

Pirinç Kabuğu Külünün Beton Dayanımına Etkisi

Servet YILDIZ, İlker BALAYDIN ve Z. Çınar ULUCAN

Fırat Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Yapı Eğitimi Bölümü, 23119, Elazığ
syildiz@firat.edu.tr

(Geliş/Received:13.11.2006; Kabul/Accepted:22.03.2007)

Özet: Bu çalışmada; 600 OC' de yakılmış pirinç kabuğu külü çimentonun ağırlığına %0, 10, 15, 20, 25 ve 30 oranlarında beton içerisine katılıp, elde edilen beton numunelerinin basınç ve eğilmede çekme dayanımları araştırılmıştır. Deneyler için biri kontrol numunesi olmak üzere toplam altı grup beton numunesi, belirlenen oranlarda pirinç kabuğu külü ilave edilerek ve sabit işlenebilirliğe göre hazırlanmıştır. Beton numunelerin basınç ve eğilmede çekme dayanımları 7, 14, 28 ve 90. günler sonunda bulunmuştur. Ayrıca bu çalışmada kullanılan pirinç kabuğu külünün pozolanik aktivitesi de araştırılmıştır. DeneySEL çalışma sonucunda, %10 pirinç kabuğu külü içeren betonların hem basınç hem de eğilmede çekme dayanımlarında artış gözlenmiştir. Ancak pirinç kabuğu külünün yüksek su emme kapasitesinden dolayı, %15, 20, 25 ve 30 oranlarında pirinç kabuğu külü katkılı betonların hem basınç hem de eğilmede çekme dayanımlarında azalma meydana gelmiştir.

Anahtar Kelimeler: Beton, Pirinç Kabuğu Külü, Pozolanik Aktivite.

The Effect Of Rice Husk Ash On Concrete Strength

Abstract: In this study, compression and flexural strength behavior of the concrete, which is prepared by addition of rice husk ashes into its mortar in the rate of 0, 10, 15, 20, 25 and 30% have been investigated. Total six groups of concrete mortar samples including control sample for the test have been prepared according to constant workability and consisted of rice husk ashes in the predetermined contents. The compression and flexural behavior of concrete samples have been tested for 7, 14, 28 and 90 days. Pozolanic activity of rice husk ash has also been investigated in the scope of this study. At the end of the study, it is observed that both compression and bending strength of the concrete having 10% rice husk ash increased. However, the same properties of the concrete having rice husk ashes in the rates of 15, 20, 25 and 30% decreased since rice husk ash has very high water absorption characteristic.

Keywords: Concrete, Rice Husk Ash, Pozolanic Activity.

1. Giriş

Pirinç, dünyada 1.6 milyar kişinin besin maddesinin yarısını oluşturmaktadır. Ekilebilen alanların % 11'inde yani yaklaşık olarak 145 milyon hektar alanda pirinç ekimi yapılmaktadır. Pirinç üretimi sonucu, atık malzeme olarak aşırı miktarda pirinç kabuğu ortaya çıkmakta ve üretimin fazla olduğu bölgelerde çevrede büyük alanları kaplayarak çevrenin kirlenmesine neden olmaktadır [1].

Çeltik bitkisi, yeryüzünde buğdaydan sonra en fazla üretilen tahıldır. Çeltik fabrikalarında işlenerek pirinç elde edilir ve işleme sırasında çeltiğin % 9-10'u kepek, %20'si kavuz olarak ayrılır [2]. Pirinç üretiminin atığı olan kabukların tanelerden ayrılması sırasında iki kabuk oluşur. Birinci kabuk; pirinç tanesinin etrafını saran ince

bir zar şeklinde olup buna kepek denir. Besleyici yönden zengin olduğu için hayvan yemi olarak kullanılmaktadır. İkinci kabuk ise; bir pirinç tanesinin en dışındaki kabuktur. İçteki kabuğa göre daha serttir ve bu kabuğa da kavuz veya kapçık denmektedir. Kavuz, silis ve karbon içerir. Yapısındaki silis kabukların iskeletini oluşturur ve amorf haldedir [1]. Pirinç kabuğu külü beton için mineral bir karışım olup, çimento ürünlerinin davranışı pirinç kabuğunun kaynağı ile değişir [3]. Pirinç kabuğunun çeşitli uygulama alanları vardır. Kırsal bölgelerde kış mevsiminde ısı gereksinimini karşılamak üzere sobalarda yakıt olarak kullanılmaktadır [4]. Çelik üretimi sonunda kabuklar çelik külçelerin üzerine serilerek, çeliğin soğuması yavaşlatılır ve

kristal yapı oluşur. Özellikle Mısır, Japonya ve bazı diğer ülkelerde refrakter malzeme üretiminde ve izolasyon malzemesinde pirinç kabuğundan yararlanılır. Pirinç kabukları havasız yerde yakılarak aktif karbon elde edilebilir ve ayrıca aktif karbon absorpsiyon özelliğinin yüksek oluşu nedeniyle sanayide renk, koku giderici olarak kullanılmaktadır. Yapı malzemesi olarak hafif beton imalinde hafif agrega olarak kullanılmaya elverişlidir [5].

Pirinç kabuğu yakılarak kül elde edilmektedir. Külün kullanım şekline göre kabuğun yakma şekli de değişmektedir. Kabuk yakıt olarak kullanılıyorsa, yakma koşullarını sabit tutulmasına gerek kalmamaktadır. Ancak yapı malzemesi olarak (puzolan) kullanılmak istendiğinde kabukların yakılması ve külün soğutulması belli koşullarda gerçekleştirilmelidir [3- 4, 6-12].

Pirinç kabuğu külünde, %80-90 oranında silis bulunmaktadır. Bu araştırma açısından da külün en önemli özelliği, amorf silisten ileri gelen puzolanik yapısıdır. Pirinç kabuğu külünün gözenekliliği, özgül yüzeyinin büyüklüğü ve amorf silise sahip olması, külün puzolanik özelliğe sahip olduğunu kanıtlamaktadır.

Pirinç kabuğu külünün puzolanik özelliğinden faydalanarak, çimento veya kireç içerisine katılarak harç üretmek mümkündür. Ayrıca çimentoya katılarak puzolan gibi de kullanılabilir [1]. Ancak pirinç kabuğu külünün çimentoya katılmadan önce, uygun bir biçimde öğütülmesi gerekmektedir [13]. Pirinç kabuğu külü çimentoya öğütülmüş olarak katıldığı gibi, klinker ve alçı taşı ile birlikte de öğütülebilir. Bu şekilde çimentoyla birlikte öğütüldüğünde, mekanik özellikler daha iyi olmaktadır [1,2].

Literatürde pirinç kabuğu külü ile ilgili çalışmalar mevcuttur. Gemma [3], yapmış olduğu çalışmada, Uruguay ve Amerika'da üretilen iki farklı pirinç kabuğu külünün kullanımlarını karşılaştırmıştır. Bir başka çalışmada, Bui ve arkadaşları [14], yapmış oldukları çalışmalarında pirinç kabuğu külünü, yüksek performanslı betonlarda çimento hamuru ve agrega arasındaki arayüzey bölgesinin mikro yapısını geliştirmek için yüksek reaktif bir puzolanik malzeme olarak kullanmışlardır.

Bu çalışmada, 600 °C'de kontrollü bir şekilde yakılarak elde edilen pirinç kabuğu,

çimento miktarı ile yer değiştirilerek beton numuneler üretilmiştir. Elde edilen numunelerin basınç ve eğilme dayanımları karşılaştırılmıştır. Ayrıca bu çalışmada kullanılan pirinç kabuğu külünün puzolanik aktivitesi de araştırılmıştır.

2. Materyal ve Metot

Bu çalışmada, %0, 10, 15, 20, 25 ve 30 oranlarındaki pirinç kabuğu külü, çimento ile yer değiştirilerek beton numuneler hazırlanmış ve bu numunelerin 7, 14, 28 ve 90. günler sonundaki basınç ve eğilme dayanımları belirlenmiştir.

Ayrıca bu çalışmada, pirinç kabuğu külünün puzolanik aktivitesini belirlemek amacıyla TS 639/T1'e [15] uygun olarak puzolanik aktivite deneyleri de yapılmıştır.

2.1. Çimento

Bu çalışmada, bağlayıcı malzeme olarak, Elazığ Altınova Çimento Fabrikası A.Ş.'nin üretmiş olduğu, PÇ 42,5 N çimentosu kullanılmıştır. Çimentoya ait fiziksel, kimyasal ve mekanik özellikler Tablo 1'de verilmektedir.

Tablo 1. Çimentonun fiziksel, kimyasal ve mekanik özellikleri

Kimyasal özellikler	
Bileşenler	Bileşen miktarları (%)
Silisyum dioksit (SiO ₂)	20,4
Alüminyum oksit (Al ₂ O ₃)	5,61
Demir oksit (Fe ₂ O ₃)	3,27
Kalsiyum oksit (CaO)	63,01
Mağnezyum oksit (MgO)	2,49
Kükürt trioksit (SO ₃)	2,26
Klorür (Cl)	0,006
Kızdırma kaybı (K.K.)	1,64
Tayin edilemeyen (T.E.)	1,68
Fiziksel özellikler	
Özgül ağırlık, (gr/cm ³)	3,05
Özgül yüzey, (cm ² /gr.Blaine)	3470
Hacim genleşmesi, (mm)	7
Priz başlama süresi, (h/dk.)	03:10
Priz sonu, (h/dk.)	04:15
Mekanik özellikler	
2. gün mukavemet, (N/mm ²)	24,2
7. gün mukavemet, (N/mm ²)	43,5
28.gün mukavemet, (N/mm ²)	54,5

2.2. Pirinç Kabuğu Külü

Bu çalışmada kullanılan pirinç kabukları, toprak küpler içerisinde 600 °C'de yakılarak elde edilmiştir. Kabuklar fırın içerisinde yaklaşık olarak 3 saat bekletilerek yakma işlemi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen küllerin rengi, açık grimsi ve açık leylaktır. Yakılan küller,

fırının kendi soğuma koşulları ile soğumaya bırakılmış ve fırın sıcaklığı 15 °C'ye düştüğünde küller fırından çıkarılarak tam soğumanın gerçekleşmesi için 24 saat beklenmiştir.

Yakma sonucu elde edilen küllerin inceliği çimento içerisine katmak için yeterli

olmadığından, küller 200 µm'lik elekten geçecek şekilde öğütülmüştür. Pirinç kabuğu külüne ait fiziksel ve kimyasal özellikler Tablo 2'de verilmektedir.

Tablo2. Pirinç kabuğu külünün fiziksel ve kimyasal özellikleri

Pirinç kabuğu külünün fiziksel özellikleri									
Birim Hacim Ağırlığı (gr/cm ³)					Özgül Ağırlığı (gr/cm ³)				
0.685					1.97				
Pirinç kabuğu külünün kimyasal özellikleri (%)									
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	K ₂ O ₃	Na ₂ O	MnO	P ₂ O ₅
91.15	3.84	1.87	0.81	0.59	-	0.71	0.17	0.21	0.65

2.3. Agrega

Bu çalışmada, beton numunelerde kullanılan dere agregasının maksimum tane çapı 8mm, özgül ağırlığı 2.68 gr/cm³ ve incelik modülü

3.28'dir. Kullanılan agregaya ait fiziksel özellikler ve granülometri değerleri Tablo 3'de verilmektedir.

Tablo 3. Agrega özellikleri

Agrega Granülometrisi				
Elek Çapı	Elek Üzerinde Kalan (gr)	Elek Üzerinde Yığılmış Kalan (gr)	Elek Üzerinde Kümülatif Kalan (%)	Elekten Geçen (%)
8	0	0	0	100
4	350	350	35	65
2	133	483	48.3	51.7
1	148	631	63.1	36.9
0.5	229	860	86	14
0.25	99	959	95.9	4.1
Kap	41	1000	100	0
Agreganın Fiziksel Özellikleri				
Özgül Ağırlık (gr/cm ³)	Su Emme Ağırlıkça (%)	Kil Miktarı Ağırlıkça (%)	Aşınma Kaybı Ağırlıkça (%)	Donma Kaybı Ağırlıkça (%)
2.68	4	2.0	16.6	1.83

2.4. Beton Numunelerinin Hazırlanması

Bu çalışmada, ağırlıkça %0, 10, 15, 20, 25 ve 30 pirinç kabuğu külü katkılı beton blokların basınç dayanımlarını belirlemek için altı seri 15 cm'lik küp numuneler hazırlanmış olup her seride üç adet numune kullanılmıştır. Pirinç kabuğu külü katkılı beton numunelerin, eğilme dayanımlarını belirlemek için 10 x 10 x 50 cm'lik standart eğilme numuneleri de bu çalışma kapsamında hazırlanmıştır. Pirinç kabuğu külünün su emme özelliğinden dolayı, bütün beton karışımları sabit çökme miktarına (80 mm)

göre hazırlanmıştır. 1m³ beton içerisindeki karışım miktarları Tablo 4'de verilmektedir.

Tablo 4. Hazırlanan betonların karışım oranları

Kül Oranı (%)	Çimento (kg/ m ³)	Kül (kg/ m ³)	Agrega (kg/ m ³)	Su (kg/ m ³)
Kontrol	415	0	1580	220
10	374	41	1580	260
15	353	62	1580	280
20	332	83	1580	300
25	311	104	1580	320
30	291	124	1580	340

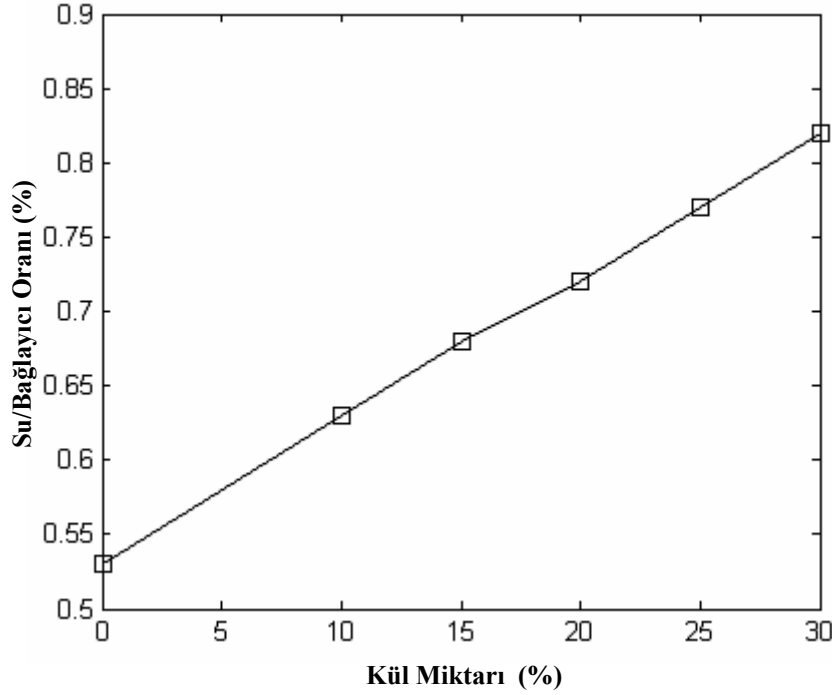
Puzolanik aktivite deneyi için kullanılan kirecin birim ağırlığı 2.176 gr/cm³'dir.

3. Deney Yöntemi ve Sonuçlar

3.1. İşlenebilirlik

Bu çalışmada, taze betonun çökme miktarı sabit tutularak (80 mm), karışımların hepsinin aynı kıvamda olması sağlanmıştır. Pirinç kabuğu külünün su ihtiyacı fazla olduğundan,

karışımların su oranları artırılmıştır. Bu durumda su/bağlayıcı (çimento+pirinç kabuğu külü) oranı değişmektedir. Şekil 1’de kül oranının su/bağlayıcı oranı ile değişimi gösterilmektedir.



Şekil 1. Numunelerinin Kül Miktarına Bağlı olarak Su/Bağlayıcı Oranı Değişimi

3.2. Puzolanik Aktivite Deneyi

Puzolanların aktivitesi, mekanik ve kimyasal deneylerle belirlenmektedir. TS 639/T1’e göre [15], puzolanik aktivite deneyi için üretilen harç numunelerinin karışım oranları Tablo 5’te verilmektedir.

Tablo 5. TS 639/T1’e göre puzolanik aktivite harç karışım miktarları

TS 639/T1 [15]	Ağırlık (gr)
Çimento	292.5
Puzolan	82.46
Standart Kum	1350
Su	230

TS 639/T1’e göre [15] hazırlanan puzolanlı harçlara ait 28 günlük basınç ve eğilme deney sonuçları Tablo 6’da verilmektedir.

Tablo 6. TS 639/T1’e göre pirinç kabuğu külünün puzolanik aktivite deney sonuçları

Puzolan	Eğilme Dayanımı (N/mm ²)	Basınç Dayanımı (N/mm ²)	W/C
Pirinç Kabuğu Külü	5.9	31.18	0.61
Şahit Harç	6.3	34.56	0.61

TS 639/T1’e göre [15], kontrol harcının dayanımının %70’i sağlanması gerekmektedir. Tablo 6’da verildiği gibi, pirinç kabuğu külünün kireç ve çimentoyla yapmış olduğu reaksiyon sonucunda, puzolanik aktiviteye sahip olduğu görülmektedir.

3.3. Basınç Dayanımı Deneyi

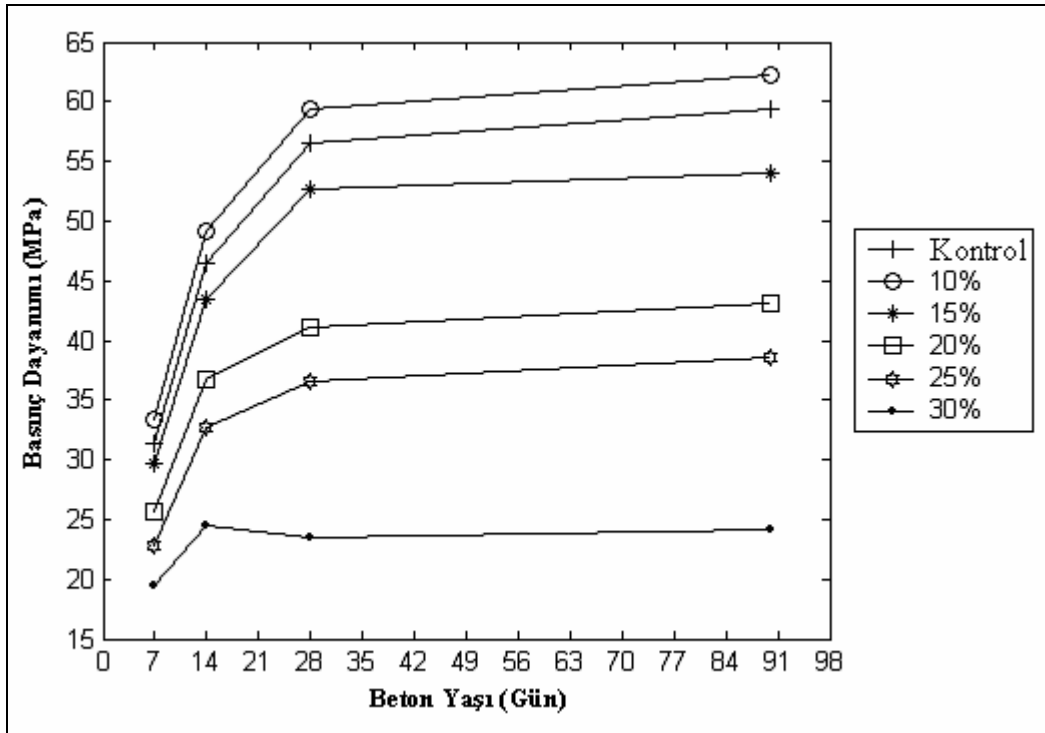
Beton özellikleri genellikle direk olarak betonun basınç dayanımı ile ilgilidir. Betonun çekmeye karşı dayanımı az olduğundan, daha çok basınca çalıştırılmaktadır. Bu nedenle, betonun basınç dayanımı mühendislik uygulamalarında oldukça önemlidir [17].

Bu çalışmada, değişik oranlardaki pirinç kabuğu külü katkılı beton numuneler, 15 cm'lik

küp kalıplar içerisine üçer tabaka halinde ve titreşim masasında sıkıştırılarak yerleştirilmiştir. Her seri beton numunesinin (üç adet numune), 7, 14, 28 ve 90. günler sonunda basınç dayanımları belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar Tablo 7'de verilmektedir. Şekil 2'de, beton numunelerinin basınç dayanımlarının günlere bağlı olarak değişimi gösterilmektedir.

Tablo 7. Basınç dayanımlarının günlere bağlı değişimi

Kül İçeriği (%)	Basınç Dayanımları (MPa)			
	7. Gün	14. Gün	28. Gün	90. Gün
Kontrol	31,4	46,5	56,6	59,3
10	33,3	49,1	59,4	62,2
15	29,7	43,5	52,7	54
20	25,6	36,8	41,1	43,1
25	22,8	32,7	36,5	38,5
30	19,5	24,4	23,4	24,2



Şekil 2. Numunelerin basınç dayanımlarının beton yaşına bağlı değişimleri

%10 pirinç kabuğu külü içeren numunelerin basınç dayanımları, kontrol betonundan 7, 14, 28 ve 90. günlerde sırasıyla % 5,71, % 5,30, % 4,71, % 4,66 daha büyük çıkmıştır. % 10 pirinç kabuğu külü içeren betonun dayanımındaki bu artışa rağmen, beton

içerisindeki kül miktarı arttıkça betonun basınç dayanımında sistematik bir azalma gözlenmektedir.

3.4. Eğilmede Çekme Dayanımı Deneyi

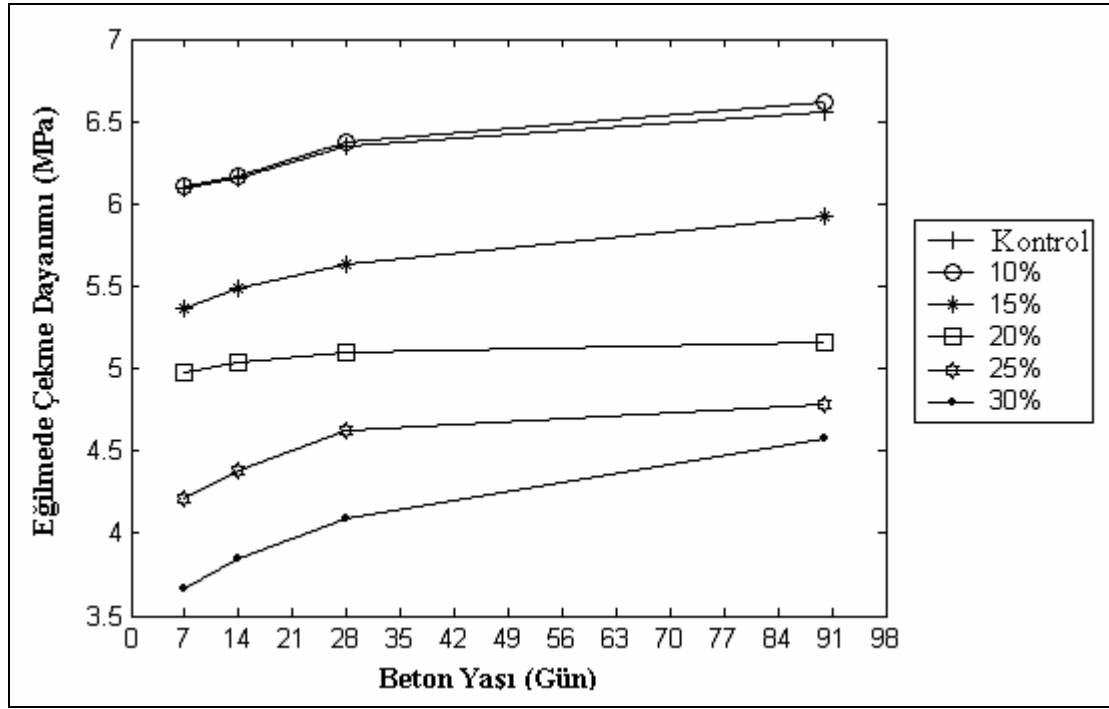
Yapıların tasarım hesaplarında genellikle basınç dayanımı kullanılır. Ancak, oldukça gevrek bir malzeme olan betonun, çekme dayanımı çok düşük olduğundan, beton içerisindeki çatlaklar çekmeden dolayı oluşmaktadır. Bu nedenle, betonun çekme dayanımının bilinmesi, çatlakların ve yapı ile ilgili analizlerin yapılabilmesi bakımından büyük önem taşımaktadır [18].

Bu çalışmada, eğilmede çekme dayanımı deneyi kullanılarak, betonun çekme dayanımı bulunmuştur. Eğilmede çekme dayanımı tespiti için değişik pirinç kabuğu külü katkılı betonlar, 10 x 10 x 50 cm'lik standart kalıplara üçer tabaka halinde ve her tabaka 25 defa şişlenerek yerleştirilmiştir. Her seri beton numunesi 7, 14,

28 ve 90. günler sonunda kür tankından çıkarılarak üç nokta eğilme dayanımları belirlenmiştir. Eğilme dayanımı sonuçları Tablo 8'de verilmektedir. Numunelerin eğilme dayanımlarının günlere bağlı olarak değişimi ise Şekil 3'de gösterilmektedir.

Tablo 8. Eğilmede çekme dayanımlarının günlere bağlı değişimi

Kül İçeriği (%)	Eğilme Dayanımları (MPa)			
	7. Gün	14. Gün	28. Gün	90. Gün
Kontrol	6,09	6,15	6,35	6,56
10	6,11	6,17	6,38	6,62
15	5,36	5,49	5,63	5,93
20	4,98	5,04	5,1	5,16
25	4,21	4,38	4,62	4,78
30	3,67	3,85	4,09	4,57



Şekil 3. Numunelerin eğilmede çekme dayanımlarının beton yaşına bağlı değişimleri

%10 pirinç kabuğu külü içeren numunelerin ortalama eğilme dayanımları, kontrol betonun eğilme dayanımından 7, 14, 28 ve 90. günlerde sırasıyla % 0.33, % 0.33, %0.47 ve % 0.92 daha büyük çıkmıştır. Basınç dayanımında olduğu gibi eğilme dayanımında da beton içerisindeki pirinç kabuğu külü miktarı arttıkça dayanımda azalmalar meydana gelmektedir. %15, %20, %25 ve %30 pirinç kabuğu külü içeren beton numunelerin 28 günlük eğilme dayanımları,

kontrol betonundan sırasıyla % 11.34, %19.69, %27.24 ve %35.59 daha az çıkmıştır.

4. Sonuçlar

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar, atık bir ürün olan pirinç kabuğunun kontrollü bir şekilde yakılarak puzolan olarak kullanılabileceğini göstermiştir. Yapılan puzolanik aktivite

deneyleri, pirinç kabuğu külünün kireç ve çimentoyla yapmış olduğu reaksiyon sonucunda puzolanik aktiviteye sahip olduğunu göstermiştir. Pirinç kabuğu külünün puzolanik aktivitesi standartlarda belirtilen sınırlar içerisinde yer almaktadır.

Betonların içerisine, çimento ağırlığının %10, 15, 20, 25 ve 30 oranlarında pirinç kabuğu külü eklenerek hazırlanmış beton numunelerin su ihtiyaçları artmıştır. Bu nedenle yüksek oranlarda pirinç kabuğu külü katkılı beton numunelerin dayanımlarında belirli bir azalma meydana gelmiştir. Bu durumu ortadan kaldırmak için akışkanlaştırıcı kullanılabilir.

Bu çalışmada kül miktarı arttıkça su miktarı da artırılarak sabit slump değeri (80 mm) sağlanmış ve bu durumda %10 pirinç kabuğu katkılı betonların hem basınç hem de eğilme dayanımları kontrol betonundan daha büyük olmuştur. Dayanımdaki bu artış, pirinç kabuğu külünün puzolanik yapısından kaynaklanmaktadır.

Pirinç kabuğu külünün, betonun erken yaş dayanımından ziyade, ileri yaşlardaki dayanımını daha fazla etkilediği görülmüştür.

5. Kaynaklar

1. Malzum, F. (1989), "Pirinç kabuğu külünün puzolanik özellikleri ve külün çimento harcının dayanıklılığına etkisi", Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 129 s.
2. Ölmez, H. (1988), "Endüstriyel Tarımsal Atıkların Çimento Üretiminde Değerlendirilmesi", On Dokuz Mayıs Üniversitesi Yayınları Fen Edebiyat Fakültesi, Samsun, 80 s.
3. Gemma, R. S. (2005), "Strength development of concrete with rice-husk ash", *Cement and Concrete Composites*, 158-160.
4. Beagle, E. C. (1978), "Rice Husk Conversion to Energy", *FAO Agricultural Services Bulletin* 31, Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome, Italy.
5. Nemutlu, S. (1963), "Çeltik Kapçığı Araştırmaları", İmar ve İskan: Bakanlığı Yayınları, No:5-16, Ankara.
6. Mehta, P. K. (1983), "Puzzolanik and cementitious by products as mineral admixtures for concrete", *Flay Ash, Silica Fume, Slag and Other Mineral by-Products in Concrete*, Vol. 1, ACI SP 79, 23.
7. Bidin, R., Ngee, C. C., Yeoh, A. K. and Ping, C. B. (1984), "Rice Husk Cement", *Standards Industrial Research Institute of Malesia*, Sirim.
8. Kwame, A. (1975), "Studies of silica produced under varying conditions", Ph.D. Thesis, California.
9. Cook, D. J. (1985), "Rice-Husk Ash Cements: Their Development and Application", Vienna, Austria.
10. Mehta, P. K. (1979), "The Chemistry and Technology of Cements Rice Husk Ash made from Rice Husk ASH", *Proc, Unido/Escape/RCTT Workshop on rice husk ash cement*, Peshavar, Pakistan.
11. Dass, A. (1983), "Puzzolanik behavior of rice husk ash", *Building Research and Practice* 12 (5), September, October.
12. Alkhalaf, M. M., Yousiff, H. A. (1984), "Use of rice husk ash in concrete", *The Int. J. Of. Chem. Comp. And Light Weight Concrete*, 6 (4).
13. Çavuşoğlu, C. (1988), "Puzolanların klinker ve alçı taşı ile birlikte öğütülmesinin ve öğütülmüş halde çimentoya katılmasının çimento özelliklerine etkisi", Bitirme Ödevi, İTÜ İnşaat Fakültesi.
14. Bui, D. D., Hu, J., Stroeve, P. (2005), "Particle size effect on the strength of rice husk ash blended gap-graded portland cement concrete", *Cement and Concrete Composites*, 27, 357-366.
15. TS 639/T1 (1998), *Uçucu Küller-Çimentoda Kullanılan*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
16. Mindess, S., Young, F. J. (1981), "Concrete", Prentice-Hall INC., Englewood Cliffs, New Jersey.
17. Erdoğan, T.Y. (2003), "Beton", ODTU Geliştirme Vakfı Yayıncılık ve İletişim A.Ş. Yayını, Ankara.