

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KALIP VE BAŞLIKLAMA TİPİNİN BETON BASINÇ
DAYANIMINA VE TAHRİBATSIZ YÖNTEMLERLE DAYANIM
TAHMİNİ ÜZERİNE ETKİSİ

EMRAL MUTLU

KOCAELİ 2019

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KALIP VE BAŞLIKLAMA TİPİNİN BETON BASINÇ
DAYANIMINA VE TAHRİBATSIZ YÖNTEMLERLE
DAYANIM TAHMİNİ ÜZERİNE ETKİSİ

EMRAL MUTLU

Doç. Dr. S. Taner YILDIRIM
Danışman, KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
Prof. Dr. Serkan SUBAŞI
Jüri Üyesi, DÜZCE ÜNİVERSİTESİ
Dr. Öğr. Üyesi Adnan ÖNER
Jüri Üyesi, KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ



Tezin Savunulduğu Tarih: 07.02.2019

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜRLER

Bu çalışma sürecinde; gerek malzeme temininde, gerekse deney programının yürütülmesiyle ilgili bütün konularda yardımlarını esirgemeyen tezimin yürütücüsü Değerli Öğretim Üyesi Doç. Dr. S.Taner YILDIRIM'a sonsuz şükranlarımı sunarım.

Çalışmalarım boyunca maddi, manevi ve teknik bilgisini esirgemeyen, beni bu günlere kadar getiren babam İnş. Yük. Müh. Mehmet MUTLU'ya teşekkürü borç bilirim.

Ultrasonik geçiş hızı test cihazının temininde yardımcı olan Sakarya Üniversitesi Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Teknoloji Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü öğretim üyesi Doç. Dr. Metin İPEK ve laborant ekibine, Tüylüoğlu Beton Genel Müdürü Sayın Kıvanç Serin'e, Nuh Beton Kalite Kontrol ve Ar-Ge Müdürü Emre FENERCİ'ye, Nuh Beton ve Tüylüoğlu Beton laborant ekiplerine teşekkür ederim.

Kasım – 2018

Emral MUTLU

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	i
İÇİNDEKİLER	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	iv
TABLolar DİZİNİ	vi
SİMGELEr VE KISALTMALAR DİZİNİ	vii
ÖZET.....	viii
ABSTRACT	ix
GİRİŞ	1
1. KALIPLAMA VE BAŞLIKLAMA.....	4
1.1. Küp Numune Kalıpları	4
1.1.1. elik numune kalıpları	4
1.1.2. Yerli plastik numune kalıpları	5
1.1.3. İthal plastik numune kalıpları.....	8
1.2. Silindir Numune Başlıklamaları	9
1.2.1. Numune pres yüzeylerinin aşındırılması	10
1.2.2. Kükürt-grafit tozu ile başlıklama	11
1.2.3. Neopren başlık kullanma	12
2. LİTERATÜR TARAMASI.....	14
3. MALZEME VE YÖNTEM.....	21
3.1. Malzeme	21
3.1.1. Çimento	21
3.1.2. Agregalar	22
3.1.3. Kimyasal katkılar	25
3.1.4. Su.....	25
3.2. Yöntem	26
3.2.1. Beton karışım oranları	26
3.2.2. Kıvam ve birim aŐırlık	27
3.2.3. Basınç dayanım deneyleri	28
3.2.4. Schmidt yüzey sertliği deneyleri	29
3.2.5. Ultrasonik geçiş hızı deneyi	30
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	35
4.1. Kıvam Ve Birim AŐırlık.....	35
4.2. Basınç Dayanım Deneyleri.....	36
4.3. Schmidt Yüzey Sertliği Deneyleri.....	38
4.3.1. Schmidt yüzey sertliği – Silindir numune başlıkları	39
4.3.2. Schmidt yüzey sertliği – Küp numune kalıpları	40
4.4. Ultrasonik Geçiş Hızı	41
4.4.1. Ultrasonik geçiş hızı – Silindir numune başlıkları	42
4.4.2. Ultrasonik geçiş hızı – Küp numune kalıpları.....	43
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	46
KAYNAKLAR	49
EKLER.....	52
KİŐSEL YAYINLAR VE ESERLER	60

ÖZGEÇMİŞ.....61



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1.	Küp anma boyutları.....	4
Şekil 1.2.	Çelik numune kalıbı görünümü	5
Şekil 1.3.	Yerli numune kalıp görünümü	5
Şekil 1.4.	Hasar görmüş küp numune kalıp görünümü	6
Şekil 1.5.	Hasar görmüş küp numune örneği	7
Şekil 1.6.	TS EN 12390-1 standardı tolerans aralığı.....	7
Şekil 1.7.	Kayma gerilmeleri görünümü	7
Şekil 1.8.	Yerli küp numune kalıbı çukur ve tümsek görünümleri	8
Şekil 1.9.	İthal numune kalıbı görünümü	9
Şekil 1.10.	Silindir numune kalıp görünümü	9
Şekil 1.11.	Silindir anma boyutları	10
Şekil 1.12.	Aşındırma cihazının görünümü.....	10
Şekil 1.13.	Kükürt-grafit tozu karışım başlıkları görünümü	11
Şekil 1.14.	Neopren Görünümü	12
Şekil 2.1.	Numune cinsi ve başlık kıyaslamaları	14
Şekil 2.2.	Çeşitli araştırmacıların önerdikleri küp-Silindir dayanım ilişkisi.....	16
Şekil 2.3.	Schmidt çekici – Tek eksenli basınç dayanım tahmin abağı	18
Şekil 2.4.	Ultrasonik geçiş hızı ile beton basınç dayanımı tayini	19
Şekil 3.1.	Agrega elek analizi	22
Şekil 3.2.	Beton karışım oranları doğrultusundaki agrega tane büyüklüğü dağılımı.....	27
Şekil 3.3.	Slump(solda)ve yayılma(sağda) deneyleri.....	27
Şekil 3.4.	Numunelerin saklanması.....	28
Şekil 3.5.	Numunelerin kürlenmesi.....	28
Şekil 3.6.	Schmidt çekici genel görünümü	29
Şekil 3.7.	Schmidt çekicinin genel kısımları.....	29
Şekil 3.8.	Schmidt yüzey sertliği okuması için numune işaretlemeleri	30
Şekil 3.9.	Ultrasonik geçiş hızı test yöntemleri.....	31
Şekil 3.10.	Ultrasonik geçiş hızı test uygulamaları.....	31
Şekil 3.11.	Ultrasonik geçiş hızı deneyi temel eğrisi	32
Şekil 3.12.	Ultrasonik geçiş hızı test cihazı – Basınç dayanım ilişkisi (silindir).....	33
Şekil 3.13.	Ultrasonik geçiş hızı test cihazı – Basınç dayanım ilişkisi (küp)	34
Şekil 4.1.	Silindir numune kırım sonuçları	36
Şekil 4.2.	Küp numune kırım sonuçları	37
Şekil 4.3.	Schmidt yüzey sertliği okuması – Aşındırılmış numune değerlendirmesi	39
Şekil 4.4.	Schmidt yüzey sertliği okuması – Çelik kalıp değerlendirilmesi.....	40
Şekil 4.5.	Schmidt yüzey sertliği okuması – Yerli plastik kalıp değerlendirilmesi	40
Şekil 4.6.	Schmidt yüzey sertliği okuması – İthal plastik kalıp değerlendirilmesi	41
Şekil 4.7.	Silindir numunelerin UGH-basınç dayanımı ilişkisini gösteren grafik	42

Şekil 4.8. Çelik kalıptan çıkarılan küp numunelerin UGH-basınç dayanımı ilişkisini gösteren grafik	43
Şekil 4.9. İthal kalıptan çıkarılan küp numunelerin UGH-basınç dayanımı ilişkisini gösteren grafik	44
Şekil 4.10. Yerli kalıptan çıkarılan küp numunelerin UGH-basınç dayanımı ilişkisini gösteren grafik	44



TABLolar DİZİNİ

Tablo 1.1. ASTM C 1231/C 1231M-00 standardına göre neopren başlıkların kullanım şartları	12
Tablo 2.1. TS EN 206 ve çeşitli araştırmacıların öngördükleri dayanımlar değerleri	17
Tablo 2.2. Schmidt yüzey sertliği ile ultrasonik geçiş hızı test yöntemlerinin karşılaştırılması.....	20
Tablo 3.1. Çimentonun fiziksel özellikleri.....	21
Tablo 3.2. Çimentonun kimyasal özellikleri (%).....	22
Tablo 3.3. Doğal kum mekanik birim analizleri	23
Tablo 3.4. Doğal kum tane boyutu dağılımı	23
Tablo 3.5. Doğal kum alkali silika reaktifliği	23
Tablo 3.6. Kırma kum, 1 ve 2 nolu agrega mekanik birim analizleri	24
Tablo 3.7. Kırma kum, 1 ve 2 nolu agrega tane boyutu dağılımı	24
Tablo 3.8. Kırma kum alkali silika reaktifliği.....	24
Tablo 3.9. Süper akışkanlaştırıcı katkı kimyasal analizi.....	25
Tablo 3.10. Hiper akışkanlaştırıcı katkı kimyasal analizi	25
Tablo 3.11. Beton dizaynları	26
Tablo 3.12. Ultrasonik geçiş hızı okumaları- Beton kalitesi ilişkisi.....	32
Tablo 4.1. Slump sonuçları	35
Tablo 4.2. Birim ağırlık sonuçları	36
Tablo 4.3. Aşındırma yöntemine göre yüzde farklılıkları.....	37
Tablo 4.4. Çelik numune kalıbına göre yüzde farklılıkları	38
Tablo 4.5. Silindir ve küp numunelerinin basınç dayanımı-Schmidt yüzey sertliği o okuma değerleri.....	39
Tablo 4.6. Silindir ve küp numunelerinin basınç dayanımı-UGH değerleri.....	42

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

d	: Seçilmiş boyut (mm)
l	: Ölçü boyu (km)
t	: Ses geçiş süresi (sn)
V	: Ses hızı (km/sn)

Kısaltmalar

ASTM	: American Society for Testing and Materials (Amerikan Test ve Malzemeler Derneği)
EN	: Europeane Norm (Avrupa Norm Kısaltması)
MPa	: Mega Pascal
TS	: Türk Standartları
UGH	: Ultrasonik Geçiş Hızı

KALIP VE BAŞLIKLAMA TİPİNİN BETON BASINÇ DAYANIMINA VE TAHRİBATSIZ YÖNTEMLERLE DAYANIM TAHMİNİ ÜZERİNE ETKİSİ

ÖZET

Bu çalışmada, farklı sınıflarda üretilen betonların mukavemetine numune kalıp ve başlıklama tiplerinin etkisini bulmak amaçlanmıştır. Bu doğrultuda, C30/37, C35/45, C40/50, C45/55, C50/60, C55/67, C60/75, C65/80 ve C70/85 beton sınıflarından pan tipi betoniyerde üretim yapılmıştır. Farklı tip ve ebattaki kalıp ve başlıklama tiplerinden her bir sınıf için 18'er adet numune alınmıştır. 28 gün boyunca kür havuzunda bekletildikten sonra her bir tip başlıklama ya da kalıp türü için 3'er adet kırılmıştır. Numune kırım sonuçları incelenerek her bir sınıf için kalıp ve başlıklama tiplerinin etkileri incelenmiştir. Aynı zamanda beton numuneleri kırılmadan önce tahribatsız beton basınç dayanımını ölçme yöntemleri de araştırılmıştır. Tahribatsız yöntemlerle Schmidt yüzey sertliği ve ultrasonik geçiş hızı değerleri ölçülmüştür. Alınan veriler istatistikleri tutularak kaydedilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Basınç Dayanımı, Başlıklama Tipleri, Kalıp Tipi ve Ebadı, Schmidt Çekici, Ultrasonik Geçiş Hızı Cihazı.

THE EFFECT OF MOLD AND CAPPING TYPES ON CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH AND STRENGTH ESTIMATION WITH NONDESTRUCTIVE METHODS

ABSTRACT

In this study, it is aimed to find the effect of sample mold and capping types to the strength of concrete produced in different grades. In this direction, the concrete was produced in concrete grades of C30/37, C35/45, C40/50, C45/55, C50/60, C55/67, C60/75, C65/80 and C70/85 in the pan type concrete mixer. 18 specimens were taken from the molds and capping type for each grade of different types and sizes. After standing in the curing pool for 28 days, 3 pieces were broken for each type of heading or mold type. By examining the sample compressive strength results, the effects of mold and heading types were examined for each grade. At the same time, the methods of measuring the non-destructive concrete compressive strength of concrete samples were also investigated. Schmidt surface hardness and ultrasonic pulse velocity values were measured by non-destructive methods. The received data was recorded keeping statistics.

Keywords: Compressive Strength, Capping Type, Capping Mould Type and Size, Schmidt Surface Hardness, Ultrasonic Pulse Velocity.

GİRİŞ

Beton numuneleri, beton üretim santrallerinde üretilen betonun kalitesi hakkında bizlere bilgi vermektedir. Taze beton numunesinin şantiyede dökülen betonun direkt örneği olduğu ve onun kalitesini temsil ettiği kabul edilir. Numunenin gerçeği yansıtması açısından; beton numunesinin alma şekli, kür koşulları gibi birçok unsur beton basınç mukavemetinin belirlenmesinde oldukça önemlidir.

Türkiye’de 80’li yılların ikinci yarısından itibaren hazır beton üretiminin yaygınlaşmasıyla (baraj yapıları hariç), beton üretimleri hızla artmış ve kalite kontrol takibinin sağlanması için betondan numune alınmaya başlanmıştır (Karakule,2003). Kullanılan numune kalıplarının yapıldığı malzeme, kalıbın hem servis ömrünü hem de yalıtım özelliğini göstermektedir. 80’li ve 90’lı yıllarda çelik, dökme demir ve alüminyum gibi küp beton numune kalıpları kullanılmaktaydı. Fakat bu kalıpların ağır olmaları (yaklaşık boş ağırlıkları 9 kg) ya da bakımının zahmetli olması sebebiyle kullanımı oldukça zordu. Bu yüzden günümüzde poliüretan ve PVC kalıplar kullanılmaktadır. Genellikle ithal numune kalıpları poliüretan malzemedен imal edilmekte olup; daha sağlam, uzun süre servis ömürlü ve iyi yalıtımlıdır. Beton numuneleri alındıktan sonraki 16-72 saat arasında, yani yeterli sertliğe ulaşmaya kadar 18°C-22°C sıcaklık aralığında tutulması gerektiğinden, sıcak ve soğuk havalarda numune kalıbının yalıtımı da önem kazanmaktadır. Yerli küp numune kalıpları ise PVC olup, ithal numune kalıplarına nazaran daha az dayanıklıdır. Numune kalıbının çeşidi fark etmeksizin numune kalıbı su sızdırmaz olup, su emme özelliği olmamalıdır. Kalıpta eğer varsa birleşim yerleri macun, yağ veya gres yağı ile su sızdırması önlenmelidir. Ayrıca numune kalıpları standartların izin verdiği toleranslar dahilindeki boyutlarda olmalıdır.

Silindir numune kullanımı ise aşındırma cihazının kullanılmasıyla ve C40/50 gibi üst sınıf betonların dökülmesiyle artmıştır. Silindir numunelerin reel değerleri verebilmeleri için hem alt hem de üst yüzeylerinin düzgün (pürüzsüz) olması gerekir. Yüzeylerin pürüzsüz olmasını sağlamak için başlıklama yahut aşındırma yapılması

gerekmektedir (Baradan ve diğ., 2013). Başlıklama işleminde en yaygın kullanılan kükürt-grafit malzeme olmak üzere, kükürt-filler karışımı, çimento, alçı ve çimento-kireç karışımını kullanılmaktadır. Kükürt-grafit karışımı hızlı sertleşmesiyle pratiklik ve yüksek basınç dayanımına sahip olmasıyla dayanıklılık sağlarken; kükürt-grafit karışımının eritilmesi sırasında yüksek sıcaklıklara (125-200 °C) çıkılmasından dolayı maliyetli bir uygulamadır (Vandergrift ve diğ.2005; Gawatre ve diğ., 2017). Bir diğer başlıklama tipi ise Türk Standartlarında yer almayıp, ASTM' de bulunan neopren başlıktır. Neopren başlıkta kullanılacak malzemenin shore değeri çok önemli olup, 50-70 arası olması gerekmektedir (ASTM C1231/C 1231M-00). Başka bir etken ise neopren malzemesinin çelik tutucusuna yerleştirilmesidir. Tam merkezine yerleştirilmediği yahut numune kırım sırasında merkezinden kaydığı takdirde reel sonuçtan sapmalar yaşanabilir.

Deneysel çalışma ile C30/35 beton sınıfından C70/85 beton sınıfı dahil olmak üzere aradaki tüm beton sınıflarından betoniyerde üretimi gerçekleştirilmiştir. Öncelikli olarak, üretilen betonların silindir numunelerde standardın izin verdiği kükürt ve neopren (kauçuk) başlık tipleri ele alınmıştır (TS EN 12390-1). Başlıklama yapılmayan numuneler ise aşındırma işlemine tabi tutulmuştur. Aynı beton karışımından farklı malzemelere sahip küp numuneleri de incelenmiştir (İthal plastik, çelik ve yerli plastik). Bu sayede alt ve üst sınıf betonlarda basınç dayanımına hangi tip numune kalıbının uygun olduğu ve kullanılan numune tipi içerisinde en uygun kalıp malzemesinin ya da başlıklama yönteminin hangisi olduğunu gözlemlemiştir. Deneylere başlamadan önce incelediğimiz kaynaklarda yüksek dayanımlı betonlarda kükürt, kauçuk başlık ve aşındırma işlemleri içerisinde en yüksek sonuç aşındırma ile elde edilirken, en düşük sonucun kükürt başlık uygulamasıyla elde edildiği gözlemlenmiştir (Mutlu ve diğ., 2007).

Schmidt yüzey sertliği okuması ve ultrasonik geçiş hızı ölçümlerinin icadı birbirlerine çok yakın zamanlarda gerçekleşmiştir. 1948 yılında E. Schmidt tarafından betonu tahribata uğratmadan basınç dayanımını ölçmek amaçlı Schmidt çekici üretilmiştir (Schmidt, 1951). Günümüzde popülerliği artmakta olan Schmidt yüzey sertliği okumalarıyla, karot alma yöntemleri gibi betona zarar vermeksizin basınç dayanımı hakkında fikir sahibi olmak mümkündür. Ancak bu yöntem doğru bir kalibrasyon sürecinden geçerse daha doğru sonuçlar verebilmektedir. Çalışmaya

ilave olarak; tüm kalıp ve başlık çeşitleri için kullanılan beton numuneler kırılmadan önce Schmidt yüzey sertliği okumasına tabi tutulmuştur. Bu sayede aynı agregadan üretilmiş herhangi bir boyut ya da şekildeki beton numunesi kırılmaksızın dayanımı hakkında bilgi sahibi olunabilir.

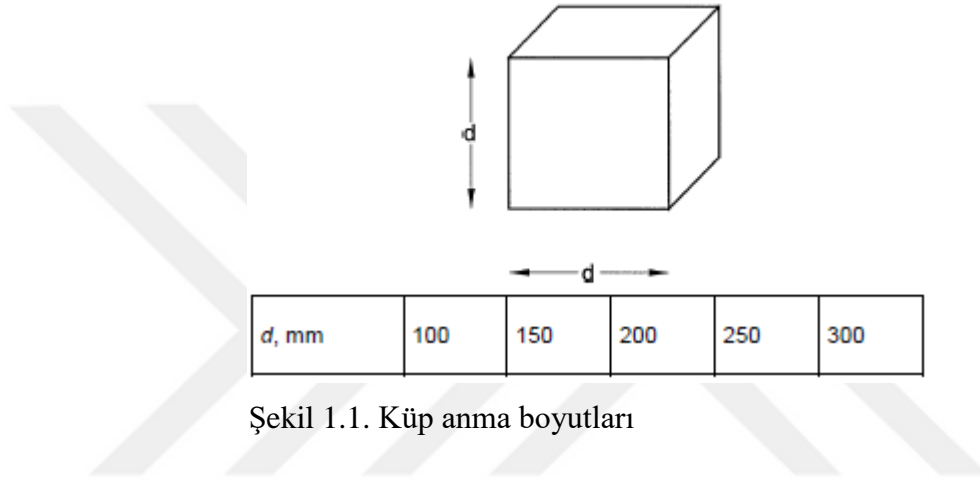
Tahribatsız yöntemlerden olan ve denemede uygulanan bir diğer çalışma ise ultrasonik geçiş hızı ölçümleridir. II.Dünya Savaşı yıllarının hemen ardından Kanada ve İngiltere’de ses titreşimi (puls) hızı yöntemi gelişmeye başlamıştır. 1948 yılında İngiltere’de Jones ‘Ultrasonik Test’, 1949 yılında Kanada’da ise Leslie ve Cheesman tarafından ‘Soniskop’ adlı aletler geliştirilmiştir. 1957 yılında ise laboratuvar çalışmaları sahada da uygulanmaya başlanmıştır. Malhotra ise 1976 yılında çalışmalarında konuyla alakalı makalelerinde geniş yer vermiştir (Özçep ve diğ.,2012).

Özellikle son 10 yıl içerisinde numune kalıp ve başlıklama çeşitlerinin artmasıyla birlikte kalıp veya başlıklama çeşidinin reel sonuç üzerinde etkili olup olmadıkları konusunda yapılan çalışmaların sayısı artmaktadır. Ve yapılan literatür taramasında silindir numuneler içerisinde aşındırma yöntemi ile en yüksek sonuç elde edildiği, küp numune kalıpları içerisinde ise ithal numune kalıbıyla elde edildiği gözlemlenmiştir. Yapılan çalışma ile bu ilişkinin 3 küp numune kalıbı ile 3 silindir başlıklama yöntemi için; normal ve yüksek dayanımlı betonlar arasında nasıl bir farklılık gösterdiğini araştırmak amaçlanmıştır. Ek olarak tahribatsız yöntemler yardımıyla (Schmidt yüzey sertliği okumaları ve ultrasonik geçiş hızı değerleri) beton basınç dayanımı hakkında fikir sahibi olunup olunamayacağı araştırılmıştır.

1. KALIPLAMA VE BAŞLIKLAMALAR

1.1. Küp Numune Kalıpları

Küp numunelerin malzeme farkı gözetmeksizin belirli bir sınır toleransının içerisinde ve anma boyutlarında olması gerekmektedir (Şekil 1.1.) (TS EN 12390-1).



Şekil 1.1. Küp anma boyutları

Küp numuneleri için sınır toleranslarını inceleyecek olursak:

- Numunedeki karşılıklı yüzler arasındaki, seçilmiş boyut (d) toleransı, $\pm 0,5$ 'ten küçük olmalı
- Üst yüzey ile kalıptan çıkan taban arasındaki, seçilmiş boyut (d) toleransı, ± 1 'den küçük olmalı
- Presin yük uygulayacağı yüzeylerin düzlükten sapma toleransı, $\pm 0,0006 d$ sınırları içerisinde olmalıdır.

1.1.1. Çelik numune kalıpları

Çelik numune kalıpları, dört adet gövde yan duvarı, taban plakasına kenetlenen ve temizlenmesi kolay olacak şekilde tasarlanmış, paslanmaya dayanıklı malzemedен üretilmiştir. Ancak çok sık periyotlarla silinmeli ve yağlanarak muhafaza edilmelidir. Eğer temizlenmez ise paslanması sonucunda standartlarda belirtilen ölçülerin sapma sınırlarını aşması söz konusu olabilir (TS EN 12390-2).

Şekil 1.2’de görüldüğü gibi genelde çelik numune kalıplarının dış yüzeyleri paslanmayı geciktirmek için boyalıdır.



Şekil 1.2. Çelik numune kalıp görünümü

Çelik numune kalıplarının boş ağırlığı 9 kg kadar olup, taşınması ve kalıp temizleme zorluğundan, pahalı olması nedeniyle teknolojinin de gelişmesiyle birlikte 90’lı yılların sonlarından itibaren yerini plastiğe bırakmıştır.

1.1.2. Yerli plastik numune kalıpları

Bu kalıplar cam elyaf takviyeli termoplastik grubundan yoğunluğu artırılmış polyesterden yapılmaktadır. Boş ağırlığı yaklaşık 2 kg olan, arazideki kullanım kolaylığı bakımından piyasada en çok tercih edilen küp kalıp tipidir (Şekil 1.3.).



Şekil 1.3. Yerli numune kalıp görünümü

Yerli numune kalıplarında 3 adet sorun mevcuttur.

İlk olarak; alt kısmındaki delikten hava basılarak numunenin çıkarılması sağlanmaktadır. Fakat numunenin çıkarılma işlemi sırasında; hava basıncının etkisiyle beton numunesinin yan yüzlerinde sürtünme sonucu pürüzler ortaya çıkmaktadır. Numuneye pres uygulandığında presin hafızasına tanımlanmış olan alandan daha düşük bir alana kuvvet uygulanmış olmaktadır. Bunun sonucunda beton numunesi, kırılacağı gerçek basınç dayanımdan daha önce kırılır ve sonuç yanlış bulunabilir.



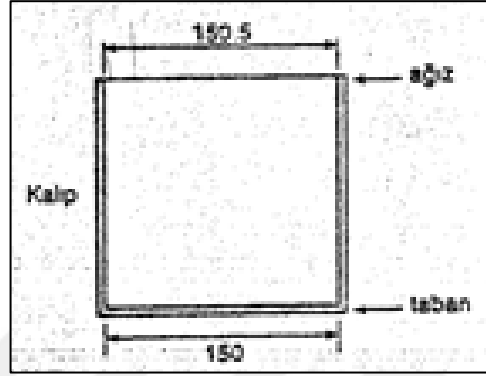
Şekil 1.4. Hasar görmüş yerli numune kalıp görünümü

Şekil 1.5'teki gibi bir küp numunesini inceleyecek olursak; numune kalıbından çıkarılırken yan yüzler çizilmiş ve yüzeyde bir tümsek, bir çukurluk oluşmuştur. Beton pres yüzeyi sadece tümsekleri göreceğinden yüzey alanında karesi oranında azalmalar olacaktır.

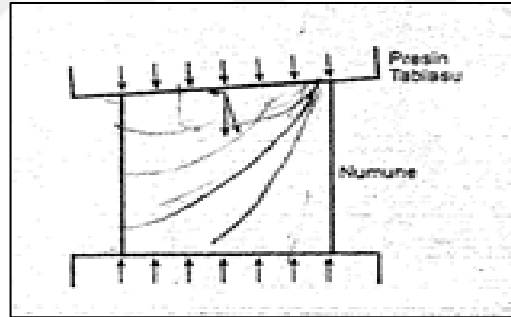


Şekil 1.5. Hasar görmüş küp numune örneği

Numune kalıbının taban kenar uzunluğu ile ağız kenar uzunluğu arasındaki fark TS EN 12390-1 standardına göre olan toleransı ($\pm 0,5$ mm) aşmaktadır (Şekil 1.6). Bunun sebebi; numune hava basılarak kalıptan çıkarılırken konikliğin artmasıyla kalıbın daha rahat çıkarılmasını sağlamasıdır. Fakat konikliğin artmasıyla birlikte ölçülen dayanımın değerinin gerçeklikten sapmasına sebep olmakla birlikte kayma gerilmeleri de oluşmaktadır (Şekil 1.7), (Öztek ve diğ., 2004).

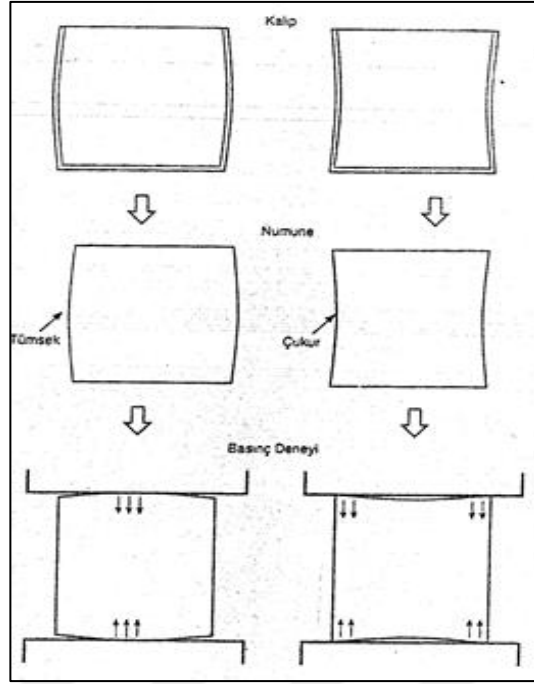


Şekil 1.6. TS EN 12390-1 standardı tolerans aralıkları



Şekil 1.7. Kayma gerilmeleri görünümü

Son olarak; yerli plastik numune kalıplarının üretimi aşamasındaki plastiklerin soğutulması işlemi sırasında kalıpların yan yüzleri deformasyona uğrayarak numune yan yüzlerinde tümseklikler ya da çukurluklar oluşturmaktadır. (Şekil 1.8.). Numuneler yan yüzlerinden kırıldığı için presin ilk basınç uyguladığı alan tümsek ya da çukur olduğunda presin hafızasına tanımlanmış olan alandan daha düşük bir alana kuvvet uygulanmış olacak ve dayanım gerçek değerinden daha düşük ölçülecektir (Öztek ve diğ., 2004).



Şekil 1.8. Yerli küp numune kalıbı çukur ve tümsek görünümleri

1.1.3. İthal plastik numune kalıpları

Sert termoplastik grubundan poliüretan esaslı hammaddeden imal edilen ithal numune kalıplarının boş ağırlığı yaklaşık 2 kg'dır. Sürtünme sonucu yan yüzeylerde pürüzlülük yok denecek kadar az olur. Bu sayede daha doğru sonuç elde edileceği öngörülmektedir. Şekil 1.9'daki gibi ithal numune kalıpları genellikle sarı renkte ve et kalınlıkları yerli numune kalıplarına göre daha kalın olan numune kalıp tipleridir. Ayrıca ağız kısımlarında malzemenin esnemesini önlemek adına et kalınlığı arttırılmıştır.



Şekil 1.9. İthal numune kalıp görünümü

1.2. Silindir Numune Kalıpları

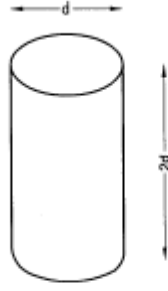
90'lı yıllarda 150 X 300 mm boyutunda plastik kalıplar kullanılmış olup günümüzde genellikle 100 X 200 mm boyutunda, çelik, yanlardan kelepçeli ya da vidalı numune kalıpları kullanılmaktadır (Şekil 1.10). Plastik yerine çelik kalıp kullanarak numune kalıbının daha uzun ömürlü olması sağlanabilmektedir. 100 X 200 mm boyutundaki kalıplar 150 X 300 mm boyutundaki kırım sonuçlarına birebir eşdeğer kabul edilip kullanılarak hem kullanım rahatlığı sağlamakta, hem de çevreye daha az katı atık bırakmaktadır (Öztekin ve diğ., 2012).



Şekil 1.10. Silindir numune kalıp görünümü

Beton numunesinin alt ve üst yüzeylerine başlık eklenerek ya da her iki yüzeyi de aşındırılarak, beton presinin uyguladığı basıncı, numune yüzeyine üniform bir şekilde dağılmasını sağlanabilir. Eğer başlıklama yapılacak ise; kullanılacak başlığın malzemesinin mukavemeti, beton numunesinin mukavemetinden fazla olmalıdır. Başlık kalınlıkları 3-8 mm arasında değişim göstermektedir.

Silindir numunelerin malzeme farkı gözetmeksizin belirli bir sınır toleransının içerisinde ve anma boyutlarında olması gerekmektedir (Şekil 1.11) (TS EN 12390-1).



d, mm	100	113 ^a	150	200	250	300
^a Bu boyut için yükleme alanı 10 000 mm ² dir.						

Şekil 1.11. Silindir anma boyutları

Silindir numuneleri için sınır toleranslarını inceleyecek olursak:

- Seçilmiş çap (d) toleransı, $\pm 0,5$ 'ten küçük olmalıdır.
- Presin yük uygulayacağı yüzeylerin düzlükten sapma toleransı, $\pm 0,0006 d$ sınırları içerisinde olmalıdır.
- Yan yüzün, alt ve üst yüzeylere göre diklikten sapması $\pm 0,5$ mm'dir.
- Yükseklik toleransı (2d), ± 5 'tir.

1.2.1 Numune pres yüzeylerinin aşındırılması

Özellikle silindir beton numunelerinin aşındırılması için kullanılmaktadır. Şekil 1.12'de görüldüğü gibi silindir numuneler 100 X 200 mm boyutlarında ise bir yüzeyleri için 3 adet beton numunesi aynı anda aşındırılabilir.



Şekil 1.12. Aşındırma cihazının görünümü

Beton numunesinin aşındırılması işlemi, diğer uygulanan işlemlere göre daha etkilidir. Aşındırma işlemi; numune boyutuna uygun kızak ve su tutma paneli kullanılarak silindirlerin sırayla her iki başlığı da tıraşlanır. Standartlara uygun silindir numunelerin yüzlerinin düzlükten sapması en fazla 0,05 mm; yan yüzün, alt ve üst yüzeylere göre diklikten sapması ise en fazla 0,5 mm olmalıdır (ASTM C 1231/C 1231M-00; TS EN 12390-3).

1.2.2. Kükürt-grafit tozu ile başlıklama

Kükürt-grafit tozu karışımı yüksek basınç dayanımına sahip, hızlı sertleşme özelliği ile zaman kazandıran, yüksek sıcaklıklarda (125-200 °C) eritilen bir malzemedir. Bu malzemeyi kullanabilmek için metal başlık plaka kullanmak gerekmektedir. Şekil.1.13'te görüldüğü gibi malzemenin kalınlığı içine döküldüğü plaka ile orantılı olarak yaklaşık 10-12 mm, genişliği ise kırılacak silindir çapından yaklaşık 2-4 mm kadar uzun olmalıdır (Vandergrift, Anton ve Schindler, 2005; Pistilli, M.F. and Williems T, 1993; Erdoğan, 2003).



Şekil 1.13. Kükürt-grafit tozu karışım başlıkları görünümü

Genellikle hazır kükürt karışımları kullanılmaktadır. Alternatif olarak; kütlece %70 kükürt ve %30 Grafit karıştırarak elde edilir. Üretilen ya da hazır alınan karışım, istenilen kıvam kazanılana kadar sürekli karıştırılarak sıcaklık artırılır (TS EN 12390-3).

Kükürt buharı havadan daha ağırdır. Kükürt ısıtma işlemi esnasında bir çeker ocak ya da aspiratör yardımıyla tam olarak ortamdan uzaklaştırılmalı ve işlem boyunca maske kullanılmalıdır (TS EN 12390-3).

1.2.3. Neopren başlık kullanma

Türk standartlarında bulunmamakla birlikte Amerikan standardında mevcuttur. Kullanılacak olan neopren başlık kauçuk ve başlık tutucu olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır (Şekil 1.14). Ek-A'daki şekilde ise ASTM C1231-M standardındaki neopren ve başlık ölçüleri mevcuttur.



Şekil 1.14. Neopren görünümü

Standarda göre neopren başlığı beton presinde kullanmak için malzemenin en az Shore A değerinin kaç olması gerektiği Tablo 1.1'de verilmiştir (ASTM C 1231/C 1231M-00).

Tablo 1.1. ASTM C 1231/C 1231M-00 standardına göre neopren başlıkların kullanım şartları

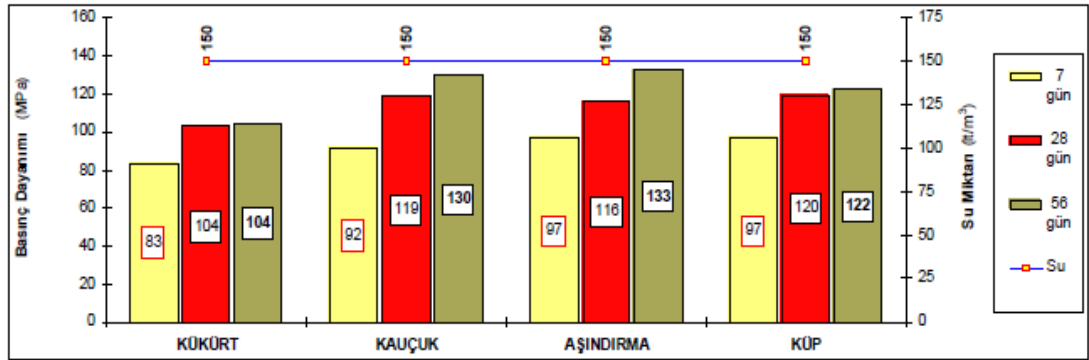
Silindir Basınç Dayanımı (MPa)	Shore A sertliği	Yeterlilik Testlerinin Gereklik Durumu	Maksimum Kullanım Sayısı
10-40	50	Yok	100
17-50	60	Yok	100
28-50	70	Yok	100
50-80	70	Gerekli	50
>80	-	İzin verilmez	-

Tablo 1.1 incelendiğinde kullanılması gereken basınç aralığıyla birlikte maksimum kullanım sayısının da önemli olduğu görülmektedir. Ayrıca başlıklar aşırıya, çatlarsa veya ayrılırsa kullanım sayısı daha da az olması gerekmektedir.



2. LİTERATÜR TARAMASI

Mutlu M., Gençmehmetoğlu M. Ve Öztekin E.'nin pompalanabilir C100/115 beton tasarımı çalışmalarında; kükürt başlık, kauçuk başlık, aşındırma ve küp numune kalıbı kıyaslanmıştır. Şekil 2.1 incelendiğinde en yüksek sonuca aşındırma yöntemiyle ulaşıldığı, ardından kauçuk başlığın ve küp numune kalıbının kullanılmasıyla elde edildiği anlaşılmaktadır. En düşük sonucun ise kükürt başlık kullanılarak elde edildiği görülmektedir. Ayrıca gün geçtikçe numune kırım sonuçları arasındaki fark gözle görülür bir biçimde açılmaktadır. Bunun sonucunda yüksek dayanımlı betonlarda küp numune alınmaması, silindir numune kullanılarak ya aşındırma ya da kauçuk başlık ile kırılması gerektiği belirtilmiştir (Mutlu ve diğ., 2007).



Şekil 2.1. Numune cinsi ve başlık kıyaslamaları

Motaz ve Theodor (2005); Dinamik etkinin numune boyutuyla olan ilişkisini incelemişlerdir. Normal ve yüksek dayanımlı betonlarda hem dinamik hem de statik yükler altında silindir numunelerin dayanımına etkisinin diğer boyutlardaki numunelere göre daha doğru sonucu verdiği gözlemlenmiştir.

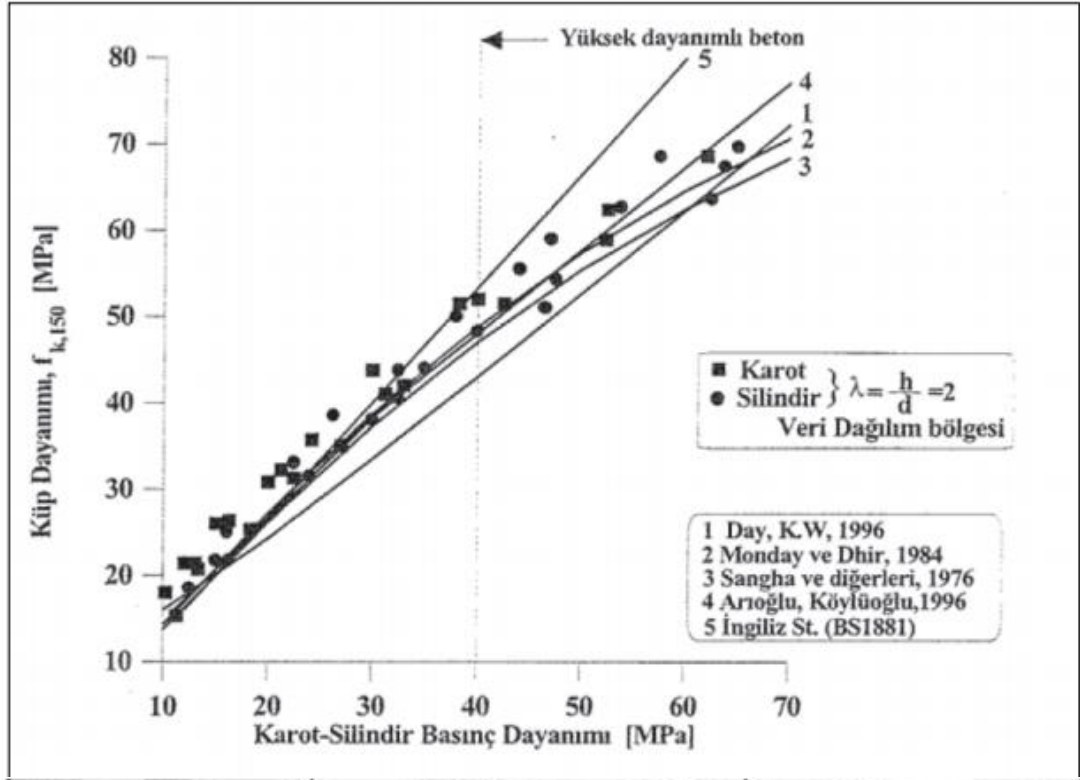
Patnaik ve Patnaikuni (2002); 110 – 160 MPa mukavemetli betonlar için 75 ve 100 mm çaplı silindir numunelerin basınç dayanımları yoluyla boyut etkisi araştırılmıştır. 75 mm'lik silindir numunelerle ölçülen mukavemetlerle 100 mm'lik silindir numuneler üzerinde ölçülen değerler arasında %5 oranından daha az bir fark oluştuğunu gözlemlenmiştir. 150 MPa

basınç dayanımına kadar hem 75 mm'lik hem de 100 mm'lik silindir numuneler kullanılabilirken 150 MPa basınç dayanımının üzerinde ise 100 mm'lik silindir numuneler ile daha yüksek mukavemet elde edilebileceği kanısına varmışlardır.

Mutlu, Fenerci ve Öztekin (2011); Yaptıkları çalışmada standarda uygun olan küp ve silindir numunelerini, standarda uygun olmayan küp numuneler ile kıyaslamak için, toplam 35 takım numune olmak üzere C20/25 ile C45/55 aralığındaki beton sınıflarından endüstriyel üretimden numuneler alınmıştır. Alınan numuneler 7. ve 28. günlerde basınç dayanımı deneyine tabi tutulmuştur. Standarda uygun silindir ve standarda uygun küp kıyaslamasında, silindir numune doğru sonuç verirken küp numune sonucu bir alt sınıf çıkmıştır. Standarda uygun olan ve olmayan küp numuneleri arasında da benzer fark söz konusudur. Standarda uygun olmayan küp numunesi bir sınıftan fazla dayanım düşüşüne sebep olmaktadır. En büyük fark ise standarda uygun olan silindir numunesi ile standarda uygun olmayan küp numunesi arasında olup, standarda uygun olmayan küp numunesi üç sınıf altta sonuç vermiştir.

Öztekin ve Manzak (2004) çalışmalarında ithal ve yerli plastik küp numune kalıpları kıyaslamıştır. TS EN 12390-1 standardındaki koşulları yerli kalıpların sağlamadığı ifade edilmektedir. Yapılan araştırmada numune kalıpları standarda uygun olmadığı takdirde, özellikle C35/45 ve C40/50 beton sınıflarında basınç dayanımının olması gerekenden 8-10 MPa kadar aşağıda çıkabileceği gözlemlenmiştir. Standardın da önerdiği gibi silindir numunelerin kırılmadan önce aşındırma işlemine tabi tutulması gerektiği ifade edilmektedir.

Arıoğlu ve Girgin (1999) yaptıkları inceleme-araştırma makaleleri ile 1999 yılına kadarki beton literatüründeki farklı numune şekil ve boyutları için çevirim oranlarını irdelemişlerdir. 1976-1996 yılları arasında yapılan çalışmalardaki küp-silindir kıyaslaması için grafik ve formülleri derlemişlerdir (Şekil 2.2 ve Tablo 2.1). Şekil 2.2 ve Tablo 2.1 incelendiğinde; tüm küp numune değerleri silindirlere göre daha yüksektir. Fakat beton sınıfı yükseldikçe, standardın aksine araştırmacıların formüllerindeki küp değerleri silindir değerlerine daha yakın çıkmıştır.



Day, K.W, 1996	$f_{k,150} = f_{s,150 \times 300} + \frac{19}{\sqrt{f_{s,150 \times 300}}}$	150 mm lik küp 20MPa < $f_{k,150}$ < 70MPa [MPa]
Shanga, Dhir, 1976	$f_{k,150} = 1.44 f_{s,150 \times 300} - 0.0066 f_{s,150 \times 300}^2$	150 mm lik küp 20MPa < $f_{k,150}$ < 70MPa [MPa]
Monday, Dhir, 1984	$f_{k,150} = 1.5 f_{s,150 \times 300} - 0.007 f_{s,150 \times 300}^2$	150 mm lik küp 20MPa < $f_{k,150}$ < 70MPa [MPa]
Arıoğlu, Köylüoğlu, 1996	$f_{k,150} = 0.949 f_{s,150 \times 300} + 11.105$ $f_{s,150 \times 300} = 1.054 f_{k,150} - 11.705$	150 mm lik küp İmam ve Radine'in ham verilerinden çıkartılmıştır [MPa]. 45MPa < $f_{k,150}$ < 125MPa

Şekil 2.2. Çeşitli araştırmacıların önerdikleri küp-Silindir dayanım ilişkisi

Tablo 2.1. TS EN 206 ve çeşitli araştırmacıların öngördükleri dayanımlar değerleri

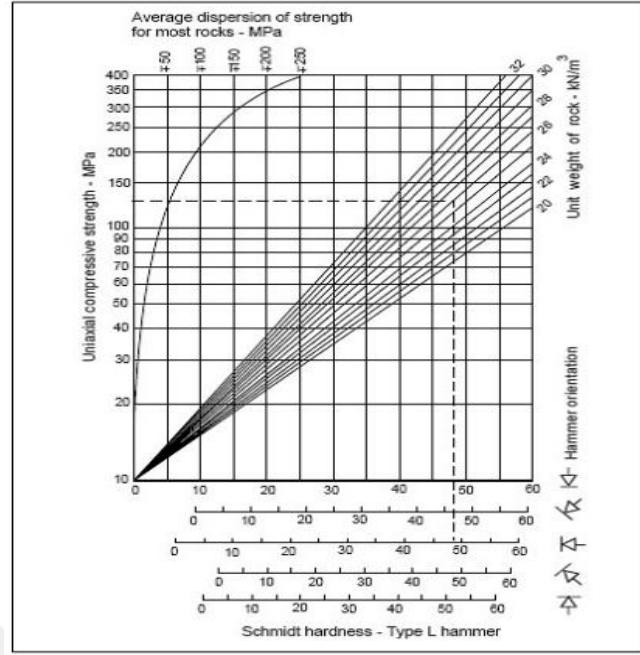
Beton Sınıfı	Numune Tipi	TS EN 206	Day	Sangha	Monday	Arıoğlu
C20/25	Silindir	20	20	20	20	20
	Küp	25	24,2	26,2	27,2	30,1
C25/30	Silindir	25	25	25	25	25
	Küp	30	28,8	31,9	33,1	34,8
C30/37	Silindir	30	30	30	30	30
	Küp	37	33,5	37,3	38,7	39,6

Tablo 2.1. (Devam) TS EN 206 ve çeşitli araştırmacıların öngördükleri dayanımlar değerleri

Beton Sınıfı	Numune Tipi	TS EN 206	Day	Sangha	Monday	Arıoğlu
C35/45	Silindir	35	35	35	35	35
	Küp	45	38,2	42,3	43,9	44,3
C40/50	Silindir	40	40	40	40	40
	Küp	50	43,0	47,0	48,8	49,1
C45/55	Silindir	45	45	45	45	45
	Küp	55	47,8	51,4	53,3	53,8
C50/60	Silindir	50	50	50	50	50
	Küp	60	52,7	55,5	57,5	58,6
C55/67	Silindir	55	55	55	55	55
	Küp	67	57,6	59,2	61,3	63,3
C60/75	Silindir	60	60	60	60	60
	Küp	75	62,5	62,6	64,8	68,0
C65/80	Silindir	65	65	65	65	65
	Küp	80	67,4	65,7	67,9	72,8
C70/85	Silindir	70	70	70	70	70
	Küp	85	72,3	68,5	70,7	77,5

Tunçağ (2000), deprem bölgesindeki ve civarındaki (Adapazarı, Ankara, Balıkesir, Bursa, Eskişehir ve İstanbul) binaların mevcut beton kalitesini hızlı ve kabaca belirlemek isteyen bir çalışmayı derlemiştir. Bu bölgedeki rastgele seçilmiş 70 binadan karot numunesi alınmıştır ve Schmidt yüzey sertliği okumaları ile karşılaştırılmıştır. İncelenen çalışmanın sonuçlarına göre Schmidt yüzey sertliği okumalarında birçok etken olduğu, beton sınıfının artmasıyla Schmidt yüzey sertliği okuma sonuçlarının daha gerçekçi olduğunu gözlemlemiştir. Ayrıca Schmidt çekici kalibrasyonun karot sonuçlarıyla kıyaslanmasıyla sağlanabileceğini belirtmiştir.

Deere ve Miller (1967), tek eksenli basınç dayanımını baz alarak farklı eksenlerdeki tahmini basınç dayanımlarını hesaplamak için abak oluşturmuşlardır (Şekil 2.3). Abak incelendiğinde Schmidt çekici ile tek eksenli basınç dayanımına kayacın birim ağırlığı kriteri de eklenmiştir. Birim ağırlığı $2,6 \text{ kg/m}^3$ ve Schmidt yanal okuma değerleri ortalaması 30 olan bir betonun yaklaşık 50 MPa değerine denk geldiği gözlemlenmektedir.



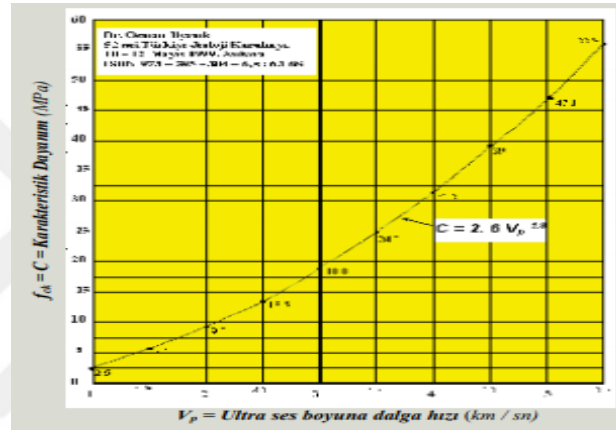
Şekil 2.3. Schmidt çekici – Tek eksenli basınç dayanım tahmin abağı

İlhan (2000), yayınladığı makalede; Schmidt çekici ile ölçüm yapılacak yüzeyin yanı sıra, çekiç korelasyonunun yapıldığı örnek beton numunesinin yüzeyinin de temiz, düz ve kuru olması gerektiğini belirtmiştir. Aksi halde %60-70'lere kadar hatalar yapılabileceğini öne sürmüştür.

Uyanık, Gülay ve Tezcan (2012) tarafından yapılan makalede; boyuna ve enine dalga hızları ile dayanım arasındaki ilişkisi sıva kalınlığı da dikkate alınarak incelenmiştir. Çalışmanın sonucunda dalga hızı en az 4,8 km/sn olmak üzere bir denklem elde edilmiştir. Ultrasonik geçiş hızı yöntemiyle özellikle inşaatı bitmiş beton elemanlarına yerinde yapılan ölçümlerle büyük bir ekonomi ve sürat sağlandığı belirtilmiştir. Buna ek olarak yapılan çalışma sonuçlarında; ultrasonik geçiş hızı 4,8 km/sn olan okumanın 43,7 MPa basınç dayanımına denk düştüğü bulgusuna ulaşılmıştır.

Bal, Gülay ve Tezcan (2010), P:25 – Metodu çalışmasında; betonarme binaların hasardan yıkılabilir nitelikte olup olmadıkları incelenmiştir. P 25-hızı değerlendirme programı incelemesinde bir binanın 1 saat içerisindeki P=100 üzerinden puanlama yapılmakta ve alınan puana göre binanın depremde göçüp göçmeyeceği tayin edilmektedir. Program 150'nin üzerindeki veriyi ultrasonik geçiş hızı yöntemi ile

statik ve mimari projelerden alarak on dakika içerisinde değerlendirme işlemini bitirmektedir. Değerlendirme sonucunda P:35 ve üzeri olan tüm binalar “göçmez” kategorisine alınarak, bu binalara sertifika verilebilir. P:25 altı binalar “göçer” nitelikli olarak tanımlanarak, gerekli yıkım ya da güçlendirme çalışması yapılabilir. P:25-35 arasındaki binalar ise “şaibeli” binalar olarak tanımlanabilir ve detaylı bir incelemeye tabi tutulmalıdır. Çalışmada ultrasonik geçiş hızı ile beton basınç dayanımı arasındaki ilişki Şekil 2.4’teki grafik ile sunulmuştur. Şekil 2.4 incelendiğinde ultrasonik geçiş hızının 5 km/sn olduğu durumda binanın beton basınç dayanımının 30-35 MPa arasında olduğu kanısına varılabilmektedir.



Şekil 2.4. Ultrasonik geçiş hızı ile beton basınç dayanımı tayini

Demirboğa, Türkmen ve Karakoç (2004) yaptıkları çalışmada; ultrasonik geçiş hızını, mineral katkılı betonun basınç dayanımını ölçmede kullanmışlardır. Ultrasonik geçiş hızı ve basınç dayanımı arasındaki ilişki her bir mineral katkı için farklı katsayı ile hesaplanıldığı takdirde, aralarında kuvvetli bir ilişki olduğunu yaptıkları deneyler ile öne sürmüşlerdir.

Abo-Qudais (2004) yaptığı çalışmada; betondaki agrega granülometrisinin, s/ç oranının ve kür süresinin ultrasonik geçiş hızı üzerindeki etkilerini incelemiştir. Kür süresi arttıkça ultrasonik geçiş hızı değerlerinin arttığı, s/ç oranı arttığında ultrasonik geçiş hızı değerinin azaldığı, agregaların dane boyu arttırıldıkça ultrasonik geçiş hızı değerlerinin de yüksek çıktığı sonucuna varmıştır.

Qasrawi (2000), tahribatsız deney yöntemleri ile beton basınç dayanımı ile olan ilişkisini incelemiş ve yaptığı çalışmada beton numunelere hem test çekici hem de

ultrasonik geçiş hızı testleri uygulamıştır. Beton dayanımının belirlenmesinde ultrasonik geçiş hızı yönteminin daha etkili olduğu sonucuna varmış olmakla birlikte, her iki yöntemin birlikte kullanılmasının daha güvenilir olduğunu ifade etmiştir.

Khan, Noorzaei, Kadir, Waleed ve Jaafar (2007) yaptıkları çalışmada ultrasonik geçiş hızı ile yüksek dayanımlı betonlar ve normal dayanımlı betonlar arasında bir gerilme modeli kurmayı amaçlamışlardır. Ancak yüksek dayanımlı betonlarla ultrasonik geçiş hızı ile standart bir bağıntı kuramamışlardır. Standart sapması yüksek olduğu için yüksek dayanımlı betonların ultrasonik geçiş hızı ile bağıntısında normal yapılarıdaki beton sınıflarından da yararlanılabileceği sonucuna ulaşmışlardır.

Ergün ve Kürklü (2005) alışmalarında; tahribatsız yöntemler tekil olarak kullanıldığında mevcut yapıların beton basınç dayanımının belirlenmesinde sağlıklı sonuçlar vermediğini öne sürmüşlerdir. Ancak korelasyon yapıldığı takdirde kullanılabilir olduğunu belirtmişlerdir. Yaptıkları çalışmanın sonucunda, ultrasonik geçiş hızı ve Schmidt yüzey sertliği okuma sonucu kullanılarak, belirli katsayılarla gerçek beton basınç dayanımına ulaşılabilceğini savunmuşlardır.

Özkul ve Akçay (2000)'ın araştırmasında; Schmidt çekici ile ultrasonik geçiş hızı test cihazının karşılaştırılması Tablo 2.2'de yapılmıştır.

Tablo 2.2. Schmidt yüzey sertliği ile ultrasonik geçiş hızı test yöntemlerinin karşılaştırılması

Deney Tipi	Güvenilirlik	Uygulama Kolaylığı	Doğruluk	Ekonomiklik
Schmidt ekici	Zayıf	ok İyi-İyi	Zayıf-İyi	ok İyi
Ultrasonik geçiş hızı Testi	Zayıf-İyi	Zayıf	Zayıf-İyi	Zayıf-İyi

Turan ve Tanrikulu (2013), ultrasonik geçiş hızı test cihazı ve Schmidt çekici arasında küp ve silindir numune kalıplarını kullanarak kıyaslamalar yapmışlardır. Yapılan çalışmada dayanım değeri ile ultrasonik ses hızı ve test çekici değerleri arasında s/ oranı ile ters orantılı bir ilişki olup, ultrasonik test yönteminin deney sonuçları ile daha uyumlu olduğu görülmüştür.

3. MALZEME VE YÖNTEM

3.1. Malzeme

Beton denemeleri için tasarlanan beton karışım oranlarının doğru bir şekilde uygulanmasında kullanılacak olan malzemelerin stabil ve kaliteli olması gerekmektedir. Bu amaç doğrultusunda minerolojik yapısı dolomit kireç taşı olan, tane yoğunluğu 2.70 g/cm^3 ve üzerinde su emmesi düşük (kırma kum için %1,2, 1 no. agrega için %0,5, 2 no. agrega için %0,3 civarı), tane dağılımı TS EN 933-1 standardına uygun agrega, çimento, süper ve hiper akışkanlaştırıcı katkı kullanılmıştır. Kaliteli agreganın önemi özgül ağırlığının yüksek olması, su emmesinin az olması ve boşluksuz bir yapıya sahip olmasıdır. Su ihtiyacını azaltmak için doğal kum (sarı kum) kullanılmıştır. Doğal kum yapı olarak yuvarlaktır ve köşeli yapıdaki kırma kuma göre daha az su ihtiyacı duyar (TS EN 206-14).

3.1.1. Çimento

Deneylerde kullanılacak olan çimento, beton piyasasında en çok tercih edilen CEM I 42.5 R'dir. Kimyasal farklılıklarından oluşabilecek mukavemet sapmaları en aza indirmek için, yapılacak olan tüm karışım oranları için aynı silodan örnek alınmıştır. Deneme anına kadar nemden uzak bir yerde muhafaza edilmiştir. Numune alınan çimentonun fiziksel ve kimyasal özellikleri ise Tablo 3.1 ve Tablo 3.2' de belirtilmiştir.

Tablo 3.1. Çimentonun fiziksel özellikleri

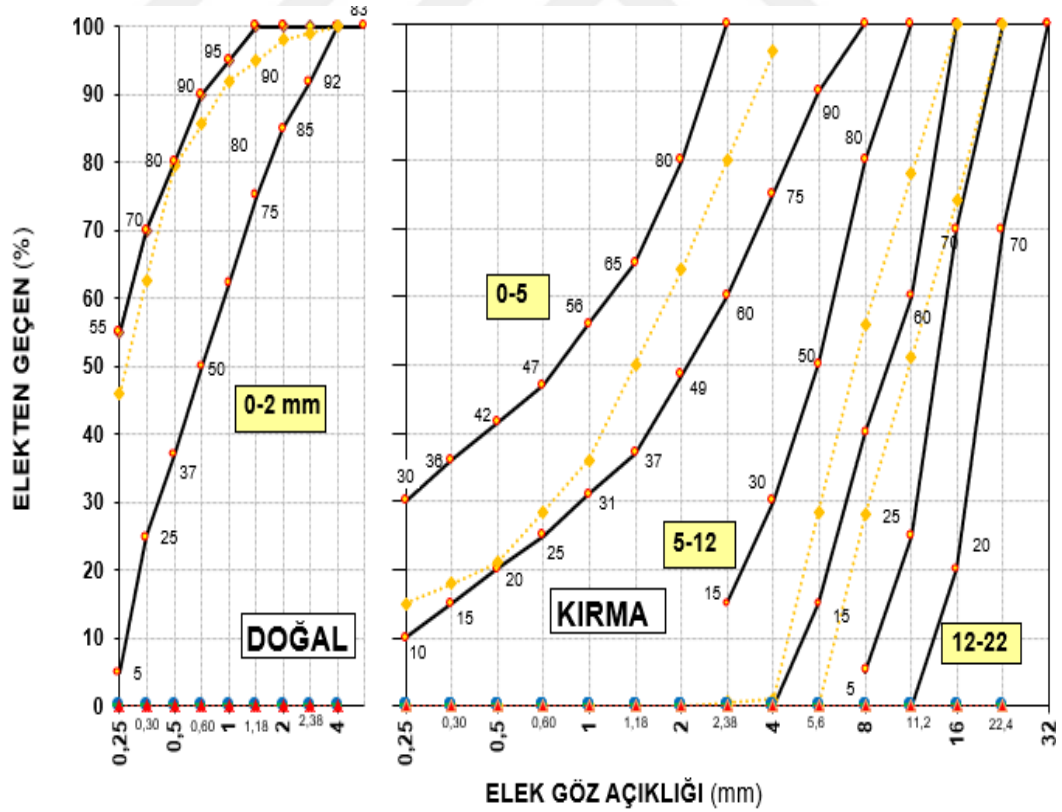
	Nuh Çimento	Standart
Priz Başlangıcı (Vicat Deneyi), dk	150	Min. 60
Priz Sonu (Vicat Deneyi), dk	200	Max. 600
Özgül Ağırlığı	3,16	-
Hacim Genleşmesi (La Chatelier), mm	1,0	Maks. 10
Özgül Yüzey Alanı (Blaine), cm^2/g	3868	-
90 μm elek bakiye, %	0,2	
32 μm elek bakiye, %	9,1	
2 Günlük Dayanım, MPa	31,7	Min. 20
7 Günlük Dayanım, MPa	48,0	-
28 Günlük Dayanım, MPa	57,7	Min 42.5

Tablo 3.2. Çimentonun kimyasal özellikleri (%)

Kimyasal Özellikler	Miktar (%)
SiO ₂	18, 82
Al ₂ O ₃	4, 77
Fe ₂ O ₃	3, 21
CaO	63, 86
MgO	1, 53
SO ₃	2, 79
Çözünmeyen Kalıntı	0, 45
Kızdırma Kaybı	2, 48
Serbest Kireç	0, 82
Toplam Alkali NA ₂ O + 0.658 K ₂ O	0, 55
Klorür	0, 0052

3.1.2. Agregalar

Yapılan çalışmalarda doğal kum (0-3 mm), taş tozu (0-5 mm), 1 numaralı mıcır (5-12 mm) ve 2 numaralı mıcır (12-22 mm) kullanılmıştır. Beton dökümlerinden önce agregaların elek analizi yapılmıştır ve Şekil 3.1'deki görünen grafik elde edilmiştir.



Şekil 3.1. Agregaların elek analizleri

Tezde kullanılacak olan agregalar Türk Akreditasyon Kurumu tarafından onaylıdır. Doğal kumun analiz verileri Tablo 3.3, Tablo 3.4 ve Tablo 3.5’de belirtilir iken taş tozu, 1 numaralı ve 2 numaraları mıcırları içeren analizler ise Tablo 3.6, Tablo 3.7 ve Tablo 3.8’de verilmiştir.

Tablo 3.3. Doğal kum mekanik birim analizleri

DENEY ADI	NUMUNE TANIMI	STANDART	SONUÇ	KATEGORİ/ SINIR DEĞER
Tane Yoğunluğu (Yüzey kuru suya doygun)	Kum	TS EN 1097-6:2013	2,63 mg/m ³	-
Su Emme Oranı	Kum	TS EN 1097-6:2013	%1,2	-
Çok İnce Malzeme Muhtevası (0.063 mm geçen)	Kum	TS EN 933-1:2012	%2,1	f ₃

Tablo 3.4. Doğal kum tane boyutu dağılımı

Elek Analizi (% Geçen)												
Elek Göz Açıklığı (mm)	31,5	22,4	16	11,2	8	5,6	4	2	1	0,5	0,25	0,125
Yaş Eleme	100	100	100	100	100	100	100	98	92	79	46	19

Tablo 3.5. Doğal kum alkali silika reaktifliği

Zaman (Gün)	1.Çubuk Uzama Oranı (%)	2.Çubuk Uzama Oranı (%)	3.Çubuk Uzama Oranı (%)	Ortalama Çubuk Uzama Oranı (%)
3	0,01	0,01	0,01	0,01
7	0,06	0,07	0,07	0,07
14	0,13	0,14	0,14	0,14

Tablo 3.6. Kırma kum, 1 ve 2 nolu agrega mekanik birim analizleri

DENEY ADI	NUMUNE TANIMI	STANDART	SONUÇ	KATEGORİ/SINIR DEĞER
Tane Yoğunluğu (Yüzey kuru suya doygun)	Kırma Kum	TS EN 1097-6:2013	2, 75 mg/m ³	-
Tane Yoğunluğu (Yüzey kuru suya doygun)	1 Nolu Agrega	TS EN 1097-6:2013	2, 76 mg/m ³	-
Tane Yoğunluğu (Yüzey kuru suya doygun)	2 Nolu Agrega	TS EN 1097-6:2013	2, 78 mg/m ³	-
Su Emme Oranı	Kırma Kum	TS EN 1097-6:2013	%1, 0	
Su Emme Oranı	1 Nolu Agrega	TS EN 1097-6:2013	%0, 7	-
Su Emme Oranı	2 Nolu Agrega	TS EN 1097-6:2013	%0, 5	-
Yassılık İndeksi	1 Nolu Agrega	TS EN 933-3:2012	%12, 0	FI ₁₅
Yassılık İndeksi	2 Nolu Agrega	TS EN 933-3:2012	%10, 0	FI ₁₅
İri Agregaların Parçalanmaya Karşı Direnci (Los Angeles)	1 Nolu Agrega ve 2 Nolu Agrega	TS EN 1097-2:2010	%18, 0 ¹	LA ₂₀
Çok İnce Malzeme Muhtevası (0,063 mm geçen)	Kum	TS EN 933-1:2012	%2, 1	f ₁₀

¹Deney 10-14 mm aralığında agrega numunesine yapılmıştır.

Tablo 3.7. Kırma kum, 1 ve 2 nolu agrega tane boyutu dağılımı

Elek Analizi (% Geçen)												
Elek Göz Açıklığı (mm)	31,5	22,4	16	11,2	8	5,6	4	2	1	0,5	0,25	0,125
Kırma Kum	100	100	100	100	100	100	96	64	36	21	15	11
1 Nolu Agrega	100	100	100	96	56	15	1	0	0	0	0	0
2 Nolu Agrega	100	100	74	28	2	0	0	0	0	0	0	0

Tablo 3.8. Kırma kum alkali silika reaktifliği

Zaman (Gün)	1.Çubuk Uzama Oranı (%)	2.Çubuk Uzama Oranı (%)	3.Çubuk Uzama Oranı (%)	Ortalama Çubuk Uzama Oranı (%)
3	0,02	0,02	0,01	0,02
7	0,03	0,03	0,02	0,03
14	0,06	0,06	0,05	0,06

Doğal kum ve taş tozu metilen mavisi deneyine tabii tutulmuştur. Doğal kumun metileni 0,5 iken taş tozunun 0,75 değeri elde edilmiş olup kullanım için uygun olduğu görülmüştür.

3.1.3. Kimyasal katkılar

C30/37, C35/45, C40/50 ve C45/55 beton sınıflarında süper akışkanlaştırıcı katkı (kimyasal analizi Tablo 3.9’da); beton sınıfı yükseldikçe yani C50/60, C55/67, C60/75, C65/80 ve C70/85 beton sınıflarında hiper akışkanlaştırıcı katkı (kimyasal analizi Tablo 3.10’da) farklı miktarlarda kullanılmıştır.

Tablo 3.9. Süper akışkanlaştırıcı katkı kimyasal analizleri

DENEY ADI	NUMUNE TANIMI	STANDART	SONUÇ
Suda Çözülebilir Klorür İçeriği (%Cl)	Kimyasal Katkı	TS EN 480-10:2001	%0,01 ¹
Sodyum Oksit İçeriği (% Na ₂ O)	Kimyasal Katkı	TS EN 480-10:2001	%2,8 ²
Potasyum Oksit İçeriği (% K ₂ O)	Kimyasal Katkı	TS EN 480-10:2001	<%0,1 ²
Toplam Alkali İçeriği (Na ₂ O + 0,658 K ₂ O)	Kimyasal Katkı	TS EN 480-10:2001	%2,8 ²

Tablo 3.10. Hiper akışkanlaştırıcı katkı kimyasal analizleri

DENEY ADI	NUMUNE TANIMI	STANDART	SONUÇ
Katı Madde Yüzdesi (%)	Kimyasal Katkı	TS EN 480-8	%26,27
pH (% 10’luk Çözelti)	Kimyasal Katkı	TS EN 480-10:2001	%3,88
Suda Çözülebilir Klorür İçeriği (%Cl)	Kimyasal Katkı	TS EN 480-10:2001	0,0538
Alkali Yüzdesi (%) (Na ₂ O’e ekivalendir.)	Kimyasal Katkı	TS EN 480-10:2001	0,35

3.1.4. Su

Tezde kullanılan su deneylerin yapıldığı laboratuvara şehir şebekelerinden gelen musluk suyudur. Türk Akreditasyon Kurumu tarafından onaylı olup Türkiye Hazır Beton Birliğinin yapmış olduğu analiz ise EK 4’de mevcuttur.

3.2. Yöntem

3.2.1. Beton karışım oranları

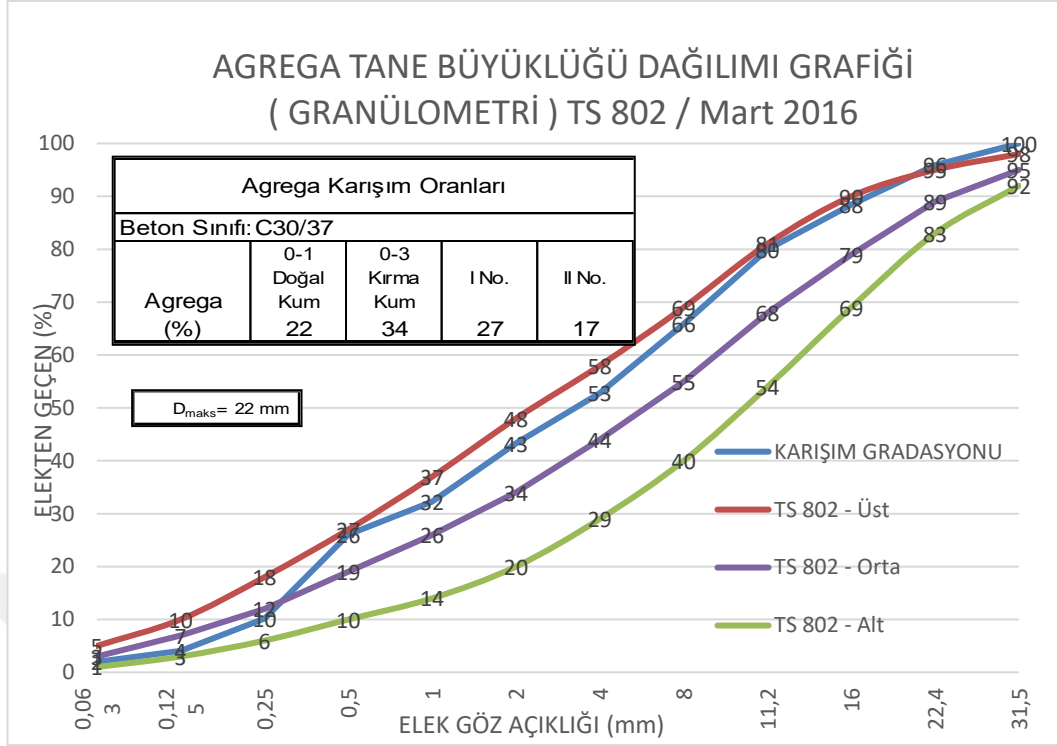
Her bir beton sınıfı için ayrı bir dizayn oluşturulmuştur. Oluşturulan dizaynlar TS EN 206 ve TS 13515 standartlarına uygun bir şekilde tasarlanmıştır. Değişken sayısını en aza indirmek amacı ile beton sınıfları arasındaki agrega yüzdeleri eşit oranlarda tutulmuştur (Tablo 3.11).

Tablo 3.11. Beton dizaynları

BETON DİZAYNLARI											
Beton Sınıfları	AGREGA ÖZELLİKLERİ % - kg/m ³				Çimento Miktarı kg/m ³	Su Miktarı kg/m ³	KİMYASAL KATKI		S-B Oranı	TAZE BETON	
	Doğal	Taş Tozu	1 No	2 No			Adı	Dozajı		Kıvam cm	Birim Ağ. kg/m ³
	0-2	0-5	5-12	12-22			kg - %				
C30/37	22	34	27	17	300	158	Süper Akş.	1,30% 3,901	0,55	18 ± 3	2,420
	421	669	533	336						Çökme	
C35/45	22	34	27	17	325	164	Süper Akş.	1,40% 4,551	0,53	18 ± 3	2,413
	413	655	522	329						Çökme	
C40/50	22	34	27	17	350	169	Süper Akş.	1,50% 5,251	0,51	18 ± 3	2,408
	406	643	513	323						Çökme	
C45/55	22	34	27	17	375	172	Süper Akş.	1,60% 6,001	0,48	18 ± 3	2,405
	398	632	504	317						Çökme	
C50/60	22	34	27	17	400	182	Hiper Akş.	0,90% 3,600	0,47	60 ± 5	2,394
	392	621	495	312						Yayılma	
C55/67	22	34	27	17	425	188	Hiper Akş.	1,0% 4,250	0,46	60 ± 5	2,395
	383	608	485	305						Yayılma	
C60/75	22	34	27	17	450	194	Hiper Akş.	1,1% 4,950	0,45	65 ± 5	2,396
	376	597	476	300						Yayılma	
C65/80	22	34	27	17	475	199	Hiper Akş.	1,2% 5,701	0,44	65 ± 5	2,397
	367	583	464	292						Yayılma	
C70/85	22	34	27	17	500	203	Hiper Akş.	1,3% 6,501	0,43	70 ± 5	2,385
	363	575	458	289						Yayılma	

Tablo 3.1’de görüldüğü gibi C30/37 ile C45/55 beton sınıfları için, Türkiye beton piyasasında en çok kullanılan kıvam sınıflarından olan S4 (16-21 cm çökme) kıvamı tercih edilmiştir (TS EN 12350-2). C50/60 ve üst sınıflar için ise SF1(55-65 cm yayılma) ve SF2 (66-75 cm) yayılma kıvamları tercih edilmiştir (TS EN 12350-8).

Hazırlanmış olan beton karışım oranları doğrultusunda her bir beton sınıfı için kullanılan agrega yüzdeleri sırasıyla doğal kum %22, taş tozu %34, 1 numaralı agrega %27 ve 2 numaralı agrega %17’dir. Şekil 4.1’de C30/37 beton sınıfı üzerinden oluşturulan agrega tane büyüklüğü dağılım grafiği görülmektedir.



Şekil 3.2. Beton karışım oranları doğrultusundaki agrega tane büyüklüğü dağılımı

Şekil 3.2'e bakıldığında TS 802 standardının belirlemiş olduğu alt ve üst sınır değerlerinin içerisinde olduğu kanısına varılmıştır.

3.2.2. Kıvam ve birim ağırlık

Betoniyerde üretim yapıldıktan sonra her bir beton sınıfının her bir harmanın kıvamına bakıldı. C30/37 ile C45/55 beton sınıfları için çökme ve C50/60 ile C70/85 beton sınıflarına ise yayılma deneyleri TS EN 12350-2 standardına uygun olarak yapıldı (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Slump (solda) ve yayılma (sağda) deneyleri

Her harman için doğrulaması yapılmış bir birim ağırlık kovası ile, birim ağırlıklarına bakıldı.

3.2.3. Basınç dayanım deneyleri

Çalışma için ayrılmış olan malzemeler dizaynlar doğrultusunda betonyerde karıştırıldı. Deneylere C70/85 beton sınıfından başlanılmıştır. Yapılan çalışmada her bir beton sınıfı için, her birinden 3'er adet olmak üzere; çelik, yerli plastik, ithal plastik, başlıklanmış örnekler için ise 100 X 200 ebatında 9 adet plastik silindir kalıp olmak üzere toplam 18 adet numune kalıba dökülmüştür. Her bir harmanın öncelikle kıvamına sonrasında birim ağırlığına bakılmıştır. Daha sonra numuneler; düz bir zeminde, 20 °C sıcaklığındaki klimalı odada yeterli sertliğe ulaşmaya kadar (yaklaşık 24 saat) bekletilmiştir (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Numunelerin saklanması

Sertleşmiş beton numuneleri 28. Günde kırılmak üzere 20 °C sıcaklık altında klimalı kür odasında kirece doygun su içerisinde bekletilmiştir (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Numunelerin kürlenmesi

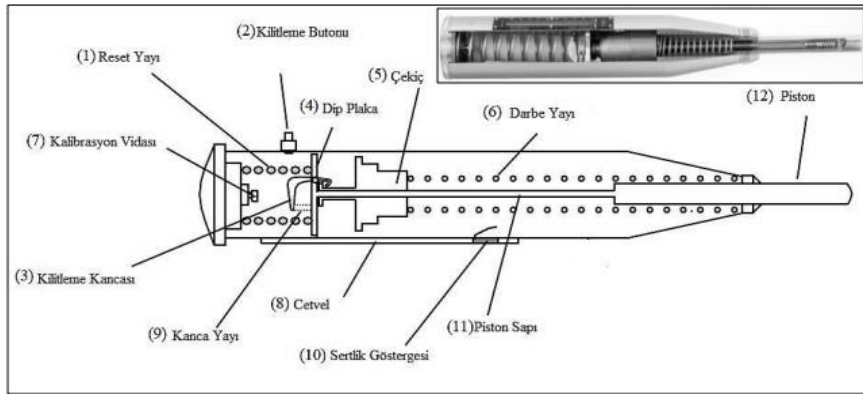
Bütün numuneler 28 günlük kırım tarihlerine kadar 20 ± 2 °C aralığındaki kür havuzunda saklanmıştır. Ardından numuneler basınç dayanım deneyine tabi tutulmuştur.

3.2.4. Schmidt yüzey sertliği deneyi

Beton test çekici olarak da bilinen alet (Şekil 3.6 ve Şekil 3.7) sertleşmiş betonun yüzey sertliğinin ölçülmesinde kullanılır. Bu sayede beton basınç dayanımı hakkında bilgi sahibi olunabilir. E. Schmidt adlı İsviçreli bir mühendis tarafından 1948 yılında büyük oranda geliştirildiği için ‘Beton Tabancası’ ismiyle anılması dışında ‘Schmidt Çekici’ olarak bilinmektedir (Schmidt, 1951).



Şekil 3.6. Schmidt çekici genel görünümü



Şekil 3.7. Schmidt çekicinin genel kısımları

Her bir Schmidt çekicine ait kullanılan agregaya göre korelasyon yapılmış olması gerekmektedir. 156446 seri numaralı Schmidt çekicine, daha önceden silindir ve küp numuneler için ayrı ayrı korelasyon yapılmıştır (Ek-B ve Ek-C).

Schmidt çekici okumasında öncelikli olarak beton numunesi Şekil 3.8'deki gibi işaretlenmiştir. Her bir Schmidt çekici okuması temsil edilen yüzeyden en az 9 en fazla 25 okuma alınması gerektiği için 12 adet okuma yapılmıştır (Schmidt, 1951). En üst ve en alt değer çıkartılıp, kalan 10 değerın ortalaması alınmıştır. Korelasyon tablosundan bakılarak karşılık gelen beton basınç dayanımı yazılmıştır (Ek-D ve Ek-E).



Şekil 3.8. Schmidt yüzey sertliği okuması için numune işaretlemeleri

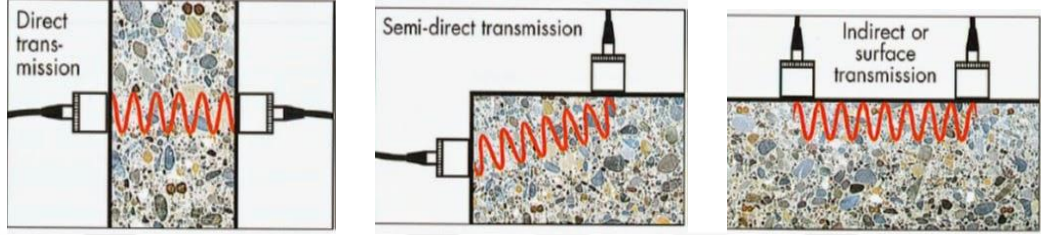
3.2.5. Ultrasonik geçiş hızı deneyi

Ultrasonik geçiş hızı test cihazı; alıcı ve verici arasında oluşturulan ultrases dalgalarının beton içerisindeki geçiş süresinin belirlenmesiyle beton basınç dayanımı hakkında bilgi verir. Ultrasonik geçiş hızı test yöntemiyle, basınç dayanımı dışında betonun homojenliği, varsa betonda kusur, çatlak bilgisi ve elastisite modülünün hesaplanması için veriler de elde edilebilir.

Betonun içerisinde geçen ultrasonik sesin hızı ile betonun basınç dayanımı hakkında direkt bir ilişki yoktur. Fakat betonun yoğunluğu ile alakalıdır. Yoğunluğu az olan bir betonda (boşlukları fazla olan beton), ultrasesin betonun bir yüzeyinden diğer yüzeyine ulaşma süresi daha uzundur. Başka bir deyişle betonun içerisindeki boşluk arttıkça, ultrasonik geçiş hızı yavaşlar; betonun içerisindeki boşluk azaldıkça, ultrasonik geçiş hızı da artar. Betonun yoğunluğu ile basınç dayanımı arasında doğru orantılı bir ilişki vardır. Su/çimento oranı yüksek olan betonlar daha çok kapiler boşluğa sahip olduğundan, yoğunluğu ve basınç dayanımları da düşük olur. Bu

durumda dolaylı yoldan ultrasonik geçiş hızı yöntemiyle beton basınç dayanımı belirlenebilir (TS EN 12504-2).

Yapılan çalışmada; küp ve silindir numunelerinin her birine direkt, yarı direkt ve endirekt okuma yöntemleri arasından direkt okuma yöntemi uygulanmıştır (Şekil 3.9).



Şekil 3.9. Ultrasonik geçiş hızı test yöntemleri

Şekil 3.9'daki yarı direk ve endirekt okuma yöntemleri okuması yapılacak betonun arka yüzüne ulaşamadığında (tek yüz perde) tercih edilmektedir. Diğer durumlarda direkt okuma yöntemi kullanılmaktadır (Şekil 3.10).

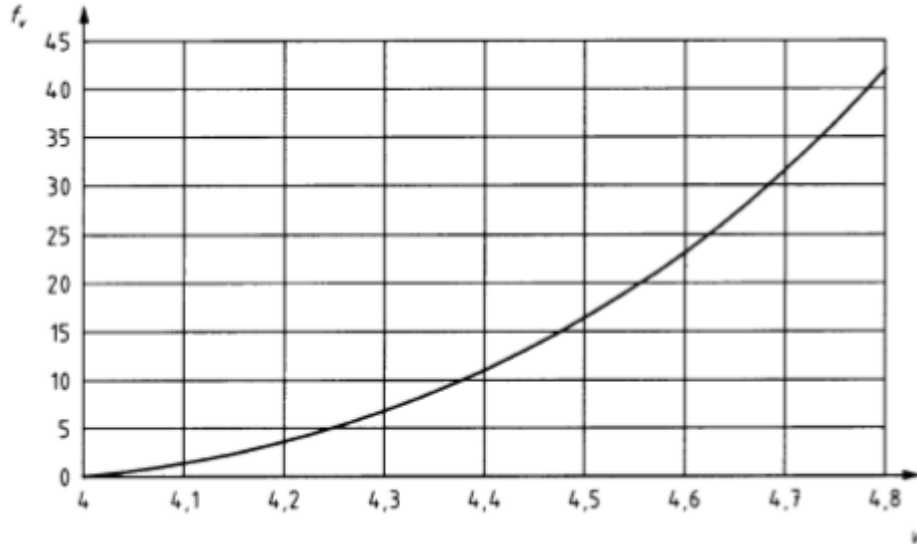


Şekil 3.10. Ultrasonik geçiş hızı test uygulamaları

TS EN 13791 Standardında: ultrasonik geçiş hızı cihazıyla ölçülen “V” değerinden basınç dayanımına geçiş için;

$$f_v = 62,5 \times V^2 - 497,5 \times V + 990 \quad (3.1)$$

Denklemini (3.1) kurulum Şekil 3.11'deki grafik elde edilmiştir (TS EN 12504-4).



Şekil 3.11. Ultrasonik geçiş hızı deneyi temel eğrisi

Yapılan çalışmada Şekil 3.11'deki grafik kullanılmamıştır. Bunun sebebi ise; grafikteki değer aralığı ile deney sonucu bulunan değer aralığı örtüşmemektedir.

Başka bir yaklaşımda ise; Erdoğan Y.T., 2003 yılında yaptığı çalışma ile ultrasonik geçiş hızı test cihazının ölçüm sonuçlarını sınıflandırmıştır (Tablo 3.12) (Erdoğan, 2003) (Ek-F ve Ek-G).

Tablo 3.12. Ultrasonik geçiş hızı – Beton kalitesi ilişkisi

Dalga Hızı (m/s)	Beton Kalitesi
>4500	Mükemmel
3500-4500	İyi
3000-3500	Şüpheli
2000-3000	Zayıf
<2000	Çok zayıf

Tablo 3.12'den yola çıkarak Ek-F ve Ek-G'de C30/37 ile C70/85 beton sınıfları arasındaki elde edilen ultrasonik geçiş hızı okumaları doğrultusunda beton kalitesi ile ilişkilendirilmiştir.

Silindir ve küp numuneler üzerinde yapılan ayrı ayrı deneysel çalışma ile elde edilen veriler ışığında ultrasonik geçiş hızı test cihazı ve kullanılan agregaya özgü bir grafik ve denklem oluşturulmuştur.

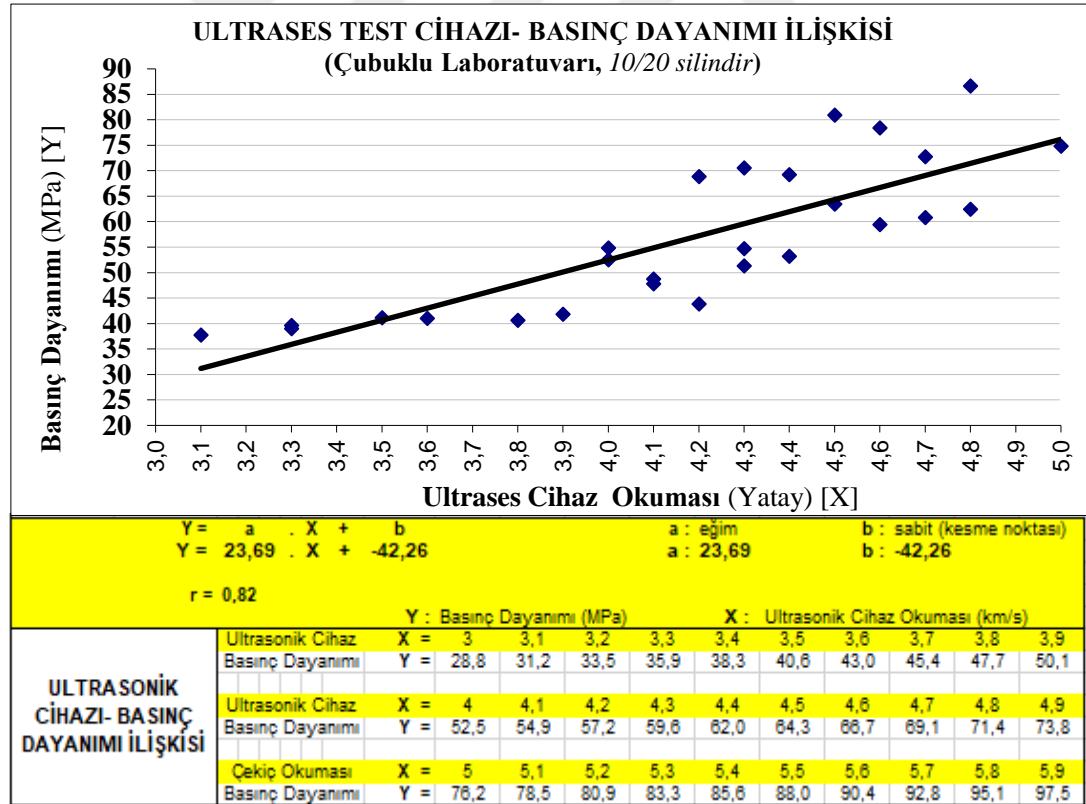
Ultrasonik geçiş hızının ölçülmesini inceleyecek olursak;

$$V = l/t \quad (3.2)$$

Denklemin (3.2) içerisindeki "l" değeri silindir numunelerinin yüksekliği baz alındığından;

$l_{\text{Silindir}} = 200 \text{ mm} = 0,0002 \text{ km}$ olurken küp numuneler için $l_{\text{Silindir}} = 150 \text{ mm} = 0,00015 \text{ km}$ olarak hesaplanmıştır. Her bir numune için 3 adet okuma yapıp, ortalaması alınmıştır.

Ultrasonik geçiş hızı cihazının okuma yapacağı yüzey pürüzsüz olmalıdır. Çalışma esnasında aşındırılmış numunelerin yüzeyinde herhangi bir pürüz bulunmamasına dikkat edilmiştir. Fakat neopren ve kükürt-grafit karışımı başlık yapılmış numunelerde aynı durum söz konusu değildir. Bu sebeple neopren ve kükürt-grafit karışımı başlık yapılmış silindir numuneler beton harcı ve gres yağı ile pürüzsüz hale getirilmiştir.

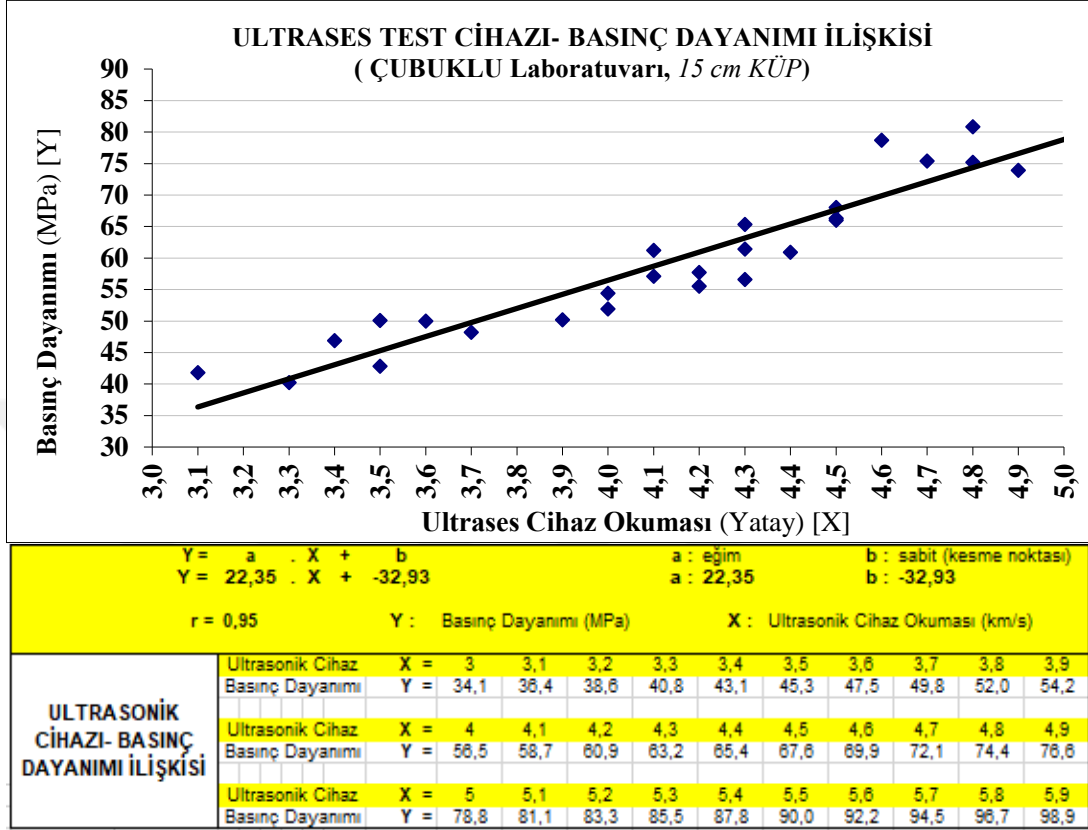


Şekil 3.12. Ultrasonik geçiş hızı test cihazı – Basınç dayanım ilişkisi (silindir)

TS EN 13791 Standardındaki denklem kullanılan agrega ve beton karışım oranlarına göre özelleştirilmiştir.

$$f_v = 23,69 \times V - 42,26 \quad (3.3)$$

Denklem(3.3) kullanılmıştır.



Şekil 3.13. Ultrasonik geçiş hızı test cihazı – Basınç dayanım ilişkisi (küp)

Yapılan çalışmalar doğrultusunda Şekil 3.13'te görüldüğü gibi ultrasonik geçiş hızı test cihazının basınç dayanımının sonuçlarını değerlendirmek adına

$$f_v = 22,35 \times V - 32,93 \quad (3.4)$$

Denklemini (3.4) oluşturulmuştur.

Ultrasonik geçiş hızı değerlerine karşılık gelen basınç dayanımları bu denklemler doğrultusunda hesaplanmıştır (Şekil 3.12 ve Şekil 3.13).

4. DENEYSEL BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışma Tüylüoğlu beton ve Nuh beton Ar-Ge laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Çalışmada C30/35 beton sınıfı ile C70/85 beton sınıfı arasındaki her bir beton sınıftan laboratuvar koşulları içerisinde betoniyerde beton üretimi gerçekleştirilerek, üretilen betonların silindir (kükürt-grafit karışımı başlık, neopren başlık ve aşındırma) ve küp (İthal plastik, çelik ve yerli plastik) kalıplara dökümü yapılmıştır.

Her bir beton sınıfı beton üretiminden sonra kıvam, birim ağırlık, basınç dayanımı, Schmidt deneyi ve ultrases geçişi deneylerine tabi tutulmuştur. Bu deneyler aşağıdaki maddeler içerisinde anlatılmıştır.

4.1. Kıvam ve Birim Ağırlık

Yapılan kıvam ile ilgili deney sonuçları Tablo 4.1'deki gibidir.

Tablo 4.1 Slump sonuçları

Beton Sınıfları		C30/37	C35/45	C40/50	C45/55	C50/60	C55/67	C60/75	C65/80	C70/85
Çökme Miktarı (cm)	Silindir	16	16	16	15	-	-	-	-	-
	Küp	17	15	16	15	-	-	-	-	-
Yayılma Miktarı (cm)	Silindir	-	-	-	-	62	63	66	68	69
	Küp	-	-	-	-	62	64	63	64	74

Tablo 4.1 incelendiğinde çökme ve yayılma deneylerinde herhangi bir uç değer gözlemlenmemiştir. Deney sonuçları istenilen kıvam aralıkları içerisinde seyretmiştir. Bu da deneylerin doğruluğunun kontrollerinden biri olarak nitelendirilebilir.

Tablo 4.2'de ise birim ağırlık kovanı ile yapılmış olan birim ağırlık deney sonuçları görülmektedir.

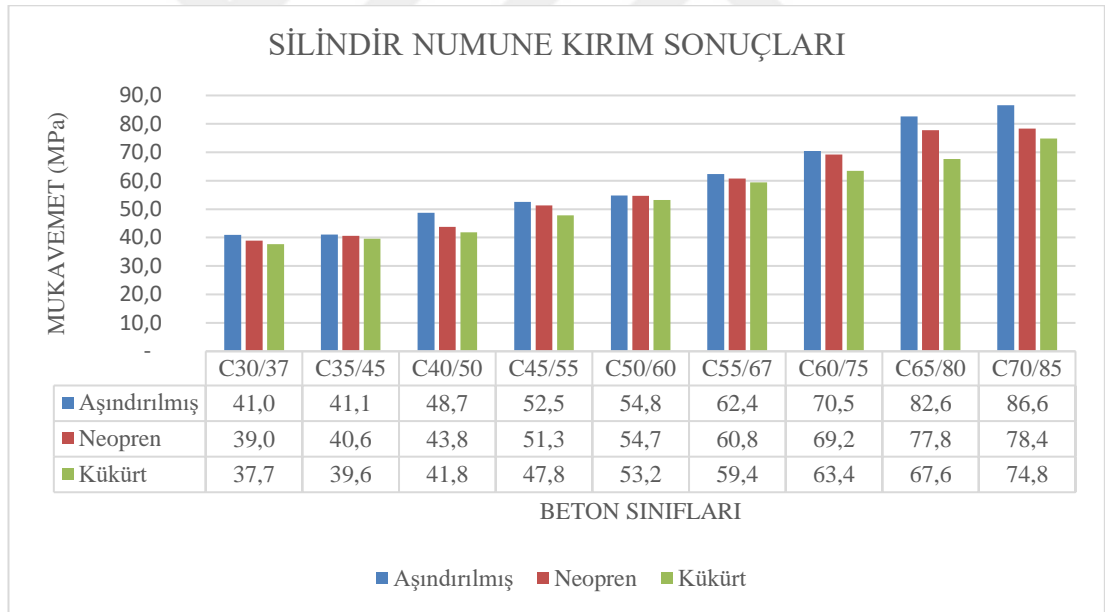
Tablo 4.2. Birim ağırlık sonuçları

Beton Sınıfları		C30/37	C35/45	C40/50	C45/55	C50/60	C55/67	C60/75	C65/80	C70/85
Birim Ağırlık (kg/m ³)	Silindir	2,392	2,397	2,404	2,416	2,410	2,418	2,419	2,427	2,429
	Küp	2,386	2,394	2,411	2,405	2,412	2,417	2,410	2,417	2,441
	Ortalama	2,389	2,396	2,408	2,411	2,411	2,418	2,415	2,422	2,435

Tablo 4.2 incelendiğinde öngörüldüğü üzere beton sınıfı yükselmesi ile birlikte birim ağırlıklarda da bir artış söz konusudur. Silindir ile küp numune kalıpları için hazırlanan harmanlar arasındaki birim ağırlık farkı en fazla m³'te 12 gram kadardır.

4.2. Basınç Dayanım Deneyleri

28 Günlük kırım sonuçları silindir ve küp numuneler ayrı ayrı değerlendirilmek üzere Şekil 4.1 ve Şekil 4.2'de mevcuttur.



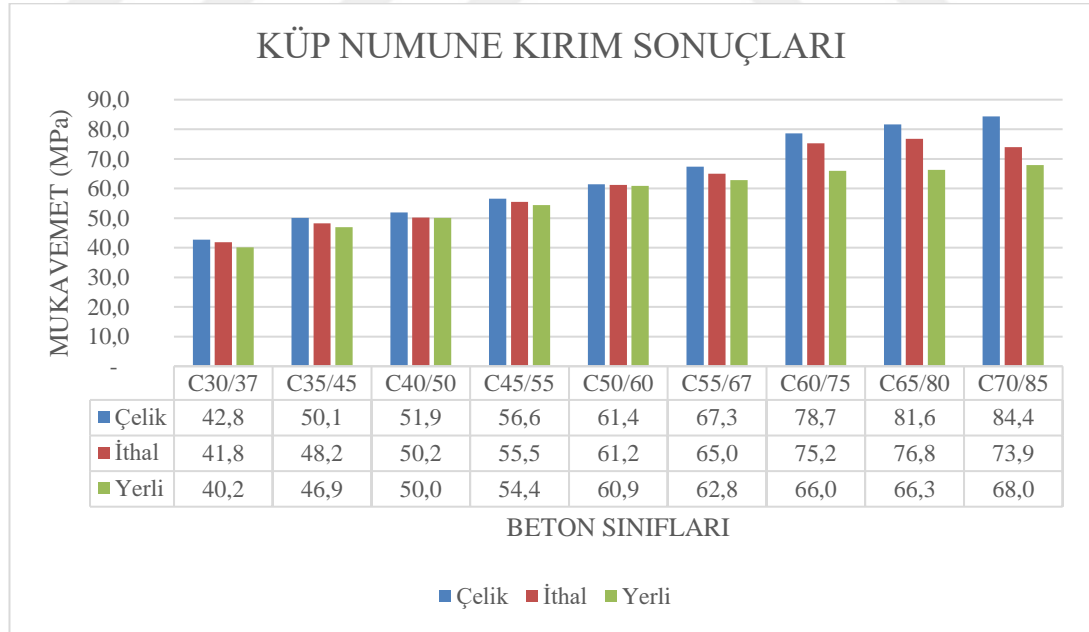
Şekil 4.1. Silindir numune kırım sonuçları

Şekil 4.1 incelendiğinde bütün basınç dayanımlarının kendi beton sınıflarını sağladıkları görülmektedir. Bunların içerisinde aşındırma (yüzeyi pürüzsüzleştirme) yöntemi ile diğer iki yonteme kıyasla daha yüksek sonuçlar elde edilmiştir.

Tablo 4.3. Aşındırma yöntemine göre yüzde farklılıkları

BETON SINIFLARI	Aşındırma-Neopren (% Farkı)	Aşındırma-Kükürt(grafit) (% Farkı)
C30/37	95,1	92,1
C35/45	98,8	96,3
C40/50	89,9	85,8
C45/55	97,7	91,0
C50/60	99,8	97,1
C55/67	97,4	95,1
C60/75	98,2	90,0
C65/80	94,3	81,9
C70/85	90,5	86,4
Ortalama Fark	95,7	90,6

Tablo 4.3 incelendiğinde en yüksek basınç dayanımlarına sahip aşındırma yöntemi ile diğer başlıklama yöntemleri arasındaki yüzdesel olarak farklılıklar verilmiştir. Neopren başlıklama uygulama yöntemi ile elde edilen basınç dayanımı, aşındırma yönteminin ortalama %95,7'si kadarına denk gelmiştir. Kükürt-grafit yöntemiyle ise aşındırma yönteminin %90,6'sı kadarı bir basınç dayanımı elde edilmektedir.



Şekil 4.2. Küp numune kırım sonuçları

Şekil 4.2 incelendiğinde ise C55/67 beton sınıfı itibariyle basınç dayanımlarının kendi beton sınıflarını sağlamadıkları görülmektedir. Bunların içerisinde çelik numune kalıbı kullanılarak elde edilen basınç dayanımları diğer iki kalıpla elde edilen basınç dayanımlarına oranla daha yüksek sonuçlar vermiştir.

Tablo 4.4. Çelik numune kalıbına göre yüzde farklılıkları

BETON SINIFLARI	Çelik-İthal Plastik (% Farkı)	Çelik-Yerli Plastik (% Farkı)
C30/37	97,8	93,9
C35/45	96,2	93,7
C40/50	96,7	96,4
C45/55	98,1	96,1
C50/60	99,7	99,1
C55/67	96,5	93,3
C60/75	95,6	83,9
C65/80	94,0	81,2
C70/85	87,6	80,6
Ortalama Fark	95,8	90,9

Tablo 4.4 incelendiğinde en yüksek basınç dayanımlarına sahip çelik numune kalıpları kullanılan yöntem ile diğer kalıplarla elde edilen basınç dayanımları arasındaki yüzdesel olarak farklılıklar verilmiştir. İthal plastik numune kalıpları kullanılan yöntem ile elde edilen basınç dayanımı, çelik numune kalıbı kullanılan yöntemin ortalama %95,8'si kadarına denk gelmiştir. İthal plastik numune kalıpları kullanılan yöntem ile elde edilen basınç dayanımı ise çelik numune kalıbı kullanılan yöntemin %90,9'u kadarı bir basınç dayanımı elde edilmektedir.

Deneydeki tüm numune kalıpları daha önce hiç kullanılmamıştır. Özellikle yerli plastik numune kalıplarının zamanla oldukça fazla aşındığı bilinmektedir. Bu durumda dayanımlar arasındaki farkın daha da fazla açılacağı öngörülmektedir.

4.3. Schmidt Yüzey Sertliği Deneyi

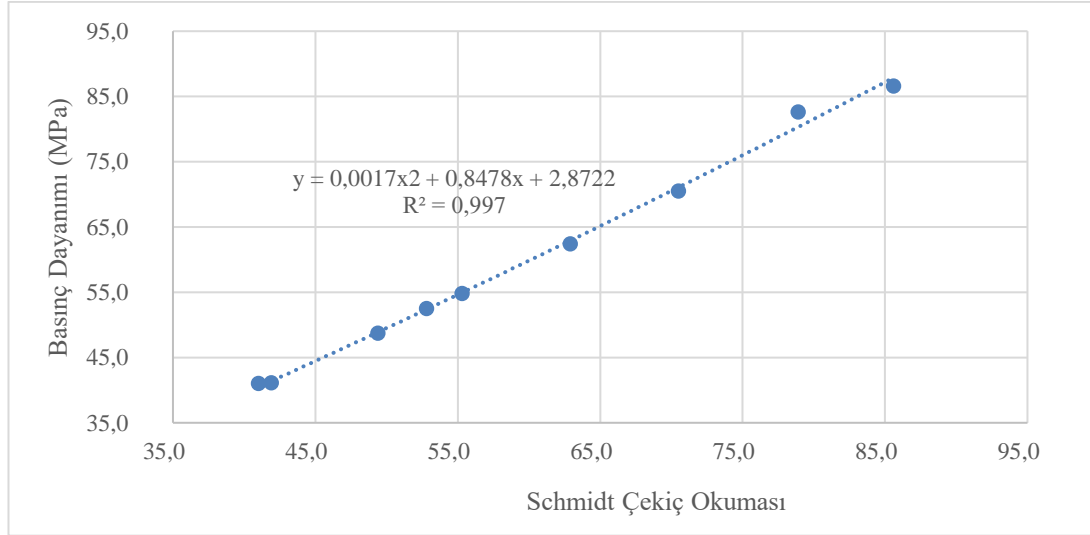
Schmidt çekici cihazı ile yapılan ölçümlerin istatistiği tutularak Tablo 4.5 hazırlanmıştır. Sonrasında silindir ve küp numuneler için TS EN 13791 standardında olduğu gibi bir grafik ve denklemler elde edilmiştir.

Tablo 4.5. Silindir ve küp numunelerin basınç dayanımı-Schmidt yüzey sertliği okuma değerleri

Numune Tipi	Silindir Numune (yüzey düzeltilmiş)		Küp Numune (Çelik kalıp)		Küp Numune (İthal kalıp)		Küp Numune (Yerli kalıp)	
	Basınç Day. (MPa)	Schmidt Çekici Okuması	Basınç Day. (MPa)	Schmidt Çekici Okuması	Basınç Day. (MPa)	Schmidt Çekici Okuması	Basınç Day. (MPa)	Schmidt Çekici Okuması
C30/37	41,0	41,0	42,8	43,4	41,8	38,2	40,2	39,9
C35/45	41,1	41,9	50,1	50,3	48,2	53,7	46,9	48,5
C40/50	48,7	49,4	51,9	48,5	50,2	46,8	50,0	50,3
C45/55	52,5	52,8	56,6	57,2	55,5	58,9	54,4	53,7
C50/60	54,8	55,3	61,4	60,7	61,2	57,2	60,9	60,7
C55/67	62,4	62,9	67,3	65,9	65,0	53,7	62,8	57,2
C60/75	70,5	70,5	78,7	76,3	75,2	74,5	66,0	67,6
C65/80	82,6	78,9	81,6	79,7	76,8	78,0	66,3	67,6
C70/85	86,6	85,6	84,4	84,9	73,9	74,5	68,0	69,3

Tablo 4.5’de silindir(yüzeyi aşındırılmış) ve tüm küp numunelerin pres altında kırıldıktan sonraki ortalama basınç dayanım sonuçları ile bu numunelerden alınan ortalama schmidt çekici okuma sonuçları derlenmiştir.

4.3.1. Schmidt yüzey sertliği- Silindir numune başlıkları

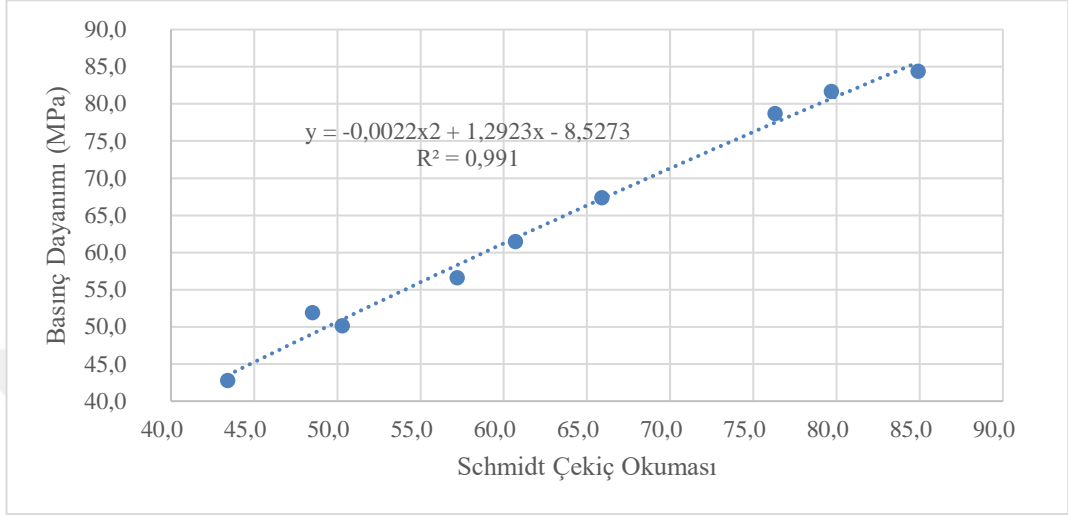


Şekil 4.3. Schmidt yüzey sertliği okuması – Aşındırılmış numune değerlendirilmesi

Şekil 4.3’de görüldüğü gibi, silindir numunelerde yüzey düzeltme işleminden sonra yapılan schmidt yüzey sertliği okumalarında Schmidt çekiç okuması-basınç dayanım ilişkisi 0.997 gibi oldukça yakın bir değer elde edilmiştir. Schmidt çekiç okuması -

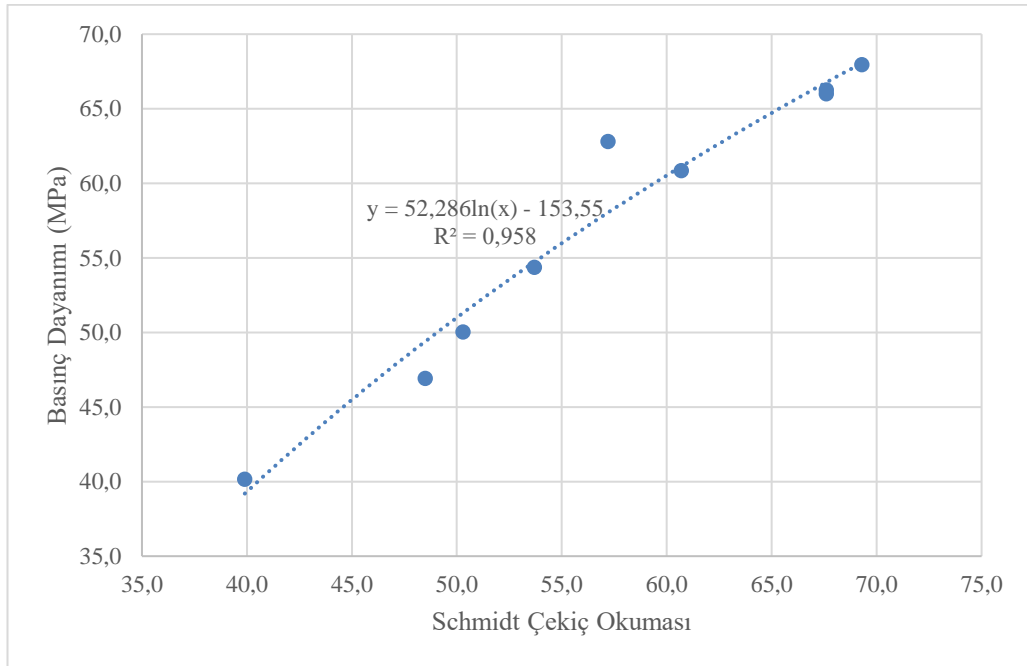
basınç dayanımı ilişkisini $y = 0,0017x^2 + 0,8478x + 2,8722$ formülü ile oldukça kuvvetli şekilde üs fonksiyonu ilişkisi sağlamaktadır.

4.3.2. Schmidt yüzey sertliği- Küp numune kalıpları



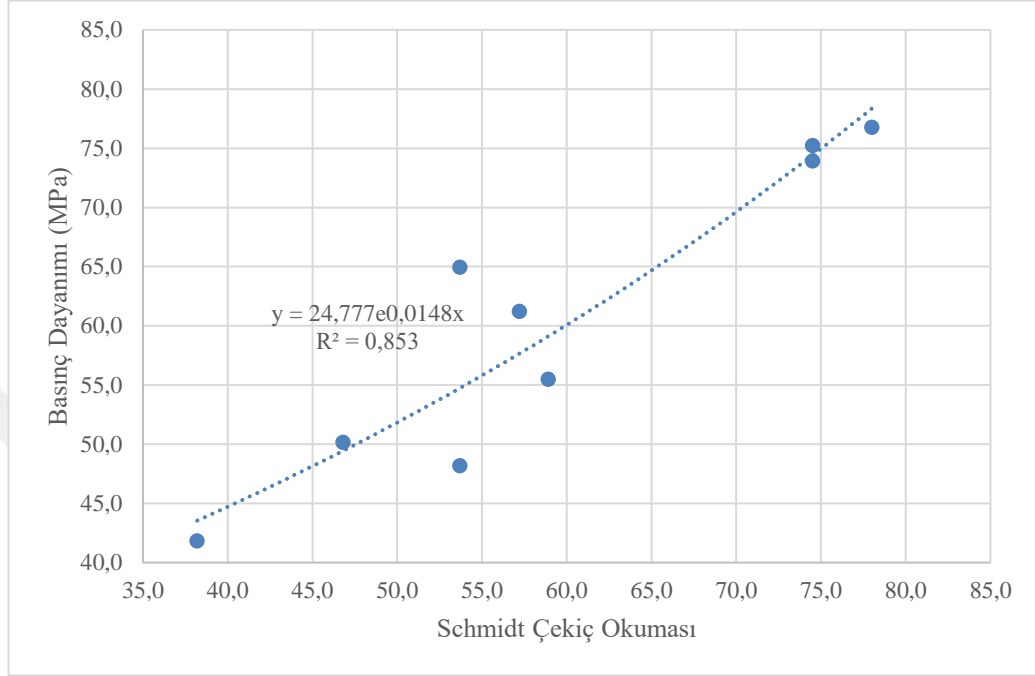
Şekil 4.4. Schmidt yüzey sertliği okuması – Çelik kalıp değerlendirme

Şekil 4.4’ de çelik kalıptan alınan küp numunelerin Schmidt çekici okuması -basınç dayanımı ilişkilerinin $R^2 = 0,991$ değeri ile silindir kalıptan daha düşük seviyede olduğu görülmektedir. İlişkinin $y = -0,0022x^2 + 1,2923x - 8,5273$ şeklinde formüle edilebilen bir denklem oluşmaktadır.



Şekil 4.5. Schmidt yüzey sertliği okuması – Yerli plastik kalıp değerlendirme

Şekil 4.5 incelendiğinde Schmidt çekiç okuması-basınç dayanımı arasında $y = 52,286\ln(x) - 153,55$ şeklinde logaritmik bir ilişki söz konusudur. $R^2=0,958$ değeri ile yerli kalıptan daha düşük bir benzerlik oranı elde edilmiştir.



Şekil 4.6. Schmidt yüzey sertliği okuması – İthal plastik kalıp değerlendirilmesi

Şekil 4.6' da ise üstel fonksiyon ilişkisi bulunan Schmidt çekiç okuması-basınç dayanımı ilişkisini gösteren grafikte $R^2 = 0,853$ değeri ile en düşük sonuç elde edilmiştir. İlişkinin $y = 24.777e^{0.0148x}$ şeklinde de formülize edilebilebilmektedir.

Küp numuneler genel olarak değerlendirildiğinde; Schmidt çekiç okuma değerleri açısından basınç dayanımları ile silindir numuneden daha yüksek bir ilişki içinde oldukları görülmektedir. Küp numuneler içerisinde ise en yüksek ilişki çelik numune kalıplarıyla elde edilmektedir.

4.4. Ultrasonik Geçiş Hızı Deneyi

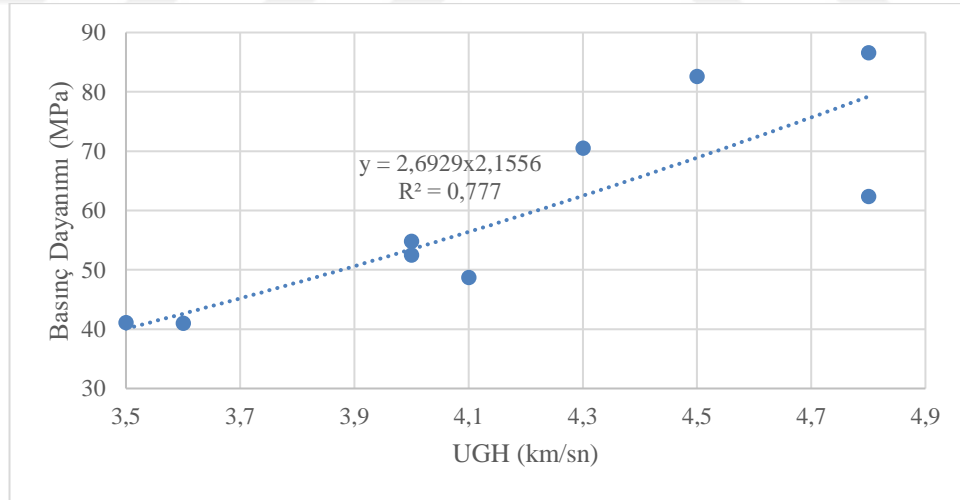
Ultrasonik geçiş hızı test cihazı ile yapılan ölçümlerin istatistiği tutularak Tablo 4.6 hazırlanmıştır. Sonrasında silindir ve küp numuneler için TS EN 13791 standardında olduğu gibi bir grafik ve denklemler elde edilmiştir.

Tablo 4.6. Silindir ve küp numunelerin basınç dayanımı-UGH değerleri

Numune Tipi	Silindir Numune (Yüzey düzeltilmiş)		Küp Numune (Çelik kalıp)		Küp Numune (İthal kalıp)		Küp Numune (Yerli kalıp)	
	Basınç Day. (MPa)	UGH (km/s)	Basınç Day. (MPa)	UGH (km/s)	Basınç Day. (MPa)	UGH (km/s)	Basınç Day. (MPa)	UGH (km/s)
C30/37	41	3,6	42,8	3,5	41,8	3,1	40,2	3,3
C35/45	41,1	3,5	50,1	3,5	48,2	3,7	46,9	3,4
C40/50	48,7	4,1	51,9	4,0	50,2	3,9	50,0	3,6
C45/55	52,5	4	56,6	4,3	55,5	4,2	54,4	4,0
C50/60	54,8	4	61,4	4,3	61,2	4,1	60,9	4,4
C55/67	62,4	4,8	67,3	4,3	65,0	4,1	62,8	4,2
C60/75	70,5	4,3	78,7	4,6	75,2	4,8	66,0	4,5
C65/80	82,6	4,5	81,6	4,8	76,8	4,7	66,3	4,5
C70/85	86,6	4,8	84,4	5,1	73,9	4,9	68,0	4,5

Tabloda yüzeyi düzeltilmiş silindir numunelerin ve tüm küp numunelerin pres altında kırıldıktan sonraki ortalama basınç dayanım sonuçları ile bu numunelerden alınan ortalama UGH sonuçları derlenmiştir.

4.4.1. Ultrasonik geçiş hızı - Silindir numune

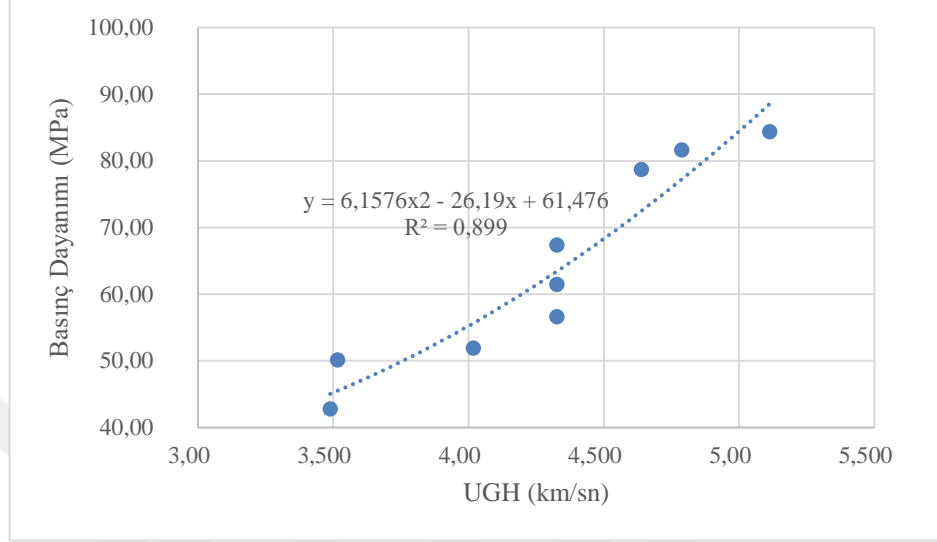


Şekil 4.7. Silindir numunelerin UGH-basınç dayanımı ilişkisini gösteren grafik

Şekil 4.7’de görüldüğü gibi, silindir numunelerde yüzey düzeltme işleminden sonra yapılan ultrases okumalarında UGH-basınç dayanım ilişkisi 0,777 değerini almıştır. Aslında üs fonksiyonlu bu ilişki çok kuvvetli olmamakla beraber yeterince iyi bir

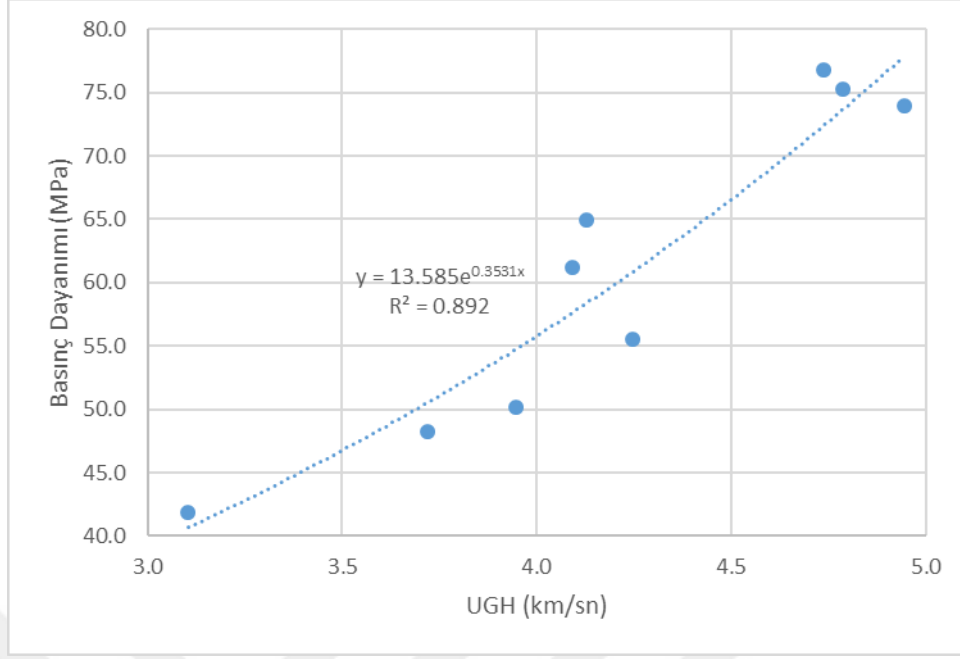
ilişki olarak görülebilir. Ultrases-basınç dayanımı ilişkisini $y = 2,6929x^{2,1556}$ formülü ile en kuvvetli şekilde üs fonksiyonu ilişkisi sağlamaktadır.

4.4.2. Ultrasonik geçiş hızı - Küp numune



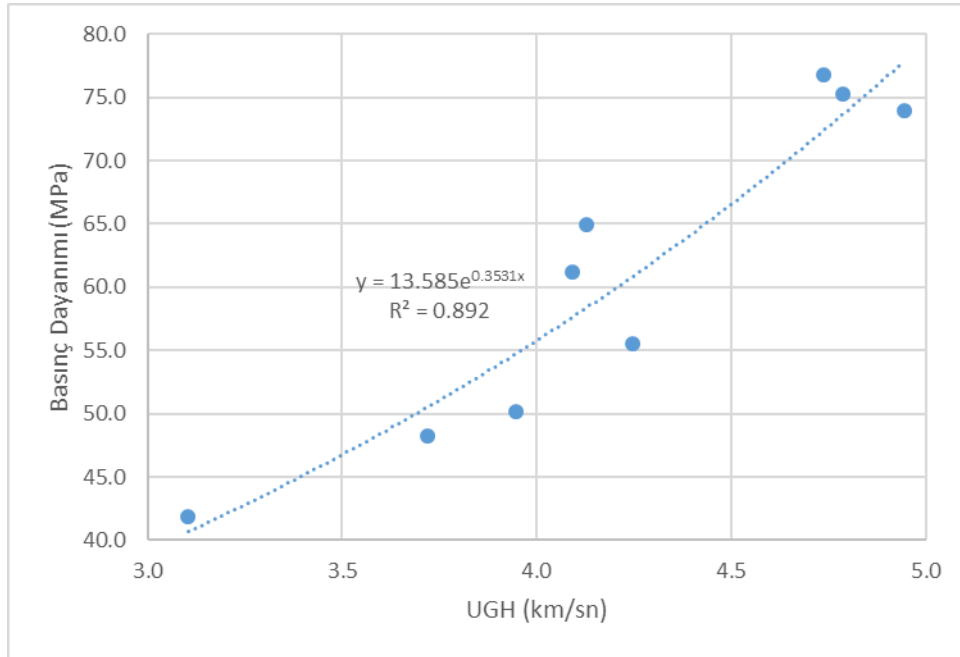
Şekil 4.8. Çelik kalıptan çıkarılan küp numunelerin UGH-basınç dayanımı ilişkisini gösteren grafik

Şekil 4.8' de çelik kalıptan alınan küp numunelerin UGH-basınç dayanımı ilişkilerinin $R^2 = 0,899$ değeri ile silindir kalıptan daha yüksek seviyede olduğu görülmektedir. İlişkinin $y = 6,1576x^2 - 26,19x + 61,476$ şeklinde formülize edilebilen ve polinom tipi bir görüntü sergilediği anlaşılmıştır.



Şekil 4.9. İthal kalıptan çıkarılan küp numunelerin UGH-basiñ dayanımı ilişkisini gösteren grafik

Şekil 4.9' da üstel fonksiyon ilişkisi bulunan UGH-basiñ dayanımı ilişkisini gösteren grafikte $R^2 = 0,892$ değeri ile çelik kalıptan çıkan küpe yakın kuvvetli bir ilişkiye sahip olduğu anlaşılmıştır. İlişkinin $y = 13,585e^{0.3531x}$ şeklinde formülize edilebilmektedir.



Şekil 4.10. Yerli kalıptan çıkarılan küp numunelerin UGH-basiñ dayanımı ilişkisini gösteren grafik

Şekil 4.10'da UGH ve basınç dayanımı arasında $y = 73,497\ln(x) - 44,938$ şeklinde logaritmik bir ilişki kurulabilmektedir. Bu ilişki $R^2=0,955$ değeri ile en yüksek sonucu vermiştir.

Küp numuneler genel olarak değerlendirildiğinde; UGH değerleri açısından basınç dayanımları ile silindir numuneden daha yüksek bir ilişki içinde oldukları görülmektedir. Bu durum silindir numuneler yüzeylerine düzeltme işlemi uygulandığı için UGH ilişkilerinin düşmüş olabileceğini akla getirmektedir. Çünkü ultrases ölçümleri numune yüzeylerinden alıcı ve verici iki uç ile yapılmaktadır. Bunun yanında yerli kalıptaki sonucun basınç dayanım değerleri ile biraz daha uyum içinde olması da, kesin olmamakla birlikte; numune kalıptan çıkarken yüzeye yapışan plastikler ve sonradan aralarını dolduran gres yağından kaynaklı olabileceğini düşündürmektedir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Gerçekleştirilen deneysel çalışmaların sonuçları aşağıdaki gibi değerlendirilmiştir;

- Silindir numune kırım sonuçları içerisinde aşındırma yöntemi neopren başlık kullanma yöntemine göre ortalama %4,3; kükürt-grafit tozu karışımı yöntemine göre %9,4 oranında yüksek dayanım sonucu vermektedir.
- Silindir numune kırımları içerisindeki en düşük ve en yüksek beton sınıflarını ele alacak olursak; aynı harmandan, aynı gün alınan ve eşit koşullarda saklanan numuneler arasında aşındırma yöntemi ile kükürt-grafit karışım yöntemleri arasında C30/37 beton sınıfında fark %7,9 iken, C70/85 beton sınıfındaki fark %13,6 mertebesine yükselmektedir. Benzer şekilde aşındırma yöntemi neopren başlıklama yönteminden C30/37 beton sınıfındaki fark %4,9 iken, C70/85 beton sınıfında %9,5'tir. Bu veriler ışığında beton sınıfının yükselmesi ile aşındırma yöntemin en yüksek sonuçları verdiği kanısına varılmaktadır.
- Aşındırma yöntemi, neopren başlıklama yöntemi ve kükürt-grafit karışım yöntemlerinin her üçü de beton sınıflarını sağlamaktadır. Aşındırma yönteminde C55/67 beton sınıfından itibaren 3 üst sınıfa kadar değerler yükselmiştir.
- Kükürt-grafit karışım yöntemi en yüksek değerlerin elde edildiği aşındırma yöntemi ile kıyaslandığında; C60/75 ve üzeri beton sınıflarında aşındırma yöntemine göre ortalama %13,9 mertebesinde düşük değerler elde edilmiştir.
- Küp numune kırım sonuçları içerisinde çelik numune kalıbı kullanılan yöntem ile ithal plastik numune kalıbı kullanılan yöntemine göre %4,2, yerli plastik numune kalıbı kullanılan yöntemine göre de %9,1 daha yüksek sonuçlar elde edilmiştir.
- Küp numune kırımları içerisindeki en düşük ve en yüksek beton sınıflarını ele alacak olursak; aynı harmandan, aynı gün alınan ve eşit koşullarda saklanan numuneler arasında çelik numune kalıbı kullanılan yöntem ile yerli plastik numune kalıbı kullanılan yöntemler arasında C30/37 beton sınıfında fark %6,1 iken, C70/85 beton sınıfındaki fark %19,4 mertebesine yükselmektedir. Benzer şekilde çelik numune kalıbı kullanılan yöntem, ithal plastik numune kalıbı

kullanılan yöntemle göre C30/37 beton sınıfında %2,2, C70/85 beton sınıfında ise %12,4'tür. Bir başka deyişle beton sınıfının artmasıyla birlikte kullanılan kalıbın etkisi de artmaktadır. Çelik numune kalıplarla yüksek sonuçlar elde edilirken C45/55 beton sınıfından itibaren yerli plastik numune kalıplarının, C55/67 beton sınıfından itibaren de ithal plastik numune kalıplarının beton sınıflarını sağlayamadıkları ortaya çıkmıştır.

- Yerli plastik numune kalıpları sonuçları, C45/55 beton sınıfından itibaren sağlaması gereken beton sınıfının üç alt sınıfına kadar düşmüştür. Deneme için daha önce hiç kullanılmamış numune kalıpları temin edilmiş olmasına rağmen birçok beton sınıfını sağlamamaktadır. Zamanla numune kalıpları kullanıldıkça sonuçlardaki hataların artacağı öngörülmektedir.
- İthal plastik numune kalıpları sonuçlarında, C55/67 beton sınıfından itibaren sağlaması gereken beton sınıfının iki alt sınıfına kadar düşmüştür. Yerli plastik numune kalıplarına nazaran daha yüksek mukavemetleri sağlamasının nedeni ise ithal plastik numune kalıp malzemelerinin daha kaliteli ve sert plastikten (poliüretan) yapılmış ve dayanıklı olması olarak öngörülmektedir.
- Çelik numune kalıp sonuçları incelendiğinde, C70/85 beton sınıfına kadar beton sınıfının yükselmesiyle beraber, basınç dayanım sınıfları sağlanmaktadır. Fakat pahalı, taşınması ve kalıp temizlemesi zor olduğundan, teknolojinin de gelişmesiyle birlikte 90'lı yıllardan itibaren piyasada hemen hemen hiç kullanılmamaktadır.
- Silindir ve küp numune kırım sonuçları birlikte değerlendirildiğinde; silindir numune kırım sonuçlarında her beton sınıfında başlıklama tipi ne olursa olsun istenilen hedef basınç dayanımı sağlanmaktadır. C40/50 ve üzeri beton sınıflarında küp numune kırım sonuçlarında f_{ck} değerinin altında sonuçlar gözlemlenmektedir.
- Schmidt yüzey sertliği okumaları hem silindir hem de küp numunelerin kırım sonuçlarıyla oldukça yakın sonuçlar vermiştir. Standart sapma değerleri silindir numuneler için ortalama 3,7, küp numune değerleri için ise 4,7'dir. Bunun en önemli sebebi olarak Schmidt çekicinin, deneyde kullanılan agregalar ile korelasyonun oluşturulmasıdır. Aynı yöntemle Schmidt çekiçlerinin korelasyonu yapıldığı takdirde, tahribatlı yöntemin yerine tercih edilmesi mümkün olabilir.

- Schmidt yüzey sertliği okumalarında küp numuneler arasında çelik numune kalıbı kullanılan numunelerle benzerliği %99, yerli plastik numune kalıbı kullanılan numunelerle %96 ve ithal plastik numune kalıbı kullanılan numunelerle %85 oranındadır.
- Silindir numunelerden aşındırılmış (yüzeyi pürüzsüzleştirilmiş) olan ile Schmidt yüzey sertliği okumaları arasında %99,7 gibi yüksek oranda bir benzerlik söz konusudur.
- Ultrasonik geçiş hızı okumalarında silindir ve küp numunelerinde okunan numune kırım sonuçları arasında Schmidt yüzey sertliği okumaları kadar olmasa da bir bağıntı kurmak mümkündür. Deney sayısı arttırıldığı başka bir deyişle korelasyon sayısı arttırıldıkça oldukça uyumlu bir bağıntı kurmak mümkündür.
- Ultrasonik geçiş hızı okumalarında silindir numuneler arasında aşındırılmış olan numunelerle benzerliği %77 oranındadır. Ultrasonik geçiş hızı okumalarında küp numuneler arasında ise çelik, ithal ve yerli numune kalıpları kullanılan numunelerle benzerliği %90, oranındadır. Benzerlik oranlarının birbirlerine oldukça yakın çıkmasını ultrasonik geçiş hızı cihazı kullanılırken numune yüzeylerinin gres yağı ile yağlanmasıyla yorumlanabilir.
- Schmidt çekici ve ultrasonik geçiş hızı cihazı birlikte kullanılıp bir bağıntı denklemi oluşturulup kırım sonuçlarıyla korelasyon yapıldığı takdirde, ileriki zamanlarda yapıya oldukça zarar veren tahribatlı yöntemlerin yerine kullanılabilir.

KAYNAKLAR

Abo-Qudais S.A., Effect of Concrete Mixing Parameters On Propagation of Ultrasonic Waves, *Construction and Building Materials*, 2004, **19**, 257-263.

Akçay B., İstanbul Binalarında Karot Yardımıyla Beton Nitelik Denetimi, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, 2000, 96828.

Arıoğlu E., Köylüoğlu Ö.S., Yüksek Dayanımlı Betonlarda Numune Boyut Etkisi, *Beton Prefabrikasyon*, Nisan 1999, **1300-3488**(38), 9-21.

Arıoğlu E., Arıoğlu N., Girgin Z.C., Normal Ve Yüksek Dayanımlı Betonlarda Numune Şekil – Boyut Etkisi, *Türkiye Hazır Beton Dergisi*, 1999, **1300-8390**(41), 40-50.

ASTM C 1231/C 1231M-00, Standart Practice for Use of Unbounded Caps in Determination of Hardened Concrete Cylinders, *Standards Worldwide United State*, 2000.

Bal, I. E., Gülay, F. G., Tezcan, S.S., *Betonarme Binaların Depremde ‘Göçer mi?’ ‘Göçmez mi?’ Olduğunu Tayine Yarayan P25 – Metodu*, 11, Yüksek Öğrenim Eğitim ve Araştırma Vakfı, İstanbul, Temmuz 2010.

Baradan B., Yazıcı H., Aydın S., *Beton*, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları, 334, İzmir, 2013.

Day K.W., *Concrete Mix Design Quality Control & Specification*, by E & FN Spon, 3, England, 1996.

Deere D.V., Miller R.L., *Engineering Classification and Index Properties of Intact Rock*, Department of Civil Engineering, 29, University of Illinois, Urbana, Şubat 1967.

Demirboğa R., Türkmen İ., Karakoç M.B, Relationship Between Ultrasonic Velocity And Compressive Strength For High-Volume Mineral-Admixed Concrete, Oxford, Department of Civil Engineering, Engineering Faculty, Atatürk University, 25240-Erzurum, Turque, 2329- 2336, 2004.

Erdoğan Y., T., *Beton*, Odtü Yayıncılık, 2., Ankara, 2003.

Ergün A., Kürklü G., Mevcut Betonarme Yapılarda Beton Dayanımının Belirlenmesi, *Deprem Sempozyumu*, Kocaeli, 817-826, 2005.

Gawatre D. W., Kumar A., Giri S.D., Jadhav R.N., Bande B.B., Effect of Capping Material on Strength of Concrete Cylinders/Cores, *IOSR Journal of Mechanical and*

Civil Engineering (IORS-JMCE) e-ISSN:2278-1684, p-ISSN:2320-334X, Temmuz-Ağustos 2017, **14**(4 Ver. III), 52-59.

Qasrawi H.Y., Concrete strength by combined nondestructive methods simply and reliably predicted, *Cement and Concrete Research*, 2000, **30**(5), 739-746.

İlhan İ., Beton (Schmidt) Çekici Ne İşe Yarar?, *Türkiye Mühendislik Haberleri*, 2000 **410**, 27-28.

Karakule F., Türkiye Hazır Beton Birliği ve Hazır Beton Sektörü, *Türkiye Mühendislik Haberleri*, Nisan 2003, **426**, 99-101.

Khan S.R.M., Noorzaie, J., Kadir, M.R.A., Waleed, A.M.T., Jaafar, M.S., UPV method for strength detection of high performance concrete, *Structural Survey*, Emerald Group Publishing Limited, 2007, **25**(1), 61.

Monday J.G.L., Dhir R.K., Assessment of In-Situ Concrete Quality by Core Testing, *In-Situ/Nondestructive Testing of Concrete*, ACI Pulpication 1984, **82**.

Motaz M.E., Theodor K. Dynamic Size Effect in Normal- and High-Strength Concrete Cylinders, *ACI Materials Journal*, 2005, **102** (2), 77-85.

Mutlu M., Gençmehmetoğlu M., Öztekin E., Pompalanabilir C100/115 Sınıf Beton Tasarımı, *7. Ulusal Beton Kongresi*, İstanbul, 28-30 Kasım 2007.

Mutlu M., Fenerci E., Öztekin E., Numune Tipinin Betonun Basınç Dayanımına Etkisi, *Türkiye Hazır Beton Birliği*, İstanbul, 20-22 Ekim 2011.

Özçep F., Karabulut S., Özgüven B., Sanlı o., Tahribatsız Test Yöntemleri ve Ultrasonik Hız Ölçümleri, İstanbul Üniversitesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü, *Jeofizik Bülteni*, 11-24 Kasım 2012.

Öztekin E., Derin E., Eker Ç., Betonun Basınç Dayanımının Ölçülmesinde 150/300 veya 100/200 mm Silindir Numune Kullanımı, *Türkiye Hazır Beton Dergisi*, 2012, **75**, 75-78.

Öztekin E., Manzak B., Küp Numune Kalıplarının ve Preslerin Betonun Ölçülen Basınç Dayanımına Yansıması, *Hazır Beton Birliği*, Ocak-Şubat 2004, **44**, 66-76.

Özkul H., Yapılarda Beton Kalitesinin Belirlenmesi, *İMO İstanbul Şubesi Meslek İçi Seminerleri*, İstanbul, 2-10, 2000.

Patnaik, A.K., Patnaikuni I., Correlation of Strength of 75 mm Diameter and 100 mm Diameter Cylinders For High Strength Concrete. *Cement and Concrete Research*, 2002, **32** (2), 607–613.

Pistilli, M.F., Williems T., Evaluation of Cylinder Size and Capping Method in Compression Strength Testing of Concrete, *Cement, Concrete, and Aggregates*. 1993, **15**, 59-69.

Schmidt E., A Non-Destructive Concrete Tester, *Concrete*, 1951, **59**, 34–35.

Shanga C.M, Dhir R.K., Strength and Complete Stress-Strain Relationships for Concrete Tested in Uniaxial Compression Under Different Test Conditions, *Materials and Structures, Rilem*, 1972, **5** (30), 1972.

TS EN 206, Beton- Beton Özellik Performans İmalat Ve Uygunluğu, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara 2014.

TS 3260, Beton yüzey sertliği yolu ile yaklaşık beton dayanımının tayini kuralı, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara 1978.

TS_EN_12350-5, Beton, Taze Beton Deneyleri, Bölüm 5: Yayılma Tablası Deneyi *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara 2010.

TS EN 12390-1 Beton, Sertleşmiş Beton Deneyleri, Bölüm1: Deney Numunesi ve Kalıplarının Şekli, Boyut ve Diğer Özellikleri, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara Haziran 2013.

TS EN 12390-2 Beton, Sertleşmiş Beton Deneyleri, Bölüm3: Dayanım Deneylerinde Kullanılacak Deney Numunelerinin Hazırlanması ve Küre Tabii Tutulması, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara 2010.

TS EN 12390-3 Beton, Sertleşmiş Beton Deneyleri, Bölüm3: Deney Numunelerinde Basınç Dayanımının Tayini, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara 2010.

TS 13515- TS EN 206'nın uygulamasına yönelik tamamlayıcı standart, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara 2014.

TS EN 13791, Basınç Dayanımının Yapılar Ve Öndökümlü Beton Bileşenlerde Yerinde Tayini, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara 2014.

Uyanık O., Gülay F.G., Tezcan S., Beton Dayanımının Tahribatsız Ultrasonik Yöntemle Tayini, *Türkiye Hazır Beton Birliği*, Ocak-Şubat 2012, **76**, 82-85.

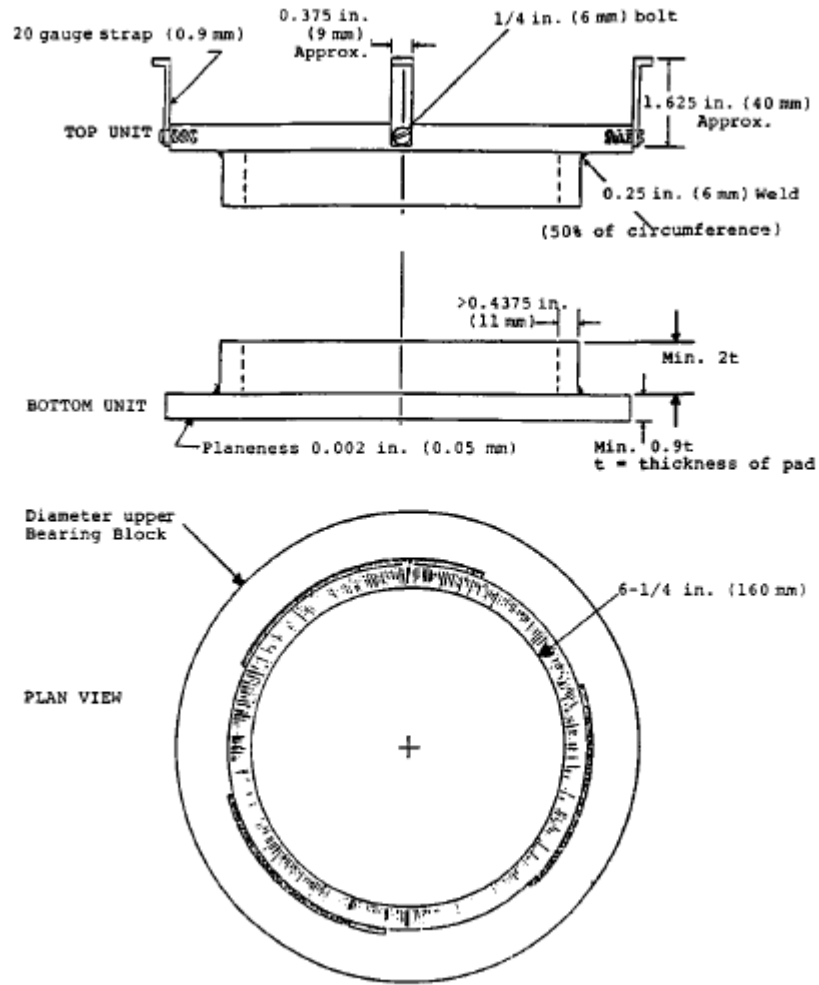
Turan M., Tanrıkulu M.A., Hasarsız Deney Yöntemleri İle Beton Kalitesinin Belirlenmesi, *Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, Aralık 2013, **32**, 41-56.

Tunçağ M., Neler Değiştirilmeli?, *Türkiye Mühendislik Haberleri*, Haziran 2000, **410**, 26-29.

Vandergrift D., Schindler K., The Effect of Test Cylinder Size on the Compressive Strength of Sulphur Capped Concrete Secimens, *H,ghway Department of Civil Engineering at Auburn University Research Center and Department of civil engineering at Auburn University*, Mayıs 2005.



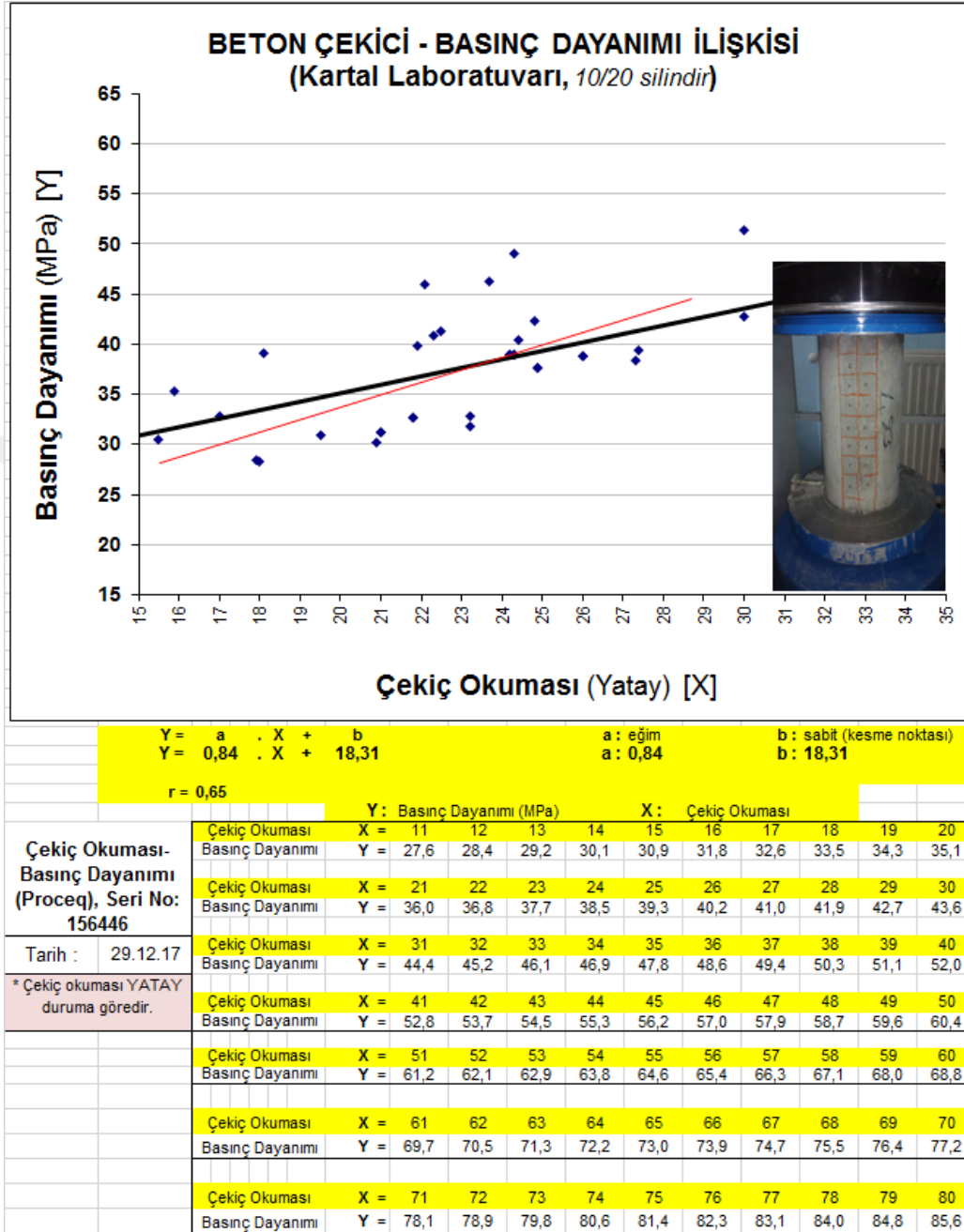
Ek-A



Use a hose clamp to attach the top unit to the upper spherically seated bearing block.

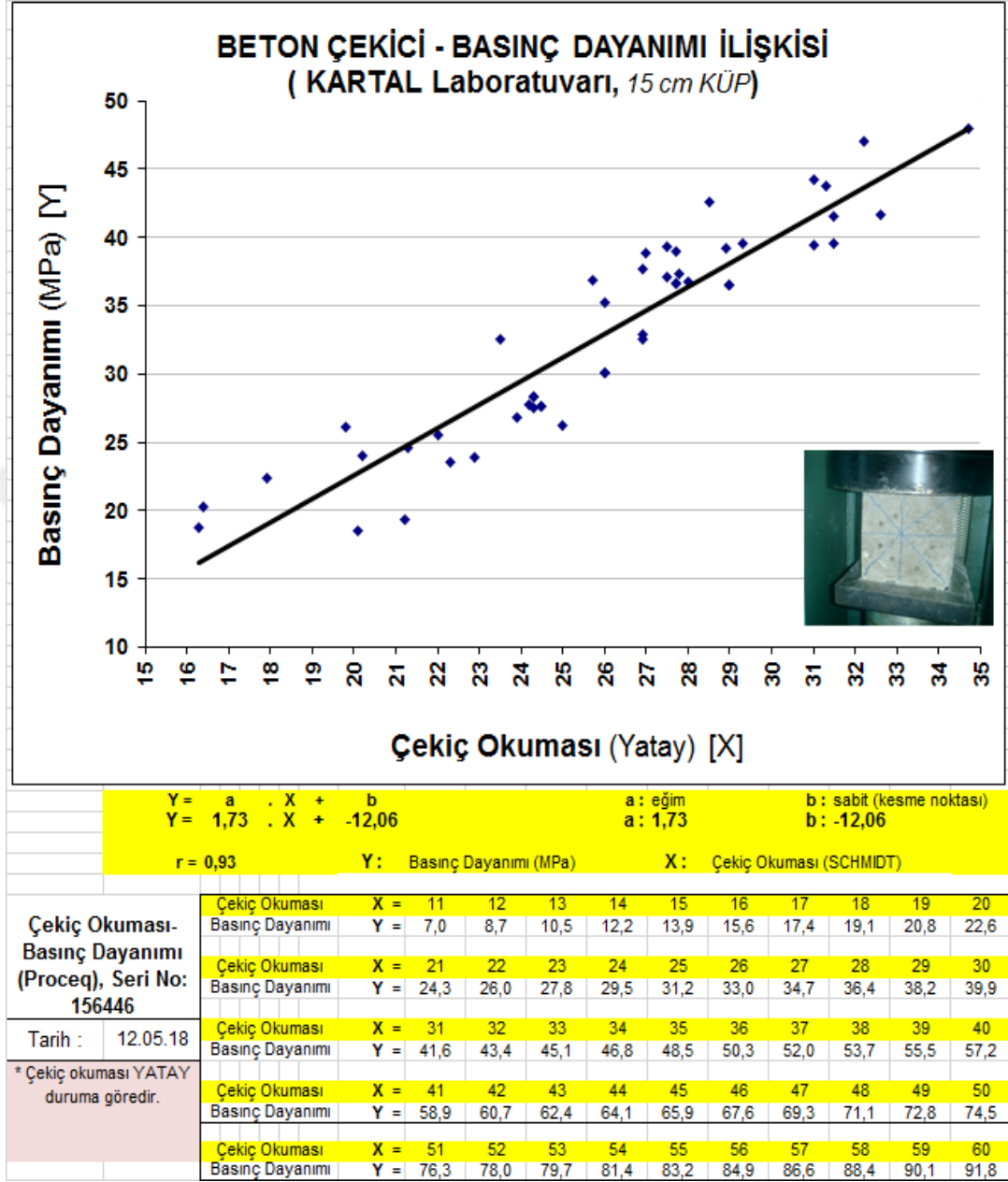
Şekil A.1. ASTM C1231-M standardına göre neopren ve başlık ölçüleri

Ek- B



Şekil B.1. Schmidt çekici – Silindir numune korelasyonu

Ek – C



Şekil C.1. Schmidt çekici – Küp numune korelasyonu

Ek – D

Tablo D.1 Schmidt yüzey sertliği okuması ve karşılık gelen basınç dayanımları (silindir)

Beton Sınıfları	Harman	Kalıp Çeşidi	Pres Sonuçları	Schmidt yüzey sertliği Okuması	Basınç Dayanımı
C30/37	Silindir	Aşındırılmış	41,0	27	41
		Neopren	39,0	26	40
		Kükürt-grafit	37,7	26	40
C35/45	Silindir	Aşındırılmış	41,1	28	42
		Neopren	40,6	26	40
		Kükürt-grafit	39,6	28	42
C40/45	Silindir	Aşındırılmış	48,7	37	49
		Neopren	43,8	36	49
		Kükürt-grafit	41,8	27	41
C45/55	Silindir	Aşındırılmış	52,5	41	53
		Neopren	51,3	40	52
		Kükürt-grafit	47,8	37	49
C50/60	Silindir	Aşındırılmış	54,8	44	55
		Neopren	54,7	43	55
		Kükürt-grafit	53,2	41	53
C55/67	Silindir	Aşındırılmış	62,4	53	63
		Neopren	60,8	53	63
		Kükürt-grafit	59,4	52	62
C60/75	Silindir	Aşındırılmış	70,5	62	71
		Neopren	69,2	62	71
		Kükürt-grafit	63,4	52	62
C65/80	Silindir	Aşındırılmış	82,6	72	79
		Neopren	77,8	66	74
		Kükürt-grafit	67,6	62	71
C70/85	Silindir	Aşındırılmış	86,6	81	86
		Neopren	78,4	67	75
		Kükürt-grafit	74,8	62	71

Ek– E

Tablo E.1 Schmidt yüzey sertliği okuması ve karşılık gelen basınç dayanımları (küp)

Beton Sınıfları	Harman	Kalıp Çeşidi	Pres Sonuçları	Schmidt yüzey sertliği Okuması	Basınç Dayanımı
C30/37	Küp	Çelik	42,8	31	43
		İthal Plastik	41,8	29	38
		Yerli Plastik	40,2	30	40
C35/45	Küp	Çelik	50,1	36	50
		İthal Plastik	48,2	38	54
		Yerli Plastik	46,9	35	49
C40/45	Küp	Çelik	51,9	35	49
		İthal Plastik	50,2	34	47
		Yerli Plastik	50,0	36	50
C45/55	Küp	Çelik	56,6	40	57
		İthal Plastik	55,5	41	59
		Yerli Plastik	54,4	38	54
C50/60	Küp	Çelik	61,4	42	61
		İthal Plastik	61,2	40	57
		Yerli Plastik	60,9	42	61
C55/67	Küp	Çelik	67,3	45	66
		İthal Plastik	65,0	38	54
		Yerli Plastik	62,8	40	57
C60/75	Küp	Çelik	78,7	51	76
		İthal Plastik	75,2	50	75
		Yerli Plastik	66,0	46	68
C65/80	Küp	Çelik	81,6	53	80
		İthal Plastik	76,8	52	78
		Yerli Plastik	66,3	46	68
C70/85	Küp	Çelik	84,4	56	85
		İthal Plastik	73,9	50	75
		Yerli Plastik	68,0	47	69

Ek – F

Tablo F.1 Ultrasonik geçiş hızı okuması ve karşılık gelen basınç dayanımları (silindir)

Beton Sınıfları	Harman	Kalıp eşidi	Pres Sonuçları (MPa)	Ultrasonik geçiş Hızı (Km/S)	Ultrasonik geçiş Hızının Karşılık Bulduğu Basınç Dayanımı (MPa)	Ultrasonik geçiş - Beton Kalitesi İlişkisi
C30/37	Silindir	Aşındırılmış	41,0	3,6	43,0	İyi
		Neopren	39,0	3,3	35,9	Şüpheli
		Kükürt-grafit	37,7	3,1	31,2	Şüpheli
C35/45	Silindir	Aşındırılmış	41,1	3,5	40,6	Şüpheli
		Neopren	40,6	3,8	47,7	İyi
		Kükürt-grafit	39,6	3,3	35,9	Şüpheli
C40/45	Silindir	Aşındırılmış	48,7	4,1	54,9	Mükemmel
		Neopren	43,8	4,2	57,2	Mükemmel
		Kükürt-grafit	41,8	3,9	50,1	İyi
C45/55	Silindir	Aşındırılmış	52,5	4,0	52,5	Mükemmel
		Neopren	51,3	4,3	59,6	Mükemmel
		Kükürt-grafit	47,8	4,1	54,9	Mükemmel
C50/60	Silindir	Aşındırılmış	54,8	4,0	52,5	İyi
		Neopren	54,7	4,3	59,6	Mükemmel
		Kükürt-grafit	53,2	4,4	62,0	Mükemmel
C55/67	Silindir	Aşındırılmış	62,4	4,8	71,4	Mükemmel
		Neopren	60,8	4,7	69,1	Mükemmel
		Kükürt-grafit	59,4	4,6	66,7	Mükemmel
C60/75	Silindir	Aşındırılmış	70,5	4,3	59,6	Mükemmel
		Neopren	69,2	4,4	62,0	Mükemmel
		Kükürt-grafit	63,4	4,5	64,3	Mükemmel
C65/80	Silindir	Aşındırılmış	82,6	4,5	64,3	Mükemmel
		Neopren	77,8	4,7	69,1	Mükemmel
		Kükürt-grafit	67,6	4,2	57,2	Mükemmel
C70/85	Silindir	Aşındırılmış	86,6	4,8	71,4	Mükemmel
		Neopren	78,4	4,6	66,7	Mükemmel
		Kükürt-grafit	74,8	5,0	76,2	Mükemmel

Ek – G

Tablo G.1 Ultrasonik geçiş hızı okuması ve karşılık gelen basınç dayanımları (küp)

Beton Sınıfları	Harman	Kalp eşidi	Pres Sonuçları	Ultrasonik Geçiş Hızı Okuma Basınç Dayanımı	Ultrasonik Geçiş Hızı Hızının Karşılık Bulduğu Basınç Dayanımı (MPa)	Ultrasonik Geçiş Hızı - Beton Kalitesi İlişkisi
C30/37	Küp	elik	42,8	3,5	45,3	Şüpheli
		İthal Plastik	41,8	3,1	36,4	Şüpheli
		Yerli Plastik	40,2	3,3	40,8	Şüpheli
C35/45	Küp	elik	50,1	3,5	45,3	İyi
		İthal Plastik	48,2	3,7	49,8	İyi
		Yerli Plastik	46,9	3,4	43,1	Şüpheli
C40/45	Küp	elik	51,9	4,0	56,5	Mükemmel
		İthal Plastik	50,2	3,9	54,2	İyi
		Yerli Plastik	50,0	3,6	47,5	İyi
C45/55	Küp	elik	56,6	4,3	63,2	Mükemmel
		İthal Plastik	55,5	4,2	60,9	Mükemmel
		Yerli Plastik	54,4	4,0	56,5	İyi
C50/60	Küp	elik	61,4	4,3	63,2	Mükemmel
		İthal Plastik	61,2	4,1	58,7	Mükemmel
		Yerli Plastik	60,9	4,4	65,4	Mükemmel
C55/67	Küp	elik	67,3	4,3	63,2	Mükemmel
		İthal Plastik	65,0	4,1	58,7	Mükemmel
		Yerli Plastik	62,8	4,2	60,9	Mükemmel
C60/75	Küp	elik	78,7	4,6	69,9	Mükemmel
		İthal Plastik	75,2	4,8	74,4	Mükemmel
		Yerli Plastik	66,0	4,5	67,6	Mükemmel
C65/80	Küp	elik	81,6	4,8	74,4	Mükemmel
		İthal Plastik	76,8	4,7	72,1	Mükemmel
		Yerli Plastik	66,3	4,5	67,6	Mükemmel
C70/85	Küp	elik	84,4	5,1	81,1	Mükemmel
		İthal Plastik	73,9	4,9	76,6	Mükemmel
		Yerli Plastik	68,0	4,5	67,6	Mükemmel

KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER

- [1] **Mutlu E.**, Yıldırım S.T., Kalıp Tipinin Beton Basınç Dayanımına Etkisi, *Uluslararası Marmara Fen ve Sosyal Bilimler Kongresi*, Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Böl., Kocaeli, Türkiye, 23-25 Kasım 2018



ÖZGEÇMİŞ

1993 yılında Mersin'in Tarsus ilçesinde doğdu. İlköğretimini Hasan Şadoğlu İlköğretim okulunda, Orta öğretimini E.C.A Elginkan Anadolu Lisesinde tamamladı. 2016 yılında Maltepe Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nden mezun oldu. Aynı yılın bahar döneminde Kocaeli Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nde yüksek lisansa başladı. 2016 yılından itibaren özel sektörde, beton santrallerinde kalite mühendisi olarak görev yapmaktadır.

