

KENDİLİĞİNDEN YERLEŞEN BETONDA MİNERAL KATKILARIN TAZE BETON ÖZELİKLERİNE ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

İlker Bekir TOPÇU
Prof.Dr.
Osmangazi Üniversitesi,
İnşaat Mühendisliği
Bölümü Eskişehir

Osman ÜNAL
Yrd.Doç.Dr.
Kocatepe
Üniversitesi
Teknik Eğitim Fak.
Afyonkarahisar

Tayfun UYGUNOĞLU
Öğr.Görevlisi
Kocatepe Üniversitesi
Teknik Eğitim Fak.
Afyonkarahisar

ÖZET

Bu çalışmada uçucu kül, kireçtaşı tozu, tuğla tozu ve mermer tozunun KYB'da ince malzeme olarak kullanılması durumunda katkı gereksinimi üzerindeki etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Günümüzde Kendiliğinden Yerleşen Beton (KYB) uygulamaları yaygınlaşma sürecindedir. KYB'da akışkanlığı sağlamak amacıyla uçucu kül ve silis dumanı gibi puzolanik malzemelerin yanı sıra taş unu gibi ince malzemelerde kullanılmaktadır. Deneyler yüksek oranda su azaltıcı ve akışkanlaştırıcı katkı kullanılarak üretilen KYB harçları üzerinde gerçekleştirilmiştir. Harçların üretimlerinde ince malzemeler çimentoyla belirli bir oranda yer değiştirilmiş ve % 0.5 ten % 2.5 oranına kadar kimyasal katkı ilave edilmiştir. 0/4 mm doğal kum ile üretilen harçlar, üzerinde mini çökmede yayılma ve V-hunisi testleri yapılmıştır. Rölatif çökmede-yayılma ile su/çimento oranı arasındaki ilişkiden gerekli olan katkı miktarı çimento ağırlığının yüzdesi olarak belirlenmeye çalışılmıştır. Sonuç olarak seçilen mineral katkıların katkı gereksinimine dikkat edilmesi gerektiğini göstermiştir.

Anahtar kelimeler: İnce malzeme, kendiliğinden yerleşen beton, rölatif çökme.

GİRİŞ

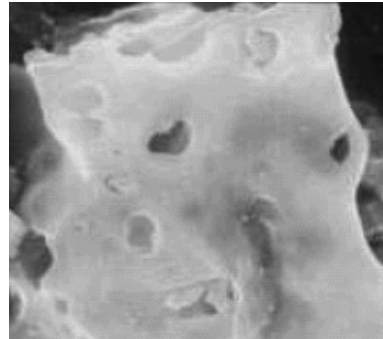
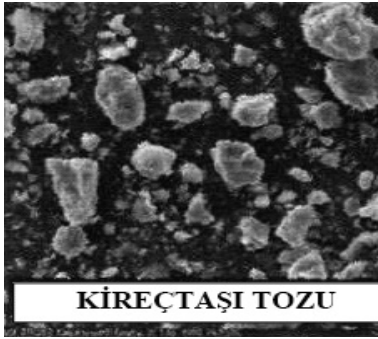
Kendiliğinden yerleşen beton (KYB), kendi ağırlığı ile sık donatılı dar ve derin kesitlere yerleşebilen, iç veya dış vibrasyon gerektirmeksizin kendiliğinden sıkışabilen, bu özelliklerini sağlarken, ayrışma ve terleme gibi problemler oluşturmaksızın kohezyonunu (stabilitesini) koruyabilen, yüksek akabilme ve geçebilme yeteneğine sahip özel bir beton türüdür [1]. Normal beton karışımından farklı olarak kendiliğinden yerleşen betonda; kimyasal katkı, viskozite artırıcı katkı ve çok miktarda inert veya puzolanik mineral katkının tümünün veya bir kısmının kullanılması ihtiyacı doğmaktadır. Bu malzemelerin seçimi ve beton karışımında uygun oranlarda kullanılmasına yönelik yeni deney yöntemleri ve dolayısıyla standartlar geliştirilmektedir [2,3].

Betonda kendiliğinden yerleşebilirlik kavramı ilk olarak Tokyo Üniversitesinde, 1986 yılında Prof. Dr. Hajime Okamura tarafından ortaya atılmıştır. Su altında beton dökümü uygulamalarında, vibrasyonsuz beton dökümlerinden edinilen tecrübe ile KYB üretilmesi amaçlanmıştır. Okamura'nın başlattığı çalışmaları Ozawa, Ouchi ve Maekawa devam ettirmektedir. 1988 yılında aynı üniversitede yüksek performanslı KYB prototipi üretilmiş ve mekanik özellikleri incelenmiştir. Bu özel tip betonun geliştirilmesinde öncelikli amaç, dayanımın yanı sıra dayanıklılık açısından da yüksek performans sağlamaktır [1].

Kendiliğinden yerleşen betonun özel reolojik gereksinimlerinden dolayı hem hidrasyon ısısından dolayı çimento miktarını düzenlemek hem de viskoziteyi düzenleyerek ve akışkanlığı sağlayarak işlenebilirliği düzenlemek için ince (dolgu) malzeme kullanılmaktadır. Bu malzemeler genellikle kırmataş tozu, uçucu kül, silis dumanı, öğütülmüş yüksek fırın cürufu ve öğütülmüş cam tozu gibi malzemelerdir [4]. Günümüzde KYB üzerine yapılan çalışmalarda bu malzemelerden başka özellikle atık durumdaki malzemelerin ince malzeme olarak KYB içerisinde kullanımları araştırılmaktadır. Bu malzemelerden bazıları da öğütülmüş tuğla tozu ve mermer tozudur. KYB'da kullanılacak olan ince malzemelerde aranan en önemli özelliklerden biri en büyük tane çapı olup genellikle 0.125 mm'nin altında olması istenir. Bu durumda KYB üretiminde kullanılan kum ve agrega içerisinde bulunabilecek 0.125 mm altındaki ince maddeler de ince malzeme içerisine dahil edilmelidir. İnce malzemelerin optimum kullanım miktarları bu maddelerin mineralojik kökenine ve mekanik performansına bağlıdır. Örneğin, silis dumanı toplam toz miktarının (çimento+silis dumanı) 400-450 kg/m³ olduğu bir KYB tasarımında 50 kg/m³ dozajda kullanılırken, uçucu kül toplam toz miktarının 500-600 kg/m³ olduğu bir KYB tasarımında 100-150 kg/

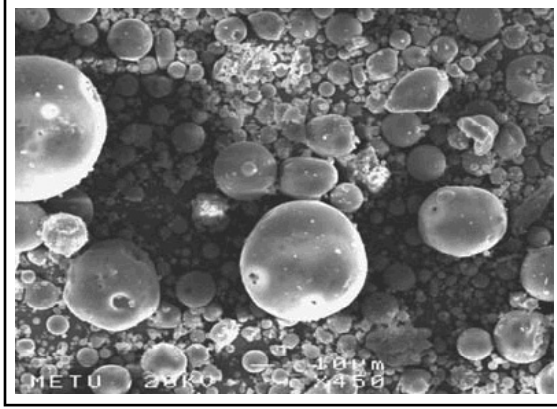
m^3 dozajda kullanılmaktadır. Aşağıda bazı önemli inert ve puzolanik incelerin özellikleri ve kendiliğinden yerleşebilirliğe etkileri açıklanmaktadır:

KYB tasarımında ince öğütülmüş (Blaine değeri $> 2500 \text{ cm}^2/\text{g}$) kireçtaşı, granit ve kuvarz kumu tozu kullanılabilir. Bu tozların etkinliği incelidikçe artar. Ancak en büyük tane boyutunun 0.125 mm altında kullanılması önerilmektedir. Dolomit kökenli kireçtaşı tozu ince öğütülmesi halinde, reaktifliği arttığından alkali karbonat reaksiyonuna yol açabilir. Bu nedenle kullanımı riskli olabilir. Genellikle kireçtaşı tozunun yüzeyi oldukça pürüzlüdür (Şekil 1) [5]. Öğütücü tipine de bağlı olmakla beraber genel olarak granit tozu, mikroyapısı incelendiğinde kireçtaşı tozuna kıyasla daha çok kusurlu mikro tane içerir. Bu açıdan kireçtaşı tozu tercih edilmelidir. Taş ocaklarında üretimin % 1'lik kısmını oluşturan kireçtaşı tozu kayaçtan öğütülerek elde edilebilen atık bir malzemedir. Geleneksel betonda kireçtaşı tozu kullanımı, agrega yüzeylerine yapışarak aderansı azaltıcı etki yaratması nedeniyle standartlarca sınırlandırılmıştır [6]. Bu olumsuz etkisi kendiliğinden yerleşen betonda viskozite artırıcı olarak kullanılmasıyla olumlu etkiye dönüştürülebilir [2].



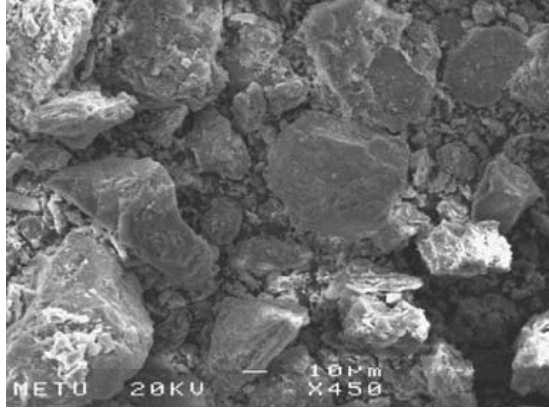
Şekil1. Kireç taşı tozu [5]

Uçucu kül kendiliğinden yerleşen betonun özelliklerini arttırmak için kullanılabilen ve puzolanik özelliğe sahip ince inorganik bir malzemedir. Mikroyapısı incelendiğinde genellikle küresel tane şekline sahiptir (Şekil 2). Ancak boyutsal dağılımı KYB'nin işlenebilirliğini oldukça etkilemektedir. Uçucu kül, kireçtaşı tozuna kıyasla düşük eşik kayma gerilmesi değeriyle daha yüksek viskozite elde edilmesini sağlar[7]. Kendiliğinden yerleşen beton viskozitesini arttırmada etkilidir. Atık bir malzeme olması özellikle termik santrallere yakın bölgelerde kullanımını avantajlı hale getirmektedir. Uçucu külün çimento yerine ikamesi, betonun yayılma çapını ve basınç dayanımını azaltmaktadır.



Şekil 2. Uçucu külün mikro yapısı [5]

Tuğla tozu ise tuğla fabrikalarında pişmiş olan tuğlaların nakliye veya taşıma sırasında veya inşaatlarda kırılması sonucu kullanılamaz hale gelen atık tuğlaların öğütülmeleri sonucunda elde edilen ve kendiliğinden yerleşen betonda değerlendirilmesi araştırılan silis esaslı mineral bir katkıdır. Tuğla tozlarının mikro yapısı incelendiğinde yüzeyinin kireçtaşı tozuna benzer şekilde köşeli ve pürüzlü bir yapıda olduğu görülür (Şekil 3) [5]. Bu da tuğla tozunun su gereksinimini arttırmaktadır. Tuğla tozunun bu özelliğinden faydalanmak için kendiliğinden yerleşen betonda viskozite düzenleyici olarak kullanılabilir.

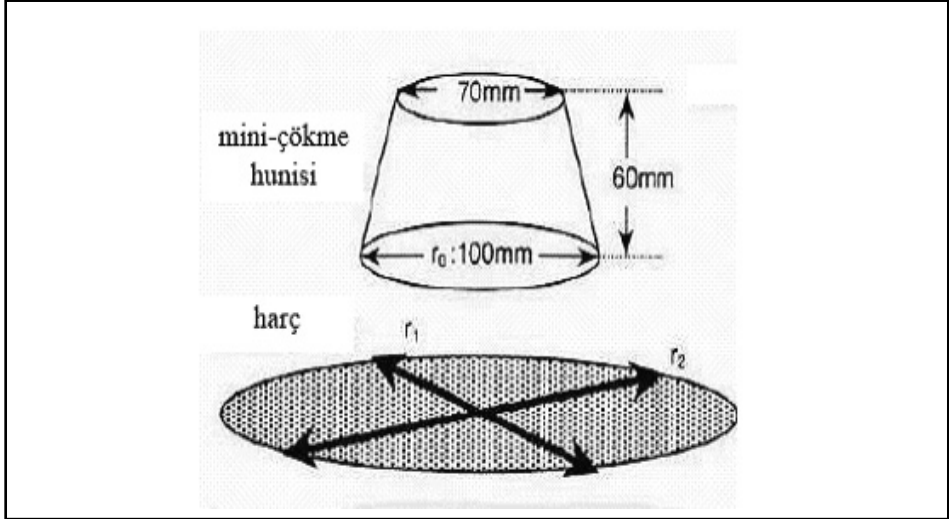


Şekil 3. Tuğla tozunun mikro yapısı [5]

Yukarıda tanımlanan mineral katkı malzemelerin yanında mermer işleme fabrikalarında açığa çıkan atık malzemelerin öğütülmesiyle elde edilen mermer tozunun da kendiliğinden yerleşen betonda viskozite düzenleyici veya arttırıcı olarak kullanılması araştırılmaktadır.

Bilindiği gibi agregaların tane boyutları küçüldükçe yüzey alanlarının genişlemesinden dolayı yüzeylerinin kaplanması için gereken su miktarı

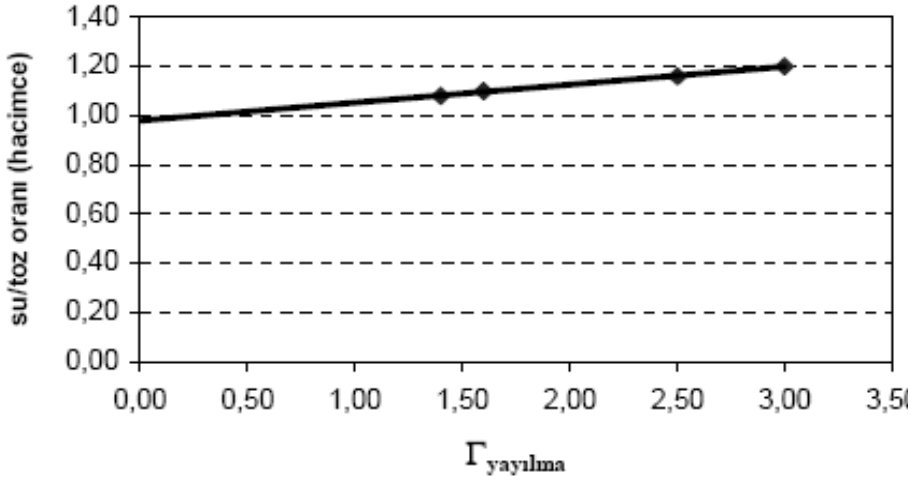
artmaktadır. Kendiliğinden yerleşen betonda viskoziteyi düzenlemek için kimyasal katkıları yanında ilave edilen mineral katkıları yüzey alanlarının çok geniş olmasından dolayı su miktarını oldukça etkilemektedirler. Bu nedenle EFRNARC komitesi [4], kendiliğinden yerleşen beton üretimine başlamadan önce kullanılan ince malzeme ile çimentonun birlikte kullanıldığında yüzey alanlarını kaplayacak olan su miktarının belirlenmesi önerilmektedir. Bunun için de belirli oranda çimento ve ince malzeme alınır. Farklı β_p veya su/toz oranlarında (0.8 – 0.9) ve farklı kimyasal katkı oranları kullanılarak üretilen harçlar üzerinde mini çökmede yayılma ve mini V- kutusu testleri gerçekleştirilir (Şekil 4). Buna göre çökmede-yayılma değerinin 24 – 26 cm arasında; V-kutusu deney sonuçlarının da 7 ile 11 sn arasında kalması gereklidir. Bu sınır değerler arasında kalan harçların oranları esas alınarak beton üretimine geçilebilir [4].



Şekil 4. Mini çökmede-yayılma konisi

Daha sonra ölçülen yayılma çaplarından aşağıdaki (1) nolu eşitlik yardımıyla rölatif çökmede-yayılma değeri (β_m) belirlenerek Şekil 5'de verildiği gibi grafik ortamına aktarılır. Grafikteki eğim çizgisinin "y" keseni kestigi noktadan rölatif çökmede-yayılma değerinin <0> olduğu değer su/toz oranı (β_p) tespit edilir. β_p değerinin aynı zamanda çimento ve ince malzemenin yüzey alanlarının kaplanması için gereken en az su/toz oranı olduğu da belirtilebilir.

$$\tilde{A}_m = (d/d_0)^2 \quad 1 \quad (1)$$



Şekil 5. β_p değerinin belirlenmesi

AMAÇ

Bu çalışma kapsamında mineral katkıların kimyasal katkı gereksinimine etkisinin araştırılması amaçlanmış olup, ince malzeme olarak 0.125 mm elek altına geçen uçucu kül, kireç taşı tozu, tuğla tozu ve mermer tozu kullanılmıştır. Bağlayıcı olarak CEM I 42.5R tipi Portland çimentosu kullanılmış olup, harçların üretiminde 0/4 mm elek aralığındaki doğal dere kumu kullanılmıştır. Kumun özgül ağırlığı 2.59 ve su emme değeri de % 3.73 tür. Her bir ince malzemenin ve çimentonun özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Harçların üretiminde kullanılan kimyasal katkı, güçlendirilmiş polikarboksilat bazlı yeni jenerasyon bir süper akışkanlaştırıcıdır. Firma tarafından kendiliğinden yerleşen beton için özel tasarlanmış ürüne ait özellikler Çizelge 2'de verilmiştir.

Harç üretimlerine geçmeden önce 450 kg çimentoyla her bir ince malzemenin 150 kg alınarak 1.1, 1.2, 1.3 ve 1.4 su/toz oranlarında çimento pastaları hazırlanarak β_p değerleri elde edilmiştir. Daha sonra su/ince malzeme oranı ağırlıkça 0.40 olacak şekilde aynı çimento ve ince malzeme içeriklerinde, doğal kum da kullanılarak harçlar hazırlanmıştır. İnce malzeme olarak mermer tozu ile kireçtaşı tozunun benzer özellik göstermesinden dolayı sadece kireçtaşı tozu kullanılmıştır. Mermer tozunun yerine sadece çimento kullanılarak kontrol serisi üretilmiştir. Harçların hazırlanmasında kimyasal katkı miktarı %0.5 ten % 2.5 e kadar 0.5 oranında arttırılarak beş

farklı seri tasarlanmış olup dört farklı ince malzeme için toplam 20 farklı seri üretilmiştir.

Çizelge 1. Portland çimentosu ve ince malzemelerin özellikleri

Kimyasal Analiz (%)	Portland Çimentosu (PC)	Uçucu kül (UK)	Tuğla tozu (TT)	Kireç Taşı tozu (KT)	Mermer Tozu (MT)
CaO	63.56	11.34	4.65	54.97	51.8
SiO ₂	19.3	51.5	63.11	0.01	4.67
Al ₂ O ₃	5.57	23.08	15.08	0.17	-
Fe ₂ O ₃	3.46	6.07	6.66	0.05	0.03
MgO	0.86	2.42	1.94	0.64	0.4
SO ₃	2.91	1.32	0.36	-	-
K ₂ O	0.8	2.54	2.34	-	-
Na ₂ O	0.13	0.77	0.78	-	-
Kızdırma kaybı	2.78	1.06	2.33	43.66	41.16
Fiziksel Özellikler					
Özgül ağırlık	3.07	2.13	2.73	2.7	2.7
İncelik(Blaine) (cm ² /g)	3860	1760	1405	5278	-

Çizelge 2. Kimyasal katkıya ait özellikler

Kullanım oranı (%)	Yoğunluk	pH	Katı madde (%)	Klorür (%)	NaO eşdeğeri
0.3 - 3	1.09	6.5	20	< % 0.1	< % 0.1

Hazırlanan taze harçlar üzerinde mini çökmede-yayıma ve V-kutusu deneyleri yapılarak, kimyasal katkı miktarının ince malzemeyle birlikte etkisi araştırılmıştır.

SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

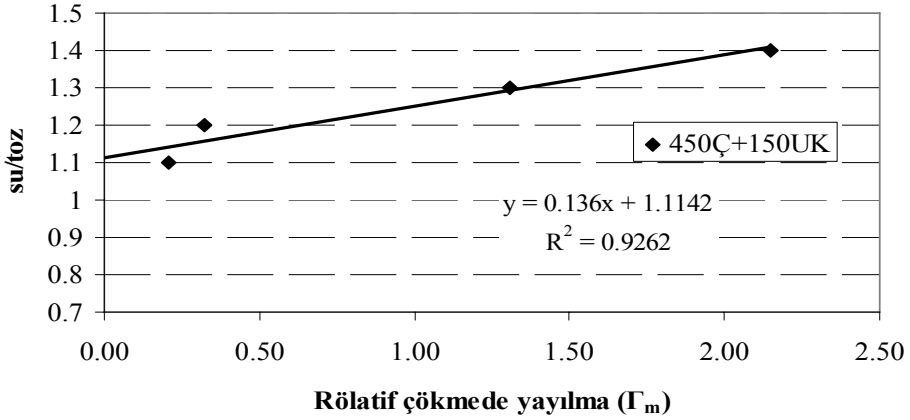
Farklı tiplerde ince malzeme kullanımının su ve katkı gereksinimine etkisi üzerine yapılan bu çalışmada çimento ile inceden oluşan pastanın β_p değerinin belirlenmesinde malzeme olarak uçucu kül, kireçtaşı tozu, tuğla tozu ve mermer tozu kullanılmıştır. Harçlarda su/toz oranı 0.40 olarak sabit tutulmuş olup, harçların üretimini takiben mini çökmede-yayıma ve V-kutusu deneyleri yapılmış ve sonuçlar Çizelge 4'te sunulmuştur. Bazı serilerde özellikle düşük kimyasal katkı içeren ve tuğla tozu katkılı harçların çökmede-yayıma ve V-kutusu deneylerinden bir sonuç alınamamıştır. Ancak kıvamında farklılıklar gözlenmiştir. Bu serilerin işlenebilirliği üzerinde katkının etkisini görmek amacıyla sarsma tablası (Flow table) deneyi gerçekleştirilmiştir. Deneyde 25 sarsma sonrası harçlardaki yayılma çapı ölçülmüştür. Her bir ince malzeme için elde edilen mini çökmede-yayıma değerleri için su/toz oranlarıyla ilişkili

olarak Şekil 6 – 9'daki eğimler ve denklemler elde edilmiştir. Denklemler yardımıyla çimento pastalarına ait hacimce ve ağırlıkça gerekli olan en az su/toz oranları da Çizelge 3'de görülmektedir.

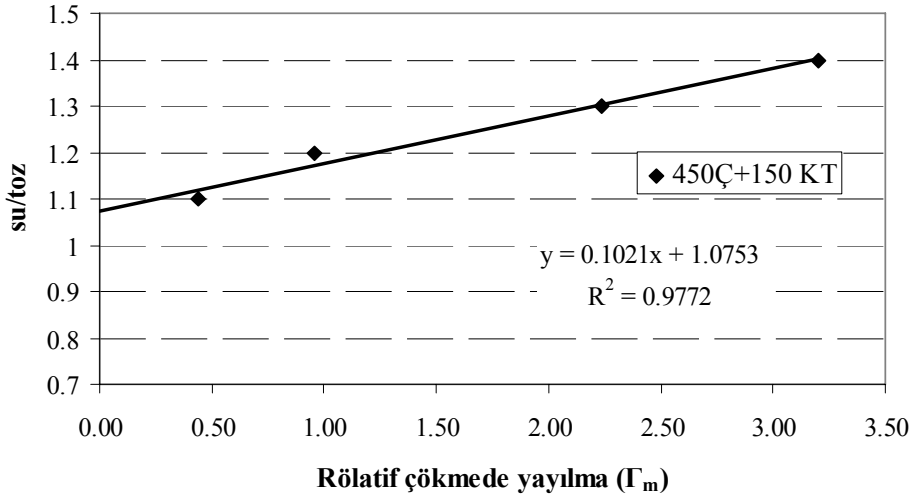
Çizelge 3 İnce malzemelerin en az su/ince malzeme oranları

İnce malzeme	Su/ince malzeme		Denklem	R
	Hacimce (β_p)	Ağırlıkça		
UK	1.1142	0.403	$y = 0.136x + 1.1142$	0.96
KT	1.0753	0.36	$y = 0.1021x + 1.0753$	0.99
TT	1.325	0.445	$y = 0.8364x + 1.325$	0.99
MT	1.0404	0.35	$y = 0.072x + 1.0404$	0.99

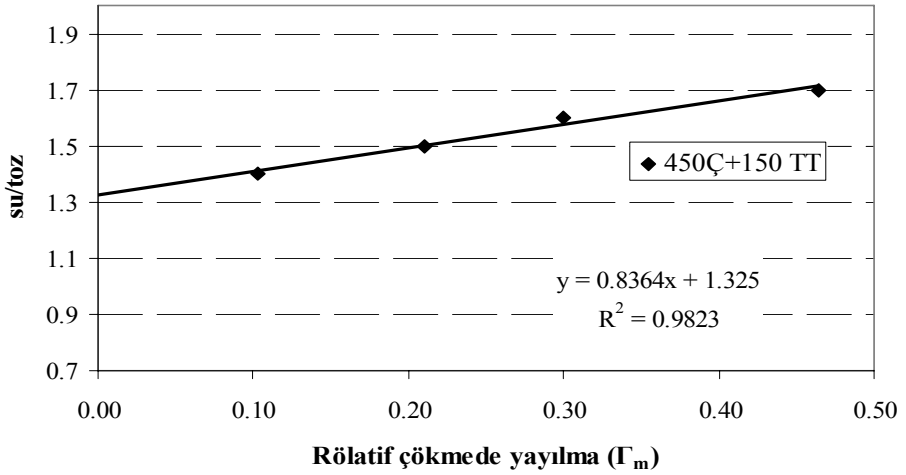
Şekil 6 – 9'dan ve Çizelge 4'den de görüldüğü gibi en az çökmede yayılma miktarı kireçtaşı tozu ve mermer tozu içeren serilerde daha sonra uçucu kül ve tuğla tozu içeren serilerde görülmektedir. Kireçtaşı tozu ve mermer tozu aynı kökenli malzemeler olup birbirlerine yakın özellikler göstermektedirler. Diğer yandan uçucu külün yoğunluğunun diğer ince malzemelere göre daha düşük olmasından dolayı aynı hacimdeki diğer ince malzemelere göre daha çok yüzey alana ve bundan dolayı su gereksinimine sahiptirler



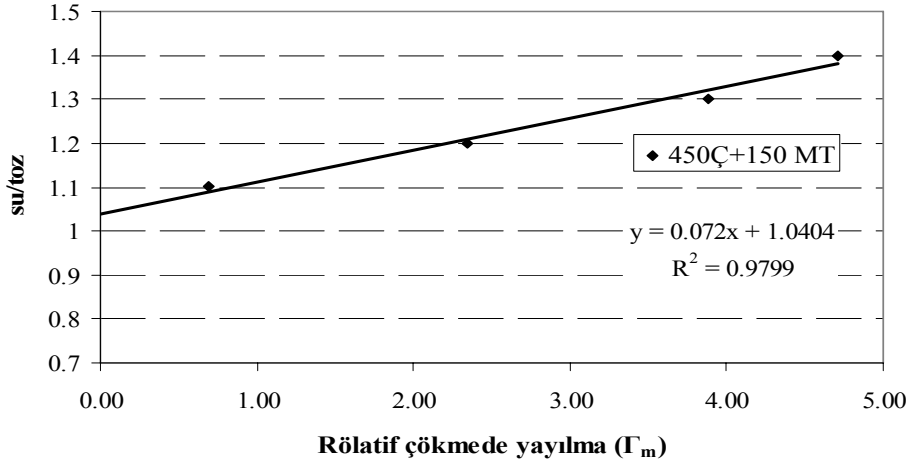
Şekil 6. Uçucu küllü çimento pastasının β_p değerinin elde edilmesi



Şekil 7. Kireçtaşı tozu içeren çimento pastasının β_p değerinin elde edilmesi



Şekil 8. Tuğla tozu içeren çimento pastasının β_p değerinin elde edilmesi



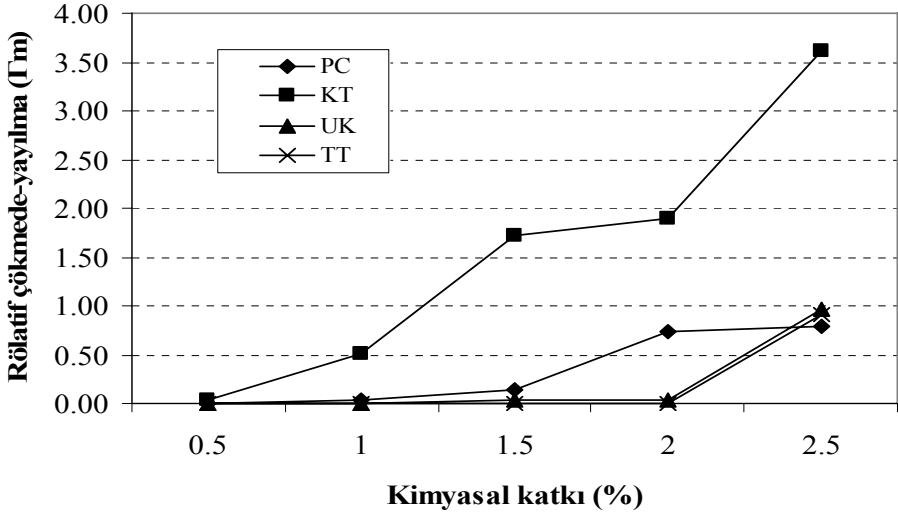
Şekil 9. Mermer tozu içeren çimento pastasının β_p değerinin elde edilmesi

Tuğla tozu ise pişmiş kil içeren bir malzeme olup su emme değeri yüksek olan bir malzemedir. Bu nedenle ince malzemeler içerisinde en çok su gereksinimine sahip olan malzeme olduğu belirtilebilir.

Çizelge 4. Farklı oranlarda katkı içeren taze harçların özellikleri

Malzeme	Kimyasal katkı (%)	Çökmede-yayılma (cm)	β_m	Flow Table (cm) (25 vuruşta)	V-kutusu (sn)	R_m	Harç Sıcaklığı (°C)
Çimento	0.5	10	0.00	13.20	-	-	22.3
	1	10.2	0.04	-	-	-	22
	1.5	10.7	0.14	-	8.52	1.17	21.6
	2	13.2	0.74	-	5.34	1.87	21.4
	2.5	13.4	0.80	-	6.49	1.54	20.5
Kireçtaşı Tozu	0.5	10.2	0.04	-	-	-	21.4
	1	12.3	0.51	-	10.18	0.98	22.2
	1.5	16.5	1.72	-	5.89	1.70	21.6
	2	17	1.89	-	5.24	1.91	19.7
	2.5	21.5	3.62	-	3.61	2.77	20.6
Uçucu kül	0.5	10	0.00	14.60	-	-	22.7
	1	10	0.00	16.30	-	-	23.7
	1.5	10.2	0.04	17.80	-	-	22.7
	2	10.2	0.04	-	17	0.59	23.9
	2.5	14	0.96	-	12.3	0.81	20.7
Tuğla Tozu	0.5	10	0.00	15.00	-	-	21.7
	1	10	0.00	17.70	-	-	22
	1.5	10	0.00	17.70	-	-	22.4
	2	10	0.00	20.20	-	-	21.6
	2.5	13.8	0.90	-	10.9	0.92	21.8

Çizelge 4'ten de görüldüğü gibi özellikle uçucu kül ve tuğla tozunun kullanıldığı serilerde çökmede-yayılma ve V-kutusu deneyleri tam olarak yapılamamıştır. Bu ince malzemelerin yüzey yapılarının geniş olmasından ve tuğla tozu gibi hammaddesi kil olan malzemelerin yüzey alanlarının su filmi ile kaplanması için gerekli olan oran sağlanamamış ve bu nedenle de kimyasal katkının özeliği bu malzemeler üzerinde etkili olmadığı görülmüştür. Bu iki ince malzemenin sarsma tablasında alınan yayılma çapları incelendiğinde, harç içerisindeki kimyasal katkı miktarının artmasıyla yayılmanın daha fazla olduğu görülmektedir. V-kutusundan akış ölçülebilen tüm serilerde, yine harç üretiminde kullanılan kimyasal katkı miktarının artmasıyla harçların akışkanlığı yükseldiğinden dolayı akış süresi azalmıştır.



Şekil 10. Kimyasal katkı miktarıyla çökmede-yayılma arasındaki ilişki

Taze harçların içerdikleri kimyasal katkı oranlarıyla ilişkili olarak rölatif çökmede-yayılma değerleri Şekil 10'da görülmektedir. Kimyasal katkı en çok kireçtaşı tozu içeren serilerde etkili olduğu görülmüştür. Kireçtaşı tozunun yüzeylerinin su filmi ile kaplanması için gerekli olan su/toz oranı 0.35'tir. Harçların üretiminde ise su/toz oranı 0.40 seçilmiş olup, kimyasal katkının etkisi de bu harçların işlenebilirliği üzerinde oldukça etkisi göstermiştir. Daha sonra kontrol harcı olarak üretilen çimentolu harç üzerinde etkili olduğu da belirtilebilir. Ancak % 1.5 katkı oranına kadar kontrol harcı üzerinde de kimyasal katkının etkili olmadığı görülmüştür. Uçucu kül ve tuğla tozu katkılı serilerde de kimyasal katkının etkisi % 2 oranından sonra görülmüştür. Bu orana kadar kullanılan malzemelerin yüksek su emme özelliklerinden ve su/toz oranlarının 0.40 tan daha fazla olmasından dolayı ancak % 2.5 oranından

sonraki kimyasal katkı kullanımını harçların işlenebilirliğini arttırmıştır. Ancak bu artış kireçtaşı tozunun kullanıldığı harçlarınkı kadar yüksek değildir. Kireçtaşı tozunun kullanıldığı harçlarda % 1 oranında bile kimyasal katkının işlenebilirliği arttırdığı görülmektedir.

Şahmaran v.d. [5] uçucu kül, kireçtaşı tozu, tuğla tozu ve kaolen tozunu ince olarak kullanmışlar ve bu malzemelerle farklı kökenli kimyasal katkıları denemişlerdir. Kimyasal katkı türü olarak gerek taze betonun işlenebilirliği gerekse sertleşmiş betonun mekanik özellikleri üzerinde polikarboksilikat esaslı katkıların daha etkili olduğunu göstermişlerdir. Diğer yandan ince malzeme tipine bakıldığında, en iyi işlenebilirlik kireçtaşı tozunda elde edilirken, uçucu külün kullanıldığı harçlarda da yüksek işlenebilirlik elde edilmiştir. Ancak tuğla tozu ve kaolenin ince malzeme olarak kullanılmaları durumunda taze betonun akışkanlığı önemli derecede azaldığı görülmüştür.

SONUÇ

Kendiliğinden yerleşen betonun önemi giderek artmakta ve kullanılan ince malzemelerin KYB özellikleri üzerine etkisi araştırılmaktadır. Bu çalışma kapsamında da farklı türdeki ince malzemelerin kimyasal katkı gereksinimleri üzerindeki etkisi araştırılmış olup, aşağıdaki sonuçlar çıkarılmıştır:

- Her bir ince malzemenin yüzeyinin su filmiyle kaplanması için gerekli olan su/toz oranı farklıdır. Bu farklılık dikkate alınmadığında işlenebilirlik büyük ölçüde kaybolmaktadır.
- Su/toz oranı en yüksek olan ince malzemenin tuğla tozu olduğu; en düşük malzemenin de kireçtaşı tozu olduğu görülmüştür.
- Sabit su/toz oranında kimyasal katkı oranı arttıkça tüm harçların işlenebilirliği de artmıştır.
- Bazı ince malzemelerin sahip oldukları β_p değerinin altında bir değerde harçlar üretildiğinde, kimyasal katkının etkisi yüksek oranlarda görülmüştür.

Kendiliğinden yerleşen beton tasarımında özellikle ince malzeme seçiminde, ince malzemenin öncelikle β_p değerinin belirlenerek bu oranda veya üzerindeki su/toz oranlarının tercih edilmesi başarılı bir beton tasarımının göstergesi olacaktır. İnce malzeme türü katkı ihtiyacını önemli derecede etkilemektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Okamura, H., Ouchi, M., Self-compacting Concrete, Journal of Advanced Concrete Technology, Vol. 1, No. 1, 5-15, April 2003.
- [2] Felekođlu, B., 2003, Kendiliğinden yerleşen betonların fiziksel ve mekanik özelliklerinin araştırılması, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Müh. Böl., Yapı Malzemesi A.B.D., Yüksek Lisans Tezi, İzmir.
- [3] Kandemir, A., 2005, Kendiliğinden yerleşen betonun kalıcılık özelliklerinin incelenmesi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Müh. Böl., Yapı Malzemesi A.B.D., Yüksek Lisans Tezi, İzmir.
- [4] EFNARC, "Specification and Guidelines for Self-Compacting Concrete", Association House, 99 West Street, Farnham, Surrey GU9 7EN, UK, February, 2002, s.8.
- [5] Şahmaran, M., Christianto, H.A., Yaman, İ.Ö., 2006, The effect of chemical admixtures and mineral additives on the properties of self-compacting mortars, Cement & Concrete Composites (28) 432-440.
- [6] Ho D.W.S., Sheinn A.M.M., Ng C.C., Tam C.T., 2002, "The use of quarry dust for SCC applications", Cem. Concr. Res., Vol: 32, pp. 505-511.
- [7] Yahia A., Tanimura M., Shimabukuro A., Shimoyama Y., 1999, "Effect of rheological parameters on self compactability of concrete containing various mineral admixtures", Proceedings of the First International RILEM Symposium, Edited by A.Skarendahl and Ö. Petersson, pp. 523-536.