



**Teknik Not
(Technical Note)**

Beton Teknolojisi İçin Yeni Atık Malzemeler Üzerine Bir İnceleme

Tahir GÖNEN*, Onur ONAT*, Selim CEMALGİL*, Berivan YILMAZER**, Yusuf Tahir ALTUNCU**

*Tunceli Üniversitesi Müh. Fak. İnş. Müh. Böl., Tunceli/TÜRKİYE

**Tunceli Üniversitesi Tunceli Mes. Yük. Okl. İnş. Böl., Tunceli/TÜRKİYE
tahirgonen@gmail.com

Özet

Endüstriyel ya da endüstriyel olmayan, atık ya da atıl malzemelerin depolanması ya da uzaklaştırılması Türkiye ve Dünyada geleceğin en büyük problemlerinden biri olarak görülmektedir. Bu problemin en mantıksal çözümlerinden biri atıl ya da atık malzemelerin yeniden kullanılabilirliğinin sağlanabilmesidir. Atıkların geri kazanımı konusunda inşaat alanında çok ciddi ve kayda değer çalışmalar yapılmaktadır. Bir zamanların atık malzemesi durumunda olan silis dumanı ve uçucu kül gibi malzemelerin beton özelliklerinde iyileştirme göstermiş olması, bu alana olan ilginin daha da artmasına neden olmuştur. Bu gelişmeler betonun özelliklerini iyileştirdiği gibi atıkların geri kazanılması ve bunlara bağlı sanayi kolları oluşturması açısından da önemlidir. Bu çalışmada yapı malzemesi olarak kullanılan betona; kimi zaman agrega olarak kimi zaman da bağlayıcı olarak katılan klasik malzemelerin dışında, endüstriyel veya endüstriyel olmayan diğer atık malzemelerin katılıp katılamayacağına literatürden araştırılması ve optimum oranları hakkında bilgi verilmesi amaçlanmıştır. Betona katılabilen klasik atıkların dışında; plastikler, arıtma çamuru, poliüretan köpük, boya atıkları, atık döküm kumu ve araba lastiği gibi daha yeni malzemeler bu çalışma kapsamında değerlendirilmiş ve sonuçlarının beton kalitesini ne derece etkilediği incelenmiştir. Sonuç olarak incelenen malzemeler, beton içerisinde yerini aldığı malzeme ile kıyaslandığında; ya aynı performansı sergilediği yada daha üstün performans sergilediği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Beton, Geri Dönüşüm, Atık Malzeme, Mekanik Özellikler.

A Review On New Waste Materials For Concrete Technology

Abstract

Depositing waste or disposal materials, whether industrial or not, is seen as the biggest problem both Turkey and the World in the future in terms of the way to eliminate or to get rid of. One of the most logical solution of this problem is to recycle of disposal and waste materials. Many of remarkable and significant research have been done in civil engineering branch about recycling of waste materials. For instance; fly ash and silica fume were waste materials as an industrial activity once upon a time, but later they were realized that they improve the mechanical properties of concrete. Thus this development of material science attracted more care than normal. This scientific development is important on behalf of improving mechanical properties of concrete, recycling wastes and amplification different industrial field. The main purpose of this research is to search for which material is useful for concrete except classical materials that used either aggregate or binder from literature and is to determine the optimum amount of material, whether industrial or not. Generally it is known that some of the materials like silica fume, fly ash, rice husk and slug as binder and building waste and ceramic waste as aggregate is added to concrete. Waste of plastics, tyre, sewage sludge, foam, paint and foundry sand are scrutinized and evaluated on behalf of the mechanical properties of concrete in this article.

Keywords : Concrete, Recycling, Waste Material, Mechanical Properties.

Bu makaleye atf yapmak için

Gönen T., Onat O., Cemalgil S., Yılmaz B., Altuncu Y.T., "Beton Teknolojisinde Kullanılabilecek Yeni Atık Malzemeler Üzerine Bir İnceleme" Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi, 2012, 8(1) 36-43

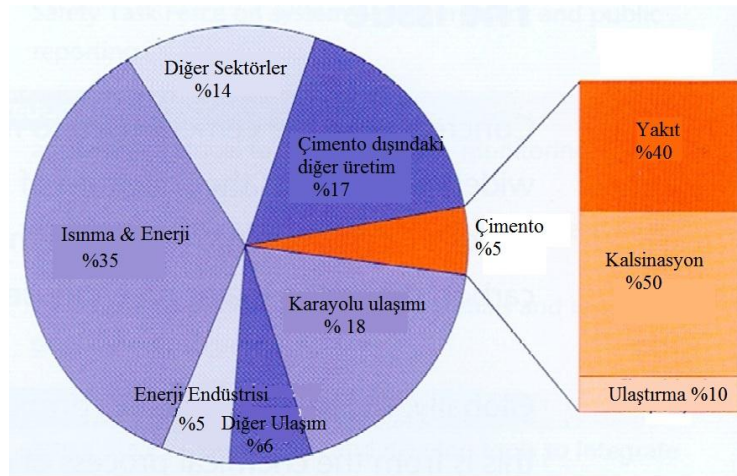
How to cite this article

Gönen T., Onat O., Cemalgil S., Yılmaz B., Altuncu Y.T., "A Review On New Waste Materials For Concrete Technology" *Electronic Journal of Construction Technologies*, 2012, 8 (1) 36-43

1. GİRİŞ

Teknolojideki gelişmeye paralel olarak çok hızlı bir şekilde dünya üzerindeki kaynaklar tükenmektedir. Beton, sudan sonra dünyada en fazla tüketilen malzeme durumundadır [1]. Betonun bu kadar fazla tüketilmesindeki en büyük etken emsallerine göre daha ekonomik olmasıdır. Örneğin; beton, çelikten 20 kat daha az enerji ile üretilmektedir.

Bir beton karışımı % 8-16 çimento, % 10-18 su ve % 65-75 oranında agregadan oluşmaktadır. Betonun oluşturan malzemelerden sadece çimentonun üretimi bir miktar doğaya zarar vermektedir. Çimento dışındaki karışıma giren malzemelerden agrega, ya doğadan olduğu gibi alınmakta ya da bir miktar öğütüldükten sonra kullanılmaktadır. Çimento ise endüstriyel bir ürün olup üretilmesi sırasında bir miktar CO₂ açığa çıkarmaktadır (Şekil 1). Dünyadaki CO₂ salınımının %5'i çimento kaynaklıdır. Diğer sektörlerle kullanım oranı ve çevreye zarar açısından kıyaslandığında, sanıldığı gibi aksine çok fazla bir zararı dokunmadığı görülmektedir.



Şekil 1. Çimento kaynaklı CO₂ salınımı [2]

Çimento üretimindeki CO₂ salınımını azaltmaya yönelik çalışmalar yapılmaktadır. Bunun yanı sıra beton üretimi sırasında çeşitli endüstriyel ya da endüstriyel olmayan atıkları kullanma yönünde çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Başka bir endüstrinin atığı olan bir malzemenin beton endüstrisinde değerli bir katkıya dönüştüğü birçok kez karşılaşılan bir durumdur. Silis dumanı ve uçucu küller bunun en iyi örnekleridir. Bu çalışmada; beton teknolojisinde yaygın kullanılan (silis dumanı, mermer tozu, uçucu kül vb.) atıkların dışında yeni atık malzemelerin değerlendirildiği çalışmalar üzerine bir inceleme yapılmıştır.

2. BETON TEKNOLOJİSİ İÇİN YENİ ATIK MALZEMELER

2.1. Atık döküm kumu

Metallerin kalıplara dökümü, istenilen formdaki metalleri oluşturabilmek için metallerin ergitilerek kalıplara dökülmesi ve soğutulması yoluyla yapılır. Kullanılan yöntemlerden biri kum kalıba döküm yöntemidir. Kum kalıp yapımında kullanılan malzemeler kum, su ve bağlayıcı malzemedir. Kullanım sonrası ısı ya da aşınma gibi nedenlerle kullanılan kumun sürekli değiştirilmesi gerekir. Dökümhanelerde yılda ortalama 6-10 milyon ton atık döküm kumu ortaya çıkmaktadır [3].

Beton harcındaki agregaların %20'si döküm kumu ile yer değiştirilerek deneyler yapılmış ve su emme ile kılcal su emmesinde %10'a kadar artışlar olduğu, dolayısıyla bu artış, basınç dayanımını bir miktar azaltmış[4].

Geri dönüşüm kumunun %15 ilavesiyle yapılan başka bir çalışmada, ultra ses hızının arttığı ve klorür iyonu penetrasyonunun azaldığı tespit edilmiştir [5]. Yüksek dayanımlı betonlarda ise %10'un üzerindeki döküm kumu karışımının kullanılabilir parametrelerin dışında kaldığı görülmüştür [6].

Yapılan başka bir çalışmada ise basınç dayanımı ve elastisite yönünden en iyi karışım oranının %5-10 arasındaki atık döküm kumu karışımı olduğu, bu oranın standart kum ile yapılan betonun basınç dayanımını yaklaşık olarak koruduğu, ancak %5'e kadar olan ve %10'un üstündeki numunelerin basınç dayanımının yaklaşık %10 azaldığı tespit edilmiştir [7].

2.2. Zararlı Atıklar

Reçineler, tıbbi atıklar, çözücüler, boya ve vernik türevi malzemeler, evsel katı atıklar, bakır, çinko, kalay, baryum, civa gibi ağır metaller, küller ve cüruflar vb pek çok malzeme, doğal yapılarına yada oluştukları aktiviteye göre tehlikeli atık grubuna girmektedir [8].

Tehlikeli atıkların kontrolü yönetmeliğinin 15. Maddesine göre atıkların geri kazanılması ve tekrar kullanılması, 16. maddesine göre ise atıkların ekonomiye katkı sağlamak ve nihai bertarafsa gidecek atık miktarının azaltılması amacıyla geri kazanılması esastır, denmektedir [9].

Şehirsel katı atık külleri ile fiziksel ve kimyasal kaliteye sahip beton karışımlarının üretilebildiği ve 28 günlük ölçümlerde 25 MPa dayanım sağlanabildiği tespit edilmiştir[10]. Katı atıkların küllerinin çimento ve harçlarda %10'a kadar olan kullanımının betonun basınç dayanımı ve betonun büzülmesi üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir [11].

İnorganik maddeler içeren Zn,Cu,Pb,Mn,Cd gibi ağır metallerin sabitleyici olarak beton yol yapımında kullanılabilir olduğu saptanmıştır. Ayrıca bu metaller saklanabilir ve çevreye zararlı değildir [12]. Yine tekstil ya da boya sanayi gibi alanlarda üretim fazlası olarak ortaya çıkan Polivinil asetat reçinesinin atık suyu, betonda tatlı karışım suyu yerine kullanılarak çalışmalar yapılmış ve sonuçta yapılan betonun 0,45 PVAW/C oranına kadar basınç ve eğilme dayanımlarında başarılı sonuçlar verdiği ve tatlı su yerine polivinil asetat atık suyunun kullanılacağı öngörülmüştür [13].

2.3. Boya Atıkları

Boya atıkları tehlikeli atıklar sınıfına girmektedir. 2005 yılında çıkan Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği ile üretimden bertarafına kadar geçen süreç kontrol altına alınmış durumdadır. Dolayısıyla doğaya rastgele bırakılmayan bu atıkların geri kazanımı önem kazanmıştır. Bir çalışmada bu atıkların bertarafını 0.90-1.40 \$/l arasında olduğundan bahsetmektedir. Nehdi ve Summer [14] betonun işlenebilirliğini, eğilmede çekme dayanımını, klorür geçirimsizliğini ve buz çözücü tuzlara dayanıklılığı arttırmak için atık boyaları beton karışımlarında kullanmış. Normal şartlarda betona bu özellikleri kazandırmak için özel kimyasal katkıları kullanılmaktadır. Bu kimyasal katkıların kullanımının yerine aynı performansı göstermesi halinde atık boya kullanımı durumunda hem betonun üretiminde daha ekonomik bir yaklaşım olacak, hem de atığın geri kazanımı sağlanmış olacaktır. Nehdi ve Summer çalışmalarında kimyasal katkı olarak latex kullanmışlar ve atık boyayı %0, 25, 75 ve 100 oranlarında değiştirerek hiç kimyasal katkı kullanılmayan referans karışım ile denemişler. Çalışmaları sonucunda hangi oranda kullanılırsa kullanılsın atık boyanın basınç, eğilme ve klorür geçirimsizliğinde referans karışımdan daha iyi sonuç verdiği optimum oranın ise %75 latex %25 atık boya olduğu sonucuna ulaşımlardır [14]. Bir başka çalışmada yine atık boya benzer amaçla ve metotla kullanılmış ve optimum oranın %12 olduğuna karar verilmiştir [15].

2.4. Poliüretan Köpük

Endüstriyel atık malzemelerden elde edilen poliüretan köpüğün, uygun S/Ç oranlarında ve süper akışkanlaştırıcı malzemeler ile birlikte; çimentolu sistemlerde kullanılması, hafif ve kaliteli beton

üretilmesine imkân vermektedir [16]. Poliüretan köpük kullanarak oluşturulan hafif betonların yoğunluğu, normal betonlara göre %29-%36 daha azdır. Bunun sebebi çok gözenekli olmasından dolayı porozitenin artması ve mekanik özelliklerinin azalmasıdır. [17]. Poliüretan köpüğü elyaf liflerle güçlendirerek hafif prefabrik malzemeler konusunun geliştirilmesi de mümkündür [18].

2.5. Plastikler

Geri dönüşümlü atık plastikler; PET plastikler, HDPE plastikler, PVC plastikler, LDPE plastikler, Polipropilen plastikler ve Polistiren plastikler olmak üzere altı grupta toplanır [19]. Bunların, yoğunlukları ve en yüksek kullanılabilir sıcaklıkları birbirinden farklıdır. Atık plastikler; parçalanarak lifli hale getirilip, çimento yerine ya da çimentoya ilave olarak yüksek fırın cürufu, pomza, kalker, bazalt ve kuvars ile ayrı ayrı ve belirli oranlarda karıştırılarak; plastik özellikli harç veya hafif beton olarak kullanılmaktadır [20].

İşlenebilirliği, aşınma direnci, su geçirmezliği ve sünekliliği normal betona göre yüksek olup, ısıya karşı dayanımı düşüktür [21]. Karışım malzemesine ve karışım oranlarına göre ortalama basınç dayanımları 18,55MPa-29,17MPa arasında ve ortalama Elastisite modülleri 27,109MPa-32,236MPa arasında değişmektedir [20]. Ayrıca scanning electron microscope (SEM) ile yapılan çalışmalarda yüzey sertliklerinde azalmalar gözlemlenmiştir [22].

Plastik katkılı hafif betonlar, depreme dayanıklı yapı tasarımında; yapının ölü yükünü azaltmakta, deprem anında sismik riski en alt seviyeye düşürmekte ve bu sayede enerji israfını ve çevre kirliliğini ortadan kaldırmaktadır [23]. Bununla birlikte; yapı onarımlarında, su yapılarında, ulaşım yapılarında, köprü panellerinde, bariyerlerde, demiryolu bağlantılarında, çeşitli yeraltı borularında ve buna benzer alanlarda yaygın bir şekilde kullanılmaktadır [24].

2.6. Arıtma çamuru

Kanalizasyon ve atık su arıtma tesisleri her geçen yıl artarak gelişmekte. Bu tesislerde arıtma yapıldıktan sonra arta kalan çamur, su muhtevası oranı %80'lere vardığı için kolay kolay geri dönüştürülemez veya herhangi bir şekilde değerlendirilememektedir. Atık çamur, çimento hazırlama işlemi gibi fırından geçirildikten sonra ancak kullanılacak düzeye gelmektedir [25]. Bu çamurların betonda kullanım alanları son yıllardaki çalışmalarla ortaya konulmaktadır. Fakat bu malzemenin betonda kullanılmasının iki önemli sakıncası var; bunlardan birincisi, normal puzolanlara göre bu malzemenin bağlayıcılık özelliklerinin düşük olması; diğeri ise Normal Portland çimentoya göre bu malzemelerin daha fazla su emmesidir [26]. Arıtma Tesis Çamuru, sıvı ve gaz fazda bulunan organik ve inorganik maddeleri içermektedir. Bu atıklar arıtmadan geçirilmediği zaman bileşen olarak içeriğinde, tuz yoğunluklu zehirli atıkları ve suda yaşayan canlıları içermektedir. Arıtma tesisi çamuru, doğal Demir ve Alüminyum hidroksilleri açısından zengin bileşenleri de içerir [27].

Mun ve diğeri, atık çamuru ticari amaçlı hafif betonda kullanmışlar ve mukavemet değeri 15 MPa iken bu çalışmadaki değişen oranlarla bu değer 17 MPa'a kadar çıkmaktadır. Eğilme mukavemeti 3 MPa iken bu çalışmadaki değerler 3,6 MPa'a kadar çıkmaktadır. Hafif betonun yoğunluğu 1430 kg/m³ iken yapılan bu çalışmadaki değerler ile 1500 kg/m³'e kadar çıkmıştır [25]. Pan ve diğeri ise, Blaine inceliği 500-1000 m²/kg arasında değişen lağım çamuru külü %20 oranında portland çimento ile değiştirmiş ve kontrol harcının mukavemeti Blaine inceliğine göre %32 ile %65 arasında bir değişim görüldüğü, çalışmalarında belirtilmiştir. Blaine inceliği arttıkça malzemedeki mukavemet değeri de artış göstermiştir. Kontrol harçlarının basınç mukavemetleri 7 günlük 27,9 MPa; 28 günlük 38,1 MPa olduğu düşünülürse bu oran çok ciddi bir miktar olmaktadır. Fakat yine de bu malzemenin kullanılmayacağı anlamına gelmediği bu çalışmadan anlaşılmaktadır [26].

2.7. Atık Lastik

Her yıl yaklaşık bir milyar lastik kullanım ömrünü tamamlamaktadır, 2030'a kadar bu sayının yaklaşık beş milyara yaklaşması tahmin edilmektedir. Şimdiye kadar bu miktarlar ya az olduğu için ya stok sahalarında biriktiriliyordu ya da yakılmaktaydı [28]. Her yıl bu kadar lastiğin atılması, bu atık lastiklerin depolanması problemini ortaya çıkarmaktadır. [29-32]. Bu atıkların doğaya en fazla zararı, zehirli ve çözülebilir maddeleri içinde tutarak çoğalmalarını sağlamaktır. Bu atıkları çevreye zarar vermeden geri dönüştürmenin birçok yolu vardır; bunlardan biri çimento fırınlarında yakmak olduğu gibi betona gerek agrega gerekse bağlayıcı olarak katılmasından geçmesidir [31].

Atık lastikler; karayolu inşaat sektöründe geri dönüşümün yapılması için çok ciddi bir pazar oluşturmaktadır. Lastiklerin çok ince kıyılarak ısıl işlemden geçirilmelerini içerdiği için, fabrikasyondan geçen bu lastiklerin, asfalt yollarda kullanılıncaya kadarki süreçte maliyeti 10 kat artmakta ve çok ciddi bir yük getirmekte olduğu belirtilmiştir [29]. Atık lastik betona tokluk kazandırmakta ve nemin ani bir şekilde kurumasını engelleyerek betonda büzülmeden kaynaklı çatlaklıkları engellemektedir [30].

Pelisser ve diğerleri; betonun mekanik özelliklerini arttırmak için; karşım hesabında agrega yerine %10 geri dönüştürülmüş lastik katılarak elde edilmiş beton ile bağlayıcı olarak alkali reaksiyondan geçirilmiş lastik ve silis dumanı katılarak oluşturulmuş numuneler karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma sonucunda; basınç mukavemeti, elastik modülü ve yoğunluk gibi kavramlar karşılaştırılmıştır. Özellikle basınç mukavemetinde kontrol betonuna göre ki bu da 48 MPa çıkmıştır, %14'lük bir mukavemet düşüşü söz konusu olmuştur. Elastisite modülünde %49'luk bir düşüş gözlenmiş ve ayrıca agrega ile değiştirilmiş lastik katkılı betonun yoğunluğunun %13, bağlayıcı modifikasyonlu betonun da yoğunluğu %9 azaltmıştır [30]. %20 lastik atıklı betonun kuru birim hacim ağırlığı 1078 ve 1200 kg/m³; %30 lastik atıklı betonun ise 1011 ile 1144 kg/m³ arasında değişimin gözlendiği belirtilmiştir [31]. Bignozzi ve diğerleri; kendiliğinden yerleşen betona %22,2 ve %33,3 oranlarında ekleyip, KYB taze beton özellikleri irdelenmiştir, bunların sonuçlarına göre ise temel özellikleri sağladığı rapor edilmiştir [32]. Li ve diğerleri, %15 oranında agrega ile değiştirilen atık lastikleri, iki farklı şekilde eklemiştir. Bunlardan biri lif diğerleri ise rastgele şekilli parçalarlardır. Bu çalışmanın sonucunda ise lifli malzemenin diğerine göre basınç mukavemetinde %11, çekmede yarmaya göre ise %13 daha mukavim olduğu belirtilmiştir [33]. Aiello ve diğerleri ise; ince ve iri agrega olarak kıyılmış lastikleri kullanmış ince agregaların iri agregalara göre daha iyi sonuç verdiği gözlendiği belirtilmiştir [34].

2.8. Tarımsal atıklar

şeker kamışı posası; üretildiği yerde atığının değerlendirilmesi konusunda ciddi başarılar sağlanmış bir tarımsal atık olup, 3 milyon hektarlık alanı ile Brezilya, bu ürünün üretimi konusunda dünyada en fazla tarımsal aktivitenin yapıldığı ülke konumundadır. Aynı zamanda dünyada tüketilen alkolün %60'ını üretmekte ve buna bağlı olarak dünyanın en fazla şeker üreten ülkesi konumundadır. Brezilya Zirai Enerji ve Tarım Bakanlığının verilerine göre 2008-2009 yıllarında 572 milyon ton şeker kamışı hasatı yapılmış. Üretilen şeker kamışları, özellikle yağlı olması bağlamında, elektrik enerjisi üreten santrallerde kullanılmaktadır. Yanan her bir ton şeker kamışından 25 kilo kül elde edilmektedir [35]. Taylan'da yılda 200 bin ton şeker kamışı üretilmektedir. Üretilen bu şeker kamışları şeker fabrikalarında kullanıldıktan sonra atıl duruma gelen posaları biokütle olarak ısı verme amacıyla birçok termik elektrik santralinde veya başka sektörlerde yakılarak kullanılmaktadır [36]. şeker kamışı posası külü ile ilgili daha önce yapılan çalışmalardan en önemlisi, beton için mineral katkı olarak yapılan çalışmadır ancak tatmin edici sonuçlar alınamamıştır. Bu durumun sebebi ise nem oranından dolayı yanma sıcaklığı ne kadar yüksek olursa olsun tam yanma gerçekteşmiyor ve silica kristalleri kalmaktadır. Bu yüzden çalışmalar kum olarak kullanılması üzerine yoğunlaşmıştır [35]. Sales ve diğerleri tarafından; şeker kamışı posası külü katılmış betonun karakteristik özelliklerini belirlemek için bir dizi çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalardan ilki olan elek-analizine göre şeker kamışı incelik modülü 0,6-1,2 arasına düştüğu için ince kum olarak adlandırılmıştır. Spesifik gravitesi 2730 kg/m³tür. 28 günlük basınç dayanımları ise 52-56 MPa arasında

değiştirdiği belirtilmiştir [36]. Rukzon ve diğerleri ise Şeker kamışı külünü belirli oranlarda bağlayıcı olarak beton karışımında kullanmış ve sertleşmiş betonda mekaniksel özellikleri araştırılmış, genel olarak %20 oranında kullanılması durumunda mukavemette artış gözlenmesi açısından önemli olduğu bildirilmiştir. Puzolanik malzemelerin hem mukavemet artışına hem de betonun durabilitesine pozitif yönden katkısı olduğu için; Rukzon ve diğerleri çalışmalarında yüksek performanslı betonlarda mineral katkı olarak kullanmışlardır. Bu çalışmada bağlayıcı olarak karışıma katılan %10, %20 ve %30 oranında Şeker Kamışı Posası Küllerinin, beton üzerinde mukavemet, porozite ve klor karşı difüzyon gibi parametrelerine bakılmıştır. Yapılan çalışmada tüm karışımlarda bağlayıcı malzeme miktarı 560 kg/m^3 değerinde sabit tutulmuş, su/bağlayıcı oranı ise 0,3 değerinde sabit tutulmuş olduğu ifade edilmiştir. Bu bilgiler ışığında yapılmış çalışmalar sonucunda mekaniksel parametre olarak; basınç mukavemetleri 7 günlük 60,5 MPa, 28 günlük 65,6 MPa, 90 günlük 75,2 MPa olarak bulunmuş olduğu ifade edilmiştir. %10, %20 ve %30 oranlı numunelerin 28 günlük porozite oranları da sırasıyla %7.22, %8.31, ve %8.5 olarak bulunmuştur. Sonuç olarak ise %30 Şeker Kamışı Posası Külü katkılı numunelerin 28 günlük basınç mukavemetlerini kontrol numunelerine göre %101 ile %105 oranında arttırmış ve puzolanik aktivitesi yüksek betonlarda karşılaşılan klor difüzyonunu ise, poroziteyi azalttığı için, ciddi oranda azalttığı yine aynı çalışmada ifade edilmiştir [37].

3. SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüz beton teknolojisinde, endüstriyel olan ya da endüstriyel olmayan atık ya da atıl malzemelerin mineral ve kimyasal katkı maddeleri ile birlikte kullanılmasıyla, basınç dayanımı ve dayanıklılıktan ödün vermeden beton imali yapılabilmektedir. Hatta bir kısım atıkların betonun bazı özelliklerini geliştirdikleri görülmüştür.

Sonuç olarak; atık döküm kumu, plastikler, arıtma çamuru, poliüretan köpük, boya atıkları ve araba lastiği gibi endüstriyel atıkların inşaat sektöründe kullanılması; istenilen nitelikte beton üretiminin yanında; doğal çevrenin ve doğal kaynakların korunmasına yardımcı olabilecek niteliktedir. Beton sektöründe bu atıkların değerlendirilmesi ile birlikte, geri dönüşümün; toplama, kırma, parçalama, öğütme ve ayrıştırma gibi evreleri yeni bir iş kolu oluşturabilecektir.

4. KAYNAKLAR

- [1] Karakule F, Akakin T., 2005 “Hazır Beton Sektörünün Gelişimi” Deprem Sempozyumu Kocaeli
- [2] www.WBCSD.org (03.2012)
- [3] <http://www.epa.gov/osw/conservation/rrr/imr/foundry/index.htm> (04.2012)
- [4] Siddique R. ve Kadri E., 2011, Effect of metakaolin and foundry sand on the near surface characteristics of concrete, *Construction and Building Materials* 25, 3257–3266
- [5] Singh G. ve Siddique R., 2012, Effect of waste foundry sand (WFS) as partial replacement of sand on the strength, ultrasonic pulse velocity and permeability of concrete 26, 416–422
- [6] Güney Y., Tuncan A., Yalçın M., Dönmez S., Sari Y.D.*, 2010, Re-usage of waste foundry sand in high-strength concrete, *Waste Management* 30, 1705–1713
- [7] Siddique R. ve Singh G., Utilization of waste foundry sand (WFS) in concrete manufacturing, *Resources, Conservation and Recycling* 55 (2011) 885– 892
- [8] http://www.bcm.org.tr/pdf/teh_atik_yon.pdf Ek-5 (04.2012)
- [9] <http://www.mevzuat.gov.tr/Metin.Aspx?MevzuatKod=7.5.7557&sourceXmlSearch=&MevzuatIliski=0>
- [10] Siddique R., 2010, Use of municipal solid waste ash in concrete, *Resources, Conservation and Recycling* 55 83–91

- [11] Siddique R., 2010, Utilization of municipal solid waste (MSW) ash in cement and mortar, *Resources, Conservation and Recycling* 54, 1037–1047
- [12] Giergiczny Z. ve Kro' l A., 2008, Immobilization of heavy metals (Pb, Cu, Cr, Zn, Cd, Mn) in the mineral additions containing concrete composites, *Journal of Hazardous Materials* 160, 247–255
- [13] Zainab Z. I., Enas A. A., 2011, Assessing the recycling potential of industrial wastewater to replace fresh water in concrete mixes: application of polyvinyl acetate resin wastewater, *Journal of Cleaner Production* 19, 197e203
- [14] Nehdi M., ve Sumner J., 2003, Recycling waste latex paint in concrete, *Cement and Concrete Research* 33, 857–863
- [15] Almesfer N., 2012, Chris Haigh, Jason Ingham, Waste paint as an admixture in concrete, *Cement & Concrete Composites* 34, 627–633
- [16] Gadea J., Rodriguez A., Campos P.L., Garabito J. ve Calderon V., 2010, “Lightweight mortar made with recycled polyurethane foam”, *Cement and Concrete Composites*, 32, 672-677.
- [17] Fraj, A.B., Kismi M. ve Moungana P., 2010 “Valorization of coarse rigid polyurethane foam waste in lightweight aggregate concrete”, *Construction and Building Materials*,24, 1069-1077.
- [18] Gutierrez-Gonzalez S., Gadea J., Rodriguez A., Junco C. ve Calderon V., 2012, “Lightweight plaster materials with enhanced thermal properties made with polyurethane foam wastes”, *Construction and Building Materials*,28, 653-658.
- [19] http://www.hurplastik.com/tr/?page_id=21 (16.03.2012)
- [20] Binici H., Alma M.H., Gemci R. ve Durgun M.Y., 2011, “Atık Polietilen (PE) bardaklardan üretilen çimentosuz harçların fiziksel ve mekaniksel özellikleri”, *Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 7-1, 71-79.
- [21] Ismail Z.Z. ve AL-Hashmi E.A., 2008, “Use of waste plastic in concrete mixture as aggregate replacement”, *Waste Management*, 28, 2041-2047.
- [22] Silva D.A., Betioli A.M., Gleize P.J.P., Roman H.R., Gomez L.A. ve Ribeiro J.L.D., 2005, “Degradation of recycled PET fibers in Portland cement-based materials”, *Cement and Concrete Research*, 35, 1741-1746.
- [23] Akçaözöğlü S., Atış C.D. ve Akçaözöğlü K., 2010, “An investigation on the use of shredded waste PET bottles as aggregate in lightweight concrete”, *Waste Management*, 30, 285-290.
- [24] Siddique R., Khatib J. ve Kaur I., 2008, “Use of recycled plastic in concrete: A review”, *Waste Management*, 28, 1835-1852.
- [25] K.J. Mun, 2007, Development and tests of lightweight aggregate using sewage sludge for nonstructural concrete, *Construction and Building Materials* 21, 1583–1588
- [26] Pan S. C., Lee C., Lee C.C. ve Tseng D.H., 2003, Influence of the fineness of sewage sludge ash on the mortar properties;; *Cement and Concrete Research* 33, 1749–1754
- [27] Sales A., Almeida F.C.R. ve Souza F.R., 2011, Mechanical properties of concrete produced with a composite of water treatment sludge and sawdust; *Construction and Building Materials* 25, 2793–2798
- [28] F. Pacheco-Torgal, Jalali S. ve Ding Y, 2012, Properties and durability of concrete containing polymeric wastes (tyre rubber and polyethylene terephthalate bottles): An overview, *Construction and Building Materials* 30, 714–724
- [29] Li G., Huang B., Abadie C., Garrick G., Eggers J. Ve Stubblefield M.A., 2004, Development of waste tire modified concrete; *Cement and Concrete Research* 34, 2283–2289
- [30] Pelisser F., Bernardin A.M., Zavarise N. ve Longo T.A., 2011, Concrete made with recycled tire rubber: Effect of alkaline activation and silica fume addition; *Journal of Cleaner Production* 19, 757-763
- [31] Yılmaz A. ve Degirmenci N., 2009, Possibility of using waste tire rubber and fly ash with Portland cement as construction materials, *Waste Management*, Arın 29, 1541–1546
- [32] Bignozzi M.C. ve Sandrolini F., 2006, Tyre rubber waste recycling in self-compacting concrete; *Cement and Concrete Research* 36, 735–739

- [33]Li G., Abadie C., Garrick G., Eggers J., Stubblefield M.A., Pang S.S, 2004, Waste tire fiber modified concrete; *Composites: Part B* 35, 305–312
- [34]Aiello M.A. ve Leuzzi F., 2010, Waste tyre rubberized concrete: Properties at fresh and hardened state; *Waste Management* 30, 1696–1704
- [35]Sales A. ve Lima S.A., 2010, Use of Brazilian sugarcane bagasse ash in concrete as sand replacement, *Waste Management* 30, 1114–1122
- [36]Chusilp N., Jaturapitakkul C. ve Kiattikomol K., 2009, Utilization of bagasse ash as a pozzolanic material in concrete; *Construction and Building Materials* 23, 3352–3358
- [37]Rukzon S. ve Chindapasirt P., 2012, Utilization of bagasse ash in high-strength concrete; *Materials and Design* 34, 45–50