

Atf İçin: Zaimoğlu A Ş, Ayık Kılıç E, Artuk F, 2022. Kaya Tuzu Ortamının Enjeksiyon Sıvısı Serbest Basınç Mukavemeti Üzerindeki Etkilerinin Araştırılması. İğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 12(2): 833-842.

To Cite: Zaimoğlu A Ş, Ayık Kılıç E, Artuk F, 2022. The Investigation of Effects of Rock Salt Stratum on Grout Unconfined Compressive Strength. İğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 12(2): 833-842.

Kaya Tuzu Ortamının Enjeksiyon Sıvısı Serbest Basınç Mukavemeti Üzerindeki Etkilerinin Araştırılması

Ahmet Şahin ZAIMOĞLU¹, Elif AYIK KILIÇ^{2*}, Fatih ARTUK¹

ÖZET: Tünel inşaatı, ankraj ve benzeri arazi uygulamalarında enjeksiyon işlemi sırasında kaya tuzu ortamları ile karşılaşılması muhtemeldir. Bu tür ortamlarda, kaya tuzlarının enjeksiyon sıvısının serbest basınç mukavemeti üzerindeki etkileri literatürde kesin olarak belirtilmemiştir. Bu amaçla farklı su/çimento oranlarında (0.8-1.0-1.2 ve 1.4) hazırlanan enjeksiyon sıvıları ile silindirik numuneler (38mm x 76mm) üretilmiştir. Ayrıca kaya tuzu ortamlarında yapılan enjeksiyon uygulamalarında, bu ortamın enjeksiyon sıvısının mukavemeti üzerindeki etkisini belirlemek için silindirik şeffaf kalıplara (100mm x 200mm), $D_r=65\%$ rölatif sıklıkta granüler kaya tuzu yerleştirilmiştir. Daha sonra bu numunelere her bir su/çimento oranı için hazırlanan enjeksiyon sıvıları, özel bir düzenele enjekte edilmiştir. Hazırlanan tüm numuneler 28 gün uygun hava ve su kürlerinde bekletildikten sonra serbest basınç mukavemetleri belirlenmiştir. Laboratuvarda yapılan deney sonuçlarına göre enjekte edilmiş kaya tuzu numunelerinde su küründe mukavemet elde edilemezken en yüksek serbest basınç mukavemeti hava küründe 0.8 su/çimento oranında 12.52 MPa olarak elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Enjeksiyon, enjeksiyon sıvısı, kaya tuzu, serbest basınç mukavemeti

The Investigation of Effects of Rock Salt Stratum on Grout Unconfined Compressive Strength

ABSTRACT: Rock salt stratum is likely to be encountered during the injection process in tunnel construction, anchorage and similar in situ applications. In such stratum, the effects of rock salts on the unconfined compressive strength of the grout have not been clearly stated in the literature. For this purpose, cylindrical samples (38 mm x 76 mm) were produced with grout prepared at different water/cement ratios (0.8-1.0-1.2 and 1.4). In addition, granular rock salt was placed in cylindrical transparent molds (100mm x 200mm) with a relative density of $D_r = 65\%$ in order to determine the effect of this stratum on the strength of the grout in injection applications made in rock salt stratum. Then, grouts prepared for each water/cement ratio were injected into these samples with a special mechanism. The unconfined compressive strengths of the produced samples were determined after they were cured in appropriate air and water conditions (28 days). According to the test results in laboratory, while no strength could be obtained in the water cure in injected rock salt samples, the highest unconfined compressive strength was obtained as 12.52 MPa at water/cement ratio of 0.8 in air cure.

Keywords: Injection, grout, rock salt, unconfined compressive strength

¹Ahmet Şahin ZAIMOĞLU ([Orcid ID: 0000-0001-5245-0212](https://orcid.org/0000-0001-5245-0212)), Fatih ARTUK ([Orcid ID: 0000-0003-4798-9277](https://orcid.org/0000-0003-4798-9277)), Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Erzurum, Türkiye

² Elif AYIK KILIÇ ([Orcid ID: 0000-0001-5540-8247](https://orcid.org/0000-0001-5540-8247)), Erzurum Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Erzurum, Türkiye

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Elif AYIK KILIÇ, e-mail: elif.ayik@erzurum.edu.tr

GİRİŞ

Kaya tuzları, deniz ya da kapalı iç havzaların jeolojik devirlerde buharlaşması sonucu meydana gelmektedir. Kaya tuzlarının ana mineral bileşeni halittir (Küçükaytan, 2007). Kaya tuzları içerisine giren yabancı maddelerin (kil vb.) oranları bakımından deniz tuzları ile farklılıklar arz ederken kil tuza farklı renkler verebilmektedir. Türkiye’de kaya tuzu madenleri genellikle gri renkte olup, bazı kaya tuzları ise siyaha yakın renktedirler (Anonim, 2020). Kaya tuzuna ait bir görsel Şekil 1’de gösterilmektedir (Anonim, 2021). Kaya tuzunun en yaygın tipi halit olmasına karşın silvit, kalsit, dolomit, anhidrit ve jips gibi mineralleri de içermektedir. (Ayanoglu, 2019)



Şekil 1. Kaya tuzu (Anonim, 2021)

Enjeksiyon, katkılı stabilizasyon yöntemi olup boşlukların, çatlakların ya da gözeneklerin içerisine, enjeksiyon sıvılarının enjeksiyonu veya zemin-çimento birleşimini oluşturmak için zemin içerisine yüksek basınçla çimento karışımlarının enjekte edilmesi olarak tanımlanmaktadır (Kim ve Lee, 2000). Giderek kullanımı ve kullanım alanları yaygınlaşan enjeksiyon, inşaat mühendisliğinde birçok uygulama alanına sahiptir (Ayık Kılıç, 2020). Enjeksiyon tünel kazısı esnasında; gevşek zeminlerin ve parçalı kayaların stabilizasyonunda, yüzeydeki ya da yakın alanlardaki yapılarda meydana gelebilecek oturmaların engellenmesinde, destek elemanları oluşturulmasında (püskürtme beton, enjeksiyonlu bulon uygulaması ve çelik hasır), ankraj çubuklarının sabitlenmesinde, tünel yüzey betonu ile kaya arasındaki boşlukların doldurulmasında, tünel inşası esnasında kayalarda var olan çatlakların doldurulmasında kullanılabilir (Tunçdemir, 2004).

Wakeley ve Burkes (1986) tarafından yapılan bir çalışmada, yarı saf kaya tuzu (>%90 Halit) ile yarı çimento bazlı enjeksiyon sıvısı ve yarı anhidrit ile yarı çimento bazlı enjeksiyon sıvısı ile silindirik numuneler oluşturulmuş ve yapılan deneyler sonucunda halit ile oluşturulan numunenin daha fazla mukavemet verdiği belirlenmiştir. Tan ve ark. (2014) tarafından yapılan çalışmada belli sıklıktaki zemin örneklerine bentonit, silis dumanı ve uçucu kül katkılı çimento esaslı enjeksiyon sıvıları enjekte edilerek numunelerin serbest basınç mukavemeti incelenmiştir. Yapılan çalışma sonucunda enjeksiyon sıvıları üzerinde en etkili parametrenin silis dumanının olduğu en az etkili parametrenin ise bentonit olduğu ifade edilmiştir. Yang ve Luo (2012) beton numuneleri üzerinde NaCl ve NaSO₄ tuzlarının etkisini araştırmışlar ve betondaki klor iyonları, sülfat iyonlarının neden olduğu beton bozulmalarını azaltabileceğini ve/veya geciktirebileceğini belirtmişlerdir.

Akbulut ve Sağlamer (2002) enjekte edilebilirliğin tahmini için ampirik bir formül oluşturmak amacıyla enjeksiyon deneyleri yapmışlardır. Bu enjeksiyon deneyleri sonucunda, zeminin enjekte edilebilirliğinin; rölatif sıklığa, zeminin dane boyutuna, çimento dane boyutuna, enjeksiyon harcının su/çimento (S/Ç) oranına, ince tane içeriğine ve enjeksiyon basıncına bağlı olduğu belirlenmiştir. Popp ve Kern (2001) kaya tuzu numunelerinin, hidrostatik yükleme altında P ve S dalga hızları ve gaz geçirgenliğine bakmışlardır. Yapmış oldukları çalışmalar sonucunda hidrostatik yükleme sonucunda geçirimsizliğin azaldığını ve P ve S dalga hızlarında önemli artışın meydana geldiğini belirtmişlerdir. Chegbeleh ve ark. (2014) tarafından yapılan çalışmada nükleer atıkların bertarafı için oluşturulan bariyer sistemlerindeki mikro çatlakların giderilmesi amacıyla NaCl-Bentonit ve Ethanol-Bentonit karışımları oluşturulmuştur. Yapılan deney sonucunda NaCl-Bentonit karışımının daha yoğun kıvamda bile enjekte edilebilme yeteneğinin fazla olduğu belirtilmiştir.

Literatürde enjekte edilen ortamların mekanik özellikleri ile ilgili çok sayıda çalışma yapılmasına karşın kaya tuzu ortamına yapılan enjeksiyon sıvılarının serbest basınç mukavemeti ile ilgili çalışmalar yok denecek kadar azdır. Bu amaçla farklı su/çimento oranlarında (0.8-1.0-1.2 ve 1.4) hazırlanan enjeksiyon sıvıları ile 38mm çapında 76mm yüksekliğinde silindirik numuneler hazırlanmıştır. Ayrıca kaya tuzu ortamlarında yapılan enjeksiyon uygulamalarında bu ortamın enjeksiyon sıvısının mukavemeti üzerindeki etkisini belirlemek için 100mm çapında ve 200mm yüksekliğinde silindirik şeffaf kalıplara $Dr=65\%$ rölatif sıklıkta yerleştirilen granüler kaya tuzu içerisine her bir su/çimento oranı için hazırlanan enjeksiyon sıvıları özel bir düzenekle enjekte edilmiştir. Hazırlanan tüm numuneler 28 gün uygun hava ve su kürlünde bekletildikten sonra serbest basınç mukavemetleri belirlenmiştir.

MATERYAL VE METOT

Çalışmada Erzurum Aşkale Çimento Fabrikası'ndan alınan CEM I 42.5 R türü çimento kullanılmıştır. Çimentoya ait üretici firmadan alınan fiziksel ve kimyasal özellikler Çizelge 1' de verilmiştir.

Çizelge 1. Çimentoya ait üretici firmadan alınan fiziksel ve kimyasal özellikler

Fiziksel Özellikler	
Priz Başlama Süresi	≥ 60 dakika
Genleşme	≤ 10 mm
2 Günlük Mukavemet	≥ 20.0 MPa
28 Günlük Mukavemet	≥ 42.5 MPa ≤ 62.5 MPa
Kimyasal Özellikler	
Kükürt Trioksit (SO ₃)	≤ 4.0
Klorür (Cl)	≤ 0.1
Kızdırma kaybı	≤ 5.0
Çözünmeyen kalıntı	≤ 5.0
Diğer Özellikler	
Özgül Yüzey (Blaine)	3400 – 3900 cm ² gr ⁻¹
Yoğunluk	3.00 - 3.15 grcm ⁻³

Enjeksiyon sıvılarında karışım suyu olarak şebeke suyu kullanılmıştır.

Çalışmada kullanılan kaya tuzu özel bir firmadan temin edilmiştir. Kaya tuzuna ait bazı fiziksel özellikler Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Kaya tuzunun bazı fiziksel özellikleri

Fiziksel Özellikleri	Değer
Yoğunluk (γ)	20 kNm ⁻³
Maksimum kuru yoğunluk (γ_{kmax})	13.3 kNm ⁻³
Minimum kuru yoğunluk (γ_{kmin})	11.1 kNm ⁻³
Maksimum boşluk oranı (e_{max})	%0.81
Minimum boşluk oranı (e_{min})	%0.5

Enjeksiyon Numunelerinin Hazırlanması

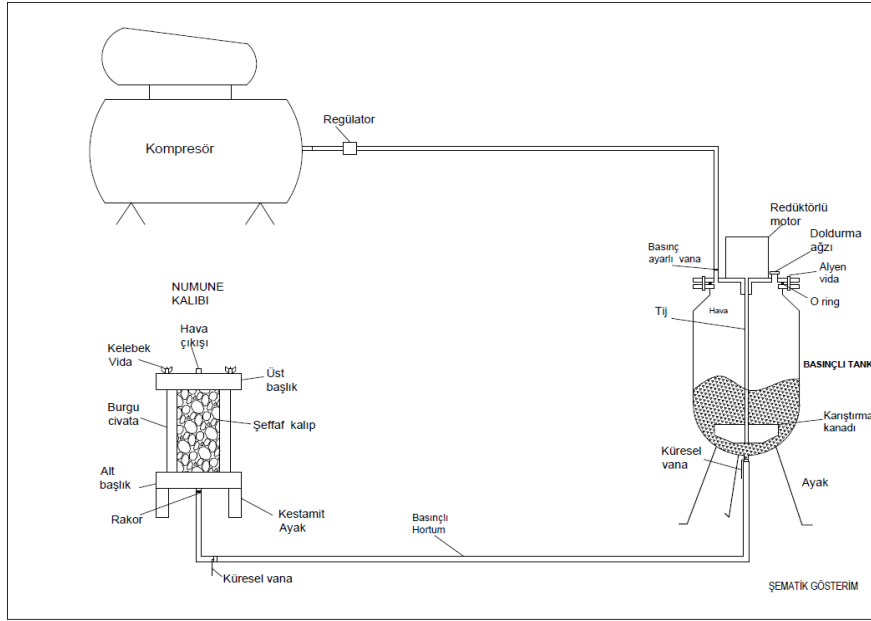
Hazırlanan enjeksiyon sıvıları çimento esaslı olup ASTM C 305-06'ya uygun olarak, sırasıyla dört farklı su/çimento (S/Ç) oranlarında 0.8-1.0-1.2 ve 1.4 hazırlanmıştır. Her bir farklı S/Ç oranı için hazırlanan enjeksiyon sıvıları 38mm x 76mm silindirik kalıplar içerisine dökülerek enjeksiyon numuneleri (EN) elde edilmiştir (Şekil 2). Enjeksiyon numunelerinin 28 günlük hava (24° C ve %39 nem) ve su (20° C, kirece doymun) kürü dayanımlarını belirlemek için her bir enjeksiyon sıvısından altışar adet (3 adet hava kürü, 3 adet su kürü) numune üretilmiş ve değerlendirmelerde ortalama değerleri kullanılmıştır.



Şekil 2. Enjeksiyon numuneleri

Enjekte Edilen Kaya Tuzu Numunelerinin Hazırlanması

Enjekte edilen kaya tuzu numunelerinin (EKTN) hazırlanmasında, özel olarak imal edilmiş enjeksiyon düzeneği kullanılmıştır. Enjeksiyon düzeneği; kompresör, enjeksiyon sıvısının homojen olmasını sağlamak amacıyla hızı ayarlanabilir mikserin olduğu 15 bar basınçta dayanıklı basınçlı tank, 12 kanal dağıtıcı ve 15 bar basınçta dayanıklı 100mm çapında 200mm yüksekliğinde olan silindirik şeffaf kalıplarından oluşmaktadır (Şekil 3).



Şekil 3. Enjeksiyon deney düzeneği

Granül kaya tuzu, basınca dayanıklı şeffaf numune kalıplarına $D_r=65\%$ rölatif sıklıkta yerleştirilmiştir. Hazırlanan enjeksiyon sıvısı basınçlı enjeksiyon tankı içerisine konulmuştur. Enjeksiyon sıvısının homojen olması ve topaklanmaması için mikser sabit bir hızda enjeksiyon işlemi süresince çalıştırılmıştır. Hazır hale gelen enjeksiyon sıvısı şeffaf kalıplara yerleştirilen granüler kaya tuzunun içerisine 1 atm basınç altında (Çelik, 2017; Zaimoğlu, 2003) alttan yukarıya doğru enjekte edilmiştir. Enjeksiyon işleminin başarılı olup olmadığı şeffaf kalıplardan takip edilmiştir. Bu işlem farklı S/Ç oranlarında (0.8-1.0-1.2 ve 1.4) hazırlanan her bir enjeksiyon sıvısı için tekrar edilmiştir (Şekil 4). Enjeksiyonlu numuneler prizini aldıktan sonra şeffaf kalıplardan çıkarılarak kür işlemine tabi tutulmuştur. Her bir enjeksiyon sıvısı için altışar adet (3 adet hava kürü, 3 adet su kürü) enjekte edilmiş kaya tuzu numunesi hazırlanarak hava (24°C ve %39 nem) ve su (20°C , kirece doymun) küründe 28 gün bekletilmiştir (Şekil 5, Şekil 6).



Şekil 4. Enjeksiyon işlemi



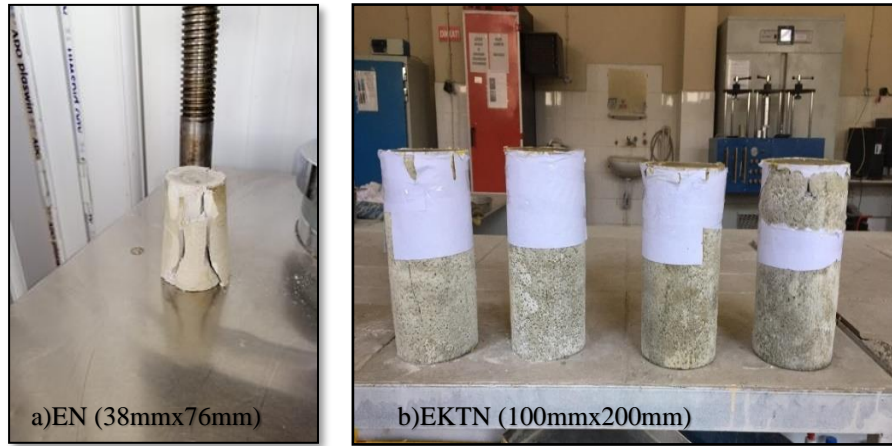
Şekil 5. Hava kürüne bırakılan numuneler



Şekil 6. Su kürüne bırakılan numuneler

Serbest Basınç Deneyi

Kür sürelerini tamamlayan enjeksiyon numuneleri (EN) Atatürk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Zemin Mekaniği Laboratuvarında, enjekte edilmiş kaya tuzu numuneleri (EKTN) ise Atatürk Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Yapı Laboratuvarında, ASTM C942/C942M-21 ve ASTM D1633-17 'ye uygun olarak serbest basınç deneyine tabi tutulmuştur. Serbest basınç deneyine tabi tutulan enjeksiyon numuneleri ve enjekte edilmiş kaya tuzu numunelerine ait görsel Şekil 7'de gösterilmiştir.



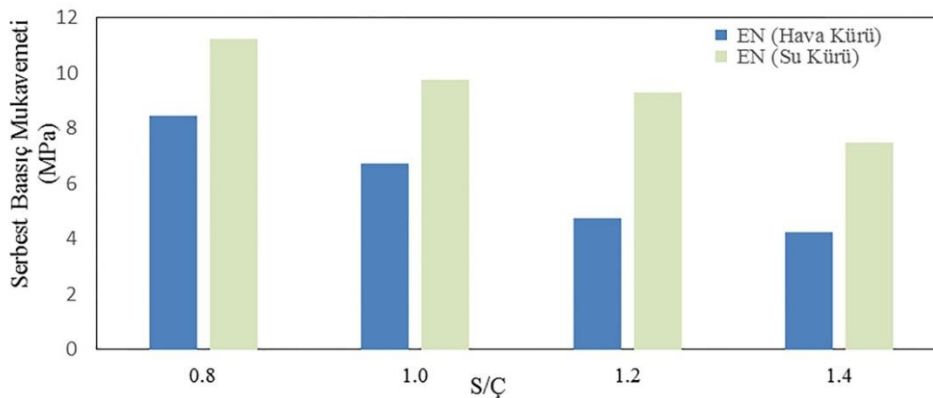
Şekil 7. Serbest basınç deneyi (EN ve EKTN)

BULGULAR VE TARTIŞMA

Enjeksiyon numunelerinin serbest basınç dayanım deneyi sonuçlarından elde edilen serbest basınç mukavemeti değerleri Çizelge 3’de verilmiş, bu değerler kullanılarak çizilen grafik ise Şekil 8’de gösterilmiştir.

Çizelge 3. Serbest basınç mukavemeti değerleri (Enjeksiyon numuneleri)

Enjeksiyon Numunesi	S/Ç	Serbest Basınç Mukavemeti (MPa)							
		Hava Kürü				Su Kürü			
		1. Numune	2. Numune	3. Numune	Ortalama	1. Numune	2. Numune	3. Numune	Ortalama
EN1	0.8	7.25	8.22	9.9	8.46	10.63	12.60	10.48	11.24
EN2	1.0	7.77	5.35	8.05	7.05	10.60	9.74	8.90	9.75
EN3	1.2	5.11	5.51	3.62	4.74	9.27	9.80	8.82	9.3
EN4	1.4	2.98	4.09	5.64	4.24	7.37	6.59	8.53	7.5



Şekil 8. Serbest basınç mukavemeti (Enjeksiyon numunesi)

Çizelge 3 incelendiğinde en yüksek dayanım su kürü S/Ç=0.8 numunesinde 11.24 MPa olarak, en düşük dayanım ise hava kürü S/Ç=1.4 numunesinde 4.24 MPa olarak elde edilmiştir.

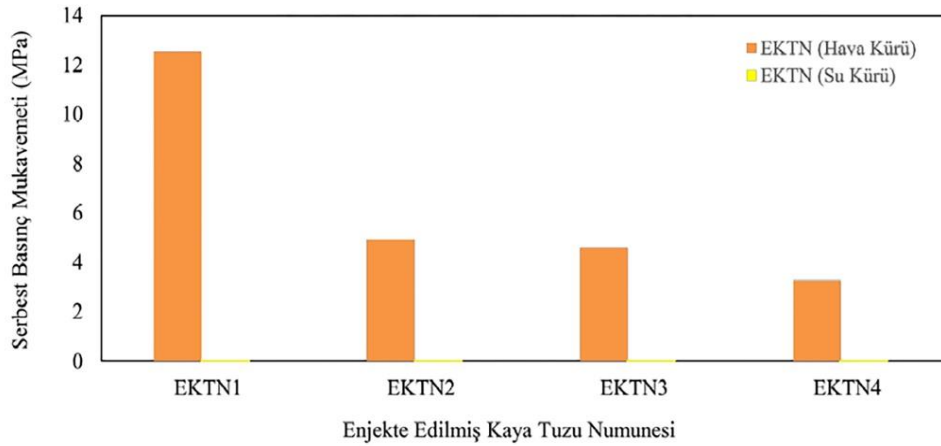
Şekil 8 incelendiğinde S/Ç oranı arttıkça, beklenildiği üzere enjeksiyon sıvılarının hava ve su küründe serbest basınç mukavemetlerinin azaldığı görülmektedir. Bu durum literatür ile benzerlik arz etmektedir (Gökdemir, 1999; İnal, 2015). Ayrıca su kürüne maruz bırakılan numunelerin daha yüksek basınç dayanımları verdiği Şekil 8’den belirlenmiştir. Bu nedenle enjeksiyon sıvılarının, enjekte

edildiği ortamlarda su bulunmayacağından bu tür numunelerin hava küründeki serbest basınç mukavemetinin tasarımlarda dikkate alınmasının daha doğru olacağı kanaatine varılmıştır.

Enjekte edilmiş kaya tuzu numunelerinin (hava kürü) serbest basınç mukavemeti deneyi sonuçlarından elde edilen serbest basınç mukavemeti değerleri Çizelge 4’de verilmiş, bu değerler kullanılarak çizilen grafik ise Şekil 9’da gösterilmiştir. Enjekte edilmiş kaya tuzu numunelerinin su küründe mukavemet elde edilememiş ve numuneler dağılmıştır.

Çizelge 4. Serbest basınç mukavemeti değerleri (Enjekte edilmiş kaya tuzu numuneleri)

Enjekte Edilmiş Kaya Tuzu Numunesi	S/Ç	Serbest Basınç Mukavemeti (MPa) (Hava Kürü)			
		1. numune	2. numune	3. numune	Ortalama
EKTN1	0.80	12.81	12.31	12.45	12.52
EKTN2	1.00	4.38	4.91	5.49	4.93
EKTN3	1.20	4.60	4.80	4.36	4.59
EKTN4	1.40	3.28	3.21	3.32	3.27

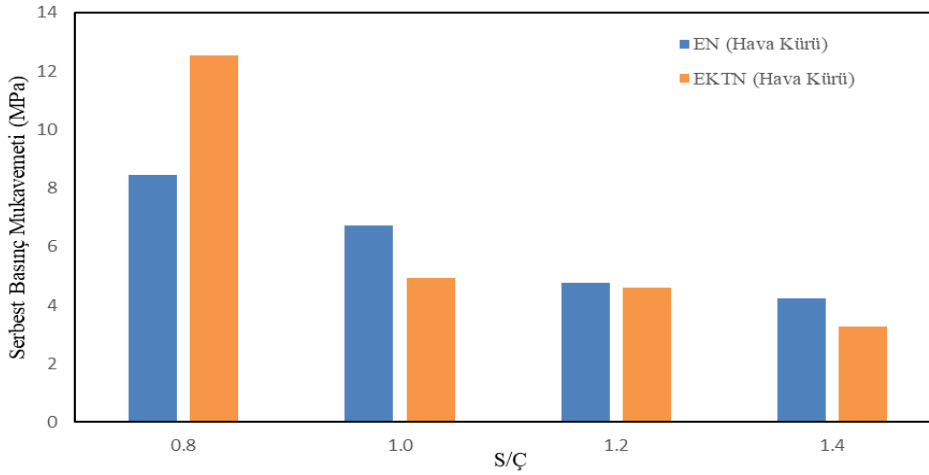


Şekil 9. Serbest basınç mukavemeti (Enjekte edilmiş kaya tuzu numuneleri)

Şekil 9 incelendiğinde hava küründe beklenen EKTN’lerin serbest basınç mukavemeti enjeksiyon sıvısının S/Ç oranının artmasıyla azaldığı görülmektedir. Yine Şekil 9’da su küründe beklenen EKTN’ler serbest basınç mukavemeti deneyinde dağıldığı için serbest basınç mukavemetleri 0 (sıfır) olarak alınmıştır.

Çizelge 4 ve Şekil 9 birlikte incelendiğinde enjekte edilmiş kaya tuzu numunelerinde en yüksek mukavemet EKTN1 numunesinde 12.52 MPa olarak elde edilmiştir. Enjekte edilmiş kaya tuzu numunelerinde S/Ç oranı arttıkça serbest basınç mukavemetin azaldığı görülmektedir. Bu sonuç İnal (2015), Gökdemir (1999), Akbulut ve Sağlamer’in (2002) yapmış oldukları çalışmalar ile paralellik arz etmektedir. Bu çalışmalarda S/Ç oranının artmasıyla enjeksiyonlu numunelerin serbest basınç mukavemetinin azaldığını belirtmiştir.

Aynı S/Ç oranında EN ve EKTN’nin hava kürü sonucunda elde edilen serbest basınç mukavemeti değerleri grafiği toplu olarak Şekil 10’ da gösterilmiştir.



Şekil 10. S/Ç oranı- Serbest basınç mukavemeti ilişkisi (Hava kürü)

Şekil 10'da görüleceği üzere kaya tuzu, düşük S/Ç oranında hazırlanan enjeksiyon sıvılarının serbest basınç mukavemetinde olumlu yönde etki yaparken, yüksek S/Ç oranlarında olumsuz yönde etki etmektedir. Bu sonuca düşük S/Ç oranında (0.8) hazırlanan enjeksiyon sıvısında su miktarının az olması, dolayısıyla kaya tuzunun çözünmesi için yeteri kadar sürenin geçmemesinin neden olduğu düşünülmektedir. Yani hidratasyon için kullanılan su, hızlı bir şekilde tüketildiğinden dolayı kaya tuzu ile teması çok az olmaktadır. Buna ilaveten çimentonun hidratasyon ürünlerine bağlanmayan su miktarı düşük olduğunda, kaya tuzunun dolgu malzemesi (granüler) olarak davranış göstermesinde mukavemete olumlu etki ettiği düşünülmektedir. Öte yandan yüksek S/Ç oranlarında dayanımın düşme nedeni ise ortamdaki suyun fazla olmasından dolayı yüksek çözünürlükteki tuz mineralinin oluşturduğu boşluk hacminin artmasından kaynaklanmaktadır.

SONUÇ

Çalışmada kaya tuzu ortamlarına yapılan enjeksiyon işlemi sonucunda enjeksiyon sıvısı mukavemetinin nasıl değiştiğini belirlemek amacıyla laboratuvarında bir seri enjeksiyon işlemi ve serbest basınç mukavemeti deneyleri yapılmış ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- Enjeksiyon numunelerinin hem hava hem su küründe su/çimento oranı arttıkça, mukavemet azalmıştır.
- Enjeksiyon numuneleri su küründe daha yüksek dayanım vermiştir. Ancak arazideki enjeksiyon uygulamalarında su kürü yapılamayacağından hava küründeki serbest basınç mukavemeti değerlerinin tasarımı dikkate alınması önerilmektedir.
- Hava küründe bekletilen enjekte edilmiş kaya tuzu numunelerinde su/çimento oranının artmasıyla serbest basınç mukavemeti azalmıştır.
- Kaya tuzu yüksek S/Ç oranlarında enjeksiyon sıvısının mukavemetini düşürmüştür.
- Su küründe bekletilen enjekte edilmiş kaya tuzu numunelerinde serbest basınç mukavemeti elde edilememiştir.
- Çalışma sonuçları göz önüne alındığında, uygulamada kaya tuzu (Halit) ortamının olması muhtemel arazilerde, yüzeye yakın ve su ile temasın olduğu bölgelerde enjeksiyon yapılırken daha dikkatli davranılması gerektiği söylenebilir.

TEŞEKKÜR

Çalışma Atatürk Üniversitesi BAP Koordinatörlüğü tarafından FYL- 2020-8223 proje numarası ile desteklenmiştir.

Çıkar Çatışması

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Yazar Katkısı

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

KAYNAKLAR

- Akbulut S, Sağlamer A, 2002. Estimating the Groutability of Granular Soils: A New Approach. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 17(4): 371-380.
- Anonim, 2020. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü. <https://www.mta.gov.tr/v3.0/bilgimerkezi/kayatuzu> (Erişim Tarihi: 28.11.2020).
- Anonim, 2021. Halit (Kaya Tuzu) (jemad.com.tr/) (Erişim Tarihi:10.02.2021).
- ASTM C305-06, Standard Practice for Mechanical Mixing of Hydraulic Cement Pastes and Mortars of Plastic Consistency.
- ASTM C942/C942M-21, Standard Test Method for Compressive Strength of Grouts for Preplaced-Aggregate Concrete in the Laboratory.
- ASTM D1633-17, Standard Test Methods for Compressive Strength of Molded Soil-Cement Cylinders.
- Ayanoğlu S, 2019. Bir Yeraltı Kaya Tuzu Madenindeki Toz Maruziyet Risklerinin Değerlendirilmesi, İstanbul Yeni Yüzyıl Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi.
- Ayık Kılıç E, 2020. Kaya Tuzlarının Enjeksiyon Sıvıları Üzerindeki Etkileri, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (Basılmış).
- Chegbeleh L.P, Yidana S.M, Nishigaki M, and Achampong F, 2014, Comparative Study on the Application of Ethanol-Bentonite Slurry and Salt-Bentonite Slurry as Effective Injection Materials for Barrier Sealing, *Applied Clay Science*, 87. 40-45.
- Çelik S, 2017. An Experimental Investigation of Utilizing Waste Red Mud in Soil Grouting. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 21 (4): 1191-1200.
- Gökdemir A, 1999. Mikro Daneli Çimento Enjeksiyonu Uygulanmış Kum Örneklerinin İnceliğe Bağlı Mekanik ve Dayanım Özellikleri, Fen Bilimleri Enstitüsü. Niğde Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi.
- İnal E, 2015. Zeminlerin Taşıma Gücünün Çimento Enjeksiyonu İle İyileştirilmesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Fırat Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi.
- Kim T, Lee C, 2000. Deformation Behavior Changes Of Jointed Rocks By Cement Milk Grouting. *ISRM International Symposium*, Melbourne Australia.
- Küçükaytan B, 2007. Masif Kaya Tuzunda Depo Tasarımı Amaçlı Kuramsal Yaklaşım ve Fiziksel Çalışmalar, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Popp T, Kern H, 2001. Evolution of Dilatancy and Permability in Rock Salt During Hydrostatic Compaction and Triaxial Deformation. *Journal of Geophysical Research*, 4061-4078.
- Tan O, Gungormus G, Zaimoglu A. S, 2014. Effect of Bentonite. Fly Ash and Silica Fume Cement Injections on Uniaxial Compressive Strength of Granular Bases. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 18 (6). 1650-1654.
- Tunçdemir F, 2004. Temel Zeminlerinin Enjeksiyon Tekniğiyle İyileştirilmesi. *Türkiye Mühendislik Haberleri*, 430.
- Yang D.Y, Luo J.-J, 2012. The Damage of Concrete Under Flexural Loading and Salt Solution. *Construction and Building Materials*, 36: 129-134.
- Wakeley L.D, Burkes J.P, 1986. Distribution of Chloride in A Salt-Saturated Grout in Contact With Halite Rock. *Cement and Concrete Research.*, 16 (3): 267-274.
- Zaimoğlu A, 2003. Bentonit Uçucu Kül ve Silis Dumanı Katkılı Çimento Enjeksiyonu Karışımlarında Fiziksel ve Mekanik Özelliklerin Taguchi Optimizasyon Yöntemi ile İncelenmesi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.