

Gelenekselden Moderne Geçiş ve Beton Gemilerin Doğuşu

Betonarmeden tekne yapımı bu teknolojinin doğuşu kadar eski. 1848’de ilk beton tekne imal edilmişti. O dönemden sonra duraklayan üretim 1. ve 2. Dünya Savaşlarında yeniden canlandı. Bugün aynı üretim gündemde olmasa da, bu teknolojinin imkanlarına işaret etmekteki önemi özellikle vurgulanmalıdır.



1

Z. Canan Girgin ■ Deniz ulaşımında beton gemi fikrinin ilham kaynağı aslında 1848’de Fransız J. Louis Lambot’nun beton kanosudur (Resim 2). Kümes teli üzerine çimento harcı sıvadığı kano, 1855’te Paris’teki Dünya Fuarı’nda sergilendiğinde büyük ilgi görmüştü¹. Ancak bu dönem ahşap gemiler çok revaçtaydı ve beton gemi fikri için daha zaman vardı. Avrupa’da 1880’lerden itibaren üretilen beton kanolar, 1900 sonrası buharlı nehir teknelerine evrilmiştir.

1900’lerin başlarında, okyanusun öteki tarafında, inşa işleri ile ilgilenen aynı zamanda tuğla yapımcısı olan Stephen Hayde, tuğla üretiminde kullandığı şistin yüksek sıcaklıkta genişlediğini, bunun da tuğla formu ve üretimini olumsuz etkilediğini farketmişti. İncelediğinde şişmiş tuğla içerisinde birbirinden bağımsız boşluklar gördü ve tuğlanın kırılarak betonda kullanılabileceğini

düşünerek 1914’te daha hafif, uygun dayanımlarda beton üretebildi. Bu gelişme betonda yapay hafif agrega kullanımının şafağıydı ve 2000 yıllık volkanik hafif agrega kullanım geleneğini yıkan yepyeni bir çözüm olacaktı. Böylece, tuğla fırınlarında yüksek sıcaklıkta kil, şist ve arduvaz agregalardan hafif agrega üretilebileceği fikri doğdu, yaptığı başarılı deneyler sonrası Şubat 1918’de ürettiği hafif agregaların (*Haydite*) patentini aldı ve haklarını Amerikan Federal Hükümeti’nin ücretsiz kullanımına açtı.

Bir yıl önceye dönersek: Hayde’nin, hafif agrega deneylerine devam ettiği 1917’de, Alman U-Boat’lar müttefiklerin 5000 civarı ticari gemisini batırmıştı. Acil şekilde ticari gemi üretilmesi gerekiyordu, ancak çelik temini önemli bir sorundu ve ticari gemiler çelik harici bir malzeme ile ekonomik olarak üretilmeliydi. Akla gelen alternatif betonu ama ağırlık gemiler için ciddi bir sorundu. Hafifletmek için doğal bazik

1 İnşası ardından "Palo Alto", 1920 (Kaynak: Norman L. McKellar Archives).

2 Joseph Louis Lambot tarafından tasarlanan beton kano, Musée des Comtes de Provence, Brignoles, Fransa, 2011 (Kaynak: Wikimedia Commons / CC BY-SA 3.0).

3 Denizde yol alabilecek ilk beton gemi Namsenfjord, Oslo, Norveç, 1917 (Kaynak: Norveç Ulusal Kütüphanesi - Namsenfjord no: 232).

4 Beton gemi inşası, yak. 1910 (Kaynak: Library of Congress - Prints and Photographs Division, Washington).

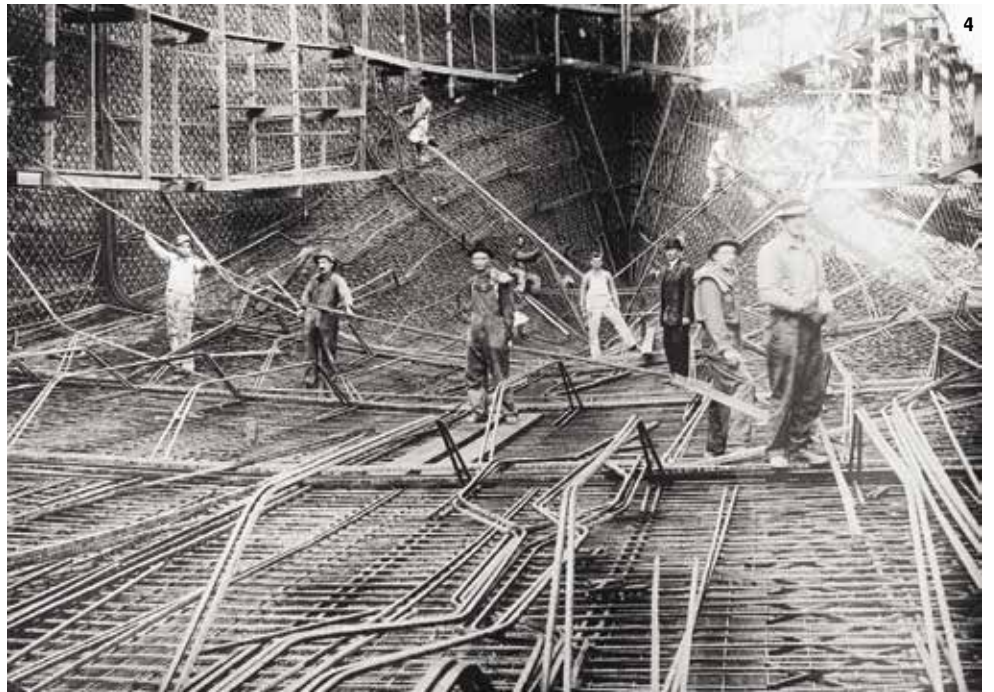
hafif agregalar (*scoria* tipi) kullanıldıysa da agregaların yüksek boşluk düzeyi nedeniyle 30 MPa üstü basınç dayanımı ve betonun geçirimsizliği sağlanamadı. ABD gözünü Avrupa'ya dikti. Norveç'de Nicolay Fougner, büyük tonajlı olmayan nehir teknelerinin ardından 25 m boyunda 400 tonluk "Namsenfjord" isimli ilk beton gemiyi Ağustos 1917'de denize indirdi (Resim 3). Sadece normal agrega kullanıldığı için bu gemi aslında ardılları için bir deneme niteliğindedir. Geminin başarısı görülünce Ekim 1917'de Nicolay Fougner beton gemilerin fizibilite analizleri ve danışmanlık yapması için ABD'ye davet edildi². ABD'de istenen gemi ölçeği çok daha büyük tonajlı, ince kesitli ve yoğun donatılı özellikle okyanus aşabilecek kargo ve tanker gemileriydi. Yapılan fizibilite çalışmaları; yoğunluğu 1760 kg/m³'ten daha az, yaklaşık 30 MPa basınç dayanımını karşılayan betonun uygun olacağını ortaya koydu; aynı yükü taşıyacak bir çelik gemiye kıyasla %50 daha az malzeme maliyetiyle³ (7500 tonluk tanker için donatılı beton 100 \$/ton, çelik: 200 \$/ton), gemi gerek kalifiye işçiliğe gerekse yoğun perçinli birleşimlere gerek kalmadan monolitik olarak üretilebilecekti⁴; boyama gereksinimi de yoktu. Şubat 1918'de Hayde, hükümete hitaben, geliştirilmiş kil kullanarak 1697 kg/m³ birim hacim ağırlık ile 28 MPa basınç dayanımının sağlanacağını yazdı. Böylece, buhar ve dizel ile çalışan beton gemilerin yapımı⁵ için düğmeye basıldı (Resim 4). Savaş sonrası 1920 yılına kadar toplam 12 gemi tamamlandı (Resim 5). Tamamlanan ilk gemi 102 m boyunda, buharla çalışan "Faith" idi; San Francisco-Vancouver arasında kömür ve tuz taşıdı (Resim 6, 7). Aralık 1918'de 300 tonluk "Atlantus", Haziran 1919'da ise en büyükleri olan 130 m, 7350 tonluk "Selma"⁶ okyanusa indirildi; geliştirilmiş şist kullanılan ilk gemiydi, üç yıl kesintisiz ham petrol taşıdı (Resim 8). Bu gemiler ticaret ile uğraşan özel şirketlere satıldı, sonrasında hepsinin kısa süren ayrı bir hikayesi vardır, okyanusta birkaç yılın ardından çelik gemilere yerik düştüler. Kıyıya oturtulanlardan "Palo Alto" bir süre gezi mekanı ve gece kulübü olarak faaliyet gösterdi (Resim 9). İçlerinden "San Pasqual" 1924'te bir Küba firması



2



3



4



5

5 Okyanusa indirilen tipik bir beton gemi (Kaynak: Library of Congress - Prints and Photographs Division, Washington).

6 Dünyanın ilk beton gemisi olarak inşa edilen "Faith", 1918 (Kaynak: Wikimedia Commons).

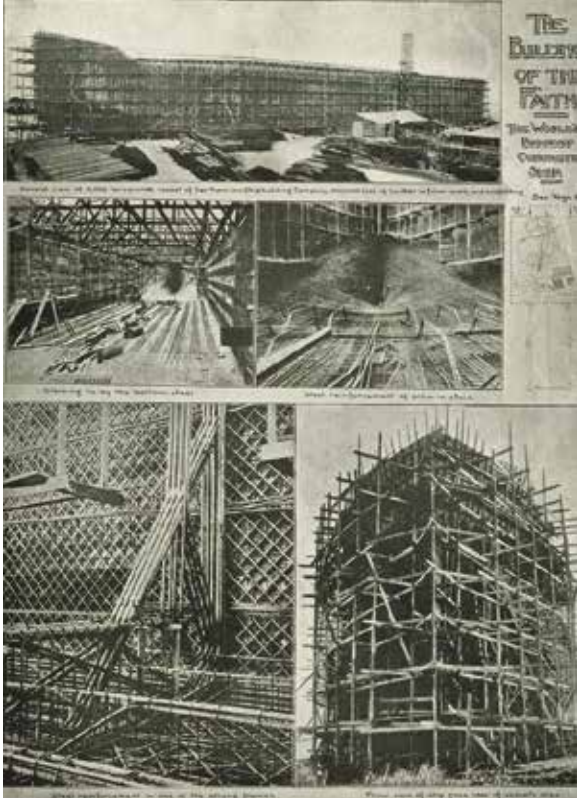
7 Denize indirilmesi ardından "Faith", 1918 (Kaynak: Wikimedia Commons).

8 Beton gemilerin en büyüğü ve geliştirilmiş şist kullanılan ilk gemi "Selma" (Kaynak: The Encyclopedia of Alabama).

9 Seacliff Beach'te kıyıya oturtulması ardından gece kulübü olarak hizmet veren Palo Alto'nun balo salonu "Rainbow Ballroom", Aptos, CA, ABD, 1936 (Kaynak: California State Parks Archives).

10 "Peralta" günümüzde (Fotoğraf: Iappino / ShipSpotting.com).

6



7



8



9





10

tarafından satın alındı, diğer gemilerin kaderinden farklı olarak 1990'larda 10 odalı bir otel olarak hizmet verdi.

Beton gemi yapımı 1922 yılı itibarıyla durdu ve geliştirilmiş yapay hafif agreganın ticari kullanımı yaygınlaşmaya başladı. Ancak beton gemi hikayesi burada bitmedi, 2. Dünya Savaşı yıllarında çelik kıtlığı nedeniyle yeniden gündeme geldi. Geliştirilmiş şist agrega kullanılarak, aradan geçen 30 yılın da hafif beton tecrübesi⁷ ile, daha hafif ve dayanımı daha yüksek gemiler yapılacaktı. Burada, 1. Dünya Savaşı sonrası inşa edilen toplam 12 geminin aslında biraz da deneysel amaçlı olduğunu belirtmemiz lazım (İnşa aşaması ve sonrasındaki gözlemlerden hareketle beton gemilerin çelik olanlardan daha hızlı üretilemeyeceği ve daha yavaş yol alacağı rapor edilmiş, o yıllarda American Concrete Institute beton gemilere 1-3 yıl ömür biçmişti). İnşaat süreci Temmuz 1943'te başladı, yüksek üretim hızı ile ayda bir gemi okyanusa indirildi. 2. Dünya Savaşı sırasında 104 gemi inşa edildi, bunlardan 80 adedi 140.000 tona varan devasa boyutlardaydı.

1. ve 2. Dünya Savaşı dönemi ve sonrasında ticari ulaşımı başarı ile gerçekleştiren beton gemiler, okyanusların ıssızlığına terkedilmiş olsalar da Stephen Hayde'in öncülük ettiği yapay hafif agrega teknolojisi günümüzde açık deniz petrol platformlarından, deprem bölgesi köprülerine kadar yeterli dayanım ve geçirimsizlik ile ölü yükleri hafifletme, daha geniş açıklık geçme ve darbeye dayanıklılık gibi nedenlerle geniş ölçekte kullanılmaktadır. Burada doğal (volkanik)

bir hafif agrega türü olan nitelikli *pomza* agregalarımızın da hakkını teslim etmemiz gerekir⁸.

Özetle 80-100 yıl önce üretilmiş bu gemiler; betonun dayanımı ve yıllara meydan okuyan dayanıklılığı⁹ ile, yapay hafif agregalı betonun kalitesini tescil etmiş, günümüzün teknolojilerine ışık tutmuştur.

■ Z. Canan Girgin, Prof.Dr., Yıldız Teknik Üniversitesi, Mimarlık Bölümü

Kaynaklar:

Bremner, T.W., Ries, J., "Stephen J. Hayde: Father of the Lightweight Concrete Industry", Concrete International, Ağustos 2009, s. 35-38.
Lavache, Mark L., "Concrete Ships", *DigitalCommons@URI*, University of Rhode Island, 1978.
Lewis, R., Bonderud, E., "'Namsenfjord' - The World's First Seagoing Concrete Ship", *The Crete Fleet*, 3.05.2023: [https://thecretefleet.com/f/namsenfjord-%E2%80%93-the-world%E2%80%99s-first-seagoing-concrete-ship?blogcategory=Concrete+Ships+-+Norway].
Sturm, R.D., McAskill, N., Burg, R.G., Morgan, D.R., "Evaluation of Lightweight Concrete Performance in 55 to 80 Year Old Ships", *High-Performance Concrete Research to Practice*, SP189 ACI, 2000.

Notlar:

1 Kano 3,6 m uzunluğunda idi ve 3-4 cm kalınlığında harç ile sıvanmıştı. O dönem üretilen kanolardan biri 1900 yılında Fransa'da gölde alttaki bir delikten su alıp batmıştı. 1955'te kuruyan göl yatağının içinde çamurdan çıkartıldığına hala sağlam, hasarsız olduğu görülmüştür.
2 Nicolay Fougner görevini Ekim 1917-Nisan 1918 aralığında gerçekleştirmiştir.
3 Yapılan bir fizibilite çalışmasında aynı yük taşıma kapasitesi için gemi ağırlıkları karşılaştırılmış; beton, ahşap ve çelik için sırası ile 2.500 ton, 2.300 ton ve 1.160 ton olarak belirlenmiştir.
4 Beton dökümü soğuk derz oluşumunu engellemek

için birkaç gün gece gündüz demeden devam etmiştir. Betonun dayanımını kazanması için gemi 3-4 hafta nemli olarak bekletilmiştir.

5 Gemilerde tümüyle geliştirilmiş hafif agrega kullanılmıştır (gevşek birim ağırlığı 1.100 kg/m³ olan ince ve 700 kg/m³ olan iri hafif agregalar).

6 Hafif agregalı betonun taze birim ağırlığı 1.905 kg/m³, 28 günlük silindirik basınç dayanımı 30,4 MPa ve elastisite modülü 23 GPa idi. İçerisinde çimentoya ilave olarak doğal puzolan da kullanıldı. Beton cidar kalınlığı tabanda 12,7 cm, yan taraflarda 10 cm idi, pas payı sadece 1,6 cm idi. Gemi, okyanusta geçen üç yılın ardından batırılarak Galveston Koyu'nda kısmen su altında bırakılmıştır. Okyanusta rüzgar ve gelgitin neden olduğu tuzlu ortamda, ıslanma ve kurumaya maruz kalmıştır. 1953'te gemiden karot numuneler alınmış, beton birim hacim ağırlığı 1760 kg/m³ olarak ölçülmüş, basınç dayanımının 55 MPa'a ulaştığı belirlenmiştir. Çok ince pas payına rağmen oldukça az korozyon gözlemlenmiştir. Testleri güncellemek amacıyla, 1980'de geminin dip tarafından ve yanda okyanus seviyesinin üst tarafından yeni numuneler alınmıştır; numunelerin yüzeyinde herhangi bir mikro çatlak oluşumuna rastlanmadığı belirtilmiştir. 60 yıl boyunca agresif koşullara maruz kalmış betonda basınç dayanımı 70 MPa, elastisite modülü 25 GPa ölçülmüştür.

Aynı zamanda geminin inşası, *slump* (çökme konisi) testinin geliştirilmesi için de önemli bir adım olmuştur.

7 1. Dünya Savaşı'nda üretilen beton gemilerde, ince agrega olarak da geliştirilmiş şist agregası kullanılmıştır. 2. Dünya Savaşı sırasında ise ince agrega olarak doğal kum kullanılmasıyla daha yüksek basınç dayanımlarına ulaşılabiliştir.

8 Yazarın deneysel tecrübelerine dayanarak.

9 1920'de üretilen "Peralta"nın betonuna ait mikroskop altında görüntü betonun bozulmadığını, kalitesini ortaya koymaktadır. 2. Dünya Savaşı'nda üretilen "Emile Vidal"ın günümüzde ölçülen karbonatlaşma derinliği 1 mm'den azdır. Muhtelif gemilerden alınan karot dayanımları 50-60 MPa aralığında bulunmuştur.