



**KTO KARATAY  
ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI TEZLİ YÜKSEK  
LİSANS PROGRAMI**

**SOĞUK DERZİN BETONUN MEKANİK ÖZELLİKLERİNE  
ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI**

**Abdulhalim ÜNLÜ**

**Eylül,2018**

**KONYA**

SOĞUK DERZİN BETONUN MEKANİK ÖZELLİKLERİNE ETKİSİNİN  
ARAŞTIRILMASI

Abdulhalim ÜNLÜ

KTO Karatay Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü  
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Tezli Yüksek Lisans Programı

Yüksek Lisans Tezi

KONYA  
EYLÜL,2018

Fen Bilimleri Enstitü Onayı



Prof.Dr.Hüseyin Bekir YILDIZ  
Fen Bilimleri Enstitütüsü Müdürü

Bu tezli yüksek lisans tezinin yapılması gereken bütün gerekliliklerinin yerine getirdiğini onaylıyorum.



Doç. Dr. Atilla ÖZÜTOK  
Anabilim Dalı Başkanı

Abdulhalim ÜNLÜ tarafından hazırlanan SOĞUK DERZİN BETONUN MEKANİK ÖZELLİKLERİNE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI başlıklı bu çalışma 05.09.2018 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak jüri tarafından tezli yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir



Dr. S. Kamil AKIN  
Tez Danışmanı

Jüri Üyeleri

Başkan: Doç.Dr. Atilla ÖZÜTOK .....

Üye: Dr. S. Kamil AKIN .....

Üye: Dr. M.Alpaslan KÖROĞLU .....

## TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada orijinal olmayan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu bildirir aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak ve kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

05.09.2018

ABDULHALİM ÜNLÜ



## ÖZET

### SOĞUK DERZİN BETONUN MEKANİK ÖZELLİKLERİNE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

ÜNLÜ, Abdulhalim

Yüksek Lisans – İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Dr. S. Kamil AKIN

Eylül, 2018

Soğuk derz, betonun safhalar halinde ara verilerek dökülmesi durumunda, iki dökümün birleşim yerinde oluşan birleşme yetersizliği olarak tanımlanır. Bu çalışmada, deneysel olarak soğuk derzin betonun basınç ve eğilme dayanımı üzerine etkileri araştırılmıştır. Deneysel çalışmalar TS EN 206-1 standardına göre üretilen C25 sınıfındaki beton numuneleri üzerinde gerçekleştirilmiştir. 150x300 mm boyutlarında silindir, 150x150x150 mm boyutlarında küpler ve 100x100x500 mm boyutlarında prizma şeklinde hazırlanan beton numunelerde yarı dolu, 45° ve 90° açılarda soğuk derz oluşturulmuştur. Numunelerin yarısı dökülüp 24 saat beklenerek soğuk derz oluşturulmuş daha sonra kalan yarısı dökülerek deney numuneleri elde edilmiştir. Hazırlanan bu numuneler üzerinde basınç ve eğilme dayanım deneyleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre eğilme dayanım deneylerinde 45° açıyla oluşturulan soğuk derzli betonlar 90° açıyla oluşturulan soğuk derzli betonlara göre daha yüksek dayanım değerleri vermiştir. Bu yapılan aynı deneyler çift bileşenli epoksi esaslı aderans artırıcı sürülerek de yapılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Beton, Soğuk Derz, Mekanik Özellikler

## **ABSTRACT**

### **INVESTIGATION OF THE EFFECT OF COLD JOINT ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF CONCRETE**

ÜNLÜ, Abdulhalim

M. Sc. Civil Engineering

Dr. S. Kamil AKIN

September 2018

The cold joint is defined as the failure of the concrete formed in the joint of the two castings in the event of concrete being poured in stages. In this study, the effect of cold joint on pressure and flexural strength of the concrete was investigated experimentally. The experimental studies were carried out on concrete samples of class C25 produced according to TS EN 206-1 standard. 150x300 mm cylinders, 150x150x150 mm cubes and 100x100x500 mm prism in the form of concrete samples prepared semi-full, 45 ° and 90 ° angled cold joint was created. Half of the samples were spilled for 24 hours to form a cold joint, then the remaining half was poured and test specimens were obtained. Pressure and flexural strength tests were carried out on these samples. According to the obtained results, cold jointed concrete formed at 45 ° angle in bending strength tests gave higher strength values compared to cold jointed concrete formed at 90 ° angle. These experiments were carried out by using a two-component epoxy based adherence enhancer.

**Keywords:** Concrete, Cold Joint, Mechanical Properties

## TEŞEKKÜR

Böylesine yoğun bir maratonda beni sürekli destekleyen ve aktif bir sabır içerisinde kıymetli zamanını ayıran tez danışmanım Dr. S. Kamil AKIN'a tesekkürü bir borç bilirim.

Başta Araş. Gör. Ahmad Javid ZIA ve Araş. Gör. Vahdettin DEMİR olmak üzere İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı'nın güler yüzlü tüm kadrosuna, Fakültemizin küçük ama yoğun bir alanını oluşturan malzeme laboratuvarımızın emektar laboratuvar görevlisi İnşaat Teknikeri Rıza ELVAN'a tesekkür ederim.

Ayrıca, maddi manevi her türlü konuda beni destekleyen ve benim bu günlere gelmemde büyük emeği olan aileme ve eşime sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

Abdulhalim ÜNLÜ  
Eylül,2018

## İÇİNDEKİLER

	<b>Sayfa</b>
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER	vi
ÇİZELGELER LİSTESİ	viii
ŞEKİLLER LİSTESİ	ix
1.GİRİŞ	1
2.KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRILMASI	5
2.1. Beton ve Bileşenleri	5
2.1.1. Agregalar	7
2.1.2. Çimento	8
2.1.3. Su	9
2.1.4 Katkılar	11
2.2. Betondan Beklenen Özellikler	12
2.2.1. Taze betondan beklenen özellikler	15
2.3. Soğuk Derz	18
2.4. Soğuk Derz ile Yapılan Çalışmalar	24
3.MALZEME VE YÖNTEM	26
3.1. Malzeme	26
3.1.1. Çimento	26
3.1.2. Agregası	27
3.1.3. Karışım suyu	27
3.1.4. Epoksi	27



3.2. Yöntem	28
3.2.1. Beton karışım hesabı	28
3.2.2. Deney programı	29
3.2.3. Deney numunelerin hazırlanması	29
3.2.4. Epoksi hazırlanması	36
3.2.5. Taze beton deneyleri	37
3.2.6. Sertleşmiş beton deneyleri	38
4.DENEYSEL BULGULAR VE DEĞERLENDİRME	41
4.1. Basınç Dayanım Deneyi	41
4.2. Eğilme Dayanım Deneyi	51
5.SONUÇ VE ÖNERİLER	62
KAYNAKLAR	63
ÖZGEÇMİŞ	65

## ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Normal ve ağır beton için basınç dayanımının sınıflandırılması	6
Çizelge 2.2. Çimento dayanım sınıfları (TS EN 197-1.2012).	9
Çizelge 3.1. Kullanılan çimentonun fiziksel, kimyasal ve mekanik özellikleri	26
Çizelge 3.2. Çalışmada kullanılan agreganın fiziksel özellikleri	27
Çizelge 3.3. 1 m <sup>3</sup> karışıma giren malzeme miktarı	28
Çizelge 3.4. Deney programı	29
Çizelge 3.5. Beton kıvam sınıfları ve özellikleri	37
Çizelge 4.1. 7 Günlük Basınç dayanım değerleri	47
Çizelge 4.2. 28 Günlük Basınç dayanım değerleri	47
Çizelge 4.3. 7 Günlük Epoksi Yapıştırıcılı Basınç dayanım değerleri	48
Çizelge 4.4. 28 Günlük Epoksi Yapıştırıcılı Basınç dayanım değerleri	48
Çizelge 4.5. 28 Günlük Eğilme dayanım değerleri	60
Çizelge 4.6. 28 Günlük Epoksi Yapıştırıcılı Eğilme dayanım değerler	60

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Farklı zamanlarda dökülerek ek yerleri oluşturulan betonarme yapılarda oluşan soğuk derz betonların örnekleri	20
Şekil 2.2. Farklı zamanlarda dökülerek ek yerleri oluşturulan betonarme yapılarda oluşan soğuk derz betonların örnekleri	21
Şekil 2.3. Kolonda oluşturulan soğuk derz	22
Şekil 2.4. Soğuk derz oluşan betonlar	22
Şekil 2.5. Beton dökümünde ek yerlerin en uygun bırakılma şekilleri	23
Şekil 3.1. 45° ve 90° açılarda soğuk derz oluşumunun silindir-prizma-küp tasarımları	30
Şekil 3.2. Çalışmada yapılan küp numunelerine betonların yerleştirme şekilleri	31
Şekil 3.3. Çalışmada yapılan küp ve silindir numunelerine betonların yerleştirme şekilleri	32
Şekil 3.4. Çalışmada yapılan küp numunelerine betonların yerleştirme şekilleri	33
Şekil 3.5. Çalışmada yapılan prizma numunelerine betonların yerleştirme şekilleri	34
Şekil 3.6. Çalışmada yapılan prizma numunelerine betonların yerleştirme ve perdah yapma şekilleri	35
Şekil 3.7. Yük kontrollü beton presi	39
Şekil 3.8. Eğilme dayanımı deney presi	40
Şekil 4.1. Basınç dayanım deneyinde kullanılmış 45 derece açılı soğuk derz silindir numuneleri	41
Şekil 4.2. Basınç dayanım deneyinde kullanılmış 90 derece açılı soğuk derz silindir numuneleri	42
Şekil 4.3. Basınç dayanım deneyinde kullanılmış kontrol küp numuneleri	43
Şekil 4.4. Basınç dayanım deneyinde kullanılmış 45 derece açılı soğuk derz küp numuneleri	44
Şekil 4.5. Basınç dayanım deneyinde kullanılmış 90 derece açılı soğuk derz küp numuneleri	45
Şekil 4.6. Basınç dayanım deneyinde kullanılmış yarı dolu soğuk derz küp numuneleri	46
Şekil 4.7. 7 Günlük Küp Numunelerinin Basınç Dayanım Değerleri	49
Şekil 4.8. 28 Günlük Küp Numunelerinin Basınç Dayanım Değerleri	49

Şekil 4.9. 7 Günlük Silindir Numunelerinin Basınç Dayanım Değerleri	50
Şekil 4.10. 28 Günlük Silindir Numunelerinin Basınç Dayanım Değerleri	50
Şekil 4.11. Eğilme dayanımı deneyi uygulanan ve uygulanmış prizma numuneleri	51
Şekil 4.12. Eğilme dayanımı deneyi yarı dolu soğuk derz uygulanmış prizma numuneleri	52
Şekil 4.13. Eğilme dayanımı deneyi 45 derece açılı soğuk derz uygulanmış prizma numuneleri	53
Şekil 4.14. Eğilme dayanımı deneyi 90 derece açılı soğuk derz uygulanmış prizma numuneleri	54
Şekil 4.15. Eğilme dayanımı deneyi kontrol betona uygulanmış prizma numuneleri	55
Şekil 4.16. Eğilme dayanımı deneyi epoksi yapıştırıcılı yarı dolu soğuk derz uygulanmış prizma numuneleri	56
Şekil 4.17. Eğilme dayanımı deneyi epoksi yapıştırıcılı 45 derece açılı soğuk derz uygulanmış prizma numuneleri	57
Şekil 4.18. Eğilme dayanımı deneyi epoksi yapıştırıcılı 90 derece açılı soğuk derz uygulanmış prizma numuneleri	58
Şekil 4.19. Eğilme dayanımı deneyi uygulanmış tam dolu prizma numuneleri	59
Şekil 4.20. 28 Günlük Prizma Numunelerinin Eğilme Dayanım Değerleri	60

## 1. GİRİŞ

İnsanoğlunun, yeryüzündeki varlığını sürdürebilmesi için beslenmeden hemen sonra karşılaşmak zorunda olduğu barınma ve ortak yaşam alanları oluşturma gereksinimi, uygarlık tarihindeki önemli gelişmelerin de itici gücü olmuştur. İlkel çağların mağaralarında başlayıp, günümüzün devasa gökdelenlerine kadar gelen bu süreçte büyük ilerlemeler kaydedilmesini sağlayan iki temel buluştan söz etmek mümkündür: Çimento ve Beton.

Çimento ve betonun, Mısır'ın piramitlerinden Çin Seddi'ne, Ayasofya'dan bugünün yapılarına uzanan tarih yolculuğu, her kilometresinde, kimileri günümüze de kalmış görkemli uygarlık yapılarının yer aldığı, değişik uluslardan pek çok bilim insanının katkısıyla hızlanan ve zenginleşen uzun bir yolculuk olmuştur.

Çimentonun doğal hammaddesini oluşturan ilk rezervler, milattan tam 12 Milyon yıl önce bugün İsrail'in bulunduğu topraklarda oluşmaya başladı. İnsanlık tarihinde, beton benzeri karışımların kullanıldığı ilk yapılar ise milattan önce 5600 yıllarında ortaya çıktı. Milattan önce 3000 yıllarında, Mısır'ın piramitlerinde ve Çin Seddi'nin yapımında kireç ve alçı esaslı harçlar kullanıldı.

Romalılar kireci ve İtalya'nın Pozzuoli bölgesine yakın bir yerde buldukları volkanik külü bir araya getirip, bağlayıcı malzeme olarak kullandılar ve buna puzzolan çimento adını verdiler. Şu anda İtalya'da bulunan pek çok önemli Roma yapısı (Pantheon, Coliseum, Roma Hamamları) ve yaklaşık 8.000 km Roma yolu bu malzeme ile yapıldı.

Milat'tan sonra 27 yılında, Romalı Pollio Vitruvius'un mimari ile ilgili kitaplarında ilk kez betonun özelliklerinden bahsetti. Bundan 500 yıl sonra (540 yılında), insanlık tarihinin en önemli yapılarından biri olan Ayasofya'nın (İstanbul) yapımında beton kullanıldı. 1000'li yıllara doğru ise Orta Asya ve Anadolu'da

Türkler ve Persler, kullanıldığı bazı yapı örnekleri bugün de ayakta olan “Horasan Harcı” adlı çok güçlü bir bağlayıcı geliştirdiler.

Bugünkü anlamıyla çimentonun, betonun ve betonarmenin ortaya çıkması için ise 19. Yüzyıl’ın beklenmesi gerekti. 1812 yılında Fransa’da, Louis Vicat ilk yapay çimentoyu üretti. 1824 yılında, İngiliz Joseph Aspdin “Portland Çimentosu”nu geliştirdi. 1850 yılında Fransız bahçıvan Joseph Monier, daha sağlam saksılar üretmek için betona demir çubuklar ekleyince betonarme ortaya çıktı.

Bu buluşların ardından çimento ve betonun ürün özelliklerine ve kullanımına ilişkin yenilikler birbiri ardına geldi. 1879 yılında İskoçya’da Portland çimentosu kullanılarak ilk beton yollar yapıldı. Bunu 1889’da Fransa’da yapılan ilk betonarme köprü izledi. 1902 yılında Fransız mimar August Perret, ilk apartman binasını tasarladı ve inşa etti. Bu yapı, yük taşıyan duvarlar yerine kolon, kiriş ve döşemelerin kullanıldığı ilk yapı olarak inşaat biliminde önemli bir yenilikti.

Ancak, inşaat teknolojisinde çığır açan asıl büyük yenilik bundan 1 yıl sonra, 1903 yılında Almanya’da yaşanacaktı.

Beton insanlık tarihinin gelişmesinde ve eski medeniyetlerin günümüze kadar gelebilen eserlerinde önemli bir yere sahiptir. İnsanoğlu M.Ö. 3000 yılından beri kalsiyum (Ca) esaslı bağlayıcı maddeleri yapı malzemesi olarak kullanmaktadır. Modern Portland Çimento ilk kez 1824 yılında üretilmesine rağmen, ilk betonarme yapı ancak 1857 yılında yapılmıştır[1].

Dayanıklılığı yüksek olan beton; Bileşenlerinin doğada rahatlıkla ve çok bulunabilmesi, Ekonomik olması ve maliyetinin az olması ve maliyetinin az olması, Çevre dostu olarak kabul edilmesi, Üretiminde az enerji gerektirmesi sebebiyle bu özelliklere ek birçok farklı özellik ile yapıların inşa edilmesinde kullanılan alternatifsiz bir yapı taşı ve elemanıdır. Farklı tarihsel dönemlerde kullanıldığı bilinen betonun, Romalılar dönemine ait birçok yapıda, Mısır Piramitlerinde ve Çin Seddi’nin inşasında da kullanıldığı bilinmektedir.[2]

1824 yıllarında Portland çimentosunun üretilmesiyle 1848 yıllarında İngiltere’de ilk olarak çimento fabrikası kurulması ile başlamıştır. 1903 yıllarında ise Almanya’da hazır beton ve 1916 yıllarında betonu taşımak için transmikserler kullanılmaya başlanmıştır.[2]

Taze ve sertleşmiş betondan beklenen birçok özellik vardır; Taze beton, işlenebilirliği, yerine yerleşen taze betonda yeteri kadar az terleme olmalı, priz süresi kullanma amacı doğrultusundadır. Sertleşmiş beton, yeterli dayanımı ve dayanıklılığı göstermeli ve hacmi sabit olmalıdır.[5]

Betonda oluşan problemler genellikle çevresel ve içerdiği malzemelerden dolayı oluşabilir. Bu problemler işçiliklerin kötü olması ve uygulamaların yanlış yapılmasından kaynaklanır. Şantiye ortamına uygun olarak getirilmeyen, uygun şekillerde yerleştirilmeyen, vibratör kullanılmadan sıkıştırma işlemi yapılmayan ve masterlanma işlemi yapılmayan betonun dayanımı ve dayanıklılık problemi görülebilir. Beton diğer malzemelere göre; üretimi, taşınması ve uygulaması daha hassastır. Betondan nasıl bir verim isteniyorsa betondaki hassasiyeti iyi bilmek ve gerekli önlemleri öncelikli olarak almak gerekir.[6]

Günümüzde kullanılan taze betonların büyük bir çoğunluğu hazır-beton olarak üretilip, yapının bulunduğu yere kadar transmikserlerle taşınmış olan taze betonun yerleştirilmesi işleminde de pompa gücünden yararlanılmaktadır. Taze betonun yerine yerleştirme işlemi için hangi yöntem veya araç seçilirse seçilsin, ulaşılmak istenen amaç, betonun homojen yapısı bozulmadan, uygun tarzda yerleştirmenin sağlanmasıdır.[7]

Taze betonun yerleştirmesi başladığında, bu işlemin istenmeyen herhangi bir nedenle yarıda kalmaması gerekir. Aksi takdirde, önceden yerleştirilmiş ve sertleşmiş olan betonun yüzeyi arasında yeterli bağ (aderans) oluşmamakta, “soğuk derz” denilen ve istenmeyen bir bağlantı eksikliği meydana gelmektedir. Soğuk derz, farklı zamanlarda dökülen beton kütleleri arasında aderansın sağlanmayarak,

iki kütlenin ayrı çalışmasına neden olan bir imalat hatasıdır. İlk dökülen beton kütlesinin prizini almaya başlamasından ya da tamamen prizini aldıktan sonra ikinci kütlenin dökülmesi ile meydana gelir.[8]

Soğuk derz; farklı zamanlarda dökülen beton kütleleri arasında aderansın sağlanamayarak, iki kütlenin ayrı çalışmasına neden olan bir imalat hatasıdır. İlk dökülen beton kütlesinin prizini almaya başlamasından ya da tamamen prizini aldıktan sonra ikinci kütlenin dökülmesi ile meydana gelir. Örneğin; beton dökümünün çeşitli nedenlerden dolayı yarım kalması ve sonradan ilave beton dökümü, kolon kiriş birleşimlerinde önce kolonun daha sonra kiriş ve döşeme betonunun dökülmesi soğuk derze neden olan durumlardır. Bu bölgelerde betonun dayanımı, bir bütün olarak dökülen betona kıyasla daha azdır ve gerekli önlemler alınarak ek yapılacak yerde kuvvetli bağlantının sağlanması gerekmektedir.

Bu çalışmada, soğuk derzin betonun mekanik özellikleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Çalışmada C25 standartlarında üretilen normal betondan farklı zamanlarda ve farklı derecelerde dökülen 150x300 mm boyutlu silindir numuneleri üzerinde basınç dayanımı, 150x150x150mm boyutlu küp numuneleri üzerinde basınç dayanımı ve 100x100x500 mm boyutlarında prizma numunelerinde ise eğilme dayanımı deneyleri yapılmıştır.



## 2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRILMASI

### 2.1. Beton ve Bileşenleri

Beton; çimento, su, agrega ve kimyasal veya mineral katkı maddelerinin homojen olarak karıştırılmasıyla oluşan, başlangıçta plastik kıvamda olan, şekil verilebilmesi mümkün olan ve zamanla katılaşıp sertleşerek mukavemet kazanan bir yapı malzemesidir.[3,34,35,36]

Beton, agrega adı verdiğimiz kum, çakıl, mıcır gibi taneli mineral malzemelerin, onları yapıştıran çimento ve su ile karıştırılması sonucu meydana gelmektedir. Kum, taneleri 4mm.lik elekten geçebilen ince taneli agregadır. Çimento-su karışımına çimento şerbeti, çimento-su-kum karışımına ise harç adı verilmektedir. Harç, ilk karıldığında kolayca şekil verilebilen bir malzemedir. Bu durumdaki betona taze beton denmektedir. Birkaç saat içinde beton katı hale geçip, günlerce süren bir süreç sonunda sertliği artar ve mukavemet kazanır. Yeterince mukavemet kazanmış betona ise sertleşmiş beton denmektedir.

Beton iki sistem altında sınıflandırılır;

➤ Birim ağırlıklarına göre sınıflandırma,

- Normal beton; etüv kurusu durumundaki yoğunluğu,  $2000 \text{ kg/ m}^3$  'ten büyük olup,  $2600 \text{ kg/ m}^3$  'ü geçmeyen beton,
- Hafif beton; etüv kurusu durumundaki yoğunluğu,  $800 \text{ kg/ m}^3$  veya daha büyük olup,  $2000 \text{ kg/ m}^3$  'ü geçmeyen beton, (Hafif betonda kullanılan agreganın bir kısmı veya tamamı hafif agrega olabilir.)
- Ağır beton; etüv kurusu durumundaki yoğunluğu,  $2600 \text{ kg/ m}^3$  'ten daha büyük olan betonlardır [7-8].

➤ En düşük karakteristik silindir veya küp basınç dayanımına göre sınıflandırmadır.

Betonun, basınç dayanımına göre sınıflandırılmasında, normal beton ve ağır beton için Çizelge 2.1'de verilen sınıflar uygulanır. Sınıflandırmada, çapı 150 mm ve yüksekliği 300 mm olan silindir şekilli numunenin 28 günlük karakteristik basınç

dayanımı (fck,sil) veya kenar uzunluğu 150 mm olan küp şekilli numunenin 28 günlük karakteristik basınç dayanımı (fck,küp) kullanılabilir. Özel durumlarda, ilgili tasarım standardının izin vermesi şartıyla Çizelge 2.1'de verilen dayanım seviyelerinin ara değerleri de kullanılabilir.

Çizelge 2.1. Normal ve ağır beton için basınç dayanımının sınıflandırılması

Basınç dayanımı sınıfı	En düşük karakteristik Silindir dayanımı,  N/mm <sup>2</sup>	En düşük karakteristik Küp dayanımı,  N/mm <sup>2</sup>
C 8/10	8	10
C 12/15	12	15
C 16/20	16	20
C 20/25	20	25
C 25/30	25	30
C 30/37	30	37
C 35/45	35	45
C 40/50	40	50
C 45/55	45	55
C 50/60	50	60
C 55/67	55	67
C 60/75	60	75
C 70/85	70	85
C 80/95	80	95
C 90/105	90	105
C 100/115	100	115

### 2.1.1. Agregalar

Agregalar, beton yapımında çimento ve su ile birlikte kullanılan, kum, çakıl, kırmataş gibi taneli malzemelerdir. Beton hacminin yaklaşık %75'i agregalar tarafından oluşturulmaktadır. Agregalar çimento ile genellikle kimyasal etkileşime girmez. Çimento hamuru ile agregalar arasındaki bağlantı fiziksel ve mekanik karakterlidir. Bu bağlantıya "aderans" diyoruz.

Beton bileşimi içerisinde en ucuz malzeme agregalar olduğundan, mümkün olduğu kadar çok agregalar kullanılması daha ekonomik bir beton üretimine yol açmaktadır. Bu ekonomikliğin yanı sıra agregaların sağladığı teknik yararları şöyle açıklayabiliriz; Çimento hamuru, zamanla kuruyarak büzülme gösteren bir malzemedir. Betonun içerisinde bulunan agregalar taneleri, çimento hamurunun zamana bağlı gösterebileceği hacim değişikliğinin serbestçe yer alabilmesini belirli ölçüde kısıtlar. Agregalar dayanımının yüksek olması, beton dayanımının da yüksek olmasını sağlamaktadır. Genellikle sert ve sağlam agregalarla üretilen betonların aşınmaya karşı veya çevresel yıpratıcı etkilere karşı daha dayanıklı olduğu bilinmektedir.

Beton üretiminde kullanılan malzemelerin miktar veya karışım oranlarının bulunabilmesi için yapılan hesaplamalarda bilinmesi gereken agregalar özellikleri şunlardır; Granülometri (Gradasyon), karışımda yer alacak maksimum agregalar tane boyutu ( $D_{max}$ ), Agregadaki mevcut su durumu ve agregaların su emme kapasitesi, Birim ağırlık, Özgül ağırlık, Çamurlu madde, Organik ve hafif madde miktarları. Agregalar özellikleri betonun özelliklerini etkilediği gibi, beton karışımında yer alacak malzeme miktarları betonun ekonomikliğini de etkilemektedir. Ayrıca bu malzemelerin maliyeti, kolaylıkla ve çok uzak olmayan mesafeden temin edilebilmesi hususları da büyük önem taşımaktadır.

### 2.1.2. Çimento

Çimento ile yapılan harç ve beton gibi çimentolu ürünler insanların geçmişte en fazla kullandığı ve gelecekte en fazla kullanacağı yapı malzemesidir, aynı zamanda en fazla küçümsenen ve özellikleri en az bilinen malzemedir.[11] Çimento, yapı malzemeleri grubuna giren hidrolik bağlayıcı bir inşaat malzemesidir. Çimentoya özelliklerini kazandıran iki önemli öğeden biri hammadde bileşimi, diğeri ise klinkerin ısısal işlenmesidir.[12]

Çimento üretimi, kompleks bir iştir ve bunu üretmek için büyük tesislere ihtiyaç vardır. Çimentonun temel maddeleri kireç taşı ve kildir. Kil, saf olmayan alüminyum, kalsiyum ve demir silikattır. Çimento üretiminde gaye, bu maddeleri belirli oranlarda karıştırmak ve yüksek sıcaklıkta (1400-1500°C) pişirmektir. Yüksek sıcaklıkta temel maddeler değişikliğe uğrar. Kireç taşından CaO, kilden SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> meydana gelir. Çimento üretiminde hammadde olarak, klinkere %3-6 oranında alçı taşı ( CaSO<sub>4</sub>.2H<sub>2</sub>O ) katılarak birlikte öğütülür. Alçı taşının görevi, çimentoda priz süresini ayarlamaktır. [13]

Çimentolardan istenilen düzeyde yararlanabilmek için kullanılacak yerlerin özelliğine göre çimento seçmek gerekir. Sülfatlı zemine veya su ile temas eden inşaatlarda sülfata dayanıklı çimento kullanılması ve kütle betonlarda ise hidratasyon ısısı düşük çimento seçmek gerekir.[14]

TS EN 197-1 “Çimento Bölüm 1: Genel Çimentolar-Bileşim, Özellik ve Uygunluk Kriterleri” standardı kapsamında 27 farklı genel çimento beş ana tipte olmak üzere gruplandırılmıştır. Bunlar;

- CEM I Portland Çimento
- CEM II Portland-Kompoze Çimento
- CEM III Curuflu Çimento
- CEM IV Puzolanlı Çimento
- CEM V Kompoze Çimentosudur.

Çimento dayanım sınıfları 32,5 N; 32,5 R; 42,5 N; 42,5 R; 52,5 N ve 52,5 R olmak üzere altıya ayrılmıştır. Bu sınıflandırmada, 28 günlük minimum basınç dayanımı değerinin yanında belirtilmiş olan “R” harfi, erken dayanım koşulu getirmektedir. Çizelge 2.2’de TS EN 197-1 “Çimento Bölüm 1: Genel Çimentolar-Bileşim, Özellik ve Uygunluk Kriterleri” standardındaki dayanım sınıfları ve basınç dayanımı sınırları verilmiştir.

TS EN 197-1 “Çimento Bölüm 1: Genel Çimentolar-Bileşim, Özellik ve Uygunluk Kriterleri” standardında 32,5 N ve 42,5 N dayanım sınıfı çimentolar için ilk priz süresi en az 60 dakika, 52,5 dayanım sınıfı çimentolar için ise en az 45 dakika olarak belirlenmiştir.

Çizelge 2.2. Çimento dayanım sınıfları (TS EN 197-1.2012).

Dayanım sınıfları	Basınç Dayanım Sınırları (N/mm <sup>2</sup> )		
	2 Gün	7 Gün	28 Gün
32,5 N	-	≥16	≥32,5; ≤52,5
32,5 R	≥10	-	≥32,5; ≤52,5
42,5 N	≥10	-	≥42,5; ≤62,5
42,5 R	≥20	-	≥42,5; ≤62,5
52,5 N	≥20	-	≥52,5
52,5 R	≥30	-	≥52,5

### 2.1.3. Su

Betonun bir diğer bileşeni de sudur. Beton üretiminde kullanılan karışım suyunun iki önemli işlevi olduğu söylenebilir. İlki, kuru haldeki çimento ve agregayı plastik, işlenebilir bir kütle haline getirmektir. İkincisi ise, çimento ile kimyasal reaksiyon yaparak plastik kütlelerin sertleşmesini sağlamaktır.

Beton karışımında kullanılan sular değişik kaynaklardan elde edilebilmektedir. TS EN 1008 standardı beton yapımında kullanılabilen suları;

- İçilebilen sular,
- Beton endüstrisindeki işlemlerden geri kazanılan sular,
- Yeraltı kaynaklarından çıkan sular,
- Doğal yüzey suları ve endüstriyel atık suları,
- Deniz suyu ve göl suyu şeklinde sınıflandırılmaktadır. (TS EN 1008.2003)

Şehir ve kasabalardaki yapılar için üretilen betonların karışımında, genellikle, belediyeler tarafından sağlanan ve içilebilir nitelikteki musluk suları kullanılmaktadır. Ayrıca, beton yapımı için uygun özellikte olduğu belirlenen endüstriyel sular da kullanılabilir.[5]

Beton üretiminde kullanılan karma suyu;

- Bağlayıcı maddenin hidratasyonunu sağlar,
- İnce ve iri agrega taneleri ıslatır,
- Betonun işlenebilme özelliğinin istenilen düzeyde olmasına yardım eder.

Belirli miktar da çimento, kum ve iri agrega kullanılarak beton üretimi istendiğinde en uygun bir optimum su miktarı vardır ki, bu miktarın kullanılmasıyla mukavemeti maksimum olan beton elde edilir. [14]

Karışım suyu miktarı, çimentonun inceliği ve agregadaki çok ince malzeme ile doğru orantılıdır. Kimyasal olarak bağlanamayan su, betonda büzülme ve istenmeyen boşluklara neden olur. [27]

#### 2.1.4 Katkılar

Katkılar, betonun özelliklerini geliştirmek üzere üretim sırasında veya dökümden önce transmikserde az miktarda ilave edilen maddelerdir. Genel olarak katkı maddeleri beton içinde %1'lik bir hacmi işgal eder. [26] Katkı maddelerinin seçimi ihtiyaca göre olmalı ve bilinçli yapılmalıdır. Katkı maddeleri kökenine göre kimyasal ve mineral katkılar olarak ikiye ayrılırlar.

Kimyasal katkılar aşağıdaki gibi özetlenebilir; [26]

- Su Azaltıcılar (Akışkanlaştırıcılar): Betonda aynı kıvamın veya işlenebilirliğin daha az su ile elde edilmesini sağlarlar. Taze betonda kullanılan su miktarı azaldıkça betonun dayanımı artar.
- Priz Geciktiriciler: Taze betonun katılaşmaya başlama süresini uzatırlar. Uzun mesafeye taşınan betonlar veya sıcak hava dökümleri için yararlıdırlar.
- Priz Hızlandırıcılar: Priz geciktiricilerin aksine, bu katkılar betonun katılaşma süresini kısaltırlar. Bazı uygulamalarda, erken kalıp almada ve soğuk hava dökümlerinde don olayı başlamadan betonun katılaşmış olmasını sağlamak için kullanılırlar.
- Antifrizler: Suyun donması çimentonun mukavemet kazanmasına engel teşkil etmektedir. Antifrizler suyun donmasını zorlaştırır.
- Hava Sürükleyici Katkılar: Beton içinde çok küçük boyutlu ve eşit dağılan hava kabarcıkları oluşturarak betonun geçirimsizliğini ve dona karşı direncini, işlenebilirliğini artırır.
- Su Geçirimsizlik Katkıları: Sınırlı miktarda hava sürükleyen katkıdır ancak yerine yerleşmiş betonun su sızdırmazlığının sağlanması uygun yerleştirme tekniğinin iyi bir şekilde yapılmasına bağlıdır.

Betonda kullanılan, çimento gibi öğütülmüş toz halde silolarda depolanan silis dumanı, taşunu vb. çeşitli endüstriyel üretimlerin yan ürünü olan katkı maddelerine

mineral katkıları denir.[26] Mineral katkılardan yüksek dayanımlı beton üretiminde de yararlanır.

## **2.2. Betondan Beklenen Özellikler**

İyi bir beton bazı özelliklere sahip olması gereklidir. Bunlardan bazıları, mukavemetinin yüksek ve dayanıklı olması, hava etkisine, kimyasal etkilere ve aşınmaya karşı dayanıklı olması vb. Genelde betondan beklenen özellikleri, şu başlıklar altında incelemek mümkündür.

### **➤ Basınç Mukavemeti**

Betonun en önemli mekanik özelliği basınç dayanımıdır. Basit mukavemet değerleri arasında en yüksek olanı basınç, en düşük olanı çekmedir. Betonun çekme mukavemeti, basınç mukavemetinin %8 ile %14 arasındadır. Pratikte, betonun hiç çekme gerilmesi olmadığı, hemen çatladığı varsayılır ve beton sadece basınç dayanımı göz önüne alınır. Betonun basınç dayanımı, diğer beton nitelikleriyle paralellik gösterir. Yüksek basınç dayanımlı beton doludur, serttir, su geçirmez, dış etkilere dayanır ve aşınmaz.

Basınç dayanımı standart silindir veya küpler üzerinde belirlenir. Basınç dayanımı, laboratuvar koşullarında olgunlaştırılan 28 günlük beton örnekleri üzerinden değerlendirilir. Genel olarak standart beton basınç dayanımının 28 günlük değerini %100 kabul eder. Beton basınç mukavemeti, imalatçıya betonun genel kalitesi hakkında fikir vermektedir.

### **➤ İşlenebilme**

Betonyerden çıkan taze betonun, taşıma ve kalıba yerleştirme sırasında ayrışmaması ve homojenliğini kaybetmemesi ve kalıplarda kolaylıkla yayılarak mümkün olduğu kadar az boşluk bırakarak bunları doldurma özelliklerinin hepsi birden işlenebilme özelliğini ifade eder.

Taze betonun kıvamı, yalnız ilave edilen su miktarının bir fonksiyonu değil, aynı zamanda uygun bir kıvamın elde edilmesi için su ihtiyacını tayin eden agreganın



tane şekli ve granülometrisinin de bir fonksiyonudur. Bunda çimentonun karakteri ve miktarının da rolü büyüktür. Beton kıvamında, yuvarlak ve granülometrisi düzgün agreganın karışım suyu ihtiyacı, köşesi ve granülometrisi iyi olmayan agregadan daha azdır.

Kimyasal katkı maddesi kullanarak, betonun ilenebilme özelliğini arttırmak olasıdır. Kimyasal katkı maddesi kullanılarak, çökme değerini istenilen işlenebilmeye ayarlamak mümkündür. Süper akışkan betonlar üretilebilmektedir. Bu akışkan, beton yüksek noktalara pompa ile betonun ulaştırılmasında çok kolaylık sağlamaktadır.

#### ➤ **Dayanıklılık**

Dayanıklılık bir beton, maruz kalacağı hizmet şartlarını, yani hava şartlarına, kimyevi tesirlere ve aşınmaya yeterli bir derecede tahammül edebilen betondur.

Hava şartlarına karşı dayanıklılık; Betonun hava şartlarından dolayı parçalanıp dağılmasına sebep, ısı ve rutubet değişiklikleriyle meydana gelen donma-çözülme, genişleme, büzülme olaylarıdır. Son zamanlarda dayanımı arttırmak amacıyla, beton içerisinde mikroskobik hava habbecikleri betonun kılcallığını keser ve su geçirgenliğini önleyerek betonun donmasını engeller.

#### ➤ **Aşınma ve Çarpmaya Karşı Mukavemeti**

Yol, hava alanı, su boruları ve genel olarak döşeme kaplamalarında kullanılan beton, önemli derecede aşınma etkisinde kalır. Genellikle basınç dayanımı yüksek olan betonlar, aşınmaya karşı da dayanıklıdır.

Betonda çimento miktarı, agregaya kıyasla az olduğundan asıl aşınma etkisi agregaya gelir. Bu bakımdan beton üretiminde, aşınmaya dayanıklı sert agregaların kullanılması betonun aşınmaya karşı dayanımını artırır. Basınç ve çekme mukavemeti büyük olan betonların çarpma mukavemeti de büyük olur.

### ➤ Permeabilite (Geçirimsizlik)

Betonun geçirgenliği, beton içerisindeki boşluklar ile çimento hamuru agrega ara yüzeyindeki mikro çatlakların bir fonksiyonudur. Su yapılarında, betonun su geçirgenliğinin az veya hiç olmaması çok önemlidir. Betonun su geçirgen bir yapıda olması önemli bir su kaybına neden olduğu gibi, donma-çözülmeden de çok etkilenmektedir. Çimentonun hidrasyon hızının yüksek olması halinde geçirimsizlik küçük değerler alabilir. Hidrasyonun zamanla gelişmesi, geçirimsizliğin zamanla azalmasına yol açar.

Kılcal su geçirimsizliği, daha çok bina cephelerinde zemin suyunun yerçekimine rağmen ince kılcal boşluklardan yükselmesi şeklinde görülür. Sıva ve beton yüzeylerde çiçeklenme adı verilen tuz birikmesi olayı, kapillarite olayı nedeniyle gelişir.

### ➤ Hacim Deđişimi

Hacim sabitliği betonda genel olarak aranan özelliklerdendir. Betonda hacim değişiklikleri, betonun servis ömrü boyunca yapısal yönden önemli bir deformasyon meydana getirmemelidir. Genel olarak hacim değişimi, ıslanma ve kuruma sonrası meydana gelen genleşme ve büzülmedir. Rötne olayının iki önemli zararlı etkisi vardır. Bunlardan biri, betonda çatlakların oluşması, diğeri de betonarme donatıda parazit gerilmelerin oluşmasıdır. Çatlaklar, betonun özellikle çekme dayanımını düşürürler. Ayrıca geçirimsizliğin artması nedeniyle betonun kimyasal etkilere ve dona dayanıklılığını azaltıp, donatının korozyonunu kolaylaştırırlar. Betonlarda rötne olayı çok çeşitlidir, farklı nedenlere dayanan rötne türleri vardır.

### ➤ Elastisite

Beton, genel olarak elastik bir malzeme değildir. Betonun gerileme-deformasyon ilişkisi genellikle bir eğri şeklindedir. Eğrinin düz olduğu kısımdan eğrinin başlama noktası, gerilme-deformasyon oranı elastikiyet modülü olarak isimlendirilir.

Betonun 28 günlük kırılma mukavemetlerinin %75'ine kadar ki basınç dayanımları için, gerilme-deformasyon oranı oldukça üniformdur.

### 2.2.1. Taze betondan beklenen özellikler

Agrega ve çimento karışımına su katıldıktan sonraki ilk birkaç saatte beton, sıvıya benzer akıcılık özellikleri taşır ve kolayca şekil verilebilir; bu aşamadaki karışıma taze beton denmektedir. [16] Yani, beton malzemelerinin karılma işleminin tamamlandığı andan, betonun katılaştığı ana kadarki betona istenen şeklin verilebildiği evredeki betona taze beton denmektedir. [5] Taze betonun çeşitli özellikleri vardır.[27]

- **İşlenebilme ve Kıvam:** Betonun üretmek için bir araya getirilen malzemeler kolayca karılabilir olmalıdır. Üretilen taze beton kalıplardaki yerlerine kolayca yerleşebilir olmalı ve yerine kolayca sıkıştırılabilir olmalıdır.
- **Taze Betonun Sıcaklığı:** Şantiyeye teslim edilen taze beton sıcaklığının +5 C°' den az + 33 C°' den fazla olmaması gerekmektedir.
- **Ayrışma ve Terleme:** Ayrışma, taze beton içindeki malzemelerin betonun her bölgesinde eşit olarak dağılımının bozulmasıdır. Beton malzemelerinin karılması, taze betonun taşınması, yerleşmesi ve sıkıştırılması işlemlerinde betonun içindeki iri agregaya ve çimento harcı ayrı ayrı bölgelerde kümeleşme göstermemelidir. Kaba agregaya taneleri betonun yerleştirilmesi sırasında diğer tanelere göre daha aşağılara çökme eğilimindedir. Özellikle yüksek kıvamdaki betonlarda da su beton içinde yükselerek yüzeyde kalma eğilimindedir.
- **Hava Miktarı:** Taze betonda, hacimce %0.5-8 hava bulunmaktadır ve bu hava ile dayanım, yoğunluk, dayanıklılık gibi özellikler arasında doğrudan ilişki mevcuttur. İstenildiğinde donma-çözülme direncinin artırılması için betona hava sürüklenebilmektedir.
- **Birim Ağırlık:** Bir birim hacim içerisinde yer alan taze betonun ağırlığını belirtmektedir. Betonun birim ağırlığı genellikle kg/m<sup>3</sup> veya ton/m<sup>3</sup>

olarak ifade edilmektedir. Özgül ağırlığı yüksek olan agregaların oluşturduğu betonun birim ağırlığı da yüksek olmaktadır. Öte yandan, içerisinde daha çok hava boşlukları bulunduran betonun birim ağırlığı daha düşük olmaktadır. [3]

### 2.2.2. Sertleşmiş betondan beklenen özellikler

Sertleşmiş beton, taze betonun şekil verilebilirliğinin bittiği, katılaşmanın olduğu evredir. Bu evrede, beton istenilen süre içerisinde yeterli dayanımı gösterebilmeli, yeterli dayanıklılığa ve hacim sabitliğine sahip olmalıdır. Sertleşmiş betonun aşağıdaki temel özellikleri göstermesi beklenir:

- **Dayanım:** Beton dayanımı, üzerine gelen statik ve/veya dinamik yüklerin neden olacağı şekil değiştirmelere ve kırılmaya karşı, betonun gösterebileceği maksimum direnç olarak tanımlanmaktadır. [3] Malzeme kesitinde bir birim alanının taşıyabileceği maksimum yük, maksimum gerilme olarak adlandırılmakta ve  $\text{kgf/cm}^2$  veya MPa gibi birimlerle ifade edilmektedir. Maksimum gerilme miktarı, betonun dayanımını göstermektedir. Yapılan çalışmalar neticesinde, uygun sıcaklık ve nem ortamı sağlandığında betonun dayanımının yaşla beraber arttığı gözlemlenmiş olup, hesaplamalarda daha çok betonun 28 günlük basınç dayanımını esas alınmaktadır. Bunun nedeni, betonun zaman içinde ulaşabileceği en yüksek dayanımının yaklaşık % 70'ini ilk 28 gün içinde elde etmesidir. Beton 7, 28 veya daha sonraki günler için hedeflenen dayanımdan daha az bir dayanım göstermemelidir.
- **Dayanıklılık (Durabilite):** Değişik türdeki yapılarda kullanılmakta olan beton, hizmet süresi boyunca, bünyesinde yıpranmaya yol açabilecek birçok etkenle karşılaşmaktadır. Beton dayanıklılığı, "hava koşullarından, sülfatlı veya asitli suların ve/veya betonun kullanıldığı ortam koşullarından kaynaklanan yıpratıcı kimyasal ve fiziksel olaylar karşısında, betonun hizmet süresi boyunca gösterebileceği direnme kabiliyeti" olarak tanımlanmaktadır. Dayanıklılık, "durabilite" veya "kalıcılık" olarak da

adlandırılmaktadır.[3] Sertleşmiş betonun içerisine sızan sularda bulunan sülfatlar veya asitler birtakım kimyasal olaylara neden olmakta ve betonun çatlayıp kırılmasına sebep olmaktadır. Suyu doygun durumdaki sertleşmiş betonun boşluklarındaki suyun soğuk havada buz haline dönüşerek genişmesi ve sonradan çözünmesi ile "donma çözülme" olarak adlandırılan olayın çok sayıda yer alması sonucunda, beton çatlayıp kırılabilmektedir.

Betonarme betonun içerisine yerleştirilmiş olan çelik çubukların korozyonu (paslanması) sonucunda çelik çubukların yüzeyinde oluşan korozyon ürünleri betonda genişleme yaratmakta ve betonun çatlamasına yol açabilmektedir.

Betonun içinde bulunan çimentonun kompozisyonunda bulunan alkallerle, betonda kullanılan agregada bulunabilecek reaktif silika arasında oluşabilecek "alkali-silika reaksiyonları" sonucunda, sertleşmiş betonda yer alacak olan genişlemeler, betonun kırılmasına neden olabilir.

- **Hacim Sabitliği:** Betonun içerisindeki suyun fiziksel ve/veya kimyasal nedenlerle azalması (kaybolması) sonucunda betonun boyunda ve hacminde yer alan küçülmeye "büzülme veya rötre" denilmektedir. Sertleşmiş beton, yeterli hacim sabitliğine sahip olmalı, yani istenmeyen ölçüde büzülme, sünme veya genişleme göstermemelidir.
- **Geçirimsizlik:** Sertleşmiş betonun yüzeyi ile temas eden sıvılar ve gazlar, betonun içine girerek akış sağlayabilmektedirler. Betonun içindeki sıvıların akış göstermeleri değişik nedenlerden kaynaklanmaktadır. Bunlar, hava veya su basıncının yarattığı farklılıklar, nemlilik farklılıkları ve betonun içerisindeki sıvıların farklı konsantrasyonlarından doğan olaylardır. [3] Betonun geçirimsizliği; Su/çimento oranına, karışım suyuna, çimentoya, agregaya, katkı maddelerine, betonun yaşına, betonun karılmasına, yerleştirilmesine, sıkıştırılmasına ve betona uygulanacak kür işlemine bağlıdır.

- **Dış Görünüş (Estetik):** Beton, görünüş bakımından da göze hoş gelmeli ve mimari açıdan estetik bir görünümde olmalıdır.
- **Isı ve Ses Yalıtımı:** Isıyı ve sesi geçirmemesi kullanım açısından betonu önemli kılmaktadır.
- **Ekonomiklik:** Yukarıdaki özellikleri sağlamak üzere, beton ekonomik olmalıdır.

### 2.3. Soğuk Derz

En iyi beton dökümü, ek yapılmadan yani ara verilmeden dökülen betondur. Ancak beton döküm işlemine ara vermek ve daha sonra dökülen kısımlardan devam etmek zorunda kalınabilir. Mesela beton mikserinin gecikmesi, beton santralindeki gecikme, kalıpların patlaması veya döküm alanının büyük olması gibi nedenlerle beton döküm aralıkları uzayabilir veya işin ertesi güne sarkması ile beton dökme işi yarım kalabilir. Dökülen beton sertleşmeye başladıktan veya tamamen sertleştikten sonra, bırakılan kısımlarda yeniden beton dökme işlemine devam edilmesi ile iki tabaka arasında soğuk derz adı verilen ek yerleri ve süreksizlik meydana getirilmiş olur. [17]

Kolon, kiriş, döşeme ve beton istinat duvarlarında soğuk derzin meydana gelişi, oldukça önemlidir. Düşey taşıyıcı yapı elemanlarda soğuk derzin yatayla yaptığı açı "0" ya da sıfıra yakın olması istenir. Yatay taşıyıcı elemanlarda soğuk derzin yatayla yaptığı açı 45° olmalıdır.

Betonun eğilmeye karşı direnci oldukça düşüktür. Eğilme elemanların da eski betonla yeni beton arasında birleşim yeri yataya yakın olacak şekilde, basınca çalışan yapı elemanlarında bu bileşim yerinin yatayla yaptığı açı sıfıra yakın olmalıdır. Bu durumda birleşim yerinin eleman üzerindeki yeri (konumu) ön plana çıkmaktadır. İstinat duvarlarında arkası toprak dolgu ise soğuk derz üçgen şeklinde bırakılmalıdır. İstinat duvarı arkasındaki topraktaki kuvvetinin etkisi dikkate alınmalıdır. [14]

Ek yerleri genellikle yapılan zayıf kısımlarıdır. Bu kısımlarda beton elemanın çekme ve eğilmede çekme dayanım vb. gibi mekanik özellikleri, bir bütün olarak dökülmüş ve homojen bir beton elemanına göre daha azdır. Ayrıca taşıyıcı eleman, çevre etkileri nedeniyle bu kısımlardan daha kolay bir şekilde olumsuz olarak etkilenir. Bu nedenle ek yapılacak beton tabakaları arasında kuvvetli bağlantının sağlanması gerekmektedir. Mesela farklı zamanlarda dökülen kolon ve kiriş betonları, kat betonları veya yapının temeli ile üzerine gelecek taşıyıcı elemanların betonları arasında bu tür ek yerlerinin ve süreksizliğin oluşacağı önceden bilinmektedir. Bu türden oluşabilecek ek yerlerini azaltmak için kolon ve kiriş betonlarının birlikte dökülmesi tercih edilmelidir.[17]

Taşıyıcı elemanların rastgele bir kesitinde betonlama işine ara verilmesi veya yarım bırakılması ve sonrasında gerekli önlemler alınmadan döküm işine devam edilmesi ile zayıf kesitlerin oluşturulduğu hatalı imalatlardan mümkün olduğunca kaçınılmalıdır.[7]

İstenmeyen bu türden imalatlara ait birkaç resim aşağıda görülmektedir (Şekil 2.1 ve Şekil 2.2).

Bu şekilde oluşacak derzlerin önüne geçmek için önceden beton dökümü planlamasının yapılması gerekmektedir. Yani, döküm işinin yarım kalmaması için şantiyede döküm yeri çevresinde gerekli tedbirler alınmalı, yeterli sayıda ve nitelikte ekip ve ekipman hazır bulundurulmalıdır. Beton miktarı siparişi doğru verilmeli, eksik verilmesi durumunda, yeni sipariş verilmesi ile geçen sürede soğuk derzin oluşacağı unutulmamalıdır. Sıcak havalarda beton dökümü esnasında betonun hızlı priz alması veya çeşitli nedenlerle beton döküm aralıklarının uzaması vb. nedenlerle soğuk derzler oluşabileceği göz önüne alınarak, betonda kimyasal katkıları (priz, geciktirici) kullanılabilir. [7]



Şekil 2.1. Farklı zamanlarda dökülerek ek yerleri oluşturulan betonarme yapılarda oluşan soğuk derz betonların örnekleri[32]





Şekil 2.2. Farklı zamanlarda dökülerek ek yerleri oluşturulan betonarme yapılarda oluşan soğuk derz betonların örnekleri[33]

Yapı elemanları, bu türden tedbirler alınarak ve mümkünse kolon, kiriş ve döşeme betonları birlikte bir bütün olarak dökülerek inşa edilmelidir. Şayet zorunlu olarak, mesela beton döküm alanının büyük olması vb. gibi sebeplerle döküm işlemi bitirilmeyecek ve derz bırakılmak zorunda kalınacaksa, beton dökümü rastgele bir yerde kesilmemeli, ek yerlerinin tekniğine uygun şekilde oluşturulmasına özen gösterilmelidir. [19] Kolonlarda ek yeri bırakılmamalıdır (Şekil 2.3 ve Şekil 2.4.)

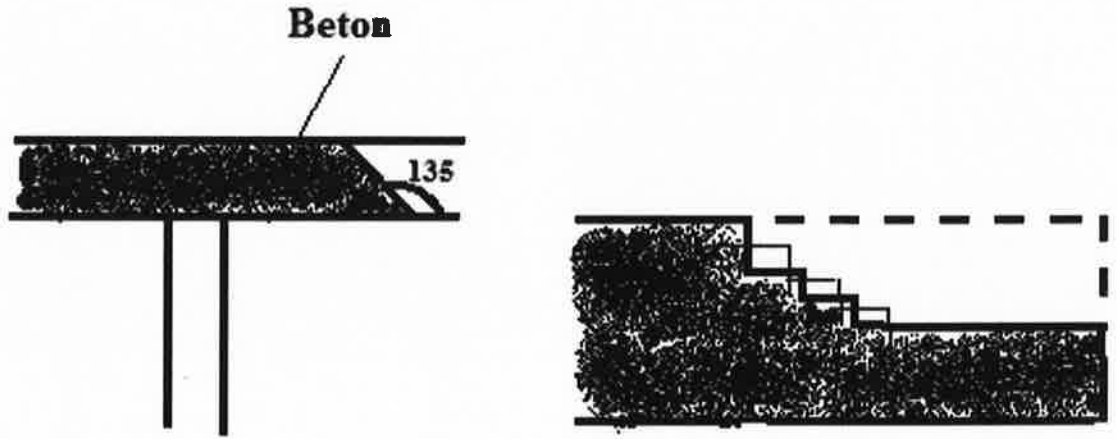


Şekil 2.3. Kolonda oluşturulan soğuk derz



Şekil 2.4. Soğuk derz oluşan betonlar

Kirişlerde ek yeri bırakmak kaçınılmaz ise açıklığın 1/4 ünde bırakılabilir. Ancak pilye kıvrım yerlerinin en az 20 cm ilerisinde olmasına dikkat edilmelidir. Döşemelerde de açıklığın 1/4 ünde seçilmelidir. Ek yerleri, momentin en az olduğu yerler olacak şekilde seçilmeli, yaklaşık 45° açıda eğimli, kademeli ya da dişli olarak bırakılmalıdır. [17] Bu kısımlarda donatı filizleri ve kaba agrega parçaları bırakılmalıdır (Şekil 2.5).



Şekil 2.5. Beton dökümünde ek yerlerin en uygun bırakılma şekilleri[31]

Daha sonra beton döküm işine devam edilmesi durumunda, sertleşmiş betonun yüzeyi pürüzlendirilmeli, yüzeydeki pislikler, toz, çimento hamuru gibi malzemeler temizlenmeli ve yüzey iyice ıslatılmalıdır. Yüzey, suyu emdikten sonra ve nemli bir durumda iken kalan beton döküm işine devam edilmelidir. Ara yüzeyde aderansı artırıcı gibi kimyasal katkılar kullanılarak da olumsuz etkiler en az seviyeye düşürülebilir. [17]

#### 2.4. Soğuk Derz ile Yapılan Çalışmalar

Soğuk derzle ilgili Rathi ve Kolase tarafından yapılan çalışmada soğuk derzin olumsuz etkilerini ortadan kaldırmak için, soğuk derz oluşumu ile ilgili sonuçlara bakarak priz geciktirici madde olarak şeker kullanmışlardır. Numunelerin hazırlanmasında ilk önce kalıbın yarısına diyagonal  $45^\circ$  ve dikey  $90^\circ$  olarak Şekil 2.6'da gösterildiği gibi beton dökülmüş, 45, 75, 120 ve 180 dakikadan sonra kalıbın kalan yarısına taze beton dökülmüştür. Hazırlanan numuneler üzerinde basınç, eğilme ve yarmada çekme deneyleri yapılmıştır. Sonuç olarak, priz geciktirici madde olarak şeker katılan betonlar normal betonla karşılaştırıldığında, soğuk derz oluşumunu çok az miktarda engellediği ortaya çıkmıştır.[20]

Subba ve Kishen tarafından yapılan diğer bir çalışmada soğuk derzin beton boyutuna göre etkisi araştırılmıştır. İlk önce farklı boyutlarda prizma kalıplar hazırlanmış, daha sonra kalıpların yarısına tek seferde hazırlanmış aynı karışım oranına sahip taze beton dökülmüştür. İki günden sonra ise kalıpların kalan yarısı aynı karışım oranındaki taze betonla doldurulmuş ve numuneler hazırlanmıştır. Sonra bu numuneler üzerinden eğilme dayanımı deneyi yapılmıştır. Çalışma sonucuna göre yazarlar soğuk derz oluşan betonların arasına donatı yerleştirilmeli, numunenin boyutu arttıkça maksimum yük taşıma kapasitesinin arttığı ve zamanla soğuk derz oluşan betonların eğilme dayanımının azaldığı sonucuna varmışlardır.[21]

Lion tarafından yapılan soğuk derz çalışmasında kalıbın ilk yarısına taze beton döküldükten 72 saatten sonra, kalıpların ikinci yarısı aynı karışım oranına sahip taze betonla doldurulmuştur. Boyutları  $150 \times 150 \times 600$  mm olan prizma numune üzerinde eğilme deneyi yapılmış ve karbonatlaşma deneyi için soğuk derz oluşan betondan boyutları  $100 \times 140$  mm olan karot numuneler alınmıştır. Karbonatlaşmada kullanılan numuneler 4 hafta boyunca farklı sıcaklıklarda ve ortamlarda tutulmuştur. Soğuk derz numunelerinin karbonatlaşması normal betonun karbonatlaşması ile karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak, prizma numunelerinin üzerinde yapılan eğilme deneyinde zaman arttıkça soğuk derz oluşan betonların eğilme dayanımının

azaldığı, karbonatlaşma deneyinin sonuçlarına göre ise soğuk derzde oluşan karbonatlaşma miktarı normal beton karbonatlaşma miktarına göre yüksek olduğu belirlenmiştir.[22]

N.Kadyrov tarafından yapılan çalışmada, deneysel olarak soğuk derzin betonun doğrudan çekme, basınç ve eğilme dayanımı üzerine etkileri araştırılmıştır. Deneysel çalışmalar TS EN 206-1 standardına göre üretilen C25 sınıfındaki beton numuneleri üzerinde gerçekleştirilmiştir. 100x200 mm boyutlarında silindir ve 100x100x500 mm boyutlarında prizma şeklinde hazırlanan beton numunelerde 45° ve 90° açılarda soğuk derz oluşturulmuştur. Numunelerin yarısı dökülüp 2, 3, 4 ve 6 saat beklenerek soğuk derz oluşturulduktan sonra kalan yarısı dökülmek suretiyle deney numuneleri elde edilmiştir. Hazırlanan bu numuneler üzerinde doğrudan çekme, basınç ve eğilme dayanım deneyleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre soğuk derz oluşumunda süre uzadıkça doğrudan çekme ve eğilme dayanımlarında azalma meydana geldiği görülmüştür. Bu azalma 6 saatten sonra dökülen betonlarda daha belirgin olmuştur. Basınç dayanımında ise 45° açıda dökülen betonlarda çok az azalma olduğu görülmüştür. Sonuç olarak beton döküm sırasında gecikmeler olduğu takdirde soğuk derz oluşmaması için ikinci tabaka en geç 3 saate kadar dökülmeli ve olumlu sonuçlar için alttaki tabaka 45° açıda bırakılmalı sonucu ortaya çıkmıştır. [31]

### 3. MALZEME VE YÖNTEM

#### 3.1. Malzeme

Deneyisel çalışmada, çimento olarak CEM II/A-P 42,5 R tipi çimento, agrega, Akışkanlaştırıcı, karışım suyu olarak da Konya şehir şebeke suyu ve epoksi kullanılmıştır.

##### 3.1.1. Çimento

Çalışmada Konya Çimento Sanayi A.Ş. Konya fabrikasında üretilen CEM II/A-P 42,5 R tip çimentosu kullanılmıştır. Deney sonuçlarının etkilenmemesi için, gerekli olan tüm çimento yaklaşık olarak hesaplanıp tek seferde temin edilerek rutubetsiz ve kuru bir ortamda saklanmıştır. Taze olarak temin edilen ve uygun koşullarda saklanarak kullanılan çimento, süresi içinde bozulmaya uğramadan tüketilmiştir. Çimentoya ait özellikler Çizelge 3.1’de verilmiştir.[23]

Çizelge 3.1. Kullanılan çimentonun fiziksel, kimyasal ve mekanik özellikleri

Kimyasal Analiz	CEM II/A-P 42,5 R	Fiziksel Özellikler	CEM II/A-P 42,5 R
SiO <sub>2</sub> (%)	22,87	Priz Başlangıcı (dk)	163
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	5,59	Priz Sonu (dk)	216
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	3,22	Özgül Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	3,11
CaO (%)	58,82	Özgül Yüzey (cm <sup>2</sup> /g)	3837
MgO (%)	2,35	Mekanik Özellikler	
SO <sub>3</sub> (%)	3,50	Basınç Dayanımı (MPa):	
Cl (%)	0,022	1. Gün	16,7
Na <sub>2</sub> O (%)	0,47	2. Gün	28,4
K <sub>2</sub> O (%)	1,05	7. Gün	41,7
Kızdırma kaybı (%)	2,11	28. Gün	54,2

### 3.1.2. Agregalar

Deneylerde kullanılan iri ve ince agregalar Konya, Eğribayat bölgesindeki Kocaerler taş ocağından temin edilmiştir. Beton tasarımında maksimum agregalar çapı 22 mm olarak seçilmiştir. Deney numunelerinin üretiminde agregaların nem içeriği kontrol edilerek kısa süre içerisinde kullanılmış ve deney sonuçlarının agregalar su içeriğinden etkilenmemesine dikkat edilmiştir. TS 706 EN 12620+A1 “Beton Agregaları” standardına uygun olarak agregaların özgül ağırlık, aşınma kaybı, elek analizi ve su emme deneyleri yapılmıştır.

Çizelge 3.2. Çalışmada kullanılan agregaların fiziksel özellikleri

Fiziksel Özellik	Agregalar (Kalker taşı)		
	0-4	4-11,2	11,2-22,4
Özgül ağırlık (kg/dm <sup>3</sup> )	2,44	2,64	2,65
Aşınma kaybı (500 dev.%)	-	26,2	
Su emme (%)	3,9	0,88	0,70

### 3.1.3. Karışım suyu

Deneysel çalışma süresince, karışımların tasarımında ve deney numunelerinin üretiminde Konya şehir şebekesi suyu kullanılmıştır. Karışım suyuna herhangi bir bekletme, dinlendirme gibi işlemlere tabi tutulmadan şebekeden alındığı gibi kullanılmıştır.

### 3.1.4. Epoksi

Çalışmada Çift bileşenli epoksi esaslı aderans artırıcı kullanılmıştır, hazırlanan yüzeye spatula veya mala ile uygulanmalıdır. Uygulama kalınlığı en az 2 mm, en çok 30 mm olmalıdır. Çift bileşenli epoksi esaslı aderans artırıcı, iki bileşenli,

solventsiz, akıcı kıvamda, fırçayla ya da dökülerek uygulanan, eski betonun yeni betona aderansında ya da farklı tip malzemelerin birbirine bağlanmasında kullanılan yapıştırıcıdır.

### 3.2. Yöntem

Çalışmanın gerçekleştirilmesi amacıyla agregalarla, beton karışımı hazırlanmıştır. Beton üretimi sırasında çökme deneyleri yapılmıştır. Beton dökümü için 150x150x150 mm küp, 150x300 mm silindir ve 100x100x500 mm boyutlarında prizma kalıplar kullanılmıştır. Kür uygulaması sonrasında, sertleşmiş beton deneyleri gerçekleştirilmiştir. Çalışmada yapılan agrega deneyleri, beton karışımları, taze beton deneyleri, sertleşmiş beton deneyleri KTO Karatay Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü laboratuvarında yapılmıştır.

#### 3.2.1. Beton karışım hesabı

Beton karışım hesabı TS 802 “Beton Karışım Tasarımı Hesap Esasları” standardına uygun olarak yapılmıştır [28]. En büyük agrega tane büyüklüğü  $D_{max} = 22$  mm, agrega tane sınıfları 0-4 mm, 4-11 mm ve 11-22 mm ve hava miktarı %2,1 olarak hesaplanmıştır. Karışımlar hazırlanırken çökme değerleri S2 sınıfı olarak sabit tutulmuştur. Çizelge 3.2’de 1 m<sup>3</sup> beton karışımına giren malzeme miktarları verilmiştir.

Çizelge 3.3. 1 m<sup>3</sup> karışıma giren malzeme miktarı

Çimento (kg)	Su (kg)	Katkı (Akışkanlaştırıcı) (kg)	S/Ç	Agregalar (kg)		
				0-4	4-11	11-22
280	175	2,8	0,625	1155	388	389



### 3.2.2. Deney programı

Çalışmada Çizelge 3.3'te verilen deney programı kullanılmıştır. Toplamda aynı beton karışımından 108 adet numune hazırlanmıştır.

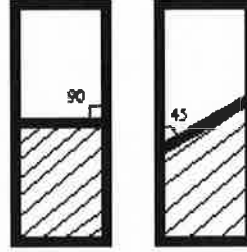
Çizelge 3.4. Deney programı

Deneyle	Numune Boyutları mm	Numune Sayısı			
		Kontrol Beton	90° Açı	45° Açı	Yarı Dolu
			24 Saat	24 Saat	24 Saat
Basınç	150x150x150 Küp	12	12	12	12
Basınç	150x300 Silindir	12	-	12	12
Eğilme	100x100x500	6	6	6	6

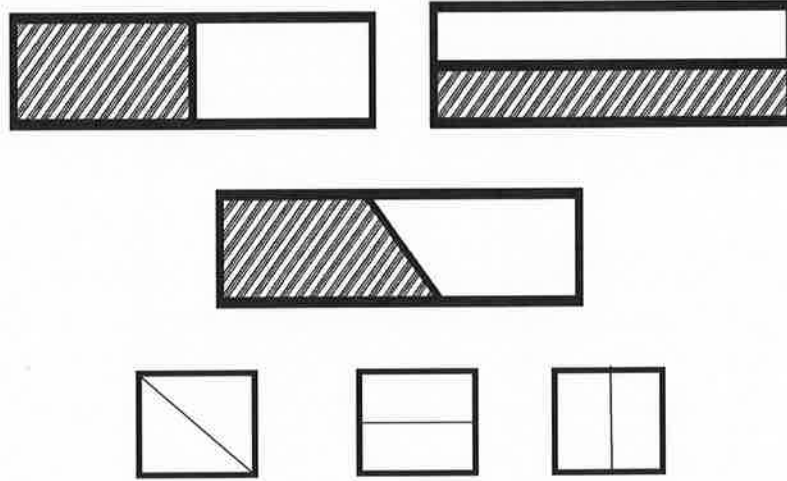
### 3.2.3. Deney numunelerin hazırlanması

Çalışmada TS EN 206 standardına uygun olarak C25 sınıfına uygun dayanıma sahip olabilecek beton üretilmiştir. Beton karışımı 40 dm<sup>3</sup> kapasiteli düşey eksenli laboratuvar tipi beton mikserinde 2 dakika boyunca karıştırılarak üretilmiştir. Hazırlanan betonun kıvamının belirlenmesi için TS EN 12350-2 standardına uygun olarak çökme deneyi yapılmış ve kıvam sınıfı S2 olarak belirlenmiştir. (TS EN 206.2014) Şekil 3.1'de verildiği gibi 150x150x150 mm boyutlarında küpler, 150x300 mm boyutlarında silindir ve 100x100x500 mm boyutlarındaki prizma kalıplarda soğuk derz oluşturmak için ilk önce kalıpların yarısına 45° ve 90° açılarda taze beton dökülmüştür. Betonun yüzeyi dişli olarak bırakılmıştır. Kalıp içerisine betonu 45° açıda dökmek için kalıp 45° açığa getirilmiş ve ilk beton dökümü

yapılmıştır. İlk beton dökümü yapıldıktan sonra beton kalıplarda 24 saat bekletilmiştir. Belirtilen süreden sonra aynı taze beton karışımı ile kalıpların diğer yarısı doldurulmuştur.



**Silindir**



**Şekil 3.1. 45° ve 90° açılarda soğuk derz oluşumunun silindir-prizma-küp tasarımları**

Beton numunesi üretiminde laboratuvar ısısı ortalama olarak  $20\pm 2^{\circ}\text{C}$  aralığında olmasına dikkat edilmiştir. Kalıp yüzeyleri yağlandıktan sonra, taze beton yerleştirme işlemi üç aşamada şişleme çubuğu ile 25 vuruş olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Numunenin her bir tabakası için ayrı ayrı yerleştirme işlemleri yapılmıştır. 24 saat sonra TS 1247 “Beton Yapım, Döküm ve Bakım Kuralları (Normal Hava Koşulları)” standardında belirtilen esaslara uygun şekilde numuneler

kalıplardan çıkartılarak  $20\pm 2^{\circ}\text{C}$  sıcaklıktaki kür tankına yerleştirilmiştir ve 7.ve 28. güne kadar kür havuzunda bekletilmişlerdir.



Şekil 3.2. Çalışmada yapılan küp numunelerine betonların yerleştirme şekilleri



Şekil 3.3. Çalışmada yapılan küp ve silindir numunelerine betonların yerleştirme şekilleri



Şekil 3.4. Çalışmada yapılan küp numunelerine betonların yerleştirme şekilleri



Şekil 3.5. Çalışmada yapılan prizma numunelerine betonların yerleştirme şekilleri



Şekil 3.6. Çalışmada yapılan prizma numunelerine betonların yerleştirme ve perdah yapma şekilleri

#### **3.2.4. Epoksi hazırlanması**

Çift bileşenli epoksi esaslı aderans artırıcı kullanım haline getirmek için, karışıma başlamadan önce malzeme sıcaklıklarının +15 - +25°C arasında olduğundan emin olunmalıdır. B bileşeni tamamı ile A bileşenin içerisine boşaltılmalı ve B bileşenin içerisinde malzeme kalmadığından emin olunmalıdır. Karışım, yaklaşık 300 dev/dak'lık bir karıştırıcı ve uygun karıştırma ucu ile ambalaj kenarlarında ve tabanında karışmamış malzeme kalmamasına dikkat edilerek en az 3 dakika süre ile homojen bir karışım elde edilinceye kadar karıştırılmıştır.

Yeni betonun eski betona aderansı için Çift bileşenli epoksi esaslı aderans artırıcı karışımı fırça veya rulo ile eski beton yüzeylere sürülerek uygulanmalıdır. Bu işlemi takiben, hava sıcaklığına bağlı olarak 5-40 dakika arasında yeni beton dökümüne geçilmelidir.



### 3.2.5. Taze beton deneyleri

#### Çökme (slamp) deneyi

TS EN 12350-2 “Beton – Taze Beton Deneyleri – Bölüm 2: Çökme (Slamp) Deneyi” standardına göre taze betonun çökme miktarı belirlenmiştir. [29]

TS EN 206-1 “Beton – Bölüm 1: Özellik, Performans, İmalat ve Uygunluk” standardına göre üretilen taze betonun çökme miktarı 50-90 mm aralığında olduğu için kıvam sınıfı S2 olarak belirlenmiştir. Çizelge 3.6’da TS EN 206-1 standardına göre beton kıvam sınıfları ve özellikleri verilmiştir.

Çizelge 3.5. Beton kıvam sınıfları ve özellikleri

Sınıf	Slamp Değeri (mm)	Özelliği
S1	10-40	Su miktarı çok az, vibrasyonla özenli ve kuvvetli bir şekilde yerleştirilmediği takdirde betonda boşluklar kalır.
S2	50-90	Vibrasyonla sıkıştırmaya elverişli, betonarme yapılar için uygun.
S3	100-150	Donatının fazla sık olması halinde seçilir.
S4	160-210	Su miktarı fazla, vibrasyonla sıkıştırmaya elverişli değil, çok sık donatı bulunması halinde kullanılmasına izin verilir.

### 3.2.6. Sertleşmiş beton deneyleri

#### Basınç dayanım deneyi

Beton basınç dayanımı deneyi, 150x300 mm'lik silindir numuneler üzerinde TS EN 12390-3 "Beton-sertleşmiş Beton Deneyleri-Bölüm 3: Deney Numunelerinde Basınç Dayanımının Tayini" standardına uygun olarak Şekil 3.3'de gösterilen yük kontrollü beton presinde yapılmıştır. (TS EN 12390-3.2010). Beton silindir numunelerinin alt ve üst yüzeylerini pürüzsüz düzgünlükteki bir duruma getirebilmek amacıyla, lastik kullanılmıştır. Deney numunelerin alt ve üst yüzeylerin lastik kalınlığı 3-5mm ve yüzeyi çok düzgün bir tabaka oluşturulup başlık yapılmıştır.[3]

Deney numunelerin basınç gerilmeleri N/mm<sup>2</sup> olarak belirlenmiştir. 28 gün bekletilen beton numunelerine beton basınç deneyi uygulanmıştır. Sertleşmiş beton numunelerinin basınç dayanımı, aşağıdaki eşitlik ile hesaplanmıştır:

$$\sigma_b = \frac{P}{A} \quad (3.1)$$

$\sigma_b$  = Basınç dayanımı, MPa (N/mm<sup>2</sup>)

P = Maksimum yük, N

A = Kesit alan, mm<sup>2</sup>



Şekil 3.7. Yük kontrollü beton presi

### **Eğilme dayanım deneyi**

Eğilme deneyi malzemenin mukavemeti hakkında tasarım bilgilerini belirlemek ve malzemenin eğilmeye karşı mekanik özelliklerini tespit etmek amacı ile yapılır. Enine yük taşıyan kiriş gibi elemanlar eğilmeye maruz kalırlar. Kirişin her bir bölgesinde eğilme momentleri meydana gelir. Bu da eğilme gerilmesi ile alakalıdır.

Betonun eğilme dayanım deneyi TS EN 12390-5 standardına uygun olarak Şekil 3.8’de gösterilen eğilme dayanım deney presinde yapılmıştır. Bu deney metodunda beton prizmalar açıklığın  $L/3$  uzunluktaki iki noktasından kırılmıştır. Eğilme dayanım deneyi için  $100 \times 100 \times 500$  mm’lik prizma numuneler kullanılmıştır. Eğilme dayanımında aşağıda verilen eşitlik kullanılmıştır.

$$\sigma_e = \frac{PL}{bd^2} \quad (3.2)$$

$\sigma_e$  = Eğilme dayanımı, MPa (N/mm<sup>2</sup>)

P = Maksimum yük, N

L = İki mesnet arası, mm

b = Prizma kesitinin eni, mm

d = Prizma kesitinin yüksekliği, mm



Şekil 3.8. Eğilme dayanımı deney presi

## 4. DENEYSEL BULGULAR VE DEĞERLENDİRME

### 4.1. Basınç Dayanım Deneyi

Basınç dayanım deneyinde kullanılmış silindir ve küp numunelerinin örnekleri, soğuk derz numunelerinin 7 Günlük basınç dayanım değerleri Çizelge 4.1’de ve 28 Günlük basınç dayanım değerleri de 4.2’de verilmiştir.



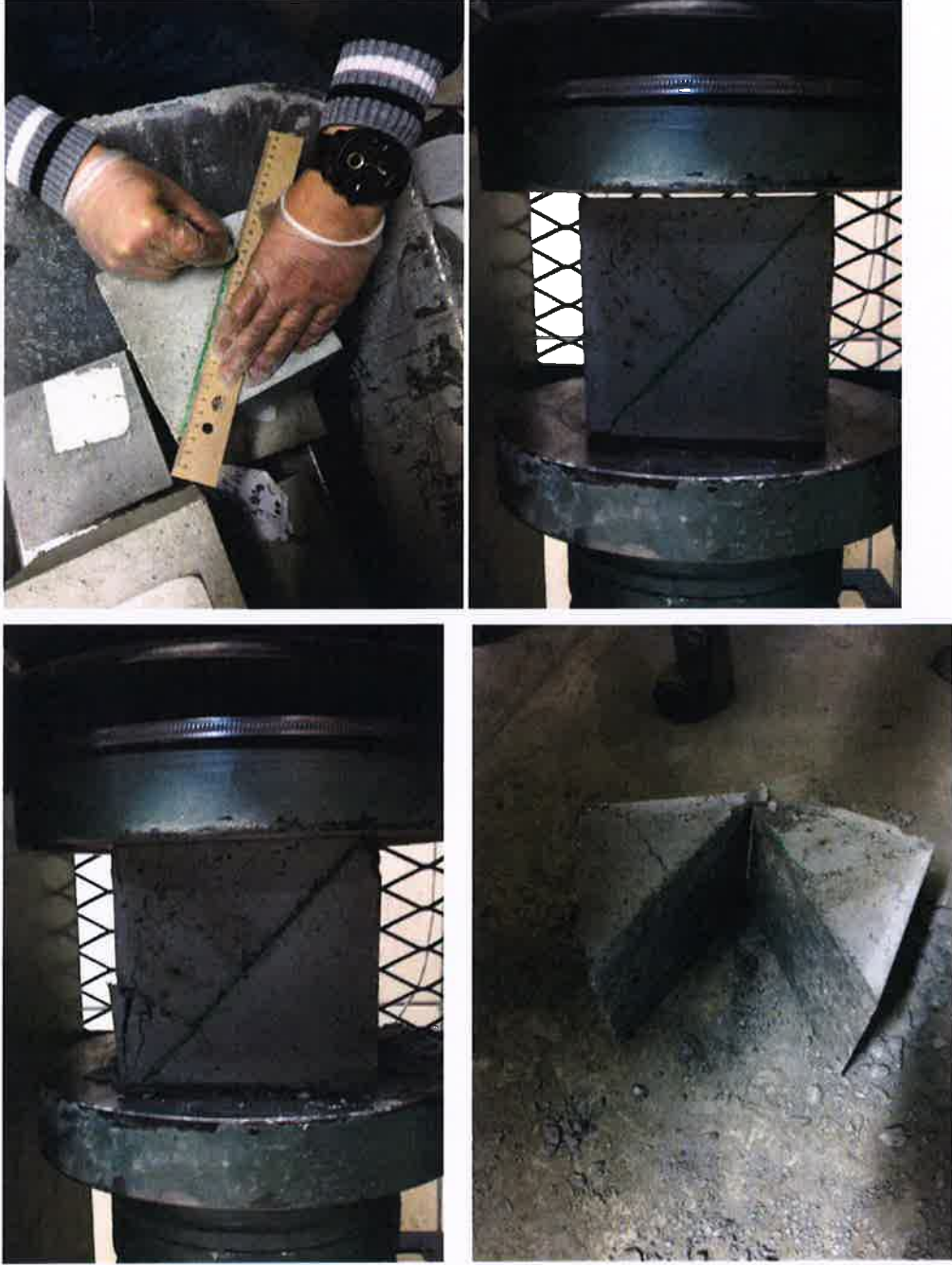
Şekil 4.1. Basınç dayanım deneyinde kullanılmış 45 derece açılı soğuk derz silindir numuneleri



Şekil 4.2. Basınç dayanım deneyinde kullanılmış 90 derece açılı soğuk derz silindir numuneleri



Şekil 4.3. Basınç dayanım deneyinde kullanılmış kontrol küp numuneleri



Şekil 4.4. Basınç dayanım deneyinde kullanılmış 45 derece açılı soğuk derz küp numuneleri





Şekil 4.5. Basınç dayanım deneyinde kullanılmış 90 derece açılı soğuk derz küp numuneleri



Şekil 4.6. Basınç dayanım deneyinde kullanılmış yarı dolu soğuk derz küp numuneleri

Çizelge 4.1. 7 Günlük Basınç dayanım değerleri

Süre	Numune	Kontrol Beton (MPa)	45° açılı soğuk derz (MPa)	90° açılı soğuk derz (MPa)	Yarı dolu (MPa)
7 GÜN	1.Küp	20.28	12.59	16.12	14.57
	2.Küp	19.82	13.66	15.56	15.87
	3.Küp	18.64	16.58	15.64	17.38
	<b>Ort</b>	<b>19,58</b>	<b>14,28</b>	<b>15,77</b>	<b>15,94</b>
	1.Silindir	16,21	6.45		6.39
	2.Silindir	15,93	7.39		7.83
	3.Silindir	14,75	5.47		8.40
	<b>Ort</b>	<b>15,63</b>	<b>6,44</b>		<b>7,54</b>

Çizelge 4.2. 28 Günlük Basınç dayanım değerleri

Süre	Numune	Kontrol Beton (MPa)	45° açılı soğuk derz (MPa)	90° açılı soğuk derz (MPa)	Yarı dolu (MPa)
28 GÜN	1.Küp	20.96	15.71	23.73	22.89
	2.Küp	21.52	16.68	22.63	21.98
	3.Küp	21.09	17.90	23.54	24.47
	<b>Ort</b>	<b>21,19</b>	<b>16,76</b>	<b>23,3</b>	<b>23,11</b>
	1.Silindir	15,77	10.83		10.48
	2.Silindir	17,22	6.24		13.78
	3.Silindir	14,91	6.59		12.67
	<b>Ort</b>	<b>15,96</b>	<b>7,89</b>		<b>12,31</b>

Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2 de incelendiğinde 90° açıda dökülen ve yarı dolu dökülen betonların basınç dayanım değerleri kontrol betonu ile benzer özellik göstermektedir. Bu durum beklenen bir durumdur. Ancak 45° açıda soğuk derz oluşturularak dökülen numunelerin 24 saatlik basınç dayanımlarında ise azalma olduğu görülmektedir. Bu azalmanın nedeni 45° açıda dökülen numunelerde kayma

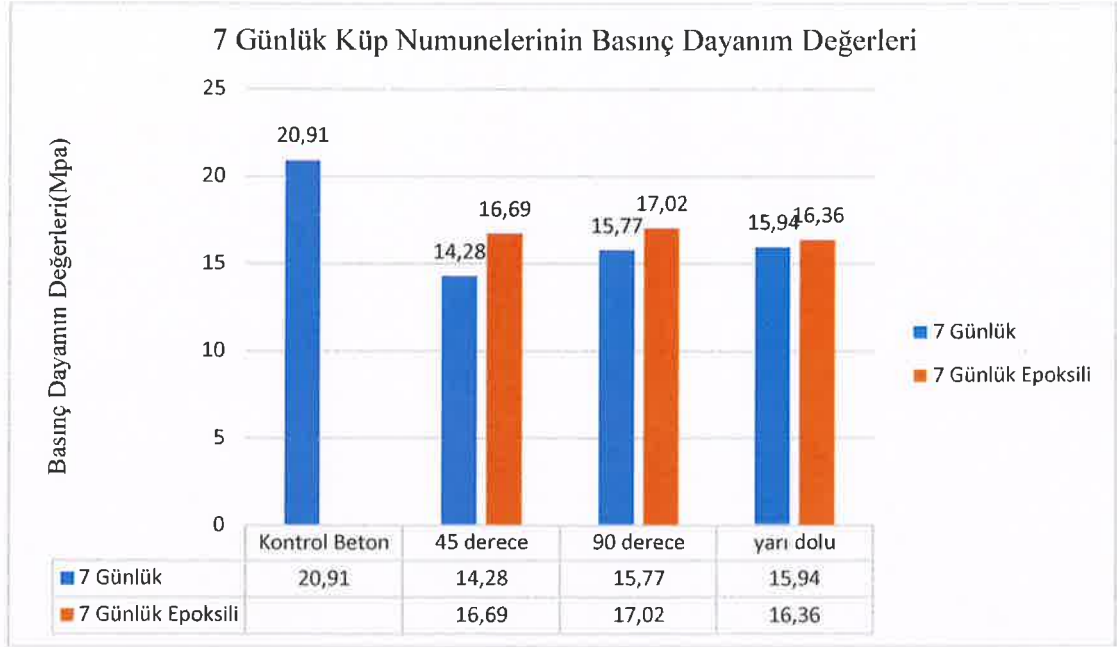
yüzeyi soğuk derzden olumsuz etkilenmiştir. 24 saat sonra 45° açıda dökülen numunelerde basınç dayanımları kontrol betonuna göre %21 azalma görülmüştür.

Çizelge 4.3. 7 Günlük Epoksi Yapıştırıcılı Basınç dayanım değerleri

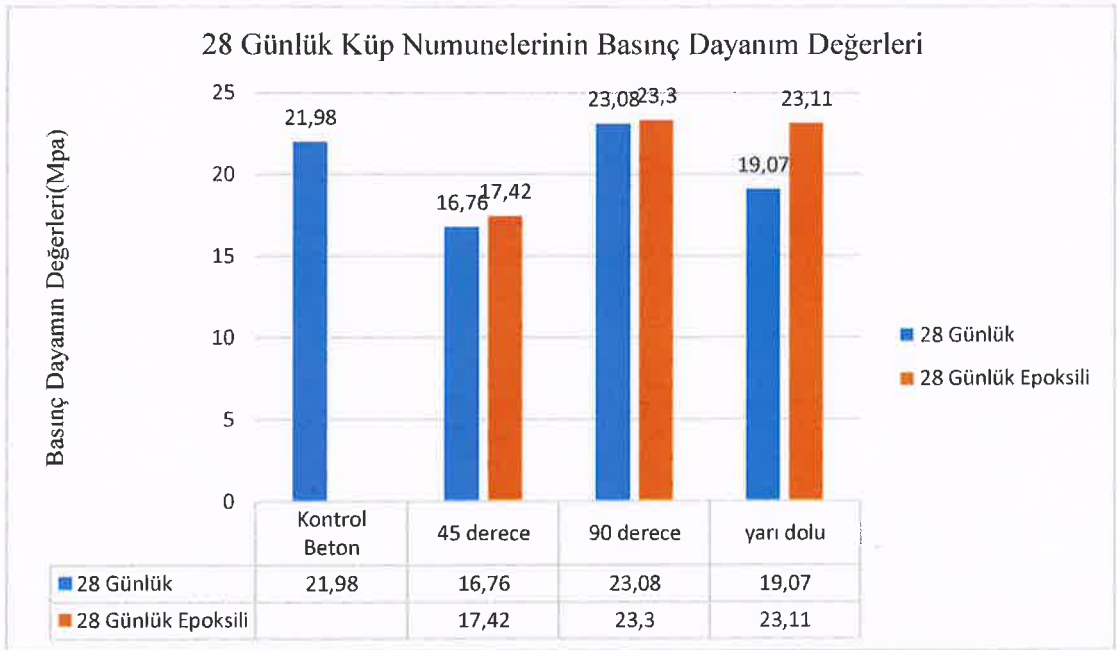
Süre	Numune	Kontrol Beton (MPa)	45° açılı soğuk derz (MPa)	90° açılı soğuk derz (MPa)	Yarı dolu (MPa)
7 GÜN	1.Küp	20.28	16.45	17.38	16.20
	2.Küp	19.82	15.64	16.71	15.99
	3.Küp	22.64	17.98	16.98	16.91
	<b>Ort</b>	<b>20,91</b>	<b>16,69</b>	<b>17,02</b>	<b>16,36</b>
	1.Silindir	16,22	7.67		11.01
	2.Silindir	15,98	6.17		9.52
	3.Silindir	15,23	6.68		16.25
	<b>Ort</b>	<b>15,81</b>	<b>6,84</b>		<b>12,26</b>

Çizelge 4.4. 28 Günlük Epoksi Yapıştırıcılı Basınç dayanım değerleri

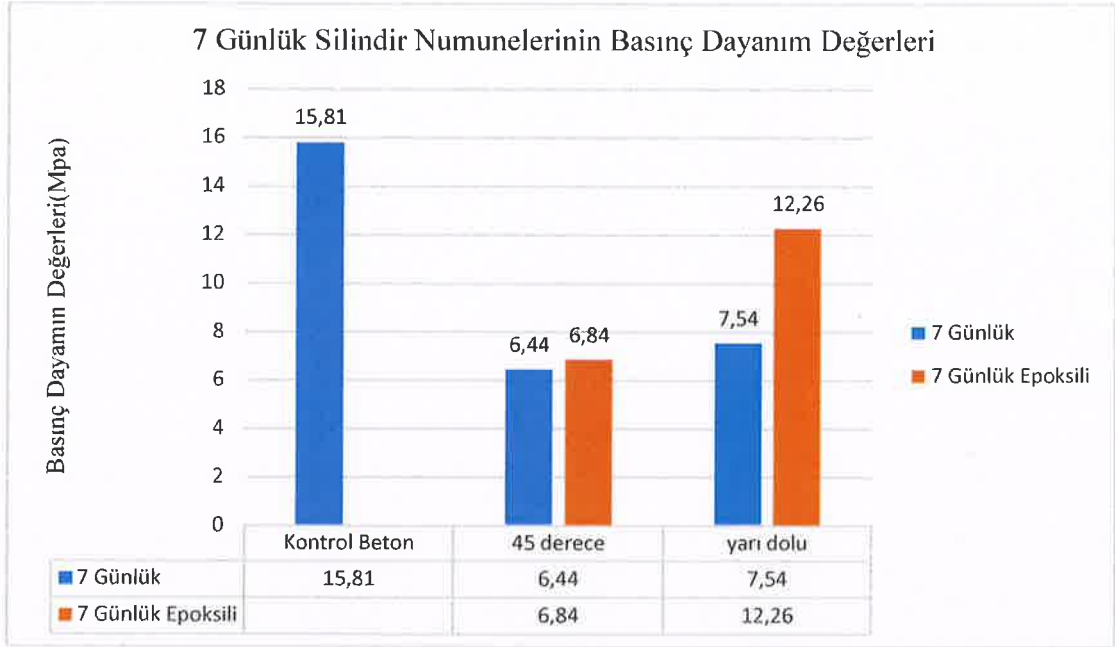
Süre	Numune	Kontrol Beton (MPa)	45° açılı soğuk derz (MPa)	90° açılı soğuk derz (MPa)	Yarı dolu (MPa)
28 GÜN	1.Küp	20.96	15.87	23.49	18.74
	2.Küp	21.52	18.83	22.08	20.96
	3.Küp	21.09	17.56	23.66	17.55
	<b>Ort</b>	<b>21,19</b>	<b>17,42</b>	<b>23,08</b>	<b>19,07</b>
	1.Silindir	16,77	10,62		15.05
	2.Silindir	17,22	9,32		15.61
	3.Silindir	17,31	10,02		15.52
	<b>Ort</b>	<b>17,1</b>	<b>9,99</b>		<b>15,39</b>



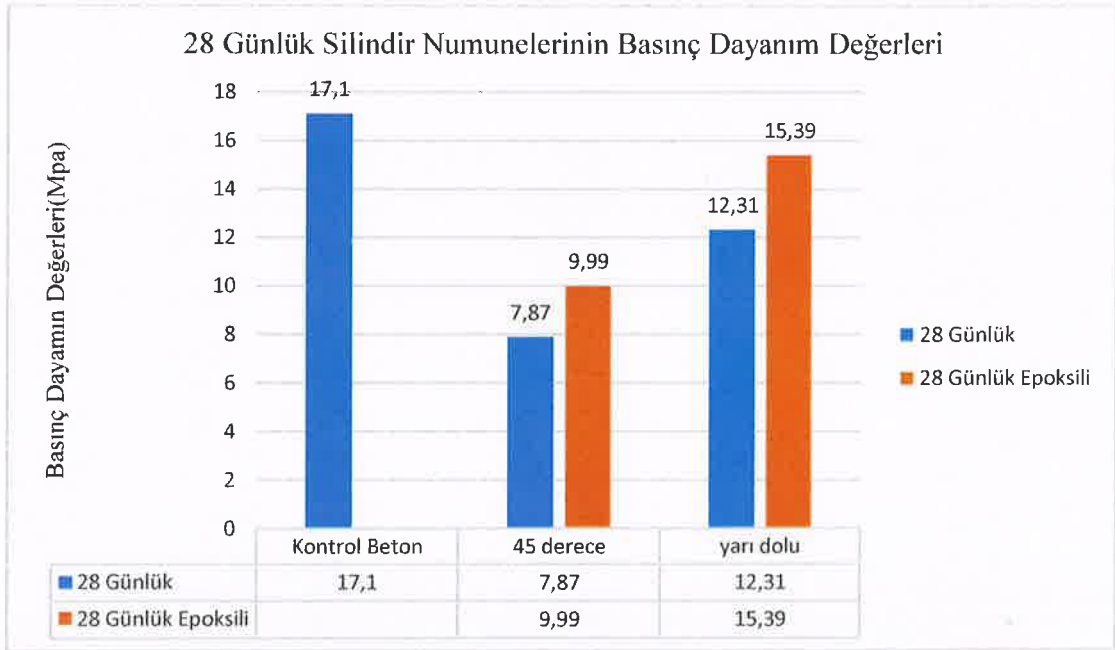
**Şekil 4.7. 7 Günlük Küp Numunelerinin Basınç Dayanım Değerleri**



**Şekil 4.8. 28 Günlük Küp Numunelerinin Basınç Dayanım Değerleri**



Şekil 4.9. 7 Günlük Silindir Numunelerinin Basınç Dayanım Değerleri



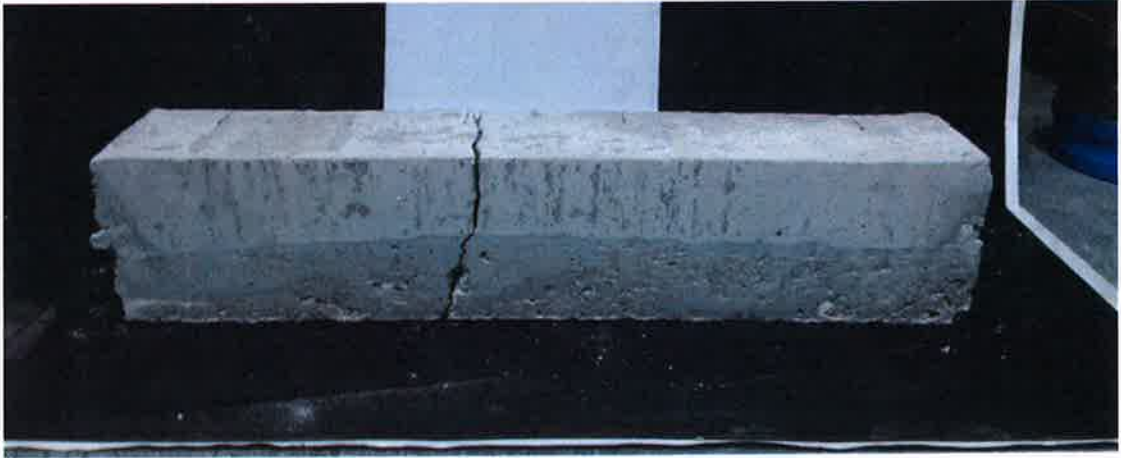
Şekil 4.10. 28 Günlük Silindir Numunelerinin Basınç Dayanım Değerleri

## 4.2. Eğilme Dayanım Deneyi

Eğilme dayanım deneyinde kırılmış olan prizma numunelerinin örnekleri Şekil 4.11, 4.12, 4.13, 4.14, 4.15, 4.16, 4.17, 4.18 ve 4.19’de verilmiştir. Eğilme dayanım deneyi sonucunda elde edilen veriler Çizelge 4.5’te ve Çizelge 4.6’da sunulmuştur.



Şekil 4.11. Eğilme dayanımı deneyi uygulanan ve uygulanmış prizma numuneleri

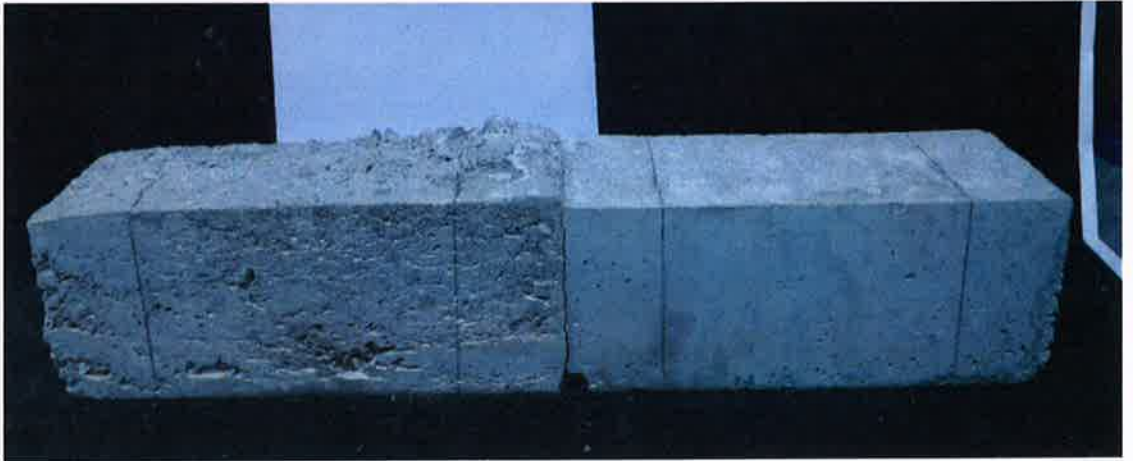


Şekil 4.12. Eğilme dayanımı deneyi yarı dolu soğuk derz uygulanmış prizma numuneleri





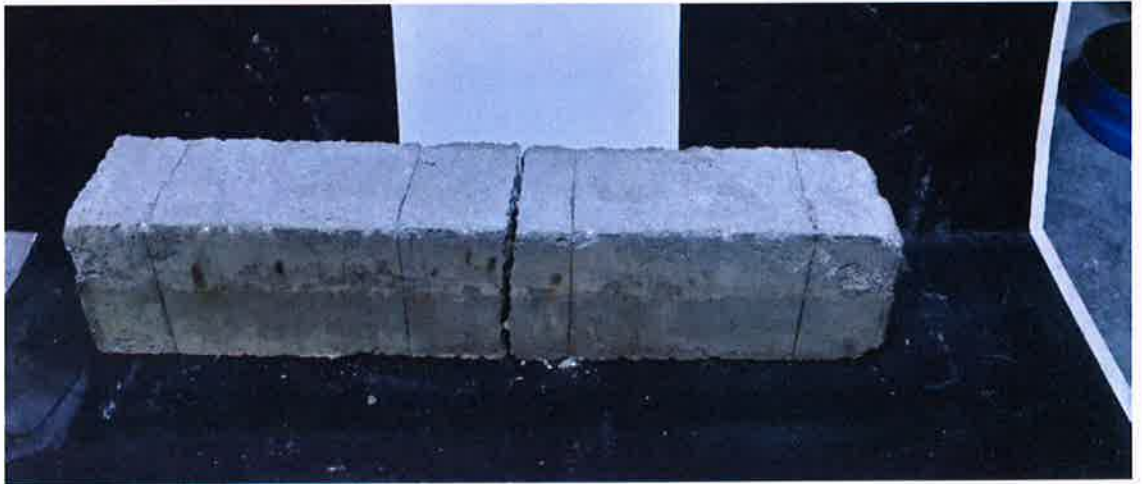
Şekil 4.13. Eğilme dayanımı deneyi 45 derece açılı soğuk derz uygulanmış prizma numuneleri



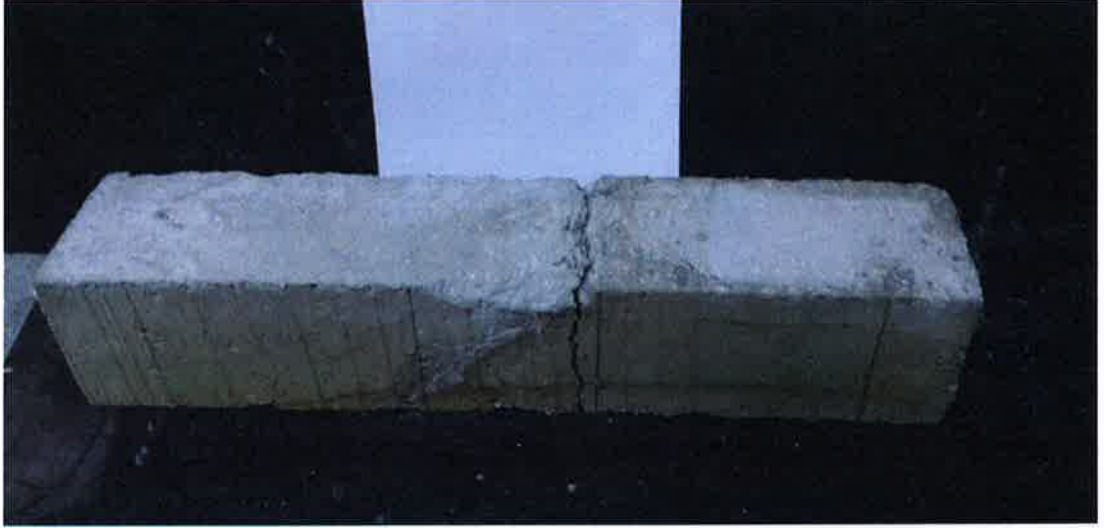
Şekil 4.14. Eğilme dayanımı deneyi 90 derece açılı soğuk derz uygulanmış prizma numuneleri



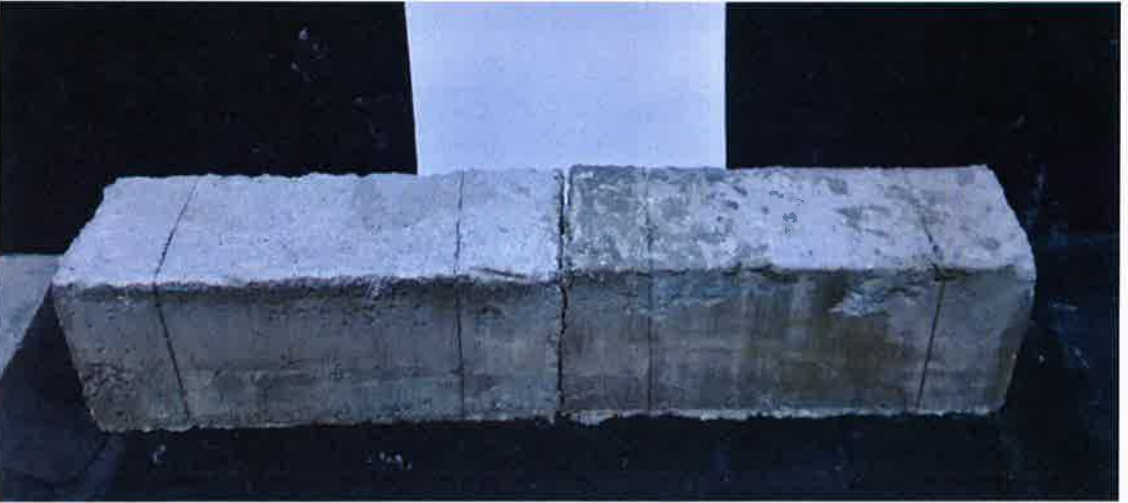
Şekil 4.15. Eğilme dayanımı deneyi kontrol betona uygulanmış prizma numuneleri



Şekil 4.16. Eğilme dayanımı deneyi epoksi yapıştırıcılı yarı dolu soğuk derz uygulanmış prizma numuneleri



Şekil 4.17. Eğilme dayanımı deneyi epoksi yapıştırıcılı 45 derece açılı soğuk derz uygulanmış prizma numuneleri



Şekil 4.18. Eğilme dayanımı deneyi epoksi yapıştırıcılı 90 derece açılı soğuk derz uygulanmış prizma numuneleri



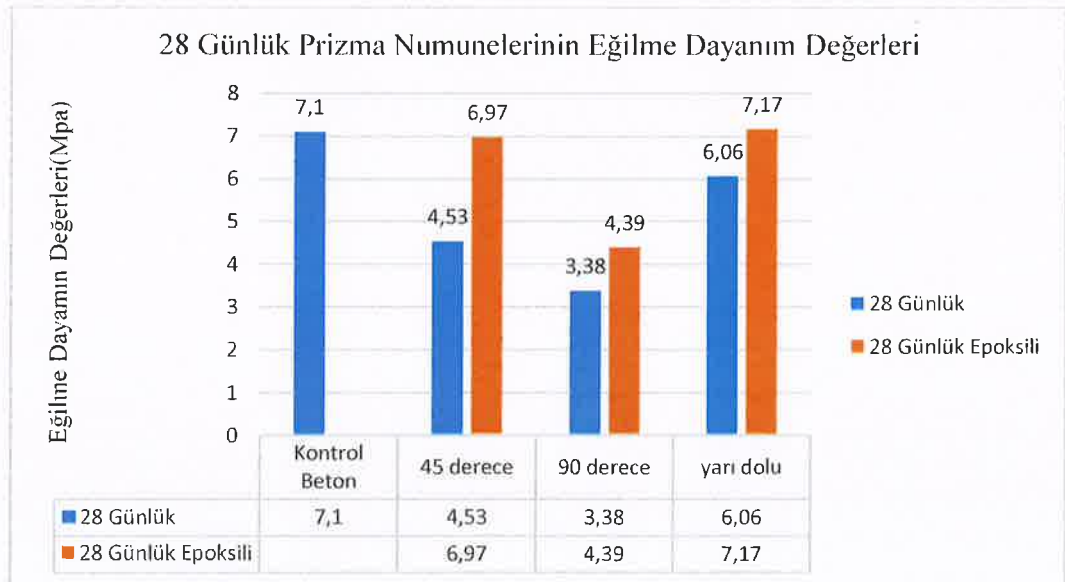
Şekil 4.19. Eğilme dayanımı deneyi uygulanmış tam dolu prizma numuneleri

Çizelge 4.5. 28 Günlük Eğilme dayanım değerleri

Süre	Numune	Kontrol Beton (MPa)	45° açılı soğuk derz (MPa)	90° açılı soğuk derz (MPa)	Yarı dolu (MPa)
28 GÜN	1	5,6	6,16	3,08	6,23
	2	5,32	4,02	3,82	5,75
	3	6,08	3,42	3,24	6,19
	<b>Ort</b>	<b>5,67</b>	<b>4,53</b>	<b>3,38</b>	<b>6,06</b>

Çizelge 4.6. 28 Günlük Epoksi Yapıştırıcılı Eğilme dayanım değerleri

Süre	Numune	Kontrol Beton (MPa)	45° açılı soğuk derz (MPa)	90° açılı soğuk derz (MPa)	Yarı dolu (MPa)
28 GÜN	1	8,45	6,7	2,81	7,2
	2	6,45	7,1	6,3	7,9
	3	6,4	7,1	4,06	6,4
	<b>Ort</b>	<b>7,10</b>	<b>6,97</b>	<b>4,39</b>	<b>7,17</b>



Şekil 4.20. 28 Günlük Prizma Numunelerinin Eğilme Dayanım Değerleri



Çizelge 4.5 ve Çizelge 4.6 incelendiğinde eğilme dayanım değerleri 45° açıda dökülen betonlar 90° açıda dökülen betonlara göre daha büyük eğilme dayanım değerleri verdiği görülmüştür. Bu durum 45° açılı soğuk derzli betonların yapışma yüzeyinin daha büyük olmasıyla açıklanabilir.

Yapılan deneyler incelendiğinde 45° açıda oluşan soğuk derz betonlarının farklı yerlerden kırıldığı görülmektedir. 90° açıda oluşan soğuk derz prizma numunelerin tamamı soğuk derz oluşan yerlerden kırılmıştır. Beklenen durum ortaya çıkmıştır. 45° açıda oluşan soğuk derz numuneler ise 90° açıda oluşan soğuk derz betonlarına göre farklılık göstermiştir. Ayrıca yarı dolu oluşan soğuk derz betonların 45° ve 90° açılı oluşan soğuk derz betonlarına göre eğilme dayanımı daha yüksek çıkmıştır.

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmadan elde edilen veriler değerlendirilmiş ve aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

- Eğilme dayanım deneylerinde 45° açılı oluşturulan soğuk derzli betonlar 90° açılı oluşturulan soğuk derzli betonlara göre daha yüksek dayanım değerleri vermiştir.
- Elde edilen sonuçlara göre beton döküm sırasında gecikmeler olduğu takdirde kirişlerde soğuk derzin olumsuz etkilerini azaltmak için alttaki beton tabakası yarı dolu bırakılması, kolonlarda ise olumsuz etkilerini azaltmak için alttaki beton tabakası 90° açıda bırakılmalıdır.
- Betonlarda yapışma alanı ne kadar geniş olursa iki beton arasında ki aderansın daha iyi sağlandığı belirlenmiştir.
- Eğilme dayanım deneylerinde 90° açılı oluşturulan soğuk derzli numunelerin tamamında meydana gelen kırılmalar soğuk derzlerde oluşmuştur.
- Yarı dolu oluşturulan soğuk derzli betonun 45° ve 90° açılı oluşturulan soğuk derzli betonlara göre eğilme dayanımı daha yüksek çıkmıştır.
- Çift bileşenli epoksi esaslı aderans artırıcı sürülmüş numunelerde eğilme dayanımı, yapıştırıcı sürülmemiş numunelerden daha yüksek çıktığı görülmüştür.
- Beton döküm planını önceden yapılmalı, gerekli ekip, ekipman ve malzemeyi önceden sağlamış olmalı, beton dökülecek çevre uygun şartlarda olmalıdır.
- Eğilme veya basınç ayrı çeşitli nedenlerden dolayı (mikserin gecikmesi, kalıpların patlaması, beton dökülen alanın çok büyük olması vb.) beton dökümü devam ettirilemeyecek ve derz bırakılmak zorunda kalırsa, beton dökümü gelişi güzel yerde bırakılmamalı, tekniğe uygun olarak ek yerler oluşturulmalıdır.

## KAYNAKLAR

- [1] Karakule, F. ve Akakın, T., Hazır Beton Sektörünün Gelişimi, Deprem Sempozyumu, Kocaeli, 2005.
- [2] Ali, Ü. ve Hamdi, Ş. (2008). Beton ve Beton Malzemeleri Laboratuvar Deneylemleri. Ankara: Teknik Araştırma Dairesi Başkanlığı, 1-8.
- [3] Erdoğan, T.Y. Sorular ve Yanıtlarıyla Beton Malzemeleri, Türkiye Hazır Beton Birliği Yayınları, İstanbul, 2004.
- [4] Ali, Ü. ve Hamdi, Ş. (2008). *Beton ve Beton Malzemeleri Laboratuvar Deneylemleri*. Ankara: Teknik Araştırma Dairesi Başkanlığı, 1-8.
- [5] Erdoğan, T. Y. (2013). *Beton*. (Dördüncü Baskı). Ankara: METU Press, iv-v, 240-352.
- [6] Yasin, E. (2013). *Beton ile İlgili Yaşanabilecek Problemler*. Ankara: Türkiye Hazır Beton Birliği, 1-17.
- [7] İnternet: Özdemir, A. Soğuk derz. İnşaat Bloğu. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.aykutozdemir.com.tr%2Finsa%2Fsogukderz.html+&date=2015-07-08> Son Erişim Tarihi: 12.07.2018.
- [8] TS 802. (2009). *Beton Karışım Tasarımı Hesap Esasları*. Ankara: Türk Standardları Enstitüsü.
- [9] TS EN 206-1. (2002, Nisan). *Beton-Bölüm 1: Özellik, Performans, İmalat ve Uygunluk*. Ankara: Türk Standardları Enstitüsü.
- [10] Erdoğan, T.Y. (1995). *Agregalar*. İstanbul: Türkiye Hazır Beton Birliği.  
Yeğınobalı, A. (2004). *Çimento "Yeni bir çağın malzemesi"*. Ankara: Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği.
- [11] Okucu, A. (1998). *Bigadiç ve Turnatepe yörelerindeki zeolitik ve perlitik tüflerin puzolanik özellikleri*, Doktora Tezi, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü, Balıkesir, 1-54.
- [12] Postacıoğlu, B. (1986). *Beton Bağlayıcı Maddeler*. İstanbul: Teknik Kitaplar Yayınevi, 5-38.
- [13] Şimşek, O. (2000). *Yapı Malzemesi-II*. Ankara: Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi, 45-79.
- [14] TS EN 197-1. (2012). *Çimento Bölümü 1: Genel Çimentolar-Bileşim, Özellik Ve Uygunluk Kriterleri*. Ankara: Türk Standardları Enstitüsü.
- [15] Özkul, H., Taşdemir, M.A., Tokyay, M., Uyan, M., Her Yönüyle Beton, *THBB Yayınları*, İstanbul, 2004.
- [16] Tuğrul, B. (2010). Soğuk Derz. *TMMOB Haber Bülteni*. İzmir: TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası.
- [17] Şimşek, O. (2014). *İleri Beton Teknolojisi ders notu (Yayınlanmamış)*. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Yüksek lisans dersi. Ankara.
- [18] Acar, A. (2005). *İnşaat Ustaları İçin Kurs Notları*. (Geliştirilmiş yeni baskı). TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi Yayınları. İzmir: 40, 87-109.

- [19] Rathi, V.R. and Kolase, P.K. (2013). *Effect of Cold Joint on Strength Of Concrete*. International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology, 2, 9.
- [20] Subba, R.P. and Chandra, J.M. (2001). Interfacial fracture parameters and size effect in concrete-concrete cold joints. *Indian Institute of Science*, 1-6.
- [21] Lion, C. Surface treatment agent for horizontal construction joint. *Technical Information (Version 2)*, Joint ACE, 40.
- [22] Konya Çimento Fabrikası. (2018). *Çimento Analiz Raporu*. Konya
- [23] TS EN 12350-2. (2010). *Beton-Taze Beton Deneyleri-Bölüm 2: Çökme (slamp) Deneyi*. Ankara: Türk Standartları Enstitüsü.
- [24] TS 1247. (1984). *Beton Yapım, Döküm ve Bakım Kuralları (Normal Hava Koşulları)*. Ankara: Türk Standartları Enstitüsü.
- [25] TS EN 12390-3. (2010). *Beton-sertleşmiş Beton Deneyleri-Bölüm 3: Deney Numunelerinde Basınç Dayanımının Tayini*. Ankara: Türk Standartları Enstitüsü.
- [26] Yardımcı, A., Santral çıkışı ile şantiye şartlarında C 20/25 ve C 25/30 hazır Beton mukavemetinin karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, ODTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, s.34-36, 2005.
- [27] Albayrak, H.F. 1988. Sertleşmiş Çimento ve Agrega Üzerine Don ve Çözülme Maddesini Tesiri, DSİ Teknik Bülteni, DSİ Genel Müdürlüğü, Ankara.
- [28] TS 802. (2009). Beton Karışım Tasarımı Hesap Esasları. Ankara: Türk Standartları Enstitüsü.
- [29] TS EN 12350-2. (2010). Beton-Taze Beton Deneyleri-Bölüm 2: Çökme (slamp) Deneyi. Ankara: Türk Standartları Enstitüsü.
- [30] TS EN 206. (2014). Beton-Bölüm 1: Özellik, Performans, İmalat ve Uygunluk. Ankara: Türk Standartları Enstitüsü.
- [31] KADYROV, N (2015). *Soğuk Derzin Betonun Mekanik Özelliklerine Etkisinin Araştırılması*, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü, Ankara, 1-64.
- [32] İnternet: URL: <http://www.betonvecimiento.com/beton-2/soguk-derz> Son Erişim Tarihi: 12.07.2018.
- [33] İnternet: URL: <http://romeincountrywoods.blogspot.com/2014/07/> Son Erişim Tarihi: 12.07.2018
- [34] Köroğlu, M. A. (2016). Mechanical Characterization Of Recycled Tires In Concrete. Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim ve Teknoloji Dergisi, 4(4), 330-336.
- [35] Köroğlu, M. A., & Özdöner, N. (2016). Behavioural Study of Steel Fiber and Polypropylene Fibre Reinforced Concrete. Key Engineering Materials, 708.
- [36] Köken, A. Köroğlu, M. A. & Yonar, F. (2008). Atık Betonların Beton Agregası Olarak Kullanılabilirliği. Selçuk-Teknik Dergisi, 7(1), 86-97.

## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Soyadı Adı : ÜNLÜ,Abdulhalim  
Uyruğu : T.C  
Doğum Tarihi ve Yeri : 07.07.1988 Konya  
Medeni Hali : Evli  
Telefon : +905054494808  
e - mail : abdulhalimunlu@gmail.com

### Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet
Lisans	: Uluslararası Kıbrıs Üniversitesi / İnşaat Mühendisliği	2012
Y. Lisans	: KTO Karatay Üniversitesi	Devam Ediyor

### Yabancı Dil

İngilizce