

Lateksin Agresif Ortamlardaki Sertleşmiş Beton ve Harç Özelliklerine Etkisi

Emre Tutan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Ekim 2015

Effect of Latex on Properties of Hardened Concrete and Mortar in Aggressive
Environments

Emre Tutan

MASTER OF SCIENCE THESIS

Department of Civil Engineering

October 2015

Lateksin Agresif Ortamlardaki Sertleşmiş Beton ve Harç Özelliklerine Etkisi

Emre Tutan

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Fen Bilimleri enstitüsü
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Yapı Bilim Dalında
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır.

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Mehmet Canbaz

Ekim 2015

ONAY

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans öğrencisi Emre Tutan'ın YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı "Lateksin Agresif Ortamlardaki Sertleşmiş Beton ve Harç Özelliklerine Etkisi" başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

Danışman : Yrd.Doç.Dr. Mehmet Canbaz

Yüksek Lisans Tez Savunma Jürisi :

Üye: Yrd.Doç.Dr. Mehmet Canbaz

Üye: Prof.Dr. İlker Bekir Topçu

Üye: Prof.Dr. Eşref Ünlüoğlu

Üye: Yrd.Doç.Dr. Cenk Karakurt

Üye: Yrd.Doç.Dr. Abdullah Demir

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun tarih ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof.Dr. Hürriyet ERŞAHAN

Enstitü Müdürü

ETİK BEYAN

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre, Yrd.Doç.Dr. Mehmet Canbaz danışmanlığında hazırlamış olduğum “Lateksin Agresif Ortamlardaki Sertleşmiş Beton ve Harç Özelliklerine Etkisi ” başlıklı YÜKSEK LİSANS tezimin özgün bir çalışma olduğunu; tez çalışmamın tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; tezimde verdiğim bilgileri, verileri akademik ve bilimsel etik ilke ve kurallara uygun olarak elde ettiğimi; tez çalışmamda yararlandığım eserlerin tümüne atıf yaptığımı ve kaynak gösterdiğimi ve bilgi, belge ve sonuçları bilimsel etik ilke ve kurallara göre sunduğumu beyan ederim. 05/10/2015

Emre Tutan

ÖZET

Beton özelliklerini iyileştirmek adına günümüzde beton katkısı olarak polimerlerin kullanımı oldukça yaygınlaşmıştır. Bir polimer türü olan ve doğal kauçuğun ham maddesi olan lateks, beyaz serbestçe akan bir sıvıdır ve bazı bitkilerin sütlü özüdür. Bu çalışmada beton ve harç numunelerine farklı oranlarda lateks katkısı ilave edilip elde edilen beton ve harçların dayanımları irdelenmiştir. Bunun yanında elde edilen numunelerin agresif ortamlardaki (asit, sülfat) dayanımları incelenmiştir. Yapılan deneysel çalışmalarda farklı oranlarda lateks katkısı kullanılarak en iyi performansı gösteren lateks katkı oranı belirlenmesi amaçlanmıştır.

Yapılan çalışmalarda karışıma çimento miktarının % 0, % 5, % 10 ve % 15 oranlarında lateks ilave edilerek beton ve harç numuneleri hazırlanmıştır. Numuneler su, asit ve sülfat ortamında bekletildikten sonra betonlar için basınç deneyi ve aderans deneyi yapılmıştır. Harç numuneler için kayma dayanımı tayini, yapışma dayanımı tayini, eğilme, basınç deneyleri, sülfat ve asit içerisindeki genleşme miktarı ölçümü yapılmıştır.

Deney sonuçlarına göre beton içerisine ilave edilen lateks oranı arttıkça genel olarak basınç dayanımında düşüşler gözlemlenmiştir. Aderans deneyinde ise beton içindeki lateks oranı arttıkça dayanımlar artış göstermiştir.

Asit ve sülfat etkisinde kalan beton ve harçların genel olarak dayanım kayıpları yaşadığı gözlemlenmiştir. Bunun yanında sülfat ortamında bekletilen numunelerde renk değişimleri, kılcal çatlaklar gözlemlenirken, asit etkisine maruz kalan numunelerde ise dağılmalar, beton yapısında bozulmalar gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Lateks, beton, harç, asit etkisi, sülfat etkisi, genleşme

SUMMARY

In order to improve the properties of concrete it has become rather widespread the use of polymers as the additive of concrete in recent years. Latex, which is a type of polymer and is raw material of natural caotchouc, is an white colored free flowing liquid and is exrtact of some plants. In this case, it has been examined the strength of concrete and mortar as the result of adding different rate of latex additive in sample of concrete and mortar. In addition it is examined the strength of the obtained samples in aggressive environment like acid and sulfat. In experimental work carried out it is aimed to determine the best performance of the contribution rate of latex by using different rates.

In studies it was prepared concrete and mortar samples by adding to mixture 0 %, 5 %, 10 % and 15 % of cement. After holding samples in water, acid and sulfat environment, pressure and adherence test were made for concrete. For mortar samples, determination of share and adhesive strength, bending, pressure tests were made and expansion amount in sulfat and acid measurement were taken.

According to experimental results it was generally observed that compressive strengths declined while latex rate in concrete was increasing. Contrastly, in adherance experiment it observed that both the rate of latex in concrete and the strength increased have been increased.

It was observed that concrete and mortar affected by acid and sulfat lost strength in general. Also, while colour changes in samples, which had been incubated sulfat environment, were observed, disintegrations and deterioration in concrete form in samples exposed acid effect were observed.

Keywords: Latex, concrete, mortar, effect of acid, effect of sulfat, expansion

TEŞEKKÜR

Akademik alıőmalarımda, gerek derslerimde ve gerekse tez alıőmalarımda, bana danıőmanlık ederek, beni ynlendiren ve her trl imknı sağlayan danıőmanım Sayın Yrd.Doç.Dr. Mehmet Canbaz'a, laboratuvar deneyleri aşamasında teknik yardımlarından dolayı Tekn. Sevgin Yılmaz'a, desteklerini her zaman hissettiğim ve her türlü fedakrlığı esirgemeyen eősiz aileme, sonsuz teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	vi
SUMMARY	vii
TEŞEKKÜR	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xv
1. GİRİŞ	1
2. LATEKSİN BETON TEKNOLOJİSİNDE KULLANIMI	4
2.1. Lateks	4
2.2. Lateksin Kullanım Alanları	6
2.3. Lateksin Beton Özelliklerine Etkisi	8
2.4. Lateksli Beton ve Harçlar	8
2.5. Lateksli Beton ve Harçların Dayanıklılığı	10
3. KİMYASAL ETKİLERE KARŞI BETON	13
3.1. Asit Etkisi	15
3.2. Sülfat Etkisi	17
4. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	21
5. MATERYAL VE YÖNTEM	29
5.1. Üretimde Kullanılan Malzemeler	29
5.1.1. Çimento	29
5.1.2. Su	29
5.1.3. Agregalar	30
5.1.4. Kum	31
5.1.5. Lateks	31
5.1.6. Donatı	31
5.2. Numune Üretimi ve Yapılan Deneyler	32
5.2.1. Karışım oranları ve numune kodları	32
5.2.2. Karışımın hazırlanması	34

İÇİNDEKİLER (devam)

	Sayfa
5.2.3. Kür koşulları	36
5.2.4. Lateks modifiyeli beton numunelerin deneyleri	36
5.2.4.1. <u>Beton basınç deneyi</u>	36
5.2.4.2. <u>Aderans deneyi</u>	37
5.2.5. Lateks modifiyeli harç numunelerin deneyleri	38
5.2.5.1. <u>Lateks sistemlerde eğik yüzey yapışma dayanımı tayini</u>	38
5.2.5.2. <u>Lateks sistemlerde yapışma dayanımı tayini</u>	41
5.2.5.3. <u>Eğilme ve basınç deneyleri</u>	44
5.2.5.4. <u>Sülfat ve asit etkisinde genleşme tayini</u>	45
6. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	46
6.1. Lateks Modifiyeli Beton Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi ve İrdelenmesi... 46	46
6.1.1. Beton basınç deneyi	46
6.1.2. Aderans deneyi.....	47
6.2. Sülfat Etkisinde Lateks Modifiyeli Beton Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi ve İrdelenmesi	48
6.2.1. Sülfat etkisinde beton basınç deneyi sonuçlarının değerlendirilmesi ve irdelenmesi	49
6.2.2. Sülfat etkisinde aderans deneyi sonuçlarının değerlendirilmesi ve irdelenmesi	50
6.3. Asit Etkisinde Lateks Modifiyeli Beton Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi ve İrdelenmesi	51
6.3.1. Asit etkisinde beton basınç deneyi sonuçlarının değerlendirilmesi ve irdelenmesi	52
6.3.2. Asit etkisinde aderans deneyi sonuçlarının değerlendirilmesi ve irdelenmesi	53
6.4. Lateks Modifiyeli Harç Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi ve İrdelenmesi 54	54
6.4.1. Lateks sistemlerde kayma (eğik yüzey yapışma) dayanımı tayini deneyi sonuçlarının değerlendirilmesi ve irdelenmesi	55

İÇİNDEKİLER (devam)

	Sayfa
6.4.2. Lateks sistemlerde yapışma dayanımı tayini deneyi sonuçlarının değerlendirilmesi ve irdelenmesi	56
6.4.3. Lateks sistemlerde eğilme ve basınç deneyleri sonuçlarının değerlendirilmesi ve irdelenmesi	57
6.5. Sülfat Etkisindeki Lateks Modifiyeli Harç Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi ve İrdelenmesi	59
6.5.1. Sülfat etkisindeki lateks sistemlerde kayma (eğik yüzey yapışma) dayanımı tayini deneyi sonuçlarının değerlendirilmesi ve irdelenmesi	59
6.5.2. Sülfat etkisindeki lateks sistemlerde yapışma dayanımı tayini deneyi sonuçlarının değerlendirilmesi ve irdelenmesi	60
6.5.3. Sülfat etkisindeki lateks sistemlerde eğilme ve basınç deneyleri sonuçlarının değerlendirilmesi ve irdelenmesi	61
6.5.4. Sülfat etkisindeki lateks sistemlerde genleşme tayini deney sonuçlarının değerlendirilmesi ve irdelenmesi	63
6.6. Asit Etkisindeki Lateks Modifiyeli Harç Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi ve İrdelenmesi	64
6.6.1. Asit etkisindeki lateks sistemlerde kayma (eğik yüzey yapışma) dayanımı tayini deneyi sonuçlarının değerlendirilmesi ve irdelenmesi	64
6.6.2. Asit etkisindeki lateks sistemlerde yapışma dayanımı tayini deneyi sonuçlarının değerlendirilmesi ve irdelenmesi	64
6.6.3. Asit etkisindeki lateks sistemlerde eğilme ve basınç deneyleri sonuçlarının değerlendirilmesi ve irdelenmesi	65
6.6.4. Asit etkisindeki lateks sistemlerde genleşme tayini deney sonuçlarının değerlendirilmesi ve irdelenmesi	67
7. SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....	68
8. KAYNAKLAR DİZİNİ	70

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil	Sayfa
2.1. Kauçuk ağacından lateks elde edilmesi	5
2.2. Polimer katkılı beton ve harçlarda kullanılan polimerler	5
2.3. Stiren-bütadien kauçuğu (SBR).....	6
2.4. Lateks katkılı betonlarda polimer film oluşumu.....	7
2.5. Kütleme koşullarının dayanıma etkisi	12
3.1. Beton bozulması	14
3.2. Betonda asit etkisiyle bozulma	16
3.3. Sülfat etkisi ile betonun bozulması.....	18
5.1. Aderans deneyi	38
5.2. Alt tabaka betonlarının hazırlanmasında kullanılan 45 derece eğimli ahşap ve metal kalıplar	39
5.3. 45 derece eğimli alt tabaka betonları	40
5.4. Yapışma dayanımı deneyi	42
5.5. Kopma şekli 1 adezyon kopması 1-çekme başlığı 2-epoksi reçine 3-harç 4-harç 5-alt tabaka harcı	43
5.6. Kopma şekli 2. Kohezyon kopması.....	43
5.7. Kopma şekli 3. Kohezyon kopması.....	44
6.1. Lateks modifiyeli beton basınç dayanımı deney sonuçları.....	46
6.2. Lateks modifiyeli beton aderans dayanımı deney sonuçları.....	47
6.3. Sülfat etkisinde lateks modifiyeli beton basınç dayanımı deney sonuçları	49
6.4. Sülfat etkisinde lateks modifiyeli beton aderans dayanımı deney sonuçları	50
6.5. Asit etkisinde lateks modifiyeli beton basınç dayanımı deney sonuçları	52
6.6. Asit etkisinde lateks modifiyeli beton aderans dayanımı deney sonuçları.....	53
6.7. Lateks sistemlerde kayma dayanımı deney sonuçları.....	55
6.8. Lateks sistemlerde yapışma dayanımı deney sonuçları	56
6.9. Lateks sistemlerde eğilme dayanımı deney sonuçları	57
6.10. Lateks sistemlerde basınç dayanımı deney sonuçları	58
6.11. Sülfat etkisindeki lateks sistemlerde kayma dayanımı deney sonuçları.....	59

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

Şekil	Sayfa
6.12. Sülfat etkisindeki lateks sistemlerde yapışma dayanımı deney sonuçları	60
6.13. Sülfat etkisindeki lateks sistemlerde eğilme dayanımı deney sonuçları	61
6.14. Sülfat etkisindeki lateks sistemlerde basınç dayanımı deney sonuçları	62
6.15. Sülfat etkisindeki lateks sistemlerde boy uzama miktarları	63
6.16. Asit etkisindeki lateks sistemlerde eğilme dayanımı deney sonuçları	65
6.17. Asit etkisindeki lateks sistemlerde basınç dayanımı deney sonuçları	66
6.18. Asit etkisindeki lateks sistemlerde boy uzama miktarları	67

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge	Sayfa
2.1. Lateks katkılı betonlarda kullanılan polimerler	8
2.2. Normal beton ile lateks modifiyeli karışımların basınç ve çekme dayanımları	11
3.1. Asitlerin beton üzerine etkisi	16
3.2. ACI standartlarına göre sülfat yoğunluğunun betona etkisi	18
3.3. TS 3440 standardına göre SO_4^{2-} (Sülfat) iyonlarının zararlı etkinlik dereceleri	19
5.1. Deneylerde kullanılan CEM I 42.5 çimentosunun özellikleri	29
5.2. Deneyde kullanılan suyun özellikleri	30
5.3. Deneyde kullanılan agregaların elek analizleri	30
5.4. CEN standart kumunun tanecik büyüklüğü dağılımı	31
5.5. Lateks özellikleri	31
5.6. S420 çeliğinin özellikleri	32
5.7. Kayma dayanımına ait numune kodları	33
5.8. Yapışma dayanımına ait numune kodları	34
6.1. Lateks modifiyeli beton aderans dayanımı deney sonuçları	48
6.2. Sülfat etkisinde lateks modifiyeli beton aderans dayanımı deney sonuçları	51
6.3. Asit etkisinde lateks modifiyeli beton aderans dayanımı deney sonuçları	54

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Kısaltmalar	Açıklamalar
AY	ara yüzey
Ç	çimento
H	harç
K	kum
L	lateks
S	su
SBR	Stiren-Bütadien Lateks

1. GİRİŞ

Beton inşaat mühendisliği alanında kullanılan en önemli yapı malzemesidir. Özel bir beton türü olan harçta çok eski çağlardan beri bilinen ve uygulanan bir malzemedir (Ersoy, 1999). İnşaat sektöründe yaygın bir şekilde kullanılan beton, ucuz olması ve kolay üretim nedeniyle günümüzde en çok tercih edilen yapı malzemesidir (Topçu vd., 2006).

Beton, kum, çakıl (veya kırma taş, hafif agrega vb), çimento ve suyun karıştırılmasından elde edilen bir yapı malzemesidir. Bu malzemeler belirli oranda karıştırıldığında, kalıplarda istenilen biçimi alabilecek plastik bir malzeme elde edilir. Betonun diğer yapı malzemelerinden üstün kılan en önemli özelliklerinden biri, istenilen biçimin verilebilmesini sağlayan bu plastik kıvamıdır (Ersoy ve Özcebe, 2004).

Çelik ve betondan oluşan kompozit yapı malzemesi ise betonarme olarak adlandırılır ancak bu malzemelerin betonarme olabilmesi için birbirleriyle kaynaşmış olarak birlikte çalışmaları gerekir. Başka bir deyişle çelik çubuk etrafındaki betona öyle bir kenetlenmelidir ki çeliğin ve çevresindeki betonun deformasyonu farklı olmasın. Beton ve donatının beraber çalışmasını sağlayan bu olay aderans olarak adlandırılmaktadır (Ersoy ve Özcebe, 2004).

Betonarmenin, betonla çeliğin beraber çalıştığı kompozit bir malzeme olduğu bilinmektedir. Beraber çalışma özelliğinin ancak çeliğin beton içerisinden sıyrılmaması halinde mümkün olacağı açıktır ve sıyrılmamanın olmaması için iki malzeme arasında meydana gelen bağ kuvvetinin kalıcı olması gerekmektedir. Deneylerle varlığı kanıtlanan bu bağ kuvvetine aderans denir. Aderans olayı betonarmenin en önemli özelliklerinden biridir. Aderans sayesinde iki malzemenin beraberce kullanımı ve birbirini tamamlaması mümkün olur. Donatıda meydana gelen gerilme azalışı ve artışı komşu beton bölgelerine gerilme geçişiyle meydana gelir. Bu durum düz yüzeyle demir çubuklarda kayma gerilmelerinin doğrudan oluşmasıyla açıklanabilir. Nervürlü çubuklarda ise geçişin nervür etrafında oluşan karmaşık bir gerilme durumunun bileşkesi olarak meydana çıkan kayma gerilmeleri tarafından sağlandığı kabul edilmektedir. Bu durumlarda ortaya çıkan kayma gerilmeleri aderans gerilmeleri olarak isimlendirilir (Tanyıldızı ve Yazıcıoğlu, 2006).

Beton işlerinde en doğru uygulama, ek yapılmadan, diğer bir deyişle, aralıksız olarak tek bir seferde beton dökümünün tamamlanmasıdır. Ancak bazı durumlarda beton döküm işlemine ara verilmesi ve bir süre sonra beton dökümüne tekrar devam edilmesi gerekmektedir. Bu durumda önce dökülen beton kütlesi prizini almakta ve üzerine dökülen betonla arasında aderansı yeterince sağlanamamaktadır. Böylece, projelendirmede öngörülenden çok farklı olarak, beton ya da betonarme eleman bu düşük aderans yüzeyinin iki tarafında birbirinden ayrı parçalar halinde çalışmaktadır. Eski beton - yeni beton arasında ortaya çıkan bu durum uygulamada “soğuk derz” olarak adlandırılmaktadır. Soğuk derzin olduğu ek yerleri genellikle yapının zayıf kısımlarıdır. Bu kısımlarda beton elemanın çekme ve yarma dayanımı vb. gibi mekanik özellikleri, bir bütün olarak dökülmüş ve homojen bir beton elemana göre oldukça az olmaktadır. Ayrıca çevre faktörlerine karşı da beton elemanın soğuk derzli kısımları daha dayanıksız olmaktadır (Bostancı, 2014).

Teknoloji ve bilimdeki gelişmeler, beton teknolojisine de yansarak kimyasal katkıları betonun beşinci bileşeni haline getirmiştir. Beton katkı maddeleri, betonun bazı özelliklerini değiştirip iyileştirerek performansını artırabilmek veya betonun daha ekonomik olmasını sağlayabilmek için sıkça kullanılmaktadır. Taze betonun işlenebilirliğini artırmak, priz sürelerini değiştirmek, sertleşmiş betonun dayanım ve dayanıklılığını arttırmak gibi bir çok amaçla beton üretiminde kullanılmaktadır (Topçu vd., 2006).

Malzeme bilimindeki gelişmeler beraberinde devamlı kendini yenileyen ve yapıdaki fonksiyonlarını güçlendiren malzemelerin üretimini sağlamıştır. Bu gelişim sürecinde amaç, malzemenin bilinmeyen özelliklerini ortaya çıkarmanın yanı sıra bilinen özelliklerinde geliştirmek olmuştur. Malzemenin bir niteliği belirlenmiş şartlar altında olağan veya yüksek performans gösterse de, bir diğer niteliği düşük performans gösterebilmektedir. Bu durum bilim adamlarını ve araştırmacıları malzemenin zayıf kalan niteliklerini iyileştirmeye yöneltmiş, bu yöndeki fikirlerin gelişimi hızlanmıştır. Bu fikirler doğrultusunda kompozit malzeme üretimine başlanmış, performans açısından yardımcı malzemeler ve katkı malzemelerinin kullanımına başlanılmıştır (Ceran, 2008).

Son yıllarda dünyadaki birçok betonarme yapıda meydana gelen hızlı hasar oluşumu önemli bir sorun teşkil etmektedir. Bundan dolayı özellikle agresif ortamlarda bulunan

betonarme yapılarda harçların ve betonların dayanıklılığının (durabilite) oldukça önemli bir yeri vardır (Ceran, 2008).

Beton özelliklerini iyileştirmek adına günümüzde beton katkısı olarak polimerlerin kullanımı oldukça yaygınlaşmıştır, bir polimer türü olan ve doğal kauçuğun ham maddesi olan lateks, beyaz serbestçe akan bir sıvıdır ve bazı bitkilerin sütlü özüdür. Lateks, sıvının ufak kaplar içerisinde toplanmasına imkan sağlayacak şekilde, ağaçların çizilmesiyle elde edilir. Lateks ile dolu bu kaplar toplama istasyonlarına taşınır ve burada süzülür. Beton katkı maddesi olarak kullanılan lateksin betona uygulanması iki farklı metodla gerçekleştirilir. Bunlardan ilki, karışıma polimerizasyonun tamamlanmış, film halinde lateks ilavesidir. Diğeri ise, monomer formda olan disperse lateksin karışıma katılarak polimerizasyonunu çimento hidrasyonu ile beraber gerçekleştirmesidir (Baş, 2009).

Lateksin beton özelliklerine olan etkisini incelemek amacıyla bu çalışmada lateks katkısı beton ve harçlara katkı maddesi olarak çimentonun % 0, % 5, % 10, % 15'i oranlarında ve değişik uygulama tiplerinde ilave edilmiştir. Lateksin betonların basınç ve aderans dayanımlarına, harçların basınç ve eğilme dayanımlarına, çekme dayanımlarına, eğik yüzey kayma dayanımına, yapışma dayanımına, genişleme miktarına olan etkisi incelenmek istenmiş aynı zamanda lateksin agresif ortamlardaki dayanımlarını incelemek için numuneler asit ve sülfat ortamında bekletilmiş ve fiziksel ve mekanik özelliklerindeki değişimler incelenmiştir.

2. LATEKSİN BETON TEKNOLOJİSİNDE KULLANIMI

2.1. Lateks

Lateks, hammadde olarak bakıldığında bir kısım bitkinin beyaz ve akışkan sütlü özüdür. Doğal kauçuğun hammaddesi de latekstir. Yapısındaki su oranı % 60, kauçuk oranı % 35 ve protein oranı da % 5'dir. Süt kıvamında beyaz bir akışkan olan lateks, disperse organik polimer moleküllerin % 45-50 oranında sıvı sürfaktan içinde dağılı bulunmasıyla oluşur. Katı partiküller, lateksin kuruması sırasında yapışarak film tabakası haline gelir (Baş, 2009).

Lateks hammaddesi aşağıdaki işlem adımları ile elde edilmektedir (Anonim, 2013):

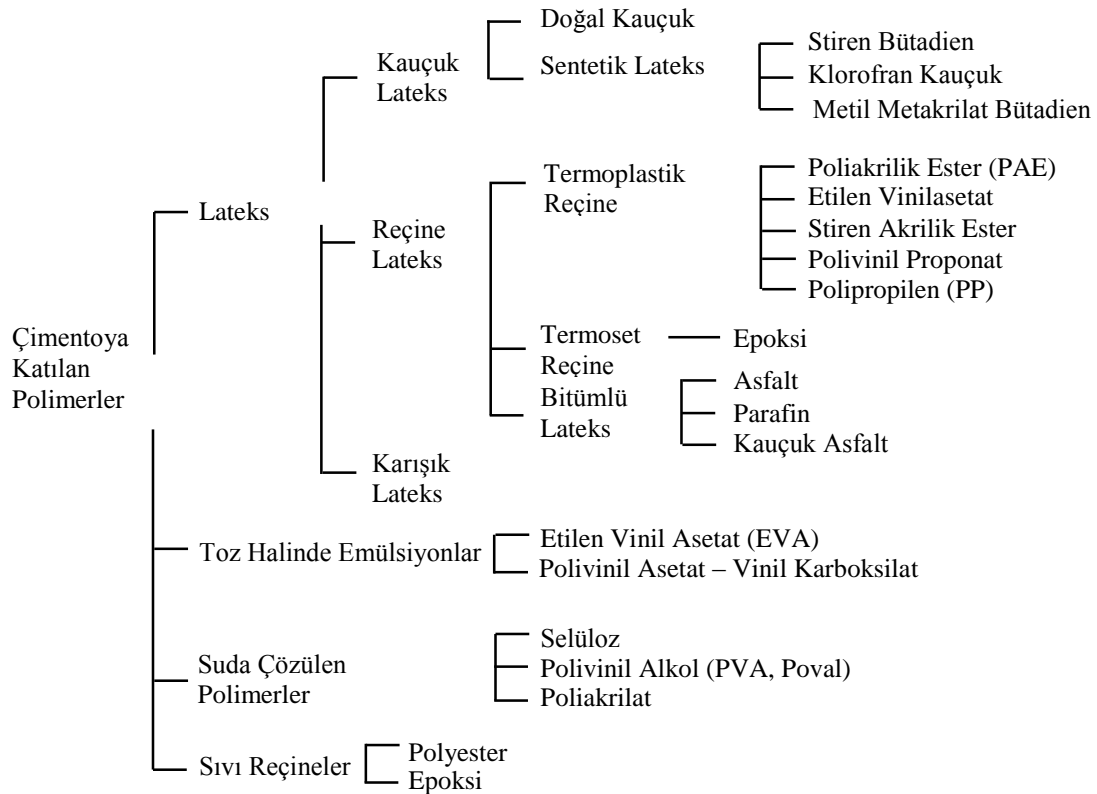
- Kauçuk ağaçları ailesinin 800 ile 1000 çeşit arasında olduğu bilinmektedir. Tabii kauçuk ve sıvı lateks üreten en önemli tür ise, ana vatanı Güney Amerika olan "Hevea Brasiliensis" adıyla adlandırılan türdür. Sonradan iklim şartları aynı olan Uzak Doğu'ya götürülen bu ağaç, ticari bir önem taşımaktadır.
- Kauçuk ağaçları dikildikten 5 ile 7 sene sonra verimli olmaya başlamaktadır. Ortalama 25-30 yaşlarına kadar da ürün vermektedir. Günlük ürün miktarı ise ağaç başına ortalama 100 gram civarındadır.
- Lateks sıvısı, ağacın uygun şekilde çizilmesi ve bu çiziklerden akan sıvının küçük bir kapta toplanması yöntemiyle elde edilmektedir (Şekil 2.1).
- Kaplarda biriken lateks, toplama istasyonlarında süzülür. Koruyucu katkı maddesi katılarak depolanır.

Ceran, latekslerin suyla teması ile çözülenler ve çözülmeyenler olarak iki gruba ayrıldığını belirtmiştir. Suyla temas edildiğinde çözülen lateks türleri ile ilgili projelendirme yapıldığında, bozulma olmaması için suyla temasın engellenmesi gerekmektedir (Ceran, 2008).



Şekil 2.1. Kauçuk ağacından lateks elde edilmesi

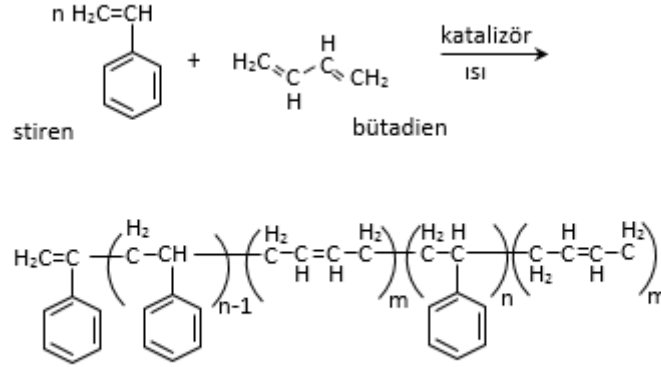
Lateks üretiminde çok değişik yöntemler ve formüller kullanılmaktadır. Ancak üretilen latekslerin tamamı, beton katkı maddesi olarak kullanılamamaktadır. Şekil 2.2’de polimer katkılı harç ve betonlarda kullanılan lateksler toplu bir şekilde verilmiştir.



Şekil 2.2. Polimer katkılı beton ve harçlarda kullanılan polimerler (Ceran, 2008)

Stiren ve bütadien polimerizasyonu ile üretilen kopolimerler, stiren-bütadien kopolimerleri olarak adlandırılır (Şekil 2.3). Kauçuksu veya plastik özellikler göstermesi, içerdiği komonomer miktarına göre değişir. Stiren-bütadien kauçuğu (SBR) olarak

bilinenleri, ağırlığında % 45'den az stiren içerenlerdir. Stiren miktarının artması ile plastik özellikleri artar (Beşergil, 2010).



Şekil 2.3. Stiren-bütadien kauçuğu (SBR) (Beşergil, 2010)

SBR'nin önemli bir özelliği yüksek sıcaklığa, yağ ve çözücülere karşı çok dirençli olmasıdır. SBR'ye karbon siyahı ve dolgu maddeleri eklenerek fiziksel özellikleri geliştirilebilir. SBR, sentetik kauçuk türleri içinde en çok kullanılanıdır. SBR, % 25 stiren ve % 75 bütadien monomerlerinin polimerizasyonu ile elde edilir (Erkek, 2007).

2.2. Lateksin Kullanım Alanları

Lateksin genel olarak kullanım alanları aşağıda listelenmiştir (Özturan, 2013):

- Sıva öncesi serpmeye imalatında,
- Tamir harçlarında,
- İnce ve kaba sıvalarda,
- Beton ve döşeme şaplarında,
- Seramik ve fayans yapıştırıcılarında,
- Akrilik esaslı izolasyon kaplamalarından önce astar olarak da kullanılır.

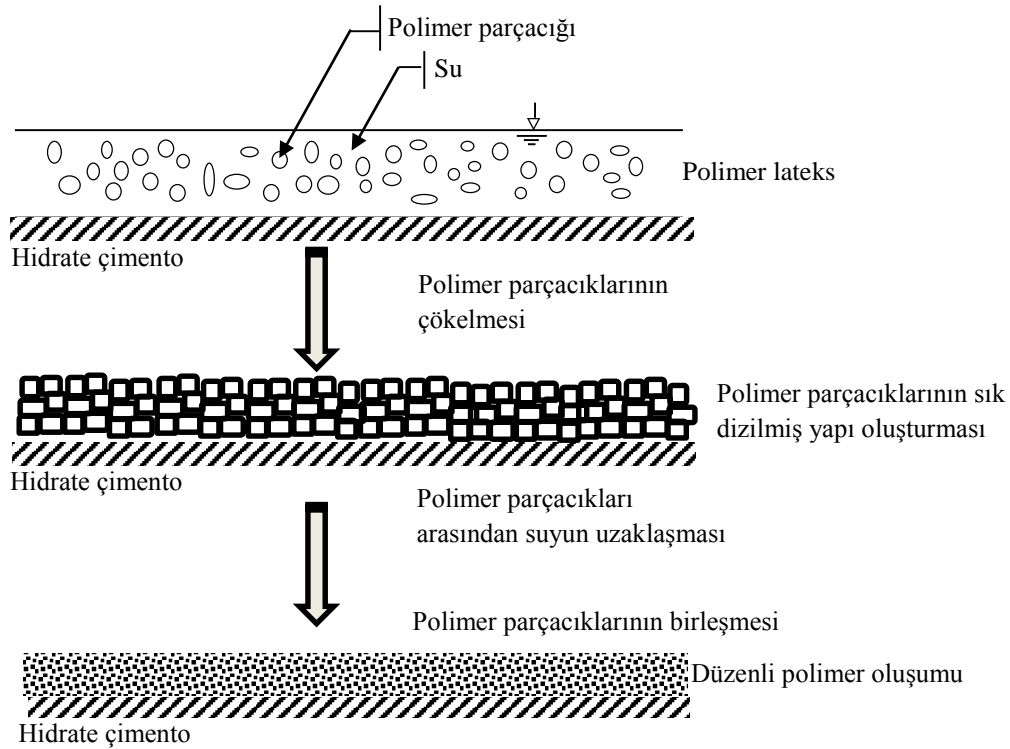
Lateks, çok küçük boyutlu polimer parçacıkların su içindeki emülsiyonudur. Beton üretim teknikleri açısından lateks katkılı beton ile normal beton üretimi bir fark göstermemektedir. Tek fark lateksin betona katkı maddesi olarak harca eklenmesidir. Beton

katkı maddesi olarak en çok kullanılan lateksler SBR ve poliakrilat kopolimer bazlı elastomer kauçuk polimerlerdir (Özturan, 2013).

Lateks, taze beton karışımına ilave edildiğinde;

- Polimer taneleri çimento hamuru fazında uniform olarak dağılır.
- Karışımındaki su, hidrasyon ve buharlaşma nedeniyle azaldıkça, polimer taneleri, hidrate çimento taneleri üzerine çökmeye başlar.
- Son noktada bu tanecikler birleşerek kalsiyum silikat hidrate elemanları üzerinde ince bir polimer film (Şekil 2.4.) meydana getirir (Özturan, 2013).

Özturan polimer filmin kapiler boşlukların yüzeylerinde ve agrega-çimento hamuru ara yüzeyinde de oluşmakta olduğunu belirtmekte, bunun da sertleşmiş betonda ara yüzeyde bağı güçlendirdiğini ve suyun kapiler boşluk sistemi içindeki hareketini kısıtlamakta olduğunu söylemektedir (Özturan, 2013).



Şekil 2.4. Lateks katkıli betonlarda polimer film oluşumu (Özturan, 2013)

Lateks katkıli betonlarda kullanılan polimerlerin tip, uygulama alanları ve ıslak dayanımları Çizelge 2.1’de verilmiştir.

Çizelge 2.1. Lateks katkılı betonlarda kullanılan polimerler (Baradan vd., 2012)

Polimer	Tip	Uygulama Alanları	Islak Dayanım
Vinil asetat	Termoplastik	Aderans sağlayıcı	Düşük
Vinil asetat etilen	Termoplastik	Aderans sağlayıcı	Orta
Stiren butadiyen	Elastomerik	Beton-harç yüzey kaplama, onarım	Orta
Vinilidinklorit	Termoplastik	Alçı sıva, süs	İyi
Akrilik ester	Termoplastik	Kaplama, aderans sağlayıcı	Orta
Epoksi	Termoset	Kaplama	İyi

2.3. Lateksin Beton Özelliklerine Etkisi

Bideci, yapılan bir çalışmada iki çeşit Brezilya hafif agregalarına polimer olarak SBR eklenerek elde edilen betonlara uygulanan deneylerden bahsetmiştir. Bu deneylerde elde edilen betonlara basınç, yarmada çekme, eğilmede çekme dayanımları ile su emme deneyleri uygulandığını, 7 günlük basınç dayanımının 39,7 MPa ile 51,9 MPa ve kuru birim hacim ağırlığı 1460-1605 kg/m³ arasında değiştiğini belirtmiştir. SBR latekslerin su, çimento oranının ve su emme oranını azalttığı, yarmada çekme dayanımı ve eğilme dayanımını arttırdığı sonuçlarına ulaşılmıştır. Çalışma sonucunda, SBR ile modifiye edilen Brezilya agregaları ile ince prefabrik komponent malzeme üretilebileceği belirlenmiştir (Bideci, 2011).

Aktaş, lateks modifikasyonunun betonun işlenebilirliğini arttırdığını ve su kusmasını azalttığını belirttiği çalışmasında, lateks miktarının yüksek düzeyde kullanılmasının yüzeyde bir lateks kabuğu oluşturabileceğini belirtmiştir. Çok yapışkan olan bu yüzey perdahlamayı zorlaştırmaktadır. Aktaş, lateks modifikasyonlu betonların priz sürelerinin geleneksel betonlara göre daha uzun olduğunu da belirtmiştir (Aktaş 2014).

2.4. Lateksli Beton ve Harçlar

Lateks katkılı beton ve harçların, normal beton ve harçlara göre bazı özelliklerinin daha farklı olduğu söylenebilir. Bunlar işlenebilirlik, hava sürüklenme, çalışma süresi, su tutuculuk ile ayrışma ve sertleşme davranışı olarak gruplandırılarak incelenmiştir (Ceran, 2008).

- **İşlenebilirlik:** Lateks katkılı beton ve harçların normal beton ve harçlara göre daha üstün bir işlenebilirlik özelliğinin olması, polimerlerin bilye hareketi ile birbirleri üzerinden kolaylıkla kayabilmesidir. Bunun dışında sürüklenmiş hava ve sürfaktan miktarı da işlenebilirlik özelliğini üstün kılmaktadır. Harç karışımına lateks eklenerek daha az su ile gereken kıvam elde edilebilir. Suyun azalması harcın dayanımını artırır. Ayrıca kuruma rötresi azalır. Süper akışkanlaştırıcılarla birlikte lateks kullanılması, normalde 30-60 dakika arasında olan çalışma süresini 3 saate kadar arttırmaktadır.
- **Hava Sürüklenme:** Lateks katkılı harç ve betonlarda, sürfaktanların etkisi ile hava sürüklenme daha fazla olur. Gerekinden fazla hava sürüklenmesi, dayanımı azaltacaktır. Harç karışımının içindeki hava miktarını dengelemek için köpük oluşmasını engelleyen katkı maddeleri kullanılmaktadır. Latekslerin içerisine köpük giderici maddeler eklenerek sürüklenen hava miktarı daha düşük kompozitler elde edilmiştir. Ölçümler lateks katkılı harç karışımlarındaki havanın % 5-20 arasında olduğunu, beton karışımlarında ise bu oranın % 2'den daha aşağıya düştüğünü göstermiştir. Bu oranlar normal harç ve betonla aynı oranlardır.
- **Çalışma Süresi:** Normal harç ve betonlarda taze betonun çalışma süresi, dış yüzeyin sertleşmesi ile bitmektedir. Betonun çalışma süresini rüzgarın hızı, havadaki nem oranı ve hava sıcaklığı etkilemektedir. Lateks katkılı karışımlarda ise karışımın havayla temas ettiği andan itibaren çalışma süresi 15 ile 30 dakika arasında bitecektir.
- **Su Tutuculuk:** Lateks katkılı harç ve betonların polimer-çimento oranı, karışımın su tutma özelliğini belirlemektedir. Lateksin iç boşlukları doldurması, suyun içerde tutularak buharlaşmasını engelleyecektir. Buharlaşmayan su, çimentonun hidratasyonunu tamamlamasını sağlamaktadır. Tam anlamıyla hidrate olan çimentonun dayanımı daha yüksek olacaktır. Geleneksel kullanılan harçta hidratasyon olayının tamamlanamaması yüzünden hamurun bağlayıcılığı zayıf olur. Lateks katkılı harçlarda böyle bir durum söz konusu değildir.
- **Ayrışma ve Sertleşme Davranışı:** Lateks katkılı harç ve betonlar, lateksin hidrofilikkolloidal özelliği, sürfaktanların su azaltıcı ve hava sürükleyici etkisi yüzünden normal harç ve betonlara göre ayrılmaya karşı daha fazla direnç gösterirler (Ceran, 2008).

2.5. Lateksli Beton ve Harçların Dayanıklılığı

Aktaş (2014) çalışmasında lateks katkıli beton ve harçların geleneksel betonlarla karşılaştırmasını yapmıştır. Bu yapılan çalışmaya göre aşağıdaki sonuçlara ulaşmıştır:

- Basınç dayanıklılığı açısından lateks katkıli betonların kuru kür koşullarında basınca dayanıklılığı, geleneksel yöntemlerle üretilen betonlara göre genellikle daha fazladır.
- Lateks katkıli betonların dayanımındaki artışın 28 günün üzerinde devam ettiği görülmüştür. Lateks katkıli betonlarda eğilme ve çekme dayanımlarındaki artışın, basınç gerilmesindeki artışa göre daha yüksek olduğu bulunmuştur.
- Lateks katkıli betonların elastisite modülü daha düşüktür. Buna rağmen çekme yüklerinin altında kırılma oluştuğunda yüksek deformasyon olmaktadır.
- Lateks katkıli betonlarda oluşan polimer film, yüksek çekme dayanımına sahiptir. Bu da çatlakların ilerlemesini önlemektedir. Polimer film, çatlakta gerilme yığılmasını önleyerek çatlakların kapalı kalmasını sağlar.
- Lateks katkıli betonların kuruma büzülme ve sünmesi, geleneksel yöntemlerle yapılan betonlara göre daha düşüktür.
- Lateks katkıli betonlardaki hava sürüklenme özelliği, donma ve çözülme etkilerine karşı dayanıklılığın artmasını sağlamaktadır.

Lateks katkıli sertleşmiş harç ve beton özelliklerinin normal harç ve betonlara göre çok daha yüksek olduğunu belirtmektedir. Lateks katkıli sertleşmiş çimento harcının normal çimento harcına göre çekme dayanıklılığında önemli bir artış olduğunu belirterek, normal beton ile değişik lateksler kullanılarak modifiye edilen karışımların basınç ve çekme dayanımlarını bir çizelge halinde vermiştir Ceran (2008) (Çizelge 2.2).

Çizelge 2.2. Normal beton ile lateks modifiyeli karışımların basınç ve çekme dayanımları (Ceran, 2008)

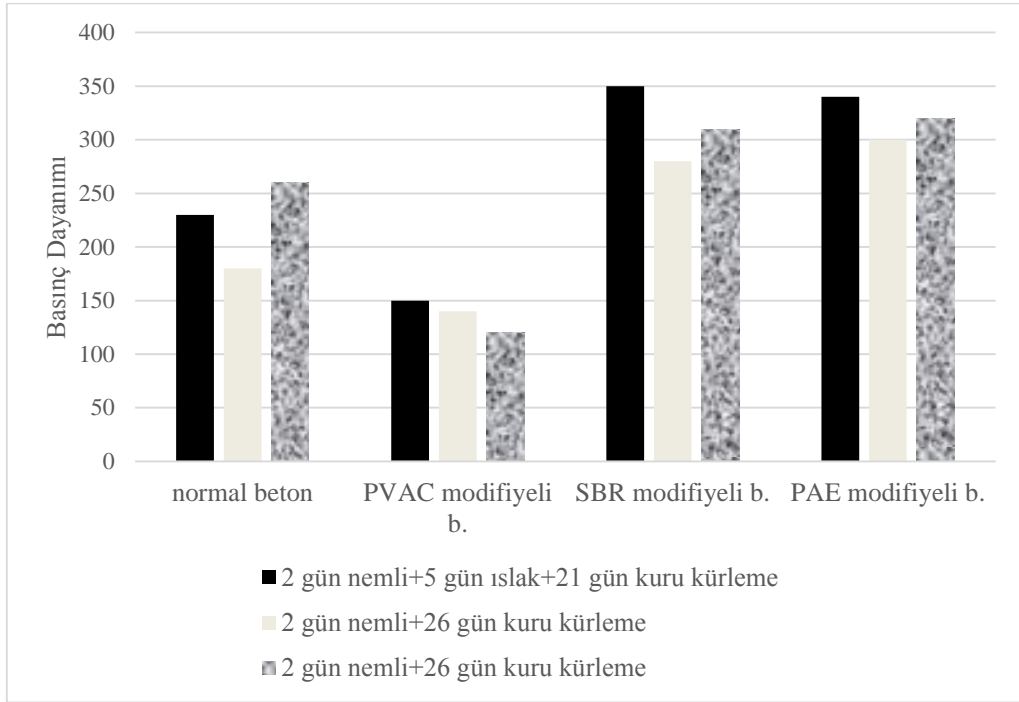
Karışım Tipi	Polimer – Çimento Oranı (%)	Çekme Dayanımı (MPa)	Basınç Dayanımı (MPa)
Normal Beton	0	3– 5	18 – 20
NR Modifiyeli Beton	10	4– 6	15 – 17
	20	2– 3	4 – 5
CR Modifiyeli Beton	10	5– 6	18 – 10
	20	9– 10	31 – 34
SBR Modifiyeli Beton	10	6– 10	15 – 29
	20	7– 12	17 – 32
PAE Modifiyeli Beton	10	6– 8	16 – 18
	20	6– 9	14 – 20
PVAC Modifiyeli Beton	10	6– 7	16 – 17
	20	6– 7	15 – 16
EVA Modifiyeli Beton	10	6– 9	18 – 29
	20	6– 11	19 – 32

Lateks katkılı çimento harcının çekme dayanımında önemli bir artış görülmesine rağmen basınç dayanımında önemli bir artış olmadığı görülmektedir. Bu durum polimerlerin çekme dayanımının fazla olması ve adezyonun artması kaynaklıdır. Dayanım özellikleri, karışımın oranlarına, kullanılan malzemelerin cinsine, kütleme yöntemine ve sürüklenmiş hava miktarına göre farklılık göstermektedir (Ceran, 2008).

Lateks katkılı harç ve betonun dayanımı, kullanılan lateksin dayanımı ile doğru orantılıdır. Kullanılan lateksin dayanımı yüksek ise, karışımın dayanımı da yüksek olacaktır. Lateksin dayanımı plastikleştiriciler yüzünden azalmakta iken monomerler dayanımı artırıcı yönde etki etmektedir. Lateksin sürfaktan içeriği ile dayanımı doğru orantılıdır. Sürfaktan miktarı arttıkça dayanım da artmaktadır. Ancak dayanımı arttırmak üzere çok fazla miktarda sürfaktan kullanılması durumunda etki tersine dönmekte dayanım azalmaktadır. Bunun nedeni aşırı sürfaktanın hidratasyonu önlemesi ve fazla hava sürüklenmesine neden olmasıdır. Ceran, lateks için uygun sürfaktan oranının % 5-30 arasında olması gerektiğini belirtmiştir. Köpük önleyici katkı malzemesinin lateks içindeki miktarının artırılmasının da dayanımı arttırdığı bilinmektedir (Ceran, 2008).

Lateks katkılı beton ve harçlarda kullanılan polimerin karışım oranı da dayanımı etkilemektedir. Ceran çalışmasında uygun polimer-çimento oranını % 20-30 olarak belirtmiştir. Karışımda lateksin daha fazla kullanılması durumunda mikro strüktürde

boşluklar ve kopmalar oluşmakta ve dayanım azalmaktadır. Karışımda lateks oranının % 5'in altında kalması durumunda ise dayanım söz konusu olmayacaktır. İdeal polimer-çimento oranı % 5-20 olarak verilmektedir. Bu oran uygun kütleme yapıldığı durumda geçerlidir. Polimer-çimento oranının artması karışımdaki suyu % 30'a kadar düşürmektedir. Karışımdaki suyun azalması, dayanımı arttıracaktır. Kütleme koşullarının dayanım üzerindeki etkisi Şekil 2.5'de verilmiştir (Ceran, 2008).



Şekil 2.5. Kütleme koşullarının dayanıma etkisi (Ceran, 2008)

3. KİMYASAL ETKİLERE KARŞI BETON

Dayanım ve dayanıklılık, beton teknolojisinde karıştırılan iki kavramdır. Dayanım, betonun mekanik yüklemeler karşısında gösterdiği karşı koyma kabiliyetidir. Dayanıklılık veya durabilite ise betonun uzun süreli fiziksel ve kimyasal etkilere karşı bozulmaması, özelliklerini koruması anlamına gelmektedir (Beycioğlu vd., 2010).

Beycioğlu vd., (2010) durabiliteye dayanıklılık, kalıcılık da denildiğini belirterek tanımını “yapı malzemelerinin ve yapıların işlevlerinin uzun yıllar boyu bozulmadan yerine getirebilmeleri” olarak yapmışlardır.

Beton, kullanıldığı ortamda zamana bağlı olarak birçok fiziksel ve kimyasal etkiye maruz kalmaktadır. Bu etkiler betonun yapısındaki alkalilerle reaktif agregalar arasındaki reaksiyonlardan kaynaklandığı gibi, doğa koşulları, kullanılan ortam gibi parametreler de etkilenmeye yol açabilmektedir. Beton aşınma, darbelere maruz kalma, ıslanma ve kuruma, sürtünme, donma ve çözülme, ısınma ve soğuma gibi fiziksel olaylardan da etkilenmekte, zaman içinde yıpranmaktadır. Yıpranan betonun içinde boşluklar oluşmakta, içerdiği demir parçaları paslanmakta, betonda büyük gerilmeler oluşabilmektedir (Nergiz, 2007).

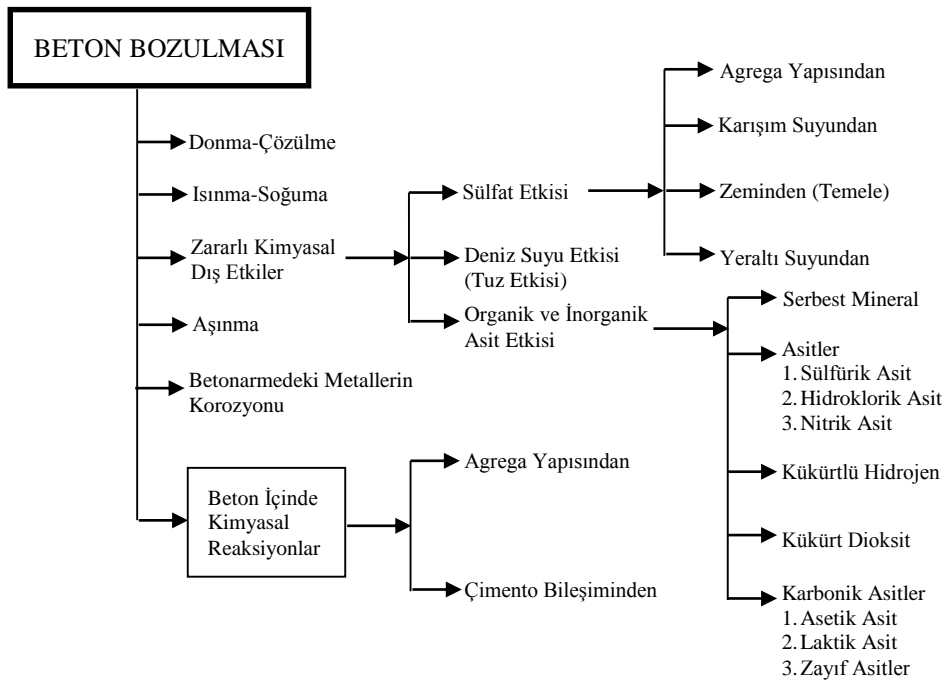
Küçük (2000) durabiliteyi “yapının kullanım sırasında hava koşullarına, kimyasal etkenlere, aşınmaya ve diğer yıpratıcı etkenlere karşı dayanıklılık gösterme (dayanma) kabiliyeti” olarak tanımlamıştır. Yapılarda kullanılan betonların istenilen önemli bir özelliği üretim aşamasında belirlenen özelliklerinin zaman içerisinde azalmaması, yitmemesi, betonun çevre koşullarına karşı dayanıklı olmasıdır. Küçük’ün çalışmasında durabilite kapsamında betonda donma ve çözülmeye, ıslanma ve kurumaya, ısınma ve soğumaya, aşınmaya, ateşe, asit ve tuzlara, hacim değişikliğine yol açabilecek kimyasal reaksiyonlara karşı dayanıklılık olması gerektiği belirtilmiştir (Küçük, 2000). Çalışmada, betonun durabilitesinden sorumlu faktörler aşağıdaki gibi sıralanmıştır:

- Betonun tanımlanması için sadece dayanım özellikleri yeterli değildir.
- Uygunsuz malzeme ve çimento kullanımı, bilinçsiz beton üretimi de dayanım azalmasına yol açabilmektedir.

- Betonarmedeki donatının korozyonu, beton dayanımı ile ilgili bir faktördür (Küçük, 2000).

Yapı elemanlarının durabilitesi ve bozulması beton özellikleri ile dış etkenler arasındaki etkileşimlerle belirlenmiştir. Betonarme elemanlarda görülen çatlaklar, kullanılan betonun çevre şartlarına uygun seçilmediği anlamına gelebilmektedir (Küçük, 2000).

Betonun bozulması ile ilgili sınıflandırma Şekil 3.1.'de verilmiştir.



Şekil 3.1. Beton bozulması (Küçük, 2000)

Nergiz (2007) çalışmasında betonda durabiliteyi etkileyen faktörleri aşağıdaki şekilde maddelermiştir:

- Betondaki kalsiyum hidroksitin çözülmesi ve beton yüzeyinde "çiçeklenme" oluşması,
- Sülfat etkisi (sülfat hücumu),
- Deniz suyunun etkisi,
- Asit etkisi (asit hücumu).
- Karbonatlaşma,
- Alkali-agrega reaksiyonu,

- Betonun içerisine yerleştirilen çelik donatının korozyonu,
- Donma-çözülme etkisi.
- Beton yüzeyinin pullanması,
- Aşınma (Nergiz, 2007).

3.1. Asit Etkisi

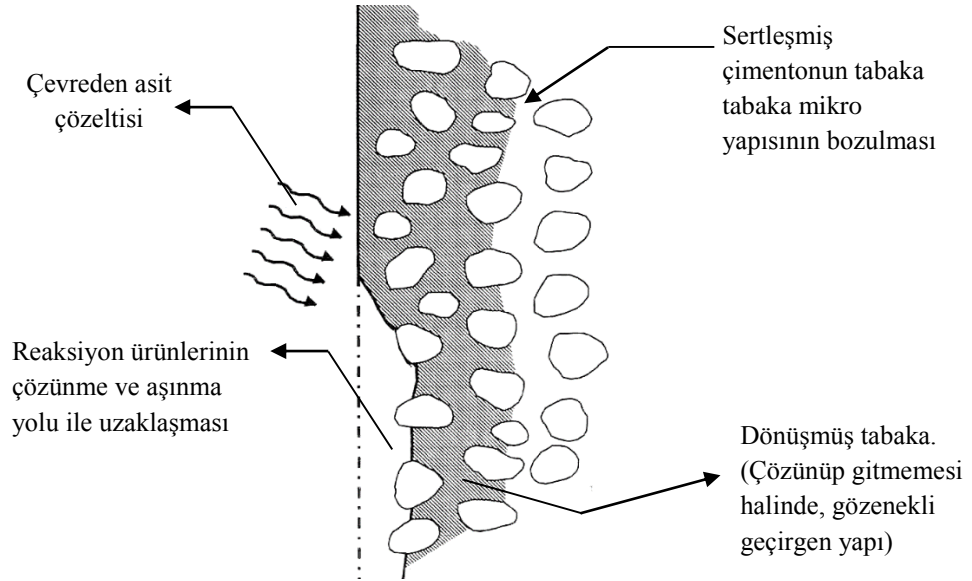
Asitler, betonun içine sızan sularda bulunmaktadır. Bu asitler zaman içinde betonun genişerek yıpranmasına yol açan olan kimyasal olaylara neden olmaktadır. Asitlerin betonun yıpranmasına neden olan bu etkisine “asit hücumu” da denilmektedir (Nergiz, 2007).

Asitler kalsiyum bileşenlerini (Ca(OH)_2 , CSH ve CAH) kalsiyum tuzlarına dönüştürürler. Betondaki kalsiyum bileşenlerine saldıran asitlerin oluşturduğu kalsiyum tuzları zamanla suda çözünürler. Sonuç olarak çimento harcı da zamanla çözünmeye başlar ve beton kullanılamaz duruma gelir (Özgen, 2006).

Özgen (2006) çalışmasında sertleşmiş betonun içine giren sulardaki asitlerin kaynaklarını aşağıdaki şekilde listelemiştir:

- CO_2 suda çözünür ve zayıf bir karbonik asit olan H_2CO_3 'ü oluşturur. Kar sularında, akarsularda bu tür asitler bulunabilmektedir.
- Organik atıkların tahliye edildiği kanalizasyonlarda, atıklarda bulunan kükürlü bileşenler, anaerobik bakterilerle birleşir. Nemli ortamın etkisiyle önce H_2S (Hidrojen Sülfid) ve daha sonra H_2SO_4 (Sülfirik Asit) oluştururlar. Betona zarar veren sülfirik asittir.
- Muhtelif yakıtların saldıdığı SO_2 (Kükürt Dioksit) suda çözüldüğü zaman H_2SO_3 (SülfürözAsit) ya da H_2SO_4 (Sülfirik Asit) oluşmaktadır.

Beton içinde oluşan kalsiyum tuzlarının çözünürlüğü arttıkça betondaki hasar da artmaktadır. Reaksiyon ile zaman içinde beton yüzeyinde yumuşama ve gözenekler oluşmaya başlar (Özgen, 2006) (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Betonda asit etkisiyle bozulma (Özgen, 2006)

Çizelge 3.1, sertleşmiş betonda asitlerin saldırı hızları, asit tiplerine göre gruplandırılarak örneklenmiştir.

Çizelge 3.1. Asitlerin beton üzerine etkisi (Baradan vd., 2010)

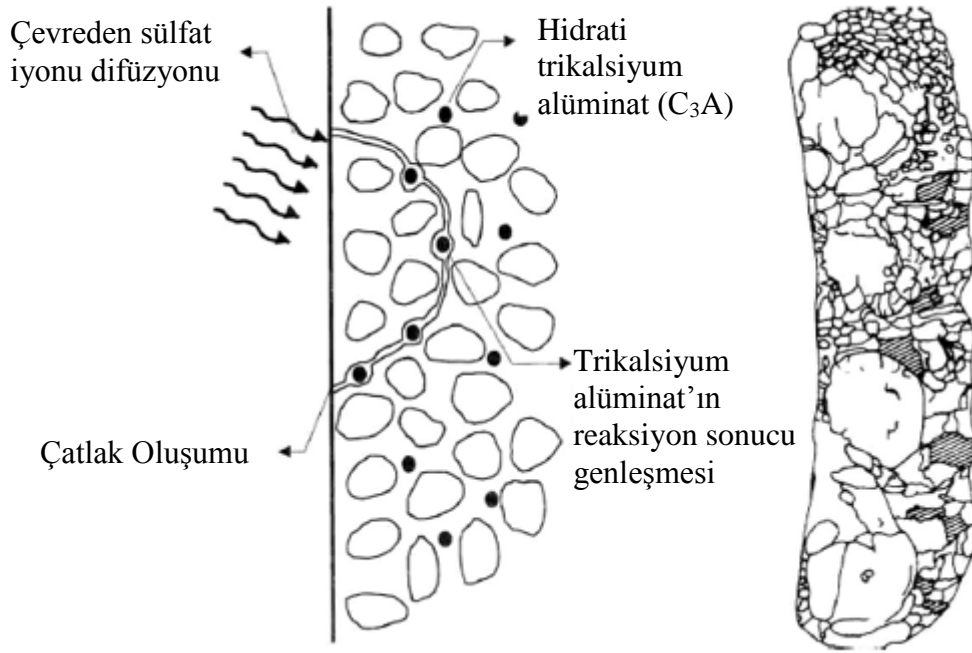
Saldırı Hızı	Asit Tipi	
	İnorganik	Organik
Hızlı	<ul style="list-style-type: none"> • Hidroflorik • Hidroflorik Nitrik • Sülfirik 	<ul style="list-style-type: none"> • Asetik • Formik • Laktik
Orta	<ul style="list-style-type: none"> • Fosforik 	<ul style="list-style-type: none"> • Tannik
Yavaş	<ul style="list-style-type: none"> • Karbonik 	-
İhmal Edilebilir	-	<ul style="list-style-type: none"> • Oksalik, Tartarik

Betonlarda durabilitenin artırılabilmesi için yüzeyin asit etkisine karşı koruyucu maddeler ile kaplanması gereklidir. Kaplama, beton yüzeyi temiz ve kuru iken yapılmalıdır. Kalıcılığı sağlamak üzere hasar gören kaplamalara acilen müdahale edilmeli ve onarılmalıdır. Kaplama için bitümlü malzemeler, sentetik reçineler, poliüretan, özel yağlar, boya ve vernik, sentetik lastik gibi malzemeler kullanılabilir. Bunların dışında $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 'yi bağlaması ve kalsiyum silikat oluşturarak boşlukların dolmasına neden olması açısından cam suyu adı verilen sodyum silikat kullanımı da kaplama açısından faydalı olmaktadır (Özgen, 2006).

3.2. Sülfat Etkisi

Sodyum sülfat, kalsiyum sülfat, magnezyum sülfat ve potasyum sülfat gibi tuzlar toprakta (özellikle yüzeyinde beyaz birikintileri olan çalılık dışında bitki yetişmeyen arazilerde), deniz suyunda, yeraltı sularında, cürufıyla doldurulan arazilerde yüksek miktarda bulunmaktadır. Sertleşmiş betonun içerisine dışarıdan sızan sularla birlikte giren sülfatları betonun genişip çatlamasına yol açan kimyasal olayların gelişmesine neden olmaktadır. Sülfatların betonda yarattığı yıpratıcı etki, “sülfat hücumu” olarak adlandırılmaktadır (Nergiz, 2007). Betondaki alüminli ve kalsiyumlu bileşenlerle kimyasal reaksiyona giren sülfat iyonları etrenjit ve alçı taşı oluştururlar (Özgen, 2006). Dış ortamdan beton bünyesine sülfat girişi olması durumunda (uygun boşluk suyu pH değeri de mevcutsa) alçıtaşı, C_3A ve/veya monosülfat ile sülfat reaksiyona girer ve etrenjit oluşturur. Sülfat girişi sürekli devam ederse, boşluk yapısına bağlı olarak etrenjit oluşumundaki doygunlukla birlikte hızlı bir genişleme meydana gelir (Alişer vd., 2015).

Yapıların temel betonları, istinat duvarı betonları, kanal kaplama betonları ve beton borular, sülfat hücumunun çok sık rastlandığı betonlardır. Sülfat saldırısı sonucu betonun yüzeyine yayılan beyaz lekeler görülür. Saldırının etkisi öncelikle köşelerde, birleşim noktalarında ve sivri köşelerde görülür. Zaman içinde çatlaklar oluşur, dökülmeler başlar. Şekil 3.3.’de sülfat etkisiyle betonun bozulması görülmektedir (Özgen, 2006).



Şekil 3.3. Sülfat etkisi ile betonun bozulması (Özgen, 2006)

ACI (Amerikan Beton Enstitüsü) standartlarına göre sülfat saldırısının şiddeti ile toprak veya sudaki sülfat yoğunluğu arasındaki ilişki Çizelge 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3.2. ACI standartlarına göre sülfat yoğunluğunun betona etkisi (Özgen, 2006)

Sülfat Ortamı	Topraktaki Suda Çözünabilir (SO ₄) Miktarı (%)	Suda Çözünabilir (SO ₄) Miktarı (ppm*)	Betondaki En Büyük Su/Çimento Oranı
Az etkili	0,00 – 0,10	0 – 150	---
Etkili	0,10 – 0,20	150 – 1500	0,50
Çok etkili	0,20 – 2,00	1500 – 10000	0,45
Aşırı etkili	2,00 ve üstü	10000 ve üstü	0,45

* ppm: partpermillion – bir milyon içindeki kısım

TS 3440 standardına göre sülfat iyonlarının etkinlik dereceleri Çizelge 3.3’de verilmiştir.

Çizelge 3.3. TS 3440 standardına göre SO_4^{2-} (Sülfat) iyonlarının zararlı etkinlik dereceleri (Özgen, 2006)

Etki Derecesi	Suda (SO_4^{2-}) (mg/l)	Zeminde (SO_4^{2-}) (mg/l)
Zayıf	200 – 600	2000 – 5000
Kuvvetli	600 – 3000	5000'den büyük
Çok kuvvetli	3000'den büyük	---

Çizelge 3.2 ve 3.3'de verilen değerler, betona sürekli temas eden durgun sular için geçerlidir. Suyun akıntısı, basıncı, sıcaklığı, soğukluğu, çarpma ve sürtünme gibi etkiler, betonun zarar görme derecesini ayrıca arttıracaktır.

Betonun geçirimsizliğinin az olması, içine nüfuz edecek sülfat miktarını da düşüreceği için çok önemlidir. Sülfat betona çatlaklardan sızan su ile girecektir. Betonda kullanılan çimento tipinin de sülfat dayanıklılığı açısından önemli bir parametre olduğu söylenebilir. ASTM (American Society for Testing and Materials) standartlarına göre çimentoda C_3A oranı % 8'in altında olanlar orta seviyede sülfata dayanıklı, % 5'in altındakiler ise sülfata yüksek derecede dayanıklı olarak belirtilmiştir. Avrupa'da genelde bu oran % 3'ün altı olarak birçok ülkede kabul edilmektedir. Yapılan araştırmalar katkılı çimentoların sülfata dayanım konusunda Portland çimentosuna karşı üstün olduğunu göstermektedir (Özgen, 2006):

Sülfat saldırısında suyun çok önemli bir rolü olmaktadır. Su, sülfatın çatlaklardan betona girmesinin dışında, kimyasal reaksiyonlarda da aktif görev yapmaktadır. Bundan dolayı gerekli su boşaltma ve yalıtım önlemlerinin alınması gerekmektedir.

Sülfat saldırısında betonda oluşan reaksiyon incelendiğinde, portland çimentosunda yer alan C_2S , C_3S , C_3A ve C_4AF bileşenlerinin su ile birleşmesinde ayrı ayrı reaksiyona girdiği ve çeşitli hidratasyon ürünleri oluşturduğu bilinmektedir. C_2S ve C_3S bileşenlerinin hidratasyonu sonucunda C-S-H kalsiyum-silika-hidrat jelinin yanında CH kalsiyum hidroksit de oluşmaktadır. C_4AF ve özellikle C_3A bileşenleri ile çimentodaki alçı ve suyun reaksiyonları sonucunda, etrenjit ($\text{C}_6\text{AS}_3\text{H}_{32}$) ve kalsiyum-alumino-monosülfhidrat ($\text{C}_4\text{ASH}_{12}$) gibi ürünler ortaya çıkmaktadır. Bu ürünler çimento hamurunda genişlemeye yol açmaktadır (Kuyumcu, 2006).

Sodyum sülfat (Na_2SO_4) veya magnezyum sülfat (MgSO_4) gibi sülfatlar, sertleşmiş beton içine sızan sularda bulunursa, bu durum betonda iki türlü reaksiyona neden olmaktadır (Kuyumcu, 2006):

1. Sertleşmiş çimentonun bünyesinde hidrasyon ürünü olarak yer almakta olan kalsiyum hidroksit ile sülfatlar arasındaki reaksiyonlar sonucunda alçıtaşı oluşmasına yol açan reaksiyonlar;



2. Sertleşmiş çimentonun bünyesinde bulunan yarı-kararlı yapıdaki $\text{C}_4\text{ASH}_{12}$ ile sülfat etkisiyle oluşmuş alçıtaşı arasındaki reaksiyonlar sonucunda $\text{C}_6\text{AS}_3\text{H}_{32}$ oluşmasına yol açan reaksiyonlar;



Sertleşmiş betonun içerisinde alçıtaşı oluşması bir miktar genişlemeye yol açmaktadır. Ancak asıl genişleme, alçıtaşı ve yarı kararlı durumdaki kalsiyum-ülümino-monosülfhidrat arasındaki reaksiyonlar sonucunda yer almaktadır. Sertleşmiş betonun içerisinde etrenjit kristallerin oluşması çok büyük genişlemeler yaratmakta, betonun çatlayıp parçalanmasına yol açmaktadır (Kuyumcu, 2006).

Sülfat hücumunun mümkün olduğu kadar azaltılabilmesi, betonun geçirgenliğinin olabildiğince azaltılabilmesi, geçirimsiz olarak üretilebilmesi ile olanaklı olacaktır. Bu nedenle geçirimsiz beton üretebilmek için uygun türde çimento veya puzolanik özellikli mineral katkı maddeleri kullanılması gerekmektedir (Kuyumcu, 2006).

4. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Baş (2009), “Lateks katkılı sıva harçlarının özellikleri” adlı çalışmasında harç uygulamaları için kullanılan lateks katkılarının en performanslı uygulama yönteminin belirlenmesi ve lateks katkıların başlıca fiziksel ve mekanik özelliklerini incelemek için çalışmalar yapmıştır. Yapılan deneylerde lateks katkısı olarak SBR kullanılmış, katkısız olarak kullanılan harçta ise işleme akışkanlığına getirebilmek için akışkanlaştırıcı katkı kullanmıştır. Çalışmasında, standartlar çerçevesinde lateks katkıları ele almış ve değişik uygulama yöntemleri denemiştir. Lateks sistemlerde eğik yüzey yapışma dayanımı tayini deneyi yapmış ve şu sonuçlara ulaşmıştır:

Değişik katkı üreticileri ile yapılan denemede çok değişken sonuçlar çıktığını gözlemlemiş ve sonuçlara bakıldığında uygulama yöntemlerinden özellikle iyi performans veren birini gözlemleyememiştir. En iyi sonucu ise katkısız olarak yapılan uygulama vermiştir, diğer uygulamalarda belirli bir dağılım saptayamamıştır. Uygulama yöntemlerinde dağınık dağılım olmasının nedenini ise ara yüzeye uygulanan kumlama işlemi ve değişik kürlenme koşulları olduğu şeklinde açıklamıştır. Katkı üreticilerinden birini seçip, aynı kürlenme koşullarında ve ara yüzeyi kumlamadan deneyi tekrarlamış, ara yüzeye 3 farklı tipte lateksli karışım uygulamış ancak 3 tipte de birbirine çok yakın sonuçlar elde etmiştir. Ara yüzeye işlem yapılmadan üst harç içine belirli bir oranda karıştırılarak yapılan denemelerde ise lateks uygulamaları arasında en yüksek dayanımı elde etmiştir. Katkısız olarak yapılan denemede ise dayanımı en yüksek bulmuştur. Kumlama yapılmadan elde edilen sonuçların daha güvenilir olduğu düşünmüştür. Uygulama yöntemlerinden ara yüzeye lateks sürme ile ara yüzeydeki şekil değiştirmenin daha az kuvvetler altında başlamasına sebep olduğunu bu yüzden eğik yüzey yapışma dayanımının daha düşük çıktığını düşünmektedir. Harcın içine karıştırma işleminde ise ara yüzeyde lateks çok ince bir film tabakası şeklinde kaldığı için daha yüksek kayma kuvvetlerine dayanabildiğini ve bundan dolayı eğik yüzey yapışma dayanımının daha yüksek çıktığını vurgulamıştır (Baş, 2009).

Baş çalışmasında çekme etkisinde lateks uygulamalarının davranışını incelemek amacıyla deneyler yapmış, harcın içine lateks katılarak yapılan uygulamaların daha iyi sonuçlar verdiğini ve harcın içine katılan lateks arttıkça yapışma dayanımının arttığı

sonucuna varmıştır. Katkısız olarak yapılan numunelerde ise herhangi bir sayısal değer alınmadan kopmuştur. Ara yüzeye katman olarak uygulanan deneylerde ise sonuçları çok daha düşük elde etmiştir. Amorf yapıya sahip olan basit çekme kuvveti etkisinde birbiri ile dolanmış lateksin karışık haldeki zincirleri paralel konuma geçtiğini ve birbirleri ile tutunup çekme dayanımlarını arttırdıkları sonucuna varmış. Çekme kuvveti etkisinde harç içine katılan lateks harcın çekme kuvveti altındaki performansını ara yüzeye uygulanan lateksten daha yüksek bulmuştur (Baş, 2009).

Baş yaptığı çalışmasında değişik oranlarda lateks katarak harçların eğilme dayanımını incelemiş ve eğilme dayanımının lateks miktarı arttıkça az da olsa arttığını fakat belli bir orandan sonra düştüğünü gözlemlemiştir. Lateks katkıların eğilme dayanımı üzerinde önemli bir etkisi olmadığı sonucuna varmıştır. Eğilme dayanımında iki parçaya bölünen numunelerle basınç deneyi yapmış ve basınç dayanımının karışımdaki lateks oranı arttıkça çok düşük seviyelerde arttığını ancak katkısız harcın dayanımından daha düşük sonuçlar elde ettiğini belirtmiştir. Bunun nedenini ise, harcın içinde lateksin, film tabakası şeklinde bir bağ oluşturması ve çimentonun bağlayıcı yüzeyini azaltması olarak yorumlamıştır (Baş, 2009).

Baş, değişik lateks oranları ile elde ettiği numunelerin belirli aralıklarla rötre ölçümlerini yapmıştır. Numunelerin kalıplardan çıkarıldıkları ilk günler rötre miktarı, katkısız numunelere oranla oldukça düşük çıkmış ve numunelerin içlerindeki lateks miktarı arttıkça da rötre miktarı düşmüştür. Ancak ilerleyen beton yaşlarında lateksin su tutuculuğunun bittiğini ve rötre miktarını arttırdığını gözlemlemiş hatta karışımdaki lateks miktarı arttıkça da rötre miktarının arttığı sonucuna varmıştır. Sonuç olarak lateks katkılı numunelerin rötreleri katkısız harca oranla oldukça yüksek çıktığı kanısına varmıştır (Baş, 2009).

Ceran (2008), “Polimer esaslı lateks katkının çimento harç özellikleri üzerindeki etkisinin incelenmesi” adlı çalışmasında harçlarda, kısa adı lateks olan (SBR lateks) bir polimer türünün kullanımının çeşitli mekanik ve fiziksel özellikler üzerine etkileri incelemiştir ve şu sonuçlara varmıştır:

Lateks katkılı çimento harçlarının hava içeriği, katkısız çimento harçlarına göre daha yüksektir. Bu durumun, lateks katkılı harçlara işlenebilirlik açısından bir üstünlük kattığını vurgulamıştır. Basınç dayanımı deneyinde ise lateks katkılı çimento harçlarının dayanımı katkısız numunelere oranla daha yüksek çıkmış ancak % 15 lateks oranından sonra dayanımın azaldığı sonucuna varmıştır. Bu sonucun ortaya çıkmasının temel sebepleri olarak da, harçlara katılan lateksin çimento hamurundaki yani matris fazdaki boşluklu yapıyı doldurma özelliğinden ve polimerlerin çimento hidrasyonuna olan olumlu etkilerinden kaynaklandığını vurgulamıştır. Yapışma dayanımı deneylerinde ise, farklı üreticilere ait lateks katkılarının performanslarını değerlendirmiş ve lateks katkılı harçların yapışma dayanımının normal harçlara göre daha yüksek olduğu sonucuna varmıştır. Ceran yaptığı çalışmada genel olarak şu sonuçlara varmıştır: Polimer katkılı harçlarda çimento ve polimerin birlikte kullanılması ile normal harçlara göre farklı özellikler elde edilebileceğini ancak istenilen özelliklerde çimento esaslı polimer katkılı bir harç elde edebilmek için bileşen malzemelerin yapılarının çok iyi bilinmesi gerektiğini ve bu harçların performanslarının polimer türü, polimer/çimento oranı, su/çimento oranı kür koşulları gibi birçok etkene bağlı olduğunu ve bu etkenlerin harcın özelliğini büyük ölçüde değiştirdiğini vurgulamıştır (Ceran, 2008).

Özturan ve Çeçen (1996), “Onarım malzemelerinin yapışma dayanımlarının eğik kesme deneyi ile belirlenmesi” adlı çalışmalarında farklı tür hazır onarım harçlarının ve değişik tip lateks kullanılarak hazırlanan betonların yapışma dayanımlarının eğik kesme deneyi yöntemi ile belirlenmesi için çalışmalar yapmışlardır. Değişik firmaların üretimi olan 6 farklı tip hazır onarım harcı ve üç değişik tip lateks kullanılmıştır. Eğik kesme deneyleri için 150x150x300 mm boyutlarında prizmatik numuneler üretilmiştir. Yapışma yüzeyi düşey eksenine ile 30 derece açı yapmaktadır. Eğik kesme dayanımı için ise numuneleri basınç deneyine tabi tutmuşlardır. Tüm lateks betonların da kompozit numunede göçme ara yüzde oluşmuş ve yapışma dayanımını hesaplamak mümkün olmuştur. Lateks modifiye betonların yapışma dayanımları genelde hazır onarım harçlarından daha düşük çıkmıştır. Ayrıca hem düzgün ara yüzeyde hem de pürüzlendirilerek yapılan ara yüzeyde betona lateks katılmasının kullanılan lateks-çimento ve su-çimento oranlarında yapışma dayanımlarında iyileştirme yapmadığı sonucuna varmışlardır. SBR türü lateks diğer tür latekslere oranla daha iyi yapışma sonucu verdiğini gözlemlemişlerdir. Özturan ve Çeçen yaptıkları bu çalışmada bazı onarım malzemelerinin yapışma dayanımlarının eğik kesme deneyi yaparak saptamaya

çalışmışlardır ve araştırılan hazır onarım harçlarının genelde yüksek dayanıma sahip olduklarını gözlemlemişlerdir. Bunun yanında normal betonun lateks ile modifikasyonu, incelenen lateks türleri eski betona yapışma özelliğinde iyileştirme yapmazken yüzeyin pürüzleştirilmesi ile beraber lateks betonların yapışma dayanımlarında önemli artışlar meydana geldiğini gözlemlemişlerdir. Lateks harç ve betonların uygulamalarında ise ara yüzeyde sürekliliği sağlamak için sürülen polimer yapıştırıcının kalın bir tabaka oluşturarak yapışma dayanımında olumsuz sonuçlar meydana getirdiğini ve dayanımı düşürdüğünü gözlemlemişlerdir.

Öztürk (2013), “Polimerle modifiye edilmiş hafif betonun bazı fiziksel ve mekanik özelliklerinin araştırılması” adlı çalışmasında, polimerlerle modifiye edilmiş taze betonun bazı fiziksel ve mekanik özelliklerini araştırmak için deneyler yapmıştır. Her bir grupta çimentonun % 0, % 5 ve % 10’u oranında SBR kullanmıştır. Üretilen betonların eğilme ve basınç dayanımları, aşınma dayanımı, su emme ve kılcallık yoluyla su emmelerini belirlemiştir. Çalışmasının sonunda elde ettiği verilere göre, styrene – butadien lateks kullanımının hafif betonun basınç ve eğilme dayanımları üzerinde önemli bir değişim yapmadığı sonucuna varmıştır. Aşınma direnci, kılcallık ve su emme özellikleri ise SBR lateks kullanımından etkilendiğini belirtmiştir. SBR lateks kullanımı ile birlikte betonların su emme oranının azaldığı sonucuna varmıştır.

Köksal ve Gencel (2012) genleştirilmiş vermikülit kullanarak ürettikleri polimerle modifiye edilmiş hafif harçların özellikleri hakkında çalışmalar yapmışlardır. Polimer olarak SAE (strien akrilik lateks) türünü kullanmışlardır. Polimer/çimento ve kullanılan vermikülit miktarını değiştirmişler, vermikülit oranı arttıkça eğilme ve basınç dayanımlarının azaldığını gözlemlemişlerdir. SAE lateks kullanımının basınç dayanımından ziyade eğilme dayanımı üzerinde daha iyi sonuçlar verdiğini saptamışlardır.

Ohama (1987) yayınladığı çalışmasında, lateks ile modifiye edilen beton ve harçların proses teknolojisini, prensiplerini ve tipik özelliklerini tartışmış, çalışmasında polimer, agrega, çimento arasındaki reaksiyonlarla ilgili tartışmalara yer vermiştir. Tartışılan özellikler; dayanım, boşluk yapısı, geçirimsizlik ve donma-çözülme, klor geçirimsizliği, karbonasyon direnci gibi özelliklerdir. Ohama, bu özelliklerin polimer/çimento oranıyla güçlü bir şekilde etkilendiklerini dile getirmiştir.

Ohama (1998) yayınladığı çalışmasında polimer kökenli katkıları sınıflandırmış, çeşitli polimerler kullanarak yapılan polimer modifikasyonunun prensiplerinden bahsetmiştir. Polimer modifiye beton ve harçların özelliklerine değinmiş ve uygulamalarından bahsetmiştir.

Turan (1995), “Uçucu küllü lateks harçlarının mekanik özellikleri” adlı çalışmasında portland çimentosunun bir kısmı yerine aynı ağırlık ve aynı oranda yüksek kireçli uçucu kül kullanılan lateks harçlarının özelliklerini incelemiştir. Turan çalışmalarında katkısız ve çimento ağırlığının % 25 ve % 50 oranında uçucu kül katkılı harçlarda, polimer bağlayıcı katı madde oranı 0, 0.05, 0.15, 0.20 olacak şekilde vinil asetat ve akrilik asit ester kopolimer lateksi kullanmıştır. Değişik karışımlarda numuneler elde eden Turan hem uçucu kül hem lateks kullanımının yanında sadece lateks ve sadece uçucu kül kullanarak ta numuneler hazırlamış ve bu şekilde sonuçları kıyaslamıştır. 7. ve 28. günlerde birim ağırlık ve ses hızları ölçüldükten sonra basınç eğilme ve çekme dayanımlarını saptamış, lateks kullanımının hem uçucu kül hem de katkısız hazırlanan numunelerde basınç dayanımını azalttığını ancak diğer taraftan eğilme ve çekme dayanımları lateks kullanılmasıyla önce azalırken artan polimer bağlayıcı oranıyla artmakta olduğunu ve uçucu kül katkısız harçlarda dayanım lateks içermeyen harçların dayanımının üzerine çıktığını, ancak uçucu kül oranındaki artışla iyileştirme etkisinin azaldığını saptamıştır. Lateks harçlarının 7 ve 28 günlük basınç dayanımlarında lateks kullanılmayan harçlara oranla % 30 ile % 80 arasında azalmalar gözlemlenmiştir. Çekme dayanımını iyileştirmede ise lateks katkılı harçların uçucu kül katkılı harçlara oranla çok daha belirgin bir iyileştirme meydana getirdiğini gözlemlenmiştir.

Ray vd., (1995) lateks etkisi ve Portland süper plastikleştiricisinin sertleştirilmiş çimento harcı evresinin tekil ve kombine etkisi ile ilgili çalışmalar yapmışlardır. İki süper plastikleştirici ve dört adet lateks türü üzerinde yapılan çalışmalarda. Katkısız beton, lateks modifiyeli beton, süper plastikleştirici katılmış beton ve hem süper plastikleştirici hem de lateks katılmış beton olmak üzere 4 farklı tip üzerinde deneyler yapmışlar ve çalışma sonunda şu sonuçlara varmışlardır. Lateks katkısı % 10’a kadar basınç dayanımını bir miktar arttırırken % 11’den sonra basınç dayanımında kayıplara yol açtığını belirtmişlerdir. Hem süper plastikleştirici hem de lateks katılan betonlar sadece lateks katılmış betonlara oranla daha fazla deformasyon göstermiştir. Tüm lateks modifiyeli harçlar için su emme oranının, modifiye edilmemiş harca oranla daha az olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Üç devir ıslatma

ve kurutma çalışmasından sonra süper plastikleştirici ve lateks katılmış olan örneklerin basınç dayanımı kaybının sadece lateks modifiye edilmiş numunelerin dayanım kayıplarından daha az olduğunu gözlemlemişlerdir.

Zhong vd., (2002) çimento harcını farklı lateks türleri ile birleştirmek ve polimerler ile harçlar arasındaki ilişkileri araştırmak amacıyla bir takım çalışmalar yapmışlardır. Yaptıkları çalışmalarda üç lateks karışımının mekanik özellikleri ile lateks-modifiye harçların mekanik özelliklerini ve klorür yayınımlarını incelemişlerdir. Lateks karışımlarından oluşan polimer filmlerin özellikleri ve lateks karışımı ile modifiye edilmiş harç özellikleri arasındaki ilişkileri belirtmişlerdir. Test sonuçlarına göre, SAE ve SBR karışımı ile tadil edilmiş harçların sinerjistik bir etki içinde olduğu sonucuna varmışlardır. Özellikle SAE / SBR harmanı-modifiye harçların eğilme dayanımını mono lateks ile modifiye edilmiş harçlara oranla yaklaşık % 20 ile % 40 oranında daha yüksek olduğu sonucuna varmışlardır. Bununla birlikte, vinil klorür-viniliden klorür kopolimeri (PVDC) / SBR ve PVDC / SAE modifiye edilmiş harmanlarında sinerjistik etki gösterdiğini saptamışlardır. Bununla birlikte tek bir lateks ile modifiye harçlardan olumlu bir sonuç elde edememişler, sonuçlar katkısız numunelerden hiçbir fark gösterememiştir. Bu yüzden karıştırma yoluyla, farklı polimerlerin avantajları birleştirilebileceğini düşünmüşler ve daha iyi özellikte bir karışım elde etmeye çalışmışlardır. SAE / SBR karışımını, PVDC / SBR karışımı harçları ile kıyasladıklarında mekanik özellik olarak birbirlerine benzer sonuçlar elde etmişlerdir. SAE / SBR veya PVDC / SBR karışımı ile modifiye edilen harçların düşük klorür yayılması gösterdiği sonucuna varmışlardır.

Xiong vd., (2000) sülfürik asite dayanıklı daha düşük maliyetle harç geliştirilmesi amacıyla çimento harcını soda camı ve polimer lateks ile modifiye ederek çalışmalar yapmışlardır. Yapılan testte beş çeşit polimer lateks arasından en iyi sonucu veren polivinil asetat lateksi yardımcı düzenleyici olarak seçmişlerdir. Test için dört farklı harç numune hazırlamışlardır; çözünür cam-polivinil asetat lateksle modifiye harç, polivinil asetatla modifiye harç, çözünür cam modifiye harç ve katkısız harç olmak üzere ve bunlar arasında detaylı bir araştırma yapmışlardır. Araştırma sonucunda genel olarak şu kaniya varmışlardır, çözünür cam-polivinil asetat lateks modifiye harcın sülfürik aside karşı en dayanıklı olduğu ortaya çıkmıştır. Bunun yanında şu sonuçları da elde etmişlerdir:

1. Çözünür cam ile % 7 ve polivinil asetat lateksle % 3 modifiye edilmiş olan numunelerin sülfürik asit direncini, çözünür cam ile % 7 ve polivinil asetat lateksle % 5 modifiye edilmiş numunelere kıyasla daha yüksek dirençli bulmuşlardır.
2. % 7 çözünür camile modifiye edilmiş harcın sülfürik asit direncini % 5 polivinil asetat lateks ile modifiye edilmiş harca oranla daha yüksek çıktığını belirtmişlerdir.
3. Çözünür cam- polivinil asetat lateks katılmış numunelerin, küp basınç dayanımı ve eğilme dayanımı, sadece polivinil ve sadece çözünür cam katılmış numunelere oranla daha yüksek çıkmıştır (Xiong vd., 2000).

Wu vd., (2001) yaptıkları çalışmada normal hazırlama yöntemi olan kum ve çimentoyu kuru bir şekilde karıştırıp ardından su ve lateks ekleme yönteminin yanında yeni bir yöntem geliştirip kum ve lateksi karıştırıp homojen hale getirip daha sonra çimento ve su ekleme yöntemini uygulamışlar ve sonuçları karşılaştırmışlardır. Bu çalışmada iki tür lateks (kauçuk) kullanılmışlardır. Bunlar SAE ve SBR'dir. Testler sonucunda şu kanıya varmışlardır; çimento lateks oranları aynı olan fakat karışım yöntemleri farklı olan numunelerden farklı sonuçlar elde etmişlerdir. Kum ve lateksi önceden karıştırdıkları numunelerden daha iyi performans elde etmişlerdir ayrıca lateks oranı küçük miktarlarda da olsa bu ön karıştırma yöntemi ile özellikle donma-çözülme direncinin daha iyi sonuçlar verdiğini saptamışlardır. Ancak su emme ve geçirgenlik sonuçlarında pek bir farklılık elde edememişlerdir.

Rossignolo ve Agnesini (2004) SBR ile modifiye edilen hafif betonların agresif ortamlara dayanıklılığını araştırmak için bir takım çalışmalar yapmışlar ve polimerli betonların, polimerle modifiye edilmemiş hafif betonlardan daha dayanıklı olduğu sonucuna varmışlardır. SBR'nin, karışımda kullanılan su miktarını önemli miktarda azalttığını, bunun yanında korozyon direnci ve asitli ortamlara karşı direncini iyileştirdiğini ve su emmeyi azalttığını belirtmişlerdir.

Okba vd., (1997) yaptıkları çalışmada lateks modifiye betonun korozyon direncini geleneksel beton ile karşılaştırmışlardır. Son yıllarda betonarme yapılarda dünya çapında yaşanan bozulmalar, beton yapıların dayanıklılığı, özellikle agresif ortamlara maruz kalan

yapılara duyulan endişeler sebebi ile bir çok araştırma yapılmaktadır. Çelik donatı korozyonu da önemli bozulma sorunlardan biridir. Bu yüzden böyle bir çalışma yapma gereği duymuşlardır. Çalışmalarında lateks olarak SBR lateks kullanmışlardır ve şu sonucu elde etmişlerdir, lateks modifiye betonun korozyon direnci geleneksel betona göre daha iyi çıktığını ve lateks modifiyeli betonun korozyon direncinin yaşla birlikte önemli ölçüde arttığını gözlemlemişlerdir.

Rossignolo ve Agnesini (2002) SBR ile modifiye edilen hafif betonların korozyon direnci, kimyasal direnç ve su emme açısından geleneksel betonla karşılaştırmasını yapmışlar, SBR lateks kullanımıyla su, (çimento+silis dumanı) oranı ve su emme oranının azaldığını, yarmada çekme ve eğilme dayanımlarının ise geleneksel betona kıyasla arttığını gözlemlemişlerdir.

5. MATERYAL VE YÖNTEM

5.1. Üretimde Kullanılan Malzemeler

Lateks modifiye beton ve harç deneylerinde çimento, agregalar, su ve lateks katkı maddesi kullanılmıştır.

5.1.1. Çimento

Deneyel çalışmaların tümünde, Eskişehir Çimsa çimento fabrikasında üretilen CEM I 42.5 çimentosu kullanılmıştır. Çizelge 5.1’de çimentonun kimyasal ve mekanik özellikleri görülmektedir.

Çizelge 5.1. Deneylerde kullanılan CEM I 42.5 çimentosunun özellikleri

Kimyasal Analiz			
Kalsiyum oksit (%)	63,56	Yoğunluk (g/cm ³)	3,10
Silisyum oksit (%)	19,25	Özgül yüzey (Blaine) (cm ² /g)	3320
Alüminyum oksit (%)	5,05	0,045 mm Elek kalıntısı (%)	11,50
Demir oksit (%)	2,56	0,090 mm Elek kalıntısı (%)	1,90
Magnezyum oksit (%)	1,78	Su (%)	27
Sodyum oksit (%)	0,26	Priz başlangıcı (dakika)	150
Potasyum oksit (%)	0,83	Priz sonu (dakika)	279
Kükürt trioksit (%)	3,11	Hacim sabitliği (mm)	1,00
Kızdırma Kaybı (%)	3,48		
Klorür (%)	0,009		
Çözünmeyen kalıntı (%)	0,30		
Serbest kireç (%)	1,10		

5.1.2. Su

Beton suyu olarak Eskişehir şebeke suyu kullanılmıştır. Beton üretiminde kullanılan şebeke suyunun kimyasal analizi Çizelge 5.2’de görülmektedir.

Çizelge 5.2. Deneyde kullanılan suyun özellikleri

Kimyasal Analiz			
Aliminyum (mg/l)	0,06	pH değeri	8,00
Nitrat (mg/l)	8,80	İletkenlik μ S/cm	354.00
Nitrit (mg/l)	0,005	Toplam organik karbon (mg/l)	23,80
Amonyum (mg/l)	0,07	Sertlik (Fr0)	31,43
Sülfat (mg/l)	78	Toplam çözünmüş madde	341
Demir (mg/l)	0,005	Arsenik (mg/l)	0,00357
Mangan (mg/l)	0,002		
Fosfor (mg/l)	0,06		

5.1.3. Agregalar

Ürettiğimiz betonlarda dane çapları 0 - 7 mm arası, 7 - 15 mm arası ve 15 - 22 mm arası olan SELKA A.Ş.'nin ocaklarından temin edilen 3 farklı kırmataş kullanılmıştır. Çizelge 5.3'de kullanılan agregaların elek analizi gösterilmiştir.

Çizelge 5.3. Deneyde kullanılan agregaların elek analizleri

Elekler	Numune 0-7	Numune 7-15	Numune 15-22
	Toplam ağırlık 390	Toplam ağırlık 1000	Toplam ağırlık 1500
Elek (mm)	% geçen	% geçen	% geçen
31,5	100	100	100
16	100	97	4
8	100	2	0
4	90	0	0
2	63	0	0
1	46	0	0
0,5	32	0	0
0,25	22	0	0
0,125	15	0	0
0,063	10	0	0
İncelik Modülü	2,48	6,01	6,94
İnce Madde %	6	0,9	0,4

5.1.4. Kum

Yapılan tüm harç deneylerinde TS EN 196-1 Madde 5.1.2’de belirtilen özelliklerde, 1350±5 gram ağırlığında plastik paketlerde CEN standart kum kullanıldı. CEN standart kumunun tanecik büyüklüğü dağılımı aşağıdaki Çizelge 5.4’de gösterilmektedir.

Çizelge 5.4. CEN standart kumunun tanecik büyüklüğü dağılımı

Kare göz açıklığı, mm	Kümülatif elekte kalan, %
2.00	0
1.60	7 ± 5
1.00	33 ± 5
0.50	67 ± 5
0.16	87 ± 5
0.08	99 ± 1

5.1.5. Lateks

Hazırlanan tüm numunelerde Sika firmasına ait SBR tipi lateks kullanılmıştır. Çizelge 5.5’de ürüne ait özellikler görülmektedir.

Çizelge 5.5. Lateks özellikleri

Lateks	
Görünüm/Renk	Beyaz homojen emülsiyon
Ambalaj	6 ve 30 kg plâstik bidon 200 kg plâstik varil 1000 kg konteynır
Kimyasal yapı	Stiren Butadien Emülsiyon
Yoğunluk	1,015±0,01 kg/l (+20°C’de)
pH değeri	8–12
Donma noktası	-5°C

5.1.6. Donatı

Aderans deneyinde Karabük Demir Çelik Fabrikasına ait 14 mm çapında nervürlü S420 çeliği kullanılmıştır. Çizelge 5.6’da S420 çeliğinin özellikleri görülmektedir.

Çizelge 5.6. S420 çeliğinin özellikleri

Tip	Düz Yüzeyle	Nervürlü				
		S420	B420B	B420C	B500B	B500C
Sınıf	S220	S420	B420B	B420C	B500B	B500C
Akma dayanımı Re (N/mm ²)	220	420	420	420	500	500
Çekme dayanımı Rm (N/mm ²)	340	500	-	-	-	-
Çekme dayanımı/ Akma dayanımı oranı Rm/Re	min.1,20	min.1,15	min.1,08	$\geq 1,15$ $\leq 1,35$	min.1,08	$\geq 1,15$ $\leq 1,35$
Deneysel akma dayanımı/ Karakteristik Akma Dayanımı Oranı React./ Renom. (Max.)	-	1,30	-	1,30	-	1,30
Kopma Uzaması (min.) A ₅ (%)	18	10	12	12	12	12
Max. Yükte toplam Uzama (min.) Agt (%)	-	-	5	7,5	5	7,5

5.2. Numune Üretimi ve Yapılan Deneyler

Numune üretimi ve deneylerin bir kısmı ESOGU Malzeme laboratuvarında, bir kısmı Ankara Tek Yapı Laboratuvarında hazırlanmış ve deneye tabi tutulmuştur. Numunelerin bir kısmı laboratuvardaki kür havuzlarında bekletilirken, özel kür koşulları gerektiren diğer numuneler özel hazırlanmış kür havuzlarında bekletilmiş ve sonrasında deneylere tabi tutulmuştur.

5.2.1. Karışım oranları ve numune kodları

Beton basınç deneyine tabi tutulacak numunelerimiz için 4 farklı tipte deney karışımı hazırlanmıştır. Hazırlanan birinci karışımda lateks oranı % 0 (katkısız), ikinci karışımda lateks oranı çimento ağırlığının % 5'i, üçüncü karışımda çimento ağırlığının % 10'u, dördüncü karışımda ise çimento ağırlığının % 15'i olarak belirlenmiştir.

Aderans (çekip-çıkarma) deneyine tabi tutulacak numuneler ise 5 farklı tipte hazırlanmıştır. Hazırlanan birinci karışımda lateks oranı % 0 (katkısız), ikinci karışımda lateks oranı çimento ağırlığının % 5'i, üçüncü karışımda çimento ağırlığının % 10'u,

dördüncü karışımda çimento ağırlığının % 15'i oranında lateks ilave edilmiştir. Beşinci karışımda ise karışıma lateks katılmamış olup, yerleştireceğimiz çelik çubuk lateks içerisine daldırılıp çubuğun yüzeyine lateks uygulanmıştır.

Eğik yüzey yapışma (kayma) dayanımı tayini için üretilen numunelerimizde ise 45 derece eğimli yüzeyin arasına ve üst harca lateks uygulaması yapılmıştır. Birinci tip uygulamasında ara yüzeye hiçbir uygulama yapılmadan direk beton uygulaması yapılmıştır (KK). İkinci tip olarak ise ara yüzeye 1:1 oranında lateks, su karışımı uygulanmıştır (KA). Üçüncü tip olarak ara yüzeye fırça yardımı ile 1:1:2 oranında lateks, su, çimento karışımı uygulanmıştır (KB). Dördüncü tip olarak ise ara yüzeye 1:1:2:6 oranında su, lateks, çimento, kum karışımı uygulaması yapılmıştır (KC). Beşinci tip olarak ise ara yüzeye herhangi bir uygulama yapılmadan üst harcın içine çimento ağırlığının % 10'u oranında lateks karışımı uygulanmıştır (KD). Aşağıdaki Çizelge 5.7'de kayma dayanımına ait karışım tipleri ve kodları görülebilir.

Çizelge 5.7. Kayma dayanımına ait numune kodları

Numune Kodu	İçerik
KK	Katkısız harç, katkısız ara yüzey
KA	Ara yüzeye 1:1 oranında lateks su karışımı hazırlanıp uygulanarak elde edilen numune
KB	Ara yüzeye 1:1:2 oranında lateks, su, çimento karışımı hazırlanıp uygulanarak elde edilen numune
KC	Ara yüzeye 1:1:2:6 oranında lateks, su, çimento, kum karışımı hazırlanıp sürülerek hazırlanan numuneler
KD	Ara yüzeye uygulama yapılmaksızın, üst harç içerisine çimento ağırlığının % 10'u oranında lateks katkısı ilave edilerek elde edilen numuneler

Yapışma dayanımı tayini deneyi için ise önceden hazırlanmış olan alt tabaka betonunun ara yüzeyine ve üst harç içerisine değişik tiplerde lateks uygulaması gerçekleştirilmiş ve hazırlanan numuneler deneye tabi tutulmuştur. Katkısız uygulamada alt betonun üzerine harç uygulaması doğrudan uygulanmıştır (YK). İkinci tip ise alt beton yüzeyine hazırlanan 1:1 oranındaki su:lateks karışımı uygulanmıştır (YA). Üçüncü tipte ara yüzeye 1:1:2:6 oranında su, lateks, çimento kum karışımı uygulaması yapılmıştır (YB).

Diğer bir tipte ise ara yüzeye bir uygulama yapılmadan uygulan üst harcın içine karışım olarak çimento ağırlığının % 5'i oranında lateks uygulanmıştır (YC). Beşinci tip olarak ise yine ara yüzeye bir uygulama yapılmadan üst harcın içine % 10 oranında lateks uygulanmıştır (YD). Son olarak ise ara yüzeye bir uygulama yapılmadan üst harcın içine % 15 oranında lateks uygulanmıştır (YE). Aşağıdaki Çizelge 5.8'de yapışma dayanımın ait numune kodları ve içerikleri görülebilir.

Çizelge 5.8. Yapışma dayanımına ait numune kodları

Numune Kodu	İçerik
YK	Katkısız harç, katkısız ara yüzey
YA	Ara yüzeye 1:1 oranında lateks su karışımı hazırlanıp uygulanarak elde edilen numune
YB	Ara yüzeye 1:1:2:6 oranında lateks, su, çimento, kum karışımı hazırlanıp sürülerek hazırlanan numuneler
YC	Ara yüzeye uygulama yapılmaksızın, üst harç içerisine çimento oranının % 5'i oranında lateks katkısı ilave edilerek elde edilen numuneler
YD	Ara yüzeye uygulama yapılmaksızın, üst harç içerisine çimento ağırlığının % 10'u oranında lateks katkısı ilave edilerek elde edilen numuneler
YE	Ara yüzeye uygulama yapılmaksızın, üst harç içerisine çimento ağırlığının % 15'i oranında lateks katkısı ilave edilerek elde edilen numuneler

Eğilme, Basınç ve genleşme deneylerine tabi tutulacak harç uygulamalarında ise 4 tip harç uygulaması hazırlanmıştır. Birinci tipte hazırlanan harcın içine hiçbir katkı katılmadan numuneler üretilmiştir. İkinci tip olarak ise harcın içine çimento ağırlığının % 5'i oranında lateks katkı karıştırılmıştır. Üçüncü tip olarak ise harcın içine çimento ağırlığının % 10'u oranında lateks uygulanmıştır. Dördüncü tipte ise harcın içine çimento ağırlığının % 15'i oranında lateks uygulanmıştır.

5.2.2. Karışımın hazırlanması

Beton basınç ve aderans deneyine tabi tutulacak olan numunelerimiz için öncelikli olarak karışım miktarları hazırlanmış, tartılmış ve sonrasında agregalar ve kum karıştırıcıya atılarak karışım homojen hale getirilmiştir. Homojen hale getirilen bu karışıma çimento ilave edilerek bir miktarda bu şekilde karıştırıldıktan sonra, önceden homojen hale getirilmiş

lateks-su karışıma ilave edilmiş ve beton iyice karıştırılmıştır. Basınç dayanımı testine tabi tutulacak olan numuneler önceden yağlanmış olan 15x15x15 cm'lik numune kalıplarına dökülmüş bu numuneler Katkısız, % 5-Lateks, % 10-Lateks ve % 15-Lateks katkıli olmak üzere 4 farklı tipte oluşturulmuştur. Aderans deneyine tabi tutulacak olan numuneler ise önceden yağlanmış olan silindir çelik numune kalıplarımıza dökülmüş, bu numuneler Katkısız, % 5-Lateks, % 10-Lateks, % 15 Lateks katkıli olarak hazırlanmıştır. Birde beton karışıma lateks katılmamış donatının yüzeyi lateks içerisine daldırılmış ve çubuk yüzeyi lateksle modifiye edilmiştir.

Numuneler 3 farklı ortamda (su-sülfat ve asit) bekletilip, her birinin 28, 56, 90 günlük dayanımları belirlenmiştir.

Kayma (eğik yüzey yapışma) dayanımı tayini için üretilen numunelerimiz için ise öncelikle alt tabakayı meydana getiren yarı prizmatik şekildeki numunelerin üretimi yapılmıştır. Karıştırma aletine kum, çimento, su ilave edilip karıştırıldıktan sonra özel olarak hazırladığımız yağlanmış alüminyum kalıpların içine yine özel olarak kestirilmiş olan 45 derece eğimli eğik ahşap kalıplar yerleştirilmiş ve üzerine harç uygulaması yapılmıştır. Böylelikle yarı prizmatik şekilde katkısız numunelerimiz elde edilmiştir. Bu numuneler bir hafta sonra kalıplardan çıkartılıp suda bekletilmiş ardından üst tabaka harçları için aynı şekilde karışım hazırlanarak ara yüzeye gerekli tiplerdeki uygulamalar yapılmıştır. Son olarak yarı prizmatik numunelerin üzerine harçlar dökülmüş tam prizmatik şekildeki numuneler elde edilmiştir. Diğer bir uygulama olarak ise karışımda ara yüzeye bir uygulama yapılmadan üste döktüğümüz numunenin içine çimento ağırlığının % 10'u oranında lateks karıştırılıp üst tabaka harcı dökülmüştür. Bu karışımı hazırlarken suya katılıp karıştırılan lateks, çimento ve kum karışımına katılmış karıştırıcıda hazırlanmış ve üst harç olarak alt tabakanın üzerine dökülmüş tam prizmatik harçlar elde edilmiştir. Bu işlemlerden sonra 5 farklı tipte tam prizmatik numune elde edilmiştir.

Yapışma dayanımı tayini deneyi için ise alt tabaka harcı karışımı aynı şekilde katkısız olarak hazırlanıp önceden yağlanmış olan geniş bir kalıba dökülmüştür. Sonrasında ise üst harç aynı şekilde karıştırılıp ara yüzeye ve üst harca yine belirtilen tiplerdeki karışımlar uygulanmış, kür koşullarına bırakılmıştır.

Eğilme ve basınç dayanımı deneyinde ise su, lateks, çimento, kum bileşenleri karıştırıcıda karıştırılıp 160x40x40 mm ebatlarındaki prizma kalıplara dökülmüştür. Bunlarda beton numunelerdekilere benzer olarak katkısız, % 5, % 10, % 15 lateks katkıli olarak hazırlanmıştır.

Genleşme deneyi için hazırlanan numunelerimiz 4 farklı tipten oluşmaktadır. Kontrol amaçlı katkısız numune ve % 5, % 10, % 15 lateks katkıli numuneler şeklinde hazırlanmış, asit ve sülfat küründe bekletildikten sonra belirli aralıklarla boy uzamaları ölçülmüştür.

5.2.3. Kür koşulları

Elde edilen numuneler standart kür, sodyum sülfatlı ortam ve asetik asitli ortam olmak üzere 3 farklı kür ortamına bırakılmıştır. Standart kürde numuneler suda bekletilmiştir. Sodyum sülfatlı ortamda ise su içerisine % 20 oranında sodyum sülfat eklenmiş, karıştırılıp homojen hale getirilmiş ve numuneler içerisine yerleştirilmiştir. Asitli ortamda ise asetik asit karışım suyuna % 20 oranında ilave edilmiş karıştırılıp homojen hale getirildikten sonra numuneler yerleştirilmiştir.

5.2.4. Lateks modifiyeli beton numunelerin deneyleri

Bu kısımda döktüğümüz beton numuneleri kür sürelerine göre (28, 56, 90) su, sodyum sülfat ve asetik asitteki kür havuzlarından çıkartılıp basınç ve aderans deneyine tabi tutulmuştur.

5.2.4.1. Beton basınç deneyi

Bu deney için toplamda 4 farklı tipte beton numuneleri üretilmiş, katkısız ve lateks katkıli betonların 28, 56 ve 90. günlerdeki basınç dayanımlarındaki değişimlerinin gözlemlenmesi amaçlanmıştır. Bunun yanı sıra bu numunelerin farklı ortamda bekletilmesi sağlanmış ve numunelerin su, asit ve sodyum sülfat içerisinde bekletilmesinden dolayı basınç dayanımlarında meydana gelen değişiklikler ölçülmek istenmiştir. Bu amaçla üretilen 4 farklı tipte numune 3 farklı kür ortamına bırakılmıştır.

Küp numuneler üzerinde TS EN 12390-3'e uygun basınç dayanımı deneyi yapılmıştır. Deneyde küp numuneler düzgün yüzeyleri tablaya gelecek bir şekilde makineye yerleştirilmiş ve eksenel doğrultuda sıkıştırılarak basınç deneyi uygulanmıştır.

5.2.4.2. Aderans deneyi

Bu deney için 5 farklı tipte silindirik numune hazırlanmış ve içerlerine 14 mm çapında çelik donatı 20 cm içeride kalacak şekilde yerleştirilmiştir. Kalıplardan çıkartılan numuneler 3 farklı kür ortamına bırakılmış ve 28., 56. ve 90. günlerde aderans deneyine tabi tutulmuştur. Bu şekilde lateks katkısının çekmedeki kenetlenmeye olan belirlenmiştir. Aynı zamanda sudaki ortama oranla asit ve sodyum sülfat gibi agresif ortamların aderansa etkisi değerlendirilmiştir. Şekil 5.1'de aderans deneyi görülmektedir.

Aderans dayanımı şu şekilde hesaplanmaktadır:

$$\tau = \frac{P}{\pi \times \emptyset \times \ell} \quad (4)$$

Bu formülde;

τ = Aderans gerilmesi

P = Çekme yük

\emptyset = Donatı çapı

ℓ = Aderans boyu (Betona gömülü donatı uzunluğu)



Şekil 5.1. Aderans deneyi

5.2.5. Lateks modifiyeli harç numunelerin deneyleri

Bu kısımda ürettiğimiz harç numunelerimiz su, sodyum sülfat ve asetik asitli ortamlarda bekletildikten sonra kürden çıkartılıp deneylere tabi tutulmuştur. Lateksli harçların dayanımlarının katkısız numunelere oranla nasıl değişimler göstereceği araştırılmıştır. Bunun yanında su ortamına oranla asit ve sodyum sülfat etkisinde kalan numunelerinde sonuçlarındaki değişimler incelenmiştir.

5.2.5.1. Lateks sistemlerde eğik yüzey yapışma dayanımı tayini

Lateks eğik yüzey kayma dayanımı, önceden dökülmüş sertleşmiş yarı prizmatik numunelerin ara katmalarına lateks uygulaması yapıp üzerine taze harç dökülmesi ile elde edilen yeni tam prizmatik numunenin basınç dayanım testine sokularak değerlerinin hesaplanmasıyla bulunur.

Deney için gerekli kalıplar 13 cm yüksekliğinde ve 4 cm genişliğindedir. Numune kalıpları metalden özel olarak üretilmiştir.

Deneyde yarı prizmatik numuneleri hazırlayabilmek için ahşaptan özel kalıplar yapılmıştır. Bu kalıplar tam olarak bir prizmanın hacminin yarısına eşittir ve yüzeye 45 derece eğimli olacak şekilde yapılmıştır. Metal numune kalıplarının içine tam olarak oturmaktadır. Şekil 5.2’de alt tabaka betonlarının hazırlanmasında kullanılan 45 derece eğimli ahşap ve metal kalıplar görülmektedir.



Şekil 5.2. Alt tabaka betonlarının hazırlanmasında kullanılan 45 derece eğimli ahşap ve metal kalıplar

Deneyler için 3'er adet numune hazırlanır. Deneyin yapılmasında yarı prizmatik ahşap kalıplar metal kalıplarımızın içine yerleştirilir, eğik yüzeyli ahşap kalıpları ve metal numune kalıplarını yağlama işleminden sonra harç dökümü gerçekleştirilir, beton dökümü sırasında her bir numune için eşit tokmaktama işlemi yapılarak alt tabaka betonları elde edilir. Toplamda 60 adet alt tabaka betonu elde edilmiştir. Deney için 45 adet alt tabaka betonu yeterlidir ancak numune tiplerinin yüzeyinin düzgün olması gerekliliği ve düzgün sonuçlar elde edebilmek adına 15 adet fazladan numune üretilmiş yüzeyleri düzgün olan 45 adet numune aralarından seçilmiştir. 7 gün kalıpta bekledikten sonra tamamı suya bırakılmıştır. Şekil 5.3'te 45 derece eğimli alt tabaka betonları görülmektedir.



Şekil 5.3. 45 derece eğimli alt tabaka betonları

Numuneler suda bekletildikten sonra üst harç uygulaması işlemine geçilmiştir. Ara yüzeye 4 farklı tipte uygulama yapılmıştır. KK adını verdiğimiz uygulamada ara yüzeye hiçbir katkı katılmaksızın yarı prizmatik numunenin üzerine direk harç uygulaması yapılmıştır. KA adını verdiğimiz uygulamada ise ara yüzeye 1:1 oranında lateks, su karışımı fırça yardımı ile uygulanmıştır. Üçüncü tip olarak ara yüzeye fırça yardımı ile 1:1:2 oranında lateks, su, çimento karışımı uygulanmıştır (KB). Dördüncü tip olarak ise ara yüzeye 1:1:2:6 oranında su, lateks, çimento, kum karışımı uygulaması yapılmıştır (KC). Beşinci tip olarak ise ara yüzeye herhangi bir uygulama yapılmadan üst harcın içine çimento oranını % 10'u oranında lateks karışımı uygulanmıştır (KD).

Üst harç işlemi de tamamlandıktan sonra elde ettiğimiz tam prizmatik şekildeki numuneler bir hafta sonra kalıplarından çıkartılıp 28 gün beklemek üzere kür ortamlarına bırakılmıştır. Toplamda 45 adet tam prizmatik numune elde edilmiştir.

Numuneler basınç deneyine tabi tutulmuştur. Numuneler üzerine uygulanan aksel kuvvet ara beton katmanını iki parçaya ayırmıştır. Numunelerin kırılma şekli kayma kırılması şeklinde olmuştur. Numuneler üzerine uygulanan basınç kuvveti eğik yüzeyde iki bileşene ayrılır. Bunlardan biri eğik yüzeye dik, diğeri ise eğik yüzeye teğetsel olan kuvvettir. Eğik yüzey yapışma (kayma) dayanımı teğetsel kuvvetin eğik yüzey alanına bölünmesi ile elde edilir.

5.2.5.2. Lateks sistemlerde yapışma dayanımı tavini

Bu deneyde lateksin yapışma dayanımına olan etkisi incelenmek istenmiştir. Yapışma dayanımı deneylerinde alt tabaka betonumuza 6 farklı tipte lateks uygulaması şekli yapılarak üst harç dökümü gerçekleştirilmiştir. Katkısız uygulaması alt betonun üzerine harç uygulaması doğrudan uygulanmıştır (YK). İkinci tip olarak ise alt beton yüzeyine 1:1 oranında su:lateks karışımı hazırlanıp uygulanarak hazırlanmıştır (YA). Üçüncü tip olarak ise yüzeye 1:1:2:6 oranında su, lateks, çimento kum karışımı uygulaması yapılmış olup üzerine hazırlanmış olan harç uygulanmıştır (YB). Diğer bir tip ise ara yüzeye bir uygulama yapılmadan uygulan üst harcın içine karışım olarak % 5 oranında lateks uygulanmıştır (YC). Beşinci tip olarak ise yine ara yüzeye bir uygulama yapılmadan üst harcın içine % 10 oranında lateks uygulanmıştır (YD). Son olarak ise ara yüzeye bir uygulama yapılmadan üst harcın içine % 15 oranında lateks uygulanmıştır (YE).

Betonlarımız kür havuzlarından çıkarıldıktan sonra alanları belirlenmiş şekilde yüzeye dik kuvvet uygulayarak tabakalar arasındaki yapışma dayanımı belirlenmiştir. Deneyler TS EN1015-12 ye uygun olarak yapılmıştır.

Çekme yükü, harç yüzeyindeki deney alanına yapıştırılan çekme başlıklı tanımlanmış plâkanın aracılığı ile yapılır. Elde edilen yapışma dayanımı ise kopma yükünün yük uygulanan alana bölünmesi ile elde edilir.

Aşağıda formülasyonu belirtilmiştir:

$$f_u = \frac{F_u}{A} \quad (5)$$

Burada;

f_u = Yapışma dayanımı

F_u = Kopma yükü

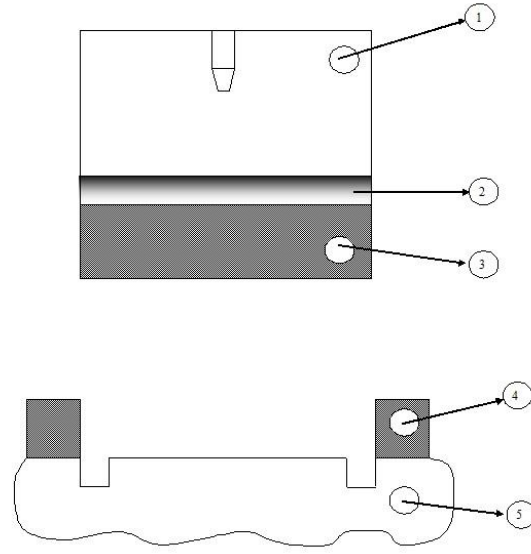
A = Numunenin yük uygulanan alanı

Üst harçlar standartta belirtilen kür koşullarında farklı kürlerde muhafaza edildikten sonra karot aleti ile alt katmana yaklaşık 2 mm girecek şekilde kesilmiştir. Her bir uygulamadan belirli mesafelerle beşer adet karot alınmıştır. Dolayısı ile her bir numuneden beşer adet çekme deneyi yapılmış olup kesilen dairesel kesitler üzerine çekme başlıkları epoksi ile üst harca yapıştırılmıştır. Çekme işlemi numuneler kürde 28 gün bekledikten sonra yapılmıştır. Şekil 5.4'te yapışma dayanımı deneyi görülmektedir.

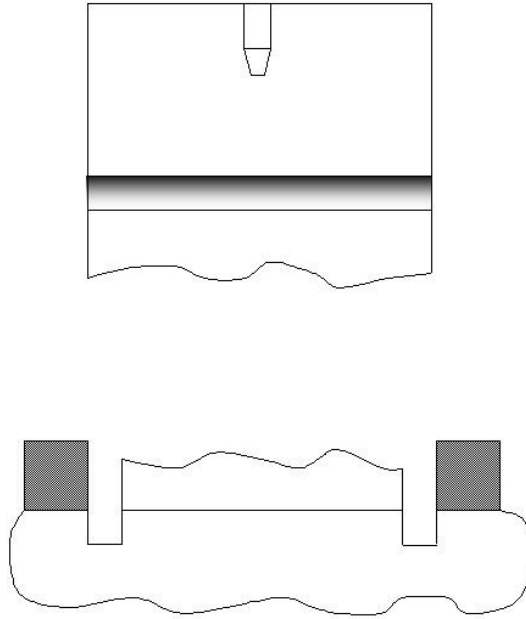


Şekil 5.4. Yapışma dayanımı deneyi

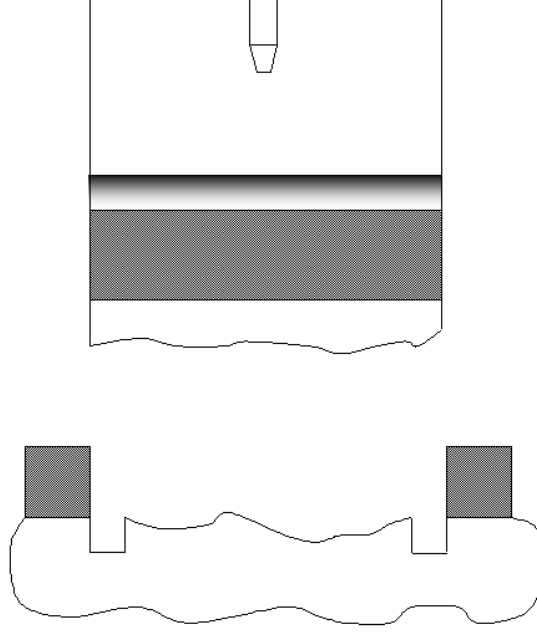
Çekmeden sonra kopma türleri incelenmiştir üç tipte kopma meydana gelmiştir. Birinci kopma şekli (Şekil 5.5) ara yüzeyden ayrılma olan adezyon kopması, bu durumda deneyde bulunan değer kopma dayanımı ile eşit olmaktadır. İkinci kopma türü (Şekil 5.6) kohezyon kopması olarak nitelendirilen üst harcin içinden ayrılması bu durumda yapışma dayanımı deneyden elde ettiğimiz değerden daha büyüktür. Son kopma şekli (Şekil 5.7) ise yine kohezyon kopması olarak nitelendirilen alt tabakadan kopmadır bu durumda da yapışma dayanımı deneyden elde ettiğimiz değerden daha büyüktür.



Şekil 5.5. Kopma şekli 1 adezyon kopması 1-çekme başlığı 2-epoksi reçine 3-harç 4-harç 5-alt tabaka harcı (Baş, 2009)



Şekil 5.6.Kopma şekli 2. Kohezyon kopması (Baş, 2009)



Şekil 5.7. Kopma şekli 3. Kohezyon kopması (Baş, 2009)

5.2.5.3. Eğilme ve basınç deneyleri

Eğilme ve basınç deneyleri TS EN 1015-11 standartlarında belirtildiği gibi yapılmıştır. 160x40x40 ebatlarındaki kalıplara dökülen harçlar için 4 farklı tipte lateks uygulaması yapılmış her bir tipten 3'er adet numune üretilmiştir.

- Birinci uygulama için harç içine hiçbir katkı katılmamış katkısız harçlara oranla katkılılar arasındaki eğilme ve basınç dayanımları karşılaştırılmak istenmiştir.
- İkinci olarak harç içine çimento ağırlığının % 5'i oranında lateks ilave edilmiştir.
- Üçüncü olarak ise harç içine çimento ağırlığının % 10'u oranında lateks ilave edilmiştir.
- Son olarak ise harç içine çimento ağırlığının % 15'i oranında lateks ilave edilmiştir.

Numuneler 28 gün asit, sülfat ve su ortamında bekletildikten sonra eğilme deneyine tabi tutulmuştur.

Basınç deneyinde eğilme deneyinde iki parçaya ayrılan numuneler basınç deneyine tabi tutulmuştur.

5.2.5.4. Sülfat ve asit etkisinde genleşme tayini

Sülfat ve asit genleşme deneyleri için 4 farklı karışım hazırlanmış 25x25x285 mm'lik kalıplara dökülmüştür. Lateks diğer deneydekilerle aynı olarak % 0'dan % 15'e kadar arttırılmış ve kalıplara okuma pimleri yerleştirilmiştir. Kalıptan çıkartılan numuneler sülfat ve asit ortamlarına yerleştirilmiştir. Belirli günlerde komperatör yardımı ile okuma yapılarak boy uzama oranları tespit edilmiştir. Boy uzama miktarı boy değişiminin ilk boy değerine bölünmesiyle elde edilmiştir.

6. BULGULAR VE TARTIŞMA

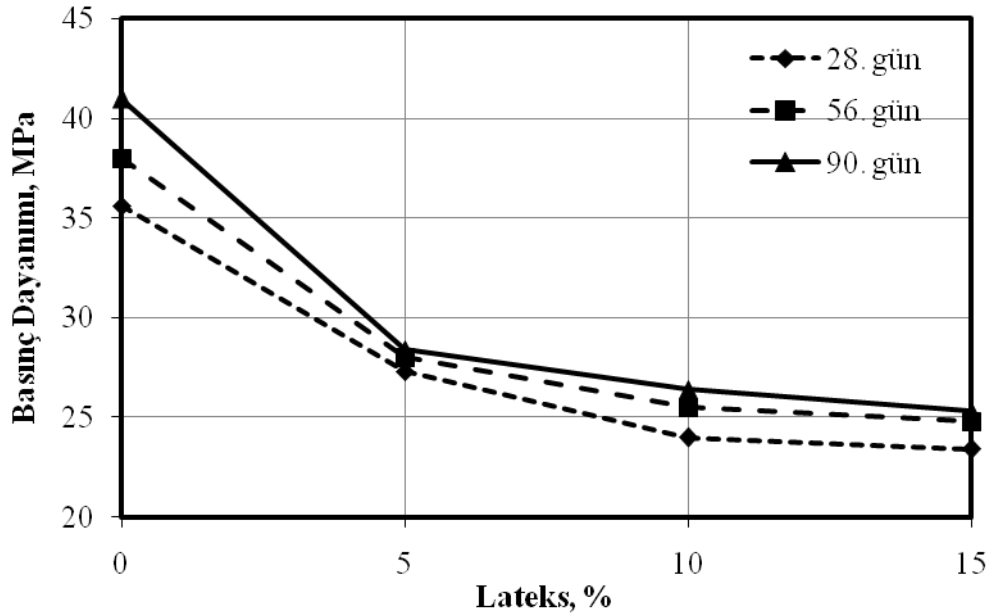
Lateks katkısının beton ve harç özelliklerine etkisinin incelendiği bu çalışmada aynı zamanda asit ve sodyum sülfat etkisinde kalan numunelerin suda bekletilen numunelere oranla sonuçların nasıl değiştiği de irdelenmiştir.

Deneylerden sonra gerekli hesaplamalar yapılmış, ortalama değerler bulunmuş ve her bir deney su, sodyum sülfat ve asit etkisinde ayrı ayrı irdelenmiş ve sonuçlar değerlendirilmiştir.

6.1. Lateks Modifiyeli Beton Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi ve İrdelenmesi

Bu kısımdaki tüm numuneler 28, 56 ve 90 gün boyunca su ortamında bekletilmiştir.

6.1.1. Beton basınç deneyi

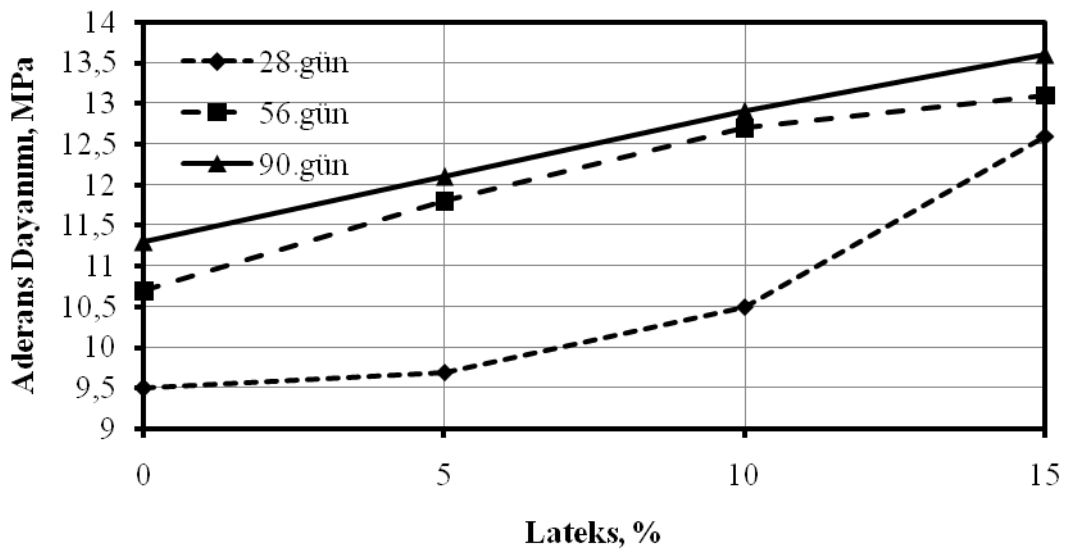


Şekil 6.1. Lateks modifiyeli beton basınç dayanımı deney sonuçları

Şekil 6.1’de 28, 56 ve 90 gün standart kür ortamında bekletilen numunelerin basınç dayanımı deney sonuçları gösterilmiştir. 28. gün yapılan deneylerde en yüksek dayanım

değerine karışımına lateks katkısı katılmadan hazırlanan katkısız numuneler ulaşmıştır. Diğer numuneler katkısız numunelerden elde edilen sonuca ulaşamamıştır. 56. ve 90. günde ise tüm numunelerde dayanım artışı gözlemlenmesine rağmen katkısız numunelerin dayanım değerine lateks katkılı numuneler ulaşamamıştır. Beton içine katılan lateks arttıkça beton dayanımı lineer olarak düşmüştür. % 5 lateks katkısı kullanılarak elde edilen numunelerde yaklaşık % 25, % 10 lateks katkısı kullanılarak hazırlanan numunelerde yaklaşık % 30 ve % 15 lateks katkısı kullanılarak hazırlanan numunelerde % 35 oranında dayanım kayıpları meydana gelmiştir. Basınç dayanımlarının betonun yaşı arttıkça yükseldiği ve en büyük dayanım değerlerinin tüm numunelerde 90. günde elde edildiği gözlemlenmektedir. Basınç dayanımının lateksli betonlarda daha düşük çıkmasının nedeninin lateksin çimentonun bağlayıcı yüzeyini azaltmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

6.1.2. Aderans deneyi



Şekil 6.2. Lateks modifiyeli beton aderans dayanımı deney sonuçları

Şekil 6.2’de 28, 56 ve 90 gün su ortamında bekletilen numunelerin aderans deneyi sonuçları gösterilmiştir. 28. gün sonunda aderans deneyi yapılmış ve en yüksek çekme dayanımı betonun içerisine % 15 oranında lateks katılarak yapılan numuneden elde edilmiştir. Beton içerisine katılan lateks oranı arttıkça dayanım artmıştır. 28 gün sonunda içerisine % 15 oranında lateks katılarak elde edilen numunelerin dayanım sonucu katkısız

olarak hazırlanan numunelerin dayanım sonucuna oranla % 30 oranında artış göstermiştir. 56 gün ve 90 gün sonra yapılan deney sonuçlarında ise yine en yüksek dayanım % 15 katkılı numuneden elde edilmiş ve içerisine lateks katılmadan hazırlanan numunelere oranla dayanım yaklaşık % 20 oranında artış göstermiştir.

Çizelge 6.1. Lateks modifiyeli beton aderans dayanımı deney sonuçları

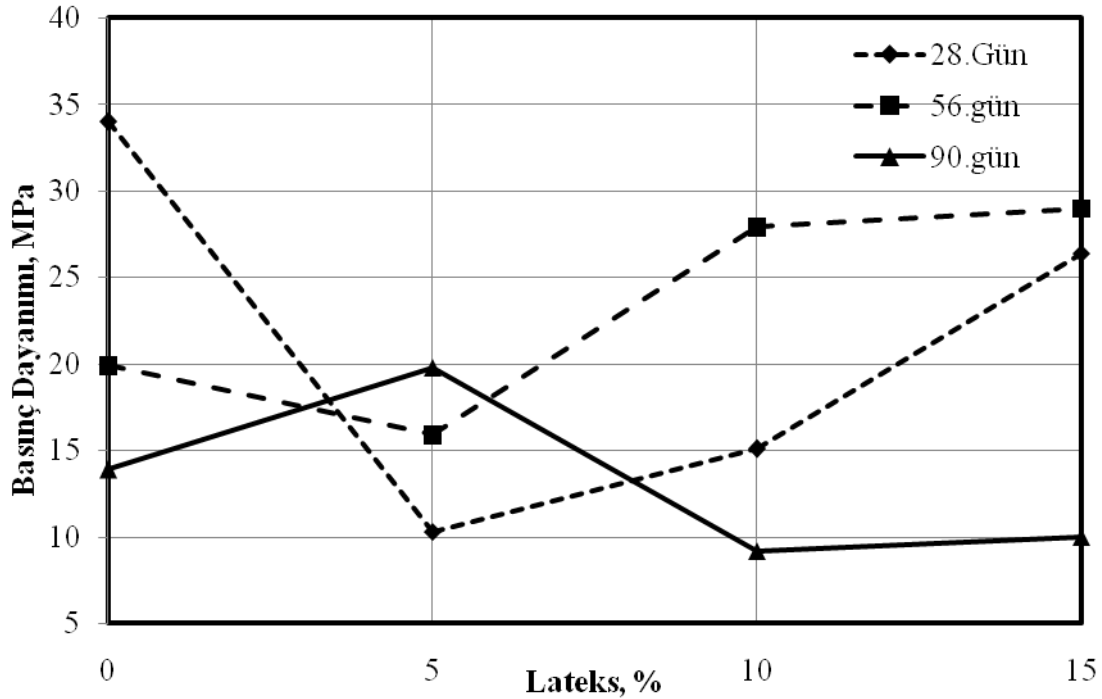
Kür Süresi	Katkısız (% 0 Lateks)	Çubuk Yüzeyi Lateksli
28.Gün	9,5 MPa	9,6 MPa
56.Gün	10,7 MPa	10,9 MPa
90.Gün	11,3 MPa	11,05 MPa

Çizelge 6.1’de ise demir çubuk yüzeyine lateks sürülerek elde edilen numuneler ile katkısız numunelerin sonuçları gösterilmiştir. Çubuk yüzeyi lateksli numunelerin sonuçları genel olarak katkısız numunelerle benzerlik göstermektedir. Çünkü donatı etrafına sürülen lateks taze beton ile bir araya geldiğinde lateks donatıdan sıyrılmış ve beton içerisine dağılmıştır. Beton yaşlandıkça aderans dayanımlarında artışlar meydana gelmiştir. Ancak 28, 56. ve 90. günlerin ortak özelliği en yüksek dayanımın beton içerisine % 15 lateks katkısı kullanılarak elde edilen numuneler olmasıdır. Bu durumun bir polimer türü olan lateksin çekme dayanımının fazla olması ve donatı ile beton arasındaki aderansı arttırmasından kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Lateks, donatının betona daha iyi kenetlenmesini sağlamıştır.

6.2. Sülfat Etkisinde Lateks Modifiyeli Beton Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi ve İrdelenmesi

Bu kısımdaki tüm numuneler 28, 56 ve 90 gün boyunca sodyum sülfat etkisinde bırakılmıştır. Sülfat su içerisine suyun % 20’si oranında hazırlanıp karıştırılmış ve 2 haftada bir karışım yenilenmiştir.

6.2.1. Sülfat etkisinde beton basınç deneyi sonuçlarının değerlendirilmesi ve irdelenmesi

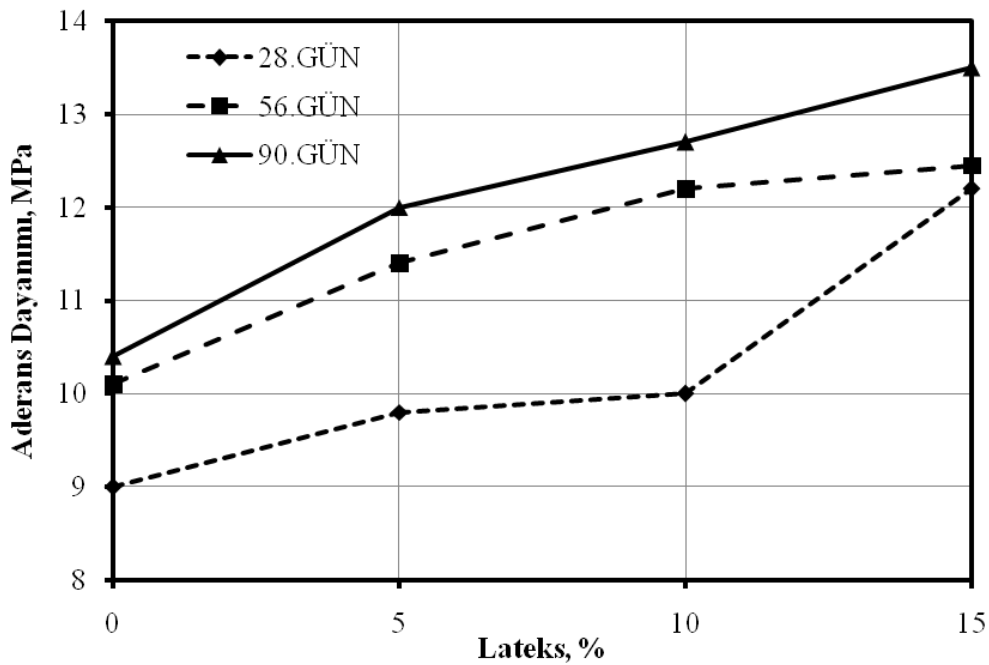


Şekil 6.3. Sülfat etkisinde lateks modifiyeli beton basınç dayanımı deney sonuçları

Şekil 6.3’de 28, 56 ve 90 gün sodyum sülfatlı ortamda bekletilen numunelerin sonuçları gösterilmiştir. 28 günde en yüksek dayanım katkısız hazırlanan numuneden elde edilmiştir. Buna en yakın sonuç ise % 15 lateks katkısı kullanarak hazırladığımız numuneden elde edilmiştir. % 5 ve % 10 lateks katkısı kullanarak hazırladığımız numunelerde ise dayanımlar katkısız hazırlanan numunelere oranla yaklaşık % 60 oranlarında düşük çıkmıştır. 56. günde ise tüm numunelerde sülfat hücumundan dolayı dayanım kayıpları yaşanması beklenirken sadece katkısız olarak hazırladığımız numunelerde ciddi dayanım kayıpları meydana gelmiş, katkılı numunelerin dayanımlarında ise artışlar gözlemlenmiştir. 90. günde katkısız numunede yine dayanım kayıpları meydana gelmiştir. % 10 ve % 15 katkı kullanılarak hazırlanan numunelerde de dayanım kayıpları yaşanmış olup numuneler sülfat hücumuna karşı koyamamışlardır. 90. günde % 5 lateks katkısı kullanılarak elde edilen numunede yine 56. günde olduğu gibi bir miktar dayanım artışı gözlemlenmiştir. Bu numunenin 28. gündeki dayanımı suda bekletilen numuneye oranla ciddi şekilde düşük çıkmışken beton yaşlandıkça içerisindeki lateks sülfat hücumuna karşı koymuş ve dayanım

kaybetmek yerine dayanım artışına geçmiştir. Ancak 28. günde dayanım kaybını çok yaşadığı için 56. ve 90. gündeki artışları bu kaybı karşılayamamıştır. Genel olarak sülfatlı ortamda bekletilen tüm numuneleri incelediğimizde suda bekletilenlere oranla oldukça dayanımları düşük çıkmış sülfat hücumu, burada basınç dayanımında kayıplara, betonlarda çatlaklara ve renk değişimlerine neden olmuştur. Beton içerisine sızan sülfatların betonda kimyasal reaksiyonlara yol açarak betonu yıprattığı ve dayanım kayıplarına yol açtığı düşünülmektedir.

6.2.2. Sülfat etkisinde aderans deneyi sonuçlarının değerlendirilmesi ve irdelenmesi



Şekil 6.4. Sülfat etkisinde lateks modifiyeli beton aderans dayanımı deney sonuçları

Şekil 6.4'de 28, 56 ve 90 gün sodyum sülfatlı ortamda bekletilen numunelerin aderans dayanımı sonuçları gösterilmiştir. Şekil 6.4'de görüldüğü üzere en yüksek dayanımlar % 10 ve % 15 lateks katkısı kullanılarak hazırlanan numunelerden elde edilmiştir. Numuneler içerisine katılan lateks miktarı arttıkça dayanım artış göstermiş 28. günde katkısız olarak hazırlanan numuneye oranla % 15 lateks katkısı ile hazırlanan numuneler yaklaşık % 30 dayanım artışı göstermiştir. 56. ve 90. günde ise yine benzer şekilde en yüksek dayanım % 15 katkılı numunelerden elde edilmiş ve katkısız olarak

hazırlanan numunelere oranla % 15 lateks katkısı ile hazırlanan numunelerin dayanımları, % 20 oranında artış göstermiştir.

Çizelge 6.2. Sülfat etkisinde lateks modifiyeli beton aderans dayanımı deney sonuçları

Kür Süresi	Katkısız (% 0 Lateks)	Çubuk Yüzeyi Lateksli
28.Gün	9 MPa	9,05 MPa
56.Gün	10,1 MPa	10,9 MPa
90.Gün	10,4 MPa	10,2 MPa

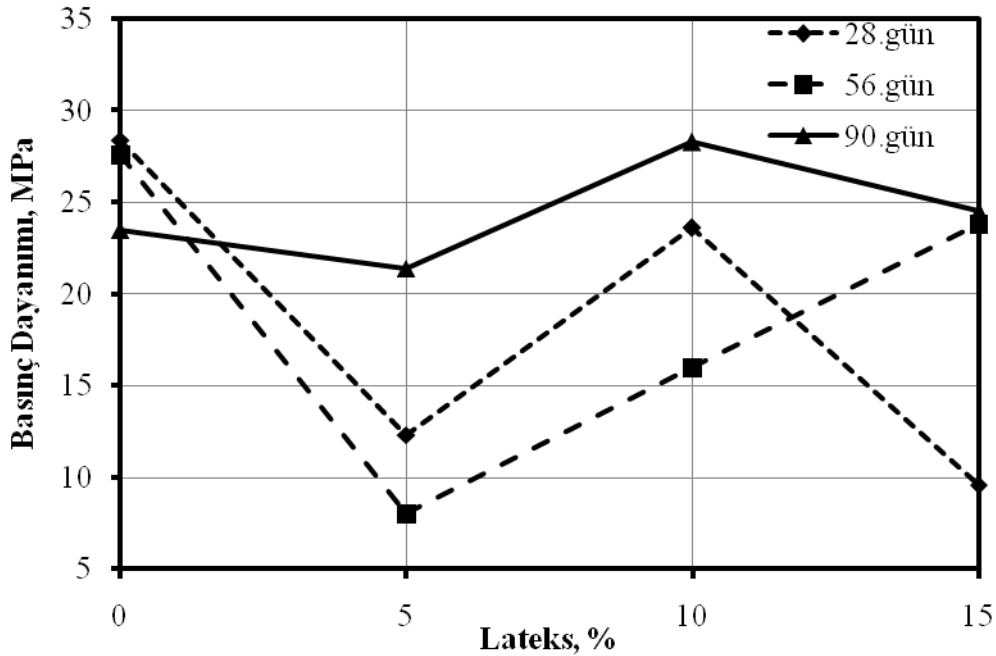
Çizelge 6.2’de ise çubuk yüzeyine lateks sürülerek elde edilen numuneler ile katkısız numunelerin karşılaştırılması görülmektedir. Katkısız numuneler ile çubuk yüzeyi lateksli numunelerin sonuçları birbirine yakın çıkmış ve en düşük dayanımlar bu iki tipte gözlemlenmiştir.

Sülfatlı ortamda bekletilen numunelerin aderans dayanımı sonuçları genel anlamda suda bekletilen numuneler ile yakın sonuçlardır. Sodyum sülfat betonun basınç dayanımlarında kayıplara yol açarken aderans deneyinde çok ufak düşüslere yol açmış ve aderans dayanımı deneyinde çok olumsuz bir etkisi gözlemlenmemiştir. Ancak beton içerisine lateks kullanılarak elde edilen numunelerin dayanım sonuçları en yüksek çıkmıştır ve karışımdaki lateks oranı arttıkça aderans dayanımı artmıştır.

6.3. Asit Etkisinde Lateks Modifiyeli Beton Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi ve İrdelenmesi

Bu kısımdaki tüm numuneler 28, 56 ve 90 gün asetik asitli ortamda bekletilmiş ardından basınç dayanım ve aderans dayanımı deneyine tabi tutulmuştur. Asetik asit su oranının % 20’si oranında suyla karıştırılıp homojen hale getirildikten sonra numuneler içerisine yerleştirilmiş ve 2 haftada bir karışım yenilenmiştir.

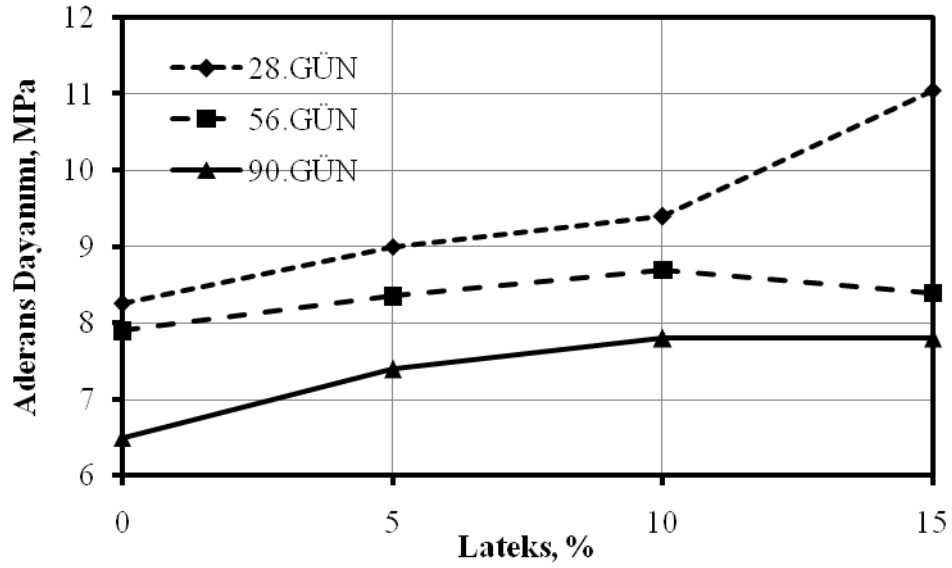
6.3.1. Asit etkisinde beton basınç deneyi sonuçlarının değerlendirilmesi ve irdelenmesi



Şekil 6.5. Asit etkisinde lateks modifiyeli beton basınç dayanımı deney sonuçları

28, 56 ve 90 gün asitli ortamda bekletilen numunelerin basınç dayanım sonuçları Şekil 6.5’de gösterilmiştir. 28. günde en yüksek dayanım katkısız olarak hazırlanan numunelerden elde edilmiştir. Diğer numunelerin dayanım sonuçları kontrol numunelere oranla oldukça düşük çıkmıştır. 56. günde tüm numunelerin dayanımlarında kayıplar yaşanırken % 15 katkılı numunelerin dayanımları artmıştır. 90. günde ise kontrol numuneler asit hücumundan dolayı dayanım kayıpları yaşamaya devam etmiştir. Ancak lateks katkısı kullanılarak elde edilen numunelerin dayanımlarında artışlar olmuş ve en yüksek dayanım % 10 lateks katkısı kullanılarak hazırlanan numunelerden elde edilmiştir. Asit etkisine maruz kalacak numunelerde % 10 oranında lateks katkısı kullanmanın asitin yıpratıcı etkisini azaltarak dayanım kayıplarını bir miktar engellediği sonucuna varılabilir. Ancak genel anlamda su ortamında bekletilen numuneler ile karşılaştığımızda asit ciddi anlamda dayanım kayıplarına yol açmış bunun yanında betonun dış katman tabakasını eritmiş, ciddi bir sararma ve renk değişimine yol açmıştır.

6.3.2. Asit etkisinde aderans deneyi sonuçlarının değerlendirilmesi ve irdelenmesi



Şekil 6.6. Asit etkisinde lateks modifiyeli beton aderans dayanımı deney sonuçları

28, 56 ve 90 gün asitli ortamda bekletilen numunelerin aderans dayanımı deney sonuçları Şekil 6.6'da gösterilmiştir. Numunelere % 10 ve % 15 lateks katkıli numunelerin dayanım sonuçları en yüksek değere ulaşmıştır. 28. günde dayanımlar en yüksek çıkarken beton yaşı arttıkça asitin kötü etkisi betona işlemiş ve dayanımlarda genel olarak 28. güne oranla düşüşler meydana gelmiştir. Ancak % 10 ve % 15 katkı kullanılarak elde edilen numune sonuçlarında düşüşler olsa dahi her daim en yüksek olma başarısını göstermiştir. Su ve sodyum sülfat ortamında bekletilen numunelere oranla aderans dayanımları düşük çıkmıştır ve beton yaşı arttıkça dayanım az da olsa düşmeye devam etmiştir.

Çizelge 6.3. Asit etkisinde lateks modifiyeli beton aderans dayanımı deney sonuçları

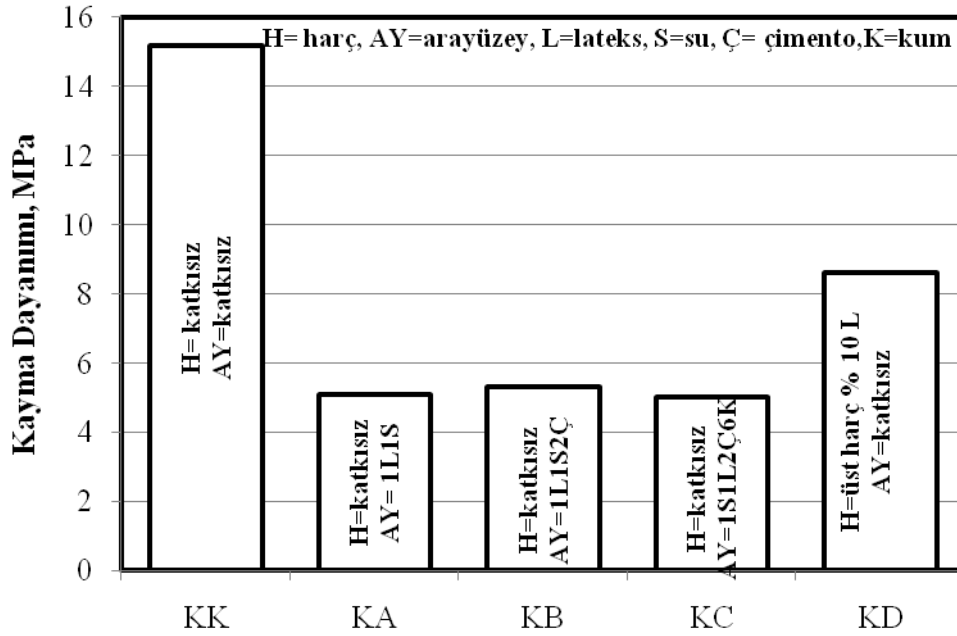
Kür Süresi	Katkısız (% 0 Lateks)	Çubuk Yüzeyi Lateksli
28.Gün	8,25 MPa	8 MPa
56.Gün	7,9 MPa	7,45 MPa
90.Gün	6,5 MPa	6,7 MPa

Çizelge 6.3’de ise katkısız olarak hazırlanan numuneler ile çubuk yüzeyi lateksli olarak hazırlanan numunelerin aderans dayanımlarının karşılaştırılması verilmiştir. Katkısız olarak hazırlanan ve sade çubuk yüzeyine lateks sürülerek hazırlanan numunelerde ise sonuçlar en düşük çıkmıştır. Daha öncede bahsettiğimiz gibi çubuk yüzeyi lateksli numuneler taze beton içerisine yerleştirildiğinde su ile temasa geçen lateks, çubuk yüzeyinden ayrılarak beton içerisine dağılmaya başlamıştır. Bu sebepten katkısız olarak hazırlanan numuneler ile donatı yüzeyi lateksli olarak hazırlanan numunelerin dayanım sonuçları birbirine yakın çıkmıştır.

6.4. Lateks Modifiyeli Harç Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi ve İrdelenmesi

Bu kısımdaki tüm numuneler su ortamında bekletilmiştir ve gerekli deneylere tabi tutulmuştur.

6.4.1. Lateks sistemlerde kayma (eğik yzey yapışma) dayanımı tayini deneyi sonuçlarının değeriendirilmesi ve irdelenmesi



Şekil 6.7. Lateks sistemlerde kayma dayanımı deney sonuçları

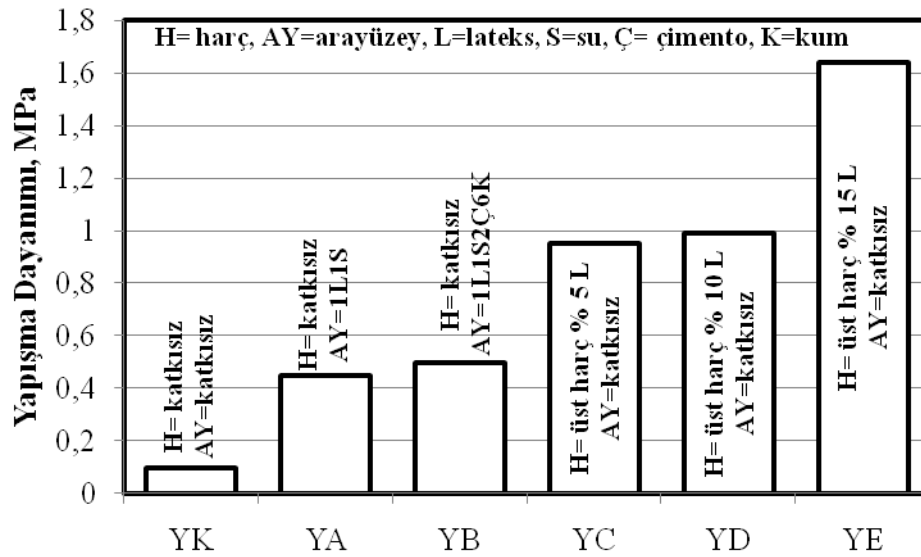
28 gün sonra basınç testine tabi tutulan numunelerin dayanım sonuçları Şekil 6.7’de gösterilmiştir. Katkısız olarak hazırlanan numune en yüksek sonucu verirken, KA, KB ve KC tipleri birbirine çok yakın sonuçlar vermiş olup katkısız numuneye oranla sonuçları yaklaşık % 60 oranında düşük çıkmıştır. Bunun yanı sıra ara yüzeye herhangi bir işlem uygulanmadan üst harca karışım olarak % 10 oranında lateks katılan (KD) tipinde ise ara yüzeye değişik uygulamalar yapılan tiplere oranla sonuçlarda yaklaşık % 50 artış olmasına rağmen katkısız olarak hazırladığımız numunelerin dayanım sonuçlarına ulaşamamıştır.

Baş’ın yaptığı çalışmada da benzer eğilimli sonuçlar elde edilmiş ve Baş durumu şu şekilde yorumlamıştır. Kayma kuvveti etkisi altında düşük kuvvetlerde şekil değiştirmeye başlayan lateks sistemleri bağlayıcı özelliği olan çimento ve harçtan daha önce şekil değiştirmeye başlarlar. Çimentonun tutuculuğunun bittiği noktada şekil değiştirmeye devam ederek numunelerin daha düşük kuvvetler altında kırılmasına sebep olurlar (Baş, 2009).

Uygulama yöntemlerimizden ara yüzeye lateks katkısı uygulayarak elde ettiğimiz numunelerde, kayma dayanımı daha düşük çıkmıştır. Üst katmandaki harca uygulanan tipte

ise (KD) lateks ara yüzeye ince bir tabaka halinde ulaşmıştır ve bu yüzden dayanım diğer 3 tipe oranla daha yüksek çıkmıştır.

6.4.2. Lateks sistemlerde yapışma dayanımı tayini deney sonuçlarının değerlendirilmesi ve irdelenmesi



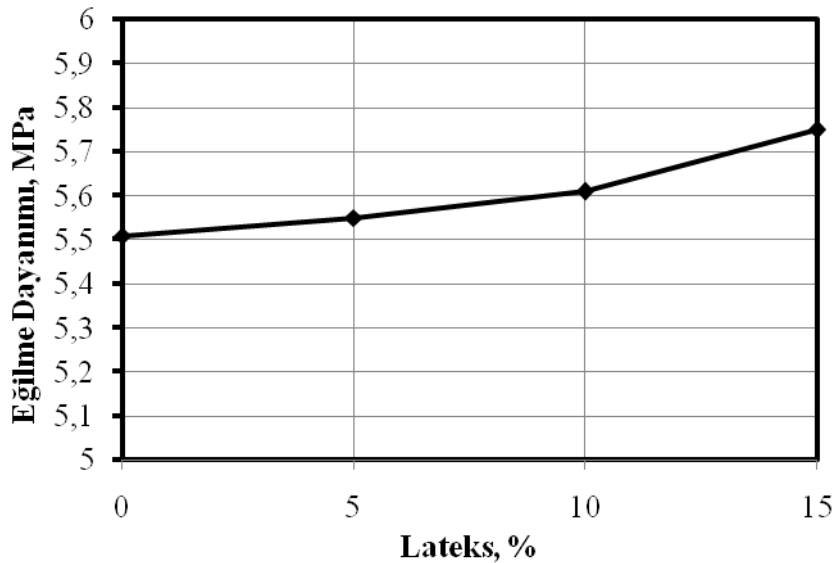
Şekil 6.8. Lateks sistemlerde yapışma dayanımı deney sonuçları

28 gün sonra sudan çıkarılan numunelerin yapışma dayanımı sonuçları Şekil 6.8’de gösterilmiştir. Ara yüzeye ve üst harca herhangi bir karışım yapılmadan hazırlanan katkısız uygulamasından (YK) diğer tiplere oranla çok düşük sonuçlar elde edilmiştir. Ara yüzeye işlem yapılan YA uygulamasında sonuçlar katkısız oranla biraz daha yükselmesine rağmen düşük sonuçlar elde edilmiştir. YB uygulamasında ise YC ile benzer sonuçlar elde edilmekle birlikte sonuçlar da ufak bir artış gözlemlenmiştir. Ara yüzeye uygulama yapılmadan üst harca değişik oranlarda lateks katılmasıyla elde edilen numunelerde ise ciddi bir dayanım artışı gözlemlenmiş ve üst harca katılan lateks oranı arttıkça yapışma dayanımlarında da artışlar gözlemlenmiştir.

Baş’ın yaptığı çalışmada da benzer eğilimli sonuçlar elde edilmiş Baş bunu; amorf bir yapıya sahip olan basit çekme kuvveti etkisinde birbiri ile dolanmış lateksin karışık haldeki zincirlerinin paralel bir konuma geçmesine ve birbirlerine tutunup yapışarak çekme dayanımında artışlar meydana getirmesine bağlamıştır. Baş çekme kuvveti etkisinde harç

içine belirli oranlarda katılan lateks harcının çekme kuvveti altındaki dayanımının, ara yüzeye uygulanan lateksin dayanımından daha yüksek çıktığını belirtmiştir (Baş, 2009).

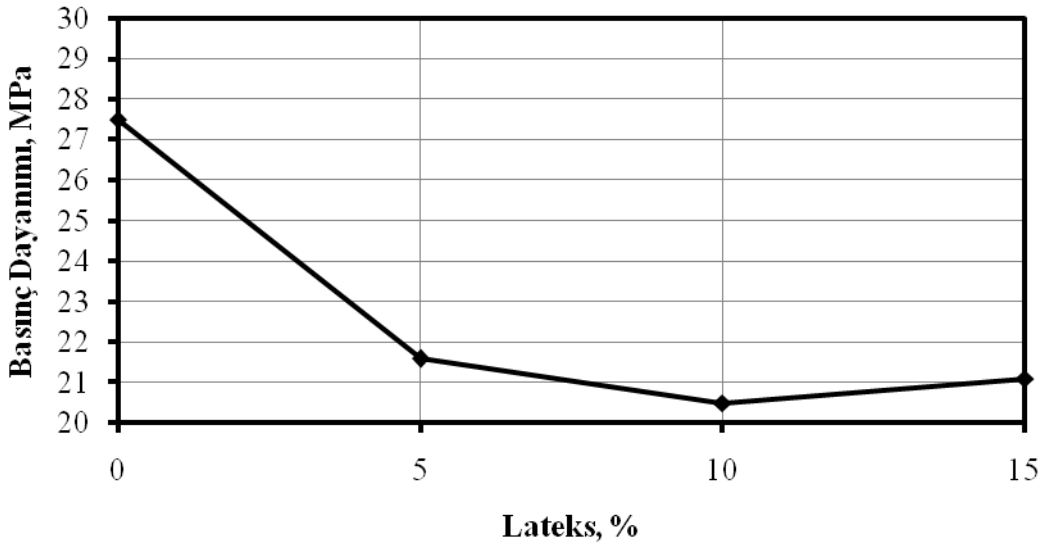
6.4.3. Lateks sistemlerde eğilme ve basınç deneyleri sonuçlarının değerlendirilmesi ve irdelenmesi



Şekil 6.9. Lateks sistemlerde eğilme dayanımı deney sonuçları

28 gün sonra eğilme dayanımı testine tabi tutulan farklı oranlarda lateks katkısı kullanılarak hazırlanan numunelerin sonuçları Şekil 6.9'da görülmektedir. Sonuçları incelediğimizde harç içine katılan latekslerin eğilme dayanımına önemli bir etkisi olmadığı gözlemlenmektedir. Katkisiz numuneler ile diğer tiplerdeki numuneler arasında ciddi bir dayanım artışı ya da azalışı gözlemlenmemiş, ancak en yüksek dayanım % 15 lateks katkısını kullanarak hazırlanan numunelerden elde edilmiştir. Bu numunelerin dayanımı katkisiz olarak hazırlanan numunelerin dayanımlarına oranla % 5 artış göstermiştir. Bu artışın nedeninin karışımdaki latex oranı arttıkça harcın içindeki boşlukların azalmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Baş'ın yaptığı çalışmada da değişik oranlarda lateks katılarak elde edilen harçlar eğilme testine tabi tutulmuştur. Baş karışımdaki lateks oranı arttıkça eğilme dayanımının az da olsa arttığını vurgulamıştır. Lateks katkısının eğilme dayanımı üzerinde önemli bir etkisi olmadığını belirtmiştir (Baş, 2009).



Şekil 6.10. Lateks sistemlerde basınç dayanımı deney sonuçları

28 gün sonra eğilme dayanım deneyine tabi tutulan numuneler iki parça haline bölünmüştür. Bu numuneler basınç dayanımı deneyine tabi tutulmuştur. Şekil 6.10'da basınç dayanım sonuçları görülmektedir.

Katkısız olarak hazırlanan numunelerin basınç dayanım değerleri en yüksek çıkmıştır. Lateks katkısı kullanılarak hazırlanan numunelerin basınç dayanımları ise katkısız olarak hazırlanan numunelerin dayanımlarına oranla % 20-25 seviyelerinde daha düşük çıkmıştır.

Baş'ın yaptığı çalışmada da belli oranlarda lateks katılarak elde edilen numunelerin basınç dayanımları incelenmiştir. Baş elde ettiği sonuçlara göre lateksli harçların basınç dayanımlarının katkısız olarak hazırlanan harçlardan daha düşük olduğunu tespit etmiştir. Bu durumun lateksin harcın içerisinde film tabakası şeklinde bir bağ oluşturması ve çimentonun bağlayıcı yüzeyini azaltmasından kaynaklandığını vurgulamıştır (Baş, 2009).

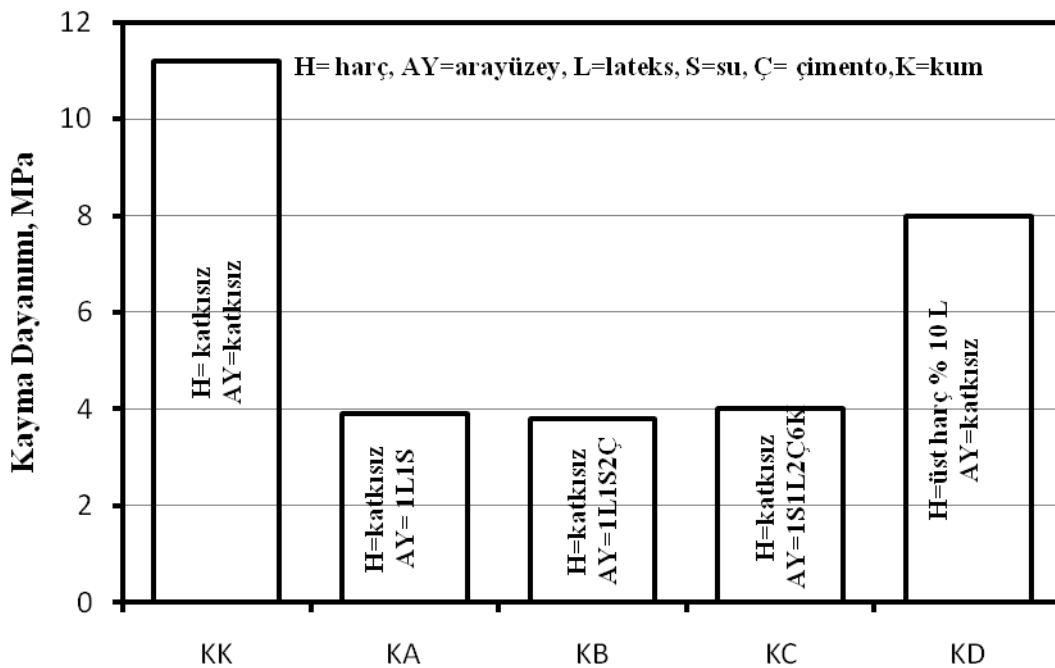
Turan yaptığı çalışmasında lateks kullanımının hem uçucu küllü hem de katkısız numunelerde basınç dayanımını azalttığı sonucuna varmıştır. Lateks kullanılarak hazırlanan harçların 7 ve 28 günlük basınç dayanımlarında lateks kullanılmayan harçlara oranla % 30 ila % 80 arasında azalmalar olduğunu belirtmiştir. (Turan , 1995).

Ceran yapılan bir çalışmada % 5 oranında lateks katkısı kullanılarak elde edilen betonlar ile katkısız olarak üretilen betonlara uygulanan deneylerden bahsetmiştir. Aynı su-çimento oranına ve aynı tip malzemelerle üretilmelerine rağmen karışımında çimento ağırlığının % 5'i oranında lateks katılarak elde edilen numunelerin basınç dayanımlarının katkısız olarak hazırlanan numunelere oranla daha düşük çıktığını belirtmiştir. Bu durumun, lateks katkılı betonların hava içeriğinin normal betondan çok daha fazla olmasından ve sürüklenen bu havanın basınç dayanımlarını düşürmesinden kaynaklandığını vurgulamıştır. (Ceran, 2008).

6.5. Sülfat Etkisindeki Lateks Modifiyeli Harç Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi ve İrdelenmesi

Bu kısımdaki tüm numuneler sodyum sülfat ortamında 28 gün boyunca bekletilmiştir.

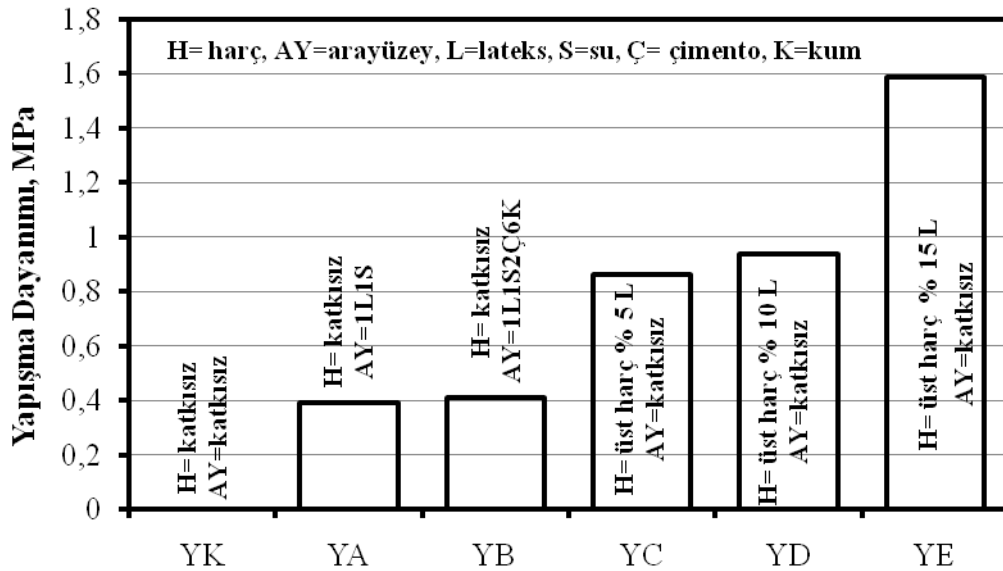
6.5.1. Sülfat etkisindeki lateks sistemlerde kayma (eğik yüzey yapışma) dayanımı tayini deneyi sonuçlarının değerlendirilmesi ve irdelenmesi.



Şekil 6.11. Sülfat etkisindeki lateks sistemlerde kayma dayanımı deney sonuçları

28 gün boyunca sodyum sülfatlı ortamda bekletilen numuneler basınç dayanım deneyine tabi tutulmuştur ve daha sonra bu değerlere göre numunenin kayma dayanımı hesaplanmıştır. Şekil 6.11’de sonuçlar gösterilmiştir. Öncelikle sonuçları incelediğimizde ilk gözümüze çarpan nokta su etkisinde bekletilen numunelerdekine paralel olarak en yüksek dayanımın katkısız olarak hazırlanan numunelerden elde edilmiş olmasıdır. Bunun yanı sıra yine suda bekletilen numunelere paralel olarak üst harca % 10 oranında lateks katılan numunelerde ara yüzeye uygulanan tiplere göre sonuçlar daha yüksek çıkmıştır. Ancak yine de katkısız olarak hazırlanan numunelere oranla dayanımlar % 30 daha düşük çıkmıştır. Sodyum sülfat etkisinde maruz bırakılan numunelerde beyazlanma şeklinde bir renk değişimi ve çok ince kılcal çatlaklıklar gözlemlenmiştir. Suda bekletilen numunelere oranla kayma dayanımlarında düşüşler meydana gelmiştir. Sodyum sülfat etkisine maruz kalan beton ya da harçların dayanımının düşük çıktığı ve sodyum sülfatın beton üzerine olumsuz etkilere yol açtığı gözlemlenmiştir. Genel olarak sodyum sülfat % 20 ile % 30 arasında dayanım kayıplarına yol açmıştır.

6.5.2. Sülfat etkisindeki lateks sistemlerde yapışma dayanımı tayini deneyi sonuçlarının değerlendirilmesi ve irdelenmesi

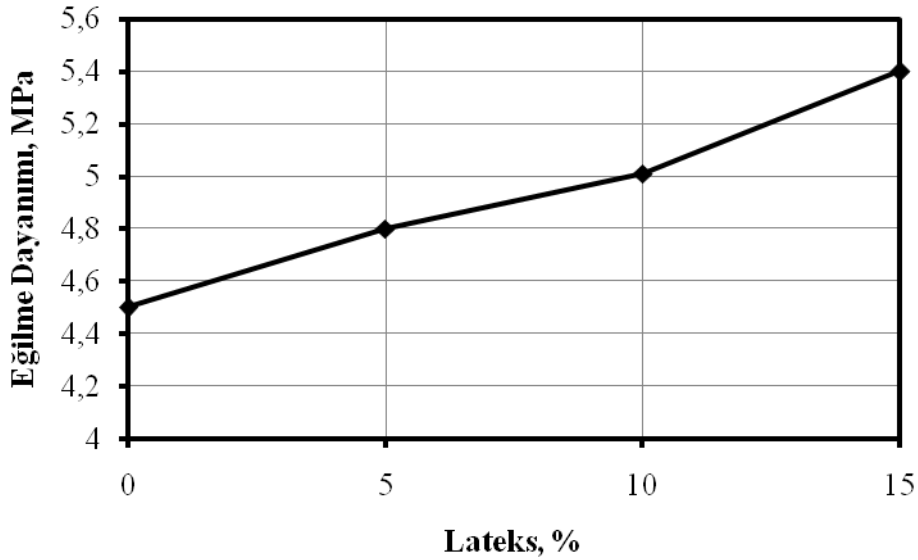


Şekil 6.12. Sülfat etkisindeki lateks sistemlerde yapışma dayanımı deney sonuçları

Sodyum sülfat ortamında 28 gün boyunca bekletilen numunelerin sonuçları Şekil 6.12’de gösterilmiştir. Su ortamında bekletilen numunelerle paralel sonuçlar elde edilmekle

birlikte genel anlamda dayanımlarında suda bekletilen numunelere oranla dayanım kayıpları gözlemlenmiştir. Ara yüzeye lateks katkısı uygulanan numunelerden üst harç içine karıştırılarak uygulanan lateksli numunelerin yapışma dayanımlarının kayda değer bir artış gösterdiği ve yapışma dayanımında lateksin faydalı bir etkisi olduğu sonucuna varılmıştır. Su ortamında bekletilen numuneler ile kıyasladığımızda sülfatlı ortama maruz bırakılan numunelerin dayanımlarında yaklaşık % 10-20 oranında dayanım kaybı meydana gelmiştir.

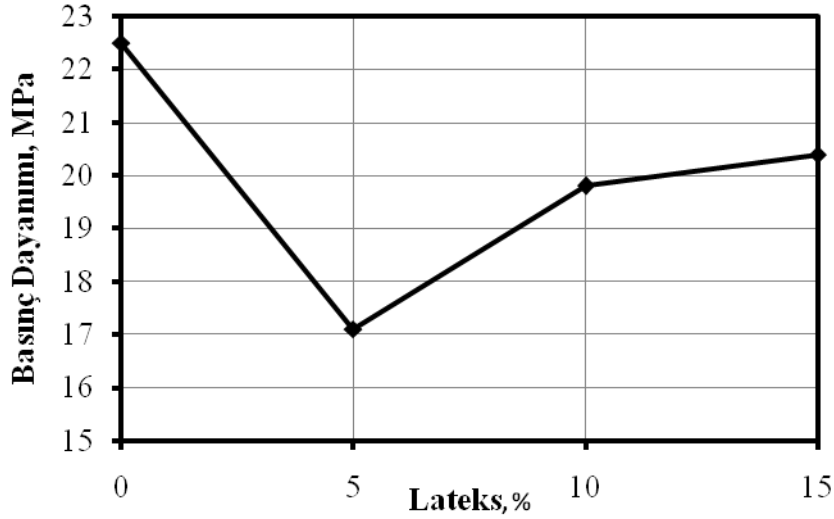
6.5.3. Sülfat etkisindeki lateks sistemlerde eğilme ve basınç deneyleri sonuçlarının değerlendirilmesi ve irdelenmesi



Şekil 6.13. Sülfat etkisindeki lateks sistemlerde eğilme dayanımı deney sonuçları

Sodyum sülfat ortamında bekletilen numunelerin eğilme dayanımı sonuçları Şekil 6.13’de gösterilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde katkısız ve diğer tipteki numuneler arasında önemli bir sonuç farkı olmadığı birbirine çok yakın sonuçlar elde edildiği gözlemlenmiş olup lateks katkısının eğilme dayanımı üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı kanısına varılmıştır. Ancak karışımdaki lateks oranı arttıkça azda olsa dayanım artışı olduğu gözlemlenmiş ve % 15 katkılı numunenin dayanımı katkısız orana % 20 oranında artmıştır. Bunun sebebinin lateksin harç içindeki boşlukları doldurması olduğu düşünülmektedir. Bunun yanında su ortamında bekletilen numunelere oranla dayanım oranlarında düşüş meydana gelmiş, ancak lateks katkısı karışımda arttıkça sülfatın olumsuz etkisi azalmış lateks katkılı numuneler suda bekletilen numunelere oranla benzer sonuçlar yakalamıştır.

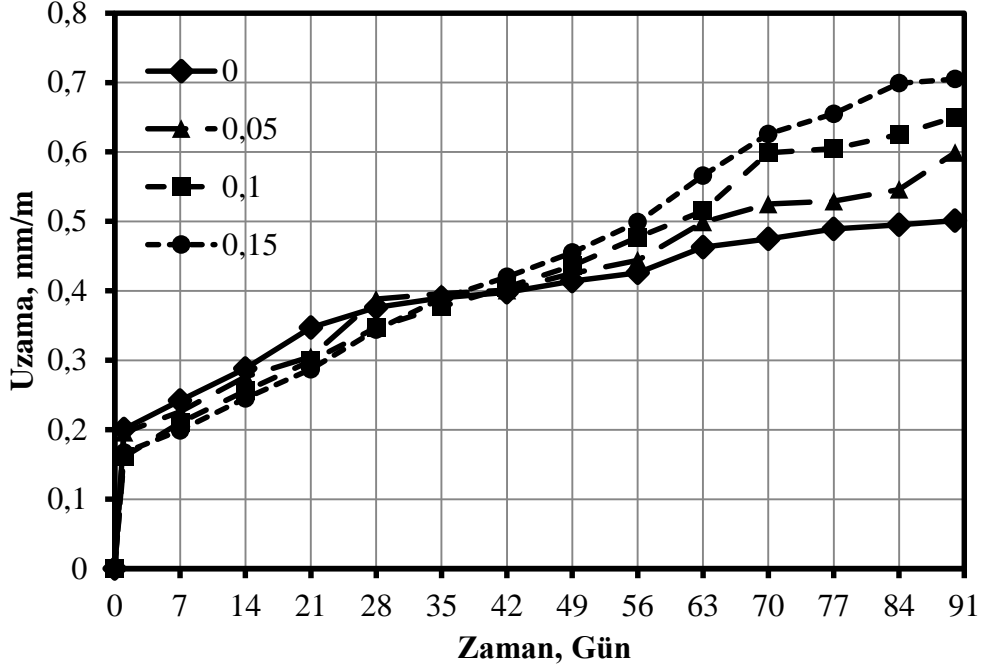
Tam olarak sülfatın olumsuz etkisini yok edemesek de, % 15 oranında lateks karıştırılarak elde edilen numunelerde suda bekletilen numuneler ile yakın sonuçlar elde edilmiştir. Numunelerde 28 gün sonunda renk değişimi (beyazlama) ve kılcal çatlaklar oluştuğu gözlemlenmiştir.



Şekil 6.14. Sülfat etkisindeki lateks sistemlerde basınç dayanımı deney sonuçları

Şekil 6.14’de sodyum sülfat ortamında bekletilen numunelerin basınç dayanım sonuçları gösterilmiştir. Katkısız olarak hazırlanan numunelerin sonuçlarının içerisinde lateks katılarak hazırlanan numunelere oranla daha yüksek çıktığı ve genel olarak lateks katkısının numunelerin basınç dayanımını düşürdüğü gözlemlenmiştir. Genel anlamda sülfat etkisinden dolayı % 20 ile % 30 arasında dayanım kayıpları meydana gelirken lateks katkısı arttıkça bu kayıpların azaldığı lateksin sülfatın olumsuz etkisine karşı koyarak dayanım kaybını azalttığı sonucuna varılmıştır. Lateks oranı % 5’ten % 15’e çıkarken dayanımda artış meydana gelmiş ancak yine de katkısız numuneden elde edilen dayanıma oranla % 10 daha düşük sonuç elde edilmiştir.

6.5.4. Sülfat etkisindeki lateks sistemlerde genleşme tayini deney sonuçlarının değerlendirilmesi ve irdelenmesi



Şekil 6.15. Sülfat etkisindeki lateks sistemlerde boy uzama miktarları

Sodyum sülfat içerisinde bekletilen farklı tipteki numunelere ait 1-7-14-21-28-56-63-70-77-90 günlerdeki boy uzama miktarları Şekil 6.15’de gösterilmiştir. Grafik incelendiğinde lateks katkısı sülfat ortamında ilk günlerde başarılı olmuş ve genel olarak lateks oranı arttıkça boy uzama miktarı oldukça azalmıştır. Ancak ilerleyen günlerde bu etki kaybolmuş ve lateksli katkıların boy uzama miktarlarındaki artışlar oldukça yükselmiştir. Katkısız numunede ise bu oran daha düşük seyretmiş, 28. günden sonra en az boy uzama katkısız numunede meydana gelmiş ve 90. güne kadar bu şekilde devam etmiştir. 90. günde en fazla boy uzamayı % 15 katkılı numune yaşamıştır ve katkısız numuneye oranla % 40 daha fazla boy uzaması yaşamıştır. Sülfat etkisinden dolayı tüm numunelerde çatlama ve beyazlanmalar yaşanmıştır. Beton içerisine sızan sülfatın betonun genişerek çatlama yol açtığı düşünülmektedir. Beton içerisine sızan sülfatların betonda reaksiyonlara yol olarak alçı taşı ve etrenjit kristallerinin oluşumuna neden olduğu, bu reaksiyonlarında betonun genişerek deforme olmasına sebep olduğu düşünülmektedir.

6.6. Asit Etkisindeki Lateks Modifiyeli Harç Deneysel Sonuçlarının Değerlendirilmesi ve İrdelenmesi

Bu kısımdaki numunelerimiz 28 gün boyunca asit ortamında bekletilmiştir.

6.6.1. Asit etkisindeki lateks sistemlerde kayma (eğik yüzey yapışma) dayanımı tayini deneyi sonuçlarının değerlendirilmesi ve irdelenmesi.

28 gün boyunca asit etkisinde bekletilen numunelerde ortalama 10 ve 11. günlerden sonra ara yüzeyden ayrılma şeklinde kopmalar meydana geldiğinden numuneler teste tabi tutulamamıştır. Bunun yanı sıra harçlarda dağılma, renk ve şekil değişikliği de meydana gelmiştir. Ancak ara yüzeylerden koptukları için teste sokulamamıştır. Asitin harç ve beton üzerindeki yıpratıcı ve eritici etkileri gözlemlenmiştir.

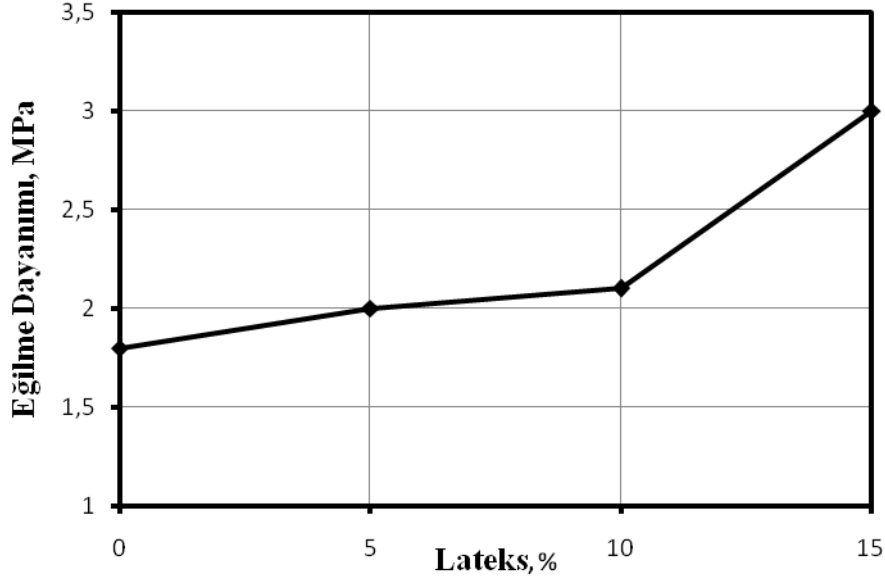
Beton içinde oluşan kalsiyum tuzlarının çözünürlüğü arttıkça betondaki hasar da artmaktadır. Reaksiyon ile zaman içinde beton yüzeyinde yumuşama ve gözenekler oluşmaya başlar (Özgen, 2006).

6.6.2. Asit etkisindeki lateks sistemlerde yapışma dayanımı tayini deneyi sonuçlarının değerlendirilmesi ve irdelenmesi

28 gün boyunca asit etkisinde bekletilen numunelerden herhangi bir dayanım sonucu elde edilememiştir. Asitten çıkartılan numunelerin üst tabaka harçlarında yumuşama ve dağılmalar, renk değişimleri meydana gelmiştir. Harçlar yumuşayarak dağılmış herhangi bir yapışma dayanımı elde edilememiştir. Asitin beton üzerindeki olumsuz etkileri burada da gözlemlenildi.

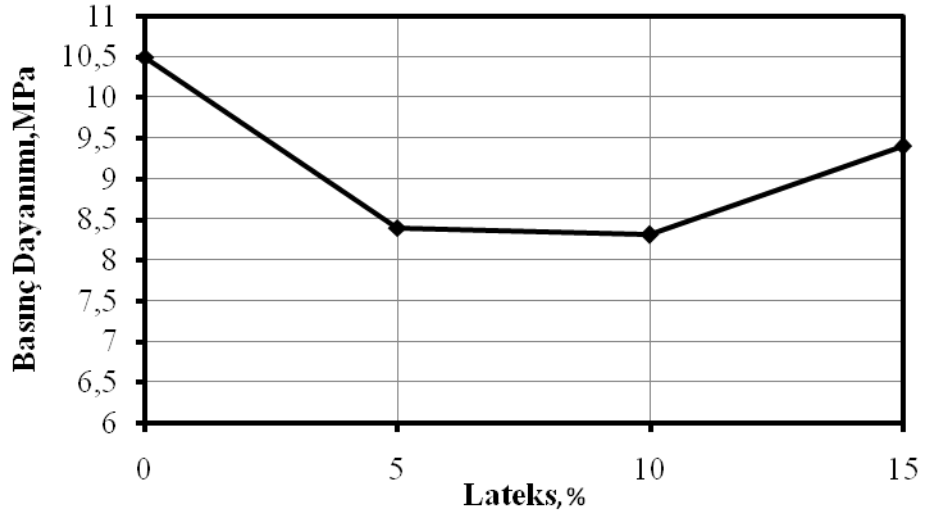
Asitler kalsiyum bileşenlerini ($Ca(OH)_2$, CSH ve CAH) kalsiyum tuzlarına dönüştürürler. Betondaki kalsiyum bileşenlerine saldıran asitlerin oluşturduğu kalsiyum tuzları zamanla suda çözünürler. Sonuç olarak çimento harcı da zamanla çözülmeye başlar ve beton kullanılmaz duruma gelir (Özgen, 2006).

6.6.3. Asit etkisindeki lateks sistemlerde eğilme ve basınç deneyleri sonuçlarının değerlendirilmesi ve irdelenmesi



Şekil 6.16. Asit etkisindeki lateks sistemlerde eğilme dayanımı deney sonuçları

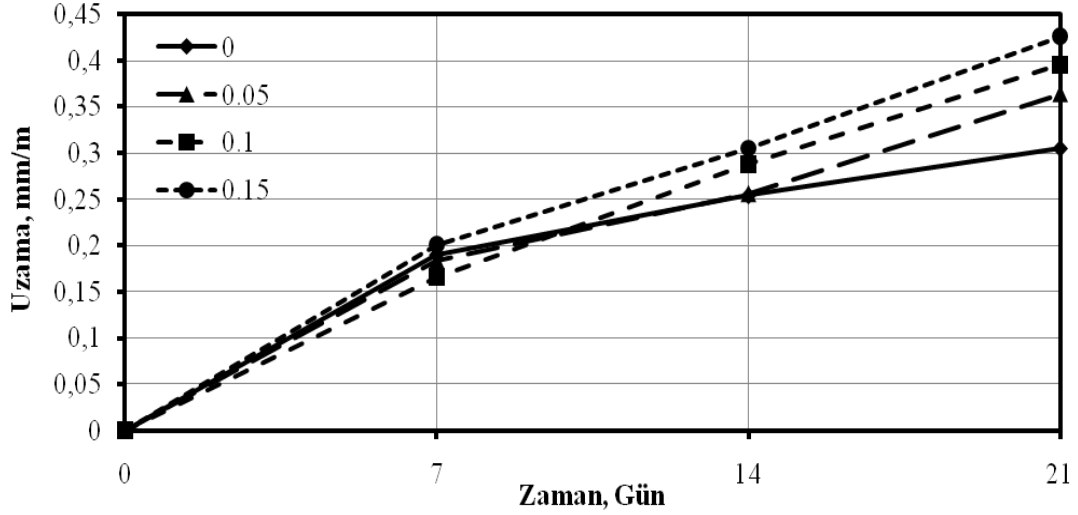
28 gün sonunda asit ortamında bekletilen numuneler çıkartılmış ve eğilme dayanımı testine tabi tutulmuştur. 28 gün sonunda numunelerde ciddi renk değişimleri, deformasyonlar ve dağılmalar gözlemlenmiştir. Eğilme dayanımı sonuçları Şekil 6.16'da gösterilmiştir. Karışımdaki lateks miktarı arttıkça eğilme dayanımında artış meydana gelmiştir. En yüksek dayanım % 15 lateks katkısı kullanılarak hazırlanan numunelerden elde edilmiştir. % 15 katkılı numunelerin dayanımı katkısız olarak hazırlanan numunelere göre yaklaşık % 50 oranında artış göstermiştir. Su ve sodyum sülfat ortamında bekletilen numunelere oranla asit ortamında bekletilen numunelerin ciddi derecede dayanım kaybı yaşadığı ve asitin betonun yapısını bozup eğilme dayanımını ciddi anlamda düşürdüğü gözlemlenmiştir. Su ortamında bekletilen numuneler ile kıyasladığımız zaman % 50 oranında dayanım kaybı meydana gelmiştir.



Şekil 6.17. Asit etkisindeki lateks sistemlerde basınç dayanımı deney sonuçları

Asit etkisinde bekletilen numunelerin basınç dayanım sonuçları Şekil 6.17’de gösterilmiştir. Kontrol numunelerin dayanımlarının lateks katkısı ile hazırlanan numunelere oranla daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Lateks katkısının % 15 oranında kullanılması halinde ise dayanım % 5 ve % 10 lateks kullanılarak elde edilen numunelere oranla % 20 artış göstermiş ancak bu artışa rağmen dayanım değerleri katkısız numunelerin basınç dayanımına ulaşamamıştır. Bunun yanı sıra asit ortamında bekletilen numuneler su ve sülfatlı ortamda bekletilen numunelere oranla ciddi dayanım kayıpları yaşamıştır. Asit ortamında bekletilen numunelerin basınç dayanımları su ortamında bekletilen numunelere oranla % 60 sodyum ortamında bekletilen numunelere oranla ise ortalama % 50 dayanım kayıpları yaşadığı görülmüştür.

6.6.4. Asit etkisindeki lateks sistemlerde genleşme tayini deney sonuçlarının değerlendirilmesi ve irdelenmesi



Şekil 6.18. Asit etkisindeki lateks sistemlerde boy uzama miktarları

Asit içerisinde bekletilen farklı tipteki numunelere ait 1-7-14-21 günlerdeki boy uzama miktarları Şekil 6.18’de gösterilmiştir. 21 günden sonraki günlerde asitin yıpratıcı etkisinden dolayı numunelerin boy uzama miktarları ölçülememiştir. Numunelerde deformasyonlar, dağılmalar meydana gelmiş boy uzama miktarı ölçülememiştir. İlk gün en yüksek boy uzama miktarı katkısız ve % 15 katkılı numunede meydana gelmiş, en az uzama ise % 10 katkılı numunede ölçülmüştür. Beton yaşı arttıkça boy uzama miktarları değişmiştir. 21. günde en fazla uzama % 15 katkılı numunede meydana gelmiş, en az uzama ise katkısız olarak hazırlanan kontrol numuneden elde edilmiştir. % 15 katkılı numune katkısız olarak hazırlanan kontrol numuneye oranla % 40 daha fazla boy uzaması gerçekleştirmiştir. Lateks oranı arttıkça buna paralel olarak boy uzama miktarı da artmıştır.

7. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Yapılan deneysel çalışmalar ile aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

- Beton içerisine katılan lateks ile basınç dayanımını lineer olarak azaltmıştır. Asit ve sülfat etkisindeki betonların basınç dayanımlarında ciddi dayanım kayıpları meydana gelmiş, betonda gözle görülür kimyasal bozukluklar, kılcal çatlaklar, renk değişimleri meydana gelmiştir. Asit içerisinde bekletilen lateks katkılı beton numunelerde katkısız numunelere oranla 28. günde çok düşük basınç dayanımları elde edilmiştir. Ancak beton yaşı ilerledikçe bu fark azalmış katkısız numunelerde dayanım kayıpları meydana gelirken lateks katkılı numunelerde dayanım artışları yaşanmıştır.
- Beton içerisine katılan lateks oranı arttıkça aderans dayanımı artmıştır. Çubuk yüzeyine sürülen lateks ise genel anlamda katkısız hazırlanan numuneler ile çok yakın sonuçlar vermiştir. Aderans deneyinde sülfatta bekletilen numuneler ile suda bekletilen numunelerin dayanımları birbirine oldukça yakındır. Asitte bekletilen numunelerin aderans dayanımlarında ise beton yaşı arttıkça kayıplar meydana gelmiştir.
- Ara yüzeye lateks uygulamanın kayma dayanımına olumlu bir etkisi gözlemlenememiştir. Üst harç içine lateks katkısı ilave ederek yapılan numunelerin dayanımları ise daha yüksek bulunmuştur. Ancak yine de katkısız olarak hazırlanan numunedan % 40 oranında daha düşük sonuçlar elde edilmiştir. Sülfat ortamında bekletilen numuneler suda bekletilen numunelere oranla % 20 - % 25 arasında kayma dayanımı kayıpları görülmüştür. Kayma dayanımı için asit ortamında bekletilen numuneler dağılmış ve ara yüzeylerinden ayrılmıştır.
- Ara yüzeylere lateks uygulandığında yapışma dayanımlarında artışlar meydana gelmiş ancak en yüksek dayanım üst harç içine lateks katılarak hazırlanan numunelerden alınmıştır. Üst harç içindeki lateks arttıkça da yapışma dayanımları lineer olarak artmıştır. Sülfatlı ortamda bekletilen numunelerin yapışma dayanımları suda bekletilen numunelere oranla % 5 ile % 10 arasında daha düşük çıkmıştır. Asitli ortamda bekletilen numuneler ise teste tabi tutulamamış ve üst harç asit etkisinden dolayı dağılmıştır.

- Eğilme tayini deneylerinde lateks katkısının eğilme dayanımı üzerinde önemli bir etkisi olmadığı sonucuna varılmıştır. Sülfat ortamında bekletilen ve eğilme testine tabi tutulan numunelerde suda bekletilen numunelere oranla % 10 ile % 20 arasında dayanım kayıpları meydana gelmiştir. Asit ortamında bekletilen numunelerin eğilme dayanımları su ve sülfat ortamında bekletilen numunelerin dayanımlarına oranla oldukça düşük çıkmıştır.
- Harçlarla yapılan basınç dayanımı deneylerinde ise lateks miktarı arttıkça basınç dayanımı lineer olarak azalmıştır. Sülfat ortamında bekletilen ve basınç testine tabi tutulan harç numunelerde basınç dayanımları su ortamında bekletilenlere oranla % 10-% 20 arasında daha düşük çıkmıştır. Asit ortamında bekletilen numunelerin basınç dayanımları suda ve sülfatta bekletilenlere oranla % 50 - % 60 arasında daha düşük çıkmıştır.
- Asit ve sülfat içerisinde bekletilen numunelerin boy uzama miktarlarına bakıldığında genel olarak numuneler içerisindeki lateks katkısı arttıkça boy uzama miktarları artmıştır.

Beton ve harç içerisine lateks katılmasının basınç dayanımını düşürdüğü ancak aderans dayanımına olumlu yönde etki ettiği gözlemlenmiştir. Bu yüzden aderans dayanımı arttırılmak istendiğinde çimento miktarının % 15'i oranında lateks katkısı kullanılması önerilebilir. Yapışma dayanımı arttırılmak istendiğinde ise üst harç içerisine % 15 oranında ilave etmek önerilebilir. Lateksin eğilme dayanımını arttırırken, kayma dayanımı ve boy uzama miktarlarını ise olumsuz etkilemiştir. Yine bu çalışma da sülfat ve asit etkisinin beton üzerinde meydana getirebileceği olumsuzluklar gözlemlenmiş, betonu sülfat ve asit etkisine maruz bırakmanın verebileceği zararlar saptanmıştır. Asit etkisine maruz kalan betonların basınç dayanımlarındaki kayıplar dikkate alındığında, betonlarda % 10 oranında lateks katkısı kullanımı önerilir. Sülfat etkisine maruz kalacak betonlarda ise % 5 oranında lateks katkısı kullanımının betonun ileriki yaşlarda yaşayacağı basınç dayanımı kayıplarını sönümlemek adına faydalı olduğu gözlemlenmiştir. İstenildiği takdirde bu çalışmalar ışığında kullanılan lateks oranları değiştirilerek deney tekrarlaması yapılarak asit ve sülfat hücumuna karşı koyan optimum lateks oranlarının tespit edilebileceği düşünülmektedir. Bunun yanında lateks katkılı beton ve harçların kimyasal dayanıklılığının yanında donma çözülme, yüksek sıcaklık gibi termal etkilere dayanıklılığı da araştırılmalıdır.

8. KAYNAKLAR DİZİNİ

- Aktaş, Ö.U., 2014. Polimer katkılı çimento esaslı kaplama malzemelerinin fiziksel ve mekanik özelliklerinin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 82 s. (yayımlanmamış).
- Alişer, B., Yıldız, S., Arıcı, E., Keleştemur, O., 2015, Cam lif ve mermer tozu takviyeli çimento harçlarının sülfat direncinin taguchi metodu ile analizi, 2nd International Sustainable Buildings Symposium (ISBS), 117-122.
- Baradan, B., Yazıcı, H., Ün, H., 2010, Beton ve Betonarme Yapılarda Kalıcılık (Durabilite), Türkiye Hazır Beton Birliği Yayınları.
- Baş, B., 2009, Lateks katkılı sıva harçlarının özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 107 s. (yayımlanmamış).
- Beşergil, B., 2010, Endüstri Polimerleri, http://www.bayar.edu.tr/besergil/endustri_polimerleri.pdf, erişim tarihi: 11.06.2015.
- Beycioğlu, A., Doğan, D., Çullu, M., Şamandar, A., 2010, Alkali Silika reaksiyonu ve beton durabilitesine etkileri, Ulusal Meslek Yüksekokulları Öğrenci Sempozyumu, 21-22 Ekim ,Düzce.
- Bideci, A., 2011, Polimer kaplı pomza agregalarla elde edilen betonların özelliklerinin araştırılması, Doktora Tezi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 128 s. (yayımlanmamış).
- Bostancı, A., 2014, Eski beton-yeni beton aderansının deneysel olarak incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 131 s. (yayımlanmamış).
- Ceran, A., 2008, Polimer esaslı lateks katkının çimento harç özellikleri üzerindeki etkisinin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 130 s. (yayımlanmamış).
- Erkek, S., 2007, Karbon siyahı/yağ ve karbon siyahı/dolgu maddesi oranının farklı vulkanizasyon sistemlerinde EPDM, NBR ve SBR elastomerlerinin fiziko-mekaniksel özellikleri üzerine etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 156 s. (yayımlanmamış).
- Ersoy, H.Y., 2001, Kompozit Malzemeler, Literatür Yayıncılık.
- Ersoy, U., Özcebe, G., 2001, Betonarme, Evrim Yayınevi.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Gönüllü, M.T., 2004, Atık lastiklerin yönetimi, Katı Atık Geri Dönüşüm Teknolojileri Semineri, İSO, İstanbul.
- Anonim, 2009, http://dasapolimer.com.tr/Files/Lx_wC77Qn0EjnE_.pdf, erişim tarihi: 11.06.2015.
- Koksal F., Gencil O., 2012, Properties of polymer modified-cement lightweight mortar prepared by using expanded vermiculite. 7th Asian Symposium on Polymers in Concrete, 465-471.
- Kuyumcu, H.M., 2006, Deniz suyu ve sülfatlı suların beton dayanımına etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 148 s. (yayımlanmamış).
- Nergiz, V., 2007, Yüksek dayanımlı betonlarda durabilite ve işlenebilirlik, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 111 s. (yayımlanmamış).
- Ohama, Y., 1987, Principle of latex modification and some typical properties of latex-modified mortars and concretes, ACI Materials Journal, 511-518.
- Ohama, Y., 1998, Polymer-based admixtures, Cement and Concrete Composites, 189-212.
- Okba, S.H., El-Dieb, A.S., Reda, M.M., 1997, Evaluation of the corrosion resistance of latex modified concrete (Lmc), Cement and Concrete Research, Volume 27, No. 6, 861-868.
- Özgen, M.M., 2006, Betonarme yapılarda bozulma süreçleri ve beton sınıfının yapının durabilitesine ve maliyetine etkileri, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 332 s. (yayımlanmamış).
- Özturan, T., 1995, Uçucu küllü lateks harçlarının mekanik özellikleri, Endüstriyel Atıkların İnşaat Sektöründe Kullanılması Bildiriler Kitabı, 15-25.
- Özturan, T., 2013, Özel betonlar, Hazır Beton Dergisi, 70-83.
- Özturan, T., Çeçen, C., 1996, Onarım malzemelerinin yapışma dayanımlarının eğik kesme deneyi ile belirlenmesi, 4. Ulusal Beton Kongresi, 405-416.
- Öztürk, M., 2013, Polimerle modifiye edilmiş hafif betonun bazı fiziksel ve mekanik özelliklerinin araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 142 s. (yayımlanmamış).

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Ray, I., Gupta, A.P., Biswas, M., 1995, Effect of latex and superplasticiser on Portland cement mortar in the hardened state, *Cement and Concrete Composities*, 9-21.
- Rossignolo, J.A., Agnesini, M.V.C., 2002, Mechanical properties of polymer-modified lightweight aggregate concrete, *Cement and Concrete Research*, Volume 32, No: 3, 329-334.
- Şengül, Ö., Doğan, Ü.A., 2003, Polimer katkılı betonların mekanik ve durabilite özellikleri, 5. Ulusal Beton Kongresi, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi, İstanbul, 163-174.
- Tanyıldızı, H., Yazıcıoğlu, S., 2006, Betonarme demiri ve beton arasındaki aderans dayanımına mineral katkıların etkisi, *Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 351-357.
- Topçu, İ.B., Canbaz, M., Karakurt. C., 2006, Beton üretiminde kimyasal katkı kullanımı, *Politeknik Dergisi Cilt 9, Sayı 1*, 59-63.
- TS EN 1015-11, 2000, Kagir Harcı - Deney Metotları - Bölüm 11: Sertleşmiş Harcın Basınç ve Dayanımının Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 11 s.
- TS EN 1015-12, 2000, Kagir Harcı- Deney Metotları- Bölüm 12: Sertleşmiş Sıva ve Örgü Harcının Alt Tabakaya Yapışma Dayanımının Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 9 s.
- TS EN 12390-3, 2003, Beton-Sertleşmiş Beton Deneyleri- Bölüm 3: Deney Numunelerinde Basınç Dayanımının Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 12 s.
- Wu, K.R., Zhang, D., Song, J.M., 2001, Properties of polymer-modified cement mortar using pre-enveloping method, *Cement and Concrete Research* 32, 425-429.
- Xiong, G., Chen, X., Li, G., Chen, L., 2000, Sulphuric acid resistance of soluble soda glass-polyvinyl acetate latex-modified cement mortar, *Cement and Concrete Research* 31, 83-86.
- Zhong, S., Chen, Z., 2002, Properties of latex blends and its modified cement mortars, *Cement and Concrete Research* 32, 1515-1524.