



**Derleme
(Review)**

Püskürtme Betonda Görülen Problemler

Melda ALKAN ÇAKIROĞLU*, **Serdal TERZİ***, **Murat Gökhan ÇAKIROĞLU****

*Süleyman Demirel Üniversitesi Tek. Eğt. Fak. Yapı Eğt. Böl., Isparta/TÜRKİYE

** Mikro Bilg. İnşaat, Isparta/TÜRKİYE
malkan@tef.sdu.edu.tr

Özet

Püskürtme beton istenilen şekil verilebilmesi ve her türlü yüzeye uygulanabilmesi avantajlarından dolayı çeşitli uygulamalarda kullanılmaktadır. Uygulama alanları çok geniş olup; boru ve kanalizasyonların onarımı, metro, tünel yapımı ve onarımı, şev stabilizasyonlarında kaya ve zemin desteği için, baraj ve köprü onarımı, hidro güç projeleri, sulama kanallarının kaplanması ve depremden hasar görmüş binaların onarımı ve güçlendirilmesi, bunlardan sayabildiğimiz bir kaçıdır. Bu kadar geniş bir uygulama sahip olması bakımından önem arz eden bu inşaat metodu uygulama aşamalarında da özel bir itina ve önem gerektirmektedir. Diğer işlerde olduğu gibi üretim, uygulama ve bakım aşamalarında şartname ve prosedürlere uyulmadığı takdirde sonucun başarısız olacağı şüphe götürmez bir gerçektir. Bu çalışmanın amacı da hammaddeleri, hazırlanması, uygulama safhaları ve kontrolü bakımından geleneksel betondan daha fazla dikkat gerektiren püskürtme betonun uygulanmasında karşılaşılabilecek problemlere dikkat çekmektir.

Anahtar Kelimeler: Püskürtme beton, Lifli beton, Baraj, Tünel, Geri sekme, Rötre.

Problems Sighted in Shotcrete Concrete

Abstract

Because of the advantages that desired shape can be given and be applied to any surface, shotcrete concrete are used in various applications. Application area is very large; repair of sewages and pipe, subway, tunnel construction and repair, for ground support and rocks in the slope stabilization, dam and bridge repair, hydro power projects, wrapping of irrigation channels, and repair and strengthening of damaged buildings from earthquake. It has a broad application in terms of importance in the implementation phase; the construction method requires a special attention and importance. As with other business production, it is indisputable that the result will fail if it does not meet specifications and procedures in the implementation and maintenance stages. Due to the fact that raw materials, preparation, implementation and control stages of sprayed concrete require more attention than traditional concrete, the purpose of this study is to draw attention to problems that can be encountered in the implementation.

Keywords: Shotcrete Concrete, Fiber Concrete, Dam, Tunnel, Rebound, Shrinkage.

1. GİRİŞ

Püskürtme beton çimento, su ve agrega karışımından oluşan harcın, hava basıncıyla yüksek hızla önceden hazırlanan yüzeye püskürtülmesiyle elde edilen beton olarak tanımlanmaktadır.

Püskürtme beton uygulanma yöntemine göre kuru veya yaş olarak üretilmektedir. Kuru karışımda agrega ve çimento uygun ölçülerde karıştırıldıktan sonra, karışım basınçlı hava yardımıyla hortumdan püskürtme ucuna iletilir. Püskürtme ucuna gelen bu kuru karışıma operatör basınçlı su ekleyerek elde edilen betonu

Bu makaleye atf yapmak için

Çakıroğlu M.A., Terzi S., Çakıroğlu M.G., " Püskürtme Betonda Görülen Problemler" Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi 2009, 5(2) 43-49

How to cite this article

Çakıroğlu M.A., Terzi S., Çakıroğlu M.G., " Problems Sight In Shotcerete Concrete" Electronic Journal of Construction Technologies, 2009, 5 (2) 43-49

basıncılı hava yardımıyla uygulanacak yüzeye püskürtür. Yaş yöntemde ise agrega ve çimento karışımına su da ilave edilerek meydana gelen harç yine hortum içinde basıncılı hava sayesinde püskürtme ucuna iletilir. Püskürtme ucuna gelen bu karışım hava basıncı sayesinde yüksek hızla uygulama yüzeyine püskürtülür.

Her iki yöntemde üretilen püskürtme beton istenilen şekil verilebilmesi ve her türlü yüzeye uygulanabilmesi avantajlarından dolayı 100 yılı aşkındır çeşitli şekillerde kullanılmaktadır. Kavisli, kubbeli, serbest şekiller verilmek istenen yerlerde, yığma ve betonarme yapıların onarım ve güçlendirme işlerinde, tünel kaplamalarında, her tip kalıp ve yüzeye uygulanabilen ideal bir inşaat metodudur.

Püskürtme beton yapıların yanı sıra şev stabilizasyonları, hidrogüç projeleri, köprü, baraj, tünel vb. gibi yapılarda da kullanım alanı bulmuştur. Bunlara örnek vermek gerekirse; Güney Kaliforniya'daki Littlerock barajının ön yüzü püskürtme beton ile kaplanmıştır. Barajın akıntı yönünde stabilite için çelik fiber içeren püskürtme beton kullanılmıştır. Skokie de ise bir lağım tünelinin onarımında kullanılmıştır. Ayrıca püskürtme beton köprülerin onarımında da sıklıkla kullanılmaktadır [1].

1993 deki, bir çalışmada Kolombiya da özellikle püskürtmeyle onarılmış 4 baraj yapıldı. Montrealin limanında palamar yeri polyolefin lifli püskürtmeler ve çelik lif kullanılarak tamir edildi [2].

Görüldüğü üzere püskürtme betonun uygulama alanları çok geniş bir yelpazededir. Yukarıda saydığımız örnekler püskürtme betonun uygulama alanlarının bir kısmını oluşturmaktadır. Ayrıntıya girmeden literatürde görülen diğer 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 [1].

2. PÜSKÜRTME BETON UYGULAMASINDA GÖRÜLEN PROBLEMLER

Şüphesiz püskürtme betonunda uygulama sırasında ve sonrasında ortaya çıkan bazı problemleri olmaktadır. Bunlar başlıklar halinde incelenecek olursa:

2.1. Uygulama Esnasında Görülen Problemler

Kuru çimento ve kum karışımı hortumun ucundan geçerken su, aradaki ışınsal (radyal) geçişler boyunca itilir ve geçen malzemeyi ıslatır. Malzemenin hortumun ucundan aktığı andaki hızının yüksek olması nedeniyle tam ve üniform ıslatma mümkün değildir. Sonuç olarak çoğunluğu su olan bir dışsal zarf tarafından çevrelenmiş karışımın içi değişken olarak ıslanmıştır. Homojen bir bileşim oluşturmak için hortumun ucu sürekli elle idare edilmelidir ki böylece dağıtılsın ve yüzeye çarptığında karışsın. Bu

yüzden hortumu tutan kişinin, elle idaresi zor olmasına rağmen, hortumun ucunu sürekli küçük daireler şeklinde döndürmesi yaygın bir uygulamadır.

Sonuç olarak işin kalitesi hortumu tutan kişinin özen ve yeteneğine bağlıdır. Çünkü bu kişi, sadece su miktarını değil, daha da önemlisi alıcı yüzeye çarptığı sırada hortumun ucunu tam malzeme karışımını sağlayacak şekilde elle ayarlanmaktadır. Bu yüzden kuru karışım püskürtme betonun üretim oranı bu yüzden sınırlıdır ve donatı miktarının artması ile daha büyük hortum kullanma yeteneği gerektirir [3]. Yazarlar tarafından yapılan doktora çalışmasında kullanılan kuru karışım püskürtme betonun uygulanmasıyla ilgili şekiller Şekil 1’de verilmiştir.



Şekil 1. Püskürtme Beton Uygulaması [4].

Yaş karışım yönteminde karışım hazırlandıktan en fazla 1-2 saat içerisinde kullanılmak zorundadır. Aksi halde hidratasyon başlamakta ve betonun işlenebilirliği azaldığı için pompalanamamakta ve atılmaktadır. Diğer taraftan bu süre sonunda pompa ve hatlardaki beton temizlenmek durumundadır. Bu durum yaş karışım yönteminin esnekliğini büyük ölçüde azaltmaktadır. Hidratasyon sürecini kontrol ederek yaş karışımın 72 saate kadar kullanımını mümkün kılan katkılar yaş karışım yönteminin bu sakıncasını ortadan kaldırmaktadır [5].

Püskürtme işlemi sırasında her taraf toz sis ve döküntü malzemeyle kaplandığı için görüş azalmakta ve işçilerde çalışma isteksizliği doğmaktadır. Çimentonun ve priz hızlandırıcı maddelerin kullanılması sebebiyle cilt rahatsızlıkları ve hatta bazen yanıklar meydana gelmektedir. Döküntü, toz ve sis en çok kuru sistemde görülür.

Uygulama başladığında, karışımda ve yerleştirmede tutarlılık olmayabilir. Püskürtmenin fiziksel özellikleri hem alt tabakaya, hortum ucunun yönüne hem de yerleştirme anında malzemenin çarpma hızına önemli derecede bağlıdır. Tabanca, uygulamaya göre değişmek üzere 0.50 m–1.50 m mesafede tutularak uygun sonuç alınabilir. Uzak tutulan tabanca donatının arkasını yeterli betonla dolduramayacağı için, zayıf kesitler meydana gelir ve buralarda kalan malzeme ilerde beton yüzünde çatlaklara sebep olabilir. Fazla yakın tutulan tabancada ise, yüzeye yapışmadan sıçrayan beton fazla olur [6-7].

2.2. Malzeme Bileşenlerinden Kaynaklanan Problemler

Kuru ya da yaş işlem kullanılmasında, öncelikle çimento ve agregayı sürekli olarak karıştırmak başlangıçta ve uygulama sırasında önemlidir. Bazı şantiyelerde, verimlilik için bazen şantiyede malzemelerin hazırlanması ve karıştırılması yapılabilir. Bu yüzeyde kum cepleri ve üniform olmayan püskürtme ile sonuçlanabilir. Bu hataları arttırarak püskürtmenin kalitesi en sonunda tehlikeye düşebilir [8].

Agrega dışında kullanılacak kum sert tanelerden oluşmalıdır. Yumuşak taneler yüzeye çarpıp parçalanırlar. Bu şekilde çıkacak toz beton ile yüzey arasındaki aderansın azalmasına neden olacaktır. Kumun granülometri sinin burada önemi büyüktür. Kumun içinde fazla miktarda iri tane bulunması beton içerisine girmesine engel olduğu gibi betonun yüzeye çarpıp önemli miktarda etrafa saçılmasına ve kullanılamamasına neden olur. Buna rağmen ince tanelerin bulunması ise fazla miktarda suya gereksinim duyması açısından sakıncalıdır. 0.15 mm'den küçük taneler karışım içinde bulunmamalıdır [9].

Püskürtme düzenine uygun düşmeyen malzeme, eleklerle ayrılarak, gerek hortumun ve gerekse püskürtme ucunun tıkanması önlenir. Eğer kullanılacak kumun nem oranı % 2'den az olursa uygulamada aşırı tozlanma görülür, % 5'den fazla olursa püskürtmede hortum tıkanması gözlenmiştir. Kıрма taş kullanımının tek sakıncası ekipmanların beklenen aşınmaların % 25–45 oranında artmasıdır [10-11].

Püskürtme beton karışımları genellikle yüksek çimento yüzdesiyle hazırlanan karışımlardır. Bu da çoğunlukla rötre çatlaklarına neden olmaktadır. Üstelik püskürtme beton uygulaması yapılan eğri yüzeyler çatlamaya çok büyük eğilim gösterirler ve bu tür yüzeylerin kür edilmesi çok zor olmaktadır [12].

Gereksiz bir şekilde kullanıldığında, aderans artırıcılar aderans kopmalarında rol oynayabilir. Aderans artırıcılar her durumdaki etkileri araştırılmadan püskürtme işlerinde kullanılmamalıdır. 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 [13-14].

Hızlandırıcılar katkının dozaj oranına ve çimentonun kimyasına, kendi kimyasına bağlı olarak farklı etkilere sahiptir. Ticari katkıların bazıları kalsiyum klorür içerir. Birçok hızlandırıcı çimentonun ve hızlandırıcının uyumuna bağlı olarak 28 günlük dayanımı %25–40 azaltmaktadır. Hızlandırıcılar püskürtmenin donma direncini azaltabilir. Bazısı çok kostik olabilir ve bu nedenle güvenlik açısından tehlikelidir. Bu nedenlerden ve pahalı olmasından ötürü, hızlandırıcılar arzu edilen sonucu başarmak için sadece minimum miktarda ve gerekli ise kullanılmalıdır [13].

Püskürtme betonda silika füme kullanılması olumlu etkilerine karşın bazı sakıncaları da beraberinde getirmektedir. Birincisi %20 kadar daha fazla plastikleştirici-akışkanlaştırıcı katkı kullanımı gerekli olmaktadır. Bu sorun, karışıma az miktarda (15-20 kg/m³) lif kullanımıyla önlenmektedir [5].

2.3. Uygulama Sonrasında Karşılaşılabilecek Problemler

Püskürtme betonun yeterli mukavemete erişmesi zaman alır ve hakiki mukavemet oluşuna kadar, püskürtme beton zemin desteği olarak istenilen görevi yerine getiremez. Teçhizat sağlam tespit edilemez ve püskürtme iyi yapılmazsa böyle olan yerlerde geri dökülen fazla miktardaki malzeme yüzünden gevşek püskürtme beton cepheleri oluşur. Bu gibi durumlarda püskürtme beton istenilen gayeyi sağlamaz.

Yerleştirilmiş taze püskürtme betonu aşırı sıcaktan ve/veya kurumadan korumada başarısızlık, sonradan oluşan çatlama ve püskürtmenin erken kurumasiyla sonuçlanabilir [13].

2.4. Geri Sekme

Püskürtülen betonun bir kısmı püskürtme yerindeki sert yüzeye, donatıya veya daha evvel yapılan betona çarparak geri sıçrar. Bu geri sıçrayarak kullanılmaz hale gelen beton oranı püskürtme basıncı, çimento ve su miktarı, agreganın en büyük dane büyüklüğü, donatının miktar ve şekli ile püskürtme tabakasının kalınlığına bağlıdır. Bunlarda değişiklik yapılarak azaltılabilirse de, püskürtme yüzeyinin eğimi önemlidir.

Sıçrama başlangıçta büyük olursa da daha sonra ilk betonun yüzeye yapışmaya başlamasıyla azalır. Daha çok iri veya çimento hamuru ile sarılmamış malzeme geri sıçradığı için, yüzeyde kalan betonun çimento miktarı yüksektir. Bu, betonun dayanımını artırır da, betonu büzülme çatlaklarına karşı hassas duruma getirir. Ayrıca, danelerin sıçraması sonucu betonda daha ince daneli agregaya çoğalır, az da olsa elek eğrisi değişir [7].

Yazarlar yaptıkları bir doktora çalışmasında kırıç elemanların üzerine kuru karışım püskürtme uygulayıp güçlendirmişlerdir. Bu çalışmada geri sekme incelendiğinde uygulama boyunca geri sekmenin başlangıçta az olduğunu ancak püskürtme uygulaması ilerledikçe arttığını gözlemlemişlerdir. Geri sekmenin artmasını numunelerin yüzeylerinin dar olmasından kaynaklandığı sonucuna varılmıştır. Görüldüğü üzere püskürtmenin uygulanacağı yüzeyin hazırlanmasıyla birlikte boyutları da geri sekme etkilemektedir [4].

2.5. Püskürtme Beton Karışım Oranlarının Tayininde Karşılaşılan Problemler

Yerine yerleştirilmiş püskürtme betondaki çimento miktarı geri sekmeden dolayı dizayn karışımındaki çimento miktarından daha yüksek olur. Geri sekme ayrıca yerine yerleştirildiğinde kaba agreganın büyük bir yüzdesini eleyerek daha ince agregayla sonuçlanır. Bu etki ile gerçek püskürtme beton karışımların çimento içeriği genellikle geleneksel betondakinden yüksek, büzülme problemlerinin artış olasılığını ve yüzey çatlamasının gelişmesini sağlar. Yaş karışım püskürtmede bu durum kuru karışım işleme göre daha az kritiktir. Kuru karışım işlem için deneme laboratuvar karışımları üretmek pratik değildir ve hatta yaş karışım için atış şartları gibi-çifte problemler vardır [15].

Kuru karışım püskürtme oranlamasının yazılı metodu yoktur. Kuru karışım püskürtme için laboratuvar deney karışımları yapmak pratik olmadığından, özellikle bir kuru karışım için uygulamada veri elde edilemezse kuru karışım oranlarının uygulama alanında denenmesi önemli ölçüde tavsiye edilir [13].

2.6. Makine ve Teçhizattan Kaynaklanan Problemler

Yaş sistemde püskürtme başlığı ile makine arasındaki mesafe çok az olduğundan birçok çalışmada yer darlığı sorunu ortaya çıkmaktadır. Yaş sistem püskürtme beton ekipmanları kuru sisteme göre üç misli pahalıdır [17].

Kuru sistem püskürtme beton ekipmanlarının 0.50–0.54 kw/m³ elektrik enerjisi harcamalarına karşın, yaş sistem çalışılabilen ekipmanlar ise 0.55–0.65 kw/m³ enerji harcarlar. Yaş sistem püskürtme beton ekipmanları kuru sistem ekipmanlarına göre % 40 daha az basınçlı havaya ihtiyaç duyarlar. Kuru sistemde 0.50–0.60 \$/m³ civarında olmasına karşın yaş sistemde 0.25-0.42 \$/m³ bir yedek parça maliyeti çıkmaktadır. [11].

Kuru püskürtme yönteminde, kuru karışımdaki agregata taneleri püskürtme beton makinesinin rotor plakaları, hücre kılıflarında ve iletim hatlarında fazla miktarda aşınma oluşturmakta, dolayısıyla yüksek ölçüde sarf malzemesi giderleri söz konusudur [5].

Kuru sistemde görülen diğer bir problem hortumun ve püskürtücü ucun malzemeyle tıkanmasıdır. Bu durum nadiren görülür ve bu yüzden birçok kişi bu durumu bilmedikleri için bu olaya sebep olarak karışımın kuru ve bağıl nem miktarının % 30'dan az oluşunu gösterirler. Bu tür tıkanmalar statik bir hat kullanılarak veya yarı iletken malzemeden yapılmış hortumlardan kaçınmak suretiyle önlenbilir [14].

2.7. Operatörden Kaynaklanan Problemler

İyi bir püskürtme beton uygulaması sadece makineye ve beton karışımlarına değil, püskürtme operatörünün yeteneklerine de bağlıdır. Onun kontrolü ile geri sıçrama en az seviyede tutulur. Pompa operatörleri ise, karışımı sabit bir akış hızı ile püskürtme operatörüne gönderirler. Bu alanda yetişmiş iyi

personel kullanmak oldukça zordur. Diğer bazı işlere göre, püskürtme betonun uygulamasında tecrübesizlik veya ufak tefek işçi kusurları hoş görülmeyebilir. ACI'nın Püskürtme hortumcusu sertifikası veren bir programı vardır. Belirlemeler tüm hortumcular için böyle bir sertifikayı gerektirmektedir [18-13].

Püskürtme tabancasını tutan, hava basıncını kontrol ederek püskürtmenin düzgün ve uygun hızda olmasını sağlar. Su miktarı kuru yöntemde tabancada kontrol edildiğinden ayrıca dikkat sarf etmek gerekir. Püskürtülen plastik karışımın sıkı olması, az zayıt vermesi, fakat bunun yanında gerekli sertlikte olup akmaması hep uygun su ayarı ile mümkün olur [7].

Kuru sistem püskürtme beton transmikserden püskürtme beton ekipmanına dökülüyorsa 1 operatör, 1 hortumcu, 1 düz işçi olmak üzere üç kişi yeterlidir. Çoğu zaman transmikseri bağlamamak için karışım makine yakınında yere dökülür ve iki ilave kürekçiyle püskürtme beton ekipmanına aktarılır. Bu durumda ekip beş kişi olur. Eğer karışım makine başında yapılıyor ise bir adet ilave çimentocuya ihtiyaç vardır. Bu durumda ekip altı kişi olur. Yaş sistemde ise 3 kişi yeterli olmaktadır. Eğer robot püskürtme kolu kullanılıyorsa bir kalifiye işçi yetmektedir.

Birim adam/saat bazında bakıldığında kuru sistemde uygulamada 0.15-0.25 m³ verim alınırken yaş sistemde 0.75-1m³ saat verim alınabilmektedir [11].

3. SONUÇ

Püskürtme beton istenilen şekil verilebilmesi, çeşitli yüzeylere uygulanabilmesi ve onarım güçlendirme işlerinde kullanılabilmesi avantajlarına rağmen şartnamelere ve kurallara uyulmadığı zaman olumsuz sonuçlar doğurmaktadır.

Bu çalışmada püskürtme betonda görülen problemler kısımlara ayrılarak alt başlıklar halinde incelenmeye çalışılmıştır. Bu problemlerin başında geri sekme, makine ve teçhizattan kaynaklanan problemler, kuru karışımda su ayarı, operatör sorunu vb. gelmektedir. İstenilen özellik ve dayanımda püskürtme beton üretmek ve uygulamak için hazırlama ve uygulama aşamasındaki tüm unsurlara özel bir itina ve dikkat gösterilmeli ve en ufak bir hata veya kusura meydan verilmemelidir.

Günümüz teknolojisinde püskürtme beton sınırları ve yetenekleri iyi bilinir ve uygulanırsa onarım ve/veya güçlendirme yöntemi olarak başarılı olabilir.

4. KAYNAKLAR

1. 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.
2. Bickley, A. J., Mitchell, D., 2001. "A State-of-the-Art Review of High Performance Concrete Structures Built in Canada: 1990-2000", 87 pp .
3. Warner, J., 1995. "Püskürtme Betonu [Shotcrete] Anlamak Esaslar", Çev: Ömür Abit, Hazır Beton Dergisi, 40-45s. İstanbul.
4. Çakıroğlu Alkan M., 2007. "Betonarme Kirişlerin Güçlendirilmesinde Püskürtme Betonun Alternatif Bir Yöntem Olarak Kullanılması", Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Isparta.

5. Arıoğlu, E., Yüksel, A. ve Yılmaz, A.O., 2008. “Püskürtme Beton Bilgi Föyleri-Çözümlü Problemler” TMMOB Maden Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi, Yayın No: 142, 296 s., İstanbul.
6. Brennan, E., 2005. “Quality and Shotcrete. Shotcrete”, American Shotcrete Association, Shotcrete Magazine Winter, 7,1, 8-9.
7. Celep, Z., Kumbasar, N., 2000. “Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı”. 596s. İstanbul.
8. Yüksel, A., Arıoğlu, E., 1999. “Yeraltı Yapılarında Püskürtme Beton”, TMMOB. Maden Müh. Odası İstanbul Şubesi, Çalışma Raporu, 8, 48 s. İstanbul.
9. Topçu, İ., B., 2006. “Beton Teknolojisi”, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, 191s. Eskişehir.
10. Aka, İ., Celep, Z., 1978. “Püskürtme Beton ve Uygulaması”, İstanbul Teknik Üniversitesi Müh. Mim. Fakültesi, Betonarme, Ahşap ve Çelik Yapılar Kürsüsü, 19s. İstanbul.
11. Sümer, T., 1994. “Püskürtme Beton Malzeme, Ekipman, Katkı Seçim Kriterleri ve Maliyet Optimizasyonu”, TMMOB. İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi Haber Bülteni, Sayı: 56, 18-21s. İzmir.
12. Düzgün, A. O., 2001, “Çelik Liflerin Hafif Betonların Dayanımları Üzerindeki Etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, 112 s. Erzurum.
13. 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.
14. Brennan, E., 2005. “Testing Shotcrete for Bond”, American Shotcrete Association, Shotcrete Magazine Winter, 7,1, 8-9.
15. Anonim, 1995. “Guide to Shotcrete.Reported by ACI Committee 506”, ACI 506 R- 90, Reapproved 1995.
16. Anonim, 1995. “Püskürtme Beton (Shotcrete) Yapım, Uygulama ve Bakım Kuralları”, Türk Standartları Enstitüsü, Birinci Baskı, ICS 91.100.30. Ankara.
17. 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.
18. Yerlikaya, M., 2004. “Çelik Tel Donatılı Püskürtme Beton”,18s.İnternet Sitesi. www.beksa.com.tr/celiktel2.pdf. Erişim Tarihi: 12.05.2006