



TMMOB İMO İSTANBUL ŞUBESİ
2017 YILI (ŞB-2) MESLEK İÇİ EĞİTİM SEMİNERLERİ

CEPHE SİSTEMLERİNDE YAPISAL PERFORMANS

17.10.2017 Bakırköy
18.10.2017 Kadıköy
19.10.2017 Karaköy



Mehmet Burak Yılmaz
Dr. İnş. Müh.
burak@mby-e.com

1

CEPHE MÜHENDİSLİĞİ
HANGİ DİŞİPLİNE
DAHA YAKINDIR?

YAPI TASARIMINDA
KULLANILAN RÜZGAR YÜKLERİ
İLE CEPHE TASARIMINDAKİ
RÜZGAR YÜKLERİ AYNI
DEĞERDE MİDİR?

ŞARTNAMESİNDE
BELİRTİLEN DÜŞEY SEHİM
SINIRLARI CEPHE SİSTEMLERİ
İÇİN HER ZAMAN YETERLİ
MİDİR?

DEPREM VEYA RÜZGAR
ETKİSİNDE BİNA CEPHE
CAMLARININ KIRILMAMASI
İÇİN GÖRELİ KAT ÖTELEMESİ
NE OLMALIDIR?

CEPHE SİSTEMLERİNDE
KULLANILAN ALÜMİNYUM
ALAŞIMLARININ DAYANIMI
NEDİR?

CEPHE SİSTEMLERİNİ
BETONARMEYE MESNETLEMELİK
AMACIYLA KULLANILAN
DÜBELERİN KAPASİTELERİ
ÇATLAK GENİŞLİĞİNDEN
ETKİLENİR Mİ?

CAMIN KIRILMA
DAYANIMI KAÇ MPa'DIR?
YÜKLEMENİN SÜRESİ
DAYANIMI ETKİLER Mİ?

CEPHE SİSTEMLERİNDE YAPISAL PERFORMANS, Dr. İnş. Müh. M. Burak Yılmaz

2

CEPHE SİSTEMLERİ

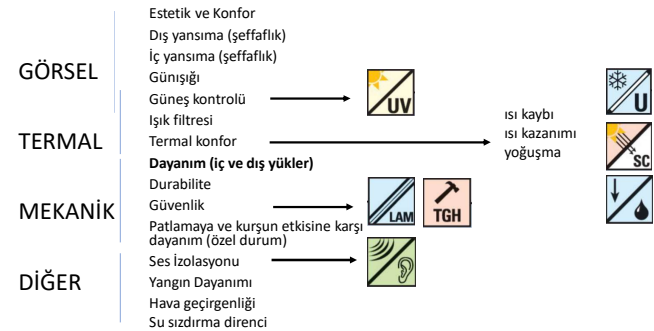
- Cephe Sistemleri
- Cephe Yükleri
- Alüminyum Tasarımı
- Cam Tasarımı
- Bağlantı Elemanları
- Testler

CEPHE SİSTEMLERİNDE YAPISAL PERFORMANS, Dr. İnş. Müh. M. Burak Yılmaz

3

CEPHE SİSTEMLERİ

Cephe sistemini etkileyen faktörler



CEPHE SİSTEMLERİNDE YAPISAL PERFORMANS, Dr. İnş. Müh. M. Burak Yılmaz

4

CEPHE SİSTEMLERİ

Giydirme Cephe (TS EN 13830'e göre) ^[1]

Genellikle yatay ve dikey profillerden oluşan, binanın taşıyıcı yapısına ankrajla tutturulmuş ve bir hacmin etrafını çepeçevre saran, hafif, sürekli, kendi başına veya bina ile birlikte bir dış duvarın tüm fonksiyonlarını yerine getirirken ana yapıya yük taşıma ve stabilite açısından katkı sağlamayan bir örtü oluşturacak şekilde araları doldurulmuş yapı elemanlarının tümü.



CEPHE SİSTEMLERİNDE YAPISAL PERFORMANS, Dr. İnş. Müh. M. Burak Yılmaz

5

CEPHE SİSTEMLERİ

Giydirme Cephe Dolguları ^[2]



CEPHE SİSTEMLERİNDE YAPISAL PERFORMANS, Dr. İnş. Müh. M. Burak Yılmaz

6

CEPHE SİSTEMLERİ

Giydirme Cephe Taşıyıcıları

Çerçevesiz G.C.

- Çubuk (stick) sistem
- Panel (unitized) sistem

Çerçevesiz G.C.

- Noktasal tutuculu sistem-çelik taşıyıcı
- Noktasal tutuculu sistem-kablo taşıyıcı
- Kendini taşıyan sistemler

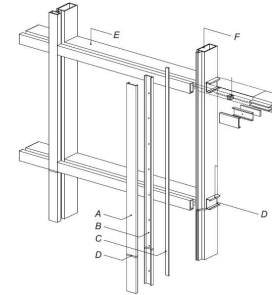
CEPHE SİSTEMLERİNDE YAPISAL PERFORMANS, Dr. İnş. Müh. M. Burak Yılmaz

7

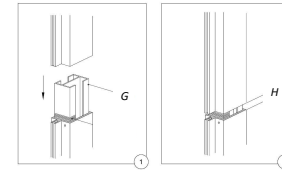
CEPHE SİSTEMLERİ

Çerçevesiz Giydirme Cephe

- Çubuk (stick) sistem – kapaklı cephe



- A Kapak profili (Snap cap)
- B Baskı Plakası (Pressure plate)
- C Isı Bariyeri (Thermal break)
- D Dilatasyon (Expansion joint)
- E Yatay Profil (Transom)
- F Düşey Profil (Mullion)
- G Dilatasyon profili (Spigot)
- H Dilatasyon mesafesi



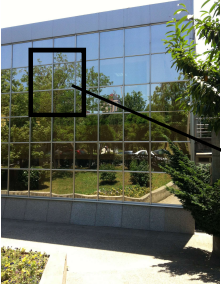


CEPHE SİSTEMLERİNDE YAPISAL PERFORMANS, Dr. İnş. Müh. M. Burak Yılmaz

8

CEPHE SİSTEMLERİ

Çerçevesiz Giydirmeye Cephe

- Çubuk (stick) sistem – kapaklı cephe

dışarıdan
içeriden

CEPHE SİSTEMLERİNDE YAPISAL PERFORMANS, Dr. İnş. Müh. M. Burak Yılmaz

CEPHE SİSTEMLERİ

Çerçevesiz Giydirmeye Cephe

- Çubuk (stick) sistem – silikonlu cephe




CEPHE SİSTEMLERİNDE YAPISAL PERFORMANS, Dr. İnş. Müh. M. Burak Yılmaz

CEPHE SİSTEMLERİ

Çerçevesiz Giydirmeye Cephe

- Çubuk (stick) sistem – kapaklı cephe

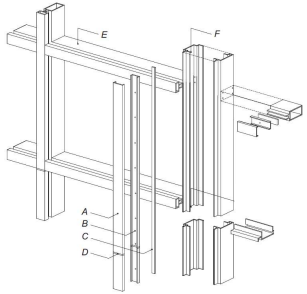



CEPHE SİSTEMLERİNDE YAPISAL PERFORMANS, Dr. İnş. Müh. M. Burak Yılmaz

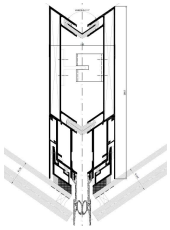
CEPHE SİSTEMLERİ

Çerçevesiz Giydirmeye Cephe

- Panel (unitized) sistem



A Kapak profili (Snap cap)
 B Baskı Plakası (Pressure plate)
 C Isı Bariyeri (Thermal break)
 D Dilatasyon (Expansion joint)
 E Yatay Profil (Transom)
 F Düşey Profil (Mullion)



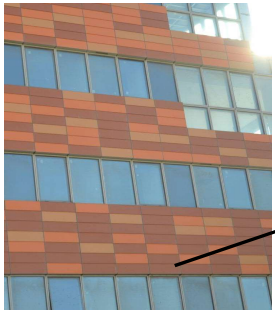

PANEL PROFİLİ

CEPHE SİSTEMLERİNDE YAPISAL PERFORMANS, Dr. İnş. Müh. M. Burak Yılmaz

CEPHE SİSTEMLERİ

Çerçevesiz Giydirme Cephe

- Panel (unitized) sistem

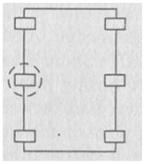
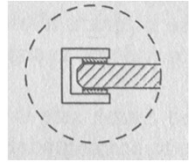

imalat sırasında

CEPHE SİSTEMLERİNDE YAPISAL PERFORMANS, Dr. İnş. Müh. M. Burak Yılmaz 13

CEPHE SİSTEMLERİ

Çerçevesiz Giydirme Cephe

- Noktasal tutuculu


noktasal tutuculu cephe

CEPHE SİSTEMLERİNDE YAPISAL PERFORMANS, Dr. İnş. Müh. M. Burak Yılmaz 14

CEPHE SİSTEMLERİ

Çerçevesiz Giydirme Cephe

- Noktasal tutuculu – çelik kolon

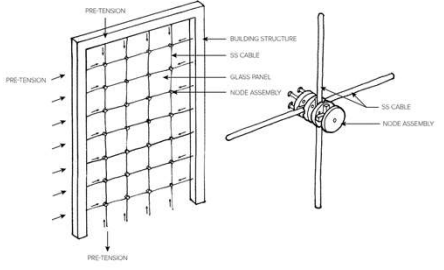
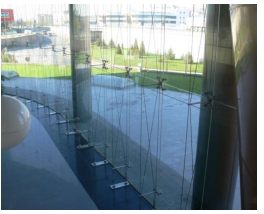
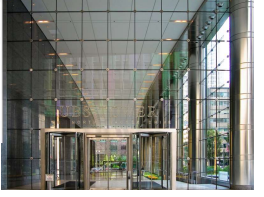



CEPHE SİSTEMLERİNDE YAPISAL PERFORMANS, Dr. İnş. Müh. M. Burak Yılmaz 15

CEPHE SİSTEMLERİ

Çerçevesiz Giydirme Cephe

- Noktasal tutuculu – halatlı

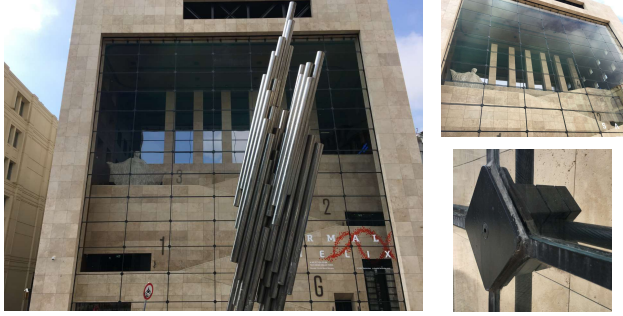




CEPHE SİSTEMLERİNDE YAPISAL PERFORMANS, Dr. İnş. Müh. M. Burak Yılmaz 16

CEPHE SİSTEMLERİ

Çerçevesiz Giydirme Cephe

- Noktasal tutuculu – halatlı

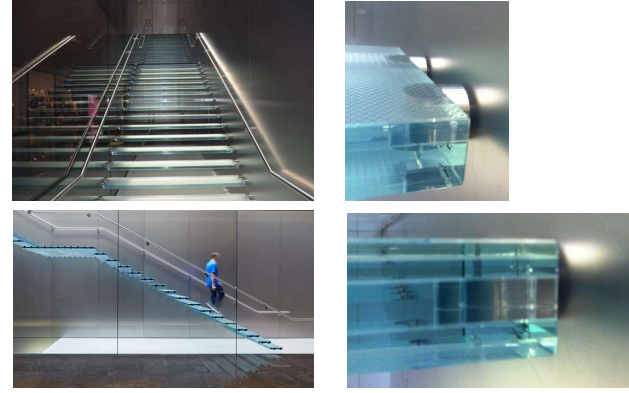


CEPHE SİSTEMLERİNDE YAPISAL PERFORMANS, Dr. İnş. Müh. M. Burak Yılmaz

17

CEPHE SİSTEMLERİ

Kendini Taşıyan Sistemler



CEPHE SİSTEMLERİNDE YAPISAL PERFORMANS, Dr. İnş. Müh. M. Burak Yılmaz

18

CEPHE SİSTEMLERİ

Kendini Taşıyan Sistemler



CEPHE SİSTEMLERİNDE YAPISAL PERFORMANS, Dr. İnş. Müh. M. Burak Yılmaz

19

CEPHE SİSTEMLERİNDE YAPISAL PERFORMANS

[1]

Resistance to its own dead load

Self-weights shall be calculated in accordance with [EN 1991-1-1](#) taking into account the nationally determined parameters relevant to the place of use.

The maximum deflection of any main horizontal framing (transom) from vertical loads only shall not exceed $L/500$ and shall prevent any contact between transom and infill panel, ensuring adequate ventilation and drainage of the infill panel if required.

NOTE 1 L is the length of the horizontal framing member measured between the points of support.

NOTE 2 The profile could deflect within other limits than those above mentioned according to the nature of the material of infills (glass, IGU, stone, etc.).

NOTE 3 Guidance on the combinations of different loads is given in Annex C.

CEPHE SİSTEMLERİNDE YAPISAL PERFORMANS, Dr. İnş. Müh. M. Burak Yılmaz

20

CEPHE SİSTEMLERİNDE YAPISAL PERFORMANS

[1]

Wind load resistance

The curtain walling kit shall be tested in accordance with [EN 12179](#). Under the imposed wind loads only the maximum frontal deflection (d) of the curtain walling's framing members shall not exceed the following limits:

- $d \leq L/200$, if $L \leq 3000$ mm;
- $d \leq 5 \text{ mm} + L/300$, if $3000 \text{ mm} < L < 7500$ mm;
- $d \leq L/250$, if $L \geq 7500$ mm.

when measured between the points of support or anchorage to the building's structure (L).

In addition, the permissible deflection limits of the infill (e.g. IGU, stone, etc.) shall be taken into account.

NOTE Guidance on the combinations of different loads is given in Annex C.

CEPHE SİSTEMLERİNDE YAPISAL PERFORMANS

[1]

Resistance to snow load (only for elements subject to snow load)

Snow load shall be calculated in accordance with [EN 1991-1-3](#) taking into account the nationally determined parameters relevant to the place of use.

The maximum deflection (d) of the curtain walling's framings members under snow load only shall not exceed the following limits, when measured normally to the member:

- $d \leq L/200$, if $L \leq 3000$ mm;
- $d \leq 5 \text{ mm} + L/300$, if $3000 \text{ mm} < L < 7500$ mm;
- $d \leq L/250$, if $L \geq 7500$ mm.

NOTE 1 L is the length of the curtain walling's framing members measured between the points of support or anchorage to the building's structure.

NOTE 2 Guidance on the combinations of different loads is given in Annex C.

CEPHE SİSTEMLERİNDE YAPISAL PERFORMANS

[1]

Resistance to live horizontal loads at sill level

Live horizontal loads at sill height shall be determined in accordance with [EN 1991-1-1](#) taking into account the nationally determined parameters relevant to the place of use.

In case of horizontal curtain walling's framing member (transom) acting as a sill, the maximum frontal deflection (d) of the curtain walling's framing members (transom) shall not exceed the following limits:

- $d \leq L/200$, if $L \leq 3000$ mm;
- $d \leq 5 \text{ mm} + L/300$, if $L > 3000$ mm.

L is the length of the curtain walling's framing members measured between its points of support.

NOTE Guidance on the combinations of different loads is given in Annex C.

CEPHE SİSTEMLERİNDE YAPISAL PERFORMANS

Cephe sistemlerinin direnç göstermesi gereken yükler aşağıda özetlenmiştir (EN 13830):

[1]

- zati yükler (TS EN 1991-1-1)
- hareketli yükler (TS EN 1991-1-1)
- kar yükleri (TS EN 1991-1-3)
- rüzgar yükleri (TS EN 1991-1-4)
- deprem yükleri (DBYBHY2007, ASCE7)
- çarpma yükleri (EN 12600)
- bina hareketleri ve ısı yükleri (TS EN 1991-1-5)
- diğer yükler

Cephe Yükleri

RÜZGAR YÜKLERİ

Ülke	Yönetmelik
TUR	TS498, İstanbul Yüksek Binalar Rüzgar Yön.:2008 TS EN 1991-1-4
EU	Eurocode 1-4 (EN1991-1-4) Wind Loads:2005
GER	DIN 1055-4 Wind Loads:2005
GBR	BS6399-2, Code of Practice for Wind Loads:1997
USA	ASCE 7 , Minimum Design Loads for Building: 2010

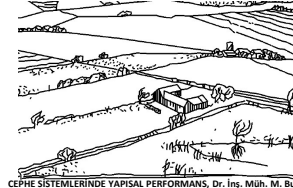
CEPHE SİSTEMLERİNDE YAPISAL PERFORMANS, Dr. İnş. Müh. M. Burak Yılmaz

Cephe Yükleri

RÜZGAR YÜKLERİ

İYBRY:2008'e göre

Temel rüzgar hızı açık bir arazide (örneğin hava alanları gibi), yerden 10m yükseklikte herhangi bir yönde ölçülen 10 dakikalık ortalama rüzgar hızlarından 50 yılda en az bir kere aşılma olasılığına karşı gelen rüzgar hızıdır.



İstanbul Atatürk Havaalanı'nda sürekli olarak 1 dakika ara ile yapılan rüzgar hızı ölçüm verilerinin analizi sonucunda, İstanbul ve civarı için temel rüzgar hızı $V_b=25$ m/s olarak tanımlanmıştır.

CEPHE SİSTEMLERİNDE YAPISAL PERFORMANS, Dr. İnş. Müh. M. Burak Yılmaz

Cephe Yükleri

RÜZGAR YÜKLERİ

İYBRY:2008'e göre

$$Q(z) = q_p(z) C_p A$$

bir yüzeye etkiyen maksimum rüzgar yükü

$$q_p(z) = C_q(z) q_b$$

maksimum rüzgar basıncı

C_p

yüzey basınc katsayısı

A

yüzey alanı

CEPHE SİSTEMLERİNDE YAPISAL PERFORMANS, Dr. İnş. Müh. M. Burak Yılmaz

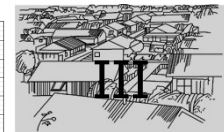
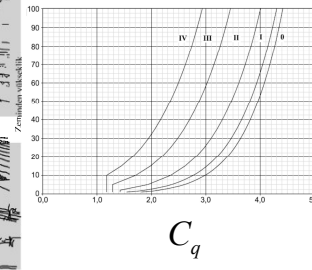
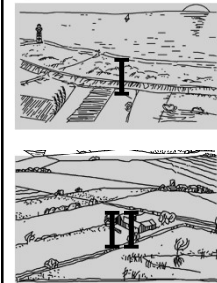
27

Cephe Yükleri

RÜZGAR YÜKLERİ

İYBRY:2008'e göre

C_q



CEPHE SİSTEMLERİNDE YAPISAL PERFORMANS, Dr. İnş. Müh. M. Burak Yılmaz

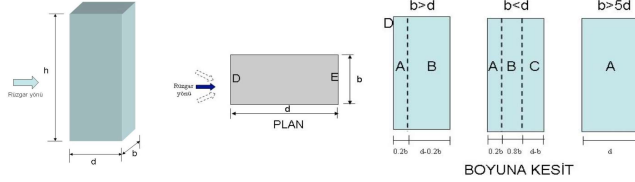
28

Cephe Yükleri

RÜZGAR YÜKLERİ

İYBRY:2008'e göre

C_p



h/d	A (yan yüz)		B (yan yüz)		C (yan yüz)		D (ön yüz)		E (arka yüz)	
	$C_{p,10}$	$C_{p,1}$	$C_{p,10}$	$C_{p,1}$	$C_{p,10}$	$C_{p,1}$	$C_{p,10}$	$C_{p,1}$	$C_{p,10}$	$C_{p,1}$
5	-1.2	-1.4	-0.8	-1.1	-0.5	-	+0.8	+1.0	-0.7	-
1	-1.2	-1.4	-0.8	-1.1	-0.5	-	+0.8	+1.0	-0.5	-

CEPHE SİSTEMLERİNDE YAPISAL PERFORMANS, Dr. İnş. Müh. M. Burak Yılmaz

C_p

29

Cephe Yükleri

RÜZGAR YÜKLERİ

Karşılaştırma

Result	BS 6399 [8]	Eurocode [9], [10]	ESDU [11], [12]	ASCE [13]	AS/NZS [14]	Full Scale	CFD
Basic wind speed* ¹ (m/s)	26.74	24	26.74	39.13	39.13	26.74* ²	26.74* ²
Averaging time	1 hr	10 min	1 hr	3s	3s	1 hr* ²	1 hr* ²
Design gust speed (m/s)	40.42	41.15	38.39	37.12	36.31	38.39* ²	38.39* ²
Internal Pressure (Pa)	-235.6	-311.4	-180.7	+152	0.0	-235.6* ³	-235.6* ³
Max. External Pressure (Pa)	-1301.9	-1453.3	-1174.9	-1064.3	-1050.8	-858.55	-813.37

*¹ Conversion of basic wind speeds to 10 minute mean wind speed using ESDU 83045 *² Based upon ESDU wind speeds *³ Based upon BS6399 internal pressures

*[12]

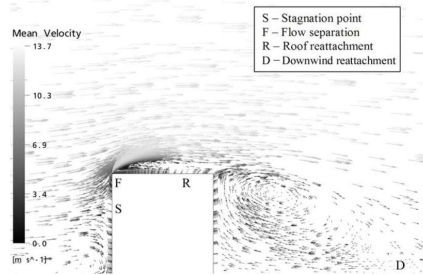
30

CEPHE SİSTEMLERİNDE YAPISAL PERFORMANS, Dr. İnş. Müh. M. Burak Yılmaz

Cephe Yükleri

RÜZGAR YÜKLERİ

Akış - Kesit



CEPHE SİSTEMLERİNDE YAPISAL PERFORMANS, Dr. İnş. Müh. M. Burak Yılmaz

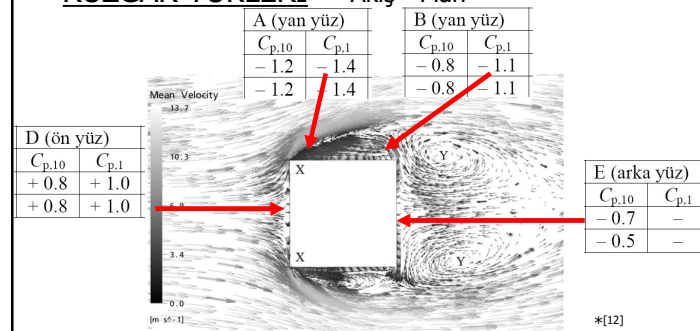
*[12]

31

Cephe Yükleri

RÜZGAR YÜKLERİ

Akış - Plan



CEPHE SİSTEMLERİNDE YAPISAL PERFORMANS, Dr. İnş. Müh. M. Burak Yılmaz

*[12]

32

Cephe Yükleri

RÜZGAR YÜKLERİ RÜZGAR TÜNELİ TESTLERİ

İYBRY:2008'e göre

Mimarisi, yapısal özellikleri veya konumu nedeniyle (örneğin geometrisi, yüksekliği, kesiti, kullanılan malzeme, bulunduğu mevki veya çevresindeki yapılar gibi) standard olmayan yüksek yapıların rüzgar davranışının ortaya çıkarılabilmesi için genelde rüzgar tüneli deneyleri gerekir.

*[12]

Cephe Yükleri

RÜZGAR YÜKLERİ RÜZGAR TÜNELİ TESTLERİ



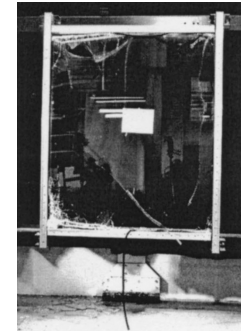
2. BÖLÜM

Cephe Yükleri

DEPREM ETKİSİ

Mimari camların yeterli bir deprem performansı göstermesini hedeflemenin iki önemli sebebi^[2]:

- İnsanların düşen camlardan dolayı yaralanmasını veya can kayıplarını önlemek
- Binanın servis dışı kalmasından ve tamirattan dolayı oluşacak maliyeti düşürmek



*[3]

Cephe Yükleri

DEPREM ETKİSİ

Çerçevesiz cam giydirme cephelerde, cam düzlemine dik (rüzgar yükü gibi) deprem yüklerinin yanı sıra -kat ötelenmesinden kaynaklanan- cam düzlemi içinde etkiler de oluşur.

- Cephelerde düzlem içi ve düzlem dışı deprem yükleri

$$f_e = 0.5 A_o I w_e \left(1 + 2 \frac{H_i}{H_N} \right)$$

*[5] Denklem 2.21

Cephe Yükleri

DEPREM ETKİSİ

ASCE7-05'e göre [14]

13.5.9 Glass in Glazed Curtain Walls, Glazed Storefronts, and Glazed Partitions.

13.5.9.1 General. Glass in glazed curtain walls, glazed storefronts, and glazed partitions shall meet the relative displacement requirement of Eq. 13.5-1:

$$\Delta_{fallout} \geq 1.25 D_p \quad (13.5-1)$$

or 0.5 in. (13 mm), whichever is greater where:
where

$\Delta_{fallout}$ = the relative seismic displacement (drift) at which glass fallout from the curtain wall, storefront wall, or partition occurs (Section 13.5.9.2)

D_p = the relative seismic displacement that the component must be designed to accommodate (Eq. 13.3-2). D_p shall be applied over the height of the glass component under consideration

I = the occupancy importance factor (Table 11.5-1)

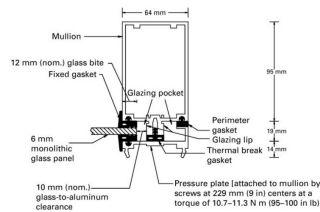
EXCEPTIONS:

$$D_{clear} \geq 1.25 D_p$$

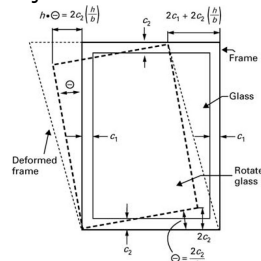
Cephe Yükleri

DEPREM ETKİSİ

- Cephelerde düzlem içi deplasman şartları:



$$D_{clear} = 2c_1 \left(1 + \frac{h_p c_2}{b_p c_1} \right)$$

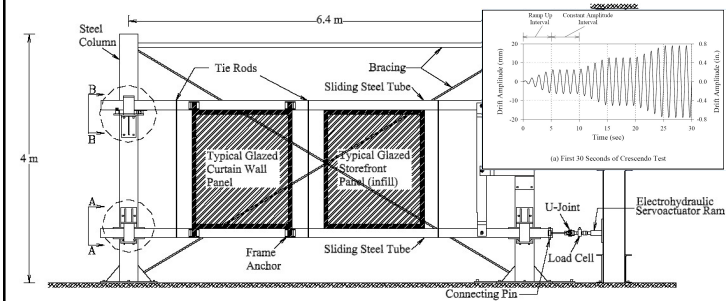


*[4]

Cephe Yükleri

DEPREM ETKİSİ

(AAMA 501.6-09) [11]



Cephe Yükleri DEPREM ETKİSİ

GÖRSEL
DEPREM DENEYİ-1



Cephe Yükleri DEPREM ETKİSİ

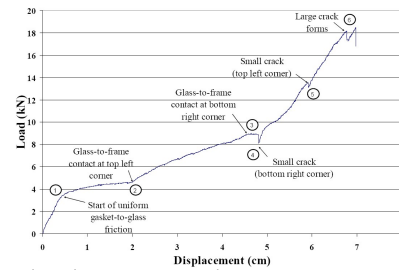
GÖRSEL
DEPREM DENEYİ-2

Cephe Yükleri DEPREM ETKİSİ

GÖRSEL
DEPREM DENEYİ-3

Cephe Yükleri DEPREM ETKİSİ

- 0.01 cm/s statik yük altında yük-deplasman ilişkisi



Cephe Yükleri

ÇARPMA YÜKLERİ (TS EN 12600'e göre)

[13]



- 1 Ana çerçeve
- 2 Tutturma çerçevesi
- 3 Darbe uygulayıcı

Sınıf	Düşme yüksekliği, mm
3	190
2	450
1	1200

CEPHE SİSTEMLERİNDE YAPISAL PERFORMANS, Dr. İnş. Müh. M. Burak Yılmaz

45

Cephe Yükleri

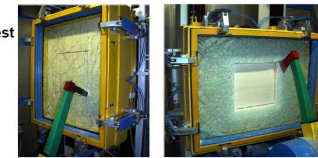
DARBE YÜKLERİ (TS EN 356'ya göre)

[21]

Ball drop impact test
EN 356



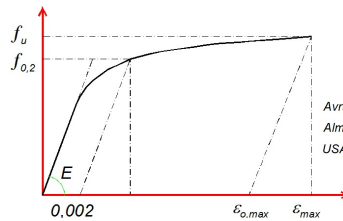
Axe & Hammer Test
EN 356



CEPHE SİSTEMLERİNDE YAPISAL PERFORMANS, Dr. İnş. Müh. M. Burak Yılmaz

46

Alüminyum Tasarımı



Alüminyum

Avrupa EC9 - EN 1999-1-1:2007 Design of Aluminium Structures
Almanya DIN 4113-1 Aluminium constructions under..
USA AA-ASD 2000, AA-LRFD 2000

- $f_{0.2}$: karakteristik akma dayanımı (yield strength)
 f_u : karakteristik kopma dayanımı (ultimate tensile strength)
 E : elastisite modülü (modulus of elasticity) = 70000 kN/cm²
 G : kayma modülü (shear modulus) = 2700 kN/cm²
 ν : poisson oranı (Poisson's Ratio) = 0,30
 α : ısı genleşme katsayısı (coef. of linear th. exp.) = 0,000023 1/C°
 ρ : birim kütle (unit mass) = 2700 kg/m³

CEPHE SİSTEMLERİNDE YAPISAL PERFORMANS, Dr. İnş. Müh. M. Burak Yılmaz

*[7]

47

Alüminyum Tasarımı

Alüminyum

ALÜMİNYUM EN STANDARDI	KISA GÖSTERİM	Termik Şartlar	Et Kalınlığı (mm)	Rp 0.2 (Mpa)	Rm (Mpa)	A %50	Sertlik HB	Korozyon direnci	Şekillendirme Kaplılığı	Yüzey İşlem Uygunluğu	Mekanik İşleme Uygunluğu	Kaynak Kaplılığı
EN AW-6060 (AlMgSi)	6060	T4	<5	60	120	14	50	***	***	****	**	***
		T64	<5	120	180	10	60	***	***	****	**	***
		T5	5<t<25	100	140	6	60	***	**	****	***	***
		T6	3<t<25	140	170	6	70	***	**	****	***	***
		T6	<3	150	190	6	75	***	**	****	***	***
		T66	3<t<25	150	195	6	75	***	**	****	***	***
EN AW-6063 (AlMgSi)	6063	T4	<25	65	130	12	50	***	***	****	**	***
		T64	<15	120	180	10	65	***	***	****	**	***
		T5	3<t<25	110	160	5	65	***	**	****	***	***
		T6	<10	170	215	6	75	***	**	****	***	***
		T6	10<t<25	160	195	6	75	***	**	****	***	***
		T66	<10	200	245	6	80	***	**	****	***	***

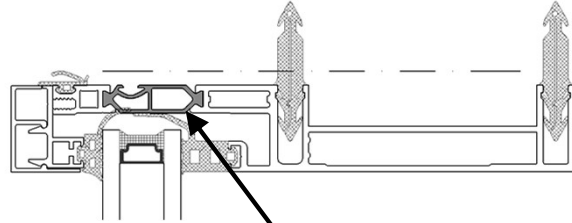
CEPHE SİSTEMLERİNDE YAPISAL PERFORMANS, Dr. İnş. Müh. M. Burak Yılmaz

48

Alüminyum Tasarımı

ISI BARIYERLİ PROFİLLER

[20]

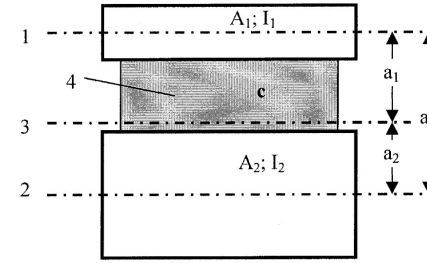


Isi bariyeri

Alüminyum Tasarımı

ISI BARIYERLİ PROFİLLER

[20]



$$I_{ef} = I_s \times \frac{1-\nu}{1-\nu \times C}$$

Alüminyum Tasarımı

ISI BARIYERLİ PROFİLLER

[20]

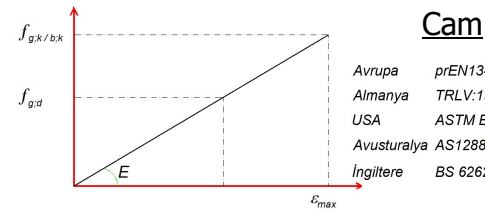
$$I_{ef} = I_s \times \frac{1-\nu}{1-\nu \times C}$$

$$I_s = I_1 + I_2 + A_1 a_1^2 + A_2 a_2^2 \quad \text{Rijit atalet momenti}$$

$$\nu = \frac{A_1 a_1^2 + A_2 a_2^2}{I_s}$$

$$C = \frac{\lambda^2}{\pi^2 + \lambda^2} \quad \lambda(l) = \sqrt{\frac{c \times a^2 \times l^2}{E \times I_s} \times \frac{1}{\nu(1-\nu)}}$$

Cam Tasarımı



Cam

Avrupa	prEN13474-1/2 1999 Design of Glass Panes
Almanya	TRLV:1998, TRAV:2003 ve DIN18008:2011
USA	ASTM E 1300 / GANA 2004
Avustralya	AS1288
İngiltere	BS 6262-3:2005

- $f_{g,d}$: etkin emniyet gerilmesi (allowable effective stress for the design)
- $f_{g,k/b,k}$: karakteristik test dayanımı (characteristic value of the test strength)
- E : elastisite modülü (modulus of elasticity) = 7000kN/cm²
- G : kayma modülü (shear modulus) = 2900 kN/cm²
- ν : poisson oranı (Poisson's Ratio) = 0,20
- α : ısı genleşme katsayısı (coef. of linear th. exp.) = 0,000012 1/C^o
- ρ : birim kütle (unit mass) = 2500 kg/m³

Cam Tasarımı

Cam dayanımı birçok etkene bağlıdır:

*[16,17]

- yüzey durumu
- yüzey alanı
- yükleme süresi
- çevresel koşullar

Cam Tasarımı

Eğilme dayanımlarına göre camların sınıflandırılması:

- düz cam (annealed)
- yarı temper cam (half tempered, heat strengthened)
- tam temper cam (fully tempered, thermally toughned)
- kimyasal temperli cam (chemically strengthened)

Cam Tasarımı

Camların emniyet gerilmesinin bulunması (prEN13474-1):

$$f_{R,d} = k_{mod} \frac{f_{R,k}}{\gamma_m k_A} \gamma_n \quad (\text{düz cam için}) \quad *[8]$$

Table 6: Modification factor k_{mod}

Duration of action	Loading example	k_{mod}
short	wind	0.72
medium	snow	0.85
permanent	climate (for insulating glass units)	0.98
	self-weight altitude (for insulating glass units)	0.27

Glass product	γ_m		γ_f		γ_r	
	Ultimate limit state	Serviceability limit state	Thermally toughened Heat soaked thermally toughened Heat strengthened	Chemically strengthened	Ultimate limit state	Serviceability limit state
Float glass	1.8	1.0	2.3	1.5	2.3	1.5

Cam Tasarımı

Camların emniyet gerilmesi, $k_s=1.057$ için (prEN13474-2):

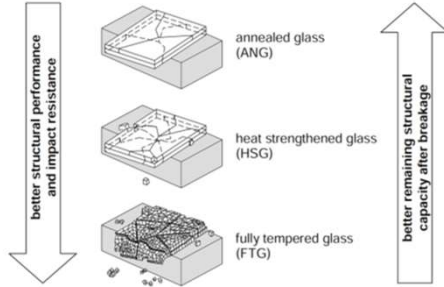
*[8]

Table 2 Allowable stresses

Glass product		Uniformly distributed load duration					
Glass Type	Processing	Short duration loads		Medium duration loads		Permanent loads	
		Ultimate limit state	Serviceability limit state	Snow loads	Climate loads	Self-weight loads	Altitude loads
Float glass and sheet glass	annealed	17.0	30.7	8.5	15.3	6.4	11.5
	heat strengthened	27.9	47.3	19.4	32.0	17.3	28.2
	thermally toughened	49.6	80.7	41.1	65.3	39.0	61.5
	chemically strengthened	62.7	100.7	54.2	85.3	52.0	81.5

Cam Tasarımı

Camların kırılma tipleri



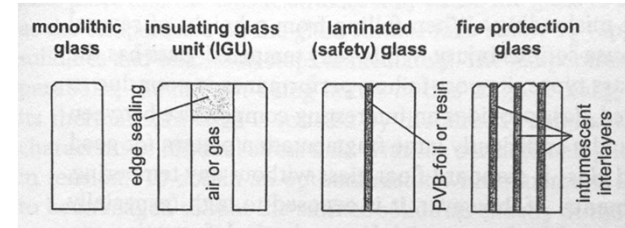
CEPHE SİSTEMLERİNDE YAPISAL PERFORMANS, Dr. İnş. Müh. M. Burak Yılmaz

57

*[18]

Cam Tasarımı

Cam Üniteleri



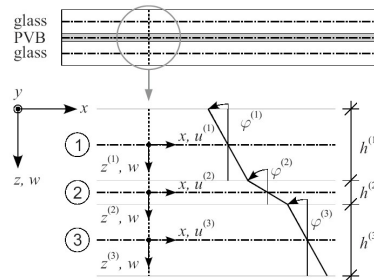
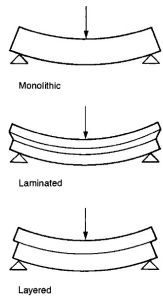
CEPHE SİSTEMLERİNDE YAPISAL PERFORMANS, Dr. İnş. Müh. M. Burak Yılmaz

58

*[18]

Cam Tasarımı

Lamine Camlar



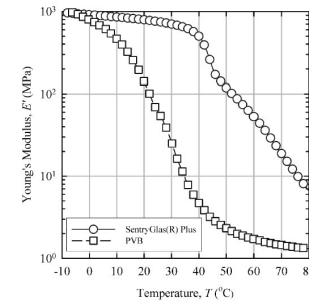
CEPHE SİSTEMLERİNDE YAPISAL PERFORMANS, Dr. İnş. Müh. M. Burak Yılmaz

59

*[19]

Cam Tasarımı

Lamine Camlar



Yüksek sıcaklıklarda cam üniteler ayrı çalışmaya başlarlar.

CEPHE SİSTEMLERİNDE YAPISAL PERFORMANS, Dr. İnş. Müh. M. Burak Yılmaz

60

*[19]

Cam Tasarımı

Örnek Problem (prEN13474-2 H.1) *^[8]

Düsey konumlu 15mm kalınlığında düz cephe camı 1400mm genişliğinde ve 2000mm yüksekliğindedir. Sadece alttan ve üstten mesnetlenmiş olan camın 0.9kN/m² rüzgar yükü altında dayanım ve deplasman kontrollerini yapınız.

$$A = 1,4 \times 2,0 = 2,8 \text{ m}^2$$

From prEN 13474-1:

$$k_A = A^{0,04} = 2,8^{0,04} = 1,042$$

$$f_{g,d} = k_{\text{mod}} \frac{f_{g,k}}{\gamma_m k_A} \gamma_n = 0,72 \times \frac{45}{1,8 \times 1,042} \times 1,0 = 17,3 \text{ N/mm}^2$$

CEPHE SİSTEMLERİNDE YAPISAL PERFORMANS, Dr. İnş. Müh. M. Burak Yılmaz

61

Cam Tasarımı

Örnek Problem (prEN13474-2 H.1) devamı... *^[8]

From table 1:

For ultimate limit state:

$$F_d = \sum_j \gamma_{Gj} G_{kj} + 1,5 Q_{k1} = 1,35 \times 0 + 1,5 \times 0,9 = 1,35 \text{ kN/m}^2 \\ = 1350 \text{ N/m}^2$$

For serviceability limit state:

$$F_d = \sum_j G_{kj} + Q_{k1} = 0 + 0,9 = 0,9 \text{ kN/m}^2 \\ = 900 \text{ N/m}^2$$

From equation B10:

$$\sigma_{ef} = 0,699 \frac{a^2}{h^2} F_d = 0,699 \times \frac{2,0^2}{15,0^2} \times 1350 = 16,8 \text{ N/mm}^2 \quad [<17,3]$$

CEPHE SİSTEMLERİNDE YAPISAL PERFORMANS, Dr. İnş. Müh. M. Burak Yılmaz

62

Cam Tasarımı

Örnek Problem (prEN13474-2 H.1) devamı... *^[8]

From equation B11:

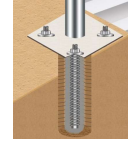
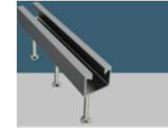
$$w_{\text{max}} = 0,148 \frac{a^4 F_d}{h^3 E} = 0,148 \times \frac{2,0^4 \times 2000^2}{15^3} \times \frac{900}{70000} = 9,0 \text{ mm}$$

CEPHE SİSTEMLERİNDE YAPISAL PERFORMANS, Dr. İnş. Müh. M. Burak Yılmaz

63

BAĞLANTI ELEMANLARI

Beton Ankrajları
(ETA Onayı)



Braketler



Civata ve Vidalar
(ETA Onayı)

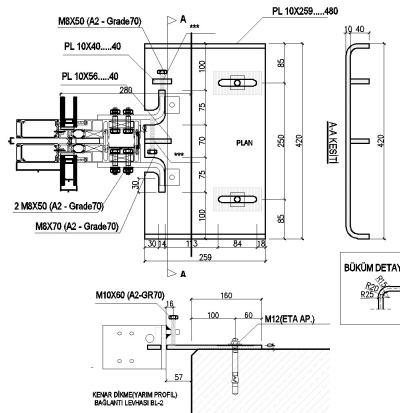
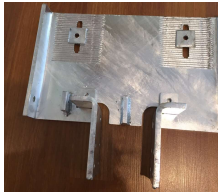


CEPHE SİSTEMLERİNDE YAPISAL PERFORMANS, Dr. İnş. Müh. M. Burak Yılmaz

64

BAĞLANTI ELEMANLARI

Braketler Panel Sistem



Yıldız Kule Ankara – ALTES
Alüminyum'un izniyle
kullanılmıştır.

BAĞLANTI ELEMANLARI

Braketler Stick Sistem

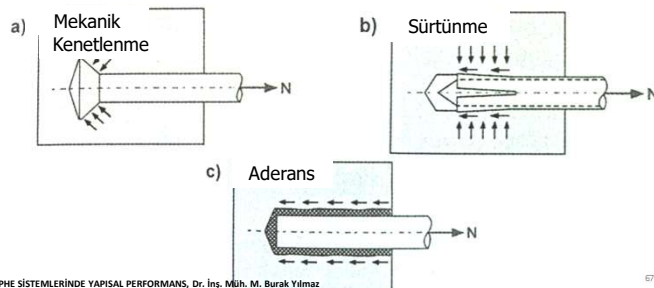


BAĞLANTI ELEMANLARI

Beton Ankrajları

[15]

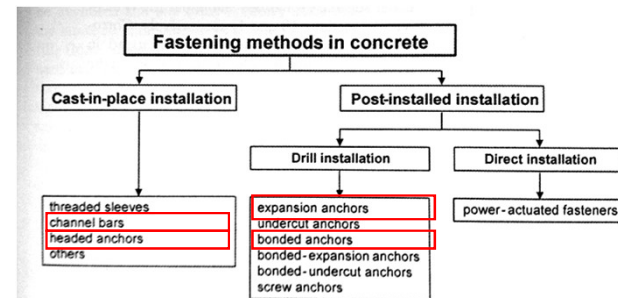
Ankrajların yük aktarma mekanizmaları genellikle mekanik kenetlenme, sürtünme veya aderans ile tanımlanır.



BAĞLANTI ELEMANLARI

Beton Ankrajları

Cephe sistemlerinde kullanılan en yaygın ankraj tipleri aşağıdaki tabloda gösterilmiştir:



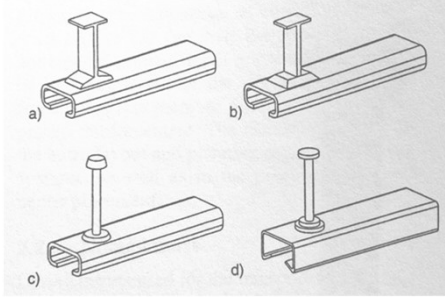
[15]

BAĞLANTI ELEMANLARI

Beton Ankrajları

Yerinde Dökme

- kanallı ankraj



[15]

CEPHE SİSTEMLERİNDE YAPISAL PERFORMANS, Dr. İnş. Müh. M. Burak Yılmaz

69

BAĞLANTI ELEMANLARI

Beton Ankrajları

Yerinde Dökme

- kanallı ankraj



CEPHE SİSTEMLERİNDE YAPISAL PERFORMANS, Dr. İnş. Müh. M. Burak Yılmaz

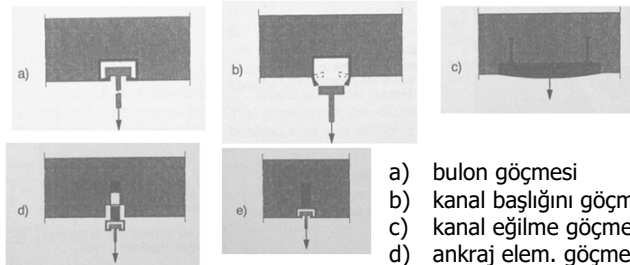
70

BAĞLANTI ELEMANLARI

Beton Ankrajları

Yerinde Dökme

- kanallı ankraj



[15]

- bulon göçmesi
- kanal başlığını göçmesi
- kanal eğilme göçmesi
- ankraj elem. göçmesi
- beton bloğunun göçmesi

CEPHE SİSTEMLERİNDE YAPISAL PERFORMANS, Dr. İnş. Müh. M. Burak Yılmaz

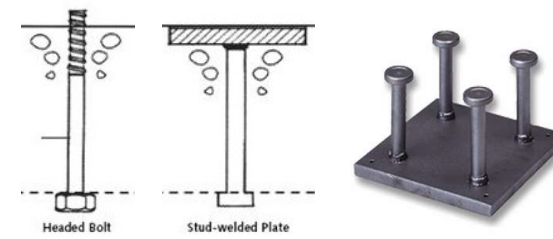
71

BAĞLANTI ELEMANLARI

Beton Ankrajları

Yerinde Dökme

- başlıklı ankraj



CEPHE SİSTEMLERİNDE YAPISAL PERFORMANS, Dr. İnş. Müh. M. Burak Yılmaz

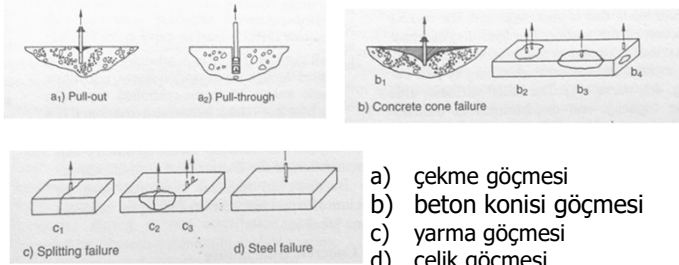
72

BAĞLANTI ELEMANLARI

Beton Ankrajları

Yerinde Dökme

- başlıklı ankraj



- a) çekme göçmesi
b) beton konisi göçmesi
c) yarma göçmesi
d) çelik göçmesi

CEPHE SİSTEMLERİNDE YAPISAL PERFORMANS, Dr. İnş. Müh. M. Burak Yılmaz

73

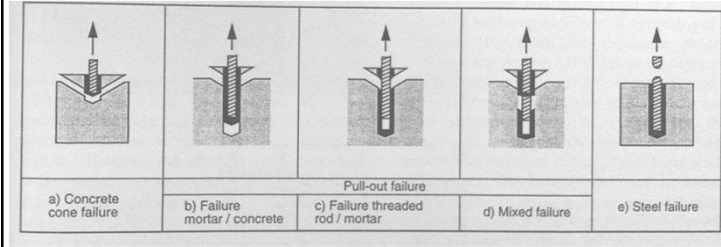
BAĞLANTI ELEMANLARI

Beton Ankrajları

Delme

- aderans ankrajı

[15]



- a) beton konisi göçmesi d) karma göçme
b) harç-beton göçmesi e) ankraj bulonu göçmesi
c) harç-bulon göçmesi

CEPHE SİSTEMLERİNDE YAPISAL PERFORMANS, Dr. İnş. Müh. M. Burak Yılmaz

74

Testler

TS EN 13830'a göre giydirme cephe testleri [1]

.....Tüm deneyler kesinlikle aşağıdaki sıralama ile gerçekleştirilmelidir:

- Hava geçirgenliği, sınıflandırma için,
- Su sızdırmazlık, statik basınç altında, sınıflandırma için,
- Rüzgar yüküne karşı direnç - kullanılabilirlik,
- Hava geçirgenliği - rüzgar direnci sınıflandırmasını tasdik için tekrar,
- Su sızdırmazlık - su sızdırmazlık sınıflandırmasını tasdik için tekrar,
- Rüzgar yüküne karşı direnç, artırılmış rüzgar yüküne direnç deneyi - güvenlik.

CEPHE SİSTEMLERİNDE YAPISAL PERFORMANS, Dr. İnş. Müh. M. Burak Yılmaz

75

Testler

AAMA 501.4-0.9'e göre giydirme cephe testleri [11]

.....Deneylerin sırası aksi belirtilmedikçe aşağıdaki gibidir:

- Hava geçirgenliği, sınıflandırma için,
- Su sızdırmazlık, statik basınç altında, sınıflandırma için,
- Rüzgar yüküne karşı direnç - kullanılabilirlik,
- Sismik hareket - tasarım yerdeğiştirmesi
- Hava geçirgenliği - rüzgar direnci sınıflandırmasını tasdik için tekrar,
- Su sızdırmazlık - su sızdırmazlık sınıflandırmasını tasdik için tekrar,
- Rüzgar yüküne karşı direnç, artırılmış rüzgar yüküne direnç deneyi - güvenlik,
- Sismik hareket - $1.5 \times$ tasarım yerdeğiştirmesi.

CEPHE SİSTEMLERİNDE YAPISAL PERFORMANS, Dr. İnş. Müh. M. Burak Yılmaz

76

Kaynaklar

- [1] TS EN 13830:2005 Giydirme Cepheler-Mamul Standardı
- [2] Sivanerupan S., et al., "Drift Performance of Façade Systems" AEES 2008 Annual Conference
- [3] Memari, Ali, et al., "Seismic Behavior of Curtain Walls Containing Insulating Glass Units" *Journal of Architectural Engineering*, ASCE
- [4] *Architectural Glass to Resist Seismic and Extreme Climatic Events*. Woodhead Publishing in Materials, UK, 2009
- [5] *DBYBHY 2007*
- [6] Memari, Ali, et al., "Static Finite Element Analysis of Architectural Glass Curtain Walls Under in-plane Loads and Corresponding Full-Scale Test." *Structural Engineering and Mechanics*, 25(4), 365-382
- [7] TS EN 1999-1-1:2007 Alüminyum Yapıların Tasarımı- Bölüm 1-1: Genel Kurallar-Binalar İçin Kurallar

Kaynaklar

- [8] prEN 13474-1(1999)/2(2000) Design of Glass Panes
- [9] TS EN 572-1:2006 Cam - Yapılarda kullanılan - Temel soda kireç silikat cam mamuller - Bölüm 1: Tarifler, genel fiziksel ve mekanik özellikler
- [10] TS EN 13116:2004 Giydirme cepheler - Rüzgar yüküne dayanım - Performans şartları
- [11] AAMA 501.6-09 "Recommended Dynamic Test Method for Determining the Seismic Drift Causing Glass Fallout from a Wall System" American Architectural Manufacturers Association
- [12] Overend, M., et. Al "Applications of computational wind engineering in the design of glass façades" Glass Performance Days 2007
- [13] TS EN 12600:2004 Cam - Yapılarda kullanılan - Sarkaç deneyi - Düz cam için çarpma deneyi ve sınıflandırma

Kaynaklar

- [14] ASCE7-05 Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures, ASCE STANDARD
- [15] Eligehausen, R., Mallee, R., Silva, J., *Anchorage in Concrete Construction*, Ernst&Sohn ,Germany ,2006
- [16] Overend et al., "Diagnostic Interpretation of Glass Failure" *Structural Engineering International* 2/2007
- [17] TS EN 1288-1:2003 Cam - Yapılarda kullanılan - Eğilme Mukavemetinin Tayini - Bölüm 1: Camla ilgili deneylerin esasları
- [18] Haldimann, M., Luible, A., Overend., *Structural Use of Glass*, IABSE, Switzerland ,2008
- [19] Zemanova A. Et al., "Simple Numerical Model of Laminated Glass Beams" *Acta Polytechnica* Vol. 48 No. 6/2008

Kaynaklar

- [20] TS EN 14024:2010 Metal Profiller – Isı Bariyerli – Mekanik Performans – Değerlendirme için Gereken, Kanıtlar ve Deneyler
- [21] TS EN 356 Emniyet camları-Yapılarda kullanılan-Deneme ve sınıflandırma