

METİLEN MAVİSİ DEĞERİNİN SİLİNDİRLE SIKIŞTIRILMIŞ BETONUN BAZI ÖZELLİKLERİNE ETKİSİNİN BİR ARAŞTIRMASI

AN INVESTIGATION OF THE EFFECT OF METHYLENE BLUE VALUE ON SOME PROPERTIES OF ROLLER COMPACTED CONCRETE

Aydın Sağlık*, Mehmet Emin Uyanık, Hüseyin Demir

Devlet Su İşleri (DSİ) Genel Müdürlüğü, Teknik Araştırma ve Kalite Kontrol Dairesi
Başkanlığı, Ankara

*aydinsaglik@dsi.gov.tr

Özet

Bu araştırmada, bir baraj şantiyesinden temin edilen ve ince agregada metilen mavisi değeri (MBV) 0,75 olan agregalar ile üretilen silindirle sıkıştırılmış beton (SSB) tasarımında karışımdaki ince agreganın kontrollü olarak metilen mavisi değerinin artmasının taze ve sertleşmiş SSB özelliklerine etkisinin araştırılması amaçlanmıştır. Araştırmada, 0,75 MBV'ye sahip ince agregaya içerisine kontrollü olarak ilave edilen bentonit ve ona karşılık gelen, deneysel olarak ölçülen MBV tespit edilmiştir. Daha sonra, içerisinde çimento ve uçucu kül barındıran SSB tasarımlarında kontrollü metilen mavisi değerlerine sahip ince agregalar kullanılarak, sabit beton karışım suyu miktarı, sabit agregaya ve kimyasal katkı karışım oranları ile üretilen betonlarda yalnızca ince agregadaki metilen mavisi değeri ve toplam bağlayıcı miktarındaki değişim ile SSB'de taze ve 90 günlük sertleşmiş beton parametreleri bakımından değişimin tahribatlı ve tahribatsız deneyler ile ortaya konması amaçlanmıştır.

Anahtar kelimeler: Silindirle Sıkıştırılmış Beton, SSB, Metilen Mavisi, Kil, Agregaya

Abstract

In this research study, it was aimed to investigate effect of the controlled increase in methylene blue value (MBV) of the fine aggregate, having 0,75 initial MBV, in the roller compacted concrete (RCC) mixture design on fresh and hardened concrete properties. In the study, addition of bentonite and its corresponding experimentally measured MBV was determined in the fine aggregate starting with 0,75 initial MBV. Afterwards, in RCC designs containing cement and fly ash using fine aggregates with controlled methylene blue values, it is aimed to indicate the changes in the parameters of fresh and 90-day hardened concrete in RCC with destructive and non-destructive tests techniques by changing in only methylene blue value in fine aggregate and the amount of total binder

in concrete produced with constant concrete mixing water amount, constant aggregate and chemical admixture mixing ratios.

Keywords: Roller Compacted Concrete (RCC), Methylene Blue Value, Clay, Aggregate

1. GİRİŞ

Günümüzde birçok inşaat projesinde beton imalatı için uygun niteliklerde şartnameye uygun agrega bulunmasında zorluklarla karşılaşmaktadır. Doğal şekillenmiş ve dere yataklarından elde edilen malzemelerin elde edilmesinde çevre etkileri nedeniyle güçlükler yaşanmaktadır. Kaya ocaklarından kırmataş üreterek agrega elde edilmesi ile beton imalatına gidilmesi oldukça yaygınlaşmıştır. Agregalar, her zaman şantiye yakınında bulunan, taşınması ekonomik olan ve uygun fiziksel, kimyasal özelliklere sahip agregalar üretebilen bir kaya ocağından sağlanamayabilir. Çoğu zaman, planlama veya yapım aşamasında yapıya özel olarak kaya ocağı kurulma ihtiyacı doğmaktadır. Kurulacak ocaktan temin edilebilen kayaçların şantiyede kurulan kırma eleme tesisinde işlenmesi ile üretilen agreganın kimyasal içeriği, minerolojik yapısı, yoğunluğu, su emme değeri, kirliliği ve inceliği gibi fiziksel ve kimyasal parametreleri önem arz etmektedir. Betonun büyük bir kısmının agregadan meydana geldiği düşünüldüğünde bu parametreler, üretilen taze ve sertleşmiş betonun kalitesini doğrudan etkilemektedir. Bazı durumlarda kaya ocağının işletilmesi sırasında dışarıdan karışan çeşitli tipteki killer, kaya malzemesinin yüzeyinde birikebilmekte, kaya tabakaları arasında damar şeklinde oluşmuş olan kil bantları bulunmakta veya kayanın kimyasal olarak başkalaşımı sonucunda bünyesinde kil minerallerine rastlanmaktadır. Bazı kil minerallerinin sahip olduğu bir özellik ise ortamda su bulunması durumunda şişme veya genleşme kabiliyetidir. Genleşen killer, küçük, negatif yüklü tabakalardan oluşur ve hafif kutuplaşmış olan su molekülleri kil parçacıklarına doğru çekilir. Daha fazla su absorbe edildiğinde büyük bir hacim artışı potansiyeline neden olabilir. Bazı araştırmalara göre kil genellikle üç şekilde agregalarla ilişkilendirilir: (1) kil genellikle taşın ezilmesi sırasında oluşan ince tanecikler olarak agrega yüzeyini kaplar; (2) kil, iri agrega içinde genellikle stok yığına aşağıdaki topraktan veya üstteki aşırı yükten sürüklenen kil toprakları halinde bulunabilir; (3) kil, kimyasal ayrışma nedeniyle agrega taneleri bünyesinden karışabilir.

Literatürün çoğu, taş ocağında kırma sırasında üretilen ince taneler veya genellikle ince bir agrega kaynağı olarak kullanılan kumla karıştırılmış kil olarak agregayı kaplayan kil ile ilgilidir [1,2]. Aslında kil minerallerinde su moleküllerine maruz kaldıklarında meydana gelebilecek iki ana şişme türü vardır: iç kristalin şişmesi ve ozmotik şişme: İç kristalin şişmesi, kuru kilin değişebilir katyonlarının hidratasyonu sonucunda meydana gelir. Osmotik şişme, kil yüzeylerine yakın iyonların konsantrasyonundaki ve boşluk suyundaki büyük farktan kaynaklanır. İç kristalin şişmesi durumunda, ara katman katyonları ve Van der Waals çekimi, negatif yüklü kil katmanlarını sıkı bir şekilde bir arada tutar. Su molekülleri ile temas halinde katyonlar hidrate olurlar ve kendilerini iki tabakanın ortasındaki bir düzlemde yönlendirirler. Bu durum, katmanlar arasındaki aralığın genişlemesine neden olur ve böylece su verildiğinde şişme ile sonuçlanır. Sonuç olarak, tabaka aralığı kuruma üzerine azalır, dolayısıyla büzülme meydana gelir. Smektit mineralleri genellikle diğer kil minerallerinin çoğundan daha küçüktür ve agrega ince tanelerinin içerisinde veya yüzeylerine tutunarak ince kil fraksiyonunda (< 0,2 µm) konsantre olma eğilimindedir. Bu daha küçük boyut, tipik olarak 600 ila 800 m²/g

aralığında daha yüksek bir yüzey alanına karşılık gelir. Belirgin büzülme-şişme ve plastik özellikler (yani, plastisite indeksi), smektit minerallerinin bu küçük boyutu ve nispeten düşük katman yükü ile sağlanır [3].

Beton agregası üzerinde üç tip yüzeysel tutunma belirlenmiştir. (1) toz (kaya, kuvars, feldspat, vb.), (2) kil (klorit, simektit, vb.) ve (3) karbonat malzemesi. Araştırmacılar kil mineralojisinin miktardan çok daha önemli olduğunu ve kilin agrega yüzeyinde tutunmasının dayanıklılık açısından tozdan veya karbonat tozundan çok daha zararlı olduğu sonucuna varmışlardır [1]. Aslında, karbonat kaplamaların mukavemeti artırdığı tespit edilmiştir [4,5]. Sodyum smektit içeren agrega ile yapılan betonlar donma çözülme deneyinde 16 döngü sonunda parçalanırken kaolinit içeren agrega ile yapılan betonlar kontrol ile hemen hemen aynı performansı göstermiştir. Yapılan birçok araştırma metilen mavisi deneyinin ince agreganın kirlilik açısından değerlendirilmesinde iyi sonuç verdiğini göstermiştir [6,7]. Diğer bir çalışmada basınç dayanımına etki gibi agregaların yapısında yer alabilen kil minerallerinin sertleşmiş beto üzerindeki etkileri araştırılmış, smektit mineralinin kaolinit mineraline göre beton dayanımında yaklaşık beş kat daha fazla azalmaya neden olduğunu belirtilmiştir [8].

Bu çalışmada, kütle ve konvansiyonel betonlardan meydana geldiği varsayılan bir baraj gövdesinin silindire sıkıştırılmış beton (SSB) tasarımında kullanılması planlanan ince agregaya ait metilen mavisi değerinin SSB'nin taze ve sertleşmiş parametreleri üzerindeki etkisinin araştırılması amaçlanmıştır. Bu amaç için, farklı karışım oranları ve farklı miktarlarda uçucu kül minerali içeren tasarım çalışmaları gerçekleştirilmiş ve silindir SSB numuneleri üretilmiştir. Araştırmanın başlangıcında yapımına devam edilen bir baraj projesine ait kaya ocağı ve kırma eleme tesisinden maksimum tane büyüklüğü (anma) 40 mm olan dört sınıf agrega numunesi (0-5 mm, 5-12 mm, 12-25 mm ve 25-40 mm) temin edilmiş, bir tip çimento (CEM I 42,5R), priz geciktirici ve orta düzey akışkanlaştırıcı kimyasal katkı ve tip II mineral katkı (F sınıfı uçucu kül) malzemeleri belirlenmiştir. 4 sınıf agreganın elek analizi sonucu, su emme, yoğunluk gibi özellikleri ile 0-5 mm ince agreganın teslim alındığı hali ile metilen mavisi değeri deneysel olarak elde edilmiştir. Metilen mavisi değeri 0,75 olduğu belirlenen ince agregaya kütlelerinin %0,25 ve %2,00'si aralığında bentonit ilave edilerek her bir bentonit ilavesine karşılık gelen metilen mavisi değeri kayıt altına alınmıştır. Kontrollü veya önceden belirlenmiş metilen mavisi değerlerine sahip olması planlanan ince agregaların silindire sıkıştırılmış beton tasarımında kullanılması ile taze ve sertleşmiş SSB parametreleri üzerindeki etkisinin ortaya konması ve karışım oranları değiştirildiğinde bu etkideki değişimin gözlemlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç için üretilen silindir SSB numunelerde (150x300 mm) kullanılan ince agregadaki metilen mavisi değerlerindeki değişimin ve farklı karışım tasarımlarında üretilen betonların süreksizlik yapısı, basınç ve yarmada çekme dayanımı, statik ve dinamik elastik sabitleri gibi bazı özelliklerine etkisi incelenmiştir.

2. LABORATUVAR ÇALIŞMALARI

2.1. Agregada Deneyleri ve Kontrollü Metilen Mavisi Çalışması

Araştırmanın başlangıcında metilen mavisi değeri oldukça düşük ve kontrollü olarak artırılmaya uygun ve su emme, boşluk oranı, yoğunluk gibi parametreleri beton üretimine elverişli agrega malzemesi, silindire sıkıştırılmış betondan inşa edilmekte olan bir baraj

şantiyesinden sağlanmıştır. Temin edilen agregaya üzerinde gerçekleştirilen deneylere ait bilgiler Tablo 1’de belirtilmiştir.

Tablo 1. Gerçekleştirilen agregaya deneyleri

Deney Adı	Deney Standardı
Agrega Karışımlarının Elek Analizi Tayini	ASTM C136
Taneler Arası Boşluklu Birim Hacim Kütle ve Boşluk Oranı Tayini	ASTM C29
Yoğunluk, Bağlı Yoğunluk ve Su Emme Oranı Tayini (İri Agregaya)	ASTM C 127
Yoğunluk, Bağlı Yoğunluk ve Su Emme Oranı Tayini (İnce Agregaya)	ASTM C 128
Parçalanma Direncinin Tayini (Los Angeles, 500 Devir)	ASTM C 131
Dona Dayanıklılığın Kimyasal Yöntemle Tayini (Na ₂ SO ₄)	ASTM C 88
Metilen mavisi deneyi	TS EN 933-9

0-5 mm, 5-12 mm, 12-25 mm ve 25-40 mm 4 sınıf olarak çeşitlendirilmiş kırma agreganın kirlilik yönünden incelenmesi için gerçekleştirilen metilen mavisi deneyi neticesinde ince agregada 0,75 metilen mavisi değeri (MBV) tespit edilmiştir. Çok ince malzeme içeriği (0,075 mm’den geçen malzeme) %14,1’dir. Özgül ağırlığı 2,77 g/cm³ olan 0-5 mm kırma agreganın su emme değeri %0,9’dur. Bağlı yoğunlukları yaklaşık olarak 2,82 g/cm³ olan 5-12, 12-25 ve 25-40 mm agregaların su emme değerleri sırasıyla %0,2, %0,1 ve %0,1’dir. Dona dayanıklılığın kimyasal yöntem ile tayini (sodyum sülfat) deney sonuçları ise ince agregada (0-5 mm) %4 olarak elde edilirken 5-12, 12-25 ve 25-40 mm anma boyutlarındaki agregaya sınıflarında sırası ile %3, %2 ve %1’dir. Parçalanmaya karşı direnç tayini Los Angeles deneyinde 12-25 mm anma boyut aralığında 100 devirde %8, 500 devirde ise %30 değeri elde edilmiştir.

2.1.1. İnce Agregada Kontrollü Metilen Mavisi Çalışması

Araştırmanın bu kısmında, baraj şantiyesi kaya ocağından temin edilen ve düşük metilen mavisi değerine (0,75) sahip ince agregaya içerisine kontrollü olarak ilave edilen bentonit ve ona karşılık gelen deneysel olarak ölçülen metilen mavisi değerleri elde edilmiştir. SSB üretiminde kullanılan dört sınıf agreganın kütlece dağılımı; %40 oranında ince, %20’si 5-12 mm, %20’si 12-25 mm ve %20’lik kısmı ise 25-40 mm agregadan meydana gelmektedir. Bu agregaya oranı sabit tutularak toplam bağlayıcı miktarı 90 kg/m³, 120 kg/m³ ve 140 kg/m³ olan üç ayrı SSB karışımının hazırlanması amaçlanmıştır. Karışım ‘‘C’’ olarak isimlendirilen, 90 kg/m³ toplam bağlayıcıya sahip dört ayrı tasarımdaki ince agregaya kütlelerinin %0,50’si, %1,00’i ve %1,50 oranında bentonit ilave edilmiş ve ona karşılık gelen metilen mavisi değerleri ölçülmüştür. Tablo 2’de 1 m³ karışımı meydana getiren agregaya ve bentonit miktarları, karışım oranları ve ince agregada ölçülen metilen mavisi değeri gösterilmiştir. Bu tabloda belirtilen toplam bağlayıcı dozajı ve agregaya, bentonit karışım miktarlarını içeren SSB numuneleri üretilerek taze ve sertleşmiş özelliklerine etkisinin tespiti amaçlanmıştır.

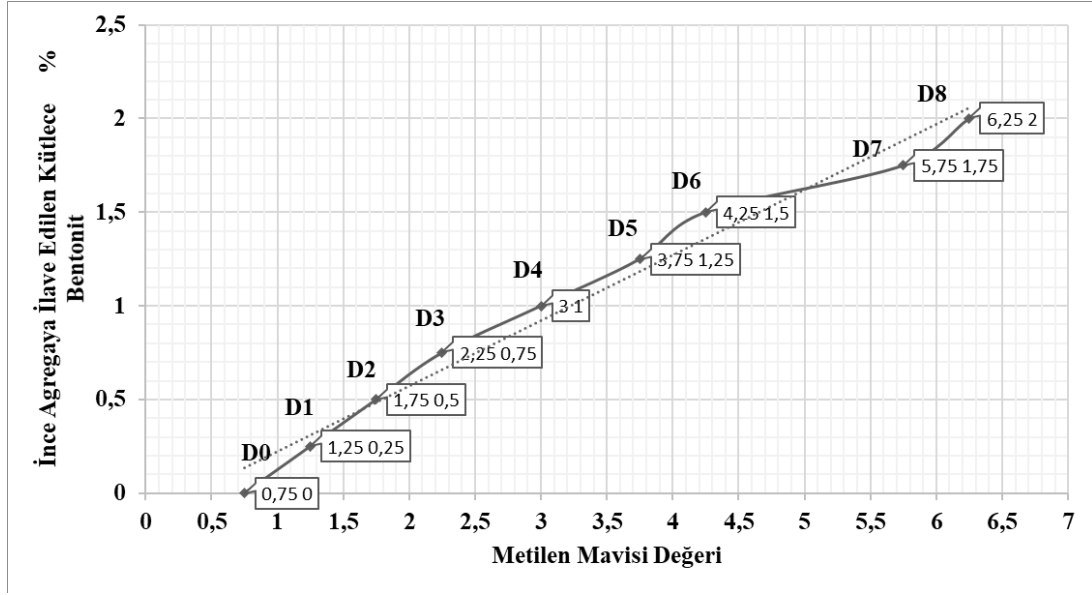
Tablo 2. Karışım grubu C'ye ait agrega, bentonit karışım miktarları ve ince agregada ölçülen metilen mavisi değerleri

SSB Karışım Kodu (Toplam Bağlayıcı 90 kg/m ³)	1 m ³ SSB Agregası Karışım Oranları (%) ve Miktarları (kg) (DKY durumunda)				0-5 mm Agregaya İlave Edilen Bentonit		
	0-5 mm	5-12 mm	12-25 mm	25-40 mm	%	kg	Metilen Mavisi Değeri (MBV)
	%40	%20	%20	%20			
C0	948,9	474,5	474,5	474,5	0	0	0,75
C1					0,50	4,74	1,75
C2					1,00	9,50	3,00
C3					1,50	14,22	4,25

Tablo 3. Karışım grubu D'ye ait agrega, bentonit karışım miktarları ve ince agregada ölçülen metilen mavisi değerleri

SSB Karışım Kodu (Toplam Bağlayıcı 120 kg/m ³)	1 m ³ SSB Agregası Karışım Oranları (%) ve Miktarları (kg) (DKY durumunda)				0-5 mm Agregaya İlave Edilen Bentonit		
	0-5 mm	5-12 mm	12-25 mm	25-40 mm	%	kg	Metilen Mavisi Değeri (MBV)
	%40	%20	%20	%20			
D0	935,7	467,9	467,9	467,9	0	0	0,75
D1					0,25	2,34	1,25
D2					0,50	4,68	1,75
D3					0,75	7,02	2,25
D4					1,00	9,36	3,00
D5					1,25	11,7	3,75
D6					1,50	14,04	4,25
D7					1,75	16,38	5,75
D8					2,00	18,72	6,25

Tablo 3'de ise toplam bağlayıcısı 120 kg/m³ olarak artırılmış 9 adet SSB karışım tasarımını ile Tablo 4'de toplam bağlayıcısı 140 kg/m³ olarak artırılan agrega ve bentonit karışım oran ve miktarları ile ince agregasında kontrollü olarak tespit edilen metilen mavisi değerleri verilmiştir. Karışım grubu D'de farklı bentonit miktarları ince agregaya ilave edildiğinde metilen mavisi değerindeki değişimin daha detaylı tespit edilmesi (Şekil 1) ve ince agregaya ilave edilen bentonit miktarlarının taze SSB parametreleri üzerindeki etkisi (Şekil 2) ile sertleşmiş özelliklerine etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır.



Şekil 1. İnce agregaya ilave edilen kütlece bentonit oranları ile ölçülen metilen mavisi değerlerinin grafiksel gösterimi

Tablo 4. Karışım grubu E'ye ait agrega, bentonit karışım miktarları ve ince agregada ölçülen metilen mavisi değerleri

SSB Karışım Kodu	1 m ³ SSB Agregası Karışım Oranları (%) ve Miktarları (kg) (DKY durumunda)				0-5 mm Agregaya İlave Edilen Bentonit		
	0-5 mm	5-12 mm	12-25 mm	25-40 mm	%	kg	Metilen Mavisi Değeri (MBV)
(Toplam Bağlayıcı 140 kg/m ³)	%40	%20	%20	%20			
E0					0	0	0,75
E1					0,50	4,74	1,75
E2	926,9	463,5	463,5	463,5	1,00	9,50	3,00
E3					1,50	14,22	4,25

2.2. SSB Karışımlarının Üretim Çalışmaları

Agrega karışım oranları belirtilen C, D ve E karışım grupları sırası ile 90 kg/m³, 120 kg/m³ ve 140 kg/m³ toplam bağlayıcı miktarlarını içermektedir. Tablo 5'te görüldüğü üzere toplam bağlayıcı miktarının %50'si CEM I 42,5R çimento ve %50 F sınıfı uçucu külden meydana gelmektedir. Agregaları doygun kuru yüzey halde bulunan (DKY) karışımlardaki karışım suyu miktarı 108,0 kg/m³ olarak belirlenmiş ve sabit tutulmuştur. Toplam bağlayıcı dozajının kütlece %1,5'i oranında priz geciktirici ve orta düzey akışkanlaştırıcı özelliğe sahip kimyasal katkı her bir karışıma ilave edilmiştir. Örneğin karışım E için 1 m³ karışım hacminde 140 kg toplam bağlayıcıya karşılık gelen 2,1 kg ağırlığında kimyasal katkı kullanılmıştır.

Tablo 5. SSB karışım gruplarına ait karışım oranları ve taze haldeki hava içerikleri

SSB Karışım Kodu	Toplam Bağlayıcı Miktarı	Çimento CEM I 42,5 R	F Sınıfı Uçucu Kül	Karışım Suyu Miktarı (DKY)	Priz Geciktirici ve Orta Düzey Akışkanlaştırıcı		Taze Beton Hava İçeriği
	kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³	%	kg/m ³	%
C	90,0	45,0	45,0	108,0	1,5	1,35	1-2
D	120,0	60,0	60,0	108,0	1,5	1,80	1-2
E	140,0	70,0	70,0	108,0	1,5	2,10	1-2

2.3. SSB Tasarımlarında Gerçekleştirilen Taze ve Sertleşmiş Beton Deneyleri

Kontrollü veya önceden belirlenmiş metilen mavisi değerlerine sahip ince agregaların silindire sıkıştırılmış beton tasarımında kullanılması ile taze ve sertleşmiş SSB parametreleri üzerindeki etkisinin ortaya konması ve karışım oranları değiştirildiğinde bu etkideki değişimin gözlemlenmesi için üretilen karışım grubu C, D ve E'ye ait 150x300 mm anma boyutlu silindir SSB numuneleri üretilmiştir. İnce agregadaki metilen mavisi değerlerindeki değişimin ve farklı toplam bağlayıcı dozajlarında üretilen betonlardaki süreksizlik yapısı, dayanım parametreleri, statik ve dinamik elastisite modüllerindeki olası değişimler standart deney yöntemleri ile tespit edilmiştir (Tablo 6).

Tablo 6. Taze ve Sertleşmiş Beton Deneyleri

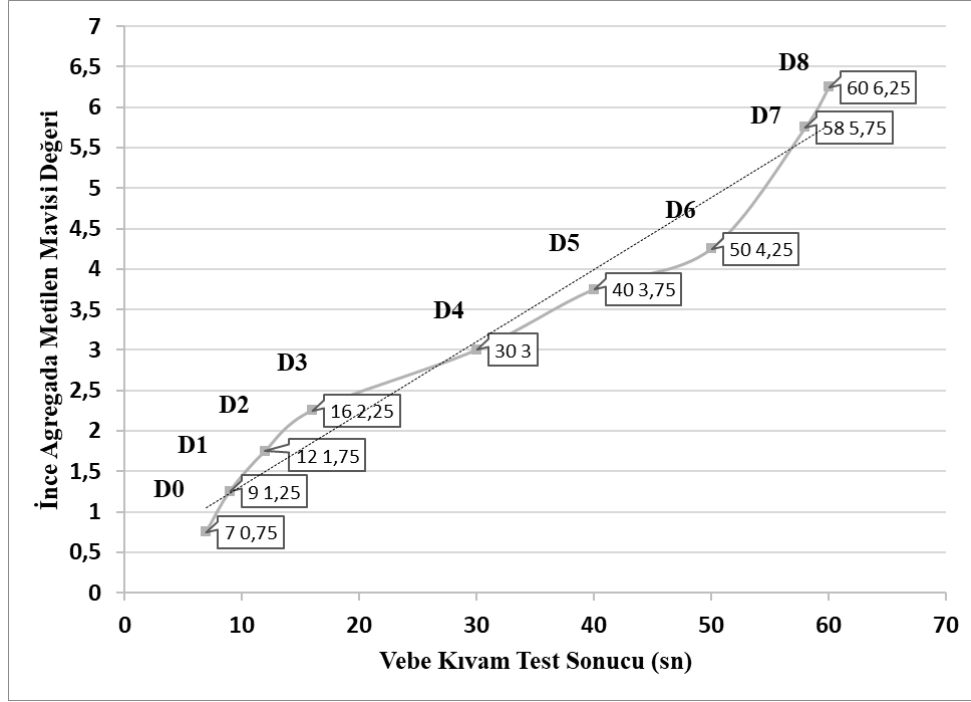
Deney Adı	Deney Standardı
Taze beton deneyleri, vebe deneyi, kıvam tayini	TS EN 12350-3
Silindir kalıplarda SSB yapımı, vebe titreşim tablası	ASTM C1176/1176M
Taze betonda hava içeriğinin tayini	TS EN 12350-7
Sertleşmiş betonda basınç dayanımı tayini	TS EN 12390-3
Sertleşmiş betonda yarmada çekme dayanımı tayini	TS EN 12390-6
Sertleşmiş betonda dinamik elastisite modülü tayini	TS 13632
Sertleşmiş betonda sekant elastisite modülü tayini	TS EN 12390-13
Sertleşmiş betonda ultrasonik atımlı dalga hızı tayini	TS EN 12504-4

Boşluk, segregasyon gibi süreksizliklerin miktarlandırılması amacı ile doğrudan iletim yöntemi ile uygulanan ultrasonik atımlı dalga hızları ölçülmüştür. Bu deneyde 54 kHz rezonans frekansına ve 50 mm temas boyutuna sahip transdüserler kullanılmıştır. Bilindiği gibi, betonun yapısındaki süreksizliklerin azalışı ultrasonik atım hızında artışa sebep olmaktadır.

Sertleşmiş beton numunelerde dinamik elastisite modülü tayininde silindir numunede boyuna dinamik elastisite yöntemi uygulanmıştır. Bu deneyde darbeli rezonans yöntemi uygulanmıştır. Silindir numunelerde boyuna rezonans frekans ölçümlerinde emodumetre cihazı kullanılmış ve sonuçları anlamlandırmaya yarayan deney giriş parametreleri "amplifier gain" 10, "sample rate" 20 kHz, "sample size" 2048, "trigger level" %30 olarak belirlenmiştir. Darbe aparatı olarak sert çelik top ile oluşturulmuş, 20,8 g ağırlığında çekiç kullanılmıştır. SSB numunesi 150x300 mm anma boyutlarındadır.

2.3.1 Taze ve Sertleşmiş Beton Deney Sonuçları ve Değerlendirilmesi

İnce agregaya ilave edilen bentonit miktarı ve ona karşı ölçülen metilen mavisi değerleri ile D grubu taze beton numunelerinde ölçülen vebe kıvam test sonuçları grafiksel olarak Şekil 2’de gösterilmiştir.



Şekil 2. İnce agregada ölçülen metilen mavisi değerleri ile taze betonlardaki vebe kıvam test sonuçlarının gösterimi

İnce agregada ölçülen metilen mavisi değerleri (MBV) ile taze betonlardaki vebe kıvam test sonuçları Şekil 2’de gösterilmiştir. Dışarıdan herhangi bir müdahale bulunmadan, kırma eleme tesisinden elde edilen ince agregada ölçülen MBV değeri 0,75’dir. Bu agrega kullanılarak üretilen numune grubu D’ye ait D0 numunesinde ölçülen vebe süresi 7 sn’dir. MBV değeri arttıkça vebe süresi de artmakta ve metilen 6,25 değerine ulaştığında üretilen taze SSB de suyun azalması ile ölçülen vebe değeri 60 sn civarında ve deney düzeneğinde çok az miktarda çimento pastası gözlemlenmesi sebebi ile vebe > 60 sn biçiminde ifade edilebilir.

Toplam bağlayıcı miktarı 90 kg/m^3 olan, içerisindeki bulundurduğu kil miktarları Tablo 2’de verilen karışım grubu C içerisindeki 4 ayrı tasarımdan (C0, C1, C2, C3) elde edilen silindir numunelerin sertleşmiş beton deneylerine ait sonuçlar Tablo 7’de verilmiştir. Tablo 7, 8 ve 9’da verilen değerler, örneğin karışım kodu C0’a ait basınç dayanımı sonucu bu deney için üretilen 3 adet C0 numunesinden elde edilen basınç dayanım sonucunun aritmetik ortalaması hesaplanarak gösterilmiştir. Her deney için yazılan her bir sonuç, aynı karışım kodu, tasarıma sahip ve aynı karışım kümesinden alınan 3 ayrı numuneden elde edilen sonucun aritmetik ortalamasıdır. Karışım koduna sahip 3 adet sonucun ortalaması alınmadan önce %10’dan fazla sapan değer hesap işlemine alınmamıştır.

Tablo 7. Karışım gurubu C'ye ait 90 günlük sertleşmiş beton deney sonuçları

Silindir SSB (150x300 mm) Karışım, Numune Kodu	Numune Yaşı (Gün)	Kür Şartları	Basınç Dayanımı (MPa)	Yarmada Çekme Dayanımı (MPa)	Ultrasonik Atımlı Dalga Hızı (Doğrusal İletim) (km/s)	Sekant Elastisite Modülü (GPa)	Boyuna Dinamik Elastisite Modülü (GPa)
C0	90	20±2°C Su içerisinde	8,15	1,09	4,49	23,0	42,7
C1			8,10	0,96	4,59	28,0	42,3
C2			7,68	0,98	4,92	30,5	40,8
C3			8,65	0,93	4,50	32,0	41,5

Toplam bağlayıcı miktarı 120 kg/m³ olan, içerisindeki bulundurduğu kil miktarları Tablo 3'de verilen karışım grubu D içerisindeki 9 ayrı tasarımdan (D0, D1, ..., D8) elde edilen silindir numunelerin sertleşmiş beton deneylerine ait sonuçlar Tablo 8'de verilmiştir.

Tablo 8. Karışım gurubu D'ye ait 90 günlük sertleşmiş beton deney sonuçları

Silindir SSB (150x300 mm) Karışım, Numune Kodu	Numune Yaşı (Gün)	Kür Şartları	Basınç Dayanımı (MPa)	Yarmada Çekme Dayanımı (MPa)	Ultrasonik Atımlı Dalga Hızı (Doğrusal İletim) (km/s)	Sekant Elastisite Modülü (GPa)	Boyuna Dinamik Elastisite Modülü (GPa)
D0	90	20±2°C Su içerisinde	12,73	1,70	4,77	34,3	48,5
D1			14,37	1,76	3,82	40,4	49,8
D2			13,35	1,71	4,76	36,5	49,9
D3			14,32	1,78	4,88	34,2	48,9
D4			13,39	1,74	5,03	36,0	47,9
D5			13,74	1,91	4,74	32,0	45,5
D6			14,37	1,74	4,56	35,5	42,2
D7			13,76	1,81	4,69	31,3	51,2
D8			9,43	1,32	2,72	26,2	33,2

Toplam bağlayıcı miktarı 140 kg/m³ olan, içerisindeki bulundurduğu kil miktarları Tablo 4'de verilen karışım grubu E içerisindeki 4 ayrı tasarımdan (E0, E1, E2, E3) elde edilen silindir numunelerin sertleşmiş beton deneylerine ait sonuçlar Tablo 9'da verilmiştir.

Tablo 9. Karışım gurubu E'ye ait 90 günlük sertleşmiş beton deney sonuçları

Silindir SSB (150x300 mm) Karışım, Numune Kodu	Numune Yaşı (Gün)	Kür Şartları	Basınç Dayanımı (MPa)	Yarmada Çekme Dayanımı (MPa)	Ultrasonik Atımlı Dalga Hızı (Doğrusal İletim) (km/s)	Sekant Elastisite Modülü (GPa)	Boyuna Dinamik Elastisite Modülü (GPa)
E0	90	20±2°C Su içerisinde	18,35	2,28	5,28	48,0	51,5
E1			19,38	2,43	5,13	43,2	52,1
E2			21,06	2,28	5,01	43,6	51,3
E3			17,92	2,54	4,96	39,8	50,53

Sırası ile 90, 120 ve 140 kg/m³ toplam bağlayıcı dozajlarında üretilen numune grupları C, D, ve E'den elde edilen numuneler üzerindeki sertleşmiş beton deneyleri sonucuna bakıldığında (Tablo 7, 8 ve 9) metilen değeri 4,25'e kadar olan ince agregaya ile üretilen taze beton grubu C ve E'de dayanım, süreksizlik ve elastik modülü değerleri bakımından önemli bir değişiklik gözlemlenmemiştir. Numune grubu D'de metilen değeri 5,75 değerini aştığında ise (D8) sertleşmiş beton numuneleri içerisindeki süreksizlikler önemli ölçüde artış göstermiş, dayanım ve elastik modüllerde ise belirgin bir düşüş görülmüştür.

3. SONUÇ

Farklı toplam bağlayıcı dozajları ve farklı metilen değerlerine sahip ince agregalar kullanılarak, sabit beton karışım suyu miktarı, sabit agregaya ve kimyasal katkı karışım oranları ile üretilen betonlarda yalnızca ince agregadaki metilen mavisini değeri ve toplam bağlayıcı miktarındaki değişim ile SSB'de taze ve 90 günlük sertleşmiş beton parametreleri bakımından değişimin gözlemlenmesi amaçlanmıştır. Araştırma çalışmasında metilen mavisini değeri veya ona karşılık gelen bentonit yüzdesinin Ve-Be değerini doğrudan etkilediği ve 3,75 değeri aşıldığında ise 40 sn Ve-Be değerinin üzerine çıktığı ve bu durumun taze SSB'de işlenebilirlik ve kıvam parametrelerinin sağlanmasını güçleştirdiği tespit edilmiştir.

SSB mekanik özelliklerindeki olası değişimlerin değerlendirilmesi amacı ile elde edilen deney sonuçları her bir numune veya karışım kodu için deney başına 3 adet silindirik numune kullanılarak elde edilmiştir. %10'dan fazla sapan değer bir deney sonucu aritmetik ortalama hesabında işleme katılmaması sebebi ile kararlı deney sonuçları üzerinden değerlendirme yapılabilmektedir. Bu değerlendirme kısaca; SSB'de gerçekleştirilen çalışmalara ait sonuçlar sertleşmiş beton parametreleri bakımından incelendiğinde ince agregada 5,75 metilen değerine kadar basınç dayanımı, yarmada çekme dayanımı gibi dayanım parametrelerinde önemli bir değişim gözlemlenmemiştir. Sertleşmiş beton yapısındaki süreksizlikler hakkında bilgi veren doğrudan iletim yöntemi ile uygulanan ultrasonik atımlı dalga hızı değerlerinde de belirgin bir değişim gözlemlenmemiş, numune doğal rezonans frekansları ve dolayısı ile boyuna dinamik elastisite modülü değerlerinde de aynı durum söz konusudur. Sekant elastisite modülü değerinin de bu seviyeye kadar etkilenmediği anlaşılmıştır.

Fakat üç farklı karışım tasarımında da SSB'yi meydana getiren ince agreganın sahip olduğu metilen mavisini değeri 6,25 değerine ulaştığında SSB'nin sertleşmiş parametreleri üzerinde büyük ölçüde olumsuz etkisinin olduğu deney sonuçlarından anlaşılmıştır. 90 gün boyunca su içerisinde 20 ± 2 °C standart kür koşullarından çıkarılan numunelerde ufalanma ve parçalanmalar tespit edilmiştir.

Kaynaklar

1. Higgs, Nelson B. "Preliminary studies of methylene blue adsorption as a method of evaluating degradable smectite-bearing concrete aggregate sands." Cement and concrete research 16.4 (1986): 525-534.

2. Hills, J. F., and G. S. Pettifer. "The clay mineral content of various rock types compared with the methylene blue value." *Journal of Chemical Technology and Biotechnology. Chemical Technology* 35.4 (1985): 168-180.
3. Sriharsha V. Aradhya, Michael Frei, Mark S. Hybertsen, L. Venkataraman. Van der Waals interactions at metal/organic interfaces at the single-molecule level
4. Anal K. Mukhopadhyay, Brandon Pitre, Andrew Russell, Edith Arambula, Cindy Estakhri, and Youjun Deng, "Treatments For Clays In Aggregates Used To Produce Cement Concrete, Bituminous Materials, And Chip Seals" Technical Report 0-6444, Texas A&M Transportation Institute College Station, Texas 77843-3135.
5. Neeraj Kumari, Chandra Mohan, "Basics of Clay Minerals and Their Characteristic Properties", 2021
6. Stapel, E. E., and P. N. W. Verhoef. "The use of the methylene blue adsorption test in assessing the quality of basaltic tuff rock aggregate." *Engineering geology* 26.3 233-246, 1989.
7. Kirthika, S. K., M. Surya, and S. K. Singh. "Effect of clay in alternative fine aggregates on performance of concrete." *Construction and Building Materials* 228 (2019): 116811.
8. Yool, A. I. G., T. P. Lees, and A. Fried. "Improvements to the methylene blue dye test for harmful clay in aggregates for concrete and mortar." *Cement and concrete research* 28.10 (1998): 1417-1428.