	ZEMİN SINIFI
22	SK-1	9	13	16	20	36	CL
	SK-4	3	8	13	15	28	CH
	SK-6	6	11	17	20	37	CH
23	SK-1	3	10	12	13	25	CH
	SK-3	1,5	20	23	26	49	CH
24	SK-1	1,5	7	8	8	16	CL
	SK-2	3	5	7	8	15	CL
	SK-3	1,5	5	7	7	14	CL
	SK-4	4,5	7	9	9	18	CL
	SK-5	1,5	7	7	9	16	CL
	SK-6	3	7	8	10	18	CL
	SK-7	7	9	10	10	20	CH
	SK-8	4,5	7	8	9	17	CH
	SK-9	3	6	8	9	17	CH
	SK-10	1,5	9	9	10	19	CH
	SK-11	3	6	8	9	17	CH
	SK-14	0,5	5	6	6	12	CH
	SK-15	1,5	9	12	14	26	CH
25	SK-1	0,5	12	10	12	22	CL
	SK-1	6	8	12	14	26	CL
	SK-1	3	7	9	11	20	CH
	SK-1	6	9	12	14	26	CH
	SK-1	1,5	5	7	7	14	CH
	SK-1	3	6	7	9	16	CH
	SK-2	3	7	8	10	18	CH
	SK-2	6	8	11	15	26	CH
	SK-3	4,5	5	9	9	18	CH
	SK-3	9	10	18	19	37	CH
26	SK-1	3	3	3	4	7	CL
	SK-1	3	5	6	6	12	CL
	SK-1	3	5	8	9	17	CL
	SK-2	3	5	6	9	15	CL
27	SK-1	3	6	9	10	19	CH
	SK-2	3	6	7	9	16	CH
	SK-3	3	7	9	10	19	CH
28	SK-2	3	7	6	9	15	CH
	SK-3	3	8	9	13	22	CH

PROJE KODU	SONDAJ KUYUSU NO	DERİNLİK (m)	N (0-15)	N (15-30)	N (30-45)	N30	ZEMİN SINIFI
29	SK-1	3	6	9	10	19	CH
	SK-2	6	8	10	12	22	CH
	SK-3	6	8	10	11	21	CH
	SK-4	3	6	9	10	19	CH
30	SK-1	1,5-1,95	5	7	13	20	CL
	SK-2	3-3,5	8	20	24	44	CH
31	SK-1	4,5	6	7	8	15	CL
	SK-2	6	7	10	11	21	CL
32	SK-1	3	6	11	14	25	CL
	SK-1	1,5	7	11	11	22	CH
	SK-1	3	6	11	12	23	CH
	SK-2	6	7	10	11	21	CH
	SK-3	6	11	13	14	27	CH
	SK-4	1,5	9	11	13	24	CH
	SK-4	4,5	9	11	13	24	CH
	SK-6	3	7	9	11	20	CH
	SK-7	3	6	9	13	22	CH
	SK-7	12	13	15	17	32	CH
	SK-8	15	10	13	16	29	CH
	SK-9	4,5	10	12	16	28	CH
	SK-11	7,5	10	13	15	28	CH
	SK-12	6	9	13	15	28	CH
	SK-13	3	7	10	11	21	CH
	SK-13	6	9	13	14	27	CH
	SK-14	4,5	8	11	12	23	CH
	SK-15	6	8	11	13	24	CH
	SK-19	3	8	10	12	22	CH
33	SK-1	6	14	16	17	33	CL
	SK-2	3	8	10	14	24	CH
	SK-2	6	13	15	16	31	CH
34	SK-1	3	16	18	17	35	CH
	SK-2	3	11	16	15	31	CH
	SK-3	3	16	15	17	32	CH
	SK-4	3	17	19	21	40	CH
	SK-5	3	13	17	16	33	CH

PROJE KODU	SONDAJ KUYUSU NO	DERİNLİK (m)	N (0-15)	N (15-30)	N (30-45)	N30	ZEMİN SINIFI
35	SK-1	3	15	16	17	33	CL
	SK-2	3	14	16	18	34	CH
36	SK-1	3	10	12	15	27	CL
	SK-2	3	10	14	18	32	CH
37	SK-1	1,5	8	10	12	22	CL
	SK-2	1,5	10	12	12	24	CL
38	SK-1	3	7	9	11	20	CH
	SK-2	1,5	8	10	12	22	CH
	SK-3	0,5	7	10	12	22	CH
39	SK-1	1,5	7	7	11	18	CL
	SK-1	3	8	9	14	23	CL
	SK-1	0,5	8	11	14	25	CL
	SK-2	0,5	10	16	14	30	CL
40	SK-1	2	4	5	7	12	CH
	SK-2	0,5	5	7	7	14	CH
41	SK-1	1,5	7	9	10	19	CL
	SK-2	1,5	8	9	10	19	CH
	SK-2	3	8	10	12	22	CH
	SK-3	1,5	6	8	9	17	CH
	SK-3	3	8	8	12	20	CH
	SK-4	3	8	16	13	29	CH
	SK-5	1,5	9	10	11	21	CL
42	SK-2	2-2,5	17	21	27	48	CL
43	SK-1	1,5	4	5	5	10	CH
	SK-2	6	6	7	8	15	CH
44	SK-1	3	7	9	10	19	CL
	SK-2	1,5	6	10	12	22	CL
	SK-2	3	11	12	14	26	CL
	SK-3	3	8	11	13	24	CL
	SK-4	4,5	8	10	13	23	CL
	SK-5	3	7	10	12	22	CL
	SK-6	1,5	7	9	13	22	CL
	SK-7	3	9	11	13	24	CL
	SK-7	7,5	14	15	18	33	CL
	SK-8	1,5	8	12	13	25	CL
	SK-8	3	10	13	17	30	CL

PROJE KODU	SONDAJ KUYUSU NO	DERİNLİK (m)	N (0-15)	N (15-30)	N (30-45)	N30	ZEMİN SINIFI
45	SK-1	3	9	11	14	25	CH
	SK-2	3	7	8	10	18	CH
	SK-3	3	6	7	10	17	CH
46	SK-2	1,5	15	18	26	44	CH
	SK-2	1,5-2	10	14	16	30	CH
	SK-2	2-2,45	10	14	16	30	CL
47	SK-1	1,50-1,95	12	17	23	40	CL
	SK-1	3,00-3,50	12	17	23	40	CH
	SK-1	1,5	7	10	11	21	CH
	SK-1	3	9	10	12	22	CH
	SK-1	3	7	9	10	19	CH
	SK-2	3	8	10	11	21	CH
48	SK-1	1,5	3	3	5	8	CL
	SK-2	1,5	3	4	8	12	CL
49	SK-1	3	10	11	13	24	CH
	SK-1	3	13	16	18	34	CH
	SK-1	3	8	10	12	22	CH
	SK-2	6	10	12	15	27	CH
	SK-3	3	8	11	13	24	CH
	SK-4	6	8	8	11	19	CH
	SK-4	7,5	9	10	14	24	CH
50	SK-1	3	8	9	9	18	CL
	SK-2	1,5	6	8	9	17	CL
	SK-3	1,5	8	10	11	21	CL
	SK-5	0,5	8	9	9	18	CL
51	SK-1	1,5	9	11	13	24	CH
	SK-2	1,5	8	9	14	23	CL
	SK-3	1,5	10	12	15	27	CH
	SK-4	1,5	7	9	11	20	CH
52	SK-1	3	7	10	11	21	CL
	SK-2	3	6	8	10	18	CL
53	SK-1	3	7	9	11	20	CH
	SK-2	3	7	10	13	23	CH
	SK-3	3	9	10	11	21	CH
54	SK-1	0,5	8	10	12	22	CH
	SK-2	1,5	9	12	12	24	CL
55	SK-1	6	8	9	11	20	CH
	SK-2	3	10	13	14	27	CH

PROJE KODU	SONDAJ KUYUSU NO	DERİNLİK (m)	N (0-15)	N (15-30)	N (30-45)	N30	ZEMİN SINIFI
56	SK-1	0,5	14	10	28	38	CL
	SK-1	2-2,5	9	10	11	19	CL
	SK-2	1-1,5	10	12	15	22	CL
57	SK-1	2-2,3	8	10	12	18	CL
	SK-2	3,5-4	9	10	13	19	CL
	SK-3	3,9-4,2	8	11	13	19	CL
	SK-4	1-1,5	7	8	11	15	CL
58	SK-1	1-1,5	14	18	32	32	CL
	SK-1	2,5-3	6	8	10	14	CH
	SK-2	3,5-4	8	11	12	19	CH
59	SK-1	3,5-4	9	10	13	19	CH
	SK-1	8-8,5	10	10	13	20	CH
	SK-1	6-6,5	6	9	12	15	CL
	SK-2	6-6,5	5	8	11	13	CL
60	SK-1	2,5-3	11	13	15	24	CL
	SK-1	7-7,5	7	13	21	20	CL
	SK-2	5,5-6	9	11	14	20	CL
	SK-2	7-7,5	9	11	14	20	CL
	SK-3	2,5-3	11	15	22	26	CL
	SK-3	9-9,5	13	17	24	30	CL
61	SK-1	4	4	6	8	10	CH
	SK-1	10,5	7	7	11	14	CH
	SK-2	2,5	6	8	12	14	CH
	SK-2	10	6	7	11	13	CH
	SK-3	4	7	7	14	14	CH
62	SK-1	2-2,5	5	7	7	12	CL
	SK-2	4-4,5	7	7	8	14	CL
63	SK-1	6	6	5	7	11	CH
	SK-1	8,5	6	6	9	12	CH
	SK-2	4-4,5	6	8	10	14	CH
	SK-3	3-3,5	6	8	8	14	CH
	SK-4	3-3,5	6	8	9	14	CH
	SK-5	3-3,5	6	7	8	13	CH
64	SK-1	9-9,5	4	4	5	8	CL
	SK-2	4,5-5	8	10	12	18	CL
	SK-2	7-7,5	8	11	14	19	CL
	SK-3	2,5-3	9	11	14	20	CL
	SK-4	5,5-6	9	11	15	20	CH
	SK-5	5,5-6	11	14	15	25	CL

EK-B. SPT-N ile UC Deneyi Sonuçlarından Elde Edilen ‘c’ Arasındaki İlişkiler

PROJE KODU	SONDAJ KUYUSU NO	DERİNLİK (m)	LL (%)	PL (%)	PI (%)	Wn (%)	c (kPa)	N60	N60*
1	SK-1	1,5	44,8	19,5	25,3	15,5	36	12,94	3,12
	SK-2	3	42,7	18,5	24,2	17,9	68	14,63	3,70
2	SK-1	1	44,3	20,8	23,5	15	57	21,38	4,21
	SK-3	1	42,2	19,7	22,5	13,8	59	19,69	3,94
3	SK-1	3	51,7	23	28,7	31,7	62	8,44	3,41
	SK-2	3	43,1	21,5	21,6	30,8	54	9,00	4,07
4	SK-1	10,5	34	19,1	14,9	19,1	49,2	22,50	6,35
	SK-2	6	63,7	25,4	38,3	36,9	54,7	31,35	6,52
	SK-2	7,5	67,9	24,1	43,8	38,7	43	27,08	5,73
5	SK-1	3	60,6	26,5	34,1	18	73	13,50	2,94
	SK-1	4,5	62,3	26,4	35,9	26,4	50,1	15,30	3,79
	SK-2	3	57,9	23,2	34,7	20,9	48,1	12,38	3,02
	SK-2	4,5	63,9	27,1	36,8	28	69	15,30	3,86
6	SK-1	4	62,9	27,7	35,2	24,3	73	13,50	3,41
	SK-2	4	51,9	25,4	26,5	22,3	66	15,19	4,06
7	SK-1	4	68,5	26,6	41,9	15,9	65	13,50	2,46
	SK-2	4	34,6	17,6	17	9,5	62	15,19	3,24
	SK-2	3	54,3	27,1	27,2	29,2	75	6,19	2,83
	SK-4	3	61,1	25,4	35,7	19,4	69	9,56	2,48
	SK-7	3	62,7	26,2	36,5	22,4	70	5,63	1,98
	SK-8	3	57,9	24,3	33,6	21,7	74	11,25	2,98
	SK-9	3	43,6	24,2	19,4	16,7	57	9,00	3,08
	SK-12	3	57	26,1	30,9	17,9	55	7,31	2,21
	SK-14	3	62,1	28,8	33,3	14,1	82	14,06	2,67
	SK-16	3	62,8	28,1	34,7	18,5	52	13,50	2,96
8	SK-1	1,5	28,6	15,5	13,1	15	35	6,75	3,08
	SK-1	3	36,2	18,4	17,8	15,4	77	6,19	2,52
	SK-1	4,5	29,2	18,1	11,1	16,9	23	7,01	3,68
	SK-1	4,6	37,8	19,5	18,3	18,7	48,2	14,03	4,32
	SK-1	6	52	25,5	26,5	16,5	64	14,96	3,41
	SK-2	1,5	46,2	23	23,2	26,4	52,4	8,44	3,47
	SK-2	3	61,4	26,2	35,2	16,9	67	9,00	2,24
	SK-3	4,5	43,2	21,3	21,9	33,9	50,3	11,48	4,87
	SK-3	6	68,2	26,4	41,8	35,1	60	19,24	4,62
9	SK-1	3	71,1	28,2	42,9	29,6	72	10,13	2,91
	SK-1	6	46	25,5	20,5	21,2	63	19,24	5,18
	SK-2	3	63,8	27,7	36,1	25,1	65	10,69	3,01
	SK-2	6	68,8	30,3	38,5	26,3	72	19,24	4,12
	SK-2	9	61,3	26,2	35,1	30,2	69	19,24	4,68

PROJE KODU	SONDAJ KUYUSU NO	DERİNLİK (m)	LL (%)	PL (%)	PI (%)	Wn (%)	c (kPa)	N60	N60*
10	SK-1	1,5	43,6	21,8	21,8	22,9	49	12,94	4,20
	SK-1	3	61	25,5	35,5	24	63	12,94	3,30
	SK-2	1,5	50,9	24,2	26,7	24,9	51,2	13,50	4,03
	SK-2	3	63,8	26	37,8	25,1	68	13,50	3,34
11	SK-1	3	41,1	17,9	23,2	19,8	38	19,13	4,65
	SK-2	3	39,1	19,3	19,8	17,6	67	14,06	4,01
12	SK-1	1,5	53,9	26,8	27,1	19,5	52,5	9,00	2,79
	SK-1	3	58,2	26,6	31,6	17,8	50,6	9,00	2,44
	SK-1	1,5	42,1	21,1	21	24,7	47,3	17,44	5,27
	SK-3	3	56	28,8	27,2	27,6	63	10,69	3,71
	SK-3	6	43,8	20,3	23,5	25	40,4	14,96	4,58
13	SK-1	3	61,4	26	35,4	21,60	64	19,13	3,86
	SK-2	1,5	36,1	18,4	17,7	18,91	45,7	18,00	5,08
	SK-4	3	58,8	25,3	33,5	22,27	58	24,19	4,61
	SK-4	1,5	32,9	16,2	16,7	19,30	47,9	17,44	5,22
	SK-5	1,5	37,4	19,3	18,1	21,00	48,7	18,00	5,32
	SK-6	1,5	31,4	16,3	15,1	17,60	43,2	19,13	5,51
14	SK-1	1,5	51	18,3	32,7	16,2	32	12,38	2,71
	SK-1	3	46,4	17,4	29	10,3	67	12,38	2,26
	SK-2	1,5	53,2	18,6	34,6	17,8	30	10,69	2,55
	SK-2	3	61,7	20,9	40,8	14	61	10,69	2,04
15	SK-1	1,5	76,6	29,5	47,1	19,8	34	11,81	2,41
	SK-1	3	63,6	23,8	39,8	19,1	60	14,63	2,92
	SK-1	3	68,8	24,9	43,9	31,6	65	15,19	3,73
	SK-2	3	67,1	23,7	43,4	29,2	61	6,75	2,30
16	SK-1	1,5	46,8	21,7	25,1	13,2	31	19,69	3,62
	SK-1	3	44,7	20,4	24,3	11,4	54	19,69	3,40
	SK-2	3	45,9	19,7	26,2	14,2	66	15,75	3,25
17	SK-1	1,5-1,95	40,1	21,3	18,8	27,7	60,5	13,50	5,18
	SK-2	3-3,45	60,2	26,3	33,9	26,8	58,9	14,06	3,76
	SK-3	3	52,3	24,6	27,7	21,9	71	11,81	3,42
	SK-5	6,5	48,6	24,7	23,9	22	61	14,25	4,12

PROJE KODU	SONDAJ KUYUSU NO	DERİNLİK (m)	LL (%)	PL (%)	PI (%)	Wn (%)	c (kPa)	N60	N60*
18	SK-1	15,5	27,7	15,7	12	16,6	77	14,25	5,15
	SK-1	3	51,9	17,7	34,2	22,8	61	5,63	2,07
	SK-1	4,5	56,9	19,9	37	18,5	32	8,29	2,19
	SK-1	9	52,9	18	34,9	22,3	53	13,54	3,28
	SK-2	6	54,1	17,9	36,2	24,4	63	12,83	3,27
	SK-2	9	59,2	18,1	41,1	26,7	29	14,25	3,40
	SK-2	12	57	19,7	37,3	20,8	59	20,25	3,79
	SK-3	6	60,4	22,7	37,7	23,2	34	10,69	2,82
	SK-3	7,5	62,1	23,8	38,3	20,9	62	12,83	2,92
	SK-3	15	55,5	19,8	35,7	23,3	66	18,75	3,96
	SK-10	3	66,6	22,3	44,3	25	54	16,88	3,45
	SK-10	6,5	59,9	23,1	36,8	26,4	62	24,23	4,81
	SK-10	10	47,4	20,4	27	20,3	57	26,25	5,16
	SK-11	3	54,2	20,3	33,9	21,1	56	16,31	3,58
	SK-11	8	62,6	20	42,6	24	60	25,65	4,34
	SK-11	13	59,5	22,7	36,8	26	64	30,00	5,36
19	SK-1	0,5	30,7	13,8	16,9	20,3	61	25,31	6,54
	SK-1	3	57,3	25,8	31,5	19,9	66	21,38	4,19
	SK-2	3	63,8	26,1	37,7	18,4	70	20,81	3,58
20	SK-1	1,5	55,8	24,3	31,5	29,1	59,7	18,56	4,77
	SK-2	1,5	55,9	22,3	33,6	29,2	54,5	20,81	4,92
	SK-3	1,5	52,8	24,2	28,6	26,3	52,8	17,44	4,60
	SK-4	1,5	51,3	25,1	26,2	25,6	50,6	17,44	4,76
21	SK-1	3	33,5	16,2	17,3	15,3	56	10,69	3,44
	SK-1	4,5	27,9	13,8	14,1	10,1	29	16,58	3,90
	SK-2	4,5	30,3	14,3	16	17,2	52	14,66	4,56
	SK-3	3	32,3	15,3	17	15,5	62	12,38	3,79
	SK-3	4,5	28,6	14,2	14,4	12,9	38	16,58	4,41
	SK-4	6	33,4	15,7	17,7	16,2	32	19,95	4,94
	SK-4	9	28,9	14,7	14,2	11,4	38	27,79	5,52
	SK-5	3	34,8	16,4	18,4	18,1	39	7,88	3,08
	SK-5	6	34,6	16,3	18,3	12,3	29	15,68	3,65
	SK-6	1,5	42,9	20,3	22,6	24,3	34	10,69	3,83
	SK-6	4,5	35,2	16,8	18,4	16,1	42	15,30	4,17
	SK-7	3	43,7	21	22,7	19,5	55	14,63	4,02
	SK-7	9	29,7	14,3	15,4	12,3	35	27,08	5,42
	SK-8	9	47,4	23,6	23,8	18,9	37	24,23	5,08

PROJE KODU	SONDAJ KUYUSU NO	DERİNLİK (m)	LL (%)	PL (%)	PI (%)	Wn (%)	c (kPa)	N60	N60*
22	SK-1	9	45	20,7	24,3	20,8	31	25,65	5,47
	SK-4	3	58,6	21,6	37	14,5	67	15,75	2,72
	SK-6	6	56,9	22,8	34,1	14,1	61	26,36	3,72
23	SK-1	3	68,4	27	41,4	35,2	62	14,06	3,91
	SK-3	1,5	54,3	23,6	30,7	27,2	62	27,56	5,80
24	SK-1	1,5	38	18,6	19,4	15	31	9,00	2,91
	SK-2	3	38,8	18,2	20,6	15,8	35	8,44	2,79
	SK-3	1,5	39,6	20,6	19	17,1	39	7,88	2,94
	SK-4	4,5	41,2	19,5	21,7	20,4	31	11,48	3,70
	SK-5	1,5	39,8	19	20,8	10,9	33	9,00	2,35
	SK-6	3	41,8	19,1	22,7	12,7	36	10,13	2,60
	SK-7	7	58	20,4	37,6	17,3	34	14,25	2,81
	SK-8	4,5	58,7	21,6	37,1	24,7	31	10,84	2,97
	SK-9	3	61,6	22,4	39,2	15,1	38	9,56	2,05
	SK-10	1,5	60,6	20,6	40	14,7	43	12,11	2,27
	SK-11	3	61,5	23,2	38,3	12,2	39	9,56	1,85
	SK-14	0,5	59,5	22,3	37,2	20	35	6,75	2,03
	SK-15	1,5	55,6	20,7	34,9	16,8	30	14,63	2,93
25	SK-1	0,5	31,4	13,1	18,3	15,9	45	12,38	3,69
	SK-1	6	46,9	17,4	29,5	12,9	22	18,53	3,16
	SK-1	3	58,8	26,3	32,5	26,1	70	11,25	3,36
	SK-1	6	62,2	27,3	34,9	25,9	67	18,53	4,23
	SK-1	1,5	65,9	23,5	42,4	32,1	33	7,88	2,67
	SK-1	3	70,3	24,4	45,9	31,3	52	9,00	2,71
	SK-2	3	67,7	23,1	44,6	28,8	30	10,13	2,81
	SK-2	6	68,8	23,6	45,2	19,6	58	18,53	3,15
	SK-3	4,5	80,2	24,8	55,4	36,3	38	11,48	3,03
	SK-3	9	78,3	25,3	53	33,4	55	26,36	4,69
26	SK-1	3	35,9	18,5	17,4	16,3	65	3,94	2,05
	SK-1	3	40,2	20,4	19,8	25,4	67	6,75	3,28
	SK-1	3	34	16,1	17,9	28,1	66	9,56	4,44
	SK-2	3	29,4	14,2	15,2	15,3	61	8,44	3,24
27	SK-1	3	54,2	24,3	29,9	33,6	52	10,69	3,92
	SK-2	3	67,7	28,1	39,6	40,1	54	9,00	3,37
	SK-3	3	55,2	20,4	34,8	30,1	56	10,69	3,40
28	SK-2	3	61,1	24,9	36,2	29,1	56	8,44	2,87
	SK-3	3	59	25,2	33,8	28,3	59	12,38	3,62

PROJE KODU	SONDAJ KUYUSU NO	DERİNLİK (m)	LL (%)	PL (%)	PI (%)	Wn (%)	c (kPa)	N60	N60*
29	SK-1	3	84,7	29,6	55,1	37	64	10,69	2,96
	SK-2	6	80,5	28,2	52,3	25,8	61	15,68	3,08
	SK-3	6	72,1	26,3	45,8	34,3	62	14,96	3,78
	SK-4	3	57,8	21,7	36,1	20,7	67	10,69	2,71
30	SK-1	1,5-1,95	36,7	18,8	17,9	21,8	46,2	11,25	4,22
	SK-2	3-3,5	64,3	27,4	36,9	37,3	63	24,75	5,88
31	SK-1	4,5	30,4	19,3	11,1	19,7	28	9,56	4,75
	SK-2	6	26,5	14,3	12,2	23,9	31	14,96	6,41
32	SK-1	3	39,4	16,2	23,2	19	61	14,06	3,83
	SK-1	1,5	70,2	25,1	45,1	22,2	34	12,38	2,70
	SK-1	3	72,9	25,4	47,5	23,9	71	12,94	2,80
	SK-2	6	60,5	22,5	38	17,8	69	14,96	2,92
	SK-3	6	69	30,6	38,4	19,2	66	19,24	3,47
	SK-4	1,5	57	22,4	34,6	14,8	67	13,50	2,62
	SK-4	4,5	68	24,7	43,3	22,1	31	15,30	3,10
	SK-6	3	69,1	25	44,1	19,4	61	11,25	2,41
	SK-7	3	73,5	28,9	44,6	14,7	57	12,38	2,17
	SK-7	12	69,3	24	45,3	22,5	33	24,00	3,91
	SK-8	15	64,8	23,6	41,2	22,9	70	21,75	3,94
	SK-9	4,5	70,1	30,5	39,6	23,4	63	17,85	3,65
	SK-11	7,5	58,6	22,6	36	17,2	39	19,95	3,46
	SK-12	6	70,3	25	45,3	19,3	78	19,95	3,24
	SK-13	3	58,5	23,3	35,2	17,9	30	11,81	2,68
	SK-13	6	70,8	28,3	42,5	20,3	64	19,24	3,39
	SK-14	4,5	73,3	29,3	44	21,8	62	14,66	2,98
	SK-15	6	73	24,1	48,9	20,7	66	17,10	2,97
	SK-19	3	70,8	31,2	39,6	21,2	69	12,38	2,83
33	SK-1	6	43,5	22,4	21,1	23,6	54	23,51	6,04
	SK-2	3	61,7	27,6	34,1	23,4	70	13,50	3,40
	SK-2	6	51,2	24,6	26,6	25,9	76	22,09	5,41
34	SK-1	3	81,2	31,4	49,8	32	72	19,69	4,04
	SK-2	3	70,1	28,3	41,8	33,9	64	17,44	4,29
	SK-3	3	78,2	31,6	46,6	25,4	73	18,00	3,51
	SK-4	3	69,3	27,6	41,7	28	68	22,50	4,45
	SK-5	3	77,8	28,9	48,9	28,2	79	18,56	3,68

PROJE KODU	SONDAJ KUYUSU NO	DERİNLİK (m)	LL (%)	PL (%)	PI (%)	Wn (%)	c (kPa)	N60	N60*
35	SK-1	3	45,8	25,7	20,1	24,1	68	18,56	5,51
	SK-2	3	55,2	24	31,2	23	73	19,13	4,29
36	SK-1	3	40,9	23	17,9	23,6	66	15,19	5,20
	SK-2	3	58,9	24,3	34,6	21,9	70	18,00	3,81
37	SK-1	1,5	36,6	18,6	18	20,5	66,2	12,38	4,29
	SK-2	1,5	37,3	19,3	18	19,2	65,5	13,50	4,34
38	SK-1	3	61,7	23,1	38,6	20,7	56	11,25	2,69
	SK-2	1,5	60,5	20,6	39,9	17,2	37	12,38	2,51
	SK-3	0,5	58,6	21,5	37,1	17,8	60	12,38	2,66
39	SK-1	1,5	39,9	23,7	16,2	22,9	28	10,13	4,32
	SK-1	3	42,1	24,5	17,6	21,3	61	12,94	4,54
	SK-1	0,5	42,8	24,1	18,7	25,7	52	14,06	5,10
	SK-2	0,5	41,4	22,2	19,2	29,1	61	16,88	5,95
40	SK-1	2	60,9	25,2	35,7	19,6	66	6,75	2,06
	SK-2	0,5	54,2	26,3	27,9	21,3	62	7,88	2,68
41	SK-1	1,5	41,1	19,6	21,5	18,5	42,3	10,69	3,39
	SK-2	1,5	51,2	25,7	25,5	15,8	51,7	10,69	2,83
	SK-2	3	59,9	26	33,9	30,3	63	12,38	3,75
	SK-3	1,5	55,6	24,1	31,5	21,6	50,3	9,56	2,81
	SK-3	3	67,8	25,1	42,7	25,2	73	11,25	2,83
	SK-4	3	60	25,1	34,9	24,8	67	16,31	3,85
	SK-5	1,5	46,1	24,4	21,7	20,3	46,7	11,81	3,75
42	SK-2	2-2,5	38,00	19,20	18,8	19	65	27,00	6,16
43	SK-1	1,5	53,1	24	29,1	33,7	38	5,63	2,80
	SK-2	6	52,8	26,8	26	29,4	33	10,69	3,94
44	SK-1	3	40,3	19,1	21,2	21,7	61	10,69	3,73
	SK-2	1,5	45,1	21,6	23,5	17,4	33	12,38	3,38
	SK-2	3	46,6	22,5	24,1	15,3	60	14,63	3,41
	SK-3	3	46,3	22	24,3	14,6	66	13,50	3,16
	SK-4	4,5	45,7	21,8	23,9	16,7	37	14,66	3,60
	SK-5	3	49	23,3	25,7	15,3	57	12,38	3,00
	SK-6	1,5	36,4	17,3	19,1	10,1	29	12,38	2,81
	SK-7	3	37,6	17,7	19,9	16	62	13,50	3,71
	SK-7	7,5	47,5	22,9	24,6	12,2	32	23,51	3,86
	SK-8	1,5	36,3	17,3	19	10,1	39	14,06	3,02
	SK-8	3	38,4	18,4	20	12,6	64	16,88	3,67

PROJE KODU	SONDAJ KUYUSU NO	DERİNLİK (m)	LL (%)	PL (%)	PI (%)	Wn (%)	c (kPa)	N60	N60*
45	SK-1	3	63,8	29	34,8	48,3	51	14,06	5,13
	SK-2	3	61	27,1	33,9	35,9	63	10,13	3,69
	SK-3	3	79,9	28,1	51,8	32,7	69	9,56	2,69
46	SK-2	1,5	65,2	24,8	40,4	34,3	68	24,75	5,34
	SK-2	1,5-2	59,3	24,3	35	13,2	52,8	16,88	2,77
	SK-2	2-2,45	45,6	21,6	24	14,1	48,1	16,88	3,53
47	SK-1	1,50-1,95	42	20,6	21,4	15,9	48,7	22,50	4,71
	SK-1	3,00-3,50	63,3	25,3	38	21,6	69	22,50	4,06
	SK-1	1,5	52,1	22,9	29,2	18,9	37	11,81	3,06
	SK-1	3	57,8	24,7	33,1	19,2	72	12,38	2,96
	SK-1	3	53	23,6	29,4	23,3	69	10,69	3,24
	SK-2	3	56,7	27,4	29,3	22,9	76	11,81	3,40
48	SK-1	1,5	35,3	19,7	15,6	23,9	45,9	4,50	2,89
	SK-2	1,5	33	19,3	13,7	19,4	47,6	6,75	3,46
49	SK-1	3	55,4	24,3	31,1	18,8	70	13,50	3,17
	SK-1	3	53,4	24	29,4	24,7	66	19,13	4,61
	SK-1	3	75,9	30,5	45,4	34,2	78	12,38	3,41
	SK-2	6	70,2	29,8	40,4	29,6	75	19,24	4,29
	SK-3	3	73	30	43	19,4	70	13,50	2,70
	SK-4	6	55,6	23,7	31,9	26,9	72	13,54	3,82
	SK-4	7,5	56,6	24,3	32,3	20,2	38	17,10	3,68
50	SK-1	3	40,7	21,1	19,6	23	58	10,13	3,90
	SK-2	1,5	31,9	21,6	10,3	16,4	52	9,56	4,47
	SK-3	1,5	41,3	20,8	20,5	16,5	51	11,81	3,45
	SK-5	0,5	42,5	19,9	22,6	21	54	10,13	3,43
51	SK-1	1,5	52,9	25,5	27,4	21,9	55,3	13,50	3,70
	SK-2	1,5	46,4	22,3	24,1	23,3	43,5	12,94	4,01
	SK-3	1,5	61,1	26,2	34,9	23,4	44,8	15,19	3,58
	SK-4	1,5	58,1	24,4	33,7	22,5	53,6	11,25	3,03
52	SK-1	3	46,4	20	26,4	15	54	11,81	2,85
	SK-2	3	46,9	21,2	25,7	18,7	61	10,13	3,00
53	SK-1	3	54,3	22,6	31,7	21	67	11,25	3,02
	SK-2	3	50,8	21,4	29,4	20,10	65	12,94	3,32
	SK-3	3	58,4	24,2	34,2	21,90	70	11,81	3,04
54	SK-1	0,5	50,9	22,2	28,7	16,1	56	12,38	2,90
	SK-2	1,5	35,2	17,9	17,3	10,3	42	13,50	3,15
55	SK-1	6	71,7	28,6	43,1	22,6	72	14,25	3,02
	SK-2	3	69,8	28	41,8	25,1	67	15,19	3,37

PROJE KODU	SONDAJ KUYUSU NO	DERİNLİK (m)	LL (%)	PL (%)	PI (%)	Wn (%)	c (kPa)	N60	N60*
56	SK-1	0,5	45,8	20,2	25,6	22,9	57	21,38	5,07
	SK-1	2-2,5	46	21	25	20,41	87	10,69	3,29
	SK-2	1-1,5	45	20	25	19,31	90	12,38	3,46
57	SK-1	2-2,3	37	21	16	13,22	80	10,13	3,22
	SK-2	3,5-4	37	21	16	17,77	90	10,69	3,90
	SK-3	3,9-4,2	37	21	16	16,79	88	12,11	4,05
	SK-4	1-1,5	37	21	16	20,13	94	8,44	3,67
58	SK-1	1-1,5	33	17	16	15,66	40	18,00	4,84
	SK-1	2,5-3	54	23	31	19,64	81	7,88	2,42
	SK-2	3,5-4	55	22	33	19,66	83	10,69	2,77
59	SK-1	3,5-4	51	26	25	38,27	73	10,69	4,65
	SK-1	8-8,5	58	23	35	35,66	75	14,25	4,36
	SK-1	6-6,5	45	20	25	20,65	61,6	10,69	3,31
	SK-2	6-6,5	49	25	24	26,9	24,7	9,26	3,62
60	SK-1	2,5-3	43	20	23	20,6	62,6	13,50	3,94
	SK-1	7-7,5	40	16	24	18,25	81,3	14,25	3,71
	SK-2	5,5-6	38	19	19	17,73	77	12,75	3,90
	SK-2	7-7,5	42	20	22	21,71	83	14,25	4,28
	SK-3	2,5-3	40	22	18	19,04	39,8	14,63	4,51
	SK-3	9-9,5	33	16	17	21,43	45,7	21,38	6,12
61	SK-1	4	73,6	32,1	41,5	35,4	58	6,38	2,54
	SK-1	10,5	67,5	28,4	39,1	47,2	54	10,50	4,04
	SK-2	2,5	69,6	28,5	41,1	26,1	60	7,88	2,42
	SK-2	10	89,3	34,4	54,9	45,2	49	9,75	3,14
	SK-3	4	67,3	26,5	40,8	31	51	8,93	2,87
62	SK-1	2-2,5	40	18	22	13,2	52,4	6,75	2,16
	SK-2	4-4,5	40	20	20	19,3	49,3	8,93	3,27
63	SK-1	6	64,1	27,5	36,6	21,4	73	7,84	2,31
	SK-1	8,5	56	22,8	33,2	20,7	68	8,55	2,51
	SK-2	4-4,5	66,1	26,1	40	30,7	65	8,93	2,88
	SK-3	3-3,5	68,5	28,8	39,7	28	75	7,88	2,57
	SK-4	3-3,5	86,8	29,6	57,2	29,3	72	7,88	2,15
	SK-5	3-3,5	88,2	31,5	56,7	32,9	80	7,31	2,21
64	SK-1	9-9,5	41	20	21	23,17	78	5,70	2,75
	SK-2	4,5-5	38	16	22	13,87	70,8	11,48	2,97
	SK-2	7-7,5	42	21	21	19,92	81,3	13,54	4,07
	SK-3	2,5-3	33	15	18	14,09	83	11,25	3,31
	SK-4	5,5-6	56	24	32	31,06	61,5	12,75	3,99
	SK-5	5,5-6	42	19	23	23,85	96	15,94	4,68

EK-C. SPT-N ile SB deneyi sonuçlarından elde edilen c arasındaki ilişkiler

PROJE KODU	SONDAJ KUYUSU NO	DERİNLİK (m)	Sanglerat	Terzaghi &Peck	Sowers	Nixon	İyisan &Ansal	Sivrikaya &Toğrol
1	SK-1	46,09	46,09	46,09	46,11	50,56	47,73	46,05
	SK-2	52,10	52,10	52,10	52,12	55,23	53,19	52,06
2	SK-1	76,15	76,15	76,15	76,18	72,58	75,02	76,08
	SK-3	70,14	70,14	70,14	70,17	68,41	69,56	70,08
3	SK-1	30,06	30,06	30,06	30,07	37,17	33,18	30,03
	SK-2	32,06	32,06	32,06	32,08	38,94	35,00	32,04
4	SK-1	80,16	80,16	80,16	80,19	75,31	78,65	80,09
	SK-2	111,68	111,68	111,68	111,73	95,63	107,27	111,59
	SK-2	96,45	96,45	96,45	96,50	86,05	93,45	96,37
5	SK-1	48,09	48,09	48,09	48,11	52,14	49,55	48,05
	SK-1	54,51	54,51	54,51	54,53	57,05	55,37	54,46
	SK-2	44,09	44,09	44,09	44,10	48,97	45,91	44,05
	SK-2	54,51	54,51	54,51	54,53	57,05	55,37	54,46
6	SK-1	48,09	48,09	48,09	48,11	52,14	49,55	48,05
	SK-2	54,11	54,11	54,11	54,13	56,75	55,01	54,06
7	SK-1	48,09	48,09	48,09	48,11	52,14	49,55	48,05
	SK-2	54,11	54,11	54,11	54,13	56,75	55,01	54,06
	SK-2	22,04	22,04	22,04	22,05	29,73	25,90	22,02
	SK-4	34,07	34,07	34,07	34,08	40,67	36,82	34,04
	SK-7	20,04	20,04	20,04	20,05	27,76	24,08	20,02
	SK-8	40,08	40,08	40,08	40,10	45,72	42,27	40,04
	SK-9	32,06	32,06	32,06	32,08	38,94	35,00	32,04
	SK-12	26,05	26,05	26,05	26,06	33,53	29,54	26,03
	SK-14	50,10	50,10	50,10	50,12	53,69	51,37	50,05
	SK-16	48,09	48,09	48,09	48,11	52,14	49,55	48,05
8	SK-1	24,05	24,05	24,05	24,06	31,65	27,72	24,03
	SK-1	22,04	22,04	22,04	22,05	29,73	25,90	22,02
	SK-1	24,98	24,98	24,98	24,99	32,53	28,57	24,96
	SK-1	49,96	49,96	49,96	49,99	53,59	51,25	49,92
	SK-1	53,30	53,30	53,30	53,33	56,14	54,28	53,26
	SK-2	30,06	30,06	30,06	30,07	37,17	33,18	30,03
	SK-2	32,06	32,06	32,06	32,08	38,94	35,00	32,04
	SK-3	40,88	40,88	40,88	40,90	46,38	43,00	40,84
	SK-3	68,53	68,53	68,53	68,56	67,28	68,10	68,48
9	SK-1	36,07	36,07	36,07	36,09	42,38	38,63	36,04
	SK-1	68,53	68,53	68,53	68,56	67,28	68,10	68,48
	SK-2	38,07	38,07	38,07	38,09	44,07	40,45	38,04
	SK-2	68,53	68,53	68,53	68,56	67,28	68,10	68,48
	SK-2	68,53	68,53	68,53	68,56	67,28	68,10	68,48

PROJE KODU	SONDAJ KUYUSU NO	DERİNLİK (m)	Sanglerat	Terzaghi &Peck	Sowers	Nixon	İyisan &Ansal	Sivrikaya &Toğrol
10	SK-1	46,09	46,09	46,09	46,11	50,56	47,73	46,05
	SK-1	46,09	46,09	46,09	46,11	50,56	47,73	46,05
	SK-2	48,09	48,09	48,09	48,11	52,14	49,55	48,05
	SK-2	48,09	48,09	48,09	48,11	52,14	49,55	48,05
11	SK-1	68,13	68,13	68,13	68,16	67,00	67,74	68,07
	SK-2	50,10	50,10	50,10	50,12	53,69	51,37	50,05
12	SK-1	32,06	32,06	32,06	32,08	38,94	35,00	32,04
	SK-1	32,06	32,06	32,06	32,08	38,94	35,00	32,04
	SK-1	62,12	62,12	62,12	62,15	62,69	62,28	62,07
	SK-3	38,07	38,07	38,07	38,09	44,07	40,45	38,04
	SK-3	53,30	53,30	53,30	53,33	56,14	54,28	53,26
13	SK-1	68,13	68,13	68,13	68,16	67,00	67,74	68,07
	SK-2	64,13	64,13	64,13	64,15	64,14	64,10	64,07
	SK-4	86,17	86,17	86,17	86,20	79,34	84,11	86,09
	SK-4	62,12	62,12	62,12	62,15	62,69	62,28	62,07
	SK-5	64,13	64,13	64,13	64,15	64,14	64,10	64,07
	SK-6	68,13	68,13	68,13	68,16	67,00	67,74	68,07
14	SK-1	44,09	44,09	44,09	44,10	48,97	45,91	44,05
	SK-1	44,09	44,09	44,09	44,10	48,97	45,91	44,05
	SK-2	38,07	38,07	38,07	38,09	44,07	40,45	38,04
	SK-2	38,07	38,07	38,07	38,09	44,07	40,45	38,04
15	SK-1	42,08	42,08	42,08	42,10	47,36	44,09	42,05
	SK-1	52,10	52,10	52,10	52,12	55,23	53,19	52,06
	SK-1	54,11	54,11	54,11	54,13	56,75	55,01	54,06
	SK-2	24,05	24,05	24,05	24,06	31,65	27,72	24,03
16	SK-1	70,14	70,14	70,14	70,17	68,41	69,56	70,08
	SK-1	70,14	70,14	70,14	70,17	68,41	69,56	70,08
	SK-2	56,11	56,11	56,11	56,13	58,26	56,83	56,06
17	SK-1	48,09	48,09	48,09	48,11	52,14	49,55	48,05
	SK-2	50,10	50,10	50,10	50,12	53,69	51,37	50,05
	SK-3	42,08	42,08	42,08	42,10	47,36	44,09	42,05
	SK-5	50,77	50,77	50,77	50,79	54,21	51,97	50,72

PROJE KODU	SONDAJ KUYUSU NO	DERİNLİK (m)	Sanglerat	Terzaghi &Peck	Sowers	Nixon	İyisan &Ansal	Sivrikaya &Toğrol
18	SK-1	50,77	50,77	50,77	50,79	54,21	51,97	50,72
	SK-1	20,04	20,04	20,04	20,05	27,76	24,08	20,02
	SK-1	29,52	29,52	29,52	29,54	36,69	32,69	29,50
	SK-1	48,23	48,23	48,23	48,25	52,24	49,67	48,19
	SK-2	45,69	45,69	45,69	45,71	50,25	47,37	45,65
	SK-2	50,77	50,77	50,77	50,79	54,21	51,97	50,72
	SK-2	72,14	72,14	72,14	72,17	69,81	71,38	72,08
	SK-3	38,07	38,07	38,07	38,09	44,07	40,45	38,04
	SK-3	45,69	45,69	45,69	45,71	50,25	47,37	45,65
	SK-3	66,80	66,80	66,80	66,83	66,05	66,53	66,74
	SK-10	60,12	60,12	60,12	60,14	61,22	60,46	60,07
	SK-10	86,30	86,30	86,30	86,34	79,43	84,23	86,23
	SK-10	93,52	93,52	93,52	93,56	84,16	90,78	93,44
	SK-11	58,11	58,11	58,11	58,14	59,75	58,64	58,06
	SK-11	91,38	91,38	91,38	91,42	82,77	88,84	91,30
	SK-11	106,88	106,88	106,88	106,92	92,65	102,91	106,78
19	SK-1	90,18	90,18	90,18	90,21	81,98	87,75	90,10
	SK-1	76,15	76,15	76,15	76,18	72,58	75,02	76,08
	SK-2	74,14	74,14	74,14	74,18	71,20	73,20	74,08
20	SK-1	66,13	66,13	66,13	66,16	65,57	65,92	66,07
	SK-2	74,14	74,14	74,14	74,18	71,20	73,20	74,08
	SK-3	62,12	62,12	62,12	62,15	62,69	62,28	62,07
	SK-4	62,12	62,12	62,12	62,15	62,69	62,28	62,07
21	SK-1	38,07	38,07	38,07	38,09	44,07	40,45	38,04
	SK-1	59,05	59,05	59,05	59,07	60,44	59,49	59,00
	SK-2	52,24	52,24	52,24	52,26	55,33	53,31	52,19
	SK-3	44,09	44,09	44,09	44,10	48,97	45,91	44,05
	SK-3	59,05	59,05	59,05	59,07	60,44	59,49	59,00
	SK-4	71,07	71,07	71,07	71,10	69,07	70,41	71,01
	SK-4	98,99	98,99	98,99	99,03	87,68	95,75	98,91
	SK-5	28,05	28,05	28,05	28,07	35,37	31,36	28,03
	SK-5	55,84	55,84	55,84	55,87	58,06	56,58	55,79
	SK-6	38,07	38,07	38,07	38,09	44,07	40,45	38,04
	SK-6	54,51	54,51	54,51	54,53	57,05	55,37	54,46
	SK-7	52,10	52,10	52,10	52,12	55,23	53,19	52,06
	SK-7	96,45	96,45	96,45	96,50	86,05	93,45	96,37
	SK-8	86,30	86,30	86,30	86,34	79,43	84,23	86,23

PROJE KODU	SONDAJ KUYUSU NO	DERİNLİK (m)	Sanglerat	Terzaghi &Peck	Sowers	Nixon	İyisan &Ansal	Sivrikaya &Toğrol
22	SK-1	91,38	91,38	91,38	91,42	82,77	88,84	91,30
	SK-4	56,11	56,11	56,11	56,13	58,26	56,83	56,06
	SK-6	93,92	93,92	93,92	93,96	84,41	91,14	93,84
23	SK-1	50,10	50,10	50,10	50,12	53,69	51,37	50,05
	SK-3	98,19	98,19	98,19	98,23	87,16	95,03	98,11
24	SK-1	32,06	32,06	32,06	32,08	38,94	35,00	32,04
	SK-2	30,06	30,06	30,06	30,07	37,17	33,18	30,03
	SK-3	28,05	28,05	28,05	28,07	35,37	31,36	28,03
	SK-4	40,88	40,88	40,88	40,90	46,38	43,00	40,84
	SK-5	32,06	32,06	32,06	32,08	38,94	35,00	32,04
	SK-6	36,07	36,07	36,07	36,09	42,38	38,63	36,04
	SK-7	50,77	50,77	50,77	50,79	54,21	51,97	50,72
	SK-8	38,61	38,61	38,61	38,62	44,51	40,94	38,58
	SK-9	34,07	34,07	34,07	34,08	40,67	36,82	34,04
	SK-10	43,15	43,15	43,15	43,17	48,22	45,06	43,11
	SK-11	34,07	34,07	34,07	34,08	40,67	36,82	34,04
	SK-14	24,05	24,05	24,05	24,06	31,65	27,72	24,03
	SK-15	52,10	52,10	52,10	52,12	55,23	53,19	52,06
25	SK-1	44,09	44,09	44,09	44,10	48,97	45,91	44,05
	SK-1	66,00	66,00	66,00	66,02	65,48	65,80	65,94
	SK-1	40,08	40,08	40,08	40,10	45,72	42,27	40,04
	SK-1	66,00	66,00	66,00	66,02	65,48	65,80	65,94
	SK-1	28,05	28,05	28,05	28,07	35,37	31,36	28,03
	SK-1	32,06	32,06	32,06	32,08	38,94	35,00	32,04
	SK-2	36,07	36,07	36,07	36,09	42,38	38,63	36,04
	SK-2	66,00	66,00	66,00	66,02	65,48	65,80	65,94
	SK-3	40,88	40,88	40,88	40,90	46,38	43,00	40,84
	SK-3	93,92	93,92	93,92	93,96	84,41	91,14	93,84
26	SK-1	14,03	14,03	14,03	14,03	21,47	18,62	14,02
	SK-1	24,05	24,05	24,05	24,06	31,65	27,72	24,03
	SK-1	34,07	34,07	34,07	34,08	40,67	36,82	34,04
	SK-2	30,06	30,06	30,06	30,07	37,17	33,18	30,03
27	SK-1	38,07	38,07	38,07	38,09	44,07	40,45	38,04
	SK-2	32,06	32,06	32,06	32,08	38,94	35,00	32,04
	SK-3	38,07	38,07	38,07	38,09	44,07	40,45	38,04
28	SK-2	30,06	30,06	30,06	30,07	37,17	33,18	30,03
	SK-3	44,09	44,09	44,09	44,10	48,97	45,91	44,05

PROJE KODU	SONDAJ KUYUSU NO	DERİNLİK (m)	Sanglerat	Terzaghi &Peck	Sowers	Nixon	İyisan &Ansal	Sivrikaya &Toğrol
29	SK-1	38,07	38,07	38,07	38,09	44,07	40,45	38,04
	SK-2	55,84	55,84	55,84	55,87	58,06	56,58	55,79
	SK-3	53,30	53,30	53,30	53,33	56,14	54,28	53,26
	SK-4	38,07	38,07	38,07	38,09	44,07	40,45	38,04
30	SK-1	40,08	40,08	40,08	40,10	45,72	42,27	40,04
	SK-2	88,17	88,17	88,17	88,21	80,66	85,93	88,10
31	SK-1	34,07	34,07	34,07	34,08	40,67	36,82	34,04
	SK-2	53,30	53,30	53,30	53,33	56,14	54,28	53,26
32	SK-1	50,10	50,10	50,10	50,12	53,69	51,37	50,05
	SK-1	44,09	44,09	44,09	44,10	48,97	45,91	44,05
	SK-1	46,09	46,09	46,09	46,11	50,56	47,73	46,05
	SK-2	53,30	53,30	53,30	53,33	56,14	54,28	53,26
	SK-3	68,53	68,53	68,53	68,56	67,28	68,10	68,48
	SK-4	48,09	48,09	48,09	48,11	52,14	49,55	48,05
	SK-4	54,51	54,51	54,51	54,53	57,05	55,37	54,46
	SK-6	40,08	40,08	40,08	40,10	45,72	42,27	40,04
	SK-7	44,09	44,09	44,09	44,10	48,97	45,91	44,05
	SK-7	85,50	85,50	85,50	85,54	78,90	83,50	85,43
	SK-8	77,48	77,48	77,48	77,52	73,50	76,23	77,42
	SK-9	63,59	63,59	63,59	63,62	63,75	63,62	63,54
	SK-11	71,07	71,07	71,07	71,10	69,07	70,41	71,01
	SK-12	71,07	71,07	71,07	71,10	69,07	70,41	71,01
	SK-13	42,08	42,08	42,08	42,10	47,36	44,09	42,05
	SK-13	68,53	68,53	68,53	68,56	67,28	68,10	68,48
	SK-14	52,24	52,24	52,24	52,26	55,33	53,31	52,19
	SK-15	60,92	60,92	60,92	60,94	61,81	61,19	60,87
	SK-19	44,09	44,09	44,09	44,10	48,97	45,91	44,05
33	SK-1	83,76	83,76	83,76	83,80	77,74	81,93	83,69
	SK-2	48,09	48,09	48,09	48,11	52,14	49,55	48,05
	SK-2	78,69	78,69	78,69	78,72	74,32	77,32	78,62
34	SK-1	70,14	70,14	70,14	70,17	68,41	69,56	70,08
	SK-2	62,12	62,12	62,12	62,15	62,69	62,28	62,07
	SK-3	64,13	64,13	64,13	64,15	64,14	64,10	64,07
	SK-4	80,16	80,16	80,16	80,19	75,31	78,65	80,09
	SK-5	66,13	66,13	66,13	66,16	65,57	65,92	66,07

PROJE KODU	SONDAJ KUYUSU NO	DERİNLİK (m)	Sanglerat	Terzaghi &Peck	Sowers	Nixon	İyisan &Ansal	Sivrikaya &Toğrol
35	SK-1	66,13	66,13	66,13	66,16	65,57	65,92	66,07
	SK-2	68,13	68,13	68,13	68,16	67,00	67,74	68,07
36	SK-1	54,11	54,11	54,11	54,13	56,75	55,01	54,06
	SK-2	64,13	64,13	64,13	64,15	64,14	64,10	64,07
37	SK-1	44,09	44,09	44,09	44,10	48,97	45,91	44,05
	SK-2	48,09	48,09	48,09	48,11	52,14	49,55	48,05
38	SK-1	40,08	40,08	40,08	40,10	45,72	42,27	40,04
	SK-2	44,09	44,09	44,09	44,10	48,97	45,91	44,05
	SK-3	44,09	44,09	44,09	44,10	48,97	45,91	44,05
39	SK-1	36,07	36,07	36,07	36,09	42,38	38,63	36,04
	SK-1	46,09	46,09	46,09	46,11	50,56	47,73	46,05
	SK-1	50,10	50,10	50,10	50,12	53,69	51,37	50,05
	SK-2	60,12	60,12	60,12	60,14	61,22	60,46	60,07
40	SK-1	24,05	24,05	24,05	24,06	31,65	27,72	24,03
	SK-2	28,05	28,05	28,05	28,07	35,37	31,36	28,03
41	SK-1	38,07	38,07	38,07	38,09	44,07	40,45	38,04
	SK-2	38,07	38,07	38,07	38,09	44,07	40,45	38,04
	SK-2	44,09	44,09	44,09	44,10	48,97	45,91	44,05
	SK-3	34,07	34,07	34,07	34,08	40,67	36,82	34,04
	SK-3	40,08	40,08	40,08	40,10	45,72	42,27	40,04
	SK-4	58,11	58,11	58,11	58,14	59,75	58,64	58,06
	SK-5	42,08	42,08	42,08	42,10	47,36	44,09	42,05
42	SK-2	96,19	96,19	96,19	96,23	85,88	93,21	96,11
43	SK-1	20,04	20,04	20,04	20,05	27,76	24,08	20,02
	SK-2	38,07	38,07	38,07	38,09	44,07	40,45	38,04
44	SK-1	38,07	38,07	38,07	38,09	44,07	40,45	38,04
	SK-2	44,09	44,09	44,09	44,10	48,97	45,91	44,05
	SK-2	52,10	52,10	52,10	52,12	55,23	53,19	52,06
	SK-3	48,09	48,09	48,09	48,11	52,14	49,55	48,05
	SK-4	52,24	52,24	52,24	52,26	55,33	53,31	52,19
	SK-5	44,09	44,09	44,09	44,10	48,97	45,91	44,05
	SK-6	44,09	44,09	44,09	44,10	48,97	45,91	44,05
	SK-7	48,09	48,09	48,09	48,11	52,14	49,55	48,05
	SK-7	83,76	83,76	83,76	83,80	77,74	81,93	83,69
	SK-8	50,10	50,10	50,10	50,12	53,69	51,37	50,05
	SK-8	60,12	60,12	60,12	60,14	61,22	60,46	60,07

PROJE KODU	SONDAJ KUYUSU NO	DERİNLİK (m)	Sanglerat	Terzaghi &Peck	Sowers	Nixon	İyisan &Ansal	Sivrikaya &Toğrol
45	SK-1	50,10	50,10	50,10	50,12	53,69	51,37	50,05
	SK-2	36,07	36,07	36,07	36,09	42,38	38,63	36,04
	SK-3	34,07	34,07	34,07	34,08	40,67	36,82	34,04
46	SK-2	88,17	88,17	88,17	88,21	80,66	85,93	88,10
	SK-2	60,12	60,12	60,12	60,14	61,22	60,46	60,07
	SK-2	60,12	60,12	60,12	60,14	61,22	60,46	60,07
47	SK-1	80,16	80,16	80,16	80,19	75,31	78,65	80,09
	SK-1	80,16	80,16	80,16	80,19	75,31	78,65	80,09
	SK-1	42,08	42,08	42,08	42,10	47,36	44,09	42,05
	SK-1	44,09	44,09	44,09	44,10	48,97	45,91	44,05
	SK-1	38,07	38,07	38,07	38,09	44,07	40,45	38,04
	SK-2	42,08	42,08	42,08	42,10	47,36	44,09	42,05
48	SK-1	16,03	16,03	16,03	16,04	23,64	20,44	16,02
	SK-2	24,05	24,05	24,05	24,06	31,65	27,72	24,03
49	SK-1	48,09	48,09	48,09	48,11	52,14	49,55	48,05
	SK-1	68,13	68,13	68,13	68,16	67,00	67,74	68,07
	SK-1	44,09	44,09	44,09	44,10	48,97	45,91	44,05
	SK-2	68,53	68,53	68,53	68,56	67,28	68,10	68,48
	SK-3	48,09	48,09	48,09	48,11	52,14	49,55	48,05
	SK-4	48,23	48,23	48,23	48,25	52,24	49,67	48,19
	SK-4	60,92	60,92	60,92	60,94	61,81	61,19	60,87
50	SK-1	36,07	36,07	36,07	36,09	42,38	38,63	36,04
	SK-2	34,07	34,07	34,07	34,08	40,67	36,82	34,04
	SK-3	42,08	42,08	42,08	42,10	47,36	44,09	42,05
	SK-5	36,07	36,07	36,07	36,09	42,38	38,63	36,04
51	SK-1	48,09	48,09	48,09	48,11	52,14	49,55	48,05
	SK-2	46,09	46,09	46,09	46,11	50,56	47,73	46,05
	SK-3	54,11	54,11	54,11	54,13	56,75	55,01	54,06
	SK-4	40,08	40,08	40,08	40,10	45,72	42,27	40,04
52	SK-1	42,08	42,08	42,08	42,10	47,36	44,09	42,05
	SK-2	36,07	36,07	36,07	36,09	42,38	38,63	36,04
53	SK-1	40,08	40,08	40,08	40,10	45,72	42,27	40,04
	SK-2	46,09	46,09	46,09	46,11	50,56	47,73	46,05
	SK-3	42,08	42,08	42,08	42,10	47,36	44,09	42,05
54	SK-1	44,09	44,09	44,09	44,10	48,97	45,91	44,05
	SK-2	48,09	48,09	48,09	48,11	52,14	49,55	48,05
55	SK-1	50,77	50,77	50,77	50,79	54,21	51,97	50,72
	SK-2	54,11	54,11	54,11	54,13	56,75	55,01	54,06

PROJE KODU	SONDAJ KUYUSU NO	DERİNLİK (m)	Sanglerat	Terzaghi &Peck	Sowers	Nixon	İyisan &Ansal	Sivrikaya &Toğrol
56	SK-1	76,15	76,15	76,15	76,18	72,58	75,02	76,08
	SK-1	38,07	38,07	38,07	38,09	44,07	40,45	38,04
	SK-2	44,09	44,09	44,09	44,10	48,97	45,91	44,05
57	SK-1	36,07	36,07	36,07	36,09	42,38	38,63	36,04
	SK-2	38,07	38,07	38,07	38,09	44,07	40,45	38,04
	SK-3	43,15	43,15	43,15	43,17	48,22	45,06	43,11
	SK-4	30,06	30,06	30,06	30,07	37,17	33,18	30,03
58	SK-1	64,13	64,13	64,13	64,15	64,14	64,10	64,07
	SK-1	28,05	28,05	28,05	28,07	35,37	31,36	28,03
	SK-2	38,07	38,07	38,07	38,09	44,07	40,45	38,04
59	SK-1	38,07	38,07	38,07	38,09	44,07	40,45	38,04
	SK-1	50,77	50,77	50,77	50,79	54,21	51,97	50,72
	SK-1	38,07	38,07	38,07	38,09	44,07	40,45	38,04
	SK-2	33,00	33,00	33,00	33,01	39,75	35,85	32,97
60	SK-1	48,09	48,09	48,09	48,11	52,14	49,55	48,05
	SK-1	50,77	50,77	50,77	50,79	54,21	51,97	50,72
	SK-2	45,42	45,42	45,42	45,44	50,04	47,12	45,38
	SK-2	50,77	50,77	50,77	50,79	54,21	51,97	50,72
	SK-3	52,10	52,10	52,10	52,12	55,23	53,19	52,06
	SK-3	76,15	76,15	76,15	76,18	72,58	75,02	76,08
61	SK-1	22,71	22,71	22,71	22,72	30,38	26,51	22,69
	SK-1	37,41	37,41	37,41	37,42	43,51	39,85	37,37
	SK-2	28,05	28,05	28,05	28,07	35,37	31,36	28,03
	SK-2	34,73	34,73	34,73	34,75	41,25	37,42	34,70
	SK-3	31,80	31,80	31,80	31,81	38,70	34,75	31,77
62	SK-1	24,05	24,05	24,05	24,06	31,65	27,72	24,03
	SK-2	31,80	31,80	31,80	31,81	38,70	34,75	31,77
63	SK-1	27,92	27,92	27,92	27,93	35,25	31,24	27,90
	SK-1	30,46	30,46	30,46	30,47	37,53	33,54	30,43
	SK-2	31,80	31,80	31,80	31,81	38,70	34,75	31,77
	SK-3	28,05	28,05	28,05	28,07	35,37	31,36	28,03
	SK-4	28,05	28,05	28,05	28,07	35,37	31,36	28,03
	SK-5	26,05	26,05	26,05	26,06	33,53	29,54	26,03
64	SK-1	20,31	20,31	20,31	20,31	28,02	24,32	20,29
	SK-2	40,88	40,88	40,88	40,90	46,38	43,00	40,84
	SK-2	48,23	48,23	48,23	48,25	52,24	49,67	48,19
	SK-3	40,08	40,08	40,08	40,10	45,72	42,27	40,04
	SK-4	45,42	45,42	45,42	45,44	50,04	47,12	45,38
	SK-5	56,78	56,78	56,78	56,80	58,76	57,43	56,73

EK-C. SPT-N ile UU Deneyi Sonuçlarından Elde Edilen ‘c’ Arasındaki İlişkiler

PROJE KODU	SONDAJ KUYUSU NO	Öztürk	Tschebotarioff	Parcher &Means	Terzaghi &Peck	İyisan &Ansal	Sivrikaya &Toğrol	Nassaji &Kalantari
1	SK-1	45,52	46,09	46,09	46,08	47,73	46,09	51,66
	SK-2	54,02	52,10	52,10	52,09	53,19	52,10	55,52
2	SK-1	61,37	76,15	76,15	76,13	75,02	76,15	70,98
	SK-3	57,38	70,14	70,14	70,12	69,56	70,14	67,11
3	SK-1	49,76	30,06	30,06	30,05	33,18	30,06	41,36
	SK-2	59,34	32,06	32,06	32,06	35,00	32,06	42,64
4	SK-1	92,63	80,16	80,16	80,14	78,65	80,16	73,55
	SK-2	95,02	111,68	111,68	111,66	107,27	111,68	93,82
	SK-2	83,58	96,45	96,45	96,44	93,45	96,45	84,03
5	SK-1	42,94	48,09	48,09	48,08	49,55	48,09	52,95
	SK-1	55,20	54,51	54,51	54,50	55,37	54,51	57,07
	SK-2	44,01	44,09	44,09	44,08	45,91	44,09	50,37
	SK-2	56,24	54,51	54,51	54,50	55,37	54,51	57,07
6	SK-1	49,77	48,09	48,09	48,08	49,55	48,09	52,95
	SK-2	59,20	54,11	54,11	54,09	55,01	54,11	56,81
7	SK-1	35,81	48,09	48,09	48,08	49,55	48,09	52,95
	SK-2	47,27	54,11	54,11	54,09	55,01	54,11	56,81
	SK-2	41,31	22,04	22,04	22,04	25,90	22,04	36,20
	SK-4	36,09	34,07	34,07	34,06	36,82	34,07	43,93
	SK-7	28,82	20,04	20,04	20,04	24,08	20,04	34,92
	SK-8	43,40	40,08	40,08	40,07	42,27	40,08	47,80
	SK-9	44,96	32,06	32,06	32,06	35,00	32,06	42,64
	SK-12	32,25	26,05	26,05	26,05	29,54	26,05	38,78
	SK-14	38,90	50,10	50,10	50,09	51,37	50,10	54,23
	SK-16	43,17	48,09	48,09	48,08	49,55	48,09	52,95
8	SK-1	44,90	24,05	24,05	24,04	27,72	24,05	37,49
	SK-1	36,69	22,04	22,04	22,04	25,90	22,04	36,20
	SK-1	53,63	24,98	24,98	24,98	28,57	24,98	38,09
	SK-1	63,05	49,96	49,96	49,95	51,25	49,96	54,15
	SK-1	49,76	53,30	53,30	53,29	54,28	53,30	56,30
	SK-2	50,59	30,06	30,06	30,05	33,18	30,06	41,36
	SK-2	32,61	32,06	32,06	32,06	35,00	32,06	42,64
	SK-3	70,96	40,88	40,88	40,87	43,00	40,88	48,31
	SK-3	67,35	68,53	68,53	68,52	68,10	68,53	66,08
9	SK-1	42,47	36,07	36,07	36,06	38,63	36,07	45,22
	SK-1	75,52	68,53	68,53	68,52	68,10	68,53	66,08
	SK-2	43,94	38,07	38,07	38,07	40,45	38,07	46,51
	SK-2	60,12	68,53	68,53	68,52	68,10	68,53	66,08
	SK-2	68,25	68,53	68,53	68,52	68,10	68,53	66,08

PROJE KODU	SONDAJ KUYUSU NO	Öztürk	Tschebotarioff	Parcher &Means	Terzaghi &Peck	İyisan &Ansal	Sivrikaya &Toğrol	Nassaji &Kalantari
10	SK-1	61,24	46,09	46,09	46,08	47,73	46,09	51,66
	SK-1	48,06	46,09	46,09	46,08	47,73	46,09	51,66
	SK-2	58,72	48,09	48,09	48,08	49,55	48,09	52,95
	SK-2	48,71	48,09	48,09	48,08	49,55	48,09	52,95
11	SK-1	67,73	68,13	68,13	68,12	67,74	68,13	65,83
	SK-2	58,49	50,10	50,10	50,09	51,37	50,10	54,23
12	SK-1	40,74	32,06	32,06	32,06	35,00	32,06	42,64
	SK-1	35,60	32,06	32,06	32,06	35,00	32,06	42,64
	SK-1	76,80	62,12	62,12	62,11	62,28	62,12	61,96
	SK-3	54,09	38,07	38,07	38,07	40,45	38,07	46,51
	SK-3	66,80	53,30	53,30	53,29	54,28	53,30	56,30
13	SK-1	56,32	68,13	68,13	68,12	67,74	68,13	65,83
	SK-2	74,12	64,13	64,13	64,11	64,10	64,13	63,25
	SK-4	67,18	86,17	86,17	86,15	84,11	86,17	77,42
	SK-4	76,06	62,12	62,12	62,11	62,28	62,12	61,96
	SK-5	77,56	64,13	64,13	64,11	64,10	64,13	63,25
	SK-6	80,40	68,13	68,13	68,12	67,74	68,13	65,83
14	SK-1	39,53	44,09	44,09	44,08	45,91	44,09	50,37
	SK-1	32,92	44,09	44,09	44,08	45,91	44,09	50,37
	SK-2	37,23	38,07	38,07	38,07	40,45	38,07	46,51
	SK-2	29,80	38,07	38,07	38,07	40,45	38,07	46,51
15	SK-1	35,20	42,08	42,08	42,07	44,09	42,08	49,08
	SK-1	42,58	52,10	52,10	52,09	53,19	52,10	55,52
	SK-1	54,33	54,11	54,11	54,09	55,01	54,11	56,81
	SK-2	33,51	24,05	24,05	24,04	27,72	24,05	37,49
16	SK-1	52,73	70,14	70,14	70,12	69,56	70,14	67,11
	SK-1	49,52	70,14	70,14	70,12	69,56	70,14	67,11
	SK-2	47,42	56,11	56,11	56,10	56,83	56,11	58,10
17	SK-1	75,51	48,09	48,09	48,08	49,55	48,09	52,95
	SK-2	54,83	50,10	50,10	50,09	51,37	50,10	54,23
	SK-3	49,82	42,08	42,08	42,07	44,09	42,08	49,08
	SK-5	60,06	50,77	50,77	50,76	51,97	50,77	54,66

PROJE KODU	SONDAJ KUYUSU NO	Öztürk	Tschebotarioff	Parcher &Means	Terzaghi &Peck	İyisan &Ansal	Sivrikaya &Toğrol	Nassaji &Kalantari
18	SK-1	75,14	50,77	50,77	50,76	51,97	50,77	54,66
	SK-1	30,16	20,04	20,04	20,04	24,08	20,04	34,92
	SK-1	31,87	29,52	29,52	29,52	32,69	29,52	41,01
	SK-1	47,77	48,23	48,23	48,22	49,67	48,23	53,03
	SK-2	47,75	45,69	45,69	45,68	47,37	45,69	51,40
	SK-2	49,58	50,77	50,77	50,76	51,97	50,77	54,66
	SK-2	55,31	72,14	72,14	72,13	71,38	72,14	68,40
	SK-3	41,08	38,07	38,07	38,07	40,45	38,07	46,51
	SK-3	42,51	45,69	45,69	45,68	47,37	45,69	51,40
	SK-3	57,81	66,80	66,80	66,78	66,53	66,80	64,97
	SK-10	50,36	60,12	60,12	60,11	60,46	60,12	60,67
	SK-10	70,11	86,30	86,30	86,28	84,23	86,30	77,50
	SK-10	75,19	93,52	93,52	93,50	90,78	93,52	82,14
	SK-11	52,17	58,11	58,11	58,10	58,64	58,11	59,39
	SK-11	63,34	91,38	91,38	91,36	88,84	91,38	80,77
	SK-11	78,20	106,88	106,88	106,85	102,91	106,88	90,73
19	SK-1	95,36	90,18	90,18	90,16	87,75	90,18	79,99
	SK-1	61,02	76,15	76,15	76,13	75,02	76,15	70,98
	SK-2	52,18	74,14	74,14	74,13	73,20	74,14	69,69
20	SK-1	69,59	66,13	66,13	66,12	65,92	66,13	64,54
	SK-2	71,67	74,14	74,14	74,13	73,20	74,14	69,69
	SK-3	67,07	62,12	62,12	62,11	62,28	62,12	61,96
	SK-4	69,35	62,12	62,12	62,11	62,28	62,12	61,96
21	SK-1	50,15	38,07	38,07	38,07	40,45	38,07	46,51
	SK-1	56,85	59,05	59,05	59,04	59,49	59,05	59,99
	SK-2	66,44	52,24	52,24	52,22	53,31	52,24	55,61
	SK-3	55,28	44,09	44,09	44,08	45,91	44,09	50,37
	SK-3	64,30	59,05	59,05	59,04	59,49	59,05	59,99
	SK-4	72,04	71,07	71,07	71,06	70,41	71,07	67,71
	SK-4	80,43	98,99	98,99	98,97	95,75	98,99	85,66
	SK-5	44,95	28,05	28,05	28,05	31,36	28,05	40,07
	SK-5	53,24	55,84	55,84	55,83	56,58	55,84	57,93
	SK-6	55,84	38,07	38,07	38,07	40,45	38,07	46,51
	SK-6	60,74	54,51	54,51	54,50	55,37	54,51	57,07
	SK-7	58,65	52,10	52,10	52,09	53,19	52,10	55,52
	SK-7	79,06	96,45	96,45	96,44	93,45	96,45	84,03
	SK-8	74,14	86,30	86,30	86,28	84,23	86,30	77,50

PROJE KODU	SONDAJ KUYUSU NO	Öztürk	Tschebotarioff	Parcher &Means	Terzaghi &Peck	İyisan &Ansal	Sivrikaya &Toğrol	Nassaji &Kalantari
22	SK-1	79,73	91,38	91,38	91,36	88,84	91,38	80,77
	SK-4	39,67	56,11	56,11	56,10	56,83	56,11	58,10
	SK-6	54,24	93,92	93,92	93,90	91,14	93,92	82,40
23	SK-1	57,07	50,10	50,10	50,09	51,37	50,10	54,23
	SK-3	84,53	98,19	98,19	98,17	95,03	98,19	85,14
24	SK-1	42,38	32,06	32,06	32,06	35,00	32,06	42,64
	SK-2	40,72	30,06	30,06	30,05	33,18	30,06	41,36
	SK-3	42,81	28,05	28,05	28,05	31,36	28,05	40,07
	SK-4	53,93	40,88	40,88	40,87	43,00	40,88	48,31
	SK-5	34,22	32,06	32,06	32,06	35,00	32,06	42,64
	SK-6	37,84	36,07	36,07	36,06	38,63	36,07	45,22
	SK-7	41,01	50,77	50,77	50,76	51,97	50,77	54,66
	SK-8	43,23	38,61	38,61	38,60	40,94	38,61	46,85
	SK-9	29,87	34,07	34,07	34,06	36,82	34,07	43,93
	SK-10	33,15	43,15	43,15	43,14	45,06	43,15	49,77
	SK-11	26,90	34,07	34,07	34,06	36,82	34,07	43,93
	SK-14	29,62	24,05	24,05	24,04	27,72	24,05	37,49
	SK-15	42,65	52,10	52,10	52,09	53,19	52,10	55,52
25	SK-1	53,84	44,09	44,09	44,08	45,91	44,09	50,37
	SK-1	46,07	66,00	66,00	65,98	65,80	66,00	64,45
	SK-1	48,92	40,08	40,08	40,07	42,27	40,08	47,80
	SK-1	61,63	66,00	66,00	65,98	65,80	66,00	64,45
	SK-1	38,92	28,05	28,05	28,05	31,36	28,05	40,07
	SK-1	39,55	32,06	32,06	32,06	35,00	32,06	42,64
	SK-2	40,95	36,07	36,07	36,06	38,63	36,07	45,22
	SK-2	45,86	66,00	66,00	65,98	65,80	66,00	64,45
	SK-3	44,22	40,88	40,88	40,87	43,00	40,88	48,31
	SK-3	68,39	93,92	93,92	93,90	91,14	93,92	82,40
26	SK-1	29,89	14,03	14,03	14,02	18,62	14,03	31,05
	SK-1	47,79	24,05	24,05	24,04	27,72	24,05	37,49
	SK-1	64,68	34,07	34,07	34,06	36,82	34,07	43,93
	SK-2	47,29	30,06	30,06	30,05	33,18	30,06	41,36
27	SK-1	57,21	38,07	38,07	38,07	40,45	38,07	46,51
	SK-2	49,16	32,06	32,06	32,06	35,00	32,06	42,64
	SK-3	49,54	38,07	38,07	38,07	40,45	38,07	46,51
28	SK-2	41,79	30,06	30,06	30,05	33,18	30,06	41,36
	SK-3	52,75	44,09	44,09	44,08	45,91	44,09	50,37

PROJE KODU	SONDAJ KUYUSU NO	Öztürk	Tschebotarioff	Parcher &Means	Terzaghi &Peck	İyisan &Ansal	Sivrikaya &Toğrol	Nassaji &Kalantari
29	SK-1	43,10	38,07	38,07	38,07	40,45	38,07	46,51
	SK-2	44,91	55,84	55,84	55,83	56,58	55,84	57,93
	SK-3	55,07	53,30	53,30	53,29	54,28	53,30	56,30
	SK-4	39,52	38,07	38,07	38,07	40,45	38,07	46,51
30	SK-1	61,51	40,08	40,08	40,07	42,27	40,08	47,80
	SK-2	85,66	88,17	88,17	88,15	85,93	88,17	78,71
31	SK-1	69,20	34,07	34,07	34,06	36,82	34,07	43,93
	SK-2	93,46	53,30	53,30	53,29	54,28	53,30	56,30
32	SK-1	55,91	50,10	50,10	50,09	51,37	50,10	54,23
	SK-1	39,39	44,09	44,09	44,08	45,91	44,09	50,37
	SK-1	40,85	46,09	46,09	46,08	47,73	46,09	51,66
	SK-2	42,55	53,30	53,30	53,29	54,28	53,30	56,30
	SK-3	50,64	68,53	68,53	68,52	68,10	68,53	66,08
	SK-4	38,25	48,09	48,09	48,08	49,55	48,09	52,95
	SK-4	45,15	54,51	54,51	54,50	55,37	54,51	57,07
	SK-6	35,14	40,08	40,08	40,07	42,27	40,08	47,80
	SK-7	31,59	44,09	44,09	44,08	45,91	44,09	50,37
	SK-7	56,98	85,50	85,50	85,48	83,50	85,50	76,99
	SK-8	57,42	77,48	77,48	77,47	76,23	77,48	71,84
	SK-9	53,27	63,59	63,59	63,58	63,62	63,59	62,91
	SK-11	50,38	71,07	71,07	71,06	70,41	71,07	67,71
	SK-12	47,31	71,07	71,07	71,06	70,41	71,07	67,71
	SK-13	39,09	42,08	42,08	42,07	44,09	42,08	49,08
	SK-13	49,38	68,53	68,53	68,52	68,10	68,53	66,08
	SK-14	43,39	52,24	52,24	52,22	53,31	52,24	55,61
	SK-15	43,31	60,92	60,92	60,91	61,19	60,92	61,19
	SK-19	41,25	44,09	44,09	44,08	45,91	44,09	50,37
33	SK-1	88,05	83,76	83,76	83,75	81,93	83,76	75,87
	SK-2	49,60	48,09	48,09	48,08	49,55	48,09	52,95
	SK-2	78,83	78,69	78,69	78,67	77,32	78,69	72,61
34	SK-1	58,87	70,14	70,14	70,12	69,56	70,14	67,11
	SK-2	62,59	62,12	62,12	62,11	62,28	62,12	61,96
	SK-3	51,19	64,13	64,13	64,11	64,10	64,13	63,25
	SK-4	64,91	80,16	80,16	80,14	78,65	80,16	73,55
	SK-5	53,71	66,13	66,13	66,12	65,92	66,13	64,54

PROJE KODU	SONDAJ KUYUSU NO	Öztürk	Tschebotarioff	Parcher &Means	Terzaghi &Peck	İyisan &Ansal	Sivrikaya &Toğrol	Nassaji &Kalantari
35	SK-1	80,33	66,13	66,13	66,12	65,92	66,13	64,54
	SK-2	62,49	68,13	68,13	68,12	67,74	68,13	65,83
36	SK-1	75,79	54,11	54,11	54,09	55,01	54,11	56,81
	SK-2	55,58	64,13	64,13	64,11	64,10	64,13	63,25
37	SK-1	62,48	44,09	44,09	44,08	45,91	44,09	50,37
	SK-2	63,22	48,09	48,09	48,08	49,55	48,09	52,95
38	SK-1	39,18	40,08	40,08	40,07	42,27	40,08	47,80
	SK-2	36,62	44,09	44,09	44,08	45,91	44,09	50,37
	SK-3	38,84	44,09	44,09	44,08	45,91	44,09	50,37
39	SK-1	63,01	36,07	36,07	36,06	38,63	36,07	45,22
	SK-1	66,20	46,09	46,09	46,08	47,73	46,09	51,66
	SK-1	74,33	50,10	50,10	50,09	51,37	50,10	54,23
	SK-2	86,71	60,12	60,12	60,11	60,46	60,12	60,67
40	SK-1	29,97	24,05	24,05	24,04	27,72	24,05	37,49
	SK-2	39,10	28,05	28,05	28,05	31,36	28,05	40,07
41	SK-1	49,40	38,07	38,07	38,07	40,45	38,07	46,51
	SK-2	41,24	38,07	38,07	38,07	40,45	38,07	46,51
	SK-2	54,68	44,09	44,09	44,08	45,91	44,09	50,37
	SK-3	41,02	34,07	34,07	34,06	36,82	34,07	43,93
	SK-3	41,30	40,08	40,08	40,07	42,27	40,08	47,80
	SK-4	56,11	58,11	58,11	58,10	58,64	58,11	59,39
	SK-5	54,65	42,08	42,08	42,07	44,09	42,08	49,08
42	SK-2	89,85	96,19	96,19	96,17	93,21	96,19	83,86
43	SK-1	40,87	20,04	20,04	20,04	24,08	20,04	34,92
	SK-2	57,41	38,07	38,07	38,07	40,45	38,07	46,51
44	SK-1	54,35	38,07	38,07	38,07	40,45	38,07	46,51
	SK-2	49,30	44,09	44,09	44,08	45,91	44,09	50,37
	SK-2	49,66	52,10	52,10	52,09	53,19	52,10	55,52
	SK-3	46,11	48,09	48,09	48,08	49,55	48,09	52,95
	SK-4	52,43	52,24	52,24	52,22	53,31	52,24	55,61
	SK-5	43,73	44,09	44,09	44,08	45,91	44,09	50,37
	SK-6	40,97	44,09	44,09	44,08	45,91	44,09	50,37
	SK-7	54,12	48,09	48,09	48,08	49,55	48,09	52,95
	SK-7	56,29	83,76	83,76	83,75	81,93	83,76	75,87
	SK-8	44,08	50,10	50,10	50,09	51,37	50,10	54,23
	SK-8	53,50	60,12	60,12	60,11	60,46	60,12	60,67

PROJE KODU	SONDAJ KUYUSU NO	Öztürk	Tschebotarioff	Parcher &Means	Terzaghi &Peck	İyisan &Ansal	Sivrikaya &Toğrol	Nassaji &Kalantari
45	SK-1	74,73	50,10	50,10	50,09	51,37	50,10	54,23
	SK-2	53,75	36,07	36,07	36,06	38,63	36,07	45,22
	SK-3	39,19	34,07	34,07	34,06	36,82	34,07	43,93
46	SK-2	77,83	88,17	88,17	88,15	85,93	88,17	78,71
	SK-2	40,35	60,12	60,12	60,11	60,46	60,12	60,67
	SK-2	51,49	60,12	60,12	60,11	60,46	60,12	60,67
47	SK-1	68,63	80,16	80,16	80,14	78,65	80,16	73,55
	SK-1	59,23	80,16	80,16	80,14	78,65	80,16	73,55
	SK-1	44,63	42,08	42,08	42,07	44,09	42,08	49,08
	SK-1	43,11	44,09	44,09	44,08	45,91	44,09	50,37
	SK-1	47,22	38,07	38,07	38,07	40,45	38,07	46,51
	SK-2	49,51	42,08	42,08	42,07	44,09	42,08	49,08
48	SK-1	42,16	16,03	16,03	16,03	20,44	16,03	32,34
	SK-2	50,46	24,05	24,05	24,04	27,72	24,05	37,49
49	SK-1	46,26	48,09	48,09	48,08	49,55	48,09	52,95
	SK-1	67,15	68,13	68,13	68,12	67,74	68,13	65,83
	SK-1	49,77	44,09	44,09	44,08	45,91	44,09	50,37
	SK-2	62,48	68,53	68,53	68,52	68,10	68,53	66,08
	SK-3	39,38	48,09	48,09	48,08	49,55	48,09	52,95
	SK-4	55,64	48,23	48,23	48,22	49,67	48,23	53,03
	SK-4	53,68	60,92	60,92	60,91	61,19	60,92	61,19
50	SK-1	56,88	36,07	36,07	36,06	38,63	36,07	45,22
	SK-2	65,19	34,07	34,07	34,06	36,82	34,07	43,93
	SK-3	50,31	42,08	42,08	42,07	44,09	42,08	49,08
	SK-5	50,02	36,07	36,07	36,06	38,63	36,07	45,22
51	SK-1	53,94	48,09	48,09	48,08	49,55	48,09	52,95
	SK-2	58,51	46,09	46,09	46,08	47,73	46,09	51,66
	SK-3	52,25	54,11	54,11	54,09	55,01	54,11	56,81
	SK-4	44,20	40,08	40,08	40,07	42,27	40,08	47,80
52	SK-1	41,54	42,08	42,08	42,07	44,09	42,08	49,08
	SK-2	43,73	36,07	36,07	36,06	38,63	36,07	45,22
53	SK-1	44,01	40,08	40,08	40,07	42,27	40,08	47,80
	SK-2	48,36	46,09	46,09	46,08	47,73	46,09	51,66
	SK-3	44,37	42,08	42,08	42,07	44,09	42,08	49,08
54	SK-1	42,32	44,09	44,09	44,08	45,91	44,09	50,37
	SK-2	45,88	48,09	48,09	48,08	49,55	48,09	52,95
55	SK-1	44,07	50,77	50,77	50,76	51,97	50,77	54,66
	SK-2	49,18	54,11	54,11	54,09	55,01	54,11	56,81

PROJE KODU	SONDAJ KUYUSU NO	Öztürk	Tschebotarioff	Parcher &Means	Terzaghi &Peck	İyisan &Ansal	Sivrikaya &Toğrol	Nassaji &Kalantari
56	SK-1	73,89	76,15	76,15	76,13	75,02	76,15	70,98
	SK-1	47,99	38,07	38,07	38,07	40,45	38,07	46,51
	SK-2	50,46	44,09	44,09	44,08	45,91	44,09	50,37
57	SK-1	46,90	36,07	36,07	36,06	38,63	36,07	45,22
	SK-2	56,85	38,07	38,07	38,07	40,45	38,07	46,51
	SK-3	59,03	43,15	43,15	43,14	45,06	43,15	49,77
	SK-4	53,46	30,06	30,06	30,05	33,18	30,06	41,36
58	SK-1	70,64	64,13	64,13	64,11	64,10	64,13	63,25
	SK-1	35,29	28,05	28,05	28,05	31,36	28,05	40,07
	SK-2	40,36	38,07	38,07	38,07	40,45	38,07	46,51
59	SK-1	67,82	38,07	38,07	38,07	40,45	38,07	46,51
	SK-1	63,51	50,77	50,77	50,76	51,97	50,77	54,66
	SK-1	48,30	38,07	38,07	38,07	40,45	38,07	46,51
	SK-2	52,81	33,00	33,00	32,99	35,85	33,00	43,24
60	SK-1	57,43	48,09	48,09	48,08	49,55	48,09	52,95
	SK-1	54,07	50,77	50,77	50,76	51,97	50,77	54,66
	SK-2	56,92	45,42	45,42	45,41	47,12	45,42	51,23
	SK-2	62,40	50,77	50,77	50,76	51,97	50,77	54,66
	SK-3	65,76	52,10	52,10	52,09	53,19	52,10	55,52
	SK-3	89,23	76,15	76,15	76,13	75,02	76,15	70,98
61	SK-1	37,00	22,71	22,71	22,71	26,51	22,71	36,63
	SK-1	58,94	37,41	37,41	37,40	39,85	37,41	46,08
	SK-2	35,34	28,05	28,05	28,05	31,36	28,05	40,07
	SK-2	45,84	34,73	34,73	34,73	37,42	34,73	44,36
	SK-3	41,78	31,80	31,80	31,79	34,75	31,80	42,47
62	SK-1	31,47	24,05	24,05	24,04	27,72	24,05	37,49
	SK-2	47,65	31,80	31,80	31,79	34,75	31,80	42,47
63	SK-1	33,68	27,92	27,92	27,92	31,24	27,92	39,98
	SK-1	36,60	30,46	30,46	30,45	33,54	30,46	41,61
	SK-2	42,01	31,80	31,80	31,79	34,75	31,80	42,47
	SK-3	37,44	28,05	28,05	28,05	31,36	28,05	40,07
	SK-4	31,40	28,05	28,05	28,05	31,36	28,05	40,07
	SK-5	32,28	26,05	26,05	26,05	29,54	26,05	38,78
64	SK-1	40,08	20,31	20,31	20,30	24,32	20,31	35,09
	SK-2	43,29	40,88	40,88	40,87	43,00	40,88	48,31
	SK-2	59,36	48,23	48,23	48,22	49,67	48,23	53,03
	SK-3	48,24	40,08	40,08	40,07	42,27	40,08	47,80
	SK-4	58,17	45,42	45,42	45,41	47,12	45,42	51,23
	SK-5	68,20	56,78	56,78	56,77	57,43	56,78	58,53

KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER

Öztürk S., Utkan M., Standard Penetration Test Correlation for Karabük/ Turkey, *World Multidisciplinary Earth Sciences Symposium (WMESS)*, Prague, Czech Republic, 7-11 September 2015.

ÖZGEÇMİŞ

1988 yılında Karabük'te doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Karabük'te tamamladı. 2006 yılında girdiği Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nden 2011 yılında İnşaat Mühendisi olarak mezun oldu. 2012 yılında Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda başladığı yüksek lisans eğitimine devam etmektedir. 2011 yılından beri kendi kurduğu Öztürk Mühendislik Şirketi'nde çalışmalarına devam etmektedir.