



MAKÜ FEBED  
ISSN Online: 1309-2243  
<http://dergipark.ulakbim.gov.tr/makufebed>

Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 6(2): 100-107 (2015)  
The Journal of Graduate School of Natural and Applied Sciences of Mehmet Akif Ersoy University 6(2): 100-107 (2015)

Derleme Makale / Review Paper

## Püskürtme Beton Uygulamaları ve Kullanım Alanları

Hüseyin Hakan İNCE<sup>1</sup>, Cenk ÖCA<sup>1\*</sup>, Melda ALKAN ÇAKIROĞLU<sup>2</sup>, Serkan ÇELİK<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Burdur

<sup>2</sup> Süleyman demirel Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi, Isparta

<sup>3</sup> Başakşehir Belediyesi, İstanbul

Geliş Tarihi (Received): 19.12.2015, Kabul Tarihi (Accepted): 31.12.2015

✉ Sorumlu Yazar (Corresponding author)\*: [cenkocal@mehmetakif.edu.tr](mailto:cenkocal@mehmetakif.edu.tr)

☎ +90 248 2132751 📠 +90 248 2132704

### ÖZ

Püskürtme beton, çimento, su ve agrega karışımından oluşan harcın, hava basıncıyla yüksek hızla önceden hazırlanan yüzeye püskürtülmesiyle elde edilen, kuru sistem ve yaş sistem olarak uygulanan bir beton çeşididir. Püskürtme beton istenilen şekil verilebilmesi ve her türlü yüzeye uygulanabilmesi gibi birçok avantajlarından dolayı, boru ve kanalizasyonların onarımı, metro, tünel yapımı ve onarımı, şev stabilizasyonlarında kaya ve zemin desteği için, baraj ve köprü onarımı, sulama kanallarının kaplanması ve depremden hasar görmüş binaların onarımı ve güçlendirilmesi gibi çok sayıda uygulamada kullanılmaktadır. Bu çalışmada püskürtme beton tanımı, üretimi, tarihçesi ve uygulama alanları derlenmiş ve anlatılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Püskürtme beton, güçlendirme, kuru karışım, yaş karışım

## Application and Usage Areas of Shotcrete

### ABSTRACT

Shotcrete is a kind of mortar that is obtained as spraying on a prepared surface with pressurized air mixture at higher velocities as dry mix or wet mix including cement, water and aggregate. Because of lots of advantages like reshaping and can be applied to nearly all kinds of surface, shotcrete technique can be used at repair of pipes and sewerages, metro, tunnel construction and repair, support of inclined grounds, repair of dams and bridges, coating of irrigation canals and also repair and strengthening of buildings. In this study, description, production, history and application areas of shotcrete are reviewed and expressed.

**Keywords:** Shotcrete, strengthening, dry mix, wet mix

### GİRİŞ

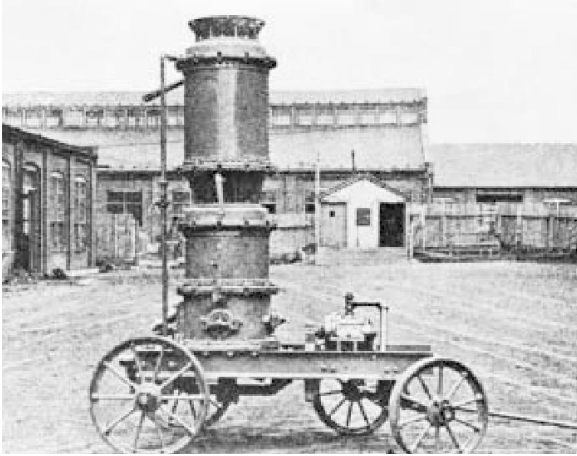
Püskürtme beton İngilizce de “pneumatically applied mortar, concrete”, “sprayed concrete”, “spraycrete”, “air blown mortar, concrete”, “gunned concrete” gibi isimler kullanılmaktadır. Almandada ise bir patent ismi

olan “Torkret” kullanılmıştır. Ancak, son zamanlarda bunların yerini “shotcrete”, sözcüğü almıştır. Türkçe’ye de “Püskürtme Beton” tanımıyla literatüre girmiş ve bu tür betonların tümünü kapsayan bir ad olarak kullanılmaktadır.

Püskürtme beton; agrega, çimento, su ve priz hızlandırıcı katkı karışımının boru hattı içerisinden basınçlı havayla taşındığı, püskürtme ile yerleşen beton olarak tanımlanır. Standart betona göre kalıp gerektirmeden yerleştirilmesi, priz hızlandırıcı katkılar yardımıyla taşıyıcılık görevini hemen yerine getirmeye başlaması gibi avantajları nedeniyle yeraltı mühendislik yapılarında vazgeçilmez hale gelmiştir. Püskürtme beton ayrıca baraj yapıları, şevler, hasarlı binaların onarımı ve güçlendirilmesi vb. alanlarda da yaygın olarak kullanılmaktadır (Ayış, 2010).

### PÜSKÜRTME BETONUN TARİHÇESİ

20. asrın başında, Amerika'da gelişen sanayi devrimiyle Doğu Pensilvanya'nın Lehigh vadisinde çimento, beton ve betonarme inşa yöntemlerine olan ilgi büyüktü ve Carl E. Akely tarafından fabrikasyon işler için bir püskürtme makinesi üretildi (Yoggy, 2000). Birkaç denemeden sonra Akeley 24 Haziran 1907'de Şekil 1'deki "sıva atıcı" olarak adlandırılan hortum ile sıkıştırılmış basınçlı hava yoluyla kuru sıvayı fırlatan ilk prototipini yaptı. Püskürtme ucuna harç ulaştığı zaman karışım için gereken su başka bir hortumla eklendi. Bir çift tabancayla yapı üzerine çimento-kum harcı püskürtmek için geliştirilen sistem 1910'da, püskürtme harç olarak adlandırıldı. Kaba agreganın eklenmesiyle, kuru karışım püskürtme olarak 1950'lerde tanınmaya başladı (Bickley ve Mitchell, 2001).



Şekil 1. 1907'de kullanılan orijinal makine (Yoggy, 2000)

1915'de, barajlar, köprüler, tüneller, yapıların tamiri, lağımlar, sulama kanalları ve çeliğin yangından korunması vb. çeşitli uygulamalarda püskürtme harcı kullanılmaya başlandı. 1920'lerde ise püskürtme betonun kullanımı iyice yaygınlaşmaya başladı (Şekil 2) (Yoggy, 2000).



Şekil 2. 1919'da Pittsburgh'daki bir su deposu için püskürtme harcı uygulayan hortumcu (Yoggy, 2000)

Püskürtme beton 1970 yılına kadar yalnızca kuru sistem olarak uygulanmıştır. Bu tarihte yaş sistem devreye girmiş ancak yüksek su-çimento oranı kullanılması beton dayanımında düşme yarattığından yaygın uygulama görülmemiştir, 1975'de silikat ve pilastisiteyi artırıcı katkıların püskürtme betonda başarıyla uygulanması yüksek kapasitede uygulanabilen yaş sisteme yüksek dayanım kazandırmış ve bu metotta yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır (Sümer, 1994).

Püskürtme yoluyla ilk güçlendirme uygulamalarına XX. Yüzyılın başlarında kireç kum ve 5 mm'yi geçmeyen agrega, harcından oluşan karışım (gunite) kullanılarak başlamıştır, ancak ekipman, malzeme dayanımındaki sorunlar nedeniyle yaygınlaşmamıştır. Daha ekonomik ve güvenli destekleme ve güçlendirme sistemleri konusunda II. Dünya Savaşı'ndan sonra araştırmalar yapılmış, 25 mm dane çapına kadar agrega içeren karışımları püskürtülebilen makinelerin geliştirilmesi ve Portland çimentosunun kullanımıyla tüneller ve madenlerdeki güçlendirme ve destekleme sistemlerinde kullanılmaya başlamıştır. Pnömatik teçhizatın gelişmesiyle 1960'larda yaş karışım püskürtme kullanılmaya başlandı (Yüksel ve Arıoğlu, 1999).

Yaş karışım kullanılmaya başladıktan sonra Gunite müteahhitler için ciddi bir sorun olmaya başladı. Çünkü yerleştirme için daha az güç ve beceri gerektiriyordu. Ayrıca maliyeti daha düşük ve uygulaması daha hızlı idi. Orijinal Gunite'nin bir alt uygulaması şeklinde yorumlanan bu uygulama püskürtme beton olarak tanınmaya başladı (Yoggy, 2000).

### PÜSKÜRTME BETONUN ÜRETİMİ

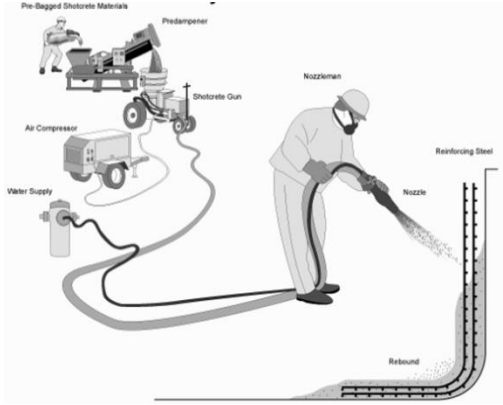
#### Kuru Sistem Püskürtme Beton

Önceden hazırlanmış alana uygulanacak püskürtme beton için makinenin karışım odasında, agrega ve çimento belirli ölçülerde birleştirilip karıştırıldıktan sonra, bu kuru karışım seyrek olarak ve basınçlı hava yardımıyla

bir hortum içinde püskürtme ucuna iletilir. Tabanca veya meme olarak da adlandırılan bu uca gelen kuru karışıma basınçlı su eklenerek elde edilen beton yine basınçlı hava yardımıyla ve yüksek hızla (70-120 m/sn hız) beton yapılacak alana püskürtülür (Şekil 3-4)



Şekil 3. Yeni nesil kuru tip beton püskürtme beton makinesi (URL-1, 2015)



Şekil 4. Kuru sistem püskürtme beton mekanizması (URL-2, 2015).

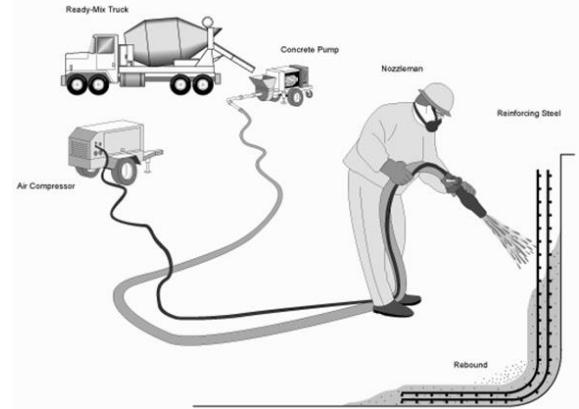
İsteğe uygun bir harç elde edilmesi için tabancada verilen suyun miktarı ayarlanabilir ve gereken durumlarda bu suya katkı maddeleri de eklenebilir. Kuru çimento ve kum harcı hortumun ucundan geçerken su, geçen malzemeyi ıslatır. Malzeme hortumun ucundan yüksek hızlı aktığı için tam ve eşit oranda ıslanma tam anlamıyla sağlanamaz. Bunun sonucunda çoğunluğu su olan zar şeklinde çevrelenmiş harcın içi değişken olarak ıslanmıştır. Homojen bir karışım olması bu uygulamada beklenmez. Uygulama sırasında toz kalkması ve geri tepme fazladır. Toz kalkması sonucu çimento dozunda düşüş meydana gelebilir. Bu durum mukavemetin düşmesine sebep olabilir.

Homojen bir birleşim oluşturmak için hortumun ucu sürekli elle idare edilmelidir ki böylece dağıtılsın ve yüzeye çarptığında karışsın. Bu nedenle bu uygulama

mada operatör çok önemlidir. Hortumun idaresinin zorluğu gereği genellikle tutan kişinin küçük halkalar halinde döndürmesi gerekmektedir. Nitelikli işgücüne olan bağımlılığı sebebiyle kuru sistem püskürtme betonun üretim oranı sınırlıdır. Ayrıca zorluklarından biri de donatı miktarının artması ile daha büyük hortum kullanma ihtiyacının ortaya çıkmasıdır (Alkan Çakıroğlu, 2007).

### Yaş Sistem Püskürtme Beton

Bu sistem, hortum ve basınçlı hava yardımıyla püskürtme ucuna (35-45 m/sn hız) iletilen agrega, çimento ve su ıslak karışımının bu uçta verilen basınçlı hava ile betonun yüksek bir hızla püskürmesini sağlar (Şekil 5).



Şekil 5. Yaş sistem püskürtme beton mekanizması (URL-3, 2015)

Basınçlı havaya ayrıca priz hızlandırıcı katkı katılır. Böylelikle püskürtülen alanda hemen priz alması sağlanır. Kuru karışıma göre daha az geri tepme ve daha homojendir. Diğer şartlar eşit olmak üzere, meydana gelen birleşim kuru karışımdan daha fazla büzülmeye maruz kalacak ve priz alan bölge daha geçirgen olacaktır. Bununla beraber, doğru şekilde uygulanmış yaş karışım püskürtme beton, benzer iyi kaliteli konvansiyonel olarak dökülmüş betona eşdeğer özelliklere sahiptir. Çünkü yaş karışım püskürtme betonda malzeme hortumun ucuna ulaşmadan önce karışım haznesinde tamamen karıştırılır, hortumu kullanan kişide ise aranan beceri kuru karışımda aranan kadar fazla değildir. Bu sebeple kuru karışıma göre uygulanma oranları çok daha yüksektir. Büyük yüzey alanları veya sık yerleştirilmiş donatıların olduğu yerlerin etrafını tam olarak doldurabilir. Fakat bu uygulamada bazı sorunlar ortaya çıkmaktadır. Yaş karışıma püskürtme esnasında katılan priz hızlandırıcı katkı malzemesi su/çimento oranını değiştirdiği için beton dayanımı azalabilir. Kuru yüzeylere yapışma az, ıslak yüzeylere ise yapışma zordur. Yüzeye çarpma sırasında oluşan sıkışma azdır. Gerekli yapışma mukavemetine yalnız, kalın danesi az olan agrega içeren ve çimento miktarı 500 kg/m<sup>3</sup> olan beton ile ulaşılır. Priz hızlandırıcı katkı maddesinin homojen olarak ilave edilme işlemi tam anlamıyla

yapılamamaktadır ve bu sistemin en büyük sorunlarından biri olarak göze batmaktadır (Warner 1995; Alkan Çakıroğlu 2007).

### Yaş ve Kuru Sistemin Karşılaştırılması

Yaş ve kuru sistem püskürtme beton arasında çeşitli farklılıklar görülmektedir. Uygulama tekniği, uygulama maliyeti, donanım maliyeti, bakım maliyeti, bakım ihtiyacı gibi konular bunlardan bazılarıdır. Bu Konular aşağıdaki Tablo 1'de basit bir şekilde ele alınmıştır.

**Tablo 1.** Kuru ve yaş sistem püskürtme betonun karşılaştırılması (Alkan Çakıroğlu, 2007)

Faktör	Kuru Sistem	Yaş Sistem
Aderans Dayanımı	Her iki sisteminde aderans dayanımı geleneksel betona göre önemli ölçüde yüksek olmasına rağmen yaş sistemin aderans dayanımı kuru sisteme göre daha yüksektir.	Yaş sistem püskürtme betonun aderans dayanımı daha yüksektir.
Uygulanma Oranı	Kuru karışım püskürtme geri sekme vb. dezavantajlarından dolayı daha az oranda uygulanmaktadır. Ancak ekipmanları ucuz ve hafif olduğu için tercih sebebidir.	Yaş karışım püskürtme kuru karışıma nazaran kullanımı daha yaygındır.
Uygulama	Küçük ölçekli işler için elverişlidir	Büyük ölçekli işler için elverişlidir.
Geri Sekme	Özellikle lif kullanıldığında geri sekme yüksek olur.	Kuru karışım püskürtmeye göre daha az geri sekme olur. Bu nedenle püskürtme öncesi ve sonrasında granülometri dağılımında büyük farklar olmaz.
Toz Olusumu ve İşçi Sağlığı	Toz oluşumu yaş karışıma nazaran daha fazladır. Bu nedenle işçi sağlığı ile ilgili problemlere yol açması muhtemeldir.	Uygulama sırasında daha az toz oluşur. insan sağlığı için zararlı toz etkisi minimuma iner. Böylece is verimi de artar. Çalışma koşulları daha elverişlidir.
Makine ve Bakım	Yatırım maliyeti az ve bakımı kolaydır.	Yatırım maliyeti fazla ancak ekipmanlar kolayca kirlenmediğinden dolayı temizliği ve bakımı kolaydır.
Kalite Kontrolü	Karışıma ilave edilen su miktarı operatör tarafından ayarlandığı için kalite büyük oranda buna bağlı olarak değişir.	Su miktarı santralde ayarlandığı için karışım daha üniformdur.
Personel (Operatörün Deneyimi)	Su miktarının ayarı operatörün deneyimine bağlıdır. Bu nedenle operatörün deneyimli olması şarttır.	Su/çimento oranının ayarı makine ile olduğundan operatörün dayanımı kuru sisteme göre daha az önemlidir.

Tablo 1 incelendiğinde her iki yöntemle de isteğe uygun beton imal etmek mümkündür. Bu iki yöntemden birinin seçimi konusunda belirleyici olan ise makine, donanım ve maliyeti konusudur.

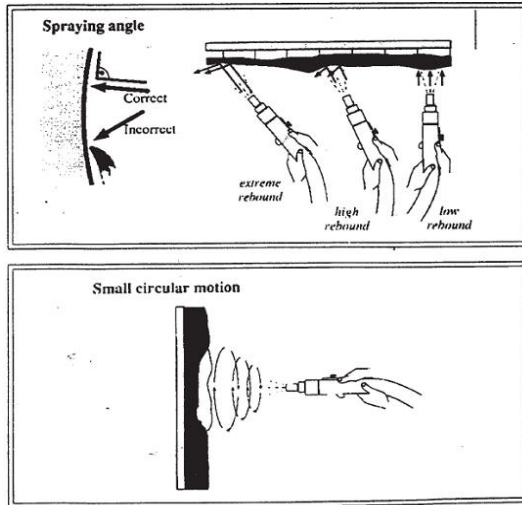
### Püskürtme Betonda Yüzey Hazırlık İşlemleri

Düzgün bir yüzey hazırlığıyla püskürtme beton ve alt tabaka arasında mekanik yapışmayı sağlamak çok önemlidir. Aderans artırıcı katkı malzemelerin kullanımı da dâhil olmak üzere hiç bir şey iyi bir yüzey hazırlanması kadar etkili olamaz. Püskürtme beton uygulamasını en iyi özelliklerinden bir tanesi de malzemenin çok hızlı çarpmasının sonucu sağladığı iyi aderanstır. Püskürtme beton sadece temiz yüzeye uygulanmalıdır. Püskürtme beton tatbik edilecek yüzey basınçlı hava ve

su veya kum püskürtülerek önceden temizlenmelidir. Yüzey, püskürtme beton yapılması sırasında donmuş olmamalıdır. Dolayısıyla taze betondan ve katılma esnasındaki betondan ısı emmemelidir (Alkan Çakıroğlu ve Terzi, 2010).

### PÜSKÜRTME BETON UYGULAMASI

Püskürtme başlığı yüzeye dik tutulmalı küçük dairesel hareketler yaparak uygulanmalıdır. Püskürtme mesafesi 0.5-1.5m arasında olmalı, uygulanacak alandaki donatılar sabitlenmelidir (Şekil 6).



**Şekil 6.** Püskürtme beton uygulamasında dikkat edilmesi gerekenler (URL-4, 2015)

### Uygulama Sonrasında Karşılaşılabilecek Problemler

Püskürtme betonun yeterli dayanıma gelmesi zaman alır ve gerçek dayanımı oluşuna kadar, püskürtme beton zemin desteği olarak istenilen görevi yerine getirdiği söylenemez. Püskürtme işlemi iyi yapılmazsa geri dökülen fazla miktardaki malzeme yüzünden gevşek püskürtme beton alanları oluşur. Böyle durumlarda püskürtme beton istenilen mukavemeti sağlayamaz. Uygulanmış taze püskürtme beton aşırı sıcaktan veya kurumadan korunmasa, uygulanan yüzeyde çatlama ve püskürtmenin erken kurumasıyla sonuçlanabilir.

Şartnamelere ve uygulama kurallarına uyulmadığı zaman; çeşitli yüzeylere uygulanabilmesi, istenilen şekil verilebilmesi ve onarım güçlendirme işlerinde kullanılabilmesi gibi avantajları olmasına rağmen birçok olumsuzlukla karşılaşılabılır.

Püskürtme betonda karşılaşılabilecek problemlerin başında geri sekme, makine ve teçhizatın 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 (Anonim 2005; Alkan Çakıroğlu, 2009a).

## PÜSKÜRTME BETON HAMMADELERİ

### Agregalar

$D_{max} \leq 16$  mm den küçük olmalıdır. En yaygın olarak kullanılan 8mm'dir. Ayrıca  $D_{max} \leq 1/3$  hortum çapı olmalıdır. Yeteri kadar incelik sağlanamıyorsa uçucu kül, silis dumanı vb gibi ince tanecikli malzeme ilave edilebilir. Yuvarlak taneli doğal agregadan oluşmalı; Agregası yeterli düzeyde dirençli olmalıdır. Ufalanabilir türdeki malzemeler hem dayanımı hem de yapışmayı zorlaştırır.

### Çimento

Portland katkılı çimento kullanılmalı ve kullanılan çimentonun erken dayanımı yüksek olmalıdır. Beton katkı malzemelerine uyumlu özelliklerde Priz hızlandırıcı katkılarına uygun olmalıdır. Su/Çimento oranı: yaş karışım için 0.35-0.55 arası kuru karışım içinse 0.35-0.50 olmalıdır.

### Su

Karışımda kullanılacak su donatı veya betona zarar verebilecek içeriklerden temizlenmiş olmalıdır. İçilebilir nitelikte su kullanmak en doğru olanıdır. Koku, tat, renk ve çalkalandığında gösterdiği değişim (uzun süre köpüklü kalması gibi) bu suyun uygun olmadığını gösteren belirtilerden bazılarıdır.

Herhangi bir şüphe durumunda kimyasal teste tabi tutulması doğru bir yöntemdir (Alkan Çakıroğlu ve ark., 2009a).

### Püskürtme Betonda Kullanılan Katkı Maddeleri

Püskürtme betonda kullanılacak katkı malzemeleri normal betonda kullanılan katkı malzemelerinden farklılık göstermektedir. Katkıların püskürtme beton uygulamalarında başarı gösterebilmeleri için geniş alanlarda daha önceden denenmiş olması gerekmektedir.

Karışıma katkı malzemesi katılmadan önce püskürtme betondan ne beklediğimiz önemlidir. (erken dayanım, su geçirimsizlik, deformasyon kapasitesi, sertlik, beklenen kohezyon, adezyon ve taşınabilirlik vs). Püskürtme betonda yaygın olarak kullanılan katkı malzemelerinden bazıları şunlardır (Aka ve Celep, 1978; Anonim, 2005; Alkan Çakıroğlu, 2007).

**Priz hızlandırıcılar:** Priz hızlandırıcı katkı malzemeleri erken dayanım gelişmesini sağlar ve hızlı priz almayı, rijitlik oranını artırır. Su çimento oranını azaltır. Malzemeler arası kohezyonu sağlamak için dozaj düzgün bir şekilde ayarlanmalıdır. Böylelikle uzun vadede dayanım

üzerinde meydana gelebilecek olumsuz etkileri mümkün olduğunca azaltılır ve tek katman haline getirir. Çoğu hızlandırıcı katkı malzemesi çimentonun ve hızlandırıcı katkı malzemesinin uyumuna bağlı olarak 28 günlük dayanımı % 40 varan oranda düşürmektedir. Hızlandırıcı katkı malzemeleri püskürtmenin donma direncini düşürebilir. Bazısı çok hidroksit olabilir ve bu nedenle güvenlik açısından tehlikeli durumlar oluşabilir. Bu sebeplerden ve oldukça pahalı olmasından ötürü, hızlandırıcı katkı malzemeleri istenilen başarıyı elde etmek için sadece minimum miktarda ve gerekli ise kullanılmalıdır. Hava sürükleyici katkıları, donma-çözülme etkisinde kalacak yerlerde kullanılır.

**Süper akışkanlaştırıcılar:** Süper akışkanlaştırıcılar harç suyunun miktarını azaltmak için kullanılır, böylelikle püskürtme betonun kalitesi geliştirilir. Süper akışkanlaştırıcılar priz geciktirici olmaksızın, akışkanlaştırıcılardan daha fazla su azaltmayı sağlar.

**Hidratasyon kontrollü katkıları:** bu tip katkı malzemeleri püskürtme betonun işlenebilirliği sürdürmek, taşıma süresini uzatmak ve beton kalitesini düşürmeden uygulamak için eklenirler.

**Priz geciktiriciler:** Priz geciktirici katkıları sonradan püskürtme alanının bitirilmesi gereken yakın yatay alanlar dışında püskürtme betonda çok fazla kullanılmamaktadır.

**Lifler:** Püskürtme betonda, çelik lifler ve sentetik lifler kullanılabilir. Liflerin homojen bir dağılım sağlayacak şekilde karışıma eklenilmesi önemlidir. Lifler aşğıdaki malzeme özelliklerinin birini ya da tamamını sağlamak için püskürtme betona eklenir:

- Plastik büzülme (rötre) çatlagının kontrolü
- Isı çatlagının kontrolü
- Asınma ve çarpma (darbe) dayanımını arttırmak
- Düktilite ve çekme dayanıklılığını arttırmak
- Çekme ve egilme dayanımını yükseltmek

### PÜSKÜRTME BETON UYGULAMA ALANLARI

Püskürtme beton uygulaması beton işleri içinde çok fonksiyonlu yapılabilen bir uygulamadır. Püskürtme beton yaklaşık bir asırlık tarihi boyunca çeşitli şekillerde uygulanmaktadır. Kayalara, pis yüzeylere, çelik yüzeylere, diğer beton yüzeylerine veya taş, kagir gibi inşaat malzemeleri ve her tip kalıp dâhil hemen hemen her tür yüzeye uygulanabilir. Genellikle yapıları şekillendirmek için kullanılmaktadır. Elde edilmek istenilen tüm şekiller verilebilir, ayrıca tavan uygulamalarında da kullanılabilir. Mekanik ekipman, borular ve diğer engellerin çevresine ve arkasına kolayca yerleştirilebilir. Kavisli, kubbeli veya serbest şekilli elemanlarda uygulamak için ideal

bir uygulama yöntemidir. Ayrıca düşük su/çimento oranı ve alt uygulama yüzeyine mükemmel aderans sağlaması nedeniyle, beton ve yığma yapıların onarımı ve güçlendirilmesi için de oldukça uygun bir yöntemdir. Atılan yüzey sağlam, temiz ve geleneksel betonla kalıp işi maliyet açısından imkânsız veya zor olabilecek çalışmalarda veya karmaşık şekillerde püskürtme betona başvurulabilir (Seegebrecht ve Gebler, 2000). Özellikle kalıp vs. yokluğu ele alındığı zaman yerine göre daha ucuz olabilir. Diğer taraftan, püskürtme betonun çimento içeriği yüksektir. Ayrıca, gerekli araç gereç ve yerleştirme biçimi geleneksel betona göre daha pahalıdır. Bu nedenlerden ötürü püskürtme beton ilk olarak ince, küçük güçlendirme kesitlerinde, çatı özellikle kabuk ya da levha, tünel kaplamaları ve basınç tankları gibi alanlarda kullanılmıştır (Neville, 1997). Depreme karşı ilk güçlendirme çalışmalarında püskürtme kullanımı Amerika da başladı. 1933'de Long Beach (California) depreminde tüm hastane ve okul binalarının güçlendirilmesi gerekmiştir. Bu depremde hasara uğrayan birçok okul ve hastane duvarlarının güçlendirilmesinde kuru karışım püskürtme beton kullanılmıştır. Püskürtme beton yapıların yanı sıra özellikle de şev stabilizasyonları, köprü, baraj, tünel vb. gibi yapılarda da kullanım alanı bulmuştur. Ayrıca püskürtme beton köprülerin onarımında da sıklıkla kullanılmaktadır. Köprüler özellikle donma-çözülme hasarları, klorür korozyonu, aşırı yüklenme ve alkali silika reaksiyonu hasarlarına karşı hassastır (Rutenbeck, 1999). Tarihi bir eser olan ve milattan önce yapılan, "Vancouver Block" yüksek performanslı püskürtme beton kullanılarak güçlendirilmiştir (Bickley ve Mitchell, 2001).

Anlaşıldığı üzere püskürtme betonun uygulama alanları oldukça geniştir. Yukarıdaki sayılan örnekler püskürtme betonun uygulama alanlarının yalnızca bir kısmını teşkil etmektedir. Yapıların güçlendirilme ve onarımında püskürtme betonun uygulama alanlarını ve yeteneklerini göstermek için en iyi yol püskürtme onarım ve güçlendirme projelerini incelemektir. Püskürtme betonun kullanıldığı çeşitli alanlar detaya girmeden aşağıda görülmektedir (Rutenbeck, 1999; Alkan Çakıroğlu ve ark., 2009b; Alkan Çakıroğlu ve Terzi, 2010);

- Boru ve kanalizasyonların onarımı
- Metro, tünel yapımı ve onarımı (Şekil 7)
- Şev stabilizasyonlarında kaya ve zemin desteği için (Şekil 8)
- 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,
- İksa Yapıları



Şekil 7. Püskürtme beton kullanılan bir tünel inşaatı (URL-6, 2015)



Şekil 8. Püskürtme beton kullanılan bir iksa yapısı

## SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Püskürtme betonun kullanımı 20. yy da püskürtme teknolojisindeki ilerlemelere paralel olarak kuru karışım ile başlamış ve yaş karışım ile geliştirilmiştir. Priz hızlandırıcı kimyasal katkı ile hasır çelik yerine kullanılmaya başlanan çelik ve sentetik liflerin kullanımı, uygulama teknolojisinde gelişmeyi sağlamış ve kullanım alanlarında değişime olanak sağlamıştır. Bugün ihtiyaçlar doğrultusunda atık yönetimi amacını da içerecek şekilde mineral katkı kullanımının da yaygınlaşması beklenebilir. Bunun yanında kullanım yerleri geçmiş ile karşılaştırıldığında yapıların güçlendirilmesinde azalırken tünel yapımında kullanım artışı görülmüştür. Bugün püskürtme betonun önemi azalmamakla birlikte kullanım yerlerinin ve miktarının artırılması, yapılacak yeni çalışmalarla mümkün olabilecektir.

İleride önerilen çalışmalardan biri, püskürtme beton üretimi sırasında anlık bilgi akışı sağlamak amaçlı çalışmalardır. Örnek olarak püskürtme beton karışımına

giren malzeme miktarları ile ilgili olarak sensör ağlar ve Radyo Frekanslı Otomatik Tanımlama (RFID) sistemleri vasıtasıyla toplanan değerlerin gerekli karar destek sistemlerine aktarılması gibi bir disiplinler arası çalışma yapılabilir (Yüksel ve Yüksel, 2011; Yüksel ve ark. 2015).

## KAYNAKLAR

- Aka, İ., Celep, Z. (1978). Püskürtme Beton ve Uygulaması. İstanbul Teknik Üniversitesi, Müh. Mim. Fakültesi, Betonarme, Ahşap ve Çelik Yapılar Kürsüsü, 19s. İstanbul.
- Alkan Çakıroğlu, M. (2007). Betonarme kirişlerin güçlendirilmesinde püskürtme betonun alternatif bir yöntem olarak kullanılması, Doktora tezi, Isparta.
- Alkan Çakıroğlu, M., Terzi, S., Çakıroğlu, M. G. (2009a). Püskürtme Beton Uygulamasında Karışım Malzemeleri ve Ekipman Açısından Dikkat Edilmesi Gerekenler. İnşaat Trendy, İnşaat Ekipmanları ve Teknolojileri Dergisi, Ekim, Yıl:2, 7: 36-39., İzmir.
- Alkan Çakıroğlu, M., Terzi S., Çakıroğlu, M.G. (2009b). Püskürtme Betonda Görülen Problemler. Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi, 5(2): 43-49.
- Alkan Çakıroğlu, M., Terzi, S. (2010). Püskürtme Betonda Yüzey Hazırlığının Önemi. SDU International Technologic Sciences, 2(2): 85-92.
- 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.
- Ateş, T. (2013). İçten Ve Dıştan Donatılı Püskürtme Beton İle Güçlendirilen Yığma Duvarların Düzlem Dışı Tekrarlı Yük Altındaki Davranışı, Gazi Üniversitesi, Doktora tezi, Ankara.
- Ayış, H.İ. (2010). Tünel Açma Sistemlerinde Çelik Lifli Püskürtme Betonun Uygulanabilirliği, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı Yapı Programı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Bickley, A. J., Mitchell, D. (2001). A State-of-the-Art Review of High Performance Concrete Structures Built in Canada: 1990-2000. 87 pp.
- Özdoğan, M.V. (2009). Yeraltı Yapılarında Püskürtme Beton Ve Dolgu Dizaynı, Dokuz Eylül Üniversitesi, Yüksek Lisans tezi, İzmir
- Neville, A. M. (1997). Properties of Concrete. Fourth Edition. 224-226pp.
- 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.
- Seegebrecht, W.G., Gebler, H.S. (2000). Concrete vs. Shotcrete; What's the Difference? Swimming Pool/Spa Age; Apr 2000; 74,4; Career and Technical Education.22-24 pp.
- 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.

## Püskürtme Beton Uygulamaları ve Kullanım Alanları

- URL-1 (2015). Kuru Beton Püskürtme Makinesi. [http://www.makinemarket.net/?1972/lps-dsc\\_200\\_kuru\\_beton\\_puskurtme\\_makinesi](http://www.makinemarket.net/?1972/lps-dsc_200_kuru_beton_puskurtme_makinesi), [Erişim Tarihi: 25 Kasım 2015]
- URL-2 (2015). Shotcrete Process Dry-Mix. <https://www.shotcrete.org/pages/why-shotcrete/process-dry-mix.htm>, [Erişim Tarihi: 25 Kasım 2015]
- URL-3 (2015). Shotcrete Process Wet-Mix. <https://www.shotcrete.org/pages/why-shotcrete/process-wet-mix.htm>, [Erişim Tarihi: 25 Kasım 2015]
- URL-4 (2015). Püskürtme Beton. <http://www.medeniyetmuhendisleri.com/diger-bilgiler/puskurtme-beton-t1024.0.html>, [Erişim Tarihi: 25 Kasım 2015]
- URL-5 (2015). forta-ferro-fiber-donati-2. <http://www.aykutozdemir.com.tr/insaat/forta-ferro-kusursuz-betonun-dnasi.html/forta-ferro-fiber-donati-2>, [Erişim Tarihi: 25 Kasım 2015]
- URL-6 (2015), Limak İnşaat, Gali-Zakho Tüneli'nin kazısını tamamladı, <http://yolteknolojileri.com.tr/tunelcilik/detay/8564/limak-insaat-gali-zakho-tunelinin-kazisini-tamamladi>, [Erişim Tarihi: 25 Kasım 2015]
- Warner, J. (1995). Püskürtme Beton (Shotcrete) Anlamak Esaslar. Çev: Ömür Abit, Hazır Beton Dergisi, 40-45s.İstanbul.
- Yoggy, D. G. (2000). The History of Shotcrete Part I of a Three Part Series. American Shotcrete Association, Shotcrete Magazine Fall, 2(4):28-29.
- Yüksel, A., Arıoğlu, E. (1999). Yeraltı Yapılarında Püskürtme Beton, TMMOB. Maden Müh. Odası İstanbul Şubesi, Çalışma Raporu, 8, 48 s. İstanbul.
- Yüksel, M.E., Yüksel A.S. (2011). RFID Technology in Business Systems and Supply Chain Management. Journal of Economic and Social Studies (JECOSS), 1(1):53-71.
- Yüksel, M.E., Yüksel, A.S., İbiloğlu, R. (2015). Kablosuz Algılayıcı Ağlar için Güç Tasarruflu Ağ Geçidi Tasarımı, MAKÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 6(1): 24-30.
-