

**ÇİMENTO HARÇLARININ NİTELİKLERİNİN
İYİLEŞTİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

M m Neşe ERDOĞAN

Anabilim Dalı: Mimarlık

Program: Çevre Kontrolü ve Yapı Teknolojisi

MAYIS 2005

**ÇİMENTO HARÇLARININ NİTELİKLERİNİN
İYİLEŞTİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

M m Neşe ERDOĞAN

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 1 Temmuz 2005

Tezin Savunulduğu Tarih : 2 Haziran 2005

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Nihal ARI OĞLU
Diğer Jüri Üyeleri Prof. Dr. Erdal GÜRDAL (İ. T. Ü)
Prof. Dr. Fevziye AKÖZ (Y. T. Ü)

MAYIS 2005

ÖNSÖZ

Çalışmalarına yön vererek gelişmesine katkıda bulunan tez danışmanım Doç. Dr. Nihal Arıoğlu'na, laboratuvar çalışmalarında bana yardımcı olan, İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi Yapı Malzemesi Laboratuvarı genel sorumlusu Prof. Dr. Erol Gürdal ve teknik sorumlusu İbrahim Öztürk'e, çalışmalarım maddi anlamda destekleyerek yön veren Türk Çimento Müstahsilleri Birliği'ne ve tez çalışmam boyunca bana maddi ve manevi açıdan destek olan aileme teşekkürlerimi sunarım

Mayıs, 2005

Neşe Erdoğan

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	ii
TABLO LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	vii
ÖZET	viii
SUMMARY	ix
1. GİRİŞ	1
2. HARÇLAR	2
2.1. Harcın Dayanım	2
2.2. Harcın Dayanıklılığı	3
2.3. Harcın Sınıflandırılması	4
2.4. Mineral Harç Bağlayıcıları	5
2.4.1. Açı	5
2.4.2. Kreç	6
2.4.3. Puzolanlar	7
2.4.4. Çimento	9
2.5. Dolgu Malzemeleri	9
2.6. Katkı Maddeleri	10
3. ÇİMENTO HAMURU	12
3.1. Hidratasyon	12
3.1.1. Kalsiyumsilikatların hidratasyonu	13
3.1.2. Kalsiyum alüminatların hidratasyonu	14
3.1.3. Tetra kalsiyum alüminoferritin hidratasyonu	15
3.1.4. Hidratasyon ürünleri	15
3.1.5. Hidratasyon ısısı	16
3.2. Priz Veya Katılaşma	16
3.3. Sertleşme Oranı	17
3.4. Sertleşmiş Çimento Hamurunun Özellikleri	17
3.4.1. Mekanik mukavemet	18
3.4.2. Yük altında deformasyon	20
3.4.3. Röt ve şişme	21
3.4.4. Geçirimsizlik	22
3.4.1. Donmaya dayanıklılık	22
3.4.2. Kimyasal etkilere dayanıklılık	23
4. DENEYSEL ÇALIŞMALARDA KULLANILAN KATKI MADDELERİ	24
4.1. Mıknatıs Tozu	24
4.1.1. Üretimde üretilen bazı mıknatısların kimyasal ve teknolojik özellikleri	25

4.1.2	Çimentonerin tozu etkileşimi	26
4.1.3	Mermer tozu katkılı çimentoların özellikleri	29
4.2	Süperakışkanlaştırıcılar	31
4.2.1	Süperakışkanlaştırıcı türleri	31
4.2.2	Süperakışkanlaştırıcıların etkimekanizması	32
4.2.3	Süperakışkanlaştırıcıların taze harç ve beton özelliklerine etkisi	33
4.2.3.1	Su indirgenmeye ve işlenebilmeye etkisi	33
4.2.3.2	Çökme kaybı ve dozaj tekrarı	34
4.2.3.3	Hava sürüklemeye etkisi	35
4.2.3.4	Terleme ve ayrışmaya etkisi	36
4.2.3.5	Priz süresine etkisi	36
4.2.3.6	Pompanabilirliğe etkisi	36
4.2.4	Süperakışkanlaştırıcıların sertleşmiş harç ve beton üzerindeki etkisi	36
4.2.4.1	Mükavemete etkisi	36
4.2.4.2	Durabiliteye etkisi	37
4.2.4.3	Rötre ve sünmeye etkisi	37
4.2.4.4	Geçirimsizliğe etkisi	38
4.2.5	Süperakışkanlaştırıcıların pratik kullanımı	38
4.2.6	Ulusal standartlar	39
4.3	Lateks	39
4.3.1	İşlemteknolojisi	41
4.3.1.1	Çimento	41
4.3.1.2	Poli merler	42
4.3.1.3	Agregalar	42
4.3.1.4	Diğer malzemeler	42
4.3.2	Karışım oranları	42
4.3.3	Karıştırma	43
4.3.4	Yerleştirme ve kürlenme	43
4.3.5	Lateksle modifiye edilmiş taze harç ve betonun özellikleri	44
4.3.5.1	İşlenebilirlik	44
4.3.5.2	Hava sürüklenme	45
4.3.5.3	Çalışma süresi	45
4.3.5.4	Su tutuculuk	46
4.3.5.5	Ayrışma	46
4.3.5.6	Sertleşme davranışı	46
4.3.6	Sertleşmiş lateks modifiyeli harç ve betonun özellikleri	44
4.3.6.1	Mükavemet	47
4.3.6.2	Deformasyon davranışı, elastisite modülü ve poisson oranı	49
4.3.6.3	Rötre, sünme ve ısıl genleşme	49
4.3.6.4	Su geçirimsizlik	52
4.3.6.5	Adezyon	53
4.3.6.6	Darbe dayanımı	54
4.3.6.7	Aşınma dayanımı	54
4.3.6.8	Klorit iyon penetrasyonu ve karbonatlaşma direnci	54
4.3.6.9	Kıyasal dayanımı	55
4.3.6.10	Isı ve alev dayanıklılık	56
4.3.6.11	Dona dayanımı	56

5. DENEYSEL ÇALIŞMALAR **58**

5.1. Deney Programı **58**

5.2. Kullanılan Malzemeler	59
5.2.1. Kumun özellikleri	59
5.2.1.1. Kumun elek analizi ve granülometri eğrisi	59
5.2.2. Çimentonun özellikleri	60
5.2.3. Süperakışkanlaştırıcının özellikleri	60
5.2.4. Lateksin özellikleri	60
5.2.5. Mermer tozunun özellikleri	60
5.3. Harç Karışım Granları	61
5.4. Ultrases Hızı Deneyi	63
5.5. Kılcallık Deneyi	64
5.6. Su Emme ve BirimHacim Ağırlığı Deneyleri	65
5.7. Buhar Geçirgenliği Deneyi	65
5.8. Özgül Ağırlık Deneyleri	67
5.9. Eğilme ve Basınç Deneyleri	68
5.10. Aderans Deneyi	69
6. DENEY SONUÇLARI	71
6.1. Ultrases Hızı Deneyi Sonuçları	71
6.2. Kılcallık Deneyi Sonuçları	72
6.3. Su Emme ve BirimHacim Ağırlığı Deney Sonuçları	73
6.4. Buhar Geçirgenliği Deney Sonuçları	75
6.5. Özgül Ağırlık Deney Sonuçları	76
6.6. Eğilme Deneyi Sonuçları	77
6.7. Basınç Dayanım Deney Sonuçları	78
6.8. Aderans Testi Deney Sonuçları	79
7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	80
KAYNAKLAR	83
EKLER	85
ÖZGEÇMİŞ	98

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
<u>No</u>	
Tablo 2.1 Harç Karışım Granları	4
Tablo 2.2 Hava ve Su Kırcının Özellikleri	7
Tablo 3.1 Çimentö Ana Bileşenlerinin Hidratasyon Reaksiyonları	15
Tablo 3.2 Çimentö Ana Bileşenlerinin Hidratasyon Isıları	16
Tablo 4.1 Kimyasal Özellikler	25
Tablo 4.2 Tekno mekanik Özellikler	26
Tablo 4.3 Basınç Dayanımları	29
Tablo 4.4 Priz Süreleri ve Normal Kıvam Değerleri	30
Tablo 4.5 Süperakışkanlaştırıcıların Basınç Mukavemetine Etkisi	37
Tablo 4.6 Değişik Latekslerle Modifiye Edilmiş Karışımların Basınç ve Çekme Mukavemetleri	48
Tablo 4.7 Lateks Modifiyeli Harç ve Betonların Elastisite Modülü ve Poisson Granları	51
Tablo 4.8 Lateks Modifiyeli Sistemlerde Kimyasal Dayımın 10 Puan Üzerinden Değerlendirilmesi	56
Tablo 5.1 Kumun Hek Analizi	59
Tablo 5.2 Çimentö Üretim Raporu.....	61
Tablo 5.3 Numune Hazırlanmasındaki Harç Üretiminde Kullanılan Malzeme Miktarları ve Harçların Kodlanması	62
Tablo 5.4 Karışım Granları	63
Tablo 5.5 Ultrases Hızı Deney Tablosu	64
Tablo 5.6 Su Emme ve Birim Hacim Ağırlık Deney Sonuçları	66
Tablo 5.7 Özgül Ağırlık Deney Sonuçları	67
Tablo 5.8 Eğilme ve Basınç Deneyleri Toplu Sonuçları	69
Tablo 5.9 Aderans Deneyi Toplu Sonuçları	70
Ek A N Karışım Kılcallık Deney Sonuçları	85
Ek B S Karışım Kılcallık Deney Sonuçları	86
Ek C M Karışım Kılcallık Deney Sonuçları	87
Ek D SM Karışım Kılcallık Deney Sonuçları	88
Ek E L1 Karışım Kılcallık Deney Sonuçları	89
Ek F L2 Karışım Kılcallık Deney Sonuçları	90
Ek G L3 Karışım Kılcallık Deney Sonuçları	91
Ek H LM1 Karışım Kılcallık Deney Sonuçları	92
Ek I LM2 Karışım Kılcallık Deney Sonuçları	93
Ek J LM3 Karışım Kılcallık Deney Sonuçları	94
Ek K N, S, M Karışımları Buhar Geçirgenlik Deney Sonuçları	95
Ek L SM, L1, L2 Karışımları Buhar Geçirgenlik Deney Sonuçları	96
Ek M L3, LM1, LM2, LM3 Karışımları Buhar Geçirgenlik Deney Sonuçları	97

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 3.1	: Kalsiyum silikatların hidrasyon aşamaları..... 14
Şekil 3.2	: Çimento hamurunun iç yapısının modeli..... 18
Şekil 3.3	: Su-çimento oranına bağlı olarak beton basınç mukavemetinin değişmesi..... 19
Şekil 3.4	: Hızlı ve yavaş yüklemelerde deformasyon..... 20
Şekil 3.5	: Sürekli yüklemelerde deformasyon..... 21
Şekil 4.1	: Süperakışkanlaştırıcı Miktarının Akışkanlığa Etkisi 34
Şekil 4.2	: SMF Bazlı Süperakışkanlaştırıcılarda Dozaj Tekrarının Çökme Etkisi 35
Şekil 4.3	: Çimentoya katılan polimerlerin sınıflandırılması 40
Şekil 4.4	: Lateks modifikasyonunun aşamaları..... 41
Şekil 4.5	: Lateksle Modifiye Edilmiş Sistemlerde Priz Çekme Süresi 47
Şekil 4.6	: Islak ve Kuru Kürleme Şartları Atında Çeşitli Lateks Modifiye Sistemlerinin Mukavemet Değişim Grafikleri 50
Şekil 4.7	: Kürleme Koşullarının Mukavemet Etkisi 50
Şekil 4.8	: Değişik Tipte Lateks Kullanılarak Hazırlanan Karışımların 28 Gün Sonundaki Rötme Miktarı 51
Şekil 4.9	: Normal ve Lateks Modifiyeli Betonların Sünme Grafikleri 52
Şekil 4.10	: Değişik Tipte Lateks Kullanılarak Hazırlanan Betonlarda Su Geçirimi Miktarı 53
Şekil 4.11	: Lateks Modifiyeli Sistemlerde Darbe Dayanımı 54
Şekil 4.12	: Lateks Modifiyeli Sistemlerde Aşınma Derinliği 55
Şekil 4.13	: Lateks Modifiyeli Sistemlerde Uzun Sürede Adezyonun Grafiği ... 57
Şekil 5.1	: Hazırlanan Karışımların Kalıplanması 59
Şekil 5.2	: Kumun Granülometri Eğrisi 62
Şekil 5.3	: Kıvam Tayini Deneyi 62
Şekil 5.4	: Ultrases Hızı Deney Düzenegi 63
Şekil 5.5	: Kılcallık Deney Düzenegi 65
Şekil 5.6	: Buhar Geçirgenliği Deney Düzenegi 66
Şekil 5.7	: Özgül Ağırlık Deneyi 67
Şekil 5.8	: Eğilme Deneyi Yapılışı..... 68
Şekil 5.9	: Basınç Deneyi Yapılışı..... 68
Şekil 5.10	: Aderans Deneyi Numuneleri 69
Şekil 5.11	: Aderans Deneyi Yapılışı..... 70
Şekil 6.1	: Ultrases Hızı Deney Sonuç Grafiği 71
Şekil 6.2	: Kılcallık Deneyi Sonuçları 72
Şekil 6.3	: Su Emme Deneyi Sonuçları 74
Şekil 6.4	: Birim Hacim Ağırlığı Deney Sonuçları 74
Şekil 6.5	: Buhar Geçirgenliği Deney Sonuçları 75
Şekil 6.6	: Özgül Ağırlık Deney Sonuçları 76
Şekil 6.7	: Eğilme Dayanımı Deney Sonuçları 77
Şekil 6.8	: Basınç Dayanımı Deney Sonuçları 78
Şekil 6.9	: Aderans Deneyi Sonuçları 79

ÇİMENTO HARÇLARININ NİTELİKLERİNİN İYİLEŞTİRİLMESİ

ÖZET

Çimento, ülkemizde inşaatın kaba yapıdan ince yapıya kadar bütün aşamalarında yaygın olarak kullanılan bir yapı malzemesidir. Ancak çimento harcı, gelişen teknoloji ile birlikte bir çok açıdan gereken performansın sağlanabilmesi açısından yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle, çimento harcının niteliklerini iyileştirilmesi adına bir çok çalışma yapılmış, çeşitli mineral ve kimyasal katkı malzemeleri kullanılmıştır.

Bu çalışmada, çimento harçlarının performans açısından yetersiz kaldığı durumlar irdelenmiş ve hangi durumlarda ne tür katkı maddeleri kullanılabileceğine dair araştırmalar yapılmıştır. Yedi bölümden oluşan bu çalışmada, ilk bölümde, yapılan çalışmanın amacına değinilerek konuya giriş yapılmıştır. İkinci bölümde, harçların genel olarak tanımlama ve sınıflandırılması yapılmış ve harç içerisinde kullanılan bağlayıcı malzemeler ve diğer malzemeler hakkında bilgiler verilmiştir. Üçüncü bölümde çimento konusuna değinilmiş ve çimento hamurunun genel karakteristikleri ile ilgili literatür araştırması yapılmıştır. Dördüncü bölümde, laboratuvar çalışmalarında kullanılan mineral katkılardan mermer tozu, kimyasal katkılardan lateks ve süperakışkanlaştırıcıların çimento hamuru ile nasıl bir etkileşime kurduğu ve taze harç ile sertleşmiş harç üzerinde fiziksel, kimyasal ve mekanik açıdan nasıl etkiler yarattığına dair yapılan araştırmalar incelenmiştir. Beşinci bölüm yapılan deneysel çalışmalardan oluşmaktadır. Deneysel çalışmalarda, bu üç katkı maddesinin çeşitli oranlarda kullanıldığı on farklı karışım tipi üzerinde fiziksel ve mekanik deneyler yapılmıştır. Yapılan deneylerin sonuçları 6 bölümde ayrıntılı olarak incelenmiştir. Son bölümde ise deneysel çalışmalardan varılan sonuçlar ve öneriler verilmiştir.

IMPROVEMENT OF CEMENT MORTAR CHARACTERISTICS

SUMMARY

Concrete is one of the most widely used most materials in construction in Turkey. This type of building material is used from finishing works of a building to the fabric. As is exist performance of cement mortar behind current technological standards. Therefore there has been several studies to improve concrete and its materials using different minerals, chemical additives and ingredients.

In this study, performance of cement mortar has been observed. Insufficiencies and inadequancies have been noted, based on these findings necessary ingredients to make concrete stronger have been researched. There are seven parts to this study. In the first part, is the introduction based on this particular research topic. Part two consist of general introduction to materials and classification of these materials. Also, information has been given about the binding ingredients of the concrete along with the other materials to be used. In the part three includes a research about concrete mixture and concrete in general has been looked at. In the part four, the ingredients which have been used in the laboratory such powdered marble, latex, superplasticizer interaction with cement mortar. Also the different chemical, mechanical and physical effects on fresh and cured concrete have been observed. Part five consist of mechanical and physical laboratory experiments based on three ingredients given above in different quantities. The results of these experiments have been researched in detail in part six. In the last part of this research, results of these findings and suggestions have been given to finalize results of this study.

1. GİRİŞ

Çağdaş bir yapı malzemesi olan çimento, gerek strüktürel beton gerekse harç üretiminde ülkemizde yaygın halde kullanılan bir yapı malzemesidir. 1999 depreminin ardından, bina yapımında çelik strüktür kullanımı ile ilgili çalışmalar yoğunluk kazanmışsa da, geleneksel yapı malzemesimiz olan çimentonun kaba ve ince yapı uygulamalarında kullanımının önemi ni göz ardı edemeyiz. Ancak günümüze kadar, inşaat alanında çimento kullanımı ile ilgili bir çok sorunla karşılaşmıştır. Normal şartlar altında, çimento, uygun oranlarda kullanıldığı takdirde ortalama bir performans sergilese de, bir çok özel durumda performans açısından eksikliktedir. Bu sebeple çimento harç ve betonlarının niteliklerinin iyileştirilmesi amacıyla ile çeşitli mineral ve kimyasal katkı maddeleri kullanılmıştır. Hızla gelişen inşaat sektöründe geleneksel çimentonun bu değişime ayak uydurması bir gereklilik haline gelmiştir.

Çimento harcı ve betonu üretiminde kullanılan mineral ve kimyasal katkılar, bir çok özel durumda istenilen performansın sağlanabilmesi açısından doğru çözümler sunmuştur. Çimento ile birlikte kullanılan kimyasal katkı maddeleri; akışkanlaştırıcılar, priz geciktiriciler, priz hızlandırıcılar, antifrizler, hava sürükleyici katkılar ve su geçirimsizlik katkılar olarak, mineral katkılar ise cüruf, uçucu kül, silis dumanağı, taş unu ve buna benzer çeşitli endüstriyel üretimleri yan ürünleri olan atık malzemeler olarak gruplanabilir. Ülkemizde mineral katkı malzemeleri uzun zamandır kullanılıyor olsa da, kimyasal katkılar son zamanlarda yaygınlık kazanmıştır.

Bu çalışmada, harçların ve çimentonun genel özellikleri araştırılmış ve deneysel çalışmalarda kullanılan kimyasal katkı malzemesi olan süperakışkanlaştırıcı katkı malzemesi ve lateks ile mineral katkı malzemesi olan mermer tozu incelenmiştir. Yapılan deneylerde, bu üç katkı malzemesinin değişik oranlarda kullanımı sonucunda çimento harcı üzerinde ne gibi değişiklikler meydana getirdiği karşılaştırmalı olarak incelenmiştir.

2. HARÇLAR [18]

Bağlayıcı malzeme, kum su ve gerektiğinde katkı maddelerinin karıştırılmasıyla meydana gelen, doluluk, mekanik mukavemet, geçirimsizlik, aderans ve dış etkilere dayanıklılık gibi özellikler gösteren inorganik hamurlara harç denir. Harcın kullanım alanına bağlı olarak basınç mukavemeti, doluluk, geçirimsizlik, aderans, katılma sırasında hacim değişimi göstermesi, aşınmaya ve dış etkilere karşı direncin yüksek olması özelliklerinden bazıları diğerlerine göre daha fazla önem kazanır.

2.1. Harcın Dayanımı [18]

Harcın dayanımını belirleyen faktörler, harcın mekanik dayanım ve aderansıdır. Kullanılan kumun granülometri, su/çimento oranı bağlayıcı maddenin mukavemeti ve harcın doluluğu mekanik mukavemeti etkiler. Aderansı ise, bu özelliklerin yanı sıra yapıştırılan bölgenin pürüzlülüğü ve harcın yapışma gücü etkiler. Ayrıca plastik kıvamdaki harç, kurumuş veya taze harca oranla daha yüksek aderansa sahiptir.

Harcın mukavemetini etkileyen bir diğer faktör de sertleşirken meydana gelen hacim değişimidir. Bu hacim değişimi, kullanılan bağlayıcı madde özelliğine bağlı olarak değişir. Örneğin yağlı kireç harçları sertleşirken havadan CO₂ aldığı için hacmi artmaktadır. Çimento bağlayıcılı harçlarda ise % 0.08-0.12 oranında rötreye meydana gelmekte ve bu oran çimento miktarı arttıkça artmaktadır. Rötreye sonunda oluşan çatlaklar mukavemeti önemli derecede azaltır. Bu olayı önlemek için çimento miktarını azaltmak, havadan nemebilecek katkılar kullanmak ve mümkünse ıslak kür uygulamak gerekir.

Harçta meydana gelen hacim genişlemeleri ise harcın yapıştırılan yüzeyden ayrılmasına, harç ile yüzey arasında hava boşlukları oluşmasına neden olur. Daha sonra hava boşlukları oluşan bölgelerde harç dökülmeleri meydana gelir.

2.2 Harcın Dayanıklılığı [18],[28]

Harcın dış etkilere dayanıklılığın anlayabilmek için öncelikle bina cephelerini etkileyen faktörleri bilmek gerekir. Bu faktörler;

1. Meteorolojik faktörler;
 - Yağışlar (su, kar, yağmur, dolu)
 - Güneş
 - Rüzgar, hava hareketleri
2. Mekanik faktörler;
 - Deprem
 - Mekanik aşınmalar
3. Kimyasal faktörler;
 - Gazlar (SO_2 , H_2SO_4 ve CO)
 - Duman, hava kirliliği
4. Biyolojik faktörler:
 - Hayvanlar (kuşlar, böcekler vs.)
 - Bitkiler

Harcın sertleşmesi sırasında su hidratasyonu için gereklidir. Ancak uzun süreli suya maruz kalan cephelerde aşınmalar meydana gelir. Kar, cephelerde donmaya sebep olur. Harcın yapısına giren su donarken genişler ve mikroçatlaklar oluşur. Bu mikroçatlaklar zamanla genişleyerek harcı çatlatır. Dolu ise mekanik darbe etkisi yaptığı için yüzeyde aşınmalar oluşturur. Güneş ve rüzgar sertleşme sırasında gereken suyu buharlaştırdığı için hidratasyonu etkiler. Hidratasyonunu tamamlamayan harç gereken mukavemete ulaşamaz. Ayrıca güneşin radyasyonu da cephelerde önemli kirlenmelere sebep olmaktadır. Özellikle polimer katkılı harçların radyasyona direnci zayıftır.

Bu sayılan faktörlere göre harçta bulunması gereken özellikler; geçirimsiz ve gözeneksiz, yani doluluğu yüksek olmalı, yüzeyi nefes alabilmeli, buhar geçirgenliği yüksek olmalıdır, mekanik etkilere dayanım ve aderansı iyi olmalıdır, yüzeyi kaygan olmalı ve gelen suyu duvar bünyesine geçirilmelidir, hacim değişimlerinde çatlama önleyecek kadar elastik olmalıdır, ısı değişimleri karşısında hacim değişimlidir.

2.3 Harcın Sınıflandırılması [18],[24]

Harçlar, kullanılan bağlayıcı malzeme çeşidine göre; kil, alçı, puzolanik, kireç, çimento, mel ez harçları, yapıda kullanıldığı yere göre; duvar harçları, sıva harçları, şap, şerbet ve badana harçları olarak üzere sınıflandırılabilir (Tablo 2.1.).

Tablo 2.1. Harç Karışımları [18]

Harç Grubu	Harc oranları					
	Kil	Tras	Çimento	Kireç	Alçı	Kum
Kil H	1					
Puzolanik H		2,5-3,5		5-7		3-6
Kireç H		—	—	1—	—	3—
Alçı H	—		—		1—	0-4
Çimento H	—	—	1—		—	3-6
Mel ez H	—	—	1—	1,5-2—		8

Sıva harçları 4 grup altında incelenebilir :

1. Üretim şekillerine göre;
 - Yerinde karışım
 - Fabrika üretimi
2. Bağlayıcı özelliklerine göre;
 - Mineral bağlayıcı
 - Sentetik bağlayıcı
3. Uygulandığı duvar yüzeyine göre;
 - Beton yüzeyi
 - Tuğla yüzeyi
 - Gazbeton yüzeyi
 - Ahşap yüzeyi

- Yalıtım malzemesi yüzeyi
- 4. Duvar bütününde uygulandığı yere göre;
 - İç sıva
 - Dış sıva

2.4 Mineral Harç Bağlayıcıları [18]

Çimentö, kireç, alçı gibi su ile karıştırıldığında plastik bir hamur veren, bir süre sonra sertleşme özelliğine sahip olan ve bundan dolayı taş ve kumu bağlamakta kullanılan maddelere bağlayıcı adı verilir. Bu malzemeler havada veya suda katılabilir özelliklere sahiptir. Alçı ve hava kireci havada katılabilirken, su kireci, puzolan ve çimentolar hem havada hem de suda katılabilirler.

Yukarıda sayılan maddelere ek olarak, puzolan adı verilen, tek başına bağlayıcılık özelliği göstermemesine rağmen kireç, alçı gibi diğer bağlayıcılarla birlikte kullanıldığında bağlayıcılık özelliği gösteren malzemeler bu gruba dahil edilir.

2.4.1. Alçı [18],[19],[24]

Alçı taşının ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) çeşitli sıcaklıklarda pişirilmesi ile oluşan alçı, su ile karıştırıldığında katılma özelliği gösteren beyaz renkli inorganik esaslı bir bağlayıcıdır. Alçı kullanım yerine göre kalıp alçısı, yapı alçısı ve şaplı alçı olmak üzere üçe, saflık derecesine göre ise %60-100 arasında olmak üzere dörde ayrılır.

Adi alçı, alçı taşının düşey fırınlarda toz haline getirildikten sonra Marmit kazanları veya döner fırınlarda $110-130^\circ\text{C}$ sıcaklıkta pişirilip öğütüldükten ve elendikten sonra şap ilave edilmesi ve tekrar 1200°C ye kadar pişirilip öğütülmesi ile elde edilir.

Alçı, su ile karıştırıldığında, toz haline oranla hacmi bir miktar artar. Ancak katılma sırasında hacim değişikliği göstermez. Alçının hidratasyonu, ağırlığının %20'si kadar suyla tamlanabilir. Plastik kıvamı için gereken su miktarı %60, sulukıvamı içinse %100'dür.

Çok hızlı hidratasyon yapabilen alçının normal şartlar altında hidratasyonu 3-15 dakika sürer. Hızlı hidratasyon sonucunda büyük kristaller meydana gelir ve mukavemet düşük olur. Alçının priz süresini geciktirmek için 60° 'nin üzerinde sıcaklık, zayıf asitler (limon asidi, sirke), tuz, şeker, tutkal, talç, kazein, alkol, boraks gibi maddeler kullanılır.

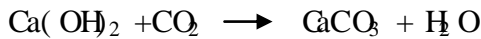
2.4.2 Kireç [18],[19],[24]

Kireç taşının (CaCO_3 - $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) çeşitli derecelerde (850-1400° C) pişirilmesi sonucu elde edilen, su ile karıştırıldığında, tipine göre hava veya suda katılma özelliği gösteren beyaz renkli, inorganik esaslı bir bağlayıcı türüdür. Kalker taşı, tebeşir gibi CaCO_3 kökenli kütlelerin yanmasıyla beyaz, dolomit gibi CaCO_3 , MgCO_3 kökenli kütlelerin yanmasıyla esmer ve nispeten dayanım yüksek kireç elde edilir. Üretim yöntemi ne göre kireç dört grupta incelenebilir;

1. Çalı kireci: alevli ateşte pişirilmiş (1000° C), söndürülmesi kolaydır.
2. Kömür kireci: Kömürle pişirilmiş (1400° C), söndürülmesi zordur.
3. Mermir kireci: Hammaddesi saftır ve diğerlerine oranla daha fazla sönmüş kireç verir.
4. Esmer kireç: İçinde %10 yabancı madde bulunan kireç türüdür.

Kireç ayrıca yapısında bulunan kil oranına göre de ikiye ayrılabilir. Bunlar havada katılma özelliği gösteren hava kireci (yağlı kireç) ve hem suda hem havada katılma özelliği gösteren su kireci (hidrolik kireç)dir.

Kirecin prizi üç aşamada oluşur. Bunlar kuruma, kristalleşme ve karbonatlaşmadır. Kuruma ve kristalleşme geri dönüşümlü reaksiyonlardır ve tekrar suyla buluşunca kireç tekrar yumuşar. Asıl sertleşme olayı karbonatlaşma ile oluşur.



Bu reaksiyonun gerçekleşebilmesi için harcın sürekli hava ile temas halinde olması ve yavaş yavaş kuruması gereklidir. Hızlı kuruma sonucunda rötre çatlakları oluşabilir.

Kireç harcı düşük dayanımlıdır ve suya karşı dayanıksızdır. Bu yüzden tek başına bağlayıcı malzeme olarak kullanılmaz. Çimento ile birlikte kullanıldığı takdirde malzeme yapışmayan ancak duvara yapışan harç karışımları üretilebilir.

Hava ile sertleşebilen kirecin yanı sıra, su ile sertleşebilen kireçler de mevcuttur. Bu kireçler su ile reaksiyona girerek, çimentonun hidrasyonuna benzer bir sertleşme davranışı sergilerler. Hidrasyon için kirecin inceliği uygun, dane boyutu küçük olmalıdır. Hava ve su kirecinin özellikleri Tablo 2.2 'de verilmiştir.

Tablo 2.2 Hava ve Su Kirecinin Özellikleri [18]

Kireç Çeşidi		Kil Gram %	Fiziksel Özellikler (gr/cm ³)			Mekanik Özellikler	
			Birim ağırlık	Özgül ağırlık	Katılma süresi	Basınc	Çekme
Hava kireci	Yağlı beyaz	0	0,6	2,2	Değişken	7	-
	Griz zayıf	0-2	0,75	2,4	Değişken	-	-
Su kireci	Kıvvetli	15-19	0,7	2,7	2-7 gün	15	3
	Normal	19-22	0,8	2,8	1-2 gün	60-80	9

Kirecin priz yapması dıştan içe doğru olmaktadır ve bu olay harç kalınsürüldüğü takdirde çok uzun zaman alabilir. Ancak prizi tamamlayan harçların nitelikleri oldukça iyidir. Özellikle sahip oldukları yüksek deformasyon yeteneği ile bazı diferansiyel değişimlere kolaylıkla uyum sağlarlar. Geniş boşluk hücrelerine sahip olan kireç harçlarının, bu boşluklarıntoplambaşluk içindeki ortamını iyi bir dengede olması sebebiyle, nem ve buhar geçişini engellemesi, çimentoharçlarına göre daha olumludur.

Kireç sıvalar, düşük mukavemetli ancak yüksek aderanslı elastik bir yapıya sahip olduğundan özellikle tavan ve iç duvar yüzeyleri için uygun bir malzemedir. Suya dayanmaları zayıf olduğu için bina dış yüzeyinde ve zemin seviyesi altındaki dış yüzeylerde kullanılması sakıncalıdır.

2.4.3 Puzolanlar [18],[24]

Puzolanlar kendi başlarına bağlayıcı olmadıkları halde kireç veya çimento gibi diğer bağlayıcılarla karıştırılınca bağlayıcılık özelliği kazanan maddelerdir. Bu olay, adısıcaklıkta çimento veya kirece su eklenmesi sonucu puzolanların, bu bağlayıcıların içindeki kireç ile birleşmesi ile gerçekleşir. Puzolanlar tabii ve suni puzolanlar olmak üzere iki grupta incelenebilir;

1. Tabii Puzolanlar:

- Volkanik puzolanlar; Volkanik toz ve küllerin meydana getirdiği türlerdir.
- Tras; Sert bir kaya olan trasın öğütülmesi ile elde edilir.
- Caze; Gri veya sarımsı-gri renklerde olabilen yumuşak bir kayadır. Yapısında %80 oranında silis bulunur ve bu silisin büyük bir kısmı suda çözünür.
- Toz haline getirilmiş bazı lavlar ve volkanik küller.

2. Suni Puzolanlar:

- Pişmiş kil; Kilin 600-800° C de pişirilmesi sonucu kaolinit, kristal suyunu kaybederek silis ve alümine ayrışır. Sonuçta elde edilen ürün kireç ile reaksiyona girer. Saf kil 600-700° C'de, marlı kil ise 800° C de pişirilip öğütülerek puzolan olarak kullanılabilir. En iyi puzolan killeri pipotoprakları olarak bilinen refrakter killer olurken marlı killer orta kaliteye sahiptir.
- Tuğlalar ve toz haline getirilmiş kiremitler; Tuğla ve kiremit tozlarının kireçle karıştırılması sonucunda Horasan Harcı adı verilen karışım elde edilir. Bu harç kireç harcından daha üstün özelliklere sahiptir ve suya direnci yüksektir.
- Yüksek fırın çürüf; Bünyesinde alüminyum silis ve kireç bulunduran bu madde, çok az kireç veya çimento ile karıştırılıp bağlayıcılık özelliği kazandığı için puzolan olarak kabul edilir. Çimento kadar mukavemli oluşu, yapısında kireç bulundurmadığı için kimyasal açıdan dayanıklılığı onu diğer puzolanlardan üstün bir malzeme yapar.
- Uçucu kül; Toz halinde veya öğütülmüş taş kömürü ya da linyit kömürünün yüksek sıcaklıklarda yanması sonucunda oluşan ve baca gazları ile sürüklenen, silis ve alümine-silisli toz halinde bir yanma kalıntısıdır. Termik santrallerde kömürün yanması sonucu geriye kalan toz halindeki kül olup, çimento inceliğinde ve puzolanik özelliğe sahiptir.

Puzolanların yapısında SiO_2 ve az miktarda Al_2O_3 bulunur. Tek başına bağlayıcılık özelliği göstermeyen puzolanlar kireçle karıştırıldığında bağlayıcılık kazanarak suda eriyen bir kalsiyum silikat tuzuna dönüşürler. Ancak SiO_2 içeren her toprak puzolanik özelliğe sahip değildir. Ayrıca bu malzemeler çimentoya katılarak traslı çimento elde edilir. Çimentoların yapısında bulunan kirecin suya maruz kaldığında erimesini bu yolla önlemek böylece mekanik dayanım ve dış etkilere dayanıklılığı yüksek çimentolar elde etmek mümkündür.

Çimento bulunmasından önce puzolanlar kireçle birlikte kullanılarak harç yapımında kullanılmıştır. Çimento ile birlikte bu malzemeler, çimento koroziona karşı mukavemetini yükseltmek, hidratasyon ısısını azaltmak, deformasyon yeteneğini arttırmak, işlenebilirliği ve geçirimsizliği arttırmak amacıyla kullanılmıştır.

2.4.4 Çimento

Çimento konusu Bölüm 3’de ayrıntılı olarak incelenmiştir.

2.5 Dolgu Malzemeleri (Agregalar) [3],[4],[18]

Dolgu malzemeleri, harç ve beton yapımında, bağlayıcı maddelerle birlikte kullanılan toplam hacmin % 60-80’ini oluşturan, mineral kökenli, farklı boyutlara sahip malzemelerdir. Agregalar, doğal ve yapay agregalar olmak üzere ikiye ayrılır. Doğal agregalar kum ve çakıl, yapay agregalar ise kırma taşlar ve taş tozları, yüksek fırın cürüfleri, kazan külleri, pişmiş killer ve bunların geliştirilmesi ile elde edilen malzemelerdir.

Agregalar boyut açısından kaba ve ince agregalar olmak üzere ikiye grupta incelenebilir. Genel olarak 4,75 mm’den küçük ince taneli olanlar ince agregalar, 4,75 mm ile 40 mm arasında olanlar kaba agregalar olarak tanımlanır. Beton yapımında ince ve kaba agregalar birlikte kullanılırken, harç üretiminde sadece ince agregalar kullanılır.

Üretilen harcın kalitesi bakımından kullanılan agreganın niteliği önemlidir. Dere kumu en uygun agrega çeşididir. Deniz kumu tuzlu olduğu için suda lekeler ve patlamalara neden olur ve mukavemeti düşürür. Toprak kumu ise yapısında kil ve zararlı maddeler (yabancı maddeler, humus, yumuşak marn vs.) içerebileceğinden iyice yıkanmalıdır. Ayrıca kullanılan agreganın mukavemeti yüksek olmalı,

dağılma malıdır. Yuvarlak ve köşeli agregalarda aderans daha fazla olduğu için mukavemet daha yüksek olur.

2.6 Katkı Maddeleri [7],[26]

Katkı maddeleri, beton ve harca belirli bazı özellikler kazandırmak veya bazı özelliklerini düzeltmek için bağlayıcı, agrega ve su dışında karışım öncesi ve sonrasında ilave edilen maddelerdir.

a) Kimyasal Katkılar

1. Akışkanlaştırıcılar; Harçlarda aynı kıvamın veya işlenebilirliğin daha az su ile elde edilmesini sağlarlar. Taze harçta kullanılan su azaldıkça dayanım artar. Azalttığı su miktarı ile doğru orantılı olarak normal ve süperakışkanlaştırıcılar olarak ikiye ayrılırlar.
2. Priz geciktiriciler; Taze harcın katılaşmaya başlama süresini uzatırlar.
3. Priz hızlandırıcılar; Priz geciktirenlerin aksine bu katkılar, harcın katılaşma süresini kısaltırlar. Bazı uygulamalarda erken kalıpalıma ve soğuk hava dökümlerinde don olayı başlamadan harcın katılaşmasını sağlamak amacıyla kullanılırlar.
4. Antifrizler; Suyun donmasını zorlaştırır ve don olayı sebebiyle çimento betonun mukavemet kazanmasındaki aksama engel olurlar. Bu katkıların harç içindeki miktarı hava sıcaklığına göre ayarlanabilir.
5. Hava sürükleyici katkılar; Harç içinde çok küçük boyutlu ve eşit dağılan hava kabarcıkları oluşturarak betonun geçirimsizliğini, dona karşı direncini ve işlenebilirliğini artırırlar.
6. Su geçirimsizlik katkıları; Sınırlı miktarda hava sürükleyen katkılardır ancak yerine yerleşmiş betonun su sızdırmazlığının sağlanması uygun yerleştirme tekniğini iyi bir şekilde yapılmasına bağlıdır.

b) Mineral Katkılar

Çimento gibi öğütülmüş toz halde silolarde depolanan cüruf, uçucu kül, silis dumana, taşunu vb. çeşitli endüstriyel ürünlerin yan ürünü olan maddelere mineral katkı adı verilir. Mineral katkılar tek başına iken çimento gibi bağlayıcı özellik taşımazlar fakat birlikte kullanıldıklarında

çimentoya benzer görev yaparlar, dolayısıyla çimento ekonomisi sağlarlar. Mineral katkılardan yüksek dayanımı beton üretiminde de yararlanılır.

3. ÇİMENTO HAMURU [19],[21]

Çimento hamuru, agrega tanelerinin birbirine bağlanması için kullanılan, anıdır durumdaki kristal ve amorf yapıya sahip çimento danelerinin, suyla hidratasyonu sonucu oluşmuş, jel halinde bir bağlayıcı maddedir. Plastik hamur halindeki bu madde zaman içinde katılarak mukavemet kazanır. Çimentonun katılarak mukavemet kazanabilmesi için hidratasyon (kimyasal), katılma (fiziksel) ve sertleşme (mekanik) olaylarının birbirini takip etmesi gereklidir.

3.1. Hidratasyon [19],[20],[21],[29]

Hidratasyon, toz halindeki çimento danelerinin yapısında bulunan kalsiyum silikat (C_3S) ve kalsiyum alüminatların (C_3A) su ile yaptığı reaksiyonlar olarak tanımlanmaktadır. Hidratasyon olayının meydana gelebilmesi için çimento klinkerinin, ortalama dane boyutu 20 mikron olacak şekilde öğütülmüş olması gerekmektedir. Aksi halde hidratasyon meydana gelmemektedir. Yani klinkerin (öğütülmemiş çimento) açık havada bırakılmasında herhangi bir sakınca yoktur.

Hidratasyon olayı zaman içinde gelişen bir reaksiyondur. Priztanılandıktan sonra da hidratasyon senelerce devam eder ve hidratasyon devamettiği sürece çimentonun bir çok özelliği de değişir. Örneğin çimentonun mukavemeti reaksiyon devamettiği sürece artmaktadır. Hidratasyon tanılandığında 1 cm^3 portland çimentosu yaklaşık olarak $2,06\text{ cm}^3$ jele dönüşmektedir.

Hidratasyonun uzun süreli bir reaksiyon olmasının nedeni, suyun reaksiyon boyunca çimento içinde farklı şekillerde de olsa bulunmasıdır. Başlangıçta serbest olarak çimentoya eklenen su, reaksiyonu başlatmaktadır. Hidratasyon ilerledikçe serbest su miktarı azalarak ‘‘kristalleşme suyuna’’ dönüşür. Çimentonun molekül yapısına katılmış olan bu suyun çimentodan ayrılması halinde malzemenin fiziksel yapısı tanımlanmamaktadır. Daha ileri safhalarda ise su, iyonlarına ayrılarak tek valanslı ve negatif yüklü (OH^-) iyonları halinde reaksiyon ürünlerinin kimyasal yapısına katılır. Böylelikle reaksiyon sona erene kadar geçen süreyi dört safhaya ayırabilmiz mümkündür. İlk safhada kuvvetli bir reaksiyon meydana gelerek kalsiyum hidroksit

kristalleri oluşmaktadır. Bu safhayı, reaksiyonların çok yavaşladığı ‘uyuyan devre’ dediğimiz safha izlemektedir. Bu devrenin sona ermesiyle anhidrit bileşimleriyle su arasında tekrar başlayan reaksiyonlar sonunda visko-elastik-plastik karakterde boşluklu bir cisim meydana gelir. Bunu da reaksiyon hızının gittikçe yavaşladığı dördüncü ve son devre izler.

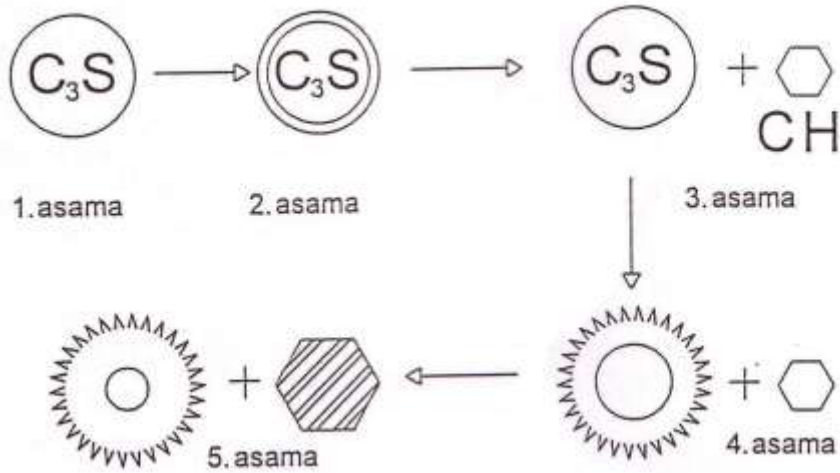
3.1.1. Kalsiyum Silikatlarının Hidratasyonu [2],[6],[20],[21],[29]

Tri kalsiyum silikatın hidratasyonu en genel şekliyle şu denklemle açıklanabilir:



Bu denklem göre trikalsiyum silikat (C₃S) suyla reaksiyona girerek hidrate kalsiyum silikat (C₃S-H) ve serbest kireç (Ca(OH)₂) oluşumunu sağlar. Serbest kireç çimentonun mukavemetini, çözünme sonucu oluşturduğu boşluklu yapı sebebiyle oldukça düşürmektedir. Ayrıca kendi mekanik mukavemeti de oldukça düşük olan serbest kirecin oluşumu istenmeyen bir sonuçtur. Çimentonun mukavemetinin yüksek olmasını sağlayan maddeler kalsiyum silikat hidratlarıdır. Hidratasyon işlemini dört aşamada incelemek mümkündür.

1. Aşama: Bu aşama, çimentonun suyla karıştırılmasından sonra 10-15 dakika içinde başlar. İlk olarak kalsiyum silikat bileşikleri suyun bir hidrojeni alınarak kalsiyum hidroksit iyonlarına dönüşür ve çözeltinin içine dağılırlar. Aynı anda ilk kalsiyum silikat hidratları (CSH) oluşmaya başlar. Bu aşamada çimento danelerinin miktarında çok fazla azalma olmaz.
2. Aşama: Bu aşama reaksiyon hızının yavaşladığı aşamadır. Durgun aşama olarak adlandırılan bu evrede kalsiyum silikat hidratları (CSH) yavaş yavaş oluşmaya başlar.
3. Aşama: Bu periyot, çimento suyla karıştırıldıktan 2-6 saat sonra başlar. Bu aşamada kalsiyum iyonlarının konsantrasyonu düşer ve reaksiyon tekrar hızlanır. Aynı zamanda kalsiyum hidroksit (CH) in kristalizasyonu başlar. Kalsiyum silikat jellerinin ise karakteristik formları oluşur.
4. Aşama: Suyla karışımdan 8-12 saat sonra başlayan bu aşamada reaksiyon tekrar yavaşlar. Karışımdaki serbest su oranı minimuma iner. Bu aşamaların şematik diyagram Şekil 3.1’de görülmektedir.

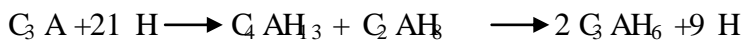


Şekil 3.1. Kalsiyum Silikatlarının Hidratasyon Aşamaları [6]

Xişnıları ve elektronik mikroskopla yapılan incelemeler sonucunda oluşan kalsiyum silikat hidratlarının genellikle lif ve ince levha veya yaprak şeklinde olduğu görülmüştür. Bu yapılar, fazla boşluk içerdiği için suya düşkün yapılarıdır. Bünyelerindeki suyu kaybetmeleri halinde çimentonun mukavemeti düşmekte, tekrar suya kavuşunca artmaktadır. Kalsiyum silikat hidratları meydana gelirken $Ca(OH)_2$ hegzagonal kristal şeklinde oluşarak hidrate elemanları arasında köprüler kurar. C-S-H elemanlarının zamanla artması sonucunda lifler ve levhalar büyüyerek birbirleriyle kaynaşır ve çimentonun mukavemetinin zamanla artmasını sağlarlar.

3.1.2 Kalsiyum Alüminatlarının Hidratasyonu [2],[6],[20],[21],[29]

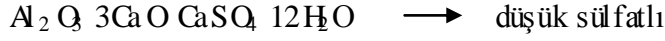
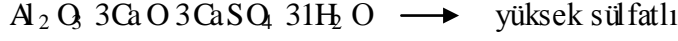
Tri kalsiyum alüminatının hidratasyonu en genel haliyle şu denklemle açıklanabilir:



Kalsiyum alüminatının hidratasyonu, çimento oya jips veya alçı taşı katılmadığı takdirde daha ilk dakikalarda, küçük plaklar şeklinde kristalleri meydana getirmek suretiyle oluşur. Reaksiyon sonunda büyük bir ısı açığa çıkar. Bu olaya ‘‘ani priz (flash)’’ adı verilir. Ancak bu durumun önlenmesi gereklidir ve bu yüzden çimento oya jips veya alçı taşı katılarak prizin süresi bir saatten fazla olmamak üzere uzatılabilir.

Portland klinkerinde bulunan C_3S hidratasyonu iki reaksiyondan oluşur. Birincisi, kalsiyum alüminatının tek başına alçı taşı ile yapmış olduğu reaksiyondur. Bu reaksiyon sonucunda, $A_2O_3 \cdot 3CaO \cdot 6H_2O$ veya C_3AH_6 meydana gelir. Bu reaksiyon ilk üç gün oldukça hızlıdır ve 28 gün sonunda hidratasyona tamamlanır. Diğer taraftan

jipsi n fazla miktarda çözünme kabiliyeti olması nedeniyle C_3A $CaSO_4$ ile birleşerek kalsiyum sülfat alüminatları meydana getirir. Genellikle birisi yüksek sülfatlı, diğeri düşük sülfatlı olmak üzere iki tür sülfat alüminat oluşur.



3.1.3 Tetrakalsiyum Alüminoferritin Hidratasyonu [19],[21]

Tetrakalsiyum alüminoferritin hidratasyonu, hidratasyon hızı daha düşük olmak üzere C_3A' nin hidratasyonu gibidir. Hidratasyon reaksiyonu sonunda alçı miktarının belirli bir seviyenin altında olması halinde sülfat-ferritler elde edilir. Bunlar sülfat alüminatlar da alümin yerine Fe_2O_3 ' in konulmasıyla elde edilen cisimlerdir. Ayrıca jipsi n az miktarda bulunması halinde C_4AF ' in hidratasyonu sonunda,



gibi hidrate bileşimlerin meydana gelme olasılığı da vardır.

3.1.4 Hidratasyon Ürünleri [2],[11],[21]

Çimentonun hidratasyon reaksiyonları oluşan ürünler Tablo 3.1.'de verilmiştir.

Tablo 3.1. Çimento Ana Bileşenlerinin Hidratasyon Reaksiyonları [11]

BİLEŞEN	SU İLE HİDRATASYON REAKSİYONU
C_3S	$3CaO \cdot SiO_2 + nH_2O \longrightarrow 2CaO \cdot SiO_2 \cdot (n-1)H_2O + Ca(OH)_2$ $2(3CaO \cdot SiO_2) + nH_2O \longrightarrow 3CaO \cdot 2SiO_2 \cdot (n-3)H_2O + 3Ca(OH)_2$
C_2S	$2CaO \cdot SiO_2 + nH_2O \longrightarrow 2CaO \cdot SiO_2 \cdot nH_2O$ $2(CaO \cdot SiO_2) + nH_2O \longrightarrow 3CaO \cdot 2SiO_2 \cdot (n-1)H_2O + Ca(OH)_2$
C_3A	$3CaO \cdot Al_2O_3 + 6H_2O \longrightarrow 3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 6H_2O + 1Si$ $3CaO \cdot Al_2O_3 + 6H_2O + Ca(OH)_2 \longrightarrow 4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 13H_2O$
$C_3A + ALÇI$	$3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 6H_2O + 3(CaSO_4 \cdot 2H_2O) + 19H_2O \longrightarrow$ $3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 3CaSO_4 \cdot 31H_2O$ $2(3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 6H_2O) + 3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 3CaSO_4 \cdot 31H_2O \longrightarrow$ $3(CaO \cdot Al_2O_3 \cdot CaSO_4 \cdot 12H_2O)$
C_4AF	$4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3 + (n+6)H_2O \longrightarrow 3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 6H_2O +$ $+CaO \cdot Fe_2O_3 \cdot nH_2O$

3.1.5 Hidratasyon Isısı [11],[21]

Çimentonun hidratasyon reaksiyonları sırasında önemli miktarda ısı açığa çıkmaktadır. Bu ısının rötreyi önlemek amacıyla betondan uzaklaştırılması gereklidir. Betonarme binalarda yüzey/hacim oranı yüksek olduğu için bu ısı dışarı kaçabilenktedir. Ancak barajlar gibi büyük kütleli (masif) betonlarda bu ısının dışarı çıkması mümkün olmaktadır ve önemli çatlaklar oluşabilmektedir. Tablo 3.2’de çimentonun ana bileşenlerinin hidratasyon ısıları su/çimento oranı %40 ve 218C sıcaklık altında belirlenmiştir.

Tablo 3.2 Çimento Ana Bileşenlerinin Hidratasyon Isıları[11]

Bileşen	Hidratasyon Isısı (cal/gr)							
	3 gün	7 gün	28 gün	3 ay	1 yıl	6.5 yıl	13 yıl	Tam hidratasyon
C ₃ S	58	53	80	104	117	117	122	120
C ₂ S	12	10	25	42	54	53	59	62
C ₃ A	312	372	329	311	279	328	324	207
C ₄ AF	69	118	118	98	90	111	102	100

3.2 Priz Veya Katılma [2],[11],[20],[21]

Le Chatelier 1887’de, klinikeri meydana getiren kalsiyum silikat ve kalsiyum alüminatın birbirinden bağımsız olarak su ile reaksiyona girdiğini ileri sürmüştür. Bu teoriye göre, su ile temas geçen bileşik anhidre elemanlar çözülür ve sıvı ortamda ilk kimyasal reaksiyonlar oluşur. Karışımın doymuş hale gelmesini ardından daha kararlı olan hidratlar kristalleşerek çöker ve karışım tekrar doyma derecesinin altına düşer. Doyma derecesinin altında olan karışım kalan anhidre elemanları da çözer. Çökmüş olan kristaller sert bir yapıya dönüşür ve prize yol açar. Le Chatelier’in kristalizasyon teorisi olarak adlandırılan bu teoriye karşılık Michaelis ‘‘kolit teorisi’’ ileri sürmüştür. Bu teoriye göre ise ilk olarak kireç, alüminat ve sülfatlar suda erirler, sıvı ortamda ilk reaksiyon olur ve kalsiyumhidroksit, kalsiyum alüminat ve kalsiyumsülfat alüminatlar meydana gelir. Bu çökeltinin bir miktar mukavemeti vardır ancak suyun tesiriyle dağılır. Sudaki kireç miktarı belirli bir değere ulaştıncaya silikatlar üzerine etkiyerek, elektrostatik kuvvetlerle bir kalsiyumsilikat hidrat jeli meydana gelir. Bu jel suda erimez ve çimento boşluklarını doldurarak onu geçirimsiz

hale getirir. Yu muşak olan jel, suyun, çi mento danelerinin iç kütlesi tarafından emilmesi sonucu kuru bir yüzeye sahip olur. Çi mentonun mukavemeti ve geçirimsizliği bu jelin oluşumu ve iç emme sonucu kurummasına dayanır. Çi mento hamurunun katılaşmasını açıklayan bu iki teori de doğrudur çünkü katılaşmış çi mento hamurunun iç yapısı hem jel hem de taneciklidir. Ayrıca hidrasyon sonunda jelleşmeyen birçok anıdır çi mento daneleri kalıktadır (Şekil 3.2).

3.3 Sertleşme Olayı [11],[21]

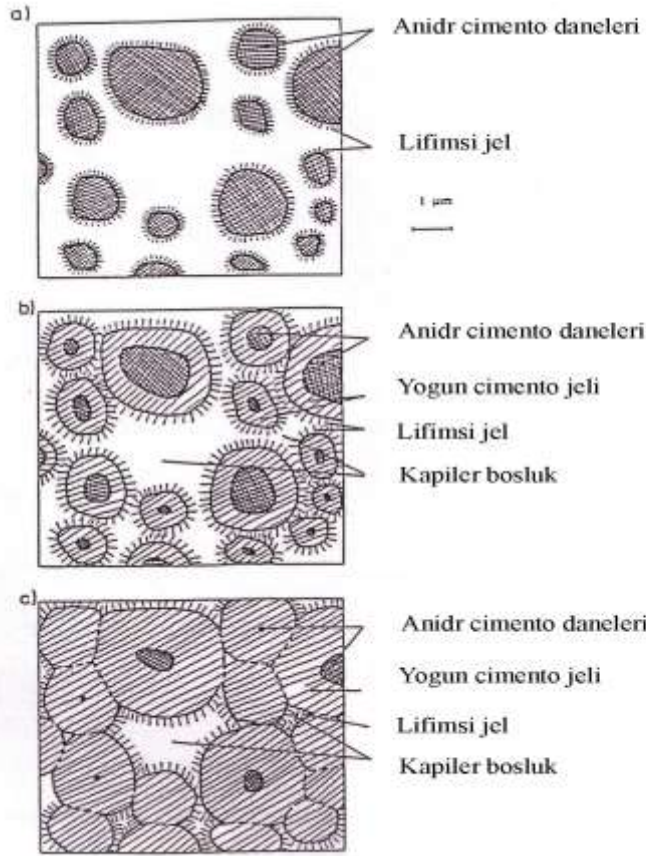
Hidrasyon ve katılaşma (priz) olayları sonucunda sertleşmiş olan çi mento hamurunun iç yapısı jel ile kristal yapı karışımı şeklinde olmaktadır. Biz bu yapıyı ‘kristalit’ olarak adlandırılmaktayız. Bu yapı, içinde bir çok boşluk bulunduracak şekilde oluşur. Bu boşlukları boyut olarak sınıflandıracak olursak dört ana grupta toplayabiliriz

- Makro boşluk: Bu tür boşlukların boyutları 10^4 Å8 dan büyüktür
- Kılcal boşluk: Bu gruptaki boşlukların boyutları (10^4 Å8- 10^2 Å8)arasındadır
- Mikro boşluk: Burada boşlukların boyutları (10^3 Å8- 10^2 Å8)arasındadır
- Jel boşlukları: Bu boşluklarda boyutlar 10^2 Å8 dan küçüktür.

Yapı içinde bulunan makro boşluklar zamanla azalır. Buna karşılık mikro boşluklar ve jel boşlukları artar. Hidrasyonunu tamamlamış 0,40 su/çi mento oranında üretilmiş çi mento hamurunda jel boşluklarının hacmi toplam hacmin yaklaşık olarak %25’i civarındadır. Kılcal boşluklar ise hacmin %8’ini oluşturur. Ancak kılcal boşlukların hacmi hidrasyon devam ettiği sürece azalmakta ve devamlılığını yitirmektedir.

3.4 Sertleşmiş Çi mento Hamurunun Özellikleri

Sertleşmiş çi mento hamurunun özellikleri bir çok açıdan değerlendirilebilir. Temel özellikler, mekanik mukavemet, yük altında deformasyon, rötre ve şişme, geçirimsizlik, donmaya dayanıklılık, kimyasal etkilere dayanıklılık olarak sıralanabilir.



Şekil 3.2 Çimento Hamurunun İç Yapısının Modeli [5]

3.4.1. Mekanik Mukavemet [11],[20],[21]

Sertleşmiş çimento hamurunun iç yapısı ile mekanik mukavemeti arasında şimdiki kadar temel bir bağlantı kurulamıştır. Powers'a göre jel konsantrasyonu arttıkça mukavemet (R) aşağıdaki bağlantıya göre artmaktadır:

$$R=K X^n$$

X = Jel konsantrasyonu =jel hacmi/çimento hamuru hacmi

K = Jel kalitesini belirten bir katsayı

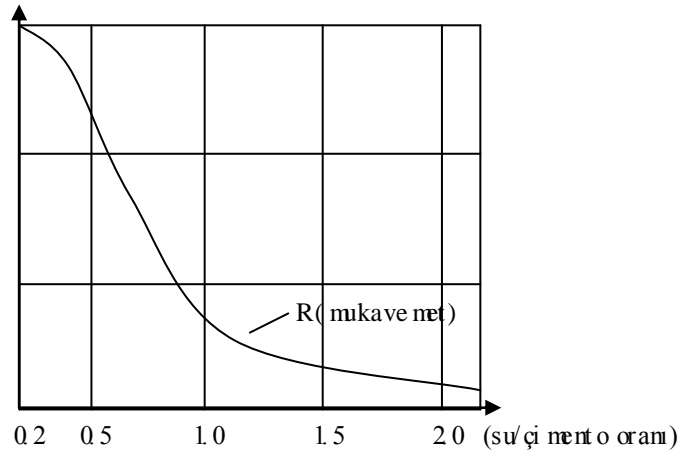
n = 2 veya 3 gibi değerler alabilen bir sabit sayı

Burada K katsayısı ile belirtilen jel kalitesi, çimento cinsine ve özelliklerine göre değişmektedir. 1960 yılında Grudene, mukavemetin katı yüzler arasındaki fiziki çekme kuvvetleri ve kimyasal bağlar tarafından belirlendiğini ileri sürmüştür. Burada belirtilen fiziki çekme kuvvetleri, van der Waals kuvvetleri olup çimento hamurunun mukavemetinin temel kaynağını oluşturmaktadır. Bunun yanı sıra kimyasal bağlar da

mevcuttur. Bu teoriye göre, hidrasyon sırasında oluşan kristal yapı, iğne şeklinde büyüyerek iç boşlukları doldurur ve sertleşerek yapının zamanla mukavemet kazanmasını sağlar.

İğnelere oluşan böyle bir yapının mukavemet ve deformasyonu konusunda Reinius'un çeşitli çalışmaları olmuştur. Çimento hamuru üzerine etkiyen basınç kuvvetinin bir çimento danesinden diğerine iğne şeklinde jel kristalleri ağı yoluyla geçtiğini kabul eden ve bazı kristallerin kuvvete paralel, bazılarının eğik ve bazılarının dik geleceğini göz önüne alan Reinius, eğik kristallerin daneleri iterek birbirinden uzaklaştıracağını, dik iğnelerin ise çekmeye çalışarak uzaklaşan daneleri yerlerinde tutacaklarını düşünmüştür. İşte çekmeye çalışan bu dik kristallerin uzaşması, çimento hamurunun basınç altında neden yanıl genişleme yaptığını anlatmaktadır. Kristallerde çekme mukavemetinin az olması da çimento hamurunun neden basınç kuvvetine paralel çatlak ve yarılmalar göstererek kırıldığını izah etmektedir.

Çimentonun mukavemetini etkileyen bir diğer faktör de çimentoya katılan su miktarının oranıdır. Karışıma katılan su miktarı arttıkça çimento hamurunun mukavemeti azalmaktadır (Şekil 3.3.).



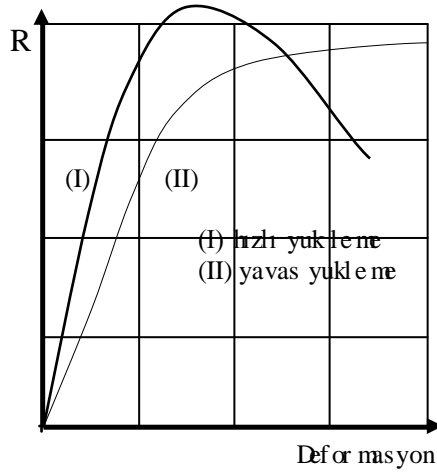
Şekil 3.3 Su/Çimento Oranına Bağlı Olarak Beton Basınç Mukavemetinin Değişmesi [11]

Çi mento inceliği ve çiment o bileği minin betonların mekanik mukave meti üzeri ne etkili olduğu görülmüştür. İnce öğütülmüş ve kireci fazla olan çimentoların silisi fazla olan çimentolara oranla daha hızlı mukavemet kazandıkları ancak uzun süre sonunda son mukavemetin değiği gözlenmiştir.

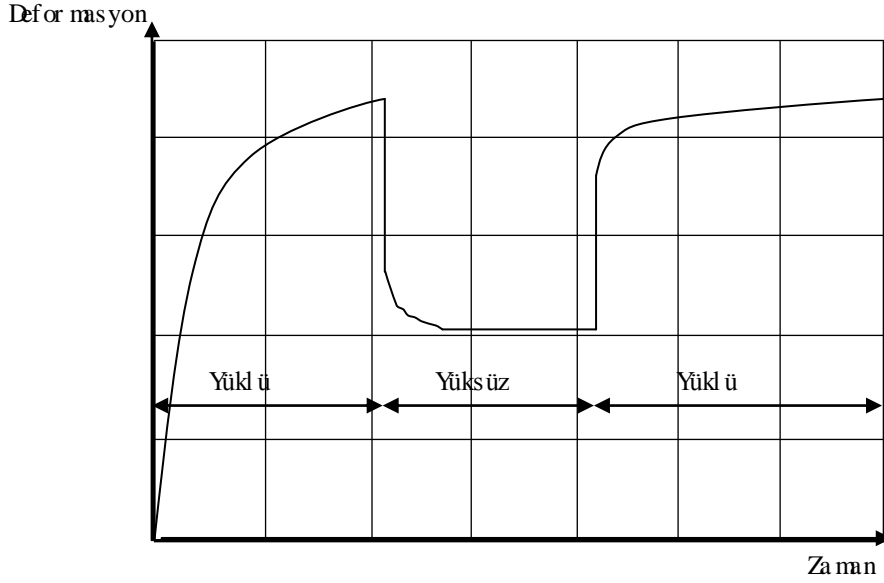
Mukavemet üzeri ne etkisi olan çiment o kalitesi ve su/çiment o oranından başka, numune boyutu ve şekli, yükle me hızı ve süresi, numunelendir ne gibi deney şartları ile, zaman, rutubet ve sıcaklık gibi hidratasyon şartları da çiment o hamurunun mukavemeti ni etkilemektedir.

3.4.2 Yük Altında Defor masyon [11],[21]

Çiment o, hızlı, yavaş ve sürekli basınç altında farklı defor masyonlar gösterir. Bu da jelin iç yapısıyla açıklanabilir. Çiment o hamuru, sürekli yükler altında krip defor masyonu gösterir. Krip defor masyonunun sebebi, jeldeki katı yüzlerle jel suyu arasında etkiyen kuvvetlerin dengeyi bozarak, jel suyunun bir miktarının yeni denge oluşana kadar, kapiler boşluklara kaçırması ve buradan buharlaşmaya mecbur etmesidir. Şekil 3.4 ve 3.5'te çiment onun yavaş, hızlı ve sürekli yükle me altında, beton içindeki defor masyon grafi kleri verilmiştir.



Şekil 3.4 Hızlı ve Yavaş Yükle melerde Defor masyon [11]



Şekil 3.5 Sürekli Yükl em e de Def or masyon [11]

3.4.3 Röt re ve Şiş me [11],[21]

Bası nç yük leri uygul andı ğ ında kri p def or masyon ları ser giley en ç i ment o ha mur u, sı caklık ve ru tu bet fakt ö rü ile röt re veya şi ş me yap ar. Ne ni i ort a m lar da ge ni ş ley ip şi ş en ç i ment o ha mur u, ku ru ort a m lar da bü zül erek röt re yap ar. Her i ki olay da ge ri dön ü ş ü m lü dür ve ar ka arkaya ku ru ma ve ı slan ma ya mar uz kal dı ğ ı tak dir de ç i ment o ha mur u sons uza dek bü zül ü p ge ni ş ebi lir.

Röt re ve şi ş me olay ını aç ık la mak iç i ni ki teori bul un makt adır. Bu teor i ler i ne mel i ayn ı olup se be p ol arak ç i ment o ha mur u iç i nde ki sı vı faz da ki bası nç de ğ i ş i m leri son ucu ol u ş an iç kuvvet leri gö ş t e r m e k t e d i r. Ayr ı l d ı k l a r ı nok ta ise bu bası nç de ğ i ş i m leri ni n se be bi d i r. L Her mi te 'in ka pi ler teor i sin de, ç i ment o ha mur unun boş luk lar ı iç i nde bul un an sı vı faz da ki ka pi ler kuvvet leri n röt rey i doğ ur du ğ u ka bul edil m e k t e d i r. D ğ e r teori ise Powers 'ın jel teor i si d i r. Powers, sertleş mi ş ç i ment o ha mur unda ki iç yüzey leri n ru tu bet ab sor be et ti ğ i ni düş ünür. Su molek ü lü ile iç yüzey leri n arası nda ki çek me kuvvet leri, suyun büt ün jel yüz leri arası na yay ıl ma sı nı sa ğ lay aca ktır. Yay ıl ma sı ra sı nda her han gi bir en gel ort aya ç ık ın ca, kar şıt yüz leri bir bi ri den ite cek bası nç lar doğ aca k ve ç i ment o ha mur u şi ş ecektir. E ğ er bu dur u mun ter si ol u r sa ya ni ç i ment o ha mur unun iç yap ı sı ndan su uzak la ş ı r sa, it me kuvvet leri az al arak çek me kuvvet leri art aca k ve mal ze me bü zül ecektir. Mey da na ge len röt re ve şi ş me ni n ni ktarı de ğ i ş en su ni ktarı ile or an tı lı dır.

Çi mento hamurunun rötre ve şişmesini etkileyen faktörleri, sıcaklık rutubet ve zaman gibi kür şartları, numune boyutu ve şekli gibi deney şartları ve son olarak çimento cinsi, agrega cinsi, katkılar, karışı moranları, su miktarı gibi bileşim şartları olarak sıralayabiliriz.

3.4.4 Geçirimsizlik [11],[20],[21]

Sertleşmiş çimento hamurunda suyun ve rutubetin geçebilmesi için iki tür boşluk bulunur. Bunlar jel boşluğu ve kapiler boşluklardır. Bunlardan jel boşlukları, çok küçük boşluklar olup çoğu zaman içine giren suyun dışarı çıkmasını önlerler. Bu yüzden su dolaşımına çok da katkıda bulunmazlar. Kapiler boşluklar ise boyutları çok çeşitli olan ve geçirimsizliği sağlayan boşluklardır. Ancak bu boşlukların çimento hamuru içindeki miktarı bize çimentoğun geçirimsizliği hakkında net sonuçlar vermez.

Harç ve betonun geçirimsizliği üzerinde çimento özellikleri, agrega granülometrisi gibi malzeme özelliklerinin çimento dozajı, yoğurma suyu miktarı, su/çimento oranı, katkı maddeleri gibi karışımsız özelliklerinin, karma ve işleme metodları ile rutubet ve sıcaklığın önemli etkisi olduğu bilinmektedir. Atıl tozlar, su-def edici maddeler sertleşme hızını artıran maddeler ve puzolanlar gibi maddeler ise geçirimsizliği azaltan katkılar olarak kullanılmaktadır.

Gerek uygulama gerekse laboratuvar deneyleri, çimentoğun aynı şartlar altında yapılan betonlarda farklı sonuçlar verdiği göstermektedir. Bu farklar, çimentoğun kimyasal bileşimindeki şişme kabiliyetindeki, hidrasyon olayındaki ve öğütülme inceliğindeki farklardan doğmaktadır. Aynı klinkerden yapılmış, yani kimyasal bileşimi aynı olan çimentoğın içinde öğütme inceliği fazla olanların en geçirimsiz olduğunu deneyler göstermektedir. Aynı şekilde bir çimentoğın oda norm mukavemeti ne kadar yüksek ise geçirimsizliği o oranda az olduğu ve su kusmayan, kohezyonu ve yapışkan olan çimentoğın özellikle geçirimsiz olduğu bilinmektedir.

3.4.5 Donmaya Dayanıklılık [11],[21]

Sertleşmiş çimento hamurunun donmaya karşı davranışını yapısında bulunan su belirler. Jel boşluklarının içinde bulunan su sıfır derecenin altında donmaz. Ancak kapiler boşluklarda bulunan su, donmaya başlayınca, jel boşluklarını içinde bulunan suyu da çeker ve kendi hacmini artırır. Hacmi genişleyen buz, boşluğun çeperlerine

basıncı uygulamaya başlar ve çimento hamurunun çatlamasına neden olur. Çimento hamurunun donmaya dayanıklılığı, karışımın içindeki su/çimento oranına ve yapısında bulunan sürüklenmiş hava miktarına bağlıdır. Çimento hamurunun donmaya dayanıklılığı, bağladığı betonun veya harcın donmaya karşı direncini belirler.

3.4.6 Kimyasal Etkilere Dayanıklılık [11],[21]

Çimentoların kimyasal etkilere dayanıklılığını ölçmek zordur ve çabuk sonuç verecek bir deney yöntemi geliştirilememiştir. Çabuk bilgi edinmek için çimento onun kimyasal bileşimine bakılır. Kırcı az olan çimentolar (yüksek fırın), veya puzolan ilave edilmiş çimentolar (traslı), CO₂'li sulara karşı dayanıklıdır. C₃A (kalsiyum alüminat) bileşeni az olan çimentolar, puzolan ilave edilmiş çimentolar (traslı) ve alüminli ve süpersülfatlı çimentolar sülfatlı sulara karşı dayanıklıdır.

Fabrika, imalat hane gibi endüstri yapılarında, çimento harçları ve betonlar çeşitli kimyasal maddelerle temas geçerek korozyona uğrayabilirler. Genel olarak bütün bazların zararsız, bütün asitlerin ise zararlı olduğu söylenebilir. Çimento, asitlere karşı dayanıksızdır ve uygun şartlar altında korunmalıdır.

Portland çimentosu hamurlarının, harçlarının ve betonlarının havadaki karbondioksit ile reaksiyonu, önemli bir konudur. Bu reaksiyon, mukavemet ve sertliğin artmasına, çatlakların kendi kendine tamer olmasına ve geçirimsizliğin azalmasına katkıda bulunmaktadır. Betondaki çeşitli büzülmeler ve çeşitli ağırlık artmaları da CO₂ ile olan reaksiyonlarla açıklanabilir. Ancak kullanma sırasında bu tip reaksiyonların olması istenmiyorsa, beton ürünlere önceden yapay bir karbonat asyon uygulanmalıdır.

4. DENEYSEL ÇALIŞMALARDA KULLANILAN KATKI MADDELERİ

Deneysel çalışmalarda kullandığımız katkı maddeleri, mermer tozu, süperakışkanlaştırıcı ve latekstir.

4.1. Mermer Tozu [23],[27]

Kalker ve dolomitik kalkerlerin sıcaklık ve basınç altında başkalaşma uğrayarak yeniden kristalleşmesi ile oluşan metamorfik kayaca mermer adı verilir. Kimyasal bileşiminde, yüksek oranda kalsiyum karbonat (CaCO_3), magnezyum karbonatın yanı sıra silisyum dioksit ve değişik metal oksitleri ile silikat mineralleri bulunur. Saf CaCO_3 bileşimine sahip mermerler beyaz ve yarı saydamdır. Ticari anlamda ise mermer, blok verebilen, kesilip cilalandığında parlayabilen, dayanıklı ve güzel görünümüyle her türden taşların bütünü için kullanılan bir tirdir.

Günümüzde mermer talebi her geçen gün artmakta ve bu talebi karşılamak amacıyla yeni mermer işletme tesisleri açılmaktadır. Bunun sonucunda, mermer işletme tesislerinin yoğunlaştığı bölgelerde mermer atık sahaları oluşmaktadır. Bu atıkların tabii güzelliği bozduğu açıktır. Ayrıca değerli bir maden olan mermerin bu şekilde ziyan edilmesi milli bir kayıptır.

Mermer atıkları, parça mermer atıkları ve dane boyutu 2 mm'den küçük olan toz mermer atıkları olarak iki başlık altında incelenebilir. Özellikle toz mermer atıkları mermerciler için önemli bir sorun oluşturmaktadır. Parça mermer atıklarının kontrolü toz mermer atıklarına göre daha kolaydır. Büyük ölçekte bir mermer tesisinden alınan atık su örneğinin incelenmesi sonucunda, mermer tozu taneciklerinin tamamının boyutunun 15 μm 'den az olduğu görülmüştür. Bu tozlar çökeltme havuzlarında toplanmakta ya da sedimentasyon yöntemi ile çökeltme tanklarında susuzlaştırılıp, presleme makinelerinde sıkıştırılarak kek haline getirilmekte ve her iki halde de açığa çıkan tozlar doğaya atılmaktadır. Afyon mermerlerinden yılda ortalama açığa çıkan toz miktarı yaklaşık 64800 tondur. Böylesine yüksek miktarda

kullanılabilir malzemenin doğaya atılması hem milli hemde doğal açıdan önemli bir kayıptır. Bu sebepten, mermer işleme tesisi atıklarının endüstriyel bakımdan tekrar kullanılabilirliğinin araştırılması ve çeşitlerine göre bu mermer tozlarının kullanıldığı yere, a maca uygunluk derecesinin ve özelliklerinin tanımlanması önem kazanmaktadır.

4.1.1. Ülkemizde Üretilen Bazı Mermerlerin Kimyasal ve Tekno- Mekanik Özellikleri [23]

Süleyman Demirel Üniversitesi Mermer Teknolojisi Laboratuvarı'nda yapılan bazı çalışmalar sonucunda değişik mermerlerin, kimyasal ve teknolojik özellikleri Tablo 4.1. ve Tablo 4.2 'de görüldüğü gibi belirlenmiştir.

Tablo 4.1. Kimyasal Özellikler [23]

Mermer	Si O ₂ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	Ca O (%)	Mg O (%)
Bordo grize	0,56	0,57	53,3	1,42
Rozalya	1,25	0,55	53,5	0,40
Elazığ siyah	1,48	0,86	43,1	9,30
Onix	0,20	0,32	52,3	3,25
Salome	1,50	0,84	43,2	9,20
Hazar pembe	1,20	0,23	50,0	0,001
Leylak	0,14	0,32	51,0	4,17
Elazığ vişne	28,4	9,70	13,8	26,25
Venus	1,48	0,86	43,1	9,30
Kavak beyazı	1,55	0,82	44,0	9,25
Bej	0,50	0,10	52,2	2,50
Traverten	0,26	0,32	54,6	0,30

Tablo 4.2 Tekno mekanik Özellikler [23]

Mermer	Hacim ağırlık gr/cm ³	Özgül ağırlık gr/cm ³	Basınç dayanım kg/cm ²
Bordo grize	2,74	2,76	688
Rozalya	2,70	2,73	1019
Elazığ siyah	2,73	2,78	889
Onix	2,73	2,75	1125
Salome	2,79	2,78	1019
Hazar pembe	2,71	2,72	1045
Leylak	2,72	2,74	1019
Elazığ vişne	2,61	2,72	1019
Venus	2,72	2,79	1010
Kavak beyazı	2,70	2,71	750
Bej	2,71	2,72	1115
Traverten	2,72	2,74	570

4.1.2 Çimento- Mermer Tozu Etikelişi [25],[27]

Çimento sektöründe katkılı çimentoların üretimi, ekonomik, teknik ve çevresel nedenlerle gün geçtikçe artmaktadır. Günümüzde, mermer tozu, puzolan, cüruf gibi mineral katkıların ardından Avrupa standartlarının da devreye girmesiyle mineral katkı olarak yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Ayrıca temini kolay ve ucuz olduğu için çimento fabrikaları tarafından çimento üretiminde kullanılmak

üzere tercih edilmiştir. Bu yüzden mermer tozunun çimento ile etkileşiminin incelenmesi önemlidir.

Parça mermer atıklarının çimento klinkeri ile birlikte çok ince boyutlarda öğütülerek çimento üretiminde kullanılması mümkündür. Çimento onun yapısında bulunan ince mermer tozları harç içerisinde oluşan boşlukları doldurma özelliğine sahiptir. Çimento üretiminde katkı maddesi olarak % 15-20 oranında kullanılan mermer içerisinde $CaCO_3$ 'ün %75'den fazla, MgO 'ün %5'den az, kil bileşeninin %1,2'den az ve organik bileşenlerin de %0,2'den az olması beklenmektedir.

Bazı araştırmalarda mermer tozunun sadece dolgu malzemesi olduğu ve herhangi bir bağlayıcı özellik göstermediği belirtilmiştir. Fakat bazı çalışmalarda bu malzemelerin sadece dolgu malzemesi olmadığı ayrıca bazı kimyasal etkilerinin de bulunduğu belirtilmiştir.

Granded ve Oliveer, portland çimentosu pastasıyla kalsit arasındaki kimyasal etkileşim sonucunda karbonat iyonlarıyla hidrat kalsiyum malüminatın reaksiyonuyla kalsiyum karboalüminin oluştuğunu belirtmişlerdir. Jamber'da kalsitin ve C_3A 'nın hidratasyonu ile kalcer cinsi dolgu malzemelerinin önemli derecede bağlayıcı özellik kazandıklarını öne sürmektedir. Bunların ışığında Lanquet, standartlardaki tanımlara göre dolgu maddesi içeren çimentoların hidratasyonunda inert ve aktif maddeleri birbirinden ayırmanın gerekli olduğunu ve çimento içindeki dolgu maddelerinin potansiyel hidrolik reaktivitelerinden yararlanılması için reaktif madde olarak C_3A 'nın kullanılması mümkün olduğunu belirtmiştir. Bu çalışmaya göre $CaCO_3$, hidrat karışımın mekanik kohezyonunu sağlayan hegzagonal hidratları dengeleyici görevi görmektedir.

Başka bir raporda belirtildiği üzere betondaki kireç taşı agregalarındaki mevcut kalsitin çimento hamuru ile reaksiyona girmesi ile kalsit, yüksek alkali sıvı fazda kalsiyum hidroksite dönüşmekte, kalsit ile C_3A arasında kimyasal etkileşim olmaktadır.

J. Bensted, mermerin alçıtaşı yerine kullanılması, priz ve mukavemette kayda değer bir değişim olmadan mümkün olduğunu ve bir başka çalışmada da kireçtaşının alçıtaşı yerine kullanılabilecek bir malzeme olduğunu ayrıca C_3A 'nın hızlı prizini geciktirecek ölçüde alçıtaşı yerine kullanılabileceğini bildirmiştir.

Türk Çimentö Müstahsilleri tarafından yapılan bir çalışmada, mermer tozu katkılı çimento üretilerek çeşitli deneyler yapılmıştır. Bu deneylerde toplam ağırlığın %5, 10, 20 ve 30'u oranında mermer tozu ve %4'ü oranında alçı taşı kullanılmış ve bu malzemeler çimento klinikeri ile birlikte çok ince boyutta öğütülerek değişik mermer tozu dozajlı çimentolar üretilmiştir. Bu 4 farklı çimento çeşidi aynı miktarlarda su ile karıştırılarak, 2 günlük ve 28 günlük numunelerini iç yapıları incelenmiştir. Bunun sonucunda 2 günlük hidratasyon sonucunda %5 ve %10 katkılı çimento pastalarında boşlukların kireçtaşı taneleriyle doldurulduğu ve boşluk oranının normal portland çimento suna göre azaldığı görülmüştür.

2 günlük hidratasyon sonucunda %5 katkılı çimento pastasının içinde lifli yapıya sahip olan kalsiyum silikat hidratlarının çimento danelerinin çevresinde toplandığı, mermer tozu taneciklerinin reaksiyon ürünleriyle kaplandığı ve mermer tozunda bulunan kalsit taneciklerinin üzerlerinde kalsiyum silikat hidratlarının toplandığı görülmüştür. %10 katkılı çimento pastalarında mikroyapının daha da yoğun olduğu ve mermer tozu tanelerinin kalsiyum silikat hidratları ve diğer kliniker ürünlerinden oluşan amorf bir zarla kaplandığı gözlenmiştir. Daha yüksek katkılı hamurlarda, klinikerin seyrelmesi nedeniyle dolay boşlukların arttığı ve buna bağlı olarak bağlı olarak hidratların boyutlarının büyüdüğü görülmüştür. %30 katkılı çimento hamurlarında ise kalsit tanelerinin çevresinde ayrıca monokarboalüminat kristalleri de meydana gelmiştir.

28 günlük hamurlarda ise oluşan hidratasyon ürünlerinin arttığı, kristal yapının yoğunlaştığı görülmüştür. Ayrıca monokarboalüminat oluşumu %10 katkılı hamurda da meydana gelmiştir. Sonuç olarak oluşan hidratların büyüklüğü ve yapısı normal portland çimento suna göre farklılıklar göstermiştir.

Kalsit tanelerinin yüzeylerindeki aşınma, karbon atomlarının kalsit tanelerine yansmaları ve kalsit tanelerinin yakınlığında CH toplanması kalsit ile çimento matrisi arasında kimyasal etkileşim olduğunu göstermektedir. Bu reaksiyonlar daha çok kalsit ve çimento danelerinin arasındaki sınırdaki meydana gelmektedir. Reaksiyonlar, kalsitin yüksek alkalili matriste çözünmesi ve kalsit tanelerinin yüzeylerinin aşınması ile kendilerini göstermektedir. Kalsit tanelerinin çevresinde toplanan az miktardaki monokarboalüminat kristallerinden de böyle bir çözünmenin olduğu anlaşılabilir. Böylece az miktarda CaCO_3 'ün hidratasyon reaksiyonuna

girişimiyle az miktarda monokarboalüminat oluşmaktadır. Sonuç olarak, mermer tozu çimentosunda yalnızca inert bir dolgu malzemesi görevi görmektedir.

4.1.3 Mermer Tozu Katkılı Çimentoların Özellikleri [25],[27]

Mermer tozu katkıli çimentolarda, doğru oranda mermer tozu kullanıldığı takdirde iç boşluklar azalır ve geçirimsizlik artar. Ancak gerekenden fazla kullanılırsa boşluk miktarı artmaktadır. Mukavemet ise mermer miktarı arttıkça azalmaktadır. Bunun sebebi ise çimentonun yapısında bulunan ve mukavemeti sağlayan çeşitli sili katların seyrelmesidir. Tablo 4.3’de değişik oranlarda mermer tozu katkıli portland çimentolarının 2, 7 ve 28 günlük basınç dayanımları verilmiştir.

Tablo 4.3 Basınç Dayanımları [25]

	2 gün (N mm ²)	7 gün (N mm ²)	28 gün (N mm ²)
% 100 PÇ	23,2	44,6	56,8
% 5 mermer tozu % 95 PÇ	22,97	41,03	49,42
% 10 mermer tozu % 90 PÇ	20,88	39,69	48,28
% 20 mermer tozu % 80 PÇ	16,24	31,67	40,89
% 30 mermer tozu % 70 PÇ	12,53	25,87	34,08

Bu çimentolarda priz süresi, mermer miktarının artmasıyla birlikte uzamaktadır. Bu uzama CaCO₃ tanelerinin alçıtaşı gibi davranıp prizi geciktirmesinden kaynaklanmaktadır. C₃A’nın ani priz alması mermer taneleri tarafından geciktirilmektedir. Ayrıca mermer tozu, çimentonun su ihtiyacını azaltmaktadır. Normal portland çimentosunun su ile karıştırılması ile birlikte çimento hamuru matrisi çok sayıda birbirine bağlı geçirgen kristal içerir. Buna karşın kalsit taneleri

ise oldukları gibi yani eşkenar, geçiri nsiz, ve düzgün yüzeyle olarak kalırlar. Mer mer tanelerinin bu yapısı iç sirt ün meyi azaltır ve böylece nor mal kı va mi çin gerekli olan sui htıyacı da azal mış olur. Tablo 4. 4 'de kat kılı portland ç i ment ol arı n n priz süreleri ve nor mal kı va m de ğerleri veril miştir.

Tablo 4 4 Priz Süreleri ve Nor mal Kı va m De ğerleri [25]

	Priz başlangıcı (daki ka)	Priz sonu (daki ka)	Nor mal kı va m %
% 100 PÇ	90	130	24,5
% 5 mer mer tozu % 95 PÇ	125	175	23,8
% 10 mer mer tozu % 90 PÇ	135	190	23,2
% 20 mer mer tozu % 80 PÇ	145	205	23,0
% 30 mer mer tozu % 70 PÇ	150	220	22,5

4.2 Süperakışkanlaştırıcılar [1],[12],[17]

Su, betona karıştırılan temel maddelerden biridir. Karıştırma da kullanılan suyun iki fonksiyonu vardır. Birincisi karışımın akışkanlığını arttırarak karışım gereken reolojiyi kazandırmak, ikincisi ise çimento onun hidrasyonunu sağlamaktır. Beton için ideal su miktarı, hidrasyonun tamamen sonuçlanması nı sağlayacak ve gereken akışkanlığı kazandırabilecek olan su miktarıdır. Ancak çimento suyla temas eder etmez hidrasyon başladığı ve işlenebilirlik azaldığı için, karışım hidrasyon olayını tamamlanması için gereken su miktarından fazla su koymak gerekir. Bunun da olumsuz bir çok sonucu vardır.

Günümüzde, betonun akışkanlığını, su miktarını arttırmadan arttırabilmek için süperakışkanlaştırıcı katkı maddeleri kullanılmaktadır. Süperakışkanlaştırıcılar uygulamada genel olarak üç temel amaçla kullanılır.

1. İşlenebilirliği azaltmadan, su-çimento oranını azaltarak mukavemetin arttırılması (suyun daha az kullanılması, betonun mukavemet dışında bir çok özelliğini iyileştirmektedir.).
2. Kütle betonlarda, hidrasyon ıssısını düşürmek için, çimento miktarının azaltılması durumunda, aynı işlenebilirliğin sağlanması (büyük kütleli betonlarda yüzey/hacim oranı düşük olduğu için çimento onun hidrasyon ıssısı kütle içinde hapsolarak çatlak oluşumuna sebep olur).
3. Ulaşılmayan yerlerde, kolay yerleşmeyi sağlamak amacıyla işlenebilirliğin arttırılması.

Bunların yanı sıra, süperakışkanlaştırıcılar, pompalama yapılacak betonun pompalama basıncını düşürmek ve ayrıca uygulamada işçilik maliyetini azaltmak için kullanılır.

4.2.1. Süperakışkanlaştırıcı Türleri [1],[14],[22]

Piyasada kullanılan süperakışkanlaştırıcıları kimyasal yapılarına göre şu şekilde sınıflandırabiliriz

1. Yoğun nelformin formaldehit sülfonatlar (SMF)
2. Yoğun naftalin formaldehit sülfonatlar (SNF)

3. Modifiye edilmiş li nyo sülfonatlar (MLS)

4. Diğer süperakışkanlaştırıcılar (sülfonik asit ester, karbohidrat ester vb.)

Beton uygulamalarında kullanılan li nyo sülfonatlar, normal su azaltıcılarıdır. Bunlar çimentoya göre % 0,5-1 oranında kullanıldığında su miktarını %6-10 oranında azaltmaktadır. Karışımda daha fazla oranda kullanıldığı takdirde hava sürüklenme miktarı arttığı ve priz süresi geciktiği için bu grup normal akışkanlaştırıcı olarak tanımlanmaktadır. Diğer taraftan melamin formaldehit ve naftalin formaldehit bazlı sülfonatlar karışımdaki su miktarını %20-30 oranında azaltırken betonun diğer özelliklerini önemli ölçüde etkilemezler. Li nyo sülfonatların maliyeti diğerlerine göre oldukça düşük olduğu için bu maddenin su azaltıcı etkisini arttırmak amacıyla çalışmalar yapılmış ve modifiye edilmiş li nyo sülfonatlar elde edilmiştir.

Süperakışkanlaştırıcı katkılı karışımlar kolay ve çabuk yerleştirilebildiği için döşeme, çatı plağı, kaldırım ve köprü yapımında oldukça elverişlidir. Bu katkı maddeleri, su altı uygulamalarında, tünel yapımında ve değişik marnari formların yapımında, betona kazandırdığı yüksek akışkanlık sayesinde tercih edilmektedir. Ayrıca prekast eleman üretiminde, betona kısa zamanda yüksek mukavemet kazandırdığı, çimento ve mazot kullanımını azalttığı için bu katkılar kullanılmaktadır.

4.2.2 Süperakışkanlaştırıcıların Etki Mekanizması [10],[30]

Normal akışkanlaştırıcı katkı maddeleri, hava sürükleyerek ve çimento danelerinin topklaşmasını önleyerek etkili olurlar. Akışkanlaştırıcı madde, çimento daneleri tarafından absorbe edilerek dane yüzeyine çökler. Dane yüzeyine çökelen bu maddelerin oluşturduğu film dışarıya doğru negatif yüklüdür. Bu şekilde negatif yüklenen daneler birbirlerini ittiklerinden bu maddelerin dağıtıcı etkisi ortaya çıkar. Bu maddelerin topklaşmayı önlemeleri ve aynı zamanda danelerin birbirleri üzerinde kaymalarını kolaylaştırdığından yağlayıcı etki göstermeleri, betonun iç sürtünmesini azaltır. Bu da betonun işlenebilir özelliğinin artmasına neden olur.

Süperakışkanlaştırıcıların etki mekanizması da normal akışkanlaştırıcılarınkine benzer şekildedir. Ancak bu katkılar, suyun yüzey gerilimini normal akışkanlaştırıcılara göre daha az düşürdüklerinden, aşırı miktarlarda hava

sürüklenmeler ve bu nedenle normal akışkanlaştırıcılardan daha yüksek oranda kullanılabilirler.

Süperakışkanlaştırıcı olarak kullanılan polimerlerin molekül ağırlıkları, dağılım yeteneğini etkiler. Yüksek molekül ağırlığına sahip olan polimerler çimento daneleri tarafından daha iyi adsorbe edilir ve daha yüksek dağılıma sahiptirler. Fakat molekül ağırlığı çok yüksek olursa dağılım yeteneği yok olur.

4.2.3. Süperakışkanlaştırıcıların Taze Harç ve Beton Özelliklerine Etkisi

Süperakışkanlaştırıcıların, taze beton ve harç üzerindeki en önemli etkisi karışımın işlenebilirliğini arttırmasıdır. Bunun dışındaki etkileri başlıklar halinde açıklanmıştır.

4.2.3.1. Su İndirgemeye ve İşlenebilirliğe Etkisi [1],[12],[15],[17],[22]

Süperakışkanlaştırıcıların temel amacı karışıma eklenen su miktarını değiştirmeden daha akışkan kıvam elde etmektir. Bu katkıları, daha akışkan bir kıvam sağladığı için kullanılan su miktarını azaltarak yüksek mukavemetli beton elde edilmesini sağlar. Karışıma % 0,5-3 oranında katılan süperakışkanlaştırıcılar su miktarını, işlenebilirliği etkileden %25-35 civarında azaltırlar.

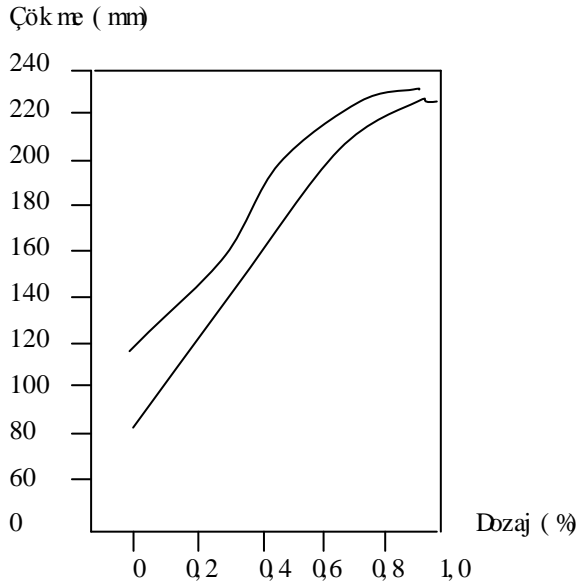
Karışımın su oranının azaltılması, kullanılan süperakışkanlaştırıcı ve çimento türüne ve orana bağlı olarak değişir. Bu indirgeme, ancak belli bir orana kadar sağlanabilmektedir. Süperakışkanlaştırıcılar bütün portland çimentoalarında su miktarını azaltır. Ancak bu miktar bütün türlerde aynı değildir. Su indirgeme miktarı, genel olarak çimento miktarının artması ile artar. Akışkanlaştırıcı katkıların süperakışkanlaştırıcı olarak tanımlanabilmesi için su miktarını en az %12 oranında azaltması gereklidir (ASTM 494 ve ASTM 1017). Eğer bu oran sağlanıyorsa normal akışkanlaştırıcı sınıfına girer.

Süperakışkanlaştırıcı katılarak elde edilen betonlarda işlenebilirlik oldukça yüksektir. Örneğin 70-80 mm çökme bir beton süperakışkanlaştırıcı katılarak kohezyonunu kaybetmeden 200 mm çökme bir beton haline getirilebilmektedir. Yüksek çökme miktarına sahip olan bu betonlarda olası ayrışmaları önlemek için ince agrega miktarını arttırmakta fayda vardır.

Beton üretiminde kullanılan süperakışkanlaştırıcıların etkinliği kullanılan süperakışkanlaştırıcı tipine ve miktarına, betona karıştırıldıktan sonra geçen zamana,

su/çi ment oranına, çi ment oti pi ne ve ni ktarına, agrega ti pi ne ve ni ktarına ve orta m sıcaklığı na ba ğlı olarak de ği ŝir. Ö ne ğin 50 mm çök neli bir karışı m 260 mm çök neli hale getir nek için % 0,6 oranında SMF ya da MLS kullanılırken aynı akışkanlık SNF bazlı kat kılarda % 0,4 oranıyla sa ğlanabil nektedir. Genel olarak süperakışkanlaştırıcılar nor mal akışkanlaştırıcılar dan daha yüksek dozaj da kullanılırlar. Şekil 4.1. de, kullanılan süperakışkanlaştırıcı ni ktarına ba ğlı olarak elde edilen çök me ni ktarları veril miştir.

Süperakışkanlaştırıcıların karışı na eklen me zamanı çök me ni ktarını etkileyen bir di ğer fakt ördür. Bu kat kılar karışı na su ile beraber katıldı ğı takdirde çök meyi öne mi ölçüde artırırlar. Bu ni ktar, karışı m suyla karıştırıldı ktan birkaç dakika sonra süperakışkanlaştırıcı katıl nasıyla daha da artabilir. Ancak 5-50 dakikadan sonra katılırsa etkinli ği azal maktadır.



Şekil 4.1. Süperakışkanlaştırıcı Ni ktarının Akışkanlığı na Etkisi [22]

Genel olarak bu kat kılar, orta m sıcaklığı 5-30° C arasında iken etkinli ğini koruyabil nektedir.

4.2.3.2 Çök me Kaybı ve Dozaj Tekrarı [1],[7],[12],[15],[22]

Süperakışkanlaştırıcılar bet on karışı mına, bet on kalı ba dökülmeden hemen önce katılır ve katıldı ktan sonra yaklaşı ki ki dakika daha karıştırılır ve kalı plama işle mi ne

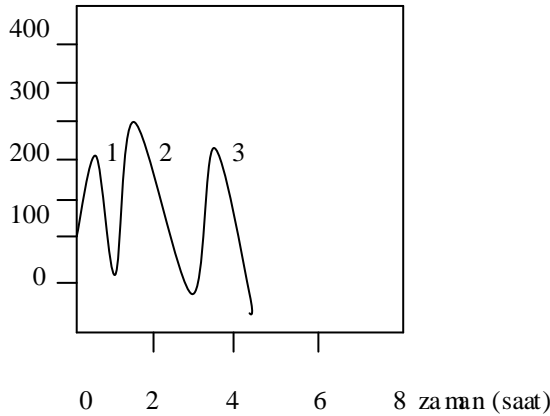
başlanır. Betonun süperakışkanlaştırıcı katıldıktan sonra çalışma süresi yaklaşık 30-90 dakikadır ve bu sürenin sonunda süperakışkanlık özelliğini kaybederek normal akışkan haline döner. Tavsiye edilen, bu süre içinde işin tamamlanmasıdır ancak tamamlanmıyorsa bu süre sonunda dozaj tekrarı yapılmalıdır. İki dozaj tekrarından sonra dozaj tekrarı yapılmasının akışkanlığa bir faydası olmaktadır (Şekil 4.2).

Çökme kaybı oranı, betonun ve havanın sıcaklığına, çimentotipine ve miktarına, su miktarına, kullanılan katkıların türüne, ilave edilme zamanına ve katkı oranına bağlıdır. % 0,6 oranında SMF, SNF ve MLS bazlı süperakışkanlaştırıcı katkı karışımlarda en yüksek çökme kaybı, SMF katkılı karışımda görülmüştür.

4.2.3.3 Hava Sürüklemeye Etkisi [1],[7],[15],[22]

Süperakışkanlaştırıcılar, normal betonda bir miktar hava sürükleyebilirler. Ancak vibrasyonla bu hava miktarı düşürülebilir. Herhangi bir hava sürükleyici katkı ile birlikte kullanıldıkları takdirde naftalin ve melamin esaslı süperakışkanlaştırıcılar sürüklenen hava miktarını azaltırken, linyosülfonat esaslı olanlar ilk anda hava

Çökme (mm)



Şekil 4.2 SMF Bazlı Süperakışkanlaştırıcılarda Dozaj Tekrarının Çökmeye Etkisi [22]

ni ktarını arttırmaktadır. Süperakışkanlaştırıcıların sürüklendiği hava kabarcıklarının boyutları ise hava sürükleyici diğer katkılarının oluşturduğu kabarcıkların 2-4 katı büyüklükte olabilmektedir.

Akışkan betonda süperakışkanlaştırıcı, havanın kaçışını kolaylaştırır ve yaklaşık % 1-3 oranında hava kaybolur. Dozaj tekrarı ise bu etkiyi artırır. Su/çimento oranı % 42 olan bir karışımda SNF bazlı süperakışkanlaştırıcı kullanılırsa karışımın ilk hava miktarı %4,9 iken ilk dozajda bu oran % 3,8'e, ikinci dozajda % 1,7'ye ve üçüncü dozajda %1,5'e kadar düşebilir.

4.2.3.4 Terleme ve Ayrışmaya Etkisi [1],[17],[22]

Süperakışkanlaştırıcılar, çok yüksek akışkanlıktaki betonlar dışında genellikle terlemeyi azaltmaktadır. Ayrışmayı önlemek için ise ince agrega oranı artırılmalı ve daha ince dolgu malzemeleri kullanılmalıdır.

4.2.3.5 Priz Süresi ne Etkisi [14],[22]

Süperakışkanlaştırıcıların priz süresine etkisi kullanılan süperakışkanlaştırıcı ve çimento türüne göre değişir. Örneğin kalsiyum alüminat (C_3A) miktarı düşük olan çimentolarda süperakışkanlaştırıcılar priz süresini oldukça geciktirir. Priz süresini en fazla geciktiren süperakışkanlaştırıcılar, linyosülfonat bazlı olanlardır. Ancak genel olarak bu katkılarının priz süresi üzerinde çok önemli bir etkisi olmaktadır.

4.2.3.6 Pompalanabilirliğe Etkisi [15],[22]

Süperakışkanlaştırıcı katılarak üretilmiş betonların pompalama basınçları normal betona oranla %10-20 daha düşüktür. Pompalama basıncı daha düşük olan bu betonlarda pompalanabilen beton miktarı ve mesafesi artmakta, böylece maliyet azalmaktadır.

4.2.4 Süperakışkanlaştırıcıların Sertleşmiş Harç ve Beton Üzerindeki Etkisi

4.2.4.1 Mukavemet Etkisi [1],[7],[14],[15],[22]

Süperakışkanlaştırıcılar, karıştırma suyunun miktarını azaltarak suyun yüksek oranda kullanılmasından kaynaklanan, başta düşük mukavemet olmak üzere, bir çok istenmeyen sonucu daha az indirgerler. Su oranı düşürülen karışımın 28 gün

sonundaki mukavemeti %25'e kadar arttırılabilir. 28 günden sonraki mukavemet artışları ise daha fazla olmaktadır. Su oranı değişmeyen süperakışkanlaştırıcı katılarak yapılan betonun mukavemetinin de normal betona göre daha fazla olduğu görülmüştür. Süperakışkanlaştırıcıların basınç mukavemetine etkisi, eğilme mukavemetine olan etkisinden daha fazladır. Tablo 4.5.'de naftalin ve melamin bazlı süperakışkanlaştırıcıların basınç mukavemetine etkisi görülmektedir.

Tablo 4.5 Süperakışkanlaştırıcıların Basınç Mukavemetine Etkisi [16]

Katkı	Su/Çimento	Çökme (mm)	7 günlük bas. muk.	28 günlük bas. muk.	91 günlük bas. muk.
Katkısız	0,49	75	26,8	32,8	37,8
Melamin bazlı	0,40	80	37,3	44,0	48,5
Naftalin bazlı	0,40	80	36,3	42,6	49,9

Genel olarak bu katkıların çimento miktarını değiştirmeden, düşük oranda kullanılması bile mukavemeti önemli ölçüde arttırır. Bu katkılarla, mukavemet artışı kısa sürede sağlanabilir. Örneğin, su oranı %25-35 azaltılan karışımın 1 gün sonundaki mukavemeti, beklenenden %50-70 oranında fazla olabilir. Bunun yanında, 7 günde beklenen mukavemet 3 günde, 28 günde beklenen mukavemet 7 günde kazanılabilir.

4.2.4.2 Durabiliteye Etkisi [1],[22],[13]

Süperakışkanlaştırıcılar, sürüklenen hava kabarcıklarının boyutlarını büyüttükleri için birim boydaki kabarcık sayısı azalmakta ve kabarcıklar arası mesafe artmakta, durabilitesi yüksek betonlar için istenen maksimum 0,2 mm boyutunu geçmektedir. Böyle bir betonun dondayanımının düşük olması beklenir. Ancak su miktarı azaldığı için artan mukavemet ve geçirimsizlik dengeleyici faktörler olarak dondayanımın yüksek olmasını sağlar.

4.2.4.3 Rötme ve Sünmeye Etkisi [1],[13],[15]

Süperakışkanlaştırıcılar, su miktarı değişmeden karışıma eklendiği takdirde rötme miktarı, normal betona göre çok farklı değildir. Ancak su miktarı azaltılırsa rötme

miktarı da orantılı olarak azalmaktadır. Bazı araştırmalarda, bu katkıların sünmeyi önemli derecede etkilemediği bazılarındays şartlara bağlı olarak sünmeyi arttırdığı ya da azalttığı görülmüştür.

Süperakışkanlaştırıcıların rötre etkisini araştırmak için Tokuda ve ekibi tarafından yapılan bir araştırmada, katkılı karışımın kuruma rötresini, 7 gün sonunda, normal betona göre oldukça fazlayken, 28 gün sonunda normal betondan daha az seviyeye indiği ve rötre miktarının kullanılan katkı miktarına ve çeşidine bağlı olarak değiştiği görülmüştür. Uygun tipte ve oranda süperakışkanlaştırıcı kullanımı, uzun bir ıslak kürlenme periyodundan sonra kuruma rötresini %10'dan fazla oranda azaltabildiği saptanmıştır.

4.2.4.4 Geçirimsizliğe Etkisi [1]

Su oranı düşük olan betonlarda uygun yerleştirme ve kürlenme yapılırsa düşük geçirimsizlik sağlanır. Süperakışkanlaştırıcı kullanılarak hazırlanmış olan, su oranı %40'dan düşük ve akıcı beton, kolayca yerleştirildiği ve külendiği için düşük geçirimsizliğe sahiptir.

4.2.5 Süperakışkanlaştırıcıların Pratik Kullanımı [12]

Yüksek performanslı beton üretiminde bileşenlerin ve oranlarının dikkatli bir şekilde seçilmesi çok önemlidir. Ancak beton üreticileri bu seçimi yaparken bir çok sınırlayıcı faktörlerle karşılaşır. Bunlar fiziksel, ekonomik ve sosyal faktörlerdir.

Süperakışkanlaştırıcı seçiminde ilk göz önüne alınması gereken faktör naftalin ve melamin formaldehit bazlı süperakışkanlaştırıcıların içerisindeki katkı miktarıdır. Naftalin bazlı süperakışkanlaştırıcılarda katkı partikül miktarı %40-42 arasında iken melamin bazlı olanlarda ancak %22-30 arasındadır. Bu yüzden naftalin formaldehit sülfonatlar tercih edilmelidir. Ancak günümüzde bazı melamin formaldehit bazlı süperakışkanlaştırıcılarda katkı miktarının %40'a kadar çıktığı görülmüştür.

Süperakışkanlaştırıcı içindeki katkı kısmının nitelikleri ise bir diğer önemli seçim kriteridir. Bu yüzden katkı miktarı, tek başına belirleyici faktör değildir. Ayrıca ekonomik faktörler de değerlendirilmelidir.

4.2.6 Uusal Standartlar [7],[14]

Süperakışkanlaştırıcı katkı maddelerinin yaygın olarak kullanılmaya başlanması n ardından Amerika ve Kanada başta olmak üzere bir çok ülkede bu konuyla ilgili standartlar yayımlanmaya başlamıştır. CAN 3- A266.6 (Kanada) ve ASTM C 494 ve C 1017 (Amerika)'de, beton üretiminde süperakışkanlaştırıcı kullanımı ile ilgili fiziksel gereksinimler tanımlanmıştır.

4.3 Lateks [6],[8],[16],[20],[32]

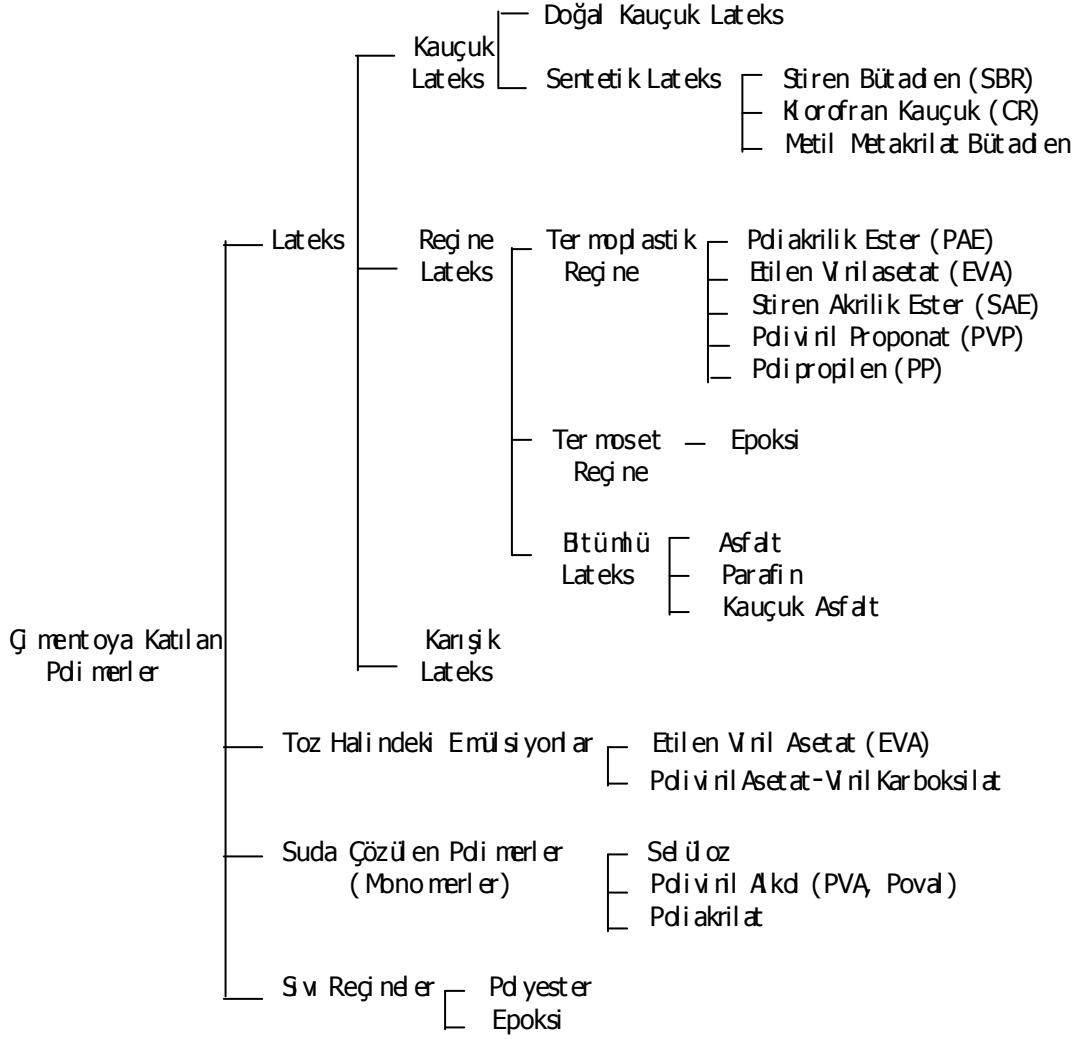
Lateks, katı, disperse organik polimer moleküllerinin sıvı sürfaktan içinde ağırlık olarak % 45-50 oranında dağılı halde bulunmasıyla oluşan, süt kıvamında beyaz renkli bir maddedir. Lateksin kuruması esnasında, bu katı partiküller birbirine yapışarak sürekli bir filmtabakası oluşturulmasını sağlar.

Lateksler, tekrar çözülebilen ve tekrar çözülemeyen lateksler olarak ikiye ayrılır. Tekrar çözülebilen latekslerin suyla teması sonucunda tekrar çözülmesi söz konusudur. Bu yüzden suya maruz kalmayacak şekilde projelendirilmiştir.

Günümüzde bir çok değişik formülde lateks üretimi yapılmaktadır, ancak bu ürünlerin hepsi beton katkı maddesi olarak kullanılmaz. Polimer modifiyeli harç ve betonlarda kullanılan lateksler Şekil 4.3.'de görülmektedir.

Beton katkı maddesi olarak kullanılan lateksin betona uygulanması iki farklı yöntemle gerçekleştirilir. Bunlardan ilki, karışım polimerizasyonunu tamamlamış, film halinde lateks katmaktır. Diğer ise, monomer formunda olan disperse lateksin karışım katılarak polimerizasyonunu çimentohidratasyonu ile birlikte gerçekleştirmesidir.

Çimentohamurunun içine karıştırılan lateksin modifikasyonu üç adımda oluşmaktadır. İlk aşamada, karışım eklene lateks, karışım içinde düzgün bir şekilde dağılır. Polimer partikülleri, çimento jeli ve hidrate olmuş çimento daneleri üzerinde kısken birikmeye başlar. Bu olay, zıt yükü polimer ve çimento danelerinin birbirini çekmesinden ötürü meydana gelir. İkinci aşamada, çimento onunjel yapısının yavaş yavaş oluşmasıyla birlikte polimer tanecikleri kapiler boşluklarda kapalı kalırlar. Bu tanecikler çimento jeli ile ani drcimento parçacıkları üzerinde sürekli bir





Şekil 4.3. Çimentoya Katılan Poli merlerin Sınıflandırılması [6]


katman oluşturacak şekilde toplanırlar ve benzer şekilde agrega üzerindeki sili kat katmanına bağlanırlar. Karışımındaki büyük gözenekler (birkaç angstrom birkaç bin angstrom) poli merler(500-5000 angstrom büyüklüğünde) ile doldurulur. Üçüncü aşamada, kapiler su çimentonun hidratasyonu ile azalmaya başlayınca poli mer tabakası oluşmaya başlar. Bu tabaka agrega yüzeyindeki sili kat tabakasına bağlanır. Böylece hamur içindeki büyük gözenekler dolar. Suyun tıkanma çekişmesiyle birlikte poli merler bir film tabakası oluşturarak birbirlerine bağlanırlar ve monolitik bir ağ yapısı oluştururlar. Agregaya bu yapı ile çevrilir(Şekil 4.4).

1) Karıştırmadan
hemen sonra




 Hidrate olmamış çimento daneleri

 Polimer parçacıkları

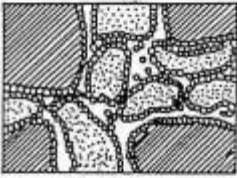
 Agregalar


2) İlk aşama



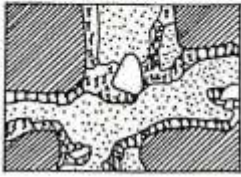
 Hidrate olmamış çimento daneleri
ve çimento jeli karışımı


3) İkinci aşama




 Polimer parçacıklarıyla çevrelenmiş
hidrate olmamış çimento daneleri
ve çimento jeli karışımı

4) Üçüncü aşama



 Polimer filmlerle çevrelenmiş
çimento hidratları

 Sürüklenmiş hava

Şekil 4.4 Latex Modifikasyonunun Aşamaları [8]

4.3.1. İşlem Teknolojisi [6],[8],[16]

Poli ner modifi ye harç ve betonun işle mt eknol o jisi, nor nal harç ve betonun işle m teknol o jisi nden çok farklı de ğil dir. Poli ner modifi yeli siste mler de nor mal harç ve betonda ol du ğu gi bi karış tırılır ve dökü mü yapılır. Ancak kürl e ne koş ulları biraz farklıdır. Poli ner modifi kasyonunda kullanılan mal ze neler, çi nent o, poli ner, agrega ve di ğer nal ze neler dır ak dör de ayrılır.

4.3.1.1. Çi nent o [6],[8]

Poli ner modifi ye siste nlerde portland çi nentosu en çok kullanılan çi nent o çe şid i dir. Bunun yanı sıra sülfata dayanı klı portland çi nentosu, beyaz portland

çi nentosu, alüminli çi nent o gibi di ğer çi nentolar da kullanılmaktadır. Ancak hava sürükleyici çi nent o kullanılmamalıdır.

4.3.1.2 Poli neler [6],[8],[16]

Çi nentoya katılan polimerler Şekil 4.3.'de görüldüğü gibi, lateks, toz halindeki emülsiyonlar, suda çözülen poli neler, sıvı reçineler ve mononelerdir. Saydığı mız poli neler arasında en çok kullanılan poli neler latekslerdir. Lateksler arasında ise stiren bütadien kauçuk (SBR), poli akrilik ester (PAE) ve poli(etilen-vinil asetat) (EVA) en yaygın olarak kullanılanlardır.

4.3.1.3 Agregalar [6],[8]

Poli ner modifiye harç ve betonun hazırlanmasında kullanılan agregalar, normal harç ve betonda kullanılanlarla aynıdır. Dere kumu ve çakılı, kırma taş, silisli kum ve yapay hafif agregalar geleneksel sistemlerde kullanılan agregalardır. Poli ner modifiye sistemlerde korozyona karşı direnci arttırmak için silisli kum ve çakıl kullanılabilir. Ayrıca kullanılan agrega çok fazla nemli olmamalı, temiz ve iyi durumda olmalıdır. Çeşitli uygulama alanlarına göre değişik türde, ince, kaba agrega seçimi yapılmaktadır.

4.3.1.4 Di ğer Malzemeler [6]

Bu malzemeler, çeşitli renklendiriciler, mukavemet arttırıcılar, köpük gidericiler gibi di ğer katkı maddeleridir. Bu malzemeleri kullanırken uygun test koşulları sağlanmalıdır.

4.3.2 Karışım Oranları [6],[8],[16],[20],[32]

Poli ner modifiye sistemleri hazırlarken, karışım oranlarının belirlenmesindeki amaç optimum sonuca ulaşmaktır. Bu optimumu belirlerken göz önüne alınan faktörler, işlenebilirlik, mukavemet, süneklik, adezyon, su geçirimsizliği ve kimyasal dayanım gibi faktörlerdir. Ortaya çıkan ürünün özelliğini belirleyen değişken ise su-çi nent o oranından daha çok polimer-çi nent o oranıdır. Bu oran poli nelerdeki toplam katkı taneciklerinin ağırlığının çi nent o ağırlığına bölünmesiyle bulunur.

Birçok uygulama alanına göre, poli mer modifiyeli harç karışımlarında, karışım oranları birbirlerinden çok farklı olmalarıyla birlikte yaklaşık olarak çimento-ince agrega: 1/2-1/3, poli mer-çimento: %5-20 ve su-çimento: %30-60 arasındadır.

Poli mer modifiyeli betonlarda karışım oranlarının belirlenmesi poli mer modifiyeli harçlarda olduğu gibi kolay değildir. Karışım oranını belirlerken, kullanım alanı dışında bir çok çevresel faktör göz önünde bulundurulmalıdır.

4.3.3 Karıştırma [6],[8]

Poli mer modifiyeli sistemlerde karıştırma işlemi geleneksel araçlarla yapılmaktadır. Karışım oranları belirlendikten sonra ilk olarak poli mer lateksi su ile karıştırılır ve çimento-agrega karışımına eklenir. Toz halindeki emülsiyonlar ve suda çözülen poli merler kuru karışımına eklenir. Bunlara su daha sonra ilave edilir. Sıvı reçineler ve mono merler de kuru karışımına eklenen poli merlerdir.

4.3.4 Yerleştirme ve Kürlenme [6],[8],[32]

Poli mer modifiye harç ve betonun yerleştirilmesi normal harç ve betonda olduğu gibidir ancak kürlenme koşulları biraz farklıdır. Poli mer modifiye sistemler normal harç ve betona göre daha az çalışma süresi sağlarlar. Bu yüzden eğer priz geciktirici herhangi bir katkı maddesi kullanılmadıysa karışım karıştırıldıktan sonra bir saat içinde yerleştirilmelidir. Bu karışımların yapısında bulunan poli merlerin metallerle adezyonu yüksek olduğu için işlem sonrasında kullanılan aletler hemen temizlenmelidir.

Yüzey kaplama işlemi yapılırken, öncelikle yüzey tana men temizlenmelidir. Daha sonra malale uygulanan karışımın malalana işlemi normal harç ve betona göre daha zordur. Çünkü poli mer modifiye harç, normal harca göre daha fazla terleme yapar. Bu yüzden malalana işlemi iki ya da üç kez tekrarlanmalıdır. Poli mer modifiyeli betonlarda ise aşırı vibrasyondan, meydana gelebilecek ayrışma olayları yüzünden kaçınılmalıdır. Büyük alanların doldurulmasında, her 3-4 metrede bir 15 mm kadar derz bırakılması faydalıdır.

Poli mer modifiye harç ve beton 58°C'nin altında ve 308°C'nin üzerinde sıcaklıklara maruz bırakılmamalıdır. Ayrıca poli mer partiküllerinin, betonun suyla aşınması sonucunda ortaya çıkmasını önlemek için yüzeyin polietilen tabakasıyla

kaplanması da fayda vardır. Soğuk bölgelerdeki uygulamalarda ise yüksek dayanımlı çimento ve alüminli çimento kullanılması tavsiye edilir.

Geleneksel sistemlerde 28 günlük ıslak kürleme koşulları polimer modifiyeli sistemler için geçerli değildir. Bu sistemlerde birkaç günlük ıslak kürlemenin ardından kuru kürleme yapılır. Kürleme sırasında sıcaklık önemli bir faktördür. Uygun sıcaklık koşulları sağlanırsa kürleme daha iyi sonuçlar verir.

Genel olarak, polimer lateksleri, toz halindeki emülsiyonlar ve suda çözülen polimerler zehirli maddeler olmadığı için elle temas edilebilir malzemelerdir. Ancak bir çok sıvı reçine ve monomerler zehirli dir ve uygulama sırasında fazladan önlem gerektirir.

4.3.5 Lateksle Modifiye Edilmiş Taze Harç ve Betonun Özellikleri [6],[8],[20]

Genellikle, taze veya sertleşmiş lateks modifiyeli harç ve betonlar normal harç ve betonlara göre daha üstün özelliklidir ve bu özellikleri belirleyen faktörler çok çeşitlidir. Temel faktörler olarak, kullanılan malzemelerin çeşitleri ve miktarları, yerleştirme ve kürleme şartları, test metodları ve çevresel faktörleri sıralayabiliriz.

4.3.5.1 İşlenebilirlik [6],[8],[14],[16]

Genel olarak, lateks modifiyeli harç ve beton, normal harç ve betona göre işlenebilirlik açısından daha üstündür. Bunun sebebi, polimerlerin, bilye hareketi sayesinde birbirleri üzerinden rahatça kayabilmesidir. Bilye hareketinin yanı sıra, sürüklenmiş olan hava ve sürfaktan (yüzey gerilimini azaltan madde) miktarı da işlenebilirlik özelliklerini belirleyen faktörler arasındadır.

Nor mal harç ve betonlarda karışımına su eklenerek akışkanlık artırılır. Ancak eklenen su miktarı arttıkça taze beton ve harçta segregasyon (ayrışma) artar. Karışımına lateks eklenmesi, daha az su kullanarak ve böylece segregasyonu önleyerek, aynı akışkanlıkta kıvam elde edilmesini sağlar. Sonuç olarak suyu azaltılan hamurun mukavemeti artar ve kuruma rötresi azalır.

Bu konuyla ilgili Kuhlman ve Foor tarafından yapılan çalışmalarda, çimento hamuruna %15 oranında (katı polimer tanecikleri-çimento ağırlığı) SBR lateksi katılarak elde edilen karışımlarda işlenebilirliğin arttığı, bunun yanında karışımın su oranının azaltılabildiği görülmüştür. Kaba agrega -ince agrega oranının 1,04 - 1,20

olduğu bu karışımlarda, su-çi ment o oranı 0,33 iken çökme miktarı 203 mm 0,37 iken 152 mm olarak saptanmıştır.

Süperakışkanlaştırıcı katkı maddesi (melamin ve naftalin formaldehit sülfonatlar) içeren karışımlarda lateks, çökme kaybını kontrol altında tutmak için kullanılır. Süperakışkanlaştırıcılar betona yüksek işlenebilirlik kazandıran katkılardır. Ancak bu katkılarının etki süresi çok kısa olup 30-60 dakika arasındadır. Bu süre sonunda beton akışkanlığını kaybeder ve dozaj tekrarı yapılması gerekir. Eğer süperakışkanlaştırıcılar lateksle birlikte kullanılırsa, çalışma süresi 3 saate kadar çıkabilmektedir. Her iki katkı maddesinin birlikte kullanıldığı bu betonlar, yüksek kaliteli ve pahalı betonlardır.

4.3.5.2 Hava Sürüklenme [6],[8],[16],[20]

Normal harç ve betona oranla, lateks modifiyeli harç ve betonda, sürfaktanların etkisiyle, hava sürüklenme daha fazla olur. Bir miktar hava sürüklenmesi, dona karşı dayanımın artmasını ve düzgün kıvam elde edilmesini sağladığı için gereklidir. Ancak gereğinden fazla miktarda hava sürüklenirse mukavemette azalma meydana gelir. Bu yüzden karışım içindeki hava miktarını dengelemek amacıyla köpük oluşmasını önleyen katkı maddeleri kullanılır. Son zamanlarda, polimerik modifikatör olarak kullanılan latekslerini içerisine köpük gi derici maddeler eklenerek sürüklenen hava miktarı daha düşük olan kompozitler elde edilmiştir.

Bir çok lateks modifiyeli harç karışımlarında hava içeriği %5-20 arasında, beton karışımlarında ise %2 den azdır. Bu da hemen hemen normal harç ve betonunkiyile aynıdır. Hava içeriğinin beton karışımlarda daha az olmasının sebebi, daha iri agregaların kullanıldığı için hava geçişinin daha zor olmasıdır.

4.3.5.3 Çalışma Süresi [16]

Taze beton ve harç için çalışma süresi kavramı, priz süresinden farklı bir kavramdır. Taze betonun çalışma süresi dış yüzeyin sertleşmesiyle birlikte sona erer. Hava sıcaklığı, rüzgar hızı ve havadaki nem oranı betonun çalışma süresini etkileyen faktörlerdir. Lateks modifiyeli karışımlarda, karıştırma yapıldıktan sonra havayla temas etmeye başlayan karışımın çalışma süresi yaklaşık olarak 15-30 dakikadır.

4.3.5.4 Su Tutuculuk [6],[8],[16],[20]

Su tutma yeteneği, lateks modifiye harç ve betonlarda, normal harç ve betona oranla oldukça iyileştirilmiştir. Karışımın poli mer-çimento oranı karışımın su tutma yeteneğini belirler. Kullanılan lateksin yapıdaki iç boşlukları doldurduğunu daha önce belirtmiştik. Bu boşlukların dolması, suyun içerde hapsolarak buharlaşması önler. Yapı içinde buharlaşmayan su, çimento onun hidratasyonunu tamamlamasını sağlar. Tamamen hidrate olan çimento hamurunun mukavemeti daha fazla olur.

Hidratasyon için gerekli olan suyu bünyesinde hapsedebilen bu karışımlarda ıslak kürlenme yapılmamasına gerek yoktur. Karışım döküldükten sonra sadece birkaç gün boyunca ıslatmak yeterlidir. Sertleşmesi için gereken sürenin kalamında karışım kendi kendini hidrate ederek rötre çatlaklarının oluşmasını önler.

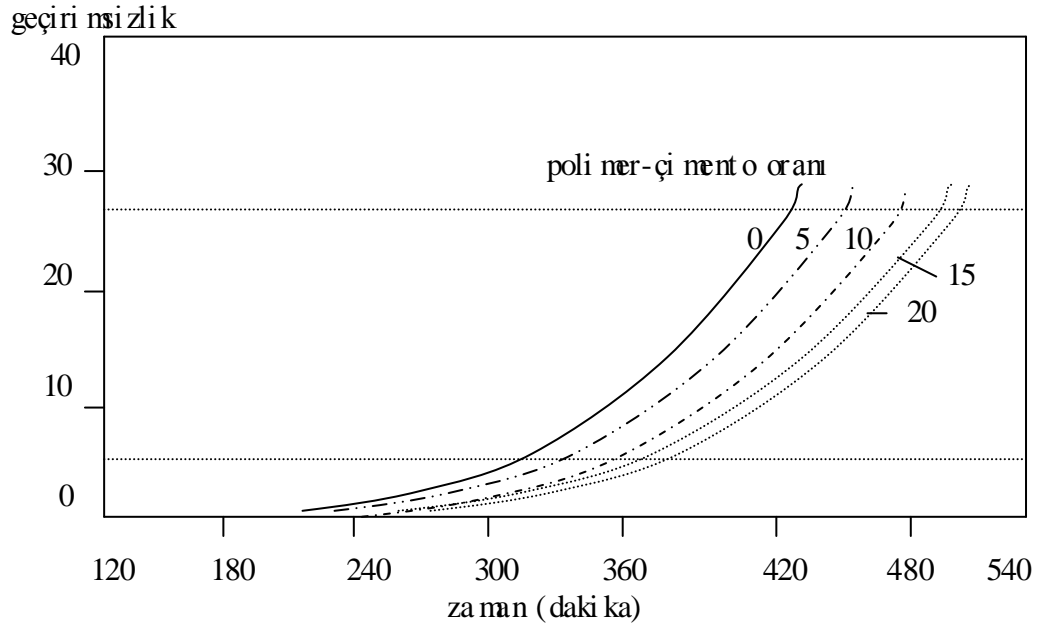
Geleneksel harçla seramik yapıştırma işlemini yaptıktan sonra alt tabakada, su kaybı nedeniyle hidratasyon olayı tamamlanamaz (dry-out) ve bu yüzden hamurun bağlayıcılığı zayıf olur. Bu olay, lateks modifiyeli harç kullanılarak önenebilir.

4.3.5.5 Ayrışma [6],[8],[16]

Akıcı kıvamlarına rağmen, lateks modifiyeli harç ve betonlar, ayrışmaya karşı, normal harç ve betondan daha dirençlidir. Bunun sebebi, lateksin hidrofilik koloidal özelliği ve yapısındaki sürfaktanların su azaltıcı ve hava sürükleyici etkisidir. Ayrışmaya karşı direnci fazla olan bu sistemlerde, terleme ve ayrışmadan dolayı meydana gelen düşük mukavemet ve düşük su geçirimsizliği meydana gelmez.

4.3.5.6 Sertleşme Davranışı [6],[8],[16]

Genel olarak lateks modifiyeli harç ve betonların sertleşmesi, kullanılan poli mer tipine ve lateks-çimento oranına bağlı olarak normal harç ve betondan daha geç olur. Sertleşme süresindeki gecikme oranı, kullanılan poli mer miktarı arttıkça artmaktadır. Doğal kauçuk lateksiyle modifiye edilmiş olan sistemler, lateks modifiyeli sistemler içinde en geç priz yapan karışımlardır. Lateksin priz geciktirme etkisi, yapısında bulunan sürfaktanların çimento onun hidratasyonunu önlemesi nedeniyle oluşur. Sertleşme süresindeki gecikme, pratik uygulamalarda problem oluşturacak kadar uzun değildir (Şekil 4.5).



Şekil 4.5 Lateksle Modifiye Edilmiş Sistemlerde Priz Gecikme Süresi [16]

4.3.6 Sertleşmiş Lateks Modifiyeli Harç Ve Betonun Özellikleri [6],[8],[16],[20]

Sertleşmiş lateks modifiyeli harç ve betonun bir çok özelliği normal harç ve betona oranla oldukça gelişmiştir. Bu özellikler, mekanik mukavemet, deformasyon davranışı, elastisite modülü, Poisson oranı, rötre, sünm davranışı, ısıl genleşme, su geçirimsizlik, adezyon, darbe dayanımı, aşınma dayanımı, klorit iyon penetrasyonu ve karbonatlaşma direnci, kimyasal dayanım ısı ve aleve dayanım donatı dayanımı olarak sıralanabilir.

4.3.6.1 Mukavemet [6],[8],[16],[20]

Tablo 4.6'da görüldüğü gibi, sertleşmiş lateks modifiyeli çimento harçlarının, normal çimento harçlarına göre çekme ve eğilme mukavemetinde önemli bir artış vardır. Ancak basınç dayanımında önemli bir artış olmamaktadır. Bu olay, polimerlerin çekme mukavemetinin fazla olmasından ve adezyonun artmasından kaynaklanmaktadır. Polimer modifiyeli harç ve betonun mukavemet özelliklerini etkileyen faktörler arasında temel olarak kullanılan malzemelerin cinsi, karışım oranları, sürüklenmiş hava miktarı ve kürlenme yöntemleri yer alır.

Tablo 4.6 Değişik Latekslerle Modifiye Edilmiş Karışımların Basınç ve Çekme Mukavemetleri [6]

Karışım Tipi	Polimer-Çimento Oranı (%)	Çekme Mukavemeti (kgf/cm ²)	Basınç Mukavemeti (kgf/cm ²)
Normal Beton	0	30-50	180-200
NR Modifiyeli B	10	40-60	150-170
	20	20-30	40-50
CR Modifiyeli B	10	50-60	180-190
	20	90-100	310-340
SBR Modifiyeli B	10	60-100	150-290
	20	70-120	170-320
PAE Modifiyeli B	10	60-80	160-180
	20	60-90	140-200
PVAC Modifiyeli B	10	60-70	160-170
	20	60-70	150-160
EVA Modifiyeli B	10	60-90	180-290
	20	60-110	190-320

Lateksle modifiye edilen harç ve betonlarda, kullanılan lateks mukavemetinin yüksek olması, kompozitin mukavemetini artırır. Lateksin mukavemetini etkileyen faktörler ise yapısındaki monomer, plastikleştirici, sürfaktan ve köpük önleyici katkı miktarıdır. Lateksin yapısında bulunan monomerler lateksin mukavemetini artırırken plastikleştiriciler azaltmaktadır. Genel olarak, lateksin mukavemeti sürfaktan içeriğinin artırılması ile artar. Ancak aşırı miktarda sürfaktan kullanılması, hidrasyonu önlediği ve fazla hava sürüklenmesine sebep olduğu için betonun mukavemetini azaltır. Lateks için uygun sürfaktan oranı %5-30 arasındadır. Ayrıca son zamanlarda üretilen latekse katılan köpük önleyici katkı miktarının artması hava miktarını azalttığı için mukavemeti artırır.

Lateksle modifiye edilmiş sistemlerde mukavemeti etkileyen bir diğer faktör de karışımın polimer oranıdır. Karışımındaki polimer-çimento oranı mukavemet üzerinde su-çimento oranından daha etkilidir. Uygun kürlenmiş yapılmış olan karışımlarda maksimum mukavemet, %20-30 polimer-çimento oranı ile sağlanır. Daha fazla lateks kullanılması halinde mikrostrüktürde boşluklar ve kopmalar oluşur ve mukavemet azalır. %5 oranından daha az lateks kullanılması halinde ise sistemin mukavemeti gelişmez. Sonuç olarak %5-20 polimer-çimento oranı uygun kürlenmiş yapıldığı takdirde idealdir. Polimer-çimento oranının artması ile karışımın su oranı

%30 ci varına kadar inebilir. Su miktarında meydana gelen bu önemli azalmaya sistemin mukavemetini artırır.

Geleneksel harç ve betonlarda ıslak kürlenme yapılarak mukavemet arttırılmaktadır. Ancak poli mer modifiyeli sistemlerde ıslak kürlenme poli merlerin yapısını bozduğu için uygun değildir. Birçok lateks modifiyeli harç ve betonlarda, başlangıçta ıslak daha sonra kuru kürlenme yapılarak yüksek mukavemet elde edilir. Birkaç günlük ıslak kürlenme, çimentonun hidratasyonu için gereklidir. Daha sonra yapılan kuru kürlenme poli merizasyonun tamamlanmasını sağlar. Poli merizasyonunu tamamlayan karışım da yapı içindeki su dışarı çıkarmayaacağı için, geç hidratasyon için su kürene tekrar ihtiyaç duyulmaz ve gereken su buradan temin edilir. Şekil 4.6 ve 4.7 de kürlenme koşullarının mukavemet üzerindeki etkisi görülmektedir.

4.3.6.2 Deformasyon Davranışı, Elastisite Modülü ve Poisson Oranı [6],[8],[16], [20]

Lateks modifiyeli harç ve betonun elastikliği ve esnekliği normal harç ve betona göre daha fazladır. Bu özellik karışımındaki poli merlerin elastik cisimler olmasından kaynaklanır. Karışım katılan poli mer tipi ve miktarı ürünün elastikliğini belirler ancak Poisson Oranı'nı neredeyse hiç değiştirmez. Tablo 4.7 de çeşitli poli mer modifiyeli ve normal harç ve betonların elastisite modülü ve poisson oranları verilmiştir. Tabloya göre elastisite modülü, belirli bir orana kadar artarken belirli bir orandan sonra azalma eğilimi göstermektedir.

4.3.6.3 Rötme, Sünme ve Isıl Genleşme [6],[8],[16],[20]

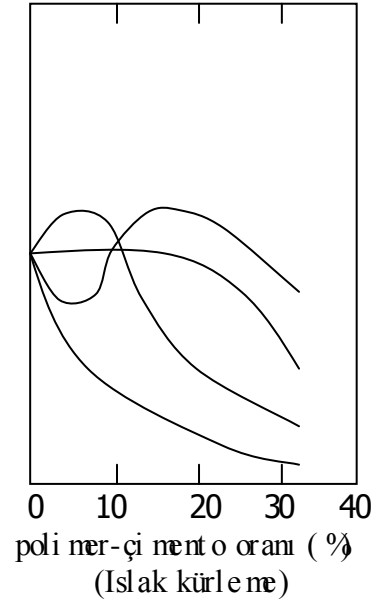
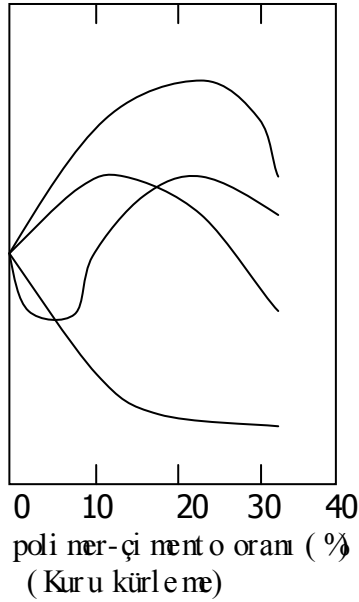
Lateks modifiyeli harç ve betonlarda kuruma rötresi normal harç ve betona göre daha az ya da daha fazla olabilir. Genellikle poli mer-çimenton oranı arttıkça rötme miktarı azalma eğilimindedir.

Kuruma rötresi, kuru kürlenme işlemiyle birlikte artmaya başlar ve 28 günlük kuru kürlenme periyodunun ardından sabit duruma gelir. Lateks modifiyeli harç ve betonlarda kuruma rötresi, poli mer-çimenton oranının artması ile artar. PVA, NR ve CR eklenerek modifiye edilen harçlar, normal harçlara göre daha fazla rötme yaparlar. Özellikle poli vinil asetat katkılı harçlarda rötme miktarı, oldukça yüksektir. Poli mer katkılı harç ve betonlarda rötme miktarı, poli mer içine etilen katılması ile normal harç ve betonun rötme miktarının yarısına kadar indirilebilir. %17-40 etilen oranlı poli merlerin %15-20 oranında kullanılmasıyla ortaya çıkan rötme miktarı makul

düzyededir. Yapısında ki sürfaktan miktarı diğ er latekslerden birkaç kat fazla olduğı için NBR katkılı harç ve betonlarda rötre miktarı oldukça azdır (Şekil 4.8).

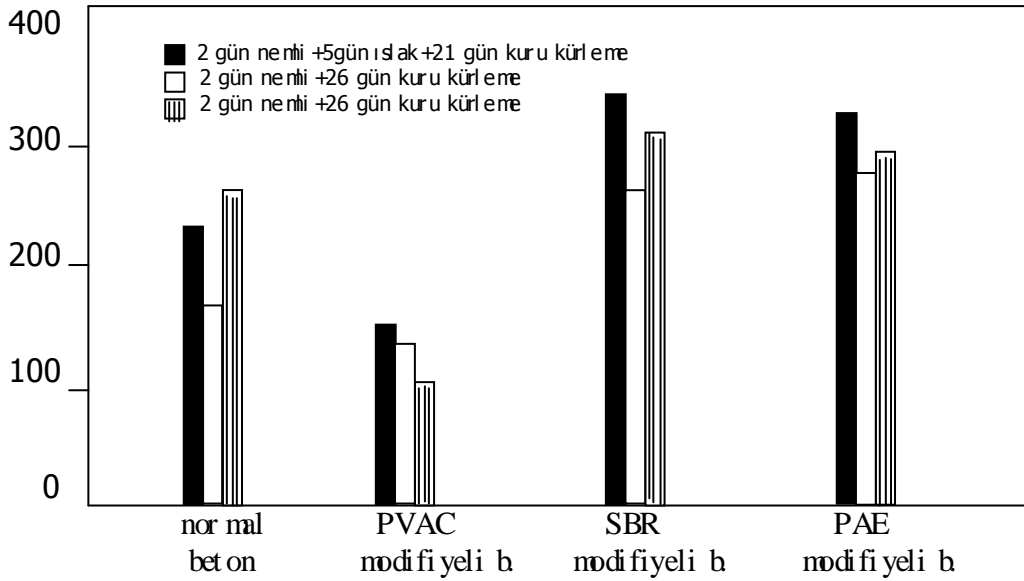
Mükave net

Mükave net



Şekil 4.6 Islak ve Kuru Kürlenme Şartları Altında Çeşitli Lateks Modifiye Sistemlerinin Mükave net Değ iş im Grafi kleri [6]

mükave net

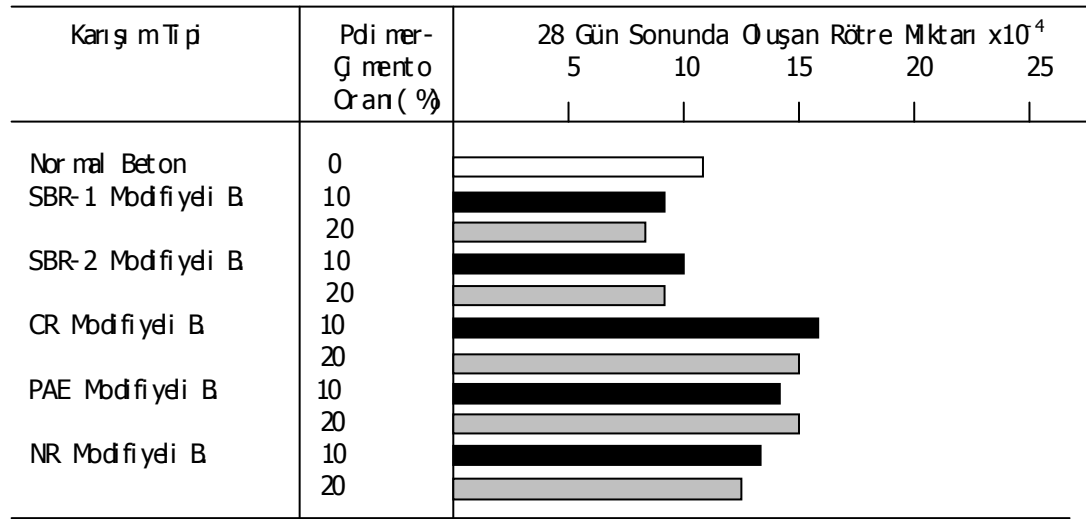


Şekil 4.7 Kürlenme Koşullarının Mükave net e Etkisi [6]

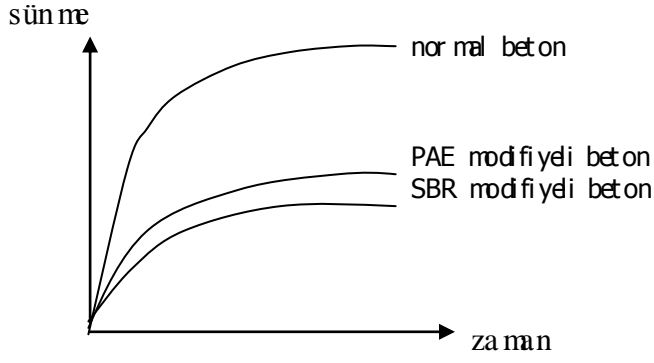
Tablo 4.7. Lateks Modifiyeli Harç ve Betonların Elastisite Modülü ve Poisson Oranları [16]

Karışım Tipi	Poli mer- Çiment o Oranı (%)	Elastisite Modülü ($\times 10^5$ kgf/cm ²)	Poisson Oranı
Nor mal Beton	0	2,11	0,17
PAE Modifiyeli B	5	2,27	0,16
	10	2,36	0,17
	15	2,30	0,17
	20	2,24	0,17
SBR Modifiyeli B	5	2,28	0,16
	10	2,43	0,18
	15	2,42	0,18
	20	2,02	0,18

Şekil 4.9.'da çeşitli polimer modifiyeli harç ve betonların yüklem altında sünme grafikleri verilmiştir. Grafikten de anlaşılacağı gibi, polimer modifiyeli harç ve betonlar, normal harç ve betona göre daha az sünme göstermektedir. Polimerler, esnek cisimler olmasına rağmen, miktarın yaklaşık olarak %3 oranında olması ve çimentonun, hidratasyonunu tamamen yapmış olması nedeniyle böyle bir sonuç ortaya çıkabilmektedir.



Şekil 4.8 Değişik Tipte Lateks Kullanılarak Hazırlanan Karışımların 28 Gün Sonundaki Rötne Miktarı [6]



Şekil 4.9. Nor mal ve Lateks Modifiyeli Betonların Sünmę Grafi kleri [6]

4.3.6.4 Su Geçirimsizlik [6],[8],[16],[20],[31]

Su geçirimsizlik özelliği, sertleşmiş çimento hamurunun boşluk yapısı ve miktarı tarafından belirlenen bir özelliktir. Çimento kristalleri arasındaki boşluklar, dış ortamdan, su, çeşitli gazlar ve kimyasalların yapı bünyesine girmesini ve doluşmasını kolaylaştırarak korozyona sebep olurlar. Polimer modifiyeli harç ve beton, yapısındaki bu boşlukların polimer filmlerle doldurulduğu bir strüktüre sahiptir. Kullanılan polimer tipi ve polimer-çimento oranı, bu boşlukların doldurulabilme özelliğini belirler. Karışımda kullanılan polimer miktarı arttıkça iç boşluklar azalır. Böyle bir iç yapı, suyun emilmesini ya da dışarı çıkmasını önler. Bu durumda polimer modifiyeli harç ve betonların su geçirimsizliği normal harç ve betonlara oranla oldukça yüksektir (Şekil 4.10).

Polimerlerin suya dayanımı oldukça düşüktür ve suya maruz kaldıklarında mukavemetleri önemli ölçüde azalır. Ancak birçok lateks katkılı harç, su emmeden sonra katkısız harçlarınkinden daha yüksek olan mukavemetlerini kaybetmezler ve pratik uygulamalarda problem yaratmazlar. Zayıf su direnci, lateks katkılı harçlardaki polimer fazının kısmen dağılmasına sebep olur. Eğer polimer fazında geri dönüşümsüz kimyasal değişimler meydana gelmişse, yeniden kurutularak mukavemet tekrar kazandırılabilir.

Karışım Tipi	Poli- mer- Çimento Oran (%)	Su Geçirimi Miktarı (gram)			
		10	20	30	40
Normal Beton	0	~38			
	10	~18			
SBR-1 Modifiyeli B	20	~8			
	10	~18			
SBR-2 Modifiyeli B	20	~5			
	10	~15			
PAE Modifiyeli B	20	~5			
	10	~15			
EVA Modifiyeli B	20	~5			
	10	~22			
PVAC Modifiyeli B	20	~12			
	10	~22			
	20	~8			

Şekil 4.10. Değişik Tipte Lateks Kullanılarak Hazırlanan Betonlarda Su Geçirimi Miktarı [6]

4.3.6.5 Adezyon [6],[8],[16],[20]

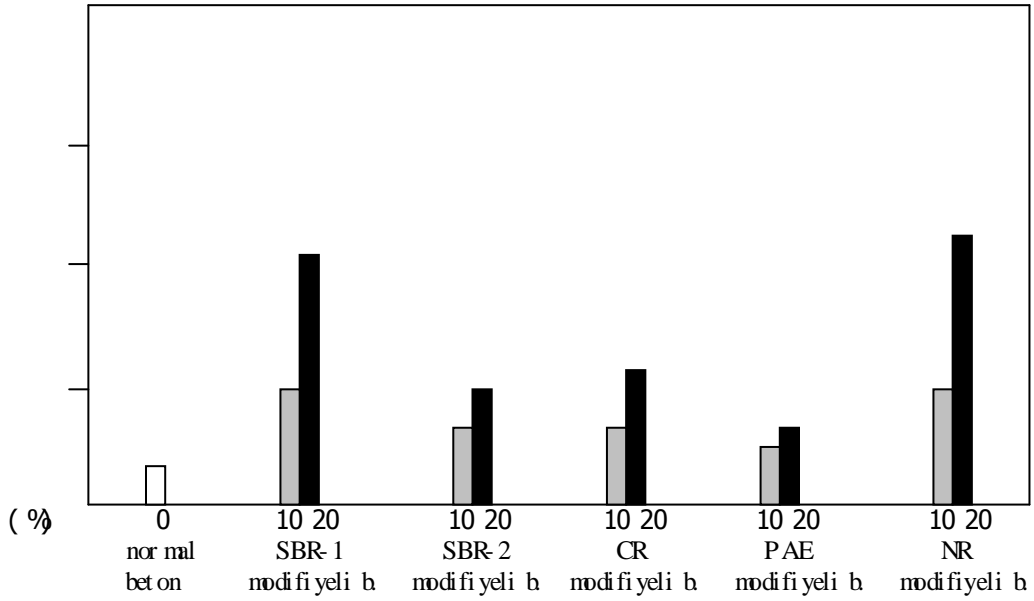
Lateks modifiyeli harç ve betonun adezyonu normal harç ve betona göre oldukça fazladır. Dolayısıyla seramik taş, tuğla gibi maddeleri yapıştırmak için iyi bir malzemedir. Yüksek adezyon özelliği yapıdaki polimerlerin kimyasından kaynaklanmaktadır. Polimerler, adezyon yeteneği çok yüksek malzemelerdir. Ancak nemli ortamlarda, suya dayanım düşük olduğu için yeterli adezyon sağlamazlar. Karışımın adezyonunu, kullanılan polimer cinsi ve miktarı belirler. Kullanılan polimer miktarı arttıkça adezyon artmasına rağmen, belirli bir orandan fazla kullanılırsa iç yapıda bozulmalar oluşur. Yapıştırıcı olarak kullanılacak olan harçlarda poli-mer-çi-mento oranı yaklaşık olarak 1/3 civarındadır.

Genel olarak lateks modifiyeli sistemlerin kuru ortamda adezyonu yüksek olur ve bu yüzden dökülmeyen madan önce yüzeyi kurutulması istenir. Ancak bazı durumlarda kaplama yapılacak yüzeyi, su birikintileri oluşmayacak şekilde ıslatılması gerekir. Aksi takdirde kuru olan alt tabaka, dökülen betonun suyunu emerek plastik rötre çatlaklarının oluşmasına neden olur. Sıcak bölgelerde yapılan kaplama işleminde sonra yüzeyi ıslatılması, buharlaşmadan dolayı soğumaya neden olur. Bu olay, iki katman arasındaki sıcaklık farkını azaltarak termal basıncı minimuma indirmesi sağlar.

4.3.6.6 Darbe Dayanımı [6],[8],[16]

Latex modifiyeli harç ve betonların darbe dayanımı, normal harç ve betonlara göre daha fazladır. Bu sonuç, poli merlerin kendi darbe dayanımlarının yüksek olmasından kaynaklanır. Bu yüzden kullanılan poli mer miktarı arttıkça darbe dayanımı miktarı da artmaktadır. Elastomerler kullanılarak modifiye edilen harçın darbe dayanımı, termoplastik reçneli harca göre daha fazladır (Şekil 4.11.).

Darbe dayanımı



Şekil 4.11. Latex Modifiyeli Sistemlerde Darbe Dayanımı [6]

4.3.6.7 Aşınma Dayanımı [6],[8],[16]

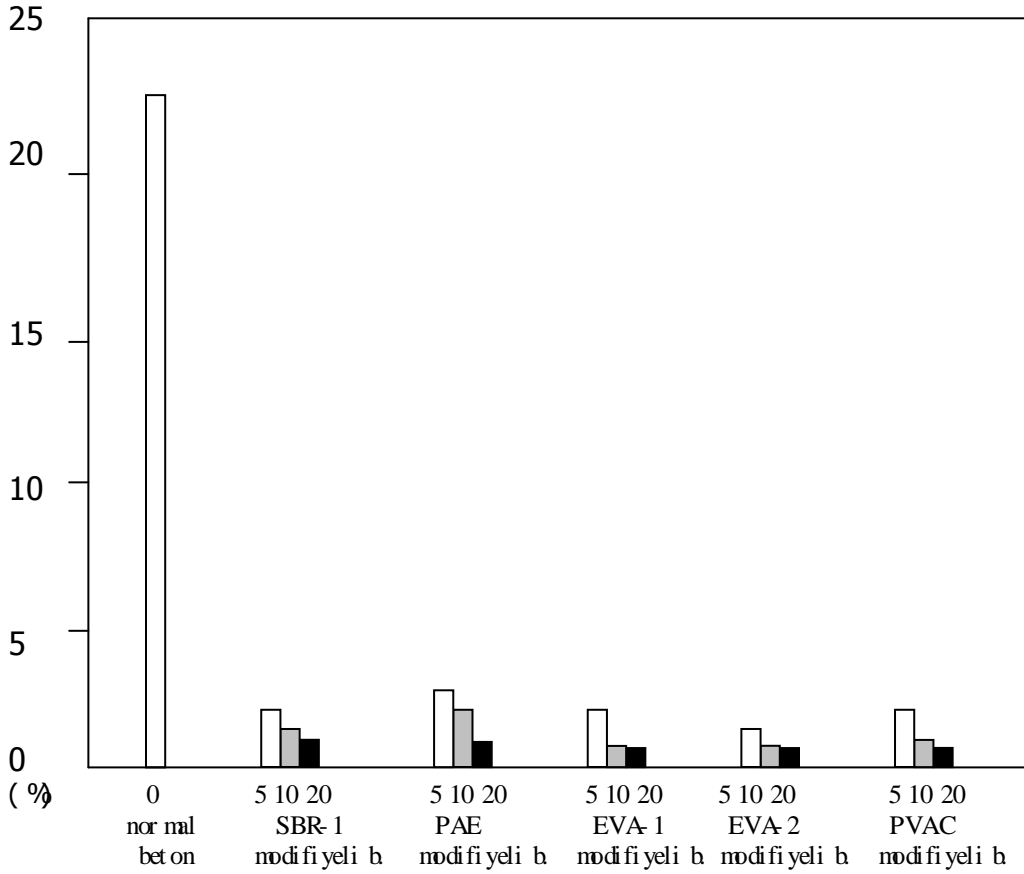
Latex modifiyeli harç ve betonun aşınma dayanımı karıştırılan poli merin tipine miktarına ve aşınma şartlarına bağlıdır. Genel olarak poli mer-çimento oranının artması aşınma dayanımını artırır. Şekil 4.12.'de çeşitli poli mer modifiyeli karışımların karışım oranına göre aşınma dayanımları verilmiştir.

4.3.6.8 Klorit İyon Penetrasyonu ve Karbonatlaşma Direnci [6],[8],[31]

Havadaki çeşitli gazların ve kimyasalların yapısında bulunan klorit iyonları ve karbondioksit, betonun gözeneklerinden içeri girerek korozyona sebep olur. Latex modifiyeli sistemlerde geçirgenlik düşük olduğu için klorit iyonları ve karbondioksit penetrasyonuna direnç normal harç ve betondan daha fazladır. Geçirimsizlik %15 poli mer-çimento oranıyla maksimuma ulaşır. Daha fazla poli mer kullanılması

geçirimsizliğin artmasına bir katkıda bulunmaz. %10'dan az kullanılması ise normal betonun geçirimsizliğini etkilemediği için mantıksızdır.

Aşınma derinliği $\times 10^2$



Şekil 4.12. Lateks Modifiyeli Sistemlerde Aşınma Derinliği [6]

Marusin, %25 oranında akrilik ve S-BI lateksi kullanılarak üretilen, %2-4 oranında hava içeriğine sahip 10 cm'lik küp numunelerde, emilen klorit iyon miktarını ölçmek için çalışmalar yapmıştır. Her iki numunede de klorit iyon miktarı %0.02-0.03 ve derinlik 12-25 mm olarak ölçülmüştür.

4.3.6.9. Kimyasal Dayanım [6],[8],[16]

Lateks modifiyeli harç ve betonun kimyasal dayanım kullanılan polimer tipine ve miktarına bağlı olarak değişir. Karışımın yapısında bulunan çimento hidrat kristalleri, organik-inorganik asitler ve sülfonatlara karşı dayanımsızdır. Ancak bu kristaller, sülfatlar hariç çeşitli tuzlara karşı dayanıklıdır. Kompoziti bir bütün olarak

ele aldığı mız zaman ise yağlara karşı dayanıklı, solventlere karşı dayanıksız olduğunu söyleyebiliriz (Tablo 4.8).

Tablo 4.8 Lateks Modifiyeli Sistemlerde Kimyasal Dayanımın 10 Puan Üzerinden Değerlendirilmesi [6]

Karışım Tipi	Kimyasal Dayanım				
	Asit	Alkali	Tuz	Solvent	Mneral Yağ
Normal Beton	1	8 - 10	1 - 7	5 - 7	7 - 10
SBR Modifiyeli	1 - 2	10	5 - 10	2 - 3	8 - 10
PAE Modifiyeli	1 - 2	10	5 - 10	2 - 3	7 - 9
EVA Modifiyeli	1 - 2	8 - 10	5 - 10	5 - 7	8 - 10

4.3.6.10. Isı ve Alev Dayanıklılık [6],[8],[16]

Lateks modifiyeli karışımlar, yüksek sıcaklığa maruz kaldıklarında mukavemetlerinde ani bir düşme meydana gelir. Bu olay, poli merlerin termal dayanımının düşük olmasından kaynaklanmaktadır. Bu yüzden poli mer miktarındaki bir artış ısı dayanımını düşürmektedir. Bir çok termoplastik poli merlerin iç yapısı 80 - 100°C sıcaklığında bozulur. Normal hava koşullarında mukavemetleri normal harç ve betonlara göre oldukça fazla olan modifiye sistemler, yüksek sıcaklığa maruz kaldıkları takdirde normal harç ve betonla hemen hemen aynı mukavemete sahip olmaktadır.

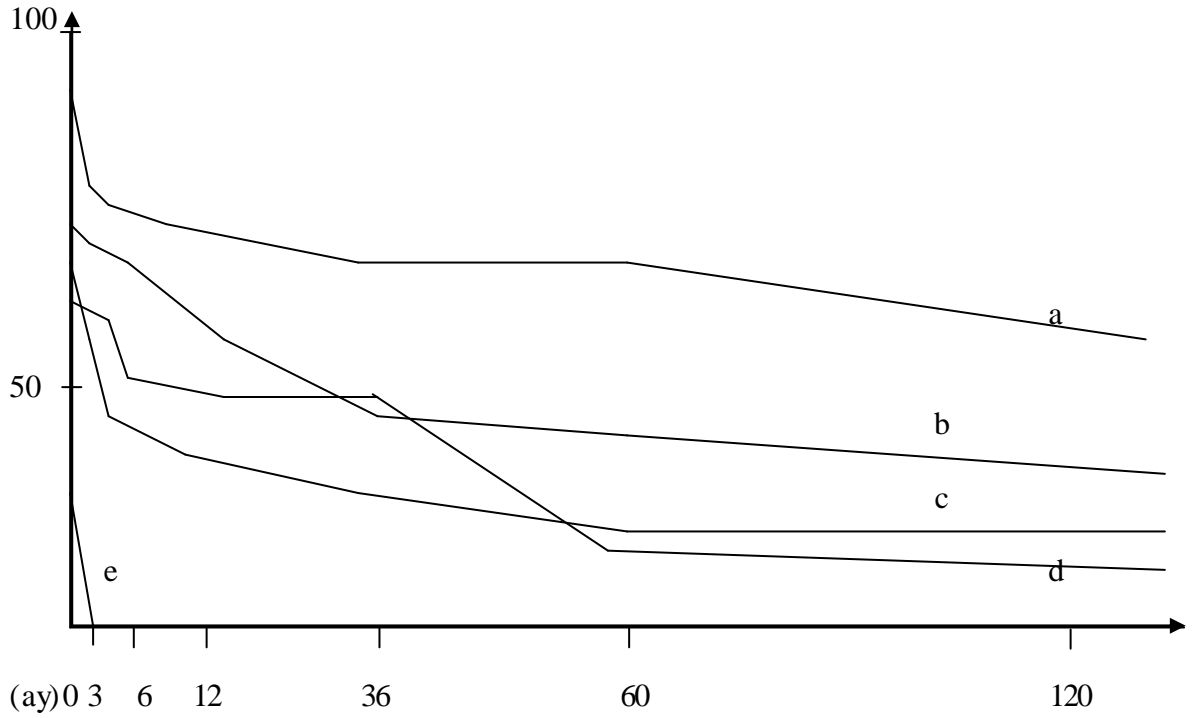
Lateks modifiyeli sistemlerin termal dayanımını, çeşitli faktörler tarafından belirlenir. Bunlar, poli mer-çimento oranı, ortam sıcaklığı ve kullanılan poli merlerin termal özellikleridir. Çimento hamuruna katılan polimerler en fazla 150°C ye kadar dayanabilirler. Daha fazla ısıtılırsa, kompozitin yapısal özelliği bozulur.

4.3.6.11. Donma Dayanımı [6],[8],[16]

Lateks modifiyeli harç ve betonların donma ve erimeye karşı dayanımını normal harç ve betonlara göre daha fazladır. Bunun sebebi, poli merlerin boşlukları doldurmasından dolayı porozitenin (su geçirimsizlik) azalmasıdır. Ancak poli mer-çimento oranının artırılması sonucu donma dayanımı her zaman artmayabilir. Sürüklenmiş olan hava miktarı da önemli bir kriterdir ve poli mer oranının artmasıyla bu hava miktarı da artacağından, donma dayanım eğrisinde azalma görülebilir.

Uzun süreli dış hava koşullarında, lateks modifiyeli harç ve betonun donmaya karşı direncinin normal harç ve betona oranla daha iyi olduğu görülmüştür. Betonun yapısına giren su, donma ve erime olayları ile malzemeler arası adezyonu azaltır. Bunun sonucunda agrega serbest kalır. Şekil 4.13.'de modifiyeli ve modifiye edilmiş harç ve betonun 10 yıllık bir zaman dilimi içindeki adezyon grafiği verilmiştir. Burada modifiye edilmiş sistemlerde, adezyon kuvvetinin 1 yıl sonunda sıfıra indiği, buna karşılık modifiye sistemlerin 10 yıllık bir süre sonunda bile hala iyi bir adezyona sahip olduğu görülmektedir. Buna göre modifiye sistemlerin ömrünün 20 yıl dan fazla olabileceğini söylemek mümkündür.

Adezyon (kg/cm^2)



- a: Agregasız örnek
- b: PAE-2 modifiyeli b
- c: SBR modifiyeli b
- d: PAE-1 modifiyeli b
- e: Normal beton

Şekil 4.13. Lateks Modifiyeli Sistemlerde Uzun Sürede Adezyon Grafiği [6]

5. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

5.1. Deney Programı

Çimento harçlarının niteliklerinin iyileştirilmesi amacıyla yapılan çalışmalarda on adet karışım çeşidi hazırlanmış ve bu hazırlanan numuneler üzerinde deneyler yapılmıştır. Yapılan deneyler; ultrases hızı deneyi, fiziksel deneyler ve mekanik deneylerdir.

Ultrases hızı deneyi, malzeme iç yapısının doluluk oranının ölçülmesi amacıyla yapılan bir deneydir. Bu deneyin yapılması için 4x4x16 cm boyutlarında kalıplar kullanılarak hazırlanan numuneler kurulum ortamında kürlenerek 14, 28 ve 90 gün sonunda test edilmiştir (Şekil 5.1).

Fiziksel deneylerde, kılcallık su emme, buhar geçirgenliği, birim hacim ağırlığı ve özgül ağırlıklar belirlenmiştir. Kılcallık su emme ve birim hacim ağırlığı deneyleri için 4x4x16 cm boyutlarında kalıplar kullanılarak her karışımdan ikişer adet olmak üzere hazırlanan numuneler kullanılmıştır. Hazırlanan numunelere 28 gün sonunda kılcallık deneyi uygulandıktan sonra aynı numuneler üzerinde su emme oranı tayini yapılmış ve birim hacim ağırlık ve özgül ağırlıkları bulunmuştur. Özgül ağırlık deneyi için farklı bir yöntem daha kullanılmış ve böylece iki farklı sonuca ulaşılmıştır. Buhar geçirgenlik deneyi için her karışımdan üçer adet olmak üzere 7 cm çapında ve 2 cm kalınlığında numuneler hazırlanmış ve 90 gün sonunda deney yapılmıştır.

Mekanik deneylerde ise, eğilme, basınç ve aderans dayanımları belirlenmiştir. Eğilme ve basınç deneyleri için 4x4x16 cm boyutlarında kalıplar kullanılarak hazırlanan numuneler 14, 28 ve 90. gün sonunda test edilmiştir. Basınç deneyleri eğilme deneyleri yapıldıktan sonra aynı numuneler üzerinde yapılmıştır. Her karışımdan ikişer adet numune hazırlanarak bulunan sonuçların ortalaması alınmıştır. Aderans deneyi için dolu tuğla yüzeyine harç karışımları 1,4 cm kalınlığında uygulanarak her karışımdan dörder numune olmak üzere deney düzenekleri hazırlanmış ve 28 gün sonunda test edilmiştir.



Şekil 5.1. Hazırlanan Karışımların Kalıplanması

5.2. Kullanılan Malzemeler

Yapılan deneylerde, kum çimento, süperakışkanlaştırıcı, lateks ve mermer tozu kullanılmıştır.

5.2.1. Kumun Özellikleri

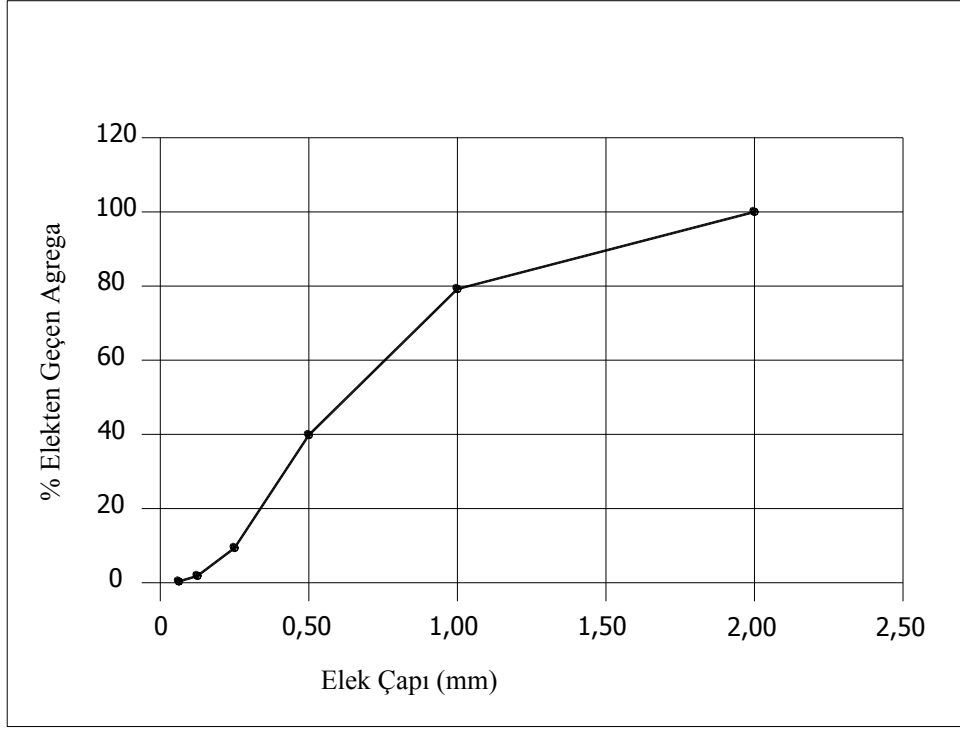
Agrega olarak 2 mm elekten elenerek yıkayıp kurutulmuş dere kumu kullanılmıştır. Yapılan özgül ağırlık deneyinin sonucunda kumun özgül ağırlığı 2,62 gr/cm³ olarak belirlenmiştir.

5.2.1.1. Kumun Elek Analizi ve Granülometri Eğrisi

TS 707 ve 3530'a göre yapılan elek analizi sonunda Tablo 5.1. ve Şekil 5.2'de görülen sonuca ulaşılmıştır.

Tablo 5.1. Kumun Elek Analizi

Elek Çapı (mm)	Kalan (gr)	Geçen (gr)	Elekten Geçen %
2,00	0	1000	100
1,00	207,93	792,07	79,207
0,50	393,64	398,43	39,843
0,25	304,57	93,86	9,386
0,125	75,51	18,35	1,835
0,063	14,95	3,4	0,34
Toplama Kabı	3,4	0	0



Şekil 5.2 Kumun Granülometri Eğrisi

5.2.2 Çimentoün Özellikleri

Harç üretiminde katkısız PÇ 42.5 kullanılmıştır. Kullanılan çimentoün üretim raporu Tablo 5.2’de verilmiştir.

5.2.3 Süperakışkanlaştırıcının Özellikleri

Süperakışkanlaştırıcı olarak Sika ment 300, hiperakışkanlaştırıcı beton katkı maddesi kullanılmıştır. Kullanılan madde, özel tip melamin sülfonat polimeri olup kahverengi renkli akışkan bir malzemedir. Teknik bilgi föyüne göre katkı madde oranı %35, yoğunluğu 1,23 kg/l’tir.

5.2.4 Lateksin Özellikleri

Deneylerde Sika Lateks, harç için su geçirimsizlik ve yapıştırma emülsiyonu kullanılmıştır. Kullanılan madde, beyaz renkli ve akışkan bir malzemedir. Teknik bilgi föyüne göre yoğunluğu 1,02 kg/l’tir.

5.2.5 Mermer Tozunun Özellikleri

Kullanılan mermer tozu Afyon yöresinden temin edilmiştir. Mermer tozu 0,25 mm’lik elekten elendikten sonra kullanılmıştır. Yapılan deney sonucunda mermer tozunun özgül ağırlığı 2,66 gr/cm³ olarak belirlenmiştir.

5.3 Harç Karışı m Oranları

Harç üretiminde kumçimento oranı 3:1 olacak şekilde sabit tutularak çeşitli oranlarda süperakışkanlaştırıcı ve lateks ilave edilmiştir. Mermer tozu kullanılan numunelerde, mermer tozu çimento yerine kullanılmış ve çimento ağırlığı, ilave edilen mermer tozu ağırlığı kadar düşürülmüştür. Her karışımında kullanılan su miktarı kıvam tayini deneyi yapılarak ayarlanmıştır. Hazırlanan karışımlarda yapılan kıvam tayini deneylerinde, sarsma tablasında, 15 saniyede 25 sarsma yapılarak yaklaşık 16 cm yayılması için gerekli su miktarı belirlenerek ilave edilmiştir (Şekil 5.3). Hazırlanan karışı m oranları ve karışı m miktarları Tablo 5.3 ve 5.4’de verilmiştir.

Tablo 5.2 Çimento Üretim Raporu

KİMYASAL ANALİZ	Standartlar %	Analiz Sonuçları %	FİZİKSEL DENEMELER		Standartlar	Analiz Sonuçları
			Test Metodu	Test Metodu: TS 24/ EN 196-3 ve EN 196-6		
TS 687/ EN 196-2						
SiO ₂ (çözünen)			Özgül Ağırlık gr/cm ³			3.17
Çözünmez Kalınlığı	Max. 1.5%	0.30	Donma	Başlangıç	Mn. 1saat	02:25
Al ₂ O ₃				Son	Max. 10 saat	03:00
Fe ₂ O ₃			Hacimsabitliği (mm)		Max. 10 mm	1
CaO			İncelik	Özgül yüzey (cm ² /g)	Mn. 2800 cm ² /g	3520
MgO	Max. 5%	1.12		0.045mm’deki kalınlığı (%)		14.5
SO ₃	Max. 3.5%	2.68		0.09mm’deki kalınlığı (%)		2.7
Kızdırma Kaybı	Max. 4%	0.88	DAYANIM DENEMELERİ			
Cl	Max. 0.1%	0.0280	Test Metodu: TS 24/ EN 196-1			
Na ₂ O K ₂ O			Rilem- Ce mbureau Metodu: 40*40*160 mm’lik prizmalar Karışı ml/3, su/çimento α 0.50 kum TS819 standart kum			
Tayin Edilemeyen						
Meralojik Üleşim	G ₃ S		Basınc Dayanım N/mm ²			
	C ₂ S		Gün	Standartlar	Deney Sonuçları	
	C ₃ A		2	Mn. 20 N/mm ²	29.4	
	C ₄ AF		7	Mn. 31.5 N/mm ²	41	
L.S.F			28	Mn. 42.5 N/mm ²	50.1	



Şekil 5.3. Kıvam Tayini Deneyi

Tablo 5.3. Numune Hazırlanmasındaki Harç Üretiminde Kullanılan Malzeme Miktarları ve Harçların Kodlanması

Numune Kodu	Kum (gr)	Çiment o (gr)	Mermer tozu (gr)	Latex (gr)	Süperakışkanlaştırıcı (gr)	Su (ml)
N	8100	2700	-	-	-	1575
S	8100	2700	-	-	60,7	1280
M	8100	2430	270	-	-	1575
SM	8100	2430	270	-	60,7	1280
L1	8100	2700	-	135	-	1310
L2	8100	2700	-	270	-	1116
L3	8100	2700	-	405	-	
LM1	8100	2430	270	135	-	1310
LM2	8100	2430	270	270	-	1116
LMB	8100	2430	270	405	-	
Numune Kodu	Açıklama					
N	Normal harç: Çiment o harcı					
S	% 0,05 süperakışkanlaştırıcı katılmış harç					
M	Çiment o yerine %10 mermer tozu katılmış harç					
SM	% 0,05 süperakışkanlaştırıcı ve çiment o yerine %10 mermer tozu katılmış harç					
L1	Çiment o ağırlığının %5'i oranında lateks katılmış harç					
L2	Çiment o ağırlığının %10'u oranında lateks katılmış harç					
L3	Çiment o ağırlığının %15'i oranında lateks katılmış harç					
LM1	Çiment o ağırlığının %5'i oranında lateks ve çiment o yerine %10 mermer tozu katılmış harç					
LM2	Çiment o ağırlığının %10'u oranında lateks ve çiment o yerine %10 mermer tozu katılmış harç					
LMB	Çiment o ağırlığının %10'u oranında lateks ve çiment o yerine %10 mermer tozu katılmış harç					

Tablo 5.4 Karışım Oranları

Nu mune Kodu	Ku m (cc)	Çi ment o (cc)	Mer mer tozu (cc)	Lat ex (%)	Süperakışkanlaştırıcı (%)	Su (ml)
N	3	1	-	-	-	1575
S	3	1	-	-	0,05	1280
M	3	0,9	0,1	-	-	1575
SM	3	0,9	0,1	-	0,05	1280
L1	3	1	-	5	-	1310
L2	3	1	-	10	-	1116
L3	3	1	-	15	-	
LM	3	0,9	0,1	5	-	1310
LM	3	0,9	0,1	10	-	1116
LMB	3	0,9	0,1	15	-	

5.4 Ultrases Hızı Deneyi

Hazırlanan 4x4x16 cm ebatlarındaki numuneler 14, 28 ve 90 gün sonunda ultrases hızı deneyine tabi tutulmuştur. Yapılan deneylerde, Scheid Euro mat est firmasının ürettiği olduğu DIG EG-c2 ci hızı kullanılmıştır. Çi hazdan okunan değer bize, sesin bir uçtan diğer uca geçtiği süreyi vermektedir. Bu süre malzemenin doluluk/boşluk oranına göre değişmektedir ve süre ne kadar az ise boşluk oranı o kadar fazladır. Buna göre aşağıdaki formül kullanılarak ultrases hızı değerleri bulunur (Şekil 5.4, Tablo 5.5).

$$V = \frac{l}{t} = \frac{\text{boy}}{\text{zaman}}$$



Şekil 5.4 Ultrases Hızı Deney Dizeneği

Tablo 5.5 Utrases Hızı Deney Tablosu

	14. gün	ortalama	28. gün	Ortalama	90. gün	ortalama
N-1	2,84		2,81		2,88	
N-2	2,88	2,91	2,88	2,83	2,94	2,9
N-3	3		2,81		2,88	
S-1	2,69		2,63		2,63	
S-2	2,75	2,72	2,63	2,63	2,56	2,6
S-3	2,72		2,63		2,63	
M-1	2,81		2,88		3	
M-2	2,88	2,83	2,75	2,81	2,81	2,9
M-3	2,81		2,81		2,88	
SM-1	2,56		2,63		2,91	
SM-1	2,69	2,65	2,75	2,69	2,63	2,72
SM-1	2,69		2,69		2,63	
L1-1	3,13		3,06		3,19	
L1-1	3,13	3,10	3	3,04	3,19	3,17
L1-1	3,06		3,06		3,13	
L2-1	2,94		3		3,19	
L2-1	3	2,96	3,06	3,04	3,13	3,15
L2-1	2,94		3,06		3,13	
L3-3	3,03		3,13		2,88	
L3-3	3,03	3,01	3,13	3,09	3	2,94
L3-3	2,97		3,03		2,97	
LM-3	3,12		3,06		3,06	
LM-3	3,19	3,21	2,94	3,01	3,06	3,10
LM-3	3,31		3,03		3,19	
LM-3	3,16		3,06		3,03	
LM-3	3,16	3,15	3	3	3	3,04
LM-3	3,12		2,94		3,09	
LMB-3	3,19		3,12		3	
LMB-3	3,19	3,2	3,06	3,06	3,06	3,06
LMB-3	3,29		3		3,13	

5.5 Kılcallık Deneyi

Kılcallık deneyi 28 günlük 4x4x16 cm boyutlarındaki numuneler üzerinde yapılmış ve her numuneden ikişer adet kullanılmıştır. Numunelerin ilk olarak hava kurusu ağırlığı ölçülmüş daha sonra deneye başlanmıştır. Deney, numunelerin 4x4 olan yüzeyinin suyla temasının sağlanarak belli zaman aralıklarında ağırlıklarının

ölçülmesi sureti ile yapılmıştır (Şekil 5.5). Her karışımı için yapılan deneylerin sonuçları Ek A Ek J' da verilmiştir.



Şekil. 5.5 Kılcalık Deney Dizeneği

5.6 Su Emme ve Birim Hacim Ağırlığı Deneyleri

Kılcalık deneyi yapılan numuneler üzerinde daha sonra, bir hafta süreyle su içerisinde bırakılarak ve her gün ağırlık ölçümü yapılmak sureti ile su emme oranları ve birim hacim ağırlıkları tayini yapılmıştır. Yapılan deney sonuçları Tablo 5.6' da verilmiştir.

5.7. Buhar Geçirgenliği Deneyi

Buhar geçirgenliği deneyi için çapı 7 cm yüksekliği 2 cm olan dairesel numunelerden, her karışımı için üçer adet numune hazırlanmış ve 90 gün sonunda test edilmiştir. Deney, plastik bir bardağına çine styropor ve $CaCl_2$ koyularak hazırlanan numunelerin bardağın üst kısmına parafin ile tespit edilmesi suretiyle hazırlanmıştır (Şekil 5.6). Hazırlanan numunelerin 1 hafta süreyle her gün aynı saatte ağırlıkları ve laboratuvar ortamı nem ve sıcaklık değerleri ölçülmüştür. Deney sonuçları Ek K- Ek M de verilmiştir.

Tablo 5.6 Su Emme ve Birim Hacı m Ağırlık Dene y Sonuçları

	Orta m N e m Ağırlığı (Po)	Suya Doymuş Ağırlık (P1)	Su Emme Yüzdesi (%)	Bir m Hacı m Ağırlık (gr/c m ³)
N-1	545,8	571,89	4,78	2,6
N-2	552,07	576,67	4,46	2,07
S-1	566,95	585,38	3,25	2,13
S-2	565,89	582,39	2,91	2,16
M-1	550,95	572,33	3,88	2,1
M-2	552,21	570,97	3,39	2,06
S M 1	571,42	581,3	1,73	2,19
S M 2	571,96	582,42	1,83	2,18
L1-1	494,83	509,18	2,90	1,88
L1-2	499,91	513,18	2,65	1,89
L2-1	499,05	509,98	2,19	1,88
L2-2	500,17	513,42	2,65	1,88
L3-1	513,18	522,33	1,78	1,92
L3-2	513,95	524,99	2,14	1,93
L M-1	496,96	514,25	3,48	1,86
L M-2	495,97	516,13	4,06	1,87
L M-1	508,34	522,15	2,72	1,86
L M-2	501,4	515,23	2,76	1,91
L M B-1	488,04	499,69	2,39	1,81
L M B-2	492,74	512,59	4,03	1,83



Şekil 5.6 Buhar Çeçirgenliği Dene y Dizene ği

5.8 Özgül Ağırlık Deneyleri

Eğilme-basınç deneylerinde kullanılan numunelerden birer parça alınarak 24 saat boyunca 105° C de kurutulur. Bu süre sonunda fırından çıkarılan numuneler tamamı 0,2 mm'lik elekten geçecek şekilde öğütülür ve içinde bir miktar saf su bulunan kavanoz içerisine atılır. Daha sonra kavanoz tamamen suyla doldurularak kapatılır ve tartılır. Deney yapılırken malzeme ağırlığı, su dolu kavanoz+kapak ağırlığı ve toplam ağırlıklar ölçülür (Şekil 5.7). Özgül ağırlığın hesaplanması için aşağıdaki formülde bu değerler yerine konur (Tablo 5.7).

$$\delta (\text{özgül ağırlık}) : \frac{\text{malzeme ağırlığı}}{\text{malzeme ağırlığı} + (\text{su dolu kavanoz+kapak ağırlığı}) - \text{toplam ağırlık}}$$



Şekil. 5.7. Özgül Ağırlık Deneyi

Tablo 5.7. Özgül Ağırlık Deney Sonuçları

	malzeme ağırlığı (gr)	su dolu kavanoz+kapak (gr)	toplam ağırlık (gr)	özgül ağırlık (gr/cm ³)
N	30	332,47	350,32	2,47
S	30	332,49	350,86	2,58
M	30	327,85	346,26	2,59
S M	30	332,29	350,67	2,58
L1	30	332,43	350,82	2,58
L2	30	327,8	346,21	2,59
L3	30	327,88	345,9	2,50
L M	30	332,49	350,91	2,59
L M	30	332,32	350,39	2,51
L M B	30	332,74	350,76	2,5

5.9. Eğilme ve Basınç Dayanım Deneyleri

Eğilme ve basınç deneyleri için 4x4x16 cm boyutlarında kalıplar kullanılarak hazırlanan numuneler 14, 28 ve 90. gün sonunda test edilmiştir. Basınç deneyleri eğilme deneyleri yapıldıktan sonra aynı numuneler üzerinde yapılmıştır (Şekil 5.8, Şekil 5.9). Her karışımdan ikişer adet numune hazırlanarak bulunan sonuçların ortalaması alınmıştır. Deney sonuçları Tablo 5.8'de verilmiştir



Şekil 5.8 Eğilme Deneyi Yapılışı



Şekil 5.9 Basınç Deneyi Yapılışı

Tablo 5.8 Eğilme ve Basıncı Deneyleri Toplu Sonuçları

	Eğilme (N mm ²)			Basıncı (N mm ²)		
	14. gün	28. gün	90. gün	14. gün	28. gün	90. gün
N	5,06	7,53	5,95	36,45	45,76	41,34
S	6,06	8,57	8,25	47,28	55,33	55,17
M	5,18	6,13	5,53	31,0	39,0	39,77
S M	6,2	9,04	10,81	52,33	54,91	63,2
L1	4,41	6,12	6,43	25,78	30,47	31,58
L2	4,32	6,3	7,13	26,36	29,51	34,81
L3	5,65	6,81	7,32	29,53	34,12	32,65
L M	4,52	5,52	5,27	21,86	25,71	25,35
L M	5,0	6,09	6,58	26,23	28,33	28,65
L M	5,38	6,44	6,84	24,36	29,86	28,83

5.10. Aderans Deneyi

Aderans deneyi için dolu tuğla yüzeyine harç karışımları 1,4 cm kalınlığında uygulanarak her karışımdan dörder numune olmak üzere deney düzenekleri hazırlanmış ve 28 gün sonunda test edilmiştir (Şekil 5.10, Şekil 5.11). Yapılan deneylerin sonuçları Tablo 5.9.'da verilmiştir.



Şekil 5.10. Aderans Deneyi Numuneleri



Şekil 5.11. Aderans Deneyi Yapılışı

Tablo 5.9. Aderans Deneyi Toplu Sonuçları

	R=57 mm	h: 14 mm			
	1. numune (kN)	2. Numune (kN)	3. Numune (kN)	4. Numune (kN)	Ortalama (kN)
N	1,44	*	2,55	1,65	1,88
S	1,55	1,62	3,05	3,29	2,38
M	3,5	1,27	2,09	2,25	2,28
SM	0,91	1,39	0,81	0,75	0,97
L1	1,53	2,58	2,39	1,88	2,1
L2	1,34	2,09	2,06	3,98	2,37
L3	2,52	1,75	1,44	5,66	2,84
LM1	1,00	1,15	0,79	1,22	1,04
LM2	1,09	2,07	1,96	2,29	1,85
LMB	0,84	1,33	2,74	2,45	1,84

*Yapılan çekme işlemi sonucunda harç yüzeyden komple ayrıldığı için başarısız ol unmuştur.

Yapılan bütün çekme işlemlerinde tuğla yüzeyinden az miktarda kopmalar görülmüştür.

6. DENEY SONUÇLARI

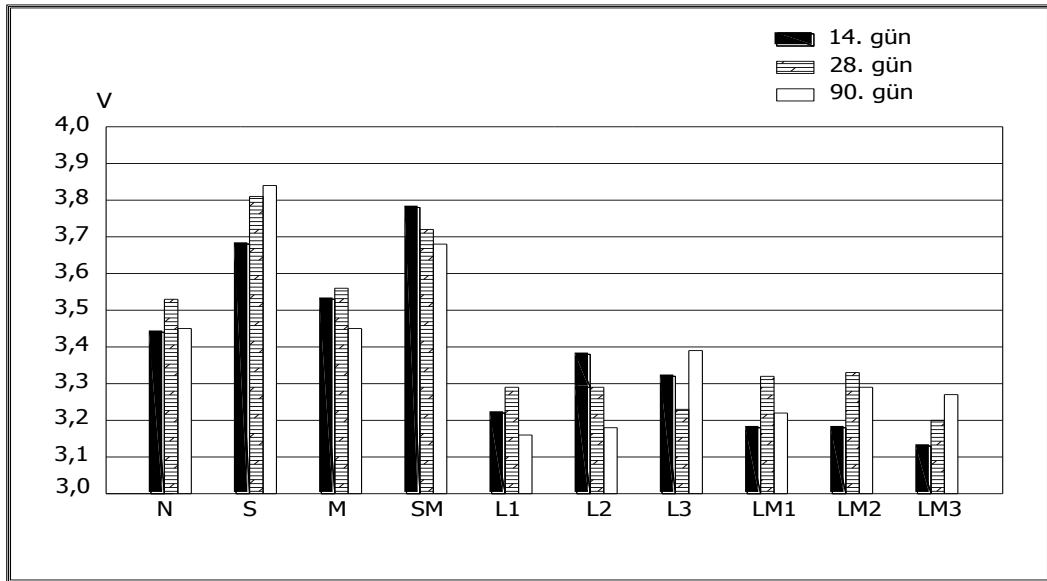
Bu çalışmada, çimento harcı na değişik katkılar ilave edilerek suretiyle elde edilen karışımlar üzerinde fiziksel ve mekanik deneyler yapılmıştır. Yapılan deneylerin sonuçları aşağıda sırasıyla irdelenmiştir.

6.1. Ultrases Hızı Deneyi Sonuçları

- Yapılan ultrases hızı deneylerinde, süperakışkanlaştırıcı katkı maddesi kullanılan S (%0,05 SA) ve SM(%0,05 SA+ %10 mermer tozu) numunelerinde hız değerleri, katkısız çimento harcı na göre oldukça yüksek çıkmıştır.

- Mermer tozu katkılı Mkarışımında sonuç, normal harçla aşağı yukarı aynı değerde çıkmıştır.

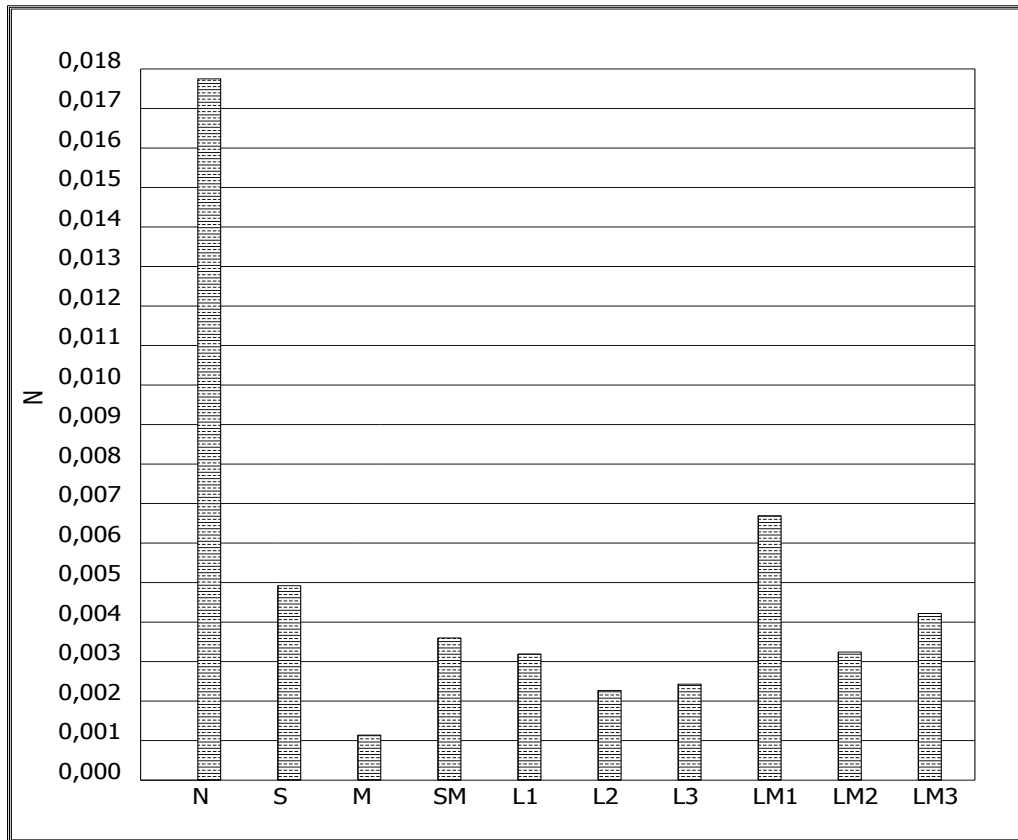
- Latex katkılı L1 (%5 latex), L2 (%10 latex), L3 (%15 latex), LM1 (%5 latex+ %10 mermer tozu), LM2(%10 latex+ %10 mermer tozu) ve LM3(%15 latex+ %10 mermer tozu) karışımlarında hız değeri, normal harca göre oldukça düşük çıkmıştır (Şekil 6.1.).



Şekil 6.1. Ultrases Hızı Deney Sonuç Grafiği

6.2 Kılcallık Deneyi Sonuçları

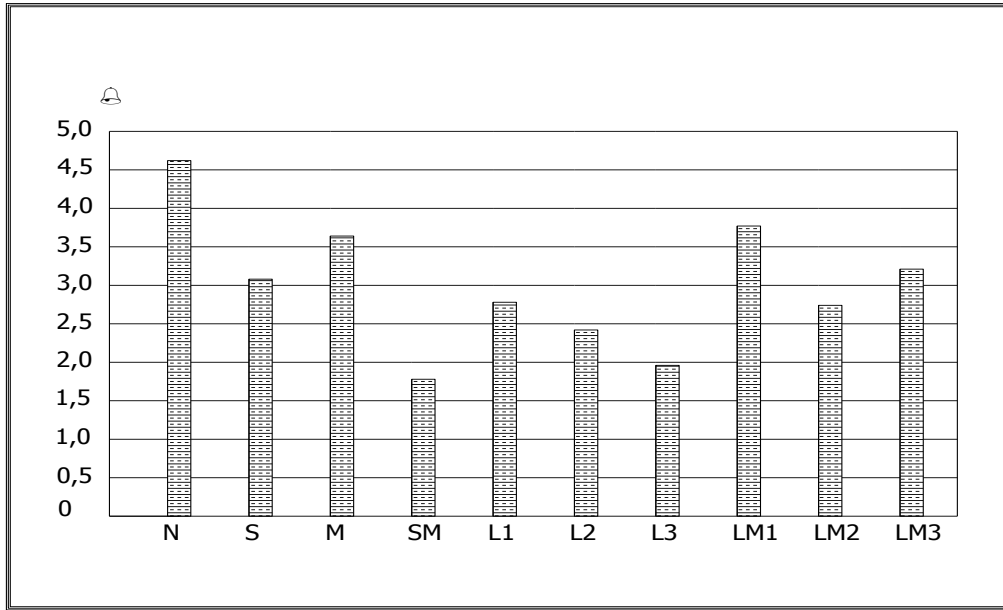
- Kılcallık katsayısı bütün numunelerde, normal çimento harcına göre daha az bulunmuştur.
- Sadece mermer tozu kullanılan numunelerde (M) kılcallık katsayısı değeri en azdır.
- Latex katkılı numunelerde (L1, L2, L3, LM1, LM2, LM3), latex miktarı arttıkça kılcallık katsayısı değeri düşmüştür.
- Süperakışkanlaştırıcı katkılı numunelerde (S, SM), katsayıdaki düşüş latex katkılı numunelere oranla daha azdır.
- Mermer tozu ve latexin beraber kullanıldığı numunelerde (LM1, LM2, LM3), mermer tozunun kılcallık katsayısını, latexin tek başına kullanıldığı numunelere (L1, L2, L3) oranla bir miktar artırdığı gözlenmiştir (Şekil 6.2).



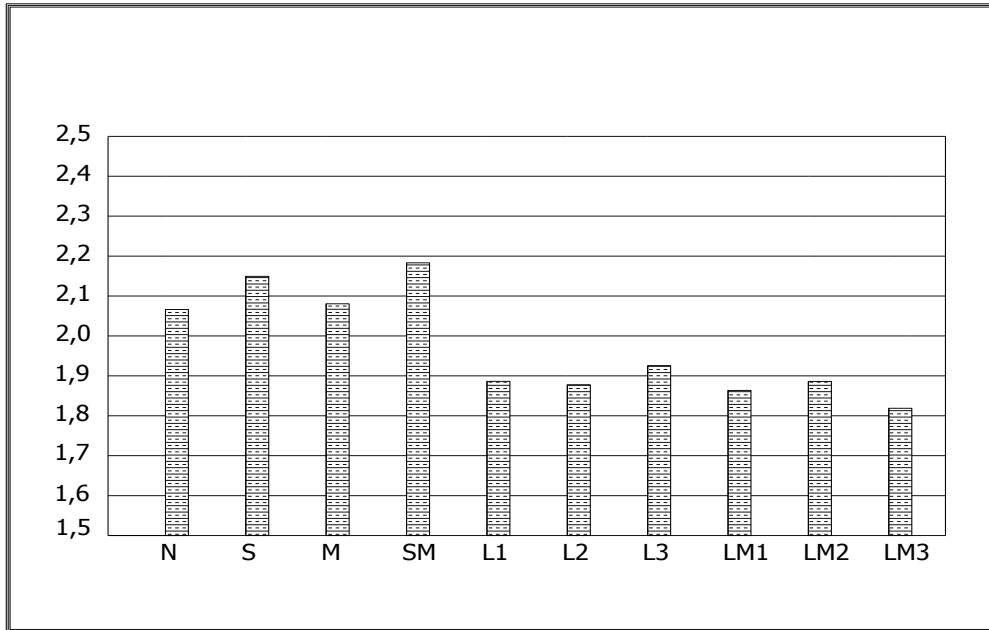
Şekil 6.2 Kılcallık Deneyi Sonuçları

6.3 Su Emme ve BirimHacim Ağırlığı Deney Sonuçları

- Süperakışkanlaştırıcı katkı maddesi kullanılan numunede (S), su emme miktarı normal harca göre daha az gözlenmiştir.
- Süperakışkanlaştırıcı katkı maddesi ve mermer tozunun beraber kullanıldığı numunede(SM), su emme miktarı, süperakışkanlaştırıcı katkı maddesinin tek başına kullanıldığı numuneye oranla daha az gözlenmiştir.
- Mermer tozu katkılı numunede(M), su emme miktarı normal harca göre daha azdır.
- Lateks katkılı numunelerde(L1, L2, L3, LM1, LM2, LM3), su emme oranı normal harca göre daha az olup lateks oranı arttıkça su emme miktarlarında düşüş gözlenmiştir.
- Lateks ve mermer tozunun beraber kullanıldığı karışımlarda (LM1, LM2, LM3), su emme miktarı, sadece lateksli karışımlara (L1, L2, L3) oranla daha fazladır.
- Süperakışkanlaştırıcı katkı maddesi kullanılan numunede(S), birimhacim ağırlığı normal harca göre bir miktar artmıştır
- Süperakışkanlaştırıcı katkı maddesi ve mermer tozunun beraber kullanıldığı numunede(SM), birimhacim ağırlığı, süperakışkanlaştırıcı katkı maddesinin tek başına kullanıldığı numuneye göre daha fazla gözlenmiştir.
- Mermer tozu katkılı numunede(M), birimhacim ağırlığı normal harca göre daha fazladır.
- Lateks katkılı numunelerde(L1, L2, L3, LM1, LM2, LM3), birimhacim ağırlığı, normal harca göre daha azdır.
- Lateks ve mermer tozunun beraber kullanıldığı karışımlarda (LM1, LM2, LM3), birimhacim ağırlığı, sadece lateksli karışımlara (L1, L2, L3) oranla daha azdır (Şekil 6.3.6.4).



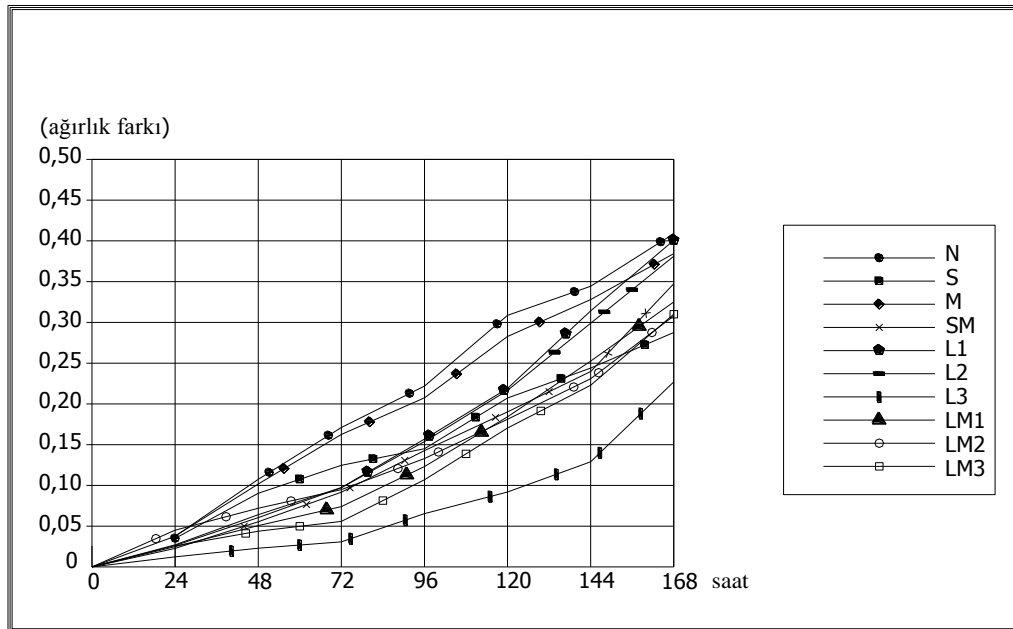
Şekil 6.3. Su Emme Deneyi Sonuçları



Şekil 6.4. Birim Hacı m Ağırlığı Deney Sonuçları

6.4 Buhar Geçirgenliğ Deney Sonuçları

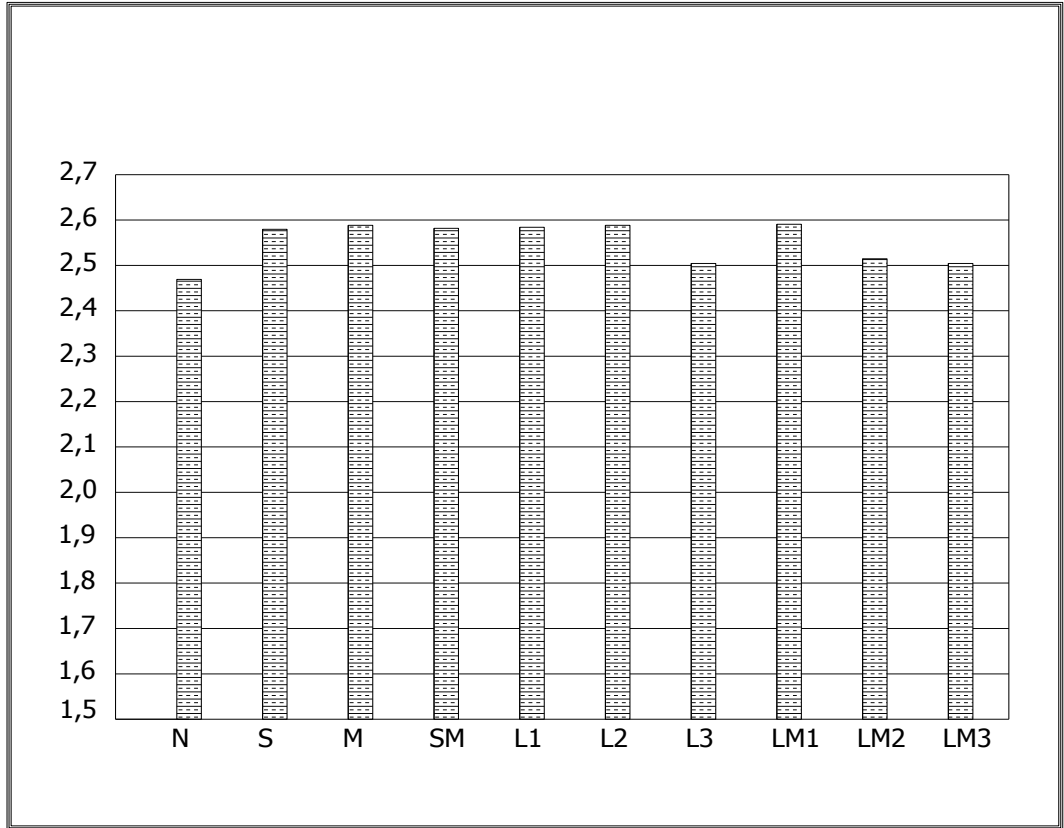
- Süperakışkanlaştırıcı katkı maddesi kullanılan numunede (S), buhar geçirgenliğ oranı normal harca göre daha az gözlenmiştir.
- Mermer tozu katkılı karışımda (M), buhar geçirgenliğ oranı normal harca göre daha az gözlenmiştir.
- Süperakışkanlaştırıcı katkı maddesi ve mermer tozunun beraber kullanıldığı numunede (SM), buhar geçirgenliğ oranı, süperakışkanlaştırıcı katkı maddesinin tek başına kullanıldığı numuneye (S) oranla daha az gözlenmiştir.
- Mermer tozu katkılı numunede (M), su emme miktarı normal harca göre daha azdır.
- %5 ve %10 lateks katkılı numunelerde buhar geçirgenlik oranı normal harçla hemen hemen aynı iken %15 lateks katkılı karışımda buhar geçirgenlik oranı bütünüdür karışımdan azdır.
- Lateks ve mermer tozunun beraber kullanıldığı karışımlarda (LM1, LM2, LM3), buhar geçirgenlik oranı normal harca göre daha düşüktür (Şekil 6.5).



Şekil 6.5 Buhar Geçirgenliğ Deney Sonuçları

6.5 Özgül Ağırlık Deney Sonuçları

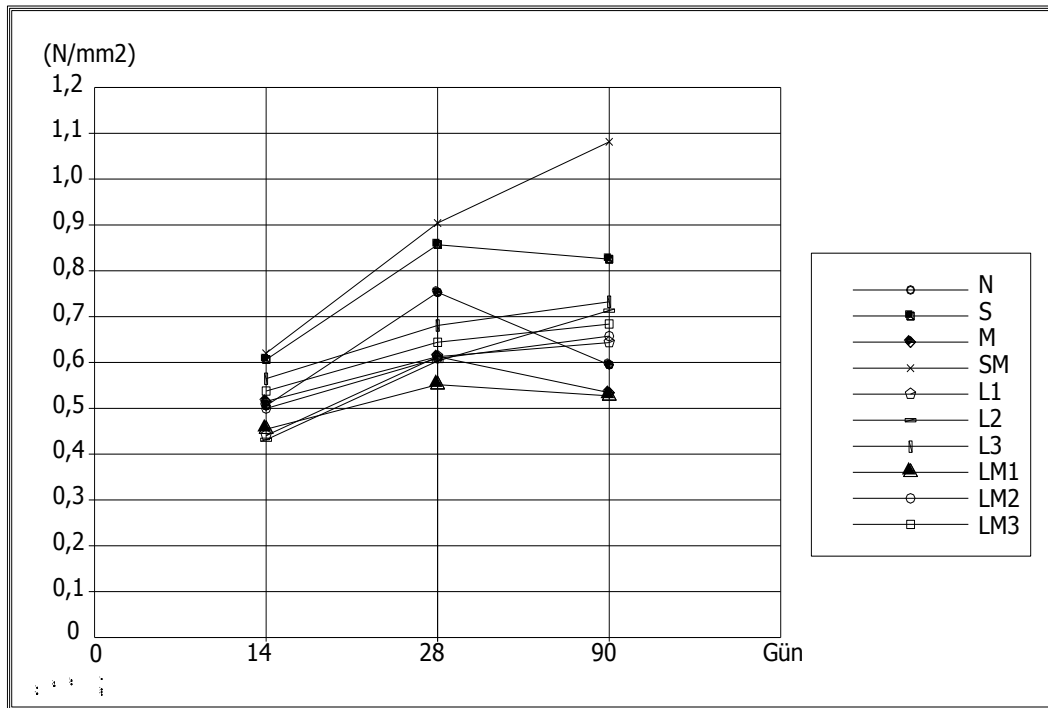
- Süperakışkanlaştırıcı katkı maddesi kullanılan numunede (S), özgül ağırlık normal harca göre daha fazladır.
- Mermer tozu katkılı karışımda (M), özgül ağırlık normal harca göre daha fazladır.
- Süperakışkanlaştırıcı katkı maddesi ve mermer tozunun beraber kullanıldığı numunede (SM), özgül ağırlık süperakışkanlaştırıcı katkı maddesinin tek başına kullanıldığı numuneye oranla çok fazla değişmemiştir.
- Latex katkılı numunelerde (L1, L2, L3, LM1, LM2, LM3), özgül ağırlık normal harca oranla daha fazladır. Ancak kullanılan latex miktarı arttıkça özgül ağırlıklarda düşüş gözlenmiştir (Şekil 6.6).



Şekil 6.6 Özgül Ağırlık Deney Sonuçları

6.6 Eğilme Deneyi Sonuçları

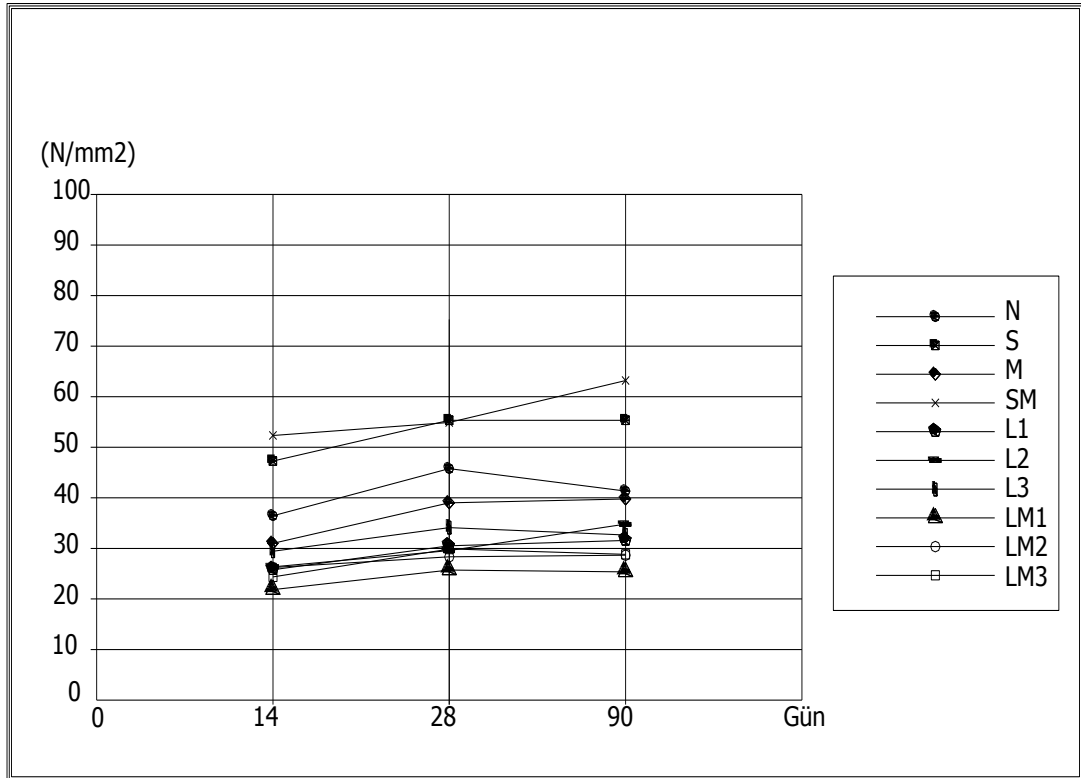
- Süperakışkanlaştırıcı katkı maddesi kullanılan numunede (S), eğilme mukavemeti, normal harçtan daha fazladır.
- Mermer tozu katkılı karışımda (M), eğilme mukavemeti 28 gün sonunda normal harçtan az iken, 90 gün sonunda normal harca göre daha fazladır.
- Süperakışkanlaştırıcı katkı maddesi ve mermer tozunun beraber kullanıldığı numunede (SM), eğilme mukavemeti bütün diğer numunelerden daha fazladır.
- %5 lateks katkılı numunelerde eğilme mukavemeti diğer numunelerden düşüktür. Mermer tozu ve lateks katkılı numunelerde (LM1, LM2, LM3) eğilme mukavemeti, sadece lateks katkılı numunelere (L1, L2, L3) oranla daha azdır.
- %10 ve %15 lateks katkılı numunelerde eğilme mukavemeti 28 gün sonunda normal harçtan az iken 90 gün sonunda daha fazla bir değere erişmiştir (Şekil 6.7).



Şekil 6.7. Eğilme Dayanım Deney Sonuçları

6.7. Basıncı Dayanım Deney Sonuçları

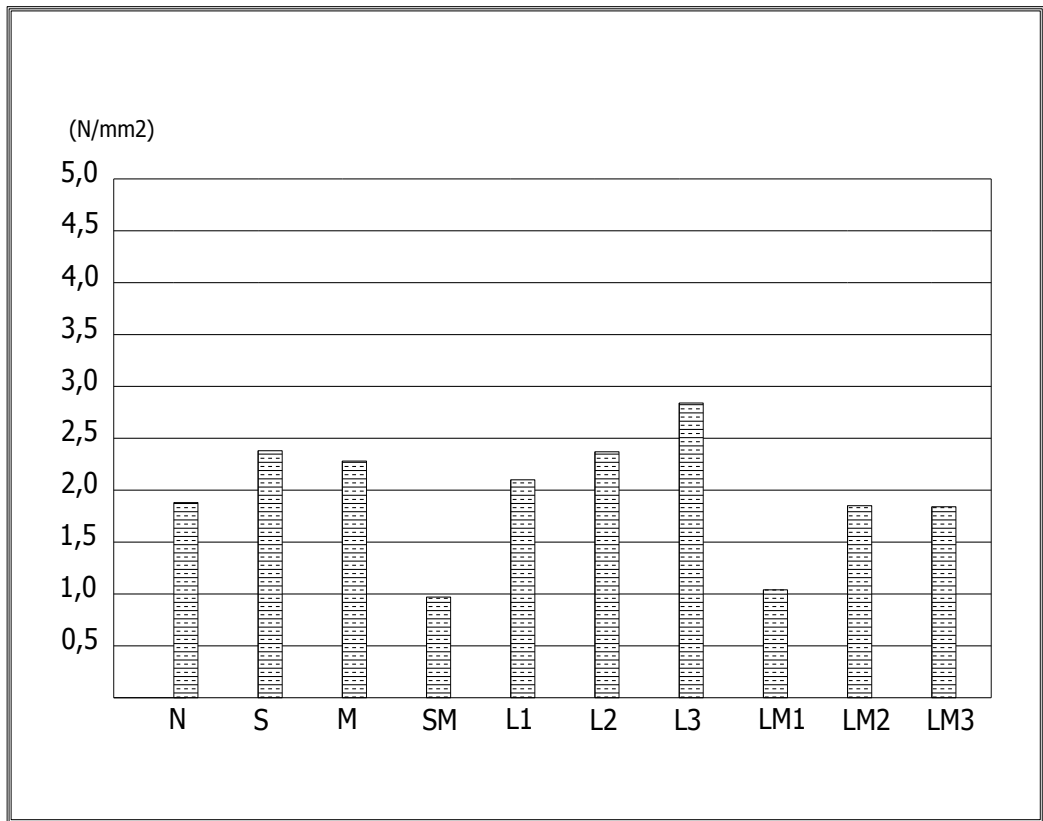
- Süperakışkanlaştırıcı katkı maddesi kullanılan numunede (S), basınç mukavemeti, normal harçtan daha fazladır.
- Mermer tozu katkılı karışımda (M), basınç mukavemeti 28 gün sonunda normal harçtan az iken, 90 gün sonunda normal harçla yaklaşık aynı değerdedir.
- Süperakışkanlaştırıcı katkı maddesi ve mermer tozunun beraber kullanıldığı numunede (SM), basınç mukavemeti bütün diğer numunelerden daha fazladır.
- Lateks katkılı karışımlarda (L1, L2, L3, LM1, LM2, LM3), basınç mukavemeti normal harçtan daha az ölçülmüştür. Lateks oranı arttıkça mukavemet düşmüştür.
- Lateks ve mermer tozunun bir arada kullanıldığı karışımlarda (LM1, LM2, LM3), çok fazla olana kla birlikte, basınç mukavemetlerinde, lateksin tek başına kullanıldığı numunelere (L1, L2, L3) göre düşüş gözlenmiştir (Şekil 6.8).



Şekil 6.8 Basıncı Dayanım Deney Sonuçları

6.8 Aderans Testi Deneý Sonuçları

- Süperakışkanlaştırıcı katkı maddesi kullanılan numunede (S), aderans, normal harçtan daha fazladır.
- Mermer tozu katkılı karışımında (M), aderans normal harçtan daha fazladır.
- Süperakışkanlaştırıcı katkı maddesi ve mermer tozunun beraber kullanıldığı numunede (SM), aderans değeri normal harcın yarısıdır.
- Latex katkılı karışımlarda (L1, L2, L3, LM1, LM2, LM3), aderans normal harçtan daha fazladır ve kullanılan latex oranı arttıkça aderans artmaktadır.
- Latex ve mermer tozunun bir arada kullanıldığı karışımlarda (LM1, LM2, LM3) aderans, lateksi n tekbaşına kullanıldığı numunelere (L1, L2, L3) göre daha azdır. Kullanılan latex oranı arttıkça aderans değeri artmıştır (Şekil 6.9).



Şekil 6.9. Aderans Deneýi Sonuçları

7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, çi mento harçlarının niteliklerinin iyileştirilmesi amacıyla harç karışımına katılan mermer tozu, lateks ve süperakışkanlaştırıcı katkı maddesinin etkilerini değerlendirdikten sonra şu sonuçlara varılmıştır;

Mermer tozunun çi mento harcına etkileri;

- Ultrases hızı deneyleri sonucunda, mermer tozunun ultrases hızı değerini çok fazla etkilemediği görülmüştür.

- Yapılan kılcallık deneyi sonucunda, mermer tozu katkılı karışımın kılcallık katsayısı, normal harca oranla oldukça düşük çıkmıştır.

- Su emme ve birim hacim ağırlığı deneylerinde, mermer tozunun, su emme oranını normal harca göre azalttığı görülmüşken birim hacim ağırlığını çok fazla etkilemediği görülmüştür.

- Mermer tozunun, buhar geçirgenliğini azalttığı görülmüştür. Buradan, mermer tozunun, çi mento harcı içerisinde oluşan kapiler boşlukları doldurduğu anlaşılmaktadır.

- Yapılan eğilme ve basınç deneyleri sonucunda, mukavemetlerin azaldığı görülmüştür. Eğilme mukavemetindeki fark, basınç mukavemetindeki farktan daha fazla olmuştur. 90 günlük numunelerde, fark giderek azalmıştır.

- Mermer tozunun harç aderansını artırdığı görülmüştür.

Sonuç olarak, eğilme ve basınç mukavemetlerindeki düşüşe rağmen, maliyet ve tekrar kullanım açısından düşünüldüğü zaman, çi mento harçlarında mermer tozu kullanım elverişli görünmektedir.

Süperakışkanlaştırıcı katkı maddesinin çi mento harcına etkileri;

- Ultrases hızı deneyleri sonucunda, süperakışkanlaştırıcı katkı maddesinin ultrases hızı değerini artırdığı görülmüştür.

- Karışımlara süperakışkanlaştırıcı katkı ilave edildiğinde, kılcılık katsayısı 3 kat azalmıştır.
- Süperakışkanlaştırıcı, normal harcın su emme oranını azaltırken, birim hacim ağırlığını artırmıştır. Bu durum kullanılan su miktarının azalması sonucunda, birim hacim ağırlığı ve özgül ağırlığın artmasıdır.
- Karışımlarda süperakışkanlaştırıcı kullanılması, buhar geçirgenlik oranını azaltmıştır.
- Eğilme ve basınç deneyleri sonucunda, mukavemet normal harca ve diğer karışımlara oranla oldukça yüksektir. Kullanılan su miktarının azalmasından dolayı mukavemetlerde artış gözlenmiştir.

Latex kullanımının çimentoharcına etkileri;

- Ultrases hızı deneyleri sonucunda, lateksin ultrases hızı değerini düşürdüğü görülmüştür.
- Çimentoharcına lateks katılması, kılcılık katsayısını oldukça azaltmıştır. Kullanılan lateks miktarı arttıkça kılcılık daha da azalmıştır. Buradan lateksin çimentoharcı içerisindeki boşlukları doldurma işlevini yerine getirdiği görülmüştür.
- Karışımlara lateks ilavesi, çimentoharcının su emme oranını, kullanılan lateks oranının artmasıyla ters orantılı olarak azaltmıştır. Yapılan deneylerde birim hacim ağırlıkları da normal harca oranla düşük çıkmıştır.
- Düşük miktarlarda lateks kullanımı, buhar geçirgenlik oranını çok fazla etkilememiştir. Ancak %5 oranında kullanıldığı takdirde, normal harcın buhar geçirgenliği oldukça düşmüştür.
- Lateks katkılı karışımlarda, özgül ağırlıklarda gözle görülür bir fark ortaya çıkmamıştır.
- Karışımlara %5 oranında lateks katılması sonucunda eğilme mukavemetleri çok değişmemiştir. Ancak daha yüksek oranlarda kullanılması durumunda eğilme mukavemetinin, normal harca göre arttığı görülmüştür. Ancak lateksli numunelerde basınç dayanımının normal harca göre düşük değerlerde çıktığı gözlenmiştir.
- Lateks ve mermer tozunun beraber kullanıldığı karışımlarda aderans normal harca göre düşük çıkmıştır. Lateksin tek başına kullanıldığı karışımlarda ise aderansın

normal harca göre, kullanılan lateks miktarı ile doğru orantılı olarak arttığı görülmüştür.

Özgül ağırlık deneylerinde, katkısız harç karışımında (N), özgül ağırlığın en yüksek çıkması gerekirken, ortaya çıkan çelişki, diğer katkılı karışımlarda kullanılan organik maddelerin su içerişinden daha geç çıkması sonucundan kaynaklanmaktadır.

Sonuç olarak, mermer tozu sadece maliyet ve tekrar kullanım açısından elverişli görülürken, süperakışkanlaştırıcının kılcılık katsayısı ve su emme oranını azalttığı, eğilme ve basınç mukavemetlerini artırdığı görülmüştür. Lateksin ise kılcılık katsayısı ve su emme oranını azalttığı, eğilme mukavemetini artırırken basınç mukavemetini azalttığı ve aderansı artırdığı görülmüştür. Bu durumda, harcın kullanım amacına ve ortam koşullarına bağlı kalarak en uygun katkıyı, ya da gerekirse birkaç katkıyı beraber, doğru oranlarda kullanmak en doğru çözümdür.

KAYNAKLAR

- [1] **2 Uusal Beton Kongresi**, Yüksek Dayanmlı Beton, Mayıs 1991, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, İstanbul, 262-269.
- [2] **Akman, MS**, 1975. Yapı Malzemesi Ders Notları, İ. T. Ü. Mimarlık Fakültesi Baskı Atölyesi, İstanbul, 59-70.
- [3] **Arıoğ u E, Arıoğ u N, Yılmaz A O**, 1999, Çözümü Beton Agregaları Problemleri, Evrim Yayınevi, İstanbul, 1-17.
- [4] **Artel T**, 1969, Yapı Malzemesi, Osman Yalçın Matbaası, İstanbul, 282-284.
- [5] **Brandt, A M**, 1995. Cement Based Composites, E&F Spon, London, 110.
- [6] **Chandra, S, Chama, Y**, 1994. Polymers in Concrete, CRS Press, Florida, 81-181.
- [7] **Dodson V**, 1990, Concrete Admixtures, Structural Engineering Series, USA 56-69.
- [8] **Doğu E**, 1993. Polimer Katkılı Çimento Betonları, *Yüksek Lisans Tezi*, İ. T. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 14-73.
- [9] **Eriç M**, 1978, Yapı Malzemeleri, Kazmaz Matbaası, İstanbul, 26-33.
- [10] **İşsever E**, 2002, Süperakışkanlaştırıcı ve Mineral Katkılı Taze Çimento Haruru ve Harçların Reolojik Özellikleri, *Yüksek Lisans Tezi*, İ. T. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 37-38.
- [11] **Kocataşkın E**, 1965. Çimento ve Özellikleri, İ. T. Ü. İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul, 14-46.
- [12] **Kosmatka, S H, Panarose W C**, 1988, Design and Control of the Concrete Admixtures, Portland Cement Association, USA, 63-93.
- [13] **Milhotra V M**, 1987, Developments in the Use of Plasticizers, American Concrete Institute, Detroit, 101-108, 215-222.
- [14] **Milhotra, V M**, 1989. Superplasticizers and Other Chemical Admixtures in Concrete (Proceeding Third International Conference, Ottawa, Canada), American Concrete Institute, Detroit, 1-19, 243-263.
- [15] **Milhotra V M**, 1991, Superplasticizers in Concrete, American Concrete Institute, Detroit, 1-21, 67-87, 137-157.
- [16] **Milhotra, V M**, 1992. Advances in New Concrete Technology, Canada Communication Group-Publishing Canada, 775-899.

- [17] **Milner, Y.**, 1992, High Performance Concrete, E&F Spon, London, 14-23.
- [18] **Mavi Ö.**, 2000, Kireç Harç ve Sıvalarının Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin İyileştirilmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, İ. T. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1-31, 44-62.
- [19] **Miral, H.**, 1984. Beton ve Harçların Basınç Altındaki Kısa Süreli Davranışında Çimento Hâmur Yapısı ve Agreganın Granulometri Sınıfları, İ. T. Ü. İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul, 3-5.
- [20] **Popovics, S.**, 1992 Concrete materials, Noyes Publications, New Jersey, 103-135, 258-266.
- [21] **Postacıoğlu, B.**, 1986. Beton, Mtbaa Teknisyenleri Basımevi, İstanbul, 27-163.
- [22] **Ramachandran V. S.**, 1984, Concrete Admixtures Handbook, Noyes Publications, USA 211-264.
- [23] **Şentürk A., Gündüz L.**, 1996, Mermer Teknolojisi, Tuğra Ofset, Isparta, 155-195.
- [24] **T92 Sıva ve Diğer Mineral Bağlayıcı Dökme Malzeme Kaplama İşleri Teknik Şartnamesi**, 1987, Tübitak Yapı Araştırma Enstitüsü Yapı Uygulama Araştırma Bölümü, Ankara.
- [25] **TÇMB Çimento ve Beton Dünyası**, Temmuz- Ağustos 2002, Ankara
- [26] **Türkiye Hazır Beton Birliği**, Genel Teknik Bilgiler Klavuzu
- [27] **Türkiye 1. Mermer Sempozyumu**, 1995, TMMOB Maden Mühendisleri Odası, Afyon, 45-52.
- [28] **Tüz Ö.**, 1996, Bina Cephelemindeki Hâsarlar Nedenleri ve Giderilme Yolları *Yüksek Lisans Tezi*, İ. T. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1-16.
- [29] **Yalçın, H., Gürü, M.**, 2002. Malzeme Bilgisi, Palme Yayıncılık, Ankara, 279-385.
- [30] **Yücesoy S.**, 1993, Süperakışkanlaştırıcı Katkı Maddelerinin Portland Çimento Harçlarının Rötresine Etkisi, *Yüksek Lisans Tezi*, İ. T. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 15-16.
- [31] **Whiting, D., Walitt, A.**, 1988. Permeability Of Concrete, American Concrete Institute, Detroit, 19-35.
- [32] <http://irc.nrcnrc.gc.ca/cbd/cbd242e.html> (24.12.2002)

Ek A N Karışı m Kılcallık Deney Sonuçları

	N 1	Q	N	N 2	Q	N
orta m ne m ağırlığı	545,8			552,07		
ilk ağırlık	545,94			552,14		
4. daki ka	546,62	0,68	0,02053	552,82	0,68	0,02043
9. daki ka	546,94	1	0,02012	553,15	1,01	0,02023
16. daki ka	547,19	1,25	0,01887	553,45	1,31	0,01968
25. daki ka	547,47	1,53	0,01847	553,68	1,54	0,01851
36. daki ka	547,74	1,8	0,01811	553,97	1,83	0,01833
49. daki ka	547,99	2,05	0,01768	554,2	2,06	0,01768
64. daki ka	548,22	2,28	0,01721	554,44	2,3	0,01727
81. daki ka	548,46	2,52	0,0169	554,65	2,51	0,01676
100. daki ka	548,7	2,76	0,01666	554,97	2,83	0,017
121. daki ka	548,87	2,93	0,01608	555,15	3,01	0,01644
144. daki ka	549,05	3,11	0,01565	555,36	3,22	0,01612
169. daki ka	549,24	3,3	0,01532	555,58	3,44	0,0159
a(c m)	4,076			4,133		
b(c m)	4,064			4,027		
taban alanı (c m ²)	16,5649			16,6436		
Nort			0,01763			0,01786

Ek B- S Karışı m Kılcalık Deney Sonuçları

	S-1	Q	N	S-2	Q	N
orta m n e m ağırlığı	566,95			565,89		
ilk ağırlık	566,97			565,91		
4. daki ka	567,2	0,23	0,00693	566,1	0,19	0,00581
9. daki ka	567,32	0,35	0,00703	566,2	0,29	0,00592
16. daki ka	567,39	0,42	0,00632	566,25	0,34	0,0052
25. daki ka	567,47	0,5	0,00602	566,31	0,4	0,0049
36. daki ka	567,53	0,56	0,00562	566,35	0,44	0,00449
49. daki ka	567,59	0,62	0,00533	566,39	0,48	0,0042
64. daki ka	567,66	0,69	0,00519	566,44	0,53	0,00406
81. daki ka	567,72	0,75	0,00502	566,47	0,56	0,00381
100. daki ka	567,76	0,79	0,00476	566,5	0,59	0,00361
121. daki ka	567,83	0,86	0,00471	566,54	0,63	0,00351
144. daki ka	567,86	0,89	0,00447	566,61	0,7	0,00357
169. daki ka	567,89	0,92	0,00426	566,61	0,7	0,0033
a(cm)	4,018			3,975		
b(cm)	4,133			4,11		
taban alanı (cm ²)	16,6064			16,3373		
Nort			0,00547			0,00436

Ek C- M Karışı m Kılcalık Deney Sonuçları

	M 1	Q	N	M 2	Q	N
orta m ne m ağırlığı	550,95			552,21		
ilk ağırlık	551,06			550,26		
4. daki ka	551,5	0,44	0,0134	550,67	0,41	0,01226
9. daki ka	551,72	0,66	0,0134	550,85	0,59	0,01176
16. daki ka	551,9	0,84	0,01279	551,01	0,75	0,01121
25. daki ka	552,06	1	0,01218	551,2	0,94	0,01124
36. daki ka	552,22	1,16	0,01178	551,38	1,12	0,01116
49. daki ka	552,36	1,3	0,01131	551,55	1,29	0,01102
64. daki ka	552,51	1,45	0,01104	551,72	1,46	0,01091
81. daki ka	552,68	1,62	0,01096	551,91	1,65	0,01096
100. daki ka	552,83	1,77	0,01078	552,1	1,84	0,011
121. daki ka	552,96	1,9	0,01052	552,24	1,98	0,01076
144. daki ka	553,19	2,13	0,01081	552,4	2,14	0,01066
169. daki ka	553,26	2,2	0,01031	552,59	2,33	0,01072
a(c m)	4,088			4,143		0,01114
b(c m)	4,016			4,037		
taban alanı (c m ²)	16,4174			16,7253		
Nort			0,01161			0,01114

Ek D SM Karşı m Kılcallık Deney Sonuçları

	SM 1	Q	N	SM 2	Q	N
orta m ne m ağırlığı	571,42			571,96		
ilk ağırlık	571,45			571,99		
4. daki ka	571,63	0,18	0,00551	572,16	0,17	0,00518
9. daki ka	571,68	0,23	0,00469	572,22	0,23	0,00468
16. daki ka	571,75	0,3	0,00459	572,28	0,29	0,00442
25. daki ka	571,77	0,32	0,00392	572,3	0,31	0,00378
36. daki ka	571,81	0,36	0,00367	572,34	0,35	0,00356
49. daki ka	571,82	0,37	0,00323	572,4	0,41	0,00357
64. daki ka	571,88	0,43	0,00329	572,42	0,43	0,00328
81. daki ka	571,9	0,45	0,00306	572,45	0,46	0,00312
100. daki ka	571,96	0,51	0,00312	572,52	0,53	0,00323
121. daki ka	571,97	0,52	0,00289	572,52	0,53	0,00294
144. daki ka	571,97	0,52	0,00265	572,53	0,54	0,00274
169. daki ka	571,99	0,54	0,00254	572,56	0,57	0,00267
a(cm)	4,01			4,04		
b(cm)	4,075			4,058		
taban alanı (cm ²)	16,3408			16,3943		
Nort			0,00360			0,00360

Ek E- L1 Karışı m Kılcalık Deney Sonuçları

	L1-1	Q	N	L1-2	Q	N
orta m ne m ağırlığı	494,83			499,91		
ilk ağırlık	494,86			499,94		
4. daki ka	495,02	0,16	0,00487	500,08	0,14	0,00424
9. daki ka	495,08	0,22	0,00446	500,13	0,19	0,00383
16. daki ka	495,11	0,25	0,0038	500,17	0,23	0,00348
25. daki ka	495,18	0,32	0,00389	500,19	0,25	0,00303
36. daki ka	495,22	0,36	0,00365	500,22	0,28	0,00283
49. daki ka	495,27	0,41	0,00356	500,23	0,29	0,00251
64. daki ka	495,31	0,45	0,00342	500,26	0,32	0,00242
81. daki ka	495,36	0,5	0,00338	500,26	0,32	0,00215
100. daki ka	495,43	0,57	0,00347	500,32	0,38	0,0023
121. daki ka	495,43	0,57	0,00315	500,32	0,38	0,00209
144. daki ka	495,48	0,62	0,00314	500,33	0,39	0,00197
169. daki ka	495,54	0,68	0,00318	500,35	0,41	0,00191
a(c m)	4,035			4,073		
b(c m)	4,075			4,055		
taban alanı (c m ²)	16,4426			16,516		
Nort			0,00366			0,00273

Ek F- L2 Karışı m Kılcallık Deney Sonuçları

	L2-1	Q	N	L2-2	Q	N
orta m n e m ağırlığı	499,05			500,17		
ilk ağırlık	499,07			500,2		
4. daki ka	499,21	0,14	0,00422	500,33	0,13	0,0039
9. daki ka	499,26	0,19	0,00382	500,4	0,2	0,004
16. daki ka	499,31	0,24	0,00361	500,41	0,21	0,00315
25. daki ka	499,35	0,28	0,00337	500,43	0,23	0,00276
36. daki ka	499,38	0,31	0,00311	500,47	0,27	0,0027
49. daki ka	499,41	0,34	0,00293	500,51	0,31	0,00266
64. daki ka	499,43	0,36	0,00271	500,53	0,33	0,00248
81. daki ka	499,49	0,42	0,00281	500,56	0,36	0,0024
100. daki ka	499,5	0,43	0,00259	500,64	0,44	0,00264
121. daki ka	499,53	0,46	0,00252	500,64	0,44	0,0024
144. daki ka	499,54	0,47	0,00236	500,68	0,48	0,0024
169. daki ka	499,57	0,5	0,00232	500,72	0,52	0,0024
a(cm)	4			4		
b(cm)	4,15			4,165		
taban alanı (cm ²)	16,6			16,66		
Nort			0,00171			0,00282

Ek G- L3 Karişı m Kılcallık Deney Sonuğarı

	L3-1	Q	N	L3-2	Q	N
orta m n e m ağırlığ	513,18			513,95		
ilk ağırlık	513,2			513,97		
4. daki ka	513,3	0,1	0,00299	514,09	0,12	0,00361
9. daki ka	513,33	0,13	0,00259	514,15	0,18	0,00361
16. daki ka	513,38	0,18	0,00269	514,2	0,23	0,00346
25. daki ka	513,38	0,18	0,00215	514,23	0,26	0,00313
36. daki ka	513,4	0,2	0,00199	514,26	0,29	0,00291
49. daki ka	513,43	0,23	0,00197	514,29	0,32	0,00275
64. daki ka	513,45	0,25	0,00187	514,34	0,37	0,00278
81. daki ka	513,46	0,26	0,00173	514,35	0,38	0,00254
100. daki ka	513,48	0,28	0,00168	514,39	0,42	0,00253
121. daki ka	513,48	0,28	0,00152	514,39	0,42	0,0023
144. daki ka	513,49	0,29	0,00145	514,43	0,46	0,00231
169. daki ka	513,49	0,29	0,00133	514,46	0,49	0,00227
a(c m)	4,035			4,135		
b(c m)	4,142			4,021		
taban alanı (c m ²)	16,713			16,6268		
Nort			0,002			0,00285

Ek H- LM Karışı m Kılcalık Deney Sonuçları

	LM- 1	Q	N	LM- 2	Q	N
orta m ne m ağırlığı	496,96			495,97		
ilk ağırlık	497,02			496,03		
4. daki ka	497,35	0,33	0,03947	496,42	0,39	0,01176
9. daki ka	497,47	0,45	0,08073	496,56	0,53	0,01066
16. daki ka	497,59	0,57	0,13634	496,71	0,68	0,01025
25. daki ka	497,72	0,7	0,2093	496,83	0,8	0,00965
36. daki ka	497,81	0,79	0,28345	496,95	0,92	0,00925
49. daki ka	497,89	0,87	0,36418	497,06	1,03	0,00888
64. daki ka	498	0,98	0,46883	497,17	1,14	0,0086
81. daki ka	498,06	1,04	0,55972	497,25	1,22	0,00818
100. daki ka	498,12	1,1	0,6578	497,33	1,3	0,00784
121. daki ka	498,2	1,18	0,7762	497,44	1,41	0,00625
144. daki ka	498,26	1,24	0,88982	497,5	1,47	0,00739
169. daki ka	498,31	1,29	1,00284	497,58	1,55	0,00719
a(cm)	4,05			40,24		
b(cm)	4,129			41,2		
taban alanı (cm ²)	16,7225			1657,89		
Nort			0,00456			0,00882

Ek I - LM2 Karışı m Kılcalık Deney Sonuçları

	LM2- 1	Q	N	LM2- 2	Q	N
orta m ne m ağırlığı	508,34			501,4		
ilk ağırlık	508,35			501,42		
4. daki ka	508,5	0,15	0,0044	501,6	0,18	0,00548
9. daki ka	508,56	0,21	0,00411	501,69	0,27	0,00548
16. daki ka	508,62	0,27	0,00396	501,76	0,34	0,00518
25. daki ka	508,65	0,3	0,00352	501,82	0,4	0,00487
36. daki ka	508,69	0,34	0,00332	501,89	0,47	0,00477
49. daki ka	508,74	0,39	0,00327	501,95	0,53	0,00461
64. daki ka	508,79	0,44	0,00323	502	0,58	0,00442
81. daki ka	508,8	0,45	0,00293	502,05	0,63	0,00426
100. daki ka	508,82	0,47	0,00276	502,1	0,68	0,00414
121. daki ka	508,86	0,51	0,00272	502,14	0,72	0,00399
144. daki ka	508,86	0,51	0,00249	502,17	0,75	0,00381
169. daki ka	508,89	0,54	0,00244	502,21	0,79	0,0037
a(c m)	4,18			4,025		
b(c m)	4,079			4,079		
taban alanı (c m ²)	17,0502			16,418		
Nort			0,00192			0,00456

Ek J - LMB Karışı m Kılcalık Deney Sonuçları

	LMB- 1	Q	N	LMB- 2	Q	N
orta m ne m ağırlığı	488,04			492,74		
ilk ağırlık	488,04			492,75		
4. daki ka	488,17	0,13	0,00386	492,93	0,18	0,00534
9. daki ka	488,24	0,2	0,00396	493,02	0,27	0,00534
16. daki ka	488,28	0,24	0,00356	493,11	0,36	0,00534
25. daki ka	488,37	0,33	0,00392	493,18	0,43	0,0051
36. daki ka	488,43	0,39	0,00386	493,28	0,53	0,00524
49. daki ka	488,49	0,45	0,00382	493,35	0,6	0,00509
64. daki ka	488,54	0,5	0,00371	493,43	0,68	0,00504
81. daki ka	488,56	0,52	0,00343	493,47	0,72	0,00475
100. daki ka	488,56	0,52	0,00309	493,54	0,79	0,00469
121. daki ka	488,6	0,56	0,00302	493,6	0,85	0,00459
144. daki ka	488,63	0,59	0,00292	493,65	0,9	0,00445
169. daki ka	488,68	0,64	0,00292	493,7	0,95	0,00434
a(c m)	4,026			4,046		
b(c m)	4,185			4,165		
taban alanı (c m ²)	16,8488			16,8516		
Nort			0,0035			0,00494

Ek K - N, S, M Karışımları Buhar Geçirgenlik Deney Sonuçları

	h (ort)	r (ort)	alan	ilk ağırlık	24 saat	48 saat	72 saat	96 saat	120 saat	144 saat	168 saat
N-1	0,01547	0,07005	0,00385	162,74	162,77	162,84	162,9	162,94	163,04	163,07	163,11
N-2	0,01548	0,06922	0,00376	155,10258	155,14691	155,2214	155,28621	155,35547	155,441	155,481	155,56845
N-3	0,01525	0,06964	0,00381	148,22688	148,26542	148,33035	148,79634	148,43961	148,51438	148,52438	148,61756
S-1	0,01717	0,06899	0,00374	167,85	167,88	167,93	167,96	167,97	167,98	167,01	168,06
S-2	0,01471	0,06899	0,00374	146,83592	146,88341	146,95014	146,98564	147,00626	147,13656	147,15656	147,2368
S-3	0,01594	0,06895	0,00373	158,179	158,20629	158,24718	158,28463	158,31494	158,36132	158,38132	158,42233
M-1	0,01413	0,06945	0,00379	141,05058	141,08547	141,15297	141,22322	141,27071	141,351	141,371	141,4614
M-2	0,01534	0,06923	0,00376	147,77185	147,81877	147,88681	147,94714	148,00383	148,08394	148,12394	148,18857
M-3	0,01505	0,0696	0,0038	151,42365	151,45521	151,51158	151,56315	151,6076	151,67266	151,70266	151,76243
nem(%)				60	63	66	66	66	65	65	64
hava basıncı				754	752	754	754	753	754	754	758
sıcaklık				19,5	19,5	20,3	20,1	20,2	20	20	19,6

Ek L- SM, L1, L2 Karışımları Buhar Geçirgenlik Deney Sonuçları

	h (ort)	r (ort)	alan	ilk ağırlık	24 saat	48 saat	72 saat	96 saat	120 saat	144 saat	168 saat
SM-1	0,012738	0,069858	0,003832853	138,89547	138,92317	138,95239	139,99061	140,04288	140,11843	140,19589	140,24643
SM-2	0,013836	0,069032	0,00374275	146,77726	146,80036	146,82931	146,85187	146,896	146,92005	146,94872	147,0827
SM-3	0,013814	0,06951	0,003794761	147,67953	147,71159	147,75141	147,77941	147,83604	147,87913	147,92124	148,06
L1-1	0,012588	0,069484	0,003791923	137,42015	137,442	137,4854	137,50139	137,55376	137,61045	137,68055	137,77391
L1-2	0,012904	0,0693	0,003771867	135,69509	135,72516	135,75441	135,79835	135,861	135,9014	136,02241	136,11505
L1-3	0,012746	0,069858	0,003832853	130,23333	130,26253	130,30078	130,3404	130,40395	130,4934	130,58745	130,66131
L2-1	0,014616	0,069014	0,003740798	144,86607	144,89035	144,91873	144,95349	145,00682	145,07752	145,13351	145,22162
L2-2	0,014056	0,069232	0,003764468	142,81781	142,8395	142,8755	142,90319	142,95521	143,0024	143,09922	143,16854
L2-3	0,014732	0,06925	0,003766426	149,77223	149,80515	149,8436	149,89014	149,95467	150,02549	150,11977	150,20862
nem (%)				55	55	56	57	61	62	65	68
hava basıncı				757	762	760	762	759	760	760	755
sıcaklık				19	19	20	20	20	20	20	19,5

Ek M- L3, LM1, LM2, LM3 Karışımları Buhar Geçirgenlik Deney Sonuçları

	h (ort)	r (ort)	alan	ilk ağırlık	24 saat	48 saat	72 saat	96 saat	120 saat	144 saat	168 saat
L3-1	0,012658	0,070598	0,003914485	136,90448	136,90926	136,91154	136,92072	136,95864	136,99203	137,049901	137,13326
L3-2	0,013116	0,071996	0,004071052	150,38991	150,40355	150,4189	150,42003	150,45854	150,46102	150,46988	150,63168
L3-3	0,013518	0,071066	0,003966556	143,37885	143,39727	143,4116	143,4248	143,4522	143,4958	143,54022	143,58948
LM1-1	0,015532	0,070452	0,003898311	159,82016	159,82758	159,83003	159,8395	159,87949	159,9266	159,958414	160,01
LM1-2	0,011932	0,070742	0,003930471	133,95047	133,96863	133,9866	134,0097	134,07835	134,14778	134,261288	134,36556
LM1-3	0,013744	0,070494	0,003902961	143,74654	143,80043	143,85741	143,89459	143,93363	144,00015	144,059901	144,1216
LM2-1	0,01356	0,07137	0,004000564	144,66235	144,69593	144,74198	144,78476	144,82046	144,86326	144,90078	144,99077
LM2-2	0,01418	0,070762	0,003932693	152,06361	152,14277	152,15455	152,16539	152,2131	152,2693	152,33655	152,4124
LM2-3	0,014	0,070358	0,003887916	148,93511	148,95763	148,98032	148,99533	149,02628	149,07194	149,11624	149,18146
LM3-1	0,01375	0,071346	0,003997874	147,29505	147,33381	147,33879	147,34033	147,37656	147,43671	147,4769	147,53704
LM3-2	0,01386	0,071506	0,004015826	146,65117	146,66565	146,67986	146,69332	146,74515	146,82107	146,890051	146,9482
LM3-3	0,013016	0,070982	0,003957185	132,48323	132,50729	132,54221	132,56329	132,62867	132,68273	132,73097	132,87416
nem (%)				59	60	60	58	60	62	64	66
hava basıncı				759	755	760	761	759	760	760	758
sıcaklık				20	19	20	19,5	20	20	19	20

ÖZGEÇMİŞ

1979 yılında Silifke/ MERSİN de doğan Neşe Erdoğan, ilköğretimi dönemi ni n ilk üç yılını Silifke Cazi paşa İlkokul unda, son iki yılını Bursa İhsan Dikmen 4 ilkokul unda tamamlamıştır. Ortaöğretimi ni Bursa Yıldırım Bayazıt Lisesi nde, lise öğretimi ni ni ilk iki yılını Mersin Fen Lisesi, son yılını Bursa Kız Lisesi nde tamamladıktan sonra 1996 yılında İ. T. Ü. Mimarlık Bölümünde öğrenim görmeye başlamıştır. 2001 bahar yarıyılında Mimarlık Bölümü' nü başarıyla tamamlamış ve 2002 kış yarıyılında, İ. T. Ü. Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Anabilim Dalı, Çevre Kontrolü ve Yapı Teknolojisi Kürsüsünde yüksek lisans okumaya hak kazanmıştır. Yüksek Lisans öğrenimi boyunca Deka İnşaat ve Arge Yapı' da çalışmıştır.