

**BAYBURT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**SÖNMÜŞ KİREÇ VE ÇİMENTO HARÇLARININ MEKANİK
ÖZELLİKLERİNİN TOZ HALİNE GETİRİLMİŞ
BAYBURT TAŞLARI VE ZEOLİT İLE İYİLEŞTİRİLMESİ**

Yavuz Selim HATİPOĞLU

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BAYBURT

2014

Her hakkı saklıdır



T.C.
BAYBURT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



TEZ ONAY FORMU

Danışman Prof.Dr. Yusuf Cengiz TOKLU ve yardımcı danışman Yrd.Doç.Dr. Ceren İnce danışmanlığında , Yavuz Selim HATİPOĞLU tarafından hazırlanan bu çalışma 16/05/2014 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından. İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Nesrin YARDIMCI TİRYAKİOĞLU

İmza :

Üye : Prof.Dr. Yusuf Cengiz TOKLU

İmza :

Üye : Prof.Dr. Fahri Uluç ÖZBAYOĞLU

İmza :

Üye : Doç. Dr. Mehmet Murat MONKUL

İmza :

Üye : Yrd. Doc. Dr. Ceren İNCE

İmza :

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof.Dr. Fahri Uluç ÖZBAYOĞLU

Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

SÖNMÜŞ KİREÇ VE ÇİMENTO HARÇLARININ MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN TOZ HALİNE GETİRİLMİŞ BAYBURT TAŞLARI VE ZEOLİT İLE İYİLEŞTİRİLMESİ

Yavuz Selim HATİPOĞLU

Bayburt Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Yusuf Cengiz TOKLU
Yardımcı Danışman: Yrd. Doç. Dr. Ceren İNCE

Bu tez çalışması yığma yapılarda kullanılan kireç ve çimento harçlarının daha sağlıklı ve doğru şekilde kullanılabilmesi için kireç ve çimento harçlarının taze ve sertleşmiş özelliklerinin zeolit ve toz haline getirilmiş Bayburt taşlarıyla manipüle edilebilirliği üzerine yapılmış bir çalışmadır. Çalışma kapsamında yığma yapılarıdaki kireç ve çimento harçlarından kaynaklanan bazı hasarlar ve yapım anında veya sonrasında çimento ve kireç harçlarının bazı dezavantajları ortaya konduktan sonra zeolit ve toz haline getirilmiş Bayburt taşlarıyla harçları manipüle ederek ortaya konan sorunların çözümü aranmıştır. Çalışmada Manisa/Gördes'ten elde edilmiş zeolit ve Bayburt ilinden temin edilen Bayburt Sarı, Bayburt Beyaz, Bayburt Yeşil taşları kullanılmıştır. Bayburt taşlarının puzolanik özellik gösterebilmesi ve zeolit ürünü ile kıyaslanabilmesi için benzer granülometri eğrileri elde edilmiştir.

Deney için karışım tasarımı standartlara bağlı kalarak oluşturulmuş ve her ikame malzemesi için %2,5, 5, %10, %20, %30, %40 ve %50 oranlarında katkının yapılması uygun bulunmuştur. Her yüzdelik katkı oranı için 6 küp ve üç kiriş numune dökülmüştür. Çimento harçları için 14. gün, 21. gün ve 28. günlerde kireç harçları için 28. gün, 56. gün ve 91. günlerde basınç ve eğilme dayanımı testi uygulanmıştır. Diğer deneyler harçlar taze halde iken uygulanmıştır.

Elde edilen sonuçlar incelendiğinde kireç ve çimento harçları özelliklerinin zeolit ve toz haline getirilmiş Bayburt taşları ile manipüle edilebilirliği ortaya çıkmıştır ve tezin başında ortaya konan problemlere ışık tutmuştur. Sonuçlara göre zeolite ve Bayburt taşları katkısı ile kirecin harcının basınç dayanımının %60 oranlarına kadar arttığı, su iletme kapasitesinin 4 kat arttığı, su iletme süresinin ise 4 kat azaldığı, priz süresinin %40'lara varan oranlarda iyileştirilebildiği ve kıvamın manipüle edilebilirliği görülmüştür. Zeolite ve Bayburt taşları katkıları ile çimento harcının kontrol numuneye göre basınç dayanımının %65'ler oranında azaldığı, prizlenme süresi ve kıvam değerlerinin ise zeolite ve Bayburt taşları ile manipüle edilebilirliği görülmüştür.

2014, 120 sayfa

Anahtar kelimeler: Sönmüş kireç harcı, çimento harcı, yığma yapılar, su iletme kapasitesi, zeolit, Bayburt taşları.

ABSTRACT

MS Thesis

IMPROVING THE MECHANICAL PROPERTIES OF HYDRATED LIME AND CEMENT MORTARS USING POWDERED BAYBURT STONES AND ZEOLITE

Yavuz Selim HATİPOĞLU

Bayburt University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Civil Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Yusuf Cengiz TOKLU
Co-supervisor: Asst.Prof.Dr. Ceren İNCE

This thesis is focusing on the manipulation of fresh and hardened state properties of hydrated lime and cement mortars using powdered Bayburt stones and zeolite for their more compatible and appropriate use in masonry construction. Damages that occur during and after the constructions using cement and hydrated lime mortars are defined and the disadvantages of the using these mortars are noted to investigate whether the required properties of these mortars could be manipulated to remedy the problematic applications of these mortars in masonry construction. In this study, zeolite that obtained from Manisa/ Gördes and Bayburt Yellow, Bayburt White, Bayburt Green stones obtained from Bayburt are used. In order to increase the pozzolanic properties and to be comparable to zeolite, similar particle size distribution for Bayburt stones are obtained to zeolite.

Mix design calculations for the experiments were carried out based on the standards the % of 2,5, 5, 10, 20, 30, 40 and 50 replacement levels for both binders found to be suitable. For each replacement level, 6 cube and 3 beam samples were cast. Compressive and flexural strength measurements were done at 14th, 21th and 28th days for cement and at 28th, 56th and 91th days for hydrated lime mortars. All the other experiments were carried out at the fresh state of the mortars.

When the results are studied, it was found out that the properties of hydrated lime and cement mortars can be manipulated using powdered Bayburt stones and zeolite and have elucidated the problems stated at the beginning of this thesis. According to the experimental results, the replacement levels of both zeolite and Bayburt stones resulted in %60 increase in strength, 4 times higher increase in transfer sorptivity and therefore 4 times lower decrease in time to dewatering, %40 improvement in setting time and manipulation of consistency is observed. Compressive strength of cement mortars using zeolite and Bayburt stones is decreased by %65 compared to the control cement mortar and was also observed that setting time and consistency could be manipulated when zeolite and Bayburt stones are used.

2014, 120 pages

Key words: Hydrated lime mortar, cement mortar, masonry structures, transfer sorptivity, zeolite, Bayburt stones.

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam süresince tezimi yöneten ve çalışmalarımda ilgi ve teşviklerini esirgemeyen, danışman hocam Prof. Dr. Yusuf Cengiz TOKLU' ya ve çalışmam süresince desteklerini ve yardımlarını benden hiçbir zaman esirgemeyen yardımcı danışmanım Yrd. Doç. Dr. Ceren İNCE' ye en içten dileklerimle şükranlarımı sunarım.

Ayrıca beni bu günlere getiren ve her zaman manevi desteklerini esirgemeyen aileme, hamile olmasına rağmen desteğini esirgemeyen ve anlayışla karşılayan eşim Şerife HATİPOĞLU'na, çalışmalarım yüzünden ilgilenemediğim fakat beni anlayışla karşılayan kızım Melek Ebrar HATİPOĞLU'na ve tez yazımında yardımlarını esirgemeyen kız kardeşim Tuğba HATİPOĞLU'na en içten dileklerim ile teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET	I
ABSTRACT	II
TEŞEKKÜR	III
İÇİNDEKİLER	IV
ÇİZELGELER DİZİNİ	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ	IX
SİMGELER DİZİNİ	XI
1. GİRİŞ	1
1.1. PUZOLANLAR	6
1.1.1 Doğal Puzolanlar	6
1.1.2 Yapay puzolanlar	8
1.1.3 Puzolanik Aktivite	9
1.1.4 Kireç - Puzolan Tepkimesi	11
1.2 ZEOLİTLERİN TANIMI VE ÖNEMİ	12
1.2.1 Zeolitlerin Kullanım Alanları	16
1.2.1.1 Kirlilik Kontrolü	16
1.2.1.2 Enerji	16
1.2.1.3 Tarım ve Hayvancılık	16
1.2.1.4 Madencilik ve Metalürji	17
1.3 BAYBURT DOĞAL TAŞ MADENCİLİĞİ	17
1.3.1 Kireçtaşları	17
1.3.2 Travertenler	18
1.3.3 Magmatik Kayaçlar	18
1.3.4 Tüfler	18
1.4 KİRECİN OLUŞUMU VE ÖNEMİ	18
1.4.1 Türkiye’de Kireççilik	19
1.4.2 Kirecin Kullanıldığı Alanlar	20
1.5 SÖNMÜŞ KİREÇ HARCI	24
1.5.1 Sönmüş Kireç Üretimi	25
1.5.2 Sönmüş Kirecin Özellikleri	27
1.6 TARİHİ HORASAN HARCI VE SIVALARI	28
1.7 KİREÇ HARÇLARININ SU TUTMA ÖZELLİKLERİ	29

1.7.1	Kireç Harçlarının Su Tutma Özelliklerinin Teorik Esasları.....	31
2	KAYNAK ÖZETLERİ	33
3	MATERYAL VE YÖNTEM	41
3.1	MATERYAL.....	41
3.1.1	Zeolit	41
3.1.2	Toz Haline Getirilmiş Bayburt Taşları.....	43
3.1.2.1	Bayburt Sarı Taşı.....	45
3.1.2.2	Bayburt Beyaz Taş	45
3.1.2.3	Bayburt Yeşil Taşı.....	46
3.1.3	Sönmüş Kireç (CL 90)	47
3.1.4	Portland Çimentosu	48
3.1.5	Kum ve Su	49
3.2	YÖNTEM.....	50
3.2.1	Harcın Üretilmesi	52
3.2.2	Vikat Deneyinin Yapılışı.....	54
3.2.3	Priz Başlangıcı Süresinin Tespiti	55
3.2.4	Priz Sonu Süresinin Tespiti	55
3.2.5	Yayılma Tablası Deneyi.....	55
3.2.6	Yoğunluk Tayini Deneyi	57
3.2.7	Su İletme Kapasitesi ve Süresi Deneylerinin Yapılışı ve Malzeme Tasarımı.....	58
3.2.7.1	Sorptivite	60
3.2.7.2	Su İletme Kapasitesi Ölçümü	60
3.2.8	Karışım Tasarımı ve Oranları.....	63
3.2.8.1	Çimento Harcındaki Karışım Oranları ve Miktarları	63
3.2.8.2	Sönmüş Kireç Harcındaki Karışım Oranları	64
3.2.8.3	Toz Haline Getirilmiş Bayburt Taşlarının Karışım Oranları	65
4	ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA	66
4.1	SÖNMÜŞ KİREÇ HARCININ BASINÇ DAYANIMI	66
4.2	SÖNMÜŞ KİREÇ HARCININ PRİZ SÜRELERİ	70
4.3	SÖNMÜŞ KİREÇ HARCININ KIVAM DEĞERLERİ	72
4.4	SÖNMÜŞ KİREÇ HARCININ SU İLETME KAPASİTESİ VE SÜRESİ.....	74
4.5	SÖNMÜŞ KİREÇ VE ÇİMENTO HARÇLARININ SU TUTMA KAPASİTELERİNDEKİ ANA FARKLILIKLAR	75
4.6	ÇİMENTO HARCININ BASINÇ DAYANIMI DEĞERLERİ.....	77
4.7	ÇİMENTO HARCININ PRİZ SÜRELERİ	81

4.8	ÇİMENTO HARCININ KIVAM DEĞERİ.....	83
4.9	SÖNMÜŞ KİREÇ HARCININ BASINÇ DAYANIMININ DEĞERLENDİRMESİ	85
4.10	SÖNMÜŞ KİREÇ HARCININ PRİZ SÜRELERİNİN DEĞERLENDİRMESİ	89
4.11	SÖNMÜŞ KİREÇ HARCININ KIVAM DEĞERLERİNİN DEĞERLENDİRMESİ	93
4.12	SÖNMÜŞ KİREÇ HARCININ SU İLETME SÜRESİ VE SU İLETME KAPASİTESİNİN DEĞERLENDİRMESİ	93
4.13	SÖNMÜŞ KİREÇ HARCİ DENEYLERİNİN TARTIŞILMASI	94
4.14	ÇİMENTO HARCININ BASINÇ DAYANIMININ DEĞERLENDİRMESİ.....	98
4.15	ÇİMENTO HARCININ PRİZ SÜRELERİ DEĞERLENDİRMESİ.....	101
4.16	ÇİMENTO HARCININ KIVAM DEĞERLENDİRMESİ.....	104
4.17	ÇİMENTO HARÇLARI DENEYLERİNİN TARTIŞILMASI.....	105
5.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER	108
	KAYNAKÇA.....	114
	EKLE	121
	ÖZGEÇMİŞ	126

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1-1 Doğal puzolanların sınıflandırılması	7
Çizelge 1-2 Bazı Doğal Puzolanlardaki Oksitlerin Miktarı (%)	8
Çizelge 1-3 Doğal Puzolanların Çimentoda Katkı Maddesi Olarak Kullanılabilmesi İçin Standard Limit Değerleri	8
Çizelge 1-4 Kirecin Maden Alanında Kullanımı ve Türkiye’deki Durumu.	20
Çizelge 1-5 Kirecin İnşaat Alanında Kullanımı ve Türkiye’deki Durumu	20
Çizelge 1-6 Kirecin Kimya Alanında Kullanımı ve Türkiye’deki Durumu.	21
Çizelge 1-7 Kirecin Çevre Alanında Kullanımı ve Türkiye’deki Durumu.....	22
Çizelge 1-8 Kirecin Seramik, Tarım, Gıda ve Metal Alanlarında Kullanımı ve Türkiye’deki Durumu.....	23
Çizelge 3-1 Zeolit Ve Bayburt Taşların Kimyasal Özellikleri.....	41
Çizelge 3-2 Zeolit Ürün Bilgisi.....	43
Çizelge 3-3 Bayburt Sarı Taş Özellikleri	45
Çizelge 3-4 Bayburt Beyaz Taş Özellikleri	46
Çizelge 3-5 Bayburt Yeşil Taş Özellikleri	47
Çizelge 3-6 Sönmüş Kireç Özellikleri	47
Çizelge 3-7 Cem-I 42,5 R Portland Çimentosu Özellikleri	48
Çizelge 3-8 Kum Karışımı Tasarımı	49
Çizelge 3-9 Örnek Çimento Kontrolü İçin Karışım Miktarları.....	63
Çizelge 3-10 Örnek: Çimento + %30 Zeolit İçin Karışım Miktarları.....	64
Çizelge 3-11 Örnek: Sönmüş Kireç Kontrolü İçin Karışım Miktarları.....	64
Çizelge 3-12 Örnek: Sönmüş Kireç + %30 Zeolit İçin Karışım Miktarları	64
Çizelge 3-13 Çalışmalar Sonucu Bayburt Taşlarının Granülometrisi.....	65
Çizelge 3-14 %2,5 Bayburt Sarı Taş Katkılı Harç İçin Gerekli Olan Miktarlar.....	65
Çizelge 4-1 Zeolit Katkılı Sönmüş Kireç Harcı Basınç Dayanımı Değerleri	67
Çizelge 4-2 Bayburt Yeşil Taş Katkılı Sönmüş Kireç Harcı Basınç Dayanım Değeri... 68	
Çizelge 4-3 Bayburt Beyaz Taş Katkılı Sönmüş Kireç Harcı Basınç Dayanım Değeri .68	
Çizelge 4-4 Bayburt Sarı Taş Katkılı Sönmüş Kireç Harcı Basınç Dayanım Değeri	68
Çizelge 4-5 Zeolit Katkılı Sönmüş Kireç Harcı Eğilme Dayanım Değeri.....	69
Çizelge 4-6 Bayburt Yeşil Taş Katkılı Sönmüş Kireç Harcı Eğilme Dayanım Değeri ..69	
Çizelge 4-7 Bayburt Beyaz Taş Katkılı Sönmüş Kireç Harcı Eğilme Dayanım Değeri..69	
Çizelge 4-8 Bayburt Sarı Taş Katkılı Sönmüş Kireç Harcı Eğilme Dayanım Değeri ...70	
Çizelge 4-9 Zeolit Katkılı Sönmüş Kireç Harcının Priz Süreleri.....	71
Çizelge 4-10 Bayburt Yeşil Taş Katkılı Sönmüş Kireç Harcının Priz Süreleri	71
Çizelge 4-11 Bayburt Beyaz Taş Katkılı Sönmüş Kireç Harcının Priz Süreleri	71
Çizelge 4-12 Bayburt Sarı Taş Katkılı Sönmüş Kireç Harcının Priz Süreleri	72
Çizelge 4-13 Zeolit Katkılı Kireç Harçlarının Yayılma Değerleri.....	73
Çizelge 4-14 Bayburt Taş Katkılı Kireç Harçlarının Yayılma Değerleri	73
Çizelge 4-15 Bayburt Sarı Taş Katkılı Kireç Harçlarının Yayılma Değerleri.....	73
Çizelge 4-16 Bayburt Yeşil Taş Katkılı Kireç Harçlarının Yayılma Değerleri.....	73
Çizelge 4-17 Kireç kontrol ve zeolit katkıli kireç harçlarının suyu iletme kapasiteleri ve suyu iletme süreleri.	75
Çizelge 4-18 Zeolit Katkılı Çimento Harcı Basınç Dayanımı Karşılaştırması	78
Çizelge 4-19 Bayburt Yeşil Taş Katkılı Çimento Harcı Basınç Dayanımı	78
Çizelge 4-20 Bayburt Beyaz Taş Katkılı Çimento Harcı Basınç Dayanımı	79

Çizelge 4-21 Sarı Taşı Katkılı Çimento Harcı Basınç Dayanımı	79
Çizelge 4-22 Zeolit Katkılı Çimento Harcın Eğilme Dayanımı.....	79
Çizelge 4-23 Bayburt Sarı Taşı Katkılı Çimento Harcın Eğilme Dayanımı	80
Çizelge 4-24 Bayburt Beyaz Taşı Katkılı Çimento Harcın Eğilme Dayanımı	80
Çizelge 4-25 Bayburt Yeşil Taşı Katkılı Çimento Harcın Eğilme Dayanımı.....	80
Çizelge 4-26 Zeolit katkılı Çimento Harcının Priz Süreleri	81
Çizelge 4-27 Bayburt Yeşil Taşı katkılı Çimento Harcının Priz Süreleri.....	82
Çizelge 4-28 Bayburt Beyaz Taşı katkılı Çimento Harcının Priz Süreleri	82
Çizelge 4-29 Bayburt Sarı Taşı katkılı Çimento Harcının Priz Süreleri.....	82
Çizelge 4-30 Zeolit katkılı Çimento Harcının Kıvam Değeri.....	83
Çizelge 4-31 Bayburt Yeşil Taşı katkılı Çimento Harcının Kıvam Değeri	84
Çizelge 4-32 Bayburt Beyaz Taşı katkılı Çimento Harcının Kıvam Değeri.....	84
Çizelge 4-33 Bayburt Sarı Taşı katkılı Çimento Harcının Kıvam Değeri	84

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1-1 Zeolit'in İç Yapısı	15
Şekil 1-2 Sönmüş Kireç	24
Şekil 3-1 Mikro gözenekli yapısıyla zeolit molekülü	42
Şekil 3-2 Öğütme Makinesi	44
Şekil 3-3 Taş kırma makinesi	44
Şekil 3-4 Bayburt Sarı Taşı	45
Şekil 3-5 Bayburt Beyaz Taşı	46
Şekil 3-6 Bayburt Yeşil Taşı	46
Şekil 3-7 Elenmiş Kumlar	49
Şekil 3-8 Elemede Kullanılan Elekler	49
Şekil 3-9 Tane Dağılımı Eğrileri	50
Şekil 3-10 Vicat ve Yayılma Tablası Kalıbı	51
Şekil 3-11 40x40x40 küp kalıplar ve 40x40x160 kiriş çelik kalıplar	51
Şekil 3-12 Düşey Şok Masası	51
Şekil 3-13 Sönmüş kireç harçlarının havada küre bırakılması	52
Şekil 3-14 Karıştırma makinesi	53
Şekil 3-15 Hassas terazi: 0,01 gr hassasiyetli	53
Şekil 3-16 Vicat Cihazı	54
Şekil 3-17 Yayılma Tablası ve Ölçüm Şekli	56
Şekil 3-18 Harç kalınlığı ölçümü ve deney kaplarının hazırlanışı	59
Şekil 3-19 Yıkanan Bayburt Taşlarının Etüvde Kurutulması	59
Şekil 3-20 Bayburt taşlarının sorptivitelere	60
Şekil 3-21 Su İletme Kapasitesi Ölçümlerinin İlkeleri	61
Şekil 3-22 Harcın Su İletme Kapasitesi ve Süresi Deneyi	62
Şekil 3-23 A ve T _{dw} Değerlerini Ölçme İlkesi	63
Şekil 4-1 Kireç kontrol ve zeolit katkılı kireç harçlarının suyu iletme süreleri	75
Şekil 4-2 Çimento harcı kullanılarak inşa edilen beton inşa edilen beton	76
Şekil 4-3 Kireç harcı kullanılarak inşa edilen beton inşa edilen beton	76
Şekil 4-4 Zeolit Katkılı CL90 Harcı Dayanım Grafiği	85
Şekil 4-5 Bayburt Yeşil Taşı Katkılı CL90 Harcı Dayanım Grafiği	86
Şekil 4-6 Bayburt Beyaz Taşı Katkılı CL90 Harcı Dayanım Grafiği	87
Şekil 4-7 Bayburt Sarı Taşı Katkılı CL90 Harcı Dayanım Grafiği	88
Şekil 4-8 Zeolit Katkılı CL90 Harçlarının Priz Süreleri	89
Şekil 4-9 Bayburt Yeşil Taş Katkılı CL90 Harçlarının Priz Süreleri	90
Şekil 4-10 Bayburt Beyaz Taş Katkılı CL90 Harçlarının Priz Süreleri	91
Şekil 4-11 Bayburt Sarı Taş Katkılı CL90 Harçlarının Priz Süreleri (dakika)	92
Şekil 4-12 Kireç kontrol ve zeolit katkılı kireç harçlarının suyu iletme kapasiteleri	94
Şekil 4-13 90.gün %10 Katkı Oranlı Basınç Dayanım sonuçları	95
Şekil 4-14 90.gün %20 Katkı Oranlı Basınç Dayanım sonuçları	96
Şekil 4-15 90.gün %30 Katkı Oranlı Basınç Dayanım sonuçları	96
Şekil 4-16 Zeolit Katkılı Cem I Harcı Basınç Dayanımı Karşılaştırması	98
Şekil 4-17 Bayburt Yeşil Taş Katkılı Cem I Harcı Basınç Dayanımı Karşılaştırması	99

Şekil 4-18 Bayburt Beyaz Taş Katkılı Cem I Harcı Basınç Dayanımı Karşılaştırması	100
Şekil 4-19 Bayburt Sarı Taş Katkılı Cem I Harcı Basınç Dayanımı Karşılaştırması ...	101
Şekil 4-20 Zeolit Katkılı Cem I Harcının Priz Süreleri.....	102
Şekil 4-21 Bayburt Yeşil Taş Katkılı Cem-I Harçların Priz Süreleri.....	103
Şekil 4-22 Bayburt Beyaz Taş Katkılı Cem-I Harçların Priz Süreleri	103
Şekil 4-23 Bayburt Sarı Taş Katkılı Cem-I Harçların Priz Süreleri.....	104
Şekil 5-1 Kireç Harcı Su Kinetiği Örneği	108
Şekil 5-2 Çimento Harcı Su Kinetiği Örneği	109
Şekil 5-3 Kireç Harçlı Duvar Hasarı	111
Şekil 5-4 Çimento Harçlı Duvar Hasarı	111

SİMGELER DİZİNİ

A	Su iletme kapasitesi
t	Zaman
T_{dw}	Su İletme Süresi
S	Sorptivite
R	Desorptivite
L	Harç kalınlığı
α	Sabit katsayı
i	Kümülatif emilen su yüksekliği

1 GİRİŞ

Yığma yapılar, taşıyıcı sistemi tuğla ve doğal taşlar gibi farklı malzemelerden yapılmış düşey duvarlardan oluşan yapılardır. Türkiye’de, yığma yapılar özellikle kırsal bölgelerde yaygın olarak karşımıza çıkmaktadır. Yığma yapıların tercih edilmesinin nedeni, yerel malzemelerden kolaylıkla yapılabilir ve ekonomik olmalarıdır. Ülkemizdeki yığma yapıların yöre jeolojik özelliklerinin yapısını taşıyan doğal taş, tuğla, kerpiç gibi çeşitli türlerdeki malzemelerle inşa edildiğini ve bundan sonrada inşa edilmeye devam edileceğini görmekteyiz. Bunun yanında son zamanlarda teknolojinin geliştirilmesiyle oluşturulan farklı özelliklerdeki bloklardan oluştuğu da görülmektedir. Doğal olarak her yığma yapının inşa edildiği malzemelerin farklı olması farklı fiziksel, kimyasal ve mekaniksel özelliklerde malzemelerin karşımıza çıkması demektir. Bilinen en eski çağlardan bu yana yığma yapı inşası için yığma yapı elemanları insanlar tarafından doğal taş, tuğla, kerpiç gibi malzemelere çeşitli şekiller verilerek bu malzemelerin uygun şekilde bir araya getirilip örülmesi gibi aşamalardan geçmesi gerekir. Yığma yapılarda kireç esaslı harçlar eski çağlardan beri kullanılmaktadırlar. Örneğin en eski kanıtlardan biri Türkiye’de M.Ö. 8,000 dolaylarına rastlandığı söylenmektedir. Bir başka örnek ise M.Ö. 7,000’de Galilee’de, kireç harcı kullanılarak inşa edilen zeminde görülmüştür. Ancak çimentonun 1824 yılında keşfi ve 19. yüzyılda üretiminin çok hızlı bir şekilde artması ile yığma yapıların inşasında ve özellikle bakım ve onarımında çimento harcı kullanımının artmasını kireç harçlarının azalmasına neden olacağı ortadadır.

Yığma yapı elemanları basınca dayanıklı ve çekme dayanımı düşük olan malzemelerdir. Yani üzerlerine gelen büyük basınç yüklerini taşıyabilmekte ancak üzerlerine gelen kayma ve eğilme gerilmelerini malzeme aralarında da bir bağlayıcı maddenin olmaması nedeniyle karşılayamamaktadır. Bu durum bir bağlayıcı maddenin kullanılmasını zorunlu kılmıştır. Ancak bu bağlayıcı maddenin özelliği yapıda kullanılan malzemelerin davranışlarıyla uyumlu olmalıdır. Yığma yapı veya benzeri yapılarda kullanılan malzemenin basınç dayanımlarının çok yüksek olmaması ve çekme dayanımlarının düşük olduğu göz önünde tutulursa kullanılacak olan bağlayıcı harçlarında da kullanılan malzemelerin basınç ve çekme dayanımına yakın dayanımlara sahip olması gerekir.

Çünkü yığma yapıları oluşturan malzemelerin basınç ve çekme dayanımından yüksek dayanımlı harçların yığma yapıların oturma hareketlerinde veya deprem gibi olaylarda yığma yapının hareketine izin vermeyeceği için yığma yapı malzemelerinde çatlama veya tamamen kırılma gibi hasarlara neden olacaktır. Bunun önüne geçebilmek için kireç ve kireçten türetilmiş harçlarla veya çimento bazlı harçların mekanik dayanımlarının istenilen seviyeye düşürülmüş çimento harçlarıyla mümkündür.

Çimento veya kireç bazlı harçların normal kullanım alanlarında birbirilerine göre avantajları ve dezavantajları vardır. Fakat yığma yapılarda kireç harcının kullanımının çimento harcına göre avantajları ağır basmaktadır. Yığma yapılarda çimento bazlı harçların yerine kireç bazlı harçların kullanılması çevremiz, sağlığımız ve yenilenebilirlik açısından da çok önemlidir. Kireç bazlı harçlarının çimento bazlı harçlara nispeten avantajlı olduğu noktalardan bazıları aşağıdaki gibi özetlenebilir (Lime Mortar Guide 2008).

- Çimento bazlı harçlar kireç bazlı harçlardan çok daha güçlü bağ kuvvetlerine sahip olduklarından duvarcılıkta bazı olumsuz durumlara yol açmaktadır. Örneğin kullanım ömrünü tamamlamış çimento bazlı harçla örülmüş bir taş/tuğla/blok duvarın yıkılıp yeniden inşası sırasında o duvardan söküp üzerindeki harçları temizleyebilme ve yeniden inşa imkânını bize vermemektedir. Oysaki kireç bazlı harçlarla örülmüş taş/tuğla/blok duvarların sökölüp üzerindeki kireç harçlarının temizlenmesi ve yeniden örülmesi mümkündür. Böylelikle yenilenebilirlik gerçekleşmiş olur ve maddi ve çevresel anlamda bir kazanç sağlamış oluruz.
- Kireç harçlarının üretimi Portland çimentoların üretiminden daha az enerji kullanılarak üretilir ve kireç bazlı harçlar birim ağırlığı başına Portland çimentosundan daha az sera gazı üretir. Buda kirecin insan sağlığı ve çevremiz açısından ne kadar önemli olduğunu gösterir.
- Kireç bazlı inşa edilen duvarların içindeki hareket her bir duvar elemanı arasındaki yatay derzlerle uyum sağlar ve dikey hareket derzlerine olan ihtiyacı azaltır.
- Kireç bazlı harçla inşa edilen duvarlar don kusurunu azaltır ve iç mekânlarda insanların nefes alabilirliğini artırır. Bu durum kirecin insan sağlığı açısından ne kadar önemli olduğunu gösterir.

- Kireç bazlı harçlar sülfat etkilerine karşı daha etkili ve dayanıklıdır.
- Kireç bazlı harçlar plastik akışı ve difüzyon özelliği ile kendi kendini iyileştirip mikroskobik çatlakları kapama yeteneğine sahiptir.

Bu ve bunlar gibi nedenlerden dolayı kireç bazlı harçların üretiminin artırılması ve kullanım alanının geliştirilmesi önemlidir. Ancak çimento bazlı harçların dayanımı ve diğer fiziksel ve kimyasal özelliklerini bazı katkılarla istenilen seviyeye düşürülmesinin kirece göre olan bazı dezavantajlarının ortadan kaldıracak hatta bazı durumlarda öne bile geçirebilecektir. Örneğin çimento bazlı harçların erken priz alması, kıvamının daha iyi olması, yığma yapılarda olabildiğince yüksek dayanımlı harçların kullanılmak istenmesi ve yüksek dayanımlı malzemelerle kenetlenmede daha iyi uyum sağlaması gibi özellikler çimento bazlı harçların fiziksel ve kimyasal özelliklerinin istenilen seviyeye düşürülebildiği takdirde çimento harçlarının kireç harçlarına göre avantajlı duruma dönüştürebilir.

Ülkemizdeki yığma yapıların özellikleri incelendiğinde yöre jeolojik özelliklerinin yapısını taşıyan tuğlalar ve taşlarla inşa edildiğini veya son zamanlarda teknolojinin geliştirilmesiyle oluşturulan farklı özelliklerdeki bloklardan oluştuğu görülmektedir. Doğal olarak her yığma yapının inşa edildiği malzemelerin farklı olması farklı fiziksel, kimyasal ve mekanik özelliklerle karşılaşmaktayız. Çimento ve kireç bazlı harçların birbirlerine göre olan avantajları ve dezavantajlarını belirleyen bir diğer husus da yığma yapının inşa edilen malzemesinin özellikleridir. Dolayısıyla bu farklı özellikteki malzemelerin farklı su emme kapasiteleri ve su emme süreleri farklı olacaktır ve böyle farklılıkları olan bir malzemelere tek tip harcın kullanılması sağlıklı ve doğru bir yöntem olmayacaktır. Nitekim kullanılacak olan çimento ve kireç bazlı harçların da su iletme kapasitesi ve süresi de aynı özellikte olmadığı gibi birbirinin zıttı özelliklere sahiptir. Örneğin, taze halde iken kireç harcının su tutma kapasitesi çimento harcına kıyasla çok daha yüksektir. Dolayısıyla kireç harçlarının su emme kapasitesi yüksek olan taş ve tuğlalarda kullanımı daha sağlıklıdır. Çünkü yüksek su tutma kapasitesine sahip kireç harçları ancak yüksek su emme kapasitesine sahip yığma yapı malzemesi olan taş/tuğla/bloklar ile gerekli hidrolik bağı kurar ve dolayısı ile gerek taze halde gerekse sertleşmiş haldeki özellikleri de yığma yapılarda istenen değerlere ulaşır.

Benzer şekilde su tutma kapasitesi çok düşük olan çimento harcının da su emme kapasitesi yüksek olan taş/tuğla/bloklarda uygulanması da doğru bir yaklaşım değildir. Çimento harçları taze halde su emme kapasiteleri çok yüksek olan taş ve tuğlalara uygulandıkları zaman, çimento harçlarından çok yüksek oranda karışım suyunun yığma yapı malzemesi tarafından emildiği bilinmektedir. Bu durum istenilen dayanıklılık ve onarım çalışmasının yapılamamasına yol açabilir. Çünkü taze harçtan uzaklaşan karışım suyu harcın dayanımı %40 ile %60 oranında düşmesine yol açabilecektir. Bu nedenle yığma yapının malzemesinin su emme oranının ve harcın su iletme kapasitesinin ve süresinin belirlenmesi ve ona uygun harç su miktarının belirlenmesi gerekmektedir. Bunun için ise Türkiye de ilk defa uygulanacak olan taze harçtan su emme deneyi ile yığma yapı malzemesinin su emme oranının belirlenmesi ve benzer şekilde yığma yapıda kullanılacak olan harcın su iletme kapasitesinin ve su iletme sürelerinin ölçümü ile yığma yapı malzemesiyle yığma yapıda kullanılacak harcın birbirine en uyumlu ve sağlıklı olanın bulunabilmesine yardımcı olacaktır.

Yığma yapılarda ara harç malzemedede çok yüksek basınç dayanımına her zaman ihtiyaç duyulmamaktadır. Yüksek dayanıma sahip olan çimento harçları yığma yapılarda olabilecek oturmalara yâda kısmi hareketlere rijit yapısı dolayısı ile izin veremeyeceğinden doğabilecek her türlü hasar, bu ikilide daha zayıf kalan taş/tuğla/bloklarda meydana gelecektir. Kireç yâda kireç esaslı malzemeler ara harç malzeme olarak kullanıldıkları zaman, gerek kireç harcının düşük dayanımı gerekse esnek yapısından dolayı yığma yapılarda oluşabilecek kısmi oturmalara çimento harçlarına kıyasla daha fazla müsaade edebilmektedir. Bu durumda doğabilecek her türlü hasar kireç harçlarını tarafından karşılanmaktadır ki, harçların tamir ve onarımı, taş/tuğla ve blok malzemelere göre çok daha kolay ve ekonomiktir. Özellikle tarihi değeri olan yığma yapılarda bu durum taş/tuğla/bloklarda hasar meydana getirmeyeceği için yapının onarımı, bakımı ve restorasyonu daha mümkün olmaktadır.

Tezin en temel amacı, kireç ve çimento harçlarının hem taze hem de sertleşmiş özelliklerinin zeolit ve Bayburt taşları katkısı ile manipüle edilebilirliğini incelemektir. Unutulmamalıdır ki her iki ara harçta taş/tuğla/blok malzemeler üzerine taze halde iken uygulanmaktadır dolayısı ile taş/tuğla/blok malzemelerin de su emme kapasitelerindeki

farklılıklar göz ardı edilmemelidir. Bu noktada harçların su iletme kapasiteleri ve suyu iletme sürelerinin zeolit ve Bayburt taşları ile sağlanabilirliği önemli bir çalışmadır. Taze halde özellikleri manipüle edilebilen kireç ve çimento harçlarının yine aynı katkı malzemeleri ile de sertleşmiş haldeki özelliklerinin manipüle edilebilirliği tezde detaylı olarak çalışılmış ve sonuçlar özetlenmiştir.

Doğal puzolanlar, yaygın olarak bilinen adıyla traslar, kendi başlarına bağlayıcılık özelliğine sahip olmasalar da çok ince öğütüldüklerinde, normal sıcaklıklarda, sulu ortamlarda kireçle birleşerek bağlayıcılık özelliği kazanabilen, silis ve alümin oksitlerince zengin tüf çeşidi malzemelerdir. Bayburt taşları ve zeolit birer doğal puzolandır. Kaynaklar, Portland çimentosunun ve doğal puzolanın bir karışım halinde uygulandığı harçlarda ve betonlarda dayanımın, katılaşma sürelerinin, kıvamın, puzolanın katılım oranına, inceliğine ve reaktivitesine bağlı olarak gelişme gösterdiğini ifade etmektedirler. Bayburt taşlarının ve zeolit puzolanik aktivite gösterdikleri bilindiklerine göre bu malzemelerin çimento ve kireç harçlarının dayanımına ve diğer fiziksel ve kimyasal özelliklerine istenilen şekilde olumlu katkı sağlayacakları düşünülmektedir. Böylece daha ucuz yollardan istenilen özellikteki kireç ve çimento harçlarının üretimi daha ucuz yollarla elde edilebilecek ve aynı zamanda zeolit ve Bayburt taşlarının kullanım alanlarını genişletip yer hem Bayburt ilimize hem de ülkemize katma değer sağlayacağı düşünülmektedir. Aynı zamanda puzolanların hafif yapılarından dolayı yapısal yüklerde azalmaya sebep olacaktır. Bu durum ise istenmeyen fazla yapısal yüklerin ortadan yok olmasıyla deprem gibi olumsuz durumlarda olumlu sonuçlara yol açacaktır.

Bu çalışmada, türü ve tane inceliği göreceli sabit tutularak, Portland çimentosuna ve sönmüş kirece değişik oranlarda doğal puzolan katılması suretiyle, bu katkının sönmüş kireç ve çimentonun dayanım, katılaşma süreleri ve akışkanlık gibi özelliklerine etkilerinin incelenmesi amaçlanmaktadır. Böylece kullanılan doğal puzolan türünün yararlılığı hakkında da bir sonuca varılmış olmaktadır.

Bu çalışmada kullanılan doğal puzolanlar Manisa/Gördes'den çıkarılan zeolit, Bayburt'tan çıkarılan Bayburt Sarı Taşı, Bayburt Yeşil Taşı ve Bayburt Beyaz Taşı olmak üzere dört farklı doğal puzolan üzerinde çalışılmıştır. Bu malzemelerin sönmüş

kirece (CL90) harcına ve Portland çimentosu harcının taze ve sertleşmiş haldeki fiziksel ve mekaniksel özelliklerine etkileri incelenmiştir.

1.1 Puzolanlar

Puzolanlar, kendileri belirgin bir ölçüde bağlayıcılık özelliğine sahip olmasalar da normal sıcaklıklarda, sulu ortamda, kireçle birleşerek tepkime gösterip bağlayıcılık özeliği kazanabilmektedirler. Ortaya çıkan bileşikler ise suda çözünmeyen bir kararlık göstermektedir. Bu davranış puzolanların yalpılarından kaynaklanan bir özellik olarak bilinmektedir (Massazza 1989).

TS 25'e göre ise "tras", silisli ve alümino silisli volkanik bir tuf olup yalnız basma hidrolik bir özellik göstermediği halde, ince öğütüldüğünde sulu ortamda, kalsiyum hidroksitle birlikte, normal sıcaklıkta kimyasal reaksiyona girerek hidrolik OMR gösteren doğal puzolan olarak tanımlanmaktadır.

Puzolan ismi, Naples yakınlarında bir yer olan Puzzuoli'den gelmektedir. Burada eski Roma devirlerinden beri bu malzeme kireçle uygun oranlarda karıştırılarak daha mükemmel hidrolik bir çimento elde edilirdi (Massazza 1989).

Türkiye'de İç Anadolu, Ege, Marmara, Karadeniz, Akdeniz Bölgelerinde bol miktarlarda doğal puzolan kaynakları bulunmaktadır. Türkiye jeoloji haritasında aşağı yukarı 155.000 km² alan kaplayan volkanik kayaç oluşumunun varlığı görülmektedir. Bu alan Türkiye yüzölçümünün yaklaşık 1/5'i kadardır. Bu verilere göre ülke tras hammaddesi bakımından oldukça zengin bir konumda bulunmaktadır. Üretilen çimentoların %14,6'sı 1985-1990 yılları arasında tras içeren çimentolar oluştururken, 1992-1994 yılları arasında bu değer %36.31 düzeyine ulaşmıştır (Okucu 1998).

1.1.1 Doğal Puzolanlar

Doğada bulunan ve ince taneli duruma getirildikten sonra kalsiyum hidroksit ve su ile birleştirildiklerinde hidrolik bağlayıcılık özelliği gösteren silisli ve alüminli malzemelere, doğal puzolanlar denilmektedir. Doğal puzolanlar iki ana başlık altında toplanmaktadır;

1. Volkanik orijinli doğal puzolanlar

2. Isısal oluşumlu killler, şeyller ve toprak malzemeleri (Erdoğan 1997)

Volkanik camlar, volkanik tüfler (zeolitler de bu gruba girmektedir), traslar, diatomitli topraklar ve bazı killler ve şeyller doğal puzolanlardır. Zeolitler volkanik orijinli doğal puzolanlar sınıfındadır. Zeolitik malzemeler kireçle reaktivite gösterirler ve toz halindeki volkanik camlar gibi bağlayıcılık özellikleri gelişmiştir (Erdoğan 1997). Doğal puzolanların sınıflandırılması Çizelge 1-1’de verilmiştir.

Çizelge 1-1 Doğal puzolanların sınıflandırılması (Mielenz vd 1986)

Aktivite Tipi	Aktivite Özellikleri
1	Volkanik cam
2	Opal
3a	Kaolinit tip kil
3b	Montmorillonit tip kil
3c	İllit tip kil
3d	Vermikülit karışık kil
3e	Attapuljit tip kil
4	Zeolit
5	Alüminyum hidrate oksitleri
6	Puzolan olmayanlar

Volkanik orijinli malzemelerin puzolanik özellik gösterebilmeleri için, çok ince taneli duruma (en az Portland çimentosunun inceliğine) getirilmek üzere öğütülmeleri gerekmektedir. Öte yandan, kil, şeyl ve diatomitli toprak, önce ısıtılma tabi tutulup (pişirilip) daha sonra ince taneli duruma getirildiklerinde (öğütüldüklerinde) puzolanik özellik kazanabilmektedirler. İnce taneli durumdaki doğal puzolanların bağlayıcı olarak görev yaptıkları değişik kullanım alanları mevcuttur;

- Söndürülmüş kireçle ve suyla birleştirilerek, çok eski zamanlarda olduğu gibi, doğrudan kullanılabilir veya
- Portland-puzolan tipi çimento üretiminde, portland çimentosunun klinkeri ile birlikte öğütülerek kullanılmaktadır veya
- Beton katkı maddesi olarak kullanılmaktadırlar.

Yukarıda ilk sırada yer alan kullanım alanı, günümüzde pek yaygın değildir. Doğal puzolanlar, genellikle portland-puzolan tipi çimento ve puzolan katkılı beton üretiminde kullanılmaktadırlar. Çizelge 1-2’de bazı doğal puzolanlarda yer alan oksit

miktarları verilmektedir (Ramachandran 1995). Buradan görülebileceği gibi, doğal puzolanların yapısını oluşturan ana oksitler, SiO_2 , Al_2O_3 ve Fe_2O_3 dür. Killerde, bu oksitlerin yanı sıra, %20 civarında CaO yer almaktadır (Sarıkaya 2006).

Çizelge 1-2 Bazı Doğal Puzolanlardaki Oksitlerin Miktarı (%) (Ramachandran 1995)

Tür	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	Alkali
Volkanik Cam	65.1	14.5	5.5	3.0	1.1	6.5
Volkanik Tüf	52.1	18.3	5.8	4.9	1.2	6.6
Diatomlu Toprak	86.0	2.3	1.8	—	0.6	0.4
Pişirilmiş Kil	42.2	16.1	7.0	21.8	1.9	1.3

Doğal puzolanların beton yapımında, uygun bir katkı maddesi olarak kullanılabilmeleri için sahip olmaları gereken fiziksel ve kimyasal özelliklere dair sınır değerler TS 25 ve ASTM C 618 nolu standartlarda belirtilmektedir (TS 25 1975; ASTM C 618 1994).

Çizelge 1-3 Doğal Puzolanların Çimentoda Katkı Maddesi Olarak Kullanılabilmesi İçin Standard Limit Değerleri (TS 25; ASTM C 618)

FİZİKSEL LİMİTLER			
		TS 25	ASTM C 618
İncelik	45 mm göz açıklıklı elekten ıslak olarak elendiğinde, elek üzerinde kalan miktar, maks. %	---	34
	Özgül yüzey, Blaine Min. cm^2/gr	3000	---
Dayanım Aktivite İndeksi Min. %	7 günlük	---	75
	28 günlük	70	75
Su İhtiyacı	Kontrol numunesine kıyasla, Maks. %	---	115
KİMYASAL LİMİTLER			
$\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$		70.0	70.0
SO_3 , maks. %		5.0	4.0
Nemlilik, maks. %		3.0	3.0
Kızdırma kaybı, maks. %		10.0	10.0
MgO, maks. %		5.0	---
Na_2O olarak alkaliler, maks. %		1.5	1.5

1.1.2 Yapay puzolanlar

Yapay puzolanlar, kalsinasyon işlemi ile elde edilen puzolanlardır (Mehta 1983). Bunlar çoğunlukla endüstri arttığı maddelerdir. Metal silis ve silis alaşımlarının üretiminden silis dumanı, termal elektrik güç santrallerinden uçucu kül, demir

elik endüstrisindeki font üretiminden cüruf, tarım artıklarından pirinç kapığı külü, buğday sapı külü gibi malzemelerdir (Massazza 1989).

Uçucu kül: Termik santrallerde elektrik enerjisi eldesinde kullanılan kömürlerin yakılmasıyla elde edilirler. C ve F tipleri vardır. Linyit yakılmasıyla elde edilen daha fazla CaO bulunan kalkersi C tipi küller, taş kömürü yakılmasıyla elde edilen SiO₂ bulunan silisli F tipi küllerdir. Gri renkli ve küresel şekillidirler.

Yüksek fırın cürufu: Demir üretiminde kullanılan yüksek fırında cevherden demir alındıktan sonra kalan kısımdır. Buna cüruf (letiye) denilmektedir. İçinde alümin, silis ve kireç bulunmaktadır.

Silis dumanı: Elektrik ark fırınlarında hammadde olarak kullanılan kuvarzdan elde edilen bir üründür. Hava filtrelerindeki ince taneciklerdir. Amorf silis içermektedir. Akışkanlaştırıcı olarak betonun mekanik özelliklerini olumlu derecede etkilemektedir. Gri renkli, düzgün yüzeyli ve küreseldir. Yoğunluğu ~2,2 g/cm³tür.

Pirinç kabuğu külü: Çeltik bitkisi fabrikalarda işlenerek pirinç elde edilir. Bunun yakılması sonucunda bu kül elde edilir (Anonim 2007).

1.1.3 Puzolanik Aktivite

Puzolanik aktivite, puzolanların, çeşitli bağlayıcı malzemelerde var olan Ca(OH)₂ ile sulu ortamlarda tepkimeye girme ve sertleşme kapasitesi olarak tamamlanmaktadır. Ölçülebilir büyüklükte puzolanik aktiviteden söz edebilmek için, bu iki ögenin de aynı anda ortamda bulunması gerekmektedir (Massazza 1989). Ayrıca puzolanın bağlanma (tepkime) hızı da büyük önem arz etmektedir. Bu değişkenlerin özellikleri, puzolanların aktiviteleri hakkında belirleyici olup, malzemenin içerisinde bulunan aktif fazların niteliğine bağlı olarak gelişme gösterdiği bilinmektedir. Puzolanik aktivite, puzolanların heterojen yapısı ve hidratasyonunun karmaşık yapısı dolayısıyla, bir modelle açıklanması zor olmakla birlikte, bu hususta çözüme götüren bazı yaklaşımlar da mevcuttur (Erdoğdu vd 2001).

Diğer özelliklerin sabit kalması koşuluyla puzolanın bağladığı Ca(OH)₂ mikanın bu puzolanda aktif olan madde miktarının da fazlalığına işarettir.

1. Bir puzolanın kısa sürede aktivitesi esas olarak özgül yüzeyine, buna mukabil uzun süredeki aktivitesi ise kimyasal ve mineralojik yapısına bağlıdır.
2. Bir puzolanın bağladığı Ca(OH)_2 miktarı, puzolanın aktif fazları içerisindeki SiO_2 miktarı ile ilişkilidir.
3. Belirli sınırlar dâhilinde kireç—puzolan karışımlarında kireç/puzolan oranının yükseldiği Ca(OH)_2 ile gerçekleşen tepkime kapasitesini de arttırıcı olmaktadır.
4. Zeolitik puzolanlar camsı puzolanlara göre genel olarak daha aktiftirler.
5. Farklı puzolanlarda bulunan camsı fazlar farklı oranlarda kireç bağlayabilme yeteneğine sahiptir.
6. Puzolan—kireç karışımlarında ortamda bulunan su miktarının fazla olması bağlanan kireç miktarını arttırır.

Bir puzolanın, uygulanabilirliği hakkında değerlendirmede bulunabilmek için öncelikle puzolanik aktivitesinin belirlenmesi esastır. Genel olarak bir maddenin puzolanik aktivitesini belirlemek için kullanılan yöntemler fiziksel, kimyasal ve mekanik olmak üzere üç ana grupta toplanabilir (Çavdar 2004).

Çok yaygın olarak kullanılan kimyasal metotlar, hidratlı kireç ve portland çimentosuyla karıştırılan puzolanın sabitleştirdiği kireç miktarını belirlemeye dayanmaktadır. Doymuş kireç çözeltisine karıştırılan puzolanın belirli zaman aralıklarında bağladığı kalsiyum iyonları, bu iyonlarındaki azalmanın tespitiyle belirlenmektedir (Çavdar 2004).

Fiziksel metotlarla puzolanik aktivitenin belirlenmesi ise, puzolanın nitrik—floridik karışım içerisinde erimesi sırasında, bir saatlik zaman diliminde gerçekleşen aşınma kaybından sonra, ilk aşamada çözünmeden geriye kalan kalıntının daha sonra erimesiyle açığa çıkan miktarın belirlenmesine bağlı bulunmaktadır (Çavdar 2004).

Puzolan aktivitesini değerlendirmede geçerli diğer bir yöntem ise puzolan—kireç yâda puzolan—çimento harçlarının mekanik dayanımının ölçümü sonucuyla değerlendirilmektedir. Puzolanik tepkimeler sonucu, puzolan—kireç veya puzolan—çimento karışımlarındaki puzolanın bağladığı kireç miktarı arttıkça dayanım da artış göstermektedir. Ancak bu iki değişkenin kesin bir biçimde olamadığı için, bağlanan kireç miktarına dayalı olarak değişen puzolan dayanımının da önceden hesaplanabilmesi

olanaksız gözükmetedir. Bunun yerine, puzolanların aktivitesinin tespiti için, puzolan—kireç veya puzolan—çimento karışımların dayanımlarını doğrudan tespit etmek daha isabetli bir yol olarak öğretilmektedir. Bu amaca yönelik olarak geliştirilmiş yöntemde, puzolana belirli oranlarda kireç ya da çimento karıştırılarak hazırlanan prizma numunelerin belirli süreler sonunda dayanımının tespiti esas alınmaktadır (Çavdar 2004).

Genel olarak, puzolan ocağının niteliği incelenirken, ilk aşamada, bir ölçüde yeterli sayılabilecek sonuçlara çabuk erişebilmek için kimyasal yöntemlere başvurup, daha sonra mekanik yöntemler yardımıyla elde edilen verilerle kesin sonuç değerlendirmesine gitmek izlenmesi gereken yol olarak benimsenmektedir.

1.1.4 Kireç - Puzolan Tepkimesi

Çok kesin olmamakla birlikte, kireç puzolan reaksiyonu için iki varsayımda bulunulur. İlki doğal puzolanlarda alkali bakımından zengin zeolit bileşimlerinin bulunduğu gerçeğinden hareketle, yumuşatma suyundaki Ca^{++} iyonları ile benzer şekilde zeolitlerdeki alkali yönlerin değişimini puzolanik bir aktivite olarak kabul etmektir. Ancak bu varsayım, bağlanan kireç miktarının kaybolan alkali miktarından fazla olması veya alkali miktarının çok düşük olduğu silisçe zengin kayaçların ve yanmış killerin de kayda değer puzolanik aktivite göstermesi gibi bazı noktalan açıklamada yetersiz kalmaktadır (Çavdar 2004).

İkinci varsayımda, ilkinin tersine, puzolan, kireç ve su arasında meydana gelen tepkime sonucunda mevcut bileşiklerin değişime uğrayarak yerine yenilerinin oluşmasıyla ortaya çıkan durum, gerçek kimyasal bileşim olarak kabul edilir. Bu varsayım, çok sayıda deney sonucuna dayandırmak koşulu ile ye her şeyden önce, puzolan—kireç tepkimelerinde ortaya çıkan ürünlerin, puzolan—portland çimentosunun hidratasyonu sonucu ortaya çıkan ürünlerle özdeş olması gerçeğiyle desteklenir (Çavdar 2004).

Her doğal puzolanın kireçle tepkimesi aynı ürünleri açığa çıkarmasa da puzolan—kireç tepkimesi sonucunda ortaya çıkan ürünler genel olarak (Erdoğan vd 2001);

1. C-S-H formunda Kalsiyum Silikat Hidrat,
2. C_4AH formunda Kalsiyum Altiminat Hidrat,
3. Hidratlaşmış Gehlenit,

4. Kalsiyum Karboaltiminat,
5. Etrenjit,
6. Kalsiyum Altiminat Monostilfat şeklindedir.

Bu ürünlerin tümünün bir arada bulunması olanaklı değildir. Örneğin Kalsiyum Alüminat Monostilfat ortamda genellikle hidratasyonun ilk safhalarında bulunur ve zamanla etrenjite dönüşür (Çavdar 2004).

Puzolan—kireç karışımların dayanımı, bu iki bileşen arasındaki tepkime ile doğrudan ilişkilidir. Dayanım, karışımın yaşıyla ve kireç/puzolan oranıyla orantılıdır. Ancak dayanım üzerine yapılan çalışmalarda etkili olan bir diğer etkenin de hidratasyon ürünlerinin özgül yüzeyleri olduğu tespit edilmiştir (Massazza 1989).

Kireç—doğal puzolan tepkimesi ile portland çimentosu—doğal puzolan tepkimesinde eşdeğer kimyasal olgular görülür. Bilindiği üzere portland çimentosunda bulunan C_3S ve C_2S minerallerinin hidratasyonu ile $Ca(OH)_2$ açığa çıkar ve gözeneklerde çözelti halinde birikir. Açığa çıkan bu ürün, su ile çözünür ve yıkanmayla geride boşluklar bırakarak ortamı terk edebilir. Ayrıca $Ca(OH)_2$, betonda kimyasal tepkimelere en çok istekli olan bileşiklerden birdir. Bu yüzden puzolan içeren çimentolarda, bu çimentolardaki portland çimentosu içeriğinin hidratasyonu ile açığa çıkan $Ca(OH)_2$ 'nin, puzolan kısmıyla bağlanması sonucu, dayanımı sağlayan C-S-H jellerine dönüşmesi, aynı zamanda betonun dayanıklılığı açısından önemli bir gelişme olarak sayılmaktadır (Çavdar 2004).

Portland çimentosu—doğal puzolan tepkimesinin, kireç—doğal puzolan tepkimesinden farkı ise doğal puzolanın tepkimesi için gereken kireç bileşeninin, karışımın suyla karıştırıldığı ilk anda ortamda hazır bulunamamasıdır. Kireç, portland çimentosundaki C_3S ve C_2S minerallerinin hidratasyonundan sonra ancak tepkimeye ham bir durumda ortamda birikmeye başlar. Bu aşamadan sonra başlayan puzolanik tepkimeler sonucu, puzolan C-S-H jellerine dönüşür (Çavdar 2004).

1.2 Zeolitlerin Tanımı ve Önemi

1756 yılında Cronstedt tarafından, ısıtıldıklarında yapılarında bulunan suyu çıkartırken köpürmelerinden dolayı “kaynayan taş” olarak isimlendirilen zeolitler, alkali ve toprak alkali kristal yapıya sahip sulu alüminyum silikatlar olarak tanımlanır (DPT 1996).

Yapay ya da doğal, kristal yapılı, sulu alüminyum silikat bileşikleri olarak bilinen zeolitler; kırk yılı aşkın bir süredir çeşitli endüstriyel alanlarda kullanılmaktadırlar. Günümüzde yapay zeolitler katalizör, absorplayıcı ve iyon değiştirici olarak kimya endüstrisinde yaygın olarak kullanılırken, doğal zeolitler göreceli olarak henüz gelişmiş kullanım alanlarına sahip değildir. Genel olarak doğal zeolitler hafif yapı taşı ve hafif agrega olarak inşaat sektöründe, katkı maddesi olarak kâğıt sanayisinde, toprak düzenleyici ve gübre katkı maddesi olarak tarım sektöründe değerlendirilmektedir (Yücel ve Çulfaz 1984). TÜBİTAK–NAM tarafından hazırlanan bir raporda Türkiye’de yaklaşık 50 milyar ton doğal zeolit rezervi bulunduğu tahmin edildiği belirtilmektedir (Kocakuşak 2001). Doğal zeolitlerin yüksek miktarlardaki reaktif SiO_2 ve Al_2O_3 içeriklerinden dolayı, sönmüş kireç $\text{Ca}(\text{OH})_3$ ve su ile reaksiyona girerek bağlayıcı ürünler oluşturabilme olarak tanımlanan puzolanik özelliğe de sahip olmaları, bunların çimento veya betonda doğal puzolan olarak kullanımını da mümkün kılmaktadır. Çin’de ticari olarak kullanıma açık, başlıca klinoptilolit mineralinden oluşan bir doğal zeolit numunesi üzerinde gerçekleştirilen deneyler, test edilen malzemenin, silis dumanı ve uçucu kül arasında bir puzolanik aktiviteye sahip olduğunu göstermiştir (Poon vd 1999).

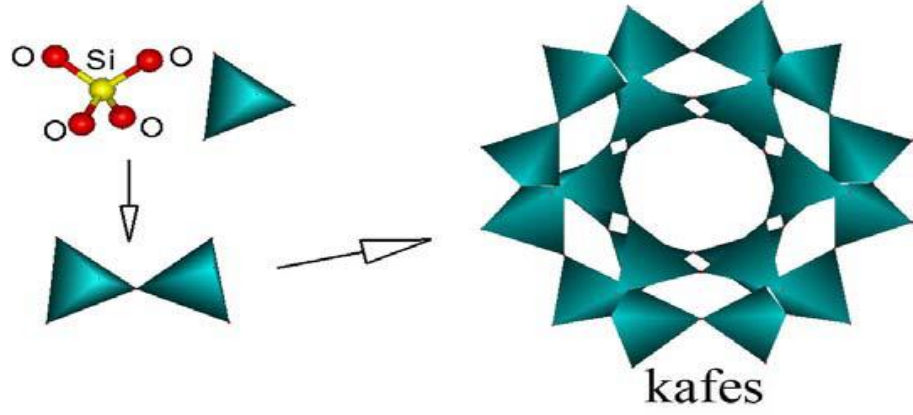
Bilindiği üzere, çimento ve beton sistemlerine doğal puzolanların dâhil edilmesi, betonun işlenebilirlik, geçirimsizlik, geç yaşlardaki dayanım gibi özelliklerini geliştirmekte, alkali-agrega reaksiyonu ve sülfat etkisi gibi kimyasal dış etmenlere karşı dayanıklılığını artırmaktadır (Yıldırım 2007). Mehta, %10, %20 ve %30 oranlarında doğal puzolan katkısı ile elde edilen katkılı portland çimentolarının normal portland çimentosuna benzer veya daha fazla basınç dayanımı gösterdiklerini, ayrıca alkali-silika reaksiyonu ve sülfat etkisine karşı çok daha dirençli olduklarını rapor etmiştir (Mehta 1981). Doğal zeolit katkısı içeren betonlar üzerinde yapılan çalışmalar da, zeolit beton özelliklerini geliştirdiğini ve yüksek performanslı beton üretiminde kullanılabileceğini göstermiştir (Feng vd 1990). Ayrıca, doğal zeolit katkısının betonun basınç dayanımını artırdığı ve alkali-agrega reaksiyonu kaynaklı istenmeyen genleşmeleri önlediği tespit edilmiştir (Feng vd 1998).

Zeolitlerin bileşimlerinde genel olarak hidrate alüminyum silikat olup bir miktar potasyum, sodyum, kalsiyum ve bazen baryum ve stronsiyum vs. bulunur. Billurları camsı, beyaz ve saydam, enklüsyonların tesiriyle bazen renkli; sertlikleri 4–6, yoğunlukları 2–2,5 g/cm³ tür. Asitlerde silisli bir tortu bırakarak erirler ve üfleşte kabarak kaynarlar. Zeolitlerin oluşumlarında önemli rol oynayan sıcak ve madensel sulardır. Zeolitler 100°C ve daha yüksek ısıda bileşimlerindeki suyun önemli bir miktarını kaybettikleri gibi nemli havadan da %4–14 oranında su çekerler. Suyu kaybettikleri zaman saydamlıkları kalmaz. Fakat birçoğu su alınca tekrar eskisi gibi saydam olurlar. Bu durum su kaybolduğu zaman billurun bünyesinin değişmediğini gösterir. Yani su tekrar billurun ağsal yapısı arasından adeta bir süngerin ince deliklerine girer gibi geçer (Sayar 1960; Ünsal 2001).

Zeolitlerin ayırt edici özellikleri, iyon değişimi, yapısındaki suyu tersinir olarak kaybetmesi ve kazanabilmesi, moleküler eleme olarak sıralanabilir. Zeolit yapıda, metal katyonları ve su molekülleriyle dolu, birbiriyle kanallarla bağlanmış boşluklar bulunur (Meier 1968). Zeolit kristal yapısı, köşelerindeki oksijen atomlarının, iki dörtyüzlü tarafından paylaşılan (SiO₄)⁴⁺ ve (AlO₄)⁵⁻ dörtyüzlülerinin, üç boyutta dizilmesiyle oluşur (Gottardi ve Galli 1985). Bütün dörtyüzlüler silisyum atomu içerseydi, kristal örgü nötr olurdu. Silisyum yerini alüminyum alması bir yük dengesizliğine neden olur ve yapıdaki büyük boşluklarda başka metal katyonlarının bulunmasını gerektirir. Doğal zeolitlerde bu metal iyonları, Na⁺, K⁺, Mg²⁺, Ca²⁺ ve Ba²⁺ gibi katyonlardır. Zeolitler yapısal olarak, kristal örgüyü oluşturan yapı birimlerinin tipine göre (halka, çokgen v.b) sınıflandırılır. Yapıdaki boşluklar 2–8 Å arasında değişir. Bu durum katyonların boşluklar arasında kolayca hareket edebilmesini sağlar. İyonların ve suyun kristal örgüde kolay hareket etmesi, tersinir su kaybına ve iyon değişimine yol açar. Bu özellikler, kimyasal ve yapısal farklılıklara bağlı olarak değişir (Yıldırım 2007).

Zeolitte oksijen, alüminyum ve silisyumdan oluşan kristal yapının en küçük yapı birimi SiO₄ ve AlO₄ dörtyüzlüsüdür. Yapıdaki her oksijen, iki dörtyüzlü tarafından paylaşılır. Bu şekilde bir zincir oluşturulur. Bu zincirler birbirlerine aralarındaki Na, Ca ve K iyonlarıyla bağlanarak ortası kanal gibi açık bir yapı oluştururlar. Bu boşluk, diğer

yabancı iyonlar ve su gibi molekülleri rahatlıkla barındırabilir. Bu boşluklar aralarında birleşerek yukarıda sözü edilen kanalları oluştururlar (Şekil 1-1).



Şekil 1-1 Zeolitin İç Yapısı (Anonim 2007)

Zeolitlerin en önemli yapısal özelliği, bu boşlukların birleşmesi ile oluşan kanallardır. Şekil 1-1’de dörtyüzlülerin birbirine bağlanmaları verilmiştir. Zeolitler kristal yapıları ve kimyasal özellikleri nedeniyle günümüzde endüstriyel hammaddeler arasında önemli bir yere sahip olmuştur (Kıbaroğlu 2007).

Isıtılan zeolit yapılarında hiçbir bozulma gözlenmez. Zeolit tamamen kurutulduktan sonra boşluklarına tekrar su, amonyak, cıva buharı veya başka malzeme alabilir. Boşluklara girecek malzemenin molekül boyutları ile zeolitin molekül yapısının uygun olması gerekir. Zeolitlerin diğer ayırt edici özelliklerinden biri de iyon değişimi olayını gerçekleştirebilmeleridir. Zeolitten süzülen çözelti hiçbir engelle karşılaşmadan geçerken içlerindeki iyonlar zeolit yapısındaki iyonlar ile yer değiştirebilir. Bu yer değiştirme olayına iyon değişimi denir. Endüstride iyon değişimi oldukça çok uygulama alanı bulmaktadır (Kıbaroğlu 2007).

Zeolitlerin önemli özelliklerinden biri de yapılarının içindeki kanallarda su moleküllerinin bulunmasıdır. Yapıda su moleküllerinin yer alabileceği birkaç boşluk vardır. Bu boşluklarda Na, Ca ve K katyonları su molekülleri ile çevrilirler ve su molekülleri zayıf bağlarla hem artı yüklü katyonlara hem de silikat yapısına bağlıdır (Yıldırım 2007).

1.2.1 Zeolitlerin Kullanım Alanları

Zeolitlerin başlıca fiziksel ve kimyasal özellikleri olan; iyon değişikliği yapabilme adsorbsiyon ve buna bağı moleküler elek yapısı, silis içeriğı, ayrıca tortul zeolitler de açık renkli olma, hafiflik, küçük kristallerin gözenek yapısı zeolitlerin çok çeşitli endüstriyel alanlarda kullanılmalarına neden olmuştur. Son yıllarda önemli bir endüstriyel hammadde durumuna gelen doğal zeolitlerin bu özelliklerinden biri veya birinden fazlasının istediğı kullanım alanları: kirlilik kontrolü, enerji, tarım-hayvancılık, maden-metalürji ve diğ er alanlar olmak üzere 5 ana bölümde toplanabilir (DPT 2001).

1.2.1.1 Kirlilik Kontrolü

Zeolit mineralleri iyon değıştirme ve adsorbsiyon özellikleri nedeniyle kirlilik kontrolünde gittikçe artarak kullanılmaktadır. Bu amaçla sudaki radyoaktif atıkların tutulmasında, atık sulardaki metal iyonlarının ve azot bileşiklerinin tutulmasında, baca gazlarının adsorblanmasında, petrol sızıntılarının temizlenmesinde, çöp depolamada ve oksijen üretiminde zeolitler kullanılmaktadır (DPT 2001).

1.2.1.2 Enerji

Dünyanın gittikçe büyüyen enerji ihtiyacı; kömür ve petrol yanında nükleer ve güneş enerjisi gibi kullanılan ve aynı zamanda da geliştirilmekte olan değışik kaynaklardan karşılanmaya çalışılmaktadır. Bu kaynakların enerjiye dönüştürülmesi esnasında sentetik ve doğal zeolitlerden faydalanmaktadır. Enerji sektöründe zeolitler kömür gazlaştırmada azot oksit ve hidrokarbonların temizlenmesinde, doğal gaz saflaştırmada karbondioksitin uzaklaştırılmasında, güneş enerjisi üretiminde ısı değıştirici olarak ve petrol ürünleri üretiminde katalizör olarak kullanılmaktadır (DPT 2001).

1.2.1.3 Tarım ve Hayvancılık

Zeolitli tüfler, gübrelerin kötü kokusunu gidermek içeriğini kontrol etmek ve asit volkanik toprakların pH'nın yükseltilmesi amacıyla uzun yıllardan beri kullanılmaktadır. Doğal zeolitler gübreleme ve toprak hazırlanmasında gübre taşıyıcısı olarak, tarımsal mücadelede ilaç taşıyıcısı olarak yaygın şekilde kullanılmaktadır. Ayrıca besicilikte hayvan yemi katkı maddesi olarak kullanılmaktadır (DPT 2001).

1.2.1.4 Madencilik ve Metalürji

Zeolitler madencilikte, maden yataklarının aranmasında ve metalurjide bazı ağır metallerin tutulmasında kullanılmaktadır (DPT 2001).

1.3 Bayburt Doğal Taş Madenciliği

Ülkemiz genelinde olduğu gibi, Bayburt ili ve yakın çevresi de jeolojik açıdan ilginç bir yapıya sahiptir. Büyük bir kesimi Doğu Pontidler tektonik birliğinin güney bölümü içinde kalan Bayburt arazisi, güneyden Anatolid birliğine de sokulur. Bu nedenle bölgede; Paleozoyik'ten başlayarak Kuvarterner'e kadar uzanan birbirinden farklı oluşum yaşlarında ve cinslerinde kayaçlar bulunmaktadır. Tektonik açıdan da faylar, bindirmeler gibi ciddi deformasyonlar gözlenmektedir (Anonim 2012).

Magmatik, Metamorfik ve Sedimanter kayaç topluluklarının bulunduğu Bayburt İlinde; Kurşun, Çinko, Bakır, Pirit, Krom gibi metalik madenler yanı sıra Kömür, Kil, Barit gibi Endüstriyel hammadde ve Doğal Taş rezervleri de bulunmaktadır (Anonim 2012).

Geçmişten günümüze metalik madenlerin kesintili olarak işletildiği Bayburt ilinde, önemli rezervlere sahip Kil ve Baritlerin değerlendirilmesine yönelik olarak henüz herhangi bir çalışma bulunmamaktadır (Anonim 2012).

Ülkemiz madencilik faaliyetleri içinde son yıllarda üretim ve ihracat payı ile dikkati çeken en önemli madencilik faaliyeti, Doğal Taş Madenciliğidir. Bayburt ili Doğal Taşlar açısından ciddi bir potansiyele sahiptir (Anonim 2012).

Bayburt Doğal Taş Faaliyetleri incelendiğinde; tüfler-travertenler-kireçtaşlarında üretim yapıldığı, mermerlerde şu an itibariyle bir üretim bulunmadığı, onixin ise kesintili olarak üretildiği görülmektedir. Andezit, bazalt, granit ve gabro gibi magmatik kayaçların üretimine yönelik olarak da araştırmalar sürdürülmekte (Anonim 2012).

1.3.1 Kireçtaşları

Demirözü ilçesi ve yakın çevresinde bulunan (Bayrampaşa ve Cebre Köyleri) renkli kireçtaşlarında deneme üretimleri sürdürülmektedir. Siyah ve füme renkleri ile dikkati

eken mermerlerde; üreticileri tarafından Siyah İnci, Bayburt Füme ve Bayburt Vişne olarak tanımlanan mermerler üretilmektedir (Anonim 2012).

1.3.2 Travertenler

Bayburt ilinde doğal taş potansiyeli olarak en çok dikkati çeken mermerler, traverten ticari tanımıyla bilinen kayaçlardır. Jeolojik tanım itibariyle de traverten olan bu oluşumların, hemen yakınlarında bulunan su kaynakları maden suyu niteliğindedir. Kıratlı, Masat, Yaylapınar ve Gez çevresinde geniş yayılım gösteren travertenlerde; beyazımsı-açık, sarımsı-kırmızımsı renkler gözlenmektedir. Yatay ve düşey yönde yayılım gösteren traverten sahalarında; yer yer onix oluşumları da gözlenmekte olup, hafriyat gereksinimi bulunmamaktadır (Anonim 2012).

1.3.3 Magmatik Kayaçlar

Bayburt doğal taş rezervleri içinde; andezit, bazalt, granit, gabro gibi magmatik kayaçlar da bulunmaktadır. Granit ticari tanımıyla bilinen bu tür sert taşların üretimine yönelik araştırmalar sürdürülmekte olup, özellikle parke kaldırım taşı olarak değerlendirilmesi planlanmaktadır (Anonim 2012).

1.3.4 Tüfler

Beyazımsı, Sarımsı, Yeşilimsi renkleri, homojen ya da hareli dokuları ile dikkati çeken tüfler oldukça geniş bir yayılım sunmaktadırlar (Anonim 2012).

Tüflerin bulunduğu bölgelerde yapılan araştırmalarda, antik döneme ait olduğu düşünülen ocak ve pasa izlerine rastlanmıştır (Anonim 2012). Kentin tarihi ve taş dokusu da dikkate alındığında; “Bayburt Taşı” olarak tanımlanan beyazımsı, sarımsı ve yeşilimsi tüflerin geçmişten bugüne üretildiği ve yaygın olarak kullanıldığı görülmektedir (Anonim 2012).

1.4 Kirecin Oluşumu ve nemi

Kalsiyum karbonat içeren kireçtaşlarının 900-1000⁰C de kalsinasyonu ile kireç (CaO) elde edilir. Kirece sönmemiş kireç de denir. Sönmüş kireç sönmemiş kirecin su ile reaksiyonu neticesinde oluşan kalsiyum hidroksittir (Ca(OH)₂). Yüksek kalsiyumlu

kirecin yansira magnezyum ihtiva eden dolomitik kireç ve sönmüş dolomitik kireç te elde edilmektedir. Kireç antik çağlardan beri bilinen ve çok yönlü kullanımı olan bir maddedir. Eski mısır piramitlerinin yapımında, Yunan ve Roma imparatorluğu döneminde çeşitli yapıtların inşasında kireç kullanıldığı bilinmektedir (Austin 1984).

20. yüzyılın basında hızla gelişen kimya ve demir çelik endüstrisi ile çok büyük miktarlarda kireç kullanılmaya başlanmıştır. Kirecin endüstri, tarım ve çevre sektörlerindeki gittikçe artan kullanımı, kireç üretim yerlerinin yaygınlığının, kullanım yerlerine yakınlığının, üretim teknolojisinin geliştirilmesinin ve bu sayede fiyatının diğer rakip kimyasallara oranla oldukça ucuz olmasının bir neticesidir (Çiçek 1999).

1.4.1 Türkiye’de Kireççilik

Ülkemizde kireç denilince akla ilk gelen inşaat kirecidir. Kirecin endüstride de büyük miktarlarda kullanıldığı birçok kişi tarafından bilinmemektedir. Türkiye’de yılda 4 milyon ton civarında kireç üretilmektedir. En fazla kireç 2 milyon ton ile inşaat sektöründe kullanılmakta olup bunu metalürji ve kimya sektörleri takip etmektedir. Çevre sektöründe kireç kullanımı çok azdır (Çiçek 1999).

Kireç ülkemizde primitif çalı ve yamaç ocaklarından başlayıp modern bilgisayar kontrollü fırınlara kadar uzanan bir teknoloji çeşitliliğinde üretilmektedir. Bu fırınlarda, yakıt olarak odun, kömür, petrokok, doğal gaz, fuel oil ve artık yanıcı maddeler kullanılmaktadır. Çevre kirliliğine yol açan ve yakıt olarak kullanılması yasaklanan çok ucuz yanıcı artıkları da (lastik, plastik vs.) kullanan, sigortasız işçi çalıştıran ve kalitesiz mal üreten çoğu ruhsatsız birçok üretici önemli miktarlarda kireci piyasaya sürmektedir. Kireççilik sektöründeki bu haksız rekabet yüzünden kireç teknolojisindeki gelişmeler ivme kazanamamakta ve dolayısıyla ülkemizde üretilen kireç Avrupa ve ABD’de üretilen kireçlere oranla kalite ve çeşitlilik açısından belli bir seviyeyi aşamamaktadır. Bu durum kirecin kullanıldığı alanları kısıtlamakta ve diğer kimyasallarla olan rekabetini güçleştirmektedir (Çiçek 1999).

1.4.2 Kirecin Kullanıldığı Alanlar

Kirecin kullanım alanları sayılamayacak kadar çoktur. Kireç direkt veya dolaylı olarak hemen hemen her endüstri ürününde katkısı olan bir kimyasaldır. Endüstride, kullanım alanlarının sayısı açısından 1. ve tüketim miktarı açısından ise 5. sıradadır.

Çizelge 1-4 Kirecin Maden Alanında Kullanımı ve Türkiye’deki Durumu (National Lime Association 1999).

Ana Sektör	Kullanma Alanı	Kireç Cinsi	Kullanma Amacı	Türkiye’de Kullanımı
Maden	Flotasyon	Sönmüş Toz Kireç	Bakır,Kurşun,Çinko Gibi Cevherlerin Flotasyonunda Ph Ayarlayıcı Ve Pirit Bastırıcısı Olarak	Var
	Aglomerasyon	Sönmüş Toz Kireç	Demir Cevheri Konsantrelerinin Peletlenmesinde Bağlayıcı Olarak Ve Kendinden Curuflu (Self-Fluxed) Pelet Üretiminde	Yok
	Kömür Birikeltme	Sönmüş Toz Kireç	Melasın Bağlayıcı Olarak Kullanıldığı Kömür Birikeltlerinde Sertleştirici Ve Aynı Zamanda Kükürt Sorbenti Olarak	Var

Çizelge 1-5 Kirecin İnşaat Alanında Kullanımı ve Türkiye’deki Durumu (National Lime Association 1999).

Ana Sektör	Kullanma Alanı	Kireç Cinsi	Kullanma Amacı	Türkiye’de Kullanımı
İnşaat	Yol	Kireç, Sönmüş Toz Kireç, Kireç Sütü	Yol Yapımında Killi Zeminlerin Stabilizasyonunda	Yok
		Sönmüş Toz Kireç	Sıcak Asfaltta "Antistripping" Kimyasalı Olarak Asfaltın Dayanımını Arttırmada	Yok
	Yapı Malzemeleri	Toz Sönmemiş Kireç	Gazbeton Üretiminde	Var
		Sönmüş Veya Sönmemiş Toz Kireç	Kalsiyum Silikat Tuğla (Sand-Lime Brick) Üretiminde	Yok
		Sönmüş Toz Kireç	Beton Blok Ve Elemanlar Üretiminde Ürünün Sağlamlığını Arttırmada	Yok
		Sönmemiş Toz Kireç	Diatomit Veya Silisle Birlikte Yalıtım Malzemeleri Yapımında	Yok
		Sönmüş Toz Kireç, Hamur Kireç	Harç Ve Sıva Yapımında Bağlayıcı Ve Sıvaya İşlenebilirlik Vermek İçin,. Badana Olarak	Var

Çizelge 1-6 Kirecin Kimya Alanında Kullanımı ve Türkiye’deki Durumu (National Lime Association 1999).

Ana Sektör	Kullanma Alanı	Kireç Cinsi	Kullanma Amacı	Türkiye’de Kullanımı
Kimya	Alkaliler (Naoh)	Kireç Sütü	Tabii Sodadan Kostik Soda Üretiminde	Yok
	Karpit Ve Cyanami De	Sönmemiş Kireç	Kok Ve Kirecin Yüksek Sıcaklıkta Reaksiyonu İle Karpit ce Karpitin Azot İle Tepkimesinde Azot Gübresi Cynamide Üretimi	Var
	Mgo	Dolomitik Kireç	Deniz Suyundan MgO Üretiminde	Yok
	Kalsiyum Hipo Klorit	Sönmüş Kireç	Sönmüş Kireç ve Klor Gazının Reaksiyonu İle Kalsiyum Hipo Klorit Üretiminde	Var
	Cma	Dolomitik Kireç	Yollarda Buzlanmayı Önleyen Kalsiyum Magnezyum Asetat Üretiminde	Yok
	Sitrik Asit	Sönmüş Kireç	Sitrik Asitin Rafinasyonunda	?
	Kalsiyum Tuzları	Sönmüş Veya Sünmemiş Kireç	Kirecin Organik veya İnorganik Asitlerle Reaksiyonu Neticesinde Çeşitli Kimyasalların Üretiminde. Kalsiyum Fosfat (Mono,Di,Tri), Florit, Bromid, Ferrosiyanit Ve Nitrit. Kalsiyum Asetat, Stearate, Oleate,Tartrate, Lactate, Citrate, Benzoate Ve Glukonate	Kısmen
	Diğer	Sönmüş Veya Sünmemiş Kireç	Krom Kimyasalların Üretiminde Nötrleştirici Olarak, Etilen veya Propilen Glikolun Üretiminde, Glikoz ve Dekstrinin Konsentasyonunda, Adsorbent ve Desikkant Olarak Çeşitli Kimyasal Proseslerde	Kısmen

Çizelge 1-7 Kirecin Çevre Alanında Kullanımı ve Türkiye’deki Durumu (National Lime Association 1999).

Ana Sektör	Kullanma Alanı	Kireç Cinsi	Kullanma Amacı	Türkiye’de Kullanımı
Çevre	Baca Gazı Arıtma	Kireç Sütü, Sönmüş Toz Kireç, Dolomitik Kireç	Yaş veya Kuru Desülfirizasyon Yöntemi İle Baca Gazındaki Kükürt Dioksitin Temizlenmesinde	Yok
		Kireç Sütü, Sönmüş Toz Kireç	Evsel Atıkların İnsinerasyonunda Baca Gazlarında Bulunan Hcl İn Temizlenmesinde	Yok
		Sönmüş Toz Kireç	Aktif Karbonla Birlikte Baca Gazlarındaki Cıvanın Temizlenmesinde	Yok
	İçme Suyu Arıtma	Sönmüş Kireç	Karbonat Sertliğinin Giderilmesinde, Kireç/Soda Prosesinde Karbonat Sertliği Dışındaki Sertliğin Giderilmesinde	Var
		Sönmüş Kireç	Asidik Suların Nötrleştirilmesinde, Alüminyum ve Demir Tuzları İle Birlikte Sudaki Katı Partiküllerinin Çöktürülmesinde	Var
		Sönmüş Kireç	Suyun Ph Değerini Yükseltip Sudaki Bakteri ve Bazı Virüsleri Yok Etmekte "Excess Alkalinity Treatment"	?
		Dolomitik Sönmüş Kireç	Sudaki Silisin, Manganın, Floridlerin Ve Organik Taninin Giderilmesinde	Yok
	Atık Su Arıtma	Sönmüş Kireç	Evsel Atık Suların Arıtmasında, Alüminyum ve Demir Tuzları İle Birlikte Katı Maddelerin Çöktürülmesinde, Fosfor Ve Azotun Giderilmesinde	Var
		Sönmüş Kireç	Endüstride, Asit İhtiva Eden Suların Nötrleştirilmesinde, Demir, Krom Gibi Metal İyonlarının Çöktürülmesinde, Pancar Şekeri Fabrikalarında Proses Suyunun Berraklaştırılmasında;	Var
	Atık Çamur Hazırlama	Sönmüş Veya Sönmemiş Kireç	Evsel Atık Su Arıtma Tesislerinden Çıkan Çamurun Stabilizasyonunda Ve Gübreye Dönüştürülmesinde, Hayvansal Atıkların Stabilizasyonunda	Yok
		Sönmüş Veya Sönmemiş Kireç	Sulfit/Sulfat Çamurları, Petrol Atıkları Gibi Endüstriyel Atıkların Stabilizasyonunda	Yok
	Zararlı Atıklar	Sönmüş Kireç	Bakır, Kurşun, Çinko, Arsenik Gibi Metalleri İhtiva Eden Atıkların Stabilizasyonunda	Yok

Çizelge 1-8 Kirecin Seramik, Tarım, Gıda ve Metal Alanlarında Kullanımı ve Türkiye’deki Durumu (National Lime Association 1999).

Ana Sektör	Kullanma Alanı	Kireç Cinsi	Kullanma Amacı	Türkiye’de Kullanımı
Seramik	Refrakter	Sinter Dolomit, Sönmüş Kireç	Dolomit Tuğla Üretiminde, Silisli Tuğla Üretiminde	Var
	Cam	Dolomitik Kireç	Cam Üretiminde Flux Olarak	Var
	Diğer	Sönmüş Ve Sönmemiş Kireç	Emaye, Porselen Eşya Üretiminde	Var
Tarım, Gıda	Tarım	Sönmüş Veya Sönmemiş Kireç	Tarım Topraklarında Ph Ayarlamada	Var
	Gıda Ve Gıda Yan Ürünleri	Sönmüş Kireç	Kemiklerden Jelatin Yapımında, Tereyağ, Sodyum Kazeinat, Laktik Asit, Kabartma Tozu, Meyve Endüstrisinde Meyve Atıklarının Yeme Dönüştürülmesinde, Tartarik Asit Üretiminde ve Meyvelerin Tazeliğini Korumada	Var
Metal	Demir Ve Çelik	Parça, Granül ve Yüksek Kalsiyumlu Kireç	Bazik Oksijen Ve Elektrik Ark Ocaklarında Cüruf Yapıcı Ve Kükürt, Fosfor, Silika Giderici, İkincil Rafinasyonda Pota Ocaklarında Kükürt Ve Fosfor Giderici	Var
		Sönmemiş Toz Kireç-150 Mikron	Bazik Oksijen Çelik Üretiminde Kükürt Giderici Olarak (Metalik Magnezyum İle Birlikte)	Yok
		Parça, Granül Veya Toz Dolomitik Kireç	Bof, Eao Ve Pota Ocaklarında Bazik Refrakteri Korumak İçin	Yok
	Çelik Ürünleri	Sönmüş Toz Kireç	Haddehanelerde Kayganlaştırıcı Olarak ve Korozyonu Önlemek Üzere Nötralizasyon İçin	Var
	Demir Dışı Metaller	Sönmüş Toz Kireç	Altın Ve Gümüşün Siyanürleme Yöntemi İle Kazanımında Ph Ayarlayıcısı Olarak	Var
		Sönmemiş Kireç	Alümina Üretiminde Boksitten Silisin Uzaklaştırılmasında (Bayer Prosesi)	Var
		Dolomitik Kireç	Metalik Magnezyum Üretiminde	Yok
		Sönmemiş Kireç	Düşük Karbonlu Ferrookrom Üretiminde Cüruf Yapıcı Olarak	Var

1.5 Sönmüş Kireç Harcı

Topraktan elde edilen tuğlanın ve kerpicin, yapı malzemesi olarak kullanılması harcın doğmasına neden olmuştur. Tarihte ilk olarak çamur kullanılmıştır. Çamurun ardından, Romalılarla birlikte, kireç harcı kullanılmaya başlanmıştır. Kireç harcından sonra, kum kireç karışımının içine pişmiş kil veya puzolan denilen volkanik tüfün karıştırılması ile su karşısında sertleşen bir bağlayıcı elde edilmiştir (Kuban 1998).



Şekil 1-2 Sönmüş Kireç

Hidrolik kireç kullanılarak elde edilen harçlar, kirecin kalsiyum karbonata dönüşmesi ve içinde bulundurduğu kalsiyum alüminat silikatların su ile kalsiyum silikat hidrat ve kalsiyum alüminat hidratların oluşturması sonucu sertleşmektedir. Puzolan kullanılarak elde edilen hidrolik harçlarda ise kireç, puzolanlar ile reaksiyona girerek kalsiyum silikat hidrat, kalsiyum alüminat hidrat vb. ürünleri oluşturur (Lea 1940).

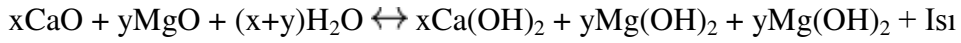
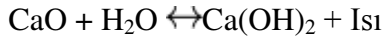
Yurdumuzda kireç taşı çoğunlukla ilkel kireç ocaklarında yakılır. Yerde veya bir yamaçta kazılmış bir çukura kireçtaşı ve odun parçaları ile çalılar gevşek olarak yerleştirilir, üzeri örtülür ve çalılar tutuşturulur. Isı etkisiyle kireçtaşı 900°C'nin üstünde bozularak sönmemiş kirece dönüşür (Kuban 1998).

Bu yöntemle devamlı kireç elde edilemez. Her seferinde ocağı yıkıp yeniden kurmak gerekir. Sürekli ve ucuz kireç elde etmek için düşey kireç fırınları veya daha iyisi çimento fırınlarına benzeyen döner fırınlar kullanılır. Genellikle yakıt olarak jeneratör gazı kullanılır. Gaz yakıtlarla elde edilen kireç daha temizdir, içinde yabancı madde daha azdır. Bazı kireç fırınlarında gaz yakıt kullanılmaz. Üstten kireçtaşı ile kok

kömürü karışık olarak konur. Böyle kirecin içine kömürün külü de karışır. Kirecin özellikleri içinde bulunan yabancı madde oranına, yakma süresi ve sıcaklık derecesine bağlıdır (Kuban 1998).

1.5.1 Sönmüş Kireç Üretimi

Kireçler CaO halinde kullanılmazlar. Bunların su ile işlem görerek söndürülmeleri gerekir. Kirecin söndürülmesi bir hidratasyon olayıdır. Sönmemiş kirecin üzerine az miktarda su dökülünce bir süre sonra kireç parçasının kabardığı ve yavaş yavaş çatlayarak dağıldığı, aynı zamanda sıcaklık artışı ve buharlaşma görülür (Wikipedia 2013).



Bu reaksiyonun gerçekleşebilmesi için kirecin ağırlığının 1/3'ü kadar suya ihtiyaç vardır. Reaksiyon sonunda elde edilen Ca(OH)_2 sönmüş kireçtir.

Sönmüş kireç sönmüş kireç (kuru kalsiyum hidroksit tozu), kireç sütü ve kireç macununu (kalsiyum hidroksit parçacıklarının suda dağılması sonucu oluşur) içerir.

Kirecin sulandırılması, hidratlayıcı adı da verilen sulandırma ünitesi içerisinde su ilavesi suretiyle gerçekleştirilir ($\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \Rightarrow \text{Ca(OH)}_2$). İlave edilen suyun miktarı, hidratlama reaksiyonu için gereken stoyikiyometrik miktarın yaklaşık iki katıdır. Artan su, tepkimenin ısısının meydana getirdiği sıcaklığın buhara dönüşmek suretiyle ısıtılması amacıyla ilave edilir. Partikülata dolu buhar, atmosfere deşarjı yapılmadan önce arındırma ekipmanından geçer (Wikipedia 2013).

Çok farklı tip ve modelde ekipman bulunmasına karşın teknik olarak hidratlayıcı kireci su mevcudiyetinde ağır bir şekilde ajite eden bir çift ters devirli vidalı pedaldan oluşur. Kuvvetli bir ekzotermik reaksiyon meydana gelir ve CaO'nun kg'ı başına 1140 kJ enerji açığa çıkar. Katıların ana reaktörde ortalama durma süreleri yaklaşık 15 dakikadır (Wikipedia 2013).

Isı salıverilmesi, şiddetli bir kaynatma işlemine, bu işlem de kısmen akışkan bir yatak oluşmasına sebep olur. Buhar içinde tutsak kalan toz, süreç boyunca evrilir. Bu tozun, bir ıslak gaz temizleyici içerisinde depolanması halinde, kireç sütü süspansiyonu elde edilir ki, bu malzeme normalde hidratlayıcıya geri gönderilir (Wikipedia 2013).

Hidratlamanın ardından ürün, hava süpürmeli tasnif ünitesine aktarılır ve burada ince ve kaba fraksiyonlar bir geri dolaşım havası akımı yardımıyla ayrıştırılır. İri fraksiyonların bir kısmı yada tamamı öğütülebilir ve geri kazanılabilir. İnce fraksiyon ise depolanmak üzere silolara taşınır. Buradan malzeme ya dökme halde nakledilmek üzere nakil vasıtalarına boşaltılır yada torbalar içerisinde paketlenmek yada ara dökme ürün kaplarında saklanmak üzere bir torbalama tesisine aktarılır (Wikipedia 2013).

Kirecin söndürülmesi sırasında şu hususlara dikkat edilmelidir (Wikipedia 2013):

- Kirecin söndürülmesi sırasında %100 oranında bir hacim artışı meydana gelir. Zaten kirecin sönerken kabarıp çatlamasının nedeni de budur. Bu nedenle söndürme işlemine önem verilir. Tamamen söndürülmeden yapıda kullanılan kireç, söndürülmesi sırasında yapacağı reaksiyonu kullandığı yerde yaparak, hacim artmasına ve yapıda bazı hasarların oluşmasına neden olur. Bunun olmaması için, kireç taşları en az 15 gün, şantiyede açılan kireç havuzlarında, su ile temas halinde bulundurulmalıdır.
- Söndürme işlemi sırasında sıcaklık 300-400°C'a kadar çıkabilir. Bu nedenle olayın aksi yönde gelişmesi, yani sönmüş kirecin tekrar su kaybederek CaO haline dönüşmesi mümkündür. Bu nedenle su miktarını iyi ayarlamak suretiyle, sıcaklığın 100 °C civarında tutulması sağlanmalıdır. Bunun için de, söndürme işlemi sırasında dökülen suyu yavaş yavaş vermek, bir müddet soğuyup kabarmasını bekledikten sonra, tekrar su vermek suretiyle söndürme işlemine devam edilmelidir.
- Söndürme işlemi teknelerde, kireç kuyularında veya fabrikalarda su püskürtülerek yapılır. İlkel bir yöntem olan kireç kuyularında kireç fazla su ile söndürüldüğünden ürün $\text{Ca}(\text{OH})_2 + n\text{H}_2\text{O}$ şeklindedir ve yağlı kireç olarak adlandırılır. Fabrikalarda ise sönmüş kireç sadece $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 'dir. İnce toz halinde olup, torbalar içinde satılır. Buna hidrate kireç de denir. Bu tozun özgül ağırlığı 2,20-2,45 g/cm³ arasındadır. Birim ağırlığı ise 0,60-0,75 g/cm³ arasındadır.

1.5.2 Sönmüş Kirecin Özellikleri

Çimento esaslı sıva ve harçlara göre yüzeyde daha erken mukavemet oluşturur. Doğal hidrolik kireç esaslı yapısıyla binanın tarihi dokusuna zarar vermez. Hassas ve zayıf yüzeylere uyumludur. Uygulama alanına göre tasarım yapılabilir. Yapının nefes almasını sağlar. Tarihi Horasan Harcı ve Sıvaları Kireç harçları hidrolik ve hidrolik olmayanlar olarak iki grupta tanımlanmaktadır. Hidrolik olmayanlar, kireç ile etkisiz agregaların karışımıyla elde edilmektedir. Bu harçlar; kirecin, havanın karbondioksiti ile kalsiyum karbonata dönüşmesi sonucu sertleşmektedir (Wikipedia 2013).

Hidrolik harçlar ise hidrolik kireç kullanılarak veya saf kireç ile puzolanların karıştırılmasıyla elde edilmektedir. Hidrolik kireç kullanılarak elde edilen harçlar, kirecin kalsiyum karbonata dönüşmesi ve içinde bulundurduğu kalsiyum alüminat silikatların su ile kalsiyum silikat hidrat ve kalsiyum alüminat hidratları oluşturması sonucu sertleşmektedirler. Puzolan kullanılarak elde edilen hidrolik harçlarda ise kireç, puzolanlar ile reaksiyona girerek kalsiyum silikat hidrat, kalsiyum alüminat hidrat, vb. ürünleri oluşturur. Hidrolik harçların mukavemetleri, oluşan bu ürünlerden dolayı hidrolik olmayanlardan daha büyüktür (Wikipedia 2013).

Kirecin puzolanlarla olan reaksiyonu için ortamda suyun bulunması gerekmektedir. Bu nedenle, hidrolik harçlar su altında da mukavemet kazanabilmektedir. Yüzey alanı büyük puzolan kullanımı, ortam sıcaklığının yüksek olması, karışıma alçı eklenmesi, bu harçların sertleşme sürecini hızlandırarak daha büyük basma dayanımlarına sahip olmalarını sağlamaktadır. Tuğla, kiremit ve benzeri malzemeler, kireç ile karıştırılarak birçok tarihi yapının harç ve sıva malzemesinin hazırlanmasında kullanılmıştır. Bu harç ve sıvalar hidrolik olup ülkemizde, horasan harcı ve sıvaları olarak bilinmektedir. Bu harçlar Roma döneminde “Cocciopesto”, Hindistan’da “Surkhi” Arap ülkelerinde “Homra” olarak adlandırılmıştır. Hidrolik özelliklerinden dolayı bu harç ve sıvalar Bizans, Roma, Selçuklu ve Osmanlı dönemi sarnıç, su kuyusu, su kemerleri ve hamam yapılarında kullanılmıştır (Wikipedia 2013).

1.6 Tarihi Horasan Harcı ve Sıvaları

Topraktan elde edilen tuğlanın ve kerpicin, yapı malzemesi olarak kullanılması harcın doğmasına neden olmuştur. Tarihte ilk olarak çamur kullanılmıştır. Çamurun ardından, Romalılarla birlikte, kireç harcı kullanılmaya başlanmıştır. Kireç harcından sonra, kum kireç karışımının içine pişmiş kil veya puzolan denilen volkanik tüfün karıştırılması ile su karşısında sertleşen bir bağlayıcı elde edilmiştir. Tarihi yığma-kâgir yapılarda özellikle, Roma, Bizans, Selçuklu ve Osmanlı mimarisinde ise horasan harcı adı verilen bağlayıcı kullanılmıştır (Kuban 1998).

Kireç harçları hidrolik ve hidrolik olmayanlar olarak iki grupta tanımlanmaktadır. Hidrolik olmayanlar, kireç ile etkisiz agregaların karışımıyla elde edilmektedir. Bu harçlar; kirecin, havanın karbondioksiti ile kalsiyum karbonata dönüşmesi sonucu sertleşmektedir. Hidrolik harçlar ise hidrolik kireç kullanılarak veya saf kireç ile puzolanların karıştırılmasıyla elde edilmektedir Lea (1940). Hidrolik kireç kullanılarak elde edilen harçlar, kirecin kalsiyum karbonata dönüşmesi ve içinde bulundurduğu kalsiyum alüminat silikatların su ile kalsiyum silikat hidrat ve kalsiyum alüminat hidratların oluşturması sonucu sertleşmektedir. Puzolan kullanılarak elde edilen hidrolik harçlarda ise kireç, puzolanlar ile reaksiyona girerek kalsiyum silikat hidrat, kalsiyum alüminat hidrat vb. ürünleri oluşturur Lea (1940). Hidrolik harçların mukavemetleri, oluşan bu ürünlerden dolayı hidrolik olmayanlardan daha büyüktür (Lea 1940; Akman vd 1986; Tunçoku 2001).

Kirecin puzolanlarla olan reaksiyonu için ortamda suyun bulunması gerekmektedir. Bu nedenle, hidrolik harçlar su altında da mukavemet kazanabilmektedir. Yüzey alanı büyük puzolan kullanımı Shi ve Day (2001), ortam sıcaklığının yüksek olması Shi ve Day (1993), karışıma alçı eklenmesi, bu harçların sertleşme sürecini hızlandırarak daha büyük basınç dayanımına sahip olmalarını sağlamaktadır (Lea 1940).

Tuğla, kiremit ve benzeri malzemeler, kireç ile karıştırılarak birçok tarihi yapının harç ve sıva malzemesinin hazırlanmasında kullanılmıştır. Bu harç ve sıvalar hidrolik olup ülkemizde, horasan harcı ve sıvaları olarak bilinmektedir. Horasan, kırılmış öğütülmüş kiremit ve tuğla tozu benzeri pişmiş kildir. Horasan harcı ise, horasan ve kireç (hava

kireci) ile üretilen harca denir. Horasan deyimi, İran'ın doğusundaki Horasan bölgesinden gelmektedir. Bu harçlar Roma döneminde 'Cocciopesto' Massazza ve Pezzuoli (1981), Hindistan'da 'Surkhi' Spence (1974), Arap ülkelerinde 'Homra', Yunanistan'da 'Korassa' adını almaktadır. Günümüzde Suudi Arabistan'da betona horasan denilmektedir (Çamlıbel 1998).

Horasan'ın dayanımı, kirecin kalitesine ve tuğla tozunun inceliğine bağlıdır. Horasan harcının dayanımının yüksek olması, harca katılan ince çakıl takviyesi ile orantılıdır. Bunun nedeni; harca katılan kirecin zamanla sertleşmesi olayıdır. Ayrıca horasan harcının içine rötreyi engellemesi için saman da katılabilir (Mahrebel 2006).

Horasan çok geç sertleşen bir malzemedir. Dayanımını çok uzun zamanda kazanır. Malzemenin bu özelliğini bilen eski mimarlar yapının temelini bitirdikten sonra üst yapıya başlamaları için, uzun bir süre yapıma ara verirlerdi. Horasanın sertleşme sürecini azaltmak ve dayanımını kısa sürede kazanabilmesi için çeşitli katkı maddeleri kullanılabilir (Saraç 2003).

Hidrolik özelliklerinden dolayı bu harç ve sıvalar Roma, Bizans, Selçuklu ve Osmanlı dönemi sarnıç, su kuyusu, su kemerleri ve hamam yapılarında kullanılmıştır (Akman vd 1986; Güleç ve Tulun 1996; Böke vd 1999; Moropoulou vd 2000a; Moropoulou vd 2002a).

1.7 Kireç Harçlarının Su Tutma Özellikleri

Kirecin, inşaatta bağlayıcı madde olarak kullanılması binlerce yıl önceye dayanmaktadır (Bentur 2002). Kirecin inşaat alanında kullanımına ait en eski kanıtlardan biri Türkiye'ye M.Ö. 8,000 dolaylarına rastlar. Bir başka örnek ise M.Ö. 7,000'de Galilee'de, kireç harcı kullanılarak inşa edilen zeminde görülür. Bulgular söz konusu zeminin birkaç tabaka kalsiyum karbonattan oluştuğunu göstermiş ve bu da sönmüş kireç kullanıldığını göstermektedir (Malinowski ve Garfinkel 1991; Ronen vd 1991).

İnşaatlarda kireç harcı kullanımı, Yunan ve Roma medeniyetlerinde de gözlemlenmiştir. Romalılar, gerekli priz noktası ve dayanıklılığı elde edebilmek için kirece, volkanik kül, ezilmiş tuğla ve kiremit katmışlardır (Baronio vd 1997). Şimdilerde halen ayakta

kalabilmiş olan ortaçağa ait kaleler ve katedraller, geçmişte kireç esaslı materyallerin başarılı bir şekilde kullanıldığına işaret etmektedir. Öte yandan 19. yüzyılda, Portland çimentosunun bulunmasıyla, kirecin kullanımı oldukça azalmıştır. Bunun sebebini, Portland çimentosunun inşaat yapımındaki süreyi hızlandırmasına bağlayabiliriz, örneğin beton. Portland çimentosu İkinci Dünya Savaşı dolaylarında, harç ile sıvayı tutturmak amacı ile yaygın olarak kullanılmaktaydı. Fakat bu durum, duvarların pullanıp parçalanması gibi pek çok yapısal sorunla sonuçlandı. Çimento harçları bulunduktan sonra, tuğlalardaki ısı ve nem genleşmelerinden dolayı, genişleme derzlerinin duvarcılıkta kullanılması gerekli oldu. Yirminci yüzyılda kirecin kullanımı düşmüşse de çimento için sağladığı avantajlar bakımından, en azından son yirmi yıldır kullanımı artmaktadır.

Tuğla ya da blok duvarlarda, kireç sıva ve alçı uygulanmaktadır. Kireç alçının duvarların içlerinde kullanılması konfor seviyesini artırmıştır. Kireç sıvaların duvarların dış yüzeylerine uygulanması ise yağmur sularının kolayca emilmesine yaramış ve böylelikle binalara yağmur sularının sızmasını engellemiştir. Ancak bu çalışmanın odak alanı, tuğla-harç-tuğla interfazı esas olmak üzere, kirecin harçları birleştirmedeki kullanımıdır. Alçı ve sıvalar, deneysel prosedürler geliştirilmiş ve varılan sonuçlar genelde uygulanabilir olsa da, burada pek de göz önünde bulundurulmayacaklardır.

Çimento harçları kırılgan bir yapıya sahip olmakla birlikte poroziteleri düşüktür. Öte yandan, kireç harçları ise uygulandıkları taş ya da tuğla yüzeylere oranla daha yumuşaktırlar. Bu nedenle, yapıda olabilecek farklı oturmalar ya da ısı değişikliklerinden kaynaklanan ufak hareketlere, kireç harçları kolaylıkla bağdaştırılabilmektedir (Lime Technology Ltd 2004; Smart ve Sims 1999).

Tuğla ve taş duvarların bozulmasında, nem oranındaki oynamalar oldukça önemlidir. Yeni yapılarda kireç harcının tekrar kullanılmaya başlamasının önündeki esas engel, inşaat zamanını yavaşlatması yönünde algılanmasıdır. Çimento harçları ile kıyaslandığı zaman, kireç harçları da sülfür atağının yol açtığı kimyasal bozulmalara karşı yüksek dirençlidir. Bunun yanında kireç harçları, çimento harçlarından daha düşük mukavemete sahip olup, daha yumuşak oldukları için, yapılarda farklı oturmalar ve göçmelerden dolayı meydana gelen hasar ve çatlaklar genellikle kireç harçları tarafından

karşılanmakta ve tuğla, blok, taş malzeme ya daha az zarar görmekte ya da hasar almamaktadır.

Kireç harçları günümüzde halen, geleneksel ve tarihi binaların korunması ve tamiri hususundaki birincil materyaldir. Ayrıca, modern yapılarda da çimento harçları yerine, kireç harçlarının kullanımı da desteklenmelidir (Constantinides 1995).

Tarihi eserlerin güçlendirilmesi, bakımı ve onarımında kireç kullanımı kaçınılmazdır. Ancak kireç harçlarının taze haldeki bir takım özellikleri iyileştirilebilmesi durumunda, bu harçların kullanımları daha da yerinde ve kalıcı olacaktır. Tezin amaçlarından birinin, zeolit ve toz haline getirilmiş Bayburt taşlarının kireç harcına katkı olarak eklendiği zaman oluşacak su tutma kapasitesini, suyu iletme kapasitesini (A) ve suyu iletme sürelerini (t_{dw}) deneysel olarak tespit etmektir. Kirecin priz noktasının uzun olması ve karışım suyunu içerisinde hapsedmesi kireç harcı kullanımını zorlaştıran en önemli parametrelerdir. Dolayısıyla bu parametrelerin ölçümü ve zeolit ve toz haline getirilmiş Bayburt taşları katkısı ile iyileştirilmesi bu malzemelerin yığma yapılar üzerinde kullanımına olanak sağlamaktadır.

1.7.1 Kireç Harçlarının Su Tutma Özelliklerinin Teorik Esasları

Yığma yapı inşaatlarında, birleştirici harçlar yeni dökülmüş ıslak durumda iken, emici tuğla, beton veya taş duvar yüzeylerine uygulanırlar. Bu kuru haldeki yüzeyler taze harcın suyunu çabucak absorbe edip çekebilmektedir; dolayısıyla taze harcın su tutma kapasitesi ve kuru yüzeylerin su emme kapasiteleri önemli parametrelerdir. Bu iki parametrenin aynı zamanda hem taze hem de sertleşmiş haldeki harcın özellikleri üzerinde ciddi etkileri vardır (Carter vd 2003).

Yüzeyler, taze harçtaki suyu su emme kapasitelerine bağlı olarak emerler. Bu durum ayrıca taze harçla yüzey arasında bağ gücünün oluşmasına da yardımcı olur ancak taze harcın işlenebilirliği su kaybından ötürü ciddi oranda azalma göstermektedir. Normalde, harç ile taş/tuğla/blok örme işlemini hızlı gerçekleştirmek tercih edilmektedir. Bunun başlıca sebebiminde harcın sadece taze halde iken şekil verilebilir durumda olmasıdır. Bunun yanı sıra taş/tuğla/blok malzemenin de su emme kapasitesinin çok yüksek olması tercih edilmemektedir. Bu durum taze harçtan suyun hızlıca emilmesine sebep olacağı

gibi, harcı çabucak sertleştirerek işlenebilirliği de ciddi ölçüde düşürecektir. Ayrıca büyük orandaki su kaybı harcın sertleşmiş haldeki özelliklerine olumsuz yansıyacaktır.

Sorptivite, geçirgen bir materyalin suyu kapilarite özelliği ile absorbe edebilmesidir Collier vd (2007) ve İnce vd (2010). Desorptivite ise taze haldeki bir harcın suyu kuru yüzeye iletme yeterliliğidir. Suyu iletme kapasitesi ise emici kuru bir yüzeyin, taze haldeki harçtan su emme yeterliliğinin birimidir. Suyu iletme kapasitesi iki ana parametre tarafından kontrol edilmektedir. Bu parametreler, taze haldeki harcın su tutma kapasitesi ile kuru yüzeyin su emme kapasiteleridir. Bu durumda sorptivite S , desorptivite R ve su iletme kapasitesi olan A aşağıda gösterilen 1. denklemde gösterildiği gibi ilişkilendirilmektedir.

$$\frac{1}{A^2} = \frac{1}{R^2} + \frac{1}{S^2} \quad (1)$$

Bu denklemin detaylı tanıtımı ve derivasyonuna Collier vd (2007) ve İnce vd (2010) makalelerinde yer verilmişlerdir. Su iletme kapasitesi ile zaman (t) arasındaki ilişki 2. denklemde verilmektedir.

$$i = At^{1/2} \quad (2)$$

İnce vd (2010) ayrıca Sharp Front teorisine bağlı olarak suyu iletme süresinde türetmiş olup, denklemin deneysel olaraksa doğruluğunu ve geçerliliğini ispatlamışlardır. Suyu iletme süresi 3. denklemde verilmektedir. Burada L harç kabinliği α ise sabittir.

$$t_{dw} = \left(\frac{L\alpha}{A} \right)^2 \quad (3)$$

2 KAYNAK ÖZETLERİ

Lea (1940) ve Boynton (1966) kireç harçları hakkında yaptıkları çalışmalarında aşağıdaki değerlendirmeleri yapmışlardır. Tarihi yapıların inşasında kullanılan kireç harçları, bağlayıcı malzeme olarak kireç ve dolgu malzemesi olarak agregaların karıştırılması ile elde edilir. Bu harçlar, hidrolik ve hidrolik olmayan harçlar olarak gruplandırılabilir (Lea 1940). Saf kireç ve puzolanik özellik taşımayan agregaların karışımı ile elde edilen hidrolik olmayan harçlar, kirecin havanın karbon dioksiti ile kalsiyum karbonata (CaCO_3) dönüşmesi sonucunda sertleşirler (Boynton 1966). Hidrolik kireç harçları ise, hidrolik kireç kullanılarak veya saf kireç ile puzolanik agregaların karıştırılması ile elde edilir (Lea 1940; Boynton 1966). Hidrolik kireç ile hazırlanan harçlar, bu kireçte bulunan kalsiyum silikatların ve kalsiyum alüminatların su ile reaksiyonu sonucunda kalsiyum silikat-hidrat (C-S-H) ve kalsiyum-alüminat-hidratların (C-A-H) oluşması ile sertleşmektedir (Lea 1940). Puzolanik agregaların kullanılmasıyla hazırlanan hidrolik harçlarda ise kirecin puzolanlar ile reaksiyonu sonucunda kalsiyum-silikat-hidrat ve kalsiyum-alüminat-hidratlar oluşmaktadır (Lea 1940). Oluşan bu ürünlerden dolayı hidrolik harçlar, hidrolik olmayan harçlara göre daha yüksek mekanik özelliklere ve dayanıklığa sahiptirler (Lea 1940).

Böke ve diğerleri TÜBİTAK'tan da aldıkları destekle “Tarihi Yapılarda Kullanılan Horosan Harcı ve Sıvalarının Kullanımı” hakkında çalışmalar yapmış ve çalışmasında diğer kaynaklara da atıf yaparak şu bulgulara değinmiştir:

- Doğal puzolanlar (tuf, tras, opal vb.) genelde volkanik küllerden oluşmaktadır (Lea 1940). Tuğla, kiremit vb. pişirilmiş malzemeler ise yapay puzolan olarak birçok tarihi yapının harç ve sıvalarında kullanılmıştır (Böke vd 2004; James ve Rao 1986) yapay puzolana bir başka örnek de, pirinç kabuğunun yakılması ile elde edilen küllerdir.
- Kireç harçlarının hazırlanmasında kirecin veya harcın fiziksel özelliklerini geliştirmek, karbonatlaşmayı hızlandırmak amacıyla kirece veya harca organik ve inorganik maddelerin katıldığı bilinmektedir. Bunlardan bazıları; kan,

yumurta, peynir, gübre, arap zambkı, hayvan tutkalı, bitki suları, kazein gibi malzemelerdir (Sickels 1981).

- Kireç harçları hidrolik ve hidrolik olmayanlar olarak iki grupta tanımlanmaktadır (Lea 1940). Hidrolik olmayanlar, kireç ile etkisiz agregaların karışımıyla elde edilmektedir. Bu harçlar; kirecin, havanın karbondioksiti ile kalsiyum karbonata dönüşmesi sonucu sertleşmektedir. Hidrolik harçlar ise hidrolik kireç kullanılarak veya saf kireç ile puzolanların karıştırılmasıyla elde edilmektedir (Lea 1940). Hidrolik kireç kullanılarak elde edilen harçlar, kirecin kalsiyum karbonata dönüşmesi ve içinde bulundurduğu kalsiyum alüminat silikatların su ile kalsiyum silikat hidrat ve kalsiyum alüminat hidratları oluşturması sonucu sertleşmektedirler (Lea 1940). Puzolan kullanılarak elde edilen hidrolik harçlarda ise kireç, puzolanlar ile reaksiyona girerek kalsiyum silikat hidrat, kalsiyum alüminat hidrat vb. ürünleri oluşturur (Lea 1940). Hidrolik harçların mukavemetleri, oluşan bu ürünlerden dolayı hidrolik olmayanlardan daha büyüktür (Lea 1940; Akman vd 1986; Tunçoku 2001).
- Kirecin puzolanlarla olan reaksiyonu için ortamda suyun bulunması gerekmektedir. Bu nedenle, hidrolik harçlar su altında da mukavemet kazanabilmektedir. Yüzey alanı büyük puzolan kullanımı (Shi ve Day 2001), ortam sıcaklığının yüksek olması (Shi ve Day 1993), karışıma alçı eklenmesi, bu harçların sertleşme sürecini hızlandırarak daha büyük basma dayanımlarına sahip olmalarını sağlamaktadır (Lea 1940).

Cizer vd (2004), harçların yapımında kullanılan iri taneli agregaların XRD ile yapılan mineralojik kompozisyon analizlerinde temel olarak kuvars, albit ve muskovit mineralleri gözlenmiştir. EDX ile yapılan kimyasal kompozisyon analizlerinde bu agregaların yüksek oranlarda silisyum dioksit (% 54-81), alüminyum oksit (% 10-19) ve daha az oranlarda demir oksit, sodyum oksit ve potasyum oksit içerdiği tespit edilmiştir.

Yıldırım (2007) “Puzolanik zeolitin çimentoda katkı uygunluğunun araştırılması.” Konulu yüksek lisans tezinde şu konulara değinmiştir:

- Betondaki portland çimentosu hamurunun kazanabileceği dayanım hızı ve miktarı, çimentodaki kalsiyum silikatlı ana bileşenlerin suyla reaksiyonları sonucunda ortaya çıkan kalsiyum-silika-hidrat C-S-H jellerinin ne hızla ve ne miktarda oluştuklarına bağlıdır. C-S-H jelleri ne kadar hızlı oluşurlarsa, dayanım o kadar yüksek olmaktadır. İnce taneli puzolanik katkıların çimento hamuru içerisinde dayanım kazanmaları, bu maddelerin çimentodaki kalsiyum silikatlı ana bileşenlerin hidratasyonu sonucunda ortaya çıkan kalsiyum hidroksitle reaksiyona girmeleriyle mümkün olabilmektedir. Puzolanik malzemelerle kalsiyum hidroksit ve su arasındaki reaksiyon, yeni C-S-H jellerinin oluşmasına ve dayanımın artmasına neden olmaktadır. Daha önce de belirtildiği gibi, puzolanik beton yapımında, beton karışımında yer alacak portland çimentosu bir miktar azaltılmakta ve onun yerine puzolan eklenmektedir. Bir başka deyişle, puzolanik beton üretiminde daha az miktarda portland çimentosu kullanılmaktadır. Puzolanik betonun dayanım kazanabilmesi için, önce, puzolansız betonun yapımına kıyasla daha az miktarda kullanılmış olan portland çimentosu hidratasyon yapmaya başlamakta ve daha sonra, ortaya çıkan kalsiyum hidroksit ile puzolanların arasındaki reaksiyonlar yer almaktadır. İlk aşamada, puzolanik betonun içerisindeki portland çimentosunun hidratasyona başlamasıyla bağlayıcılık sağlayan bir miktar C-S-H jeli üretilmekte ve ikinci aşamada puzolanik reaksiyonların devam etmesiyle yeni C-S-H jelleri ortaya çıkmaktadır. O nedenle, puzolanik betonun ilk günlerde kazanabileceği dayanım miktarı, daha çok miktarda portland çimentosuna sahip olan puzolansız betona göre daha azdır. Ancak, puzolanik reaksiyonların oluşması ve yeni C-S-H jellerinin üretilmesiyle, puzolanik betonun nihai dayanımı, puzolansız betondan daha az olmamaktadır. Puzolanik betonun dayanım kazanma hızı ve nihai dayanımı, kullanılan puzolanların tipi ve miktarı tarafından etkilenmektedir.
- Doğal puzolanların beton özelliklerine olumlu etkileri şunlardır:
 - * Taze betonda işlenebilmeyi artırmaktadır,
 - * Taze betondaki terlemeyi azaltmaktadır,
 - * Betonun hidratasyon ısını azaltmakta, böylece kütle betonlarındaki çatlama önlemektedir.
 - * Sertleşmiş betonun su geçirimsizliğini azaltmaktadır,

- * Sertleşmiş betonun sülfatlara dayanıklılığını artırmaktadır,
- * Sertleşmiş betondaki alkali-silika reaksiyonu azaltmaktadır,
- * Ekonomiklik sağlamaktadır.

Yetgin ve Çavdar (2005) yapmış olduğu “Doğal Puzolan Katkı Oranının Çimentonun Dayanım, İşlenebilirlik, Katılaşma ve Hacim Genleşmesi Özelliklerine Etkisi” konulu çalışmalarında şuna değinmişlerdir:

- Çalışmalardan elde edilen sonuçlara göre, doğal puzolan içeren çimentolar, ilk günlerde portland çimentosundan elde edilen çimentoya göre daha düşük bir basınç dayanımı sergilemelerine rağmen, ilerleyen günlerde bu fark gittikçe azalmaktadır Özellikle, dayanıklılığın (durabilite) dayanımdan daha ön planda tutulduğu uygulamalarda, yüksek dayanımlı çimentolara yüksek oranda doğal puzolan ilave edilmesi suretiyle, standartların öngördüğü en düşük dayanımdan ($32,5 \text{ N/mm}^2$) vazgeçilmeksizin yüksek dayanıklılığa sahip çimentoların üretilebileceği bu çalışmada uygulanan yöntemle görülmektedir.

Mumpton (1976) zeolitlerin oluşumu ve özelliklerini inceleyerek şu hususlara değinmiştir:

- Her ne kadar zeolitlerin kullanılması hala başlangıç döneminde ise de yılda 300.1 tondan fazla zeolitik tüf USA, Japonya, İtalya, Macaristan, Yugoslavya, Bulgaristan, Almanya, Kore ve Meksika’ da çıkarılmaktadır. Doğal zeolitler portland çimentosunda ve hafif agrega olarak betonda, kirli suların arıtılmasında, havadaki oksijen ve nitrojenin ayrıştırılmasında, petrol katalizörlerinin düzeltilmesinde, gazların temizlenmesinde kurutulmasında absorbent olarak kullanılır.

Hay (1978) zeolitlerin oluşumları konusunda yaptığı çalışmada genellikle metamorfize olmamış kayalar olduğunu, deniz tabanının dörtte üç veya daha fazlasında, sedimentler olarak şimdiki okyanusların havzalarında bulunduğunu tespit etmiştir ve çalışmasına şu konulara da değinmiştir:

- Zeolitler klasik sedimentler olup zengin volkanik cam olarak saf çökeltilerdir. Karasal alanlarda ve deniz taban sedimentlerinin her ikisinde bulunur. Zeolitler geniş çeşit ve mükemmellikte kristal yapıda olup genellikle lav akıntısı oyuklarında bulunur. Zeolitler genelde doğal oluşumları itibarıyla sedimantal kayalar olup, analcime, chabazite, klinoptilolite, erionite, heulandite, leumontite, mordenite, phillipsite, notralite grubu mineraldir. Türleri ve miktarı, başlıca değişimi, ana kayanın yapısının bileşiminin ve ara suyunun bileşiminin, yaşının ve ısının bir fonksiyonudur. Erken oluşan zeolitler (Örnek: Klinoptilolit ve Phillipsite) genellikle diğer zeolitlere (Analcime, Heulandite, Leumontite) göre daha önce bulunmuşlardır. Bu özellikteki malzemeye Ph 9,5 olan birçok terk edilmiş göllerde rastlanabilmektedir. Zeolitler birkaç bin yıldan beri tanınmaktadır. Zeolitik başkalaşım birkaç tip hidrojenik sistemle tamamlanmıştır. Bunlar:

1. Meteorik suyun kalın çözeltilerden süzülmesi sonucu,
2. Kapalı sistemde orijinal gözenek suyunun tutulmasıyla,
3. Hidrotermal çözeltilerin belirli bir yere yerleşmesi,
4. Tuzlu ve Alkali topraklarda havanın yüzeysel etkisiyle ısının yükselmesi, zeolitlerin doğal ve kimyasal reaksiyon oranının belirlenmesine bağlı olarak önemlidir.

Yıldırım (2007) tezinde bildirildiğine göre Recumijk (1974) yılındaki çalışmasına zeolitlerin kullanım alanı ile ilgili şu bilgilere yer vermiştir:

- Zeolitler; düzenli kafes yapıda olup çok önemli bir iyon değiştirme özelliği vardır. Toz veya kayaç halde bulunabilirler. Silisyum, alüminyum oranına bağlı olarak kafes yapılı silisçe zengin zeolitler daha stabildir, sulu solüsyonlarda Ph 4–12 arasında değişir. Zeolitlerdeki iyon değişim mekanizması diğer materyallerden farklıdır. Zeolitler radyoaktif iyonların tekrar elde edilmelerinde de kullanılmaktadırlar. Adsorbsiyon; dehidrat zeolitler pekiyi iyon tutucu özelliktedir. Değişik moleküler boyuttaki bileşiklerin karışımını ayırmada özel por boyutları rol oynar. SO₂ gazının kirletilmiş havadan uzaklaştırılmasında mordenit gibi zeolitler yararlı bir şekilde kullanılmaktadır. Ayrıca zeolitler

sigara filtrelerinde cıva buharının uzaklaştırılmasında kullanılmıştır. Zeolitler geniş olarak katılar ve sıvılar ve doğal gazlar için de kurutucu olarak kullanılır. Zeolit ve adsorbe edilmiş ürünün yeniden elde edilmesi ısıtma veya diğer bir adsorbe edici ile yer değiştirilmesiyle başarılı bir sonuç elde edilebilmektedir. Katalizör olarak zeolitlerden çeşitli katalitik reaksiyonlarda aktif olarak yararlanılmaktadır. Kaolinit gibi zeolitler de kâğıtların beyazlaştırılmasında ve yumuşak dolgu maddesi olarak da kullanılmaktadır. Ayrıca inşaat materyallerinde de başarı ile kullanılır. Yalnız su dengesi etki ettiğinden bu tip inşaat materyallerinde kafes yapılı zeolitlerin kullanılmamasına dikkat edilmelidir.

Feng (1990) yılında zeolitik mineral katkılı yüksek dayanımlı ve akışkan betonlarla alakalı yaptığı çalışmada şu bulgulara değinmiştir:

- Zeolitik mineral katkılı yüksek dayanımlı ve akışkan betonlarda, % 10 oranında çimento yerine zeolit katılıp ve karışımın %31–35 arasında süper akışkanlaştırıcı katılırsa beton dayanımı 80 MPa ve çökmesi 18 cm olmaktadır. Bu dayanım, normal portland çimentolarının basınç mukavemetinin %10'dan % 15'e kadar çıkartmaktadır. Aynı zamanda kanama, ayrışma da olmamaktadır (Feng 1990).

Oymael vd (2007) yapmış oldukları “Üretimlerinde Puzolanlı Çimento Kullanılan Mikrobetonlarda Sülfatlara Dayanıklılık” konulu çalışmalarında şu konulara değinmişlerdir:

- PKÇ 32,5/B- M (CEM II/B-M) çimentosu ve standart kumla 40x40x160 mm boyutlarında prizmatik numuneler üzerinden sülfatlara dayanıklılık konusu araştırılmıştır. %0, %5 ve % 10'luk konsantrasyonlardaki $MgSO_4$ ve Na_2SO_4 çözeltilerinde 28 gün saklanan numunelerin fiziksel ve kimyasal özellikleri incelenmiştir. Çalışmanın orijinalliği mikrobeton numunelerin ilk gün sonrası sülfatlara konmuş olmasıdır. Söz konusu çalışmada $MgSO_4$ çözeltisindeki numunelerin Na_2SO_4 içindekilerden daha fazla yıpranmış olduğu, bu yıpranmanın basınç dayanımlarına yansımış olduğu görülmektedir.

Kibaroglu (2007) yapmış olduğu “Doğal Pozolanların Kullanım Alanları” konulu çalışmasında şu konulara değinmiştir:

- Eski Bizanslıların Napoliten yeşil tüfleri yol, su kanalları ve kentsel binaların yapımında kullanmaları pozolanik materyalin ilk ve yoğun kullanıldığı en eski dönemlerdir. İtalya'nın diğer bölgeleri ve Almanya'daki Eyfel bölgesindeki benzer özelliklerdeki altere tuf ve volkanik küller, bu dönemde Romalılar tarafından bütün Avrupa'nın çimento üretiminde kullanılmak amacıyla işletilmişlerdir. Pozolan çimento ve beton endüstrisinde; zeolitik tuf yatakları birçok ülkede pozolanik hammadde olarak kullanılmaktadır. Zeolitik pozolanlar, son beton ürünün daima olarak yeraltı su korozyonuna maruz kalacağı hidrolik çimentolarda önemli uygulamalar bulmaktadır. Zeolitlerin su altyapılarda kullanılacak pozolan çimento üretiminde kullanılması, yüksek silis içermeleri nedeniyle betonun katılaşma sürecinde açığa çıkan kirecin nötrleşmesini sağlayabilmelerindendir.
- Zeolit pozolan olarak en önemli uygulama alanı, sürekli yeraltı suyu korozyonuna maruz yerlerde hidrolik çimento olarak kullanılmalıdır. Zeolit katkı stabiliteyi sağlamaktadır. Zeolit materyalin kullanıldığı en çarpıcı örnek 1912 yılında Amerika Birleşik Devletlerinde 386 km uzunluğundaki su kanalı imalidir. Yapım için gerekli olan Portland çimento miktarının yaklaşık %25'inin zeolit katkılı çimento ile sağlanması yaklaşık 1.000.000 \$'lık bir kazanç sağlamıştır.

Demirel vd (1991) yılındaki “Çimento Üretiminde Türkiye'deki Zeolitik Tüflerinin Kullanım İmkânı” konulu çalışmasında şu bilgilere değinmiştir;

- Bazı pozolanların yüksek miktarda (%82) klinopitilolit içermesi bunların çimento katkı maddesi olarak kullanılması olanaklarının araştırılmasına yol açmıştır. Üst tuf biriminin yüzeyde olması madencilik açısından düşük maliyet getireceğinden bu zeolitik tüflerin, yapılan çalışmaların olumlu sonuç vermesi halinde, çimento katkı maddesi olarak kullanılabileceği konusu ortaya çıkmıştır. Zeolitik tüflerle yapılan ön deneyler, klinkere %30 oranında katıldığında

yaklaşık %20 enerji tasarrufu sağladığını göstermiştir. Ancak %30 oranında katıldığında, TS 26 nolu Türk Standartına göre yapılan 7 günlük çimento basma dayanımı en az 210 kg/cm² istenirken bu katkı oranında 179 kg/cm² bulunmuştur. Bununla birlikte 28 günlük basma dayanımı' TS-26'dB belirtilen 325 kg/cm² değerinin üzerine çıkmıştır. Bu nedenle zeolitik tütün %30'dan daha az oranda katılmasının 7 günlük basma dayanımını artıracak kabul edilmiştir. Bu noktadan hareket ederek, gerek çimento basma dayanımı değerlerinin güvenilir sınırlar içerisinde tutulması, gerekse ateşte zayıflamasının düşürülerek çimentonun kullanımından sonra meydana gelecek çatlamları önlemek amacı ile ideal katkı oranının yaklaşık %20 olarak alınabileceği çalışmalar sonucunda ortaya çıkmıştır.

Poon vd (1999), 0,25 ve 0,30 su/çimento oranına sahip beton dökümü gerçekleştirmişler ve bu örneklerde çimento yerine çimento ağırlığının %0, %15 ve %25 oranlarında zeolit kullanarak basınç dayanımlarını ve zeolitın pozolanik aktivitesi ile porozitesini incelemişler.

Mol (2001), değişik oranlarda pomza-zeolit karışımlarının kimi fiziksel ve kimyasal özelliklerini belirlemiştir.

Saka (2001), zeoliti endüstriyel atıkların çöp depolama alanı dizaynında geçirimsizlik malzemesi olarak değerlendirmiştir.

Serbest (1999), Manisa-Gördes yöresi ve Balıkesir-Bigadiç yöresine ait içinde doğal zeolitlerden klinoptilolit bulunan zeolitik tuf örnekleriyle deneyler yapılmıştır. Deneyler sonucunda Manisa-Gördes bölgesine ait ve içinde doğal zeolitlerden klinoptilolit bulunan zeolitik tüflerden üretilen, “Anafom” adlı malzemenin, hafif yapı endüstrisinde kullanımının daha uygun olduğunu saptamıştır.

Kocakuşak (2001) ve Ülkü ve Turgut (1991), doğal zeolitler ve uygulama alanlarını incelemişlerdir.

3 MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

Bu çalışmada öncelikle ihtiyaç olan zeolit, sönmüş kireç ve çimento gibi fabrikasyon malzemeler üretici fabrikalardan temin edilmiş olup, fabrikasyon olmayan malzemeler ise laboratuvar ortamında deneylerde kullanılacak şekilde uygun hale getirilerek ve gerekli uygun saklama koşulları sağlanarak çalışma sonuna kadar güvenli bir ortamda muhafaza edilmiştir.

Zeolit, sönmüş kireç ve çimento ürünleri üretici fabrikalardan elde edilmiş, Bayburt Taşları ise ocaklardan temin edilerek laboratuvarımızda makinelerde ufaltılarak toz haline getirildikten sonra deneyde kullanılacak tane büyüklüklerine göre elenerek uygun ortamlarda muhafaza edilmiştir.

Çalışmamızda kullanılan kum ise standart türde bir kumdur. Kum ocağından alınan kumlar laboratuvarda yıkandıktan sonra etüvde kurutularak deney için gerekli tane büyüklüklerine göre elenmiştir.

Karışım suyu olarak ise Bayburt musluk suyunun makinelerde saflaştırılarak elde edilen saf suyu kullanılmıştır. Her seferinde cihazdan elde edilen saf suyun pH değeri pH ölçerle ölçülerek deneylerde kullanılmıştır.

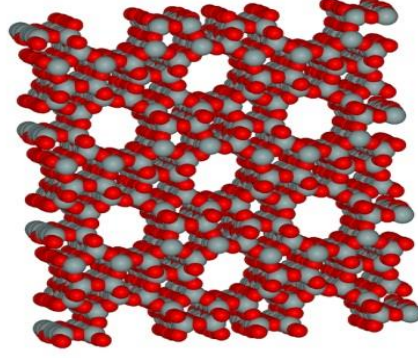
Çizelge 3-1 Zeolit Ve Bayburt Taşların Kimyasal Özellikleri

Mineraller	Zeolit	Bayburt Sarı Taşı	Bayburt Yeşil Taşı	Bayburt Beyaz Taşı
SiO ₂	%72	%64,8	%72,5	%69,2
MgO	%0,9-1,2	%0,5	%0,4	%0,85
CaO	%2,4-3,7	%7,3	%0,7	%2,95
Fe ₂ O ₃	%0,7-1,9	%2,45	%2,1	%1,10
Al ₂ O ₃	%10-12	-----	-----	-----

3.1.1 Zeolit

Zeolitler kafes yapılarında alüminyum, silis ve oksijen, gözeneklerinde ise katyon ve su içeren mikro gözenekli kristal katılardır. Silis ve alüminyum atomları ortak oksijen

atomu sayesinde birbirlerine tetrahedral olarak bağlanmışlardır (Zeolyst International 2009).



Şekil 3-1 Mikro gözenekli yapısıyla zeolit molekülü (Wikipedia 2009).

"Zeolit" kelime olarak "kaynayan taş" anlamındadır. Isıtıldığında patlayarak dağılması nedeni ile bu isim verilmiştir.

Alkali ve toprak alkali metallerin kristal yapıya sahip sulu alümina silikatları olup çerçeve silikatlar grubundadır. Mineral türü olarak 1750'lerden bu yana bilinmekle beraber kristal yapıları, x-ışınları kırınımı, I.R. absorpsiyonu, nükleer manyetik rezonans, elektron spin rezonans gibi yöntemlerin geliştirilmesi sayesinde ancak 1930'larda çözümlenebilmiştir. İskelet yapılarındaki Si/Al oranlarındaki ve içerdikleri katyon cinsi ve miktarlarındaki bazı farklılıklara rağmen;



genel formülü ile ifade edilebilirler. Burada M^+ bir alkali katyon olup genellikle Na^+ veya K^+ , nadiren de Li^+ olur. M^{+2} ise bir toprak alkali katyondur ve genellikle Mg^{+2} , Ca^{+2} , Fe^{+2} nadiren de Ba^{+2} , Sr^{+2} olur (DPT 1996).

Bu çalışmada kullanılan zeolit Rota Madencilik tarafından Manisa'nın Gördes ilçesinde çıkarılan ve maksimum 700 mikron dane çapına sahip olan %90-95 saflıktaki zeolit ürünüdür. Ürünün elek analizi, kimyasal ve fiziksel özellikleri aşağıda ayrıntılı olarak belirtilmiştir.

Çizelge 3-2 Zeolit Ürün Bilgisi

Genel Bilgi					
Kimyasal İsim:		Kalsiyum, Potasyum, Sodyum			
Kimyasal Aile:		Doğal Zeolitler			
Kimyasal Özel İsim:		Klinoptilolit			
Kimyasal Formül:		(Ca,K ₂ ,Na ₂ ,Mg) 4Al ₈ Si ₄₀ O ₉₆ .24H ₂ O			
MİNERAL İÇERİK *					
Klinoptilolit	90-95 %	Kristobalit	0 - 5 %	Tridimit	0 - 5 %
* X Işınlı Diffraksiyon Methodu kullanılarak Yarı-Kantitatif bütün kaya analizi (yığın mineralojisi)yapılmıştır.					
KİMYASAL İÇERİK **					
SiO₂	65 - 72 %	Fe₂O₃	0,7 - 1,9 %	MnO	0 - 0,08 %
Al₂O₃	10 - 12 %	MgO	0,9 - 1,2 %	Cr₂O₃	0 - 0,01 %
CaO	2,4 - 3,7 %	Na₂O	0,1 - 0,5 %	P₂O₅	0,02 - 0,03 %
K₂O	2,5 - 3,8 %	LOI***	9 - 14 %	SiO₂/Al₂O₃	5,4 - 7,2 %
** XRF Spektrometresi ile analiz edilmiştir. *** Loss of Ignition (Kızdırma Kaybı)					
FİZİKSEL ÖZELLİKLER					
Görünüm	Fildişi Beyazı	Yağ Absorpsiyonu (ml/100g)	57	Çözünebilirlik	Yok
Koku	Yok	Aşınma (mg/100g)	87	pH	7,0 - 8,0
Porozite	45-50 %	Tek nokta Yüzey Alanı	39 m ² /g	Yumuşama	1150 °C
Sertlik	2-3 Mohs	Mikropor Alanı	11 m ² /g	Erime	1300 °C
Çamurlaşma	None	Mezopor Alanı	29 m ² /g	Yığın Yoğunluğu	0,6 - 0,8 g / cm ³
Su Absorpsiyonu	42-50 %	Etkin Por Çapı	4 angström	Gerçek Yoğunluk	2,2- 2,4 g / cm ³
Plastiklik	Minör				
KATYON DEĞİŞTİRME KAPASİTESİ (CEC) *					
Toplam CEC: 1,5 - 2,1 meq/g * Methylene Blue Chloride Metodu					
Ana Değiştirilebilir Katyonlar : Rb, Li, K, Cs, NH4, Na, Ca, Ag, Cd, Pb, Zn, Ba, Sr, Cu, Hg, Mg, Fe, Co, Al, Cr.					
Seçicilik : Cs+ > NH ₄ + > Pb ₂ + > K+ > Na+ > Ca ₂ + > Mg ₂ + > Ba ₂ + > Cu ₂ +, Zn ₂ +					
Birincil Soğurulan Gazlar CO, CO ₂ , SO ₂ , H ₂ S, NH ₃ , HCHO, Ar, O ₂ , N ₂ , H ₂ O, He, H ₂ , Kr, Xe, CH ₂ OH, Freonlar, Formaldehit.					

3.1.2 Toz Haline Getirilmiş Bayburt Taşları

Beyazımsı, sarımsı, yeşilimsi renkleri, homojen ya da hareli dokuları ile dikkati çeken tüfler oldukça geniş bir yayılım sunmaktadırlar.

Tüflerin bulunduğu bölgelerde yapılan araştırmalarda, antik döneme ait olduğu düşünülen ocak ve pasa izlerine rastlanmıştır. Kentin tarihi ve taş dokusu da dikkate alındığında; “Bayburt Taşı” olarak tanımlanan beyazımsı, sarımsı ve yeşilimsi tüflerin geçmişten bugüne üretildiği ve yaygın olarak kullanıldığı görülmektedir.

Günümüzde Bayburt taşının üretimi halen devam etmekte olup, yeşilimsi tüflerde de deneme üretimleri sürdürülmektedir.

Bu çalışmada Bayburt taşları zeolit ile aynı elek analizine sahip olacak şekilde toz haline getirilip elenerek zeolit ile aynı granülometri eğrisi elde edilmeye özen gösterilmiştir. Elenen Bayburt taşları çalışma boyunca numaralı çuvallara doldurularak nemden etkilenmeyecek şekilde muhafaza edilerek saklanmıştır. Bu çalışmada kullanılan Bayburt taşlarının fiziksel ve kimyasal özellikleri aşağıda ayrıntılı olarak belirtilmiştir.



Şekil 3-2 Öğütme Makinesi



Şekil 3-3 Taş kırma makinesi

3.1.2.1 Bayburt Sarı Taşı

Bayburt Sarı Taş içinde; altere olmuş volkanik malzemelerden oluşan bir matrix ve matrix içinde kuvars – plajiolaz ve kaya parçaları bulunmaktadır. Matrix ise tamamen bozunmuş olup; karbonat, serisit ve Fe oksit oluşumları gözlenmektedir.



Şekil 3-4 Bayburt Sarı Taşı

Çizelge 3-3 Bayburt Sarı Taş Özellikleri (Anonim 2012)

SiO ₂		64,80	MgO		0,5
CaO		7,90	Plaka Verme Durumu		İyi
Cila Alma Durumu		orta	Kenar Köşe Kesilmesi		İyi
Özgül Ağırlık	(g/cm ³)	2,71	Basınç Direnci	(kgf/cm ²) 1	282
Sertlik	(Mohs)	2-3	Don Sonrası Basınç Direnci	(kgf/cm ²) 1	285
Birim Hacim Ağırlığı	(g/cm ³)	1,84	Don Kaybı	(%)	0,14
Atmosfer Basıncında Su Emme	Ağırlıkça (%)	13,0	Darbe Direnci	(kgf.cm/cm ³)	4,0
	Hacimce (%)	24,0	Eğilme Direnci	(kgf/cm ²)	60
Kaynar Suda Su Emme	Ağırlıkça (%)	13,1	Doluluk Oranı	(%)	67,8
	Hacimce (%)	24,3	Gözeneklilik Derecesi	(%)	32,2
Görünür Porozite	(%)	24,0	Ortalama Aşınma Direnci	(cm ³ /50cm ²)	63,6

3.1.2.2 Bayburt Beyaz Taş

Bayburt Beyaz Taş içinde; volkanik malzemedan oluşan bir matrix ve matrix içinde kuvars – plajiolaz – biyotit ve kaya parçaları bulunmaktadır. Matrixte; pekişmiş volkanik malzemeler yanı sıra kuvars ve feldispat mikrolitleri ile Fe oksit ve alterasyon ürünü mineral oluşumları da gözlenmektedir.



Şekil 3-5 Bayburt Beyaz Taşı

Çizelge 3-4 Bayburt Beyaz Taş Özellikleri (Anonim 2012)

SiO ₂		69,20	MgO		0,85
CaO		2,95	Plaka Verme Durumu		İyi
Cila Alma Durumu		orta	Kenar Köşe Kesilmesi		İyi
Özgül Ağırlık	(g/cm ³)	2,37	Basınç Direnci	(kgf/cm ²) 1	450
Sertlik	(Mohs)	4-5	Don Sonrası Basınç Direnci	(kgf/cm ²) 1	440
Birim Hacim Ağırlığı	(g/cm ³)	1,70	Don Kaybı	(%)	0,34
Atmosfer Basıncında Su Emme	Ağırlıkça (%)	12,2	Darbe Direnci	(kgf.cm/cm ³)	8,0
	Hacimce (%)	20,6	Eğilme Direnci	(kgf/cm ²)	125
Kaynar Suda Su Emme	Ağırlıkça (%)	12,3	Doluluk Oranı	(%)	71,6
	Hacimce (%)	21,0	Gözeneklilik Derecesi	(%)	28,4
Görünür Porozite	(%)	20,6	Ortalama Aşınma Direnci	(cm ³ /50cm ²)	25,0

3.1.2.3 Bayburt Yeşil Taşı

Bayburt Yeşil Taş içinde; volkanik malzemeden oluşan bir matrix ve matrix içinde kuvars – plajiolaz ve kloritleşmiş biyotit mineralleri bulunmaktadır. Matrix ise; kuvars ve feldispat mikrolitleri ile karbonat, serisit, klorit ve volkanik malzemelerden oluşmaktadır.



Şekil 3-6 Bayburt Yeşil Taşı

Çizelge 3-5 Bayburt Yeşil Taş Özellikleri (Anonim 2012)

SiO ₂	%	69,20	Fe ₂ O ₃	%	2,9
CaO	%	2,95	Plaka Verme Durumu		İyi
Cila Alma Durumu	---	orta	Kenar Köşe Kesilmesi		İyi
Özgül Ağırlık	(g/cm ³)	2,73	Basınç Direnci	(kgf/cm ²) 1	810
Sertlik	(Mohs)	3-4	Don Sonrası Basınç Direnci	(kgf/cm ²) 1	920
Birim Hacim Ağırlığı	(g/cm ³)	2,26	Don Kaybı	(%)	0,32
Atmosfer Basıncında Su Emme	Ağırlıkça (%)	5,9	Darbe Direnci	(kgf.cm/cm ³)	37,6
	Hacimce (%)	13,3	Eğilme Direnci	(kgf/cm ²)	234
Kaynar Suda Su Emme	Ağırlıkça (%)	5,8	Doluluk Oranı	(%)	82,7
	Hacimce (%)	13,0	Gözeneklilik Derecesi	(%)	17,3
Görünür Porozite	(%)	13,3	Ortalama Aşınma Direnci	(cm ³ /50cm ²)	26,4

3.1.3 Sönmüş Kireç (CL 90)

Bu çalışmada Entegre Harç Sanayi A.Ş tarafından üretilen %90 CL özellikli sönmüş kireci kullanılmıştır. Sönmüş kireç çalışma boyunca kapalı kaplarda muhafaza edilmiştir. Sönmüş kirecin özellikleri aşağıdaki Çizelge 3-6’de ayrıntılı olarak verilmiştir.

Çizelge 3-6 Sönmüş Kireç Özellikleri (Entegre Kireç Sanayi 2013)

Analizler	Analiz Metodu	Spesifikasyon	Birim
CaO + MgO	(EN 196-2)	min 90	%
CO ₂	(EN 459-2)	max 4	%
MgO	(EN 196-2)	max 5	%
SO ₃	(EN 196-2)	max 2	%
Serbest Su (Free Water Content)	(EN 459-2)	max 2	%
Hava Muhtevası (Air Content)	(EN 459-2)	max 12	%
Penetrasyon (Penetration)	(EN 196-1)	10 < x < 50	mm
R ₂ O ₃	(EN 196-2)	max 1	%
Kuru litre ağırlığı (Bulk density)	(EN 459-2)	max 460	g/l
Elek analizi, kalan (Sieve analysis, residue) 200 µm	(EN 196-6)	0 < x < 0,1	%
90 µm	(EN 196-6)	1 < x < 8,5	%
Hacim değişmezliği (Soundness)	(EN 459-2)	max 20	mm
Kızdırma kaybı (Loss on ignition)	(EN 196-2)	max 28,6	%
Ca(OH) ₂		min 85	%

3.1.4 Portland Çimentosu

Portland çimentosu çoğunlukla gri renklidir. Sanayide büyük çapta organik maddelerden (kil, kum ve demir cevheri) üretilir. Çimento'nun ismi ve kullanma tarihçesi Romalılara kadar geriye gider ve opus ceamentitium diye adlandırılmıştır. Bu harç tozu yanardağ külü, kireç ve kiremit tozu katılması ile elde etmişlerdir. 1835 yılında modern tarzda ilk defa eczacı Dr. Ernst Gustav Leube tarafından tekrar bulunmuştur .

Çeşitli organik maddelerin; ince kum, puzolan taşı, kül katılımı ile çeşitli fiziksel özellikleri öne alınabilmektedir.

Deneyde kullanılan çimento Nuh Çimento sanayisinden alınan Cem-I 42,5 R Portland çimentosudur.

Çizelge 3-7 Cem-I 42,5 R Portland Çimentosu Özellikleri (Anonim 2013)

Nuh Çimento - Cem-I 42,5 R Portland Çimentosu Özellikleri			
Özellikler	Nuh Çimento	Standard	Birim
Priz Başlangıcı	161	min. 60	dakika
Priz Sonu	204	-	dakika
Özgül Ağırlık	3,16	-	g/cm ³
Hacim Genleşmesi	1	maks. 10	cm
Özgül Yüzey (Blaine)	3826	-	cm ² /g
Litre Ağırlığı	995	-	g/l
2 Günlük Dayanım	28,2	min. 20	MPa
28 Günlük Dayanım	57	min./maks. 42.5/62.5	MP
Kimyasal Özellikleri			
SO ₃	2,85	maks. 4	%
MgO	2,3	-	%
Kızdırma Kaybı	1,78	maks. 5	%
Çözünmeyen Kalıntı	0,64	maks. 5	%
Cl ⁻	0.01>	maks. 0.1	%
Toplam Alkali Na ₂ O + 0.658 K ₂ O	0,44	-	%
Serbest Kireç	1,27	-	%

3.1.5 Kum ve Su

Çalışmada kullanılan kum standart kum özelliğinde bir ocaktan temin edilen kumudur. Kumlar yıkandıktan sonra etüvde kurutularak eleme makinesi ile standart kum özelliklerine uygun eleklerle elenmiştir. Daha sonra elenen kumlar numaralandırılmış çuvallara doldurularak nemden ve diğer faktörlerden muhafaza edilmiştir.



Şekil 3-7 Elenmiş Kumlar



Şekil 3-8 Elemede Kullanılan Elekler

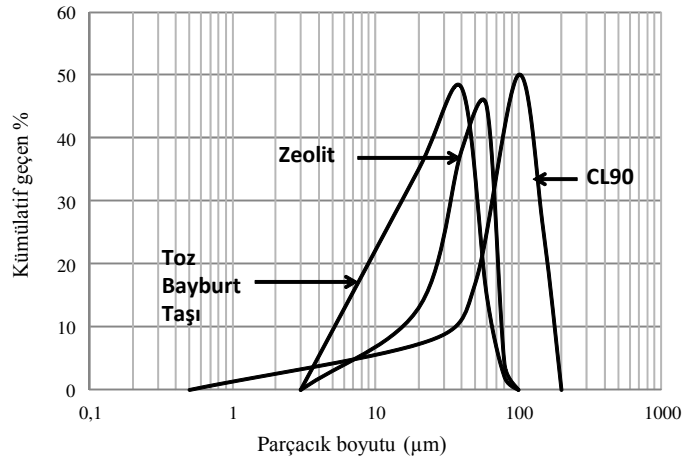
Çizelge 3-8 Kum Karışımı Tasarımı

Kum Karışım Tasarımı		
Elek Numaraları	Yüzdelik Oran	Miktar (gram)
2 mm - 1 mm arası	35%	1119,72
1 mm - 0,5 mm arası	35%	1119,72
0,5 mm - 0,25 mm arası	20%	639,84
0,25 mm - 0,125 mm arası	10%	319,92
TOPLAM	100%	3199,20

3.2 Yöntem

Çalışmanın ana teması sönmüş kirece (CL90) ve PÇ Cem I 42,5 çimentoya %2,5, %5, %10, %20, %30, %40, %50 oranlarında zeolit ve Bayburt taşlarının ikamesi ile oluşan değişiklikleri ölçmektir. Bütün deney boyunca kum ve su oranı sabit tutularak ana bağlayıcı madde (sönmüş kireç (CL90) ve PÇ Cem I 42,5 çimento)‘ya ara bağlayıcı madde (zeolit ve Bayburt taşları)’nın ana bağlayıcı malzemelere belli oranlarda ikamesi ile numuneler oluşturulmuştur.

Fabrikasyon ürün olan zeolitın granülometri eğrisinden yola çıkarak toz haline getirilmiş Bayburt taşları granülometri eğrisi oluşturulmuştur. Bu granülometri eğrilerini oluştururken zeolit ve toz haline getirilmiş Bayburt taşlarının eğrilerinin çok yakın benzerlik göstermesine dikkat edilmiştir. Şekil 3-10’da zeolit, Bayburt taşlarının yanında CL90 harcının da granülometri eğrileri verilmiştir.



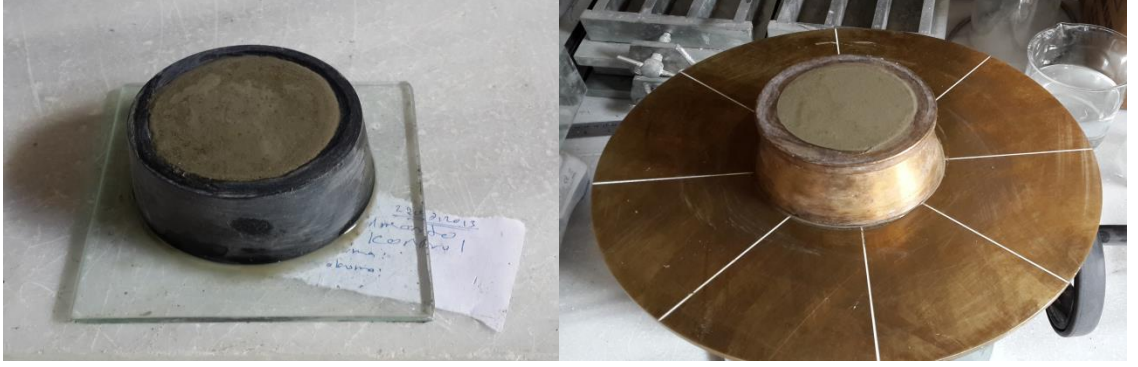
Şekil 3-9 Tane Dağılımı Eğrileri

Çalışma boyunca yapılan işlemler yöntemler maddeler halinde aşağıda belirtilmiştir. Deneylerin yapılışı hakkında bilgiyi, karışım oranlarını ve miktarlarını ayrıntılı olarak başlıklar altında ayrıca verilecektir.

Genel anlamda deneyin yapılışı:

1. Çalışmada kullanılacak araç, gereç ve malzemeler hazırlanarak deneyin yapılışına uygun hale getirilir.
2. İlgili deneyin karışım oranlarına göre malzemeler hassas terazi ile tek tek tartılır.

3. Deneyde kullanılması gereken miktarda kum karışıma eklenerek karıştırma makinesi ile iyice karıştırılarak deney harcı hazır hale getirilir.
4. Oluşturulan harç vicat kalıbına ve yayılma tablası kalıbına uygun şekilde doldurularak gerekli işlemler yapılır.



Şekil 3-10 Vicat ve Yayılma Tablası Kalıbı

5. Kalan harç 50x50x50 mm ve 40x40x160 mm'lik çelik kapların yarısı doldurulur.



Şekil 3-11 40x40x40 küp kalıplar ve 40x40x160 kiriş çelik kalıplar

7. Yarısı doldurulmuş kalıpların içindeki harcın oturması için düşey şok masasına yerleştirilir ve makine kireç harcı için ise 25 vuruşa, çimento harcı için ise 60 vuruşa ayarlanarak cihazın işlemi tamamlaması beklenir.



Şekil 3-12 Düşey Şok Masası

8. Kalıpların geri kalan yarısı da doldurulduktan sonra 7. maddedeki işlem tekrarlanır.
9. Kalan harç ile ıslak yoğunluk hesaplanır.
10. Dökülen numuneler prizini tamamladıktan sonra kalıptan çıkartılır. Numune sönmüş kireç numunesi ise havada, çimento harcı numunesi ise suda küre bırakılır.



Şekil 3-13 Sönmüş kireç harçlarının havada küre bırakılması

11. Kalıplar temizlenip yağlanır.

3.2.1 Harcın Üretilmesi:

Harç makine yardımı ile karıştırılmıştır. Harcın üretimi için kullanılan aletler aşağıda sıralanmıştır.

- *Karıştırma makinesi: TS EN 196-1 'e uygun
- * Mezür: Hacmen %1 doğrulukla derecelendirilmiş.
- *Hassas terazi: 1gr hassasiyetle ölçüm yapabilen
- *Eldiven
- *El küreği
- *Mala

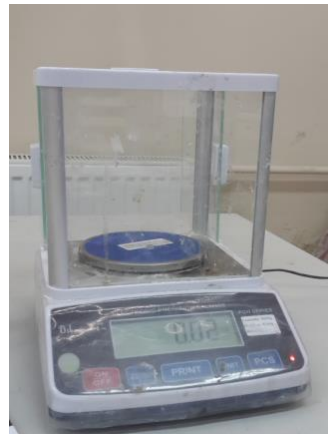
Harcın üretilmesi:

1. Makinenin kovası nemli bir bez ile ıslatılarak kovanın deney için hesaplanan su miktarını bünyesine alması engellenir.
2. Makinenin kovasına deneyde kullanılması için hesaplanan su miktarı hassas terazi ile ölçülerek kovaya alınır.

3. Deneyde kullanılması gereken Bayburt taşları veya zeolit miktarı kadar malzeme hassas terazi ile ölçülür ve kovanın içindeki suya ilave edilerek makine yardımı ile karıştırılır.
4. Deneyde kullanılması gereken kireç miktarı kadar hassas terazi ile kireç ölçülür ve kovanın içindeki karışıma ilave edilerek makine yardımı ile karıştırılır.
5. Deneyde kullanılması gereken kadar kum hassas terazi ile ölçülerek karışıma ilave edilir ve karıştırılır.
6. Hazırlanan harç numune kaplarına ve yapılacak olan deneylerin ilgili mala yardımıyla yerlerine boşaltılır.



Şekil 3-14 Karıştırma makinesi (TS EN 196-1 'e uygun)



Şekil 3-15 Hassas terazi: 0,01 gr hassasiyetli

3.2.2 Vikat Deneyinin Yapılışı

Deney manuel olarak belirlenen aralıklarda yapılmaktadır. Deneyin yapılması için gereken araç gereçler aşağıda belirtilmiştir.

Kullanılan araç, gereç ve cihazlar:

- * Vicat Aleti, iğnesi, Kalıbı ve Taban Plakası: İğnenin yüksekliği 50 ± 1 ve Çapı $1,13 \pm 0,05$ -Kalıp: $(40 \pm 0,2)$ mm derinliğinde Kesik Koni Biçimli ve üst iç çapı (70 ± 5) , alt iç çapı (80 ± 5) mm. Taban Plakası camdan ve kalınlık en az 2,5 mm,
- * Ispatula,
- * Terazî: 1 gr hassasiyetle ölçüm yapabilen,
- * Mezûr: Hacmen %1 doğrulukla derecelendirilmiş,
- * Karıştırıcı: TS EN 196-1 'e uygun,
- * Kronometre,



Şekil 3-16 Vicat Cihazı

1. Numunelerin hazırlandığı ve deneyin uygulanacağı laboratuvar ortamının sıcaklığı $(20 \pm 2^\circ\text{C})$, bağıl nemi %65 ten az olmayacak şekilde ayarlanmalı ve devamlılığı sağlanmalıdır.
2. Numuneler, hazırlanmasını takiben ve deney uygulanıncaya kadar geçen süre içinde deney koşullarının gerektirdiği $(5 \pm 1^\circ\text{C})$ ve $(20 \pm 2^\circ\text{C})$ sıcaklık ve %90'dan az olmayan bağıl neme sahip oda veya kabinde saklanır.

3. TS EN 480-1'e uygun olarak hazırlanan katkılı şahit harç (deney karışımı) ve katkısız şahit harcın (kontrol karışımı) kıvamları aynı olmalıdır.
4. Karışımın hazırlanması biter bitmez, öncelikle düzgün bir satıhta, hafifçe yağlı bir plaka üstüne konan kalıba harç yerleştirilir. Kalıp ile plaka arasında kaçak olmamalıdır.
5. Taşan harç, dikkatli bir şekilde, Ispatula yardımı ile ileri geri hareketle kalıp ile harç mümkün olduğunca aynı seviyede olacak şekilde kaldırılmalıdır.
6. Kalıba alınan numune madde 3'de belirtilen koşullarda saklanmalıdır.
7. Karışımın tamamlanmasından plakanın üst yüzü ile iğnenin ucu arasındaki mesafenin 4,00 mm olduğu ana kadar geçen süre harcın priz başlangıcıdır.

3.2.3 Priz Başlangıcı Süresinin Tespiti:

* Öncelikle Vicat cihazının iğnesi plaka seviyesine indirilerek sıfırlanır.

1. Vicat cihazı ve kalıp Madde 3'de tanımlanan rutubetli kabin veya odada saklanır ve daha sonra uygun bir zaman içinde iğnesi ayarlanır.
2. İğnenin ucu dikkatli bir şekilde harcın üst yüzeyine gelinceye kadar indirilir. Bu pozisyonda 1–2 sn. beklenir.
3. Sonda düşürülür ve düşey olarak harca batırılır. Sondanın batışının sona ermesi veya 30 sn. koşullarından hangisi erken olursa göstergeden okuma yapılır.
4. Harcın karışımının üzerinden belli bir süre geçtikten sonra kaydedilen bu değer, plakanın üst yüzü ile sondanın alt ucu arasındaki mesafeyi gösterir. Aynı numune üzerinde, birbirine veya kenara 10 mm mesafe bırakacak şekilde ve uygun zaman aralığında (örneğin 10 dk.) batırma deneyleri tekrarlanır.
5. Karışımın tamamlanmasından plakanın üst yüzü ile iğnenin ucu arasındaki mesafenin 4,0 mm olduğu ana kadar geçen süre harcın priz başlangıcıdır.

3.2.4 Priz Sonu Süresinin Tespiti:

Batırma Deneylerine devam edilerek karışımın tamamlanmasından, iğnenin ucunun en çok 1 mm battığı ana kadar geçen süre harcın priz sonudur.

3.2.5 Yayılma Tablası Deneyi

Kullanılan araç, gereç ve cihazlar.

- * Yayılma Tablası: Üzerine betonunun konulabileceği, (700 ± 2) mm X (700 ± 2) mm ölçülerinde alana sahip, hareketli, düz plaka ve bu plakanın üzerine belirli yükseklikten düşürüleceği, üstteki plakanın menteşeyle bağlı olduğu sert alt tabakadan meydana gelen tabla. Üst plakası en az 2 mm kalınlığında ve 1610,5 kg ağırlığında olan düz metal yüzeyden oluşan, çimento hamurundan olumsuz şekilde etkilenmemelidir. Tabla ortası, tablanın orta noktasından geçen birbirine dik ve kenarlara paralel iki çizgi ve merkez etrafında (210 ± 1) mm çaplı daire şeklin metal üzerine kazınmasıyla belirtilir.
- * Kalıp: Tabanı (200 ± 2) mm, üst yüzü (130 ± 2) mm ve yükseklik (200 ± 2) mm. 1,5 mm'den daha kaim metalden yapılmış, içinde perçin başlığı vb. çıkıntı bulunmayan, kalıbın dışında üst yüzeye yakın tutma parçası ve tabana yakın ayakla basma parçaları bulunan kesik huni.
- * Cetvel: En az 700 mm uzunlukta ve 5 mm aralıkla bölümlenmiş cetvel
- * Kronometre veya saat: Zamanı 1 saniye doğrulukla ölçmeye uygun özellikte
- * Nemli Bez



Şekil 3-17 Yayılma Tablası ve Ölçüm Şekli

Deneyin Yapılışı:

1. Taze Betondan Numune Alma Talimatına göre harmanı temsil edecek 20 dm^3 'lük deney numunesi alınır.
2. Yayılma tablası, düz, yatay, titreşim veya darbe tesiri olmayan bir zemine yerleştirilir.

3. Tabla ve kalıp temizlenir, deneyden hemen önce yüzeyde serbest su kalmayacak şekilde nemlendirilir.
4. Kalıp, üst plakanın ortasına yerleştirilir.
5. Taze beton kalıba iki-eşit tabaka halinde, her tabaka sıkıştırma çubuğu ile 10 kez şişlenerek sıkıştırılır.
6. Kalıp üst seviyesinden taşan fazla beton, sıkıştırma çubuğu kullanılarak sıyrılır.
7. Kalıp üst yüzeyinin sıyrılmasından 30 saniye sonra, kalıp el tutamaklarından tutularak 3–6 saniye içinde düşey olarak yukarıya doğru çekilir.
8. Tablanın ön tarafında bulunan uç levhasına basılarak yayılma tablası sabitlenir ve üst plaka, durdurma parçasına kadar yavaşça kaldırılır, kaldırma esnasında üst plaka, durdurma parçasına sert çarpma/nalıdır.
9. Üst plaka alt durdurucular üzerine serbestçe düşürülür. Bu işlem 15 düşürme yaptırılacak şekilde tekrarlanır.
10. Her kaldırıp düşürme işlemi, 2 saniyeden az, 5 saniyeden daha fazla olmayan sürede tamamlanmalıdır.
11. Düşürme işlemleri tamamlandıktan sonra üst plakaya yayılan beton tabakasının en büyük boyutları, plaka kenarlarına paralel doğrultuda cetvele ölçülür ve ortalaması alınarak 10 mm 'ye yuvarlanır.
12. Tabla üzerindeki betonda ayrışma meydana geldiği tespit edilirse deney geçersiz kabul edilir.

3.2.6 Yoğunluk Tayini Deneyi

Deney çok basit ve pratik olan bir deneydir. Gerekli araç gereçler ve deneyin yapılışı aşağıda ayrıntılı olarak anlatılmıştır.

Deney için gerekli malzemeler:

*Cetvel

*Hassas terazi

*Hesap makinesi

Deneyin yapılışı:

1. Söz konusu malzemedan koni biçiminde bir yığın yapılır.

2. Koninin yüksekliği ve çapı ölölerek yığının hacmi hesaplanır.
3. Bununla birlikte koniyi oluşturan malzeme tartılarak ağırlığı bulunur.
4. $\rho_y = \frac{m_y}{V_y}$ denklemi malzemenin yığın yoğunluğunu verir.

Burada V_y (koni) = $\frac{1}{3}\pi r^2 h$.

3.2.7 Su İletme Kapasitesi ve Süresi Deneylerinin Yapılışı ve Malzeme Tasarımı

Sönmüş kireç aynı zamanda hidrolik olamayan kireç, saf kireç veya hava kireci olarak da bilinir ve içeriğinde hidrolik bileşen yoktur. Sönmüş kireç %95’den fazla kalsiyum karbonat içeren saf kireç taşlarından elde edilmiştir. Kireç taşları 800°C-1000°C arasındaki sıcaklıklarda fırınlarda pişirilir ve böylelikle kalsiyum oksit oluşur. Oluşan kalsiyum oksit sönmemiş kireç olarak bilinir. Bu süreç esnasında karbondioksit salınımı gerçekleşir ve buda kireleştirme olarak bilinir. Sönmemiş kireç su ile reaksiyona sokularak söndürölür ve son ürün olan sönmüş kireç oluşur.

Kalsiyum hidroksit veya sönmüş kireç iki yoldan biriyle kullanılabilir. Sönmüş kireç aşırı su ile karıştırıldığı zaman kireç hamuru elde edilir. Sadece yeterli karışım suyu eklendiğı zaman sönmüş kireç tozu elde edilir. Her iki durumda da sönmüş kireç atmosferdeki karbondioksit ile reaksiyona girmesi ve su kaybetmesi ile sertleşir. Sonunda malzemenin kimyasal bileşimi kalsiyum karbonata geri döner.

BS-EN-459-1 (2001)’e göre sönmüş kireç kalsiyum içeriğı olarak sınıflandırılmaktadır. Örneğın CL90 en az %90 kalsiyum hidroksit içeren saf kireç anlamına gelir ve oluşturulabilen en saf kireçtir.

Harçlar önceden yıkanıp kurutulduktan sonra elenmiş standart özellikteki kum ile hazırlanmıştır. Hacimce gerekli oranlarda karışım üretmek için gerekli olan kum ve bağlayıcıların kütlesi yoğunluk değeriierinin dikkatli bir şekilde belirlenmesiyle hesaplandı. Tutarlılık sağlamak için standart bir karışım rejimi takip edildi. Su orbital hareket yapan karıştırıcının kâsesine boşatıldı ve bağlayıcı madde eklenerek bir dakika boyunca karıştırıldı. Karıştırıcı durdurulmadan kum bir dakika boyunca yavaş yavaş eklenir ve tamamlandıktan sonra hazırlanan karışım bir dakika daha karıştırılır. Daha sonra mikser durdurulur ve karıştırıcı kolundaki kalıntılar ve karıştırma kabının yan

yüzeylerinden karışmamış harç taneleri kazınır. Sonrasında ise 10 dakika karışım süresine ulaşmak için 7 dakika boyunca daha karıştırılmaya devam edilir. Suyu iletme kapasitesi ve iletme sürelerini ölçmek için taze haldeki sönmüş kireç harcından her bir grup için 1,2–2 kg arasında harç hazırlanır.



Şekil 3-18 Harç kalınlığı ölçümü ve deney kaplarının hazırlanışı

Deneyde kullanılan Bayburt taşları temiz suyla iyice yıkandıktan sonra 105°C'lik etüvde bir gün boyunca kurutulmuştur. Sonrasında kendi halinde soğumaya bırakılmıştır. Bayburt sarı taşının sıcaklığı doğal sıcaklığına geldiğinde deneylerde kullanılmıştır.

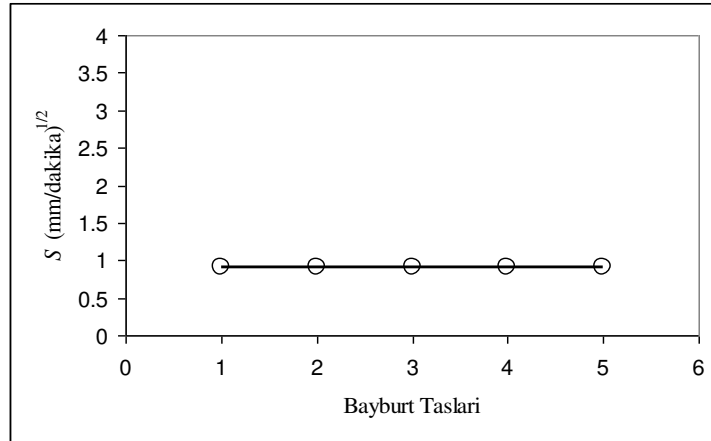


Şekil 3-19 Yıkanan Bayburt Taşlarının Etüvde Kurutulması

3.2.7.1 Sorptivite

Sorptivite, geçirgen bir materyalin suyu absorbe edip kapilarite ile geçirmesindeki yeterlik olarak tanımlanır. Sorptivite ölçümü detaylı olarak Hall ve Tse (1986) 'nin yazmış olduğu makalede anlatılmaktadır. Tuğlaların yaklaşık ölçüleri 70x100x100 mm idi. Her bir tuğla, 105°C'de hava fırınında sabit ağırlıkta kurutulmuştur ve harç ile temas eden yüzeyin alanı tam olarak ölçülmüştür. Sorptivite, temas eden yüzeyin sığ bir miktar su ile temas edecek şekilde konularak, zamanı dolduğunda geri alınarak ve aralarda ağırlığı ölçülerek hesaplanmıştır. Sorptivite, emişken yüzeyin birim alanının kümülatif emilen su yüksekliği ve zaman^{1/2} derece değişen grafiği ile hesaplanmıştır.

Şekil 3-20'de beş adet Bayburt Taşının su emme sonuçları görülmektedir. Buradan anlaşılacağı üzere, Bayburt Taşları düzenli emiş gücü sergilemektedir. Literatürde daha önce kullanılan tuğla çeşitlerine bakıp Bayburt Taşlarını kıyasladığımız zaman, Bayburt Taşlarının daha düşük bir emiş gücü olduğunu görüyoruz. Önceki araştırmalarda görüldüğü üzere, sorptivite değişkenleri ile tek yüzey birimi, suyu iletme kapasitesi ölçümlerinde küçümsenemeyecek derecede zorluklar doğurmuştu.



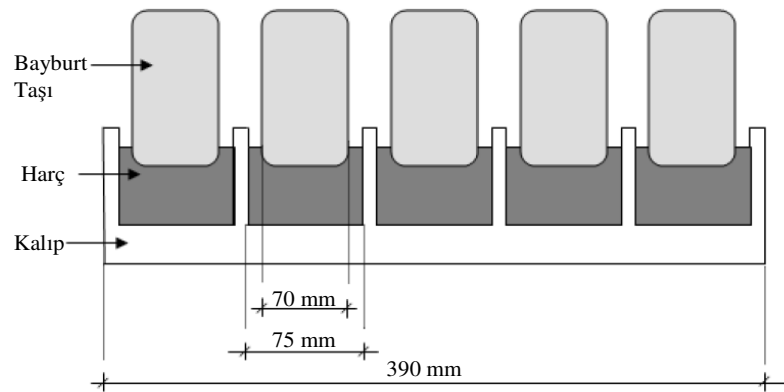
Şekil 3-20 Bayburt taşlarının sorptivite grafiği

3.2.7.2 Su İletme Kapasitesi Ölçümü

Su iletme kapasitesi, A, hem R hem de S'nin işlevidir ve gözenekli bir materyalin, taze harçtan su emiş yeterliğini karakterize eder. Su iletme kapasitesi ölçümü, sorptivite benzerlik göstermektedir ancak, bu kez kuru yüzey malzeme (tuğla/taş/blok), su yerine

taze harç ile temas edecek şekilde yerleştirilir. Su iletme kapasitesi, materyalin birim alan kümülatif emilen su yüksekliğine karşı zaman karekök şeklinde değişen bir çizelge ile tespit edilir. Gösterildiği gibi bu parametreler, kil tuğlanın yeni dökülmüş hidrolik kireç ve çimento harçlarının su iletme kapasitesi için deneysel olarak ispatlanmış olan Denklem 1 ile ilgilidir (Collier vd 2007).

Su iletme kapasitesi ölçümünün deneysel tüm detayları, söz konusu konunun deneysel zorlukları ile birlikte İnce vd (2010) makalelerinde izah edilmiştir. Şekil 3-21, Su iletme kapasitesi ölçümlerinin ilkelerini göstermektedir. Hidrolik devamlılığı yitirmeden, tuğlayı yerleştirdikten sonra belirlenen zaman dilimlerinde geri alıp ağırlıklarını ölçmek mümkün olmadığı için, Şekil 3-21’de belirtilen metot kullanılmıştır. Bu metot hidrolik devamlılığın kaybına yol açan sorunları önlemek için geliştirilmiştir. Yeni dökülmüş harç bölmeli bir kalıbın içerisine yerleştirilir ve su emme durumu hali hazırda biliniyor olan tuğla parçalarının her biri, yeni dökülmüş harç ile temas edecek şekilde düzgünce kalıbın her bir bölmesine yerleştirilir. Tuğla parçaları, belirlenen zaman dilimlerinde yerleştirildikleri yerlerden alınarak üzerine yapışan harç kalıntıları temizlenerek ağırlıkları ölçülür. Daha önce yüzey alanı ve ağırlıkları bilinen tuğlaların yeni ölçülen ağırlıkları dikkate alınarak gerekli işlemler yapılır. Böylelikle her bir zaman diliminde farklı bir tuğla parçası kullanıldığı için hidrolik devamlılığa engel olan durumlar ortadan kaldırılmış olur.

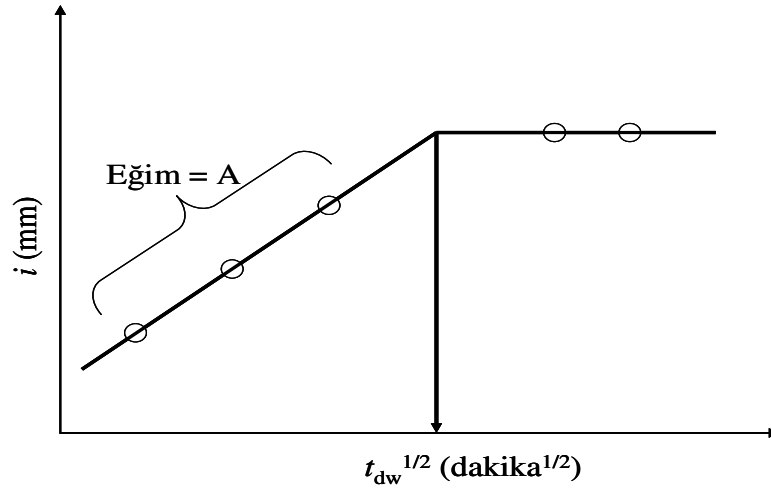


Şekil 3-21 Su İletme Kapasitesi Ölçümlerinin İlkeleri



Şekil 3-22 Harcın Su İletme Kapasitesi ve Süresi Deneyi

İlgili parametreler hakkındaki daha önceden elde edilen deneyim ve bilgiler ışığında, suyu geri alma zamanının ölçümleri için deneyler özel olarak tasarlanmıştır. Böylelikle, aynı veriler kümesi kullanılarak, hem su emme transferini ve hem de suyu geri alma zamanını belirlemek mümkündür. Suyu geri alma zamanı, birim alanın kümülatif emilen su yüksekliği, “i” ile zamanın karekökü, “ $t^{1/2}$ ” çizelgesine göre belirlendi (Şekil 3-23). Grafiğin başında rastladığımız eğim, yeni dökülmüş harçtan giderek artan su emilmesi durumuna (suyu geri alma) işaret eder ve bu bölgedeki meyil, emiş gücü transferini “A” gösterir. $t > t_{dw}$ noktasından sonra taze harçtan kuru su iletimi olmayacağından “i”, bir platoya ulaşır. Ekstrapolasyon ile elimizdeki bu iki veri alanının kesişmesi, suyu geri alma zamanının X-aksındaki karekökünü vermekte ve Şekil 3-23 da bunu göstermektedir.



Şekil 3-23 A ve T_{dw} Değerlerini Ölçme İlkesi

3.2.8 Karışım Tasarımı ve Oranları

Deneyde kullanılan ana bağlayıcı malzemeler ve ikame malzemelerin öncelikle yoğunlukları tespit edildi. Daha sonrasında uygun su oranı denenerek bulundu. Sönmüş kireç harcı (CL90) için hacimce su/bağlayıcı/kum oranı 0,75/1/2 şeklindedir. PÇ Cem-I 42,5 R çimento harcı için hacimce su/bağlayıcı/kum oranı 0,70/1/2 şeklindedir.

Vicat deneyleri için gerekli miktar kütlenin kendisi, yayılma için gerekli olan gram kütlenin 2 katı, küp ve kiriş numuneler için kütlenin 9 katı gerekli olduğuna deneyle tecrübe edildi.

3.2.8.1 Çimento Harcındaki Karışım Oranları ve Miktarları

Çizelge 3-9 Örnek Çimento Kontrolü İçin Karışım Miktarları

Çimento Kontrolü İçin Karışım Miktarları							
Bileşenler	Yoğunluk (G/Cm ³)	Hacim (Cm ³)	Kütle (G)*100	Vicat İçin Gerekli Gram	Yayılma İçin Gerekli Gram	Küp Ve Kiriş İçin Gerekli Gram	Toplam
Su	1	0,7	70	70	140	630	840
Kum	1,333	2	266,6	266,6	533,2	2399,4	3199,2
Çimento	0,48	1	48	48	96	432	576
TOPLAM				384,6	769,2	3461,4	4615,2

Çizelge 3-10 Örnek: Çimento + %30 Zeolit İçin Karışım Miktarları

Çimento + %30 Zeolit İçin Karışım Miktarları							
Bileşenler	Yoğunluk (G/Cm ³)	Hacim (Cm ³)	Kütle (G)*100	Vicat İçin Gerekli Gram	Yayılma İçin Gerekli Gram	Küp Ve Kiriş İçin Gerekli Gram	Toplam
Su	1	0,7	70	70	140	630	840
Kum	1,333	2	266,6	266,6	533,2	2399,4	3199,2
Çimento	0,48	0,7	33,6	33,6	67,2	302,4	403,2
Zeolit	0,7	0,3	21	21	42	189	252
TOPLAM				391,2	782,4	3520,8	4694,4

3.2.8.2 Sönmüş Kireç Harcındaki Karışım Oranları

Çizelge 3-11 Örnek: Sönmüş Kireç Kontrolü İçin Karışım Miktarları

Sönmüş Kireç Kontrolü İçin Karışım Miktarları							
Bileşenler	Yoğunluk (G/Cm ³)	Hacim (Cm ³)	Kütle (G)*100	Vicat İçin Gerekli Gram	Yayılma İçin Gerekli Gram	Küp Ve Kiriş İçin Gerekli Gram	Toplam
Su	1	0,75	75	75	150	675	900
Kum	1,333	2	266,6	266,6	533,2	2399,4	3199,2
Kireç	0,48	1	48	48	96	432	576
Toplam				389,6	779,2	3506,4	4675,2

Çizelge 3-12 Örnek: Sönmüş Kireç + %30 Zeolit İçin Karışım Miktarları

Sönmüş Kireç + %30 Zeolit İçin Karışım Miktarları							
Bileşenler	Yoğunluk (G/Cm ³)	Hacim (Cm ³)	Kütle (G)*100	Vicat İçin Gerekli Gram	Yayılma İçin Gerekli Gram	Küp Ve Kiriş İçin Gerekli Gram	Toplam
Su	1	0,75	75	75	150	675	900
Kum	1,333	2	266,6	266,6	533,2	2399,4	3199,2
Kireç	0,48	0,7	33,6	33,6	67,2	302,4	403,2
Zeolit	0,7	0,3	21	21	42	189	252
Toplam				396,2	792,4	3565,8	4754,4

3.2.8.3 Toz Haline Getirilmiş Bayburt Taşlarının Karışım Oranları

Toz haline getirilmiş Bayburt taşları fabrikasyon ürün olan zeolit ile benzer tane dağılımına sahip olması için Çizelge 3-13'deki oranlar tespit edilmiştir. Taşların ayrı ayrı yoğunlukları bulunduğundan sonra ihtiyaç olan gramlar belirlenmiştir.

Çizelge 3-13 Çalışmalar Sonucu Bayburt Taşlarının Granülometrisi

Karışım İçin	Toz Bayburt Taşı
Elek Numaraları	Yüzdelik Oran
1 mm - 0,5 mm arası	12,50%
0,5 mm - 0,25 mm arası	33%
0,25 mm - 0,125 mm arası	21,50%
0,125 mm altı	33%
TOPLAM	100%

Çizelge 3-14 Örnek: %2,5 Bayburt Sarı Taş Katkılı Harç İçin Gerekli Olan Miktarlar

%2,5 'lik Karışım İçin	Bayburt Sarı Taş	
Elek Numaraları	Yüzdelik Oran	Miktar (gram)
1 mm - 0,5 mm arası	12,50%	3,45
0,5 mm - 0,25 mm arası	33%	9,11
0,25 mm - 0,125 mm arası	21,50%	5,93
0,125 mm altı	33%	9,11
TOPLAM	100%	27,60

4 ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Zeolit ve toz haline getirilmiş Bayburt taşlarının sönmüş kireç harcına (CL90) ve PÇ Cem-I 42,5 R çimento harcına belli oranlarda ikame edilerek harçların taze sertleşmiş halindeki özelliklerinde meydana gelen değişimler fiziksel ve kimyasal sonuçlar olarak incelenmiştir. Araştırma her ikame oranında yayılma, priz başlangıcı ve priz sonu sürelerini bulmak için vicat deneyleri, sönmüş kireç harcı (CL90) için 28. gün, 56. gün ve 90. günkü basınç dayanımları ölçümü, PÇ Cem-I 42,5 R çimento harcı için 14. gün, 21. gün ve 28. günkü basınç dayanımları ölçümü ve son olarak da zeolitin sönmüş kireç (CL90) harcına ikame malzemesi olarak eklenmesi ile CL90 harcının su iletme kapasitesi ve su iletme süresindeki değişiklikleri inceleme deneylerinden oluşmaktadır. Bu bölümde kireç ve çimento harcına zeolit ve Bayburt taşlarının belli oranlarda ikame edilerek elde edilen sonuçların her deney için ayrı ayrı başlıklar ve tablolar ve grafikler halinde sunulmuştur.

4.1 Sönmüş Kireç (CL90) Harcının Basınç Dayanımı

Sönmüş kireç (CL90) harçlarının basınç dayanımı çimento harçlarının basınç dayanımına göre çok çok düşüktür. Basınç dayanımının çok düşük olması inşaat sektöründe istenilmeyen durumların başında gelmektedir. Bu nedenle ve sönmüş kireç harçlarının ve diğer kireç harçlarının dayanımının çok düşük olmasından dolayı yüksek dayanım gerektiren alanlarda kullanılamaması sebebiyle inşa edilen yapılarda ana bağlayıcı malzeme olarak kullanımı çok azdır ve her geçen günde azalmaktadır. Fakat yığma yapı gibi düşük basınç dayanımına şahit taş/tuğla/blok gibi malzemelerle inşa edilen yapılarda dayanımı düşük bağlayıcılar gerekmektedir. Çünkü kireç harçları düşük dayanımları ve esnek yapısı ile yapıların oturma sırasındaki hareketlerine izin vererek yapıyı oluşturan malzemelere zarar vermez. Bunun yanında kireç harçları çimento harcının üretimine göre daha az enerji ihtiyacına gerek duymakta ve atmosfere çok daha az sera gazı vererek çevremizi daha az kirletmektedir. Bu ve bunun gibi nedenler yığma yapıda kireç harcını kullanımı teşvik etmesi gerekirken kireç harçlarının şuan ki dayanımı istenen seviyede olmaması yığma yapılarda maalesef şuan ki haliyle kullanılması doğru olmayan yüksek dayanımlı çimento bazlı harçlara yönlendirmiştir.

Bu olumsuz durumu ortadan kaldırmak ve kireç harcını daha yüksek dayanımlara çıkarmak için puzolanik özelliği olan Zeolit ve toz haline getirilmiş Bayburt taşının kireç harcına belli oranlarda ikame edilmesiyle kireç harcının dayanımının arttırılması düşünülmüş ve deneyleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde belli oranlarda ikame edilen zeolit ve Bayburt taşları %50 ye yakın bazen daha fazla artışlar sağlamıştır. Bu sonuç karışımında kullanılan puzolanik malzemelerin doğru seçildiğini ve uygun olduğunu göstermiş oldu. Sönmüş kireç (CL90) harcına zeolit ve Bayburt taşlarının katkısı olumludur ve tezi amacına taşımıştır. Bu sonuçlar kireç kullanımını arttırmaya yönelik ve uzun ömürlü yapılar için olumludur. Aynı zamanda Zeolit ve Bayburt taşlarının katkı olarak eklendiği kireç harçlarının aslında tarihi yapıların bakım ve onarımında daha rahatlıkla kullanılabileceğine de dikkati çekmektedir. Çalışmamızda edinilen bulgular her ikame oranı için ayrı ayrı çizelgeler yardımıyla ayrıntılı olarak verilmiştir.

Çizelge 4-1 Zeolit Katkılı Sönmüş Kireç Harcı Basınç Dayanımı Değerleri

Zeolit Basınç Dayanım Tablosu (kN)						
Oran	28 Günlük		56 Günlük		90 Günlük	
0%	0,955	1,112	1,482	1,578	1,760	1,815
2,5%	1,124	1,213	1,694	1,815	2,070	2,152
5%	1,564	1,617	2,012	2,045	2,231	2,410
10%	1,645	1,695	2,298	2,484	2,391	2,505
20%	1,986	2,159	2,595	2,696	2,884	2,916
30%	2,171	2,322	2,619	2,724	2,872	2,980
40%	2,220	2,327	2,638	2,695	2,813	2,964
50%	2,107	2,094	2,255	2,224	2,340	2,358

Çizelge 4-2 Bayburt Yeşil Taşı Katkılı Sönmüş Kireç Harcı Basınç Dayanımı Değerleri

Bayburt Yeşil Taşı Basınç Dayanım Tablosu (kN)						
Oran	28 Günlük		56 Günlük		90 Günlük	
0%	0,955	1,112	1,482	1,578	1,760	1,815
2,5%	1,073	1,130	1,621	1,699	1,949	2,016
5%	1,390	1,425	1,877	1,904	2,075	2,186
10%	1,506	1,560	2,117	2,220	2,168	2,264
20%	1,940	2,146	2,487	2,622	2,784	2,915
30%	2,151	2,281	2,562	2,669	2,820	2,948
40%	2,132	2,246	2,488	2,564	2,639	2,713
50%	2,056	2,060	2,285	2,289	2,367	2,416

Çizelge 4-3 Bayburt Beyaz Taşı Katkılı Sönmüş Kireç Harcı Basınç Dayanımı Değerleri

Bayburt Beyaz Taşı Basınç Dayanım Tablosu (kN)						
Oran	28 Günlük		56 Günlük		90 Günlük	
0%	0,955	1,112	1,482	1,578	1,760	1,815
2,5%	1,022	1,046	1,548	1,582	1,834	1,947
5%	1,215	1,233	1,742	1,762	1,918	1,954
10%	1,367	1,425	1,935	1,955	2,126	2,235
20%	1,894	2,132	2,379	2,547	2,685	2,784
30%	2,130	2,240	2,505	2,614	2,675	2,742
40%	2,043	2,164	2,338	2,432	2,468	2,563
50%	2,005	2,025	2,315	2,354	2,370	2,382

Çizelge 4-4 Bayburt Sarı Taşı Katkılı Sönmüş Kireç Harcı Basınç Dayanımı Değerleri

Bayburt Sarı Taşı Basınç Dayanım Tablosu (kN)						
Oran	28 Günlük		56 Günlük		90 Günlük	
0%	0,955	1,112	1,482	1,578	1,760	1,815
2,5%	1,005	1,039	1,565	1,582	1,857	1,952
5%	1,216	1,262	1,685	1,692	1,857	1,968
10%	1,036	1,053	1,413	1,455	1,434	1,594
20%	0,985	1,012	1,317	1,322	1,438	1,496
30%	0,915	0,942	1,258	1,273	1,360	1,417
40%	0,876	0,905	1,146	1,159	1,216	1,289
50%	0,793	0,854	0,954	0,987	1,014	1,027

Çizelge 4-5 Zeolit Katkılı Sönmüş Kireç Harcı Eğilme Dayanımı Değerleri

Zeolit Katkılı Harcın Eğilme Dayanımı (kN)			
Yüzde	14 Günlük	21 Günlük	28 Günlük
0%	1,034	1,530	1,706
2,5%	1,169	1,755	1,956
5%	1,591	2,029	2,262
10%	1,670	2,391	2,666
20%	2,073	2,646	2,950
30%	2,247	2,672	2,979
40%	2,274	2,667	2,973
50%	2,101	2,240	2,497

Çizelge 4-6 Bayburt Yeşil Taşı Katkılı Sönmüş Kireç Harcı Eğilme Dayanımı Değerleri

Bayburt Yeşil Taşı Katkılı Harcın Eğilme Dayanımı (kN)			
Yüzde	14 Günlük	21 Günlük	28 Günlük
0%	1,034	1,530	1,706
2,5%	1,101	1,660	1,851
5%	1,407	1,890	2,108
10%	1,533	2,168	2,417
20%	2,043	2,554	2,848
30%	2,216	2,616	2,916
40%	2,189	2,526	2,816
50%	2,058	2,287	2,550

Çizelge 4-7 Bayburt Beyaz Taşı Katkılı Sönmüş Kireç Harcı Eğilme Dayanımı Değerleri

Bayburt Beyaz Taşı Katkılı Harcın Eğilme Dayanımı (kN)			
Yüzde	14 Günlük	21 Günlük	28 Günlük
0%	1,034	1,530	1,706
2,5%	1,034	1,565	1,745
5%	1,224	1,752	1,953
10%	1,396	1,945	2,169
20%	2,013	2,463	2,746
30%	2,185	2,560	2,854
40%	2,104	2,385	2,659
50%	2,015	2,335	2,603

Çizelge 4-8 Bayburt Sarı Taşı Katkılı Sönmüş Kireç Harcı Eğilme Dayanımı Değerleri

Bayburt Sarı Taşı Katkılı Harcın Eğilme Dayanımı (kN)			
Yüzde	14 Günlük	21 Günlük	28 Günlük
0%	1,034	1,530	1,706
2,5%	1,022	1,574	1,754
5%	1,239	1,689	1,883
10%	1,045	1,434	1,599
20%	0,999	1,320	1,471
30%	0,929	1,266	1,411
40%	0,891	1,153	1,285
50%	0,824	0,971	1,082

4.2 Sönmüş Kireç (CL90) Harcının Priz Süreleri

Sönmüş kireç (CL90) harçlarının çimento bazlı harçlara göre priz sürelerinin çok uzun olduğu bilinmektedir. Öyle ki, kireç harçlarının priz alma süresi günleri aşar iken çimento harçlarının priz alması saatler içinde olmaktadır. 30 saate varan prizlenme süresi özellikle günümüzde çok hızlı büyüyen topluma cevap verebilmek adına inşaatların çok hızlı tamamlanması gerektiği düşünüldüğünde olumsuz bir durum olarak karşımıza çıkar ve buda yapılarda kireç kullanımı her geçen gün azaltır ve kireç kullanımının artması için bundan sonraki günlerde engel teşkil eder. Bu yüzden kireç harçlarındaki priz süresini azaltarak bu olumsuz durumu ortadan kaldırmak için sönmüş kireç (CL90) harcına belli oranlarda zeolit ve toz haline getirilmiş Bayburt taşları ikame malzemesi olarak kullanarak priz süresinin kısaltılması amaçlanmış ve belirlenen ikame oranlarında deneyleri yapılmıştır. Elde edilen bulgular incelendiğinde zeolit ve toz haline getirilmiş Bayburt taşlarının sönmüş kireç harcına ikame malzeme olarak kullanılmasıyla yaklaşık %35 oranında priz sürelerinde azalmalar görülmüştür. Bu bulgu zeolit ve Bayburt taşlarının katkı olarak eklendiği kireç harçlarının aslında tarihi yapıların yapı, bakım ve onarımında daha rahatlıkla kullanılabileceğine de dikkati çekmektedir. Çalışmamızda edinilen bulgular her ikame oranı için ayrı ayrı çizelgeler yardımıyla ayrıntılı olarak verilmiştir.

Çizelge 4-9 Zeolit Katkılı Sönmüş Kireç Harcının Priz Süreleri

Harç Cinsi	Katkı Maddesi ve Yüzdesi	Vicat Okuma (dakika)		Geçen zaman
		İlk Okuma	Son Okuma	
CL90	%0	1755	2364	609
CL90	%2,5 Zeolit	1621	2275	654
CL90	%5 Zeolit	1450	2120	670
CL90	%10 Zeolit	1397	2004	606
CL90	%20 Zeolit	1356	1956	600
CL90	%30 Zeolit	1296	1863	567
CL90	%40 Zeolit	1281	1816	535
CL90	%50 Zeolit	1251	1802	551

Çizelge 4-10 Bayburt Yeşil Taşı Katkılı Sönmüş Kireç Harcının Priz Süreleri

Harç Cinsi	Katkı Maddesi ve Yüzdesi	Vicat Okuma (dakika)		Geçen zaman
		İlk Okuma	Son Okuma	
CL90	%0	1755	2364	609
CL90	%2,5 Bayburt Yeşil	1671	2282	611
CL90	%5 Bayburt Yeşil	1531	2205	673
CL90	%10 Bayburt Yeşil	1482	2097	615
CL90	%20 Bayburt Yeşil	1342	1891	549
CL90	%30 Bayburt Yeşil	1260	1805	545
CL90	%40 Bayburt Yeşil	1223	1737	514
CL90	%50 Bayburt Yeşil	1188	1698	510

Çizelge 4-11 Bayburt Beyaz Taşı Katkılı Sönmüş Kireç Harcının Priz Süreleri

Harç Cinsi	Katkı Maddesi ve Yüzdesi	Vicat Okuma (dakika)		Geçen zaman
		İlk Okuma	Son Okuma	
CL90	%0	1755	2364	609
CL90	%2,5 Bayburt Beyaz	1722	2289	567
CL90	%5 Bayburt Beyaz	1613	2289	677
CL90	%10 Bayburt Beyaz	1567	2191	625
CL90	%20 Bayburt Beyaz	1328	1826	498
CL90	%30 Bayburt Beyaz	1224	1747	523
CL90	%40 Bayburt Beyaz	1165	1658	492
CL90	%50 Bayburt Beyaz	1126	1594	468

Çizelge 4-12 Bayburt Sarı Taşı Katkılı Sönmüş Kireç Harcının Priz Süreleri

Harç Cinsi	Katkı Maddesi ve Yüzdesi	Vicat Okuma (dakika)		Geçen zaman
		İlk Okuma	Son Okuma	
CL90	%0	1755	2364	609
CL90	%2,5 Bayburt Sarı	1746	2333	587
CL90	%5 Bayburt Sarı	1699	2309	609
CL90	%10 Bayburt Sarı	1668	2234	566
CL90	%20 Bayburt Sarı	1530	2058	528
CL90	%30 Bayburt Sarı	1397	1873	476
CL90	%40 Bayburt Sarı	1305	1749	444
CL90	%50 Bayburt Sarı	1227	1753	527

4.3 Sönmüş Kireç Harcının (CL90) Kıvam Değerleri

İnşaat sırasında kıvamın önemi büyüktür. Donatılı yapılarda işlenebilirlik kıvama bağlıdır ve gerekirse istenilen kıvamı sağlamak için harca kıvamı artırıcı katkıları bile eklenebilir. Çalışmamız daha çok yığma yapılarda kireç harcının üretilmesi ve özelliklerinin geliştirilmesi üzerine olduğundan kireç harcının kıvam değerlendirilmesi bu konuda olacaktır. Yığma yapılarda kullanılacak olan harcın kıvamı, uygulama esnasında zorluk çıkartmaması bakımından önemlidir. İyi bir harcın kıvamı ne sulu ne de kuru olmalıdır. Taş/tuğla/blok gibi yığma yapı malzemelerini harcın üzerine koyduğunuzda harç yapı malzemesinin ağırlığından hemen çökmemeli, hafif tokmaklamaya müsaade etmelidir. Yığma yapıda kullanılacak olan malzemenin ağırlığının fazla olması kıvamın düşük olmasıyla karşılanabilir. Bu olumsuzluğu ortadan kaldırmak adına kireç harcına belli oranlarda ikame malzemesi olarak puzolanik özellik gösteren zeolit ve toz haline getirilmiş Bayburt taşlarının katılması öngörülmüştür. Araştırmanın bulguları incelendiğinde kireç harcına katılması düşünülen puzolanik özellikli malzemelerin amaca uygun olduğu görülmüştür. Çalışmamızda edinilen bulgular her ikame oranı için ayrı ayrı çizelgeler yardımıyla ayrıntılı olarak verilmiştir.

Çizelge 4-13 Zeolit Katkılı Kireç Harçlarının Yayılma Değerleri

Harç Cinsi	Yayılma (mm)
CL90 (kontrol)	181-184
CL90 + %2,5 Zeolit	155-158
CL90 + %5 Zeolit	153-157
CL90 + %10 Zeolit	151-152
CL90 + %20 Zeolit	143-145
CL90 + %30 Zeolit	139-141
CL90 + %40 Zeolit	133-135
CL90 + %50 Zeolit	128-130

Çizelge 4-14 Bayburt Taşı Katkılı Kireç Harçlarının Yayılma Değerleri

Harç Cinsi	Yayılma (mm)
CL90 (kontrol)	181-184
CL90 + %2.5 Bayburt Beyaz Taşı	155-157
CL90 + %5 Bayburt Beyaz Taşı	153-156
CL90 + %10 Bayburt Beyaz Taşı	151-152
CL90 + %20 Bayburt Beyaz Taşı	138-140
CL90 + %30 Bayburt Beyaz Taşı	135-136
CL90 + %40 Bayburt Beyaz Taşı	128-129
CL90 + %50 Bayburt Beyaz Taşı	124-125

Çizelge 4-15 Bayburt Sarı Taşı Katkılı Kireç Harçlarının Yayılma Değerleri

Harç Cinsi	Yayılma (mm)
CL90 (kontrol)	181-184
CL90 + %2,5 Bayburt Sarı Taşı	168-172
CL90 + %5 Bayburt Sarı Taşı	165-167
CL90 + %10 Bayburt Sarı Taşı	163-164
CL90 + %20 Bayburt Sarı Taşı	159-160
CL90 + %30 Bayburt Sarı Taşı	150-152
CL90 + %40 Bayburt Sarı Taşı	141-143
CL90 + %50 Bayburt Sarı Taşı	134-137

Çizelge 4-16 Bayburt Yeşil Taşı Katkılı Kireç Harçlarının Yayılma Değerleri

Harç Cinsi	Yayılma (mm)
CL90 (kontrol)	181-184
CL90 + %2,5 Bayburt Yeşil Taşı	155-157
CL90 + %5 Bayburt Yeşil Taşı	152-154
CL90 + %10 Bayburt Yeşil Taşı	150-152
CL90 + %20 Bayburt Yeşil Taşı	142-144
CL90 + %30 Bayburt Yeşil Taşı	136-139
CL90 + %40 Bayburt Yeşil Taşı	130-133
CL90 + %50 Bayburt Yeşil Taşı	126-128

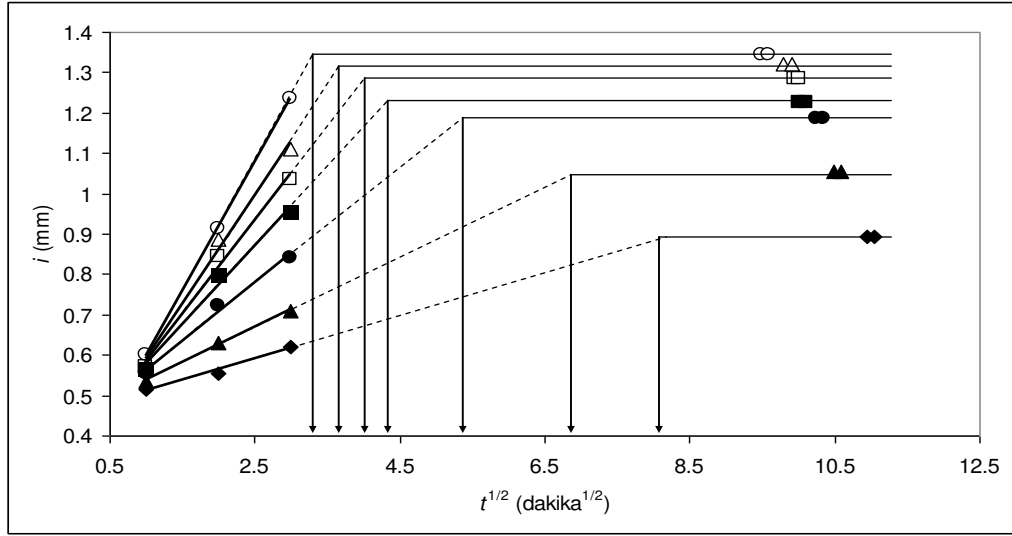
4.4 Sönmüş Kireç Harcının (CL90) Su İletme Kapasitesi ve Süresi

Harçların su iletme kapasitelerinin ve iletme sürelerinin önemine daha önce değinmiştik. Tekrar değinecek olursak, örneğin, çimento harçları taze halde su emme kapasiteleri çok yüksek olan taş ve tuğlalara uygulandıkları zaman, çimento harçlarından çok yüksek oranda karışım suyunun yığma yapı malzemesi tarafından emildiği bilinmektedir. Bu durum istenilen dayanıklılık ve onarım çalışmasının yapılamamasına yol açabilir. Çünkü taze harçtan uzaklaşan karışım suyu harcın dayanımını %40 ile %60 oranında düşmesine yol açabilecektir. Bu hiç istenmeyen bir durumdur ve bu nedenle yığma yapının malzemesinin su emme oranının ve harcın su iletme kapasitesinin ve süresinin belirlenmesi ve ona uygun harç su miktarının belirlenmesi gerekmektedir. Bunun için ise Türkiye de ilk defa uygulanacak olan taze harçtan su emme deneyi ile yığma yapı malzemesinin su emme oranının belirlenmesi deneyi, benzer şekilde yığma yapıda kullanılacak olan harcın su iletme kapasitesinin ve su iletme sürelerinin ölçümü deneyi ile yığma yapı malzemesiyle yığma yapıda kullanılacak harcın birbirine en uyumlu ve sağlıklı olanın bulunabilmesine yardımcı olacaktır.

Harcın suyu iletme kapasitesini ölçmek için kireç kontrol numunesi daha önce bahsedildiği gibi CL90 kireci kullanılarak üretilmiştir. Bu bölümde esas amaçlanan zeolit katkısının kireç harçlarındaki su iletme kapasitelerini deneysel olarak ölçmektir. Zeolit toz halinde bir malzeme olduğundan bağlayıcı yerine katılması uygun görülmüştür. Zeolit, %5, 10, 20, 30, 40 ve 50 oranlarında kireç harcına katılmıştır. Taze harçlar kalıp içerisine yerleştirildikten hemen sonra, Bayburt taşları daha önce açıklandığı şekilde (Şekil 3-21 ve Şekil 3-22) harçlar üzerine yerleştirildiler. Okuma alınan 3 noktanın eğimi kireç harçlarının suyu iletme kapasitesini vermektedir.

Kireç kontrol harcında A değeri 0,0523 iken % 20 zeolit katkılı kireç harçlarında bu değer 0,1955'e ulaşmıştır ki bu da su iletme kapasitesinin neredeyse 4 kat arttığına işaret etmektedir. % 50 zeolit katkısı her ne kadar da çok büyük bir oran olmasa da, bu noktada da A değerinin önemli bir ölçüde arttığı gözlenmektedir ($A_{50}=0.3180\text{mm/dakika}^{1/2}$).

Harcın suyu iletme süresinde yine kireç kontrol harcı ve bunun yanında zeolit katkılı kireç harçları kullanılmış olup, zeolitin kireç harçlarının suyu iletme sürelerine etkileri incelenmiştir. Şekil 4-1’de görüldüğü gibi kirecin suyu iletme süresi oldukça yüksektir. Kirecin suyu iletme süresi değeri 65 dakika olarak ölçülmüştür.



Şekil 4-1 Kireç kontrol ve zeolit katkılı kireç harçlarının suyu iletme süreleri
♦, kontrol kireç harcı; ▲, %5; ●, %10; ■, %20; □, %30; Δ, %40; ○, %50 zeolit katkılı.

Çizelge 4-17 Kireç kontrol ve zeolit katkılı kireç harçlarının suyu iletme kapasiteleri ve suyu iletme süreleri.

Harç	A (mm/dakika ^{1/2})	t _{dw} (dakika)
CL 90	0.0523	65.53
CL90 + % 5 Zeolit	0.0880	47.31
CL90 + % 10 Zeolit	0.1440	29.06
CL90 + % 20 Zeolit	0.1955	18.82
CL90 + % 30 Zeolit	0.2322	16.33
CL90 + % 40 Zeolit	0.2685	13.61
CL90 + % 50 Zeolit	0.3180	10.78

4.5 Sönmüş Kireç (CL90) ve Çimento Harçlarının Su Tutma Kapasitelerindeki Ana Farklılıklar

Bilindiği gibi yığma yapı inşaatında, taze haldeki harçlar emici tuğla, beton veya taş yüzeylere uygulanmaktadır. Burada iki önemli parametre rol almaktadır; harcın su tutma özelliği ve uygulanan elemanın (taş, tuğla, beton vb...) suyu emme kapasitesi.

Esas vurgulanmak istenen nokta bu uygulama sırasında harcın su tutma kapasitesine ve tuğlanın su emme kapasitesine bağılı olarak taze haldeki harçtan tuğlaya su emileceğı ve dolayısıyla bu durumun taze ve sertleşmiş harcın özelliklerini ciddi anlamda değıştireceğıdir (Carter vd 2003).



Şekil 4-2 Çimento harcı kullanılarak inşa edilen beton inşa edilen beton



Şekil 4-3 Kireç harcı kullanılarak inşa edilen beton inşa edilen beton.

Şekillerde aynı hacim oranlarında karıştırılarak elde edilen çimento ve kireç harcı ile inşası gerçekleştirilen iki beton blok duvar örneğini göstermektedir.

Bu fotoğraf harç uygulamasından 90 dakika sonra çekilmiştir. Bu resim aynı beton blok tarafından çimento ve kireç harçlarında ki aynı mevcut karışım suyunun çok farklı

miktarlarda emilebileceğinin bir göstergesidir. Şekil 4-2’de çimento harcı kullanımından sonra beton blokların çevresindeki belirgin su seviyesi, çimento harcının su tutma kapasitesinin çok düşük olduğunu göstermektedir. Diğer taraftan Şekil 4-3’de aynı özelliklere sahip beton bloklara kireç harcı uygulandığında beton bloklarda benzer su seviyesi gözlenmemiştir. Beton blokların su emme kapasitelerinin aynı olduğu düşünülürse, bu durum kireç harçlarının su tutma kapasitelerinin çimento harçlarına göre çok daha yüksek olduğuna işareti çekmektedir. Çimento ve kireç harçlarının su tutma özelliklerinin bu derece farklı olması özellikle çimentonun kaprisim suyunun yığma yapılarda uygulama sırasında büyük oranda tas/blok/tuğlalar tarafından emilmektedir. Bu durum harcın ilk karışım su oranını büyük oranda değiştirmekte ve ayrıca harcın taze ve sertleşmiş özelliklerine de büyük oranda etki etmektedir.

4.6 PÇ Cem-I 42,5 R Çimento Harcının Basınç Dayanımı Değerleri

Çimento harcı inşaat sektöründe en çok kullanılan ana bağlayıcı üründür. Çimentonun maliyeti inşaat sektörü ve dolayısıyla halk için çok önemlidir. Bu durumda bir nebze çimento maliyetini daha ucuz puzolanik aktivite gösteren yeni malzemelerle belli oranlarda ikame edip hem fiyatını düşürmek hem de mümkünse taze ve sertleşmiş haldeki basınç ve diğer fiziksel ve kimyasal özelliklerini iyileştirebilmek için çalışmaların yapılması gerekiyordu ve öylede oldu. Fakat çimento harcının taze ve sertleşmiş haldeki özelliklerinden dolayı yığma yapılarda kullanımın sakıncalarının iyileştirilmesi adına bir çalışmaya literatürde istenen düzeyde ulaşamamıştır. Yığma yapılarda yığma yapıların taşıyıcı sistemini oluşturan taş/tuğla/blok gibi malzemelerle daha uygun çalışabilecek olan çimento harcının üretimi ve kireç harcına karşı olan dezavantajlarını ortadan kaldırmak ve çimento harcının taze ve sertleşmiş haldeki özelliklerini iyileştirebilmek için çimento harcına belli oranlarda zeolit ve toz haline getirilmiş Bayburt taşlarının katılması öngörülmüştür. Çalışmamızın bulguları incelendiğinde çimentonun yüksek dayanımından dolayı yığma yapılarda kısmi oturma ve eksantrik yükler karşısında yığma yapı malzemesine zarar vermeyecek düzeyde çimento harcı üretilebileceği anlaşılmıştır. Çimento harcının basınç dayanımı yaklaşık %60 düşmüştür. Ayrıca bu bulgular zeolit ve Bayburt taşlarının katkı olarak eklendiği çimento harçlarının aslında tarihi yapıların yapı, bakım ve onarımında daha rahatlıkla

kullanılabileceğine de dikkati çekmektedir. Zeolit ve Bayburt taşlarının çimento harcına ikame malzemesi olarak uygunluğunun karşılaştırması yapılacak ve en uygun ikame malzemesi seçilerek yığma yapıların yapım, bakım ve onarımı için daha ucuz ve daha uygun çimento üretimi için yeni yollar açılmış olacaktır. Çalışmamızda edinilen bulgular her ikame oranı için ayrı ayrı çizelgeler yardımıyla ayrıntılı olarak verilmiştir.

Çizelge 4-18 Zeolit Katkılı Çimento Harcı Basınç Dayanımı Karşılaştırması

Zeolit Katkılı Çimento Harcı Basınç Dayanımı Karşılaştırması (kN)						
Oran	14 Günlük		21 Günlük		28 Günlük	
0%	28,773	29,146	30,134	30,869	30,034	30,569
2,5%	27,844	28,154	29,136	29,425	29,219	29,651
5%	28,055	27,714	29,367	29,795	30,321	29,985
10%	27,031	26,463	28,065	27,846	29,115	28,357
20%	24,085	23,578	25,846	25,147	25,663	25,538
30%	20,549	19,607	19,354	19,645	20,054	19,565
40%	16,019	15,144	16,364	16,587	17,634	17,389
50%	11,767	12,099	12,245	11,987	10,569	9,982

Çizelge 4-19 Bayburt Yeşil Taşı Katkılı Çimento Harcı Basınç Dayanımı

Toz Haline Getirilmiş Bayburt Yeşil Taşı Katkılı Çimento Harcı Basınç Dayanımı Karşılaştırması (kN)						
Oran	14 Günlük		21 Günlük		28 Günlük	
0%	28,773	29,146	30,134	30,869	30,034	30,569
2,5%	26,327	26,573	29,098	29,560	29,543	29,086
5%	25,238	25,622	27,195	26,803	25,861	27,570
10%	24,850	25,209	25,822	26,077	27,743	27,030
20%	20,155	20,370	22,497	22,780	22,994	22,896
30%	16,181	16,554	17,764	17,940	17,792	18,525
40%	13,278	12,863	13,014	13,197	13,286	13,381
50%	9,951	9,482	9,827	10,163	9,940	11,196

Çizelge 4-20 Bayburt Beyaz Taşı Katkılı Çimento Harcı Basınç Dayanımı

Toz Haline Getirilmiş Bayburt Beyaz Taşı Katkılı Çimento Harcı Basınç Dayanımı Karşılaştırması (kN)						
Oran	14 Günlük		21 Günlük		28 Günlük	
0%	28,773	29,146	30,134	30,869	30,034	30,569
2,5%	26,790	27,041	29,610	30,080	30,063	29,598
5%	25,682	26,074	27,674	27,275	26,316	28,055
10%	25,288	25,653	26,277	26,537	28,231	27,506
20%	20,317	20,535	22,679	22,964	23,179	23,080
30%	16,312	16,687	17,908	18,084	17,935	18,674
40%	13,385	12,967	13,119	13,303	13,393	13,489
50%	10,031	9,559	9,907	10,245	10,020	11,286

Çizelge 4-21 Sarı Taşı Katkılı Çimento Harcı Basınç Dayanımı

Toz Haline Getirilmiş Bayburt Sarı Taşı Katkılı Çimento Harcı Basınç Dayanımı Karşılaştırması (kN)						
Oran	14 Günlük		21 Günlük		28 Günlük	
0%	28,773	29,146	30,134	30,869	30,034	30,569
2,5%	27,656	27,915	30,567	31,052	31,035	30,554
5%	26,512	26,916	28,568	28,156	27,166	28,962
10%	26,105	26,482	27,126	27,394	29,143	28,395
20%	20,564	20,784	22,954	23,243	23,461	23,361
30%	16,510	16,890	18,125	18,304	18,153	18,901
40%	13,548	13,124	13,278	13,465	13,556	13,653
50%	10,153	9,675	10,027	10,369	10,142	11,423

Çizelge 4-22 Zeolit Katkılı Çimento Harcın Eğilme Dayanımı

Zeolit Katkılı Harcın Eğilme Dayanımı (kN)			
Yüzde	14 Günlük	21 Günlük	28 Günlük
0%	0,896	1,157	1,139
2,5%	1,027	1,095	1,142
5%	0,916	0,969	1,068
10%	0,822	0,763	0,928
20%	0,627	0,776	0,733
30%	0,535	0,542	0,475
40%	0,531	0,365	0,470
50%	0,246	0,356	0,391

Çizelge 4-23 Bayburt Sarı Taşı Katkılı Çimento Harcın Eğilme Dayanımı

Bayburt Sarı Taşı Katkılı Harcın Eğilme Dayanımı (kN)			
Yüzde	14 Günlük	21 Günlük	28 Günlük
0%	0,896	1,157	1,139
2,5%	1,079	0,984	1,120
5%	1,024	0,557	0,945
10%	0,812	0,884	0,905
20%	0,795	0,777	0,816
30%	0,641	0,626	0,737
40%	0,576	0,471	0,503
50%	0,313	0,351	0,413

Çizelge 4-24 Bayburt Beyaz Taşı Katkılı Çimento Harcın Eğilme Dayanımı

Bayburt Beyaz Taşı Katkılı Harcın Eğilme Dayanımı (kN)			
Yüzde	14 Günlük	21 Günlük	28 Günlük
0%	0,896	1,157	1,139
2,5%	1,047	0,954	1,086
5%	0,993	0,540	0,917
10%	0,788	0,857	0,878
20%	0,771	0,754	0,792
30%	0,622	0,607	0,715
40%	0,559	0,457	0,488
50%	0,304	0,340	0,401

Çizelge 4-25 Bayburt Yeşil Taşı Katkılı Çimento Harcın Eğilme Dayanımı

Bayburt Yeşil Taşı Katkılı Harcın Eğilme Dayanımı (kN)			
Yüzde	14 Günlük	21 Günlük	28 Günlük
0%	0,896	1,157	1,139
2,5%	0,994	0,907	1,032
5%	0,944	0,513	0,871
10%	0,748	0,815	0,834
20%	0,733	0,716	0,752
30%	0,591	0,577	0,679
40%	0,531	0,434	0,464
50%	0,288	0,323	0,381

4.7 PÇ Cem-I 42,5 R Çimento Harcının Priz Süreleri

Çimento harçlarının priz sürelerinin ve erken dayanımlarının bazı alanlarda ve durumlarda hızlı olması istenir. Bu istenen durum için ise çeşitli kimyasallar kullanarak çimento bazlı harçların priz süreleri kısaltılmaktadır. Priz süresi kısalan çimento harçlarının hızla büyüyen nüfusa cevap verebilmek için inşaatın yapım hızına etki eden önemli faktörlerden biridir. Çimento harcına kimyasallar eklenmeyip maliyeti artırmadan ve hatta maliyeti düşürerek sonuca gidebilmek için çimento harcına belli oranlarda zeolit ve toz haline getirilmiş Bayburt taşları ikame malzemesi olarak kullanılıp priz süresinin doğal yollarla ve daha ucuz olarak kısaltılması amaçlanmış ve bu konuda bir çalışma yapılarak incelenmiştir. Çalışma sonunda elde edilen sonuçlar incelendiğinde çimento harcına katılan malzemelerin olumlu sonuç verdiği görülmüştür. Priz süreleri yaklaşık olarak %30 azalmıştır. Priz süresinin yaklaşık olarak %30 azalması inşaat hızının %30 oranında artması anlamına gelebilir. Çalışmamızda edinilen bulgular her ikame oranı için ayrı ayrı çizelgeler yardımıyla ayrıntılı olarak verilmiştir.

Çizelge 4-26 Zeolit katkılı Çimento Harcının Priz Süreleri

Harç Cinsi	Katkı Yüzdesi	Vicat Okuma (dakika)		Geçen zaman
		İlk Okuma	Son Okuma	
Cem I	0%	176	212	36
Cem I	%2,5 Zeolit	172	198	26
Cem I	%5 Zeolit	163	185	22
Cem I	%10 Zeolit	159	180	21
Cem I	%20 Zeolit	144	172	28
Cem I	%30 Zeolit	132	164	32
Cem I	%40 Zeolit	124	158	34
Cem I	%50 Zeolit	110	145	35

Çizelge 4-27 Bayburt Yeşil Taşı katkılı Çimento Harcının Priz Süreleri

Harç Cinsi	Katkı Yüzdesi	Vicat Okuma (dakika)		Geçen zaman
		İlk Okuma	Son Okuma	
Cem I	0%	176	212	36
Cem I	%2,5 Bayburt Yeşil	166	198	32
Cem I	%5 Bayburt Yeşil	155	185	30
Cem I	%10 Bayburt Yeşil	149	180	31
Cem I	%20 Bayburt Yeşil	140	174	34
Cem I	%30 Bayburt Yeşil	130	165	35
Cem I	%40 Bayburt Yeşil	125	158	33
Cem I	%50 Bayburt Yeşil	110	148	38

Çizelge 4-28 Bayburt Beyaz Taşı katkılı Çimento Harcının Priz Süreleri

Harç Cinsi	Katkı Maddesi ve Yüzdesi	Vicat Okuma (dakika)		Geçen zaman
		İlk Okuma	Son Okuma	
Cem I	0%	176	212	36
Cem I	%2,5 Bayburt Beyaz	180	208	28
Cem I	%5 Bayburt Beyaz	173	200	27
Cem I	%10 Bayburt Beyaz	168	195	27
Cem I	%20 Bayburt Beyaz	152	186	34
Cem I	%30 Bayburt Beyaz	142	177	35
Cem I	%40 Bayburt Beyaz	135	171	36
Cem I	%50 Bayburt Beyaz	122	157	35

Çizelge 4-29 Bayburt Sarı Taşı katkılı Çimento Harcının Priz Süreleri

Harç Cinsi	Katkı Yüzdesi	Vicat Okuma (dakika)		Geçen zaman
		İlk Okuma	Son Okuma	
Cem I	0%	176	212	36
Cem I	%2,5 Bayburt Sarı	149	187	37
Cem I	%5 Bayburt Sarı	144	175	31
Cem I	%10 Bayburt Sarı	139	170	31
Cem I	%20 Bayburt Sarı	126	163	36
Cem I	%30 Bayburt Sarı	118	155	37
Cem I	%40 Bayburt Sarı	112	149	37
Cem I	%50 Bayburt Sarı	101	137	36

4.8 PÇ Cem-I 42,5 R Çimento Harcının Kıvam Değeri

İnşaat sektöründe kıvamın önemi çok büyüktür. Donatılı yapılarda işlenebilirlik kıvama bağlıdır ve gerekirse bunun için harca kıvamı artırıcı katkıları bile eklenebilir. Çalışmamız daha çok yığma yapılarda çimento harcının üretilmesi ve özelliklerinin geliştirilmesi üzerine olduğundan çimento harcının kıvam değerlendirilmesi bu konuda olacaktır. Yığma yapılarda kullanılacak olan harcın kıvamı, uygulama esnasında zorluk çıkartmaması bakımından önemlidir. İyi bir harcın kıvamı ne sulu ne de kuru olmalıdır. Taş/tuğla/blok gibi yığma yapı malzemelerini harcın üzerine koyduğunuzda harç yapı malzemesinin ağırlığından hemen çökmemelidir, hafif tokmaklamaya müsaade etmelidir. Çimento harcının kıvam değeri çok yüksek olduğundan yığma yapı inşaatında istenilmeyen bir durumdur ve bu olumsuzluğu iyileştirmek için çimento harcının içerisine belli oranlarda ikame malzemesi olarak puzolanik özellik gösteren Zeolit ve toz haline getirilmiş Bayburt taşlarının katılması öngörülmüştür. Araştırmanın bulguları incelendiğinde çimento harcına katılması düşünülen puzolanik özellikli malzemelerin amaca uygun olduğu görülmüştür. Kıvam değerindeki azalış yaklaşık olarak %35'ler civarındadır. Çalışmamızda edinilen bulgular her ikame oranı için ayrı ayrı çizelgeler yardımıyla ayrıntılı olarak verilmiştir.

Çizelge 4-30 Zeolit katkılı Çimento Harcının Kıvam Değeri

Harç Cinsi	Yayılma (mm)	
Cem - I 42,5 R (kontrol)	205	207
Cem - I 42,5 R + %2,5 Zeolit	190	193
Cem - I 42,5 R + %5 Zeolit	180	182
Cem - I 42,5 R + %10 Zeolit	173	177
Cem - I 42,5 R + %20 Zeolit	166	168
Cem - I 42,5 R + %30 Zeolit	159	160
Cem - I 42,5 R + %40 Zeolit	153	155
Cem - I 42,5 R + %50 Zeolit	138	141

Çizelge 4-31 Bayburt Yeşil Taşı katkılı Çimento Harcının Kıvam Değeri

Harç Cinsi	Yayılma (mm)	
Cem - I 42,5 R (kontrol)	205	207
Cem - I 42,5 R + %2,5 Bayburt Yeşil Taşı	185	186
Cem - I 42,5 R + %5 Bayburt Yeşil Taşı	152	155
Cem - I 42,5 R + %10 Bayburt Yeşil Taşı	132	134
Cem - I 42,5 R + %20 Bayburt Yeşil Taşı	123	124
Cem - I 42,5 R + %30 Bayburt Yeşil Taşı	117	118
Cem - I 42,5 R + %40 Bayburt Yeşil Taşı	110	112
Cem - I 42,5 R+ %50 Bayburt Yeşil Taşı	106	108

Çizelge 4-32 Bayburt Beyaz Taşı katkılı Çimento Harcının Kıvam Değeri

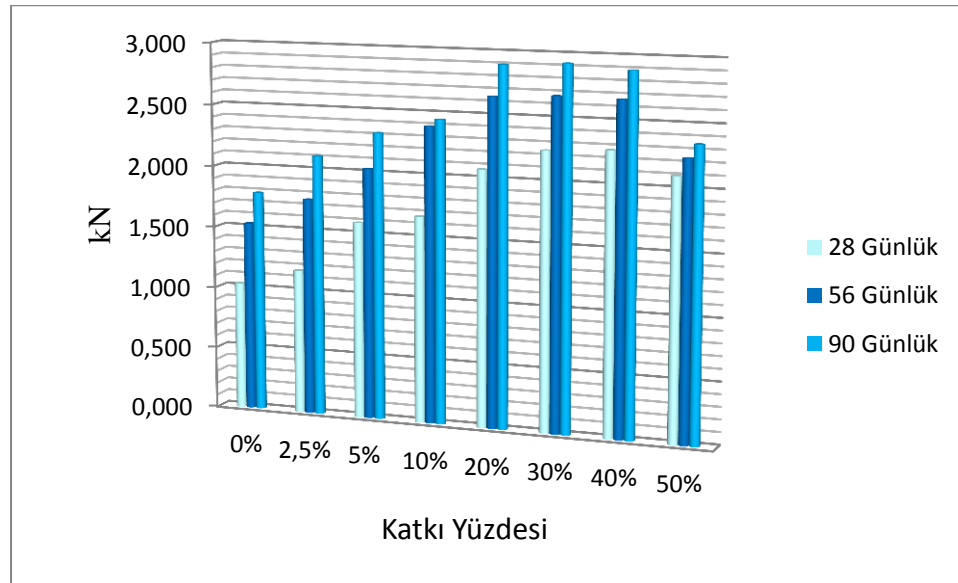
Harç Cinsi	Yayılma (mm)	
Cem - I 42,5 R (kontrol)	205	207
Cem - I 42,5 R + %2,5 Bayburt Beyaz Taşı	187	189
Cem - I 42,5 R + %5 Bayburt Beyaz Taşı	151	154
Cem - I 42,5 R + %10 Bayburt Beyaz Taşı	133	136
Cem - I 42,5 R + %20 Bayburt Beyaz Taşı	127	128
Cem - I 42,5 R + %30 Bayburt Beyaz Taşı	118	119
Cem - I 42,5 R + %40 Bayburt Beyaz Taşı	108	110
Cem - I 42,5 R+ %50 Bayburt Beyaz Taşı	104	105

Çizelge 4-33 Bayburt Sarı Taşı katkılı Çimento Harcının Kıvam Değeri

Harç Cinsi	Yayılma (mm)	
Cem - I 42,5 R (kontrol)	205	207
Cem - I 42,5 R + %2,5 Bayburt Sarı Taşı	197	198
Cem - I 42,5 R + %5 Bayburt Sarı Taşı	186	188
Cem - I 42,5 R + %10 Bayburt Sarı Taşı	176	179
Cem - I 42,5 R + %20 Bayburt Sarı Taşı	170	171
Cem - I 42,5 R + %30 Bayburt Sarı Taşı	161	163
Cem - I 42,5 R + %40 Bayburt Sarı Taşı	151	153
Cem - I 42,5 R+ %50 Bayburt Sarı Taşı	136	138

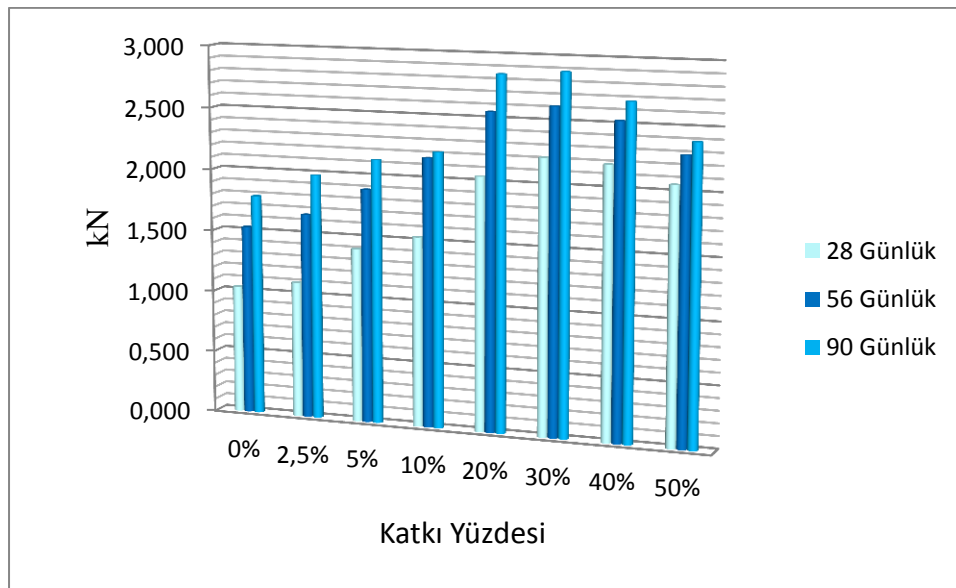
4.9 Sönmüş kireç (CL90) Harcının Basınç Dayanımının Değerlendirmesi

Sönmüş kireç (CL90) harcına %2,5, %5, %10, %20, %30, %40, %50 oranlarında zeolit ikamesi kullanılarak oluşturulan harçların 28. gün, 56. gün ve 90. gün basınç dayanımlarının kontrol numuneye göre daha yüksek çıktığı gözlemlenmiştir. 28. gün, 56. gün ve 90. gün basınç dayanımlarının sistematik bir şekilde %30 ikame oranına kadar arttığı, %40 oranında çok az azaldığı ve %50 oranında ise bir düşüş olduğu gözlenmektedir. Benzer durumlar eğilme dayanımları için de mevcuttur. Zeolit ikamesiyle CL90 harcının dayanımının arttığı ve en yüksek dayanıma %30 ikame oranında rastlandığı görülmüştür. Bu durum CL90 harcına en uygun zeolit ikame oranının priz süreside baz alındığında %30 olarak alınabileceğini gösteriyor. 90. gün değerlerine göre %30 ikame oranında basınç dayanımı kontrol numuneye göre yaklaşık %63,7 artmıştır. Basınç dayanımındaki bu büyük artış yığma yapılar için kullanılacak kireç harçları için %30 zeolit oranının çok ciddi ölçüde kireç harcına iyileştirme yaparak kireç harçlarının dezavantajı olan düşük basınç dayanımını sorununu ortadan kaldıracak ciddi bir bulgudur. Sönmüş kireç harcına %30 zeolit katkısı yığma yapıların bakım ve onarımında daha rahatlıkla kullanılabileceğine dikkati çekmektedir. Sonuçlar Şekil 4-4’de grafik halinde verilmiştir.



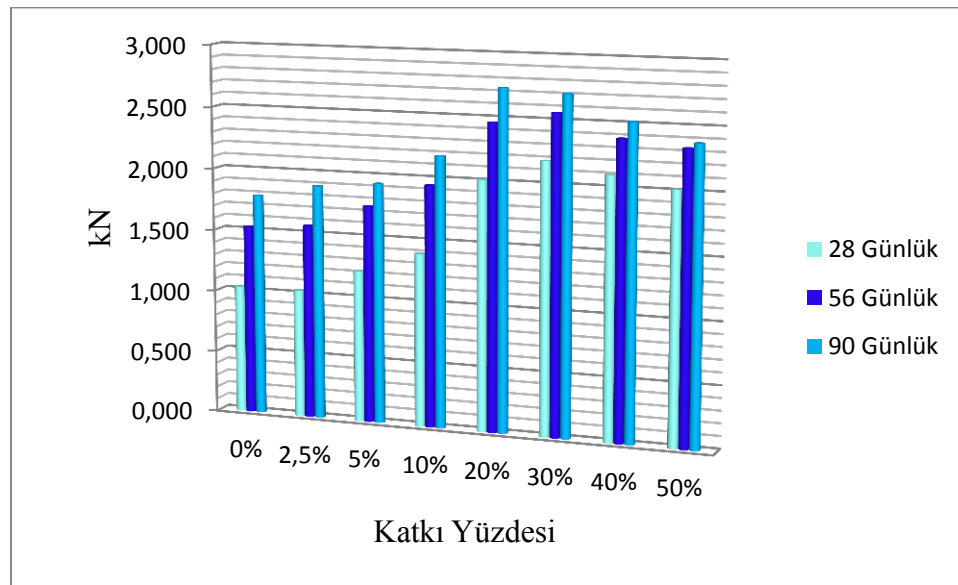
Şekil 4-4 Zeolit Katkılı CL90 Harcı Dayanım Grafiği

Sönmüş kireç (CL90) harcına %2,5, %5, %10, %20, %30, %40, %50 oranlarında toz haline getirilmiş Bayburt Yeşil taşı ikamesi kullanılarak oluşturulan harçların 28. gün, 56. gün ve 90. gün basınç dayanımlarının kontrol numuneye göre daha yüksek çıktığı gözlemlenmiştir. 28. gün, 56. gün ve 90. gün basınç dayanımlarının sistematik bir şekilde %30 ikame oranına kadar arttığı sonrasında ise bir düşüş olduğu gözlenmektedir. Toz haline getirilmiş Bayburt Yeşil taş ikamesiyle CL90 harcının dayanımının arttığı ve en yüksek dayanıma %30 ikame oranında rastlandığı görülmüştür. Benzer durumlar eğilme dayanımları içinde mevcuttur. Bu durum CL90 harcına en uygun toz haline getirilmiş Bayburt Yeşil taş ikame oranının priz süresi de baz alındığında %30 olarak alınabileceğini gösteriyor. 90. gün değerlerine göre %30 ikame oranında basınç dayanımı kontrol numuneye göre yaklaşık %61,4 artmıştır. Basınç dayanımındaki bu büyük artış yığma yapılar için kullanılacak kireç harçları için %30 toz haline getirilmiş Bayburt Yeşil taşı oranının çok ciddi ölçüde kireç harcına iyileştirme yaparak kireç harçlarının dezavantajı olan düşük basınç dayanımını sorununu ortadan kaldıracak ciddi bir sonuçtur. Sönmüş kireç harcına %30 toz haline getirilmiş Bayburt Yeşil taşı katkısı yığma yapıların bakım ve onarımında daha rahatlıkla kullanılabileceğine dikkati çekmektedir. Sonuçlar Şekil 4-5’de grafik halinde verilmiştir.



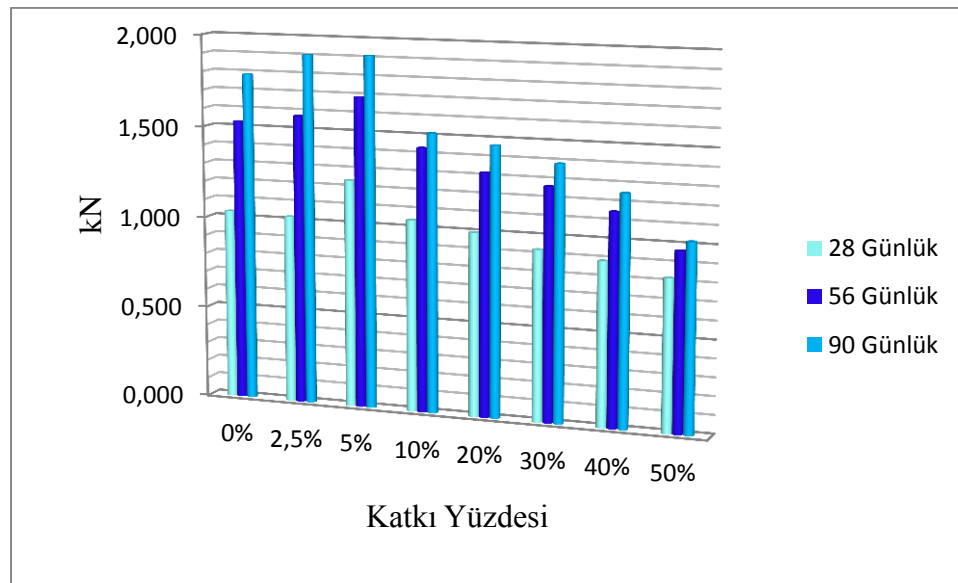
Şekil 4-5 Bayburt Yeşil Taşı Katkılı CL90 Harcı Dayanım Grafiği

Sönmüş kireç (CL90) harcına %2,5, %5, %10, %20, %30, %40, %50 oranlarında toz haline getirilmiş Bayburt Beyaz taşı ikamesi kullanılarak oluşturulan harçların 28. gün, 56. gün ve 90. gün basınç dayanımlarının kontrol numuneye göre daha yüksek çıktığı gözlemlenmiştir. 28. gün, 56. gün ve 90. gün basınç dayanımlarının sistematik bir şekilde %30 ikame oranına kadar arttığı sonrasında ise bir düşüş olduğu gözlenmektedir. Toz haline getirilmiş Bayburt Yeşil taş ikamesiyle CL90 harcının dayanımının arttığı ve en yüksek dayanıma %20 ikame oranında rastlandığı görülmüştür. Benzer durumlar eğilme dayanımları içinde mevcuttur. Bu durum CL90 harcına en uygun toz haline getirilmiş Bayburt Beyaz taş ikame oranının %20 ikame oranıyla %30 ikame oranı arasında çok az dayanım farkı olmasından dolayı ve priz süresinde baz alındığında bu oranın %30 olarak alınabileceğini gösteriyor. 90. gün değerlerine göre basınç dayanımı kontrol numuneye göre %20 ikame oranında %53, %30 ikame oranında ise %51,5 artmıştır. Basınç dayanımındaki bu büyük artış yığma yapılar için kullanılacak kireç harçları için %30 toz haline getirilmiş Bayburt Beyaz taşı oranının çok ciddi ölçüde kireç harcına iyileştirme yaparak kireç harçlarının dezavantajı olan düşük basınç dayanımını sorununu ortadan kaldıracak ciddi bir bulgudur. Sönmüş kireç harcına %30 toz haline getirilmiş Bayburt Beyaz taşı katkısı yığma yapıların bakım ve onarımında daha rahatlıkla kullanılabileceğine dikkati çekmektedir. Sonuçlar Şekil 4-6’de grafik halinde verilmiştir.



Şekil 4-6 Bayburt Beyaz Taşı Katkılı CL90 Harcı Dayanım Grafiği

Sönmüş kireç (CL90) harcına %2,5, %5, %10, %20, %30, %40, %50 oranlarında toz haline getirilmiş Bayburt Sarı taşı ikamesi kullanılarak oluşturulan harçların 28. gün, 56. gün ve 90. gün basınç dayanımlarının kontrol numuneye göre daha yüksek çıktığı gözlemlenmiştir. 28. gün, 56. gün ve 90. gün basınç dayanımlarının sistematik bir şekilde %5 ikame oranına kadar arttığı sonrasında ise bir düşüş olduğu gözlenmektedir. Toz haline getirilmiş Bayburt Sarı taş ikamesiyle CL90 harcının dayanımının arttığı ve en yüksek dayanıma %5 ikame oranında rastlandığı görülmüştür. Benzer durumlar eğilme dayanımları içinde mevcuttur. Bu durum CL90 harcına en uygun toz haline getirilmiş Bayburt Yeşil taş ikame oranının priz süreleri de baz alındığında %5 olarak alınabileceğini gösteriyor. 90. gün değerlerine göre %5 ikame oranında basınç dayanımı kontrol numuneye göre yaklaşık %7 artmıştır. İkame malzemelerinin arasında dayanım değerlerine göre en kötü performansı gösteren malzeme Bayburt Sarı taşı olmuştur. %5 ikame oranından sonraki basınç dayanımları kontrol numunesinden düşük çıkmıştır. Buna rağmen %5 katkı oranındaki %7'lik artış diğer katkı malzemelerine oranla zayıf olsa da küçümsenmeyecek bir artırıttır. Sönmüş kireç harcına %5 toz haline getirilmiş Bayburt Sarı taşı katkısı yığma yapıların bakım ve onarımında gereken yerlerde rahatlıkla kullanılabileceğine dikkati çekmektedir. Sonuçlar Şekil 4-7'de grafik halinde verilmiştir.

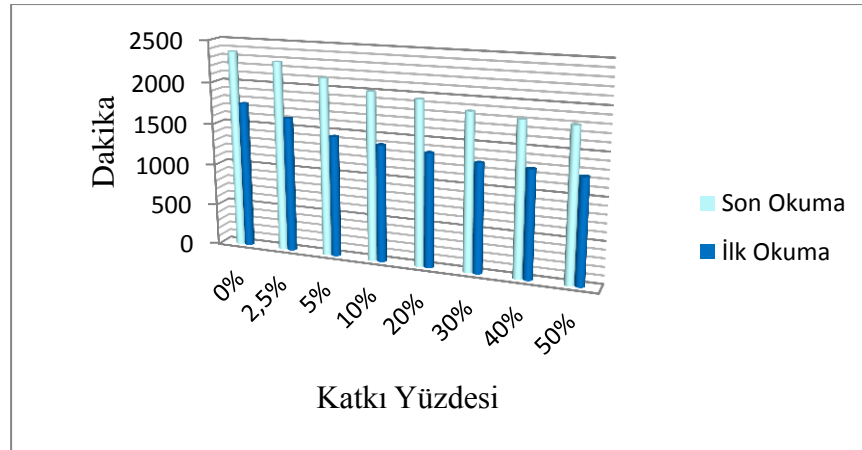


Şekil 4-7 Bayburt Sarı Taşı Katkılı CL90 Harcı Dayanım Grafiği

4.10 Sönmüş Kireç (CL90) Harcının Priz Sürelerinin Değerlendirmesi

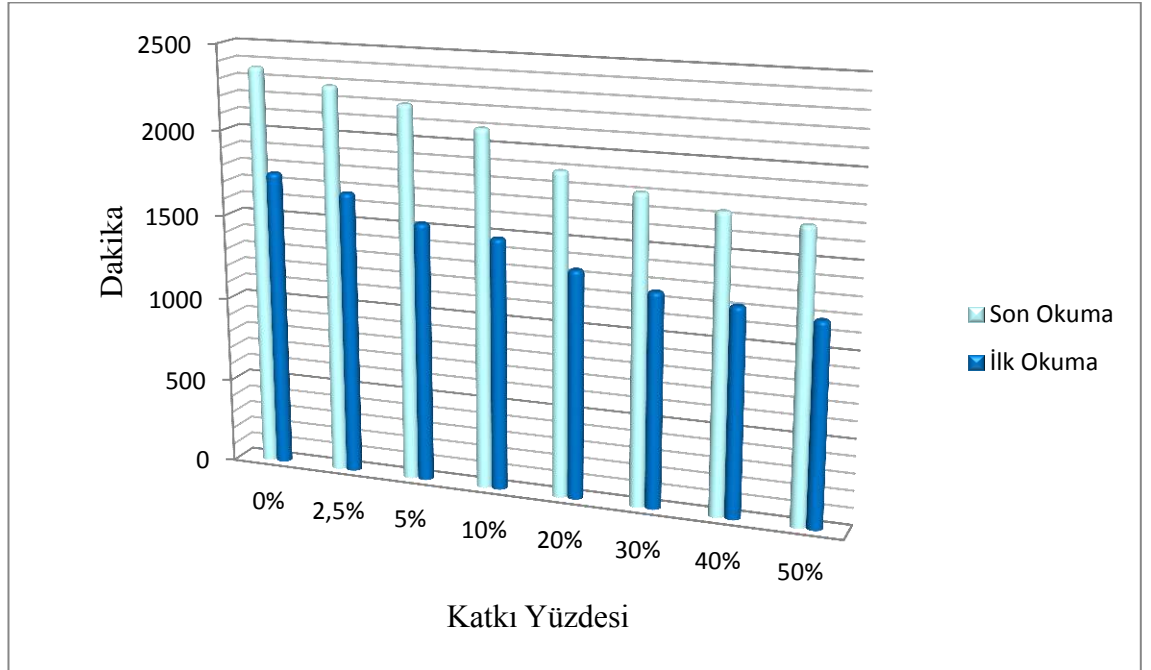
İnşaat sektöründe priz süresinin önemi büyüktür ve kireç harcının çok uzun olan priz süresi bir dezavantajdır. Bu dezavantajı ortadan kaldırmak için sönmüş kireç harcına ikame malzemesi %2,5, %5, %10, %20, %30, %40, %50 oranları uygun görülmüştür. Zeolit ve toz haline getirilmiş Bayburt taşları ikame malzemesi olarak kullanılması priz sürelerini önemli derecede düşürmüştür. Sadece priz süresi olarak düşünülürse en iyi ikame oranının %50 olduğu görülmektedir.

Sönmüş kireç (CL90) harcına ikame malzemesi olarak zeolitin kullanılmasıyla CL90 harcının priz başlangıcı ve priz sonu süresinde %30 oranına kadar sistematik bir düşme gözlemlenmiştir. %30 ikame oranından sonra ise Şekil 5-6'dan da görüleceği üzere önemli bir azalma yoktur. Bu durumda basınç dayanımı açısından da düşündüğümüzde zeolitin sönmüş kireç (CL90) harcında %30 ikame oranı ile katılmasının uygun olduğunu söyleyebiliriz. Sadece priz süresi olarak düşünülürse en iyi ikame oranının %50 olduğu görülmektedir. Priz süresi sönmüş kireç (CL90) harcına göre %30 ikame oranında yaklaşık %27, %50 ikame oranında ise yaklaşık %32 azalmıştır. Basınç dayanımındaki büyük artış ve priz sürelerindeki büyük azalış yığma yapılar için kullanılacak kireç harçları için %30 zeolit oranının çok ciddi ölçüde kireç harcına iyileştirme yaparak istenmeyen durum olan kireç harçlarının düşük dayanımını ve uzun priz sorununu ortadan kaldıracak ciddi bir sonuçtur. Sönmüş kireç harcına %30 zeolit katkısı yığma yapıların bakım ve onarımında daha rahatlıkla kullanılabileceğine dikkati çekmektedir. Sonuçlar Şekil 4-8'de grafik halinde verilmiştir.



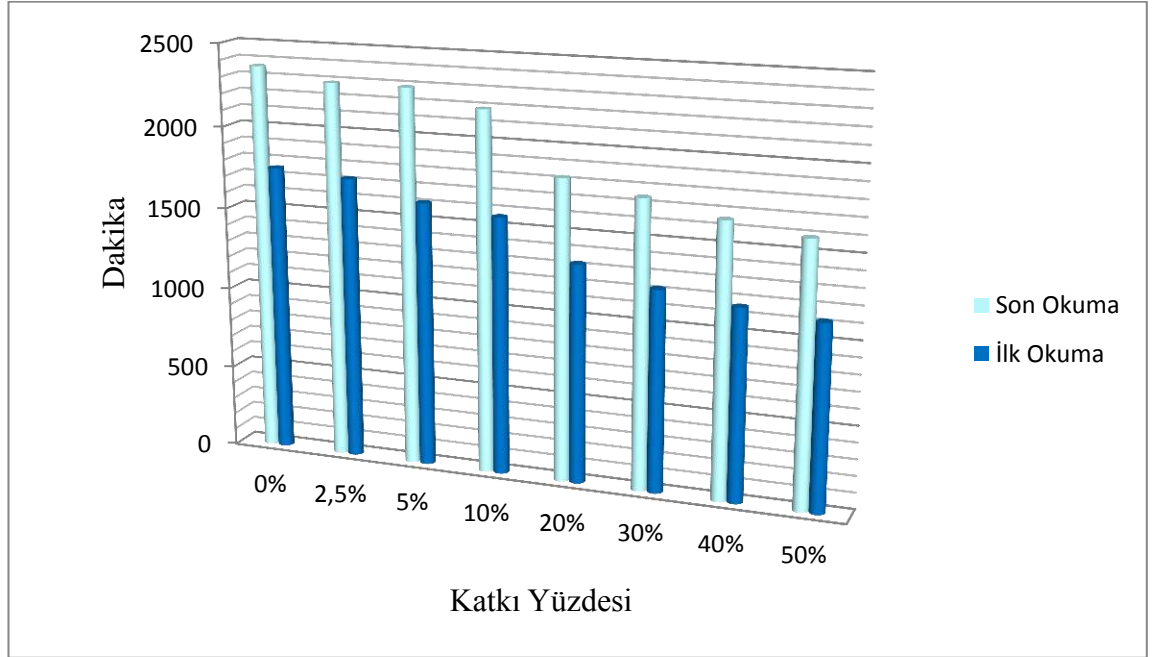
Şekil 4-8 Zeolit Katkılı CL90 Harçlarının Priz Süreleri

Sönmüş kireç (CL90) harcına ikame malzemesi olarak toz haline getirilmiş Bayburt Yeşil taşının kullanılmasıyla CL90 harcının priz başlangıcı ve priz sonu süresinde %30 oranına kadar sistematik bir düşme gözlemlenmiştir. %30 ikame oranından sonra ise önemli bir azalma yoktur. Bu durumda toz haline getirilmiş Bayburt Yeşil taşının sönmüş kireç (CL90) harcında %30 ikame oranı ile katılmasının basınç dayanımı açısından da düşündüğümüzde uygun olduğunu söyleyebiliriz. Sadece priz süresi olarak düşünülürse en iyi ikame oranının %50 olduğu görülmektedir. Priz süresi sönmüş kireç (CL90) harcına göre %30 ikame oranında yaklaşık %31, %50 ikame oranında ise yaklaşık %39 azalmıştır. Basınç dayanımındaki büyük artış ve priz sürelerindeki büyük azalış yığma yapılar için kullanılacak kireç harçları için %30 toz haline getirilmiş Bayburt Yeşil taş oranının çok ciddi ölçüde kireç harcına iyileştirme yaparak dezavantaj durum olan kireç harçlarının düşük dayanımını ve uzun priz sorununu ortadan kaldıracak ciddi bir sonuçtur. Sönmüş kireç harcına %30 toz haline getirilmiş Bayburt Yeşil taş katkısı yığma yapıların bakım ve onarımında daha rahatlıkla kullanılabileceğine dikkati çekmektedir. Sonuçlar Şekil 4-9'de grafik halinde verilmiştir.



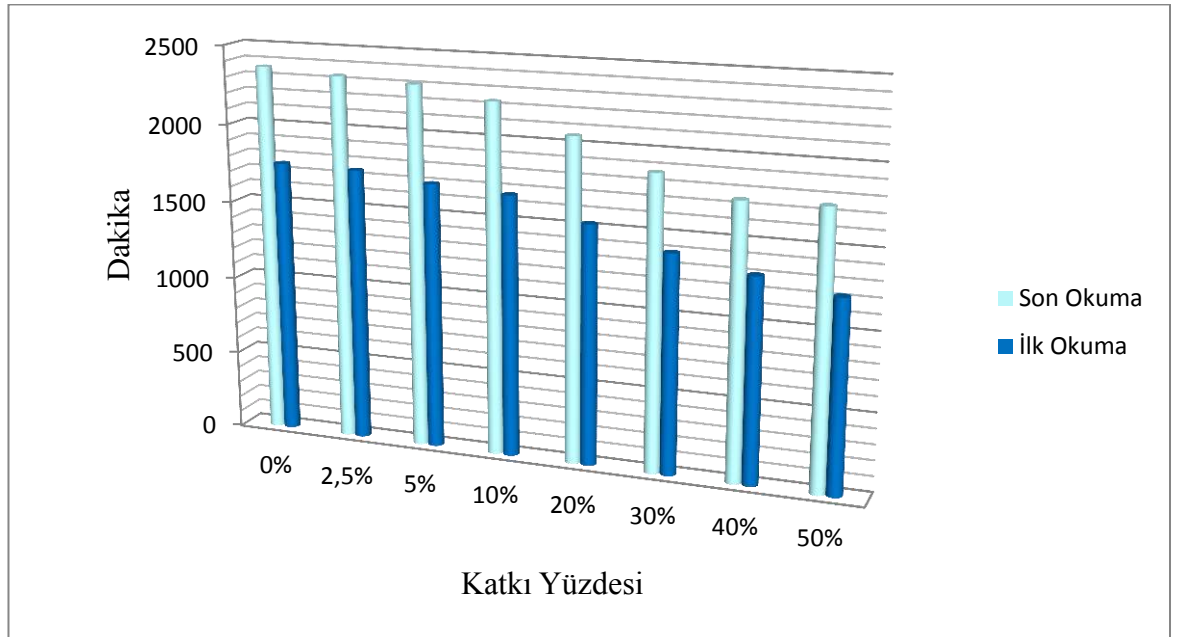
Şekil 4-9 Bayburt Yeşil Taş Katkılı CL90 Harçlarının Priz Süreleri

Sönmüş kireç (CL90) harcına ikame malzemesi olarak toz haline getirilmiş Bayburt Beyaz taşının kullanılmasıyla CL90 harcının priz başlangıcı ve priz sonu süresinde %10 oranına kadar sistematik bir azalma, %20 ve sonrasında sistematik bir azalma gözlemlenmiştir. %20 ikame oranından sonra ise önemli bir azalma yoktur. Bu durumda toz haline getirilmiş Bayburt Yeşil taşının sönmüş kireç (CL90) harcında %20 ikame oranı ile katılmasının basınç dayanımı açısından da düşündüğümüzde uygun olduğunu söyleyebiliriz. Sadece priz süresi olarak düşünülürse en iyi ikame oranının %50 olduğu görülmektedir. Priz süresi sönmüş kireç (CL90) harcına göre %20 ikame oranında yaklaşık %29,4, %50 ikame oranında ise yaklaşık %48,3 azalmıştır. Basınç dayanımındaki büyük artış ve priz sürelerindeki büyük azalış yığma yapılar için kullanılacak kireç harçları için %20 toz haline getirilmiş Bayburt Beyaz taş oranının çok ciddi ölçüde kireç harcına iyileştirme yaparak dezavantaj durum olan kireç harçlarının düşük dayanımını ve uzun priz sorununu ortadan kaldıracak ciddi bir sonuçtur. Sönmüş kireç harcına %20 toz haline getirilmiş Bayburt Beyaz taş katkısı yığma yapıların bakım ve onarımında daha rahatlıkla kullanılabileceğine dikkati çekmektedir. Sonuçlar Şekil 4-10'de grafik halinde verilmiştir.



Şekil 4-10 Bayburt Beyaz Taş Katkılı CL90 Harçlarının Priz Süreleri

Sönmüş kireç (CL90) harcına ikame malzemesi olarak toz haline getirilmiş Bayburt Sarı taşının kullanılmasıyla CL90 harcının priz başlangıcı ve priz sonu süresinde %10 oranına kadar sistematik bir düşme %20 ikame oranında ise ani bir düşme gözlemlenmiştir. %20 ikame oranından sonra ise önemli bir azalma yoktur. Bu durumda toz haline getirilmiş Bayburt Yeşil taşının sönmüş kireç (CL90) harcında %5 ikame oranı ile katılmasının basınç dayanımı açısından da düşündüğümüzde uygun olduğunu söyleyebiliriz. Sadece priz süresi olarak düşünülürse en iyi ikame oranının %50 olduğu görülmektedir. Priz süresi sönmüş kireç (CL90) harcına göre %5 ikame oranında yaklaşık %2,4, %50 ikame oranında ise yaklaşık %35 azalmıştır. Basınç dayanımındaki artış ve priz sürelerindeki büyük azalış yığma yapılar için kullanılacak kireç harçları için %5 toz haline getirilmiş Bayburt Sarı taş oranının ciddi ölçüde kireç harcına iyileştirme yaparak dezavantaj durum olan kireç harçlarının düşük dayanımını ve uzun priz sorununu ortadan kaldıracak ciddi bir sonuçtur. Sönmüş kireç harcına %5 toz haline getirilmiş Bayburt Sarı taş katkısı yığma yapıların bakım ve onarımında daha rahatlıkla kullanılabileceğine dikkati çekmektedir. Sonuçlar Şekil 4-11’de grafik halinde verilmiştir.



Şekil 4-11 Bayburt Sarı Taş Katkılı CL90 Harçlarının Priz Süreleri (dakika)

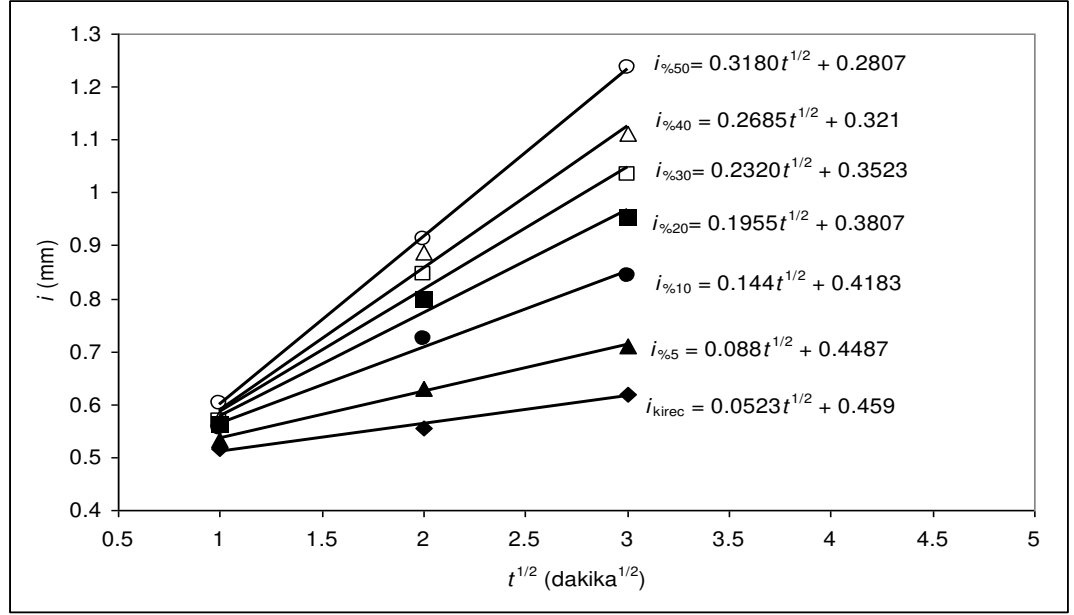
4.11 Sönmüş Kireç Harcının (CL90) Kıvam Değerlerinin Değerlendirmesi

Sonuçlar incelendiğinde CL90 harcına ikame malzemesi olarak kullanılan zeolit ve toz haline getirilmiş Bayburt taşlarının kıvama önemli derecede etki ettiğini ve değerini düşürdüğü görülmektedir. İkame malzemesinin katkı oranı artıkcı kıvamın azaldığı ve en son zeolitin %50 ikame oranında yaklaşık %29, Bayburt Yeşil taşının %50 ikame oranında yaklaşık %30,4, Bayburt beyaz taşının %50 ikame oranında yaklaşık %32, Bayburt Sarı taşının %50 ikame oranında ise %25,5 azalma görülmüştür. Yığma yapılarda kullanılacak olan harcın kıvamı, uygulama esnasında işlenebilirlik bakımından önemlidir. İyi bir harcın kıvamı ne sulu ne de kuru olmalıdır. Taş/tuğla/blok gibi yığma yapı malzemelerini harcın üzerine koyduğunuzda harç yapı malzemesinin ağırlığından hemen çökmemel, hafif tokmaklamaya müsaade etmelidir. Ağır yapı malzemeleriyle yığma yapı inşa edilmek isteniyorsa harcın kıvamı az olmalıdır. Bu ikame oranlarıyla istenilen kıvam sağlanabilir ve sağlıklı şekilde uygulanabilir. Bu sonuçlar kireç kullanımını artırmaya yönelik ve uzun ömürlü yığma yapılar için olumludur. Aynı zamanda Zeolit ve Bayburt taşlarının katkı olarak eklendiği kireç harçlarının aslında tarihi yapıların bakım ve onarımında daha rahatlıkla kullanılabileceğine de dikkati çekmektedir.

4.12 Sönmüş Kireç Harcının (CL90) Su İletme Süresi ve Su İletme Kapasitesinin Değerlendirmesi

Dikkate alınması gereken nokta çimento harçları ile kireç harçlarının çok farklı su tutma kapasitelerinin olduğudur. Aynı su oranı ile oluşturulan kireç harcının, çimento harcına göre su tutma kapasitesi çok yüksektir. Bu durum kireç harcının inşa sırasında sertleşme süresini uzatacağı gibi, malzemenin taze ve sertleşmiş özelliklerine de yansımaktadır. Zeolit katkılı kireç harçları oluşturulduğunda, zeolit katkısının kireç harcının su iletme kapasitesini sistematik olarak artırdığı gözlenmiştir. Örneğin kireç kontrol harcında su iletme kapasitesi 0,0523 mm/dakika^{1/2} iken % 20 zeolit katkılı kireç harçlarında bu değer 0,1955 mm/dakika^{1/2} ulaşmıştır ki bu da su iletme kapasitesinin neredeyse 4 kat arttığına işaret etmektedir (Şekil 4-1). Zeolit katkısı aynı zamanda kireç harçlarının suyu iletme sürelerini ciddi miktarda azalttığı da gözlenmiştir. Örneğin %20 zeolit katkılı kireç harçlarında suyu iletme süresi kontrol numuneye göre 65 dakikadan ~19 dakikaya

düşmüştür. Kireç harcının su iletme kapasitesi ve su iletme süresi gibi parametrelerinin zeolit katkısıyla iyileştirilebileceği ve kireç harçlarının aslında tarihi yapıların bakım ve onarımında daha rahatlıkla kullanılabileceğine de dikkati çekmektedir.



Şekil 4-12 Kireç kontrol ve zeolit katkılı kireç harçlarının suyu iletme kapasiteleri.

◆ kontrol kireç harcı, ▲ %5 , ● %10 , ■ %20 , □ %30 , △ %40 , ○ %50 zeolit katkılı.

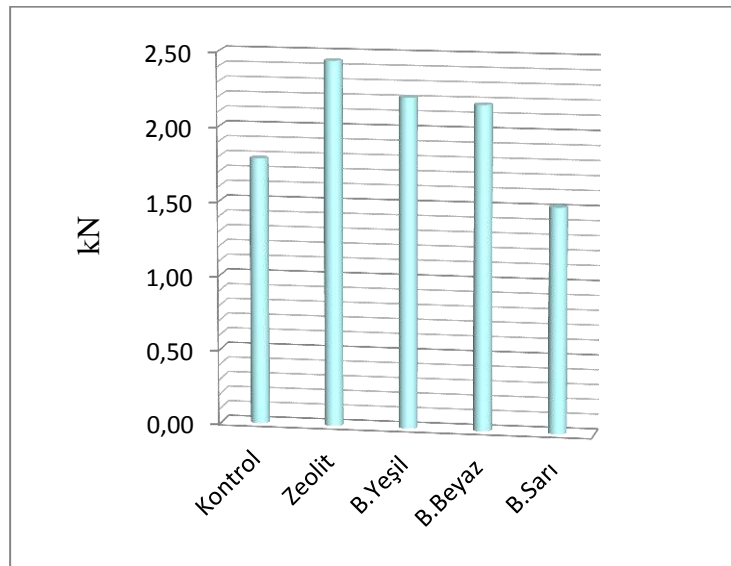
4.13 Sönmüş Kireç Harcı (CL90) Deneylerinin Tartışılması

Puzolanların kompozisyonu büyük ölçüde silis ve alüminde oluşmaktadır. İnce taneli durumdaki puzolanlar, söndürülmüş kireç ve su ile birleştirildiğinde, bu malzemeler arasında bir takım kimyasal reaksiyonlar yer almaktadır. Kalsiyum hidroksit, silis ve su arasındaki reaksiyonlar, aynen Portland çimentosunun hidratasyonunda olduğu gibi hidrolik bağlayıcılık özelliğine sahip kalsiyum-silika-hidrat (C-S-H) jellerinin oluşmasına yol açmaktadır (Yıldırım 2007). Puzolanik malzemelerin söndürülmüş kireçle ve su ile ne ölçüde reaksiyona girebileceği, ne ölçüde bağlayıcılık sağlayabileceği, “puzolanik aktivite” olarak tanımlanmaktadır. Puzolanik malzemenin yeterli aktiviteyi gösterebilmesi için, yeterince ince taneli olması, amorf yapıya sahip olması ve yeterli miktarda “silis+alümin+demir oksit” içermesi gerekmektedir (Yıldırım 2007). Puzolanik aktivitenin ölçümü için ilgili malzemelerin deneylerinin yapılmasıyla

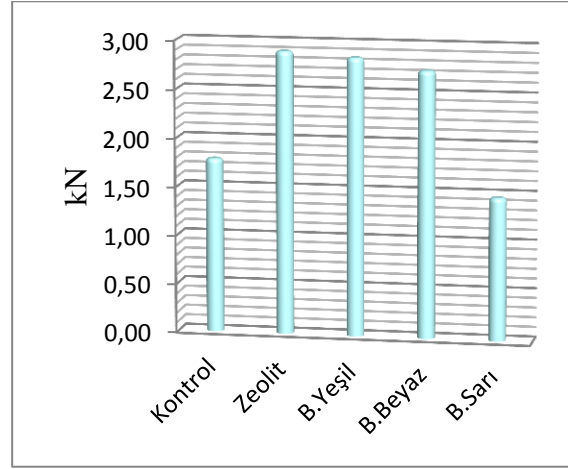
mümkündür. Yapılan deneylerle hangi malzemenin hangi malzemeyle uygun reaksiyon gösterdiği ortaya çıkmıştır.

Aşağıdaki 90. günkü %10, %20 ve %30 ikame oranlı sönmüş kireç (CL90) harcının basınç dayanım değerleri grafiklerden de anlaşılacağı üzere zeolit ve toz haline getirilmiş Bayburt taşları arasından en iyi dayanımı veren ikame malzemesinin %30 ikame oranlı zeolittir. Bunun nedenlerinden biri olarak içerdiği Si oranından kaynaklandığı düşünülmektedir. Zeolit, Bayburt Yeşil taşı, Bayburt Beyaz taşı ve Bayburt Sarı taşının Si oranları sırasıyla 72, 71,8, 69,20, 64,80 dir. İkame malzemeleri arasında en yüksek Si oranı zeolitte bulunmaktadır. Bir diğer nedenlerden biri ise kimyasal reaksiyonun uyumlu olması ve ince ikame malzemesinin ince boşlukları doldurarak dayanımın artması olarak yorumlayabiliriz.

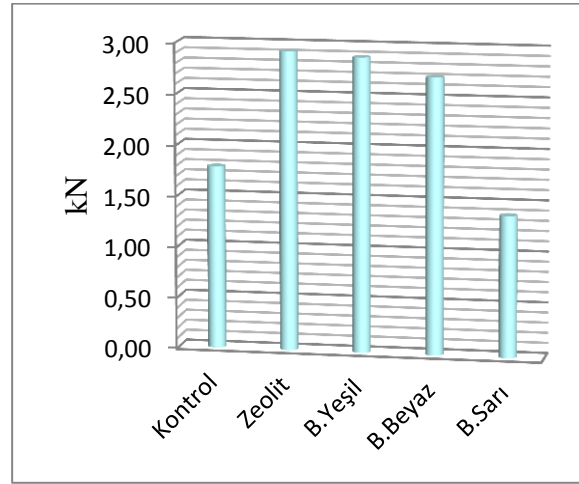
%30 ikame oranına sahip Bayburt beyaz ve Bayburt sarı taşlarının basınç dayanımları %30 ikame oranlı zeolitin basınç dayanımına çok yakındır. Ancak erken dayanımının zeolit ikame malzemesinde daha büyük olması ve Türkiye’de daha yaygın olması gibi nedenlerden zeolit ikame malzemesini bir adım öne çıkarabilir. İkame malzemelerinin arasında dayanım değerlerine göre en kötü performansı gösteren malzeme ise Bayburt Sarı taşı olmuştur. %5 ikame oranından sonraki basınç dayanımları kontrol numunesinden bile düşük çıkmıştır.



Şekil 4-13 90. gün %10 Katkı Oranlı Basınç Dayanım sonuçları



Şekil 4-14 90. gün %20 Katkı Oranlı Basınç Dayanım sonuçları



Şekil 4-15 90. gün %30 Katkı Oranlı Basınç Dayanım sonuçları

Sonuç olarak zeolitin ve toz haline getirilmiş Bayburt taşlarının sönmüş kireç (CL90) harcının basınç dayanımına olumlu yönde etki ettiği görülmüş ve 28. gün, 56. gün ve 90. günün basınç dayanımı değerlerinde yaklaşık % 63 varan çok ciddi artışlar görülmüştür. Bu sonuçlar kireç kullanımını artırmaya yönelik ve uzun ömürlü yığma yapılar için olumludur. Aynı zamanda Zeolit ve Bayburt taşlarının katkı olarak eklendiği kireç harçlarının aslında tarihi yapıların bakım ve onarımında daha rahatlıkla kullanılabileceğine de dikkati çekmektedir.

Sönmüş kireç (CL90) harçlarının çimento bazlı harçlara göre priz sürelerinin çok uzun olduğu bilinmektedir. Öyle ki, kireç harçlarının priz alma süresi günleri aşar iken çimento harçlarının priz alması saatler içinde olmaktadır. 30 saate varan prizlenme süresi özellikle günümüzde çok hızlı büyüyen topluma cevap verebilmek adına inşaatların çok hızlı tamamlanması gerektiği düşünüldüğünde istenmeyen bir durum olarak karşımıza çıkar ve buda yapılarda kireç kullanımı her geçen gün azaltır ve kireç kullanımının artması için bundan sonraki günlerde engel teşkil eder. Priz deneyi sonuçları incelendiğinde görülmüştür ki, zeolit ve toz haline getirilmiş Bayburt taşlarının sönmüş kirece ikame malzemesi olarak kullanılması dezavantajları ortadan kaldırmış ve priz süresinde yaklaşık olarak %35 oranlarında bir azalmaya yol açarak sönmüş kirecin bu özelliğini iyileştirmiştir.

Kıvam deneyinin sonuçları incelendiğinde CL90 harcına ikame malzemesi olarak kullanılan zeolit ve toz haline getirilmiş Bayburt taşlarının kıvama önemli derecede etki ettiğini ve değerini %30 civarlarında düşürdüğü görülmektedir. Bu durumda gösteriyor ki sönmüş kireç (CL90) harcından daha ince granülometri eğrisine sahip olan zeolit ve toz haline getirilmiş Bayburt taşlarının kıvamı azaltıcı yönde etki ettiğidir. Buna bağlı olarak daha ince granülometriye sahip ikame malzemelerinin katkı oranı artıkça su gereksinimi de artmaktadır. Çünkü zeolitin ve toz haline getirilmiş Bayburt taşlarının inceliği kireçten daha fazladır. Malzemelerde incelik arttıkça su gereksiniminin artıp kıvamın azalacağı aşikârdır. Bu durumlar bir fiziksel etkinin sonucu olarak karşımıza çıkmaktadır. Ağır malzemelerle inşa edilmek istenen yığma yapılar için kıvamın az olması istenen bir durumdur. Böylelikle kirecin kullanım alanlarının artması ve en sağlıklı yığma yapıların bakım, onarım ve inşasına yol açılmış olacaktır.

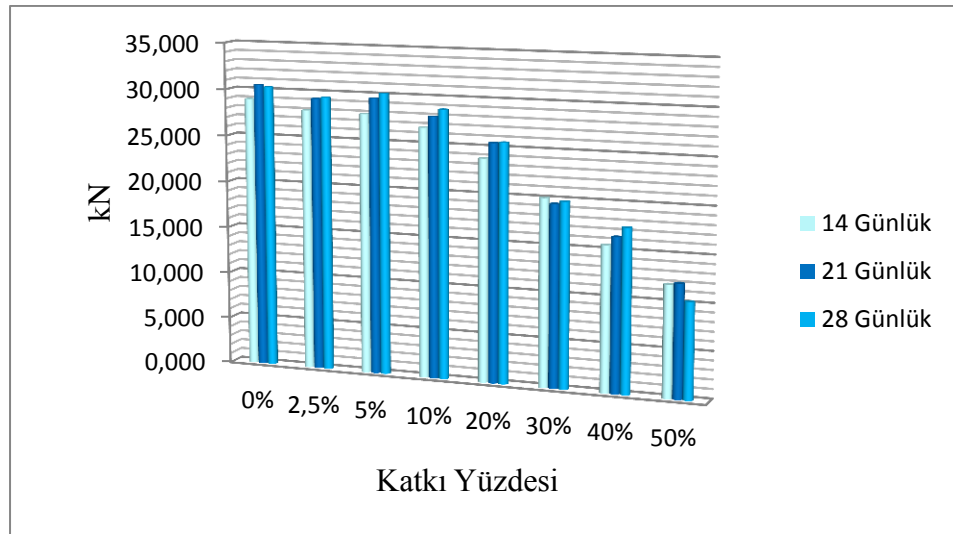
Bütün sonuçları kısaca özetleyecek olursak, Zeolit ve toz haline getirilmiş Bayburt taşlarının sönmüş kirecin;

- ❖ Çok düşük olan basınç ve eğilme dayanımını arttırdığını,
- ❖ Çok yüksek olan priz süresini düşürdüğünü,
- ❖ Kıvamını azalttığını,
- ❖ Su iletme süresini ve su iletme kapasitesini iyileştirdiğini,

sıralayabiliriz. Bütün bunlar dikkate alındığında sonuçların kireç kullanımını artırmaya yönelik ve uzun ömürlü yığma yapılar için olumlu olduğunu ve aynı zamanda zeolit ve Bayburt taşlarının katkı olarak eklendiği kireç harçlarının tarihi yapıların bakım ve onarımında rahatlıkla kullanılabileceğine dikkati çekmektedir.

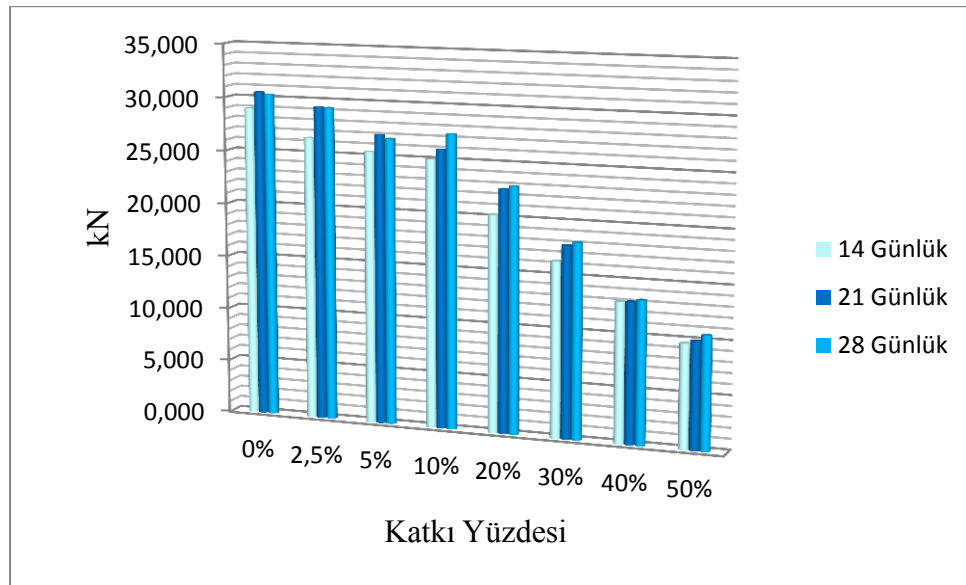
4.14 PÇ Cem-I 42,5 R Çimento Harcının Basınç Dayanımının Değerlendirmesi

PÇ Cem-I 42,5 R çimento harcına %2,5, %5, %10, %20, %30, %40, %50 oranlarında zeolit ikamesi kullanılarak oluşturulan harçların 14. gün, 21. gün ve 28. gün basınç dayanımlarının kontrol numunesine göre düşük çıkmıştır. Benzer durumlar eğilme dayanımları içinde mevcuttur. Çimento harçlarının yüksek dayanımından dolayı yığma yapılarda kullanılmasının sağlıklı olmadığı düşünülürse bu durum çimento harçlarının iyileştirilmesi anlamına gelebilir. Sonuçlar incelendiğinde yığma yapı oluşturan malzemelerin dayanım özelliklerine göre uygun çimento harcını üretmek mümkün olabilir. Basınç dayanım değerleri ikame malzemesi arttıkça düşmüş ve %50 ikame oranında kontrol numuneye göre 14. günde yaklaşık %58,7, 21. günde yaklaşık %60 ve 28. günde yaklaşık %66,1 düşüş gözlenmiştir. Bu sonuçlar Zeolit ve toz haline getirilmiş Bayburt taşlarının çimento harcına katkısının uzun ömürlü yığma yapılar için olumlu olduğunun bir göstergesi olabilir. Aynı zamanda Zeolit ve Bayburt taşlarının katkı olarak eklendiği çimento harçlarının aslında tarihi yapıların bakım ve onarımında rahatlıkla kullanılabileceğine dikkati çekmektedir.



Şekil 4-16 Zeolit Katkılı Cem I Harcı Basınç Dayanımı Karşılaştırması

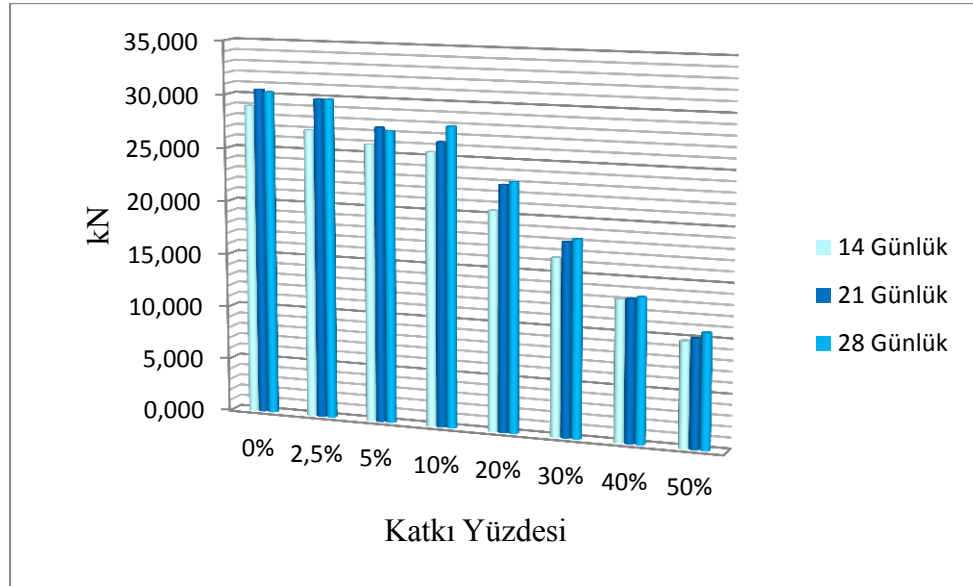
PÇ Cem-I 42,5 R çimento harcına %2,5, %5, %10, %20, %30, %40, %50 oranlarında toz haline getirilmiş Bayburt Yeşil taşı ikamesi kullanılarak oluşturulan harçların 14. gün'den 21. gün'e kadar basınç dayanımlarının gün geçtikçe artan fakat bütün ikame oranlarında kontrol numuneye göre daha düşük dayanım gösteren bir durum gözlemlenmiştir. Benzer durumlar eğilme dayanımları içinde mevcuttur. Bu düşüş yığma yapılarda çimento harcının sağlıklı kullanılabilmesi için amaçlanan ve istenen bir durumdur. Basınç dayanım değerleri ikame malzemesi artıkça düşmüş ve %50 ikame oranında kontrol numuneye göre 14. günde yaklaşık %66,4, 21. günde yaklaşık %67,2 ve 28. günde yaklaşık %65,1 düşüş gözlenmiştir. Toz haline getirilmiş Bayburt Yeşil taşı ikamesiyle çimento harcının dayanımının azaldığı görülmüştür. Bu sonuçlar toz haline getirilmiş Bayburt Yeşil taşının çimento harcına katkısının uzun ömürlü yığma yapılar için olumlu olduğunun bir göstergesi olabilir. Aynı zamanda bu sonuçlar toz haline getirilmiş Bayburt yeşil taşının tarihi yapıların bakım ve onarımında rahatlıkla kullanılabileceğine dikkati çekmektedir.



Şekil 4-17 Bayburt Yeşil Taş Katkılı Cem I Harcı Basınç Dayanımı Karşılaştırması

PÇ Cem-I 42,5 R çimento harcına %2,5, %5, %10, %20, %30, %40, %50 oranlarında toz haline getirilmiş Bayburt Beyaz taşı ikamesi kullanılarak oluşturulan harçların 14. gün, 21. gün ve 28. gün basınç dayanımlarının gün geçtikçe artan fakat bütün ikame oranlarında kontrol numuneye göre daha düşük dayanım gösteren bir durum

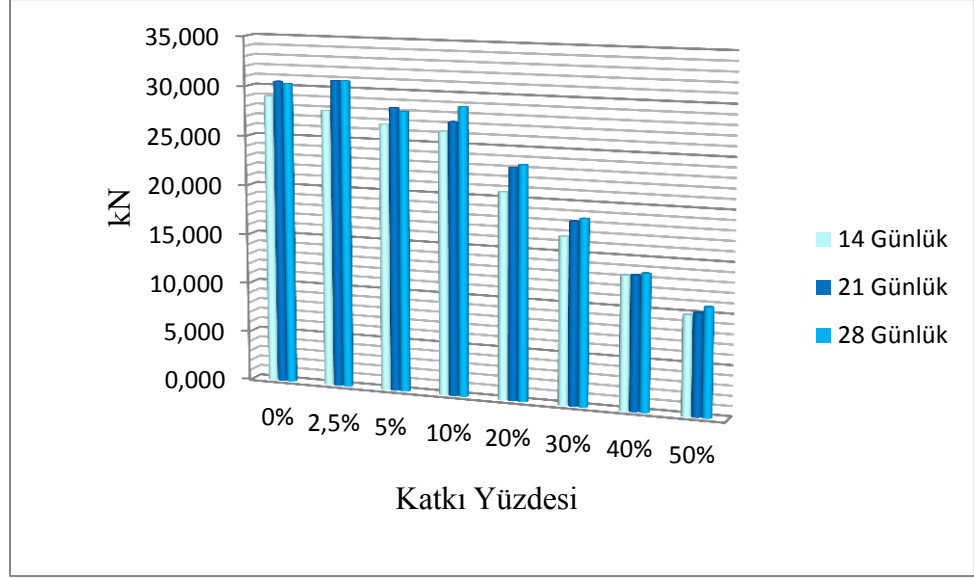
gözlemlenmiştir. Bu düşüş yığma yapılarda çimento harcının sağlıklı kullanılabilmesi için amaçlanan ve istenen bir durumdur. Basınç dayanım değerleri ikame malzemesi artıkça düşmüş ve %50 ikame oranında kontrol numuneye göre 14. günde yaklaşık %66,2, 21. günde yaklaşık %66,7 ve 28. günde yaklaşık %65 düşüş gözlenmiştir. Toz haline getirilmiş Bayburt Beyaz taşı ikamesiyle çimento harcının dayanımının azaldığı görülmüştür. Bu sonuçlar toz haline getirilmiş Bayburt Beyaz taşının çimento harcına katkısının uzun ömürlü yığma yapılar için olumlu olduğunun bir göstergesi olabilir. Aynı zamanda bu sonuçlar toz haline getirilmiş Bayburt Beyaz taşının tarihi yapıların bakım ve onarımında rahatlıkla kullanılabileceğine dikkati çekmektedir.



Şekil 4-18 Bayburt Beyaz Taş Katkılı Cem I Harcı Basınç Dayanımı Karşılaştırması

PÇ Cem-I 42,5 R çimento harcına %2,5, %5, %10, %20, %30, %40, %50 oranlarında toz haline getirilmiş Bayburt Sarı taşı ikamesi kullanılarak oluşturulan harçların 14. gün, 21. gün ve 28. gün basınç dayanımlarının gün geçtikçe artan fakat bütün ikame oranlarında kontrol numuneye göre daha düşük dayanım gösteren bir durum gözlemlenmiştir. Bu düşüş yığma yapılarda çimento harcının sağlıklı kullanılabilmesi için amaçlanan ve istenen bir durumdur. Basınç dayanım değerleri ikame malzemesi artıkça düşmüş ve %50 ikame oranında kontrol numuneye göre 14. günde yaklaşık %65,7, 21. günde yaklaşık %66,6 ve 28. günde yaklaşık %64,4 düşüş gözlenmiştir. Toz haline getirilmiş Bayburt Beyaz taşı ikamesiyle çimento harcının dayanımının azaldığı

görülmüştür. Bu sonuçlar toz haline getirilmiş Bayburt Sarı taşının çimento harcına katkısının uzun ömürlü yığma yapılar için olumlu olduğunun bir göstergesi olabilir. Aynı zamanda bu sonuçlar toz haline getirilmiş Bayburt Sarı taşının tarihi yapıların bakım ve onarımında rahatlıkla kullanılabileceğine dikkati çekmektedir.



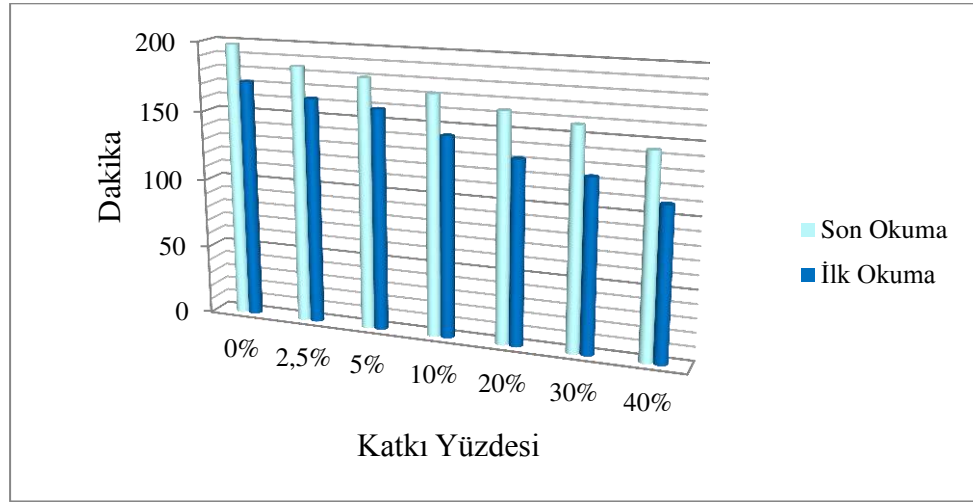
Şekil 4-19 Bayburt Sarı Taş Katkılı Cem I Harcı Basınç Dayanımı Karşılaştırması

4.15 PÇ Cem-I 42,5 R Çimento Harcının Priz Süreleri Değerlendirmesi

İnşaat sektöründe priz süresinin önemi çok büyüktür. Çimento harcını priz süresi kireç harcına kıyasla çok kısadır. Fakat kısa olan priz süresinin daha da kısaltılması önemlidir. Günümüzde çimento harçlarının priz sürelerine kimyasal katkılarla etki edilmek istenmektedir. Kimyasal katkılarla priz süresine etki etmek maliyeti artırıcı bir unsurdur. Bunun yerine daha doğal puzolan olan zeolit ve toz haline getirilmiş Bayburt taşlarının çimento harcına katkı olarak eklenmesiyle priz süresinin düştüğü görülmüştür ve bunun yanında daha ucuz çimento harçlarının üretimi söz konusu olabilir. Bu durum zeolit ve toz haline getirilmiş Bayburt taşlarının yığma yapıların bakım, onarım ve yapımında rahatlıkla kullanılabileceğine bir işarettir.

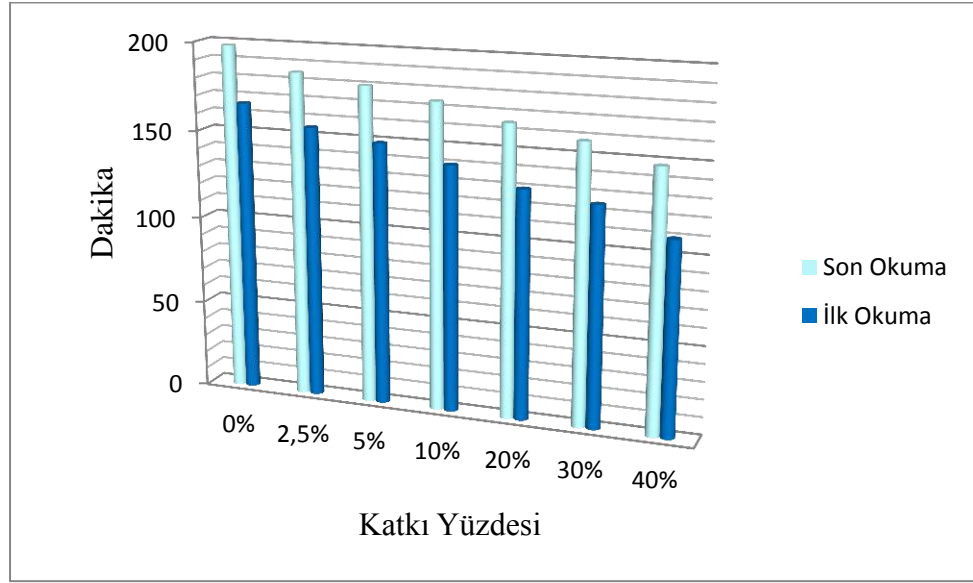
PÇ Cem-I 42,5 R çimento harcına ikame malzemesi olarak zeolit kullanılmasıyla çimento harcının priz başlangıcı ve priz sonu sürelerinde sistematik bir düşme

gözlemlenmiştir. Priz süresi olarak düşünülürse en iyi ikame oranının %50 olduğu görülmektedir ve priz süresini yaklaşık olarak %36 düşürmüştür. Bu durum istenen bir durumdur ve zeolitin yığma yapıların bakım, onarım ve yapımında rahatlıkla kullanılabileceğine bir işarettir. Deneyde elde edilen sonuçlar Şekil 4-20 de grafik halinde verilmiştir.



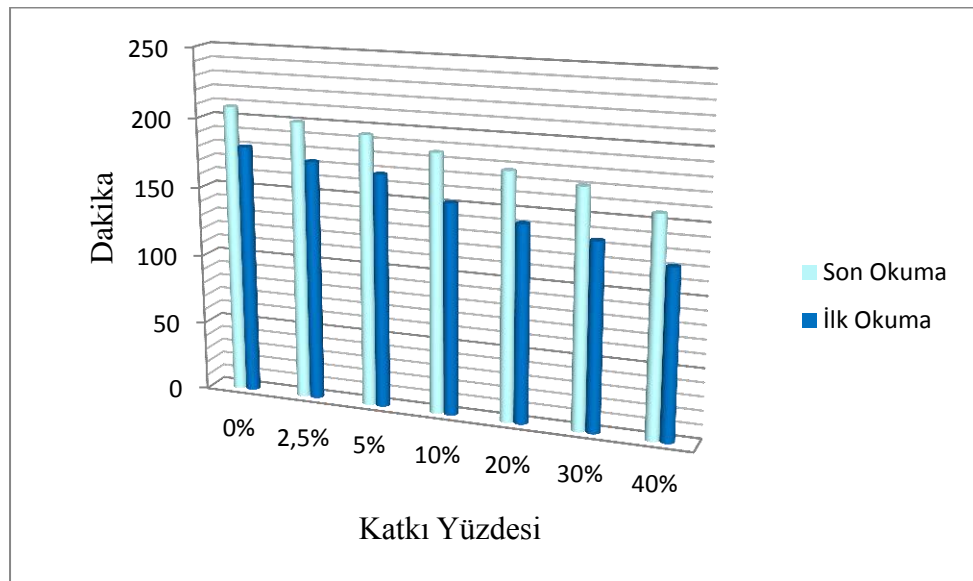
Şekil 4-20 Zeolit Katkılı Cem I Harcının Priz Süreleri

PÇ Cem-I 42,5 R çimento harcına ikame malzemesi olarak toz haline getirilmiş Bayburt Yeşil taşının kullanılmasıyla çimento harcının priz başlangıcı ve priz sonu sürelerinde sistematik bir düşme gözlemlenmiştir. Priz süresi olarak düşünülürse en iyi ikame oranının %50 olduğu görülmektedir ve priz süresini yaklaşık olarak %30,1 düşürmüştür. Bu durum istenen bir durumdur ve toz haline getirilmiş Bayburt Yeşil taşının yığma yapıların bakım, onarım ve yapımında rahatlıkla kullanılabileceğine bir işarettir. Deneyde elde edilen sonuçlar Şekil 4-21’de grafik halinde verilmiştir.



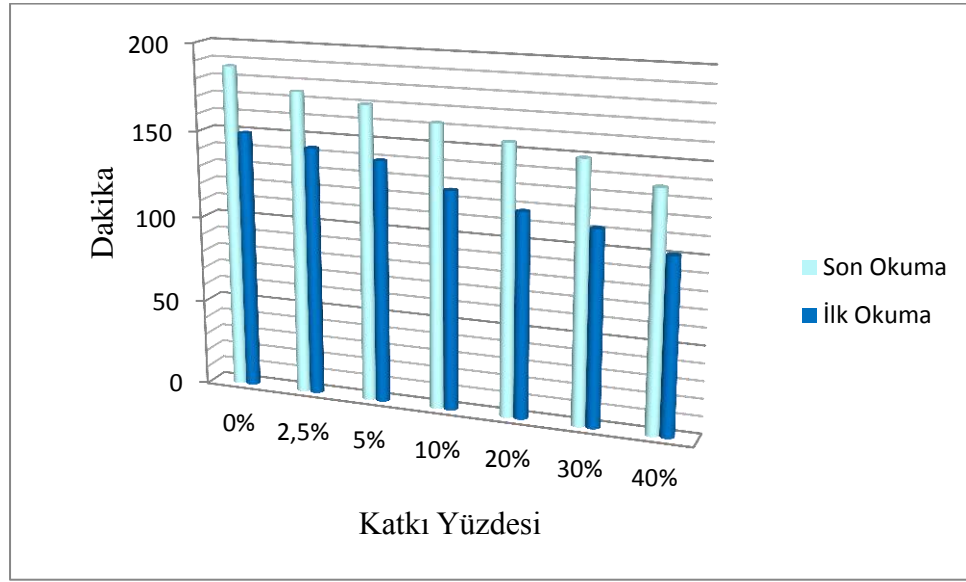
Şekil 4-21 Bayburt Yeşil Taş Katkılı Cem-I Harçların Priz Süreleri

PÇ Cem-I 42,5 R çimento harcına ikame malzemesi olarak toz haline getirilmiş Bayburt Beyaz taşının kullanılmasıyla çimento harcının priz başlangıcı ve priz sonu sürelerinde sistematik bir düşme gözlemlenmiştir. Priz süresi olarak düşünülürse en iyi ikame oranının %50 olduğu görülmektedir ve priz süresini yaklaşık olarak %26 düşürmüştür. Bu durum istenen bir durumdur ve toz haline getirilmiş Bayburt Beyaz taşının yığma yapıların bakım, onarım ve yapımında rahatlıkla kullanılabileceğine bir işarettir. Deneyde elde edilen sonuçlar Şekil 4-22 de grafik halinde verilmiştir.



Şekil 4-22 Bayburt Beyaz Taş Katkılı Cem-I Harçların Priz Süreleri

PÇ Cem-I 42,5 R çimento harcına ikame malzemesi olarak toz haline getirilmiş Bayburt Sarı taşının kullanılmasıyla çimento harcının priz başlangıcı ve priz sonu sürelerinde sistematik bir düşme gözlemlenmiştir. Priz süresi olarak düşünülürse en iyi ikame oranının %50 olduğu görülmektedir ve priz süresini yaklaşık olarak %35,4 düşürmüştür. Bu durum istenen bir durumdur ve toz haline getirilmiş Bayburt Sarı taşının yığma yapıların bakım, onarım ve yapımında rahatlıkla kullanılabileceğine bir işarettir. Deneyde elde edilen sonuçlar Şekil 4-23’de grafik halinde verilmiştir.



Şekil 4-23 Bayburt Sarı Taş Katkılı Cem-I Harçların Priz Süreleri

4.16 PÇ Cem-I 42,5 R Çimento Harcının Kıvam Değerlendirmesi

Sonuçlar incelendiğinde PÇ Cem-I 42,5 R çimento harcına ikame malzemesi olarak kullanılan zeolit ve toz haline getirilmiş Bayburt taşlarının kıvama önemli derecede etki ettiğini ve değerini düşürdüğü görülmektedir. Zeolitin %50 ikame oranında yaklaşık %31,8, Bayburt Yeşil taşının %50 ikame oranında yaklaşık %47,8, Bayburt beyaz taşının %50 ikame oranında yaklaşık %49,3, Bayburt Sarı taşının %50 ikame oranında ise %33,3 azalma görülmüştür. Bu durumda gösteriyor ki PÇ Cem-I 42,5 R çimento harcından daha ince granülometri eğrisine sahip olan zeolit ve toz haline getirilmiş Bayburt taşlarının kıvama azaltıcı yönde etki ettiği.

Yığma yapılarda kullanılacak olan harcın kıvamı, uygulama esnasında işlenebilirlik bakımından önemlidir. İyi bir harcın kıvamı ne sulu ne de kuru olmalıdır. Taş/tuğla/blok gibi yığma yapı malzemelerini harcın üzerine koyduğunuzda harç yapı malzemesinin ağırlığından hemen çökmemeli, hafif tokmaklamaya müsaade etmelidir. Bu ikame oranlarıyla istenilen kıvam sağlanabilir ve sağlıklı şekilde uygulanabilir. Bu sonuçların çimento harcının uzun ömürlü yığma yapılar için olumlu olduğunun bir göstergesidir. Kıvam değerindeki bu sonuçlar istenen bir durumdur ve Zeolit ve toz haline getirilmiş Bayburt taşlarının yığma yapıların bakım, onarım ve yapımında rahatlıkla kullanılabileceğine bir işarettir.

4.17 PÇ Cem-I 42,5 R Çimento Harçları Deneylerinin Tartışılması

Çimento harçlarının Zeolit ve toz haline getirilmiş Bayburt taşları katkılarıyla dayanımın düşmesi yığma yapılarda kullanılabilirliği açısından önemli olsa da neden basınç dayanımının düştüğünü araştırmak önemlidir. Bu konuya Yıldırım (2007) çalışmasında değinmiştir. O çalışmadan yola çıkarak zeolit ve toz haline getirilmiş Bayburt taşları katkılı çimentolarda SiO_2 ve CaO miktarında önemli düşüşlerin olduğunu söyleyebiliriz. Çünkü bu husus C-S-H oluşumu için olumsuzluk sayılır. Özellikle katkılı numunelerin basınç dayanımı değerlerinin çoğunun kontrol numunesinden düşük çıkması bu duruma yorumlanabilir.

Yıldırım (2007) çalışmasında serbest kirecin çimentoda bulunması, serbest kireçten kaynaklanan çimentonun bayatlama olasılığını artırır ve bu durumun serbest kirecin su emme (nem alma) kabiliyetinin fazla olduğunun bir göstergesi olduğuna vurgu yaptı. Kibaroglu (2007) çalışmasında zeolitin yüksek silis içermeleri nedeniyle, betonun katılaşma sürecinde açığa çıkan serbest kirecin nötrleşmesini sağlaması, en önemli özelliği olduğuna değindi. Anlaşılacağı üzere zeolitin ve toz haline getirilmiş Bayburt taşlarının bileşimden artan sönmüş kireci bağlayabildiği sürece dayanıma katkı sağlamıştır. Fazla Miktardaki ikame malzemelerinin ise C-S-H oluşumuna olumsuz katkı sağladığı için dayanıma olumsuz katkı sağlamıştır.

Yıldırım (2007) “Puzolanik Zeolitin Çimento Katkı Uygunluğunun Araştırılması” konulu çalışmasında suda bırakılarak kür edilmiş zeolit katkılı çimento harçlarının dayanımı konusundaki tespitleri çalışmamızda karşılaştığımız sonuçlarla uyumaktadır ve sebebini açıklamaktadır.

- Su içinde kür edilen numunelerin XRD diyagramları incelendiğinde, % 0 katkılı PÇ 42,5 kontrol numunesinde meydana gelen portlandit (P) miktarı %15 ve %30’da kademeli olarak azalmaktadır. Bu husus katkı miktarı arttıkça, çimentonun hidrasyon esnasında açığa çıkan portlanditin Ca(OH)_2 daha fazla bağladığını ve faydalı bileşik haline dönüştürüldüğünü gösterir. C-S-H (tobermorit) bakımından yapılan incelemede %0 katkılı PÇ 42,5 kontrol numunesinde en fazla C-S-H olmuş görünmekle beraber % 15 katkılıda oluşan C-S-H miktarı hemen hemen %0 katkılı (PÇ kontrol) kadar vardır. %0 ve % 15 zeolit katkılılarda Quartz minerali görülmemektedir. Buna karşın % 30’da quartz minerali görülmektedir. Bu, %30 katkılılarda, çimento bünyesine giren katkı miktarının fazla olduğuna, zaten zeolitten gelen yüksek SiO_2 ’nin kireci bağladıktan sonra fazladan bünyede kaldığına, zeolitin daha serbest kireç bağlayacak miktarda olduğunu gösterir. Bu demektir ki, PÇ 42,5R çimentosuna %35 oranlarında zeolit katılırsa yine de bünyede oluşacak serbest kireç bağlanabilir.
- MgSO_4 çözeltisi içinde kür edilen hamur numunelerde, %0 katkılı (PÇ kontrol) numunesinde meydana gelen portlandit (P) ve C-S-H (C) miktarları hemen hemen %15 katkılılarda da görülmektedir. Bu quartz (Q) kristalleri %30 katkılıda artmakta ve karşılığında %30’da portlandit çok çok azalmaktadır. Bu husus, MgSO_4 çözeltisinin zeolit katkısı üzerindeki tesir derecesinin azlığına, bir diğer ifadeyle zeolitin MgSO_4 çözeltisine dayanımı kısmen artırdığına yorumlanabilir. %15 zeolit katkılılarda basınç dayanımlarındaki nispi artış bunun kanıtıdır.

Çimento harçlarının yüksek dayanımı zeminin deprem sırasında oynamasında veya yapının oturma hareketi sırasında yapıyı oluşturan elemanların hareketine izin

vermediği için ve hatta yüksek dayanımından dolayı yapı elemanına zarar verdiğinden dolayı yığma yapıların yapım, onarım ve kullanımında kullanılması sağlıklı ve doğru bir yol değildi. Ancak yapılan deneyler zeolit ve toz haline getirilmiş Bayburt taşlarının çimento harçlarının dayanımını düşürerek bu istenmeyen durumun ortadan kalkması için ideal malzemeler olduğunu göstermiştir.

Zeolit ve toz haline getirilmiş Bayburt taşlarının sadece çimento harçlarının dayanımını istenilen seviyeye düşürmesini sağlamamış bunun yanında kıvam ve priz sürelerinde ciddi iyileştirmelere yol açmıştır. Çimento harçlarının priz sürelerini yaklaşık olarak %35 oranında düşürmüş ve çimento harçlarının yüksek olan kıvam değerini azaltarak ciddi iyileştirmeler sağlamıştır. Yığma yapılarda kullanılacak olan harcın kıvamının yüksek olmasının istenmemesinin nedenini yığma uygulama esnasında zorluk çıkartmaması, biraz tokmaklamaya izin vermesi ve üzerindeki elemanı taşıyabilecek olması bakımından önemlidir.

Zeolit ve toz haline getirilmiş Bayburt taşlarının kıvama istenilen yönde etki etmesinin sebeplerinden biri zeolit ve toz haline getirilmiş Bayburt taşlarının daha ince granülometriye sahip olduklarından katkı oranı artıkça su gereksinimi de artması olarak yorumlanabilir. Çünkü zeolit ve toz haline getirilmiş Bayburt taşlarının Blaine inceliği çimentodan daha fazladır. Malzemelerde incelik arttıkça su gereksiniminin artıp kıvamın azalacağı aşikârdır. Bu durumlar bir fiziksel etkinin sonucu olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bütün sonuçları kısaca özetleyecek olursak, zeolit ve toz haline getirilmiş Bayburt taşlarının çimento harçlarının;

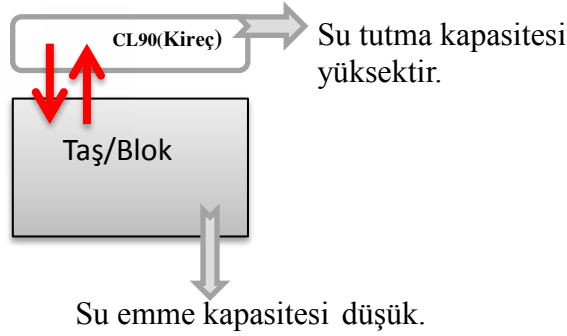
- ❖ Çok yüksek olan basınç ve eğilme dayanımını azalttığını,
- ❖ Kısa olan priz süresini daha da kısalttığını,
- ❖ Yüksek olan kıvamını azalttığını,

sıralayabiliriz. Bütün bunlar dikkate alındığında sonuçların kireç kullanımını artırmaya yönelik ve uzun ömürlü yığma yapılar için olumlu olduğunu ve aynı zamanda zeolit ve Bayburt taşlarının katkı olarak eklendiği çimento harçlarının tarihi yapıların bakım ve onarımında rahatlıkla kullanılabileceğine dikkati çekmektedir.

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Yığma yapıların yapım, bakım veya onarımında yığma yapının inşa edildiği malzemenin özelliğine göre bağlayıcının özelliklerinin araştırılıp kullanılması çok önemlidir. Çünkü bilindiği üzere yığma yapıların bakım, onarım veya inşasında harç taze halde iken yığma yapıyı oluşturacak olan taş/tuğla/blok'un emici yüzeylerine uygulanır. Bu durum harç ile yığma yapı elemanı tuğla/taş/blok arasında su iletim kinetiğine neden olur. Su iletim kinetiği iki parametreye bağlıdır. Bunlardan birincisi harcın su iletme veya tutma kapasitesine, ikincisi ise taş/tuğla/blok'un su emme kapasitesine. Su iletim kinetiğini iki ekstrem örnekle açıklayacak olursak;

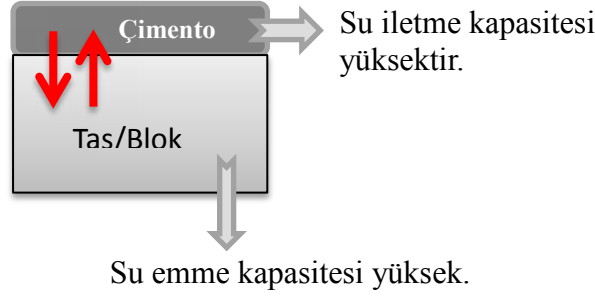
1. Ekstrem örnek: Su tutma kapasitesi yüksek olan kireç harcı ile su emme kapasitesi yüksek olan taş/tuğla/blok düşünelim. Kireç harcın su tutma kapasitesi yüksek olduğundan ve ayrıca taş/tuğla/blok'un su emme kapasitesi düşük olduğundan kireç harcı ile taş/tuğla/blok arasında zayıf bağ kuvvetleri oluşumuna buda düşük basınç dayanımına neden olacaktır.



Şekil 5-1 Kireç Harcı Su Kinetiği Örneği

2. Ekstrem örnek: Su iletim kapasitesi yüksek olan çimento harcı ile su emme kapasitesi yüksek olan taş/tuğla/blok düşünelim. Çimento harcının yüksek su iletim kapasitesinden dolayı bünyesindeki karışım suyunu taş/tuğla/blok'a iletme kapasitesinden dolayı ise çimento harcı tarafından iletilen karışım suyunu bünyesine almak isteyecektir. Bu durumda zayıf bağ oluşumu gözlenmez fakat

karışım suyunun aşırı kaybedilmesinden dolayı su/çimento oranı etkileneceğinden çimento harcının taze ve sertleşmiş haldeki özelliklerine etki edecektir. Buda çimento harcının basınç dayanımını azaltacaktır.



Şekil 5-2 Çimento Harcı Su Kinetiği Örneği

Dolayısıyla kireç harçlarının su emme kapasitesi yüksek olan taş/tuğla/bloklarda kullanımı daha sağlıklıdır. Benzer şekilde su tutma kapasitesi çok düşük olan çimento harcının da su emme kapasitesi düşük olan taş ve tuğlalarda uygulanması doğru olacaktır. Çünkü bağlayıcı ve tuğla/blok arasında bağ kuvvetlerinin oluşması için belli bir oranda suyu bünyesine alması gerekmektedir. Bu durumların analizinin yapılmayıp doğru uygulanmadığı takdirde, harçlarda %40 ile %60 oranında karışım suyunun henüz uygulama aşamasında taş tarafından emildiği ve dolayısı ile harcın hem taze hem de sertleşmiş haldeki özelliklerinde istenmeyen büyük değişiklikler gözleneceği veya zayıf bağ kuvvetlerinin oluşumundan dolayı düşük basınç dayanımına yol açacağı ortadadır.

Yığma yapıları oluşturan malzemeler incelendiğine inşa edilen yörede bulunabilecek en yakın yerden temin edilen malzemeler olduğu görülmektedir. Dolayısıyla harcın özelliğine göre yığma yapı elemanı seçmektense yığma yapı elemanına göre harcı seçmek veya kireç veya çimento harcının özelliklerini manipüle ederek kullanmak daha kolay ve doğru olan olacaktır.

Bu nedenle tezin ana amacı kireç ve çimento harçlarının zeolit ve Bayburt taşları ile manipüle edilebilirliğini incelemektir. Yapılan çalışmalar sonucunda su tutma kapasitesi ve su iletme süresi yüksek olan kireç harcının zeolit ve Bayburt taşı ile manipüle edilebilirliği ispatlanmıştır. Kireç harcının su iletme kapasitesi $0,0523 \text{ mm/dakika}^{1/2}$ iken % 20 zeolit katkılı kireç harçlarında bu değer $0,1955 \text{ mm/dakika}^{1/2}$ ulaşmıştır ki bu

da su iletme kapasitesinin neredeyse 4 kat arttığına işaret etmektedir. Zeolit katkısı aynı zamanda kireç harçlarının suyu iletme surelerini ciddi miktarda azalttığı da gözlenmiştir. Örneğin %20 zeolit katkılı kireç harçlarında suyu iletme süresi kontrol numuneye göre 65 dakikadan ~19 dakikaya düşmüştür. Benzer sonuçlar Bayburt beyaz taşı için de geçerlidir.

Yığma yapılarda kireç kullanımının azalmasının en büyük nedenleri düşük basınç dayanımı ve çok uzun priz süresidir. Bu olumsuzluğu ortadan kaldırmak ve kireç harçlarının kullanımını artırarak hem çevresel kirlilikten kurtulmak hem de yığma yapılardaki kullanılan harç çeşitliliğini artırmak adına kireç harçlarının zeolit ve Bayburt taşları katkısı ile manipüle edilebilirliği araştırılmıştır. Yapılan çalışma sonucu zeolit ve Bayburt taşları ile kireç harcının basınç dayanımının yaklaşık olarak zeolit ikame malzemesinin %63,7, Bayburt yeşil taşı ikame malzemesinin %61,4, Bayburt beyaz taşı ikame malzemesinin %51,5, Bayburt sarı taşı ikame malzemesinin %7 arttığı, prizlenme süresinde ise zeolit ikame malzemesinin %32, Bayburt yeşil taşı ikame malzemesinin %39, Bayburt beyaz taşı ikame malzemesinin %48,3, Bayburt sarı taşı ikame malzemesinin %35'e varan düşüşlerin görüldüğu dolayısıyla kireç harçlarının zeolit ve toz haline getirilmiş Bayburt taşlarıyla manipüle edilebilirliği ispatlanmış oldu.

Yığma yapılarda kullanılacak olan harcın kıvamı, uygulama esnasında zorluk çıkartmaması bakımından önemlidir. İyi bir harcın kıvamı ne sulu ne de kuru olmalıdır. Taş/tuğla/blok gibi yığma yapı malzemelerini harcın üzerine koyduğunuzda harç yapı malzemesinin ağırlığından hemen çökmemeli, hafif tokmaklamaya müsaade etmelidir. Bu nedenle kıvamın manipüle edilebilirliği önemlidir. Çalışmalar sonucunda kireç harcına zeolit ve Bayburt taşı katkılarının kireç harcı kıvamının manipüle edilebilirliğini ispatlamıştır.

Çimento harçları kireç harçlarına göre çok daha yüksek basınç dayanımına ve rijitliğe ve diğer yandan çok daha düşük prizlenme süresine sahiptir. İlk bakışta kulağa hoş gelen çimento harcının bazı özelliklerinin aslında yığma yapılar için çeşitli olumsuzluklara yol açmaktadır. Örneğin yüksek dayanıma sahip olan çimento harçları yığma yapılarda olabilecek oturmalar ya da kısmı hareketlere rijit yapısı dolayısı ile izin veremeyeceğinden doğabilecek her türlü hasar, bu ikilide daha zayıf kalan

taş/tuğla/bloklarda meydana gelecektir. Kireç ya da kireç esaslı malzemeler ara harç malzeme olarak kullanıldıkları zaman, gerek kireç harcının düşük dayanımı gerekse esnek yapısından dolayı yığma yapılar da oluşabilecek kısmi oturmalara imento harçlarına kıyasla daha fazla müsaade edebilmektedir. Bu durumda doğabilecek her türlü hasar kireç harçlarını tarafından karşılanmaktadır ki, harçların tamir ve onarımı, taş/tuğla ve blok malzemelere göre çok daya kolay ve ekonomiktir. Özellikle tarihi değeri olan yığma yapılar da bu durum taş/tuğla/bloklarda hasar meydana getirmeyeceği için, yapının onarımı, bakımı ve restorasyonu daha mümkün olmaktadır.



şekil 5-3 Kireç Harçlı Duvar Hasarı



şekil 5-4 imento Harçlı Duvar Hasarı

Çimento harçlarının yüksek dayanımı, prizlenme süresi ve kıvam gibi özellikleri zeolit ve Bayburt taşları ile manipüle edilebilirliği ispatlanmıştır. Çimento harcının basınç dayanımının yaklaşık olarak zeolit ikame malzemesinin %66,1, Bayburt yeşil taşı ikame malzemesinin %61,1, Bayburt beyaz taşı ikame malzemesinin %65, Bayburt sarı taşı

ikame malzemesinin %64,4 azaldığı, prizlenme süresinde ise zeolit ikame malzemesinin %36, Bayburt yeşil taşı ikame malzemesinin %30,1, Bayburt beyaz taşı ikame malzemesinin %26, Bayburt sarı taşı ikame malzemesinin %35,4'e varan oranda düşürdüğü yapılan çalışmalar sonucu görülmüştür.

Çimento harçlarının yüksek dayanımı sadece yığma yapılardaki hareketlerden kaynaklanan hasarlar açısından değil aynı zamanda yenilenebilirlik ve sürdürülebilirlik açısından da istenmeyen bir durumdur. Yığma yapıların yenilenebilir ve sürdürülebilir olması önemlidir. Fakat çimento bazlı harçlar kireç bazlı harçlardan çok daha güçlü bağ kuvvetlerine sahip olduklarından yığma yapılarda bazı olumsuz durumlara yol açmaktadır. Örneğin kullanım ömrünü tamamlamış çimento bazlı harçla örülmüş bir taş/tuğla/blok duvarın yıkılıp yeniden inşası sırasında yığma yapı elemanının duvardan sökülüp üzerindeki harçların temizlenebilmesine ve yeniden inşası imkânını bize vermemektedir. Oysaki kireç bazlı harçlarla örülmüş tuğla/blok duvarların sökülüp üzerindeki kireç harçlarının temizlenmesi ve yeniden örülmesi mümkündür. Böylelikle yenilenebilirlik ve sürdürülebilirlik gerçekleşmiş olur ve maddi ve çevresel anlamda bir kazanç sağlamış oluruz.

Çimento harçlarının yüksek dayanımından kaynaklanan bu durumu zeolit ve Bayburt taşlarıyla manipüle ederek çimento harçlarının basınç dayanımını yaklaşık olarak %65 oranında düşürmeyi başardık. Böylelikle yenilenebilirliğe ve sürdürülebilirliğe katkı sağlanmış olundu.

Zeolit ve toz haline getirilmiş Bayburt yeşil, Bayburt beyaz ve Bayburt sarı taşlarının kireç ve çimento harçlarının maliyetini düşürdüğüne karşın bu tezde bir çalışma yapılmamıştır. Ancak Kibaroglu (2007) çalışmasında zeolit katkısının çimento harçlarının üretim maliyetinin düşürdüğünü hatta Amerika Birleşik Devletlerindeki 386 km uzunluğundaki su kanalı imalatında %25 oranında zeolit katkılı portland çimentosu kullanarak 1.000.000\$ kazanç sağladığını öne sürmüştür. Kireç harçlarının güçlendirilmesi için yumurta akı gibi ve çeşitli kimyasallar gibi katkıları katıldığı ve bunların maliyetli olduğu bilinmektedir. Buradan yola çıkarak Türkiye'de rezervi çok yüksek olan ve maliyeti ucuz olan zeolit ve Bayburt taşlarının çimento ve kireç

harçlarının özelliklerini istenilen şekilde manipüle edilebileceği ve maliyetini düşüreceğini öne sürebiliriz.

Zeolit ve Bayburt taşları kendi aralarında değerlendirildiğinde istenilen sonuçları en iyi sonuçları sırasıyla zeolit, Bayburt beyaz, Bayburt yeşil ve Bayburt sarı taşı verdiğini söyleyebiliriz. Bu sıralama SiO_2 oranlarıyla da uyusmaktadır. Bu nedenle SiO_2 oranının fazla olması dayanımın en etkili parametrelerinden olduğunu öne sürebiliriz.

Zeolit ve Bayburt taşlarının kireç ve çimento harcına ikame malzemesi olarak kullanılmasıyla doğal yeraltı madenlerimizin daha da yararlı kullanımı sağlanmış olacak, Bayburt ilinin kalkınmasına yardımcı olacak ve güzel ülkemize katma değer sağlayacaktır.

Bu tezin kapsamında olmayan fakat önerebileceğimiz araştırılacak bazı belli başlı konular şunlardır;

1. Zeolit ve toz haline getirilmiş Bayburt taşlarının kireç ve çimento harçlarının maliyetine etkisi ve Türkiye'mize sağladığı katma değer,
 2. Zeolit ve Bayburt taşları haricindeki diğer puzolanik özellik gösteren uçucu kül ve silis dumanı gibi malzemelerle kireç ve çimento harçlarının manipüle edilebilirliği,
 3. Zeolit ve Bayburt taşlarının kireç ve çimento harçlarının bu tezde araştırılmayan geçirgenlik ve mineral yapısındaki değişkenlik gibi benzeri özelliklerinin araştırılması,
 4. Çimento ve kireç harçları birbirine karıştırılarak elde edilecek olan yeni harcın su iletme kapasitesi, dayanım ve priz sürelerinin tespiti,
 5. Zeolit ve Bayburt taşlarıyla üretilen harçların reaksiyon duvarında uygulanarak kullanılabilirliğinin araştırılması,
- gibi benzeri konuların araştırılması önerilerimiz arasındadır.

KAYNAKLAR

Akman, M.S., Güner, A., Aksoy, İ.H., 1986. The History and Properties of Khorosan Mortar and Concrete, Turkish and Islamic Science and Technology in the 16th.Century, I.T.U. Research Center of History of Science and Technology, İstanbul, Vol. I, s.101-112.

Anonim 2012, Bayburt Ticaret Ve Sanayi Odası .

Anonim, 2007. www.teknomin.com.tr/turkce/zeolit_b.html, 18.06.2013.

Anonim, 2007. www.teknomin.com.tr/turkce/zeolit_b.html, 18.06.2013.

Anonim, 2013. www.bayburttasi.com, “Bayburt Taşları Kimyasal Özellikleri” 18.06.2013.

Anonim, 2013. www.nuhcimento.com.tr/tr/home/urunler.asp Nuh Çimento Özellikleri 27.11.2013.

Anonim, 2013. www.rotamadencilik.com, “Zeolit Tüfü Kimyasal Özellikleri.” 18.06.2013.

Austin, G.T., 1984. Shreve’s Chemical Process Industries, fifth edition, Mc-Graw-Hill International Editions.

Baronio, G., Binda, L., Lombardini, N.,1997. The role of brick pebble sand dust in conglomerates based on hydrated lime and crushed bricks. Construction and Building Materials, 11, 1, 33-40.

Bentur, A., 2002. Cementitious materials - nine millennia and a new century: past present and future. Journal of Materials in Civil Engineering, 14, 1, 2-22.

Boynton R. S., 1966, “Chemistry and Technology of Lime and Limestone”, John

Boynton, R.S., 1980. Chemistry and technology of lime and Limestone, John Wiley & Sons Inc.

Böke, H., Akkurt, S., İpekoğlu, B., 2004. Tarihi Yapılarda Kullanılan Horosan Harcı Ve Özellikleri. Yapı Dergisi, 269, 90-95

Böke, H., Saltık, E.N., Güçhan N.Ş., Özgönül, N., 1999. Osmanlı Dönemi Yapılarında Kullanılan Horasan Sıvaların Özelliklerinin Belirlenmesi, AFP projesi, 98.02.01.08, ODTÜ.

British Standards Institution, 2010. BS EN 459-2:2010 Building Lime. Test Methods. Milton Keynes: BSI.

Carter, M. A., Green, K. M., Wilson, M. & Hoff, W., 2003. Measurement of the Water Retentivity of Cement Mortars. Advances in Cement Research, Vol. 15(4), pp. 155 – 159.

Cizer, Ö., Boke, H., İpekoğlu, B., 2004. “Bazi Osmanli Donemi Hamam Yapilarinin Kubbe ve Duvarlarında Kullanılan Kirec Harclarinin Ozellikleri” TMMOB Mimarlar Odası İstanbul Büyükkent Şubesi, İstanbul

Collier, N.C., Wilson, M.A., Carter, M.A., Hoff, W.D., Hall, C., Ball, R.J., El-Turki, A., Allen, G.C., 2007. Theoretical development and validation of a Sharp Front model of the dewatering of aslurry by an absorbent substrate. Journal of Physics D: Applied Physics, Vol.40, pp. 4049-4054.

Çamlıbel, N., 1998. Sinan Mimarlığında Yapı Strüktürünün Analitik İncelenmesi, YTÜ Basım-Yayın Merkezi, İstanbul

Çavdar, A., 2004. Trabzon Yöresi Tüflerinin Çimentoda Tras Olarak Kullanılabilirliği, Çimento İnceliği ve Tras Oranının Traşlı Çimentonun Özelliklerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Çiçek, T., 1999. 3.Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, İzmir/Türkiye

Demirel, H., Aksani, B., Temel, A., Öztürk, H., 1991, Possibility of use of Turkish Zeolitic Tuffs in cement production, Zeolites'91, 3rd. International Conference on the Occurrence Properties and Utilization of Natural Zeolites, Abstracts, p. 174, Havana-Cuba

DPT, 1996. Diğer Endüstri Mineralleri, V11. Beş Yıllık Kalkınma Planı, Özel İhtisas Komisyonu Raporu Cilt 1, Ankara,

DPT, 1996. Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu, Diğer Endüstri Mineralleri Çalışma Grubu Raporu Cilt 1, DPT, Ankara.

DPT, 2001. Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu Genel Endüstri Mineralleri II (Mika-Zeolit-Lületaşı) Çalışma Grubu Raporu, DPT, Ankara Enstitüsü, Ankara.

Erdoğan, B. 2005. Doğal ve Modifiye Doğal Zeolitlerde Etilen Adsorpsiyonu ve Bazı Uygulamalar”, Yüksek Lisans Tezi, Fizik Anabilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü, Anadolu Üniversitesi.

Erdoğan, T.Y., 1997. Admixtures for Concrete, The Middle East Technical University Press, Ankara, Turkey , pp. 77–78,

Erdoğdu, K.E., Tokyay, M., Türker, P., 2001. Traslar Ve Traslı Çimentolar, TÇMB ARGE Enstitüsü , Ankara.

Erol, B., Kayı, A., Bayraktaroğlu, S.S., 1998. Kireç ve Kireçtası, Kireç Üreticileri Birliği Yayını.

Feng, N. Q., Jia, H., Chen, E., 1998. “Study on the Suppression Effect of Natural Zeolite on Expansion of Concrete Due to Alkali – aggregate Reaction”, Magazine of Concrete Research, Vol. 50, pp. 17 – 24.

Feng, N.Q., Li, Z., G., Zang, X.W., 1990. High – strength and Flowing Concrete with a Fotoğraf; İnce, C., 2002. ‘Water Transport Kinetics in Mortar – Masonry Systems’ Doktora , London, UK: Taylor and Francis.

Fotoğraf; İnce, C., 2002. ‘Water Transport Kinetics in Mortar – Masonry Systems’ Doktora , London, UK: Taylor and Francis.

Güleç, A., Tulun, T., 1996. “Studies of Old Mortars and Plasters from the Roman, Byzantine and Ottoman Period of Anatolia”, Architectural Science Review, 39.1, pp. 3-13

Hall, C., Tse, T.K., 1986. Water movement in porous building materials-VII. The sorptivity of mortars. Building and Environment, Vol. 21, pp. 113-118.

Hay, R. I., 1976. Geological Occurrences Of Zeolites, University Of California, U. S. A, Pp 135-143

Ince, C., Carter, M., Wilson, M., El-Turki, A., Ball, R., Allen, G. & Collier, N., 2010. Analysis of the Absorption of Water from Freshly Mixed Jointing Mortars in Masonry Construction. Materials and Structures, Vol. 43(7), pp. 985-992.

International Lime Association (ILA), Lime and Limestone statistics, Arlington, 1999. U.S.A.

Kıbaroğlu, U., 2007. http://us.geocities.com/ukibaroglu/calismalar/zeolit.htm#_Doğal_Zeolitlerin_Kullanım#_Doğal_Zeolitlerin_Kullanımı, 12/06/2013

Kireç Üretimi, 2013. <http://tr.wikipedia.org/wiki/Kire%C3%A7> Wikipedia. 01.05.2013

Kocakuşak, S., 2001. Doğal Zeolitler ve Uygulama Alanları, Malzeme ve Kimya Teknolojileri Araştırma Enstitüsü, Tübitak Marmara Araştırma Merkezi, Kocaeli.

Kuban, D., 1998. Mimarlık Kavramları, Yapı Endüstri Merkezi Yayınları, İstanbul.

Lea, F.M., 1940. “Investigations on Pozzolanas”, Building Research, , London, Pp No.27, s.1-63.

Lime Technology Ltd., 2004. A practical solution for conservation & new build. www.limetechnology.co.uk.

Mahrebel, H.A., 2006. Tarihi Yapılarda Taşıyıcı Sistem Özellikleri, Hasarlar , Onarım ve Güçlendirme. Yüksek Lisan Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü , İstanbul.

Malinowski, R., Garfinkel, Y., 1991. Prehistory of concrete. Concrete International, s.62–68.

Massazza F.,1989, Puzolanlı Çimentolar ve Kullanım Alanları, Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği, Mayıs, Ankara.

Massazza, F., Pezzuoli, M., 1981. Some Teachings of a Roman Concrete Mortars, Cement and Grouts Used in the Conservation of Historic Buildings, Proceedings of Symposium in Rome, s.219-245.

Meier, W. M., 1968. Zeolite Structures: Molecular Sieves, Soc. Clem. Ind., London, Mielenz Et Al, 1986. Concrete Technology and Design, ol.3, Cement Replacement Materials, R.N. Swamy (ed), Surrey University Pres.

Mol, F., 2001. Değişik Oranlarda Pomza-Zeolit Karışımlarının Kimi Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri, Fen Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.

Moropoulou, A., Bakolas, A., Bisbikou, K., 2000a. Investigation of the Technology of Historic Mortars, Journal of Cultural Heritage, 1, s.45- 58.

Moropoulou, A., Cakmak, A., Biscontin, G., Bakolas, A., Zendri,E., 2002a. Advanced Byzantine Cement Based Composites Resisting Earthquake Stresses : The Crushed Brick-Lime Mortars of Justinians's Hagia Sophia, Construction and Building Materials, 16, s.543-552.

Mumpton, F., 1976. Natural Zeolites a New Industrial Mineral Commodity, State University Collage, Brocfort, Newyork, U. S. A.

National Lime Association,1999. Lime facts, , Arlington, U.S.A.

Okucu, A., 1998, Bigadiç Ve Turnatepe (Balıkesir) Yörelerindeki Zeolitik Ve Perlitik Tüflerin Pozolanik Özellikleri, Doktora Tezi, Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir.

Poon, C. S., Lam, L., Kou, S. C., Lin, Z. S., 1999. “A Study on the Hydration Rate of Natural Zeolite Blended Cements”, Construction and Building Materials, Vol. 13, pp. 427–432

Portland Çimentosu, 2013, www.wikipedia.org/wiki/Portland_Çimentosu Wikipedia 01/01/2013

Ramachandran, V.S., 1995. Concrete Admixtures Properties, Science and Technology, Parkridge, NJ. 2nd ed., Noyes publications.

Ronen, A., Bentur, A., Soroka, I., 1991. A plastered floor from the neolithic village Yiftahel (Israel). Paleorient, 17, 149–155.

Saka, N., 2001. Endüstriyel Atıkların Çöp Depolama Alanı Dizaynında Geçirimsizlik Malzemesi Olarak Değerlendirilmesi, Fen Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi

Sarıkaya, H., 2006. Zeolit Katkılı Betonların Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta

Sayar, M., 1960. Mineraloji ve Jeoloji, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul , ss. 127–128.

Serbest D., 1999. Doğal Zeolitlerin Hafif Yapı Endüstrisinde Kullanımı, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Fizik Anabilim Dalı, 49 s.

Shi, C., Day, L.R., 1993. Acceleration of Strenght Gain of Lime - Pozzolan Cements by Thermal Activation, Cement and Concrete Research, 23, s.824-832.

Shi, C., Day, L.R., 2001. Comparison of Different Methods for Enhancing Reactivity of Pozzolans, Cement and Concrete Research, 31, s.813-818.

Sickels, L.B., 1981. “Organics and Synthetics: Their Use as Additives in Mortars, Mortars, Cements and Grouts Used in the Conservation of Historic Buildings”, Proceedings of Symposium in Rome, s.25-52.

Smart, S., Sims, I., 1999. Historic Building Material & Conservation, Demystifying mortar Stats Consultancy Ltd, Historic mortars, 1. Constantinides, I.Traditional lime plaster, 1995: Myths, preconceptions and the relevance of good practice. The Building Conservation Directory, [internet].

Spence, R., 1974. “Lime and Surkhi Manufacture in India”, Appropriate Techonology, 1 (4), s.6-8.

TS EN 196-1, 2002 . Çimento Deney Metotları- Bölüm 1: Dayanım, Türk Standartları Enstitüsü. Ankara.

TS EN 197-1, 2002. Çimento- Bölüm 1: Genel Çimentolar-Bileşim, Özellikler ve Uygunluk Kriterleri, Türk Standartları Enstitüsü. Ankara.

TS EN 480-1, 2007. Çimento Deney metotları- Bölüm 1: Deneyler için şahit beton ve şahit harç, Türk Standartları Enstitüsü. Ankara.

Tunçoku, S.S., 2001. Characterization of Masonary Mortars Used in Some Anatolian Seljuk Monuments in Konya, Beyşehir and Akşehir Yayınlanmamış Doktora Tezi, ODTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara

Ülkü, S., Turgut, F., 1991. Zeolitler ve Uygulama Alanları, 5. Ulusal Kil Sempozyumu, Eskişehir.

Ünsal, N., 2001. İnşaat Mühendisleri İçin Jeoloji , Gazi Üniversitesi, S. 58.

Yetgin, Ş., Çavdar, A., 2009. “Doğal Puzolan Katkı Oranının Çimentonun Dayanım, İşlenebilirlik, Katılaşma ve Hacim Genleşmesi Özelliklerine Etkisi” 2005 Gümüşhane

Yıldırım, S.F., 2007. Puzolanik zeolitin çimentoda katkı uygunluğunun araştırılması. Y.Lisans Tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Antakya/Hatay.

Yücel, H., Çulfaz, A., 1984. O.D.T.Ü. Uygulama Araştırma Dergisi, sayı: 3 ve 10

ÖZGEÇMİŞ

Yavuz Selim HATİPOĞLU



2006 yılında girdiği Karadeniz Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümünden 2010 yılında başarıyla mezun olmuştur. Aynı yıl Bayburt Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Mekanik Bilim Dalı'na araştırma görevlisi olarak atanmıştır ve halen bu görevini devam ettirmektedir.

2011 yılında yüksek lisansına Bayburt Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Anabilim Dalında başlamıştır. “Sönmüş Kireç ve Çimento Harçlarının Mekanik Özelliklerinin Toz Haline Getirilmiş Bayburt Taşları ve Zeolit İle İyileştirilmesi” konulu çalışmasını tamamlayarak biri ulusal, diğer ikisi uluslararası olmak üzere üç bildiri sunmuştur. Ekler bölümünde bildirilerin özeti sunulmuştur.

Evli ve iki çocuk babasıdır.

EKLER

Ek 1: Y. S. Hatipoğlu, C. Ince, S. Derogar, Y. C. Toklu ‘Zeolitin yığma yapıdaki kireç harçlarının su tutma özelliklerine etkisi’ 4. Tarihi Eserlerin Güçlendirilmesi ve Geleceğe Güvenle Devredilmesi Sempozyumu. 27-29 November 2013. İstanbul.

Ek 2: C. Ince, Y. S. Hatipoğlu, S. Derogar and Y. C. Toklu ‘The effects of zeolite and Bayburt stones on the fresh and hardened properties of hydrated lime mortars’ 2nd International Conference on Protection of Historical Constructions. 7-9 May 2014, Antalya, Turkey.

Ek 3 : C. Ince, Y. S. Hatipoğlu, I. Oktay, M. E. Yücel, S. Derogar and Y. C. Toklu ‘The influence of zeolite and powdered bayburt stones on transfer sorptivity and time taken to dewater freshly mixed hydrated lime mortars’ International Civil Engineering Symposium for Academicians. 17-20 May 2014, Antalya, Turkey.

Zeolitin Yığma Yapıdaki Kireç Harçlarının Su Tutma Özelliklerine Etkisi

Yavuz Selim Hatipoğlu

Bayburt Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü

Ceren İnce

Yeditepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü

Shahram Derogar

Yeditepe Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü

Tunca Güzeloğlu

Işık Üniversitesi Şile Kampusu Mimarlık ve Tasarım Bölümü DK Binası

Yusuf Cengiz Toklu

Bilecik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü

Özet

Tarihi yığma yapılarda kireç esaslı harçlar eski çağlardan beri kullanılmaktadırlar. Ancak çimentonun 19. yüzyılda üretiminin çok hızlı bir şekilde artması ile tarihi yığma yapılarda özellikle bakım ve onarımda çimento harcı kullanımını da görmekteyiz. Kireç harcının su tutma kapasitesi çimento harcına kıyasla çok daha yüksektir. Dolayısıyla kireç harçlarının su emme kapasitesi yüksek olan taş ve tuğlalarda kullanımı daha sağlıklıdır. Benzer şekilde su tutma kapasitesi çok düşük olan çimento harcının da su emme kapasitesi düşük olan taş ve tuğlalarda uygulanması doğru olacaktır. Doğru uygulanmadığı takdirde, harçlarda %40 ile %60 oranında karışım suyunun henüz uygulama aşamasında taş tarafından emildiği ve dolayısı ile harcın hem taze hem de sertleşmiş haldeki özelliklerinde istenmeyen büyük değişiklikler gözlenmektedir. Bu çalışmada zeolit, kireç harcına katkı olarak eklenmiş olup sırasıyla su tutma kapasitesi, suyu iletme kapasitesi ve suyu iletme süreleri belirlenmiştir. Çalışma sonuçları zeolitin kireç harcına katkı malzemesi olarak ilave edilmesi sonucu su tutma kapasitesi, suyu iletme kapasitesi ve suyu iletme sürelerinde belirgin gelişmeler göstermiş olup, tarihi yığma yapıların bakım, onarım ve güçlendirilmesinde etkin kullanımını sağlamıştır.

Anahtar Sözcükler: Kireç harcı, su tutma kapasitesi, su iletme kapasitesi, su iletme süresi, yığma yapı

**The Effects Of Zeolite And Bayburt Stones On The Fresh
And Hardened Properties Of Hydrated Lime Mortars**

Ceren İnce¹, Yavuz Selim Hatipoğlu², Shahram Derogar³, Berkay Zafer Erdem¹ and Y. C. Toklu⁴

¹ Civil Engineering Department, Faculty of Engineering and Architecture, Yeditepe University, Istanbul, Turkey, ceren.ince@yeditepe.edu.tr

² Civil Engineering Department, Faculty of Engineering, Bayburt University, Bayburt, Turkey, yhatipoglu@barburt.edu.tr

³Architecture Department, Faculty of Engineering and Architecture, Yeditepe University, Istanbul, Turkey, derogar@yeditepe.edu.tr

⁴Civil Engineering Department, Faculty of Engineering, Bilecik Şeyh Edebali University, Bilecik, Turkey, cengiz.toklu@bilecik.edu.tr

ABSTRACT: The purpose of this paper is to investigate the influence of zeolite and powdered Bayburt stones on the fresh and hardened properties of hydrated lime (CL90) mortars. Slow setting time, low consistency and strength are the key barriers of lime use in construction practice. The major concern of the paper is to investigate the possibility of enhancing both fresh and hardened properties of lime mortars using zeolite and powdered Bayburt stones as replacement material in CL90 mortars. The experimental results show that the presence of zeolite and Bayburt stones in CL90 mortars enhances the compressive strength and consistency systematically. The setting time of CL90 mortars also decreases systematically with the increasing replacement levels of both zeolite and powdered Bayburt stones. The presence of zeolite and powdered Bayburt stones in CL90 mortar leads manipulation of both fresh and hardened properties of such mortar and enables the use of lime mortars in construction practice more competently.

**Transfer Sorptivity And Time Taken To Dewater
Freshly Mixed Hydrated Lime Mortars**

Ceren Ince ^{1*}, Yavuz Selim Hatipoglu², Işıl Oktay¹, Mustafa E. Yücel¹, Berkay Zafer Erdem¹, Shahram Derogar³ and Y. Cengiz Toklu⁴

1* Civil Engineering Department, Faculty of Engineering and Architecture, Yeditepe University, Istanbul, Turkey

2 Civil Engineering Department, Faculty of Engineering, Bayburt University, Bayburt, Turkey

3 Architecture Department, Faculty of Engineering and Architecture, Yeditepe University, Istanbul, Turkey

4 Civil Engineering Department, Faculty of Engineering, Bilecik Seyh Edebali University, Bilecik, Turkey

Abstract

The sorptivity, S , is a measure of the ability of a porous material to absorb and transmit water by capillary action. Transfer sorptivity, A , is a measure of the ability of an absorbent substrate to withdraw water from a wet mortar mix. The measurement of transfer sorptivity is essentially identical to that of sorptivity except that the brick is placed in contact with a wet mortar mix rather than with water. The time to dewater (tdw), is an expression derived from the Sharp Front theory, and enables calculation of the time taken for a wet mortar joint to be dewatered by an absorbent substrate. The major concern of this paper is the combination of wet mortar and brick substrate and most significantly the interaction between them. The time taken to dewater freshly mixed hydrated lime (CL90) mortar is long and this is one of the main barriers of lime use in masonry construction. Zeolite and powdered Bayburt stones are used as replacement materials in CL90 mortar to investigate the influence of these additives on the transfer sorptivity and time to dewater of freshly mixed CL90 mortars. The results have shown that the presence of both zeolite and powdered Bayburt stones resulted in

an increase in transfer sorptivity. This means that the mortars have become more water releasing when in contact with a dry masonry unit. Experimental results also show that the time taken to dewater freshly mixed CL90 mortars has dramatically decreased when zeolite and Bayburt stones are used as replacement materials. These results have important practical consequences, not only in the initial adhesion of the mortar to the substrate but also in the strength of the set material. The ability to manipulate the water retaining characteristics of CL90 mortars should not be underestimated as this enhances rapid and more effective masonry construction.

Keywords: Mortar, sorptivity, time taken to dewater, transfer sorptivity