

17 Ağustos 1999 Marmara Depreminde Sıkça Rastlanan Çatı Hasarları

Seyhan Fırat
Sakarya Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Yapı Eğitimi Bölümü
Esentepe Yerleşkesi, 54187 ADAPAZARI

ÖZET

Deprem yer kabuğunun yavaş hareketleri sonucunda belirli bölgelerde meydana gelen gerilme birikiminin ani boşalması olayına denilmektedir. Depremde yapılar çeşitli düzeylerde hasar görebilirler. Ancak can kaybına neden olacak kısmen veya tamamen göçme olmamalıdır. Tamamlayıcı yapı elemanlarının da (örneğin çatı) aynı şekilde sağlam ve depreme dayanıklı olması gerekir. Çatı her ne kadar genelde binanın üstünü örten bir yapı elemanı ise de, yapı/bina kavramının tümleyicisi ayrıca mimari bütünlüğün sağlanmasında ana elemanlardan biridir. Özellikle, proje aşamasında çatının şekli ve boyutlandırılması önemlidir. Estetik açıdan çatı, yapıya farklı bir görünüm kazandırır. Boyutlandırma aşamasında ise çatı konstrüksiyonu için yönetmeliğin öngördüğü kesitler kullanılmalı ve bunlar proje üzerinde belirtilmelidir. Gerekli görülen yerlerin detayları hazırlanmalı ve imalatı yapan firma veya kişilere sunulmalıdır. Yapı kontrollerini yapan kişiler veya kurumlar yönetmeliğin öngördüğü tüm özellikleri yapı geneli açısından ele alarak çatı yönetmeliğinde belirtilen çatı yapım kurallarını da kesinlikle denetlemelidirler. Bu çalışmada, 17 Ağustos Marmara depreminde Adapazarı şehir merkezinde sıkça rastlanan çatı hataları verilmiş ve bunlara çözüm önerileri getirilmiştir. Özellikle, ahşap çatı yapım kurallarına uyulmadığı, düğüm noktalarında geçme işlemlerinin yapılmadığı, standartlarda öngörülen kesitlerin kullanılmadığı ve çatılara gereken önemin verilmediği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Deprem Hasarı, Ahşap Oturtma Çatı, Çatı Hasarları, Yapım Hataları

Widespread Roof Damage Due to 17 August 1999 Marmara Earthquake

ABSTRACT

Earthquake is the sudden stress loss which piled due to the slow movement of the earth plates. During the earthquake some degree of damage can be expected to the buildings. But it should not totally collapse and should not cause human life loss. Also completeness structural parts (i.e. roof) have to be constructed enough strength against earthquake. Generally, the roof covers the building as an umbrella although it completes the building/structure concept and is also a main structural system from an architectural point of view. Particularly, the roof shape and the dimensions are of importance during the design stage of the building. It gives attractive figure to the building in terms of beauty. When dimensioning, cross-section of roof load bearing elements should be designed in such a way that building code regulations have to be met; and these should be indicated on the roof project. Building controllers or associations should inspect the building according to the building code of practice as well as the system of roof structure. In this study, widespread roof damages due to the 17 August Marmara earthquake and the recommendations to prevent from such damages are given for the buildings in Adapazarı city centre. It is outlined that the code of practice has not been taken into account for the construction of timber roof system; the connection between the timber elements have not been tightly fitted into each other; cross-section of timber elements have not been used according to the standards; and care has not been given for the timber roof structure.

Keywords: Earthquake Damage, Timber Mounted Roof, Roof Damage, Construction Faults

1. GİRİŞ

İnsanoğlu var olduğundan günümüze kadar sürekli olarak daha güvenli ve daha iyi yaşam şartları sunan yapılar üretmek için uğraş vermektedir. İlk çağ insanları dahi yapmış oldukları barınaklarında harmoni ve güzellik aramışlardır. Socrates'in dediği gibi "*insanın yaptığı her şey fonksiyonel, sağlam ve güzel olmalıdır*" (1).

Barınma ihtiyacı insanların en temel gereksinimlerinden biridir. Bu gereksinimi karşılamak için çeşitli yapı malzemeleri kullanmışlardır. İnsanlar tarafından kullanılan en eski yapı malzemelerinden biride ahşaptır. Teknolojinin gelişiminden önceki dönemlerde

tecrübeye dayalı olarak uygulanan ahşap yapım teknikleri, mühendislik bilimlerindeki gelişmelerle bilimsel olarak da uygulanmaya başlanmıştır.

Dünyanın en aktif deprem kuşaklarından birinde bulunan ülkemizin %66'sı, her an ve her büyüklükte depremin olabileceği bölgede yer almaktadır. Bu etkiyi en fazla hisseden kuşak ise Kuzey Anadolu Fay hattı üzerinde bulunan bölgelerimizdir. 17 Ağustos 1999 tarihinde meydana gelen depremde bu fay hattının Gölçük-Arifiye merkezli uzantısı kırılarak aletsel büyüklüğü $M_w=7.4$ olan son yüzyılın en şiddetli depremlerinden biri meydana gelmiştir. Bu depremde; yaklaşık 20,000 kişi hayatını kaybetmiş, 40,000'den fazla kişi

yaralanmış, 80,000'den fazla yapı çeşitli düzeylerde hasara uğramış ve halkımız günlerce evlerine girememiştir. Az hasarlı binaların genelinde çeşitli düzeylerde ahşap oturtma çatı hasarlarına rastlanmıştır (2, 3, 4).

Çatılar ahşap, çelik, betonarme malzemelerden veya bu malzemelerin birlikte kullanılması ile inşa edilebilir. Çatılar meyillerine, meyilli yüzeylerine, yağmur oluklarının durumuna ve inşa şekillerine göre sınıflandırılabilirler. Dünyanın değişik iklim ve coğrafi bölgelerine bakıldığında, çatıların oralarındaki iklim, kültürel ve malzeme koşullarına bağlı olarak önemli farklılıklar gösterdiği görülmektedir (5). Binanın şekli, cinsi ve oturacağı mesnet durumu, çatının şekil ve cinsinin tespit edilmesinde dikkat edilecek hususlardır. Çatının bünyesinin elemanları ise, çatıyı dış tesirlere karşı koruyan



(a)



(b)

Şekil 1. Kalıp ahşabı kullanılmış çatı örnekleri

örtü kısmı ve örtü kısmı ile kar ve yağmur yükünü taşıyan taşıyıcı kısımdır. Çatılar bina maliyetinin %2-4'ünü teşkil etmesine rağmen, şikâyetlerin %80-%90'ı çatılardandır (6).

Yardımcı (tamamlayıcı; örneğin çatılar) yapıların sağlamlığı yapının depreme karşı dayanımında çok önemlidir. Örneğin çatının çökmesi sıklıkla genel hasara neden olabilir. Ahşap çatıların deprem hasarı genellikle yetersiz bağlantı (düğüm) noktaları çözümünde oluşmaktadır. Ahşap elemanların genellikle elastik bölgede

kaldığı, özellikle ahşap çatı elemanlarının binaya veya döşemeye yetersiz bağlanması kritik bir durum ortaya çıkarmaktadır. Ayrıca, ana taşıyıcı iskeleti oluşturan sistemin kendi içindeki yetersiz düğüm noktaları çözümleri deprem anında yıkılmayı tetikleyebilir (7). İyi tasarlanmış ve uygulanmış ahşap çatı birleşim bölgelerinde de en önemli özellikler performans, estetik ve maliyettir. Birleşim bölgelerinde genellikle aşağıda belirtilen yıkılmalar olmaktadır: a) Yükten dolayı göçme, b) Kesme göçmesi, c) Bağlantı bölgesindeki ahşapta yerel göçme ve d) Ana taşıyıcı elemana bağlanan ahşap parçanın göçmesi (8).

Bu makalede, 17 Ağustos 1999 Marmara depreminde Adapazarı genelinde sıkça gözlemlenen ahşap oturtma çatı yapım hataları araştırılmış, bu hataların

detayları verilmiş ve bu hataların tekrar yaşanmaması için yapılması gereken teknik özellikler açıklanmıştır.

2. 17 AĞUSTOS MARMARA DEPREMİNDE SIKÇA RASTLANAN ÇATI HATALARI

Adapazarı şehir merkezinde rast gele seçilen 4-5 katlı betonarme karkas binalardaki çatı hasarları yerinde inceleme, araştırma ve resimleri çekilerek incelenmiştir. Bu çalışmada sadece oturtma çatılardaki hasarlar ve nedenleri araştırılmıştır. Çünkü Adapazarı bölgesinde çatıların tamamına yakınında ahşap oturtma çatı sistemi



(a)



(b)

Şekil 2. Farklı oturma yapmış çatı örnekleri

kullanılmaktadır. Bu nedenle, asma çatılarla ilgili herhangi bir çalışma yapılmamıştır.

Şekil 1a ve 1b’de görüldüğü gibi, çatılarda eski ahşapların kullanılması sonucu ahşap üzerindeki kusurlar, yara izleri, çivi delikleri ve çeşitli zararların malzemenin ömrünü kısaltabilir. Bu kusurlar ahşap taşıyıcı elemanların çekme ve basınç mukavemetlerini kaybetmelerine neden olabilir.

Çatı yapım kurallarına uyulmaması, çatı için gereken taşıma sistemi özelliklerinin yapılmaması ve çatı yük aktarım sisteminin bilinmemesi yada uygulanmaması çatılarda farklı çalışmalara neden olmuştur; bu nedenle, çatı bütünlüğünü koruyamamış ve çatıda farklı bölümlerde göçmeler oluşmuştur (Şekil 2a-b).



(a)



(b)

Şekil 3. Yanlış bağlantı elemanlarının kullanılma örnekleri

Şekil 3a ve 3b’de görüldüğü gibi, çatı sistemleri geçmeli olarak yapılmamış, çatıyı oluşturan elemanların birleştirilmesinde kullanılan çivileme işlemi de tekniğe uyulmadan gelişmiş güzel yapılmış ve ne kadar, nerelere ve nasıl olması gereği bilinmeden çakılmıştır. Çatı yüklenme sırasında çivilerin tuttuğu düğüm noktalarında bir birine yük aktarma sırasında çivilerden kurtulmuş ve dağılmıştır.



(a)



(b)

Şekil 4. Çatı elemanlarında kesitlerin yetersizliği ve hatalı çatı makası örnekleri

Çatı kırılmalarının ana nedenlerinden biri de kullanılan ahşabın yetersiz kesitidir. Düğüm noktalarını oluşturan çatı elemanları gelen yükler karşısında mukavemetini koruyamamış, gelen yükün aktarımı sırasında ahşabın kesitleri zorlanmaya maruz kalıp kırılmışlardır. Bir diğer önemli faktör ise çatı makaslarının tekniğe uygun yapılmamasıdır. Çatı makaslarının amacı çatı yükünü toplayıp düzgün şekilde betonarme döşemeye veya taşıyıcı duvarlara aktarmaktır. Yıkılan çatıların genelinde çatı makasları yapım kurallarına uygun yapılmamıştır (Şekil 4a-b).

Çatı saçak uçlarında yapılması gereken bağlantılar, yani betonarme döşemeye çatı bağlantısının yapılmaması sonucu çatı kendi ağırlığı ve deprem kuvveti etkisi altında yüksekliğini ve eğimini koruyamamış ve yatmıştır/çökmüştür (Şekil 5a-b).

Yıkımda rol oynayan en büyük faktörlerden birisi de çatı detay çözümlerinin tekniğe uygun yapılmamış olmasıdır. Detaylarda kullanılan elemanların birbirlerine birleştirilmelerinde geçme işlemleri yapılmamıştır (Şekil 6a). Çatılarda taşıyıcı elemanların birbirine eklenmesi zorunluluğu doğabilir. Bu eklemelerin tekniğine uygun yapılmaması sonucu çatının yükler altında çalışan elemanlarında kopmalar ve yıkılmalar olmuştur (Şekil 6b).

Betonarme döşeme üzerine oturtulan çatı dikmelerinin betonarme döşemeye çivileme yoluyla tutturulmaya çalışılmış olması, yastık görevini yapan ahşapların kullanılmaması yada sadece her dikmenin altına bütünlük sağlayacak şekilde değil de ayrı ayrı takozlar şeklinde konulmuş olması bütünlüğü bozmuş ve yüklenme esnasında çatı betonarme döşemeden kurtulup ya

aşağıya uçmuş yada betonarme döşeme üzerine çökmüştür. Çatı dikmelerinin gelişi güzel konulması, mesafelerin dengesizliği, simetrisinin olmaması, kesitlerinin farklılığı ve dikmeler arasında hiçbir bağlantının yapılmamış olması çatı hasarlarına neden olmuştur (Şekil 7a-b).



(a)

(b)

Şekil 5. Saçak uçlarının döşemeye bağlanmaması sonucu oluşmuş kaymalar



(a)

(b)

Şekil 6. Hatalı birleştirme ve detay çözümü örnekleri



(a)

(b)

Şekil 7. Çatılarda düzensizlik ve döşemeye yanlış bağlanması



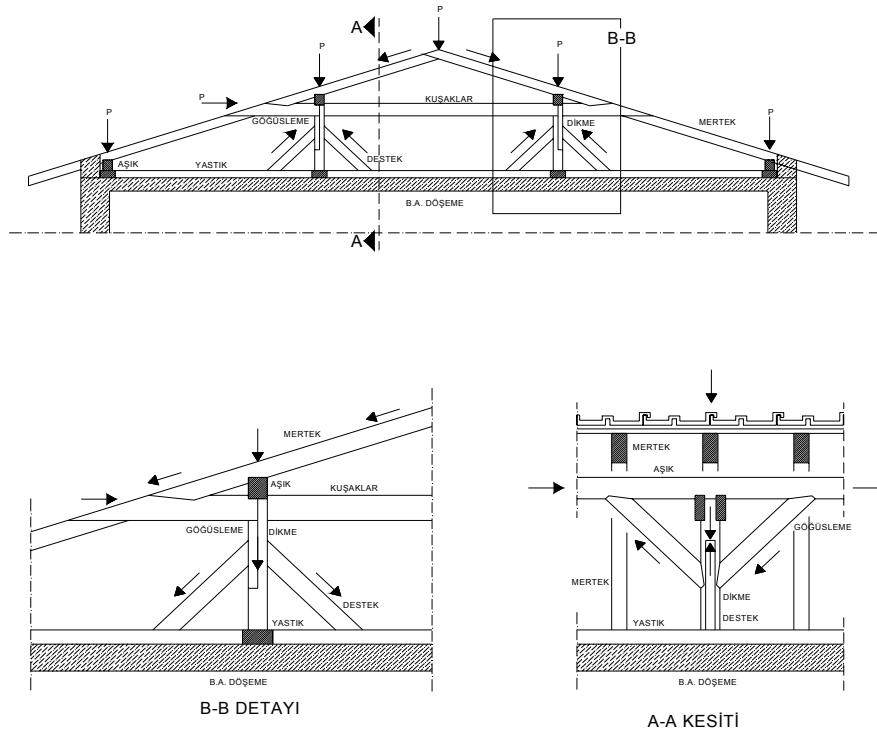
Şekil 8. Hatalı baca yapım örnekleri

Şekil 8a ve 8b'de görüldüğü gibi bacaların devrilmesi sonucu çatılarda çeşitli düzeylerde hasarlar oluşmuştur. Aynı şekilde asansör makine dairesi ve merdiven kovası duvarları da yıkılmış ve bu yıkımlar çatılarda farklı derecelerde hasara neden olmuştur.

3. ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

17 Ağustos 1999 Marmara depreminden sonra yapılan bu araştırmada, yapıların diğer elemanlarına gösterilen titizliğin aynı oranda çatılara yansımadağı tespit edilmiştir. Adapazarı genelinde yapılan ahşap oturma çatılarda yapım tekniği olarak büyük hatalar yapılmıştır. Bunlar çatı elemanlarının yük aktarımı durumunun bilinmemesi, elemanları birbirine bağlayan

kuşakların, göğüslemelerin, paydaların, çapraz kuşakların yapılmaması ve çatının bir bütünlük teşkil etmemesi gibi sıralanabilir. Çatı makaslarını oluşturan dikmeler, kuşaklar, göğüslemeler, mertekler, aşıklar, örtü altı kaplama tahtası vb. elemanların kesitlerinin ve malzeme özelliklerinin seçimi standartlarda verilmiştir (9, 10). Bu hesaplar sonunda bulunan kesitler o elemanın üzerine gelen yükleri en ideal şekilde aktarmasını sağlar. Hesaplanan çatı elemanının kesit alanı tüm parça boyunca geçerlidir. Ayrıca bu elemanların birbirlerine geçme işlemleri yapıldıktan sonra çivi, bulon gibi malzemelerle rijitliği sağlanmalıdır. Çatılarda yük aktarımı sırasında zorlanan düğüm noktalarının birleşimleri çiviler kullanılarak yapılacaksa hesaplar sonucu çıkan çivi adedine göre

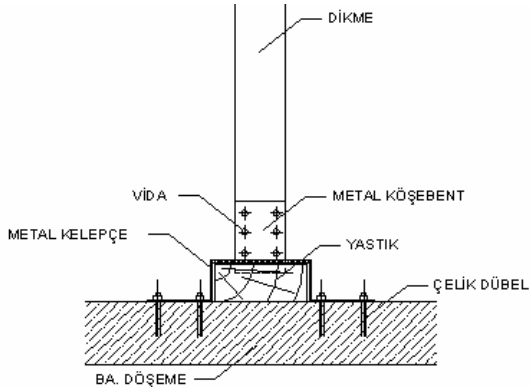


Şekil 9 . Çatı sistemlerinde yük aktarımı

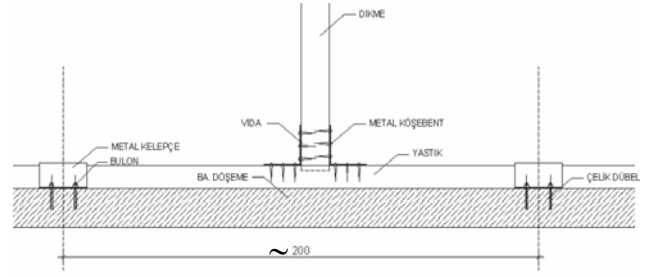
tanzim edilir. Hesap yapmadan gelişi güzel çakılan çiviler kesme kuvvetini taşıyabilecek adede ve boyutlara sahip değilse ya yerinden sökülerek yada koparak düğüm noktasının dağılmasına sebep olur. Ayrıca çivi çakılacak ahşap elemanın yeterli kesitte olması gerekir (11, 12).

Dikmeler çatıda mahya ve ara aşıkların altında düşey yük aktaran ve basınca çalışan çatı elemanlarıdır. Çatılarda dikmeler gelişi güzel yerleştirilemezler. Dikmeler çatı makaslarının oluşturulması aşamasında yapılan hesaplarla adet ve kesit olarak belirlenir. Dikme sayısı; Çatıya uygulanan yükler, çatının geometrisi ve serbest açıklığı, çatının eğimi ve statik koşullar belirler. Genellikle dikme aralıkları 200–250 cm arasındadır (13). Dikmelerin oturduğu yastıklar her dikmenin altına tek tek küçük takozlar halinde konulması yanlıştır (bkz. Şekil 4b). Çatının yük altında bir bütün olarak çalışması gerekir. Dikmeler altına konulan yastıklar, çatı makaslarında taşıyıcı duvarlar üzerine oturan bırakma kirişi elemanının görevini görmektedir. Gelen yükü alıp döşemeye yaymaktadır. Betonarme döşeme ile çatıyı birbirine bağlayan ve çatının tüm yükünü bulunduğu mesnede aktaran çatı elemanıdır. Yastıkların betonarme döşeme üzerine bağlanması zor bir iştir. Çivilemek suretiyle yapılmaya çalışılan bu olay yatay deprem yükü ile betonarme döşeme üzerinden çatıyı söküp atmaktadır. Yatay deprem yükü çatıyı düğüm noktalarından zorladığı gibi aynı zamanda betonarme döşeme üzerindeki bağlantılardan da zorlamaktadır. Buradaki bağlantılar dikmelerin oturduğu yastıklar ve saçak uçlarıdır (Şekil 10). Yatay yüklerin çatıyı betonarme döşeme üzerinden kaldırıp atmasını önlemek için yastıkların betonarme döşeme üzerine ankrajı ile veya metal kelepçeler giydirerek yapmak mümkündür (Şekil 10).

Döşeme üzerine projesi çizilmiş ve kesitleri hesaplanmış olan çatı yastıklarının yerleri döşeme üzerinde belirlenip yastık boyunca çelik dübellerle yeterli aralıklarda betonarme döşeme üzerine montaj edilebilir. Bırakma kirişi ile dikmeleri nasıl geçme veya çeşitli bağlantı elemanlarıyla birbirine bağlanıyorsa aynı durum yastık ve dikme içinde uygulanmalıdır. Ayrıca, saçak uçlarında aşıklar metal kelepçelerle betonarme döşeme üzerine sabitlenebilir (Şekil 11).

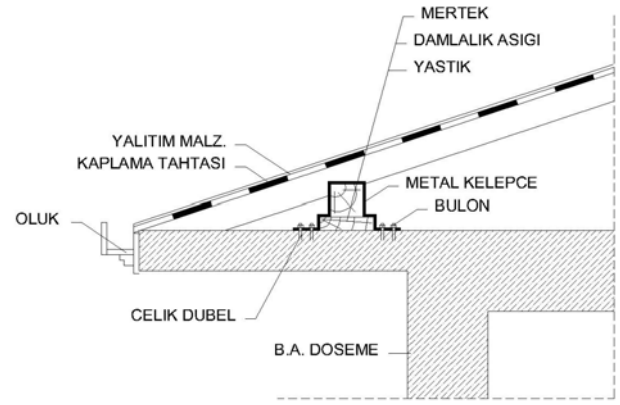


Ön görünüş

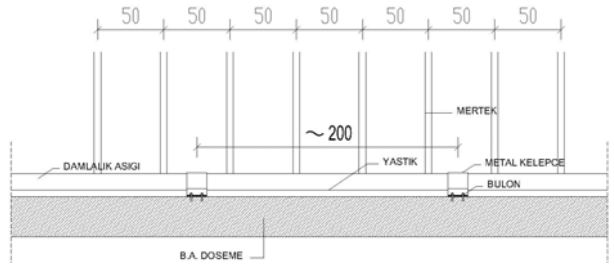


Yan görünüş

Şekil 10. Dikmelerin yastıklarla döşemeye bağlanması



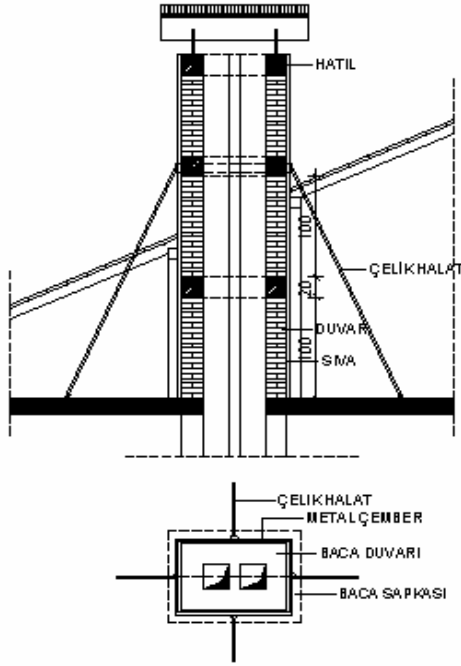
Ön görünüş



Yan görünüş

Şekil 11. Çatının betonarme döşemeye bağlanması.

Yapılarda çatıya kadar çıkan bacalar, merdiven kovaları, asansör makine daireleri deprem yükünün etkisiyle yıkılmış veya kullanılmayacak duruma gelmiştir. Ayrıca bu yapıların yıkılması sonucu çatılarda çeşitli düzeylerde hasarlar tespit edilmiştir. Bunların başında bacalar gelmektedir. Bacalar ya betonarme döşeme üzerinden kopmuş yada çatıdan çıktığı yerden kırılmalar sonucu çatıya çeşitli düzeylerde hasarlar vermiştir. Bacalar üst kat döşemesinden çıktıktan sonra yüksekliği ve boyutları göz önünde tutulmaksızın üst üste konulan tuğlalar ya 13,5 veya 8,5 tuğla kalınlığında, hiçbir noktadan bağlantısı yapılmadan imal edilmişlerdir. Bacanın yüksekliğine göre belirli aralıklarla hatıl yapılmalıdır. Ayrıca tuğla ile yapılan ve yüksekliği fazla olan bacalarda çember ile sarılıp çelik halatlarla veya köşebentlerle döşemeye bağlanabilir (Şekil 12). Merdiven kovalarının çatı çıkışları ve asansör makine dairelerinin betonarme olarak inşaa edilmesi daha uygun olabilir.



Şekil 12. Bacaların çelik halat ile bağlanması

4. SONUÇ

Çatılar yapım ve kullanım aşamasında çeşitli hasarlara maruz kalırlar. Yapım aşamasında işçilikten kaynaklanan bazı durumlar, kullanım aşamasında üzerinde gezilmesi (hareketli yük), kar yükü, rüzgar yükü, iklim koşulları ve deprem yükleri ile çeşitli düzeylerde hasarlara uğrayabilir. Bu hasarlar zamana bağlı olarak artar ve çatı işlevini kaybetmeye başlar. Bu olumsuzlukları gidermek için çatı en az yılda bir kez kontrol edilmeli ve önlemleri alınmalıdır.

Proje aşamasında çatının şekli ve boyutlandırılması önemlidir. Estetik açıdan çatı, yapıya farklı bir görünüm kazandırır. Gerekli görülen yerlerin detayları hazırlanmalı ve imalatı yapan firma veya kişilere sunulmalıdır. Yapı kontrollerini yapan kişiler veya kurumlar yönetmeliğin öngördüğü tüm özellikleri yapı geneli açısından ele alarak incelemeler yapmalıdır. Çatı yönetmeliğinde belirtilen çatı yapım kurallarına da kesinlikle uyulması gerekir.

Çatı hasarlarına genellikle 4-5 katlı binalarda rastlanmıştır. Bunun nedeni olarak deprem ivmesinin üst katlarda daha fazla hissedilmesi olabilir. Yapının yatay deprem kuvvetleri karşısında en üst kattaki ötelenmesi daha fazladır (14). Bu nedenle çatılar daha fazla deprem etkisi altında kalırlar. Çatı güvenliğini ve stabilitesini artırmak için çatının betonarme döşemeye çok iyi sabitlenmesi gerekir (Şekiller 10 ve 11’de olduğu gibi).

Çatı elemanları yük aktarımı sırasında bir bütünlük teşkil eder. Bu bütünlüğü sağlamak için yetersiz boydaki ahşap elemanların birbirine eklenmesi zorunluluğu doğabilir. Ekler düğüm noktalarında ve

yakınlarında oluşturulmamalıdır. Çatının en çok zorlanan kısımlarının düğüm noktaları olduğu unutulmamalıdır. Bu bölgeler özellikle metal bağlantı elemanları ile desteklenmelidir.

Çatıların kalifiye usta ve işçilere yaptırılmaması ve yapım aşamasında gerekli kontrollerin yapılmaması birçok çatı problemini ortaya çıkarmıştır. Ayrıca çatıda kullanılan ahşapların standartlarda öngörülen tür ve kalitede olması gerekir. Gerçekte, yapının bütün elemanlarına birer canlıymış gibi davranılması yapının ömrünü uzatacağı gibi, aynı zamanda doğal afetlerde (deprem gibi) can ve mal kaybına da neden olmayacaktır.

5. KAYNAKLAR

1. Flaga, K., “Advances in Materials Applied in Civil Engineering”, Journal of Materials Processing Technology, Cilt 106, 173-183, 2000.
2. Fırat, S., Mengene, N. ve Aruntaş, H.Y., “17 Ağustos 1999 Marmara Depreminde Adapazarı’ndaki Betonarme Yapılarda Sıkça Rastlanan Yapısal Hasarların İncelenmesi”, G.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, Cilt: 15, No: 2, 599-614, 2002.
3. Koçyiğit, A. ve diğerleri, “17 Ağustos 1999 Gölcük-Arifiye (Kuzeydoğu Marmara) Depremi”, Jeolojik Ön Raporu, ODTÜ, 1999.
4. Pampal, S., Depremler, Alfa Yayın Dağıtım, İkinci Baskı, Ankara, 1999.
5. Toydemir, N. ve Bulut, Ü., Çatılar, Yapı-endüstri Merkezi, Yapı Yayın-100, 2004.
6. Türkçü, Ç., Yapım, İzmir Mimarlar Odası Yayınları, 1997.
7. Parisi, M.A ve Piazza, M., “Seismic Behavior and Retrofitting of Joints”, Soil Dynamics and earthquake Engineering, Cilt 22, 1183-1191, 2002.
8. Bainbridge, R., Mettem, C., Harvey, K. ve Ansell, M., “Bonded in Rod Connections for Timber Structures-Development of Design Methods and Test Observations”, International Journal of Adhesion & Adhesives, Cilt 22, 47-59, 2002.
9. TSE 647., Ahşap Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, 1980.
10. TSE 1265., İğne Yapraklı Yapı Keresteleri, Türk Standartları Enstitüsü, 1994.
11. Binan, M., Ahşap Çatılar, Birsan Yayınevi, İstanbul, 1998.
12. Fırat, S., Şumnu, Ş., Apay, A. ve Altındal A., Depreme Dayanıklı ve Adapazarı Bölgesine Uygun Çatı Modelinin Tespiti, Sakarya Üniversitesi Araştırma Fon Saymanlığı, Proje No: 2000-8, 2002.
13. Köksal, Ö., Yapı, Bilim Yayınları, Ağustos 2000.
14. Celep, Z. ve Kumbasar, N., Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, Üçüncü Baskı, Beta Dağıtım, 2004