

## Prefabrike Yapıların Başlıca Tasarım İlkeleri

Ayla P. AMİL, Abdulkadir Cüneyt AYDIN

Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 25240, Erzurum, TÜRKİYE (aamil@atauni.edu.tr)

Geliş Tarihi : 02.10.2003

**ÖZET:** İkinci dünya savaşından sonra ortaya çıkan ekonomik kriz, malzeme ve işçilik artışlarına bağlı olarak yapı maliyetlerindeki artışlar, yeni üretim ve yapı teknikleri arama gereksinimi ortaya koymuştur. Bunun sonucu olarak planlar arasında ölçü birliği sağlayan, standart yapı elemanları öngören, seri üretimi destekleyen, yapım süresini ve maliyetlerini azaltan, daha yüksek dayanımlı ve iyi nitelikte elemanlar üretilen prefabrike yapım tekniği geliştirilmiş ve giderek de yaygınlaşmıştır. Bu çalışmanın amacı prefabrike yapıların önemini ve depreme dayanımını da kapsayan bazı temel tasarım ilke ve kurallarını ortaya koymaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Prefabrike, tasarım kriteri, deprem.

### Principal Design Criterias For Precast Buildings

**ABSTRACT:** The economic crisis breaking out after the World War The Second, the increases in costs of material and laborship put forward the necessity of new production and construction techniques. As a result of this, prefabrication techniques providing unity of measurement among the plans, predicting standard construction components, supporting mass production, reducing the duration construction and their costs and being able to produce more qualified and durable staffs have been developed and become widespread. The aim of this study is to determine some basic design principles and rules including resistant against earthquake and the importance of prefabrication.

**Keywords:** Prefabricated, design criteria, earthquake.

### GİRİŞ

İkinci dünya savaşından sonra ortaya çıkan ekonomik kriz, uzmanlaşmış işçi eksikliği sebebiyle, bir çok alanda olduğu gibi yapı sektöründe de, kalifiye işçi ihtiyacını azaltmaya yönelik çalışmalar yapılmasını gerektirmiştir. Özellikle yapı maliyetlerindeki artış diğer endüstriyel ürünlere oranla büyük miktarda olmuş ve bunun sonucu olarak çok sayıda şantiye işçisinin şantiyelerde bulundurulması zorunluluğu bu durumu körüklemiştir. Sonuç olarak, planlar arasında ölçü birliğinin sağlandığı, standart yapı elemanlarını öngören prefabrikasyon yaklaşımı geliştirilmiş, seri üretime geçilerek maliyetten tasarruf yapmak olanaklı hale gelmiştir. Prefabrike (önyapım) yapılar hızla gelişerek standart kolon, kiriş ve döşeme elemanları, duvar panelleri gibi çok sayıda elemanın seri olarak üretilmesi sağlanmıştır. Bu elemanlar fabrika koşullarında uygun standartlar altında üretilerek çok büyük işlerde prefabrike üretimin, inşaat sahasında veya yakınında yapılması olanaklı olmuştur. Özellikle ülkemiz Toplu Konut Yasası'nın yürürlüğe girmesi ile tek katlı yapı sistemleriyle sınırlanmaktan kurtulup, çok katlı prefabrike uygulamaları gerçekleştirilmiştir.

Prefabrike yapı elemanları çeşitlerinin gelişmesiyle, şantiyede bulunması gereken betoncu, demirci gibi grup işçilere gereksinim ortadan kalkmış, inşaat yapım süresi kısalmış, sadece temel pabuç işi ve hazır yapı elemanlarının montajı yapılmıştır. Fabrika koşullarında daha iyi nitelik kontrolüne ve daha yüksek beton dayanımına ulaşılabilmektedir. Hava koşullarından ve mevsimden etkilenmeden daha bağımsız inşaat yapımı sürdürülebilmiştir (Kaplan, 1998).

Prefabrike yapı elemanlarının fabrikadan inşaat sahasına taşınması ve bu taşınmada nakliye bedellerinin

klasik malzeme nakliyesine oranla daha fazla olması, ek teknik sorunlar ve inşaat sahasında hazır elemanların birleştirilip monte edilmesi maliyetleri bu sistemin sakıncaları olarak sayılabilir. Prefabrike yapı belli başlı endüstri yapılarında, konut ve ofis yapılarında, geniş açıklıklı salon ve köprü gibi bütün yapı tiplerinde ve özellikle büyük hayvan barınaklarına gereksinim duyulan çiftliklerde ahır, kümes yapımında yaygın olarak kullanılmaktadır.

Yüksek düzeyde gerçekleşen enflasyonda prefabrikasyonun ilk maliyeti yüksek olmasına rağmen hızlı yapılaşmaya imkan sağlaması sebebiyle üretimi ve yapılar da kullanımı cazip hale gelmiştir. Bu koşullar altında hızlı bir gelişme alanı bulan prefabrike endüstrisine, deprem kuşağında bulunan ülkemiz için bazı çevrelerce kuşkuyla yaklaşılmıştır. Bu çekincenin altında ise, ülkemizdeki prefabrike sektörünün uzun yıllar boyunca deprem kuşaklarında olmayan ülkelerin prefabrike sektörünü örnek alarak üretim yapması ve Amerika Birleşik Devletleri vb. deprem kuşağındaki ülkelerin bu konuda çekimser kalması etkili olmuştur (Ersoy ve Tankut, 1988). Ancak, son yıllarda yapılan çalışmalar birleşim bölgeleri bilinçli tasarlanmış sistemlerin monolitik yapılar kadar dayanıklı olabileceğini ortaya koymuştur. Bu çalışmanın amacı, prefabrike yapıların önemini ve depreme dayanımını da kapsayan bazı temel tasarım ilke ve kurallarını ortaya koymaktır.

### PREFABRİKE ELEMANLAR

Prefabrike elemanlar, genel olarak kolon, kiriş, panel, pano, hücre, asmolen, kazık, balkon korkulukları, merdiven, lento, denizlik, bordür, parke, travers, bariyer, menfez, menhol, boru, kanal, kanal ızgaraları, perde

duvarı, çit direkleri, yer kaplaması, reklam panosu, durak, saksı, banklar, elektrik direği, aydınlatma direği, trafo binası, vb. yapımında kullanılabilirler (Şekil 1).

Prefabrike yapı elemanları, fabrika, atölye gibi nitelik kontrolü ve standardizasyonun kolay olduğu yerlerde hazır kalıplarda seri olarak üretilen, tipik betonarme, öngerilmeli ve ard gerilmeli betonarme elemanlardır. Prefabrikasyon denilen teknikte hazırlanan bu yapı elemanları inşaat yerine taşınarak vinç v.b. araçlarla montajı yapılan, bu işlemler dolayısıyla da özel olarak tasarlanmış ve projelendirilmiş taşıyıcı sistemleri oluştururlar (Anonim, 1992). Burada dikkat edilmesi gereken nokta, prefabrike elemanların taşınması ve montajı sırasında elemanda ortaya çıkabilecek gerilmelerin bitmiş yapıda oluşan etkilerden daha büyük olabileceği olasılığıdır. Bu geçici durum için gerekli önlemler alınmalı ve bu gerilmeleri karşılayacak donatı konulmalıdır (Ersoy, 1995).

Prefabrike yapı, genel olarak taşıyıcı sisteminin tamamı prefabrike betonarme, öngerilmeli veya ard gerilmeli betonarme elemanlardan oluşan, konut, otel, okul, yurt, sağlık tesisleri, depo, katlı otopark, ticaret merkezi, hayvan barınağı v.b. yapılardır. Bu yapıların taşıyıcı sistemleri, kolon-kirişlerden, taşıyıcı panolardan ve bunların birleşiminden oluşur.

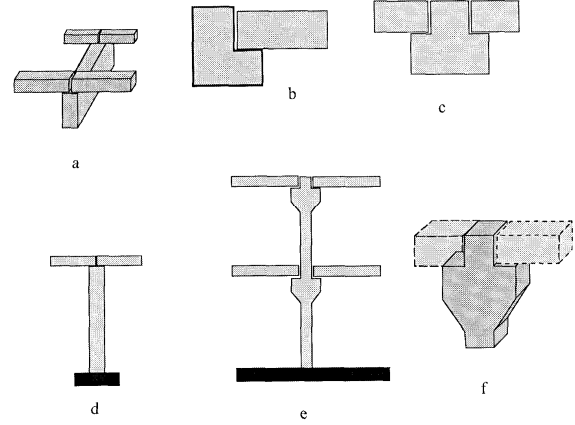
Panolar bazen kaplama duvarı olarak kolon ve kirişlere monte edilirse de bazen taşıyıcı duvar olarak da kullanılabilir. Isı yalıtımı sağlamak için sandviç panolar, normal veya hafif beton iki dış tabaka arasına cam köpüğü veya cam lifi konularak üretilir. Tabakaların monolitik çalışması için dış tabakalar içten birbirine uygun birleşimlerle bağlanırlar. Farklı türde çakıl ve renkli çimento veya bunların birlikte kullanılmasıyla dış görünümü çok farklı panolar üretilmektedir (Kaplan, 1998). Özellikle hayvan barınaklarında, hava akışının ve ısı yalıtımının kontrol altında tutulması gerektiği göz önünde bulundurulursa, duvar yerine kullanılan prefabrike panoların önemi ortaya çıkmaktadır.

Çatı ve döşeme elemanları, açıklık, yük değeri, istenen yangın direnci ve görünüş gibi özel koşullara bağlı olarak, çok değişik biçimlerde yapılırlar. Düz levhalar genellikle 10 cm kalınlıktadır, sürekli olması halinde 7 cm kalınlığa kadar azaltılabilirler. Genişlikleri 120-240 cm, açıklıkları 10 m olabilmektedir. Deformasyon sınırına ve yük miktarına bağlı olarak açıklığı 2.5-7 arasında olan döşemeler de kullanılırlar. Daha hafif ve daha iyi yalıtım için kalınlığı 10-20 cm, genişliği 60-100 cm arasında değişen çok farklı biçimlerde boşluklu bloklar kullanılabilir. Yük ve deformasyon limitlerinin durumuna bağlı olarak çatı açıklığında 5-10 m, döşemelerde 3-7 m açıklığa kadar kullanılabilirler (Kaplan, 1998).

Prefabrike yapıların deprem dayanımında en zayıf nokta olarak görülen birleşim bölgeleri tekniğine uygun olarak detaylandırıldıklarında, monolitik birleşimler kadar güvenli davranacakları deneysel olarak belirlenmiştir. Birleşim bölgelerinin yeterli dayanıma

sahip olmalarının yanı sıra rijit birleşim detayı ile imal edilen bir prefabrike sistemin yeterli süneklik ve rijitliğe de sahip olması gerekir (Kaplan, 1998).

Yerinde dökülen betonarme yapılar sürekli ve monolitikdir. Bu tip yapılarda iki serbest elemanın rastgele birleşmesiyle nadiren karşılaşılır. Buna karşılık prefabrike yapılar, çelik yapılarda olduğu gibi bir çok hazır elemanın birleştirilmesi sonucu tamamlanmış olur. Birleşim detayları bazı durumlarda yalnız yapının kendi yükünü zemine aktarmak üzere yapılır. Yapının bulunduğu bölgenin özelliklerine göre ve yapıdaki elemanın üzerine gelen etkilerin durumuna göre düşey, yatay ve moment etkileri göz önüne alınarak elemanların birleşimini yapmak gerekir. Birleşimde düşey-yatay ve moment etkilerinin göz önüne alınması kullanılan uygun ankraj elemanlarıyla gerçekleştirilir (Şekil 2).



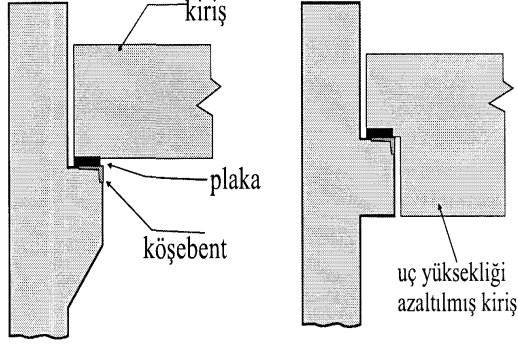
Şekil 1. Prefabrik kiriş, kolon ve konsol elemanlar

## PREFABRİKASYONUN ÖNEMİ VE YARARLARI

Prefabrike yapı tekniği ile; her türlü katlı konut, ticaret ve sanayi yapıları, fabrika yapıları, depolar, antrepolar, siteler, eğitim ve spor tesisleri, katlı otoparklar, hipermarketler, ticaret merkezleri, elektrik dağıtım hatları yapılabilmektedir. Ülke içi göçler ve gecekondulara nedenleriyle; büyük konut veya okul binaları açığı gibi sorunlar yapıların prefabrike yöntemlerle üretimi yoluyla daha kısa sürelerde çözümlenebilir. Afet yörelerinde uygulanabilecek olan uygun prefabrike sistemlerin geliştirilmesiyle acil durumlarda yapım sorunlarına kısmen de olsa çözüm getirilebilir.

Yapı maliyetlerinin düşürülmesi veya artmasının frenlenmesi sağlanabilir. Kitle halinde yapı üretimine olanak sağlanabilir. Uygun olarak seçilen prefabrike sistemlerle; çeşitli iklim bölgelerinin yaşama şartlarına elverişli yapılar inşa edilebilir. Prefabrikasyonda; yapı maliyetinin önceden hesaplanabilir olmasıyla, tahmin edilen maliyet ile gerçekleşen maliyet arasındaki fark en aza indirilebilir. Geleneksel yapım sürecinde, çeşitli işlerin farklı ekipler tarafından yürütülmesi ve

birbirlerini izleme zorunluluğu, koordinasyon güçlükleri, önceden tahmin edilemeyen süre ve maliyet artışları getirmektedir. Yapının en kısa sürede kullanıma hazır olması nedeniyle, yatırılan sermayenin çabuk kazanca dönüşmesi sağlanabilir.



Şekil 2. Konsol-kiriş birleşimleri.

Prefabrik uygulama, bir anlamda sadece montaj işleminin tamamlanmasını gerektiren zahmetsiz ve az giderli bir girişimdir. Bu amaçla kullanılan çeşitli elemanlar fabrikadaki yapım ve hazırlık dönemi sırasında taşıyacakları ağırlıklara ve karşı koyacakları iklim koşullarına göre ayarlanmıştır. Bütün sorun bu elemanları bir araya getirip birbirine eklemekten, sıkıştırılmaktan ibarettir. Endüstrileşme oranının fazlalığı nedeniyle, yapı kalitesinin daha kontrollü ve daha iyi olması sağlanabilir. Gerektiğinde yapıyı büyütme olanağını sağlayan, iç fonksiyonlardaki değişikliklere uyabilecek esneklikte olan bir sistemin seçimine gidilebilmesi sağlanabilir. Prefabrike inşaatta iklim koşulları yapım süresini etkilemez. Prefabrike yapı üreten kuruluşlar; seri üretim sayesinde daha az emekle, yüksek bir verim ve kazanç sağlanabilmektedir. Malzeme miktarının minimum olması ve üründe sağlanan yüksek kalitenin yanısıra maliyetin de düşmesiyle, üreticinin piyasada serbest rekabete girmesi kolaylaşarak ve ülke ekonomisi önemli bir kazanç elde edebilecektir. Prefabrike yapıların şantiyede birleştirme görevini üstlenen uygulayıcı kuruluş, şantiyede yapılan, kalıp,iskele, sıva, kaplama gibi işçiliklerden tasarruf edilebilir. Geleneksel yapıda 3-5 kez kullanılan kalıbın yerini, fabrikada 50-60 kez, hatta daha fazla kullanılan kalıplar almıştır. Prefabrike yapıda kullanılan düzgün kalıplar, seri üretimin yanısıra, kaliteli ve kontrollü bir imalat sağlar. Mühendisler ve mimarlar geliştirilmiş ve denenmiş mevcut bir sistemi kullanmanın getirdiği güvence ile hata paylarını en aza indirebilirler. Mühendisler yeni buluş ve detay çözümlerine gerek duymadan emekten tasarruf ederek projelendirme sürelerini kısaltabilirler. Donatı kontrolü, sıkıştırma, sertleştirme v.b. gibi işlemler en iyi şartlar altında yapılabilir ve yüksek beton dayanımına ulaşılabilir. Prefabrikasyonda BS 25 ile BS 40 arası

yüksek dayanımlı beton kullanılmaktadır. Yerinde dökülen betonla yapılan inşaata göre prefabrikasyon daha ekonomiktir. Bileşenlere, statige en uygun kesitlerin verilebilmesiyle beton tasarrufu ve ölü yükün azalması sonucunda, çelik tasarrufu sağlanır. Öngerme işleminin kullanılması, beton ve çelik tasarrufunu daha da artırıp ince kesitlere olanak sağlar ve böylece betonda oluşabilecek çatlaklar da önenebilir. Öngerilmeli beton sisteminde kullanılan malzeme herhangi bir betonarme sisteminde kullanılan malzemeden çok daha kuvvetlidir. Prefabrike elemanlar, yerinde dökme yapı elemanlarına göre daha ince kesitli ve hafiftir. Beton kalitesinin yüksekliği ve özellikle öngerme işlemi, boyutların küçülmesine ve yapı elemanlarının hafiflemesine yol açar. Böylece, deprem yüklerinin azalması sonucunu doğurur. Montaj zamanına kadar betonun rötresinin tamamlanmış olması nedeniyle rötreden doğacak deformasyonlar önenebilir. Ağır yük taşımak, büyük yükler altında geniş açıklıkları geçmek, yangına ve depreme dirençli yapılar imal etmek, pratik ve ekonomik boşluklu döşeme panelleri üretmek için prefabrikasyon uygun bir çözümdür. Boşluklu ve öngermeli elemanlarla, yüzlerce metre açıklıklı köprüleri daha narin boyutlarla geçmek olanaklıdır. Elemanların montajdan önce kurulmuş olması bitirme çalışmalarının hemen başlamasına olanak vermektedir. Montajdan hemen sonra yüklemeye yapılıp, yapı kullanılabilir. Şantiyede harc kullanımı en az düzeyde olup, montaj kuru bağlantılarla gerçekleştirilebilir. Yapı içinde olabilecek patlamalardan yalnız bir bölümün etkilenmesi, diğer bölümlerin sağlam kalması olanaklı olmakta, böyle bir tehlikenin olabileceği yapılarda, özellikle prefabrike sistemlerin uygulanması yoluna gidilebilmektedir. Tasarım ve yapım kolaylığı olan prefabrike elemanlar modüler mimariye ve modüler inşaata elverişlidir. Prefabrikasyonda standartlaşmış boyutlarda, hata toleransları çok küçük ve düzgün yüzeyli elemanlar kullanıldığından yapı genel kalitesi daha yüksektir (Anonim, 1992; Ersoy, 1995; Kaplan, 1998; Çelik ve Erkan, 2002).

### PREFABRİKE YAPILARIN DEPREM DAVRANIŞI VE KARŞILAŞILAN SORUNLAR

Depreme elastik sınırlar içinde karşı koyacak bir betonarme yapı oluşturmak olanaklı ise de çerçevelerden oluşan veya karma sistemlerde yapının elastik sınırlar içinde kalmasını ekonomik olarak sağlamak güçtür. Bu nedenle depreme dayanıklı yapı felsefesinde, olma olasılığı düşük şiddetli bir depremde yapının elastik sınırlar ötesinde zorlanacağı donatının yer yer akacağı kabul edilmektedir. Bu tür depremlerde amaç, yapının ayakta kalmasını sağlayarak can kaybını önlemektir. Yapının ayakta kalması yeterli enerji tüketebilmesine bağlıdır. Yapının stabil kalabilmesi ve mal kaybının en

düşük düzeyde tutulması da önemlidir. Bu da ancak yanal ötelenmenin sınırlanmasıyla gerçekleştirilebilir.

Prefabrik elemanların kiriş-kolon birleşim bölgesinde bağlantılarının yapılması büyük sorunlar yaratmaktadır. Bu bağlantıların detayı değiştirilerek daha güvenli çözümlerin ek işlemler getirdiği unutulmamalıdır. Bağlantı detayı ne kadar iyi olursa olsun, prefabrik kiriş-kolon birleşimlerinde tersinen-tekrarlanır yüklemeye altında gözlenen rijitlik azalması, öndöküme oranla daha fazla olmaktadır. Bu nedenle prefabrik yapılarda daha fazla yanal ötelenme beklenmelidir. Kaynaklı bağlantılar sorun yaratmakta, özellikle donatının plakaya kaynaklandığı yerlerde önemli zayıflıklar gözlenmektedir. Yapılan incelemede, bunun genellikle donatı niteliğinden kaynaklandığı, kullanılan beton çeliklerinin kaynaklanmaya uygun olmayabildiği gözlenmektedir. Bu konuda TS-708 'de bazı eksiklikler olup yapılan tasarımlarda genelde yük tersinmesi gerektiği gibi dikkate alınmamaktadır. Bazı elemanlarda donatı ucunda bulunan 90°lik kancalar, yönetmeliğin öngördüğü biçimde belirli bir çap etrafında bükülerek yapılmamıştır. Bu nedenle donatı düşük gerilmeler altında o noktada kopmaktadır. Literatürdeki deney sonuçlarına göre bükülmeyen çubukların, akma kapasitesinin %20 sinde kırıldığı gözlenmiştir. BÇ-III olarak kullanılan bazı donatı çubuklarının metallurjik özelliklerinin bozuk olması nedeniyle son derece gevrek olduğu gözlenmiş olup, bu durum deprem mukavemeti açısından çok büyük bir sakıncadır (Ersoy, 1995; Tezcan, Çolakoglu, 2003).

Prefabrik kiriş-kolon bağlantılarının deprem davranışını geliştirmenin en etkili yolu, bu bölgelerin depremi benzeştiren yükler altında denenmesidir. Yanal ötelenmede büyük sorunlar yaratabilen mafsalı kiriş-kolon bağlantılarına izin verilen tek katlı prefabrik yapılar için ek koşullar getirilmelidir. Kiriş-kolon bağlantısı olabildiğince birleşim bölgesinden uzaklaştırılmalı, prefabrik yapılarda rijitlik, monolitik olanlara oranla daha düşük örneğin monolitiğin %80 i alınmalıdır. Tasarım aşamasında, bağlantı detayları oluşturulurken yük tersinmesi mutlaka dikkate alınmalı ve sistemin tersinen yük altında o yöndeki kiriş kapasitesine kadar zorlanacağı unutulmamalıdır. Plakaya kaynatılan donatı çubukları varsa, bu çubukların kaynaklanabilir olduğu deneylerle kanıtlanmalıdır. Donatının belirli bir çap etrafında bükülmesine özen gösterilmelidir. Kullanılacak donatı çubukları için gerekli, (a) çekme deneyi, (b) bükme deneyi ve (c) metallurjik deneyler mutlaka yapılmalıdır (Ersoy, 1995).

### SONUÇ VE ÖNERİLER

Prefabrik elemanların ve birleşimlerinin projeleri, üretimden kullanım sonuna kadar nakliye, depolama, yerini değiştirme ve montaj dahil yük ve deformasyonu kısıtlayan koşulları kapsamalıdır. Yani prefabrik elemanda dökümden montaj sonuna kadar oluşan

gerilmeler, yapıya gelen servis yükleri altında oluşacaklardan daha fazladır. Nakliye sırasında istenmeyen deformasyonlara neden olunabileceğinden depolama, nakliye ve montaj sırasında oluşabilecek etkiler projede dikkate alınmalı ve nakliye, montaj, birleşim uygulamaları esnasında proje kayıtlarına uyulmalıdır. Prefabrik elemanlar yapı içinde birleştirildiklerinde, birleşim civarında oluşan yükler ve deformasyonlar proje hesaplarında dikkate alınmalıdır. Prefabrik elemanların yapısal davranışı, yerinde dökülen benzer elemanlara göre farklı olabilir. Prefabrik yapılar rötre, sünme, sıcaklık değişimi, elastik deformasyon, farklı oturmalar, rüzgar ve deprem gibi etkileri en aza indirecek veya bu etkileri taşıyabilecek şekilde projelendirilmelidir. Gerekli teknik şartname koşul ve çizimlerine ek olarak donatı, nakliye sırasında geçici yükleri karşılayacak kaldırma aletleri, depolama, nakliye ve montaj detayları verilmelidir. Eleman yüzeyine dik kuvvetlerin dağılımı deneysel veya analiz sonucuna göre belirlenmelidir. Tekil ve sürekli yüklerin elemanlar arasında dağılmasında bu elemanların yeterli burulma rijitliğine ve kesme kuvveti dayanımına sahip olması sağlanmalıdır. Burulmaya karşı güçlü olan delikli plaka veya dolu döşemeler, burulmaya karşı esnek olan ince başlıklı çift gövdeli T kesitlere göre yük dağıtım özelliği daha uygun elemanlardır. Yükün gerçek dağılımı çok sayıda etkene bağlıdır. Elemanlardaki geniş delikler ve boşluklar yük dağılımında çok büyük değişime neden olabilirler. Sistem davranışının gerektirdiği düzlem yüklerin prefabrik döşeme veya duvar sistemleri arasında aktarımının gerekli olduğu yerlerde düzlemsel yük şeridinin eleman ve birleşim boyunca sürekli olması, çekme kuvvetinin olduğu yerlerde kesiksiz çelik veya donatı çelikleri kullanılması gerekmektedir. Çünkü, düzlemsel kuvvetler öncelikle döşemelerde perde hareketi sonucunda çekmeye veya basınca neden olurlar. Çekme kuvvetini taşımak için kaynaklı birleşim veya eklenmiş donatı veya eksiz çelik taşıyıcılar konulması zorunludur. Diğer basınç ve kesme kuvvetleri beton tarafından taşınabilir. Rötreden, sünmeden, sıcaklık etkilerinden oluşan yükler ve deformasyonlar için özel birleşim detayları hazırlanmalıdır. Hacimsel değişimleri ve farklı sıcaklığın ve zamanla oluşan deformasyonların neden olduğu dönmeleri içeren birleşim detayları seçilmelidir. Bu etkiler tutulduğunda birleşimler ve elemanlar uygun dayanıma ve süneklığe sahip olacak şekilde projelendirilmelidir.

Ön gerilmeli beton elemanlar için, genişliği 4 m den fazla olmayan, yuvarlak boşluklu döşemeler, dolu döşemeler veya nervürlü döşemelerde, normal olarak kısa doğrultuda rötre ve ısı gerilmelerini almak üzere enine donatıya gerek yoktur. Bu aynı zamanda ön gerilme olmayan döşeme plakalarında da geçerlidir. Rötre ve sıcaklık gerilmelerinin 4 m genişlikte oluşan miktar donatı gerektirecek kadar büyük değildir. Buna ek olarak rötrenin çoğu elemanın yapıya bağlanıp monte

edilmesinden önce oluşmuştur. Monolitik döküm gibi eleman enine doğrultuda sıkı sıkıya bağlanmadığından rötre ve ısı değişimini engelinden oluşan gerilmeler önemli ölçüde azalır. Bu gerilmeler için donatının ihmal edilmesi tek veya çift gövdeli geniş ince başlıklı elemanlar için geçerli değildir.

Öngerilmisiz prefabrike duvarlar için yatay ve düşey her bir donatı alanı, duvar panel beton alanının 0.001 katından az olmamalı, donatı çubuk aralıkları duvar kalınlığının 5 katından veya iç duvarlarda 800 mm 'den dış duvarlarda 500 mm 'den fazla alınmamalıdır. Bu, duvarlarda bu minimum donatı alanı ve çubuk aralıklarının artırılması anlamına gelir.

Elemanların konumunda, donatı detayı ve yerleşiminde, kat birleşim detaylarında az miktarda değişikliklerle prefabrike yapının genel bütünlüğü önemli ölçüde iyileştirilebilir. Boyuna ve enlemesine askılar yatay yük taşıyan sisteme bağlanırlar. Prefabrik elemanların her biri yatay yüke karşı koyan sisteme farklı bir metotla bağlanabilir. Köşe elemanı bütün kat elemanlarına birleştirilerek yapının bütünlüğü sağlanabilir. Köşe elemanı kendini taşıyan kolonlarla birlikte bir perdeye bağlanmalıdır. Prefabrike elemanların döşeme diyaframını oluşturduğu yerlerde diyafram ile diğer elemanların birleşimleri yatayda desteklendiğinde gerginin sahip olduğu hesap çekme mukavemeti 4.5 kN/m den az olmamalıdır. Böylece diyaframlar yatay yük taşıyan sistemin bir parçası olarak hazırlanmalıdır. Uniform yapı standardı gergi kuvvetini servis yükü 3 kN/m ye eşdeğer olarak vermektedir. Gerekli düşey gergi, sıva dışındaki bütün elemanlara uygulanmalıdır. Prefabrike kolonların hesap çekme mukavemetleri 1.5 kN/m 'dan az olmamalıdır. Prefabrike duvar panelleri her bir panel için en az iki gergi kullanılmalı ve her bir gerginin çekme mukavemeti 45 kN/m dan az olmamalıdır. Prefabrike kolonların, duvar panellerinin, kesme duvarlarının taban birleşimleri ve yatay düğüm noktalarında ki birleşimleri, bütün proje yüklerini ve momentlerini aktarabilecek şekilde tasarlanmalıdır. Uygulamada duvar gergileri simetrik olup, duvar panelinin düşey orta hattına göre panel genişliğinin dörtte biri mesafesi içinde olanaklı olabilecek yere yerleştirilirler. Ölü yüklerden oluşan ve sadece sürtünmeyi esas alan hesaplarla projelerin detaylandırılması uygun değildir. Diğer bir deyişle, kirişlerin birinde tahribat olması halinde onu destekleyen elemanların deplasmanları en aza indirilmelidir. Böylece diğer elemanlar yük taşıma kapasitelerini kaybetmeyeceklerdir. Çok ağır elemanlardan oluşan yapılar bu uygulamanın dışında tutulabilirler.

Genel olarak prefabrike bir yapının elemanlarından yapının bütününe yapımına kadar geçen sürede yapılması gerekenleri aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- Elemanların kalıptan alma, taşıma ve montaj durumlarının tahkiki,

- Gerektiğinde prefabrike eleman birleşimlerindeki şekil ve yer değiştirmelerle, süneklik derecesinin tahkiki,
- Özellikle panolu taşıyıcı sistemlerde, elemanlardan birinin yerinden çıkması veya kırılması durumunda ani ve aşamalı yıkılmaya karşı tahkiki yapılmalı, yapı yaşamı sırasında, gaz veya kazan patlaması, taşıt çarpması, deprem gibi etkiler nedeniyle bu tip bir yıkılmaya maruz kalabileceği dikkate alınmalıdır. Bu durumda yapıda meydana gelen hasarın sınırlı ve kısmi olması, yapının diğer bölümlerinin stabilitesine etkimemesi istenir. Bunun için de, yapının tasarımı sırasında, taşıyıcı sistemin düzenlenmesi ve bağ sistemlerinin teşkilinde bu nokta dikkate alınmalı, normal olarak taşıyıcı olmayan elemanların bile sisteme katkısı hesabı katılmalıdır.

Mafsallı çerçeveler dışındaki monolitik olarak tasarlanmış prefabrike yapıların iç kuvvetlerinin hesabında, bu yönetmelikte belirtilen hususlara uyulmak koşuluyla, malzemenin doğrusal elastik olduğu ve döşemelerin diyafram gibi davrandığı kabul edilebilir. Bunu yaparken, birleşimlerde meydana gelebilecek her türlü rijitlik azalması ve TS 9962 deki en az teçhizat koşulu dikkate alınmalıdır.

Taşıyıcı sistem davranışının monolitik ve malzemenin doğrusal elastik davranıştan çok farklı olmasının beklendiği durumlarda düşey taşıyıcı sistemler için hesap, söz konusu eleman ve birleşimlerin,

- Rijitlikleri azalmadığına göre,
- Rijitlikleri öngörülen oranda azalmış olduğuna göre

iki kez yapıp, boyutlandırma en kritik durum dikkate alınarak sonuçlandırılmalıdır.

Prefabrike elemanlar arasında veya prefabrike elemanlarla yerinde dökme beton arasındaki birleşimlerin ve bir birleşim çeşidi olan mesnetlerin projelendirilmesinde aşağıdaki noktalara dikkat edilmelidir :

- Birleşim veya mesnet etkisi altındaki normal kuvvet, kesme kuvveti, eğilme ve burulma momenti gibi zorlamaları güvenle birleşen elemanların birinden ötekine aktarabilmelidir.
- Birleşim veya mesnetteki dönme, yer değiştirme ve deformasyonlarla, birleşen elemanların birbirlerine göre deformasyonları kabul edilebilir sınırlar içinde olmalıdır.
- Birleşimin süneklik katsayısı en az 4 olmalıdır,

- Birleşim ve mesnet hesaplarında rötre, sıcaklık değişimi ve sünme etkileri hesaba katılmalı ve bu hesaplar TS 500'deki esaslara uygun olarak yapılmalıdır.
- Birleşim ve mesnetlerdeki elemanların tolerans sınırları içinde farklı olabilecekleri göz önüne alınmalıdır.
- Birleşim ve mesnetler kolayca kontrol edilebilmeli, ve gerekiyorsa düzeltme yapılabilir.
- Birleşim ve mesnetler korozyona karşı korunmalı ve yangına dayanıklı olmalıdır.

Gerektiğinde, yapımın değişik aşamalarında, sistem özelliklerinin değişimine bağlı olarak yüklemeler ayrı ayrı hesaplanmalı ve yük kombinasyonları buna göre yapılmalıdır. Taşıyıcı sistem elemanlarının boyutlandırılmasında TS 500, TS 3233 ve "Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik" esaslarına uyulmalıdır. Ancak, bu TS 9967 standardının da esasları yerine getirilmelidir.

## KAYNAKLAR

- Anonim, 1992, Yapı Elemanları Taşıyıcı Sistemler Ve Binalar-Prefabrikte Betonarme Ve Öngerilmeli Betondan Hesap Esasları İle İmalat Ve Montaj Kuralları, Mart 1992, TS 9967, Türk Standartları Enstitüsü.
- Anonim, 1998, Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, 1997 Deprem Yönetmeliği (1998 Değişiklikleri İle Birlikte), 2.7.1998 – 23390 sayılı Resmî Gazete.
- Anonim, 2000, Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları (TS 500), Türk Standartları Enstitüsü.
- Anonim, 2003, Tarım Bakanlığı, <http://www.tarim.gov.tr/>.
- Anonymous, 1985, Design and Construction of Prefabricated Reinforced Concrete Building Systems, Vienna, UNDP Project RER/79/015, pp.5-12.
- Çelik, M., H. Erkan, 2002, Yapı Endüstrisinin Gelişiminde Prefabrik Yapı Tekniğinin Önemi, 4.GAP Mühendislik Kongresi, Cilt.2, s.955-959.
- Ersoy, U., 1995, Prefabrikte Çerçvelerin Deprem Mukavemeti ile İlgili Bir İrdeleme, Üçüncü Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İTÜ, s.142-160.
- Ersoy, U., Tankut T., 1988, Depreme Dayanıklı Prefabrik Yapılar-Temel İlkeler, VIII. Teknik Kongre Bildiriler Kitabı, s.89-103.
- Kaplan, S.A., 1998, Prefabrikte Yapıların Hesap Metotları, Bilbeyki Yayınları, No.3, s.1-6, 82-88.
- Tezcan, S.S., Çolakoğlu, H.K., 2003, Betonarme Prefabrikte Yapılar Yönetmeliğimizin Zayıflıkları, Beşinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, 26-30 Mayıs 2003, İstanbul, Bildiriler CD si.