



Beton ile Üretilen Suda Yüzebilen Kano Tasarımı Üzerine Bir Araştırma

Osman Hansu^{1*}, Serkan Etlı²

^{1*} Gaziantep University, Faculty of Engineering, Department of Civil Engineering, Gaziantep, Turkey, (ORCID: 0000-0003-1638-4304), o_hansu@hotmail.com

² Munzur University, Faculty of Engineering, Department of Civil Engineering, Tunceli, Turkey, (ORCID: 0000-0003-3093-4106), serkanetli@munzur.edu.tr

(İlk Geliş Tarihi 1 Ocak 2022 ve Kabul Tarihi 25 Mart 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1052105)

ATIF/REFERENCE: Hansu, O. & Etlı, S. (2022). Beton ile Üretilen Suda Yüzebilen Kano Tasarımı Üzerine Bir Araştırma. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (35), 330-334.

Öz

Çalışma kapsamında, hafif beton konusunda kapsamlı bir araştırma sonucunda üretilecek beton tasarımları kullanılarak su üzerinde yüzebilen bir kano üretilmesi hedeflenmiştir. Bu kapsamda ondan fazla karışım yapılmasına rağmen en iyi adaylar olan yedi karışımın tasarım özellikleri ve incelemeleri makale kapsamında değerlendirildi. Seçilen agregalar arasında uçucu kül tasarımlı agregaların kullanılması da çevresel etki bağlamında atık yönetimi üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Yapı malzemesi olarak betonun tasarımının yapılması yansira mekanik tasarımlarda bu çalışmanın kapsamında yer almaktadır. Beton/betonarme ile yapısal üretimin (bina, istinad duvarı, savunma sanayi, bariyer vs.) yansira diğer alanlarda da sürdürülebilir çalışmaların yolunun açık olduğu kanıtlanmıştır. Uygun tasarım yöntemleri sonucunda üretilen prototip, kanonun fiilen su üzerinde yüzdüğü çalışma kapsamında sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Hafif beton, Beton karışım tasarımı, Yüzen beton.

A Research on the Design of a Floatable Canoe Made with Concrete

Abstract

Within the scope of the study, it is aimed to produce a canoe that can float on water by using concrete designs that will be produced as a result of a comprehensive research on lightweight concrete. In this context, although more than ten mixtures were made, the design features and reviews of the seven mixtures, which were the best candidates, were evaluated within the scope of the article. The use of fly ash designed aggregates among the selected aggregates also has a significant impact on waste management in terms of environmental impact. In addition to the design of concrete as a building material, mechanical designs are also included in the scope of this study. It has been proven that the way of sustainable works in other areas as well as structural production (building, retaining wall, defense industry, barrier, etc.) with concrete/reinforced concrete is clear. The prototype, which was produced as a result of appropriate design methods, was presented within the scope of the study in which the canoe actually floats on water.

Keywords: Lightweight concrete, Concrete mix design, Floating concrete.

* Sorumlu Yazar: o_hansu@hotmail.com

1. Giriş

Beton, agregası, su, çimento ve kimyasal katkı malzemelerin karışımından oluşan homojen, başlangıçta şekil verilebilen ve daha sonra sertleşen kompozit bir malzemedir. Çeşitli çimento türleri, agregalar ve kimyasal katkıları dahil olmak üzere farklı malzemeler kullanılarak diğer özelliklerin yanı sıra mukavemeti artırmak için beton ile ilgili yıllar içinde çeşitli deneyler yapılmıştır. Bu tür araştırma çalışmaları, yoğunluğu ve dolayısıyla ağırlığı azaltılmış hafif betonun keşfedilmesine yol açmıştır. Halen, birim ağırlığı düşük ve yeterli kaliteye sahip hafif agregası yapısının geliştirilmesine her geçen gün daha özen gösterilmektedir. Yapının ağırlığını azaltmak için en iyi yaklaşımlardan biri, yapının ağırlığını azaltmak için en makul strateji olan hafif yoğunluklu betondur. Hafif betonun yoğunluğu 1140 ila 1840 kg/m³ arasındadır ve hafif agregaların bağlı yoğunluğuna bağlıdır (Neville and Brooks 2010). Hafif betonun azaltılmış yoğunluğu, genişletilmiş kil, perlit, vermikülit, EPS boncuklar vb. gibi agregalar kullanılarak elde edilir (Eti, Cemalgi, ve Onat 2021; Jayakumar vd. 2020; Minapu, Ratnam, ve Rangaraju 2014; Vijaya 2016). Hafif betonun (LWC) kullanımı, uzun süredir geliştirmekte olan bir karışım olmuştur, ancak diğer malzemeler gibi kullanım amacına yönelik birtakım istekler de artmıştır. Şu anda istikrarlı, sağlam bir malzeme olup istenilen özelliklere uygun ve beklentilere cevap veren bir yapı malzemesi olmuştur. Hafif betonlar, hafif agregalı beton, köpüklü beton veya otoklavlanmış hava sirkülasyonu olabilir. Hafif betonların geliştirilmesi sırasında yaşanan sorunlar ve zorluklarla karşılaşmaktadır. Yoğunluk 2200 ila 2600 kg/m³ için talep edilmesine rağmen, geleneksel betondan farklı olarak basitçe yüksek ağırlıklı betondur. Beton karışımının kendi ağırlığı, karışımın yardımcı malzeme olarak üretkenliğini elde etmek için azalır. Hafif beton, 300 ila 1850 kg/m³ yoğunluğa sahiptir; yapının ölü ağırlığının azaltılmasına yardımcı olur. Genişletilmiş polistiren (EPS), bükülmeyen ve aşırı, kapalı bir hücre köpüğüdür. Normalde beyazdır ve önceden uzatılmış polistiren damlalarından yapılmıştır. EPS, tabak, tabak, kâse ve balık kutuları gibi bazı uygulamalar için kullanılır (Ghadge ve Kamble 2015). Hafif agregaların kullanımı, nominal betona kıyasla toplam beton kütlelerini önemli ölçüde azaltmıştır. Ancak, nominal betonun karakteristik mukavemetini elde etmek gerçekten zor bir uygulamaydı. 0.15×0.15×0.15 m³ boyutlarında çok sayıda beton test küpü, çimento esaslı malzemeler ve farklı oranlarda agregalar kullanılarak dökülmüş ve karakteristik basınç dayanımları tablolandırılmıştır. Yeterli basınç dayanımına ve yüzme özelliğine sahip uygun karışım tasarımı seçilmiştir. Sırasıyla iç katman ve dış katman için çoklu karışım tasarımları seçildi. Belge, beton bir kano inşa etmek için gövde tasarımı, karışım tasarımı, inşaat ve diğer ilgili ayrıntılarla ilgili ayrıntılı bir açıklama sunmaktadır. 1992'de dünya çapında 460 milyon metrik büyük miktarda kömür külü teslim edilmiştir. Bunun yaklaşık yüzde 10'u ABD'de uçucu kül olarak teslim edildi. 1996'da ABD'de betonda 7 milyon metrik tondan fazla kullanıldı Mali olarak, özellikle betonda kullanılma eğiliminde olması durumunda, makul olarak beklenebilecek bu minimum çaba külünün çoğunu kullanmak iyiye işaret etmektedir (Sheth, Goel, ve Pai 2014). Normal olarak, uçucu kül temel çimentoya betonun ağırlığına göre yüzde 15-35 oranında eklenmiş olup ancak barajlarda, silindire sıkıştırılmış katı asfaltlarda ve durma bölgelerinde kullanılan kütle çimentosu için yüzde 70'e kadar eklenmektedir. Betonda gelişmiş özellikleri garanti etmek için

uçucu kül seçiminde yaygın olmayan bir değerlendirme yapılmalıdır. Bu çalışmada sırasıyla iç katman ve dış katman için çoklu karışım tasarımları seçilmiştir. Çalışma, beton bir kano inşa etmek için gövde tasarımı, karışım tasarımı, inşaat ve diğer ilgili ayrıntılarla ilgili ayrıntılı bir açıklama sunmaktadır.

2. Materyal ve Metot

Çalışma kapsamında üretilen betonların hem su üzerinde yüzebilmesi hem de yeterli bir basınç dayanımına sahip olması hedeflenmiş ve bu amaçla 7 farklı karışım düzeni oluşturulmuştur.

2.1. Malzemeler

Çalışma kapsamında tasarımı yapılan ve üretilen karışımlarda bağlayıcı olarak çimento, silis dumanı ve uçucu kül kullanılmıştır. Kullanılan bu malzemelerin özgül ağırlıkları sırasıyla 3.18, 2.2 ve 2.6 olarak hesaplanmıştır. Agregası olarak ise karışıma hafif agregası (yapay), silis kumu, perlit ve cam agregası eklenmiştir. Bağlayıcı olarak kullanılan malzemeler ait kimyasal özellikler Tablo 1 de verilmiştir. Hafif agregası (yapay), silis kumu ve perlit için özgül ağırlıkları sırasıyla 2.3, 2.65 ve 0.4 olarak hesaplanmıştır. Cam agregası ise 4 farklı boyutta kullanılmış ve boyut dağılımları sırasıyla 1-2, 0.5-1, 0.25-0.5 ve 0.1-0.25 mm olarak sınıflandırılarak kullanılmıştır. Bu gruplara ait özgül ağırlıklar ise sırasıyla 0.4, 0.5, 0.65 ve 0.9 olarak elde edilmiştir. Ayrıca karışımların istenen işlenebilirlik özelliklerini gösterebilmesi için HRWR (yüksek performanslı akışkanlaştırıcı) hava sürükleyici ve Latex eklenmiştir. Bu kimyasallara ait özgül ağırlıklar ise sırasıyla 1, 1.1 ve 0.9 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 1. Çimento, Silis dumanı ve uçucu kül kimyasal özellikleri (Table 1. Chemical properties of cement, silica fume and fly ash)

Kimyasal özellikler (%)	Çimento	Silis Dumanı	Uçucu Kül
SiO ₂	21.06	90.35	61.23
AlO ₃	3.96	----	22.10
Al ₂ O ₃	----	0.72	----
Fe ₂ O ₃	0.35	1.31	7.11
CaO	65.28	0.46	1.49
MgO	1.43	----	1.72
K ₂ O	0.52	1.51	2.34
Na ₂ O	0.32	0.45	----
SO ₃	3.22	0.41	0.07
P ₂ O ₅	0.08	----	----
TiO	0.14	----	0.90
Cr ₂ O ₃	0.0033	----	----
Mn ₂ O ₃	0.0033	----	----
MgO	----	----	----
Kızdırma kaybı	3.54	3.11	2.6
Blaine (cm ² /g)	4530	2108	3790

2.2. Karışım tasarımları

Tüm bu bileşenler kullanılarak kano yapımında kullanılacak 7 farklı karışım üretilmiştir ve bu karışımların tasarımlarına ait bilgiler Tablo 2 de verilmiştir. Karışımların genelinde hafif agregası kullanımına özen göstererek su üzerinde kalabilme kapasitelerinin artırılması temel alınarak deneme yanılma yöntemi ile (tecrübi olarak) tasarımlar oluşturulmuştur. Bu

esnada her karışım bir önceki tasarım değerlendirilerek üretilmiştir. Üretilen karışımların su ile bağlayıcıları (s/b) oranları ise karışım-1 den -7 ye kadar sırasıyla 0.65, 0.41, 0.45, 0.45, 0.45, 0.41 ve 0.62 olarak kullanılmıştır. Ayrıca bu karışımlarda yine bağlayıcı dozajlarına bakıldığında karışım-den -7 ye kadar sırasıyla 390, 490, 463, 451, 478, 482 ve 397 kg/m³ olarak kullanılmıştır. Kullanılan hafif agregalar ise karışımların

içerisinde 576, 619, 587, 584 613, 628 ve 592 dm³/m³ hacim kaplamaktadır. Karışımlar üretildikten sonra kano yapımında kullanılmak üzere uygun mekanik özelliğe (basınç dayanımına) ve su üzerinde kalabilme kapasitelerine bakılmak üzere test edilerek Kano üretimine geçilmiştir.

Tablo 2. Karışım tasarımları (Table 2. Mix designs)

Malzeme Adı	Karışım-1	Karışım-2	Karışım-3	Karışım-4	Karışım-5	Karışım-6	Karışım-7
Bağlayıcılar				kg/m³			
Çimento	220	300	300	250	250	300	220
Silis Dumanı	90	80	75	90	70	75	90
Uçucu Kül	60	65	70	0	40	70	50
Su	240.5	182.45	200	153	162	182.45	222
Agregalar				kg/m³			
Hafif agrega (yapay)	40	0	0	0	0	95	40
Silis Kumu	50	0	80	100	0	0	40
Perlit	0	0	0	80	80	0	0
Cam agrega (1-2 mm)	60	60	60	50	55	60	60
Cam agrega (0.5-1 mm)	65	70	80	70	70	75	60
Cam agrega (0.25-0.5 mm)	90	105	100	60	65	90	90
Cam agrega (0.1-0.25 mm)	100	100	90	75	75	90	100
Kimyasal Katkılar				kg/m³			
HRWR	3.7	4.75	4.6	3.4	3.4	4.6	3.8
Hava sürükleyici	0.37	0.71	0.46	0.34	0.34	0.46	0.38
Latex	3.7	0	6	0	0	0	0

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

3.1. Numune deneyleri

Karışımlardan elde edilen numuneler 7 günlük su küri sonrasında test edilmiştir. Karışım-1 için üretilen numunelerin basınç dayanımı 150x150x150 mm küpte 8 MPa olarak elde edilmiştir. Karışım-2 de ise bağlayıcı malzemeleri arttırıp silis kumunu çıkardık ve yüksek mukavemet beklerken öyle olmadı, silis kumunun çok az kullanılması durumunda bile mukavemeti doğrudan etkilediği gözlemlendi. Elek aralıkları yakın malzemeler olmasına rağmen silis kumunun boşlukları çok güzel doldurmuştur. Karışım-2 için üretilen numunelerin basınç dayanımı 150x150x150 mm küpte 5.5 MPa olarak elde edilmiştir. Karışım-3 ile üretilen numuneler ilk etapta suda askıda kalamadı. Karışım-3 için üretilen numunelerin basınç dayanımı 150x150x150 mm küpte 11 MPa olarak elde edilmiştir. Karışım-4 de ise hem silis kumu hem de perlitli kullanıldığında, perlitin dolayı segregasyon hızlandığı çok fazla olduğunu ve su oranının da etkisinin aktif olarak etkisini gözlemlenmiştir Karışım-4 için üretilen numunelerin basınç dayanımı 150x150x150 mm küpte 6 MPa olarak elde edilmiştir. Karışım-5 te ise silis kumunu kullanmayıp perlit ve uçucu kül ile tasarım denendi. Perlitin bulunduğu bütün karışımlarda uçucu külü aynı anda kullandığımız basınç dayanımı ve yoğunluğu daha yüksek olduğu hesaplanmıştır. Daha da önemlisi bu karışım

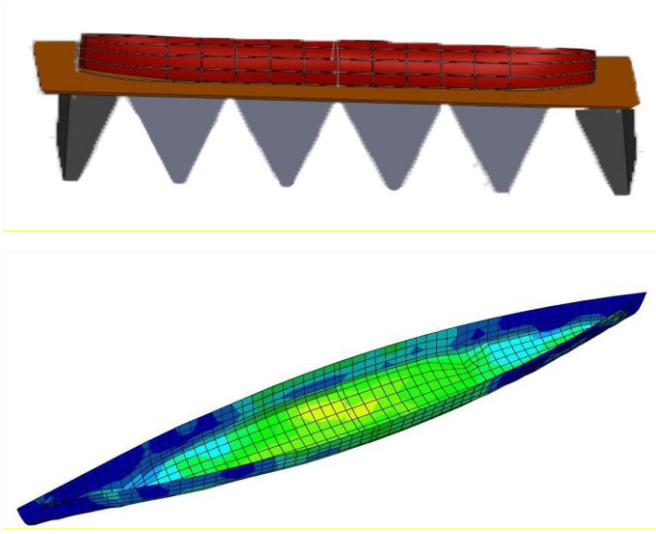
numunelerinde ayrışma olmayan numunelerde su üzerinde kalma özellikleri sağlanmıştır. Karışım-5 için üretilen numunelerin basınç dayanımı 150x150x150 mm küpte 7.2 MPa olarak elde edilmiştir. Karışım-6 da ilk kez hafif yapay agregası kullandık. Ayrıca için silis kumu ve perlitli karışımın çıkarılması uygun olarak değerlendirilmiştir. Bu agreganın silis kumuna göre daha hafif olmasının yansıra gördük ve mukavemeti doğrudan 150x150x150 mm küpte 9 MPa civarına çıkardığı tespit edilmiştir. Son karışım olan karışım-7 de ise yapay hafif agregası ile silis kumu birlikte denendi. Özgül ağırlığı nerdeyse 1 çıktı ve numune kurduktan sonra suda yüzmeye başladı (Şekil 1). 150x150x150 mm küpte 9 MPa civarına çıkardığı tespit edilmiştir.



Şekil 1. Karışım-7 ile üretilen numune görüntüleri (Figure 1. Sample images produced with Mix-7)

3.2. Kano tasarımı

Kanonun tasarımı, üzerindeki ölü yük, hareketli yük ve suyun kanoya uyguladığı yayılı yükün yapısal analizleri sonucu elde edildi. Ayrıca içerisinde arka arkaya oturacak 4 kişinin rahat hareket edebileceği uzunlukta, yine aynı şekilde yarışacak kişilerin rahatça kürek çekebileceği genişlikte bir tasarım yapılma yoluna gidildi. Kanonun 3 boyutlu modellemesi SolidWorks, statik çözümlemesi sap2000 ve kesit görünüşleri autocad programlarıyla çizildi. Tasarımlar yapılırken kanonun alabora olma riski minimize edilmeye çalışılırken $y=-x^2$ parabolü baz alınarak kanonun ovalleşme açısı belirlendi. Dalgalardan gelen yüklerin kuvveti yayarak yayılı yükten üçgensel yüke dönüşümü sağlandı (Şekil 2).

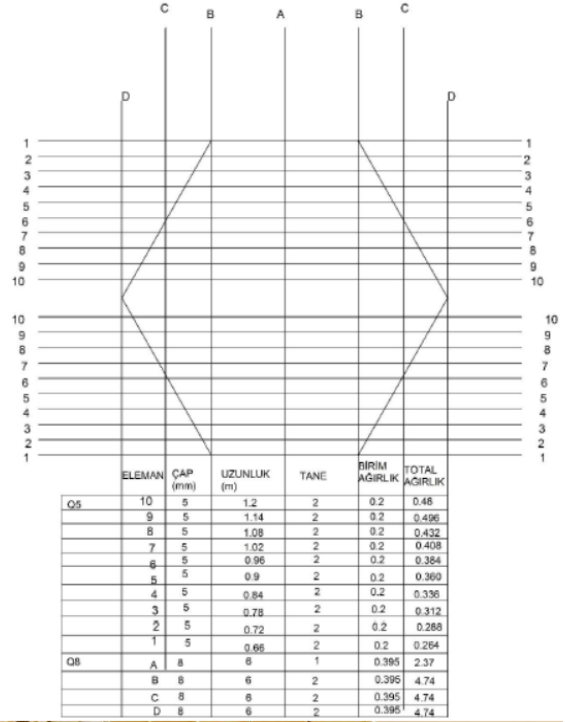


Şekil 2. Tasarım görüntüleri (Figure 2. Sample images from design)

Kanonun statik analizleri ilk olarak 2 erkek yüküne göre sonrasında ise 4 erkek yüklemesine göre yapılmıştır. Yapılan bütün analizlerde maksimum moment noktası kanonun ortasına denk gelmektedir. En kritik bölge ise orta noktanın ovalleşmeyle birleşen noktasıdır. Yapılarda deprem durumunda oluşan yatay yükleri yapıların sorunsuz karşılaması için rijitlik merkezi ile kütle merkezinin çakışması gerekmektedir. Kanonu da dalgalara bu şekilde karşı koyabilmesi için rijitlik merkezi ile kütle merkezinin çakıştırılmasına dikkat edilmiştir. Kanonun taban ovalliğinin fazla olmasının kanonun batan hacmini etkilediği prototip üzerinde yapılan testler sonucu elde edildi. Bu yüzden yapısal analizler sonucu elde edilen maksimum taban ovalliği verildi. Ayrıca kürek çekerken kanonun suda daha iyi ilerlemesi için ön ve arka kısmı sivri uçlu olarak tasarlandı. Yapılan statik analizleri sonucu kanon büyük bir bölümünün eğilme ve çekmeye karşı donatı tasarımı gerekliliği saptanmıştır (Şekil 3). Minimum boyuna donatı alan hesaplamaları sonucu 5'lik demirin yeterli geldiği görülse de güvenli tarafta kalmak için oluşturacağı ağırlık riske alınarak 8'lik demir donatı kullanıldı ve ek olarak karbon fiber hasır kullanıldı. Üretilen tasarıma ait donatı yerleşimi Şekil 4 de verilmektedir.



Şekil 3. Yapısal tasarım görüntüleri (Figure 3. Sample images from structural design)



Şekil 4. Yapısal tasarım sonucunda kullanılan donatılar (Figure 4. Reinforcements used as a result of structural design)

4. Sonuç

Uzun süren yoğun çalışmalar sonucunda üretilen kano su üzerinde yüzdürerek başarıya ulaşılmış bulunmaktadır (Şekil 5). Sonuç olarak normalde ortalama olarak 2400 kg/m^3 yoğunluğa sahip olan betonun yoğunluğunu önemli derecede düşürerek suda yüzdürülebilecek beton tabanlı araçlar üretilebilmiştir. Tasarımda betonun çekme dayanımının da donatılarla günümüz modern analiz programları kullanılarak tamamlanmıştır.



Şekil 5. Kano son hali ve yüzdürme esnası (Figure 5. Final condition for canoe production and during flotation)

Aggregate and Cementitious Materials with Styfoam And Rice Husk Ash Respectively.” *American Journal of Engineering Research* 3(1): 268–71.

Vijaya, Nagashree B S. 2016. “Development Light Weight Concrete by Blending with LECA and Cinder Development Light Weight Concrete by Blending with LECA and Cinder.” (January 2015): 2–4.

5. Teşekkür

Gaziantep Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dekanı Prof. Dr. Mustafa GÜNAL ve çalışma ekibindeki meslektaş ve aynı zamanda arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca, yarışmayı düzenleyen İstanbul Teknik Üniversitesine de bu çalışmaya vesile olduklarından dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Kaynakça

- Etili, Serkan, Selim Cemalgil, and Onur Onat. 2021. “Effect of Pumice Powder and Artificial Lightweight Fine Aggregate on Self-Compacting Mortar.” *Computers and Concrete* 27(3): 241–52.
- Ghadge, Mukesh Dattaram, and Vaibhav Dhondiram Kamble. 2015. “Floating Concrete by Using Light Weight Aggregates and Air Entraining Agent.” *International Journal of Engineering Research and V4(08)*.
- Jayakumar, Sanjay, Abhishek Kurian, Febin T Zachariah, and Philip Nivin. 2020. “Construction of Concrete Canoe Using Light Weight Aggregates.” *International Journal of Engineering Research and V9(04)*.
- Minapu, Lakshmi Kumar, M K M V Ratnam, and U Rangaraju. 2014. “Experimental Study on Light Weight Aggregate Concrete with Pumice Stone, Silica Fume and Fly Ash as a Partial Replacement of Coarse Aggregate.” *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology (An ISO Certified Organization)* 3(12): 18130–38.
- Neville, A.M., and J.J. Brooks. 2010. “Properties of Concrete.” *Building and Environment* 11: 442.
- Sheth, Ananya, Anirudh Goel, and B H Venkatram Pai. 2014. “Properties of Concrete on Replacement of Coarse