

Makalenin Geliş Tarihi : 02.12.2005  
Makalenin Kabul Tarihi : 25.01.2006

## **ŞİŞEN KİLLERİN KİREÇ KATKISI İLE STABİLİZASYONU VE ESKİŞEHİR- MEŞELİK KİLLERİNE UYGULANMASI**

Murat TÜRKÖZ

**ÖZET:** Şişme potansiyeline sahip temel zemininin stabilizasyonunda kireç, çimento, uçucu kül ve bazı organik bileşikler gibi katkı maddeleri kullanılmaktadır. Bunlardan kireç katkısı; etkili kullanımı nedeniyle yaygın uygulama alanı bulmuştur. Bu çalışmada; Eskişehir Osmangazi Üniversitesi kampüs alanında yer alan yüksek şişme potansiyeline sahip Meşelik killerin kireç katkısı ile stabilizasyonu araştırılmıştır. Araştırmada sönmüş kireç katkısı-şişme yüzdesi ilişkisi, şişme yüzdesinin zamanla değişimi ve şişme yüzdesi-nihai su muhtevası değişimi incelenmiştir. Bu amaçla üç ayrı lokasyondan alınan, standart ve modifiye enerji seviyelerinde ve farklı sönmüş kireç katkı yüzdelinde (% 0, 1, 3 ve 5) hazırlanmış 88 ayrı numune üzerinde klasik ödometre cihazı ile serbest şişme yüzdesi deneyleri yapılmıştır. Deneyler sonunda, sönmüş kireç katkısının killerin şişme potansiyelinin kontrolünde başarıyla kullanılabileceği, bu katkının % 3 seviyesinden sonra etkili olduğu ve etkinin yüksek enerji seviyesinde nispi olarak daha yüksek görüldüğü belirlenmiştir.

**ANAHTAR KELİMELER:** Şişen killer, kireç, stabilizasyon, şişme yüzdesi.

## **STABILIZATION OF SWELLING CLAYS WITH LIME ADMIXTURE AND AN APPLICATION TO THE ESKİŞEHİR- MEŞELİK CLAYS**

**ABSTRACT:** To minimize or to eliminate the swelling potential of an expansive soil, some chemicals such as lime, cement, fly ash and organic materials can be used. Lime is commonly adopted for stabilization of expansive soils, because of its effectiveness in utilization. This paper briefly describes swelling soils and the factors acting on the swell mechanism, discusses the lime mixture for controlling the swell potential and introduces the results of a study applied to investigate the performance of the mixture of hydrated lime-clay, belonging to samples collected from the campus area of Eskişehir Osmangazi University in Eskişehir. In this study, the samples belonging to three different locations were compacted at the standard and modified compaction efforts, and then swell tests were carried out by considering lime mixture at different percentages (0,1,3 and 5 percent of dry soil weight). For this purpose, 88 specimens were used to measure the free swell percent. As a result of this study, the stabilization of high plasticity clay can be sufficiently provided by the hydrated lime mixture, the significant effect on the mixtures is possible after 3 percent of the hydrated lime. It is also seen from the study that the effect of lime mixture is more effective on the specimen series prepared as considering the modified energy input.

**KEYWORDS:** Swelling clays, lime, stabilization, swell percent.

## ***I. GİRİŞ***

Şişen killer, inşaat mühendisliği yapıları için büyük hasara sebep olan dünya çapında bir problemdir. Özellikle, birbirini izleyen yağışlı ve kurak periyodlar olarak tanımlanan iklimler ve büyük yüzeysel kil depozitlerine sahip bölgelerde görülen bu killer temel zemini olarak değerlendirildiklerinde, temel tabanında önemli ölçüde kaldırma basınçlarının oluşmasına neden olur. Suya doygun olmayan bazı kil zeminlerin su ile etkileşimde bulunarak bünyelerine su alması ve buna bağlı olarak gelişen hacim artışının karşılanması ile ortaya çıkacak aşırı basınç, kilin “*şişme*” özelliği olarak tanımlanmaktadır. Oluşan bu basınçlar; temel sisteminde veya döşeme elemanında mimari ve hatta yapısal hasarlar oluşturabilmektedir. Zati ağırlığı oldukça düşük olan kaldırımlarda, karayollarında ve havaalanı pistlerinde, bu problem sık sık görülmektedir.

Şişen zemin probleminin tanımlanması oldukça yenidir. ABD Su İşleri Teşkilatı (USBR) mühendisleri, Oregon eyaletindeki Owyhee projesinde inşa edilen bir çelik sifon temelinde ters yönde çalışan yer değiştirmelerin oluştuğunu belirlemişlerdir [1]. Bu olaydan sonra "şişen zemin" probleminin mekanizması tanımlanmış ve oturma mekanizmasından farklı olarak değerlendirilmiştir. Şişen zemin probleminin yapıların tasarımında daha önemli bir şekilde dikkate alınması gereği ifade edilerek tasarım kriterleri önerilmiştir. Ancak 1940'lı yıllardan sonra zemin üzerine doğrudan oturan beton yapıların inşasındaki hızlı artış, şişen zeminlerin neden olduğu hasarlarda da artışa sebep olmuştur. Bu artışta, temel zemininde yapılması gereken geoteknik çalışma eksikliğinin ve yapılan çalışmaların yetersizliğinin de etkili olduğu belirtilmelidir [2]. Bu çok önemli faktör, bu tür zeminler üzerinde varolan yapıların tasarımı ve inşa aşamasında yetersiz bütçe, uygun olmayan inşa yöntemi, kontrol eksikliği ve yetersiz bakım teknikleri yüzünden ihmal edilmektedir. Şişen zeminler dünyanın hemen hemen her yerinde oluşmaktadır ve çok sayıda ülkede şişen zemin probleminin bağlı olarak ortaya çıkan hasarlarla ilgili çalışmalar yapılmakta ve tasarım kriterleri önerilmektedir [3,4,5,6].

Ülkemizde inşa edilen hafif su yapılarında oluşan bu tip problemler, genellikle Güneydoğu Anadolu Projesi kapsamında yer alan sulama yapıları inşaatında yaşanmıştır. Özellikle Harran ovası sulama alanlarında inşa edilen kanallarda bu problemle sıkça karşılaşmış, konuyla ilgili önemli mühendislik uygulamaları yapılmış ve bilgi birikimi elde edilmiştir [7,8].

## ***II. KİREÇ KATKISI İLE STABİLİZASYON***

Şişme potansiyelinin kontrol edilmesi diğer bir ifade ile karşılanabilir şişme deformasyonlarına ulaşmak için farklı içerikte katkı malzemeleri çok eski zamanlardan beri kullanılmaktadır. Kireç stabilizasyonu; zeminde oluşacak şişmenin en düşük seviyeye indirilmesi ve zeminin işlenebilirliğinin artırılması amacıyla çoğu projede, özellikle karayolu projelerinde başarıyla kullanılmıştır. Kireç ile stabilize edilen zeminin mühendislik özelliklerinden sorumlu mekanizmalar için çok sayıda araştırma ve açıklama yapılmıştır. Bu mekanizmalar katyon değişimi, kilin folokülasyonu ve puzolanik reaksiyonları içerir. İlk iki reaksiyon hızlı olur ve kürsüz dayanım ve yük deformasyon özelliklerine ilaveten plastisite, işlenebilirlik ve şişme özelliklerinde ani değişimlere neden olur [9]. Oluşan diğer reaksiyon puzolonik veya bağlayıcı reaksiyon olup zamana bağımlıdır. Aglomerasyon sonucunda artan yapı bütünlüğü zeminin ilave su tutma kabiliyetinde düşüşe sebep olarak, şişme potansiyelinin düşmesine neden olur [10].

Tüm ince taneli zeminler; kireç kullanımı suretiyle daha düşük plastisiteye ve daha iyi işlenebilirliğe sahip olacak şekilde dönüştürülebilir. Kireçle işleme tabi tutulmuş zeminin dayanım karakteristikleri; esas itibariyle zemin cinsine, kullanılan kirecin tipine, kireç yüzdesine ve kür koşullarına bağlıdır. Zeminin pH derecesi, organik madde miktarı, drenaj koşulları ve su muhtevası gibi birçok faktör; zemin-kireç reaksiyonunu etkilemektedir. Asidik olmayan zeminlerde ( $pH > 7$ ), kireç ile daha iyi reaksiyon elde edilmektedir [11]. Organik karbon büyük oranda kireç-zemin reaksiyonunu yavaşlatmaktadır.

Şişen killerin stabilizasyonu için kullanılan değişik kireç tipleri bulunmaktadır. Bu kireçler arasında kalsiyum yönünden zengin sönmüş kireç ( $\text{Ca(OH)}_2$ ) ve sönmemiş kireç ( $\text{CaO}$ ) pratikte yaygın olarak kullanılmaktadır. Şişen killerin stabilizasyonu için gereken kireç katkı miktarının; normal olarak ağırlıkça % 1-3 arasında olduğu, ilave katkının plastik limiti değiştirmeden dayanımı artırdığı ifade edilirken [9] diğer bir çok çalışmada da katkı yüzdesinin ağırlıkça % 2-8 arasında olduğu belirtilmektedir [1].

Kullanılan kireç; kuru veya sulandırılmış şekilde olabilir. Kuru uygulama esnasında, hava kirliliği ve zemin içinde topaklanma gibi problemlerle karşılaşılabilir. Bu tip bir uygulamada, yeterince su verilememesi gibi bir durumla da karşılaşmak mümkündür.

### ***III. ZEMİN VE MALZEME ÖZELİKLERİ***

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi ana kampüsünün yer aldığı bölgede genelde kumtaşı ve yer yer kireçtaşı tabakaları içeren Pleyistosen yaşlı birimler bulunmaktadır. Bu birimler; zamanla değişik faktörlerin etkisiyle ayrışarak kumlu kil, siltli kil ve kil zemine dönüşmüş ve büyük bir bölümü de Porsuk vadisi içine taşınarak Vişnelik bölgesi killerini oluşturmuştur. Bu çalışmada, yer yer aşırı konsolide kil özeliği taşıyan ve “Meşelik kili” olarak tanımlanan zeminin kireç katkısı ile stabilizasyonu araştırılmıştır. Bu amaçla, üç ayrı lokasyondan numuneler alınmış ve bu numunelerin öncelikle tanımlama ve sınıflama özellikleri TS 1900 esasında belirlenmiş, kompaksiyon karakteristikleri bulunmuş ve sonra şişme yüzdesi deneyleri yapılmıştır.

Üç ayrı numune de benzer indeks özelliklerine sahiptir. Numunelerin likit limit ve plastik limit değerleri sırasıyla 56.2-70.2 ve 28.9-30.0 aralığında değişmektedir. Bütünüyle ince taneli olan numuneler, “yüksek plastisiteli kil (CH) ve silt-kil (CH-MH)” olarak sınıflandırılmıştır. Kompaksiyon karakteristiklerini belirlemek amacıyla Standart Proctor (SP) ve Modifiye Proctor (MP) enerji seviyelerinde deneyler yapılmıştır. Bu deneyler sonucunda, her bir lokasyona ait numunelerin hazırlanmasında kullanılacak en büyük kuru yoğunluk ve optimum su muhtevası değerleri bulunmuştur. İçindeki ince tane

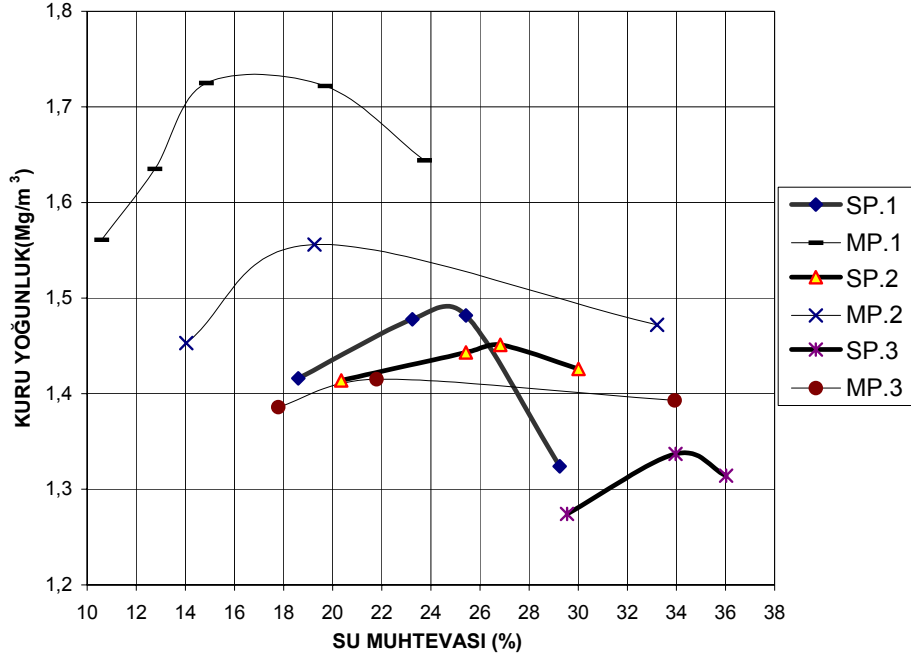
miktarı daha yüksek olan numune (Numune No:3), nispi olarak daha düşük kuru yoğunluk ve daha yüksek optimum su muhtevası değerleri vermiştir. Numunelerin tanımlama ve kompaksiyon karakteristikleri Çizelge 1’de ve iki ayrı enerji seviyesindeki kompaksiyon eğrileri, Şekil 1’de sunulmaktadır.

**Çizelge 1.** Numunelerin fiziksel ve kompaksiyon karakteristikleri.

Zemin Özellikleri	Numune No		
	1	2	3
-Tane Dağılımı			
-<0.076 mm (%)	55.5	75.0	82.0
-<4.76 mm (%)	95.9	99.0	100.0
-Kıvam Limitleri			
-Likit limit (%)	56.2	62.3	70.2
-Plastik limit (%)	30.0	29.0	28.9
-Plastisite indisi (%)	26.2	33.3	41.3
-Özgül Gravite	2.72	2.69	2.72
-Grup Sembolü	CH-MH	CH	CH
-Kompaksiyon			
-Standart proktor			
- $\rho_{dmaks}$ (Mg/m <sup>3</sup> ) <sup>1</sup>	1.490	1.452	1.338
- $w_{opt}$ (%) <sup>2</sup>	24.50	26.80	34.20
-Modifiye proktor			
- $\rho_{dmaks}$ (Mg/m <sup>3</sup> )	1.723	1.557	1.415
- $w_{opt}$ (%)	17.00	18.80	21.78

<sup>1</sup>  $\rho_{dmaks}$  : En büyük kuru yoğunluk

<sup>2</sup>  $w_{opt}$  : Optimum su muhtevası



**Şekil 1.** Numunelerin standart proctor (SP) ve modifiye proctor (MP) enerji seviyelerine ait kompaksiyon eğrileri.

**Çizelge 2.** Katkı malzemesi olarak kullanılan kirecin kimyasal ve fiziksel özellikleri.

Fiziksel özellikleri			
<u>Elek analizi</u>			
>45 $\mu$ (%)		4.2	
>90 $\mu$ (%)		23.80	
>200 $\mu$ (%)		53.20	
Yoğunluk ( $Mg/m^3$ )		2.44	
Kimyasal özellikleri			
SiO <sub>2</sub> (%)	6.00	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	0.06
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	1.70	K <sub>2</sub> O (%)	0.18
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	0.70	SO <sub>2</sub> (%)	0.14
CaO (%)	56.90	Cl (%)	0.001
MgO (%)	0.70		

Kullanılan kireç katkısına ait TS 30 ve TS 32'ye göre yapılan fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları da Çizelge 2'de verilmektedir.

Bu çalışma kapsamında değerlendirilen üç ayrı numune için X-Ray difraktometre cihazı ile numunelerin difraktogramları elde edilmiş, numuneler içerisindeki kil mineral tiplerinin piklerine ulaşılmış ve mineral muhtevası belli bir aralık için tanımlanmıştır. İlgili cihaz üniversitemizde olmadığından deneyler, Ankara'daki Çimento Müstahsilleri Birliği'nde gerçekleştirilmiştir. Üç ayrı numune için elde edilen difraktogram sonuçları ve mineral yüzdelerinin dağılımları Çizelge 3'te verilmektedir. Çizelge 3'ten görülebileceği gibi numuneler içerisindeki hakim kil mineral tipi montmorillonit'tir.

**Çizelge 3.** Numunelerin x-ray difraktometre deneyi sonuçlarına göre yaklaşık mineral yüzdeleri.

Numune No	Mineral Tipi (%) (*)									
	Q	C	M	I	H	K	A	S	F	D
1	8-10	35-40	25-30	10-15	8-10	-	-	-	-	-
2	5-12	5-12	30-38	10-15	-	-	-	-	3-7	10-18
3	8-10	10-15	45-50	8-10	8-10	8-10	3-5	3-5	-	-

(\*) Q: Kuvars C: Kalsit M: Montmorillonit I : İllit H: Haloysit  
K: Kordierit A: Albit S: Sanidin F: Feldispat D: Dolomit

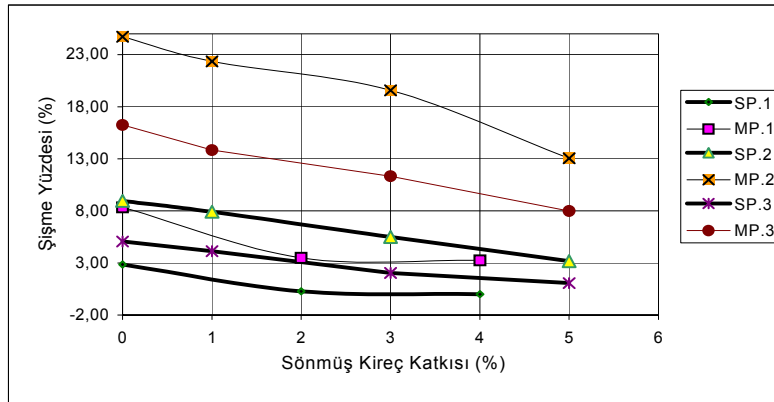
#### ***IV. ŞİŞME DENEY SONUÇLARI***

Bu çalışma kapsamında iki ayrı lokasyona ait numune için önce Standart Proctor (SP) enerji seviyesinde ( $600 \text{ kJ/m}^3$ ) ve dört ayrı katkı yüzdesinde (% 0, 1, 3 ve 5) hazırlanmış numuneler üzerinde serbest şişme deneyleri yapılmıştır. Her katkı yüzdesinde dört adet numune kullanılmıştır. Aynı işlemler sonra Modifiye Proctor (MP) enerji seviyesinde ( $2700 \text{ kJ/m}^3$ ) yeniden gerçekleştirilmiştir. Üçüncü lokasyona ait deneyler farklı üç katkı yüzdesinde (% 0, 2 ve 4) yapılmıştır. Şişme deneyleri standart deney kalıbı (  $D=75 \text{ mm}$  ve  $H=20 \text{ mm}$ ) ile ödometre cihazında gerçekleştirilmiştir. Numuneler; dinamik sıkıştırma yöntemi kullanılarak hazırlanmıştır. Özet olarak çalışma kapsamında, üç ayrı lokasyon ve iki ayrı seri için dört ayrı katkı yüzdesinde ve her katkıda dört adet olmak üzere

toplam 88 numune kullanılmıştır. Numunelerin; bir ön yüklemeye maruz bırakıldıktan (7 kPa) ve suya boğulduktan hemen sonra, farklı zaman aralıklarında (0.5, 1, 2, 4, 8, 16, 2, 60, 120, 240, 360 ve 1440 dakika) serbest şişme değişimi ölçülmüştür. Deney sonuçları; serbest şişme yüzdesi-sönmüş kireç katkısı, şişme miktarı-zaman ve şişme yüzdesi-su muhtevası değişimi esaslarında değerlendirilmiştir.

Şişme yüzdesi ile kuru zeminin ağırlıkça yüzdesi olarak sönmüş kireç katkısı arasındaki ilişki; altı ayrı seri için Şekil 2'de sunulmaktadır. Bu değerlendirmede, her katkı seviyesinde 24 saat sonra ölçülen dört serbest şişme yüzdesi değerlerinin ortalaması alınmıştır. Bu şekilden de görülebileceği gibi, sönmüş kireç katkısının artması ile serbest şişme yüzdesi azalmaktadır. Özellikle katkısız halde yüksek şişme değerleri veren Modifiye Proctor sıklığındaki numunelerde, kireç katkısının serbest şişme yüzdesinin kontrolünde önemli bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Bu çalışma sonunda görülmüştür ki; sıkıştırılmış numunelerin serbest şişme yüzdesi, yüksek enerji seviyesinde daha fazladır. Bu serilerde kireç katkısının etkisi, yüksek katkı yüzdelinde daha fazladır. Ancak bu etkide numune özelliklerinin de etkili olduğu belirtilmelidir.

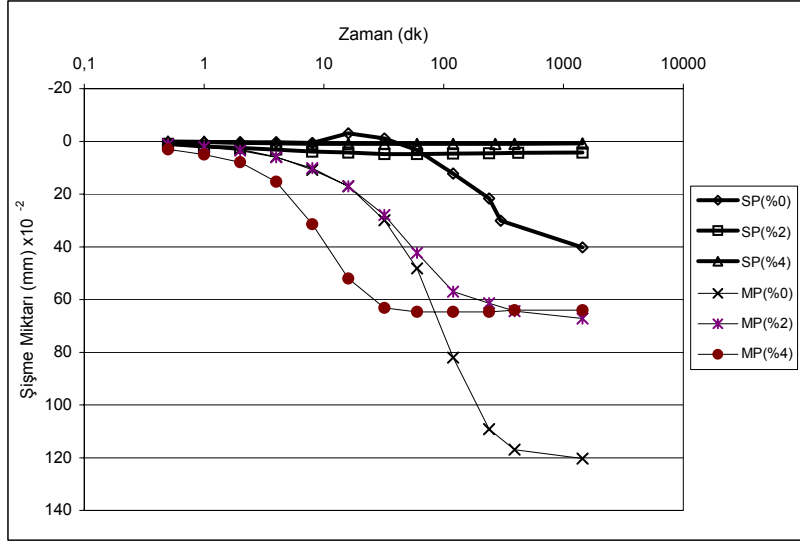
Şişme miktarının zamana bağlı değişimi her lokasyondan alınan numune için Şekil 3, 4 ve 5'de sunulmaktadır. Bu şekillerde her seriden bir adet seçilmiş numunenin kayıtları dikkate alınmıştır. Bu şekillerden görülebileceği gibi katkısız numunelerin şişmesi; yüksek nihai şişme değerlerine sahip olmalarına rağmen, daha uzun sürede gerçekleşmektedir.



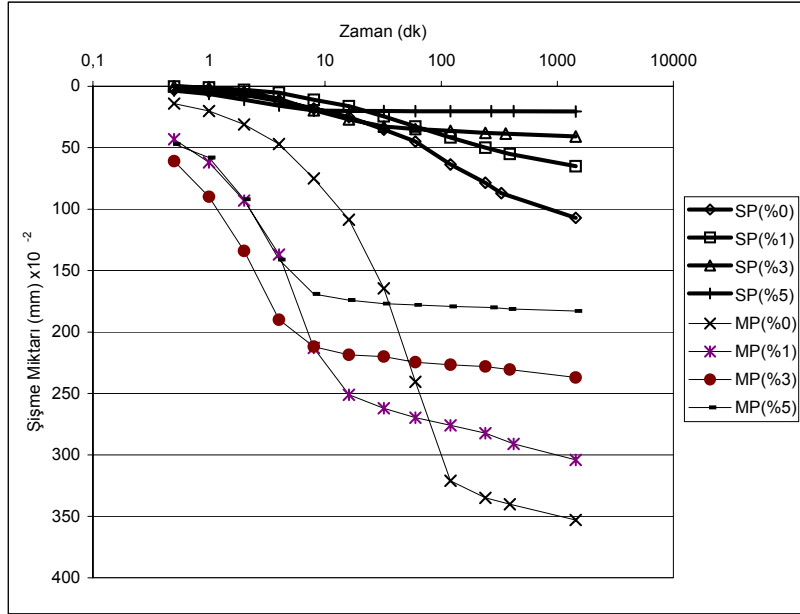
Şekil 2. Altı ayrı seri için şişme yüzdesi-sönmüş kireç katkısı ilişkisi.



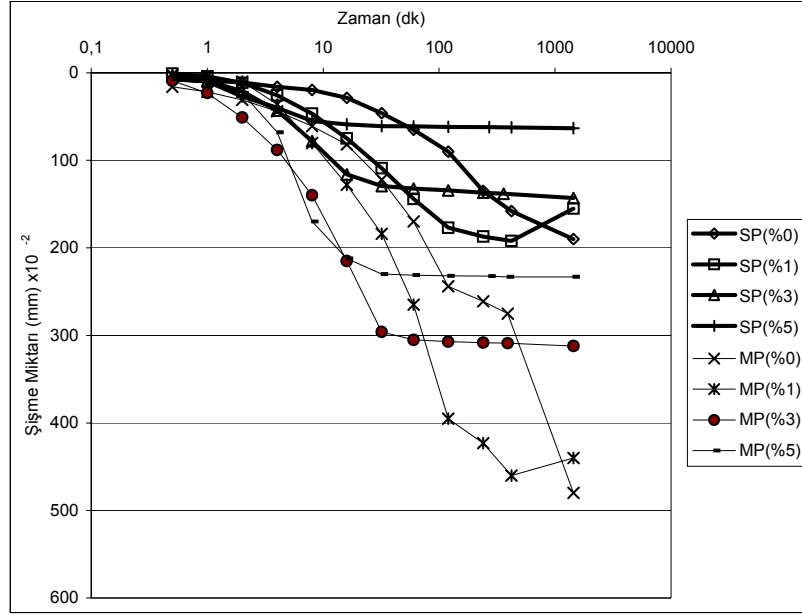
Örneğin, Numune 1 için düşük enerji seviyesinde (SP) ve yüksek enerji seviyesinde (MP), katkısız numunelerin şişme potansiyelinin büyük bir bölümü ilk 300 dakika içinde gerçekleşirken, katkılı numunelerde bu işlem çok daha kısa süre içinde gerçekleşmiştir.



Şekil 3. Altı ayrı seri için şişme miktarı-zaman ilişkisi (numune no:1).

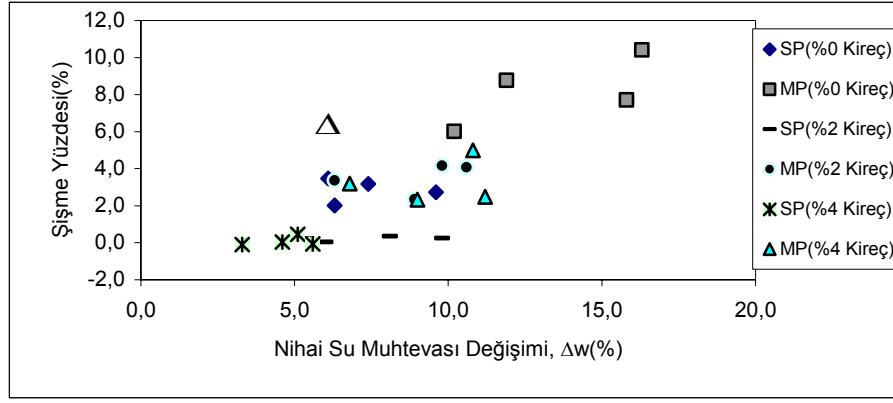


Şekil 4. Altı ayrı seri için şişme miktarı-zaman ilişkisi (numune no:2).

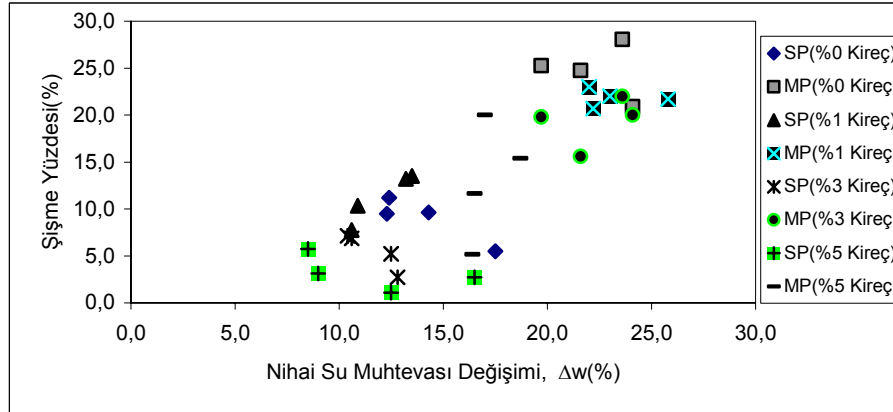


Şekil 5. Altı ayrı seri için şişme miktarı-zaman ilişkisi (numune no:3).

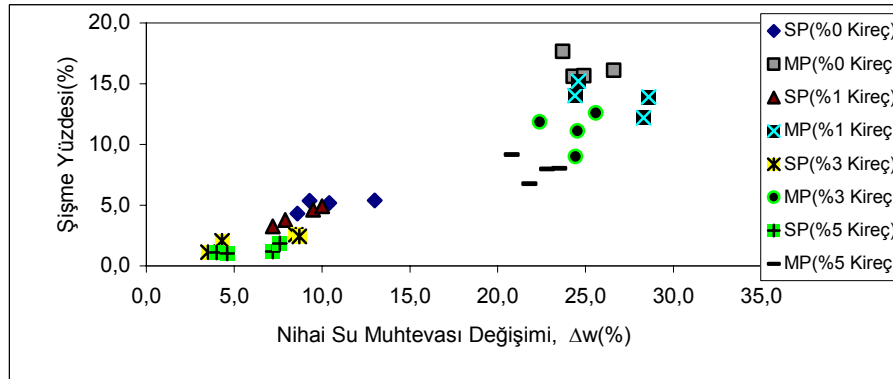
Benzer değerlendirme diğer numuneler için de yapılabilir. Bu etkinin, % kireç katkısının neden olduğu hidrasyon reaksiyonundan kaynaklandığı daha önce yapılan çalışmalarda belirtilmiştir [1]. Bu tip bir davranışın, uygulama yönünden büyük bir avantaj sağladığına inanılmaktadır. Özellikle tabakalar halinde sıkıştırma ile inşa edilen dolgularda, kısa süre içinde stabilizasyonun sağlanması bir üstünlük olarak değerlendirilebilir.



(a) Numune No:1.



(b) Numune No:2.



(c) Numune No:3.

**Şekil 6.** Serbest şişme yüzdesi-nihai su muhtevası değişimi.

Numunelerin şişme yüzdesi ile deney sonrası su muhtevastaki değişimi Şekil 6'da sunulmaktadır. Katkı miktarı, zeminin plastisite indisini değiştirmekte ve dolayısıyla şişme işlemleri esnasında numune tarafından alınacak su miktarı düşmektedir. Bu değişim; iki farklı enerji seviyesi için değerlendirilmiştir. Bazı seviyelerde su muhtevastaki değişim, geniş bir dağılım göstermektedir. Bu geniş dağılım, özellikle katkılı serilerde görülmektedir. Bu etki; sönmüş kireç katkısının zemin içinde üniform dağılmamasından kaynaklanmaktadır. Bu durum; zeminin kireç katkısı ile stabilizasyonunun bir eksikliği olarak değerlendirilmektedir.

## ***V. SONUÇ VE ÖNERİLER***

Bu çalışmada, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi ana kampus alanında yer alan ve “Meşelik kili” olarak adlandırılan yüksek plastisiteli kil zeminin şişme potansiyeli ve bu potansiyelin sönmüş kireç katkısı ile stabilizasyonu araştırılmıştır. Bu çalışmada aşağıda özet halinde ifade edilen sonuçlara ulaşılmıştır:

- i. Sıkıştırılmış numunelerin serbest şişme yüzdesi, yüksek enerji seviyesinde daha büyük elde edilmiştir. Bu serilerde kireç katkısının etkisi, yüksek katkı yüzdelerinde etkili iken, düşük enerji seviyelerinde ise kireç katkısının etkisi düşük katkı yüzdelerinde daha etkindir.
- ii. Katkılı numunelerde nihai olarak oluşan şişme miktarının büyük bir bölümü, kısa bir zaman dilimi içinde meydana gelmektedir. Halbuki katkısız numunelerde bu süre nispi olarak daha uzundur. Bu etkinin nedeni olarak, % kireç katkısının yarattığı hidrasyon reaksiyonu gösterilebilir.
- iii. Katkılı serilerde, sönmüş kireç katkısının zeminin plastisite indisini düşürmesi nedeniyle, serbest şişme yüzdesi nispi olarak düşük gerçekleşmiştir. Bir başka ifade ile, katkı zeminin su muhtevastaki değişimi düşürmektedir.
- iv. Deney sonunda, sönmüş kireç katkısının killerin şişme potansiyelinin kontrolünde başarıyla kullanılabilceği, bu katkının % 3 seviyesinden

sonra etkili olduğu ve etkinin yüksek enerji seviyelerinde nispi olarak daha yüksek görüldüğü belirlenmiştir.

- v. Kuru yöntemle uygulanan sönmüş kireç katkısının etkisi; kirecin zemin içinde üniform dağılmaması nedeniyle, değişken olmaktadır. Bu durum, kuru yöntemle sönmüş kireç katkısı uygulamasının bir eksikliği olarak değerlendirilebilir.

### ***KATKI BELİRTME***

Bu çalışma Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsünde bir Yüksek Lisans Tezi olarak yapılmış çalışmanın bir kısmını oluşturmaktadır.

### ***KAYNAKLAR***

- [1] F.H. Chen, “*Foundation on Expansive Soils*”, American Elsevier Science Publication, New York, 1988.
- [2] D.A. Jones, and K.A. Jones, “*Treating Expansive Soils*”, *Civil Engineering*, V.57, N.8, ASCE, 1987.
- [3] A.A.Al-Rawas, R.Taha, J.D.Nelson, T.B.Al-Shap, and H. Al-Siyabi, “A comparative evaluation of various additives used in the stabilization of expansive soils,” *Geotechnical Testing Journal*, GTJODJ, Vol. 25, No.2, pp. 199-209, 2002.
- [4] A.A. Basma, A.S. Al-Hamoud, A. Husein, “Laboratory assessment of swelling pressure of expansive soils,” *Applied Clay Science 9*, pp.355-365, 1995.
- [5] Y. Du, S. Li, S. Hayashi, “Swell –shrinkage properties and soil improvement of compacted expansive soil, Ning-Liang Highway, China”, *Engineering Geology 53*, pp.351-358, 1999.
- [6] B. Shi, H. Jianh, Z. Liu, H.Y. Fang, “Engineering Geological Characteristics of expansive soils in China”, *Engineering Geology 67*, pp.63 – 71, 2002.
- [7] H. Tosun, ve H. Kırmızıtaş, "Harran Killerinin Şişme Potansiyeli ve Bölgede İnşa Edilecek Su Yapıları İçin Önemi", Dolgu Barajlar Yönünden Zemin Mekaniđi Problemleri Sempozyumu, 20-25 Eylül 1993, Gümüldür,

Bildiri kitabı, s:313-327.

- [8] H. Tosun, M. Türköz, İ.Zorluer, ve A. Arslan, “Sıkışma Kontrolü İle Şişme Potansiyelinin Önlenmesi ve Harran Killerinde (V.kısım) Yapılan Uygulamalar” 3.GAP Mühendislik Kongresi, 24-26 Mayıs 2000, Şanlıurfa, Bildiriler kitabı, s.425-432.
- [9] F.G Bell, “Stabilization and treatment of clayey soils with lime”, *Part I- Basic Principles, Ground Engineering*, 21(1), pp.10-15, 1988a.
- [10] J.D. Nelson, and J.D. Miller, “*Expansive Soils-Problems and Practice in Foundation and Pavement Engineering*”, J.Willey and Sons, New York, 1992.
- [11] T.W. Lambe, “*Soil Stabilization*” Chapter Four of *Foundation Engineering*, G.A. Leonards (ed), McGraw-Hill, New York, 1962.