

Makalenin Geliş Tarihi : 06.01.2010
Makalenin Kabul Tarihi : 16.12.2010

FERROCEMENT SU TANKLARININ TASARIMI VE YAPIMI

İlker Bekir TOPÇU¹, Serkan SARİBEK²

ÖZET : Ferrocement genel anlamda donatılı bir harç çeşididir. Ferrocement birçok alanda insanların sosyal, ekonomik ve kültürel ihtiyaçlarına cevap vermektedir. Sulama kanalı ve su tankı yapımında dünyanın birçok yerinde kullanılmıştır. Özellikle suyun depolanmasının zorunlu olduğu bölgelerde, yapımı basit ve maliyeti düşük olduğu için, ferrocement ile su tankı yapmak daha avantajlı olmuştur. Çelik su tanklarıyla karşılaştırıldığında ferrocement tanklar bakım gerektirmez. Ayrıca yapının ağırlığı da daha düşüktür. Ferrocement su tanklarının en önemli karakteristik özelliği geçirimsizliğidir. Duvarların dayanıklılığı, depoların 5 günlük bir süre boyunca artarak su ile doldurulması (bir seferde % 20 olmak üzere) ve her aşamada performansın gözlenmesi suretiyle belirlenir. Çatının dayanıklılığı ise bir ay sonra yarım saatlik bir süre boyunca, iki tondan ağır çimento torbaları yüklenerek belirlenir.

ANAHTAR KELİMELEER: Ferrocement, su tankı, tasarım ve yapım

DESIGN AND CONSTRUCTION OF FERROCEMENT WATER TANKS

ABSTRACT : Ferrocement is known as a type of mortar in common sense. Ferrocement satisfies social, economic and cultural requirements of human being. It is used in building of irrigation channel and water tank in world wide. Especially in the areas necessary to store water, because of building simplicity and low cost, it is more advantageous to build water tank with ferrocement. If compared with steel water tanks, ferrocement tanks do not require maintenance. Furthermore, the building weight much less. The most important characteristic of ferrocement water tanks is impermeability. The strength of the walls is determined by filling the tanks progressively with water over a span of 5 days (20% at a time) and observing the performance at each stage. Although the strength of roof is determined by loading with over two tons of cement bag for a period of half an hour after a month following completion of the tank.

KEYWORDS : Ferrocement, water tank, design and construction

^{1,2} Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, İnşaat Müh. Blm., Meşelik Kamp., 26480 ESKİŞEHİR

I. GİRİŞ

Ferrocementin tarihi 1848 yılına dayanmaktadır. 1852 yılında Joseph Louis Lambot; metal örgüleri ve donatıları birbirine bağlayarak elde ettiği hasır örgüler üzerine hidrolik çimento kullanarak sandal, çiçek saksısı, sandalye gibi kompozit elemanlar üretmiştir [1]. “Ferciment” adını verdiği bu uygulamanın patentini almıştır. Ferrocement genel anlamda donatılı bir harç çeşididir. Matris olarak adlandırılan, liflerle güçlendirilmiş kompozit bir yapı malzemesidir. Gevrek olan matris elemanının liflerle güçlendirilmesi yeni bir fikir değildir. Tarihte tuğla yapımında kullanılan harç içinde saman uygulamasının, geleneksel portland çimentolu betondan önce geldiği bilinmektedir. Belirli aralıklarla sıralanmış demirler üzerine, çok katlı kümes tellerin bağlanması ve tüm donatının harçla sıvanması sonucu elde edilir. Bu yüzden ferrocement; ”ferro-beton” (demirli beton) olarak da adlandırılır. Donatı olarak metal tel örgüler veya uygun bir malzeme kullanılabilir. Donatı olarak genellikle çelik çubuklar kullanılır.

Donatı olarak kullanılan güçlendirici örgüler çeşitli şekil, boyut ve çaplarda olabilmekte, kat sayıları istenildiği kadar seçilebilmektedir [2]. Ferrocementi oluşturan çimento harcında kaliteli bir çimento, 0-4 mm’lik iyi granülometrilik temiz ve ince taneleri fazla olan kum ve karma suyu olarak ise, temiz bir su kullanılmalıdır. Genel olarak ferrocementte, tel örgüler ya da küçük çaplı çelik donatıların birbirine yakın olarak bağlanmasıyla oluşturulan çelik iskelet üzerine, çimento harcının kaynaşarak pekişen sağlam bir yapı tarzı vardır.

Ferrocement, betonarmeden farklı bir malzemedir. Bu yüzden, performans olarak betonarmeden farklı bir davranış gösterir. Bu nedenle dayanım ve potansiyel uygulama olarak farklı bir yapı elemanıdır. Düzgün boyutlandırılmış ferrocement yapı elemanlarında donatılar ve küçük çaplı tel örgüler kompozit içinde üniform olarak dağılarak elemanın her tarafına yayılır. Gevrek matristeki liflerin dağılımı kompozit kırılma, eğilme, çarpma, yorulma dayanımı ve sertlik gibi mühendislik özelliklerinde ve elemanların üretim aşamasında avantajlar sağlar. Betonarmeden farklı bir davranış göstermesi, yüksek teknik özelliklere sahip olması gibi yararlarından dolayı, kullanımında dünyada yeni bir bakış açısı oluşturmuştur.

Bu malzemenin ardındaki temel düşünce şudur. Beton büyük gerilmelere, donatıların yardımıyla dayanabilir ve bu gerilmelerin büyüklüğü, donatıların dağılımı ve bölümüne bağlı olarak beton

kütlenin her yerine yayılır. Kullanılan tel örgüler 0,5-1 mm çapındadır ve bu tel örgüler 5-25 mm aralıklarla yerleştirilebilir. Örgülerin dağılım yüzdesi ise % 1-8 arasındadır. Ferrocement bölgenin kalınlığı 10-40 mm arasındadır. Tellerin paspayı 1,5-2 mm'dir. Beton harç ise klasik Portland çimentosuyla hazırlanır.

Bu çimento harcında, ince taneli doğal kum kullanılarak tel örgülerin aralarının dolması sağlanmalıdır [3]. Ferrocement, mekânsal alanların yapılmasında avantajlı bir yapı malzemesidir. Çünkü ferrocementin mekanik özellikleri ve dayanıklılığı klasik betonarmeye oranla daha iyidir. Limit yükleme değerlerinde ferrocement; homojen elastik bir eleman olarak davranır ve bu limit değerler normal betona oranla çok büyüktür. Üniform dağılım ve büyük yüzey alanı ile donatı, ferrocementin kırılma mekanizmasını etkiler. Bu kırılma değerlerine, yüksek gerilme değerlerinde ulaşılır. Yakın zamanda yapılan çalışmalardan kısa çelik liflerin ferrocementin ilk çatlak dayanımını artırdığı görülmüştür. Ferrocementin taşıma gücü tel örgülerin oranına bağlı olarak değişir [4]. Güçlendirme çelik ağ tabakalarının çoğunlukla ikisinin ortasında aralarında sandviç şeklinde çelik güçlendirme çubuklarından oluşur [5].

Ferrocement, birçok alanda insanların sosyal, ekonomik ve kültürel ihtiyaçlarına cevap vermektedir. Ferrocementin uygulama alanları; Balıkçı ve yük tekneleri ile kayıklarda, şeker, tahıl, un ve içme suyu gibi gıda depolarında, kırsal enerji uygulamalarında, sıvı ve doğal gaz tanklarında, fermantasyon tanklarında, konut yapımında ve park bahçe düzenlemelerinde dekoratif kaplamalarda, su ve altyapı çalışmalarında, kazı tamirlerinde, beton inşaatlarında kalıp olarak, havalandırma tünellerinde ve baca yapımında kullanılmaktadır.

Ferrocement; sulama kanalı ve su tankı yapımında dünyanın birçok yerinde kullanılmıştır. Özellikle suyun depolanmasının zorunlu olduğu bölgelerde, yapımı basit ve maliyeti düşük olduğu için, ferrocement ile su tankı yapmak daha avantajlı olmuştur. Hindistan'da 20 ile 2000 galon (yaklaşık 75 ile 7500 litre) kapasiteli ferrocement su tankları üretilmiştir. Singapur, Bangladeş ve Saloman Adaları'nda yüksek binaların üzerine ferrocementten yapılmış su tankları konulmaktadır. Güney Pasifik'te ve Saloman Adaları'nda 4000 ile 5000 galon (yaklaşık 15000 ile 19000 litre) kapasitelerinde su tankları üretilmiştir.

II. FERROCEMENT TANKLARIN ANALİZİ VE PROJELENMESİ

Su tanklarının (15 mm'den fazla açıklıklarda) analizi ve yerleştirilmesi için sonlu elemanlar yöntemiyle çözüm aşamasında, tank çapları 30-50 m arasındaysa, 10 m aralıklı, tankın derinliği boyunca 2-6 m arasındaysa, 1 m aralıklı elemanlar seçilir. Bu tip tankların projelendirilmesinde, serbest açıklıklarda, uygun genişlikteki panel elemanlardan yararlanıldığı görülmüştür. Bunun yanında, panel sayısı arttıkça her bir panelin ağırlığı azalmış olur. Böylece paneller kolayca yerleştirilebilir. Bu işlemler kolayca yapılabildiği halde, diğer birçok panelde yapısal zorluklar nedeniyle, en uygun ve gerekli panel sayısı seçilenden farklılık gösterebilir. Diğer özelliklere göre, tankların panel sayıları ve toplam ağırlıkları iki önemli parametredir. Genellikle paneller projelendirilirken 2 m uzunluğunda seçilirler. Yapılan bir çalışmada 30 m çapındaki bir tank için 52 panel hesaplanmıştır. Diğer iki çapta tahmin edilen panel sayısı 56-60 kadardır. Ferrocement tanklarda, dış kapakların dışında paneller, su tankının altında kullanılan dairesel kiriş, su tankının en üstünde kullanılan dairesel kiriş, su tankının yatay kaburgasını oluşturan donatı gibi önemli elemanlar da vardır.

Paneller ferrocementten yapılmasına karşın, diğer üç eleman betonarme olarak yapılmaktadır. Küçük moment ve kayma gerilmeleri bu elemanlara bağımlı olarak meydana gelmektedir. Projelendirilirken çatlak kontrolü yapılmalıdır. Yatay kaburgayı oluşturan donatının projelendirilmesinde eksantrik gerilme elemanlarının dış yüzünde çatlak oluşmasına izin verilebilir. Su tankının üstünde kullanılan kirişin en üstündeki tabaka, suyla mümkün mertebe az temas etmelidir. Bu kısımda sızıntı olmamalı ve buna göre hesaplama yapılmalıdır. Ferrocement panellerde çatlak oluşmayacak bölümler projelendirilirken, yatay kaburgada birleşim yerlerinde en büyük momentlerin oluşacağı dikkate alınmalıdır. Panellerde oluşacak diğer momentler önemsizdir.

Türkiye'deki ferrocement su depolama tanklarının ekonomik analizi, Ortadoğu Teknik Üniversitesi'nde Eylül 1989 yılında yüksek lisans tezi olarak Ali Ataç tarafından hazırlanmıştır. Bu tezde Türkiye koşullarında ferrocement su tanklarının maliyet hesapları teoriksel ve deneysel olarak araştırılmıştır. Bu araştırmanın sonucuna göre, Türkiye'de ferrocement su tanklarının klasik yöntemle yapılan su tanklarına göre % 30, sac ve polyester esaslı su tanklarına göre % 50 daha ucuzdur.

III. FERROCEMENT SU TANKI MALZEMELERİ VE YAPIMI

Ferrocement su deposunun yapımı altyapı, duvar ve çatı olarak üç kısma ayrılır. Altyapı için şantiye yeri seçimi önemlidir. Şantiye, çevresinden daha yüksek bir alanda bulunmalıdır. Diğer önemli konular içinde su sağlama kaynakları, suyun dağıtılacağı alanlar, sel olasılığı ve inşaa işinin pratik yönleri yer almaktadır. Şantiye temizlenmeli, gevşek yüzeyler uygun şekilde sıkılaştırılmalı ve aynı yüksekliğe getirilmelidir. Gerekirse, alan korunmalı ya da çevresi çitle çevrilmelidir. Gerek duyulan altyapı türü, coğrafi alan, toprağın durumu ve deponun boyutuna bağlı olarak değişebilir. Altyapıyı hazırlama aşamaları kapsamında altyapının çevre uzunluğunun (dairesel halka) yeri işaretlenir, blokları hazırlanır, dikey demir çubukları yerleştirilip delikleri çimento harç ile boşluğu, toprak/kum ile doldurulur (Şekil 1). Düşük dozajlı beton, altyapının üzerine geçirilecek olan beton levha için temel düzey ve su sızdırmaz bir tabaka sağlayacaktır. Bu tabaka, altyapının üzerine yerleştirilmelidir. Genellikle, 5-6 cm kalınlığında düşük dozajlı beton kullanılır (Şekil 2) [6].



Şekil 1. Altyapının hazırlanması



Şekil 2. Beton kaidenin Hazırlanması

Döşeme donatısı ya son yerinde ya da son yere yakın bir yerde hazırlayıp son yere taşıma suretiyle hazırlanır. Donatıyı taşımak ve yerleştirmek için genellikle 4-6 kişiye gerek vardır. L-şeklindeki demir çubuklar, hem dayanıklılık hem de inşa edilebilirliği arttırmak için kullanılır. Uzun dikey demir çubukları (1-2,5 m) taban döşeme donatısına bağlamak bu aşamada zordur. Daha kısa/hafif olan L şeklindeki demir çubukları, taban döşemesi donatısına bağlamak daha kolaydır. L şeklindeki her demir çubuk için bir ya da iki tel parçası gerekmektedir. İki adet

taban döşeme donatısı katmanı, son yerlerine yerleştirilir. Katmanlar arasındaki uzaklık, kırmataş veya çakıl taşları ya da ön dökümlü parçalardan oluşan küçük ayırıcılar kullanılarak kontrol edilir (Şekil 3). Merkezi kolon için dikey çubuk yerleştirilir ve taban döşemesi için çubuk donatı, merkez kolon ve çevresel L şeklinde demir çubukların bağlanmasından sonra, taban döşemesine beton dökülür. Yüzey, kürek ile iyice düzleştirilmelidir. Beton, şantiyede karılabilir ya da hazır beton kullanılabilir (Şekil 4) [6].



Şekil 3. Taban Döşemesi İçin Çubuk



Şekil 4. Döşemenin Dökümü

Yükseklik arttıkça su basıncının düşmesi nedeniyle, gerek duyulan donatı miktarı da yüksekliğe göre değişir. Alçak kısımda demir çubuklar sıkı aralıklarla yerleştirilirken, yükseklik arttıkça açıklık arttırılabilir. Bu nedenle, iki farklı (ancak aynı çaplı) dikey demir çubuk vardır. İlk tür, süpürgelikten yalnızca 1 metreye kadar uzar ve diğer tür de, duvarın en üst noktasına kadar uzarken ek bir parça da çatıya kıvrılır. Bu demir çubuklar, inşaat teli ile L şeklinde demir süpürgelik çubuklarına bağlanır. İlk aşamada en yukarıdaki dairesel halkayı tutmaya yetecek kadar demir çubuk dikmek ve sonra geriye kalan dikey demir çubukları dikmek uygundur.

Üst ve alt halkalar artık dikey çubuklar için ankrajı sağlamaktadır. Duvara her 45 derecelik açıda ek burkulma direnci sağlamak için çelik profiller kullanılmaktadır. Bu profiller, boş kısım içe doğru bakacak şekilde yerleştirilmelidir (sıvayı kolaylaştırmak için). Bu profillerin yüksekliği, duvarın yüksekliğine eşit olacaktır. Sığ çatı makası, bu profiller ile tepeden kaynaklanır (Şekil 5). Kümes hasırı rulolar halinde satılır. Normal koşullarda, iki tabaka kümes hasırı kullanılır. Hasır, duvar ve diğer rijitlik elemanlarının çevresine sarılır ve birkaç yerden

inşaat teli ile bağlanır. Alttan başlayarak yukarı doğru gitmek uygundur. Süreksiz uçlarda yaklaşık 10 cm'lik bindirme önerilmektedir. Sıvaya başlamadan önce, hem iç hem de dış katmanlar yerleştirilmelidir (Şekil 6) [7].



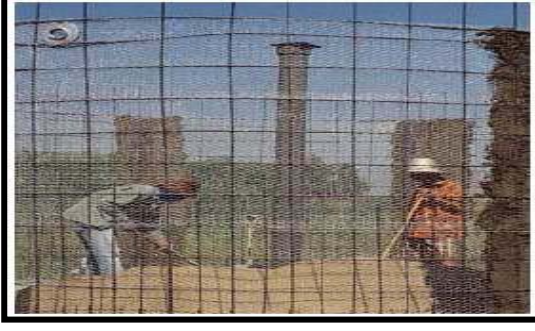
Şekil 5. Takılmış Hasır Tel



Şekil 6. Dikey Güçlendirme Çubukları

Merkezi kolonların seçilmesi, hazırlanması ve takılması için farklı seçenekler vardır. Merkez kolon; sadece betondan, beton doldurulmuş galvanize demir boru, sadece boru, düzgün boyanmış çelik boru/tüp ya da harç doldurulmuş seramik borudan yapılabilir. Seçime etkiyen temel faktörler, dayanıklılık, paslanmaya karşı korunma ve işlenebilirliktir. Boru ya da tüpün harç dolgusu ilave güçlendirme çubuklarına bazen gerek duymayabilir. Hazırlanma için iki yöntem bulunmaktadır: kolon tamamıyla dışarıda hazırlanıp son yerine sabitlenebilir ya da alternatif olarak, çubuk donatının yerleştirilmesi ve üst plakanın takılması dâhil tüm iş, kolon dikildikten sonra yapılabilir (Şekil 7).

Duvar donatısı ve merkez kolonun dikilmesi işlemleri tamamlandığında, duvar sıvanmaya hazırdır. Sıvama işleminde ilk aşama harcın uygun kıvamda hazırlanmasıdır. Önce iç cepheyi, sonra dış cepheyi sıvamak daha kolaydır. Sıva, duvarcı tarafından harcı hasır katmanlarının arasına iterek yapılır; bu arada, yardımcısı da, dışarıda aynı yere denk gelen alanda kontrplak/tahta kalas tutar. Kenarlar ve halkalar sıvanırken (Şekil 8), ileride sızıntı olmaması için, çok özen gösterilmelidir [7].



Şekil 7. Merkez Kolonun Takılması



Şekil 8. Duvarın Sivanması

Çatıyı kuvvetlendirmek için, dikey ve çapraz kaynaklı demir çubuklardan oluşan çatı makası kullanılır. Makasın imalatı, genellikle, üst ve alt kirişlerin dikey olarak ve çaprazlama kesilmesi, bükülmesi ve kaynaklanmasını içerir. Çatı makasları, alt uçta C-elemanları ile kaynaklanır. Diğer uçta ise kolonun en üst bölümü taban plakası ile kaynaklanır. Makaslar için demir çubuklar kesilirken, C-elemanları ile kaynaklamayı kolaylaştırmak için ek parçalar lazımdır. Bu makaslara, boylarının yarısı yüksekliğindeki bir uzaklıktan, benzer makaslar tarafından yanlamasına bağlama vurularak bir sekizgen oluşturulur. Kaynaklamanın zor olması durumunda, kaynak yerine vida ve civata gibi daha basit yöntemler kullanılabilir (Şekil 9) [8].



Şekil 9. Çatı Makaslarının Montajı

Ana ve ikna çatı makasları yerleştirildikten sonra, çatı için çevresel ve bunlara dik ışımsal demir çubukların yerleştirilmesi gerekir. Işımsal demir çubukların bazıları, çatı yüzeyi boyunca

boylarının yarısı yüksekliğinde kısaltılabilir. Duvar yüksekliğinin üzerine uzanan dikey demir çubuk parçaları, çatıya doğru bükülür. Kontrol, temizlik ve tamir amaçlı olarak deponun içerisine erişim için en azından bir adet giriş rögarı yapılmalıdır. Giriş ya da havalandırma borularının tamiri için Şekil 10'daki gibi ek bir çıkış deliği inşa edilebilir [8].



Şekil 10. Çatı Çıkışı

Çatı makasları temel olarak iki işlev görür: inşa işlemi sırasında, ıslak çatı yüzeyine destek görevi görür ve yapının var olduğu süre boyunca da güçlendirme çubuğu olarak işlev görür. Bu nedenle, ana ve destek makasları, çatı yüzeyi sıvanmadan önce sıvanırlar. Bu makasların sıvanma süreci, duvarların sıvanma sürecine benzer. Tıpkı duvarlar gibi, çatı da, çalışma alanının alt tarafına yerleştirilen kontrplak/tahta kalas ile yukardan aşağı doğru sıvanır. Bu, tahta kalas/kontrplağın desteklenmesi için geçici bir kalıp gerektirir. Kalas/kontrplak, 2-3 kazık ile desteklenebilir (Şekil 11). Daha önce de anlatıldığı gibi, çatıda, çalışma alanının alt tarafına yerleştirilen bir kontrplak/tahta kalas tabakası ile yukarıdan aşağı doğru sıvanır. Önce makasın yakınındaki alanın sıvanması ve daha sonra yan alanlara geçilmesi önerilir (Şekil 12) [8].



Şekil 11. Çatı İçin Geçici Kalıp



Şekil 12. Çatının Sıvanması

Yüzeyin bitirilmesi için, fazlalık harçlar ve engebeli yüzeyler fırça ile temizlenmelidir. Son olarak, deponun dış kısmı, tercih edilen tonda çimento katmanı ile boyanmalı ve pervazın çevresi, en üstte, bir çim tabakası ile geri dolgu yapılmalı ve yağmur suyunun birikmesini önlemek için boşaltma sistemi oluşturulmalıdır (Şekil 13) [8].



Şekil 13. Tamamlanmış Ferrocement Su Deposu

Ferrocement su tankı yapmak için gerekli olan belli başlı malzemeler çekiç, tel fırça, boyama fırçası, balyoz, keski, testere, kürek, teneke makası, el arabası, çivi, kova, mala, galvanize bağlama teli, çimento, kümes teli, demir, kum, elek, kontrplak ve borudur.

IV. SONUÇ VE ÖNERİLER

Ferrocement, betonarmeden farklı bir malzemedir. Bu yüzden betonarmeden farklı bir davranış gösterir. Ferrocementin mekanik özellikleri ve dayanıklılığı klasik betonarmeye oranla daha iyidir. Limit yükleme değerlerinde ferrocement; homojen elastik bir eleman olarak davranır ve bu limit değerler normal betona oranla çok büyüktür. Üniform dağılım ve büyük yüzey alanı ile donatı, ferrocementin kırılma mekanizmasını etkiler. Bu nedenler ferrocementin mekânsal alanların yapılmasında kullanılmasını avantajlı hale getirir. Ferrocement çok çeşitli kullanım alanlarına sahiptir [9-23]. Böylece, beton teknolojisi ve uygulama açısından çeşitli avantajlar elde etmek mümkündür. Ancak, bu çalışma kapsamında ferrocement kullanılarak üretilen su tankları ve bunların yapımındaki aşamalar anlatılmıştır.

Bu açıdan bakıldığında Ferrocementin; sulama kanalı ve su tankı yapımında dünyanın birçok yerinde kullanıldığı görülmektedir. Özellikle suyun depolanmasının zorunlu olduğu bölgelerde, yapımı basit maliyeti düşük olduğu için, ferrocement ile su tankı yapmak daha avantajlı olmuştur. Ferrocement su tanklarının en önemli karakteristik özelliği geçirimsizliğidir. Bu özelliği de, su saklanan depolarda oldukça önemlidir. Geçirimsizlik hijyeni kolaylaştırdığından, bu malzemeler sürekli kullanılabilir.

Beton ve çelik gibi geleneksel su tanklarıyla karşılaştırıldığında ferrocement tankların maliyeti daha düşüktür. Ayrıca yapının ağırlığı da daha düşüktür. Çelik su tanklarıyla karşılaştırıldığında ferrocement tanklar bakım gerektirmez. Türkiye'deki ferrocement su depolama tanklarının ekonomik analizi sonucuna göre ferrocement su tanklarının klasik yöntemle yapılan su tanklarına göre % 30, saç ve polyester esaslı su tanklarına göre % 50 daha ucuz olduğu sonucuna varılmıştır. Ferrocement tanklar projelendirilirken kurulan tankın boyutları, kapasiteye göre belirlenmeli, tel donatının E-modülünün belirlenmesi için, kompozit malzemenin, Poisson oranının sıfır alınması veya normalde 0,12-0,18 arasında alınması gerekmektedir. Kabuk levha tabakaların denklem ve sınır koşullarına göre, uygun çözümlerin bulunması gerekmektedir.

Çemberin en büyük gerilmesi hesaplanarak, ilk çatlağın izin verilen sınırlar içerisinde kalıp kalmadığının ve momentin değiştiği büküm noktalarının belirlenmesi gerekmektedir.

Tankların çatılarında sıcaklık değişimleri nedeniyle oluşan kritik kuvvetleri, toprak etkisini, iklimsel faktörleri, yapım aşamasında dikkate almak gerekir. Ferrocementi oluşturan çimento harcında kaliteli bir çimento, 0-4 mm'lik iyi granülometreli temiz ve ince taneleri fazla olan kum ve karma suyu olarak ise temiz bir su kullanılmalıdır. Ferrocementin taşıma gücü tel örgülerin oranına göre değişir. Tel donatının miktarını artırmak veya azaltmak için ve ağ tabakasının sayısını uygun, güvenilir sınırlar içerisinde kalacak şekilde ayarlamak gerekmektedir.

V. KAYNAKLAR

- [1] UNIDO, "Boats from Ferrocement", *Utilization of Shipbuilding and Repair Facilities Series*, No.1, United Nations, New York, 1972.
- [2] İ.B. Topçu, "Deprem Bölgeleri İçin Hafif Betonla Ferrocement Çadır Yapımı", Osmangazi Üniversitesi, Müh.-Mim. Fak. Dergisi, Cilt XIII, Sayı 1, ss. 1-13, 2000.
- [3] B.R. Walkus, T.G. Kowalski, "Ferrocement: A Survey", *Concrete Cement-Concrete Association of London*, pp. 48-52, February 1971.
- [4] P. Paramasivam, G.K. Nathan, S.L. Lee, "Influence of Discrete Fibres on Behaviour of Ferrocement", Proc. of the Intern. Conf. on Low-Income housing Technology and Policy, pp.1095-1105, Bangkok, Thailand, June 7-10, 1977.
- [5] İ.B. Topçu, B. Işıkdag, E. Abi, Ö. Tatar, "Yapıların Depreme Karşı Güçlendirilmesinde Kullanılan Ferrocement Panellerin Özellikleri", Kocaeli Deprem Sempozyumu, Özler Kitabı, s.166, Kocaeli, 23-25 Mart 2005.
- [6] Large Ferrocement Water Tank-United Nations High Commissioner for Refugees (UNHCR), pp. 10-11, July 2006.
- [7] Large Ferrocement Water Tank-United Nations High Commissioner for Refugees (UNHCR), pp. 10-13, July 2006.

- [8] Large Ferrocement Water Tank-United Nations High Commissioner for Refugees (UNHCR), pp. 13-15, July 2006.
- [9] M.K. Hurd, "Ferrocement-Boatbuilding and Beyond", *Concrete Construction*, p. 4, April 1977.
- [10] R.G. Morgan, "History of and Experience with Concrete Ships", *Proceedings of the Conference on Concrete Ships and Floating Structures*, Berkeley, University of California, pp. 3-16, September 1975.
- [11] S.T. Erdoğan ve T.Y. Erdoğan, "Birinci Dünya Savaşı Yıllarında İlk Kez Yapılan Beton Gemiler", *Hazır Beton*, THBB, ss. 54-56, Mayıs-Haziran 2006.
- [12] J.A. Campell, "American Beton Gemi İnşası", *Betonart, Beton ve Mimarlık Dergisi*, TÇMB Yayınları, Sayı 4, ss. 79-85, 2004.
- [13] National Academy of Sciences, "Ferrocement Applications in Developing Countries", A Report of an Ad Hoc Panel of the Advisory Committee on Technological Innovation, BOSTID, Washington, D.C., 1973.
- [14] Anon, "Hong Kong: Roslyn I-Ferrocement Trawler", *Fishing News International*, p. 33, July 1971.
- [15] T. Özturan ve F. Kocataşkın, "Ferrocementin Konut Yapımında Kullanılma Olanakları", Türkiye İnşaat Mühendisliği 5. Teknik Kongresi, Cilt 1, Ankara, 1987.
- [16] "Ferrocement Applications in Developing Countries", A Report of an Ad Hoc Panel of the Advisory Committee on Technological Innovation, Board on Science and Technology for International Development, *National Academy of Sciences*, Washington DC, p. 90, 1973.
- [17] İ. Uslu, "Ferrocementin Zirai Amaçlı Yeni Kullanım Alanları", *Osmangazi Üniv., Fen Bil. Ens.*, s. 74, Eskişehir, Kasım 2001.
- [18] İ.B. Topçu, "Hafif Betonla Ferrocement Kano Yapımı", X. Mühendislik Sempozyumu, İnşaat Mühendisliği'99, Süleyman Demirel Üniversitesi, ss. 351-359, Isparta, 1999.
- [19] İ.B. Topçu, M. Canbaz ve A.R. Boğa, "Deprem Bölgelerinde Kullanılabilecek Ferrocement Çadırlar", Kocaeli Deprem Sempozyumu, Özler Kitabı, s.167, Kocaeli, 23-25 Mart 2005.

- [20] İ.B. Topçu ve A. Uğurlu, “Tel Donatılı Örgülerle Güçlendirilmiş Önyapımlı Bir Beton Kompozit: Ferrobeton”, *Çimento ve Beton Dünyası*, TÇMB, Yıl 9, Sayı 52, ss. 34-41, Kasım Aralık 2004.
- [21] İ.B. Topçu ve B. Işıkdag, “Beton Kent Mobilyalarının Özellikleri”, *Yapı*, Sayı 318, Mayıs 2008.
- [22] E. Erant, “Building a Ferro-Cement Boat for Fishing in Turkey”, METU, M.S. Thesis, December 1976.
- [23] İ.B. Topçu ve T. Bahadır, “Ferrocementin Gemi ve Teknelerde Kullanımı”, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Müh.-Mim. Fak. Dergisi, Cilt XXIII, Sayı 1, ss. 49-62, 2010.