

Yatağan Uçucu Külünün Yapısal Alanda Kullanılabilirliğinin Araştırılması

Osman Ünal, Kadir Güçlüer, Veysel Öz

Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar.

Adıyaman Üniversitesi, Teknik Bilimler MYO, İnşaat Bölümü, Adıyaman.

Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyonkarahisar.

e-posta: unal@aku.edu.tr

Geliş Tarihi:23.12.2014; Kabul Tarihi:17.04.2015

Özet

Bu çalışmada Yatağan uçucu külünün (UK) hafif agregalı blok üretiminde kullanılabilirliği araştırılmıştır. Uçucu kül karışımlarda çimento ağırlığının %10, %20, %30'u oranlarında ikame olarak kullanılmıştır. Maksimum agrega tane boyutu 16mm olan Pomzalı, Diatomitli ve Tüflü olmak üzere toplam 12 seri üretilen hafif agregalı blokların mekanik özelliklerine uçucu külün etkisi basınç, kılcalık, ultrases deneyleri ile belirlenmiştir. 7 ve 28 günlük deney sonuçlarına göre, Yatağan Uçucu külünün etkisi tüflü numunelerde çimentonun %10 u oranında ikame edilmesi durumunda görülürken diatomit ve pomzalı bloklarda %20 oranlarında elde edilmiştir. Ancak uçucu kül oranı %30' a çıktığında her üç agregada bu olumlu etkinin azalma eğiliminde olduğu görülmüştür.

Anahtar kelimeler

Uçucu Kül; Hafif Agregası; Mekanik Ve Fiziksel Özellikler.

An Investigation of Usability of Yatağan Fly Ash in Structural Areas

Abstract

In this study, the usability of Yatağan fly ash (FA) in lightweight aggregated block production is investigated. Fly ash was used in the ratio of %10, %20, %30 of the weight of cement. The effect of fly ash on lightweight aggregated block which were produced a total of 12 series including Pumice, Diatomite and Tuff with maximum 16 mm aggregate size; was determined by conducting compressive strength, capillarity and ultrasound pulse velocity experiments. According to the 7 and 28days experiment results, the positive effect of Yatağan Fly Ash is obtained by tuff sample with the ratio of %10 to cement and for diatomite and pumice blocks it was obtained at ratio %20. However this positive effect diminished for all three aggregates when the fly ash percent was up to %30.

Keywords

Fly Ash; Lightweight Aggregate; Mechanic and Physical Properties.

© Afyon Kocatepe Üniversitesi

1. Giriş

Geleneksel betonların taşıyıcı özellikleri yüksek olmasına rağmen; birim ağırlığının yüksek olması, maliyeti artırması, büyük açıklıkları geçerken kullanıldığında eğilme elemanlarının kendi ağırlığını bile taşıyamaz hale gelmesi bir dezavantajdır. Geleneksel betonların bir diğer olumsuz özelliği de ısı iletkenlik katsayılarının fazla olması ve bunun sonucu ısınma maliyetlerinin de artmasıdır. Başlıca bu nedenlerden dolayı yapılarda geleneksel malzemeden çok, hafif agregalı betonun kullanılması tercih edilmektedir (Demirboğa, 1999).

Yapısal alanda hafif agrega kullanımının önemi, ülkemizde yaşanan depremler sonucunda daha iyi anlaşılmasına başlamıştır. Ülkemizde hafif ve doğal agrega olarak kullanabileceğimiz malzemeler

arasında, farklı yörelerde bulunan pomza oluşumları, volkanik cüruf oluşumları, diatomit ve perlit oluşumlarını sayabilmek mümkündür. Hafif betonlar birim kütleleri, kullanım yerlerine göre büyük değişiklikler göstermekte ve buna bağlı olarak özellikleri de farklılık göstermektedir. Hafif beton; geleneksel agrega yerine hafif agrega kullanılmak sureti ile ya da bağlayıcı çimento hamurunun genişmesi ile(gaz beton gibi) elde edilir(Uygunoğlu, 2005).

Uçucu küllerin miktar bakımından en fazla potansiyel kullanım imkanı bulunan alanlar çeşitli inşaat mühendisliği kullanım alanlarıdır. Yaklaşık 60 yıllık bir süreden beri yapılan araştırmalar uçucu

küllerin çimento, beton, gaz beton, tuğla ve hafif agrega üretiminde, zemin stabilizasyonunda, dolgu yapımında olumlu sonuçlar verdiğini göstermiştir (Papatğa, 2003).

Uçucu kül katkılı betonların özelliklerinin araştırıldığı çalışmada %10 ve %20 uçucu kül kullanımı ile elde edilen betonların basınç dayanımları irdelendiğinde, şahit betona yakın değerler elde edilmiştir. Yapılan araştırma sonucunda endüstriyel atık olan uçucu külün çimento yerine %20 kadar kullanılmasının beton basınç dayanımı açısından olumlu sonuçlar verdiği, bu nedenle hem çimento hammaddesinden ekonomi sağlamak hem de atık malzemenin değerlendirilmesi yönünden beton üretiminin de kullanılmasının gereği ortaya çıkmakta olduğu vurgulanmıştır (Sümer., 1998).

Ülkemizde son yıllarda hızlı bir kalkınma hamlesi gerçekleşmekte ve bu kalkınmaya paralel olarak enerjiye ve çimentoya olan gereksinim hızla artmaktadır. Artan çimento ihtiyacının karşılanmasına paralel olarak çimento üretimi de artmaktadır. Ülkemizde 1999 yılı sonu verilerine göre çimento üretimi 34,8 milyon ton iken 2006 ekim ayı sonu itibari ile 36,2 milyon ton, 2010 yılında 62,7 milyon ton, 2011 yılında 63,4 milyon ton, 2012 yılında 60,3 milyon ton; olarak gerçekleşmiştir. Bu değerlere göre çimento üretimi giderek artma eğiliminde olduğu görülmektedir (T.Ç.M.B., 2012).

Ülkemizdeki mevcut bazı çimento fabrikaları portland çimentosu üretiminin yanı sıra %10 ila %30 oranları arasında uçucu kül, tras ve yüksek fırın cürufu kullanarak ta katkılı kompoze çimento üretmektedir. Bu katkı dolayısıyla çimento üretim kapasitesini de artırmaktadır. Uçucu küller termik santrallerde kömürün yanması sonucu ortaya çıkan atık veya bir yan üründür. Uçucu küllerin, teknik, ekonomik ve çevresel şartlarda göz önüne alındığında, inşaat sektöründe değerlendirilmesi artık bir zorunluluk haline gelmiştir.

Bu çalışmada amaç, karışımda bağlayıcı olan

çimentonun belirli kısmı uçucu kül ile ikame edilen hafif agregalı blok numunelerinin mekanik ve fiziksel özelliklerine Yatağan uçucu külünün etkisini araştırarak, bir endüstri atığı olan uçucu külün inşaat sektöründe değerlendirilmesine yardımcı olmak, yapı malzemelerinde kullanılabilirliğini belirlemek ve ekolojik dengenin korunmasına katkıda bulunmaktır.

2. Materyal ve Metot

Yatağan uçucu külü, reaktif kireç miktarının % 10'a yakın olması nedeniyle TS EN 197-1'e göre W sınıfına (kalkersi uçucu kül) girmektedir. Ancak, ASTM C 618'e göre $SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3$ değerinin % 70'in üzerinde olması nedeniyle F sınıfı küle (silissi) uygun olmakla birlikte, yine CaO'nun % 10 geçmesi sonucunda C sınıfına (kireçsi kül) girmektedir. Buna göre, bu külün her iki uçucu kül sınıfı için de sınırda olduğu düşünülmüştür. Yatağan külü, ASTM C 618 ve TS 639'daki $SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3 > 70$ koşulunu sağlamaktadır. Ortalama %80.65'dir (Türker vd, 2009).

Yatağan uçucu külü, içerdiği analitik CaO miktarı bakımından yüksek kalsiyumlu olarak nitelendirilir. Kirecin tümünün kristal yapıdaki minerallerde bağlı olması nedeniyle diğer yüksek kalsiyumlu uçucu küllerden yalnızca puzolanik özellik göstermesi nedeniyle farklıdır. Yatağan termik santraline ait uçucu külün kimyasal özellikleri Tablo 1.'de verilmiştir (Türker vd, 2009).

Tablo 1. Yatağan uçucu külünün kimyasal özellikleri

| Bileşik Adı | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | CaO | MgO | Na ₂ O | KK |
|-------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|-----|-------------------|-----|
| % | 51.5 | 23.0 | 6.07 | 10.5 | 2.4 | 0.7 | 1.0 |

Yatağan uçucu külü, homojen olmayan tane büyüklük dağılımına sahiptir. Büyüklükleri 0.5-30µm arasında değişen ve çoğunluğu düzensiz şekilli, köşeli olan taneciklerden oluşmaktadır. 3µm ve altındaki büyüklüklerde tam küresel tanecikler de bulunmaktadır (Türker vd, 2009).

Deneylerde bağlayıcı olarak CEM I 42,5R tipi Portland çimentosu kullanılmıştır. Kullanılan çimentonun kimyasal ve fiziksel özellikleri Tablo 2.'de verilmiştir.

Üretilen serilerde çimento dozajı 220 kg/m^3 olarak alınmıştır. Beton karışımları plastik kıvamda ve etkin su/ çimento (W/C) oranı 0.15 olarak seçilmiştir. Bütün hafif beton serilerinde her agrega için en büyük agrega tane boyutu 16 mm seçilmiş olup karışımlarda 16/8, 8/4 ve 4/0 tane grublarında sırasıyla %20, %35 ve %45 oranlarında karışıma katılmışlardır.

Tablo 2. CEM I 42,5R Portland Çimentosu Özellikleri (SET Çimento)

| Analiz Grubu | Deney | Sonuç | Sınır Değer | |
|---------------------|-------------------------------------|--------------------------------|-------------|-----|
| Kimyasal Özellikler | SO ₃ (%) | 2,91 | <3,5 | |
| | MgO (%) | 2,33 | <5,0 | |
| | A.Z. (%) | 1,92 | <4,0 | |
| | Cl (%) | 0,06 | <0,1 | |
| | Çözünmeyen kalıntı (%) | 0,67 | <1,5 | |
| | Kıvamlilik suyu (%) | 30 | | |
| | Özgül yüzey (cm ² /g) | 3685 | >3500 | |
| Fiziksel Özellikler | Priz süresi | Başlama(saat-dak) 2sa.52dak | >1sa | |
| | | Sonu(saat-dak) 4sa.36dak | <10sa | |
| | İncelik | No.70de kalan(%) | 0,13 | |
| | | No.200de kalan(%) | 3,15 | |
| | Özgül Ağırlık (kg/dm ³) | 3,07 | | |
| | Basınç Dayanımı(MPa) | 2 gün | 26,5 | >20 |
| 7 gün | | 38,7 | >31,5 | |

Diyatomit ve Tüf Afyon-Seydiler yöresinden bloklar halinde getirilmiş olup çeneli kırıcı vasıtasıyla agrega tane boyutları 16/8 iri, 8/4 orta ve 4/0 ince olmak üzere üç gruba ayrılmıştır. Pomza Isparta ilinden temin edilmiş olup üç gruba (ince, orta, iri) ayrılmıştır.

Pomza birbirine bağımsız boşluklu, süngerimsi silikat esaslı volkanik olaylar neticesinde oluşmuş, fiziksel ve kimyasal etkilere karşı dayanıklı birim hacim ağırlığı 1 g/cm^3 ten küçük gözenekli camsı bir kayadır. Oluşumu sırasında bünyesindeki gazların ani olarak bünyeyi terk etmesi, ani soğuması nedeniyle, makro ölçekten mikro ölçeğe kadar

birçok gözenek içerir. Gözenekler arası genelde bağımsız boşluklu olduğundan, permabilitesi düşük, ısı ve ses yalıtımı oldukça yüksektir. Diyatomit ve Pomzanın kimyasal özellikleri Tablo 3.'de tüf agregası'na ait bazı özellikler Tablo 4.'de tane sınıfına göre elde edilen tüf malzemesi Şekil 1.'de verilmiştir (Ünal, vd. 1997).



Şekil 1. Tane boyutlarına göre ayrılmış Tüf malzemesi

Tablo 3. Pomza ve Diatomit kimyasal özellikleri

| Bileşen(%) | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | CaO | MgO | Na ₂ O | KK |
|------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|------|-------------------|----|
| Pomza | 55 | 22 | 3 | 2 | 1 | - | 4 |
| Diyatomit | 67,2 | 10 | 2,74 | 1,36 | 0,63 | 0,36 | 8 |

Tablo 4. Tüfün fiziksel özellikleri

| Tüfün Belirlenen Özellikleri | 16- 8mm (İri) | 8-4 mm (Orta) | 4-0mm (İnce) |
|--|---------------|---------------|--------------|
| Gevşek Birim Hacim Ağırlığı (kg/dm ³) | 0,72 | 0,66 | 0,98 |
| Sıkışık Birim Hacim Ağırlığı (kg/dm ³) | 0,86 | 0,78 | 1,19 |
| Su Emme Yüzdesi (%) | 26,20 | 30,25 | 28,2 |
| Özgül Ağırlık Faktörü (30 dk.) | 1,696 | 1,656 | 2,23 |

Karışımlarda kullanılan hafif agregaların su emme özellikleri dikkate alınarak karışıma girmeden önce su içerisinde bekletilerek suya doymun hale getirilmiştir. Uçucu kül miktarı çimento ağırlığının %10-%20-%30 oranlarında çimento ile yer değiştirilerek karışımlar hazırlanmıştır. Üretimde öncelikle agregalar, betoniye teknesine boşaltılarak bir ön karıştırma uygulanmıştır.

Üretim için betonyeye konulan agrega miktarına bağlı olarak su dışındaki gerekli diğer malzemeler, (çimento ve uçucu kül) ilave edilerek 1 dakika kuru karıştırılmış, daha sonra su ilave edilerek 2 dakika daha ıslak karıştırılmıştır. Elde edilen karışım kalıplara dökülerek gerekli miktarda sarsma ile

makinede sıkıştırılmıştır.

Üretilen numune boyutları 10 x 10 x 10 cm ebatlarındadır. Her bir karışıma ait küp numuneler laboratuvar ortamında kür edilmiş, 7. ve 28. günlük basınç dayanımı, ultrases geçiş hızı, birim ağırlık ve kılcallık deneylerine göre hafif beton özellikleri belirlenmiştir.

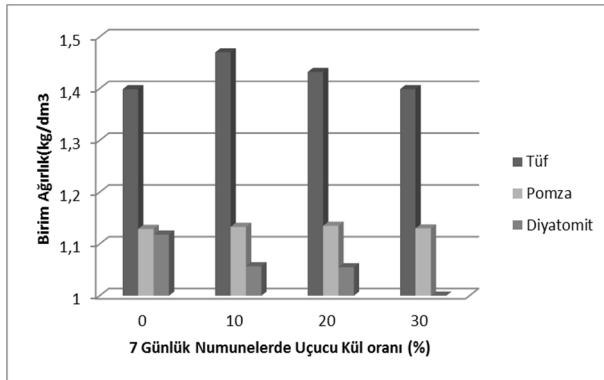
3. Bulgular

Hafif agregalı blok elemanı üretiminde Yatağan U.K. nün özelliklerinin araştırıldığı bu deneysel çalışmada (Öz,2007) üretilen hafif blokların mekanik ve fiziksel özelliklerine ait sonuçlar bu bölümde verilmiştir.

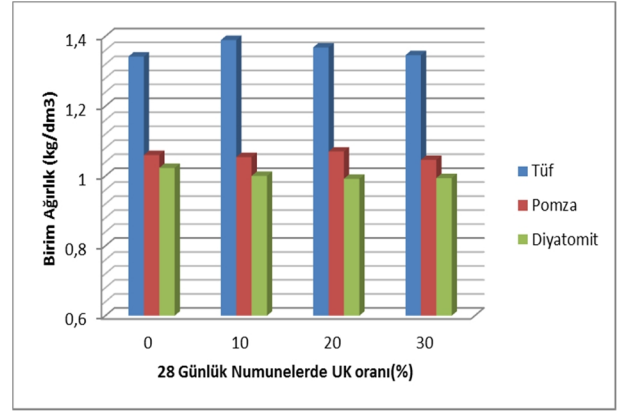
3.1. Birim Hacim Ağırlık (BHA) Bulguları

Hafif agregalarla üretilen betonların özellikleri agreganın mineralojik yapısına, granülometri bileşimine, çimento miktarı ve su çimento oranı gibi bir çok faktöre bağlıdır. Sertleşmiş betonların birim ağırlığı, su emmesi, dayanımı ve ısı yalıtımı birbirleri ile ilişkili olan özelliklerdir (Aytekin, Durmuş 1986).

Şekil.2 ve Şekil 3.'den görüldüğü gibi 7 ve 28 günlük numunelerde birim hacim ağırlığı bakımından en düşük değerler diatomit hafif agregası ile üretilen numunelerde görülmüştür.



Şekil 2. 7 günlük numunelerin BHA sonuçları



Şekil 3. 28 günlük numunelerin BHA sonuçları

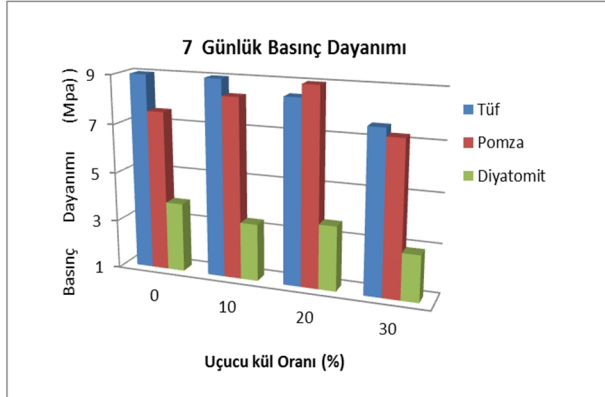
Bu numunelerde uçucu kül miktarı arttıkça BHA düşmektedir. Pomza'nın BHA'sı uçucu kül miktarı %20'ye kadar çıkarıldığında en yüksek değeri almakta, daha sonra bu değer %10 ve %30'da düşüşe geçmektedir. Birim hacim ağırlığı, Tüf'te uçucu kül miktarı %10'a kadar çıkarıldığında en yüksek değeri almakta, daha sonra bu değer %20 ve %30'da düşüşe geçmektedir. Bu durum malzemenin içinde bulunan boşlukların artması sonucu oluşan kusurlu bölgelerin artmasına bağlanabilir.

Literatürden basınç dayanımı ile BHA arasındaki ilişkiye göre, BHA arttığında basınç dayanımı artmakta, azaldığında ise basınç dayanımı da azalmakta olduğu bilinmektedir. Bu duruma göre her üç malzeme için bulunan sonuçlar bunu doğrulamaktadır. Yani diatomitli numunelerin BHA'sı tüf ve pomzanın birim ağırlıklarına göre düşük olması, basınç dayanımlarının da buna paralel düşük çıkmasını gerektirdiği sonucuyla uyusmaktadır.

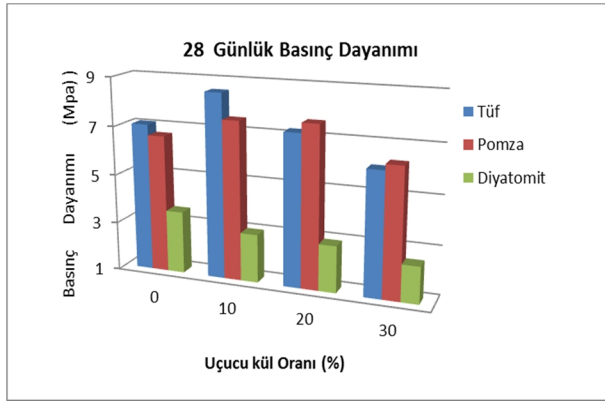
Zamana göre bir değerlendirme yapılacak olursa 7 ve 28 günlük BHA değerleri birbirine yakın değerlerdir. Ancak 7 günlük BHA değerleri 28 günlük BHA değerlerinin az da olsa üzerindedir. Bunun da sebebi olarak 28 günlük numunelerin porozitesi 7 günlük numunelerinkinden daha fazla olmasına bağlanabilir.

3.2. Basınç Dayanımı Bulguları

Numunelere ait 7 ve 28 günlük basınç dayanımı bulguları Şekil 4. ve Şekil 5.'de gösterilmiştir.



Şekil 4. 7 günlük numunelerin basınç dayanımı değerleri



Şekil 5. 28 günlük numunelerin basınç dayanımı değerleri

Uçucu kül katkılı tüf agregalı beton numunelerde, 7 ve 28 gün sonucunda basınç dayanım artışı en fazla, %10 UK katkılı numunelerde görülmüştür. UK oranı %20 ve %30' a çıkarıldığında bu dayanım değeri şahit betona göre düşüş göstermiştir. Agregata olarak Pomza kullanıldığında ise maksimum dayanım %20 UK katkılı betonda görülmüştür. Bu farklılık pomza ile tüfün kimyasal ve fiziksel yapısına bağlanabilir. Pomza kullanıldığında dikkati çeken bir diğer konu ise %10 ve %20 UK katkılı betonda görülen artış eğilimi %30 oranından sonra azalma eğiliminde olmaktadır.

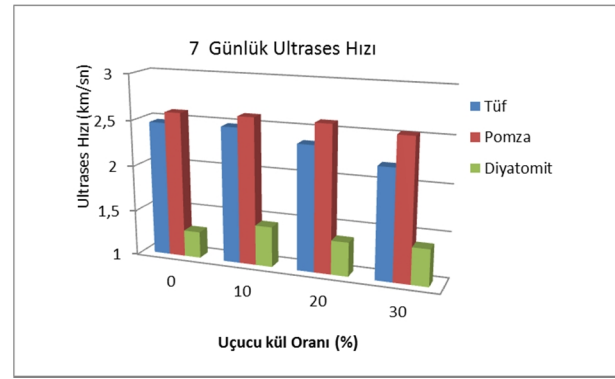
Şekil 3. ve Şekil 4. incelendiğinde genel olarak 7 günlük basınç dayanımlarının 28 günlük basınç dayanımlarına göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Maksimum dayanımın %20 oranında uçucu kül kullanıldığı zaman oluştuğu

görülmüştür. %0 uçucu kül oranına göre %10 UK ve %20 UK oranında Pomza'nın basınç dayanımına uçucu külün etkisi artış eğiliminde olmuş, %30 UK oranında düşüş olmuştur.

Zamana göre basınç dayanımının azalmasının sebebi, zamana bağlı olarak numunenin bünyesindeki suyun buharlaşmasıyla boşluklu bir yapıya sahip olması bu boşlukların mevcut boşluklarla birleşerek numunenin bünyesinde daha büyük boşluk meydana getirmesinden kaynaklandığı söylenebilir.

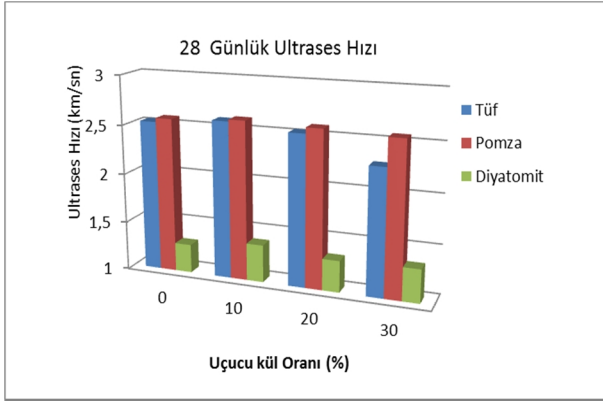
3.3. Ultrases Geçiş Hızı Bulguları

7 ve 28 günlük numunelerin ultrases geçiş hızı değerleri Şekil 6. ve Şekil 7.'de gösterilmiştir.



Şekil 6. 7 günlük numunelerin ultrases geçiş hızı değerleri

Genel olarak 28 günlük numunelerin ultrases hızları incelendiğinde %10 oranında Uçucu kül kullanıldığında ultrases hızında bir yükselme olmuştur. %30 oranında uçucu kül kullanılırsa ultrases hızında bir düşüş gözlenmektedir. %20 kül oranında ise hemen hemen %0 a yakın sonuçlar elde edilmiştir.

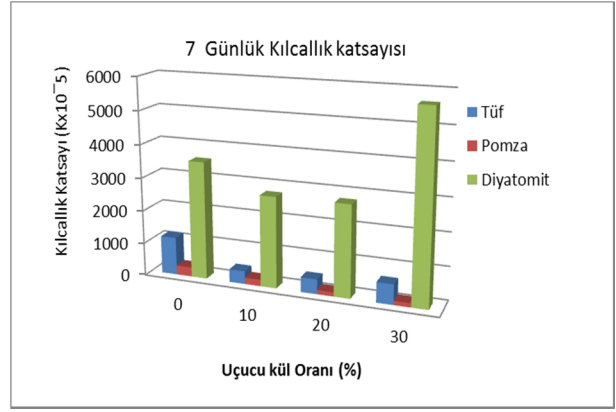


Şekil 7. 28 günlük numunelerin ultrases geçiş hızı değerleri

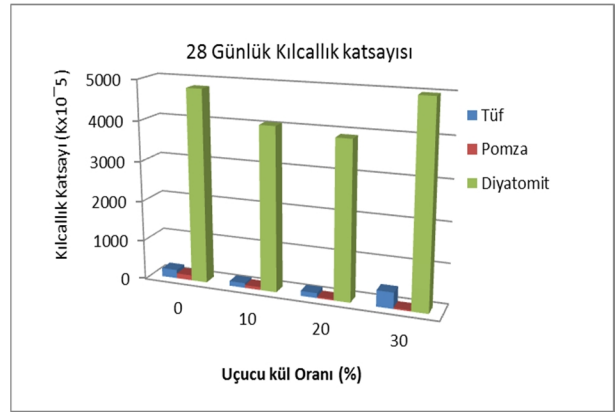
Zamana göre bir değerlendirme yapılacak olursa 28 günlük ultrases hızları 7 günlük ultrases hızlarına göre daha düşüktür. Bunun sebebi olarak numunenin bünyesindeki suyun buharlaşması, buharlaşan suyun yerine daha fazla oranda gözenek meydana gelmesi ve bunun sonucu da katsayıların düşmesi olarak söylenebilir. Betonda kusurlu bölgeler (boşluk gibi) fazlaştıkça ses dalgaları bu boşluklara takılmakta, yön değiştirmekte ve sesin yayıldığı uzaklık artmaktadır. Bu da sesin yayılma süresini artırmakta dolayısıyla ses geçiş hızı azalmaktadır. Betonda kusurlu bölge azaldıkça ses dalgaları daha kısa sürede yayılabileceğinden ultrases hızı artmaktadır. Ayrıca betonun basınç dayanımı ile bir ilişki kurulmak istenirse ultrases hızı, betonun basınç dayanımının bir fonksiyonudur. Ultrases hızı arttıkça betonun basınç dayanımı artmaktadır

3.4. Kılcallık (Kapilarite) Bulguları

Deney numunelerine ait kılcallık deney sonuçları Şekil 8. ve Şekil 9.'de gösterilmiştir. Uçucu kül katkılı betonlarda göze çarpan olaylardan biri de dayanımdaki artışa paralel olarak kılcallıktaki azalmadır. Bu durum uçucu külün ince daneli olması ve kılcal boşlukları kapatması sonucu kılcallık katsayısında azalmasına bağlanabilir. Uçucu kül oranı yükseldikçe kılcallık pomza ve tüf agregaları için şahit numuneye göre kısmi azalma şeklinde görülürken diyatomitte doğal olarak artma eğiliminde görülmüştür(Şekil 8).



Şekil 8. 7 günlük numunelerin kılcallık katsayısı değerleri



Şekil 9. 28 günlük numunelerin kılcallık katsayısı değerleri

Çimento hidratasyonu zamanla geliştikçe bağlayıcı maddelerin hamuru içindeki kılcal boşlukların boyutları küçülmektedir. Kılcal boşlukların boyutlarının küçülmesi ise betonun kılcal su emme kuvvetini büyütürken kılcallığın zamanla artmasına neden olmaktadır.

Kılcallık betonun boşluk yapısına bağlıdır. Betonun boşluk yapısı ise agrega taneleri arasındaki boşluğun uçucu küllü bağlayıcı maddeler tarafından doldurulması ile ilgilidir. Bağlayıcı madde Çimento + UK agrega taneleri arasındaki boşluğu doldurmaya yeterli değilse betonun bünyesinin büyük ölçüde boşluklu bir yapıya sahip olacağı ve kılcallığın artacağı, diğer taraftan uçucu kül ve çimento karışımının agrega taneleri arasındaki boşluğu azaltacağı görülür.

4. Tartışma ve Sonuç

Pomza, Tüf ve Diyatomit kullanılarak üretilen hafif agregalı blok elemanlarının üzerinde yapılan fiziksel

ve mekaniksel testler sonucunda Yatağan uçucu külün etkisiyle ilgili aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

Yatağan uçucu külü, çimentoğunun bir kısmı ile ikame edilmesi halinde hafif agregalı blok elemanların üretiminde kullanılması olumlu sonuçlar vermektedir. Ancak burada uçucu külün miktarı önemlidir. Yapılan deneyler sonucu bu oran agrega cinsine göre değişmektedir. Aynı zamanda üretilen malzemenin kullanım amacına göre de farklılık göstermektedir. Genel olarak, uçucu kül miktarı çimento miktarının %10-20 arasında ikame edildiğinde hafif beton blok elemanlarda olumlu sonuçlar elde edilebilmektedir. Ancak oran daha da artırıldığında uçucu külün etkinliği azalmaktadır.

Bu olumsuz etkinliğin sebebi, uçucu külün çok ince taneli boyuta sahip olmasıyla karışımın hidrasyon ısısında ve su miktarındaki artışına bağlanabilir. Bilindiği gibi uçucu külün yalnız başına bir bağlayıcılık özelliği yoktur. Ancak çimentoğunun su ile reaksiyonu sonucu bağlayıcılık özelliği kazanmaktadır. Şayet çimento oranı düşürülür UK oranı artırılırsa reaksiyon sonucu açığa çıkan ısı düşecek dolayısıyla çimento tam olarak bağlayıcılık özelliği kazanamayacaktır.

Bir diğer etki ise uçucu kül miktarı artığında karışım suyu artacak su beton bünyesinden buharlaştıkça malzemenin bünyesinde boşluk oluşacaktır. Bu ise basınç dayanımına olumsuz etki yapacak ancak ultrases ve kılcallık özelliklerine ise artırıcı etki yapacaktır. Bu durumda üretilen blok elemanları yapının taşıyıcı kısmında kullanılmayıp bölme elemanı olarak kullanılacaksa bu sonuç genel olarak olumlu karşılanabilir. Ancak kesinlikle bunun uçucu kül miktarı artırılmasını anlamına gelmemelidir. Bu durum betonun ileri yaşta yapısındaki bozulmalara yol açabilir.

Yapılan araştırma sonucunda endüstriyel atık olan uçucu külün çimento yerine %10-20 arasında kullanılmasının beton basınç dayanımı açısından olumlu sonuçlar verdiği, bu nedenle hem çimento hammaddesinden ekonomi sağlamak hem de atık malzemenin değerlendirilmesi yönünden hafif beton blok üretiminin de kullanılmasının faydalı

olacağı söylenebilir.

Kaynaklar

- Aytekin, M., Durmuş, A., 1986. Betonarme İnşaatta Hafif Betonlar, T.M.M.O.B. Haber Bülteni, Sayı 8, S 12-15, İzmir.
- Demirboğa, R., 1999. Silis Dumanı Ve Uçucu Külün Perlit Ve Pomza İle Üretilen Hafif Beton Özellikleri Üzerine Etkilerinin İncelenmesi, Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Öz,V.,2007. Hafif Agregalı Blok Üretiminde Yatağan Uçucu Külünün Etkisinin Araştırılması, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Afyonkarahisar.
- Papatğa, F., 2003. Uçucu Küllü Betonların Donma Çözülme Etkisine Mekanik Özelliklerinin Araştırılması, Afyon Kocatepe Üniversitesi. Teknik Eğitim Fak. Yapı Eğitimi Mezuniyet Tezi, Afyonkarahisar.
- Set Afyon Çimento Sanayii T.A.Ş. Verileri.
- SÜMER, M.,1998. "Uçucu Kül Atıklarının Beton Üretiminde Kullanılması", Müh. Fak., İnş. Müh. Böl. SAKARYA.
- T.Ç.M.B., 2012. Türkiye'deki Uçucu Küllerin Sınıflandırılması ve Özellikleri, Ankara.
- Türker, P.,Erdoğan, B., vd., 2009. Türkiye'deki Uçucu Küllerin Sınıflandırılması ve Özellikleri, TÇMB Ankara.
- Uygunoğlu, T., 2005. Afyon Ve Çevresindeki Hafif Agregalarla Üretilen Blok Elemanlarının Fiziksel Ve Mekanik Özelliklerinin Araştırılması, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,Yüksek Lisans Tezi, Afyonkarahisar.
- Ünal, O., Çankıran, O., Sancak, E., 1997. "Hafif Blok Eleman Üretiminde Kullanılan Malzemelerin Özellikleri ve Teknik Kapasiteleri", I. Isparta Pomza Sempozyumu, , 89-96, Isparta