



Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi

Araştırma Makalesi

Stiren-Bütadien Kopolimer Katkısının Çimento Harçlarına Etkisi

Murat DOĞAN^a, Alper BİDECI^{b,*}, Bekir ÇOMAK^c, Özlem SALLI BİDECI^b, Elif BESLİ^d

^a Kompozit Malzeme Teknolojileri Bölümü, Fen Bilimleri Enstitüsü, Düzce Üniversitesi, Düzce, TÜRKİYE

^b Mimarlık Bölümü, Sanat Tasarım ve Mimarlık Fakültesi, Düzce Üniversitesi, Düzce, TÜRKİYE

^c İnşaat Mühendisliği Bölümü, Teknoloji Fakültesi, Düzce Üniversitesi, Düzce, TÜRKİYE

^d İnşaat Mühendisliği Bölümü, Fen Bilimleri Enstitüsü, Düzce Üniversitesi, Düzce, TÜRKİYE

* Sorumlu yazarın e-posta adresi: alperbideci@duzce.edu.tr

ÖZET

Beton üretiminde çoğunlukla yeni kuşak kimyasal katkıları kullanılmaktadır. Dağıtma (dispersiyon) gücü yüksek olan kimyasal katkıların beton içerisinde belirli oranlarda kullanılması esastır. Kimyasal katkı içeriği uygun kullanılmadığı takdirde, taze ve sertleşmiş beton özellikleri etkilenmektedir. Çalışmada, akışkanlaştırıcı (%1) ilavesi ile Stiren Bütadien Kopolimer (SBR) katkısının çimento harçlarına etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla, çimento harçlarına ağırlıkça SBR ilavesi (0%SBR (Kontrol), 5%SBR, 10%SBR, 15%SBR ve %40SBR) ile elde edilmiş deney numunelerinin fiziksel, kimyasal ve mekanik özellikleri incelenmiştir. Ayrıca, numunelerin SEM-EDS analizleri yapılmıştır. Çalışmanın sonucunda, %5 Stiren Bütadien Kopolimer katkısının çimento harçlarının basınç dayanımına olumlu etkisi olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Stiren-Bütadien Kopolimer, Dayanım, SEM-EDS Analizleri

Effects of Styrene-Butadiene Copolymer Addition on Cement Mortars

ABSTRACT

New generation chemical additives mostly are used in the production of concrete. Use of high distribution (dispersion) force of chemical admixtures in specific proportions in concrete is essential. If content of chemical additives use in unsuitable proportions, properties of fresh and hardened concrete are influenced. In the study, the plasticizer (1%) with the addition of styrene-butadiene copolymer (SBR) was investigated the effect of the contribution of cement mortars. For this purpose, physical, chemical, and mechanical properties of the experimental samples obtained with SBR addition by weight of cement mortar (0%SBR (Control), 5%SBR, 10%SBR, 15%SBR, 100% SBR) were investigated. Also, SEM-EDS analyses of the samples for performed. As a result of study, it has been seen that 5% styrene-butadiene copolymer additives have a positive effect on compressive strength of cement mortars

Keywords: Styrene-Butadiene Copolymer, Strength, SEM-EDS Analyses

I. GİRİŞ

TABIİ ve sentetik olarak elde edilen polimerler, uzun zincirler ve uzun zincirli moleküler yapısından dolayı kuvvetli bağ yapan ve kolayca işlenebilir özelliğe sahiptirler [1]. En önemli özellikleri çok değişik karakteristikte olmaları ve pek çok malzemeye kolaylıkla yapışabilmeleridir. Tüm beton sınıfları için uygulanabilirliği, asit ve bazların aşındırıcı özelliğine karşın yüksek dayanımı, atmosferik koşullara karşı dirençli olması, granit taşlarla kıyaslandığında aşınma dayanımının yüksek olması ve içerisindeki reçineden dolayı titreşimleri sönmüleme gibi özelliklerinden beton üretiminde kullanılabilirler [2].

Harç veya betonda portland çimentosu hamuru yapısının bir polimer kullanılarak değiştirilmesi söz konusu olabilmektedir. Bu amaçla çeşitli polimer emülsiyonları kullanılmaktadır. Katı polimer parçacıklarının su içindeki emülsiyonu olan lateksler, malzemenin betona yapışmasını arttırmak ve bazı mekanik özellikler ile dayanıklılık özelliklerini iyileştirmek amaçlı kullanılırlar. Polivinil asetat (PVA), vinil asetat kopolimeri (VAC), polakrilik esterler (PAE) ve stiren bütadien kopolimeri (SBR) bu amaçla kullanılan latekslerden bazılarıdır. Bu tür bir lateks ile bağlayıcı yapısı değiştirilmiş portland çimentosu harcı veya betonunda, çimentonun hidrasyonu ile askıdaki polimer parçacıklarının yumaklaşıp, kaynaşması sonucunda polimer fazının oluşumu birlikte gelişmektedir. Böylece oluşan matris fazı içinde hidrate çimento elemanları ile polimer filmi birbirinin içine girmiş bir uzay ağı yapısı oluşturmakta ve agrega taneleri iki komponentli sürekli faz tarafından sarılmaktadır [3].

Rossignolo ve Agnessini, (2002), stiren-bütadien lateks (SBR) ilave edilmiş hafif betonların mekanik özellikleri üzerine yaptıkları çalışmada, 7 günlük basınç dayanımlarının 39.7-51.9 MPa arasında değiştiğini, SBR modifiye ilavesi ile ince prefabrik komponent malzeme üretilebileceğini tespit etmişlerdir [4].

Şengül ve Doğan (2003), normal dayanımlı bir beton ile aynı karışıma çimento ağırlığının %5'i oranında polimer (non-iyonik karboksile edilmiş stiren-bütadien kopolimeri) ilave edilmesinin taze haldeki betonun işlenebilmesini büyük ölçüde etkilediğini belirlemişlerdir [5].

Rossignolo ve Agnessini (2004), SBR modifiye edilmiş hafif betonların (LWAC) kimyasal dayanıklılık, korozyona dayanıklılığı ve su emme deneylerini analiz ederek, kuru birim hacim ağırlığının 1460–1605 kg/m³ arasında değiştiğini tespit etmişlerdir. Çalışmanın sonucunda SBR modifiye edilmiş hafif betonların modifiye edilmemişlere göre daha iyi sonuçlar verdiğini, su emme dayanımının daha düşük olduğunu ve kimyasal dayanıklılığa karşı dayanımının daha iyi olduğunu belirtmişlerdir [6].

Essa M.S ve Hassan N.F (2008), Stiren-bütadien kauçuk katkısının eski ve yeni betonlara etkisini araştırdıkları çalışmalarında; çimento harçlarına su ile hacimce % 10, % 25% ve 35% oranlarında SBR ikame ederek, 7, 28 ve 60 günlük basınç ve eğilme dayanımlarını incelemişlerdir. Çalışmanın sonucunda; eski ve yeni betonlarda SBR ilavesinin basınç ve eğilme dayanımlarının kür süresi ile arttığını belirtmişlerdir [7].

Yang ve ark., (2009), Stiren-bütadien lateksinin çimento harçlarına ilave ederek mikroyapısına etkisini inceledikleri çalışmada, SBR lateks ilavesinin harcın mikroyapısını ve morfolojisini değiştirdiğini, Polimer/çimento oranının artmasıyla daha fazla görünür, sürekli bir polimer filmi oluştuğunu

gözlemlemişlerdir. Polimer/çimento oranının %10'dan fazla olduğunda, SBR lateksin yapısal ağına içine nüfuz ettiğini ve kumları birbirine bağladığını belirtmişlerdir [8].

Xiong ve ark., (2012), SBR ilave edilmiş betonun SEM analizlerini incelediklerinde, polimer/çimento oranının 0.05 olduğu betonlarda, polimer filmin tam oluşmadığını, betonun iç yapısının yoğun olmadığını, boşluk yapısının sürekli ve zayıf olduğunu; polimer/çimento oranı 0.10 olan betonlarda ise polimerin betonun içine nüfuz ettiğini, betonun içindeki mikro çatlakları ve gözenekleri doldurması ile daha iyi bir iç yapı oluşturduğunu tespit etmişlerdir [9].

M. Shafieyzadeh, (2013), SBR ve Silis Dumanı içeren betonların basınç dayanımlarını incelediği çalışmada, polimer oranı artışıyla basınç dayanımlarının azaldığını ve en ideal oranın %5SBR katkılı olduğunu belirtmiştir [10].

Çalışmada, çimento ağırlığının 0%SBR(Kontrol), 5%SBR, 10%SBR, 15%SBR ve %40SBR oranlarında Stiren-Bütadien Kopolimer (SBR) katkısının çimento harçlarına etkisi araştırılmıştır. Harçların fiziksel, kimyasal ve mekanik özellikleri incelenmiştir. Ayrıca, Taramalı Elektron Mikroskopu (SEM) ve Enerji Dağılımı Spektroskopisi (EDS) analizleri yapılmıştır.

II. MALZEME ve YÖNTEM

A. MALZEME

Stiren Bütadien Kopolimeri (SBR): Stiren ve bütadien monomerlerinin emülsiyon ya da süspansiyon polimerizasyonu ile elde edilen sentetik bir kauçuk türüdür. Bütadien/stiren oranı genellikle 75/25'tir. SBR, genelde 250.000-800.000 arasında ortalama molekül ağırlığı değerlerine sahip olarak üretilir. Polimerizasyon tipi, SBR'nin özellikleri üzerinde etkilidir [2]. Çalışmada kullanılan SBR'nin kimyasal ve fiziksel özellikleri Tablo 1'de verilmiştir. SBR kopolimeri çimento ağırlığının %0, %5, %10, %15 ve %40'ı oranında çimento harcı karışımına ilave edilmiştir.

Tablo 1. SBR'nin kimyasal ve fiziksel özellikleri

Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri	
Görünüm	Beyaz, düşük viskoziteli emülsiyon
Polimer Tipi	Stiren – Bütadien
Emülsifiye edici sistem	Anyonik / noniyonik
Viskozitesi (RVT 10 rpm, 20°C)	< 300 cps
Katı Madde	%47.0 +/- 1
pH	8,5 – 9,5
Partikül büyüklüğü	ca. 175 nm

Çimento: TS EN 197-1 [11] standartlarına uygun olarak üretilen CEM I 42.5R çimentosu kullanılmıştır. Çimentonun kimyasal ve fiziksel analizi Tablo 2'de verilmiştir.

Akışkanlaştırıcı Katkı: Çalışmada akışkanlaştırıcı katkı olarak tüm serilerde çimento ağırlığının %1'i oranında polikarboksilat bazlı katkı kullanılmıştır. Epo Yapı Kimya Fabrikasından temin edilen akışkanlaştırıcının fiziksel ve kimyasal özellikleri Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 2. Çimentonun kimyasal ve fiziksel analizi

Bileşen (%)	CEM I 42.5R	TS EN 197-1	Fiziksel Özellikleri			TS EN 197-1
CaO	63.93		Priz Süresi (Min.)	Başlama Bitiş	141	min. 60
SiO ₂	19.49	C+S≥%50			202	-
Al ₂ O ₃	4.36	-	Yoğunluk (g/cm ³)		3.15	-
Fe ₂ O ₃	3.40	-	Blaine İnceliği (cm ² /g)		3866	-
MgO	1.67	Lim.≤%5	Toplam Hacim Genleşmesi (mm)		1	max.10
SO ₃	2.81	Lim.≤%4	32µ Elekte Kalan		7.7	-
Na ₂ O	0.27	-	90µ Elekte Kalan		0.1	-
K ₂ O	0.67	-	Basınç	2 Günlük	28.1	min. 20
Cl-	0.0089	Lim.≤%0.10	Dayanımı (N/mm ²)	7 Günlük	45.7	-
Kızdırma Kaybı	2.91	Lim.≤%5		28 Günlük	56.8	min. 42.5 max. 62.5
Kalıntı	0.32	Lim.≤%5				

Tablo 3. Akışkanlaştırıcının fiziksel ve kimyasal özellikleri

Teknik Özellikleri	
Kimyasal İçeriği	Polikarboksilat Esaslı
Form	Likit
Renk	Açık kahve
pH	6.5± 1.5
Yoğunluk	1.095 ± 0.02 kg/l (20°C)
Klor % (EN 480-10)	< 0.1
Alkali % (EN 480-12)	< 2.5

CEN Standart Kum: Harç karışımlarının hazırlanmasında TS EN 196-1'e [12] uygun CEN standart kumu kullanılmıştır. Standart kum Pınarhisar Limak Çimento Fabrikası tarafından üretilmiştir. Kumun elek analizi Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. CEN standart kumu elek analizi

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
2.00	0

B. YÖNTEM

Malzeme Karışım Dizaynı: Deney numuneleri TS EN 196-1 standardına uygun olarak, sıcaklığı 20±2 °C ve bağıl nemi %60±5 olan laboratuvar ortamında hazırlanmıştır. Malzeme karışım dizaynı Tablo 5'te verilmiştir.

Hazırlanan standart harçlar 40x40x160mm boyutlarındaki kalıplara dökülerek, sıkıştırma aletinde dakikada 60 düşüş yapacak şekilde sarsma ve düzeltme işlemine tabi tutulmuştur. Sarsma düzeltme işleminden sonra numunelerin üzerine cam levha kapatılmış, bağıl nemin %95 olduğu rutubet dolabında 24 saat süre ile bekletilmiştir. Süre sonunda çıkarılan numuneler test gününe kadar su küründe bekletilmiştir.

Tablo 5. Malzeme karışım dizaynı

Malzeme	%0SBR (Kontrol)	%5SBR	%10SBR	%15SBR	%40SBR
Çimento (g)	450	450	450	450	450
Stiren-Butadien (SBR) (g)	-	22.5	45	67.5	185
Akışkanlaştırıcı (%1) (g)	-	4.5	4.5	4.5	-
Su (ml)	225	146	146	146	-
Standart Kum (g)	1350	1350	1350	1350	1350

Yayılma Tablası Deneyi: Her karışım üzerinde kalıba yerleştirilmeden önce ASTM C230 [13] standardına uygun alt çapı 100 mm, üst çapı 70 mm ve yüksekliği 60 mm olan kesik koni şeklinde bir sarsma tablası kullanılmıştır (Şekil 1). Harç, kesik koni içine iki tabaka halinde yerleştirilmiş ve her tabaka 25 kez tokmaklanarak sıkıştırılmıştır. Kalıp harçtan çıkarıldıktan sonra 15 saniyede 25 kez sarsılarak ortalama yayılma çapları bulunmuştur.



Şekil 1. Yayılma tablası deney düzeneği

Basınç ve Eğilme Dayanımı: Basınç ve eğilme deneyi için, her bir karışımdan TS EN 196-1 standardına uygun olarak, 3, 7 ve 28 günlük harç numuneleri için, 3'er adet 40x40x160 mm harç numuneleri üretilmiştir. Basınç dayanımı deneyinde, TS EN 196-1 standardına uygun olarak, eğilme deneyinden elde edilen iki parçaya bölünmüş olan yarım prizmalar kullanılmıştır. Numuneler basınç dayanım testi düzeneğine yan yüzeylerinden yüklenmek suretiyle deneye tâbi tutulmuşlardır. Yarım prizmalar, cihazın plâkaları arasına $\pm 0,5$ mm'den fazla taşmayacak şekilde merkezlenerek ve prizmanın arka yüzü plâkadan veya yardımcı plâkalardan 10 mm taşacak şekilde uzunlamasına yerleştirilmiştir. Yük 2400 N/s hızda olmak üzere düzgün şekilde, prizma kırılana kadar artırılmış numunelerin basınç mukavemeti bulunmuştur.

Eğilme deneyi için, numune deney cihazına yan yüzeylerden biri üzerine ve uzunluğuna ekseni mesnet silindirlere dik olacak şekilde mesnet silindirleri üzerine yerleştirilmiştir. Yük, yükleyici

silindir vasıtası ile prizmanın karşı yan yüzünden dik olarak uygulanmış ve düzgün olarak 50 ± 10 N/s hızında olacak şekilde prizma numune kırılıncaya kadar artırılmıştır.

SEM-EDS Analizi: 28 günlük numunelerden alınan parçalara aseton emdirilerek hidratasyonu durdurulduktan sonra Düzce Üniversitesi Bilimsel ve Teknolojik Araştırmalar Uygulama ve Araştırma Merkezine gönderilerek Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ve Enerji Dağılımı Spektroskopisi (EDS) analizleri yaptırılmıştır. Numunelerin SEM resimleri için “FEI Quanta FEG250” ve EDS için “EDAX marka Apollo X model” cihazı kullanılmıştır.

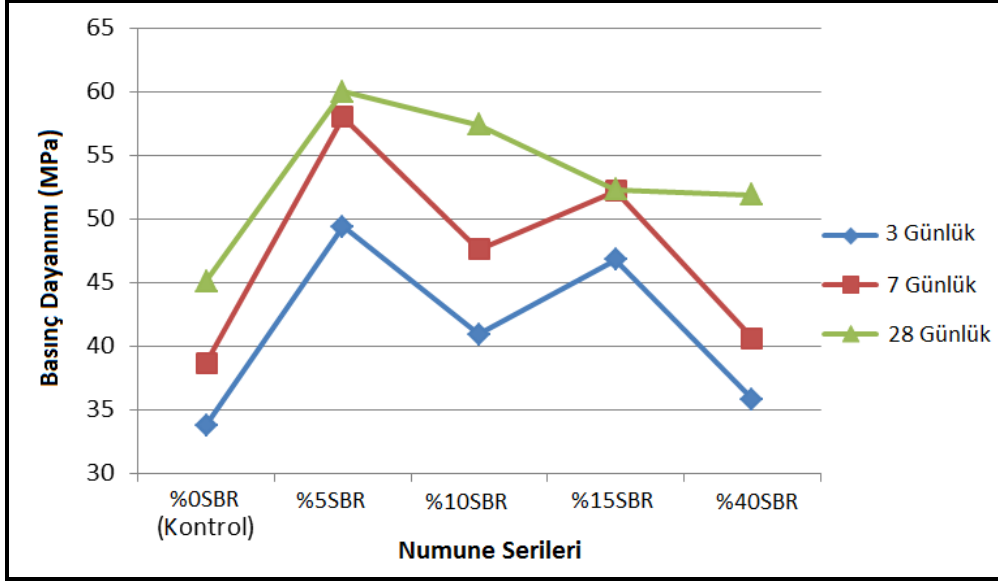
III. BULGULAR ve TARTIŞMA

Çalışmada numunelerden elde edilen yayılma çapları, basınç ve eğilme dayanım sonuçları Tablo 6’da verilmiştir.

Tablo 6. Yayılma çapları, basınç dayanımı ve eğilme dayanımı

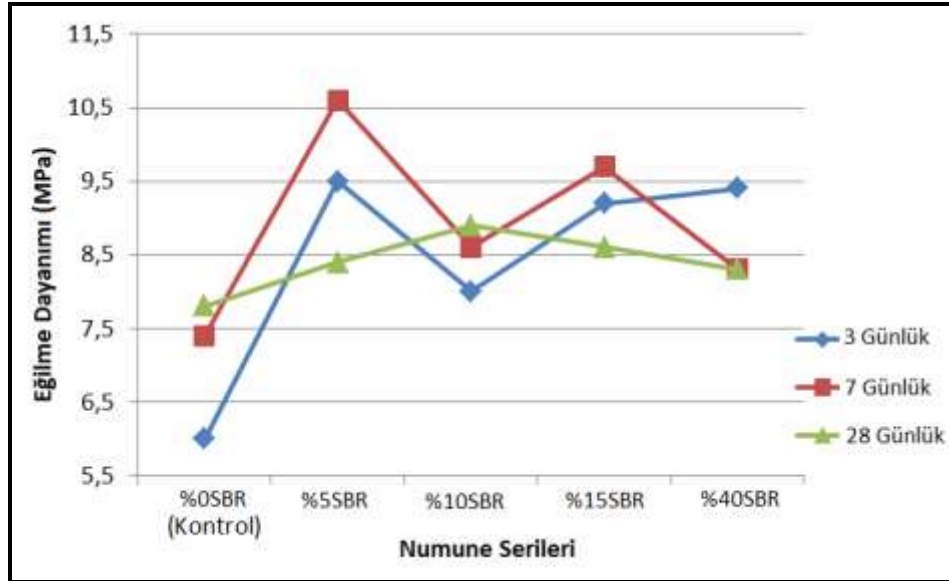
Malzeme		0%SBR (Kontrol)	5%SBR	10%SBR	15%SBR	%40SBR
Yayılma Çapı (mm)		135	185	190	195	200
Basınç	3 Günlük	33.8	49.4	40.9	46.8	35.8
Dayanımı	7 Günlük	38.7	58.0	47.6	52.2	40.6
(MPa)	28 Günlük	45.0	56.4	45.2	49.6	40.8
Eğilme	3 Günlük	6.0	9.5	8.0	9.2	9.4
Dayanımı	7 Günlük	7.4	10.6	8.6	9.7	8.3
(MPa)	28 Günlük	6.6	8.1	7.8	8.4	7.7

Basınç ve Eğilme Dayanımı: TS EN 196-1’e uygun olarak 3, 7 ve 28 günlük numunelerin basınç ve eğilme dayanım değerleri grafiksel gösterimleri Şekil 2 ve 3’te verilmiştir. Numune serilerinin 28 günlük basınç dayanım değerleri incelendiğinde; en yüksek değer %5SBR (56.4MPa) ve en düşük değer 100%SBR numunelerinden elde edilmiştir. Tüm serilere bakıldığında kür süresinin artmasıyla basınç dayanımlarının da arttığı görülmüştür. Ayrıca, %0SBR(Kontrol) serilerine göre SBR ilavesinin basınç dayanımını artırdığı, %5SBR numune serilerinde optimum değere ulaştığı, diğer serilerde biraz düşüş olduğu gözlenmiştir. Bunun sebebi olarak, %5SBR ilavesinin betonun iç yapısına nüfuz ederek boşlukları doldurduğu, %5 miktarından fazlasının ise basınç dayanımını olumsuz etkilediği düşünülmektedir.



Şekil 2. Basınç dayanımı grafiği

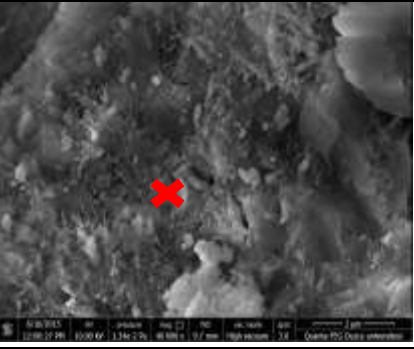
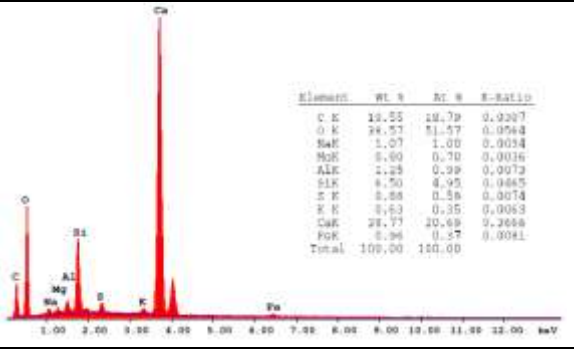
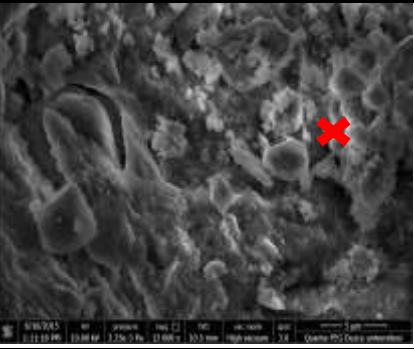
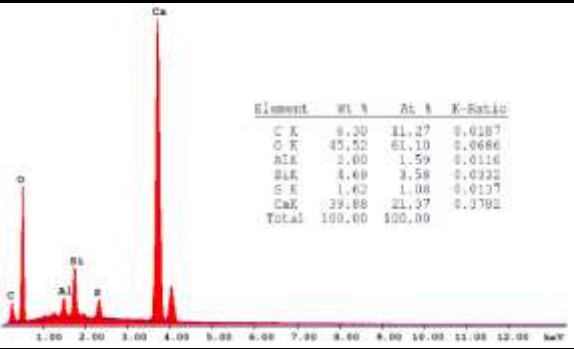
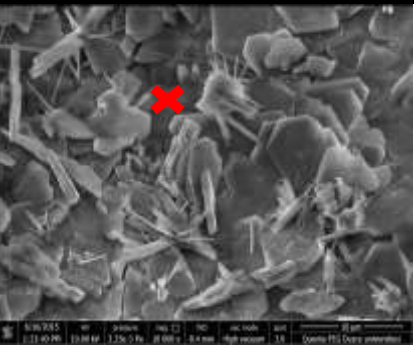
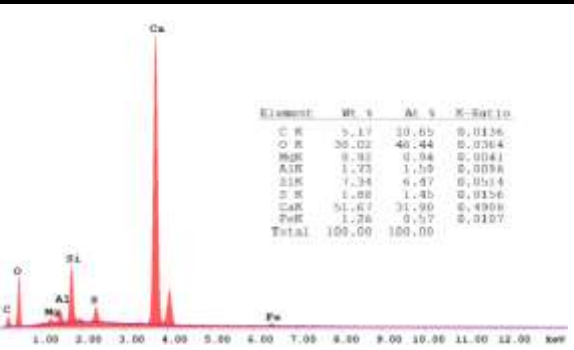
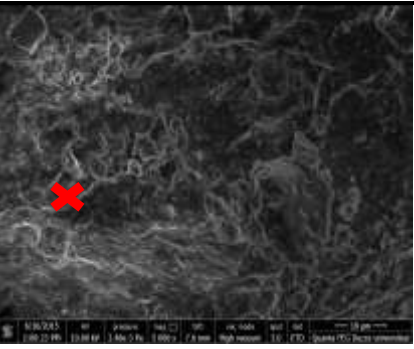
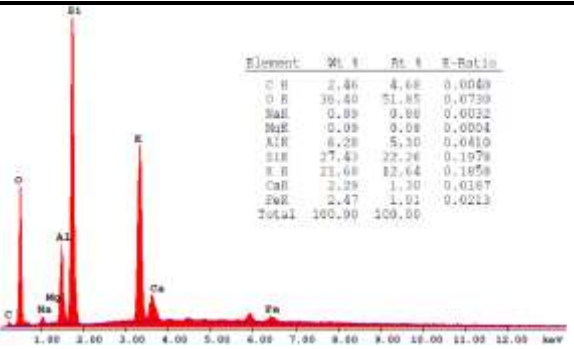
Eğilme dayanımı, 0%SBR-Kontrol numunelerine göre, tüm serilerde artmıştır. Ayrıca, 28 günlük kür süresi sonunda, 5%SBR serisi 23%, 10%SBR serisi 18%, 15%SBR serisi 27% ve %40SBR 17% oranında arttığı belirlenmiştir.

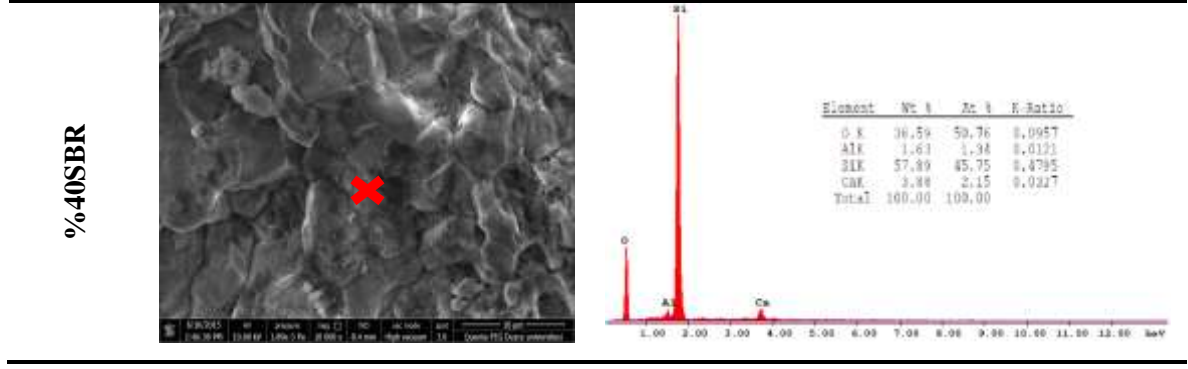


Şekil 3. Eğilme dayanımı grafiği

Burada, kür süresinin artmasının, basınç dayanımını olumlu etkilediği, eğilme dayanımını ise olumsuz etkilediği görülmüştür. Bu durum ilk başlarda yarı kararlı durumdaki betonun kür süresi ile beraber hidratasyonunu sağlaması sırasında polimer özelliklerinin modifikasyonunda ve/veya içyapısında değişiklikler ve harç ve SBR polimeri arasında zayıf bağ oluşumuna sebep olması şeklinde açıklanabilir [15,16].

SEM-EDS Analizleri: Numunelerin genel olarak incelenmesinde (Şekil 4), yapı içinde kuvars, alkali feldispat, kalsit gibi mineraller, gözenekli camsı yapıya sahip olduğu ve C-S-H, portlandit ve etrengit gibi hidrate fazlar ve hidrate olmamış çimento tanecikleri bulunduğu ve numunelerin %0SBR-Kontrol numunelerine oranla çok az gözenekli bir yapıya sahip olduğu belirlenmiştir. SBR ilavesinin beton numunelerde, polimer filmi oluşturduğu, betonun iç yapısını yoğunlaştırdığı, betonun içine nüfus ettiği, betonun içindeki mikro çatlakları ve gözenekleri doldurduğu ve daha iyi bir içyapı oluşturduğu gözlenmiştir.

Numune	SEM	EDS																																																
0%SBR (Kontrol)		 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Element</th> <th>Wt %</th> <th>At %</th> <th>K-Ratio</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>C K</td><td>13.55</td><td>18.79</td><td>0.0207</td></tr> <tr><td>O K</td><td>24.57</td><td>51.57</td><td>0.0564</td></tr> <tr><td>NaK</td><td>1.07</td><td>1.00</td><td>0.0034</td></tr> <tr><td>MgK</td><td>0.90</td><td>0.70</td><td>0.0036</td></tr> <tr><td>AlK</td><td>1.28</td><td>0.99</td><td>0.0073</td></tr> <tr><td>SiK</td><td>4.50</td><td>4.95</td><td>0.0445</td></tr> <tr><td>SK</td><td>0.88</td><td>0.58</td><td>0.0074</td></tr> <tr><td>KK</td><td>0.63</td><td>0.35</td><td>0.0063</td></tr> <tr><td>CaK</td><td>21.77</td><td>20.69</td><td>0.2658</td></tr> <tr><td>FeK</td><td>0.94</td><td>0.57</td><td>0.0041</td></tr> <tr><td>Total</td><td>100.00</td><td>100.00</td><td></td></tr> </tbody> </table>	Element	Wt %	At %	K-Ratio	C K	13.55	18.79	0.0207	O K	24.57	51.57	0.0564	NaK	1.07	1.00	0.0034	MgK	0.90	0.70	0.0036	AlK	1.28	0.99	0.0073	SiK	4.50	4.95	0.0445	SK	0.88	0.58	0.0074	KK	0.63	0.35	0.0063	CaK	21.77	20.69	0.2658	FeK	0.94	0.57	0.0041	Total	100.00	100.00	
Element	Wt %	At %	K-Ratio																																															
C K	13.55	18.79	0.0207																																															
O K	24.57	51.57	0.0564																																															
NaK	1.07	1.00	0.0034																																															
MgK	0.90	0.70	0.0036																																															
AlK	1.28	0.99	0.0073																																															
SiK	4.50	4.95	0.0445																																															
SK	0.88	0.58	0.0074																																															
KK	0.63	0.35	0.0063																																															
CaK	21.77	20.69	0.2658																																															
FeK	0.94	0.57	0.0041																																															
Total	100.00	100.00																																																
%5SBR		 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Element</th> <th>Wt %</th> <th>At %</th> <th>K-Ratio</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>C K</td><td>9.30</td><td>11.27</td><td>0.0187</td></tr> <tr><td>O K</td><td>45.52</td><td>61.10</td><td>0.0686</td></tr> <tr><td>AlK</td><td>2.00</td><td>1.59</td><td>0.0114</td></tr> <tr><td>SiK</td><td>4.49</td><td>4.58</td><td>0.0322</td></tr> <tr><td>SK</td><td>1.42</td><td>1.08</td><td>0.0137</td></tr> <tr><td>CaK</td><td>39.88</td><td>21.37</td><td>0.2782</td></tr> <tr><td>Total</td><td>100.00</td><td>100.00</td><td></td></tr> </tbody> </table>	Element	Wt %	At %	K-Ratio	C K	9.30	11.27	0.0187	O K	45.52	61.10	0.0686	AlK	2.00	1.59	0.0114	SiK	4.49	4.58	0.0322	SK	1.42	1.08	0.0137	CaK	39.88	21.37	0.2782	Total	100.00	100.00																	
Element	Wt %	At %	K-Ratio																																															
C K	9.30	11.27	0.0187																																															
O K	45.52	61.10	0.0686																																															
AlK	2.00	1.59	0.0114																																															
SiK	4.49	4.58	0.0322																																															
SK	1.42	1.08	0.0137																																															
CaK	39.88	21.37	0.2782																																															
Total	100.00	100.00																																																
%10SBR		 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Element</th> <th>Wt %</th> <th>At %</th> <th>K-Ratio</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>C K</td><td>5.17</td><td>20.65</td><td>0.0136</td></tr> <tr><td>O K</td><td>30.02</td><td>40.44</td><td>0.0364</td></tr> <tr><td>MgK</td><td>0.82</td><td>0.94</td><td>0.0041</td></tr> <tr><td>AlK</td><td>1.73</td><td>1.55</td><td>0.0039</td></tr> <tr><td>SiK</td><td>1.34</td><td>0.47</td><td>0.0016</td></tr> <tr><td>SK</td><td>1.88</td><td>1.45</td><td>0.0056</td></tr> <tr><td>CaK</td><td>51.67</td><td>31.90</td><td>0.4908</td></tr> <tr><td>FeK</td><td>1.24</td><td>0.57</td><td>0.0107</td></tr> <tr><td>Total</td><td>100.00</td><td>100.00</td><td></td></tr> </tbody> </table>	Element	Wt %	At %	K-Ratio	C K	5.17	20.65	0.0136	O K	30.02	40.44	0.0364	MgK	0.82	0.94	0.0041	AlK	1.73	1.55	0.0039	SiK	1.34	0.47	0.0016	SK	1.88	1.45	0.0056	CaK	51.67	31.90	0.4908	FeK	1.24	0.57	0.0107	Total	100.00	100.00									
Element	Wt %	At %	K-Ratio																																															
C K	5.17	20.65	0.0136																																															
O K	30.02	40.44	0.0364																																															
MgK	0.82	0.94	0.0041																																															
AlK	1.73	1.55	0.0039																																															
SiK	1.34	0.47	0.0016																																															
SK	1.88	1.45	0.0056																																															
CaK	51.67	31.90	0.4908																																															
FeK	1.24	0.57	0.0107																																															
Total	100.00	100.00																																																
%15SBR		 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Element</th> <th>Wt %</th> <th>At %</th> <th>K-Ratio</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>C K</td><td>2.46</td><td>4.68</td><td>0.0049</td></tr> <tr><td>O K</td><td>30.40</td><td>51.85</td><td>0.0739</td></tr> <tr><td>NaK</td><td>0.09</td><td>0.00</td><td>0.0002</td></tr> <tr><td>MgK</td><td>0.09</td><td>0.00</td><td>0.0004</td></tr> <tr><td>AlK</td><td>6.28</td><td>5.30</td><td>0.0410</td></tr> <tr><td>SiK</td><td>27.43</td><td>22.26</td><td>0.1979</td></tr> <tr><td>SK</td><td>11.68</td><td>12.64</td><td>0.1858</td></tr> <tr><td>CaK</td><td>2.29</td><td>1.30</td><td>0.0187</td></tr> <tr><td>FeK</td><td>2.47</td><td>1.01</td><td>0.0213</td></tr> <tr><td>Total</td><td>100.00</td><td>100.00</td><td></td></tr> </tbody> </table>	Element	Wt %	At %	K-Ratio	C K	2.46	4.68	0.0049	O K	30.40	51.85	0.0739	NaK	0.09	0.00	0.0002	MgK	0.09	0.00	0.0004	AlK	6.28	5.30	0.0410	SiK	27.43	22.26	0.1979	SK	11.68	12.64	0.1858	CaK	2.29	1.30	0.0187	FeK	2.47	1.01	0.0213	Total	100.00	100.00					
Element	Wt %	At %	K-Ratio																																															
C K	2.46	4.68	0.0049																																															
O K	30.40	51.85	0.0739																																															
NaK	0.09	0.00	0.0002																																															
MgK	0.09	0.00	0.0004																																															
AlK	6.28	5.30	0.0410																																															
SiK	27.43	22.26	0.1979																																															
SK	11.68	12.64	0.1858																																															
CaK	2.29	1.30	0.0187																																															
FeK	2.47	1.01	0.0213																																															
Total	100.00	100.00																																																



Şekil 4. SEM görüntüleri ve EDS analiz sonuçları

IV. SONUÇ

Bu çalışmada, farklı oranlarda SBR ilavesinin çimento harçlarına etkisi kimyasal, fiziksel ve mekanik özellikleri bakımından incelenmiştir. Çalışma sonucunda şu sonuçlar elde edilmiştir;

- SBR ilaveli numunelerde en yüksek yayılma %40SBR numunelerinde görülmüştür. Kontrol numunelerine göre SBR ilavesinin harcın akışkanlığını artırdığı belirlenmiştir.
- Basınç dayanım değerleri tüm serilerde kür süresinin artmasıyla artmış, en optimum değer %5SBR serisi numunelerden elde edilmiştir. Eğilme dayanımı %0SBR(Kontrol) numunelerine göre, tüm serilerde artmış, 28 günlük kür süresi sonunda %5SBR serisi %23 ile en yüksek değeri vermiştir.
- SBR ilavesinin basınç dayanımını olumlu etkilerken, eğilme dayanımını olumsuz etkilemiştir. Bunun sebebi olarak polimer özelliklerinin modifikasyonda ve/veya içyapısında değişiklikler olması şeklinde açıklanabilir.
- Numunelerin SEM analizi sonucunda, SBR ilavesinin polimer filmi oluşturduğu, betonun içyapısının yoğunluğunu artırdığı, mikro çatlakları ve gözenekleri doldurduğu ve daha iyi bir içyapı oluşturduğu gözlenmiştir.

Çalışmanın sonucunda, %5 Stiren Bütadien Kopolimer katkısının çimento harçlarının basınç dayanımına olumlu etkisi olduğu görülmüştür.

V. KAYNAKLAR

- [1] C. Kılınç *Hazır Beton Dergisi Temmuz-Ağustos (2012)* 70-75.
- [2] G. Uzan, *İtakonik asitle modifiye edilmiş stiren-bütadien kauçuk/halloysit nanotüp nanokompozitleri*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul-Türkiye, (2013).
- [3] Ö. Sallı Bideci, A. Bideci, A.H. Gültekin, S. Oymael, H. Yıldırım *Compos B Eng* **67** (2014) 239-243.
- [4] J.A. Rossignolo, M.V.C. Agnessini *Cement and Concrete Research* **32(3)** (2002) 329-334.
- [5] Ö. Şengül, Ü.A. Doğan, www.e-kutuphane.imo.org.tr/pdf/10598.pdf. (Erişim Tarihi: 2011).
- [6] J.A. Rossignolo, M.V.C. Agnessini *Cement and Concrete Research* **26(4)** (2004) 375-380.
- [7] M.S. Essa, A.M. Abdul-Amir, N.F. Hassan *Kufa Journal of Engineering* **4(1)** (2012) 81-95.

- [8] Z. Yang, X. Shi, A.T. Creighton, M.M. Peterson *Construction and Building Materials* **23** (2009) 2283-2290.
- [9] L. Xiong, A. Shen, J. Liang, H. Wang, *Mechanism of butadiene-styrene modified concrete*, **International Conference on Intelligent Systems Design and Engineering Application (ISDEA 2012)**, Sanya-Çin, (2012) 1049-1052.
- [10] M. Shafieyzadeh *International Journal of Concrete Structures and Materials* **7(4)** (2013) 295- 301.
- [11] TS EN 197-1, *Çimento-Bölüm 1: Genel çimentolar- Bileşim, özellikler ve uygunluk kriterler*, (2012).
- [12] TS EN 196-1, *Çimento Deney Metotları- Bölüm 1: Dayanım*, (2009).
- [13] ASTM C 230, *Standard Specification for Flow Table for Use in Tests of Hydraulic Cement*, American Society for Testing and Materials, Philadelphia, PA, (2012).