

PÜSKÜRTME BETONDA YÜZEY HAZIRLIĞININ ÖNEMİ

Melda ALKAN ÇAKIROĞLU *, Serdal TERZİ**

Özet

Yüzey hazırlığı hem püskürtme betonda hem de geleneksel betonda onarım/güçlendirme işlemlerinin en önemli unsurudur. Yüzey hazırlığı ana hatlarıyla, bozuk beton tabakasının tamamen kaldırılması, değiştirilmesi, alt tabakanın durumu, aderans malzemelerinin kullanılması ve yüzeyin temizlemesinden oluşmaktadır.

Uygun yüzey hazırlığıyla alt tabaka ve taze püskürtme beton arasında iyi bir mekanik yapışmayı sağlamak önemlidir. Özellikle, tabakalar halinde püskürtme beton uygulanması durumunda, tabakalar arasında mutlaka iyi bir aderans sağlanmalıdır. Aderans arttırıcıların kullanımı da dahil olmak üzere hiç bir şey iyi yüzey hazırlığına değişilmez.

Püskürtme beton uygulamalarında görülen problemlerin büyük bir çoğunluğunun nedeni yüzey hazırlığının doğru bir şekilde yapılmamasından kaynaklanmaktadır. Bu çalışmada püskürtme betonla güçlendirmede uygulanan yüzey hazırlıkları uygulamalarına yer verilmiştir. Ayrıca konu ile ilgili olarak örnek bir uygulama yapılmıştır. Yapılan deneysel çalışmada kuru sistem püskürtme betonla güçlendirilmiş betonarme kiriş numunelere uygulanan yüzey hazırlığının etkinliği incelenmeye çalışılmış ve kum püskürtme tekniğinin pratikte kullanılmasının güvenilirliği sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Kuru sistem püskürtme beton, kum püskürtme, aderans, yüzey hazırlığı.

IMPORTANCE OF SURFACE PREPARTION IN SHOTCRETE

Abstract

Surface preparation is most important part of spraying of concrete in both conventional concrete repair/strengthening of the process. Surface preparation main lines are, broken concrete layer is removed completely, change the status of the lower layer, the use of materials and surface cleaning for aderans formed.

The problem of surface preparation is because of large majority of shotcrete applications are not done properly. In this study, we have been given shotcrete applied to strengthen concrete applications, surface preparation. Moreover, a sample application has been made. Configuration experimental study reinforced beams samples strengthened with shotcrete of dry system applied for review of the effectiveness of surface preparation has been working and sandblast method used in practice are presented reliability.

Key Words: Dry system shotcrete, sandblast, adhesion, surface preparation

1. Giriş

Püskürtme beton çok iyi hazırlanmış portland çimentosu, su ve kum karışımından ibaret harcın, basınca dayanıklı lastik veya özel imal edilmiş saç borularla kullanım yerine iletilen ve önceden hazırlanmış yüzeye basınç altında püskürtülen betondur (Bekişoğlu, 1993).

* Süleyman Demirel Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Yapı Eğitimi Bölümü, Isparta. E-posta: malkan@tef.sdu.edu.tr.

** Süleyman Demirel Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Yapı Eğitimi Bölümü, Isparta. E-posta: sterzi@tef.sdu.edu.tr.

Amerikan Beton Enstitüsü (ACI) tanımına göre; püskürtme harç veya betonun bir yüzeye yüksek hızda hava basıncıyla püskürtülmesidir (Zaffaroni vd., 2001).

Püskürtme beton için, İngilizce de “gunit”, “pneumatically applied mortar, concrete”, “gunned concrete” gibi isimler, Almandada ve oradan dilimizde ise patent ismi olan “torkret” kullanılmıştır. Ancak, son zamanlarda bunların yerini “shotcrete”, “Spritzbeton” sözcükleri almıştır. Türkçede de “Püskürtme Beton” adının kullanılması uygun ve bu tür betonların tümünü kapsayan bir ad olmaktadır (Aka ve Celep, 1978).

Püskürtme betonun normal betondan farkı karışımın bir hortumun ağzından hava basıncı yardımı ile beton dökülecek yüzeye büyük hızla fırlatılması, çarpma sonucunda orada yapışıp kalması ve varsa içindeki priz çabuklaştırıcı katkının etkisi ile çok kısa sürede katılaşıp taşıyıcılık kazanmasıdır. Püskürtme betonun yaş ve kuru olmak üzere iki kaplama yöntemi vardır. Kuru yöntemde çimento, kum, nemli ve iri agrega susuz ortamda karıştırılarak basınçlı hava ile çıkış hortumuna basılır. Lansta katkı malzemesi ve püskürtme suyu ile karıştırılarak 70-120 m/sn bir hızla püskürtülür. Bu karışım uygulanacak yüzeye çarpınca uygulama yüzeyinde bir beton kabuk oluşur.

Yaş sistemde katkı malzemesi dışındaki bütün malzemeler bir plentte hazırlanarak hortum içinden geçer, hava veya pompa basıncı ile lansa sevk edilir. Katkı malzemesi ilave edildikten sonra ilave hava basıncı ile 35-45 m/sn gibi bir hızla yüzeye püskürtülür (Topçu, 2006).

Geleneksel betondaki durumun benzeri olarak, püskürtme betonun özellikleri su/çimento oranına, agreganın kalitesine, boyutuna ve tipine, kullanılan katkıların tipine, kullanılan çimentonun tipine, inşaat uygulamalarına bağlı olarak değişmektedir. Püskürtme betona ait özellikler şunlardır;

a. Dayanım: Eğilme ve basınç dayanımı püskürtme betonda genellikle geleneksel betona eşit olarak sağlanabilir. Basınç ve eğilme dayanımı arasındaki oran geleneksel betonla benzer yaklaşıktadır. Ayrıca su/çimento oranı ve dayanım arasındaki ilişki incelenecek olursa düşük su/çimento oranları ile yüksek dayanım görülmektedir.

b. Aderans Dayanımı: Her ne kadar aderans dayanımı üzerine birkaç bilgi olmasına rağmen, diğer malzemelerle aderans dayanımının geleneksel betonda daha yüksek sağlanabildiği rapor edilmiştir.

c. Büzülme: Büzülme kaba agregalı püskürtme betonda azalır veya kaba agrega olmayan püskürtmede yüksek oranda geri sekme olur.

d. Donma Çözülme Karşı Direnç: Kuru karışım uygulamalar iyi performans göstermesine rağmen, yaş karışım püskürtme betonda daha çok donma çözülme problemleri olmaktadır.

e. Yoğunluk ve Geçirgenlik: Püskürtme betonun yoğunluğu ve geçirimsizliği uygulama alanında takibi sağlandığında mükemmel olabilir.

f. Tokluk: Püskürtme betona lif eklenmesiyle ilk çatlağın meydana gelmesinden sonra önemli bir yük taşıyabilme yeteneği ile sonuçlanabilir. Lifi tipi, boyutu, şekli ve miktarı bu performansın kapsamına karar verir (Anonim, 2005).

Püskürtme beton işlemi belki de beton uygulamaları için en çok yönlü metottur. Püskürtme beton yaklaşık 90 yıllık tarihi boyunca beri çeşitli şekillerde kullanılmaktadır. Kirli yüzeylere, kaya, çelik, diğer betonlar veya taş, kagir gibi inşaat malzemeleri ve her tip kalıp dahil hemen hemen her tür yüzeye uygulanabilir. Genellikle yapıları şekillendirmek için kullanılmıştır. Mekanik ekipman, borular ve diğer engellerin çevresine ve arkasına kolayca yerleştirilebilir. Kavisli, kubbeli veya serbest şekilli elemanlarda uygulamak için ideal bir inşaat metodudur. Ayrıca düşük su/çimento oranı ve alt uygulama yüzeyine mükemmel aderans sağlaması nedeniyle, beton ve yığma yapıların onarımı ve güçlendirilmesi için de idealdir (Shotcrete).

Püskürtme betonun uygulama alanları ile ilgili 1990'dan beri literatürde görülen uygulamalar aşağıda verilmiştir:

- Boru ve kanalizasyonların onarımı
- Metro, tünel yapımı ve onarımı
- Şev stabilizasyonlarında kaya ve zemin desteği için
- Çok katlı otopark tamirleri
- Baraj ve köprü onarımı
- Hidrogüç projelerinde
- Silo tamirleri
- Sulama kanallarının kaplanması
- Su bakım tesislerinin alt yüzeylerinde
- Yüzme havuzları
- Tersanelerin restorasyonu
- Tarihi demiryolu istasyonlarının restorasyonu
- Eski yapıların yeni kullanım alanlarına adaptasyonu
- Depremden hasar görmüş binaların onarımı

-Yeni yapımlar için püskürtme beton kullanımı (Rutenbeck, 1999).

Görüldüğü üzere püskürtme betonun uygulama alanları oldukça geniş bir yelpazededir. Yapıların onarım/güçlendirilmesinde püskürtmenin uygulama alanlarını ve yeteneklerini göstermek için en iyi yol püskürtme onarım projelerini gözden geçirmektir. Çalışma kapsamında; püskürtme beton uygulamalarında görülen problemlerin büyük bir çoğunluğunun nedeninin yüzey hazırlığının doğru bir şekilde yapılmamasından kaynaklandığı görülmüştür. Beauprè (2004) çalışmasında püskürtme beton tamirlerindeki yüzey hazırlık işlemlerinden bahsetmiş ve kum püskürtmeyle temizlenmemiş yüzeyler üzerine ya da kür maddesi üzerine atış yapıldığında zayıf aderans gözlemlendiğini belirtmiştir.

Bu çalışmada püskürtme betonla güçlendirmede uygulanan yüzey hazırlıkları ile ilgili temel bilgilere değinilmiş ve yapılan deneysel çalışmada uygulanan yüzey hazırlığı incelenmiştir.

2.Püskürtme Betonda Yüzey Hazırlık İşlemleri

Uygun yüzey hazırlığıyla alt tabaka ve taze püskürtme beton arasında iyi bir mekanik yapışmayı sağlamak önemlidir. Aderans artırıcıların kullanımı da dahil olmak üzere hiç bir şey iyi yüzey hazırlığı değiştirmez. Aslında aderans artırıcı kullanımı alt tabaka ve püskürtme arasındaki mekanik aderansa zararlı olabilir. Genelde yaygın olan birçok aderans artırıcı püskürtme uygulamasından önce kür edilebilir ve gerçekte aderans kırıcı olarak çalışır. Bu nedenle bunların kullanımı önerilmez. Püskürtme beton işleminin en iyi niteliklerinden birisi malzemenin yüksek hızla çarpmasının sağladığı iyi aderanstır (Brennan, 2005).

Püskürtme beton sadece temiz yüzey üzerine uygulanabilir. Çok tabakalı püskürtme beton uygulanacak ise, tabakalar arasında iyi bir aderans sağlanmalıdır. Bu amaçla yüzey üzerinde biriken toz tabakası temizlenmelidir. Böylelikle çok tabakalı püskürtme beton, tek tabaka gibi tasarlanabilir (Yerlikaya, 2006).

Püskürtme beton tatbik edilecek yüzey basınçlı hava ve su veya kum püskürtülerek önceden temizlenmelidir. Kumla temizlemede de, yüzey uygulamadan evvel birkaç saat nemli tutulmalıdır (Aka ve Celep, 1978). Kuru yüzeyler püskürtme betondan su emmeyecek duruma kadar nemlendirilmelidir. Eski beton yüzeyler püskürtme beton işlemi başlamadan çok önceki günlerden itibaren nemli tutulmalıdır. Bu işlem eski ve yeni betonun birbirine bağlanmasını ve orada oluşacak büzülme farklılıklarını azaltır (Bekişoğlu, 1993). Şüphesiz, yüzeyde serbest su akımı olmamalıdır. Yüzeydeki fazla su yüksek su-çimento oranı (w/c) ile sonuçlanır ve bundan dolayı, püskürtme beton ve alt tabaka arasındaki kritik ara yüzdeki aderans dayanımında bir azalma meydana gelir (Beauprè, 2004).

Yüzey, püskürtme beton yapılması sırasında donmuş olmamalıdır, dolayısıyla taze betondan ve katılma esnasındaki betondan ısı emmemelidir. Buz çözülmesi sırasında oluşacak şekil değiştirmeleri püskürtme betonu etkilememelidir (Bekişoğlu, 1993).

Eski beton yüzeyinden tüm bozuk, büyük çatlak, bozulma, gevşek ve çürük beton tamamen kaldırılması zorunludur. Kimyasal maddeler ya da yağlarla kirlenmiş olan beton yontulmalıdır. Onarım kalınlığındaki ani değişikliklerden kaçınılmalıdır. Onarımın çevresi onarımın tipi ve derinliğiyle uyumlu bir derinlikte testereyle kesilebilir. Testereyle kesim elverişsizse, onarım bölgesinin merkezine doğru kenarlar ufak bir sivrilmeyle yontulurlar. Keskin köşelerden kaçınılmalıdır. Sağlam betonda bozuk malzemeye dayanan yada temelini

teşkil eden zararı en aza indirmek, başarılı bir şekilde kalıp almak için pünomatik ya da elektrikli alet kullanımı seçilebilir.

Püskürtme beton pürüzsüz bir beton yüzeye yerleştirilmemeli, yüzey kum püskürtmeyle pürüzlendirilmiş olmalı, çekiçle çizilmiş olmalı yada diğer uygun mekanik araçlarla yapılmalıdır. Kalıptan çıkarıldıktan sonra, eski beton yüzeyinde yalnızca sağlam malzeme kaldığını saptamak için eski beton yüzeyi kontrol edilmelidir. Çekiçle yontma gibi eğer mekanik etki varsa yüzeyde kırılmış parça artıkları olabileceği için bu konu özellikle önemlidir. Bir çekiçle çukur açma bir muayene metodu olarak uzun zamandan beri kullanılmaktadır. Yüzey hazırlığı tüm onarım bölgeleri kum püskürtmeyle tamamen temizlendiğinde, su püskürtüldüğünde ya da diğer yöntemlerle makine yağı, yağ yada diğer maddelerle yeni yerleştirilen püskürtme betonun aderansını engelleyebilecek herhangi kalıntıları çıkarıldığında tamamlanmaktadır. Kum püskürtme uygulandığında, fazla kum ve gevşek çökme boşluk yada sıkıştırılmış havayla yüzeyde şişme oluşabilir. Özellikle donatı çubuğu ya da ankraj etrafındaki artıkları temizlenmesine dikkat edilmelidir (Anonim, 1995).

3. Araştırma Bulguları

Çalışma kapsamındaki kiriş numunelerine uygulanan püskürtme betonda yüksek dayanım ve en az geri sekme elde etmek için bazı kısıtlara dikkat edilmiştir. Yüksek dayanım elde etmek ve geri sekmeyi azaltmak için dikkat edilen noktalardan bir kaç, alt tabakanın doyunluğu, yüzeyin temizlemesi, püskürtme beton üretim imkânlarının geliştirilmesi, mesleğinde tecrübeli operatör kullanımı vb. konularını içermektedir.

Püskürtme beton uygulamalarında görülen problemlerin nedenlerinden birinin yüzey hazırlığının doğru bir şekilde yapılmamasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu nedenle çalışma kapsamındaki tüm numunelerin yüzeylerinin hazırlanmasında standartlara uygun olmasına gereken özen gösterilmiştir.

Çalışma kapsamındaki tüm numunelere aynı anda kum püskürtme uygulanmıştır. Püskürtme uygulanacak numune yüzeyleri kumla temizlenmeden önce 2 saat boyunca nemli tutulmuştur. Numunelerin sivri kenar köşelerinin yuvarlak şekil almasına çalışılmıştır. Püskürtme betonun pürüzsüz bir beton yüzeye yerleştirilmesini önlemek ve eski beton ile yeni beton arasında aderansı sağlamak için numunelerin yüzeyi kum püskürtmeyle tamamen temizlenmiştir. Ayrıca deney numunelerin kenarlarının yuvarlatılmasına çalışılmıştır. Kum püskürtme 300 lt kapasiteli, 7 bar basıncında, test basıncı 12 bar olan EKP tipi kum püskürtme ünitesi ile yapılmıştır. Kum püskürtme makinesinin kompresörü ise 8 kg/cm² çalışma basıncında, 16 kg/cm² test basıncında ve 1000 lt. depo hacmine sahiptir. Şekil 1'de kum püskürtme ünitesinin resmi görülmektedir.



Şekil 1. Kum püskürtme ünitesi

Kum püskürtmede kullanılan kum 3 mm ince kum olup defalarca kullanılabilir. Şekil 2’de kiriş numunelerine kum püskürtme uygulanarak yüzey hazırlanması görülmektedir. Yeni tabakanın püskürtülmesinden önce, şüpheli yerler kontrol edilerek iyi kaynaşmamış kısımlar uzaklaştırılmış ve beton alt yapısı nemlendirilmiştir. Kum püskürtme uygulamasında fazla kum ve gevşeklik, çökme, boşluk ya da basınçlı havayla yüzeyde şişme meydana gelme olasılığına dikkat edilerek yüzey tamamen kontrol edilmiş ve tüm yüzey fırçalanmıştır.



Şekil 2. Kiriş numunelerine kum püskürtülerek yüzeyinin hazırlanması

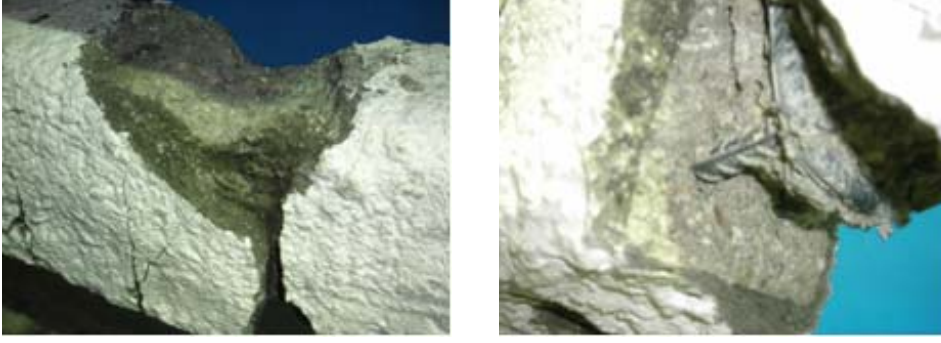
Püskürtme uygulaması bittikten sonra yüzey dayanım kaybı olmaması için kesinlikle masterlanmamış sadece malayla betona zarar vermeyecek şekilde hafifçe yüzeydeki beton tabakası düzeltilerek perdahlanmıştır (Şekil 3).



Şekil 3. Kuru karışım püskürtme beton uygulanarak güçlendirilmiş kiriş numunesinin görünümü

Püskürtme kaplaması ince ve kalıp kullanılmadan yapıldığı için numunelerin sarsılmamasına dikkat edilmiştir. Ayrıca rötre, betonun sertleşmesi esnasında ince püskürtme beton tabakasında daha etkili olduğu için betonun ani kuruması önlenmiş ve betonun korunması için 7 gün boyunca nemli tutulmuştur.

DeneySEL çalışma programının tamamlanmasından sonra betonarme kiriş numunelere uygulanan kum püskürtme işleminin püskürtme betonla eski beton yüzeyleri arasında yeterli aderansı sağladığı gözlenmiştir (Şekil 4). Bununla birlikte, kum püskürtmeyle temizlenmemiş yüzeyler üzerine atış yapıldığında zayıf aderans gözlenmiştir. Püskürtme kaplaması ince ve kalıp kullanılmadan yapıldığı için püskürtme beton taze iken numunelerin sarsılmamasına dikkat edilirse iyi bir aderansla sonuçlandığı gözlenmiştir.



Şekil 4. Kuru karışım püskürtme betonla güçlendirilmiş kirişin eğilme deneyi sonrası durumu

4. Bulgular ve Tartışma

Deneysel çalışma programının tamamlanmasından sonra betonarme kiriş numunelere uygulanan kum püskürtme işleminin püskürtme betonla eski beton yüzeyleri arasında yeterli aderansı sağladığı gözlenmiştir. Aslında püskürtme işlemi doğasından dolayı iyi bir aderans sağlar. Bununla birlikte, kum püskürtmeyle temizlenmemiş yüzeyler üzerine atış yapıldığında zayıf aderans gözlenmiştir. Püskürtme kaplaması ince ve kalıp kullanılmadan yapıldığı için püskürtme beton taze iken numunelerin sarsılmamasına dikkat edilirse iyi bir aderansla sonuçlandığı gözlenmiştir. Kum püskürtme uygulandığında, yüzeyde kum cepleri, gevşeklik, çökme, boşluk vb. meydana gelme olasılığına fırsat verilmediğinden aderansda bir problem yaşanmamıştır.

5. Sonuç ve Öneriler

Yüzey hazırlığı hem püskürtmede hem de yerine yerleşmiş betonda onarım işlemlerinin en önemli unsurudur. Büyük ölçüde, beton değiştirilmesi, alt tabakanın doygunluğu, aderans malzemelerinin kullanılması (püskürtmede nadir bulunur) ve yüzeyin temizlemesi konularını içerir. Bu işlemler çevre şartları (yüzey durumu: düşey ya da tavan, donatı olması) ve hem kısa dönem hem de uzun dönem aderans dayanımı için oldukça önemlidir ve böylece onarım doğru olur.

Uygun bir yüzey hazırlığı için yapılması gereken bütün adımları içeren yüzey hazırlığı, onarım maliyetinin büyük bir kısmına mal olduğu ve onarım maliyetinin % 50 sine ulaştığı açıktır. Bu sebepten dolayı, yüzey hazırlığını ihmal etmemek önemlidir (Beauprè, 2004).

Uygulamada en iyi kaliteyi sağlamak için birçok faktör düşünülmelidir. Püskürtme beton önemli avantajlarına ve yeteneklerine rağmen, prosedürlere uyulmadığı takdirde sonuç başarısız ve kalitesiz olacaktır. Tüm adımlar doğru bir şekilde uygulandığında, bu işlemlerin onarım/güçlendirme maliyetinin büyük bir kısmını kapsadığı için maliyet açısından da yüzey hazırlığını ihmal etmemek önemlidir.

Püskürtme beton uygulamasında özellikle uygun bir yüzey hazırlığı kombinasyonuna, uygun malzeme karışımına, doğru püskürtme uygulamasına ve püskürtme ekibinin yeteneğine dikkat edilmelidir.

Kaynaklar

- Aka ve Celep, 1978. Püskürtme Beton ve Uygulaması. İstanbul Teknik Üniversitesi, Müh. Mim. Fakültesi, Betonarme, Ahşap ve Çelik Yapılar Kürsüsü, 19s. İstanbul.
- Anonim, 1995. Guide to Shotcrete. Reported by ACI Committee 506. ACI 506 R- 90, Reapproved 1995.
- Anonim, 2005. U.S. Army Corps of Engineers, Engineering and Design Standart Practice for Shotcrete. Department of the Army U.S. Army Corps of Engineers, Distribution Restriction Statement. CECW-EG Engineering Manual No 1110-2-2005, Washington.
- Beauprè, D., 2004. Surface Preparation for Shotcrete Repairs. American Concrete Association, Shotcrete Magazine Winter, 6,1, 18-19.
- Bekişoğlu, Ş., 1993. Beton Kaplamalı Kanallarda Sızdırmazlık Önlemleri Mastik Asfalt ve Püskürtme Beton Uygulaması. D.S.İ. Matbaası, İşletme ve Bakım Dairesi Başkanlığı, 24-49s. Ankara.
- Brennan, E., 2005. Quality and Shotcrete. Shotcrete, American Shotcrete Association, Shotcrete Magazine Winter, 7,1, 8-9.
- Brennan, E., 2005. Testing Shotcrete for Bond. American Shotcrete Association, Shotcrete Magazine Winter, 7,1, 8-9.
- Çakıroğlu Alkan M., 2007. Doktora Tezi. Betonarme Kirişlerin Güçlendirilmesinde Püskürtme Betonun Alternatif Bir Yöntem Olarak Kullanılması. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Isparta.
- Rutenbeck, T., 1999. U.S. Department of the Interior Bureau of Reclamation 1999. Repairing Concrete With Shotcrete (A Primer for Bureau of Reclamation Staff), Technical Service Center Civil Engineering Services Materials Engineering and Research Laboratory Denver, Colorado, 398 pp.
- Topçu, İ.B., 2006. Beton, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Eskişehir Şubesi, Yayın No:2, 189-190s., Eskişehir.
- Shotcrete. Shotcrete Technology for Concrete Repair. Section 53. 403pp.
- Yerlikaya, M., 2006. Püskürtme Beton. 19s. İnternet Sitesi. www.beksa.com.tr/celiktel2.pdf.
Erişim Tarihi: 16.03.2004.
- Zaffaroni, P., Pistolesi, C., Dal Negro, E., Coppola, L., Collepardi, M., 2001. AITES-ITA 2001 World Tunnel Congress Progress in Tunneling After 2000. Industrialisation in Tunnel Construction Tunnel Upgrading and Widening, June 10-13, II, 2-3, Milano.