

Türkiye’de Sanayileşmeyle Artan Prefabrik Yapılaşma ve İş Güvenliği ile ilgili Rapor

Giriş

Türkiye’de sanayileşmenin hız kazanmasıyla birlikte inşaat sektöründe **prefabrik yapı** kullanımında belirgin bir artış gözlenmektedir. Prefabrike yapılar, fabrika ortamında üretilen yapı elemanlarının şantiyede hızlı bir şekilde birleştirilmesiyle inşa edilir. Bu yöntem, geleneksel inşaatla kıyasla proje sürelerini kısaltarak ekonomik avantajlar sunar ve kaliteli üretim koşulları sayesinde standartlara uygun dayanıklı yapı elemanları elde edilmesini sağlar. Özellikle sanayi tesisleri, depolar ve fabrikalar gibi büyük açıklıklı tek katlı yapılar ile acil konut ihtiyaçlarında (örneğin afet sonrasında) prefabrik sistemler tercih edilmektedir. Ancak prefabrik yapılaşmanın yaygınlaşması, iş sağlığı ve güvenliği açısından yeni riskleri ve zorlukları da beraberinde getirmektedir.

Bu raporda, Türkiye’de prefabrik yapıların genel durumu ve sağladıkları faydalar ile birlikte, **yüksekte çalışma riskleri, yaşam hatları eksiklikleri, panel ve çatı montajlarındaki güvenlik açıkları, kolon-çatı ilişkileri ve saha uygulamalarındaki eksikler** ayrıntılı olarak incelenecektir. Ayrıca, prefabrik yapı sektöründe geçerli **iş güvenliği ve yapı mevzuatları** ele alınacak; **kalite kontrol süreçleri, denetim mekanizmaları** ile **iş sağlığı ve güvenliği uygulamaları** değerlendirilecektir. Teknik ve akademik kaynaklar ile saha gözlemlerine dayanan örnekler kullanılarak, artan prefabrik yapılaşmanın iş güvenliği üzerindeki etkileri kapsamlı biçimde analiz edilecektir. Elde edilen bulgular doğrultusunda, prefabrik yapı sektöründe güvenliğin iyileştirilmesine yönelik önerilere de **Sonuç ve Öneriler** bölümünde yer verilecektir.

Prefabrik Yapıların Genel Durumu

Prefabrik yapılar, modern inşaat sektöründe gün geçtikçe daha fazla pay almaktadır. Türkiye’de 1960’ların ortalarından itibaren kullanılmaya başlanmış olan prefabrike yapı sistemi, uzun yıllar sınırlı bir kullanım alanına sahipken son birkaç on yılda hızla gelişim göstermiştir. Teknolojinin ve sanayileşmenin ilerlemesiyle, inşaat projelerinde **hız** önemli bir gereklilik haline gelmiş ve prefabrikasyon bu hıza ulaşmak için başlıca yöntemlerden biri olarak öne çıkmıştır. Prefabrike elemanların kullanımı, proje toplam maliyetlerini düşürme, inşaat süresini kısaltma, şantiyede daha az iş gücü kullanma ve israfı azaltma gibi avantajlar sunmaktadır. Özellikle fabrikalar, depolama tesisleri ve büyük endüstriyel yapılar, kısa sürede kurulmaları ve uygun maliyetleri nedeniyle prefabrik sistemlerle inşa edilmektedir. Bu eğilim, organize sanayi bölgelerindeki fabrika yapılarının büyük kısmının betonarme/çelik prefabrik karkas sistemlerle gerçekleştirilmesine yol açmıştır.

Prefabrik yapı sektörü başlangıçta yalnızca endüstriyel yapılarla sınırlı kalmışken, günümüzde konut sektöründe de (özellikle tek katlı veya hafif çelik prefabrik evlerde) belirli bir artış gözlenmektedir. Ancak, konut tarafında kullanım oranı hâlâ görece düşüktür ve prefabrikasyon en yoğun olarak sanayi yapılarında tercih edilmektedir. Marmara Bölgesi, Türkiye’de prefabrik yapı elemanları üretim ve kullanımının en yüksek olduğu bölge olarak dikkat çekmektedir, bunu Ege ve İç Anadolu Bölgeleri takip etmektedir. 1984 yılında kurulan Türkiye Prefabrik Birliği gibi oluşumlar, sektörün standartlaşması ve tanıtımı için çalışmalar yürütmektedir.

Prefabrik yapılaşmanın artmasının iş güvenliğine **çift yönlü** etkileri bulunmaktadır. Bir yandan, yapı elemanlarının kontrollü fabrika ortamında üretilmesi, şantiyede yapılan işler ile yüksek riskli faaliyetleri azaltabilir ve böylece kaza olasılığını düşürebilir. Örneğin, kolon ve kirişlerin fabrika tesislerinde üretilip sahada sadece montajının yapılması, yüksekte kalıp çakma veya beton dökme gibi geleneksel tehlikeleri ortadan kaldırabilmektedir. Diğer yandan ise, prefabrik elemanların **taşınması, kaldırılması** ve **montajı** aşamalarında yeni riskler ortaya çıkmaktadır. Büyük ve ağır elemanların vinçlerle kaldırılıp yerleştirilmesi, çalışanların yüksekte bu elemanları yönlendirmesi gibi işler uygun planlama ve önlem gerektirmektedir. Sonraki bölümlerde bu riskler detaylandırılarak, artan prefabrik yapılaşmada hangi güvenlik açıklarının bulunduğu incelenecektir.

Yüksekte Çalışma Riskleri

Prefabrik yapıların montajı sırasında en kritik konulardan biri **yüksekte çalışma** gerekliliğidir. İnşaat sektöründe gerçekleşen ölümlü iş kazalarının çok büyük bir kısmı düşme kaynaklıdır; 2011-2020 yılları arasında inşaat sektöründe meydana gelen 4.710 ölümlü kazanın yaklaşık %40'ı yüksekte düşme sonucunda gerçekleşmiştir. Bu istatistik, yüksekte çalışmanın ne denli ciddi bir risk faktörü olduğunu açıkça ortaya koymaktadır. Prefabrik yapı montajında çalışanlar, birkaç metre yüksekte fabrika kolonlarının tepesine çıkarak kiriş bağlamak veya çatı panellerini yerleştirmek zorunda kalabilirler. Çalışılan yüksekliğin sadece 3-5 metre olması bile, uygun önlemler alınmadığı takdirde ölümcül sonuçlara yol açabilecek düşme tehlikesi barındırır.

Türkiye mevzuatına göre, iş sağlığı ve güvenliği bağlamında **yüksekte çalışma**, herhangi bir seviye farkının bulunduğu ve düşme halinde yaralanma ihtimalinin olduğu tüm işleri kapsayacak şekilde tanımlanmıştır. Yani hukuken belirli bir yükseklik eşiği olmasa da, uygulamada özellikle 3 metre ve üzerindeki çalışmalarda özel önlemler alınması gerektiği yaygın kabul görmüştür. Yüksekte çalışma gerektiren işlerde çalışanlar için güvenli çalışma ortamı sağlanması yasal bir zorunluluktur. Buna rağmen, düşme türü kazaların önlenmesi mevzuatta önemle vurgulanmış olsa da iş kazaları meydana gelmeye devam etmektedir. Bu durum, uygulamada bazı eksikler olduğunu, yönetmeliklerle öngörülen tedbirlerin her zaman yeterince uygulanmadığını göstermektedir.

Yüksekte düşme riskleri prefabrik yapı montajında birkaç farklı şekilde ortaya çıkabilir. Birincisi, montaj sırasında çalışan işçiler çoğu zaman bina iskeleleri veya platformları yerine doğrudan yapı elemanları üzerinde çalışmaktadır. Örneğin, önceden dikilmiş bir beton kolonun üzerinde dengesiz bir şekilde durarak çatı kirişine bulon takmaya çalışan bir işçi büyük bir düşme riski altındadır. Eğer güvenlik halatı (yaşam hattı) veya uygun bir çalışma platformu yoksa, küçücük bir dikkatsizlik dahi ciddi bir kazaya yol açabilir. İkinci önemli risk, **kenar boşlukları ve açıklıklar** nedeniyle düşmedir. Prefabrik binaların çatı montajı sırasında henüz korkuluklar veya parapetler bulunmadığından, çalışanlar çatı kenarından veya oluşturulmamış duvar boşluklarından düşebilirler. Özellikle geniş açıklıklı fabrika yapılarında, çatı seviyesinde koruyucu yan korkuluklar olmadan hareket eden işçilerin her adımı tehlike arz etmektedir. Üçüncü olarak, **geçici destek ve erişim ekipmanlarının yetersizliği** sayılabilir. Bazen işçiler yüksek noktalara ulaşmak için uygunsuz merdivenler, paletler veya vinç kancalarına asılı

platformlar kullanabilmektedir. Bu tür güvensiz erişim yöntemleri, dengenin kaybedilmesi veya ekipmanın kırılması durumunda düşmeye sebep olabilir.

Yüksekte çalışma risklerinin etkin şekilde kontrolü için işverenler ve saha sorumluları, çalışma alanını önceden değerlendirerek düşme ihtimali olan her noktaya ilişkin önlem planlamalıdır. **Toplu korunma** önlemleri (örneğin kenar koruyucular, güvenlik ağıları) mümkün olan her yerde uygulanmalı; toplu korumanın mümkün olmadığı durumlarda ise **kişisel koruyucu donanımlar** (emniyet kemeri, bağlama halatı vb.) eksiksiz kullanılmalıdır. Bir sonraki bölümde ele alınacak yaşam hatları, bu kişisel korunma önlemlerinin en kritik bileşenlerinden biridir. Ayrıca, yüksekte çalışacak personelin işe başlamadan önce yüksekte çalışabilir olduğuna dair sağlık raporu alması ve özel eğitimden geçmesi gereklidir. Türkiye’de yürürlükte olan mevzuat uyarınca çok tehlikeli sınıfta değerlendirilen prefabrik montaj işlerinde, çalışanlara *Yüksekte Çalışma Eğitimi* verilmesi zorunludur ve bu eğitimlerin alındığına dair belgelerin işyerinde bulundurulması gerekir. Sonuç olarak, prefabrik yapı montajında yüksekte çalışma kaçınılmaz olsa da doğru planlama, uygun ekipman ve eğitim ile bu riskler minimize edilebilir.

Yaşam Hatları Eksiklikleri

Prefabrik şantiyelerinde **yatay yaşam hattı** olarak da adlandırılan güvenlik halatı sistemlerinin eksikliği, yüksekten düşme riskini artıran önemli bir faktördür. Yaşam hatları, çalışanların emniyet kemerlerini bağlayabilecekleri sürekli bir ankraj noktası oluşturarak, geniş bir çalışma alanı içerisinde düşmelerini engellemeye yarar. İdeal bir prefabrik montaj sahasında, çatı veya kiriş seviyesinde kurulmuş çelik halatlardan oluşan yatay yaşam hatları bulunmalı ve çalışanlar her an bu hatta bağlı olmalıdır. Ne var ki, Türkiye’deki pek çok inşaat sahasında yaşam hattı sistemlerinin ya hiç kurulmadığı ya da eksik/standart dışı kurulduğu gözlemlenmektedir. Bu durum, özellikle küçük ölçekli müteahhitlik işlerinde maliyet ve zaman baskısıyla güvenlikten taviz verilmesinden kaynaklanabilmektedir.

Örneğin, prefabrik bir yapının çatı kirişleri üzerinde çalışan işçiler için kurulan yatay yaşam hattı, ciddi bir düşmeyi önleyebilecek hayati bir önlemdir. Pek çok şantiyede yaşam hattı düzeni bulunmadığında, çalışanların emniyet kemerleri takılı olsa bile sabit bir ankraj noktası olmadığından etkisiz kalmaktadır. Yaşam hattı eksikliği, özellikle geniş açıklıklı çatı montajlarında bir çalışanın birkaç metre yürümek zorunda kaldığı durumlarda belirginleşir;

uygun ankraj olmadığı için işçi kemerini bir noktaya bağlamadan çalışmaya devam edebilir ve bu sırada bir ayağının kayması telafisi imkânsız sonuçlar doğurabilir.

Yaşam hattı sistemlerinin kurulumu ve doğru kullanımı, iş güvenliği kültürünün önemli bir göstergesidir. Mevcut yönetmeliklere göre işverenler, çalışanların düşme riskine karşı güvenliğini sağlamak için gerekli *ankraj noktalarını veya yaşam hatlarını temin etmekle* yükümlüdür. Günümüzde **prefabrik yapı montajında, elemanlara montaj aşamasında entegre edilen gerilmeli halat sistemleri kullanılmaya başlanmıştır**. Bu, prefabrik kolon veya kirişlerin üzerine, daha fabrikada üretim esnasında veya montajın hemen başında bir *geçici yaşam hattı* kurulması anlamına gelir. Böylece montaj personeli yüksek bir noktaya çıkar çıkmaz kemerini takabileceği bir hatta sahip olmaktadır. Ancak uygulamada bu sistemlerin kurulmaması veya yetersiz şekilde kurulması sık rastlanan bir eksiktir. Bazı durumlarda, yaşam hattı mevcut olsa bile uygun şekilde gerilmemiş veya sağlam bir noktaya ankrajlanmamış olabilir. Örneğin, hatalı şekilde kolonun alt kısmına bağlanmış bir halat, yüksekten düşme durumunda güvenli tutuş sağlayamaz.

Yaşam hatlarının eksikliğini gidermek için yapılması gereken ilk şey, planlama aşamasında montaj alanının analiz edilmesidir. Montaj programı oluşturulurken, her çalışma seviyesinde sabit veya geçici yaşam hatlarının nasıl kurulacağı belirlenmeli ve bu işler için gerekli malzeme/ekipman önceden hazır edilmelidir. Montaj elemanları üzerinde yaşam hattı ankraj noktaları oluşturmak için tasarımda gerekli güçlü bağlantı detayları düşünülmelidir. Ayrıca, yaşam hattını kullanacak personelin de bu konuda eğitilmiş olması gerekir; örneğin *çift halatlı şok emici lanyard* kullanımı önerilir ki işçi hat üzerinde hareket ederken bir ankrajdan ayrılmak zorunda kalmadan diğerine geçebilsin. Bu ekipman, çalışanın bir noktadan diğerine geçerken bile sürekli en az bir bağlantısının kalmasını sağlar. Son olarak, yaşam hatlarının yokluğunda asla çalışmalar başlatılmamalı; mutlaka alternatif koruma yöntemleri (ör. hareket kısıtlayıcı halatlar veya güvenlik ağları) devreye alınmalıdır. Bu bilinç hem işveren hem de çalışan düzeyinde yerleştiğinde, yüksekte çalışma kaynaklı kazaların önemli ölçüde önüne geçilecektir.

Panel ve Çatı Montajlarındaki Güvenlik Açıkları

Prefabrik yapıların **panel montajı** ve **çatı kaplama** işlemleri, hem yüksekte çalışma risklerini hem de ağır malzeme hareketlerini içerdiği için özel önlemler gerektirir. Bu aşamalarda yapılan

hatalar veya ihmal edilen güvenlik tedbirleri, sadece çalışanlar için değil aynı zamanda yapının bütünlüğü için de tehlikeli durumlar oluşturabilir. Panel ve çatı montajlarındaki güvenlik açıklarını birkaç başlık altında inceleyebiliriz:

Ağır Elemanların Kaldırılması ve Taşınması: Prefabrik beton paneller, çatı kirişleri veya çelik makaslar gibi büyük elemanlar genellikle vinç yardımıyla yerine konulur. Bu kaldırma işlemleri sırasında kullanılan halat, zincir, kanca gibi kaldırma aksesuarlarının standartlara uygun ve sağlam olması hayati önemdedir. Aksi halde, kaldırılan elemanın düşmesi söz konusu olabilir. 1 Mayıs 2025 tarihinde Ankara Kahramankazan'da meydana gelen bir iş kazasında, prefabrik beton montajı sırasında **kaldırma halatının kopması** nedeniyle 51 yaşındaki bir işçi yaklaşık 10 metre yükseklikten düşerek hayatını kaybetmiştir. Bu olay, panel montajı esnasında yaşanabilecek en ciddi tehlikelerden birini somut biçimde gözler önüne sermektedir. Halat kopması, muhtemelen ya halatın aşırı aşınmış/hasarlı olmasından ya da kapasitesinin üzerinde yüklenmesinden kaynaklanmıştır. Benzer kazaların önlenmesi için vinç operatörleri ve yük kaldırma ekipleri, her kaldırma işleminden önce tüm bağlantı ekipmanını (halatlar, kilitler, şaküller vb.) **görsel ve elle kontrol** etmeli, periyodik test ve muayene raporlarının güncel olduğundan emin olmalıdır. Ayrıca, vinç operatörü ile yükü yönlendiren montaj personeli tam bir uyum içinde çalışmalı; işaretçi (işaretçi işçi) net ve doğru komutlar vermeli, gerekirse telsiz iletişimi kullanılmalıdır.

Vinç Operasyonu ve Çalışma Alanının Güvenliği: Panel veya kiriş montajında vinç kurulumunun doğru yapılması, hem elemanın güvenli yerine konulması hem de çevredeki insanların korunması için şarttır. Vinçlerin kurulacağı zemin sağlamlaştırılmalı, ayaklarının altına yük dağıtıcı plakalar konulmalı ve vincin devrilme riski ortadan kaldırılmalıdır. Kaldırılan panel veya çatı elemanı havadayken, altında ya da yakınında kesinlikle kimse bulunmamalıdır. Bunun için montaj alanı etrafında uygun **bariyerler ve uyarı levhaları** ile bir güvenli bölge oluşturulması gerekir. Ne yazık ki, birçok şantiyede bu konuda eksikler görülmekte, başka işler yapan işçiler veya yetkisiz kişiler tehlikeli bölgeye girebilmektedir. Yine vinç operasyonu sırasında, vincin hareket alanı içinde yüksek gerilim hattı, bina veya diğer yapısal engeller varsa önceden planlama yapılarak çarpma/çarpmama riskleri bertaraf edilmelidir. Örneğin, bir şantiyede vincin bomunun yakınından geçen enerji nakil hattına temas

etmesi sonucu elektrik çarpması vakaları yaşanabilmektedir; bu tip riskler hem planlama hem de operatör eğitimi ile önlenmelidir.

Panel Montajında Klavuzlama ve Sabitleme: Beton paneller veya prefabrik duvar elemanları, montaj sırasında genellikle birkaç bağlantı noktasından geçici olarak tutulur ve yerine yerleştirilir. Bu esnada işçilerin paneli alt kısımdan yönlendirmeleri gerekebilir. Panel ağır olduğu için, kontrolsüz sallanma ya da aniden dönme hareketi işçileri ezebilir veya panelin düşmesine neden olabilir. Bu nedenle panel montajında **kılavuz ipler (yönlendirme halatları)** kullanılması zorunludur. İki veya daha fazla işçi, panelin alt köşelerine bağlanan kılavuz halatları tutarak panelin yavaş ve kontrollü dönmesini sağlar. Eğer kılavuz ip kullanılmazsa, panel rüzgarın etkisiyle savrulabilir ya da ani frenlemelerde kontrolden çıkabilir. Ayrıca panel yerine oturtulduğunda hemen kalıcı bağlantılar yapılmayacaksa, panelin devrilmesini önlemek için geçici destekler konulmalıdır. Örneğin, beton prefabrik bir perde duvar paneli yere dik yerleştirildiğinde, ankraj bulonları sıkılıp grout (dolgu harcı) ile kesin sabitleme yapılana kadar panel yanlarına ahşap payandalar konarak veya vinçle gergide tutularak emniyete alınmalıdır.

Çatı Montajında Yürüyüş ve Kenar Riskleri: Prefabrik çatı montajında, çatı kaplama panellerinin veya trapez sac levhaların serilmesi sürecinde çalışanlar açıkta ve yüksekte çalışırlar. Bu süreçte iki büyük tehlike vardır: kenardan düşme ve çatı kaplama malzemesiyle birlikte düşme. Kenardan düşme riski, eğer çatı kenarlarında güvenlik ağı veya korkuluk yoksa sürekli mevcuttur. Çatıyı kaplayan ekip, kenara yaklaştıkça emniyet kemeri kullanıyor olsalar dahi yaşam hattı yoksa tam koruma sağlayamaz (bir önceki bölümde vurgulanan yaşam hattı burada çok önemlidir). Diğer yandan, çatı paneli veya sacı henüz tamamen sabitlenmemişken üzerindeki işçinin ağırlığıyla kayabilir ya da devrilebilir. Özellikle büyük ebatlı sandviç paneller rüzgârla ani hareket edebilir. Bu nedenle, çatı üzerinde çalışma yaparken her yeni panel uygun bağlantı elemanları ile hemen kısmen de olsa sabitlenmeli, tüm paneller döşendikten sonra nihai sıkma ve sabitleme yapılmalıdır. Çatı ışıklıkları veya boşlukları varsa, buralara düşmemek için geçici kapaklar veya güvenlik ağları kullanılmalıdır. Bazı iş kazalarında, işçiler çatıda polikarbonat ışıklıkların üzerine basarak aşağı düşmektedir; prefabrik yapıların çatılarında bu gibi kırılğan yüzeyler varsa bunların etrafı belirgin şekilde işaretlenmeli ve çalışanlar uyarılmalıdır.

Vinç operatörü ve montaj ekibi uyum içinde çalışmalı, kolon yerine yerleştirilirken kimse altına girmemeli ve eleman geçici olarak sabitlenmeden vinçten ayrılmamalıdır. Panel veya kolon montajında yapılan her işlem, bir sonraki adımın güvenliğini de etkilemektedir. Eğer burada kolon tam dik değilse veya yerine doğru oturmazsa, üzerine konacak çatı kirişi de riskli bir şekilde duracaktır. Bu nedenle montaj ekibi, her elemanı yerine yerleştirdikten sonra su terazisi vb. kullanarak doğruluğunu kontrol etmeli ve ancak emniyete alındıktan sonra bir sonraki parçaya geçmelidir.

Sonuç olarak, panel ve çatı montajlarındaki güvenlik açıklarının giderilmesi için teknik önlemler (sağlam ekipman, doğru yöntemler) ile idari önlemlerin (eğitim, denetim, planlama) birlikte yürütülmesi gerekmektedir. Her montaj faaliyeti için bir **iş yöntemi planı** hazırlanmalı, bu planda hangi emniyet tedbirlerinin uygulanacağı açıkça belirtilmelidir. İşçiler, planlanan bu tedbirlere harfiyen uymaları konusunda bilgilendirilmeli ve gözetim altında tutulmalıdır. Küçük bir ihmalin bile büyük kazalara yol açabildiği montaj işlerinde, “önce güvenlik” anlayışı tüm ekip tarafından içselleştirilmelidir.

Kolon-Çatı İlişkileri

Prefabrike yapıların tasarım ve montajında **kolon-çatı (kolon-kiriş) bağlantıları** özel bir dikkat gerektirir. Sanayi tesisleri gibi prefabrik yapılarda çoğunlukla tek katlı, geniş açıklıklı ve kolonların temel ile ankastre, kirişlerin ise kolonlara mesnetli olduğu sistemler kullanılmaktadır. Bu yapılara ilk bakışta yük aktarım şeması basit görünse de, taşıyıcı sistemdeki **süreksiz birleşimler** (yani kolon ile kirişin monolitik olmaması, sadece civata veya pimle bağlanması gibi) yapının özellikle dinamik yüklere (rüzgâr, deprem) karşı davranışını karmaşık hale getirebilir. Nitekim geçmiş büyük depremlerde (örn. 1999 Marmara Depremi) birçok prefabrik sanayi binasının kolon-kiriş bağlantılarından hasar gördüğü veya tamamen çöktüğü raporlanmıştır. Bu durum, eski tasarımlarda kolon üstüne oturan kirişlerin yeterli bağlantı elemanlarına sahip olmamasından, yani kolon-çatı ilişkilerindeki zayıflıktan kaynaklanmıştır. Deprem sırasında bağlantı noktalarındaki yetersizlikler, kirişlerin kolonlardan ayrılmasına ve çatının çökmesine yol açmıştır. Bu acı tecrübeler sonucunda Türkiye’de prefabrik yapı elemanlarının deprem dayanımı konusunda mevzuat ve standartlar geliştirilmiştir. Örneğin, güncel **Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği** (2018), prefabrik yapıların birleşim bölgelerinin hesap ve detaylandırmasına ilişkin özel hükümler içermekte,

kolon-kiriş birleşimlerinin belirli bir sünekliği sağlayacak şekilde tasarlanmasını zorunlu kılmaktadır.

Kolon-çatı ilişkileri sadece yapı kullanımı esnasında değil, **montaj aşamasında** da kritiktir. Montaj sırasında kolonlar dikildikten sonra kirişler yerlerine konulup bağlanıncaya kadar, kolonlar geçici bir süre stabil olmayabilir. Eğer kolonlar tek başına dik vaziyette bırakılır ve yeterli geçici destek yoksa, rüzgâr yükü veya küçük bir sarsıntı ile devrilme riski oluşur. Bu nedenle, prefabrik montajda kolon dikilir dikilmez temel ile bağlantısı hemen yapılmalı (ankraj civataları sıkılıp uygun tork değeriyle sabitlenmeli veya beton dolgusu ile ankastre hale getirilmeli) ve kolonlar genellikle **geçici gergi halatları** ile karşılıklı olarak bağlanmalıdır. Örneğin, uzun bir beton prefabrik kolon dikildiğinde, tepesinden komşu bir kolona çelik halatlarla bağlanarak ayakta durması güvence altına alınır; ardından kiriş monte edilince asıl rijitlik kazanılacaktır. Montaj planlamasında bu tür **geçici stabilizasyon** adımlarının tanımlanması gerekir. Aksi takdirde, kolon devrilmeleri çok ciddi iş kazalarına ve yapısal hasarlara neden olabilir.

Kolon ile çatı (kiriş) birleşim detaylarındaki eksiklikler, montaj sürecini de olumsuz etkileyebilir. Örneğin, tasarım veya üretim hatası nedeniyle kolon-kiriş birleşim plakalarının deliklerinin uyumsuz olması halinde, sahada montaj sırasında kolon üzerinde tehlikeli işlemler (delik büyütme, plakayı kesip kaynak yapma gibi) gerçekleştirilmek zorunda kalınabilir. Bu gibi durumlar hem işçiler için ek risk yaratır hem de yapının kalitesini düşürür. Nitekim bazı araştırmalar, Türkiye’de prefabrik yapı sistemlerinin yaygınlaşmasını etkileyen faktörler arasında **kolon-kiriş birleşimlerindeki sorunlar ve yeterli uzmanlıkta mühendis/mimar eksikliği** olduğunu ortaya koymuştur. Bu birleşim sorunları, montaj ekibinin işini zorlaştırarak hem süreyi uzatmakta hem de güvenlik açıklarına yol açmaktadır.

Kolon-çatı ilişkilerinde güvenliği sağlamak için birkaç temel prensip benimsenmelidir:

- **Tasarım ve Hesap Aşaması:** Prefabrik kolon ve kiriş birleşimleri, sadece kullanım yükleri altında değil, montaj sırasındaki geçici durumlar da göz önüne alınarak tasarlanmalıdır. Örneğin, “tek parça uzun kolonlar montaj pozisyonunda iken kiriş takılmadan kendi ağırlığını taşıyabilecek mi, ya da iki parçada eklenen kolonlar için ek

yerinde geçici destek gerekli mi?” gibi sorular mühendislik hesaplarında cevaplanmalıdır. Gerekiyorsa üretim öncesi montaj simülasyonları yapılmalı ve kritik birleşim noktaları için özel detaylar geliştirilmelidir.

- **Kaliteli Üretim ve Uyum:** Kolon ve kiriş üzerindeki bağlantı plakaları, ankraj bulon delikleri ve bağlantı elemanları yüksek hassasiyetle üretilmelidir. Şantiyede “delik uydurma” gibi işlemlere gerek kalmaması için fabrikada kalite kontrolle uygunluk sağlanmalıdır. Ayrıca her prefabrik eleman, yerine monte edilirken doğru pozisyonu alabilmesi için referans işaretleriyle (örneğin kolonda kiriş oturma kotunu gösteren bir işaret) sevk edilmelidir.
- **Geçici ve Kalıcı Bağlantılar:** Montaj sırasında kolon-kiriş birleşimi yapıldıktan sonra genellikle cıvata, kamalı pim veya kaynak gibi yöntemlerle bağlantı sağlanır. Bu bağlantılar yapıldıktan sonra işçiler birleşim noktasında yakın çalışmamalı, bağlantı elemanları yerleştirilip sıkıldıktan sonra üzerinde gezinilmelidir. Eğer cıvatalı bir birleşim ise, her cıvatanın uygun torkla sıkılması ve kontra somun veya kilitli somun ile gevşeme riskine karşı emniyete alınması gerekir. Kaynaklı birleşim olacaksa, kaynak işinin ehil kişilerce ve gerekiyorsa aşamalı olarak yapılması (örneğin kolon ve kirişte çarpılma yaratmayacak şekilde) önemlidir.

Son olarak, kolon-çatı birleşimleri tamamlandıktan sonra da **düzenli denetim** ve bakım ihmal edilmemelidir. Prefabrik sanayi yapıları kullanıma açıldıktan yıllar sonra bile birleşim noktaları kontrol edilmelidir; örneğin cıvatalarda gevşeme, korozyon veya kaynaklarda çatlak oluşumu var mı diye periyodik olarak incelenmelidir. Bu yapılmadığında, zaman içinde birleşim kapasitesinin düşmesi olasıdır ve bir sarsıntıda beklenmedik şekilde birleşim noktasından göçme yaşanabilir. İşte tüm bu nedenlerle, kolon ve çatı elemanlarının ilişkisi hem tasarım, hem montaj hem de kullanım sürecinde sürekli dikkat ve uzmanlık gerektiren bir konudur. Türkiye’de yürürlükteki mevzuat ve standartlar bu konuyu kapsasa da (örneğin Deprem Yönetmeliği’nin ilgili hükümleri), **saha uygulamasında** bu detayların doğru hayata geçirilmesi esastır.

Saha Uygulamalarındaki Eksikler

Prefabrik yapı projelerinde, kağıt üzerindeki plan ve hesaplar ne kadar iyi olursa olsun, **saha uygulaması** aşamasındaki hatalar iş güvenliği açısından büyük riskler doğurabilir. Ne yazık ki, Türkiye’deki şantiye pratiklerinde zaman zaman ciddi uygulama eksikleriyle karşılaşilmektedir. Bu eksikleri, **planlama ve organizasyon, iş güvenliği kültürü ve denetim** boyutlarında ele alabiliriz.

Planlama ve Organizasyon Eksikleri: Bazı şantiyelerde, montaj sırasındaki görev dağılımı ve iş programı yeterince net değildir. Örneğin, hangi elemanın ne zaman monte edileceği, bu iş için hangi ekipmanın kullanılacağı ve hangi güvenlik önlemlerinin alınacağı önceden detaylı planlanmamış olabilir. Böyle durumlarda, sahada kararlar aceleyle ve o anki duruma göre verilir ki bu da düzensizliğe yol açar. Ayrıca, **farklı ekiplerin eş zamanlı çalışması** çakışmalar yaratabilir; örneğin bir bölgede panel montajı yapılırken hemen altında başka işçilerin elektrik tesisatı döşemesi gibi tehlikeli kesişmeler görülebilir. Bunlar aslında yapı işlerinde işverenler arası koordinasyon eksikliğini göstermektedir. Oysa **Yapı İşlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği**, birden fazla yüklenicinin çalıştığı şantiyelerde sağlık ve güvenlik koordinatörü atanmasını şart koşar ve işlerin planlanmasında koordinasyonun sağlanmasını ister. Uygulamada bu koordinasyon kâğıt üstünde kalmakta veya etkili şekilde yürütülmemektedir.

İş Güvenliği Kültürü ve Eğitim Eksikleri: Türkiye’de pek çok sektörde olduğu gibi inşaat ve prefabrik yapı sektöründe de iş güvenliği konusunda farkındalık istenen düzeyde değildir. İşverenlerin bir kısmı iş sağlığı ve güvenliği için yapılan harcamaları gereksiz maliyet olarak görmekte, çalışanlar ise çoğu zaman İSG ile ilgili yeterli eğitim ve bilince sahip olmamaktadır. Bu durum sahada tehlikeli davranışların süreklilik kazanmasına neden olmaktadır. Örneğin, bazı çalışanlar emniyet kemeri takmayı “iş yavaşlatan rahatsız edici bir zorunluluk” olarak değerlendirebilmekte, bu nedenle kısa mesafe çalışma veya “nasılsa bir şey olmaz” düşüncesiyle kemersiz çalışabilmektedir. Yine baret, gözlük, eldiven gibi kişisel koruyucuların kullanımında ihmaller yaygındır. Özellikle sıcak hava veya işin zorluğu gibi bahanelerle çalışanların koruyucu ekipmanlarını çıkardıkları gözlemlenir. Bu tür davranışların temelinde eğitim ve bilinç eksikliği yatmaktadır. Oysa ki mevzuat gereği işverenler, çalışanlarına düzenli aralıklarla iş sağlığı ve güvenliği eğitimi vermeli ve bu eğitimlerin etkinliğini sağlamalıdır.

Prefabrik montaj işçileri özelinde, “yüksekte güvenli çalışma”, “iş ekipmanlarının güvenli kullanımı” gibi konularda pratik uygulamalı eğitimlerin yapılması çok faydalı olacaktır.

Malzeme ve Ekipman Kullanımındaki Eksikler: Saha uygulamalarında karşılaşılan bir diğer sorun, kullanılan ekipman ve malzemelerin usulüne uygun olmamasıdır. Örneğin, kaldırma ekipmanlarının periyodik kontrol sürelerinin geçirilmesi, aşırı yıpranmış halat ve zincirlerin değiştirilmemesi gibi ihmaller görülmektedir. Yine iskele, platform gibi geçici yapıların standart dışı kurulması (eksik bağlantı elemanlarıyla çakılması, yeterince sağlamlaştırılmaması) sık rastlanan bir eksiktir. Bazı şantiyelerde kalıp iskelesi veya platform yerine forklift kepçesi üzerinde işçi kaldırma gibi **improvised** ve tehlikeli yöntemlere başvurulduğu bile bilinmektedir. Bu tip uygunsuz ekipman kullanımı, iş kazalarının başlıca nedenlerindendir. Oysa yönetmelikler açıkça, işverenin çalışma yöntemlerinde **ilgili teknik mevzuata ve ulusal/uluslararası standartlara uygun ekipman kullanmasını** şart koşar. Uygulamada bu hükme uymamak hem yasal yaptırımlara hem de can kayıplarına yol açabilecek büyüklükte bir ihlaldir.

Denetim ve İkaz Eksikleri: Şantiyede sürekli bir iş güvenliği denetimi olmaması, hatalı uygulamaların düzeltilmeden devam etmesine neden olur. Özellikle küçük ölçekli projelerde, tam zamanlı bir iş güvenliği uzmanı bulundurulmadığında veya görevini etkin yapmadığında, sahada tehlikeli durumlar kimsenin dikkatini çekmeden sürebilir. Örneğin, yüksek bir noktada korumasız çalışan bir işçiyi anında uyaracak ve durumu düzelttirecek bir yetkili olmadığı takdirde, çalışan kendi inisiyatifiyle doğru olanı yapmayabilir. İş güvenliği uzmanları ve işyeri hekimleri, 6331 sayılı Kanun kapsamında her tehlike sınıfındaki işyerinde belirli sürelerle bulundurulmak zorundadır; **prefabrik montaj gibi “çok tehlikeli” sınıftaki işlerde A sınıfı bir iş güvenliği uzmanının sahada bulunması yasal bir zorunluluktur.** Uygulamada bazı işverenlerin uzmanı sadece kağıt üzerinde bulundurup fiilen sahada aktif hale getirmediği veya uyarılarını dikkate almadığı durumlar olabilmektedir. Bu, ciddi bir uygulama eksikliği olup kazalara davetiye çıkarmaktadır.

Özetle, saha uygulamalarındaki eksikler, çoğu zaman insan hatası veya ihmalden kaynaklanan, ancak sonuçları çok ağır olabilecek durumlardır. Bu eksikleri gidermek için şirket kültürü olarak iş güvenliğine öncelik verilmesi, “önce iş güvenliği” anlayışının her kademede benimsenmesi gerekir. Yönetimden işçilere kadar herkesin şantiyede tehlikeli bir durum gördüğünde müdahale edebildiği, proaktif bir güvenlik yaklaşımı oluşturulmalıdır. Her gün işe başlamadan önce kısa “**toolbox**” toplantıları ile o günkü işlerde nelere dikkat edileceği vurgulanmalı, çalışanlar riskler konusunda sürekli tetikte tutulmalıdır. Ayrıca, çalışanların işe katılımı da sağlanmalı; örneğin işçilerden pratikte gördükleri sorunlar hakkında geri bildirim alınarak çözümler üretilmelidir. Bütün bunlar, prefabrik yapılaşmanın güvenli bir şekilde sürdürülmesi ve ülkemizdeki iş kazası istatistiklerinin iyileştirilmesi için şarttır.

İlgili İş Güvenliği ve Yapı Mevzuatları

Türkiye’de prefabrik yapılaşmayı ve şantiyelerdeki iş güvenliğini ilgilendiren çok sayıda mevzuat düzenlemesi bulunmaktadır. Bu düzenlemeler temelde iki ana grupta toplanabilir: **(1)** İş sağlığı ve güvenliği mevzuatı ve **(2)** yapı ve inşaat faaliyetlerini düzenleyen imar/deprem mevzuatı. Aşağıda, konuyla en ilgili yasa ve yönetmelikler özetlenmiştir:

- **6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu (2012):** Tüm işyerlerinde işverenin çalışanların sağlığını ve güvenliğini korumak için gerekli önlemleri almasını emreden temel kanundur. Bu kanun, risk değerlendirmesi yapılması, çalışanlara eğitim verilmesi, iş güvenliği uzmanı ve işyeri hekimi görevlendirilmesi gibi yükümlülükler getirir. Prefabrik yapı şantiyeleri de bu kanun kapsamındadır ve tehlike sınıfı “çok tehlikeli” olduğundan, işverenin yükümlülükleri daha da artar (örneğin, iş güvenliği uzmanı ve hekim bulundurma süreleri daha uzundur). Kanuna göre çalışanlar da kendi sağlık ve güvenliklerine dikkat etmekle ve verilen talimatlara uymakla yükümlüdür.
- **Yapı İşlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği (5 Ekim 2013, RG 28786):** İnşaat ve yapı işlerinde alınacak asgari iş güvenliği önlemlerini detaylandıran yönetmeliktir. Avrupa Birliği’nin ilgili direktifine uyumlu olarak hazırlanmıştır. Bu yönetmelik, yapı işlerinde hazırlık ve uygulama aşamalarında bir **İSG koordinatörü** atanmasını, büyük ölçekli inşaat projeleri için **Sağlık ve Güvenlik Planı** hazırlanmasını zorunlu kılar. Ayrıca Ek-1 ve Ek-2’inde riskli işler listesi bulunur. Özellikle Ek-2’de “Özel Tehlike Oluşturan İşler” arasında “*ağır prefabrike elemanların montaj ve söküm işleri*” açıkça belirtilmiştir. Bu madde, prefabrik montaj işlerini özel risk grubunda değerlendirmekte ve bu işlere başlamadan önce Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı’na bildirim

yapılmasını da şart koşmaktadır (proje bildirimi gereği). Yönetmelik ayrıca, şantiyede kullanılacak makine ve ekipmanın ulusal/uluslararası standartlara uygun olması gerektiğini, çalışma alanlarının düzeni, iskelelerin kurulumu, elektrik tesisatı güvenliği, kazı işlerinde alınacak önlemler gibi pek çok konuyu kapsamaktadır. Örneğin, yüksekte düşmeye karşı uygun korkulukların yapılması, acil çıkış yollarının belirlenmesi gibi hususlar bu yönetmelikte tanımlanmıştır.

- **İş Ekipmanlarının Kullanımında Sağlık ve Güvenlik Şartları Yönetmeliği (25 Nisan 2013, RG 28628):** Vinçler, forkliftler, kaldırma halatları, basınçlı kaplar, elektrikli el aletleri gibi tüm iş ekipmanlarının güvenli kullanımı ve periyodik kontrollerini düzenleyen yönetmeliktir. Prefabrik yapı montajında yoğun kullanılan kule vinç, mobil vinç, platform, harness (emniyet kemerleri) gibi ekipmanların bu yönetmelik uyarınca belirli aralıklarla muayene edilmesi zorunludur. Örneğin, kaldırma ve iletme ekipmanları (vinçler, caraskallar vb.) için üç veya altı ayda bir periyodik kontrol zorunluluğu bulunmaktadır. Bu yönetmelik uyarınca prefabrik montaj sahalarında kullanılan vinçlerin, kaldırma aparatlarının, iskelelerin vb. belirlenen aralıklarda yetkili kişilerce muayene edilip güvensiz olanların kullanılmaması gerekir.
- **Yapı Denetimi Hakkında Kanun (4708) ve İlgili Mevzuat:** 2001 yılında çıkarılan 4708 sayılı Kanun, Türkiye’de inşa edilecek belli büyüklükteki yapılar için *yapı denetim firmaları* tarafından denetlenme zorunluluğu getirmiştir. Prefabrik sanayi yapıları da genellikle bu kapsamda olduğundan, projelerin fenni uygunluk denetimi ve inşaat sürecinin gözetimi, Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı’ndan lisanslı yapı denetim kuruluşlarınca yapılır. Bu kuruluşlar, projenin ilgili imar planı, deprem yönetmeliği ve Türk Standartları’na uygun hazırlanıp hazırlanmadığını inceler; şantiye aşamasında da temel, kolon, giriş montajları gibi kritik aşamalarda kontroller gerçekleştirir. Örneğin, prefabrik kolonların ankraj detaylarının projeye uygunluğunu, beton kalitesini, kullanılan betonarme elemanların üretici sertifikalarını denetlemek yapı denetim firmasının sorumlulukları arasındadır. Yapı Denetimi sistemi, inşaatlarda malzeme ve işçilik kalitesini artırmayı hedeflese de uygulamada bazı sorunlar (örneğin denetim firmalarının çok fazla projeyi aynı anda üstlenmesi, her şantiyeye yeterince zaman ayıramaması) yaşandığı bilinmektedir.
- **Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (2018):** Ülkemizde inşa edilen tüm yapıların deprem etkilerine karşı tasarım esaslarını belirleyen bu kapsamlı yönetmelik, prefabrik yapıları da içermektedir. Prefabrik betonarme yapı elemanlarının birleşim bölgelerinin

tasarımı, depremde çözülmeyecek biçimde detaylandırılması şart koşulmaktadır. Özellikle yönetmeliğin “Ön Üretimli Yapılar” ile ilgili maddelerinde, kolon-kiriş ek detaylarının minimum donatı koşulları, bulon ve plaka bağlantılarının hesap esasları belirtilmiştir. Prefabrik yapılar için *süneklik düzeyi yüksek* tasarım prensipleri uygulanması zorunlu tutulmuş; örneğin, kolon-kiriş birleşimlerinde en az bir tür moment aktarma kapasitesi veya düşey taşıyıcı elemanların devrilmesini önleyici özel tedbirler (kilit mekanizmaları, bağlantı pimleri vb.) önerilmiştir. Bu yönetmeliğe uyum, yeni yapılacak prefabrik sanayi tesislerinin deprem performansı için kritik önemdedir.

- **Türk Standartları ve CE İşaretlemesi:** Prefabrike yapı elemanlarının üretimi ve montajına dair çeşitli Türk Standartları mevcut olup, üreticiler bu standartlara uymakla yükümlüdür. Örneğin, *TS EN 13369* genel prefabrik betonarme eleman kurallarını belirlerken, kolonlar, kirişler veya beton paneller için spesifik standartlar bulunmaktadır. Çelik prefabrik yapılar içinse *TS EN 1090* standardı gereği üreticilerin fabrikasyon yeterlilikleri (CE belgesi) olması gereklidir. Yapı Malzemeleri Yönetmeliği (305/2011/AB) kapsamında, taşıyıcı prefabrik elemanlar uygunluk değerlendirmesine tabi olup, piyasaya arz edilirken CE veya uygunluk işareti ile birlikte performans beyanı sunulmalıdır. Bu mevzuat düzenlemeleri, kullanılan prefabrik elemanların belirli bir kalite ve güvenlik seviyesinin altında olmamasını teminat altına alır.

Yukarıda özetlenen mevzuatlar dışında, prefabrik yapılaşma ile ilişkili **İmar Kanunu**, **İş Kanunu** gibi diğer kanunlar ve bunların ilgili yönetmelikleri de dolaylı şekilde süreci etkiler. Örneğin, ağır ve tehlikeli işlerde çalışacakların alması gereken sağlık raporlarının usul ve esasları, Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı’nın tebliğ ve yönetmeliklerinde yer almaktadır; prefabrik montaj işçileri de bu kapsamda “ağır ve tehlikeli işlerde çalışabilir” raporu almak durumundadır. Sonuç olarak, Türkiye’de prefabrik yapı sektöründe gerek yapı güvenliği gerekse işçi sağlığı açısından oldukça kapsamlı bir mevzuat çerçevesi mevcuttur. Esas sorun, bu kuralların sahada tam anlamıyla uygulanması ve denetlenmesindedir ki bu konu raporun ilerleyen bölümlerinde değerlendirilmiştir.

Kalite Kontrol Süreçleri

Kalite kontrol, prefabrik yapıların hem üretiminde hem de montajında güvenli ve sağlam sonuçlar elde etmek için vazgeçilmez bir unsurdur. Bu süreç, tasarım aşamasından başlayarak, elemanların fabrikada üretimi, şantiyeye taşınması, montajı ve bitmiş yapının kabulüne kadar pek çok adımı kapsar:

- **Tasarım ve Proje Kalite Kontrolü:** Bir prefabrik yapının güvenliği, öncelikle mühendislik tasarımının doğruluğuna bağlıdır. Bu nedenle, projelerin hazırlanması sırasında ikinci bir mühendislik kontrolü (peer review) yapılması iyi bir uygulamadır. Özellikle kolon-kiriş birleşimleri gibi kritik detaylar, deneyimli mühendisler tarafından kontrol edilmeli, hesap raporları ve çizimler standartlara uygunluk açısından gözden geçirilmelidir. Gerekirse prefabrik eleman üreticisi firmaların tasarımcıları ile proje müellifleri koordinasyon toplantıları yaparak olası imalat ve montaj güçlükleri önceden değerlendirilmelidir. Nitekim bazı çalışmalarda, üretici firmaların tasarım aşamasına dahil olmamasının üretim ve montaj sürecini olumsuz etkilediği belirtilmiştir.
- **Üretim Aşamasında Kalite Kontrol:** Prefabrik elemanların fabrika üretimi, şantiyede dökülen betona göre daha kontrollü bir ortam sunar, ancak kendi içinde sıkı bir kalite denetimi gerektirir. Üretim yapan tesisler, hammadde kalitesini (çimento, agrega, çelik), karışım özelliklerini ve kalıp süreçlerini standartlaştırmalıdır. Örneğin, dökülen her beton parti için küp numuneler alınarak laboratuvar ortamında basınç dayanımı testleri yapılmalı, sonuçlar ilgili standart (örn. TS EN 206) limitlerini sağlamalıdır. Çelik donatıların nervür özellikleri, çekme dayanımları uygun test sertifikaları ile doğrulanmalıdır. Kalıba yerleştirilen ankraj plakaları, gömülü elemanlar, boru boşlukları gibi detaylar her üretim öncesi kalıp kontrolüyle teyit edilmelidir. Üretim aşamasında firmalar ISO 9001 Kalite Yönetim Sistemi gibi sistemler kullanarak, her işlemi kayıt altına almalı ve izlenebilirliği sağlamalıdır. Özellikle prefabrik elemanların boyut toleransları kritik olduğu için, her eleman kalıptan çıktıktan sonra ölçüm aletleriyle kontrol edilmeli, proje toleransları dışında sapma varsa eleman kabul edilmemelidir.
- **Taşıma ve Şantiye Depolaması:** Fabrikada üretilen elemanların şantiyeye nakliyesi sırasında hasar görmemesi için kalite kontrol prosedürleri bulunmalıdır. Elemanların kaldırma noktaları işaretlenmeli, uygun kaldırma aparatları (kayış, kelepçe vb.) kullanılmalıdır. Nakliye araçlarına yükleme planı yapılmalı; örneğin paneller dik

konumda özel kafeslerde taşınmalı, kiriş ve kolonlar desteklenerek sabitlenmelidir. Şantiyede boşaltma sonrası elemanlar düz zemine ve doğru istif kurallarına göre depolanmalıdır. Örneğin, kolonlar zeminde yatay depolanacaksa alttaki destek noktaları proje notlarında belirtildiği şekilde olmalı, aksi takdirde eleman kendi ağırlığıyla çatlayabilir. Bu taşıma ve stoklama adımlarının her biri, sorumlu personel tarafından kontrol edilmeli, herhangi bir hasar tespit edilirse kayıt altına alınıp ilgili eleman montajdan önce tamir edilmelidir.

- **Montaj Kalite Kontrolü:** Şantiyede montaj sırasında anlık kontroller yapmak, hatalı imalat veya yerleştirmelerin önüne geçer. Montaj ekibi, her eleman yerleştirildikten sonra kontrol listesine göre ölçüm yapmalıdır. Örneğin, dikilen kolonun düşeyliği nivo veya şakul ile kontrol edilmeli, temel üzerindeki ankraj bulonlarının doğru sıkıldığı ve somunların kilitlendiği doğrulanmalıdır. Kirişler yerine konduğunda, iki kolon arasındaki açıklığın proje değerine uygun olup olmadığı ölçülmeli, oturma mesafeleri (mesnet payı) yeterli mi bakılmalıdır. Cıvatalı birleşimlerde tüm cıvatalar takılıp sıkıldı mı, kaynaklı birleşimlerde kaynağın görünürde hatası var mı gibi hususlar atlanmamalıdır. Montaj kalitesinin sürekliliği için, firma içi **montaj talimatları ve formları** kullanılabilir. Nitekim bazı prefabrik firmaları, her proje için bir montaj planlaması ve kontrol listesi hazırlamakta; örneğin “maddesi j: Düşey elemanların temel aplikasyon kontrolleri yapıldı, k: Kolonların betonlama/bulonlama ile sabitlendiği kontrol edildi, l: Yatay elemanların yerleşim toleransları uygun, m: Birleşim noktaları proje detayına göre yapıldı” şeklinde maddeler barındıran formlar kullanılmaktadır. Bu tip sistematik kontroller, montaj bitiminde yapının projeye uygun ve güvenli şekilde tamamlandığının güvencesini verir.
- **Son Kontrol ve Kabul:** Tüm montaj işleri bittikten sonra, yapının genel bir kontrolü yapılarak eksikler giderilmelidir. Yapı denetim mühendisleri ve proje mühendisleri son kontrolde özellikle taşıyıcı sistem elemanlarına odaklanır. Prefabrik yapıda bu, kolon-kiriş bağlantı noktalarının gözle muayenesi, gerekiyorsa tork anahtarları ile rastgele cıvata sıkılık kontrolü, kaynaklı noktaların ultrasonik muayenesi gibi yöntemleri içerebilir. Ayrıca yapıda dikeylik, sehim (çatı kirişlerinde), genel geometrik kontrol yapılır; kapı pencere boşlukları veya vinç yolları gibi özel elemanlar varsa ölçümlerle doğrulanır. Bütün bu kontroller sonucunda ortaya çıkan **eksiklik listesi** (punç listesi) montaj ekibince düzeltilir. Kalite kontrol sürecinin son adımı olarak, yapının projeye uygun ve

güvenli şekilde tamamlandığı, yapı denetim ve işveren temsilcilerinin de katılımıyla tutanak altına alınarak kayıt altına geçer.

Özetle, kalite kontrol süreçleri prefabrik yapılaşmada hem yapı emniyeti hem de çalışan güvenliği için hayati öneme sahiptir. Kalite kontrolün zayıf olduğu projelerde, malzeme hataları veya montaj kusurları gözden kaçabilir ve bunlar ileride beklenmedik kazalara veya yapı hasarlarına yol açabilir. Bu nedenle prefabrikasyon sektöründe faaliyet gösteren firmaların, işin her aşamasına yayılmış etkin bir kalite kontrol sistemi kurmaları ve bunu sürekli iyileştirmeleri gerekmektedir.

Denetim Mekanizmaları

Türkiye’de iş sağlığı ve güvenliği ile yapı güvenliğine ilişkin oluşturulan denetim mekanizmaları, yasal çerçevede tanımlanmış olsa da uygulamadaki etkinlikleri değişkenlik gösterebilmektedir. Denetim mekanizmalarını iki başlık altında ele alabiliriz: **İş güvenliği denetimleri** ve **yapı güvenliği denetimleri**.

İş Güvenliği Denetimleri (Çalışma Bakanlığı ve İş Müfettişleri): Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı’na bağlı iş müfettişleri, işyerlerinin iş sağlığı ve güvenliği mevzuatına uygun çalışıp çalışmadığını denetlemekle görevlidir. Prefabrik şantiyeler, “çok tehlikeli” sınıfta olduğundan genellikle öncelikli denetim alanları arasındadır. Bakanlık, belirli dönemlerde inşaat sektörüne yönelik teftiş programları uygular; bu kapsamda şantiyelerde koruyucu ekipman kullanımı, iskele ve platform güvenliği, elektrik tesisatı, vinç ve makinelerin periyodik bakım kayıtları gibi konular kontrol edilir. Bir denetim sırasında mevzuata aykırı ciddi bir durum tespit edilirse iş müfettişi, 6331 sayılı Kanun’un ona verdiği yetkiyle işin durdurulmasını bile talep edebilir. Uygulamada, büyük ölçekli projeler genellikle daha sık denetlenirken, küçük şantiyelere daha seyrek uğranabilmektedir. Bu da denetimin kapsayıcılığı açısından bir boşluk yaratabilir. İş güvenliği denetimlerinin etkin olması için, iş müfettişi sayısının artırılması, denetim sıklığının yükseltilmesi ve cezai yaptırımların caydırıcı düzeyde tutulması önemlidir. Ayrıca, tespit edilen eksikliklerin giderilmesi için verilen süre sonunda takip denetimleri yapılması gerekir. Denetim mekanizmasının bir parçası olarak, SGK (Sosyal Güvenlik Kurumu) istatistikleri de takip edilir; yüksek kaza oranı çıkan işyerleri veya sektörler Bakanlık özel projelerle eğilebilir. Örneğin, inşaat sektöründe artan ölümlü kazalar sonrası “İnşaatlarda İş Sağlığı ve Güvenliği Seferberliği” gibi kampanyalar düzenlenmiş, yüksekte çalışmaya yönelik rehberler yayımlanmıştır.

İşyeri İçi Denetimler (OSGB'ler ve İSG Profesyonelleri): İş güvenliği uzmanları ve işyeri hekimleri, işyerlerinin iç denetim mekanizmasının temelini oluşturur. Prefabrik şantiyelerde görev yapan bir iş güvenliği uzmanı, günlük olarak sahayı gezip uygunsuzlukları tespit eden, işverene raporlayan ve düzeltici öneriler sunan kişidir. Kanunen işveren, bu profesyonellerin tavsiyelerine uymak zorundadır. Fakat pratikte bazen uzmanlar önerilerini tam kabul ettirmekte zorlanabilir; örneğin iş programını aksatacağı endişesiyle bir tehlikeli çalışmanın durdurulması yönetimce istenmeyebilir. Bu gibi durumlarda uzmanların yetkileri sınırlı kalmaktadır. İşyeri hekimleri ise özellikle ağır işlerde çalışanların düzenli sağlık kontrollerini yaparak (ör. yüksekte çalışanların periyodik akciğer-kalp muayeneleri), sağlık açısından riskleri denetlerler. OSGB'ler (Ortak Sağlık Güvenlik Birimi) aracılığıyla hizmet alan işyerlerinde, bu birimler belirli periyotlarla risk değerlendirmesi güncellemesi, acil durum tatbikatı gibi konularda da denetim ve rehberlik yapar.

Yapı Güvenliği Denetimleri (Yapı Denetim Kuruluşları): Önceki bölümde bahsedilen 4708 sayılı Kanun kapsamındaki yapı denetimi, inşaatın başından sonuna kadar sürer. Yapı denetim mühendisleri, önemli montaj adımlarında şantiyeye gelerek işleri kontrol eder. Örneğin, tüm kolonlar dikilip çatı kirişlerinin montajına başlanmadan önce bir ara kontrol yaparak, kolonların projeye göre doğru konumlandığını, beton dayanımlarının raporlarla doğrulandığını ve elemanların hasarsız olduğunu teyit edebilirler. Ardından çatı tamamlandığında son bir taşıyıcı sistem kontrolü gerçekleştirirler. Yapı denetim şirketleri her ne kadar projelerin güvenliğini sağlamakla yükümlü olsa da, zaman zaman kağıt üzerinde kalmış denetimler yaşandığı yönünde eleştiriler vardır. Özellikle çok sayıda projeyi denetleyen bir mühendisin, her şantiyeye yeterli vakti ayıramaması riski bulunur. Bu mekanizmanın iyileşmesi için yapı denetim süreçlerinin dijital takibi, denetçilerin sorumluluklarının artırılması gibi adımlar atılmaktadır. Yeni düzenlemelerle, yapı denetim firmalarının performanslarının bakanlıkça izlenmesi ve düşük performanslılara yaptırım uygulanması hedeflenmektedir.

Sivil Toplum ve Meslek Örgütlerinin Rolü: İş güvenliği ve yapı kalitesi konusunda sendikalar, meslek odaları (ör. İnşaat Mühendisleri Odası) ve işçi örgütleri de dolaylı denetim mekanizması işlevi görür. Örneğin, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, inşaat kazaları ile ilgili raporlar yayımlayarak kamuoyu oluşturmakta, gerekli görülen durumlarda yetkilileri

göreve davet etmektedir. Benzer şekilde işçi sendikaları, sektörel iş güvenliği sorunlarını gündeme taşıyarak iyileştirme talep edebilir. Bu tür baskı unsurları, kamusal denetimin ve işveren duyarlılığının artmasına katkı sağlar.

Sonuç olarak, Türkiye’de prefabrik yapılaşma alanında teorik olarak kapsamlı denetim mekanizmaları bulunmakla birlikte, bunların sahadaki etkinliği süreklilik arz etmeyebilir. Güvenli bir çalışma ortamı için yasal denetimlerin yanı sıra, **öz denetim** kültürünün de gelişmesi gerekir. Yani, işverenlerin yasal zorunluluk olmasa bile kendi inisiyatifleriyle düzenli güvenlik denetimleri yaptırmaları, üçüncü göz değerlendirmeler almaları olumlu olacaktır. Projelerde bağımsız güvenlik denetimleri (örneğin büyük şirketlerin iş güvenliği danışmanları aracılığıyla yaptığı denetimler) yaygınlaştırılabilir. Denetim mekanizması ne kadar çok katmanlı ve proaktif olursa, prefabrik şantiyelerdeki hataların erken tespiti ve giderilmesi o kadar mümkün olacaktır.

İş Sağlığı ve Güvenliği Uygulamaları

Prefabrik yapı sektöründe başarılı iş güvenliği performansı, yalnızca mevzuata uyumla değil, etkin **İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG) uygulamaları** ile mümkün olabilir. Bu uygulamalar, işyerinde tehlikeleri kaynağında yok etmeyi, azaltamadığı riskler için uygun korunma yöntemlerini devreye almayı ve sürekli bir iyileştirme döngüsü sürdürmeyi hedefler. Başlıca İSG uygulamalarını şöyle sıralayabiliriz:

- **Risk Değerlendirmesi:** Her prefabrik proje öncesinde ve önemli değişiklikler olduğunda kapsamlı bir risk değerlendirmesi yapılmalıdır. Bu değerlendirmede, montaj sırasında karşılaşılabilecek tüm tehlikeler (yüksekte çalışma, ağır kaldırma, elektrik, gürültü, kimyasal maddeler, yangın vb.) analiz edilir ve her bir risk için alınacak önlemler planlanır. Örneğin, “yüksekte çalışma” riski için toplu koruma ve kişisel koruma önlemleri belirlenecek, sorumlu kişiler atanacak, acil bir düşme durumunda kurtarma planı hazırlanacaktır. Risk değerlendirme raporu, sahadaki uygulamalara yol gösteren bir rehber olmalı ve tüm ekip tarafından bilinmelidir.
- **Eğitim ve Sertifikasyon:** Prefabrik montaj işinde çalışan herkes, göreve başlamadan önce genel iş güvenliği eğitiminin yanında işine özel eğitimler almalıdır. Özellikle vinç operatörleri, işaretçiler, yüksekte çalışan montaj işçileri, kaynakçılar vb. kritik görevlerdeki personelin sertifikalı olması şarttır. “Yüksekte Çalışma Eğitimi” ve “İlk

Yardım Eğitimi” bu sektördeki her çalışana verilmesi gereken temel eğitimlerdir. Eğitimlerin teorik bilgi aktarmanın ötesinde pratik uygulamalar içermesi faydalıdır; örneğin, gerçek boyutlu bir iskele üzerinde emniyet kemeri ve yaşam hattı kullanımını denemek gibi. Bunun yanı sıra periyodik (örneğin yıllık) tazeleme eğitimleriyle çalışanların bilgileri güncellenmeli, yeni teknoloji ve yöntemler tanıtılmalıdır.

- **Kişisel Koruyucu Donanım (KKD) Kullanımı:** Şantiyede tehlikeler tamamen ortadan kaldırılamıyorsa, çalışanların uygun KKD’lerle korunması sağlanır. Prefabrik montajda standart olarak baret (düşen cisimlere karşı), emniyet kemeri (düşmeye karşı), uygun bağlantı halatları ve kilitli kancalar (yaşam hattına bağlanmak için), iş eldiveni, çelik burunlu iş ayakkabısı ve gerekiyorsa koruyucu gözlük kullanılmalıdır. KKD’lerin **CE belgeli ve standartlara uygun** olması önemlidir. İşveren, bu donanımları temin etmek ve işçilere kullanmayı öğretmek zorundadır. İşçiler de bu ekipmanları doğru şekilde kullanma sorumluluğunu taşımalıdır. Örneğin, emniyet kemeri giyip halata bağlanmamak yaygın bir hatadır ve bunun önüne geçmek eğitim ve sıkı takip ile mümkün olur. KKD kullanımının iş disiplini haline gelmesi için işverenler, düzenli denetimler yaparak kullananları takdir etmeli (hatta bazı şirketler ödüllendirme mekanizması uygular), kullanmayanlara ise yaptırım uygulamalıdır.
- **Toplu Koruyucu Önlemler:** İSG uygulamalarında öncelik her zaman toplu korumaya verilmelidir. Prefabrik şantiyelerde toplu koruma örnekleri arasında şunlar sayılabilir: Çatı kenarlarına geçici korkuluklar veya ağlar kurulması, açık boşlukların platform veya kapakla kapatılması, elektrik panolarının kaçak akım rölesi ile donatılması, çalışma alanlarının bariyerlerle ayrılması, yangın riskine karşı yeterli sayıda ve uygun tipte yangın söndürücü bulundurulması. Bu önlemler, tek tek çalışanların inisiyatifine kalmadan herkesin güvenliğini sağlar. Örneğin, bir korkuluk sistemi kurulu ise işçi dalgınlıkla geri adım attığında bile düşmez. Toplu koruma önlemlerinin planlanması ve kurulması, iş başlamadan önce olmalıdır; sonradan yetiştirilmeye çalışılması genelde işe yaramaz.
- **Çalışma Talimatları ve İzin Prosedürleri:** Yüksek riskli işler için yazılı çalışma talimatları hazırlanmalı ve “izinli çalışma” prosedürleri uygulanmalıdır. Örneğin, prefabrik bir yapıda büyük bir kirişin montajı yapılacaksa, bunun için “Ağır Kaldırma İzni” formu doldurularak sorumlular imza atabilir. Bu formda vinç kapasitesi kontrolü, rüzgâr durumu, bölgenin boşaltılması, ekipman kontrolü gibi maddeler checklist şeklinde bulunur ve her biri onaylanmadan işe başlanmaz. Benzer şekilde, kapalı alanda

çalışma, sıcak kaynak işleri gibi riskli işlerde de izin prosedürleri sayesinde riskler sistematik olarak gözden geçirilir. Bu uygulama, risklerin göz ardı edilmesini önleyen yapısal bir yaklaşımdır.

- **Acil Durum Planlaması:** Her şantiye için acil durum değerlendirmesi yapılarak yangın, deprem, ciddi yaralanma, yüksekten düşme, kimyasal dökülme gibi durumlara karşı acil eylem planları oluşturulmalıdır. Özellikle bir işçi yüksekten düşüp askıda kalırsa (emniyet kemeriyle düşüp havada asılı kalma durumu), hızlı bir kurtarma planı hayati önem taşır. Bu nedenle kurtarma ekipmanları (uçayak ve vinç sistemi, sedye, ip vs.) bulundurulmalı ve ekip bu konuda eğitilmelidir. Düzenli olarak acil durum tatbikatları yapılarak, çalışanların alarm durumunda toplanma noktalarını, ilk yardım ve yangın ekiplerinin görevlerini bilmeleri sağlanmalıdır.
- **Sağlık Gözetimi:** İşçilerin sağlık durumu, yaptıkları işe uygun olmalıdır. İşe girişte alınan sağlık raporları yanında, periyodik sağlık kontrolleriyle (çok tehlikeli sınıfta yılda en az bir defa) çalışanların durumu izlenmelidir. Özellikle prefabrik montaj işçileri için yüksekte çalışmaya engel olabilecek durumlar (denge problemi, yüksek tansiyon, epilepsi vb.) periyodik muayenelerde taranmalıdır. Ayrıca gün içinde çok eforlu işlerde çalışanların su-tuz dengesine dikkat edilmesi, ergonomi prensiplerine uyulması (ör. elle taşıma sınırlamalarına uyma) işyeri hekimince takip edilmelidir.
- **Kayıt Tutma ve İyileştirme:** Bütün İSG faaliyetleri kayıt altına alınmalı (eğitim katılım formları, toolbox toplantı listeleri, ekipman kontrol formları, kaza/ramak kala formları vb.) ve düzenli analiz edilmelidir. Örneğin, şantiyede meydana gelen her “**ramak kala**” (kıl payı atlatılan tehlike) olayı raporlanırsa, bunlar incelenerek tekrarlanmaması için önlemler geliştirilebilir. İş kazası yaşanması durumunda ise kök neden analizi yapılarak, gelecekte benzeri kazaları önleyecek tedbirler planlanmalıdır. Bu sürekli iyileştirme döngüsü, iş güvenliği performansını zamanla olgunlaştıracaktır.

Yukarıdaki uygulamaların başarıyla hayata geçirilmesi, sahada güçlü bir **güvenlik kültürü** oluşturulmasına bağlıdır. Tüm yönetici ve çalışanların güvenliği bir öncelik ve ortak değer olarak görmesi, birbirlerini denetlemesi ve desteklemesi gerekir. Örneğin, bir çalışan arkadaşının emniyet kemerini bağlı olmadığını gördüğünde onu uyarmalı; aynı şekilde bir yönetici programa uymak uğruna bir güvenlik prosedürünün atlanmasına göz yummamalıdır. Unutulmamalıdır ki, prefabrik yapı sektöründe hedef, “sıfır kaza” anlayışıyla hareket ederek, hızlı ve ekonomik yapılar inşa ederken tek bir çalışanın bile zarar görmemesini sağlamaktır.

Sonuç ve Öneriler

Türkiye’de sanayileşmenin ivme kazanmasıyla birlikte artan prefabrik yapılaşma, inşaat sektörüne hız, ekonomi ve standartlaşma açısından önemli katkılar sağlamaktadır. Ancak bu gelişme, **iş sağlığı ve güvenliği** alanında da proaktif bir yaklaşımı zorunlu kılmaktadır. Rapor boyunca ele alındığı üzere, prefabrik yapıların montaj ve kullanım süreçlerinde yüksek çalışma, ağır kaldırma, yaşam hattı eksiklikleri, montaj hataları gibi spesifik riskler bulunmaktadır. Mevzuat, bu risklerin yönetimi için kapsamlı hükümler getirmiş olsa da, asıl belirleyici olan sahadaki uygulamanın kalitesidir.

Öncelikle, **farkındalık ve eğitim** çalışmalarının artırılması gerektiği sonucuna varılabilir. İşveren düzeyinde, prefabrik yapı projelerinde iş güvenliğine yapılacak yatırımın uzun vadede kazanç getireceği bilinci yerleşmelidir. İşçilerin ise güvenli çalışma yöntemlerini içselleştirmesi, ancak sürekli eğitim ve güvenlik kültürü ile mümkün olacaktır. Bu nedenle sektörel eğitim programları, belgelendirme zorunlulukları tavizsiz uygulanmalıdır.

İkinci olarak, **yaşam hattı sistemleri** başta olmak üzere teknolojik güvenlik ekipmanlarının kullanımının yaygınlaştırılması önerilir. Montajı yapılan her prefabrik yapıda, daha işin en başında uygun yaşam hatlarının kurulması bir standart haline getirilmelidir. Gelişen teknolojiyle birlikte, kurulumu kolay portatif yaşam hattı kitleri, düşmeyi anında durduran akıllı sensörlü emniyet sistemleri gibi yenilikler kullanılabilir. Ayrıca, prefabrik elemanlara üretim aşamasında entegre edilecek sabit ankraj noktaları, montaj sırasında ve sonrasında güvenli bağlantı imkânı sağlayacaktır.

Üçüncü olarak, **denetim ve yaptırım mekanizmalarının etkin işletilmesi** gerekir. İlgili bakanlıkların saha denetimleri daha sık ve habersiz yapılmalı; tespit edilen eksikliklerde caydırıcı cezalar uygulanmalıdır. Yapı denetim süreçlerinde prefabrik yapılara özgü kontrol listeleri geliştirilerek, montaj esnasında kritik noktalar (örn. kolon-kiriş birleşimleri, ankrajlar) özel olarak raporlanmalıdır. İş güvenliği uzmanlarının bağımsızlığını ve etkinliğini artıracak düzenlemeler de düşünülebilir (örneğin, uzmanların önerilerini yerine getirmeyen işverenlere idari yaptırım uygulamak gibi).

Dördüncü öneri, **iyi uygulama örneklerinin paylaşılması**dır. Prefabrikasyon alanında başarılı ve kazasız projeler örnek alınarak, bunların yöntemleri sektöre yaygınlaştırılmalıdır. Örneğin, bazı büyük inşaat firmalarının uyguladığı “Güvenlik Şeritleri” (montaj alanının net sınırlarla ayrılması), “Günlük Güvenlik Brifingleri”, “Çalışan Katılımlı Güvenlik Komiteleri” gibi uygulamalar tüm sektöre örnek teşkil edebilir. Meslek odaları ve işveren birlikleri, bu iyi uygulamaların paylaşılacağı platformlar oluşturabilir, yayınlar hazırlayabilir.

Son olarak, **sürekli iyileştirme ve yenilik** yaklaşımı benimsenmelidir. Prefabrik yapı teknolojisi gelişirken, buna paralel olarak iş güvenliği teknikleri de gelişmektedir. Örneğin, büyük montajlarda kullanılmaya başlanan drone destekli gözetim, tehlikeli bölgelere fiziken girmeden denetim yapma imkânı sunmaktadır. Benzer şekilde BIM (Bina Bilgi Modellemesi) tabanlı inşaat planlaması ile, riskli aktivitelerin sanal ortamda önceden görülebilmesi ve önlem alınması mümkün olmaktadır. Sektör, bu tür yeni teknolojileri İSG alanına entegre etmeye açık olmalıdır.

Sonuç olarak, prefabrik yapılaşmanın getirdiği avantajları en üst düzeye çıkarırken iş sağlığı ve güvenliği risklerini en aza indirmek, ancak bütüncül bir yaklaşımla başarılabilir. İşverenler, çalışanlar, mühendisler ve denetleyici kurumlar el ele vererek; mevzuata uygun, planlı, kontrollü ve güvenlik odaklı bir çalışma ortamı tesis etmelidir. Unutmamak gerekir ki, her iş kazası önlenabilir. Prefabrik yapı sektöründe de gerekli önlemleri almak bir tercih değil, yasal ve vicdani bir zorunluluktur. Güvenliğin tam anlamıyla sağlandığı, iş kazalarının ve kayıpların yaşanmadığı bir çalışma düzeni, sanayileşen Türkiye’nin hedefleriyle de örtüşen sürdürülebilir bir gelişme sağlayacaktır.