

İÇME SUYU ARITMA TESİSİ ALÜM ÇAMURUNUN PUZOLANİK MALZEME OLARAK KULLANIMI ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

Osman ÜÇÜNCÜ, Mustafa GÜLAY

KTÜ, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, TRABZON

Geliş Tarihi: 03.03.2003

A RESEARCH ON THE USAGE POSSIBILITY OF DRINKINGWATER TREATMENTPLANT SLUDGE AS POZZOLANİK MATERIAL

ABSTRACT

In this study, an experimental program was carried out on the evaluation of alum sludge obtained from Trabzon Drinking water Plant, which treats it the water of Değirmendere river and lets out it back in the river, whether or not it could be used as pozzolonic material incorporated with cement. The ratio of the water treatment plant sludge %5, %15, %30 and %50 are mixed to the portland Cement (PC 42,5). Portland Cement (PC 42,5) are taken as a reference. Physical and Pressure resistant tests are realized on the test samples. It can be concluded that the ratio of the mixture %15 at the Portland Cement are determined for the test result.

Keywords : Drinking Water, Alum Sludge, Pozzolonic, Recovery

ÖZET

Bu çalışmada, Değirmendere'den alınan yüzey suyun arıtıldığı Trabzon İçmesuyu Arıtma Tesisin'de (ATASU) oluşan ve tekrar dereye verilen alüm çamurunun, çimento ile karıştırılarak puzolanik malzeme olarak değerlendirilmesi araştırılmıştır. Çıkan atığın ağırlıkça %5, %15, %30 ve %50 oranlarında PÇ 42.5 (Portland 42 Çimento) ile karıştırılmıştır. Ayrıca bu karışımlara karşılık PÇ 42,5 çimentosu referans olarak alınmıştır. Deney örnekleri üzerinde fiziksel ve basınç dayanım deneyleri gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak % 15 oranında bir karışımın PÇ 42.5 çimentosunda en iyi neticeyi verdiği görülmüştür.

Anahtar Sözcükler: İçmesuyu, Alüm Çamuru, Puzolanik, Geri kazanma

1 GİRİŞ

Trabzon içmesuyu arıtma tesisinde, Değirmendere'den yüzeysel olarak alınan hamsu çeşitli proseslerden geçirilerek içmesuyu kalitesinde arıtılarak Trabzon ili ve çevre ilçelere dağıtılmaktadır. Değirmendere'deki yüzeysel ham suyun kalitesine göre çeşitli miktarlarda içmesuyu arıtma tesisi çamurları oluşmaktadır. [2]

Arıtma çamurları yüksek miktarlarda Alüminyum 3.oksit (Al_2O_3), Silisyumoksit (SiO_2) ve demiroksit (Fe_2O_3) ihtiva etmektedir. Bu malzeme kendi başına az miktarda puzolanik özellik göstermekte, kendi başına bağlayıcılığı azdır. Fakat çok ince öğütülmüş bir halde iken bağlayıcılık kazanmaktadır. Yapılan çalışmalarda, içme suyu arıtma tesisi çamuru puzolanik özellik gösterdiği ve bu özelliğin kullanılmasıyla da geri dönüşümü olan bu ürünlerin çimento katkı malzemesi olarak kullanımıyla enerjinin, suyun, çevre temizliğinin ve CO_2 emisyonunun etkilerinin azalacağı doğrudur. Bununla da endüstriyel atıkların çimento üretiminde katkı olarak kullanılmasıyla daha "çevreci" üretimler yapılabilir.[1,3]

Çalışmanın amacı, Trabzon İçmesuyu Arıtma tesisinden kaynaklanan ve bu atığın Değirmendereye verilmesini önlemek, endüstriyel atığın yararlı kalitesini ortaya koymak için çimento katkı malzemesi olarak kullanımının araştırılmasıdır. [2]

2. MALZEME VE METODLAR

2.1. Malzemeler

Bu çalışmada kullanılan arıtma tesisi çamuru, Trabzon ili içmesuyu arıtma tesisinden çeşitli arıtma proseslerinden alınarak karıştırılmış arıtma çamurudur. Ayrıca; PÇ 42.5 çimentosu ve TS 819 da belirtilen özelliklere uygun standart kum kullanılmıştır. Kullanılan çimentonun fiziksel, kimyasal ve mekanik özellikleriyle arıtma çamurunun fiziksel ve kimyasal özellikleri Tablo 1 ve Tablo 2'de verilmektedir.

Çizelge 1. Kullanılan çimentonun Fiziksel, Kimyasal ve Mekanik özellikleri [1]

Çimento Tipi		PÇ 42.5 (1)	PÇ42.5 (2)	TS19/1984 sınırları
Fiziksel Özellikleri	Özgül ağırlık, g/cm ³	3.13	3.03	
	İncelik			
	200µ elekte kalan %	0.00	0.00	
	90 µ elekte kalan %	0.40	0.80	
	Özgül yüzey (Blaine), cm ² /g	4788	3186	
	Priz süresi (Vicat) :			
	Başlama. saat:dakika	2:00	2:36	
Sona erme. Saat:dakika	3:15	3:50		
Kimyasal Bileşim (%)	Magnezyum oksit (MgO)	2.00	1.23	<5
	Alüminyum oksit (Al ₂ O ₃)	6.57	4.86	
	Silisyum dioksit (SiO ₂)	21.56	20.44	
	Kalsiyum oksit (CaO)	61.28	63.26	
	Demir oksit (Fe ₂ O ₃)	3.00	3.62	
	Kükürt trioksit (SO ₃)	3.19	2.30	<3.5
	Potasyum oksit (K ₂ O)	0.69		
	Sodyum oksit (Na ₂ O)	0.27		
	Kızdırma kaybı	1.23	2.19	<4
	Serbest kireç (CaO)	1.18	1.52	
Çözünmeyen kalıntı	0.51	0.84	<1.5	
Mekanik Özellikleri	Eğilme dayanımı. N/mm ²			
	2 Gün	4.4		
	7 Gün	5.6		
	28 Gün	6.9		
	Basınç dayanımı. N/mm ²			
	2 Gün	22.4	21.3	
	7 Gün	32.9	40.4	
28 Gün	47.4	51.3		

Bu çalışmada kullanılan karışımlar Tablo 3'de verilmektedir. Karışımlarda kullanılan arıtma çamuru başlangıçta kuru ve nem oranı %42 civarında olmuştur. Öğütme süresi ise yaklaşık 8 dakikadır.

Çizelge 2. Malzeme özellikleri ve Kimyasal Kompozisyonları [1]

	Çimentoda [%]	Uçucu külde [%]	Alüm Çamuru [%]	TS 639 sınırları [%]
SiO ₂	20.77	50.20	45.2	
Al ₂ O ₃	4.93	28.59	20.03	
Fe ₂ O ₃	3.06	13.17	5.93	S+A+F 70
CaO	63.28	2.55	3.52	
MgO	2.42	1.28	2.65	<5
SO ₃	3.02	0.57	0.21	<5
K ₂ O	0.70	2.39	1.72	
Na ₂ O	0.28	0.98	1.42	
Kızdırma kaybı	0.81	2.85	18.5	<10
Özg. Ağ. (gr/cm ³)	3.15	2.4	2.45	
İncelik 90 µm	-	8.5	3.34	
200 µm			1.60	
Özgül Yüzey (cm ² /gr)	3500		3675	
Cr ₂ O ₃			0.005	
MnO			0.18	
TiO ₂			0.52	
P ₂ O ₅			0.26	
Zr, Y, Nb, Sc, Ba, Ni, Sr			10/408 ppm	

Çizelge 3. Kullanılan karışım miktarları

Karışım No	Çamur [%]	Çamur [gr]	Çimento [gr]	
K ₀	PÇ 42.5	PÇ 42.5	PÇ 42.5	Bütün numunelerde TS 819'da belirtilen özelliklerde hazırlanmış ve standart kumu kullanılmıştır.
K ₁	5	22.5	427.5	
K ₂	15	67.5	382.5	
K ₃	30	135.0	315.0	
K ₄	50	225.0	225.0	

2.2. Metotlar

Arıtma çamuru önce dinlendirilerek kalınlaştırılmış ve daha sonrada etüvde 105⁰'de kurutulmuş ve bilyeli öğütücüde yaklaşık 8 dakika öğütülmüştür ve Tablo 3'de verilen oranlarda PÇ 42.5'a karıştırılmıştır. [1]

2.3. Kimyasal Deneyler

Arıtma çamuru etüvde kurutulduktan sonra çamur üzerinde "TS 687 Çimentoların Kimyevi Analiz Metotlar" standartlarında belirtilen esaslara uygun olarak Tablo 2'de belirtilen parametreler Trabzon Çimento Fabrikası Laboratuvarlarında ve eş zamanlı olarak Kanada'da ACME Analytical Labs. Ltd. tarafından belirlenmiştir. Numuneler ICP (Inductively Coupled Plasma) yöntemiyle analiz edilmiştir. [2]

2.4. Fiziksel Deneyler

Her karışım grubundan 3'er adet deney örneği üzerinde "TS 24, Çimentoların Fiziksel ve Mekanik Deney Metotları" standardında belirtilen esaslar dahilinde normal kıvam, priz başlangıcı ve sona erme süresi, hacim genişmesi, yoğunluk, özgül yüzey tayini ve tane büyüklüğü tayinleri deneyleri gerçekleştirilmiştir. [2]

2.5. Dayanım Deneyleri

Basınç dayanım deneyleri; "TS 24, Çimentoların Fiziksel ve Mekanik Deney Metotları" standardında belirtilen Rilem Cembureau metoduna uygun olarak hazırlanan deney örnekleri üzerinde 1, 2, 7 ve 28 günlük sürelerde gerçekleştirilmiştir. [2]

2.6. Harcın Kalıba Sıkıştırılması

TS 639 ve BS 3892 standartlarına göre üretilen harç sarsma tablası üzerine iki tabaka halinde 60x60x16 mm boyutlarında kalıp bölmelerine doldurulmuş ve her tabaka 60 sn içinde 60 sarsma ile sıkıştırılmıştır. [2]

3. DENEY SONUÇLARI, İRDELEME VE YORUM

3.1. Kimyasal Özellikleri

Aritma çamuru katkılı örneklerde kimyasal bileşimlerin çok büyük oranlarda değişmeyeceği düşüncesiyle karışımlar üzerinde tekrar bir kimyasal analiz yapılmamıştır.

3.2. Fiziksel Özellikler

PÇ 42.5 ve arıtma çamuru katkılı çimento örneklerinin özgül yüzey, incelik, priz süresi, priz sonu %su miktarı, özgül ağırlık ve hacim genişmesi tayini deney sonuçları Tablo 4'de verilmiştir.

Çizelge 4. Portland Çimentosu (PÇ 42.5) ve çamur katkılı çimento örneklerinin fiziksel özelliklerinin karşılaştırılması

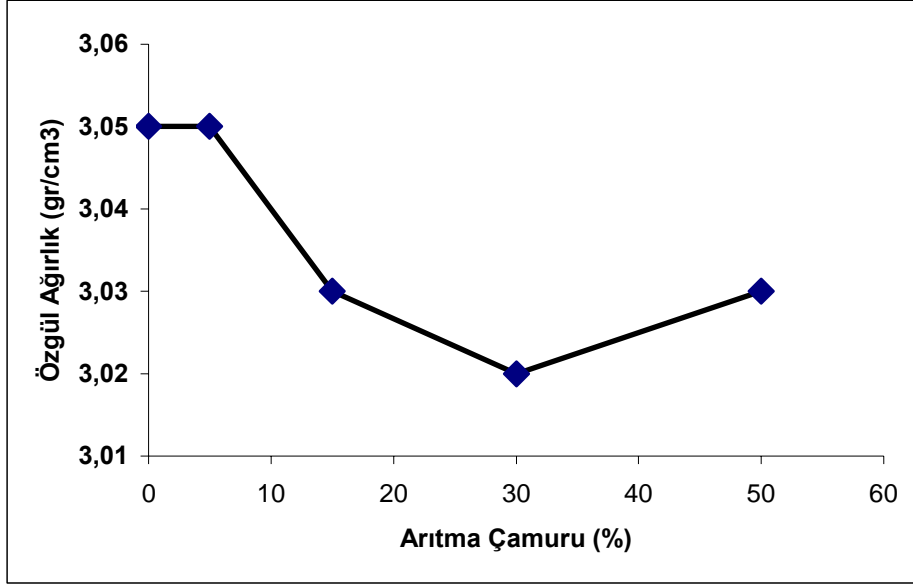
Fiziksel özellik türü	K ₀ (PÇ 42.5) % 0	K ₁ % 5	K ₂ % 15	K ₃ % 30	K ₄ % 50	Düşünceler
Özgül yüzey (cm ² /gr)	3500	3119	3296	3319	2897	
Yoğunluk (gr/cm ³)	3.05	3.05	3.03	3.02	3.03	
90 µm elek üstü kalan	0.00	1.9	4.9	7.7	1.0	
200 µm elek üstü kalan	0.40	0.1	0.2	0.3	0.1	
Normal kıvam suyu (%)	29.0	30.0	31.25	34.75	36.25	K ₄ 'de farklılaşma var
Priz başlangıcı (saat/dk)	2:00	4:40	5:25	5:40	4:05	
Priz sonu (Saat/dk)	3:15	Birkaç saat üzerinde olduğu için alınmadı.				
Hacim genişmesi (mm)	10	1	2	2	1	

3.2.1. Özgül Yüzey

Yapılan özgül yüzey deneyleri sonuçlarına bakıldığında katkılı karışımlarda PÇ42'e göre daha düşük çıktığı görülmektedir. Katkılı oranları arttıkça özgül yüzey değerlerinin azaldığı Tablo 4'de görülmektedir.

3.2.2. Yoğunluk

Tablo 4 ve Şekil 1'de yoğunluk dağılımı katkı oranlarına göre, PÇ42.5 ile karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Buna göre, karışımlarda pek fazla değişmediği gözlenmiştir.

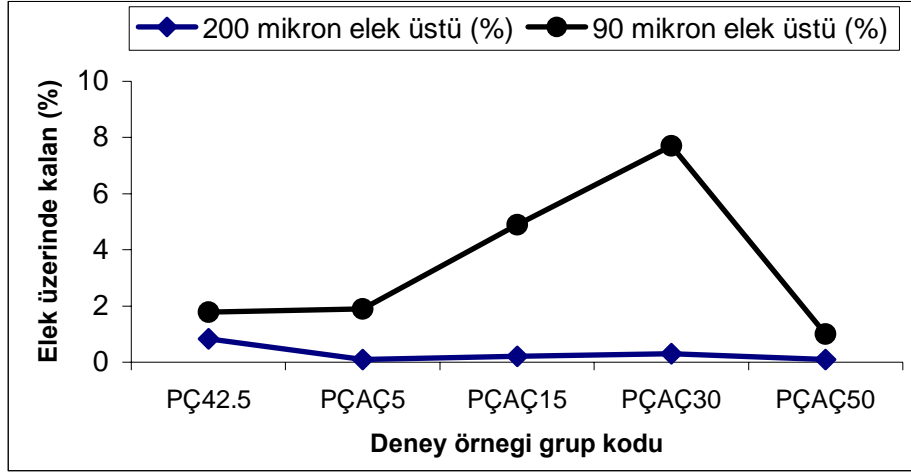


Şekil 1. Portland çimentosu ile Arıtma çamuru katkılı örneklerin yoğunluk değerleri [2]

3.2.3. Tane Büyüklüğü

Tane büyüklüğü tayini deney sonuçlarına göre;

- PÇAÇ 5, PÇAÇ 15, PÇAÇ 30 ve PÇAÇ 50 örneklerinde % 0.1, % 0.2, % 0.3 ve % 0.1 olan 200 µm olan elek üstü değerlerinin PÇ 42.5 örneğinde % 0.84 değerinde olduğu,
- PÇAÇ 5, PÇAÇ 15, PÇAÇ30 ve PÇAÇ 50 örneklerinin %19, %4.9, %7.7 ve %1.0 olan 90 µm elek üstünde kalan değerlerinin PÇ 42.5'de ise % 1.78 de kaldığı,
- Arıtma çamuru katkılı çimento örneklerinde arıtma çamurunun artmasıyla birlikte elekler üzerinde kalan tane miktarının arttığı görülmüştür. (Tablo 4, Şekil 2).

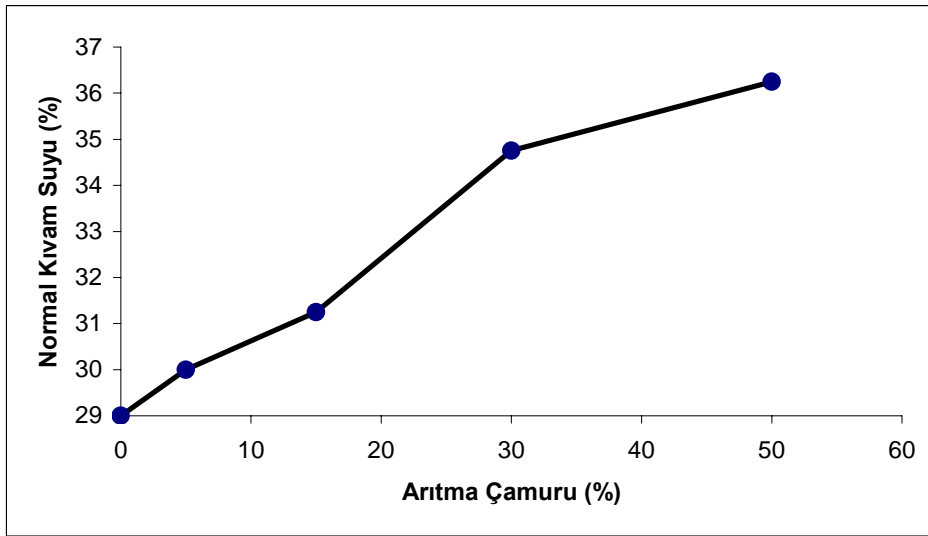


Şekil 2. Portland PÇ 42.5 ve Arıtma çamuru katkılı çimento örnekleri tane büyüklüğü değerleri

3.2.4. Normal Kıvam Suyu

Hacim genişmesi tayini deneyleri sonuçlarına göre,

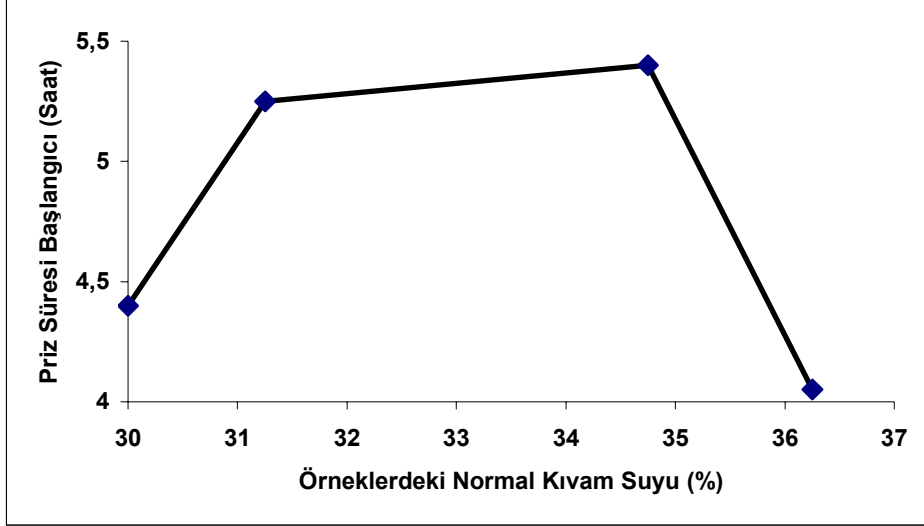
- PÇAÇ 5, PÇAÇ 15, PÇAÇ 30 ve PÇAÇ 50 örneklerinde %30-36 arasında olmuş ve devamlı arttığı,
- PÇAÇ 50 örneğinde en büyük normal kıvam suyuna %36 ya sahip olduğu ve PÇ 42.5 ise bu değer % 36.5 'de olduğu görülmüştür. (Tablo 4, Şekil 3)



Şekil 3. TİAT katkılı çimento örneklerinin normal kıvam suyu miktarları (% by weight)

3.2.5. Priz Başlangıcı ve Sona Erme Süreleri

- PÇAÇ 5, PÇAÇ 15, PÇAÇ 30 ve PÇAÇ 50 örneklerinde priz başlangıcı değerleri sırasıyla 4:40, 5:25, 5:40 ve 4:05, PÇ 42.5 priz başlangıcı değeri ise 2:00'dir.
- PÇAÇ 15 ve PÇAÇ 30 örneklerinde 5.25 ve 5.4 olan priz başlama değerleri PÇ 42.5'e göre en uzun priz başlama süre değerlerine sahip oldukları,
- Priz 4 sona erme süreleri 6 saatin üzerinde olduğu görülmüştür (Tablo 4, Şekil 4). Arıtma çamuru tanelerinin PÇ 42.5'e göre daha iri taneli olması sebebiyle hidrotasyona daha geç girdiği ve bu nedenle sürelerin uzamasına neden olduğu düşünülmektedir.



Şekil 4. PÇ ve TİAT çamuru katkılı çimento örneklerinin priz süreleri

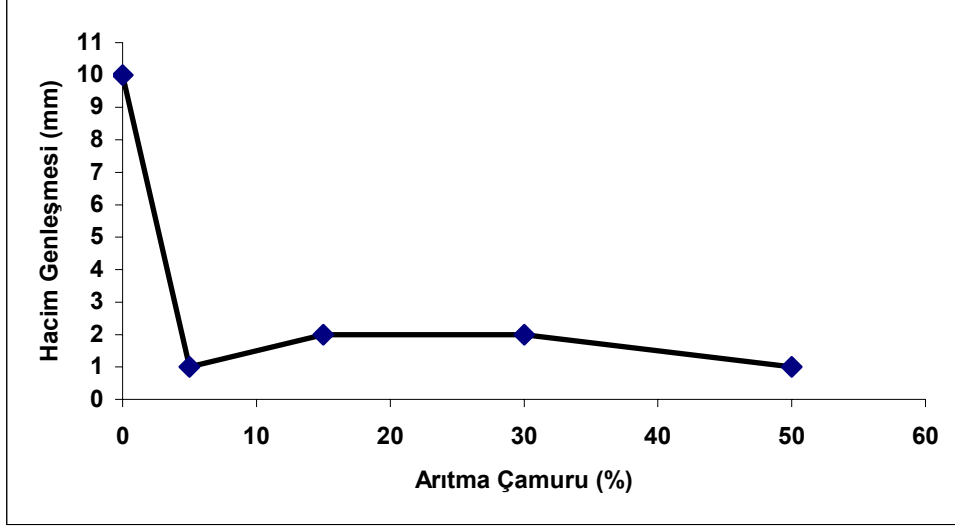
3.2.6. Hacim Genleşmesi

Hacim genleşmesi tayini deney sonuçlarına göre;

- PÇAÇ 15 ve PÇAÇ 30 daki örneklerde 2.00 mm olan hacim genleşmesi değeri ile PÇ 42.5 çimento örneğindeki 2.00 mm olan hacim genleşmesi değeriyle aynı çıkmış olduğu,
- PÇAÇ 5 ve PÇAÇ 50 deki hacim genleşmesi değerlerinin ise 1.00 mm'de kaldığı, PÇAÇ 15 ve PÇAÇ 30 daki genleşmeden daha küçük olduğu,
- AÇ katkı miktarı % 30'dan sonra genleşmede bir azalma olduğu,

3.3. Basınç Dayanım Özellikleri

PÇ 42.5 ve arıtma çamuru katkılı çimento örneklerinin basınç dayanımı deney sonuçları Tablo 5'de verilmiştir.



Şekil 5. Portland ve AÇ katkılı çimento örneklerinin hacim genleşmesi değerleri

Çizelge 5. PÇ 42 Çimentosu ve arıtma çamuru katkılı çimento örneklerinin dayanım özellikleri

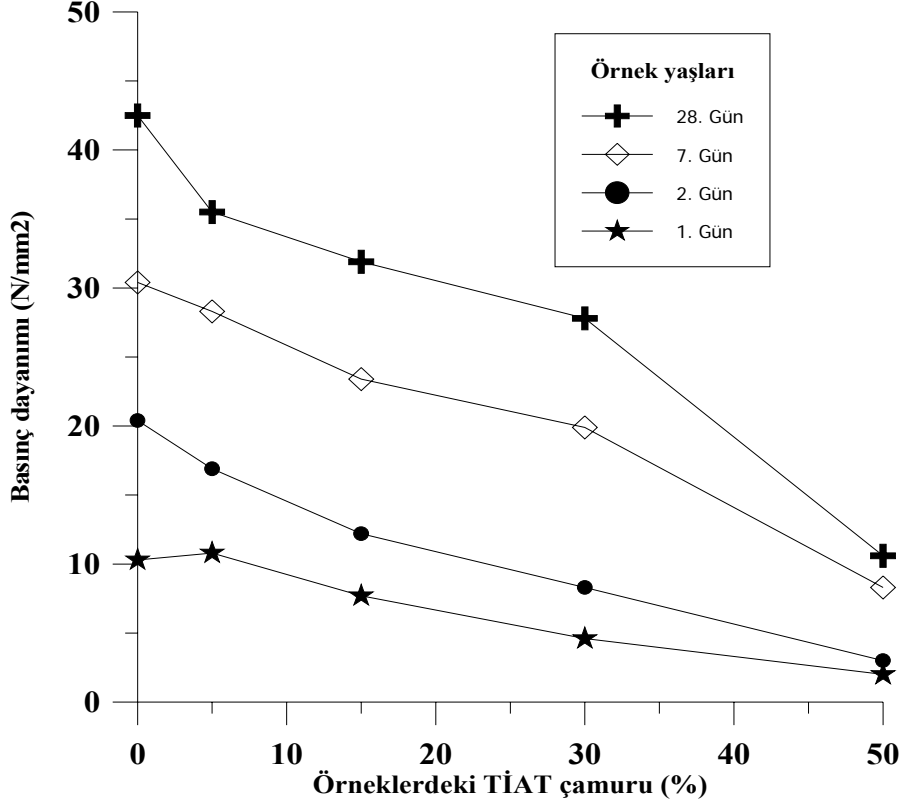
Örnek Grup	Basınç dayanımı N/mm ²					
	No	Kodu	1. Gün	2. Gün	7.Gün	28. Gün
1		PÇ 42.5	10.3	20.4	30.4	42.5
2		PÇAÇ 5	10.8	16.9	28.3	35.5
3		PÇAÇ 15	7.7	12.2	23.4	31.9
4		PÇAÇ 30	4.6	8.3	19.9	27.8
5		PÇAÇ 50	1.5	3.0	8.3	10.6

3.3.1. Basınç Dayanımı

PÇ 42.5 ve Arıtma çamuru katkılı çimento örneklerinin :

- 1 Günlük basınç dayanımı deneyi sonuçlarına göre;
TİAT çamuru katkılı çimento örneklerinin PÇ 42.5 örneğinden daha büyük değerlere sahip olduğu, TİAT çamuru katkılı çimento örnekleri arasında AÇÇ 5 örneklerin 10.8 N/mm² ile en büyük değere sahip olduğu, AÇÇ 5 örneklerinin PÇ 42.5 örneklerinden daha büyük değere sahip olduğu,
- 2 Günlük basınç dayanımı sonuçlarına göre;
TİAT çamuru katkılı çimento örneklerinin hepsi PÇ 42.5 örneklerinden daha büyük değere sahip olduğu, TİAT katkılı çimento örnekleri arasında AÇÇ 5 örneklerin 16.9 N/mm² ile en büyük değere sahip olduğu, AÇÇ 5 örneklerinin PÇ 42.5 örneklerinden daha büyük değere sahip olduğu,
- 7 Günlük basınç dayanımı deney sonuçlarına göre;
TİAT çamuru katkılı çimento örneklerinin PÇ 42.5 örneklerinden daha büyük değere sahip olduğu, AÇÇ 5, AÇÇ 15 ve AÇÇ 30 örneklerinin PÇ 42.5 örneklerinden daha büyük değere sahip olduğu, TİAT çamuru katkılı çimento örnekleri arasında AÇÇ 5 örneklerinin 28.3 N/mm² ile en büyük değere sahip olduğu,

- 28 Günlük basınç dayanımı deneyi sonuçlarına göre; TİAT çamuru katkılı çimento örneklerinin PÇ 42.5 örneklerinden daha büyük değerlere sahip olduğu, AÇÇ 5, AÇÇ 15 ve AÇÇ 30 örneklerinin daha büyük değerlere sahip olduğu, TİAT çamuru katkılı çimento örnekleri arasında AÇÇ 5 örneklerinin 35.5 N/mm^2 ile en büyük değere sahip olduğu görülmüştür (Şekil 6).



Şekil 6. Portland ve TİAT ile katkılı çimento örnekleri basınç dayanımı değerlerinin örnek yaşına göre dağılımı

4. SONUÇLAR

Portland ve arıtma çamuru katkılı çimento örneklerinin kimyasal, fiziksel ve basınç dayanımı deneylerinin sonuçlarında;

- Arıtma çamuru katkılı çimento örneklerinin PÇ 42.5 örneklerinden daha fazla Fe_2O_3 içeriğine sahip olduğu, arıtma çamuru katkı miktarı arttıkça Fe_2O_3 miktarının arttığı,
- PÇAÇ 30 ve PÇAÇ 50 örneklerinin kıvam suyu değerlerinin PÇ 42.5 örneklerine çok yakın olduğu, arıtma çamuru katkı miktarının artması ile kıvam suyunun arttığı görülmüş ve PÇAÇ 5'de en az olduğu,
- Arıtma çamuru katkılı çimento örneklerinde priz süreleri PÇ 42.5 den daha uzun priz başlangıcı ve sona erme sürelerine sahip olduğu, atık çamuru katkı miktarının artmasıyla priz sürelerinin uzadığı ve PÇAÇ 30'dan sonra düşme gösterdiği,

- Arıtma çamuru katkılı çimento örneklerindeki hacim genişlemesi PÇAÇ 5'den sonra artmaya başladığı, PÇAÇ 30'den sonrada düşme gösterdiği ve PÇAÇ 15 ve PÇAÇ 30 değerleri PÇ 42.5 ile aşağı yukarı aynı değerlere sahip olduğu,
- AÇÇ 5, AÇÇ 15, AÇÇ 30 ve AÇÇ 50 örneklerinin % 1.9, % 4.9, % 7.7 ve % 1.0 olan 90 µm elek üstünde kalan değerlerinin % 1.78 olan PÇ 42,5 örneklerinin değerlerine daha yakın, bazılarında daha büyük olduğu, AÇÇ katkılı örneklerinde AÇ katkı miktarı arttıkça elekler üzerinde kalan tane miktarlarının arttığı görülmüştür.
- PÇAÇ 5 ve PÇAÇ 15 örneklerinin basınç dayanım değerlerinin 1., 2., 7., ve 28. günlerde PÇ 42.5 değerlerine yakın olduğu görülmüştür. Diğer taraftan arıtma çamuru katkılı çimento örneklerinin içerisinde en uygun arıtma çamuru katkı oranı % 15 olduğu belirlenmiştir.

Bu malzemenin doğrudan betonlarda veya harca katılması yerine çimento üretiminde kullanılması faydalı olacaktır.

Ayrıca bu malzeme killere katkı malzemesi kullanımıyla da stabilite artırımına gidebilir. Yani; bu yolla killerin mekanik özelliklerinin iyileştirilmesi yoluna gidilebilir.

KAYNAKLAR

- [1] Martin, A.,M., Biocomversiyon of Waste Materials to Industrial Products, Second Edition, Blackie Academic&Professional 1998.
- [2] Gülay M., "İçmeSuyu Arıtma Tesislerinden Çıkan Çamur Atıklarının Değerlendirilmesi", Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, K.T.Ü., 2002.
- [3] Beyer, C., Pretz,T., Modellierung und Simulation von Aufbereitungs Prozessen zur Verwendung von Abfällen, "Korrespondenz Abwesses", (48. Jahrgang Nr. 10, Oktober 2001), Seite 1452-1454.