

FARKLI TİP VE ORANLARDA KALKER TOZU KULLANILAN ÇİMENTO HAMURLARINDA SÜPERAKIŞKANLAŞTIRICI DOZAJININ KIVAMA VE PRİZ SÜRELERİNE ETKİLERİ

Sadık BİLEN^{11*}, Murat PALA²

¹Adiyaman Üniversitesi, TBMYO, İnşaat Teknolojisi Bölümü, Adiyaman, 02040, Türkiye

²Adiyaman Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Adiyaman, 02040, Türkiye

Geliş tarihi: 10.06.2021 Kabul tarihi: 28.06.2021

ÖZET

Çimento, dünyanın en yaygın kullanılan yapı malzemelerinden biridir. Çimentoya, uygun kıvamı sağlayacak kadar su eklenmesiyle çimento hamuru oluşur. Ancak Kendiliğinden Yerleşen Beton (KYB) ve Kendiliğinden Yayılan Harç (KYH) gibi yapı malzemelerinin imalatı aşamasında çimento hamuruna, farklı toz malzemeler ve kimyasal katkıları da eklenmektedir. Yüksek miktarda çimento, toz malzeme, kimyasal katkı kullanımı bu tür betonların ve harçların üretim maliyetlerini artırmaktadır. Doğada atık ve toz halde bulunan malzemelerin çimento hamurunun içerisinde değerlendirilmesi ile özel kullanım amacı sunan bu tür beton ve harçların üretim maliyetlerinin azalacağı düşünülmektedir. Özellikle, taş ocaklarından elde edilen kalkerlerin, üretimi aşamasında, yüksek miktarlarda toz malzeme atık hale gelmektedir. Ancak çimento dozajını azaltmak amacıyla kullanılacak kalker tozlarının, kimyasal katkılarıyla gösterecekleri reaksiyonlar önem taşımaktadır. Bu çalışmada, çimento ile birlikte farklı tip ve oranlarda kalker tozları kullanılarak, süperakışkanlaştırıcı dozajının çimento hamurlarının kıvamına ve priz sürelerine etkileri incelenmiştir. Kıvam için gerekli su miktarı ve priz süreleri, süperakışkanlaştırıcı dozajına ve kullanılan kalker tozunun tipine bağlı olarak değişmiştir.

Anahtar Kelimeler: Çimento hamuru, kalker tozu, kendiliğinden yerleşen beton, priz süresi, kıvam.

THE EFFECTS OF SUPERPLASTICIZER DOSAGE ON CONSISTENCY AND SETTING TIMES IN CEMENT PASTES USING DIFFERENT TYPES AND PROPORTIONS OF LIMESTONE POWDER

ABSTRACT

Cement is one of the most widely used building materials in the world. Cement paste is formed by adding enough water to provide the appropriate consistency. However, different powder materials and chemical additives are also added to the cement paste, during the production of construction materials such as self-compact concrete (SCC) and self-leveling mortar (SLM). The use of high amount of cement, powder materials and chemical additives increases the production costs of such concretes and mortars. Its thought that the production costs of this type concrete and mortar, which offer a special purpose, will decrease by evaluating the materials in cement paste that are in the form of waste and powder in nature. Particularly, high amount of powder material obtained, during the production phase of limestone obtained from stone quarries. However, the reactions of limestone powders to be used reduce cement dosage with chemical additives are important. In this study, the effects of superplasticizer dosage on the consistency and setting times on the cement pastes will be examined by using different types and proportions of limestone powders together with cement. The amount of water required for consistency and setting times varied, depending on the superplasticizer dosage and the type of limestone powder used.

Keywords: cement paste, limestone powder, self-compact concrete, setting time, consistency.

¹ e-posta¹: sbilen@adiyaman.edu.tr ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9430-8932> (Sorumlu Yazar)

e-posta²: pala@adiyaman.edu.tr ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3684-9976>

1. Giriş

Çimento yeryüzünde üretimi en çok olan yapı malzemelerindendir [1]. Üretiminde yüksek miktarda enerjiye ihtiyaç olmasına rağmen, çimento üretiminde kullanılacak hammaddelerin yerel olarak temin edilebilir olması, çimentonun daha düşük maliyetli olmasını sağlamaktadır. Çimento üretimi, dünyadaki CO₂ salınımının %6-8'ine sebep olmaktadır [2]. Beton ve harç, içeriğinde çimento bulunan, yapı malzemelerindendir. Su ve çimentodan oluşan çimento hamurlarına, kum eklenmesiyle harç, kum ve agrega eklenmesiyle de beton oluşmaktadır. İhtiyaca göre farklı mineral yapıdaki malzemeler ve kimyasallar eklenerek hem harçlara hem de betonlara farklı özellikler kazandırılabilir. İçeriğinde farklı mineraller ve kimyasal katkı malzemeleri bulunan, en modern yapı malzemeleri türleri arasında, ilk üretimi Japonya'da yapılan ve 1980'li yıllardan itibaren kullanımına başlanılan, Kendiliğinden Yerleşen Betonlar (KYB) ve Kendiliğinden Yayılan Harçlar (KYH) gösterilebilir [3, 4].

Kendiliğinden Yerleşen Beton (KYB), kendi ağırlığı ile vibrasyon, şişleme vb. hiçbir dış etkiye maruz kalmadan kalıba kendiliğinden yerleşerek, boşlukları doldurma ve segregasyona uğramadan çelik donatı elemanların arasından geçme özelliğine sahip özel bir betondur. Yerleştirmedeki işçilik hatalarını minimum düzeye indirmesi ile zaman ve maliyet kayıplarını büyük ölçüde önlemesi, daha hızlı inşaat yapım süresine olanak vermesi, diğer betonlara göre daha az geçirimsiz olması, güçlendirme işlerinde üstün performans göstermesi, pürüzsüz bir yüzey elde edilmesine imkan vermesi, ulaşılması zor yerlere beton dökülmesine olanak sağlaması, gürültü kirliliğine engel olması ile önemli avantajlar sağlamaktadır [5, 6, 7].

Kendiliğinden yayılan harçlar (KYH) ise yüzeye iyi yapışmaları, yüksek mekanik ve aşınma direncine sahip olmaları, mükemmel yakın pürüzsüz yüzeyler sunması, büyük akışkanlığı sayesinde geniş yüzeylerin tesviye edilmesine olanak sunması, yüksek hızda üretim olanağı sağlaması, uygulaması esnasında az miktarda işçiliğe ve araç ekipmana ihtiyaç duyması nedeniyle ekonomik olarak avantajlar sunan bir harç türüdür [8, 9].

KYB tasarımının temel ilkeleri azaltılmış kaba agrega içeriği, arttırılmış hamur hacmi, düşük su/toz malzeme miktarı, arttırılmış süperakışkanlaştırıcı miktarıdır [10]. Bu nedenle KYB ve KYH üretiminde yüksek miktarda toz malzemeye ve süperakışkanlaştırıcı kimyasal maddelere ihtiyaç bulunmaktadır [11]. KYB'de bulunan kaba agrega miktarı geleneksel betonlara göre daha az miktardadır. Aynı şekilde KYH'deki kum miktarı da geleneksel harçlara göre daha düşük miktardadır. Her iki malzeme de kullanılan toz malzeme miktarı ve süperakışkanlaştırıcı miktarı yüksek düzeydedir. Bu yüzden, KYB ve KYH üretimleri geleneksel beton üretimine ve geleneksel harç üretimine göre daha pahalıdır. Bu da büyük avantajlarına rağmen, KYB ve KYH üretimlerini olumsuz etkilemektedir. Toz malzeme ve süperakışkanlaştırıcı maliyetlerinin düşüşüne sebep olacak araştırmalar KYB ve KYH üretim miktarlarına olumlu yansıtacağından, her iki ürünün de daha yaygın bir kullanım alanı bulmasına sebep olacaktır. Bu nedenle, beton içeriğindeki portland çimento miktarının azaltılmasını ve istenen taze özelliği sağlamak amacıyla çeşitli mineral malzemelerin kullanılmasına yönelik çalışmalar yapılmıştır [12, 13,14,15,16].

KYB ve KYH üretiminde en çok kullanılan toz malzemelerinden bazıları, granüle yüksek fırın cürufu, uçucu kül, silis dumanı ve kireçtaşı tozudur [17]. Özellikle kalker tozu doğada yaygın olarak bulunan, ekonomik olarak temini kolay malzemelerdendir [18]. KYB ve KYH üretiminde kullanılan süperakışkanlaştırıcı ile toz malzeme arasındaki uyum büyük önem arz etmektedir. Bu çalışmada bölge şehirlerinde konut yapımında yoğun bir şekilde kullanılan kalkerlerden elde edilen ve atık halde bulunan kalker tozları kullanılmıştır. Kullanılan kalker tozu ile çimento ve süperakışkanlaştırıcı uyumunun incelenmesi bakımından çimento hamurlarının kıvam ve priz süreleri araştırılmıştır.

2. Deneysel Çalışma

2.1 Çimento

Harçların karışımında ASTM C-1157 [19] Standartlarına uygun olarak üretimi gerçekleştirilmiş olan ve Adıyaman Sanko Çimento Fabrikasından temin edilen CEM 1 42.5 R tipi çimento

kullanılmıştır. Çimentonun özgül ağırlığı ve kimyasal analizleri Çizelge 1’de, kimyasal analizi ise Çizelge 2’de verilmiştir.

2.2. Kalker Tozları

Bu çalışmada, Şanlıurfa ilinde bulunan kalker ocaklarından temin edilen, kimyasal analizi ve özgül ağırlıkları birbirinden farklı, 2 kalker tozu kullanılmıştır. Bu tozlar 4 mikronluk elekten geçirilmiştir ve elek altında kalan tozlar kullanılmıştır. Özgül ağırlığı daha düşük bulunan kalker tozu, hafif (H) olarak, ikincisi ise normal (N) kalker tozu olarak adlandırılacaktır. Kalker tozlarının kimyasal analizi Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesinde yapılmıştır. Kalker taşı tozlarının özgül ağırlıkları Çizelge 1’de kimyasal analizi Çizelge 2’de verilmiştir.

2.3 Süperakışkanlaştırıcı

Çalışmada süperakışkanlaştırıcı (SA) olarak, Mersin Fosroc İdea Yapı Kimyasalları firmasından temin edilen, Fosroc Auramix 223 kullanılmıştır. Ürün polikarboksilat esaslı olup, katkı malzemesinin %0,8’i kadar kullanılması durumunda, %12 civarında su azaltıcı özelliğe sahiptir. Ürünün, pH değeri 4.0-6.0 aralığında, alkali içeriği ise %5’in altındadır ve TS EN 934-2 [20] standartlarına göre üretimi gerçekleştirilmiştir. Ürünün özgül ağırlığı Çizelge 1’de verilmiştir.

2.4 Karışım Oranları:

Süperakışkanlaştırıcı kimyasal katkı malzemesinin kullanılmayacağı, kıvam ve priz sürelerinin tayini deneylerinde toplam 7 adet asıl, 7 adet şahit olmak üzere toplamda 14 numune hazırlanmıştır. Hazırlanan 7 deney numunesinden, ilkinde toz malzemenin %100’ü CEM I 42,5 R tipi çimentodan oluşmaktadır. Kullanılan çimento miktarının sırasıyla %5, %10, %20 kadarının düşük özgül ağırlıktaki kalker tozu ile (H) ile ikame edildiği 3 numune ve çimentonun yine sırasıyla aynı oranlarda, normal özgül ağırlıktaki kalker tozları (N) ile ikame edildiği 3 numune olmak üzere toplam 7 farklı numune hazırlanmıştır. Bu hazırlanan numuneler hem kıvam hem priz süresi deneylerine tabi tutulacaklardır.

Süperakışkanlaştırıcı kimyasal katkı ile hazırlanan numuneler ise 21 adet asıl 21 adet şahit olmak üzere toplam 42 adettir. SA miktarı, üretici firmanın önermiş olduğu en alt ve en üst sınırları arasında belirlediği oranlarda kullanılmıştır. Bu nedenle toz malzeme miktarının, %0,5, %1 ve %1,5 oranlarında SA kullanılmıştır. Yukarıda hazırlanan 7 farklı numune için 3 farklı oranda SA kullanıldığından toplamda 21 adet asıl ve 21 adet şahit olmak üzere 42 adet numune hazırlanmıştır. İsimlendirme de sonunda SA olan numuneler süperakışkanlaştırıcı kullanılan numunelerdir.

Çizelge 1. Malzemelerin Özgül Ağırlıkları

	Çimento (C)	Kalker Tozu 1 (H)	Kalker Tozu 2 (N)	Süperakışkanlaştırıcı (SA)
Özgül ağırlık(gr/cm ³)	3,10	2,25	2,54	1,07

Çizelge 2. Karışımlarda Kullanılan Malzemelerin Kimyasal Analizleri

	C	H	N
CaO	62,83	74,40	73,61
SiO ₂	19,29	0,98	0,11
SO ₃	2,58	0,28	0,02

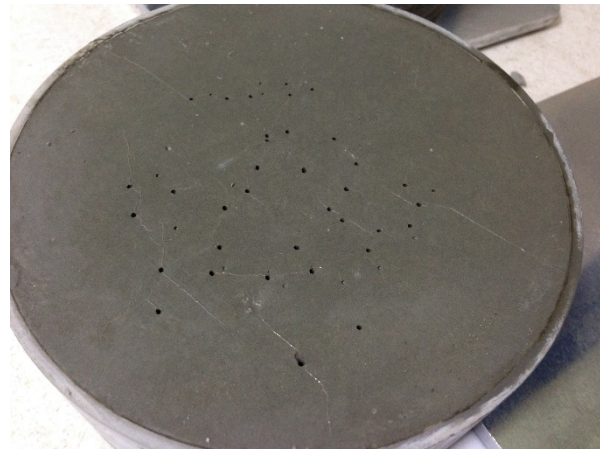
Fe2O3	4,25	0,21	0,10
MgO	3,42	0,20	0,11
Al2O3	3,88	0,15	0,05
P2O5	-	0,15	0,18
SrO	-	0,10	0,04
K2O	0,34	0,08	-
TiO2	-	-	0,01

Çizelge 2- Devamı

2.5 Karıştırma, numune hazırlama ve test etme

Bütün malzemelerin hazırlanması ve deneylerin yapılması ASTM C191 [21] standartlarına göre, Adıyaman Üniversitesi TBMYO İnşaat Teknolojisi Laboratuvarlarında yapılmıştır. İlk olarak süperakışkanlaştırıcı katılmayan 7 tip numunenin, kıvam ve priz süreleri tayini deneyleri yapılmıştır. Sonrasında ise süperakışkanlaştırıcı eklenerek elde edilen 21 tip numunenin, priz süreleri deneyleri yapılmıştır. Deneylerin yapılmasında 0.1 gr hassasiyetinde hassas terazi, vicat alet seti, kronometre ve hobart marka mikser kullanılmıştır.

Toz malzeme olarak saf çimentonun kullanıldığı deney numunelerinde, deneyde kullanılan malzeme miktarları Çizelge 3'te verilmiştir. Deney aşamasına mikser kabına su eklendikten sonra suyun içerisine 5-10 sn. içerisinde belirtilen miktarda çimento eklendi. Bu andan itibaren mikser düşük hızda 90 sn. çalıştırılmıştır. 90 sn. sonrasında, mikser 15 sn. durdurularak mikser kabının içine yapışan çimento hamuru spatula yardımıyla toplanmıştır. Çimento kalıntıları temizlendikten sonra mikser 90 sn. yüksek hızda çalıştırılmıştır. Mikser kabından alınan çimento hamuru hazırlanan vicat aletinin konik kabına spatula ile yerleştirilmiştir. 80mm. alt çapa, 70mm. üst çapa sahip ve 40 mm. yüksekliğindeki bu konik kaba vicat sondasının 30 sn. içerisinde 10 mm. (+2mm.) saplanması sağlayan su miktarı tespit edilerek kaydedilmiştir. Kalker tozunun kullanıldığı karışımlarda anlatılanlardan farklı olarak, mikser kabına ilk olarak tespit edilen miktarlarda kalker tozu ve çimento karışımı eklenmiştir ve mikser 30 sn. süreyle çalıştırılmıştır. Böylece karışımın daha homojen hale getirilmesi sağlanmıştır. Su ve süperakışkanlaştırıcı eklenmesi ve mikserin çalıştırılma süreleri ve hızları aynıdır. Belirtilen miktarda deney numuneler hazırlandıktan sonra priz süreleri tayini deneyi yapılmıştır. Vicat aleti yardımıyla tespit edilen priz başlangıç ve bitiş süreleri tayin edilmiştir.



Şekil 1. SA Kullanılan Numunelerde Priz Süresi Tayini ve Farklı Noktalardan Ölçümler

Numunelerin isimlendirmesi yapılırken ilk harf çimentoyu, ardından gelen rakamlar kullanılan kalker tozunun ağırlık olarak toplam toz madde içerisindeki yüzdesini, sonraki gelen harf kullanılan kalker tozu tipini sonrasında gelen rakamlar bindelik olarak süperakışkanlaştırıcı miktarını, sonrasında gelecek olan harfler ise süperakışkanlaştırıcıyı tanımlamamaktadır. Örneğin, C20N15SA çimento ağırlığının %20'si kadarının N tipi kalker tozu ile ikame edildiği ve çimento ağırlığının %1,5'i kadar süperakışkanlaştırıcı kullandığını tanımlamaktadır. Sonunda SA olmayan isimlendirmelerde süperakışkanlaştırıcı kullanılmamıştır. Örneğin, C10H çimentonun yüzde 10'u kadar H tipi kalker tozunun kullanıldığı deney numunesini simgelemektedir.

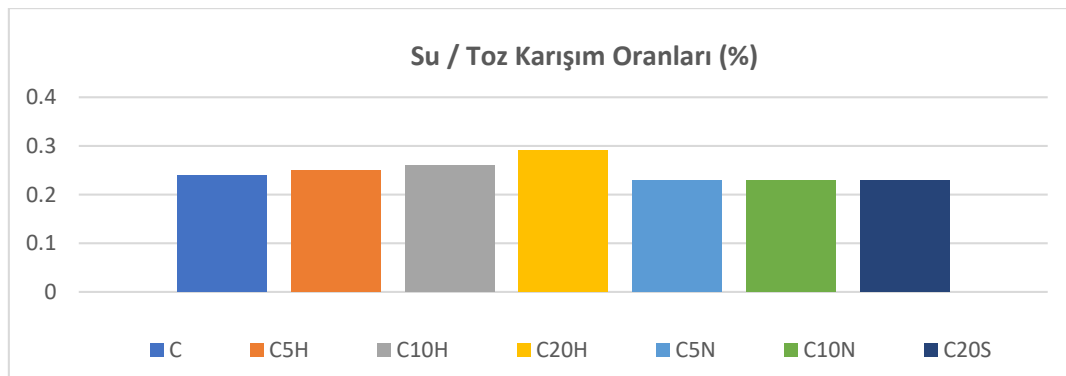
3. Bulgular

Süperakışkanlaştırıcının kullanılmadığı numunelerde, kıvam ve priz sürelerinin tespit edilmesi amacıyla 7 asıl, 7 şahit olmak üzere toplam 14 adet deney yapılmıştır. Deneylerde kullanılan malzemelerin miktarları, deney sonuçlarında bulunan priz başlangıç ve priz bitiş süreleri, deney sonuçlarında elde edilen en uygun kıvamı sağlayan vicat sondası çökme değerleri ve bunu sağlayan su miktarları Çizelge 3'te verilmiştir. Bu kıvamlara bağlı olarak yapılan priz süresi tespiti deneylerinden elde edilen priz başlangıç ve priz bitiş süreleri arasındaki farklar da yine Çizelge 3'te görülmektedir.

Çizelge 3. SA Kullanılmayan Karışımlarda Kullanılan Malzeme Miktarları, Kıvam ve Priz Süreleri

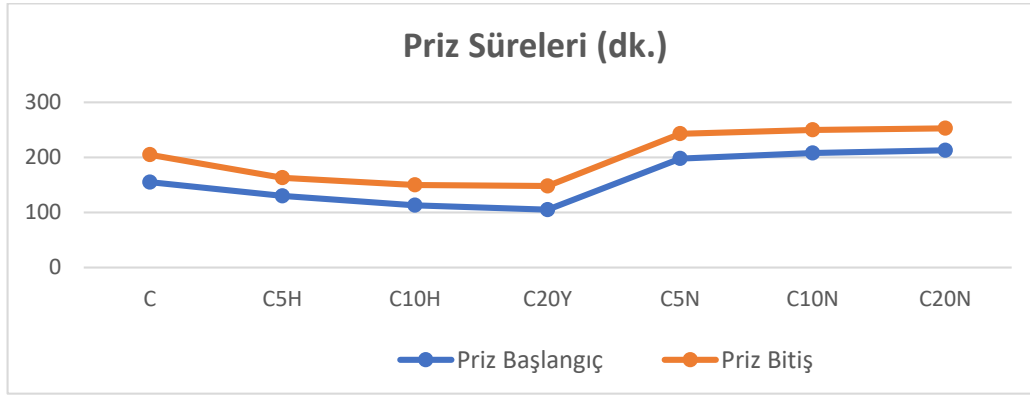
NUMUNE	KT (gr)	C (gr)	C+KT (gr)	Su (gr)	Su/(C+KT)	Çökme (mm)	Priz Başl.(dk)	Priz Bitiş(dk)	Fark (dk)
C	0	650	650	156	0,24	12	155	205	50
C5H	32,5	617,5	650	163	0,25	9	130	163	33
C10H	65	585	650	169	0,26	11	113	150	37
C20H	130	520	650	189	0,29	9	105	148	43
C5N	32,5	617,5	650	150	0,23	8	198	243	45
C10N	65	585	650	150	0,23	9	208	250	42
C20N	130	520	650	150	0,23	10	213	253	40

Su/toz karışım oranları, SA'nın kullanılmadığı numunelerde 0,24 iken, hafif özgül ağırlıktaki kalker tozunun kullanıldığı karışımlarda, karışımdaki kalker tozu miktarına bağlı olarak değişmiştir. Ancak normal özgül ağırlıktaki kalker tozunun kullanıldığı karışımlarda, karışımdaki kalker tozu miktarından bağımsız bir şekilde su/toz karışım oranları sabit kaldığı, Şekil 2'de görülmektedir.



Şekil 2. Karışımlar İçin Su/Toz Karışım Oranları

Priz sürelerinin tayin edildiği deney sonucunda karışımların priz başlangıç ve bitiş süreleri ise Şekil 3'te görülmektedir.



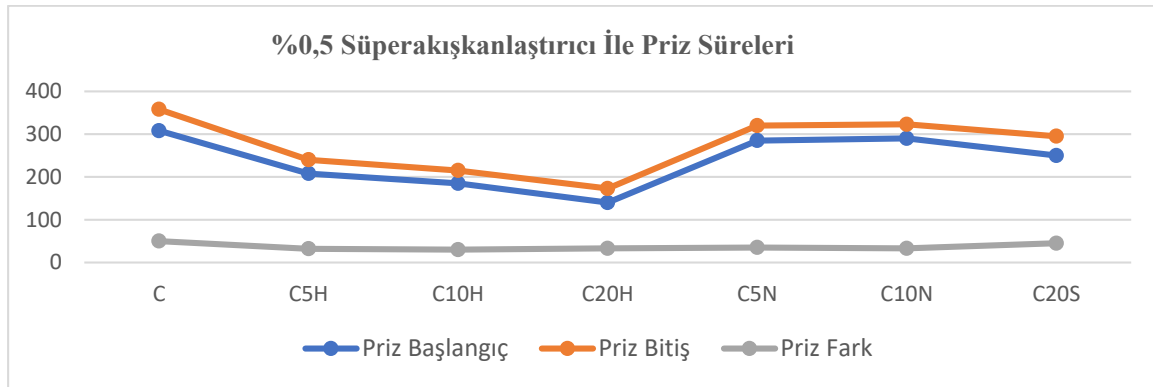
Şekil 3. SA Kullanılmayan Karışımlar İçin Priz Başlangıç, Priz Bitiş Süreleri

SA'nın kullanılmadığı 7 farklı deney numunesinde, toz malzemenin sırasıyla yüzde 0,5, 1, 1,5 oranlarında olacak şekilde süperakışkanlaştırıcı eklenmiştir. Priz başlangıç ve bitiş sürelerinin tespiti amacıyla 21 asıl ve 21 şahit numune deneye tabi tutulmuştur. Bu deneylerde kullanılan ağırlık cinsinden(gr.) malzeme miktarları, numunelere ait priz başlangıç süreleri ve priz süreleri (sn.) olarak aşağıdaki çizelge 4'te görülmektedir.

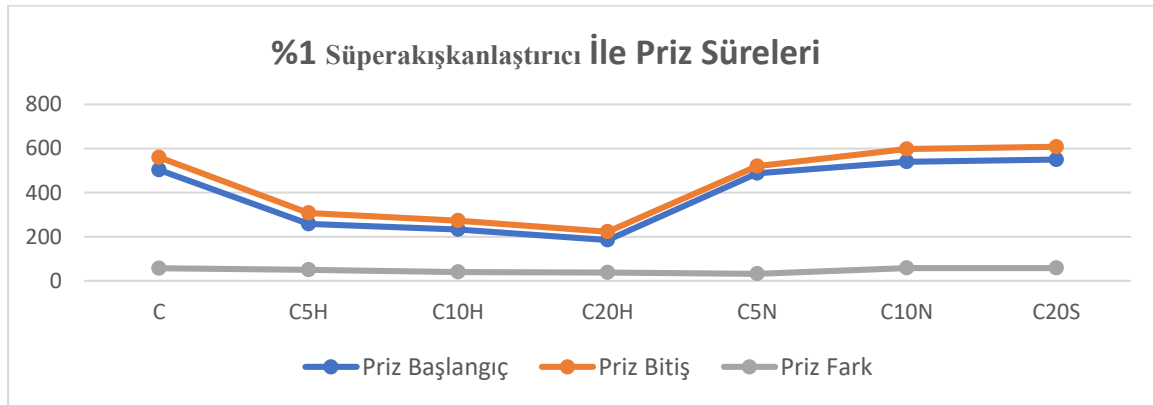
Çizelge 4. SA Kullanılan Karışımlarda Kullanılan Malzeme Miktarları ve Priz Süreleri

NUMUNE	SA (%)	SA (gr)	KT (gr)	C (gr)	Toz Karışım (gr)	Su (gr)	Toplam K. (gr)	Priz Basl.(sn)	Priz Bitiş (sn)	Priz Fark (sn)
C05SA	0,5	8	0	1600	1600	384	1984	308	358	50
C10SA	1	16	0	1600	1600	384	2000	503	560	57
C15SA	1,5	24	0	1600	1600	384	2008	870	948	78
C05H05SA	0,5	8	80	1520	1600	400	2008	208	240	32
C05H10SA	1	16	80	1520	1600	400	2016	258	308	50
C05H15SA	1,5	24	80	1520	1600	400	2024	398	453	55
C10H05SA	0,5	8	160	1440	1600	416	2024	185	215	30
C10H10SA	1	16	160	1440	1600	416	2032	233	273	40
C10H15SA	1,5	24	160	1440	1600	416	2040	310	360	50
C20H05SA	0,5	8	320	1280	1600	464	2072	140	173	33
C20H10SA	1	16	320	1280	1600	464	2080	185	223	38
C20H15SA	1,5	24	320	1280	1600	464	2088	268	333	65
C05N05SA	0,5	8	80	1520	1600	368	1976	285	320	35
C05N10SA	1	16	80	1520	1600	368	1984	488	520	32
C05N15SA	1,5	24	80	1520	1600	368	1992	700	758	58
C10N05SA	0,5	8	160	1440	1600	368	1976	290	323	33
C10N10SA	1	16	160	1440	1600	368	1984	540	598	58
C10N15SA	1,5	24	160	1440	1600	368	1992	733	803	70
C20N05SA	0,5	8	320	1280	1600	368	1976	250	295	45
C20N10SA	1	16	320	1280	1600	368	1984	550	608	58
C20N15SA	1,5	24	320	1280	1600	368	1992	820	915	95

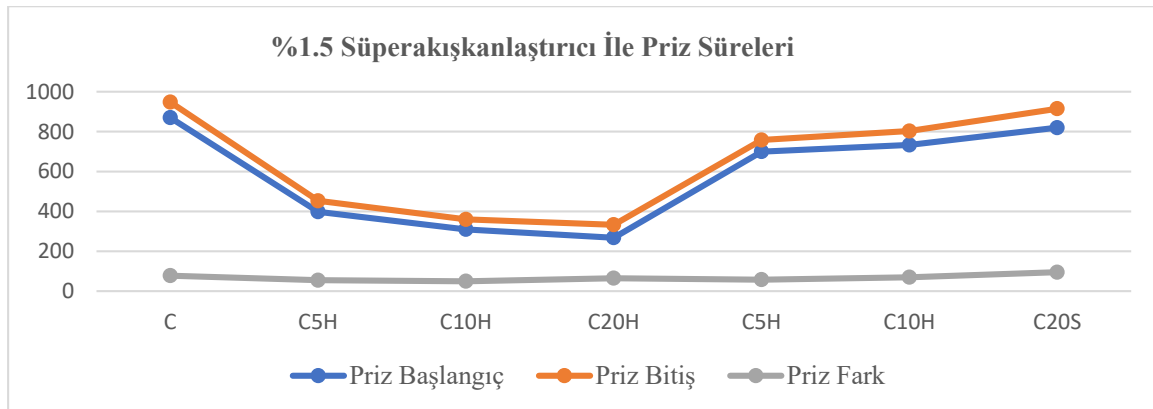
SA miktarına göre deneylerden elde edilen, priz başlangıç ve bitiş süreleri Şekil 4, Şekil 5 ve Şekil 6'da görülmektedir.



Şekil 4. %0,5 Oranında SA Kullanılan Karışımlarda Priz Başlangıç, Priz Bitiş Süreleri



Şekil 5. %1 Oranında SA Kullanılan Karışımlarda Priz Başlangıç, Priz Bitiş Süreleri



Şekil 6. %1,5 Oranında SA Kullanılan Karışımlarda Priz Başlangıç, Priz Bitiş Süreleri

4. Sonuçlar

Farklı tip ve oranlarda kalker tozu kullanılan çimento hamurlarında, uygun kıvamın elde edilmesi için gerekli su miktarları bulunmuştur. Uygun miktardaki su kullanımıyla birlikte numunelerin priz başlangıç ve priz bitiş süreleri tespit edilmiştir. Farklı dozajlardaki SA kullanımının, kalker tozu-çimento karışımı olan hamurlarda priz sürelerine etkileri incelenmiştir. Yapılan analizler ve deneyler sonucunda, kullanılan 2 farklı tip kalker tozunun, birbirinden farklı kimyasal bileşenlere ve özgül ağırlıklara sahip olduğu görülmüştür. H tipi kalker tozları, mevcut kalker tozlarına göre düşük

bir özgül ağırlığa sahiptir. SA'nın kullanılmasına veya kullanılmamasına bağlı olarak farklı sonuçlar elde edilmiştir.

SA'nın kullanılmadığı deneylerde şu sonuçlara ulaşılmıştır:

- N tipi kalker tozlarının kullanıldığı numunelerde, kıvam için gerekli su miktarı, kalker tozu miktarından bağımsız bir şekilde sabit kalırken, H tipi kalker tozlarının kullanıldığı numunelerde kıvam için gerekli su miktarı, kalker tozunun kullanım miktarına bağlı olarak artış göstermiştir.

- Priz başlangıç ve bitiş süreleri ise H tipi kalker tozlarının kullanıldığı numunelerde kalker tozu miktarı arttıkça düşüş gösterirken, N tipi numunelerde ise tersine, kalker tozu miktarına bağlı olarak artış göstermiştir. Bu da SA'nın kullanılmadığı üretimlerde H tipinin priz hızlandırıcı, N tipinin ise priz yavaşlatıcı özelliğinin olduğu anlamını taşımaktadır.

SA'nın kullanıldığı deneylerde elde edilen sonuçlar ise şöyledir:

- Bütün deneylerde ise priz başlangıç ve bitiş süreleri, kullanılan SA dozajına bağlı olarak artış göstermiştir.

- En uzun priz başlangıç ve bitiş süreleri, tamamı çimentodan oluşan numunelerde, görülmüştür.

- En düşük priz başlangıç ve bitiş süreleri ise H tipi kalker tozlarının kullanıldığı numunelerde görülmüştür.

- Elde edilen bilgiler ışığında, N tipi kalker tozlarının kullanımının kıvam ve priz sürelerinde çimentoyla uyumlu bir şekilde çalıştığı görülürken, priz hızlandırıcı bir şekilde tamamlanmasının arzu edildiği üretim türlerinde ise H tipi numunelerin kullanımının büyük avantajlar sunacağı düşünülmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma; Adıyaman Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi birimi tarafından MÜFMAP/2018-0001 nolu proje kapsamında desteklenmiştir.

Kaynaklar

- [1]. Berriel S. S., Favier A., Domínguez E. R., Machado I. S., Heierli, U. Scrivener, K., ... & Habert, G. Assessing the environmental and economic potential of Limestone Calcined Clay Cement in Cuba. *Journal of cleaner Production* 2016; 124, 361-369.
- [2]. Olivier J.G.J., Janssens-Maenhout G., Muntean M., Peters J.A.H.W. Trends in Global CO2 Emissions: Report. PBL Netherlands Environmental Assessment Agency; Ispra: European Commission, Joint Research Centre, The Hague. 2015.
- [3]. Kou S.C., Poon C.S. Properties of self-compacting concrete prepared with coarse and fine recycled concrete aggregates. *Cement Concr. Compos.* 2009; 31 (9), 622-627.
- [4]. Yang L., Zhang Y., Yan Y. Utilization of original phosphogypsum as raw material for the preparation of self-leveling mortar. *J. Clean. Prod.* 2016; 127, 204-213.
- [5]. Hameed A. H. Effect of superplasticizer dosage on workability of self compact concrete. *Diyala Journal of Engineering Sciences* 2012; 5(2), 66-81.
- [6]. Kumar D., Lopes B., Mhatre K., Nityanand R., & Heggond S. To Study Physical Properties of Self Compacting Concrete. *Int. J. Innov. Eng. Sci.* 2020; 5(6), 36.
- [7]. Sathya T., Padmanaban I. Effect of Steel Fibres as Reinforcement in Self Compacting Concrete. *International Journal of Advanced Research Methodology in Engineering & Technology* 2017; 1(2), 170-173.
- [8]. Kang D. G., Kim G. Y., & Kim J. W. An Experimental Study on the Characteristics of Evaluation with Feature of Self Levelling Primer. In *Proceedings of the Korea Concrete Institute Conference Korea Concrete Institute* 2006; 505-508.

- [9]. Figliuzzi G., Vazquez E., Nobrega J., dos Santos J., & Alves L. Comparison of Self-levelling Underlayment to Traditional Methods Used in Brazil. *Journal of Civil Engineering and Architecture* 2019; 13, 373-380.
- [10]. EFNARC. The European guidelines for self-compacting concrete specification, production and use. The European Federation of specialist construction chemicals and concrete systems 2004.
- [11]. Topcu İ.B., Bildir T., Baylavlı H., Kendiliğinden Yerleşen Betonun Özellikleri. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Müh.Mim.Fak.Dergisi* 2008; C.XXI, 1.
- [12]. Ghasemi M., Rasekh H., Berenjian J., Jafari H.A. Dealing with workability loss challenge in SCC mixtures incorporating natural pozzolans: A study of natural zeolite and pumice. *Construction and Building Materials* 2019; 424-436.
- [13]. Usman M., Khan A. Y., Farooq S. H., Hanif A., Tang S., Khushnood R. A., & Rizwan S. A. Eco-friendly self-compacting cement pastes incorporating wood waste as cement replacement: A feasibility study. *Journal of Cleaner Production* 2018; 190, 679-688.
- [14]. Pelisser F., Vieira A., & Bernardin A. M. Efficient self-compacting concrete with low cement consumption. *Journal of Cleaner Production* 2018; 175, 324-332.
- [15]. Fediuk R. S., Lesovik V. S., Svintsov A. P., Mochalov, A. V., Kulichkov S. V., Stoyushko N. Y., ... & Timokhin R. A. Self-compacting concrete using pretreated rice husk ash. *Magazine of Civil Engineering* 2018; 79(3).
- [16]. Anjos M. A., Camões A., Campos P., Azeredo G. A., & Ferreira R. L. Effect of high volume fly ash and metakaolin with and without hydrated lime on the properties of self-compacting concrete. *Journal of Building Engineering*, 2020; 27, 100985.
- [17]. Tohumcu İ., Bingöl F. Silis Dumanı ve Uçucu Kül Katkılı Kendiliğinden Yerleşen Betonların Taze Beton Özellikleri ve Basınç Dayanımları, *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi* 2013; 15-43, 31-44.
- [18]. Moon G. D., Oh S., Jung S. H., & Choi Y. C. Effects of the fineness of limestone powder and cement on the hydration and strength development of PLC concrete. *Construction and Building Materials* 2017; 135, 129-136.
- [19]. Annual Book of ASTM Standards. Standard performance specification for hydraulic cement. American Society for Testing and Materials, PA, ASTM C 1157-00a, 2002.
- [20]. EN, T.S. 934-2, "Admixtures For Concrete, Mortar and Grout-Part 2: Concrete Admixtures; Definitions, Requirements, Conformity, Marking and Labelling". TSE (Turkish Standards Institute), 2002.
- [21]. ASTM C191, Standard Test Method for Time of Setting of Hydraulic Cement by Vicat Needle, ASTM, Pennsylvania 2003; 179-184.