

## BÖLÜM 10 – DEPREM ETKİSİ ALTINDA HAFİF ÇELİK BİNA TAŞIYICI SİSTEMLERİNİN TASARIMI İÇİN ÖZEL KURALLAR

### 10.0. SİMGELER

Bu bölümde aşağıdaki simgelerin kullanıldığı boyutlu ifadelerde, kuvvetler *Newton* [N], uzunluklar *milimetre* [mm], açılar *radyan* [rad] ve gerilmeler *MegaPascal* [MPa]=[N/mm<sup>2</sup>] birimindedir.

$A$	= Enkesit alanı
$A_{\text{etk}}$	= $F_n$ gerilmesinde etkin alan
$A_g$	= Brüt enkesit alanı
$A_{\text{net}}$	= Net enkesit alanı
$b$	= Profil başlık genişliği
$b_p$	= Kaplama genişliği
$C, C_i$	= Basınç kuvveti
$c$	= Birinci kenar berkitmesinin başlığa dik uzunluğu
$c_d$	= İki dikme arasındaki en büyük uzaklık
$D$	= Dayanım fazlalığı katsayısı
$d$	= İkinci kenar berkitmesinin yatay uzunluğu
$d_s$	= Profil gövde yüksekliği
$d_v$	= Karakteristik vida çapı
$d_w$	= Pul veya vida başı çapının büyük olanı
$E$	= Çelik elastisite modülü
$E_d$	= Deprem etkisi
$F_e$	= Eğilmeli burkulma sınır durumu için karakteristik basınç dayanımı
$F_n$	= Karakteristik basınç dayanımı
$F_u$	= Çelik kopma dayanımı
$F_{u1}$	= Vida başı ile temas eden sacın kopma dayanımı
$F_{u2}$	= Vida başı ile temas etmeyen sacın kopma dayanımı
$F_y$	= Çelik akma gerilmesi
$G$	= Kaplama malzemesinin kayma modülü
$G$	= Sabit yük
$H$	= Zemin yatay itkisi
$h$	= Panel yüksekliği

$h_i$	= Profil gövde yüksekliği
$I$	= Atalet momenti
$K$	= Etkin burkulma boyu katsayısı
$L$	= Dikmenin tutulu olmayan boyu
$\ell$	= Panel genişliği
$\ell_i$	= Tam kat yüksekliğindeki panel bölmelerinin genişliği
$M_i$	= Panel devrilme momenti
$M_n$	= Dikme aksenal basınç dayanımı
$P_n$	= Dikme aksenal basınç dayanımı
$P_{n,\text{çapraz}}$	= Çapraz elemanın aksenal kuvvet hesap dayanımı
$P_{\text{net},\text{çapraz}}$	= Çapraz elemanın net enkesit hesap dayanımı
$P_{\text{nov}}$	= Sacdan vida başını karakteristik çekip-çıkarma dayanımı
$P_{\text{not}}$	= Sacdan vida ucunu karakteristik çekip çıkarma dayanımı
$P_{\text{ns}}$	= Vidanın karakteristik kayma dayanımı
$P_{\text{ns}1}$	= Yan yatma sınır durumu için vidanın karakteristik kayma dayanımı
$P_{\text{ns}2,3}$	= Ezilme sınır durumları için vidanın karakteristik kayma dayanımı
$P_{\text{nt}}$	= Vidanın karakteristik kurtulma dayanımı
$P_{\text{n,tasarım}}$	= Tasarıma esas aksenal kuvvet
$P_s$	= Vida tasarım kayma dayanımı
$P_t$	= Vida tasarım çekip-çıkarma dayanımı
$p$	= Birleşim elemanlarının ara dikmelerdeki aralığı
$Q$	= Hareketli yük
$R$	= Taşıyıcı sistem davranış katsayısı
$r$	= Dikme enkesitinin atalet yarıçapı
$r_p$	= Profil iç büküm yarıçapı
$S$	= Kar yükü
$s$	= Birleşim elemanlarının kenar dikmelerdeki aralığı
$T, T_i$	= Çekme kuvveti
$t$	= Sac et kalınlığı
$t_c$	= Vida başı veya pul ile temasta olmayan sacın et kalınlığı
$t_{\text{dikme}}$	= Dikme et kalınlığı

$t_{\text{kaplama}}$	= Kaplama malzemesi kalınlığı
$t_1$	= Vida başı ile temas eden sacın et kalınlığı
$t_2$	= Vida başı ile temas etmeyen sacın et kalınlığı
$V_d$	= Duvara etkiyen toplam yatay yük
$V_c$	= Panel kesme kuvveti kapasitesi
$v_c$	= Birim boya ait karakteristik kayma dayanımı
$v_d$	= Birim boya ait kayma talebi
$\lambda$	= Narinlik oranı
$\phi$	= Dayanım katsayısı
$\Omega$	= Güvenlik katsayısı

## 10.1. KAPSAM

**10.1.1.** Deprem etkisi altındaki, soğuk şekillendirilmiş profillerden oluşan tüm hafif çelik binaların taşıyıcı sistem elemanlarının boyutlandırılması ve birleşimlerinin düzenlenmesi, bu konuda yürürlükte olan ilgili standart ve yönetmeliklerle birlikte, öncelikle bu bölümde belirtilen kurallara göre yapılacaktır.

**10.1.2.** Bu bölümün kapsamı içindeki hafif çelik binaların yatay yük taşıyıcı sistemleri, kaplamalı panel sistemler ve çaprazlı panel sistemler olmak üzere iki şekilde oluşturulacaktır. Yatay yük taşıyıcı sistemin hadde çelik elemanlar içermesi durumunda **Bölüm 9**'da verilen kurallara uyulacaktır.

**10.1.3.** Hafif çelik bina temelleri ile ilgili kurallar **Bölüm 16**'da verilmiştir.

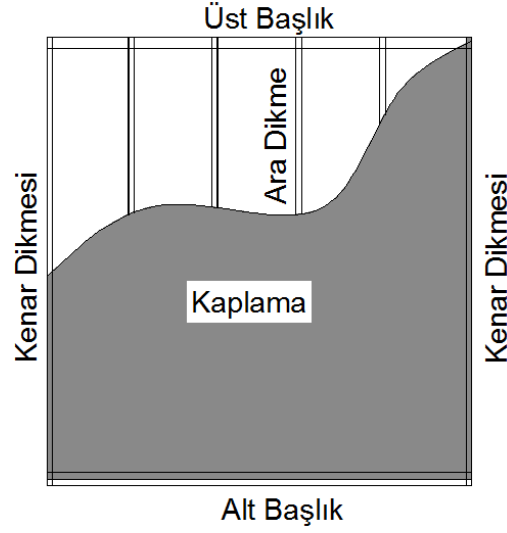
## 10.2. GENEL KURALLAR

### 10.2.1. Hafif Çelik Bina Taşıyıcı Sistemlerinin Sınıflandırılması

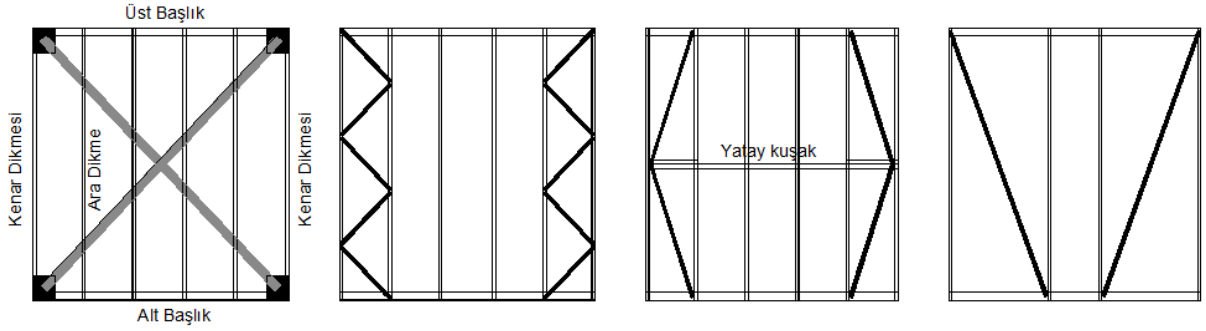
Hafif çelik binaların yatay yük taşıyıcı sistemleri, depreme karşı davranışları bakımından, **10.2.1.1** ve **10.2.1.2**'de tanımlanan iki sınıfa ayrılmıştır.

**10.2.1.1** – Deprem etkilerinin tamamının vidalı, bulonlu OSB veya kontrplak (plywood) duvar panelleri ile karşılandığı hafif çelik binalar (**Şekil 10.1**). Bu tür binalar *Süneklik Düzeyi Yüksek Sistemler* olarak alınacaktır.

**10.2.1.2** – Deprem etkilerinin tamamının çaprazlı paneller (**Şekil 10.2**) veya alçı levhalar içeren kaplamalı paneller ile karşılandığı hafif çelik binalar. Bu tür binalar *Süneklik Düzeyi Sınırlı Sistemler* olarak alınacaktır.



Şekil 10.1



Şekil 10.2

**10.2.1.3** – Bu iki sınıfa giren sistemlerin tasarımında uygulanacak olan *Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayıları (R)* ve *Dayanım Fazlalığı Katsayıları (D)* ile izin verilen *Bina Yükseklik Sınıfları (BYS)* **Tablo 4.1**'de verilmiştir.

**10.2.1.4** – Hafif çelik binaların taşıyıcı panelleri, planda olabildiğince düzenli ve ana eksenlere göre simetrik veya simetriğe yakın biçimde yerleştirilecektir. Tüm katlarda taşıyıcı panelleri üstüste gelecek şekilde düzenlenecektir.

## 10.2.2. İlgili Standartlar

**10.2.2.1** – Bu bölümün kapsamı içinde bulunan soğuk şekillendirilmiş çelik elemanlarla oluşturulan hafif çelik bina taşıyıcı sistemlerinin tasarımı, bu Yönetmelikte **Bölüm 2**, **Bölüm 3** ve **Bölüm 4**'te verilen hesap kuralları ve TS 498 Standardında öngörülen yükler gözönüne alınarak, diğer ilgili standartlara ve öncelikle bu bölümdeki kurallara göre yapılacaktır.

**10.2.2.2** – Bu bölümde yer almayan ve deprem tasarımı dışındaki hususlar için, uluslararası düzeyde kabul görmüş standart ve yönetmeliklerden yararlanılabilir.

### 10.2.3. Malzeme ve Birleşim Araçlarına İlişkin Koşullar

**10.2.3.1** – Soğuk şekillendirilmiş çelik elemanların malzemesi, TS EN 10025, TS EN 10346 ve TS EN ISO 1461 ile tanımlanmış, et kalınlıkları 0.45 mm ile 16 mm arasında değişen çelik yassı mamullerin şekillendirme makinelerinde bükülmesi ile elde edilen yapı malzemesidir.

**10.2.3.2** – Soğuk şekillendirilmiş çelik elemanların malzeme özellikleri aşağıdaki minimum koşulları sağlayacaktır.

(a) Minimum akma gerilmesi 235 MPa olacaktır.

(b) Kopma dayanımının akma gerilmesine oranı en az 1.08 olacaktır.

(c) Kopma birim uzama oranı minimum % 10 olan malzemeler *normal sünek malzeme*, kopma birim uzama oranı minimum % 16 olan malzemeler *yüksek sünek malzeme* olarak adlandırılırlar.

(d) Normal sünek malzemeler sadece aşık, cephe kuşakları ve taşıyıcı olmayan dikmelerde kullanılabilirler.

(e) Kopma dayanımı 550 MPa ve üzerinde olan malzemelerde, yukarıda (b) ve (c) paragraflarında belirtilen koşulların sağlandığı deneylerle kontrol edilecektir.

(f) Birleşimlerde matkap uçlu vidalar ve/veya bulonlar kullanılacaktır. Bu vidalar, ASTM C1513 veya eşdeğeri standartlar uyarınca yapılan deneylerde **Tablo 10.1**'de verilen minimum tork dayanımı, Rockwell yüzey sertliği ve Rockwell çekirdek sertliği değerlerini sağlayacaktır.

**Tablo 10.1 – Matkap Uçlu Vidalar İçin Koşullar**

Uluslararası No.	Vida Çapı (mm)	Minimum Tork Dayanımı (Nm)	Minimum Rockwell Yüzey Sertliği	Minimum Rockwell Çekirdek Sertliği
6	3.5	2.7	C 50	C 32
8	4.2	4.7		
10	4.8	6.9		
12	5.5	10.4		
¼"	6.3	16.9		

**10.2.3.3** – Hafif çelik binaların yatay yük taşıyıcı sistemlerinde kullanılacak ahşap esaslı levhalar TS EN 12369-1, 2, 3 standartlarına uygun olacaktır.

### 10.2.4. Enkesit Koşulları

**10.2.1.1** ve **10.2.1.2**'de belirtilen panel sistemlerin oluşturulmasında kullanılacak olan profillerin sağlaması gereken enkesit koşulları aşağıdaki maddelerde verilmiştir.

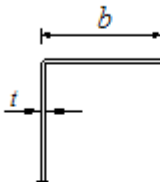
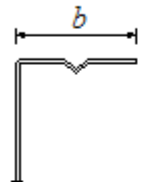
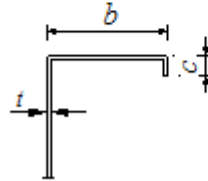
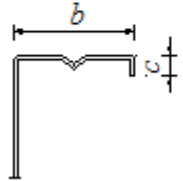
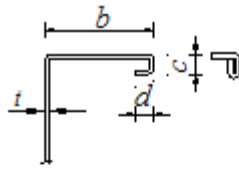
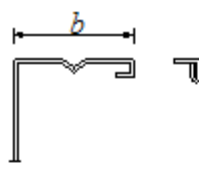
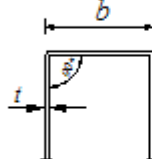
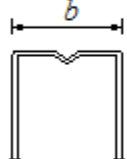
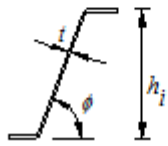
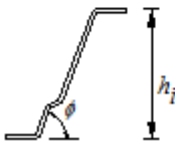
**10.2.4.1** – Soğuk şekillendirilmiş profillerden oluşan elemanlarda *başlık genişliği/başlık et kalınlığı*, *gövde yüksekliği/gövde et kalınlığı* ve *kenar berkitmesi uzunluğu/kenar berkitmesi et kalınlığı* oranlarına ilişkin sınır değerler **Tablo 10.2**'de verilmiştir.

**10.2.4.2** – **Tablo 10.2**'de verilen koşulların yanında, kenar berkitmelerinin etkin katkısının sağlanması için aşağıdaki koşullara da uyulacaktır.

$$0.20 \leq c / b \leq 0.60 \quad (10.1a)$$

$$0.10 \leq d / b \leq 0.30 \quad (10.1b)$$

**Tablo 10.2 – Enkesit Koşulları**

<i>ENKESİT ÖZELLİKLERİ</i>		<i>Sınır Değerler</i>
		$b/t < 50$
		$b/t < 60$ $c/t < 50$
		$b/t < 90$ $c/t < 60$ $d/t < 50$
		$b/t < 500$
		$h_i/t < 500 \cdot \sin(\phi)$ $45 < \phi < 90$

**10.2.4.3** –  $c/b < 0.20$  veya  $d/b < 0.10$  olması durumunda kenar berkitmelerinin katkısı gözardı edilecektir ( $c = 0$  veya  $d = 0$  olarak alınacaktır).

**10.2.4.4** –  $c/b > 0.60$  veya  $d/b > 0.30$  olması durumunda etkin enkesit özellikleri TS EN 1993-1-3 standardında verilen denklemlerle hesaplanacak ve deneyle doğrulanacaktır.

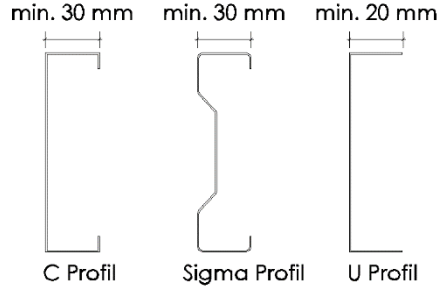
**10.2.4.5** – Profillerin iç büküm yarıçapları  $r_p < 5t$  ve  $r_p < 0.1b$  olması durumunda, bunların enkesit özelliklerine etkisi,  $r_p = 0$  alınarak gözardı edilecektir.

**10.2.4.6** – Profillerde açılacak deliklerde uyulması gereken koşullar **Ek 10A**'da verilmiştir.

**10.2.4.7** – Profillerin minimum başlık genişliği aşağıdaki sınır değerleri sağlayacaktır.

(a) C ve/veya  $\Sigma$  profillere bağlanacak kaplamaların vidalanabilmesini sağlamak için başlık genişliği minimum 30 mm olacaktır (**Şekil 10.3**).

(b) U profillerde başlık genişliği minimum 20 mm olacaktır (**Şekil 10.3**).



**Şekil 10.3**

### 10.2.5. Tasarım Yöntemi ve Yük Birleşimleri

**10.2.5.1** – Soğuk şekillendirilmiş çelik yapı elemanları ve birleşimleri, yapının işletme ömrü boyunca kendinden beklenen tüm fonksiyonları belirli bir *güvenlik* altında yerine getirebilecek düzeyde dayanım, kararlılık (stabilite) ve rijitliğe sahip olacaktır.

**10.2.5.2** – Hafif çelik bir bina taşıyıcı sisteminin tasarımında, sadece birinin uygulanması koşuluyla, esasları ve yük birleşimleri 04/02/2016 tarihli ve 29614 sayılı Resmi Gazetede yayımlanan “Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esaslarına Dair Yönetmelik” te tanımlanan *Güvenlik Katsayıları ile Tasarım* (GKT) yöntemi veya *Yük ve Dayanım Katsayıları ile Tasarım* (YDKT) yöntemi kullanılabilir. Ancak, temellerin tasarımında sadece YDKT yöntemi kullanılacaktır.

**10.2.5.3** – Bu Yönetmelik kapsamında, düşey yükler ve depremin ortak etkisi altında yapılacak kesit hesapları ile birleşim ve ek hesapları için gerekli olan tasarım kuralları GKT ve YDKT yöntemlerinin her ikisi için ayrı ayrı verilmiştir.

**10.2.5.4** – *Güvenlik Katsayıları ile Tasarım* (GKT) yönteminde, düşey yükler ve deprem etkileri altında uygulanacak yük birleşimleri **Denk.(10.2a)** ve **Denk.(10.2b)** de verilmiştir.

$$G + 0.75Q + 0.75S + 0.75(0.7E_d) \quad (10.2a)$$

$$0.6G + 0.7E_d + H \quad (10.2b)$$

Bu denklemlerde,  $G$  sabit yükü,  $Q$  hareketli yükü,  $S$  kar yükünü,  $H$  zemin yatay itkisini,  $E_d$  ise 4.4’e göre hesaplanan deprem etkisini göstermektedir.

**10.2.5.5** – *Yük ve Dayanım Katsayıları ile Tasarım* (YDKT) yönteminde düşey yükler ve deprem etkileri altında uygulanacak yük birleşimleri 4.4.4.2’de verilmiştir.

### 10.2.6. Deprem Hesabı

**10.2.6.1** – Deprem hesabında 4.7’de verilen *Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi* kullanılacak ve elastik tasarım spektral ivmesinin hesabı için  $T=0.2s$  alınarak 4.7.1’e göre bulunan eşdeğer deprem yükü esas alınacaktır. Eşdeğer deprem yükü, kaplama malzemelerinin veya çaprazlı panellerine birim boya ait yatay yük taşıma kapasitelerine ve plandaki konumlarına bağlı olarak taşıyıcı sistem elemanlarına dağıtılacaktır.

**10.2.6.2** – Deprem analizlerinde ve boyutlandırmada uygulanacak *Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı* ( $R$ ) ve *Dayanım Fazlalığı Katsayısı* ( $D$ ) **Tablo 4.1**’den alınacaktır.

**10.2.6.3** – OSB, kontrplak, alçı levha ve sac kaplama türleri ile oluşturulan paneller için 10.3.1’de belirtilen koşullar gözönüne alınacaktır.

**10.2.6.4** – Diğer kaplama malzemeleri kullanılarak oluşturulan panellerin kayma dayanımları, **Ek 10C**'de belirtilen esaslara göre ve **1.4**'e göre deney yapılarak belirlenecek ve belgelendirilecektir.

### **10.2.7. Hafif Çelik Bina Sistemlerinin Yükseklik Sınırları**

**10.2.7.1** – Hafif çelik bina sistemlerinin yükseklik sınırları **Tablo 4.1**'de verilmiştir.

**10.2.7.2** – Alçı Levha ile oluşturulan *Kaplamalı Panel Sistemleri*'nin deprem talebini tek başına karşılamalarına izin verilmez. Bu sistemlerin, kat adedine bağlı olarak deprem talebini en çok karşılama oranları **Tablo 10.3**'te verilmiştir. Arta kalan deprem talebi, diğer yatay yük taşıyıcı sistemlere **10.2.6.1**'de açıklanan yaklaşım ile dağıtılarak karşılanacaktır.

**Tablo 10.3 – Alçı Levha İle Oluşturulan Kaplamalı Panel Sistemler İçin Deprem Talebini En Fazla Karşılama Oranları**

Kat	Deprem Talebini En Fazla Karşılama Oranları (%)		
	Kat Adedi		
	3	2	1
3.Kat	80	-	-
2.Kat	60	80	-
1.Kat	40	60	80

### **10.3. PANELLERİN TASARIM ESASLARI**

Kaplamalı tipik bir kayma paneli **Şekil 10.4**'te verilmiştir. Panelin kayma rijitliği ve dayanımı birleşim elemanlarının aralığına bağlı olarak belirlenir. Soğuk şekillendirilmiş çelik profillerle oluşturulan paneller için tasarım yaklaşımı, bir kattaki toplam kesme talebinin o kattaki panellerin görece taşıma kapasitelerine göre dağılımını esas alır.

(a) Bir panelin kesme kapasitesi, bu panele gelen kesme kuvveti talebinden daha büyük olacaktır.

(b) Dikmelerin aksel kuvvet taşıma kapasiteleri, dikmelere etkileyen aksel kuvvetlerden daha büyük olacaktır.

(c) Kesme kuvveti aktaran ankrajlar ile temel ve kat bağlantı ankrajlarının tasarımı, taban kesme kuvvetini, kat kesme kuvvetini ve devrilme momentini karşılayacak şekilde yapılacaktır.

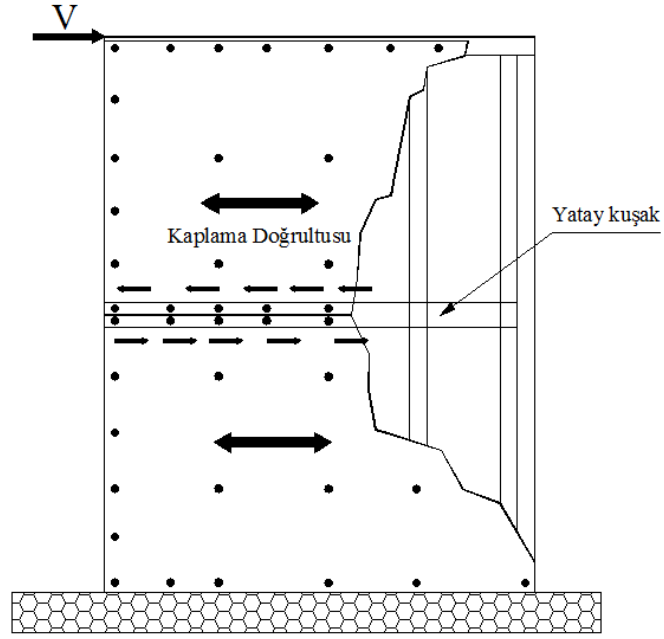
#### **10.3.1. Kaplamalı Panel Sistemlerinin Oluşturulması**

*Kaplamalı Panel Sistemleri*'nin oluşturulmasında uyulacak kurallar aşağıda verilmiştir.

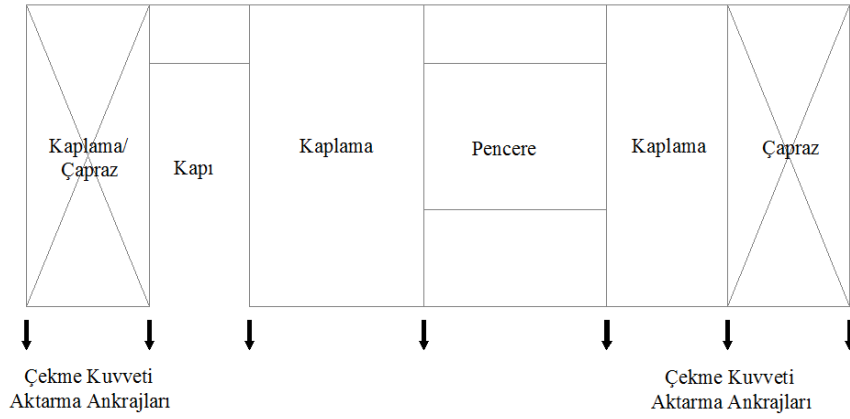
**10.3.1.1** – Kaplamanın taşıyıcı olarak kabul edilebilmesi için, en büyük dikme aralığı " $c_d$ " 625 mm olacaktır (**Şekil 10.4**).

**10.3.1.2** – Taşıyıcı dikmeler, et kalınlığı en az 0.8 mm, gövde yüksekliği en az 70 mm olan C-veya  $\Sigma$ -enkesitli elemanlardan oluşacaktır ve bu elemanların kenar berkitme boyu en az 9 mm olacaktır. Daha farklı bir enkesit kullanılması durumunda, kullanılan enkesitin hesap yükünü güvenli olarak taşıdığı gösterilmelidir.





Şekil 10.5



Şekil 10.6

### 10.3.2. Panel Tasarımı

**10.3.2.1** – Paneldeki kesme kuvveti talebi, seçilecek tasarım yöntemine göre, **Denk.(10.3a)** ve **Denk.(10.3b)**'den uygun olanı seçilerek hesaplanan kesme kuvveti kapasitesinden küçük olacaktır:

(a) *Güvenlik Katsayıları ile Tasarım (GKT)* yöntemi için:

$$V_c = \frac{1}{\Omega} v_c \sum \ell_i \quad (10.3a)$$

(b) *Yük ve Dayanım Katsayıları ile Tasarım (YDKT)* yöntemi için:

$$V_c = \phi v_c \sum \ell_i \quad (10.3b)$$

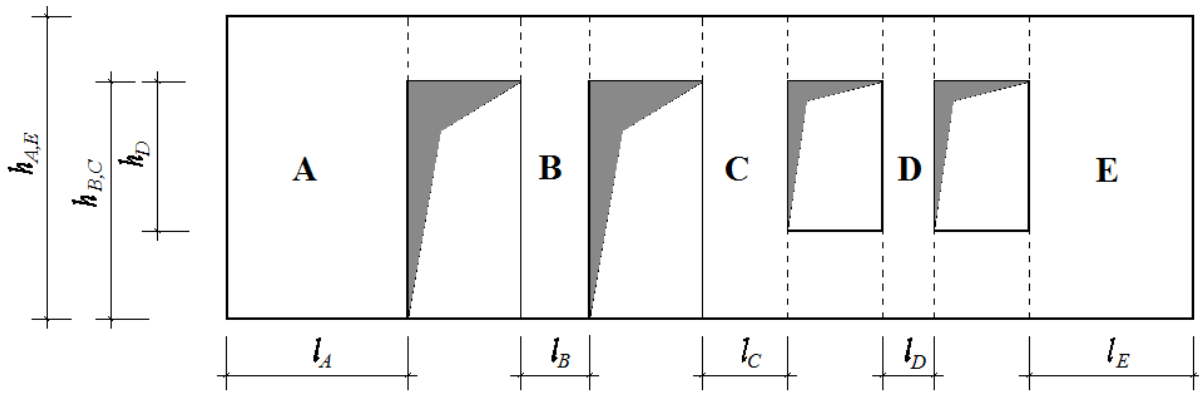
Birim boya ait karakteristik kayma dayanımı  $v_c$ , **Tablo 10.5**'ten elde edilecek ve deprem durumu için ilgili katsayılar **Tablo 10.4**'ten alınarak **Denk.(10.3a)** veya **Denk.(10.3b)**'de

kullanılacaktır. Tasarımda rüzgar yüklerinin daha etkin olması durumunda GKT ve YDKT yöntemleri için, sırasıyla  $\Omega = 2.0$  ve  $\phi = 0.65$  alınacaktır.

**Tablo 10.4 – Güvenlik ve Dayanım Katsayıları**

Tasarım Yöntemi		Deprem
Güvenlik Katsayıları ile Tasarım Yöntemi (GKT)	$\Omega$	2.5
Yük ve Dayanım Katsayıları ile Tasarım Yöntemi (YDKT)	$\phi$	0.6

**10.3.2.2** – Tasarımda, genişliği  $\ell \geq 30$  cm olan ve *yükseklik/genişlik* oranı  $h / \ell \leq 4$  koşulunu sağlayan panellerin katkısı dikkate alınacaktır (**Şekil 10.7**). *Yükseklik/genişlik* oranı  $2 \leq h / \ell \leq 4$  aralığında olan panellerin birim boya ait  $v_c$  kayma dayanımı, **Tablo 10.5**'ten elde edilen değerler  $2\ell / h$  oranı ile çarpılarak elde edilecektir.



**Şekil 10.7**

**10.3.2.3** – Panellerin birim boya ait kayma dayanımları ve bu değerlerin elde edilmesinde kullanılan minimum koşullar **Tablo 10.5**'te verilmiştir. **Tablo 10.5**'te verilen değerler, panelin tek yüzüne kaplama yapılmasına karşı gelen değerlerdir ve aşağıda belirtilen kurallara uyulacaktır.

(a) Panelin aynı yüzüne birden fazla kaplama uygulanması durumunda, sadece panel yüzü ile temas eden malzeme için **Tablo 10.5**'te verilen dayanım değerleri kullanılacaktır.

(b) Panelin her iki yüzüne aynı kaplamanın, aynı vida yerleşimi ile kaplanması durumunda, **Tablo 10.5**'te tek yüz için verilen *birim boya ait kayma dayanım değerleri* her iki yüz için toplanarak kullanılır. Bu durumda, panel kenar dikmelerinin, alt ve üst başlık profillerinin oluşan kayma kuvvetini güvenli bir şekilde karşıladığı hesapla gösterilecektir.

(c) Panelin iki yüzünde farklı kaplama malzemesi kullanılması durumunda, birim boy için kayma dayanımının hesabı için, **Tablo 10.5**'te verilen dayanım değerleri kullanılarak, küçük kayma dayanımına sahip kaplama malzemesi dayanımının 2 katı ile büyük kayma dayanımına sahip kaplama malzemesinin kayma dayanımı karşılaştırılacak ve bunlardan büyük olan değer alınacaktır.

(d) Panel yapımında kullanılacak minimum vida çapları **Tablo 10.5**'te verilmiştir.

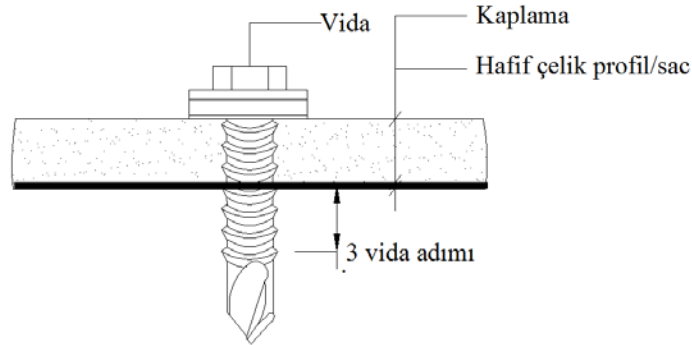
**Tablo 10.5 – Panellerin Birim Boya Ait Kayma Dayanımları<sup>(\*,\*\*)</sup> (kN/m)**

Panel Malzemesi	h/l	Panel kenar dikmeleri için/ ara dikmeler için kaplama vida aralıkları (mm)				Dikme minimum et kalınlığı (mm)	Minimum vida çapı (mm)
		Birim boya ait kayma dayanımı (kN/m)					
12.5 mm Alçı Levha	2:1	200/300	150/300	100/300	100/100		
		2.7	3.1	3.4	-	0.9	3.5
12 mm kontrplak	2:1	150/300	100/300	75/300	50/300		
		11.4	14.4	-	-	0.9	4.2
		13.0	19.4	25.9	32.0	1.1	4.2
11 mm OSB	2:1	150/300	100/300	75/300	50/100		
		10.2	13.4	-	-	0.9	4.2
		12.0	18.0	22.6	30.0	1.1	4.2
		18.0	27.0	33.7	45.0	1.4	4.8
		150/300	100/300	75/300	50/300		
0.46 mm sac	2:1	5.7	-	-	-	0.9	4.2
0.68 mm sac	4:1		14.6	15.8	17.1	0.9	4.2

\* Bu tabloda yer alan ancak kaplama vida aralıklarına göre değerleri yer almayan panel malzemeleri ile bu tabloda yer almayan diğer malzemeler için **Ek 10.C**'ye göre deney yapılacak ve karakteristik dayanım değerleri, deneyden elde edilen sonuçlara uygun olarak, **10.3.2.3(a), (b) ve (c)** paragraflarında belirtilen durumlarda dikkate alınacaktır.

\*\* Bu tabloda yer alan değerler **Ek 10.C**'ye göre yapılan deneylerle doğrulanması durumunda kullanılacaktır. Deney sonuçlarının tablodaki değerlerden farklı olması durumunda deneyden elde edilen değerler kullanılacaktır.

**(e)** Panellerin kaplamaları yapılırken birleşim vidalarının kaplamanın içine gömülmesine izin verilmeyecek ve vidaların profil/sac içine minimum 3 vida adımı ilerlemesi sağlanacaktır. Uygulamada, vida önce kaplamaya sonra sac malzemeye girecektir (**Şekil 10.8**).



**Şekil 10.8**

### 10.3.3. Dikme Tasarımı

Kaplamalı panel sistemlerde, yatay yüklerden dolayı kenar dikmelerde oluşan aksenal kuvvetler aşağıdaki **Denk.(10.4)** ve **Denk.(10.5)** ile hesaplanacaktır (**Şekil 10.9**).

$$M_i = v_d \ell_i h \quad (10.4)$$

$$T_i = C_i = \frac{M_i}{\ell_i} \quad (10.5)$$

Bu şekilde hesaplanan aksenal kuvvetler ve düşey yüklerden oluşan aksenal kuvvetlerin toplamı altında, dikme tasarımı aşağıdaki şekilde yapılacaktır.

Dikmenin aksenal basınç dayanımı  $P_n$ , aşağıdaki şekilde belirlenecektir.

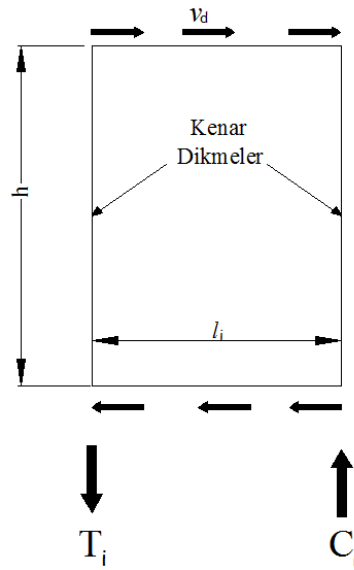
*Yük ve Dayanım Katsayıları ile Tasarım* (YDKT) yöntemi için:

$$P_n = 0.85 A_{\text{etk}} F_n \quad (10.6a)$$

*Güvenlik Katsayıları ile Tasarım* (GKT) yöntemi için:

$$P_n = 0.56 A_{\text{etk}} F_n \quad (10.6b)$$

Bu ifadelerdeki  $A_{\text{etk}}$  etkin alanı TS EN 1993-1-3 Bölüm 5.5'te verilen ilgili denklemlerden yararlanarak belirlenecektir.



Şekil 10.9

**10.3.3.1** – Dikmenin  $F_n$  karakteristik basınç dayanımının hesabı aşağıda açıklanmıştır.

(a) Dikmenin  $F_n$  karakteristik basınç dayanımı, dikmenin eğilmeli burkulma sınır durumu için **Denk.(10.7)** veya **Denk.(10.8)** ile hesaplanacaktır:

$$F_n = \left(0.658^{\lambda_c^2}\right) F_y \quad (\lambda_c \leq 1.5 \text{ için}) \quad (10.7)$$

$$F_n = \left(\frac{0.877}{\lambda_c^2}\right) F_y \quad (\lambda_c > 1.5 \text{ için}) \quad (10.8)$$

Burada,

$$\lambda_c = \sqrt{\frac{F_y}{F_e}} \quad (10.9)$$

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} \quad (10.10)$$

$$r = \sqrt{I/A} \quad (10.11)$$

denklemleri ile belirlenecektir.

**(b)** Dikmelerde burulmalı ve burulmalı-eğilmeli burkulma sınır durumuna göre,  $F_n$  karakteristik basınç dayanımı TS EN 1993-1-3 Bölüm 6.2 veya AISI S100 Bölüm C4'e göre belirlenecektir.

### 10.3.4. Birleşimlerin Tasarımı

Soğuk şekillendirilmiş çelik elemanlar vida ve/veya bulonlarla birleştirilecektir. Birleşimlerde, vidalar veya bulonlar kendilerine etkiyen kuvvetler altında tasarlanacaktır. Vida veya bulonların taşıyacağı kuvvetler farklı göçme biçimleri için farklı denklemler kullanılarak hesaplanacaktır. Matkap uçlu vidalar ve bulonlar için alternatif dayanım hesapları **Ek 10B'** de verilmiştir.

Her vida için *tasarım kayma dayanımı*  $P_s$  ve *tasarım çekip-çıkarma dayanımı*  $P_t$  vidanın kaplama ile temasta olduğu varsayımıyla aşağıdaki denklemler ile hesaplanacaktır.

**(a)** *Yük ve Dayanım Katsayıları ile Tasarım (YDKT)* için:

$$P_{ns} = \min(P_{ns1}, P_{ns2}, P_{ns3}) \quad P_s = \phi(P_{ns}) \quad (10.12a)$$

$$P_{nt} = \min(P_{nov}, P_{not}) \quad P_t = \phi(P_{nt}) \quad (10.12b)$$

$\phi = 0.5$  (*Dayanım katsayısı*)

**(b)** *Güvenlik Katsayıları ile Tasarım (GKT)* için:

$$P_{ns} = \min(P_{ns1}, P_{ns2}, P_{ns3}) \quad P_s = \frac{1}{\Omega}(P_{ns}) \quad (10.13a)$$

$$P_{nt} = \min(P_{nov}, P_{not}) \quad P_t = \frac{1}{\Omega}(P_{nt}) \quad (10.13b)$$

$\Omega = 3.0$  (*Güvenlik katsayısı*)

**10.3.4.1 – Karakteristik kayma dayanımı**  $P_{ns}$  aşağıdaki denklemler ile hesaplanacak ve **(a)**, **(b)**, **(c)** paragraflarında ifade edilen koşullara göre belirlenecektir.

$$P_{ns1} = 4.2\sqrt{t_2^3 d_v} F_{u2} \quad (\text{yan yatma sınır durumu için}) \quad (10.14)$$

$$\left. \begin{aligned} P_{ns2} &= 2.7t_1 d_v F_{u1} \\ P_{ns3} &= 2.7t_2 d_v F_{u2} \end{aligned} \right\} (\text{ezilme sınır durumu için}) \quad (10.15)$$

$$P_{ns3} = 2.7t_2 d_v F_{u2} \quad (10.16)$$

**(a)**  $t_2 / t_1 \leq 1$  olması durumunda;

$$P_{ns} = \min(P_{ns1}, P_{ns2}, P_{ns3}) \quad (10.17)$$

**(b)**  $t_2 / t_1 \geq 2.5$  olması durumunda;

$$P_{ns} = \min(P_{ns2}, P_{ns3}) \quad (10.18)$$

(c)  $1.0 < t_2 / t_1 < 2.5$  olması durumunda , (a) ve (b) paragrafları ile hesaplanan  $P_{ns}$  değerleri arasında doğrusal enterpolasyon yapılacaktır.

**10.3.4.2** – Sacdan vida başını karakteristik çekip-çıkarma dayanımı **Denk.(10.19)** ile hesaplanacaktır:

$$P_{nov} = 1.5t_1d_wF_{u1} \quad (10.19)$$

Burada  $d_w$  , 13 mm'den büyük, kullanılan pul kalınlığı 1.3 mm'den küçük olmayacaktır.

**10.3.4.3** – Sacdan vida ucunu karakteristik çekip-çıkarma dayanımı **Denk.(10.20)** ile hesaplanacaktır:

$$P_{not} = 0.85t_c d_v F_{u2} \quad (10.20)$$

**10.3.4.4** – *Kaplamalı Panel Sistemler*'in birleşimlerinde aşağıdaki sınırlamalara uyulacaktır:

(a) Kenar dikmelerde vida aralığı en çok  $s = 200$  mm olacaktır.

(b) İç dikmelerde vida aralığı en çok  $p = 300$  mm olacaktır.

(c) Kayma panelinin kenarları boyunca vidaların kenar mesafesi en az 10 mm olacaktır.

(d) Paneli oluşturan sac elemanların birleşiminde kullanılacak vidanın boyu en az  $2t_{dikme} + 10$  mm olacaktır. Ayrıca vidalar, vida başının temas etmediği sacın içine en az 3 vida adımı girecektir.

(e) Kaplama malzemesinin panele birleşiminde kullanılacak vidanın boyu en az  $t_{kaplama} + 2t_{dikme} + 10$  mm olacaktır. Ayrıca vidalar, vida başının temas etmediği sacın içine en az 3 vida adımı girecektir (**Şekil 10.8**).

**10.3.4.5** – Kayma ve bağlantı ankrajları TS EN ISO 898-1 standartına uygun olacaktır.

**10.3.4.6** – Kayma ankrajı, oluşan kesme kuvvetini aktaracak sayıda yerleştirilecektir.

## **10.4. YATAY YÜK TAŞIYAN PANELLER İÇİN UYULMASI GEREKEN KOŞULLAR**

*Kaplamalı Panel Sistemler* ve *Çaprazlı Panel Sistemler*'in tasarımında uyulması gereken koşullar aşağıda verilmiştir.

### **10.4.1. Kaplamalı Panel Sistemler için Koşullar**

Sac, OSB, kontrplak ve alçı levha kaplı panellerin tasarımında aşağıdaki koşullar dikkate alınacaktır.

**10.4.1.1** – Birleşimler aşağıda verilen koşullara göre boyutlandırılacaktır.

(a) Panel kenar dikmeleri, alt başlık, üst başlık elemanları ve var ise kuşak profilleri **Tablo 4.1**'de verilen ilgili dayanım fazlalığı katsayısı  $D$  ile artırılmış yükleme durumlarından meydana gelen kuvvetleri karşılayacak şekilde boyutlandırılacaktır.

(b) Vidaların çekip-çıkarma dayanımları deprem yüklerinden oluşan çekme kuvvetlerini karşılamak için kullanılamaz.

(c) Paneller, kenar dikmelerinin olduğu bölgelerde, oluşan çekme kuvvetlerini ankrajlarla alttaki sisteme güvenle aktaracak şekilde bağlanacaktır.

(d) Ankrajların boyutlandırılmasında, **Tablo 4.1**'de verilen  $D$  dayanım fazlalığı katsayısı uygulanarak büyütülen iç kuvvetler kullanılacaktır.

**10.4.1.2** – Temeller **Tablo 4.1**'de verilen  $D$  dayanım fazlalığı katsayısı uygulanarak büyütülen iç kuvvetler altında boyutlandırılacaktır.

**10.4.1.3** – Panel dikmelerinin et kalınlığı **Tablo 10.5**'te belirtilen dikme et kalınlıklarından daha küçük olmayacaktır.

#### **10.4.2. Çaprazlı Panel Sistemler için Koşullar**

**10.4.2.1** – Çaprazlı panel sistemlerin elemanları ve birleşimleri aşağıda verilen kurallara uygun olarak boyutlandırılacaktır.

(a) Çapraz elemanların bağlandığı panel kenar dikmeleri, başlık elemanları ve birleşim elemanları, yatay yüklerden dolayı bu elemanlarda oluşan  $P_{n,tasarım}$  eksenel kuvvetlerinin **Tablo 4.1**'de verilen  $D$  dayanım fazlalığı katsayısı uygulanarak büyütülmesi ile hesaplanan kuvvetleri karşılayacak şekilde boyutlandırılacaklardır.

(b) Çapraz elemanın eksenel kuvvet hesap dayanımı  $P_{n,çapraz}$ , eksenel kuvvetinin çekme olması durumunda,

*Güvenlik Katsayıları ile Tasarım (GKT) yöntemi için :*

$$P_{n,çapraz} = \frac{1}{\Omega_t} A_g F_y \quad (10.21a)$$

$$\Omega_t = 1.67$$

*Yük ve Dayanım Katsayıları ile Tasarım (YDKT) yöntemi için :*

$$P_{n,çapraz} = \phi_t A_g F_y \quad (10.21b)$$

$$\phi_t = 0.90$$

şeklinde hesaplanacaktır.

Eksenel kuvvetin basınç olması durumunda  $P_{n,çapraz}$  hesap dayanımı, seçilecek tasarım yöntemine göre **Denk.(10.6a)** veya **Denk.(10.6b)** kullanılarak hesaplanacaktır.

(c) Çekme kuvveti etkisi altında, çaprazların kenar dikmelerine ve başlık elemanlarına birleştirildiği noktada net enkesit hesap dayanım kontrolü yapılacak ve **Denk.(10.23)** koşulunun sağlandığı gösterilecektir.

$$P_{net,çapraz} = A_{net} F_u \quad (10.22)$$

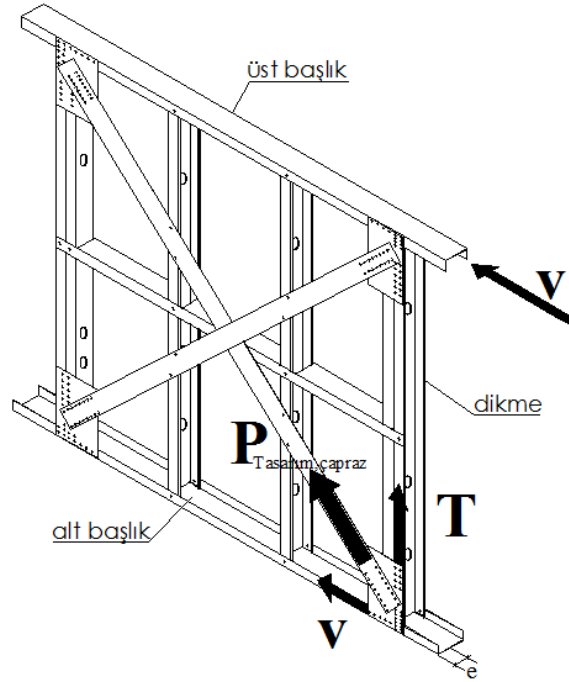
$$P_{net,çapraz} \geq 1.20 P_{n,çapraz} \quad (10.23)$$

**Denk.(10.23)**'teki 1.20 katsayısı net enkesit hesap dayanımı ile enkesit hesap dayanımı için esas alınan güvenlik katsayılarının (2/1.67) ve dayanım azaltma katsayılarının (0.9/0.75) oranından elde edilmiştir.

(d) Vidaların çekip-çıkarma dayanımları deprem yüklerini karşılama hesaplarında kullanılmaz.

### 10.4.3. Çapraz Elemanları Sadece Çekme Etkisi Altında Olan Çaprazlı Panel Sistemler için Ek Özel Koşullar

- (a) Panelin her iki tarafında şerit çapraz uygulanmaması durumunda, dış merkezlikten oluşacak moment etkisi " $T \times e$ " olarak dikme hesaplarında dikkate alınacaktır. (Şekil 10.10).
- (b) Şerit çaprazların bağlantıları gergin bir şekilde yapılacaktır.
- (c) Temeller **Tablo 4.1**'de verilen  $D$  dayanım fazlalığı katsayısı uygulanarak büyütülen iç kuvvetler altında boyutlandırılacaklardır.
- (d) Yatay yük taşıyan panel dikmelerinde,  $h$  panel yüksekliği olmak üzere en çok  $h/2$  aralıklarda yatay kuşak konulacaktır (Şekil 10.2).



Şekil 10.10

### 10.5. DÖŞEMELER

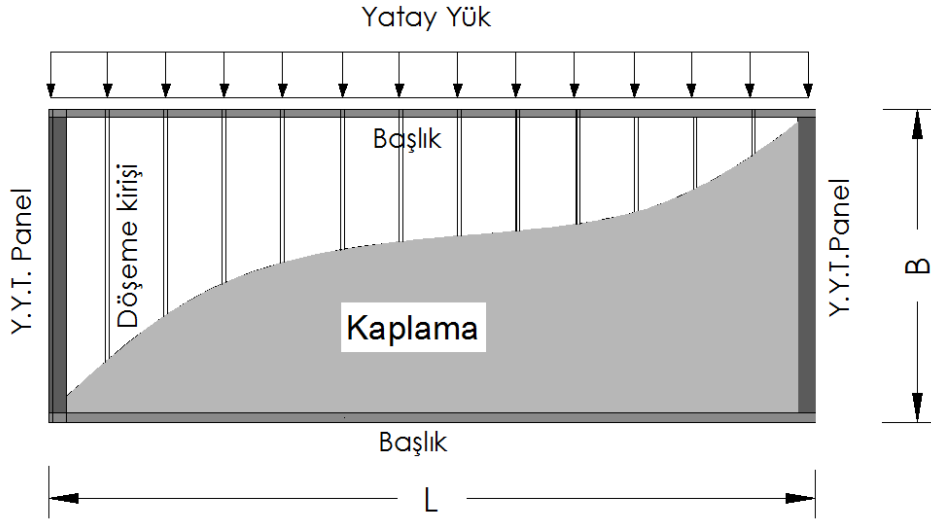
Döşemeler, depremden dolayı kendi düzlemlerinde oluşan kuvvetleri yatay yük taşıyıcı (Y.Y.T) panellere güvenli olarak aktaracak şekilde hesaplanacaktır (Şekil 10.11). Hafif çelik yapılarda döşeme sistemi, kirişler ve şekillendirilmiş çelik sac (trapez), ahşap veya çimento esaslı elemanlar ile oluşturulabilir. Döşemelerin deprem kuvvetlerinin yatay yük taşıyıcı sisteme güvenle aktarılmasını sağlayacak düzeyde rijit olması için gerekli önlemler alınacaktır.

Döşeme kaplamasının diyafram görevini yerine getirebilmesi için gerekli koşullar aşağıda verilmiştir.

- (a) Döşemelerin deprem etkileri altında boyutlandırılmasında, **Tablo 4.1**'de verilen  $D$  dayanım fazlalığı katsayısı uygulanacaktır.
- (b) Diyafram kuvvetlerinin, uygun bağlantılarla (vida, bulon) yatay yük taşıyıcı düşey panellere, döşeme kirişlerine ve başlık elemanlarına güvenle aktarıldığı hesapla gösterilecektir.
- (c) Diyafram davranışından dolayı oluşan başlık kuvvetlerinin taşınabilmesi için, gerekli olan durumlarda boyuna aktarma elemanları kullanılacaktır.

(d) Döşemelerde açılacak boşluklar için, boşluk alanı döşeme alanının %3'ünü aşmadığı sürece, ayrıca bir hesap yapılmasına gerek yoktur.

(e) Döşeme kirişlerinin mesnetlenmesinde, minimum oturma mesafesi 40 mm olacaktır.



Şekil 10.11

## EK 10A – ELEMANLARDA AÇILACAK DELİKLER İÇİN KURALLAR

### 10A.0. SİMGELER

$h$	=	Profilin düz gövde yüksekliği
$R_d$	=	Dairesel delik çapı
$r_d$	=	Dairesel olmayan deliklerde köşelerin iç büküm yarıçapı
$t$	=	Profil et kalınlığı

### 10A.1. KAPSAM VE GENEL HUSUSLAR

Bu bölümde, mekanik ve elektrik tesisatları için veya diğer nedenlerle taşıyıcı elemanlarda açılacak deliklerle ilgili olarak, uyulması gereken koşullar verilmiştir.

### 10A.2. DELİKLER İÇİN KURALLAR

Profil gövdelerine delik açılması gerektiğinde, aşağıdaki kurallara uyulacak ve enkesit hesaplarında delik kayıpları dikkate alınacaktır.

- (a) Profillerin gövdelerinde açılacak delikler mutlaka gövdenin düşey eksenini ortalayacaktır.
- (b) Profildeki dairesel delik çapı,  $R_d$  ve profilin düz olan gövde yüksekliği,  $h$  olmak üzere  $R_d / h < 0.70$  olacaktır.
- (c) Delik açılması durumunda  $h / t < 200$  enkesit koşulu sağlanacaktır.
- (d) Delikler arasındaki uzaklık eksenden eksene en çok 600 mm olacaktır.
- (e) Delikler arası net uzaklık en az 450 mm olacaktır.
- (f) Dairesel deliklerin çapı en çok 150 mm olacaktır.
- (g) Delikler profillerin ucundan en az 300 mm net uzaklıkta açılacaktır.
- (h)  $R_d / h < 0.38$  olması durumunda, dayanım hesaplarında deliğin etkisi ihmal edilebilir.
- (i) Dairesel olmayan deliklerde, delik yüksekliği en fazla 65 mm, delik boyu ise en fazla 115 mm olacaktır.
- (j) Dairesel olmayan deliklerde köşelerin iç büküm yarı çapları  $r_d > 2t$  koşulunu sağlayacaktır.

## EK 10B – MATKAP UÇLU VİDALAR VE BULONLAR İÇİN DAYANIM HESAPLARI

### 10B.0. SİMGELER

$A_{\text{net}}$	= Net enkesit alanı
$A_s$	= Bulon dış dibi alanı
$d_b$	= Karakteristik bulon çapı
$d_o$	= Delik çapı
$d_v$	= Karakteristik vida çapı
$d_w$	= Pul veya vida başı çapının büyük olanı
$e_1$	= Birleşim elemanı vida veya bulon deliğinin birleştirilen sac veya profilin sonuna olan mesafesi (Yük aktarma doğrultusuna paralel)
$e_2$	= Birleşim elemanı vida veya bulon deliğinin birleştirilen sac veya profilin kenarına olan mesafesi (Yük aktarma doğrultusuna dik)
$F_{b,Rd}$	= Ezilme dayanımı
$F_{n,Rd}$	= Net enkesit dayanımı
$F_{o,Rd}$	= Sacdan vida ucunu çekip çıkarma dayanımı
$F_{p,Rd}$	= Sacdan vida başını çekip çıkarma dayanımı
$F_{t,Rd}$	= Deneyler ile belirlenmiş vida çekme dayanımı
$F_{u,\text{sup}}$	= Vidanın bağlandığı profil veya sacın kopma dayanımı
$F_u$	= Sac minimum kopma dayanımı
$F_{ub}$	= Bulon kopma dayanımı
$F_{v,Rd}$	= Vida kesme dayanımı
$F_{v,Rk}$	= Deney sonucu belirlenmiş karakteristik vida kesme dayanımı
$s_v$	= Vida adımı
$p_1$	= Birleşim elemanı vidaların veya bulon deliklerinin eksenden eksene olan mesafesi (Yük aktarma doğrultusuna paralel)
$p_2$	= Birleşim elemanı vidaların veya bulon deliklerinin eksenden eksene olan mesafesi (Yük aktarma doğrultusuna dik)
$t_i$	= Birleşimde ince olan sacın et kalınlığı
$t_k$	= Birleşimde kalın olan sacın et kalınlığı
$t_{\text{sup}}$	= Vidanın bağlandığı profil veya sacın et kalınlığı
$\alpha$	= Ezilme dayanımı için kullanılan değişken katsayı

## 10B.1. KAPSAM

**10B.1.1** – Bu bölümde matkap uçlu vidaların dayanım hesapları için kullanılacak denklemler ve bu denklemlerin uygulama koşulları verilmiştir.

Bu denklemlerde 1/1.25 dayanım azaltması katsayısı kullanılmıştır.

(a) Vidaların kesme kuvveti etkisi altında olduğu durumlarda,

*Ezilme dayanımı Denk.(10B.1)* ile hesaplanacaktır.

$$F_{b,Rd} = 0.80 \alpha F_u d_v t_i \quad (10B.1)$$

Bu denklemde  $\alpha$  katsayısı aşağıdaki şekilde belirlenecektir.

$t_i = t_k$  olması veya  $t_k \geq 2.5t_i$  ve  $t_i < 1.0$  mm olması durumunda

$$\alpha = 3.2 \sqrt{\frac{t_i}{d_v}} \leq 2.1 \quad (10B.2a)$$

$t_k \geq 2.5t_i$  ve  $t_i \geq 1.0$  mm olması durumunda

$$\alpha = 2.1 \quad (10B.2b)$$

$t_i < t_k < 2.5t_i$  olması durumunda  $\alpha$  doğrusal enterpolasyonla elde edilecektir.

*Net enkesit dayanımı Denk.(10B.3)* ile hesaplanacaktır.

$$F_{n,Rd} = 0.80 A_{net} F_u \quad (10B.3)$$

*Vida kesme dayanımı:*

Vidaların kesme dayanımı, deney ile belirlenecek ve ayrıca aşağıdaki koşulları da sağlayacaktır.

$$F_{v,Rd} = 0.80 F_{v,Rk} \quad (10B.4)$$

$$F_{v,Rd} \geq 1.20 F_{b,Rd} \text{ veya } \sum F_{v,Rd} \geq 1.20 F_{n,Rd} \quad (10B.5)$$

(b) Vidaların çekme kuvveti etkisi altında olduğu durumlarda,

*Sacdan vida ucunu çekip-çıkarma dayanımı:*

$$t_{sup} / s_v < 1.0 \text{ için } F_{o,Rd} = 0.36 d_v t_{sup} F_{u,sup} \quad (10B.6)$$

$$t_{sup} / s_v \geq 1.0 \text{ için } F_{o,Rd} = 0.52 d_v t_{sup} F_{u,sup} \quad (10B.7)$$

*Sacdan vida başını çekip çıkarma dayanımı:*

Statik yükler altında,

$$F_{p,Rd} = 0.80 d_w t_i F_u \quad (10B.8)$$

Deprem etkisi altında,

$$F_{p,Rd} = 0.40 d_w t_i F_u \quad (10B.9)$$

Vidaların çekme dayanımı deney ile belirlenecektir ve ayrıca aşağıdaki koşulları da sağlayacaktır.

$$F_{t,Rd} \geq F_{o,Rd} \text{ veya } \sum F_{p,Rd} \leq F_{t,Rd} \quad (10B.10)$$

(c) (a) ve (b) paragraflarında verilen tüm denklemler aşağıdaki koşulları da sağlayacaktır.

$$e_1 \geq 3d_v$$

$$p_1 \geq 3d_v$$

$$3\text{mm} \leq d_v \leq 8\text{mm}$$

$$e_2 \geq 1.5d_v$$

$$p_2 \geq 3d_v$$

Çekme etkisi altında :  $0.5\text{mm} \leq t_i \leq 1.5\text{mm}$  ve  $t_k \geq 0.9\text{mm}$

$$F_u \leq 550\text{MPa}$$

(a) ve (b) paragraflarında verilen denklemlerde vida başlarının ince sac ile temasta olduğu kabul edilmiştir. Ayrıca, vida başından çekip çıkarma dayanımı hesaplanırken, pul başlı vida kullanılması halinde, vida başının gerekli dayanımı sağlayacağı kabul edilmiştir.

**10.B.1.2** – Bu bölümde bulonların dayanım hesapları için kullanılacak denklemler ve bu denklemlerin uygulama koşulları verilmiştir.

Bu denklemlerde 1/1.25 dayanım azaltması katsayısı kullanılmıştır.

(a) Bulonların kesme kuvveti etkisi altında olduğu durumlarda:

*Ezilme dayanımı Denk(10B.11) ile hesaplanacaktır.*

$$F_{b,Rd} = 2\alpha_b k_t F_u d t_i \quad (10B.11)$$

$\alpha_b$  değeri için,  $e_1 / 3d_b$  veya 1.0 değerlerinden küçük olanı kullanılacaktır.

$0.75\text{mm} < t_i < 1.25\text{mm}$  olması durumunda

$$k_t = (0.8t_i + 1.5) / 2.5 \quad (10B.12)$$

$t_i > 1.25\text{mm}$  olması durumunda

$$k_t = 1 \quad (10B.13)$$

*Net Enkesit dayanımı:*

$$F_{n,Rd} = 0.80 [1 + 3r(d_o / u - 0.3)] A_{net} F_u \quad (10B.14)$$

$$F_{n,Rd} \leq 0.80 A_{net} F_u \quad (10B.15)$$

$r = [\text{Enkesitte yer alan bulon sayısı}] / [\text{Birleşimde yer alan toplam bulon sayısı}]$

$u = 2e_2$  ve  $u \leq p_2$  (Şekil 10B.1)

*Bulon kesme dayanımı Denk.(10B.16) veya Denk.(10B.17) ile hesaplanacaktır.*

Bulon kalitesi 4.6, 5.6 ve 8.8 için **Denk.(10B.16)** geçerlidir.

$$F_{v,Rd} = 0.48 F_{ub} A_s \quad (10B.16)$$

Bulon kalitesi 4.8, 5.8 ve 10.9 için **Denk.(10B.17)** ve **Denk.(10B.18)** geçerlidir.

$$F_{v,Rd} = 0.40F_{ub}A_s \quad (10B.17)$$

$$F_{v,Rd} \geq 1.20F_{b,Rd} \text{ veya } \sum F_{v,Rd} \geq 1.20F_{n,Rd} \quad (10B.18)$$

(b) Çekme kuvveti etkisinde olan bulonlarda *çekip-çıkarma dayanımı* hesaplanmaz.

*Bulon çekme dayanımı:*

$$F_{p,Rd} = 0.72F_{ub}A_s \quad (10B.19)$$

$$\sum F_{p,Rd} \leq F_{t,Rd} \quad (10B.20)$$

(c) (a) ve (b) paragraflarında yer alan tüm denklemler ve bulonlar için aşağıdaki koşullar da sağlanacaktır (Şekil 10B.1).

$$e_1 \geq 1,0d_0$$

$$p_1 \geq 3d_0$$

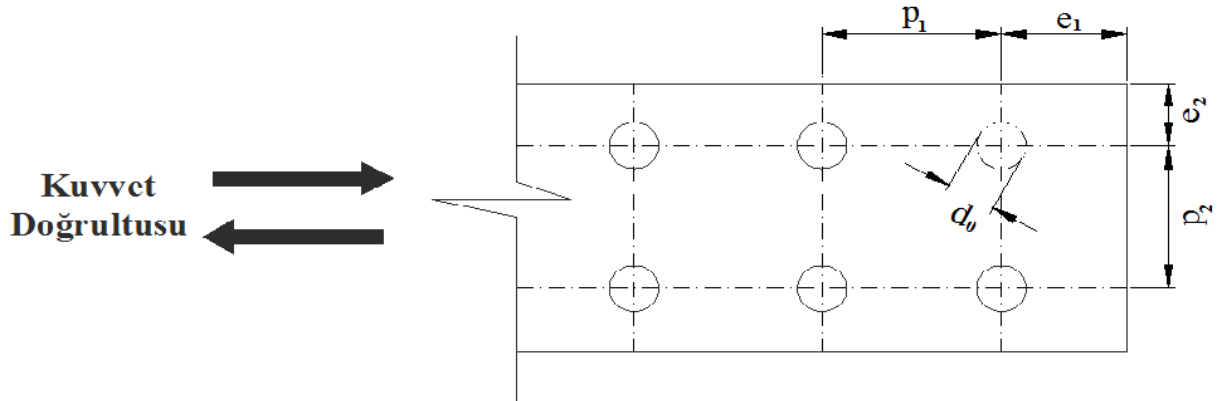
$$0.75 \text{ mm} \leq t_i < 3 \text{ mm}$$

$$e_2 \geq 1.5d_0$$

$$p_2 \geq 3d_0$$

$$F_u \leq 550 \text{ MPa}$$

Minimum bulon boyutu M6 ve bulon kalitesi: 4.6 -10.9 aralığında olacaktır.



Şekil 10B.1

## EK 10C – PANEL DENEYİ ESASLARI

### 10C.0. SİMGELER

$D_{maks}$  = En büyük yerdeğiştirme

### 10C.1. KAPSAM VE GENEL HUSUSLAR

**10.C.1.1** – Bu bölümde kayma ve çekme ankrajlarının da bulunduğu panel sistemlerin dayanımlarının belirlenmesi için **1.4**'e göre yapılacak deneylerin esasları yer almaktadır.

**10.C.1.2** – Panellerin dayanımı yerdeğiştirme kontrollü deneylerle ve en az üç adet panel deneyinin sonuçlarının ortalaması alınarak belirlenecektir. Panellerin *yükseklik / genişlik* oranı 2/1 olacaktır.

**10.C.1.3** – Eşit Enerji Elastik-Plastik (EEEP) kuralı uygulanacaktır. Bu kurala göre zarf eğrisi ile idealize edilmiş eğrinin altında kalan alanlar birbirine eşittir.

**10.C.1.4** – Deneyin nasıl yapılacağı aşağıda açıklanmış ve her bir deney yapılırken uygulanacak deney adımları ve çevrim sayıları **Tablo 10.C.1**'de verilmiştir.

**Tablo 10.C.1- Deney Adımları ve Çevrim Sayıları**

Adım	Çevrim Sayısı	İlk Çevrim Büyüklüğü (% $D_{maks}$ )
1	6	5
2	7	7.5
3	7	10
4	4	20
5	4	30
6	3	40
7	3	70
8	3	100
9	3	100+50
10	3	Model göçmesine kadar ek 50 artırımları

(a) Her adımda ilk çevrimden sonraki çevrimlerin büyüklüğü ilk çevrim büyüklüğünün %75'i olarak alınacaktır.  $D_{maks}$  tahmin edilen en büyük yerdeğiştirmedir ve bu değer ilk çevrimde uygulanan kuvvetin deney boyunca elde edilen en büyük kuvvetin % 80'inin altına düşmediği noktada elde edilir.

(b)  $D_{maks}$  değeri ayrıca, panel yüksekliğinin %2.5'inden daha büyük olamaz.

(c) Yükleme sabit frekansta (0.2-0.5 aralığında) veya hızda (1.0-63.5 mm/s) olacaktır.

(d) Modelin göçmesi, uygulanan kuvvetin en büyük kuvvete oranının 0.8 olduğu nokta olarak kabul edilir.

**10.C.1.5** – Deney sonuç belgesinde panelin birim kayma dayanımı ile birlikte panelin malzeme ve geometrik özellikleri (profil tipi, boyutları, et kalınlığı, sac malzeme özellikleri ile kaplama

kalınlığı ve özellikleri) ve kaplama uygulama özellikleri (vida tipi, vida dayanımları, vida aralıkları) belirtilecektir.