

BÖLÜM 5 TASARIMDA TEMEL İLKELER

Bu bölümde çelik yapıların analiz ve boyutlandırılmasında uygulanan ve esasların tüm bölümleri için geçerli olan temel ilkeler açıklanmaktadır.

5.1 GENEL ESASLAR

Yapı sistemini oluşturan elemanların ve birleşimlerin tasarımı, yapısal analizin temel varsayımları ve yapı sisteminin öngörülen kullanım ve davranış özellikleri ile uyumlu olmalıdır.

5.2 TASARIM PRENSİPLERİ

Çelik yapı elemanlarının ve birleşimlerin tasarımı aşağıda esasları verilen *Yük ve Dayanım Katsayıları ile Tasarım* (YDKT) veya *Güvenlik Katsayıları ile Tasarım* (GKT) yaklaşımlarından biri uygulanarak gerçekleştirilebilir. Elemanların ve birleşimlerin *gerekli dayanımı*, uygulanan tasarım yaklaşımı için öngörülen ve ayrıntıları **Bölüm 5.3** te verilen yük birleşimleri altında hesaplanır. Sistem analizleri doğrusal-elastik teoriye göre gerçekleştirilebilir.

5.2.1 – Sınır Durumlar

Çelik yapı elemanları ve birleşimlerinin tasarımı, yapının işletme ömrü boyunca kendinden beklenen tüm fonksiyonları belirli bir *güvenlik* altında yerine getirebilecek düzeyde dayanım, kararlılık (stabilite) ve rijitliğe sahip olacak şekilde, dayanım ve kullanılabilirlik sınır durumları esas alınarak gerçekleştirilecektir.

Dayanım sınır durumu, dayanım veya stabilite yetersizliği nedeniyle bölgesel veya tümsel göçme oluşumunu tanımlar. Buna karşılık *kullanılabilirlik sınır durumu*, yapıdan beklenen fonksiyonları engelleyen aşırı yerdeğiştirmeler ve benzeri özellikler cinsinden tanımlanır.

Dayanım sınır durumu için güvenlik, YDKT yaklaşımına göre **Bölüm 5.2.2** de veya GKT yaklaşımına göre **Bölüm 5.2.3** te verilen koşulların uygulanması ile sağlanacaktır.

Kullanılabilirlik sınır durumu için **Bölüm 5.2.6** esas alınacaktır.

5.2.2 – Yük ve Dayanım Katsayıları ile Tasarım (YDKT)

Yük ve Dayanım Katsayıları ile Tasarım (YDKT), tüm yapısal elemanlar için, *tasarım dayanımı*, ϕR_n nin bu tasarım yöntemi için öngörülen ve **Bölüm 5.3.1** de verilen YDKT yük birleşimleri altında hesaplanan *gerekli dayanım*, R_u , değerine eşit veya daha büyük olması prensibine dayanmaktadır.

Buna göre, tasarım **Denk.(5.1)** de verilen koşula uygun olarak gerçekleştirilecektir.

$$R_u \leq \phi R_n \quad (5.1)$$

Buradaki terimler aşağıda açıklanmıştır.

R_u : YDKT yük birleşimleri altında hesaplanan gerekli dayanım.

R_n : Karakteristik dayanım.

ϕ : Dayanım katsayısı.

ϕR_n : Tasarım dayanımı.

Karakteristik dayanım, R_n , ve dayanım katsayısı, ϕ , ilgili bölümlerde (**Bölüm 7 – 14 ve 16**) açıklanmaktadır.

5.2.3 – Güvenlik Katsayıları ile Tasarım (GKT)

Güvenlik Katsayıları ile Tasarım (GKT), tüm yapısal elemanlar için, *güvenli dayanım*, R_n/Ω nın bu tasarım yöntemi için öngörülen ve **Bölüm 5.3.2** de verilen GKT yük birleşimleri altında hesaplanan *gerekli dayanım*, R_a , değerine eşit veya daha büyük olması prensibine dayanmaktadır.

Buna göre, tasarım **Denk.(5.2)** de verilen koşula uygun olarak gerçekleştirilecektir.

$$R_a \leq \frac{R_n}{\Omega} \quad (5.2)$$

Buradaki terimler aşağıda açıklanmıştır.

R_a : GKT yük birleşimleri altında hesaplanan gerekli dayanım.

R_n : Karakteristik dayanım.

Ω : Güvenlik katsayısı.

R_n/Ω : Güvenli dayanım.

Karakteristik dayanım, R_n , ve güvenlik katsayısı, Ω , ilgili bölümlerde (**Bölüm 7 – 14 ve 16**) açıklanmaktadır.

5.2.4 – Stabilite Analizi

Yapı sistemlerinin stabilite analizi, eleman bazındaki ve sistem genelindeki geometri değişimlerinin denge denklemlerine etkisini gözönüne alan ikinci mertbe teorisine göre hesap yapılmasını öngörmektedir. Bu Esaslar kapsamında uygulanacak stabilite analizi yöntemleri **Bölüm 6** da açıklanmıştır.

5.2.5 – Birleşimlerin Tasarımı

Yapı sisteminin birleşim detayları **Bölüm (13 ve 14)** te verilen kurallara uygun olarak tasarlanacaktır. Birleşimlerin tasarımında esas alınacak iç kuvvetler ve şekildeğiştirmeler, yapısal analiz varsayımlarına ve birleşimden beklenen performans özelliklerine bağlı olarak belirlenecektir.

Kiriş mesnetleri, bu elemanların boyuna eksenleri etrafında dönmelerini önleyecek şekilde teşkil edilecektir.

Pratikte uygulanan birleşimler, genel olarak, *mafsallı birleşimler* ve *moment aktaran birleşimler* olarak iki grupta toplanabilirler.

- (a) Mafsallı birleşimler eğilme momentinin sıfır veya sıfıra yakın olduğu, buna karşılık birleşen elemanlar arasında görelî dönme hareketine izin veren birleşimlerdir. Bu birleşimlerin dönme kapasitesi, yapısal analiz ile hesaplanan gerekli dönme hareketi ile uyumlu olmalıdır.
- (b) Moment aktaran birleşimler rijit moment aktaran birleşimler ve yarı rijit (elastik) moment aktaran birleşimler olarak ikiye ayrılırlar.
- (1) Rijit moment aktaran birleşimlerde, birleşen elemanlar arasındaki görelî dönme hareketinin tam olarak sınırlandırıldığı varsayılmaktadır. Bu durumda birleşimler, görelî dönme hareketinin sıfır olmasını sağlayacak yeterli dayanım ve rijitliğe sahip olacaktır.
- (2) Yarı rijit moment aktaran birleşimlerde, birleşen elemanlar arasındaki görelî dönme hareketinin tam olarak sınırlandırılmadığı varsayılmaktadır. Bu durumda, yapı sistemlerinin analizleri için geliştirilen analitik modeller, birleşimlerin kuvvet-şekildeğiştirme karakteristiklerini gözönüne alacak şekilde oluşturulacaktır. Bu davranış

karakteristiklerinin analitik veya deneysel olarak belgelenmesi sağlanacaktır. Bu durumda birleşimler, öngörülen görece dönme hareketini sağlayacak yeterli dayanım, rijitlik ve şekildeğiştirme kapasitesine sahip olacaktır.

5.2.6 – Kullanılabilirlik Sınır Durumları İçin Tasarım

Yapı sistemi, yapısal elemanlar ve birleşimler kullanılabilirlik sınır durumları için kontrol edilecektir. Kullanılabilirlik sınır durumları için tasarıma ilişkin kurallar ve koşullar **Bölüm 15** te verilmiştir.

5.2.7 – Kirişlerde Yeniden Dağılım

Doğrusal-elastik teoriye göre analiz edilen (hesaplanan) hiperstatik sistemlerin kirişlerinde, yeniden dağılım prensibi uygulanarak, düşey yüklerden oluşan mesnet momentlerinin en çok %10 oranında azaltılmasına izin verilebilir. Yeniden dağılım prensibi uygulanarak mesnet momentleri azaltılan kirişlerde, açıklık momentleri denge koşulları sağlanacak şekilde artırılır.

Yeniden dağılım prensibi gerek YDKT, gerekse GKT yöntemleri için uygulanabilmektedir.

Kirişlerde yeniden dağılım prensibi uygulanırken aşağıdaki hususlar gözönünde tutulmalıdır.

- (a) Kiriş enkesiti **Bölüm 5.4.1** de tanımlanan *kompakt enkesit* sınıfına girmelidir.
- (b) Yeniden dağılımın uygulanacağı mesnete komşu kiriş açıklığında basınç başlığının yanal olarak desteklenmeyen uzunluğu, L_b , **Bölüm 9.13.5** te verilen koşulu sağlamalıdır.
- (c) Kiriş malzemesinin karakteristik akma gerilmesi 450 MPa değerini aşmamalıdır.
- (d) Kirişin moment aktaran birleşimleri *yarı rijit (elastik)* olmamalıdır.
- (e) Kiriş eksenel kuvveti, kayıpsız enkesit alanı, A_g ve karakteristik akma gerilmesi, F_y olmak üzere, YDKT için $0.15\phi_c F_y A_g$ veya GKT için $0.15F_y A_g / \Omega_c$ sınır değerlerini aşmamalıdır. Burada, $\phi_c = 0.90$ veya $\Omega_c = 1.67$ alınacaktır.

5.2.8 – Diyafram ve Yük Aktarma Elemanlarının Tasarımı

Diyaframlar ve yük aktarma elemanları (diyafram dikmeleri), **Ek 3** esas alınmak üzere, **Bölüm 5.3** e göre belirlenen yüklerden oluşan iç kuvvetleri aktaracak şekilde detaylandırılarak, **Bölüm (6 - 14)** te verilen kurallara uygun olarak tasarlanacaktır.

5.2.9 – Betona Ankraj Tasarımı

Yapısal çelik ve betonun kompozit olarak çalıştığı durumda, kompozit bileşenler arasındaki ankraj elemanları **Bölüm 12** de verilen kurallara uygun olarak tasarlanacaktır. Kolon ayakları ve ankraj çubukları **Bölüm 13** te verilen kurallara uygun olarak boyutlandırılacaktır.

5.2.10 – Yapısal Bütünlük İçin Tasarım

Yapısal bütünlük için aşağıda verilen koşullar sağlanacaktır.

Kolon ekleri, G sabit yük ve Q hareketli yük olmak üzere, $G + Q$ yük birleşimi dikkate alınarak hesaplanan eksenel kuvvete eşit veya daha büyük karakteristik çekme kuvveti dayanımına sahip olacaktır.

Kiriş uç birleşimlerinin karakteristik eksenel çekme kuvveti dayanımı en az, **Bölüm 5.2.2** de tanımlanan YDKT yöntemine göre belirlenen gerekli kesme kuvveti dayanımının 2/3 üne veya **Bölüm 5.2.3** te tanımlanan GKT yöntemine göre belirlenen gerekli kesme kuvveti dayanımına eşit olacaktır. Bu değer 50kN dan az olmayacaktır.

Kolonların stabilitesini sağlayan elemanların uç birleşimlerinin karakteristik çekme kuvveti dayanımı en az, **Bölüm 5.2.2** ile YDKT yöntemine göre belirlenen kolon gerekli eksenel dayanımının $2/3$ ü ile hesaplanan değerini %1 ine eşit olacaktır. Bu değer, **Bölüm 5.2.3** ile GKT yöntemine göre belirlenen kolon gerekli eksenel dayanımının %1 ine eşit alınacaktır.

Bu bölümde yapısal bütünlük için verilen koşullar diğer dayanım koşullarından bağımsız olarak değerlendirilecektir.

5.2.11 – Gölleme İçin Tasarım

Çatı yüzeyinde su birikmesine karşı yeterli önlem alınmaması durumunda, su birikmesi tehlikesine karşı çatı sisteminin yeterli dayanım ve rijitliğe sahip olduğu ilgili analiz yöntemleri kullanılarak gösterilecektir. Güvenli tarafta kalan bir yaklaşımla, su birikmesi (gölleme) etkisine karşı çatı sisteminin dayanım ve rijitliği **Ek 1** e göre değerlendirilebilir.

5.2.12 – Yorulma İçin Tasarım

Yorulma etkisi oluşturan tekrarlı yükler altındaki elemanların ve birleşimlerin tasarımında **Ek 2** de verilen kurallar gözönüne alınacaktır. Rüzgar ve deprem etkileri yorulma analizinde gözönüne alınmaz.

5.2.13 – Korozyona Karşı Koruma

Korozyonun yapının dayanım ve kullanılabilirliği açısından olumsuz bir etki oluşturabileceği durumlarda, TS EN 1090-2 Ek F de belirtilen esaslar dahilinde, korozyona karşı yeterince önlem alınacak veya yapısal bileşenler, korozyondan kaynaklanabilecek enkesit kayıpları da gözönüne alınarak tasarlanacaktır.

5.2.14 – Yangına Karşı Koruma

Çelik yapı sistemleri, ülkemizde yürürlükte olan Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik (BYKHY 2015) te verilen koşulları sağlayacak şekilde oluşturulacaktır. Çelik yapı elemanlarının yangına karşı korunması için kullanılacak malzemelerin yukarıdaki yönetmelikte yapı bölümleri için tanımlanan yangına karşı dayanım sürelerini sağladığı, **Bölüm 1.3.8** de verilen ilgili standartlar doğrultusunda belgelendirilecektir.

5.3 YÜKLER VE YÜK BİRLEŞİMLERİ

Yapı sistemlerinin tasarımında esas alınan karakteristik yük değerleri, TS 498 e uygun olarak belirlenecektir. Kar yükleri için TS EN 1991 – 1 – 3 te ve rüzgar yükleri için TS EN 1991 – 1 – 4 te verilen koşullar gözönüne alınacaktır. Deprem etkisi, E nin ayrıntılı tanımı için DBYBHY koşulları esas alınacaktır.

Rüzgar hızının temel değeri, $V_{b,o} = 28$ m/sn (100 km/sa) den ve binanın ana taşıyıcı sistemine, dış cephe kaplamalarına ve rüzgara maruz yapısal ve yapısal olmayan elemanlarına etkileyen karakteristik rüzgar yükleri 0.5 kN/m² den az olmayacaktır.

Gerekli dayanımı belirlemek için karakteristik yüklere uygulanacak yük birleşimleri, seçilen tasarım yöntemine bağlı olarak, aşağıda YDKT için **Bölüm 5.3.1** de veya GKT için **Bölüm 5.3.2** de verilmiştir.

Bu yük birleşimlerinde yer alan yükler aşağıda tanımlanmıştır.

G : sabit yük

Q : hareketli yük

Q_r : çatı hareketli yükü

S : kar yükü

R : yağmur yükü

W : rüzgar yükü

E : deprem etkisi

F : akışkan madde basınç yükü

T : sıcaklık değişmesi ve/veya mesnet çökmesi etkileri

H : yatay zemin basıncı, zemin suyu basıncı veya yığılı madde basıncı

5.3.1 – Yük ve Dayanım Katsayıları ile Tasarım (YDKT)

Bu tasarım yönteminde gerekli dayanım, R_u , aşağıdaki yük birleşimleri ile belirlenecektir.

- (1) $1.4G$
- (2) $1.2G + 1.6Q + 0.5(Q_r \text{ veya } S \text{ veya } R)$
- (3) $1.2G + 1.6(Q_r \text{ veya } S \text{ veya } R) + (Q \text{ veya } 0.8W)$
- (4) $1.2G + 1.0Q + 0.5(Q_r \text{ veya } S \text{ veya } R) + 1.6W$
- (5) $1.2G + 1.0Q + 0.2S + 1.0E$
- (6) $0.9G + 1.6W$
- (7) $0.9G + 1.0E$

Not:

- (a) F akışkan madde basınç yükünün mevcut olması halinde, (1) – (4) sayılı birleşimlerde bu yük G yükünün katsayısı ile birleşime girecektir.
- (b) H yatay kuvvetinin mevcut olması halinde, bu etki gerekli dayanımı arttıracak yönde ise 1.6 katsayısı ile, gerekli dayanımı azaltacak yönde olması halinde ise 0.9 katsayısı ile birleşime girecektir. H yatay kuvvetinin deprem etkisini içeren yük birleşimlerine katkısı, DBYBHY kapsamında değerlendirilecektir.
- (c) T sıcaklık değişmesi ve/veya mesnet çökmesi etkilerinin mevcut olması halinde, bu etkiler gerekli dayanımı arttıracak yönde ise 1.0 katsayısı ile tüm birleşimlere girecektir.

5.3.2 – Güvenlik Katsayıları ile Tasarım (GKT)

Bu tasarım yönteminde gerekli dayanım, R_n , aşağıdaki yük birleşimleri ile belirlenecektir.

- (1) G
- (2) $G + Q$
- (3) $G + (Q_r \text{ veya } S \text{ veya } R)$
- (4) $G + 0.75Q + 0.75(Q_r \text{ veya } S \text{ veya } R)$
- (5a) $G + 1.0W$
- (5b) $G + 0.7E$
- (6a) $G + 0.75Q + 0.75(Q_r \text{ veya } S \text{ veya } R) + 0.75(W)$
- (6b) $G + 0.75Q + 0.75S + 0.75(0.7E)$
- (7) $0.6G + W$
- (8) $0.6G + 0.7E$

Not:

- (a) F akışkan madde basınç yükünün mevcut olması halinde, (1) – (6) sayılı birleşimlerde bu yük G yükünün katsayısı ile birleşime girecektir.
- (b) H yatay kuvvetinin mevcut olması halinde, bu etki gerekli dayanımı arttıracak yönde ise 1.0 katsayısı ile, gerekli dayanımı azaltacak yönde olması halinde ise 0.6 katsayısı ile birleşime girecektir. H yatay kuvvetinin deprem etkisini içeren yük birleşimlerine katkısı, DBYBHY kapsamında değerlendirilecektir.
- (c) T sıcaklık değişmesi ve/veya mesnet çökmesi etkilerinin mevcut olması halinde, bu etkiler gerekli dayanımı arttıracak yönde ise 0.75 katsayısı ile tüm birleşimlere girecektir.

5.4 ELEMAN ENKESİT ÖZELLİKLERİ

5.4.1 – Yerel Burkulma Sınır Durumu İçin Enkesitlerin Sınıflandırılması

Eksenel basınç kuvveti etkisindeki enkesitler, yerel burkulma sınır durumu dikkate alındığında, *narın ve narın olmayan enkesitler* olarak ikiye ayrılırlar. Hiç bir enkesit parçasının genişlik (çap) / kalınlık oranı, λ nın **Tablo 5.1A** da verilen λ_r sınır değerini aşmadığı (narın enkesit parçası bulunmayan) enkesitler *narın olmayan enkesit* ve en az bir enkesit parçasının genişlik (çap) / kalınlık oranının λ_r sınır değerini aştığı enkesitler ise *narın enkesit* olarak sınıflandırılır.

Eğilme momenti etkisindeki enkesitler, yerel burkulma sınır durumu dikkate alındığında, *kompakt, kompakt olmayan ve narın enkesitler* olarak üçe ayrılırlar. Eğilme momentinin basınç bileşeni etkisindeki hiç bir enkesit parçasının genişlik (çap) / kalınlık oranı, **Tablo 5.1B** de verilen λ_p sınır değerini aşmayan (kompakt enkesit parçalı) ve başlıkları gövde veya gövdelere sürekli birleştirilen enkesitler *kompakt* olarak sınıflandırılırlar. Basınç bileşeni etkisindeki en az bir enkesit parçasının genişlik (çap) / kalınlık oranı λ_p sınırını aşan; fakat tüm enkesit parçaları için λ_r değeri aşılmayan enkesitler *kompakt olmayan* enkesitlerdir. Basınç bileşeni etkisindeki en az bir enkesit parçasının genişlik (çap)/kalınlık oranı, λ_r değerini aşan enkesitler ise *narın enkesit* olarak tanımlanır.

Tablo 5.1A ve **Tablo 5.1B** nin kullanılmasında, *rijitleştirilmemiş enkesit parçaları* ve *rijitleştirilmiş enkesit parçaları* tanımları ve hangi boyutların genişlik olarak alınacağı aşağıda açıklanmıştır.

5.4.1.1 – Rijitleştirilmemiş Enkesit Parçaları

Basınç kuvveti doğrultusuna paralel sadece bir kenarı boyunca enkesitin diğer bir parçası ile bağlanan, basınç etkisindeki enkesit parçaları *rijitleştirilmemiş enkesit parçaları* olarak tanımlanır. Bu parçalarda, aşağıdaki enkesit boyutları *genişlik* olarak alınacaktır.

- (a) I- ve T- enkesitli elemanlarda yarım başlık genişliği.
- (b) Korniyerlerde kol boyu, U- ve Z-profiller için başlık genişliği.
- (c) Levhalarda serbest kenar ile en yakın komşu bulon veya kaynak sırası arasındaki uzaklık.
- (d) T-enkesitli elemanların gövdeleri için toplam gövde yüksekliği.

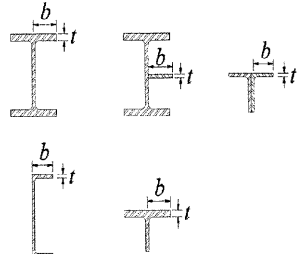
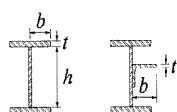
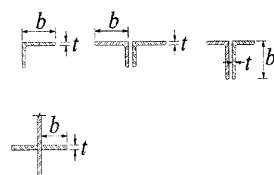

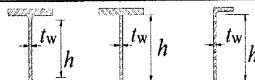

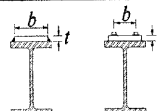


5.4.1.2 – Rijitleştirilmiş Enkesit Parçaları

Basınç kuvveti doğrultusuna paralel iki kenarı boyunca enkesitin diğer parçaları ile bağlanan, basınç etkisindeki enkesit parçaları *rijitleştirilmiş enkesit parçaları* olarak tanımlanır. Bu parçalarda, aşağıdaki enkesit boyutları *genişlik* olarak alınacaktır.

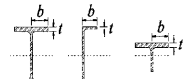
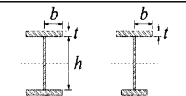
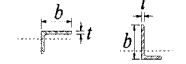
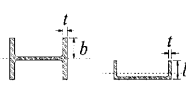
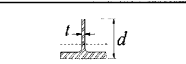
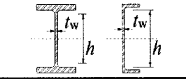
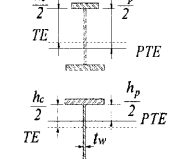
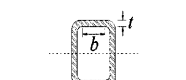
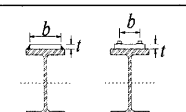
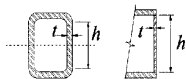
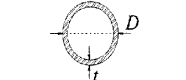

- (a) Hadde profillerinin gövdeleri için h , başlıklar arasındaki uzaklıktan eğrilik yarıçaplarının çıkarılması ile bulunan yükseklik, h_c ise ağırlık merkezi ile basınç başlığı tarafının gövde parçası üzerindeki eğrilik bitim noktası arasındaki uzaklığın iki katı.
- (b) Bulonlu yapma enkesitlerin gövdeleri için h , bulon sıraları arasındaki net yükseklik, kaynaklı yapma enkesitler için h ise, başlık iç yüzeyleri arasındaki net yükseklik. Simetrik olmayan bulonlu yapma enkesitlerde, h_c , ağırlık merkezi ile basınç başlığı tarafındaki en yakın bulon sırası arasındaki uzaklığın veya kaynak kullanılması halinde ağırlık merkezi ile basınç başlığının iç yüzü arasındaki uzaklığın iki katı. Simetrik olmayan bulonlu yapma enkesitlerde, h_p , plastik tarafsız eksen ile basınç başlığı tarafındaki en yakın bulon sırası arasındaki uzaklığın veya kaynak kullanılması halinde plastik tarafsız eksen ile basınç başlığının iç yüzü arasındaki uzaklığın iki katı.
- (c) Yapma enkesitlerin başlık takviye levhaları ve diyafram levhaları için, komşu bulon sıraları veya kaynak çizgileri arasındaki b genişliği.
- (d) Dikdörtgen kutu enkesitlerin başlıklarında, başlık levhasının gövde levhalarına bağlandığı eğrilik bitim noktaları arasındaki b genişliği, gövdelerinde ise, gövde levhasının başlık levhalarına bağlandığı eğrilik bitim noktaları arasındaki h yüksekliği. Eğrilik yarıçaplarının bilinmemesi halinde, b ve h ölçüleri, kutu enkesitin ilgili doğrultudaki dış boyutlarından et kalınlığının üç katı çıkarılarak belirlenir. Et kalınlığı olarak, aşağıda **Bölüm 5.4.2** de tanımlanan *tasarım et kalınlığı* alınacaktır.

Başlık kalınlıkları değişken olan enkesitlerde ortalama kalınlık, başlığın serbest ucu ile gövde levhasına birleşen kenarı arasındaki orta noktanın kalınlığı olarak alınacaktır.

TABLO 5.1A – EKSENEL BASINÇ KUVVETİ ETKİSİNDEKİ ENKESİT PARÇALARI İÇİN GENİŞLİK / KALINLIK ORANLARI

Durum	Tanım	Genişlik / Kalınlık Oranı, λ	Genişlik / Kalınlık Oranı Sınır Değeri, λ_r	Enkesit	
Rijitleştirilmemiş Enkesit Parçası	1	Hadde I-profillerinin başlıkları, bu profillere bağlanan levhalar, boşluksuz olarak sürekli birleştirilen çift korniyerlerin dış kolları, U- ve T-profillerin başlıkları	b/t	$0.56 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	2	Yapma I-profillerin başlıkları, bu profillere bağlanan levhalar ve korniyerlerin dış kolları	b/t	$0.64 \sqrt{\frac{k_c E}{F_y}}$ ^[a]	
	3	Tek korniyerlerin kolları, birbirlerine boşluklu olarak bağlanan çift korniyerlerin kolları ve tüm rijitleştirilmemiş elemanlar	b/t	$0.45 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	4	T-profillerin gövdeleri	d/t	$0.75 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
Rijitleştirilmiş Enkesit Parçası	5	U-profillerin ve çift simetri eksenli I-profillerin gövdeleri	h/t_w	$1.49 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	6	Üniform kalınlıklı dikdörtgen ve kare kutu enkesitlerin gövde ve başlıkları	b/t	$1.40 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	7	Birleşim araçları arasında kalan takviye levhaları ve diyafram levhaları	b/t	$1.40 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	8	Tüm diğer rijitleştirilmiş enkesit parçaları	b/t	$1.49 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	9	Boru enkesitli elemanlar	D/t	$0.11 \frac{E}{F_y}$	

TABLO 5.1B – EĞİLME MOMENTİNİN BASINÇ BİLEŞENİ ETKİSİNDEKİ ENKESİT PARÇALARI İÇİN GENİŞLİK / KALINLIK ORANLARI

Durum	Tanım	Genişlik/ Kalınlık Oranı, λ	Genişlik / Kalınlık Oranı Sınır Değerleri		Enkesit
			λ_p (kompakt / kompakt olmayan)	λ_r (kompakt olmayan / narin)	
Rijitleştirilmemiş Enkesit Parçası	10	b/t	$0.38 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1.00 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	11	b/t	$0.38 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$0.95 \sqrt{\frac{k_c E}{F_L}}$ ^{[a] [b]}	
	12	b/t	$0.54 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$0.91 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	13	b/t	$0.38 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1.00 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	14	d/t	$0.84 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1.03 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
Rijitleştirilmiş Enkesit Parçası	15	h/t_w	$3.76 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$5.70 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	16	h_c/t_w	$\frac{h_c \sqrt{E}}{h_y \sqrt{F_y}} \leq \lambda_r$ $\left(\frac{0.54 M_e}{M_y} - 0.09 \right)^2$	$5.70 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ ^[c]	
	17	b/t	$1.12 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1.40 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	18	b/t	$1.12 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1.40 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	19	h/t	$2.42 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$5.70 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	20	D/t	$0.07 \frac{E}{F_y}$	$0.31 \frac{E}{F_y}$	
21	b/t	$1.12 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1.49 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$		

TABLO 5.1B – EĞİLME MOMENTİNİN BASINÇ BİLEŞENİ ETKİSİNDEKİ ENKESİT PARÇALARI İÇİN GENİŞLİK / KALINLIK ORANLARI (DEVAM)

[a] : $k_c = 4/\sqrt{h/t_w}$ ve $0.35 \leq k_c \leq 0.76$

[b] : Narin gövdeli I-enkesitli elemanlar için ve kompakt veya kompakt olmayan gövdeli, $W_{ext} / W_{exc} \geq 0.7$ olan, yapma I-enkesitli elemanların kuvvetli eksenleri etrafında eğilme etkisinde olması halinde, $F_L = 0.7F_y$.

Kompakt veya kompakt olmayan gövdeli, $W_{ext} / W_{exc} < 0.7$ olan, yapma I-enkesitli elemanların kuvvetli eksenleri etrafında eğilme etkisinde olması halinde ise, $F_L = F_y W_{ext} / W_{exc} \geq 0.5F_y$.

[c] : M_y , en dış lifin akmasına karşı gelen eğilme momenti ve M_p , plastik eğilme momenti ($M_p = F_y W_{px}$).

E : Çelik elastisite modülü, (200000 MPa).

F_y : Yapısal çelik karakteristik akma gerilmesi.

W_{ext} : x-ekseni etrafında çekme bölgesi için elastik mukavemet momenti.

W_{exc} : x-ekseni etrafında basınç bölgesi için elastik mukavemet momenti.

W_{px} : x-eksenine göre plastik mukavemet momenti.

5.4.2 – Boru ve Kutu Enkesitli Elemanların Tasarım Et Kalınlığı

Boru ve kutu enkesitli elemanların kesit hesaplarında *tasarım et kalınlığı* gözönüne alınır. Tasarım et kalınlığı, t , tozaltı ark kaynağı ile oluşturulan elemanlarda nominal et kalınlığına, elektrik direnç kaynaklı elemanlarda ise nominal et kalınlığının 0.93 katına eşit olarak alınacaktır.

5.4.3 – Kayıpsız ve Net Enkesit Alanları

(a) Elemanın *kayıpsız enkesit alanı*, A_g , yerel burkulma nedeniyle etkin olmayan enkesit parçalarının veya açılan delikler nedeniyle oluşan kayıpların gözönüne alınmadığı toplam enkesit alanı olarak tanımlanır.

(b) *Net (kayıplı) enkesit alanı*, A_n , elemanın kırılma çizgisi üzerinde yer alan bulon deliklerinin veya konstrüktif nedenlerden dolayı oluşan kesit kayıplarının çıkarılması ile elde edilen net genişlik ile kalınlığın çarpımı olarak tanımlanır.

Çekme ve kesme kuvveti etkisindeki elemanların kırılma çizgisi üzerindeki net enkesit alanı hesabında, delik açılırken delik çevresindeki çelik malzemenin hasar görme olasılığı gözönüne alınarak, karakteristik delik çapından 2mm daha büyük olarak alınan *etkin delik çapı*, d_e , kullanılacaktır.

Şaşırtmalı veya şaşırtmalı olmayan delikler için, kırılma çizgisi boyunca net alan **Denk.(5.3)** ile belirlenecektir.

$$A_n = A_g - \sum d_e t + \sum \frac{s^2 t}{4g} \quad (5.3)$$

Buradaki terimler aşağıda açıklanmıştır.

A_g : Toplam (kayıpsız) enkesit alanı.

A_n : Net (kayıplı) enkesit alanı.

d_h : **Bölüm 13** de tanımlanan karakteristik bulon deliği çapı.

d_e : Etkin delik çapı, (= $d_h + 2\text{mm}$).

s : Ardışık iki deliğin merkezleri arasında, kuvvet doğrultusundaki aralık.

t : Eleman kalınlığı.

g : Ardışık iki deliğin merkezleri arasında, kuvvete dik doğrultudaki aralık.

Boru veya kutu enkesitlerde, bazı kaynak birleşimleri için yapılan kesimler nedeniyle net (kayıplı) alan, kesim işlemiyle çıkarılan genişlik ve eleman tasarım et kalınlığının çarpımı ile belirlenen alanın boru veya kutu elemanın toplam enkesit alanından çıkarılması ile elde edilir.

Dairesel ve oval delik kaynaklarında, kaynak alanı net enkesit alanına katılamaz.

Delik içermeyen elemanların net enkesit alanı, A_n , toplam enkesit alanı, A_g ye eşittir.

BÖLÜM 6 STABİLİTE TASARIMI

Bu bölümde yapı sistemlerinin stabilite tasarımının temel ilkeleri ve tasarımda uygulanan başlıca analiz yöntemlerinin esasları açıklanmaktadır.

6.1 GENEL ESASLAR

Yapı sistemlerinin stabilite tasarımı, eleman bazındaki ve sistem genelindeki geometri değişimlerinin denge denklemlerine etkisini gözönüne alan *ikinci mertebeye teorisi*'ne göre analiz yapılmasını ve hesaplanan iç kuvvet büyüklüklerinin elemanların *mevcut dayanımları* ile karşılaştırılmasını öngörmektedir.

Yapı sistemlerinin stabilitesini etkileyen başlıca faktörler aşağıda sıralanmıştır.

- (a) Elemanların eğilme, kayma ve eksenel şekildeğiştirmeleri ile birlikte yapı sisteminin yerdeğiştirmesinde etkili olan diğer tüm şekildeğiştirmeler (kiriş – kolon birleşimi panel bölgesi şekildeğiştirmeleri, vb.).
- (b) Eleman şekildeğiştirmesine ait ($P - \delta$) ve sistem yerdeğiştirmesine ait ($P - \Delta$) ikinci mertebeye etkileri.
- (c) Geometrik ön kusurlar (ilkel kusurlar).
- (d) Doğrusal olmayan şekildeğiştirmeler ile dayanım ve rijitliklerdeki belirsizlikler.

İkinci mertebeye teorisi doğrusal olmadığından *süperpozisyon prensibi* geçerli değildir. Bu nedenle işletme (servis) yüklerinin ilgili yük birleşimleri için kendilerine ait yük katsayıları ile çarpımından oluşan toplam yükler altında, sistem ikinci mertebeye teorisine göre hesaplanır. Toplam yükler, **Bölüm 5.3.1** de verilen YDKT yük birleşimlerinden edilen yüklemekten veya **Bölüm 5.3.2** de verilen GKT yük birleşiminin 1.6 katına eşit bir yüklemekten elde edilecektir.

Yapısal stabiliteyi etkileyen yukarıdaki faktörleri gözönüne alan *genel* (doğrudan) *analiz yöntemi* ve *burkulma boyu* (etkin uzunluk) *yöntemi* ile stabilite tasarımının esasları aşağıdaki bölümlerde açıklanmaktadır. Ayrıca, ikinci mertebeye etkilerin yaklaşık olarak hesaba katıldığı *yaklaşık ikinci mertebeye analizi* de **Bölüm 6.5** te açıklanmaktadır.

6.2 İKİNCİ MERTEBE TEORİSİNİN DAYANDIĞI ESASLAR

Bu bölümde, geometri değişimlerinin denge denklemlerine etkisini gözönüne alan *ikinci mertebeye teorisi*'nin dayandığı esaslar ve bunların sistem analizinde nasıl gözönüne alınabileceği incelenecektir.

6.2.1 – Yapısal Analizin Esasları

İkinci mertebeye teorisine göre yapısal analiz aşağıdaki koşulları sağlayacaktır.

- (a) Analizde, sistemin yerdeğiştirmelerine katkıda bulunan, elemanların eğilme, kayma ve eksenel şekildeğiştirmeleri ile birleşimlerin ve kiriş – kolon birleşimi panel bölgelerinin şekildeğiştirmeleri gözönüne alınacaktır. Bu şekildeğiştirmelerin doğrusal olmayan bileşenlerinin ikinci mertebeye analizine etkilerini yaklaşık olarak gözönüne almak üzere, **Bölüm 6.2.3** te açıklanacağı şekilde, eleman rijitlikleri uygun şekilde azaltılacaktır.
- (b) Yöntem genel olarak elemanlardaki ($P-\delta$) ve sistem genelindeki ($P-\Delta$) ikinci mertebeye etkilerini içermektedir. Ancak,
- (1) düşey yüklerin düşey kolonlar ve perdeler tarafından taşınması

- (2) gözönüne alınan burkulma doğrultusundaki moment aktaran çerçeve kolonlarının taşıdığı düşey yüklerin toplam düşey yüklerin 1/3 ünü aşmaması
- (3) YDKT yük birleşimlerinden veya GKT yük birleşimlerinin 1.6 katına eşit bir yüklemeye dolay ve azaltılmış rijitlikler kullanılarak hesaplanan ikinci merteye yerdeğiştirmelerin birinci merteye yerdeğiştirmelere oranı olan B_2 katsayısının (Bkz. **Bölüm 6.5.2.2**) 1.7 ye eşit veya daha küçük olması

koşullarının birlikte sağlanması halinde $P - \delta$ etkileri terkedilebilir. Ancak, eksenel basınç ve eğilme etkisindeki tüm tekil elemanların değerlendirilmesinde daima $P - \delta$ etkileri hesaba katılacaktır.

(c) Analizde, sistem stabilitesini etkileyen tüm düşey yükler gözönüne alınacaktır.

(d) YDKT yönteminde, ikinci merteye hesabı YDKT yük birleşimi için yapılacaktır. GKT yönteminde ise, ikinci merteye hesabı GKT yük birleşiminin 1.6 katına eşit bir yüklemeye için yapılacak, ancak elde edilen sonuçlar 1.6 katsayısına bölünerek gerekli dayanım bulunacaktır.

6.2.2 – Geometrik Ön Kusurların Gözönüne Alınması

Geometrik ön kusurların yapısal stabiliteye etkileri **Bölüm 6.2.2.1** de açıklanacağı şekilde *doğrudan doğruya* modellenebildiği gibi, **Bölüm 6.2.2.2** de açıklanacağı şekilde *fiktif kuvvetler* kullanarak da hesaba katılabilir.

Yapısal stabilite analizinde gözönüne alınan *sistem ön kusurları*, düğüm noktalarının konumundaki geometrik ön kusurlar olarak tanımlanmaktadır. Doğrusal elemanlarda uç noktalarını birleştiren doğrudan olan yerel sapmalar olarak tanımlanan *eleman ön kusurları* ise bu bölümün konusu dışında kalmaktadır.

6.2.2.1 – Geometrik Ön Kusurların Doğrudan Doğruya Modellenmesi

Geometrik ön kusurların modellenmesinin genel yöntemi, bu sistem ön kusurlarının analizde doğrudan doğruya gözönüne alınmasıdır. Bunun için yapı sistemi, düğüm noktalarının yerdeğiştirmiş konumları esas alınarak analiz edilir. Düğüm noktalarının konumlarındaki sapmaların değerleri ve sistem üzerindeki dağılımı en elverişsiz etkileri oluşturacak şekilde seçilir.

Geometrik ön kusurların modellenmesinde, bunların sistemde dış yüklerden oluşan yerdeğiştirme durumu ve olası *burkulma modu* ile benzer olması öngörülmalıdır. Ön kusurları temsil eden yerdeğiştirmelerin değerleri, eğer biliniyorsa yapı sisteminin gerçek ön kusurlarına eşit olarak alınmalı veya ilgili yönetmeliklerin öngördüğü yapı toleransları kullanılmalıdır.

Düşey yüklerin düşey çerçeve, kolon ve perdeler tarafından taşındığı sistemlerde, YDKT yük birleşiminden veya GKT yük birleşiminin 1.6 katına eşit bir yüklemeye dolay ve azaltılmış rijitlikler kullanılarak hesaplanan ikinci merteye yerdeğiştirmelerin birinci merteye yerdeğiştirmelere oranı olan B_2 katsayısının (Bkz. **Bölüm 6.5.2.2**) 1.7 ye eşit veya daha küçük olması halinde, geometrik ön kusurların yatay yükleri içermeyen düşey yük birleşimlerinde hesaba katılması yeterlidir.

6.2.2.2 – Geometrik Ön Kusurlar İçin Fiktif Yüklerin Kullanılması

Düşey yüklerin düşey çerçeve, kolon ve perdeler tarafından taşındığı çok katlı yapı sistemlerinde düğüm noktalarının konumundaki geometrik ön kusurların aşağıda tanımlandığı şekilde belirlenen yatay *fiktif yükler* ile gözönüne alınmasına izin verilebilir. Sistem ön

kusurlarını temsil eden bu fiktif yükler şekildeğiştirmemiş orijinal sistem üzerine etkitilecektir.

- (a) Fiktif yükler her kat düzeyinde sisteme etkitilecektir. Bu yükler yapı sistemine etkileyen tüm düşey ve yatay yük birleşimlerine eklenecektir. Ancak, önceki bölümde belirtildiği gibi, YDKT yük birleşimlerinden veya GKT yük birleşimlerinin 1.6 katına eşit yüklemelerden dolayı ve azaltılmış rijitlikler kullanılarak hesaplanan ikinci mertebe yerdeğiştirmelerin birinci mertebe yerdeğiştirmelere oranı olan B_2 katsayısının (Bkz. **Bölüm 6.5.2.2**) 1.7 değerine eşit veya daha küçük olması halinde, geometrik ön kusurların yatay yükleri içermeyen düşey yük birleşimlerinde hesaba katılması yeterlidir.

Yatay fiktif yükler **Denk.(6.1)** ile hesaplanacaktır.

$$N_i = 0.002\alpha Y_i \quad (6.1)$$

Buradaki terimler aşağıda açıklanmıştır.

$\alpha = 1.0$ (YDKT) veya $\alpha = 1.6$ (GKT) değerindeki katsayılar.

N_i : (i) kat düzeyine etkitilecek yatay fiktif yük.

Y_i : YDKT veya GKT yük birleşimleri ile belirlenen, (i) katı döşemesine etkileyen toplam düşey yük.

- (b) Her kat düzeyindeki düğüm noktalarına, bu noktalara etkileyen düşey yüklerle orantılı olarak dağıtılan fiktif yükler, yapısal stabilite açısından sistemde en elverişsiz etkileri oluşturacak doğru ve yönde uygulanacaktır.

- (c) **Denk.(6.1)** de yer alan 0.002 katsayısı, katlar arasında yapım toleransına bağlı olarak tanımlanan 1/500 oranındaki bir sistem ön kusuruna karşı gelmektedir. Bu sınır değeri aşmamak üzere, daha farklı oranda geometrik ön kusurların gözönüne alınması halinde bu katsayı uygun şekilde değiştirilecektir.

Not: Düşey yüklerin düşey çerçeve, kolon ve perdeler tarafından taşındığı çok katlı yapı sistemleri için yukarıda tanımlanan fiktif yük kavramı genel olarak tüm yapı sistemleri için benzer şekilde uygulanabilir.

6.2.3 – Azaltılmış Rijitliklerin Gözönüne Alınması

Genel analiz yöntemi ile ikinci mertebe teorisine göre hesapta, doğrusal olmayan şekildeğiştirmelerin stabilite analizine etkisini yaklaşık olarak gözönüne almak üzere, eleman rijitlikleri aşağıda açıklandığı şekilde azaltılacaktır.

- (a) Tüm yapı elemanlarının eğilme, kayma ve eksenel rijitlikleri 0.80 katsayısı ile çarpılarak azaltılacaktır.
- (b) Eğilme rijitliklerinin yapısal stabilite üzerinde etkili olduğu tüm elemanlarda, eksenel kuvvet düzeyine bağlı olarak, eğilme rijitlikleri ayrıca bir τ_b katsayısı ile çarpılacaktır. Kompozit elemanlar için bu katsayının uygulanmasında **Bölüm 12.2.5** te verilen kurallar geçerlidir. Bu katsayı

- (1) $\alpha P_r / P_{ns} \leq 0.5$ için

$$\tau_b = 1.0 \quad (6.2)$$

- (2) $\alpha P_r / P_{ns} > 0.5$ için

$$\tau_b = 4(\alpha P_r / P_{ns}) [1 - (\alpha P_r / P_{ns})] \quad (6.3)$$

denklemleri ile hesaplanacaktır.

Buradaki terimler aşağıda açıklanmıştır.

$\alpha = 1.0$ (YDKT) veya $\alpha = 1.6$ (GKT) değerindeki katsayılar.

P_r : YDKT veya GKT yük birleşimleri altında hesaplanan gerekli eksenel basınç kuvveti dayanımı.

P_{ns} : Elemanın enkesit basınç kuvveti dayanımı ($=F_y A_g$ veya narin elemanlar için $=F_y A_e$). A_e için Bkz. **Bölüm 8.5**.

(3) Düşey yüklerin düşey çerçeve, kolon ve perdeler tarafından taşındığı çok katlı yapı sistemlerinde, $\alpha P_r / P_{ns} > 0.5$ olan elemanların eğilme rijitliklerinin $\tau_b < 1.0$ katsayısı ile çarpılarak azaltılması yerine, tüm düşey ve yatay yük birleşimlerinde hesaba katılmak üzere $0.001\alpha Y_i$ ek fiktif yüklerinin uygulanması koşuluyla, $\tau_b = 1.0$ katsayısının kullanılmasına izin verilebilir.

6.3 GENEL ANALİZ YÖNTEMİ İLE TASARIM

6.3.1 – Yöntemin Uygulama Sınırları

Genel analiz yöntemi, sınırlama olmaksızın, tüm çelik yapı sistemlerinin stabilite tasarımına uygulanabilmektedir.

6.3.2 – Gerekli Dayanımın Hesabı

Bu yöntem ile gerekli dayanımın hesabı, esasları **Bölüm 6.2.1** de açıklanan ikinci mertebe hesabı uygulanarak elde edilir. Sistem hesabında, geometrik ön kusurları temsil eden fiktif yükler **Bölüm 6.2.2** de, doğrusal olmayan şekildeğiştirmeleri temsil eden rijitlik azaltılması ise **Bölüm 6.2.3** te belirtildiği şekilde hesaba katılacaktır.

6.3.3 – Stabilite Kontrolleri

Geometri değişimlerinin denge denklemlerine etkilerinin genel analiz yöntemi ile hesaba katıldığı yapı sistemlerinin eleman ve birleşimlerinin stabilite kontrollerinde, ayrıca bir önlem alınmaksızın, **Bölüm 7 – 14** te verilen kurallar uygulanır. Elemanların burkulma boyu katsayıları, daha küçük bir değer kullanılması geçerli bir yaklaşımla kanıtlanmadığı sürece, $K = 1.0$ olarak alınacaktır.

Elemanların burkulma boylarını küçültmek amacıyla oluşturulan stabilite bağlantıları, destekledikleri tüm elemanlar için uygulandıkları noktaların hareketlerini önleyecek düzeyde, **Bölüm 16** da verilen kurallara göre belirlenen yeterli dayanım ve rijitliğe sahip olmalıdır.

6.4 BURKULMA BOYU YÖNTEMİ İLE TASARIM

6.4.1 – Yöntemin Uygulama Sınırları

Bölüm 6.1 de verilen genel esaslar çerçevesinde ve aşağıdaki sınırlar içinde, burkulma boyu (etkin uzunluk) yöntemi, genel (doğrudan) analiz yönteminin yerine kullanılabilir.

(a) Yöntem, düşey yüklerin düşey çerçeveler, kolonlar ve perdeler tarafından taşındığı yapı sistemlerine uygulanabilir.

(b) Tüm katlarda, YDKT yük birleşimlerinden veya GKT yük birleşimlerinin 1.6 katına eşit yüklemelerden oluşan ikinci mertebe görelî kat ötelemelerinin birinci mertebe görelî kat ötelemelerine oranı olan B_2 katsayısı (Bkz. **Bölüm 6.5.2.2**) 1.5 değerine eşit veya daha küçük olmalıdır.

6.4.2 – Gerekli Dayanımın Hesabı

Bu yöntem ile gerekli dayanımın hesabı, **Bölüm 6.2.3** te belirtilen rijitlik azaltılması gözönüne alınmaksızın, esasları **Bölüm 6.2.1** de açıklanan ikinci mertebe hesabı uygulanarak elde edilir. Sistem hesabında geometrik ön kusurların fiktif yüklerle temsil edilmesi halinde, bu yükler **Bölüm 6.2.2.2** deki esaslara uygun olarak sadece düşey yükleri içeren yük birleşimlerinde hesaba katılacaktır.

6.4.3 – Stabilite Kontrolleri

Geometri değişimlerinin denge denklemlerine etkilerinin *burkulma boyu yöntemi* ile hesaba katıldığı yapı sistemlerinin eleman ve birleşimlerinin stabilite kontrolleri **Bölüm 7-14** te verilen ilgili kurallara göre yapılır.

Basınç etkisindeki elemanların stabilite kontrollerinde burkulma boyu katsayısı, K , aşağıda açıklandığı şekilde belirlenir.

- Çaprazlı çerçeve sistemler, perdeli sistemler ve yatay yüklerin taşınmasının kolonların eğilme rijitliklerinden bağımsız olduğu benzeri sistemlerde burkulma boyu katsayısı, daha küçük bir değer kullanılması geçerli bir yaklaşımla kantlanmadığı sürece, $K=1.0$ olarak alınır. Stabilite bağlantıları **Bölüm 16** da verilen kurallara göre belirlenen yeterli dayanım ve rijitliğe sahip olacaktır.
- Kolonların eğilme rijitliklerinin sistemin yatay yük taşıma kapasitesine ve yanal stabilitesine katkı sağladığı moment aktaran çerçeveler ve benzeri sistemlerde burkulma boyu katsayısı, K , aşağıdaki denklemlerden veya nomogramlardan yararlanarak hesaplanabilir.

Bu denklem ve nomogramlardaki G_A ve G_B büyüklükleri, sırasıyla söz konusu kolonun üst ve alt uçlarında birleşen kolonların ve kirişlerin eğilme rijitlikleri toplamının oranına bağlı olarak **Denk.(6.4)** ile hesaplanırlar.

$$G = \frac{\Sigma(E_c I_c / L_c)}{\Sigma(E_g I_g / L_g)} \quad (6.4)$$

Buradaki terimler aşağıda açıklanmıştır.

$E_c I_c$: Kolon enkesiti eğilme rijitliği.

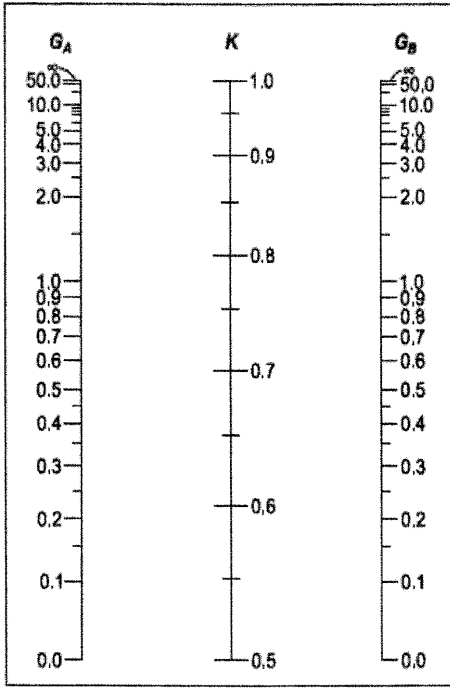
L_c : Kolon boyu.

$E_g I_g$: Kiriş enkesiti eğilme rijitliği.

L_g : Kiriş boyu.

- Yanal yerdeğiştirmesi önlenmiş (düğüm noktaları sabit) moment aktaran çerçeveler ve benzeri sistemlerde burkulma boyu katsayısı, K , kolonun üst ve alt uçlarında **Denk. (6.4)** ile belirlenen G_A ve G_B büyüklüklerine bağlı olarak, **Denk. (6.5)** ile veya **Şekil 6.1** de verilen nomogramdan yararlanarak hesaplanabilir.

$$K = \frac{3G_A G_B + 1.4(G_A + G_B) + 0.64}{3G_A G_B + 2.0(G_A + G_B) + 1.28} \quad (6.5)$$



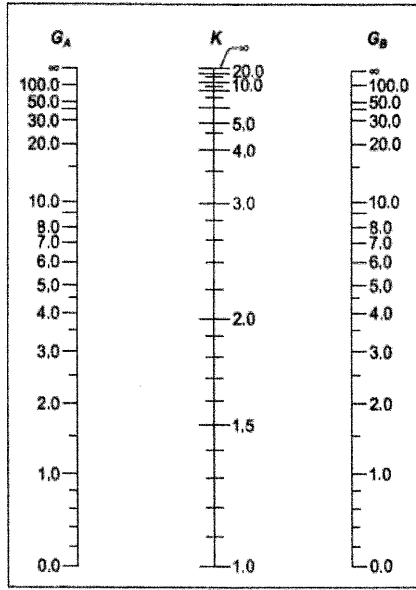
Şekil 6.1 – Yanal yerdeğiştirmesi önlenmiş sistemlerde burkulma boyu katsayısı, K

- (2) Yanal yerdeğiştirmesi önlenmemiş (düğüm noktaları hareketli) moment aktaran çerçeveler ve benzeri sistemlerde burkulma boyu katsayısı, K , kolonun üst ve alt uçlarında Denk. (6.4) ile belirlenen G_A ve G_B büyüklüklerine bağlı olarak, Denk. (6.6) ile veya Şekil 6.2 de verilen nomogramdan yararlanarak hesaplanabilir.

$$K = \sqrt{\frac{G_A(1.6G_B + 4.0) + (4G_B + 7.5)}{G_A + G_B + 7.5}} \quad (6.6)$$

G_A ve G_B büyüklüklerinin hesabında, kolonların ve kirişlerin sınır koşullarına bağlı olarak, aşağıda belirtilen düzenlemelerin yapılması uygun olmaktadır.

- (a) Temellere rijit olarak bağlanmayan kolonlarda, gerçek bir mafsallı bağlantı olmadığı sürece, pratik uygulamalar bakımından $G = 10$ olarak alınabilir. Kolonun temele bağlantısının rijit olması halinde, temel dönmesinin sıfıra eşit olduğu kanıtlanmadığı sürece, $G = 1$ olarak alınabilir.
- (b) Yanal yerdeğiştirmesi önlenmiş çerçevelerin kirişlerinde, kirişin $E_g I_g / L_g$ eğilme rijitliği diğer ucunun ankastre olarak mesnetlenmesi halinde 2 katsayısı ile, diğer ucunun mafsallı olarak mesnetlenmesi halinde ise 1.5 katsayısı ile arttırılır.
- (c) Yanal yerdeğiştirmesi önlenmemiş çerçevelerin kirişlerinde, kirişin $E_g I_g / L_g$ eğilme rijitliği diğer ucunun ankastre olarak mesnetlenmesi halinde 2/3 katsayısı ile, diğer ucunun mafsallı olarak mesnetlenmesi halinde ise 0.5 katsayısı ile azaltılır.



Şekil 6.2 – Yanal yerdeğiştirmesi önlenmemiş sistemlerde burkulma boyu katsayısı, K

6.5 YAKLAŞIK İKİNCİ MERTEBE ANALİZİ

Bu bölümde, ikinci mertebeye etkilerin doğrudan doğruya hesaba katılması yerine uygulanabilecek bir yaklaşımın uygulama sınırları ve formülasyonu verilecektir. Bu yaklaşım, birinci mertebeye analiz yöntemi kullanılarak elde edilecek iç kuvvetlerin (P ve M) belirli katsayılarla artırılması prensibine dayanmaktadır.

6.5.1 – Uygulama Sınırları

Bu yaklaşım düşey yüklerin düşey çerçeveler, kolonlar ve perdeler tarafından taşındığı yapı sistemleri için uygulanabilir.

6.5.2 – Hesap Esasları

Sistem elemanlarının ikinci mertebeye etkilerini içeren gerekli eğilme momenti dayanımı, M_r , ve gerekli aksel kuvvet dayanımı, P_r , sırasıyla **Denk.(6.7)** ve **Denk.(6.8)** ile hesaplanacaktır.

$$M_r = B_1 M_{nt} + B_2 M_{lt} \quad (6.7)$$

$$P_r = P_{nt} + B_2 P_{lt} \quad (6.8)$$

Buradaki terimler aşağıda tanımlanmıştır.

B_1 : Yatay ötelenmesi önlenmiş sistemin elemanlarındaki (P - δ) etkilerini gözönüne alan bir artırma katsayısıdır. Bu katsayı, eğilme ve basınç etkisindeki elemanlar için, elemanın her iki eğilme doğrultusunda **Bölüm 6.5.2.1** de açıklandığı şekilde hesaplanır. Basınç etkisinde olmayan elemanlarda B_1 katsayısı 1.0 olarak alınır.

B_2 : Yatay ötelenmesi önlenmemiş sistem genelindeki (P - Δ) etkilerini gözönüne alan bir artırma katsayısıdır. Bu katsayı, yapı sisteminin her katı için, her iki yatay yerdeğiştirme doğrultusunda **Bölüm 6.5.2.2** de açıklandığı şekilde hesaplanır.

M_r : YDKT veya GKT yük birleşimleri altında hesaplanan ikinci mertbe etkileri içeren gerekli eğilme momenti dayanımı.

P_r : YDKT veya GKT yük birleşimleri altında hesaplanan ikinci mertbe etkileri içeren gerekli eksenel kuvvet dayanımı.

M_{nt} : Yatay ötelenmesi önlenmiş sistemde, YDKT veya GKT yük birleşimleri altında hesaplanan birinci mertbe eğilme momenti.

P_{nt} : Yatay ötelenmesi önlenmiş sistemde, YDKT veya GKT yük birleşimleri altında hesaplanan birinci mertbe eksenel kuvvet.

M_{1t} : Yapı sisteminin sadece yanal ötelenmesi sonucu, YDKT veya GKT yük birleşimleri altında ilgili elemanda oluşan birinci mertbe eğilme momenti.

P_{1t} : Yapı sisteminin yatay yerdeğiştirmelerinden dolayı, YDKT veya GKT yük birleşimleri altında hesaplanan birinci mertbe eksenel kuvvet.

6.5.2.1 – P - δ Etkileri İçin B_1 Arttırma Katsayısı

Eğilme momenti ve eksenel basınç kuvveti etkisindeki elemanlar için, elemanın her iki eğilme doğrultusunda uygulanacak B_1 arttırma katsayısı **Denk.(6.9)** ile hesaplanacaktır.

$$B_1 = \frac{C_m}{1 - \frac{\alpha P_r}{P_{el}}} \geq 1 \quad (6.9)$$

Buradaki terimler aşağıda açıklanmıştır.

$\alpha = 1.0$ (YDKT) veya $\alpha = 1.6$ (GKT)

C_m : Eşdeğer sabit moment yayılışına dönüştürme katsayısı. Bu katsayı yanal doğrultuda yerdeğiştirme yapmadığı varsayılan sistemlerin elemanlarında aşağıdaki şekilde hesaplanır.

(a) Eğilme düzleminde mesnetler arasında yanal yüklerin etkilediği elemanlarda:

$$C_m = 0.6 - 0.4(M_1 / M_2) \quad (6.10)$$

Burada M_1 ve M_2 , elemanın uçlarında birinci mertbe analizi ile hesaplanan, sırasıyla küçük ve büyük eğilme momentlerini göstermektedir. M_1/M_2 büyüklüğü çift eğrilikli eğilmede pozitif, tek eğrilikli eğilmede ise negatif olarak alınacaktır.

(b) Eğilme düzleminde mesnetler arasında yanal yüklerin etkilediği elemanlarda, güvenli yönde kalmak üzere, $C_m=1.0$ değeri kullanılabilir.

P_{el} : Elemanın uç noktalarının yanal yerdeğiştirme yapmadığı varsayımı altında, eğilme düzlemindeki elastik burkulma yüküdür ve **Denk.(6.11)** ile hesaplanır.

$$P_{el} = \frac{\pi^2 EI^*}{(K_1 L)^2} \quad (6.11)$$

Buradaki terimler aşağıda açıklanmıştır.

EI^* : Genel analiz yöntemi ile tasarımda, **Bölüm 6.2.3** e göre hesaplanan azaltılmış rijitlik. Burkulma boyu yöntemi ile tasarımda ise $EI^* = EI$ olarak alınacaktır.

E : Yapısal çelik elastisite modülü (200000 MPa).

I : Eleman enkesitinin eğilme düzlemindeki atalet momenti.

L : Eleman boyu.

K_1 : Elemanın uç noktalarının yanal yerdeğiştirme yapmadığı varsayımı altında, eğilme düzlemindeki burkulma boyu katsayısı. Daha küçük bir değer aldığı geçerli bir yaklaşımla kanıtlanmadığı sürece $K_1=1.0$ olarak alınacaktır.

Denk.(6.9) daki P_r büyüklüğü için, birinci merteye yaklaşımına ait $P_r = P_{nt} + P_{1t}$ ifadesinin kullanılmasına izin verilebilir.

6.5.2.2 – P - Δ Etkileri İçin B_2 Arttırma Katsayısı

Sistemin her katında, her iki yanal yerdeğiştirme doğrultusunda uygulanacak B_2 arttırma katsayısı **Denk.(6.12)** ile hesaplanacaktır.

$$B_2 = \frac{1}{1 - \frac{\alpha P_{kat}}{P_{e,kat}}} \geq 1 \quad (6.12)$$

Buradaki terimler aşağıda açıklanmıştır.

$\alpha = 1.0$ (YDKT) veya $\alpha = 1.6$ (GKT)

P_{kat} : YDKT veya GKT yük birleşimleri için, söz konusu katın tüm düşey taşıyıcı elemanlarına (yatay yük taşıyıcı sistemin dışında olan elemanlar da dahil) etkiyen toplam düşey yük.

$P_{e,kat}$: Gözönüne alınan yanal yerdeğiştirme doğrultusunda, söz konusu kata ait elastik burkulma yükü. Bu büyüklük burkulma analizi ile veya **Denk.(6.13)** ile hesaplanacaktır.

$$P_{e,kat} = R_M \frac{HL}{\Delta_H} \quad (6.13)$$

Buradaki terimler aşağıda açıklanmıştır.

$$R_M = 1 - 0.15(P_{mf} / P_{kat}) \quad (6.14)$$

R_M : $P-\delta$ nın $P-\Delta$ üzerindeki etkisini gözönüne alan katsayı.

L : Kat yüksekliği.

P_{mf} : Gözönüne alınan doğrultuda moment aktaran çerçeveler bulunması halinde, bu çerçevelerin kat kolonlarına etkiyen toplam düşey yük, (çaprazlı çerçevelerde sıfır alınacaktır).

Δ_H : Gözönüne alınan doğrultuda, seçilen yatay yükler altında, sistem rijitliği kullanılarak hesaplanan birinci merteye göreli kat ötelemesi.

H : Gözönüne alınan doğrultuda, Δ_H göreli kat ötelemesini hesaplamak için kullanılan yatay yüklerden oluşan kat kesme kuvveti.