

Giydirme Cephe Sistemlerinde Test Metodları

Dr. Çiğdem Çelik Tekin

ÖZET

Her bina için tasarlanan giydirme cephe projesi tektir. Her tasarım; cam, metal, taş ya da farklı malzemelerin farklı kompozisyonlarda birleşimidir. Ancak, bina kabuğu kaç çeşit malzemeden ya da farklı tasarımdan oluşursa oluşsun mutlaka, tüm elemanların çevre koşullarına karşı bir bütün olarak hareket etmesi ve iç mekanda istenilen konfor düzeyini sağlaması ve bu özelliğini bina ömrü süresince koruması gerekir.

Bina kullanımı süresince, performansını iyi şekilde sürdürebilmesi için, öncelikle binanın tasarım aşamasında gerekli testlerden geçirilmesi, buna göre cephe için kullanılacak sistem ve malzeme kararının verilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada, bir binada uygulanması gerekli testlerin neler olduğu ve nasıl yapılacağı tanımlanmaya çalışılmıştır.

1. GİRİŞ

Giydirme cephe üretimi yapan firmalar ya da bu sistemi uygulayan uygulamacılar; binanın su ve hava geçirmez olduğunu, cepheyi oluşturan elemanların düzgün bir şekilde birleştirildiğini, fitillerin uygun şekilde yerleştirildiğini ve yalıtımın doğru yapıldığını düşünürler. Ancak, döşeyen usta ya da mimar, sık sık bağlantılar arasındaki kesişimleri çözmeyi en sona bırakır ve bitişik sistemlerin ara bileşenlerinin performansını kontrol etme gereği duymazlar. Bina kullanım ömrü boyunca, oluşabilecek olası hasarlar bu bölgelerde gerçekleşir ve bina için ciddi problemler oluşturabilir. Bu da büyük ölçekli binalarda yeniden yapılması, onarılması mümkün olmayan sonuçlar ve bina kabuğunu tekrar yapmaktan daha büyük maliyet gibi sorunlara sebep olabilir. Olası problemlerin oluşumuna baştan engel olabilmek için, bina kabuğunun mevcut iklim koşullarına bağlı olarak nasıl tepki vereceğini değerlendirebilmek amacıyla, sistemin imalat ve uygulaması yapılmadan önce mutlaka çeşitli testlerden geçirilmelidir. Bu testler, doğru malzemenin kullanımını ve bağlantıların ne kadar sağlıklı olduğunu tespit etmek açısından oldukça önemlidir.

Bir binanın giydirme cephe sistemi için sisteme karar verirken, aslında mantıklı görünen çözüm, özellikle büyük ölçekli projeler için, teklif vermeden önce, tasarıma uygun hazırlanan bir örneği üzerinde giydirme cephe testlerini yapmaktır. Ancak, işi almadan böyle bir maliyet altına girmekten her firma kaçınmaktadır. Üretici firmanın test maliyetini, teklif miktarı içine eklemesi durumunda da bina sahibi bu maliyeti ödemekten kaçınır. Bu nedenle genellikle müşteri, bir firma ve o firmanın sistemine karar verdikten sonra projeye uygun, deney için belli boyutlarda cephenin sürekli tekrar eden bölümünden bir örnek hazırlanıp, uygun testler yapılmaktadır. Ancak, testlerde önem verilmeyen ve problem olabilecek iki konu vardır. Birincisi; eğer tasarım bu testlerde başarısızlığa uğrarsa ne olur? ikinci problemde; sahada çalışan ustaların bu işi ne kadar iyi bildiği, ustalık dereceleri ve proje danışmanının cephe konusundaki bilgi düzeyidir.

Binadan ya da ısı değişimlerinden kaynaklanan hareketlerin etkisi de göz önünde bulundurulmalıdır. Binalar genleşir, daralır ve hareket eder. Bina bunu hareketli yüklere; rüzgar, deprem, sıcaklık, donma ve

diğer güçlere karşı cevap olarak verir. Giydirme cephe elementleri; termal yalıtım, ses izolasyonu, su geçirimsizlik, defleksiyon için tolerans ve çeşitli yüklerle karşı (termal, rüzgar ve sismik) strüktürel güvenlik sağlayacak şekilde dizayn edilmelidir. Bu kararların ne kadar sağlıklı olduğu da yapılacak testlerin sonucuna göre karar verilmelidir.

Eğer büyük ölçekli bir proje değilse en azından yerinde uygulama sırasında işçiliğin test edilmesi için, yerinde kurulan bir düzenek ile su geçirimsizlik testi yapılabilir. Bu test iki yolla yapılabilmektedir; birinci yol, yüksek basınçlı suyu yüzeye püskürtmek, ikinci yol ise iç ve dış ortam arasında basınç farkı yaratarak su püskürtmektir.

Doğru zamanda, doğru verilen kararlar ve uygulama ile bina kullanımı süresince, hem kullanıcı konforu hem de bina sağlığı tehlike altına girmez. Bu nedenle, bir bina için doğru malzeme kararı verilse bile ilerde problem olabilecek kritik konular belirlenmeli ve bu konularda binanın nasıl davranış sergileyeceği standart testlerden geçirilerek belirlenmelidir. Bu kritik problemler; binanın bakımı, strüktürel güvenliği ve olası (su, yağmur, hava sızma, yoğunlaşma, su buharı vs.) konularıdır. Bu problemler ayrı başlıklarda belirlense de üçü birbiri ile tamamen ilişkilidir. Birinin başarısız sonuçlarından diğeri de etkilenebilmektedir. Sonuç olarak tüm bu sayılanların bina kullanımına başlanmadan önce kontrol altına alınması ve sürekliliğinin sağlanması gereklidir.

2. GİYDİRME CEPHELERDE UYGULANAN TESTLER

Ülkemizde sistem üreten birkaç firma bulunmaktadır. Genellikle sistemler ithal edilmektedir. Bu nedenle bunlar zaten uluslararası standartlarda kabul görmüş sistemler oldukları için ve ülkemizde üretime yönelik faaliyetler çok az olduğundan, standart konusu ülkemizde oldukça hamdır. Ancak, ülkemizde uygulaması yapılacak herhangi bir projenin cephe testlerinin yapılmasında uluslararası standartlara uyulmaktadır. Bu standartlar; CWCT (Centre for Window and Cladding Technology), ASTM (American Society for Testing and Materials), AAMA (American Architectural Manufacturers Association) ve TS EN standartlarıdır.

Ülkemizde sistem satın alan firmalar, sistemin özelliklerini ve uygulamayı sistemi aldıkları ülkeden gelen yetkililerden, birkaç günlük eğitim sonucunda öğrenmektedirler. Ve bu öğretim geleneği piyasa genelinde usta çırak ilişkisinde devam etmektedir. Böylesine önemli bir konuda cephe firmalarını belli bir çatıda toplayan, çalışmalarını belli standartlara alan ya da eğitilmiş usta yetiştiren bir kurum bulunmamaktadır. Oysa, 1989'da Bath üniversitesinde kurulan CWCT tarafından cephe işinde çalışacak ustalara belli kurslardan sonra belge verilmektedir. Üyesi olan firmalarda çalışacak olan elemanlarda yetkinlik belgesi olmasına dikkat etmektedirler. Bu da oldukça önemli bir konudur. Çünkü birçok uygulamacı örnek cephe üzerinde yapılan test sonuçlarına göre binanın performans özelliklerini belirlediğini ve bunun sürekliliğini koruyabileceğini sanmaktadır. Halbuki test sonrasında ikinci önemli konu, ustaların yeterlilik düzeyidir.

Genel olarak giydirme cephe sistemlerinde su geçirimsizlik, hava geçirgenlik, rüzgar ve sismik hareketlere bağlı yerdeğiştirme testleri yapılmaktadır. Statik test için; ASTM E-331, dinamik su testi içinde AAMA-501.1 standartları kullanılmaktadır. Testler CWCT (Centre for Window and Cladding Technology) giydirme cepheler için standart test metodları ile uyum sağlamalıdır. Genel olarak yüksek katlı bir bina cephesi için yapılabilecek testler aşağıda sıralanmıştır. Her bina için bu sıralama farklılık gösterebilir. Bunlar sırasıyla;

- Hava geçirgenlik,
- Su geçirimsizlik (statik),
- Rüzgar dayanımı (dayanıklılık)
- Hava geçirgenlik,

- Su geçirimsizlik (statik),
- Dizaynın yer deęiřtirmesi sismik hareket,
- Hava geęirgenlik,
- Su geçirimsizlik (statik),
- Su geçirimsizlik (dinamik),
- Su geçirimsizlik (hortum),
- Rüzgar dayanımı (güvenlik),
- Sismik hareket (dizayn basıncının 1.5 katı),
- Sökülüp tekrar montajının yapılması.

Binanın bulunduğu bölge koşullarına göre uygulanacak testler değişiklik gösterebilir. Aşağıda genel olarak bir bina için, hazırlanmış örnek üzerinde uygulanması gereken testler açıklanmıştır. Ancak, belirtilen bu testlerden başka, malzemelerin belirli bir süreç sonundaki performansının anlaşılabilmesi için bazı yaşlandırma ve ısıl devinim testleri de uygulanabilir. Yaşlandırma testi; stabilite kabininde, hazırlanan örnek üzerinde, belirlenen periyotlar süresince belirli sıcaklık ve nem etkisi altında yaşlandırılır. Ultraviyole kabininde ise güneş ışınlarının ultraviyole etkisi simüle edilerek malzemenin belirli sıcaklık altında ve sürede yaşlandırılması sağlanır. Yaşlandırma testleri sonunda, malzemenin mukavemetini test etmek için çekme testi uygulanır. Burada test edilen malzeme, strüktürel silikonlu giydirme cephe sistemlerinde güvenlik açısından büyük önem taşıyan silikondur. İki ayrı yüzeye yapışmış olan silikon, ya kendini yüzeylerden bırakarak ya da kendi içinde koparak kullanılmaz duruma gelir. Bu test, çekme testi yapma kabininde kuvvet yavaş yavaş artırılarak yapılır. Isıl devinim testi ise; panelin dış yüzünde -20°C'den +80°C'ye altı kere ısı değişimi uygulanırken iç yüzünde sıcaklık ve nem sabit tutulur. Olası bir kondansasyon riski yaratmak da yararlıdır [2].

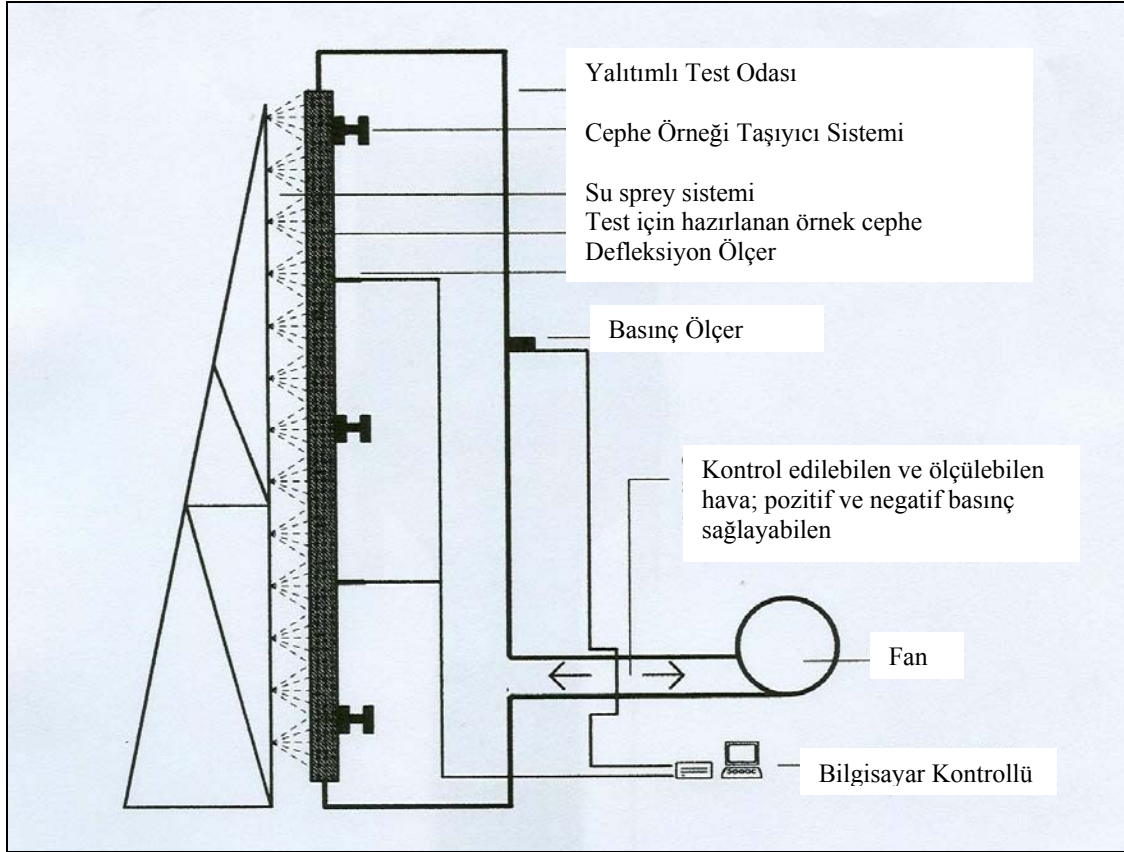
3. TEST DÜZENEęİ

Herhangi bir giydirme cephenin test edilmeye hazır hale getirilmesi için öncelikle, binada sürekli tekrarlanan bir ya da birkaç modülü içine alacak şekilde birebir bir örnek hazırlanır. Bina cephesine göre bire bir hazırlanan bu örnek test odasının bir yüzüne monte edilir. Test odasının, örneğin asılacağı bölge dışındaki diğer bölümleri, çelikten ya da kontraplaktan imal edilmiş olabilir. Ayrıca test odasının giriş için bir kapısı olmalı ve dış ortam koşullarından tamamen yalıtılmış olmalıdır. Şekilde tipik bir test düzeneği sistemi görülmektedir (Şekil 1) [3].

Statik basınç deney odasının basıncını ölçmek ve odanın dışında ya da içindeki havanın hızından etkilenmeyecek okumalar olacak şekilde konumlanması gerekir. Hava tedarik eden sistem merkezkaç fanı, ortak hortumlu ve farklı negatif, pozitif basınç oluşturabilen kontrol valflerinden oluşmalıdır. Test periyodu süresince sabitlenen basınçta sürekli hava üfledebilmeli ve 1 saniye içinde yaklaşık 600 pascal basınç yeteneğine sahip olması gerekmektedir.

Rüzgar jeneratörü dinamik test süresince farklı pozitif basınç oluşturabilecek özellikte, 4000mm çapında, ters dönen pervaneli, uçak motoru tipinde bir piston içermelidir. Jeneratörün, örneğin dış yüzüne yakın bir yerde montajı yapılmalıdır. Su spray sistemi 700mm'den daha büyük olmayan düzgün aralıklı bir ızgara sistemidir. Sistem örnek dışından yaklaşık 400mm açığa monte edilmelidir. Emzik ya da hortum başları 80° yayılma alanından daha düşük olmayacak şekilde kare biçiminde bir alana etki edebilmelidir. Su sıcaklığı +8 ile +25°C arasında olmalıdır. Spray sistemi, örneğin dış yüzeyine suyu düzgün bir şekilde taşımaktadır.

Hortum testi için su nominal 30° yayılma ile su zerrecilerinin kesintisiz üreten pirinç başlı emzikler kullanılarak yapılır. Bu hortum ya da emzik başları ile valf arasında basınç ölçer ve valf kontrolünün olması gerekir. Bu hortum başlarından basınç $220 \pm 20 \text{ kPa}$ olduğunda dakikada 22 ± 2 litre üretebilecek şekilde sistem ayarlanmalıdır [3].



Şekil 1. Giydirme Cephe Sistemi Test Düzenegi

4. TESTLERİN UYGULANMA ŞEKİLLERİ

Giydirme cephe sistemlerinde, herhangi bir bina için hazırlanan örnek üzerinde standart olarak uygulanan testler aşağıda açıklanmaya çalışılmıştır.

4.1. Hava geçirgenlik (CWCT)

Havanın süzülmesi ya da sızması giydirme cephe aracılığı ile dışardan bina içine havanın geçmesidir. Hava yatay ve düşey profiller arasındaki hatalı bağlantılardan ya da fitillerden süzülür. Hava kaçağı binalarda enerji kaybının ana sebebidir. 2002'den sonra İngiltere'de binalar için uygulanan yönetmelikte, büyük ölçekli binalarda belli sınırlarda hava sızdırma zorunludur. 2006'da ise küçük ya da büyük bütün binalarda belli sınırlarda hava sızdırma zorunlu olacaktır. Bitmiş binanın bütününde yapılan enerji hesaplarına göre hava sızma $10 \text{ m}^3/\text{saat}/\text{m}^2$ 'den mutlaka az olmalıdır [4].

Bir binada yüksek oranda hava sızma miktarı, binadaki ısı kaybını çoğaltacak ve bina sahiplerinin maddi ve manevi açıdan konforunu bozacaktır. Bina içinde ve dışında basınç farklı düzeylerde. Bu test, cepheden hava geçişinin olup olmadığını ya da hangi düzeylerde olduğunu belirlemek için uygulanır. Klimalı mekanlarda 600 Pa, klimasız mekanlarda ise 300 Pa hava basıncı sınır test değerleri olarak alınmaktadır. CWCT'ye göre testlerde uygulanan basınç miktarları ise Tablo 1 [1];

Rüzgar basıncı	Su geçirgenlik test basıncı	Hava geçirgenlik test basıncı
< 800 Pa	300 Pa	300 / 600 Pa
801 – 1200 Pa	300 Pa	300 / 600 Pa
1201 – 1600 Pa	450 Pa	300 / 600 Pa
1601 – 2000 Pa	600 Pa	300 / 600 Pa
2001 – 2400 Pa	600 Pa	300 / 600 Pa
> 2400 Pa	0,25 x Rüzgar basıncı	

Tablo 1. CWCT'ye göre basınç seviyeleri [4]

Hava geçirgenlik testinde; binaya göre hazırlanan test örneğini, teste hazırlamak için 660 pascallık üç farklı pozitif basınç uygulanır. Daha sonra, hava üfleme ölçümleri farklı pozitif basınçlarda alınır; 50, 100, 150, 200, 300, 450, 600, 450, 300, 200, 150, 100 ve 50'lik pascallarda. Her basınç artışında, örneğe en az 10 saniye tutulması gerekmektedir. Hava geçirgenlik testi, öncelikle test odasının hava sızdırma kabiliyetini belirlemek için, yalıtımlı örnek ile olan davranışına bakılır. Sonra yalıtımsız örnek ile bakılır ve okumalar arasında elde edilen fark, örnekte hava geçişi olup olmadığını gösterir. Buna göre sınır değerler ile karar verilir [3].

4.2. Su Geçirimsizlik Testi

Su geçişi giydirme cephe sisteminde dışardan içeriye su geçişini ifade eder. İç mekanda kontrol edilebilecek az miktarda su kabul edilebilir. Ancak, ana prensip tüm giydirme cephelerde mükemmel sızdırmazlık elde etmektir. Su geçişine binanın dayanma yeteneğini tespit edebilmek için örnek üzerinde test yapılır. Özellikle büyük ölçekli giydirme cephe projelerinde mutlaka böyle bir uygulama yapılmalıdır. Yukarıda yapılan test sıralamasına göre rüzgar ve yer değiştirme testlerinden sonra yeniden statik test uygulanmalıdır. Bunun sebebi su geçirimsizlik performansının strüktürel hareketlerden etkilenip etkilenmediğini görmektir.

Bilimsel olarak yapılan testler gerçek binanın su geçirimsizliğini yüzde yüz ölçmek için kullanılamaz. Bu değerler önerilen sistemin zayıf noktalarını belirlemek için referans olarak kullanılabilir. Çünkü örnek için yapılan sistemin ölçeği ile gerçekteki bina ölçeği çok farklıdır. Burada binanın gerçek ölçeğindeki ustalık çok önemlidir. Ayrıca iklim bölgelerine göre de test süresi ve test basıncı da farklıdır. Örneğin dünyada farklı iklim koşullarında bütün alanlarda temsili olarak 15 dakika statik test süresi yeterli midir? %20 pozitif rüzgar yükü fırtına koşullarında, sıcaklık değişimleri, deprem, rüzgar dünyada yeterli midir? Bu sorular ile su test protokolünde ASTM E-331 oldukça uygundur [5]. Buna göre cephenin yer aldığı ülkenin standartlarında verilen rüzgar yüküne göre;

- Ilıman iklim bölgelerinde;

Test basıncı : maksimum dizayn pozitif rüzgar yükünün %20'si, Test süresi : 30 dakika.

Fırtınalı bölgelerde (kasırga);

Test basıncı : maksimum dizayn pozitif rüzgar yükünün %80'i, Test süresi : 60 dakika.

- Testler sırasında olası bir su sızma gerçekleşirse onarım yapılmasına kesinlikle izin verilemez. Elde edilen test sonucuna göre ya sistem ya da sistem detayı değiştirilmeli ve çözüme göre mutlaka yeni bir örnek hazırlanarak yeni test yapılmalıdır.

- İlerde olası problem çıkabilecek olan bölgeler proje sorumlusu tarafından belirlenerek, ilgili bölgede uzun süreli performans testi taklidi yapılır. Buna göre kritik bölgelerde uzun süreli kullanım ile oluşabilecek problemler belirlenmiş olur. Sonuca göre detay iyileştirmesi yapılabilir [5].

Standartlara uygun başarılı bir test, mükemmel olmayan sızdırma bölgelerinin belirlenmesi ve testin tekrarı test süresince su sızdırma oluncaya kadar tekrar edilmesi ya da test süresi bitiminde zarar gören, bozulan sızdırmaz bölgelerin belirlenmesi olarak tanımlanabilir. Test süresi boyunca örnekte eğer su sızdırma yoksa test başarılıdır olur. Eğer test süresinde su sızdırma gözlenirse, su testi durdurulmalıdır. Su geçirimsizlik testi; statik, dinamik ve hortum olmak üzere üç farklı şekilde uygulanmaktadır. Buna göre;

Su geçirimsizlik (statik) (CWCT): Test için su ızgarası cephe örneği önüne yerleştirilir ve pozitif hava basıncı ile püskürtülür. Bu cephe yüzeyinde rüzgarlı ağır bir yağmuru ifade eder. Araştırma testleri yerleştirilen cephede de denir, özel zamanlarda yağmur hortumu da kullanılabilir.

Test örneğini teste hazırlamak için, 660 pascallık üç farklı pozitif basınç uygulanır. Sıfır basınçta 15 dakika en az 3.4 litre/m²/dakika oranında su, örnek üzerine püskürtülür. Su püskürtme devam ederken basınç belirtilen şekilde artarak uygulanır; 50, 100, 150, 200, 300, 450 pascallarda 5 dakika, 600 pascaldaki 15 dakika uygulanır. Örneğin iç yüzünde test süresince suyun geçip geçmediği sürekli olarak kontrol edilir. Su sızma gözlenirse deney durdurulur [3].

Su geçirimsizlik (dinamik) (CWCT): Su, örnek üzerine en azından 2litre/m²-dakika oranında püskürtülür. Rüzgar jeneratörü 15 dakika süresince örneğin karşısından 600 pascallık pozitif basınç oluşturmak için kullanılır ve örneğin dış yüzüne yakın bir yere montajı yapılır.

Basınç, hava jetinin merkez aksında ölçülebilen çevre elemanlarındaki defleksiyon miktarı, 600 pascallık statik basınçta kaydedilen defleksiyon miktarına ulaşıncaya kadar, rüzgar hızı artırılarak belirlenir. Gerekli test defleksiyonlarını başarmak için örneğin iç tarafında soğurma (emme) uygulanabilir. Fakat, emme maksimum statik basıncın %25 ile sınırlandırılmış olmalıdır. Örneğin iç yüzeyinde test boyunca sızdırmazlık kontrol edilir. Su sızma gözlenirse deney durdurulur [3].

Su geçirimsizlik (hortum) (CWCT): Test örneği, duvar kesiti olarak düşünülürse, bu duvar kesiti en düşük kottaki yatay bağlantıdan yukarı doğru ilerleyerek ıslatılır. Sonra kesimeli düşey bağlantılar, sonra bir sonraki yatay bağlantı ve böyle yukarı doğru ilerlenir. Su, örneğin dış yüzünde çevre ve bağlantılara direkt olarak verilir. Su spreyi bağlantı noktası üstünde yavaşça ileri geri hareket ettirilir. 300mm mesafede bağlantının her 1500mm'de 5 dakikalık periyotlarda bekletilerek devam edilir. Uzun ya da kısa bağlantılar orantılı olarak test edilir. Test süresince örneğin iç yüzeyinde su sızma olup olmadığı kontrol edilmelidir [3].

4.3. Rüzgar Dayanımı

Genellikle rüzgarın cepheye doğrudan basınç yaptığı bilinmektedir. Aksine rüzgar, cepheye dik etki yaptığı alanlarda basınç oluştururken üst ve yanlara doğru rüzgarın yön değiştirmesiyle cephenin bu bölgelerinde vakum, yani emme basıncı yaratır. Bir bina üzerine gelen rüzgar, estiği taraftaki cephenin ortasında pozitif basınç, köşelerde ise negatif basınç (emme) etkisi yaratır. Ön yüzde yavaşlayan rüzgar, yanlardan ve çatıdan geçerken hızlanıp bu bölgelerde kuvvetli basınç etkisi yaratır. Binanın arka tarafında dönen rüzgar yan bölümlerdekine oranla az kuvvetli basınç oluşturur. Yüksek binalar, sürekli rüzgar etkisi altındadır. Özellikle de, birbirine yakın yüksek yapıların bulunduğu yerlerde hava sıkışması ve türbülans yüzünden ani ve çok hızlı esintiler oluşur. Yüksek binalarda, giydirmeye cephenin dayanıklılığı, bu kuvvetli rüzgar etkisi göz önünde tutularak tasarlanması gereklidir [2].

Rüzgar testi giydirmeye cephenin strüktürel dayanımını değerlendirmek için uygulanan bir testtir. Testte dönüşümlü olarak hem pozitif hem de negatif basınçlı rüzgar yaratılır. İnşaat şartları düşey ve yatay yüklere göre eğilme sınırları belirlenmelidir. Bu eğilme limitleri profillerin dayanım kapasitelerinden etkilenmemelidir. En sağlıklı camın eğilme limitine göre tasarlanmalıdır. Çünkü cam aşırı defleksiyon altında kırılacaktır. Defleksiyon limitleri giydirmeye cephenin iç tarafındaki hareketleri kontrol etmek için de önemlidir. Bina konstrüksiyonu profillere çok yakın yerde olabilir ve aşırı defleksiyon profillerin taşıyıcılara, binaya çarpması ile zarar gelebilir. Defleksiyon limitleri sabit numara ile bölünen ankraj noktaları arasındaki mesafe olarak belirtilir. $L / 175$ defleksiyon limiti giydirmeye cephe şartlarında yaygındır. 4320mm döşeme yüksekliğinde bir yapıda müsaade edilebilir defleksiyon 246mm olmalıdır. Bu cephenin maksimum rüzgar basıncında içte ya da dışta maksimum 246mm'ye kadar defleksiyona müsaade ettiği anlamındadır. Profillerdeki defleksiyon giydirmeye cephe elemanları tarafından farklı şekillerde kontrol edilir. Giydirmeye cephe sistemi genellikle bina şartlarında defleksiyon limitlerini korumak için gerekli atalet momenti tarafından kontrol edilir. Verilen kesitte sınırlı defleksiyonlar için başka bir yol profillerin içine çelik takviye yapmaktır. Çünkü, çeliğin elastiklik modülü alüminyumun üç katıdır. Böylece çelik sistem defleksiyonun bir bölümünü daha düşük maliyete absorbe edebilecektir.

Rüzgar dayanımı (Servis yeteneği) (CWCT): Test örneğini teste hazırlamak için, deplasman dönüştürücüler sıfırlanarak, 500 pascallık üç farklı pozitif basınç uygulanır. Sonra örnek farklı vuruşlarda beş pozitif basınca tabi tutulur (0'dan 500 pascal'a, 500 pascal'dan 0'a). Ama basınç mümkün olduğu kadar hızlı uygulanmalıdır, 1 saniye ile 3 saniye arasında.

Test örneğini teste hazırlamak için, deplasman dönüştürücüler sıfırlanmadan -500 pascallık üç farklı pozitif basınç uygulanır. Sonra örnek farklı vuruşlarda beş negatif basınca tabi tutulur (0'dan 500pascal'a, 500pascal'dan 0'a). Basınç aynı şekilde mümkün olduğu kadar hızlı uygulanmalıdır, en fazla 3 saniye sürdürülmeli ve 1 saniyeden az olmamalıdır [3].

Rüzgar dayanımı (güvenlik) (CWCT): Örnek aşağıda belirtilen basınçlara tabi tutulur. Her uygulama mümkün olduğu kadar hızlı olmalı ve 1 saniyeden az olmamalı, en fazla 3 saniye sürmelidir.

- Test örneğini teste hazırlamak için, 500 pascalda 3 pozitif basınç uygulanır, bunu bir kere 2340 pascal basınç uygulaması takip eder (dizayn basıncının 1.5 katı).

- Sonra, test örneğini teste hazırlamak için, -500 pascalda 3 negatif basınç uygulanır, bunu bir kere -2340 pascal basınç uygulaması takip eder (dizayn basıncının 1.5 katı) [3].

Testler sonucunda maksimum basınçta tespit edilen yerdeğiştirmeler alınır.

4.4. Sismik Hareket

Sismik yükler ankrajların ve giydirmeye cephe sisteminin tasarımı için mutlaka önceden belirlenmelidir. Genellikle, profil ile cam arasında gerekli boşluk sağlandığı için cephe doğal olarak sismik ve rüzgar yüküne dayanabilir. Testlerde, standart giydirmeye cephe sistemleri su sızdırma ve cam kırılmadan 75mm döşeme hareketine dayanabilmektedir. Ancak, döşemeden döşemeye büyük açıklıklarda, ankrajlar büyük yük alacağı için ankraj tasarımı mutlaka gözden geçirilmelidir.

Sismik hareket dışında, artık günümüzde kazara gerçekleşen patlamalar ve terörist saldırıları da oldukça çoğalmaktadır. Bu patlama yüküne, giydirmeye cephenin binanın kabuğu olarak ilk savunmayı yapması beklenmektedir. Bu yükler oldukça büyük ve kısa sürelidir. Giydirmeye cephenin böyle büyük bir etkiye cevabını belirlemek için belli büyüklükte cephenin örneğini yaparak dinamik yük analizi yapmak gerekir. Bu tip binalarda genellikle lamine cam kullanılmalıdır.

Giydirmeye cephe sistemi, çeşitli kaplama panellerinden, paneli destekleyen çerçevelerden ve çerçeveyi bağlayan bir taşıyıcıdan oluşmaktadır. Isıl yük ve rüzgar yükü cepheyi direkt etkiler. Bu direkt etkilere karşı yeterli güvenlik önlemleri ile kolaylıkla önlenir. Örneğin, giydirmeye cephe sistemi bulunduğu

bölgenin iklim verilerine göre son 50 yıl içinde gerçekleşen maksimum rüzgar hızının sebep olabileceği rüzgar yükü için yeterli güvenlikte tasarlanabilir. Ancak, bir sismik hareket için aynı şey yapılamaz. Çünkü sismik hareketin zamanı, boyutu ve kaç kere olacağı tahmin edilemez.

Sismik olaylar sismik hareketin yatay ve düşey bileşenleri ile ilgili olarak çeşitli yerdeğiştirmelere uğrayan bina çevresine zarar verir. Binanın çerçevesi ve döşeme tablaları giydirme cephe kütlesi ile kıyaslandığında oldukça büyük olduğu için giydirme cephe sisteminin yatay ve düşey hareketlere bağlı içsel atalet momentine karşı gelmesi olanaksızdır. Bu nedenle giydirme cephe sistemi sadece sismik bölge tahminine göre değil, hem binanın sağlamlılığına göre, hem de bina taşıyıcısında sismik etkilerin sebep olduğu yer değiştirmelere göre tasarım yapılmalıdır [6].

Dizaynın yer değiştirmesinde sismik hareket (AAMA 501.4-00): Orta seviyede çelik destek kirişi başlangıç noktasından $\pm xxmm$ hareket ettirilir ve başlangıç noktasına geri döner. Bu hareket dönüşümü toplam 3 kere tekrarlanır. Bu sürede hareket kayıt edilir. Hareket destek kirişinde ölçülür örnekte değil. Dizaynın 1.5 katı yer değiştirmesinde sismik hareket (AAMA 501.4-00): Aynı şekilde orta seviyede çelik destek kirişi başlangıç noktasından $\pm xxmm$ hareket ettirilir ve başlangıç noktasına geri döner. Bu hareket dönüşümü toplam 3 kere tekrarlanır. Bu sürede hareket kayıt edilir. Hareket destek kirişinde ölçülür örnekte değil [3].

4.5. Performans Kriterleri

Yukarıda açıklaması yapılan testlere tabi tutulan herhangi bir binanın cephe kaplaması örneği için değerlendirmeler yapılırken belli kriterler esas alınır. Elde edilen sonuçlara göre ya cephe sistemi değiştirilir ya da sistemde detay iyileştirmesi yapılır. Ancak, örnek değiştirilse ya da onarılsa da, yeniden aynı testler örneğe uygulanmalıdır. Deneysel tamamlandıktan sonra, örnek üzerinde yapılacak son işlem; test örneğini oluşturan parçalar tekrar sökülerek ve bu işlemde sistem içinde herhangi bir su bulunursa not edilerek tasarımdan farklı değişiklikler varsa mutlaka belirlenmelidir. Bunun dışında, her deney belli kriterlere göre kendi içinde değerlendirilmelidir. Buna göre [3];

Hava geçirgenlik: Örnek için müsaade edilebilir hava üfleme oranı (Q_o), maksimum test basıncı (p_o), fix edilmiş paneller için her m^2 'de her saatte (saat başı) $1,5m^3$ ' ü aşmamalıdır.

Orta seviyede basınçlar (p_n), üfleme oranları (Q_n)

Buna göre hesaplama yapılabilir: $Q_n = Q_o (p_n / p_o)^{2/3}$

Su geçirimsizlik: Test süresince testin iç yüzeyinde hiç su sızmamalı, test tamamlandığında kuru kalması istenen bölgelerde su birikintisi olmamalıdır.

Dizayn basıncında çerçeve elemanlarının strüktürel performansı: Defleksiyon (eğilme) binadaki bağlantılar arasındaki açıklığın $1/200$ 'ünü aşmamalı ya da 20mm olmalı ya da bu iki değerden hangisi daha düşükse o alınmalıdır. Yalıtımlı cam ünitesini destekleyen çerçeve elemanlarının defleksiyonu, cam kenarı boyunca ölçülen uzunluğun $1/175$ 'ini aşmamalı ya da 15mm olmalı ya da bu iki değerden hangisi daha düşükse o alınmalıdır. Fazla deformasyon, onarım için verilen 1 saatlik sürede 1mm'i aşmamalıdır.

Dizayn basıncının 1.5 katında strüktürel performans: Panellerde, ankrajlarda ya da çerçeve elemanlarında kalıcı hasar kesinlikle olmamalıdır. Çerçeve elemanları eğilmemeli ve bükülmemelidir. Paneller, camlar ve dekoratif boşluklar asıldığı, uygulandığı gibi kalmalı ve fitiller yerlerinden çıkmamalıdır. Çerçeve elemanlarındaki kalıcı deformasyon, iyileştirme onarım için verilen 1 saatlik sürede, binaya bağlanan noktalar arasındaki açıklığın $1/500$ 'ünü aşmamalıdır.

Sismik hareket; sızdırmalık bölgeleri dışında, testten sonra ve test süresince kalıcı deformasyon olmamalıdır.

SONUÇ

Giydirme cephe sistemi ile kaplaması yapılacak olan binaların tasarımında, ölçek büyüdükçe verilmesi gereken önem de artmalıdır. Çünkü bakım onarım maliyeti de bina ölçeği ile orantılı olarak artacaktır. Bu nedenle bir binanın olası bakım ve onarım maliyetlerini azaltmak, bina kullanımı süresince iç ve dış konfor şartlarını yerine getirebilmek amacıyla, her bina için ayrı ayrı mutlaka ilerde problem olabilecek kritik konuların belirlenmesi gerekir. Bu ancak, bina belli testlerden geçirildiği zaman anlaşılabilir. Herhangi bir binada uygulanan deney sonuçlarına göre sistem ve birleşim detayları yeniden gözden geçirilmeli ve uygun olan düzeltmeler mutlaka yapılmalıdır.

Ülkemizde de cephe projelendirme ve uygulama belli standartlar altına alınmalı, böylesine ustalık gerektiren bir sistemde çalışacak ustaların belli eğitimlerden geçirilmesi, müşteri ve uygulayıcıyı yönlendiren kontrol altına alan ve yapılan uygulamaları kontrol edebilecek bir kurum mutlaka olmalıdır. Dış cephe sistemleri sadece iç mekan kullanıcı konforunu değil, dış mekan kullanıcısının can güvenliğini de ilgilendiren oldukça önemli ve ihmal edilmemesi gereken bir konudur.

KAYNAKLAR

- (1) www.cwct.co.uk/performance/weather.htm
- (2) <http://www.coralcephe.com>
- (3) <http://www.taylorwoodrow.com>
- (4) www.cwct.co.uk/performance/thermal.htm
- (5) Anonymous "Evaluation of Curtain Wall Design Against Water İnfiltration Efforts on Going to Improve Performance", 1997 International Conference on Building Envelope Systems&Technology (ICBEST).
- (6) <http://www.pubs.asce.org/WWWdisplay.cgi?0400047>
Curtain Wall Design Against Story Drift-by Raymond Ting.