

# ÇOK İNCE TANELİ ÇİMENTO (RHEOCEM 900) ENJEKSİYONU İLE FARKLI GRADASYONA SAHİP KUMLARIN ENJEKTE EDİLEBİLİRLİĞİ

**Erhan TEKİN ve Murat MOLLAMAHMUTOĞLU**

İnşaat Müh. Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Gazi Üniversitesi, Ankara  
[etekin@gazi.edu.tr](mailto:etekin@gazi.edu.tr), [mmolla@gazi.edu.tr](mailto:mmolla@gazi.edu.tr)

(Geliş/Received: 14.07.2009 ; Kabul/Accepted: 06.04.2010)

## ÖZET

Bu çalışmada, çok ince taneli çimento (Rheocem 900) süspansiyonu ile farklı gradasyonlara sahip kumların enjekte edilebilirliği laboratuvar deneyleriyle araştırılmıştır. Enjekte edilebilirlik süspansiyonun reolojik özellikleri, enjeksiyon basıncı, zeminin tane çapı dağılımı, zeminin relatif sıkılığı ve ince tane miktarı ile değişir. İnce, orta ve iri kumlardan oluşan ve ince kum yüzdesi (İKY) 10, 15, 20, 25 ve 30 olan numunelere, su/çimento (s/ç) oranı 0.8, 1.0, 1.2 olan süspansiyonların enjeksiyon deneyleri yapılmıştır. Deney sonuçlarına göre literatürdeki enjekte edilebilirlik ilişkilerinin başarısı araştırılmıştır. Sonuç olarak ince kum yüzdesinin ve s/ç oranının enjekte edilebilirliği kontrol eden önemli etkenlerden olduğu görülmüştür.

**Anahtar Sözcükler:** enjeksiyon, enjekte edilebilirlik, gradasyon, ince taneli çimento, kum

## THE GROUTABILITY OF MICROFINE CEMENT (RHEOCEM 900) GROUTS INTO VARIOUS GRADED SANDS

### ABSTRACT

In this study, groutability of the microfine cement grouts (Rheocem 900) into sands having different particle size distributions is investigated by means of laboratory experiments. Groutability varies with rheological properties of suspension, grouting pressure, grain size distribution of soil, relative density, and fine content of soil. Fine, medium and coarse sands with different fine sand percentages of 10, 15, 20, 25, 30 are grouted with Rheocem 900 suspensions having water/cement (w/c) ratios of 0.8, 1.0, 1.2. The success of groutability ratios in the literature was investigated according to test results. As a result it was seen that fine sand percentage and w/c ratio are important factors that control the groutability.

**Keywords:** Grouting, groutability, gradation, microfine cement, sand

### 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Permeasyon enjeksiyonu, muhtemelen en eski ve geoteknik mühendisliğinde en çok kullanılan enjeksiyon türüdür [1]. Bu enjeksiyonda, zemin taneleri veya kaya yüzeyleri arasında kalan su ya da hava, süspansiyondan oluşmuş sıvı enjeksiyon malzemesi ile yer değiştirir. İşlem, zemin ya da kaya formasyonunun hidrolitik kırılmasını ve zeminin kabarmasını önleyecek biçimde seçilen basınca göre tasarlanır. Birçok enjeksiyon projesi farklı ve kendine özgün olmasına rağmen, çoğu permeasyon enjeksiyonu formasyonun mukavemetini arttırmak ve formasyon-

dan yeraltı suyu akışını azaltmak veya durdurmak amacıyla yapılır.

Permeasyon enjeksiyonlarının zemine zerk olması iki paralel işlemi barındırır: Permeasyon ve filtrasyon. Permeasyon, süspansiyon partiküllerinin geçirimli ortamdan taşıyıcı sıvı ile taşınmasıdır. Filtrasyon, permeasyonun tersi bir mekanizma olarak, içsel-granüler boşluk ortamına akan süspansiyon içerisindeki parçacıkların, depolanmasıdır. Enjeksiyonun fiziksel olarak zemine penetre olmasına ya da olmamasına, geçirgenli ortamın enjekte edilebilirliği (N) denir. Enjekte edilebilirlik kimyasal ve mekanik filtrasyona bağlı olmasına rağmen; hesaplanması

geleneksel olarak mekanik filtrasyon ile ölçülür [2]. Mekanik filtrasyona dayalı enjekte edilebilirlik kriteri zemin tane boyutu ve dağılımı ile süspansiyon içerisindeki partiküllerin boyutuna bağlıdır. Enjekte edilebilirlik, bazen pompalanabilirlik olarak da tanımlanır. Genelde enjekte edilebilirlik, çimentosal enjeksiyon malzemelerinde viskozite ve akma gerilmesinin reolojik özelliklerine dayanır. Özellikle akma gerilmesi, akışı başlatmak için gerekli olan basıncı ve enjeksiyonun ne kadar uzağa penetre olacağını belirler. Viskozite ise, enjeksiyon malzemesinin ne kadar hızlı penetre olacağını gösterir [2].

Genelde problem, mekanik filtrasyona dayalı enjekte edilebilirlik kriteri fiziksel olarak enjeksiyon malzemesinin zemine zerk olacağını gösterirken, uygulamada bu durumun tersi olarak, enjeksiyonun başarıyla sonuçlanmamasıdır. Yüksek basınçlar ve düşük parçacık konsantrasyonları kullanılması da fayda sağlamayabilir. Çünkü bu durum ya kırılmalara yol açar, ya da istenilen seviyede zemin iyileştirmesi sağlamaz. Netice olarak, başarılı olması beklenen enjeksiyon işlemi neden başarısız olmuştur sorusu ortaya çıkar. Bu durum süspansiyon partiküllerinin iyonik bağları ve zeta potansiyeli gibi kimyasal özelliklerinin sonucu olarak ince taneli çimento enjeksiyonunun enjekte edilebilirliğini etkilemesiyle açıklanabilir [2]. Bunun ötesinde, enjeksiyonun özellikleri ve davranışı, kimyasal reaksiyondan dolayı sabit değişim içerisinde.

Çimento bazlı enjeksiyonların penetre olabilirliği suya göre sınırlıdır. Bu süspansiyon içerisinde partiküllerin bulunmasındandır. Schwarz (1997) enjeksiyonun sınırlı penetre olabilirliğinin, hem mekanik hem de kimyasal filtrasyondan kaynaklanabileceğini göstermiştir [2]. Mekanik filtrasyon açısından Martinet (1998) üçten daha az partikül bir araya gelirse partikül açıklığının kararlı olduğunu kanıtlamıştır [3]. Bu Hansson'un (1995) laboratuvar deneylerine dayanan ampirik bulgularını açıklar [4]: Zeminin taneler arası açıklığının enjeksiyonun  $d_{95}$  tane boyutuna oranı, üçten büyük olan enjeksiyonlar iyi penetre olabilirlik yetisine sahiptir.

Çimento enjeksiyonlarının zemin içerisindeki boşluklara enjekte edilebilirliğini kontrol eden diğer etkenler ise, kullanılan enjeksiyon türü, su/çimento oranı ve hidrolik eğimdir. Enjekte olabilirliği tahmin etmekte başlangıç noktası olarak Hazen (De Beer, 1970) tarafından bir eşitlik geliştirilmiştir [5]. Bu yaklaşım zeminin  $d_{10}$ (cm) çapını bulup; aşağıdaki denklemde yerine koyarak enjekte edilebilirliği tahmin etmeye çalışmaktadır:

$$k = 116(0.7 + 0.034 t)(d_{10})^2 \quad (1)$$

Burada,  
k = Hidrolik iletkenlik, (cm/s)  
t = Sıcaklık, (°C)

$d_{10}$  = Elek analizinde elekten ağırlıkça % 10 geçen zemine karşılık gelen tane çapıdır (cm).

Hazen Denklemi (Eş. 1) zeminin hidrolik iletkenliğinin hesaplanmasını sağlar ve örselenmemiş kumlu zeminlerde uygulanması önerilir. Bu doğrultuda zeminin enjekte edilebilirliği hakkında şunlar söylenebilir [6]:

$k > 1 \times 10^{-1}$  cm/s ise, çimento enjeksiyonu ile enjekte edilebilir,  
 $k > 5 \times 10^{-3}$  cm/s ise, ince taneli çimento enjeksiyonu ile enjekte edilebilir,  
 $k > 1 \times 10^{-4}$  cm/s ise, solüsyon enjeksiyonu ile enjekte edilebilir.

Eş. 1'in yanısıra pratikliği açısından çimento enjeksiyonları için kullanılan enjekte edilebilirlik oranları şunlardır [7-8]:

$$N_{\alpha} = (D_{15})_{ze \min} / (D_{85})_{enjeksiyon} \quad (2)$$

Burada,  
 $D_{15}$  = Elek analizinde elekten ağırlıkça % 15 geçen zemine karşılık gelen tane çapı,  
 $D_{85}$  = Elek analizinde elekten ağırlıkça % 85 geçen enjeksiyon malzemesine karşılık gelen tane çapıdır.

Eğer  $N_{\alpha} > 24$  ise enjeksiyon sürekli mümkündür.  $N_{\alpha} < 11$  ise enjeksiyon mümkün değildir.  $11 < N_{\alpha} < 24$  ise, enjeksiyonun mümkün olup olmadığına arazi deneyleri yapılarak karar verilmelidir.

$N_{\alpha} > 24$  olması durumunda Eş. 2'ye ek olarak Eş. 3 kontrol edilmelidir:

$$N_{\beta} = (D_{10})_{ze \min} / (D_{95})_{enjeksiyon} \quad (3)$$

Burada,  
 $D_{10}$  = Elek analizinde elekten ağırlıkça % 10 geçen zemine karşılık gelen tane çapı,  
 $D_{95}$  = Elek analizinde elekten ağırlıkça % 95 geçen enjeksiyon malzemesine karşılık gelen tane çapıdır.

Eğer  $N_{\beta} > 11$  ise enjeksiyon sürekli mümkündür.  $N_{\beta} < 6$  ise enjeksiyon mümkün değildir.  $6 < N_{\beta} < 11$  ise, enjeksiyonun mümkün olup olmadığına arazi deneyleri yapılarak karar verilmelidir.

İncecik ve Ceren de (1995) enjekte edilebilirliği süspansiyon ve zeminin tane çaplarıyla ilişkilendiren bir yaklaşım getirmişlerdir [9]:

$$N_{\gamma} = (D_{10})_{ze \min} / (D_{90})_{enjeksiyon} \quad (4)$$

Burada,  
 $D_{10}$  = Elek analizinde elekten ağırlıkça % 10 geçen zemine karşılık gelen tane çapı,

$D_{90}$  = Elek analizinde elekten ağırlıkça % 90 geçen enjeksiyon malzemesine karşılık gelen tane çapıdır.

İncecik ve Ceren [9] yaklaşımına göre  $N_{\zeta} > 10$  ise enjeksiyon mümkündür.

Granüler zeminler için enjekte edilebilirliği belirleyen diğer bir yaklaşımda Akbulut ve Sağlamer (2002) tarafından ortaya koyulmuştur [10].

$$N_{\zeta} = \frac{(D_{10})_{ze\ min}}{(D_{90})_{enjeksiyon}} + k_1 \frac{s/\zeta}{FC} + k_2 \frac{P}{D_r} \quad (5)$$

Burada,

$D_{10}$  = Elek analizinde elekten ağırlıkça % 10 geçen zemine karşılık gelen tane çapı,

$D_{90}$  = Elek analizinde elekten ağırlıkça % 90 geçen enjeksiyon malzemesine karşılık gelen tane çapı,

$s/\zeta$  = su çimento oranı,

$FC$  = 0.6mm elekten geçen ince tane miktarı,

$P$  = Enjeksiyon basıncı, kPa,

$D_r$  = Relatif sıklık,

$k_1$  = Sabit değer, (0.5)

$k_2$  = Sabit değerdir (0.01 1/kPa).

Eğer  $N_{\zeta} > 28$  ise granüler zemin enjekte edilebilir.  $N_{\zeta} < 28$  ise enjeksiyon mümkün değildir. Verilen eşitliğin  $0 < FC < \%6$ ,  $0.8 < s/\zeta < 2$  ve  $50 < P < 200$  kPa değerleri arasında uygun sonuçlar verdiği belirtilmiştir.

Bu çalışmada literatürde varolan enjekte edilebilirlik ilişkilerinden yaygın olarak kullanılan ve kabul görmüş olan bağıntılar özetlenmiştir. Bağıntıların doğruluğunu araştırmak amacıyla model deneylerin yapılması planlanmıştır. Bu doğrultuda bir deney düzeneği geliştirilmiştir. Sonrasında ise farklı  $s/\zeta$  oranında hazırlanan süspansiyonlar farklı gradasyonlarda oluşturulan kum numunelere enjekte edilmeye çalışılmıştır. Sonuç olarak literatürde var olan enjekte edilebilirlik ilişkilerinin doğruluğu laboratuvar deneyleriyle araştırılmıştır.

## 2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR (EXPERIMENTAL STUDIES)

### 2.1. Enjeksiyon İçin Kullanılan Düzenek (Setup Apparatus for Grouting)

Deney düzeneği 5 adet mukavemet kalıbı, 3 adet permeabilite kalıbı, 1 adet mikserli enjeksiyon tankı ve enjeksiyon düzeneği bağlantılarından oluşmaktadır (Şekil 1 ve 2).

### 2.2. Deneylerde Kullanılan Kumun ve İnce Taneli Çimentonun Özellikleri (Properties of Sand and Microfine Cement Used in Experimental Studies)

Kumlar, ASTM standartlarına uygun elekler kullanılarak, #4-#10 (4.8mm-2.0mm) elek aralığında kalan numune iri kum; #10-#40 (2.0mm-0.43mm) elek aralığında kalan numune orta kum ve #40-#200 (0.43mm-0.075mm) elek aralığında kalan numune ince kum olmak üzere elenerek üç gruba ayrılmıştır. İnce, orta ve iri kum gruplarından oluşan zemin numuneleri, ince kum yüzdesi 10, 15, 20, 25 ve 30 olacak şekilde hazırlanmıştır. Üç kum grubundan oluşan numunelerde, eşit miktarda orta ve iri kum kullanılmıştır.



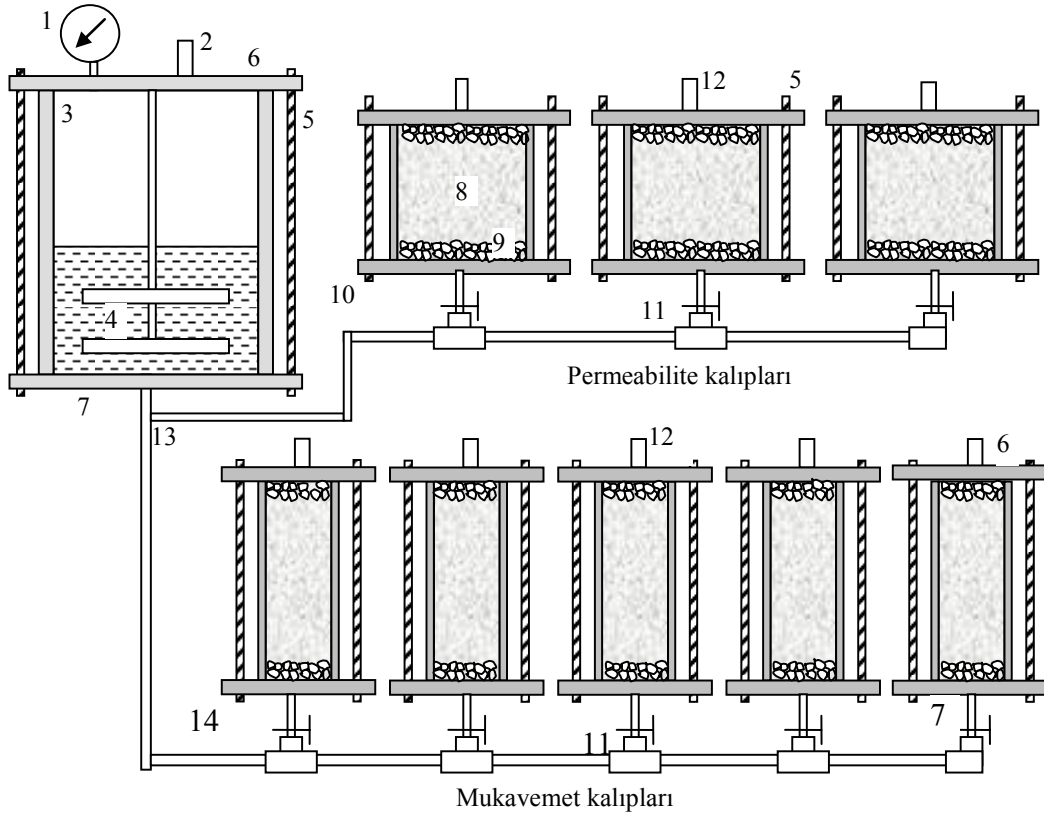
Şekil 1. Enjeksiyon deney düzeneği [11] (Grouting test setup)

Deneyisel çalışmada ince taneli çimento olarak, Rheocem 900 kullanılmıştır. Rheocem 900, portland çimentosu cürufunun değirmende öğütülmesiyle elde edilmiştir. Blaine değeri  $900 \text{ m}^2/\text{kg}$ 'dir. Yoğunluğu  $3000 \text{ kg}/\text{m}^3$ 'tür [12].

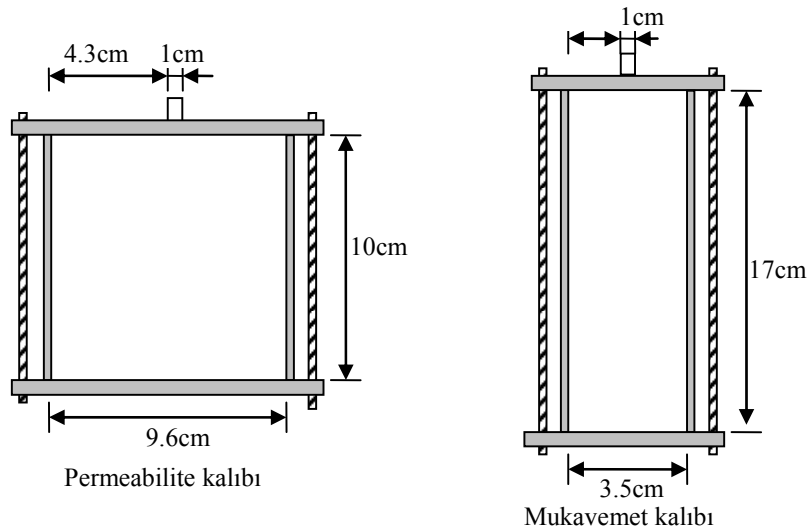
Deneylerde kullanılan ince taneli çimentoya (Rheocem 900) ait tane çapı dağılım analizi, G.Ü.M.M.F. Makina Mühendisliğinde bulunan, Mastersizer deney aleti kullanılarak yapılmıştır. Ayrıca İKY 10, 15, 20, 25 ve 30 olan kum numunelerin tane çapı dağılım analizi, G.Ü.M.M.F. İnşaat Mühendisliği Zemin Mekaniği Laboratuvarında yapılmıştır. Sonuçlar toplu halde Şekil 3'de gösterilmiştir.

### 2.3. Enjekte Edilebilirlik (Groutability)

Enjeksiyon deneylerine başlamadan önce moldlarının içi, enjeksiyon sonrasında numune çıkışını kolaylaştırmak amacıyla yağlanmıştır. Moldlarının alt rijit başlıklarına, önce geçirimsizliği sağlamak amacıyla lastik conta, sonra iri kumun enjeksiyon tesisatının içerisine dökülmemesi için naylon elek yerleştirilmiştir. Kum numunelerin relatif sıklıkları ( $D_r$ ) %30 olarak hazırlanmıştır ve birkaç deneme sonrasında enjeksiyon basıncı 100 kPa olarak seçilmiştir. Ortam sıcaklığı  $23 \text{ }^\circ\text{C}$  olarak ölçülmüştür. Sonrasında ise Tablo 1'de gösterilen enjeksiyon deneyleri gerçekleştirilmiştir.



- |                         |                             |
|-------------------------|-----------------------------|
| 1: Manometre            | 8: Kum                      |
| 2: Enjeksiyon girişi    | 9: İri kum                  |
| 3: Karıştırma tankı     | 10: Permeabilite kalıbı     |
| 4: Karıştırma pedalları | 11: Vana                    |
| 5: Saplama vıda         | 12: Enjeksiyon çıkış borusu |
| 6: Üst rijit başlık     | 13: Enjeksiyon tesisatı     |
| 7: Alt rijit başlık     | 14: Mukavemet kalıbı        |

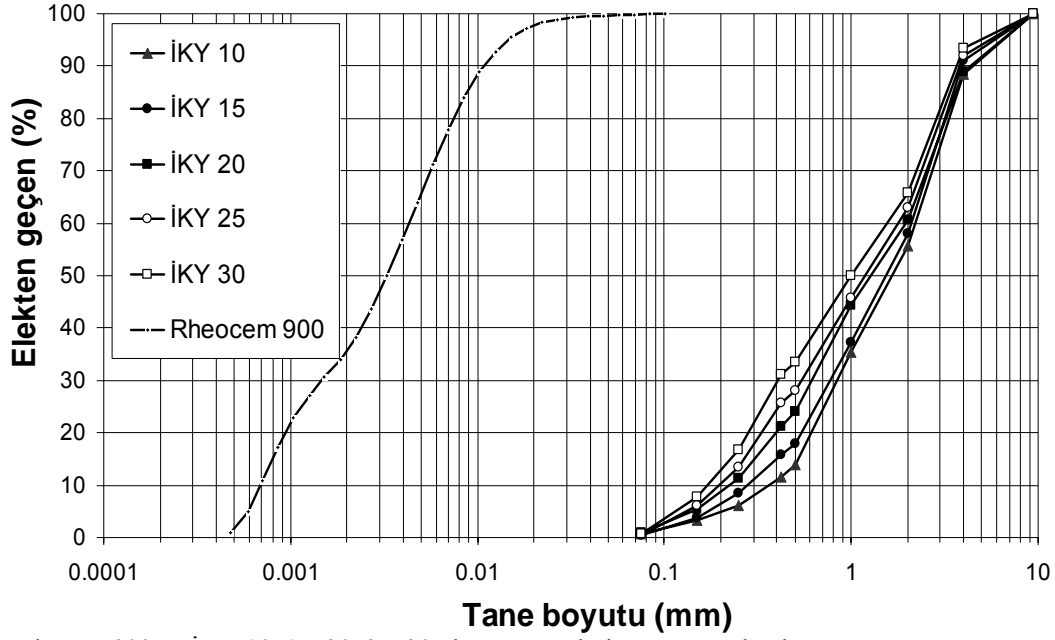


**Şekil 2.** Enjeksiyon deney düzeneğinin şematik gösterimi [11] (Schematic diagram of grouting test setup)

Enjekte edilebilirlik oranlarının bulunması amacıyla  $(D_{85})_{\text{süspansiyon}} = 0.0088 \text{ mm}$ ,  $(D_{90})_{\text{süspansiyon}} = 0.011 \text{ mm}$  ve  $(D_{95})_{\text{süspansiyon}} = 0.015 \text{ mm}$  olarak belirlenmiştir (Şekil 3). Eş. 1, Eş. 2, Eş. 3, Eş. 4 ve Eş. 5'deki

yaklaşımlara göre enjekte edilebilirlik oranları Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2 incelendiğinde 2, 3, 4, 6, 7, 8, 11, 12, 13 ve 14 nolu deneylerde Eş. 1'de belirtilen permeabilite



**Şekil 3.** Rheocem 900 ve İKY 10, 15, 20, 25, 30 olan numunelerin tane çapı dağılımı (Grain size distribution of sand samples and Rheocem 900)

neticesinde aşınma direncinde meydana gelen değişimler incelenmiştir.

0.005 cm/s değerinden büyük olması kriterine uygun olarak enjeksiyon işlemi başarıyla sonuçlanmıştır

İncecik ve Ceren [9] yaklaşımına göre 5, 9, 10 ve 15 nolu deneylerde  $N_\alpha$  değeri 11'den,  $N_\beta$  değeri 24'den büyük olmasına rağmen enjeksiyon başarısız olmuştur [9]. 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 11, 12, 13 ve 14 nolu deneyler Eş. 2 ve Eş. 3'e göre doğru tahmin edilmiştir.

Akbulut ve Sağlamer [10] tarafından geliştirilen

enjekte edilebilirlik yaklaşımına göre 9, 10 ve 15 nolu deneylerde  $N_\zeta$  değeri 28'den büyük olduğu halde enjeksiyon başarısız olmuştur [10]. Bunun yanısıra 8, 13 ve 14 nolu deneylerde  $N_\zeta$  değeri 28'den küçük olduğu halde enjeksiyon başarılı olmuştur.

### 3. SONUÇLAR (RESULTS)

Bu deneysel çalışmada Rheocem 900 süspansiyonlarının kum numunelere enjekte edilebilirlikleri araştırılmıştır ve aşağıdaki tespitler yapılmıştır.

Bu deneysel çalışmada Rheocem 900 süspansi-

**Tablo 1.** İKY 10, 15, 20, 25 ve 30 olan numunelerin s/ç oranı 0.8, 1.0 ve 1.2 olan süspansiyonlarla enjeksiyon deney sonuçları (Grouting test results on granular soil samples with different fine sand percentages)

Deney No	Kum (%)			s/ç	$D_r$ (%)	Basınc (kPa)	Enjeksiyon
	İnce	Orta	İri				
1	100	0	0	1.2	30	100	Başarısız
2	0	100	0	0.8	27	100	Başarılı
3	10	45	45	0.8	30	100	Başarılı
4	15	42.5	42.5	0.8	32	100	Başarılı
5	20	40	40	0.8	30	100	Başarısız
6	10	45	45	1.0	30	90	Başarılı
7	15	42.5	42.5	1.0	30	100	Başarılı
8	20	40	40	1.0	30	100	Başarılı
9	25	37.5	37.5	1.0	30	100	Başarısız
10	30	35	35	1.0	30	100	Başarısız
11	10	45	45	1.2	30	100	Başarılı
12	15	42.5	42.5	1.2	30	100	Başarılı
13	20	40	40	1.2	28	100	Başarılı
14	25	37.5	37.5	1.2	31	100	Başarılı
15	30	35	35	1.2	30	100	Başarısız

**Tablo 2.** Enjekte edilebilirliğin ampirik ilişkilerden elde edilen sonuçları (Results of groutability evaluated from empirical relations)

Deney No	$k=116(0.7+0.034t)d_{10}^2$ (Eş.1)	$N_{\alpha}=D_{10}/D_{95}$ (Eş. 2)	$N_{\beta}=D_{15}/D_{85}$ (Eş. 3)	$N_{\gamma}=D_{10}/D_{90}$ (Eş. 4)	$N_{\zeta}$ (Eş. 5)
1	0.02	6.7	13.2	9.1	13.0
2	1.86	69.3	121.6	94.5	100.2
3	0.22	24.0	57.7	32.7	38.2
4	0.13	18.7	45.5	25.5	30.3
5	0.09	15.3	34.3	20.9	25.6
6	0.22	24.0	57.7	32.7	38.4
7	0.13	18.7	45.5	25.5	31.0
8	0.09	15.3	34.3	20.9	26.0
9	0.07	13.3	30.7	18.2	23.0
10	0.05	11.3	25.0	15.5	20.1
11	0.22	24.0	57.7	32.7	39.2
12	0.13	18.7	45.5	25.5	31.4
13	0.09	15.3	34.3	20.9	26.5
14	0.07	13.3	30.7	18.2	23.2
15	0.05	11.3	25.0	15.5	20.4

yonlarının kum numunelere enjekte edilebilirlikleri araştırılmıştır ve aşağıdaki tespitler yapılmıştır.

s/ç oranı 0.8 olan süspansiyonların İKY 20 olan numuneye, s/ç oranı 1.0 olan süspansiyonların İKY 25 olan numuneye, s/ç oranı 1.2 olan süspansiyonların ise İKY 30 olan numuneye kadar enjekte edilebildiği tespit edilmiştir. Buna göre s/ç oranının azalmasıyla veya İKY artmasıyla enjekte edilebilirliğin azaldığı görülmüştür.

Bu çalışma kapsamında ele alınan ampirik yaklaşımlardan De Beer'e [5] göre 1, 5, 9, 10 ve 15 nolu deneyler, İncecik ve Ceren'e [9] göre 1, 5, 9, 10 ve 15 nolu deneyler, Akbulut ve Sağlamer'e [10] göre ise 5, 9 ve 10 nolu deneyler başarılı olması gerektiği halde başarısız olmuştur. Bu duru-mun süspansiyonun s/ç oranından ve kimyasal filtrasyondan kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca bu makale kapsamında değerlendirilen ampirik ifadelerden en başarılı sonuç veren çalışma Akbulut ve Sağlamer (2002) tarafından ortaya koyulan yaklaşımdır.

Deney sonuçlarının literatürdeki ampirik enjekte edilebilirlik ilişkileri açısından incelenmesi sonucunda enjekte edilebilirliği doğru tahmin etmede yeterli performansı göstermediği anlaşılmaktadır. Bu aşamada enjekte edilebilirliği etkileyen karmaşık etkenlerin iyi değerlendirilerek sahada kullanılabilecek yeni yaklaşımların çıkarılmasına ihtiyaç vardır.

#### KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Shroff, A. V., Shah, D. L., **Grouting technology in tunneling and dam construction**, Balkema Publishers, Brookfield, 235-298, 1993.
2. Schwarz, L. G., **Roles of rheology and chemical filtration on injectability of microfine cement grouts**, Doktora Tezi, Northwestern Univeristy, Illinois, 9-32, 1997.
3. Martinet, P., **Flow and clogging mechanisms in porous media with applications to dams**, Doktora Tezi, Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden, 1998.
4. Hansson, P., Filtration stability of cement grout for injection of concrete structures, **IABSE Symposium**, San Fransisco, 1199-1204, 1995.
5. De Beer, E. E., **Grondmechanica Volume 2**, Standard Scientific Pulbishers, 1970.
6. Landry, E. Lees, D., and Naudts, A., "New developments in rock and soil grouting: design and evaluation", **Geotechnical news**, Cilt 18, Sayı 3, 38-44, 2000.
7. Burwell, E.B., "Cement and clay grouting of foundations". Practice of the corps of engineering, **Journal Soil Mechanics and Foundation Division**, ASCE 84, 1551/1-1551/22, 1958.
8. Mitchell, J. K., "Soil improvement: state-of-the-art", Proceedings, 10th **International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engrg.**, Stockholm, Cilt 4, 509 – 565, 1981.

9. İncecik, M., Ceren, I., “Cement grouting model tests”. **Bulletin of The technical University of Istanbul**, Cilt 48, No 3, 305–317, 1995.
10. Akbulut, S., Sağlamer, A., “Estimating the groutability of granular soils: a new approach”, **Tunnelling and Underground Space Technology**, Cilt 17, No 4, 371-380, 2002.
11. Tekin, E., **İnce taneli çimento (Rheocem 900) enjeksiyonu ile değişik gradasyonlu kumların enjekte edilebilirliği üzerine deneysel çalışmalar**, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2004.
12. Rheocem 900 Users Manual, **UGC International Division of MBT**, Zurih, 1-2, 2004

