PRESİYOMETRE TEST VERİLERİ İLE SPT ARASINDA YENİ KORELASYONLAR GELİŞTİRİLMESİ

DEVELOPİNG NEW CORRELATİONS BETWEEN PRESSUREMETER AND STANDARD PENETRATİON TEST

Faruk ÖZGÜN[1], Eren BALABAN[2]

ÖZET

Zemin etüdü çalışmaları kapsamında saha deneyleri yapılmaktadır. Standart penetrasyon testi (SPT) zemin etüdü sırasında en çok kullanılan yöntemlerden birisidir. Bununla birlikte son yıllarda zeminlerin birim basınç altında şekil değiştirme miktarlarının belirlenebilmesi amacıyla Presiyometre Testi (PMT)'nin de yaygınlaştığı görülmektedir. Yapılan bu çalışmada, Türkiye'nin farklı yerlerinde yapılan ve hem SPT hem de PMT sonuçlarını içeren saha araştırma verileri elde edilmiştir. Elde edilen bu veriler kullanılarak farklı zemin türleri için Net Limit Basınç ve Menard Elastisite Modülü ile SPT darbe sayısı (N60) arasındaki ilişkiler regresyon analizi ile belirlenmiştir. Elde edilen bu ilişkiler kullanılarak her iki saha deneyinden bir tanesi yapılarak diğer testin verilerinin elde edilmesi amaçlanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: *SPT, PMT, Regresyon Analizi*

ABSTRACT

Field tests are an essential part of site investigation. The Standard Penetration Test (SPT) is one of the most widely used in-situ tests. In recent years, however, the pressuremeter test (PMT) has also become increasingly common, as it provides a direct measure of the deformation characteristics of soils. In this study, site investigation data containing both SPT and PMT results were compiled from various locations across Turkey. Using regression analysis, empirical relationships were developed between the SPT blow count (N_{60}) and the pressuremeter parameters, namely the net limit pressure (p*L) and the Ménard pressuremeter modulus (EM), for different soil types. These relationships allow the parameters of one test to be estimated from the results of the other, so that only one of the two tests needs to be performed in the field.

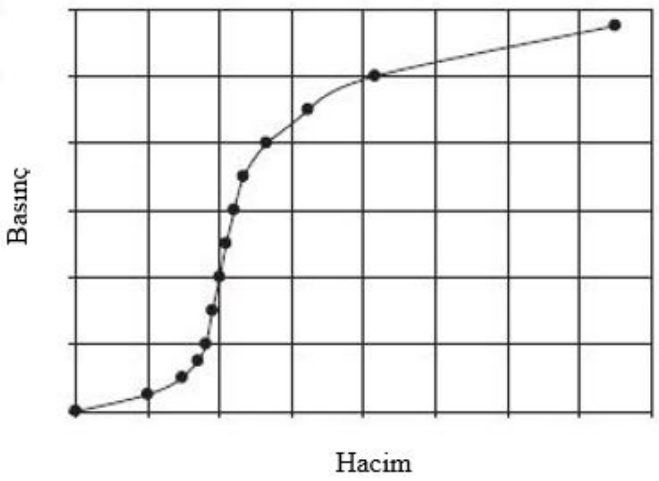
Keywords: *En az 3, en fazla 6 adet*

1. GİRİŞ

Zeminlerin mühendislik özelliklerinin belirlenmesi, üzerlerine yapılacak olan yapıların projelendirilmesinde oldukça önemlidir. Zeminlerin özellikleri hem saha hem de laboratuvar deneyleri ile belirlenebilmektedir. Standard penetrasyon deneyi (SPT) en yaygın saha deneylerinden bir tanesidir. Sahada yapılan SPT deneyinden elde edilen darbe sayılarına bağlı olarak zemin sınıfı ve mukavemet özellikleri belirlenebilirken, alınan numuneler yardımıyla da zemin tipi, tabaka kalınlıkları gibi özellikleri belirlenebilmektedir. SPT düşük maliyetli olması ve sahada kolay uygulanabilir olması nedeniyle oldukça yaygın bir şekilde kullanılmakla birlikte; SPT darbe sayısı ile zeminlerin mekanik özellikleri arasında birçok bağıntıda bulunmuştur.

[1] Yüksek Lisans Öğrencisi , Progeo Proje Mühendislik A.Ş., farukozgun38@gmail.com (Sorumlu Yazar)
[2] Dr. Öğr. Üyesi, Eskişehir Teknik Üniversitesi, erenb@eskisehir.edu.tr

Zeminlerin belirli bir derinlikteki yanal şekil değiştirme özelliklerinin belirlenebilmesi amacıyla ise özellikle son yıllarda presiyometre deneyi (PMT) kullanılmaktadır (Menard, 1957). Presiyometre testinde zemine ait olan presiyometre basınç modülü ve limit basınç gibi mukavemet değerleri belirlenmektedir. Bir presiyometre deneyinden elde edilen basınç-hacim grafiği Şekil -1'de görülmektedir.



Şekil 1. Presiyometre Deneyi sonunda elde edilen temsili bir basınç-hacim değişimi

PMT testinin gün geçtikçe yaygınlaşmasından dolayı, PMT deneyinden elde edilen presiyometre modülü ve limit basınç ile SPT-N değerleri arasında bağıntılar geliştirilmiştir (Ohya vd., 1982; Chiang ve Ho, 1980; Gonin et al., 1992). Bozbey ve Toğrol (2010) yaptıkları çalışmada İstanbul özelinde kumlu ve killi zeminler için N_{60} – PMT ve N_{60} – P_L arasındaki bağıntıları elde etmişlerdir. Naseem ve Jamil (2016) ise killi kum ve kum zeminler için SPT-N ve PMT arasında korelasyonlar geliştirmişlerdir. Özvan vd. (2019) yaptıkları çalışmada kumlu ve siltli killi zeminler için geçerli olan SPT-N ve PMT verileri arasında korelasyonlar elde etmişlerdir. Zeminlerin sıvılaşma potansiyellerinin bulunabilmesi amacıyla SPT-PMT verileri Gökçeoğlu ve Kayabaşı (2018) tarafından birlikte değerlendirilmiştir. Azougay vd. (2021) yaptıkları çalışmada döngüsel gerilme ve döngüsel direnç oranları ile PMT verileri arasında bağıntılar oluşturmuşlardır.

Geçmişte yapılan çalışmalardan görülebileceği üzere, SPT-N ve PMT verileri arasındaki bağıntıların belirli zemin tipleri için ve belirli bölgeler için ortaya konduğu görülmüştür. Ayrıca, literatürde özellikle yüksek plastisiteye sahip zeminler için bu ilişkilerin bulunmadığı görülmüştür. Bu nedenle yapılan çalışmada ise yüksek ve düşük plastisiteli killer, yüksek plastisiteli siltler, killi kumlar, siltli kumlar ve kötü derecelenmiş kumlar için presiyometre modülü, net limit basınç ve SPT-N_{60} değerleri için korelasyonlar geliştirilmiştir.

2. METODOLOJİ

Bu çalışmada kullanılan veriler Sakarya Nehri çevresinde bulunan alüvyal alanlarda yapılan sondaj çalışmalarından elde edilmiştir. SPT ve PMT verileri sadece aynı saha içinde gerçekleştirilen sondaj loglarından elde edilmiştir. Elde edilen toplan sondaj verisi toplam 309 adettir. Verilerin farklı zemin türlerine göre sayıları Tablo 1'de görülmektedir.

Tablo 1. Zemin Sınıfları ve SPT Adetleri

Zemin Sınıfı	CH	CL	MH	SC	SM	SP
Adet	38	44	24	41	137	25
Toplam	309					

Sondaj sırasında elde edilen darbe sayıları N_{60} değerlerine dönüştürülerek bu çalışmada kullanılmıştır. N_{60} değerleri Eşitlik-1 kullanılarak yapılan enerji, tij boyu, numune alıcı tipi, sondaj delgi düzeltmeleri yapılarak hesaplanmıştır.

$$N_{60} = NC_RC_SC_BC_E \quad (1)$$

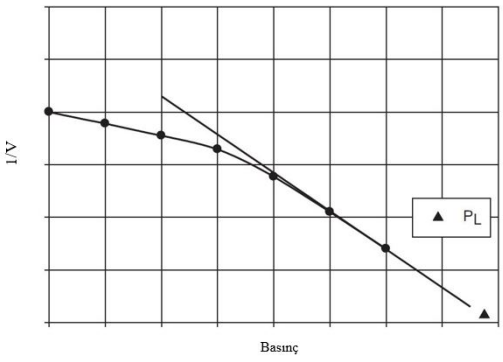
Sondaj sırasında refü veren kuyuların SPT sayıları sondaj loguna 50+ şeklinde işlenmiştir. Bu nedenle refü veren SPT değerleri çalışmada kullanılırken N_{60} değeri 50 olarak kabul edilmiştir.

PMT verileri ve N_{60} değerleri arasındaki korelasyonlar kurulurken, sadece aynı derinlikteki veriler kullanılmıştır. Eğer N_{60} değerinin olduğu derinlikte, PMT verisi bulunmuyorsa, N_{60} değeri kullanılmamıştır. Ayrıca, çalışma sırasında yapılan sondajlar 30 metre olup, bazı sondaj kuyularında zeminin refü verdiği görülmüştür. Refü veren zeminin N_{60} değeri 50 olarak kabul edilerek korelasyonların oluşturulabilmesi amacıyla kullanılmıştır.

Presiyometre modülü (E_{PMT}), deney sırasında deney yapılan zeminin rijitliğini gösteren bir parametredir. Bu çalışmada presiyometre modülü hesaplanırken Şekil-1'de verilen temsili grafikten faydalanılmıştır. Elde edilen basınç ve hacim ilişkileri Eşitlik-2'de yerine konularak presiyometre modülü hesaplanmıştır.

$$E_{PMT} = 2(1+\upsilon)(V_0 + V_m)\left(\frac{\Delta P}{\Delta V}\right) \quad (2)$$

Presiyometre deneyi sırasında hacim artışı ile hacim oranı 1 olduğu andaki basınca limit (P_L) basınç denmektedir. Net limit basınç (P_L^*) ise, hesaplanan limit basınç ile başlangıç anında probun içerisindeki basıncın farkına eşittir. Bu çalışmada net limit basınç ise ASTM'ye uygun olarak ve Şekil – 2 yardımıyla Eşitlik – 3 kullanılarak belirlenmiştir.



Şekil 2 Limit Basıncın Hesaplanması

$$P_L^* = P_L - P_0 \quad (3)$$

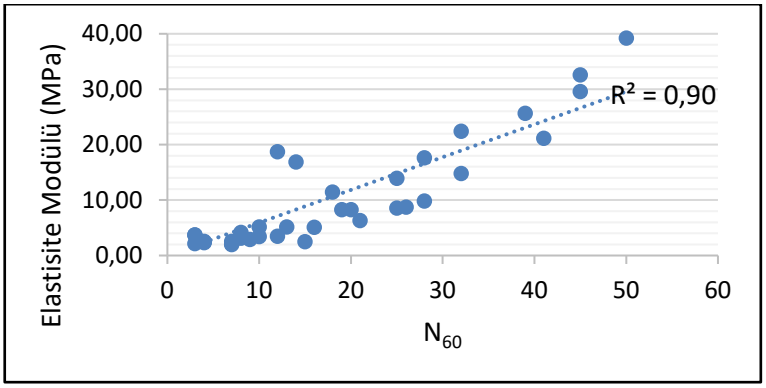
E_{PMT}, P_L^* ve N_{60} arasında farklı zemin türleri için regresyon analizi ile korelasyonlar oluşturulurken MICROSOFT EXCEL kullanılmıştır. Elde edilen korelasyonların, gerçek veri ile olan uyumu ise R-kare (R^2) değeri ile grafiklerin üzerinde gösterilmiştir.

3. BULGULAR

Çalışmanın bu bölümünde farklı zemin türleri için elde edilen korelasyonlar paylaşılacaktır.

3.1. Yüksek Plastisiteli Kil (CH)

Yüksek plastisiteli kil (CH) zemin türü için korelasyonlar toplanda 38 adet veri kullanılarak elde edilmiştir. E_{PMT} ve P_L^* ile N_{60} arasındaki ilişki Şekil-3 ve Şekil-4'te görülmektedir. Şekil-3'ten görülebileceği üzere, E_{PMT} ve N_{60} arasındaki korelasyonda R^2 değeri 0.90 olarak elde edilmiştir. E_{PMT} ve N_{60} arasındaki korelasyon denklemi ise Eşitlik 4'te verilmiştir.

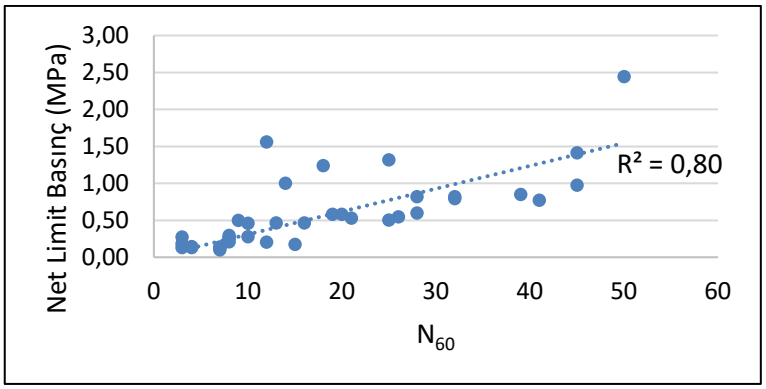


Şekil 3 CH Zemin Sınıfı için Elastisite Modülü ile N60 değerleri arasındaki ilişki

E_{PMT} ile N_{60} arasındaki ilişki incelendiği zaman, elde edilen verilerin doğrusal olarak dağıldığı görülmektedir. Bununla birlikte, birbirine yakın N_{60} değerleri için elde edilen E_{PMT} modülünün de benzer değerlere sahip olduğu görülmektedir. Bu nedenle elde edilen R^2 değeri de yüksek olmaktadır.

$$E_{PMT} = N_{60} * 0{,}5914 \quad (4)$$

P_L^* ile N_{60} arasında bulunan bağıntı Eşitlik-5'te görülmektedir. Ancak bu bağıntının R^2 değeri 0.80 olarak bulunmuştur.



Şekil 4. CH Zemin Sınıfı için Net Limit Basınç ile N60 değerleri arasındaki ilişki

$$P_L^* = N_{60} * 0{,}0309 \quad (4)$$

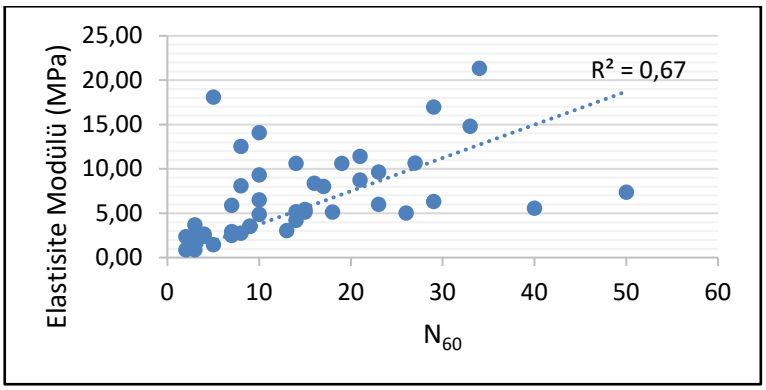
N_{60} ile P_L^* arasındaki ilişki incelendiği zaman artan N_{60} değeri ile birlikte P_L^* değerlerinin de genellikle doğrusal olarak arttığı görülmektedir. Ancak N_{60} değerlerinin 10 ile 30

arasında değiştiği durumlarda elde edilen P_L^* değerleri arasında farklılıkların bulunduğu görülmektedir. Bu nedenle elde edilen R^2 değerinin 0.80 olduğu görülmektedir.

3.2. Düşük Plastisiteli Kil (CL)

Düşük plastisiteli kil zemin türü için E_{PMT}, P_L^* ile N_{60} arasındaki bağıntıların kurulabilmesi amacıyla sahadan elde edilen 44 adet veri kullanılmıştır.

CL zemin türü için E_{PMT} ve N_{60} ile elastisite modülü arasında elde edilen dağılım grafiği Şekil 5'te verilmiştir. E_{PMT} ve N_{60} arasında elde edilen ve R^2 değeri 0.67 olan bağıntı ise Eşitlik 6'da verilmiştir.

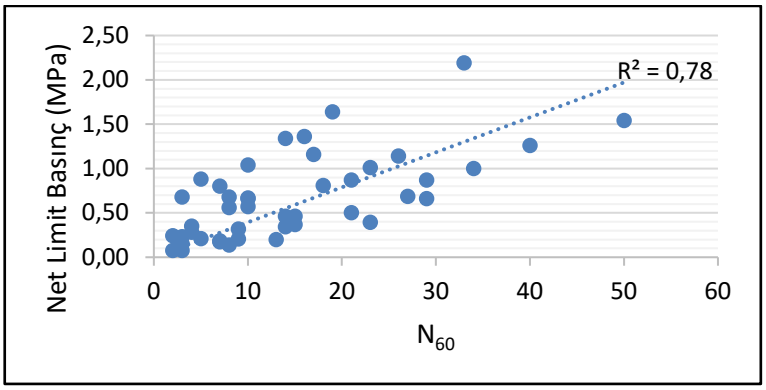


Şekil 5 CL Zemin Sınıfı için EPMT ile N60 değerleri arasındaki ilişki

$$E_{PMT} = N_{60} * 0{,}3743 \quad (6)$$

CL zemin türü için elde edilen E_{PMT} ile N_{60} arasındaki dağılımın doğrusal olduğu görülmekle birlikte, aynı N_{60} değerleri için elde edilen E_{PMT} değerleri arasında büyük farklar olduğu görülmektedir. Bu nedenle elde edilen R^2 katsayısının CH zeminlerde elde edilen R^2 katsayısından çok daha düşük olduğu düşünülmektedir.

CL zemin türü için P_L^* ile N_{60} arasında elde edilen dağılım grafiği şekil 6'da ve bu dağılımdan elde edilen denklem Eşitlik – 7de sunulmuştur. Elde edilen bağıntının R^2 değeri ise 0.78 şeklinde bulunmuştur.



Şekil-6 CL Zemin Sınıfı için PL* ile N60 değerleri arasındaki ilişki

$$P_L^* = N_{60} * 0{,}0394 \quad (7)$$

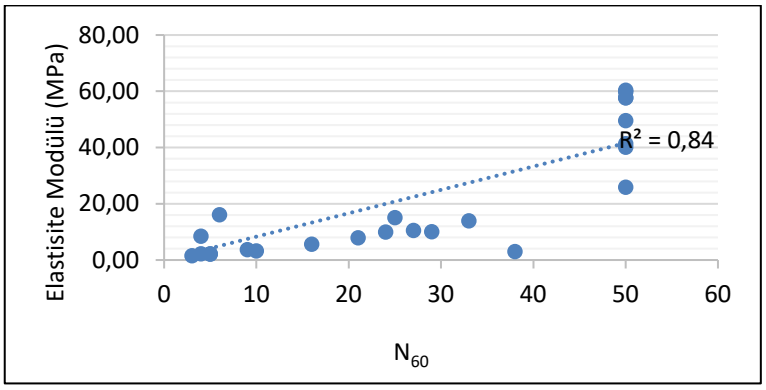
Net limit basınç ile N_{60} arasındaki ilişki incelendiği zaman, N_{60} ile P_L^* arasında genel olarak doğrusal bir ilişki bulunduğu görülmektedir. Ancak, aynı N_{60} darbe sayısına karşılık

gelen P_L^* değerlerinde büyük farklılıkların bulunduğu da görülmektedir. Bu nedenle kurulan bağıntının R^2 değerinin nispeten düşük olduğu görülmektedir.

3.3. Yüksek Plastisiteli Silt (MH)

Yüksek plastisiteli siltler için E_{PMT}, P_L^* ile N_{60} arasındaki bağıntıların oluşturulabilmesi amacıyla toplamda 24 adet veri kullanılmıştır.

MH zemin türü için E_{PMT} ile N_{60} arasında elde edilen dağılım Şekil 7'de ve grafiğe ait Eşitlik - 8'de sunulmuştur. Elde edilen bağıntının R^2 değeri ise 0.84 olarak bulunmuştur.

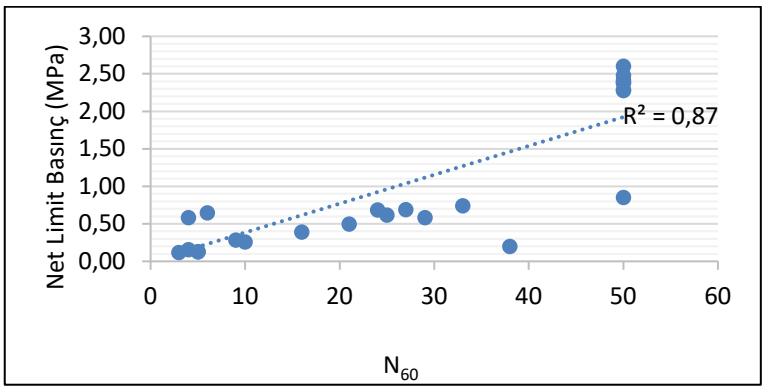


Şekil 7 MH Zemin Sınıfı için EPMT ve N60 değerleri arasındaki ilişki

$$E_{PMT} = N_{60} * 0{,}8317 \quad (8)$$

N_{60} ile E_{PMT} arasındaki ilişki incelendiği zaman genel olarak N_{60}'ın artmasıyla birlikte lineer olarak arttığı görülmektedir. Ancak refü veren zeminlerde E_{PMT}'nin değişiminin oldukça farklılaştığı görülmektedir. Bunun sebebinin ise, SPT'nin 50 darbe sayısından sonra sonlandırılması ancak presiyometre deneyine devam edilmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca N_{60}'ın 38 olduğu durumda da E_{PMT}'nin beklenenden daha düşük olduğu görülmektedir.

MH zemin türü için P_L^* ile N_{60} arasında elde edilen dağılım grafiği Şekil 8'de görülmektedir. Şekil-8'deki veriler kullanılarak P_L^* ve N_{60} arasında Eşitlik – 9'da verilen korelasyon elde edilmiştir. Elde edilen bağıntının R^2 değeri ise 0.87 olarak bulunmuştur.



Şekil 8 MH Zemin Sınıfı için Net Limit Basınç ile SPT-N60 değerleri arasındaki ilişki

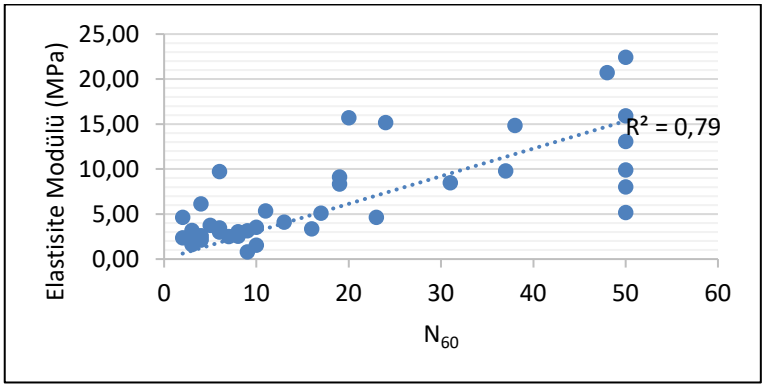
$$P_L^* = N_{60} * 0{,}0385 \quad (9)$$

N_{60} darbe sayısının artmasıyla birlikte net limit basıncın da genel olarak doğrusal bir şekilde arttığı Şekil – 8'de görülmektedir. Refü olması durumunda elde edilen P_L^*'nin birbirinden farklı değerler almış olduğu görülmekle birlikte, bir değer dışında kalan değerlerin birbirlerine yakın oldukları görülmektedir. Bu nedenle N_{60} ve P_L^* arasındaki korelasyonun R^2 değerinin daha yüksek olduğu görülmektedir.

3.4. Killi Kum (SC) Zemin Türü

SC zemin türü için korelasyonların kurulması amacıyla 41 adet sondaj verisi kullanılmıştır. SPT yapılan seviyelere denk gelen PMT sonuçları karşılaştırılarak iki değer arasında korelasyonlar oluşturulmuştur.

SC zemin türü için E_{PMT} ve N_{60} verileri Şekil 9'da görülmektedir. Şekil-9 kullanılarak elde edilen korelasyon ise Eşitlik 10'da görülmektedir. Elde edilen eşitliğin R^2 değeri 0.79 olarak bulunmuştur.

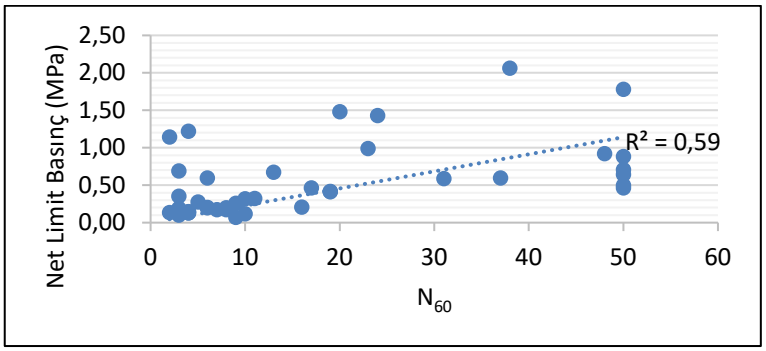


Şekil 9 SC Zemin Sınıfı için EPMT ile N60 değerleri arasındaki ilişki

$$E_{PMT} = N_{60} * 0{,}3069 \quad (10)$$

Bu çalışmada kullanılmak üzere veri elde edilen SC zemin türleri için E_{PMT} değerleri 0.79 MPa ile 22.41 MPa arasında değişmektedir. SPT darbe sayısı refü verdiği zaman ölçülen E_{PMT} değerleri 5.19 MPa ile 22.41 MPa arasında değişmektedir. Benzer bir dağılımın ayrıca N_{60} darbe sayısının 20 olduğu zamanda görülmektedir. Aynı N_{60} darbe sayısına karşılık gelen bir çok farklı E_{PMT} değerinin olmasından dolayı R^2 değerinde 0.79 olmasına sebep olduğu görülmektedir.

SC zemin türü için elde edilen P_L^* ve N_{60} değerleri Şekil 10'da görülmektedir. Şekil-10'daki veriler kullanılarak elde edilen korelasyon ise Eşitlik 11'de verilmiştir. Elde edilen korelasyonun R^2 katsayısı 0.59 olarak bulunmuştur.



Şekil 10 SC Zemin Sınıfı için Net Limit Basınç ile SPT-N60 değerleri arasındaki ilişki

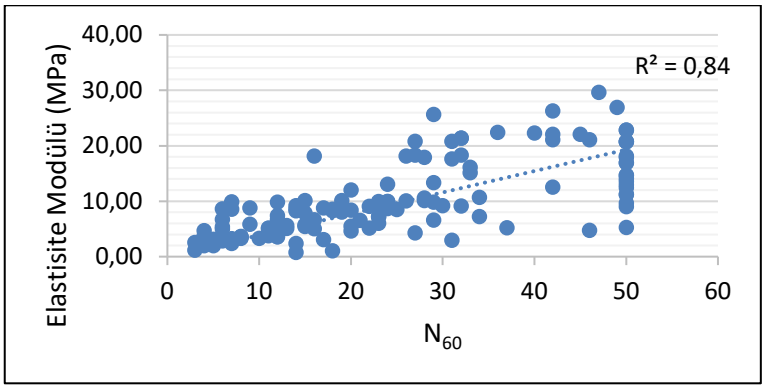
$$P_L^* = N_{60} * 0{,}0228 \quad (11)$$

E_{PMT} ile N_{60} arasında olan ilişkiye benzer bir ilişki P_L^* ile N_{60} arasında bulunmaktadır. Ancak, P_L^* ile N_{60} verilerindeki dağılımın çok daha fazla olduğu Şekil – 9 ve 10 karşılaştırıldığı zaman görülmektedir. P_L^* değerlerinin düşük N_{60} darbe sayılarında da farklı değerler aldığı görülmektedir. Bu nedenle R^2 değeri daha düşük olarak bulunmuştur.

3.5. Siltli Kum (SM) Zemin Türü

Siltli kum zemin türü için E_{PMT}, P_L^* ve N_{60} arasındaki korelasyonların oluşturulması amacıyla sahadan elde edilmiş olan 137 adet veri kullanılmıştır. Elde edilen verilerin kullanılarak E_{PMT} – N_{60} ve P_L^* - N_{60} arasındaki korelasyonlar ortaya konmuştur.

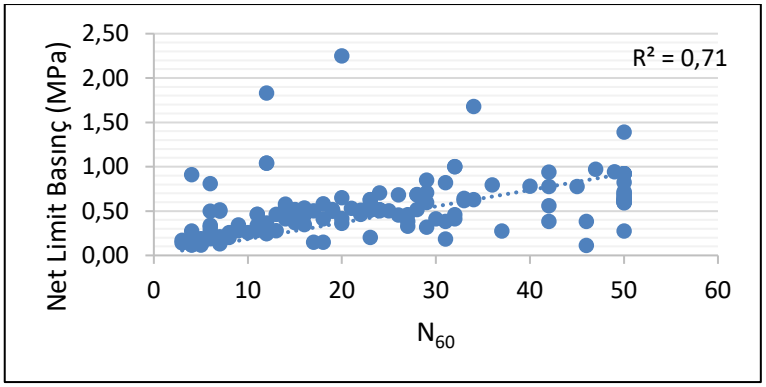
SM zemin türü için E_{PMT} ile N_{60} arasında elde edilen dağılım grafiği şekil 11'de görülmektedir. Şekil – 11 kullanılarak elde edilen bağıntı ise Eşitlik – 12'de verilmiştir. Elde edilen eşitliğin R^2 değeri 0.84 olarak bulunmuştur. SM zemin türünde N_{60} değerinin artması ile E_{PMT} değerinin doğrusal olarak artma eğiliminde olduğu görülmektedir. Ancak N_{60} darbe sayısının refü verdiği durumda E_{PMT} değerlerinin büyük değişiklikler gösterdiği görülmektedir.



Şekil 11 SM Zemin Sınıfı için EPMT ile N60 değerleri arasındaki ilişki

$$E_{PMT} = N_{60} * 0{,}386 \quad (12)$$

SM zemin türü için P_L^* ile N_{60} değerlerinin değişimi Şekil 12'de görülmektedir. Şekil-12'den elde edilen bağıntı ise Eşitlik 13'te verilmiştir. Elde edilen bağıntının R^2 değeri 0.71 olarak bulunmuştur.



Şekil 12 SM Zemin Sınıfı için Net Limit Basınç ile SPT-N60 değerleri arasındaki ilişki

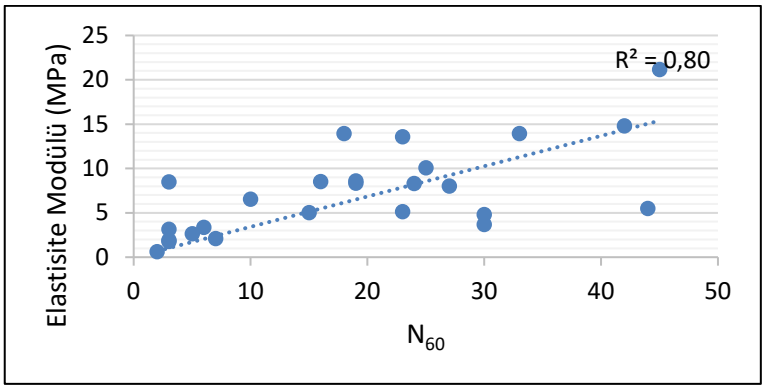
$$P_L^* = N_{60} * 0{,}0184 \quad (13)$$

N_{60} ile P_L^* arasında da SM zemin türü için lineer ilişki bulunduğu görülmektedir. P_L^* ile N_{60} arasındaki korelasyonda darbe sayısının özellikle 10 ile 40 arasında değiştiği zaman davranışı bozan değerler ölçüldüğü görülmektedir.

3.6. Kötü Derecelenmiş Kum (SP) Zemin Türü

SP zemin türünde E_{PMT}, P_L^* ile N_{60} arasında korelasyonların kurulabilmesi amacıyla toplam 25 adet veri kullanılmıştır.

N_{60} değerlerine karşılık gelen E_{PMT} değerleri Şekil 13'te gösterilmiştir. Yapılan regresyon analizi ile elde edilen bağıntı ise Eşitlik – 14'te verilmiştir. Elde edilen bağıntının R^2 değeri 0.80 olarak bulunmuştur.

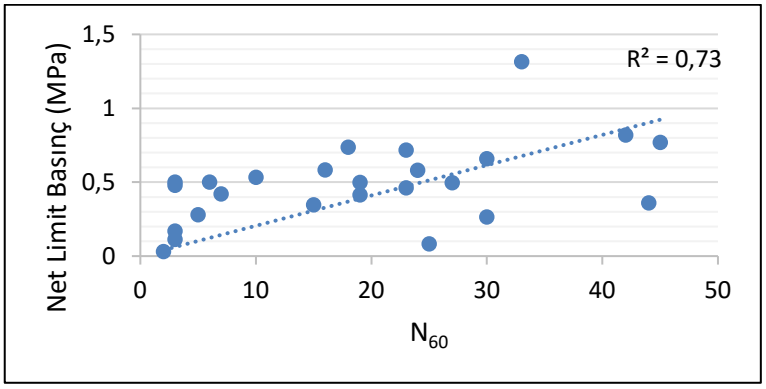


Şekil 13 S Zemin Sınıfı için Elastisite Modülü ile SPT-N60 değerleri arasındaki ilişki

$$E_{PMT} = N_{60} * 0{,}342 \quad (14)$$

N_{60} ile E_{PMT} arasında doğrusal bir ilişki bulunduğu görülmektedir. En yüksek E_{PMT} değeri N_{60}'ın 50 olduğu durumda 21.17 MPa olarak ölçülmüştür.

P_L^* ile N_{60} arasındaki ilişki ise Şekil – 14'te görülmektedir. P_L^* ile N_{60} arasında elde edilen bağıntı ise Eşitlik-15'te gösterilmiş olup, R^2 değer 0.73 olarak bulunmuştur.



Şekil 14 SP Zemin Sınıfı için Net Limit Basınç ile SPT-N60 değerleri arasındaki ilişki

$$P_L^* = N_{60} * 0{,}0205 \quad (15)$$

Şekil 14 incelendiği zaman N_{60} ile P_L^* arasında genel anlamda doğrusal bir ilişki bulunduğu görülmektedir. Ancak, P_L^* ile N_{60} verilerinde ayrışmalar olduğu görülmektedir. Bu nedenle R^2 değeri daha düşük olarak bulunmuştur.

4. SONUÇLAR

Yapılan bu çalışmada Sakarya Nehri civarında farklı sondaj bölgelerinden elde edilmiş N_{60} ile PMT değerleri arasında bağıntılar oluşturulmuştur. Yapılan bu çalışmadan elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

- E_{PMT} ile N_{60} arasında tüm zemin türleri için doğrusal bir ilişki bulunduğu görülmüştür.
- P_L^* ile N_{60} arasında tüm zemin türleri için doğrusal bir ilişki bulunduğu görülmüştür.
- E_{PMT} – N_{60} durumunda en yüksek korelasyon katsayısı CH için elde edilirken, en düşük korelasyon katsayısı ise CL için elde edilmiştir.
- P_L^* - N_{60} durumunda en yüksek korelasyon katsayısı MH için, en düşük korelasyon katsayısı ise SC zemin türü için elde edilmiştir.
- SPT'nin refü verdiği durumda N_{60} değerinin 50'ye eşit olarak değerlendirilmesinin veri yığılmasına neden olduğu görülmektedir. Bu nedenle gelecekte yapılacak olan çalışmada duyarlılık analizleri yapılacaktır.

Bu çalışma sonucunda elde edilen denklemlerin alüvyal alanlarda yapılacak olan SPT sayıları ile presiyometre parametrelerinin tahmin edilebilmesini sağlayacağı düşünülmektedir. Bu çalışmadan elde edilen bulgularla, gelecekte yapılacak olan çalışmalarda PMT verilerinin ince taneli zeminlerin su içeriği, plastisite indeksi ve ince tane içeriği gibi parametrelerle birlikte değerlendirilerek SPT ve PMT parametreleri arasında daha iyi korelasyonların elde edilebileceği düşünülmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Eskişehir Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu tarafından 26LÖT054 no'lu proje ile desteklenmiştir. Yazarlar destekleri için Eskişehir Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonuna teşekkür eder.

KAYNAKLAR

Akkaya, İ., Özvan, A., & Özvan, E. E. (2019). A new empirical correlation between pressuremeter modules (EM) and shear wave velocity (Vs) for clay soils. Journal of Applied Geophysics, 171, 103865.

Bozbey, I., & Togrol, E. (2010). Correlation of standard penetration test and pressuremeter data: a case study from Istanbul, Turkey. Bulletin of engineering geology and the environment, 69(4), 505-515.

Kayabasi, A., Gokceoglu, C. (2018). Liquefaction potential assessment of a region using different techniques (Tepebasi, Eskişehir, Turkey). Engineering Geology, 246, 139-161. https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2018.09.029

Naseem, A., & Jamil, S. (2016). Development of Correlation Between Standard Penetration Test and Pressuremeter Test for Clayey Sand and Sandy Soil. Soil Mechanics & Foundation Engineering, 53(2).

Menard L (1957) An apparatus for measuring the strength of soils inplace. Thesis, University of Illinois

Ohya S, Imai T, Matsubara M (1982) Relationship between N value by SPT and LLT Pressuremeter Results. Proceedings, 2. European symposium on penetration testing 1:125–130

Chiang YC, Ho YM (1980) Pressuremeter method for foundation design in Hong Hong. In: Proceedings of sixth Southeast Asian conference on soil engineering 1:31–42

Gonin H, Vandangeon P, Lafeullade MP (1992) Correlation study between standard penetration and pressuremeter tests. Rev Fr Ge´otech 58:67–78

SEMBOL LİSTESİ (14 PUNTO, KOYU)

Sembol	**Açıklama**	**Sembol**	**Açıklama**
SPT	Standart Penetrasyon Testi	PMT	Presiyometre Testi
N_{60}	Standart penetrasyon testinden elde edilen n30 darbe sayısının düzeltilmiş değeri	SPT-N	SPT'deki darbe sayısı
CH	Yüksek plastisiteli kil	CL	Düşük plastisiteli kil
MH	Yüksek plastisiteli silt	SC	Killi kum
SM	Siltli kum	SP	Kötü derecelenmiş kum
EPMT	Elastisite modülü	V	Poisson oranı
V_0	Başlangıç hacmi	V_m	Ortalama hacim/Hacim düzeltmesi
ΔP	Basınç değişimi	ΔV	Hacim değişimi
P_L	Limit basınç	P_L*	Net limit basınç
P_0	Başlangıç basıncı	R^2	Belirtme katsayısı
MPa	Megapascal		