

Research Article

Taş Ocağı Tozu ve Çimento Kullanılarak Stabilize edilen Kırmızı Toprağın Geoteknik Özelliklerinin Değerlendirilmesi

Rüya YILDIRIM¹

Geliş / Received: 1/12/2021

Reviz / Revised: 30/12/2021

Kabul / Accepted: 05/01/2022

ÖZET

Mevcut araştırma, taş ocağı tozunu (QD) ekleyerek kırmızı toprağın mühendislik özelliklerini iyileştirmeyi ve temel toprakla karşılaştırmalı bir çalışma yaparak elde edilen sonuçları analiz etmeyi amaçlamaktadır. Kırmızı toprak, Akdeniz bölgesinin büyük bir kısmına yaygın olarak yayılmıştır. Kırmızı toprak/kırmızı zemin, pürüzlü dokuya sahip granül, taş ocağı tozu ve çimento gibi bir hidrolik bağlayıcı ilavesiyle daha iyi sonuçlar verebilir. QD, moloz kırma ünitelerinin çıktısıdır. Kırmızı toprak, toprağın kuru kütlesi ile farklı oranlarda taş ocağı tozu ile değiştirildi: Optimum QD-toprak karışımı için QD (%5-30, %5 artışla) çimento (%2-6). Özgül ağırlık, kıvam limitleri, sıkıştırma, serbest basınç dayanımı (UCS) ve üç eksenli basınç deneyi gibi jeoteknik özellikler, kırmızı toprakta ve karışımlar üzerinde gerçekleştirilmiştir. UCS test sonuçları, kırmızı toprağın QD ile değiştirilmesinin optimum yüzdesinin %10 olduğu ve diğer karışımlardan maksimum mukavemet sağladığı sonucuna varmıştır. Kırmızı toprağın taneli ocak tozu ve çimento ile değiştirmesi sonucunda kesme mukavemeti özelliklerinin ve diğer jeoteknik özelliklerin iyileştiği gözlemlenmiştir. Böylece granül endüstriyel yan ürünlerin kullanımının sosyal ve ekonomik açıdan faydalı olduğu kanıtlanmıştır.

ANAHTAR KELİMELELER: - Kırmızı toprak · Taş ocağı tozu · GBFS · UCS · Stabilizasyon · Kayma mukavemeti parametreleri

¹ Rüya YILDIRIM, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul Aydın Üniversitesi, İSTANBUL

*Corresponding author: rahmounruya100@gmail.com

Evaluation of Geotechnical Properties of Stabilized Red Soil Using Quarry powder and Cement

ABSTRACT

In this research, the red soil will be studied and how to improve its engineering properties by adding quarry dust (QD), then the results will be collected and analyzed. The engineering properties of the red soil can be improved by adding cement and quarry dust, which leads to better results. An amount of red soil is taken and replaced with an amount of quarry dust equal to the amount of red soil taken according to the dry mass of the soil and in different proportions: quarry dust (5-30%, 5% increments) cement (2-6%) for an ideal soil and quarry dust mixture. Consistency limits, specific gravity, Compression The geotechnical properties test were tested and performed on the red earth as well like consistency limits, specific gravity, compaction, triaxial compression and (UCS) unconfined compressive strength and the results of the UCS test are ten percent. This percentage is the optimum ratio to replace red soil with quarry dust. This mixture saves maximum strength than other mixtures. It has been observed that the geotechnical, shear- strength properties and other properties have been improved as a result of their replacement and thus. In this research, it has been proven that the use of granular industrial by-products improves soil properties and is also economically and socially beneficial and useful.

KEYWORDS: - Red soil • Quarry dust • GBFS • UCS • Stabilization • Shear strength parameters

1. GİRİŞ

Mevcut bağlamda altyapı ve kentleşme alanındaki hızlı gelişme, mevcut zeminin jeoteknik özelliklerinin buna göre bir projeye uyacak şekilde iyileştirilmesine yol açmıştır [1]. İdeal alanların çoğu, kötü özelliğe sahip zeminlerin geri kalanıyla birlikte, kitlesel kentsel dönüşüm nedeniyle aşırı derecede sömürülmüştür [2]. Bu sahalarda her zaman amaçlanan veya planlanan inşaat projesi için uygun olmayabilir. Burada zemin stabilizasyonu kavramı ön plana çıkmaktadır. Toprağın özelliklerinin daha sonraki işlemlerin gerçekleştirilebilmesi ve uygun hale getirilmesi için değiştirilmesi gerektiğinde, toprak stabilizasyonunun ideal çözüm olduğu kanıtlanmıştır [3]. Zemin stabilizasyonu, zemine veya toprağa ilave edilen üstün toprak veya bağlayıcı malzeme ilavesi ile zayıf zeminin mühendislik özelliklerini iyileştirme yöntemidir [4]. Bu, zeminin kesme mukavemetinin iyileşmesine ve sıkıştırılabilirlik parametresinin azalmasına neden olur. [5]. İri taneli malzeme eklemesi aynı zamanda toprağın jeoteknik özelliğini iyileştirir ve en iyi stabilizatörü sağlar. İri taneli malzeme birleşimi karışımın sürtünme direncini iyileştirir ve böylece karışımın kesme mukavemeti artar [6]. Mevcut durumda, iri taneli doğal kaynağın (kum) korunması için, bertaraf sorununu gidermek ve aynı zamanda ülke ekonomisini karşılamak için endüstriyel yan ürünler kullanılmaktadır [7]. Kireç, uçucu kül, çimento vb. normalde üst yapı yapılarında kapasiteyi geliştirmek ve ağır aks yüklerine direnmek için kullanılan normal ve geleneksel stabilizatörlerdir. Toprak yapısının modifikasyonunu, puzolanik reaksiyonları vb. içerir. [8] Çimento; artan taşıma kapasitesi, sıkıştırılabilirlik, su ve donma etkisine karşı hacim stabilitesi sağlayan bağlayıcı özelliği nedeniyle kullanılır. Çimento ile stabilizasyon, zemin türünden bağımsızdır ve dayanım kazancı yalnızca puzolanik reaksiyonlardan kaynaklanmaktadır [10]. Çimentonun hidratasyonu nedeniyle CSH, CAH ve CASH gibi çimentolu ürünler oluşur [11]. Kıvılcıklı toprak olarak da adlandırılan bozunma süreci, normalde demir açısından zengin bir toprak oluşur [11]. Bu demir oksit toprağa kırmızımsı-kahverengi bir renk verir ve bu nedenle toprak kırmızı toprak olarak adlandırılır [1]. Bu toprak büyük ölçüde yarımada bölgelerinde oluşur [3]. Temel toprağı olarak kırmızı toprağın istenebilirliği, stabilizasyon ile iyileştirilebilir. Taş ocağı tozu (QD), moloz kırıcı ünitelerinin yan ürünüdür. Büyük bir toz bulutu ile sonuçlanan taş ocaklığı faaliyetleri sırasında kayanın farklı boyutlarda ezilmesi gerekir. Bu toz bulutu bir yığın halinde çöker ve taş ocağı tozu olarak bilinir [5]. Bunu çevrede büyük yığınlar halinde bırakmak ciddi sağlık tehlikelerine neden olabilir. Ayrıca bertaraf için gerekli alan da başka bir sorundur. Bu nedenle, taş ocağı tozu bina amaçları için etkin bir şekilde kullanılabilir. İnşaat maliyetini düşürme ve atık bertarafı yönetimi konusunda çifte avantaj sağlar. Toprağa taş ocağı tozunun eklenmesi, genellikle boşlukları doldurarak toprak kütlelerinin yoğunlaştırılması sağlar. [2,6]. Ayrıca, doğası gereği yüksek sürtünme açısı nedeniyle zemine daha yüksek sürtünme özellikleri kazandırır. Çimento ilavesi ile, çimentonun hidratasyon ürünleri toprağa bağlayıcı özellikler kazandırdığı için, sadece QD ile stabilize edilmiş zeminlerle ilişkili çimentolaşma yokluğu ortadan kaldırılabilir [7]. Bu yan ürünlerin eklenmesinin etkilerini analiz etmek için yapılan önceki çalışmalar birçok yönden avantajlı olduğunu kanıtlamıştır. Bu nedenle, çalışma, kırmızı toprağı stabilize etmede taş ocağı tozunun etkili bir malzeme olarak kullanımını araştırmaya çalışmaktadır.

2. MALZEMELER

Kızıl toprak, Akdeniz bölgesinden getirildi. Zemin numuneleri, mühendislik özelliklerini araştırmak ve jeoteknik özelliklerini iyileştirmeye çalışmak için jeoteknik laboratuvarına taşındı. Toprak kurutuldu, toz haline getirildi, elendi ve çeşitli testler için bir kaptaki saklandı. Deneyi tamamlamak için taş ocağı tozu numuneleri getirildi.

3. YÖNTEM

İlk olarak, çalışma toprağının gradasyon özelliği, özgül ağırlık, kıvam limitleri, sıkıştırma özellikleri ve mukavemet özellikleri gibi temel özellikleri açısından incelenmiştir (Tablo 1). Serbest basınç dayanımı, üç eksenli basınç deneyine dayalı kesme dayanımı parametreleri vb. gibi dayanım özellikleri de analiz edilmiştir. Taş ocağı tozunun ilk karakterizasyonu gerçekleştirildi ve Tablo 2'de sunuldu. Daha fazla kırmızı toprak, farklı yüzdelerde (5, 10, 15, 20 ve %30) taş ocağı tozu ile değiştirildi ve performansı için analiz edildi. Maksimum UCS veren karışım, ideal karışım olarak adlandırılır. Bir sonraki aşama, esas olarak, ideal karışıma eklenen çeşitli çimento yüzdesi ile ilgilidir. Gerçekleştirilen tüm testler, n İndeks ve kesme mukavemeti özellikleri belirlendi. Kesme mukavemeti özelliklerinin belirlenmesi için ilgili maksimum kuru yoğunluklarına (MDD) ve optimum nem içeriğine (OMC) göre sıkıştırılmış silindirik numuneler QD inert olduğundan, taze numuneler hazırlandı ve farklı yüzde QD ilavesi için hemen test edildi.

	Özellikler	Ayrıntılar
1	Parçacık boyutu dağılımı: Kil boyutu % Silt boyutu % Kum boyutu % Çakıl boyutu %	14 30 54 2
2	özgül ağırlık	2.64
3	Likit limit % Plastik limit % Plastisite indeksi % (USCS)Sınıflandırması	31 21 10 SC
4	Sıkıştırma Karakteristikleri: Hafif Sıkıştırma MDD, 1.83 (g/cc) OMC, %	1.83 15.2
5	Serbest basınç dayanımı (kPa)	230

Tablo 1 : kırmızı toprağın mühendislik özellikleri

	Özellikler	Ayrıntılar
1	Parçacık boyutu dağılımı: İnce kum boyutu % Orta kum boyutu % Kaba kum boyutu % Çakıl boyutu %	39 43 7 2

2	özgül ağırlık	2.76
3	Mukavemet parametreleri: Kohezyon (kPa) Sürtünme açısı ϕ (derece)	4 45

Tablo 2 Taş ocağı tozunun mühendislik özellikleri

Çeşitli karışımlar arasında en yüksek UCS değeri ideal karışım olarak adlandırılır. Bu optimum yüzde yenileyici/optimum karışım için, farklı yüzdelerde çimento ilave edildi. İndeks özellikleri ve mukavemet özellikleri açısından 7. ve 28. günlerde incelendi. Tüm test sonuçları analiz edilir ve sistematik olarak makalede sunulur.

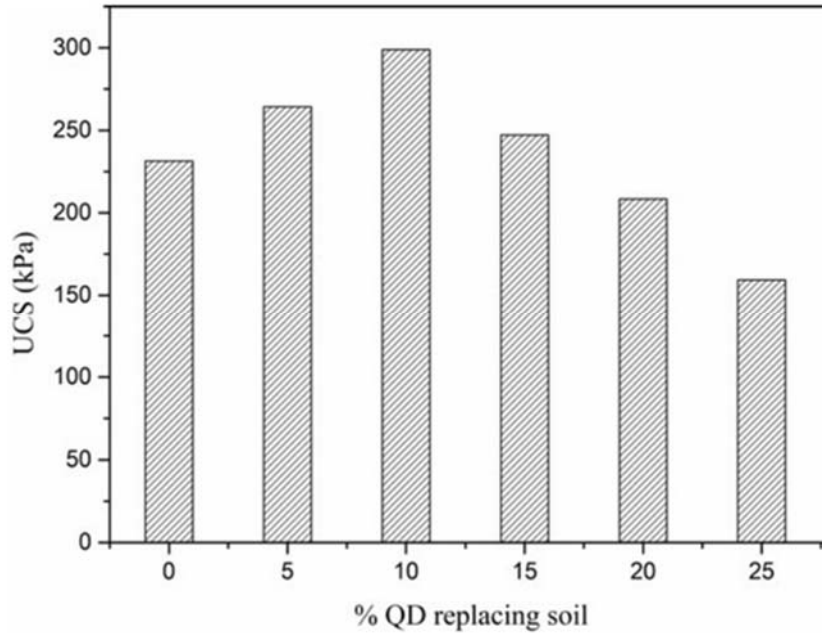
4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

4.1 QD ile Zemin Stabilizasyonu

Toprak-taş ocağı tozu karışımlarına ilişkin test sonuçları Tablo 3'te sunulmuştur. Taş ocağının eklenmesiyle likit limiti azalır ve dolayısıyla plastisite indeksi düşer. MDD, QD eklenmesiyle önemli bir değişiklik göstermedi. Bunun nedeni, sıkıştırma çabası için taş ocağı tozunun sunduğu sürtünme direncidir [8]. OMC, kırmızı topraktan daha kaba bir malzeme eklenmesi nedeniyle azaldı.

Sl. No	Özellikler	Kırmızı toprağı değiştiren QD yüzdesi					
		Kırmızı toprak	5	10	15	20	30
1	Maksimum kuru yoğunluk(g/cc)	1.83	1.835	1.84	1.85	1.86	1.88
2	Optimum nem içeriği (%)	15.2	14.9	14.8	14.6	14.5	14.3
3	Likit limit %	31	28.3	26.9	26.5	25.9	24.7
4	Plastik limit %	21	20	19.7	19.5	19	18.7
5	Plastisite İndeksi %	10	8.3	7.2	7	6.9	6

Tablo 3 QD ile stabilizasyon öncesi ve sonrası kırmızı toprağın jeoteknik özellikleri



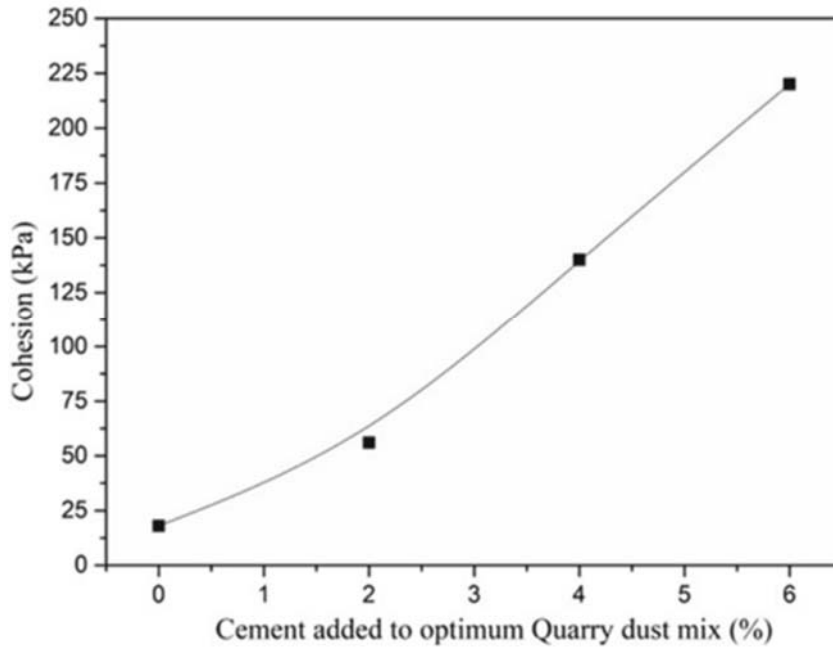
Şekil 1 Kırmızı toprak ve taş ocağı tozu karışımının UCS değişimi

UCS değeri, QD ile artan değiştirme ile artar (Şekil 1). QD kimyasal olarak inert bir malzeme olduğundan, sadece anlık dayanımlar değerlendirilir [11]. Bazı toprakla karşılaştırıldığında, %10'luk bir değiştirme yüzdesi için UCS değeri %26 oranında artırılır. QD%'de daha fazla artışla, yüzde artışının azaldığı bulundu. Yüzde değiştirme

%20'yi aştığında, temel toprak UCS'sinin altına bile düştü. Bunun nedeni, daha kalın bir malzemenin eklenmesiyle kohezyon ve sınırlama kapasitesinin kaybıdır. Bu nedenle, optimum yüzdedeğiştirme %10 olarak sonuçlandı.Konsolide olmayan drenajsız (UU) deneyler, tamamen doymuş zemin numuneleri ve optimum karışım üzerinde, kesme mukavemeti parametrelerini elde etmek için gerçekleştirilmiştir.QD için, daha kaba bir malzeme eklenmesi ve bunun sonucunda zeminin kil içeriğindeki azalma nedeniyle kohezyon kesmesinin azaldığı bulundu, ancak sürtünme açısı 22°'den 27°'ye yükseldi.

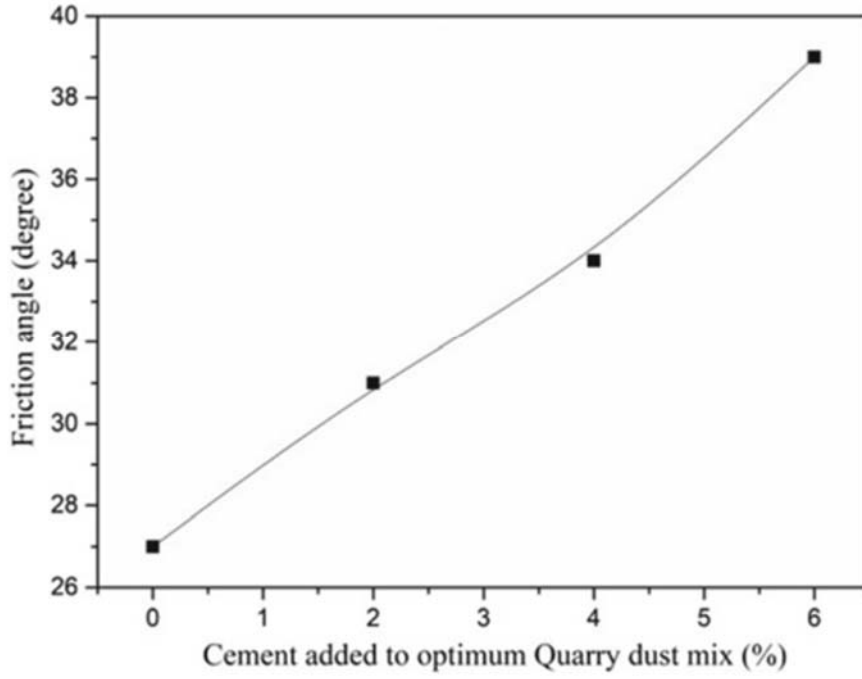
4.2 Optimum QD ve Çimento ile Toprağın Stabilizasyonu

Toprağın yerini alan optimum QD'ye (%10 QD) değişen oranlarda çimento (2, 4 ve %6) eklendi.Çimento ilavesi puzolanik reaksiyonları başlatır[4].Dayanımdaki artış, QD değişimi ve çimento ilavesi durumunda bulundu. %2, 4 ve %6'lık ilaveler için, artan serbest basınç dayanımının %253, %756 ve %159'luk artış yüzdeleri gözlemlendi.Bu, esasen, çimentonun su ile hidrasyon ürünlerinin sağladığı kohezyon etkisinden ve QD'nin doğal yüksek sürtünme açısından kaynaklanmaktadır [10].



Şekil 2 Optimum kırmızı toprak ve QD karışımına eklenen çimento yüzdesi ile kohezyonun değişimi

Aynı şekilde, çimento stabilize optimum karışım üzerinde yapılan UU testleri de faydalı sonuçlar vermiştir. Kohezyon değerlerinde (Şekil 2) %210, 678 ve %1120'lik artışlar gözlemlendi ve sürtünme açısı değerlerinde (Şekil 3) %14, 26 ve %44'lük artışlar (Şekil 3) bulundu. sırasıyla % 2, 4 ve % 6 çimento ilavesi.



Şekil 3 Optimum toprak ve QD karışımına eklenen çimento yüzdesi ile iç sürtünme açısının değişimi

5. SONUÇ

Kırmızı toprağı stabilizasyon için uygun bulduktan sonra, değişen oranlarda taş ocağı tozu ile değiştirildi ve değişen oranlarda bir bağlayıcı (çimento) ilavesine tabi tutuldu. Elde edilen karışımlar üzerinde jeoteknik araştırmalar yapılmıştır. Yapılan çalışmalardan aşağıdaki sonuçlar çıkarılmıştır:

- Zemine QD ilavesi ile likit limit ve plastisite indeksi azalır.

Kırmızı toprağı QD eklenmesiyle maksimum kuru yoğunluk artar ve optimum nem içeriğı azalır.

- Karışımın UCS değeri, ocak tozu ilavesiyle iyileşmiş, ancak belirli bir miktar değiştirmeden sonra değer düşmüştür. Böylece kırmızı toprağı QD ile yer değiştirmesinin optimum yüzdesi %10 olarak belirlenmiştir.

- Optimum karışıma çimento eklenmesiyle UCS ve kesme mukavemeti parametrelerinde olağanüstü bir gelişme bulundu. QD'nin hidrasyonunun katkıda bulunduğu kohezyon etkisi ile birlikte QD'nin kaba parçacıkları tarafından sağlanan yüksek sürtünme açısı, QD değişimi durumunda bu iyileştirmelere bağlanabilir.

Kırmızı toprağı çimento ilaveli genel QD avantajlı oldu.

KAYNAKÇA

- 1-[Karalar M](#), [KONAK S](#) (2019). Granüle Yüksek Fırın Cürufu ve Taban Külü İnce Agregaları ile Üretilmiş Betonun Gerilme Şekil Değiştirme Davranışının İncelenmesi, BEÜ Fen Bilimleri Dergisi, 8 (3), 1119-1141.
- 2- UYSAL F (2016). TAŞ KOLONLARIN ANALİZ VE TASARIMI. DOKTORA TEZİ, ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ, FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ, TÜBİTAK TEYDEP 9100030, 419 s.
- 3- GEÇKİL T, TANYILDIZI M, YILDIRAN E (2020).Yüksek Fırın Cürufu ile Stabilize Edilmiş Killi Bir Zeminin Yol Esnek Üstyapı Tabaka Kalınlıklarına ve Maliyetine Etkileri, Fırat Üniversitesi Müh. Bil. Dergisi 32(2), 509-520.
- 4- ÇETİN A (2011). YÜKSEK PLASTİSİTELİ KİL ZEMİNLERİN ALTERNATİF MALZEMELER İLE YÜZEYSEL ZEMİN STABİLİZASYONU, Yüksek Lisans Tezi, İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ, FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ, 119s.
- 5- ÖZPOLAT N (2020). KİREÇ, UÇUCU KÜL ve MERMER TOZU İLE ZEMİN STABİLİZASYON, Sürdürülebilir Mühendislik Uygulamaları ve Teknolojik Gelişmeler Dergisi, 3(1): 38-53.
- 6- ÖZDÖL M (2004). Çimentonun Fiziksel Özelliklerinin Standart Harcın Mukavemetine Etkisinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ, FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ, 87s.
- 7- CENGİZ O (2010). Anamasdağları-Isparta terra rossalarının tuğla-kiremit üretiminde kullanılabilirliği, Kibited 1(4) (2010) 287 – 299.
- 8- Sezen Y(2010). ASİT TOPRAKLARA KİREÇ İLAVESİNİN FOSFOR VE POTASYUM ELVERİŞLİLİĞİNE ETKİSİ, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, Cilt: 12 - Sayı: 1.
- 9- "Değişen Çimento Oranlarının Sıkıştırılmış Stabilize Toprak Bloklarının (CSEB) Özelliklerine Etkisi - Sürdürülebilir Düşük Maliyetli Bir Konut Malzemesi" . DOI: 10.13140 / 2.1.4966.4963 Konferans: Uluslararası Sürdürülebilir Sivil Altyapı Konferansı, ASCE Hindistan Bölüm 17–18 Ekim 2014, Haydarabad, Hindistan, Cilt: s. 1000-1010 .
- 10-Erdoğan, T. Y., Öğütülmüş Granüle Yüksek Fırın Cürufu ve Kullanımı, Endüstriyel Atıkların İnşaat Sektöründe Kullanılması Sempozyumu Bildiriler Kitabı, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, Ankara, Türkiye, 1-11 (1995).
- 11-Oymael, S. ve Yeğınobalı, A., Bitümlü Şist Külü Katkısının Betonda Aşınma Dayanımına Etkisi, 4. Ulusal Beton Kongresi Beton Teknolojisinde Mineral ve Kimyasal Katkılar Bildiri Kitabı, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, İstanbul, Türkiye, (1996).