

İnce Agregalarda Yapılan Metilen Mavisi ve Kum Eşdeğerliği Deney Sonuçlarının Beton Özelliklerine ve Maliyetine Etkisi

Beton 2011 Kongresi'nden

Hakan Özbebek¹

Hasan Açıık²

Özet

Beton agregalarından ince kum içinde bulunan 0,063 mm elek altı çok ince malzeme (kil, silt ve çok ince taş unu) içeriği ve kalitesi beton kalitesi açısından büyük önem taşımaktadır. Günümüzde, kum-çakıl ocaklarından yıkanmış-elenmiş doğal agrega temini yok denecek kadar azalmış olup, çoğunlukla beton agregası olarak taş ocaklarından temin edilen kırılmış-elenmiş kırmataş agregaları kullanılmaktadır. Kırmataş agrega üretiminde, özellikle yıkama tesisi bulunmayan konkasörlerden elde edilen ince agregaların betonda kullanılmasında çok ince malzeme kalitesinin (0,063 mm göz açıklıklı elekten geçen agrega tane sınıfı) büyük önemi vardır. Agregalarda 0,063 mm elek altı çok ince malzemeler agrega içinde ince halde dağılmış veya topaklar halinde veya agrega tanelerine yapışık olarak bulunabilirler. Bu malzemeler genellikle kil, silt ve çok ince taş unudur. TS 706 EN 12620 standardında ince agreganın içinde bulunan çok ince malzeme muhtevasının %3'den az olması halinde ince malzeme zararsız kabul edilmekte, çok ince malzemenin %3'ün üzerinde olması halinde ise TS EN 933-9 Metilen Mavisi deneyi veya TS EN 933-8 Kum Eşdeğerliği deney sonuçlarının belirlenen sınır değerlerini sağlaması istenmektedir. Bu sınır değerlerin yapılacak beton performans testleri ile oluşturulması gerekir. Bu bildiriye yapılan deneysel çalışma ile farklı Metilen Mavisi ve Kum Eşdeğerliğine sahip ince agregalarla yapılan betonlarda, ince malzeme kalitesinin beton performans testlerinden; beton basınç ve çekme dayanımlarına, beton priz sürelerine, beton geçirimsizliğine ve betonun hammadde maliyetlerine etkisi incelenmiştir.

¹ OYAK Beton San. Tic. A.Ş., Adana, hakan.ozbebek@oyakbeton.com.tr ² OYAK Beton San. Tic. A.Ş., Adana, hasan.acik@oyakbeton.com.tr

Anahtar sözcükler: Metilen Mavisi, Kum Eşdeğerliği, İnce Agregası,

GİRİŞ

Kaliteli beton elde etmenin en önemli şartlarından biri, üretimde kullanılan girdi malzemelerin standartlara uygunluğudur. Hazır beton üretiminde kullanılan girdi malzemeler için kalite planları hazırlanmalı, kabul kriterleri oluşturulmalıdır. Beton girdi malzemelerinden agregalar için TS 706 EN 12620 Beton Agregaları standardında belirtilen geometrik, fiziksel ve kimyasal şartlar için kabul kriterlerinin oluşturularak plan dahilinde agregaların gerekli kontrollerinin ve takibinin yapılması gerekmektedir.

Agregaları, boyutlarına göre ince agrega (kum), iri agrega (çakıl) ve tüvenan (karışık) agrega olmak üzere üç sınıfa ayırmak mümkündür. İnce agrega doğal kum, kırma kum (ince mıcır) veya bunların karışımından elde edilen ve 4 mm göz açıklıklı kare gözlü elekten geçen agregalardır. İnce agrega taneleri sert ve sağlam olmalı, kil, silt, mil ve toz gibi beton dayanımını ve aderansı olumsuz etkileyen zararlı maddeler içermemelidir. Bu anlamda kum içinde bulunan 0,063 mm elek altı yıkanabilir maddelerin (kil, silt ve çok ince taş unu) içeriği ve kalitesi beton kalitesi anlamında büyük önem taşımaktadır. TS 706 EN 12620 standardında ince agreganın içinde bulunan çok ince malzeme muhtevasının %3'den az olması halinde ince malzeme zararsız kabul edilmekte, çok ince malzemenin %3'ün üzerinde olması halinde ise TS EN 933-9 Metilen Mavisi deneyi veya TS EN 933-8 Kum Eşdeğerliği deney sonuçlarının belirlenen sınır değerlerini sağlaması istenmektedir. Standartta bu deneylerin limit değerleri belirtilmemiştir ancak, yapılacak beton performans testleri ile oluşturulacak sınır değerlerin agrega girdi malzeme kalite planlarına kabul kriteri olarak konulması gerekmektedir.

1.1 Taş Ocaklarında Kırma Kum Üretimi

Kırmataş agregaları kullanılan hazır beton tesislerinde üretilen betonların işlenebilir ve pompalanabilir beton olması için kırma kumun dağılımında 0,25 mm elek altı filler malzeme olarak kabul ettiğimiz malzemenin yeterli miktarda olması istenir. Filler malzemesindeki artış ihtiyacı beraberinde 0,063 mm elek altı ince malzeme miktarını da arttırmakta ve miktarı yaklaşık olarak filler malzemenin yarısı kadar olmaktadır. İşletme açısından kumdaki ince madde miktarının artması işlenebilirlik ve pompalamayı kolaylaştırmakta ancak kırma kumdaki filler malzemenin artışıyla birlikte kırma kum kalitesinin çok iyi takip edilmesi gerekmektedir. Konkasör tesislerinde tekniğine uygun üretim yapılmaması halinde kırma kum içerisindeki ince madde miktarı kil, silt gibi zararlı malzemelerle birlikte artmakta ve kırma kum kalitesini bozmaktadır. Agregada ocağındaki çökel kaya tabakaları arasında olabilecek kil bantlarının kırılan kayalardan ayırmadan doğrudan kırıcılara verilmesi sonucunda by-pass diye adlandırdığımız topraklı malzeme içindeki kil, silt gibi zararlı maddeler ince dağılmış olması sebebiyle kırma kuma karışabilmektedir [2].

Bu sebeple konkasör işletmelerinin bilinçli bir şekilde hazır betonda kullanılacak agregayı üretmeye yönelik, işletmelerini dizayn etmesi, ocaktan gelen malzemede toprağı kayaçtan ayıracak ön elek sistemlerini kurması ve ocak sahalarında alacağı ilave tedbirler ile kil, silt gibi istenmeyen malzemelerin kırma kuma karışması önlenmelidir. Özellikle kış aylarında yağışlarında etkisiyle, kil silt gibi malzemelerin kayaçlara yapışık halde konkasöre gelmesi önlenmeli, yağışlı dönemlerde taş ocağında önceden hazırlığı yapılmış temiz sahalar da çalışma yapılmalı ve önceden stoklanmış temiz balast kayalar kırılmalıdır.

1.2 Kilin Tanımı

Kil, su tutma ve iyon değiştirme güçleri yüksek olan, parçacık

EFFECT OF METHYLENE BLUE TEST AND SAND EQUIVALANCE TEST RESULTS ON CONCRETE PERFORMANCE AND CONCRETE COSTWISE

Through the concrete aggregates, content and quality of very fine material passing 0,063 mm sieve (clay, silt or very fine stone dust) found in fine sand, have great importance from the point of concrete quality. Nowadays, as well as supplying washed-sieved natural aggregate from the sand-gravel quarry is almost non-existing, crushed-sieved crushed stone aggregates supplied from stone quarries are mostly used as concrete aggregates. In the production of crushed stone aggregate, using fine aggregates in the concrete, particularly achieved from the crushers which don't have sand washing plant, the quality of very fine material (the aggregate size passing 0,063 mm sieve) have great importance. Undersize 0,063 mm sieve washable materials can be found in the aggregate as scattered in the fine form or as lumps or adherent to aggregate grains. Generally these materials are clay, silt or very fine stone dust. TS 706 EN 12620 standard, a very fine material in fine aggregate contents of less than %3 in the case of thin material is considered harmless, in the case of having very fine material content above %3, it is in demand that TS EN 933-9 Methylene Blue test or TS EN 933-8 Sand Equivalent tests ensure the specified limit values. These limit values must be constituted by concrete performance tests. In this report, by experimental studies performed with concrete having aggregates with different methylene blue and sand equivalent values, it is examined the effects of the quality of fine material on concrete compressive-tensile-flexural strengths among the concrete performance tests, setting times, permeability and cost of concrete raw materials.

boyutu 0,02 mm'nin altında tabakalı ya da lifli yapıdaki hidratlaşmış alüminyum ya da magnezyum silikatlar olarak adlandırılmaktadır. Kil minerallerinin aktiviteleri karakteristik yapılarına bağlıdır. Bazı kil türlerinin nispeten etkisiz olduğu ve agregada performansını etkilemediği ancak farklı türlerinin küçük miktarlarda olsa bile agregaların performansını önemli ölçüde etkilediği, neme karşı duyarlı oldukları ve genleşebildikleri bilinmektedir [1].

1.3 Kil ve Silt İhtiva Eden Agregaların Betonda Kullanılmasının Sakıncaları

- Kil ve siltin beton agregasında bulunması iri agregada ve çimento hamuru arasındaki aderansı zayıflatır.
- Agreganın özgül yüzey miktarını artırır. Bunun sonucunda beton için gerekli karma suyu miktarı yani su/çimento (W/C) oranı büyür. Dolayısıyla dayanıklılık ve dayanım yönünden zayıf bir beton elde edilir.
- Kil ve siltin önemli özelliklerinden birisi de su tutma (emme) kabiliyetinin yüksek olmasıdır. Kil ve silt su emme sonucunda hacim genişlemesine neden olur ve büzülmenin meydana getireceği çekme gerilmelerine sebep olur.

- Çimento ile reaksiyona girerek aderansı önler, hidratasyonu ve prizi geciktirir. Bunun yanında kil, mil ve silt oranının az miktarları betonun işlenebilirliğini ve su geçirmezliğini arttırmalar. Olumsuz etkileri nedeniyle mümkün olduğu kadar az bulunmaları tercih edilir.

1.4 Kırma Kum Kalitesinin Belirlenmesi

Kırma kumdaki çok ince malzeme miktarı, kırma kumun 0,063 mm kare gözlü elekten yıkanarak elenmesi sonucu % cinsinden hesaplanır. Bulunan sonuçtan çoğu zaman kirlilik diye bahsedilir ancak çok ince malzeme içinde kil, silt ile birlikte taşın kendi tozu olan taş unu da olabileceğinden bu sonucun az veya çok olması kırma kumun temiz veya kirliliği hakkında bilgi vermez sadece fiziksel bir tanımlama yapmamızı sağ-

lar. Kırma kum kalitesi belirlenmesinde TS EN 933-9 Metilen Mavisi veya TS EN 933-8 Kum Eşdeğerliği deney sonuçları belirleyici olmakta, bu sonuçlar 0,063 mm elek altı çok ince malzeme içindeki kil, silt içeriği hakkında yorum yapmamızı sağlamaktadır.

1.5 Metilen Mavisi Deneyi (TS EN 933-9)

Metilen mavisi boyası, kil minerallerinin negatif yüklü yüzeyleri üzerinde tutunan (adsorblanan) geniş polar organik bir moleküldür ve suda yüksek çözünürlüğe sahiptir[1]. Metilen mavisi boyası katyon değişimi ile kil mineralleri yüzeyinde tutunur ve her bir kil grubunun farklı katyon değiştirme kapasitesi vardır. Kilin katyon değiştirme kapasitesi değeri aşıldığı zaman, fazla metilen mavisi yüzeyde tutulamaz. Yüzeyde tutunabilen metilen mavisi boyasını tespiti yönelik olan bu deney, metilen mavisi boyasının 5 ml'lik çözeltiler halinde standartta belirtilen miktarlarda hazırlanan deney numunesi (0-2mm) ve su karışımı olan süspansiyona karıştırılarak ilave edilmesi ve her bir ilave edilişten sonra süzgeç kağıdına bir leke deneyi yaparak, serbest boyanın varlığının belirlenmesi metoduna göre yapılır (Şekil - 1).

Metilen mavisi deney sonucu sayısal bir değer olarak aşağıdaki denklemlerle hesaplanır.

$$MB = [(V1 - V) / M1] \times 10$$

V1 : Toplam verilen metilen mavisi boya miktarı (ml)

V : Deneyde kaolinit kullanılması halinde, kaolinitin adsorblayacağı boya miktarı (ml)

M1: 0-2 mm aralığında kurutulmuş deney numunesi ağırlığı (gr)

Kil mineralleri arttıkça, adsorblanan boya miktarı artmakta ve metilen mavisi (MB) değerini arttırmaktadır. MB değeri arttıkça malzeme içindeki kil ve silt miktarı fazla, MB değeri azaldıkça kil ve silt miktarı az diyebiliriz.

Metilen mavisi deneyi zararlı kil minerallerinin miktarı hakkında bilgi verir, fakat kil minerallerinin cinsini belirleyemediğinden zarar verme oranlarını belirleyemez[1].



Şekil 1 - Metilen Mavisi Deneyinde Yapılan Leke Deneyi

1.6 Kum Eşdeğerliği Deneyi (TS EN 933-8)

Kum eşdeğerliği deneyi ile ince agregadaki kil, silt oranı hızlıca belirlenebilmektedir. Bu deneyde 0-2 mm aralığındaki kuru deney numunesinin silindirik bir tüp içinde standartta belirtilen miktar ve şartlarda çalkalanarak kil parçacıklarının kumdan tamamen ayrılması sağlanmaktadır. Sonrasında kalsiyum klorür, gliserin ve formaldehitten oluşan yıkama solüsyonu ilavesi ile kilin askıda kalması sağlanarak yapılan yükseklik ölçümlerinde kum yüksekliğinin kum+askıda kalan ince malzeme yüksekliğine oranı bize kum eşdeğerliği sonucunu vermektedir.

Kum eşdeğerliği deney sonucu sayısal bir değer olarak aşağıdaki denklemlerle hesaplanır.

$$SE = 100(h2/h1)$$

h2 : kumun yüksekliği

h1 : kum+askıda kalan ince malzeme yüksekliği

SE değeri arttıkça malzeme içindeki kil ve silt miktarı azalmakta, SE değeri azaldıkça kil ve silt miktarı artmaktadır.

Metilen mavisi ve kum eşdeğerliği yaptığımız bazı deneysel çalışmalar sonucunda kırma kumun kum eşdeğerliği sonucunun tatminkar olduğu halde, metilen mavisi kriteri bakımından yetersiz olduğu ve zararlı kil içerdiği tespit edilmiştir. Bu nedenle çalışmalarda her iki testin de yürütülmesi ancak kabul kriterlerinin metilen mavisi sonuçlarına göre oluşturulması gerektiğini söyleyebiliriz.

2. DENEYSEL ÇALIŞMA

2.1 Amaç

Bu çalışmada, aynı kaynaktan ve aynı kırma eleme tesisinden elde edilen farklı metilen mavisi ve kum eşdeğerliğine sahip ince agrega ve iri agregalar kullanılarak laboratuvarda yapılan betonlarda ince malzeme kalitesinin betonun kıvam kayıplarına, priz sürelerine, betonun basınç ve çekme dayanımlarına, beton geçirimsizliğine ve betonun hammadde maliyetlerine etkisi incelenmiştir.

2.2 Deneylerde Kullanılan Malzemeler

Laboratuvarda yapılan deneysel çalışmalar süresince kullanılan tüm malzemelerden yeterli miktarlar temin edilmiş ve hep bu malzemeler kullanılmıştır. Kullanılan malzemeler ve özellikleri aşağıda belirtilmiştir.

2.2.1 Çimento

Çalışmalarda, TS EN 197-1'e uygun olarak Adana Çimento San. ve Tic. A.Ş. Adana tesisinde üretilen Cem I 42,5R Portland Çimentosu kullanılmıştır. Kullanılan çimentonun kimyasal ve fiziksel özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1 - Deneysel çalışmalarda kullanılan Cem I 42,5R çimento'nun kimyasal ve fiziksel özellikler

Özellikler	Cem I 42,5R
Kızdırma Kaybı (%)	1,64
SO ₃ (%)	2,82
CI (%)	0,0078
Çözünmeyen Kalıntı (%)	0,34
2 Günlük Basınç Dayanımı (Mpa)	27,5
7 Günlük Basınç Dayanımı (Mpa)	39,2
28 Günlük Basınç Dayanımı (Mpa)	51,6
Priz Başlangıcı (Dak)	155
Priz Sonu (Dak)	217
Hacim Genleşmesi (mm)	1
Özgül Ağırlık (gr/cm ³)	3,16
Özgül Yüzey (cm ² /gr)	3220

2.2.2 Agregalar

Çalışmaların tamamında aynı kaynaktan ve aynı kırma eleme tesisinden elde edilen %100 Kireçtaşı kırma kumu ve kırma taşa agregaları kullanılmıştır. Çalışmalarda farklı MB, SE değerlerine sahip 5 farklı kırma kumu kullanılmış olup Çizelge 2'de verilmiştir.

Kullanılan kırma kumlar; MB=0,25, SE=74 olan referans kırma kumu (KKUM1) ve aynı kaynaktan aynı agregaya kırma eleme tesisinde by-pass hattından alınan 0-15 mm kil+silt+agrega karışımı malzemenin laboratuvarında 4 mm elekten elenerek hazırlanan MB=3,0, SE=44 olan 0-4 mm kırma kumu (KKUM0), referans KKUM1 malzemesine Çizelge - 2'de belirtilen karışım oranlarından karıştırılarak elde edilen farklı MB, SE değerlerine sahip kırma kumlarıdır.

Bu şekilde belirli oranlarda kirli malzemenin (KKUM0), temiz malzemeye (KKUM1) karıştırılmasıyla istenilen MB ve SE değerlerine sahip kırma kumları elde edilmiştir. Elde edilen kırma kumlarında kirlilik faktörü haricinde tane sağlamlığı ve tane şekli parametrelerinin aynı olması sağlanmıştır.

Çizelge 2 - Deneysel çalışmalarda kullanılan farklı MB, SE değerlerine sahip kırma kumu elde etmek için yapılan karışım oranları

Deney Adı	(Birimi)	Deneyde Kullanılan Farklı MB, SE değerlerine sahip (0-4mm) KKUM					
		KKUM0	KKUM1	KKUM2	KKUM3	KKUM4	KKUM5
Karışım Oranları	(Birimi)						
(%KKUM0+%KKUM1)	%	(100+0)	(0+100)	(13+87)	(31+69)	(48+52)	(65+35)
Metilen Mavisi Deneyi	MB=	3,00	0,25	0,50	1,00	1,50	2,00
Kum Eşdeğerliği Deneyi	SE=	44	74	68	64	60	55

Çalışmada kullanılan farklı metilen mavisi ve kum eşdeğerliğine sahip kırma kumlarının fiziksel özellikleri Çizelge 3'te, iri agregaların fiziksel özellikleri ise Çizelge 4'te verilmiştir. Agregaların kullanım oranları, işlenebilir ve pompalanabilir beton esas alınarak tespit edilmiş ve yapılan tüm çalışmalarda sabit tutulmuştur.

Çizelge 3 - Deneysel çalışmalarda kullanılan farklı MB, SE değerlerine sahip (0-4mm) kırma kumlarının (KKUM) fiziksel özellikleri

Deney Adı	(Birimi)	Farklı MB, SE değerlerine sahip (0-4mm) (KKUM)					
		KKUM0	KKUM1	KKUM2	KKUM3	KKUM4	KKUM5
Metilen Mavisi Deneyi	MB	3,00	0,25	0,50	1,00	1,50	2,00
Kum Eşdeğerliği Deneyi	SE	44	74	68	64	60	55
Tane Yoğunluğu Deneyi	gr/cm ³	2,57	2,65	2,64	2,63	2,61	2,60
Su Emme Oranı Tayini	%	3,77	1,51	1,71	1,97	2,58	2,76
Gevşek Birim Ağırlık	gr/cm ³	1,63	1,53	1,56	1,59	1,60	1,62
Agrega Organik Madde		sarı	renk yok	renkyok	renk yok	az açık sarı	açık sarı

Çizelge 3 devam

Deney Adı	Farklı MB, SE değerlerine sahip (0-4mm) (KKUM)						
		KKUM0	KKUM1	KKUM2	KKUM3	KKUM4	KKUM5
Agrega Tane Dağılımı ve İnce Madde Miktarı (% Geçen)							
	(Elek Boyutu)						
	31,5 mm	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	22,4 mm	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	19 mm	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	16 mm	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	12,5 mm	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	8 mm	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	4 mm	94,8	97,7	96,9	97,6	96,1	96,5
	2 mm	64,9	80,7	76,5	78,4	73,2	75,6
	1 mm	46,2	51,8	49,0	51,8	49,8	53,9
	0,5 mm	38,4	30,7	30,9	33,7	34,3	38,6
	0,25 mm	31,0	19,5	20,7	23,1	24,7	28,7
	0,125 mm	24,5	12,8	14,0	16,5	18,4	21,9
	(İnce Madde Miktarı) 0,063 mm	18,9	9,6	10,5	12,7	14,2	16,5
	İncelik Modülü	3,00	3,10	3,10	3,00	3,00	2,80

Çizelge 4 - Deneysel çalışmalarda kullanılan iri agregaların fiziksel özellikleri

Deney Adı		1 NO	2 NO
		(4-12,5mm)	(12,5-22,4mm)
	(Birimi)		
Tane Yoğunluğu Deneyi	gr/cm ³	2,72	2,73
Su Emme Oranı Tayini	%	0,82	0,66
Gevşek Birim Ağırlık	gr/cm ³	1,43	1,47
0,063 mm den geçen İnce Madde Miktarı	%	0,5	0,4
İncelik Modülü		6,70	7,50

2.2.3 Kimyasal katkı

TS EN 934-2, Çizelge 11.1 ve 11.2 özelliklerine uygun modifiye polikarboksilat esaslı yüksek performanslı hiper akışkanlaştırıcı beton katkısı kullanılmıştır.

2.2.4 Yapılan deneyler

Farklı metilen mavisi ve kum eşdeğerliğine sahip ince agregalar kullanılarak yapılan beton çalışmalarını 3 grup altında toplayabiliriz;

1.Grup - Değişken W/C oranında (Çimento dozajı=sabit, karışım suyu=değişken, katkı miktarı=sabit,) yapılan çalışmalar Bu çalışmada 20±2 cm hedef kıvam için, kırma kumda kirlilik arttıkça su ihtiyacı artmıştır. İhtiyacı olan suyu betona vermek suretiyle değişen W/C oranlarında referans betona göre taze beton ve sertleşmiş beton özellikleri tespit edilmiştir.

2.Grup - Sabit W/C oranında (Çimento dozajı=sabit, karışım suyu=sabit, katkı miktarı=sabit,) yapılan çalışmalar Bu çalışmada hedef kıvam gözetmeksizin, kırma kumda kirlilik arttıkça kıvamlar (slump) düşmüş, numuneler kıvamı düşen betonlardan alınmıştır. Alınan numunelerin sıkıştırma işlemleri vibratör masasında yapılmış, W/C oranları değişmeyen çalışmalarda referans betona göre taze beton ve sertleşmiş beton özellikleri tespit edilmiştir.

3.Grup - Sabit W/C oranında (Çimento dozajı=sabit, karışım suyu=sabit, katkı miktarı=değişken) yapılan çalışmalar

Bu çalışmada, kırma kumda kirlilik arttıkça kıvamlar düşmüş düşen kıvamları 20 ± 2 cm hedef kıvama çıkarmak için yeniden kimyasal katkı ilavesi (redoz) yapılmıştır. W/C oranları değişmeyen çalışmalarda referans betona göre taze beton ve sertleşmiş beton özelliklerine bakılmış ve ilave edilen katkı miktarına göre artan maliyetler hesaplanmıştır.

3 Grupda yapılan deneyler;

- Taze betonlarda 0. dakikada slump, beton sıcaklığı (25-27 °C), beton hava içeriği deneyleri yapılmıştır.
- 0. dakikada taze beton 15x15x15 cm küp numune kalıplarına alınarak 16 saat, 3gün, 7gün, 28gün beton basınç dayanımlarına bakılmış, 28 günlük numunelerde beton yarmada çekme, 15x15x60 cm kiriş numune kalıplarına alınan betonlarda ise eğilmede çekme dayanımlarına bakılmıştır.
- Alınan 28 günlük numunelerde basınç altında su işleme derinliğinin tayini (TS EN 12390-8) deneyleri yapılmış, 24 saat etüv kurusu hale getirilen numunelerde su absorpsiyon oranı tayin edilmiştir.
- Sadece 1.Grupda 30., 60. dakika sonundaki beton kıvam kayıpları ve beton priz başlangıç-sonu deneyleri yapılmıştır.

Çalışmalarda kullanılan dizaynlardaki malzeme karışım miktarları ve oranları Çizelge 5, Çizelge 6 ve Çizelge 7'de verilmiştir.

Çizelge 5 - 1.Grup - Değişken W/C oranında (Çimento dozajı=sabit, karışım suyu=değişken, katkı miktarı=sabit,) yapılan çalışmaların karışım dizaynları

No	Karışımlar (Farklı MB-SE değerlerine sahip k.kumlarla yapılan karışımlar)	Çimento Cinsi (CEMI 42,5R) Dozaj (Kg)	W/C	K.Katkı Cinsi Kullanım %'si		Agrega Kullanım %'si (KKUM'lar tabloda K diye ifade edilmiştir)						
				Cinsi	%	K1	K2	K3	K4	K5	1N0	2N0
1	MB=0,25 SE=74	325	0,50	H.Akış.	0,9	57					20	23
2	MB=0,50 SE=68	325	0,55	H.Akış.	0,9		57				20	23
3	MB=1,00 SE=64	325	0,60	H.Akış.	0,9			57			20	23
4	MB=1,50 SE=60	325	0,65	H.Akış.	0,9				57		20	23
5	MB=2,00 SE=55	325	0,70	H.Akış.	0,9					57	20	23

Çizelge 6 - 2.Grup Sabit W/C oranında (Çimento dozajı=sabit, karışım suyu=sabit, katkı miktarı=sabit,) yapılan çalışmaların karışım dizaynları

No	Karışımlar (Farklı MB-SE değerlerine sahip k.kumlarla yapılan karışımlar)	Çimento Cinsi (CEMI 42,5R) Dozaj (Kg)	W/C	K.Katkı Cinsi Kullanım %'si		Agrega Kullanım %'si (KKUM'lar tabloda K diye ifade edilmiştir)						
				Cinsi	%	K1	K2	K3	K4	K5	1N0	2N0
1	MB=0,25 SE=74	325	0,50	H.Akış.	0,9	57					20	23
2	MB=0,50 SE=68	325	0,50	H.Akış.	0,9		57				20	23
3	MB=1,00 SE=64	325	0,50	H.Akış.	0,9			57			20	23
4	MB=1,50 SE=60	325	0,50	H.Akış.	0,9				57		20	23
5	MB=2,00 SE=55	325	0,50	H.Akış.	0,9					57	20	23

Çizelge 7 - 3.Grup Sabit W/C oranında (Çimento dozajı=sabit, karışım suyu=değişken katkı miktarı=sabit) yapılan çalışmaların karışım dizaynları

No	Karışımlar (Farklı MB-SE değerlerine sahip k.kumlarla yapılan karışımlar)	Çimento Cinsi (CEMI 42,5R)	W/C	K.Katkı Cinsi Kullanım %'si		Agrega Kullanım %'si (KKUM'lar tabloda K diye ifade edilmiştir)									
				Cinsi	%	K1	K2	K3	K4	K5	1NO	2NO			
		Dozaj (Kg)													
1	MB=0,25 SE=74	325	0,50	H.Akış.	0,9	57								20	23
2	MB=0,50 SE=68	325	0,50	H.Akış.	1,1		57							20	23
3	MB=1,00 SE=64	325	0,50	H.Akış.	1,3			57						20	23
4	MB=1,50 SE=60	325	0,50	H.Akış.	2,1				57					20	23
5	MB=2,00 SE=55	325	0,50	H.Akış.	3,0							57		20	23

Yapılan çalışmaların sonuçları ise Çizelge 8, Çizelge 9 ve Çizelge 10'da verilmiştir.

Çizelge 8 - 1.Grup - Değişken W/C oranında (Çimento dozajı=sabit, karışım suyu=değişken, katkı miktarı=sabit,) yapılan çalışmaların sonuçları

No	Karışımlar (Farklı MB-SE değerlerine sahip k.kumlarla yapılan karışımlar)	W/C	Slump			0' Hava İçeriği (%)	Taze Beton Priz Deneyi		Beton Basınç Dayanımları (Mpa)				Eğilmede Çekme Dayanımı (Mpa)	Basınç Alt.Su İşl. Derinliği (mm)	Yarmada Çekme Dayanımı (Mpa)	Su Abs. Oranı (%)
			0'	30'	60'		Baş.	Son.	16 Saat (Mpa)	3.Gün (Mpa)	7.Gün (Mpa)	28.Gün (Mpa)				
			(cm)	(cm)	(cm)		(Dk)	(Dk)								
1	MB=0,25 SE=74	0,50	20	13	11	2,5	215	295	14,8	33,0	39,7	44,7	6,7	17	4,2	3,6
2	MB=0,50 SE=68	0,55	19	14	11	2,5	225	300	12,3	26,1	33,4	39,9	5,9	23	4,2	3,8
3	MB=1,00 SE=64	0,60	19	15	14	2,5	235	315	10,9	22,9	27,8	33,7	5,7	22	3,8	3,7
4	MB=1,50 SE=60	0,65	19	18	14	1,9	235	330	9,1	20,2	25,1	32,2	6,1	28	3,5	3,7
5	MB=2,00 SE=55	0,70	20	18	16	1,4	240	335	7,9	18,2	22,3	29,2	5,1	29	3,2	3,7

Çizelge 9 - 2.Grup Sabit W/C oranında (Çimento dozajı=sabit, karışım suyu=sabit katkı miktarı=sabit,) yapılan çalışmaların sonuçları

No	Karışımlar (Farklı MB-SE değerlerine sahip k.kumlarla yapılan karışımlar)	W/C	Slump			0' Hava İçeriği (%)	Taze Beton Priz Deneyi		Beton Basınç Dayanımları (Mpa)				Eğilmede Çekme Dayanımı (Mpa)	Basınç Alt.Su İşl. Derinliği (mm)	Yarmada Çekme Dayanımı (Mpa)	Su Abs. Oranı (%)
			0'	30'	60'		Baş.	Son.	16 Saat (Mpa)	3.Gün (Mpa)	7.Gün (Mpa)	28.Gün (Mpa)				
			(cm)	(cm)	(cm)		(Dk)	(Dk)								
1	MB=0,25 SE=74	0,50	19	-	-	2,4	Yapılmadı		14,1	31,2	38,6	45,3	7,3	19	4,1	3,6
2	MB=0,50 SE=68	0,50	9	-	-	2,2	"		14,6	33,2	36,2	43,3	6,9	17	3,7	3,9
3	MB=1,00 SE=64	0,50	5	-	-	2,0	"		16,3	29,8	38,2	43,4	6,8	19	3,6	4,4
4	MB=1,50 SE=60	0,50	2	-	-	1,6	"		15,5	31,3	37,4	43,8	7,8	21	3,6	4,9
5	MB=2,00 SE=55	0,50	1	-	-	1,2	"		16,7	30,7	36,4	45,5	8,0	21	4,1	5,3

Çizelge 10 - 3.Grup Sabit W/C oranında (Çimento dozajı=sabit, karışım suyu=değişken katkı miktarı=sabit) yapılan çalışmaların sonuçları

No	Karışımlar (Farklı MB-SE değerlerine sahip k.kumlarla yapılan karışımlar)	W/C	Slump			0' Hava İçeriği (%)	Taze Beton Priz Deneyi		Beton Basınç Dayanımları (Mpa)				Eğilmede Çekme Dayanımı (Mpa)	Basınç Alt. Su İşl. Dern. (mm)	Basınç Alt.Su İşl. Derinliği (Mpa)	Su Abs. Oranı (%)
			0'	30'	60'		Baş.	Son.	16 Saat (Mpa)	3.Gün (Mpa)	7.Gün (Mpa)	28.Gün (Mpa)				
			(cm)	(cm)	(cm)		(Dk)	(Dk)								
1	MB=0,25 SE=74	0,50	20	-	-	2,4	Yapılmadı		15,2	30,3	36,9	44,3	7,1	17	3,9	3,7
2	MB=0,50 SE=68	0,50	20	-	-	2,2	"		14,9	31,3	37,4	45,9	6,9	16	3,7	4,4
3	MB=1,00 SE=64	0,50	21	-	-	2,3	"		7,8	29,1	38,4	45,6	7,6	17	3,8	3,4
4	MB=1,50 SE=60	0,50	20	-	-	2,1	"	Priz Almadı	27,6	37,4	46,3	8,2	19	3,8	4,9	
5	MB=2,00 SE=55	0,50	19	-	-	2,2	"		25,2	39,3	48,7	8,3	18	3,9	3,3	

3. DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

3 farklı grupta yapılan çalışmaların sonuçları aşağıda değerlendirilmiştir.

1.Grup - Değişken W/C oranında (Çimento dozajı=sabit, karışım suyu=değişken, katkı miktarı=sabit,) yapılan çalışmaların sonuçları
Kırma kumda MB değeri artıp, SE değeri azaldıkça (kumda kirlilik arttıkça) betonun su ihtiyaçları artmıştır. Aynı hedef kıvam için betona ihtiyacı olan su verildiğinde W/C oranları artıp beton dayanımları düşmüştür. Kırma kumda kirlilik arttıkça betonda priz başlangıcı ve bitiş süreleri uzamış, priz gecikmesinin de etkisiyle taze beton kıvam kayıpları az olmuş, betonda hava içeriği düşmüştür. 28 günlük beton numuneleri üzerinde yapılan basınç altında su işleme derinliğinin tayini (TS EN 12390-8) deney sonuçlarına göre, kirlilik arttıkça artan W/C oranları ile birlikte betonda su işleme derinliği yani su geçirimsizliği değeri artmıştır. Sabit agrega oranlarında yapılan çalışmalarda ince agregadaki kirlilik oranı arttıkça beton görünümü, sadece ince agregalarla yapılan beton (şap betonu) görünümüne benzemiştir.

2.Grup - Sabit W/C oranında (Çimento dozajı=sabit, karışım suyu=sabit, katkı miktarı=sabit,) yapılan çalışmaların sonuçları

Kırma kumda MB değeri artıp, SE değeri azaldıkça (kumda kirlilik arttıkça) beton kıvamları düşmüştür. Bu kıvamlardan alınan, W/C oranları değişmeyen çalışmalara ait numunelerin dayanımları birbirlerine yakın değerlerde çıkmıştır. Kirliliğin artması kıvamları düşürmüş ancak beton dayanımlarını etkilememiştir. Kıvamlar çok düştüğünden beton priz deneyi ve kıvam kayıplarına bakılamamıştır. Taze beton hava içeriği düşmüştür. 28 günlük beton numuneleri üzerinde yapılan basınç altında su işleme derinliğinin tayini (TS EN 12390-8) deney sonuçlarına göre, sabit W/C oranlarında yapılan çalışmalarda su işleme derinliği yani su geçirimsizliği değeri değişmemiş ve birbirine yakın sonuçlar vermiştir.

3.Grup - Sabit W/C oranında (Çimento dozajı=sabit, karışım suyu=sabit, katkı miktarı=değişken) yapılan çalışmaların sonuçları

Kırma kumda MB değeri artıp, SE değeri azaldıkça (kumda kirlilik arttıkça) kıvamlar düşmüş düşen kıvamları 20±2 cm hedef kıvama çıkarmak için yeniden kimyasal katkı ilavesi (redoz) yapılmıştır. W/C oranları değişmeyen çalışmalarda kimyasal katkı kullanım oranları arttıkça katkının da cinsine bağlı olarak priz gecikmeleri yaşanmış, priz gecikmesinden dolayı erken dayanımlar düşmüş ancak ilerleyen yaşlarda beton dayanım kazanmaya devam ederek dayanımlar birbirlerine yakın değerlere ulaşmıştır. Kimyasal katkı kullanım miktarı arttıkça betonda priz gecikmeleri yaşandığından ve deneyin uzun süreceğinden beton priz deneyi ve kıvam kayıplarına bakılamamıştır. Çalışmalarda taze beton hava içerikleri çok fazla değişmemiş birbirine yakın değerler tespit edilmiştir. 28 günlük beton numuneleri üzerinde yapılan basınç altında su işleme derinliğinin tayini (TS EN 12390-8) deney sonuçlarına göre, sabit W/C oranlarında yapılan çalışmalarda su işleme derinliği yani betonda su geçirimsizlik değeri değişmemiş birbirlerine yakın sonuçlar vermiştir. Çalışmalarda kullandığımız dizaynlar Çizelge 7'de belirtilmiş olup, kirlilik arttıkça düşen kıvamları hedef kıvama çıkarmak için katkı ilavesi (redoz) yapılmış, maliyetler artmıştır. Yapılan katkı ilavesi miktarları ve maliyetleri Çizelge 11'de verilmiştir.

Çizelge 11 - Beton kıvamlarını 20±2 cm hedef kıvama çıkarmak için yapılan kimyasal katkı ilavesinin (redoz) maliyet tablosu(1 m³ beton için)

Karışımlar	Çimento Dozajı	K.Katkı Cinsi Kullanım %'si		Yeniden Yapılan Katkı İlavesi (Redoz Katkısı)			
				Kul.%'si	Miktarı	Fiyatı	Tutarı
	Kg	Cinsi	%	%	Kg	TL/Kg	TL/1 M3
MB=0,25 SE=74	325	H.Akış.	0,9	-	-	-	-
MB=0,50 SE=68	325	H.Akış.	1,1	0,2	0,7	1,5	0,98
MB=1,00 SE=64	325	H.Akış.	1,3	0,4	1,3	1,5	1,95
MB=1,50 SE=60	325	H.Akış.	2,1	1,2	3,9	1,5	5,85
MB=2,00 SE=55	325	H.Akış.	3,0	2,1	6,8	1,5	10,24

4. SONUÇLAR

İnce agregalarda bulunan çok ince malzeme miktarı içeriği beton kalitesi açısından büyük önem taşımaktadır. Kil, silt ve çok ince taş unu olabilen bu malzemelerin kalitesinin tespiti ve beton performans testlerine etkisi ile ilgili olarak aşağıdaki sonuçlara varılmaktadır.

- Metilen mavisi değeri (MB) arttıkça kil mineralleri tarafından yüzeyde tutulan boya miktarı artmakta olup, ince malzemenin kirliliğinin arttığını, MB değeri azaldıkça kirliliğin azaldığını anlamaktayız. Kum eşdeğerliği deneyinde, kum eşdeğerliği değeri (SE) arttıkça kirliliğin azaldığını, SE değeri azaldıkça kirliliğin arttığı görülmüştür.
- Kırma kumda MB değeri artıp, SE değeri azaldıkça (kumda kirlilik arttıkça) betonun su ihtiyacı artmakta, hedef kıvam için gerekli tedbirler alınmazsa W/C artarak, dayanımlar düşmekte ve geçirimsizlik artarak beton dayanıklılığı azalmaktadır.
- Kırma kumda MB artıp, SE azaldıkça (kumda kirlilik arttıkça) W/C oranını değiştirmeden hedef kıvamları yakalamak için çimento ve kimyasal katkı kullanım oranlarını arttırarak bazı önlemler alınabilir. Deney sonuçlarında, kırma kumda kirlilik arttıkça hedef kıvamı yakalamak için verilen ilave kimyasal katkı ile W/C oranları değişmemiş ve yapılan betonların nihai dayanımları birbiri ile aynı değere ulaşmıştır. Yapılan ilave katkı, beton hammadde maliyetini artırmıştır.
- Konkasör işletmelerinin hazır betonda kullanılacak temiz agregayı üretmeye yönelik, işletmelerini dizayn etmesi ve ocak sahalarında alacağı ilave tedbirler ile kil, silt gibi istenmeyen malzemelerin ince agregaya karışması önlenmelidir. Özellikle kış aylarında yağışların da etkisiyle, kil silt gibi malzemelerin kayalara yapışık halde konkasöre gelmesi önlenmeli, yağışlı dönemlerde önceden hazırlığı yapılmış temiz sahalarda çalışma yapılmalı ve önceden stoklanmış temiz balast kayalar kırılmalıdır.
- Beton girdi malzemeleri içinde betonda oluşturacağı olumsuz etkileri açısından en sık ve en etkili değişken olarak karşımıza çıkan ince agregaların kalitesinin takibi çok önemli olup hazırlanan kalite planları ile çok iyi takip edilmelidir. TS EN 933-9 metilen mavisi deneyi ve TS EN 933-8 kum eşdeğerliği deneyi ile ince agreganın çok ince malzeme kalitesini kolayca takip etmek mümkün olmaktadır.

Kaynaklar

1. Yitik, H. "İnce Tanelerdeki Kil İçeriğinin Metilen Mavisi Deneyi ile Belirlenmesi", Osmangazi Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir, 2006
2. Uluöz, S., Yakıt, E., Düzbasan, S. "Kırma Agregadaki Taş Unu ve Kil Miktarının Beton Kalitesine Etkisi", İstanbul, 2004