

Giydirme Cephe Sistemlerinde Karşılaşılan Hasarların Sınıflandırılması

Elif Tuğba Yalaz¹
Ashhan Tavid²
Oğuz Cem Çelik³

Konu Başlık No: 2 (Çatı ve Cephe Sistemlerinin Performansları)

ÖZET

Giydirme cephe sistemleri kolay yapım, hafiflik, vb. sağladığı avantajlar sayesinde özellikle çok katlı yapılarda geniş uygulama alanına sahip olmasına karşın yaşam ömrü içerisinde çeşitli problemlerle karşılaşabilmektedir. Giydirme cephe sistemlerinde oluşan hasarlar süreç, sistem bileşen ilişkisi ve çevresel etmenlere bağlı olarak sınıflandırılabilir. Bu amaçla çalışma kapsamında oluşturulan veri tabanı ile İstanbul’da yer alan 29 adet çok katlı yapının giydirme cephe sistemlerinde görülen hasarlar ve hasar kaynakları incelenmiştir. Yapılan incelemede hasarların yaygın olarak hava sızdırmazlık, su sızdırmazlık ve estetik performanslarını olumsuz yönde etkilediği görülmüştür. Bununla birlikte çubuk sistemin pek çok bileşen içermesi nedeniyle panel sisteme oranla hasar görülme olasılığı yüksektir. Çalışmanın sonuçlarının cephe süreci içerisinde yer alan tüm paydaşlara yeni tasarım aşamalarında yararlı olacağı düşünülmektedir.

ANAHTAR KELİMELER

Giydirme cephe, Performans, Cephe Hasarları

ABSTRACT

Curtain wall systems find a wide application area through bring advantages specially for multi-story buildings with regarding to ease of construction, lightness, etc.. However, some problems might arise during its lifetime. Damages that may occur in curtain wall systems can be classified according to different criteria such as process, system-component relation and environmental factors. In the context of this case study, widely observed curtain wall damages and the possible cause of these damages were determined through 29 multi-story buildings, which were constructed between 1996-2012 in İstanbul. Using the aforementioned classification system, a data base comprising the damage generating factors was developed. The results of the study show that the damages mostly affect the airtightness, water tightness and aesthetic performance of curtain walls. In addition, stick system seemed more vulnerable than the panel systems. This study aims to be beneficial for the stakeholders of the curtain wall design stages.

KEYWORDS

Curtain wall, Performance, Façade damages

¹ Araş. Gör. Elif Tuğba Yalaz, İstanbul Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Mimarlıkta Yapı ve Yapım Yöntemleri Çalışma Grubu, Taşkışla, 34437, Taksim /İstanbul. Tel: 0212 2931300-2206- etyalaz@itu.edu.tr

² Prof. Dr. Ashhan Tavid, İstanbul Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Mimarlıkta Yapı ve Yapım Yöntemleri Çalışma Grubu, Taşkışla, 34437, Taksim /İstanbul. Tel: 0212 2931300-2356- tavid@itu.edu.tr

³ Prof. Dr. Oğuz Cem Çelik, İstanbul Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Yapı ve Deprem Mühendisliği Çalışma Grubu, Taşkışla, 34437, Taksim/İstanbul. Tel: 0212 2931300-2293- celikoguz@itu.edu.tr

1. GİRİŞ

20 yy 'da yaşanan gelişmelere bağlı olarak yapı elemanlarında çeşitli değişimler yaşanmıştır. Dış ve iç ortam arasında filtre görev gören dış duvar sistemleri genellikle çok katlı yapılarda, yerini çevresel etkilere karşı dayanım gösteren hafif, ince, farklı tasarım olanağı sunan ve estetik beklentileri karşılayan cephe sistemlerine bırakmaya başlamıştır. Özellikle giydirme cephe sistemleri sağladığı üstünlükler nedeniyle çok katlı yapılarda yaygın olarak uygulanmaktadır. Cephe sistemlerinin ömrünün bina ömrüne eşit olması ve bu süre içerisinde performansını sorunsuz biçimde sürdürmesi beklenmektedir. [1;3]. Ancak, Tablo 1.1'de gösterilen bozucu etmenlerin yanında cephe sistemindeki tasarım, yapım, vb. kaynaklı zayıf noktalar ve kullanıcı kaynaklı nedenler cephe sistemlerinde çeşitli hasarların oluşumuna yol açmaktadır. Oluşan hasarlar uzun dönemde cephe sistem performansının azalmasına neden olmaktadır. Cephe sisteminin performansı yalnızca kullanıcıları değil, bina yaşam döngüsü içerisinde yer alan tüm paydaşları yakından ilgilendiren bir konudur. Bu nedenle giydirme cephe sistemlerinin performansını olumsuz yönde etkileyen nedenlerin ve oluşabilecek hasarların belirlenmesi, sistemlerin uzun dönem performansının gerçeğe en yakın şekilde tespit edilmesi açısından önem kazanmaktadır.

Tablo 1.1 Yapı elemanlarının yaşam ömrünü etkileyen bozucu etmenler [4].

NİTELİĞİ	SINIF	ÖRNEKLER
Mekanik etkiler	*Yer çekimi *Yükler ve etkileyen ya da engellenen deformasyonlar *Kinetik enerji *Vibrasyon ve ses	Kar/yağmur yükü Buz oluşumu, genleşme/büzüşme, vb. Kum fırtınası, darbeler Trafik vb. nedenle oluşan vibrasyonlar
Elektromanyetik etkiler	*Radyasyon *Elektrik *Manyetizma	Güneş ya da UV, radyoaktif ışınım Elektrolit reaksiyon, şimşek/yıldırım Manyetik alanlar
Isıl etkiler	*Uç seviyeler ya da sıcaklıktaki hızlı değişimler	Sıcaklık, donma, ısıl şok, yangın
Kimyasal etkiler	*Su ve çözücüler *Oksidasyon *İndirgeyici maddeler *Asit *Bazlar *Tuzlar *Kimyasal nötr	Hava nemi, zemin suyu, alkol Oksijen, dezenfektan, beyazlatmak Sülfatlar, amonyak, patlama etkisi Karbonik sit, kuş pisliği, vb. Kireç, hidroksitler Nitrat, fosfat, kloridler Kireç taşı, yağ, vb.
Biyolojik etmenler	*Bitki ve mikrobiyal *Hayvanlar	Bakteri, küf, mantar, bitki kökleri Kemirgenler, termit, kurtlar, kuşlar

Bu çalışmada gerçekleştirilen hasar durum analizi, cephe süreci içerisinde yer alan tüm paydaşlara tasarım ve yapım aşamalarında yararlı olmayı hedeflemektedir. Giydirme cephe sisteminin ilk performansı yapılan testler sayesinde belirlenmektedir. Ancak sistemin bu testleri başarıyla geçmesi, uzun dönem performansının da aynı olacağını garanti etmemektedir. Bu nedenle giydirme cephe sistemlerinde uzun dönemde oluşabilecek hasarların tespit edilmesinin özellikle cephe üreticileri için önemli bir girdi oluşturacağı düşünülmektedir. Çalışma kapsamında Türkiye'de (İstanbul'da) 1996-2012 (16 yıl) yılları arasında giydirme cephe sistemleriyle gerçekleştirilmiş olan 29 adet yapının cephe sistemlerinde görülen hasarlar farklı ölçütlere göre sınıflandırılarak değerlendirilmiştir. Yapılan değerlendirmenin sonucunda yaygın olarak gözlemlenen hasarlar, hasarların oluşum nedenleri, performans ölçütleri ve farklı cephe sistemlerine göre gruplanarak değerlendirilmiştir. Yapılan incelemede etkilenen performansların su, hava sızdırmazlık ve estetik performanslar olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca belirli bölgeye/lokasyona ait bu tür araştırma çalışmalarının sınırlı olması nedeniyle literatürde belirli bir boşluğu dolduracağı düşünülmektedir.

2. ÇALIŞMANIN YÖNTEMİ

Çalışmanın yöntemi, literatür araştırması ve hasar durum analizine dayanmaktadır. Türkiye’de (İstanbul’da) yer alan 29 adet yapının cephe sistemlerinde görülen hasarlar incelenerek kapsamlı bir veri tabanı oluşturulmuştur. İsimleri gizli tutulan binaların, bina türleri, cephe türleri, yapım yılları ve bakım onarım yapılan tarih/tarihler belirtilmiştir. Daha sonra bu yapılara ait cephe sistemlerinde oluşan hasarlar detaylı gözlemlenerek hasar nedenleri, sürece, sistem-bileşenleri ilişkisi ve çevresel etmenler ölçütlerine göre sınıflandırılmıştır. Cephe sistemlerine etki eden faktörler, bunların cephe sistemi üzerindeki etkileri ve neden oldukları hasarlar ortaya konmuştur.

2.1. Hasarların Farklı Ölçütlere Göre Sınıflandırılması

Giydirme cephe sistemlerinde görülen hasarlar tasarım, imalat, montaj, kullanım ya da bakım onarım sürecinde oluşabilmektedir. Ayrıca tüm aşamaları kapsayan denetim sürecindeki eksiklikler hasar oluşumunda rol alabilmektedir. Benzer şekilde cephe sistemlerinde cephe sistemi alt sistem ilişkisi ya da farklı çevresel etmenlere bağlı olarak da çeşitli hasarlar gözlenebilmektedir. Bu bölümde hasarlar süreç, sistem ve çevresel etmenlere bağlı olarak sınıflandırılmıştır.

2.1.1. Süreç Kaynaklı Hasarlar

Tasarım (Projelendirme) Aşaması Kaynaklı Hasarlar

Tasarım süreci kaynaklı hasarlar mimari tasarım ve mühendislik tasarım süreçlerinden kaynaklanmaktadır. Mimari tasarım aşamasında görülen hasarların cephe formu tasarımı, dolgu bileşeninin boyutlandırılması, cephe formuna ya da iklimsel koşullara uygun olmayan malzeme seçimi, malzeme özelliğine uygun olmayan detayların geliştirilmesi, uygulama ve çizim detaylarının yetersizliği başlıca hasar nedenleri olarak sıralanabilir. Mühendislik tasarımı kaynaklı hasarlarda ise cephe taşıyıcı bileşenlerinin doğru boyutlandırılmaması, cephe bileşenlerinin ve geçilen açıklığa uygun hesapların yapılmaması, cephe sisteminin yeterli hareket olanaklarına sahip olmaması sıralanabilir. Bununla birlikte hesaplamaların yapıldığı sırada yüklerin daha şiddetli olabileceğinin göz ardı edilmesi de önemli hasarlara neden olmaktadır [3].

İmalat (Üretim) Aşaması Kaynaklı Hasarlar

İmalat aşamasında gerçekleşen hasarlar genellikle sistem tedarikçilerinin yanlış uygulamalarından kaynaklanmaktadır. Cephe sistem bileşenlerinin üretimi sırasında gerekli standartlara uyulmaması, malzemelerin uygun koşullarda üretilmemesi, bileşenlerin uygun koşullarda bir araya getirilmemesi gibi nedenler hasar oluşturmaktadır [1]. Cam ünitesinin oluşturulması sırasında silikonun uygun koşullar altında yapılmaması sonucunda sistemde zaman içerisinde yoğuşma görülmesi bu hasar grubuna örnek verilebilir (Şekil 2.1).



Şekil 2.1 Cam ünitesinde yoğuşma görülmesi

Montaj (Yapım ve İşçilik) Aşaması Kaynaklı Hasarlar

Yapım süreci tasarım sürecine oranla daha çok dikkat ve emek gerektiren bir süreçtir. İyi tasarlanmış bir sistem montaj aşamasında yapılan hatalar nedeniyle kullanım sürecinde beklenen performansı gösterememektedir. Montaj aşamasında sistemle uyumlu olmayan bileşen ya da malzemelerin kullanımı zaman içerisinde olumsuz sonuçlar doğurabilmektedir. Derz aralıklarının yetersiz olması ve silikon uygulanacak yüzeylerin temiz olmaması ilerleyen süreçlerde hasarlara neden olabilmektedir. Ayrıca projenin düzgün okunamaması ya da detayların yetersiz olması yapım aşamalarında hata yapma olasılığını arttırmaktadır [3]. Yüksek işçilik kalitesi sistem montajının düzgün yapılması için önemlidir. Montaj sırasında niteliksiz ve eğitimsiz işgücü kullanımı işçilikten kaynaklanan hasarlara neden olmaktadır [5]. Özellikle çubuk sistem gibi birçok bileşenden oluşan ve şantiye ortamında montajı yapılan sistemlerde işçiliğe bağlı hasarlar yaygın biçimde görülmektedir. [6].

Kullanım Aşaması Kaynaklı Hasarlar

Kullanım sürecinde cephe sistemleri kullanıcı da dahil olmak üzere çeşitli etmenlere maruz kalmaktadır. Giydirme cephe sistemlerinin açılır kanatlarının uzun süre açık bırakılması ya da kanatları taşıyan makasların ağırlık nedeniyle deforme olduğu görülmüştür. Bunun sonucunda açılabilir kısımlarda sarkmalar ve makaslarda kırılmalar gözlenmiştir (Şekil 2.2).



Şekil 2.2 Açılır kanat aksesuarlarında görülen hasarlar

Bakım-Onarım Aşaması Kaynaklı Hasarlar

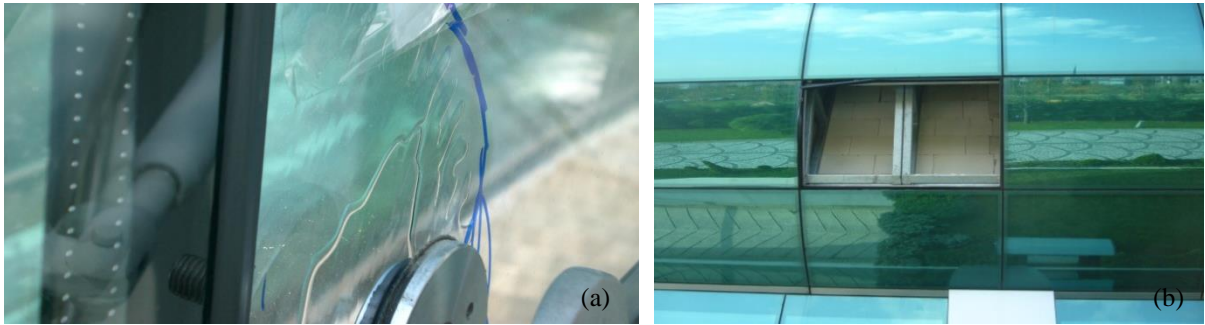
Bakım onarım gereksinimi tasarım aşamasından itibaren düşünülmeli ve sistem ömrünü uzatmak için belirli aralıklarla bakım yapılmalıdır. Bakım onarım sürelerinin uzamamasına, bakım ekibinin yeterli deneyime sahip olmasına ve varsa hazırlanan bakım kitapçığına uyulması önemlidir [3]. Bakım sırasında kullanılan kimyasallar ya da bakım asansörünün çarpması cephede hasar oluşturabilmektedir. Bu nedenle bakım onarım sürecinde yeni hasarların oluşmamasına dikkat edilmelidir.

Denetim Aşaması Kaynaklı Hasarlar

Denetim süreci tasarım, imalat, yapım, kullanım, bakım onarım süreçlerinin tümünü kapsamaktadır. Her aşamada cephe sistemlerinin belirli bir programa bağlı olarak denetlenmesi hasar oluşumunun engellenmesine yardımcı olmaktadır. Sistemlerin belirtilen standartlara uygun tasarlanması, bileşenlerin üretim standardına uygunluğunun denetlenmesi, yapım aşamasında montajın düzgün yapılmasının denetlenmesi vb. konular hasar oluşumunun engellenmesi açısından önemlidir.

2.1.2. Sistem-Bileşen İlişkisinden Kaynaklanan Hasarlar

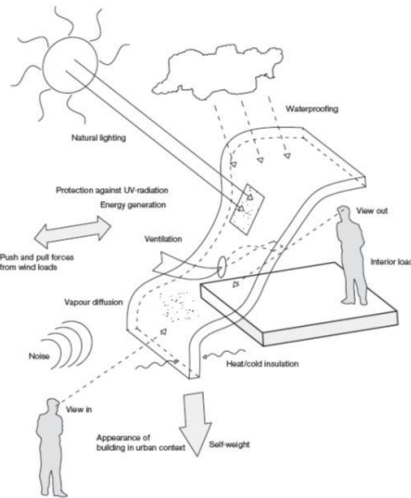
Literatür araştırması ve mevcut örnek analizi sonucunda tespit edilen hasarlar bina ve cephe sistemi ölçeğinde gruplanabilmektedir. Bina taşıyıcı sistem türü, zemin özellikleri ve bina hareketleri çeşitli hasarlara yol açabilmektedir. Cephe sistemi ölçeğinde oluşan hasarlar ise cephe formu, sistem bileşenleri/malzemesi, sistemin boyutlandırılması ya da detaylandırılması kaynaklı olduğu görülmektedir. Giydirmce cephe sistemleri taşıyıcı bileşen, dolgu bileşeni ve sızdırmazlık bileşeni olmak üzere 3 ana bileşenden meydana gelmektedir. Taşıyıcı bileşende su, nem ve aşırı yüklemekten kaynaklanan hasarlar gözlenebilmektedir [8]. Dolgu bileşeninde gözlemlenen hasarlar cam üretimine bağlı hasarlar, ısıl gerilmeler, çeşitli nedenlerle cam kırılması, aşırı rüzgâr nedeniyle panelde kopmalar, cephe formu ve forma uygun olmayan dolgu bileşeni malzemesinin seçimi, camda laminasyon sorunları olarak sıralanabilir (Şekil 2.3a ve 2.3b). Sızdırmazlık bileşeninde, zaman içerisinde yaşanmaya bağlı olarak oluşan hasarlar, UV etkisiyle bozulmaların gözlenmesi ve fitillerin sistemden ayrılması gibi hasarlar da bu grupta gözlemlenen hasarlardır.



Şekil 2.3 Lamine camda görülen sorunlar(a), cephe formuna uygun olmayan cam türünün seçilmesi(b)

2.1.3. Çevresel Etmenlerden Kaynaklanan Hasarlar

Bina yüzeyinde yer alan cephe sistemleri yoğun olarak çevresel etmenlerin etkisi altında kalmaktadır (Şekil 2.4). Örneğin güneşin ısıtıcı etkisi cephe yüzey sıcaklığını artırarak genişleme ve büzümeye neden olmakta, UV ışınlarının etkisiyle de cephe bileşenlerinde renk değişimi ya da sızdırmazlık bileşenlerinde bozulmalar gerçekleşmektedir. Şiddetli rüzgârın etkisiyle cephe dolgu bileşenlerinde kopma ya da taşıyıcı bileşenlerinde kırılma gibi hasarlar görülmektedir. Ayrıca depremin etkisiyle oluşan hareketlere cephenin uyum sağlayamaması da hasar oluşturan nedenler arasındadır. Benzer biçimde yoğun çevresel dinamikler (örneğin trafik) yapısal hareketlere neden olabilmektedir. Bu hareketlerin karşılanamadığı durumlarda cephe sistem bileşenlerinde kırılmalar gözlenmektedir.



Şekil 2.4 Cephe sistemine etki eden çevresel etmenler [7].

3. ÖRNEK YAPILARIN CEPHELERİNDE YAPILAN HASAR İNCELEMESİ

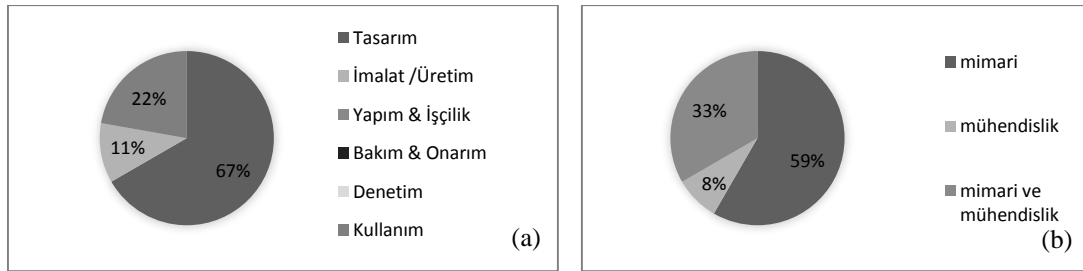
Çalışma kapsamında 1996-2012 yılları arasında yapılmış olan 29 adet binanın cephe sistemine ait veriler değerlendirilmiştir. İncelenen binaların 11'i iş merkezi, 3'ü otel, 4'ü alışveriş merkezi, 1'i katlı konut binası, 1'i müzik evi, 3'ü fabrika, 1'i banka, 2'si kamu yapısı ve 3 tanesi galeridir. Değerlendirilen yapıların 6'sı panel sistem, 17'si çubuk sistem, 1'i doğrama, 3'ü ışıklık ve 2'si ahşap cephe sistemi ile yapılmıştır. Bina türleri belirtilen yapıların tümünün cephe sistemleri, yapım tarihleri ve hasarlar nedeniyle bakım onarım gerçekleştirilen tarih/tarihler tespit edilmiştir. Çalışma sonuçlarının, sistemlerin kullanım ömrü içerisinde oluşabilecek sorunlar hakkında önemli veriler sağlayacağı düşünülmektedir. Elde edilen bu veriler süreç içerisinde yer alan tüm paydaşların, sistemlerin uzun dönem performansının geliştirilmesine yönelik çeşitli çıkarımlar yapmasına olanak sunmaktadır.

4. GENEL DEĞERLENDİRMELER

Çalışma kapsamında incelenen örneklerde tespit edilen hasarların nedenleri süreç, sistem-bileşen ilişkisi ve çevresel etmenler kaynaklı olmak üzere 3 farklı ölçüte göre değerlendirilmiştir. Bununla birlikte farklı giydirme cephe sistemleri arasında karşılaştırma yapılmıştır. Tespit edilen hasarlara bağlı olarak en sık karşılaşılan hasarlar ve bu hasarların etkilediği performans ölçütleri ortaya konulmuştur.

4.1. Sürece Göre Değerlendirme

Cephe sistemlerindeki hasarları tasarım, imalat, montaj, kullanım, bakım-onarım ve denetim aşamalarından kaynaklı hasarlar olarak değerlendirildiğinde %67'sinin tasarım, %22'sinin kullanım ve %11'inin imalat kaynaklı olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.1a). Tasarım aşamasından kaynaklanan hasarlar ise kendi içinde değerlendirildiğinde, bu hasarların %59'unun mimari tasarım, %8'inin mühendislik tasarım aşamalarında, %33'ünde iki aşamadan kaynaklandığı tespit edilmiştir (Şekil 4.1b).



Şekil 4.1 Oluşturduğu aşamalara göre hasarlar (a) ve tasarım kaynaklı hasarlar (b)

4.2. Sistem-Bileşen İlişkisine Göre Değerlendirme

Sistem bileşen ölçeğine göre değerlendirilen hasarların %87'sinin cephe ölçeğinde, %13'ünün bina ölçeğinde olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.2a). Bina ölçeğinde gözlemlenen hasarlar, binaya etkileyen kuvvetlerin cephe sistemini etkilemesine bağlı olarak oluşabilmektedir. Örneğin binanın bulunduğu zeminin etkisi ya da bina taşıyıcı sisteminin cephe sistemini etkilemesi sonucunda cephe sisteminde oluşan hasarlar gözlemlenmiştir (Şekil 4.3). Değerlendirilen örneklerin %7'sinde taşıyıcı bileşen malzemesi, %29'unda sızdırmazlık bileşen malzemesi ve %64'ünde dolgu bileşeni malzemesi hasarları görülmektedir (Şekil 4.2b). İncelenen örnekler çubuk ve panel sistem ağırlıklı örnekler olup bunlara ek olarak ışıklık, doğrama, ahşap cephe sistemi örnekleri de değerlendirilmiştir. Hasarların %59'unun çubuk sistemde, %21'inin panel sistemde, %10'unun ışıklıklarda, %7'sinin ahşap sistemle yapılan cephelerde, %3'ünün de doğramalarda görüldüğü tespit edilmiştir (Şekil 4.2c).



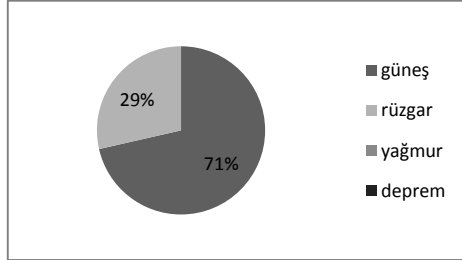
Şekil 4.2 Hasarların sistem-bileşen ilişkisine göre değerlendirilmesi (a), Sistem bileşenlerinde görülen hasarlar (b) ve İncelenen örnekler arasında hasar oranı (c)



Şekil 4.3 Zemin oturması nedeniyle dolgu bileşeninde oluşan hasarlar

4.3. Çevresel Etmenlere Göre Değerlendirme

Güneş, yağmur, rüzgâr ve depremin cephe sistemi üzerinde etkili olduğu önceki bölümlerde açıklanmıştır. İncelenen örneklerin %71'inden güneşin etkileriyle oluşan çeşitli hasarlar gözlenirken, %29'unda rüzgâr nedeniyle oluşan hasarlara rastlanmıştır (Şekil 4.5a, 4.5b ve 4.5c). Doğrudan yağmur ve depremin neden olduğu hasarlara değerlendirilen örneklerde rastlanmamıştır (Şekil 4.4).



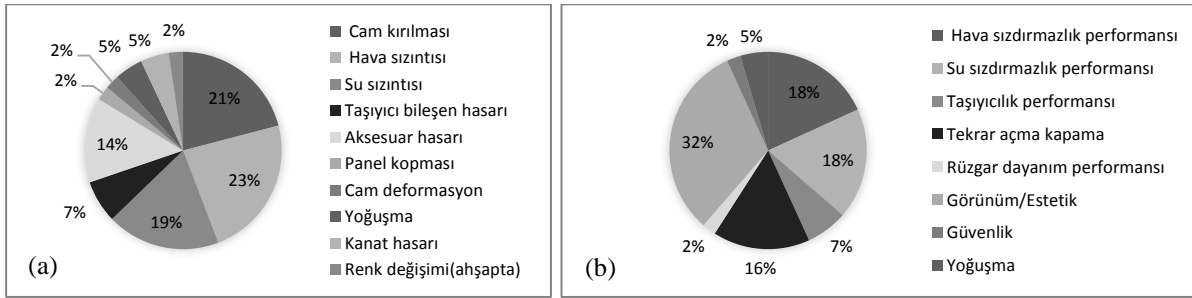
Şekil 4.4 Çevresel etmenlerin hasar oluşumuna etkisi



Şekil 4.5 Isıl gerilmeler nedeniyle dolgu bileşeninin kırılması (a), güneşin bozucu etkisiyle sızdırmazlık bileşeninin zarar görmesi (b), rüzgârın etkisiyle panellerin sistemden ayrılması (c)

5. SONUÇLAR

Yapılan analizlere ve sınıflandırmalara bağlı olarak değerlendirilen örneklerde tespit edilen hasarlar değerlendirilmiştir. 29 yapının cephe sistemine ait yapılan hasar analizinin sonucunda hava sızıntısı, cam kırılması, su sızıntısı, aksesuar hasarları, taşıyıcı bileşen hasarları, yoğuşma, kanat hasarları, ahşap bileşenlerde renk değişimi, panellerde kopma ve camda deformasyon oluşumu gibi hasarlar gözlenmiştir (Şekil 5.1a). Tespit edilen bu hasarların %32'si cephe sisteminin estetik görünümünü, %18'i hava ve su sızdırmazlık performansını, %16'sı kullanım kolaylığını, %7'si taşıyıcılık performansını, %5'i yoğuşma performansını, %2'si rüzgâr dayanımını ve %2'si de güvenlik performansını etkilemiştir (Şekil 5.1b).



Şekil 5.1 Tespit edilen tüm hasarların değerlendirilmesi (a), Olumsuz yönde etkilenen performans ölçütleri (b)

Yapılan analizlerin sonuçlarıyla birlikte gözlemlenen hasarlar cephe sistemlerinin en fazla estetik, hava ve su sızdırmazlık ve taşıyıcılık performanslarını etkilediği sonucuna varılmıştır. Açılır kanatlara sahip olan cephe sistemlerinin bu kısımlarında da yoğun olarak hasarlarla karşılaşmıştır. İncelenen örneklere bakıldığında, çubuk sistemde hasarla karşılaşma olasılığının panel sisteme oranla daha fazla olduğu görülmüştür. Güneşin sıcaklık etkisi ve rüzgâr en fazla hasar oluşturan çevresel etmenler olarak ortaya çıkmıştır. Yüzey sıcaklığının artması dolgu bileşenin (özellikle cam ünitesinin) kırılmasına ve şiddetli rüzgârın panellerde kopmalara neden olduğu görülmüştür.

KAYNAKLAR

- [1] Milli Eğitim Bakanlığı, 2012. İnşaat Teknolojisi, Giydirme Cephe İmalat Kontrolü, MEB Yayınları, Ankara.
- [2] Hunt, W.D., 1958. The Contemporary Curtain Wall, It's Design, Fabrication, and Erection, F.W. Dodge Corporation, U.S.A.
- [3] Mook King Tong, C. 2006. Curtain Wall Defects in Hong Kong High-Rise Office Buildings-Incidences, Seriousness and Cause, Bachelor Thesis, Hong Kong.
- [4] BS ISO 15686-1, 2000. Buildings and Constructed Assets – Service Life Planning. BS Standards Publications.
- [5] McCowan, D., Brown, M., Louis, M., 2007. Curtain Wall Problems Tips on Fabrication, Construction and Testing. Glass Magazine. <http://glassmagazine.com/article/commercial/curtain-wall-problems> Erişim: 3.05.2015.
- [6] Mayer P.D., Brewer, R., t.y.. Auditing for Durability. http://www.bath.ac.uk/cwct/cladding_org/wlp2001/paper3.pdf Erişim: 23.07.2015.
- [7] Knaack, U., Klein, T., Bilow, M., Auer, T., 2007. Façades: Principles of Construction, Birkhäuser Verlag, Germany.
- [8] Kelley, S.J., Johnson, D.K., 1998. The Metal and Glass Curtain Wall: The History and Diagnostics. Modern Movement Heritage, e-book İTÜ Kütüphane. Erişim: 12.05.2015.