

TÜRKİYE'DE METAL ÇERÇEVELİ CAM GİYDİRME CEPHE SİSTEMLERİNE UYGULANAN ULUSLARARASI STANDARTLAR VE DENEYSEL KONTROL YÖNTEMLERİNİN ÖRNEK BİR ÇALIŞMA İLE İNCELENMESİ

Filiz ŞENKAL SEZER

Uludağ Üniversitesi Mühendislik – Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü

Makalenin Geliş Tarihi: 05.11.2004

ÖZET: Bu çalışmada; günümüz yüksek yapılarında kullanımı hızla artan giydirme cephe sistemlerinde uygulanması zorunlu olan uluslar arası standartlar ve deneysel kontrol yöntemleri araştırılmıştır. Bu doğrultuda; giydirme cephe sistemi ile inşa edilen binaların her geçen gün çoğaldığı ülkemizde, giydirme cephe sistemlerine uygulanan standartlar ve deneysel kontrol yöntemlerinin tespit edilmesi amacıyla, seçilen örnek bir bina için yapılan deneysel çalışmalar incelenerek, bir değerlendirme yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Giydirme cephe, su geçirimsizlik testi, hava infiltrasyon testi, strüktürel dayanım testi.

An Investigation of the International Standards and Experimental Control Methods Applied for the Curtain Wall Systems at Turkey with A Sample

ABSTRACT: At this study, international standards and experimental control methods which are compulsory to apply for the curtain wall systems usage of which at the nowadays high buildings increases rapidly have been researched. For this purpose; Experimental studies carried out for a selected building have been analyzed and assessed in order to determine standards and experimental control methods applied for the curtain wall at Turkey where buildings constructed using the curtain wall systems increase every day.

Key Words: Curtain wall, watertightness testing, air infiltration testing, structural testing.

GİRİŞ

Giydirme cephe sistemlerinin üretimi, üretici firmalara göre değişiklikler gösterebilmektedir. Her firmanın üretim metodu ve kullandığı detaylar birbirinden farklıdır. Büyük bir titizlik gerektiren üretim aşaması; projelendirme, deneysel kontrol ve imalat olmak üzere üç aşamada gerçekleştirilmelidir. Üretimin ilk aşaması, kısaca projelendirme adı verilen tasarım aşamasıdır. En sağlıklı çözüm, giydirme cephe sistemlerinin doğrama detaylarının mimari proje safhasında belirlenmesidir. Statik hesaplamalarda; cephenin kendi ağırlığı dışında rüzgarın cephe üzerinde yaptığı basınç ve emme kuvvetleri, bina yüksekliği ve formu önem kazanmaktadır. Sistem seçiminde, yapı fiziği

yönünden gerekli incelemeler de mutlaka yapılmalıdır.

Giydirme cephe sistemlerinin yüksek ve büyük yüzeyli binalarda uygulanması; olası hataların büyük maliyetlerle, bazen de imkansız çözümlerle ifade edilmesi anlamına gelmektedir. Bu nedenle, imalat ve uygulamadan önceki deneysel çalışmalar çok önemli ve gerekli olmaktadır. Giydirme cephe sisteminin uygulanacağı bir binada, uygulama öncesi yapılacak olan deneyler; rüzgar yükü, sabit ve hareketli yükler, çarpma yükü, bina hareketleri, hava geçirgenlik, su geçirimsizlik, rüzgar dayanımı, kondansasyon, ses geçirimi, ısı geçirgenlik direnci, yangın dayanımı gibi özelliklere karşı alınacak önlemlerin bilinmesi açısından önem taşımaktadır.

GİYDİRME CEPHE SİSTEMLERİNE AİT STANDARTLAR VE DENEYSEL KONTROL YÖNTEMLERİ

Giydirme cephe sistem seçiminde dikkate alınması gereken kriterlerin başında, standartlara uygunluk gelmektedir. Ancak Türkiye’de henüz giydirme cephe sistemlerine yönelik standartlar bulunmamaktadır.

ASTM, BS, DIN ve EN normlarında giydirme cephelere yönelik çeşitli standartlar mevcuttur ve ülkemizdeki büyük firmalar bu standartlar doğrultusunda sistem üretimini gerçekleştirmektedirler. Amerikan ASTM (American Society for Testing and Materials), BS (British Standards) ve DIN’e (Deutsche Industrie Normen) göre giydirme cephe sistemlerinde dikkate alınması gereken standartlar Tablo 1.’de belirtilmektedir (Choi, 1997; Gerhardt, 1997; Kerr ve diğ., 1997; Ting, 1997). Yangın dayanımı ASTM E119, ses geçirimsizlik değeri ASTM E 90-90, ısı geçirgenlik katsayısı (U değeri) AAMA 1503.1; sismik dayanım değeri AAMA 501.4 standartlarına göre belirlenmektedir (<http://www.testati.com/pages/ptmockup.asp>; <http://www.wscpa.us>). Giydirme cephe sistemlerinde kullanılacak olan cam malzeme ile ilgili standartlar ise; ASTM C1048, BS 952, BS 6262 ve BS EN 572 standartlarıdır (<http://www.cladding.org>). Giydirme cephe sistemleri ile ilgili Avrupa Birliği standartları ise EN 1279-1, EN 572 (Part 1&2&3) ve EN 14019’dur.

DIN Standartlarına göre bir giydirme cephe sisteminin onaylanması için, uluslararası kabul görmüş laboratuvarlarda; DIN 1055: Rüzgar yüküne göre camların korunmasına yönelik seçim değerleri ve bunların detayları, mukavemet; DIN 4108: Yüksek binalarda ısı izolasyonu; DIN 18055: Su ve rüzgar yalıtımı için, bina yüksekliklerine göre rüzgar yükleri ve bunların detayları (Yağmur geçirimsizlik ve fuga geçirimsizlik testi) testlerinin de yapılması ve bunların onayının alınması gerekmektedir (<http://www.testati.com/pages/ptmockup.asp>).

Türkiye’de giydirme cephelerde kullanılacak alüminyum sistemlerin profilleri, DIN 50984: Kalınlık (min. 70 mikron), DIN 53151: Tutunma, DIN 53152: Esneklik, DIN 53153: Sertlik, DIN 53156: Deformasyon ve ASTM ‘D 2794’: Darbe Testi standartlarını

sağlayacak şekilde üretilmektedir. Alüminyum profillerin TS’ye göre AA 6063 (AlMgSiO₅) alaşımında olması ve TS 5245: AlMgSiO₅ Alüminyum alaşımından yapılan hassas toleranslı ekstrüzyon profilleri tasarım esasları; TS 5246: AlMgSiO₅ ekstrüzyon profillerinin boyut ve toleransları; TS 5247: AlMgSiO₅ ekstrüzyon profilleri ürün standartlarını sağlaması gerekmektedir (<http://www.angelfire.com/al/aluminum/ts.html>).

Giydirme cephe sistemlerinin tasarımı sırasında dikkate alınması gereken; statik, genleşme, ısı, su, ses yalıtımı, güneş kontrolü, yangın korunumu gibi yapı fiziği etkenlerinin her binayı etkilemiş tarzı farklıdır. Bu nedenle sistem uygulanmadan önce, en az birkaç aks genişliğinde ve en az 2 kat yüksekliğinde bir örnek yapılarak, uluslararası standartlar çerçevesinde test edilmelidir.

TÜRKİYE’DE UYGULANAN DENEYSEL KONTROL YÖNTEMLERİNİN ÖRNEK BİR ÇALIŞMA ÜZERİNDE İNCELENMESİ

Çalışmanın bu bölümünde, Türkiye’nin tek giydirme cephe test merkezi olan KAPEDAM tesislerinde yapılan ve uluslararası standartlarda gerçekleştirilen bir deney çalışması aktarılacaktır. KAPEDAM “Araştırma ve Geliştirme” merkezi; Çuhadaroğlu Alüminyum Sanayi ve Ticaret A.Ş. bünyesinde kurulmuş olan Türkiye’nin ilk ve tek giydirme cephe deney merkezi olma özelliğini taşımaktadır. İstanbul Haramidere’de bulunan bu laboratuvarlarda; su, hava, sıcak, soğuk, basınç ve rüzgar gibi doğal şartlar aynen yaratılarak, uygulanacak olan giydirme cephe sistemi isteğe bağlı olarak ASTM, DIN veya EN standartlarına göre test edildikten sonra imalata geçilmektedir.

MATERYAL ve METOT

Araştırmanın bu bölümünde, Türkiye’de metal çerçeveli cam giydirme cephe sisteminin uygulandığı binaların hangi deneysel kontrollerden geçerek ve hangi kriterleri yerine getirerek uygulandıklarını ortaya koymak üzere yapılan örnek bir deney çalışması aktarılmaktadır. KAPEDAM’da yapılan başlıca testler; fuga geçirgenlik katsayısı ve güvenlik grubu tayini, statik su testi ve su geçirgenlik

Tablo 1. Avrupa ve Amerika’da giydirmeye cephe sistemlerinde uygulanan standartlar.

Table 1. Standards applied for the curtain wall systems at Europe and U.S.A.

Test Türü	Amerikan Test Standardı	İngiliz Test Standardı	Alman Test Standardı
Hava infiltrasyon deneyi	ASTM E283-91	BS 5368 (part 1)	DIN 18055 EN 42
Su geçirimsizlik deneyi	ASTM E331-86	BS 5368 (part 2)	DIN 18055 EN 86
Dinamik su basınç deneyi	AAMA 501.1-83	-	-
Rüzgar dayanımı deneyi	ASTM E330-90	BS 5368 (part 3)	DIN 1055
Strüktürel dayanım deneyi	ASTM E330-90	BS 5368 (part 3)	-

grubu tespiti, hava infiltrasyon deneyi, su geçirimsizlik deneyi, strüktürel dayanım ve defleksiyon deneyi (alüminyum ve cam), conta fonksiyon testleri, soğuk, sıcak iklim mukavemet testleri, ısı geçirgenlik katsayısı (U değeri) tespiti, eloksallık kalınlık ve anotest değerleri ölçümü, ısı yalıtımlı profillerin kayma gerilmeleri tespiti ve elektostatik boya kalite kontrol testleridir.

Fugalarda geçirgenlik testi, sistemin belli bir basınç altındaki hava geçirgenliğini tespit etmek için uygulanmaktadır. Sisteme sırasıyla; 50, 100, 150, 200, 300, 500, 600, 700, 800, 1000 Pascal basınç değerleri (ΔP) uygulanmaktadır. Deney basınç farkına bağlı olarak, uzunluğa göre bulunan fuga geçirgenlik değerleri, güvenlik gruplarının belirtildiği tablodan tespit edilip, sistem raporu hazırlanmaktadır. Fuga geçirgenliği; Denklem 1’de belirtildiği şekilde tespit edilmektedir (Çuhadaroğlu Alüminyum Sanayi, 1998). Deney sonuçlarına göre, bulunan değerlerin “Güvenlik Grubu A” veya “Güvenlik Grubu B–D” sınırları altında kalması gerekmektedir (Şekil 1.).

$$V_L = V_n / L \quad (1)$$

ΔP : Pa olarak basınç farkı

L : Fuga boyu

V_n : m³/h olarak elemandaki toplam hava geçirgenliği

V_L : m³/h.m olarak özgül geçirgenlik

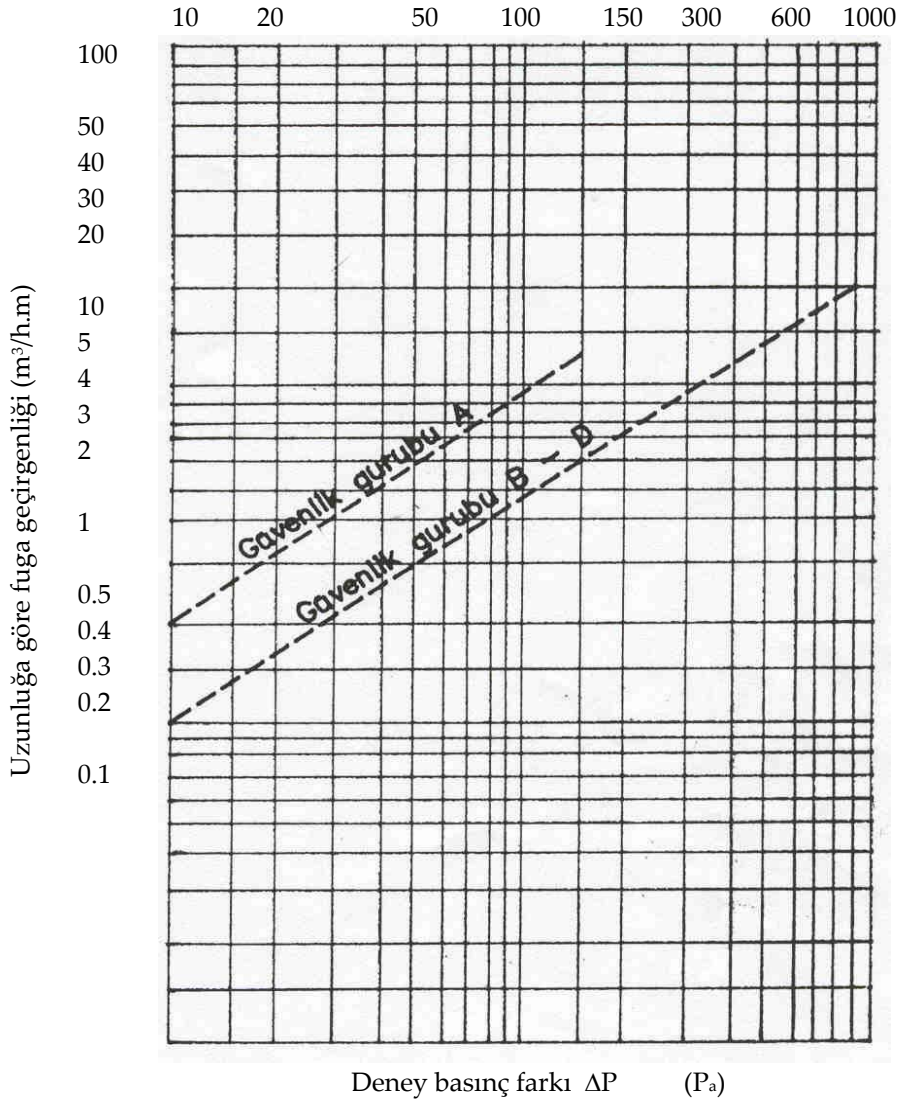
Hafif asma giydirmeye cephe sistemlerinin imalat ve uygulama aşamasına geçmeden önce yerine getirmesi gereken temel koşullar; ASTM, BS ve DIN Standartları’nda belirtilen; Hava İnfiltrasyon Deneyi, Strüktürel Dayanım Deneyi ve Su Geçirimsizlik Deneyi raporlarının olumlu sonuçlanmasıyla mümkün olabilmektedir. Bu çalışmada yapılan deneylerde ASTM Standartları dikkate alınmıştır. ASTM Standartlarına göre yapılan bu deneyler, aynı zamanda DIN normlarına da uyum

sağlamaktadır. Depreme karşı dayanıklılık deneyi ise 1994 UBCN Seismic Zone standartlarını da yerine getirmektedir (Behr, 1997; Behr ve diğ., 1995).

Bu araştırma kapsamında yapılan deney çalışmasında; test edilecek binaya ait cephe panelleri örneği 8 metre en ve 10 metre yükseklikte inşa edilerek, test kulesine monte edilmiştir (Şekil 2). Toplam deney alanı 96 m²’dir. Alüminyum profiller, 6063 alaşımdan Çuhadaroğlu Metal Sanayi Firması’nda ekstrüze edilmiştir. Profillere Çuhadaroğlu Metal Sanayi Firması’nın Yüzey İşlemleri Tesisi’nde renklendirme işlemi yapılmıştır. Sistemde, 6-12-6 mm lamineli çift cam uygulanmış; conta ve fitillerde, GE 4000 marka strüktürel silikon malzeme kullanılmıştır. Sistemde kullanılan tüm vidalar paslanmaz çelikten imal edilmiştir (Şekil 3).

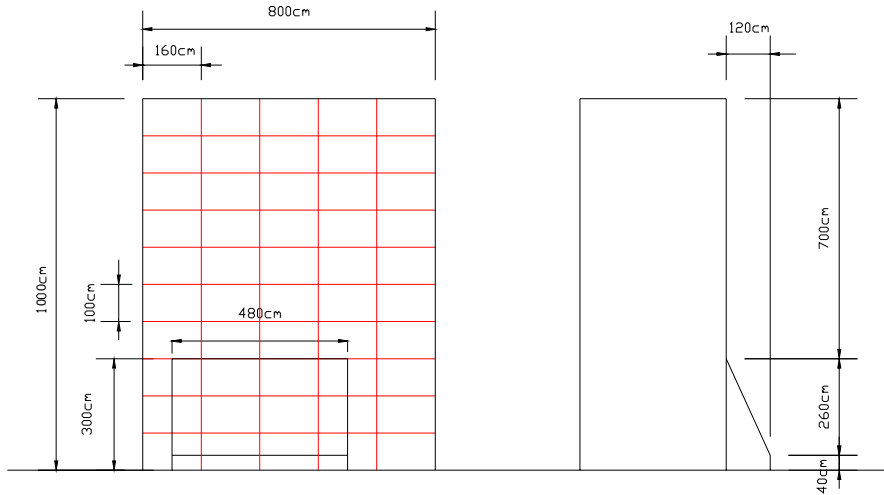
Yapılan deneyler; “Ön Hazırlık Deneyleri” ve “Final Deneyleri” olmak üzere iki ana bölümden oluşmaktadır. “Ön Hazırlık Deneyleri”; ön yükleme, hava infiltrasyon (ASTM E283) ve su geçirimsizlik deneyi (ASTM E331) olmak üzere 3 aşamada yapılmıştır. “Final Deneyleri” ise; hava infiltrasyon (ASTM E283), su geçirimsizlik (ASTM E331), su geçirimsizlik (AAMA 501.1), strüktürel dayanım (ASTM E330), su geçirimsizlik (ASTM E331), depreme karşı dayanıklılık ve strüktürel dayanım (ASTM E330) deneyleri ve isteğe bağlı olarak gerçekleştirilen aşırı yükleme deneyi olmak üzere 8 aşamada gerçekleştirilmiştir. Deneylerin ASTM standartlarına göre uygulanma kriterleri aşağıda açıklanmaktadır.

Hava infiltrasyon (geçirgenlik) testi: Bu deneyde, yüzeye saniyede 600 Pa basınç uygulanmaktadır. Her basınçta 10’ar saniye bekletilir. Hava kaçağı maksimum 0.025 m³/dak/m²’yi geçmemelidir (ASTM, 1999; Persily, 1999).



Şekil 1. Fuga geçirgenlik deneyi sonuç grafiği (Çuhadaroğlu Alüminyum Sanayi, 1998).

Figure 1. The graphic of joint infiltration testing results.



Şekil 2. Deney ünitesinin boyutları.

Figure 2. The dimensions of the test unit.



Şekil 3. Deneysel ünitesinin hazırlanması.

Figure 3. Preparing of the test unit.

Su geçirimsizlik testi: Su sıcaklığı ortalama, +8 °C ile + 25 °C arasında olmalı ve suyun geliş açısı 80°’den daha az bir değerde olmamalıdır. Test süresince, her bir metrekareye, dakikada ortalama olarak 3.4 litre su püskürtülmektedir. Hiçbir şekilde su girişi olmamalıdır (Kerr ve diğ., 1997; Ting, 1997; <http://www.tel-consult.co.uk/forum/njlpap.html>).

Rüzgar dayanımı testi: Deneysel sırasında basınç yavaşça artırılmalı ve maksimum basınca ulaşıldığında 3 saniye süresince bu değer sabit tutulmalıdır. Uygulanan basınç sonunda, kabul edilebilir sapmalar ölçülmekte, izin verilebilir geçici ve kalıcı deformasyonlar tespit edilmektedir. Kalıcı deformasyon mesnet açıklığının L/300’ünü aşmamalıdır (Behr, 1997; CWCT, 1993).

BULGULAR

Tüm deneyler standartlarda belirtilen şartnamelere uygun olarak yapılmıştır. Deneyler kontrol odasından yönetilmiş, deney sonuçları bilgisayardan direkt olarak alınmıştır. Deneyler sırasında cepheler ve doğramalar, içten veya dıştan her noktadan gözlemlenmiştir.

Ön Hazırlık Deneyleri

Ön yükleme deneyi: Sistem 10 saniye süresince, 583 Pascal gücünde pozitif basınç etkisi altında bırakılmıştır. Kalıcı bir deformasyon görülmemiştir.

Statik basınç hava infiltrasyon deneyi (ASTM E283): Deneysel ünitesinin toplam hava kaçağı, 300 Pa basınç altında tespit edilen hava kaçağı değeridir. Standartlara göre bu değer 0.025 m³/dak/m²’den az olması gerekmektedir (ASTM, 1999). Yapılan deneyde elde edilen değer, 0.002 m³/dak/m² olarak bulunmuştur (Tablo 2, Şekil 4). Bu sonuç standart limitin oldukça altındadır.

Tablo 2. Statik basınç hava infiltrasyon deneyi sonuçları.

Table 2. The results of static pressure air infiltration testing.

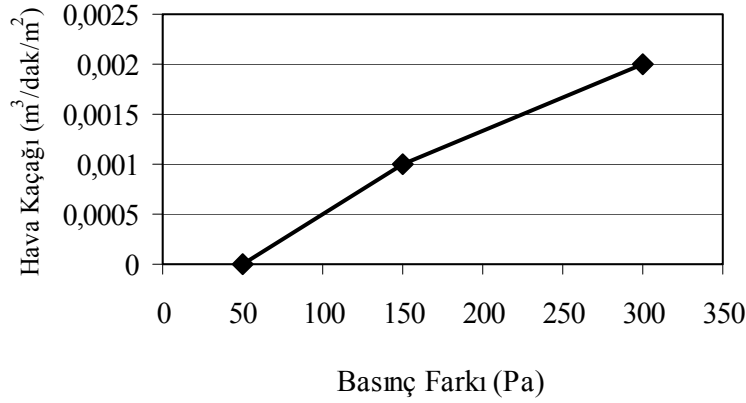
Kademe	Basınç Farkı	Süre	Toplam Hava Kaçağı	
			m ³ /sa/m ²	m ³ /dak/m ²
1	- 50 Pa	10 s	0.0	0.000
2	- 150 Pa	10 s	0.1	0.001
3	- 300 Pa	10 s	0.2	0.002

Statik basınç su geçirimsizlik deneyi (ASTM E331): Su püskürtme sistemi, cephe örneği üzerinde 3.9 l/dak/m² olacak şekilde ayarlanarak, yağmurlama işlemi aşağıdaki basınç değerlerinde yapılmıştır (Şekil 5). Deneysel süresince, cephe sisteminin hiçbir noktasında su kaçağına rastlanmamıştır (Tablo 3).

Tablo 3. Statik basınç su geçirimsizlik deneyi sonuçları.

Table 3. The results of static pressure watertightness testing.

Kademe	Basınç Farkı	Süre	Su Girişi
1	- 100 Pa	1 dak	Yok
2	- 300 Pa	1 dak	Yok
3	- 570 Pa	15 dak	Yok



Şekil 4. Statik basınç hava infiltrasyon deneyi sonucu ölçülen hava kaçağı değerleri.
Figure 4. Air leakage datum based on the results of static pressure air infiltration testing.



Şekil 5. Su geçirimsizlik deneyinde kullanılan yağmurlama sistemi.
Figure 5. The rain system used at the watertightness testing.

Final Deneyleri

Statik Basınç Hava İnfiltrasyon Deneyi (ASTM E283): Yapılan deneyde elde edilen hava kaçağı değeri $0.002 \text{ m}^3/\text{dak}/\text{m}^2$ olarak bulunmuştur (Tablo 4). Bu değer standart limit olan $0.025 \text{ m}^3/\text{dak}/\text{m}^2$ 'nin oldukça altındadır (Şekil 6).

Tablo 4. Statik basınç hava infiltrasyon deneyi sonuçları.

Table 4. The results of static pressure air infiltration testing.

Kademe	Basınç Farkı	Süre	Toplam Hava Kaçağı	
			$\text{m}^3/\text{sa}/\text{m}^2$	$\text{m}^3/\text{dak}/\text{m}^2$
1	- 50 Pa	10 s	0.0	0.000
2	- 150 Pa	10 s	0.1	0.001
3	- 300 Pa	10 s	0.2	0.002

Statik basınç su geçirimsizlik deneyi (ASTM E331): Su püskürtme sistemi $3.9 \text{ l}/\text{dak}/\text{m}^2$ olacak

şekilde ayarlanarak, deney ünitesine uygulanan yağmurlama işlemi aşağıdaki basınç değerlerinde yapılmıştır. Test süresince, cephe sisteminin hiçbir noktasında su kaçağına rastlanmamıştır (Tablo 5).

Tablo 5. Statik basınç su geçirimsizlik deneyi sonuçları.

Table 5. The results of static pressure watertightness testing.

Kademe	Basınç Farkı	Süre	Su Girişi
1	- 100 Pa	1 dak	Yok
2	- 300 Pa	1 dak	Yok
3	- 570 Pa	15 dak	Yok

Dinamik basınç su geçirimsizlik deneyi (AAMA 501.1): Cephe örneği, $3.9 \text{ l}/\text{dak}/\text{m}^2$ olacak şekilde yağmurlama işlemine maruz bırakılmıştır. Deney süresince sistemin hiçbir noktasında su girişine rastlanmamıştır (Tablo 6).

Tablo 6. Dinamik basınç su geçirimsizlik deneyi sonucu.

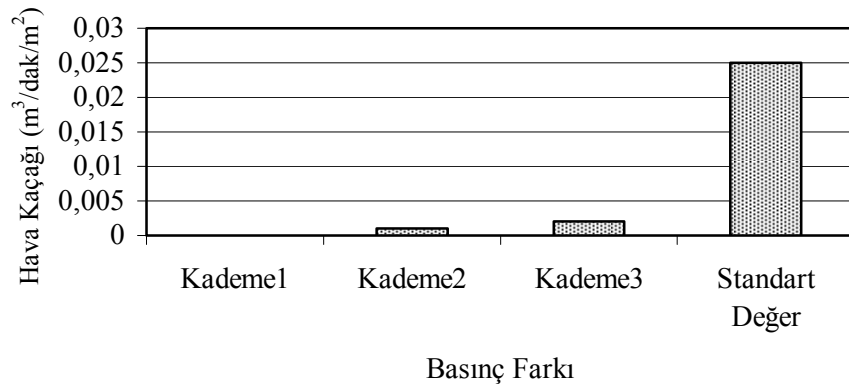
Table 6. The results of dynamic pressure watertightness testing.

Kademe	Basınç Farkı	Süre	Su Girişi
1	+ 570 Pa	15 dak	Yok

Strüktürel dayanım deneyi (ASTM E330): Sisteme dinamik ve statik basınç uygulanarak; üst profillerde, alt profillerde ve cam panellerde görülen sapmalar ölçülmüştür (Tablo 7, Şekil 7).

Standartta göre ölçülen kalıcı deformasyon değerleri mesnet açıklığının L/300’ünü aşmamalıdır. Bu deneyde hiçbir kalıcı deformasyon oluşmamıştır (Şekil 8).

Uluslar arası ölçekte yapılan araştırmalar; giydirmeye cephe sistemlerinde kullanılan cam malzemenin deprem etkisi karşısındaki performansının değerlendirilmesinde, tek camın temperli cama oranla basınç etkisinden % 95 oranında daha fazla etkilendiğini ortaya koymaktadır (Behr, 1997; Behr ve diğ., 1995).



Şekil 6. Statik basınç hava infiltrasyon deneyi sonucu ölçülen hava kaçağı değerleri.
Figure 6. Air leakage datum based on the results of static pressure air infiltration testing.

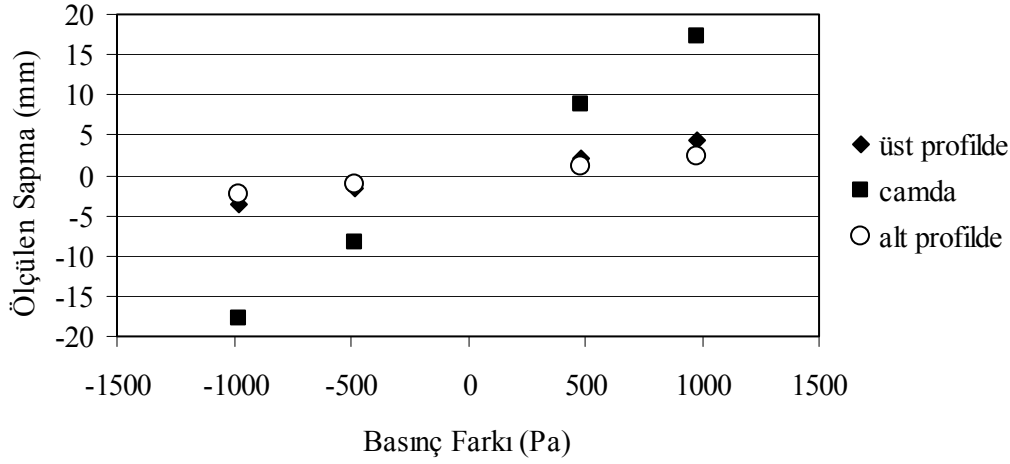
Tablo 7. Strüktürel dayanım deneyi sonuçları.

Table 7. The results of structural testing.

Basınç Farkı	Ölçülen Sapma (Üst Profillerde)	Ölçülen Sapma (Camda)	Ölçülen Sapma (Alt Profillerde)
- 488 Pa	- 1.7 mm	- 8.2 mm	- 1.2 mm
- 976 Pa	- 3.7 mm	- 17.7 mm	- 2.3 mm
+ 488 Pa	+ 2.1 mm	+ 8.8 mm	+ 1.1 mm
+ 976 Pa	+ 4.4 mm	+ 17.2 mm	+ 2.4 mm



Şekil 7. Strüktürel dayanım deneyinde sapma miktarlarının ölçülmesi.
Figure 7. Measurement of deviation amount at structural testing.



Şekil 8. Strüktürel dayanım deneyi sonucu ölçülen sapma değerleri.

Figure 8. The value of deviation based on structural testing.

Statik basınç su geçirimsizlik deneyi (ASTM E331): Deney ünitesine uygulanan yağmurlama işlemi, 3.9 l/dak/m² olacak şekilde yapılmıştır. Deney süresince, cephe sisteminin hiçbir noktasında su kaçağına rastlanmamıştır (Tablo 8).

Tablo 8. Statik basınç su geçirimsizlik deneyi sonuçları.

Table 8. The results of static pressure watertightness testing.

Kademe	Basınç Farkı	Süre	Su Girişi
1	- 100 Pa	1 dak	Yok
2	- 300 Pa	1 dak	Yok
3	- 570 Pa	15 dak	Yok

Depreme karşı dayanıklılık deneyi: Cephe örneği; 35 mm yukarıya, 7.5 mm sola ve 31 mm içe doğru hareket ettirilerek, sistemin depreme karşı dayanıklılığı ölçülmüş ve bu işlem 10 defa tekrar edilmiştir. Yapılan deney sonucunda hiçbir kalıcı deformasyon görülmemiştir. Bu işlemin ardından su püskürtme sistemi, cephe örneği üzerinde 3.9 lt/dak/m² olacak şekilde ayarlanarak, aşağıdaki basınç değerleri altında statik basınç su geçirimsizlik deneyi uygulanmıştır. Deney süresince, cephe sisteminin hiçbir noktasında su kaçağına rastlanmamıştır (Tablo 9).

Tablo 9. Statik basınç su geçirimsizlik deneyi sonuçları (depeme karşı dayanıklılık).

Table 9. The results of static pressure watertightness testing (earthquake resistancy).

Kademe	Basınç Farkı	Süre	Su Girişi
1	- 100 Pa	1 dak	Yok
2	- 300 Pa	1 dak	Yok
3	- 570 Pa	15 dak	Yok

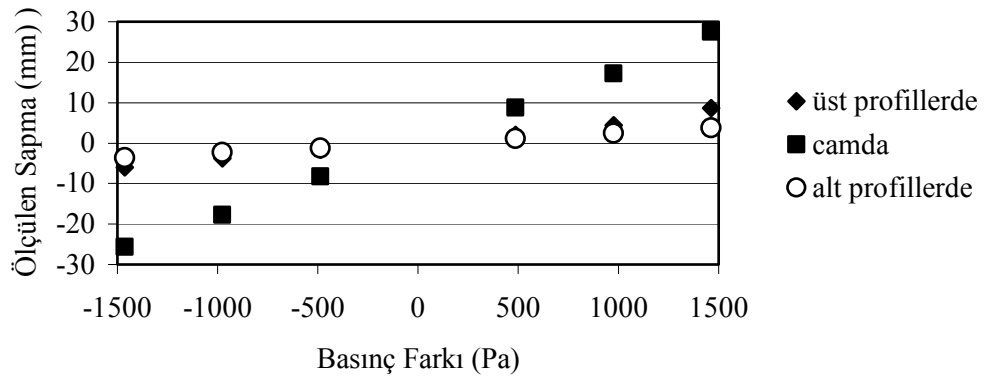
Strüktürel dayanım deneyi (ASTM E330): Bu deneyde; sisteme dinamik ve statik basınç uygulanarak; üst profillerde, alt profillerde ve cam panellerde görülen sapmalar ölçülmüştür (Tablo 10, Şekil 9).

Aşırı Yükleme Deneyi: Standartlar dışında isteğe bağlı olarak uygulanan bir deneydir. Giydirmce cephe sisteminin uygulandığı binalarda; rüzgar, deprem yükü dışında dışarıdan etki edecek diğer yüklere karşı da deneyler yapılmaktadır. Bu konuda dikkate alınan değerler; DIN 52290 Standardında belirtilmiştir (Sakula, 1997). Tüm bu deneyler sonucunda, sisteme uygulanan basınç değerleri standartların üzerine çıkılarak tekrar tekrar uygulanmış, bu durumda bile sistemde herhangi bir deformasyon oluşmadığı gözlenmiştir. Aşırı yükleme deneyinde sisteme 2500 Pascal'a varan basınç uygulanmıştır (Tablo 11).

Tablo 10. Strüktürel dayanım deneyi sonuçları.

Table 10. The results of structural testing.

Basınç Farkı	Ölçülen Sapma (üst profillerde)	Ölçülen Sapma (camda)	Ölçülen Sapma (alt profillerde)
- 488 Pa	- 1.7 mm	- 8.2 mm	- 1.2 mm
- 976 Pa	- 3.7 mm	- 17.7 mm	- 2.3 mm
- 1464 Pa	- 6 mm	- 25.7 mm	- 3.6 mm
+ 488 Pa	+ 2.1 mm	+ 8.8 mm	+ 1.1 mm
+ 976 Pa	+ 4.4 mm	+ 17.2 mm	+ 2.4 mm
+ 1464 Pa	+ 8.6 mm	+ 27.5 mm	+ 3.8 mm



Şekil 9. Strüktürel dayanım deneyi sonucu ölçülen sapma değerleri.

Figure 9. The value of deviation based on structural testing.

Tablo 11. Aşırı yükleme deneyinde uygulanan basınç değerleri.

Table 11. Pressure values applied to extreme structural testing.

Kademe	Basınç Farkı
1	$1.75 \times (\pm 976) = \pm 1708 \text{ Pa}$
2	$2 \times (\pm 976) = \pm 1952 \text{ Pa}$
3	$2.5 \times (\pm 976) = \pm 2500 \text{ Pa}$

DEĞERLENDİRME VE SONUÇ

KAPEDAM laboratuvarlarında bütün test sonuçları bilgisayarda listelenmekte, aynı deneyler 2-3 defa tekrarlandıktan sonra, sistemin uygulandığı binadaki sonuçlar net olarak değerlendirilmektedir.

Örnek çalışma kapsamında yapılan deneylerde elde edilen veriler doğrultusunda, şu sonuçlar elde edilmiştir: Hava infiltrasyon deneylerine göre ortaya çıkan hava kaçağı

standartlarda belirlenen değerin altında bulunmuştur. Su geçirimsizlik deneyleri sonucunda, cephe panellerinin hiçbir noktasında su girişi görülmemiştir. Deprem testinden sonra yapılan yağmurlama deneylerinde, cephe panellerinin hiçbir noktasında su girişi olmamıştır. Yapılan tüm deneyler olumlu sonuçlanmış, cephe panelleri örneği, uygulanan tüm deneylerden başarı ile geçmiştir.

Test sonuçlarının başarısız olması durumunda, olumlu sonuç alınıncaya kadar

detaylar üzerinde sürekli çalışılmaktadır. Bu nedenle, olumsuz rapor alan sistemlerin uygulama aşamasına geçmesi mümkün olamamaktadır. Yapılan deneyler, giydirme cephe sistemlerinin imalat aşamasından önce; gerçek boyut ve şartlarda uluslararası normlara uygun olarak denenmesini sağlayarak, binaya monte edilmiş durumdaki performanslarının tespit edilmesine ve kullanım periyodundaki problemlerin giderilmesine olanak sağlamaktır.

Amerika'da 1986 yılında kurulan ve günümüzde de çalışmalarını sürdüren, The Cladding Technology Centre of Taywood laboratuvarlarında, her tür giydirme cephe sistemine ait, bu standartlara uygun olarak gerçekleştirilmiş çok sayıda deney sonucu bulunmaktadır (Persily, 1999). Ne yazık ki, ülkemizde sadece tek bir deney merkezinin bulunması ve bu tür laboratuvarların bulunmaması düşündürücüdür.

Ancak en önemli sorun, Türkiye'de henüz giydirme cephe sistemlerine yönelik standartların bulunmaması ve bu konudaki şartnamelerin yetersiz kalmasıdır. Bu durum büyük ve etkileyici görünüme sahip ancak teknik yönden çok zayıf giydirme cephe sistemlerinin uygulanmasına sebebiyet verebilmektedir. Türkiye'de; giydirme cephe sistemlerinin gelişebilmesi için öncelikle şartnamelerin yürürlüğe konması ve sisteme ait performans kriterlerinin bu şartnamelere uygun olacak şekilde test edilip, kontrol edilmesi gerekmektedir.

Şu anki giydirme cephe sistemlerinin uygulanmasında, tüm doğrama işlemleri için ortak kullanılan Bayındırlık Bakanlığı'na bağlı teknik şartnameler geçerli kabul edilmektedir. Bu şartnamelerin yetersiz olduğu açıkça ortadadır ve giydirme cephe sistemleri için geliştirilmiş özel teknik şartnamelerin bir an önce hazırlanması için gerekli çalışmalar başlatılmalıdır. Aksi takdirde talep sahipleri ne isteyeceklerini tam olarak bilemeyeceklerdir.

Almanya, Fransa, Belçika, İngiltere, Hollanda, İsviçre gibi Orta ve Batı Avrupa ülkelerinde, giydirme cephe sistemleri ve kullanılan cephe malzemeleri, "Sistem Firması" (Systems House) denilen şirketler tarafından satılmaktadır (Oktuğ, 1990; Yılmaz, 1999). Bu firmalar sistemleri baştan sona tasarlayarak,

ürün tespiti yapmakta ve kalıpları yaptırarak, malzemeleri üretmektedirler. Üretimle birlikte, gereken deneyleri de yapmakta, aksaklıkları giderip sistemi satışa sunmaktadırlar.

Ülkemizde giydirme cephe üretimi yapan firmalar, genellikle kendi sistemlerini kendileri tasarlamakta, yan parçaları gerekirse farklı yerlerden temin ederek imalatı gerçekleştirmektedirler. Sistem uygulamasını da yine kendileri yapmaktadırlar. Türkiye'de, gerçek anlamda giydirme cephe üretimi ve uygulaması yapan belli başlı birkaç firma bulunmaktadır. Bunların yanı sıra, çok sayıda küçük üretici firma da uygulama alanında yer alabilmektedir. Ancak ülkemizde giydirme cephe sisteminin deneyimli firmaların yanı sıra amatör firmalar tarafından da uygulanıyor olması ve bu firmalar tarafından inşa edilen, özellikle küçük ölçekli binalarda uygulanan sistemlerin hiçbir deneysel kontrol işlemine tabi tutulmadan kullanıma sunuluyor olması bilinen üzücü bir gerçektir.

Yapılan araştırmalarda, kullanım aşamasında giydirme cephe sistemlerinde karşılaşılan en büyük olumsuzlukların başında % 31 oranında su girişi ve % 16 oranında birleşim detaylarından kaynaklanan sorunlar gelmektedir (Alves, 1997). Bu durum, cephe sisteminin uygulanmadan önce mutlaka deneysel kontrol işlemlerinden geçirilmesi gerektiğini bir defa daha ortaya koymaktadır.

Giydirmeye cephe sistemlerinin tasarımı sırasında dikkate alınması gereken; statik, genleşme, ısı, su, ses yalıtımı, güneş kontrolü, yangın korunumu gibi yapı fiziği etkenlerinin her binayı etkilemiş tarzı farklıdır. Bu nedenle sistem uygulanmadan önce uluslararası standartlar çerçevesinde test edilmelidir. Yapılan deneyler, giydirmeye cephe sistemlerinin imalat aşamasından önce; gerçek boyut ve şartlarda uluslararası normlara uygun olarak denenmesini sağlayarak, binaya monte edilmiş durumdaki performanslarının tespit edilmesine ve kullanım periyodundaki problemlerin giderilmesine olanak sağlamaktır.

Yurtdışında yapılan araştırmalarda; giydirmeye cephe sistemlerinin kendilerinden beklenen performansı yerine getirememelerinde; bakımın % 4, malzeme türünün % 5, imalatın % 9, tasarımın % 22, şartnameler ve denetimin %

25, işçiliğin ise % 35 oranında etkili olduğu tespit edilmiştir (Alves, 1997). Bu nedenle giydirmeye cephe sistemi uygulamalarında şartnameler kadar, işçilik faktörü de mutlaka dikkate alınmalıdır. Üretilmesi ve uygulanması çok

büyük titizlik gerektiren giydirmeye cephe sistemlerinde doğru sonuçlar ancak bu konuda gerçekten uzmanlaşmış kuruluşlarca yapılan uygulamalar ile elde edilecektir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesindeki katkılarından dolayı ÇUHADAROĞLU Alüminyum Sanayi A.Ş.’ye teşekkürlerimi sunarım.

KAYNAKLAR

- Alves, D., 1997, Durability of the facade, Int. Conf. on Building Envelope Systems and Technology 15-17 April, s281-286.
- ASTM, 1999, E283-91, Standard Test Method for Determining Rate of Air Leakage Through Exterior Windows, Curtain Walls, and Doors Under Specified Pressure Differences Across the Specimen, American Society for Testing and Materials, Philadelphia.
- Behr, R.A., 1997, Performance of architectural glass in a mid rise curtain wall system under simulated earthquake conditions, Int. Conf. on Building Envelope Systems and Technology 15-17 April, 91-98.
- Behr, R.A., Belarbi, A., Culp, J.H., 1995, Dynamic racking tests of curtain wall glass elements with in plane and out of plane motions, Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 30, 1, 61-72.
- Choi, E.C.C., 1997, Methodology for establishing the water penetration testing criteria, Int. Conf. on Building Envelope Systems and Technology, 15-17 April, 301-308.
- CWCT, 1993, Centre for Window and Cladding Technology, Standard and Guide to Good Practice for Curtain Walling, University of Bath, 1-99.
- Çuhadaroğlu Alüminyum Sanayi, 1998, Strüktürel Silikon Giydirmeye Cephe ve Kapaklı Giydirmeye Cephe Teknik Şartnamesi, İstanbul.
- Gerhardt, H.J., 1997, The deformation and wind safety of metal facades, Int. Conf. on Building Envelope Systems and Technology, 15-17 April, 453-456.
- <http://www.angelfire.com/al/aluminum/ts.html>, Ulucak, T., 1999, Alüminyum ekstrüzyon profilleri ile ilgili Türk Standartları.
- <http://www.cladding.org>, Leung, C.M., 1999, Practice note for authorized persons and registered structural engineers national standards for structural glazing: testing of curtain wall systems”, Centre for Window and Cladding Technology.
- <http://www.testati.com/pages/ptmockup.asp>, 2001, USG Design Solutions, Mock-up Testing: Test Methods and Specification.
- <http://www.tel-consult.co.uk/forum/njlpap.html>, McDonald, N., Kerr, D. and Layzell, J., 2001, The benefits of testing cladding for weathertightness, 1-11.
- <http://www.wscpa.us>, KPFF Consulting Engineers, Design Guide for Anchored Brick Veneer Over Steel Studs.
- Kerr, D., Matthews, R., Kirmavr, T., 1997, To develop a European Standard watertightness dynamic test for curtain walling, Int. Conf. on Building Envelope Systems and Technology, 15-17 April, 315-230.
- Oktuğ, Y., 1990, “Binalarda Cephe Pencere ve Kapı Sistemlerinin Dizayn Problemleri”, Çuhadaroğlu Alüminyum San. Tic. A.Ş., İstanbul, 1-6.
- Persily, A.K., 1999, Myths about building envelopes, Ashrae Journal, March, 39-45.

- Sakula, J., 1997, The design of building facades for blast resistance, Int. Conf. on Building Envelope Systems and Technology, 15-17 April, 115-122.
- Ting, R., 1997, Evolution of curtain wall design against water infiltration, Int. Conf. on Building Envelope Systems and Technology, 15-17 April, 217-222.
- Yılmaz, H., 1999, Giydirme cephelerde uygulama teknikleri, sistem ve sistemcilik, Cephe Sistemleri ve Cephe Kaplamaları Sempozyum Bildirileri, Yapı Endüstri Merkezi, 107-112.