

DERİN ZEMİN KARIŞTIRMA YÖNTEMİYLE İYİLEŞTİRİLEN ORGANİK ZEMİNLERİN DAYINIMI

Hossein ZORİYEH ALİGHOLİ^{1*} , İlknur BOZBEY¹ 

¹ İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü

Öz

Derin karıştırma yöntemi bağlayıcı ilave edilerek zeminin mukavemet, permeabilite ve sıkışma gibi özelliklerinin iyileştirilmesi için kullanılan yöntemlerden birisidir. Organik zeminlerin su muhtevası, pH, organik yüzdesi ve içerdiği organik maddeler nedeniyle bu iyileştirme işlemi daha da zorlaşmaktadır. Bu çalışmada zemin derin karıştırma yönteminin organik zeminlerde uygulanabilirliğini ve ona etki eden parametreleri değerlendirmek amacıyla literatürde yer alan on beş ayrı çalışma incelenmiş ve toplamda 224 veri elde edilmiştir. Bu veriler su muhtevası, kullanılan bağlayıcı çeşidi, dozaj ve içerdikleri organik yüzdesi açısından serbest basınç mukavemetiyle olan ilişkileri incelenmiştir. Yapılan çalışma sonucunda su muhtevası ve organik yüzdesinin artması mukavemet değerlerinde azalmaya ve kullanılan bağlayıcı miktarının artması mukavemet değerlerinin artmasına sebep olmuştur. Sonuç olarak doğru koşullar sağlandığı zaman inorganik zeminlerde olduğu gibi organik zeminlerde de derin karıştırma yöntemi için FHWA tarafından sunulan değerlere ulaşmanın mümkün olduğu görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Derin Karıştırma Yöntemi, Organik Zeminler, Zemin İyileştirme, Serbest Basınç Mukavemeti

STRENGTH OF ORGANIC SOILS IMPROVED BY DEEP SOIL MIXING METHOD

Abstract

Deep mixing method is one of the methods used to improve the properties of soil such as strength, permeability and compressibility by adding binder. The improvement process becomes more challenging when dealing with organic soils due to their water content, pH, organic content, and presence of organic matter. This study aims to evaluate the applicability of the deep soil mixing method in organic soils and assess the parameters that influence it. A total of 224 data points were obtained from fifteen individual studies to analyse the relationships between the data, including water content, type of binder used, dosage applied, and their respective organic percentages, with the unconfined compressive strength. As a result of the study, the increase in water content and organic percentage caused a decrease in the strength values, and

Sorumlu Yazar: Hossein ZORİYEH ALİGHOLİ, hzoriyehaligholi@ogr.iuc.edu.tr

the increase in the amount of binder used led to an increase in the strength values. As a result, when the right conditions are met, it is possible to reach the values offered by FHWA for the deep mixing method in organic soils as well as inorganic soils.

Keywords: Deep Mixing Method, Organic Soils, Soil Improvement, Unconfined Compressive Strength.

1. GİRİŞ

Nüfus artışı ve akabinde yaşanan iskan alanlarının büyümesi nedeniyle, gün geçtikçe sorunlu zeminler üzerinde yapılan inşaatların sayısında büyük bir artış görülmektedir. Bu zeminler üzerindeki yapıların temellerinin yönetmeliklere uygun olacak şekilde taşıma gücü, oturma ve sıvılaşma gibi kriterlerin birini veya birkaçını sağlayamadığı durumlarda zemin iyileştirmesi yapılmaktadır. Zemin iyileştirme yöntemleri zeminin özelliklerine ve istenilen amaca uygun olarak derin ve yüzeysel olarak iki ana gruba ayrılabilir. Derin karıştırma yöntemi isminden belli olduğu gibi derin iyileştirme grubunda yer almaktadır.

Derin karıştırma yöntemi, çeşitli bağlayıcılar kullanılarak zeminin yerinde iyileştirilmesi işlemidir. Bu yöntem son yıllarda ülkemizde de yaygın olarak kullanılmaya başlamıştır. Kuru ve ıslak karıştırma olmak üzere iki çeşidi bulunan derin karıştırma yönteminin, kara ve deniz yapılarında birçok uygulama alanı mevcuttur. Bu yöntemde amaç zeminlerin sıkışabilirliğini azaltmak ve mukavemetini artırmaktır. Derin karıştırma ile elde edilen iyileştirilmiş zemin özellikleri; tabii zeminin ve bağlayıcının özelliklerine, kür süresine ve yükleme durumuna bağlıdır. Derin karıştırma teknolojilerini uygulamak için kesici bıçaklar, tekerlekler, tijler, katlanır kollar, dönen miller, bıçaklar ve augerler gibi özel karıştırma araçları bulunan, zemini kazmaya gerek kalmadan stabilize edici maddeler ile karıştırabilen çeşitli arazi ekipmanları kullanılmaktadır. Derin karıştırma yöntemi, 1970'lerde Japonya'da derin katkı stabilizasyonu olarak geliştirilmiştir ve İsveç'te aynı dönemde geliştirilen kireç kazıklarıyla prensipte aynı teknolojiye sahiptir [1]. Derin karıştırma yönteminde, yumuşak zeminin sıkıştırma olmaksızın katkı maddesi ile yerinde stabilize edilir. Derin karıştırma yöntemi (DKY) genellikle yumuşak killer ve organik zeminlerin stabilitesi, oturmaların azaltılması, kazı desteği ve sızıntı kontrolü gibi çeşitli amaçlarla uygulanmaktadır. Bu yöntemin tipik uygulama alanları dolgu stabilitesi, dolgu oturmasını azaltma, yapı temelleri, köprü kenar ayağı, şev stabilitesi, destekli kazılar ve sıvılaşma azaltması olarak sıralanabilir [2]. Bu

yöntemde çimento, kireç veya uçucu kül gibi farklı katkı maddeleri zemine enjekte edilir. Bu kolonların özellikleri, zemin çeşidi ve özellikleri, katkı maddesinin türü ve miktarı, kürlenme koşulları, yükleme koşulları, karışım koşulları ve yapım süreci gibi birçok faktöre bağlıdır [1, 3, 4].

Bu çalışmada organik zeminlerin derin karıştırma yöntemiyle iyileştirilmesini ve ona etki eden parametreleri araştırmak amacıyla çeşitli özelliklere sahip zeminler ve bağlayıcıları kapsayan bir veri tabanı oluşturulmuştur [5]. Veri tabanında yer alan çeşitli faktörler, elde edilen dayanım ile ilişkilendirilmiştir.

2. LİTERATÜR TARAMASI

2.1. Derin Karıştırma Yöntemi

Derin karıştırma yönteminde, yumuşak zemin sıkıştırılmadan bağlayıcı ile yerinde stabilize edilir. Bu yöntem kuru ve ıslak olarak iki farklı şekilde uygulanmaktadır. Kuru bağlayıcının pnömomatik olarak zemine ilave edildiği tekniklere kuru derin karıştırma yöntemi denir. Kuru yöntem, her bir shaftın ucundaki karıştırma bıçakları ile dikey döner shaftlardan oluşan mekanik karıştırmayı kullanır. Penetrasyon ve/veya geri çekme aşamasında, zemine bağlayıcı enjekte edilir. Karıştırma bıçakları yatay düzlemde dönerek zemini ve bağlayıcıyı karıştırır. Her işlemde zeminde bir stabilize zemin kolonu inşa edilir. Kuru yöntem için iki ana teknik, Japon DJM'si ve İskandinav kuru yöntemidir [1].

Bağlayıcı su bulamacının zemine pompalandığı tekniklere genel olarak ıslak derin karıştırma yöntemi denir. Islak yöntem çeşitlidir ve piyasada sürekli olarak yeni teknikler ortaya çıkmaktadır. Teknikler başlangıçta derin karıştırma için geliştirilmiştir ve yukarıda belirtilen kuru yöntemle aynı temel mekanizmayı paylaşır. Ekipman, her shaftın alt kısmında keskin uçlu, bıçaklar veya paletlerle donatılmış tek ila sekiz dikey döner shafta sahiptir [6].

2.1. Derin Karıştırma Yöntemine Etki Eden Parametreler

Stabilize edilmiş zeminin iyileştirme oranı bir dizi faktörden etkilenir, çünkü temel dayanım artış mekanizması zemin ile bağlayıcı arasındaki kimyasal reaksiyonla yakından ilişkilidir. Bu faktörler aşağıda sunulmuştur:

- Bağlayıcının özellikleri
 1. Bağlayıcı türü
 2. Kalite
 3. Karışım suyu ve katkı maddeleri
- Zeminin özellikleri ve durumu
 1. Zeminin fiziksel kimyasal ve mineralojik
 2. Organik içerik
 3. pH
 4. Su muhtevası
- Karıştırma koşulları
 1. Karıştırma derecesi
 2. Karıştırma/yeniden karıştırma zamanlaması
 3. Bağlayıcı miktarı
- Kürlenme koşulları.
 1. Sıcaklık
 2. Kür süresi
 3. Nem
 4. Sınırlayıcı basınç
 5. Islatma ve kurutma/dondurma ve çözme, vb [7].

Görüldüğü gibi derin karıştırma iyileştirmesinde dayanıklılığı etkileyen çok sayıda faktör bulunmaktadır. Organik içeriğe sahip zeminlerde, iyileştirme elde etmek daha zordur, bu nedenle etkili faktörlerin önceden bilinmesi, tasarım aşamasında güvenilir tahminler yapabilmek bakımından büyük önem taşır. Bu çalışma kapsamında incelenen veritabanından elde edilen bilgiler ışığında, 28 günlük mukavemet değerlerinin, değişik parametrelere ne seviyede bağlı olduğu incelenmiştir.

3. YÖNTEM

Yapılan bu çalışmada derin zemin karıştırma yönteminin organik zeminlerin iyileştirmesinde olan etkisi ele alınmıştır. Bu amaçla on beş makaleden elde edilen 224 adet veri kullanılarak zeminin organik yüzdesi, doğal su muhtevası, bağlayıcı çeşidi ve dozajının etkisinin, mukavemet değerleri üzerindeki etkisi incelenmiştir. Serbest basınç mukavemeti, laboratuvarında stabilize edilmiş zemin

numunelerinin dayanımı için en çok kullanılan laboratuvar deneyidir. Kullanılan mukavemet değerleri 28 günlük numunelere aittir. Kullanılan çalışmaların özeti Tablo 1’de verilmiştir. Çalışmalara ait detaylar aşağıda sunulmuştur.

Kanty ve diğ. (2017), yüzün üzerinde basınç testi yapmıştır. Numuneler %950 su muhtevasında ve %40-45 arasında organik zemin içeren zeminler kullanılarak hazırlanmıştır. İyileştirme için CEM II ve CEM III çimento 300-400 kg/m³ dozajında kullanılarak laboratuvar koşullarında karıştırılarak saklanmıştır [8].

Kanty ve diğ. (2019), diğer bir çalışmada organik zemin-çimento örneklerine ait laboratuvar testlerinin sonuçlarını sunmuştur. Toplamda yüz elliden fazla serbest basınç deneyi yapılmıştır. Deneyler için % 47,7 su muhtevası ve % 6,5 organik içeren zeminin CEM III çimentosuyla 123 ile 200 kg/m³ arasında çeşitli dozajlarla iyileştirme yapılan numuneler kullanılmıştır. Sonuçlar, organik zeminlerde DSM kuru kolonları tasarlamamanın önemli bir riskle bağlantılı olabileceğine ve özel önlemler gerektirdiğine açıkça işaret etmektedir [9].

Karpsisz ve diğ. (2018), düşük miktarda organik (%5,5) içeren ve %38,5 su muhtevası olan zemin üzerinde toplamda yüz elliden fazla serbest basınç deneyi gerçekleştirmiştir. Numuneler için CEM I ve CEM II çimento 250 ile 400 kg/m³ arasında çeşitli dozajlarla kullanılmıştır. Deney sonuçlarına göre zamana ve çimento miktarına bağlı olarak zemin-çimento sertliği ve basınç dayanımındaki artmıştır [10].

Jendrysik ve diğ. (2019), %6,6 organik içeriğe ve %46,8 su muhtevası olan organik zemin üzerinde 172 kg/m³ dozajında CEM III çimento kullanarak kurur derin karıştırma yöntemiyle iyileştirme yapmıştır. Bu çalışmada araştırmacı deney sonuçlarını numerik çalışma sonuçlarıyla karşılaştırmıştır [11].

Kiecana ve diğ. (2018), kuru yöntemle karıştırılmış bir organik zemin bileşeninin laboratuvar testinin sonuçlarını sunmaktadır. Kullanılan zemin %46,8 su muhtevasına ve %8,4 organik içeriğe sahiptir ve iyileştirme için CEM III çimento 123 ile 230 kg/m³ dozajında kullanılmıştır. Sonuçlara dayalı olarak, zemin-çimento için optimal kalite kontrol süresi ve metodolojisi önermiştir [12].

Dehghanbanadaki ve diğ. (2019), bu çalışmada, doğal dolgu maddesi ve çimento ile stabilize edilmiş turba zeminin serbest basınç dayanımını (UCS) tahmin etmek için farklı doğal dolgu ve çimento karışım dozajlarında 271 numune test edilerek deneysel veriler elde edilmiştir. Kullanılan

zemin % 495 su muhtevasına ve %91 organik içeriğe sahip bir zemindir. İyileştirme için CEM III çimento, kireç, Alçı ve F tipi uçucu kul 25 ile 400 kg/m³ arasında dozajlarla kullanılmıştır [13].

Baker (2015), değişik organik yüzdelere sahip olan zeminler üzerinde derin karıştırma yöntemiyle yaptığı iyileştirme için CEM II ve CEM II+%50 cüruf karışımını 200 ile 400 kg/m³ dozajlarında kullanmıştır. Yapılan çalışma sonucunda bağlayıcı oranın ve kür süresinin artması serbest mukavemet değerinin artmasına sebep olmuştur [14].

Kido ve diğ. (2009), %66 organik içeriği ve %550 su muhtevasına sahip olan zemin üzerinde yaptığı çalışmada Yüksek fırın cürufu içeren çimentoyu 371, 556 ve 742 bağlayıcı kg/m³ dozajlarında bağlayıcı olarak kullanmıştır. Bu çalışmada kürlenme koşulları ve bağlayıcı değişimlerinin etkisini araştırmıştır [15].

Tang ve diğ. (2011), esas olarak orijinal zeminlerin dokularını ve özelliklerini değiştirmek için turbalar için 3, 5, 7, 14, 140 ve organik zeminler için 5, 10, 30 aralığında su çimento oranı ile 9 ile 366 kg/m³ dozajlarında CEM II çimento kullanılarak ön karıştırma aşamasında zemine çimento eklenmiştir. Bulamaç halindeki karışımlar polivinil klorür (pvc) tüpe dökülerek oda sıcaklığında 7, 14 ve 28 gün kürlendikten sonra serbest basınç deneyi uygulanmıştır [16].

Hebib ve Farrell (2003), iki çeşit değişik organik yüzdesi ve su muhtevasına sahip olan zeminler üzerinde yaptığı çalışmada dört farklı bağlayıcıyı değişik dozajlarda kullanmıştır. Çalışma turbanın mühendislik özelliklerinin bazı bağlayıcılarla karıştırıldığında önemli ölçüde iyileştiğini, ancak iyileştirme derecelerinin benzer organik içeriğe sahip iki turba için belirgin şekilde farklı olduğunu gösterdi [17].

Martinez ve Al-Tabbaa (2005), üç değişik su muhtevasında %94 organik içeren zeminler üzerinde değişik dozajlarda CEM II çimento kullanarak yaptığı çalışmada işlenebilir ve daha dayanıklı bir turba-çimento karışımı elde etmek için gerekli olan bağlayıcı (çimento) miktarı ve su/çimento oranı ve bunların optimum değerleri hakkında araştırma yapmıştır. Bu gözlemler serbest basınç mukavemet ve elastisite modülü değerlerine dayanmaktadır [18].

Rahmi ve diğ. (2018), çimento ile stabilize edilmiş turba zeminin mukavemeti üzerinde su katkı maddesi (w/c) oranı uygulamasını araştırmıştır. %1210, %803 ve %380 olmak üzere farklı nem içeriklerindeki turba zemine, w/c oranı 2,0; 2,5; 3,0; 3,5 ve 4,0 olacak şekilde çimento ile stabilize edilmiştir. Numuneler 28 ve 56 gün hava kürüne tabi tutulduktan sonra serbest basınç mukavemet

(UCS) testi yapılmıştır. Sonuç, w/c oranının azalması (çimento dozajının artması) ve kür süresinin ve turba nem içeriğinin artmasıyla UCS değerlerinde bir artış olduğunu göstermektedir. Aynı w/c oranındaki düşük nem içeriğine sahip numuneye kıyasla, daha yüksek nem içeriğine sahip numunede bulunan daha yüksek mukavemet, w/c oranı kullanan çimento stabilize turbanın karışım tasarımının farklı turba doğal nem içerikleri altında farklı olması gerektiğini gösterir. Elde edilen sonuçtan, birçok çalışmada çimento-toprak reaksiyonunu engelleyeceği varsayılan humik asidin turba toprağında bulunmasına rağmen çimento hidroliz reaksiyonunun meydana geldiği de bulunmuştur [19].

Kolay ve Romali (2007), tarafından yapılan diğer bir çalışmada, Sarawak'tan toplanan % 550 su muhtevasına ve %51 organik içeriğe sahip olan zemin uçucu kül, kireç ve çimento ile ve 14 ile 280 kg/m³ dozajlarında iyileştirilmiştir. Çalışma sonucunda test edilen zemin numunesi için çimento en uygun stabilizatördür, bunu uçucu kül ve kireç takip etmiştir [20].

Harris ve diğ. (2009), on iki değişik yerden alınan ve % 0,5 ile 6,1 organik içeriğe sahip olan zeminler üzerinde yaptığı kapsamlı çalışmada kireç ve CEM I çimentoyu bağlayıcı olarak değişik dozajlarda kullanmıştır. Test sonuçları, organik içeriğin doğal (stabilize edilmemiş) ve stabilize edilmiş zeminlerin temel ve mühendislik özellikleri üzerindeki etkilerini değerlendirmek için ve optimum katkı miktarının belirlenmesi için kullanılmıştır [21].

JGS (Japonya Geoteknik Derneği) (2005), yaptığı bir çalışmada değişik su muhtevasına ve organik yüzdesine sahip olan on adet zemini iyileştirme amacıyla incelemiştir. Bu zeminler % 54 ile % 295 arasında su muhtevasına ve %2,7 ile %25,2 organik içeriğe sahip olan zeminlerdir. Bağlayıcı olarak da CEM I ve CEM II çimento değişik dozajlarda ıslak yöntemiyle kullanılmıştır [22].

Tablo 1. Veri Tabanı İçin Kullanılan Makalelerin Özeti

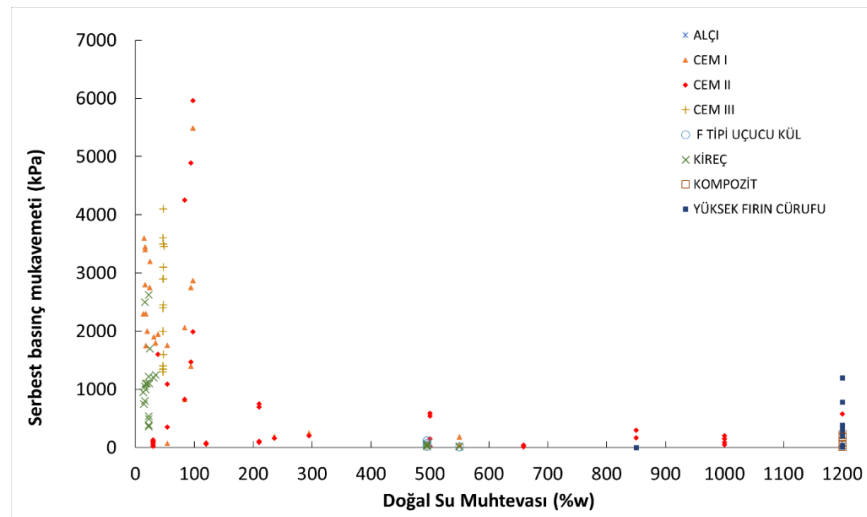
No	Kaynak	Zemin	w%	Organik içerik	Bağlayıcı	Dozaj Kg/m ³	Metot
1	Kanty ve diğ, 2017 [8]	Organik	950	40-45	CEM II, CEM III	300-400	Islak
2	Kanty ve diğ, 2019 [9]	Organik	47,7	6,5	CEM III	123-200	Kuru
3	Karpisz ve diğ, 2018 [10]	Organik	38,5	5,5	CEM I- CEM II	250-400	Islak
4	Jendrysik ve diğ, 2019 [11]	Organik	48,8	6,6	CEM III	172	Kuru
5	Kiecana ve diğ, 2018 [12]	Organik	46,8	8,4	CEM III	120-230	Kuru
6	Dehghanbanadaki ve diğ, 2019 [13]	Turba	495	91	CEM III Kireç Alçı F tipi uçucu kul	100-400 25-160	Kuru
7	Baker, 2015 [14]	Organik	30	4-66	CEM II CEM II + %50 cüruf	200-400	Kuru
8	Kido ve diğ, 2009 [15]	Turba	550	66	Yüksek fırın cürufu çimentosu	371 556 742	Kuru
9	Tang ve diğ, 2011 [16]	Turba	659 120	98,5 63	CEM II	9-366	Islak
10	Hebib ve Farrell, 2003 [17]	Turba	1200 850	98,5 96	Çimento +(PFA)+ Kireç CEM II Yüksek fırın cürufu çimento	150 200 250	Kuru
11	Martinez ve Al-Tabbaa, 2005 [18]	Turba	210 500 1000	94	CEM II	100-500	Islak
12	Rahmi ve diğ, 2018 [19]	Turba	1210 804 380	96,8	CEM II	211-472	Islak
13	Kolay ve Romali, 2007 [20]	Organik	550	51	CEM I Kireç F tipi uçucu kul	14-280	Islak
14	Harris ve diğ, 2009 [21]	Organik	13,5- 34	0,5-6,1	CEM I Kireç	40-144	Kuru
15	JGS, 2005 [22]	Organik	54- 295	2,7-25,2	CEM I CEM II	50-250	Islak

4. BULGULAR

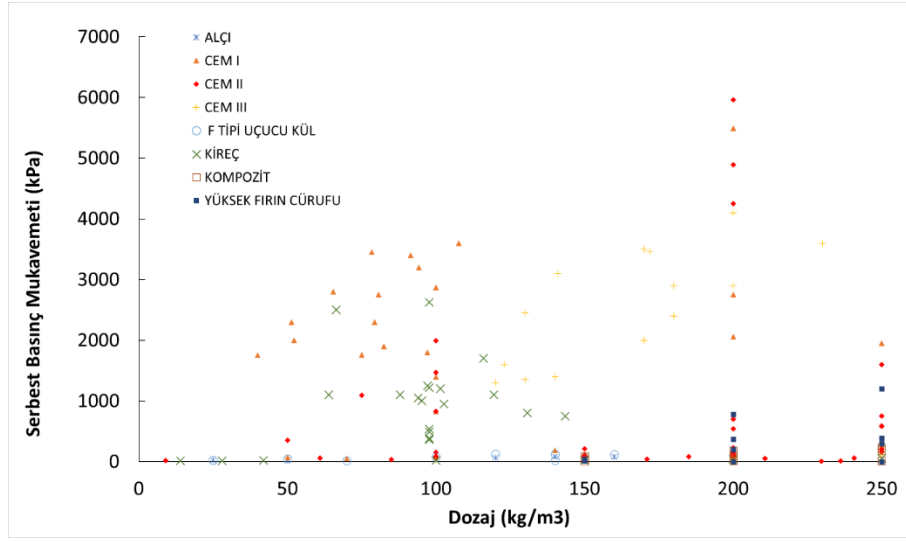
4.1. 250 kg/m³ Altında Dozaj Kullanımı İçin Genel Değerlendirmeler

Bu bölümde çeşitli bağlayıcılardan 250 kg/m³ dozaj kullanılması durumunda, elde edilen 28 günlük mukavemet değerlerinin doğal su muhtevası, kullanılan dozaj ve organik yüzdesine karşı olan değişimi Şekil 1'den, Şekil 3'e kadar sunulmuştur. Bu grafiklere dayanarak aşağıdaki değerlendirmeler yapılmaktadır.

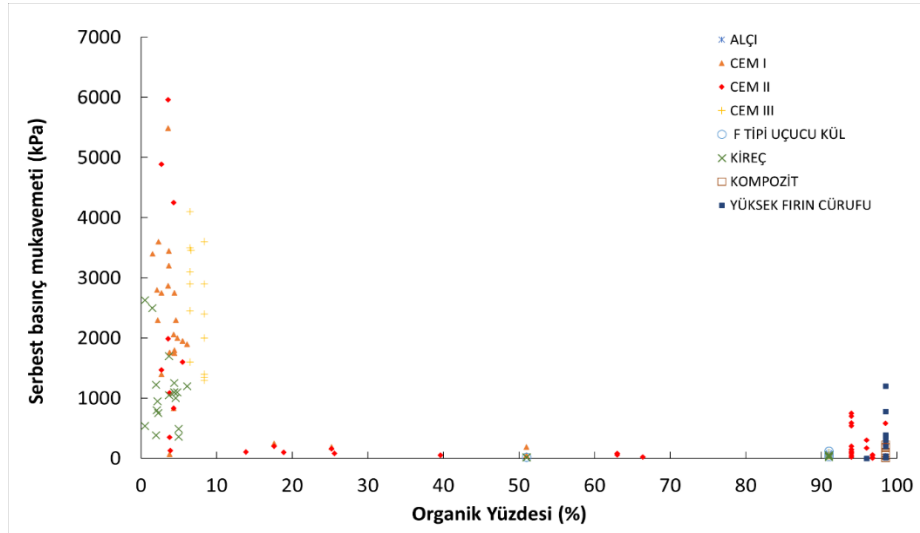
- Organik içeriğe sahip iyileştirilmiş zeminlerde farklı seviyelerde serbest basınç mukavemet değerleri elde edilmektedir.
- En önemli etkenlerden birisi doğal su muhtevasıdır. Yüksek su muhtevaları ile 1000 kPa'dan daha yüksek dayanım sağlanması mümkün görünmemektedir. Su muhtevası %100 üzerine çıktığı zaman bağlayıcının ve dozajın miktarı önemli olmamaktadır.
- Daha düşük organik içerik, daha yüksek dayanım ile sonuçlanmaktadır.
- %10 organik yüzdesi olması kritik bir değer olarak gözükmemektedir, bu değerden sonraki dozaj artışlarının da mukavemet değerlerinin iyileşmesine etkisi oldukça azdır.
- Çimento, organik zemin ile karıştırıldığında diğer bağlayıcılara göre sürekli olarak daha yüksek mukavemet değerleri üretmektedir. Çimento-kireç ve çimento-PFA ve diğer bağlayıcılar daha düşük dayanımlar sağlar.



Şekil 1. 250 kg/m³ ve Altı Dozajlar İçin Ulaşılan Serbest Basınç Mukavemetinin Doğal Su Muhtevası ile İlişkisi

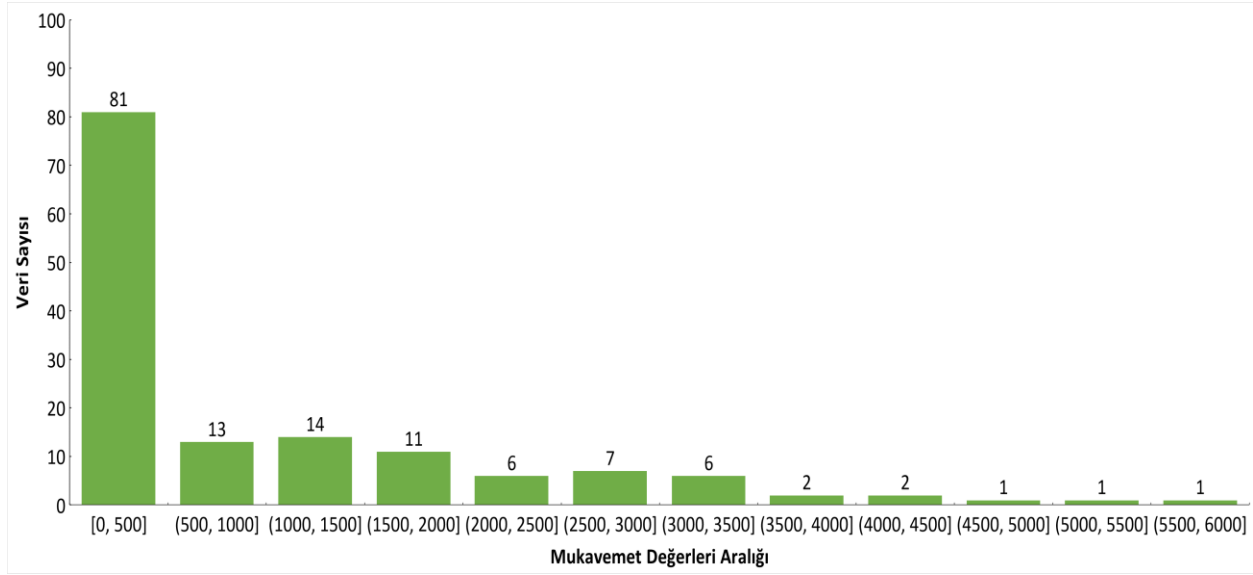


Şekil 2. 250 kg/m³ ve Altı Dozajlar İçin Ulaşılan Serbest Basınç Mukavemetinin Kullanılan Dozaj ile İlişkisi



Şekil 3. 250 kg/m³ ve Altı Dozajlar İçin Ulaşılan Serbest Basınç Mukavemetinin Organik Yüzdesi ile İlişkisi

Mukavemet değerlerinin istatistikî bakımdan dağılımı da incelenmiştir. Mukavemet değerlerinin dağılımına bakıldığı zaman, genel olarak mukavemet değerleri 1000 kPa altında ve 500 kPa bölgesinde yoğunlaştığı görülmektedir.

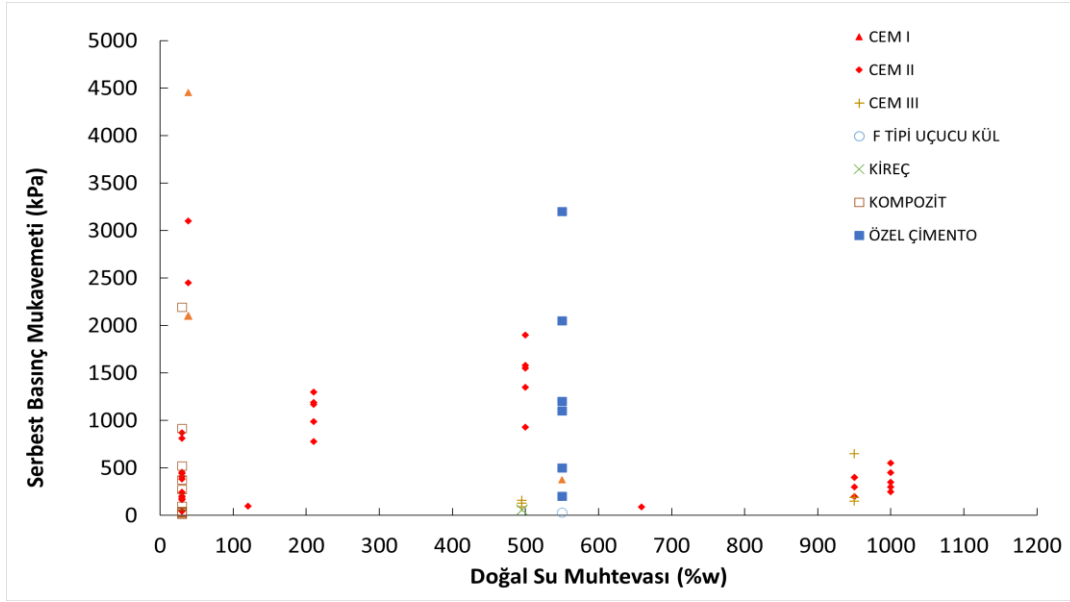


Şekil 4. 250 kg/m³ ve Altı Dozajlar İçin Mukavemet Değerlerinin Dağılım Aralıkları

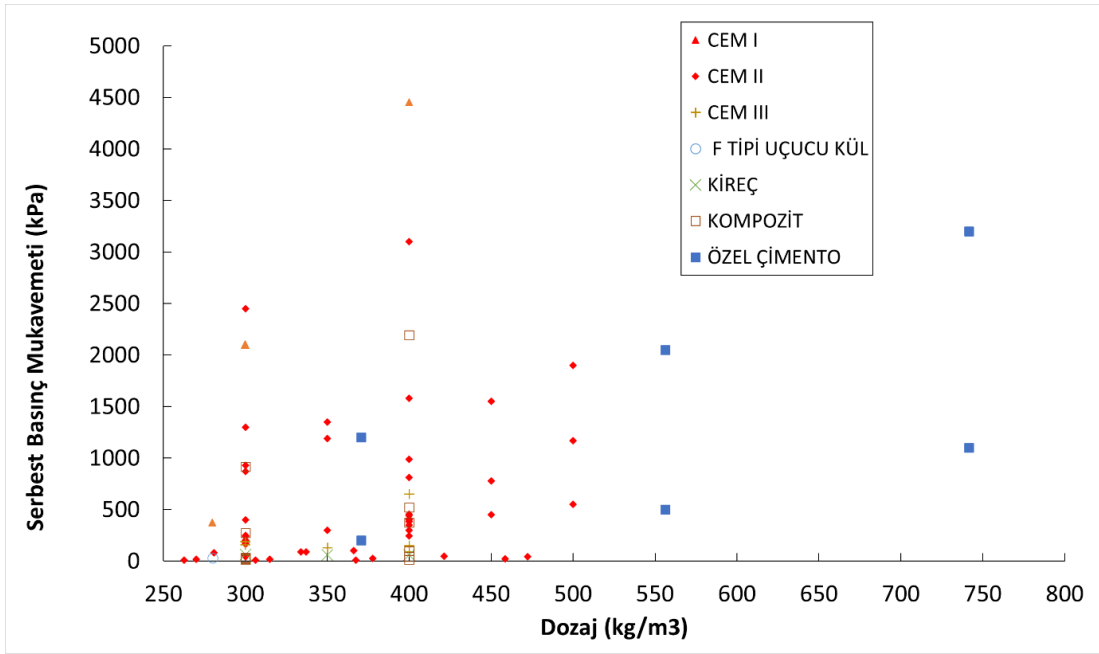
4.2. 250 kg/m³ Üstü Dozajlar

Çeşitli bağlayıcıların 250 kg/m³ dozajının üstünde kullanıldığı veriler, Şekil 5'ten Şekil 7'ye kadar sunulmuştur.

- Stabilize zeminin mukavemet değerleri genel olarak 500 ila 2500 kPa arasında değişmektedir. Daha yüksek ve daha düşük değerler de mevcuttur.
- Özel çimentoların kullanılması, yüksek su muhtevasına ve organik yüzdesi yüksek olan zeminlerde bile yüksek mukavemet değerlerine sebep olmaktadır.
- Normal çimento çeşitleri ve özel çimentolar organik zemini ile karıştırıldığında diğer bağlayıcılara göre daha yüksek mukavemet değerleri üretir.
- Organik yüzdesi %10 üzerine çıktığı zaman yüksek mukavemet değerinin elde edilmesi için ya dozajın çok artması gerekmektedir veya özel çimento kullanılmalıdır.



Şekil 5. 250 kg/m³ ve Üstü Dozajlar İçin Serbest Basınç Mukavemetinin Su Muhtevası ile İlişkisi

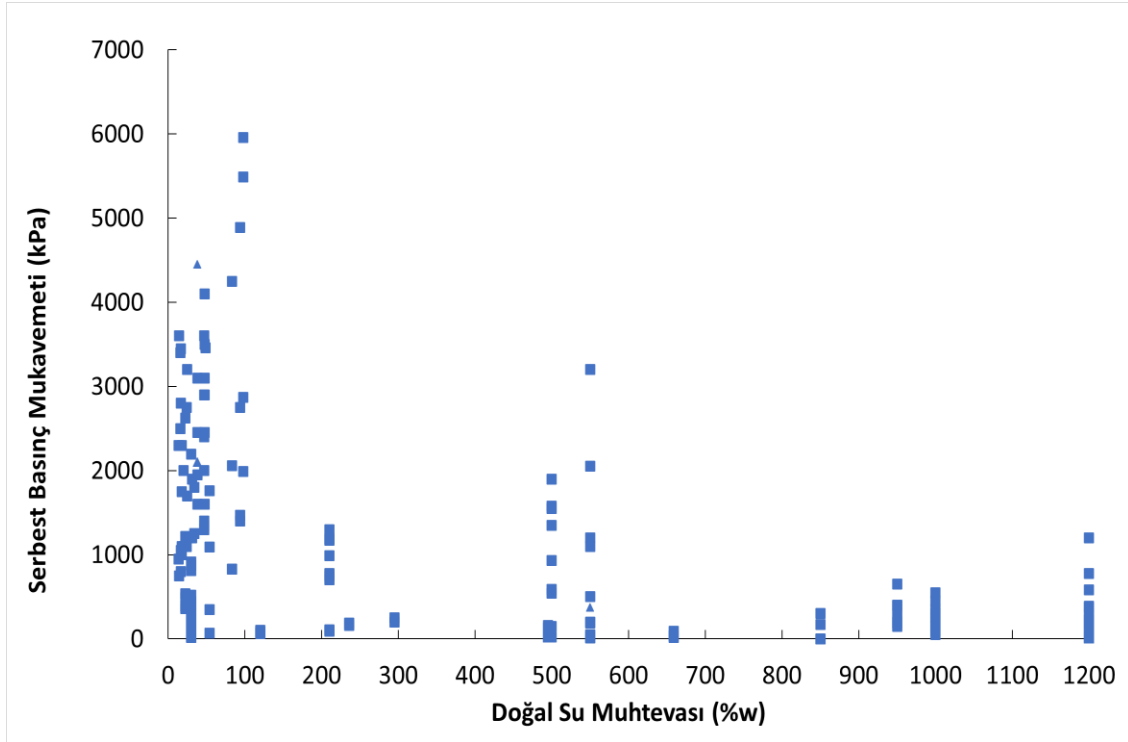


Şekil 6. 250 kg/m³ ve Üstü Dozajlar İçin Serbest Basınç Mukavemetinin Kullanılan Dozaj ile İlişkisi

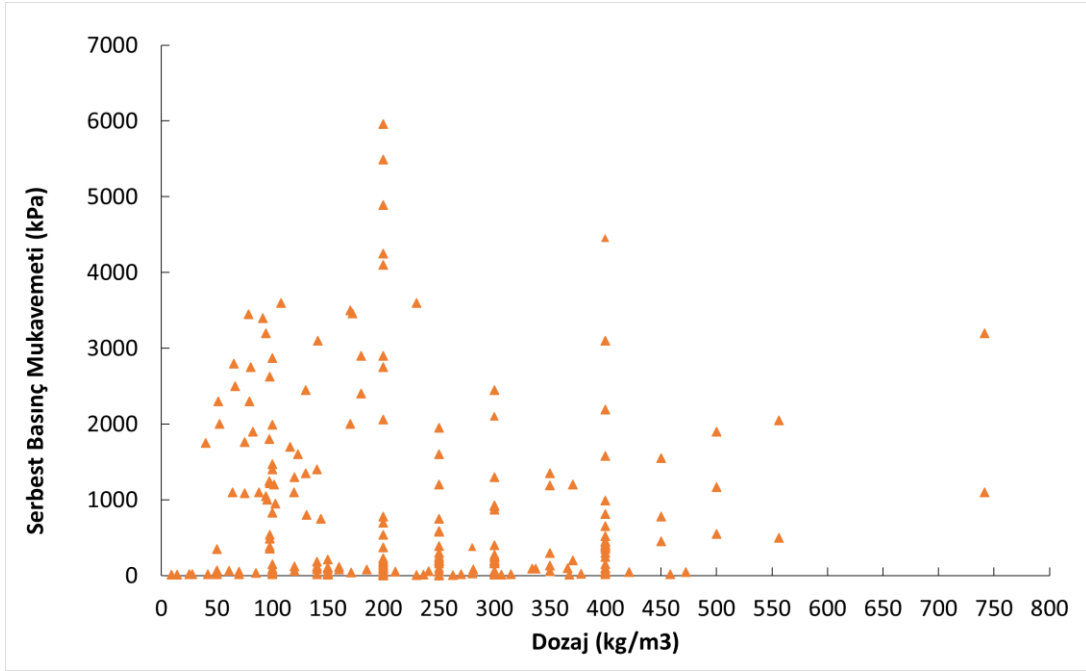
4.3. Genel Değerlendirme

Tüm verilerin işlendiği Şekil 9 ile Şekil 12 incelendiğinde,

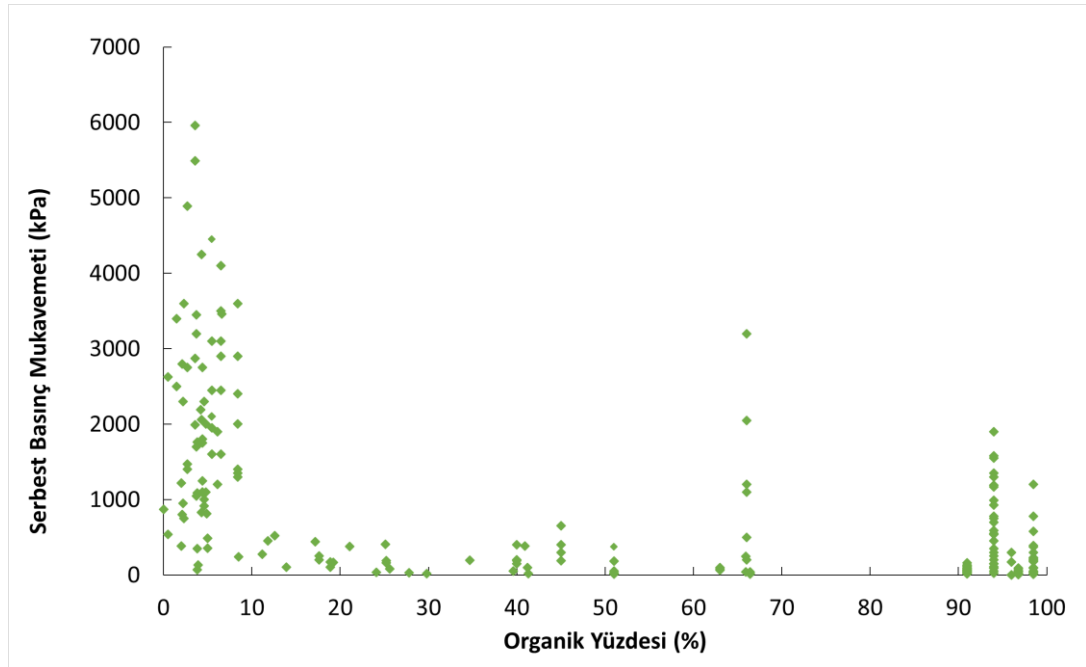
- Yüksek su muhtevası değerlerinde bile doğru dozaj ve bağlayıcı kullanıldığı zaman maksimum 1000-2000 kPa seviyelerinde mukavemet değerlerine ulaşmak mümkündür.
- Genel olarak %10 organik içerik değeri kritik değerdir ve bu değer üzerine sahip olan zeminlerde yüksek mukavemet değerine ulaşmak için özel karışım koşulları gerekmektedir.
- 500 kg/m³ dozajının üzerinde kullanılan bağlayıcılar çok nadir olarak kullanılmıştır ve mukavemet üzerinde etkisi çok fazla değildir.
- 500 kg/m³ dozajının altında olan karışımlarda, sahada olduğu gibi 200 ile 400 kg/m³ dozajları en çok kullanılan dozajlardır ve bu değerler %10'luk kritik organik yüzdesinin altında olduğu zaman yüksek mukavemet değerlerini sağlayabilir.
- Mukavemet değerleri Şekil 12'de görüldüğü üzere genel olarak 1500 kPa altında kalmaktadır.



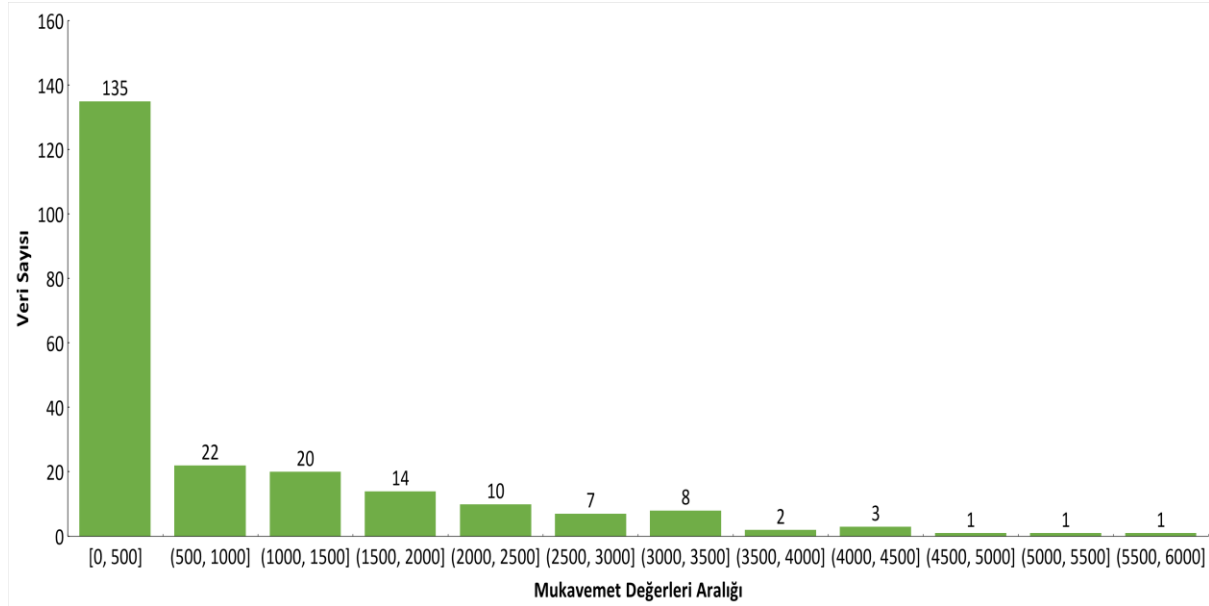
Şekil 9. Tüm Değerler İçin Serbest Basınç Mukavemetinin Su Muhtevası ile İlişkisi



Şekil 10. Tüm Değerler İçin Serbest Basınç Mukavemetinin Kullanılan Dozaj ile İlişkisi



Şekil 11. Tüm Değerler İçin Serbest Basınç Mukavemetinin Organik Yüzdesi ile İlişkisi



Şekil 12. Tüm Veritabanı için Mukavemet Değerlerinin Dağılım Aralıkları

5. SONUÇ

Organik zeminler, düşük mukavemetleri, yüksek su muhtevaları ve organik içerikleri açısından sorunludur. Derin karıştırma yöntemi, zeminin mukavemet ve oturma gibi özellikleri iyileştirmekle birlikte günümüzde kullanılan geleneksel “kaz ve değiştir” yöntemlerine alternatif bir yaklaşım sunar.

Şekil 2 ve Şekil 3 bakıldığı zaman, organik yüzdesinin çok küçük olması ($\%7 > OC$) halinde kireç kullanılmamanın mukavemet üzerinde olan etkisi kabul edilir düzeydedir ama Şekil 6 ve Şekil 7’ de görüldüğü gibi organik yüzdesinin artması halinde kireç dozajının artmasının bile mukavemet üzerinde etkili olmadığını göstermektedir.

Sunulan sonuçlara bakıldığı zaman, derin karıştırma yönteminde en iyi sonuçlar yaygın olarak kullanılan CEM I ve CEM II çimento ile elde edilmiştir.

Sahada derin karıştırma yönteminde yaygın olarak uygulanan dozajlarda ($400 >$), düşük organik yüzdesine sahip olan zeminlerde istenilen sonuçları elde etmek mümkündür ama organik yüzdesi arttığı zaman Şekil 3 ve Şekil 7’ de görüldüğü gibi mukavemet değerleri genel olarak 1000 kPa’ın altında kalmaktadır.

Şekil 1 ve Şekil 5’te görüldüğü gibi düşük su muhtevaları için yüksek mukavemetler elde etmek mümkündür ama zeminin su muhtevası artıkça yüksek mukavemet değerler elde etmek sadece yüksek dozajlarda özel çimento kullanarak mümkündür.

FHWA (2013) inorganik zeminler için verdiği grafiğe bakıldığı zaman derin karıştırma yöntemi sonrası elde edilen mukavemet değerleri 650 ile 2600 kPa olduğu görülmektedir. Bu çalışma sonucunda Şekil 12’de görüldüğü gibi belli koşullar sağlandığı zaman organik zeminler için de bu değerleri elde etmek mümkündür.

Sonuç olarak laboratuvarında yapılan bu çalışmalardan elde edilen bilgilere bakıldığında, farklı zemin tipleri ve koşullarına göre kullanılan bağlayıcı ve dozajının çok etkili olduğunu görülmektedir, bu yüzden tasarım aşamasında geleneksel tasarım yapılmadan önce araziden alınan zemin üzerinde farklı bağlayıcı tipleri ve dozajları ile deney yapılması ve ulaşılabilecek mukavemet değerlerinin belirlenmesi gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Kitazume, M, & Terashi, M. (2012). *The Deep Mixing Method*, Tokyo: CRC Press.
- [2] M. Terashi, (2009). *Current Practice and Future Perspective of Quality Assurance and Quality Control for Deep-Mixed Ground*, Deep Mixing Symposium, Okinawa.
- [3] Porbaha, A, Tanaka, H., and Kobayashi, M. (1998). *State of the art in deep mixing technology*, Journal of ISSMGE, cilt 2, no. 3, pp. 125-139.
- [4] Kitazume, M. and Maruyama, K. (2005). *Collapse failure of group column type deep mixing improved ground under embankment*, International Conference on Deep Mixing – Best Practice and Recent Advance, 245-254.
- [5] H. Zoriyeh Aligholi, *Organik zeminlerin derin karıştırma yöntemi ile iyileştirilmesi*, İstanbul Cerrahpaşa Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul.
- [6] C. D. I. o. Technology (2002). *The Deep Mixing Method–Principle, Design and Construction*, A.A. Balkema Publishers.
- [7] M. Terashi (1997). *Theme Lecture: Deep Mixing Method Brief State of the Art*, 14th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering.

- [8] Piotr Kanty et al (2017). Some Remarks on Practical Aspects of Laboratory Testing of Deep Soil Mixing Composites Achieved in Organic Soils, IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.
- [9] Kanty, P., Kiecana, M., & Prokopowicz, P. (2019). Some remarks on statistic approach to strength testing of soil-cement composites, E3S Web of Conferences.
- [10] Karpisz, I., Pyda, J., Cichy, L., & Sobala, D. (2018). Study of the effect of cement amount on the soil-cement sample strength, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering.
- [11] Jendrysik, K., Pachnicz, M., & Dudziński, P. (2019). Parameters of the constitutive model of geomaterials formed with the use of DSM dry technology, E3S Web of Conferences.
- [12] Kiecana, M., Kanty, P., & Łużyńska, K. (2018). Optimal control time evaluation for dry DSM soil-cement composites, MATEC Web of Conferences.
- [13] Dehghanbanadaki, A., Khari, M., Arefnia, A., Ahmad, K., & Motamedi, S. (2019). A study on UCS of stabilized peat with natural filler: a computational estimation approach, KSCE Journal of Civil Engineering, cilt 23, pp. 160-1572.
- [14] S. D. Baker (2015). Laboratory Evaluation of Organic Soil Mixing., South Florida: University of South Florida.
- [15] Kido, Y., Nishimoto, S., Hayashi, H., & Hashimoto, H (2009). Effects of curing temperatures on the strength of cement-treated peat, Proceedings of International Symposium on Deep Mixing and Admixture Stabilization.
- [16] Tang, B. L., Bakar, I., & Chan, C. M. (2011). Reutilization of organic and peat soils by deep cement mixing, World Academy of Science, Engineering and Technology, cilt 50, pp. 674-679.
- [17] Hebib, S., & Farrell, E. R. (2003). Some experiences on the stabilization of Irish peats, Canadian geotechnical journal, cilt 1, no. 40, pp. 107-120.
- [18] Hernandez-Martinez, F. G., & Al-Tabbaa, A. (2005). Mechanical properties of stabilised peat based on laboratory testing, 16th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering.
- [19] Rahmi, A., Taib, S. N. L., & Sahdi, F. (2018). Investigation of the application of various water additive ratios on unconfined compressive strength of cement-stabilized amorphous peat at different natural moisture contents, Advances in Civil Engineering.



- [20] Kolay, P. K., & Romali, N. S. B. (2007). Stabilization Of Organic Soil By Using Different Types Of Stabilizer, International Conference on Civil Engineering in the New Millennium: Opportunities and Challenges , Shibpur, India.
- [21] Harris, P., Harvey, O., Puppala, A. J., Sebesta, S., Chikyala, S. R., & Saride, S., (2009). Mitigating the effects of organics in stabilized soils, FHWA/TX, Texas. Dept. of Transportation.
- [22] J. G. S. Standard, (2005). Practice for Making and Curing, International Conference on Deep Mixing.
- [23] Hernandez-Martinez, F. G., Al-Tabbaa, A., Medina-Cetina, Z., & Yousefpour, N. (2021). Stiffness and strength of stabilized organic soils—part i/ii: Experimental database and statistical description for machine learning modelling, Geosciences, cilt 6, no. 11, p. 243.