

SAP2000®

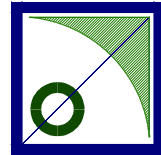
Yapıları Sonlu Elemanlarla
Çözümleme ve Boyutlama için
Yazılımlar Serisi

BETONARME ÇERÇEVE BOYUTLAMA KILAVUZU

TS500 ve Deprem Yönetmeliği Uyarlamalı



COMPUTERS &
ENGINEERING



Version 7, Mayıs 2000
Türkçesi: 1.1.2001

TELİF HAKKI

Copyright Computer & Structures, Computers & Engineering. Her hakkı saklıdır. SAP2000 programı ve ilgili tüm yazılı belgeler sahiplik ve çoğaltma hakları saklı ürünlerdir. Evrensel sahiplik hakları Computers & Structures Inc.'a aittir. Türkçe yazılı belgelerin sahiplik hakları Computers & Engineering kuruluşuna aittir. Computers & Structures Inc. ve Computers & Engineering kuruluşlarından yazılı izin alınmadan programın lisanssız kullanımı veya yazılı belgelerinin çoğaltılması tamamen yasaktır.

Daha ayrıntılı bilgi, yazılım lisansı ve belgelerin kopyaları için başvuru adresi:

Türkiye, Almanya ve Rus Fed. Devletleri

Ana Dağıtım:

COMPUTERS & ENGINEERING

Holzmühlerweg 87-89

D-35457 Lollar, ALMANYA

Tel: 0049 6406 73667

Fax: 0049 6406 4745

E-Mail: baser@comp-engineering.com

<http://www.comp-engineering.com>

<http://www.csiberkeley.com>

<ftp://ftp.csiberkeley.com/webdld>

© Copyright Computers and Structures Inc., 1978-2000

© Copyright Computers & Engineering 1992-2000

CSI Logo'su Computers & Structures Inc. kuruluşunun tescilli ticari markasıdır.

SAP2000 Computers & Structures Inc. kuruluşunun ticari markasıdır.

SORUMLULUK

SAP2000 programının ve yazılı belgelerinin hazırlanmasına büyük zaman, çaba harcanmış ve maddi fedakarlık yapılmıştır. Program tam olarak test edilmiş ve kullanılmıştır. Bununla birlikte programı kullanırken, kullanıcı, programın güvenilirliği veya kesinliği konusunda programı hazırlayan veya dağıtanların herhangi bir sorumluluk almadığını veya bunu ima etmediğini kabul eder ve anlar.

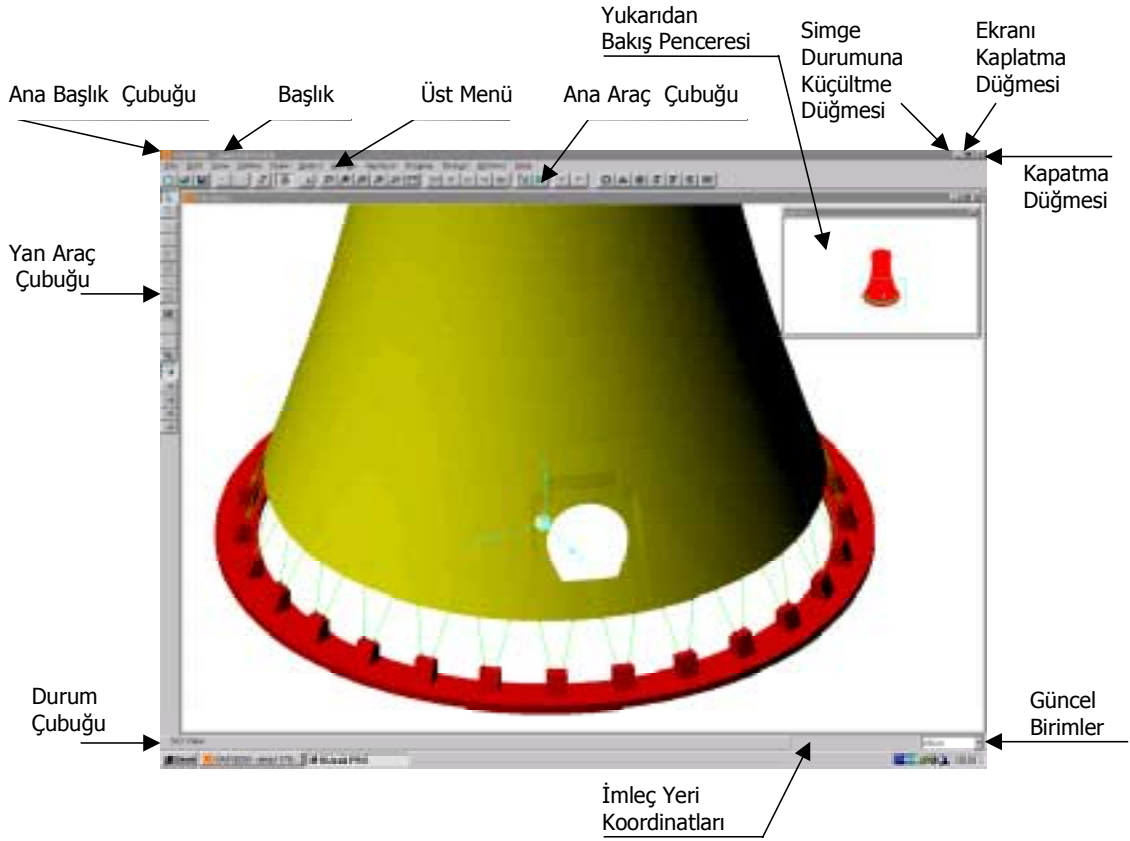
Program, betonarme çerçevelerin boyutlaması için çok pratik bir araçtır. Programın bundan önceki sürümleri çok başarılı olmuş ve çeşitli tür yapılarda kullanılmıştır. Bununla beraber kullanıcı, bu kılavuzu tamamen ve dikkatlice okumalı ve betonarme hesabında program algoritmalarının **kapsamadığı** durumları iyice anlamalıdır.

Kullanıcı, programın temel varsayımlarını açıkça anlamalı ve programın oluşturduğu sonuçları kendisi bağımsız olarak kontrol etmelidir.

TEŞEKKÜR

Bu ürünün bugünkü durumuna gelmesinde yıllar boyu süren değerli çalışmalarıyla katkı sağlayan bütün mühendis meslekdaşlarımıza teşekkür ederiz.

Özellikle orjinal SAP serisi programlarının kavramsallaştırılması ve geliştirilmesinden sorumlu, California Berkeley Üniversitesi emekli profesörlerinden Dr. Edward L. Wilson'ı özel olarak anıyoruz. Kendisinin devam eden orijinal çözümler üretmesi, programın bu versiyonunda kullanılan eşsiz kavramlar oluşturulmasında rol oynamıştır.



SAP2000 MENÜLERİNİN TANIMLARI

SAP2000 komutlarına Uygulama Simgeli (İkon'lu) **Ana Araç Çubuğu**, **Yan Araç Çubuğu**, ve **Üst Menü**'den (Pull Down) erişilecektir. Bununla birlikte Uygulama Simgeli araç çubukları **Üst Menü**'de bulunan işlemlerin çoğuna, daha çabuk erişimi sağlar.

Atama (*Assign*) işlemi sırasında hatırlamanız gereken iki önemli nokta vardır. Birincisi; bir değeri atayacağınız nesneyi belirtmeden önce o değeri tanımlamış (*Define*) olmalısınız. İkincisi; önce elemanları seçmeli (*Select*) sonra onlara yeni büyüklükler atamalı (*Assign*) ya da eskilerini değiştirmelisiniz .

İÇİNDEKİLER:

		Sayfa
BÖLÜM I	Giriş	1
	Genel	1
	Kitap Düzeni	2
	Önerilen Okuma Şekli	3
BÖLÜM II	Boyutlama Algoritmaları	5
	Boyutlama Yük Kombinezonları	6
	Boyutlama ve Kesit Kontrol Noktaları	7
	Kiriş ve Kolonların Tanınması	7
	Kirişlerin Boyutlaması	8
	Kolonların Boyutlaması	8
	P – Δ Etkileri	12
	Elemanların Mesnetlenmemiş Boyları	12
	Deprem Yükleri için Özel Hususlar	14
	Veri Birimlerinin Seçimi	14
BÖLÜM III	ACI 318-99 a Göre Boyutlama	15
	Boyutlama Yük Kombinezonları	16
	Dayanım Azaltma Çarpanları	19
	Kolon Boyutlaması	19
	İki Eksenli Karşılıklı Etki Yüzeylerinin Oluşturulması	20
	Kolon Kapasitesinin Kontrolü	22
	Çarpanlarla Artırılmış Moment ve Kuvvetlerin Belirlenmesi	22
	Moment Büyütme Çarpanlarının Belirlenmesi	22
	Kapasite Oranının Belirlenmesi	24
	Kolon Kayma Donatısının Hesabı	25
	Kesit Kuvvetlerinin Belirlenmesi	25
	Beton Kayma Kapasitesinin Belirlenmesi	27
	Gerekli Kayma Donatısının Belirlenmesi	29
	Kiriş Boyutlaması	31
	Kirişin Eğilme Donatısı Hesabı	31
	Çarpanlarla Artırılmış Maksimum Momentlerin Belirlenmesi	31
	Gerekli Eğilme Donatısının Belirlenmesi	31
	Dikdörtgen Kesit Hesabı	32
	Tablalı (T) Kesit Hesabı	35
	Minimum Çekme Donatısı	37

	Deprem Boyutlaması için Özel Hususlar	37
	Kiriş Kayma Donatısının Hesabı	39
	Kesme Kuvveti ve Momentin Belirlenmesi	39
	Beton Kayma Kapasitesinin Belirlenmesi	41
	Gerekli Kayma Donatısının Belirlenmesi	41
BÖLÜM IV	AASHTO LRFD 1997 ye Göre Boyutlama	43
	Boyutlama Yük Kombinasyonları	44
	Dayanım Azaltma Çarpanları	48
	Kolon Boyutlaması	49
	İki Eksenli Karşılıklı Etki Yüzeylerinin Oluşturulması	49
	Kolon Kapasitesinin Kontrolü	52
	Çarpanlarla Artırılmış Moment ve Kuvvetlerin Belirlenmesi	52
	Moment Büyütme Çarpanlarının Belirlenmesi	52
	Kapasite Oranının Belirlenmesi	54
	Kolon Kayma Donatısının Hesabı	55
	Kesit Kuvvetlerinin Belirlenmesi	55
	Beton Kayma Kapasitesinin Belirlenmesi	56
	Gerekli Kayma Donatısının Belirlenmesi	58
	Kiriş Boyutlaması	63
	Kirişin Eğilme Donatısı Hesabı	63
	Çarpanlarla Artırılmış Maksimum Momentlerin Belirlenmesi	63
	Gerekli Eğilme Donatısının Belirlenmesi	63
	Dikdörtgen Kesit Hesabı	64
	Tablalı (T) Kesit Hesabı	66
	Minimum ve Maksimum Çekme Donatısı	69
	Kiriş Kayma Donatısının Hesabı	71
	Kesme Kuvveti ve Momentin Belirlenmesi	71
	Beton Kayma Kapasitesinin Belirlenmesi	72
	Gerekli Kayma Donatısının Belirlenmesi	73
BÖLÜM IX	Boyutlama Çıktıları	77
	Genel	77
	Boyutlama Çıkışlarının Grafik Görüntülenmesi	78
	Boyutlama Çıkışlarının Tablo Gösterimi	79
	Özel Eleman Bilgileri	80

Bölüm I

Giriş

Genel

SAP2000 hem çelik, hem de betonarme yapıların boyutlaması için güçlü ve tümüyle bütünleştirilmiş program modülleri sunmaktadır (CSI 1998a, 1998b, 1997). Program kullanıcıya, tümü aynı kullanıcı arabirimi içinde olmak üzere, yapısal modeller oluşturma, değiştirme, çözümlenme ve boyutlama seçenekleri sağlar.

Program, kullanıcının gerilme durumlarını inceleyebildiği, kesit büyüklüklerinin yeniden düzenlenmesi gibi uygun değişiklikleri yapabildiği ve yapıyı yeniden çözümleneksizin boyutlamayı iyileştirebildiği etkileşimli bir çevre sağlar. Bir eleman üzerine fare ile tek bir tıklama ayrıntılı boyutlama bilgisini ekrana getirir. Boyutlama amacı ile elemanlar gruplandırılabilir. Sonuçlar hem grafik ve hem de tablo düzeninde görüntülenebilir ve basılabilir.

Program betonarme çerçeve elemanlarının otomatik boyutlaması için çok sayıda şartnameyi destekleyebilen bir yapıya sahiptir. Şu anda programın desteklediği şartnameler şunlardır: A.B.D. (ACI 1999, AASHTO 1997), Kanada (CSA 1994), İngiliz (BSI 1989), Avrupa (CEN 1992) ve Yeni Zelanda (NSZ 3101-95).

Program, kullanıcının belirlediği bir takım yükleme kombinezonlarına dayanır. Bununla birlikte, SAP2000 in desteklediği her bir şartnameye uygun önceden hazırlanmış (default) bir yük kombinezon veri takımı sağlar. Bu varsayım yük kombinezonları kabul edilebiliyorsa hiç bir ek yük kombinezonu tanımlamaya gerek kalmaz.

Kolonların boyutlamasında, program gerekli boyuna donatıyı ve kayma donatısını hesaplar. Bununla birlikte, kullanıcı boyuna donatıyı veri olarak girebilir, bu durumda kolon taşıma kapasitesi oranı hesaplanıp yazılır. Kolon kapasite oranı, kolon kapasitesine göre gerilme durumu hakkında bilgi verir.

Her kirişte, kiriş açıklığı boyunca kullanıcının tanımladığı sayıdaki kesitte, eğilme ve kayma için boyutlama hesabı yapılır.

Sonuçların sunulduğu açık ve özür. Çıkış bilgileri mühendise, elemanın gerilme sınırlarını aşması durumunda uygun önlemler alma olanağını verecek formdadır. Programın ürettiği boyutlama bilgileri de, sonuçları kolayca gerçekleştirmek için hazırlanıp saklanır.

Model geometrisini tanımlama ve boyutlama parametrelerini belirtmede İngiliz birimleri kullanılabilir gibi SI ve MKS metrik birimleri de kullanılabilir.

Bu program paketi Türkiye'de konu ile ilgili şartnamelerden olan "TS500 Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, 2000" ve "Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik" kuralları çerçevesinde Prof. Dr. Nahit Kumbasar ve Prof. Dr. Zekai Celep (İstanbul Teknik Üniversitesi, Betonarme Yapılar Bilim Dalı) tarafından gözden geçirilmiştir. Program paketinin bu şartnamelere uygun kullanılması konusunda hazırladıkları ek bilgiler koyu eğik yazı karakteri ile ilgili yerlere eklenmiştir.

Kitap Düzeni

Bu el kitabı aşağıda açıklandığı gibi düzenlenmiştir:

İkinci Bölüm SAP2000 programının betonarme boyutlama işlemlerinin değişik yanlarını özetlemektedir. Bu bölüm SAP2000 betonarme boyutlamasında en çok geçen terminolojiyi açıklamaktadır.

Bundan sonraki altı bölümün her biri SAP2000 de bulunan belirli bir şartnamenin SAP2000 de yorumlandığı ve uygulandığı biçimde ayrıntılı açıklamasını verir. Her bölüm, şartnamenin gereği olan boyutlama yük kombinezonlarını, kolon ve kiriş boyutlama işlemini ve diğer hususları açıklar.

Üçüncü Bölüm SAP2000 de uygulanan şekli ile ACI Şartnamesi'nin (ACI 1999) ayrıntılı bir açıklamasını vermektedir.

Dördüncü Bölüm SAP2000 de uygulanan şekli ile AASHTO LRFD betonarme Şartnamesi'nin (AASHTO 1997) ayrıntılı bir açıklamasını vermektedir.

Beşinci Bölüm SAP2000 de programlanan şekli ile Kanada Şartnamesi'nin (CSA 1994) ayrıntılı bir açıklamasını vermektedir. (Bu bölüm Türkiye'de kullanılmadığından çevrilmemiştir.)

Altıncı Bölüm SAP2000 de programlanan şekli ile İngiliz Şartnamesi'nin (BSI 1989) ayrıntılı bir açıklamasını vermektedir. (Bu bölüm de Türkiye'de kullanılmadığından çevrilmemiştir.)

Yedinci Bölüm SAP2000 de programlanan şekli ile Eurocode 2 Şartnamesi'nin (CEN 1992) ayrıntılı bir açıklamasını vermektedir. (Bu bölüm Türkiye'de henüz kullanılmadığından çevrilmemiştir fakat ilerde kullanılacağı düşünülerek çevrilmesi planlanmıştır.)

Sekizinci Bölüm SAP2000 de uygulanan şekli ile Yeni Zelanda betonarme Şartnamesi'nin (NZS 1997) ayrıntılı bir açıklamasını vermektedir. (Bu bölümde Türkiye'de kullanılmadığından çevrilmemiştir.)

Dokuzuncu Bölüm SAP2000 in betonarme boyutlama ile ilgili tablo ve grafik çıkışlarını içeren değişik konuları özetlemektedir.

Onuncu Bölüm (Örnek 1), ilk kez kullananlara el alışkanlığı vermek amacı ile hızlı bir alıştırma örneği sağlar. Bu alıştırma örneğinde SAP2000 betonarme boyutlama modüllerinin bir çok temel işlemi incelenmiştir.

Onbirinci Bölüm (Örnek 2), çok katlı bir yapının çözümleme ve boyutlamasını içerir. Betonarme Yapılar – Zekai Celep, Nahit Kumbasar 2001 üçüncü baskı s.748 Örnek 20.1 deki yapı için giriş bilgileri ve örnek çıkışları verilmiştir.

Önerilen Okuma Şekli

Kullanıcının İkinci Bölüm'deki “Boyutlama Algoritmaları” ve izleyen altı bölümden ilgi duyduğu şartname bölümünü okuması önerilir. Son olarak, kullanıcı, SAP2000 in betonarme boyutlama çıkışlarını anlayıp yorumlayabilmesi için Dokuzuncu Bölüm'deki “Boyutlama Çıkışları” nı okumalıdır.

SAP2000 *Quick Tutorial* el kitabında “*Concrete Design Tutorial*” bölümünde bir betonarme boyutlama açıklaması bulunmaktadır. Ayrıca elinizdeki kitabın Onuncu Bölümü – *Hızlı Alıştırma (Örnek 1)* olarak bahsi geçen “*Concrete Design Tutorial*” ın Türkçe çevirisini içermektedir. İlk kullanıcının bu el kitabını okumadan önce Onuncu Bölüm'deki söz konusu açıklamanın adımlarını incelemeleri önerilir.

Bölüm II

Boyutlama Algoritmaları

Bu bölüm SAP2000 programının kullandığı betonarme kesit hesabı ve kesit kontrolü yöntemleri ile ilgili çeşitli hususların ana çizgilerini verir. Betonarme kesit hesabı ve kesit kontrolü SAP2000 de aşağıdaki şartnamelerden birine göre yapılabilir.

- Yapısal Beton için Amerikan Beton Enstitüsü Bina Şartnamesi 1999, **ACI 318-99** (ACI 1999).
- Köprü Boyutlama Şartnamesi olarak Amerikan Devlet Karayolları ve Taşımacılık Bürosu Şartnamesi **AASHTO LRFD 1997** (AASHTO 1997).
- Kanada Standartlar Birliği Binalar için Betonarme Yapıların Boyutlaması 1994, **CAN3-A23.3-94** (CSA 1994).
- İngiliz Standartlar Enstitüsü Betonun Yapısal Kullanımı 1989, **BS 8110-85, R1989** (BSI 1989).
- Avrupa Standardizasyon Komitesi, Betonarme Yapıların Boyutlaması 1992, **EUROCODE 2** (CEN 1992).
- Yeni Zelanda Betonarme Yapılar Standardı 1995. **NZS 3101-95** (NZS 1995).

Bu şartnamelerin herbirinin algoritma ayrıntıları, SAP2000 de kullanıldığı şekli ile, sonraki bölümlerde verilmiştir. Bununla birlikte, bu bölüm, bütün boyutlama şartnameleri için ortak olan bir taban sağlamaktadır.

Bu elkitabı yazılırken, kullanıcının genelde betonarme hesabı konusunda yeterli mühendislik bilgisine sahip olduğu ve yukarıda adı geçen şartnamelerden enaz birine yabancı olmadığı kabul edilmiştir.

Şartnamelerin uygun kısımlarına referans verirken herbir şartnameye kısaltılmış bir ad verilmiştir. Örneğin AASHTO Şartnamesi'ne verilen bütün atıfların önünde "AASHTO" kelimesi gelir. Benzer şekilde:

- ACI 318–99 Şartnamesi'ne yapılan bütün atıflar "ACI" kısaltmasını,
- Kanada Şartnamesi'ne yapılan bütün atıflar "CSA" kısaltmasını,
- İngiliz Şartnamesi'ne yapılan bütün atıflar "BS" kısaltmasını,
- Eurocode 2'ye yapılan bütün atıflar "EC2" kısaltmasını,
- Yeni Zelanda Şartnamesi'ne yapılan bütün atıflar "NZS" kısaltmasını taşır.

Boyutlama Yük Kombinezonları

Boyutlama yük kombinezonları yapının boyutlama hesabı ya da kesit kontrolünde gerekli yükleme durumlarının çeşitli kombinezonlarının belirlenmesi için kullanılır. Kullanılacak yük kombinezonu katsayıları seçilen boyutlama şartnamesine göre değişir. Bu yük kombinezonu katsayıları ilgili yükleme durumlarından elde edilen kuvvet ve momentlere uygulanarak toplanır ve yük kombinezonu için çarpanlarla artırılmış kuvvet ve momentler bulunur.

Davranış spektrumu, zaman tanım alanında hesap yöntemi, hareket eden yüklerle ilgili çok-değerli yük kombinezonlarında ve etkileşen büyüklükler arasındaki karşılıklı kaybolduğu (zarf alma tipi, karelerin toplamının karekökü veya mutlak değer) çok-değerli yük kombinezonlarında, ilgili büyüklüklerin maksimum/minimum permutasyonlarını kullanarak program otomatik olarak çoklu alt kombinezonlar oluşturur. Davranış spektrumları için negatif çarpanlı ayrı kombinezon gerekli değildir; çünkü program otomatik olarak minimumu maksimumun ters işaretlisi olarak alır ve yukarıda açıklanan permutasyonlara gerekli alt kombinezonları oluşturur.

Bir boyutlama kombinezonu, zaman tanım alanında hesap veya hareket eden yükün sadece bir tane çok değerli durumu ile ilişkili ise, daha başka seçenekler de sunulmuştur. Program, zaman tanım alanında hesap yönteminin her adımında alt kombinezonlar oluşturmasını isteme seçeneğine sahiptir. Hareket eden yükler kombinezonunda, etkileşimli olan büyüklüklerin birbirine karşı gelen değerleri için, her bir boyutlama büyüklüğünün maksimum ve minimumunu kullanarak alt kombinezonlar oluşturma seçeneği vardır.

Statik sabit yük, hareketli yük, rüzgar yükü ve deprem yükü ve/veya dinamik davranış spektrumu deprem yükü ile ilişkili normal yükleme koşullarında, programda her bir şartname için hazır (default) yük kombinezonları vardır. Bunlar şartname önerilerine dayanmaktadır ve her şartname için ilgili bölümde açıklanmıştır.

Hareket eden yükler, zaman tanım alanında hesap, düzenlenmiş hareketli yük, çatı hareketli yükü ile kar yükünün ayrı düşünülmesi, vb. yükleme durumları için kullanıcı, var olanlar yerine veya onlara ek olarak boyutlama yük kombinezonu tanımlamalıdır.

Programda önceden hazır olan (default) yük kombinezonları, sabit yük olarak tanımlanmış bütün statik yük durumlarının toplanacağını varsayar. Benzer şekilde hareketli yük olarak tanımlanan durumların da toplanacağı varsayılır. Fakat statik yük durumu olarak tanımlanmış, rüzgar, deprem ya da davranış spektrumunun biribiri ile toplanmayacağı ve çoklu yanal yük kombinezonları oluşturacakları varsayılır. Ayrıca deprem ve rüzgar yük durumları, yönleri ters alınarak (pozitif veya negatif) ayrı yük kombinezonları oluştururlar. Bu durumlar doğru değilse kullanıcı doğru olan boyutlama kombinezonunu oluşturulmalıdır.

Bu hazır olan (default) yük kombinezonları, kullanıcı istediği takdirde ya da betonarme hesabı için kullanıcı tarafından tanımlanmış başka yük kombinezonu yoksa, boyutlamada devreye girer. Hazır olan (default) bu yük kombinezonlarından herhangi biri hesaba girmişse, boyutlama şartnamesi değiştirildiğinde veya statik ya da davranış spektrumu yüklerinde değişiklik yapıldığında program bütün önceden hazır olan (default) yük kombinezonlarında gerekli değişiklikleri otomatik olarak yapar.

Çarpanlarla artırılmış yüklerde hareketli yükün payını azaltmak için, hareketli yük azaltma çarpanı, eleman hareketli yük kuvvetlerine eleman-eleman uygulanabilir.

Kullanıcı, hareket eden yük ya da zaman tanım alanında hesap yöntemi sonuçlarının çözümlemede çerçeve elemanlarının bazıları veya hepsi için hesaba katılmasını istemedikçe, bu yüklerin etkisinin bunları içeren herhangi bir yük kombinezonunda sıfır alınacağını bilmelidir.

Boyutlama ve Kesit Kontrol Noktaları

Her elemanda, her yük kombinezonu için, eleman boyunca belli sayıdaki yerde betonarme kesit hesabı veya kesit kontrolü yapılır. Bu yerler elemanın serbest açıklığının eşit aralıklı parçaları ile oluşur. Elemandaki parça sayısı, çözümlemeden önce, kullanıcı tarafından belirtilir. Kullanıcı eleman boyunca boyutlama hesaplarını daha incelikli kılmak üzere daha çok sayıda parça tanımlı isteyebilir.

Kiriş ve Kolonların Tanınması

SAP2000 genel amaçlı bir çözümleme ve boyutlama programı olduğundan, bütün kiriş ve kolonlar çerçeve elemanı olarak temsil edilmişlerdir. Fakat kiriş ve kolonların

betonarme hesabı farklı işlemler gerektirir. Bu nedenle her çerçeve elemanın kiriş ya da kolon olduğunun tanıtılması gereklidir. Bu tanıtma, betonarme bir elemanda, eleman için atanan çerçeve kesitinin kiriş ya da kolon tipi olduğu belirtilerek yapılır.

Kirişlerin Boyutlaması

Betonarme kirişlerin boyutlamasında SAP2000, kiriş eğilme momentleri, kesme kuvvetleri ve şartname ile ilgili bölümde ayrıntılı olarak verilen yük kombinezonları ve diğer kriterlere dayanarak gerekli eğilme ve kayma donatı alanlarını hesaplar ve verir. Donatı gereksinimleri kiriş serbest açıklığı boyunca kullanıcı tarafından belirlenmiş sayıdaki noktada hesaplanır.

Bütün kirişler sadece esas eğilme doğrultusundaki moment ve kesme kuvveti için boyutlanır. Eksenel kuvvet, ikincil doğrultuda eğilme ve burulma gibi oluşabilecek diğer etkiler, bağımsız olarak, kullanıcı tarafından araştırılmalıdır.

Belirli bir kirişin belirli bir kesitinde esas moment için eğilme donatısı hesaplanırken gerekli adımlar, çarpanlarla artırılmış maksimum momentin belirlenmesi ve gerekli eğilme donatısının hesabını içerir. Kiriş kesiti tüm yük kombinezonlarından elde edilen maksimum pozitif M_u^+ ve maksimum negatif M_u^- yük çarpanları ile artırılmış momentlerinin zarfları için hesaplanır. Negatif kiriş momentleri üst donatıyı oluşturur. Bu durumlarda kiriş daima dikdörtgen kesit olarak hesaplanır. Pozitif kiriş momentleri alt donatıyı oluşturur. Bu durumlarda kiriş dikdörtgen ya da T kesit olarak hesaplanır. Eğilme donatısının hesabında kiriş önce tek donatılı olarak boyutlanır. Kiriş kesiti yetersizse, bu durumda gerekli basınç donatısı hesaplanır.

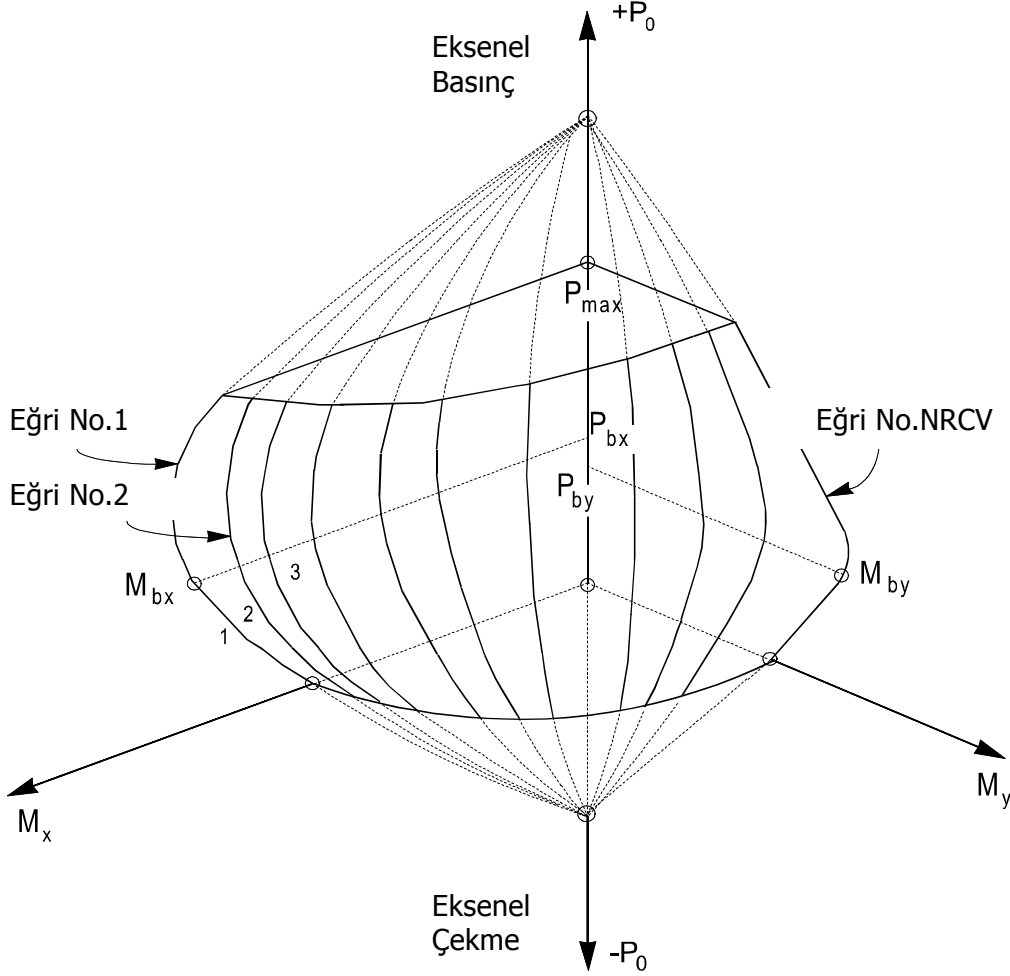
Belirli bir kirişin belirli bir kesitinde belirli bir yük kombinezonu için esas doğrultudaki kesme kuvveti için kayma donatısı hesaplanırken gerekli adımlar, çarpanlarla artırılmış kesme kuvvetinin belirlenmesi, beton tarafından karşılanabilen kesme kuvvetinin belirlenmesi ve fark kuvveti karşılamak için gerekli donatının hesabını içerir.

Deprem hesabının ACI, Kanada ve Yeni Zelanda Şartnamelerine göre yapılması için SAP2000 programına özel hususlar yerleştirilmiştir.

Kolonların Boyutlaması

Kolonların boyutlamasında program gerekli boyuna donatıyı hesaplar, ya da eğer boyuna donatı verilmişse, kolon taşıma kapasitesine göre kolon gerilme durumunu belirleyen bir işaret olarak kolon gerilme durumunu kolon taşıma kapasitesine oranını verir. Yapının betonarme kolonlarının boyutlama işlemi aşağıdaki adımları içerir:

- Modelin bütün farklı betonarme kesitleri için aksenal yük - iki eksenli eğilme karşılıklı etki yüzeyleri oluşturulur. Tipik bir karşılıklı etki yüzeyi Şekil II-1 de gösterilmiştir.

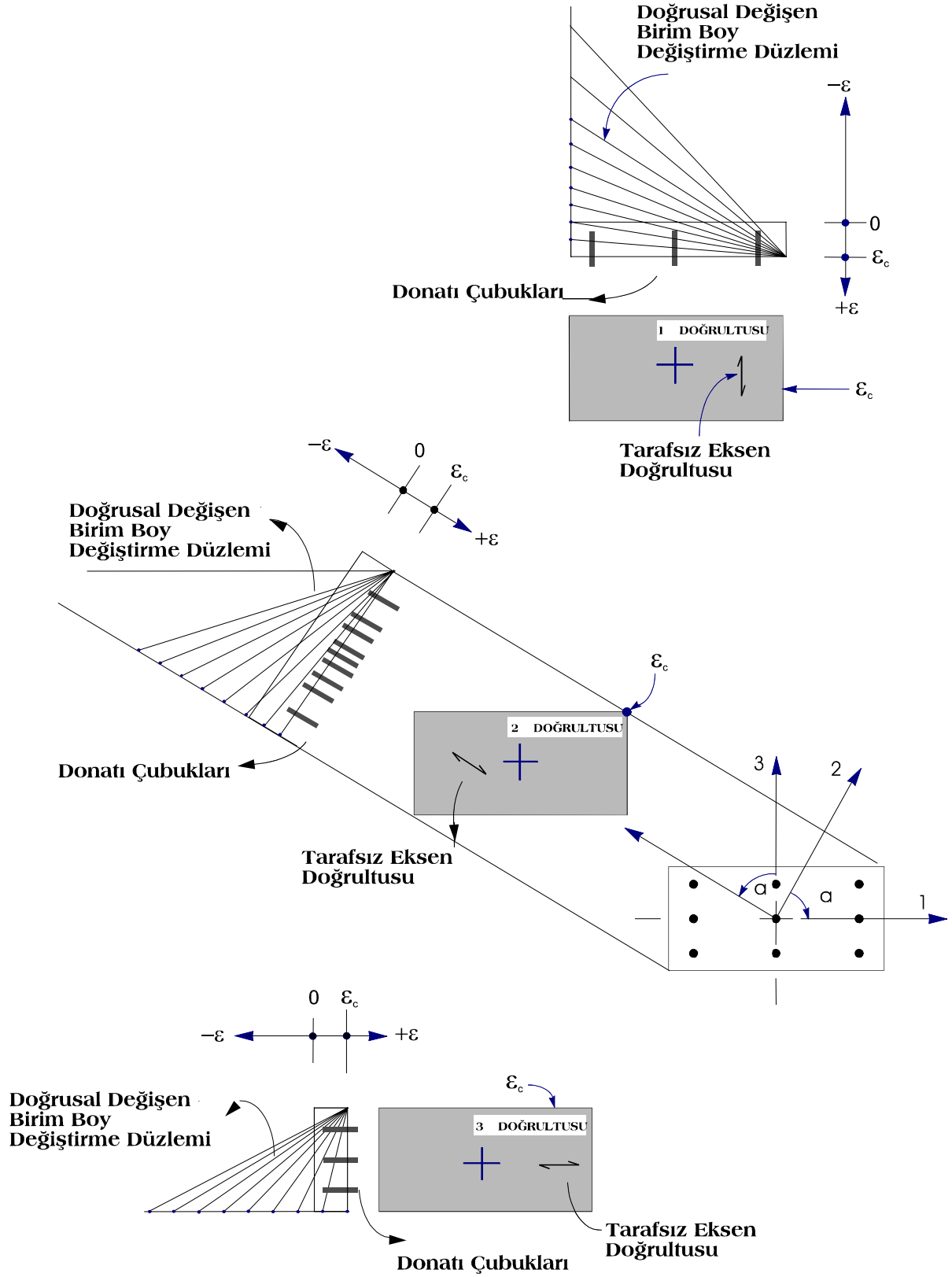


Şekil II-1

Tipik Kolon Karşılıklı Etki Yüzeyi

- Her kolonun iki ucunda her bir yük kombinasyonundan elde edilen çarpanlarla artırılmış eğilme momentleri ve normal kuvvetler için kapasite kontrolü yapılır. Bu adım aynı zamanda (eğer bir donatı tanımlanmamışsa) 1.0 kapasite oranı oluşturacak donatının da hesaplanmasında kullanılır.
- Kolon kayma donatısı hesaplanır.

Karşılıklı etki yüzeyinin oluşturulması kabul edilen şekil değiştirme ve gerilme yayılışı ile diğer bazı basitleştirici kabullere dayanır. Bu gerilme ve şekil değiştirme yayılışı kabulleri şartnameden şartnameye değişir. Tipik bir şekil değiştirme yayılışı kabulü Şekil II-2 de açıklanmıştır.



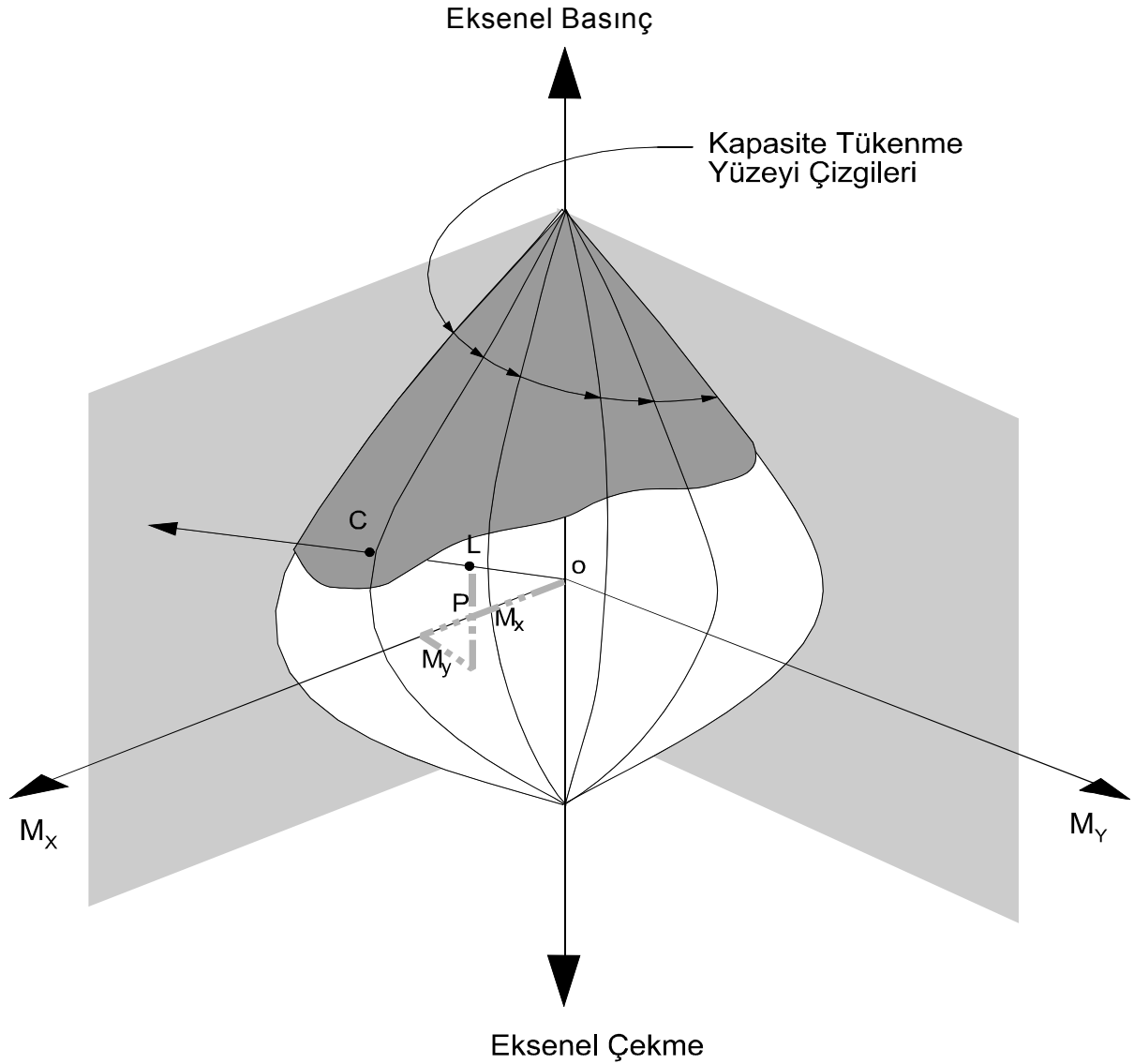
Şekil II-2

Karşılıklı Etki Yüzeylerinin Oluşturulması için İdealleştirilmiş Şekil Değiştirme Yayıllışı

Burada maksimum beton birim kısalması ϵ_c olarak sınırlanmıştır. Kabul edilen şekil değiştirme yayılışı şartnamelerin birçoğu için geçerlidir. Ancak ϵ_c şartnameden şartnameye değişir. Örneğin ACI, AASHTO ve Yeni Zelanda Şartnamelerinde $\epsilon_c=0.003$, ve Kanada, İngiliz ve Avrupa şartnamelerinde $\epsilon_c=0.0035$ tur. Karşılıklı etki yüzeylerinin oluşturulma ayrıntıları şartnameden şartnameye değişir. Bu ayrıntılar ilgili şartnameye ayrılmış bölümde açıklanmıştır.

Kapasite kontrolü, hesap yükü noktalarının Şekil II-3 de gösterildiği gibi, kuvvet uzayında karşılıklı etki hacminin içinde kalıp kalmadığına dayanır. Eğer nokta hacim içinde kalıyorsa, kolon kapasitesi uygun, kalmıyorsa uygun değildir.

Kolonlar için kayma donatısı hesabı işlemi, eksenel yükün beton kayma kapasitesine etkisinin gözönüne alınması gereği dışında, kirişler için olanın çok benzeridir.



Şekil II-3

Kolon Kapasite Oranının Geometrik Gösterimi

P-Δ Etkileri

SAP2000 boyutlama algoritmaları, çözümlene sonuçlarının P-Δ etkilerini içermesini gerektirir. P-Δ etkileri yanal öteleme yapamayan ya da çaprazlı çerçeveler ve yanal öteleme yapan ya da çaprazsız çerçeveler için farklı biçimde yapılır. Çaprazlı çerçeveler için P-Δ etkisi “bireysel eleman stabilitesi” ile sınırlıdır. Çaprazsız çerçeveler için “yanal ötelenme etkileri” de bireysel eleman stabilitesi etkisine ek olarak gözönüne alınmalıdır. SAP2000 de çaprazlı veya yanal ötelenme yapamayan çerçevelerdeki momentlerin sabit veya hareketli yüklerden oluştuğu varsayılmıştır. Çaprazsız veya yanal ötelenme yapan çerçevelerdeki momentlerin de diğer bütün tip yüklerden oluştuğu varsayılmıştır.

Bireysel eleman stabilite etkileri için, momentler ACI, AASHTO, Kanada ve Yeni Zelanda Şartnameleri’nde olduğu gibi moment büyütme katsayıları ile ya da İngiliz ve Eurocode Şartnameleri’nde olduğu gibi ek momentlerle büyütülür.

Yanal öteleme yapan çaprazsız çerçevelerde yanal ötelenme etkisi için, P-Δ etkileri göz önüne alındığından, SAP2000, büyütmenin sonuçlara katılmış olduğunu varsayar. ACI, Kanada ve Yeni Zelanda Şartnameleri’nde olduğu gibi, geçerli olan şartname bunu gerektiriyorsa, P-Δ çözümlenmesinden elde edilen moment ve kuvvetler, kolonun bireysel stabilite etkisi için, bir kez daha büyütülür.

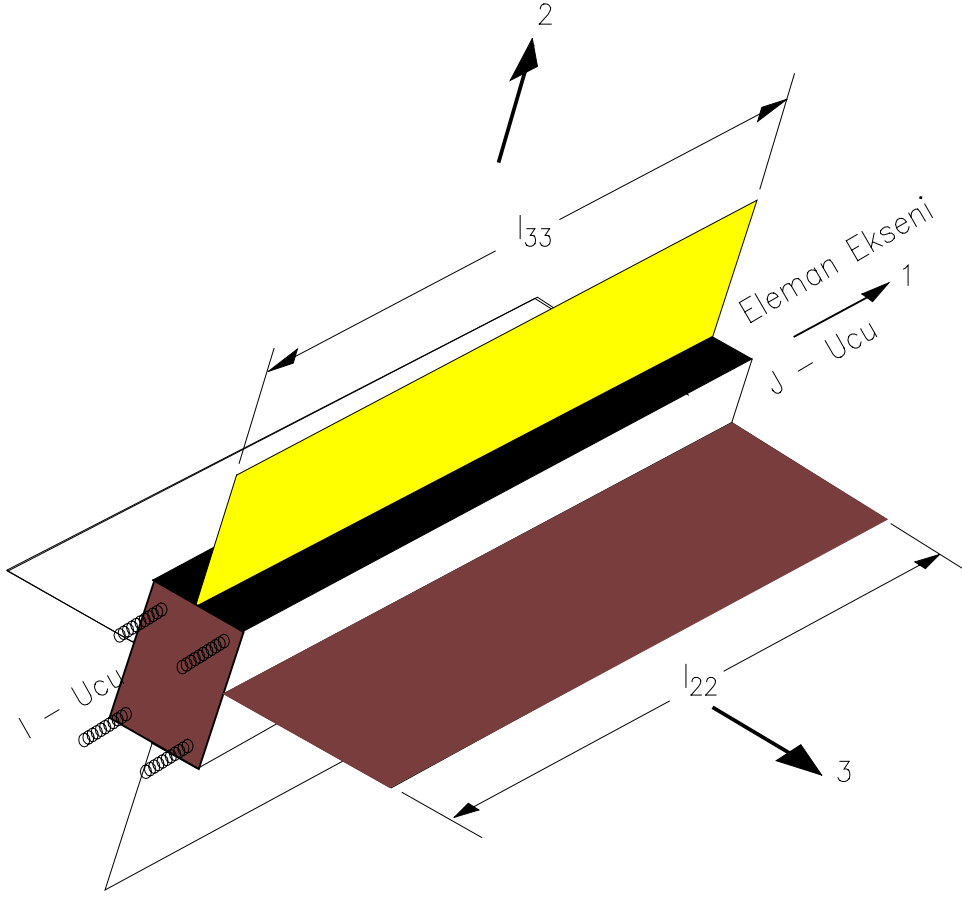
SAP2000 kullanıcıları, önceden hazır olan (default) çözümlenmede SAP2000 in P-Δ etkileri için OFF (kapalı) durumda olduğunu bilmeleri gerekir. Kullanıcı P-Δ çözümlenmesini ON (açık) durumuna getirebilir ve çözümlene için maksimum iterasyon sayısını girebilir. İterasyon sayısı önceden hazır (default) olarak 1 dir. Daha fazla bilgi için kullanıcı “*SAP2000 Analysis Reference Manual*” kaynağına başvurabilir.

Kullanıcı, SAP2000 in mevcut durumda sadece çerçeve elemanlarında eksenel yük nedeniyle P-Δ etkilerini gözönüne aldığına dikkat etmelidir. Diğer tip elemanlardaki kuvvetler bu etkiye katkıda bulunmazlar. Eğer diğer tip elemanlarda önemli kuvvetler mevcutsa, örneğin kabuk elemanlar olarak modellenmiş perdelerde çok büyük eksenel kuvvetler varsa, P-Δ çözümlenmesi ile bulunan ek kuvvetler gereken doğrulukta hesaplanmış olmayacaktır.

Elemanların Mesnetlenmemiş Boyları

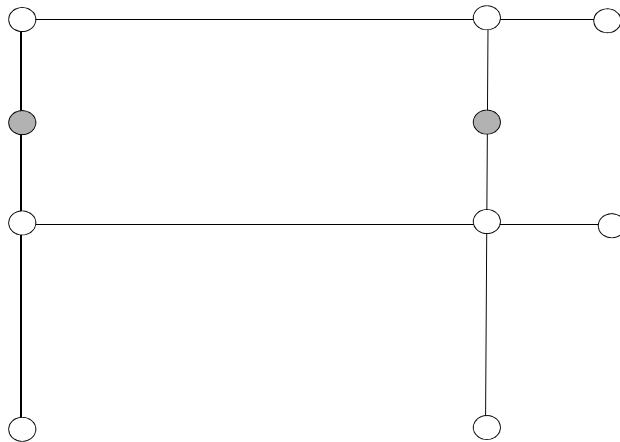
Kolon narinlik etkilerinin hesaba katılması için mesnetlenmemiş kolon boylarına gerek vardır. İki mesnetlenmemiş boy vardır: l_{33} ve l_{22} . Bunlar, karşı gelen doğrultularda elemanın mesnet noktaları arasındaki boyudur. l_{33} boyu 3-3 eksen (esas eksen) doğrultusunda kararsızlığa, l_{22} boyu ise 2-2 eksen (tali eksen) doğrultusunda kararsızlığa karşı gelir.

Normal olarak elemanın mesnetlenmemiş boyu, eleman boyuna yani END-I (I-UCU) ve END-J (J-UCU) arasındaki uzaklığa eşittir. Şekil II-4 e bakın.



Şekil II-4
Eğilme Eksenleri ve Mesnetlenmemiş Boy

Bununla beraber program aynı kolonda birkaç elemanı tek bir eleman gibi değerlendirip boyutlama olanağı verir. Bu işlem esas ve tali eksenler için ayrı ayrı uygulanabilir. Böylece Şekil II-5 de gösterilen ve bir elemanın mesnetlenmemiş boyunu etkileyen ek birleşim noktaları kendiliğinden gözönüne alınmış olur.



Şekil II-5
Mesnetlenmemiş Boylar ve İç düğüm noktaları

Elemanın l_{33} ve l_{22} boylarının belirlenmesinde program, eleman bağlantıları, diyafram kısıtlamaları ve mesnet noktaları gibi yapının bu boyları etkileyen değişik durumlarını gözönüne alır. Program eleman mesnet noktalarını otomatik olarak belirler ve karşı gelen mesnetlenmemiş eleman boyunu hesaplar.

Bu nedenle bir kolonun mesnetlenmemiş boyu karşı gelen elemanın boyundan daha uzun olarak hesaplanabilir. Eğer giriş kolona bir doğrultuda bağlanıyorsa bu girişin kolona sadece bu doğrultuda yanal mesnet sağladığı varsayılır.

Kullanıcı elemanların mesnetlenmemiş boylarını eleman-eleman esasına göre belirtme seçeneğine sahiptir.

Deprem Yükleri için Özel Hususlar

ACI Şartnamesi deprem bölgelerindeki çerçeveleri Sıradan, Orta veya Özel moment karşılayıcı çerçeveler olarak belirleyip bunlara özel bir süneklik koşulu getirir. Özel moment karşılayıcı çerçeve, yön değiştirerek şekil değiştirmelerin doğrusal olmayan bölgede gerek duyulan süneklik ve enerji yutma özelliğini sağlayabilir. AASHTO Şartnamesi'ne göre betonarme çerçeveler Zone 1, Zone 2, Zone 3 veya Zone 4 den birinde bulunmalıdır. Bunlardan Zone 4 en şiddetli deprem bölgesidir. Kanada Şartnamesi de betonarme çerçevelerin, Sıradan, Nominal ve Sünek moment karşılayıcı çerçeve olarak boyutlanmasını öngörür. Yeni Zelanda Şartnamesi de betonarme çerçevelerin, Sıradan, Elastik davranışlı, Sınırlı süneklikli veya Sünek moment karşılayıcı çerçeve olarak boyutlanmasını öngörür.

ACI, AASHTO ve Kanada ve Yeni Zelanda Şartnamesi'nden farklı olarak; İngiliz Şartnamesi'nin ve Eurocode 2'nin SAP2000 e konan uyarlaması depreme göre boyutlama için herhangi bir özel koşulu hesaba katmamaktadır.

Veri Birimlerinin Seçimi

Giriş bilgilerinde İngiliz birimleri kullanılabildiği gibi, SI ve MKS metrik birimleri de kullanılabilir. Fakat şartnameler belirli bir birim sistemine dayanırlar. Bundan sonraki bölümlerde sunulan bütün eşitlikler ve tanımlamalar, aksi belirtilmedikçe, bu özel birim sistemine karşı gelir. Örneğin, ACI Şartnamesi inch-pound-saniye birimlerinde yayınlanmıştır. Programda önceden hazır olan (default) “ACI 318-99 e Göre Boyutlama” bölümündeki bütün eşitlik ve tanımlar SI birim sistemine dönüştürülerek verilmiştir. Bununla birlikte SAP2000 le bir yapıyı tanımlama ve boyutlamada herhangi bir birim sistemi kullanılabilir.

Bölüm III

ACI 318-99 a Göre Boyutlama

Bu bölüm, kullanıcı ACI 318-99 Boyutlama Şartnamesi'ni (ACI 1999) seçtiğinde SAP2000 in kullandığı betonarme kesit hesabı yönteminin değişik yönlerini ayrıntılı olarak açıklamaktadır. Bu bölümde kullanılan semboller Tablo III-1 de listelenmiştir.

Boyutlama kullanıcı tarafından belirlenen yük kombinezonlarına dayanır. Fakat program bir çok bina tipi yapının boyutlama gereklerini karşılayan önceden hazır olan (default) bir yük kombinezonu takımı sağlar.

SAP2000, Sıradan, Orta (orta deprem tehlike bölgesi) ve Özel (yüksek deprem tehlike bölgesi) tipte moment karşılayıcı çerçevelerin, depreme göre boyutlama kurallarının gereklerine uygun olarak betonarme kesit hesabı veya kesit kontrolü için seçenekler sunar. Değişik çerçeve sistemleri için boyutlama kriterlerinin ayrıntıları aşağıdaki paragraflarda açıklanmıştır.

Giriş bilgileri için İngiliz birimleri olduğu kadar SI ve MKS metrik birimleri de kullanılabilir. Fakat şartname Inch-Pound-Saniye sistemine dayanmaktadır. Aksi belirtilmedikçe, basitliği sağlamak üzere, bu bölümdeki bütün eşitlikler ve açıklamalar SI birim sisteminde verilmiştir.

Boyutlama Yük Kombinasyonları

Boyutlama yük kombinasyonları, belirtilen yükleme durumlarının, yapının kesit hesaplarında kullanılacak çeşitli birleştirme şekilleridir. ACI 318-99 Şartnamesi'ne göre eğer yapı sadece sabit yük (DL) ve hareketli yük (LL) taşıyorsa boyutlama sadece bir yük kombinasyonunu gerektirir, bu da $1.4 DL + 1.7 LL$ dir (ACI 9.2.1). Bununla birlikte, eğer yapıda sabit ve hareketli yüklere ek olarak rüzgar (WL) ve deprem (EL) yükleri de varsa, rüzgar ve deprem yüklerinin yön değiştiren kuvvetler olduğu da göz önünde tutularak, aşağıdaki yük kombinasyonlarının göz önüne alınması gerekir (ACI 9.2).

$$\begin{array}{l} 1.4 DL \\ 1.4 DL + 1.7 LL \end{array} \quad (ACI 9.2.1)$$

$$\begin{array}{l} 0.9 DL \pm 1.3 WL \\ 0.75 (1.4 DL + 1.7 LL \pm 1.7 WL) \end{array} \quad (ACI 9.2.2)$$

$$\begin{array}{l} 0.9 DL \pm 1.3 * 1.1 EL \\ 0.75 (1.4 DL + 1.7 LL \pm 1.7 * 1.1 EL) \end{array} \quad (ACI 9.2.3)$$

Bunlar aynı zamanda, ACI 318-99 Şartnamesi kullanıldığında SAP2000 in önceden hazır olan (default) boyutlama yük kombinasyonlarıdır.

Çarpanlarla artırılmış yüklerde hareketli yükün payını azaltmak için, hareketli yük azaltma çarpanı, eleman hareketli yük kuvvetlerine eleman-eleman uygulanır.

TS500 Standardı'na göre, yapıda sadece sabit yük (DL) ve hareketli yük (LL) varsa, boyutlama için sadece $1.4DL + 1.6LL$ yük kombinasyonuna ihtiyaç vardır. Eğer bu yükler yanında deprem yükleri de varsa aşağıdaki yük kombinasyonlarının gözönüne alınması gerekir:

1.	$1.4 DL$	$+ 1.6 LL$	
2.	DL	$+ LL$	$+ EX$
3.	DL	$+ LL$	$+ EY$
4.	DL	$+ LL$	$- EX$
5.	DL	$+ LL$	$- EY$
6.	$0.9 DL$		$+ EX$
7.	$0.9 DL$		$- EX$
8.	$0.9 DL$		$+ EY$
9.	$0.9 DL$		$- EY$

A_{cv}	Kayma gerilmesini belirlemek için kullanılan beton alanı, mm ²
A_g	Tüm beton alanı, mm ²
A_s	Çekme donatısı alanı, mm ²
A'_s	Basınç donatısı alanı, mm ²
$A_{s(gerekli)}$	Gerekli çekme donatısı alanı, mm ²
A_{st}	Kolon boyuna donatısı toplam alanı, mm ²
A_v	Kayma donatısı alanı, mm ² /mm
a	Basınç blokunun derinliği, mm
a_b	Dengeli donatı durumunda basınç blokunun derinliği, mm
b	Eleman genişliği, mm
b_f	Etkili tabla genişliği (T-kiriş kesiti), mm
b_w	Gövde genişliği (T-kiriş kesiti), mm
C_m	Moment büyütme çarpanını hesaplamak için kullanılan kolon eğriliğine bağlı katsayı
c	Tarafsız eksen derinliği, mm
c_b	Dengeli donatı durumunda tarafsız eksen derinliği, mm
d	Basınç yüzünden çekme donatısının merkezine olan mesafe, mm
d'	Donatı merkezine kadar beton örtüsü kalınlığı, mm
d_s	Döşeme kalınlığı (T-kiriş kesiti), mm
E_c	Beton elastisite modülü, N/mm ²
E_s	Donatı elastisite modülü, 2×10 ⁵ N/mm ² kabul edilmiştir.
f'_c	Beton karakteristik basınç dayanımı, N/mm ² <i>TS500 ile uyum sağlanması için bu değer betonun hesap dayanımı f_{cd} olarak kullanılması uygundur.</i>
f_y	Eğilme donatısı karakteristik akma dayanımı, N/mm ² <i>TS500 ile uyum sağlanması için bu değer eğilme donatısı hesap dayanımı f_{yd} olarak kullanılması uygundur.</i>
f_{ys}	Kayma donatısı karakteristik akma dayanımı, N/mm ² <i>TS500 ile uyum sağlanması için bu değer kayma donatısı hesap dayanımı f_{ywd} olarak kullanılması uygundur.</i>
h	Kolon boyutu, mm
I_g	Tüm beton kesitinin ağırlık merkezinden geçen eksene göre eylemsizlik momenti, donatı ihmal edilerek, mm ⁴
I_{se}	Donatının eleman kesitinin ağırlık merkezinden geçen eksene göre eylemsizlik momenti, mm ⁴
k	Etkin boy çarpanı
L	Mesnetlenmemiş temiz açıklık, mm

Tablo III-1

ACI Şartnamesi'nde Kullanılan Sembollerin Listesi

M_1	Çarpanlarla artırılmış kolon uç momentlerinin küçüğü, Nmm
M_2	Çarpanlarla artırılmış kolon uç momentlerinin büyüğü, Nmm
M_c	Boyutlamada kullanılacak çarpanlarla artırılmış moment, Nmm
M_{ns}	Çarpanlarla artırılmış yanıl yerdeğiştirmeye yol açmayan uç moment, Nmm
M_s	Çarpanlarla artırılmış yanıl yerdeğiştirmeye yol açan uç moment, Nmm
M_u	Çarpanlarla artırılmış kesit momenti, Nmm
M_{ux}	Çarpanlarla artırılmış kesit momentinin X eksenini etrafındaki bileşeni, Nmm
M_{uy}	Çarpanlarla artırılmış kesit momentinin Y eksenini etrafındaki bileşeni, Nmm
P_b	Dengeli şekil değiştirme durumunda eksenel yük kapasitesi, N
P_c	Kolonun kritik burkulma dayanımı, N
P_{max}	İzin verilen maksimum eksenel yük dayanımı, N
P_o	Sıfır dışmerkezlilik durumunda eksenel yük kapasitesi, N
P_u	Kesitte çarpanlarla artırılmış eksenel yük, N
r	Kolon kesitinin eylemsizlik yarıçapı, mm
V_c	Beton tarafından taşınan kesme kuvveti, N
V_E	Deprem yüklerinin neden olduğu kesme kuvveti, N
V_{D+L}	Açıklık yüklerinden oluşun kesme kuvveti, N
V_u	Bir kesitte çarpanlarla artırılmış kesme kuvveti, N
V_p	Olası moment kapasitesinden hesaplanan kesme kuvveti, N
α	Donatı çeliği aşırı dayanım çarpanı
β_1	Betonun basınç bloku derinliğini bulmak için katsayı
β_d	Çarpanlarla artırılmış maksimum eksenel sabit yükün çarpanlarla artırılmış toplam yüke oranı
δ_s	Yanıl yerdeğiştirmeye yol açan momentlerin büyütme çarpanı
δ_{ns}	Yanıl yerdeğiştirmeye yol açmayan momentlerin büyütme çarpanı
ϵ_c	Betonda birim boy değişimi
ϵ_s	Donatı çeliğinde birim boy değişimi
ϕ	Dayanım azaltma çarpanı

Birimler N ve mm ile verilmiştir. Ancak, kendi içinde uyumlu olmak üzere N ve m, kN ve m veya kN ve mm birimleri de kullanılabilir.

Tablo III-1

ACI Şartnamesi'nde Kullanılan Sembollerin Listesi (Devam)

Dayanım Azaltma Çarpanları

Dayanım azaltma çarpanları, ϕ , elemanın sağladığı hesap dayanımını elde etmek üzere nominal dayanıma uygulanır. Eğilme, eksenel kuvvet, kayma ve burulma için ϕ çarpanları aşağıdaki gibidir:

$$\phi = 0.90 \quad \text{eğilme için,} \quad (\text{ACI 9.3.2.1})$$

$$\phi = 0.90 \quad \text{eksenel çekme için,} \quad (\text{ACI 9.3.2.2})$$

$$\phi = 0.90 \quad \text{eksenel çekme ve eğilme için,} \quad (\text{ACI 9.3.2.2})$$

$$\phi = 0.75 \quad \text{eksenel basınç, ve eksenel basınç + eğilme için (fretli kolon)} \quad (\text{ACI 9.3.2.2})$$

$$\phi = 0.70 \quad \text{eksenel basınç, ve eksenel basınç + eğilme için (etriyeli kolon)} \quad (\text{ACI 9.3.2.2})$$

$$\phi = 0.85 \quad \text{kesme kuvveti ve burulma için.} \quad (\text{ACI 9.3.2.3})$$

TS500 Standardı'na uygun boyutlama için yapılacak uyarlamada karakteristik beton ve çelik gerilmeleri yerine hesap gerilmelerinin kullanılması ve ϕ dayanım azaltma çarpanlarının 1.0 olarak alınması uygundur. Ayrıca narinlik etkisini hesaba katabilmek üzere yapılacak $P-\Delta$ çözümlemesinde 1.4 DL + 1.6 LL yük birleşimi kullanılmalıdır.

Kolon Boyutlaması

Kullanıcı her betonarme kolon kesiti için donatı çubuğu yerleşimi geometrisini tanımlayabilir. Donatı alanı kullanıcı tarafından verilirse program kolon kapasitesini kontrol eder. Eğer donatı alanı kullanıcı tarafından verilmezse program kolon için gerekli donatı miktarını hesaplar. Yapının betonarme kolonları için boyutlama işlemleri aşağıdaki adımları içerir:

- Modelin bütün farklı betonarme kesitleri için eksenel yük - iki eksenli eğilme karşılıklı etki yüzeyleri oluşturulur. Tipik bir karşılıklı etki yüzeyi Şekil II-1 de gösterilmiştir. Donatı tanımlanmamışsa program karşılıklı etki yüzeylerini izin verilen donatı oranı sınırları arasında oluşturur. [Sıradan ve Orta moment karşılayıcı çerçevelerde %1 ila 8 (ACI 10.9.1) ve Özel moment karşılayıcı çerçevelerde %1 ila 6 (ACI 21.4.3.1)].

Deprem etkisi taşıyan kolonlarda yönetmeliğimizde en az ve en çok donatı oranları %1 ila 4 olarak sınırlandırılmıştır. Bulunan donatının %4 ü aşmaması için donatı kontrol edilmeli ve gerekirse kesit büyütülerek hesap tekrarlanmalıdır.

- Her kolonun her boyutlama noktasında her bir yük kombinasyonundan elde edilen çarpanlarla artırılmış iki eksenli (veya tek eksenli) eğilme momentleri ve normal kuvvetler için kapasite oranı veya gerekli donatı alanı hesaplanır. Gerekli donatının hesabı yapılırken hedef kapasite oranı 1.0 alınır.
- Kolon kayma donatısı hesaplanır.

Bundan sonraki üç alt bölüm yukarıda sözü edilen adımlarla ilgili algoritmaları ayrıntılı olarak anlatmaktadır.

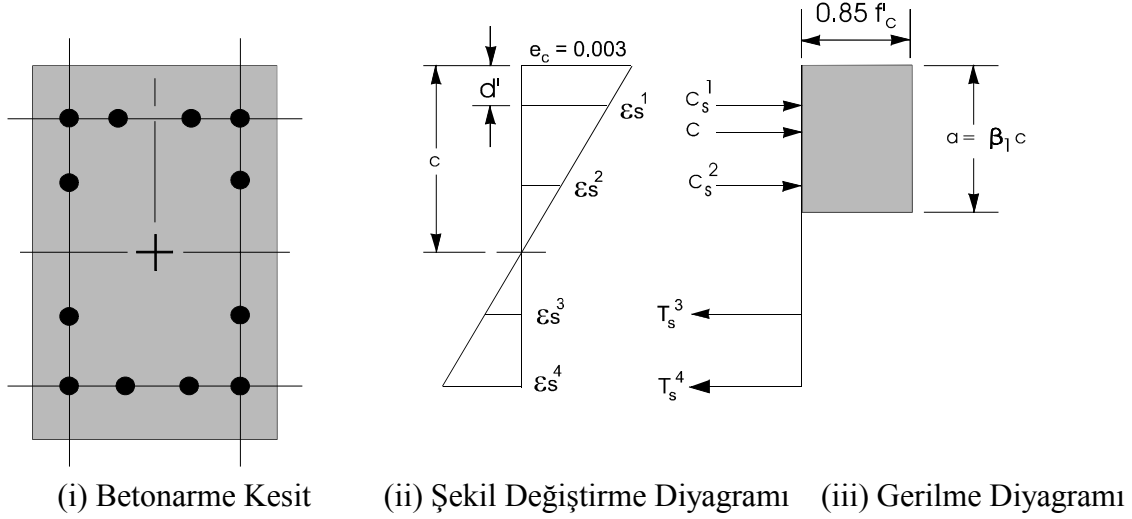
İki Eksenli Karşılıklı Etki Yüzeylerinin Oluşturulması

Kolon kapasitesi karşılıklı etki hacmi, sayısal olarak üç boyutlu karşılıklı etki göçme yüzeyinde oluşturulmuş bir dizi nokta olarak ifade edilir. Formülasyon, eksenel basınç ve iki eksenli eğilmenin yanı sıra eksenel çekme ve iki eksenli eğilme durumunun da hesaba katılmasına imkan verir. Tipik bir karşılıklı etki diyagramı Şekil II-1 de görülmektedir.

Bu noktaların koordinatları Şekil II-2 de gösterildiği gibi, doğrusal şekil değiştirme düzlemini kolon kesitinde üç boyutta döndürerek belirlenir. Doğrusal şekil değiştirme diyagramı ϵ_c , maksimum beton birim kısalmasını kesit üst kenarında 0.003 olarak sınırlar (ACI 10.2.3).

Formülasyon, taşıma gücü yöntemi ilkelerine dayanır (ACI 10.3) ve dikdörtgen, kare veya daire şeklindeki iki simetrik kolon kesitlerine imkan tanır.

Donatı çeliğindeki gerilme, çelik çubuğun birim uzaması ile elastisite modülünün çarpımı $\epsilon_s E_s$ olarak verilir ve donatı akma dayanımı f_y ile sınırlıdır (ACI 10.2.4). Her donatı çubuğuna ait alan, çubuk merkezinin gerçek yerinde verilir ve algoritma donatı alanının kolon kesitindeki dağılım tarzıyla ilgili, eşdeğer çelik tüp veya silindir gibi, herhangi bir basitleştirme kabulü yapmaz. Şekil III-1 e bakın.



Şekil III-1

Bir Kolon Kesitinde Şekil Değişirme ve Gerilme Yayılışının Kabulü

Beton basınç gerilme bloku, Şekil III-1 de görüldüğü gibi, $0.85 f'_c$ gerilme değerine sahip bir dikdörtgen olarak kabul edilir (ACI 10.2.7.1). Karşılıklı etki algoritması, basınç bölgesinin donatılması ile azalan beton alanını hesaba katan düzeltmeyi yapar.

Dayanım azaltma çarpanı ϕ nin etkisi karşılıklı etki yüzeylerinin oluşturulmasında hesaba katılır. Maksimum basınç eksenel kuvveti $\phi P_{n(max)}$ ile sınırlıdır. Burada,

$$\phi P_{n(max)} = 0.85\phi [0.85 f'_c (A_g - A_{st}) + f_y A_{st}] \quad \text{fretli kolon} \quad (\text{ACI 10.3.5.1})$$

$$\phi P_{n(max)} = 0.80\phi [0.85 f'_c (A_g - A_{st}) + f_y A_{st}] \quad \text{etriyeli kolon} \quad (\text{ACI 10.3.5.2})$$

Etriye kolonlarda $\phi = 0.70$ ve

Fretli kolonda $\phi = 0.75$

Karşılıklı etki diyagramlarında kullanılan ϕ nin değeri, eksenel yüke bağlı olarak ϕ_{min} ile 0.9 arasında değişir. Düşük eksenel yük değerleri için, eksenel yük $0.1f'_c A_g$ veya P_b değerlerinin küçüğünden sıfıra doğru azaldıkça ϕ nin değeri ϕ_{min} dan 0.9 a doğrusal olarak artar. Eksenel çekme durumunda ϕ daima 0.9 dur (ACI 9.3.2.2).

TS500 ile sağlanacak uyumda karakteristik dayanımlar yerine hesap dayanımları kullanıldığından ϕ değerlerinin tümü 1.0 olarak alınır. Bu nedenle hesapta herhangi bir değişiklik olmaz. Buna karşılık eksenel yük durumunda benzer bir güvenlik düzeyi sağlamak üzere Deprem Yönetmeliğimiz eksenel kuvveti $N_{dmax}=0.5f_{ck} A_c$ ile sınırlamaktadır.

Kolon Kapasitesinin Kontrolü

Kolon kapasitesi, her kolonun her kontrol noktasında yük kombinezonlarının herbiri için kontrol edilir. Bir kolonun bir kontrol noktasında, bir yük kombinezonu için kontrol yapılırken aşağıdaki adımlar gerçekleştirilir:

- Tanımlanmış yük kombinezonları çarpanları ve yükleme durumu çözümlenmelerinden, çarpanlarla artırılmış momentler ve kuvvetler belirlenerek P_u , M_{ux} ve M_{uy} değerleri elde edilir.
- Kolon momentleri için moment büyütme çarpanları belirlenir.
- Çarpanlarla artırılmış momentlere moment büyütme çarpanları uygulanır. Eksenel kuvvet ve iki eksenli moment takımının tanımladığı noktanın karşılıklı etki hacmi içinde kalıp kalmadığı belirlenir.

Çarpanlarla artırılmış momentler ve karşı gelen büyütme çarpanları herbir kolonun “yanal yer değiştirmeli” veya “yanal yer değiştirmesiz” olarak tanıtılmasına bağlıdır.

İzleyen üç paragrafta yukarıda sözü geçen adımlara ilişkin algoritmalar ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

Çarpanlarla Artırılmış Moment ve Kuvvetlerin Belirlenmesi

Belirli bir yük kombinezonu için artırılmış yükler, P_u , M_{ux} ve M_{uy} yi veren bütün yükleme durumlarına, karşı gelen yük çarpanları uygulanarak elde edilir. Eğer gerekiyorsa, artırılmış momentler, yanal yerdeğiştirmesiz kolonlarda, h kolonun ilgili doğrultudaki boyutu olmak üzere, $(0.015+0.03h)$ metre minimum dışmerkezliğini elde etmek için daha da artırılır (ACI 10.12.3.2).

Moment Büyütme Çarpanlarının Belirlenmesi

Moment büyütme çarpanları, yanal yerdeğiştirmeye yol açan (genel kararlılık etkisi) δ_s ve yanal yerdeğiştirmeye yol açmayan (bireysel kolon kararlılık etkisi) δ_{ns} olarak ayrı ayrı hesaplanır. Ayrıca, esas ve tali doğrultudaki moment büyütme çarpanları da genelde farklıdır.

Program P- Δ çözümlemesinin SAP2000 de yapılmış olduğunu kabul eder ve dolayısıyla yanal yerdeğiştirmeye yol açan moment büyütme çarpanları 1 olarak alınır (ACI 10.10.2). P- Δ çözümlemesinde yük $0.75(1.4 \text{ sabit yük} + 1.7 \text{ hareketli yük})/\phi$ yük kombinezonuna karşı gelmelidir. Burada ϕ , 0.75 olarak alınan kararlılık için dayanım azaltma çarpanıdır (ACI 10.12.3). White ve Hajjar (1991) e bakın.

Çözümlemeden elde edilen momentler iki bileşene ayrılır: Yanal yerdeğiştirmeli (M_s) ve yanal yerdeğiştirmesiz (M_{ns}) bileşenler. (ns) alt indisi ile işaretlenen yanal

yerdeğiştirmesiz momentler büyük çoğunlukla ağırlık yüklerinden kaynaklanır. Yanal yerdeğiştirmeli bileşenler (s) alt indisi ile gösterilmişlerdir. Yanal yerdeğiştirmeli momentler daha çok yanal yüklerden kaynaklanırlar ve yanal yerdeğiştirmenin nedenine bağlıdırlar.

Her bir kolon ya da bir kattaki kolon elemanları için herhangi bir kontrol noktasında iki eksendeki büyütölmüş momentler;

$$M = M_{ns} + \delta_s M_s \quad (\text{ACI 10.13.3})$$

şeklinde elde edilebilir. δ_s çarpanı yanal yerdeğiştirmeye neden olan momentler için büyütme çarpanıdır. Yanal yerdeğiştirmeli momentler için büyütme çarpanı δ_s , M_s ve M_{ns} moment değerleri ikinci merteye elastik (P- Δ) çözümlemesinden elde edildiğinden, 1 olarak alınmiştır (ACI R10.13).

Hesaplanan momentler tekil kolon burkulma etkisi için (ACI 10.13.5), δ_{ns} yanal yerdeğiştirmesiz moment büyütme çarpanı ile aşağıdaki gibi bir kez daha büyütölmüştür.

$$M_c = \delta_{ns} M_2 \quad (\text{ACI 10.12.3})$$

Burada M_c boyutlamada kullanılacak artırılmış moment değeri ve M_2 çarpanlarla artırılmış ve büyütölmüş uç momentlerinin büyüğüdür.

Kolonun esas ve tali ekseni ile ilişkili olan, yanal yerdeğiştirmesiz büyütme çarpanı δ_{ns}

$$\delta_{ns} = \frac{C_m}{1 - \frac{P_u}{0.75P_c}} \geq 1.0$$

şeklinde verilir (ACI 10.12.3). Burada

$$P_c = \frac{\pi^2 EI}{(kl_u)^2}$$

olup, k güvenli yanda kalmak üzere 1 alınır, ancak SAP2000 programı bu değerin kullanıcı tarafından değiştirilmesine olanak tanır. EI kolonun belirli bir doğrultusuna karşı gelmek üzere

$$EI = \frac{0.4E_c I_g}{1 + \beta_d}$$

$$\beta_a = \frac{\text{maksimum arttır. eksenel sabit yük}}{\text{maksimum arttır. eksenel toplam yük}}$$

ve

$$C_m = 0.6 + 0.4 \frac{M_a}{M_b} \geq 0.4 \quad \text{dir.} \quad (\text{ACI 10.12.3.1})$$

M_a ve M_b kolonun uçlarındaki momentler olup, M_b sayısal olarak M_a dan büyüktür. Burada M_a / M_b tek eğrilikli eğilmede pozitif ve çift eğrilikli eğilmede negatiftir. C_m için yukarıda verilen bağıntı, mesnetler arasında uygulanmış herhangi bir yanal yük olmadığında geçerlidir. Eğer açıklıkta yanal yük varsa veya boy kullanıcı tarafından değiştirilmişse veya diğer durumlarda $C_m = 1$ dir. C_m değeri kullanıcı tarafından eleman-eleman esasına göre değiştirilebilir.

Büyütme çarpanı δ_{ns} pozitif bir sayı olmalı ve 1.0 den büyük olmalıdır. Bu nedenle P_u , $0.75P_c$ den küçük olmalıdır. Eğer P_u , $0.75P_c$ den büyük ya da ona eşit bulunursa, göçme durumu bildirilir.

Yukarıdaki hesaplar kolonun mesnetlenmemiş boyunu kullanır. Mesnetlenmemiş boylar, elemanın küçük ve büyük doğrultularında burkulmaya karşı gelmek üzere l_{22} ve l_{33} dür. Şekil III-4 e bakın. Bunlar, karşı gelen doğrultularda, elemanın mesnet noktaları arasındaki uzunluklarıdır.

Programdaki kabuller belirli bir eleman için yeterli değilse, kullanıcı δ_s ve δ_{ns} değerlerini açık olarak belirtebilir.

Kapasite Oranının Belirlenmesi

Elemanın gerilme durumunun bir ölçüsü olarak, bir kapasite oranı hesaplanır. Kapasite oranı esasında, kolonun taşıma gücüne nispetle kolonun gerilme durumunu gösteren bir katsayıdır.

Kolon kapasitesini kontrol için karşılıklı etki diyagramına girmeden önce P_u , M_{ux} ve M_{uy} yi elde etmek üzere moment büyütme çarpanları artırılmış yüklere uygulanır. (P_u , M_{ux} , M_{uy}) noktası, Şekil II-3 te L noktası olarak gösterildiği gibi, karşılıklı etki bölgesine yerleştirilir. Eğer nokta karşılıklı etki hacmi içinde yer alıyorsa eleman kesit kapasitesi yeterlidir. Fakat, nokta karşılıklı etki hacmi dışında yer alıyorsa, kolondaki gerilme fazladır.

Bu kapasite oranına L noktasını yerleştirip C noktasının yerini belirleyerek erişilir. C noktası OL çizgisinin (dışa doğru uzatılırsa) göçme yüzeyini kestiği nokta olarak tanımlanır. Bu nokta, göçme yüzeyini tanımlayan noktaların üç boyutlu doğrusal

enterpolasyonu ile elde edilir (Şekil II.3 e bakın) Kapasite oranı CR, OL/OC oranı ile verilir.

- Eğer $OL=OC$ (veya $CR=1$) ise nokta karşılıklı etki yüzeyinin tam üstünde yer alır ve elemandaki gerilme, kapasitesi kadardır.
- $OL<OC$ (veya $CR<1$) ise nokta karşılıklı etki hacminin içinde yer alır ve eleman kapasitesi yeterlidir.
- $OL>OC$ (veya $CR>1$) ise nokta karşılıklı etki hacminin dışında yer alır ve elemandaki gerilme fazladır.

Her yük kombinasyonu için hesaplanan CR değerlerinin en büyüğü, kolondaki her kontrol noktası için, P_w , M_{uz} ve M_{uy} takımı ve karşı gelen yük kombinasyon numarasıyla birlikte verilir.

Donatı alanı tanımlanmamışsa SAP2000, 1.0 değerinde karşılıklı etki oranı veren donatıyı hesaplar.

Kolon Kayma Donatısının Hesabı

Kayma donatısı, kolonun büyük ve küçük eksen doğrultularındaki her yük kombinasyonu için hesaplanır. Belirli bir doğrultudaki kesme kuvvetleri ile, belirli bir yük kombinasyonunda, belirli bir kolonun kayma donatısı hesabı aşağıdaki aşamalarla yapılır:

- Kesite etki eden, çarpanlarla artırılmış, P_u ve V_u kuvvetleri belirlenir. P_u , V_c nin hesaplanması için gereklidir.
- Yalnız beton tarafından taşınabilecek V_c kesme kuvveti belirlenir.
- Fark kuvveti taşımak için gereken donatı miktarı hesaplanır.

Yük katsayılarla artırılmış momentlere ek olarak özel moment karşılayıcı çerçeveler (sünek çerçeveler) için kolonların kayma donatısı hesabı, elemanların olası moment kapasitelerine ve orta düzeyde moment karşılayıcı çerçeveler (sünek çerçeveler) için ise kolonların kayma donatısı hesabı elemanların nominal moment kapasitelerine dayanır. Kolon moment kapasitelerine aksenal kuvvetlerin etkisi formülasyonda gözönüne alınmıştır.

İzleyen iki alt bölümde yukarıda sözü edilen aşamalarla ilgili algoritmalar ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

Kesit Kuvvetlerinin Belirlenmesi

- **Sıradan moment karşılayıcı çerçeve kolonunun** kayma donatısının hesabında, belirli bir doğrultudaki belirli bir yük kombinasyonu için olan kuvvetler, yani P_u

eksenel kuvveti ve V_u kesme kuvveti, SAP2000 çözümlene yüklem durumlarını, karşı gelen yük kombinasyonu çarpanlarıyla artırarak elde edilir.

- **Özel moment karşılayıcı çerçeve** (deprem hesabı) kayma donatısı hesabında, sıradan moment karşılayıcı çerçeveler için yapılanlara ek olarak aşağıdaki kontroller yapılır. Özel moment karşılayıcı betonarme çerçevelerin boyutlamasında, bir kolonda belirli bir doğrultudaki kesme kuvveti V_u da çarpanlarla artırılmış eksenel yüke karşı gelen olası moment kapasitelerinden hesaplanır.

Her yük kombinasyonu için çarpanlarla artırılmış P_u eksenel yükü hesaplanır. Sonra eksenel P_u yükü etkisi altında kolonun belirli bir doğrultudaki M_u^+ ve M_u^- pozitif ve negatif moment kapasiteleri karşı gelen doğrultuda tek eksenli karşılıklı etki diyagramından hesaplanır. Hesap kesme kuvveti V_u

$$V_u = V_p + V_{D+L} \quad (\text{ACI 21.4.5.1})$$

bağıntısı ile verilir. Burada V_p hesaplanmış olası moment kapasitelerinin kolonun iki ucuna zıt yönlerde uygulanmasıyla elde edilen kesme kuvvetidir. Bu nedenle V_p

$$V_{p1} = (M_I^- + M_J^+) / L \quad \text{ve}$$

$$V_{p2} = (M_I^+ + M_J^-) / L$$

değerlerinin büyüğüdür.

Burada

M_I^+, M_I^- = ϕ çarpanı kullanmadan ($\phi = 1$), çelik akma sınırı olarak αf_y alınarak hesaplanan kolonun I ucunda pozitif ve negatif moment kapasiteleri,

M_J^+, M_J^- = ϕ çarpanı kullanmadan ($\phi = 1$), çelik akma sınırı olarak αf_y alınarak hesaplanan kolonun J ucunda pozitif ve negatif moment kapasiteleri,

L = Kolonun serbest açıklığıdır.

Özel moment karşılayıcı çerçevelerde α değeri 1.25 alınır (ACI R21.4.5.1). V_{D+L} , ağırlık yüklerinin açıklıktaki yayılışına göre kesme kuvvetine katkısıdır. Kolonlarda çoğunlukla sıfırdır.

- **Orta düzeyde moment karşılayıcı çerçevelerde** kolon kesme kuvveti kapasitesi sıradan moment karşılayıcı çerçevelerde yapılarına ek olarak, kayma kapasitesi, nominal uç moment kapasiteleri ve arttırılmış düşey yükte elde edilen nominal hesap kesme kuvveti ile karşılaştırılır. Boyutlamaya esas olan kesme kuvveti, nominal ($\phi=1$), moment kapasitesinden ve arttırılmış kesme kuvvetinden bulunandan küçüğü kabul edilir. Nominal moment kapasitesinin hesap yöntemi özel moment karşılayıcı çerçevelerde olası moment kapasitesi hesabının aynı olup, sadece α değeri 1.25 yerine 1 olarak alınır (ACI R21.10). Çarpanlarla arttırılmış kesme kuvveti, belirlenmiş yük çarpanları ile bulunur, fakat sadece deprem yük çarpanı iki katı alınarak kullanılır (ACI 21.10.3).

Deprem Yönetmeliğimizde süneklik düzeyi yüksek ve normal çerçeveler tanımlanmıştır. Süneklik düzeyi yüksek çerçeveler için önerilen boyutlama şekli büyük ölçüde özel moment karşılayıcı çerçeve için verilenlere uymaktadır. Ancak, deprem yönetmeliğimizde kolon kesme kuvveti, bağlandığı kirişlerin moment kapasitelerinden elde edilmekte, ayrıca kolonların kirişlerden güçlü olması koşulu getirilmektedir.

Beton Kayma Kapasitesinin Belirlenmesi

P_u ve V_u hesap kuvveti takımı belirliyken, beton tarafından taşınan kesme kuvveti V_c aşağıdaki şekilde hesaplanır;

- Kolon aksenal basınca maruzsa yani P_u pozitifse

$$V_c = \frac{\sqrt{f'_c}}{6} \left(1 + \frac{P_u}{14A_g}\right) A_{cv}, \quad \text{dir.} \quad (\text{ACI 11.3.1.2})$$

ve burada

$$\sqrt{f'_c} \leq 7 \text{MPa} \quad (\text{ACI 11.1.2})$$

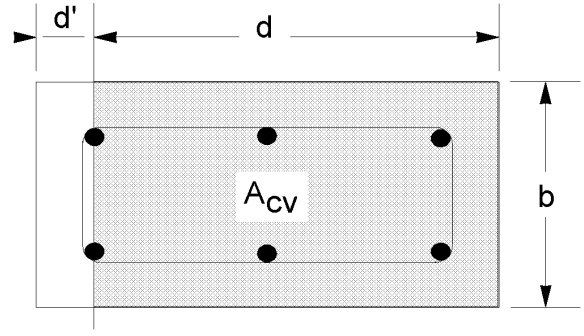
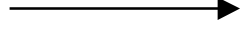
$$V_c \leq \frac{\sqrt{f'_c}}{3.4} \sqrt{1 + \frac{P_u}{3.5A_g}} A_{cv}, \quad (\text{ACI 11.3.2.2})$$

olmalıdır. P_u/A_g terimi N/mm^2 biriminde olmalıdır. A_{cv} Şekil III-2 de gösterilmiş olan etkin kayma alanıdır.

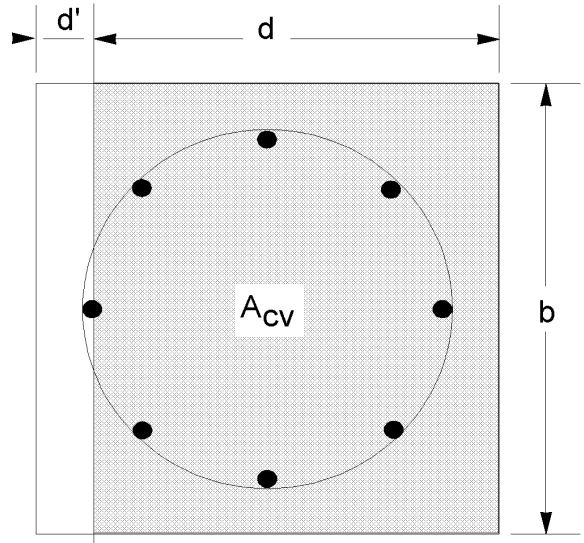
- Kolon aksenal çekmeye maruzsa, P_u negatiftir

$$V_c = \frac{\sqrt{f'_c}}{6} \left(1 + \frac{P_u}{3.5A_g}\right) A_{cv} \geq 0, \quad (\text{ACI 11.3.2.3})$$

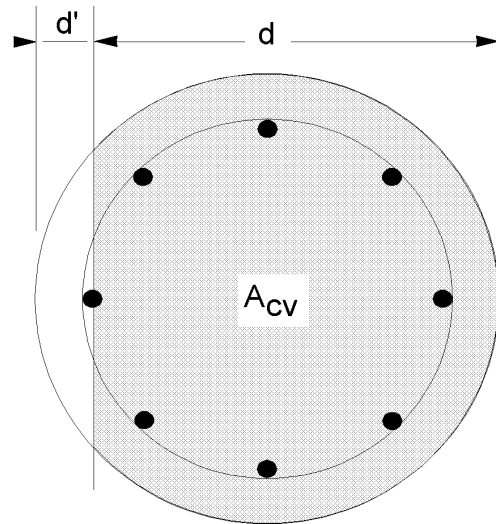
Kesme Kuvveti
Doğrultusu



DİKDÖRTGEN



DAİRESEL DONATILI KARE



DAİRESEL

Şekil III-2
Kayma Gerilmesi Alanı, A_{cv}

- **Özel moment karşılayıcı çerçevelerin** kayma donatısı hesabında, deprem etkisini de içeren katsayılarla artırılmış eksenel basınç kuvveti P_u küçükse ($P_u < f'_c A_g / 20$) ve eğer depremin katkısı olarak bulunan kesme kuvveti V_E eleman boyunca katsayılarla artırılmış V_u toplam kesme kuvvetinin yarısından fazla ($V_E \geq 0.5 V_u$) ise V_c sıfır alınır (ACI 21.4.5.2).

Kayma donatısı hesabı için ACI 318 in verdiği bu bağıntılarla TS500 de verilenleri karşılaştırmak üzere $f_{ctk}=0.35\sqrt{f_{ck}}$ olduğu göz önünde tutulup $f_{ctd}=f_{ctk}/1.5$ alınarak ACI 11.3.1.2 bağıntısından:

$$V_c = 0.58 f_{ctd} (1 + P_u / 14 A_g) A_{cv}$$

bağıntısı bulunur. Bu sonucun TS500 de verilen

$$V_c = 0.80 V_{cr} = 0.80 \times 0.65 f_{ctd} (1 + 0.07 P_u / A_g) = 0.52 f_{ctd} A_{cv} (1 + 0.07 P_u / A_g)$$

bağıntısına uygun yaklaşıklıkta olduğu görülür. Eksenel kuvvet çekme ise, TS500 de 0.07 katsayısı yerine – 0.3 gelmektedir, bu da 1/3.5 e çok yakındır. Öte yandan Deprem Yönetmeliğimiz, kayma dayanımında beton katkısının alınmayacağı durum için aynı koşulları içermektedir.

Gerekli Kayma Donatısının Belirlenmesi

V_u ve V_c belirli iken s aralığında gerekli olan kayma donatısı

$$A_v = \frac{(V_u / \phi - V_c) s}{f_{ys} d} \quad (\text{ACI 11.5.6.2})$$

olarak hesaplanır. Donatının karşıladığı kesme kuvveti

$$(V_u / \phi - V_c) \leq 0.67 \sqrt{f'_c} A_{cv} \quad (\text{ACI 11.5.6.9})$$

olmalıdır. Aksi halde beton kesitin boyutunun büyütülmesi gerekir. Burada dayanım azaltma çarpanı ϕ nin değeri 0.85 tir (ACI 9.3.2.3). Her bir yük kombinezonundan elde edilen tüm A_v değerlerinin en büyüğü kolonun büyük ve küçük asal eksen doğrultuları için verilir, ayrıca kayma hesabına esas alınan kesme kuvveti ve buna karşı gelen yük kombinezonu ismi gösterilir.

Programın verdiği kayma donatısı gereksinimleri sadece kayma dayanımı esas alınarak bulunur. Etriye aralığı kabullerini veya enine donatı hacimsel kabullerini sağlamak için minimum etriye gereksinimleri kullanıcı tarafından, programdan bağımsız olarak araştırılmalıdır.

Kayma donatısı alanı, daha önce de belirtildiği gibi, f_{ys} yerine f_{ywd} ve $\phi=1$ alınarak

$$A_v = \frac{V_u - V_c}{f_{ywd} d}$$

bağıntısı bulunur. Bu ise TS500 de verilenle tamamen uyuşmaktadır. Eğik beton basınç çubuğunda ezilmeyi önlemek üzere TS500 de verilen bağıntı f_{cd} ile, ACI 318 de ise $\sqrt{f'_c}$ ile orantılı olarak sınırlandırılmıştır.

$f_{ctd}=0.285\sqrt{f_{cd}}$ olduğu düşünülerek ACI 11.5.6.8 bağıntısı

$$V_u - V_c = 2.35f_{ctd} A_{cv}$$

elde edilir. Betonun taşıdığı kesme kuvveti, eksenel kuvvet düşünülmeksizin

$$V_c = 0.58f_{ctd} A_{cv}$$

$$V_u = 2.93f_{ctd} A_{cv}$$

elde edilir. Yaklaşık olarak (BS20 için doğru değer)

$$f_{ctd} = f_{cd}/12.5$$

olduğu kabul edilirse

$$V_u = 0.234f_{cd} A_{cv}$$

bulunur. Bu değer TS500 de verilen

$$V_u = 0.25f_{cd} A_{cv}$$

bağıntısı ile uyuşmaktadır. Daha yüksek kalitede beton için güvenli yanda kalan bir farklılık görülür. Programın, bu üst sınırın aşılması nedeni ile kesitin büyütülmesi sonucunu vermesi durumunda – özellikle yüksek dayanımlı beton kullanıldığında- TS500 e uygun kontrolun yapılmasından sonra kesitin büyütülmesi tavsiye edilir.

Kiriş Boyutlaması

Betonarme kirişlerin boyutlamasında SAP2000 programı, kiriş eğilme momentleri ve kesme kuvvetleri, yük kombinezonu çarpanları ve aşağıda açıklanan diğer kriterlere dayanarak eğilme ve kesme kuvveti için donatı alanlarını hesaplar ve verir. Donatı gereksinimleri, kiriş açıklığı boyunca, kullanıcının tanımladığı sayıda boyutlama-kontrol noktalarında hesaplanır.

Bütün kirişler, sadece, esas eğilme eksenini doğrultusunda eğilme momenti ve kesme kuvveti için boyutlandırılırlar. Eksenel kuvvet, ikincil doğrultuda eğilme burulma gibi kirişte bulunabilecek etkiler, programdan bağımsız olarak kullanıcı tarafından araştırılmalıdır.

Kiriş boyutlaması aşağıdaki aşamalarda yapılır:

- Kirişin eğilme donatısı hesabı
- Kirişin kayma donatısı hesabı

Kirişin Eğilme Donatısı Hesabı

Üst ve alttaki eğilme donatısı, kiriş açıklığı boyunca, kontrol-boyutlama noktalarında hesaplanır. Belirli bir kirişin belirli bir kesitinde esas eğilme doğrultusundaki moment için donatı hesabında aşağıdaki adımlar sözkonusudur:

- Çarpanlarla artırılmış maksimum momentlerin belirlenmesi
- Donatı alanının belirlenmesi

Çarpanlarla Artırılmış Maksimum Momentlerin Belirlenmesi

Özel, orta ve sıradan moment karşılayıcı betonarme çerçeve kirişlerinin eğilme donatısı hesabında kirişin her kesitinde, her yük kombinezonu için olan çarpanlarla artırılmış momentler, SAP2000 çözümlemesi yükleme durumlarına karşı gelen momentleri, karşı gelen yük çarpanları ile çarparak elde edilir.

Daha sonra tüm yük kombinezonlarından elde edilen maksimum pozitif M_u^+ ve maksimum negatif M_u^- çarpanlarla artırılmış momentleri için kesit hesabı yapılır.

Negatif momentler üst donatıyı verir. Bu durumlarda kiriş daima dikdörtgen kesit gibi hesaplanır. Pozitif momentler alt donatıyı verir. Bu durumlarda kiriş dikdörtgen kesit olarak hesaplanabildiği gibi T kesit gibi de hesaplanabilir.

Gerekli Eğilme Donatısının Belirlenmesi

Eğilme donatısı hesabı işleminde program çekme ve basınç donatılarını hesaplar. Basınç donatısı, uygulanan hesap momenti kesitin tek donatılı moment kapasitesinden büyük

olduğunda eklenir. Kullanıcı basınç donatısını koymamak üzere kirişin yüksekliğini, genişliğini ya da beton kalitesini artırma seçeneğine sahiptir.

Boyutlama işlemi, Şekil III-3 te görülen basitleştirilmiş dikdörtgen gerilme bloğuna dayanır (ACI 10.2). Ayrıca betonun taşıdığı basınç kuvvetinin dengeli durumda taşınan basınç kuvvetinin 0.75 inden az olduğu varsayılmıştır (ACI 10.3.3). Uygulanan moment hesaplanmış olan bu dengeli durum moment kapasitesini aştığında, ek momentin basınç donatısı ve ilave çekme donatısı tarafından taşınacağı kabulü ile, basınç donatısı alanı hesaplanır.

SAP2000 de kullanılan, dikdörtgen ve tablalı kesitlerin (L ve T kesitler) boyutlama işlemi aşağıda özetlenmiştir. Hesap aksenal kuvvetinin $0.1 f'_c A_g$ yi aşmadığı varsayılmıştır, yani bütün kirişler sadece esas doğrultudaki eğilme ve kesme kuvvetine göre hesaplanır (ACI 10.3.3).

Dikdörtgen Kesit Hesabı

Çarpanlarla artırılmış negatif veya pozitif bir M_u momenti (yani üst ya da alt donatı hesabı) için basınç blokunun a derinliği (Şekil III-3),

$$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2|M_u|}{0.85 f'_c \phi b}}$$

olarak verilir. Burada ve izleyen bağıntılarda ϕ nin değeri 0.90 alınmıştır. (ACI 9.3.2.1). β_1 ve c_b değerleri de aşağıdaki gibi hesaplanır:

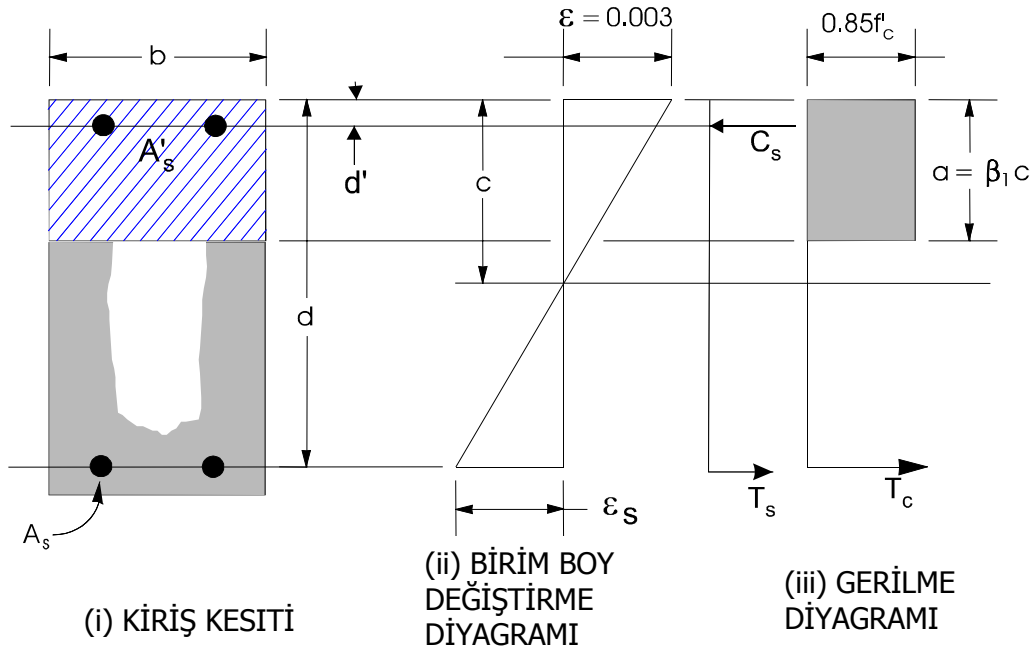
$$\beta_1 = 0.85 - 0.007(f'_c - 28), \quad 0.65 \leq \beta_1 \leq 0.85, \quad (\text{ACI } 10.2.7.3)$$

$$c_b = \frac{\epsilon_c E_s}{\epsilon_c E_s + f_y} d = \frac{600}{600 + f_y} d. \quad (\text{ACI } 10.2.3, 10.2.4)$$

TS500 de β_1 katsayısı k_1 olarak gösterilmiş olup ACI de verilene çok yakın değer veren

$$k_1 = 0.85 - 0.006 (f_{ck} - 25) \leq 0.85$$

değişimi öngörülmüştür.



Şekil III-3
Dikdörtgen Kesitin Boyutlaması

Basınç bloğunun izin verilen en büyük derinliği:

$$a_{max} = 0.75 \beta_1 c_b \quad (\text{ACI 10.2.7.1})$$

- Eğer $a \leq a_{max}$ ise, çekme donatısı alanı

$$A_s = \frac{M_u}{\phi f_y \left(d - \frac{a}{2}\right)}$$

ile verilir. Bu donatı M_u pozitifse alta, M_u negatifse üste konulmalıdır.

- Eğer $a \geq a_{max}$ ise basınç donatısı gereklidir (ACI 10.3.3) ve aşağıdaki gibi hesaplanır:

- Sadece betonun oluşturduğu basınç kuvveti:

$$C = 0.85 f'_c b a_{max} \quad (\text{ACI 10.2.7.1})$$

Beton basınç kuvveti ve çekme donatısı ile sağlanan moment:

$$M_{uc} = C(d - \frac{a_{\max}}{2})\phi$$

- Bu durumda basınç donatısı ve çekme donatısı tarafından karşılanan moment:

$$M_{us} = M_u - M_{uc}$$

- Böylece gerekli basınç donatısı alanı:

$$A'_s = \frac{M_{us}}{f'_s(d - d')} \quad \text{Burada}$$

$$f'_s = 0.003E_s \left[\frac{c - d'}{c} \right] \quad (\text{ACI 10.2.4})$$

- Beton basınç kuvvetini dengelemek için gereken çekme donatısı:

$$A_{s1} = \frac{M_{uc}}{f_y(d - \frac{a_{\max}}{2})\phi}$$

ve basınç donatısını dengelemek için gerekli çekme donatısı:

$$A_{s2} = \frac{M_{us}}{f_y(d - d')\phi}$$

- Bu nedenle, toplam çekme donatısı $A_s = A_{s1} + A_{s2}$ ve toplam basınç donatısı A'_s olur. Eğer M_u pozitifse A_s alta A'_s üste konmalı, M_u negatifse tersi yapılmalıdır.

- Eğer $a > d_s$ ise A_s in hesabı iki bölümde yapılır. Şekil III-4 te görüldüğü gibi, birinci bölüm tabladaki basınç kuvveti C_f yi dengelemek için ve ikinci bölüm gövdedeki basınç kuvveti C_w yi dengelemek içindir. C_f

$$C_f = 0.85f'_c(b_f - b_w)d_s$$

bağıntısı ile verilir. Bu nedenle $A_s = \frac{C_f}{f_y}$ ve M_u nun tabla tarafından karşılanan bölümü

$$M_{uf} = C_f \left(d - \frac{d_s}{2} \right) \phi. \quad \text{ile verilir.}$$

Burada ϕ nin değeri yine 0.90 dır. Bu durumda M_u nun geri kalan ve gövde tarafından karşılanacak olan bölümü

$$M_{uw} = M_u - M_{uf}$$

olarak bulunur. Gövde b_w ve d boyutlu bir dikdörtgen olduğundan buna ait basınç bloku derinliği aşağıdaki gibi bulunur:

$$a_1 = d - \sqrt{d^2 - \frac{2M_{uw}}{0.85f'_c\phi b_w}}$$

- Eğer $a \leq a_{max}$ ise çekme donatısı alanı

$$A_{s2} = \frac{M_{uw}}{\phi f_y \left(d - \frac{a_1}{2} \right)} \quad \text{ve}$$

$$A_s = A_{s1} + A_{s2}$$

olarak bulunur. Donatı tablalı kirişin altına yerleştirilmelidir.

- Eğer $a > a_{max}$ ise basınç donatısı gerekir (ACI 10.3.3) ve aşağıdaki gibi hesaplanır:

- Yalnız gövdedeki basınç kuvveti

$$C = 0.85f'_c b a_b \quad (\text{ACI 10.2.7.1})$$

- Bu nedenle beton gövde ve çekme donatısı tarafından karşılanan moment

$$M_{uc} = C \left(d - \frac{a_{max}}{2} \right) \phi$$

ve basınç donatısı ile çekme donatısının karşıladığı moment

$$M_{us} = M_{uw} - M_{uc}$$

olarak bulunur.

- Bu durumda basınç donatısı aşağıdaki gibi hesaplanır

$$A'_s = \frac{M_{us}}{f'_s(d - d')\phi} \quad \text{ve burada}$$

$$f'_s = 0.003E_s \left[\frac{c - d'}{c} \right] \quad (\text{ACI 10.2.4})$$

- Gövdedeki beton basınç kuvvetini dengelemek için gereken çekme donatısı

$$A_{s2} = \frac{M_{uc}}{f_y \left(d - \frac{a_{\max}}{2} \right) \phi}$$

ve basınç donatısını dengelemek için gerekli çekme donatısı

$$A_{s3} = \frac{M_{us}}{f_y(d - d')\phi} \quad \text{dir.}$$

- Toplam çekme donatısı $A_s = A_{s1} + A_{s2} + A_{s3}$ ve toplam basınç donatısı A'_s olur. A_s alta A'_s üste konmalıdır.

Minimum Çekme Donatısı

Sıradan moment karşılayıcı çerçeveler için dikdörtgen bir kesitte eğilme için minimum çekme donatısı aşağıdaki iki değerden küçüğüdür.

$$A_s \geq \max \left\{ \frac{\sqrt{f'_c}}{4f_y} b_w d \quad \text{ve} \quad \frac{1.4}{f_y} b_w d \right\} \quad (\text{ACI 10.5.1})$$

veya

$$A_s \geq \frac{4}{3} A_{s(\text{gerekli})} \quad (\text{ACI 10.5.3})$$

Deprem Boyutlaması için Özel Hususlar

Özel moment karşılayıcı betonarme çerçevelerin (deprem boyutlaması), kiriş betonarme hesabı aşağıdaki ek koşulları sağlar (daha kapsamlı liste için Tablo III-2 ye bakın).

- Üstte ve altta minimum boyuna donatı konacaktır. Üst ve alt donatıdan hiçbiri $A_{s(min)}$ dan az olmayacaktır (ACI 21.3.2.1).

$$A_{s(min)} \geq \max \left\{ \frac{\sqrt{f'_c}}{4 f_y} b_w d \quad \text{ve} \quad \frac{1.4}{f_y} b_w d \right\} \quad (\text{ACI 10.5.1})$$

veya

$$A_{s(min)} \geq \frac{4}{3} A_{s(gerekli)} \quad (\text{ACI 10.5.3})$$

- Kiriş eğilme donatısı

$$A_s \leq 0.025 b_w d \quad (\text{ACI 21.3.2.1})$$

maksimum değerini geçmeyecektir.

- Kirişin herhangi bir ucunda (mesnedinde) kiriş pozitif moment kapasitesi (yani alt donatı ile ilgili olan) bu uçta kirişin negatif moment kapasitesinin (yani üst donatı ile ilgili olan) yarısından az olmayacaktır (ACI 21.3.2.2).
- Kiriş açıklığı boyunca herhangi bir kesitte, ne pozitif ne de negatif moment kapasitesi, kirişin herhangi bir uç noktasındaki (mesnedinde) pozitif veya negatif kapasitesinin büyüğünün $\frac{1}{4}$ ünden az olmayacaktır (ACI 21.3.2.2).

Orta düzeyde moment karşılayıcı betonarme çerçevelerde (deprem boyutlaması), kiriş donatı hesabı aşağıdaki koşulları sağlayacaktır:

- Kirişin herhangi bir mesnedinde kiriş pozitif moment kapasitesi bu uçta kirişin negatif moment kapasitesinin $\frac{1}{3}$ ünden az olmayacaktır (ACI 21.10.4.1).
- Kiriş açıklığı boyunca herhangi bir kesitte, ne pozitif ne de negatif moment kapasitesi, kirişin herhangi bir uc noktasındaki (mesnedinde) pozitif veya negatif kapasitesinin büyüğünün $\frac{1}{5}$ inden az olmayacaktır (ACI 21.10.4.1).

Kiriş donatı hesabı için yukarıda verilen formüller f_y yerine f_{yd} ve $\phi=1$ alınmak koşulu ile TS500 de verilen esaslara uygundur. TS500 de dengeli donatı oranına bağlı bir tek donatı sınırı vardır. Bu değer TS500 de 0.85 iken ACI 318 de 0.75 alınmış ve daha sünek bir davranış öngörülmüştür. Maksimum donatı oranı için ACI 318 de verilen 0.025 değeri Deprem Yönetmeliği ve TS500 de 0.02 olarak önerilmektedir.

ACI 318 de verilen Özel Moment Karşılıyıcı Çerçeveseler, Deprem Yönetmeliğimizdeki Süneklik Düzeyi Yüksek Sistemler'e karşı gelmektedir. Kiriş mesnedinde alt donatının üst donatının yarısından az olamayacağı, mesnetlerdeki enbüyük donatının dörtte birinin tüm açıklık boyunca devam ettirilmesi, kayma donatısı hesabında kirişin pekleşmeli taşıma gücü momentlerinden ($1.4M_{ri}$) doğan kesme kuvvetinin esas alınması gibi hususlar tümü ile aynıdır.

Kiriş Kayma Donatısının Hesabı

Kayma donatısı, her yük kombinasyonu için, kullanıcının kiriş açıklığında belirlediği sayıdaki noktada hesaplanır. Belirli bir noktada, belirli bir yük kombinasyonunda, belirli bir kirişin esas eksenini doğrultusundaki kayma donatısı hesabı aşağıdaki aşamalarla yapılır:

- Kesite etki eden, çarpanlarla artırılmış, V_u kuvveti belirlenir.
- Yalnız beton tarafından taşınabilecek V_c kesme kuvveti belirlenir.
- Fark kuvveti taşımak için gereken donatı miktarı hesaplanır.

Özel ve orta düzeyde moment karşılıyıcı çerçeveseler (sünek çerçeveseler) için kirişlerin kayma donatısı hesabı, arttırılmış yüklere ilaveten, sıra ile, elemanların olası ve nominal moment kapasitelerine dayanır.

İzleyen iki alt bölümde yukarıda sözü edilen aşamalarla ilgili algoritmalar ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

Kesme Kuvveti ve Momentin Belirlenmesi

- **Sıradan moment karşılıyıcı çerçeve** kirişinin kayma donatısının hesabında, belirli bir doğrultudaki belirli bir yük kombinasyonu için olan moment ve kesme kuvveti, ilgili kesme kuvveti ve momentinin, karşı gelen yük kombinasyonu çarpanlarıyla arttırılmasıyla elde edilir.
- **Özel moment karşılıyıcı betonarme çerçeveselerin** boyutlamasında (deprem hesabı), kirişin kayma kapasitesi, uçlardaki olası moment kapasitelerinden oluşan kesme kapasitesi ve arttırılmış ağırlık yükleri esas alınarak kontrol edilir. Bu hesap sıradan moment karşılıyıcı çerçeveseler için gereken kontrole ek olarak yapılır. V_u kesme kuvveti, kirişin her iki ucunun olası moment kapasitelerinden ve ağırlık kesme kuvvetlerinden hesaplanır. Olası moment kapasitelerinden hesap kesme kuvvetinin hesap yöntemi “Kolon Boyutlaması” paragrafında kolonlar için anlatılanların aynısıdır. Ayrıntılar için Tablo III- 2 ye de bakınız.

Hesap kesme kuvveti V_u

$$V_u = V_p + V_{D+L} \quad (\text{ACI 21.3.4.1})$$

bağıntısı ile verilir. Burada V_p hesaplanmış olası moment kapasitelerinin kirişin iki ucuna zıt yönlerde uygulanmasıyla elde edilen kesme kuvvetidir. Bu nedenle V_p

$$V_{p1} = (M_i^- + M_j^+) / L$$

$$V_{p2} = (M_i^+ + M_j^-) / L \quad \text{değerlerinin büyüğüdür.}$$

Burada

M_i^- = ϕ çarpanı kullanmadan ($\phi=1$), çelik akma sınırı olarak αf_y alınarak I ucunda üst donatı çekmede iken moment kapasitesi,

M_j^+ = ϕ çarpanı kullanmadan ($\phi=1$), çelik akma sınırı olarak αf_y alınarak J ucunda alt donatı çekmede iken moment kapasitesi,

M_i^+ = ϕ çarpanı kullanmadan ($\phi=1$), çelik akma sınırı olarak αf_y alınarak I ucunda alt donatı çekmede iken moment kapasitesi,

M_j^- = ϕ çarpanı kullanmadan ($\phi=1$), çelik akma sınırı olarak αf_y alınarak J ucunda üst donatı çekmede iken moment kapasitesi,

L = kirişin serbest açıklığıdır.

Özel moment karşılayıcı çerçevelerde α değeri 1.25 alınır. (ACI R21.3.4.1). V_{D+L} , ağırlık yüklerinin açıklıktaki yayılışından gelen kesme kuvvetine katkısıdır.

- **Orta düzeyde moment karşılayıcı çerçevelerde** kiriş kesme kuvveti kapasitesi, sıradan moment karşılayıcı çerçevelerdeki kontrole ek olarak, kiriş uçlarının nominal moment kapasitelerinden ve arttırılmış ağırlık yüklerinden hesaplanan nominal kesme kuvveti ile kontrol edilir. Kirişlerde hesap kesme kuvveti, nominal moment kapasitesinden hesaplanandan ve arttırılmış kesme kuvvetinden küçüğü olarak alınır. Nominal moment kapasitesinin ($\phi=1$) hesap yöntemi özel moment karşılayıcı çerçevelerde olası moment kapasitesi hesabının aynıdır, sadece α değeri 1.25 yerine 1 olarak alınır (ACI R21.10). Çarpanlarla arttırılmış kesme kuvveti, belirlenmiş yük çarpanları ile bulunur, fakat sadece deprem yük çarpanı iki katı alınarak kullanılır (ACI 21.10.3). **Orta düzeyde moment karşılayıcı çerçevelerde** kiriş kesme kuvveti hesabı da daha önce kolonlar için verilenin aynıdır. Ayrıntılar için Tablo III-2 ye de bakınız.

Beton Kayma Kapasitesinin Belirlenmesi

Betonun izin verilen kayma kapasitesi

$$V_c = \frac{\sqrt{f'_c}}{6} b_w d \quad (\text{ACI 11.3.1.1})$$

ile verilir. Özel moment karşılayıcı çerçevelerde, deprem etkisini de içeren çarpanlarla artırılmış eksenel yük P_u , $f'_c A_g / 20$ den az ve aynı zamanda depremin kesme kuvvetine katkısı V_E eleman boyunca toplam kesme kuvveti V_u nun yarısından fazla ise (yani $V_E \geq 0.5V_u$) ise V_c sıfır alınır (ACI 21.3.4.2).

Gerekli Kayma Donatısının Belirlenmesi

V_u ve V_c verildiğinde gerekli kayma donatısı, alan/birim boy olarak

$$A_v = \frac{(V_u / \phi - V_c) s}{f_{ys} d} \quad (\text{ACI 11.5.6.2})$$

olarak hesaplanır.

Donatının karşıladığı kesme kuvveti

$$(V_u / \phi - V_c) \leq 0.67 \sqrt{f'_c} b d \quad (\text{ACI 11.5.6.9})$$

ile sınırlanmıştır. Burada dayanım azaltma çarpanı $\phi = 0.85$ tir (ACI 9.3.2.3). Her bir yük kombinezonundan elde edilen tüm A_v değerlerinin en büyüğü, kayma hesabına esas alınan kesme kuvveti ve buna karşı gelen yük kombinezon numarası ile birlikte gösterilir.

Programın verdiği kiriş kayma donatısı gereksinimleri sadece kayma dayanımı esas alınarak bulunur. Enine donatı, aralık veya hacimsel kabullerini sağlamak için minimum triye gereksinimleri kullanıcı tarafından, programdan bağımsız olarak araştırılmalıdır.

Kirişlerde kayma donatısı hesabı da, kolonlarda olduğu gibi, $\phi = 1$ ve donatı akma dayanımı yerine hesap dayanımını kullanarak, TS500 ve Deprem Yönetmeliği ilkelerine uygun olarak yapılır.

Kontrol/ Boyutlama tipi	Sıradan Moment Karşılıyıcı Çerçeveler (Sismik olmayan)	Orta Derecede Moment Karşılıyıcı (Sismik)	Özel Moment Karşılıyıcı Çerçeveler (Sismik)
Kolon Kontrolü (karşılıklı etki)	NLD^a kombinezon	NLD^a kombinezon	NLD^a kombinezon
Kolon boyutlaması (karşılıklı etki)	NLD^a kombinezon $\%1 < \rho < \%8$	NLD^a kombinezon $\%1 < \rho < \%8$	NLD^a kombinezon $\alpha=1.0$ $\%1 < \rho < \%6$
Kolon kayma hesabı	NLD^a kombinezon	Değiştirilmiş NLD^a kombinezon (deprem yükleri iki kat alınır) Kolon Kapasitesi $\phi=1.0$ ve $\alpha=1.0$	NLD^a kombinezon ve kolon kayma kapasitesi $\phi=1.0$ ve $\alpha=1.25$
Kiriş eğilme hesabı	NLD^a kombinezon	NLD^a kombinezon	NLD^a kombinezon $\rho \leq 0.025$ $\rho \geq \frac{0.25}{f_y} \sqrt{f'_c}$ $\rho \geq \frac{1.4}{f_y}$
Kiriş minimum moment kontrolü	Gerekmiyor	$M^+_{uUÇ} \geq \frac{1}{3} M^-_{uUÇ}$ $M^+_{uAÇIK} \geq \frac{1}{5} \max[M^+_{u}, M^-_{u}]_{UÇ}$ $M^-_{uAÇIK} \geq \frac{1}{5} \max[M^+_{u}, M^-_{u}]_{UÇ}$	$M^+_{uUÇ} \geq \frac{1}{2} M^-_{uUÇ}$ $M^+_{uAÇIK} \geq \frac{1}{4} \max[M^+_{u}, M^-_{u}]_{UÇ}$ $M^-_{uAÇIK} \geq \frac{1}{4} \max[M^+_{u}, M^-_{u}]_{UÇ}$
Kiriş kayma donatısı hesabı	NLD^a kombinezon	Değiştirilmiş NLD^a kombinezon (deprem yükü iki kat alınır) $\alpha=1.0$ ve $\phi=1.0$ ile bulunan kiriş kesme kuvveti kapasitesi (V_p) ve V_{D+L} ile	NLD^a kombinezon $\alpha=1.25$ ve $\phi=1.0$ ile bulunan kiriş kesme kuvveti kapasitesi (V_p) ve V_{D+L} ile, $V_c=0$

NLD^a daki ^a Öngörülen yükleme sayısı

Tablo III-2

Hesap Kriterleri Tablosu

Bölüm IV

AASHTO LRFD 1997 ye Göre Boyutlama

Bu bölüm, kullanıcı AASHTO LRFD 1997 Boyutlama Şartnamesi'ni (AASHTO 1997) seçtiğinde SAP2000 in kullandığı betonarme kesit hesabı yönteminin değişik yönlerini ayrıntılı olarak açıklamaktadır. Bu bölümde kullanılan semboller Tablo IV-1 de listelenmiştir.

Boyutlama kullanıcı tarafından belirlenen yük kombinezonlarına dayanır. Fakat program bir çok köprü tipi yapının boyutlama gereklerini karşılayan önceden hazır olan (default) bir yük kombinezonu takımı sağlar.

SAP2000, deprem boyutlamasında gerekli olduğu gibi, 1. (düşük deprem etkisi), 2., 3., ve 4. (yüksek deprem etkisi) bölgelerindeki moment karşılayıcı çerçeveler için boyutlama veya kontrol seçenekleri sunar. Farklı deprem bölgelerinde kullanılan boyutlama ilkelerinin ayrıntıları aşağıdaki bölümlerde açıklanmıştır.

Giriş bilgileri için İngiliz birimleri olduğu kadar SI ve MKS metrik birimleri de kullanılabilir. Fakat şartname Inch-Pound-Saniye sistemine dayanmaktadır. Aksi belirtilmedikçe, basitliği sağlamak üzere, bu bölümdeki bütün eşitlikler ve açıklamalar SI sistemine karşı gelir.

Boyutlama Yük Kombinasyonları

Boyutlama yük kombinasyonları, belirtilen yükleme durumlarının, yapının kesit hesaplarında kullanılacak çeşitli birleştirme şekilleridir. Şartnamede, programın mevcut durumunda verilen hazır (default) yükleme durumlarından farklı başka yükleme durumları vardır. Ancak, kullanıcı yüklerin ve yük kombinasyonlarının tanımında tam bir kontrol sahiptir.

Altı tür sabit yük vardır: taşıyıcı elemanların ve taşıyıcı olmayan eklemelerin sabit yükü (DC), aşağı doğru çekme yükü (DD), kaplama ve donanım yükü (DW), yatay zemin basınç yükü (EH), düşey zemin basınç yükü (EV), zemin üst yükü (ES). Sabit yüklerden herbiri farklı yük çarpanı ile hesaba katılır.

Altı tür hareketli yük vardır: araç hareketli yükü (LL), araç dinamik etkisi (IM), araç merkezkaç kuvveti (CE), araç fren yükü (BR), yaya hareketli yükü (PL), ve zemin üstü hareketli yükü (LS). Bütün bu yükler aynı yük çarpanını gerektirir ve ayrı olarak gözönüne alınmalarına ihtiyaç yoktur.

Eğer yapı sadece sabit yük (DL), hareketli yük (LL), rüzgar yükü (WL), ve deprem yükü (EL) etkisi altında ise, rüzgar ve deprem yükünün yön değiştirebilir özelliği gözönüne alınarak, Dayanım ve Aşırı (Ekstrem) Olay sınır durumunda aşağıdaki hazır (default) olan yük durumları gözönüne alınır (AASHTO 3.4.1):

1.50 DL	(Dayanım-IV)
1.25 DL + 1.75 LL	(Dayanım-I)
0.90 DL ± 1.4 WL	(Dayanım-III)
1.25 DL ± 1.4 WL	(Dayanım-III)
1.25 DL ± 1.35 LL ± 0.40 WL	(Dayanım-V)
0.90 DL ± 1.0 EL	(Aşırı-I)
1.25 DL + 0.5 LL ± 1.0EL	(Aşırı-I)

Bunlar aynı zamanda, AASHTO LRFD 1997 Şartnamesi kullanıldığında SAP2000 in önceden hazır olan (default) boyutlama yük kombinasyonlarıdır. Kullanıcı gerektiğinde diğer yük kombinasyonlarını tanımlayabilir.

Çarpanlarla artırılmış yüklerde hareketli yükün payını azaltmak için, hareketli yük azaltma çarpanı, eleman hareketli yük kuvvetlerine eleman-eleman uygulanır.

TS500 Standardı'na göre, yapıda sadece sabit yük (DL) ve hareketli yük (LL) varsa, boyutlama için sadece 1.4DL+1.6LL yük kombinasyonuna ihtiyaç vardır. Eğer bu yükler yanında deprem yükleri de varsa, aşağıdaki yük kombinasyonlarının gözönüne alınması gerekir:

1.	1.4 DL	+1.6 LL	
2.	DL	+	LL + EX
3.	DL	+	LL + EY
4.	DL	+	LL - EX
5.	DL	+	LL - EY
6.	0.9 DL		+ EX
7.	0.9 DL		- EX
8.	0.9 DL		+ EY
9.	0.9 DL		- EY

A_{cv}	Kayma gerilmesini belirlemek için kullanılan beton alanı, mm^2
A_g	Tüm beton alanı, mm^2
A_s	Çekme donatısı alanı, mm^2
A'_s	Basınç donatısı alanı, mm^2
$A_{s(gerekli)}$	Gerekli çekme donatısı alanı, mm^2
A_{st}	Kolon boyuna donatısı toplam alanı, mm^2
A_v	Kayma donatısı alanı, mm^2/mm
a	Basınç bloğunun derinliği, mm
a_b	Dengeli donatı durumunda basınç bloğunun derinliği, mm
a_{max}	Basınç bloğunun izin verilen maksimum derinliği, mm
b	Eleman genişliği, mm
b_f	Etkili tabla genişliği (T-kiriş kesiti), mm
b_w	Gövde genişliği (T-kiriş kesiti), mm
C_m	Moment büyütme çarpanını hesaplamak için kullanılan kolon eğriliğine bağlı katsayı
c	Tarafsız eksen derinliği, mm
c_b	Dengeli donatı durumunda tarafsız eksen derinliği, mm
d	Basınç yüzünden çekme donatısının merkezine olan mesafe, mm
d'	Donatı merkezine kadar beton örtüsü kalınlığı, mm
d_s	Döşeme kalınlığı (T-kiriş kesiti), mm
E_c	Beton elastisite modülü, N/mm^2
E_s	Donatı elastisite modülü, $2 \times 10^5 N/mm^2$ kabul edilmiştir.
f'_c	Beton karakteristik basınç dayanımı, N/mm^2 <i>TS500 ile uyum sağlanması için bu değer betonun hesap dayanımı f_{cd} olarak kullanılması uygundur.</i>
f_y	Eğilme donatısı karakteristik akma dayanımı, N/mm^2 <i>TS500 ile uyum sağlanması için bu değer eğilme donatısı hesap dayanımı f_{yd} olarak kullanılması uygundur.</i>
f_{yh}	Kayma donatısı karakteristik akma dayanımı, N/mm^2 <i>TS500 ile uyum sağlanması için bu değer kayma donatısı hesap dayanımı f_{ywd} olarak kullanılması uygundur.</i>
h	Kolon boyutu, mm
I_g	Tüm beton kesitinin ağırlık merkezinden geçen eksene göre eylemsizlik momenti, donatı ihmal edilerek, mm^4
I_{se}	Donatının eleman kesitinin ağırlık merkezinden geçen eksene göre eylemsizlik momenti, mm^4
k	Etkili boy çarpanı
L	Mesnetlenmemiş temiz açıklık, mm

Tablo IV-1

AASHTO Şartnamesi'nde Kullanılan Sembollerin Listesi

M_1	Çarpanlarla artırılmış kolon uç momentlerinin küçüğü, Nmm
M_2	Çarpanlarla artırılmış kolon uç momentlerinin büyüğü, Nmm
M_c	Boyutlamada kullanılacak çarpanlarla artırılmış moment, Nmm
M_b	Çarpanlarla artırılmış uç momentinin yanal yerdeğiştirmeye yol açmayan bileşeni, Nmm
M_s	Çarpanlarla artırılmış uç momentinin yanal yerdeğiştirmeye yol açan bileşeni, Nmm
M_u	Çarpanlarla artırılmış kesit momenti, Nmm
M_{ux}	Çarpanlarla artırılmış kesit momentinin X-ekseni etrafındaki bileşeni, Nmm
M_{uy}	Çarpanlarla artırılmış kesit momentinin Y-ekseni etrafındaki bileşeni, Nmm
P_b	Dengeli şekil değiştirme durumunda aksenal yük kapasitesi, N
P_c	Kolonun Euler kritik burkulma dayanımı, N
P_{max}	İzin verilen maksimum aksenal yük dayanımı, N
P_o	Sıfır dışmerkezlik durumunda aksenal yük kapasitesi, N
P_u	Kesitte çarpanlarla artırılmış aksenal yük, N
r	Kolon kesitinin eylemsizlik yarıçapı, mm
V_c	Beton tarafından taşınan kesme kuvveti, N
V_{D+L}	Açıklık yüklerinden oluşan kesme kuvveti, N
V_u	Kesitte çarpanlarla artırılmış kesme kuvveti, N
V_p	Olası moment kapasitesinden hesaplanan kesme kuvveti, N
α	Donatı çeliği aşırı dayanım çarpanı
β_1	Betonun basınç bloğu derinliğini bulmak için katsayı
β_d	Çarpanlarla artırılmış maksimum aksenal sabit yükün çarpanlarla artırılmış toplam yüke oranının mutlak değeri
θ	Köşegen basınç gerilmelerinin kiriş veya kolon eksenine ile yaptığı açı
δ_s	Yanal yerdeğiştirmeye yol açan momentlerin büyütme çarpanı
δ_b	Yanal yerdeğiştirmeye yol açmayan (çaprazlı) momentlerin büyütme çarpanı
ϵ_c	Betonda birim boy değişimi
ϵ_s	Donatı çeliğinde birim boy değişimi
ϕ	Dayanım azaltma çarpanı

Birimler N ve mm ile verilmiştir. Ancak, kendi içinde uyumlu olmak üzere N ve m, kN ve m veya kN ve mm birimleri de kullanılabilir.

Tablo IV-1

AASHTO Şartnamesi'nde Kullanılan Sembollerin Listesi (Devam)

Dayanım Azaltma Çarpanları

Dayanım azaltma çarpanları, ϕ , elemanın sağladığı hesap dayanımını elde etmek üzere nominal dayanıma uygulanır. Eğilme, aksenal kuvvet, kesme kuvveti ve burulma için ϕ çarpanları aşağıdaki gibidir:

$\phi = 0.90$ eğilme için, (AASHTO 5.5.4.2.1)

$\phi = 0.90$ aksenal çekme için, (AASHTO 5.5.4.2.1)

$\phi = 0.90$ aksenal çekme ve eğilme için, (AASHTO 5.5.4.2.1)

$\phi = 0.90$ kesme kuvveti ve burulma için. (AASHTO 5.5.4.2.1)

$\phi = 0.75$ sadece aksenal basınç, veya aksenal basınç ve eğilme için (AASHTO 5.5.4.2.1)

$\phi = 0.50$ 3. ve 4. deprem bölgelerinde sadece aksenal basınç, veya aksenal basınç ve eğilme için (AASHTO 5.5.4.2.3 ve 5.10.11.4.1b)

Eksenal basınca ve eğilmeye bağlı olarak ϕ değeri 0.75 ile 0.9 arasında değişir. Eksenal yükün küçük değerlerinde bu yük $0.1 f_c' A_g$ den sıfıra azalırken, ϕ doğrusal olarak 0.75 den 0.9 değerine artar (AASHTO 5.5.4.2.1). 3. ve 4. deprem bölgelerinde, aksenal basınca ve eğilme ile ilgili ϕ değeri aksenal yüke bağlı olarak 0.5 ile 0.9 arasında değişir. Eksenal yükün küçük değerlerinde bu yük $0.2 f_c' A_g$ den sıfıra azalırken, ϕ doğrusal olarak 0.5 den 0.9 değerine artar (AASHTO 5.10.11.4.1b). Eksenal çekme olması durumunda ise, ϕ daima 0.9 dur (AASHTO 5.5.4.2.1).

TS500 Standart'ına uygun boyutlama için yapılacak uyarlamada karakteristik beton ve çelik gerilmeleri yerine hesap gerilmelerinin kullanılması ve ϕ dayanım azaltma çarpanlarınının 1.0 olarak alınması uygundur. Ayrıca narinlik etkisini hesaba katabilmek üzere yapılacak P- Δ çözümlemesinde 1.4 DL + 1.6 LL yük birleşimi kullanılmalıdır.

Kolon Boyutlaması

Kullanıcı her betonarme kolon kesiti için donatı çubuğu yerleşimi geometrisini tanımlayabilir. Donatı alanı kullanıcı tarafından verirse program kolon kapasitesini kontrol eder. Eğer donatı alanı kullanıcı tarafından verilmezse, program kolon için gerekli donatı miktarını hesaplar. Yapının betonarme kolonları için boyutlama işlemleri aşağıdaki adımları içerir:

- Modelin bütün farklı betonarme kesitleri için eksenel yük-iki eksenli eğilme karşılıklı etki yüzeyleri oluşturulur. Tipik bir karşılıklı etki yüzeyi Şekil II-1 de gösterilmiştir. Donatı tanımlanmamışsa program karşılıklı etki yüzeylerini (A_{st}/A_g) donatı oranının izin verilen sınırları arasında oluşturur. Bu sınırlar moment karşılayıcı çerçevelerde $0.135f_c'/f_y$ ile 0.08 (AASHTO 5.7.4.2.) ve 3. ve 4. deprem bölgelerindeki sünek moment karşılayıcı çerçevelerde 0.01 ile 0.06 arasındadır (AASHTO 5.10.11.4.1a).

Deprem etkisi taşıyan kolonlarda yönetmeliğimizde en az ve en çok donatı oranları 0.01 ila 0.04 olarak sınırlandırılmıştır. Bulunan donatı oranının 0.04 ü aşmaması için donatı kontrol edilmeli ve gerekirse kesit büyütülerek hesap tekrarlanmalıdır.

- Her kolonun her boyutlama noktasında her bir yük kombinezonundan elde edilen çarpanlarla artırılmış iki eksenli (veya tek eksenli) eğilme momentleri ve normal kuvvetler için kapasite oranı hesaplanır. Gerekli donatının hesabı yapılırken hedef kapasite oranı 1.0 alınır.
- Kolon kayma donatısı hesaplanır.

Bundan sonraki üç alt bölüm yukarıda sözü edilen adımlarla ilgili algoritmaları ayrıntılı olarak anlatmaktadır.

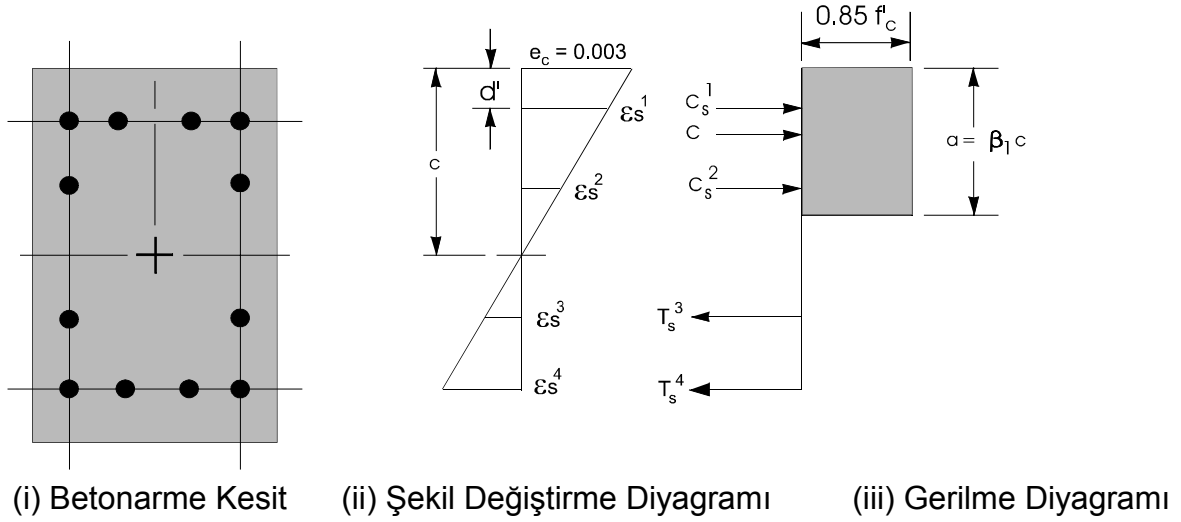
İki Eksenli Karşılıklı Etki Yüzeylerinin Oluşturulması

Kolon kapasitesi karşılıklı etki hacmi, sayısal olarak üç boyutlu karşılıklı etki güç tükenmesi yüzeyinde oluşturulmuş bir dizi nokta olarak ifade edilir. Formülasyon, eksenel basınç ve iki eksenli eğilmenin yanı sıra eksenel çekme ve iki eksenli eğilme durumunun da hesaba katılmasına imkan verir. Tipik bir karşılıklı etki diyagramı Şekil II-1 de görülmektedir.

Bu noktaların koordinatları doğrusal şekil değiştirme düzlemini kolon kesitinde üç boyutta döndürerek belirlenir. Şekil II-2 e bakın. Doğrusal şekil değiştirme diyagramı ϵ_c , maksimum beton birim kısalmasını kesit üst kenarında 0.003 olarak sınırlar (AASHTO 5.7.2.1).

Formülasyon, taşıma gücü yöntemi ilkelerine dayanır (AASHTO 5.7) ve dikdörtgen, kare veya daire şeklindeki iki simetrik kolon kesitlerine imkan tanır.

Donatı çeliğindeki gerilme, çelik çubuğun birim uzaması ile elastisite modülünün çarpımı $\epsilon_s E_s$ olarak verilir ve donatı akma dayanımı f_y ile sınırlıdır (AASHTO 5.7.2.1). Her donatı çubuğuna ait alan, çubuk merkezinin gerçek yerinde kabul edilir ve algoritma donatı alanının kolon kesitindeki dağılım tarzıyla ilgili, eşdeğer çelik tüp veya silindir gibi, herhangi bir basitleştirme kabulü yapmaz. Şekil IV-1 e bakın.



Şekil IV-1

Bir Kolon Kesitinde Şekil Değişirme ve Gerilme Yayılışının Kabulü

Beton basınç gerilme bloğu, $0.85 f'_c$ gerilme değerinde (AASHTO 5.7.2.2) bir dikdörtgen olarak (AASHTO 5.7.2.1) kabul edilir. Bakın Şekil IV-1. Gerilme bloğunun derinliği $\beta_1 c$:

$$\beta_1 = 0.85 - 0.007(f'_c - 28) \quad (\text{AASHTO 5.7.2.2})$$

$$0.65 \leq \beta_1 \leq 0.85 \quad (\text{AASHTO 5.7.2.2})$$

f'_c ' nin üst sınırı bütün deprem bölgelerinde 70 MPa dır:

$$f'_c \leq 70 \text{MPa} \quad (\text{AASHTO 5.1, 5.4.2.1})$$

f_y nin üst sınırı ise 525MPa dır.

$$f_y \leq 525 \text{MPa} \quad (\text{AASHTO 5.4.3.1})$$

Karşılıklı etki algoritması basınç bölgesinde bulunan donatı nedeniyle azalan beton alanını gözönüne almak için bir düzeltme yapmaktadır.

Dayanım azaltma çarpanı ϕ nin etkisi karşılıklı etki yüzeylerinin oluşturulmasında hesaba katılır. Maksimum basınç eksenel kuvveti P_{max} ile sınırlıdır. Burada,

$$P_{max} = 0.85\phi [0.85 f'_c (A_g - A_{st}) + f_y A_{st}] \quad \text{fretli kolon} \quad (\text{AASHTO 5.7.4.4})$$

$$P_{max} = 0.80\phi [0.85 f'_c (A_g - A_{st}) + f_y A_{st}] \quad \text{etriyeli kolon} \quad (\text{AASHTO 5.7.4.4})$$

Eksenel basınca ve eğilmeye bağlı olarak ϕ değeri 0.75 ile 0.9 arasında değişir. Eksenel yükün küçük değerlerinde bu yük $0.1 f'_c A_g$ den sıfıra azalırken, ϕ doğrusal olarak 0.75 den 0.9 değerine artar (AASHTO 5.5.4.2.1). 3. ve 4. deprem bölgelerinde, eksenel basınca ve eğilme ile ilgili ϕ değeri eksenel yüke bağlı olarak 0.5 ile 0.9 arasında değişir. Eksenel yükün küçük değerlerinde bu yük $0.2 f'_c A_g$ den sıfıra azalırken, ϕ doğrusal olarak 0.5 den 0.9 değerine artar (AASHTO 5.10.11.4.1b). Eksenel çekme olması durumunda ise, ϕ daima 0.9 dır (AASHTO 5.5.4.2.1).

TS500 ile sağlanacak uyumda karakteristik dayanımlar yerine hesap dayanımları kullanıldığından ϕ değerlerinin tümü 1.0 olarak alınır. Bu nedenle hesapta herhangi bir değişiklik olmaz. Buna karşılık eksenel yük durumunda benzer bir güvenlik düzeyi sağlamak üzere Deprem Yönetmeliğimiz eksenel kuvveti

$$N_{dmax} = 0.5 f_{ck} A_c$$

ile sınırlamaktadır.

Kolon Kapasitesinin Kontrolü

Kolon kapasitesi, her kolonun her kontrol noktasında yük kombinezonlarının herbiri için kontrol edilir. Bir kolonun bir kontrol noktasında, bir yük kombinezonu için kontrol yapılırken aşağıdaki adımlar gerçekleştirilir:

- Tanımlanmış yük kombinezonları çarpanları ve yükleme durumu çözümlenmelerinden, çarpanlarla artırılmış momentler ve kuvvetler belirlenerek P_u , M_{ux} ve M_{uy} değerleri elde edilir.
- Kolon momentleri için moment büyütme çarpanları belirlenir.
- Çarpanlarla artırılmış momentlere moment büyütme çarpanları uygulanır. Eksenel kuvvet ve iki eksenli moment takımının tanımladığı noktanın karşılıklı etki hacmi içinde kalıp kalmadığı belirlenir.

Çarpanlarla artırılmış momentler ve karşı gelen büyütme çarpanları herbir kolonun “yanal yer değiştirmeli” veya “yanal yer değiştirmesiz” olarak tanıtılmasına bağlıdır.

İzleyen üç paragrafta yukarıda sözü geçen adımlara ilişkin algoritmalar ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

Çarpanlarla Artırılmış Moment ve Kuvvetlerin Belirlenmesi

Belirli bir yük kombinezonu için artırılmış yükler, P_u , M_{ux} ve M_{uy} yi veren bütün yükleme durumlarına, karşı gelen yük çarpanları uygulanarak elde edilir. Hesaplanan bu momentler kararlılık etkilerini gözönüne almak için “Moment Büyütme Çarpanları” kullanılarak ayrıca büyütülür.

Moment Büyütme Çarpanlarının Belirlenmesi

Moment büyütme çarpanları, yanal yerdeğiştirmeye yol açan (genel kararlılık etkisi) δ_s ve yanal yerdeğiştirmeye yol açmayan (bireysel kolon kararlılık etkisi) δ_{ns} olarak ayrı ayrı hesaplanır. Ayrıca, esas ve tali doğrultudaki moment büyütme çarpanları da farklı olabilir.

Program, P- Δ çözümlemesinin SAP2000 de yapılmış olduğunu kabul eder ve dolayısıyla yanal yerdeğiştirmeye yol açan moment büyütme çarpanları 1 olarak alınır (AASHTO 4.5.3). P- Δ çözümlemesinde yük (1.25 sabit yük + 1.35 hareketli yük)/ ϕ yük kombinezonuna karşı gelmelidir. Burada ϕ eksenel basınç için dayanım çarpanı olup, 1. ve 2. deprem bölgelerinde 0.75, 3. ve 4. deprem bölgelerinde 0.5 hazır (default) değer olarak alınır (AASHTO 5.5.4.2.1). Bakın White ve Hajjar (1991).

Çözümlemeden elde edilen momentler iki bileşene ayrılır: yanal yerdeğiştirmeli (M_s) ve yanal yerdeğiştirmesiz (M_b) bileşenler. (b) alt indisi ile işaretlenen yanal yerdeğiştirmesiz momentler büyük çoğunlukla ağırlık yüklerinden kaynaklanır. Yanal

yerdeşiştirmeli bileşenler (s) alt indisi ile gösterilmişlerdir. Yanal yerdeşiştirmeli momentler daha çok yanal yüklerden kaynaklanır ve yanal yerdeşiştirmenin nedenine bağlıdır.

Her bir kolon ya da bir kattaki kolon elemanları için herhangi bir kontrol noktasında iki eksendeki bytlmş momentler

$$M = \delta_b M_b + \delta_s M_s \quad (\text{AASHTO 4.5.3.2.2b})$$

olarak elde edilebilir. δ_s çarpanı yanal yerdeşiştirmeye neden olan momentler için büyütme çarpanıdır. Bu arpan, M_s ve M_b moment değerleri ‘‘ikinci merteye elastik (P- Δ) zmlemesi’’nden elde edildiğinden, 1 olarak alınır.

Kolonun esas ve tali eksenleri ile ilgili olan yanal yerdeşiştirmesiz büyütme çarpanı δ_b

$$\delta_b = \frac{C_m}{1 - \frac{P_u}{\phi P_e}} \geq 1.0 \quad (\text{AASHTO 4.5.3.2.2b})$$

olarak verilir (AASHTO 4.5.3.2.2b). Burada

$$P_e = \frac{\pi^2 EI}{(kL)^2} \quad (\text{AASHTO 4.5.3.2.2b})$$

olup, $k = 1$ olarak alınır. Ancak, SAP2000 kullanıcının bu değeri değiştirmesine izin vermektedir (AASHTO 4.6.2.5, 5.7.4.3).

EI gözönüne alınan kolonun doğrultusu ile ilgili olup,

$$EI = \frac{E_c I_g / 2.5}{1 + \beta_d} \quad (\text{AASHTO 5.7.4.3})$$

$\beta_d = (\text{çarpanlarla artırılmış sabit yük momentinin en büyük değeri} / \text{çarpanlarla artırılmış toplam yük momentinin en büyük değeri}) \quad (\text{AASHTO 5.7.4.3})$

$$C_m = 0.6 + 0.4 \frac{M_a}{M_b} \geq 0.4 \quad (\text{AASHTO 4.5.3.2.2b})$$

ve M_a ve M_b kolon uç momentleri olup M_b sayısal olarak M_a dan büyüktür. M_a / M_b oranı tek eğrilikli eğilmede pozitif ve çift eğrilikli eğilmede negatiftir. C_m için yukarıda verilen bağıntı, mesnetler arasında uygulanmış herhangi bir yanal yük olmadığı ve elemanın yanal yerdeşiştirmesinin önlendiği durumda geçerlidir. Eğer açıklıkta yanal yük varsa, veya boy kullanıcı tarafından değiştirilmişse, veya diğer

durumlarda $C_m = 1$ dir. C_m değeri kullanıcı tarafından eleman-eleman esasına göre değiştirilebilir.

Büyütme çarpanı δ_b pozitif bir sayı ve 1 den büyük olmalıdır. Bu nedenle P_u , ϕP_e den küçük olmalıdır. Eğer P_u , ϕP_e den büyük ya da ona eğit bulunursa, güç tükenmesi durumu bildirilir.

Yukarıdaki hesaplar kolonun mesnetlenmemiş boyunu kullanır. Mesnetlenmemiş iki boy, elemanın tali ve esas doğrultularında burkılmaya karşı gelmek üzere, sıra ile, l_{22} ve l_{33} dür. Şekil II-4 e bakın. Bunlar, karşı gelen doğrultularda, elemanın mesnet noktaları arasındaki uzunluklarıdır.

Programdaki kabuller belirli bir eleman için yeterli değilse, kullanıcı δ_s ve δ_b değerlerini açık olarak belirtebilir.

Kapasite Oranının Belirlenmesi

Elemanın gerilme durumunun bir ölçüsü olarak, bir kapasite oranı hesaplanır. Kapasite oranı esasında, kolonun taşıma gücüne nispetle kolonun gerilme durumunu gösteren bir katsayıdır.

Kolon kapasitesini kontrol için karşılıklı etki diyagramına girmeden önce; P_u , M_{ux} ve M_{uy} yi elde etmek üzere moment büyütme çarpanları artırılmış yüklere uygulanır. (P_u , M_{ux} , M_{uy}) noktası, Şekil II-3 de L noktası olarak gösterildiği gibi, karşılıklı etki bölgesine yerleştirilir. Eğer nokta karşılıklı etki hacmi içinde yer alıyorsa eleman kesit kapasitesi yeterlidir. Fakat, nokta karşılıklı etki hacmi dışında yer alıyorsa, kolondaki gerilme fazladır.

Bu kapasite oranı L noktasının yerleştirilmesi ve C noktasının yerinin belirlenmesi ile elde edilir. C noktası OL çizgisinin (dışa doğru uzatılırsa) güç tükenmesi yüzeyini kestiği nokta olarak tanımlanır. Bu nokta, güç tükenmesi yüzeyini tanımlayan noktaların üç boyutlu doğrusal enterpolasyonu ile elde edilir. Şekil II-3 e bakın. Kapasite oranı CR, OL/OC oranı ile verilir:

- Eğer OL=OC (veya CR=1) ise nokta karşılıklı etki yüzeyinin tam üstünde yer alır ve elemandaki gerilme, kapasitesi kadardır.
- OL<OC (veya CR<1) ise nokta karşılıklı etki hacminin içinde yer alır ve eleman kapasitesi yeterlidir.
- OL>OC (veya CR>1) ise nokta karşılıklı etki hacminin dışında yer alır ve elemandaki gerilme fazladır.

Her yük kombinasyonu için hesaplanan CR değerlerinin en büyüğü, kolondaki her kontrol noktası için, etkili olan P_u , M_{ux} ve M_{uy} takımı ve karşı gelen yük kombinasyon numarasıyla birlikte verilir.

Donatı alanı tanımlanmamışsa SAP2000, 1 değerinde karşılıklı etki oranı veren donatıyı hesaplar.

Kolon Kayma Donatısının Hesabı

Kayma donatısı, kolonun esas ve tali eksen doğrultularındaki her yük kombinezonu için hesaplanır. Belirli bir yük kombinezonundaki belirli bir doğrultudaki kesme kuvvetleri için, belirli bir kolonun kayma donatısı hesabı aşağıdaki aşamalarla yapılır:

- Kesite etki eden, çarpanlarla artırılmış, M_u , P_u ve V_u kuvvetleri belirlenir. v_c nin hesaplanması M_u ve P_u için gereklidir.
- Yalnız beton tarafından taşınabilecek v_c kayma gerilmesi belirlenir.
- Fark kuvveti taşımak için gereken donatı miktarı hesaplanır.

3. ve 4. deprem bölgelerindeki moment karşılayıcı çerçevelere kolonların kayma donatısı hesabı, yük katsayılarla artırılmış momentlere ek olarak elemanların artırılmış moment kapasitelerine dayanır (AASHTO 3.10.9.4.3). Kolon moment kapasitelerine eksenel kuvvetlerin etkisi formülasyonda gözönüne alınmıştır.

İzleyen iki alt bölümde yukarıda sözü edilen aşamalarla ilgili algoritmalar ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

Kesit Kuvvetlerinin Belirlenmesi

- **1. ve 2. deprem bölgelerindeki moment karşılayıcı çerçevelerin** kolonunun kayma donatısının hesabında, belirli bir yük kombinezonu için olan kuvvetler, yani P_u eksenel kuvveti ve belirli bir doğrultudaki V_u kesme kuvveti, SAP2000 çözümleme yükleme durumlarının, karşı gelen yük kombinezonu çarpanlarıyla artırılması ile elde edilir.
- **3. ve 4. deprem bölgelerindeki moment karşılayıcı çerçevelerin (deprem hesabı)** kayma donatısı hesabında, 1. ve 2. bölgelerdeki moment karşılayıcı çerçeveler için yapılanlara ek olarak aşağıdaki kontroller yapılır. 3. ve 4. deprem bölgelerindeki moment karşılayıcı betonarme çerçevelerin boyutlamasında, bir kolonda belirli bir doğrultudaki kesme kuvveti V_u da çarpanlarla artırılmış eksenel yük de gözönüne alınarak artırılmış moment kapasitelerinden hesaplanır (AASHTO 3.10.9.4.3).

Her yük kombinezonu için çarpanlarla artırılmış P_u eksenel yükü hesaplanır. Sonra eksenel P_u yükü etkisi altında kolonun belirli bir doğrultudaki M^+_u , M^-_u pozitif ve negatif moment kapasiteleri, karşı gelen doğrultuda tek eksenli karşılıklı etki diyagramından hesaplanır. Hesap kesme kuvveti V_u

$$V_u = V_p + V_{D+L} \quad (\text{AASHTO 3.10.9.4.3})$$

bağıntısı ile verilir (AASHTO 3.10.9.4.3). Burada V_p hesaplanmış moment kapasitelerinin kolonun iki ucuna zıt yönlerde uygulanmasıyla elde edilen kesme kuvvetidir. Bu nedenle V_p

$$V_{P1} = (M^-_I + M^+_J) / L \quad \text{ve}$$

$$V_{P2} = (M^+_I + M^-_J) / L$$

değerlerinin büyüğüdür. Burada

$M^+_I, M^-_I =$ Kolonun I ucunda nominal dayanımın 1.3 ile çarpılması ile bulunan pozitif ve negatif moment kapasiteleri,

$M^+_J, M^-_J =$ Kolonun J ucunda nominal dayanımın 1.3 ile çarpılması ile bulunan pozitif ve negatif moment kapasiteleri,

$L =$ Kolonun serbest açıklığıdır.

V_{D+L} , ağırlık yüklerinin açıklıktaki yayılışına göre kesme kuvvetine katkısıdır. Kolonlarda çoğunlukla sıfırdır. Ayrıntılar için Tablo IV-2 ye bakın.

Deprem Yönetmeliğimizde süneklik düzeyi normal ve yüksek çerçeveler tanımlanmıştır. Süneklik düzeyi normal çerçeveler için önerilen boyutlama şekli 1. ve 2. deprem bölgelerindeki moment karşılayıcı çerçeveler için verilenlere ve süneklik düzeyi yüksek çerçeveler için önerilen boyutlama şekli ise, büyük ölçüde 3. ve 4. deprem bölgelerindeki moment karşılayıcı çerçeve için verilenlere uymaktadır. Ancak, deprem yönetmeliğimizde kolon kesme kuvveti, bağlandığı kirişlerin moment kapasitelerinden elde edilmekte, ayrıca kolonların kirişlerden güçlü olması koşulu getirilmektedir. Ayrıca, kesit kapasite hesabında artırma katsayısı 1.3 yerine 1.4 kullanılmaktadır.

Beton Kayma Kapasitesinin Belirlenmesi

M_u , P_u ve V_u hesap kuvveti takımı belirliyken, beton tarafından taşınan kayma kapasitesi v_c aşağıdaki şekilde hesaplanır:

- Herhangi bir deprem bölgesindeki moment karşılayan betonarme çerçevelerin boyutlamasında v_c

$$v_c = 0.0830 \beta \sqrt{f'_c} \quad (\text{AASHTO 5.8.3.3})$$

olarak hesaplanır. Burada β , köşegen doğrultusunda çatlamış betonun çekme iletme yeteneğini gösteren bir çarpandır. Gerime durumunun fonksiyonu olan bu çarpanın yaklaşık değeri 2.0 dir (AASHTO 5.8.3.4.1). AASHTO Tablo 5.8.3.4.2-1 den ardışık yaklaşımla hesap edilir.

- **3. ve 4. deprem bölgesindeki moment karşılayan betonarme çerçevelerin boyutlamasında** eğer aksenal kuvvet büyükse ($P_u > 0.1 f_c' A_g$) v_c daha önce verildiği gibi alınır (AASHTO 5.8.3.3, AASHTO 5.10.11.4.1c). Eğer aksenal kuvvet çekme ise, v_c sıfır alınır. Eğer deprem etkisini de içeren çarpanlarla artırılmış aksenal basınç kuvveti P_u küçükse, ($P_u \leq 0.1 f_c' A_g$) v_c için sıfırla AASHTO 5.8.3.3 de verilen değer arasında doğrusal değişim kabul edilir. (AASHTO 5.10.11.4.1c). Bu kabul, kesitin kolonun uç bölgesinde olup olmamasına bakılmaksızın kolonun her kesitine uygulanır.

Betonun kayma kapasitesi için AASHTO da verilen bağıntıyı TS500 de verilenle karşılaştırmak üzere, TS500 de $f_{ctk}=0.35\sqrt{f_{ck}}$ olduğu gözönünde tutularak $f_{ctd}=0.29\sqrt{f_{cd}}$ yazılabilir. Bunun sonucu olarak TS500 de verilen aşağıdaki ifade

$$V_c = 0.80 V_{cr} = 0.80 \times 0.65 f_{ctd} A_g (1 + 0.07 P_u / A_g)$$

$$V_c = 0.151 \sqrt{f_{cd}} A_g (1 + 0.07 P_u / A_g)$$

şeklinde yazılabilir. Aksenal kuvvetin etkisini gözönüne almak üzere $P_u = 0.1 f_{cd} A_g$, $f_{cd} = 25/1.5 = 17\text{MPa}$ ve $P_u / A_g = 1.7\text{MPa}$ kabul edilirse,

$$V_c = 0.169 \sqrt{f_{cd}} A_g$$

bulunur ki, bu da AASHTO da verilen

$$\beta = 0.169 / 0.0830 = 2.04$$

değerine karşılık gelir. Bu ise, β nın ortalama yaklaşık değeridir. Sonuç olarak AASHTO ve TS500 ün yakın sonuçlar verdiği söylenebilir.

Gerekli Kayma Donatısının Belirlenmesi

- Dikdörtgen kesit için ortalama kayma gerilmesi:

$$v = \frac{V_u}{b_w d}$$

Diğer tür kesitler için $b_w d$ yerine Şekil IV-2 de gösterilen A_{cv} etkili kayma alanı konulur.

- Ortalama kayma gerilmesi v üstten v_{max} ile sınırlandırılır:

$$v_{max} = 0.25 f_c' \quad (\text{AASHTO 5.8.3.3})$$

- Birim aralıktaki kayma donatısı aşağıdaki gibi hesap edilir:

Eğer $v \leq \phi (v_c/2)$ ise;

$$\frac{A_v}{s} = 0, \quad (\text{AASHTO 5.8.2.4})$$

eğer $\phi (v_c/2) < v \leq \phi (v_c + 0.0830\sqrt{f_c'} \cot \vartheta)$ ise;

$$\frac{A_v}{s} = \frac{0.0830\sqrt{f_c'} b_w}{f_{yh}}, \quad (\text{AASHTO 5.8.2.5})$$

eğer $\phi (v_c + 0.0830\sqrt{f_c'} \cot \vartheta) < v \leq \phi v_{max}$ ise;

$$\frac{A_v}{s} = \frac{(v - \phi v_c) b_w}{\phi f_{yh} \cot \vartheta}, \quad (\text{AASHTO 5.8.3.3})$$

eğer $v > v_{max}$ ise:

güç tükenmesi bildirilir. (AASHTO 5.8.3.3)

Burada θ köşegen basınç gerilmelerinin eğim açısıdır. Mevcut gerilme durumunun bir fonksiyonu olup, yaklaşık olarak 45° kabul edilebilir (AASHTO 5.8.3.4.1). Ardışık yaklaşımla AASHTO Tablo 5.8.3.4.2-1 den hesap edilir. Dayanım azaltma çarpanı ϕ nin hazır (default) değeri 0.90 dır (AASHTO 5.5.4.2.1).

f_{yh} nin üst sınır bütün çerçeveler için 413MPa dır:

$$f_{yh} \leq 413 \text{ MPa} \quad (\text{AASHTO 5.8.2.8})$$

f_c' nin üst sınırı bütün deprem bölgelerinde 70 Mpa dır.

$$f_c' \leq 70 \text{ MPa} \quad (\text{AASHTO 5.1,5.4.2.1})$$

3. ve 4. bölgelerde deprem moment karşılayıcı çerçevelerde kayma donatısının hesabında f_{ys} gerilmesinde bir üst sınır öngörülmüştür:

$$f_{ys} \leq f_y \quad (\text{AASHTO 5.10.1.4.1d})$$

Her bir yük kombinezonundan elde edilen A_v / s değerlerinden en büyüğü, etkili olan kesme kuvveti ve ilgili yük kombinezon sayısı kolonun esas ve tali doğrultuları için verilir.

Bütün kolonlar için her hesap kesitinde, aşağıda verilen minimum dairesel fret donatı alanı öngörülür:

$$\frac{A_v}{s} \geq 0.45 \left[\frac{A_g}{A_c} - 1 \right] \frac{f_c' h_{\text{çekirdek}}}{f_{yh} 4} \quad (\text{AASHTO 5.7.4.6})$$

Daha sonra açıklanacağı gibi, 2, 3 ve 4 bölgelerdeki deprem momenti karşılayıcı çerçevelerin muhtemel plastik mafsal yerlerinde, minimum dairesel fret donatısı ve enine etriye alanı için aşağıda verilenler öngörülür:

$$\frac{A_v}{s} \geq 0.16 \left[0.5 + \frac{1.25P_u}{f_c' A_g} \right] \frac{f_c' h_{\text{çekirdek}}}{f_{yh} 4} \quad (\text{fret}) \quad (\text{AASHTO 5.10.11.4.1d})$$

$$\frac{A_v}{s} \geq 0.30 \left[\frac{A_g}{A_c} - 1 \right] \frac{f_c' h_{\text{çekirdek}}}{f_{yh}} \quad (\text{etriye}) \quad (\text{AASHTO 5.10.11.4.1d})$$

$$\frac{A_v}{s} \geq 0.12 \left[0.5 + \frac{1.25P_u}{f_c' A_g} \right] \frac{f_c' h_{\text{çekirdek}}}{f_{yh}} \quad (\text{etriye}) \quad (\text{AASHTO 5.10.11.4.1d})$$

Yukarıda verilen denklemlere aşağıdaki sınır konmuştur.

$$\left[0.5 + \frac{1.25P_u}{f_c' A_g} \right] \geq 1.0 \quad (\text{AASHTO 5.10.11.4.1d})$$

$$f_{yh} \leq f_y \quad (\text{AASHTO 5.10.11.4.1d})$$

Sunulan programda her kiriş ve kolonun düğüm noktasına yakın parçası muhtemel plastik mafsalsal olarak kabul edilir. Kolonda plastik mafsalsal boyu $L_{mafsalsal}$

$$L_{mafsalsal} = \max \{h, b, l/6, 457\text{mm}\} \quad (\text{AASHTO 5.10.11.4.1c})$$

olarak kabul edilir. Programda kolonlar için hesaplanan kayma donatısı sadece yukarıdaki hususlara bağlıdır. Etriye aralığı ve/veya hacmi konusundaki diğer koşullar programın kullanıcısı tarafından ayrıca incelenmelidir.

Kayma donatısı alanı, daha önce de belirtildiği gibi, f_{yh} yerine f_{ywd} ve $\phi=1$ alınarak

$$A_v = \frac{V_u - V_c}{f_{ywd} d}$$

bağıntısı bulunur. Bu bağıntı ve eğik beton basınç çubuğunda ezilmeyi önlemek için verilen $v_{max} = 0.25 f_{cd}$ bağıntısı tamamen TS500 ile uyuşmaktadır. Minimum etriye için TS500 de öngörülen ifade $f_{ctd} = 0.29 \sqrt{f_{cd}}$ bağıntısı ile

$$\min \frac{A_v}{s} = 0.30 \frac{f_{ctd}}{f_{ywd}} b_w = 0.0870 \frac{\sqrt{f_{cd}}}{f_{ywd}} b_w$$

olarak yazılabilir. Bu ise, AASHTO 5.8.2.5 ifadesine oldukça yakındır. Sadece, TS500 kayma gerilmesi ne kadar küçük olursa olsun verilen minimum etriyeyi öngörmektedir.

Deprem Yönetmeliğimizde çerçevelerin muhtemel plastik mafsalsal bölgeleri olan kolon sarılma bölgesi boyu

$$L_{kolon\ sarılma} = \max (h; b; l_n / 6; 500\text{mm})$$

olarak verilmiş olup, AASHTO 5.10.11.4.1c ile tamamen uyuşmaktadır.

Deprem Yönetmeliğimizde ve TS500 de fretli kolonlar için verilen

$$\rho_{s\ min} = \frac{4A_o}{h_{\text{çekirdek}} s} = 0.45 \left[\frac{A_c}{A_{ck}} - 1 \right] \frac{1.5 f_{cd}}{1.15 f_{ywd}}$$

ifadesi de AASHTO 5.7.4.6 ya yaklaşık olarak karşı gelmektedir. Bunun gibi, kolon sarılma bölgelerinde etriye için öngörülen

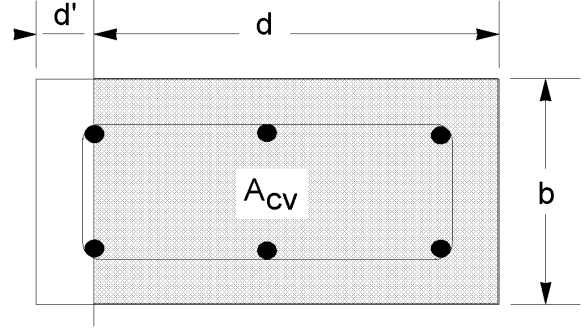
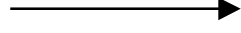
$$\frac{A_{sh}}{s} \geq 0.30 \left[\frac{A_c}{A_{ck}} - 1 \right] \frac{1.5 f_{cd}}{1.15 f_{ywd}} b_k$$

koşulu yaklaşık olarak AASHTO 5.10.11.4.1.d ye ve

$$\frac{A_{sh}}{s} \geq 0.075 \frac{1.5 f_{cd}}{1.15 f_{ywd}} b_w$$

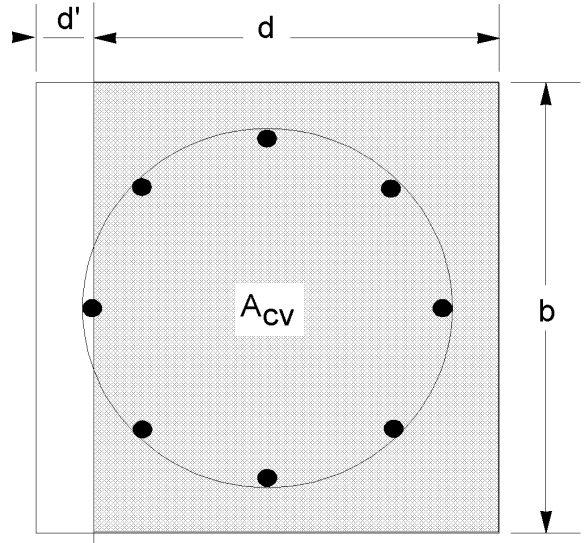
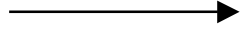
koşulu da yaklaşık olarak AASHTO 5.0.11.4.1d ye karşı gelmektedir.

Kesme Kuvveti
Doğrultusu



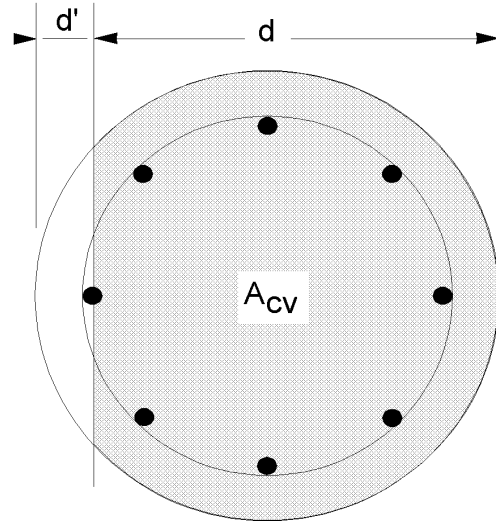
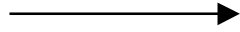
DİKDÖRTGEN

Kesme Kuvveti
Doğrultusu



DAİRESEL DONATILI KARE

Kesme Kuvveti
Doğrultusu



DAİRESEL

Şekil IV-2
Kayma Gerilmesi Alanı, A_{cv}

Kiriş Boyutlaması

Betonarme kirişlerin boyutlamasında SAP2000 programı, kiriş eğilme momentleri ve kesme kuvvetleri, yük kombinezonu çarpanları ve aşağıda açıklanan diğer kriterlere dayanarak eğilme ve kesme kuvveti için donatı alanlarını hesaplar ve verir. Donatı gereksinimleri, kiriş açıklığı boyunca, kullanıcının tanımladığı sayıda boyutlama-kontrol noktalarında hesaplanır.

Bütün kirişler, sadece, esas eğilme eksenini doğrultusunda eğilme momenti ve kesme kuvveti için boyutlandırılırlar. Eksenel kuvvet, ikincil doğrultuda eğilme burulma gibi kirişte bulunabilecek etkiler, programdan bağımsız olarak kullanıcı tarafından araştırılmalıdır.

Kiriş boyutlaması aşağıdaki aşamalarda yapılır:

- Kirişin eğilme donatısı hesabı
- Kirişin kayma donatısı hesabı

Kirişin Eğilme Donatısı Hesabı

Üst ve alttaki eğilme donatısı, kiriş açıklığı boyunca, kontrol/boyutlama noktalarında hesaplanır. Belirli bir kirişin belirli bir kesitinde esas eğilme doğrultusundaki moment için donatı hesabında aşağıdaki adımlar sözkonusudur:

- Çarpanlarla artırılmış maksimum momentlerin belirlenmesi
- Donatı alanının belirlenmesi

Çarpanlarla Artırılmış Momentlerin Belirlenmesi

Moment karşılayıcı betonarme çerçevelerin eğilme donatısının belirlenmesinde, ilgili yük çarpanları ile farklı yükleme durumlarındaki ilgili momentlerin çarpılması sonucu belirli bir kiriş kesitindeki her bir yük kombinezonu için artırılmış momentler elde edilir. Daha sonra tüm yük kombinezonlarından elde edilen maksimum pozitif M_u^+ ve maksimum negatif M_u^- çarpanlarla artırılmış momentleri için kesit hesabı yapılır.

Negatif momentler üst donatıyı verir. Bu durumlarda kiriş daima dikdörtgen kesit gibi hesaplanır. Pozitif momentler alt donatıyı verir. Bu durumlarda kiriş dikdörtgen kesit olarak hesaplanabildiği gibi T kesit gibi de hesaplanabilir.

Gerekli Eğilme Donatısının Belirlenmesi

Eğilme donatısı hesabı işleminde program çekme ve basınç donatılarını hesaplar. Basınç donatısı, uygulanan hesap momenti kesitin tek donatılı moment kapasitesinden daha büyük olduğunda eklenir. Kullanıcı basınç donatısını koymamak üzere kirişin yüksekliğini, genişliğini ya da beton kalitesini artırma seçeneğine sahiptir.

Boyutlama işlemi, Şekil IV-3 de görülen basitleştirilmiş dikdörtgen gerilme bloğuna dayanır (AASHTO 5.7). Ayrıca basınç gerilme bloğunun maksimum derinliği $0.42d$ olarak sınırlandırılmıştır (AASHTO 5.7.3.3.1). Uygulanan moment bu sınır gözönüne alınarak hesaplanan moment kapasitesini aştığında, ek momentin basınç donatısı ve ilave çekme donatısı tarafından taşınacağı kabulü ile, basınç donatısı alanı hesaplanır.

Kiriş eğilme donatısının hesabında, çekme donatısı dayanımına ve beton basınç dayanımına aşağıdaki üst sınırlar konulur:

$$f_c' \leq 70 \text{ MPa} \quad (\text{AASHTO 5.1, 5.4.2.1})$$

$$f_y' \leq 525 \text{ MPa} \quad (\text{AASHTO 5.4.3.1})$$

SAP2000 de kullanılan, dikdörtgen ve tablalı kesitlerin (L ve T kesitler) boyutlama işlemi aşağıda özetlenmiştir. Bütün kirişler sadece esas doğrultudaki eğilme ve kesme kuvvetine göre boyutlandırılır.

Dikdörtgen Kesit Hesabı

Çarpanlarla artırılmış negatif veya pozitif bir M_u momenti (yani üst ya da alt donatı hesabı) için basınç bloğunun a derinliği (Şekil IV-3),

$$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2|M_u|}{0.85 f_c' \phi b}} \quad (\text{AASHTO 5.7.2.1})$$

olarak verilir. Burada ve izleyen bağıntılarda ϕ nin değeri 0.90 dır (AASHTO 5.5.4.2.1). β_1 ve c_b değerleri de aşağıdaki gibi hesaplanır:

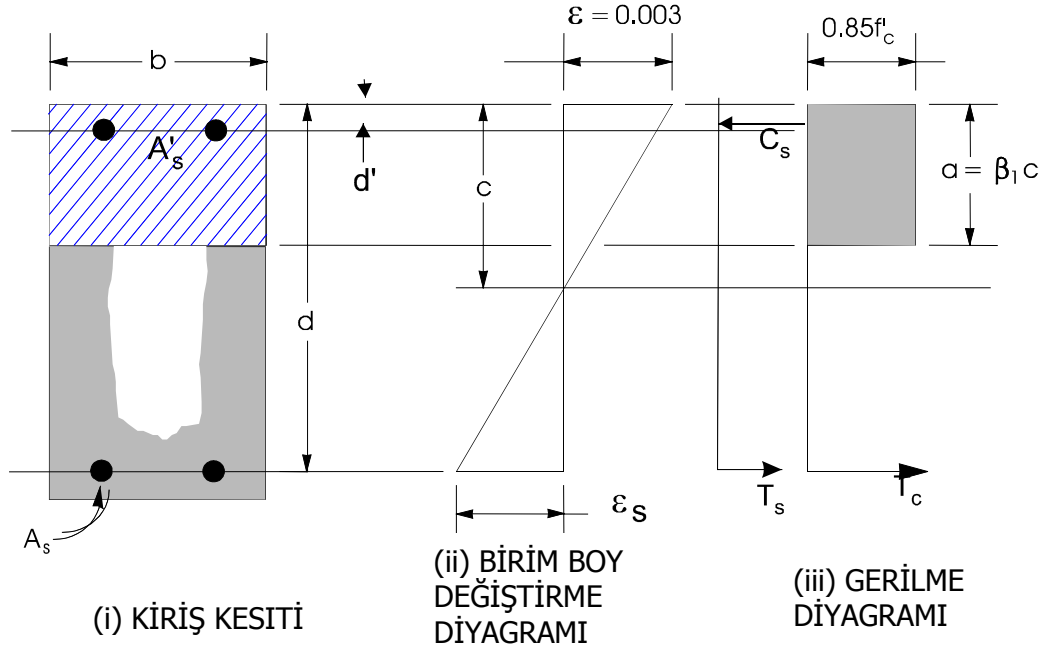
$$\beta_1 = 0.85 - 0.007(f_c' - 28), \quad 0.65 \leq \beta_1 \leq 0.85, \quad (\text{AASHTO 5.7.2.2})$$

$$c_b = \frac{\epsilon_c E_s}{\epsilon_c E_s + f_y} d = \frac{600}{600 + f_y} d. \quad (\text{AASHTO 5.7.2.1})$$

TS500 de β_1 katsayısı k_1 olarak gösterilmiş olup AASHTO da verilene çok yakın değer veren

$$k_1 = 0.85 - 0.006 (f_{cd} - 25) \leq 0.85$$

değişimi öngörülmüştür.



Şekil IV-3
Dikdörtgen Kesitin Boyutlaması

Basınç bloğunun izin verilen en büyük derinliği:

$$a_{max} = \min \{ \beta_1 c_b, 0.42d \} \quad (\text{AASHTO 5.7.2.2, 5.7.3.3.1})$$

- Eğer $a \leq a_{max}$ ise (AASHTO 5.7.3.3.1), çekme donatısı alanı

$$A_s = \frac{M_u}{\phi f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)}$$

ile verilir. Bu donatı M_u pozitifse alta, M_u negatifse üste konulur.

- Eğer $a \geq a_{max}$ ise (AASHTO 5.7.3.3.1), basınç donatısı gereklidir ve aşağıdaki gibi hesaplanır:

- Sadece betonun oluşturduğu basınç kuvveti:

$$C = 0.85 f'_c b a_{max} \quad (\text{AASHTO 5.7.2.2})$$

Beton basınç kuvveti ve çekme donatısı ile taşınan moment:

$$M_{uc} = C \left(d - \frac{a_{max}}{2} \right) \phi$$

- Bu durumda basınç donatısı ve çekme donatısı tarafından karşılanan moment:

$$M_{us} = M_u - M_{uc}$$

- Böylece gerekli basınç donatısı alanı:

$$A'_s = \frac{M_{us}}{(f'_s - \alpha_1 f'_c)(d - d')\phi} \quad \text{burada}$$

$$f'_s = 0.003E_s \left[\frac{c - d'}{c} \right] \quad (\text{AASHTO 5.7.2.1})$$

- Beton basınç kuvvetini dengelemek için gereken çekme donatısı,

$$A_{s1} = \frac{M_{uc}}{f_y \left(d - \frac{a_{\max}}{2} \right) \phi}$$

ve basınç donatısını dengelemek için gerekli çekme donatısı:

$$A_{s2} = \frac{M_{us}}{f_y (d - d') \phi}$$

- Bu nedenle, toplam çekme donatısı $A_s = A_{s1} + A_{s2}$ ve toplam basınç donatısı A'_s olur. Eğer M_u pozitifse A_s alta A'_s üste konmalı, M_u negatifse tersi yapılmalıdır.

Tablalı (T) Kesit Hesabı

(i) Negatif Moment Altındaki Tablalı Kesit

Çarpanlarla artırılmış negatif moment M_u için kesit hesabında, (yani üst donatı hesabında), donatı alanı hesabı aynen yukarıdaki gibidir, yani tablalı kesit giriş bilgilerini kullanmaya gerek yoktur.

(ii) Pozitif Moment Altındaki Tablalı Kesit

Eğer $M_u > 0$ ise, basınç bloğunun derinliği (Şekil IV-4 e bakın):

$$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2M_u}{0.85 f'_c \phi b_f}} \quad (\text{AASHTO 5.7.2.1})$$

Yukarıdaki ve aşağıdaki denklemde ϕ değeri 0.90 dır (AASHTO 5.5.4.2.1). β_1 ve c_b değerleri de aşağıdaki gibi hesaplanır:

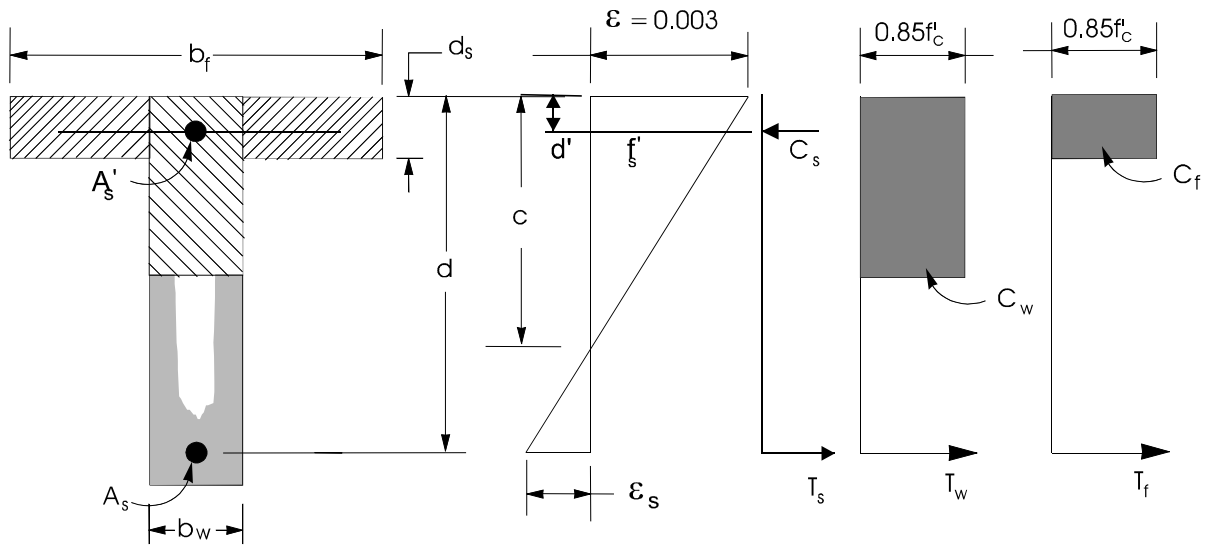
$$\beta_1 = 0.85 - 0.007(f'_c - 28), \quad 0.65 \leq \beta_1 \leq 0.85, \quad (\text{AASHTO 5.7.2.2})$$

$$c_b = \frac{600}{600 + f_y} d. \quad (\text{AASHTO 5.7.2.1})$$

Basınç bloğunun izin verilen en büyük derinliği:

$$a_{max} = \min\{\beta_1 c_b, 0.42d\} \quad (\text{AASHTO 5.7.2.2, 5.7.3.3.1})$$

- Eğer $a \leq \beta_1 d_s$ ise (AASHTO 5.7.3.2.2), A_s hesabı daha önce dikdörtgen kesit için verilen şekilde yapılır. Ancak, bu durumda kiriş genişliği olarak b_f alınır. Basınç donatısına ihtiyaç olunması $a > a_{max}$ koşuluna bağlıdır.
- Eğer $a > \beta_1 d_s$ ise (AASHTO 5.7.3.2.2), A_s hesabı iki bölümde yapılır. İlk bölümünde tabladaki C_f basınç kuvveti dengelenir ve ikinci bölümde gövdedeki C_w basınç kuvveti dengelenir. Şekil IV-4 de gösterildiği gibi,



(i) KİRİŞ KESİTİ

(ii) BİRİM BOY
DEĞİŞTİRME
DİYAGRAMI

(iii) GERİLME
DİYAGRAMI

Şekil IV-4
Tablalı (T-Kesit) Boyutlaması

$$C_f = 0.85 f'_c (b_f - b_w) \beta_1 d_s \quad (\text{AASHTO 5.7.3.2.2})$$

yazılır. Bu nedenle $A_{s1} = \frac{C_f}{f_y}$ ve M_u nun tabla tarafından karşılanan bölümü

$$M_{uf} = C_f \left(d - \frac{\beta_1 d_s}{2} \right) \phi$$

ile verilir. Bu durumda M_u nun geri kalan ve gövde tarafından karşılanacak olan bölümü

$$M_{uw} = M_u - M_{uf}$$

olarak bulunur. Gövde b_w ve d boyutlu bir dikdörtgen olduğundan buna ait basınç bloğu derinliği aşağıdaki gibi bulunur:

$$a_1 = d - \sqrt{d^2 - \frac{2M_{uw}}{0.85 f'_c \phi b_w}}$$

- Eğer $a \leq a_{max}$ ise çekme donatısı alanı (AASHTO 5.7.3.3.1)

$$A_{s2} = \frac{M_{uw}}{\phi f_y \left(d - \frac{a_1}{2} \right)} \quad \text{ve}$$

$$A_s = A_{s1} + A_{s2}$$

olarak bulunur. Donatı tablalı kirişin altına yerleştirilmelidir.

- Eğer $a > a_{max}$ ise basınç donatısı gerekir (AASHTO 5.7.3.3.1) ve aşağıdaki gibi hesaplanır:

- Yalnız gövdedeki basınç kuvveti:

$$C = 0.85 f'_c b a_{max} \quad (\text{AASHTO 5.7.2.2})$$

- Bu nedenle beton gövde ve çekme donatısı tarafından karşılanan moment

$$M_{uc} = C \left(d - \frac{a_{max}}{2} \right) \phi$$

ve basınç donatısı ile çekme donatısının karşıladığı moment

$$M_{us} = M_{uw} - M_{uc}$$

olarak bulunur.

- Bu durumda basınç donatısı aşağıdaki gibi hesaplanır

$$A_s' = \frac{M_{us}}{(f_s' - \alpha_1 f_c')(d - d')\phi} \quad \text{ve burada}$$

$$f_s' = 0.003E_s \left[\frac{c - d'}{c} \right] \leq f_y \quad (\text{AASHTO 5.7.2.1})$$

- Gövdedeki beton basınç kuvvetini dengelemek için gereken çekme donatısı

$$A_{s2} = \frac{M_{uc}}{f_y \left(d - \frac{a_{\max}}{2} \right) \phi}$$

ve basınç donatısını dengelemek için gerekli çekme donatısı:

$$A_{s3} = \frac{M_{us}}{f_y (d - d') \phi}$$

- Toplam çekme donatısı $A_s = A_{s1} + A_{s2} + A_{s3}$ ve toplam basınç donatısı A_s' olur. A_s alta ve A_s' üste konulmalıdır.

Minimum ve Maksimum Çekme Donatısı

Dikdörtgen bir kesitte minimum sıcaklık ve büzülme eğilme çekme donatısı

$$A_s \geq \min \left\{ \frac{0.76}{f_y} b_w d \quad \text{ve} \quad 0.0015 b_w d \right\} \quad (\text{AASHTO 5.10.8.2})$$

ile verilir. Başlangıçta oluşabilecek ani eğilme güç tükenmesini önlemek için dikdörtgen bir kesite minimum eğilme çekme donatısı:

$$A_s \geq \min \left\{ 0.03 \frac{f_c'}{f_y} b_w d \quad \text{ve} \quad \frac{4}{3} A_{s(\text{gerekli})} \right\} \quad (\text{AASHTO 5.7.3.3.2})$$

Çekme ve basınç donatısının üst sınırı için, gövde alanının 0.04 katı öngörülür:

$$A_s \leq \left\{ \begin{array}{ll} 0.04 b d & \text{Dikdörtgen kesit} \\ 0.04 b_w d & \text{T - kesit} \end{array} \right\}$$

$$A_s' \leq \left\{ \begin{array}{ll} 0.04 b d & \text{Dikdörtgen kesit} \\ 0.04 b_w d & \text{T - kesit} \end{array} \right\}$$

Kiriş donatı hesabı için yukarıda verilen formüller f_y yerine f_{yd} ve f_c yerine f_{cd} ve $\phi=1$ alınmak koşulu ile TS500 de verilen esaslara uygundur. AASHTO 5.7.2.2 ve 5.7.3.3.1 de verildiği gibi, TS500 de dengeli donatı oranına bağlı olarak dikdörtgen kesitler için benzer bir tek donatı sınırı vardır:

$$a_{max} = 0.85 c_b$$

Kirişlerde TS500 daha büyük bir minimum donatı oranı öngörmektedir:

$$A_s \geq 0.8 \frac{f_{ctd}}{f_{yd}} b_w d$$

Maksimum donatı oranı da Deprem Yönetmeliğimizde ve TS500 de 0.02 olarak verilmiştir.

Kiriş Kayma Donatısının Hesabı

Kayma donatısı, her yük kombinezonu için, kullanıcının kiriş açıklığında belirlediği sayıdaki noktada hesaplanır. Belirli bir noktada, belirli bir yük kombinezonunda, belirli bir kirişin esas eksenini doğrultusundaki kayma donatısı hesabı aşağıdaki aşamalarla yapılır:

- Kesite etki eden, çarpanlarla artırılmış M_u ve V_u değerleri belirlenir. v_c nin hesabı için M_u ya ihtiyaç vardır.
- Yalnız beton tarafından taşınabilecek v_c kayma gerilmesi belirlenir.
- Fark kuvveti taşımak için gereken donatı miktarı hesaplanır.

3. ve 4. deprem bölgelerindeki moment karşılayıcı çerçevelerde, kayma donatısı hesabı, çarpanlarla artırılmış eğilme momentine ilave olarak, artırılmış moment kapasitesine bağlı olarak yapılır (AASHTO 3.10.9.4.3).

İzleyen iki alt bölümde yukarıda sözü edilen aşamalarla ilgili algoritmalar ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

Kesme Kuvveti ve Momentin Belirlenmesi

- **1. ve 2. deprem bölgelerindeki moment karşılayıcı çerçeve** kirişinin kayma donatısının hesabında, belirli bir kiriş kesitinde belirli bir doğrultudaki belirli bir yük kombinezonu için olan moment ve kesme kuvveti, ilgili kesme kuvveti ve momentinin, karşı gelen yük kombinezonu çarpanlarıyla artırılmasıyla elde edilir.
- **3. ve 4. deprem bölgelerinde moment karşılayıcı betonarme çerçevelerin (deprem hesabı)** boyutlamasında, 1. ve 2. deprem bölgelerinde gereken hesaba ek olarak aşağıdaki kontroller yapılır. 3. ve 4. deprem bölgelerinde moment karşılayıcı betonarme çerçeve boyutlamasında, bir kirişin hesap kesme kuvveti V_u , kirişin artırılmış moment kapasitelerinden hesap edilir (AASHTO 3.10.9.4.3). Hesap kesme kuvveti V_u

$$V_u = V_p + V_{D+L} \quad (\text{AASHTO 3.10.9.4.3})$$

bağıntısı ile verilir. Burada V_p , hesaplanan artırılmış moment kapasitelerinin kirişin iki ucuna zıt yönlerde uygulanmasıyla elde edilen kesme kuvvetidir. Bu nedenle V_p , V_{P1} ve V_{P2} değerlerinin büyüğüdür.

$$V_{P1} = \frac{M_i^- + M_j^+}{L}$$

$$V_{P2} = \frac{M_i^+ + M_j^-}{L}$$

Burada

$M_I^+ , M_I^- =$ Nominal dayanımın 1.3 ile çarpılarak elde edilen kirişinin I ucundaki pozitif ve negatif moment kapasitesi,

$M_J^+ , M_J^- =$ Nominal dayanımın 1.3 ile çarpılarak elde edilen kirişinin J ucundaki pozitif ve negatif moment kapasitesi,

$L =$ kirişin serbest açıklığıdır.

V_{D+L} , ağırlık yüklerinin açıklıktaki yayılışından kesme kuvvetine olan katkısıdır. Ayrıntılar için Tablo IV-2 ye bakınız.

Beton Kayma Kapasitesinin Belirlenmesi

M_u , ve V_u hesap kuvveti takımı belirliyken, beton tarafından taşınan kesme kuvveti v_c aşağıdaki şekilde hesaplanır:

- **Herhangi bir deprem bölgesindeki moment karşılayan betonarme çerçevelerin boyutlamasında v_c**

$$v_c = 0.0830\beta\sqrt{f'_c} \quad (\text{AASHTO 5.8.3.3})$$

olarak hesaplanır. Burada β , köşegen doğrultusunda çatlama betonun çekme iletme yeteneğini gösteren bir çarpandır. Gerilme durumunun fonksiyonu olan bu çarpanın yaklaşık değeri 2.0 dir (AASHTO 5.8.3.4.1). Bu parametre AASHTO Tablo 5.8.3.4.2-1 den ardışık yaklaşımla hesap edilir.

Gerekli Kayma Donatısının Belirlenmesi

- Dikdörtgen kesit için ortalama kayma gerilmesi:

$$v = \frac{V_u}{b_w d}$$

Diğer tür kesitler için $b_w d$ yerine Şekil IV-2 de gösterilen A_{cv} etkili kayma alanı konulur.

- Ortalama kayma gerilmesi v üstten v_{max} ile sınırlandırılır:

$$v_{max} = 0.25 f_c' \quad (\text{AASHTO 5.8.3.3})$$

- Birim aralıktaki kayma donatısı aşağıdaki gibi hesap edilir:

Eğer $v \leq \phi (v_c / 2)$ ise;

$$\frac{A_v}{s} = 0, \quad (\text{AASHTO 5.8.2.4})$$

eğer $\phi (v_c / 2) < v \leq \phi (v_c + 0.0830\sqrt{f_c'} \cot \vartheta)$ ise;

$$\frac{A_v}{s} = \frac{0.0830\sqrt{f_c'} b_w}{f_{yh}}, \quad (\text{AASHTO 5.8.2.5})$$

eğer $\phi (v_c + 0.0830\sqrt{f_c'} \cot \vartheta) < v \leq \phi v_{max}$ ise;

$$\frac{A_v}{s} = \frac{(v - \phi v_c) b_w}{\phi f_{yh} \cot \vartheta}, \quad (\text{AASHTO 5.8.3.3})$$

eğer $v > v_{max}$ ise:

güç tükenmesi bildirilir. (AASHTO 5.8.3.3)

Burada θ köşegen basınç gerilmelerinin eğim açısıdır. Mevcut gerilme durumunun bir fonksiyonu olup, yaklaşık olarak 45° kabul edilebilir (AASHTO 5.8.3.4.1). Ardışık yaklaşımla AASHTO Tablo 5.8.3.4.2-1 den hesap edilir. Dayanım azaltma çarpanı ϕ nin hazır (default) değeri 0.90 dır (AASHTO 5.5.4.2.1).

f_{yh} nin üst sınırı bütün çerçeveler için 413MPa dır:

$$f_{yh} \leq 413\text{MPa} \quad (\text{AASHTO 5.8.2.8})$$

f_c' nin üst sınırı bütün deprem bölgelerinde 70 Mpa dır.

$$f_c' \leq 70 \text{ MPa} \quad (\text{AASHTO 5.1,5.4.2.1})$$

3. ve 4. bölgelerde deprem momenti karşılayıcı çerçevelerde kayma donatısının hesabında f_{ys} gerilmesinde bir üst sınır öngörülmüştür:

$$f_{ys} \leq f_y \quad (\text{AASHTO 5.10.1.4.1d})$$

Her bir yük kombinezonundan elde edilen en büyük A_v / s değerleri, etkili olan kesme kuvveti ve ilgili yük kombinezon sayısı, kolonun esas ve tali doğrultuları için verilir.

Programda kirişler için hesaplanan kayma donatısı sadece yukarıdaki hususlara bağlıdır. Etriye aralığı ve/veya hacmi konusundaki diğer minimum koşullar programın kullanıcısı tarafından ayrıca incelenmelidir.

Kayma donatısı alanı için AASHTO 5.8.3.3 de f_{yh} yerine f_{ywd} ve $\phi=1$ ve $\theta = 45^\circ$ ile

$$\frac{A_v}{s} = \frac{V_u - V_c}{f_{ywd} d}$$

bulunur. Bu ise, tamamen TS500 ile uyuşmaktadır.

Kontrol/ Boyutlama Tipi	1. ve 2. Deprem Bölgelerinde Moment Karşılıyıcı Çerçeveler (Sismik olmayan)	3. ve 4. Deprem Bölgelerinde Moment Karşılıyıcı Çerçeveler (Sismik)
Basınçta ϕ	Eğer $P_u > 0.10 f_c'$ ise $\phi = 0.75$	Eğer $P_u > 0.20 f_c'$ ise $\phi = 0.50$
Kolon Kontrolü (Karşılıklı Etki)	NLD ^a kombinezonları	NLD ^a kombinezonları
Kolon Boyutlaması (Karşılıklı Etki)	NLD ^a kombinezonları $0.135 f_c' / f_y < \rho < 0.08$	NLD ^a kombinezonları $0.01 < \rho < 0.06$
Kolon Kayma Hesabı	NLD ^a kombinezonları $v_c = 0.0830 \beta \sqrt{f_c'}$ 2. bölgede muhtemel plastik mafsalda minimum hacimsal kayma donatısı	NLD ^a kombinezonları ve 1.3 artırma katsayısı ile kolon kesme kapasite (V_p) Eğer $P_u \geq 0.1 f_c' A_g$ ise $v_c = 0.0830 \beta \sqrt{f_c'}$, yoksa $v_c = 0.0830 \beta \sqrt{f_c'} \frac{P_u}{0.1 f_c' A_g} \geq 0$ 3. ve 4. Bölgelerde muhtemel plastik mafsalda minimum hacimsal kayma donatısı
Kiriş Eğilme Hesabı	NLD ^a kombinezonları	NLD ^a kombinezonları $\rho \leq 0.025$ $\rho \geq \frac{0.25}{f_y} \sqrt{f_c'}$, $\rho \geq \frac{1.4}{f_y}$
Kiriş Minimum Eğilme Donatısı Kontrolü	$\frac{0.76}{f_y} b_w d$, $0.0015 b_w d$ $0.03 \frac{f_c'}{f_y}$, $\frac{4}{3} A_{s,gerekli}$	$\frac{0.76}{f_y} b_w d$, $0.0015 b_w d$ $0.03 \frac{f_c'}{f_y}$, $\frac{4}{3} A_{s,gerekli}$
Kiriş kayma donatısı hesabı	NLD ^a kombinezonları $v_c = 0.0830 \beta \sqrt{f_c'}$	NLD ^a kombinezonları 1.3 artırma katsayısı ile kolon kesme kapasitesi (V_p) $v_c = 0.0830 \beta \sqrt{f_c'}$

NLD^a daki ^a Öngörülen yüklenme sayısı

Tablo IV-2

Hesap Kriterleri Tablosu

Bölüm IX

Boyutlama Çıktıları

Genel

SAP2000 boyutlama çıktıları üç farklı ana formatta oluşturur – grafik görüntüleme, tablo çıkışı ve ayrıntılı eleman özel boyutlama bilgileri.

Boyutlama çıktılarının grafik görüntülemesi giriş ve çıkış boyutlama bilgilerini içerir. Giriş boyutlama bilgileri; boyutlama bölüm adını, K çarpanlarını, hareketli yük azaltma çarpanlarını ve diğer boyutlama parametrelerini içerir. Çıkış boyutlama bilgileri; boyuna donatı, kayma donatısı ve kolon kapasite oranını içerir. Bütün grafik çıktılar bastırılabilir.

Tablo çıktıları bir dosyada saklanabilir ya da bastırılabilir. Tablo çıktıları bilgilerin pek çoğunu kapsar ve görüntülenebilir. Bunlar proje mühendisine ek bir kolaylık olarak düzenlenmişlerdir.

Ayrıntılı eleman özel boyutlama bilgileri kesit hesaplarının mühendis açısından ayrıntılarını gösterir. Belirli bir elemanın her kesit hesabı noktasında ve bütün yük kombinezonları için hesap kuvvetlerini, kesit boyutlarını, donatıyı ve bazı ara sonuçları gösterir. Kolon tipi bir eleman için hesap kuvvetlerinin kolon karşılıklı etki diyagramındaki durumunu da gösterebilir.

Aşağıdaki bölümlerde bazı tipik grafik görüntüleme, tablo çıkışı ve ayrıntılı eleman özel boyutlama bilgileri açıklanacaktır. Bazı boyutlama bilgileri programda bulunan ve mühendisin seçmiş olduğu betonarme boyutlama şartnamesine özgüdür ve gerektiği yerde açıklanacaktır. Bu bölümün bundan sonraki kısımda ACI 318-99 şartnamesi açıklanmıştır. Diğer şartnamelerde boyutlama çıktıları benzerdir.

Boyutlama Çıktılarının Grafik Görüntülemesi

Grafik çıktılar ya renkli ekran görüntüsü olarak ya da gri ölçeklenmiş baskı olarak üretilebilir. Ayrıca, elde edilen ekran görüntüsü doğrudan doğruya yazıcıya gönderilebilir. Boyutlama çıktıları'nın grafik görüntülemesi giriş ve çıkış boyutlama bilgilerini içerir.

ACI 318-99 şartnamesi için giriş boyutlama bilgileri şunlardır:

- Boyutlama bölümü adları,
- Büyük ve küçük eksen doğrultularında burkulma K çarpanları,
- Mesnetlenmemiş uzunluk oranları,
- C_m çarpanları,
- Hareketli yük azaltma çarpanları,
- δ_s çarpanları, ve
- δ_b çarpanları.

Görüntülenebilen boyutlama çıkış bilgileri şunlardır:

- Boyuna donatı,
- Kayma donatısı, ve
- Kolon kapasite oranları.

Grafik görüntülemeye **Design** Menu (Boyutlama Menüsü) den erişilebilir. Örneğin, boyuna donatı, **Design** Menu den **Display Design Info...** (Boyutlama Bilgilerini Görüntüle) seçilerek görüntülenebilir. Bu **Display Design Results** (Boyutlama Sonuçlarını Görüntüle) menüsünü çıkarır. Bu durumda kullanıcı **Design Output** (Boyutlama Çıktısı) düğmesini (hazır bulunan) ON (Açık) durumuna getirmeli ve aşağı inen menü kutusundan **Longitudinal Reinforcing** (Boyuna Donatı) yı seçmelidir. Bundan sonra **OK** düğmesini tıklayınca aktif olan ekranda boyuna donatı görüntülenir.

Grafikler ya iki boyutlu (2D) ya da üç boyutlu (3D) modda görüntülenebilir. SAP2000 in standart görünüm dönüşümleri bütün betonarme boyutlama çıktıları için kullanılabilir durumdadır. Ana araç çubuğunda 2D ve 3D arasında birbirine geçiş için birkaç düğme vardır. Görünüm, **View** (Görünüm) menüsünden **Set 3D View** (Görünümü Üç Boyutlu Yap) seçilerek dönüşümlü olarak değiştirilebilir.

Aktif penceredeki görüntü SAP2000 programından gri ölçeklenmiş, siyah-beyaz olarak bastırılabilir. Grafik çıktıyı doğrudan yazıcıya göndermek için, **File** (Dosya) menüsünden **Print Graphics** (Grafığı Yazdır) düğmesini tıklayın. Aktif penceredeki ekranın Windows işletim sisteminde sağlanan yolla da alınması mümkündür.

Boyutlama Çıktılarının Tablo Gösterimi

Boyutlama çıktı tabloları doğrudan bir dosyaya ya da yazıcıya gönderilebilir. Tablo çıktıların yazıcıda basılmış şekli dosya çıktısının aynıdır, sadece basılmış çıktıda font büyüklükleri ayarlanmıştır.

Boyutlama çıktı tabloları, seçilmiş olan şartnameye bağlı olan giriş ve çıkış bilgilerini içerir. ACI 318-99 şartnamesi için çıktı tabloları aşağıdaki bilgileri içerir. Her tablonun bir başlığı olduğu ve kendisini açıklar durumda olduğundan bu tabloların daha ayrıntılı açıklaması verilmemiştir.

Giriş boyutlama bilgileri aşağıdakileri içerir:

- Betonarme Kolon Özellikleri Bilgisi:
 - Malzeme adı,
 - Kolon boyutları
 - Donatı yerleştirme biçimi
 - Beton örtüsü, ve
 - Çubuk kesit alanı.
- Betonarme Kiriş Özellikleri Bilgisi:
 - Malzeme adı,
 - Kiriş boyutları,
 - Üst ve alt beton örtüsü, ve
 - Üst ve alt donatı alanları.
- Yük Kombinezonu Çarpanları:
 - Kombinezon adı,
 - Yük tipleri, ve
 - Yük çarpanları.
- Eleman Betonarme Boyutlama Bilgileri (şartnameye bağlı):
 - Kesit adı,
 - Büyük ve küçük eksen doğrultularında burkulma K çarpanları,
 - Mesnetlenmemiş uzunluk oranları,
 - C_m çarpanları,
 - Hareketli yük azaltma çarpanları.
- Betonarme Moment Büyütme Çarpanları (şartnameye bağlı):
 - Kesit adı,
 - Eleman tipi,
 - Çerçevenleme tipi,
 - δ_s çarpanları, ve
 - δ_b çarpanları.

Boyutlama çıktı bilgileri aşağıdakileri içerir:

- Kolon Boyutlama Bilgileri
 - Kesit adı,

- Hesap noktası adı,
 - Toplam boyuna donatı ve bunu veren yük kombinezonu,
 - Esas doğrultu kayma donatısı ve bunu veren yük kombinezonu, ve
 - İkincil doğrultu kayma donatısı ve bunu veren yük kombinezonu.
- Kiriş Boyutlama Bilgileri
 - Kesit adı,
 - Hesap noktası adı,
 - Üst boyuna donatı ve bunu veren yük kombinezonu,
 - Alt boyuna donatı ve bunu veren yük kombinezonu, ve
 - Esas doğrultu kayma donatısı ve bunu veren yük kombinezonu.

Çıktı tablolarına **File** (Dosya) menüsünden **Print Design Tables...** (Boyutlama Tablolarını Bas) seçilerek erişilebilir. Bu bir diyalog kutusu getirir. Bu durumda kullanıcı, sonuçların tablolaştırılacağı boyutlama değerini belirtebilir. Hazır durumda çıktı yazıcıya gönderilir. Eğer kullanıcı, sonuçların bir dosyaya yönelmesini istiyorsa **Print to File** (Dosyaya Yaz) kutusunu işaretleyebilir. Bu hazır bir dosya adı sağlar. Bu hazır dosya adı değiştirilebilir. Başka bir seçenekte **File Name** i tıklayarak bir dosya listesi elde edilir. Bu durumda **OK** (Tamam) düğmesini tıklayarak çıktı tabloları istenen doğrultuya yöneltilmiş olur – dosyaya ya da yazıcıya.

Özel Eleman Bilgileri

Eleman özel boyutlama bilgileri, mühendis bakış açısından hesabın ayrıntılarını gösterir. Elemanın geometrisine, malzeme bilgilerine, diğer giriş bilgilerine, hesap kuvvetlerine, hesap kesiti boyutlarına, donatı detaylarına ve bazı ara sonuçlara erişim olanağı sağlar. Boyutlama ayrıntı bilgileri, bir çerçeve elemanının, belirli bir hesap kesiti ve belirli bir yük kombinezonu için görüntülenebilir. Kolon tipi eleman için söz konusu durumdaki hesap kuvvetlerinin karşılıklı etki diyagramındaki yerini de gösterebilir.

Ayrıntılı boyutlama bilgilerine, istenen çerçeve elemanı üzerine **sağ tıklama** ile erişilir. Bu, belirli bir eleman için, aşağıdaki tablolaştırılmış bilgileri içeren **Concrete Design Information** (Betonarme Boyutlama Bilgisi) adlı diyalog kutusunu getirir. Seçilen eleman bir kolon ise diyalog kutusunda şunlar vardır:

- Yük kombinezonu numarası,
- Hesap kesiti yeri,
- Boyuna donatı alanı,
- Ana doğrultu kayma donatısı alanı, ve
- İkincil doğrultu kayma donatısı alanı.

Seçilen eleman bir kiriş ise diyalog kutusunda şunlar vardır:

- Yük kombinezonu numarası,
- Hesap kesiti yeri,
- Üst boyuna donatı alanı,
- Altta boyuna donatı alanı, ve
- Kayma donatısı alanı,

Kolon elemanlar için ek bilgilere, **Re-Design** (Yeniden Boyutla), **Details** (Ayrıntılar) ve **Interaction** (Karşılıklı Etki) düğmelerini tıklayarak erişilebilir. Kirişler için ise ek bilgilere, diyalog kutusunda **Re-Design** (Yeniden Boyutla) ve **Details** (Ayrıntılar) düğmelerini tıklayarak erişilebilir.

Re-Design (Yeniden Boyutla) düğmesini tıklayarak elde edilebilecek ek bilgiler aşağıdaki gibidir:

- Boyutlama çarpanları (şartnameye bağlı)
 - Büyük ve küçük eksen doğrultularında burkulma için K etkin boy çarpanları
 - Mesnetlenmemiş boy oranı,
 - C_m çarpanları,
 - Hareketli yük azaltma çarpanları,
 - δ_s çarpanları, ve
 - δ_b çarpanları.
- Eleman kesit adı
- Eleman çerçevenme tipi.

Details (Ayrıntılar) düğmesini tıklayarak elde edilebilecek ek bilgiler aşağıda verilmiştir. Bu bilgilerin ayrıntısı elemanın kiriş ya da kolon olduğuna bağlıdır. Eleman bir kolonsa bilgiler şunları içerir:

- Çerçeve, kesit, hesap noktası ve yük kombinezonu adları,
- Kesit geometrik bilgileri grafik gösterimi,
- Çelik ve betonun malzeme özellikleri,
- Hesap normal kuvveti ve iki eksenli hesap momentleri,
- Minimum hesap momenti,
- Moment çarpanları,
- Hesap kesme kuvveti, ve
- Beton ve çeliğin kesme kuvveti kapasiteleri.

Eleman bir kirişe bilgiler şunları içerir:

- Çerçeve, kesit, hesap noktası ve yük kombinezonu adları,
- Kesit geometrik bilgileri ve grafik gösterimi,
- Çelik ve betonun malzeme özellikleri,
- Hesap momentleri ve kesme kuvvetleri,
- Minimum hesap momenti,
- Üst ve alt donatı alanları,
- Beton ve çeliğin kesme kuvveti kapasiteleri, ve
- Kayma donatısı alanı.

Interaction (Karşılıklı Etki) düğmesini tıklayarak üç boyutlu uzayda kolon kesiti için karşılıklı etki diyagramı görüntülenir. Hesap aksenal kuvveti ve iki eksenli momentler kolondaki gerilme durumunu göstermek üzere karşılıklı etki diyagramında çizilir. Karşılıklı etki diyagramına herhangi bir doğrultudan bakılabilir ve görünüm karşılıklı etki diyalog kutusundan düzenlenebilir. Karşılıklı etki diyagramı, yazılı çıkış için bastırılabilir.