

Çelik Ve Betonarme Prefabrik Fabrika Yapılarında İnşaat Maliyetlerinin Karşılaştırılması

Ayhan ŞAMANDAR*¹, Ahmet Hakan POLAT²

Düzce Üniversitesi, Düzce Meslek Yüksek Okulu, İnşaat Bölümü, DÜZCE
Düzce Üniversitesi, Sanat, Tasarım ve Mimarlık Fak. Mimarlık Bölümü-DÜZCE

Özet

Bu çalışmada 1. Derece deprem bölgelerinde Z4 zemin sınıfına sahip olan 9m yüksekliğinde 15-20-25m açıklığa ve 60m uzunluğa sahip çelik ve betonarme prefabrik olarak toplam 6 adet fabrika binası projelendirilmiştir.

Elde edilen statik ve mimari proje verilerine göre, maliyet hesapları 2015 yılı Çevre ve Şehircilik Bakanlığı İnşaat birim fiyatlarına ve piyasa fiyatlarına göre ayrı ayrı çıkarılmıştır.

Çalışma kapsamında ölçüleri verilen fabrika yapıları için elde edilen maliyet sonuçları değerlendirildiğinde betonarme prefabrik yapıların çelik yapılara göre yapım maliyetinin %25-%35 arasında değişen oranlarda daha ucuza inşa edileceği hesaplanmıştır.

Bununla birlikte yapıların ekonomik ömürleri, bakım masrafları, geri dönüşüm özellikleri ve depreme karşı davranışları dikkate alındığında çelik taşıyıcı sisteme ait fabrika yapılarının uzun zaman diliminde betonarme prefabrik yapılara göre daha avantajlı olacağı değerlendirilmiştir.

Anahtar kelimeler, Çelik Fabrika Yapıları, Betonarme Prefabrik Yapılar, Maliyet Hesapları, Depreme Dayanıklılık.

Abstract

In this study, prefabricated reinforced concrete and steel buildings having the 15m, 20m,25m span length , 9m height and total 60m construction length has been designed, according to the Turkish seismic design code where the first degree seismic region and Z4 class soil class.

According to the Project and design results, bill of quantities and total cost of projects has been determined by using the 2015 year unit cost values of Ministry of Environment and Urbanization.

When compared the total cost values, given the whole dimensions within the frame of this study, it has been determined that the reinforced concrete prefabricated buildings cheaper than the steel buildings ratio of about 25%,35%.

At the same time, as a conclusion of this study; when considering the perspective of the economic life, maintance cost, re using and earthquake resistance of the two types of building systems, steel load carrying systems has more advantageous in long time duration.

Key Words: Steel factory building, reinforced prefabricated building, bill of quantities, cost calculation, earthquake resistance.

1- Giriş

Güvenlik, kalite, hız, estetik, fonksiyonellik, geri dönüşüm kullanım süresi ve maliyeti gibi özellikler yapı tipini ve yapı malzemesini seçmemizi sağlayan etkenlerdir.

Sanayi yapılarında, çoğunlukla betonarme prefabrik ve çelik yapılar kullanılmaktadır. Betonarme prefabrik yapıların kullanımında 1999 Marmara depremi sonrasında özellikle deprem bölgelerinde bir azalma görülmektedir.

Sanayileşen ülkemizde güvenli, kaliteli fabrika yapı tipinin seçmesi çok önemlidir. Bu fabrika binalarının maliyetinin çok daha fazlası fabrika içerisinde makine ve malzeme olarak bulunmaktadır. Deprem sonrasında bu fabrika yapılarının, depoların yıkılması ülke ekonomisini olumsuz etkilemektedir.

Bu çalışmada aynı projeye sahip çelik ve betonarme prefabrik fabrika binalarının ilk inşa maliyetleri araştırılmış ve elde edilen bina maliyetleri karşılaştırılmıştır. Açıklıkları 15, 20, 25 yüksekliği 9m olan 3 ayrı fabrika binaları çelik ve betonarme prefabrik olarak dizayn edilmiş statik ve mimari projeleri çizilmiştir. I. Derece deprem bölgesi Z4 tipi zemin sınıfı TS500 ve 2007 deprem bölgelerinde yapılacak yapılar hakkındaki yönetmelik hükümlerine göre yapılar projelendirilmiştir [1-2].

Projeler üzerinden maliyet hesapları yapılmıştır. Elektrik ve Makine tesisat projeleri ve tesisat maliyeti hesap dışı bırakılmıştır.

Genellikle depo, fabrika, atölye gibi sanayi yapıları veya alışveriş, gösteri mekanlarında büyük açıklık geçmek için çelik veya betonarme prefabrik yapılar kullanılmaktadır.

Çalışmanın amacı ülkemizde yapılan çelik ve betonarme prefabrik yapılar arasında çeşitli açıklıklarda ekonomik bir kıyaslama yapabilmektedir. Yapı maliyetlerinin boyutla ve malzeme ile olan ilişkisini görmek için farklı açıklıklardaki fabrika binaları seçilmiştir.

2- Çalışma Yöntemi

Çalışmada ilke olarak değişik boyutlardaki fabrika binalarının mimari ve statik hesapları çelik pro4 statik hesap programı ile hesaplanmıştır [3]. Betonarme prefabrik yapılar SAP2000 statik analiz programı ile hesaplanmıştır [4]. 2. Bölümde kesitleri ve ölçüleri belli olan fabrika binalarının metraj ve keşif hesapları yapılmıştır.

3- Fabrika Binalarının Yapısal Özellikleri Ve Analizleri

Ülkemizde çelik taşıyıcı sistemler yoğun olarak fabrika, depo ve atölye gibi endüstriyel tesislerde kullanılmaktadır. Ağır sanayi yapılarında kren vinçleri kullanılmaktadır. Bu çalışmada kren yükü 10 ton olarak alınmıştır. Bu kren vinçler ile yatay ve dikey taşıma yapılabilmektedir.

Fabrika yapıları 15m, 20m ve 25m olmak üzere 3 farklı açıklıkta tasarlanmış çatı eğimleri de %15 olarak alınmıştır. Makas araları 6m dir. Fabrika binalarının hepsinin uzunluğu 60m

olarak alınmıştır. Fabrikada 11 adet makas 10 adet aralık olmakta ve fabrika uzunlukları 60m, yüksekliği 9m dir.

Çelik fabrika yapılarında çatı makasları düzlem kafes olarak seçilmiştir. Çatı makası her iki kolona cıvatalı bağlantılıdır. Cıvatalar 10.9 kalitesindedir.

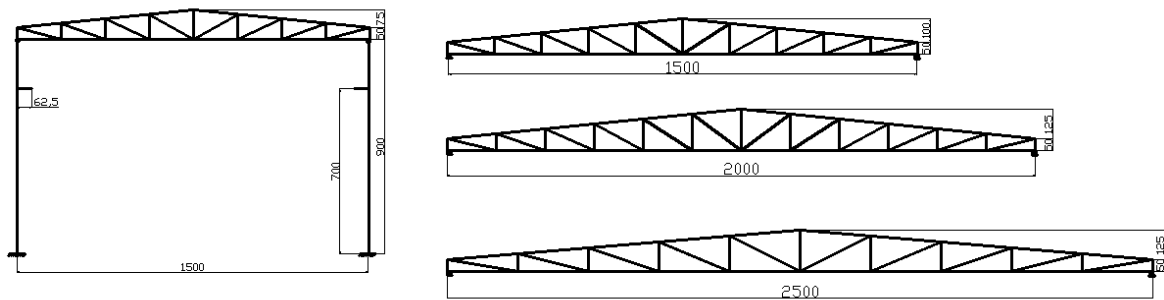
Çelik kolonlar temellere ankrajlı, cıvatalı olarak bağlanmıştır. Rüzgar çaprazları hem çatıda hem duvarda fabrikanın baş ve sonunda mevcuttur. Ayrıca 60m boyunca kolon aralarında bir boş bir dolu olmak üzere 3 aksta daha duvar ve çatı çaprazı mevcuttur. +4,5m ve +9m de kolon araları kirişler vardır. Duvar çaprazları da kolon yüksekliği 9m olduğu için altta ve üstte mevcuttur. Makas çaprazları her makas arası projelendirilmiştir.

Çatı kaplama malzemesi olarak 56mm kalınlıkta poliüretan izolasyonlu (Ral9002) sandviç panel kullanılmıştır. Duvar kaplaması olarak 60mm kalınlıkta poliüretan izolasyonlu gizli vidalı cephe sandviç panelleri kullanılmıştır. Ayrıca çatıda 2 aksta bir 1 panel PVC şeffaf ışıklık paneli kullanılmıştır.

Çatıda aşık araları 1m olarak belirlenmiştir. Aşıklar makas üzerinde 6m de bir cıvatalı bağlantılıdır. Aşıkların çatı eğimi doğrultusunda sehimini azaltmak ve dolayısı ile aşık kesitlerini küçültmek amacı ile çatı makası aralarında 2 sıra gergi çubukları cıvatalı kullanılmıştır.

Yapılar 1. Derece deprem bölgesindedir. Zemin sınıfı Z4 zemin emniyet gerilmesi 8t/m2 don derinliği 80cm kar yükü 100kg/m2 alınmıştır. Yük analizinde zati, kar, rüzgar, kren, kren freni ve deprem yükleri dikkatlice alınmıştır. SAP2000 statik analiz programı ve çelik pro4 statik analiz programı kullanılarak yapıların statik analizi karşılaştırması olarak çözülmüştür.

Her bir açıklık için hesaplanan bu profillerin toplam ağırlıkları ve boya alanları hesaplanmıştır. Bu hesaplar sonucunda her bir açıklık için seçilen kafes makasları ve tip kesit Şekil 1 de gösterilmiştir.

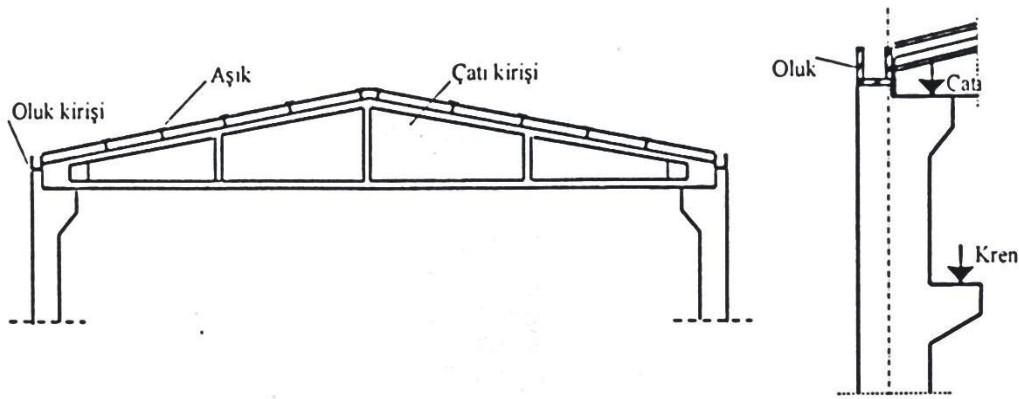


Şekil-1 Farklı açıklıklar için seçilen çatı makası boyutları.

Taşıyıcı sistem elemanlarının boyutlandırılması da ilgili standartlar dikkate alınmıştır. Kolonlarda HE-B kirişlerde IPE, makaslarda çift köşebent, aşıklarda NPU profiller kullanılmıştır. Kolonlar çatıdan gelen zati ve kar yükleri yatay rüzgar, deprem, kren ve fren yükleri tesisinde oluşacak en büyük moment ve eksenel kuvvet tesirlerini veren yük kombinasyonlarına göre boyutlandırılmıştır.

Kolonlar betonarme münferit temele ankrajla cıvatalı olarak bağlanmıştır. Kolon kiriş, kolon çapraz, kolon makas bağlantıları hep cıvatalıdır. Cıvata kalitesi 10.9 dur. Oluklar 3mm saç tan yapılmıştır. Dar cephe de kalkan duvarı vardır. Uzun cephede ise oluklar gizlidir. Çelik fabrika binalarında korozyondan korunmak amacı ile SA25 kalitesinde kumlama, primer astar, epoksi beyaz renk astar epoksi beyaz son kat boya kullanılmıştır.

Karşılaştırma yapmak amacı ile 15m, 20m, 25m eninde 60m uzunluğunda 9m yüksekliğinde projelendirilen çelik fabrika yapılarının aynı ölçülerde betonarme prefabrik 3 adet proje yapılmıştır. Statik ve betonarme hesapları 2007 yılı afet bölgelerinde yapılacak yapılar hakkındaki yönetmelik **TS 500, TS 498, TS 9967, TS 3233** [1, 5-7]kapsamında yapılmıştır. Betonarme prefabrik tip çatı kirişleri ve kolonlar şekil 2 de verilmiştir.



Şekil-2 Prefabrik çatı kirişi ve kolon düşey kesiti

Prefabrik aşıklar T kesitlidir. 20cm yükseklik, 14cm genişlik ve saçaklarda 40cm*60cm oluk kirişi mevcuttur. Kolon hesabı için çatı kirişinden gelen yüklerle oluk kirişinden gelen yük kolonun zati ağırlığı kren yüklemesi kren fren kuvveti ve deprem yüklemeleri dikkate alınmıştır. Kritik olan yükleme deprem yüklemesidir. Deprem hesabı eşdeğer statik deprem yüküne göre hesaplanmış ve uygulanmıştır.

Kolonlara etki eden yükler bulunduktan sonra SAP2000 programı yardımı ile yapıların 1. Doğal titreşim periyotları bulunmuştur [4]. Periyotlara göre spektrum katsayısı ve spektral ivme katsayısı hesaplandıktan sonra yapılara etkiyen deprem kuvvetleri bulunmuştur. Bu duruma göre kolon, makas vb. keşif değerleri elde edilmiştir. Temeller kare şeklinde kolon temel bağlantısı ankastredir.

Temel zemin seviyesinden 80cm aşağıdadır. Prefabrik olarak yapılan temeller birbirine bağ kirişi ile (klasik yöntemle) bağlanmıştır.

4- Metrajlar Ve Maliyet Hesapları

Planlanan 15m, 20m, 25m açıklık ve 60m uzunluk, 9m yükseklik için, çelik fabrika binaları ve betonarme prefabrik fabrika binalarının ayrı ayrı metraj ve keşif değerleri hesaplanmıştır.

Maliyet hesaplarında çevre ve Şehircilik Bakanlığının 2015 yılı birim fiyatları ve piyasadan farklı firmalardan alınan fiyatlar değerlendirilmiştir [8].

Betonarme prefabrik yapılar için ayrı ayrı beton, demir, kalıp, kazı, dolgu vb.. maliyet hesapları yapılmıştır. Piyasa fiyatları farklı firmaların ortalaması olarak hem betonarme prefabrik yapılarda hem de çelik yapılarda ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Prefabrik betonarme fabrikalarında alınan teklifler üzerinde değerlendirme yapılmış ve farklılıklar tespit edilmiş ve ortalamalar alınmıştır. Çelik fabrika yapıları için yapılan metrajlarda aşık gergi çubuğu, çatı makası, kolonlar, kreyn konsolu, çaprazlar, kolon levhası betonarme temel imalatına giren bütün kalemlerin ayrı ayrı metraji yapılmıştır.

Çelik fabrika yapılarının taşıyıcı sistemlerinin maliyet hesabı Çevre ve Şehircilik Bakanlığının 2015 yılı birim fiyatlarına ve piyasa fiyatlarına göre ayrı ayrı bulunmuştur. %25 müteahhitlik karı ve genel giderlerin dahil olduğu birim fiyatları ayrıca %10 nakliye giderleri ilave edilmiştir.

Piyasa fiyatları 5 farklı firmadan alınarak gerekli kg, m², m³ kontrolleri yapıldıktan sonra ortalamaları çıkarılmıştır. Tüm yapılan fiyatlandırmalarda 2015 yılı Nisan ayı fiyatları esas alınmıştır. Yalnızca imalat maliyetleri dikkate alınmamıştır. Tesisat maliyetleri iki yapıda da aynı olduğu için dikkate alınmamıştır.

Yukarıda açıklanan ilkeler, tanımlamalar sonrasında yapılan hesaplamalarda her bir tip fabrika yapısı için elde edilen inşaat maliyetleri tablo-1 de karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

Tablo-1 Fabrika Yapılarının İnşaat Maliyetleri (Nisan 2015)

Fabrika Boyutları h=9m	Çelik Fabrika Maliyetleri		Betonarme Prefabrik fabrika maliyeti	Piyasa fiyatlarına göre çelik fabrika binaları ile betonarme prefabrik fabrika binalarının maliyetlerinin karşılaştırılması
	Çevre ve Şehircilik Bakanlığı inşaat birim fiyatları 2015 yılı TL/m ²	Piyasa fiyatları Nisan 2015 TL/m ²	Piyasa fiyatları Nisan 2015 TL/m ²	
15m*60m	620.00	555.00	410.00	%35
20m*60m	665.00	595.00	455.00	%30
25m*60m	705.00	615.00	490.00	%25

Verilen değerler ilk keşif maliyetidir. Piyasa fiyatları ortalama değerlerdir. Aynı özelliklere sahip bir yapı için farklı firmaların farklı fiyat vermeleri piyasada görülen bir uygulamadır. Prefabrik üretim tesisinin yeri ve büyüklüğü, üretim teknolojisi hammadde temini ve ekonomik şartlar piyasa fiyatlarının farklı olmasını beraberinde getirmektedir. Bu çalışmada elde edilen değerler ortalama değerlerdir. Mukayeseli ve karşılaştırmalı olarak elde edilmektedir.

Bu çalışmada fabrika ölçülerinin aynı olmasına rağmen çelik yapıya kıyasla betonarme prefabrik fabrika binalarının %25-%35 oranında ucuz olduğu görülmüştür. (Tablo-1)

Fiyat farkının bu oranlarda çıkması betonarme prefabrik yapılarda yatay stabilize elemanlarının olmamasından kaynaklanmaktadır. Bu eksiklik fiyat farkını ortaya çıkarmaktadır. Deprem ve rüzgar çaprazları olarak geçen yatay stabilize elemanların eksikliği betonarme prefabrik yapıları deprem güvenliği bakımından olumsuz etkilemektedir.

1999 Gölcük ve Düzce depremlerinde betonarme prefabrik yapıların yıkıldığı ve makas ve kolonların fabrika içlerindeki makinaları kullanılamaz hale getirdiği bir gerçektir. Çelik yapının prefabrik yapıya göre daha hafif olması özellikle zayıf zeminlerde temel taşıyıcı sisteminin maliyetini olumlu yönde etkilemektedir. Prefabrik betonarme yapılarda kesitlerin çelik yapılara göre büyük olması yapı kullanım alanını olumsuz etkilemektedir.

Çelik yapılar yatay stabilize bağlantıları yapıldığı için depreme karşı daha dayanıklıdır. Tekrarlı yükler karşısında her defasında benzer davranış gösterirler. Güçlendirmeleri ve onarımları daha pratiktir. Çelik yapılara daha sonra ekleme yapmak daha kolaydır. Betonarme prefabrik binaların ilk inşaa maliyetlerinin düşük olmasına karşılık deprem etkisinde olumsuz durumlar olmaktadır. Ülkemizde son yıllarda meydana gelen depremlerde birçok betonarme prefabrik binanın yıkıldığı veya hasar aldığı bu olumsuzlukları genelde yapı elemanları arasındaki uygun olmayan kolon temel, kolon kiriş, kolon makas detaylarından ve aşırı yatay deplasmandan kaynaklandığı tespit edilmiştir.

Çelik yapıların geri dönüşüm durumunda tekrar kullanımı mümkündür. 2. Kullanım imkanları veya eritilerek çelik malzeme haline gelmeleri mümkündür. Bu özelliklerden dolayı çelik yapılar çevrecidir.

Çelik yapılarda korozyon, yangına karşı dayanım yatay stabilize sorunları ve malzemenin yorulması sorunları önemlidir. Bu sorunların giderilmesi için çözümler üretilmiştir. Korozyon (paslanma) için kumlama, epoksi astar ve üzerine epoksi son kat boya kullanarak 50-60 yıl korozyon sorunu giderilmiştir. Bu durum ek bir maliyet getirmemektedir.

Yangına karşı dayanım için yine 1500C ye dayanıklı boyalar ile çelik yapılar boyanmaktadır. Taş Yünü paneller ile fabrikaların çatısının ve duvarını kaplamada yangın donanımı için kullanılan yöntemlerdir. Yatay stabilize çelik yapılar için çok önemlidir. Duvar çaprazları, tavan çaprazları ve makas çaprazları mutlaka yeteri kadar hatta daha fazla kullanılmalıdır.

Çünkü çelik yapının hafifliği yatay deplasmanların fazlalığı olarak karşımıza çıkmaktadır. Gu ve arkadaşları [9] tarafından yapılan çalışmada önerilen bağlantılar dikkate alındığında bu çalışmada incelenen çelik fabrika binalarının ömrü 350 yıl olduğu hesaplanmıştır. İyi korunmuş ve yeterli pas payı sağlanmış günümüz betonarme prefabrik yapıların ömrü ise 80 yıl dır. Çelik fabrika binaları ucuz değil fakat ekonomiktir.

5. Sonuçlar

Bu çalışmada 15, 20, 25m açıklıkta 60m uzunlukta 3 adet çelik prefabrik yapı ile yine aynı ölçülerde betonarme prefabrik yapının taşıyıcı sistemi SAP2000 statik analiz programı ile projelendirilmiş, yapılan ilk inşaat maliyetleri çıkarılmıştır.

Çelik yapıların betonarme prefabrik binalara oranla %25-%35 oranında daha pahalı olduğu maliyet hesapları sonucu bulunmuştur. Bu fiyat farkı betonarme prefabrik yapıların yatay stabilite elemanlarının eksikliğinden kaynaklandığı hesaplanmıştır. Ayrıca betonarme prefabrik binaların prefabrik temel kullandıkları için kazıklı olduğu ve çelik yapıların temellerine göre zayıf olduğu görülmüştür. Betonarme prefabrik yapıların ucuzluğu eksik olmalarından kaynaklanmaktadır. Bu durumda betonarme prefabrik yapıların 1. Deprem bölgelerinde güvenliği zayıftır. Çalışmada incelenen yapılar kabul edilen yapısal özelliklere göre incelenmiştir.

Deprem ve iklim bölgesi yapının konumu zemin sınıfı ve piyasa şartları rekabet şartları gibi özelliklerin değişmesi yapı maliyetine doğrudan etki eder.

Bu çalışmada çelik taşıyıcı sisteme sahip fabrika yapılarının korozyona ve yangın zaaflarına karşılık deprem tesirlerine uygun davranış göstermeleri geri dönüşüm özellikleri ve ekonomik ömürlerinin uzun olması gibi faktörler dikkate alındığında uzun zaman diliminde daha ekonomik çözüm vereceği değerlendirilmiştir.

Özellikle %90 deprem bölgesi olan ülkemizde fabrika binalarının çelik yapı malzemesi ile yapılmasını betonarme prefabrik fabrika yapılarının ise deprem güvenliğini sağlayacak şekilde tekrar projelendirilmeleri gerekmektedir.

Kaynaklar

- [1] TS 500, 2000, Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara
- [2] Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 06 Mart 2007
- [3] Çelik Pro-IV Ec, 2015 Çelik Endüstri Yapılarının Tasarım Çözümleme Çizim ve Metraj Yazılımı MKA Yazılım, İzmir
- [4] SAP2000, Integrated Structural Analysis and Design Software, Computers and Structures, Inc., Berkeley, California, USA
- [5] TS 648, 1980, Çelik Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara
- [6] TS 9967, 1992, Yapı Elemanları Taşıyıcı Sistemler ve Binalar-Prefabrika Betonarme ve Öngermeli Betondan-Hesap Esasları ile İmalat ve Montaj Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara
- [7] TS 498, 1987, Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara
- [8] Çevre ve Şehircilik Bakanlığı 2015 yılı İnşaat Tesisat Analiz ve Birim Fiyatları
- [9] Gu M., Xu Y.L., Chen L. Z., Xiang H. F., 1999, Fatigue Life estimation of steel girder of Yangpu Cable-Stayed Bridge due to Buffeting, Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, Vol.80, pp.383-400