

## MERMER TOZU TANE BOYUTUNUN POLİMER BETON ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

Oktar SOYKAN\*, Cengiz ÖZEL

**Özet:** Yapılan çalışmada, polimer beton teknolojisinde mermer atığının agrega olarak kullanılması araştırılmıştır. Çalışmada mermer atığı 7 adet (0.075-0.150, 0.150-0.180, 0.180-0.425, 0.425-0.600, 0.600-1.180, 1.180-2.360, 2.360-4.00) elek aralığına ayrılmıştır. Elek aralıklarına ayrılan mermer tozları polyester esaslı reçine (polipol 314 dolgu tipi polyester) ile karıştırılarak 7 seri polimer beton üretilmiştir. Her seri için standart üretim yöntemi uygulanmıştır. Üretilen numuneler üzerinde fiziko-mekanik analizler (yaş birim hacim ağırlığı “YBHA”, kuru birim hacim ağırlığı “KBHA”, basınç dayanımı, eğilme dayanımı, su emme, ultrases geçiş hızı ve schmidt yüzey sertliği) yapılmıştır. Yapılan bu deneysel çalışmalardan elde edilen deneysel sonuçlara göre mermer tozu tane boyutuna bağlı olarak polimer beton özelliklerinin değişimi incelenmiştir. En yüksek fiziksel ve mekanik özellikler 0.075-0.150 mm aralığındaki tane boyutundaki mermer tozunun faz malzeme olarak kullanıldığı numunelerden elde edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** polimer beton, mermer atığı, polyester, kompozit

## EFFECTS TO POLYMER CONCRETE PROPERTIES OF PARTICLE SIZE OF MARBLE DUST

**Abstract:** In this study, the usability as aggregate of waste marble dust investigated in the polymer concrete technology. In test, marble dust divided to 7 sieve ranges, which is under the 0.075 mm, between 0.075 with 0.150 mm, 0.150 with 0.180 mm, 0.180 with 0.425 mm, 0.425 with 0.600 mm, 0.600 with 1.180 mm, 1.180 with 2.360 mm, 2.360 with 4.000 mm. Polymer concretes were produced by mixing each dust of sieve range together with polyester resin, polipol 34 as filler type polyester, total 7 series concrete. Standard mixing and produced process was applied to each series concrete. Physico-mechanical analyzes were carried out on produced samples. These analyzes are wet unit weight, dry unit weight, compressive and flexural strength, water absorption, ultrasonic pulse velocity and Schmidt surface hardness. According to the experimental results, changes of polymer concrete properties were examined depending on the size of the marble dust particle. The high physical and mechanical properties were obtained from samples using as phase of marble powder in the 0075-0150 mm grain size range.

**Key Words:** polymer concrete, marble dust, polyester, composite

\* Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu, İnşaat Bölümü, İnşaat Teknolojileri Programı, Burdur.  
[osoykan@mehmetakif.edu.tr](mailto:osoykan@mehmetakif.edu.tr)

## 1. Giriş

Beton, çimento, su, agrega ve gerektiğinde katkı maddelerinin (mineral, kimyasal, fiber vb.) belirli şartlar ve oranlarda karıştırılmasıyla elde edilen, başlangıçta şekil verilebilen plastik formda olup, zamanla çimento ve su arasındaki kimyasal reaksiyonun gelişmesiyle (hidratasyon) sertleşerek mukavemet kazanan, harç fazı ve agregadan oluşan kompozit bir yapı malzemesidir (Özel, 2007). Kompozit malzeme olan betonun çeşitli bağlayıcıları bulunmaktadır, bu bağlayıcılarına göre farklı beton türleri oluşabilmektedir. Asfalt ve benzeri malzemelerin bağlayıcı olarak kullanılmasıyla; asfalt betonu ve polimer betonu elde edilmektedir. Polimer beton, sürekli polimer matris içinde filler ve agregadan oluşan dağılı faza sahip bir kompozit malzemedir (Ohama, 1997).

Betonun dayanıklılık özelliklerini geliştirmek için polimer kullanımı tüm dünyada giderek ilgi uyandırmaktadır. Betonda polimer kullanımı üç farklı şekilde olmaktadır.

Bunlar;

- a) polimer katkılı betonlar,
- b) sadece bağlayıcı fazın polimer olduğu betonlar ve
- c) polimer emdirilmiş betonlardır (Chandra ve Ohama, 1994).

Polimer katkılı betonların performansı birçok etkene bağlıdır; polimerin türü, mineral tipi, mineral tane boyutu, kür koşulu, kimyasal tipi etkisi gibi etkenler elde edilecek numune özelliklerini büyük ölçüde değiştirir (Feldman, 1989; Pareek vd., 1995).

Polimer betonlar, ilk defa Çekoslovak Bilimler Akademisinde 1959 yılında keşfedilmiştir. O yıllarda teorik olarak birçok çalışma yapılmış fakat pratik ve deneysel çalışma yapılmamıştır. İlk olarak A.B.D. kullanılmaya başlayan polyester ve epoksi günümüze kadar gelişimine devam etmiştir (Dikeou ve Fowler, 1985).

Polimer beton teknolojisi gelişen çağımızda her alan da kullanılan bir yapı malzemesidir. Uluslar arası düzeyde polimer beton kullanım alanları ve özellikleri şu şekilde özetlenebilir.

Kullanım alanları;

- Portland çimentolu betonlara katkı malzemesi olarak,
- Beton yüzeylere uygulanması (aşınma ve kaymaya karşı),
- Yapısal ve dekoratif konstrüksiyon panellerinde,
- Kanalizasyon borularında, yer altı yapılarında, drenaj kanallarında, vb.,
- Jeotermal uygulamalarda karbon ve çelik boruların astarlanmasında,
- Yüzme havuzları, güverte ve deniz yapılar
- Barajlar, hendek, rezervuar ve iskeleler gibi hidrolik yapılarda (Rebeiz ve Fowler, 1991; Fowler, 2004).

Özellikleri;

- Beton üzerine uygulandığında bu tabaka kimyasal ve mekanik etkilere karşı koruma sağlamaktadır (Neville, 1981).
- Polimer beton aşınmaya karşı dirençli bir malzemedir (Rebeiz ve Fowler, 1991; Fowler, 2004).

- Çoğu polimer malzemeler ultraviyole (mor ötesi) ‘UV’ radyasyona ve agresif kimyasallara maruz kaldığında bozulmaya uğrarlar (Vipulanandan ve Paul, 1991).
- Polimer betonların durabilite özellikleri çok iyidir, beton yüzeylere uygulandığında betonun durabilitesini olumlu yönde etkilemektedir (Mindess ve Young, 1981).

Bu çalışmada mermer tozu tane boyutunun polimer betonun fiziksel ve mekanik özelliklere etkisi araştırılmıştır.

## 2. Malzeme ve Yöntem

Deneysel çalışmalarda faz malzeme olarak kullanılmak üzere sedimanter mermer minerali, Afyonkarahisar ili İsehisar ilçesinden temin edilmiş olup 7 farklı (0.075-0.150 mm “A”, 0.150-0.180 mm “B”, 0.180-0.425 mm “C”, 0.425-0.600 mm “D”, 0.600-1.180 mm “E”, 1.180-2.360 mm “F”, 2.360-4.00 mm “G”) elek aralığına ayrılmıştır.

Polimer betonda, mekanik özelliklerin yükseltilmesi ve uygun taze beton özelliklerinin elde edilebilmesi için, bağlayıcı ve dolgu malzemesi olarak polyster (Polipol 314 dolgu tipi), sertleştirici olarak mekp ve priz hızlandırıcı olarak kobalt kullanılmıştır. Üretilen polimer betonlarda kullanılan malzemelerin kullanım oranları Tablo 1’de verilmiştir.

**Tablo 1.** Karışım oranları, %

| Mineral | Bağlayıcı | Kobalt | Mekp | Toplam |
|---------|-----------|--------|------|--------|
| 73.86   | 25.75     | 0.05   | 0.34 | 100    |

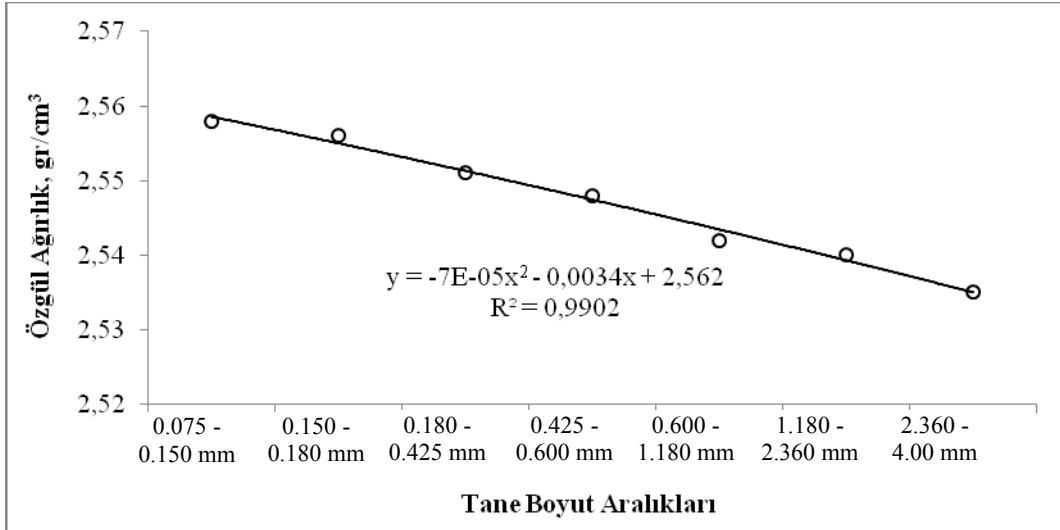
Yapılan çalışmada kullanılan deneyler ve deneylerin standartları Tablo 2’de gösterilmiştir.

**Tablo 2.** Deneylerde takip edilen standart ve yöntemler

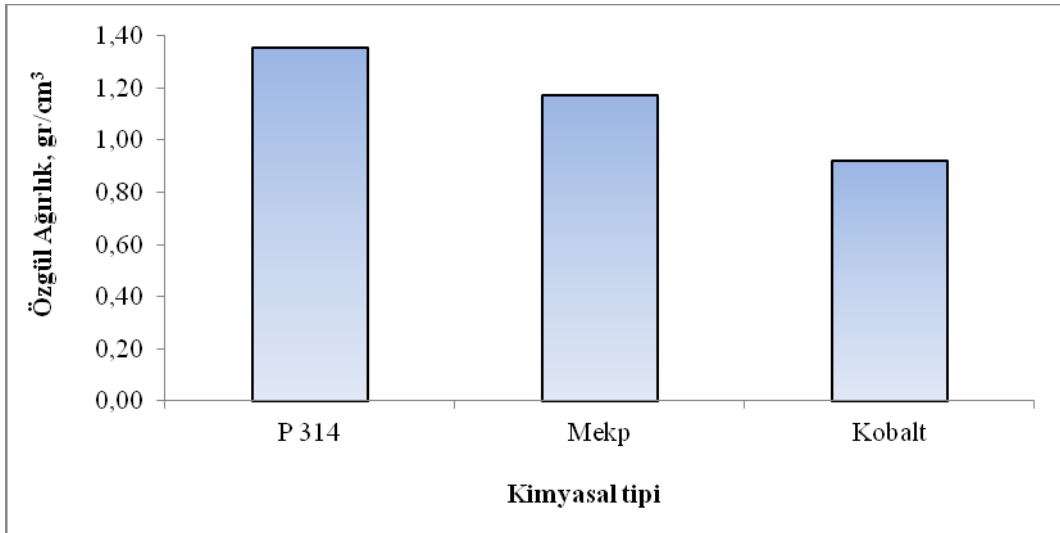
| <i>İncelenen özellik</i>        | <i>Takip edilen standart</i> |
|---------------------------------|------------------------------|
| Kuru – yaş birim hacim ağırlık  | TS EN 1015 (2001)            |
| Kapiler su emme analizi         | TS 4045 (1984)               |
| Basınç dayanımının belirlenmesi | TS EN 12390-3 (2003)         |
| Ultrases geçiş hızı tayini      | ASTM C 597 (1997)            |
| Schmidt yüzey sertliği          | TS 3260 (1978)               |
| Eğilme dayanımı değerleri       | TS EN 12390-5 (2002)         |
| Aşınma dayanımının belirlenmesi | TS 2824 EN 1338 (2005)       |

### 2.1. Polimer beton bileşenlerinin fiziksel özellikleri

Polimer beton üretmek için deneysel çalışmalarda kullanılan bileşenlerin özgül ağırlıkları Şekil 1 ve Şekil 2’de verilmiştir. Mermer tozu tane büyüklüğünün artmasıyla, özgül ağırlık değerlerinde azalma elde edilmiştir. Bununla birlikte en yüksek özgül ağırlık değeri ile en düşük özgül ağırlık değeri arasında %0.9 oranında değişim vardır.



Şekil 1. Mermer tozlarının özgül ağırlıkları

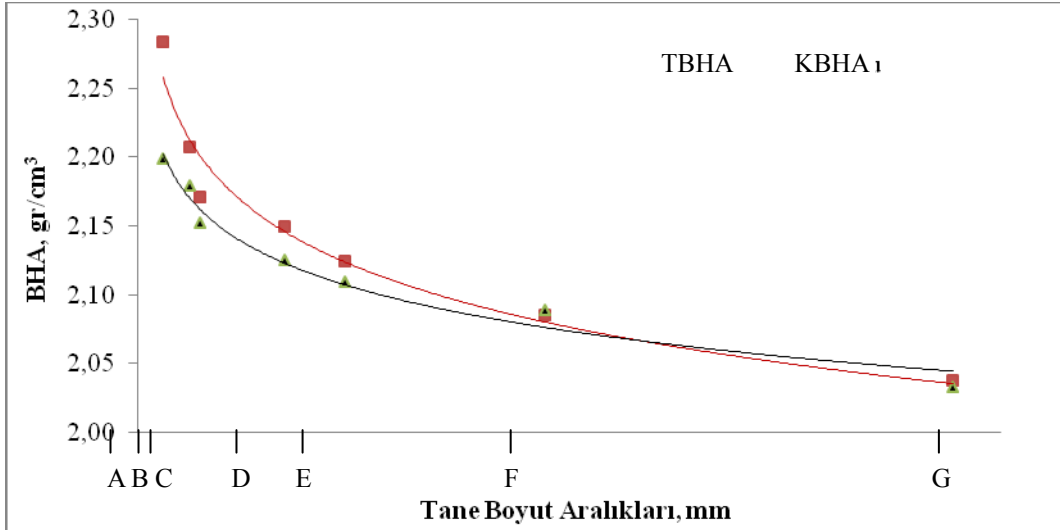


Şekil 2. Polimer beton üretiminde kullanılan kimyasalların özgül ağırlıkları

### 3. Araştırma Bulguları ve Tartışma

#### 3.1. Birim Hacim Ağırlık (BHA) Sonuçları

Üretilen numunelerin taze birim hacim ağırlık (TBHA) ve sertleşmiş birim hacim ağırlık (KBHA) değerleri Şekil 3'de verilmiştir. Üretilen polimer betonların birim hacim ağırlık değerleri (hem TBHA, hem de KBHA), kullanılan mermer tozunun tane boyut aralığının artmasına bağlı olarak azalmaktadır. En yüksek birim hacim ağırlık değerleri 0.075-0.150 mm tane boyutlu mermer tozu kullanılarak hazırlanan polimer beton numunelerden, en düşük birim hacim ağırlık değerleri 2.360-4.000 mm tane boyutlu mermer tozu kullanılarak hazırlanan polimer beton numunelerden elde edilmiştir. Bu değişim mermer tozunun özgül ağırlıklarındaki değişimlerden kaynaklanmaktadır.

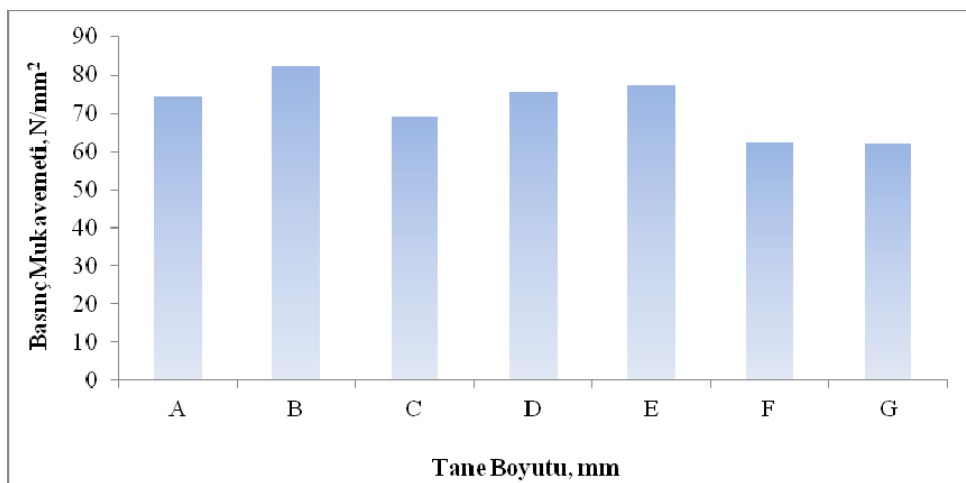


Şekil 3. Polimer betonların, tane boyut aralıklarına bağlı olarak BHA değişimleri

Bununla birlikte TBHA ve KBHA değerleri arasındaki en yüksek fark 0.075-0.150 mm tane büyüklüğünün kullanıldığı polimer betonlardan elde edilmişken, tane büyüklüğünün artışı ile TBHA ve KBHA değerleri arasındaki farklar azalmaktadır.

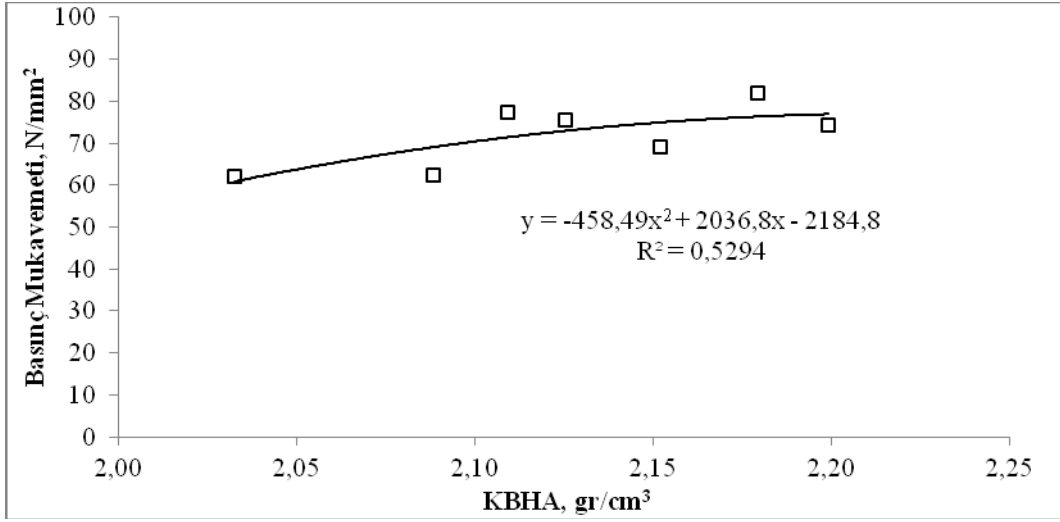
### 3.2. Basınç Mukavemeti Deneç Sonuçları

Üretilen numunelerden elde edilen basınç mukavemeti değerleri Şekil 4’de gösterilmiştir. En yüksek basınç mukavemeti değerleri 0.150-0.180 mm (B) tane büyüklüğü aralığındaki mermer tozunun faz malzemesi, en düşük değerler ise 2.360-4.000 mm (G) tane büyüklüğü aralığındaki mermer tozunun faz malzemesi olarak kullanıldığı numunelerden elde edilmiştir. Bununla birlikte tane boyut aralığı için genel bir eğilim söz konusu değildir. En yüksek değerlerin elde edildiğı basınç mukavemetine göre, diğere polimer betonlardan %5.8-24.4 arasında basınç mukavemeti değerleri azalma elde edilmiştir.



Şekil 4. Basınç mukavemeti değerlerinin tane boyut aralıklarına bağlı olarak değişimleri

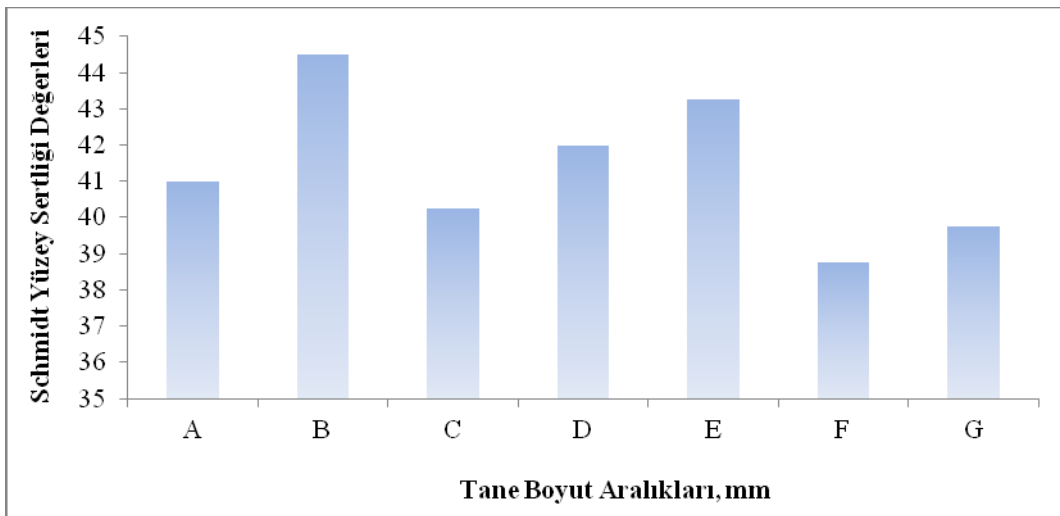
Basınç mukavemeti değerleri ile KBHA değerleri arasındaki ilişkiler ve bu ilişkilerden çıkarılan belirleyicilik katsayısı Şekil 5’de verilmiştir. KBHA değerleriyle basınç mukavemeti arasında yüksek olmayan bir ilişki olduğu ( $R^2=0.5294$ ) tespit edilmiştir.



Şekil 5. Basınç mukavemeti ile KBHA ilişkisi

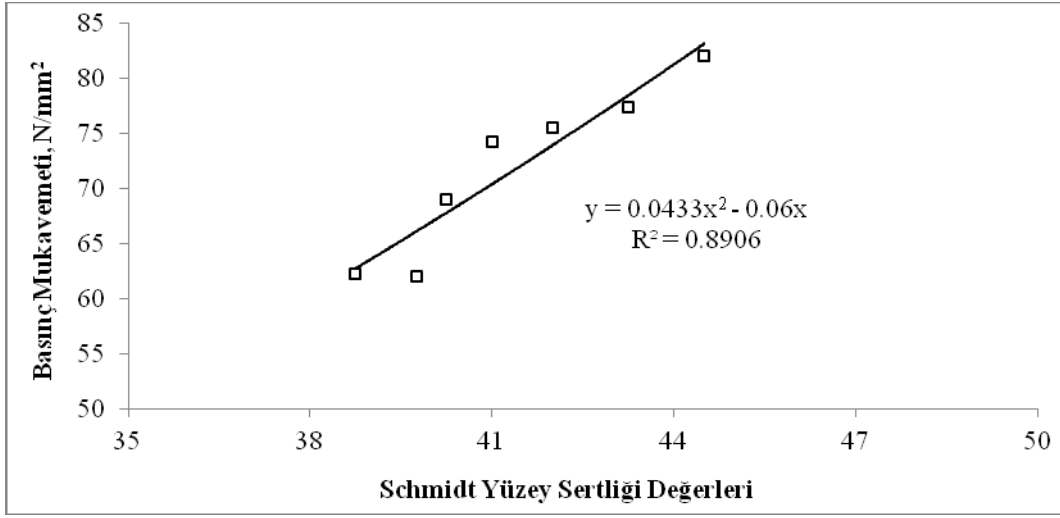
### 3.3. Schmidt Yüzey Sertliği Deney Sonuçları

Üretilen numunelerden elde edilen schmidt yüzey sertliği değerleri Şekil 6’da gösterilmiştir. Üretilen numunelerin schmidt yüzey sertliği değerlerinde en yüksek değerler basınç mukavemetinde olduğu gibi B (0.150-0.180 mm) faz malzemeli, en düşük değerler ise basınç mukavemetinden farklı olarak F (1.180-2.360 mm) faz malzemeli numuneden elde edilmiştir. Bununla birlikte tane boyut aralığı için genel bir eğilim schmidt yüzey sertliği içinde söz konusu değildir. En yüksek değer elde edildiği schmidt değerine göre, diğer polimer betonlardan %2.8-10.7 arasında schmidt yüzey sertliği değerlerinde azalma elde edilmiştir.



Şekil 6. Schmidt yüzey sertliği değerlerinin tane boyut aralıklarına bağlı olarak değişimleri

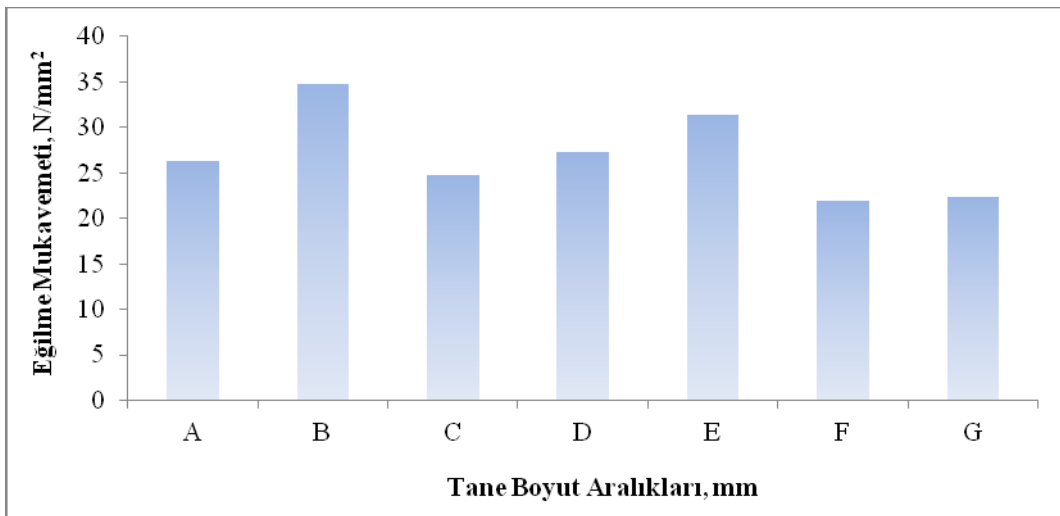
Polimer betonların basınç mukavemetleri ile schmidt yüzey sertliği verileri arasındaki ilişki incelendiğinde bu iki deney arasında yüksek bir ilişki (belirleyicilik katsayısı) olduğu tespit edilmiştir (Şekil 7).



Şekil 7. Basınç mukavemeti ile schmidt yüzey sertliği ilişkisi

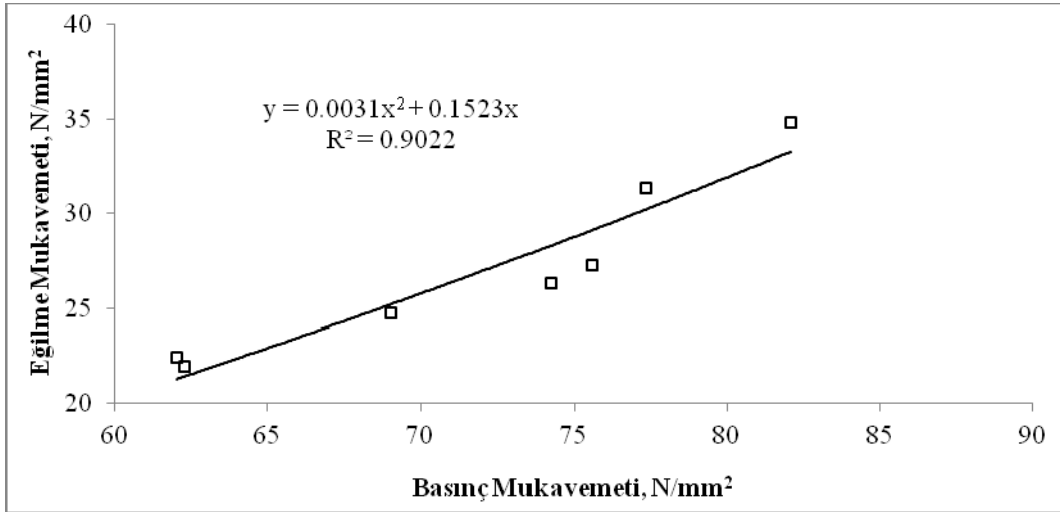
### 3.4. Eğilme Mukavemeti Deney Sonuçları

Üretilen numunelerin eğilme mukavemeti değerlerinin değişimi Şekil 8’de gösterilmiştir. Üretilen numunelerin eğilme mukavemeti değerlerinde en yüksek değerler basınç mukavemeti ve schmidt değerlerinde olduğu gibi B (0.150-0.180 mm) faz malzemeli numunelerden, en düşük değerler ise F (1.180-2.360 mm) faz malzemeli numunelerden elde edilmiştir. Basınç mukavemeti ve schmidt yüzey sertliği değerlerinde olduğu gibi tane boyut aralığı için genel bir eğilim eğilme mukavemeti içinde söz konusu değildir. En yüksek değer elde edildiği schmidt değerine göre, diğer polimer betonlardan %10.0-35.7 arasında eğilme mukavemeti değerlerinde azalma elde edilmiştir.



Şekil 8. Eğilme mukavemeti değerlerinin tane boyut aralıklarına bağlı olarak değişimleri

Basınç mukavemeti ile eğilme mukavemeti verileri arasındaki ilişki incelendiğinde bu iki deney arasında yüksek bir ilişki (belirleyicilik katsayısı) olduğu tespit edilmiştir (Şekil 9).



Şekil 9. Eğilme mukavemeti basınç mukavemeti ilişkisi

### 3.5. Kapiler Su Emme ve Ultrases Geçiş Hızı Tayini Deney Sonuçları

Yapılan deneysel çalışma sonucunda kapiler su emme değerinin tüm numuneler için sıfır (0) olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen bu sonuçlar polimer betonlar için Sağlıyan (1999) ve Neville (1981) tarafından verilen değerler ile uygunluk göstermektedir.

Kapiler su emme deneyinde olduğu gibi ultrases geçiş hızı tayini deneyi sonucunda da tüm serilerden sabit değerler (3.33 km/sn) elde edilmiştir. Bu değer aynı çıkmasının nedeni kullanılan mineral miktarının hacimsel olarak aynı miktarda olmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

### 4. Sonuç ve Öneriler

Farklı tane boyut aralıklarında mermer tozu kullanılarak üretilen polimer betonların üzerinde geliştirilen fiziksel ve mekanik deney sonuçlarına göre aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- Polimer betonların birim hacim ağırlık değerleri ile polimer beton üretiminde faz malzeme olarak aynı hacim oranında kullanılan mermer tozunun özgül ağırlığı değerleri arasında yüksek bir ilişki vardır ( $R^2 = 0.974$ ).
- Basınç ve eğilme mukavemeti değerleri ile schmidt yüzey sertliği değerlerinin mermer tozunun tane boyutuna bağlı olarak değiştiği, genel olarak küçük tane büyüklüklü faz malzemelerde daha yüksek fiziksel ve mekanik değerler elde edilmiştir. Ancak bu değişim için yüksek bir ilişki katsayısı tespit edilememiştir. En yüksek basınç, eğilme ve schmidt değerleri 0.150-0.180 mm (B) tane boyut aralığındaki mermer tozunun kullanıldığı polimer betonlardan elde edilmiştir. Bu tane büyüklüğündeki polimer betonlar, mermer tozlarının en az boyut değişikliğinin olduğu elekler arası (birbirine en yakın tane büyüklükleri) mermer tozlarını içermektedir. Bununla birlikte tüm numuneler için bu çıkarım yapılamamaktadır. Bunun nedeni olarak örneğin 2.36-4.00 mm elek aralığındaki tanelerin boyutlarının hangi elekte daha yoğun olduğunun tespit edilmemiş olmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.



Basınç mukavemeti ile schmidt yüzey sertliği ve arasındaki belirleyicilik katsayısı değişimleri incelendiğinde her iki değerle yüksek ilişkiler (sırasıyla  $R^2=0.8906$  ve  $R^2=0.9022$ ) elde edilmiştir.

- Polimer beton serilerinin tümünde kapiler su emme değeri sıfır (0) olarak tespit edilmiştir.
- Yine polimer beton serilerinin hepsinde, faz malzemenin hacimsel olarak aynı orandan kullanılmasından (%73.86) kaynaklı olarak, ultrases geçiş hızı değerleri 3.33 km/sn olarak tespit edilmiştir.

Polimer betonların mekanik ve fiziksel özellikleri üzerinde (matris ve faz malzeme özellikleri, üretim yöntemleri vb.) gibi birçok etken vardır (Gorninski vd, 2004; Gürü, vd., 2005; Czarnecki vd, 2006; Mehdi, 2011; Morin vd., 2011; Haddad ve Kobaisi 2012). Bununla birlikte faz malzeme olarak kullanılan malzemenin tane büyüklüğünün etkisi araştırılmamıştır.

Yapılan çalışma sonucunda polimer beton teknolojisinde minerallerin tane boyutunun fiziksel ve mekaniksel özelliklere etkisinin olduğu sonucuna varılmıştır. Ancak yüksek ilişki katsayısı tespit edilememiştir. Tane boyut aralıklarının daha yakın (daha sık elek aralıklarında) ve farklı oranlardaki faz malzemenin kullanım oranı (hacim oranı) ile araştırılmasıyla mineral boyutunun etkisini daha açık ortaya koyulabilecektir.

## 5. Teşekkür

2983-YL-11 No'lu Proje ile çalışmamızı maddi olarak destekleyen Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığına teşekkür ederiz.

## 6. Kaynaklar

- ASTM C 597, (1997). Standard Test Method for Pulse Velocity Through Concrete. Annual Book of ASTM Standards, 4p. USA.
- Chandra, S., Ohama, Y., (1994). Polymer in Concrete. CRC Pres, 204 p. Boca Raton.
- Czarnecki, L., Garbacz, A., Krystosiak, M., (2006). On The Ultrasonic Assessment of Adhesion between Polymer Coating and Concrete Substrate. Cement and Concrete Composites, 28 (4), 360-369.
- Dikeou, J. T., Fowler, D. W., (1985). Polymer Concrete Uses, Materials and Properties American Concrete Institute, 346 p. Detroit.
- Feldman, D., (1989). Polymeric Building Materials. Elsevier Science Publishers. 575 p., London/New York.
- Fowler, D.W., (2004). State of The Art in Concrete-Polymer Materials in the U.S. Proceedings of the 11th International Congress on Polymer in Concrete, ed. M. Maultzsch, 597-603. Berlin.
- Gorninski, J.P., Molin, D.C. D., Kazmierczak, C.S., (2004). Study of the Modulus of Elasticity of Polymer Concrete Compounds and Comparative Assessment of Polymer Concrete and Portland Cement Concrete. Cement and Concrete Research, 34 (11), 2091-2095.
- Gürü, M., Akyüz, Y., Akın, E., (2005). Mermer Tozu/Polyester Kompozitlerde Dolgu Oranının Mekanik Özelliklere Etkileri. Journal of Polytechnic. 8 (3) 271-274.
- Haddad, H., Kobaisi, M., A., (2012). Optimization of the Polymer Concrete Used for Manufacturing Bases for Precision Tool Machines. Composites Part B: Engineering, (In Press).

- Mehdi, A., (2011). Structural Reinforcement of Building Materials using Polymer Concrete. American Journal of Scientific Research, 24, 135-143.
- Mindess, S., Young, J. F., (1981). Concrete. Prentice-Hall, Englewood Cliffs. 596p. New Jersey.
- Morin, V., Moevus, M., Dubois-Brugger, I., Gartner, E., (2011). Effect of Polymer Modification of The Paste–Aggregate Interface on The Mechanical Properties of Concretes. Cement and Concrete Research, 41 (5), 459-466.
- Neville, A. M., (1981). Properties of Concrete. Pitman Pub., 532 p. London.
- Ohama, Y., (1997). Recent Progress in Concrete-Polymer Composites. Advanced Cement Based Materials 5 (2), 31–40.
- Özel, C., (2007). Katkılı Betonların Reolojik Özelliklerinin Taze Beton Deney Yöntemlerine Göre Belirlenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 249s., Isparta.
- Pareek, S.N., Ohama, Y., Demura, K., (1995). Evaluation Method for Adhesion Test Results of Bonded Mortars to Concrete Substrates by Square Optimization Method. ACI Materials Journal, 92 (4), 355-360.
- Rebeiz, K.S., Fowler, D.W., (1991). Recycling Plastics in Polymer Concrete Systems for Engineering Applications. Polymer Plastics Techno Eng, 30, 809–825.
- Sağlıyan, S., (1999). Polimer Bağlayıcı Prepakt Agregalı Betonların Mekanik ve Ekonomik Yönden İncelenmesi. Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 115s. Elazığ.
- TS 2824 EN 1338 (2005). Zemin Döşemesi İçin Beton Kaplama Blokları - Gerekli Şartlar ve Deney Metotları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS 3260, (1978). Beton Yüzey Sertliği Yolu ile Yaklaşık Beton Dayanımının Tayini Kuralı. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS 4045 (1984). Yapı Malzemelerinde Kapiler Su Emme Tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 1015-10 (2001). Kâgir Harcı-Deney Metotları- Bölüm 10: Sertleşmiş Harcın Boşluklu Kuru Birim Hacim Kütlelerinin Tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 12390-3 (2003). Beton-Sertleşmiş Beton Deneyleri-Bölüm 3: Deney Numunelerinde Basınç Dayanımının Tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 12390-5 (2010). Beton - Sertleşmiş beton deneyleri - Bölüm 5: Deney Numunelerinin Eğilme Dayanımının Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Vipulanandan, C., Paul, E., (1991). Performance of Epoxy and Polyester Polymer Concrete. ACI Materials Journal, 87 (3), 241–251.