

## **DÜŞÜK POROZİTELİ ZEMİNLERDE MICROCEM 900 H ÇİMENTO ENJEKSİYONU UYGULAMASI**

**Ercan ÖZGAN\*, Ahmet Gökdemir\*\*, Serkan SUBAŞI\*, Kürşat YILDIZ\*\***

\*Düzce Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Yapı Eğitimi Bölümü Konuralp Yerleşkesi  
81600, DÜZCE.

\*\*Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Yapı Eğitimi Bölümü Beşevler, Ankara

**E-posta:** ercanozgan@hotmail.com, [ahmetgok@gazi.edu.tr](mailto:ahmetgok@gazi.edu.tr), [serkansubasi@duzce.edu.tr](mailto:serkansubasi@duzce.edu.tr)

**Anahtar Kelimeler:** Zemin, Zemin Enjeksiyonu, Basınç Dayanımı, 900 H Micro Taneli Çimento.

**ÖZ** Zemin enjeksiyonu, temel olarak akışkan malzemelerin basınç altında zemin içerisindeki boşluklara enjekte edilmesidir. Bilindiği üzere amaç zemin ya da kaya kütlelerinin mühendislik özelliklerini iyileştirmektir. Bu çalışmada, düşük poroziteli zemin numunelerine laboratuvar ortamında çimento enjeksiyonu uygulanmıştır. Bu kapsamda, laboratuvar ortamında enjeksiyon deney düzeneği hazırlanmış ve Microcem 900 H tipi çimentoya farklı tip ve oranlarda süper akışkanlaştırıcı ile katkı maddeleri kullanılarak düşük poroziteli olan farklı zemin numunelerine enjeksiyon yapılmıştır. Sonuç olarak, enjeksiyon yapılmış olan farklı özelliklerdeki zemin numunelerinin 28 günlük en büyük basınç dayanımının 118 kgf/cm<sup>2</sup> olduğu belirlenmiştir. Bu değer 20/80 Kum/Çakıl oranına sahip, Rölatif sıkılığı 0.35 olan ve 6 atmosfer enjeksiyon basıncına maruz kalan % 5 oranında SAK ilave edilmiş zemin numunelerinde elde edilmiştir. Diğer taraftan en düşük basınç dayanımının ise 63 kgf/cm<sup>2</sup> ile 2 atmosfer basınca maruz kalan 40/60 Kum/Çakıl oranına sahip Rölatif sıkılığı 0.35 olan % 3 Na<sub>2</sub>Si<sub>4</sub> ilave edilmiş zemin numunelerinde olduğu belirlenmiştir.

## **IMPLEMENTATION OF MICROCEM 900 H CEMENT INJECTION INTO LOW POROSITY SOILS**

**ABSTRACT** Soil injection is basically the injection of pressurized fluid materials into the pores in the soil. It is known the purpose of this to improve engineering properties of soil or rock mass. In this study, experimental injection model was setup to be able to implement cement injection at laboratory condition into low porosity soil samples. Injection process was performed for various soil samples that have low porosity soils by using Microcem 900 H type cement with various type and proportions superplasticizers and admixtures. As a result, it was determined that for 28 days the highest pressure resistance value is 118 kgf/cm<sup>2</sup> for different injected soil samples. That value obtained from the soil samples exposed 6 atmosphere injection pressure and added 5 % SAK of which relativity tightness is 0.35 and the proportion of Sand and Gravel is 20/80. Also, it was determined that for 28 days the lowest pressure resistance value is 63 kgf/cm<sup>2</sup> for different injected soil samples. That value obtained from the soil samples were exposed 2 atm injection pressure and added 3 % Na<sub>2</sub>Si<sub>4</sub> of which relativity tightness is 0.35 and the proportion of sand and gravel is 40/60.

### **1. GİRİŞ**

Enjeksiyon teknolojisinin kökeni diğer zemin iyileştirme teknikleri gibi eskiye dayanmakla beraber bu teknoloji hem yeni enjeksiyon malzemeleri hem de bu malzemelerin zemin içerisine nüfuz ettirilmesi bakımından sürekli bir gelişim içerisindedir. Enjeksiyon tekniği, başlangıçta su sızıntılarını önlemek ve dayanım kontrolü için maden endüstrisinde ve baraj temellerinde sızdırmazlık perdesi oluşturulmasında uygulanmaya başlanmış, daha

sonra inşaat mühendisliğinde de tünel kazısı esnasında gevşek zeminlerin ve parçalı kayaların stabilizasyonunda, sondaj ve numune alma esnasında su problemlerinin çözümünde, zemin içerisindeki boşlukların doldurularak aşırı oturmaların engellenmesinde, hem mevcut hem de yeni inşa edilecek yapıların zemin emniyet gerilmelerinin artırılmasında, tünel kazısı dolayısıyla yüzeydeki veya yakın çevredeki yapılarda meydana gelebilecek zararlı oturmaların engellenmesinde, deprem esnasında sıvılaşabilecek gevşek, suya doymun granüler zeminlerin sıvılaşma potansiyellerinin azaltılmasında kullanılmıştır. Burada dikkatle üzerinde durulması gereken nokta, bütün bu uygulamalar için aynı enjeksiyon malzemesinin ve enjeksiyon parametrelerinin kullanılamayacağıdır. Enjeksiyon malzemesi ve enjeksiyon parametreleri (enjeksiyon basıncı, enjeksiyon hızı, enjekte edilen hacim vs.) zemin koşullarına (dane çapı dağılımı, rölatif sıklık, geostatik gerilmeler vs.) ve uygulama amacına yönelik olarak tasarlanmalıdır[1]. İri kumlardan daha ince zemin formasyonlarına normal çimento enjeksiyonları penetrasyon yetersizliğinin ve kimyasal enjeksiyonlarla ilgili zehirlenme ve dayanımsızlık gibi problemlerin üstesinden gelmek amacıyla son zamanlarda mikro daneli çimento enjeksiyonlarının ince ve orta daneli kumların stabilizasyonu için kullanımı önerilmektedir. Ne var ki, bu enjeksiyon türlerinin performansı hakkında yeterli bilgi bulunmamaktadır. Bu nedenle, ticari olarak mevcut Microcem H900 çimento enjeksiyonu üzerinde yürütülen laboratuvar araştırma sonuçları, bu enjeksiyon türünün normal portland çimentosundan daha iyi sedimantasyon kapasitesine, penetrasyon kabiliyetine, mukavemete ve daha kısa priz süresine sahip olduğunu göstermektedir. Ayrıca, su-çimento oranı 1.2 olan Microcem H900 karışımı ile rölatif sıklığı % 70 olan kum numunelerine 20 kPa'lık basınç altında rahatlıkla nüfuz ettiği belirtilmiştir[2].

Çok ince daneli çimento enjeksiyonlarının ince ile orta incelikte kumlu zeminlere enjeksiyonunda enjeksiyon materyalinin içine permeasyonu ve zehirlilik sorunlarını aşmada hayli başarılı olduklarını göstermiştir. Bu çalışmaların sonuçlarından izlenebildiği kadarıyla ticari olarak elde edilen ince daneli çimentolar normal portland çimentolarına göre, enjeksiyon için daha elverişli akış koşulları sağlamak ve terleme koşulları daha uygun olmaktadır. Bu araştırmacıların yapmış oldukları deneylerde  $D_{15}$  boyutu 0,15 mm olan iyi sıkıştırılmış kumlarda, ince daneli çimento enjeksiyonlarının su- çimento oranı 2 oranına kadar düşük değerlerinde kumlu zemin içine birkaç feet kadar yayılabildiği görülmüştür. Kumlu zemin granülometrik dağılımının enjekte edilebilirlik oranından daha etkili olduğu izlenmiştir. Özellikle kumlu zemin örnekleri içinde bulunan "ince boyut fraksiyonu" enjeksiyon özellikleri üzerinde büyük etkisi olduğu görülmüştür[3].

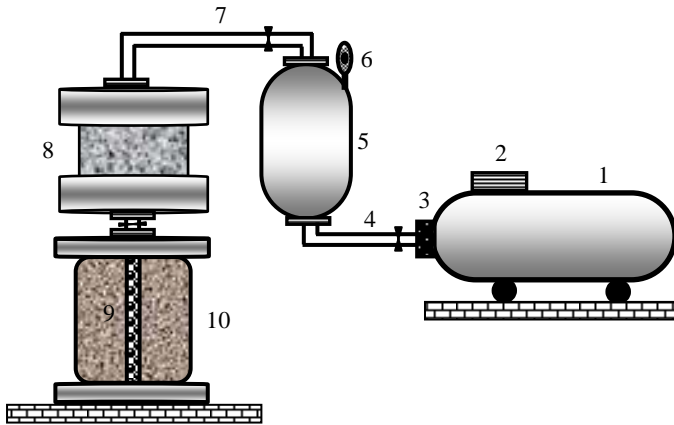
Su-çimento oranının çimento şerbetlerinde su kasma, çökme ve buna bağlı olarak dayanım değerlerindeki değişimler belirlenmiş enjeksiyon basıncının büyük ölçüde şerbetin akıcılığına bağlı olduğu vurgulanmıştır[4]. İkinci Dünya Savaşının ardından bir grup araştırmacı, çimento katkılı ve katkısız olarak, çimento - bentonit karışımları ile kumlu zeminler üzerinde enjeksiyon uygulamışlardır[5]. Enjeksiyon materyali olarak çimentonun değişik su-çimento oranlarındaki davranışı yanında çimento - bentonit ve diğer katkı maddelerinin enjeksiyon üzerindeki etkilerini incelemiştir [6]. Çok ince daneli enjeksiyon materyalinin etkinliğini deney sonuçları ve pratik uygulamalarla belirlemiştir. Bu araştırmacılara göre mikrodaneli çimentolar (MC); çimento materyali gurubunda değerlendirilmekte ve ortalama dane boyutu  $4\mu$  civarındadır. Mikro daneli çimento boyutunun bu derece küçük olması bunlarla hazırlanan çimento şerbetlerinin ince kumlar içine penetrasyonu mümkün kılmaktadır. Bu tip çimentolar geçirgenlik katsayısı  $10^{-3}$  ile  $10^{-4}$  olan ince kumlarda etkili olarak enjekte edilebildiği belirtilmiştir[7]. Sandoz firması tarafından yurtdışında imal edilen Rheocem 900 tipi ince daneli çimento kullanılarak İTÜ İnşaat Fakültesi Zemin Mekaniği Laboratuvarlarında gerçekleştirilen enjeksiyon model deneylerinde kullanılan çimentonun özgül yüzey alanı  $95 \text{ m}^2/\text{N}$  ( $9300 \text{ cm}^2/\text{gr}$ ) ve ortalama dane boyutu  $5 \mu$  dur. İki seri halinde gerçekleştirilen deneylerin birinci serisinde kum-çakıl karışımlarının rölatif sıklığı  $D_r = 0,30$ , uygulanan düşey gerilim 20 KPa ve enjeksiyon basıncı 150 KPa'dır. İkinci seri deneylerde ise  $D_r = 0,80$ , enjeksiyon basıncı 300 KPa alınmış ve 28 günlük serbest basınç dayanım değerleri 22 KPa'dan 14 KPa'a

indiği izlenmiştir. Kum-çakıl karışımında çakıl miktarı arttıka dayanım değerlerinin artış gösterdiği görölmüştür. Model deney sonuçlarından rölatif sıklığın artmasının enjeksiyon sıvısının penetrasyonunu zorlaştırdığından dayanım değerlerinde düşüş, enjeksiyon basınç artışlarının ise dayanımda artışlara neden olduğu izlenmiştir[8].

Bu çalışmada, laboratuvar ortamında hazırlanan üç farklı ayrıık daneli zemin numunelerine, dört farklı katkı miktarı kullanılarak hazırlanmış olan mikro taneli çimento şerbeti, tarafımızca oluşturulan çimento enjeksiyon deney düzeneği kullanılarak enjekte edilmiştir. Farklı katkı maddeleri kullanılarak çimento enjeksiyonu uygulanmış düşük poroziteli zeminlerin basınç dayanımları belirlenmiştir. Değişken parametrelerin zemin numunelerinin basınç dayanımına etkileri incelenebilmiştir. Sonuç olarak hem laboratuvar ortamında zemine çimento enjekte edebilmek için bir prototip geliştirilmiş hem de enjeksiyon yapılmış zemin numunelerinin basınç dayanımları karşılaştırılarak yorumlar yapılmıştır.

## 2. MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada, Bu çalışmada kullanılan Microcem 900H tipi ince daneli çimento, farklı süper akışkanlaştırıcılar kullanılarak zemin numunelerine enjeksiyon işlemi uygulayabilmek için tarafımızca tasarlanmış olan çimento enjeksiyon deney düzeneği hazırlanmıştır (şekil 1).



1. Kompresör,
2. Otomatik basınç kontrol ünitesi,
3. Hava çıkış valfi,
4. Hidrolik hortum,
5. Hava regölatörü,
6. Manometre,
7. Spiral hidrolik hortum,
- 8.Çelik besleme haznesi,
9. Metal delikli boru,
10. Zemin numunesi.

şekil 1. Çimento enjeksiyon deney düzeneği

şekilde gösterilen enjeksiyon model deney düzeneği bir kompresör vasıtasıyla karışımın beslenme haznesine 10 atm basınca dayanıklı hidrolik hortum ile bağlanmıştır. Kompresör ile besleme haznesi arasına yerleştirilen hava regölatörü sayesinde uygulanmak istenen basınç ayarlanmıştır. Zemin numunesi deney düzeneğine yerleştirilirken 2 mm çapındaki metal delikli ince bir boru 3,75cm çapında ve 25 cm uzunluğundaki zemin numunesi haznesine, çimento enjeksiyon malzemesinin zemin numunesine homojen bir şekilde dağılması için konulmuştur. Numuneyi kalıba yerleştirdikten sonra, kalıbın üstten 2cm'sine çakıl filtre yerleştirilmiştir. Bu işlem fazla gelen çimento enjeksiyon malzemesinin kalıbı kolay terk etmesi için yapılmıştır. Çimento enjeksiyon malzemesi ayrı bir kapta karıştırıcı ile karıştırıldıktan sonra besleme haznesine boşaltılmıştır. Manometreden 2 atm ve 6 atm değerleri okunarak 20/80,30/70,40/60 kum/çakıl oranına sahip zemin numunelerine enjeksiyon işlemi uygulanmıştır. Bu işlem, rölatif sıklığı  $D_r=0,35$  ve  $D_r=0,70$  için ayrı ayrı yapılmıştır.

Çalışmada 0,35 ve 0,70 rölatif sıklıklarda üç farklı kum/çakıl oranında zemin numunesi hazırlanmıştır. Enjeksiyon malzemesi olarak kimyasal analizi ve fiziksel özellikleri bilinen Microcem 900H tipi çimento kullanılmıştır. Çimentoya katkı maddesi olarak çimento ağırlığının %5'i ve %2'si oranında Rheobuild 1000 marka süper akışkanlaştırıcı, %3'ü oranında  $\text{Na}_2\text{SiO}_4$  ve %2 SAK+5% bentonit+3%  $\text{Na}_2\text{SiO}_4$  içeren dört farklı enjeksiyon maddesi yukarıda belirtildiği gibi enjekte edilmiştir. Microcem 900H tipi çimento enjeksiyonu yapılmış 3.75cm çapında 7,5cm uzunluğundaki silindir örnekler 7 ve 28 gün kür edildikten sonra tek eksenli basınç uygulanarak kırılmıştır. Elde edilen sonuçlar tablolarda verilmiştir (Tablo 1, 2, ....12'de verilmiştir).

### 3. SONUÇLAR

Yapılan bu çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıdaki şekilde ifade edilebilir. Buna göre;

- Kum Çakıl oranı 20/80, rölatif sıklığı 0.35 olan ve 2 atmosfer enjeksiyon basıncına maruz kalan % 5 SAK ilave edilmiş zemin numunelerinde elde edilen en büyük 28 günlük basınç dayanımının  $108 \text{ kgf/cm}^2$ , en düşük basınç dayanımının ise  $69 \text{ kgf/cm}^2$  ile % 3  $\text{Na}_2\text{Si}_4$  ilave edilmiş zeminlerde olduğu belirlenmiştir. Aynı zemin numunelerine 6 atm basınç uygulandığında ise bu değerlerin  $118 \text{ kgf/cm}^2$  ve  $70 \text{ kgf/cm}^2$  ulaştığı görülmüştür. Enjeksiyon basıncının 3 kat arttırılmış olması % 5 SAK ilave edilmiş zeminin basınç dayanımında yaklaşık % 9,2 oranında bir artış sağlarken % 3  $\text{Na}_2\text{Si}_4$  ilave edilmiş zeminde ise yaklaşık % 1.5 oranında bir artış sağladığı görülmüştür.
- Kum Çakıl oranı 30/70, rölatif sıklığı 0.35 olan ve 2 atmosfer enjeksiyon basıncına maruz kalan zemin numunelerinde elde edilen en büyük 28 günlük basınç dayanımının  $106 \text{ kgf/cm}^2$  ile % 5 SAK ilave edilmiş zeminlerde, en düşük basınç dayanımının ise  $66 \text{ kgf/cm}^2$  ile % 3  $\text{Na}_2\text{Si}_4$  ilave edilmiş zeminlerde olduğu belirlenmiştir. Aynı zemin numunelerine 6 atm basınç uygulandığında ise bu değerlerin  $115 \text{ kgf/cm}^2$  ve  $67 \text{ kgf/cm}^2$  ulaştığı görülmüştür. Enjeksiyon basıncının 3 kat arttırılmış olması % 5 SAK ilave edilmiş zeminin basınç dayanımında % 8,5 oranında bir artış sağlarken % 3  $\text{Na}_2\text{Si}_4$  ilave edilmiş zeminde ise yine yaklaşık % 1.5 oranında bir artış sağladığı görülmüştür.
- Kum Çakıl oranı 40/60, rölatif sıklığı 0.35 olan ve 2 atmosfer enjeksiyon basıncına maruz kalan zemin numunelerinde elde edilen en büyük 28 günlük basınç dayanımının  $102 \text{ kgf/cm}^2$  ile % 5 SAK ilave edilmiş zeminlerde, en düşük basınç dayanımının ise  $63 \text{ kgf/cm}^2$  ile % 3  $\text{Na}_2\text{Si}_4$  ilave edilmiş zeminlerde olduğu belirlenmiştir. Aynı zemin numunelerine 6 atm basınç uygulandığında ise bu değerlerin  $108 \text{ kgf/cm}^2$  ve  $65 \text{ kgf/cm}^2$  ulaştığı görülmüştür. Enjeksiyon basıncının 3 kat arttırılmış olması % 5 SAK ilave edilmiş zeminin basınç dayanımında % 5,9 oranında bir artış sağlarken % 3  $\text{Na}_2\text{Si}_4$  ilave edilmiş zeminde ise yine yaklaşık % 3.2 oranında bir artış sağladığı görülmüştür.
- Kum Çakıl oranı 20/80, rölatif sıklığı 0.70 olan ve 2 atmosfer enjeksiyon basıncına maruz kalan zemin numunelerinde elde edilen en büyük 28 günlük basınç dayanımının  $106 \text{ kgf/cm}^2$  ile % 2 SAK ilave edilmiş zeminlerde, en düşük basınç dayanımının ise  $66 \text{ kgf/cm}^2$  ile % 3  $\text{Na}_2\text{Si}_4$  ilave edilmiş zeminlerde olduğu belirlenmiştir. Aynı zemin numunelerine 6 atm basınç uygulandığında ise en büyük basınç dayanımının  $116 \text{ kgf/cm}^2$  ile % 5 SAK ilave edilmiş zemin numunelerinde olduğu ve en düşük basınç dayanımının ise  $68 \text{ kgf/cm}^2$  ulaştığı görülmüştür. Enjeksiyon basıncının 3 kat arttırılmış olması % 2 SAK ilave edilmiş zeminde yaklaşık % 2,8 oranında bir artış sağlarken % 5 SAK ilave edilmiş zeminin basınç dayanımında ise yaklaşık % 11,5 oranında bir artış sağlamıştır. Diğer taraftan % 3  $\text{Na}_2\text{Si}_4$  ilave edilmiş zeminde ise yaklaşık % 3.0 oranında bir artış sağladığı görülmüştür.
- Kum Çakıl oranı 30/70, rölatif sıklığı 0.70 olan ve 2 atmosfer enjeksiyon basıncına maruz kalan zemin numunelerinde elde edilen en büyük 28 günlük basınç

dayanımının 105 kgf/cm<sup>2</sup> ile % 2 SAK ilave edilmiş zeminlerde, en düşük basınç dayanımının ise 65 kgf/cm<sup>2</sup> ile % 3 Na<sub>2</sub>Si<sub>4</sub> ilave edilmiş zeminlerde olduğu belirlenmiştir. Aynı zemin numunelerine 6 atm basınç uygulandığında ise en büyük basınç dayanımının 115 kgf/cm<sup>2</sup> ile % 5 SAK ilave edilmiş zemin numunelerinde olduğu ve en düşük basınç dayanımının ise 69 kgf/cm<sup>2</sup> ulaştığı görülmüştür. Enjeksiyon basıncının 3 kat arttırılmış olması % 5 SAK ilave edilmiş zeminde yaklaşık % 9,5 oranında bir artış sağlarken % 3 Na<sub>2</sub>Si<sub>4</sub> ilave edilmiş zeminde ise yaklaşık % 6.1 oranında bir artış sağladığı görülmüştür.

- Kum Çakıl oranı 40/60, rölatif sıklığı 0.70 olan ve 2 atmosfer enjeksiyon basıncına maruz kalan zemin numunelerinde elde edilen en büyük 28 günlük basınç dayanımının 105 kgf/cm<sup>2</sup> ile % 2 SAK ilave edilmiş zeminlerde, en düşük basınç dayanımının ise 65 kgf/cm<sup>2</sup> ile % 3 Na<sub>2</sub>Si<sub>4</sub> ilave edilmiş zeminlerde olduğu belirlenmiştir. Aynı zemin numunelerine 6 atm basınç uygulandığında ise en büyük basınç dayanımının 113 kgf/cm<sup>2</sup> ile % 5 SAK ilave edilmiş zemin numunelerinde olduğu ve en düşük basınç dayanımının ise yine 65 kgf/cm<sup>2</sup> olduğu görülmüştür. Enjeksiyon basıncının 3 kat arttırılmış olması % 2 SAK ilave edilmiş zeminde yaklaşık % 2,8 oranında bir artış sağlarken % 5 SAK ilave edilmiş zeminin basınç dayanımında ise % 13 oranında bir artış sağlamıştır. Diğer taraftan % 3 Na<sub>2</sub>Si<sub>4</sub> ilave edilmiş zeminin basınç dayanımında ise bir değişiklik olmadığı görülmüştür.

Tüm bu sonuçlar ışığında 28 günlük basınç dayanımları dikkate alındığında en büyük basınç dayanımının 118 kgf/cm<sup>2</sup> olduğu ve bu değer ise 20/80 Kum/Çakıl oranına sahip, Rölatif sıklığı 0.35 olan ve 6 atmosfer enjeksiyon basıncına maruz kalan zemin numunelerine % SAK ilave edilerek elde edilmiştir. Diğer taraftan en düşük basınç dayanımının ise 63 kgf/cm<sup>2</sup> ile 2 atmosfer basınca maruz kalan 40/60 Kum/Çakıl oranına sahip Rölatif sıklığı 0.35 olan % 3 Na<sub>2</sub>Si<sub>4</sub> ilave edilmiş zeminlerde olduğu görülmüştür.

## REFERANSLAR

- 1- Tunçdemir, F., (1995), Temel Zeminlerinin Enjeksiyon Tekniği İle İyileştirilmesi, Türkiye Mühendislik Haberleri Dergisi, 430, 2, 59-63, 2004.
- 2- Mollamahmutoğlu, M., 1995, Microcem H900 enjeksiyonu Temel Karakteristikleri, Teknik Dergi, 6, 4, 1-2,
- 3- Zebovitz, S., Krizek, R. J., et al., (1989) "Injection of fine sands with very fine cement grout". Journal of geotechnical engineering. Vol. 115, No. 12, 1717-1733.
- 4- Wright, P., (1976) Lime-fly ash injection stabiliztion Conf.on ash.Tech. and marketing, London, British Geotech Soc. London,. 190-205.
- 5- Skempton, A. W., And Glossop R., (1945), Particle size in silt and sands, J. Inst. Civ. Eng. 25, 81-105.
- 6- Elston. J., (1962), Cement grouts progress report of the Task Commitee on grouting. Proc. ASCE, Journal of SMFE, 88 (SM-2) and paper 3098 pp. 49-98.
- 7- Shimoda M., Ohmori H., (1982), Ultra fine grouting material, Grouting in geotechnical engineering. ASCE, New York. 77-91.
- 8- İncecik, M., Özocak, A., (1994), İnce Daneli Çimento Enjeksiyonu Model Deneyleri Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği V. Ulusal Kongresi. ODTÜ Ankara. 486-497.
- 9- Ekinci, C. E., Erşimşek, M., (2006) The Research Of Physical Properties Of Concrete Which Is Containing Granular Ferrokrom Slag Which Is Produced By Using The Method Of İnjection, e-Journal of New World Sciences Academy, 1, 3, 2-3.
- 10- Incecik, M., ve Şenol, A., (1994) Çimento enjeksiyonunda son gelişmeler, I.T.Ü. Dergisi, 52, (1-2), ss:61-69.
- 11- Özocak, A., (1994), İnce daneli çimento ile enjeksiyon model deneyleri, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. İstanbul. İ.T.Ü. 1994.
- 12- Ceran, I., (1990), Zeminlerin enjeksiyonu ve laboratuar enjeksiyon deneyler, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. İstanbul. İ.T.Ü.