



**T.C.
DÜZCE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DÖKÜM SÜRESİ VE BİRLEŞİM GEOMETRİSİNİN BETONDAKİ
SOĞUK DERZ OLUŞUMUNA ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI**

ÖZKAN ÖLMEZ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN
DOÇ. DR. MEHMET EMİROĞLU**

DÜZCE, 2019

T.C.
DÜZCE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DÖKÜM SÜRESİ VE BİRLEŞİM GEOMETRİSİNİN BETONDAKİ
SOĞUK DERZ OLUŞUMUNA ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Özkan ÖLMEZ tarafından hazırlanan tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Doç. Dr. Mehmet EMİROĞLU
Düzce Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Dr. Öğr. Üyesi Bekir ÇOMAK
Düzce Üniversitesi

.....
.....

.....
.....

Tez Savunma Tarihi.../.../2019

BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün aşamalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını beyan ederim.

22 Ağustos 2019

Özkan ÖLMEZ

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans öğrenimimde ve bu tezin hazırlanmasında gösterdiği her türlü destek ve yardımdan dolayı çok değerli hocam Doç. Dr. Mehmet EMİROĞLU'na en içten dileklerle teşekkür ederim.

Tez çalışmam boyunca değerli katkılarını esirgemeyen Dr. Öğr. Üyesi Bekir ÇOMAK'a da şükranlarımı sunarım.

Bu çalışma boyunca yardımlarını ve desteklerini esirgemeyen sevgili aileme ve çalışma arkadaşlarıma sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu tez çalışması, Düzce Üniversitesi BAP-2015.07.05.337 numaralı Bilimsel Araştırma Projesiyle desteklenmiştir.

22 Ağustos 2019

Özkan ÖLMEZ

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ŞEKİL LİSTESİ.....	VII
ÇİZELGE LİSTESİ.....	VIII
KISALTMALAR.....	IX
SİMGELER	X
ÖZET	XI
ABSTRACT	XII
1. GİRİŞ.....	1
2. KURUMSAL BİLGİLER VE KAYNAK TARAMALARI.....	5
2.1. SOĞUK DERZ.....	5
3. MATERYAL VE METOD.....	10
3.1. MATERYAL	10
3.1.1. Çimento.....	10
3.1.2. İnce Öğütülmüş Yüksek Fırın Cürufu (YFC).....	10
3.1.3. Agrega	11
3.1.4. Akışkanlaştırıcı	11
3.1.5. Karışım Suyu.....	11
3.1.6. Epoksi Reçine	12
3.2. YÖNTEM	13
3.2.1. Malzemelerin Temini.....	14
3.2.2. Betonun Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi.....	14
3.2.3. Referans Numunelerinin Üretimi ve Test Aşaması	14
3.2.4. Taze Beton Deneyleri.....	15
3.2.4.1. Slump Çökme Deneyi	15
3.2.4.2. Priz Süresinin Belirlenmesi	15
3.2.5. Sertleşmiş Beton Deneyleri	16
3.2.5.1. Beton Yoğunluğu.....	16
3.2.5.2. Basınç Dayanımı.....	17
3.2.5.3. Yarmada Çekme Dayanımı	17
3.2.5.4. Doğrudan Çekme Dayanımı Tayini	17
3.2.5.5. Çekip Çıkarma Testi	19
3.2.5.6. Dört Nokta Eğilmede Çekme Dayanımı.....	22
3.2.5.7. Rezonans Frekans Test Metodu	22
3.2.6. Soğuk derzli numunelerin hazırlanması.....	23
3.2.6.1. Betonun Yerleştirilmesi.....	23
3.2.6.2. 100×100×500 mm Kiriş Numunelerinin Üretimi	24

3.2.6.3. 350×250×70 mm Prizma Numunelerinin Üretilmesi.....	27
3.2.6.4. ø 100×200 mm Silindir Numunelerin Üretilmesi.....	28
3.2.6.5. 150×150×150 mm Küp Numunelerin Üretilmesi.....	29
3.2.7. Soğuk Derzli Numuneler Üzerinde Gerçekleştirilen Deneyler.....	30
3.2.8. Değerlendirme ve Raporlama.....	31
4. BULGULAR.....	32
4.1. TAZE BETON DENEY SONUÇLARI.....	32
4.1.1. Slump Çökme Deneyi.....	32
4.1.2. Priz Süresinin Belirlenmesi.....	32
4.1.3. Çalışmada Kullanılan Betonun Genel Özellikleri.....	34
4.2. SERTLEŞMİŞ BETON DENEY SONUÇLARI.....	34
4.2.1. Beton Yoğunluğu.....	34
4.2.2. Basınç Dayanımı.....	35
4.2.3. Yarmada Çekme Dayanımı.....	37
4.2.4. Doğrudan Çekme Dayanımı Tayini.....	38
4.2.5. Çekip Çıkarma Testi.....	39
4.2.6. Dört Nokta Eğilme Deney Sonuçları.....	40
4.2.7. Rezonans Deney Sonuçları.....	44
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	46
6. KAYNAKLAR.....	48
7. EKLER.....	51
7.1. EK 1: BİRLEŞİM GEOMETRİLERİNİN KIRILMA ŞEKİLLERİ (+30 DK).....	51
7.2. EK 2: BİRLEŞİM GEOMETRİLERİNİN KIRILMA ŞEKİLLERİ (0 DK).....	52
7.3. EK 3: BİRLEŞİM GEOMETRİLERİNİN KIRILMA ŞEKİLLERİ (+60 DK).....	53
7.4. EK 4: BİRLEŞİM GEOMETRİLERİNİN KIRILMA ŞEKİLLERİ (+120 DK).....	54
7.5. EK 5: BİRLEŞİM GEOMETRİLERİNİN KIRILMA ŞEKİLLERİ (+240 DK).....	55
7.6. EK 6: BİRLEŞİM GEOMETRİLERİNİN KIRILMA ŞEKİLLERİ (+480 DK).....	56
ÖZGEÇMİŞ.....	57

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1. Soğuk derzden meydana gelen imalat hataları.	3
Şekil 3.2. Priz süresini belirlemede kullanılan deney düzeneği	16
Şekil 3.3. Metal başlıkların numuneye yapıştırılarak çekme kuvveti uygulanması.	18
Şekil 3.4. Doğrudan çekme numunesinin hazırlanması.....	18
Şekil 3.5. Çekip çıkarma testinin şematik olarak kurulumu.	20
Şekil 3.6. Çekip çıkarma deneyine ait işlem basamakları	21
Şekil 3.7. Boyuna rezonans frekansı şematik kurulumu.....	22
Şekil 3.8. Elastisite boyuna modül.....	23
Şekil 3.9. Beton birleşim noktaları	25
Şekil 3.10. Soğuk derz oluşturulabilmek için yapılmış ara parçalar.	26
Şekil 3.11. Soğuk derzli kiriş numunelerin üretim aşamaları.....	26
Şekil 3.12. Soğuk derzli olarak üretilen kiriş numuneler üzerinde dört nokta eğilme deneyinin uygulanması	27
Şekil 3.13. Çekip çıkarma deneyi için soğuk derzli prizma örneklerinin üretilmesi.....	28
Şekil 3.14. Şematik çekip çıkarma deney düzeneği.....	28
Şekil 3.15. $\varnothing 100 \times 200$ mm silindir beton çekme numunesi.....	29
Şekil 3.16. Küp numunelerin yarmada çekme ve basınç deneylerinin uygulanışı	30
Şekil 4.1. Çökme miktarının tespit edilmesi.....	32
Şekil 4.2. Beton priz başlangıç ve priz bitiş süresinin belirlenmesi.	33
Şekil 4.3. $\varnothing 100 \times 200$ mm silindir numune beton yoğunluğu deney sonuçları.....	35
Şekil 4.4. Basınç dayanımına ait deney sonuçları.	36
Şekil 4.5. Yarmada çekme dayanımına ait deney sonuçları.	37
Şekil 4.6. Doğrudan çekme dayanımı deney sonuçları.....	39
Şekil 4.7. Çekip çıkarma deney sonuçları.....	39
Şekil 4.8. Eğilmede çekme dayanımı.....	41
Şekil 4.9. -30 dakikaya ait tüm birleşim geometrilerinin kırılma şekilleri	42
Şekil 4.10. +1440 dakikaya ait tüm birleşim geometrilerinin kırılma şekilleri	43
Şekil 4.11. Boyuna dinamik elastisite modülü deney sonuçları.	44
Şekil 7.1. +30 dakikaya ait tüm birleşim geometrilerinin kırılma şekilleri	51
Şekil 7.2. 0 dakikaya ait tüm birleşim geometrilerinin kırılma şekilleri	52
Şekil 7.3. +60 dakikaya ait tüm birleşim geometrilerinin kırılma şekilleri	53
Şekil 7.4. +120 dakikaya ait tüm birleşim geometrilerinin kırılma şekilleri	54
Şekil 7.5. +240 dakikaya ait tüm birleşim geometrilerinin kırılma şekilleri	55
Şekil 7.6. +480 dakikaya ait tüm birleşim geometrilerinin kırılma şekilleri	56

ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Çizelge 3.1. Çimento ve yüksek fırın cürufuna ait kimyasal özellikler.....	10
Çizelge 3.2. Agregaların fiziksel ve mekanik özellikleri.....	11
Çizelge 3.3. Epoksi reçinenin kimyasal, fiziksel ve mekanik özellikleri.....	12
Çizelge 3.4. Teorik olarak hesaplanmış 1 m ³ beton için malzeme miktarı (kg).....	14
Çizelge 3.5. Referans serisi için üretilen numune türleri ve numuneler üzerinde gerçekleştirilen deneyler	15
Çizelge 3.6. Döküm süreleri.	24
Çizelge 3.7. Soğuk derzli numuneler üzerinde gerçekleştirilen deneyler.....	31
Çizelge 4.1. Penetrasyon direncinden elde edilen değerler.	33
Çizelge 4.2. Çalışmada kullanılan betonun genel özellikleri.....	34
Çizelge 4.3. ø100x200 mm silindir numune beton yoğunluğu deney sonuçları.....	34
Çizelge 4.4. Basınç dayanımına ait deney sonuçları.	36
Çizelge 4.5. Yarmada çekme dayanımına ait deney sonuçları.	37
Çizelge 4.6. Doğrudan çekme dayanımı deney sonuçları.....	38
Çizelge 4.7. Eğilme çekme dayanımı deney sonuçları.	40
Çizelge 4.8. Boyuna dinamik elastisite modülü değerleri.	44

KISALTMALAR

ACI	American Concrete Institute
AK	Aderans kopması
BS	British Standart
BFRP	Basalt Fiber Reinforced Polymer
CFRP	Carbon Fiber Reinforced Polymer
DST	Deney sonlanma türü
DM	Desimetre
EN	European Norm
FRP	Fiber Reinforced Polymer
GFRP	Glass Fiber Reinforced Polymer
İS-G	İlk sıyırılma oluştuğu andaki gerilme
KG	Kilogram
LPDT	Potansiyometrik Cetvel
MG	Maksimum gerilme
MGK	Maksimum gerilmeye karşılık gelen kuvvet
MG-S	Maksimum gerilmeye ulaştığı andaki sıyırılma
RILEM	Reunion Internationale des Laboratoires et Experts des Matériaux
TBM	Tunnel Boring Machine
TS	Türk Standardı
Tu	Maksimum aderans gerilmesi

SİMGELER

C35	Beton Dayanım Sınıfı
F	Donatıdaki Kuvvet
F _{yd}	Donatının Akma Dayanımı
F _{ctd}	Betonun Çekme Dayanımı
l _b	Kenetlenme Boyu
P	Pistondaki Kuvvet
Φ	Donatı Çapı



ÖZET

DÖKÜM SÜRESİ VE BİRLEŞİM GEOMETRİSİNİN BETONDAKİ DERZ OLUŞUMUNA ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Özkan ÖLMEZ

Düzce Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Doç. Dr. Mehmet EMİROĞLU

Ağustos 2019, 56 sayfa

Betonun kalıba yerleştirilmesi sırasında bazı aksaklıklardan dolayı farklı zamanlarda dökülen beton kütleleri arasında aderans zayıflığı nedeniyle, iki kütlelerin ayrı çalışmasına neden olan, betonun bütünlüğünü bozan bir imalat hatası oluşabilmektedir. Soğuk derz olarak bilenen bu imalat hatası, betonun prizini almaya başlamasından ya da tamamen prizini aldıktan sonra ikinci kütlelerin dökülmesi ile meydana gelmektedir. Bu proje kapsamında, aşağıda belirtilen yöntemler kullanılarak, betonda soğuk derz olgusu ayrıntılı bir şekilde incelenerek ve soğuk derz oluşumunda etkili parametrelerden olan farklı döküm zamanları ile birleşim noktası ara yüzeyi için kritik süre ve geometri önerileri uygulanmıştır. Bu çalışmada kırma taş agregası, CEM-I 42.5R tipi çimento, kimyasal beton katkıları ve suyun belli oranlardaki karışımları ile TS EN206' da belirtilen S3 (100-150 mm) çökme kıvam sınıfında ve C25/C30 beton sınıfında maksimum agrega tane çapı 19 mm olan beton üretimi gerçekleştirilmiştir. Bu betonun mekanik ve fiziksel özellikleri belirlenerek beton priz süresi tayin edilmiştir. Soğuk derz olgusunu araştırabilmek için, 100x100x500 mm kiriş, 350x250x70 mm prizma, $\phi 100 \times 200$ mm silindir ve 150x150x150 mm küp olmak üzere numuneler üretilmiştir. Dökümü gerçekleştirilen betonlarda soğuk derze kontrollü bir şekilde imkân vermek amacıyla C25/C30 dayanım sınıfında ve beton priz süresine göre -30, 0, +30, +60, +120, +240, +480, +1140. Dakikalarda olmak üzere 8 farklı zaman diliminde beton dökümü gerçekleştirilmiştir. Ayrıca beton birleşim geometrisinin etkisini araştırmak üzere 100x100x500 mm kiriş numuneler yedi farklı beton birleşim yüzeyi (doğal, kademeli, 30°, 45°, 60°, 90°) kullanılarak üretilmiştir. Üretilen numuneler üzerinde tek eksenli basınç dayanımı, dört nokta eğilme deneyi, yarmada çekme dayanımı, doğrudan çekme dayanımı, çekip çıkarma, rozenans frekansı deneyleri gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak beton döküm sırasında gecikmeler olması durumunda soğuk derz oluşumuna engel olabilmek adına; priz süresinin sona ermesinden itibaren ikinci tabakanın en geç 2 saate kadar dökülmesi gerektiği ve daha iyi aderans için ilk döküm yüzeyinin 30° açıyla seviyelenmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

Anahtar sözcükler: Beton birleşim arayüzeyi, Beton priz süresi, Döküm zamanı, Soğuk derz.

ABSTRACT

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF CONCRETE CASTING DURATION AND JOINT GEOMETRY ON THE FORMATION OF COLD JOINTS

Özkan ÖLMEZ

Düzce University

Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Civil Engineering

Master's Thesis

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Mehmet EMİROĞLU

August 2019, 56 pages

During the placement of concrete into the mould, production defect may occur which leads concrete to work separately and damages the unity between mass of concrete poured at different times due to the weakness of adherence because of some glitches. That production defect, known as cold joints, may occur when pouring the second mass (layer) after the hardening of the concrete has just started or finished hardening. In the scope of this project, the case of cold joints in concrete will be examined in detail using the following methods and the different casting time, critical duration and geometry recommendations for interface of joint point which are effective parameter in the formation cold joints will be presented. In this study, a concrete design was done by mixing the ingredients such as crushed stone aggregate, Portland cement, concrete chemicals and water with S3 (100-150 mm) slump consistency class specified in TS EN 206, C25/30 and C30/37 strength class, and 19 mm maximum aggregate grain size. The physical and mechanical properties of the produced concrete were determined and the fresh concrete settlement period was evaluated. In order to investigate the cold joint phenomenon, specimens such as 100x100x500 mm beam, 350x250x70 mm prism, $\varnothing 100 \times 200$ mm cylinder, and 150x150x150 mm cube were cast. Concrete casting has been performed for 8 different time periods (-30, 0, +30, +60, +120, +240, +480, +1140 minutes based on the settlement time) in the C25 / C30 strength class in order to allow the cold joints in a controlled manner. In addition, 100x100x500 mm beam specimens were produced using seven different concrete connection surfaces (natural, stepped, 30°, 45°, 60°, 90°) to investigate the effect of the concrete connection geometry in terms of cold joint. Uniaxial compressive strength, four-point bending strength, indirect tensile strength, tensile strength, pull-off and resonance frequency tests were performed on the produced specimens. As a result, in case of delay during casting of concrete, in order to prevent cold joint formation; the second layer must be cast for at least 2 hours from the end of the set period, and the first casting surface must be levelled at a 30° angle for better adherence.

Keywords: Cold joint, Concrete joint interface, Concrete setting time, Time of cast.

1. GİRİŞ

Günümüzde en önemli yapı malzemelerinden biri olan beton, geniş uygulama alanıyla mimarlar ve mühendislerin tasarımlarında en çok kullandığı malzeme olmaya devam etmektedir. Basınç dayanımı yüksek ancak çekme dayanımı düşük olan betona çeliğin ilave edilmesiyle betonarme elde edilmiş ve hem basınca hem de çekmeye dayanıklı bir malzeme oluşturulmuştur. Böylece mimarlar ve mühendisler istedikleri geometride yapıları tasarlama fırsatı bulmuşlardır [1]. Beton; istenilen şekil ve boyutta kolaylıkla üretilmesi, çelik donatılarla iyi bir aderans göstermesi, ekonomik olması, bileşenlerinin doğada bol miktarda bulunabilmesi, dayanımı ve dayanıklılığının yüksek, maliyetinin düşük olması, işlenebilirliği, yangına karşı direnci, üretiminde az enerji gereksinimi duyulması, çevre dostu olması, estetik yapıların inşasına olanak sağlayan mühendislik özelliklerinden ve daha birçok özelliği ile alternatifsiz, vazgeçilmez bir yapı malzemesi olmuştur [2].

Bugünkü anlamda beton 1824 yılında portland çimentonun üretilmesi ve 1848 yılında İngiltere’de ilk çimento fabrikasının kurulmasıyla kullanılmaya başlanmıştır. Çimentonun patenti ise 1825 yıllarında alındığı tahmin edilmektedir. İlk beton şartnamesi ABD’de 1904 ve Almanya’da 1906 yılında hazırlanmıştır. 1903 yılında Almanya’da hazır beton, 1916 yılında da betonun taşınması için transmikserler kullanılmaya başlanmıştır. Türkiye’de ilk betonarme yapı 1920 yılında inşa edilmiştir. Yapılan araştırmalara göre Avrupa’da 1920-1940 yılları arasında beton şartnamelerinin geliştirildiği görülmüştür. Beton malzeme üzerine en ayrıntılı araştırmalar ve karışım hesapları için esasların geliştirilmesi 1950-1960 yılları arasına rastlamaktadır. Daha sonraki yıllarda, betonun uzun süredeki davranışı, döküm tekniği, ekipman kalitesinin devamlılığı, kalite kontrol deneyleri, betonda ekonomiyi artırma, daha zor şartlarda beton yapıların inşası, yeni malzemeler, katkı maddeleri, iş programlaması yöntemi ve ekonomisi konularında büyük gelişmeler olmuştur. Son yıllarda kimyasal katkı maddesi, lif ve taze betona vakum uygulayarak betonun mekanik ve fiziksel özellikleri

oldukça geliştirilmiştir. Halen beton teknolojisindeki gelişmeler hızla devam etmektedir [3].

Betonda içerdiği malzemelerden, çevresel koşullardan, uygulama hatalarından kaynaklı çeşitli problemler görülebilir. Aslında betonda kısa, orta ve uzun vadede görülen tüm problemler betonun özelliklerinin tam olarak anlaşılmasından, kötü işçilikten ve yanlış uygulamalardan kaynaklanmaktadır. Şantiyeye uygun şekil ve koşullarda getirilmeyen, döküm yerinde uygun bir şekilde yerleştirilmeyen, vibratörle sıkıştırılmayan, uygun bitirme işlemine tabi tutulmayan ve gerekli bakım (kür) işlemleri yapılmayan betonda hem dayanım hem de dayanıklılık yönünde problemler görülür. Bu nedenle beton kompozit bir malzeme olması nedeniyle diğer yapı malzemelerine oranla üretim, taşıma ve uygulama safhalarından daha fazla etkilenen bir malzemedir. Betonda istenilen performansın alınması için betonun özellikleri ve bunları etkileyen etkenler iyice bilinmeli, incelenmeli ve buna göre önlemlerin alınması gerekir [4].

Bir yapıda beton döküm işlerinin işin büyüklüğüne ve zamana bağlı olarak tek bir seferde bitirilebilmesi mümkün olmamaktadır. Böyle bir durumda soğuk derz oluşması kaçınılmazdır. Bir imalat hatası olan soğuk derz, farklı zamanlarda birbirlerinin üzerine ya da yan yana dökülen betonlarda meydana gelir. Eski mevcut betonun ya da en azından prizini almış betonun üzerine ya da yanına ikinci bir beton döküldüğünde bu iki beton birbirine kaynayıp yapışmaz. İki beton arasında çatlak görünümünde kılcal bir yarık oluşur, buna soğuk derz denir.

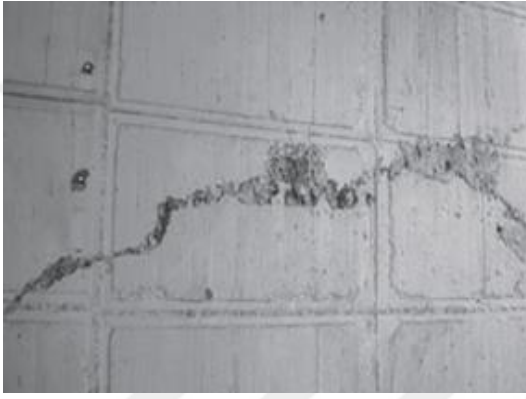
Betonların farklı zamanda dökülmesi bazen istenmeden (beton transmikserin gecikmesinden dolayı elde beton bitmesi, işin ertesi güne sarkması, beton pompasının bozulması, kalıp patlaması vs.), bazen de betonun iki ayrı defada dökülmesinin mecbur olduğu durumlardır. Örneğin beton kaldırımlar, su kanalları, havuzlar, beton su depoları ve temellerdeki taban ve perde betonlarının iki ayrı defa da dökülmeleri böyledir [5], [6]. Soğuk derzden meydana gelen imalat hataları Şekil 1.1'de gösterildiği gibidir.



a)



b)



c)



d)

Şekil 1.1. Soğuk derzden meydana gelen imalat hataları a) Kolonda soğuk derz sonucu oluşan ek yerleri [7] b) Bodrum kat perde duvarlarında meydana gelen, uygulamadaki gecikme sebebiyle iki tabaka arasında meydana gelen soğuk derz [7] c) Betonarme istinat duvarın da soğuk derz sonucu oluşan ek yerler [7] d) Betonlama işlemlerinde oluşan soğuk derzlerin derz dolgu ürünleri ile doldurulması [8].

Soğuk derz ile oluşan ek yerleri, genellikle yapının zayıf kısımlarıdır. Bu kısımlarda beton elemanın çekme ve eğilmede çekme dayanımı vb. gibi mekanik özellikleri, bir bütün olarak dökülmüş ve homojen bir beton elemana göre daha az olmaktadır. Ayrıca taşıyıcı elemanlar, çevre etkileri nedeniyle bu kısımlardan daha kolay bir şekilde olumsuz olarak etkilenir. Bu nedenle ek yapılacak beton tabakaları arasında kuvvetli bağlantının sağlanması gerekmektedir [7].

Bazen beton dökümü işlemi bittikten ve kalıp alındıktan sonra üretilen beton üzerinde boylu boyunca bir çizgi hattı çıkar. Bu hat iki betonun birleşim noktası olabileceği gibi, soğuk derz olma ihtimali de vardır. Oluşan bu çizginin, soğuk derz mi yoksa beton

döküm hattı mı olduğunun belirlenmesi gerekir. Bu çizgi hattını belirleyebilmek için değişik yöntemler vardır. Çizgi hattından alınacak olan karot (1. kısmı eski, 2. kısmı 2. beton olmak üzere) gözle veya mikroskopla incelenebilir. Ayrıca bu numuneler üzerinden ince kesitler alınarak stereomicroscope altında incelenerek karar verilebilir. Başka bir yöntem olarak, alınan karotlar da yarmada çekme deneyi yapılarak karar verilebilir. Yarmada çekme deneyi sonucunda elde edilen veriler ışığında istatistiksel analiz yapılarak, projede belirtilen beton basınç dayanımıyla ilişkiler kurularak soğuk derz olup olmadığı kontrol edilebilir. Eğer bir yapı elemanında soğuk derz olması durumunda, yapısal talepleri ve hizmet koşullarına bağlı olarak, yapı elemanının ciddi bir şekilde performansını etkileyebilir. Bu nedenle soğuk derze dikkat etmek çok önemlidir. Soğuk derz bulunan bir yapı elemanı yapısal kapasitesini karşılayamadığı durumlarda, eleman ya onarılmalı ya da güçlendirilmeli veya tamam yıkıp yeniden yapılması işlemleri mali açıdan araştırılması gerekir [9].

2. KURUMSAL BİLGİLER VE KAYNAK TARAMALARI

2.1. SOĞUK DERZ

Soğuk derzin oluşmasıyla, sertleşmiş beton ile taze beton arasında mükemmel bir uyum yani aderans elde edilemez. Bu durum beton açısından yapısal hasarların oluşmasına, betondan beklenen dayanıklılık ve dayanım performansının azalmasına sebep olmaktadır. Literatür incelendiğinde soğuk derz konusunda çalışmaların sınırlı sayıda olduğu görülmektedir.

Ohdaira ve Masuzawa (2001) yapmış oldukları çalışmalarında, soğuk derz tabakasından dolayı beton dayanımında oluşan azalmayı ultrasonik yöntemle tahmin edebilmek için bir deneysel çalışma yapmışlardır. Ayrıca yazarlar soğuk derz için, betonun yerleştirilebilmesi için gerekli optimum çalışma şartlarını da incelemişlerdir. Farklı S/C oranlarında, iki tabaka halinde döküm yaparak, 200×100×200 mm boyutlarında 6 adet beton numunesi üretmişlerdir. Birinci tip numune soğuk derz oluşturmadan, ikinci tip numune İlk tabaka döküldükten 6 saat sonra ve 3. Tip numunede ilk tabaka döküldükten 10 saat sonra ikinci (üsteki) betonu dökmüşlerdir. Numuneler 14 ve 28 gün kür yapıldıktan sonra dayanımda meydana gelen azalmayı belirleyebilmek için numunelerin karşılıklı kenarlarından (alt ve üst vb. değişik pozisyonlarda) 68 kHz bir frekans kullanarak ultrasonik ölçümler almışlardır. Test sonuçlarına göre, beton yerleştirilmesi ve inşaat sürecinde optimum çalışma koşullarının belirlenmesinde, beton ek yerlerinin (yani soğuk derz oluşacak yerlerin) incelenebileceği sonucuna varmışlardır. Karşılaştırmalar sonucunda, Soğuk derz metodu ve ultrases geçiş süresi deney metodu arasında beton dayanımı belirlenmesinde hemen hemen aynı sonuçlar elde etmişlerdir. Bu çalışmada farklı döküm zamanlarının (döküm anı, dökümden 6 saat ve 10 saat sonrası) soğuk derz oluşumu üzerindeki etkileri çalışılmıştır. Ancak çalışmada priz öncesi ve priz sonrası soğuk derz oluşumu üzerindeki etkiler kapsam dışı bırakılmıştır. Ayrıca çalışmada sadece basınç dayanımı ve ultrases geçiş hızı kullanılmış, aderans dayanımı, eğilme ve yarmada çekme dayanımlarının etkisi araştırılmamıştır [10].

Mita vd. (2008) yaptıkları çalışmalarında soğuk derzin tespiti için, Japon Standartlarında belirtilen görsel muayene metodunu değerlendirmişlerdir. Soğuk derzi

inceleyebilmek için H400×W300×D150 boyutlarındaki prizma numuneye 2. aşamalı beton döküşlerdir. 1. tabaka beton döküldükten ve sıkıştırıldıktan sonra 2. tabaka betonu sıkıştırarak yerleştirilmiştir. Yerleştirme işlemi 10 ile 180 dakika arasında değişmektedir. Klor iyon penetrasyon derinliğinin tahmini için elde edilen görsel muayene sonuçlarını kullanmışlardır. Çalışmada görsel muayene sonucunda elde edilen soğuk derz verileri ile klor iyon penetrasyon derinliği arasında yüksek bir ilişki olduğunu ve bu verilerin klor iyon penetrasyonu katsayısı tahmininde kullanılabileceğini belirtmişlerdir. Çalışmada soğuk derzin tespiti için, sadece görsel muayene ve klor iyon penetrasyon deneyi yapılmış, betonun basınç ve çekme dayanımı ile ilgili herhangi bir deney yapılmadığından dolayı soğuk derzin betona olan etkisi hakkında bir bilgi verilmemiştir [11].

Baştan (2010), yapmış olduğu literatür çalışmasında soğuk derz karşı alınacak önlemleri aşağıda verildiği şekilde açıklamıştır. 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. Şayet zorunlu olarak, mesela beton döküm alanının büyük olması vb. gibi sebeplerle döküm işlemi bitirilemeyecek ve derz bırakılmak zorunda kalınacaksa, beton dökümü rastgele bir yerde kesilmemeli, ek yerlerinin tekniğine uygun şekilde oluşturulmasına özen gösterilmelidir. Kirişlerde ek yeri bırakmak kaçınılmaz ise açıklığın $\frac{1}{4}$ ünde bırakılabilir. Ancak pilye kıvrım yerlerinin en az 20 cm ilerisinde olmasına dikkat edilmelidir. Ek yeri kontrol mühendisince tespit edilmelidir. Döşemelerde de açıklığın $\frac{1}{4}$ ünde seçilmelidir. Ek yerleri, momentin en az olduğu yerler olacak şekilde seçilmeli, yaklaşık 45° eğimli, kademeli ya da dişli olarak bırakılmalıdır. Bu kısımlarda donatı filizleri ve kaba agrega parçaları bırakılmalıdır. 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 ilk olarak en büyük agrega boyutu, sertleşmiş betonunkinden küçük ve dozajı daha yüksek olan bir beton ile döküm işine devam edilmelidir. Ara yüzeyde aderansı arttırıcı gibi kimyasal katkıları kullanılarak da olumsuz etkiler en az seviyeye düşürülebilmektedir [7], [12]. Burada geçen farklı yüzey geometrilerinin oluşturulması hususu deneysel verilere dayanmayıp tamamen uygulama esnasında

yapılan deneyimlere dayanmaktadır. Burada hangi yüzey bitim geometrisinin daha etkin olduğu konusunda deneysel verilere ihtiyaç duyulmaktadır.

Rathi ve Kolase (2013), betonun dökümü sırasında meydana gelebilecek olumsuz koşulları simule edebilmek için çalışmalar yapmışlardır. Soğuk derz oluşumunu engelleyebilmek için betonun priz süresinin artırmışlar, priz süresini artırabilmek için şeker kullanmışlardır. Hindistan standartlarına göre, M25 sınıfında 3 farklı tip beton üzerinde (taze beton, priz geciktirici ajan (şeker) kullanılmış ve priz geciktirici kullanılmamış) deneyleri gerçekleştirmişlerdir. Küp kalıpları diyagonal, yatay ve dikey olmak üzere iki bölüme ayrılmışlardır. Birinci kısım betonla doldurduktan sonra ikinci kısmı 0, 45, 75, 120, 180 dakika sonra betonla doldurmuşlardır. Taze beton olarak gruplandıkları betonların birinci kısım betonlama işlemi tamamladıktan sonra, verilen sürelerde yeni taze beton karışımları yapmışlar ve ikinci kısmı betonlamışlardır. Priz geciktirici ajan kullandıkları ve kullanmadıkları beton türlerinde ise, birinci kısım beton dökümü gerçekleştirdikten sonra, ikinci kısım için taze karışım yapmamışlar, aynı betonu kullanmışlardır. Küp, silindir ve kiriş numuneler üretmişlerdir. Bu numuneler üzerinde 3, 7 ve 28 gün sonunda basınç dayanımı, yarmada çekme dayanımı ve eğilmede çekme dayanımı testlerini yapmışlardır. Yaptıkları deney sonuçlarına göre, yatay olarak bölünmüş numunelerde priz geciktirici ajan kullanılmış betonlar, taze beton ve priz geciktirici ajan kullanılmamış betonlara göre dayanımın arttığını belirtmişlerdir [13].

Lion Corporation (2014) firması soğuk derz için, ultra ince polimer akrilik emülsiyon esaslı, püskürtülerek uygulanan ticari bir ürün geliştirmiştir. Geliştirdikleri ürünü test edebilmek için değişik boyutlarda beton numuneler üretmişlerdir. Kalıplarının yarısını betonla doldurduktan sonra geliştirdikleri ürünü değişik miktarlarda uygulamışlar ve ikinci beton dökümünü gerçekleştirmişler. Geliştirdikleri ürünün betonun durabiliteye olan etkisini belirleyebilmek için, 3 nokta eğilme testi, basınçlı permabilite testi ve hızlı karbonatlaşma testlerini gerçekleştirmişlerdir. Değişik senaryolar uygulayarak ürünlerini optimize ederek, soğuk derze olan etkisini araştırmışlardır [5].

Silindirle Sıkıştırılmış Betonlar (SSB) 72 saat içerisinde, üzerine bir sonraki tabaka SSB gelmeyen yüzeyler, SSB'un kurummasına müsaade edilen yüzeyler ve düşük su basıncı ile atıklardan arındırılmayacak durumda bulunan bütün döküm yüzeyler yatay soğuk derzleri meydana getirir. SSB'de esas sıkıştırma işlemi betonun silindirlerle dışardan sıkıştırılmasıyla, genellikle beton karıştırma işleminden sonraki ilk 60 dakika içerisinde

beton sertleşmeye başlamadan önce gerçekleştirilir. Bu sertleştirme beton ve çevre koşullarının özelliklerine bağlı olarak bir ila birkaç saat alabilir. Saha şartlarında genellikle bir ekipmanın arızalanması veya iklim şartlarından dolayı işin durdurulması söz konusu olduğunda düşey soğuk derzler meydana gelmektedir [14].

Kadyrov ve Yazıcıoğlu (2015a, 2015b, 2016) yapmış oldukları deneysel çalışmalarında, soğuk derzin betonun doğrudan çekme, basınç ve eğilme dayanımı üzerine etkilerini araştırmışlardır. Deneysel çalışmalarını TS EN 206-1 standardına göre üretilen C25 sınıfındaki beton numuneleri üzerinde gerçekleştirmişlerdir. 100x200 mm boyutlarında silindir ve 100x100x500 mm boyutlarında prizma şeklinde hazırlanan beton numunelerde 45° ve 90° açılarda soğuk derz oluşturmuşlardır. Numunelerin yarısını döküp 2, 3, 4 ve 6 saat bekleyerek soğuk derz oluşturduktan sonra kalan yarısını dökmek suretiyle deney numuneleri elde etmişlerdir. Hazırladığı bu numuneler üzerinde doğrudan çekme, basınç ve eğilme dayanım deneyleri gerçekleştirmişlerdir. Elde ettikleri sonuçlara göre, soğuk derz oluşumunda süre uzadıkça doğrudan çekme ve eğilme dayanımlarında azalma meydana geldiğini tespit etmişler ve bu azalma 6 saatten sonra dökülen betonlarda daha da belirgin olduğunu belirtmişlerdir. Basınç dayanımında ise 45° açıda dökülen betonlarda çok az azalma olduğunu belirtmişlerdir [15]–[17].

Roy ve Lasker (2017) yapmış oldukları çalışmalarında, yerinde çok kademeli beton dökümünü simule etmek için kolonda, soğuk derzlive soğuk derz içermeyen dört adet dış kiriş-kolon alt montajı olacak şekilde numuneler üretmiş ve hazırlanan bu numuneleri çevrimsel yükleme altında test etmişlerdir. Numunelerin eğilme dayanımı oranları sırasıyla 1,2, 1,4, 1,7 ve 2,0 olduğunu belirtmişlerdir. Soğuk derzli örneklerin enerji tüketim kapasitesindeki azalmanın, kontrol numunelerine kıyasla %24-49 olduğunu gözlemlemişlerdir. Soğuk derzli örneklerin sünekliklerinde %22-36 azalma olduğu da bulmuşlardır. Kolonda soğuk derz bulunan numunelerin başlangıç sertliklerinde azalmanın önemli olduğunu bulmuşlardır. Kontrol ve soğuk derz içeren ilgili numuneler arasındaki tepe yüklerinin farkının önemsiz olduklarını belirtmişlerdir [18].

Projenin amaçları aşağıdaki şekilde sıralanmıştır.

- Beton dökümü sırasında meydana gelebilecek olumsuz koşullar (beton pompasının bozulması, trans mikserin gecikmesi, hava koşullarındaki ani değişiklikler, iş güvenliği açısından meydana gelecek olumsuzluklar vb.)

nedeniyle döküm esnasında farklı tabakaların oluşması sonucu ortaya çıkan kusurlardan olan soğuk derz olgusunun incelenmek,

- Soğuk derz oluşumunda etkili parametrelerden olan farklı döküm zamanı, benzer dayanım sınıflarında beton kullanımını ve birleşim noktası geometrisinin etkisinin birlikte değerlendirilmesi amaçlanmaktadır.

Bu amaçla, Soğuk derz olgusunu araştırabilmek için, 100x100x500 mm kiriş, 350x250x70 mm prizma, \emptyset 100x200 mm silindir ve 150x150x150 mm küp olmak üzere numuneler üretilmiştir. Dökümü gerçekleştirilen betonlarda soğuk derze kontrollü bir şekilde imkân vermek amacıyla C25 dayanım sınıfında ve beton priz süresine göre -30, 0, +30, +60, +120, +240, +480,+1140. Dakikalarda olmak üzere 8 farklı zaman diliminde beton dökümü gerçekleştirilmiştir. Ayrıca beton birleşim geometrisinin etkisini araştırmak üzere 100x100x500 mm kiriş numuneler yedi farklı beton birleşim yüzeyi (referans, kademeli, 30°, 45°, 60°, 90° ve doğal) kullanılarak üretilmiştir.

Üretilen numuneler üzerinde tek eksenli basınç dayanımı, dört nokta eğilme deneyi, yarmada çekme dayanımı, doğrudan çekme dayanımı, çekip çıkarma (çekip-koparma), rozenans frekansı deneyleri gerçekleştirilmiştir.

3. MATERYAL VE METOD

3.1. MATERYAL

Deneysel çalışmada, çimento, öğütülmüş yüksek fırın cürufu, akışkanlaştırıcı, agrega, karışım suyu ve epoksi kullanılmıştır.

3.1.1. Çimento

Çalışmada kullanılan çimento Oyak Bolu Çimento Fabrikası A.Ş.'nin üretmiş olduğu CEM I 42.5R tipi çimentodur. Çimentoya ait kimyasal özellikler Çizelge 3.1'de verilmiştir. 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.

3.1.2. İnce Öğütülmüş Yüksek Fırın Cürufu (YFC)

TS EN 206' da belirtilen S3 (100 mm-150 mm) çökme kıvam sınıfında beton karışımları hazırlayabilmek için karışıma giren çimento miktarının %20 kadar ince öğütülmüş yüksek fırın cürufu kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan yüksek fırın cürufuna ait kimyasal özellikler Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Çimento ve yüksek fırın cürufuna ait kimyasal özellikler.

Kimyasal Kompozisyon (%)	CEM I 42,5 R	YFC
SiO ₂	18.95	40.52
Fe ₂ O ₃	4.07	1.10
TiO ₂	–	0.98
Al ₂ O ₃	5.32	14.59
CaO	64.72	34.18
MgO	1.35	7.29
Na ₂ O	0.16	0.58
K ₂ O	0.51	1.1
SO ₃	2.9	0.16

3.1.3. Agrega

Beton tasarımında maksimum agreganın çapı 19 mm olarak seçilmiştir. Deney numunelerinin üretiminde agregaların nem içeriği kontrol edilerek kısa süre içerisinde kullanılmış ve deney sonuçlarının agreganın su içeriğinden etkilenmemesine dikkat edilmiştir. Beton karışımında kullanılacak olan agregaların, fiziksel ve mekanik özelliklerini belirleyebilmek için ilgili standartlara göre, su emme, yoğunluk ve Los Angeles aşınma dayanımı deneyleri gerçekleştirilmiştir. Agreganın ilgili deney sonuçları Çizelge 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Agregaların fiziksel ve mekanik özellikleri.

Agrega	Standart	0-5 mm	5-12 mm	12-19 mm
Görünür yoğunluk (kg/m ³)	ASTM C 128 ASTM C 127	2750	2728	2710
Etüv kurusu yoğunluk (kg/m ³)		2606	2684	2677
Doygun Kuru Yüzey Yoğunluk (kg/m ³)		2658	2658	2689
Su Emme Yüzdesi (%)		2,03	0,96	0,46
Aşınma Dayanımı (%)	TS EN 1097-2	23		

3.1.4. Akışkanlaştırıcı

Betonun taze haldeki işlenebilirliğini artırabilmek için karışıma çimento ağırlığının %1 oranında, yoğunluğu 1.04 kg/l olan, kahverengi renkli, sıvı halde, polikarboksilat esaslı yüksek performanslı yeni nesil süper akışkanlaştırıcı beton katkısı ilave edilmiştir. Akışkanlaştırıcı karışım suyu ile karıştırılarak karışıma ilave edilmiştir.

3.1.5. Karışım Suyu

Deneysel çalışma süresince, karışımların tasarımında ve deney numunelerinin üretiminde Düzce Üniversitesi Konuralp Yerleşkesi içme suyu kullanılmıştır. Karışım suyu herhangi bir bekletme, dinlendirme gibi işlemlere tabi tutulmadan şebekeden alındığı gibi kullanılmıştır.

3.1.6. Epoksi Reçine

Çalışmada Sika Yapı Kimyasalları A.Ş. tarafından üretilen Sikadur® 31, solvent içermeyen, neme toleranslı, tiksotropik, 2 bileşenli, epoksi reçineler ve özel dolgular içeren, +10 °C ile + 30 °C arasındaki sıcaklıklarda kullanılmak üzere tasarlanmış yapısal yapıştırma ve tamir harcı kullanılmıştır. Epoksi reçineye ait kimyasal, fiziksel ve mekaniksel özellikleri Çizelge 3.3’de verilmiştir [19]. Epoksi reçine doğrudan çekme dayanımı için silindir numunelere başlık yapıştırma amacıyla kullanılmıştır. Bu yüzden seçilen epoksi reçine tahmin edilen kopma dayanımından daha yüksek yapışma dayanımına sahiptir.

Çizelge 3.3. Epoksi reçinenin kimyasal, fiziksel ve mekaniksel özellikleri.

Kimyasal Özellikler			
Kimyasal Yapı	Epoksi reçine		
Yoğunluk:	~1.65 kg/l (A+B bileşenlerinin karışımı) (+20 °C 'de)		
Sarkma Dayanımı	Baş üstü uygulamalarda 10 mm kalınlığa kadar sarkma yapmaz.		
Hacim Değişimi	Rötre/Sünme: Rötresiz kür alır.		
Termal Genleşme Katsayısı:	Katsayı W: 1°C için 5.0×10^{-5} (Sıcaklık aralığı: -20°C ile +40°C)		
Fiziksel ve Mekaniksel Özellikler			
Basınç Dayanımı:		Kür sıcaklığı	
	Kür süresi	+20°C	+10°C
	1 gün	40 - 45 N/mm ²	35 - 40 N/mm ²
	10 gün	60 - 70 N/mm ²	50 - 60 N/mm ²
Eğilmede Çekme Dayanımı:	Kür süresi	Kür sıcaklığı +10°C ile +20°C	
	10 gün	30 - 40 N/mm ²	
Yapışma Dayanımı:	Kür süresi	Kür sıcaklığı +10°C ile +20°C	
	10 gün	15 - 20 N/mm ²	

3.2. YÖNTEM

Bu çalışmada, genellikle binalarda tercih edilen, standartlara uygun C25/30 beton dayanımına sahip beton üretilmiş ve üretilen betonun fiziksel ve mekanik özellikleri belirlenmiştir. Elde edilen beton üzerinde taze beton ve sertleşmiş beton deneyleri: Slump, priz süresi tayini, birim hacim ağırlık, görünür porozite, su emme, basınç dayanımı, eğilme dayanımı, yarmada çekme dayanımı, direk çekme dayanımı ve çekip çıkarma deneyleri yapılmıştır.

Betonun priz süresi belirlendikten sonra, betonlarda soğuk derz oluşturabilmek amacıyla beton priz süresine göre -30, 0, +30, +60, +120, +240, +480, +1140. dakikalarda ikinci katman beton dökülerek, iki aşamalı beton dökümü gerçekleştirilmiştir. Çalışma, Düzce Üniversitesi Teknoloji Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Yapı Malzemesi ve Beton Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir.

3.2.1. Malzemelerin Temini

Beton üretimi için gerekli hammadde temini bu aşamada gerçekleştirilmiştir.

3.2.2. Betonun Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi

Beton karışımında kullanılacak olan agregaların, fiziksel ve mekanik özelliklerini belirleyebilmek için ilgili standartlara göre, su emme, yoğunluk ve Los Angeles aşınma dayanımı deneyleri gerçekleştirilmiştir.

Agrega özellikleri belirlendikten sonra, TS 802 (2009)'a göre C25/30 dayanım sınıfında beton üretimi TS EN 206' da belirtilen S3 (100-150 mm) çökme kıvam sınıfında pek çok beton karışımları hazırlanmıştır. Nihai beton karışımında, %48 ince (0-5 mm), %22 orta agrega (5-12 mm) ve %30 iri agrega (12-19 mm) olmak üzere agrega gradasyonu belirlenmiştir. S/Ç = 0,56 olan beton karışımı yapılmıştır. Çizelge 3.4'de nihai beton karışımına ait malzeme miktarları verilmiştir.

Çizelge 3.4. Teorik olarak hesaplanmış 1 m³ beton için malzeme miktarı (kg).

1 m ³ Beton Karışımına giren malzeme miktarı	Ağırlık (kg)	Hacim (dm ³)
Çimento	300	95
Yüksek Fırın Cürufu	60	21
Süperakışkanlaştırıcı Katkı (%1)	3	3
İnce Agregası (%48)	832	313
Orta Agregası (%22)	384	143
İri Agregası (%30)	526	195
Hava	0	35
Su	194.88	194.88
Toplam	2299.88	1000
	Toplam	348.88
	Agrega hacmi	651.12

3.2.3. Referans Numunelerinin Üretimi ve Test aşaması

Nihai beton karışımına göre üretilen referans betonun fiziksel mekanik özellikleri belirlenmiştir. Üretilen betonun taze haldeki (Slump ve Priz Süresi) özellikleri belirlenmiş ve kiriş, silindir, küp ve prizma şeklinde üretilen beton numuneler üzerinde

ilgili standarda göre numunelerin 28. gününde sertleşmiş beton deneyleri gerçekleştirilmiştir (Çizelge 3.5). Numuneler deney gününe kadar kür havuzunda kür edilmiştir.

Çizelge 3.5. Referans serisi için üretilen numune türleri ve numuneler üzerinde gerçekleştirilen deneyler.

Numune tipi	Numune Boyutları	Numune üzerinde gerçekleştirilen deneyler	Deney standartları	Kür
Kiriş	100 ×100×500 mm	Dört Nokta Eğilme (3 Adet) Rezonans Frekansı	TS EN 12390-5	28 Gün
Silindir	ø 100 ×200 mm	Direkt Çekme (3 Adet)		28 Gün
Küp	150×150×150 mm	Basınç Dayanımı (3 Adet) Yarmada Çekme Dayanımı (3 Adet) Beton Yoğunluğu Su emme	TS EN 12390-3 TS EN 12390-6 TS EN 12390-7	28 Gün
Prizma	350×250×70 mm	Çekip çıkarma	ASTM C 1583	28 Gün

3.2.4. Taze Beton Deneyleri

3.2.4.1. Slump Çökme Deneyi

TS EN 12350-2 standardına göre taze betonun çökme değeri hesaplanmıştır [20]. TS EN 206-1 standardında belirtilen hedef kıvam sınıfı S3 olarak belirlenmiştir.

3.2.4.2. Priz süresinin belirlenmesi

TS 2987 standardına göre beton priz süresi tayini yapılmıştır [21]. C25/30 ve S3 kıvamında üretilen taze beton, göz açıklığı 5mm olan elekten elenerek harç kısmı ayrılmıştır. Ayrılan harç mala ile karıştırıldıktan sonra numune kabı içerisine yaklaşık on tabaka halinde, her tabakada sarsma tablasında titreşim uygulanarak numune kabının üst seviyesinden 5 mm aşağısında olacak şekilde doldurulmuştur. Kaplara doldurma işlemi betonun karma işlemi bittikten sonra 15 dakika içerisinde tamamlanmıştır. Deneye başlanılmadan önce, harcın üzerinde birikmiş olan terleme suyu pipet kullanılarak çekilmiştir. Su alma işlemi başlamadan önce, kalıp yatay 10° açı yapacak şekilde 2 dakika süreyle eğik olarak tutulmuştur.

Taze beton hazırlanması esnasında çimento ile suyun ilk temas anından 210 dakika sonra standart yük uygulama cihazı ve standart iğne (kesit alanı $0,3 \text{ cm}^2$) kullanılarak betonun penetrasyon direnci ölçülmeye başlanmıştır (Şekil 3.2). Taze beton üzerinde her 30 dakika içerisinde 35 kgf/cm^2 olana kadar penetrasyon direnci ölçülmesine devam edilmiştir.



Şekil 3.1. Priz süresini belirlemede kullanılan deney düzeneği

3.2.5. Sertleşmiş Beton Deneyleri

3.2.5.1. Beton Yoğunluğu

$\emptyset 100 \times 200 \text{ mm}$ silindir ve $150 \times 150 \times 150 \text{ mm}$ küp numunelerin beton yoğunluğu TS EN 12390-7 ve standardına göre yapılmıştır [22].

3.2.5.2. Basınç Dayanımı

150x150x150 mm küp numunelerin 28 günlük basınç dayanımları TS EN 12390-3 standardına göre yapılmıştır [23]. Beton basınç dayanımı, aşağıdaki eşitlik ile hesaplanmıştır.

$$f_c = \frac{F}{A_c}$$

Burada:

f_c Basınç dayanımı, MPa (N/mm²),

F Kırılma anında ulaşılan en büyük yük, N,

A_c Numunenin, üzerine basınç yükünün uygulandığı en kesit alanı, mm².

3.2.5.3. Yarmada Çekme Dayanımı

Yarmada çekme dayanımı, deney numunelerinin uzun eksenine paralel olarak basınç yükü uygulanarak ortadan yarılarak dolaylı olarak betonun çekme dayanımını saptamaktır. 150x150x150 mm küp numunelerin 28 günlük yarmada çekme dayanımları TS EN 12390-6 standardına göre yapılmıştır [24]. Yarmada çekme dayanımı, aşağıdaki eşitlik ile hesaplanmıştır.

$$f_{ct} = \frac{2 \times F}{\pi \times L \times d}$$

Burada:

f_{ct} Yarmada çekme dayanımı, MPa (N/mm²),

F En büyük yük, N,

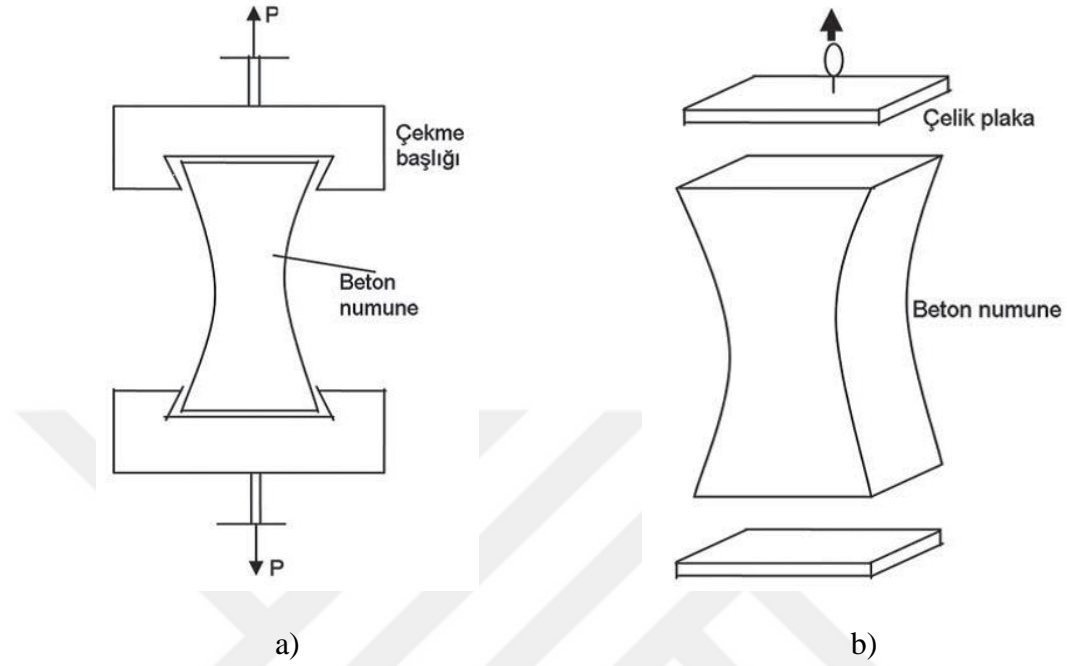
L Numunenin yükleme parçasına temas çizgisi uzunluğu, mm,

d Numunenin seçilen en kesit boyutu, mm

3.2.5.4. Doğrudan Çekme Dayanımı Tayini

Betonun doğrudan çekme yükleri altındaki dayanımını belirlemek için standart bir deney yöntemi olmadığı için, kullanılan çekme numuneleri özel boyutludur. Daha önceki çalışmalarda kullanılan numune tipleri Şekil 3.3'de gösterilmiştir. Şekildeki

numunelere doğrudan çekme yüklerini uygulayabilmek için çekme başlıkları yapılmaktadır. Bu metal başlıkların numuneye güçlü yapıştırıcılarla yapıştırılması ile çekme kuvveti uygulanmaktadır [25].



Şekil 3.2. Metal başlıkların numuneye yapıştırılarak çekme kuvveti uygulanması a) Rüşch'ün kullandığı aksenal çekme deney numune geometrisi [25] b) Doğrudan çekme deneyleri için Kassas tarafından kullanılan numune-başlık düzeni [25].

Üretilen silindir numuneler özel metal başlıklar ile numunenin iki tarafına yüksek dayanımlı epoksi yapıştırıcıyla yapıştırılarak doğrudan çekme dayanımı testine hazırlanmıştır (Şekil 3.4).



Şekil 3.3. Doğrudan çekme numunesinin hazırlanması.

ø100×200 mm silindir numunelerinin 28 günlük doğrudan çekme dayanımı, kopma yükünün numune boyunun ortasındaki numune kesit alanına bölünerek, aşağıdaki eşitlik ile hesaplanmıştır:

$$\sigma_{\zeta} = \frac{P}{A}$$

Burada:

σ_{ζ} Doğrudan Çekme dayanımı, MPa (N/mm²)

P Maksimum Yük, N

A Kesit Alanı (mm²)

3.2.5.5. Çekip çıkarma testi

Çekip çıkarma testi, dairesel bir çelik diskin, test edilecek beton yüzeyine epoksi reçine yardımıyla bağlanmasıyla yapılır. Deney metodu, uygulama yüzeyine, karot cihazı ile yuva açılarak belirlenmiş alana metal diskler yapıştırılır ve doğrudan çekip çıkarma işlemi uygulanmasıyla gerçekleştirilir. Diskin yüzey alanı ve kopma anında uygulanan kuvvet yardımıyla betonun çekme dayanımı tespit edilir (Şekil 3.5). 350×250×70 mm prizma örneklerinin çekip çıkarma ASTM C1583 standardına göre yapılmıştır [26]. Çekip çıkarma testi sonucu elde çekme dayanımı, aşağıdaki eşitlik ile hesaplanmıştır.

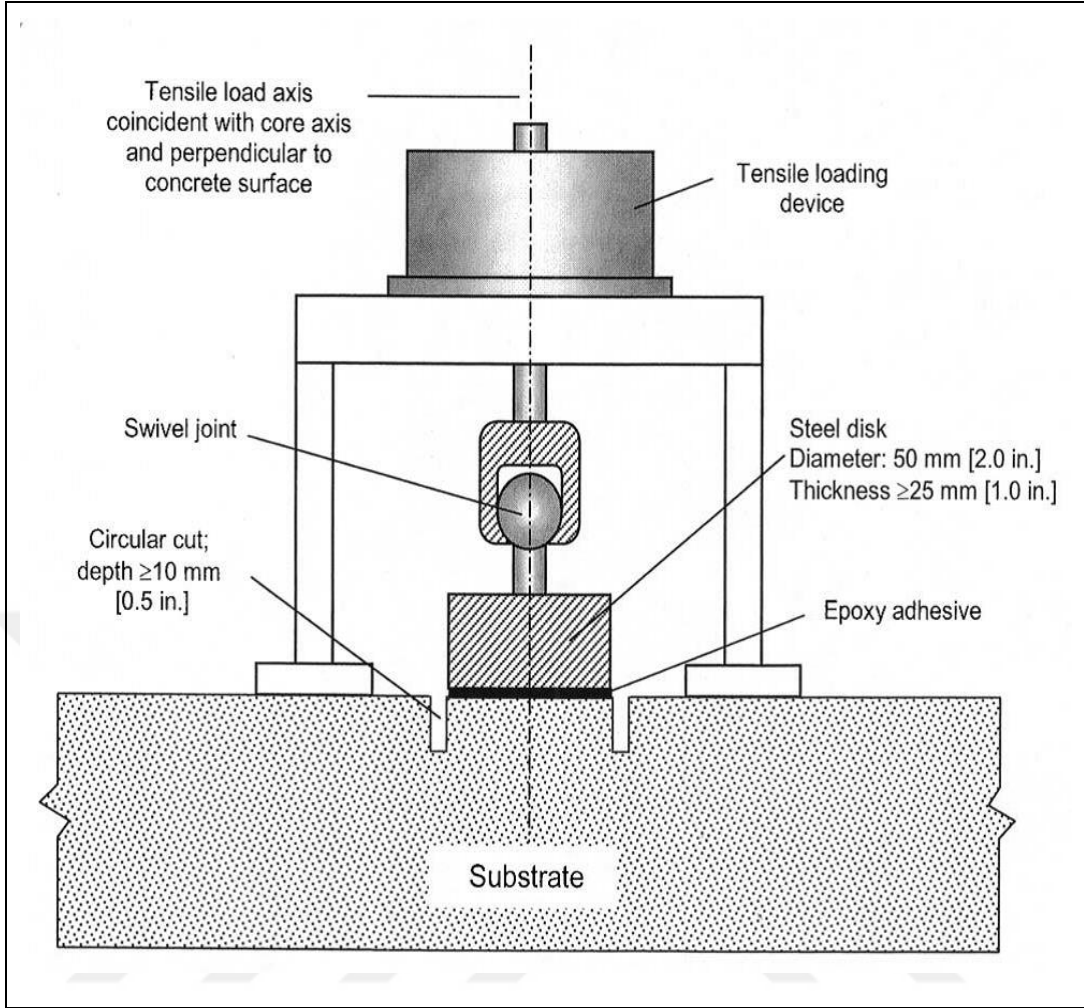
$$\sigma_{\zeta} = \frac{P}{A}$$

Burada:

σ_{ζ} Doğrudan Çekme dayanımı, MPa (N/mm²)

P Maksimum Yük, N

A Kesit Alanı (mm²)



Şekil 3.4. Çekip çıkarma testinin şematik olarak kurulumu [26].

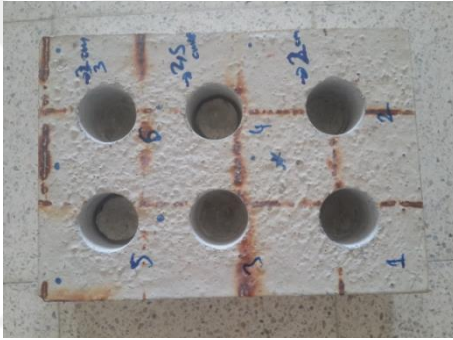
Çekip çıkarma deneyine ait işlem basamakları Şekil 3.6'da verilmiştir.



a)



b)



c)



d)



e)



f)

Şekil 3.5. Çekip çıkarma deneyine ait işlem basamakları a) Hazırlanmış deney numuneleri b) Çekip çıkarma deney aleti ile testin yapılması c) Pull-off deneyi sonucunda numunenin son hali d) Çekip çıkarmada çekilip çıkartılan numuneler e) Çekip çıkarma da çekilip çıkartılan numuneler f) Numune kesiti yüzeyi.

3.2.5.6. Dört Nokta Eğilmede Çekme Dayanımı

10x10x50 cm kiriş numunelerin 28 günlük eğilmede çekme dayanımı TS EN 12390-5 standardına göre yapılmıştır [27]. Çekmede eğilme dayanımı, aşağıdaki eşitlik ile hesaplanmıştır.

$$f_{cf} = \frac{F \times l}{d_1 \times d_2^2}$$

Burada:

f_{cf} Eğilme dayanımı, MPa(N/mm²)

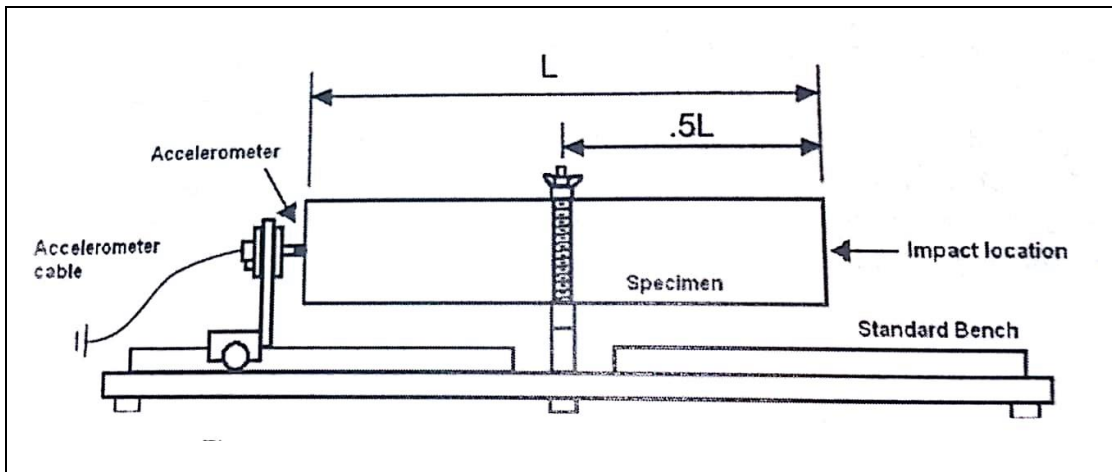
F En büyük yük, N,

l Mesnet silindirleri arasındaki açıklık, mm

d_1 ve d_2 Numunenin en kesit boyutları, mm

3.2.5.7. Rezonans Frekans Test Metodu

Titreşimin doğal frekansı, elastik sistemlerin dinamik bir özelliğidir. Rezonans frekansı, temel olarak titreşen bir kirişin dinamik elastisite modülü ve yoğunluğu ile ilişkilidir. Bu sebepten dolayı bir kirişin titreşiminin doğal frekansı, kirişin dinamik elastisite modülünün belirlenmesinde kullanılır. 10×10×50 cm boyutlarındaki kiriş numunelerinin boyuna test metoduyla elastisite modülü ASTM C 215 standardına göre belirlenmiştir [28]. Test metodunun şematik olarak kurulumu (Şekil 3.7) ve test setuplarının kurulmuş hali (Şekil 3.8) verilmiştir.



Şekil 3.6. Boyuna rezonans frekansı şematik kurulumu [29].



Şekil 3.7. Elastisite boyuna modül.

Dinamik elastisite modülü, aşağıdaki eşitlik ile hesaplanmıştır.

$$E=4L^2Pn^2$$

Burada:

E Dinamik elastisite modülü

L Numune uzunluğu

p Malzeme yoğunluğu

n Boyuna rezonans frekansını ifade etmektedir.

3.2.6. Soğuk Derzli Numunelerin Hazırlanması

Bu aşamada, soğuk derz oluşturulmuş numuneler hazırlanmıştır.

3.2.6.1. Betonun Yerleştirilmesi

Çizelge 3.6'da verilen süreler dikkate alınarak iki tabaka halinde numuneler üretilmiştir.

1. kısım (tabaka) beton dökülmüş ve beton prizini aldıktan sonra (498 dakika sonra) özel olarak üretilen beton birleşim geometrisi aparatları çıkarılmış daha sonra Çizelge 3.6'da süreler ilave edilerek 2. kısım (tabaka) beton dökümü gerçekleştirilmiştir. İkinci kısım (tabaka) dökülen beton ile birinci kısım (tabaka) dökülen beton ile aynı dayanımda (C25/30) dökülmüştür. 2. kısım beton her seferinde yeniden üretilmiştir.

(Betonun Yerleştirilmesi =1. Kısım: C25/30 + 2. Kısım: C25/30).

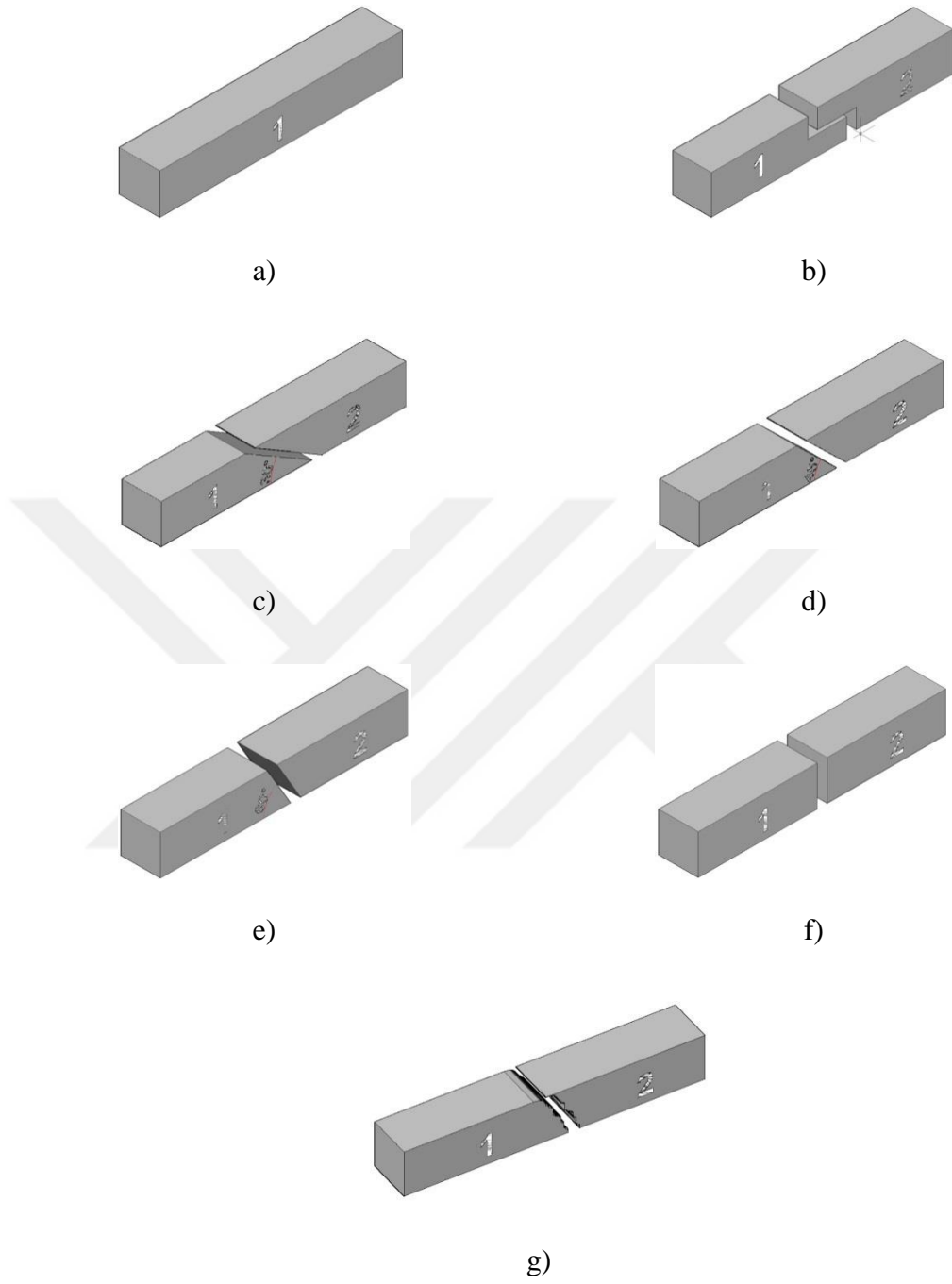
Çizelge 3.6. Döküm süreleri.

Sn	Döküm Süresi (Priz Sona Erme Süresine Göre)	Betonun Yerleştirilmesi	
		I. Tabaka	II. Tabaka
	- 30. Dakika (Saat)	C25/30	C25/30
	0. Dakika	C25/30	C25/30
	30. Dakika (Saat)	C25/30	C25/30
	60. Dakika (1 Saat)	C25/30	C25/30
	120. Dakika (2 Saat)	C25/30	C25/30
	240. Dakika (4 Saat)	C25/30	C25/30
	480. Dakika (8 Saat)	C25/30	C25/30
	1440. Dakika (1 Gün)	C25/30	C25/30

100×100×500 mm kiriş, 450×300×70 mm prizma, ø 100×200 mm silindir numuneler ile 150×150×150 mm boyutlarında soğuk derzli numuneler üretilmiştir. İkinci aşamada bahsedilen sertleşmiş beton deneyleri soğuk derzli numuneler üzerinde gerçekleştirilmiştir.

3.2.6.2. 100×100×500 mm Kiriş Numunelerinin Üretilmesi

Kiriş numuneler üzerinde farklı beton birleşim geometrileri oluşturularak (Şekil 3.9); beton birleşim geometrilerinin soğuk derze olan etkisi, eğilme etkisi altında araştırılmıştır. Çalışmada biri referans olmak üzere toplam 7 farklı birleşim geometrisinin etkisi karşılaştırılmalı olarak incelenmiştir. Kalıplara, betonun yerleştirilmesinde açıklandığı şekilde beton dökümü yapılmıştır. Şekil 3.9 (b, c, d, e, f) deki numuneleri elde edebilmek için özel olarak üretilecek olan beton birleşim geometrisi aparatları kullanılmıştır. Bu aparatlar sayesinde kademeli, 30°, 45°, 60° ve 90° açılı beton yüzeyleri elde edilmiştir. Şekil 3.9 (g)'de ise betonun kendi yerleşmesiyle oluşan doğal bitim şekli kullanılmıştır.



Şekil 3.8. Beton birleşim noktaları a) Referans b) Kademeli Birleşim c) 30° Eğimli Birleşim d) 45° Eğimli Birleşim e) 60° Eğimli Birleşim f) 90° Eğimli Birleşim g) Serbest Döküm Yüzeyi (Doğal Birleşim).

Soğuk derzli kiriş numunelerin üretim aşamaları aşağıda verilmiştir.



Şekil 3.9. Soğuk derz oluşturulabilmek için yapılmış ara parçalar.



a)



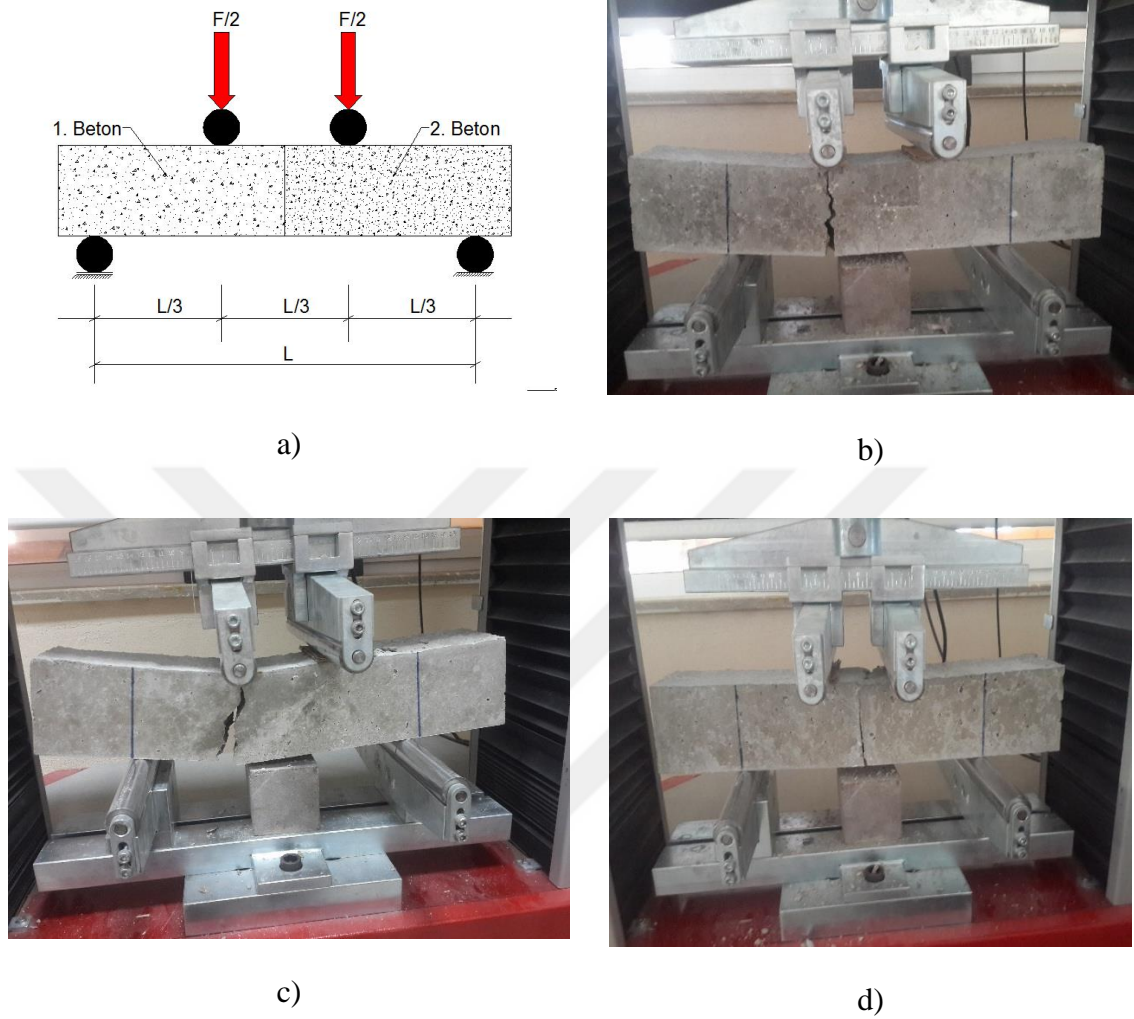
b)



c)

Şekil 3.10. Soğuk derzli kiriş numunelerin üretim aşamaları a) Beton dökümüne hazırlık ve ara parçalar b) Yarı dökülmüş ve ara parçalar çıkartılmış, ikinci döküme hazırlanmış kalıplar c) Yarı dökülmüş kiriş numune.

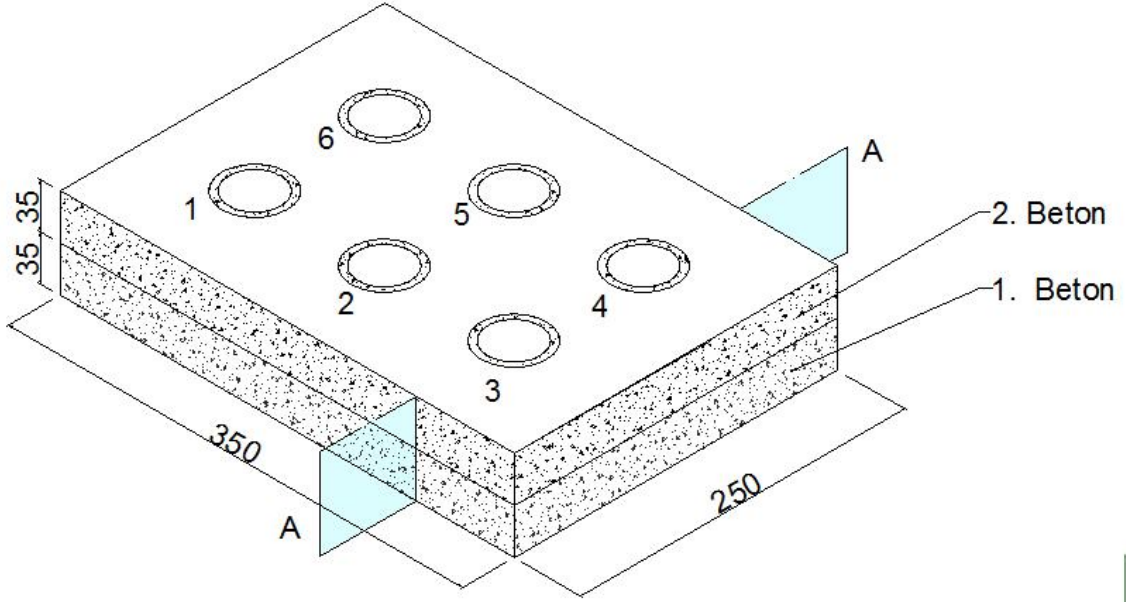
Soğuk derzli olarak üretilen kiriş numuneler üzerinde dört nokta eğilme deneyi gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.12).



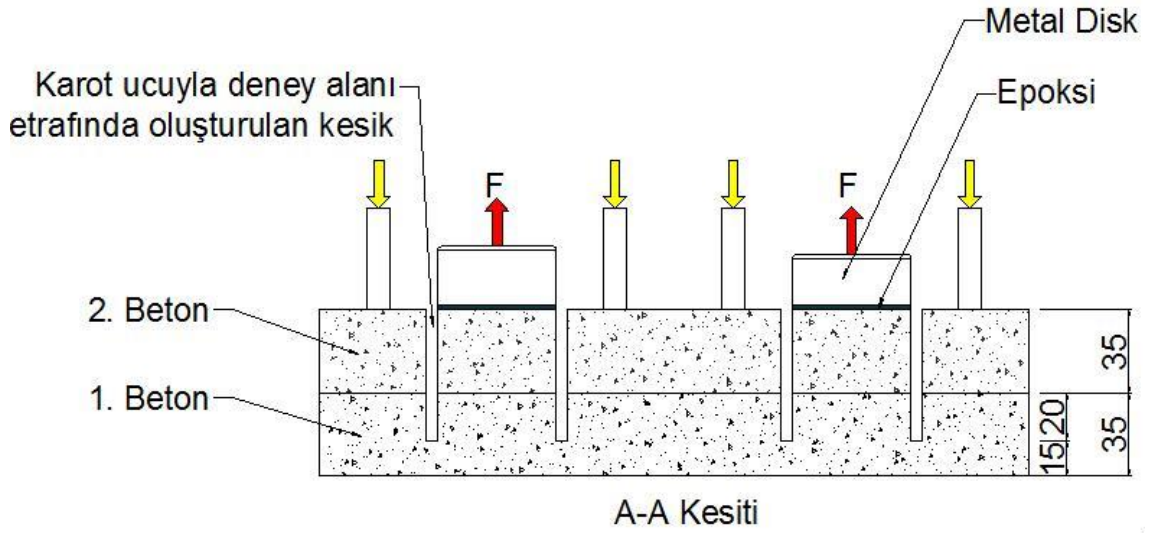
Şekil 3.11. Soğuk derzli olarak üretilen kiriş numuneler üzerinde dört nokta eğilme deneyinin uygulanması a) Eğilmede çekme dayanımı test düzeneği b) Kademeli birleşimin eğilmede çekme deneyi sonrası görüntüsü c) 30° birleşiminin eğilmede çekme deneyi sonrası görüntüsü d) Doğal birleşiminin eğilmede çekme deneyi sonrası görüntüsü.

3.2.6.3. 350×250×70 mm Prizma Numunelerinin Üretilmesi

Farklı döküm zamanlarından kaynaklanacak soğuk derzin her iki tabaka arasındaki aderansa etkisini araştırmak üzere yapılacak Çekip çıkarma (Çekip Koparma) deneyi için 350×250×70 mm boyutlarında prizma örnekleri betonun yerleştirilmesinde açıklandığı şekilde üretilmiştir (Şekil 3.13).



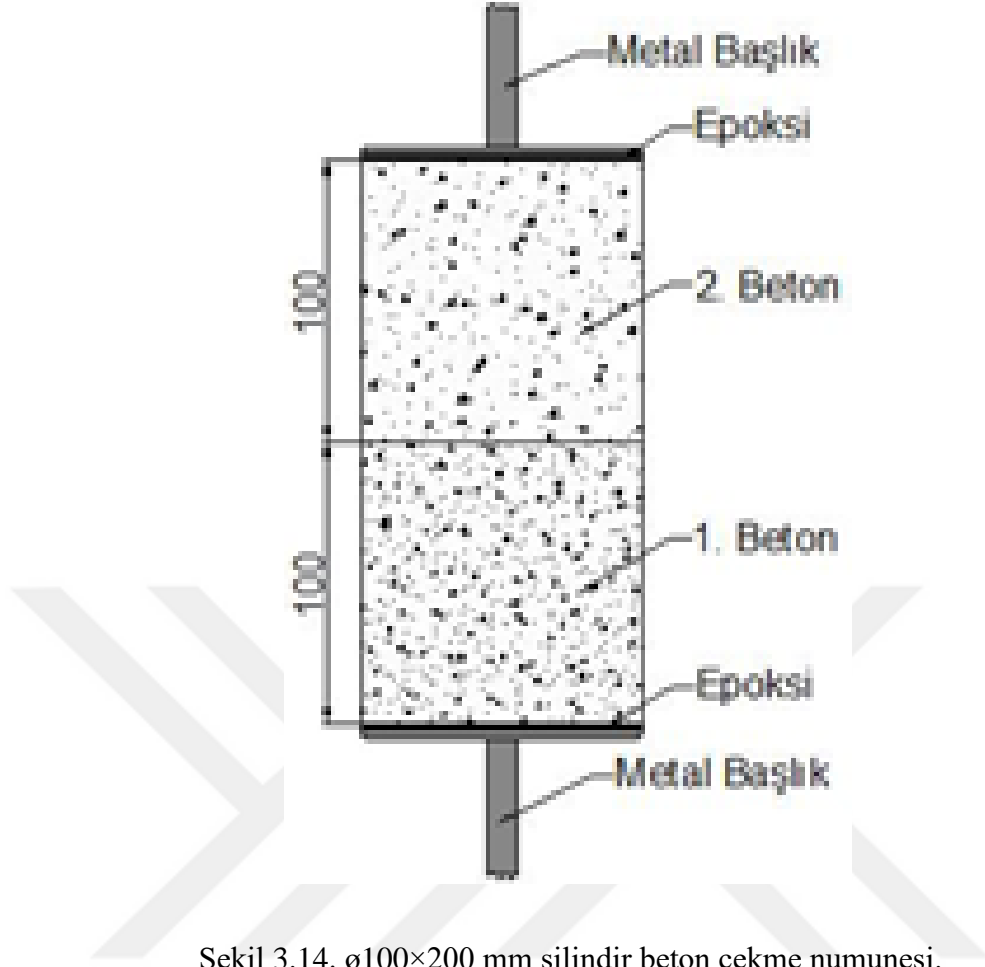
Şekil 3.12. Çekip çıkarma deneyi için soğuk derzli prizma örneklerinin üretilmesi.



Şekil 3.13. Şematik Çekip çıkarma deney düzeneği.

3.2.6.4. $\varnothing 100 \times 200$ mm Silindir Numunelerin Üretilmesi

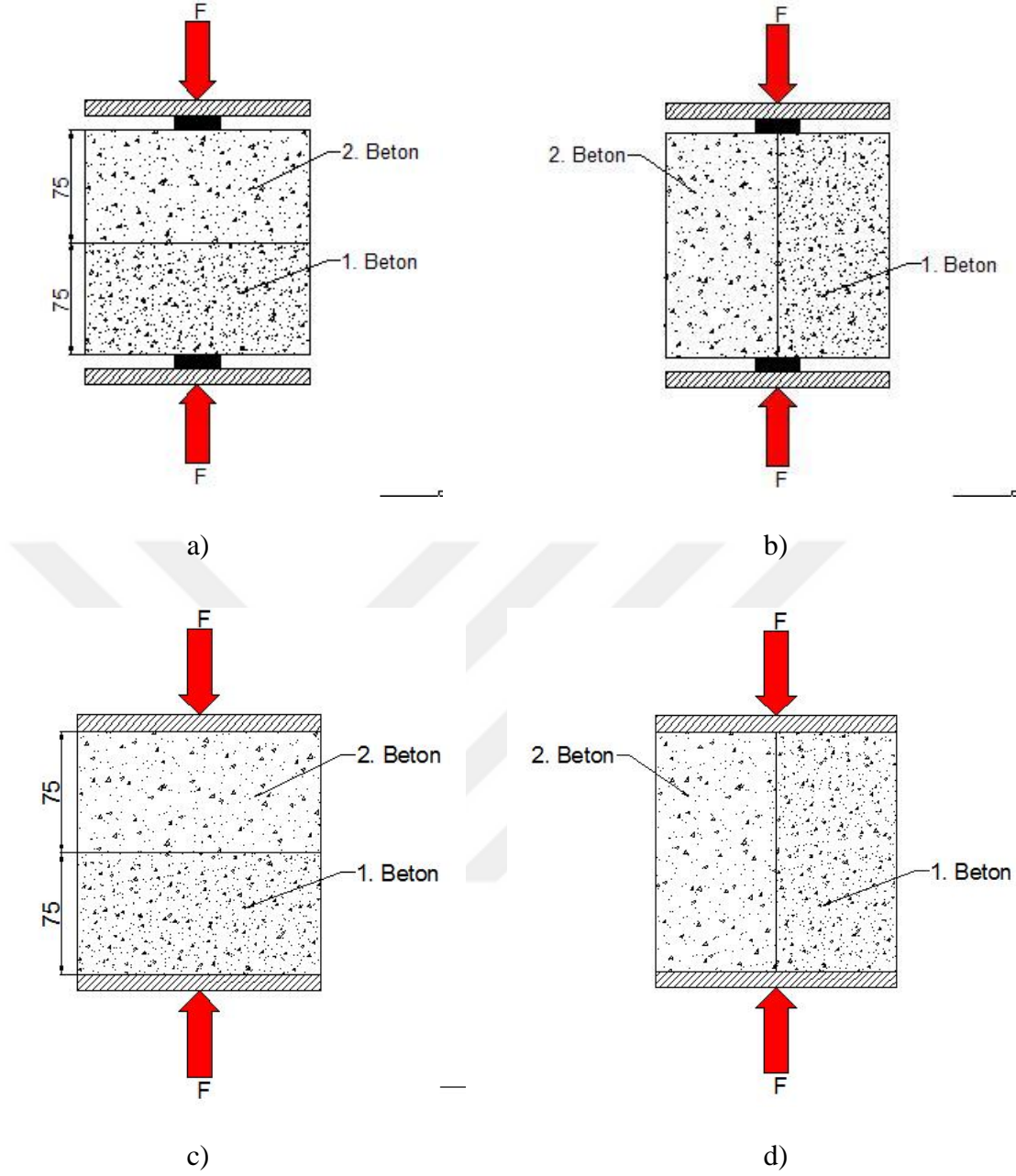
Farklı zaman dilimlerinde dökülmüş betonların aderans dayanımlarının doğrudan beton çekme deneyi ile tespiti için $\varnothing 100 \times 200$ mm boyutlarındaki beton numuneler üretilmiştir (Şekil 3.15). Soğuk derz için üretilen numunelerle, referans numuneler (tek seferde döküm) birbiriyle kıyaslanmıştır.



Şekil 3.14. $\phi 100 \times 200$ mm silindir beton çekme numunesi.

3.2.6.5. $150 \times 150 \times 150$ mm Küp Numunelerin Üretilmesi

Yarmada çekme deneyi ve basınç dayanımını belirleyebilmek için $150 \times 150 \times 150$ mm boyutlarındaki soğuk derzli numuneler üretilmiştir. Deneyler sırasında yükleme durumu Şekil 3.16'da gösterilmiştir. Soğuk derz düzlemiyle aynı doğrultu ve soğuk derz düzlemine dik bir şekilde yüklenme yapılmıştır.



Şekil 3.15. Küp numunelerin yarmada çekme ve basınç deneylerinin uygulandığı a) Yükleme soğuk derz düzlemine dik b) Yükleme soğuk derz düzlemi ile aynı c) Yükleme soğuk derz düzlemine dik d) Yükleme soğuk derz düzlemi ile aynı.

3.2.7. Soğuk Derzli Numuneler Üzerinde Gerçekleştirilen Deneyler

Soğuk derzli numuneler üzerinde Çizelge 3.7'deki deneyler gerçekleştirilmiştir. Deneyler üç tekrarlı yapılmıştır. İkinci kısım olarak dökülen betonun 28. gününde deneyler gerçekleştirilmiştir. Soğuk derzli numuneler deneylerin gerçekleşeceği güne kadar kür havuzunda kür edilmiştir.

Çizelge 3.7. Soğuk derzli numuneler üzerinde gerçekleştirilen deneyler.

Numune tipi	Numune Boyutları	Numune üzerinde gerçekleştirilen deneyler	Deney standartları	Kür
Kiriş	100 ×100×500 mm	Dört Nokta Eğilme (3 Adet) Rezonans Frekansı	TS EN 12390-5	28 Gün
Silindir	ø 100 ×200 mm	Direkt Çekme (3 Adet)		28 Gün
Küp	150×150×150 mm	Basınç Dayanımı (6 Adet) Yarmada Çekme Dayanımı (6 Adet) Beton Yoğunluğu Su emme	TS EN 12390-3 TS EN 12390-6 TS EN 12390-7	28 Gün
Prizma	350×250×70 mm	Çekip çıkarma	ASTM C 1583	28 Gün

3.2.8. Değerlendirme ve Raporlama

Elde edilen fiziksel ve mekanik deney sonuçları tablo ve grafiklere aktarılarak yorumlanmıştır.

4. BULGULAR

4.1. TAZE BETON DENEY SONUÇLARI

4.1.1. Slump Deneyi

TS EN 12350-2 standardına göre taze betonun çökme değeri 11 cm olarak belirlenmiştir [20]. TS EN 206-1 standardında belirtilen hedef kıvam sınıfı S3 olarak belirlenmiştir. İlgili standartta göre beton kıvam sınıfı S3 için, “Donatının fazla sık olması” halinde seçilmesi gereken ve “Slump değeri 100 mm-150 mm” arasında bir değer elde edilmesi gerekmektedir [30]. Standarttaki aralık yapılan çalışmada yakalanmıştır.



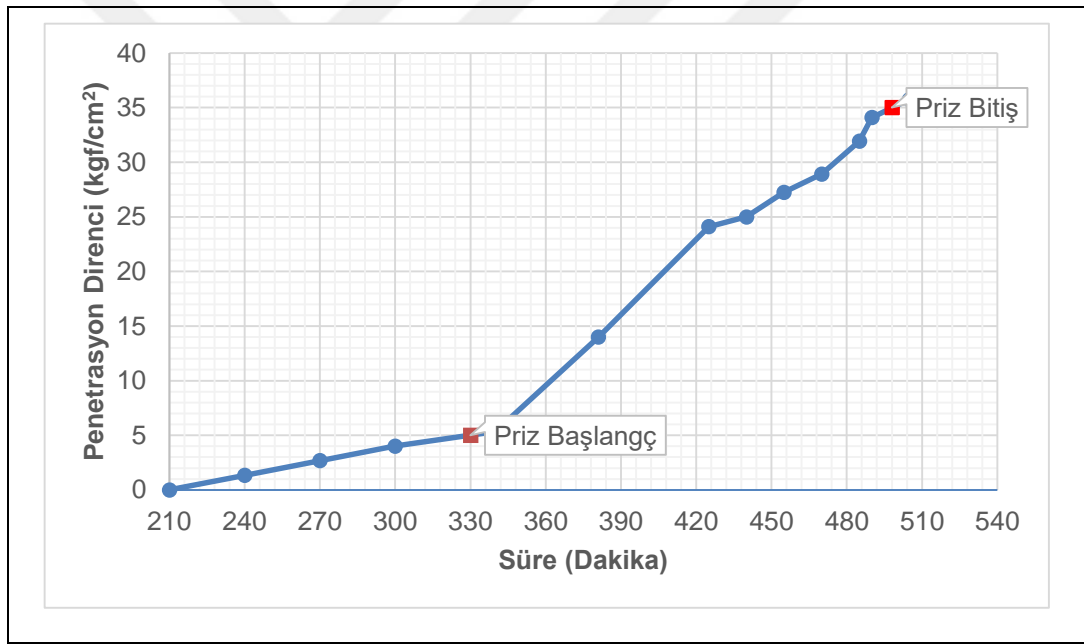
Şekil 4.1. Çökme miktarının tespit edilmesi.

4.1.2. Priz Süresinin Belirlenmesi

TS 2987 standardına göre beton priz süresi tayini yapılmıştır (TS 2987, 2011).Deney sonucunda elde edilen değer Çizelge 4.1’de verilmiştir. Elde edilen verilere göre zaman-penetrasyon direnci grafiği çizilerek, beton priz başlangıç ve priz süreleri belirlenmiştir (Şekil 4.2).

Çizelge 4.1. Penetrasyon direncinden elde edilen değerler.

KALIP 1 (gr)	KALIP 2 (gr)	KALIP 3 (gr)	ORTALAMA	SÜRE (dk)	kgf/cm ²
0	0	0	0	0	0
1600	2100	1300	1667	340	5,33
3600	7000	2000	4200	381	14
7400	7200	7100	7233,3	425	24,11
7800	7400	7300	7500,0	440	25
8100	8300	8150	8183,3	455	27,26
8450	8700	8900	8683,3	470	28,93
9350	9600	9800	9583,3	485	31,93
10200	10100	10400	10233,3	490	34,1
10900	10600	10700	10733,3	505	35,76



Şekil 4.2. Beton priz başlangıç ve priz bitiş süresinin belirlenmesi.

Şekil 4.2’de priz süresinin tayininde numuneler 330 dk. sonunda 5,0 kgf/cm² dayanım kazanarak prize başlamış ve 498 dk. sonunda 35 kgf/cm² dayanım kazanarak priz sona ermiştir.

4.1.3. Çalışmada Kullanılan Betonun Genel Özellikleri

Çalışmada kullanılan betonun genel özellikleri Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Çalışmada kullanılan betonun genel özellikleri.

Basınç Dayanımı (MPa) 7 Günlük	32.53
Basınç Dayanımı (MPa) 14 Günlük	36.77
Basınç Dayanımı (MPa) 28 Günlük	41.57
Yarmada Çekme Dayanımı (MPa)	4.04
Çekip çıkarma Çekme Dayanımı (MPa)	2.28
Doğrudan Çekme Dayanımı (MPa)	1.97
Eğilmede Çekme Dayanımı (MPa)	6.81
Boyuna Dinamik Elastite Modülü (Gpa)	32.1
Beton Yoğunluğu Islak (kg/m^3)	2356.0
Beton Yoğunluğu Kuru (kg/m^3)	2279.3
Su emme (%)	3.4
Priz Başlangıç	330 Dakika
Priz Bitiş	498 Dakika
Not: Değerler ortalamadır.	

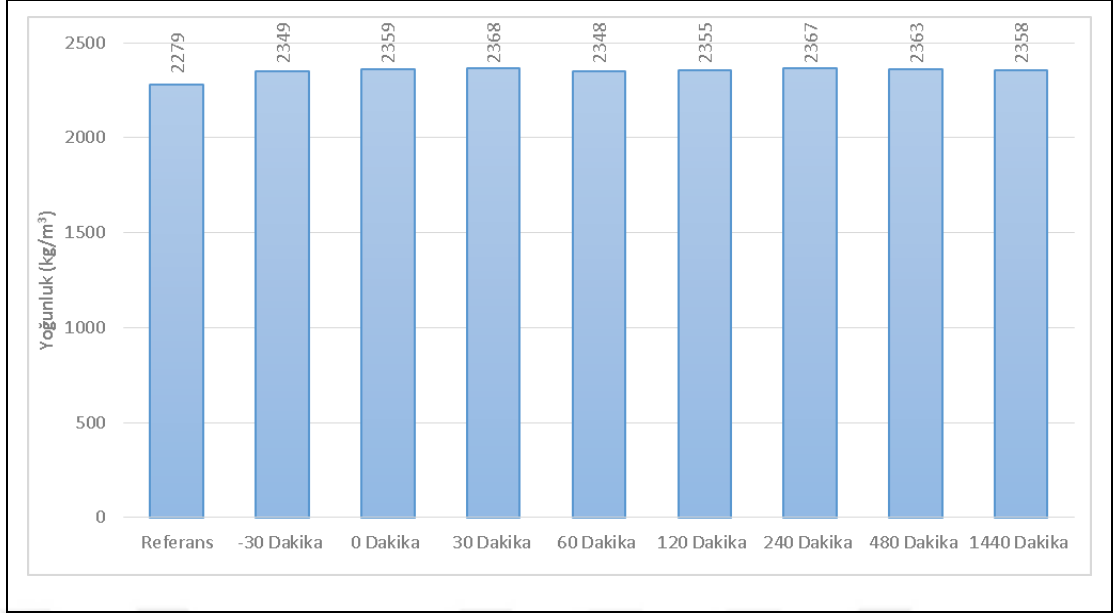
4.2. SERTLEŞMİŞ BETON DENEY SONUÇLARI

4.2.1. Beton Yoğunluğu

$\varnothing 100 \times 200$ mm silindir ve $150 \times 150 \times 150$ mm küp numunelerin beton yoğunluğu TS EN 12390-7 standardına göre yapılmış olup, deney sonuçları Çizelge 4.3’de ve Şekil 4.3’de verilmiştir.

Çizelge 4.3. $\varnothing 100 \times 200$ mm silindir numune beton yoğunluğu deney sonuçları.

Soğuk Derz (Priz sonrası + ilave süre)	Yoğunluk (kg/m^3)			
	1	2	3	Ortalama
Referans	2280	2293	2265	2279
-30 Dakika	2349	2354	2345	2349
0 Dakika	2356	2355	2365	2359
30 Dakika	2365	2361	2377	2368
60 Dakika	2360	2332	2351	2348
120 Dakika	2353	2357	2356	2355
240 Dakika	2373	2356	2374	2367
480 Dakika	2369	2369	2352	2363
1440 Dakika	2346	2369	2359	2358



Şekil 4.3. \varnothing 100x200 mm silindir numune beton yoğunluğu deney sonuçları.

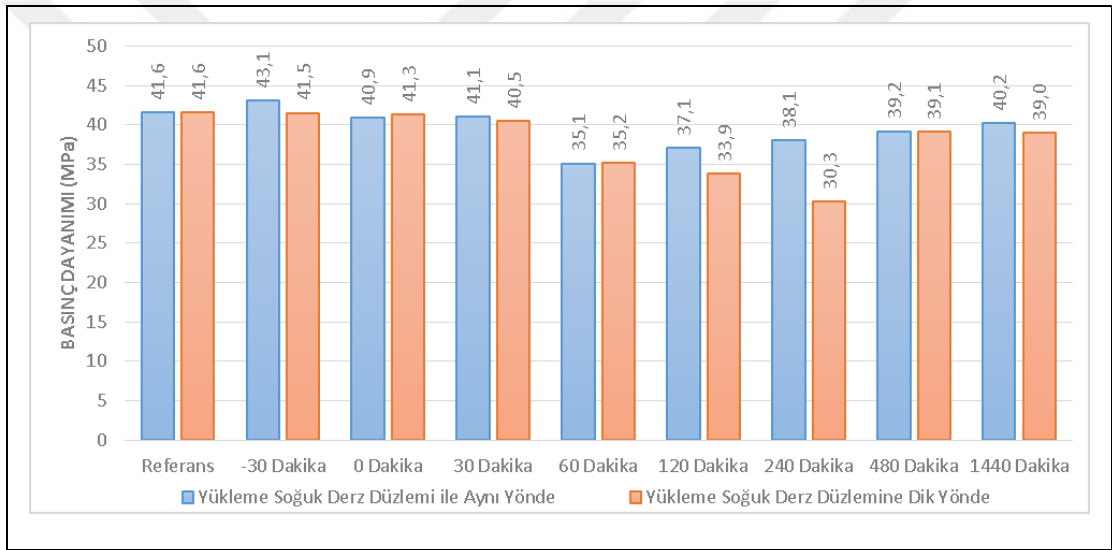
Şekil 4.3 incelendiğinde farklı sürelerde soğuk derz oluşumuna müsaade edecek şekilde dökülen numunelerin yoğunluk değerlerinde kayda değer bir değişim gözlenmemiştir. Soğuk derz oluşumu için farklı döküm süreleri kullanılsa da her iki döküm sürecinde aynı beton karışımı kullanıldığından yoğunluk değerlerinde bir değişim gözlenmediği anlaşılmaktadır. Numunelerin yoğunluk değerlerinin 2279 kg/m^3 ile 2368 kg/m^3 arasında değiştiği görülmektedir.

4.2.2. Basınç Dayanımı

150x150x150 mm küp numunelerin 28 günlük basınç dayanımları TS EN 12390-3 standardına göre yapılmıştır [23]. Basınç dayanım testi, soğuk derz düzlemiyle aynı doğrultuda ve soğuk derz düzlemine dik olmak üzere iki türde yükleme yapılmıştır. Basınç dayanımına ait deney sonuçları Çizelge 4.4 ve Şekil 4.4'de verilmiştir.

Çizelge 4.4. Basınç dayanımına ait deney sonuçları.

Basınç Dayanımı (MPa)								
Soğuk Derz (Priz sonrası + ilave süre)	Yüklemeye Soğuk Derz Düzlemi ile Aynı Yönde				Yüklemeye Soğuk Derz Düzlemine Dik Yönde			
	1	2	3	Ortalama	1	2	3	Ortalama
Referans	41.6	40.3	42.8	41.6	41.6	40.3	42.8	41.6
-30 Dakika	45.2	42.1	41.9	43.1	40.1	43.6	40.9	41.5
0 Dakika	41.1	39.7	41.9	40.9	40.4	42.6	41.0	41.3
30 Dakika	39.8	36.8	46.6	41.1	36.1	40.3	45.2	40.5
60 Dakika	33.0	35.4	36.9	35.1	34.2	35.1	36.3	35.2
120 Dakika	35.2	38.7	37.4	37.1	33.4	32.,6	35.5	33.9
240 Dakika	39.6	37.0	37.6	38.1	26.0	32.2	32.5	30.3
480 Dakika	39.2	38.8	39.7	39.2	39.4	39.,9	38.1	39.1
1440 Dakika	38.9	40.5	41.2	40.2	41.3	39.2	36.5	39.0



Şekil 4.4. Basınç dayanımına ait deney sonuçları.

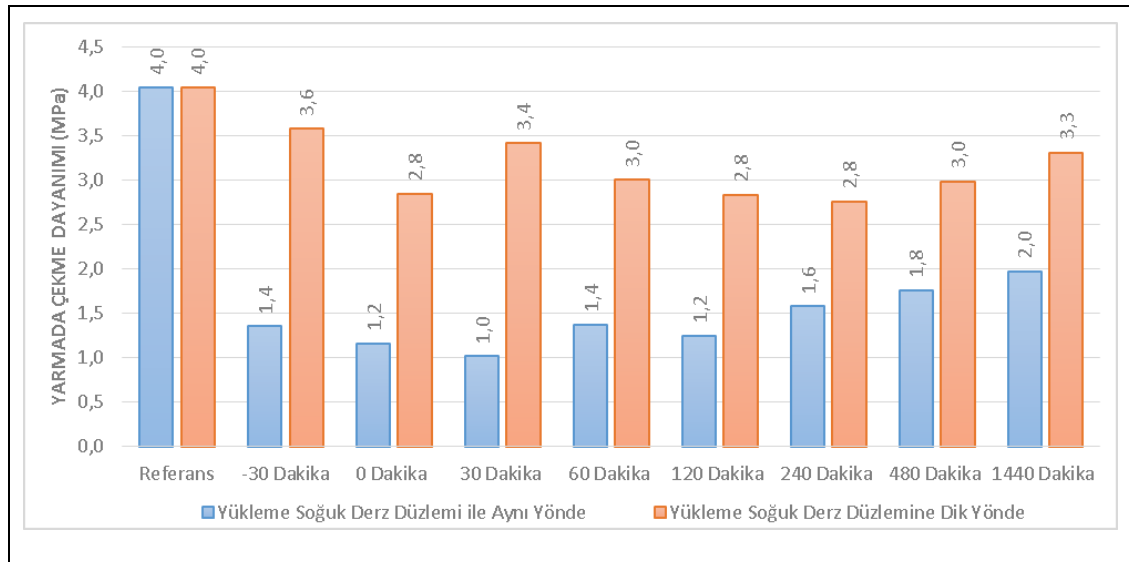
Şekil 4.4 incelendiğinde yüklemeye yönünden bağımsız olarak priz bitiş süresinden yarım saat önceden başlayarak bir saat süresince (-30 dakika, 0 dakika ve +30 dakika) ikinci bir tabaka olarak döküm yapılması betonun nihai dayanımında olumsuz bir etki oluşturmamaktadır. Ancak priz bitiş süresinden +60 dakika sonradan başlayarak, priz bitiş süresinin sonrasındaki +240 dakika aralığında döküm yapılması ile oluşacak soğuk derzin betonun nihai dayanımını azalttığı gözlenmektedir. Bu durum, sahada soğuk derz oluşumunun kaçınılmaz olduğu durumlarda ikinci döküm için priz bitişinden itibaren +60 ile +240 dakikaya kadar döküm yapmanın uygun olmadığını göstermektedir. +480 dakika ve sonrasında ise bir döküm yapılması ardından soğuk derz oluşumu betonun nihai dayanımında az bir düşüş ile yüklemeye soğuk derz düzlemine dik ve aynı yönler için sırasıyla %5.77, %3.37 ve %6.01, %6.25 oranında bir azalmaya neden olmaktadır.

4.2.3. Yarmada Çekme Dayanımı

150x150x150 mm küp numunelerin 28 günlük yarmada çekme dayanımları TS EN 12390-6 standardına göre yapılmıştır [24]. Yarmada çekme dayanımı, soğuk derz düzlemiyle aynı doğrultuda ve soğuk derz düzlemine dik olmak üzere iki türde yükleme yapılarak tespit edilmiştir. Yarmada çekme dayanımına ait deney sonuçları Çizelge 4.5 ve Şekil 4.5’de verilmiştir.

Çizelge 4.5. Yarmada çekme dayanımına ait deney sonuçları.

Yarmada Çekme Dayanımı (MPa)								
Soğuk Derz (Priz sonrası + ilave süre)	Yükleme Soğuk Derz Düzlemi ile Aynı Yönde				Yükleme Soğuk Derz Düzlemine Dik Yönde			
	1	2	3	Ortalama	1	2	3	Ortalama
Referans	4.0	4.1	4.0	4.0	4.0	4.1	4.0	4.0
-30 Dakika	1.4	1.2	1.5	1.4	3.5	3.2	4.0	3.6
0 Dakika	1.1	1.3	1.0	1,2	3.1	2.6	2.8	2.8
30 Dakika	1.5	1.5	0.0	1.0	3.0	3.5	3.8	3.4
60 Dakika	1.4	1.7	1.1	1.4	3.0	3.1	2.9	3.0
120 Dakika	1.2	1.2	1.3	1.2	2.4	3.2	2.9	2.8
240 Dakika	1.6	1.5	1.6	1.6	2.7	2.7	2.9	2.8
480 Dakika	1.8	1.1	2.4	1.8	2.5	3.5	3.0	3.0
1440 Dakika	1.8	1.7	2.4	2.0	2.9	3.7	3.3	3.3



Şekil 4.5. Yarmada çekme dayanımına ait deney sonuçları.

Şekil 4.5’deki yarmada çekme dayanımı sonuçları incelendiğinde, soğuk derz düzlemi ile aynı yönde yükleme yapılması durumunda numunelerin dayanım değerlerinde kayda değer bir düşüş gözlenmektedir. Yarmada çekme dayanımı ardından kesitte çekme gerilmelerinin maksimum olduğu düzlemde yeterli aderansın bulunmayışı dayanımdaki

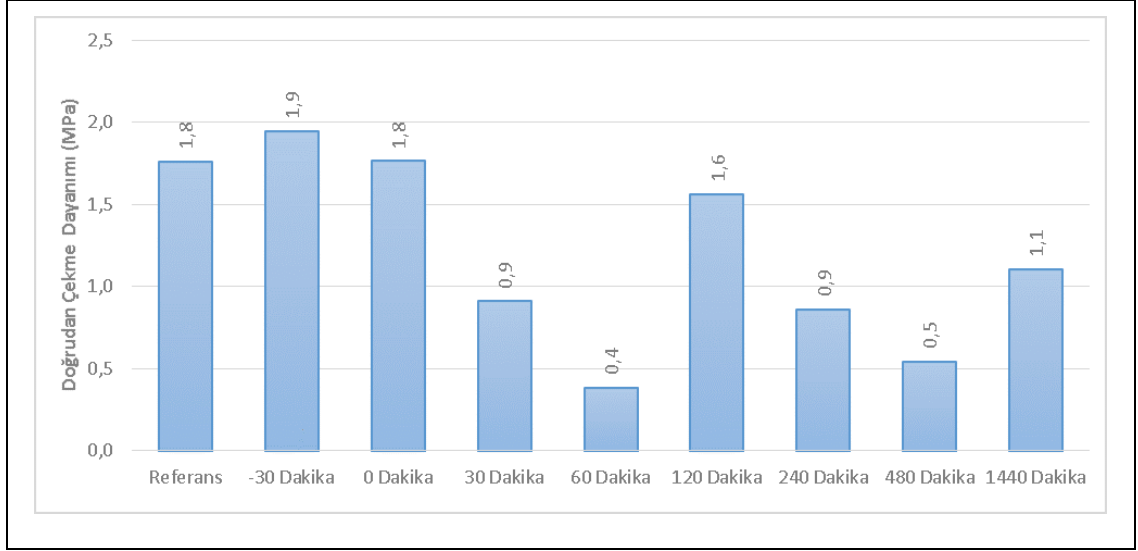
bu düşüşün nedeni olduğu düşünülmektedir. Yarmada çekme dayanımı deneyinde yükleme doğrultusunun soğuk derz düzlemine dik olduğu yükleme durumunda ise, döküm süresine bağlı olarak kademeli bir azalma gözlenmektedir.

4.2.4. Doğrudan Çekme Dayanımı Tayini

Özel metal başlıklar ile numunenin iki tarafına yüksek dayanımlı epoksi yapıştırıcıyla yapıştırılarak hazırlan $\varnothing 100 \times 200$ mm silindir numuneler üzerinde doğrudan çekme dayanımı deneyi gerçekleştirilmiştir. Doğrudan çekme dayanımı deney sonuçları Çizelge 4.6 ve Şekil 4.6'da verilmiştir.

Çizelge 4.6. Doğrudan çekme dayanımı deney sonuçları.

Soğuk Derz (Priz sonrası + ilave süre)	Doğrudan Çekme Dayanımı (MPa)		
	1	2	Ortalama
Referans	1.9	1.6	1.8
-30 Dakika	1.8	2.1	1.9
0 Dakika	1.7	1.9	1.8
30 Dakika	1.3	0.5	0.9
60 Dakika	0.2	0.6	0.4
120 Dakika	1.7	1.4	1.6
240 Dakika	0.9	0.9	0.9
480 Dakika	0.6	0.5	0.5
1440 Dakika	1.0	1.2	1.1

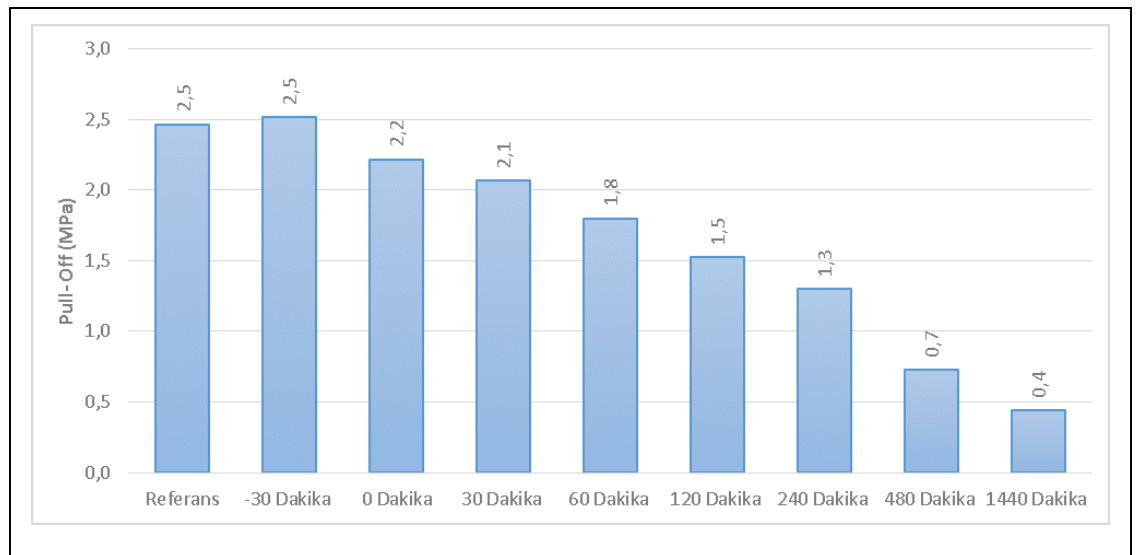


Şekil 4.6. Doğrudan çekme dayanımı deney sonuçları.

Şekil 4.6'daki doğrudan çekme dayanımı sonuçları incelendiğinde, priz bitiş (0 dakika) süresine kadar soğuk derz oluşumunun numunelerin çekme dayanımında kayda değer bir değişime neden olmadığı anlaşılmaktadır. Ancak priz bitiş süresinden başlayarak döküm süresinin uzaması ile numunelerin doğrudan çekme dayanımı değerleri azalmıştır.

4.2.5. Çekip Çıkarma Testi

350×250×70 mm prizma örneklerinin çekip çıkarma ASTM C1583 standardına göre yapılmıştır (ASTM C1583, 2013). Çekip çıkarma testine ait sonuçlar Şekil 4.7'de verilmiştir.



Şekil 4.7. Çekip çıkarma deney sonuçları.

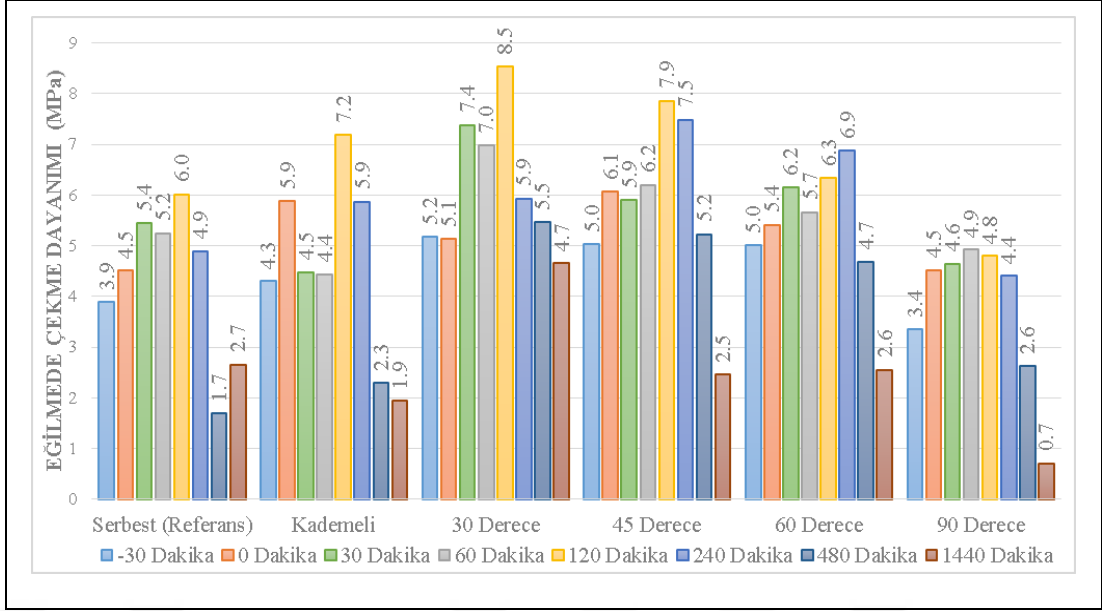
Şekil 4.7'deki çekip çıkarma deney sonuçları incelendiğinde, soğuk derz oluşumu sonucunda, soğuk derze neden olan ikinci dökümün süresinin artması ile numunelerin çekip çıkarma dayanımı sonuçlarında bir azalma olduğu açıkça görülmektedir. Referans beton ile karşılaştırıldığında priz bitiş süresinden 30 dakika öncesine kadar (-30 dakika) soğuk derz oluşumu ile çekip çıkarma deney sonuçlarının olumsuz olarak etkilenmediği ve priz bitişinden 6 saat (240 dakika) ve bir gün sonrasında (+1140 dakika) soğuk derz oluşumu sonucunda numunelerin çekip çıkarma deney verilerinde sırasıyla %48 ve %84 oranlarında azalma gözlenmiştir.

4.2.6. Dört Nokta Eğilme Deney Sonuçları

100x100x500 mm kiriş numunelerin 28 günlük eğilme çekme dayanımı TS EN 12390-5 standardına göre yapılmıştır (TS EN 12390-5, 2010). Çekmede eğilme dayanımı değerleri Çizelge 4.7 ve Şekil 4.8'de verilmiştir.

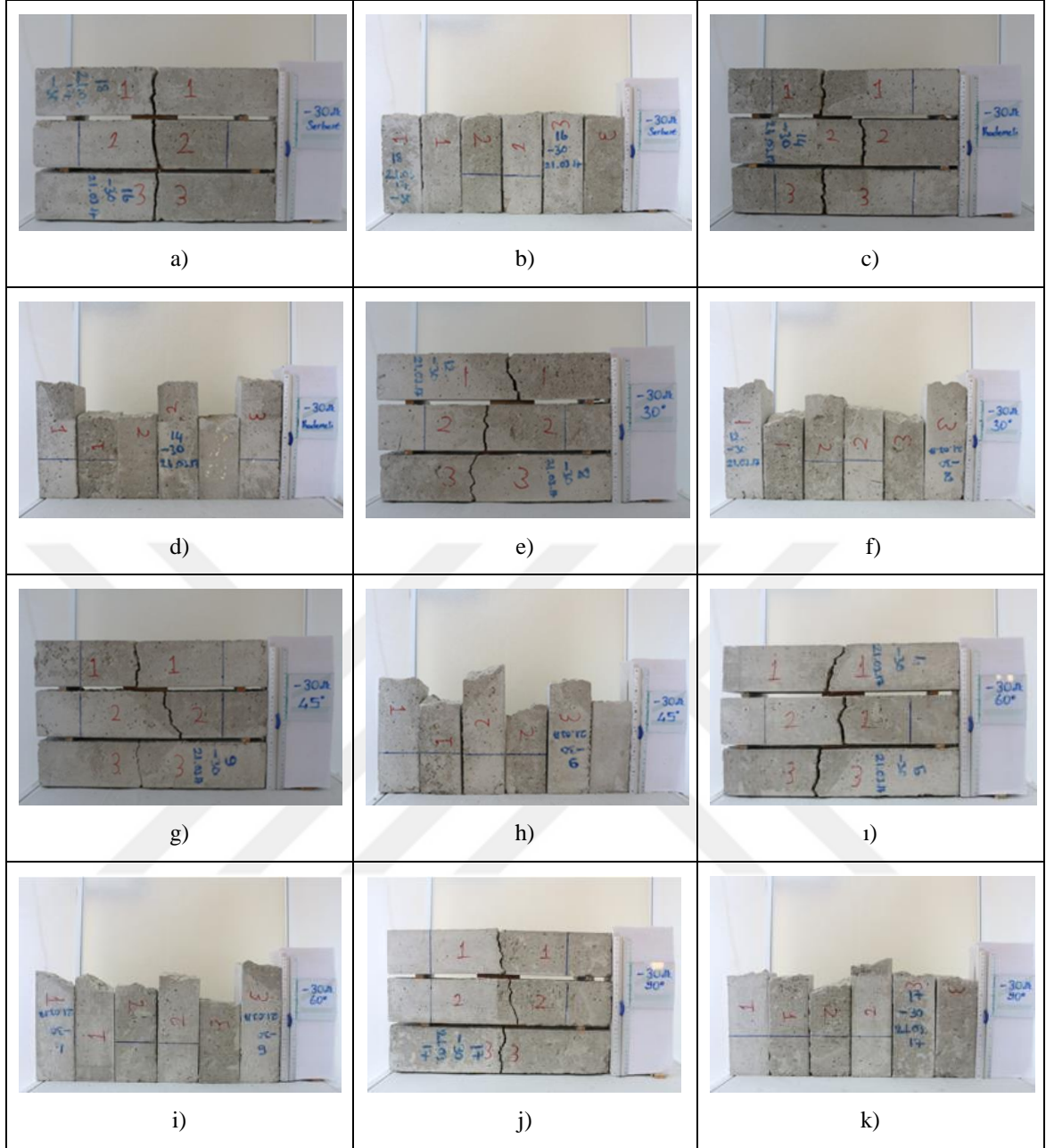
Çizelge 4.7. Eğilme çekme dayanımı deney sonuçları.

Soğuk Derz (Priz sonrası + ilave süre)	Soğuk derz birleşim geometrileri					
	Serbest (Referans)	Kademeli	30 Derece	45 Derece	60 Derece	90 Derece
-30 Dakika	3.9	4.3	5.2	5.0	5.0	3.4
0 Dakika	4.5	5.9	5.1	6.1	5.4	4.5
30 Dakika	5.4	4.5	7.4	5.9	6.2	4.6
60 Dakika	5.2	4.4	7.0	6.2	5.7	4.9
120 Dakika	6.0	7.2	8.5	7.9	6.3	4.8
240 Dakika	4.9	5.9	5.9	7.5	6.9	4.4
480 Dakika	1.7	2.3	5.5	5.2	4.7	2.6
1440 Dakika	2.7	1.9	4.7	2.5	2.6	0.7



Şekil 4.8. Eğilmede çekme dayanımı.

Şekil 4.8'deki eğilmede çekme dayanımı sonuçları incelendiğinde, soğuk derz oluşumunun en kritik olduğu düzlemin 90 derece derz düzleminde meydana geldiği görülmektedir. Basınç dayanımı deneylerine benzer şekilde priz bitiş sonrasında +120 dakikaya kadar soğuk derz oluşumunun numunelerin eğilmede çekme dayanımlarında olumsuz etkiye neden olmadığı, ancak bu süre sonunda soğuk derz oluşumuna müsaade etmenin eğilmede çekme dayanımını kademeli olarak düşürdüğü açıkça gözlenmektedir. Soğuk derz düzlem geometrisinden (düzlem açısı) bağımsız olarak en düşük eğilmede çekme dayanımı sonuçları +480 ve +1440 dakikalarda elde edilmiştir. Şekil 37'den açıkça görülmektedir ki, sahada soğuk derz oluşumu kaçınılmaz ise, derz düzleminin 30, 45 veya 60 dereceli açılarla oluşturulmasının soğuk derzin dayanıma olumsuz etkilerini minimuma indirmiştir. Eğilmede çekme dayanımı açısından en yüksek değerler 30 derece soğuk derz düzleminde elde edilmiştir. Soğuk derz düzleminin yüzey alanı azaldıkça (30 dereceden 90 dereceye yükselme durumu) numunelerin eğilmede çekme dayanımlarında düşüş gözlenmiştir. -30 ve +1440 dakikaya ait tüm birleşim geometrilerinin kırılma şekilleri Şekil 4.9 ve Şekil 4.10'da verilmiştir.



Şekil 4.9. -30 dakikaya ait tüm birleşim geometrilerinin kırılma şekilleri a) Serbest döküm b) Serbest döküm c) Kademeli döküm d) Kademeli döküm e) 30 Derece açılı f) 30 Derece açılı g) 45 Derece açılı h) 45 Derece açılı i) 60 Derece açılı i) 60 Derece açılı j) 90 Derece açılı k) 90 Derece açılı.



Şekil 4.10. +1440 dakikaya ait tüm birleşim geometrilerinin kırılma şekilleri a) Serbest döküm b) Serbest döküm c) Kademeli döküm d) Kademeli döküm e) 30 Derece açılı f) 30 Derece açılı g) 45 Derece açılı h) 45 Derece açılı i) 60 Derece açılı i) 60 Derece açılı j) 90 Derece açılı k) 90 Derece açılı.

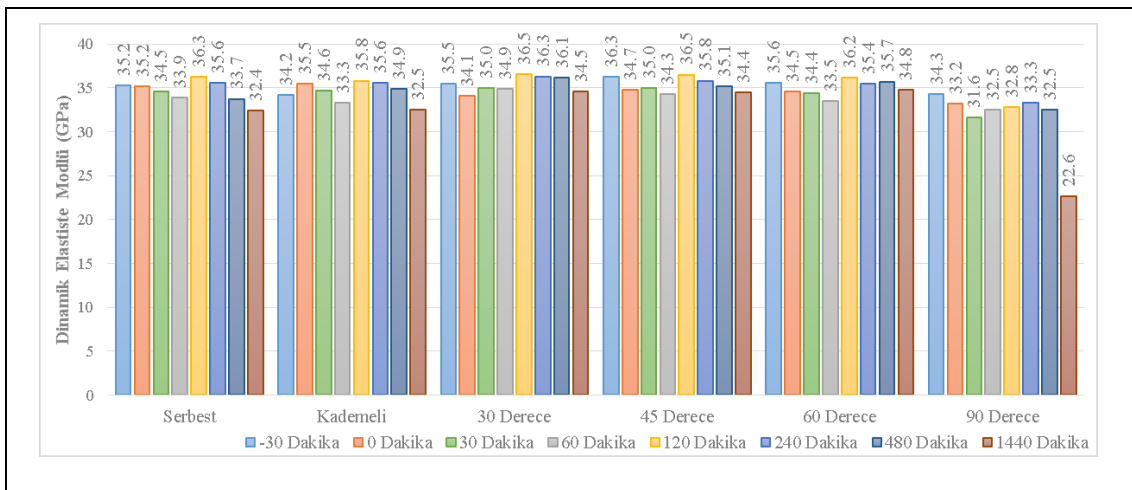
Şekil 4.9 incelendiğinde, kırılma yerinin kirişin tam ortasında olması beklenirken, kırılma yerinin soğuk derz için bırakılan birleşim geometrisinden farklı olarak kırıldığı görülmektedir. Kiriş numuneleri, betonun en zayıf kesitinden kırılmıştır. Şekil 4.10 incelediğinde ise, kiriş kırılma şekilleri soğuk derz için bırakılan geometride kırıldığı görülmüştür. Kısaca zaman arttıkça, soğuk derz etkisinin belirgin bir şekilde betonun eğilme dayanımını etkilediği kırılma şekillerinden de anlaşılmaktadır. Diğer serilere ait kırılma şekilleri Ekler bölümünde verilmiştir.

4.2.7. Rezonans Deney Sonuçları

10×10×50 cm boyutlarındaki kiriş numunelerinin boyuna dinamik elastisite modülleri ASTM C 215 standardına göre belirlenmiştir [28]. Dinamik elastisite deney sonuçları Çizelge 4.8 ve Şekil 4.11’de verilmiştir.

Çizelge 4.8. Boyuna dinamik elastisite modülü değerleri.

Soğuk Derz (Priz sonrası + ilave süre)	Boyuna Dinamik E (Gpa)					
	Serbest (referans)	Kademeli	30 Derece	45 Derece	60 Derece	90 Derece
-30 Dakika	35.2	34.2	35.5	36.3	35.6	34.3
0 Dakika	35.2	35.5	34.1	34.7	34.5	33.2
30 Dakika	34.5	34.6	35.0	35.0	34.4	31.6
60 Dakika	33.9	33.3	34.9	34.3	33.5	32.5
120 Dakika	36.3	35.8	36.5	36.5	36.2	32.8
240 Dakika	35.6	35.6	36.3	35.8	35.4	33.3
480 Dakika	33.7	34.9	36.1	35.1	35.7	32.5
1440 Dakika	32.4	32.5	34.5	34.4	34.8	22.6



Şekil 4.11. Boyuna dinamik elastisite modülü deney sonuçları.

Şekil 4.11 incelendiğinde, derz oluşum süresinin artması ile birlikte numunelerin dinamik elastisite modülü değerleri de azalmıştır. Bu durum, basınç ve eğilmede çekme dayanımı değerleri ile benzerlik göstermektedir. Şekil 4.11'e göre en yüksek dinamik elastisite modülü değerleri priz bitiş süresinden +120 dakikaya kadarki aralıkta meydana gelmiştir. En düşük dinamik elastisite modülü değerleri ise +1440 dakika sonunda oluşturulan soğuk derz yüzeylerinden elde edilmiştir. Soğuk derz bitim geometrisinin yüzey açısı dikleştikçe dinamik elastisite modülü değerlerinde de düşüş gözlenmiştir.



5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Soğuk derz oluşumunda etkili parametrelerden olan farklı döküm zamanı, benzer dayanım sınıflarında beton kullanımı ve birleşim noktası geometrisinin etkisini değerlendirmek için yapılan bu çalışmadan elde edilen veriler değerlendirilmiş ve aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

Farklı sürelerde soğuk derz oluşumuna müsaade edecek şekilde dökülen numunelerin yoğunluk değerlerinde kayda değer bir değişim olmadığı gözlenmiştir.

Priz bitiş süresinden yarım saat önceden başlayarak bir saat süresince (-30 dakika, 0 dakika ve +30 dakika) ikinci bir tabaka olarak döküm yapılması betonun nihai dayanımında olumsuz bir etki oluşturmamaktadır. Ancak priz bitiş süresinden +60 dakika sonradan başlayarak, priz bitiş süresinin sonrasındaki +240 dakika aralığında döküm yapılması ile oluşacak soğuk derzin betonun nihai dayanımını azalttığı görülmektedir. +480 dakika ve sonrasında ise bir döküm yapılması ardından soğuk derz oluşumu betonun nihai dayanımında az bir düşüş gözlenmektedir. Bu durum, sahada soğuk derz oluşumunun kaçınılmaz olduğu durumlarda ikinci döküm için priz bitişinden itibaren +60 ile +240 dakikaya kadar döküm yapmanın uygun olmadığını göstermektedir.

Yarmada çekme dayanımı sonuçları incelendiğinde, soğuk derz düzlemi ile aynı yönde yükleme yapılması durumunda numunelerin dayanım değerlerinde kayda değer bir düşüş gözlenmektedir. Yükleme doğrultusunun soğuk derz düzlemine dik olduğu yükleme durumunda ise, döküm süresine bağlı olarak kademeli bir azalma gözlenmektedir.

Priz bitiş süresinden başlayarak döküm süresinin uzaması ile numunelerin doğrudan çekme dayanımı değerleri azaldığı görülmüştür.

Referans beton ile karşılaştırıldığında priz bitiş süresinden 30 dakika öncesine kadar (-30 dakika) soğuk derz oluşumu ile çekip çıkarma deney sonuçlarının olumsuz olarak etkilenmediği ve priz bitişinden 6 saat (240 dakika) ve bir gün sonrasında (+1140 dakika) soğuk derz oluşumu sonucunda numunelerin çekip çıkarma deney verilerinde sırasıyla %48 ve %84 oranlarında azalma gözlenmiştir.

Eğilmede çekme dayanımı sonuçları incelendiğinde, soğuk derz oluşumunun en kritik olduğu düzlemin 90 derece derz düzleminde meydana geldiği görülmektedir.

Sahada soğuk derz oluşumu kaçınılmaz ise, derz düzleminin 30, 45 veya 60 dereceli açılarla oluşturulmasının soğuk derzin dayanıma olumsuz etkilerini minimuma indirmiştir.

Eğilmede çekme dayanımı açısından en yüksek değerler 30 derece soğuk derz düzleminde elde edilmiştir.

Derz oluşum süresinin artması ile birlikte numunelerin dinamik elastisite modülü değerleri de azalmıştır. Soğuk derz bitim geometrisinin yüzey açısı dikleştikçe dinamik elastisite modülü değerlerinde de düşüş gözlenmiştir.

Sonuç olarak beton döküm sırasında gecikmeler olduğu takdirde soğuk derz oluşmaması, priz süresinin sona ermesinden itibaren ikinci tabaka en geç 2 saate kadar dökülmeli ve olumlu sonuçlar için alttaki tabaka 30° açıda bırakılmalıdır.

6. KAYNAKLAR

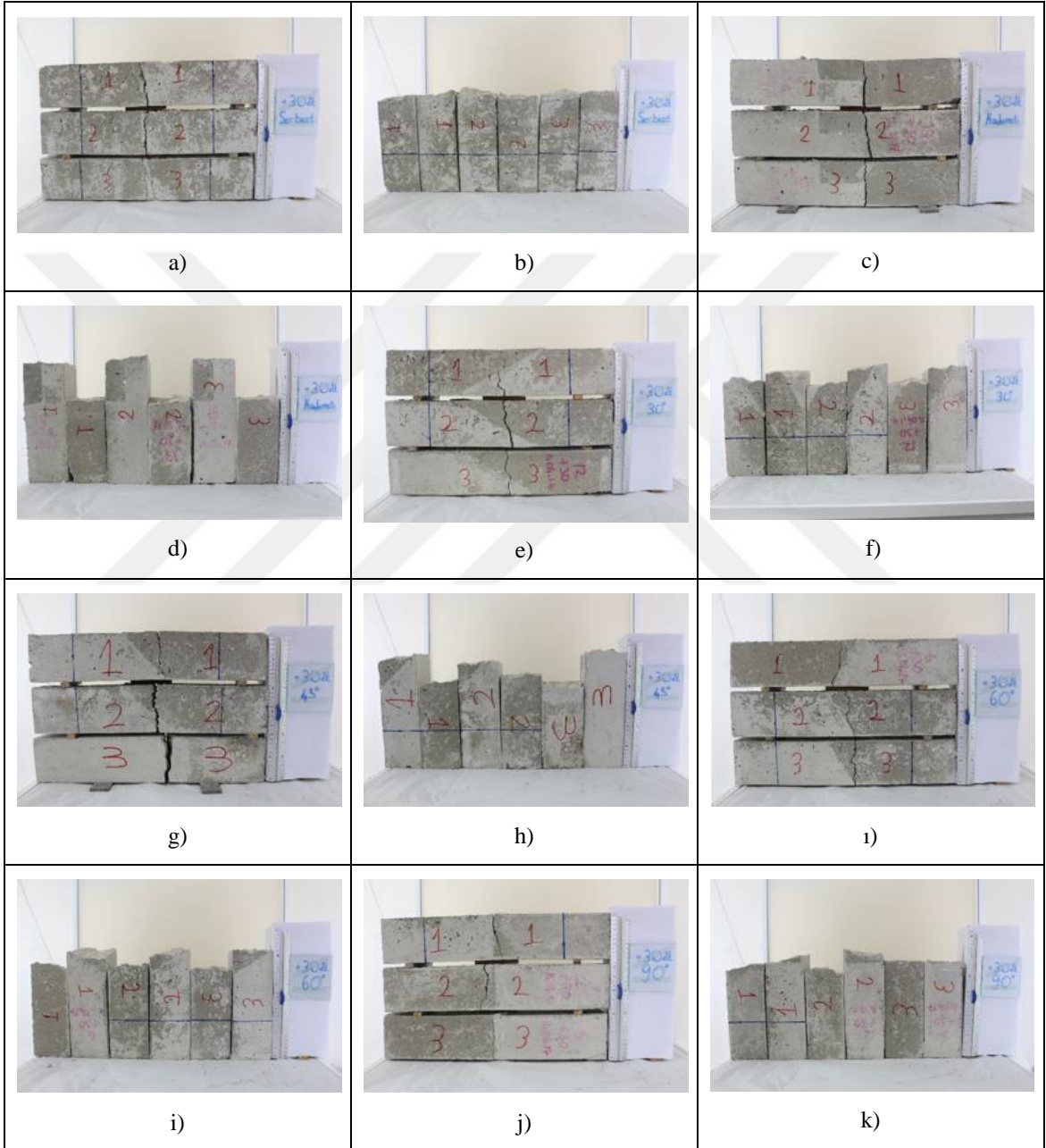
- [1] A. E. A. ve H. T. Örmecioğlu, “Brüt beton yapıların kullanım ömrü ve onarım teknikleri”, *Mimarlık*, sayı 366, ss. 62–67, 2012.
- [2] A. Ünsal ve H. Şen. (2019, 20 Ocak). *Beton ve beton malzemeleri laboratuvar deneyleri*. Karayolları Genel Müdürlüğü. [Online] Erişim: <http://www.kgm.gov.tr/SiteCollectionDocuments/KGMdocuments/Baskanliklar/BaskanliklarTeknikArastirma/YeniKlasor/Yayimlar/BetonLab.Kitap16.10.2008.pdf>
- [3] O. Şimşek, *Beton ve Beton teknolojisi*, 4. baskı, Ankara, Türkiye: Seçkin Yayıncılık, 2012.
- [4] Y. Engin. (2019, 20 Ocak). *Betonda Görülebilecek Problemler*. [Online] Erişim: <http://www.betonvecimento.com/beton-2/betonda-gorulebilecek-problemler>.
- [5] L. Corporation. (2019, 20 Ocak). *Surface treatment agent for horizontal construction joint*. [Online] Erişim: https://www.lionspecialtychem.co.jp/en/product/civilengineering/joint_ace01.htm
- [6] N. Temel. (2019, 20 Ocak). *Soğuk derzler*. [Online] Erişim: <http://www.temelkimya.com/Default.asp?K=0&K1>.
- [7] T. Baştan, “Soğuk derz beton”, *İMO İzmir Şubesi Bülteni*, sayı 151, ss. 41–42, 2010.
- [8] Tekno Yapı Kimyasalları. (2019, 20 Ocak). *Teknopoliderz 2K-derz dolgu*. [Online] Erişim: <https://www.teknoyapi.com.tr/tr/urunler/derz-dolgu-urunleri/teknopoliderz-2k-derz-dolgu>.
- [9] J. S. Volz. (2019, 20 Ocak). *Are they pour lines or cold joints?*. [Online] Erişim: http://www.concreteconstruction.net/_view-object?id=00000153-8bba-dbf3-a177-9fbbd3840000SRC.
- [10] E. Ohdaira ve N. Masuzawa, “Presuming the strength of concrete cold joint by ultrasound,” Musashi Institute of Technology, Tokyo, Japan, 2011.
- [11] K. Mita et al. (2019, 20 Ocak). *Significance of visual test and hammering test to*

- manage concrete structure durability*. [Online] Erişim: <https://ssms.jp/wp-content/uploads/PDF/vol4-issue1/WRM/KatsuyaMita.pdf>.
- [12] A. Özdemir. (2019, 20 Ocak). *Soğuk derz*. [Online] Erişim: <https://www.aykutozdemir.com.tr/insaat/soguk-derz.html>.
- [13] V. R. Rathi ve P. K. Kolase, “Effect of cold joint on strength of concrete”, I ss. 4671–4679, 2013.
- [14] Devlet Su İşleri. (2019, 20 Ocak). *Silindirle sıkıştırılmış beton inşaat teknik şartnamesi*. [Online] Erişim: <http://www.google.com.tr/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwiCkrKq49HXAhVNZFAKHWTkD9kQFggrMA&url=http%3A%2F%2Fwww.dsi.gov.tr%2Fdocs%2Fprojeteknik%25C5%259Fartnameler%2Fsilindirles%25C4%25B1k%25C4%25B1%25C5%259Ft%25C4%25B1r%25C4%25B1lm>.
- [15] N. Kadyrov, “Soğuk derzin betonun mekanik özelliklerine etkisinin araştırılması”, İnşaat Mühendisliği, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye, 2015.
- [16] N. Kadyrov ve S. Yazıcıoğlu, “Searching about the effects of cold joints on direct tensile strength”, İnşaat Mühendisliği, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye, 2015.
- [17] N. Kadyrov ve S. Yazıcıoğlu, “Research of cold joint effects on the direct tensile and flexural strength of the concrete”, *Journal Poliytechnic*, c. 19, sayı 3, ss. 203–210, 2016.
- [18] B. Roy & A. I. Laskar, “Cyclic behavior of in-situ exterior beam-column subassemblies with cold joint in column”, *Engineer Structer.*, c. 132, ss. 822–833, 2017.
- [19] Sika. (2019, 20 Ocak). *Ürün bilgi föyü sikadur 31*. [Online] Erişim: <https://tur.sika.com/dms/getdocument.get/4f6a240e-a177-3b35-8d8d-e36955c9a06d/Sikadur 31 TR 20100308 Rev02.pdf>.
- [20] *Çökme deneyi*, Türk Standartları Enstitüsü, TS EN 12350-2, 2010.
- [21] *Betonda priz süresinin penetrasyon direncinin ölçülmesi yöntemiyle tayini*, Türk Standartları Enstitüsü, TS 2987, 2011.

- [22] *Sertleştirilmiş beton yoğunluğunun tayini*, Türk Standartları Enstitüsü TS EN 12390-7, 2010.
- [23] *Deney numunelerinde basınç dayanımının tayini*, Türk Standartları Enstitüsü TS EN 12390-3, 2010.
- [24] *Deney numunelerinin yarmada çekme dayanımının tayini*, Türk Standartları Enstitüsü TS EN 12390-6, 2010.
- [25] F. Çivici ve İ. Eren, “Çelik lifli betonun direkt çekme dayanımın ölçülmesi üzerine deneysel bir çalışma”, *Türkiye Mühendislik Haberleri*, c. 6, sayı 434, ss. 49–53, 2004.
- [26] *Standart test method for tensile strength of concrete surfaces and the bond strength or tensile strength of concrete repair and overlay materials by direct tension*, ASTM International ASTM C1583, 2013.
- [27] *Deney numunelerinin eğilme dayanımının tayini*, Türk Standartları Enstitüsü TS EN 12390-5, 2010.
- [28] *Standart test method for fundamental transverse, longitudinal and torsional resonant frequencies of concrete specimens*, ASTM International ASTM C215, 2014.
- [29] James Instruments Inc., “Longitudinal Resonance Frequency Setup”, Chicago, USA, 2013.
- [30] *Beton-Özellik, performans, imalat ve uygunluk*, Türk Standartları Enstitüsü TS EN 206, 2014.

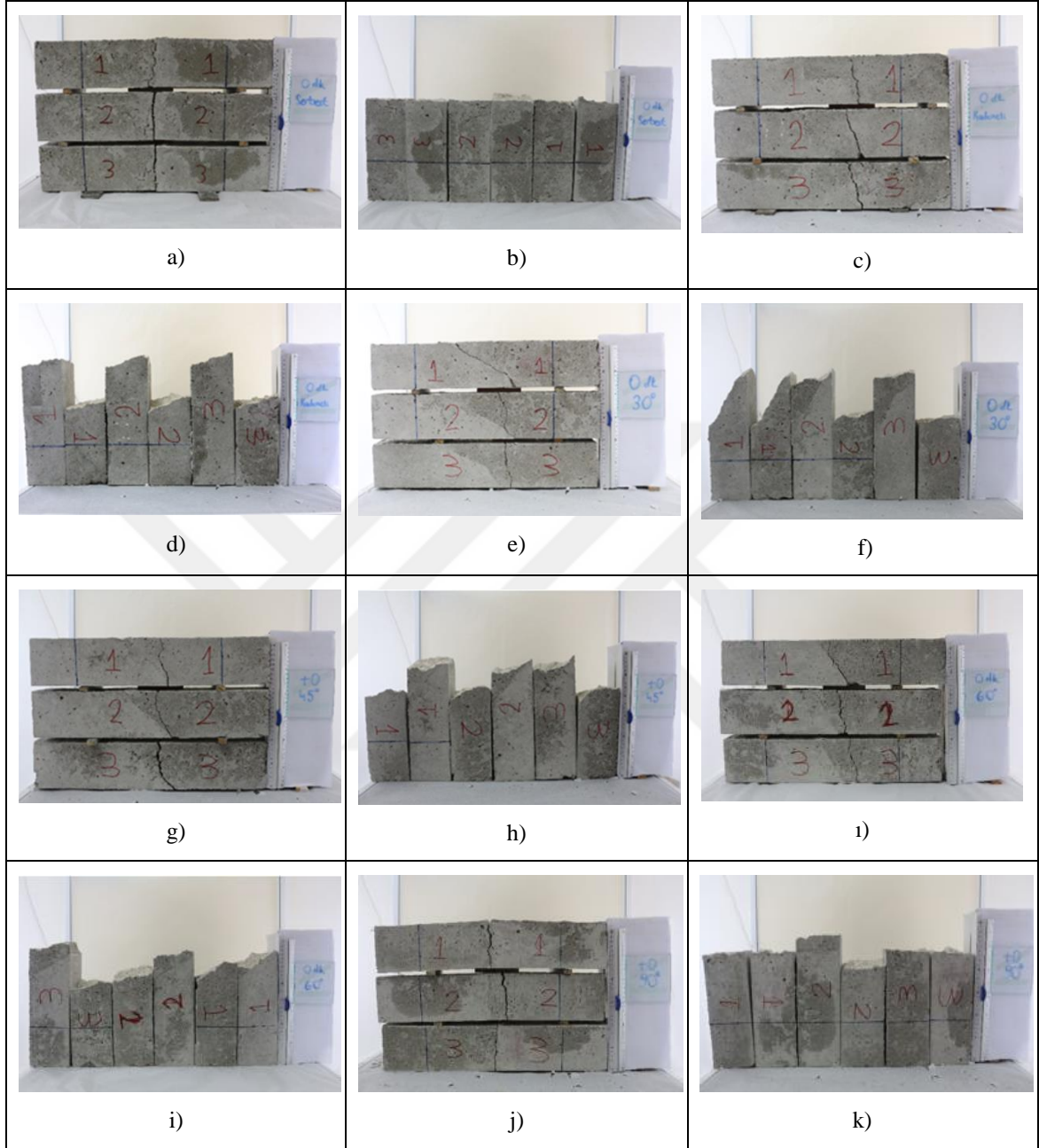
7. EKLER

7.1. EK 1: BİRLEŞİM GEOMETRİLERİNİN KIRILMA ŞEKİLLERİ (+30 DK)



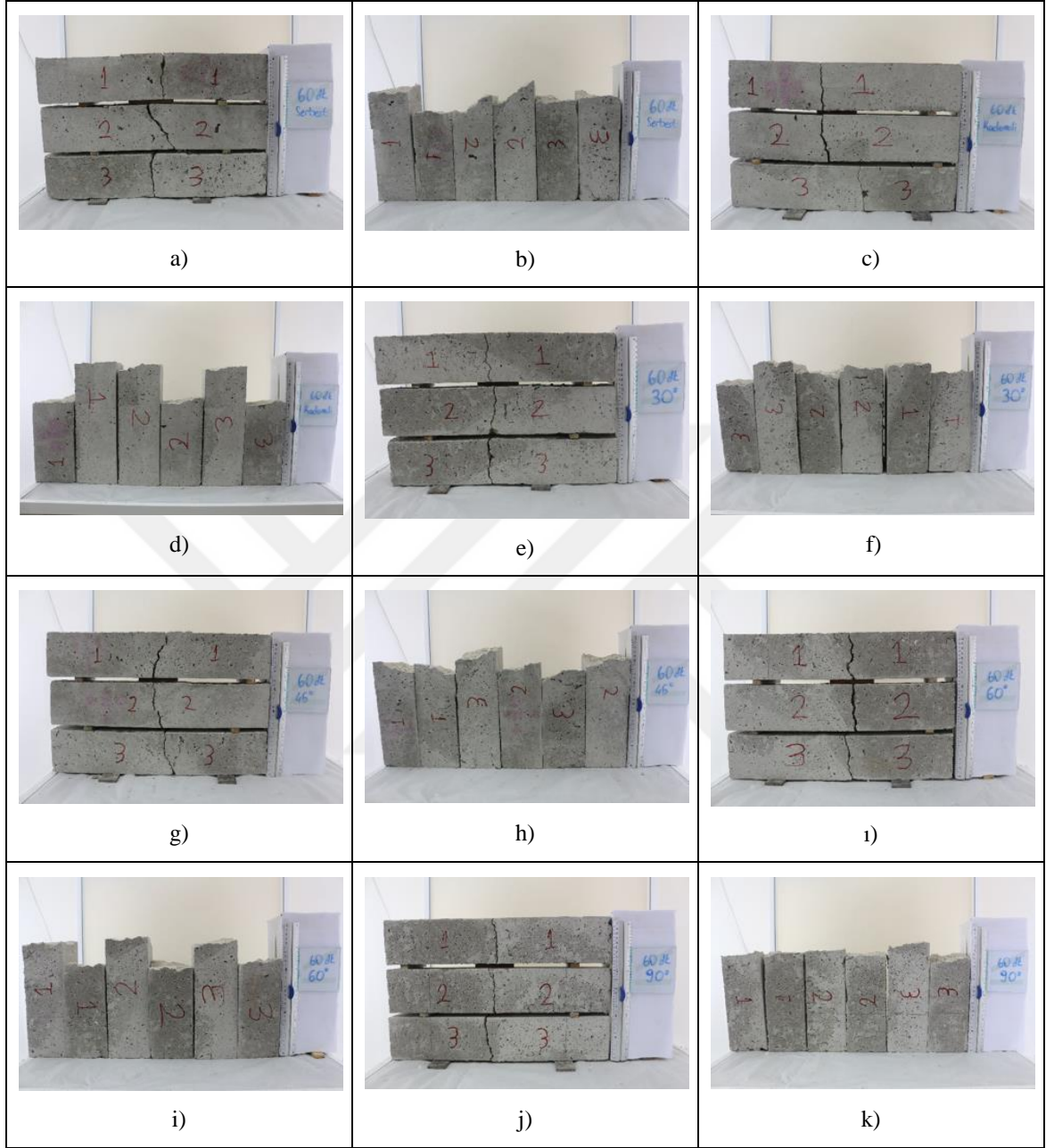
Şekil 7.1. +30 dakikaya ait tüm birleşim geometrilerinin kırılma şekilleri a) Serbest döküm b) Serbest döküm c) Kademeli döküm d) Kademeli döküm e) 30 Derece açılı f) 30 Derece açılı g) 45 Derece açılı h) 45 Derece açılı i) 60 Derece açılı j) 60 Derece açılı k) 90 Derece açılı.

7.2. EK 2: BİRLEŞİM GEOMETRİLERİNİN KIRILMA ŞEKİLLERİ (0 DK)



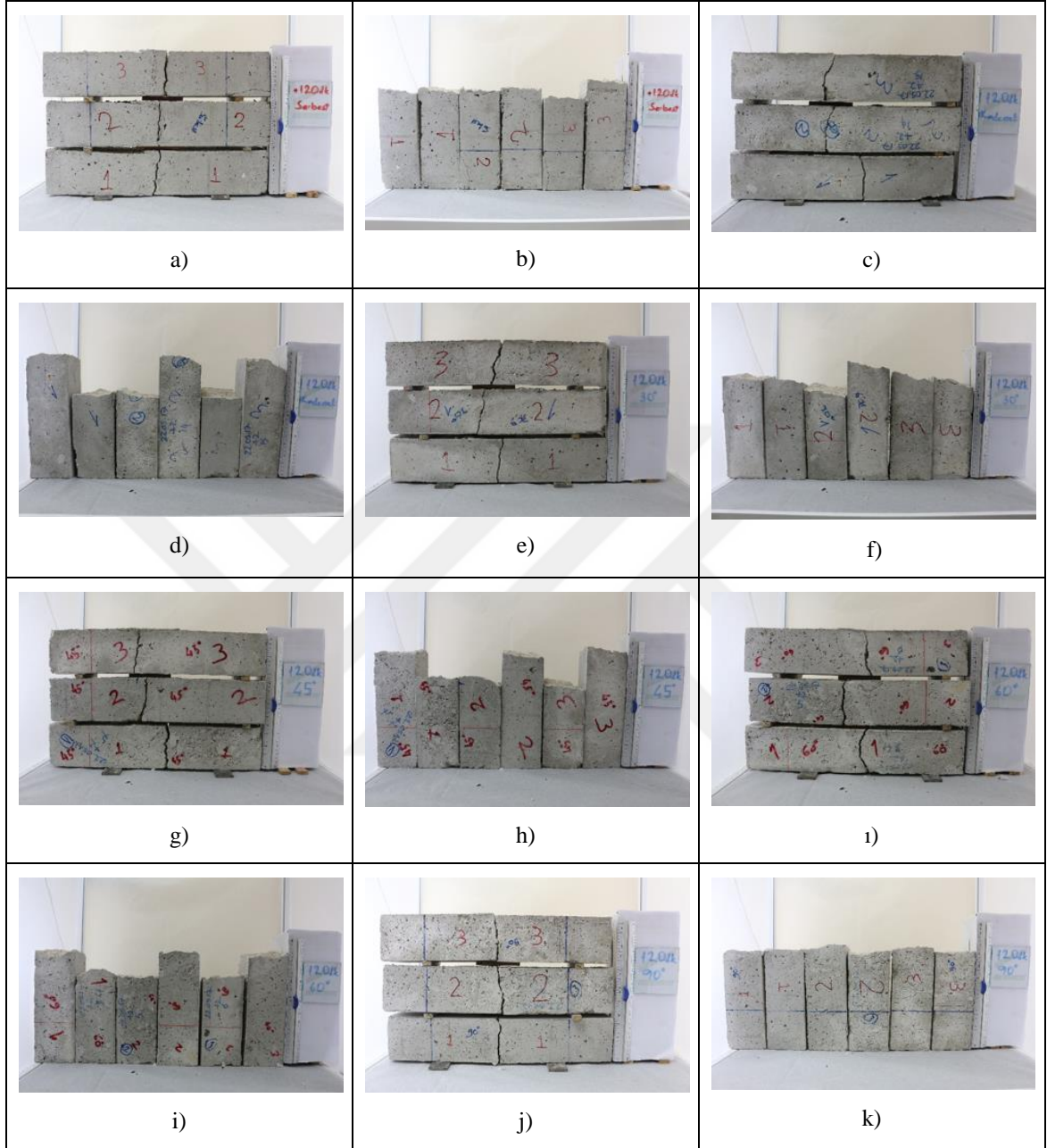
Şekil 7.2. 0 dakikaya ait tüm birleşim geometrilerinin kırılma şekilleri a) Serbest döküm b) Serbest döküm c) Kademeli döküm d) Kademeli döküm e) 30 Derece açılı f) 30 Derece açılı g) 45 Derece açılı h) 45 Derece açılı i) 60 Derece açılı i) 60 Derece açılı j) 90 Derece açılı k) 90 Derece açılı.

7.3. EK 3: BİRLEŞİM GEOMETRİLERİNİN KIRILMA ŞEKİLLERİ (+60 DK)



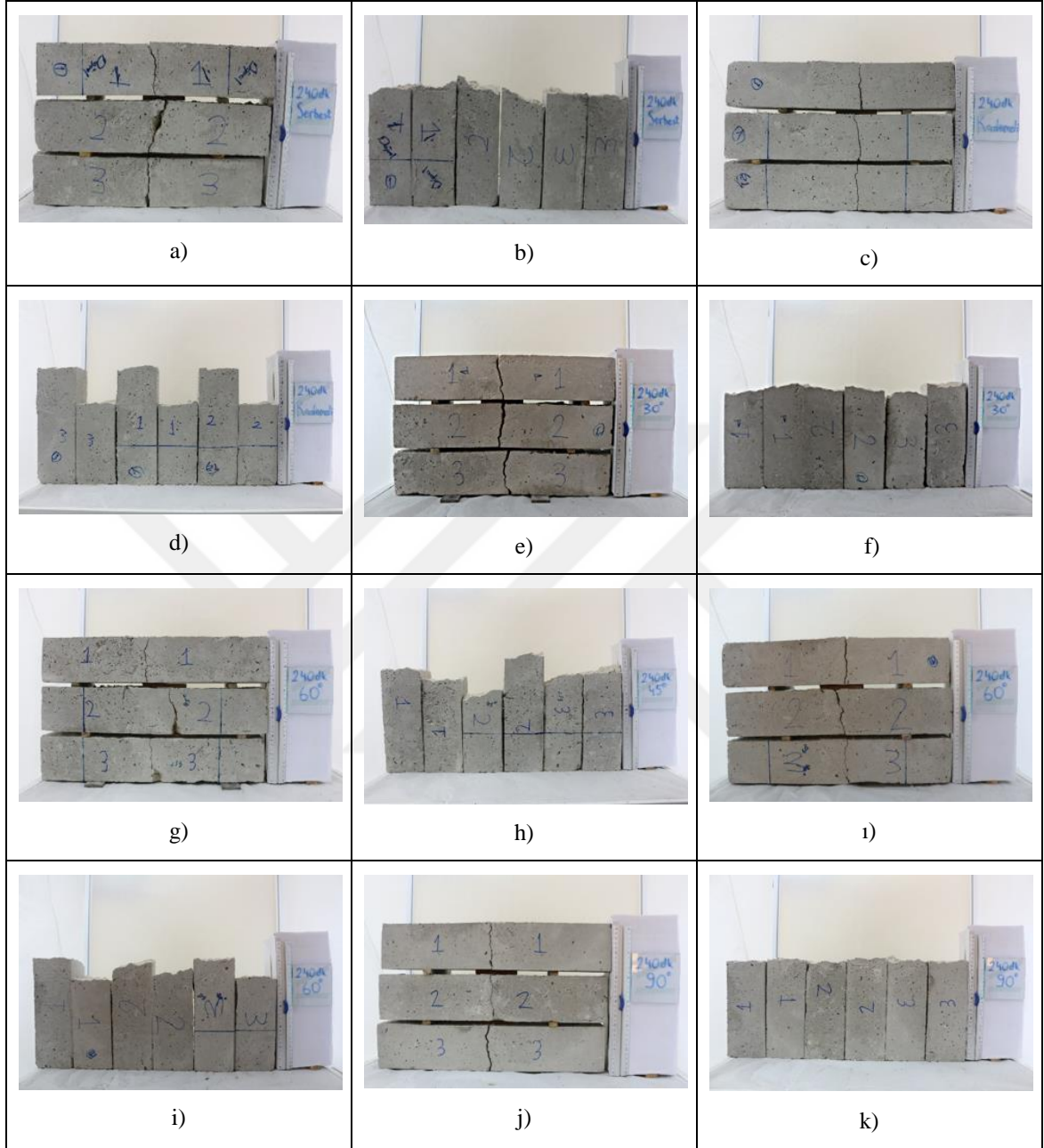
Şekil 7.3. +60 dakikaya ait tüm birleşim geometrilerinin kırılma şekilleri a) Serbest döküm b) Serbest döküm c) Kademeli döküm d) Kademeli döküm e) 30 Derece açılı f) 30 Derece açılı g) 45 Derece açılı h) 45 Derece açılı i) 60 Derece açılı j) 60 Derece açılı k) 90 Derece açılı l) 90 Derece açılı.

7.4. EK 4: BİRLEŞİM GEOMETRİLERİNİN KIRILMA ŞEKİLLERİ (+120 DK)



Şekil 7.4. +120 dakikaya ait tüm birleşim geometrilerinin kırılma şekilleri a) Serbest döküm b) Serbest döküm c) Kademeli döküm d) Kademeli döküm e) 30 Derece açılı f) 30 Derece açılı g) 45 Derece açılı h) 45 Derece açılı i) 60 Derece açılı j) 60 Derece açılı k) 90 Derece açılı.

7.5. EK 5: BİRLEŞİM GEOMETRİLERİNİN KIRILMA ŞEKİLLERİ (+240 DK)



Şekil 7.5. +240 dakikaya ait tüm birleşim geometrilerinin kırılma şekilleri a) Serbest döküm b) Serbest döküm c) Kademeli döküm d) Kademeli döküm e) 30 Derece açılı f) 30 Derece açılı g) 45 Derece açılı h) 45 Derece açılı i) 60 Derece açılı j) 60 Derece açılı k) 90 Derece açılı.

7.6. EK 6: BİRLEŞİM GEOMETRİLERİNİN KIRILMA ŞEKİLLERİ (+480 DK)



Şekil 7.6. +480 dakikaya ait tüm birleşim geometrilerinin kırılma şekilleri a) Serbest döküm b) Serbest döküm c) Kademeli döküm d) Kademeli döküm e) 30 Derece açılı f) 30 Derece açılı g) 45 Derece açılı h) 45 Derece açılı i) 60 Derece açılı j) 60 Derece açılı k) 90 Derece açılı.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Özkan ÖLMEZ
Doğum Tarihi ve Yeri : 20/04/1989 Diyarbakır
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : tunerozkan@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Y.Lisans	İnşaat Mühendisliği	Düzce Üniversitesi	2019
Lisans	Yapı Öğretmenliği	Düzce Üniversitesi	2014
Lise	Bilgisayar Yazılım	Burhanettin Yıldız Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi	2007