
**UÇUCU KÜL, TABAN KÜLÜ ve WALLOSTONİT
KATKILI ÇİMENTOLARA
SODYUM KARBONAT İLAVESİNİN ETKİSİNİN
İNCELENMESİ**

Bülent YILMAZ
Yard.Doç.Dr.
Dumlupınar Üniv. Müh.
Fak.
Kütahya, Türkiye
byilmaz@dumlupinar.edu.tr

Ertuğrul ERDOĞMUŞ
Öğr.Gör.
Celal Bayar Üniv.
Eğitim Fak.
Manisa Türkiye
eerdogms@mynet.com

Yunus ERDOĞAN
Prof.Dr
Dumlupınar Üniv. Fen-
Edeb. Fak.
Kütahya Türkiye
yerdogan@dumlupinar.edu.tr

ÖZET

Uçucu kül puzzolanik özellikleri nedeni ile bütün dünyada çimento katkı maddesi olarak kullanılan atık bir malzemedir. Uçucu kül çimentoda puzolan gibi davranarak klinkeri ikame edebilmekte ayrıca çimento inceliğinde olması ayrı bir avantaj teşkil etmektedir. Fakat düşük hidrasyon ısısına sahip olması ve erken mukavemetlerinin düşük olması bir dezavantajdır. Düşük hidrasyon ısısı nedeni ile soğuk havalarda donma tehlikesi artmaktadır. Beton antifirizleri; çimentonun hidrasyonunu hızlandırıp, donmaya karşı betona direnç kazandıran kimyasal katkı maddeleridir. Sodyum karbonat ise beton antifirizi olarak çimentonun hidrasyonu sırasında oluşan reaksiyonlar sonucu ilk anda oluşan alüminat ve silikat jellerinin oluşumunu hızlandırarak taze betonun hidrasyonunu çabuklaştırarak betonun sertleşme ve mukavemet kazanmasını sağlayan bilinen bir priz hızlandırıcıdır. Bu çalışmada uçucu kül, taban külü ve wallostonit içeren çimentolu sistemlerde sodyum karbonat katkısının priz süresi ve mukavemetler üzerine etkisi incelenmiştir. Sonuç olarak Sodyum karbonat katkısı ile priz

süresinin uçucu ve taban küllü sistemlerde oldukça kısaldığı görülmüş fakat dayanımlarda bir düşmede gözlenmiştir.

GİRİŞ

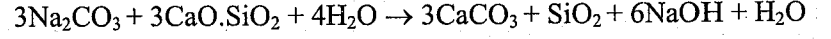
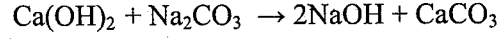
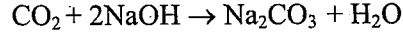
Enerji üretim tesislerinden biri olan kömüre dayalı termik santraller, enerjinin yanında atık olarak taban küllü ve uçucu kül üretmektedirler. Puzolanik özelliğe sahip olan küller, çimento sektöründe katkı çimento üretiminde beton sektöründe ise maliyeti ve beton özelliklerini etkileyen malzeme olarak kullanılmaktadırlar[1].

Termik elektrik santrallerinde kömür, 0.09 mm boyutundan daha düşük inceliğe kadar öğütülmekte ve su ile yakma fırını içine püskürtülmektedir. Fırın içinde 1100-1200 °C sıcaklıkta yanan kömür partikülleri baca gazları ile taşınamayan, yanarak kazan tabanına düşen burada aglomera olan “taban küllü” olarak (%10-15) kazan altında toplanmaktadır. Diğer önemli bir kısmı da baca gazları ile taşınarak mekanik veya elektrostatik filtrelerde çok ince tanecikli “uçucu kül” olarak tutulmaktadır.[2]

Termik santrallerde yakılan kömürden elde edilen ve uçucu kül ile aynı kimyasal yapıya sahip olan fakat biraz daha iri taneli formdaki taban külleri de portland çimentosuna ilave edilebilecek iyi bir katkı malzemesidir [3].

Endüstriyel olarak kullanılan bir hammadde olan wollastonit ise kalsiyum meta silikat olarak tanımlanır (CaOSiO_2). Araştırmalarla bu mineral için pek çok kullanım alanı bulunmuştur. Çalışmalar wollastonitin pek çok avantajı olduğu kanıtlanmıştır. İmalat esnasında karışım içindeki birleştirici rolü nedeniyle seramik endüstrisinde geniş kullanım alanı oluşturmuştur [4].

Sodyum karbonat ise kimya endüstrisinin bir ürünüdür. Farklı alanlarda kullanılmaktadır. Bu alanlar; cam, sabun, deterjan, kağıt endüstrisinde kullanımı olarak sıralanabilir. Karbonatların temel kimyasal özelliklerini taşır. Sert suda bulunan kalsiyum ve magnezyum iyonlarıyla tepkimeye girerek çökelti oluşturur ve suyun yumuşamasını sağlarlar. Aynı zamanda sodyum karbonat pH dengeleyicisi olarak da kullanılmaktadır. Sodyum karbonattaki CO_3 iyonu, çözüldüğü hidrojensel iyonlarıyla tepkime vererek çözeltinin pH değerini artırır. Sodyum bileşiklerinin çimentolu sistemlerdeki davranışları aşağıdaki denklemlerle gösterilmiştir.



Denklem 1'e göre NaOH, karbondioksit gazı ile birleşerek Na_2CO_3 oluşturmaktadır. Oluşan bu Na_2CO_3 kalsiyum hidroksitle birleşerek kireçtaşını oluşturmaktadır. Bu arada reaksiyonda oluşan NaOH ise tekrar 1 numaralı reaksiyon gereğince Na_2CO_3 'ı oluşturmaktadır reaksiyon bu şekilde zincirleme devam etmektedir. 3 numaralı reaksiyon ise Na_2CO_3 'ın klinker fazına etkisini göstermektedir.

Sodyum karbonat, genellikle betonu tahrip edici ortamlar konusunda üzerinde bilimsel çalışmalar olan bir maddedir. Fakat çimentolu sistemlere etkisi çok fazla çalışılmış bir konu değildir. Bunun sebebi çimento sistemlerinde karbonasyona yol açması olarak düşünülebilir. Sodyum karbonatın betondaki karbonasyonu ve mekanizması oldukça fazla çalışılmıştır [5, 6]. Sodyum karbonatın çimentolu harçlara etkisi konusundaki sınırlı birkaç çalışma ise şunlardır. Shi ve arkadaşları [7] alkali ile aktive edilmiş curuf harçlarında dayanım por yapısı ve geçirgenliği araştırmışlar bunun için Tip III portland çimentosu kullanarak alkalilerin geçirgenliği dayanımlarla birlikte düşürdüğünü rapor etmişlerdir. Yine yapılan başka bir çalışmada Collins ve arkadaşları [8] NaOH ve Na_2CO_3 ile aktive edilmiş curuf çimento pastalarında erken mukavemet ve çalışılabilirliği incelemişler mukavemet ve çalışılabilirlik için curuf pastalarında NaOH ve Na_2CO_3 için optimum şartları belirlemişlerdir. Erdoğan ve arkadaşları ise yaptıkları çeşitli çalışmalarda, çimentoya katkı maddesi olarak uçucu kül, taban külü, bentonit, kolemanit konsantratör atığı, tinkal konsantratör atığı ile bunların ikili veya üçlü karışımlarını kullanmışlardır. [9, 10]

Erdoğmuş ve arkadaşları [11] ise sodyum karbonatın kolemanit konsantratör atığı, karabük curufu katkılı portland çimentosunun mekanik özelliklerine etkisi konusunda araştırmalarda bulunmuşlardır. Söz konusu karışıma sodyum karbonat ilavesi ile erken priz süresi ve bitişinin yükseldiğini fakat mukavemetleri olumsuz etkilediğini belirtmişlerdir.

Shi ve arkadaşları yaptıkları başka bir çalışmada [12] puzolanların reaktivitelerini artırmak için farklı metotları incelemişlerdir bu metotları puzolanların uzun süre öğütülmesi (mekanik yöntem), puzolanları yüksek sıcaklıklarda aktivasyonun artırılması (termal yöntem) ve kimyasal aktivatörler kullanılarak reaktivitenin

artırılmasını içeren (kimyasal yöntem) mekanik ve termal yöntemler için tesis ve enerjiye ihtiyaç bulunduğunu kimyasal yöntemle ise işlemlerin minimum maliyetle gerçekleştirilebileceğini rapor etmişlerdir.

Literatür sonuçlarına göre şüphesizki alkali katkıların betonun normal koşullar altında özelliklerini değiştirdiği artık bilinen bir gerçektir fakat erken priz süresi verdiği de bilinmektedir. Beton antifrizleri [13] bu amaçla kullanılan kimyasal katkılardır. Fakat puzolanlı sistemlerin priz sürelerinin uzunluğu düşük hidrasyon ısıları ve erken dayanımlarının düşüklüğüde bilinmektedir.

Bu çalışma priz süresini hızlandırarak erken dayanımları artırdığı bilinen bu yüzden antifriz olarak kullanılan sodyum karbonatı uçucu kül, taban külü ve wallostonit içeren çimentolardaki etkisini araştırılması amacıyla yapılmıştır. Çalışma iki soruya cevap araması nedeniyle iki aşamadan oluşmaktadır. Birinci aşama sodyum karbonat portland çimentosu ile etkileşimi nasıl olacaktır. Bu aşamada literatür değerleri test edilmiş ikinci aşamada ise uçucu kül, taban külü ve wallostonit karışımlarında sodyum karbonatın etkisi gözlenmiştir. Burada aynı zamanda prizi erken başlatmak için kristalize kalsiyum silikat olan wallostonit minerali denenmiştir. Bu denemenin temel amacında sodyum karbonatın çimento hamurunun pH değerini yükselttikten sonra hidrasyon başlangıcında ilk kristal oluşumu için ortamdaki CSH jellerinin wallostonit kristalleri üzerinde tutunabileceği varsayımından hareket edilmiştir.

MALZEME VE METOT

Malzeme –

Bu çalışmada kullanılan malzemeler; portland çimentosu klinkeri, alçı taşı, uçucu kül, taban külü, wallostonit ve standart kumdur.

Portland çimentosu klinkeri, Eskişehir Çimento Fabrikasından temin edilmiştir alçı taşı, bir seramik fabrikasının atık alçısıdır. Uçucu kül ve taban külü Tunçbilek termik santrali atık sahasından temin edilmiştir. Wallostonit ise Güral seramik fabrikasından temin edilmiştir. Sodyum karbonat ise Merck kalitesinde olup Dumlupınar Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü'nden alınmıştır. Harç numunelerinin hazırlanma-sında kullanılan kum, TS 819'a uygun Rilem Cembureau Pınarhisar standart kumu, su ise Eskişehir şebeke suyudur.

Kullanılan tüm hammaddelerin fiziksel özellikleri TS 24'e göre, kimyasal özellikleri de TS 687'ye göre tesbit edilmiştir. Sonuçlar Tablo 1 de gösterilmiştir.

Tablo 1. Çimento malzemelerinin kimyasal bileşimi ve minerolojik özellikleri.

Madde	Klinker	Alçı taşı	Uçucu Kül	Taban Külü	Wollastonit
SiO ₂	21,00	1,03	39,08	51,51	53,00
Al ₂ O ₃	5,45	0,29	10,58	18,7	1,04
Fe ₂ O ₃	3,96	0,29	2,71	9,5	0,27
CaO	66,00	32,16	30,80	5,08	43,05
MgO	1,25	0,27	11,61	0,93	0,47
SO ₃	0,66	45,23	2,11	0,14	-
Na ₂ O	0,14	0,03	0,42	0,52	0,54
K ₂ O	0,59	0,03	1,17	2,56	0,36
Cl	0,006	0,001	0,005	0,007	-
KK	0,60	21,12	0,74	0,94	1,05
ÇK	0,10	-	-	-	-
FCaO	1,19	-	-	-	-
C ₃ S	63,91	-	-	-	-
C ₂ S	13,52	-	-	-	-
C ₃ A	7,74	-	-	-	-
C ₄ AF	12,06	-	-	-	-

Metot

Seyitömer termik santrali atık sahasından alınan uçucu kül ve taban külü örnekleri her deney için 2 kg numune olmak üzere hava kurutmalı etüvde iki saat süreyle kurutulmuştur. Hava kurutmalı etüvden çıkan uçucu kül ve taban külü örnekleri 0,01 g hassasiyetli terazide tartılarak Portland çimentosu klinkeri ile Tablo 2 deki oranlarda azaltılarak yerine aynı oranlarda katkı malzemeleri ilave edilmiştir. Katkılı çimento harçları TS 24'e uygun şekilde hazırlanmıştır.

Eskişehir Çimento Fabrikasından temin edilen Portland çimentosu klinkerine ağırlıkça % 3,5 alçı taşı ilave edilerek referans çimentosu elde edilmiştir. Bu çimento OPC olarak adlandırılmıştır. Katkılı çimentolara için yine ağırlıkça % 5 oranında alçı taşı ilave edilmiştir. Tüm çimentolar kare prizma tipi laboratuvar değirmende 54 dakika süre ile öğütülerek çimentolar üretilmiştir.

Tablo 2: Deneyleerde kullanılan çimentoların bileşimleri

Numune kodu	% çimento bileşimi					
	Klinker	Alçı	Na ₂ CO ₃	Uçucu kül	Taban külü	Wallostonit
OPC	96,5	3,5	-	-	-	-
1AKÇ	95,5	3,5	1,0	-	-	-
2,5AKÇ	94,0	3,5	2,5	-	-	-
5AKÇ	91,5	3,5	5,0	-	-	-
35UKÇ	61,5	3,5	-	35,0	-	-
35TKÇ	61,5	3,5	-	-	35,0	-
35WKÇ	61,5	3,5	-	-	-	35,0
35UKTKÇ	61,5	3,5	-	17,5	17,5	-
A35UKÇ	60,5	3,5	1,0	35,0	-	-
A35TKÇ	60,5	3,5	1,0	-	35,0	-
A35WKÇ	60,5	3,5	1,0	-	-	35,0
A35UKTKÇ	60,5	3,5	1,0	17,5	17,5	-

Bu şekilde TS 24 standardına uygun olarak biri referans olmak üzere 12 farklı çimento numunesi hazırlanmıştır. Üretilen çimento numunelerinin kimyasal analizi ARL 8680+ tipi X ışınları spektrofotometresinde yapılmıştır deney sonuçları Tablo 3'de gösterilmiştir.

Daha sonra bu çimento karışımları özgül ağırlık, özgül yüzey ve incelik tayinleri için test edilmiştir. Özgül ağırlık tayini TS 24'e göre Air Comparasion Pyenometer Beckman 930 cihazı kullanılarak yapılmıştır.

Tablo 3: Deneyleerde kullanılan çimento numunelerinin kimyasal özellikleri

% Bileşim	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	SO ₃	KK
OPC	20,30	5,27	3,83	64,82	1,22	0,14	2,22	1,28
1AK	20,09	5,21	3,79	64,16	1,2	0,72	2,21	1,69
2,5AK	19,78	5,13	3,73	64,2	1,18	0,13	2,2	1,27
5AK	19,25	5,00	3,63	61,52	1,15	3,05	2,19	3,33
35UK	31,58	10,13	6,02	43,26	1,09	0,28	2,03	1,92
35TK	30,98	9,93	5,8	43,49	1,1	0,27	2,04	2,3
35WK	31,56	3,73	2,51	56,73	0,94	0,01	1,99	1,44
35UKTK	31,28	10,03	5,91	43,38	1,09	0,27	2,04	1,91
A35UK	31,37	10,08	5,98	42,6	1,07	0,86	2,03	1,92
A35TK	30,77	9,87	5,76	42,83	1,09	0,85	2,03	2,71
A35WK	31,29	3,67	2,5	56,12	0,93	0,67	1,98	1,85
A35UKTK	31,07	9,97	5,87	42,72	1,08	0,86	2,03	2,31

Özgül yüzey değerleri Tonindustrie Seger marka blaine cihazı kullanılarak elde edilmiştir. İncelik tayinleri ise Alpine Air Jet Sieves A 200 LS marka cihazla TS 1227 uygun 45, 90 mm elekler kullanılarak yapılmıştır. Fiziksel test sonuçları tablo 4 de gösterilmiştir.

Tablo 4: Deneyleerde kullanılan çimento numunelerinin Fiziksel özellikleri

% Bileşim	Özgül (g/cm ³)	Ağırlık	Özgül (cm ² /g)	yüzey	45 µm	90 µm	Öğütme süresi (dk)
OPC	3,08		3200		17,90	2,20	54
1AK	3,07		2880		16,20	1,80	54
2,5AK	3,05		3000		15,80	1,80	54
5AK	3,01		3410		15,40	1,60	54
35UK	2,7		4780		9,80	0,90	54
35TK	2,73		4710		9,80	1,00	54
35WK	2,98		4360		16,30	2,90	54
35UKTK	2,71		4730		11,80	1,00	54
A35UK	2,68		4330		9,70	0,90	54
A35TK	2,72		4420		9,80	1,00	54
A35WK	2,97		4200		14,80	2,80	54
A35UKTK	2,7		4270		10,10	1,00	54
TS 10156	-		>2800			<14,0	

DENEYSSEL ÇALIŞMALAR

Çimento karışımlarının normal kıvam suyu ve priz süreleri TS 10156'e uygun olarak belirlenmiştir. Priz başlama ve bitiş süreleri, kıvam suyu ve hacim genişmesi miktarları Tablo 5'de gösterilmiştir.

Tablo 5: Priz başlama ve bitiş, kıvam suyu ve hacim genişmesi miktarları

% Bileşim	Priz süresi (dakika)		Kıvam suyu (%)	Hacim Genleşmesi (mm)
	Başlama	Bitiş		
PÇ-42.5	185	245	29	0
1AK	260	335	28	2
2,5AK	15	15	28	3
5AK	10	30	27	2
35UK	315	435	34	3
35TK	200	320	33	2
35WK	200	275	35	2
35UKTK	270	380	32	2
A35UK	215	310	33	1
A35TK	255	380	35	1
A35WK	150	200	33	2
A35UKTK	240	420	35	2
TS 10156	>60	<600		<10

Normal kıvam suyu tayini TS 24'e göre RMU 24100 Bergamo Viç Gremello 57 marka Vicat aleti, silindir şeklinde sonda vfe vicat iğnesi kullanılarak yapılmıştır. 20 °C sıcaklık ve bağıl nemin % 50-60 olduğu ortamda bu işlemler gerçekleştirilir. Vicat aleti ile, priz başlama ve sona erme süreleri tespit edilir. Vicat iğnesinin cam levhaya 3-5 mm uzaklık kalıncaya kadar hamura batması için geçen süre Priz başlama süresi, iğnenin cam levhaya 1mm kalıncaya kadar batması için geçen süre ise Priz sona erme süresi olarak belirlenmiştir.

Çimento karışımlarının hacim genişleme miktarları pirinçten yapılmış Atom teknik marka Le Chatelier halkası ile belirlenmiştir.

Her deney için 3 adet numune hazırlanmıştır. Deneyler sıcaklık ve nemi bir klima ve nem cihazı ile ayarlanabilen Eskişehir Çimento Fabrikasının Beton-Fizik laboratu-varında yapılmıştır. Ortamdaki bağıl nem içeriği % 50-60 sıcaklık 22 °C'dır. Her bir harç için 450 g çimento,1350 g kum, 225 g su kullanılmıştır. Hazırlanan harçlar 40x40x160 mm ebadındaki kalıplara alınarak sarsma cihazında, 1 dakika süre ile sarsılarak harcın kalıplara yerleşmesi sağlanmıştır. Bu harçlar 20 °C de % 90 nispi nem ortamında 24 saat süre bekletildi. Daha sonra harçlar kalıplardan çıkarılarak tabi tutulacakları işlemlere kadar 20 °C'da tutulan bir odada kür amacıyla su havuzlarında bekletilmişlerdir. Daha sonra bu kalıplar TS 24' e göre Toni Teknik marka alet kullanılarak Dayanım testlerine tabi tutulmuşlardır. Test sonuçları Tablo 6 da gösterilmiştir.

Tablo 6: Basınç dayanımı deneyleri sonuçları

Numune kodu	Basınç dayanımı (Kg/cm ²)		
	2 gün	7 gün	28 gün
PÇ-42.5	195	367	492
1AKÇ	117	211	326
2,5AKÇ	114	113	175
5AKÇ	163	210	259
35UKÇ	123	238	442
35TKÇ	120	229	458
35WKÇ	105	203	265
35UKTKÇ	119	230	457
A35UKÇ	152	234	399
A35TKÇ	90	144	193
A35WKÇ	112	198	246
A35UKTKÇ	157	269	403
TS 10156	>100	>210	>325

DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

OPC çimentosuna Na₂CO₃ katkısı Blain değerlerini önce azaltmış daha sonra ise yükseltmiştir. Bunun nedeni yazarlar tarafından açıklanamamıştır. Uçucu kül ve taban külü içeren çimentolar kendi incelikleri nedeniyle Blain değerlerini oldukça yükseltmişlerdir. Fakat wallostonit katkısı blain değerlerini biraz düşürmüş olmakla birlikte OPC ye göre daha yüksek blain değerleri elde edilmiştir. Uçucu kül ve taban külü eşit miktarda içeren deneylerde ise blain değerleri ayrı ayrı uçucu kül ve taban külü deneylerinin blain değerlerine yakın çıkmıştır. Aynı çimentolara Na₂CO₃ ilavesi ile Blain değerleri orijinal % 35 katkılı durumlarına göre bir miktar düşme göstermiştir.

Priz başlama ve bitme süreleri açısından yorumlanırsa, OPC çimentoda % 1 Na₂CO₃ katkısında katkısız duruma göre artmış artan Na₂CO₃ ilavesi ile priz başlama ve bitiş durumları oldukça hızlanmıştır. Uçucu küllü çimentolarda ise priz uçucu külün kendi özellikleri nedeni ile priz başlama ve bitiş süreleri artmıştır.

Taban külü içeren çimentolarda ise OPC ile Uçucu küllü çimentolar arasında priz başlama ve bitiş süreleri göstermiştir. Wallostonit katkısının OPC ye göre priz başlama ve bitiş sürelerine etkisi çok az artma şeklinde olmuştur. Uçucu kül ve tabak külünü eşit miktarda içeren çimento karışımlarında ise priz süresi uçucu kül ve taban külünün davranışlarına benzer şekilde gelişmiştir. Priz süreleri açısından % 1 Na_2CO_3 ilavesi uçucu kül, taban külü, uçucu kül+taban külü ve walostonit içeren çimentolarda priz başlangıcı ve bitiş sürelerini azaltıldığını söyleyebiliriz.

OPC çimentosunun içinde Na_2CO_3 katkısının mukavemet gelişiminde olumlu etkisi görülmemiştir. Artan Na_2CO_3 oranlarına göre mukavemetlerde OPC ye göre % 33 ile % 64 arasında bir düşme söz konusudur.

Uçucu küllü çimentolarda ise yüksek katkı varlığının mevcudiyetine rağmen başlangıç dayanımları düşük seyrederken 28 günlük dayanımlar % 10 düşük olarak bulunmuştur. Uçucu küllü çimentolara ise Na_2CO_3 katkısının varlığında 2 günlük mukavemetler uçucu küllü çimentolara göre % 23 daha fazla basınç değerine ulaşmış 7 günlük dayanımlarda % 1 lik bir azalma 28 günlük dayanımlarda ise % 10 luk bir düşüş görülmüştür. Dolayısı ile uçucu küllü çimentolarda Na_2CO_3 varlığı erken dayanımları artırırken sadece uçucu kül katkılı çimentolara göre 28 günlük dayanımlarını düşürdüğünü söylenebilir.

Taban Külü içeren çimentolarda basınç dayanımı uçucu kül ile karşılaştırıldığında benzer dayanım gelişmesi içinde oldukları görülmektedir. Taban külü içeren çimentolara % 1 Na_2CO_3 ilavesi ile erken dayanımlar bir miktar azalmıştır. 28 günlük dayanımlar ise Na_2CO_3 katkısız duruma göre % 10 azaldığını söylemek mümkündür. Fakat taban külü içeren çimentoların Na_2CO_3 varlığında erken dayanımları olumlu gelişmesede 28 günlük dayanımlarının uçucu küllü çimentolar gibi olduğu düşünülebilir.

Walostonit içeren çimentolarda ise mukavemet gelişimi uçucu kül ve taban külü içerikli çimentolara göre ortalama %10 daha düşük seyretmiştir. Bu katkı içine Na_2CO_3 ilavesi ise herhangi bir değişikliğe neden olmamıştır.

Eşit miktarda uçucu kül ve taban külü katkılı çimentolarda ise mukavemet gelişimi uçucu kül ve taban küllü çimentoların gelişimine benzemekle birlikte bu çimentoya Na_2CO_3 ilavesi erken mukavemetler açısından uçucu küllü çimentoya benzer gelişim göstermiştir. Na_2CO_3 ilavesiz duruma göre 28 günlük mukavemetlerde % 10 luk bir düşüşe yol açmıştır.

Sonuç olarak % 1 den daha düşük değerli Na_2CO_3 ilavesinin Portland çimentolarında etkisi ayrıntılı olarak incelenmelidir. Wallostonit katkısının çimentolar için uygun bir katkı olmadığı görülmüştür.

TEŞEKKÜR.

Yazarlar bu çalışmanın gerçekleşmesine yaptığı katkılardan dolayı Maden Çimento Sanayi A.Ş. Eskişehir Çimento Fabrikası Laboratuar Şefi Nilgün Dinçbaş'a ve diğer kalite kontrol personeline teşekkürlerini sunarlar.

KAYNAKLAR

1. Özcan, M., "Tunçbilek ve Seyitömer Uçucu Küllerinin Beton Özelliklerine Etkisi ve Etkinlik Katsayılarının Belirlenmesi", İ.T.Ü. Fen. Bil. Ens. Yüksek Lisans Tezi, s.8-9, İstanbul. 1997.
2. Tokyay, M., Erdoğan, K., "Uçucu Küllerin Karakterizasyonu", Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği Ar-Ge Çalışması, Ankara. 1998.
3. Aslan, A., "Termik Santral ve Biyokütle Atıkları ile Tras Katkılarının Çimentonun Mekanik Dayanım ve Hidratasyon Özelliklerine Etkilerinin Araştırılması" K.T.Ü. Fen .Bil. Ens. Doktora Tezi s. 41, Trabzon. 1998.
4. D.P.T. 8. Beşyillik Kalkınma Planı Maden Özel İhtisas Komisyonu Raporu, 2001,
5. R.Halle, V.Carín, M.Hvala B.Crnković: A discussion of the paper "On the occurrence of trona ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{NaHCO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$) in concrete deterioration products by J.Figg, A.E.Moore and W.A.Gutteridge, *Cement and Concrete Research*, vol., 8, 251-254, 1978
6. Škvára F., Slamečka T., Frybertová M., Šimek P., "The effect of Na_2CO_3 , sodium ligninsulfonate, granulated blast-furnace slag and silica fume on the properties of gypsum-free portland cements", *Ceramics* 40, 103, 1996
7. Caijun Shi "Strength, pore structure and permeability of alkali-activated slag mortars" *Cement Concrete Research Volume 26, Issue 12, Pages 1789-1799, 1996,*
8. Collins, F., and Sanjayan, J.G., "Early Age Strength and Workability of Slag Pastes activated by NaOH and Na_2CO_3 ", *Cement and Concrete Research, Vol.28, No.5, pp. 655-664, 1998*
9. Erdoğan, Y. Genç, H. Demirbaş, A., "Partially Refined Chemical by Product Gypsums as Cement Additives. *Cem. Con. Res, 24, 601-604. 1994*
10. Targan, Ş. Olgun, A. Erdoğan, Y. Sevinç, V., "Effects of Supplementary Cementing Material On The Properties Of Cement and Concrete." *Cem. Con. Res. 2096, 1-8, 2001*
11. Erdoğan, E., Yılmaz, B., Erdoğan, Y., Avcıata, U., "Sodyum Karbonatın Kolemanit Konsantratör Atığı+Karabük Curufu Katkılı Portland Çimentosunun Mekanik Özelliklerine Etkisi" II Uluslararası Bor Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Osmangazi Üniversitesi, 425-431, Eskişehir, 2004
12. Caijun Shi and Robert L. Day "Comparison of different methods for enhancing reactivity of pozzolans" *Cement and Concrete Research Volume 31, Issue 5, Pages 813-818, 2001*
13. TS 11746 Beton Kimyasal Katkı Maddeleri - Beton Antifrizi (Soğuk Havada Taze Betonu ve Harcı Donmaya Karşı Koruyucu Madde)

