

## ATIK MERMER TOZU KATKILI BETONLARIN DONMA- ÇÖZÜLME ETKİSİNDE MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Osman ÜNAL\*, Tayfun UYGUNOĞLU\*\*

\* AKÜ, Tek. Eğt. Fak., Yapı Eğit. BÖL.AFYON unal@aku.edu.tr,

\*\* AKÜ, Tek. Eğt. Fak., Yapı Eğit. BÖL.AFYON uygunoglu@aku.edu.tr

### ÖZET

Bu çalışmada, mermerlerin fabrikalarda İşlenmesi sırasında açığa çıkan mermer tozunun betona belirli oranlarda ilave edilmesiyle üretilen betonun donma-çözülme çevrimi sonunda özellikleri araştırılmıştır. Mermer tozu(MT) betona, %5, %10, %15 ve %20 oranlarında, karışımdaki İnce malzeme ile hacimce yer değiştirmek suretiyle ilave edilmiştir. Su/çimento oranları 0,65 olup, çimento dozajı 300 ve 350 olarak belirlenmiştir. Her iki çimento dozajında kontrol betonu da (MT %0) üretilerek, tüm numuneler kalıp alındıktan 28 gün sonunda 1 hafta süre ile donma-çözülme deneyine tabi tutulmuştur. Numuneler Üzerinde su emme, ultrases hızı ve basınç dayanımı deneyleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, mermer tozunun betona %5-15 oranında ince malzeme olarak ilave edilmesiyle ve çimento dozajının 350 seçilmesiyle betonun dayanımını olumlu bir şekilde arttırdığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Mermer Tozu, Beton, Donma-Çözülme

### INVESTIGATION OF MECHANICAL PROPERTIES OF WASTE MARBLE DUSTY CONCRETE WHICH UNDER THE EFFECT OF FREEZE AND THAW

### ABSTRACT

In this paper, investigated that effect of waste marble dusty, have been produced during the production of marble at the factory, on freeze- thaw durability of concrete while added at value rations. Marble dusty MT) was added in the concrete that ratio of %5, %10, %15 and %20 by volume of replacement with fine materials. Ratio of water/cement 0,65 and cement content were designated 300 and 350 kg/m<sup>3</sup>. For both cement content, prepared plain concrete (MT %0). All specimens were tested at 28 ages after demoulding throughout one week. On the concrete specimens which subjected to freeze-thaw cycling were tested compressive strength, water absorption and ultrasound pulse velocity. As obtained from results, addition of marble dusty percent of %5-15 in the concrete and selection of 350 kg/m<sup>3</sup> cement content, freezing and thawing durability of concrete had increased.

Key Words: Marble Dusty, Concrete, Freeze-Thaw

## 1.Giriş

Günümüzde mermere olan talebin artması sonucu hem ülkemizde hem de dünyada mermer işletmelerinin de sayısı artmıştır. Bu üretim artışının sonucunda, tesislerde işlenen mermer bloklarının toz ve kırıntı atıkları, tesislerin atık sahalarına veya tesislerin yakınından geçen akarsulara dökülmektedir. Bunun doğal bir sonucu olarak da, özellikle mermer işletme tesislerinin yoğunlaştığı bölgelerde, kamuoyu gözü önünde çevrecilik ve tabii güzelliği bozması sebebiyle olumsuz bir tepki oluşturan mermer atık sahalarının yaygınlaşmasına neden olmuştur[1-2].

Genel olarak, cisimler boşluklu bir yapıya sahiptirler. Cisimlerin gözeneklerinde bulunan suyun, sıcaklık derecesinin sıfırın altına düşmesi sonunda, donması malzemenin mukavemetinin azalmasına ve hatta parçalanmasına yol açabilir. Bu etkiler suyun donması sonucunda hacminin artmasından ileri gelmektedir[3]. Su donduğunda hacminde %9 oranında bir artış meydana gelir[4]. Bu ifadeden de anlaşıldığı üzere donma olayı cisimlerde belirgin bir ölçüde genleşme meydana getirmektedir. Bu genleşmenin sonunda ise cisimlerin boşluk yapısında önemli değişimler olmaktadır. Donma-çözülme olayının birçok sefer tekrarlanması sonucu oluşan boşluklar biraz daha genişlemekte ve bunun sonucu olarak da cismin yüzeyinde önemli derecelerde çatlaklar ve hatta döküntüler meydana gelmektedir. Bilindiği gibi beton da boşluklu bir malzemedir. Bu boşluklarda ya betonun üretilmesi sırasında kullanılan karma suyu yada betonun geçirimsizliği nedeniyle dışarıdan içeriye girmiş su bulunmaktadır. Bu nedenle beton da donma olayının etkisi altında kalmaya ve bunun sonucu olarak da hasar görmeye elverişli bir malzemedir[3].

Beton taze ve sertleşmiş durumlarda iken, birbirinden çok farklı ve bazen birbiriyle çelişen Özelliklere sahip olması beklenir. Betonda aranan en önemli özellik sertleşmiş durumda iken yüksek bir basınç mukavemetine sahip olmasıdır. Zaman içinde bu özelliğini kaybetmemesi veya olumsuz yönde değiştirmemesidir[5].

Sertleşmiş betonda aranan diğer Önemli Özellikler, çekme mukavemeti, donma-çözülme tekrarlarına dayanıklılık, aşınmaya dayanıklılık, zararlı kimyasal etkilere dayanıklılık, yüksek sıcaklığa dayanıklılık, su geçirmezlik ve ısı iletkenliğidir. Taze betonda ise işlenebilirlik özelliğidir [6].

Şimşek[7], yaptığı bir çalışmada, düşük dozajlı betonlarda işlenebilmenin sağlanabilmesi için 0.25mm.den küçük tanelerin bulunmasında büyük yarar

olduğunu, yüksek dozajlı betonlarda ise, ince malzemeye gerek olmadığını belirlemiştir. Aynı çalışmada düşük dozajlı beton üretiminde ekonomik, işlenebilir ve dayanımlı beton elde edebilmek için çimento hamurunun iç yapıda boşlukları doldurmada yetersiz kaldığı durumlarda tane çapı 0.25mm.den küçük kum, taş unu, kırma taş tozu ve havuz çökeltisi gibi malzemelerin kullanılabilceği belirtilmektedir.

Mermer tozları çeşitli sektörlerde ana hammadde veya dolgu maddesi olarak kullanılmaktadır. Atıklar, değişik özelliklere sahip mermer tozlarından ve içine yabancı maddelerden oluşmaktadır. Bunu önlemek için atık sulardaki mermer tozlarını daha saf ve temiz olarak hidrosiklon uygulamaları en iyi sonuç olarak görülmektedir [8].

Ünal [9], mermer atıklarının beton üretiminde kullanılması üzerine yaptığı proje çalışmasında, beton üretiminde ince malzeme oranının %10'u mermer tozu ile yer değiştirmesi halinde basınç dayanımında belirli bir artış yaptığını belirtmiştir.

Betonun dayanıklılığını arttırmak amacıyla yapılan çalışmada, betona belirli oranlarda atık mermer tozu ilave edilerek üretilen numunelerin donma-çözünme özelliklerinin araştırılması amaçlanmıştır.

## **2. Materyal Ve Metot**

### **2.1. Kullanılan Malzemeler**

Mermer tozu katkılı beton numunelerin üretiminde iri agrega olarak A32 serisinde 4/16 tane grubunda kırmataş-I ve 16/31.5 tane grubunda kırmataş-II malzemeleri kullanılmıştır. İnce malzeme olarak da 0-4mm tane dağılımına sahip mermer kırma kum kullanılmıştır. Kum üzerinde yapılan deneylerde, organik madde bulunmadığı (renk açık), 24 saat dinlendirme sonucunda ağırlıkça %2,3 oranında çamurlu madde bulunduğu belirlenmiştir.

Beton bileşimine giren agregaların granülometreleri, özgül ağırlıkları ve agregaların karışım içerisindeki oranları TS 706 şartnamesine göre (A32-B32) referans eğrileri arasında kalacak şekilde ayarlanarak (%) olarak değerleri Tablo 2.1 de verilmiştir.

Tablo 2.1. Agregaların Graniölometri Değerleri ve Fiziksel Özellikleri

Elek Çapı	31.5 (mm)	16 (mm)	8 (mm)	4 (mm)	2 (mm)	1 (mm)	0.25 (mm)	Karışım % oranı	Gevşek Birim Ağırlık (kg/m <sup>3</sup> )	Özgül Ağırlık (kg/dm <sup>3</sup> )
Kırma Kum	100	100	100	93	62	34	13	40-35 30 25-20	1574	2.68
Kırmataş1	100	96	25	10	0	0	0	35	1462	2.70
Kırmataş2	100	14	5	0	0	0	0	25	1455	2.72
MermerToz	100	100	100	100	100	38	5	5-10 15-20	-----	2.54
<b>Karışım</b>	<b>100</b>	<b>77</b>	<b>50</b>	<b>41</b>	<b>25</b>	<b>15</b>	<b>6</b>	<b>100</b>		

Karışımlarda kum ile beraber ince malzeme miktarının ayarlanmasında kullanılan mermer tozunun özellikleri Tablo 2.1'de, kimyasal özellikleri de Tablo 2.2'de verilmiştir. Bu sonuçlara göre mermer tozunun kimyasal yapısında yaklaşık %52 oranında CaO olduğu görülmüştür.

Tablo 2.2. Mermer Tozuna ait Kimyasal Analiz Sonuçları

Bileşik Adı	%	Bileşik Adı	%
SiO <sub>2</sub>	4.67	TiO <sub>2</sub>	--
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	--	ZnO	--
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.03	ZrO <sub>2</sub>	-
CaO	51.80	BaO	-
MgO	0.40	SO <sub>2</sub>	-
Na <sub>2</sub> O	--	A.Z	41.16
K <sub>2</sub> O	--		

Beton karışımlarında Afyon SET çimento fabrikasının üretimi olan PKÇ.32.5 tipi kompoze portland çimentosu kullanılmıştır. Çimentonun kimyasal özellikleri Tablo 2.3'de verilmektedir.

Tablo 2.3. PKÇ 32.5 Çimentosunun Kimyasal Özellikleri

Bileşik Adı	%
SiO <sub>2</sub>	20-25
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5-10
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2-4
CaO	63-67
MgO	0.5-2.7
Na <sub>2</sub> O	-
SO <sub>2</sub>	1-2.5
Diğer maddeler	0.5-2

## 2.2. Numunelerin Hazırlanması ve Deney Metotları

Mermer tozu katkılı beton bileşimlerinde çimento dozajı 300 ve 350 olmak üzere iki farklı grupta 10 seri üretim yapılmıştır. Bu serilerde aynı çökmeyi sağlayan optimum su/çimento oranı 0,65 olarak sabit alınarak, karışımlara katılan mermer tozu (havuz çökeltisi) miktarları da hacimca %5, %10, %15 ve %20 oranlarında kumun karışımdaki oranlarıyla yer değiştirilmiştir. Karışımlardaki agrega oranları kum %40, Kırmataş-I %35 ve Kırmataş-II %25 olarak belirlenmiştir. Üretilen numunelerde MT0 ile şahit numuneyi, MT5, MT10. vb. ile de mermer tozu katkılı beton numuneleri gösterilmiştir. Numuneler kalıp sökülmesinden 28 gün sonra testlere tabi tutulmuş olup deney gününe kadar normal sıcaklıktaki kirece doygun su içerisinde kür edilmişlerdir. Donma-çözülme deneyi, 28 günlük suya doygun 100x100x100 mm'lik küp numunelerin 3 saat -20 °C sıcaklıkta dondurucuda tutulduktan sonra 2 saat +4-6 °C su içerisinde çözdürülmesi bir çevrim kabul edilerek toplam 25 defa tekrarlanmıştır. Donma-çözünme deneyine tabi tutulan numuneler üzerinde su emme, ultrases geçiş süresi ve basınç dayanımı deneyleri yapılmıştır. Su emme deneyine göre difüzyon katsayıları ve ultrases hızına bağlı olarak elastisite modülleri hesaplanmış ve değerlendirilmiştir.

## 3. Deney Sonuçları Ve Değerlendirme

Yapılan çalışmada, beton karışımına 0-2mm. arasında ince malzeme olarak, mermerlerin işlenmesi sırasında açığa çıkan mermer tozunun, belirli oranlarda karışıma katılmasının betonun donma-çözülme etkisinde mekanik özelliklerine nasıl bir etki yapacağı araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo-3.1 ve Tablo-3.2'de verilmiştir.

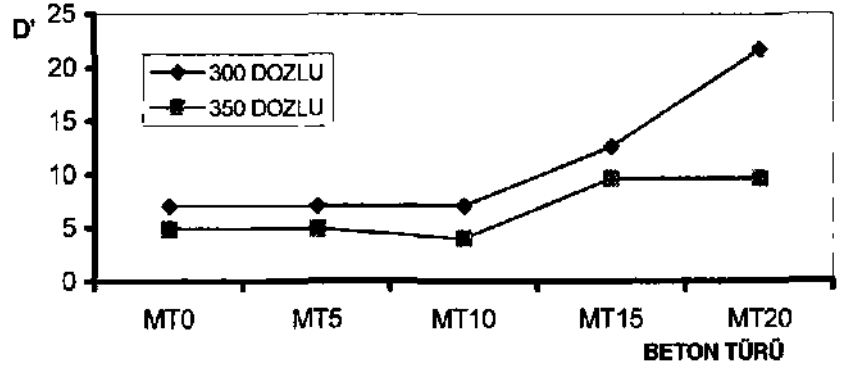
Tablo-3.1. 300 Dozlu Numunelere ait Deney Sonuçları

Beton Türü	300 DOZLU		
	Görünen Porozite	Birim Ağırlık (kg/dm <sup>3</sup> )	D'
MT0	6,62	2.43	7,07
MT5	10,02	2.20	7.07
MT10	13,85	2,14	7.07
MT15	14,69	2,10	12,57
MT20	16,59	2.07	21,65

Tablo-3.2. 350 Dozlu Numunelere ait Deneysel Sonuçları

Betón Türü	350 DOZLU		
	Görünen Porozite	Birim Ağırlık (kg/dm <sup>3</sup> )	D'
MT0	12,02	2,15	4,91
MT5	12,14	2,22	4,91
MT10	15,28	2,08	3,98
MT15	15,19	2,06	9,62
MT20	17,49	2,04	9,62

Bulunan sonuçlardan, mermer tozu katkı numunelerin görünür porozite değerleri şahit numuneye göre yüksek olup, karışımdaki mermer tozu % oranı artıka görünür porozite değerlerinde artış eğiliminin olduğu görülmektedir. Dolayısıyla mermer tozunun karışım içerisinde homojen dağılmadığından betonun boşluk yapısına olumsuz etki yaptığı söylenebilir. Böylece dayanımın artmasında etkinlik azalmaktadır. Literatürden bilindiği gibi boşluk oranı birim ağırlıkla ters orantılıdır. Yapılan çalışmada da birim hacim ağırlık değerleri 300 dozlu karışımlarda porozite artarken azalmaktadır.

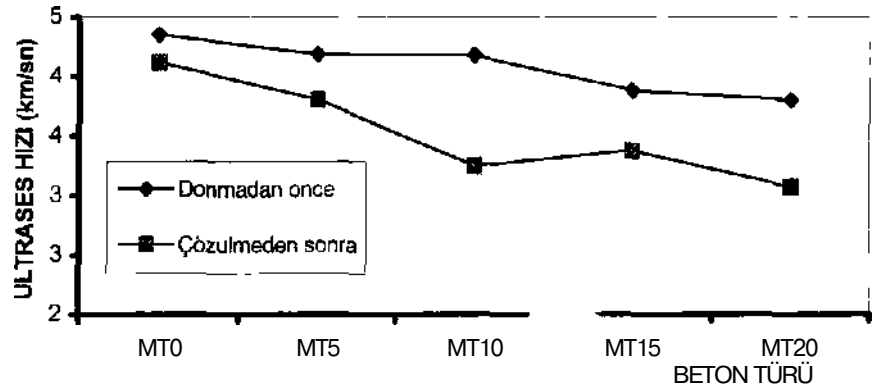


Şekil-3.1. Beton Numuneleri ile Difüzyon Katsayıları Arasındaki Değişim

Kılcallık deneylerinin hesaplanmasında Uyan[10]'ın geliştirdiği matematiksel modelden yararlanılarak deney sonunda elde edilen noktalar arasından "En Küçük Kareler Metoduna" göre en uygun geçirilen doğrunun eğiminden (S) faydalanarak, difüzyon katsayısı  $D'=(td^4) \times S$  (cm<sup>2</sup>/dak) formülüne göre hesaplanmıştır[11].

Şekil-3.1'de üretilen numunelerin difüzyon katsayılarının mermer tozu oranı artışına bağlı olarak ilişkisi incelendiğinde, aynı karışımlara ait numunelerin kılcallık deneylerinde atık mermer tozu miktarı arttıkça iç yapıdaki boşlukların emdiği su miktarlarında artış görülmektedir. Bu artış hızı 300 dozlu beton numunelerinde daha belirgin görülürken 350 dozlu numunelerde artış şahit numuneye göre daha az değişmektedir. Sonuç olarak çimento dozajının düşürülmesi boşluklu bir yapının oluşmasına sebep olmaktadır.

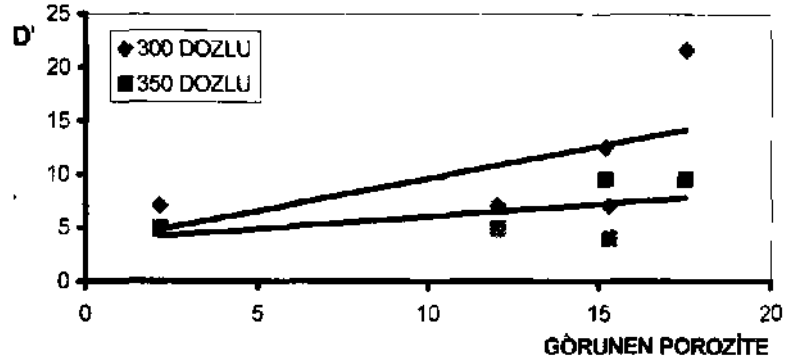
Şekil-3.2'de ultrases hızları arasındaki ilişkiden görüldüğü gibi aynı karışımlara ait 300 ve 350 dozlu beton numunelerinde karışıma katılan mermer tozu oranının artması genel olarak numunelerin ultrases hızında şahit numuneye göre kısmi bir azalma göstermiştir. Bu durumda mermer tozunun, karışım içerisinde filler malzeme olarak iç yapıdaki boşlukları tam doldurmadığı söylenebilir.



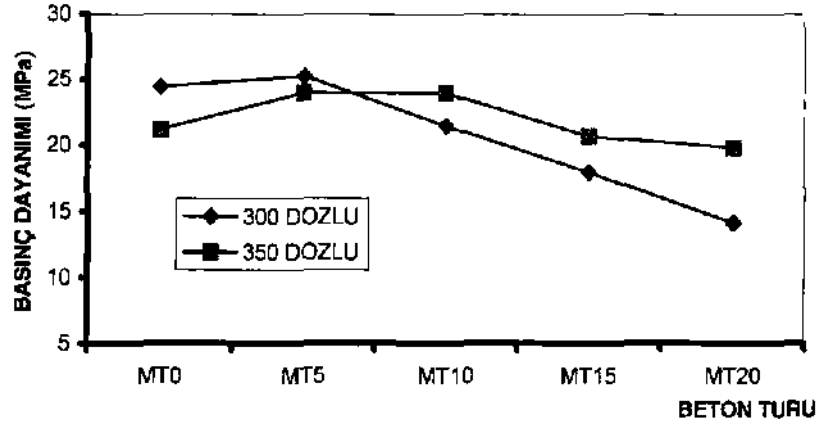
Şekil-3.2. 300 ve 350 dozlu numunelerin ultrases hızları arasındaki ilişki

Donma-çözülme olayına maruz bırakılmış olan numunelerin görünen porozite ile difüzyon katsayıları arasındaki ilişki incelendiğinde, görünen porozitenin artmasıyla difüzyon katsayısının da artmakta olduğu görülmüştür (Şekil 3.3). Yani doğrusal bir ilişki vardır. 300 dozlu numunelere ait olan doğrunun eğimi 350 dozlu numunelerin eğimine göre daha fazladır. Bu da bize 300 dozlu numunelerin daha boşluklu bir yapıya sahip olduğunu dolayısıyla daha çok su emeceğini göstermektedir. Diğer bir deyişle, 350 dozlu numunelerde mermer tozu ile birlikte bağlayıcı malzemenin karışımında İnce malzeme oranını artırması beton numunelerin

kompasitenin artmasına ve difüzyon katsayılarının azalması şeklinde yorumlanabilir.



Şekil-3.3. Görünen Porozite ve Difüzyon Katsayısı Arasındaki ilişki

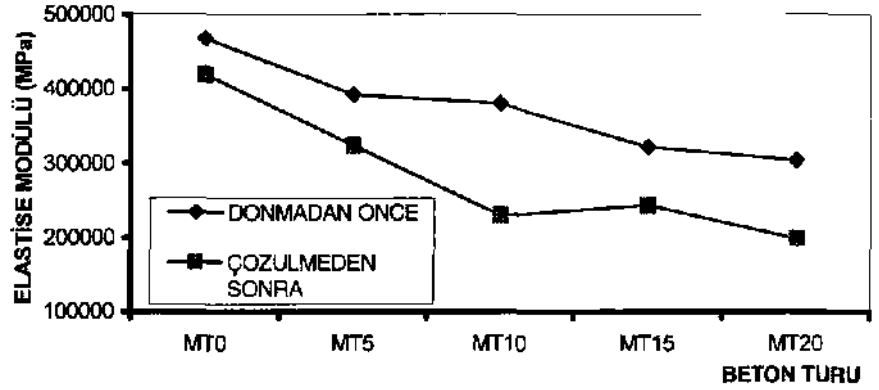


Şekil-3.4. Beton Türünün Basınç Dayanımlarına Göre Değişimi

Küp numuneleri üzerinde yapılan tek eksenli basınç deneyinde karışıma belirli oranlarda mermer tozunun katılması basınç dayanımını 300 dozlu numunelerde şahit numunelere göre, MT5 'de belirli bir artış eğilimi gösterirken %10 dan itibaren azalma eğilimi vardır. 350 dozajlı karışımlarda ise mermer tozunun kullanılması şahit numuneye göre %10 mermer tozuna kadar artma eğilimine karşılık %15 mermer tozundan itibaren az da olsa azalma eğilimi görülmektedir. Dayanımlarda görülen azalmalar 300 dozlu numunelerde daha fazla görülmesi yapıdaki boşluk oranının 350 dozlu

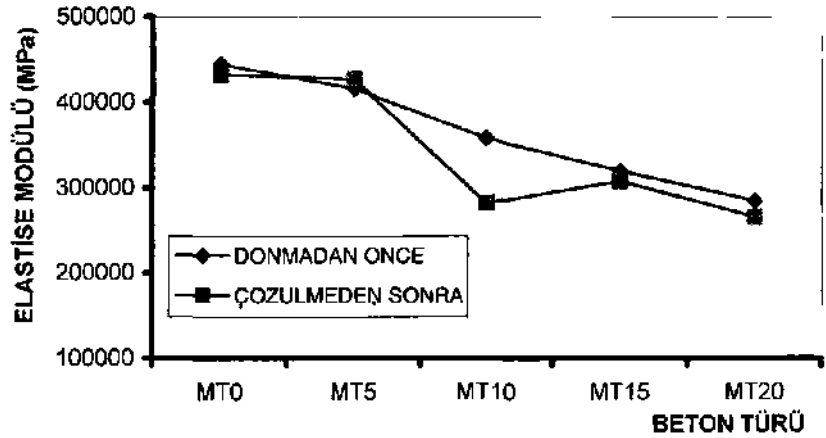


numunelere göre daha fazla olmasına bağlanabilir. Bu durum donma-çözülme sırasında iç yapıda oluşan boşluklardaki suyun donarak çatlakların gelişmesi sonucu hasarların büyümesi şeklinde yorumlanabilir.



Şekil-3.5. 300 Dozlu Numunelerin Elastisite Modülleri Arasındaki İlişki

Elastisite modülleri, küp numunelerde donma deneyi öncesi ve sonrası ölçülen ultrases hızlarından yararlanılarak hesaplanmıştır. Şekil-3.5'de betona ilave edilen mermer tozu oranının artırılması ile donma-çözülme özelliğini belirleyen betonun elastisite modülünde azalma eğilimi görülmüştür. Bunun sebebi de 300 dozlu numunelerde boşluk yapısından dolayı numunelerin daha fazla su emdikleri ve absorbe edilen suyun donması sonucu hacmindeki artış nedeniyle betonun yapısında daha fazla boşluk oluşturması olarak değerlendirilebilir.



Şekil-3.6. 350 Dozlu Numunelerin Elastisite Modülleri Arasındaki İlişki

Benzer şekilde 350 dozlu küp numunelerin elastisite modüllerinde de çevrime göre belirgin bir azalma olmuştur. Ancak buradaki azalma oranı çok azdır. Hatta mermer tozundaki artışa rağmen %10 dan sonra azalma eğilimi yavaş seyretmektedir (Şekil-3.6). Bunun sebebi de 350 dozlu numunelerde ince malzemenin daha fazla olmasından dolayı daha az boşluklara sahip olması ve bu nedenle daha az su emmesine bağlanabilir.

#### **4. Sonuçlar**

Atölye ve fabrikaların atık havuzlarında çamur halinde bulunan mermer tozlarının değerlendirilerek ekonomiye kazandırılması amacıyla yapılan deneysel çalışmanın sonuçlarına göre;

- Mermer tozu katkılı numunelerin görünen porozite değerleri şahit numuneye göre yüksektir. Ancak karışımdaki mermer tozu % oram artıkça görünen porozite değerlerinde artış eğilimi görülmektedir. Dolayısıyla mermer tozunun karışım içerisinde homojen dağılmadığından betonun boşluk yapısına olumsuz etki yaptığı söylenebilir.
- 300 dozlu beton numunelerinde difüzyon katsayısının artışı daha belirgin görülürken 350 dozlu numunelerde artış hızı şahit numuneye göre daha az değişmektedir. Sonuç olarak çimento dozajının düşürülmesi boşluklu bir yapının oluşmasına sebep olmaktadır.
- Aynı karışımlara ait 300 ve 350 dozlu beton numunelerinde karışıma katılan mermer tozu oranının artması genel olarak numunelerin ultrases hızında şahit numuneye göre kısmi bir azalma göstermiştir. Bu durumda mermer tozunun, karışım içerisinde filler malzeme olarak iç yapıdaki boşlukları tam doldurmadığı söylenebilir.
- Belirli oranlarda mermer tozunun betona katılması betonun basınç dayanımının 300 dozlu numunelerde şahit numunelere göre %5 mermer tozunda belirli bir artış eğilimi gösterirken % 10'dan itibaren azalma eğiliminde olmuştur.
- 350 dozajlı karışımlarda ise mermer tozunun kullanılması şahit numuneye göre %10 mermer tozuna kadar artma eğilimine karşılık % 15 mermer tozundan itibaren az da olsa azalma eğilimi görülmektedir.
- Mermer tozlarının beton karışımında kullanılması beton kalitesinde olumsuz bir etki oluşturmadığı görülmüştür. Bu açıdan bilhassa Afyon bölgesinde işleme sonucu açığa çıkan mermer atıkları diğer

sanayilerde olduğu gibi hazır beton tesislerinde de ince malzeme olarak değerlendirilebilir. Böylece ekonomiye katkısının yanında çevresel kirliliğinde azalmasına yarar sağlanabilir.

- Yeni deprem yönetmeliğine göre beton sınıfının BS 20 olması istenildiğinde, beton karışımı içerisinde 0-2mm. arasında filler malzeme olarak kırma taş tozu gibi, mermer tozunun da hazır beton üretimi aşamasında karışıma kontrollü bir şekilde katılması halinde standart dayanım değerleri elde edilebilir. Ancak karışım içerisinde agrega ve çimento ile homojenliği sağlamak amacıyla kimyasal katkı maddeleri kullanılmalıdır.

#### Kaynaklar

1. Cengiz, A.K., Kulaksız, S., " Mermer İşletme Tesislerindeki Atıkların Değerlendirilmesi", Türkiye'de Mermer Yapı ve Dekorasyon, Sayı 47, s. 24. (1996)
2. Şenlürk. A., "Mermer Teknolojisi", İsparta, (1996)
3. Postacıoğlu, B., "Beton". Cilt 2. Matbaa Teknisyenleri Basımevi İstanbul,, s.333-337.. (1987)
4. Neville.A.M., Brooks, J.J.. "Concrete Technology" Longman Scientific and Technical, p.285.. (1987)
5. Budak, A., "Mermer Tozu Katkılı Betonların Donma-Çözülme Etkisinde Mekanik Özelliklerinin Araştırılması", Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi Yapı Eğitimi Bölümü, Bitirme Tezi. (2003)
6. Yılmaz. K , Yapı Malzemesi Beton Teknolojisi. (1988)
7. Şimşek, O., Beton Teknolojisi Ders Notu, Gazi Üniversitesi, ANKARA. (1999)
8. Ünal. O..Kıbıcı. Y., "Mermer Tozu atıklarının Beton Üretiminde Kullanılmasının Araştırılması",Türkiye III. Mermer Sempozyumu Bil.Kitabı, AFYON., (2001)
9. Ünal. O., Demir. !.. Ergün, A., "Mermer tozu (Havuz Çökeltisi) atıklarının beton üretiminde kullanılmasının araştırılması"., AKÜ. Bilimsel araştırma projeleri., (2003)
10. Uyan, M., "Beton ve Harçlarda Kılcallık Olayı", Dr. Tezi, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi, (1975)
11. Ünal, O., "Isıl İşlem Uygulamasının Lifli Beton özelliklerine Etkisi", Dr. Tezi. İ.T.U. İnşaaı Fakültesi, (1994)

