

---

*Araştırma Makalesi / Research Article*

---

## **Atık Çelik Lif Takviyeli Pomza İçeren Reaktif Pudra Betonun Rijit Kaplama İmalatında Kullanımı**

Abdulrezzak BAKIŞ\*

*Bitlis Eren Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fak. İnşaat Mühendisliği Bölümü, Bitlis*

---

### **Öz**

Günümüzde beton yol kaplamaları, çoğunlukla C30/37 betonu gibi normal dayanımlı betonlarla inşa edilmektedir. Bu çalışmada, rijit kaplama inşasında C30/37 betonu yerine, atık çelik lif takviyeli pomza içeren reaktif pudra betonun (P-RPB) kullanılabilirliği araştırılmıştır. Çalışmada, C30/37 betonu, kontrol karışımı olarak seçilmiştir. Bu çalışmada yeni bir beton olan P-RPB betonu üretilmiştir. Çalışmada C30/37 betona, 28 gün 20°C standart su kürü uygulanmıştır. P-RPB' ye ise, 28 gün 20°C standart su kürü ve kombine kür olmak üzere 2 farklı kür uygulanmıştır. Çalışma sonucunda; standart su kürü sonrası, C30/37 beton basınç dayanımı 41,8 MPa, eğilme dayanımı 5,0 MPa bulunmuştur. P-RPB'nin 28 gün 20°C standart su kürü sonrası basınç dayanımı 71,2 MPa, eğilme dayanımı 8,2 MPa bulunmuştur. Kombine kür sonrası P-RPB'nin basınç dayanımı 105,2MPa, eğilme dayanımı 12,5 MPa bulunmuştur. Çalışma sonuçları, P-RPB betonun rijit üstyapı inşasında beton kaplama olarak kullanılabilirliğini göstermiştir.

**Anahtar kelimeler:** Rijit Üstyapı, Pomza, Reaktif Pudra Beton, Kombine Kür, Atık Lifli Beton.

---

## **Usability of Waste Steel Fiber-Reinforced Reactive Powder Concrete Containing Pumice in Rigid Pavement Construction**

### **Abstract**

Today concrete pavements are mostly constructed by normal resistant concretes such as C30/37. In this study the usability of waste steel fiber-reinforced reactive powder concrete containing pumice (P-RPC) instead of C30/37 in rigid pavement construction, was researched. In the study C30/37 concrete was chosen as control mixture. P-RPC concrete was produced in this study as a new concrete. In the study, 20°C standard water cure was applied to C30/37 concrete for 28 days. Whereas, two different cures as 20°C standard water cure for 28 days and combined cure were applied to P-RPC. As a result of study after standard water cure C30/37 concrete compressive strength was found as 41.8 MPa and flexural strength was found as 5.0 MPa. After 28 days 20°C standard water cure of P-RPC was found as 71.2 MPa and flexural strength was found as 8.2 MPa. After combined cure compression strength of P-RPC was found as 105.2 MPa and flexural strength was found as 12.5 MPa. The study results showed the usability of P-RPC as concrete pavement in rigid superstructure construction.

**Keywords:** Rigid Superstructure, Pumice, Reactive Powder Concrete, Combined Cure, Waste Steel Fiber.

---

### **1. Giriş**

Karayolu üstyapıları rijit ve esnek üst yapılar olmak üzere iki grupta ele alınmaktadır [1]. Rijit üstyapı, sıkıştırılmış zemin üzerine alttemel tabakası yapılarak, bu alttemelin üzerine beton dökülerek oluşturulur. İlk beton yollar ABD'de yapılmıştır [2]. Trafığe açılan bir karayolunda tek şeritten gün boyunca geçen ticari araç miktarının 5000'in üzerinde olması durumunda, karayolu üstyapısının rijit olması koşulunu şart koymaktadır [3]. Sürekli artış eğilimi gösteren ağır ticari araç sayıları dikkate alınarak yakın bir zamanda rijit üstyapı inşaatlarına geçileceği düşünülmektedir [4]. Ülkemizde beton kaplamalı yollar deneme amaçlı Afyon ilinde yapılmış ve olumlu sonuçlar alınmıştır. Ayrıca terminallerde, otopark alanlarında, şehir içi yol ve benzeri yerlerde beton kaplamaların yapımı hız

---

\*Sorumlu yazar: [abakis@beu.edu.tr](mailto:abakis@beu.edu.tr)

Geliş Tarihi: 13/04/2018 Kabul Tarihi: 13/06/2018

kazanmıştır. Beton yollar, asfalt kaplama yollara göre bakım giderleri düşük ve daha uzun hizmet ömrü nedeniyle ekonomik çözümler sunabilir. Esnek üstyapı yapımında, bitümün ısıtılma evresinde çevre kirliliği oluşabilmektedir. Ayrıca bitümün zaman içerisinde oksitlenmeden dolayı, asfaltta yaşlanma denilen olumsuz bir değişim meydana gelmektedir. Bundan dolayı, esnek üstyapılarda kullanılan asfalt kaplamalar sürekli bakım ve onarım gerektirirler. Rijit üstyapı beton yol kaplamasında asfalt yaşlanması gibi bir problem yoktur. Bu sebepten dolayı rijit üstyapı beton yol kaplamalarının, esnek üstyapı asfalt kaplamalarına kıyasla daha iyi bir performans gösterdiği söylenebilir. Ülkemizde beton yolların geliştirilmesiyle, ithal edilen ve ülke ekonomisine ciddi zarar veren asfalt kaplama bağlayıcısı olan bitümün kullanımı azalmış olacaktır. Bu şekilde, asfalt temininde dışa bağımlılık azalacak, çimento gibi yerli malzemelerden üretilen yeni tip beton yol kaplamaları üretilecektir. Bunun sonucunda yol yapımında asfalt malzemesinin kullanılmamasından dolayı, ülke ekonomisine önemli bir katkı sağlanmış olacaktır. Beton kaplamalı rijit üstyapıların planlama aşamasındaki asıl amaç, rijit üstyapı kalınlık ve inşaa aşamasında kullanılacak malzeme karakteristiklerinin belirlenmesidir [5]. Çimento içerikli malzemeler ile yüksek mekanik performans kazanılması amacıyla, beton üzerine birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmaların sonucunda, yüksek performanslı betonlar ortaya çıkmıştır [6, 7, 8, 9]. Bu tip betonlardan birisi de reaktif pudra betondur (RPB). RPB'lar yüksek basınç ve eğilme dayanımına sahiptir. RPB karışımı içerisinde çimento, silis dumanı, kuvars kumu, kuvars tozu, çelik lif, su ve süper akışkanlaştırıcı bulunmaktadır. RPB'nin basınç ve eğilme dayanımları ısıtılmış küllerle artırılabilir. Bu çalışmada kuvars agregası yerine pomza agregası kullanılmıştır. Çalışmada, RPB'da kullanılan çelik lifler yerine atık çelik lifler kullanılmıştır. Oluşturulan yeni tip betona, Atık çelik lif takviyeli pomza agregalı Reaktif pudra beton (P-RPB) ismi verilmiştir.

P-RPB betonda su/bağlayıcı miktarı 0,15 olarak alınmıştır. Betonda su/bağlayıcı oranının azaltılması, betonun stabilitesini artırmaktadır [4, 7, 10, 11, 12].

Pomza, volkanik hareketler sonucu şekillenen ağırlık olarak hafif, gözenekli magmatik bir kayaç türüdür [13]. Ülkemizde yüksek rezervde pomza yataklarının olduğu bilinmektedir. Dünya genelinde tespit edilen pomza kaynakları yaklaşık  $18 \times 10^9 \text{ m}^3$ 'dür. Pomza kaynaklarının bulunduğu ülkelerin başında ABD, Türkiye ve İtalya gelmektedir [14]. Pomza agregası, beton üretim sektöründe sınırlı olarak yalıtım amaçlı kullanılmakta, ancak agreganın basınç dayanımı çok düşük olduğundan yapının taşıyıcı kısımlarında yapı betonu olarak kullanılmamaktadır. P-RPB betonu pomzadan üretilmiş olup, kalıba kendiliğinden yerleşme özelliğine sahiptir. P-RPB beton üretiminde, basınç ve eğilme dayanımını etkileyen faktörlerden birisi ısıtılmış küllerdir.

Reaktif pudra betonuna uygulanan ısıtılmış işlemin amacı, betonun iç yapısında değişiklikler oluşturarak daha yüksek dayanım değerlerinin kısa sürede elde etmesini sağlamaktır. Betona uygulanan ısıtılmış küllerden birisi kombine kürdür. Kombine kür, oluşturulan bir beton numunesine birkaç farklı kürün ara verilmeden ardı sıra uygulanmasıdır. Yüksek dayanımlı betonların aşırı gevrek davranış gösterdiği ve aniden kırılabildiği bilinmektedir. P-RPB beton üretiminde, betonun ani gevrek kırılmasını önlemek amacıyla, oluşturulan beton karışımı içerisine sanayi atığı çelik teller katılmıştır.

P-RPB karışımında Portland çimentosu, ince pomza agregası, pomza tozu, silis dumanı, atık çelik lifler, süper akışkanlaştırıcı ve su bulunmaktadır. P-RPB betonunda su/bağlayıcı oranı düşük tutularak, betonun basınç ve eğilme dayanımı artırılmıştır. Bu çalışmada, P-RPB beton üretiminde CEM I 42,5 R türü çimento kullanılmıştır. Beton agregası olarak karışımda pomza kullanılmıştır. Pomza agregası kuvars agregasına kıyasla daha ucuz bir malzemedir. İri pomza agregasının içerisinde, beton dayanımını olumsuz yönde etkileyen, birbirinden bağımsız birçok gözenek mevcuttur. Bu gözeneklerden dolayı taşıyıcı beton üretiminde kullanımı sınırlı kalmıştır. Bu çalışmada pomza agregası öğütüldüğünden, içerisindeki gözenek miktarı oldukça azaltılmıştır. Bu durum beton dayanımını olumlu yönde etkilemiştir. Lifli beton üretiminde, çelik lifler beton üretim maliyetini artırmaktadır. Sanayi atığı çelik tellerin beton üretiminde kullanılmasıyla beton üretim maliyeti düşürülebilir. Bu çalışmada, yol kaplama betonuna alternatif olarak, P-RPB'nin kullanılabilirliği araştırılmıştır. Çalışmada; geleneksel beton kaplamayı ifade eden C30/37 normal dayanımlı betonu, kontrol karışımı olarak seçilmiştir. Bu çalışmada, beton yol kaplama inşası için, P-RPB beton üretiminde, sanayi atığı çelik lifler kullanılarak, farklı bir çalışma yapılmıştır. Atık çelik lifler Bitlis Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi'nin makine atölyesinden temin edilmiştir. Çalışmada hazırlanan P-RPB karışımı içerisine, atölyedeki CNC torna tezgâhlarındaki çalışma sonrası ortaya çıkan atık çelik lifler katılmıştır.

## 2. Malzeme ve Yöntem

### 2.1. Malzeme

Çalışma aşamasında üretilen bütün betonlarda, bağlayıcı olarak TS EN 197-1 standardına uygun CEM I 42,5 R türü çimento kullanılmıştır. Çimentonun, kimyasal, fiziksel ve mekanik özellikleri Tablo 1’de verilmiştir [15].

**Tablo 1.** Çimentonun kimyasal, fiziksel ve mekanik özellikleri

Özellikler	Değer
SiO <sub>2</sub> (%)	18,70
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	5,35
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	3,26
CaO (%)	63,69
MgO (%)	1,53
SO <sub>3</sub> (%)	2,69
K <sub>2</sub> O (%)	0,75
Na <sub>2</sub> O (%)	0,44
Cl (%)	0,02
Kızdırma Kaybı (%)	3,57
Özgül Ağırlık (g/cm <sup>3</sup> )	3,19
Özgül Yüzey (cm <sup>2</sup> /g)	3770
Priz Başı (dakika)	167
Priz Sonu (dakika)	213
Basınç Dayanımı 2 Gün (MPa)	26,33
Basınç Dayanımı 28 Gün (MPa)	56,49

P-RPB beton üretiminde kum agregası olarak 0,15-0,6 mm dane çaplı pomza kumu kullanılmıştır. Üretimde, pomza agregası tanelerinin arasını doldurarak düşük boşluk oluşturmak amacıyla, P-RPB beton karışımında, pomzanın öğütülmesiyle elde edilen 0-0,045 mm dane çaplı pomza tozu kullanılmıştır. Pomza kumu ve pudrasının görünümü Şekil 1’de gösterilmektedir.



**Şekil 1.** P-RPB beton üretiminde kullanılan pomzanın pudra haline getirilmiş görünümü

Çalışmada kullanılan pomza agregasının kimyasal ve fiziksel özellikleri Tablo 2’de görülmektedir [16, 17].

**Tablo 2.** Pomza agregası kimyasal ve fiziksel özellikleri

Özellikler	Değer
SiO <sub>2</sub> (%)	71

Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	13
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	2,6
CaO (%)	0,8
MgO (%)	0,7
SO <sub>3</sub> (%)	0,61
K <sub>2</sub> O + Na <sub>2</sub> O (%)	9,11
Kızdırma Kaybı (%)	2,18
Özgül Ağırlık(g/cm <sup>3</sup> )	2,07
Sertlik (MOHS)	5,43
Porozite (%)	43
Su Emme (%)	29

Çalışmada kullanılan sanayi atığı çelik teller, yaklaşık 0 ila 1 mm çapında ve 0 ila 10 mm uzunluktadır. Ortalama lif çapı 0,5 mm alınmıştır. Ortalama lif uzunluğu 5 mm alınmıştır. Atık lif takviyeli P-RPB üretiminde kullanılan sanayi atığı çelik lifler Şekil 2’de gösterilmektedir.



Şekil 2.P-RPB beton üretiminde kullanılan sanayi atığı çelik teller

Atık çelik liflerin fiziksel ve mekanik özellikleri Tablo 3’te gösterilmektedir.

**Tablo3.**Çelik lif fiziksel ve mekanik özellikleri

Lif Tipi	Çap (mm)	Boy (mm)	Narinlik	Çekme Dayanımı (MPa)	Özgül Ağırlık (g/cm <sup>3</sup> )
Çelik Lif	0,50	5	10	>350	7,40

Kontrol numunesi (C30/37)beton üretimi için, karışımda kırmataş kireçtaşı agregası ve beton karışım suyu olarak Bitlis şehir şebeke suyu kullanılmıştır.

## 2.2. Yöntem

Kontrol betonu üretiminde karışım ağırlıkları Tablo 4’te gösterilmiştir.

**Tablo 4.**Kontrol betonu(C30/37) karışım ağırlıkları

Malzeme	Ağırlık (kg/m <sup>3</sup> )
Portland Çimentosu	450
0-4 mm	800
4-8 mm	390
8-16 mm	560
Su	200
Toplam	2400

Tüm beton numuneleri, basınç deneyi için 150×150×150 mm, eğilme deneyi için ise 100×100×400 mm boyutunda oluşturulmuştur. Beton numunelere, kalıptan alındıktan sonra 28 gün 20°C standart kür havuzundaki su içerisine alınmıştır. Kür havuzundan çıkarıldıktan sonra numunelere basınç-eğilme testleri yapılmıştır. P-RPB beton üretimlerinde, reaktif pudra beton karışım oranları

dikkate alınmıştır. Reaktif pudra betonda, karışımdaki Portland çimentosu miktarı göz önüne alınarak, karışım içerisindeki çimento harici malzemeler ağırlıkça oranlandırılmaktadır.

Reaktif pudra beton karışım hesaplamasında ulusal veya ülke dışı herhangi bir standart bulunmamaktadır. Reaktif pudra beton üretimlerinde farklı karışım teorileri kullanılmıştır. Karışım tasarımlarında, Mooney süspansiyon viskozite modeli oluşturulmuştur [4, 18, 19]. Mooney süspansiyon viskozite modeli dikkate alınarak meydana gelen karışım verilerinden, çoğunlukla kullanılan karışım oranları birimsel olarak Tablo 5'te gösterilmiştir [20, 21].

**Tablo 5.** Reaktif pudra betonların karışım miktarları

Malzeme	RPB200				RPB800	
	Lifsiz	Lifli	Lifli	Lifli	Silis Agregası	Çelik Agregalar
Çimento	1	1	1	1	1	1
Silis Dumanı	0,25	0,23	0,25	0,23	0,23	0,23
Kuvars Kum (150-600 µm)	1,1	1,1	1,1	1,1	0,5	-
Kuvars Pudrası (d <sub>50</sub> = 10 µm)	-	0,39	-	0,39	0,39	0,39
Süper akışkanlaştırıcı	0,016	0,019	0,016	0,019	0,019	0,019
Çelik Tel (L=12 mm)	-	-	0,175	0,175	-	-
Çelik Tel (L = 3 mm)	-	-	-	-	0,63	0,63
Çelik Agregası (< 800 µm)	-	-	-	-	-	1,49
Su	0,15	0,17	0,17	0,19	0,19	0,19

Tablo 5'te verilen karışım oranları dikkate alınarak oluşturulan P-RPB beton numunelerin su/bağlayıcı miktarı 0,15 ve silis dumanı/çimento miktarı 0,23 olarak alınmıştır. Tablo 5'te verilen RPB karışım oranları göz önüne alınarak, P-RPB üretiminde süper akışkanlaştırıcı miktarı, çimento miktarının 0,019 katı alınarak metreküp başına 15 kg olarak karışım içerisine katılmıştır. P-RPB betonu karışım miktarları Tablo 6'da görülmektedir.

**Tablo 6.** P-RPB betonu karışım ağırlıkları

Malzeme	Ağırlık (kg/m <sup>3</sup> )
Portland Çimento	773
Silis Dumanı	178
Pomza Kumu (0,15-0,6 mm)	850
Pomza Tozu (0-0,045 mm)	302
Süper akışkanlaştırıcı	15
Endüstri atığı çelik tel	135
Su	147
Toplam	2400

Kombine kürler için, literatür araştırmalarında herhangi bir standardın olmadığı görülmüştür. Bakış vd (2015) yılı çalışmalarında, oluşturdukları betona 9 farklı tipte kombine kür uygulanmıştır. Çalışma sonucunda, maksimum basınç ve eğilme dayanımı veren kombine kür şeklinin, 7 gün 20°C standart su kürü, ardı sıra 2 gün 90°C sıcak su kürü ve son olarak ardı sıra 2 gün 180°C etüv kürü şeklinde uygulanan kombine kür olduğu belirtilmiştir [4, 8]. P-RPB beton üretiminde priz süresince herhangi bir sıkıştırma basıncı uygulanmamıştır. Kalıptan çıkartılan numunelere, 20°C standart su kürü ve kombine kür şeklinde 2 farklı kür tipi uygulanmıştır. Kombine kürde, 7 gün 20°C standart su kürü, ardından 2 gün 90°C sıcak su kürü ve hemen ardından 2 gün 180°C etüv kürü şeklinde kombine kür uygulanmıştır. Kür sonrası tüm numunelere basınç-eğilme deneyleri yapılmıştır. Basınç deneyleri TS EN 12390-3: 2010, eğilme deneyleri TS EN 12390-5: 2010 standartları göz önüne alınarak yapılmıştır [22, 23].

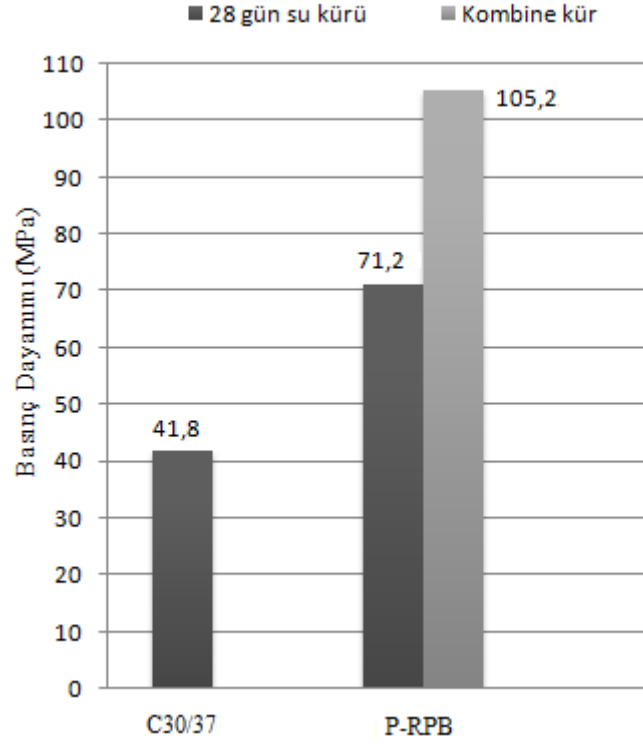
### 3. Bulgular ve Tartışma

Tüm tip betonların basınç-eğilme deney sonuçları Tablo 7'de verilmiştir.

**Tablo 7.** Basınç-eğilme deney sonuçları

Beton Tipi	Basınç Dayanımı(MPa)		Eğilme Dayanımı (MPa)	
	20°C-28 gün Su Kürü	Kombine Kür	20°C-28 gün Su Kürü	Kombine Kür
Kontrol Betonu (C30/37)	41,8	-	5,0	-
P-RPB Betonu	71,2	105,2	8,2	12,5

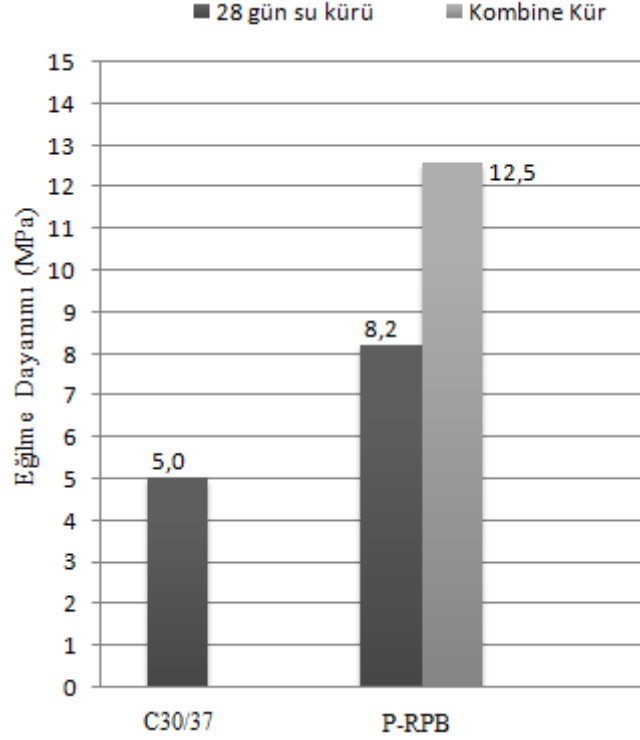
Tüm numunelerin basınç dayanımları Şekil 3’te grafiksel olarak gösterilmektedir.



**Şekil 3.** Kür sonrası betonların basınç dayanımı

P-RPB beton basınç dayanımının kontrol betonu (C30/37) basınç dayanımından su kürü altında %70,33, kombine kür altında %151,67 yüksek olduğu görülmektedir (Şekil 3). Bu durum, P-RPB betonun rijit yol kaplama inşasında kullanılabilirliğini ifade etmektedir.

P-RPB beton eğilme dayanımının kontrol betonu (C30/37) eğilme dayanımından su kürü altında %64, kombine kür altında %150 yüksek olduğu görülmektedir (Şekil 4). Kaplama betonu için; minimum basınç dayanımının 28 MPa, minimum eğilme dayanımının 4,5 MPa olması gerektiğinden [3], Tablo 7, Şekil 3 ve Şekil 4’te P-RPB betonun rijit yol kaplaması olarak uygun şartları sağladığı söylenebilir.



Şekil 4. Kür sonrası betonların eğilme dayanımı

#### 4. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada, geleneksel yol kaplama betonuna alternatif olarak, sanayi atığı çelik lifli pomza içeren reaktif pudra betonun (P-RPB) kullanılabilirliği araştırılmıştır. Pomza agregası aşırı gözenekli bir malzeme olduğundan basınç ve eğilme dayanımı düşüktür. Bu çalışmada pomza agregası, Reaktif pudra beton üretim yöntemine göre öğütülerek boşluk miktarı azaltılmıştır. Ülkemiz pomza rezervi bakımından zengin olmasına rağmen, içerisindeki yüksek miktarda gözeneklerden dolayı basınç ve eğilme dayanımı düşük olduğundan, inşaat sektöründe kullanım alanı sınırlıdır. Bu çalışma ile pomza içeren reaktif pudra beton üretimiyle, pomzanın inşaat sektöründe yaygın olarak kullanımı sağlanabilir. Beton karışımında lif kullanımının yapılarada stabilite, süneklik, beton dayanımı ve çatlak oluşumunu azaltmada katkı sağladığı bilinmektedir. Beton üretiminde lif olarak, polipropilen, cam, çelik ve diğer malzemeler kullanılabilir. Beton üretiminde çelik lifler, yük altında oluşan enerjiyi sönmleme ve yüksek aderans nedeniyle, özellikle beton dayanımının artırılması ve çatlak oluşumunu azaltmada önemli katkı sağlamaktadır. Bu nedenle çalışmada P-RPB üretiminde atık çelik lif kullanılmıştır. Atık çelik liflerin, beton üretiminde lif maliyetini önemli ölçüde azaltabileceği göz ardı edilmemelidir.

Bakış vd (2015) yılı çalışmalarında, standart su kürü yanında, beton 9 farklı kombine kür tipi uygulanmıştır. Çalışma sonucunda, kombine kür sonrası beton basınç ve eğilme dayanımının standart su kürüne kıyasla daha yüksek olduğu belirtilmiştir [4, 8]. Bu çalışmada oluşturulan P-RPB numunelere standart su kürü yanında kombine kür de uygulanmıştır. Kombine kür sonrası beton basınç ve eğilme dayanımında artış görülmüştür.

Yüksek mukavemetli betonlar ile imal edilecek rijit kaplamaların asfalt kaplamalara kıyasla daha uzun ömürlü olduğu bilinmektedir. Her ne kadar rijit kaplamaların asfalt kaplamalara nazaran ilk yatırım maliyetinin yüksek olduğu fikri yaygın olsa da, uzun vadede rijit kaplamaların bakım/onarım maliyetlerinin daha düşük olduğu göz önünde tutularak daha ekonomik olabileceği söylenebilir. Daha önceki çalışmalarda, sanayi atığı liflerin P-RPB beton üretiminde kullanılmasıyla ilgili bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu çalışmada, beton yol kaplaması için P-RPB beton oluşturularak, yeni bir çalışma yapılmıştır. Bu deneysel çalışmada aşağıdaki sonuçlar bulunmuştur:

P-RPB betonun su/bağlayıcı oranı 0,15'dir. Kaplama betonu için mevzuatlarda maksimum su/bağlayıcı miktarının 0,40 ile 0,45 arası olması gerektiğinden [3], üretilen yeni P-RPB betonu rijit yol kaplaması olarak kullanılabilir. P-RPB betonun 28 gün 20°C standart su kürü sonrası basınç dayanımı

71,2 MPa, eğilme dayanımı 8,2 MPa olarak bulunmuştur. P-RPB betonun kombine kür sonrası basınç dayanımı 105,2 MPa, eğilme dayanımı 12,5 MPa olarak elde edilmiştir. Kaplama betonu için mevzuatlarda minimum basınç mukavemetinin 28 MPa, minimum eğilme dayanımının 4,5 MPa olması gerektiğinden [3], P-RPB betonu rijit yol kaplaması olarak kullanılabilir. P-RPB'nin beton yol şartname değerlerini sağladığı Tablo 8' de görülmektedir.

**Tablo 8.**P-RPB ile şartname değerlerinin karşılaştırılması

Su/Bağlayıcı	Basınç Dayanımı(MPa)		Eğilme Dayanımı (MPa)	
	Su Kürü	Kombine Kür	Su Kürü	Kombine Kür
Şartname Değeri	0,45	28	4,5	4,5
P-RPB Betonu	0,15	71,2	8,2	12,5

### Teşekkür

Çalışmalarında destek çıkan başta Bitlis Eren Üniversitesi Rektörlüğü'ne, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu müdürü Dr. Öğr. Üyesi Faruk ORAL'a ve Van Gölü Yapı Kalite Kontrol Ltd. Şti' ye teşekkürlerimi sunarım.

### Kaynaklar

1. Ağar E., Öztaş G., Süttaş İ. 1998. *Beton Yollar*, İstanbul Teknik Üniversitesi Yayınları, İstanbul.
2. Arslan M. 2007. Beton Yol Kaplamalarında Alternatif Beton ve Yapım Yöntemi Araştırmaları. Gazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi, Ankara.
3. Tunç A. 2007. *Yol Malzemeleri ve Uygulamaları*, 2. Baskı, Nobel Yayın Dağıtım.
4. Bakış A. 2015. Rijit Yol Üstyapı İnşasında Reaktif Pudra Betonun (RPB) Kullanılabilirliğinin Araştırılması. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
5. Bayrak O.Ü. 2007. Rijit Üstyapı Tasarımına Yeni Bir Yaklaşım. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
6. Aitcin P. C. 2000. Cements of Yesterday and Today Concrete of Tomorrow. *Cement and Concrete Research*, 30: 1349-1359.
7. Taşdemir M.A., Bayramov F., Kocatürk N., Yerlikaya M. 2004. Betonun Performansa Göre Tasarımında Yeni Gelişmeler, Beton 2004 Kongresi Bildiriler, İstanbul.
8. Hattatoglu F., Bakis A. 2017. Usability of ignimbrite powder in reactive powder concrete road pavement. *Road Materials and Pavement Design*, 18(6): 1448-1459.
9. Türkmenoğlu Z.F., Kılıç A.M., Depci T. 2015. Van Yöresi Pomzası ile Üretilmiş Kendiliğinden Yerleşen Hafif Betonların Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 30: 105-116.
10. Roux N., Andrade C., Sanjuan M.A. 1996. Experimental Study of Durability of Reactive Powder Concretes. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 8: 899-1561.
11. Yalçinkaya Ç., Yazıcı H. 2011. Agregâ Hacminin Reaktif Pudra Betonunun Mekanik ve Büzülme Özelliklerine Etkileri, THBB Beton 2011 kongresi, İstanbul, 150-159.
12. Tam C.M., Vivian W.Y., Tam K.M. 2012. Assessing Drying Shrinkage and Water Permeability of Reactive Powder Concrete Produced in Hong Kong. *Construction and Building Materials*, 26 (1): 79-89.
13. Karaman M.E., Kibici Y. 2008. *Temel Jeoloji Prensipleri*, Belen Yayıncılık ve Matbaacılık, Ankara.



14. Dinçer İ., Orhan A., Çoban S. 2015. *Fizibilite Raporu*, Pomza Araştırma ve Uygulama Merkezi, Nevşehir.
15. Çimsa Çimento Sanayi ve Ticaret A.Ş. 2017. <http://www.cimsa.com.tr> (Erişim Tarihi: 03.04.2017)
16. TOKYAP İnşaat Limited Şti. 2017. <http://www.pomza.net> (Erişim Tarihi: 10.04.2017)
17. Efe T. 2011. Edremit Travertenleri ve Van Gölü Kuzeyinde Yüzeyleyen Pomzaların Çimento Sektöründe Kullanılabilirliğinin Araştırılması. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 147s, Van.
18. İpek M. 2009. Reaktif Pudra Betonların Mekanik Davranışına Katılma Süresince Uygulanan Sıkıştırma Basıncının Etkileri. Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
19. Larrard F., Sedran T. 1994. Optimization of Ultra-High-Performance Concrete by the Use of a Packing Model. *Cement and Concrete Research*, 24 (6): 997-1009.
20. Richard P., Cheyrezy M. 1995. Composition of Reactive Powder Concretes. *Cement and Concrete Research*, 25: 1501-1511.
21. Bakış A., Işık E., El A.A., Ülker M. 2017. A Study on the Mixture Ratio of Pumice Powder Concrete on the Concrete Pavement and the Construction of Building. *IOSRJournal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE)*, 14(3): 83-90.
22. TS EN 12390-3. 2010. *Beton-Sertleşmiş Beton Deneyleri-Bölüm 3: Deney umunelerinin Basınç Dayanımının Tayini*, TSE, Ankara.
23. TS EN 12390-5. 2010. *Beton – Sertleşmiş Beton Deneyleri – Bölüm 5: Deney Numunelerinin Eğilme Dayanımının Tayini*, TSE, Ankara.