

SEYİTÖMER VE ÇAYIRHAN UÇUCU KÜLLERİNİN PORTLAND ÇİMENTOSU-UÇUCU KÜL(PC-UK) HAMURUNUN PRİZ BAŞLAMA VE SONU SÜRELERİNE ETKİSİ

M. Haluk ÇELİK, H. Yılmaz ARUNTAŞ, Yakup BARAN
Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi, Yapı Eğitimi Bölümü
06500 Teknikokullar, ANKARA

ÖZET

Bu araştırmada, Seyitömer ve Çayırhan termik santralleri uçucu küllerinin, çimentoda (PÇ 42,5) priz başlama ve sonu sürelerine etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla uçucu küller, çimentonun ağırlıkça % 5, % 10, % 15 ve % 20'si yerine ikame edilerek kullanılmıştır. Uçucu küllerin çimentoların priz başlama ve sonuna olan etkisi deneylerle tespit edilmiştir. Sonuç olarak uçucu küller, çimentoda priz başlama ve priz sonu sürelerini kontrol çimentosuna göre artırmıştır.

Anahtar Kelimeler: Çimento, Uçucu Kül, Priz Süresi

THE EFFECT OF SEYİTÖMER AND ÇAYIRHAN THERMAL POWER PLANT FLY ASHES TO INITIAL AND FINAL SETTING TIME OF PC-FA PASTES

ABSTRACT

In this research, the effect of Seyitömer and Çayırhan thermal power plant fly ashes to initial and final setting time of the cement (PÇ42,5) was investigated. For this purpose, the fly ashes were used 5, 10, 15 and 20 % (by weight of cement) by replacing some of the cement. The effect of fly ashes to initial and final setting time of the cement was determined by tests. As a result, the fly ashes were increased initial and final setting time in cement according to control cement.

Key Words: Cement, Fly Ash, Setting Time

1. GİRİŞ

Yakıt olarak öğütülmüş kömürün kullanıldığı elektrik enerjisi üretiminde veya belirli bir amaçla kullanılmak üzere üretilen demir, çelik ve bazı metaller gibi bir çok malzemenin elde edilmesinde ana ürünün yanı sıra atık ürünler de ortaya çıkmaktadır. Düşük kalorili linyit kömürlerinin yakıldığı termik santrallerde, elektrik üretimi sırasında toz haldeki kömürün yanması sonucu baca gazları ile sürüklenen ve elektro filtreler yardımı ile tutularak atmosfere çıkışı önlenen mikron boyutunda kül tanecikleri oluşmaktadır. Uçabilen ve endüstriyel bir atık olan bu küllere, uçucu kül(UK) adı verilmektedir(1, 2, 3). UK ve diğer atıkların malzeme özellikleri, bazılarının belirli oranlarda inşaat endüstrisinde kullanılabilmesini göstermektedir. Atıkların kullanılması ile çevre sorunları azalmakta, enerji tasarrufu ve ekonomi elde edilmekte, doğal malzemelerin tüketimi de azalmaktadır. Ayrıca, bazı atık ürünler, kendilerine özgü özellikleri nedeniyle kullanıldıkları alanda teknik yönden de iyileştirmelere, daha kaliteli ürünler elde etmeye yaramaktadır. Değişik kaynaklı atıklar arasında, hem miktar hem de kullanım imkanları bakımından en büyük yeri, termik santrallerden elde edilen UK ile demir-çelik üretiminde elde edilen yüksek fırın cürufu almaktadır(4).

UK, silis dumanı, yüksek fırın cürufu, tras, diatomit, volkanik kül vb. malzemeler, puzolanik malzeme olarak bilinmektedir(5). Aynı zamanda mineral katkı malzemesi olan bu malzemeler, harç ve beton üretiminde genellikle ikincil bağlayıcı madde olarak portland çimentosunun ağırlık yüzdesi oranında çimentonun bir kısmı yerine ikame olarak veya çimentoya önceden karıştırılarak katkılı çimento şeklinde kullanılmaktadır. Puzolanların, taze betonun işlenebilme ve su ihtiyacı ile reolojik özelliklerinden; terleme, ayrışma, hava sürüklenme, hidrasyon ısı ve plastik rötreye etki ettiği bilinmektedir. Puzolanlar, sertleşmiş betonda da mekanik özelliklere ve durabiliteye oldukça önemli etki yapar. Dayanım ve dayanım kazanma hızı ile elastisite modülü, sünme ve rötre, bu maddelerin kullanımından etkilenir(6). Atıkların değerlendirilmesi, enerji tasarrufu ve betonda ekonomi sağlanması, beton özelliğinin iyileştirilmesi, yüksek dayanımlı beton üretiminde kullanılması konusunda puzolanların rolü üzerinde araştırmalar halen devam etmektedir.

Priz süresi ile ilgili olarak yapılan çalışmalarda, UK'lerin çimento ve betonda priz başlama ve priz sonu süresini katkı oranına bağlı olarak artırdığı ifade edilmektedir(7, 8, 9).

Erdoğan, beton üretiminde kullanılan portland çimentosunun bir miktar azaltılarak, yerine katkı maddesi olarak UK kullanılabileceğini belirtmektedir. UK katılarak elde edilen betonların performansı, katılan kül tipi ve kül miktarına bağlı olarak değişmektedir(4).

Erdoğan ve Parla, düşük-kireçli ve yüksek-kireçli UK, çimento ağırlığının % 0, 20 ve 40 oranlarında ikame yaparak kullanmışlardır. Yüksek-kireçli UK ile yapılan beton dayanımlarının, özellikle ilk günlerde olmak üzere bütün yaşlarda düşük-kireçli UK ile yapılanlarınkinden daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir(10).

Gökçe, Çiçekli, Uyan ve Öztekin, Seyitömer UK'nü ağırlıkça % 10, % 20 ve % 30 oranlarında çimento ile ikame ederek betonda kullanmışlar ve UK'ün % 10 ile % 20 oranında ikamesinin dayanımı olumsuz etkilemeyeceğini belirlemişlerdir(11).

Gökçe, Uyan ve Öztekin, Seyitömer termik santralından üç ayrı incelikte UK temin ederek ağırlık cinsinden % 10, % 20 ve % 30 oranlarında çimento ile ikame ederek beton üretiminde kullanmışlardır. UK tanesi irileştikçe ve ikame oranı arttıkça betonun sabit işlenebilme için gereksindiği su miktarının arttığını belirlemişlerdir. İnceleme uçucu kül tanesinin irileştikçe dolu ve küresel yapıdan uzaklaşıp gelişigüzel bir biçime ve süngersi bir yapıya sahip olduğunu göstermiş, bu dönüşüm su ihtiyacında gözlenen değişimi açıklamıştır(12).

Sümer, Orhaneli UK'nün betonun basınç dayanımı ile kılcal su emmesine olan etkilerini incelemiştir. Çimento yerine % 10, % 20, % 30, % 40 oranlarında UK ikame etmiş ve UK'ün betonun kısa süreli dayanımlarını olumsuz etkilediğini, ancak düşük oranlarda UK kullanılan betonlarda uzun süreli dayanımların şahit betona göre arttığını belirlemiştir. UK katılan betonlarda kılcal su geçirimsizliğinin azaldığını da saptamıştır(13).

Yazıcı ve Baradan, Soma UK'nü % 25 oranında ikame ederek yüksek dayanımlı betonların fiziksel ve kimyasal etkilere karşı dayanıklılığının (durabilite) artırılmasını incelemişlerdir. % 25 oranında ikame edilen UK'ün, yüksek dayanımlı betonda geçirimsizliği önemli oranda azalttığını tespit etmişlerdir(14).

Yeğinobalı ve Temiz, yüksek ve düşük kireçli iki UK ile ferrosilisyum silis dumanının birlikte katıldıklarında bazı çimento hamuru ve harcı

özelliklerini nasıl etkilediklerini araştırmışlardır. % 40'a kadar varan oranlarda katılan UK priz sürelerini uzatmakta ve ilk yaşlardaki dayanımları düşürmektedir. Çimentonun % 6'sı kadar alınan silis dumanı ile UK karışımlarının priz süreleri, 20-30 dakika kısaltmakta ve basınç dayanımlarında % 40'a varan artışlar sağlanmaktadır(15).

Özcan, Seyitömer ve Tunçbilek UK'ni, % 10, % 20 ve % 30 oranında çimento ile ikame ederek betonlar üretmiştir. Betonlarda eşit işlenebilirlik için gerekli olan su miktarında artış olmuş, ancak su/toplam bağlayıcı oranlarına göre UK'lü betonlarda şahite nazaran daha düşük değerler elde edilmiştir. Çimento miktarının % 30 azaltılması durumunda her iki UK'ünde su/toplam bağlayıcı oranının arttığı yani işlenebilirliği azalttığı gözlenmiştir(16).

Karaer, Çayırhan UK'ünün PÇ-UK sistemleri üzerindeki etkilerini incelemiştir. Karışımlarda çimento ağırlığının % 10, 20, 30 ve 40'ı kadar UK ikame ederek kullanmıştır. Çayırhan UK'ünün PÇ-UK hamur ve harçlarının birçok özelliğini geliştirdiğini saptamıştır(17).

Yazıcı; silis dumanı(SD), UK ve SD-UK içeren yüksek dayanımlı betonların mekanik özelliklerini, fiziksel ve kimyasal etkilere karşı dayanıklılığını araştırmıştır. Soma-B UK'ü ve SD, ağırlıkça % 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 ve 40 oranlarında çimento ile ikame edilmiştir. Çimento yerine katılacak optimum SD oranı % 30, UK oranı ise % 25 olarak belirlenmiştir(18).

19. yüzyıl sonlarında hızla gelişen çimento teknolojisi ve endüstrisi, giderek kalite yönünden de büyük gelişme göstermiştir. Çimento; su ile temas ettiğinde reaksiyona başlayarak sertleşme sürecine girer. Bu süreç, belirli sınırlar içinde bulunmaktadır. Standartlar, priz başlamayı en az 1 saat, priz sonunu ise en fazla 10 saat olarak belirtmektedir. Bu sürecin başlaması hızlı olursa, taze betonun taşınmasında ve yerleştirilmesinde oldukça güçlük çekilir. Sertleşme gecikirse, bu defa da beton dayanımını istenilen zamanda kazanamaz ve kalıp sökme süresi gecikir, dolayısıyla beton dış iklim etkenlerinden etkilenebilir (19, 20).

Bu araştırmada, Seyitömer ve Çayırhan UK'leri, PÇ 42,5 çimentosunda ağırlıkça % 5, % 10, % 15 ve % 20 oranlarında çimento ile ikame edilmiş ve elde edilen çimento hamurlarının priz başlangıç ve priz sonu süreleri üzerindeki etkisi incelenmiştir.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Malzeme

2.1.1. Uçucu Kül

Bu çalışmada, Seyitömer ve Çayırhan Termik Santralleri UK'leri kullanılmıştır. UK'lerin kimyasal kompozisyonları ve fiziksel özellikleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. PÇ 42.5, Seyitömer ve Çayırhan UK'lerinin Kimyasal kompozisyonları ve Fiziksel Özellikleri

Kimyasal kompozisyon (%)			
Oksit	PÇ 42.5	Seyitömer UK	Çayırhan UK
SiO ₂	19,50	33,54	54,15
Fe ₂ O ₃	2,95	4,43	9,49
Al ₂ O ₃	5,72	15,27	17,02
CaO	61,94	34,62	5,73
MgO	2,91	2,65	4,42
Na ₂ O	0,28	0,18	0,33
K ₂ O	1,18	1,42	2,73
SO ₃	2,79	2,56	2,42
Kızdırma kaybı	2,17	5,18	2,41
Çözünmeyen kalıntı	0,56		
Fiziksel Özellikler			
Özgül Ağırlık (gr/cm ³)	3,11	2,10	2,28
Özgül Yüze (Blaine, cm ² /g)	3046	2371	2754

2.1.2. Çimento

Çalışmada, Yozgat Yibitaş Çimento Fabrikası ürünü PÇ 42,5 çimentosu kullanılmıştır. Çimentonun kimyasal kompozisyonu ve fiziksel

özellikleri Tablo 1'de verilmiştir.

2.1.3. Karışım Suyu

Çimento hamurlarının hazırlanmasında karışım suyu olarak Ankara şehir içme suyu kullanılmıştır.

2.2. Metot

PÇ 42.5 içerisine % 0, % 5, % 10, % 15 ve % 20 oranında Seyitömer ve Çayırhan UK'ü ikamesi ile dokuz farklı karışım elde edilmiştir. PÇ 42.5 kontrol numunesi ve PÇ-UK karışımları ile elde edilen çimento hamurlarının priz başlangıç ve priz sonu deneyleri, TS 24(21)'e göre yapılmıştır. Priz sürelerinin tespitinden önce TS 24'e göre kıvam deneyleri yapılmıştır. Priz süreleri, Manuel Vicat aleti kullanılarak tespit edilmiştir. Deneyler, G.Ü. Teknik Eğitim Fakültesi Yapı Eğitimi Bölümü Yapı Malzemesi Laboratuvarında yapılmıştır. Laboratuvar sıcaklığı, 20 ± 2 °C ve bağıl nem % 50-60'dır. Sonuçlar, kısıtlayıcı tek etkenli özel düzeyli deneyler kategorisinde tek yönlü varyans çözümlemesi yapılarak denemenin etkisi ölçülmüştür. Dik doğrusal bağıntılar kurularak düzeylerin birbirleriyle olan etkileşimleri, "Priz süresine uçucu kül kullanımının etkisi yoktur" hipotezi ile sorgulanmıştır.

3. BULGULAR VE DEĞERLENDİRME

Kontrol çimentosu PÇ 42.5 ile Seyitömer ve Çayırhan UK ikameli çimento hamurları üzerinde yapılan deneyler sonucunda bulunan priz başlama ve priz sonu süreleri Tablo 2'de, ortalama priz başlama ve priz sonu süreleri değerleri ise Tablo 3'de verilmiştir.

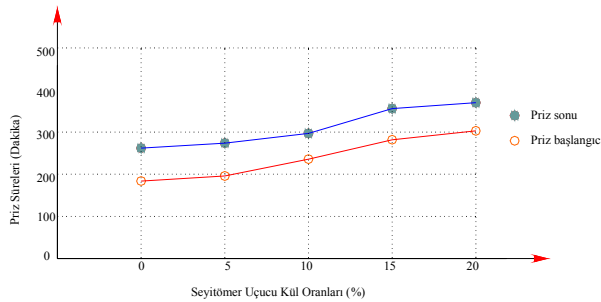
Tablo 2. Seyitömer ve Çayırhan UK'ü İkameli Çimento Hamurlarının Priz Başlama ve Sonu Süreleri

UK	Numune Adı	PÇ 42.5		% 5 UK		% 10 UK		% 15 UK		% 20 UK	
	Numune No	Priz Başlama	Priz Sonu	Priz Başlama	Priz Sonu	Priz Başlama	Priz Sonu	Priz Başlama	Priz Sonu	Priz Başlama	Priz Sonu
		Dakika	Dakika	Dakika	Dakika	Dakika	Dakika	Dakika	Dakika	Dakika	Dakika
Seyitömer	1	178	255	195	268	238	302	272	355	303	370
	2	186	261	192	280	229	298	285	363	295	365
	3	189	270	202	275	241	292	288	351	310	374
Çayırhan	1	178	255	210	285	274	362	334	420	385	430
	2	186	261	205	288	270	373	344	415	372	435
	3	189	270	208	291	263	368	337	407	379	420

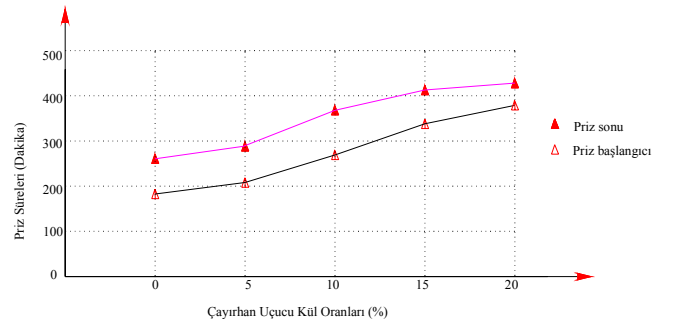
Tablo 3. Seyitömer ve Çayırhan UK'ü İkameli Çimento Hamurlarının Ortalama Priz Başlama ve Sonu Süreleri

UK	PÇ 42.5		% 5 UK		% 10 UK		% 15 UK		% 20 UK	
	Priz Başlama	Priz sonu	Priz Başlama	Priz sonu	Priz Başlama	Priz sonu	Priz Başlama	Priz sonu	Priz Başlama	Priz sonu
	Dakika	Dakika	Dakika	Dakika	Dakika	Dakika	Dakika	Dakika	Dakika	Dakika
Seyitömer	184	262	196	274	236	297	282	356	303	370
Çayırhan	184	262	208	288	269	368	338	414	379	428

Tablo 2 ve Tablo 3'te görüldüğü gibi priz başlama ve priz sonu süreleri, UK ikame oranı yükseldikçe kontrol çimentosuna göre devamlı olarak artış göstermiştir. Diğer bir ifade ile UK, ikame oranı arttıkça bu süreleri geciktirmiştir. Bu durum, hem Seyitömer hem de Çayırhan UK'ü için geçerli olup sırasıyla Şekil 1 ve Şekil 2'de görülmektedir. Her iki UK için de en düşük artış % 5 UK ikameli hamurlarda, en yüksek artış ise % 20 UK ikameli hamurlarda gerçekleşmiştir. Özellikle % 5 den sonraki UK ikame oranlarında hem priz başlama hem de priz sonu süresi artışı daha fazla olmuştur. Tablo 3'deki ortalama priz başlama sürelerine bakıldığında % 5 UK ikameli numunelerde kontrol çimentosuna göre Seyitömer UK'ünde 12 dakika, Çayırhan UK'ünde 24 dakika gecikme olurken, bu süre % 20 UK ikameli hamurlarda sırasıyla 119 dakika ve 195 dakikaya kadar çıkmıştır. Priz sonu sürelerinde ise % 5 UK ikameli numunelerde kontrol çimentosuna göre Seyitömer UK'ünde 12 dakika, Çayırhan UK'ünde 26 dakika gecikme olurken, bu süre % 20 UK ikameli hamurlarda sırasıyla 108 dakika ve 166 dakikaya kadar çıkmıştır.

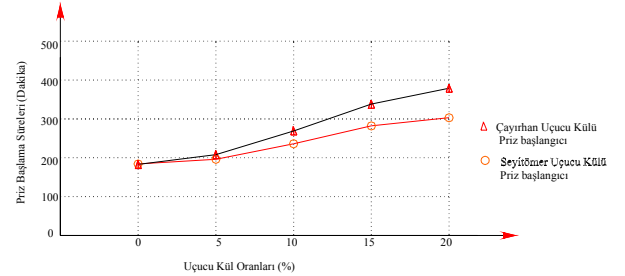


Şekil 1. Seyitömer UK'ü İkame Oranı ile Priz Başlama ve Sonu Süreleri İlişkisi

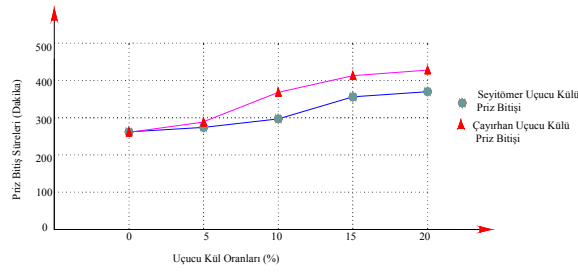


Şekil 2. Çayırhan UK'ü İkame Oranı ile Priz Başlama ve Sonu Süreleri İlişkisi

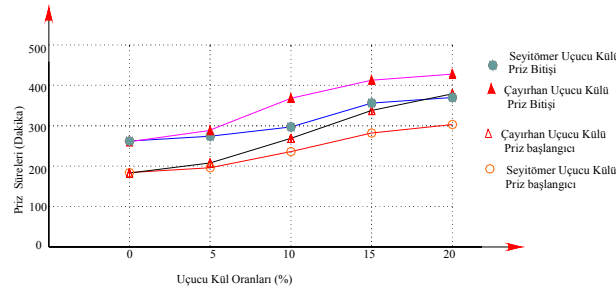
Çayırhan UK'ü, bütün UK ikame oranlarında Seyitömer UK'üne göre priz sürelerini daha fazla artırmıştır. Bu durum, Seyitömer ve Çayırhan UK ikameli çimento hamurlarının priz başlama ve priz sonu süreleri kıyaslamalı grafiğinin verildiği Şekil 3, Şekil 4 ve Şekil 5'te açık olarak görülmektedir. Priz sürelerindeki artış, hem priz başlama hem de priz sonu süreleri için geçerlidir. Çayırhan UK'ündeki bu artış, kimyasal reaksiyonların Seyitömer UK'üne göre daha yavaş olması ile açıklanabilir.



Şekil 3. Seyitömer ve Çayırhan UK'ü İkame Oranı ile Priz Başlama Süreleri Kıyaslamalı Grafiği



Şekil 4. Seyitömer ve Çayırhan UK'ü İkame Oranı ile Priz Sonu Süreleri Kıyaslamalı Grafiği



Şekil 5. Seyitömer ve Çayırhan UK'ü İkame Oranı ile Priz Başlama ve Sonu Süreleri Kıyaslamalı Grafiği

4.1. Seyitömer UK'ü İkameli Hamurlara Ait Priz Başlangıcı Analizi

Çimentoda Seyitömer UK'ü ikamesinin priz başlama süresine etkisine ilişkin veriler, Tablo 4' da verilmiştir (Değerler Tablo 2'den alınmıştır).

Tablo 4. Seyitömer UK'ü İkame Oranları ve Priz Başlama Süreleri

	PÇ 42.5 kontrol	Seyitömer UK				
		% 5	% 10	% 15	% 20	
	178	195	238	272	303	
	186	192	229	285	295	
	189	202	241	288	310	
T_j	553	589	708	845	908	$T=3603$
n_i	3	3	3	3	3	$N=15$
$n_j \sum_{j=1}^k Y_{ij}^2$	102001	115693	167166	238153	274934	$k \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^n Y_{ij}^2 = 897947$

Matematiksel model denklemi(22) : $Y_{ij} = \mu + \tau_j + \varepsilon$ olarak kurulmuştur.

Bu amaçla aşağıdaki işlemler gerçekleştirilmiştir; Tablo 6 'dan yararlanarak, genel kareler toplamı:

$$KT_{genel} = \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^{n_j} Y_{ij}^2 - \frac{T^2}{N} = 32506,4$$

olarak hesaplanır.

Denemeler arası kareler toplamı:

$$KT_{deneme} = \sum_{j=1}^k \frac{T_j^2}{n_j} - \frac{T^2}{N} \quad \text{ifadesi ile } KT_{deneme} =$$

32053,73 olarak bulunmuştur.

Buradan hata kareler toplamı:

$$KT_{hata} = KT_{genel} - KT_{deneme} = 452,67 \text{ olarak hesaplanır.}$$

Bulunan bu değerlerden yararlanarak, genel kareler ortalaması:

$$KO_{genel} = \frac{KT_{deneme}}{(k-1)} = \frac{32053,73}{(5-1)} = 8013,43$$

olarak bulunur.

Hata kareler ortalaması ise;

$KO_{hata} = \frac{KT_{hata}}{(N-k)} = \frac{452,67}{(15-5)} = 45,26$ olarak hesaplanır ve buradan elde ettiğimiz verilere dayanarak "F testi" ile F_{hesap} aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$F = \frac{KO_{genel}}{KO_{hata}} = \frac{8013,43}{45,26} = 177,05$$

Bulunan bu değerler Tablo 5'deki varyans çözüm tablosuna aktarılır.

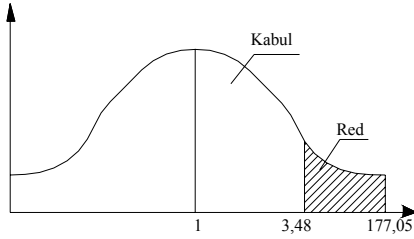
Tablo 5. Seyitömer UK'ü İkamemesinin Priz Başlamasına Ait Varyans Çözümleri Tablosu (19)

Kaynak	UK	KT	KO	F
Denemeler Arası	4	32053,73	8013,43	$F_{hesap} = 177,05$ $F_{tablo} = 95F_{4,10} = 3,48$ $F_{hesap} > F_{tablo}$
Denemeler İçi	10	452,67	45,26	
Toplam	14	32506,4	8058,69	Hipotez red olur

$F_{hesap} = 177,05 > F_{tablo} = 95F_{4,10} = 3,48$ olduğundan, PÇ 42,5 çimentosu içerisinde uçucu kül ikamesinin priz başlama ve bitiş sürelerine etkisinin olduğu kabul edilmiştir.

$\alpha=0,05$ anlamlılık düzeyi dikkate alınırsa "F" dağılım tablosundan $F_{4,10}=3,48$ olarak bulunur.

$F_{hesap} > F_{tablo}$ olduğu için H_0 hipotezi reddedilir ve ilgili anlamlılık grafiği Şekil 6'daki gibi olur.



Şekil 6. F testi Grafiği ($\alpha=0,05$ anlamlılık grafiği)

4.1.1. Seyitömer UK'ü İkameli Hamurların Priz Başlama Değerlerine Ait Dik Doğrusal Bağlılıkların Kurulması ve Test Edilmesi

Varyans analizinin kontrolü için, (deneyde serbestlik derecesi 4 olduğundan) numuneler arasında dört adet dik doğrusal bağıntı kurulabilir ($Sd=4$). Buna göre;

$$\begin{aligned}
 C_1 &= T_1 && -T_4 \\
 C_2 &= T_2 && -T_3 \\
 C_3 &= T_1 - T_2 && -T_3 + T_4 \\
 C_4 &= T_1 - T_2 && -T_3 - T_4 + T_5 \text{ olarak dik} \\
 &&& \text{doğrusal bağıntılar kurulmuştur.}
 \end{aligned}$$

Kurulan bu dört adet dik doğrusal bağıntıların katsayıları Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6. Seyitömer UK'ü İkamemesinin Priz Başlamasına Ait Dik Katsayılar Tablosu

	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅
C ₁	+1	0	0	-1	0
C ₂	0	+1	-1	0	0
C ₃	+1	-1	-1	+1	0
C ₄	+1	-1	-1	-1	+1

Tablo 6'da verilen dik doğrusal bağıntı katsayılarından yararlanarak;

$$C_m = \sum_{j=1}^k C_{jm} T_{jm} \quad \sum C_{jm} = 0 \text{ ifadeleri kullanılıp,}$$

$$C_1 = 292$$

$$C_2 = 119$$

$$C_3 = 101$$

$$C_4 = 681 \text{ değerleri hesaplanmıştır.}$$

$$\text{Bunlara ilişkin kareler toplamı; } KT_{cm} = \frac{C_m^2}{n \sum_{j=1}^k C_{jm}^2}$$

ifadesi kullanılarak hesaplanırsa,

$$KT_{cm} = \frac{C_m^2}{n \sum_{j=1}^k C_{jm}^2} \text{ olarak yazılabilir ve ,}$$

$$KT_{C1} = 14210.66$$

$$KT_{C2} = 2360.16$$

$$KT_{C3} = 850.08$$

$KT_{C4} = 30917,4$ olarak bulunur. Burada her bir dik doğrusal bağıntı için hipotez testi yapılmış ve elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir;

$$95F_{1,10} = 4,96 \text{ (F Tablosundan)}$$

Hipotez sonucu

- H₁: $\tau_1 = \tau_4 \rightarrow F_{1,10} = 313,97 > 4,96 \rightarrow H_1$ red olur.
 H₂: $\tau_2 = \tau_3 \rightarrow F_{1,10} = 52,14 > 4,96 \rightarrow H_2$ red olur.
 H₃: $\tau_1 + \tau_3 = \tau_2 + \tau_4 \rightarrow F_{1,10} = 18,78 > 4,96 \rightarrow H_3$ red olur.
 H₄: $\tau_1 + \tau_5 = \tau_2 + \tau_3 + \tau_4 \rightarrow F_{1,10} = 683,10 > 4,96 \rightarrow H_4$ red olur.

Yapılan “F” testi neticesinde $\alpha=0,05$ anlamlılık düzeyinde $F_{hesap} > F_{tablo}$ olduğundan dolayı hipotezler reddedilmiştir. Böylece Seyitömer UK’ünün PÇ 42,5 çimentosunun priz başlama sürelerini etkileyerek geciktirdiği tespit edilmiştir.

4.2. Çayırhan UK’ü İkameli Hamurlara Ait Priz Başlangıcı Analizi

Çimentoda Çayırhan UK’ü ikamesinin priz başlama süresine etkisine ilişkin veriler, Tablo 7’de verilmiştir (Değerler Tablo 2’den alınmıştır).

Matematiksel model denklemi : $Y_{ij} = \mu + \tau_j + \varepsilon$ olarak kurulmuştur. Bu amaçla aşağıdaki işlemler gerçekleştirilmiştir:

Tablo 7. Çayırhan UK’ü İkame Oranları ve Priz Başlama Süreleri

	PÇ 42.5 kontrol	Çayırhan UK				
		% 5	% 10	% 15	% 20	
	178	210	274	334	385	
	186	205	270	344	372	
	189	208	263	337	379	
T _j	553	623	807	1015	1136	T = 4134
n _i	3	3	3	3	3	N = 15
n _j $\sum_{j=1}^k Y_{ij}^2$	102001	129389	217145	343461	430250	$\sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^{n_j} Y_{ij}^2 = 1222246$

Tablo 7’den yararlanarak, genel kareler toplamı :

$$KT_{genel} = \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^{n_j} Y_{ij}^2 - \frac{T^2}{N} = 82915,6$$

olarak hesaplanır.

Denemeler arası kareler toplamı:

$$KT_{deneme} = \sum_{j=1}^k \frac{T_j^2}{n_j} - \frac{T^2}{N}$$

ile $KT_{deneme} = 82638,93$ olarak bulunur.

Buradan Hata Kareler Toplamı

$$KT_{hata} = KT_{genel} - KT_{deneme} = 27667$$

hesaplanır.

Bulunan bu değerlerden yararlanarak, genel kareler ortalaması:

$$KO_{genel} = \frac{KT_{deneme}}{(k-1)} = \frac{82638,93}{(5-1)} = 20659,73$$

olarak hesaplanır.

Hata kareler ortalaması ise

$$KO_{hata} = \frac{KT_{hata}}{(N-k)} = \frac{276,67}{(15-5)} = 27,66$$

Buradan elde edilen verilere

$$F = \frac{KO_{genel}}{KO_{hata}} = \frac{20659,73}{27,66} = 746,91$$

olur.

Bulunan bu değerler Tablo 8’deki varyans çözüm tablosuna aktarılır.

Hipotezin doğruluğu araştırılmış, deneme

Tablo 8. Çayırhan UK’ü İkamesinin Priz Başlamasına Ait Varyans Çözümleri Tablosu

Kaynak	UK	KT	KO	F
Denemeler Arası	4	82638,93	20659,73	$F_{hesap} = 746,91$ $F_{tablo} = 95F_{4,10} = 3,48$ $F_{hesap} > F_{tablo}$
Denemeler İçi	10	276,67	27,66	
Toplam	14	82915,6	20687,39	Hipotez red olur

$H_0 : \tau_j = 0$ (Tüm $j=1,2,3,4,5$ için)

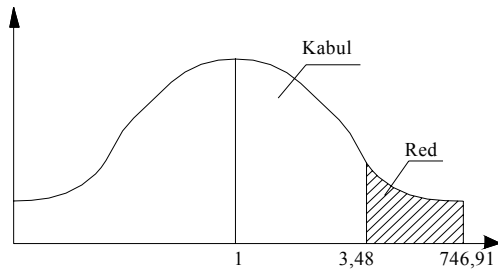
$F_{hesap} = 746,91 > F_{tablo=95}F_{4,10} = 3,48$ olduğundan

etkisi olarak çimento içerisinde Çayırhan UK'ü ikamesinin priz başlama süresini geciktirdiği kabul edilmiştir.

Yapılan deneylerin doğruluğunu test etmek için "F testi" seçilmiş ve buna göre hesaplama yöntemiyle $F_{\text{hesap}}=746,91$ olarak bulunmuştur.

$\alpha=0,05$ anlamlılık düzeyi dikkate alınır, "F" dağılım tablosundan $F_{4,10}=3,48$ olarak bulunur.

$F_{\text{hesap}} > F_{\text{tablo}}$ olduğu için H_0 hipotezi reddedilir ve ilgili anlamlılık grafiği Şekil 7' deki gibi olur.



Şekil 7. F testi Grafiği ($\alpha=0,05$ anlamlılık grafiği)

4.2.1. Çayırhan UK'ü İkameli Hamurların Priz Başlama Değerlerine Ait Dik Doğrusal Bağıntılarının Kurulması ve Test Edilmesi

Varyans analizinin kontrolü için, numuneler arasında dört adet dik doğrusal bağıntı kurulabilir ($Sd=4$). Buna göre;

$$\begin{aligned} C_1 &= T_1 && -T_4 \\ C_2 &= T_2 && -T_3 \\ C_3 &= T_1 - T_2 && -T_3 + T_4 \\ C_4 &= T_1 - T_2 && -T_3 - T_4 + T_5 \end{aligned} \text{ olarak dik doğrusal bağıntılar kurulmuştur.}$$

Kurulan dört adet dik doğrusal bağıntıların katsayıları Tablo 9'da verilmiştir.

Tablo 9. Çayırhan UK'ü İkamesinin Priz Başlamasına Ait Dik Katsayılar Tablosu

	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅
C ₁	+1	0	0	-1	0
C ₂	0	+1	-1	0	0
C ₃	+1	-1	-1	+1	0
C ₄	+1	-1	-1	-1	+1

Tablo 9'da verilen dik doğrusal bağıntı katsayılarından yararlanarak, $C_m = \sum_{j=1}^k C_{jm} T_{jm}$

$\sum C_{jm} = 0$ ifadeleri kullanılarak,

$$C_1 = -462$$

$$C_2 = -184$$

$$C_3 = 138$$

$$C_4 = -756 \text{ değerleri hesaplanmıştır.}$$

Bulunan bu değerlere ilişkin kareler toplamı ;

$$KT_{cm} = \frac{C_m^2}{n \sum_{j=1}^k C_{jm}^2} \quad KT_{cm} = \frac{C_m^2}{n \sum_{j=1}^5 C_{jm}^2} \text{ ifadeleri ile}$$

$$KT_{C_1} = 35574$$

$$KT_{C_2} = 5642,66$$

$$KT_{C_3} = 1587$$

$$KT_{C_4} = 38102,4 \text{ olarak hesaplanır.}$$

Burada, her bir dik doğrusal bağıntı için hipotez testi yapılmış ve elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir:

$${}_{95}F_{1,10} = 4,96 \text{ (F Tablosundan)}$$

Hipotez sonucu

$$H_1: \tau_1 = \tau_4 \rightarrow F_{1,10} = 1286,11 > 4,96 \rightarrow H_1 \text{ red olur.}$$

$$H_2: \tau_2 = \tau_3 \rightarrow F_{1,10} = 204 > 4,96 \rightarrow H_2 \text{ red olur.}$$

$$H_3: \tau_1 + \tau_3 = \tau_2 + \tau_4 \rightarrow F_{1,10} = 57,37 > 4,96 \rightarrow H_3 \text{ red olur.}$$

$$H_4: \tau_1 + \tau_5 = \tau_2 + \tau_3 + \tau_4 \rightarrow F_{1,10} = 1377,51 > 4,96 \rightarrow H_4 \text{ red olur.}$$

Yapılan "F" testi neticesinde $\alpha=0,05$ anlamlılık düzeyinde $F_{\text{hesap}} > F_{\text{tablo}}$ olduğundan dolayı hipotezler reddedilmiştir. Dolayısıyla Çayırhan UK'ü PÇ 42,5 çimentosunun priz başlangıç sürelerini etkileyerek geciktirdiği tespit edilmiştir.

4.3. Seyitömer UK'ü İkameli Hamurlara Ait Priz Sonu Analizi

Çimentoda Seyitömer UK'ü ikamesinin priz sonu süresine etkisine ilişkin veriler Tablo 10'da verilmiştir. (Değerler Tablo 2'den alınmıştır.)

Tablo 10. Seyitömer UK'ü İkame Oranları ve Priz Sonu Süreleri

	PÇ 42.5 kontrol	Seyitömer UK				
		% 5	% 10	% 15	% 20	
	255	268	302	355	370	
	261	280	298	363	365	
	270	275	292	351	374	
T_j	786	823	892	1069	1109	$T=4679$
n_j	3	3	3	3	3	$N=15$
$\sum_{j=1}^{n_j} Y_{ij}^2$	206046	225849	265272	380995	410001	$\sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^{n_j} Y_{ij}^2 = 1488163$

Matematiksel model denklemi: $Y_{ij} = \mu + \tau_j + \varepsilon$ olarak kurularak aşağıdaki işlemler gerçekleştirilmiştir. Tablo 12'den yararlanarak, genel kareler toplamı;

Bulunan bu değerler Tablo 11'deki varyans çözüm tablosuna aktarılır.

Tablo 11. Seyitömer UK'ü Priz Sonu Değerlerine ait Varyans Çözümleri Tablosu

Kaynak	UK	KT	KO	F
Denemeler Arası	4	28274,26	7656,56	$F_{hesap} = 200,26$ $F_{tablo=95} F_{4,10} = 3,48$ $F_{hesap} > F_{tablo}$
Denemeler İçi	10	352,67	35,26	
Toplam	14	28626,93	7691,82	Hipotez red olur

$$KT_{genel} = \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^{n_j} Y_{ij}^2 - \frac{T^2}{N} = 28626,93 \text{ olarak}$$

hesaplanır. Denemeler arası kareler toplamı ise;

$$KT_{deneme} = \sum_{j=1}^k \frac{T_{ij}^2}{n_j} - \frac{T^2}{N} \text{ ifadesi ile } \Rightarrow$$

$$KT_{deneme} = 28274,26 \text{ olarak hesaplanır.}$$

Buradan hata kareler

$$\text{toplamı; } KT_{hata} = KT_{genel} - KT_{deneme} = 352,67$$

değeri hesaplanır. Bulunan değerlerden yararlanarak genel kareler ortalaması;

$$KO_{genel} = \frac{KT_{deneme}}{(k-1)} = \frac{28274,26}{(5-1)} = 7068,56 \text{ ve hata}$$

kareler ortalaması ise ;

$$KO_{hata} = \frac{KT_{hata}}{(N-k)} = \frac{352,67}{(15-5)} = 35,26 \text{ olarak}$$

hesaplanır.

Bulunan değerlerden yararlanarak "F testi" ile F_{hesap} aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$F_{hesap} = \frac{KO_{genel}}{KO_{hata}} = \frac{7068,56}{35,26} = 200,26$$

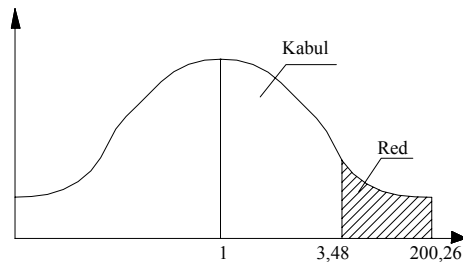
$$H_0: \tau_j = 0 \text{ (Tüm } j=1,2,3,4,5 \text{ için)}$$

$F_{hesap} = 200,26 > F_{tablo=95} F_{4,10} = 3,48$ olduğundan hipotezin doğruluğu araştırılmış, çimentoda Seyitömer UK'ü ikamesinin priz sonu sürelerine etkisinin olduğu belirlenmiştir.

Yapılan deneylerin doğruluğunu test etmek için "F testi" seçilmiş ve buna göre hesaplama yöntemiyle $F_{hesap} = 200,26$ olarak bulunmuştur.

$\alpha = 0,05$ anlamlılık düzeyi dikkate alınırsa "F" dağılım tablosundan $F_{4,10} = 3,48$ olarak bulunur.

$F_{hesap} > F_{tablo}$ olduğu için H_0 hipotezi reddedilir ve ilgili anlamlılık grafiği Şekil 8' deki gibi olur.

Şekil 8. F testi Grafiği ($\alpha=0,05$ anlamlılık grafiği)

4.3.1. Seyitömer UK'ü İkameli Hamurların Priz Sonu Değerlerine Ait Dik Doğrusal Bağlıntıların Kurulması ve Test Edilmesi

Varyans analizinin kontrolü için, numuneler arasında dört adet dik doğrusal bağıntı kurulabilir (Sd=4). Buna göre;

$$C_1 = T_1 - T_4$$

$$C_2 = T_2 - T_3$$

$$C_3 = T_1 - T_2 - T_3 + T_4$$

$$C_4 = T_1 - T_2 - T_3 - T_4 + T_5 \text{ olarak dik doğrusal bağıntılar kurulmuştur.}$$

Kurulan dört adet dik doğrusal bağıntıların katsayıları Tablo 12’de verilmiştir.

Tablo 12. Seyitömer UK’ü İkamesinin Priz Sonu Değerlerine Ait Dik Katsayılar Tablosu

	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅
C ₁	+1	0	0	-1	0
C ₂	0	+1	-1	0	0
C ₃	+1	-1	-1	+1	0
C ₄	+1	-1	-1	-1	+1

Tablo 12’de verilen dik doğrusal bağıntı katsayıları

ve $C_m = \sum_{j=1}^k C_{jm} T_{jm}$ $\sum C_{jm} = 0$ ifadeleri kullanarak,

Tablo 13. Çayırhan UK’ü ikame Oranları ve Priz Sonu Süreleri

	PÇ 42.5 kontrol	Çayırhan UK				
		% 5	% 10	% 15	% 20	
	255	285	362	420	430	
	261	288	373	415	435	
	270	291	368	407	420	
T _i	786	864	1103	1242	1285	T = 5280
n _i	3	3	3	3	3	N = 15
$\sum_{j=1}^{n_j} Y_{ij}^2$	206046	248850	405597	514274	550525	$\sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^{n_j} Y_{ij}^2 = 1925292$

C₁ = - 283
 C₂ = -69
 C₃ = 140
 C₄ = -889 değerleri hesaplanmıştır.

Bunlara ilişkin kareler toplamı ;

$$KT_{cm} = \frac{C_m^2}{\sum_{j=1}^k C_{jm}^2} \text{ ifadesi kullanılarak hesap edilir;}$$

$$KT_{C1} = 13348,16$$

$$KT_{C2} = 793,5$$

$$KT_{C3} = 1633,33$$

$$KT_{C4} = 52688,06 \text{ olarak hesaplanır. Burada}$$

her bir doğrusal bağıntı için hipotez testi yapılmış ve elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir:

$${}_{95}F_{1,10} = 4,96 \text{ (F Tablosundan)}$$

Hipotez sonucu

$$H_1: \tau_1 = \tau_4 \rightarrow F_{1,10} = 378,56 > 4,96 \rightarrow H_1 \text{ red olur.}$$

$$H_2: \tau_2 = \tau_3 \rightarrow F_{1,10} = 22,50 > 4,96 \rightarrow H_2 \text{ red olur.}$$

$$H_3: \tau_1 + \tau_3 = \tau_2 + \tau_4 \rightarrow F_{1,10} = 46,32 > 4,96 \rightarrow H_3 \text{ red olur.}$$

$$H_4: \tau_1 + \tau_5 = \tau_2 + \tau_3 + \tau_4 \rightarrow F_{1,10} = 1494,27 > 4,96 \rightarrow H_4 \text{ red olur.}$$

Yapılan “F” testi sonucunda $\alpha=0,05$ anlamlılık düzeyinde $F_{hesap} > F_{tablo}$ olduğundan dolayı hipotezler reddedilmiştir. Dolayısıyla Seyitömer UK’ünün PÇ 42,5 çimentosunun priz sonu sürelerini etkileyerek artırdığı tespit edilmiştir.

4.4. Çayırhan UK’ü İkameli Hamurlara Ait Priz Sonu Analizi

Çimentoda Çayırhan UK’ü ikamesinin priz sonu süresine etkisine ilişkin veriler Tablo 13’de verilmiştir (Değerler Tablo 2’den alınmıştır).

Matematiksel model denklemleri: $Y_{ij} = \mu + \tau_j + \varepsilon$ olarak kurulmuştur. Bu amaçla aşağıdaki işlemler gerçekleştirilmiştir. Tablo 13’ den yararlanarak genel kareler toplamı ;

$$KT_{genel} = \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^{n_j} Y_{ij}^2 - \frac{T^2}{N} = 66732 \text{ olarak}$$

hesaplanır.

Denemeler arası kareler toplamı

$$KT_{deneme} = \sum_{j=1}^k \frac{T_j^2}{n_j} - \frac{T^2}{N} = 66336,66 \text{ ‘ olarak}$$

hesaplanır.

Hata kareler toplamı ;

$$KT_{hata} = KT_{genel} - KT_{deneme} = 395,34 \text{ olarak}$$

bulunmuştur. Bulunan bu değerlerden yararlanarak

$$KO_{genel} = \frac{KT_{deneme}}{(k-1)} = \frac{66336,6}{(5-1)} = 16584,165 \text{ ve}$$

Hata kareler ortalaması ;

$$KO_{hata} = \frac{KT_{hata}}{(N-k)} = \frac{395,34}{(15-5)} = 39,53 \text{ olarak}$$

hesaplanır.

Buradan elde edilen verilere dayanarak “F testi” ile F_{hesap} aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$F = \frac{KO_{genel}}{KO_{hata}} = \frac{16584,16}{39,53} = 419,53$$

Bulunan bu değerler Tablo 14 ‘deki varyans çözüm tablosuna aktarılır.

Tablo 14. Çayırhan Uçucu Külünün Priz Bitişine Ait Varyans Çözümleri Tablosu

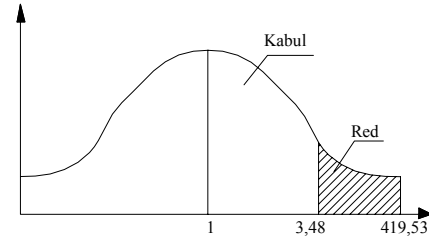
Kaynak	UK	KT	KO	F
Denemeler Arası	4	66336,66	16584,16	$F_{hesap} = 419,53$ $F_{tablo} = 95F_{4,10} = 3,48$ $F_{hesap} > F_{tablo}$
Denemeler İçi	10	395,34	39,53	
Toplam	14	66732	16623,69	Hipotez red olur

$H_0 : \tau_j = 0$ (Tüm $j=1,2,3,4,5$ için) $F_{hesap} = 419,53 > F_{tablo=95}F_{4,10}=3,48$ olduğundan $H_0 : \tau_j = 0$ hipotezi red olur. Dolayısıyla PÇ 42,5 çimentosunda Çayırhan UK’ü ikamesinin priz sonu sürelerini geciktirerek etkilediği kabul edilmiştir.

Yapılan deneylerin doğruluğunu test etmek için “F testi” seçilmiş ve buna göre hesaplama yöntemiyle $F_{hesap} = 419,53$ olarak bulunmuştur.

$\alpha=0,05$ anlamlılık düzeyi dikkate alınırsa “F” dağılım tablosundan $F_{4,10}=3,48$ olarak bulunur.

$F_{hesap} > F_{tablo}$ olduğu için H_0 hipotezi reddedilir ve ilgili anlamlılık grafiği Şekil 9’daki gibi olur.



Şekil 9. F testi Grafiği ($\alpha=0,05$ anlamlılık grafiği)

4.4.1. Çayırhan UK’ü İkamelî Hamurların Priz Sonu Değerlerine Ait Dik Doğrusal Bağlılıkların Kurulması ve Test Edilmesi

Varyans analizinin kontrolü için, numuneler arasında dört adet dik doğrusal bağıntı kurulabilir ($Sd=4$). Buna göre;

$$C_1 = T_1 \quad -T_4$$

$$C_2 = T_2 \quad -T_3$$

$$C_3 = T_1 \quad -T_2 \quad -T_3 \quad +T_4$$

$$C_4 = T_1 \quad -T_2 \quad -T_3 \quad -T_4 \quad +T_5 \text{ ‘ olarak dik doğrusal bağıntılar kurulmuştur.}$$

Kurulan dört adet dik doğrusal bağıntıların katsayıları Tablo 15’te verilmiştir.

Tablo 15. Çayırhan Uçucu Külü Priz Bitişine Ait Dik Katsayılar Tablosu

	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5

C ₁	+1	0	0	-1	0
C ₂	0	+1	-1	0	0
C ₃	+1	-1	-1	+1	0
C ₄	+1	-1	-1	-1	+1

Tablo 15'te verilen dik doğrusal bağıntılar

ve $C_m = \sum_{j=1}^k C_{jm} T_{jm}$ $\sum C_{jm} = 0$ ifadelerinden yararlanarak;

$$C_1 = -456$$

$$C_2 = -239$$

$$C_3 = 61$$

$C_4 = -1138$ olarak hesaplanır. Bunlara ilişkin kareler toplamı

$$KT_{cm} = \frac{C_m^2}{n \sum_{j=1}^k C_{jm}^2} \quad KT_{cm} = \frac{C_m^2}{n \sum_{j=1}^k C_{jm}^2}$$

ifadelerinden yararlanarak

$$KT_{C_1} = 34656$$

$$KT_{C_2} = 9520,16$$

$$KT_{C_3} = 310,08$$

$KT_{C_4} = 110081,66$ olarak bulunur. Burada her bir dik doğrusal bağıntı için hipotez testi yapılmış ve elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir:

$${}_{95}F_{1,10} = 4,96 \quad (\text{F Tablosundan})$$

Hipotez sonucu

$$H_1: \tau_1 = \tau_4 \quad \rightarrow F_{1,10} = 876,70 > 4,96 \rightarrow H_1 \text{ red olur.}$$

$$H_2: \tau_2 = \tau_3 \quad \rightarrow F_{1,10} = 240,83 > 4,96 \rightarrow H_2 \text{ red olur.}$$

$$H_3: \tau_1 + \tau_3 = \tau_2 + \tau_4 \quad \rightarrow F_{1,10} = 7,84 > 4,96 \rightarrow H_3 \text{ red olur.}$$

$$H_4: \tau_1 + \tau_5 = \tau_2 + \tau_3 + \tau_4 \quad \rightarrow F_{1,10} = 2784,76 > 4,96 \rightarrow H_4 \text{ red olur.}$$

Yapılan "F" testi neticesinde $\alpha=0,05$ anlamlılık düzeyinde $F_{\text{hesap}} > F_{\text{tablo}}$ olduğundan dolayı hipotezler reddedilmiştir. Dolayısıyla Çayırhan UK'ünün PÇ 42,5 çimentosunun priz sonu sürelerini etkileyerek geciktirdiği tespit edilmiştir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Deneyisel araştırmadan elde edilen sonuçlar ile öneriler, aşağıda sıralanmıştır:

1. Seyitömer ve Çayırhan UK'leri, çimento hamurunun priz başlama ve priz sonu sürelerini artırmıştır. Çayırhan UK'ünün priz sürelerine etkisi daha fazladır.
2. Hem Seyitömer hem de Çayırhan UK'leri, bütün ikame oranlarında çimento hamurunun priz sürelerini artırmıştır.
3. Seyitömer UK'ü PÇ 42,5 ile kıyaslandığında, % 5, % 10, % 15, % 20 ikame oranlarında sırasıyla priz başlama süresini 12, 52, 98, 119 dakika, priz sonu süresini ise 12, 35, 94, 108 dakika geciktirmiştir.
4. Çayırhan UK'ü PÇ 42,5 ile kıyaslandığında ise, % 5, % 10, % 15, % 20 ikame oranlarında sırasıyla priz başlama süresini 24, 85, 154, 195 dakika, priz sonu süresini ise 26, 106, 152, 166 dakika geciktirmiştir.
5. Her iki UK'de de % 20 ikame oranında priz sürelerindeki artış hızı, % 10 ve % 15 oranlarına göre yavaşlamıştır.
6. Priz başlama ve sonu sürelerindeki artışlar yani gecikmeler, standart sınırlarına uygundur.
7. Her iki UK içinde, çimentoda % 20'den fazla ikame yapılması halinde priz sürelerinin araştırılması ayrı bir çalışma konusu olabilir.
8. Uçucu kül gibi atık malzemelerin çimentoda ikame yöntemi ile kullanılması, hem çevre kirliliğine hem de ülke ekonomisine olumlu yönde katkı sağlarken çimento hammaddesinde de tasarruf yapma imkanı vereceği düşünülmektedir.

TEŞEKKÜR

Çalışmada kullanılan çimento ve uçucu küllerin kimyasal analizlerini yapan SET Ankara Çimento'ya, PÇ 42.5 çimentosunu sağlayan Birlik Hazır Beton Firmasına teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

1. Neville, A.M., Properties of Concrete, Longman Scientific&Technical, New York, 1981.
2. Mehta, P.K., Concrete- Structure, Properties, and Materials, Prentice-Hall, New Jersey, 1986.
3. Tokyay, M., Erdoğan, K., Uçucu Küllerin Karakterizasyonu, TÇMB, Ankara, 1998.
4. Erdoğan, T.Y., Atık Malzemelerin İnşaat Endüstrisinde Kullanımı, Uçucu Kül ve

- Yüksek Fırın Cürufu, Endüstriyel Atıkların İnşaat Sektöründe Kullanılması Sempozyumu Bildiriler Kitabı, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Ankara Şubesi, Ankara, 1993.
5. Aruntaş, H.Y., Tokyay, M., “Katkılı Çimento Üretiminde Diatomitin Puzolanik Malzeme Olarak Kullanılabilirliği”, Çimento ve Beton Dünyası, 1, 4, 33-41, Ankara, 1996.
 6. Ekinci, C.E., Antalya–Etibank Elektrometalurji İşletmesi Silis Dumanlarının Çimento ve Betonda Katkı Maddesi Olarak Değerlendirilmesi, Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, 1995.
 7. Wu, X., Zhu, H., Hou, X., Li, H., Study on Steel Slag and Fly Ash Composite Portland Cement, Cement and Concrete Research, 29, 7, 1103-1106, 1999.
 8. Eren, O., Brooks, J.J., Çelik, T., Setting Times of Fly Ash and Slag-Cement Concretes as Affected by Curing Temperature, Cement Concrete and Aggregates, 17, 1, 11-17, 1995.
 9. Alba, N., Vazquez, E., Gasso, S., Baldasano, J.M., Stabilization/Solidification of MSW incineration residues from Facilities with Different Air Pollution Control Systems. Durability of Matrices Versus Carbonation, Waste Management, 21, 313-323, 2001.
 10. Erdoğan, T.Y., Parla, B., Yüksek-Kireçli Uçucu Küllerin Beton Basınç Dayanımları, Endüstriyel Atıkların İnşaat Sektöründe Kullanılması Sempozyumu Bildiriler Kitabı, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Ankara Şubesi, Ankara, 1993.
 11. Gökçe, A., Çiçekli, O.C., Uyan, M., Öztekin, E., Uçucu Küllü Betonların Mekanik Özellikleri Üzerine Bir Deneysel Çalışma, 4.Ulusal Beton Kongresi, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi, İstanbul, 1996.
 12. Gökçe, A., Uyan, M., Öztekin, E., İnceliğe Bağlı Olarak Uçucu Küllü Betonların Su İhtiyacındaki Değişim, 4.Ulusal Beton Kongresi, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi, İstanbul, 1996.
 13. Sümer, M., F-Tipi Bir Uçucu Külün Betonun Basınç Dayanımına ve Kılcal Su Emmesine Etkileri, Endüstriyel Atıkların İnşaat Sektöründe Kullanılması Sempozyumu, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Ankara Şubesi, Ankara, 1995.
 14. Yazıcı, Ş., Baradan, B., Uçucu Kül Katkılı Yüksek Dayanımlı Beton, Endüstriyel Atıkların İnşaat Sektöründe Kullanılması Sempozyumu, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Ankara Şubesi, Ankara, 1995.
 15. Yeğınobalı, A., Temiz, H., Uçucu Kül ile Silis Dumanı Katkılı Çimento Hamur ve Harçlarının Bazı Özellikleri, Endüstriyel Atıkların İnşaat Sektöründe Kullanılması Sempozyumu, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Ankara Şubesi, Ankara, 1995.
 16. Özcan, M., Tunçbilek ve Seyitömer Uçucu Küllerinin Beton Özelliklerine Etkisi ve Etkinlik Katsayılarının Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1997.
 17. Karaer, K., Çayırhan Uçucu Külünün Portland Çimentosu-Uçucu Kül Hamur ve Harçlarının Özelliklerine Etkileri, Yüksek Lisans Tezi, ODTÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 1996.
 18. Yazıcı, Ş., Silika Dumanlı ve Uçucu Küllü Yüksek Dayanımlı Betonların Mekanik Özellikleri ve Durabilitesi, Doktora Tezi, D.E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir 1996.
 19. Şimşek, O., Yapı Malzemeleri, Cilt 2, Ankara Üniversitesi Basımevi, Ankara, 2000.
 20. TS 19, Çimento-Portland Çimentoları, Türk Standartları Enstitüsü, 1992.
 21. TS 24, Çimentoların Fiziki ve Mekanik Deney Metotları, Türk Standartları Enstitüsü, 1985.
 22. Çelik, M.H., Deney Düzenleme ve Çözümleme Metotları, Yüksek Lisans Ders Notları, G. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yapı Eğitimi A.B.D., Ankara, 1996.