**ÇELİKHANE CÜRUFLARINDAN ELDE EDİLEN YAPAY AGREGALARIN BETONDA KULLANILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI**

Emre Örtemiz

İSTON İstanbul Beton Elemanları ve Hazır Beton Fabrikaları San. ve Tic. A.Ş., İstanbul, [emre.ortemiz@iston.istanbul](mailto:emre.ortemiz@iston.istanbul)

Halit Dilşad Yılmaz

İSTON İstanbul Beton Elemanları ve Hazır Beton Fabrikaları San. ve Tic. A.Ş., İstanbul, [halit.yilmaz@iston.istanbul](mailto:halit.yilmaz@iston.istanbul)

Serhat Zeytun

İSTON İstanbul Beton Elemanları ve Hazır Beton Fabrikaları San. ve Tic. A.Ş., İstanbul, [serhat.zeytun@iston.istanbul](mailto:serhat.zeytun@iston.istanbul)

**ÖZET**

Demir - çelik sektörü, sanayi toplumu içerisinde önemli bir sektör olarak gelişmiş ve günümüzde bilgi toplumuna geçişle de bu önemini korumuş, tüm endüstriyel alanlara girdi sağlaması nedeniyle tüm sanayi dalları üzerinde belirleyici bir unsur olmuştur. Demir - çelik üretiminde kullanılan hammaddeler üretim yöntemine göre farklılık göstermektedir. Tarih boyunca çelik üretiminde pek çok yöntem kullanılmış olmakla birlikte günümüzde kullanılan en yaygın üretim yöntemleri Bazik Oksijen Fırını (BOF) ve Elektrik Ark Ocağı (EAO) ile üretimdir. Türkiye’de 2017 yılında çelik üretiminin %69’u EAO tesislerde, %31’i ise BOF entegre tesislerde gerçekleşmiştir. Çelik üretim prosesi esnasında, toplam üretimin %15-20 oranı cüruf olarak hesaplanmaktadır. Cüruf, metallerin veya metal içeren cevherlerin, eritildiklerinde oluşan metalden daha hafif oksitler ve silikatlar kompleksi olan ve yoğunluk farkı nedeniyle yüzeyde biriken bir yan ürün olarak tanımlanmaktadır. 2020 yılı sonunda dünyada çelik üretiminin 1781 milyon ton olacağı tahmin edilmekte ve bu miktar da cüruf için farklı uygulama alanlarına ihtiyaç olduğunu göstermektedir. Endüstrileşmenin artmasıyla birlikte demir ve çelik tesislerinde oluşan metalürjik cüruflar için düzenli depolama sahaları gerekmekte ve bertaraf maliyetleri artmaktadır. Atık malzemelerle dolan sahalar hava, toprak ve su kirliliğine neden olmaktadır. Bu durum insan sağlığını ve bitki gelişimini olumsuz etkilemektedir. Türkiye’de binden fazla taş ocağının inşaat sektörüne agrega temin etmek için işletildiği bilinmektedir. Doğal agregaların bir kısmının veya tamamının cüruf agregalar ile yer değiştirmesi neticesinde hammaddelerin korunması ve atık malzemelerin azaltılmasıyla kayda değer çevresel ve ekonomik kazançlar sağlanacaktır.

Bu çalışma, çelikhane cürufundan elde edilen yapay agregaların betonda kum hariç diğer ince ve iri agregaların yerine kullanılmasının etkisini araştırmayı amaçlamaktadır. Bu kapsamda, doğal agrega boyutlarında ayrıştırılmış, çelikhane cürufundan elde edilen yapay agregalar tedarik edilmiş ve yapay agrega özeliklerinin belirlenmesi ve bunların doğal agregalarla kıyaslanabilmesi için bazı agrega deneyleri yapılmıştır. Kum boyutunda çelik cürufu yapay agrega bulunmadığı için kum hariç diğer doğal agregalar yerine farklı denemelerde aynı hacim oranlarında yapay agregalar kullanılmış, yapay agregalar ile farklı beton karışım tasarımları oluşturularak hazır beton ve prekast beton üretimlerinde laboratuar ölçekte ve endüstriyel ölçekte denemeler yapılmıştır. Deneysel çalışmalar iki bölümden oluşmaktadır. Çalışmaların ilk bölümünde beton dayanım sınıfı C35/45 ve kıvam sınıfı S4 olan hazır beton karışımları üretilmiştir. İkinci bölümde ise parketaşı, bordür, beton ve betonarme boru gibi ürünlerin üretiminde kullanılan kıvam sınıfı S1 olan beton karışımları hazırlanmıştır. Hazır beton denemelerinde çimento dozajı 380 kg/m³, su/ bağlayıcı oranı 0,42 iken, S1 kıvam beton denemeleri için çimento dozajı 360 kg/m³, su/ bağlayıcı oranı 0,40 olan karışımlar hazırlanmıştır. S1 kıvam betonlarda çökme değeri pres baskılı üretime uygun olarak 5 cm olarak belirlenmiştir. Üretilen beton karışımlarının fiziksel ve mekanik özeliklerinin yanı sıra geçirimlilik özeliklerinin belirlenmesine ilişkin çalışmalar da yapılmıştır. Cüruf atıklarının her iki kıvam sınıfında üretilen betonlarda dayanım açısından kullanılabileceği öngörülmektedir. Yine geçirimlilik özellikleri açısından çelik cürufu agregalar betonda kullanılabilir gözükmektedir. Ancak, yüksek oranda demir (Fe) içeren yapay agregaların betonda durabilite özelliklerine olumsuz etki edebileceği ve korozif etki oluşturabileceği dikkate alınmalıdır. Yapay agregalar kullanılarak üretilecek betonlarda alkali agrega rekasiyonu gibi hacim genleşmesi ile betonun zarara uğrayabileceği tüm durumlar ve donatılı betonlarda korozyon riski göz önüne alındığında, donatı içermeyen S1 kıvam betonlarda kullanılabileceği düşünülmüştür. Bu nedenle, endüstriyel ölçekli üretim çalışmaları kapsamında S1 kıvam beton ile parke taşı, plak taşı ve bordür taşı ürünleri üretilmiş, sonrasında ürünlere ilgili standartlar çerçevesinde deneyler yapılmıştır. Çelikhane atığı yapay agregalı ürünler ile referans ürünler arasında deneysel sonuçlar açısından belirgin bir farklılık olmadığı görülmüştür. Böylece, çelik atığının betonda agrega olarak değerlendirilerek hem doğal agrega rezervlerinin korunması, hem de çelikhane atıklarının meydana getireceği çevre kirliliğinin engellenmesi mümkün gözükmektedir.