

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YERALTI YAPILARINDA PÜSKÜRTME
BETON VE DOLGU DİZAYNI**

Mehmet Volkan ÖZDOĞAN

Ağustos, 2009

İZMİR

YERALTI YAPILARINDA PÜSKÜRTME BETON VE DOLGU DİZAYNI

Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Yüksek Lisans Tezi

Maden Mühendisliği Bölümü, Maden İşletme Anabilim Dalı

Mehmet Volkan ÖZDOĞAN

Ağustos, 2009

İZMİR

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

Mehmet Volkan ÖZDOĞAN, tarafından **PROF. DR.ERCÜMET YALÇIN** yönetiminde hazırlanan “**YERALTI YAPILARINDA PÜSKÜRTME BETON VE DOLGU DİZAYNI** ” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr.ERCÜMENT YALÇIN

Danışman

Jüri Üyesi

Jüri Üyesi

Prof.Dr. Cahit HELVACI

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Hazırlamış olduğum bu Yüksek Lisans tezimde bana sabır ve her daim iyi niyet gösteren danışmanım sayın Prof.Dr. Ercüment YALÇIN'a teşekkürü bir borç bilirim.

Aynı zamanda tezimin başlangıcından bitimine kadar bana her zaman yardımcı ve destek olan hocalarım Sayın Yrd. Doç. Dr. Bayram KAHRAMAN, Yrd. Doç. Dr. Hayati YENİCE, Yrd. Doç. Dr. Ahmet Hamdi DELİORMANLI' ya,

Yüksek lisans öğrenimim boyunca benim gelişmeme katkıda bulunan hocalarım sayın Prof. Dr. Halil KÖSE, Prof. Dr. Ahmet H. ONUR, Prof. Dr. M. Yalçın KOCA, Doç. Dr. Halit YAZICI ve Öğr. Gör. Dr. Cem KINCAL'a ,

Yaptığım tüm çalışmalarda beni destekleyen, bildiği her şeyi, esirgmeden karşılıksız bana sunan ve tez çalışmam boyunca bizzat teorik ve pratik bilgisiyle bana yardımcı olan, bunlarında ötesinde beni kardeşiymiş gibi koruyan ve kollayan hocam ve ağabeyim sayın Dr. Doğan KARAKUŞ'a

Ve yine beni yaptığım tüm çalışmalarda karşılıksız destekleyen, bilgisini sınırsızca paylaşan ve bunlarında ötesinde beni kardeşiymiş gibi koruyan ve kollayan hocam ve ağabeyim sayın Dr. M. Kemal ÖZFIRAT'a ,

Tez çalışmalarım dışında, yüksek lisans eğitimim boyunca bölüm içindeki çalışmalarında bana her zaman destek ve yardımcı olan sayın hocalarım Dr. Sezai Şen, Dr. Gül AKAR, Araş. Gör. Vedat Taylan ENGİN, Araş. Gör. Alper GÖNEN, ve değerli arkadaşım Araş. Gör. Ebru ÖZPEK'e,

Yapılan laboratuvar deneylerinde bizzat emekleri bulunan Semih YILMAZ, Tamer ERGÜN, Bahadır ŞENGÜN, Burak BOZKURT, Bayram ARSLAN, M. Savaş ACIMAZ ve Aytaç TUNÇEL'e

Beni bu yaşa kadar büyüten, benden çok benim derdime düşen aileme ve de tez çalışmalarım boyunca bana her zaman katlanan ve hiçbir zaman yardımını ve sevgisini esirgemeyen sevgili nişanlım Türkan ERDOĞAN'a en içten sevgi ve teşekkürlerimi sunarım.

Mehmet Volkan ÖZDOĞAN

YERALTI YAPILARINDA PÜSKÜRTME BETON VE DOLGU DİZAYNI

ÖZ

Yeraltı mühendislik yapılarının duraylılığı, bu yapılarda açılan boşlukların hızlı bir şekilde desteklenmesi ile mümkün olabilmektedir. Özellikle tünel inşaatlarında açılan galeriler ve yer altı maden ocaklarında duraylılığın sağlanması amacıyla beton destek sistemleri günümüzde yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bu sistemler, püskürtme beton ve çimentolu kaya dolgusu olarak uygulama alanı bulmaktadır.

Püskürtme beton ve dolgu teknolojisindeki gelişmeler ile birlikte yer altı yapılarındaki boşlukların desteklenmesi daha güvenilir ve daha kolay şekilde yapılmaktadır. Bu gelişim ile birlikte özellikle metal madenciliği ve tünel yapılarının meydana getirilmesinde ve duraylılığın sağlanmasındaki zorluklar büyük ölçüde aşılmaktadır.

Yeraltı yapılarının duraylı bir şekilde tutulması bir maliyet unsurudur. Bu yapıların duraylı olarak tutulması için alınacak önlemlerin tasarlanması bir optimizasyon sürecidir. Bu süreç duraylılığın sağlanması için en güvenli destek sisteminin en ekonomik şekilde yapılmasını sağlamaktadır. Bu amaçla yeraltı yapılarında duraylılığı sağlanması, kullanılacak olan püskürtme beton ve dolgunun tasarım bileşenlerinin, yeraltı uygulamalarından önce uygun laboratuvar koşullarında denenerek, en uygun karışım bileşenlerinin bulunması ile mümkün olabilmektedir. Uygun beton karışımının belirlenmesi, hem yer altı yapılarının güvenliği hemde destek sisteminin ekonomikliği açısından oldukça önemlidir.

Anahtar Sözcükler: Püskürtme beton, Dolgu, tasarım, yeraltı boşluğu, tahkimat

SHOTCRETE AND BACKFILL DESIGN IN UNDERGROUND STRUCTURES

ABSTRACT

The stability of underground engineering structures may be possible by supporting the cavities opened in the structures rapidly. In these days concrete support systems has been commonly begun to establish the stability in the underground mines and specially in the galleries opened in the tunnel buildings. These systems find application field as shotcrete and Cemented rockfill.

Together with the developments in shotcrete and filling technology the supporting of the cavities in the underground have been executed more dependable. With this innovation, some difficulties specially in metal mining, in the establishment of tunnel structures and in the setting of the stability have been passed over .

Holding of underground structures in a stable form is a cost factor. Designing of precautions to be taken to hold these structures stable is an optimization process. The aim of this process is to provide the most dependable system by the most economical way for providing stability. For this aim to provide the stability in the underground structures may be possible by finding The most suitable mixture design components of shotcrete and filling by testing in lab conditions before underground applications. To determine the suitable concrete mixture is pretty important both for security of underground structures and the economy of support system.

Keywords : Shotcrete, Backfill, Design, underground space, support

İÇİNDEKİLER

Sayfa

YÜKSEKLİSANS TEZİ TEZ SONUÇ FORMU	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ABSTRACT.....	iv
ÖZ.....	v

BÖLÜM BİR - GİRİŞ	1
--------------------------------	----------

BÖLÜM İKİ - PÜSKÜRTME BETONA GİRİŞ	3
---	----------

2.1 Giriş	3
2.2 Püskürtme Betonun Kullanım Alanları.....	3
2.3 Püskürtme Betonun İşlevi	4

BÖLÜM ÜÇ - PÜSKÜRTME BETON KARIŞIMLARI.....	5
--	----------

3.1 Giriş	5
3.2 Püskürtme Beton Uygulama Sistemleri	5
3.2.2 Kuru Karışım Sistemi.....	5
3.2.3 Yaş Karışım Sistemleri	5
3.2.4 Kuru ve Yaş Yöntemin Karşılaştırılması	6
3.3 Püskürtme Beton Malzeme Bileşenleri ve Özellikleri.....	7

3.3.1 Çimento	7
3.3.2 Agregas	9
3.3.3 Su	14
3.3.4 Kimyasal Katkı Maddeleri	15
3.4 Püskürtme Beton Karışımlarının Mühendislik Özellikleri	23
3.4.1 Basınç Dayanımı	23
3.4.2 Kayma Dayanımı	24
3.4.3 Eğilme Dayanımı	24
3.4.4 Yapışma (Adhezyon) Kuvveti	24
3.4.5 Mekanik Dayanımların Zamanla Gelişimi	29
BÖLÜM DÖRT - PÜSKÜRTME BETON EKİPMANLARI.....	31
4.1 Giriş	31
4.2 Kuru Karışım Donanımı	31
4.3 Yaş Karışım Donanımı	33
BÖLÜM BEŞ - PÜSKÜRTME BETON TAHKİMAT TASARIMI	35
5.1 Giriş	35
5.2 Yeraltı Tahkiminde Püskürtme Betonun Taşıyıcılık İşlevleri	35
5.3 Görgül Boyutlandırma Yaklaşımları	38
5.3.1 Kaya Kalite Göstergesi'ne Göre Tasarlanan Püskürtme Beton Tahkimatı.....	38
5.3.2 Kaya Kütle Derecesi'ne Göre Tasarlanan Püskürtme Beton Tahkimatı	40

5.3.3 “Q” Sınıflama Sistemine Göre Tasarlanan Püskürtme Beton Tahkimatı	41
5.3.4. Yeraltı Tahkiminde Kullanılan Püskürtme Betonun Görgül Yaklaşımlarla Boyutlandırılmasının Birleştirilmiş Değerlendirilmesi	44
5.4 Analitik Boyutlandırma Yaklaşımı.....	49
BÖLÜM ALTI - YERALTI YAPILARINDA DOLGU DİZAYNI	51
6.1 Giriş	51
6.2 Dolgu Miktarının Hesabı	52
6.3 Yeraltı Yapılarında Kullanılan Dolgu Metotları	53
6.3.1 Hidrolik Bulamaç Dolgu	53
6.3.2 Macun Dolgu	57
6.3.3 Kaya Dolgusu	60
BÖLÜM YEDİ - PÜSKÜRTME BETON TASARIM DEĞİŞKENLERİNİN ARAŞTIRILMASI	64
7.1 Giriş	64
7.2 Çalışmanın Yöntemi	64
7.2.1 Karışımların Hazırlanması	66
7.3 Karışımda Kullanılacak Agreganın Tane Dağılımının Püskürtme Beton Dayanımına Etkisinin Araştırılması.....	69
7.4 Kullanılacak Çimento Oranının Belirlenmesi	76

**BÖLÜM SEKİZ - ÇİMENTOLU KAYA DOLGUSU TASARIM
DEĞİŞKENLERİNİN ARAŞTIRILMASI86**

8.1 Giriş86

8.2 Çalışmanın Amacı Ve Yöntemi86

8.2.1 Karışımların Hazırlanması89

8.3 Dolgu Tasarım Değişken Oranlarının Belirlenmesi90

BÖLÜM DOKUZ - SONUÇ98

KAYNAKLAR101

EKLER103

BÖLÜM BİR

GİRİŞ

Hızla gelişen dünyada yeraltı yapılarının yapımı gerek madencilik alanında gerekse ulaşım alanında hızla artmaktadır. Özellikle günümüzde metalik madenlere olan ihtiyaç ve yeraltı ulaşımının şehirlerde hızla yaygınlaşması sonucu yeraltında yapılarının yapımı hızla artmıştır.

Metal madenciliğinde ve tünel inşaatlarında yeraltında açılan boşluklar genellikle büyük hacimli boşluklardır ve bu boşlukların duraylı bir şekilde tutulabilmesi hem iş güvenliği açısından hem de işin devamlılığı ve ekonomikliği açısından oldukça önemlidir. Püskürtme beton teknolojisinin gelişimi ve bu büyük yeraltı yapılarının duraylılığına olan katkısı, yeraltı boşluklarının yapımının önünü açılmıştır. Püskürtme beton hem uygulama kolaylığı hem de kaya kütlesine kazandırdığı mekanik özellikler (kohezyon, gerilimin bağdaşık dağılımı, adheyon) sayesinde yeraltı boşluklarının oluşturulmasını daha çabuk ve daha kolay bir hale getirmiştir.

Madencilik sektöründe yeraltı yapılarının duraylılığını sağlamanın bir yolu da boşluğun tahkiminin yanında boşluk üzerine gelen gerilmelerin azaltılmasıdır. Bunun için, yeraltında açılan ve kullanılmayan boşlukların tekrar doldurulması gerekmektedir.

Yeraltı yapılarının duraylılığını sağlayan püskürtme betonun ve dolgunun tasarımında yeraltı boşluğunun geometrisi ve kayaç özellikleri oldukça önemlidir. Doğru yapılmayan tasarımlar sonucu yeraltında meydana gelebilecek kazalar ve sorunlar, bir yandan yeraltı çalışmalarını aksatırken bir yandan da güvenlik sorunları yaratacaktır.

Bu araştırmanın konusunu püskürtme betonun ve çimentolu kaya dolgusunun tasarım bileşenlerinin karışım oranlarının belirlenmesi ve bu bileşenlerle oluşan tasarımın matematiksel modelinin ortaya konması oluşturmaktadır. Bu amaçla laboratuvar koşullarında bir sıra karışım deneyleri yapıp sonuçlar üzerinde

istatistiksel değerlendirmeler yapılmıştır. Yapılan çalışmada öncelikle püskürtme beton ve dolgu hakkında literatür çalışması yapılmış ve bu literatür çalışmasında püskürtme betonun işlevi, tasarım bileşenleri, mekanik özellikleri, ekipmanları ve püskürtme betonun tahkimat tasarımından bahsedilmiştir. Ardından yeraltında kullanılan dolgu tipleri hakkında bilgi verilmiştir. Literatür çalışmasının ardından püskürtme beton ve çimentolu kaya dolgusu için laboratuar koşullarında yapılan deneysel çalışmalar yorumlanmıştır.

BÖLÜM İKİ

PÜSKÜRTME BETONA GİRİŞ

2.1 Giriş

Amerikan Beton Enstitüsü (ACI : American Concrete Institute) 1966 yılı püskürtme beton tanımını, “bir hortumla taşınarak bir yüzey üzerine basınçlı hava yardımıyla yüksek hızla püskürtülen beton yada harç karışımı” olarak tanımlamıştır (ACI Committee 506, 1966; Gerçek’ten 1992).

Türk Standartları 11747’de ise püskürtme betonun tanımını “ onarım veya yapım amacı ile önceden hazırlanmış olan betonun hava basıncı yardımı ile yüksek hızla uygulama yüzeyi veya uygulama alanına püskürtülerek elde edilen beton” şeklinde yapmıştır.

2.2 Püskürtme Betonun Kullanım Alanları

Püskürtme betonun kullanım alanlarını yeraltı ve yerüstü kullanımı olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Püskürtme betonun yeraltında en sık kullanıldığı yerler tünel inşaatlarıdır. Bunların dışında özellikle günümüzde ülkemizde hızla gelişen metalik yeraltı madenlerinde açılan büyük boşlukların tahkiminde püskürtme beton tavan civataları ve çelik hasırdan ikisi yada üçü bir arada çeşitli seçenekler halinde kullanılmaktadır. Metalik yeraltı madenlerin haricinde de püskürtme beton yeraltı madenciliğinde özellikle uzun süre ayakta kalması gereken ana nakliyat galerileri, desandreler ve nakliyat kuyularında sıklıkla kullanılmaktadır. Bunların dışında püskürtme beton yeraltı depolarında da kullanılmaktadır. Püskürtme betonun yeraltı kullanım alanları kısaca uzun süre ayakta kalacak büyük yeraltı boşluklarının olduğu her yer olarak düşünülebilir. Püskürtme beton yerüstüde ise özellikle yol şevleri gibi son şeklini almış şevlerde duraylılığı sağlamak amacıyla kullanılmaktadır. Bunun dışında püskürtme beton yerüstü kullanımında çeşitli mühendislik işlerinde kaplama ve duraylılığı sağlamak amacıyla kullanılmaktadır. Püskürtme betonun kazı işlerinde bu kadar yoğun kullanılmasının nedeni, kazı yapılan yüzeylere kazının hemen ardından kolayca uygulanabilir olmasıdır.

2.3 Püskürtme Betonun İşlevi

Püskürtme beton kaplamasının yeraltı yapılarında başlıca işlevleri aşağıda sıralanmıştır (Arioğlu, 2008).

- Püskürtme beton kırık ve çatlaklar arasına girerek kayacın yerindeki kayma dayanımını artırır.
- Köşelerin ve boşlukların püskürtme betonla doldurulmasıyla elde edilen düzgün yüzey, köşe noktalarında oluşan gerilme konsantrasyonunu azaltır.
- Püskürtme betonun sağladığı adezyon ve kayma direnci ile kırık ve çatlaklarla sınırlanmış kaya bloklarının oluşturduğu yük civar kaya kütesine aktararak kayanın kendi kendini taşıması sağlanmış olur.
- Kaya elemanları arasındaki bağlantı düşükse; yüzeye uygulanan püskürtme beton kaplaması statik bakımdan bir kabuk gibi çalışarak taşıyıcılık sağlar.
- Çöken, gevşeyen arazi tabakalarına karşı erken direnç göstererek iyi bir kemerleşme sağlar ve dayanımının zamanla artmasıyla gevşemeleri önler ve deformasyonları minimize eder.
- Karışım özellikleri ve katkı miktarları istenildiği şekilde düzenlenerek dayanım gelişimi değiştirebilir. Böylece; kesit dışına taşan sökülme, kaya/zemin boşalma ve göçük olaylarının kontrol edilmesinde oldukça faydalı sonuç vermektedir.
- Uygun kalınlıkta yapılmış püskürtme beton kaplaması arazi yüklerinin taşınmasında asli veya tamamlayıcı destekleme elemanı olarak işlev görebilir.
- Püskürtme beton kaplaması, Kazılan yüzeylerin hava ve su ile temasını keserek yüzey bozunmasını ve gevşemeleri önler.

Püskürtme betonun hiçbir zaman tek başına tahkimat sistemi olarak kullanılması önerilmemektedir.

BÖLÜM ÜÇ

PÜSKÜRTME BETON KARIŞIMLARI

3.1 Giriş

Püskürtme beton; agrega, çimento, su ve katkı maddeleri (priz hızlandırıcılar, akışkanlaştırıcılar, vs...) gibi malzemelerin karıştırılarak uygulanacak yüzey üzerine basınçlı hava ile püskürtülerek kaplama oluşturan bir tahkimat yöntemi olarak tanımlanmaktadır. Püskürtme beton karışımlarında karışımın hacimce en büyük kısmını agrega oluşturmaya rağmen maliyetin en büyük payını çimento oluşturmaktadır. Karışım içerisindeki çimentonun miktarı agreganın tane dağılımı, istenen dayanım ve püskürtme beton karışımlarının uygulanma yöntemlerine göre değişiklik göstermektedir.

3.2 Püskürtme Beton Uygulama Sistemleri

Püskürtme beton geleneksel beton karışımlarından farklı olarak uygulama sistemlerine göre kuru karışım sistemi ve yaş karışım sistemi olmak üzere ikiye ayrılmaktadır.

3.2.2 Kuru Karışım Sistemi

Kuru yöntem tüm malzemelerin kuru ortamda hazırlanıp basınçlı hava ile püskürtme ucuna kadar nakledilip, hidrasyon için gerekli olan suyun karışıma püskürtme ucunda basınçlı olarak verilmesi esasına dayanır. Kuru karışımda püskürtme beton karışımına eklenmesi istenen katkı maddeleri varsa, katkı maddesi sıvı ise su ile beraber püskürtme ucundan, katkı maddesi toz ise, katkı maddesi püskürtme beton makinesinin içerisine eklenerek karışıma katılabilir. Kuru yöntemde çimentonun agregayı iyice sarması için agreganın ağırlıkça % 3 ila % 8'i kadar nem içermesi istenmektedir.

3.2.3 Yaş Karışım Sistemleri

Yaş püskürtme beton yönteminde karışım malzemelerinden agrega, çimento, su, fiber ve priz hızlandırıcı haricindeki katkı malzemeleri karıştırma tankında

karıştırılarak beton pompası yardımı ile iletim borusundan püskürtme ucuna kadar iletilir ve basınçlı hava yardımıyla püskürtülecek yüzeye uygulanır.

3.2.4 Kuru ve Yaş Yöntemin Karşılaştırılması

Püskürtme betonda kullanılan kuru ve yaş yöntemlerin birbirinden teknik, ekipman ve uygulama bakımından farkları vardır. Uygulama göre gerekli sistem seçilmelidir. İki yöntem arasındaki farklar Tablo 3.1’ de verilmiştir.

Tablo 3.1 Kuru ve yaş yöntemlerin karşılaştırılması (US Army Corps of Engineers 1993) (Arıoğlu ve Yüksel 2002)

Kuru Yöntem	Yaş Yöntem
Karışım suyu değişken çalışma koşullarına bağlı olarak püskürtme hortumunun başından uygulayıcı tarafından anlık olarak kontrol edilebilir.	Karışım suyu tesiste kontrol edilir
Nispeten daha uzun hortum uzunlukları mümkündür	Normal pompalama mesafeleri gereklidir.
Kullanılacak katkı malzemelerinde sınırlamalar vardır.	Sıradan tüm katkı malzemeleri ile uygulanabilmektedir.
Donmaya - çözülmeye karşı direnci düşüktür	Donma – çözülmeye kabul edilebilir dayanım gösterir
Fevkalade dayanım gösterebilir.	Geleneksel betona göre nispeten düşük dayanım gösterir.
Düşük üretim oranı, küçük kapasiteli (5m ³ /saat)	Yüksek üretim oranı,yüksek kapasiteli (10-18m ³ /saat)
Yüksek geri sıçrama mevcuttur (%20-60)	Daha düşük geri sıçrama mevcuttur (%10-15)
Ekipman bakım maliyetleri daha düşük	Ekipman bakım maliyetleri daha yüksek
Küçük ölçekli ve sık değişken destekleme işlemlerinin yer aldığı uygulamalar için daha elverişlidir.	Büyük ölçekli ve daha rutin işlemlerin yer aldığı desteklemeler için daha elverişlidir.
Daha ucuz ve küçük yapıda, esnek donanımlara sahiptir.	Daha büyük yapıda , az sayıda fakat toplam yatırımı fazla olan makineler gerektirir.

3.3 Püskürtme Beton Malzeme Bileşenleri ve Özellikleri

Püskürtme beton karışımlarında, beton bileşenlerinin betonun mekanik özellikleri (basınç, yapışma, kayma dayanımı) üzerinde direk etkisi vardır, bu yüzden püskürtme beton karışım dizaynını tasarlarken istediğimiz püskürtme betonun malzeme bileşenlerini ve bu bileşenlerin özelliklerini bilmek oldukça önemlidir.

3.3.1 Çimento

Yeraltı madenciliğinde püskürtme beton içerisinde en yaygın olarak portland çimento kullanılmaktadır (CSA tip 10; ASTM C 150 tip 1). Bunun dışında CSA tip 20, 30 yada 50 de sülfata karşı direnç, erken dayanım gibi özellikler istendiği zaman tercih edilmektedir. Kullanılacak çimento miktarı püskürtme betondan istenen mekanik özelliklere bağlı olarak 330 kg/m^3 ile 450 kg/m^3 arasında olabilir (Bourchier 1990). Edinilen laboratuvar bilgileri göstermiştir ki çimento miktarının artırılması maliyet arttırmasının yanında çimento miktarının belli bir dozajı aşması ($475\text{-}500 \text{ kg/m}^3$) mekanik büyüklükler artmamakta aksine düştüğü gözlenmektedir.

Püskürtme betonda kullanılacak çimento tipi seçilirken göz önünde bulundurulması gereken değişkenler(Bourchier 1990);

- Yeraltı suyunun orta konsantrasyonda sülfat içerdiği durumlarda ASTM Tip 2 (CSA Tip 20) çimento, yüksek konsantrasyonda sülfat içerdiği durumlarda da ASTM Tip 5 (CSA tip 20) çimento kullanılmalıdır.
- Püskürtme betondan erken dayanım beklendiği zaman ASTM Tip 3 (CSA Tip 30) çimento kullanılması erken dayanımı sağlayacaktır. Püskürtme betonda çabuk sertleşme için priz hızlandırıcılar kullanılmaktadır. Bu da püskürtme betona nispeten bir erken dayanım kazandırmaktadır. Ancak fazla kullanılan priz hızlandırıcılar püskürtme betonun nihai dayanımını %20-25 varan oranlarda düşürecektir.
- Hidratasyon çok düşük ısılarda meydana geliyor ise ASTM tip 4 (CSA Tip 40) çimento kullanılmalıdır.

Püskürtme beton karışımlarında bağlayıcı madde olan çimentonun yanında puzolan malzeme ve silika-dumanının da kullanımı yaygındır. Puzolan malzeme portland çimentoya eklendiği zaman, puzolan kalsiyum hidroksit ve su ile tepkimeye

girerek daha fazla kalsiyum silikat üretmektedir. Sonuç olarak puzolan malzemeli püskürtme betonun uzun dönem dayanımı artmakta ve geçirgenliği azalmaktadır. Puzolan malzeme aynı zamanda püskürtme betonun işlenebilirliğini, pompalanabilirliğini ve sülfata karşı direncini arttırmaktadır. Puzolan olarak kullanılan uçucu kül püskürtme betonun pompalanma uzaklığının artmasına da yardımcı olmaktadır. Ancak çimento yerine kullanılacak olan puzolan malzemenin miktarını dikkatli ayarlamak gerekmektedir. Bunun nedeni puzolan malzeme püskürtme betonun dayanımını uzun dönemde arttırsa da betonun erken dayanım almasını geciktirmektedir.

Doğal puzolan ve uçucu küller, kuru karışımlarda kullanılmamaktadır. Kuru karışımlarda silika dumanı da sıklıkla kullanılabilir. Bununla birlikte silika dumanı püskürtme betonun erken dayanım kazanmasını geciktirmemektedir.(Corps of Engineers 1993).

Silika dumanı puzolanik bir malzemedir ve silikon, ferrosilikon ve diğer silikon alaşımlarının oldukça ince, amorf ark elektrik fırını atıklarıdır. Fırın atık gazları içerisindeki aşırı küçük küresel taneciklerin yoğunlaşmasıyla oluşmaktadır. Silika dumanı malzemesinin % 85'i silika dioksittir ve portland çimentodan 100 kat daha incedir. Silika dumanının özgül ağırlığı 2.1 ile 2.6 gr/cm³ arasında değişmektedir. Silika dumanı puzolonik yapısından dolayı dayanımda artış sağlar. Aşırı ince yapısından dolayı da silika dumanı çimento taneleri arasındaki mikroskobik boşluklara girer bu da geçirimsizliği düşürür ve püskürtme betonun yoğunluğunun artmasını sağlar. En önemlisi de silika dumanlı püskürtme beton karışımları adezyonda ve kohezyonda artış sağlamasıdır. Silika dumanının dezavantajı ise aşırı ince boyutlu malzeme olmasından dolayı püskürtme beton karışımının su ihtiyacını arttırmasıdır. Bunun en olumsuz yanı ise püskürtme betonun işlenebilirliğini düşürmesidir, bunun sonucu olarak püskürtme betonu makul bir işlenebilirliğe getirmek için yüksek miktarda su kullanılması gerekmektedir, yüksek miktarda su eklendiğinde ise silika dumanının yararlı etkilerinden de söz etmek mümkün olmayacaktır (Corps of Engineers 1993).

Silika dumanının bu olumsuz etkilerini azaltmak için akışkanlaştırıcı katkıları kullanılabilir ancak tüm bunların bir maliyet unsuru olduğu unutulmamalı ve

Çimento, silika dumanı ve akışkanlaştırıcı katkı maddesinin kullanımında en dūřuk maliyet ve en iyi kalite için gerekli hesaplamalar yapılmalıdır. Akışkanlaştırıcı malzemelerin kuru karışımlarda kullanımının da akışkanlaştırıcının karışıma su ile beraber hortum ucundan eklendiği için tavsiye edilmediği göz önünde tutulmalıdır.

3.3.2 Agreg

Agrega ağırlıkça püskürtme beton karışımının yaklaşık olarak %70-%80'inin oluşturmaktadır. Püskürtme betonda kullanılan agreganın fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi için beton agregalarında kullanılan agreg

Beton agregalarında aranılan başlıca özellikler şunlardır,;

- Uygun tane dağılımına sahip olmaları
- Sert, dayanıklı ve boşluksuz olmaları,
- Dona Dayanıklı olmaları
- Zararlı madde içermemeleri
- Uygun Tane şeklinde olmaları
- Basınca ve aşınmaya mukavemetli olmaları,
- Toz, toprak ve betona zarar verebilecek maddeler içermemeleri,
- Çimentoyla zararlı reaksiyona girmemelidirler.

Tablo 3.2 Çeşitli standartlara göre beton agregalarının sağlanması gereken fiziksel ve mekanik özellikler (Arıoğlu, 1989)

Özellik	Agrega	TS 706	ASTM C 33	BS 882:1983
Tane şekli, Uygunsuz Maks. [%]	İri agrega	50	-	C20-35 için 50*, 35** > C35 için 35*, 35**
Yıkabilir Maddeler, Maks. [%]	İri agrega	0.5	1.0	Çakıl:1, Kırmataş:3
	İnce agrega	4.0	Aşınan beton:3.0 Diğer : 5.0	Kum:3, Taş:15
Su emme, Maks [%]	İri ve ince	-	-	BS5337:1976'e göre:3.0
Taş basınç dayanımı	İri ve ince	1000 kg/cm ²	-	% 10 incelik değeri: 50 kN
Aşınma dayanımı, Maks. [%]	İri agrega	Los Angeles 100 devir 10 500 devir 50 Darbeli aşınma 45	Los Angeles 500 devir 50	Darbeli aşınma 45
Dona dayanıklılık, Maks [%]	İri agrega	18	12	-
Na ₂ SO ₄ 'e dayanıklılık	İnce agrega	15	10	-
Mg ₂ SO ₄ 'e dayanıklılık	İri agrega	27	18	-
	İnce agrega	22	15	-
Organik maddeler, Maks [%]	İri ve ince	0.5	0.5	-
Sülfat miktarı, Maks [%]	İri ve ince	SO ₃ olarak:1.0	-	BS5328:1981: 4/çimento
Suda çözünen klorürler, Maks [%] (Agrega yüzdesi olan Cl ⁻ iyonları)	İri ve ince	0.2	-	***Öngermeli:2 B/A :4
Alkali-agrega reaktifliği Uzama, Maks [%]	İri ve ince	6 ayda:0.5 1 yılda:1	3 ayda:0.05 6 yılda:0.10	-

* Doğal çakıl

** Kırmataş veya kırma çakıl

*** Bu değerler, BS882:1983'ün ekinde önerilen değerlerdir.

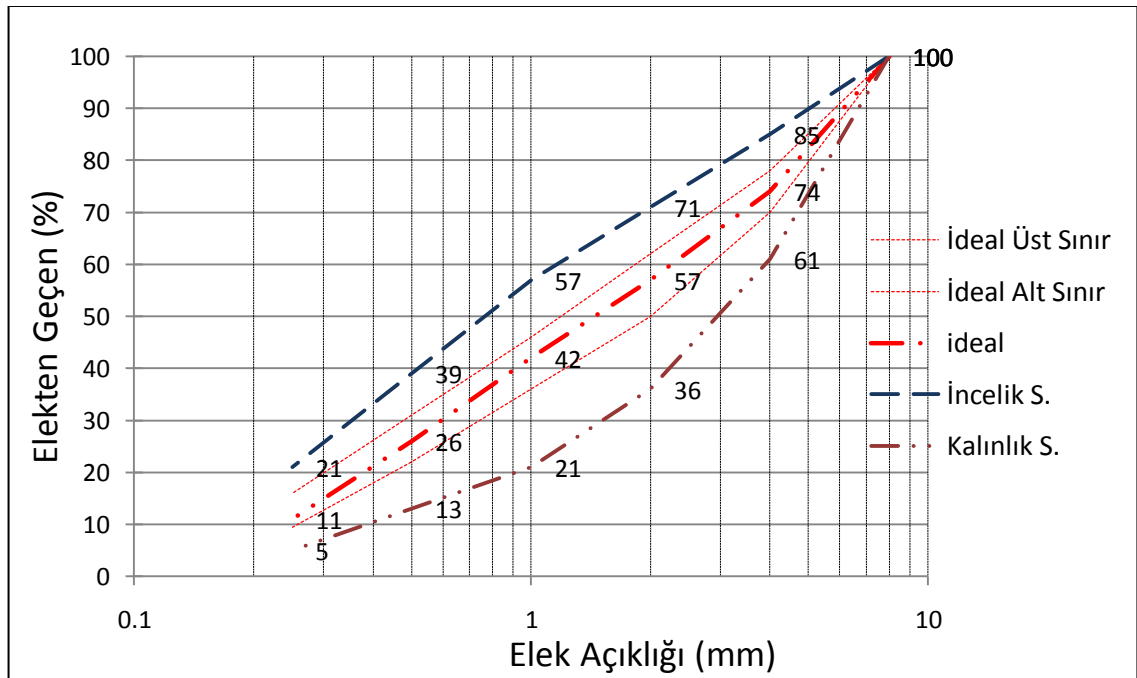
Yüksek dayanımlı ve iyi işlenebilir bir püskürtme beton için püskürtme beton içerisindeki agreganın tane dağılımları oldukça önemlidir. Agregada ince tanelerin fazlalığı agreganın fazla su emmesine neden olacaktır buda karışımın su ihtiyacını arttıracaktır ve aynı zamanda agrega tanelerinin yüzey alanı arttığı için çimento miktarının arttırılması gerekecektir. Dolayısıyla öngörülen su/çimento oranının tutturulması için gerekli çimento ve su miktarını da artacaktır. İri tanelerin çokluğunda ise karışımın püskürtülebilirliği düşecek tanelerin geri sıçramasını arttıracaktır.

Kullanılacak agreganın kırma taş olması tercih edilmelidir. Ancak kırmataşın sakıncası ekipmanlardaki aşınmayı %25-45 arasında arttırmasıdır (Yurdakul, 2001).

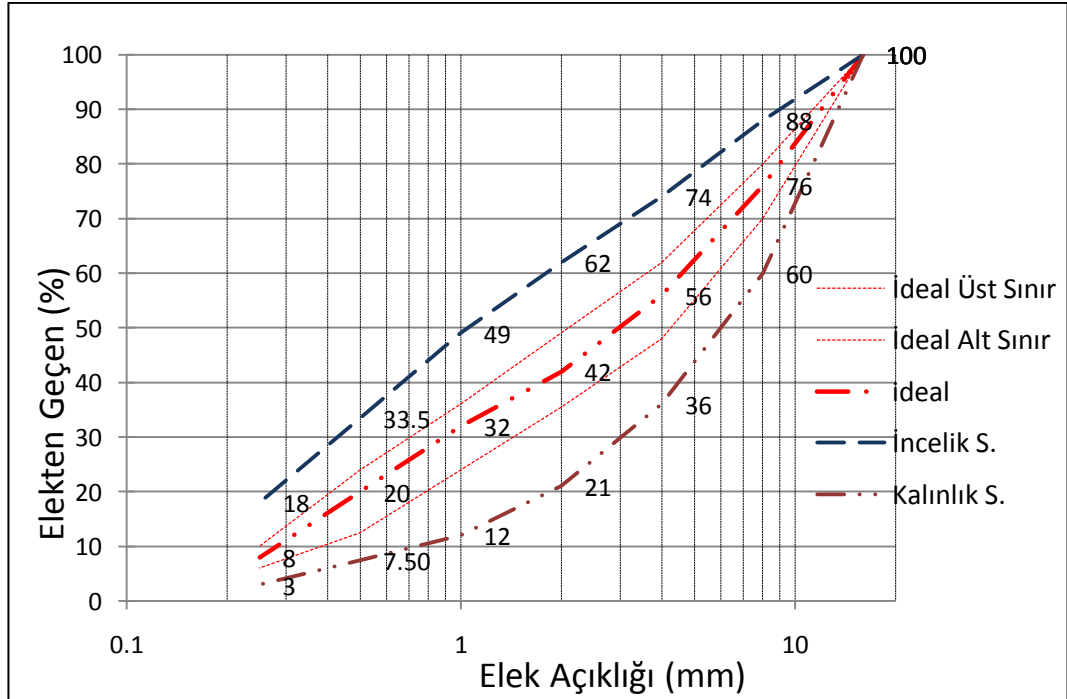
Püskürtme beton hazırlanmasında kullanılacak agreganın maksimum tane boyutu 19 mm'yi geçmemelidir. En büyük tane çapı dağıtım hortum çapının 1/3'ünden büyük olmamalıdır (Bourchier, 1990).

Özellikle yaş püskürtme beton uygulamasında iyi pompalanabilir bir granulometrik yapı sağlanması açısından bu konuda kazanılan deneyimlere göre kumun %15-30'u No.50 elek açıklığından, %5-10'u ise No. 100 eleğinden geçmelidir. Kullanılan agrega malzemesi dayanımlı, ayrışma ve aşınmaya karşı dirençli olmalı içerisinde kil, silt, mika, alkaliler ve organik malzemeler bulunmamalı, 0,075 mm'den ince malzeme miktarı %2'yi geçmemelidir. (Arioğlu, 2002).

Püskürtme beton uygulamalarında kullanılacak agreganın tane dağılım eğrileri maksimum tane boyutuna göre belirlenmektedir. Püskürtme beton için belirlenen granulometrik sınırlar maksimum tane boyutlarına göre (Şekil 3-1, Şekil 3-2) gibi olmalıdır (TS 11747).



Şekil 3.1 Maksimum tane boyutu 8 mm için tane dağılım sınırları (TS 11747)



Şekil 3.2 Maksimum tane boyutu 16 mm için tane dağılım sınırları (TS 11747)

Püskürtme beton karışımında iri tane boyutuna sahip agreganın daha iyi sıkışma gösterdiği bu sayede yoğunluğunun düştüğü, daha az çimento ve su ihtiyacına gereksinim duyulduğu, daha az büzülme gösterdiği ve yüksek yapışma kuvveti gösterdiği görülmüştür ancak büyük taneli agregaların varlığı geri sıçrama oranını oldukça arttırmış ve işlenebilirliği düşürmüştür (Bourchier, 1990).

Farklı amaçlarla kullanılan püskürtme betonda agreganın granülmetresi için ACI (American Concrete Institute) tarafından farklı değerler öngörülmüştür. Tablo 3-3'de 3 farklı gradasyona sahip tek agreganın karşılaştırmaları verilmiştir. Tablo 3-3' de gösterilen 1. Agregada gradasyonuna sahip püskürtme beton "kum beton" olarak da adlandırılmaktadır ve temel olarak ince agregaya dayanmaktadır. Bu karışım yeraltı uygulamalarında nadiren kullanılmakta olsada inşaat mühendisliği alanında püskürtme beton kalınlığının 50 mm'den ince olması gereken yerlerde kullanılmaktadır. 2. Agregada gradasyonu da ise tipik bir yeraltı madeninde kullanılan püskürtme betonun gradasyonunu göstermektedir. 50 ile 100 mm arasında veya bunlardan biraz daha fazla kalınlıktaki püskürtme beton tabakası oluşturmak için gayet idealdir. Bu gradasyonda bir öncekine göre daha az büzülme, daha az boşluk ve daha yüksek dayanım elde edilmiştir. 3. Agregada gradasyonu 2. Agregada gradasyonuna göre daha iri bir karışımı göstermektedir ve ince bir püskürtme beton

tabakası oluşturmak için uygun değildir. Aynı zamanda 1. ve 2. Agrega gradasyonlarına göre daha yüksek geri sızrama oranına sahip olmaktadır. Bir çok koşulda 2. Agrega gradasyonu ile yapılacak olan püskürtme beton yeraltındaki gereksinimleri karşılayacaktır (Bourchier, 1990).

Tablo 3.3 Üç farklı gradasyonun karşılaştırılması- (ACI,1990)

Elekt Açıklığı (mm)	% Kümülatif Elekt altı		
	Gradasyon 1	Gradasyon 2	Gradasyon 3
19	-	-	100
12	-	100	80 - 95
10	100	90 – 100	70-90
4.75	95 – 100	70 – 85	50 – 70
2.4	80 – 100	50 – 70	35 – 55
1.2	50 – 85	35 – 55	20 – 40
0.6	25 – 60	20 – 35	10 – 30
0.3	10 – 30	8 – 20	5 – 17
0.15	2 – 10	2 – 10	2 – 10

3.3.3 Su

Püskürtme beton içerisinde suyun iki esas görevi vardır. Bunlardan ilki çimento ile reaksiyona girerek çimento hamurunu oluşturmak diğeri ise betonun içerisindeki agrega tanelerini ıslatarak karışıma uygun bir akışkanlık kazandırmaktır (Birön,1985).

Karışım içerisinde kullanılacak suyun çok sıkı kurallar yoktur. Bununla birlikte yağ, asit, organik maddeler gibi suyun kalitesini bozacak, suyu kirletecek maddeler içermemesi istenilir.Genel olarak içme suyu olarak kullanılabilen su püskürtme beton karışımları için uygun görülmektedir.

Uygun hidratasyonun sağlanması için püskürtme beton karışımına katılacak suyun sıcaklığının 5⁰ ‘den az olmaması istenir. (Bourchier, 1990)

Yaş karışım sistemlerinde ağırlıkça su / çimento oranı agrega tane dağılımı, kullanılacak katkı maddesi miktarı, istenilen işlenebilirlik ve istenilen dayanım özellikleri göz önünde tutularak 0.40 ile 0.60 arasında seçilebilir. Bu aralıktan hangisinin en ideal oran olduğu beklenen özelliklere göre yapılacak karışım tasarımlarının laboratuar koşullarında denenmesi ile belirlenebilir. Kuru karışım sistemlerinde ise su / çimentonun ağırlıkça oranı 0.30 ile 0.55 arasında seçilmelidir.

Kuru karışımlarda su/çimento oranını ayarlamak yaş karışım sistemlerine göre daha zordur. Karışım suyunun püskürtme hortumundan ekleniyor olması bu kimi zaman karışım suyunun sabit oranda tutulamamasına neden olmaktadır. Bu yüzden kuru karışımlarda deneyimli operatörlerle çalışılması ve hortumlara su miktarını sabitleyici vanalar takılması önerilmektedir. Unutulmamalıdır ki çok düşük su / çimento oranları zayıf sıkışma yüzünden geri sıçramayı arttırırken, çok yüksek su / çimento oranları da betonun yüzeye yapışmasını zorlaştıracığı için geri sıçramayı arttıracaktır (Bourchier, 1990).

Uygun bir püskürtme beton tasarımı için su / çimento oranı dikkatli seçilmelidir. Uygunsuz seçilmiş su / çimento oranı püskürtme betonun işlenebilirliğinden, dayanımına kadar bir çok mekanik özelliğine doğrudan etki etmektedir. Su / çimento oranı seçilirken kullanılacak agregasında nem içeriği de önem taşımaktadır. Karışımda kullanılacak agreganın ne çok nemli nede çok kuru ortamlarda

depolanmaması yağmur kar ve benzeri etkilere maruz bırakılmaması gerekmektedir. Tasarımı doğal nem içeriği üzerinden yapılmış agrega, kuru ortamda kalıp doğal nemini kaybettikten sonra kullanıldığında ön görülen su / çimento oranı yetersiz kalacaktır. Ya da benzer olarak tasarımı doğal nem içeriği üzerinden yapılmış ancak yağmur, kar, rutubetli ortam vb. nedenlerden dolayı doğal neminden fazla su içeren agregada ise doğal nem içeriğine göre tasarlanmış su / çimento oranında su eklendiğinde su miktarı fazla gelecektir.

3.3.4 Kimyasal Katkı Maddeleri

Püskürtme betondan beklenen özellikleri tam olarak sağlaması amacıyla, bir takım katkı maddeleri kullanılmaktadır. Kullanılacak her katkı maddesinin püskürtme betonun mekanik özellikleri üzerinde farklı etkileri olabileceği unutulmamalıdır. Bunun için püskürtme betona eklenecek katkı maddeleri öncelikle laboratuvar koşullarında denenmelidir. Püskürtme betona ilave edilen katkı maddeleri şunlardır:

3.3.4.1 Priz Hızlandırıcılar

Püskürtme betonun yeraltı yapılarında kullanımında en önemli gereksinimlerden biri püskürtme betonun erken dayanım almasıdır. Bu amaçla kullanılan priz hızlandırıcılar hidrasyonu hızlandırarak betonun erken dayanım almasını sağlarlar. Priz hızlandırıcı katkı maddeleri aynı zamanda püskürtme sırasındaki geri sekme oranını da azaltmaktadır.

Priz hızlandırıcı kimyasalları genelde aluminat ve silikat temellidirler (alkali silikat, Sodyum aluminat, potasyum aluminat vs...). Priz hızlandırıcılar toz veya sıvı şeklinde olabilirler. Sıvı katkılar püskürtme hortumu ucundan eklenmektedir. Eklenecek olan priz hızlandırıcı katkı maddesinin miktarı dikkatli seçilmelidir. Katkı maddesinin oranı çimento ağırlığının ağırlıkça % 2 ile % 6'sı arasında olması önerilir. Priz hızlandırıcı katkının fazla kullanılması durumunda püskürtme betonun son basınç dayanımında % 25-30'lara varan düşüşler gözlenmiştir, bunun yanında beton püskürtüldüğü yüzeyde anında donarsa ikinci katman olarak püskürtülen karışım sert bir yüzeye çarparak ve geri sıçrama oranını yine arttıracaktır.

Sonuç olarak hızlandırıcı katkı maddeleri aşağıdaki şartları sağlamalıdır (Mahar ve Ark, 1997).

Karışımın priz başlangıcı en çabuk 3 dakika, priz bitişi ise en fazla 12 dakika olmalıdır.

8 saat sonra karışım $35 - 70 \text{ kgf/cm}^2$ arasında basınç dayanımına sahip olmalıdır.

Katkı dolayısıyla dayanımdaki azalma %30'u geçmemelidir.

3.3.4.2 Su Azaltıcılar

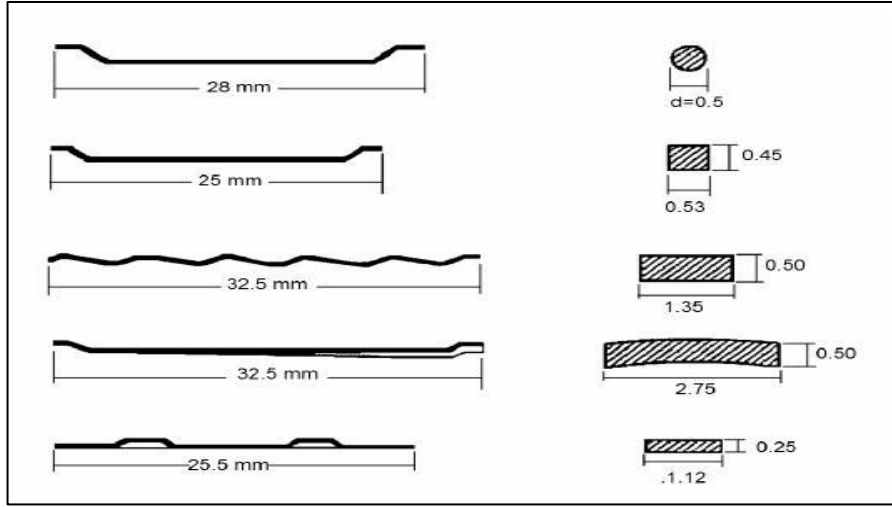
Su azaltıcılar (WRA) çoğunlukla yaş karışımlarda püskürtme betonun pompalanabilirliğini ve işlenebilirliğini arttırmak için kullanılır. Su azaltıcı katkı maddeleri kullanılarak aynı su/çimento oranında daha yüksek işlenebilirlik ve pompalanabilirlik elde edilir. Aşırı miktarda su azaltıcıların kullanılması hem ekonomik olmayacaktır, hem de su azaltıcılardan dolayı azalttığımız su yüzünden karışımın su / çimento oranını tutturmak için çimento miktarında azaltmamız gerekecek bu da püskürtme betonun dayanımını düşürecektir. Bu yüzden kullanılacak olan su azaltıcı miktarları kullanılmadan önce laboratuvar koşullarında yada küçük çaplı denemelerle denenmelidir. Yeterli pompalanabilirliğe sahip olmayan püskürtme beton karışımlarının püskürtülmesinde sorun yaşanacağı unutulmamalıdır.

3.3.4.3 Lif katkısı

Püskürtme betonun eğilmeye ve çekmeye karşı dayanımı normal betonda olduğu gibi düşüktür. Püskürtme betonun çekme dayanımını iyileştirmek amacıyla püskürtme beton karışımlarının içersine lif konulmaktadır. Püskürtme beton karışımlarının içersine konulan lifler çelik ve sentetik lifler olabilmektedir. Uygun nitelikte ve miktarda lif kullanılması yeraltı tahkimatında çelik hasır gereksinimini ortadan kaldırmakta bu da zamandan ve işçilikten kazanım sağlamaktadır.

Püskürtme beton işlerinde yaygın olarak kullanılan lif malzemesi çeliktir. Lif uzunlukları 12.7-63.5 mm arasında değişmektedir. Dairesel kesitli tel liflerin çapı 0.45 mm – 1.0 mm, kare veya dikdörtgen kesitli olanların eni 0.25 - 0.90 mm

kalınlığı ise 0.15 ile 0.41 mm arasındadır(Arıoğlu,2000). Tipik çelik lif geometrileri Şekil 3.3'deki gibidir.

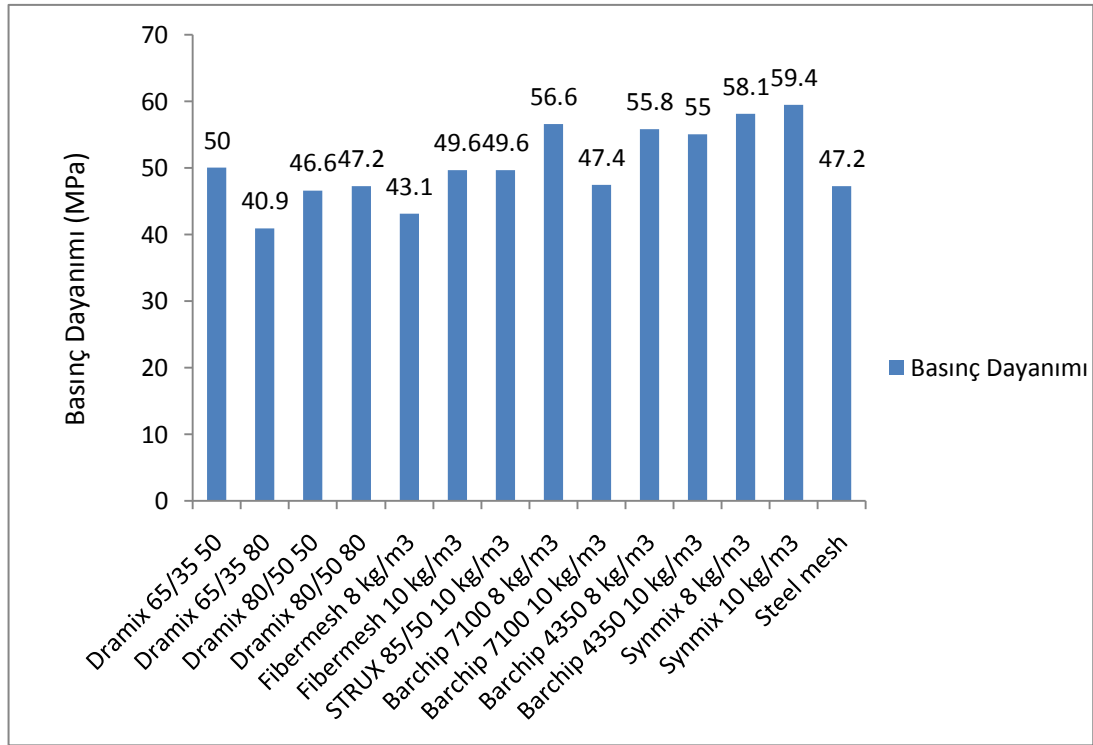


Şekil 3.3 Tipik çelik lif geometrileri ve boyutları (Hoek ve ark., 1995)

Püskürtme beton karışımında kullanılacak lif miktarını, ve lif cinsini belirlemek ekonomiklik ve teknik açıdan oldukça önemlidir. Doğru seçimler yapılmadı takdirde ekonomik sonuçlarının yanında yeraltının duraylılığının kontrol edilmesinde de büyük sorunlar yaşanabilmektedir. Lif miktarını ve cinsini belirlemek amacıyla püskürtme beton karışımlarından alınan numuneler üzerine çeşitli deneyler yapılmaktadır. Bunlar tek eksenli basınç dayanımı, eğilme dayanımı, enerji emilimi deneyleri gibi malzemenin mekanik büyüklüklerini kontrol etmek amacıyla yapılan deneylerdir.

Malmgren tarafından da 2007 yılında püskürtme beton içerisinde kullanılan lif malzemeleri ve çelik hasırın püskürtme beton tahkimatına katkısı eğilme direnci, enerji emilimi, basınç dayanımı gibi testler yapılarak karşılaştırmalı olarak bulunmuştur.

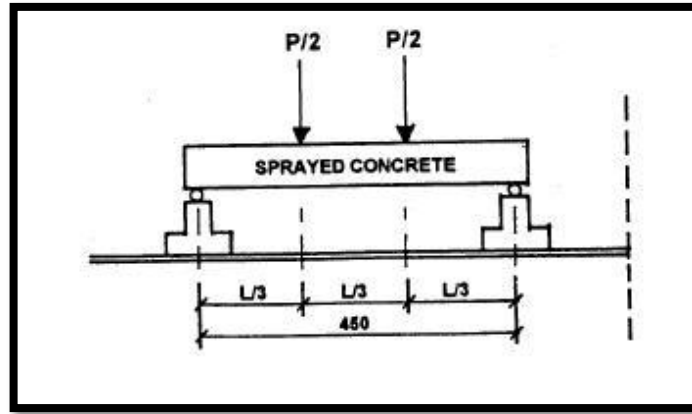
Lif başarımlarını karşılaştırmak amacıyla yapılan deneylerin ilki basınç dayanımıdır. Malmgren deney karışımlarını 10cmx10cmx10cm'lik küp kalıplara alıp, bu kalıplardan çıkartılan küp numuneler üzerinde 28 günlük basınç dayanımı deneyleri yapıp sonuçları karşılaştırılmıştır. Deney sonuçları Şekil 3.4'de vermiştir. Deneylerde kullanılan Dramix isimli lifler çelik lifken diğerleri polipropilen liflerdir.



Şekil 3.4 Farklı lif cinsleri için tek eksenli basınç dayanımı sonuçları (Malmgren, 2007)

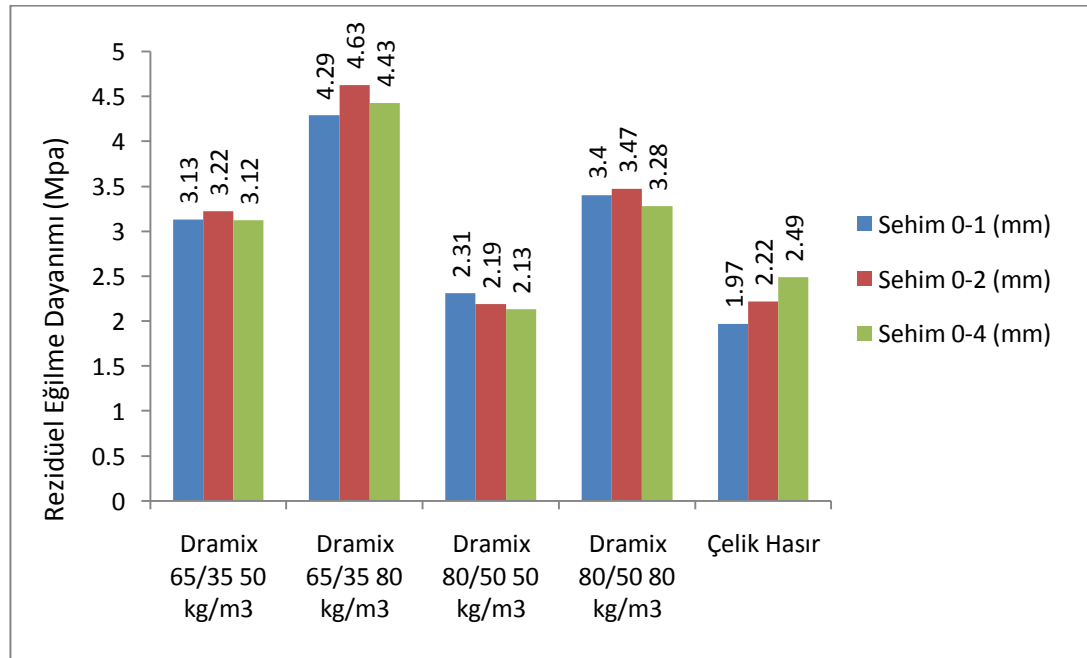
Malmgre'nin yaptığı araştırma sonucunda polipropilen liflerin basınç dayanımının çelik liflere göre daha yüksek olduğu görülmüştür.

Malmgren aynı karışım numunelerin eğilme dayanımlarını karşılaştırmak için kiriş numuneleri üzerinde eğilme dayanımı deneyi uygulamıştır, numuneler 450 mm uzunluğu, 125 mm genişliği ve 75 mm yüksekliği olan kiriş şeklindeki eğilme numuneleridir. Bu numuneler Şekil 3.5'deki gibi çift mesnetli bir yüklemeye tabi tutulmuştur.

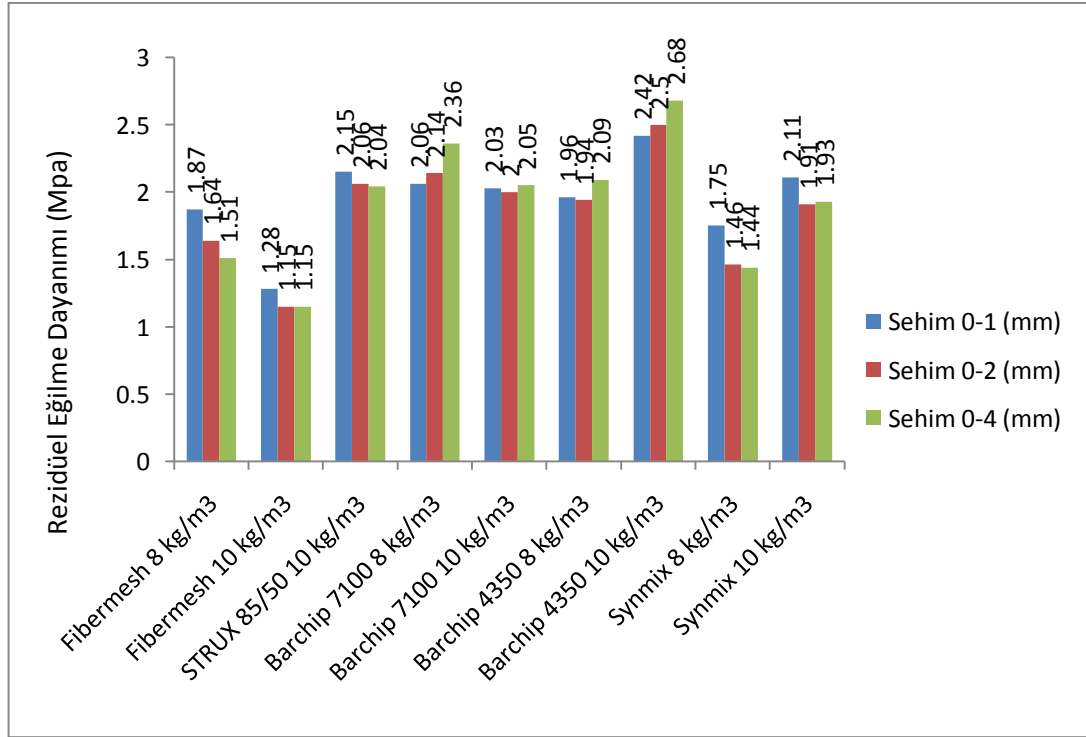


Şekil 3.5 Deney Kirişi (EFNARC, 1996)

Yapılan araştırma sonucundaki deney sonuçları Şekil 3.6' ve 3.7'de verilmiştir.



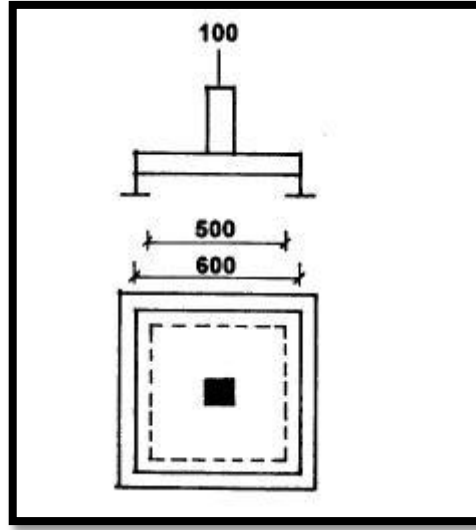
Şekil 3.6 Eğilme deneyi sonucu çelik lif ve çelik hasırın rezidüel eğilme dayanımı (Malmgren, 2007)



Şekil 3.7 Eğilme deneyi sonucu polipropilen lif ve çelik hasırın rezidüel eğilme dayanımı (Malmgren, 2007)

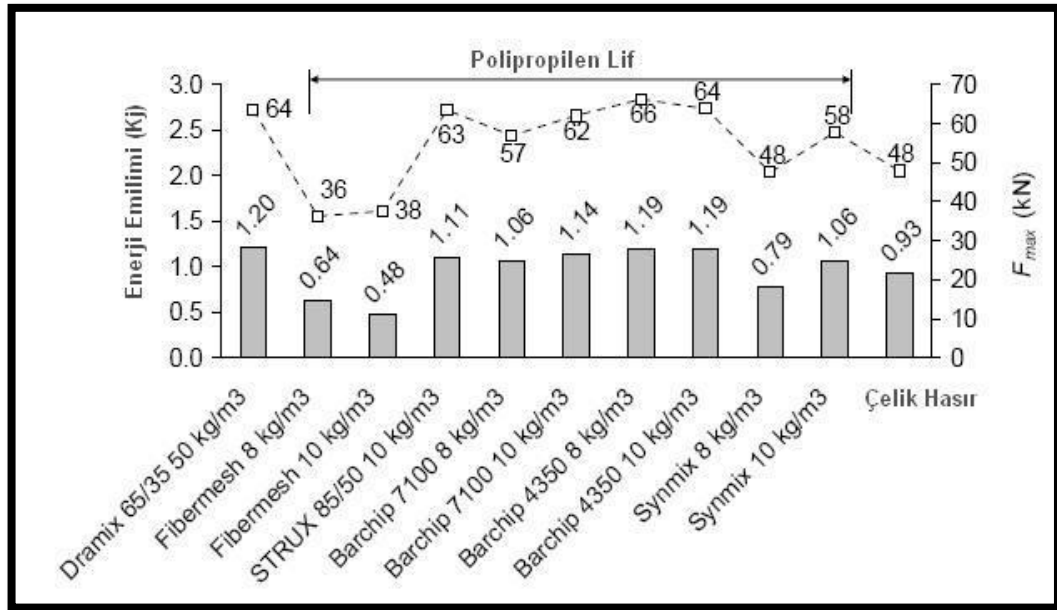
Malmgren tarafından yapılan araştırma sonucu çelik liflerin, polipropilen lif ve çelik hasıra göre eğilme dayanımına daha yüksek katkı sağladığı görülmüştür.

Malmgren'in lifin püskürtme betona katkısını ve lif türlerinin birbirleri ile karşılaştırılmasını sağlamak amacıyla yaptığı deneylerden bir diğeri de EFNARC (European Federation for Specialist Construction Chemicals and Concrete Systems) tarafından geliştirilen püskürtme beton için panel testidir (Şekil 3.8). Bu deney için 600mm x 600 mm x 100 mm boyutlu bir püskürtme beton paneli hazırlanır ve 100mm et kalınlığı olan kare bir çelik yapının içerisine yerleştirilir ve püskürtme beton panelinin tam ortasına 100mm x 100mm'lik bir takoz konur ve bu takoz yardımıyla panel yüklenmeye başlanır, yükleme sırasında takozun üzerine konan bir mikrometre yardımıyla sehim ölçümü yapılır. Deney püskürtme beton panelindeki sehim 25 mm oluncaya kadar devam edilir, daha sonra yük sehim grafiği çizilerek püskürtme beton panelinin enerji emilimi sehimin bir fonksiyonu olarak bulunur.



Şekil 3.8 EFNARC panel deneyi
(EFNARC, 1996)

Malmgren tarafından yapılan panel testinin sonuçları Şekil 3.9’da verilmiştir.



Şekil 3.9 Panel Testi Sonuçları (Malmgren 2007)

Grafikten de okunduğu gibi çelik lifler hem kırılma yükü açısından hem de enerji emilimi bakımından polipropilen lif ve çelik hasıra göre daha iyi sonuç vermektedir. Ancak polipropilen liflerinde çelik liflere çok yakın değerler gösterdiği görülmektedir.

Malmgren tarafından yapılan deneylerin sonucunda rezidüel eğilme dayanımının çelik lifle güçlendirilmiş püskürtme betonda polipropilen lifli ve çelik hasırlı püskürtme betona göre daha yüksek olduğunu belirtilmiştir. Enerji emiliminde ise çelik lifli püskürtme betonla polipropen lifli püskürtme betonun enerji emilimlerinin hemen hemen birbirine yakın olduğu görülmüştür. Çelik hasırlı püskürtme betonun enerji emiliminin ise nispeten daha düşük seviyelerde kaldığı ortaya konmuştur.

3.4 Püskürtme Beton Karışımlarının Mühendislik Özellikleri

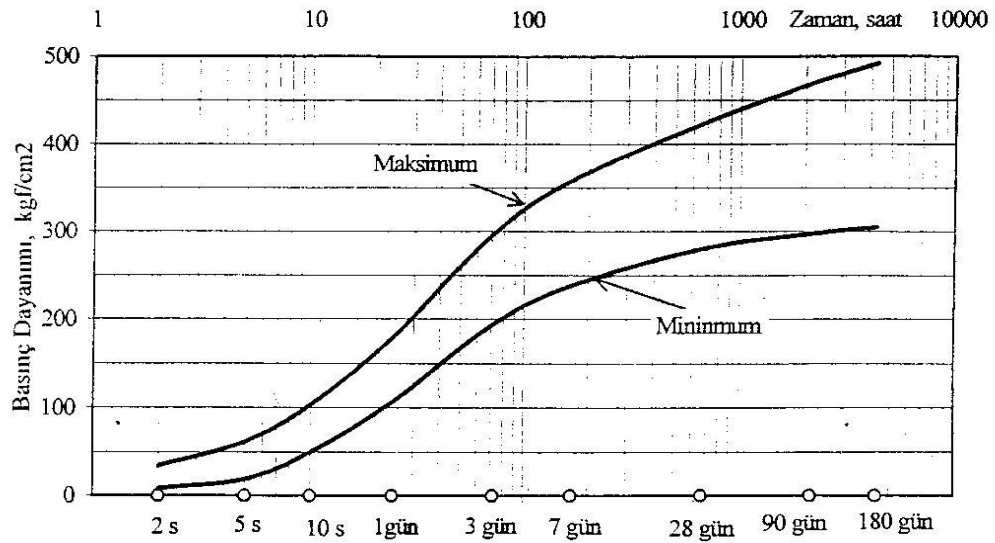
Püskürtme betonun mühendislik özellikleri yeraltı yapılarının dizaynında kullanılacak olan sayısal girdi parametreleridir. Püskürtme betonun mekanik ve fiziksel özellikleri, karışım bileşenlerinden, su/çimento oranına, püskürtülme ve kür koşullarından kullanılan katkı kimyasallarının tipine kadar birçok parametreden etkilenmektedir.

3.4.1 Basınç Dayanımı

Püskürtme beton kaplamalarının basınç dayanımdan dolayı yenilmeleri nadiren rastlanan bir durum olmasına rağmen basınç dayanımı betonun kalitesi ve malzemenin diğer mekanik dayanımlarının en kolay göstergesidir.

Püskürtme betonun basınç dayanımları L/D oranı 2 olan silindir karot örneklerinden veya küp şeklindeki kalıplardan alınan numuneler üzerinden test edilmektedir. Yapılan test sonuçları 7 ve 28 günlük dayanım sonuçları olarak değerlendirilmektedir.

Püskürtme betondan istenilen 7 günlük dayanım ortalama 25-30 Mpa arası 28 günlük dayanım ise 35-40 Mpa arası olmasıdır. Püskürtme betonun basınç direncinin zamana göre gelişimi Şekil 3.10'deki gibidir.



Şekil 3.10 Basınç Direncinin Zamanla Gelişimi (Mahar ve ark., 1975)

Basınç dayanımı testleri yapılırken genellikle 15cm x 15cm x 15cm' lik küp kalıplar yada çapı 63.5 mm ile 76.2 mm arasında olan karot numuneler kullanılmaktadır. (Bourchier, 1990)

3.4.2 Kayma Dayanımı

Kaplama kalınlığının tasarımında önemli bir büyüklüktür. Laboratuar koşullarında uygulanması çok güç bir deney olduğu için basınç dayanımı ile ilişkilerinden kestirim yapılır pratik olarak basınç dayanımı cinsinden ;

$$\sigma_k = (0.06-0.20) \sigma_b$$

σ_b = Tek eksenli basınç dayanımı

Aralığında kabul edilmektedir (Birön ve Arıoğlu, 1983).

3.4.3 Eğilme Dayanımı

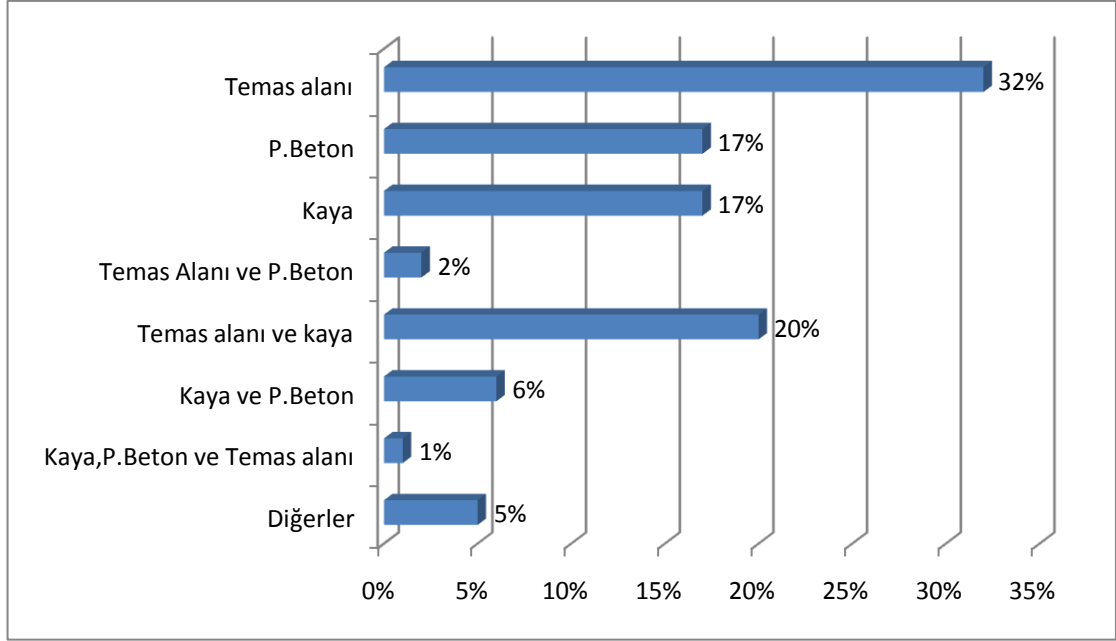
Püskürtme betonun eğilme dayanımı genellikle betonun tek eksenli basınç dayanımının %20-25'i olup eklenen nihai eğilme dayanım değeri 5-10 Mpa arasında olmaktadır.

3.4.4 Yapışma (Adhezyon) Kuvveti

Kaya tahkimat tasarımında temel prensip kayayı kendisine taşıtmaktır. Bu yüzden kaya ve püskürtme beton arasındaki yapışma kuvveti en önemli mekanik özelliklerden biridir.

Yapışma kuvveti genellikle iki malzemenin birbirine yapışmasını sağlayan ara yüzey kuvveti olarak tanımlanmaktadır.

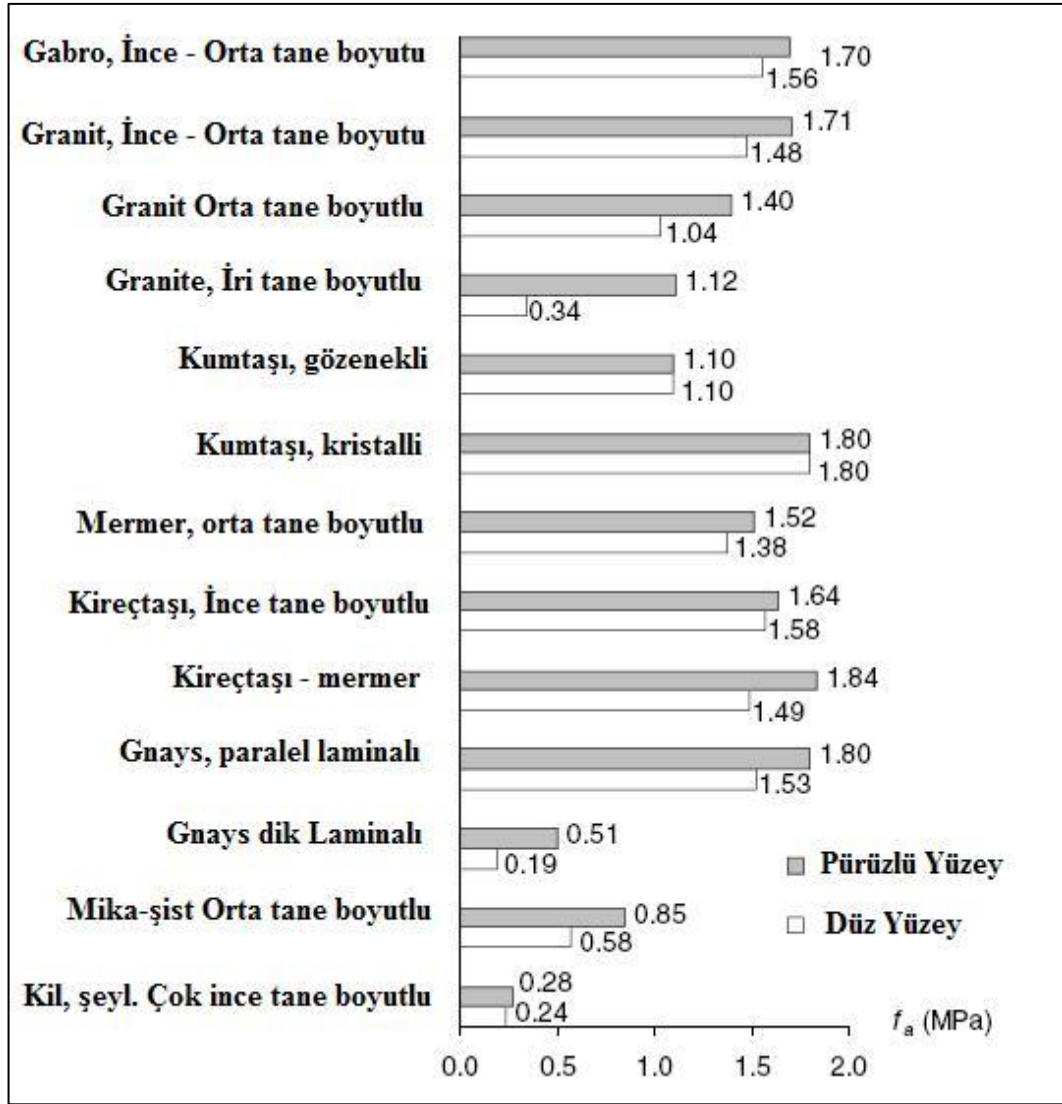
Püskürtme beton uygulamalarında da püskürtme beton ile kaya yüzeyi arasındaki yapışma kuvveti çok önemlidir, Karlsson 1980'de yaptığı arazideki deneysel çalışmalar göstermektedir ki yenilmelerin büyük bölümü kaya ve püskürtme beton arasındaki temas bölgesinde meydana gelmektedir (Şekil 3.11).



Şekil 3.11 Yapışma dayanımı deneyinde kaya ve püskürtme beton ara yüzünde yenilme bölgelerinin dağılımı (Karlsson, 1980)

Yine Karlsson'un yaptığı çalışmalar göstermiştir ki yapışma kuvveti, uygulanacak yüzeyin temizliğine, yüzeyin pürüzlülüğüne, kayacın mineral bileşimine ve betonun püskürtülme tekniği gibi bir çok değişkenden etkilenmektedir. Betonun püskürtülme tekniğinde ise püskürtme operatörünün deneyimi oldukça önemlidir.

Yapılan laboratuvar çalışmaları mineral bileşiminin yapışma kuvveti üzerinde önemli bir etkisi olduğunu göz önüne sermiştir (Şekil 3.12).



Şekil 3.12 Minerallere göre yüzey ve püskürtme beton arasındaki yapışma kuvveti (Hahn,1983)

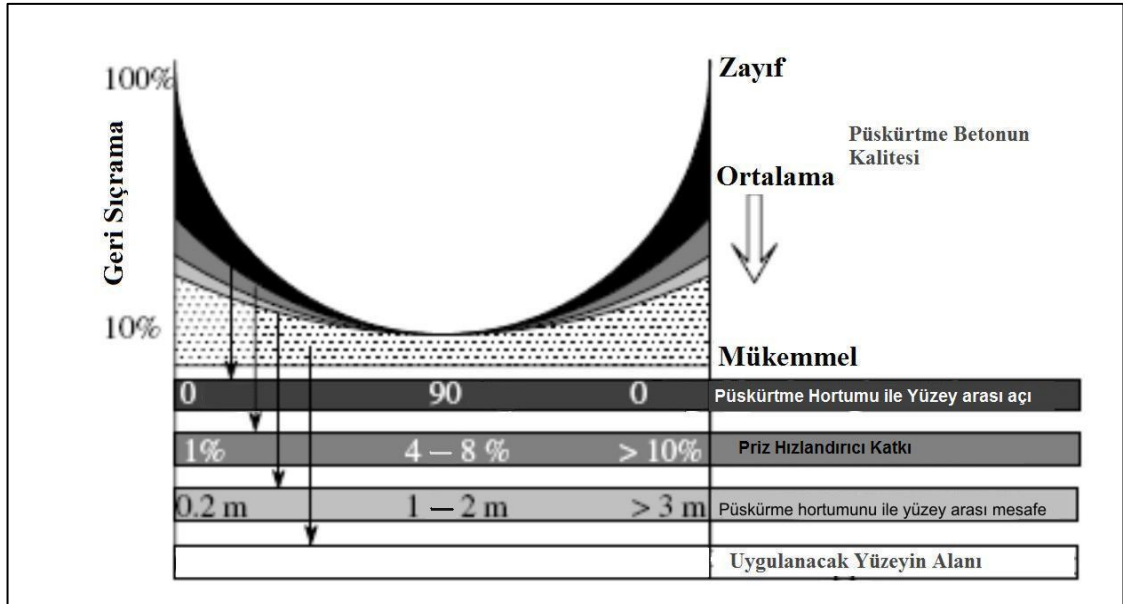
Püskürtme betonun uygulanacağı yüzey ne kadar temizse, kaya ile püskürtme beton arasındaki yapışma kuvveti o kadar yüksek olacaktır. Bu amaçla püskürtme betonun uygulanacağı alan uygulama öncesinde temizlenmelidir. Püskürtme betonun uygulanacağı alanların temizlenmesi geçtiğimiz 10-15 yıla kadar mekanik yollarda yapılmaktaydı ancak günümüzde bu işlem yerini su jetlerine bırakmaya başlamıştır. Yapılan deneyler göstermiştir ki mekanik yöntemler yerine su jetinin kullanılması yapışma kuvvetinin dört kata kadar artmasını sağlamıştır (Malmgren ve arkadaşları, 2004).

Yapışma kuvvetinin yeterli olmaması durumunda püskürtme betonun geri sıçraması söz konusu olacaktır, bu da işletmelerin maliyetlerini arttıracak, iş yeri güvenliği yaratacak zaman kaybına neden olacaktır.

Geri sıçrama dört temel etkene bağlıdır. (Şekil 3.13) Bunlar;

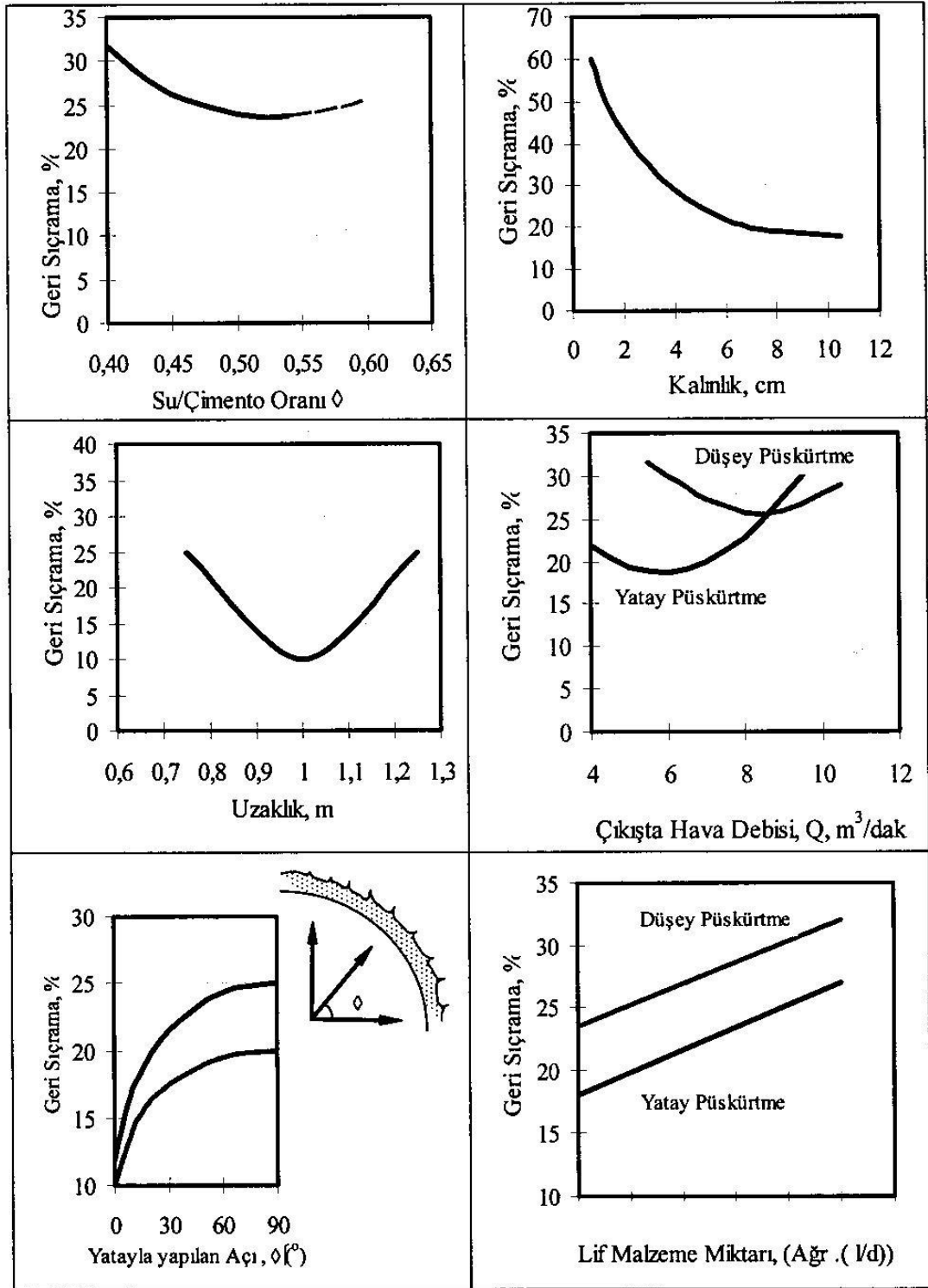
1. Püskürtme hortumunun püskürtülecek yüzeye yaptığı açı
2. Priz hızlandırıcı miktarı
3. Püskürtme hortumunun uygulanacak yüzeye olan mesafesi
4. Uygulanacak yüzeyin alanı

Püskürtme hortumu en iyi sıkışma için daima doğru açı ile tutulmalı(90^0), püskürtme hortumu ile uygulanacak yüzey arasındaki mesafe 1 ile 2 metre arasında olmalıdır. Kullanılacak priz hızlandırıcı miktarı doğru şekilde ayarlanmalıdır. Düşük miktarlardaki priz hızlandırıcı katkıları püskürtme betonda geri sıçrama miktarını artırırken yüksek miktarda priz hızlandırıcı kullanıldığında da çabuk donan beton sert bir yüzey oluşturacak ve üzerine püskürtülen betonun geri sıçramasını yine arttıracaktır. (Malmgren ve arkadaşları, 2004)



Şekil 3.13 Geri sıçrama miktarını etkileyen faktörler (Melbye,2001)

Geri sıçrama oranının, geri sıçramaya etki eden etkenlere göre değişimi Arıoğlu tarafından ayrı ayrı olarak Şekil 3.14'deki gibi gösterilmiştir.



Şekil 3.14 Geri sıçrama miktarına etki eden faktörler (Arioğlu, 2008)

3.4.5 Mekanik Dayanımların Zamanla Gelişimi

Mahar ve arkadaşları püskürtme betonun mekanik özelliklerinin zamanla değişimini Tablo 3.4' deki gibi özetlemiştir.

Tablo 3.4. Mekanik dayanımların zamanla gelişimi (Mahar, 1974)

Kür Süresi				Çimento Dozaj, kg/m^3	Karışım Özellikleri
1-3Sa	3-8 Sa	1 Gün	28 Gün		
• Basıç Dayanımı, kgf/cm^2					
4.2-13	4.2-53	152	284	278	Kuru Karışım, 13mm iri agrega, Çimento Tipi III, %3 Hızlandırıcı
7.7-35	35-110	207	302	390	
3.5-37	37-92	206	311	500	
-	0-5.6	63-106	264-350	278	Yaş Karışım, 13mm iri agrega, Çimento Tipi III, %3 Hızlandırıcı
0-12	12-57	193-207	340-403	390	
0-15	15-51	246	427	500	
Kür Süresi				Çimento Dozaj, kg/m^3	Karışım Özellikleri
		7 Gün	28 Gün		
• Kayma Dayanımı, kgf/cm^2					
		32.4-44	41.5-50.4	390-615	Kuru ve Yaş Karışım,ince ve iri agrega
		40-46.5	47.2-64.8	280-500	Kuru ve Yaş Karışım,iri agrega, %3 Hızlandırıcı
Kür Süresi				Çimento Dozaj, kg/m^3	Karışım Özellikleri
		7 Gün	28 Gün		
• Çekme Dayanımı, kgf/cm^2					
		36.3	54.9	445	Yaş Karışım, iri agrega
		29.2	41.9	390	Kuru Karışım, iri agrega
Kür Süresi				Çimento Dozaj, kg/m^3	Karışım Özellikleri
7 Sa	1 Gün	3-8 Gün	28 Gün		
• Eğilme Dayanımı, kgf/cm^2					
-	28.8-38	28.9-61.6	54.6-70.8	418	Kuru Karışım, 13mm iri agrega, %3 Hızlandırıcı
			35.2-52.8	390	Yaş Karışım, 13mm iri agrega, %3 Hızlandırıcı

Püskürtme betona ait diğer mühendislik özellikler de Tablo 3.5’te özetlenmiştir.

Tablo 3.5 Püskürtme betona ait bazı mühendislik değişkenleri (Arioğlu, 2008)

Değişken	Değeri
Poisson Oranı, ν	0.25 - 0.29
Permeabilite, k , cm/sn	2.5×10^{-5}
Büzülme, %	0.6 - 1.5
Su Emme, %	3.8 – 4.4

BÖLÜM DÖRT

PÜSKÜRTME BETON EKİPMANLARI

4.1 Giriş

Püskürtme beton uygulamalarında kullanılan bir çok donanım ve ekipman vardır bunlar, ilk yatırım maliyetlerine, teknik gereksinimlere, malzeme miktarı gibi bir çok değişkene göre seçilmektedir.

Püskürtme betonda yaş sistem ve kuru sistem için ayrı ayrı donanım bulunmaktadır.

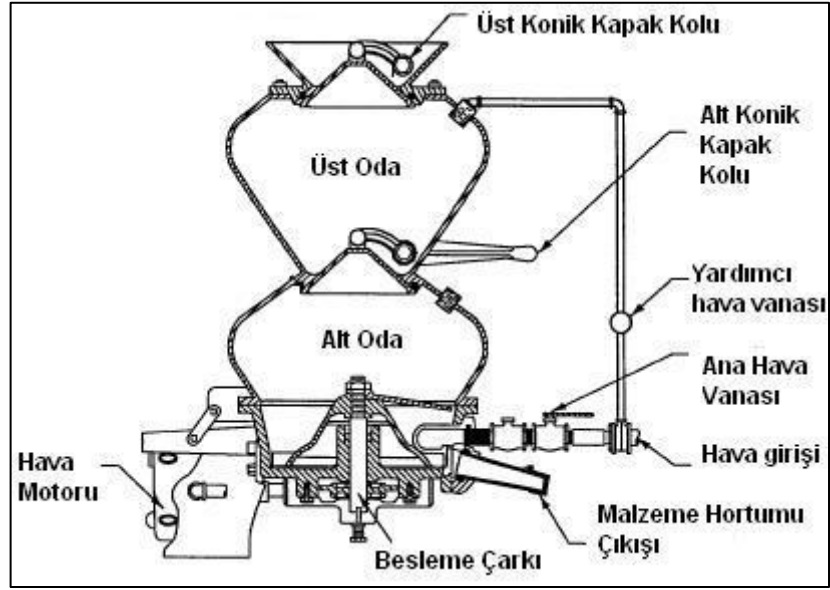
4.2 Kuru Karışım Donanımı

Kuru karışım donanımları kuru karışım makinesi ve kuru karışım tabancası olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır.

Kuru karışım makinelerinde çimento ve nemli agrega doğrudan karıştırılır veya karıştırılmış olarak karıştırıcıya beslenen malzeme çark şeklinde dönen bir besleme aleti ile iletim hortumuna iletilir. İletim hortumunda bulunan karışım, pompadan verilen basınçlı hava ile iletim borusundan hortumun başındaki püskürtücü ağza (nozzle) taşınır. Püskürtücü ağzın içerisinde bulunan delikli su halkalarının içerisinde su ve diğer katkı malzemeleri eklenerek karışım yüksek hızda uygulanacağı yüzeye püskürtülür (U.S Army Corps of Engineers, 1993).

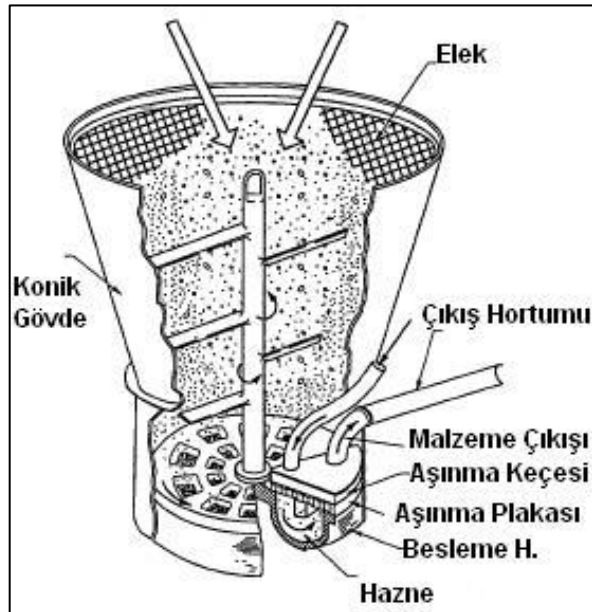
Kuru karışım makineleri pompa tiplerine göre iki odalı ve sürekli beslemeli olmak üzere ikiye ayrılırlar.

İki odalı pompa sistemlerinde malzeme üst odadan kesikli alınmasına rağmen alt odadan boşaltım vana ile ayarlanarak devamlı olmaktadır. Bu tip pompa sistemleri yakın zamana kadar düşük kapasiteli ve nispeten daha ince tane boyutlarında çalışmaktayken son zamanlarda sitemin geliştirilmesiyle yüksek kapasitelerde de oldukça verimli kullanılabilmektedir (Şekil 4.1) (U.S Army Corps of Engineers, 1993).



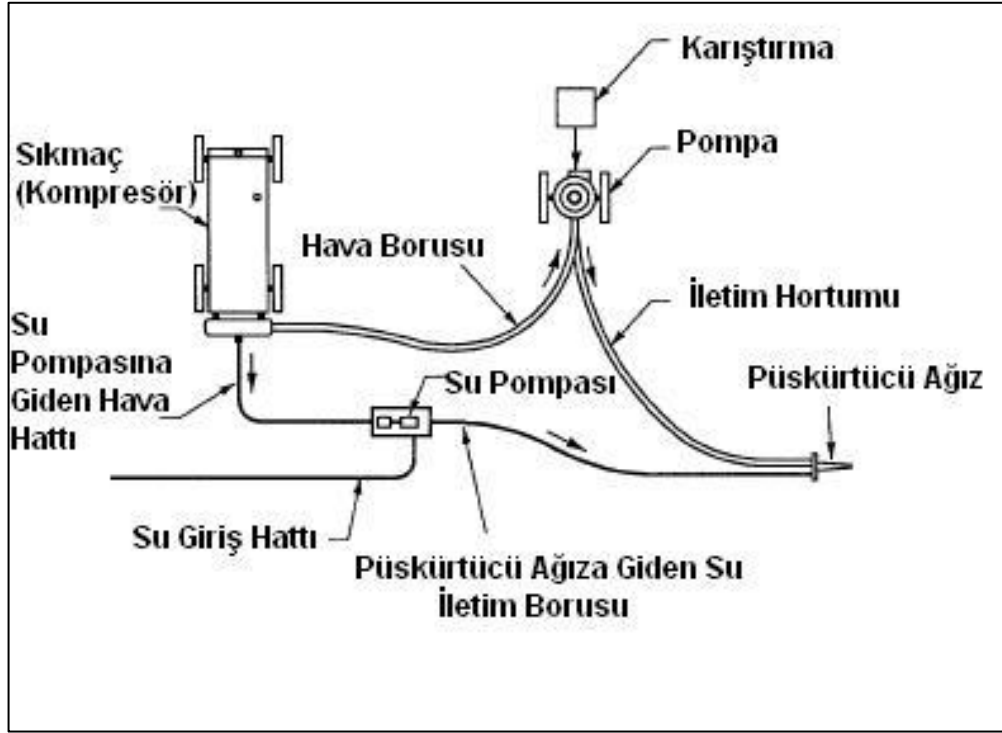
Şekil 4.1 İki odalı pompa sisteminin kesit görünüşü (Crom, 1966)

Püskürtme betonda kuru karışımlarda kullanılan bir diğer pompa sistemi ise sürekli beslemeli pompa tipidir. Yüksek kapasitelerde çalışabildiği ve 19mm'ye varan agrega numunelerini püskürtebildiği için çok tercih edilir. Bu tip pompalarda besleme iki odalıdaki gibi kesikli değil daimi yapılıdır (Şekil 4.2).



Şekil 4.2 Sürekli besl. pompa (Mahar 1975)

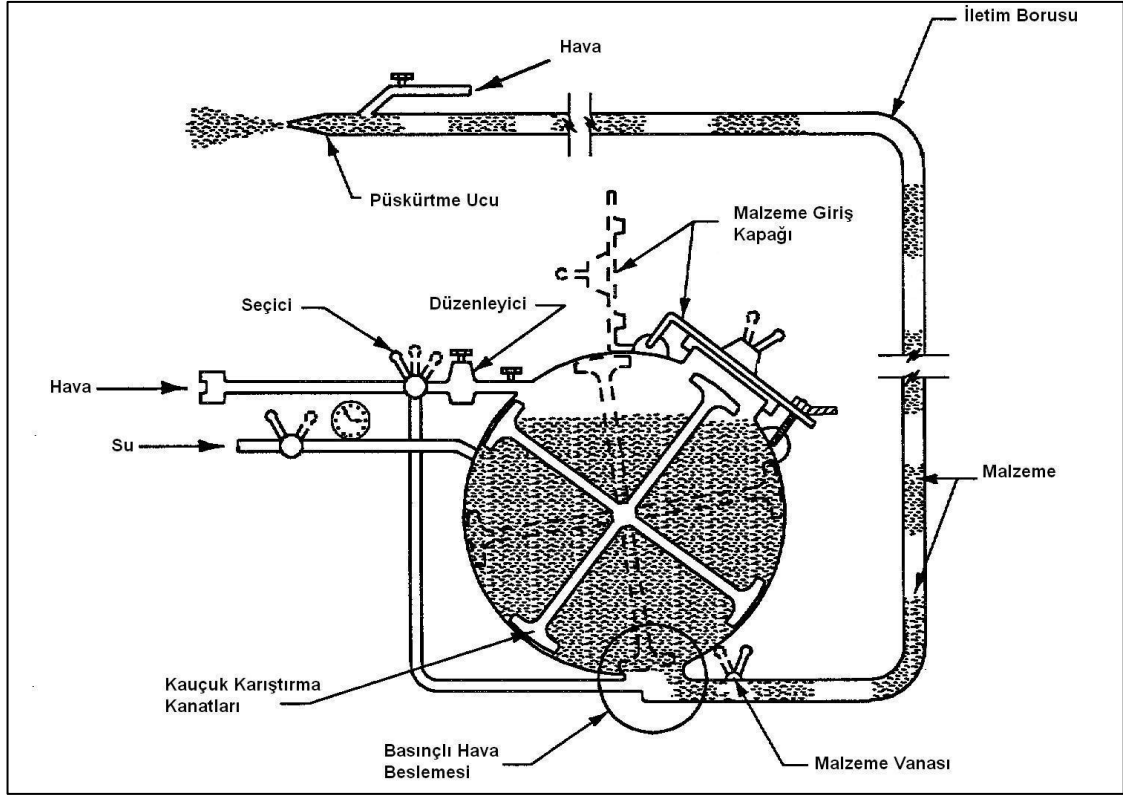
Şekil 4.3’de ise kuru karışım sisteminin şematik bir görüntüsü bulunmaktadır.



Şekil 4.3 Kuru karışım sisteminin şematik bir görüntüsü (Crom, 1966)

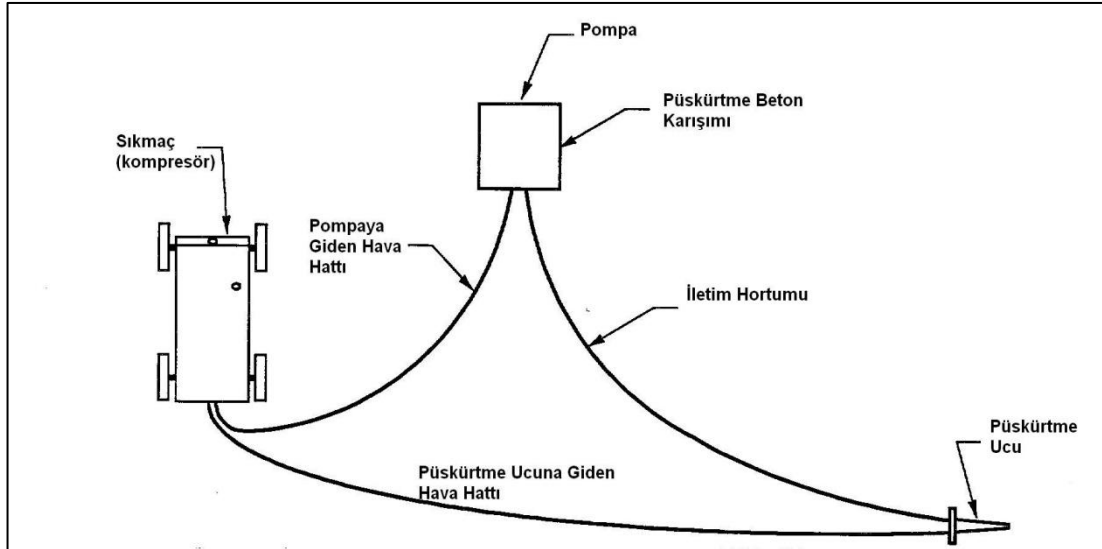
4.3 Yaş Karışım Donanımı

Yaş karışım püskürtme beton makineleri basit beton pompaları olarak tanımlanabilir. Çimento, agrega ve katkı maddeleri doğrudan karıştırıcıda karıştırılarak pompaya beslenir. Pompaya beslenen karışım da doğrudan püskürtücü uca basınçlı hava veya mekanik pompalama ile iletilir. Pistonlu tip, sıkıştırılmalı tip ve basınçlı havalı tip olmak üzere üç tip vardır. Yaş püskürtme beton makineleri 22-25 mm’ ye kadar tane boyutlarında çalışabilmektedir ve saatlik kapasiteleri 12-15m³’e kadar çıkabilmektedir. Şekil 4.4’de tipik bir Pnömatik beslemeli püskürtme beton makinesinin kesit görüntüsü verilmiştir.



Şekil 4.4 Pnömatik beslemeli yaş püskürtme beton karışım pompası (Hoffmeyer, 1966)

Yaş püskürtme beton sisteminin plan görünüşü Şekil 4.5'teki gibidir.



Şekil 4.5 Pnömatik beslemeli yaş püskürtme beton sisteminin plan görünüşü (Us Army Corps Of Engineers, 1993)

BÖLÜM BEŞ

PÜSKÜRTME BETON TAHKİMAT TASARIMI

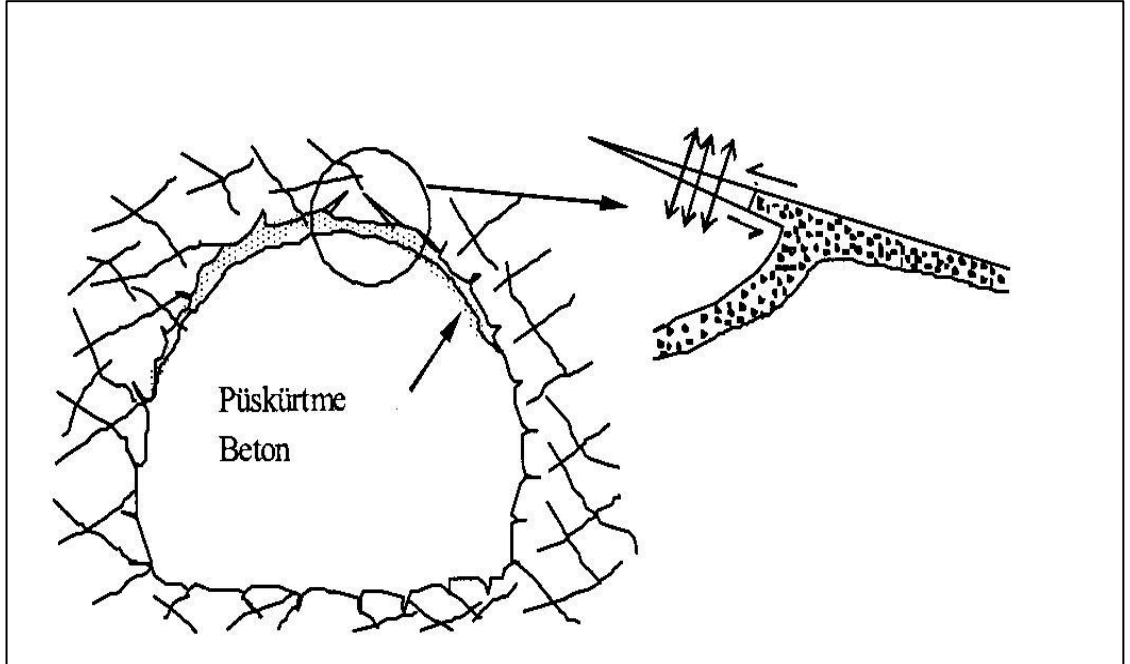
5.1 Giriş

Büyük yeraltı mühendislik işlerinde püskürtme beton tek başına çoğunlukla geçici tahkimat olarak kullanılmaktadır. Püskürtme beton ile birlikte tavan cıvatası, çelik hasır veya çelik galeri tahkimatları ile kullanıldığı zaman ise uzun süreli tahkimat amacı ile kullanılabilir. Ülkemizde de bir çok büyük tünel projesinde püskürtme beton kalıcı tahkimat sistemi olarak kullanılmıştır.

5.2 Yeraltı Tahkiminde Püskürtme Betonun Taşıyıcılık İşlevleri

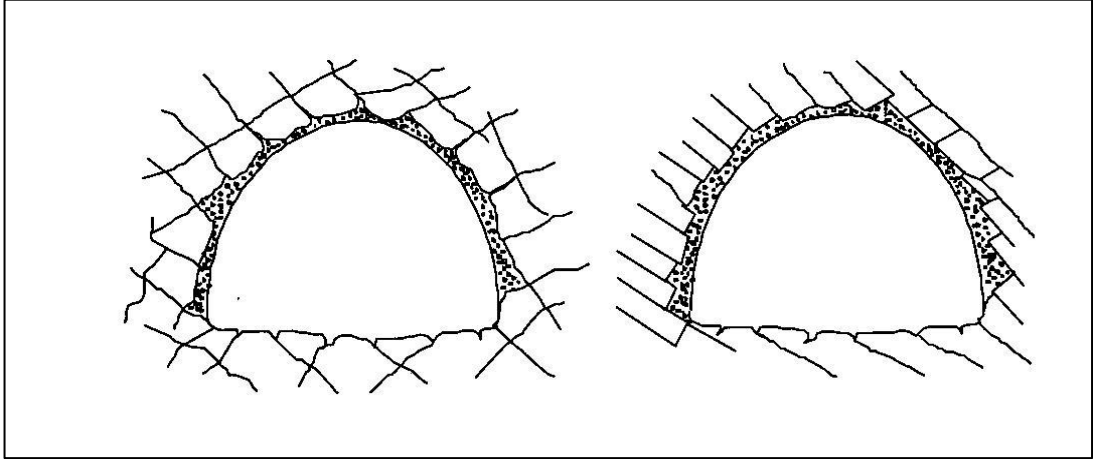
Püskürtme beton kaplamaları yeraltı tahkiminde genel olarak şu amaçlarla kullanılır;

- Püskürtme beton püskürtülürken kayaç içerisindeki kırık ve çatlakların arasına girerek bu boşlukları doldurur ve kayacın yerindeki kayma direncini artırır (Şekil 5.1).



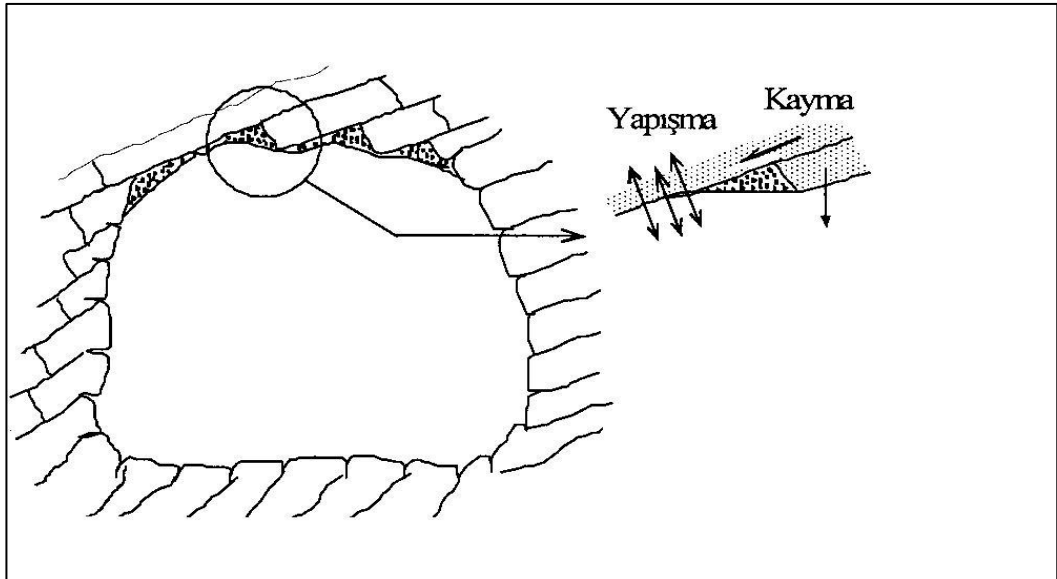
Şekil 5.1 Püskürtme beton ile çatlakların doldurulması (Mahar ve ark., 1975)

- Yeraltı yapılarının tahkiminde boşluğun şekli dairesele yaklaştıkça gerilme yoğunluğu daha bağdaşık Şekilde dağılır. Püskürtme betonda açılan boşluğun köşe ve boşluklarını doldurarak düzgün yüzey elde edilmesini sağlar ve köşe noktalarında oluşan gerilme yoğunluğunu dağıtarak azaltır.(Şekil 5.2)



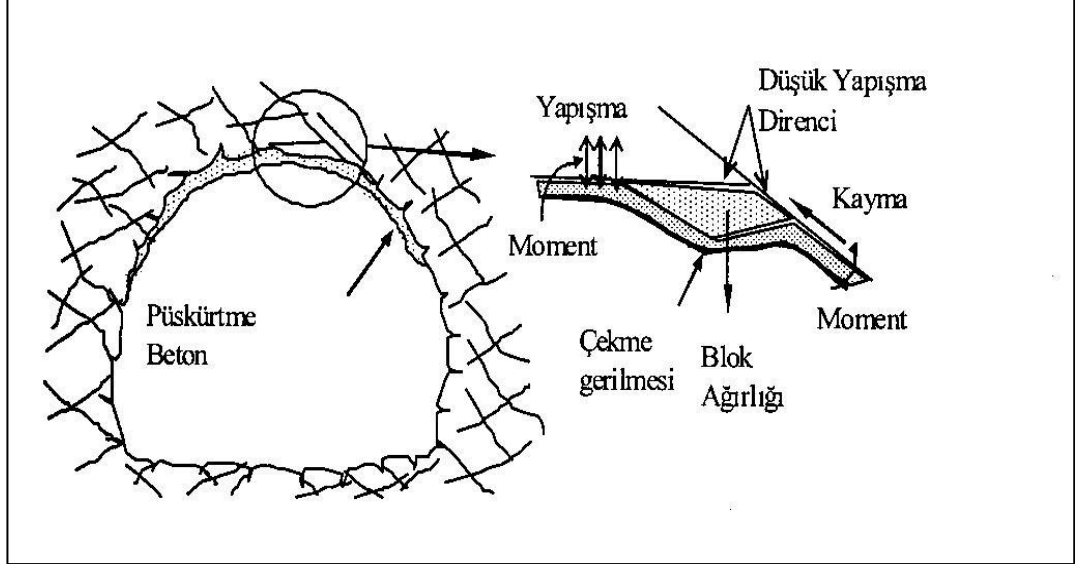
Şekil 5.2 Sivri köşelerin doldurulmasını sağlayan eğrisellik ile gerilme yoğunluğunun azalması (Arioğlu, 2008)

- Püskürtme beton ilk maddede bahsedildiği gibi kayacın kayma direncini ve yapışma direncini arttırarak, çatlak ve kırıklarla çevrelenmiş kaya bloklarının yükünü etrafındaki kaya kütesine aktarır ve kayanın kendi kendini taşımasını sağlar (Şekil 5.3).



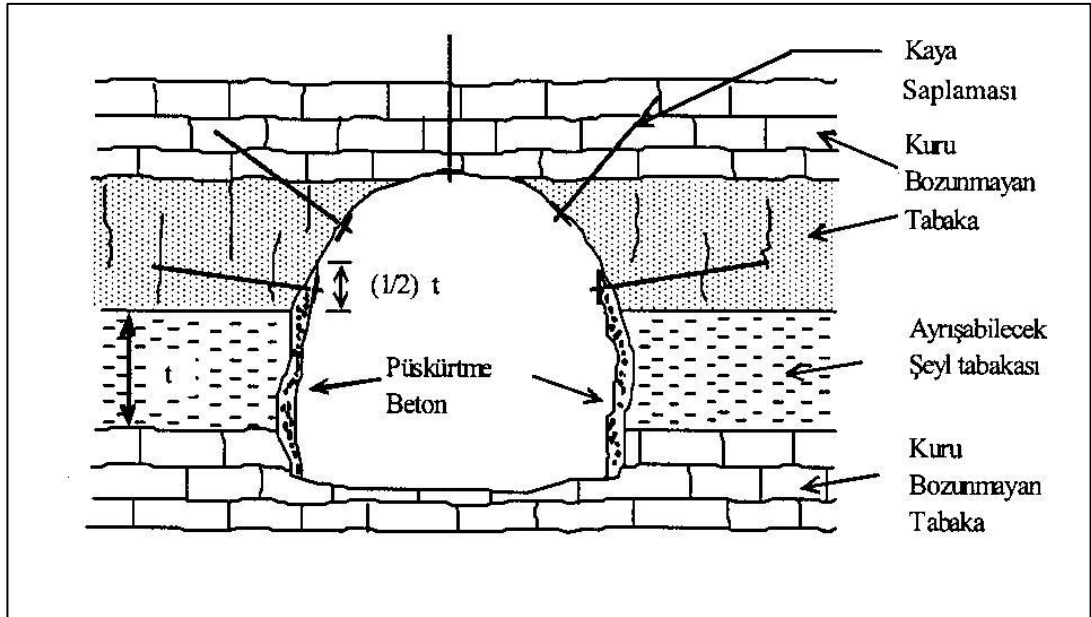
Şekil 5.3 Püskürtme betonun sağladığı yük dağıtımı ve blok ağırlığının taşınması (Arioğlu, 2008)

- Kaya elemanları arasındaki bağlantı düşükse, püskürtme beton taşıyıcılık sağlar ve özellikle kavlak dökülmelerini önleyerek güvenli bir çalışma ortamı sağlar (Şekil 5.4).



Şekil 5.4 Püskürtme beton kaplamasının kabuk şeklinde taşıyıcılık işlevi(Arıoğlu, 2008)

- Püskürtme beton kaplaması, kazılan yüzeylerin hava ve su ile temasını keserek yüzey bozunmasını ve gevşemeleri önler (Mahar ve ark. 1975) (Şekil 6.5)



Şekil 5.5 Atmosfer yada su etkisiyle ayrışabilecek yüzeylerin püskürtme beton ile kaplanması (Mahar ve ark. 1975)

- Çöken, gevşeyen arazi tabakalarına karşı erken direnç göstererek iyi bir kemerleşme sağlar ve dayanımının zamanla artmasıyla gevşemeleri önler ve deformasyonları minimize eder (Cecil, 1970)
- Karışım özellikleri ve katkı miktarları istenildiği şekilde düzenlenerek dayanım gelişimi üzerinde değişiklik yapılabilir.

5.3 Görgül Boyutlandırma Yaklaşımları

Şu an kullanılan püskürtme beton tahkimatının tasarım metodolojisi ağırlıklı olarak temel kurallara ve önceki deneyimlere bağlıdır. Wickham ve ark (1972) püskürtme beton tünel kaplaması kalınlığını, Kaya yapısı puanı (RSR) ilişkilendirmiştir. Bieniawski (1989), 10 m genişliğindeki açıklık için farklı Kaya kütle puanı (RMR) için püskürtme beton kalınlığı (Kaya saplamaları ya da çelik bağ bileşimli) konusunda önerilerde bulunmuştur. Grimstad ve Barton (1993) püskürtme beton ve lif güçlendirmeli püskürtme beton içeren, tünelcilik kaya kalite indeksi “Q” ile bağlantılı güncelleştirilmiş farklı tahkimat sistemleri yayınlamıştır. Vandewalle (1990) değişik kaynaklardan değişik temel kurallar toplamış ve bunları kendi abağına dahil etmiştir (Hoek ve ark, 1995)

Püskürtme beton kalınlığı için yapılan ilk yaklaşımlar ise kaya ortamının süreksizlik değişkenini ifade eden “Kaya Kalitesine” (RQD) dayanmaktadır. Tablo 5.1’de kaya kalite derecesinin değişen değerlerine göre, farklı yazarlar tarafından önerilen püskürtme beton kalınlıkları ve destekleme sistemleri bir arada verilmiştir. (Arioğlu, 2008).

5.3.1 Kaya Kalite Göstergesi’ne Göre Tasarlanan Püskürtme Beton Tahkimatı

Kaya Kalite Göstergesi (RQD) 1967 yılında Deer ve arkadaşları tarafından sondaj karotlarından kaya kütlelerinin niceliksel kestirimini sağlamak amacıyla geliştirilmiştir. RQD, toplam karot uzunluğundaki 100mm’den daha uzun sağlam karot parçalarının yüzdesi olarak tanımlanmaktadır. (Hoek, 1995)

Tablo 5.1 Kaya kalite derecesinin değişen değerlerine göre, farklı yazarlar tarafından önerilen püsürtme beton kalınlıkları ve destekleme sistemleri (Yüksel ve Arıoğlu 2002)

Kaya Kalitesi (RQD Aralığı),	DEER, 1969 (4-6 m Çaplı Tünellerde Geçici Tahkimat)			HEUER, 1974(4.5-6 m Çaplı Tünellerde geçici Tahkimat)		CONNEL, 1977
	Kazı Yöntemi	P. Beton Kalınlığı	İlave Tahkimat	Arazi Koşulları	P. Beton Kalınlığı	P. Beton Kalınlığı
Çok İyi >90	Makine ile Kazı Delme patl.	Tavanda yok veya ara sıra yerel olarak Duvarda yok Tavanda yok veya ara sıra yerel	-	-	Püskürme Beton Önerisi Yok.	Püskürme Beton Önerisi Yok
İyi 75-90	Makine ile Kazı Delme patl.	Tavanda yok veya ara sıra yerel olarak 5-8 cm Duvarda yok Tavanda Ara sıra yerel	-	İYİ ARAZI KOŞULLARI Tahkimat Problemi az fakat yüzeylerin kaplanması isteniyor.	Tavandan Yan Duvarlara kadar 5 cm	Yan duvarlarda tabanda 5 cm yukarı doğru artıyor Tavanda 7-8 cm
Orta 50-75	Makine ile Kazı Delme Patlatma	Tavanda 5-10 cm Duvarda yok Tavanda >10 cm Duvarda >10 cm	Kaya Bulonu $l = (0.25-0.30)B$ Aynısı	ORTA ARAZİ KOŞULLARI Formasyon sık çatlaklı ve kırıklı, Tavan mutlaka destekleme gerektiriyor, Yan duvarlar duraylı, P.Beton yüzeye yapışabiliyor.	Tavanda 7-8 cm, yan duvarlarda azalan kalınlıkta	Yan duvarlarda tabanda 5 cm yukarı doğru artıyor Tavanda 12-13 cm'e çıkıyor
Zayıf 25-50	Makine ile Kazı Delme patl.	Tavanda 10-15 cm Duvarda 10-15 cm Tavanda >15 cm	Kaya Bulonu $l = 1.2-1.8$	ZAYIF ARAZİ KOŞULLARI Tavanda ve Duvarada dökülme var. P.Beton kaya yüzeyine iyi yapışmıyor	Tavan bölgesinde 7-10 cm , duvarlarda lahana kadar 7-8 cm.	Yan duvarlarda tabanda en az 7-8 cm yukarı doğru artıyor Tavanda 15 cm'e çıkıyor, Yanduvvarların üst kısmı ve tavanda çelik hasır
Zayıf <25 Sıkışan,Şişen Formasyon Hariç	Makine ile kazı Delme – Patl.	Tavanda >15 cm Duvarda >15 cm Tavanda >15 cm Duvarda >15 cm	Orta ağırlıkta, profil çelik bağlar Orta- ağır tip profil çelik bağ	ÇOK ZAYIF ARAZİ KOŞULLARI Eğer arazi gevşeme davranışı gösteriyorsa	Tavan bölgesinde 10-12 cm duvarlarda tabana kadar >10 cm. $t = 2(P_1 \cdot r / \sigma_b) + (5-10)$, c m P_1 : Arazi basıncı, kgf/cm ²	Taşıyıcı olarak çelik iksa + püskürtme beton, çelik iksalar betonla kaplanmalı
Çok Zayıf Sıkışan ,şişen Formasyonlarda	Her iki Yönt.de	Tavanda >15 cm Duvarda >15 cm	Ağır tip profil çelik bağ			

5.3.2 Kaya Kütle Derecesi'ne Göre Tasarlanan Püskürtme Beton Tahkimatı

RMR Sınıflama sistemi ilk kez 1972-1973 yılları arasında Bieniawski tarafından geliştirilmiştir. Bu sistem ilk olarak Bieniawski'nin tortul kayalarda açılmış tünellerde yaptığı gözlemler ve bu gözlemlerden kazandığı deneyler esas alınarak geliştirilmiştir. Daha sonra uzun yıllar içerisinde ki deneyimlerde sisteme eklenmiş ve sistem son halini almıştır (Ulusay ve ark, 2002).

İlk kez 1973'de geliştirilen sistem aşağıda belirtilen 8 değişken üzerinden verilen puanlamalarla yapılmaktadır.

- 1- Kayaç malzemesinin tek eksenli sıkışma dayanımı
- 2- RQD
- 3- Bozunma derecesi
- 4- Süreksizlik aralığı
- 5- Süreksizlik açıklığı
- 6- Süreksizliklerin devamlılığı
- 7- Yeraltı suyu akışı
- 8- Süreksizliklerin yönelimi

Bieniawski tarafından RMR puanına göre seçilmesi gereken püskürtme beton tahkimatı Tablo 5.2'de verilmiştir.

Tablo 5.2 RMR Sisteminde Püskürtme beton kalınlıkları (Bieniawski, 1974)

Kaya Sınıf RMR	Kaplama Kalınlığı ve İlave Kaplama Önerisi
Çok iyi Kaya 81-100	Destekleme Önerilmiyor ara sıra lokal olarak kaya bulonu
İyi Kaya 61-80	Tavanda $t = 5\text{cm}$ püskürtme beton + lokal olarak $l=3\text{ m}$, $s=2,5\text{m}$ kaya bulonu
Orta Kaya 41-60	Tavanda $t = 5-10\text{ cm}$, yanlarda $t=3\text{ cm}$ püskürtme beton + tavan ve yanlarda kaya bulonu $l= 3-4\text{ m}$ $s=1,5-2\text{m}$
Zayıf Kaya 21-40	Tavanda $t=10-15\text{cm}$, yanlarda $t=10\text{ cm}$ p.beton + tavan ve yanlarda kaya bulonu $l=4,5\text{ m}$, $s=1-1,5\text{m}$ + orta ağırlıkta çelik iksa $a=1-1,5\text{m}$
Çok Zayıf Kaya < 20	Tavanda $t=15-20\text{ cm}$ yanlarda $t=15\text{cm}$ ve aynada 5cm + kaya bulonu $l=5-6\text{m}$, $s=1-1,5\text{m}$ + ağır tipte profil ile çelik iksa

5.3.3 “Q” Sınıflama Sistemine Göre Tasarlanan Püskürtme Beton Tahkimatı

Barton ve arkadaşları, kaya kütlesi karakteristiklerinin ve tünel tahkimat gereksinimlerinin belirlenmesi amacıyla yeraltı kazı çalışmalarında elde edilen çok sayıda verinin değerlendirilmesine dayanarak Tünelcilik Niteliği İndeksini (Q) önermişlerdir.(Baron vd., 1974). Q indeksinin sayısal değeri 0,001’den 1000’e kadar logaritmik bir ölçekte değişmekte ve aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

$$Q = \frac{RQD}{J_n} \cdot \frac{J_r}{J_a} \cdot \frac{1}{J_w} \cdot SRF$$

Burada;

RQD : Kaya Kalite Göstergesi,

J_n : Eklem takım sayısı

J_r : Eklem Pürüzlülük sayısı

J_a : Eklem Alterasyon Sayısı

J_w : Eklem Suyu azaltma faktörü

SRF : Gerilme Düzeltme faktörüdür

Bu eşitlikte ilk iki parametre kaya kütlesinin tam bir yapısını temsil eder ve RQD/ J_n ifadesi yaklaşık olarak ortalama blok boyutunun cm cinsinden bir ifadesi olup, 100/0.5 üst değeri ile 10/20 alt değeri arasında değişir. Üçüncü ve dördüncü parametrelerin birbirine bölümü, J_r/J_a , eklemlerle ayrılmış bloklar arasındaki kayma dayanımı ile ilgilidir. Beşinci parametre, su basıncının bir ölçüsü ve altıncı parametre (SRF) ise;

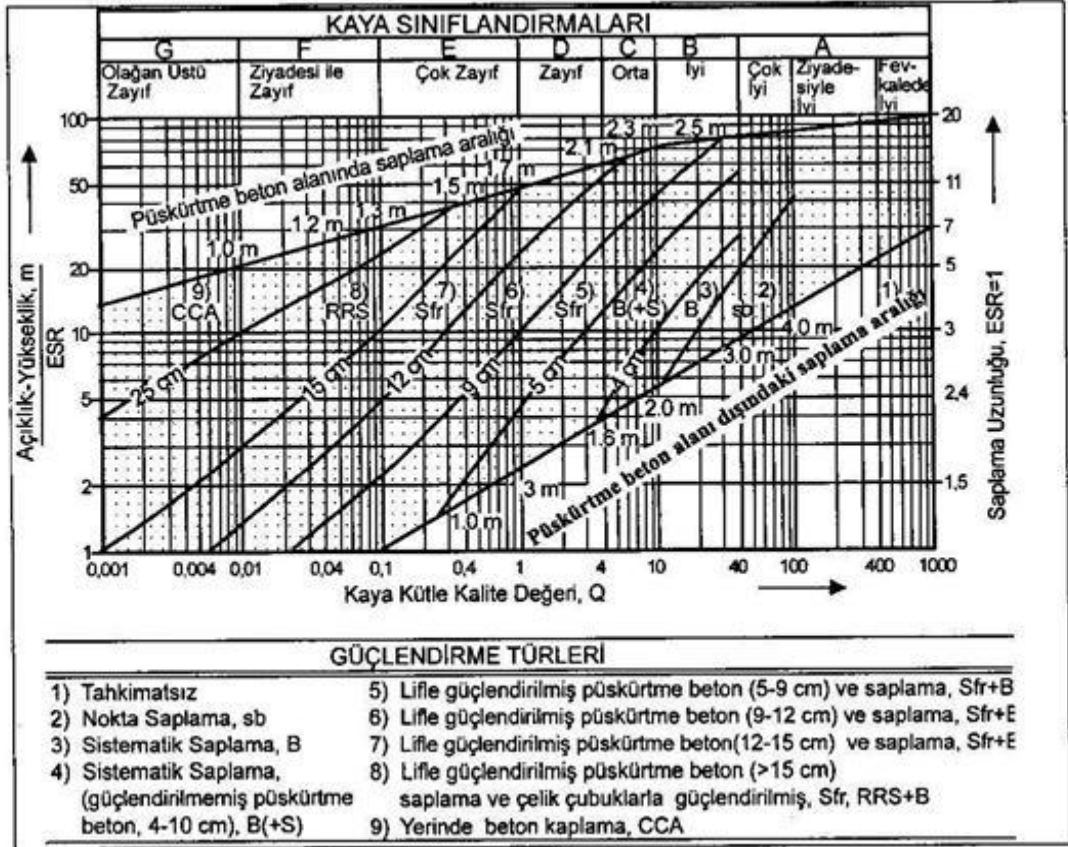
- a) killi kayaçlarda ve kayma zonlarındaki gevşeme yükünün,
- b) kendi kendini tutabilen kayaçlarda gerilmenin ve
- c) kendi kendini tutamayan kayaçlarda, ezilme yükünün bir göstergesidir (Yurdakul, 2001).

Q sınıflama sisteminde tünel iksa seçimine ilişkin değerlendirme Tablo 5.3'te gösterilmiştir.

Tablo 5.3 Q-1974'e göre Tünel iksa türü seçimi ve ön boyutlandırması (Arioğlu ve ark,1983)

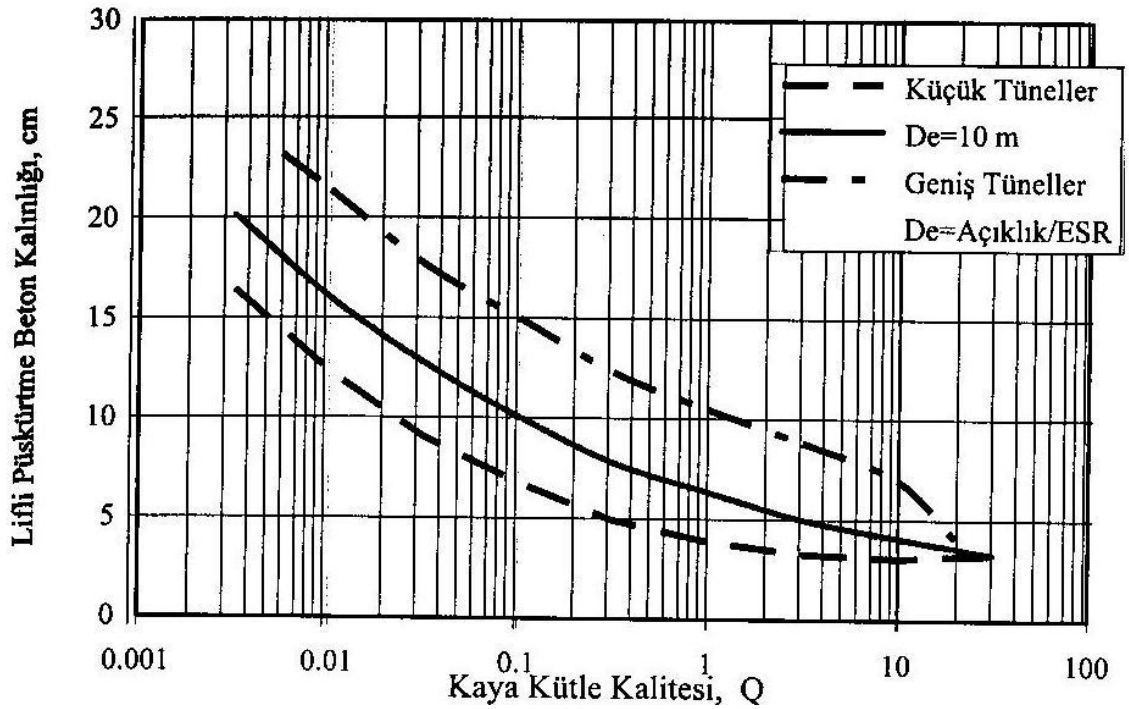
Q değeri		<0.01	0.01-0.1	0.1-1.0	1-10	10-100	100-1000
Tanımlama		Zayıf			ZayıfOrta	İyi	
		Olağanüstü	Aşırı	Çok		Çok	Aşır/Olg.
Saplama aralığı	Püskürtme beton uygulaması		1.0-1.3	1.3-1.7	1.7-2.3	2.3-3.0	-
	Püskürtme betonsuz			1.0-1.3	1.3-2.0	2.0-4.0	-
Tipik püskürtme beton kalınlığı		300 mm	250 mm	150 mm	120 mm	90 mm	-
Açıklık veya yükseklik/ESR	Saplama uzunluğu,m	1 ← 150 mm p. beton → 50					
		1 ← 120 mm p. beton → 70					
		1 ← 90 mm p. beton → 80					
		1.5 ← 50 mm p. beton → 60					
1	1.2	150 mm	110 mm	75 mm			
2	1.5	200 mm	140 mm	90 mm	45 mm		
5	2.4	250 mm	175 mm	120 mm	60 mm	40 mm	-
10	3.0	300 mm	225 mm	150 mm	90 mm	40 mm	
20	5		300 mm	210 mm	120 mm	50 mm	
30	7			300 mm	135 mm	75 mm	
50	11				150 mm	100 mm	
100	20						
Çelik iksa		0.5 m	0.5-1.0 m	1.0-2.5 m	2.5-5m		-

Güncelleştirilmiş Q sisteminde önerilen iksa türleri ve bunların ön boyutlandırmalarına ilişkin bilgiler Şekil 5.6'da verilmiştir (Grimstad ve Barton, 1993). Verilen Q ve tünel açıklığı için projenin özelliklerini dikkate alan ESR'e karşı gelen iksa türü ve kaya saplama aralığı ve lifli püskürtme beton kaplamasının kalınlığı Şekil 5.6 yardımıyla bulunabilir. Bu abaktan bulunan geometrik sonuçların birer ön yaklaşım olduğu daima göz önünde tutulmalıdır. (Arioğlu ve ark, 2008)



Şekil 5.6 Güncelleştirilmiş Q sisteminde iksa türü ve ön boyutlandırma abağı (Barton, 2000)

Şekil 5.7’de ise Lifli püskürtme beton kaplama kalınlığının tünel kazı açıklığı ve kaya kütle kalitesi ile değişimleri görülmektedir.



Şekil 5.7 Lifli püskürtme beton kaplama kalınlığının tünel kazı açıklığı ve kaya kütle kalitesi ile değişimleri (Arıoğlu ve ark, 2008)

5.3.4. Yeraltı Tahkiminde Kullanılan Püskürtme Betonun Görgül Yaklaşımlarla Boyutlandırılmasının Birleştirilmiş Değerlendirilmesi

Uzun yıllar boyunca edinilen deneyimler sonucu püskürtme betonun tek başına tahkimat elemanı olarak kullanılmasının çok ender şartlarda meydana geldiği görülmüştür. Püskürtme beton kullanıldığı yeraltı açıklıklarında genellikle, tavan civataları, çelik kafesler ve rijit bağlarla beraber kullanılmakta bu da püskürtme betonun tahkimata olan faydasının çözümlenmesini güçleştirmektedir.

Püskürtme beton tahkimatının görgül yöntemlerle boyutlandırılması yıllarca süren deneyimlerin bir ürünü olarak ortaya çıkmıştır. Bu tasarımlar birer genel ön görüdür ve yeraltındaki bölgesel değişimler asla göz ardı edilmemelidir.

Tablo 5.4’te Hoek tarafından, görgül yöntemlerde göz önünde tutularak araştırmacının kendi deneyimlerinin de eklendiği özet bir Tablo verilmiştir.

Tablo 5.4 Hoek Tararından görgül yöntemler göre hazırlanmış özet Tablo (Hoek, 2006)

Kaya kütle tanımı	Kaya kütle davranışı	Tahkimat gereksinimi	Püskürtme beton uygulaması
Masif metamorfik ya da magmatik kaya. Düşük gerilme koşulları.	Kavaklanma, dilimlenme ya da yenilme yok.	Yok	Yok
Masif sedimanter kaya. Düşük gerilme koşulları.	Bazı şeyl, silttaşı ya da kiltası yüzeyleri nem içeriğinin değişiminden dolayı kayganlaşabilir.	Kayganlaşmayı önlemek için yüzeylerin kaplanması.	Kazıda mümkün olduğunca hemen sonra kalıcı yüzeylere 25 mm kalınlıkta katkısız püskürtme beton uygulanır. Patlatmadan dolayı oluşan püskürtme beton hasarları tamir edilir.
Tek geniş faylı ya da makaslama bölgei masif kaya.	Fay bantı zayıf ve aşınabilir eklemler kayda duraylılık sorunlarına yol açabilir.	Zayıf fay ve makaslama bölgesi etrafında tahkimat ve yüzey kaplamasının sağlanması.	Fay ya da makaslama bölgesi genişliğine eşit derinliğe kadar zayıf malzemeler uzaklaştırılır ve çevredeki sağlam kaya içerisine enjeksiyonlu bar yerleştirilir. Kaya düşmelerine karşı geçici tahkimat olarak gerektiğinde kaynaklı kafes kullanılabilir. Boşluklar katkısız püskürtme beton ile doldurulur. Çelik lif güçlendirmeli püskürtme beton en azından bant bölgesi genişliğinde yanal olarak ilerletilir.

Masif metamorfik ya da mağmatik kaya. Yüksek gerilme koşulları.	Yüzey dilimlenmesi,kavlaklanma ve muhtemel kaya patlaması hasarı.	Kırık kayanın tutulması ve kaya kütlelerinin genişlemesinin kontrolü.	Saplamanın yüzey plakası arkasına ankrajlanmış, kaynaklı kafes üzerine 50 mm püskürtme beton uygulanır ya da kaya yüzeyine çelik lif güçlendirmeli 50 mm püskürtme beton uygulanır ve yüzey plakalı kaya saplamaları yerleştirilir; daha sonra 25 mm kalınlıkta ikinci püskürtme beton tabakası uygulanır. Gerekli yerlerde püskürtme beton uygulaması yan duvarların altına doğru ilerletilir.
Masif sedimanter kaya. Yüksek gerilme koşulları.	Yüzey dilimlenmesi, kavlaklanma şeyl ve yumuşak kayalarda muhtemel sıkışma.	Kırık kayanın tutulması ve sıkışmanın kontrolü.	Temiz kayaya doğrudan, lif güçlendirmeli, 75 mm kalınlığında püskürtme beton uygulanır. Ayrıca kaya saplamaları ya da gerdirmesiz saplamalara ilave tahkimat olarak ihtiyaç duyulabilir.
Birkaç geniş aralıklı eklemli, metamorfik ya da mağmatik kaya. Düşük gerilme koşulları.	Kama ya da blokların yerçekimi yükünden dolayı düşme ya da kayma potansiyeli.	Kaya ve kablolu saplamalar ile mevcut tahkimata ilave tahkimatın sağlanması.	Eklem izleri açık olan kaya yüzeylerine çelik lif güçlendirmeli 50 mm püskürtme beton uygulanır.
Birkaç geniş aralıklı yataklanma düzlemi ve eklemi olan sedimanter kaya. Düşük gerilme koşulları	Kama ya da blokların yerçekimi yükünden dolayı düşme ya da kayma potansiyeli. Açık havaya maruz kalan yataklanma düzlemi zaman içinde bozulabilir.	Kaya ve kablolu saplamalar ile mevcut tahkimata ilave tahkimatın sağlanması. Zayıf yataklanma düzleminin havayla temasının kaplanması	Yataklanma düzleminin izlerine özellikle dikkat ederek açığındaki süreksizlik izlerinin bulunduğu kaya yüzeyine çelik lif güçlendirmeli 50 mm püskürtme beton uygulanır.

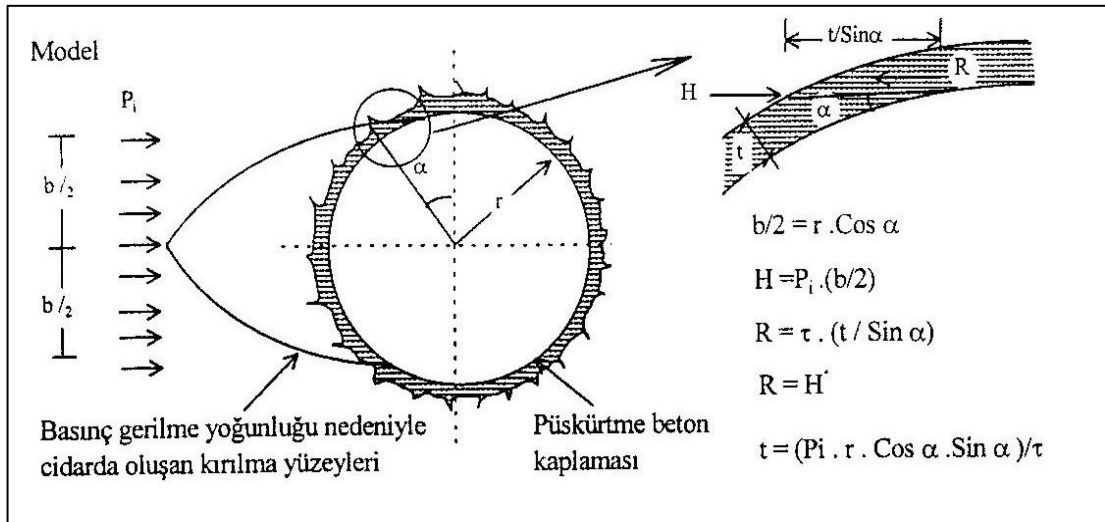
Eklemlili metamorfik ya da magmatik kaya. Yüksek gerilme koşulları.	Açıklık sınırları etrafında birleşik yapısal ve gerilme kontrollü yenilmeler.	Kırık kayanın tutulması ve kaya genişlemesinin kontrolü.	Saplamanın yüzey plakası arkasına ankrajlanmış kaynaklı kafes üzerine 75 mm katkısız püskürtme beton uygulanır. Kaya yüzeyine çelik lif güçlendirmeli 75 mm püskürtme beton uygulandığında, yüzey plakalı kaya saplamaları yerleştirilir ve daha sonra 25 mm kalınlıkta ikinci püskürtme beton tabakası uygulanır.
Yataklı ve eklemlili zayıf sedimanter kaya. Yüksek gerilme koşulları.	Kavlanılmış, dilimli ve muhtemelen sıkışma.	Kaya kütle yenilmesi ve sıkışmasının kontrolü.	Mümkün olan en kısa sürede temiz kaya yüzeylerine çelik lif güçlendirmeli, 75 mm püskürtme beton uygulanır. Püskürtme beton boyunca yüzey plakalı kaya saplamaları yerleştirilir ve 75 mm kalınlığında ikinci püskürtme beton tabakası uygulanır.
Sık eklemlili metamorfik ya da magmatik kaya. Düşük gerilme koşulları.	Kesilen eklemlerle belirlenen kama ve blokların tutulması.	İlerleyen çözümlerin engellenmesi	Kazının tavandaki temiz kaya yüzeyinin çelik lif güçlendirmeli 50 mm püskürtme beton uygulanır. Büyük blokların ek tahkimatı için kaya saplaması ya da gerdirmesiz saplamaları ihtiyaç duyulabilir.
Yüksek derecede eklemlili ve yataklı sedimanter kaya. Düşük gerilme koşulları.	Geniş açıklıktaki kazılarda yatakların ayrışması ve eğimli yüzeylerde yataklanma izlerinin tutulması.	Tabaka ayrışması ve açılımın kontrolü	Yatak ayrılmasını kontrol etmek için kaya saplaması ya da gerdirmesiz saplamalar gerekir. Saplamaadan önce yataklanma düzlem izlerine lif güçlendirmeli 75 mm püskürtme beton uygulanır.

Aşırı sık eklemli volkanik ya da metamorfik kaya, konglomera ya da çimentolanmış kaya dolgusu. Yüksek gerilme koşulları.	Sıkışma ve açıklı etrafındaki kaya kütesinin "plastik " akışı.	Kaya kütesi yenilmesi ve genişlemesinin kontrolü	Mümkün olan en kısa sürede çelik lif güçlendirmeli, 100 mm püskürtme beton uygulanır ve püskürtme beton boyunca yüzey plakalı kaya saplamaları kullanılır.Eğer gerekirse, 50 mm ilave püskürtme beton uygulanır. Yine gerekirse, tahkimatı yan duvarların altına doğru ilerletilir.
Yüzeyleri kil kaplı aşırı eklemli sedimanter kaya. Yüksek gerilme koşulları.	Sıkışma ve açıklı etrafındaki kaya kütesinin "plastik " akışı. Kilce zengin kayalar şişebilir.	Kaya kütesi yenilmesi ve genişlemesinin kontrolü	Mümkün olan en kısa sürede çelik lif güçlendirmeli, 50 mm püskürtme beton taban dikmeli kiriş kafes ya da hafif çelik bağlar, daha sonra çelik bağları ve kafes kirişleri kaplamak için biraz daha çelik lif güçlendirmeli püskürtme beton uygulanır. Kazı aynasının önüne sağlamlaştırmak için önsürme ya da kazık gerekebilir. Sıkışma ya da şişmeden kaynaklanan hareketlere izin vermek için boşluklar son kaplamaya kadar bırakılabilir. Boşluklar açıklık duraylı hale geldiğinde kapatılmalıdır.
Yüksek gerilme koşullarına maruz kalmış masif kaya içinde orta derecede kaya patlaması koşulları.	Kavlanılmış, dilimli ve orta dereceli kaya patlaması.	Kırık kayanın tutulması ve yenilme yayılmasının kontrolü	Esneyen kaya saplamaları ve kablolu saplamalar ile kaya yüzeyine sıkıca bağlanan kafes yada kablo bağlantıları üzerine 50 ile 100 mm arası püskürtme beton uygulanır.

5.4 Analitik Boyutlandırma Yaklaşımı

Püskürtme betonun analitik yaklaşımlarından biri 1974’ yılında Rabcewicz tarafından yapılmıştır. Bu yaklaşım kaplama taşıma gücünün betonun kayma gerilmesiyle yenilmesine dayanmaktadır. Basınç gerilmesi yoğunluğu ile açıklık çevresindeki kayada oluşan kayma kamasının kaplamaya yaptığı yatay itki (H), kaplamanın birim uzunluğundaki kayma dayanımı reaksiyonu ile karşılanmaktadır (Arioğlu, 2008).

$\alpha=30^0$ ve $\tau_e = (0.2 \sigma_b)/F$, (Güvenlik katsayısı: $F = 2$) kabulleri ile kaplama kalınlığı “ t_e ” (Şekil 5.8)



Şekil 5.8 Rabcewicz yaklaşımına göre kaplama kalınlığının belirlenmesi (Birön ve Arioğlu, 1985)

$$t_e = 4.33 \text{ ————, cm}$$

Burada;

r : Tünel yarıçapı, cm

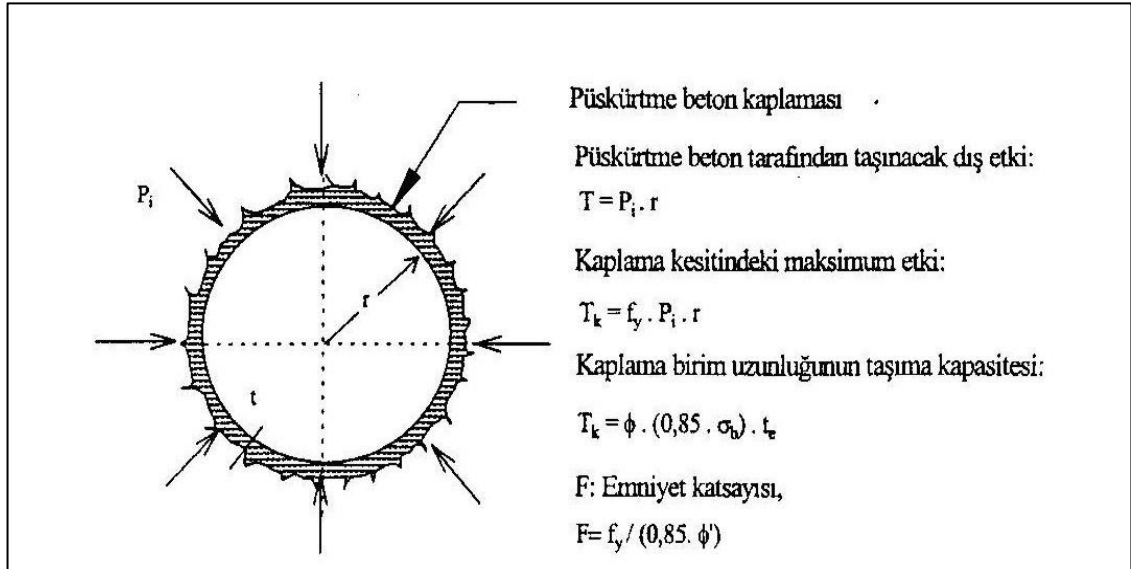
σ_b : Püskürtme beton basınç dayanımı, kg/cm^2

P_i : Kaplamaya etki eden basınç, yaklaşık olarak $P_i: 2.r.f_y.\gamma$ ile bulunabilir (Birön Arioğlu, 1985),

f_y : Yükleme faktörü , 0.5-2.0 arasında değişir.

γ : formasyon yoğunluğu, t/m^3 'dur.

Heuer'in yaklaşımına göre güvenli kaplama kalınlığı " t_e " şu Şekilde hesaplanmaktadır (Heuer, 1974) (Şekil 5.9).



Şekil 5.9 Heuer yaklaşımına göre kaplama kalınlığının belirlenmesi (Birön ve Arıoğlu, 1985)

$$t_e = F \cdot \text{---} + 7.5, \text{ cm}$$

Burada ;

ϕ' : eğilme için azaltma faktörü

t_e : Emniyetli kaplama kalınlığıdır.

Bu yaklaşımda kaplamanın, dış yükler altında silindirik halka gibi çalışarak, kesitte oluşan basınç gerilmeleri etkisiyle kayma modunda kırıldığı kabul edilmektedir. Püskürtme beton, geçici destekleme amacıyla uygulanıyorsa güvenlik katsayısı $F=2.0$ değeri eğer son kaplama için yapılıyorsa $F= 2.5-3.0$ değerleri kullanılır (Birön-Arıoğlu, 1985)

Ampirik yöntemlerle bulunan sonuçlar görgül yöntemlerle de karşılaştırılarak kullanılmalıdır.

BÖLÜM ALTI

YERALTI YAPILARINDA DOLGU DİZAYNI

6.1 Giriş

Madencilikte dolgu; üretim yapılarak açılan bir alanın, kısmen veya tamamen el, gravite, mekanik, pnömatik ve hidrolik araçlar kullanılarak doldurulması işlemidir. Dünyada dolgu teknolojisinin gelişimi ve bundan faydalanımı son yirmi senedir büyük bir gelişme kaydetmiştir. Madencilik sektörü, yeraltında geniş üretimli açık alanların doldurulması ile ilgili bu teknoloji ile özellikle ilgilenmektedir. Yeraltında kullanılan dolgunun madencilikte sağladığı yararları şu şekilde sıralayabiliriz.

- Güvenli ve ekonomik madenciliğe olanak sağlar,
- Tasmanı engeller,
- Havalandırma kontrolünü sağlar,
- Galeri ve üretim boşluklarının duraylılığına yardımcı olur,
- Çalışma yerlerinin duraylılığını sağlar,
- Yan topukların duraylılığını sağlar,
- Topukların kazanımını sağlayarak, cevher kaybını azaltır,
- Ocak ve/veya tesis artıklarına yer teşkil eder.

Yeraltı madenciliğinde dolgu malzemesi olarak genellikle tesis atıkları yada açık ocak veya yeraltı ocağından çıkan pasa kullanılır. Bu malzemelerin dolgu malzemesi olarak kullanılması bir yandan dolgu için kolay malzeme teminini sağlarken bir yandan da işletme atıklarını ortadan kaldırmak için ekonomik ve basit yol olmaktadır.

Yeryüzü hareketleri ve çevre sorunları bakımından dolgulu yöntemlerin kullanımı gittikçe artmaktadır. Yeraltının doldurulması zor bir işlem olduğu için ocağın çalışmalarını buna göre planlamak gerekmektedir (Birön-Arıoğlu, 1993).

6.2 Dolgu Miktarının Hesabı

Dolgu miktarının hesabı yapılırken aşağıdaki formül uygulanır.

$$M_d = \frac{M_c}{\gamma_d} \left(\frac{1}{1 - e} \right)$$

Burada;

M_d : Dolgu ihtiyacı, t/gün

M_c : Cevher üretimi, t/gün

γ_d : Tane (dolgu) birim hacim ağırlığı (gevşek halde) t/m³

γ_c : Cevherin birim hacim ağırlığı, t/m³

e : dolgunun boşluk oranı

Boşluk oranı ile porozite arasındaki

$$e = \frac{V_v}{V_t}$$

bağıntısı göz önüne alınırsa

$$\frac{V_v}{V_t} = \frac{V_t - V_s}{V_t}$$

şeklinde yazılabilir. (Birön-Arıoğlu, 1993, s. 326).

Bugün dolgulu sistem uygulayan birçok madende dolgu malzemesi uygulanma amacına bağlı olarak dayanımı arttırmak için dolguyu çimento, puzzolan malzemeler, uçucu kül gibi bağlayıcı malzemelerle beraber kullanmaktadır.

6.3 Yeraltı Yapılarında Kullanılan Dolgu Metotları

Yeraltı yapılarında kullanılan dolgu malzemeleri kullanılan malzemelerin kaynağına göre, başlıca hidrolik bulamaç dolgu, macun dolgu ve kaya dolgusu olmak üzere üçe ayrılmaktadır. Bu yöntemlerin birbirleri ile karşılaştırılması Tablo 6.1’de gösterilmiştir.

Tablo 6.1 Yeraltı dolgu yöntemlerinin karşılaştırılması (Hustrulid W., 2001)

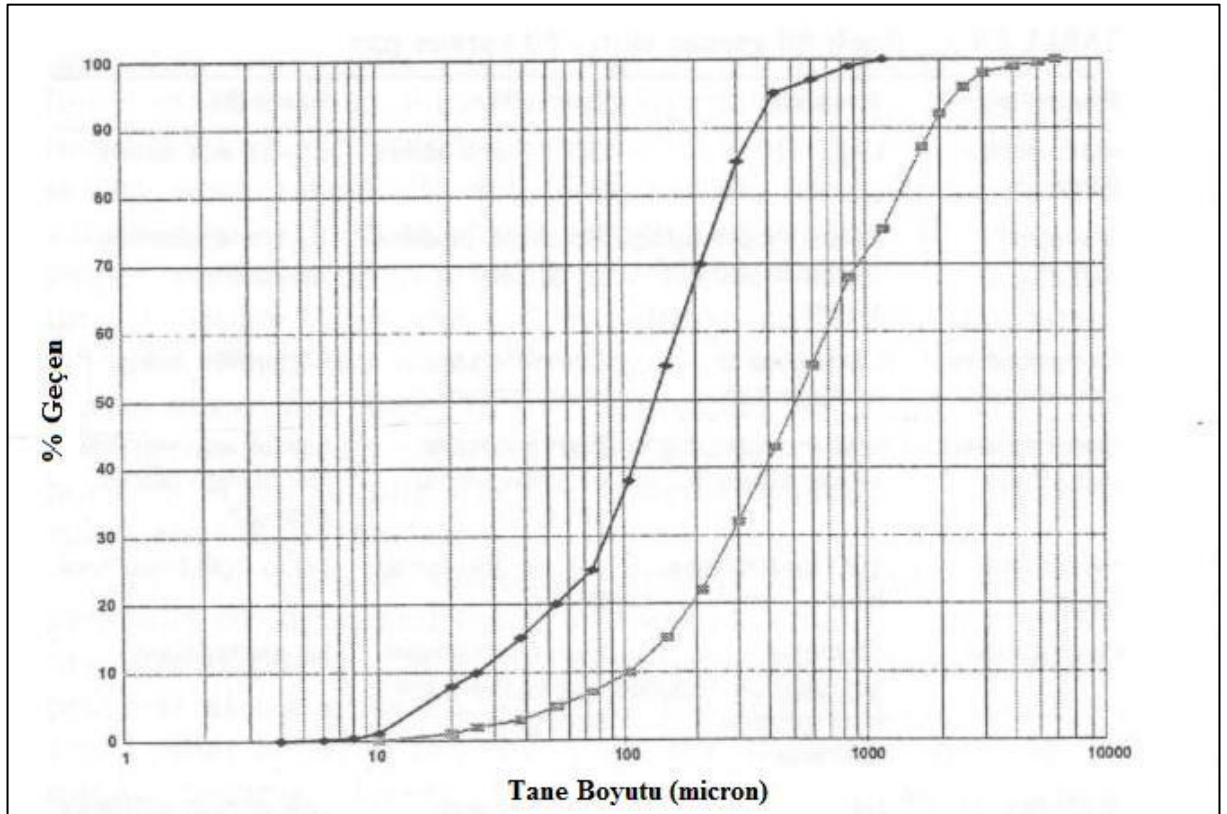
Özellikler	Kaya Dolgusu	Hidrolik Dolgu	Macun Dolgu
Yerleştirme Şekli	Kuru	%60-73 katı	%65-85 katı
Çimentolu/Çimentosuz	Çimentolu veya Çimentosuz	Çimentolu veya Çimentosuz	Çimentolu sadece
Su / Çimento oranı	Düşük s/ç, yüksek Bağlayıcı dayanımı	Yüksek s/ç, çok düşük bağlayıcı dayanımı	Düşükten Yüksek kadar s/ç, Düşükten Yüksek kadar bağlayıcı dayanımı
Yerleştirme kapasitesi	100-400 ton/saat	100-200 ton/saat	50-200 ton/saat

6.3.1 Hidrolik Bulamaç Dolgu

Hidrolik bulamaç dolgu yöntemi ilk olarak 1940’lı yıllarda geliştirilmeye başlanmıştır ve geçen zaman içerisinde madencilik sektöründe en yaygın kullanılan dolgu yöntemi olmuştur. Hidrolik bulamaç tip dolgu, uygun boyutlu taneli malzemelerin suyla yeryüzünde karıştırılarak boru hattıyla yeraltında kullanılacağı alana ulaştırılması esasına dayanır. Karışım, katıların özgül ağırlığına bağlı olarak ağırlıkça yaklaşık %60-75 oranında katı içermektedir. Bazı durumlarda hidrolik dolguya istenilen mekanik özelliğe bağlı olarak çimento gibi bağlayıcı maddeler eklenebilmektedir.

Hidrolik bulamaç dolgudaki tane boyutu dağılımı iki değişken tarafından kontrol edilmektedir. Bunlardan birincisi en büyük tane boyutu ve kurulu yada kurulacak nakil sisteminde nakledilebilecek malzemenin kritik akış hızının üzerine çıkabilen iri tanelerin hacmi, ikincisi ise en büyük tane boyutu ve planlanan madencilik faaliyetlerinin zamanında sürdürülebilmesi için sudan süzülecek ince tanelerin hacmidir (Thomas ve ark, 1978).

Şekil 6.1’de hidrolik bulamaç dolguda tanecikli malzemeler için önerilen ince tanelerin ağırlıkça tane boyut dağılımı gösterilmektedir. Bu sınırların üzerindeki tane boyutlarında dolgunun nakliyatını yaparken normal kritik akış hızında tanecikleri süspansiyonda tutmak oldukça zor olacaktır ve çökme olabilmektedir. Ayrıca iri taneler boru aşınmasını üssel olarak arttırmaktadır.

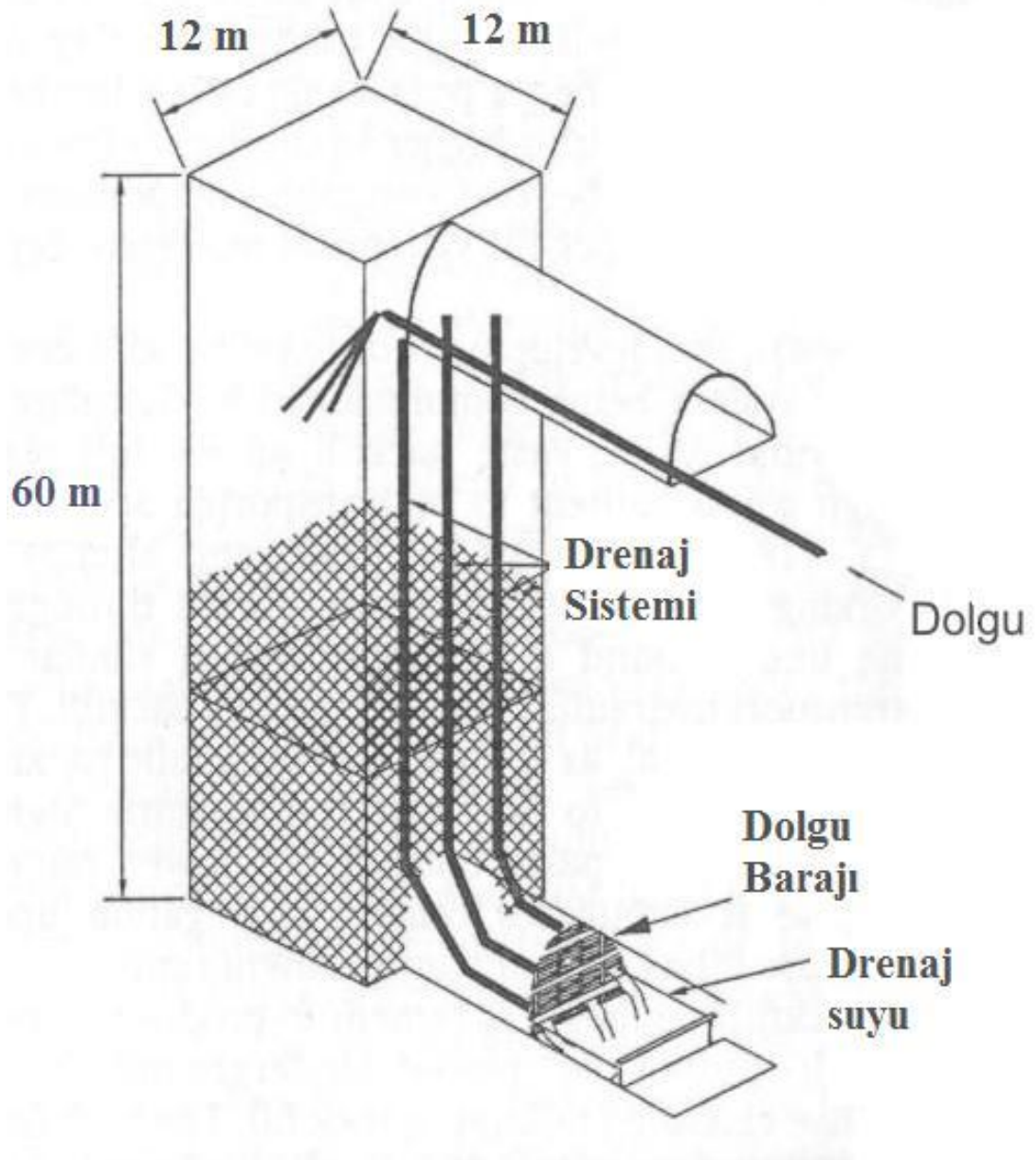


Şekil 6.1 Hidrolik dolguda tanelerin ağırlıkça tane boyut dağılımı

Yeraltı hidrolik dolgu dağıtımında genellikle dolgu malzemesinin boru içersindeki hızı 1.5m/sn veya daha hızlı olmaktadır. Bu hız taneli malzemeler için laminar akışla türbulans akış arasındaki tipik kritik hız olarak tanımlanır. Bunun altındaki hızlarda taneciklerde çökme gözlemlenmektedir (Hustrulid W., s 604).

Hidrolik dolgunun nakliyatında yerçekiminin etkisi genellikle kritik hıza ulaşmada yeterli olmaktadır. Hidrolik dolgunun nakliyatında yerçekiminin etkisinin yetersiz kaldığı yerlerde gerekli enerjiyi sağlamak için santrifüj esaslı pompalar dolgunun naklinde kullanılmaktadır.

Hidrolik dolguda karşılaşılan en önemli sorunlardan biri dolgudaki suyun süzülmesini sağlamak için dolgu yerlerinin başlarına konacak filtreli tip kapak ya da kapılar ile gerekli suyun yeter miktarda bulunması ve hidrolik dolgudan ayrılan suyun tekrar yerüstüne gönderilmesidir. Ayrıca homojen bir katı-su karışımı için yerüstü olanaklarının sağlanması da önemlidir.(Önce G., 1984) Şekil 6.2’de tipik bir hidrolik dolgu sistemi görülmektedir.



Şekil 6.2 Tipik bir hidolik dolgu örneği

Hidrolik bulamaç tip dolgu malzemesi olarak genellikle tesis atıkları veya alüvyonel kumlar kullanılmaktadır.

6.3.1.1 Tesis Atıklarının Hidrolik Bulamaç Dolgu Olarak Kullanılması

Hidrolik bulamaç dolgu kullanan madenlerin bir çoğunda dolgu malzemesi olarak tesis atıkları kullanılmaktadır. Tesislerin çoğu bu dolgu malzemesinde karışıma yetecek kadar ince malzemeyi bulundurlar. Dolgu malzemesi olarak kullanılacak bu atıklar siklonlara beslenerek sınıflandırılır ve ağırlıkça % 8'inden fazlası 20

mikronun altında ise bu kısım uzaklaştırılır. Çok ince atıklar uzaklaştırıldıktan sonra kalan malzeme miktarı dolgu için yeterli olmaz ise bu gerekli olan malzeme alüvyonel kum eklenerek sağlanır.

Hidrolik dolgu malzemesi olarak tesis atıkları kullanıldığında, kullanılacak atık malzemelerinin dikkatlice analiz edilmesi gerekmektedir. Tesis atıklarının içerisindeki kurşun, çinko, pirit gibi mineraller bağlayıcı malzeme kullanıldığında bağlayıcı malzemenin özelliğini bozmaktadır. Aynı zamanda bazı tesis atıkları siyanür, arsenik gibi insan sağlığını etkileyecek kimyasal maddeler bulundurabilmektedir. Bu kimyasallarda çalışanların sağlığını tehdit etmektedir. Aynı Şekilde artıkların içerisindeki pirit yangın riskini arttırmakta, kükürtte gaz sorunu yaratabilmektedir.

6.3.1.2 Alüvyonel Kumların Hidrolik Bulamaç Dolgu Olarak Kullanılması

Hidrolik bulamaç dolgunun, dolgu malzemesi olarak madenlerde kullanılması madenlerde tahkimat işlerine yardımcı olurken bir taraftan da atıkların bertarafını sağlamak için kayda değer bir yöntem olmaktadır. Ancak her maden işletmesinin içerisinde yada yakınında tesis bulunmayabilir bu durumda hidrolik dolguda dolgu malzemesi olarak alüvyonel kum dolgu malzemesi olarak kullanılmaktadır. Kullanılacak olan alüvyonel kumun tane dağılımı tıpkı tesis atıklarının tane dağılımındaki gibi olmalıdır.(Şekil 6.1) Ayrıca dolgu malzemesi olarak kullanılacak olan alüvyonel kumun, kil ve mika içermemesi istenmektedir. Bu mineraller dolgunun drenaj sistemine ve dayanımına olumsuz olarak etki etmektedir.

6.3.2 Macun Dolgu

Macun, malzemenin akışkan özelliğini sağlamak üzere katı partikülleri arasındaki boşlukları doldurarak yeterince su ile karışmış taneli bir malzemedir. Macun dolgu sistemlerinde, katı partikülleri ile su molekülleri bir araya getiren koloidal elektrikli partikül yükü, taneli malzemenin partikülleri arasında suyun muhafaza edilmesini temin etmektedir (Kesimal A. ve ark, 2002).

Madencilik endüstrisinde macun dolgu yöntemi diğer dolgu yöntemlerine göre yeni bir teknolojidir. İlk olarak 1980 yılında Almanya'da Grund Madeninde kullanılmış ve başarısından dolayı dünyada bir çok madende geniş Şekilde

uygulanan dolgu yöntemlerinden bir tanesi olmuştur. Kullanımı özellikle Kanada ve Avustralya yeraltı madenciliğinde çok yaygın olan macun dolgu teknolojisi, son yıllarda hem hidrolik ve kaya dolgusuna kıyasla düşük işletme maliyeti ve hem de cevher zenginleştirme atıklarının tamamının yeraltında depolanabilir olması ve böylece atık depolama ve rehabilitasyon maliyetlerinin önemli ölçüde azalması nedeni ile günümüzde diğer ülkeler tarafından da tercih edilmeye başlanmıştır (Yumlu, 2001; Landriault, 2006; Sivakugan vd, 2006).

Macun dolgu, oldukça kompleks bir malzeme olup yüksek yoğunluklu tesis atıkları (tane boyut dağılımı ve özgül ağırlığa bağlı olarak %65–85 katı oranında), dolgunun stabilizesini sağlamak için bağlayıcı ve hidrasyon işlemi ve yeraltı üretim boşluklarına istenen kıvamda taşınmasını sağlamak için ilave edilen karışım suyundan oluşmaktadır (Brackebusch, 1994; Landriault, 1995). Bu sayede macun dolgu hidrolik bulamaç dolgudaki gibi kritik akış hızına ihtiyaç duymadan boru hatları ile iletilebilmektedir. Karıştırılacak su miktarı gerekli miktardan fazla olursa kritik akış hızı etkili olacaktır ve bu hıza ulaşılmadığında yine tanelerin çökmesi gerçekleşecektir.

Macun dolguyu oluşturan atık, bağlayıcı ve karışım suyunun fiziksel, kimyasal ve mineralojik karakteristikleri dolgunun hem kısa ve uzun dönemdeki dayanım, durabilite ve deformasyon özelliklerini belirlemekte ve hem de yeraltına taşınmasında etkin rol oynamaktadır (Benzaazoua, 1999; Kesimal vd, 2002).

Bağlayıcı malzemeler ile kullanılan macun dolguda atık tanelerin tane boyutu hidrolik dolgudakinden farklıdır ve 20 mikronun altında olan tanelerin oranının en az ağırlıkça %15 olması istenir.

Macun dolguda 3 adet farklı tane boyut dağılımından söz edilmektedir. Bunlar iri, orta ve ince tane atıklar olarak sınıflandırılır (Landriault, 1995).

İri taneli atıklar ağırlıkça %15 ile %35 arasında 20 mikronun altında malzeme içeriğine sahiptir. 15cm çökme veren macun dolgunun pulp yoğunluğu atık malzemenin özgül ağırlığına bağlı olarak ağırlıkça %78 ile %85 arasında katı oranına sahiplerdir, bu yüksek katı oranı iyi bir su/çimento oranı sağlamaktadır bu da aynı

şartlardaki hidrolik dolguya nazaran macun dolgunun dayanımını yaklaşık 2 kat arttırmaktadır.

Orta boyutlu atıklarda ise 20 mikronun altındaki taneciklerin oranı ağırlıkça % 35 ile % 60 arasındadır. 15cm çökme veren macun dolgunun pulp yoğunluğu atık malzemenin özgül ağırlığına bağlı olarak ağırlıkça %70 ile %78 arasında katı oranına sahiptirler. İyi bir macun dolgu karışımı olsada iri taneli atıklara göre daha düşük dayanım göstermektedir.

İnce taneli atıklar genellikle öğütücülerden gelen % 60 ile % 90 arasında 20 mikronun altında malzeme içeren ve yüksek miktarda su tutup bu yüzdende iyi akış gösteren ancak düşük dayanım sağlayan dolgulardır. 15 cm slump veren macun dolgunun pulp yoğunluğu ağırlıkça % 55 ile % 70 arasında katı oranına sahiptir (Hustrulid W., 2001).

Macun dolguda aynen hidrolik dolguda olduğu gibi kullanılan atık malzemelerin analizinin iyice yapılması gerekmektedir. Tesis atıklarının içerisindeki kurşun, çinko, pirit gibi mineraller bağlayıcı malzeme kullanıldığında bağlayıcı malzemenin özelliğini bozmaktadır. Aynı zamanda bazı tesis atıkları siyanür, arsenik gibi insan sağlığını etkileyecek kimyasal maddeler bulundurabilmekte, bu kimyasallarda çalışanların sağlığını tehdit etmektedir. Aynı Şekilde artıkların içerisindeki pirit yangın riskini arttırmakta, kükürtte gaz sorunu yaratabilmektedir.

Macun dolgunun hidrolik dolguya göre avantajlarını ve dezavantajlarını şu Şekilde sıralayabiliriz (Kesimal A. ve ark, 2002).

Avantajları ;

- Aynı çimento miktarında daha yüksek dayanım elde edilebilir.
- Yoğun drenaj işleri ve bölümlü ekipmanlara olan gereksinimi azaltarak dolgudan şamların ve suyun drenajını en aza indirmekte ve pompa bakımını azaltmaktadır.
- Eşit dayanım macun dolgu ile daha kısa sürede elde edildiği için, ocağın döngü süresi daha kısa zamanda başarılmaktadır.

- Macun dolgu sistemleri, hidrolik dolgu sistemlerine nazaran daha az boşluk verir böylece yeraltına atılacak malzeme tonajında artış sağlanır.

Dezavantajları ise ;

- Hidrolik dolguya göre macun dolgu daha yüksek kapital giderleri vardır.
- Bir macunun dolgunun nakliyatı tane boyutu dağılımı ve su miktarındaki değişimlere hassastır.
- Pompa basınçları kontrol etmek için, madendeki dağıtım ağı daha büyük seviyedeki mühendislik tasarımını gerekli kılmaktadır.

6.3.3 Kaya Dolgusu

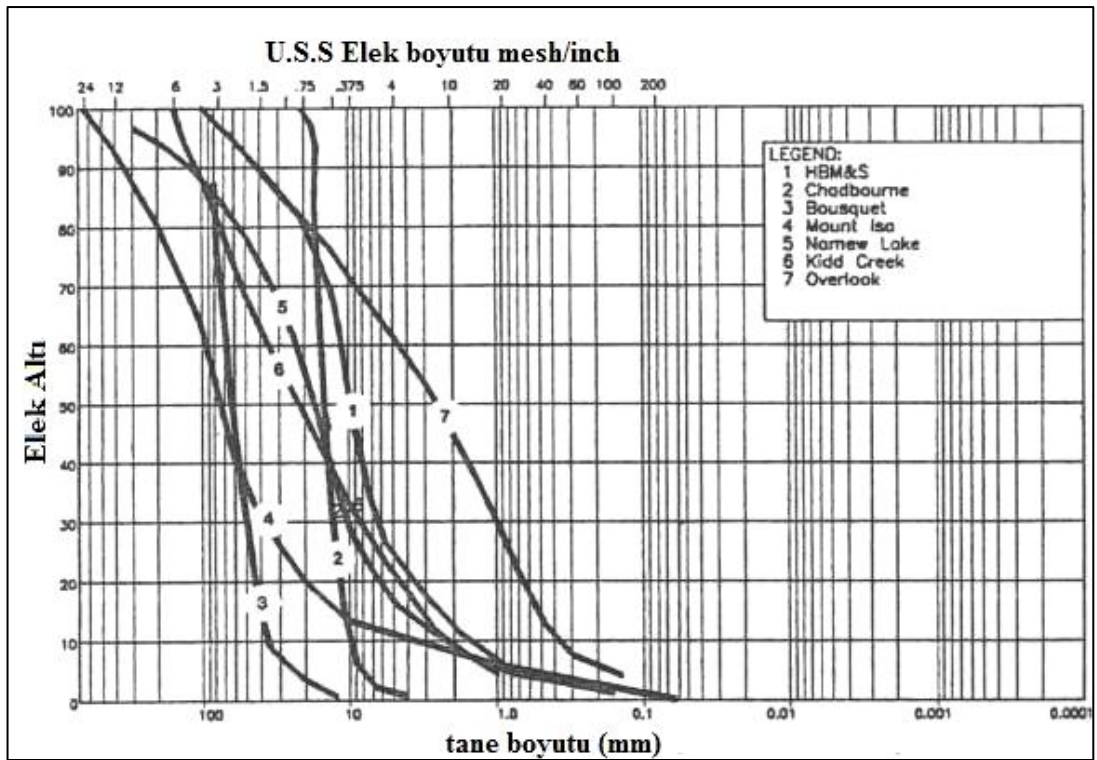
Kaya dolgusu yaklaşık olarak 80-85 yıldır madencilik sanayinde dolgu malzemesi olarak kullanılmaktadır. Kaya dolgusunun en büyük avantajı maden sahalarında en kolay bulunabilen malzeme olmasıdır. Kaya dolgusu malzemesi olarak ocaktan çıkarılan yantaş veya aynı işletmenin varsa açık ocağından kaldırılan örtü tabakası, bunların ikisinin de kullanılması mümkün değilse yakındaki taş ocaklarında üretilen iri agrega malzemesi kullanılabilir.

Kaya dolgusu çimentolu kaya dolgusu ve çimentosuz kaya dolgusu olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Kullanılacak olan dolgunun çimentolumu yoksa çimentosuz mu olacağı istenilen dolgunun dayanımı ile ilgilidir.

Çimentolu kaya dolgusunun dayanımı, kullanılan kaya dolgusunun tane dağılımı, dolgu malzemesi olarak kullanılan kayacın tipi, çimento miktarı, kaya dolgu malzemesinin şekli gibi değişkenlere bağlıdır. Kullanılacak olan dolgunun dayanımı da açılan boşluğun boyutlarına bağlıdır. Çimentolu kaya dolgusunda kullanılan çimentonun miktarı dolgu karışımının ağırlıkça %4'ü ile % 8'i arasında değişmektedir. Kullanılacak olan çimentonun miktarı istenilen dayanım ve ekonomikliğe bağlı olarak laboratuvar deneyleri ile dolgu işlemi başlamadan önce belirlenebilmektedir. Son yıllarda ekonomikliği arttırmak için bağlayıcı olarak çimento miktarını azaltıp, çimentoyla beraber uçucu kül, cüruf gibi puzolan malzemelerde dolguda denenmeye başlanmıştır.

Çimentolu kaya dolgusunun istenilen dayanımı sağlayıp sağlamadığı laboratuvar koşullarında karışım oranları denenerek kolayca bulunabilir. Kullanılması düşünülen kaya dolgusu karışımı laboratuvar koşullarında hazırlanıp kalıplara alınarak 7 ve 28 günlük basınç dayanımı deneylerine tabi tutulur ve gerekli dayanıma ulaşp ulaşamayacağı hakkında yorum yapılabilir. Genellikle yeraltı madenciliğinde kullanılan çimentolu kaya dolgusundan beklenen 28 günlük dayanım 1 ile 11 Mpa arasında değişmektedir.

Çimentolu kaya dolgusunda istenilen dayanıma minimum çimento miktarında ulaşabilmek için dolguda kullanılacak tanelerin tane boyut dağılımının iyi kontrol edilmesi gerekmektedir. Çok ince malzemelerin fazla su emeceği, su miktarını arttırmanında dolayısıyla çimento miktarını arttıracağı unutulmamalıdır. Şekil 6.3'de dünyada çeşitli madenlerde kullanılan çimentolu kaya dolgusunun tane dağılım eğrileri bulunmaktadır.



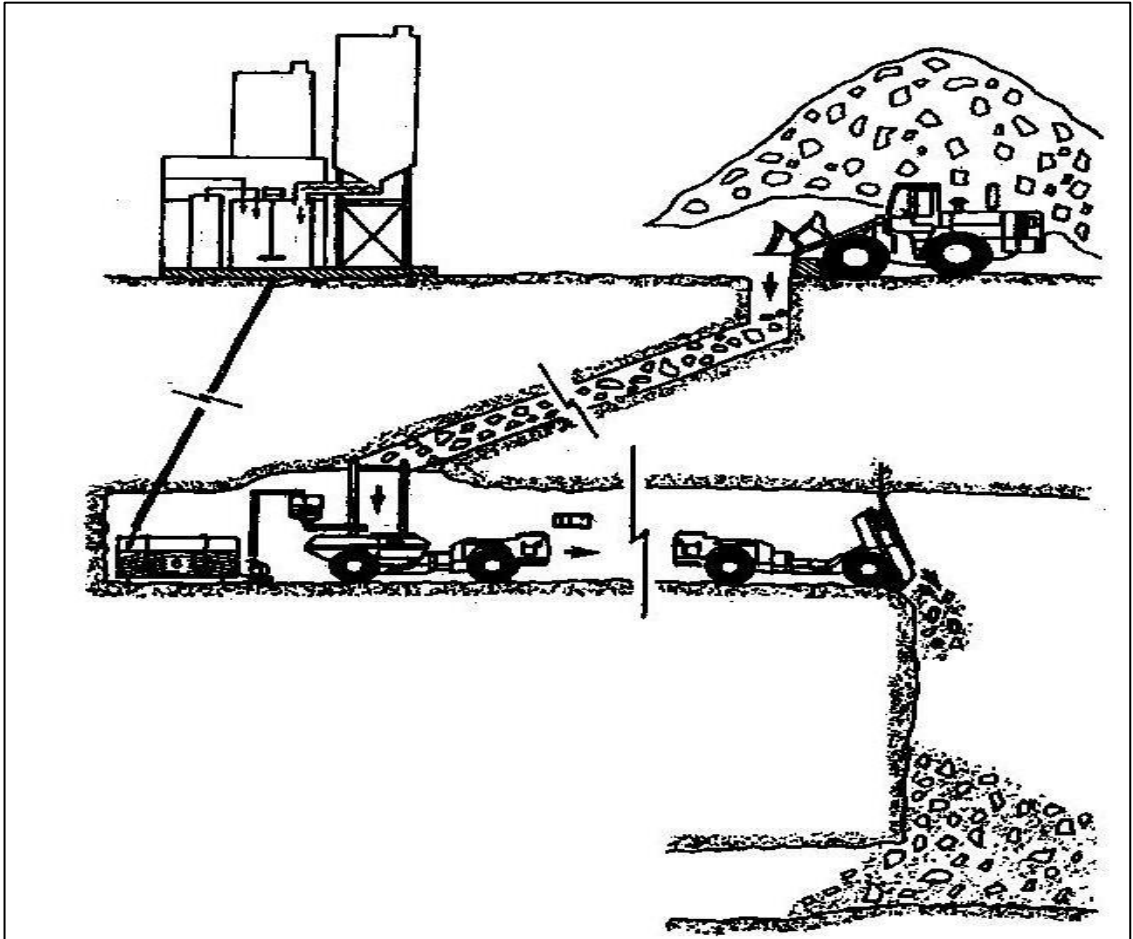
Şekil 6.3 Çeşitli madenlerde kullanılan çimentolu kaya dolgusuna ait tane dağılım eğrileri (Hustrulid W., 2001)

Kaya dolguları yeraltı boşluklarına üç Şekilde yerleştirilmektedir. Bunlar;

- Yayararak yerleştirme
- Yerçekimi yardımıyla yerleştirme
- Konsolide yerleştirme

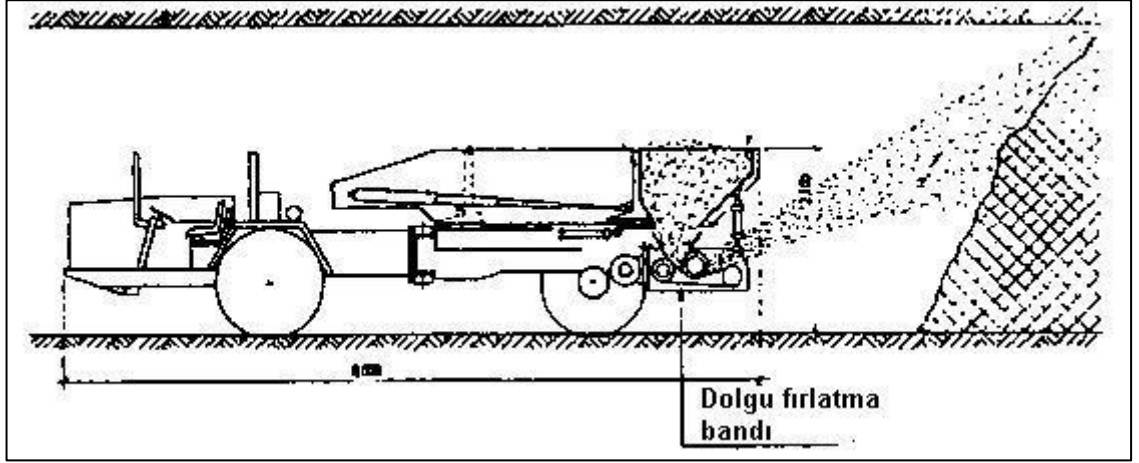
Yayararak yerleştirme,dolgu yüklü yeraltı kamyonunun dolguyu dolgu yapılacak yere yayılarak dozerle düzeltmesi esasına dayanır.

Yerçekimi yardımıyla yerleştirme ise dolgu malzemesinin yeryüzünden düşey veya eğimli galerilerden yeraltındaki karıştırma aracına ulaştırılarak burda yine yeryüzünden genel çimento şerbeti ile karıştırılması ve daha sonra dolgu yapılacak yere boşaltılması esasına dayanmaktadır (Şekil 6.4).



Şekil 6.4 Yerçekimi yardımı ile yapılan çimentolu kaya dolgusu uygulaması (Hustrulid W., 2001)

Konsolide yerleştirme ise üzerinde fırlatıcı bir band sistemi bulunan kamyon önce deposuna kaya dolgusunu aldıktan sonra şekil 6.5'deki gibi dolgu yapılacak yere fırlatması esasına dayanır.



şekil 6.5 Konsolide yerleştirme sistemi (Hustrulid W., 2001)

BÖLÜM YEDİ

PÜSKÜRTME BETON TASARIM DEĞİŞKENLERİNİN ARAŞTIRILMASI

7.1 Giriş

Püskürtme beton bileşenlerinin tasarımının yapılması hem teknik açıdan hem iş güvenliği açısından hem de ekonomik açıdan oldukça önemlidir. Doğru yapılmamış tasarım sonucu oluşan iş kazalarında hem çalışanlar zarar görebilmekte hem de iş akışında aksama olmaktadır.

Püskürtme beton tasarımı yapılırken en yüksek dayanımın en düşük maliyet ile yapılması istenmektedir. Püskürtme beton karışımlarında karışım maliyetinin en büyük kısmını çimento maliyeti oluşturmakta, bu oran çoğu zaman % 30'lar civarında olmaktadır. Çimento oranının kontrolsüzce düşürülmesi ise püskürtme betonun mekanik özellikleri üzerinde olumsuz etkiler yaratacak bu da püskürtme betonun işlevini görmesini engelleyecektir. Bu amaçla bu tez kapsamında püskürtme beton karışımlarının bileşenlerinin en uygun oranda karışım oranlarının bulunması hedeflenmiştir.

7.2 Çalışmanın Yöntemi

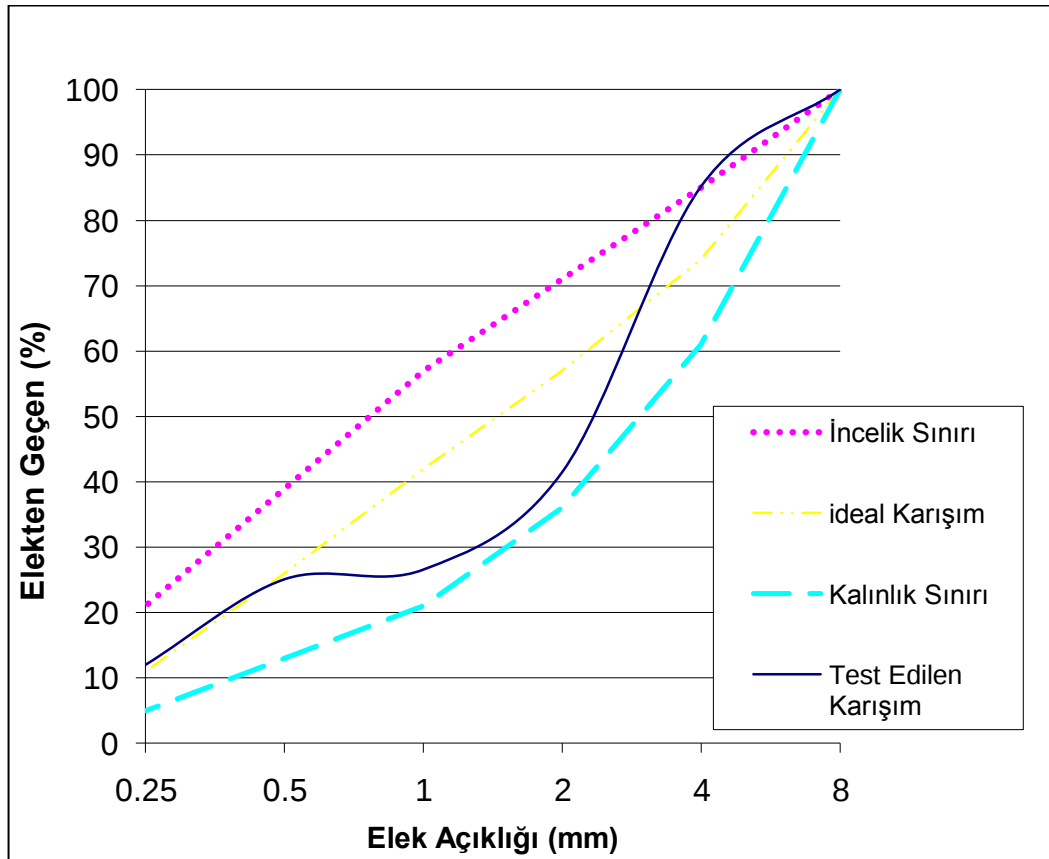
Bu araştırmada püskürtme betonda kullanılan, özellikleri bilinen püskürtme beton bileşenlerinin en uygun karışım oranlarının bulunması hedeflenmiştir. Bu amaçla püskürtme beton karışım bileşenleri laboratuvar koşullarında farklı karışım oranlarında hazırlanmış, hazırlanan numuneler basınç deneylerine tabi tutulmuştur.

Laboratuvar çalışmalarına öncelikle agreganın tane dağılımını görerek başlanmıştır. Bu amaçla deney yapılacak olan agregalardan numune alma yöntemleri ile numune alınmış ve alınan numuneler elek analizine tabi tutulmuştur. Kullanılan elekler TSE'nin püskürtme betonlarda kullanılan agregaların tane dağılım grafiğine göre seçilmiştir. Bu elekler 16mm – 8 mm – 4 mm – 2 mm – 1 mm – 0,5 mm – 0,25 mm – 0,15 mm – 0,075 mm elekleridir. Deney numunelerinin tane dağılımı Tablo 7.1'deki gibidir.

Tablo 7.1 Deney Numunesinin Tane Dağılım Tablosu

	0-3 mm			3-7 mm			KARIŞIM
Elek Açıklığı (mm)	Elekte Kalan (gr)	Toplamalı Kalan (%)	Toplamalı Geçen (%)	Elekte Kalan (gr)	Toplamalı Kalan (%)	Toplamalı Geçen (%)	Toplamalı Geçen (%)
63-32	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100
32-16	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100
16-8	0	0.00	100.00	2.24	0.09	99.91	99.95
8-4	2.95	0.11	99.89	704.87	29.58	70.42	85.16
4-2	478.58	17.35	82.65	1675.34	99.67	0.33	41.49
2-1	824.08	47.04	52.96	3.01	99.79	0.21	26.58
1-0.5	81.62	49.98	50.02	0.11	99.80	0.20	25.11
0.5-0.25	719.2	75.89	24.11	4.84	100.00	0.00	12.05
-0.25	669.18	100.00	0	0.00	100.00	0.00	0
Toplam	2775.61			2390.41			
					İncelik Modülü		3.10

Elek analizi yapılan agreganın tane dağılımı da Şekil 7.1’de verildiği gibidir.



Şekil 7.1 Deneyi Yapılan Numunenin Elek analizi

Yapılan elek analizli sonucu agreganın tane dağılımının standartlara uygun olduğu görülmüştür. Daha sonra numunelerin su emme ve birim hacim ağırlık değerleri bulunmuştur. Agreganın su emmesi %1.98, yoğunluğu da $2,65 \text{ gr/cm}^3$ 'tür.

Püskürtme beton deney numuneleri 100 lt'lik pan tipi karıştırıcıda (Şekil 7.2) hazırlanmış ve 15 cm x 15 cm x 15cm'lik kalıplara alınmıştır.



Şekil 7.2 Pan tipi karıştırıcı

7.2.1 Karışımların Hazırlanması

Püskürtme beton karışımları için numune hazırlanırken karışımlar belirli bir prosedüre göre hazırlanmıştır. Karışımlarda çimento miktarı 300 kg/m^3 ile 500 kg/m^3 aralığında, su 135 kg/m^3 ile $247,5 \text{ kg/m}^3$ aralığında, katkı malzemesi 3 kg/m^3 ile 10 kg/m^3 aralığında, fiber ise 0 ile 9 kg/m^3 aralığında kullanılmıştır. Deneyler bu karışım miktarlarının farklı oranlarda karıştırılması ile gerçekleştirilmiştir. Aynı zamanda karışımlarda agrega numuneleri 0-3 ve 3-7 mm olmak üzere ikiye ayrılmış ve bu tane aralıklarında miktarları farklı oranlarda karıştırılmıştır.

Beton numunelerinin hazırlanması amacıyla öncelikle agrega numunesi beton karıştırıcısına dökülmekte ve 3 dakika süre ile sadece agrega numunesi karıştırılmakta, ardından çimento eklenmekte ve kuru olarak çimento ve agrega 2 dakika süreyle karıştırılmıştır. Daha sonra karışıma lif ve ardından da su ve suyla

karışmış halde akışkanlaştırıcı (Glenium T90) eklenmiş ve tüm karışım 3 dakika süreyle karıştırılmıştır. Karıştırılan malzeme karıştırıcı durduktan sonra çökme deneyine tabi tutulmuştur, çökme deneyi püskürtme beton karışımının işlenebilirliğini kontrol eden bir deneydir. Bu amaçla çökme hunisi (Şekil 7.3) bir tepsinin üzerine konur ve üçte birine kadar püskürtme beton karışımı ile doldurulur, üçte biri dolan huni 25 defa şişlenir ve tekrar huninin içerisine numune konur, huninin üçte ikisi dolduğunda tekrar 25 defa şişlenir ve huni 3 defada ağzına kadar doldurulur.



Şekil 7.3 Çökme Hunisi

Ağzına kadar dolu olan huni bir defada yukarıya çekilir ve huni içersindeki beton karışımının çökmesi ölçülür.

Çökme deneyi ölçülen karışım beton, kalıplara çökme deneyinde olduğu gibi üçte bir oranında şişlenerek doldurulmuştur (Şekil 7.4).



Şekil 7.4 Püskürtme Beton kalıpları

Deneyler 6 adet kalıp üzerinden planlanmıştır. 6 adet kalıbın 3'ü 7günlük ve 3'ü de 28 günlük olmak üzere basınç dayanımı deneylerine tabi tutulurlar (Şekil 7.5).



Şekil 7.5 Basınç Dayanımı Deneyleri

7.3 Karışımda Kullanılacak Agreganın Tane Dağılımının Püskürtme Beton Dayanımına Etkisinin Araştırılması

Bu çalışma püskürtme beton uygulamasında agrega tane dağılımının beton dayanımına etkisinin araştırılması amacıyla yapılmıştır. Çalışmada kullanılan agreganın maksimum tane boyutu 8'mm'dir.

Deney yapılan örneklerin hepsinde aynı agrega ve aynı karışım oranları kullanılmıştır. Deneylerdeki püskürtme beton karışım oranları Tablo 7.2'de verilmiştir.

Tablo 7.2 Deneylerde kullanılan karışım oranları

		Kg/m³
Çimento		450
Agrega	0-8 mm	1500
Su		220
Katkı (Glenium T90)		4.5
Fiber		4.5
% Bağlayıcı		20.65
Su/Çimento		0.49

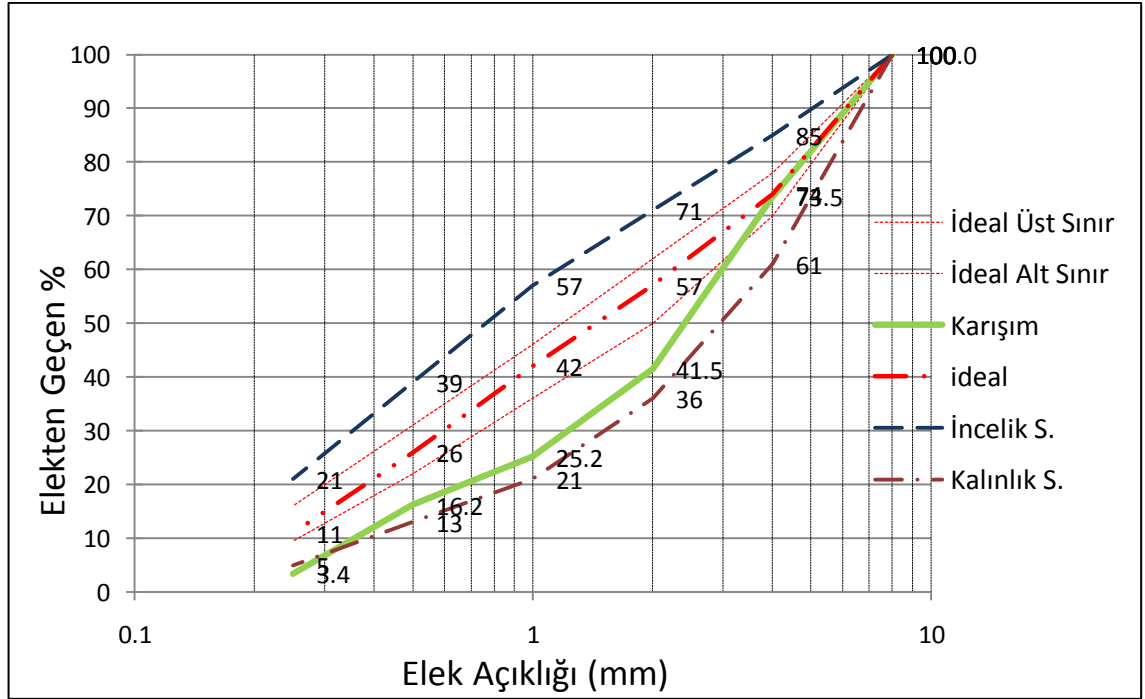
Deneme 1

Bu deneyde Tablo 7.3'deki gibi tane dağılımı olan kırmataş agregalarla, Tablo 7.2'deki karışım oranlarında, püskürtme beton karışımı hazırlanmış ve deney numunelerinin 7, 14 ve 28 günlük dayanımları bulunmuştur.

Tane dağılımı Tablo 7.3'deki gibi olan agreganın tane dağılım grafiği TSE 11747 standartları ile beraber Şekil 7.6'da verilmiştir. Grafikten de görüleceği gibi agreganın tane dağılımı verilen standartların içinde kalmaktadır.

Tablo 7.3 Deneme 1'de kullanılan agreganın tane dağılımı

Elek NO (mm)	Elekte Kalan (gr)	Kümülatif Kalan (gr)	Elekte Kalan (%)	Elekten Geçen (%)
32	0	0	0	100
16	0	0	0	100
8	0	0	0	100
4	502.12	502.12	26	74
2	608.54	1110.66	59	41
1	309.23	1419.89	75	25
0.5	169.5	1589.39	84	16
0.25	242.66	1832.05	97	3
Elek Altı	65.18	1897.23	100	



Şekil 7.6 Deneme 1’de Kullanılan Agreganın Tane Dağılım Grafiği

Yapılan karışım sonucunda 7, 14 ve 28 günlük basınç dayanımına tabi tutulan numunelerin deney sonuçları Tablo 7.4’deki gibidir

Tablo 7.4 Deneme 1’in deney sonuçları

Deneme 1	7 Günlük Ort.	14 Günlük Ort.	28 Günlük Ort.
Tek Eksenli Basınç Dayanımı (Mpa)	35.6	40.2	42.8
Slump Değeri (cm)	21		

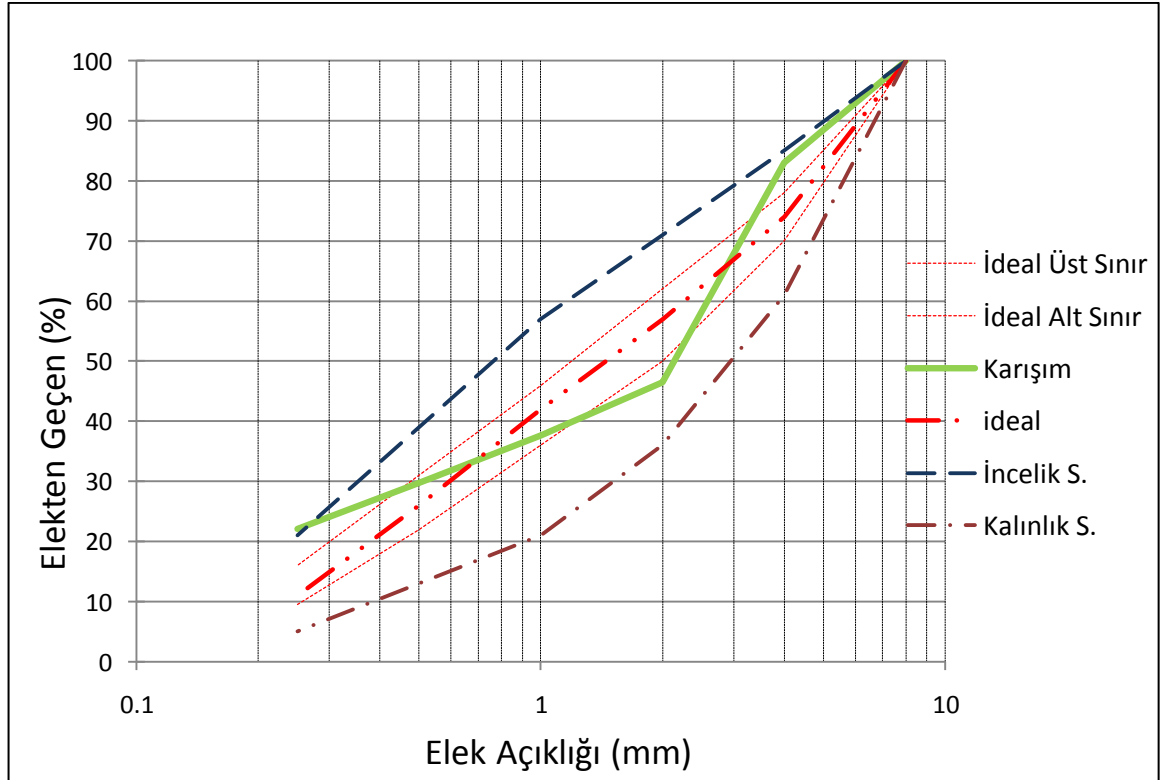
Deneme 2

Bu denemede aynı ocağın farklı tane dağılımındaki agregasından aynı oranlarda yapılan karışımın sonuçları incelenmiştir.

Tane dağılımı Tablo 7.5'deki gibi karışım oranları da Tablo 7.1'deki gibi olan agreganın tane dağılım grafiği TSE 11747 standartları ile beraber Şekil 7.7'de verilmiştir. Grafikten de görüleceği gibi agreganın tane dağılımı verilen standartların içinde kalmaktadır.

Tablo 7.5 Deneme 2'de kullanılan agreganın tane dağılımı

Elek NO (mm)	Elekte Kalan (gr)	Kümülatif Kalan (gr)	Elekte Kalan (%)	Elekten Geçen (%)
32	0	0	0	100
16	0	0	0	100
8	0	0	0	100
4	678.33	678.33	17	83
2	1464.45	2142.78	53	47
1	360.81	2503.59	62	38
0.5	325.5	2829.09	70	30
0.25	314.66	3143.75	78	22
Elek Altı	904.62	4048.37	100	



Şekil 7.7 Deneme 2’de Kullanılan Agreganın Tane Dağılım Grafiği

Yapılan karışım sonucunda 7, 14 ve 28 günlük basınç dayanımına tabi tutulan numunelerin deney sonuçları Tablo 7.6’daki gibidir

Tablo 7.6 Deneme 2’in deney sonuçları

Deneme 2	7 Günlük Ort.	14 Günlük Ort.	28 Günlük Ort.
Tek Eksenli Basınç Dayanımı (Mpa)	31.46	38.80	41.58
Slump (cm)	15		

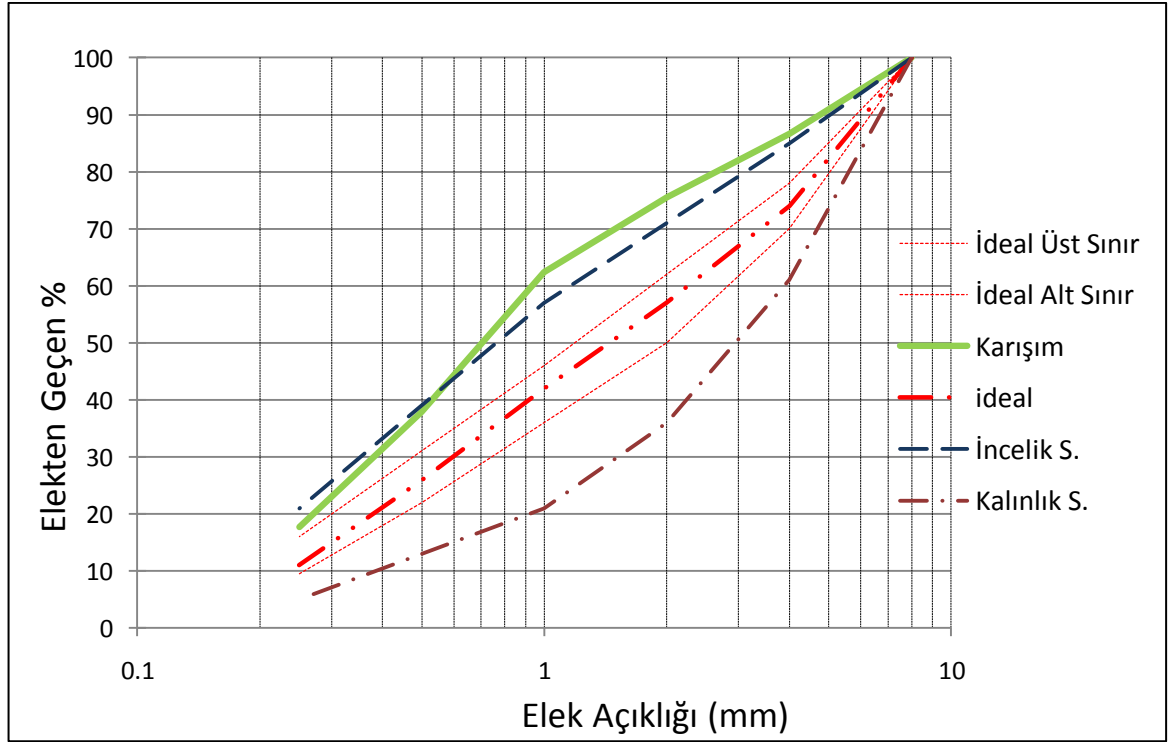
Deneme 3

Bu denemede de aynı ocağın farklı tane dağılımındaki agregasından aynı oranlarda yapılan karışımın sonuçları incelenmiştir

Tane dağılımı Tablo 7.7'deki gibi karışım oranları da Tablo 7.1'deki gibi olan agreganın tane dağılım grafiği TSE 11747 standartları ile beraber Şekil 7.8'de verilmiştir. Grafikten de görüleceği gibi agreganın tane dağılımı verilen standartların içerisinde kalmamakta, agrega numunesi incelik sınırını aşmaktadır. Bu da agrega içerisinde fazla ince malzeme olduğunu göstermektedir.

Tablo 7.7 Deneme 3'de kullanılan agreganın tane dağılımı

Elek NO (mm)	Elekte Kalan (gr)	Kümülatif Kalan (gr)	Elekte Kalan (%)	Elekten Geçen (%)
32	0	0	0	100
16	0	0	0	100
8	0	0	0	100
4	331.48	331.48	13	87
2	278.26	609.74	25	75
1	326.45	936.19	38	62
0.5	608.88	1545.07	62	38
0.25	501.34	2046.41	82	18
Elek Altı	440.77	2487.18	100	



Şekil 7.8 Deneme 3’de Kullanılan Agreganın Tane Dağılım Grafiği

Yapılan karışım sonucunda 7, 14 ve 28 günlük basınç dayanımına tabi tutulan numunelerin deney sonuçları Tablo 7.8’deki gibidir

Tablo 7.8 Deneme 3’ün deney sonuçları

Deneme 3	7 Günlük Ort.	14 Günlük Ort.	28 Günlük Ort.
Tek Eksenli Basınç Dayanımı (Mpa)	20.55	23.45	26.56
Slump (cm)	4.5		

Deney sonuçlarından da görüldüğü gibi püskürtme beton içerisindeki agregaların tane boyut dağılımı, püskürtme betonun dayanımı ve püskürtme betonun işlenebilirliği açısından oldukça önem arz etmektedir. Aynı agregalar üzerinde yapılan deney sonuçlarından da görüldüğü gibi aynı şartlarda ve aynı karışım oranlarında hazırlanan numunelerden tane dağılımı sınırlar içerisinde kalan örnekler daha yüksek dayanım göstermekteyken tane dağılım sınırları aşan örnekler nispeten daha düşük dayanım ve işlenebilirlik sonuçları ortaya koymaktadır. Deneme 1 ve

deneme 2' deki tane dağılımı Şekillerden de görüldüğü gibi püskürtme beton için uygun sınırlar içerisinde kalmaktadır, örneklerin 7, 14 ve 28 günlük sonuçlarına baktığımız zaman sonuçların hem işlenebilirlik hem de dayanım açısından iyi sonuçlar verdiğini söylemek mümkün olmaktadır. Aynı Şekilde 3. örneği incelediğimizde, örneğin tane dağılımının büyük kısmının tane dağılım sınırları dışında kaldığı, incelik sınırını aştığı gözlemlenmiştir. Örneğin elek analizi incelendiğinde örneğin ince madde miktarının yüksek olduğu, detaylı elek analizinde 0.075 mm altına geçen miktarın %2'den fazla olduğu gözlenmiştir. Örnekte ince madde miktarının yüksek olması agreganın yüzey alanının fazla olmasına neden olmuş bu da püskürtme betonun işlenebilirliğini düşürmüştür. Aynı zamanda agrega fazla su emdiği için su çimento ile yeterli hidratasyon sağlayamamış ve dayanım önceki örneklere oranla düşük çıkmıştır.

Sonuç olarak yeterli dayanım ve işlenebilirliğe sahip bir püskürtme beton için kullanılacak agreganın tane dağılımının uygun olması oldukça önemlidir.

7.4 Kullanılacak Çimento Oranının Belirlenmesi

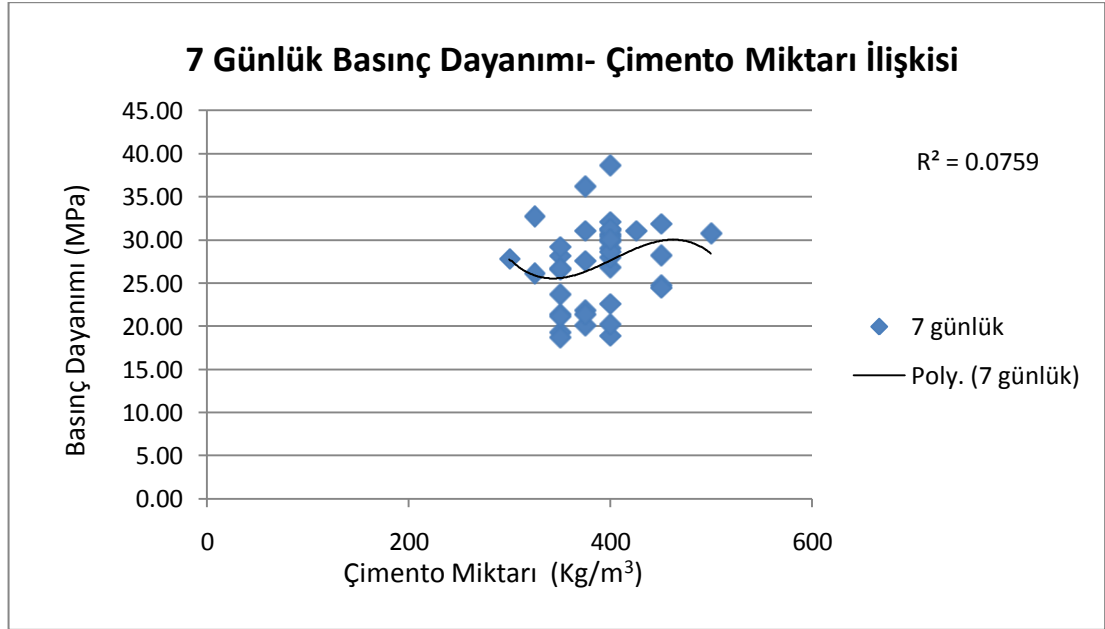
Püskürtme beton karışımlarında kullanılacak olan çimentonun miktarının belirlenmesi oldukça önemlidir. Kullanılacak olan çimento miktarı püskürtme betondan beklenen mekanik özellikleri verecek kadar çok, karışım maliyetlerini çok fazla arttırmayacak kadar az olması gerekir. Bu amaçla yapılan araştırmada püskürtme beton karışımının tüm bileşenleri üzerinde oynanarak çimento miktarının istenen dayanımı sağlayacak en düşük seviyede tutulması amaçlanmıştır. Bu amaçla laboratuvar koşullarında 42 adet deney yapılmıştır. Yapılan karışımlar ve karışımların deney sonuçları Tablo 7.9'da özetlenmiştir. Deneylerin detaylı verileri Ekler kısmında verilmiştir.

Tablo 7.9 Deneyi Yapılan Püskürtme beton Karışımları ve Sonuçları

Deney No	Çimento (kg/m ³)	0-3 (kg/m ³)	3-7 (kg/m ³)	Su (kg/m ³)	Katkı (kg/m ³)	Lif (kg/m ³)	S/Ç *	Slump (cm)	7 günlük (MPa)	28 günlük (MPa)
sht9	300	948	775	144	4.6	5.0	0.48	1.00	27.77	34.33
sht16	325	741	906	155	6.5	4.5	0.48	19.00	24.03	35.56
sht29	325	741	906	155	6.5	4.5	0.48	8.50	32.70	39.60
sht5	350	845	845	206	6.2	4.6	0.59	6.50	23.73	28.19
sht8	350	918	751	168	4.6	5.0	0.48	6.80	28.18	34.26
sht10	350	918	751	194	4.6	5.0	0.55	13.00	21.40	31.33
sht15	350	918	751	168	8.0	4.6	0.48	11.50	26.62	32.78
sht17	350	741	906	168	7.0	4.5	0.48	17.00	26.69	34.22
sht32	350	741	906	210	3.5	4.6	0.60	8.50	19.24	26.80
sht31	350	741	906	210	4.5	4.6	0.60	8.00	21.11	26.27
sht30	350	741	906	210	8.0	4.6	0.60	22.50	18.70	24.85
sht39	350	659	988	168	4.5	4.6	0.48	1.50	29.22	34.86
sht6	375	835	835	180	6.2	4.6	0.48	8.30	27.59	35.64
sht18	375	741	906	180	7.5	4.5	0.48	21.00	31.06	38.02
sht33	375	741	906	225	3.5	4.6	0.60	9.00	21.83	26.43
sht34	375	741	906	225	4.5	4.6	0.60	17.00	20.05	24.50
sht35	375	741	906	225	8.0	4.6	0.60	22.50	21.41	26.65
sht40	375	659	988	168	4.5	4.6	0.45	3.50	36.22	42.40
sht2	400	900	750	180	4.5	0.0	0.45	4.50	29.85	40.61
sht3	400	825	825	192	4.5	0.0	0.48	9.50	26.80	35.20
sht4	400	825	825	192	4.5	4.5	0.48	8.00	29.07	34.00
sht7	400	900	720	192	5.0	4.6	0.48	8.50	30.56	38.21
sht12	400	750	900	196	5.0	4.6	0.49	13.00	32.06	38.24
sht14	400	825	825	192	8.0	4.5	0.48	24.00	30.37	38.47
sht19	400	741	906	192	8.0	4.5	0.48	21.50	27.01	35.13
sht23	400	741	906	192	8.0	4.5	0.48	23.00	31.11	38.86
sht24	400	741	906	192	8.0	0.0	0.48	25.00	28.62	35.36
sht25	400	741	906	192	8.0	2.2	0.48	21.50	31.30	37.75
sht26	400	741	906	192	8.0	9.0	0.48	21.00	30.11	35.44
sht36	400	741	906	240	3.5	4.6	0.60	21.00	18.87	24.04
sht37	400	741	906	240	4.5	4.6	0.60	22.50	20.18	23.73
sht38	400	741	906	240	8.0	4.6	0.60	27.00	23.95	25.97
sht41	400	659	988	168	4.5	4.6	0.42	1.50	38.60	46.13
sht20	425	741	906	204	8.0	4.5	0.48	21.00	31.01	40.22
sht1	450	750	750	220	3.1	0.0	0.49	20.00	24.77	33.19
sht13	450	750	750	220	4.5	4.6	0.49	26.00	23.59	32.66
sht21	450	741	906	216	9.0	4.5	0.48	22.00	31.89	36.49
sht42	450	850	650	215	6.0	4.5	0.48	24.50	28.23	35.04
sht22	500	741	906	240	10.	4.5	0.48	30.00	30.72	38.70

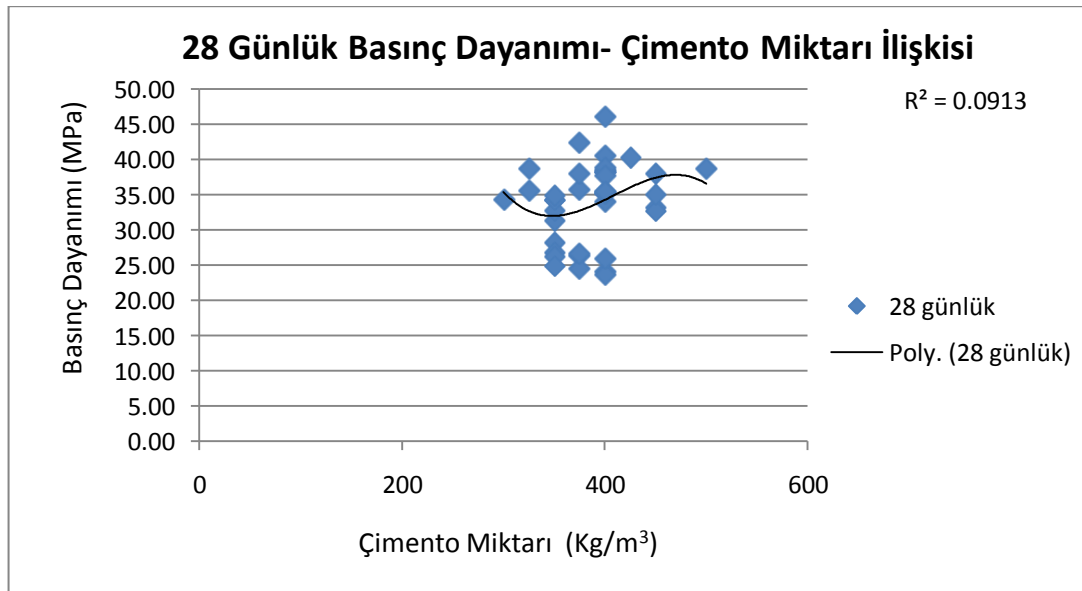
* Su / çimento oranı

Deneyle yapılan karışımların sonuçları Tablo 7.9'daki gibidir, bu sonuçlara göre karışımların dayanımının çimento miktarına göre değişimi incelenmiştir. Çimento miktarının 7 günlük basınç dayanımı ile ilişkisi Şekil 7.10'da görüldüğü gibidir.



Şekil 7.10 Yedi Günlük Basınç Dayanımının Çimento Miktarına Göre Değişimi

Çimento miktarının 28 günlük basınç dayanımı ile ilişkisi ise Şekil 7.11'de gösterildiği gibidir.



Şekil 7.11 Yirmi Sekiz Günlük Basınç Dayanımının Çimento Miktarına Göre Değişimi

Grafiklerde basınç dayanımının çimento oranına göre değişimi görülmektedir. Grafiklerden de görüldüğü üzere dayanımın sadece çimento miktarına bağlı olarak yüksek bir korelasyonu bulunamamıştır. Korelasyon katsayısı bu denli düşük olunca da çimento miktarı ile dayanım arasında regresyon yapmak doğru sonuç vermeyecektir.

Regresyon analizi, değişkenlerden birisi belirli bir birim değiştiğinde diğerinin nasıl bir değişim gösterdiğini çözümler ve bilinen verilerden, bilinmeyen sonuçlarla ilgili tahminler yapılmasını sağlar. Regresyon analizinde, bir tek bağımsız değişken kullanıldığında regresyon tek değişkenli regresyon analizi, birden fazla bağımsız değişken kullanıldığında da, regresyon analizi çok değişkenli regresyon analizi olarak adlandırılır.

Tek değişkenli regresyon analizi bir bağımlı değişken ve bir bağımsız değişken arasındaki ilişkiyi inceler. Tek değişkenli regresyon analizi ile bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki doğrusal ilişkiyi temsil eden bir doğrunun denklemi formüle edilir.

İçinde bir adet bağımlı değişken ve birden fazla bağımsız değişkenin bulunduğu regresyon modelleri çok değişkenli regresyon analizi olarak bilinir. Burada bağımsız değişkenler birlikte analiz edilerek bağımlı değişken tahmin edilmeye çalışılır.

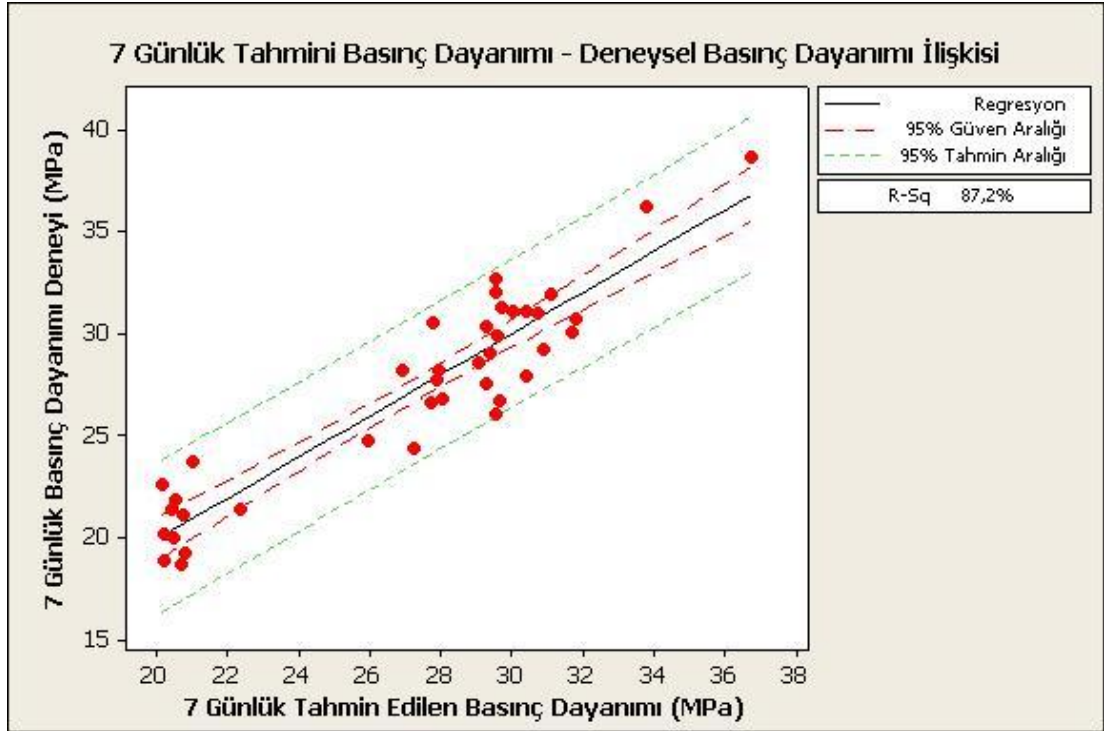
Püskürtme beton bileşenlerinin karışım oranlarının tasarımı yapılırken Şekil 7.10 ve Şekil 7.11’de de görüldüğü gibi dayanım tahminlemesinin sadece çimento miktarı ile ilişkili olduğu düşünülmemelidir, püskürtme beton bileşenleri ve bu bileşenlerin karışım içerisindeki oranlarının hepsi ayrı ayrı dayanıma etki eden faktörlerdir. Bu yüzden püskürtme betonunda dayanım tahminlemesini yaparken bir adet bağımlı değişkeni ki bu püskürtme betonun basınç dayanımıdır, birden çok bağımsız değişken etkilemektedir. Püskürtme betonda bileşenlerin karışım oranlarını belirlerken, dayanım tahminlemesini bileşen oranlarının çoklu regresyonu ile yapmak doğru olacaktır. Bu düşünceyle, basınç dayanımı bağımlı değişken, çimento miktarı, iri-ince miktarı, su miktarı, katkı miktarı ve lif miktarı bağımsız değişken olmak üzere, deney verilerine çoklu regresyon yöntemi uygulanmıştır. Yapılan regresyonun

sonucu deneysel çalışma sonucunda bulunan 7 ve 28 günlük basınç dayanımları ile çoklu regresyon çözümlemesi sonucu bulunan değerler Tablo 7.10’da verilmiştir.

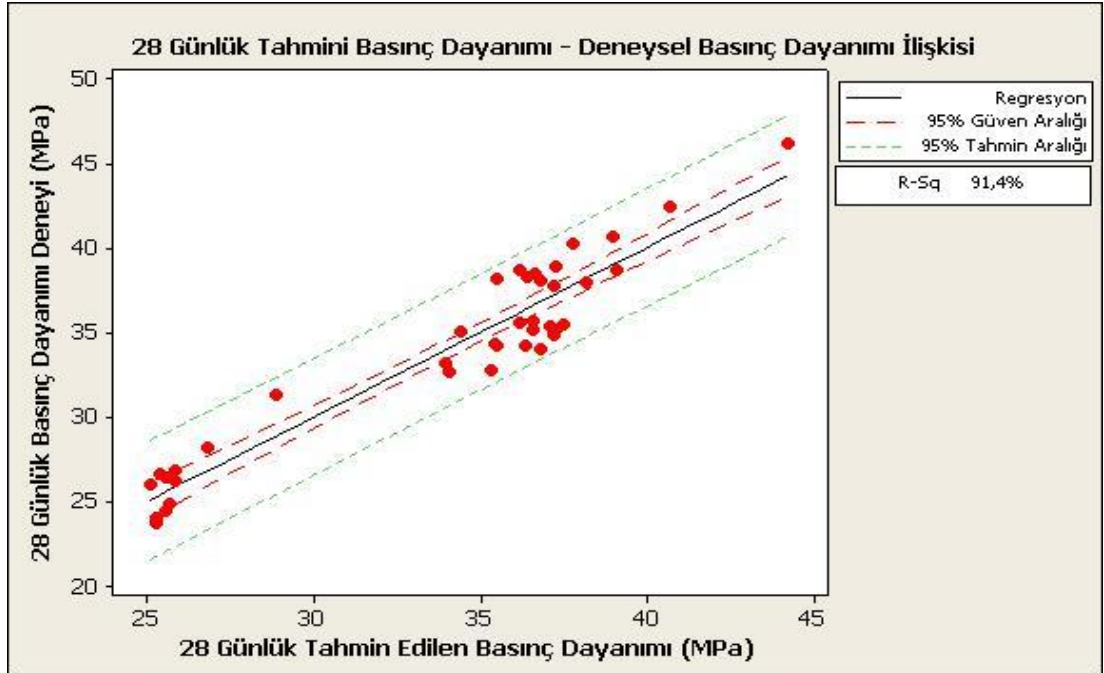
Tablo 7.10 Gerçek dayanımlarla tahmini dayanımların karşılaştırılması

7 Günlük Basınç Dayanımı Deneyi Sonucu (MPa)	7 Günlük Tahmin edilen Basınç Dayanımı Sonucu (MPa)	7 Günlük dayanımdaki fark (%)	28 Günlük Basınç Dayanımı Deneyi Sonucu (MPa)	28 Günlük Tahmin edilen Basınç Dayanımı Sonucu (MPa)	28 Günlük dayanımdaki fark (%)
27.77	27.86	0.32	34.33	35.45	3.26
26.10	29.53	13.14	35.56	36.18	1.74
32.70	29.53	-9.69	38.71	36.18	-6.54
23.73	21.03	-11.38	28.19	26.84	-4.79
28.18	27.90	-0.99	34.26	35.48	3.56
21.40	22.33	4.35	31.33	28.88	-7.82
26.62	27.71	4.09	32.78	35.31	7.72
26.69	29.67	11.17	34.22	36.38	6.31
19.24	20.78	8.00	26.80	25.88	-3.43
21.11	20.76	1.66	26.27	25.84	-1.64
18.70	20.68	10.59	24.85	25.69	3.38
29.22	30.86	5.61	34.86	37.19	6.68
27.59	29.27	6.09	35.64	36.60	2.69
31.06	30.02	-3.35	38.02	36.84	-3.10
21.83	20.50	-6.09	26.43	25.60	-3.14
20.05	20.48	2.14	24.50	25.55	4.29
21.41	20.40	-4.72	26.65	25.40	-4.69
36.22	33.80	-6.68	42.40	40.71	-3.99
29.85	29.60	-0.84	40.61	39.01	-3.94
26.80	28.05	4.66	35.20	36.61	4.01
29.07	29.37	1.03	34.00	36.79	8.21
30.56	27.76	-9.16	38.21	35.48	-7.14
32.06	29.55	-7.83	38.24	36.40	-4.81
30.37	29.29	-3.56	38.47	36.64	- 4.76
27.90	30.37	8.85	35.13	37.29	6.15
31.11	30.37	-2.38	38.86	37.29	-4.04
28.62	29.06	1.54	35.36	37.11	4.95
31.30	29.70	-5.11	37.75	37.20	-1.46
30.11	31.69	5.25	35.44	37.48	5.76
18.87	20.22	7.15	24.04	25.31	5.28
20.18	20.20	0.10	23.73	25.27	6.49
22.61	20.13	-10.97	25.97	25.12	-3.27
38.60	36.73	-4.84	46.13	44.23	-4.12
31.01	30.74	-0.87	40.22	37.77	-6.09
24.77	25.92	4.64	33.19	33.95	2.29
24.42	27.24	11.55	32.66	34.09	4.38
31.89	31.08	-2.54	37.98	38.20	0.58
28.23	26.89	-4.75	35.04	34.43	-1.74
30.72	31.79	3.48	38.70	39.12	1.09

Gerçek basınç dayanımları ile tahmin edilen basınç dayanımları arasındaki bağıntı ise Şekil 7.12 ve Şekil 7.13’de gösterildiği gibidir.



Şekil 7.12 7 Günlük Gerçek basınç dayanımları ile tahmini basınç dayanımları arasındaki bağıntı



Şekil 7.13 28 Günlük Gerçek basınç dayanımları ile tahmini basınç dayanımları arasındaki bağıntı

Şekil 7.12 ve 7.13'den de görüleceği gibi regresyon yapılarak tahmin edilen sonuçlarla deneysel sonuçlar karşılaştırıldığında, tahmin edilen dayanım ile deneysel sonuçların arasındaki korelasyon katsayısı (r) 7 günlük sonuçlar için 0.93, 28 günlük sonuçlar içinse 0.96 bulunmuştur, bu sonuçlarda istatistiksel olarak çok yüksek ilişki sınıfına girmektedir.

Bu sonuçlardan da anlaşılacağı gibi çimento bileşenleri üzerinde çoklu regresyon uygulandığında dayanımın tahminleri gerçek verilerle 28 günlük dayanımlarda % 96 oranında eşleşmiştir. Çoklu regresyon sonucunda çimento bileşenlerine bağlı denklemler şu Şekildedir;

7 günlük dayanım tahminlemesi için,

$$0.117a + 0.006b + 0.02c - 0.214d - 0.0214e + 0.292f = 7 \text{ günlük basınç dayanımı (MPa)}$$

28 günlük dayanım tahminlemesi için,

$$0.14a + 0.013b + 0.022c - 0.254d - 0.042e + 0.041f = 28 \text{ günlük basınç dayanımı (MPa)}$$

Burada;

a: Karışıma katılan çimento miktarı (Kg/m³)

b: Karışıma katılan ince (0-3 mm) agregası miktarı (Kg/m³)

c: Karışıma katılan iri (3-7 mm) agregası miktarı (Kg/m³)

d: Karışıma katılan su miktarı (Kg/m³)

e : Karışıma katılan akışkanlaştırıcı katkı miktarı (Kg/m³)

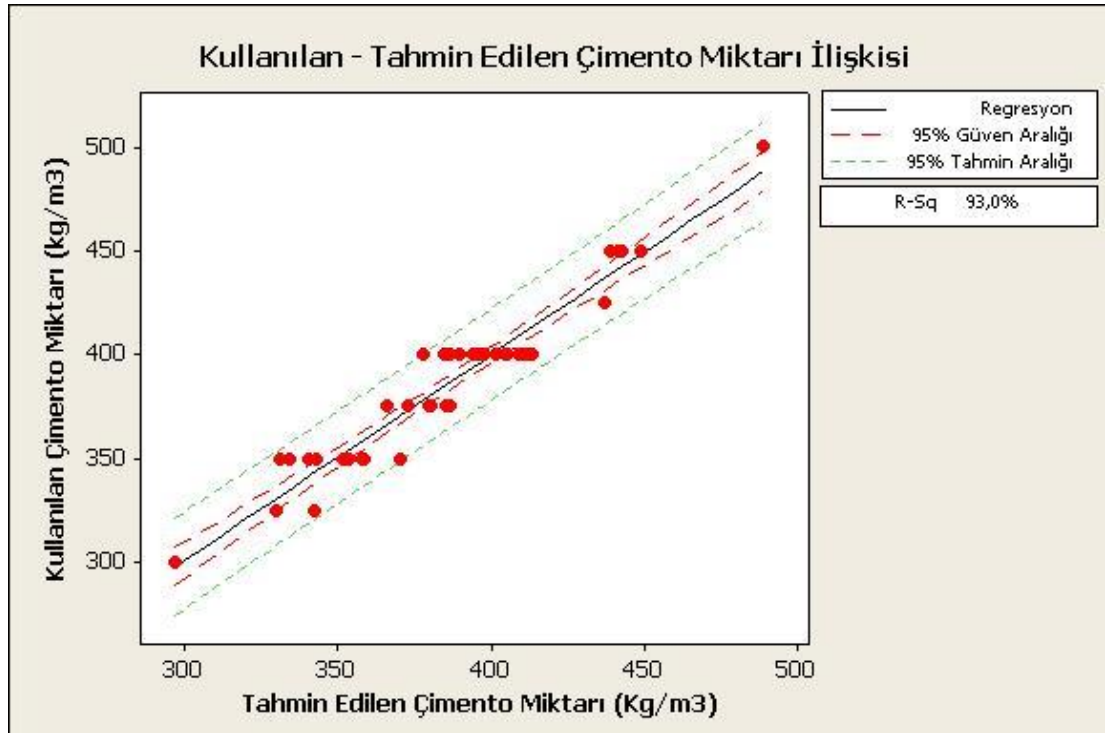
f : Karışıma katılan lif miktarı (Kg/m³)

Benzer Şekilde elde olan bu verilere çoklu regresyon uygulanarak çimento miktarının tahminlenmesinde gidilmiştir. Bu sefer bağlı değişken çimento dozajı bağımsız değişken ise nihai basınç dayanımı, istenen çökme miktarı, iri ve ince agrega miktarları, katkı maddesi miktarı, su miktarı ve akışkanlaştırıcı katkı miktarları olmuştur. Deney sırasında kullanılan ve regresyon sonucu çıkan değerler Tablo 7.11’de verilmiştir.

Tablo 7.11 Kullanılan ve Tahminlenen Çimento miktarları

Deney No	Çimento (kg/m ³)	Tahmini Çimento Miktarı (Kg/m ³)	Fark (%)
sht9	300	297	-1.00
sht16	325	330	1.54
sht29	325	342	5.23
sht5	350	358	2.29
sht8	350	343	-2.00
sht10	350	371	6.00
sht15	350	334	-4.57
sht17	350	340	-2.86
sht32	350	358	2.29
sht31	350	354	1.14
sht30	350	352	0.57
sht39	350	331	-5.43
sht6	375	366	-2.40
sht18	375	385	2.67
sht33	375	380	1.33
sht34	375	373	-0.53
sht35	375	387	3.20
sht40	375	380	1.33
sht2	400	405	1.25
sht3	400	390	-2.50
sht4	400	378	-5.50
sht7	400	412	3.00
sht12	400	409	2.25
sht14	400	413	3.25
sht19	400	386	-3.50
sht23	400	411	2.75
sht24	400	394	-1.50
sht25	400	405	1.25
sht26	400	384	-4.00
sht36	400	398	-0.50
sht37	400	396	-1.00
sht38	400	410	2.50
sht41	400	401	0.25
sht20	425	437	2.82
sht1	450	443	-1.56
sht13	450	439	-2.44
sht21	450	442	-1.78
sht42	450	449	-0.22
sht22	500	489	-2.20

Yapılan deneylerde kullanılan değerler ile tahminlenen değerler arasındaki korelasyonda Şekil 7.13’de gösterildiği gibidir.



Şekil 7.13 Kullanılan çimento miktarı ile tahminlenen çimento miktarları arasındaki korelasyon

Yapılan deneyler sonucu bulunan değerler ile tahminlenen değerler arasındaki korelasyon katsayısı (r) 0.96 çıkmış ve aralarında çok yüksek ilişki bulunmuştur.

Çimento miktarının tahminlenmesindeki amaç istenilen nihai veya yedi günlük dayanımı bulmak için gerekli çimento miktarının bulunmasıdır. Yapılan regresyon analizi sonucunda

$$-0.054b - 0.111c + 1.59d - 0.946e - 0.792f + 0.690g + 6.222h = \text{çimento miktarı (Kg/m}^3\text{)}$$

b: Karışıma katılan ince (0-3 mm) agrega miktarı (Kg/m³)

c: Karışıma katılan iri (3-7 mm) agrega miktarı (Kg/m³)

d: Karışıma katılan su miktarı (Kg/m³)

e : Karışıma katılan akışkanlaştırıcı katkı miktarı (Kg/m³)

f : Karışıma katılan lif miktarı (Kg/m^3)

g : İstenen çökme miktarı (cm)

h: İstenen nihai basınç dayanımı (MPa)

Denkleminden istenen nihai dayanım ve çökme miktarına bağlı olarak bu karışım bileşenleri için gerekli çimento miktarı kg/m^3 cinsinden hesaplanabilir. Aynı Şekilde nihai basınç dayanımı yerine 7 günlük dayanım miktarı konularak yeni bir regresyon yapıp istenen 7 günlük dayanım miktarına göre gerekli çimento miktarı bulunabilir. Benzer Şekilde veri Tablosundaki herhangi bir değişken bağımlı değişken olarak kabul edilip diğer bağımsız değişkenlere göre regresyon analizi yapıp bu karışım malzemeleri için karışım miktarı tahminlemeleri yapılabilir..Püskürtme beton karışım deneyleri sonucu bulunan bu denklemler sadece bu özellikler sahip (yoğunluk, su emme, tane dağılımı gibi) agregalar için geçerlidir. Bu yüzden yeraltı yapılarında püskürtme beton kullanılması planlanan yerlerde öncelikle kullanılacak olan karışım bileşenleri ile laboratuvar koşullarında bir seri deney yapılarak o karışım bileşenlerine bağlı fonksiyon bulunmalıdır. Püskürtme beton karışımının bileşenlerine bağlı dayanım fonksiyonu bulunduktan sonra çalışmanın her aşamasında püskürtme betondan istenilen mekanik özelliğe bağlı olarak o püskürtme betona ait fonksiyon üzerinden tasarım hesabı yapılabilir. Ancak unutulmamalıdır ki, püskürtme betonda bağlayıcı madde olan çimentonun miktarının genelde 350kg/m^3 'den aşağı olmaması tavsiye edilmemektedir.

BÖLÜM SEKİZ

ÇİMENTOLU KAYA DOLGUSU TASARIM DEĞİŞKENLERİNİN ARAŞTIRILMASI

8.1 Giriş

Yeraltı çalışmalarında dolgunun, yeraltı yapısının duraylılığı üzerindeki etkilerinden daha önceki bölümlerde verilmiştir. Araştırmanın bu bölümünde de yeraltı yapılarında dolgu olarak kullanılan çimentolu kaya dolguları çalışılmıştır. Yeraltında açılan boşlukların geometrisi düşünüldüğünde, özellikle metal madenciliğinde yeraltının duraylılığı sağlamak için çok büyük alanların doldurulması gerekmektedir. Bu boşlukları çimentolu kaya dolgusu ile doldurulması maden işletmecisine ek bir gider kalemi oluşturmaktadır.

8.2 Çalışmanın Amacı Ve Yöntemi

Yeraltı boşluklarında kullanılan dolgu malzemesinden beklenen nihai dayanım dolgunun kullanılma amacına ve yeraltındaki boşlukların durumuna göre 1 ile 11 Mpa arasında değişmektedir. Çimentolu dolgu malzemesine bu dayanımı kazandırmak için, karışıma belirli miktarlarda bağlayıcı malzeme eklenmelidir. Bağlayıcı madde olarak kullanılan çimento taneleri bir arada tutarak dolgunun mekanik özelliklerini arttırırken, dolgu malzemesine de ek bir maliyet getirmektedir. Bu yüzden çimento miktarının en ideal düzeyde kullanılması gerekmektedir. Bu araştırmada da belirli tane sınıfına ait dolgu malzemesinin çimento miktarı ile değişimi ve optimum çimento miktarının bulunması incelenmiştir. Deneyler iki adet farklı tane dağılımındaki aynı kireçtaşı örneği üzerinde gerçekleştirilmiştir. Numunelerden biri dolgu 1 diğeri dolgu 2 olarak adlandırılmıştır. Dolgu 1 ve dolgu 2 malzemeleri için yapılan elek analizleri sonucu tane dağılımları Tablo 8.1 ve Tablo 8.2’de gösterildiği gibidir.

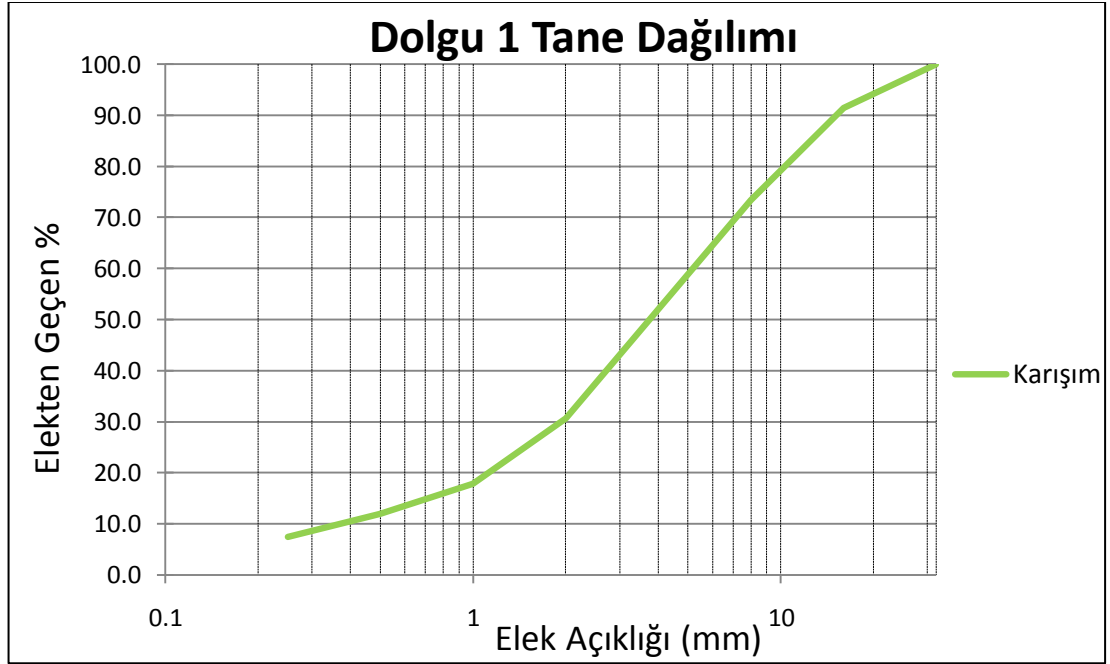
Tablo 8.1 Dolgu 1'in tane dağılımı

Elek No (mm)	Elekte Kalan (gr)	Kümülatif Kalan (gr)	Elekte Kalan (%)	Elekten Geçen (%)
32	0	0	0	100
16	1293.2	1293.2	9	91
8	2708.75	4001.95	27	73
4	3213.85	7215.8	48	52
2	3217.8	10433.6	69	31
1	1906.95	12340.55	82	18
0.5	902.15	13242.7	88	12
0.25	676.95	13919.65	93	7
Elek	1109.65	15029.3	100	

Tablo 8.2 Dolgu 2'nin tane dağılımı

Elek NO	Elekte Kalan (gr)	Kümülatif Kalan (gr)	Elekte Kalan (%)	Elekten Geçen (%)
32	147.48	0	0	100
16	1683.44	1683.44	9	91
8	6804.31	8487.75	43	57
4	4962.91	13450.66	69	31
2	2804.24	16254.9	83	17
1	1472.13	17727.03	90	10
0.5	732.83	18459.86	94	6
0.25	347	18806.86	96	4
Elek Altı	819.45	19626.31	100	

Aynı dolgu malzemelerinin tane dağılımı grafiği ise Şekil 8.1 ve Şekil 8.2’de gösterildi gibidir.



Şekil 8.1 Dolgu 1’in tane dağılım grafiği



Şekil 8.2 Dolgu 2’nin tane dağılım grafiği

8.2.1 Karışımların Hazırlanması

Tane dağılımları Şekil 8.1 ve Şekil 8.2'deki gibi olan dolgu agregalarına değişik oranlarda çimento ve su ilave edilmiş aynı zamanda 4 mm incelik sınırı kabul edilip farklı iri ve ince oranları denenmiştir. Malzemeler yine püskürtme beton deneylerinde olduğu gibi 100 lt'lik pan tipi mikserde karıştırılmıştır. Yapılan karışımlar 20 cm x 20 cm x 20 cm'lik küplere (Şekil 8.3) alınmış, ardından 7 ve 28 günlük basınç dayanımı deneylerine tabi tutulmuştur.



Şekil 8.3 Dolgu İçin Hazırlanan Karışımlar

8.3 Dolgu Tasarım Değişken Oranlarının Belirlenmesi

Dolgu tasarımı için yapılan iki ayrı dolgu malzemesinin karışım oranları ve deney sonuçları Tablo 8.3’de verilmiştir.

Tablo 8.3 Dolgu Malzemesinin Karışım Oranları ve Deney Sonuçları

Numune	İri ** Oranı (%)	İnce ** oranı (%)	s/ç *	Çimento Oranı (%)	7 Günlük Basınç Dayanımı (MPa)	28 Günlük Basınç Dayanım (MPa)
Dolgu 1	48	52	0.75	6	5.08	6.21
Dolgu 1	75	25	0.75	6	8.08	13.89
Dolgu 1	80	20	0.75	6	5.85	7.02
Dolgu 1	70	30	0.75	6	8.93	9.32
Dolgu 1	70	30	0.9	6	9.67	10.97
Dolgu 1	48	52	0.75	8	14.2	20.5
Dolgu 1	48	52	0.9	8	15.1	21.2
Dolgu 1	75	25	0.9	4	1.38	2.42
Dolgu 1	80	20	0.9	4	1.12	2.25
Dolgu 2	69	31	0.75	6	3.07	5.18
Dolgu 2	69	31	0.9	6	5.82	7.35
Dolgu 2	75	25	0.75	6	6.06	8.6
Dolgu 2	80	20	0.75	6	4.67	4.9
Dolgu 2	70	30	0.75	6	5.27	6.94
Dolgu 2	69	31	0.75	8	10.59	19.00
Dolgu 2	69	31	0.9	8	12.52	19.8

* su /çimento oranı

** iri – ince sınırı olarak 4 mm alınmıştır.

Karışımlarla ilgili detaylı bilgiler Ekler kısmında verilmiştir.

İki ayrı numune için bulunan deney sonuçları kendi içlerinde değerlendirilmiştir. Deney sonuçlarından da görüleceği gibi her iki numunede de çimento basınç dayanımı çimento miktarı ile orantılı olarak artmaktadır. Yapılan deneylerin matematiksel modelini ortaya koymak için veriler üzerinde yine çoklu regresyon çözümlemesi yapılmıştır. Yapılan regresyonların sonuçları Tablo 8.4’ de verilmiştir.

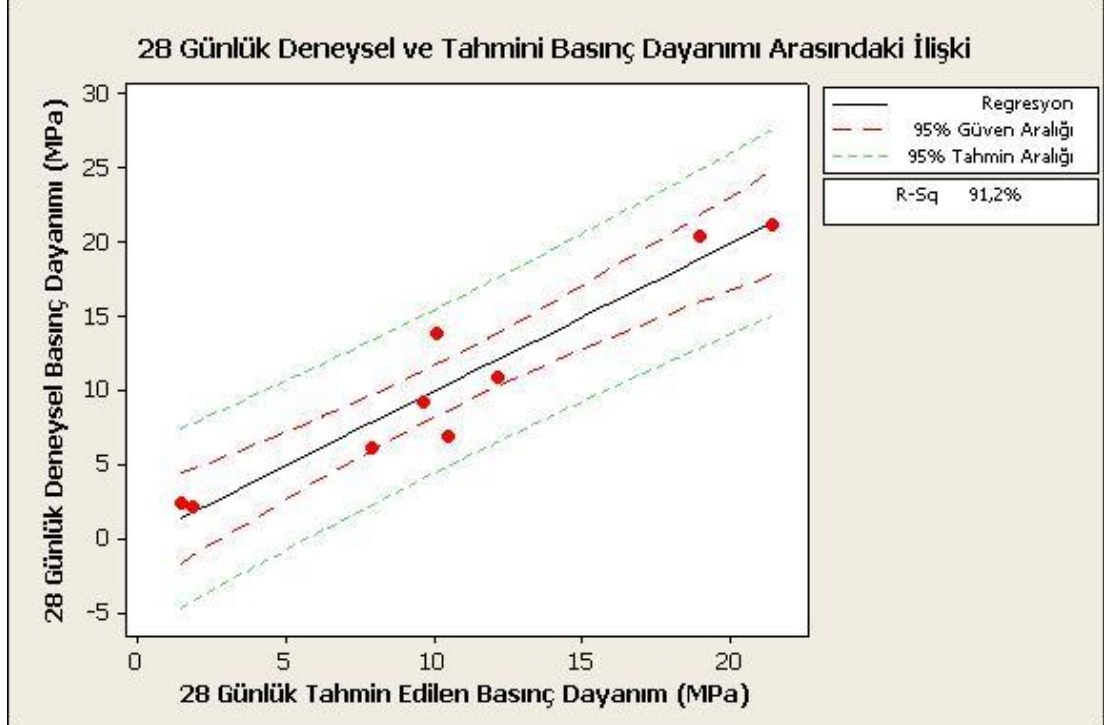
Tablo 8.4 Dolgu 1 için Yapılan Regresyon Sonucu Tahmini Basınç Dayanımları

Numune	İri ** Oranı (%)	İnce ** oranı (%)	s/ç *	Çimento Oranı (%)	7 Günlük Basınç Dayanımı (MPa)	28 Günlük Basınç Dayanım (MPa)	28 günlük Tahmin edilen Basınç Dayanımı (MPa)
Dolgu 1	48	52	0.75	6	5.08	6.21	7.86
Dolgu 1	75	25	0.75	6	8.08	13.89	10.05
Dolgu 1	80	20	0.75	6	5.85	7.02	10.45
Dolgu 1	70	30	0.75	6	8.93	9.32	9.64
Dolgu 1	70	30	0.9	6	9.67	10.97	12.12
Dolgu 1	48	52	0.75	8	14.2	20.5	18.93
Dolgu 1	48	52	0.9	8	15.1	21.2	21.41
Dolgu 1	75	25	0.9	4	1.38	2.42	1.45
Dolgu 1	80	20	0.9	4	1.12	2.25	1.86

* su /çimento oranı

** iri – ince sınırı olarak 4 mm alınmıştır.

Deney sonucu bulunan basınç dayanımları ile regresyon çözümlemesi sonucu bulunan sonuçlar arasındaki korelasyon Şekil 8.4'deki gibidir.



Şekil 8.4 Deney sonucu bulunan basınç dayanımları ile regresyon çözümlemesi sonucu bulunan sonuçlar arasındaki korelasyon

Burada korelasyon katsayısı (r) 0.95 çıkmış ve veriler arasında çok yüksek ilişki olduğu saptanmıştır.

Karışımın matematiksel denklemi ise;

$$-0.335u - 0.416v + 16.508y + 553.646z = \text{Nihai basınç dayanımı (MPa)}$$

Burada;

u : iri malzeme oranı (%)

v : ince malzeme oranı (%)

y: su / çimento oranı

z : Karışımındaki çimentonun oranı (%) (% x çimento için 0.0x olarak alınacaktır)

Aynı işlemler 2.malzeme için yapılmıştır. Karışım oranları ve deney sonuçları Tablo 8.5’de gösterilmektedir.

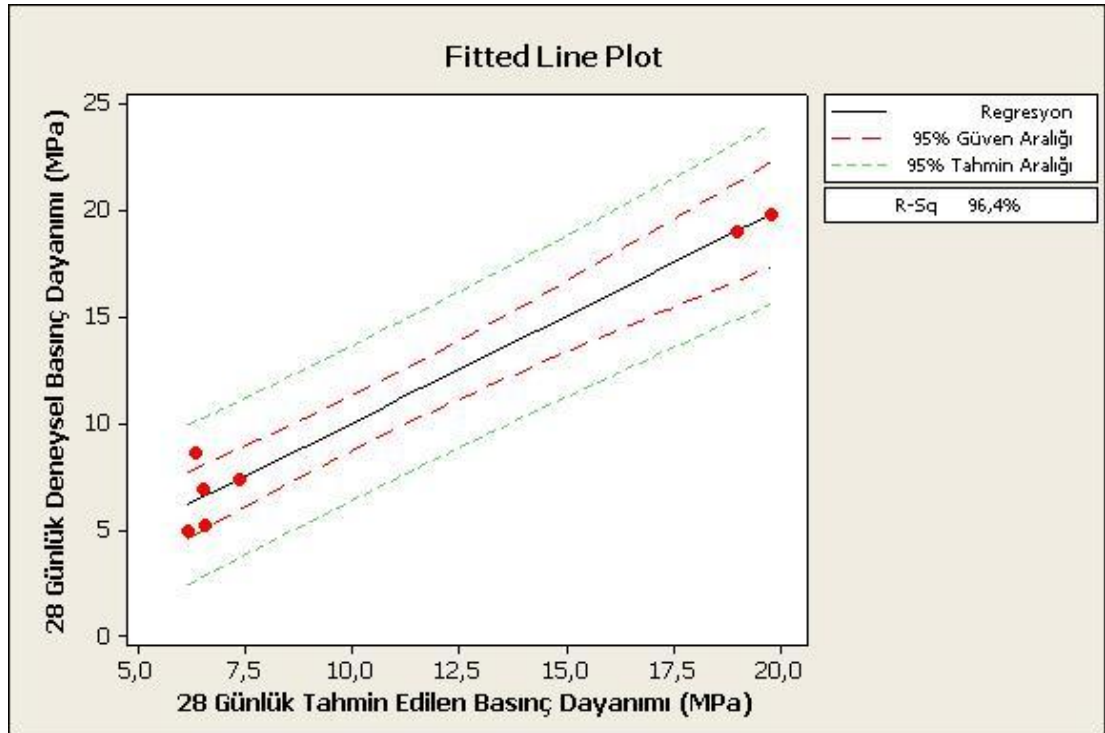
Tablo 8.5 Dolgu 2 İçin Karışım Oranları ve Deney Sonuçları

Numune	İri ** Oranı (%)	İnce ** oranı (%)	s/ç *	Çimento Oranı (%)	7 Günlük Basınç Dayanımı (MPa)	28 Günlük Basınç Dayanım (MPa)	28 günlük Tahmin edilen Basınç Dayanımı (MPa)
Dolgu 2	69	31	0.75	6	3.07	5.18	6.57
Dolgu 2	69	31	0.9	6	5.82	7.35	7.36
Dolgu 2	75	25	0.75	6	6.06	8.6	6.35
Dolgu 2	80	20	0.75	6	4.67	4.9	6.17
Dolgu 2	70	30	0.75	6	5.27	6.94	6.53
Dolgu 2	69	31	0.75	8	10.59	19	19.01
Dolgu 2	69	31	0.9	8	12.52	19.8	19.79

* su /çimento oranı

** iri – ince sınırı olarak 4 mm alınmıştır.

Deney sonucu bulunan basınç dayanımları ile regresyon çözümlemesi sonucu bulunan sonuçlar arasındaki korelasyon Şekil 8.5'deki gibidir.



Şekil 8.5 Deney sonucu bulunan basınç dayanımları ile regresyon çözümlemesi sonucu bulunan sonuçlar arasındaki korelasyon

Burada korelasyon katsayısı (r) 0.98 çıkmış ve veriler arasında çok yüksek ilişki olduğu saptanmıştır.

Karışımın matematiksel denklemi ise;

$$-0.358u - 0.321v + 5.251y + 621.886z = 28 \text{ günlük basınç dayanımı (MPa)}$$

Burada;

u : iri malzeme oranı (%)

v : ince malzeme oranı (%)

y: su / çimento oranı

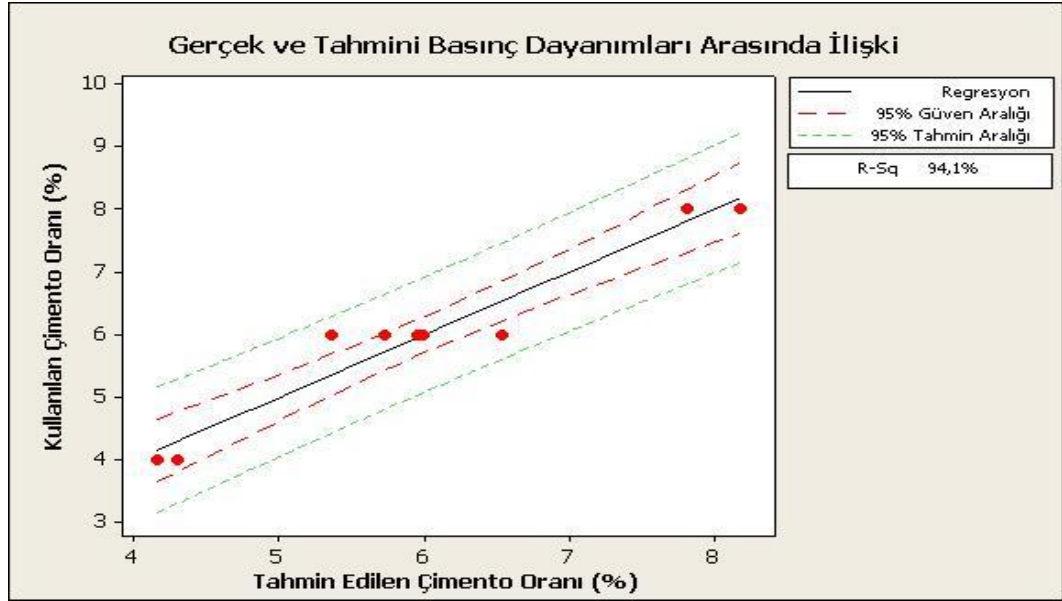
z : Karışımındaki çimentonun oranı (%) (% x çimento için 0.0x olarak alınacaktır)

Yapılan deneyler üzerinden regresyon analizi yapılarak çimento oranı, iri-ince oranı ve su oranına bağlı olarak karışımların dayanım tahminlemeleri yapılmış ve matematiksel denklemleri bulunmuştur. Benzer olarak dayanımlardan yola çıkılarak karışıma katılacak çimento miktarını da tahminlemek mümkündür. Burada bağımlı değişken kullanılan çimento oranı olurken bağımsız değişkenler, iri-ince oranı, su oranı, 28 günlük yada 7 günlük basınç dayanımları olmaktadır. Bu amaçla dolgu 1 için yapılan regresyon sonuçları ile gerçek sonuçlar Tablo 8.6’da verilmiştir.

Tablo 8.6 Kullanılan Çimento Oranı ve Regresyon Sonucu Bulunan Çimento Oranı (Dolgu 1)

Kullanılan çimento Oranı (%)	Regresyon sonucu Tahmin edilen Çimento Oranı (%)
6	5.99
6	6.53
6	5.36
6	5.95
6	5.73
8	8.18
8	7.81
4	4.30
4	4.16

Kullanılan çimento oranı ve regresyon sonucu bulunan çimento oranı arasındaki ilişki Şekil 8.6’da gösterilmiştir.



Şekil 8.6 Dolgu 1’de Kullanılan çimento oranı ve regresyon sonucu bulunun çimento oranı arasındaki ilişki

Kurulan ilişki sonrası korelasyon katsayısı (r) Dolgu 1 için 0.97 çıkmış ve gerçek değerle tahmini değer arasında çok yüksek ilişki olduğu görülmüştür.

Dolgu 1 için karışımda çimento oranının matematiksel denklemi şu Şekildedir;

$$0.061u + 0.085v - 3.143y + 0.153t = \text{Karışıma Gerekli Çimento Oranı (\%)}$$

u : iri malzeme oranı (%)

v : ince malzeme oranı (%)

y: su / çimento oranı

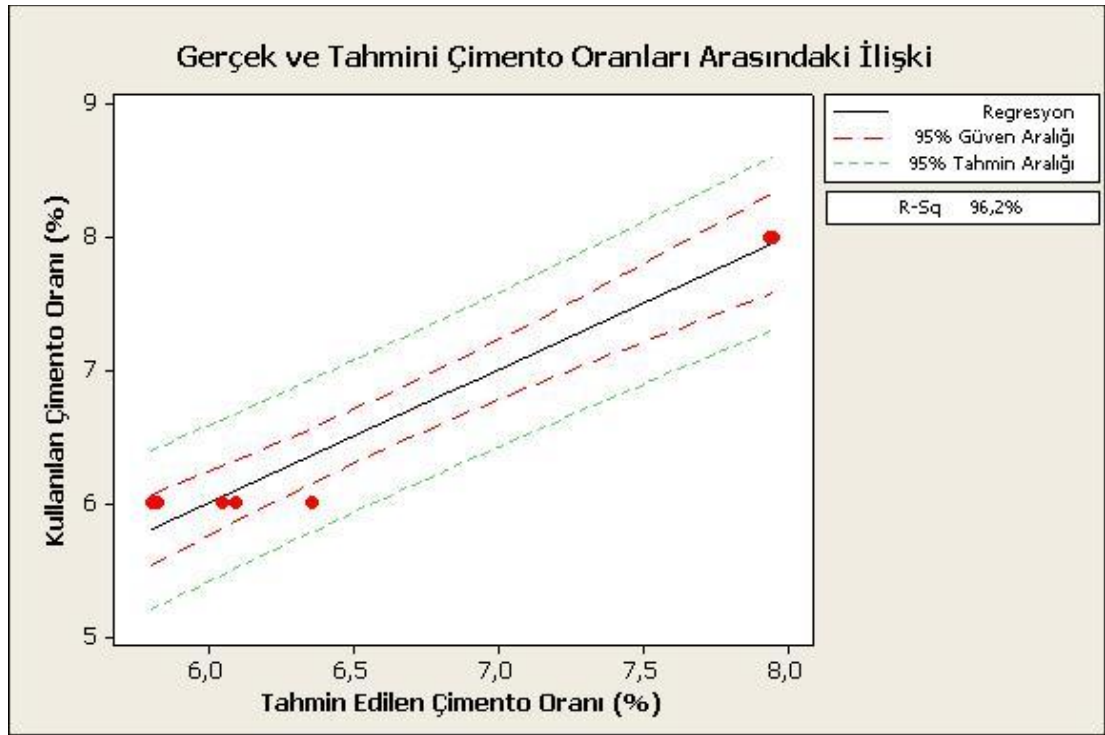
t: Nihai Basınç Dayanımı (MPa)

Benzer Şekilde çimento oranının tahminlemesi için aynı regresyon dolgu malzemesi 2 için yapılmıştır. Dolgu 2 için yapılan regresyon sonuçları ile gerçek sonuçlar Tablo 8.7’de verilmiştir.

Tablo 8.7 Dolgu 2 için yapılan regresyon sonuçları

Kullanılan Çimento Oranı (%)	Tahmin Edilen Çimento Oranı (%)
6	5.82
6	6.05
6	6.36
6	5.80
6	6.09
8	7.94
8	7.95

Kullanılan çimento oranı ve regresyon sonucu bulunan çimento oranı arasındaki ilişki Şekil 8.7’da gösterilmiştir.



Şekil 8.7 Dolgu 2 İçin kullanılan çimento oranı ve regresyon sonucu bulunan çimento oranı arasındaki ilişki

Kurulan ilişki sonrası korelasyon katsayısı (r) Dolgu 2 için 0.98 çıkmış ve gerçek değerle tahmini değer arasında çok yüksek ilişki olduğu görülmüştür.

Dolgu 2 için karışımda çimento oranının matematiksel denklemi şu Şekildedir;

$$0.056u + 0.054v - 0.705y + 0.153t = \text{Karışıma Gerekli Çimento Oranı (\%)}$$

u : iri malzeme oranı (%)

v : ince malzeme oranı (%)

y: su / çimento oranı

t: Nihai Basınç Dayanımı (MPa)

Dolgu malzemelerinden istenen mekanik özelliklerin elde edilebilmesi boşlukların duraylılığı bakımından oldukça önemlidir. Bu duraylılığı sağlamak için gerekli dolguyu tasarlariken de dolgu malzemelerinin oranlarının doğru seçimi hem ekonomik açıdan hem de teknik açıdan oldukça önemlidir. Yüksek çimento oranları dolgunun maliyetini arttırırken, düşük çimento oranları da istenen dayanımı sağlayamayabilir ve hem iş güvenliği açısından sorun yaratabilir hem de işin aksamasına neden olabilir. Bu yüzden uygulaması yapılacak olan çimentolu kaya dolguları önceden laboratuvar koşullarında bir seri deneyden geçirildikten sonra matematiksel modeli çıkartılarak tasarlanırsa doğabilecek sıkıntılar en düşük seviyede tutulabilir.

BÖLÜM DOKUZ

SONUÇ

Yeraltı boşluklarının uzun süre duraylılığının sağlanması bu boşluklarda yapılan çalışmaların güvenliği açısından son derece önemlidir. Özellikle uzun süreli devam eden yeraltı açıklıklarının duraylılığının sağlanmasında kullanılan püskürtme beton ve dolgunun tasarım parametrelerinin iyi belirlenip, matematiksel modelinin ortaya konularak, öngörülen teknolojik şartları sağlaması yeraltı boşluğunun hem güvenliği hem de işin ekonomikliği açısından oldukça önemlidir.

Püskürtme beton ve dolgu tasarımı için yapılan bu çalışmada püskürtme beton ve dolgu bileşenlerinin oranları değişken kabul edilerek, en ideal karışım amaçlanarak, matematiksel modeli ortaya konmuştur. Tasarım çalışmaları sırasında püskürtme betonun belirleyici özelliği olan 7 günlük ve 28 günlük basınç dayanımları temel alınmıştır. Doğaldır ki üzerine gelen gerilmeleri karşılayacak olan püskürtme beton ve dolgunun önemli belirleyici özelliği basınç dayanımıdır. Bunla birlikte diğer teknolojik özellikleri (eğilme dayanımı, geri sıçrama ve erken dayanım vb.) bu çalışmada detaylandırılmamıştır. Bu kapsamda yapılan çalışmalar sonucu elde edilen sonuçlar aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

1. Püskürtme beton bileşenlerinden, agrega, çimento, su, katkı maddeleri ve lifler ile dolgu bileşenlerinden agrega, su ve çimentonun karışım öncesi kendi fiziksel ve mekanik özelliklerinin püskürtme betonun mekanik özelliklerine etki ettiği görülmüştür. Özellikle karışımların büyük kısmını oluşturan agregaların fiziksel ve mekanik özellikleri püskürtme beton ve dolgunun mekanik özelliklerini etkileyecektir.
2. Püskürtme beton ve dolguda kullanılan agreganın tane dağılımının yine püskürtme beton ve dolgunun mekanik özellikleri üzerinde etkisi olduğu görülmüştür. Püskürtme beton için yapılan deneylerde, iri (3-7) ve ince (0-3) malzeme olarak sınıflanmış agrega farklı oranlarda karıştırılarak, dayanım üzerine etkisi incelenmiştir. Buna göre tane dağılımının TSE 11747 tarafından belirlenen incelik ve irilik sınırlarının dışında kaldığında, dayanımın düştüğü, sınırlar içerisinde kaldığında ise beklenen dayanımı

sağladığı görülmüştür. Dolgu için yapılan her iki numune deneyinde de incelik sınırı 4mm kabul edilmiş ve püskürtme betona göre daha iri tane dağılımına sahip agregalar farklı oranlarda karıştırılarak basınç dayanımı test edilmiştir. İri ve ince malzeme oranının püskürtme betonun ve dolgunun basınç dayanımları yanında özellikle ince malzeme oranının arttırılmasıyla çökme değerlerinin düştüğü gözlenmiştir. İki farklı agregada yapılan dolgu deneylerinde en yüksek dayanımın %75 iri malzeme %25 ince malzeme ile elde edilmiştir.

3. Yapılan deneyler sonucu elde edilen veriler değerlendirildiğinde sadece çimento miktarı ile basınç dayanımı arasında doğrudan bir ilişki bulunamamıştır. Püskürtme beton ve dolgu karışımları içerisine giren her bileşenin püskürtme beton ve dolgu dayanımı üzerinde etkili olduğu, bileşenlerden bir tanesinin oranının değişmesinin karışımların mekanik özelliklerini değiştirdiği gözlenmiştir. Bu nedenle verilerin çözümlemesinde tek değişken yerine kullanılan tüm bileşenler bir arada ele alınmış ve karışıma katılan bileşenlerin tümü ile basınç dayanımı arasında ilişki kurmak amacıyla verilere çoklu regresyon yöntemi uygulanmıştır, bu sayede bileşenler ile dayanım arasında %95'in üzerinde ilişki kurulmuştur.
4. Çoklu regresyon yöntemiyle kurulan ilişki sonucu karışımların tasarımlarının matematiksel modelleri ortaya konmuştur. Konan matematiksel model sonucu, karışımlardan beklenen basınç dayanımları veya istenen basınç dayanımları için gerekli çimento miktarları tahminlenmiştir.
5. Püskürtme beton için ; $0.117 \times (\text{çimento miktarı (Kg/m}^3)) + 0.006 (\text{ince (0-3 mm) agregası miktarı (Kg/m}^3)) + 0.02 \times (\text{iri (3-7 mm) agregası miktarı (Kg/m}^3)) - 0.214 \times (\text{su miktarı (Kg/m}^3)) - 0.0214 \times (\text{akışkanlaştırıcı katkı miktarı (Kg/m}^3)) + 0.292 \times (\text{lif miktarı (Kg/m}^3)) = 7 \text{ günlük basınç dayanımı (MPa)}$ 0.93 korelasyon katsayısı ile, $0.14 \times (\text{çimento miktarı (Kg/m}^3)) + 0.013 (\text{ince (0-3 mm) agregası miktarı (Kg/m}^3)) + 0.022 \times (\text{iri (3-7 mm) agregası miktarı (Kg/m}^3)) - 0.254 \times (\text{su miktarı (Kg/m}^3)) - 0.042 \times (\text{akışkanlaştırıcı katkı miktarı (Kg/m}^3)) + 0.041 \times (\text{lif miktarı (Kg/m}^3)) = 28 \text{ günlük basınç dayanımı (MPa)}$ 0.98 korelasyon katsayısı ile bulunmuştur.

Aynı Şekilde; $-0.054 \times (\text{ince (0-3 mm) agrega miktarı (Kg/m}^3)) - 0.111 \times (\text{iri (3-7 mm) agrega miktarı (Kg/m}^3)) + 1.59 \times (\text{su miktarı (Kg/m}^3)) - 0.946 \times (\text{akışkanlaştırıcı katkı miktarı (Kg/m}^3)) - 0.792 \times (\text{lif miktarı (Kg/m}^3)) + 0.690 \times (\text{İstenen çökme miktarı (cm)}) + 6.222 \times (\text{İstenen nihai basınç dayanımı (MPa)}) = \text{çimento miktarı (Kg/m}^3) \times 0.96$ korelasyon katsayısı ile bulunmuştur.

6. Dolgu tasarımı için ise Dolgu 1 için yapılan deneylerde $-0.335 \times (\text{iri malzeme oranı (\%)}) - 0.416 \times (\text{ince malzeme oranı (\%)}) + 16.508 (\text{su / çimento oranı}) + 553.646 (\text{çimentonun oranı (\%)}) = \text{28 günlük basınç dayanımı (MPa)}$ 0.95 korelasyon katsayısı ile, $0.061 \times (\text{iri malzeme oranı (\%)}) + 0.085 (\text{ince malzeme oranı (\%)}) - 3.143 (\text{su / çimento oranı}) + 0.153 (\text{28 Günlük Basınç Dayanımı (MPa)}) = \text{Karışıma Gerekli Çimento Oranı (\%)}$ 0.97 korelasyon katsayısı ile bulunmuştur.

Dolgu 2 için yapılan deneyler sonucu $-0.358 (\text{iri malzeme oranı (\%)}) - 0.321 (\text{ince malzeme oranı (\%)}) + 5.251 (\text{su / çimento oranı}) + 621.886 (\text{Karışımındaki çimentonun oranı (\%)}) = \text{28 günlük basınç dayanımı (MPa)}$ 0.98 korelasyon katsayısı ile, $0.056 (\text{iri malzeme oranı (\%)}) + 0.054 \times (\text{ince malzeme oranı (\%)}) - 0.705 \times (\text{su / çimento oranı}) + 0.153 (\text{Nihai Basınç Dayanımı (MPa)}) = \text{Karışıma Gerekli Çimento Oranı (\%)}$ 0.98 korelasyon katsayısı ile bulunmuştur.

7. Elde edilen bu çoklu regresyon çözümleri sadece bu karışımda kullanılan bileşenler için kullanılmalıdır. Uygun püskürtme beton ve dolgu tasarımları bileşenlerin belirli oranlarda katılması ile tespit edilebileceği için bir optimizasyon sürecidir ve her tasarım öncesi optimizasyona veri sağlayacak laboratuvar deneylerinin yapılarak uygun oranların belirlenmesi gerekmektedir. Ayrıca uygulamalar sırasında örnekleme yapılarak periyodik kalite kontrol deneyleri ile tasarım parametreleri denetlenmelidir.

Yapılan çalışmalar göstermiştir ki yeraltı yapılarında kullanılan püskürtme beton ve çimentolu kaya dolgusunun karışım tasarımının yeraltı yapılarında uygulamaya geçilmeden önce laboratuvar çalışmalarının yapıp, karışımların matematiksel modelinin ortaya konması, yeraltı çalışmalarına ışık tutacak ve yardımcı olacaktır.

KAYNAKLAR

- ACI Committe 506 (1966) *ACI Standart, Recommended Practice for Shotcrete* (ACI 506-66). *Shotcreting*, ACI SP-14.
- Arıoğlu, E. Yüksel, A. VE Yılmaz, A.O (2008). Püskürtme Beton Bilgi Föyleri – Çözümlü Problemler, İstanbul: *TMMOB Maden Mühendisleri Odası* yayın no: 142
- Arıoğlu, E. Ve Yüksel, A. (2002). *Yeraltı Yapılarında Püskürtme Beton*. İstanbul: TMMOB Maden Müh. Odası Çalışma Raporu
- Barton, N., Lien, R. and Lunde, J. (1974) *Engineering classification of rock masses for the design of tunnel support*. Rock Mechanics, Vol. 6, pp. 189-236.
- Bieniawski, Z.T. (1989). *Engineering Rock Mass Classifications*. New York:Wiley.
- Birön, C. Ve Arıoğlu, E. (1985). Beton Tahkimat ve Dolgu, *Madenlerde Tahkimat İşleri ve Tasarımı*, (2. Baskı) içinde (276-360) İstanbul: Birsen Kitabevi
- Bourchier, F. B. (1990). *Practical Considerations of shotcrete in an underground mining enviroment*. Doktora tezi, Toronto Üniversitesi.
- Brackebusch, F.W., 1994; *Basics of Paste Backfill Systems*, Mining Engineering, 46(10), 1175–1178.
- Brown, W.D. (Ed) (2005). *Standart Practice for shotcrete*. Washington DC: US Army Corps of Engineers
- Cengiz, O. Ve Turanlı, L. (2004) Comparative evaluation of steel mesh, steel fibre and high-performance polypropylene fibre reinforced shotcrete in panel test. *Cement and Concrete Research* 34 (1357-1364) Ağustos 2008. Sciencedirect database
- Finn, D. VE Dorricott, M.G. (2002) Cemented rockfill for extraction of high grade crown pillars at Crusader Gold Mine. *8.th AUSIMM Underground Operations conference* s. 177-180
- Hoek, E. (2006). *Kaya Mühendisliği* (M. Karakuş ve H. Başarır çev.) Ankara : TMMOB Maden Mühendisleri Odası Yayınları (orijinal çalışma basım tarihi 2000)
- Hustrulid, W. A. ve Bullock, R. L.(ed) (2001). *Underground Mining Methods*. Colorado: SME

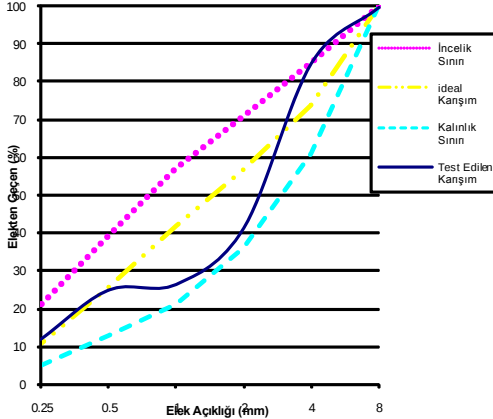
- Kesimal, A., Yılmaz, E., Erçikdi, B., Alp, İ., Yumlu, M., ve Özdemir, B., 2002; “Çimentolu Macun Dolgunun Laboratuvar Testi”, Madencilik, 41 (4), 11-20.
- Landriault, D.A., 1995; “Paste Backfill Mix Design for Canadian Underground Hard Rock Mining”, *Proc. of the 97th Annual General Meeting of the CIM Rock Mechanics and Strata Control Session, Halifax, Nova Scotia*, s. 652.
- Mahar, J.W., Parker, H.W. and Wuellner, W.W. (1975) *Shotcrete Practice in Underground Construction. Report to the Federal Railroad Administration, Department of Transportation, Contract No. DOT FR 30022, NTIS No. PB-248248 765/LL.*
- Malmgren, I. Nordlund, E. Ve Rolund, S. (2004). Adhesion strength and shrinkage of shotcrete . *Tunneling and underground space technology* 20 (2005) 33-48. Ağustos 2008. Sciencedirect database
- Martin, L. A. ve Dunford, J.P. (2005) Tests Of Fiber-Reinforced Shotcrete At The Chief Joseph Mine, Butte, Montana. *SME Yıllık Toplantı* 1-6
- Melbye, T. Ve Garshol, K.F. (2000). *Sprayed Concrete for rock support (8.baskı)*. İsviçre
- Newman, J. Ve Choo, B.S, (2003). *Advanced Concrete Technology*, London: Elsevier
- Stacey, T.R. (2001). Best practice rock engineering handbook for other mines. South Africa: The safety in Mines research advisory committee.
- Ulusay, R. Ve Sönmez, H. (2002) *Kaya Kütlelerinin Mühendislik Özellikleri*. 1.Baskı Ankara: TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası yayınları : 60
- Vandewalle, M. (1993). *Dramix: Tunnelling the world*. (3.baskı), Belçika: N.V. Bekaert S.A.
- Yumlu, M. (2001). Backfill Practices at Çayeli Mine. *Proceeding of the 17th international Mining congress and Exhibition of Turkey*. Ankara 333-339
- Yurdakul, Ş. (2001) Püskürtme Beton Teknolojisinin TTK Ocakları Ana Galerilerinde Uygulanabilirliğinin Araştırılması, Yüksek Müh. Tezi, ZKÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Müh. Anabilim Dalı, Zonguldak, 221 s.

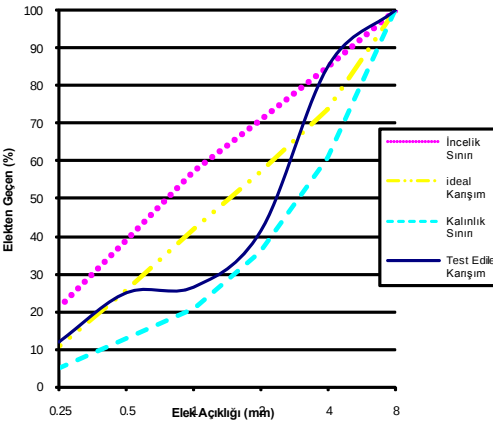
EKLER

Püskürtme Beton Tasarımı İçin Hazırlanan Karışımlar

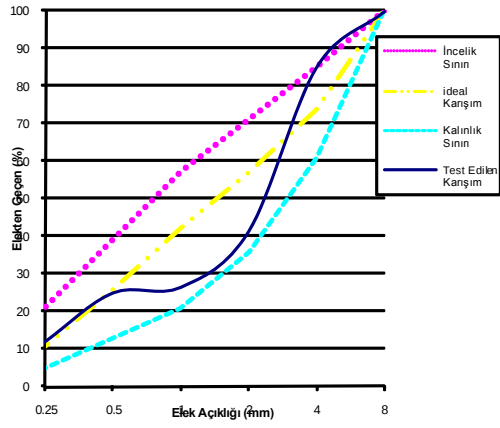
BETON KARIŞIMI ARAŞTIRMA DENEYLERİ							
Karışım Hazırlanma Tarihi	07.12.2007						
Karışımın Niteliği	Shotcrete malzemesi (Sht1)						
Kullanılan Malzeme	Kireçtaşı						
Kalıp Sayısı	6						
Kalıp Boyutları	Boy (cm)	En (cm)	Yükseklik (cm)				
	15	15	15				
Gradasyon							
	0-3 mm			3-7 mm			KARIŞIM
Elek Açıklığı (mm)	Elekte Kalan (gr)	Toplamalı Kalan (%)	Toplamalı Geçen (%)	Elekte Kalan (gr)	Toplamalı Kalan (%)	Toplamalı Geçen (%)	Toplamalı Geçen (%)
63-32	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100
32-16	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100
16-8	0	0.00	100.00	2.24	0.09	99.91	99.95
8-4	2.95	0.11	99.89	704.87	29.58	70.42	85.16
4-2	478.58	17.35	82.65	1675.34	99.67	0.33	41.49
2-1	824.08	47.04	52.96	3.01	99.79	0.21	26.58
1-0.5	81.62	49.98	50.02	0.11	99.80	0.20	25.11
0.5-0.25	719.2	75.89	24.11	4.84	100.00	0.00	12.05
-0.25	669.18	100.00	0	0.00	100.00	0.00	0
Toplam	2775.61			2390.41			
					İncelik Modülü		3.10
Beton Karışım Dizaynı				Karışım Granülometresi			
Malzeme		kg/m ³	%				
Çimento		450.00	20.71				
Agrega	0-3 mm	750.00	34.51				
	3-7 mm	750.00	34.51				
Su		220.00	10.12				
Katkı (Glenium T90)		3.16	0.15				
Fiber		0.00	0.00				
Toplam		2173.16					
% Bağlayıcı		20.71					
Su/Çimento		0.49					
Slump		20.00					
Dayanım Testleri							
		7 günlük			28 Günlük		
Kalıp Beton Ağırlığı	gr	7360	7400	7380	7440	7460	7300
Kalıp Beton Hacmi	cm ³	3375	3375	3375	3375	3375	3375.00
Birim Hacim Ağırlığı	gr/cm ³	2.18	2.19	2.19	2.20	2.21	2.16
Kırılma Yüğü	kgf	55190	57010	55030	77120	74170	72720
Basınç Dayanımı	kgf/cm2	245.29	253.38	244.58	342.76	329.64	323.20
Basınç Dayanımı	Mpa	24.53	25.34	24.46	34.28	32.96	32.32
Ortalama	Mpa	24.77			33.19		

BETON KARIŞIMI ARAŞTIRMA DENEYLERİ							
Karışım Hazırlanma Tarihi	04.01.2008						
Karışımın Niteliği	Shotcrete malzemesi (Sht2)						
Kullanılan Malzeme	Kireçtaşı						
Kalıp Sayısı	6						
Kalıp Boyutları	Boy (cm)	En (cm)	Yükseklik (cm)				
	15	15	15				
Gradasyon							
	0-3 mm			3-7 mm			KARIŞIM
Elek Açıklığı (mm)	Elekte Kalan (gr)	Toplamalı Kalan (%)	Toplamalı Geçen (%)	Elekte Kalan (gr)	Toplamalı Kalan (%)	Toplamalı Geçen (%)	Toplamalı Geçen (%)
63-32	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100.00
32-16	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100.00
16-8	0	0.00	100.00	2.24	0.09	99.91	99.96
8-4	2.95	0.11	99.89	704.87	29.58	70.42	86.63
4-2	478.58	17.35	82.65	1675.34	99.67	0.33	45.61
2-1	824.08	47.04	52.96	3.01	99.79	0.21	29.22
1-0.5	81.62	49.98	50.02	0.11	99.80	0.20	27.60
0.5-0.25	719.2	75.89	24.11	4.84	100.00	0.00	13.26
-0.25	669.18	100.00	0	0.00	100.00	0.00	0.00
Toplam	2775.61			2390.41			
					İncelik Modülü		2.98
Beton Karışım Dizaynı				Karışım Granülometresi			
Malzeme		kg/m ³	%				
Çimento		400.00	17.90				
Agrega	0-3 mm (% 55)	900.00	40.28				
	3-7 mm (% 45)	750.00	33.56				
Su		180.00	8.06				
Katkı (Glenium T90)		4.50	0.20				
Fiber		0.00	0.00				
Toplam		2234.50	100.0				
% Bağlayıcı		17.90					
Su/Çimento		0.45					
Slump		4.50					
Dayanım Testleri							
		7 günlük			28 Günlük		
Kalıp Beton Ağırlığı	gr	7760	7680	7610	7460	7660	7580
Kalıp Beton Hacmi	cm ³	3375	3375	3375	3375	3375	3375.00
Birim Hacim Ağırlığı	gr/cm ³	2.30	2.28	2.25	2.21	2.27	2.25
Kırılma Yüğü	kgf	63620	69970	67870	95340	91120	87670
Basınç Dayanımı	kgf/cm2	282.76	310.98	301.64	423.73	404.98	389.64
Basınç Dayanımı	Mpa	28.28	31.10	30.16	42.37	40.50	38.96
Ortalama	Mpa	29.85			40.61		

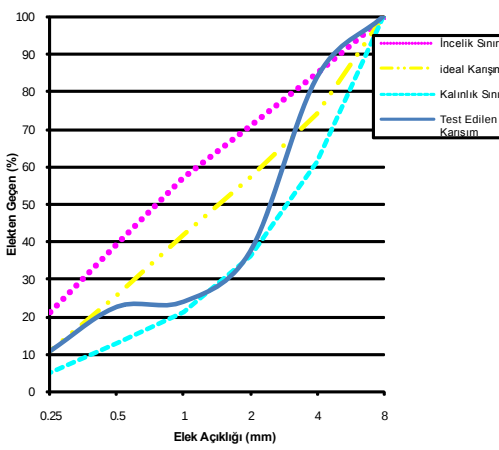
BETON KARIŞIMI ARAŞTIRMA DENEYLERİ							
Karışım Hazırlanma Tarihi	20.02.2008						
Karışımın Niteliği	Shotcrete malzemesi (Sht 3)						
Kullanılan Malzeme	Kireçtaşı						
Kalıp Sayısı	6						
Kalıp Boyutları	Boy (cm)	En (cm)	Yükseklik (cm)				
	15	15	15				
Gradasyon							
	0-3 mm			3-7 mm			KARIŞIM
Elek Açıklığı (mm)	Elekte Kalan (gr)	Toplamalı Kalan (%)	Toplamalı Geçen (%)	Elekte Kalan (gr)	Toplamalı Kalan (%)	Toplamalı Geçen (%)	Toplamalı Geçen (%)
63-32	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100
32-16	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100
16-8	0	0.00	100.00	2.24	0.09	99.91	99.95
8-4	2.95	0.11	99.89	704.87	29.58	70.42	85.16
4-2	478.58	17.35	82.65	1675.34	99.67	0.33	41.49
2-1	824.08	47.04	52.96	3.01	99.79	0.21	26.58
1-0.5	81.62	49.98	50.02	0.11	99.80	0.20	25.11
0.5-0.25	719.2	75.89	24.11	4.84	100.00	0.00	12.05
-0.25	669.18	100.00	0	0.00	100.00	0.00	0
Toplam	2775.61			2390.41			
					İncelik Modülü		3.10
Beton Karışım Dizaynı				Karışım Granülometresi			
Malzeme		kg/m ³	%				
Çimento		400.00	17.81				
Agrega	0-3 mm	825.00	36.72				
	3-7 mm	825.00	36.72				
Su		192.00	8.55				
Katkı (Glenium T90)		4.50	0.20				
Fiber		0.00	0.00				
Toplam		2246.50	100.0				
% Bağlayıcı		17.81					
Su/Çimento		0.48					
Slump		9.50					
Dayanım Testleri							
		7 günlük			28 Günlük		
Kalıp Beton Ağırlığı	gr	7700	7670	7640	7780	7720	7660
Kalıp Beton Hacmi	cm ³	3375	3375	3375	3375	3375	3375.00
Birim Hacim Ağırlığı	gr/cm ³	2.28	2.27	2.26	2.31	2.29	2.27
Kırılma Yüğü	kgf	60360	60670	59840	80800	81460	75340
Basınç Dayanımı	kgf/cm2	268.27	269.64	265.96	359.11	362.04	334.84
Basınç Dayanımı	Mpa	26.83	26.96	26.60	35.91	36.20	33.48
Ortalama	Mpa	26.80			35.20		

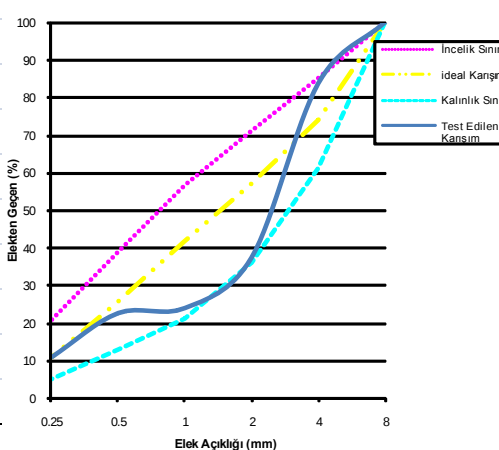
BETON KARIŞIMI ARAŞTIRMA DENEYLERİ							
Karışım Hazırlanma Tarihi	20.02.2008						
Karışımın Niteliği	Shotcrete malzemesi (Sht 4)						
Kullanılan Malzeme	Kireçtaşı						
Kalıp Sayısı	6						
Kalıp Boyutları	Boy (cm)	En (cm)	Yükseklik (cm)				
	15	15	15				
Gradasyon							
	0-3 mm			3-7 mm			KARIŞIM
Elek Açıklığı (mm)	Elekte Kalan (gr)	Toplamalı Kalan (%)	Toplamalı Geçen (%)	Elekte Kalan (gr)	Toplamalı Kalan (%)	Toplamalı Geçen (%)	Toplamalı Geçen (%)
63-32	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100
32-16	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100
16-8	0	0.00	100.00	2.24	0.09	99.91	99.95
8-4	2.95	0.11	99.89	704.87	29.58	70.42	85.16
4-2	478.58	17.35	82.65	1675.34	99.67	0.33	41.49
2-1	824.08	47.04	52.96	3.01	99.79	0.21	26.58
1-0.5	81.62	49.98	50.02	0.11	99.80	0.20	25.11
0.5-0.25	719.2	75.89	24.11	4.84	100.00	0.00	12.05
-0.25	669.18	100.00	0	0.00	100.00	0.00	0
Toplam	2775.61			2390.41			
					İncelik Modülü		3.10
Beton Karışım Dizaynı				Karışım Granülometresi			
Malzeme		kg/m ³	%				
Çimento		400.00	17.77				
Agrega	0-3 mm	825.00	36.65				
	3-7 mm	825.00	36.65				
Su		192.00	8.53				
Katkı (Glenium T90)		4.50	0.20				
Fiber		4.50	0.20				
Toplam		2251.00	100.0				
% Bağlayıcı		17.77					
Su/Çimento		0.48					
Slump		8.00					
Dayanım Testleri							
		7 günlük			28 Günlük		
Kalıp Beton Ağırlığı	gr	7640	7630	7580	7540	7500	7620
Kalıp Beton Hacmi	cm ³	3375	3375	3375	3375	3375	3375.00
Birim Hacim Ağırlığı	gr/cm ³	2.26	2.26	2.25	2.23	2.22	2.26
Kırılma Yüğü	kgf	62620	61910	58180	75550	76810	77170
Basınç Dayanımı	kgf/cm2	278.31	275.16	258.58	335.78	341.38	342.98
Basınç Dayanımı	Mpa	27.83	27.52	25.86	33.58	34.14	34.30
Ortalama	Mpa	27.07			34.00		

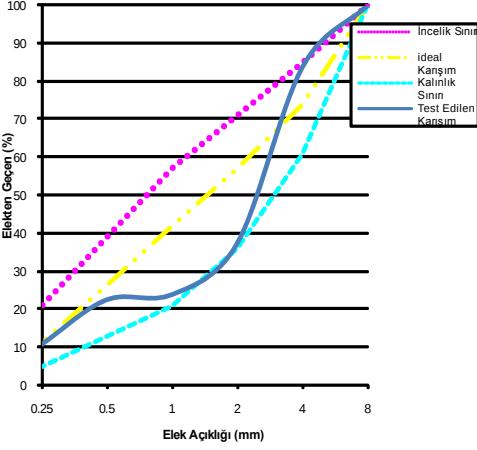
BETON KARIŞIMI ARAŞTIRMA DENEYLERİ							
Karışım Hazırlanma Tarihi	05.03.2008						
Karışımın Niteliği	Shotcrete malzemesi (Sht 5)						
Kullanılan Malzeme	Kireçtaşı						
Kalıp Sayısı	6						
Kalıp Boyutları	Boy (cm)	En (cm)	Yükseklik (cm)				
	15	15	15				
Gradasyon							
	0-3 mm			3-7 mm			KARIŞIM
Elek Açıklığı (mm)	Elekte Kalan (gr)	Toplamalı Kalan (%)	Toplamalı Geçen (%)	Elekte Kalan (gr)	Toplamalı Kalan (%)	Toplamalı Geçen (%)	Toplamalı Geçen (%)
63-32	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100
32-16	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100
16-8	0	0.00	100.00	2.24	0.09	99.91	99.95
8-4	2.95	0.11	99.89	704.87	29.58	70.42	85.16
4-2	478.58	17.35	82.65	1675.34	99.67	0.33	41.49
2-1	824.08	47.04	52.96	3.01	99.79	0.21	26.58
1-0.5	81.62	49.98	50.02	0.11	99.80	0.20	25.11
0.5-0.25	719.2	75.89	24.11	4.84	100.00	0.00	12.05
-0.25	669.18	100.00	0	0.00	100.00	0.00	0
Toplam	2775.61			2390.41			
					İncelik Modülü		3.10
Beton Karışım Dizaynı				Karışım Granülometresi			
Malzeme		kg/m ³	%				
Çimento		350.00	15.77				
Agrega	0-3 mm	845.00	38.08				
	3-7 mm	845.00	38.08				
Su		168.00	7.57				
Katkı (Glenium T90)		6.20	0.28				
Fiber		4.60	0.21				
Toplam		2218.80					
% Bağlayıcı		15.77					
Su/Çimento		0.48					
Slump (cm)		6.50					
Dayanım Testleri							
		7 günlük			28 Günlük		
Kalıp Beton Ağırlığı	gr	7640	7640	7740	7620	7560	7620
Kalıp Beton Hacmi	cm ³	3375	3375	3375	3375	3375	3375.00
Birim Hacim Ağırlığı	gr/cm ³	2.26	2.26	2.29	2.26	2.24	2.26
Kırılma Yüğü	kgf	55770	55570	48870	62020	64980	63280
Basınç Dayanımı	kgf/cm2	247.87	246.98	217.20	275.64	288.80	281.24
Basınç Dayanımı	Mpa	24.79	24.70	21.72	27.56	28.88	28.12
Ortalama	Mpa	23.73			28.19		

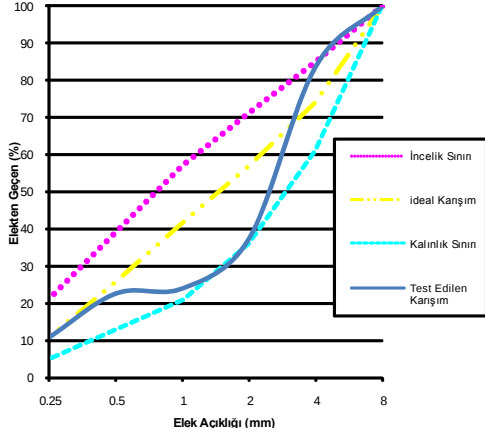
BETON KARIŞIMI ARAŞTIRMA DENEYLERİ							
Karışım Hazırlanma Tarihi	05.03.2008						
Karışımın Niteliği	Shotcrete malzemesi (Sht 6)						
Kullanılan Malzeme	Kireçtaşı						
Kalıp Sayısı	6						
Kalıp Boyutları	Boy (cm)	En (cm)	Yükseklik (cm)				
	15	15	15				
Gradasyon							
	0-3 mm			3-7 mm			KARIŞIM
Elek Açıklığı (mm)	Elekte Kalan (gr)	Toplamalı Kalan (%)	Toplamalı Geçen (%)	Elekte Kalan (gr)	Toplamalı Kalan (%)	Toplamalı Geçen (%)	Toplamalı Geçen (%)
63-32	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100
32-16	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100
16-8	0	0.00	100.00	2.24	0.09	99.91	99.95
8-4	2.95	0.11	99.89	704.87	29.58	70.42	85.16
4-2	478.58	17.35	82.65	1675.34	99.67	0.33	41.49
2-1	824.08	47.04	52.96	3.01	99.79	0.21	26.58
1-0.5	81.62	49.98	50.02	0.11	99.80	0.20	25.11
0.5-0.25	719.2	75.89	24.11	4.84	100.00	0.00	12.05
-0.25	669.18	100.00	0	0.00	100.00	0.00	0
Toplam	2775.61			2390.41			
					İncelik Modülü		3.10
Beton Karışım Dizaynı				Karışım Granülometresi			
Malzeme		kg/m ³	%				
Çimento		375.00	16.77				
Agrega	0-3 mm	835.00	37.35				
	3-7 mm	835.00	37.35				
Su		180.00	8.05				
Katkı (Glenium T90)		6.20	0.28				
Fiber		4.60	0.21				
Toplam		2235.80					
% Bağlayıcı		16.77					
Su/Çimento		0.48					
Slump (cm)		8.30					

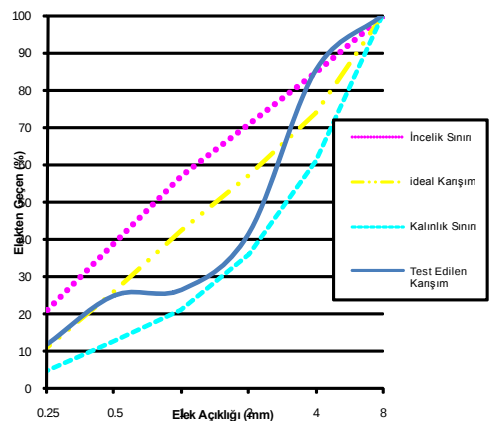
BETON KARIŞIMI ARAŞTIRMA DENEYLERİ							
Karışım Hazırlanma Tarihi	06.03.2008						
Karışımın Niteliği	Shotcrete malzemesi (sht 7)						
Kullanılan Malzeme	Kireçtaşı						
Kalıp Sayısı	6						
Kalıp Boyutları	Boy (cm)	En (cm)	Yükseklik (cm)				
	15	15	15				
Gradasyon							
	0-3 mm			3-7 mm			KARIŞIM
Elek Açıklığı (mm)	Elekte Kalan (gr)	Toplamalı Kalan (%)	Toplamalı Geçen (%)	Elekte Kalan (gr)	Toplamalı Kalan (%)	Toplamalı Geçen (%)	Toplamalı Geçen (%)
63-32	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100.00
32-16	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100.00
16-8	0	0.00	100.00	2.24	0.09	99.91	99.95
8-4	2.95	0.11	99.89	704.87	29.58	70.42	83.68
4-2	478.58	17.35	82.65	1675.34	99.67	0.33	37.38
2-1	824.08	47.04	52.96	3.01	99.79	0.21	23.95
1-0.5	81.62	49.98	50.02	0.11	99.80	0.20	22.62
0.5-0.25	719.2	75.89	24.11	4.84	100.00	0.00	10.85
-0.25	669.18	100.00	0	0.00	100.00	0.00	0.00
Toplam	2775.61			2390.41			
					İncelik Modülü		3.22
Beton Karışım Dizaynı				Karışım Granülometresi			
Malzeme		kg/m ³	%				
Çimento		400.00	18.01				
Agrega	0-3 mm(% 45)	720.00	32.41				
	3-7 mm(% 55)	900.00	40.51				
Su		192.00	8.64				
Katkı (Glenium T90)		5.00	0.23				
Fiber		4.60	0.21				
Toplam		2221.60					
% Bağlayıcı		18.01					
Su/Çimento		0.48					
Slump (cm)		8.50					
Dayanım Testleri							
		7 günlük			28 Günlük		
Kalıp Beton Ağırlığı	gr	7760	7690	7720	7660	7780	7720
Kalıp Beton Hacmi	cm ³	3375	3375	3375	3375	3375	3375.00
Birim Hacim Ağırlığı	gr/cm ³	2.30	2.28	2.29	2.27	2.31	2.29
Kırılma Yüğü	kgf	69610	69250	67390	83280	86160	88490
Basınç Dayanımı	kgf/cm2	309.38	307.78	299.51	370.13	382.93	393.29
Basınç Dayanımı	Mpa	30.94	30.78	29.95	37.01	38.29	39.33
Ortalama	Mpa	30.56			38.21		

BETON KARIŞIMI ARAŞTIRMA DENEYLERİ							
Karışım Hazırlanma Tarihi	14.03.2008						
Karışımın Niteliği	Shotcrete malzemesi (Sht 8)						
Kullanılan Malzeme	Kireçtaşı						
Kalıp Sayısı	6						
Kalıp Boyutları	Boy (cm)	En (cm)	Yükseklik (cm)				
	15	15	15				
Gradasyon							
	0-3 mm			3-7 mm			KARIŞIM
Elek Açıklığı (mm)	Elekte Kalan (gr)	Toplamalı Kalan (%)	Toplamalı Geçen (%)	Elekte Kalan (gr)	Toplamalı Kalan (%)	Toplamalı Geçen (%)	Toplamalı Geçen (%)
63-32	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100.00
32-16	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100.00
16-8	0	0.00	100.00	2.24	0.09	99.91	99.95
8-4	2.95	0.11	99.89	704.87	29.58	70.42	83.68
4-2	478.58	17.35	82.65	1675.34	99.67	0.33	37.38
2-1	824.08	47.04	52.96	3.01	99.79	0.21	23.95
1-0.5	81.62	49.98	50.02	0.11	99.80	0.20	22.62
0.5-0.25	719.2	75.89	24.11	4.84	100.00	0.00	10.85
-0.25	669.18	100.00	0	0.00	100.00	0.00	0.00
Toplam	2775.61			2390.41			
					İncelik Modülü		3.22
Beton Karışım Dizaynı				Karışım Granülometresi			
Malzeme		kg/m ³	%				
Çimento		350.00	15.93				
Agrega	0-3 mm(% 45)	751.00	34.19				
	3-7 mm(% 55)	918.00	41.79				
Su		168.00	7.65				
Katkı (Glenium T90)		4.60	0.21				
Fiber		5.00	0.23				
Toplam		2196.60					
% Bağlayıcı		15.93					
Su/Çimento		0.48					
Slump		6.80					
Dayanım Testleri							
		7 günlük			28 Günlük		
Kalıp Beton Ağırlığı	gr	7740	7800	7840	7660	7620	7610
Kalıp Beton Hacmi	cm ³	3375	3375	3375	3375	3375	3375.00
Birim Hacim Ağırlığı	gr/cm ³	2.29	2.31	2.32	2.27	2.26	2.25
Kırılma Yüğü	kgf	71790	75750	76400	111100	111200	109600
Basınç Dayanımı	kgf/cm2	319.07	336.67	339.56	493.78	494.22	487.11
Basınç Dayanımı	Mpa	31.91	33.67	33.96	49.38	49.42	48.71
Ortalama	Mpa	33.18			49.17		

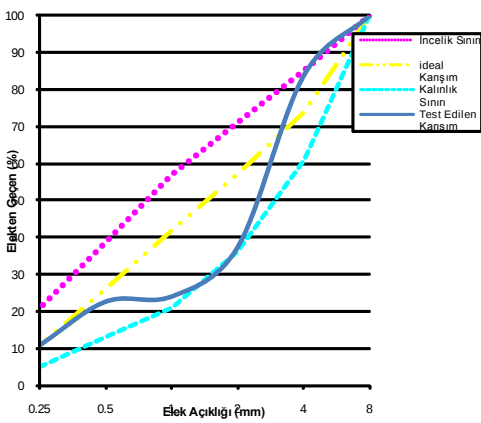
BETON KARIŞIMI ARAŞTIRMA DENEYLERİ							
Karışım Hazırlanma Tarihi	27.03.2008						
Karışımın Niteliği	Shotcrete malzemesi (sht 9)						
Kullanılan Malzeme	Kireçtaşı						
Kalıp Sayısı	6						
Kalıp Boyutları	Boy (cm)	En (cm)	Yükseklik (cm)				
	15	15	15				
Gradasyon							
	0-3 mm			3-7 mm			KARIŞIM
Elek Açıklığı (mm)	Elekte Kalan (gr)	Toplamalı Kalan (%)	Toplamalı Geçen (%)	Elekte Kalan (gr)	Toplamalı Kalan (%)	Toplamalı Geçen (%)	Toplamalı Geçen (%)
63-32	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100.00
32-16	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100.00
16-8	0	0.00	100.00	2.24	0.09	99.91	99.95
8-4	2.95	0.11	99.89	704.87	29.58	70.42	83.68
4-2	478.58	17.35	82.65	1675.34	99.67	0.33	37.38
2-1	824.08	47.04	52.96	3.01	99.79	0.21	23.95
1-0.5	81.62	49.98	50.02	0.11	99.80	0.20	22.62
0.5-0.25	719.2	75.89	24.11	4.84	100.00	0.00	10.85
-0.25	669.18	100.00	0	0.00	100.00	0.00	0.00
Toplam	2775.61			2390.41			
					İncelik Modülü		3.22
Beton Karışım Dizaynı				Karışım Granülometresi			
Malzeme		kg/m ³	%				
Çimento		300.00	13.78				
Agrega	0-3 mm(%45)	775.00	35.61				
	3-7 mm(%55)	948.00	43.55				
Su		144.00	6.62				
Katkı (Glenium T90)		4.60	0.21				
Fiber		5.00	0.23				
Toplam		2176.60					
% Bağlayıcı		13.78					
Su/Çimento		0.48					
Slump		1.00					

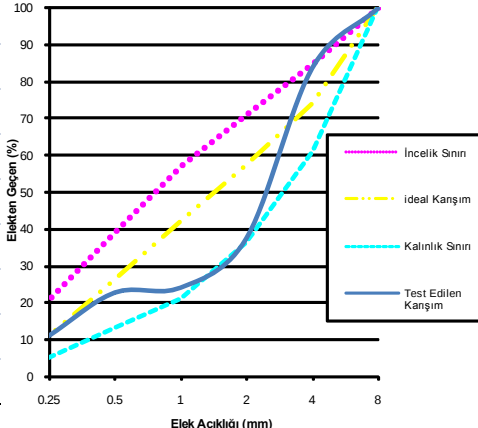
BETON KARIŞIMI ARAŞTIRMA DENEYLERİ							
Karışım Hazırlanma Tarihi	01.04.2008						
Karışımın Niteliği	Shotcrete malzemesi (sht 10)						
Kullanılan Malzeme	Kireçtaşı						
Kalıp Sayısı	6						
Kalıp Boyutları	Boy (cm)	En (cm)	Yükseklik (cm)				
	15	15	15				
Gradasyon							
	0-3 mm			3-7 mm			KARIŞIM
Elek Açıklığı (mm)	Elekte Kalan (gr)	Toplamalı Kalan (%)	Toplamalı Geçen (%)	Elekte Kalan (gr)	Toplamalı Kalan (%)	Toplamalı Geçen (%)	Toplamalı Geçen (%)
63-32	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100.00
32-16	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100.00
16-8	0	0.00	100.00	2.24	0.09	99.91	99.95
8-4	2.95	0.11	99.89	704.87	29.58	70.42	83.68
4-2	478.58	17.35	82.65	1675.34	99.67	0.33	37.38
2-1	824.08	47.04	52.96	3.01	99.79	0.21	23.95
1-0.5	81.62	49.98	50.02	0.11	99.80	0.20	22.62
0.5-0.25	719.2	75.89	24.11	4.84	100.00	0.00	10.85
-0.25	669.18	100.00	0	0.00	100.00	0.00	0.00
Toplam	2775.61			2390.41			
					İncelik Modülü		3.22
Beton Karışım Dizaynı				Karışım Granülometresi			
Malzeme		kg/m ³	%				
Çimento		350.00	15.75				
Agrega	0-3 mm(% 45)	751.00	33.79				
	3-7 mm(% 55)	918.00	41.30				
Su		194.00	8.73				
Katkı (Glenium T90)		4.60	0.21				
Fiber		5.00	0.22				
Toplam		2222.60					
% Bağlayıcı		15.75					
Su/Çimento		0.55					
Slump		13.00					

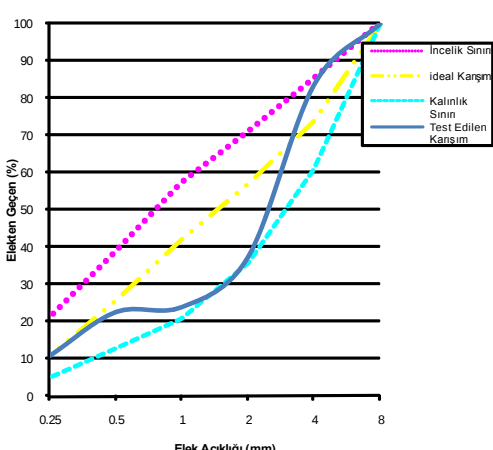
BETON KARIŞIMI ARAŞTIRMA DENEYLERİ							
Karışım Hazırlanma Tarihi	04.04.2008						
Karışımın Niteliği	Shotcrete malzemesi (Sht 12)						
Kullanılan Malzeme	Kireçtaşı						
Kalıp Sayısı	6						
Kalıp Boyutları	Boy (cm)	En (cm)	Yükseklik (cm)				
	15	15	15				
Gradasyon							
	0-3 mm			3-7 mm			KARIŞIM
Elek Açıklığı (mm)	Elekte Kalan (gr)	Toplamalı Kalan (%)	Toplamalı Geçen (%)	Elekte Kalan (gr)	Toplamalı Kalan (%)	Toplamalı Geçen (%)	Toplamalı Geçen (%)
63-32	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100.00
32-16	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100.00
16-8	0	0.00	100.00	2.24	0.09	99.91	99.95
8-4	2.95	0.11	99.89	704.87	29.58	70.42	83.68
4-2	478.58	17.35	82.65	1675.34	99.67	0.33	37.38
2-1	824.08	47.04	52.96	3.01	99.79	0.21	23.95
1-0.5	81.62	49.98	50.02	0.11	99.80	0.20	22.62
0.5-0.25	719.2	75.89	24.11	4.84	100.00	0.00	10.85
-0.25	669.18	100.00	0	0.00	100.00	0.00	0.00
Toplam	2775.61			2390.41			
					İncelik Modülü		3.22
Beton Karışım Dizaynı				Karışım Granülometresi			
Malzeme		kg/m ³	%				
Çimento		400.00	17.73				
Agrega	0-3 mm(% 45)	750.00	33.25				
	3-7 mm(% 55)	900.00	39.90				
Su		196.00	8.69				
Katkı (Glenium T90)		5.00	0.22				
Fiber		4.60	0.20				
Toplam		2255.60					
% Bağlayıcı		17.73					
Su/Çimento		0.49					
Slump		13.00					

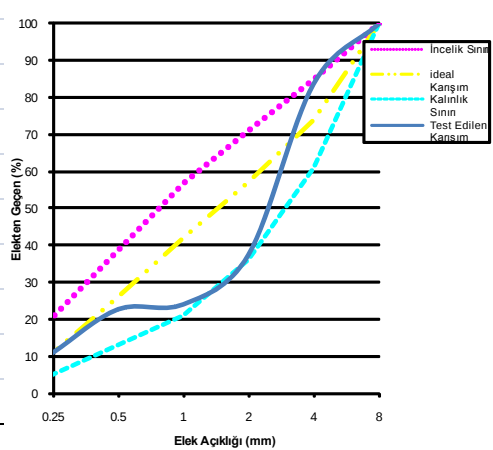
BETON KARIŞIMI ARAŞTIRMA DENEYLERİ							
Karışım Hazırlanma Tarihi	09.04.2008						
Karışımın Niteliği	Shotcrete malzemesi (sht 13)						
Kullanılan Malzeme	Kireçtaşı						
Kalıp Sayısı	6						
Kalıp Boyutları	Boy (cm)	En (cm)	Yükseklik (cm)				
	15	15	15				
Gradasyon							
	0-3 mm			3-7 mm			KARIŞIM
Elek Açıklığı (mm)	Elekte Kalan (gr)	Toplamalı Kalan (%)	Toplamalı Geçen (%)	Elekte Kalan (gr)	Toplamalı Kalan (%)	Toplamalı Geçen (%)	Toplamalı Geçen (%)
63-32	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100.00
32-16	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100.00
16-8	0	0.00	100.00	2.24	0.09	99.91	99.95
8-4	2.95	0.11	99.89	704.87	29.58	70.42	85.16
4-2	478.58	17.35	82.65	1675.34	99.67	0.33	41.49
2-1	824.08	47.04	52.96	3.01	99.79	0.21	26.58
1-0.5	81.62	49.98	50.02	0.11	99.80	0.20	25.11
0.5-0.25	719.2	75.89	24.11	4.84	100.00	0.00	12.05
-0.25	669.18	100.00	0	0.00	100.00	0.00	0.00
Toplam	2775.61			2390.41			
					İncelik Modülü		3.10
Beton Karışım Dizaynı				Karışım Granülometresi			
Malzeme		kg/m ³	%				
Çimento		450.00	20.65				
Agrega	0-3 mm(% 50)	750.00	34.42				
	3-7 mm(% 50)	750.00	34.42				
Su		220.00	10.10				
Katkı (Glenium T90)		4.50	0.21				
Fiber		4.60	0.21				
Toplam		2179.10					
% Bağlayıcı		20.65					
Su/Çimento		0.49					
Slump		26.00					

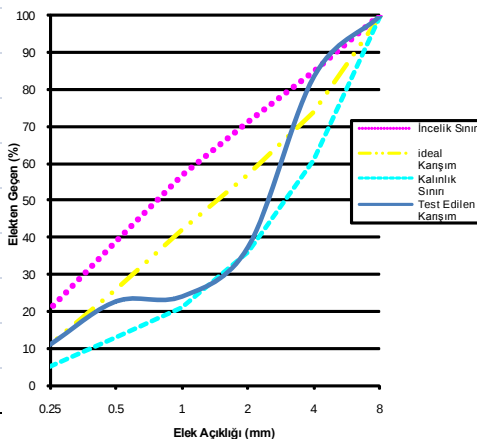
BETON KARIŞIMI ARAŞTIRMA DENEYLERİ							
Karışım Hazırlanma Tarihi	24.04.2008						
Karışımın Niteliği	Shotcrete malzemesi (Sht 14)						
Kullanılan Malzeme	Kireçtaşı						
Kalıp Sayısı	6						
Kalıp Boyutları	Boy (cm)	En (cm)	Yükseklik (cm)				
	15	15	15				
Gradasyon							
	0-3 mm			3-7 mm			KARIŞIM
Elek Açıklığı (mm)	Elekte Kalan (gr)	Toplamalı Kalan (%)	Toplamalı Geçen (%)	Elekte Kalan (gr)	Toplamalı Kalan (%)	Toplamalı Geçen (%)	Toplamalı Geçen (%)
63-32	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100.00
32-16	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100.00
16-8	0	0.00	100.00	2.24	0.09	99.91	99.95
8-4	2.95	0.11	99.89	704.87	29.58	70.42	85.16
4-2	478.58	17.35	82.65	1675.34	99.67	0.33	41.49
2-1	824.08	47.04	52.96	3.01	99.79	0.21	26.58
1-0.5	81.62	49.98	50.02	0.11	99.80	0.20	25.11
0.5-0.25	719.2	75.89	24.11	4.84	100.00	0.00	12.05
-0.25	669.18	100.00	0	0.00	100.00	0.00	0.00
Toplam	2775.61			2390.41			
					İncelik Modülü		3.10
Beton Karışım Dizaynı				Karışım Granülometresi			
Malzeme		kg/m ³	%				
Çimento		400.00	17.74				
Agrega	0-3 mm(% 50)	825.00	36.59				
	3-7 mm(% 50)	825.00	36.59				
Su		192.00	8.52				
Katkı (Glenium T90)		8.00	0.35				
Fiber		4.50	0.20				
Toplam		2254.50					
% Bağlayıcı		17.74					
Su/Çimento		0.48					
Slump		24.00					
Dayanım Testleri							
		7 günlük			28 Günlük		
Kalıp Beton Ağırlığı	gr	7680	7660	7700	7180	7260	7200
Kalıp Beton Hacmi	cm ³	3375	3375	3375	3375	3375	3375
Birim Hacim Ağırlığı	gr/cm ³	2.28	2.27	2.28	2.13	2.15	2.13
Kırılma Yüğü	kgf	66370	71300	67300	86150	88950	84550
Basınç Dayanımı	kgf/cm2	294.98	316.89	299.11	382.89	395.33	375.78
Basınç Dayanımı	Mpa	29.50	31.69	29.91	38.29	39.53	37.58
Ortalama	Mpa	30.37			38.47		

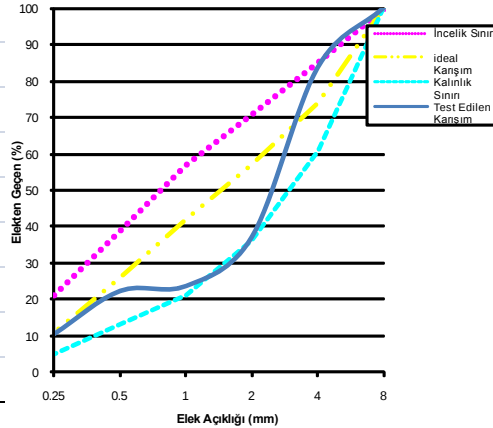
BETON KARIŞIMI ARAŞTIRMA DENEYLERİ							
Karışım Hazırlanma Tarihi	02.05.2008						
Karışımın Niteliği	Shotcrete malzemesi (sht 15)						
Kullanılan Malzeme	Kireçtaşı						
Kalıp Sayısı	6						
Kalıp Boyutları	Boy (cm)	En (cm)	Yükseklik (cm)				
	15	15	15				
Gradasyon							
	0-3 mm			3-7 mm			KARIŞIM
Elek Açıklığı (mm)	Elekte Kalan (gr)	Toplamalı Kalan (%)	Toplamalı Geçen (%)	Elekte Kalan (gr)	Toplamalı Kalan (%)	Toplamalı Geçen (%)	Toplamalı Geçen (%)
63-32	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100.00
32-16	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100.00
16-8	0	0.00	100.00	2.24	0.09	99.91	99.95
8-4	2.95	0.11	99.89	704.87	29.58	70.42	83.68
4-2	478.58	17.35	82.65	1675.34	99.67	0.33	37.38
2-1	824.08	47.04	52.96	3.01	99.79	0.21	23.95
1-0.5	81.62	49.98	50.02	0.11	99.80	0.20	22.62
0.5-0.25	719.2	75.89	24.11	4.84	100.00	0.00	10.85
-0.25	669.18	100.00	0	0.00	100.00	0.00	0.00
Toplam	2775.61			2390.41			
					İncelik Modülü		3.22
Beton Karışım Dizaynı				Karışım Granülometresi			
Malzeme		kg/m ³	%				
Çimento		350.00	15.91				
Agrega	0-3 mm(% 45)	751.00	34.14				
	3-7 mm(% 55)	918.00	41.73				
Su		168.00	7.64				
Katkı (Glenium T90)		8.00	0.36				
Fiber		4.60	0.21				
Toplam		2199.60					
% Bağlayıcı		15.91					
Su/Çimento		0.48					
Slump		11.50					
Dayanım Testleri							
		7 günlük			28 Günlük		
Kalıp Beton Ağırlığı	gr	7480	7460	7500	7440	7400	7440
Kalıp Beton Hacmi	cm ³	3375	3375	3375	3375	3375	3375
Birim Hacim Ağırlığı	gr/cm ³	2.22	2.21	2.22	2.20	2.19	2.20
Kırılma Yüğü	kgf	62520	58090	59220	74066	73157	74054
Basınç Dayanımı	kgf/cm2	277.87	258.18	263.20	329.18	325.14	329.13
Basınç Dayanımı	Mpa	27.79	25.82	26.32	32.92	32.51	32.91
Ortalama	Mpa	26.64			32.78		

BETON KARIŞIMI ARAŞTIRMA DENEYLERİ							
Karışım Hazırlanma Tarihi	08.05.2008						
Karışımın Niteliği	Shotcrete malzemesi (sht 16)						
Kullanılan Malzeme	Kireçtaşı						
Kalıp Sayısı	6						
Kalıp Boyutları	Boy (cm)	En (cm)	Yükseklik (cm)				
	15	15	15				
Gradasyon							
	0-3 mm			3-7 mm			KARIŞIM
Elek Açıklığı (mm)	Elekte Kalan (gr)	Toplamalı Kalan (%)	Toplamalı Geçen (%)	Elekte Kalan (gr)	Toplamalı Kalan (%)	Toplamalı Geçen (%)	Toplamalı Geçen (%)
63-32	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100.00
32-16	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100.00
16-8	0	0.00	100.00	2.24	0.09	99.91	99.95
8-4	2.95	0.11	99.89	704.87	29.58	70.42	83.68
4-2	478.58	17.35	82.65	1675.34	99.67	0.33	37.38
2-1	824.08	47.04	52.96	3.01	99.79	0.21	23.95
1-0.5	81.62	49.98	50.02	0.11	99.80	0.20	22.62
0.5-0.25	719.2	75.89	24.11	4.84	100.00	0.00	10.85
-0.25	669.18	100.00	0	0.00	100.00	0.00	0.00
Toplam	2775.61			2390.41			
					İncelik Modülü		3.22
Beton Karışım Dizaynı				Karışım Granülometresi			
Malzeme		kg/m ³	%				
Çimento		325.00	15.20				
Agrega	0-3 mm(% 45)	741.00	34.65				
	3-7 mm(% 55)	906.40	42.39				
Su		155.00	7.25				
Katkı (Glenium T90)		6.50	0.30				
Fiber		4.50	0.21				
Toplam		2138.40					
% Bağlayıcı		15.20					
Su/Çimento		0.48					
Slump		19.00					

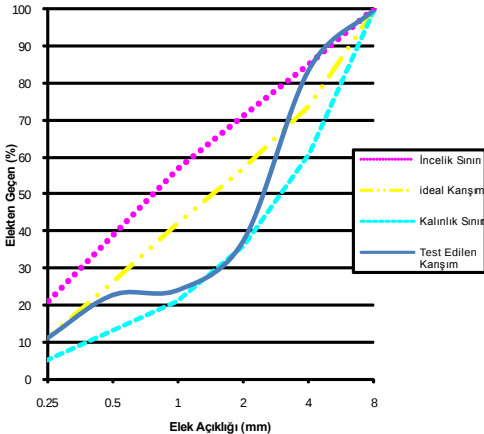
BETON KARIŞIMI ARAŞTIRMA DENEYLERİ							
Karışım Hazırlanma Tarihi	08.05.2008						
Karışımın Niteliği	Shotcrete malzemesi (Sht 18)						
Kullanılan Malzeme	Kireçtaşı						
Kalıp Sayısı	6						
Kalıp Boyutları	Boy (cm)	En (cm)	Yükseklik (cm)				
	15	15	15				
Gradasyon							
	0-3 mm			3-7 mm			KARIŞIM
Elek Açıklığı (mm)	Elekte Kalan (gr)	Toplamalı Kalan (%)	Toplamalı Geçen (%)	Elekte Kalan (gr)	Toplamalı Kalan (%)	Toplamalı Geçen (%)	Toplamalı Geçen (%)
63-32	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100.00
32-16	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100.00
16-8	0	0.00	100.00	2.24	0.09	99.91	99.95
8-4	2.95	0.11	99.89	704.87	29.58	70.42	83.68
4-2	478.58	17.35	82.65	1675.34	99.67	0.33	37.38
2-1	824.08	47.04	52.96	3.01	99.79	0.21	23.95
1-0.5	81.62	49.98	50.02	0.11	99.80	0.20	22.62
0.5-0.25	719.2	75.89	24.11	4.84	100.00	0.00	10.85
-0.25	669.18	100.00	0	0.00	100.00	0.00	0.00
Toplam	2775.61			2390.41			
					İncelik Modülü		3.22
Beton Karışım Dizaynı				Karışım Granülometresi			
Malzeme		kg/m ³	%				
Çimento		350.00	16.08				
Agrega	0-3 mm(% 45)	741.00	34.04				
	3-7 mm(% 55)	906.40	41.64				
Su		168.00	7.72				
Katkı (Glenium T90)		7.00	0.32				
Fiber		4.50	0.21				
Toplam		2176.90					
% Bağlayıcı		16.08					
Su/Çimento		0.48					
Slump		17.00					

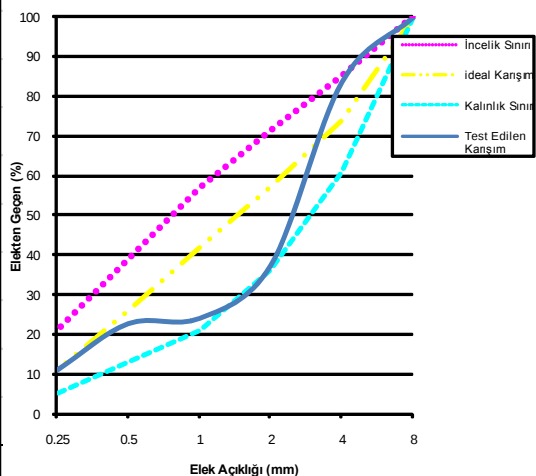
BETON KARIŞIMI ARAŞTIRMA DENEYLERİ							
Karışım Hazırlanma Tarihi	09.05.2008						
Karışımın Niteliği	Shotcrete malzemesi (sht 18)						
Kullanılan Malzeme	Kireçtaşı						
Kalıp Sayısı	6						
Kalıp Boyutları	Boy (cm)	En (cm)	Yükseklik (cm)				
	15	15	15				
Gradasyon							
	0-3 mm			3-7 mm			KARIŞIM
Elek Açıklığı (mm)	Elekte Kalan (gr)	Toplamalı Kalan (%)	Toplamalı Geçen (%)	Elekte Kalan (gr)	Toplamalı Kalan (%)	Toplamalı Geçen (%)	Toplamalı Geçen (%)
63-32	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100.00
32-16	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100.00
16-8	0	0.00	100.00	2.24	0.09	99.91	99.95
8-4	2.95	0.11	99.89	704.87	29.58	70.42	83.68
4-2	478.58	17.35	82.65	1675.34	99.67	0.33	37.38
2-1	824.08	47.04	52.96	3.01	99.79	0.21	23.95
1-0.5	81.62	49.98	50.02	0.11	99.80	0.20	22.62
0.5-0.25	719.2	75.89	24.11	4.84	100.00	0.00	10.85
-0.25	669.18	100.00	0	0.00	100.00	0.00	0.00
Toplam	2775.61			2390.41			
					İncelik Modülü		3.22
Beton Karışım Dizaynı				Karışım Granülometresi			
Malzeme		kg/m ³	%				
Çimento		375.00	16.93				
Agrega	0-3 mm(% 45)	741.00	33.46				
	3-7 mm(% 55)	906.40	40.93				
Su		180.00	8.13				
Katkı (Glenium T90)		7.50	0.34				
Fiber		4.50	0.20				
Toplam		2214.40					
% Bağlayıcı		16.93					
Su/Çimento		0.48					
Slump		21.00					

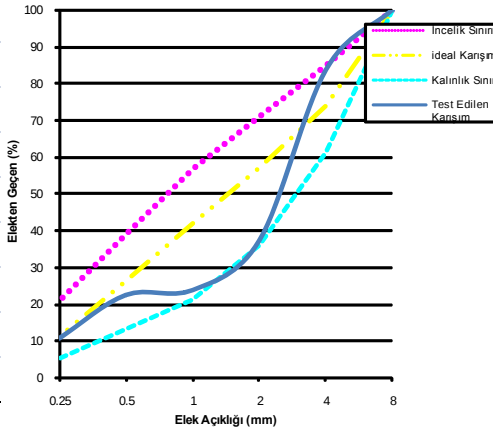
BETON KARIŞIMI ARAŞTIRMA DENEYLERİ							
Karışım Hazırlanma Tarihi	12.05.2008						
Karışımın Niteliği	Shotcrete malzemesi (Sht 19)						
Kullanılan Malzeme	Kireçtaşı						
Kalıp Sayısı	6						
Kalıp Boyutları	Boy (cm)	En (cm)	Yükseklik (cm)				
	15	15	15				
Gradasyon							
	0-3 mm			3-7 mm			KARIŞIM
Elek Açıklığı (mm)	Elekte Kalan (gr)	Toplamalı Kalan (%)	Toplamalı Geçen (%)	Elekte Kalan (gr)	Toplamalı Kalan (%)	Toplamalı Geçen (%)	Toplamalı Geçen (%)
63-32	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100.00
32-16	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100.00
16-8	0	0.00	100.00	2.24	0.09	99.91	99.95
8-4	2.95	0.11	99.89	704.87	29.58	70.42	83.68
4-2	478.58	17.35	82.65	1675.34	99.67	0.33	37.38
2-1	824.08	47.04	52.96	3.01	99.79	0.21	23.95
1-0.5	81.62	49.98	50.02	0.11	99.80	0.20	22.62
0.5-0.25	719.2	75.89	24.11	4.84	100.00	0.00	10.85
-0.25	669.18	100.00	0	0.00	100.00	0.00	0.00
Toplam	2775.61			2390.41			
					İncelik Modülü		3.22
Beton Karışım Dizaynı				Karışım Granülometresi			
Malzeme		kg/m ³	%				
Çimento		400.00	17.76				
Agrega	0-3 mm(% 45)	741.00	32.91				
	3-7 mm(% 55)	906.40	40.25				
Su		192.00	8.53				
Katkı (Glenium T90)		8.00	0.36				
Fiber		4.50	0.20				
Toplam		2251.90					
% Bağlayıcı		17.76					
Su/Çimento		0.48					
Slump		21.50					

BETON KARIŞIMI ARAŞTIRMA DENEYLERİ							
Karışım Hazırlanma Tarihi	14.05.2008						
Karışımın Niteliği	Shotcrete malzemesi (Sht 20)						
Kullanılan Malzeme	Kireçtaşı						
Kalıp Sayısı	6						
Kalıp Boyutları	Boy (cm)	En (cm)	Yükseklik (cm)				
	15	15	15				
Gradasyon							
	0-3 mm			3-7 mm			KARIŞIM
Elek Açıklığı (mm)	Elekte Kalan (gr)	Toplamalı Kalan (%)	Toplamalı Geçen (%)	Elekte Kalan (gr)	Toplamalı Kalan (%)	Toplamalı Geçen (%)	Toplamalı Geçen (%)
63-32	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100.00
32-16	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100.00
16-8	0	0.00	100.00	2.24	0.09	99.91	99.95
8-4	2.95	0.11	99.89	704.87	29.58	70.42	83.68
4-2	478.58	17.35	82.65	1675.34	99.67	0.33	37.38
2-1	824.08	47.04	52.96	3.01	99.79	0.21	23.95
1-0.5	81.62	49.98	50.02	0.11	99.80	0.20	22.62
0.5-0.25	719.2	75.89	24.11	4.84	100.00	0.00	10.85
-0.25	669.18	100.00	0	0.00	100.00	0.00	0.00
Toplam	2775.61			2390.41			
					İncelik Modülü		3.22
Beton Karışım Dizaynı				Karışım Granülometresi			
Malzeme		kg/m ³	%				
Çimento		425.00	18.57				
Agrega	0-3 mm(% 45)	741.00	32.37				
	3-7 mm(% 55)	906.40	39.60				
Su		204.00	8.91				
Katkı (Glenium T90)		8.00	0.35				
Fiber		4.50	0.20				
Toplam		2288.90					
% Bağlayıcı		18.57					
Su/Çimento		0.48					
Slump		21.00					

BETON KARIŞIMI ARAŞTIRMA DENEYLERİ							
Karışım Hazırlanma Tarihi	12.05.2008						
Karışımın Niteliği	Shotcrete malzemesi (Sht 21)						
Kullanılan Malzeme	Kireçtaşı						
Kalp Sayısı	6						
Kalıp Boyutları	Boy (cm)	En (cm)	Yükseklik (cm)				
	15	15	15				
Gradasyon							
	0-3 mm			3-7 mm			KARIŞIM
Elek Açıklığı (mm)	Elekte Kalan (gr)	Toplamalı Kalan (%)	Toplamalı Geçen (%)	Elekte Kalan (gr)	Toplamalı Kalan (%)	Toplamalı Geçen (%)	Toplamalı Geçen (%)
63-32	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100.00
32-16	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100.00
16-8	0	0.00	100.00	2.24	0.09	99.91	99.95
8-4	2.95	0.11	99.89	704.87	29.58	70.42	83.68
4-2	478.58	17.35	82.65	1675.34	99.67	0.33	37.38
2-1	824.08	47.04	52.96	3.01	99.79	0.21	23.95
1-0.5	81.62	49.98	50.02	0.11	99.80	0.20	22.62
0.5-0.25	719.2	75.89	24.11	4.84	100.00	0.00	10.85
-0.25	669.18	100.00	0	0.00	100.00	0.00	0.00
Toplam	2775.61			2390.41			
					İncelik Modülü		3.22
Beton Karışım Dizaynı				Karışım Granülometresi			
Malzeme		kg/m ³	%				
Çimento		450.00	19.34				
Agrega	0-3 mm(% 45)	741.00	31.84				
	3-7 mm(% 55)	906.40	38.95				
Su		216.00	9.28				
Katkı (Glenium T90)		9.00	0.39				
Fiber		4.50	0.19				
Toplam		2326.90					
% Bağlayıcı		19.34					
Su/Çimento		0.48					
Slump		22.00					

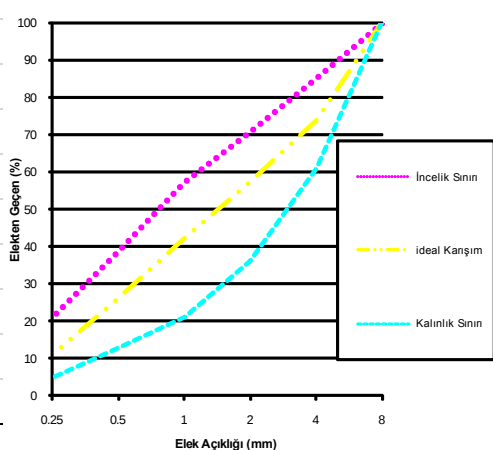
BETON KARIŞIMI ARAŞTIRMA DENEYLERİ							
Karışım Hazırlanma Tarihi	14.05.2008						
Karışımın Niteliği	Shotcrete malzemesi (Sht 22)						
Kullanılan Malzeme	Kireçtaşı						
Kalıp Sayısı	6						
Kalıp Boyutları	Boy (cm)	En (cm)	Yükseklik (cm)				
	15	15	15				
Gradasyon							
	0-3 mm			3-7 mm			KARIŞIM
Elek Açıklığı (mm)	Elekte Kalan (gr)	Toplamalı Kalan (%)	Toplamalı Geçen (%)	Elekte Kalan (gr)	Toplamalı Kalan (%)	Toplamalı Geçen (%)	Toplamalı Geçen (%)
63-32	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100.00
32-16	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100.00
16-8	0	0.00	100.00	2.24	0.09	99.91	99.95
8-4	2.95	0.11	99.89	704.87	29.58	70.42	83.68
4-2	478.58	17.35	82.65	1675.34	99.67	0.33	37.38
2-1	824.08	47.04	52.96	3.01	99.79	0.21	23.95
1-0.5	81.62	49.98	50.02	0.11	99.80	0.20	22.62
0.5-0.25	719.2	75.89	24.11	4.84	100.00	0.00	10.85
-0.25	669.18	100.00	0	0.00	100.00	0.00	0.00
Toplam	2775.61			2390.41			
					İncelik Modülü		3.22
Beton Karışım Dizaynı				Karışım Granülometresi			
Malzeme		kg/m ³	%				
Çimento		500.00	20.82				
Agrega	0-3 mm(% 45)	741.00	30.85				
	3-7 mm(% 55)	906.40	37.74				
Su		240.00	9.99				
Katkı (Glenium T90)		10.00	0.42				
Fiber		4.50	0.19				
Toplam		2401.90					
% Bağlayıcı		20.82					
Su/Çimento		0.48					
Slump		30.00					

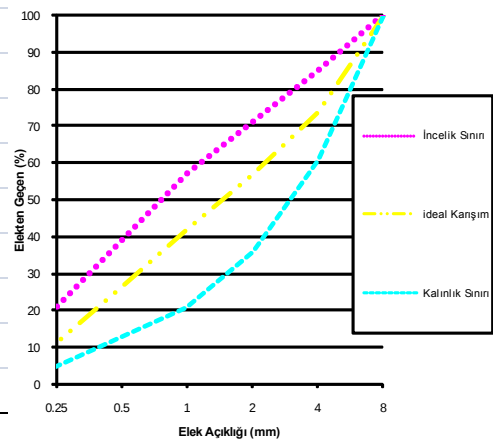
BETON KARIŞIMI ARAŞTIRMA DENEYLERİ							
Karışım Hazırlanma Tarihi	26.05.2008						
Karışımın Niteliği	Shotcrete malzemesi (Sht 23)						
Kullanılan Malzeme	Kireçtaşı						
Kalıp Sayısı	6						
Kalıp Boyutları	Boy (cm)	En (cm)	Yükseklik (cm)				
	15	15	15				
Gradasyon							
	0-3 mm			3-7 mm			KARIŞIM
Elek Açıklığı (mm)	Elekte Kalan (gr)	Toplamalı Kalan (%)	Toplamalı Geçen (%)	Elekte Kalan (gr)	Toplamalı Kalan (%)	Toplamalı Geçen (%)	Toplamalı Geçen (%)
63-32	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100.00
32-16	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100.00
16-8	0	0.00	100.00	2.24	0.09	99.91	99.95
8-4	2.95	0.11	99.89	704.87	29.58	70.42	83.68
4-2	478.58	17.35	82.65	1675.34	99.67	0.33	37.38
2-1	824.08	47.04	52.96	3.01	99.79	0.21	23.95
1-0.5	81.62	49.98	50.02	0.11	99.80	0.20	22.62
0.5-0.25	719.2	75.89	24.11	4.84	100.00	0.00	10.85
-0.25	669.18	100.00	0	0.00	100.00	0.00	0.00
Toplam	2775.61			2390.41			
					İncelik Modülü		3.22
Beton Karışım Dizaynı				Karışım Granülometresi			
Malzeme		kg/m ³	%				
Çimento		400.00	17.76				
Agrega	0-3 mm(% 45)	741.00	32.91				
	3-7 mm(% 55)	906.40	40.25				
Su		192.00	8.53				
Katkı (Glenium T90)		8.00	0.36				
Fiber		4.50	0.20				
Toplam		2251.90					
% Bağlayıcı		17.76					
Su/Çimento		0.48					
Slump		23.00					

BETON KARIŞIMI ARAŞTIRMA DENEYLERİ							
Karışım Hazırlanma Tarihi	26.05.2008						
Karışımın Niteliği	Shotcrete malzemesi (Sht 24)						
Kullanılan Malzeme	Kireçtaşı						
Kalıp Sayısı	6						
Kalıp Boyutları	Boy (cm)	En (cm)	Yükseklik (cm)				
	15	15	15				
Gradasyon							
	0-3 mm			3-7 mm			KARIŞIM
Elek Açıklığı (mm)	Elekte Kalan (gr)	Toplamalı Kalan (%)	Toplamalı Geçen (%)	Elekte Kalan (gr)	Toplamalı Kalan (%)	Toplamalı Geçen (%)	Toplamalı Geçen (%)
63-32	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100.00
32-16	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100.00
16-8	0	0.00	100.00	2.24	0.09	99.91	99.95
8-4	2.95	0.11	99.89	704.87	29.58	70.42	83.68
4-2	478.58	17.35	82.65	1675.34	99.67	0.33	37.38
2-1	824.08	47.04	52.96	3.01	99.79	0.21	23.95
1-0.5	81.62	49.98	50.02	0.11	99.80	0.20	22.62
0.5-0.25	719.2	75.89	24.11	4.84	100.00	0.00	10.85
-0.25	669.18	100.00	0	0.00	100.00	0.00	0
Toplam	2775.61			2390.41			
					İncelik Modülü		3.22
Beton Karışım Dizaynı				Karışım Granülometresi			
Malzeme		kg/m ³	%				
Çimento		400.00	17.80				
Agrega	0-3 mm(% 45)	741.00	32.97				
	3-7 mm(% 55)	906.40	40.33				
Su		192.00	8.54				
Katkı (Glenium T90)		8.00	0.36				
Fiber		0.00	0.00				
Toplam		2247.40					
% Bağlayıcı		17.80					
Su/Çimento		0.48					
Slump		25.00					
Dayanım Testleri							
		7 günlük			28 Günlük		
		Tek Eksenli		Eğilme	Tek Eksenli		Eğilme
Kalıp Beton Ağırlığı	gr	7300	7360	13000	7380	7340	Numune Kırıldı
Kalıp Beton Hacmi	cm ³	3375	3375	3375	3375	3375	
Birim Hacim Ağırlığı	gr/cm ³	2.16	2.18	3.85	2.19	2.17	
Kırılma Yüğü	kgf	64300	64500	616	79120	80020	
Basınç Dayanımı	kgf/cm ²	285.78	286.67	40.04	351.64	355.64	
Basınç Dayanımı	Mpa	28.58	28.67	4.00	35.16	35.56	
Ortalama	Mpa	28.62		4.00	35.36		

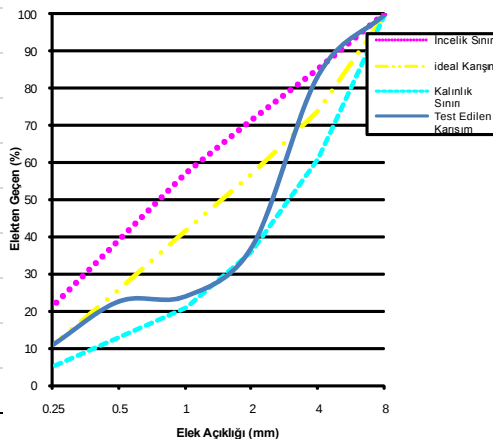
BETON KARIŞIMI ARAŞTIRMA DENEYLERİ							
Karışım Hazırlanma Tarihi	29.05.2008						
Karışımın Niteliği	Shotcrete malzemesi (Sht 25)						
Kullanılan Malzeme	Kireçtaşı						
Kalıp Sayısı	6						
Kalıp Boyutları	Boy (cm)	En (cm)	Yükseklik (cm)				
	15	15	15				
Gradasyon							
	0-3 mm			3-7 mm			KARIŞIM
Elek Açıklığı (mm)	Elekte Kalan (gr)	Toplamalı Kalan (%)	Toplamalı Geçen (%)	Elekte Kalan (gr)	Toplamalı Kalan (%)	Toplamalı Geçen (%)	Toplamalı Geçen (%)
63-32	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100.00
32-16	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100.00
16-8	0	0.00	100.00	2.24	0.09	99.91	99.95
8-4	2.95	0.11	99.89	704.87	29.58	70.42	83.68
4-2	478.58	17.35	82.65	1675.34	99.67	0.33	37.38
2-1	824.08	47.04	52.96	3.01	99.79	0.21	23.95
1-0.5	81.62	49.98	50.02	0.11	99.80	0.20	22.62
0.5-0.25	719.2	75.89	24.11	4.84	100.00	0.00	10.85
-0.25	669.18	100.00	0	0.00	100.00	0.00	0.00
Toplam	2775.61			2390.41			
					İncelik Modülü		3.22
Beton Karışım Dizaynı				Karışım Granülometresi			
Malzeme		kg/m³	%				
Çimento		400.00	17.78				
Agrega	0-3 mm(% 45)	741.00	32.94				
	3-7 mm(% 55)	906.40	40.29				
Su		192.00	8.53				
Katkı (Glenium T90)		8.00	0.36				
Fiber		2.20	0.10				
Toplam		2249.60					
% Bağlayıcı		17.78					
Su/Çimento		0.48					
Slump		21.50					

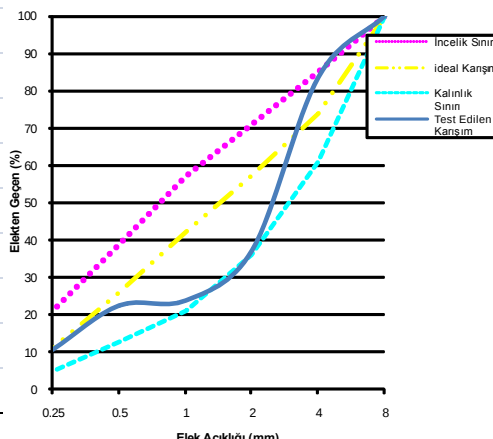
BETON KARIŞIMI ARAŞTIRMA DENEYLERİ							
Karışım Hazırlanma Tarihi	29.05.2008						
Karışımın Niteliği	Shotcrete malzemesi (Sht 26)						
Kullanılan Malzeme	Kireçtaşı						
Kalıp Sayısı	6						
Kalıp Boyutları	Boy (cm)	En (cm)	Yükseklik (cm)				
	15	15	15				
Gradasyon							
	0-3 mm			3-7 mm			KARIŞIM
Elek Açıklığı (mm)	Elekte Kalan (gr)	Toplamalı Kalan (%)	Toplamalı Geçen (%)	Elekte Kalan (gr)	Toplamalı Kalan (%)	Toplamalı Geçen (%)	Toplamalı Geçen (%)
63-32	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100.00
32-16	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100.00
16-8	0	0.00	100.00	2.24	0.09	99.91	99.95
8-4	2.95	0.11	99.89	704.87	29.58	70.42	83.68
4-2	478.58	17.35	82.65	1675.34	99.67	0.33	37.38
2-1	824.08	47.04	52.96	3.01	99.79	0.21	23.95
1-0.5	81.62	49.98	50.02	0.11	99.80	0.20	22.62
0.5-0.25	719.2	75.89	24.11	4.84	100.00	0.00	10.85
-0.25	669.18	100.00	0	0.00	100.00	0.00	0.00
Toplam	2775.61			2390.41			
					İncelik Modülü		3.22
Beton Karışım Dizaynı				Karışım Granülometresi			
Malzeme		kg/m ³	%				
Çimento		400.00	17.73				
Agrega	0-3 mm(% 45)	741.00	32.84				
	3-7 mm(% 55)	906.40	40.17				
Su		192.00	8.51				
Katkı (Glenium T90)		8.00	0.35				
Fiber		9.00	0.40				
Toplam		2256.40					
% Bağlayıcı		17.73					
Su/Çimento		0.48					
Slump		21.00					

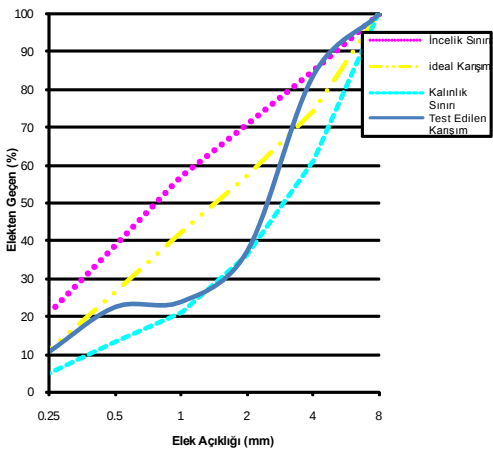
BETON KARIŞIMI ARAŞTIRMA DENEYLERİ							
Karışım Hazırlanma Tarihi	08.07.2008						
Karışımın Niteliği	Shotcrete malzemesi (Sht 27)						
Kullanılan Malzeme	Kireçtaşı						
Kalıp Sayısı	6						
Kalıp Boyutları	Boy (cm)	En (cm)	Yükseklik (cm)				
	15	15	15				
Gradasyon							
	0-7 mm						KARIŞIM
Elek Açıklığı (mm)	Elekte Kalan (gr)	Toplamalı Kalan (%)	Toplamalı Geçen (%)				Toplamalı Geçen (%)
63-32	0	0.00	100.00	İdeal Karışım Granulasyonu Uygulanmıştır			100.00
32-16	0	0.00	100.00				100.00
16-8	0	0.00	100.00				100.00
8-4	10712	24.24	75.76				75.76
4-2	7004	40.08	59.92				59.92
2-1	6180	54.06	45.94				45.94
1-0.5	6592	68.98	31.02				31.02
0.5-0.25	9180	89.75	10.25				10.25
-0.25	4532	100.00	0				0.00
Toplam	44200						
					İncelik Modülü		2.77
Beton Karışım Dizaynı				Karışım Granülometresi			
Malzeme	kg/m ³	%					
Çimento	400.00	17.74					
Agrega	1650.00	73.19					
Su	192.00	8.52					
Katkı (Glenium T90)	8.00	0.35					
Fiber	4.50	0.20					
Toplam	2254.50						
% Bağlayıcı	17.74						
Su/Çimento	0.48						
Slump	3.00						
Dayanım Testleri							
		7 günlük			28 Günlük		
Kalıp Beton Ağırlığı	gr	7420	7260	7380	6920	6925	6880
Kalıp Beton Hacmi	cm ³	3375	3375	3375	3375	3375	3375
Birim Hacim Ağırlığı	gr/cm ³	2.20	2.15	2.19	2.05	2.05	2.04
Kırılma Yüğü	kgf	50070	56560	48520	58300	56450	60100
Basınç Dayanımı	kgf/cm2	222.53	251.38	215.64	259.11	250.89	267.11
Basınç Dayanımı	Mpa	22.25	25.14	21.56	25.91	25.09	26.71
Ortalama	Mpa	22.99			25.90		

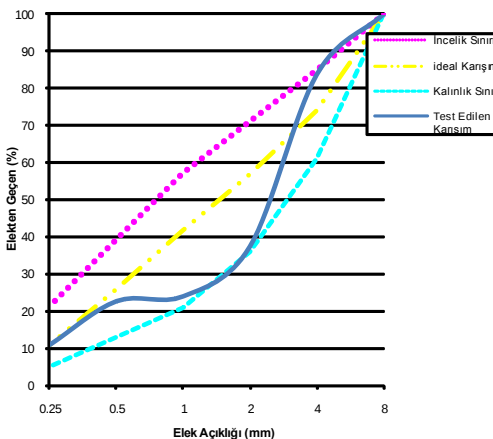
BETON KARIŞIMI ARAŞTIRMA DENEYLERİ							
Karışım Hazırlanma Tarihi	08.07.2008						
Karışımın Niteliği	Shotcrete malzemesi (Sht 28)						
Kullanılan Malzeme	Kireçtaşı						
Kalıp Sayısı	6						
Kalıp Boyutları	Boy (cm)	En (cm)	Yükseklik (cm)				
	15	15	15				
Gradasyon							
	0-7 mm						KARIŞIM
Elek Açıklığı (mm)	Elekte Kalan (gr)	Toplamalı Kalan (%)	Toplamalı Geçen (%)				Toplamalı Geçen (%)
63-32	0	0.00	100.00	İdeal Karışım Granulasyonu Uygulanmıştır			100.00
32-16	0	0.00	100.00				100.00
16-8	0	0.00	100.00				100.00
8-4	10712	24.24	75.76				75.76
4-2	7004	40.08	59.92				59.92
2-1	6180	54.06	45.94				45.94
1-0.5	6592	68.98	31.02				31.02
0.5-0.25	9180	89.75	10.25				10.25
-0.25	4532	100.00	0				0.00
Toplam	44200						
					İncelik Modülü		2.77
Beton Karışım Dizaynı				Karışım Granülometresi			
Malzeme	kg/m ³	%					
Çimento	350.00	15.88					
Agrega	1650.00	74.85					
Su	192.00	8.71					
Katkı (Glenium T90)	8.00	0.36					
Fiber	4.50	0.20					
Toplam	2204.50						
% Bağlayıcı	15.88						
Su/Çimento	0.55						
Slump	3.50						
Dayanım Testleri							
		7 günlük			28 Günlük		
Kalıp Beton Ağırlığı	gr	7440	7360	7400	7260	7240	7245
Kalıp Beton Hacmi	cm ³	3375	3375	3375	3375	3375	3375
Birim Hacim Ağırlığı	gr/cm ³	2.20	2.18	2.19	2.15	2.15	2.15
Kırılma Yüğü	kgf	57270	54840	55700	70970	70850	71200
Basınç Dayanımı	kgf/cm2	254.53	243.73	247.56	315.42	314.89	316.44
Basınç Dayanımı	Mpa	25.45	24.37	24.76	31.54	31.49	31.64
Ortalama	Mpa	24.86			31.56		

BETON KARIŞIMI ARAŞTIRMA DENEYLERİ							
Karışım Hazırlanma Tarihi	09.07.2008						
Karışımın Niteliği	Shotcrete malzemesi (Sht 29)						
Kullanılan Malzeme	Kireçtaşı						
Kalıp Sayısı	6						
Kalıp Boyutları	Boy (cm)	En (cm)	Yükseklik (cm)				
	15	15	15				
Gradasyon							
	0-3 mm			3-7 mm			KARIŞIM
Elek Açıklığı (mm)	Elekte Kalan (gr)	Toplamalı Kalan (%)	Toplamalı Geçen (%)	Elekte Kalan (gr)	Toplamalı Kalan (%)	Toplamalı Geçen (%)	Toplamalı Geçen (%)
63-32	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100.00
32-16	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100.00
16-8	0	0.00	100.00	2.24	0.09	99.91	99.95
8-4	2.95	0.11	99.89	704.87	29.58	70.42	83.68
4-2	478.58	17.35	82.65	1675.34	99.67	0.33	37.38
2-1	824.08	47.04	52.96	3.01	99.79	0.21	23.95
1-0.5	81.62	49.98	50.02	0.11	99.80	0.20	22.62
0.5-0.25	719.2	75.89	24.11	4.84	100.00	0.00	10.85
-0.25	669.18	100.00	0	0.00	100.00	0.00	0.00
Toplam	2775.61			2390.41			
					İncelik Modülü		3.22
Beton Karışım Dizaynı				Karışım Granülometresi			
Malzeme		kg/m ³	%				
Çimento		325.00	15.20				
Agrega	0-3 mm(% 45)	741.00	34.65				
	3-7 mm(% 55)	906.40	42.39				
Su		155.00	7.25				
Katkı (Glenium T90)		6.50	0.30				
Fiber		4.50	0.21				
Toplam		2138.40					
% Bağlayıcı		15.20					
Su/Çimento		0.48					
Slump		8.50					

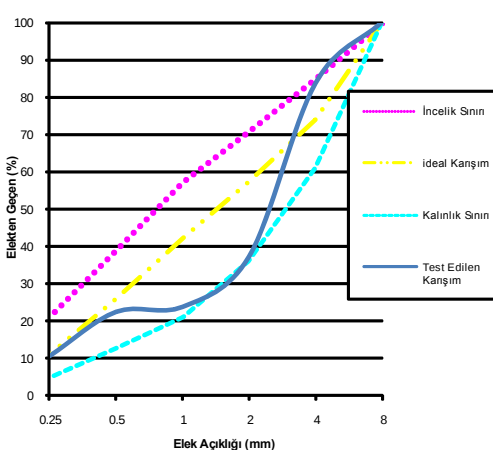
BETON KARIŞIMI ARAŞTIRMA DENEYLERİ							
Karışım Hazırlanma Tarihi	11.07.2008						
Karışımın Niteliği	Shotcrete malzemesi (Sht 30)						
Kullanılan Malzeme	Kireçtaşı						
Kalıp Sayısı	6						
Kalıp Boyutları	Boy (cm)	En (cm)	Yükseklik (cm)				
	15	15	15				
Gradasyon							
	0-3 mm			3-7 mm			KARIŞIM
Elek Açıklığı (mm)	Elekte Kalan (gr)	Toplamalı Kalan (%)	Toplamalı Geçen (%)	Elekte Kalan (gr)	Toplamalı Kalan (%)	Toplamalı Geçen (%)	Toplamalı Geçen (%)
63-32	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100.00
32-16	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100.00
16-8	0	0.00	100.00	2.24	0.09	99.91	99.95
8-4	2.95	0.11	99.89	704.87	29.58	70.42	83.68
4-2	478.58	17.35	82.65	1675.34	99.67	0.33	37.38
2-1	824.08	47.04	52.96	3.01	99.79	0.21	23.95
1-0.5	81.62	49.98	50.02	0.11	99.80	0.20	22.62
0.5-0.25	719.2	75.89	24.11	4.84	100.00	0.00	10.85
-0.25	669.18	100.00	0	0.00	100.00	0.00	0.00
Toplam	2775.61			2390.41			
					İncelik Modülü		3.22
Beton Karışım Dizaynı				Karışım Granülometresi			
Malzeme		kg/m ³	%				
Çimento		350.00	15.77				
Agrega	0-3 mm(% 45)	741.00	33.38				
	3-7 mm(% 55)	906.40	40.83				
Su		210.00	9.46				
Katkı (Glenium T90)		8.00	0.36				
Fiber		4.60	0.21				
Toplam		2220.00					
% Bağlayıcı		15.77					
Su/Çimento		0.60					
Slump		22.50					
Dayanım Testleri							
		7 günlük			28 Günlük		
Kalıp Beton Ağırlığı	gr	7220	7180	7200	7100	7120	7080
Kalıp Beton Hacmi	cm ³	3375	3375	3375	3375	3375	3375
Birim Hacim Ağırlığı	gr/cm ³	2.14	2.13	2.13	2.10	2.11	2.10
Kırılma Yüğü	kgf	43250	40930	42120	58690	56440	60920
Basınç Dayanımı	kgf/cm2	192.22	181.91	187.20	260.84	250.84	270.76
Basınç Dayanımı	Mpa	19.22	18.19	18.72	26.08	25.08	27.08
Ortalama	Mpa	18.71			26.08		

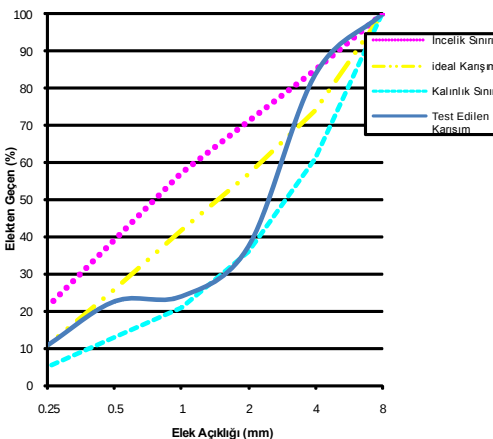
BETON KARIŞIMI ARAŞTIRMA DENEYLERİ							
Karışım Hazırlanma Tarihi	14.07.2008						
Karışımın Niteliği	Shotcrete malzemesi (Sht 31)						
Kullanılan Malzeme	Kireçtaşı						
Kalıp Sayısı	6						
Kalıp Boyutları	Boy (cm)	En (cm)	Yükseklik (cm)				
	15	15	15				
Gradasyon							
	0-3 mm			3-7 mm			KARIŞIM
Elek Açıklığı (mm)	Elekte Kalan (gr)	Toplamalı Kalan (%)	Toplamalı Geçen (%)	Elekte Kalan (gr)	Toplamalı Kalan (%)	Toplamalı Geçen (%)	Toplamalı Geçen (%)
63-32	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100.00
32-16	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100.00
16-8	0	0.00	100.00	2.24	0.09	99.91	99.95
8-4	2.95	0.11	99.89	704.87	29.58	70.42	83.68
4-2	478.58	17.35	82.65	1675.34	99.67	0.33	37.38
2-1	824.08	47.04	52.96	3.01	99.79	0.21	23.95
1-0.5	81.62	49.98	50.02	0.11	99.80	0.20	22.62
0.5-0.25	719.2	75.89	24.11	4.84	100.00	0.00	10.85
-0.25	669.18	100.00	0	0.00	100.00	0.00	0.00
Toplam	2775.61			2390.41			
					İncelik Modülü		3.22
Beton Karışım Dizaynı				Karışım Granülometresi			
Malzeme		kg/m ³	%				
Çimento		350.00	15.79				
Agrega	0-3 mm(% 45)	741.00	33.43				
	3-7 mm(% 55)	906.40	40.89				
Su		210.00	9.47				
Katkı (Glenium T90)		4.50	0.20				
Fiber		4.60	0.21				
Toplam		2216.50					
% Bağlayıcı		15.79					
Su/Çimento		0.60					
Slump		8.00					

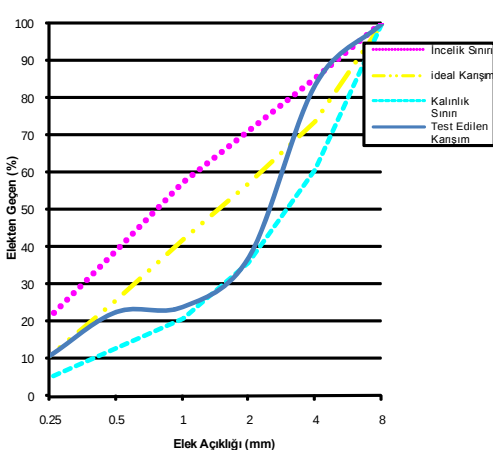
BETON KARIŞIMI ARAŞTIRMA DENEYLERİ							
Karışım Hazırlanma Tarihi	14.07.2008						
Karışımın Niteliği	Shotcrete malzemesi (Sht 32)						
Kullanılan Malzeme	Kireçtaşı						
Kalıp Sayısı	6						
Kalıp Boyutları	Boy (cm)	En (cm)	Yükseklik (cm)				
	15	15	15				
Gradasyon							
	0-3 mm			3-7 mm			KARIŞIM
Elek Açıklığı (mm)	Elekte Kalan (gr)	Toplamalı Kalan (%)	Toplamalı Geçen (%)	Elekte Kalan (gr)	Toplamalı Kalan (%)	Toplamalı Geçen (%)	Toplamalı Geçen (%)
63-32	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100.00
32-16	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100.00
16-8	0	0.00	100.00	2.24	0.09	99.91	99.95
8-4	2.95	0.11	99.89	704.87	29.58	70.42	83.68
4-2	478.58	17.35	82.65	1675.34	99.67	0.33	37.38
2-1	824.08	47.04	52.96	3.01	99.79	0.21	23.95
1-0.5	81.62	49.98	50.02	0.11	99.80	0.20	22.62
0.5-0.25	719.2	75.89	24.11	4.84	100.00	0.00	10.85
-0.25	669.18	100.00	0	0.00	100.00	0.00	0.00
Toplam	2775.61			2390.41			
					İncelik Modülü		3.22
Beton Karışım Dizaynı				Karışım Granülometresi			
Malzeme		kg/m ³	%				
Çimento		350.00	15.80				
Agrega	0-3 mm(% 45)	741.00	33.45				
	3-7 mm(% 55)	906.40	40.91				
Su		210.00	9.48				
Katkı (Glenium T90)		3.50	0.16				
Fiber		4.60	0.21				
Toplam		2215.50					
% Bağlayıcı		15.80					
Su/Çimento		0.60					
Slump		8.50					

BETON KARIŞIMI ARAŞTIRMA DENEYLERİ							
Karışım Hazırlanma Tarihi	14.07.2008						
Karışımın Niteliği	Shotcrete malzemesi (Sht 33)						
Kullanılan Malzeme	Kireçtaşı						
Kalıp Sayısı	3						
Kalıp Boyutları	Boy (cm)	En (cm)	Yükseklik (cm)				
	15	15	15				
Gradasyon							
	0-3 mm			3-7 mm			KARIŞIM
Elek Açıklığı (mm)	Elekte Kalan (gr)	Toplamalı Kalan (%)	Toplamalı Geçen (%)	Elekte Kalan (gr)	Toplamalı Kalan (%)	Toplamalı Geçen (%)	Toplamalı Geçen (%)
63-32	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100.00
32-16	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100.00
16-8	0	0.00	100.00	2.24	0.09	99.91	99.95
8-4	2.95	0.11	99.89	704.87	29.58	70.42	83.68
4-2	478.58	17.35	82.65	1675.34	99.67	0.33	37.38
2-1	824.08	47.04	52.96	3.01	99.79	0.21	23.95
1-0.5	81.62	49.98	50.02	0.11	99.80	0.20	22.62
0.5-0.25	719.2	75.89	24.11	4.84	100.00	0.00	10.85
-0.25	669.18	100.00	0	0.00	100.00	0.00	0.00
Toplam	2775.61			2390.41			
					İncelik Modülü		3.22
Beton Karışım Dizaynı				Karışım Granülometresi			
Malzeme		kg/m ³	%				
Çimento		375.00	16.63				
Agrega	0-3 mm(% 45)	741.00	32.85				
	3-7 mm(% 55)	906.40	40.19				
Su		225.00	9.98				
Katkı (Glenium T90)		3.50	0.16				
Fiber		4.60	0.20				
Toplam		2255.50					
% Bağlayıcı		16.63					
Su/Çimento		0.60					
Slump		9.00					
Dayanım Testleri							
		7 günlük			28 Günlük		
Kalıp Beton Ağırlığı	gr	7480	7440	7440	7400	7420	7420
Kalıp Beton Hacmi	cm ³	3375	3375	3375	3375	3375	3375
Birim Hacim Ağırlığı	gr/cm ³	2.22	2.20	2.20	2.19	2.20	2.20
Kırılma Yüğü	kgf	49890	47830	48860	59890	58550	59980
Basınç Dayanımı	kgf/cm2	221.73	212.58	217.16	266.18	260.22	266.58
Basınç Dayanımı	Mpa	22.17	21.26	21.72	26.62	26.02	26.66
Ortalama	Mpa	21.72			26.43		

BETON KARIŞIMI ARAŞTIRMA DENEYLERİ							
Karışım Hazırlanma Tarihi	15.07.2008						
Karışımın Niteliği	Shotcrete malzemesi (Sht 34)						
Kullanılan Malzeme	Kireçtaşı						
Kalıp Sayısı	6						
Kalıp Boyutları	Boy (cm)	En (cm)	Yükseklik (cm)				
	15	15	15				
Gradasyon							
	0-3 mm			3-7 mm			KARIŞIM
Elek Açıklığı (mm)	Elekte Kalan (gr)	Toplamalı Kalan (%)	Toplamalı Geçen (%)	Elekte Kalan (gr)	Toplamalı Kalan (%)	Toplamalı Geçen (%)	Toplamalı Geçen (%)
63-32	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100.00
32-16	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100.00
16-8	0	0.00	100.00	2.24	0.09	99.91	99.95
8-4	2.95	0.11	99.89	704.87	29.58	70.42	83.68
4-2	478.58	17.35	82.65	1675.34	99.67	0.33	37.38
2-1	824.08	47.04	52.96	3.01	99.79	0.21	23.95
1-0.5	81.62	49.98	50.02	0.11	99.80	0.20	22.62
0.5-0.25	719.2	75.89	24.11	4.84	100.00	0.00	10.85
-0.25	669.18	100.00	0	0.00	100.00	0.00	0.00
Toplam	2775.61			2390.41			
					İncelik Modülü		3.22
Beton Karışım Dizaynı				Karışım Granülometresi			
Malzeme		kg/m ³	%				
Çimento		375.00	16.62				
Agrega	0-3 mm(% 45)	741.00	32.84				
	3-7 mm(% 55)	906.40	40.17				
Su		225.00	9.97				
Katkı (Glenium T90)		4.50	0.20				
Fiber		4.60	0.20				
Toplam		2256.50					
% Bağlayıcı		16.62					
Su/Çimento		0.60					
Slump		17.00					

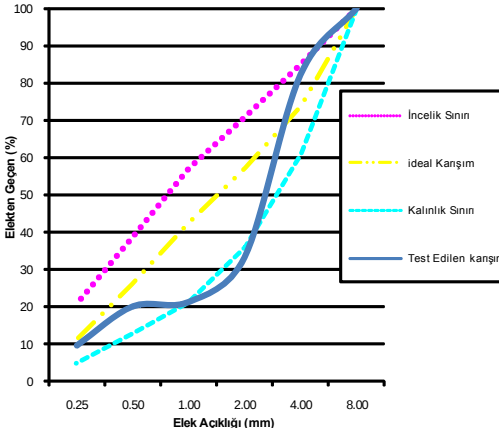
BETON KARIŞIMI ARAŞTIRMA DENEYLERİ							
Karışım Hazırlanma Tarihi	15.07.2008						
Karışımın Niteliği	Shotcrete malzemesi (Sht 35)						
Kullanılan Malzeme	Kireçtaşı						
Kalıp Sayısı	6						
Kalıp Boyutları	Boy (cm)	En (cm)	Yükseklik (cm)				
	15	15	15				
Gradasyon							
	0-3 mm			3-7 mm			KARIŞIM
Elek Açıklığı (mm)	Elekte Kalan (gr)	Toplamalı Kalan (%)	Toplamalı Geçen (%)	Elekte Kalan (gr)	Toplamalı Kalan (%)	Toplamalı Geçen (%)	Toplamalı Geçen (%)
63-32	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100.00
32-16	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100.00
16-8	0	0.00	100.00	2.24	0.09	99.91	99.95
8-4	2.95	0.11	99.89	704.87	29.58	70.42	83.68
4-2	478.58	17.35	82.65	1675.34	99.67	0.33	37.38
2-1	824.08	47.04	52.96	3.01	99.79	0.21	23.95
1-0.5	81.62	49.98	50.02	0.11	99.80	0.20	22.62
0.5-0.25	719.2	75.89	24.11	4.84	100.00	0.00	10.85
-0.25	669.18	100.00	0	0.00	100.00	0.00	0.00
Toplam	2775.61			2390.41			
					İncelik Modülü		3.22
Beton Karışım Dizaynı				Karışım Granülometresi			
Malzeme		kg/m ³	%				
Çimento		375.00	16.59				
Agrega	0-3 mm(% 45)	741.00	32.79				
	3-7 mm(% 55)	906.40	40.11				
Su		225.00	9.96				
Katkı (Glenium T90)		8.00	0.35				
Fiber		4.60	0.20				
Toplam		2260.00					
% Bağlayıcı		16.59					
Su/Çimento		0.60					
Slump		22.50					

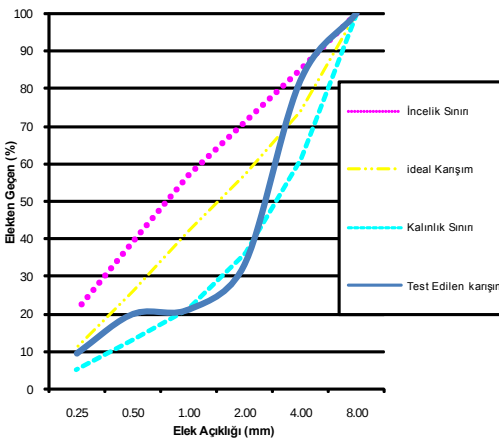
BETON KARIŞIMI ARAŞTIRMA DENEYLERİ							
Karışım Hazırlanma Tarihi	16.07.2008						
Karışımın Niteliği	Shotcrete malzemesi (Sht 36)						
Kullanılan Malzeme	Kireçtaşı						
Kalıp Sayısı	6						
Kalıp Boyutları	Boy (cm)	En (cm)	Yükseklik (cm)				
	15	15	15				
Gradasyon							
	0-3 mm			3-7 mm			KARIŞIM
Elek Açıklığı (mm)	Elekte Kalan (gr)	Toplamalı Kalan (%)	Toplamalı Geçen (%)	Elekte Kalan (gr)	Toplamalı Kalan (%)	Toplamalı Geçen (%)	Toplamalı Geçen (%)
63-32	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100.00
32-16	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100.00
16-8	0	0.00	100.00	2.24	0.09	99.91	99.95
8-4	2.95	0.11	99.89	704.87	29.58	70.42	83.68
4-2	478.58	17.35	82.65	1675.34	99.67	0.33	37.38
2-1	824.08	47.04	52.96	3.01	99.79	0.21	23.95
1-0.5	81.62	49.98	50.02	0.11	99.80	0.20	22.62
0.5-0.25	719.2	75.89	24.11	4.84	100.00	0.00	10.85
-0.25	669.18	100.00	0	0.00	100.00	0.00	0.00
Toplam	2775.61			2390.41			
					İncelik Modülü		3.22
Beton Karışım Dizaynı				Karışım Granülometresi			
Malzeme		kg/m ³	%				
Çimento		400.00	17.43				
Agrega	0-3 mm(% 45)	741.00	32.28				
	3-7 mm(% 55)	906.40	39.49				
Su		240.00	10.46				
Katkı (Glenium T90)		3.50	0.15				
Fiber		4.60	0.20				
Toplam		2295.50					
% Bağlayıcı		17.43					
Su/Çimento		0.60					
Slump		21.00					

BETON KARIŞIMI ARAŞTIRMA DENEYLERİ							
Karışım Hazırlanma Tarihi	16.07.2008						
Karışımın Niteliği	Shotcrete malzemesi (Sht 37)						
Kullanılan Malzeme	Kireçtaşı						
Kalıp Sayısı	6						
Kalıp Boyutları	Boy (cm)	En (cm)	Yükseklik (cm)				
	15	15	15				
Gradasyon							
	0-3 mm			3-7 mm			KARIŞIM
Elek Açıklığı (mm)	Elekte Kalan (gr)	Toplamalı Kalan (%)	Toplamalı Geçen (%)	Elekte Kalan (gr)	Toplamalı Kalan (%)	Toplamalı Geçen (%)	Toplamalı Geçen (%)
63-32	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100.00
32-16	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100.00
16-8	0	0.00	100.00	2.24	0.09	99.91	99.95
8-4	2.95	0.11	99.89	704.87	29.58	70.42	83.68
4-2	478.58	17.35	82.65	1675.34	99.67	0.33	37.38
2-1	824.08	47.04	52.96	3.01	99.79	0.21	23.95
1-0.5	81.62	49.98	50.02	0.11	99.80	0.20	22.62
0.5-0.25	719.2	75.89	24.11	4.84	100.00	0.00	10.85
-0.25	669.18	100.00	0	0.00	100.00	0.00	0.00
Toplam	2775.61			2390.41			
					İncelik Modülü		3.22
Beton Karışım Dizaynı				Karışım Granülometresi			
Malzeme		kg/m ³	%				
Çimento		400.00	17.42				
Agrega	0-3 mm(% 45)	741.00	32.27				
	3-7 mm(% 55)	906.40	39.47				
Su		240.00	10.45				
Katkı (Glenium T90)		4.50	0.20				
Fiber		4.60	0.20				
Toplam		2296.50					
% Bağlayıcı		17.42					
Su/Çimento		0.60					
Slump		22.50					

BETON KARIŞIMI ARAŞTIRMA DENEYLERİ							
Karışım Hazırlanma Tarihi	18.07.2008						
Karışımın Niteliği	Shotcrete malzemesi (Sht 38)						
Kullanılan Malzeme	Kireçtaşı						
Kalıp Sayısı	6						
Kalıp Boyutları	Boy (cm)	En (cm)	Yükseklik (cm)				
	15	15	15				
Gradasyon							
	0-3 mm			3-7 mm			KARIŞIM
Elek Açıklığı (mm)	Elekte Kalan (gr)	Toplamalı Kalan (%)	Toplamalı Geçen (%)	Elekte Kalan (gr)	Toplamalı Kalan (%)	Toplamalı Geçen (%)	Toplamalı Geçen (%)
63-32	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100.00
32-16	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100.00
16-8	0	0.00	100.00	2.24	0.09	99.91	99.95
8-4	2.95	0.11	99.89	704.87	29.58	70.42	83.68
4-2	478.58	17.35	82.65	1675.34	99.67	0.33	37.38
2-1	824.08	47.04	52.96	3.01	99.79	0.21	23.95
1-0.5	81.62	49.98	50.02	0.11	99.80	0.20	22.62
0.5-0.25	719.2	75.89	24.11	4.84	100.00	0.00	10.85
-0.25	669.18	100.00	0	0.00	100.00	0.00	0.00
Toplam	2775.61			2390.41			
					İncelik Modülü		3.22
Beton Karışım Dizaynı				Karışım Granülometresi			
Malzeme		kg/m ³	%				
Çimento		400.00	17.39				
Agrega	0-3 mm(% 45)	741.00	32.22				
	3-7 mm(% 55)	906.40	39.41				
Su		240.00	10.43				
Katkı (Glenium T90)		8.00	0.35				
Fiber		4.60	0.20				
Toplam		2300.00					
% Bağlayıcı		17.39					
Su/Çimento		0.60					
Slump		27.00					
Dayanım Testleri							
		7 günlük			28 Günlük		
Kalıp Beton Ağırlığı	gr	7480	7440	7460	7380	7360	7360
Kalıp Beton Hacmi	cm ³	3375	3375	3375	3375	3375	3375
Birim Hacim Ağırlığı	gr/cm ³	2.22	2.20	2.21	2.19	2.18	2.18
Kırılma Yüğü	kgf	54080	53720	53820	58440	56580	59860
Basınç Dayanımı	kgf/cm2	240.36	238.76	239.20	259.73	251.47	266.04
Basınç Dayanımı	Mpa	24.04	23.88	23.92	25.97	25.15	26.60
Ortalama	Mpa	23.94			25.91		

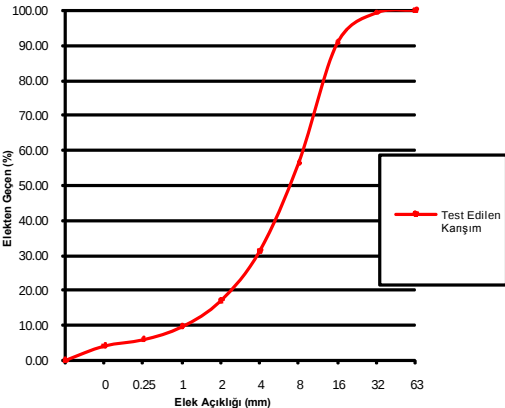
BETON KARIŞIMI ARAŞTIRMA DENEYLERİ							
Karışım Hazırlanma Tarihi	17.07.2008						
Karışımın Niteliği	Shotcrete malzemesi (Sht 39)						
Kullanılan Malzeme	Kireçtaşı						
Kalıp Sayısı	6						
Kalıp Boyutları	Boy (cm)	En (cm)	Yükseklik (cm)				
	15	15	15				
Gradasyon							
	0-3 mm			3-7 mm			KARIŞIM
Elek Açıklığı (mm)	Elekte Kalan (gr)	Toplamalı Kalan (%)	Toplamalı Geçen (%)	Elekte Kalan (gr)	Toplamalı Kalan (%)	Toplamalı Geçen (%)	Toplamalı Geçen (%)
63-32	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100.00
32-16	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100.00
16-8	0	0.00	100.00	2.24	0.09	99.91	99.94
8-4	2.95	0.11	99.89	704.87	29.58	70.42	82.21
4-2	478.58	17.35	82.65	1675.34	99.67	0.33	33.26
2-1	824.08	47.04	52.96	3.01	99.79	0.21	21.31
1-0.5	81.62	49.98	50.02	0.11	99.80	0.20	20.13
0.5-0.25	719.2	75.89	24.11	4.84	100.00	0.00	9.64
-0.25	669.18	100.00	0	0.00	100.00	0.00	0.00
Toplam	2775.61			2390.41			
					İncelik Modülü		3.34
Beton Karışım Dizaynı				Karışım Granülometresi			
Malzeme		kg/m ³	%				
Çimento		350.00	16.10				
Agrega	0-3 mm(% 40)	659.00	30.31				
	3-7 mm(% 60)	988.00	45.44				
Su		168.00	7.73				
Katkı (Glenium T90)		4.50	0.21				
Fiber		4.60	0.21				
Toplam		2174.10					
% Bağlayıcı		16.10					
Su/Çimento		0.48					
Slump		1.50					
Dayanım Testleri							
		7 günlük			28 Günlük		
Kalıp Beton Ağırlığı	gr	7900	7860	7920	7660	7680	7700
Kalıp Beton Hacmi	cm ³	3375	3375	3375	3375	3375	3375
Birim Hacim Ağırlığı	gr/cm ³	2.34	2.33	2.35	2.27	2.28	2.28
Kırılma Yüğü	kgf	64320	68200	64720	74940	78820	81520
Basınç Dayanımı	kgf/cm2	285.87	303.11	287.64	333.07	350.31	362.31
Basınç Dayanımı	Mpa	28.59	30.31	28.76	33.31	35.03	36.23
Ortalama	Mpa	29.22			34.86		

BETON KARIŞIMI ARAŞTIRMA DENEYLERİ							
Karışım Hazırlanma Tarihi	17.07.2008						
Karışımın Niteliği	Shotcrete malzemesi (Sht 40)						
Kullanılan Malzeme	Kireçtaşı						
Kalıp Sayısı	6						
Kalıp Boyutları	Boy (cm)	En (cm)	Yükseklik (cm)				
	15	15	15				
Gradasyon							
	0-3 mm			3-7 mm			KARIŞIM
Elek Açıklığı (mm)	Elekte Kalan (gr)	Toplamalı Kalan (%)	Toplamalı Geçen (%)	Elekte Kalan (gr)	Toplamalı Kalan (%)	Toplamalı Geçen (%)	Toplamalı Geçen (%)
63-32	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100.00
32-16	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100.00
16-8	0	0.00	100.00	2.24	0.09	99.91	99.94
8-4	2.95	0.11	99.89	704.87	29.58	70.42	82.21
4-2	478.58	17.35	82.65	1675.34	99.67	0.33	33.26
2-1	824.08	47.04	52.96	3.01	99.79	0.21	21.31
1-0.5	81.62	49.98	50.02	0.11	99.80	0.20	20.13
0.5-0.25	719.2	75.89	24.11	4.84	100.00	0.00	9.64
-0.25	669.18	100.00	0	0.00	100.00	0.00	0.00
Toplam	2775.61			2390.41			
					İncelik Modülü		3.34
Beton Karışım Dizaynı				Karışım Granülometresi			
Malzeme		kg/m ³	%				
Çimento		375.00	17.05				
Agrega	0-3 mm(% 40)	659.00	29.97				
	3-7 mm(% 60)	988.00	44.93				
Su		168.00	7.64				
Katkı (Glenium T90)		4.50	0.20				
Fiber		4.60	0.21				
Toplam		2199.10					
% Bağlayıcı		17.05					
Su/Çimento		0.45					
Slump		3.50					

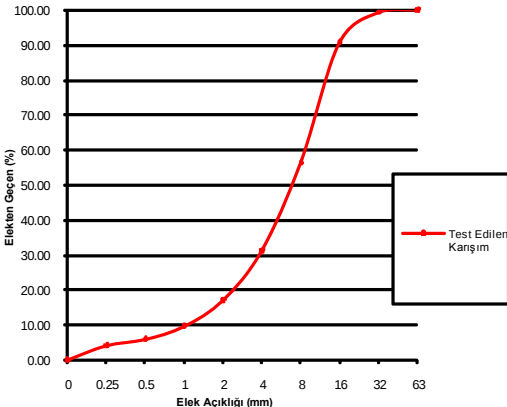
BETON KARIŞIMI ARAŞTIRMA DENEYLERİ							
Karışım Hazırlanma Tarihi	18.07.2008						
Karışımın Niteliği	Shotcrete malzemesi (Sht 41)						
Kullanılan Malzeme	Kireçtaşı						
Kalıp Sayısı	6						
Kalıp Boyutları	Boy (cm)	En (cm)	Yükseklik (cm)				
	15	15	15				
Gradasyon							
	0-3 mm			3-7 mm			KARIŞIM
Elek Açıklığı (mm)	Elekte Kalan (gr)	Toplamalı Kalan (%)	Toplamalı Geçen (%)	Elekte Kalan (gr)	Toplamalı Kalan (%)	Toplamalı Geçen (%)	Toplamalı Geçen (%)
63-32	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100.00
32-16	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100.00
16-8	0	0.00	100.00	2.24	0.09	99.91	99.94
8-4	2.95	0.11	99.89	704.87	29.58	70.42	82.21
4-2	478.58	17.35	82.65	1675.34	99.67	0.33	33.26
2-1	824.08	47.04	52.96	3.01	99.79	0.21	21.31
1-0.5	81.62	49.98	50.02	0.11	99.80	0.20	20.13
0.5-0.25	719.2	75.89	24.11	4.84	100.00	0.00	9.64
-0.25	669.18	100.00	0	0.00	100.00	0.00	0.00
Toplam	2775.61			2390.41			
					İncelik Modülü		3.34
Beton Karışım Dizaynı				Karışım Granülometresi			
Malzeme		kg/m ³	%				
Çimento		400.00	17.98				
Agrega	0-3 mm(% 40)	659.00	29.63				
	3-7 mm(% 60)	988.00	44.42				
Su		168.00	7.55				
Katkı (Glenium T90)		4.50	0.20				
Fiber		4.60	0.21				
Toplam		2224.10					
% Bağlayıcı		17.98					
Su/Çimento		0.42					
Slump		1.50					

BETON KARIŞIMI ARAŞTIRMA DENEYLERİ							
Karışım Hazırlanma Tarihi	22.07.2008						
Karışımın Niteliği	Shotcrete malzemesi (Sht 42)						
Kullanılan Malzeme	Kireçtaşı						
Kalıp Sayısı	6						
Kalıp Boyutları	Boy (cm)	En (cm)	Yükseklik (cm)				
	15	15	15				
Gradasyon							
	0-3 mm			3-7 mm			KARIŞIM
Elek Açıklığı (mm)	Elekte Kalan (gr)	Toplamalı Kalan (%)	Toplamalı Geçen (%)	Elekte Kalan (gr)	Toplamalı Kalan (%)	Toplamalı Geçen (%)	Toplamalı Geçen (%)
63-32	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100.00
32-16	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100.00
16-8	0	0.00	100.00	2.24	0.09	99.91	99.95
8-4	2.95	0.11	99.89	704.87	29.58	70.42	83.68
4-2	478.58	17.35	82.65	1675.34	99.67	0.33	37.38
2-1	824.08	47.04	52.96	3.01	99.79	0.21	23.95
1-0.5	81.62	49.98	50.02	0.11	99.80	0.20	22.62
0.5-0.25	719.2	75.89	24.11	4.84	100.00	0.00	10.85
-0.25	669.18	100.00	0	0.00	100.00	0.00	0.00
Toplam	2775.61			2390.41			
					İncelik Modülü		3.22
Beton Karışım Dizaynı				Karışım Granülometresi			
Malzeme		kg/m³	%				
Çimento		450.00	20.68				
Agrega	0-3 mm(% 55)	850.00	39.07				
	3-7 mm(% 45)	650.00	29.88				
Su		215.00	9.88				
Katkı (Glenium T90)		6.00	0.28				
Fiber		4.50	0.21				
Toplam		2175.50					
% Bağlayıcı		20.68					
Su/Çimento		0.48					
Slump		24.50					
Dayanım Testleri							
		7 günlük			28 Günlük		
Kalıp Beton Ağırlığı	gr	7400	7460	7440	7450	7440	7460
Kalıp Beton Hacmi	cm³	3375	3375	3375	3375	3375	3375
Birim Hacim Ağırlığı	gr/cm³	2.19	2.21	2.20	2.21	2.20	2.21
Kırılma Yüğü	kgf	61830	63880	64830	80100	77640	78800
Basınç Dayanımı	kgf/cm2	274.80	283.91	288.13	356.00	345.07	350.22
Basınç Dayanımı	Mpa	27.48	28.39	28.81	35.60	34.51	35.02
Ortalama	Mpa	28.23			35.04		

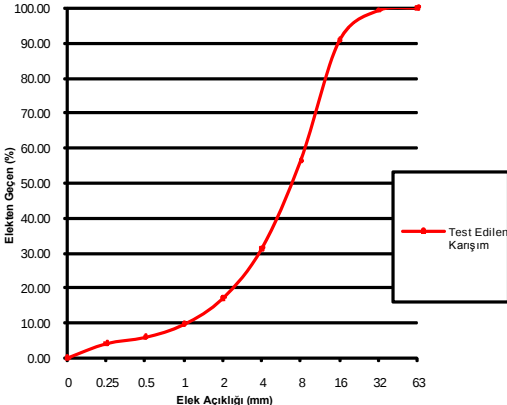
Dolgu İçin Hazırlanan Karışımlar

BETON KARIŞIMI ARAŞTIRMA DENEYLERİ							
Karışım Hazırlanma Tarihi	07.01.2009						
Karışımın Niteliği	Dolgu 2						
Kullanılan Malzeme	Kireçtaşı						
Kalıp Sayısı	6						
Kalıp Boyutları	Boy (cm)	En (cm)	Yükseklik (cm)	Test Edilen Karışım 			
	20	20	20				
	Tane Dağılımı						
Elek Açıklığı (mm)	Elekte Kalan (gr)	Toplamalı Kalan (%)	Toplamalı Geçen (%)				
+63	0	0.00	100.00				
63-32	147.48	0.75	99.25				
32-16	1683.44	9.26	90.74				
16-8	6804.31	43.67	56.33				
8-4	4962.91	68.77	31.23				
4-2	2804.24	82.95	17.05				
2-1	1472.13	90.39	9.61				
1-0.5	732.83	94.10	5.90				
0.5-0.25	347.00	95.86	4.14				
-0.25	819.45	100.00	0				
Toplam	19773.79						
Beton Karışım Dizaynı							
Malzeme	kg	%					
Çimento	5.58	8.00					
Agrega	60.00	86.02					
Su	4.17	5.98					
Toplam	69.75						
Su/Çimento	0.75						
Dayanım Testleri							
		7 günlük			28 Günlük		
Kalıp Beton Ağırlığı	gr	17360	17140	17260	16700	16760	16800
Kalıp Beton Hacmi	cm³	8000	8000	8000	8000	8000	8000
Birim Hacim Ağırlığı	gr/cm³	2.17	2.14	2.16	2.09	2.10	2.10
Kırılma Yüğü	kgf	41340	43390	42365	71870	76000	80150
Alan	cm²	400	400	400	400	400	400
Basınç Dayanımı	kgf/cm2	103.35	108.48	105.91	179.68	190.00	200.38
Basınç Dayanımı	Mpa	10.34	10.85	10.59	17.97	19.00	20.04
Ortalama	Mpa	10.59			19.00		

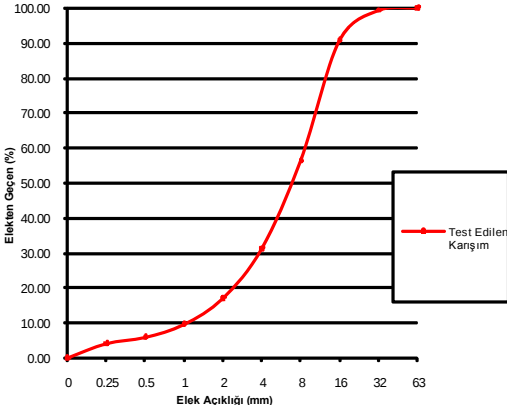
BETON KARIŞIMI ARAŞTIRMA DENEYLERİ							
Karışım Hazırlanma Tarihi	07.01.2009						
Karışımın Niteliği	Dolgu 2						
Kullanılan Malzeme	Kireçtaşı						
Kalıp Sayısı	6						
Kalıp Boyutları	Boy (cm)	En (cm)	Yükseklik (cm)				
	20	20	20				
	Tane Dağılımı			Test Edilen Karışım Elektin Geçen (%) Elek Açıklığı (mm) Test Edilen Karışım			
Elek Açıklığı (mm)	Elekte Kalan (gr)	Toplamalı Kalan (%)	Toplamalı Geçen (%)				
+63	0	0.00	100.00				
63-32	147.48	0.75	99.25				
32-16	1683.44	9.26	90.74				
16-8	6804.31	43.67	56.33				
8-4	4962.91	68.77	31.23				
4-2	2804.24	82.95	17.05				
2-1	1472.13	90.39	9.61				
1-0.5	732.83	94.10	5.90				
0.5-0.25	347.00	95.86	4.14				
-0.25	819.45	100.00	0				
Toplam	19773.79						
Beton Karışım Dizaynı							
Malzeme	kg	%					
Çimento	5.66	8.00					
Agrega	60.00	84.83					
Su	5.07	7.17					
Toplam	70.73						
Su/Çimento	0.90						
Dayanım Testleri							
		7 günlük			28 Günlük		
Kalıp Beton Ağırlığı	gr	17160	17120	17200	16720	16680	16720
Kalıp Beton Hacmi	cm ³	8000	8000	8000	8000	8000	8000
Birim Hacim Ağırlığı	gr/cm ³	2.15	2.14	2.15	2.09	2.09	2.09
Kırılma Yüğü	kgf	48340	51120	50800	76900	79800	80850
Alan	cm ²	400	400	400	400	400	400
Basınç Dayanımı	kgf/cm2	120.85	127.80	127.00	192.25	199.50	202.13
Basınç Dayanımı	Mpa	12.09	12.78	12.70	19.23	19.95	20.21
Ortalama	Mpa	12.52			19.80		

BETON KARIŞIMI ARAŞTIRMA DENEYLERİ							
Karışım Hazırlanma Tarihi	14.01.2009						
Karışımın Niteliği	Dolgu 2						
Kullanılan Malzeme	Kireçtaşı						
Kalp Sayısı	6						
Kalıp Boyutları	Boy (cm)	En (cm)	Yükseklik (cm)				
	20	20	20				
	Tane Dağılımı			Test Edilen Karışım 			
Elek Açıklığı (mm)	Elekte Kalan (gr)	Toplamalı Kalan (%)	Toplamalı Geçen (%)				
+63	0	0.00	100.00				
63-32	147.48	0.75	99.25				
32-16	1683.44	9.26	90.74				
16-8	6804.31	43.67	56.33				
8-4	4962.91	68.77	31.23				
4-2	2804.24	82.95	17.05				
2-1	1472.13	90.39	9.61				
1-0.5	732.83	94.10	5.90				
0.5-0.25	347.00	95.86	4.14				
-0.25	819.45	100.00	0				
Toplam	19773.79						
Beton Karışım Dizaynı							
Malzeme	kg	%					
Çimento	5.36	6.00					
Agrega	80.00	89.53					
Su	4.00	4.48					
Toplam	89.36						
Su/Çimento	0.75						
Dayanım Testleri							
		7 günlük			28 Günlük		
Kalıp Beton Ağırlığı	gr	15320	14920	15120	15420	15240	15300
Kalıp Beton Hacmi	cm ³	8000	8000	8000	8000	8000	8000
Birim Hacim Ağırlığı	gr/cm ³	1.92	1.87	1.89	1.93	1.91	1.91
Kırılma Yüğü	kgf	12660	11910	12285	21250	20510	20400
Alan	cm ²	400	400	400	400	400	400
Basınç Dayanımı	kgf/cm2	31.65	29.78	30.71	53.13	51.28	51.00
Basınç Dayanımı	Mpa	3.17	2.98	3.07	5.31	5.13	5.10
Ortalama	Mpa	3.07			5.18		

BETON KARIŞIMI ARAŞTIRMA DENEYLERİ																													
Karışım Hazırlanma Tarihi	14.01.2009																												
Karışımın Niteliği	Dolgu 2																												
Kullanılan Malzeme	Kireçtaşı																												
Kalıp Sayısı	6																												
Kalıp Boyutları	Boy (cm)	En (cm)	Yükseklik (cm)																										
	20	20	20																										
	Tane Dağılımı			Test Edilen Karışım <table><thead><tr><th>Elek Açıklığı (mm)</th><th>Elektin Geçen (%)</th></tr></thead><tbody><tr><td>0</td><td>0.00</td></tr><tr><td>0.25</td><td>0.00</td></tr><tr><td>0.5</td><td>0.00</td></tr><tr><td>1</td><td>0.00</td></tr><tr><td>2</td><td>0.00</td></tr><tr><td>4</td><td>0.75</td></tr><tr><td>8</td><td>9.26</td></tr><tr><td>16</td><td>43.67</td></tr><tr><td>32</td><td>68.77</td></tr><tr><td>63</td><td>100.00</td></tr></tbody></table>				Elek Açıklığı (mm)	Elektin Geçen (%)	0	0.00	0.25	0.00	0.5	0.00	1	0.00	2	0.00	4	0.75	8	9.26	16	43.67	32	68.77	63	100.00
Elek Açıklığı (mm)	Elektin Geçen (%)																												
0	0.00																												
0.25	0.00																												
0.5	0.00																												
1	0.00																												
2	0.00																												
4	0.75																												
8	9.26																												
16	43.67																												
32	68.77																												
63	100.00																												
Elek Açıklığı (mm)	Elekte Kalan (gr)	Toplamalı Kalan (%)	Toplamalı Geçen (%)																										
+63	0	0.00	100.00																										
63-32	147.48	0.75	99.25																										
32-16	1683.44	9.26	90.74																										
16-8	6804.31	43.67	56.33																										
8-4	4962.91	68.77	31.23																										
4-2	2804.24	82.95	17.05																										
2-1	1472.13	90.39	9.61																										
1-0.5	732.83	94.10	5.90																										
0.5-0.25	347.00	95.86	4.14																										
-0.25	819.45	100.00	0																										
Toplam	19773.79																												
Beton Karışım Dizaynı																													
Malzeme	kg	%																											
Çimento	5.42	6.00																											
Agrega	80.00	88.61																											
Su	4.86	5.38																											
Toplam	90.28																												
Su/Çimento	0.90																												
Dayanım Testleri																													
		7 günlük			28 Günlük																								
Kalıp Beton Ağırlığı	gr	15010	15100	15220	14820	14900	15100																						
Kalıp Beton Hacmi	cm ³	8000	8000	8000	8000	8000	8000																						
Birim Hacim Ağırlığı	gr/cm ³	1.88	1.89	1.90	1.85	1.86	1.89																						
Kırılma Yüğü	kgf	21660	25810	22400	27500	29100	31600																						
Alan	cm ²	400	400	400	400	400	400																						
Basınç Dayanımı	kgf/cm2	54.15	64.53	56.00	68.75	72.75	79.00																						
Basınç Dayanımı	Mpa	5.42	6.45	5.60	6.88	7.28	7.90																						
Ortalama	Mpa	5.82			7.35																								

BETON KARIŞIMI ARAŞTIRMA DENEYLERİ							
Karışım Hazırlanma Tarihi	22.01.2009						
Karışımın Niteliği	Dolgu 2						
Kullanılan Malzeme	Kireçtaşı						
Kalp Sayısı	6						
Kalıp Boyutları	Boy (cm)	En (cm)	Yükseklik (cm)				
	20	20	20				
	Tane Dağılımı			Test Edilen Karışım 			
Elek Açıklığı (mm)	Elekte Kalan (gr)	Toplamalı Kalan (%)	Toplamalı Geçen (%)				
+63	0	0.00	100.00				
63-32	147.48	0.75	99.25				
32-16	1683.44	9.26	90.74				
16-8	6804.31	43.67	56.33				
8-4	4962.91	68.77	31.23				
4-2	2804.24	82.95	17.05				
2-1	1472.13	90.39	9.61				
1-0.5	732.83	94.10	5.90				
0.5-0.25	347.00	95.86	4.14				
-0.25	819.45	100.00	0				
Toplam	19773.79						
Beton Karışım Dizaynı							
Malzeme		kg	%				
Çimento		5.03	6.00				
Agrega	İnce (%25)	18.75	22.37				
	İri (%75)	56.25	67.11				
Su		3.79	4.52				
Toplam		83.82					
Su/Çimento		0.75					
Dayanım Testleri							
		7 günlük			28 Günlük		
Kalp Beton Ağırlığı	gr	15420	14980	14820	14720	14840	14980
Kalp Beton Hacmi	cm ³	8000	8000	8000	8000	8000	8000
Birim Hacim Ağırlığı	gr/cm ³	1.93	1.87	1.85	1.84	1.86	1.87
Kırılma Yüğü	kgf	21260	26410	25080	33880	32710	36650
Alan	cm ²	400	400	400	400	400	400
Basınç Dayanımı	kgf/cm2	53.15	66.03	62.70	84.70	81.78	91.63
Basınç Dayanımı	Mpa	5.32	6.60	6.27	8.47	8.18	9.16
Ortalama	Mpa	6.06			8.60		

BETON KARIŞIMI ARAŞTIRMA DENEYLERİ								
Karışım Hazırlanma Tarihi	10.02.2009							
Karışımın Niteliği	Dolgu 2							
Kullanılan Malzeme	Kireçtaşı							
Kalp Sayısı	6							
Kalıp Boyutları	Boy (cm)	En (cm)	Yükseklik (cm)					
	20	20	20					
	Tane Dağılımı			Test Edilen Karışım Elektin Geçen (%) Elek Açıklığı (mm) Test Edilen Karışım				
Elek Açıklığı (mm)	Elekte Kalan (gr)	Toplamalı Kalan (%)	Toplamalı Geçen (%)					
+63	0	0.00	100.00					
63-32	147.48	0.75	99.25					
32-16	1683.44	9.26	90.74					
16-8	6804.31	43.67	56.33					
8-4	4962.91	68.77	31.23					
4-2	2804.24	82.95	17.05					
2-1	1472.13	90.39	9.61					
1-0.5	732.83	94.10	5.90					
0.5-0.25	347.00	95.86	4.14					
-0.25	819.45	100.00	0					
Toplam	19773.79							
Beton Karışım Dizaynı								
Malzeme		kg						%
Çimento		5.03						6.00
Agrega	İnce (%20)	15.00						17.90
	İri %(80)	60.00						71.58
Su		3.79						4.52
Toplam		83.82						
Su/Çimento		0.75						
Dayanım Testleri								
		7 günlük			28 Günlük			
Kalıp Beton Ağırlığı	gr	15420	15580	15480	15380	15240	14960	
Kalıp Beton Hacmi	cm ³	8000	8000	8000	8000	8000	8000	
Birim Hacim Ağırlığı	gr/cm ³	1.93	1.95	1.94	1.92	1.91	1.87	
Kırılma Yüğü	kgf	19120	18800	18120	18160	19470	21190	
Alan	cm ²	400	400	400	400	400	400	
Basınç Dayanımı	kgf/cm2	47.80	47.00	45.30	45.40	48.68	52.98	
Basınç Dayanımı	Mpa	4.78	4.70	4.53	4.54	4.87	5.30	
Ortalama	Mpa	4.67			4.90			

BETON KARIŞIMI ARAŞTIRMA DENEYLERİ								
Karışım Hazırlanma Tarihi	13.03.2009							
Karışımın Niteliği	Dolgu 2							
Kullanılan Malzeme	Kireçtaşı							
Kalp Sayısı	6							
Kalıp Boyutları	Boy (cm)	En (cm)	Yükseklik (cm)					
	20	20	20					
	Tane Dağılımı			Test Edilen Karışım 				
Elek Açıklığı (mm)	Elekte Kalan (gr)	Toplamalı Kalan (%)	Toplamalı Geçen (%)					
+63	0	0.00	100.00					
63-32	147.48	0.75	99.25					
32-16	1683.44	9.26	90.74					
16-8	6804.31	43.67	56.33					
8-4	4962.91	68.77	31.23					
4-2	2804.24	82.95	17.05					
2-1	1472.13	90.39	9.61					
1-0.5	732.83	94.10	5.90					
0.5-0.25	347.00	95.86	4.14					
-0.25	819.45	100.00	0					
Toplam	19773.79							
Beton Karışım Dizaynı								
Malzeme		kg						%
Çimento		5.03						6.00
Agrega	İnce (%30)	22.50						26.84
	İri %(70)	52.50						62.63
Su		3.79						4.52
Toplam		83.82						
Su/Çimento		0.75						
Dayanım Testleri								
		7 günlük			28 Günlük			
Kalp Beton Ağırlığı	gr	16040	15300	15800	15320	15640	15600	
Kalp Beton Hacmi	cm ³	8000	8000	8000	8000	8000	8000	
Birim Hacim Ağırlığı	gr/cm ³	2.01	1.91	1.98	1.92	1.96	1.95	
Kırılma Yüğü	kgf	21860	19850	21500	24630	31960	26700	
Alan	cm ²	400	400	400	400	400	400	
Basınç Dayanımı	kgf/cm2	54.65	49.63	53.75	61.58	79.90	66.75	
Basınç Dayanımı	Mpa	5.47	4.96	5.38	6.16	7.99	6.68	
Ortalama	Mpa	5.27			6.94			

BETON KARIŞIMI ARAŞTIRMA DENEYLERİ							
Karışım Hazırlanma Tarihi	20.02.2009						
Karışımın Niteliği	Dolgu 1						
Kullanılan Malzeme	Kireçtaşı						
Kalıp Sayısı	6						
Kalıp Boyutları	Boy (cm)	En (cm)	Yükseklik (cm)				
	20	20	20				
	Tane Dağılımı			Test Edilen Karışım Elekten Geçen (%) Elek Açıklığı (mm) Test Edilen Karışım			
Elek Açıklığı (mm)	Elekte Kalan (gr)	Toplamalı Kalan (%)	Toplamalı Geçen (%)				
+63	0	0.00	100.00				
63-32	0	0.00	100.00				
32-16	1034.56	8.60	91.40				
16-8	2167.00	26.63	73.37				
8-4	2571.08	48.01	51.99				
4-2	2574.24	69.42	30.58				
2-1	1525.56	82.11	17.89				
1-0.5	721.72	88.11	11.89				
0.5-0.25	541.56	92.62	7.38				
-0.25	887.72	100.00	0				
Toplam	12023.44						
Beton Karışım Dizaynı							
Malzeme	kg	%					
Çimento	4.02	6.00					
Agrega	60.00	89.50					
Su	3.02	4.50					
Toplam	67.04						
Su/Çimento	0.75						
Dayanım Testleri							
		7 günlük			28 Günlük		
Kalıp Beton Ağırlığı	gr	15300	15180	15460	15060	14660	14700
Kalıp Beton Hacmi	cm ³	8000	8000	8000	8000	8000	8000
Birim Hacim Ağırlığı	gr/cm ³	1.91	1.90	1.93	1.88	1.83	1.84
Kırılma Yüğü	kgf	18960	21120	20840	24150	22600	27800
Alan	cm ²	400	400	400	400	400	400
Basınç Dayanımı	kgf/cm2	47.40	52.80	52.10	60.38	56.50	69.50
Basınç Dayanımı	Mpa	4.74	5.28	5.21	6.04	5.65	6.95
Ortalama	Mpa	5.08			6.21		

BETON KARIŞIMI ARAŞTIRMA DENEYLERİ							
Karışım Hazırlanma Tarihi	24.02.2009						
Karışımın Niteliği	Dolgu 1						
Kullanılan Malzeme	Kireçtaşı						
Kalp Sayısı	6						
Kalıp Boyutları	Boy (cm)	En (cm)	Yükseklik (cm)				
	20	20	20				
	Tane Dağılımı			Test Edilen Karışım Elektin Geçen (%) Elek Açıklığı (mm) Test Edilen Karışım			
Elek Açıklığı (mm)	Elekte Kalan (gr)	Toplamalı Kalan (%)	Toplamalı Geçen (%)				
+63	0	0.00	100.00				
63-32	0	0.00	100.00				
32-16	1034.56	8.60	91.40				
16-8	2167.00	26.63	73.37				
8-4	2571.08	48.01	51.99				
4-2	2574.24	69.42	30.58				
2-1	1525.56	82.11	17.89				
1-0.5	721.72	88.11	11.89				
0.5-0.25	541.56	92.62	7.38				
-0.25	887.72	100.00	0				
Toplam	12023.44						
Beton Karışım Dizaynı							
Malzeme		kg	%				
Çimento		4.02	6.00				
Agrega	İnce (%25)	15.00	22.37				
	İri %(75)	45.00	67.12				
Su		3.02	4.50				
Toplam		67.04					
Su/Çimento		0.75					
Dayanım Testleri							
		7 günlük			28 Günlük		
Kalıp Beton Ağırlığı	gr	16440	16680	16600	17360	15640	15600
Kalıp Beton Hacmi	cm ³	8000	8000	8000	8000	8000	8000
Birim Hacim Ağırlığı	gr/cm ³	2.06	2.09	2.08	2.17	1.96	1.95
Kırılma Yüğü	kgf	31520	35300	30160	57580	55160	53880
Alan	cm ²	400	400	400	400	400	400
Basınç Dayanımı	kgf/cm2	78.80	88.25	75.40	143.95	137.90	134.70
Basınç Dayanımı	Mpa	7.88	8.83	7.54	14.40	13.79	13.47
Ortalama	Mpa	8.08			13.89		

BETON KARIŞIMI ARAŞTIRMA DENEYLERİ								
Karışım Hazırlanma Tarihi	27.02.2009							
Karışımın Niteliği	Dolgu 1							
Kullanılan Malzeme	Kireçtaşı							
Kalp Sayısı	6							
Kalıp Boyutları	Boy (cm)	En (cm)	Yükseklik (cm)					
	20	20	20					
	Tane Dağılımı			Test Edilen Karışım Elekten Geçen (%) Elek Açıklığı (mm) Test Edilen Karışım				
Elek Açıklığı (mm)	Elekte Kalan (gr)	Toplamalı Kalan (%)	Toplamalı Geçen (%)					
+63	0	0.00	100.00					
63-32	0	0.00	100.00					
32-16	1034.56	8.60	91.40					
16-8	2167.00	26.63	73.37					
8-4	2571.08	48.01	51.99					
4-2	2574.24	69.42	30.58					
2-1	1525.56	82.11	17.89					
1-0.5	721.72	88.11	11.89					
0.5-0.25	541.56	92.62	7.38					
-0.25	887.72	100.00	0					
Toplam	12023.44							
Beton Karışım Dizaynı								
Malzeme		kg						%
Çimento		4.02						6.00
Agrega	İnce (%30)	18.00						26.85
	İri %(70)	42.00						62.65
Su		3.02						4.50
Toplam		67.04						
Su/Çimento		0.75						
Dayanım Testleri								
		7 günlük			28 Günlük			
Kalıp Beton Ağırlığı	gr	17000	16820	16900	16360	16840	16700	
Kalıp Beton Hacmi	cm ³	8000	8000	8000	8000	8000	8000	
Birim Hacim Ağırlığı	gr/cm ³	2.13	2.10	2.11	2.05	2.11	2.09	
Kırılma Yüğü	kgf	35650	35820	35735	38480	37960	35380	
Alan	cm ²	400	400	400	400	400	400	
Basınç Dayanımı	kgf/cm2	89.13	89.55	89.34	96.20	94.90	88.45	
Basınç Dayanımı	Mpa	8.91	8.96	8.93	9.62	9.49	8.85	
Ortalama	Mpa	8.93			9.32			

BETON KARIŞIMI ARAŞTIRMA DENEYLERİ							
Karışım Hazırlanma Tarihi	27.02.2009						
Karışımın Niteliği	Dolgu 1						
Kullanılan Malzeme	Kireçtaşı						
Kalp Sayısı	6						
Kalıp Boyutları	Boy (cm)	En (cm)	Yükseklik (cm)				
	20	20	20				
	Tane Dağılımı			Test Edilen Karışım Elektin Geçen (%) Elek Açıklığı (mm) Test Edilen Karışım			
Elek Açıklığı (mm)	Elekte Kalan (gr)	Toplamalı Kalan (%)	Toplamalı Geçen (%)				
+63	0	0.00	100.00				
63-32	0	0.00	100.00				
32-16	1034.56	8.60	91.40				
16-8	2167.00	26.63	73.37				
8-4	2571.08	48.01	51.99				
4-2	2574.24	69.42	30.58				
2-1	1525.56	82.11	17.89				
1-0.5	721.72	88.11	11.89				
0.5-0.25	541.56	92.62	7.38				
-0.25	887.72	100.00	0				
Toplam	12023.44						
Beton Karışım Dizaynı							
Malzeme		kg	%				
Çimento		4.02	6.00				
Agrega	İnce (%20)	12.00	17.90				
	İri %(80)	48.00	71.60				
Su		3.02	4.50				
Toplam		67.04					
Su/Çimento		0.75					
Dayanım Testleri							
		7 günlük			28 Günlük		
Kalp Beton Ağırlığı	gr	16800	16880	16580	16560	16660	16400
Kalp Beton Hacmi	cm ³	8000	8000	8000	8000	8000	8000
Birim Hacim Ağırlığı	gr/cm ³	2.10	2.11	2.07	2.07	2.08	2.05
Kırılma Yüğü	kgf	25050	24010	21180	28980	28960	26280
Alan	cm ²	400	400	400	400	400	400
Basınç Dayanımı	kgf/cm2	62.63	60.03	52.95	72.45	72.40	65.70
Basınç Dayanımı	Mpa	6.26	6.00	5.30	7.25	7.24	6.57
Ortalama	Mpa	5.85			7.02		

BETON KARIŞIMI ARAŞTIRMA DENEYLERİ								
Karışım Hazırlanma Tarihi	27.02.2009							
Karışımın Niteliği	Dolgu 1							
Kullanılan Malzeme	Kireçtaşı							
Kalp Sayısı	6							
Kalıp Boyutları	Boy (cm)	En (cm)	Yükseklik (cm)					
	20	20	20					
	Tane Dağılımı			Test Edilen Karışım Test Edilen Karışım				
Elek Açıklığı (mm)	Elekte Kalan (gr)	Toplamalı Kalan (%)	Toplamalı Geçen (%)					
+63	0	0.00	100.00					
63-32	0	0.00	100.00					
32-16	1034.56	8.60	91.40					
16-8	2167.00	26.63	73.37					
8-4	2571.08	48.01	51.99					
4-2	2574.24	69.42	30.58					
2-1	1525.56	82.11	17.89					
1-0.5	721.72	88.11	11.89					
0.5-0.25	541.56	92.62	7.38					
-0.25	887.72	100.00	0					
Toplam	12023.44							
Beton Karışım Dizaynı								
Malzeme		kg						%
Çimento		4.06						6.00
Agrega	İnce (%30)	18.00						26.58
	İri %(70)	42.00						62.03
Su		3.65						5.39
Toplam		67.71						
Su/Çimento		0.90						
Dayanım Testleri								
		7 günlük			28 Günlük			
Kalıp Beton Ağırlığı	gr	17200	17440	17330	17140	16840	16900	
Kalıp Beton Hacmi	cm ³	8000	8000	8000	8000	8000	8000	
Birim Hacim Ağırlığı	gr/cm ³	2.15	2.18	2.17	2.14	2.11	2.11	
Kırılma Yüğü	kgf	39740	37640	38700	41780	43060	46800	
Alan	cm ²	400	400	400	400	400	400	
Basınç Dayanımı	kgf/cm2	99.35	94.10	96.75	104.45	107.65	117.00	
Basınç Dayanımı	Mpa	9.94	9.41	9.68	10.45	10.77	11.70	
Ortalama	Mpa	9.67			10.97			

BETON KARIŞIMI ARAŞTIRMA DENEYLERİ							
Karışım Hazırlanma Tarihi	20.02.2009						
Karışımın Niteliği	Dolgu 1						
Kullanılan Malzeme	Kireçtaşı						
Kalıp Sayısı	6						
Kalıp Boyutları	Boy (cm)	En (cm)	Yükseklik (cm)				
	20	20	20				
	Tane Dağılımı			Test Edilen Karışım Elekten Geçen (%) Elek Açıklığı (mm) Test Edilen Karışım			
Elek Açıklığı (mm)	Elekte Kalan (gr)	Toplamalı Kalan (%)	Toplamalı Geçen (%)				
+63	0	0.00	100.00				
63-32	0	0.00	100.00				
32-16	1034.56	8.60	91.40				
16-8	2167.00	26.63	73.37				
8-4	2571.08	48.01	51.99				
4-2	2574.24	69.42	30.58				
2-1	1525.56	82.11	17.89				
1-0.5	721.72	88.11	11.89				
0.5-0.25	541.56	92.62	7.38				
-0.25	887.72	100.00	0				
Toplam	12023.44						
Beton Karışım Dizaynı							
Malzeme	kg	%					
Çimento	5.58	8.00					
Agrega	60.00	85.98					
Su	4.20	6.02					
Toplam	69.78						
Su/Çimento	0.75						
Dayanım Testleri							
		7 günlük			28 Günlük		
Kalıp Beton Ağırlığı	gr	17200	16980	16920	16900	16640	16580
Kalıp Beton Hacmi	cm ³	8000	8000	8000	8000	8000	8000
Birim Hacim Ağırlığı	gr/cm ³	2.15	2.12	2.12	2.11	2.08	2.07
Kırılma Yüğü	kgf	54560	55520	60260	75950	82450	87600
Alan	cm ²	400	400	400	400	400	400
Basınç Dayanımı	kgf/cm2	136.40	138.80	150.65	189.88	206.13	219.00
Basınç Dayanımı	Mpa	13.64	13.88	15.07	18.99	20.61	21.90
Ortalama	Mpa	14.20			20.50		

BETON KARIŞIMI ARAŞTIRMA DENEYLERİ							
Karışım Hazırlanma Tarihi	20.02.2009						
Karışımın Niteliği	Dolgu 1						
Kullanılan Malzeme	Kireçtaşı						
Kalp Sayısı	6						
Kalıp Boyutları	Boy (cm)	En (cm)	Yükseklik (cm)				
	20	20	20				
	Tane Dağılımı			Test Edilen Karışım Elektin Geçen (%) Elek Açıklığı (mm) Test Edilen Karışım			
Elek Açıklığı (mm)	Elekte Kalan (gr)	Toplamalı Kalan (%)	Toplamalı Geçen (%)				
+63	0	0.00	100.00				
63-32	0	0.00	100.00				
32-16	1034.56	8.60	91.40				
16-8	2167.00	26.63	73.37				
8-4	2571.08	48.01	51.99				
4-2	2574.24	69.42	30.58				
2-1	1525.56	82.11	17.89				
1-0.5	721.72	88.11	11.89				
0.5-0.25	541.56	92.62	7.38				
-0.25	887.72	100.00	0				
Toplam	12023.44						
Beton Karışım Dizaynı							
Malzeme	kg	%					
Çimento	5.66	8.00					
Agrega	60.00	84.79					
Su	5.10	7.21					
Toplam	70.76						
Su/Çimento	0.90						
Dayanım Testleri							
		7 günlük			28 Günlük		
Kalıp Beton Ağırlığı	gr	17100	17080	16900	16980	16740	16800
Kalıp Beton Hacmi	cm ³	8000	8000	8000	8000	8000	8000
Birim Hacim Ağırlığı	gr/cm ³	2.14	2.14	2.11	2.12	2.09	2.10
Kırılma Yüğü	kgf	59220	61860	60120	76150	88580	89680
Alan	cm ²	400	400	400	400	400	400
Basınç Dayanımı	kgf/cm2	148.05	154.65	150.30	190.38	221.45	224.20
Basınç Dayanımı	Mpa	14.81	15.47	15.03	19.04	22.15	22.42
Ortalama	Mpa	15.10			21.20		

BETON KARIŞIMI ARAŞTIRMA DENEYLERİ								
Karışım Hazırlanma Tarihi	24.02.2009							
Karışımın Niteliği	Dolgu 1							
Kullanılan Malzeme	Kireçtaşı							
Kalp Sayısı	6							
Kalıp Boyutları	Boy (cm)	En (cm)	Yükseklik (cm)					
	20	20	20					
	Tane Dağılımı			Test Edilen Karışım Elekten Geçen (%) Elek Açıklığı (mm) Test Edilen Karışım				
Elek Açıklığı (mm)	Elekte Kalan (gr)	Toplamalı Kalan (%)	Toplamalı Geçen (%)					
+63	0	0.00	100.00					
63-32	0	0.00	100.00					
32-16	1034.56	8.60	91.40					
16-8	2167.00	26.63	73.37					
8-4	2571.08	48.01	51.99					
4-2	2574.24	69.42	30.58					
2-1	1525.56	82.11	17.89					
1-0.5	721.72	88.11	11.89					
0.5-0.25	541.56	92.62	7.38					
-0.25	887.72	100.00	0					
Toplam	12023.44							
Beton Karışım Dizaynı								
Malzeme		kg						%
Çimento		2.60						4.00
Agrega	İnce (%25)	15.00						23.09
	İri %(75)	45.00						69.28
Su		2.35						3.62
Toplam		64.95						
Su/Çimento		0.90						
Dayanım Testleri								
		7 günlük			28 Günlük			
Kalıp Beton Ağırlığı	gr	15640	15880	15900	15320	15240	15400	
Kalıp Beton Hacmi	cm ³	8000	8000	8000	8000	8000	8000	
Birim Hacim Ağırlığı	gr/cm ³	1.96	1.99	1.99	1.92	1.91	1.93	
Kırılma Yüğü	kgf	6050	5080	5450	11820	8920	8250	
Alan	cm ²	400	400	400	400	400	400	
Basınç Dayanımı	kgf/cm2	15.13	12.70	13.63	29.55	22.30	20.63	
Basınç Dayanımı	Mpa	1.51	1.27	1.36	2.96	2.23	2.06	
Ortalama	Mpa	1.38			2.42			

BETON KARIŞIMI ARAŞTIRMA DENEYLERİ								
Karışım Hazırlanma Tarihi	24.02.2009							
Karışımın Niteliği	Dolgu 1							
Kullanılan Malzeme	Kireçtaşı							
Kalp Sayısı	6							
Kalıp Boyutları	Boy (cm)	En (cm)	Yükseklik (cm)					
	20	20	20					
	Tane Dağılımı			Test Edilen Karışım Elekten Geçen (%) Elek Açıklığı (mm) Test Edilen Karışım				
Elek Açıklığı (mm)	Elekte Kalan (gr)	Toplamalı Kalan (%)	Toplamalı Geçen (%)					
+63	0	0.00	100.00					
63-32	0	0.00	100.00					
32-16	1034.56	8.60	91.40					
16-8	2167.00	26.63	73.37					
8-4	2571.08	48.01	51.99					
4-2	2574.24	69.42	30.58					
2-1	1525.56	82.11	17.89					
1-0.5	721.72	88.11	11.89					
0.5-0.25	541.56	92.62	7.38					
-0.25	887.72	100.00	0					
Toplam	12023.44							
Beton Karışım Dizaynı								
Malzeme		kg						%
Çimento		2.60						4.00
Agrega	İnce (%20)	12.00						18.48
	İri %(80)	48.00						73.90
Su		2.35						3.62
Toplam		64.95						
Su/Çimento		0.90						
Dayanım Testleri								
		7 günlük			28 Günlük			
Kalıp Beton Ağırlığı	gr	15580	15820	15680	15140	15160	15260	
Kalıp Beton Hacmi	cm ³	8000	8000	8000	8000	8000	8000	
Birim Hacim Ağırlığı	gr/cm ³	1.95	1.98	1.96	1.89	1.90	1.91	
Kırılma Yüğü	kgf	5040	4600	3820	10460	8520	8050	
Alan	cm ²	400	400	400	400	400	400	
Basınç Dayanımı	kgf/cm2	12.60	11.50	9.55	26.15	21.30	20.13	
Basınç Dayanımı	Mpa	1.26	1.15	0.96	2.62	2.13	2.01	
Ortalama	Mpa	1.12			2.25			