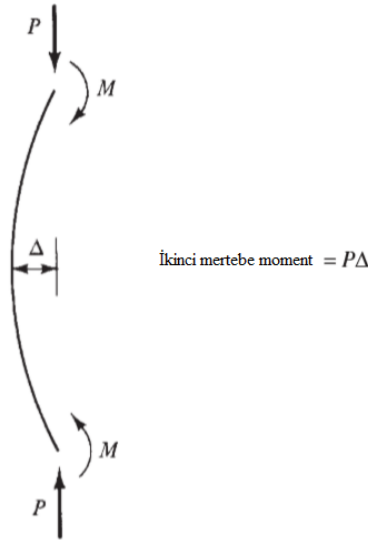


Bu bölümün amacı, özellikle küçük eğilme momentlerine maruz kısa (bodur) betonarme kolonlara tanıtıcı bir giriş yapmaktadır. Bu tür kolonların genellikle “eksenel olarak yüklendiği” söylenir. Betonarme kolonlar kabaca aşağıdaki üç kategoriye ayrılabilir:

1) Kısa basınç blokları veya kaideler — Düşey bir basınç elemanının yüksekliği, en küçük enkesit boyutunun üç katından daha az ise, o eleman bir kaide olarak kabul edilir. Bir kaidenin, $0.40f_{cd}$ 'ye eşit maksimum tasarım basma dayanımı ile donatısız olarak tasarlanabilir. Eğer eğilme gerilmeleri mevcutsa onlar da dikkate alınmalıdır. Elemana etkiyen yük, bu limit değer üzerinde bir gerilme meydana getiriyorsa o takdirde ya kaide enkesit alanı büyütülür, ya da betonarme bir kolon olarak tasarım yapılmalıdır.

2) Kısa betonarme kolonlar - Betonarme bir kolon, malzeme yetersizliği nedeniyle (ezilme, parçalanma, dağılma, akma gibi) yük taşıyamaz hale geliyorsa bu kolon, kısa kolon olarak sınıflandırılır. Taşınacak yük, enkesit boyutları ve kolonun yapıldığı malzemelerin dayanımı ile kontrol edilir. Kısa bir kolon, çok az şekil değiştirme kapasitesi olan oldukça bodur bir eleman gibi düşünülebilir.



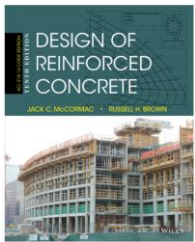
Şekil 1. İkinci mertebeli ya da $P-\Delta$ momenti

3) Uzun (narin) betonarme kolonlar – Uzun kolonlar yanal şekil değiştirme yapma eğilimindedir. Kolonlar narinleştikçe ortaya çıkan ikincil momentler de artacaktır. Bu momentler, kolonların aksenal yük taşıma kapasitelerini önemli ölçüde azaltacak büyüklükte ise, bu kolonlar uzun (narin) kolonlar olarak adlandırılır. Uygulanan yükler, yapının düğüm noktalarında dönme ve ötelenmeler yoluyla yapıda şekil değişimine sebep olur. Bu şekil değişimi de moment, kesme kuvveti ve normal kuvvet gibi kesit zorlarının oluşmasına yol açar. Bir kolon, dış yükler etkisinde yanal doğrultuda şekil değiştirir, sonuç olarak, kolon yükü çarpı yanal deformasyona eşit olan ek momentler oluşur. Bu momentlere ikinci mertebeli moment veya $P-\Delta$ momentleri denir (Şekil 1). Büyük ikinci mertebeli momentlere sahip bir kolonun narin bir kolon olduğu söylenir ve kesitini hem birincil hem de ikinci mertebeli momentlerin toplamına göre boyutlandırmak gerekir. Yönetmelikler ikinci mertebeli etkilerin ($P-\Delta$ etkisinin) kolon taşıma kapasitesini % 5'ten fazla azaltmaması durumunda kolonların kısa kolon olarak tasarlanmasına izin vermektedir. Kolonları kısa veya uzun olarak sınıflandırmak için kullanılan “Etkili narinlik oranları” son bölümde tanımlanmış ve değerlendirilmiştir. Bu oranlar, belirli değerlerden daha büyük olduğunda (kolonların yanal şekil değiştirmesinin engellenmiş veya engellenmemiş olmasına bağlı olarak), söz konusu kolonların narin kolon olarak sınıflandırılması gerekir.

2 Kolon tipleri

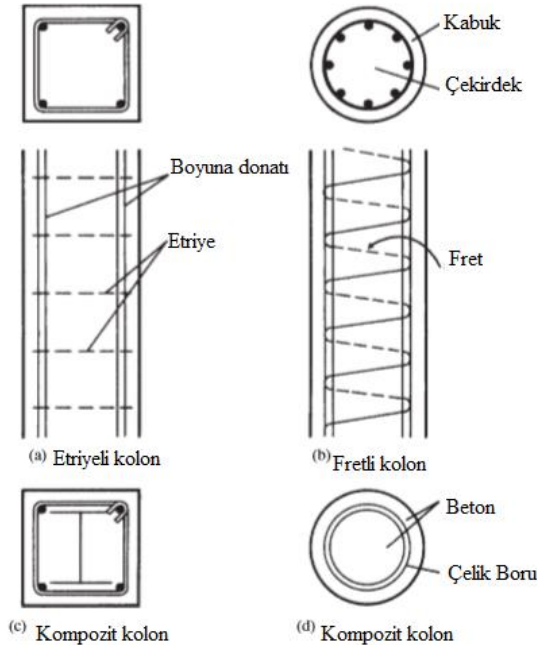
Düz beton kolon çok az yük taşıyabilir, ancak boyuna doğrultuda çelik çubuklar eklendiğinde yük taşıma kapasitesi büyük ölçüde artacaktır. Bu çubukların enine doğrultuda yapacağı şekil değişimi engellendiğinde daha fazla mukavemet artışı sağlanabilir. Basınç yükleri altında, kolonlar sadece boyca kısalma ile kalmaz aynı zamanda Poisson etkisinden dolayı yanal olarak genişlerler. Bu tür elemanların kapasitesi, enine doğrultudaki şekil değişimini engelleyecek boyuna donatı etrafına sarılan yakın aralıklı kapalı etriyeler veya sarmal spiraller şeklindeki fretle büyük ölçüde artırılabilir.

Betonarme kolonlar, donatının yanal şekil değişimine engel olup çubukları yerinde tutmak için kullanılan sargıya bağlı olarak, etriyeli veya fretli kolonlar şeklinde tanımlanır. Kolonun Şekil 2 (a) 'da gösterildiği gibi bir dizi kapalı bağları varsa, bu kolon etriyeli kolon olarak adlandırılır. Etriye kolon taşıma gücünü arttırmakta etkilidir. İnşaat sırasında boyuna çubukların yer değiştirmesini önler ve aynı çubukların yük altında dışarıya doğru burkulma eğilimine karşı koyarlar, donatı çubuklarının burkulmasıyla dış beton örtüsü ezilerek dökülür. Etriye kolonlar normalde kare veya dikdörtgen şeklindedir, ancak sekizgen, dairesel, L şekilli ve benzerleri de olabilir.



Kare ve dikdörtgen enkesitli kolonlar, kalıp imalatındaki basitlikten dolayı yaygın olarak kullanılır. Ancak bazen, açık alanlarda mimari nedenlerle dairesel enkesitli kolonlar da kullanılmaktadır. Yuvarlak kolon kalıpları genellikle, beton yeterince dayanım kazandıktan sonra kolayca çıkartılan plastik borulardan da yapılabilir.

Çubuklardan veya sağlam tellerden yapılmış sürekli sarmal bir spiral, Şekil 2(b) 'de gösterildiği gibi, boyuna çubukların etrafına sarılırsa, bu kolona fretli kolon adı verilir. Fret, bir kolonun yük taşıma kapasitesini arttırmada etriyelerden daha etkilidir. Küçük fret adımı, boyuna çubukları yerinde tutmada daha etkin olup aynı zamanda betonu dıştan sararak aksel basınca karşı direnci büyük ölçüde artırır. Fret içindeki beton, basınç altında yanıl olarak genişleme eğiliminde olduğu için, onu tutan frette, çekme gerilmeleri meydana gelir ve kolon, fret verimine veya kopmasına kadar betonun yanıl deformasyonunu kısıtlayarak yük taşıma kapasitesini artırır. Fretli kolonlar normalde daireseldir, ancak kare, sekizgen veya diğer şekillerde de yapılabilirler. Bu kolonlar için, çubukların dairesel düzenlenmesi hususu önemlidir. Fret, kolonların aksel yük taşıma kapasitesinde artış sağlamakla birlikte maliyeti önemli ölçüde artırır. Sonuç olarak, genellikle deprem yüklerine karşı büyük direnç göstermeleri nedeniyle genellikle büyük yüklü kolonlarla sismik alanlardaki kolonlar için kullanılırlar.



Şekil 2. Kolon Tipleri

Fret, kolonların sünekliliğini ve dayanıklılığını çok etkili bir şekilde artırır, ancak bunlar, etriyeden çok daha pahalıdır.

Şekil 2 (c) ve (d) 'de gösterilen **kompozit kolonlar**, boyuna doğrultuda yapısal çelik kesitlere sahip beton kolonlar olup bazen donatı çubukları da bulunabilir veya içine beton doldurulmuş yapısal çelik borulardan oluşabilirler.

3 Kolonların Aksel Yük Taşıma Kapasitesi

Uygulamada, kusursuz aksel yüklü kolon yoktur, ancak bu tip kolonların tartışılması, eksantrik yükleri ile gerçek kolonların tasarımıyla ilgili teoriyi açıklamak için iyi bir başlangıç noktası sağlar. Tamamen aksel olarak yüklenmiş kolonlar için birkaç temel bağıntı kullanılır ve elde edilen taşıma kapasiteleri gerçek testlerle açıkça doğrulanabilecek teorik üst sınırları verir.

Uzun zamandan beri, uzun süreli bir yükü taşıyan bir kolonun beton ve donatı çubuklarındaki gerilmelerin herhangi bir hassasiyet derecesi ile hesaplanamayacağı bilinmektedir. Çünkü betonun elastisite modülü, sünme ve büzülme etkileri nedeniyle yükleme süresince değişmektedir. Böylece, beton ve çelik tarafından taşınan yük, dış yüklerin büyüklüğü ve etkiye süresine göre değişir. Örneğin ölü yüklerin toplam yük içindeki oranı, ne kadar büyükse ve bunlar ne kadar uzun süredir etkimekteyse, betondaki sünme o kadar büyük olur ve donatı tarafından taşınan yük oranı da o kadar büyük olur.

Gerilmeler, elastik bölgedeki kolonlarda herhangi bir doğruluk derecesiyle tahmin edilemese de, on yıllarca süren testler, kolonların nihai mukavemetinin çok iyi tahmin edilebileceğini göstermiştir. Ayrıca, kalıcı ve hareketli yükün oranları, yükleme süresi ve diğer bu tür faktörler, nihai mukavemet üzerinde çok az etkiye sahiptir. Beton veya çelikten hangisinin nihai mukavemetine önce ulaştığı bile fark etmez. İki malzemeden biri, en yüksek mukavemetine yaklaşırsa, büyüyen deformasyonlar, diğer malzemedeki gerilmenin daha hızlı artmasına neden olacaktır.

Bu nedenlerden ötürü, kolonların sadece nihai mukavemeti burada ele alınmaktadır. Aksel yüklü kısa bir kolonun göçmesine yol açan teorik nihai mukavemet veya nominal mukavemet, aşağıdaki ifadeyle oldukça doğru bir şekilde belirlenir. Burada A_g , brüt beton alanını A_{st} ise, çelik kesit ve/veya çubuklar da dâhil olmak üzere boyuna donatının toplam kesit alanını göstermektedir.

$$N_u = 0.85 f_{ck} (A_g - A_{st}) + f_{yk} A_{st}$$

4 Etriyeli ve Fretli Kolonların Göçmesi

Etriyeli kısa bir kolon, göçünceye kadar yüklenirse, önce kabuk betonu ezilerek parçalanır ve dökülür ve eğer etriye aralığı yerince küçük değilse, beton örtü dökülür dökümez, boyuna çubukların burkulmasıyla kolon göçer. Bu tür göçme genellikle çok ani oluşur ve görünüşe göre deprem yüklemelerine maruz kalan yapılarda oldukça sık görülürler.

Fretli kolonlar göçünceye kadar yüklendiğinde, durum oldukça farklıdır. Örtü betonu veya kabuğun dökülmesinden sonra çekirdek betonu yük taşımaya devam edecektir ve eğer fert adımı küçükse çekirdek, dökülen kabuğun taşımakta olduğu yükün epeyce üstündeki ek yüke karşı koyabilecektir. Boyuna çubuklarla birlikte fretin yakın aralıklı halkaları çekirdek bölgesindeki betona sargı etkisi yapan bir kafes oluşturur. Sonuç olarak, fretli kolonun kabuğunun dökülmesi, yükün daha da artması durumunda göçme meydana geleceğine dair bir uyarı verir.

Yönetmeliklerde kabuk betonu döküldükten sonra fretle kazanılacak herhangi bir fazla kapasite ihmal edilir; çünkü, kabuk döküldükten sonra en azından bina sakinlerinin bakış açısıyla, bu kolonun artık yararlı olmayacağı düşünülmektedir.

Bu sebepten dolayı fret, dışarı attığı varsayılan kabuktan biraz daha güçlü olacak şekilde tasarlanır. Kabuk hasarı, yaklaşan tehlikeye dair bir uyarı olup göçmeden önce biraz daha yük taşıma kapasitesi bulunduğunu ifade eder. Fretin tasarımında kabuğun dökülmesiyle kaybedilen taşıma gücünün biraz daha üstünde taşıma kapasitesi sağlaması, kolonun nihai gücünü pek arttırmaz, ancak daha kademeli veya sünek bir göçme şekli sağlar.

Kabuğun nihai mukavemeti aşağıdaki ifadeyle verilir, burada A_c , fretin dışında kalan alan katılmadan hesaplanan çekirdek alanıdır:

$$Kabuk dayanımı = 0.85 f_{ck} (A_g - A_c)$$

Çekirdekten gelen yanal basınç ve testler sonucu frette oluşan çekme gerilmeleri göz önüne alındığında, fretin boyuna donatı gibi nihai kolon kapasitesini arttırmada en az iki kat daha etkili olduğu gösterilebilir.

Bu nedenle, fret dayanımı, yaklaşık olarak ρ_s , fret yüzdesi olmak üzere aşağıdaki ifade ile hesaplanabilir:

$$Fret dayanımı = 2\rho_s A_c f_{yk}$$

Bu ifadeler eşitlenerek fret yüzdesi hesaplanırsa,

$$0.85 f_{ck} (A_g - A_c) = 2\rho_s A_c f_{yk}$$

$$\rho_s = 0.425 \frac{(A_g - A_c) f_{ck}}{A_c f_{yk}} = 0.425 \left(\frac{A_g}{A_c} - 1 \right) \frac{f_{ck}}{f_{yk}}$$

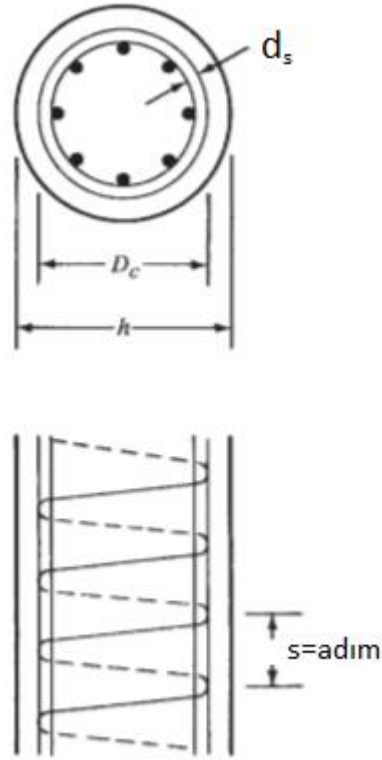
Freti, dökülen kabuk betonunun sağladığı dayanımdan biraz daha güçlü kılmak için, yönetmelikte aşağıda gösterilen ifade kullanılır. Bu ifadedeki f_{yk} , fretin karakteristik akma dayanımıdır.

$$\rho_s = 0.45 \left(\frac{A_g}{A_c} - 1 \right) \frac{f_{ck}}{f_{yk}}$$

Fret yüzdesi belirlendikten sonra, ρ_s 'i bir halkadaki çelik hacmine göre ifade eden aşağıdaki bağıntıdan fret çapı seçilebilir:

$$\begin{aligned} \rho_s &= \frac{\text{bir fret halkasının hacmi}}{\text{fret adımı içindeki beton hacmi}} = \frac{V_{fret}}{V_{çekirdek}} \\ &= \frac{a_s \pi (D_c - d_s)}{(\pi D_c^2 / 4) s} = \frac{4a_s (D_c - d_s)}{s D_c^2} \\ s &= \frac{\pi d_s^2 (D_c - d_s)}{\rho_s \cdot D_c^2} \end{aligned}$$

Bu ifadede, a_s fret donatısı kesit alanını, D_c , çekirdek çapını ve d_s , fret donatısı çapını göstermektedir (bakınız Şekil 3). Tasarımcı, fret donatısı için önceden bir çap seçmişse, bu bağıntıdan fret adımını hesaplayabilir. Sonuçlar makul görünmüyorsa, başka bir çap denenebilir. Kullanılan fret adımı, yönetmelikte verilen sınır değerler içinde olmalıdır.



Şekil 3. Fretli kolon

5 Yerinde Dökme Kolonlar İçin TS 500 Yönetmelik Koşulları

Yönetmeliklerde, betonarme kolonlarla ilgili boyutlar, donatı, sargı ve diğer hususlar üzerinde sınır değerler belirtmektedir. En önemli sınır değerlerden bazıları şöyledir.

1. Boyuna donatı yüzdesi, bir kolonun brüt kesit alanının %1'inden az olamaz. Çelik miktarının %1'den az olması durumunda, düz beton kolonda meydana gelebileceği gibi, ani bir sünek olmayan göçme olasılığı söz konusudur. %1'lik minimum çelik değeri ayrıca sünme ve büzülme azaltıp kolona az da olsa eğilme mukavemeti sağlar.

2. Maksimum donatı oranı, kolonun brüt kesit alanının %4'ünden daha büyük olamaz. Bu maksimum değer, çubukların çok fazla kalabalıklaşmasını önlemek için verilir. Pratik olarak, kalıp içinde %4 veya %5'den fazla çelik donatı kullanıldığında betonun kalıplara dökülmesi ve çubukların etrafına boşluksuz yerleştirilmesi oldukça zordur. Donatı oranı yüksek olduğunda, betonda ince ve kaba agrega danelerinin ayrışması (segregasyon) kaynaklı bal peteği görüntüsü ortaya çıkar. Böyle bir durumda, kolonun yük taşıma kapasitesinde önemli bir azalma meydana gelir.

3. Basınç elemanları için izin verilen minimum boyuna çubuk sayısı aşağıdaki şekildedir: etriyeli kolonlarda dört, fretli kolonlarda altı. Dairesel bir düzenlemede sekizden daha az çubuk olması durumunda, çubukların konumu eksantrik olarak yüklenmiş kolonların moment taşıma kapasitesini etkileyecektir.

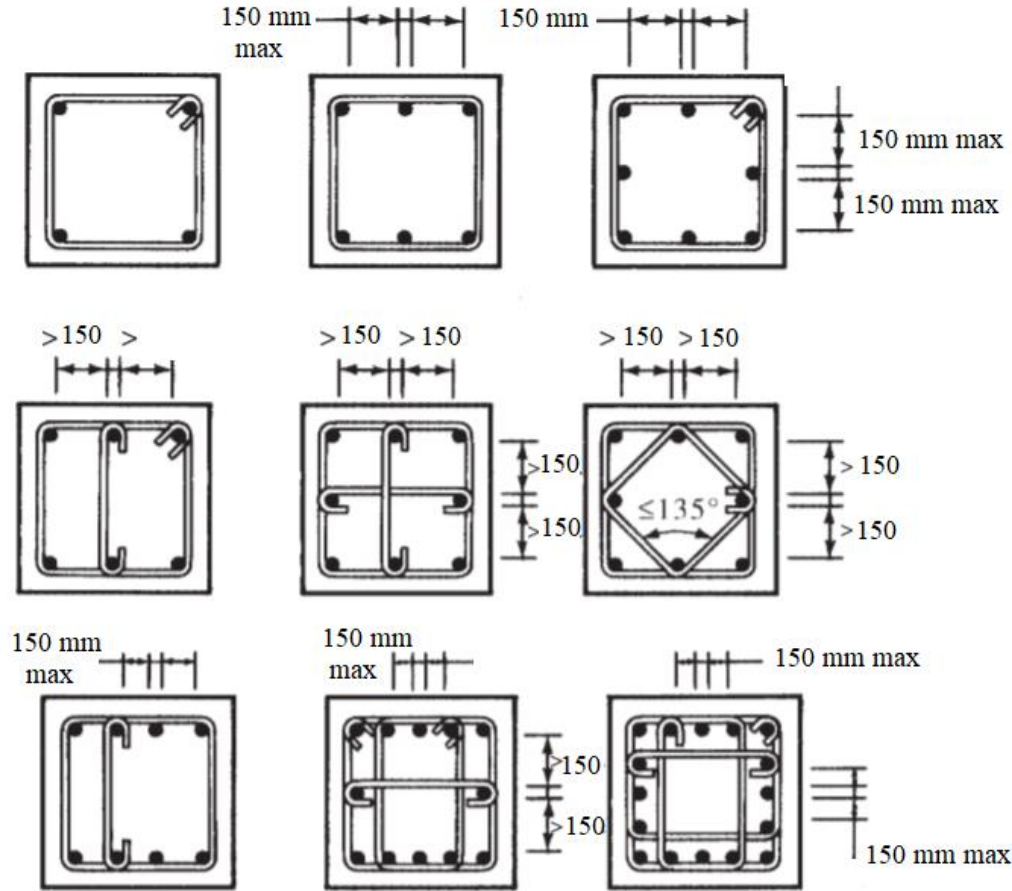
4. Dikdörtgen kesitli kolonlarda TS 500'e göre, kesit genişliği 250 mm'den (TBDY2018'e göre 300 mm.) dairese kesitli kolonlarda kolon çapı 300 mm'den az olamaz. Ayrıca tüm kolonlarda aşağıdaki koşul sağlanmalıdır.

$$A \geq \frac{N_d}{0.9 f_{cd}} \quad TS 500 \quad A \geq \frac{N_d}{0.4 f_{ck}} \quad TBDY 2018$$

Kolonlarda net beton örtüsü c_c , 25 mm den az olmamalıdır. Mümkün olduğunca az döşeme alanı kullanmak için, küçük kolonlar sıklıkla tercih edilir. Aslında, ince kolonlar genellikle duvarların içine gizlenebilir.

5. Kolonlarda, boyuna donatı çapı $\emptyset 14$ 'den enine donatı çapı ise boyuna donatı çapının üçte birinden az olamaz. Uygulamada $\emptyset 32$ 'ye kadar olan boyuna donatı çubukları için minimum etriye çapı $\emptyset 10$ 'dur. $\emptyset 32$ 'den daha büyük çaplı boyuna donatı çubukları ile demet donatı için en küçük etriye çapı $\emptyset 12$ - $\emptyset 14$ 'tür. Etriye aralığı, boyuna çubuk çapının 12 katı ile 200 mm den büyük olmamalıdır. (TBDY2018'e göre kısa kenar/2 ile 200 mm.) Etriyeler, her köşedeki ve kenarlardaki boyuna donatılara 135° 'den daha büyük olmayan bir açığa sahip kanca ile yanal destek sağlayabilir. Etriye veya çirozla enine yer değiştirmesi engellenmiş boyuna donatı aralığı 300 mm'yi aşamaz. Şekil 4, çeşitli kolon kesitleri için etriye düzenlemelerini göstermektedir. Etriye ile yapılan sargı düzenlemelerinin bazıları, bu şekilde gösterilmiştir. Şekildeki alt iki sırada, maliyet oldukça yüksektir. Boyuna çubuklar dairese olarak yerleştirilmişse, etraflarına yuvarlak etriyeler konulması yeterlidir, bu durumda çubukların ek etriye ve çirozla sargılanması gerekmez

Temel pabucu yada döşemelerin üstünde ve altında etriye aralığı yarıya düşürülerek yerleştirilmelidir. Kirişlerin dört yönden bir kolona bağlanması durumunda, son etriye, kirişlerin herhangi birindeki en alttaki donatının altında olmalıdır.



Şekil 4. Tipik Etriye Düzenlemeleri

6. Yönetmeliğe göre fret çapı 10 mm'den, fret net aralığı 30 mm.'den daha küçük ve 80 mm.'den daha büyük olamaz. Frete ek yapılması gerekirse, 300 mm'den az olmayacak şekilde bindirme eki kullanılabilir. Freti yerinde tutmak ve beton sertleşene kadar fret adımını sabitlemek için özel aralama çubukları kullanılabilir. Bu parçalar küçük kancalara sahip düşey çubuklardan oluşur. Fret, boyuna çubuklarla değil, aralama çubuklarıyla desteklenir.

7. Yönetmelik, boyuna çubukların dairesel olarak konumlanması durumunda, tam dairesel etriyeye izin verildiğini belirtir. Dairesel etriyenin uçları, 150 mm den az olmamak üzere üst üste binmelidir ve boyuna kolon donatısını saran standart kancalarla sonlandırılmalıdır. Dairesel etriyelerin uçlarındaki üst üste binmeler, çevre etrafında şaşırtmalı olarak düzenlenmelidir. Yönetmelik, bindirme ekinin hep aynı bölgede yapılarak tek ve aynı donatıya kanca ile bağlanması durumunda düşey doğrultuda yarıлма ve sargılamada zayıflığın mümkün olduğu konusunda uyarılmaktadır. Bitişik yuvarlak etriyelerin kancaları hep aynı boyuna çubuğa takılmamalıdır. Dairesel düzenlenmiş boyuna çubukları sargılamada kullanılan fret, genellikle dairesel etriyeden daha etkilidir.

6 Kolonlar İçin Güvenlik Tedbirleri

Bir kolonun kusursuz bir şekilde aksel olarak yüklenmesi mümkün görünmemektedir. Yükler başlangıçta mükemmel bir şekilde ortalanmış olsa bile, deformasyon sonrası yerinde kalmaz. Ayrıca, kolonlarda başlangıç eğriliği gibi bir takım kusurlar olabilir, bunun sonucu olarak da yanal şekil değişimi meydana gelir. Rijit çerçevesel binalardaki kolonlar, düşey yükler yanında rüzgâr ve diğer yanal yüklerden oluşan eğilme momentine de maruz kalır.

Bir kolonun göçmesi genellikle bir kirişin göçmesinden daha şiddetli bir olaydır, çünkü bir kolon genellikle bir kirişten daha büyük bir yapı kısmını taşır. Diğer bir deyişle, eğer bir binada bir kolon göçmesi olursa bir kirişin göçmesine göre, binanın daha büyük bir kısmında yıkım olur. Bu, çok katlı bir binanın alt katlarındaki kolonlar için özellikle geçerlidir.

Kolon kapasitelerini sınırlandırmanın başka sebepleri de vardır. Örnek olarak, kolonlara beton dökülmesi işi kirişlere beton dökülmesine göre daha zordur. Betonun dar kolon kalıbı içindeki boyuna ve enine donatı arasına yerleştirilmesindeki zorluk kolayca anlaşılabilir. Sonuç olarak, kolonların beton kalitesi muhtemelen kiriş ve döşemelerdeki kadar iyi değildir.

Bir kirişin göçme dayanımı normal olarak, çelik fabrikalarında oldukça hassas bir şekilde kontrol edilen bir özellik olan donatı çeliğinin akma gerilmesine bağlıdır. Bir kolonun göçme dayanımı ise, oldukça değişken bir değer olan betonun nihai dayanımı ile ilgilidir. Narinlik katsayıları aynı zamanda kolonların mukavemetini büyük ölçüde etkiler.

7 Tasarım Bağlantıları

Kolon basma kuvvetinin kolon akselinde kaçıklığına «eksantrisite/dış merkezlik» adı verilir ve **e** harfi ile gösterilir. N_d aksel yükünün, tasarım eğilme momenti M_d 'yi üretmek için kolon merkezinden uzakta olması gereken mesafeyi temsil eder. Böylece

$$N_d \cdot e = M_d$$

$$e = \frac{M_d}{N_d}$$

Bununla birlikte, bir yapının kolonları için hesaplanan momentlerin olmadığı birçok durum vardır. Uzun yıllar boyunca, bu tür kolonların hesaplanan bir moment olmamasına rağmen belirli minimum bir momente göre tasarlanması gerektiği belirtildi. Bu, tasarımcıların kolon yükleri için belirli bir minimum eksantrisite verilmesiyle başarıldı. Bu minimum değerler fretli kolonlarda 25 mm veya 0,05h, etriyeli kolonlarda ise 25 mm veya 0.10h değerlerinden büyük olanı idi. (h terimi dairesel kolonlarda dış çapı, kare veya dikdörtgen kolonlarda ise enkesit boyutlarını temsil eder.) Aksel yük çarpı minimum eksantrisiteden (dış merkezlikten) oluşan moment, tasarımda kullanıldı. TS 500'de minimum eksantrisite 15+0.03h olarak belirtilmiştir. Aynı sonuca teorik aksel yük kapasitelerinin, fretli kolonlar için 0.85'e ve etriyeli kolonlar için 0.80'e eşit olan bir katsayı ile çarpılması yoluyla da ulaşılabilir. Dolayısıyla kolonların aksel yük kapasitesi aşağıdaki değerlerden daha büyük olamaz:

Etriye kolonlarda

$$N_r = 0.80 \left[0.85 f_{cd} (A_g - A_{st}) + f_{yd} A_{st} \right]$$

Fretli kolonlarda

$$N_r = 0.85 \left[0.85 f_{cd} (A_g - A_{st}) + f_{yd} A_{st} \right]$$

Bu ifadelerin sadece moment oldukça küçük olduğunda veya hesaplanmış bir moment olmadığına kullanılacağı unutulmamalıdır.

Burada verilen denklemler, sadece momentin yeterince küçük olduğu, yani eksantrisitenin (e), etriyeli kolonlarda 0.10h'dan fretli kolonlarda ise 0.05h'den daha az olduğu durumlar için geçerlidir. Eğer e değerleri sınır değerlerden daha büyükse ve/veya kolonlar narin (uzun) olarak sınıflandırılmışsa, sonraki iki bölümde tarif edilen işlem adımlarının kullanılması gerekir.

8 Ekonomik Kolon Tasarımı Üzerine Yorumlar

Donatı çubukları oldukça pahalıdır ve bu nedenle betonarme kolonlarda kullanılan boyuna donatı yüzdesi (donatı oranı) toplam maliyette önemli bir faktördür. Bu, normal şartlar altında, küçük bir donatı yüzdesinin kullanılması gerektiği anlamına gelir (belki de %1.5 ile %3 aralığında). Bu, daha büyük kolon boyutları ve/veya daha yüksek dayanımlı beton kalitesi kullanılarak gerçekleştirilebilir. Ayrıca, donatı oranı yaklaşık olarak bu aralıkta tutulursa, betonun kolona rahatça yerleştirilebilmesi için yeterli alan bulunacağı görülür.

Yüksek mukavemetli betonlar kolonlarda kırılganlığa göre daha çok ekonomi sağlar. Sıradan yükler altında, bir giriş enine kesitinin sadece %30 ile %40'ı basınç altındadır, geri kalan %60 ile %70'lik kısım çekme etkisinde olup çatladığı varsayılır. Bu, bir giriş için yüksek mukavemetli beton kullanıldığında, bunun %60 ile %70'inin boşa harcanması anlamına gelir. Bununla birlikte, sıradan bir kolon için durum oldukça farklıdır, çünkü kesitinin çok daha büyük bir yüzdesi basınç altındadır. Sonuç olarak, kolonlar için yüksek mukavemetli beton kullanmak oldukça ekonomiktir. Ekonomi sağlamada bazı tasarımcılar kolon tasarımında 130 MPa gibi yüksek mukavemetli beton kullanırlar da, 35 ile 45 MPa'lık dayanıma sahip beton kalitesinin kolonlarda kullanılması yaygındır.

Pek çok yapıda, akma dayanımı 420 MPa olan donatı kullanmakla iyi bir ekonomi elde edilir. Bununla birlikte, Akma dayanımı 500 MPa olan donatı, özellikle yüksek mukavemetli betonlarla birlikte kullanıldığında yüksek yapılar da iyi bir ekonomi sağlayabilir.

Genel olarak, etriyeli kolonlar, özellikle kare veya dikdörtgen kesitlerin kullanılması durumunda fretli kolonlardan daha ekonomiktir. Tabii ki, fretli kolonlar, yüksek mukavemetli betonla ve yüksek donatı oranıyla, döşeme alanından tasarruf sağlamada daha iyidir.

Bir binada mümkün olduğunca az sayıda farklı kolon boyutu kullanılmalıdır. Bu bağlamda, kattan kata değişen kolon yüklerini karşılamak için, kolon boyutlarını kattan kat'a farklı olarak seçmek ekonomik olmaz. Bu, tasarımcının çok katlı bir binanın üst katı için (mümkün olduğu kadar küçük bir çelik yüzdesi kullanarak) bir kolon boyutu seçebileceği ve aynı büyüklüğü mümkün olduğu kadar çok sayıda katta gerektiğinde donatı oranını arttırarak kullanması anlamına gelir.

Ayrıca, her bir kat seviyesinde mümkün olduğunca aynı kolon boyutlarının kullanılması arzu edilir. Boyutlardaki tutarlılık, işgücü maliyetlerinde de kayda değer tasarruf sağlayacaktır.

Çok katlı betonarme binaların kolonları için alışılmış uygulama, önceden hazırlanmış bir kat yüksekliği uzunluğa sahip çelik (donatı) çubukların etriyelerle bağlanması yoluyla elde edilen kafeslerin kullanılması şeklindedir. Çubuklar $\varnothing 36$ veya daha küçük çaplı olduğunda tüm çubukların döşemenin hemen üstünde eklenmesi tercih edilir. Donatı ekinin birkaç farklı yerde yapılmasının gerekli olduğu kolonlarda ise iki kat yüksekliği uzunluktaki düşey donatı çubuklarının etriyelerle bağlandığı iki katlı kafesler kullanmakla ekleme sayısı azaltılabilir. TBDY-2018 'e göre donatı ekleri kat ortalarında yapılmalıdır.

Etriye aralıkları, kolon enkesiti küçük boyutu ve boyuna donatı çapına göre belirlendiğinden, uygulamada makul olan en büyük etriye çapı seçimiyle, etriye aralıklarını arttırıp sayısını azaltarak biraz tasarruf yapılabilir. Şekil 4'te alt iki sırada gösterilenler gibi iç etriye ve çirozdan kaçınarak da maliyet azaltılabilir. Çiroz ve iç etriyeye sahip olmayan kolonlarda beton, çok daha kolay yerleştirilebilir ve daha düşük (slump) çökme değerleri (daha düşük maliyetli beton) kullanılabilir.

Oldukça kısa açıklıklara sahip olan binalarda, kolonlar aralıkları 4-5 metre civarında bulunacağından daha ince döşeme plakları kullanılması deformasyonlar bakımından herhangi bir problem oluşturmaz. Binadaki açıklıklar 7-15 m gibi daha uzun hale geldikçe, diğer bir ifadeyle kolonlar daha büyük aralıkla yerleştirilecekse stabilizeyi sağlamak için muhtemelen döşemelerin çok daha kalın inşa edilmesi gerekir.

Yüksek binalardaki kolonlar, oldukça geniş aralıklarla yerleştirilse bile, yine de değerli olan iç kullanım alanını azaltır. Bu nedenle tasarımcılar, kolonların çoğunu binanın dış çevresine yerleştirerek değerli olan iç mekan alanı kaybını azaltmaya çalışırlar. Buna ek olarak, iç kolonların çıkarılması, bölme elemanlarının yerleştirilmesi için mimarlara daha fazla esneklik ve ayrıca geniş açık alanlar sunar.

Örnek 1: Eksenel kalıcı ve hareketli karakteristik yükleri sırasıyla $G=600$ kN, $Q=800$ kN olan etriyeli kare/dikdörtgen kolonun tasarımını **TS500'e göre yapınız.** Başlangıçta donatı oranını %2 kabul ediniz. $f_{ck}=30$ MPa, $f_{yk}=420$ MPa dir. TBDY 2018 e göre kolon boyutları ve donatı seçimini siz yapınız.

Çözüm:

$$N_d = 1.4 * 600 + 1.6 * 800 = 2120 \text{ kN}$$

$$N_r = 0.80 [0.85 f_{cd} (A_g - A_{st}) + f_{yd} A_{st}]$$

$$2120 \times 10^3 = 0.8 [0.85 * 20 (A_g - 0.02 A_g) + 365 * 0.02 A_g]$$

$$A_g = 110601 \text{ mm}^2$$

$$A_c \geq \frac{N_d}{0.9 f_{cd}} = \frac{2120000}{0.9 * 20} = 117778 \text{ mm}^2 \quad \text{TS 500}$$

$$\text{seçilen } 350 \text{ mm} \times 350 \text{ mm} \quad A_g = 122500 \text{ mm}^2$$

$$\text{seçilen } 250 \text{ mm} \times 490 \text{ mm} \quad A_g = 122500 \text{ mm}^2$$

Kesit alanı A_g bilindiğine göre kolon denkleminde A_{st} 'yi hesaplırsak,

$$N_r = 0.80 [0.85 f_{cd} (A_g - A_{st}) + f_{yd} A_{st}]$$

$$2120 \times 10^3 = 0.8 [0.85 * 20 (122500 - A_{st}) + 365 * A_{st}]$$

$$A_{st} = 1630 \text{ mm}^2 \quad \text{seçilen } 8\phi 16 \quad A_{st} = 1608 \text{ mm}^2$$

Yönetmelik koşullarının kontrolü

Aşağıda TS 500 yönetmeliğinin kolonlarla ilgili sınır değerleri sıralanmıştır. Burada gösterilen kontrolün her problemde mutlaka yapılması gerekir.

a) Boyuna donatı net aralığı $230/2 - 16 = 99 \text{ mm} > 25 \text{ mm}$ ve Boyuna donatı çapı $\phi (16 \text{ mm})$ tm.

b) Donatı oranı

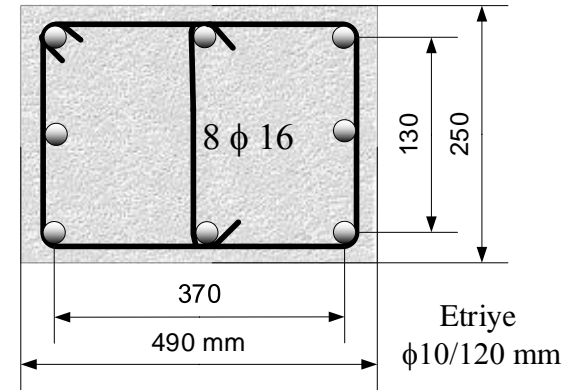
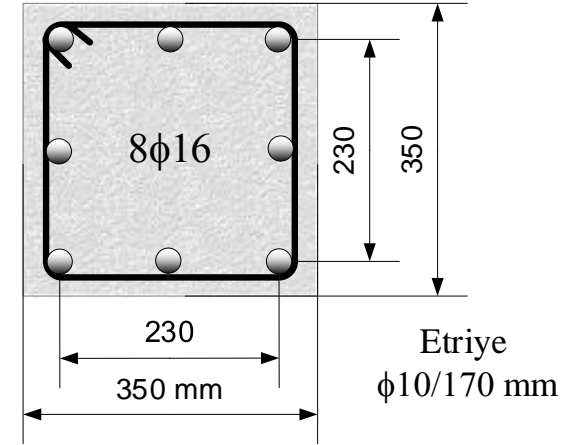
$$0.01 < \rho = \frac{1608}{122500} = 0.013 < 0.04 \quad \text{tm.}$$

c) donatı sayısı=8 > minimum 4, tm.

d) minimum etriye çapı = $\phi 10$ ($\phi 16$ için) tm.

e) etriye aralığı 190 mm seçildi $t < 12 * 16 = 192 \text{ mm}$ (TS500)
etriye aralığı 170 mm seçildi $350/2 = 175 \text{ mm}$ (TBDY2018)

f) etriye düzenlemesi tamam.



Şekil 5. Örnek 1 için hazırlanan çizim

Kare kolon kapasitesi (TS500)

| | | | | |
|-----------------|--------|-----------------|----------------------------|------------------------|
| $N_d =$ | 2120 | kN | | |
| $f_{ck} =$ | 30 | Mpa | $f_{cd} =$ | 20 Mpa |
| $f_{yk} =$ | 420 | MPa | $f_{yd} =$ | 365 MPa |
| donatı % = | 2 | % | | |
| $A_c =$ | 110581 | mm ² | TBDY 2018'e göre min boyut | |
| TS 500 $A_c =$ | 117778 | mm ² | TBDY $A_c =$ | 176667 mm ² |
| seçilen $A_c =$ | 117778 | mm ² | seçilen $A_c =$ | 176667 mm ² |
| $b =$ | 343,19 | mm | $b =$ | 420,32 mm |
| seçilen $b =$ | 350 | mm | seçilen $b =$ | 420 mm |
| $A_s =$ | 1630 | mm ² | $A_s =$ | 1764 mm ² |

Dikdörtgen Kolon Kapasitesi TS500

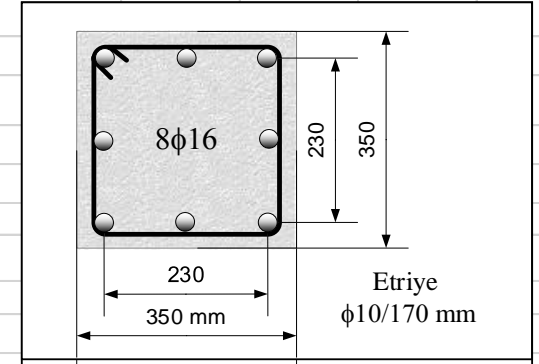
| | | |
|---------------|------|-----------------|
| | b | h |
| | 242 | 486,69 |
| | 244 | 482,70 |
| | 246 | 478,77 |
| | 248 | 474,91 |
| | 250 | 471,11 |
| | 252 | 467,37 |
| seçilen $b =$ | 250 | mm. |
| seçilen $h =$ | 490 | mm. |
| $A_s =$ | 1630 | mm ² |

$$N_r = 0.80 \left[0.85 f_{cd} (A_g - A_{st}) + f_{yd} A_{st} \right]$$

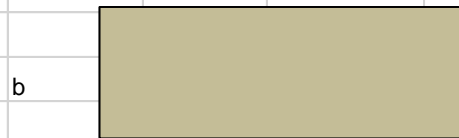
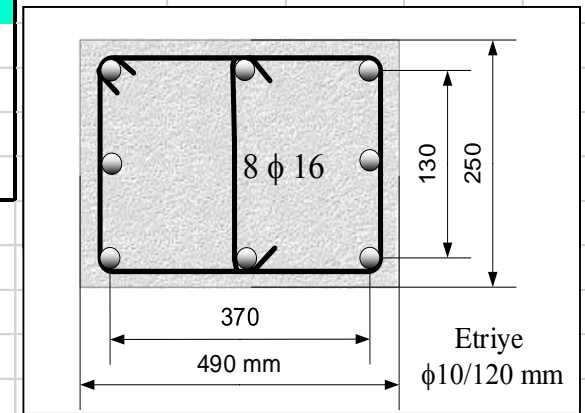
$$A_{st} = \frac{1}{(f_{yd} - 0.85 f_{cd})} \left[\frac{N_r}{0.80} - 0.85 f_{cd} A_g \right]$$

$$A_c = 122500$$

| | | | | |
|---|---------------|------------------|---------------------------------|-----------------------|
| KARE KOLON | Donatı sayısı | Donatı çapı | | |
| seçilen | 8 | ϕ 16 | $A_{st} =$ 1608 mm ² | donatı alanı YETERSİZ |
| Donatı oranı | | $\rho = 0,01313$ | | |
| $N_r = 0.80(0.85 f_{cd} A_{cn} + A_s f_{yd}) =$ | | 2114,1 kN | Kapasite YETERSİZ | |



| | | | | |
|---|---------------|------------------|---------------------------------|-----------------------|
| DİKDÖRTGEN | Donatı sayısı | Donatı çapı | | |
| seçilen | 8 | ϕ 16 | $A_{st} =$ 1608 mm ² | donatı alanı YETERSİZ |
| Donatı oranı | | $\rho = 0,01313$ | | |
| $N_r = 0.80(0.85 f_{cd} A_{cn} + A_s f_{yd}) =$ | | 2114,1 kN | Kapasite YETERSİZ | |



2b

Örnek 2: Eksenel kalıcı ve hareketli karakteristik yükleri sırasıyla $G=1070$ kN, $Q=1350$ kN olan fretli yuvarlak kolonun tasarımını TS500'e göre yapınız. Başlangıçta donatı oranını %2 kabul ediniz. $f_{ck}=30$ MPa, $f_{yk}=420$ MPa dır. TBDY 2018 e göre kolon boyutları ve donatı seçimini siz yapınız.

Çözüm:

$$N_d = 1.4 \cdot 1070 + 1.6 \cdot 1350 = 3658 \text{ kN}$$

Kolon boyutu ile donatı çapı seçimi

$$N_r = 0.85 [0.85 f_{cd} (A_g - A_{st}) + f_{yd} A_{st}]$$

$$3658 \times 10^3 = 0.85 [0.85 \cdot 20 (A_g - 0.02 A_g) + 365 \cdot 0.02 A_g]$$

$$3658 \times 10^3 = 0.85 [0.85 \cdot 20 \cdot 0.98 A_g + 365 \cdot 0.02 A_g]$$

$$A_g = 179613 \text{ mm}^2$$

$$A_c \geq \frac{N_d}{0.9 f_{cd}} = \frac{3658000}{0.9 \cdot 20} = 203222 \text{ mm}^2$$

$$\text{seçilen } \phi 510 \text{ mm} \quad A_g = 204282 \text{ mm}^2$$

Kesit alanı A_g bilindiğine göre kolon denkleminde A_{st} 'yi hesaplırsak,

$$N_r = 0.85 [0.85 f_{cd} (A_g - A_{st}) + f_{yd} A_{st}]$$

$$3658 \times 10^3 = 0.85 [0.85 \cdot 20 (204282 - A_{st}) + 365 \cdot A_{st}]$$

$$A_{st} = 2386 \text{ mm}^2 \quad \text{seçilen } 8\phi 20 \quad A_{st} = 2513 \text{ mm}^2$$

fret tasarımı

$$A_c = \frac{\pi \cdot 430^2}{4} = 145220$$

$$\rho_s = 0.45 \left(\frac{A_g}{A_c} - 1 \right) \frac{f_{ck}}{f_{yk}} = 0.45 \left(\frac{204282}{145220} - 1 \right) \frac{30}{420} = 0.013$$

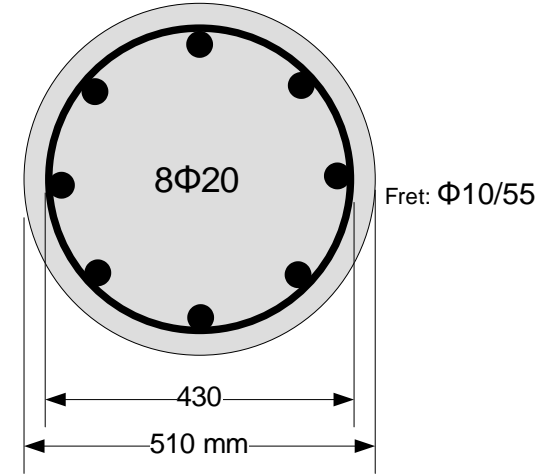
$\phi 10$ kullanmaya karar verildi. $d_s=10$ mm, $a_s=79$ mm²

$$\rho_s = \frac{4 a_s (D_c - d_s)}{s D_c^2}$$

$$0.013 = \frac{4 \cdot 79 (430 - 10)}{s \cdot 430^2}$$

$$s = 55 \text{ mm} \quad \text{seçilen } 55 \text{ mm.}$$

Yönetmelik koşullarının kontrolünü siz yapınız.

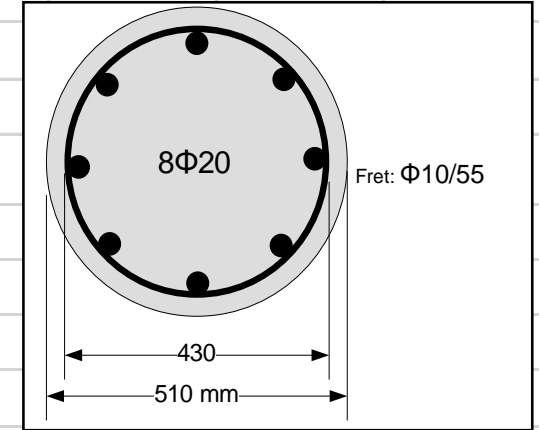


Şekil 6. Örnek 2 için hazırlanan çizim

| Dairesel Kolonların Taşıma Kapasitesi TS 500 | | | | | Fret tasarımı | | | |
|--|--------|-----------------|----------------------------|--------|---------------|-----------|-----|-----|
| $N_d =$ | 3658 | kN | | | $c_c =$ | 40 | mm. | |
| $f_{ck} =$ | 30 | Mpa | $f_{cd} =$ | 20,00 | fret çapı = | 430 | mm. | |
| $f_{yk} =$ | 420 | MPa | $f_{yd} =$ | 365,22 | $\rho_s =$ | 0,0130727 | | |
| donatı % | 2 | % | TBDY 2018'e göre min boyut | | Φ | 10 | 12 | 14 |
| $A_g =$ | 179580 | mm ² | TBDY $A_c =$ | 304833 | s | 55 | 78 | 106 |
| TS 500 $A_c =$ | 203222 | | seçilen $A_c =$ | 304833 | | | | |
| çap = | 509 | mm. | $b =$ | 552,12 | | | | |
| seçilen $D =$ | 510 | mm. | seçilen $b =$ | 560 | | | | |
| $A_s =$ | 2386 | mm ² | $A_s =$ | 2463 | | | | |

Fret net aralığı 80 mm den büyük olamaz.

| | Çubuk sayısı | Donatı çapı | |
|---------|--------------|---|--|
| Seçilen | 8 | ϕ 20 | $A_{st} = 2513,28$ mm ² Donatı alanı yeterli |
| | | Donatı oranı. | $\rho = 0,0123$ |
| | | $N_r = 0.85(0.85f_{cd}A_{cn} + A_s f_{yd}) =$ | 3695,8 kN kapasite yeterli |



$$N_r = 0.85 \left[0.85 f_{cd} (A_g - A_{st}) + f_{yd} A_{st} \right]$$

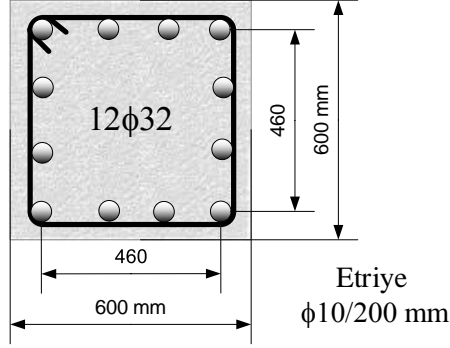
$$\frac{N_r}{0.85} - 0.85 f_{cd} A_g = \left[(f_{yd} - 0.85 f_{cd}) A_{st} \right]$$

$$\rho_s = 0.45 \left(\frac{A_g}{A_c} - 1 \right) \frac{f_{ck}}{f_{ywk}}$$

$$s = \frac{\pi d_s^2 (D_c - d_s)}{\rho_s \cdot D_c^2}$$

Örnek 3: 600 mm x 600 mm kare kolon, Donatı 12 ϕ 32. Eksenel yük taşıma kapasitesini hesaplayınız. ($f_{ck}= 30$ MPa, $f_{yk}=420$ MPa)

Çözüm:



Kesit alanı A_g ve donatı alanı bilindiğine göre yönetmelik açısından bu kolonun taşıyabileceği eksenel kuvvet değeri ,

$$N_d \leq 0.9 f_{cd} A_c = 0.9 \cdot 20 \cdot 600^2 = 6480 \text{ kN} \quad \text{TS 500}$$

$$N_d \leq 0.4 f_{ck} A_c = 0.4 \cdot 30 \cdot 600^2 = 4320 \text{ kN} \quad \text{TBDY 2018}$$

Yönetmelik koşullarının kontrolü

Aşağıda TS 500 yönetmeliğinin kolonlarla ilgili sınır değerleri sıralanmıştır.

a) Boyuna donatı net aralığı $460/3-32=121\text{mm} > 25 \text{ mm}$ ve Boyuna donatı çapı ϕ (32mm) tm.

b) Donatı oranı

$$0.01 \leq \rho = \frac{9651}{360000} = 0.027 \leq 0.04$$

c) donatı sayısı=12 >minimum 4, tm.

d) minimum etriye çapı = ϕ 10 (ϕ 32 için) tm.

e) etriye aralığı 200 mm seçildi $t < 12 \cdot 32 = 384 \text{ mm}$ (TS500)

etriye aralığı 200 mm seçildi $600/2 = 300 \text{ mm}$ (TBDY2018)

f) etriye düzenlemesi ancak kenar ortalarındaki donatıların etrafından geçen iki etriye daha kullanılırsa tamam.

$$N_r = 0.80 [0.85 f_{cd} (A_g - A_{st}) + f_{yd} A_{st}]$$

$$N_r = 0.80 [0.85 \cdot 20 \cdot (600^2 - 9651) + 365 \cdot 9651]$$

$$N_r = 7582.8 \text{ kN}$$

$$A_c \geq \frac{N_d}{0.9 f_{cd}} = \frac{7582800}{0.9 \cdot 20} = 421269 \text{ mm}^2 \quad \text{TS 500}$$

$$a = \sqrt{421269} = 649 \text{ mm}$$

seçilen kolon boyutu $650 \times 650 \text{ mm}$ olmalıdır.

$$A_c \geq \frac{N_d}{0.4 f_{ck}} = \frac{7582800}{0.4 \cdot 30} = 631900 \text{ mm}^2 \quad \text{TBDY 2018}$$

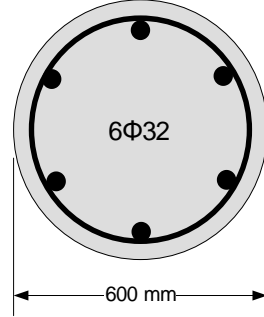
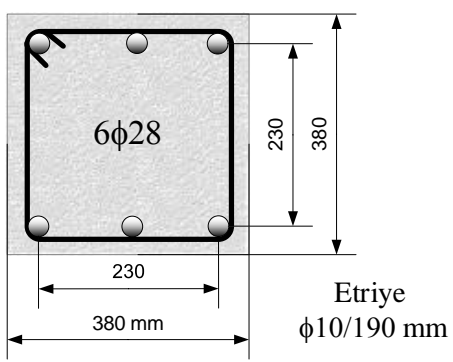
$$a = \sqrt{631900} = 795 \text{ mm}$$

seçilen kolon boyutu $800 \times 800 \text{ mm}$ olmalıdır.

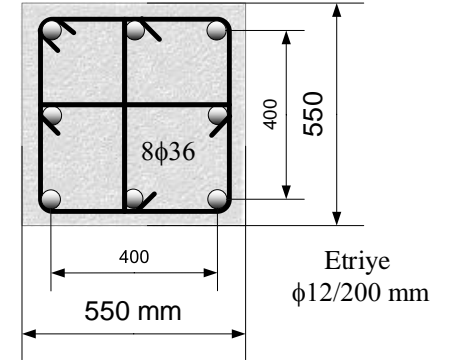
yada

Betonarme Kolonlara Giriş

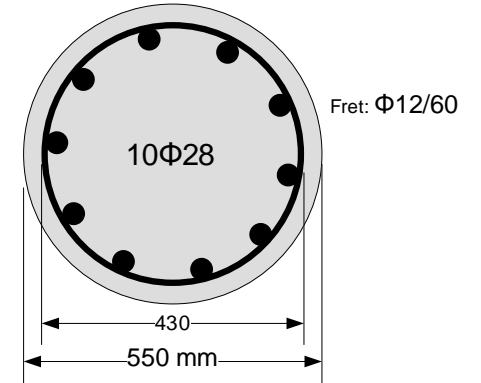
Problemler: Aşağıda enkesit boyutları ve donatı alanları verilen kolonların Eksenel yük taşıma kapasitesini hesaplayınız. ($f_{ck}= 30$ MPa, $f_{yk}=420$ MPa)



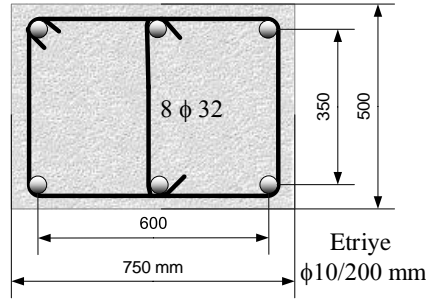
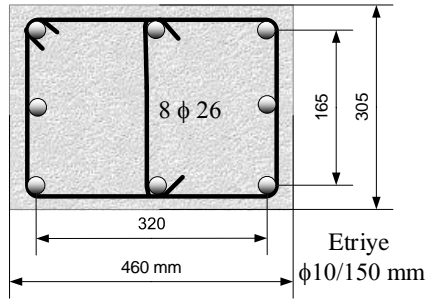
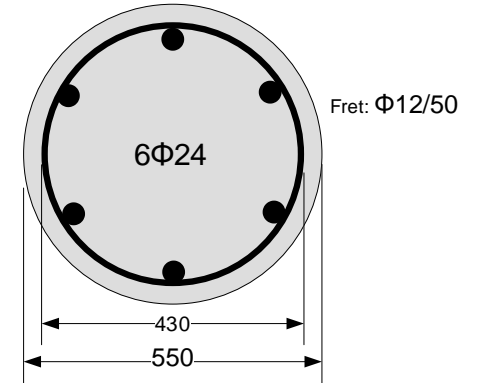
Problem: Etriyeli kare kolon, $D=1335$ kN, $L=2225$ kN, $f_{ck}= 30$ MPa, $f_{yk}=420$ MPa, $\rho=0.03$ Kolon boyutlarını belirleyip, çizimi veriniz.



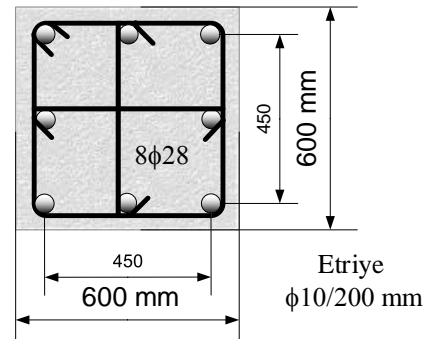
Problem: Fretli dairesel kolon, $D=1335$ kN, $L=1780$ kN, $f_{ck}= 25$ MPa, $f_{yk}=420$ MPa, $\rho=0.04$ Kolon boyutlarını belirleyip, çizimi veriniz.



Problem: Fretli dairesel kolon, $D=1780$ kN, $L=1112$ kN, $f_{ck}= 30$ MPa, $f_{yk}=420$ MPa, $\rho=0.02$ Kolon boyutlarını belirleyip, çizimi veriniz.



Problem: Etriyeli kare kolon, $D=1335$ kN, $L=2225$ kN, $f_{ck}= 30$ MPa, $f_{yk}=420$ MPa, $\rho=0.02$ Kolon boyutlarını belirleyip, çizimi veriniz.



1 Eksenel Yük ve Eğilme Momenti

Tüm kolonlar, eksenel kuvvetlerin yanı sıra eğilme etkisine de maruz kalır ve her iki etkiye de direnç gösterecek şekilde boyutlandırılmalıdır. Önceki bölümde sunulan eksenel yük formülleri küçük eksantrisite etkisini 0.80 ve 0.85 katsayılarıyla dikkate aldığından kolonların biraz eğilme momenti taşıma kapasitesi de bulunmaktadır. Bu değerler yaklaşık olarak etriyel kolonlar için 0.10h, fretli kolonlar için 0.05h'lık eksantrisite ye karşı gelmektedir.

Kolonlar moment etkisi altında eğilerek bir tarafta basma ve diğer tarafta da çekme eğilimi gösterecektir. Momentlerin ve eksenel yüklerin nispi büyüklüklerine bağlı olarak, basma veya çekme bölgelerinden başlayacak ve göçme ile sonuçlanacak çeşitli durumlar vardır. Şekil 1'de (P_n) yükünü taşıyan bir kolon gösterilmiştir. Şeklin çeşitli kısımlarında, yükün, daha büyük eksantrisite ile (böylelikle daha büyük ve daha büyük momentler üretmektedir) yerleştirilmesi yoluyla sonunda (f) 'de kolona etkileyen eksenel yükün etkisi ihmal edilebilir. Şekil 1'de gösterilen altı durumun her biri, aşağıda ele alınmakta ve (a) ile (f) arasındaki harflerle açıklanmaktadır. Betondaki birim şekil değişimi 0,003'e ulaştığında kolonun nihai kapasitesine eriştiği yani göçtüğü kabul edilir.

a) Büyük eksenel yük ile ihmal edilebilir moment - Bu durumda, betonun ezilmesiyle, kolondaki tüm donatı çubuklarının basınç altında akma gerilmesine ulaşması sebebiyle göçme meydana gelir.

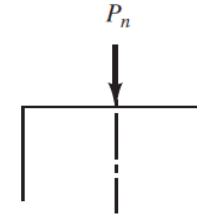
b) Büyük eksenel yük ve tüm kesite etkileyen küçük bir moment - Bir kolon, küçük bir eğilme momentine maruz kaldığında (diğer bir deyişle, eksantriklik küçük olduğunda), tüm kolon basma etkisinde olur, ancak basma gerilmeleri bir kenarda diğerine göre daha yüksek olacaktır. Kolondaki maksimum basma gerilmesi $0.85f_{ck}$ değerine ulaştığında, basınç altında beton ve donatı çubuklarının ezilmesiyle göçme meydana gelir.

c) Eksantriklik (b) durumundan daha büyük, kolonun bir tarafında çekme gerilmeleri gelişmeye başlar - Eksantriklik önceki durumdan biraz artarsa, kolonun bir tarafında çekme oluşur, ve çekme bölgesindeki donatı akma gerilmesinden daha küçük olan çekme gerilmelerine maruz kalır. Diğer taraftaki çelik donatı ise basınç etkisinde kalır. Göçme, basma tarafındaki betonun ezilmesiyle meydana gelir.

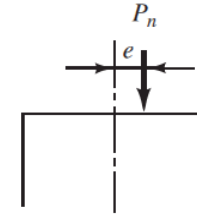
d) Dengeli durum— Eksantriklik artmaya devam ederken, çekme tarafındaki donatı çubukları akma gerilmelerine, basma tarafındaki beton da aynı anda $0.85f_{ck}$ ile verilen maksimum basma gerilmesine ulaşması durumu söz konusu ise bu duruma dengeli yüklenme durumu denir.

e) Büyük moment ile küçük eksenel yük - Eksantriklik daha da artmış ise göçme, betondan önce kolonun çekme tarafındaki çubukların akması ile başlar.

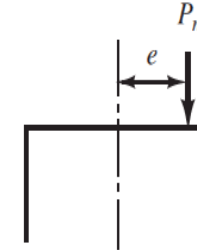
f) Kayda değer bir eksenel yükü olmayan büyük moment - Bu durumda, bir kirişte olduğu gibi göçme meydana gelecektir.



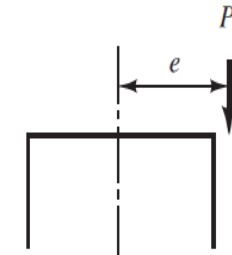
(a) Büyük Eksenel Kuvvet altında Beton ezilirken donatıda basınç altında akma söz konusu



(b) Büyük Eksenel Kuvvet ile Küçük moment etkisi altında Tüm kesit basınç altında olup, Göçme betonun ezilmesiyle meydana gelmekte, donatıların tamamı basınç etkisinde

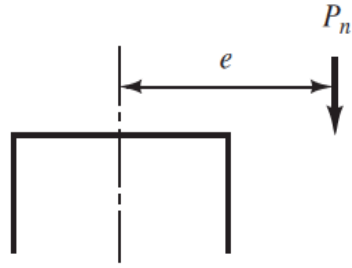


(c) Büyük Eksenel Kuvvet, Moment (b)'dekinden büyük. Çekme bölgesindeki donatı akmamış durumda göçme betonun ezilmesiyle meydana geliyor.

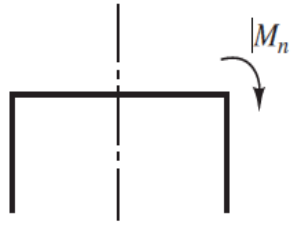


(d) Denge durumu. Çekme bölgesindeki donatı akarken basma bölgesindeki beton ezilerek göçme meydana geliyor.

Şekil 1. Eksantrik kuvvete maruz kolon



(e) Büyük moment, oldukça küçük aksenal yük durumu. Göçme, çekme donatısının akmasıyla başlar.



(f) Büyük moment durumu. Kiriş gibi göçme oluşur.

Şekil 1. Eksantrik kuvvete maruz kolon

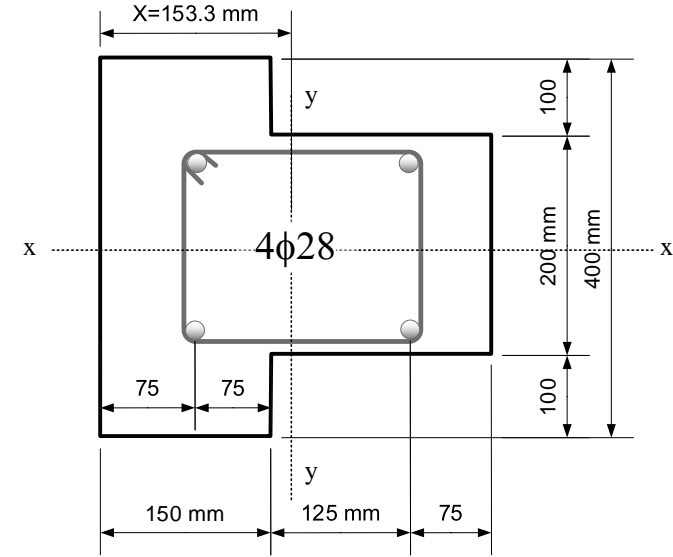
2 Plastik Merkez

Kolon kesitinin, uniform birim şekil değiştirme yaparak yük taşıma gücünü kaybetmesi için yükün etkimesi gereken noktaya plastik merkez denir. Plastik merkezin yerini tespit etmek için, tüm betonun $0.85f_{ck}$ 'ya ve tüm donatının da basmadaki f_{yk} akma gerilmesine ulaştığı kabul edilir.

Simetrik kesitler için plastik merkez kolon kesitinin alan merkeziyle çakışırken, simetrik olmayan kesitler için moment olarak belirlenebilir. Örnek 1, simetrik olmayan bir kesit için plastik merkezin belirlenmesinde yer alan hesaplamaları göstermektedir. Göçme yada nihai yük olan N_u , beton ve çelik tarafından taşınan basma kuvvetlerinin hesaplanıp toplanmasıyla belirlenir. Daha sonra N_u 'nun plastik merkezde, kolonun bir tarafından x kadar bir mesafede aşağı doğru etki ettiği varsayılır. Kendi alan merkezlerinde yukarı yönlü etkiyen beton ve çelik donatıdaki basma kuvvetleriyle aşağı yönlü etkiyen N_u 'nun momenti alınarak plastik merkezin kolonun o tarafından olan mesafesi (x) belirlenir.

Örnek 1. Şekil 2'de gösterilen T kesitli kolonun plastik merkezinin yerini belirleyiniz. $f_{ck}=30$ MPa, $f_{yk}=420$ MPa.

ÇÖZÜM: Şekil 2'de gösterildiği gibi plastik merkez simetri nedeniyle x ekseninde olur. Kolon, solda 150x400 mm lik, sağda ise 200x200 mm lik iki dikdörtgene bölünmüştür. C_1 soldaki, C_2 ise sağdaki dikdörtgendeki basma kuvvetleri olurken C_s , donatıdaki toplam basma kuvvetini göstermektedir. 4 Φ 28 (2464 mm²)



Şekil 2. Örnek problem 1 için kolon kesiti

$$C_1 = 400 \cdot 150 \cdot 0.85 \cdot 30 = 1530 \text{ kN}$$

$$C_2 = 200 \cdot 200 \cdot 0.85 \cdot 30 = 1020 \text{ kN}$$

$$C_s = 2464 \cdot (420 - 0.85 \cdot 30) = 972 \text{ kN}$$

$$\text{Toplam Kuvvet} = 1530 + 1020 + 972 = 3522 \text{ kN}$$

Kolonun sol kenarına göre moment alarak,

$$-(1530 \text{ kN}) \cdot (75 \text{ mm}) - (1020 \text{ kN}) \cdot (250 \text{ mm}) - (972 \text{ kN}) \cdot (175 \text{ mm}) + (3522 \text{ kN}) \cdot x = 0$$

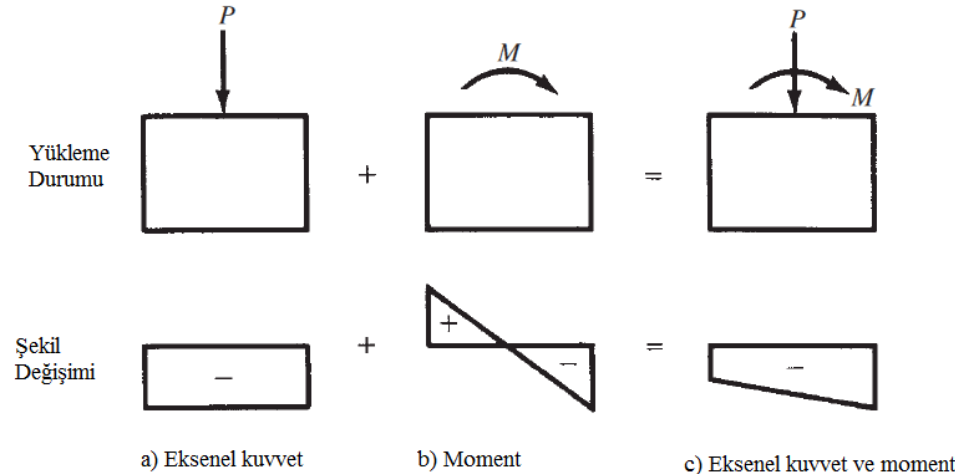
$$X = 153.3 \text{ mm}$$

3 Karşılıklı Etki Diyagramlarının Geliştirilmesi

Kısa bir beton elemana aksenal basma yükü uygulanırsa, Şekil 3a'da gösterildiği gibi üniform bir şekil değişimi veya kısalma meydana gelir. Aynı elemana aksenal yük olmaksızın bir moment uygulanırsa, eleman kesitleri tarafsız eksen etrafında dönecektir. Bu doğrusal şekil değişimi Şekil 3b'de gösterilmiştir. Aksenal yük ve moment aynı zamanda uygulanacaksa, ortaya çıkan şekil değiştirme diyagramı iki doğrusal diyagramın bir birleşimi olacaktır ve Şekil 3c'de gösterildiği gibi doğrusaldır. Bu doğrusallığın bir sonucu olarak, kolon kenarlarında belirli bir birim şekil değiştirme değeri kabul edip diğer noktadaki birim şekil değiştirmeleri enterpolasyonla belirleyebiliriz.

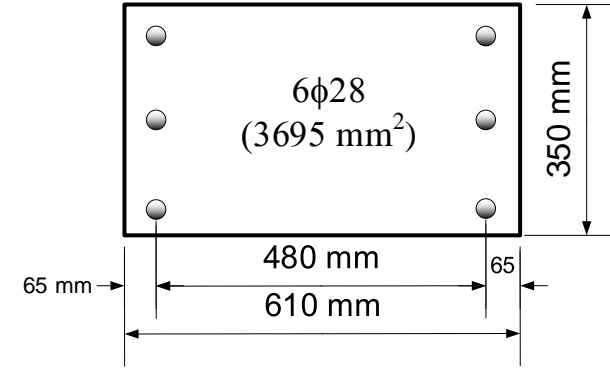
Kolona uygulanan aksenal yük değiştikçe, kolonun taşıyabileceği moment de değişecektir. Bu bölüm, belirli bir kolon için aksenal yük ve moment değerlerinin bir etkileşim eğrisinin nasıl geliştirilebileceğini göstermektedir.

Kolonun basma kenarındaki betonun 0,003'lük birim kısalma değerinde ezileceği varsayıp, kolonun uzak kenarında bir birim şekil değiştirme değeri seçilerek N_r ve M_r değerleri statik olarak hesaplanabilir. Basma birim şekil değişimini 0,003'te tutarak uzak kenarda bir dizi farklı birim şekil değiştirme değeri alınıp her biri için N_r ve M_r hesaplanır. Sonunda, Şekil 8'dekine benzer bir etkileşim eğrisini çizmek için yeterli sayıda değer elde edilecektir. Örnek 2, bir dizi birim şekil değiştirme için bir kolonda N_r ve M_r 'nin hesaplanmasını göstermektedir.



Şekil 3. Kolonlarda Şekil Değişimi

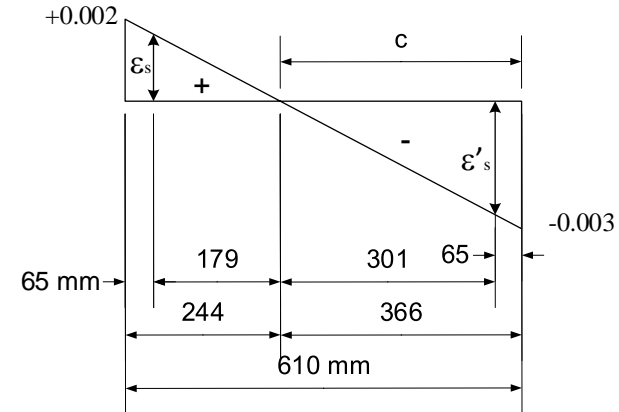
Örnek 2. Şekil 4'teki etriyeli kolonun basınç altındaki kenarının -0.003 'lük, diğer kenarının $+0.002$ 'lik bir uzama oranına sahip olduğu varsayılmaktadır. $f_{yk} = 420$ MPa ve $f_{ck} = 30$ MPa olarak bilindiğine göre bu şekil değişimine neden olan N_r ve M_r değerlerini belirleyin. Donatıdaki akma şekil değişimi $+0.00183$ dir.



Şekil 4. Kolon Enkesiti

ÇÖZÜM

Şekil 5'deki şekil değişimi diyagramına göre tarafsız eksen derinliği c ile donatıdaki uzama oranları ϵ_s ve ϵ'_s 'nü belirleyelim.



Şekil 5. Şekil değiştirme diyagramı

$$c = \left(\frac{0.003}{0.003 + 0.002} \right) 610 = 366 \text{ mm}$$

$$\varepsilon'_s = \left(\frac{301}{366} \right) 0.003 = 0.00247 > \varepsilon_{sd} \quad \text{akmış}$$

$$\varepsilon_s = \left(\frac{179}{244} \right) 0.002 = 0.00147 < \varepsilon_{sd} \quad \text{akmamış}$$

Aşağıda beton tarafından taşınan basma kuvveti C_c , donatı tarafından taşınan basma kuvveti C_s ve donatı tarafından taşınan çekme kuvveti T_s kuvveti hesaplanmıştır. Donatı tarafından taşınan basma kuvvetinin, $0.85f_{cd}A_s$ ' kadar azaltıldığına dikkat edilmelidir.

$$a = k_1 * c = 0.82 * 366 = 300 \text{ mm}$$

$$C_c = 0.85 f_{cd} ab = 0.85 \cdot 20 \cdot 300 \cdot 350 = 1785.71 \text{ kN}$$

$$C'_s = \sigma'_s A'_s - 0.85 f_{cd} A'_s = (365 - 0.85 \cdot 20) \cdot 1847 = 643.2 \text{ kN}$$

$$T_s = \varepsilon_s E_s A_s = 0.00147 \cdot 200000 \cdot 1847 = 542 \text{ kN}$$

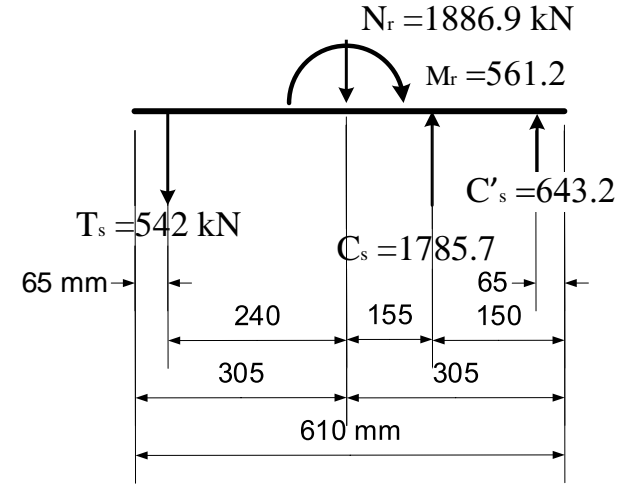
N_r ve M_r kuvvetleri statik bilgileri ve şekil 6 yardımıyla kolaylıkla hesaplanır. Düşey doğrultudaki kuvvetlerin toplamından,

$$N_r = -542 + 643.2 + 1785.7 = 1886.9 \text{ kN}$$

Çekme donatısına göre moment alınır,

$$1886.9 \text{ kN} \cdot 240 + M_r - 1785.7 \cdot 395 - 643.2 \cdot 480 = 0$$

$$M_r = 561.2 \text{ kNm}$$



Şekil 6. Kolon kuvvetleri

Aynı şekilde, basınç kenarındaki birim şekil değişimi -0.003 'ü sabit olarak alıp çekme kenarındaki birim şekil değişimini değiştirmek suretiyle bir dizi N_r , M_r değerleri hesaplanabilir. Bulunan bu değerler kullanılarak şekil 8'deki gibi bir eğri çizilebilir.

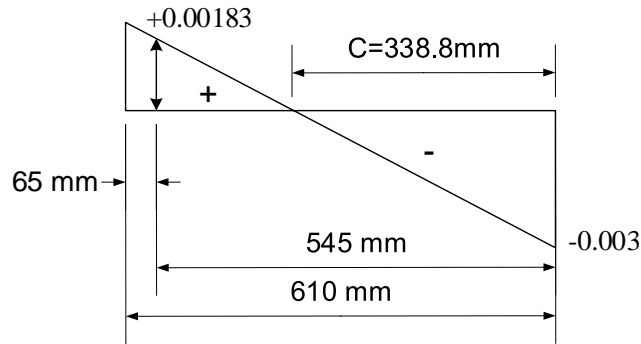
Bu eğrinin uç noktaları hakkında birkaç husus söylenebilir. Eğrinin bir ucu N_r 'nin maksimum, M_r 'nin sıfır olduğu durumdur. Bu durumda N_r daha önceki bölümde verilen aksenal yük altındaki taşıma kapasitesi bağıntısı kullanılabilir.

$$\begin{aligned} N_r &= 0.85 f_{cd} (A_g - A_s) + f_{yd} A_s \\ &= 0.85 \cdot 20 \cdot (610 \cdot 350 - 3695) + 365 \cdot 3695 \\ &= 4915.8 \text{ kN} \end{aligned}$$

Eğrinin diğer ucu ise M_r 'nin maksimum, N_r 'nin sıfır olduğu durumdur. Bu örnek problem için Excel tablosu yardımıyla M_r 'nin değeri 336.23 kNm olarak bulunur.

Beton, 0,003'lük birim kısalma değerine ulaştığında nihai kapasitesine ulaşır. Kolonun çekme kenarına en yakın donatı, beton 0,003'lük kısalma yapmadan önce akmış ise, kolonun çekme kontrollü olduğu söylenir; aksi halde, kolon basma kontrollüdür. Bu bölgeler arasındaki geçiş noktası denge noktasıdır. Daha önce dengeli kesit terimi, basma bölgesindeki betonda meydana gelen 0.003'lük kısalma ile çekme bölgesindeki donatının akma uzamasına ($f_{yd}/E_s'e$) aynı anda erişmesini ifade etmek amacıyla kullanılmıştır. Kirişlerde bu durum teorik olarak donatı oranının ρ_b 'ye eşit olması halinde oluşur. Kolonlarda ise ne kadar donatı olursa olsun, doğru moment ve aksenal yük ikilisi bulunduğu anda dengeli göçme hali meydana gelebilir.

Kolonlardaki dengeli yükleme tanımı, kirişlerle aynıdır - yani, kolonun basma tarafında 0.003'lük birim kısalma ile diğer taraftaki çekme donatısında f_{yd}/E_s uzamasının aynı zamanda oluşması halidir. Çekme donatısındaki uzamaların f_{yd}/E_s 'nin üzerinde tutulmasını sağlayıp kirişlerde dengeli göçme durumunu önlemek kolayca mümkün olsa da, kolonlar için böyle bir durum söz konusu değildir. Bu nedenle, kolonlarda, ani basınç kırılmalarını veya dengeli göçmeyi önlemek mümkün değildir. Her kolon için, dengeli göçme ortaya çıkaran tasarım yükü N_{br} 'in bir e_b , eksantrisitesi ile üreteceği bir dengeli durum momenti M_{br} , hesaplanabilir. .



Şekil 7. Dengeli durum için şekil değiştirme diyagramı

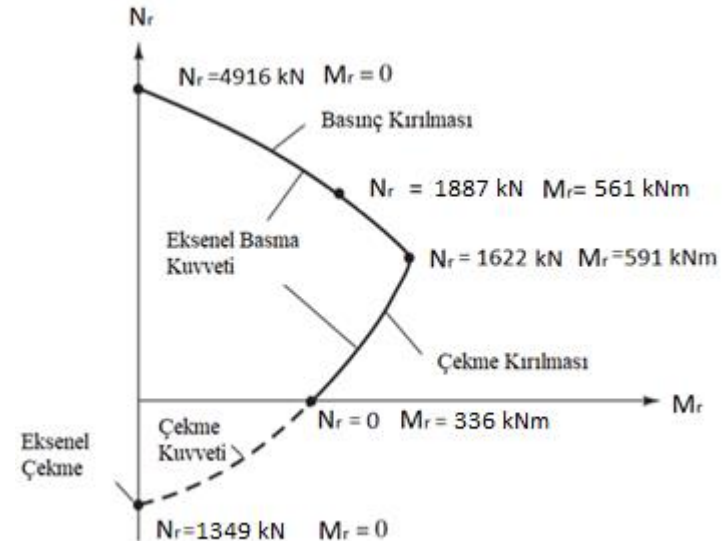
Dengeli durumda, kolonun basma kenarındaki birim şekil değiştirme -0.003 olurken çekme bölgesindeki donatıda $f_{yd}/E_s = 365 / 2 \times 10^5 = 0.00183$ değerini almaktadır. Bu durum, Şekil 7'de gösterilmiştir. Örnek 2'de kullanılan işlem adımları tekrarlanırsa $N_{br} = 1621.5$ kN ve $M_{br} = 590.8$ kNm bulunur.

Belirli bir kolon için N_r ve M_r eğrisi, N_r 'nin bir çekme yükü olduğu aralığa genişletilebilir. N_r basma olduğu zaman yaptığımız gibi tam olarak aynı şekilde devam edebiliriz. Bir dizi şekil değiştirme değerleri alınarak her zamanki statik denklemler yardımıyla N_r ve M_r hesaplanabilir. Şekil 4'teki kolon için birkaç farklı birim şekil değiştirme kümesi kabul edilmiş ve daha sonra N_r ve M_r değerleri belirlenmiştir. Sonuçlar Şekil 8'in alt tarafında "çekme yükleri" etiketi ile tanımlanarak kesikli çizgi ile gösterilmektedir.

Betonarme kolonlar için aksenal çekme ve eğilme çok yaygın olmadığı için, eğrilerin çekme kısmı genellikle gösterilmemektedir. Moment sıfır olduğu zaman N_r 'nin en büyük çekme değerinin meydana geleceğini unutmayın. Bu durumda, tüm kolon donatısı akmış ve tüm beton çatlamış durumdadır. Böylece N_r toplam çelik alanı A_s ile akma gerilmelerinin çarpımına eşit olacaktır. Şekil 4'deki kolonda

$$N_r = f_{yd} A_{st} = 365.22 \cdot 3695 = 1349.5 \text{ kN}$$

Bazı durumlarda, aksenal yük ve eğilme momentine maruz kalan kolonlarda, simetrik olmayan donatı düzenlemeleri vardır. Durum böyle olunca, eksantrisitenin kesit plastik merkezinden olan mesafeyi tanımladığını hatırlamanız gerekir.



Şekil 8. Şekil 4 de gösterilen kolona ait karşılıklı etki diyagramı

4 Karşılıklı Etki Diyagramlarının Kullanılması

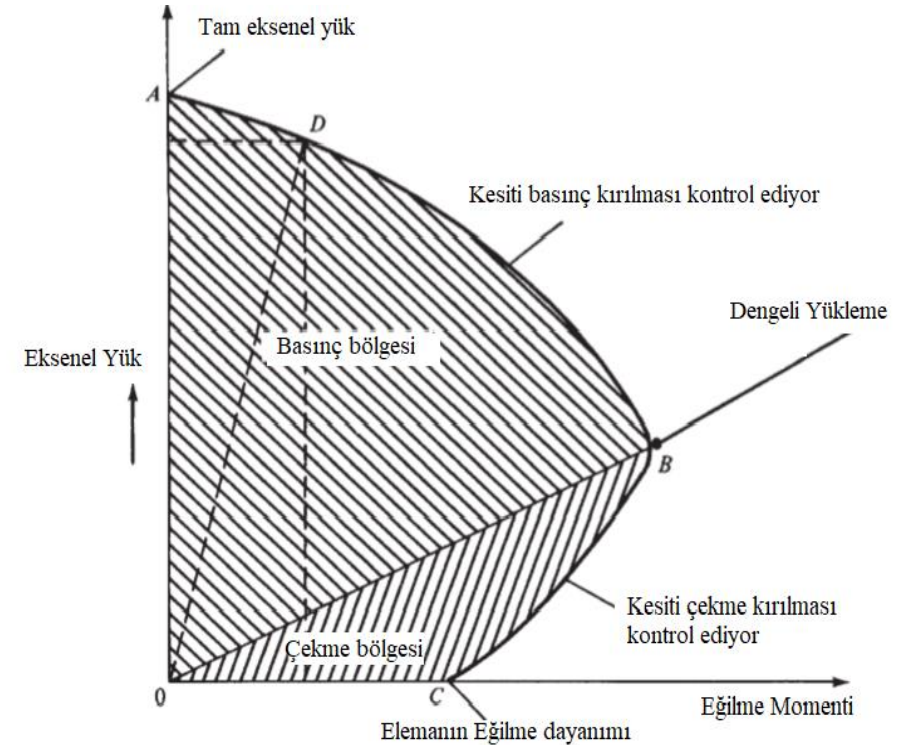
Statik olarak, geometrik şekli ve donatı planı belirli bir kolon için bir dizi birim şekil değiştirme değerlerine bağlı olarak N_r ve M_r değerlerinin kolayca tespit edilebildiğini gördük. Bununla birlikte, sadece bir kolon için bir hesap makinası ile bir etkileşim eğrisi hazırlamak, oldukça sıkıcıdır. Çeşitli boyutların, beton mukavemetlerinin ve çelik yüzdelerinin dikkate alınması gereken bir tasarım durumunda çalışmayı düşünün. Sonuç olarak, tasarımcılar neredeyse tamamen bilgisayar programlarına, bilgisayar tarafından oluşturulan karşılıklı etki diyagramlarına veya kolon hesapları için hazırlanmış tablolara başvururlar. Bu bölümün geri kalanı bilgisayar programıyla hazırlanmış Şekil 9'daki gibi etkileşim diyagramları ile ilgilidir. Gördüğümüz gibi, bir kolon için böyle bir diyagram çizilmesinde eksenel yüküyle başlayıp eksenel yük ve momentin değişen birleşimleri ile devam eden ve sadece eğilme durumu ile sonlanacak şekilde değiştirilmektedir.

Karşılıklı etki diyagramları, değişen oranlarda eksenel yük ve momentlere sahip kolonların taşıma kapasitelerini incelemek için kullanışlıdır. Eğri içinde kalan herhangi bir yük birleşimi tatmin edici olurken, eğri dışına düşen herhangi bir M , N birleşimi kapasite yetersizliğini ya da göçmeyi temsil eder.

Bir kolon sadece eksenel yük ile yüklenirse, yük taşıma kapasitesi diyagramdaki A noktasında sona erer (Şekil 9). Eğri üzerinde A noktasından hareketle, eğilme momenti arttıkça, eksenel yük kapasitesi azalır. Eğrinin en alt C noktası, sadece eğilme momentine maruz kalan kolonun eğilme momenti taşıma kapasitesini temsil eder. A ve C uç noktaları arasında, kolon eksenel yük ve eğilme momenti birleşimi nedeniyle taşıma kapasitesini kaybeder. B noktasına denge noktası denir ve bu nokta teorik olarak betondaki nihai kısalma ile donatıdaki akma uzamasının eşzamanlı meydana geldiği dengeli yükleme durumunu gösterir.

Eğri üzerindeki D noktasına bakalım. Bu noktadan çizilen yatay ve dikey kesik çizgiler, kolonun taşıma kapasitesini kaybedeceği eksenel yük ve moment birleşimini gösterir. O noktasından karşılıklı etki diyagramı üzerindeki herhangi bir noktaya (bu durumda D noktasına) radyal bir çizgi çizilirse bu, sabit bir eksantrisiteyi, yani moment ile eksenel yükün sabit bir oranını temsil edecektir.

Eğilmenin baskın olduğu B'den C'ye eğrinin alt kısmının şekline biraz şaşırmış olabilirsiniz. Eğri üzerindeki A'dan B'ye, eksenel yük azaldıkça moment kapasitesi artar, fakat B'den C'ye kadar eksenel yük azaldıkça moment kapasitesi de azalır. Ancak bu noktada biraz düşünülürse, sonuçların oldukça mantıklı olduğu anlaşılır. Eğrinin B'den C'ye kadar olan kısmı, göçmede çekmenin etkin olduğu bölgeyi temsil etmektedir. Bu aralıktaki herhangi bir eksenel basınç yükü, çekme çubuklarındaki gerilmeleri azaltma eğilimindedir ve sonuçta kolon daha büyük bir momente karşı direnç gösterilebilir.



Şekil 9. Kolon karşılıklı etki diyagramı

Bu bölümdeki N_r ve M_r değerleri sadece dikdörtgen kesitli kolonlar için elde edilmiştir. Aynı teori dairesel kolonlar için de kullanılabilir, ancak çubukların dairesel düzenlenmesi nedeniyle donatı mesafelerinin hesaplanması oldukça sıkıcı ve hesaplama da biraz karmaşık olacaktır.

5 Kolon Karşılıklı Etki Diyagramları ile İlgili Yönetmelik Koşulları

Karşılıklı etki diyagramlarının üst kısmı, yönetmeliklerde verilen sınır değerler göz önüne alınarak yatay bir çizgi ile sınırlandırılır. Yönetmeliklerde verilen bazı sınır değerler aşağıda sıralanmıştır.

$$N_d \leq 0.9 \cdot f_{cd} A_c \quad TS - 500$$

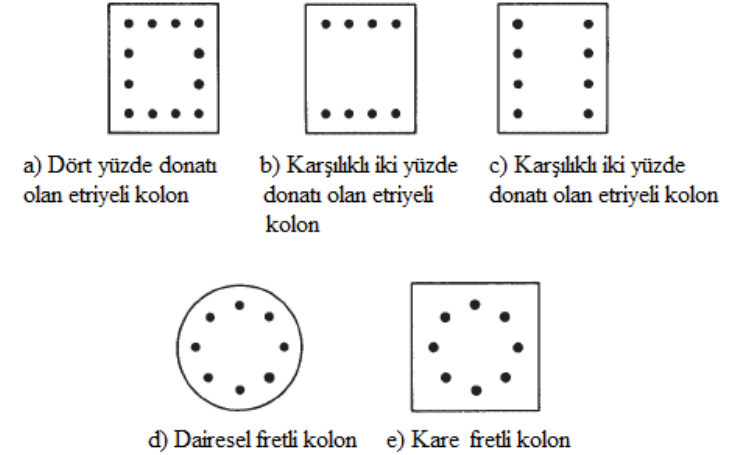
$$N_d \leq 0.4 \cdot f_{ck} A_c \quad TBDY - 2018$$

$$0.01 \leq \rho \leq 0.04 \quad Donatı oranı$$

$$M_d \geq (15 + 0.03h) \cdot N_d \quad \text{min eksenrisite}$$

6 Eksantrik Yüklü Kolonların Karşılıklı Etki Diyagramıyla Tasarım ve Analizi

Kolon karşılıklı etki diyagramları, önceki bölümlerde açıklandığı gibi hazırlandıysa, her bir farklı kolon kesiti, her bir farklı beton ve çelik kaliteleri seti ve her bir farklı çubuk düzenlemesi için farklı bir karşılıklı etki diyagramının çizilmesi gerekir. Sonuç olarak pek çok sayıda diyagram ortaya çıkar. Bununla birlikte, diyagramlar (N_r yerine) $n = N_d / (f_{cd} A)$ ordinatları ve (M_r yerine) $m = N_d e / (f_{cd} A h)$ absisi ile çizilirse, sayı çok azaltılabilir. Ortaya çıkan normalleştirilmiş karşılıklı etki diyagramları, geniş çapta değişen boyutlara sahip olan kesitler için kullanılabilir. Betonarme kitaplarında bulunan karşılıklı etki diyagramlarından örnekler Şekil 10'da gösterilmiştir. Buradaki örnek problemlerin çözümünde karşılıklı yüzlerde ve yükseklik ortasında donatı olan dikdörtgen kesit için hazırlanmış excel tablosu kullanılmaktadır.



Şekil 10. Normalleştirilmiş karşılıklı etki diyagramları hazırlanan kolon kesitleri

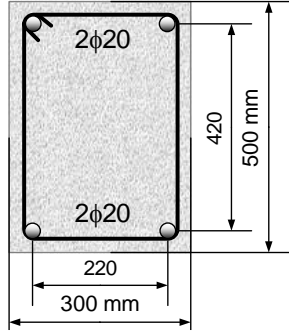
Dikkat

Kullanılan karşılıklı etki diyagramının sağ üstündeki kolon resminin, tasarımı (analizi) yapılan kolona uygun olduğundan emin olun. Diğer bir deyişle, donatı planına göre çubuklar kolonun iki yüzünde mi? dört yüzünde mi? Yanlış diyagram seçilirse, cevaplar oldukça hatalı olabilir. Kolon boyutlarını seçmek için çeşitli yöntemler mevcut olsa da, deneme-yanılma yöntemi en az diğerleri kadar iyidir. Bu prosedürle tasarımcı, genellikle TBDY-2018'de verilen $A_c > N_d / (0.4 f_{ck})$ bağıntısıyla makul bir kolon büyüklüğü tahmin eder ve daha sonra karşılıklı etki diyagramından bu kolon boyutu için gerekli olan donatı oranını belirler. Belirlenen ρ 'nun makul olmayan derecede büyük veya küçük olduğu hissedilirse, başka bir kolon boyutu seçilebilir ve gerekli yeni ρ diyagramdan seçilir, vb. Bu bağlamda, ρ 'nun %4 veya %5'ten daha büyük olduğu kolonların seçimi, donatının, özellikle ekleme bölgelerinde tıkanıklıklara yol açması ve sonuç olarak betonun kalıplara yerleştirilmesinde ve sıkıştırılmasında zorluk çıkarmaktadır.

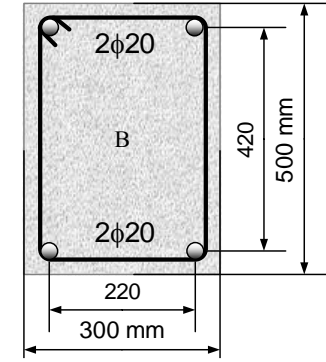
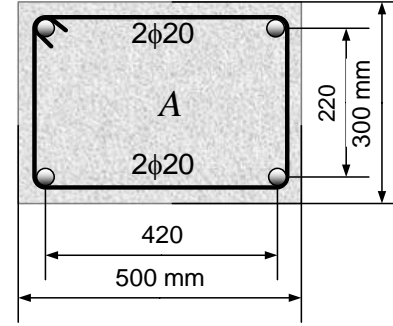
Kısa Kolonlar

Şekildeki etriyeli kısa kolonda karşılıklı kenarlarda $2\Phi 20$ (628 mm^2) donatı bulunmaktadır. Malzeme sınıfı C20/25, C30/37 ve B420C. Beton kalitesinin kolon taşıma kapasitesine etkisi.

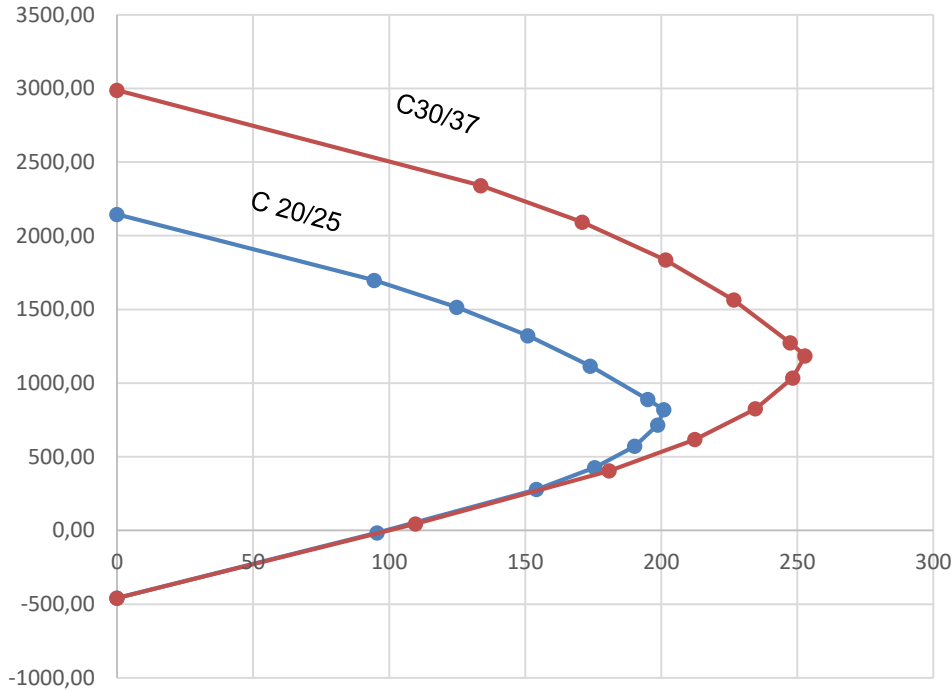
Problem Betonarme Yapılar Zekai Celep, sayfa 174'den alınmıştır.



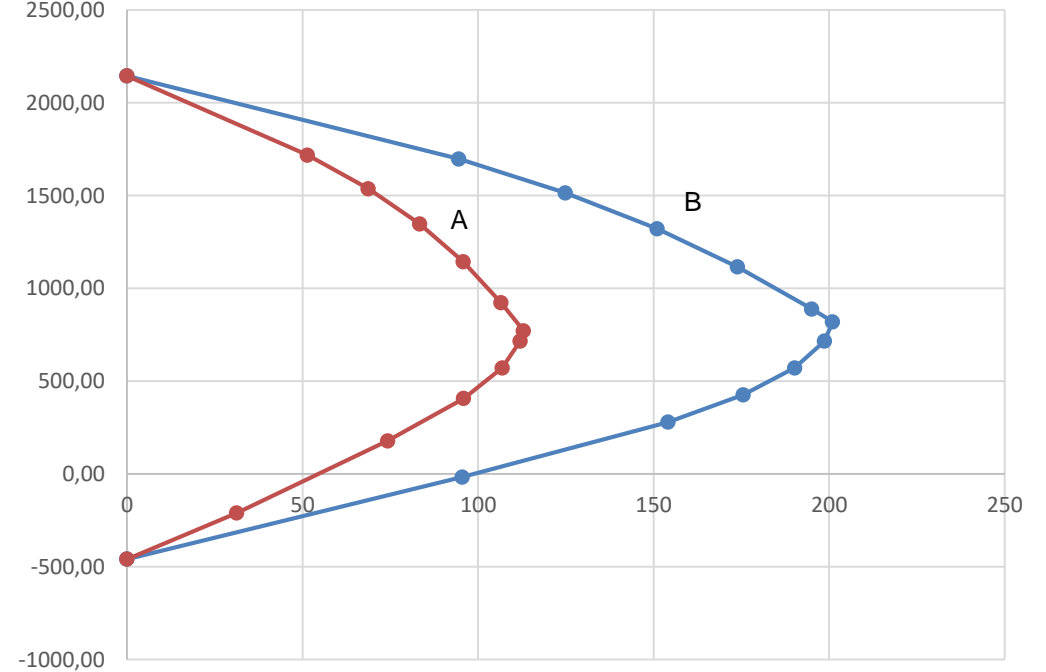
Şekildeki etriyeli kısa kolonda karşılıklı kenarlarda $2\Phi 20$ (628 mm^2) donatı bulunmaktadır. Malzeme sınıfı C20/25, B420C. Eğilme momentinin etkidiği eksene göre taşıma kapasitesindeki değişim karşılıklı etki diyagramında gösterilmiştir. Problem Betonarme Yapılar Zekai Celep, sayfa 177'den alınmıştır.



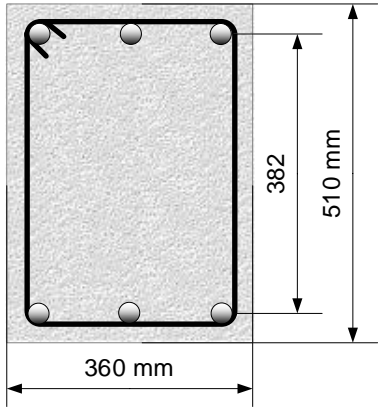
karşılıklı etki diyagramı



karşılıklı etki diyagramı



Örnek 1. Şekil'deki etriyeli kısa kolon 360-mm × 510-mm'lik boyutlara sahiptir. Karakteristik eksenel yük ile moment değerleri $N_G = 550$ kN, $N_Q = 620$ kN, $M_G = 100$ kN-m ve $M_Q = 120$ kN-m olarak bilinmektedir. Malzeme sınıfı C30/37, B420C olarak bilindiğine göre, geliştirdiğiniz karşılıklı etki diyagramını kullanarak karşılıklı yüzlerine yerleştirilecek donatı çubuklarını seçiniz.



$$N_d = 1.4 \cdot 550 + 1.6 \cdot 620 = 1762 \text{ kN}$$

$$M_d = 1.4 \cdot 100 + 1.6 \cdot 120 = 332 \text{ kNm}$$

$$e = \frac{M_d}{N_d} = \frac{332}{1762} = 0.188 \text{ m}$$

$$A_c > \frac{N_d}{0.4 f_{ck}} = \frac{1762000}{0.4 \cdot 30} = 146833 \text{ mm}^2$$

$$A_{\text{seçilen}} = 360 \times 510 = 183600 \text{ mm}^2$$

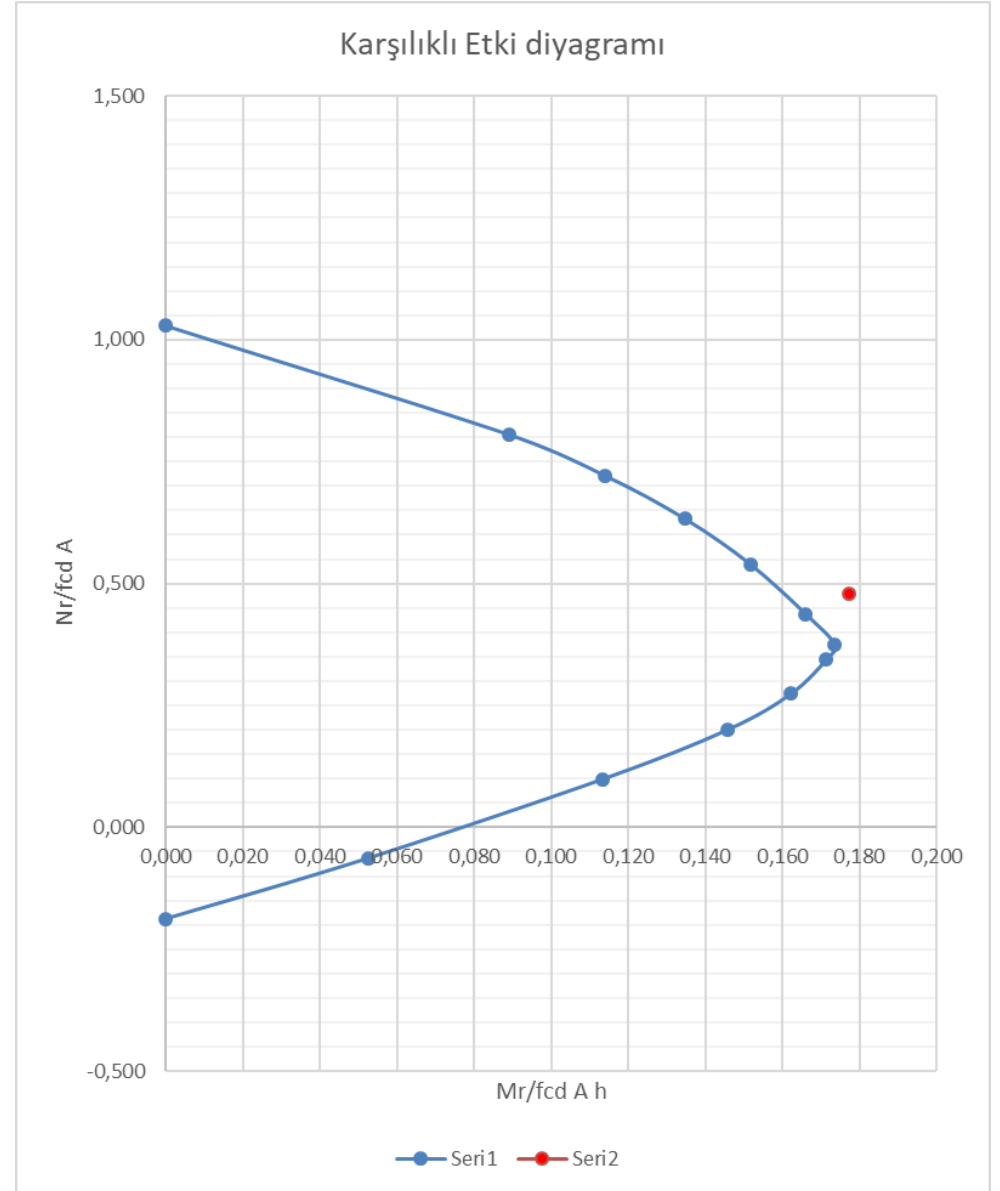
$$A_s = A'_s = 0.005 \cdot 360 \cdot 510 = 918 \text{ mm}^2$$

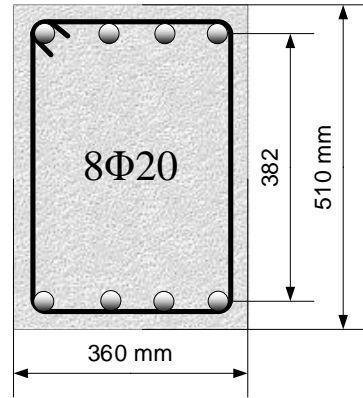
$$\text{seçilen donatı } 3 \phi 20 \text{ (942 mm}^2\text{)}$$

Yönetmelikte minimum donatı oranı %1 olarak verilmiştir. Karşılıklı kolon yüzlerine yerleştirilecek donatı 3Φ20 alındığında kolonun eksenel kuvvet ve bir eksenli moment taşıma kapasitesi yetersiz kalmaktadır. Eğer 4Φ20 (1257 mm²) donatı seçilirse kolon yeterli kapasiteye ulaşmaktadır.

KOLONLAR İÇİN EKSENEL BASMA VE ÇEKME KAPASİTESİ

| | | | | | |
|------------|---------|-------------------|-------------------|----------|---------------------|
| $f_{ck} =$ | 30 | N/mm ² | $f_{cd} =$ | 20 | |
| $f_{yk} =$ | 420 | N/mm ² | $f_{yd} =$ | 365 | |
| $b =$ | 360 | mm | $k_1 =$ | 0,82 | |
| $h =$ | 510 | mm | $k_3 =$ | 0,85 | |
| $d' =$ | 64 | mm | $c_b =$ | 277,24 | |
| $A_{s1} =$ | 942 | mm ² | $d =$ | 446 | $A_{s1} = 3\Phi 20$ |
| $A_{s2} =$ | 0 | mm ² | $\epsilon_{sd} =$ | 0,001826 | $A_{s2} = \Phi 20$ |
| $A_{s3} =$ | 942 | mm ² | $E_s =$ | 2,00E+05 | $A_{s3} = 3\Phi 20$ |
| $N_r =$ | 3777,24 | kN | Basma | $M_d =$ | 332 |
| $N_r =$ | 688,07 | kN | Çekme | $N_d =$ | 1762 |





seçilen donatı 8 ϕ 20 (2514 mm²)

$$A_{s1} = 1257 \text{ mm}^2 \quad 4 \phi 20$$

$$A_{s2} = 0 \text{ mm}^2$$

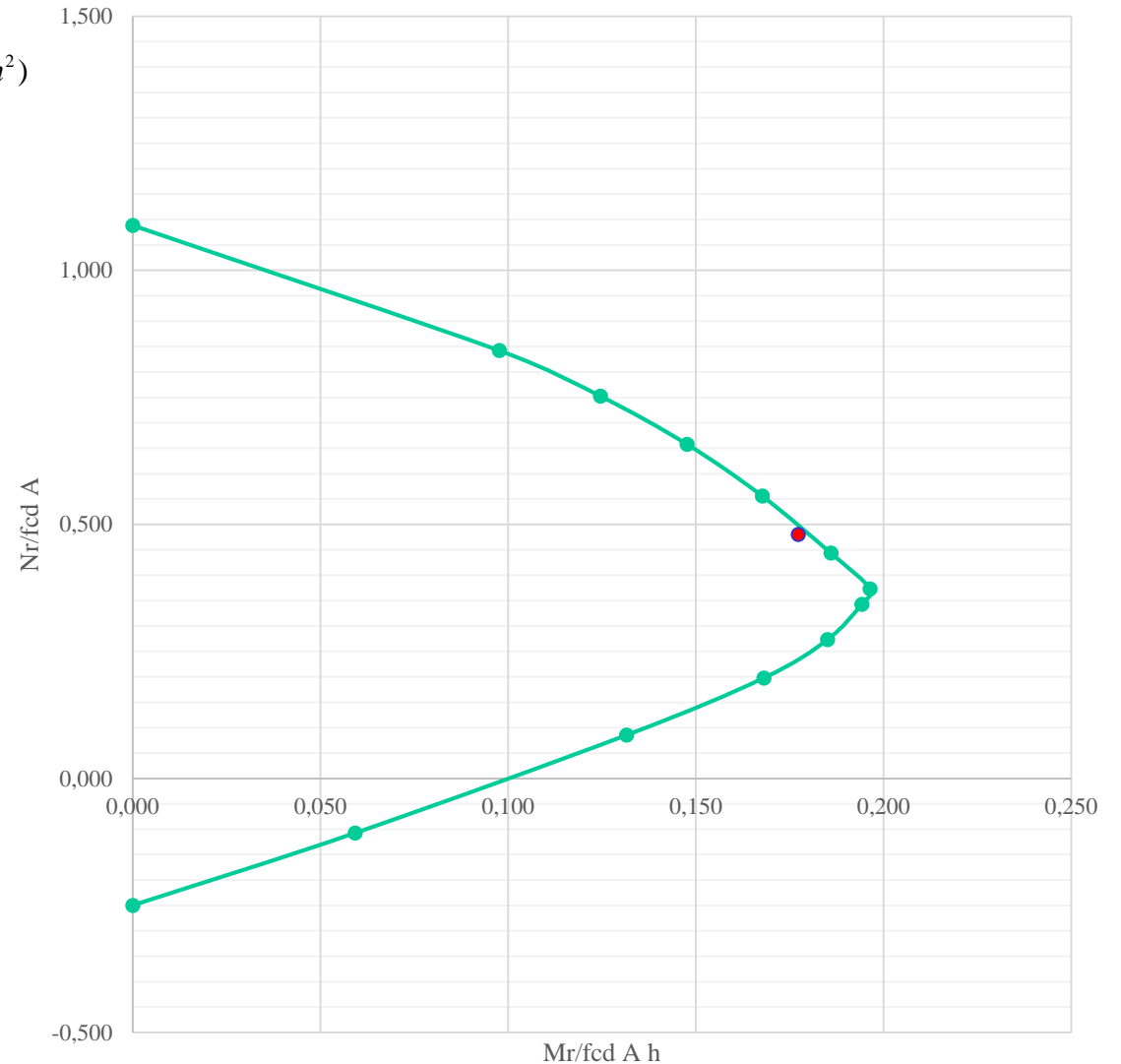
$$A_{s3} = 1257 \text{ mm}^2 \quad 4 \phi 20$$

$$\rho = 2513 / (360 * 510) = 0.0137$$

KOLONLAR İÇİN EKSENEL BASMA VE ÇEKME KAPASİTESİ

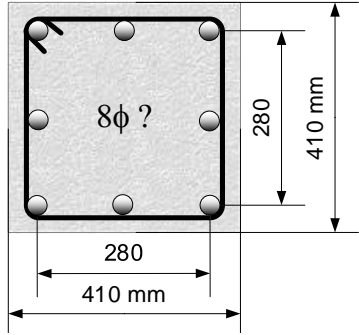
| | | | | | |
|------------|---------|-------------------|-------------------|----------|----------------------|
| $f_{ck} =$ | 30 | N/mm ² | $f_{cd} =$ | 20 | |
| $f_{yk} =$ | 420 | N/mm ² | $f_{yd} =$ | 365 | |
| $b =$ | 360 | mm | $k_1 =$ | 0,82 | |
| $h =$ | 510 | mm | $k_3 =$ | 0,85 | |
| $d' =$ | 64 | mm | $c_b =$ | 277,24 | |
| $A_{s1} =$ | 1257 | mm ² | $d =$ | 446 | $A_{s1} = 4 \Phi 20$ |
| $A_{s2} =$ | 0 | mm ² | $\epsilon_{sd} =$ | 0,001826 | $A_{s2} = \Phi 20$ |
| $A_{s3} =$ | 1257 | mm ² | $E_s =$ | 2,00E+05 | $A_{s3} = 4 \Phi 20$ |
| $N_r =$ | 3996,62 | kN | Basma | $M_d =$ | 332 |
| $N_r =$ | 918,16 | kN | Çekme | $N_d =$ | 1762 |

Karşılıklı Etki diyagramı



● Seri1 ● Seri2

Örnek 2. Şekil'deki etriyeli kare kesitli kısa kolon 410-mm × 410-mm'lik boyutlara sahiptir. Tasarım aksenal yükü ile moment değerleri $N_d = 2700$ kN, ve $M_d = 110$ kN-m dir. Malzeme sınıfı C25/30, B420C denetim iyi olarak bilindiğine göre, geliştirdiğiniz karşılıklı etki diyagramını kullanarak kolonun dört yüzüne düzgün olarak yerleştirilecek donatı çubuklarını seçiniz.



$$A_c > \frac{N_d}{0.4 f_{ck}} = \frac{27000000}{0.4 \cdot 25} = 270000 \text{ mm}^2$$

$$A_{\text{seçilen}} = 410 \times 410 = 168100 \text{ mm}^2$$

kesit yetersiz Büyütelim

$$A_{\text{seçilen}} = 520 \times 520 = 270400 \text{ mm}^2$$

$$A_s = 0.01 \cdot 520 \cdot 520 = 2704 \text{ mm}^2$$

seçilen donatı 8 ϕ 22 (3040 mm^2)

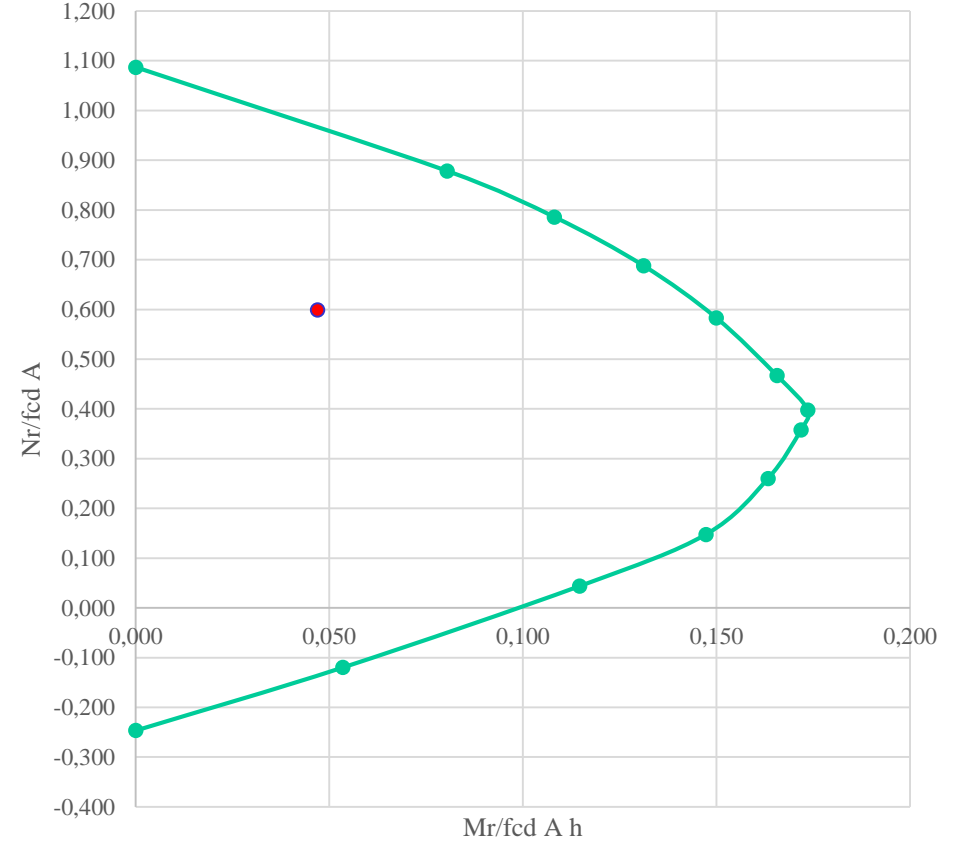
kullanalım

TBDY-2018'e göre kolon kesiti yetersizdir, büyütülmelidir. Yönetmelikte minimum donatı oranı %1 olarak verilmiştir. Karşılıklı kolon yüzlerine yerleştirilecek donatı 8 ϕ 22 (3040 mm^2) alındığında kolonun aksenal kuvvet ve bir aksenli moment taşıma kapasitesi fazlasıyla yeterlidir.

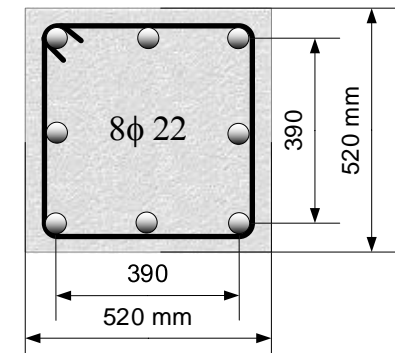
KOLONLAR İÇİN EKSENEL BASMA VE ÇEKME KAPASİTESİ

| | | | | | |
|------------|---------|-------------------|-------------------|----------|---------------------|
| $f_{ck} =$ | 25 | N/mm ² | $f_{cd} =$ | 16,66667 | |
| $f_{yk} =$ | 420 | N/mm ² | $f_{yd} =$ | 365 | |
| $b =$ | 520 | mm | $k_1 =$ | 0,85 | |
| $h =$ | 520 | mm | $k_3 =$ | 0,85 | |
| $d' =$ | 65 | mm | $c_b =$ | 282,84 | |
| $A_{s1} =$ | 1140 | mm ² | $d =$ | 455 | $A_{s1} = 3\phi 22$ |
| $A_{s2} =$ | 760 | mm ² | $\epsilon_{sd} =$ | 0,001826 | $A_{s2} = 2\phi 22$ |
| $A_{s3} =$ | 1140 | mm ² | $E_s =$ | 2,00E+05 | $A_{s3} = 3\phi 22$ |
| $N_r =$ | 4897,86 | kN | Basma | $M_d =$ | 110 |
| $N_r =$ | 1110,26 | kN | Çekme | $N_d =$ | 2700 |

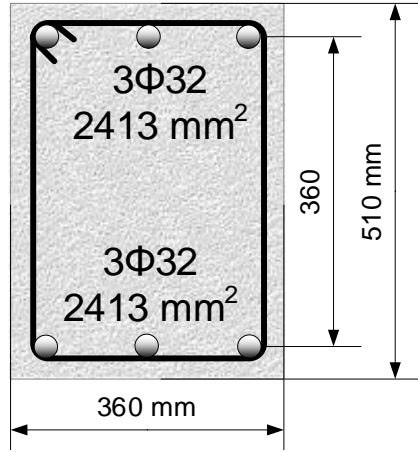
Karşılıklı Etki diyagramı



—●— Seri1 —●— Seri2



Örnek 3. Toplam 6 $\Phi 32$ (4826 mm²) donatıya sahip şekil'deki etriyeli kısa kolon 360-mm × 510-mm'lik boyutlara sahiptir. Malzeme sınıfı C35/45, B420C. Eksantrisite $e_x=255$ mm olarak bilindiğine göre kolonun eksenel kuvvet kapasitesini hesaplayınız. Malzeme sınıfı C35/45, B420C denetim iyi.



$$\frac{e}{h} = \frac{255}{510} = 0.5$$

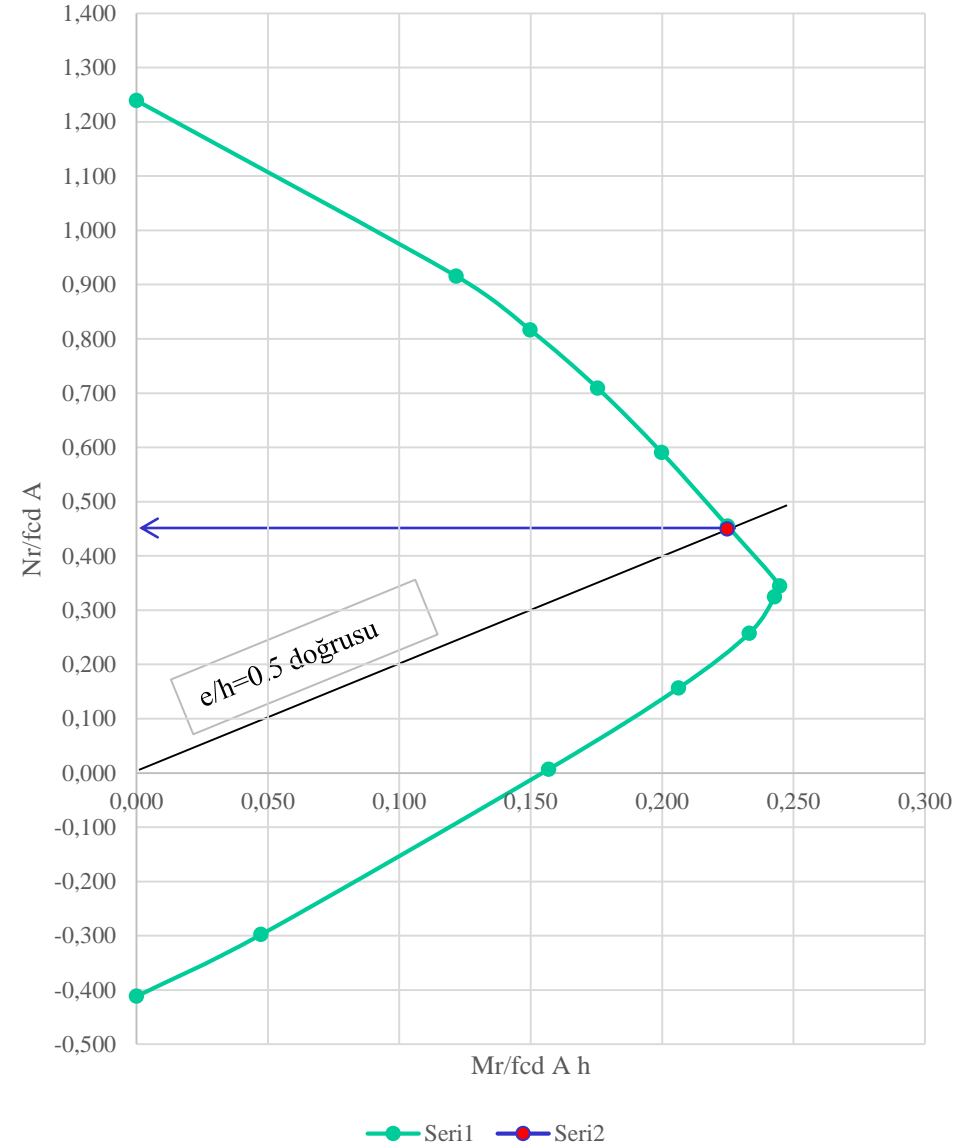
$$\frac{N_d}{23.33 \cdot 360 \cdot 510} = 0.45$$

$$N_d = 1927 \text{ kN}$$

$$M_{xd} = 1927 \cdot 0.255 = 491 \text{ kNm}$$

| KOLONLAR İÇİN EKSENEL BASMA VE ÇEKME KAPASİTESİ | | | | | |
|---|---------|-------------------|-------------------|----------|---------------------|
| $f_{ck} =$ | 35 | N/mm ² | $f_{cd} =$ | 23,33333 | |
| $f_{yk} =$ | 420 | N/mm ² | $f_{yd} =$ | 365 | |
| $b =$ | 360 | mm | $k_1 =$ | 0,79 | |
| $h =$ | 510 | mm | $k_3 =$ | 0,85 | |
| $d' =$ | 75 | mm | $c_b =$ | 270,41 | |
| $A_{s1} =$ | 2413 | mm ² | $d =$ | 435 | $A_{s1} = 3\Phi 32$ |
| $A_{s2} =$ | 0 | mm ² | $\epsilon_{sd} =$ | 0,001826 | $A_{s2} = \Phi$ |
| $A_{s3} =$ | 2413 | mm ² | $E_s =$ | 2,00E+05 | $A_{s3} = 3\Phi 32$ |
| $N_r =$ | 5308,22 | kN | Basma | $M_d =$ | 491 |
| $N_r =$ | 1762,54 | kN | Çekme | $N_d =$ | 1927 |

Karşılıklı Etki diyagramı



Kısa Kolonlar

Bu problemin çözümü. Betonarme 2000 programı ile $N_d = 1927$ kN $M_{xd} = 491$ kNm ve $M_{yd} = 10$ kNm ve Paspayları 60 mm girilerek kontrol edilmiştir. Gerekli donatı alanı 4783 mm² olarak hesaplanmaktadır. Paspayları 75 mm girildiğinde donatı alanı yetersiz uyarısı alınmaktadır.

Kolon boyuna donatı hesabı C:\Betonarme2000\test.bet

Örnek01

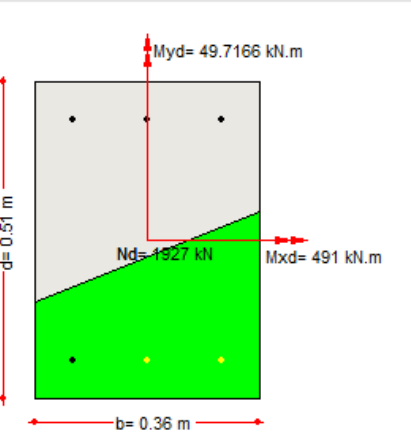
Normal boyut x 1.2

Kuvvetler Ölçüler Alan-stalet Sesli mesaj Yazılı Mesaj **ÇİZİMİ YENİLE**

Ac=0.1836 m², Xg=0.18 m, Yg=0.255 m
bxg=0.00397953 m⁴, lyg=0.00198288 m⁴, bxgy=0 m⁴

Malzeme:C35/45-B420C (fcd=23.33 N/mm², fyd=365.22 N/mm², Gmc=1.5, k1=0.79)

Hesaplanan Ast=4783 mm²
Seçilen: 6Ø32(4825 mm²), Seçilen oranı= 0.0263
UYARI: Myd=49.7166 kN.m (Min moment)



Kesit | Koordinatlar | Karakteristik kuvvetler | Tasarım kuvvetleri

Örnek01

| Adı | Kesit tipi | b | d | Px | Py |
|-----------|------------|------|------|------|------|
| KOLON? | Halka | 1.5 | 1.5 | 0.04 | 0.04 |
| ▶ Örnek01 | Dikdörtgen | 0.36 | 0.51 | 0.06 | 0.06 |
| Örnek02 | TekÇok | 0.35 | 0.7 | 0.04 | 0.07 |
| Örnek03 | Daire | 0.51 | 0.51 | 0.06 | 0.04 |
| Örnek04 | Sekizgen | 0.5 | 0.5 | 0.05 | 0.04 |
| Örnek05 | Halka | 1.92 | 1.92 | 0.04 | 0.04 |
| Örnek06 | Kutu | 0.84 | 1 | 0.04 | 0.04 |
| Örnek07 | LITC | 0.6 | 0.8 | 0.04 | 0.04 |
| Örnek08 | LITC | 1.4 | 1.2 | 0.04 | 0.04 |
| Örnek09 | Çokgen | 0.75 | 0.45 | 0.04 | 0.04 |
| Örnek10 | Çokgen | 0.6 | 0.3 | 0.04 | 0.04 |
| Örnek11 | Çokgen | 1.6 | 1.4 | 0.04 | 0.04 |
| Örnek12 | Çokgen | 0.9 | 0.9 | 0.04 | 0.04 |
| Örnek13 | Çokgen | 0.75 | 0.55 | 0.04 | 0.04 |
| Örnek14 | Çokgen | 4.6 | 2.4 | 0.04 | 0.04 |
| Örnek15 | Kutu | 8 | 4 | 0.05 | 0.05 |
| Örnek16 | Dikdörtgen | 0.6 | 0.6 | 0.05 | 0.05 |

Tasarım kuvvetleri:

| Normal Nd (kN) | Moment Mxd (kN.m) | Moment Myd (kN.m) | Kesme Vd (kN) | Burulma Mbd (kN.m) |
|----------------|-------------------|-------------------|---------------|--------------------|
| 1927 | 491 | 10 | 0 | 0 |

Tasarım üçlüsü
 Tek Çok

Rapor Hesapla

İterasyon bilgileri (programcı için):

YAKINSADI:
Pas:=1 İter=35
a=0.754347074703381
c=0.299767002341354
t=0.278577065503026
Ast=4782.59335704183
Esi=0.00233712418518319
Gerilme=365217.391304348
Eps=0.000506229351834361

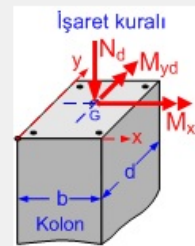
Çaplar | Malzeme | Yük birleşimleri | Birimler

Boyuna çelik çapları(mm)

| | |
|-----------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> 14 | <input checked="" type="checkbox"/> 28 |
| <input type="checkbox"/> 16 | <input type="checkbox"/> 30 |
| <input type="checkbox"/> 18 | <input type="checkbox"/> 32 |
| <input type="checkbox"/> 20 | <input type="checkbox"/> 40 |
| <input type="checkbox"/> 22 | <input type="checkbox"/> 50 |
| <input type="checkbox"/> 24 | |
| <input type="checkbox"/> 25 | |
| <input type="checkbox"/> 26 | |

Sadece seçili çaplar kullanılır

İşaret kuralı



Kolon

Simetrik kesitlerde momentin işareti donatı alanını

Kesit tipi ve donatı planları:

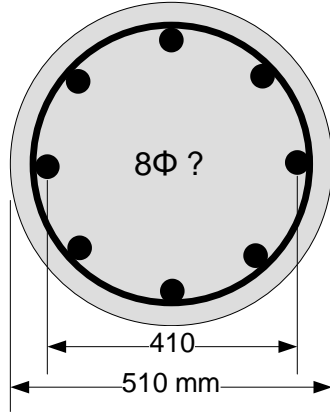
Donatı aralığı:

b kenarında 0.12 m
d kenarında 0.3 m
Toplam çubuk sayısı: 6

HATA veya UYARI bildimi:

UYARI: Myd=49.7166 kN.m (Min moment)
UYARI: Donatı aralığı alt-üst sınırlar dışında

Örnek 4. Şekil'deki dairesel kesitli 510-mm çaplı fretli kolonda Tasarım eksenel yükü ile tasarım momenti değerleri $N_d = 2225$ kN, $M_d = 305$ kN-m olarak bilinmektedir. Malzeme sınıfı C30/37, B420C olarak bilindiğine göre, karşılıklı etki diyagramını kullanarak donatı hesap ve çizimini yapınız.



Ders notlarının sonunda verilen U. Ersoy karşılıklı etki diyagramları kullanılarak

$$\frac{N_d}{f_{cd}A_c} = \frac{2225 \cdot 10^3}{20 \cdot 204282} = 0.545$$

$$\frac{M_d}{f_{cd}A_c h} = \frac{305 \cdot 10^6}{20 \cdot 204282 \cdot 510} = 0.146$$

$$\frac{d}{h} = 0.75 \text{ ve } 0.85 \text{ diyagramlarından}$$

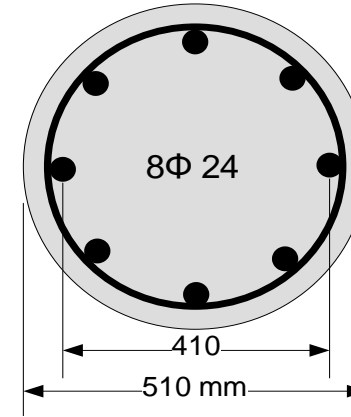
$$\rho_m = 0.32 \text{ okundu}$$

$$A_{st} = 0.32 \frac{20}{365} 204282 = 3582 \text{ mm}^2$$

$$\text{seçilen } 8\phi 24 \text{ (3619 mm}^2\text{)}$$

Küçük moment etkisindeki eksenel yüklü kolon excel tablosu ile kapasite kontrolü ve fret hesabı

| Dairesel Kolonların Taşıma Kapasitesi TS 500 | | | | Fret tasarımı | | | |
|---|--------|-----------------|----------------------------|----------------------|--|------------------|----------|
| $N_d =$ | 2225 | kN | | $c_c =$ | 40 | mm. | |
| $f_{ck} =$ | 30 | Mpa | $f_{cd} =$ | 20,00 | fret çapı = | 410 mm. | |
| $f_{yk} =$ | 420 | Mpa | $f_{yd} =$ | 365,22 | $\rho_s =$ | 0,0175916 | |
| donatı % | 2 | % | TBDY 2018'e göre min boyut | | | Φ | 10 12 14 |
| $A_g =$ | 109231 | mm ² | TBDY $A_c =$ | 185417 | s | 42 61 82 | |
| TS 500 $A_c =$ | 123611 | | seçilen $A_c =$ | 185417 | Fret net aralığı 80 mm den büyük olamaz. | | |
| çap = | 397 | mm. | $b =$ | 430,60 | | | |
| seçilen $D =$ | 510 | mm. | seçilen $b =$ | 510 | | | |
| $A_s =$ | 2043 | mm ² | $A_s =$ | 2043 | | | |
| Çubuk sayısı | | Donatı çapı | | | | | |
| Seçilen | 8 | Φ | 24 | $A_{st} =$ | 3619,12 | mm ² | |
| | | | | Donatı alanı yeterli | | | |
| Donatı oranı. | | | | $\rho =$ | 0,0177 | | |
| $N_r = 0.85(0.85f_{cd}A_{cn} + A_s f_{yd}) =$ | | | | 4023,1 | kN | kapasite yeterli | |

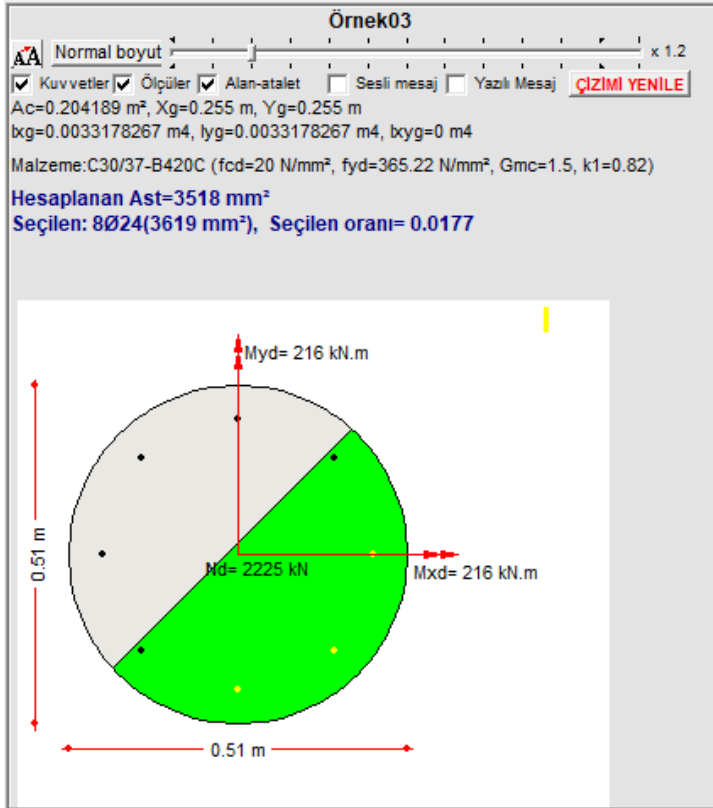


Fret
 Φ 12/60 mm

Kısa Kolonlar

Bu problemin çözümü. Betonarme 2000 programı ile $N_d = 2225$ kN $M_{xd} = 216$ kNm ve $M_{yd} = 216$ kNm ve Paspayları 50 mm girilerek kontrol edilmiştir. Gerekli donatı alanı 3518 mm² olarak hesaplanmaktadır.

Kolon boyuna donatı hesabı C:\Betonarme2000\test.bet



Kesit | Koordinatlar | Karakteristik kuvvetler | Tasarım kuvvetleri

Örnek03

| Adı | Kesit tipi | d | Px |
|---------------|------------|------|-------|
| KOLON? | Halka | 1.5 | 0.04 |
| Örnek01 | Dikdörtgen | 0.63 | 0.065 |
| Örnek02TekÇok | Dikdörtgen | 0.7 | 0.04 |
| ▶ Örnek03 | Daire | 0.51 | 0.05 |
| Örnek04 | Sekizgen | 0.5 | 0.05 |
| Örnek05 | Halka | 1.92 | 0.04 |
| Örnek06 | Kutu | 1 | 0.04 |
| Örnek07 | LITC | 0.8 | 0.04 |
| Örnek08 | LITC | 1.2 | 0.04 |
| Örnek09 | Çokgen | 0.45 | 0.04 |
| Örnek10 | Çokgen | 0.3 | 0.04 |
| Örnek11 | Çokgen | 1.4 | 0.04 |
| Örnek12 | Çokgen | 0.9 | 0.04 |
| Örnek13 | Çokgen | 0.55 | 0.04 |
| Örnek14 | Çokgen | 2.4 | 0.04 |
| Örnek15 | Kutu | 4 | 0.05 |
| Örnek16 | Dikdörtgen | 0.6 | 0.05 |

Tasarım kuvvetleri:

| Normal Nd (kN) | Moment Mxd (kN.m) | Moment Myd (kN.m) | Kesme Vd (kN) | Burulma Mbd (kN.m) |
|----------------|-------------------|-------------------|---------------|--------------------|
| 2225 | 216 | 216 | 0 | 0 |

Tasarım üçlüsü

Tek Çok

Rapor Hesapla

İterasyon bilgileri (programcı)

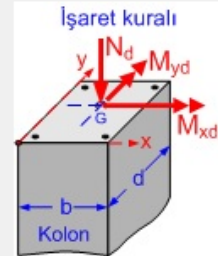
YAKINSADI:
Pas=1 İter=6
a=0.528843202045638
c=0.528837887247471
t=0.268322276867996
Ast=3518.27926477387
Esi=0.00254159601866021
Gerilme=365217.39130434
Eps=0.0900407457069405

Çaplar | Malzeme | Yük birleşimleri | Birimler

Boyuna çelik çapları(mm)

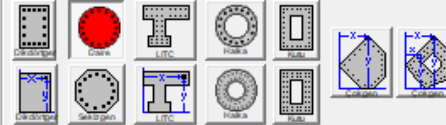
| | |
|--|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> 14 | <input checked="" type="checkbox"/> 28 |
| <input checked="" type="checkbox"/> 16 | <input checked="" type="checkbox"/> 30 |
| <input checked="" type="checkbox"/> 18 | <input checked="" type="checkbox"/> 32 |
| <input checked="" type="checkbox"/> 20 | <input checked="" type="checkbox"/> 40 |
| <input checked="" type="checkbox"/> 22 | <input checked="" type="checkbox"/> 50 |
| <input checked="" type="checkbox"/> 24 | |
| <input type="checkbox"/> 25 | |
| <input checked="" type="checkbox"/> 26 | |

Sadece seçili çaplar kullanılır



Simetrik kesitlerde momentin

Kesit tipi ve donatı planları:



Donatı aralığı:

Donatı aralığı m

Toplam çubuk sayısı: 8

Max itirasyon

Tolerans

HATA veya UYARI bildimi:

7 Kolonlarda Kesme Kuvveti

Yanal yer değiştirmesi engellenmiş yapıların iç kolonlardaki kesme kuvvetleri genellikle oldukça küçüktür ve normalde tasarımda dikkate alınmaz. Bununla birlikte, yanal yer değiştirmesi engellenmiş bile olsa dış kolonlardaki kesme kuvvetleri, özellikle çift eğrilikle eğilmiş kolonlarda büyük olabilir. Amerikan yönetmeliğinde eksenel basma ve kesme kuvveti etkisindeki kolonda beton tarafından taşınabilecek kesme kuvveti için aşağıdaki denklem verilmektedir.

$$V_c = 0.17 \left(1 + \frac{N_d}{14A_c} \right) (\lambda \sqrt{f_{cd}}) b_w d \quad (\text{ACI denklem } 22.5.6.1)$$

Bu denklemlerde, N_d ve V_d tasarım eksenel kuvveti ile tasarım kesme kuvvetidir. N_d/A_c değeri kolondaki ortalama eksenel gerilme olup MPa cinsinden ifade edilir. V_d , $V_c/2$ 'den büyükse, daha sık etriye aralığı kullanılacaktır.

8 İki Eksenli Eğilme

Kolonların her iki yöndeki çerçevenin bir parçası olarak tek seferde betonlanması en yaygın karşılaşılan durumdur. Birçok kolon gibi köprü ayakları da hemen her zaman iki eksenli eğilmeye maruz kalır. Dairesel kolonlar polar simetriye sahiptir ve bu nedenle her yönde aynı kapasiteye sahiptir. Bu nedenle tasarım, moment yönlerinden bağımsızdır. Eğer hem x hem de y eksenleri etrafında eğilme varsa, bileşke moment, bu iki momenti veya eksantrikliklerini aşağıdaki bağıntıları kullanarak hesaplayabiliriz:

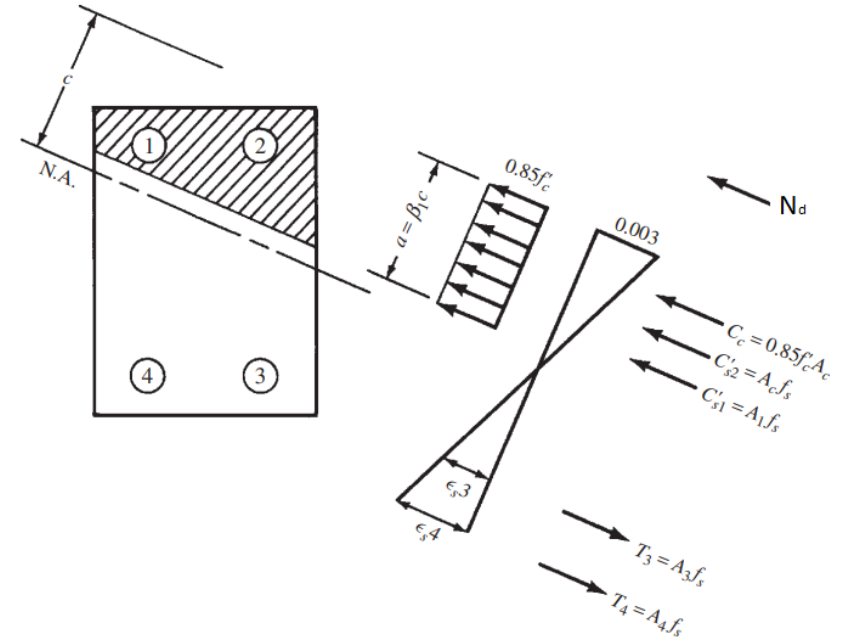
$$M_d = \sqrt{M_{dx}^2 + M_{dy}^2}$$

$$e = \sqrt{e_x^2 + e_y^2}$$

Dairesel olanlar dışındaki şekiller için, üç boyutlu karşılıklı etki yüzeylerini dikkate almak gerekir. Mümkünse, iki eksenli eğilme etkisindeki kolonların daireSEL şekilde yapılması tercih edilir. Kare veya dikdörtgen kolonların kullanılması gerekli olduğunda donatı, çevreye muntazam bir şekilde yerleştirilmelidir.

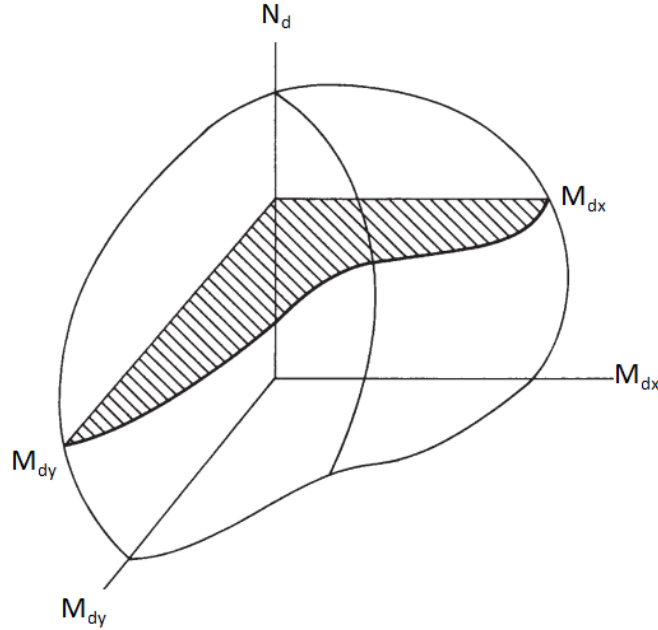
İki eksenli eğilme etkisindeki bir kolon için N_d 'yi, örnek 2'de yapıldığı gibi, statik denklemler kullanarak belirleyebileceğinizi düşünebilirsiniz. Böyle bir prosedür, doğru olsa da, kolon basma bölgesi şeklinin çok karmaşık olması nedeniyle pratik değildir. Bununla birlikte, bu tür bir çözüm hakkında Şekil 11'e atıfla birkaç yorum yapılabilir.

Tarafsız eksen için varsayılan bir konum seçilir ve Şekil 11'de gösterildiği gibi uygun bir şekil değişimi çizilir. Denge denklemlerinde, $C_c = 0.85f_{cd}$ çarpı taralı alan A_c ile ve her bir çubuk kuvveti de, enkesit alanı çarpı gerilme olarak yazılır. Denklemlerin çözümü, tarafsız eksenini oluşturacak yükü verir, ancak tasarımcı genellikle yükler ve eksantriklikleri bilirken tarafsız eksenin konumunu bilmez. Ayrıca, tarafsız eksen muhtemelen sonuçta meydana gelen bileşke eksantrisiteye dik bile değildir.



Şekil 11. İki eksenli eğilme etkisinde eğik tarafsız eksene sahip kolon kesiti

Dairesel olanlar dışındaki kolon şekilleri için, Şekil 12'de gösterilen üç boyutlu etkileşim yüzeylerinin dikkate alınması istenir. Eğri üzerindeki M_{dx} değeri, sadece x ekseninde eğilme meydana gelirse, benzer şekilde M_{dy} değeri de sadece y-ekseninde eğilme meydana gelirse moment taşıma kapasitesini göstermektedir. Bu bağlamda, sabit bir N_d için gösterilen taranmış düzlem, herhangi bir eksen etrafında eğilme etkisinde M_d 'nin dış sınırını temsil eder.



Şekil 12. İki eksenli eğilme etkisindeki kolonlarda karşılıklı etki yüzeyi

Günümüzde, iki eksenli eğilme etkisindeki kolonların analizi bilgisayarla yapılmaktadır. Analizde kullanılan yaklaşık yöntemlerden biri, Berkeley'deki California Üniversitesi'nden Profesör Boris Bresler tarafından geliştirilen karşılıklı etki denkleminin kullanılmasını içerir.

$$\frac{1}{N_{di}} = \frac{1}{N_{dx}} + \frac{1}{N_{dy}} - \frac{1}{N_0}$$

Burada,

N_{di} = Kolon yükünün her iki eksene göre verilen eksantrisite ile etkimesi halinde eksenel yük taşıma kapasitesi

N_{dx} = Kolon yükünün e_x eksantrisitesi ile etkimesi halinde eksenel yük kapasitesi

N_{dy} = Kolon yükünün e_y eksantrisitesi ile etkimesi halinde eksenel yük kapasitesi

N_0 = Sıfır eksantrisite halinde eksenel yük taşıma kapasitesi. Genellikle $(0.85f_{cd}A_g + f_{yd}A_s)$ alınır.

Bresler denklemi, N_{di} , $0.10N_0$ 'dan büyük olduğu sürece oldukça iyi sonuç verir. N_d 'nin $0.10P_0$ 'dan küçük olması durumunda, eksenel kuvvetin tamamen ihmal edilmesi ve kesitin sadece iki eksenli eğilme etkisindeki bir eleman olarak tasarlanması uygun olur. Bu hesap tarzı biraz muhafazakâr tarafta kalmaktadır. Etkileşim eğrisinin bu alt kısmı için, küçük bir eksenel yükün, kesitin moment kapasitesini arttırdığı hatırlanacaktır. Bresler denklemi eksenel kuvvet çekme ise uygulanmaz. Profesör Bresler, açıklanan koşullar için denklemi ile tahmin edilen taşıma kapasitelerinin, test sonuçlarından % 10'dan fazla farklılık göstermediğini belirlemiştir.

Örnek 4, iki eksenli eğilmeye maruz kalan bir kolonun analizinde karşılıklı teoreminin kullanımını göstermektedir. N_{dx} ve N_{dy} 'nin hesaplanması, bu bölümün önceki örneklerinde kullanılanlarla birebir aynıdır.

Örnek 5. Şekil'de gösterilen 380 mm x 630 mm enkesit boyutlarına sahip iki eksenli eğilme etkisindeki etriyeli dikdörtgen kolonda $e_x=400$ mm, $e_y=200$ mm olarak bilinmektedir. Eksenel kuvvet taşıma kapasitesini hesaplayınız. Malzeme sınıfı C30/37, B420C, denetim iyi. Donatı 8 Φ 28 (4926 mm²)

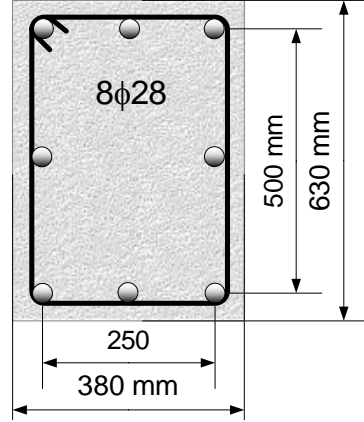
Çözüm. Bresler denklemi yardımıyla eksenel kuvvet taşıma kapasitesi hesaplanacaktır. Önce e_x eksantrisitesi ile eksenel kuvvet taşıma kapasitesi 1580 kN olarak hesaplandı.

$$\frac{e}{h} = \frac{400}{630} = 0.635$$

$$0,25 \rightarrow 0,394 \uparrow$$

$$\frac{N_d}{20 \cdot 380 \cdot 630} = 0.33$$

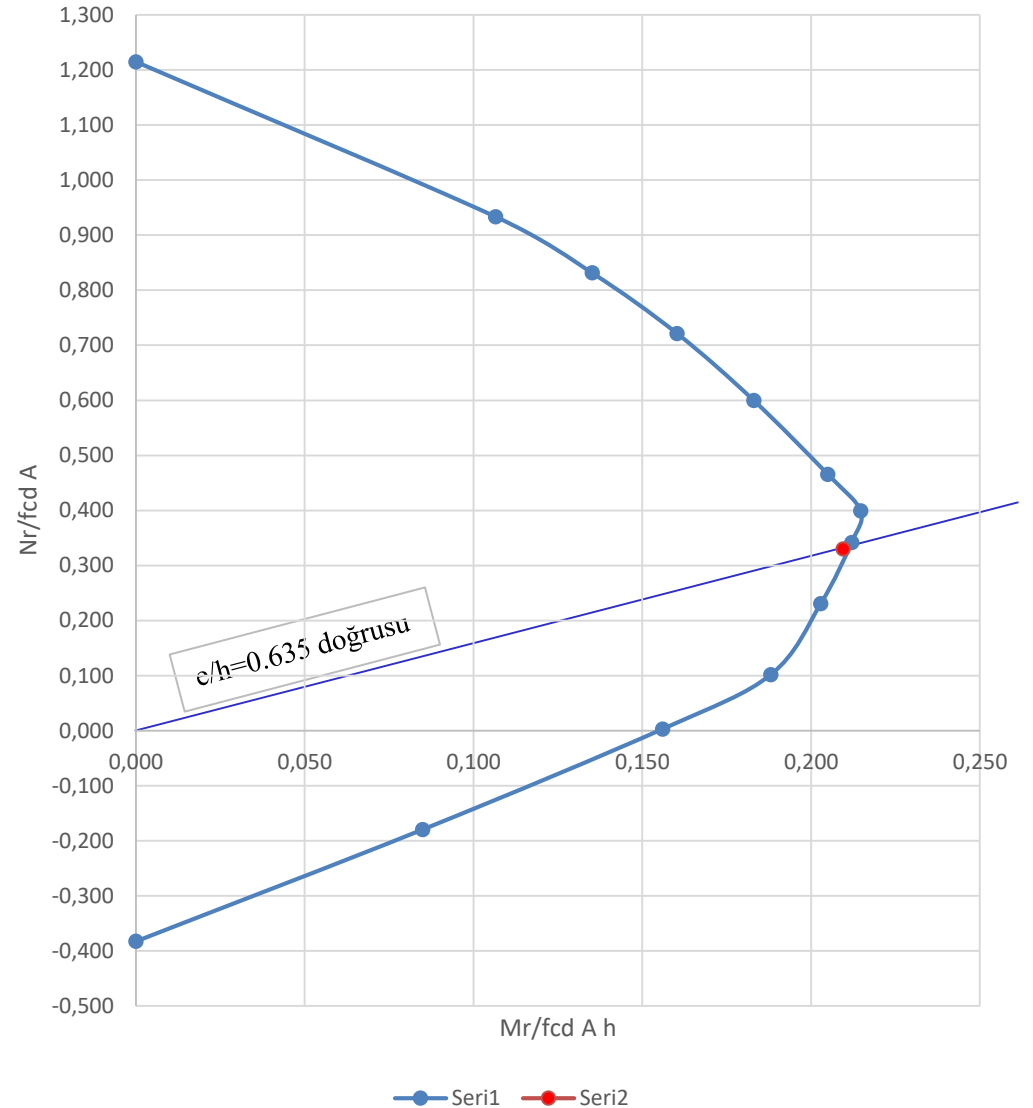
$$N_d = 1580 \text{ kN}$$



e_x eksantrisitesi ile eksenel kuvvet taşıma kapasitesi 1580 kN olarak hesaplandıktan sonra Moment değeri $1580 \cdot 0.4 = 632$ kNm olarak aşağıdaki excel sayfasına girilmiştir.

| KOLONLAR İÇİN EKSENEL BASMA VE ÇEKME KAPASİTESİ | | | | | |
|---|---------|-------------------|-------------------|----------|---------------------|
| $f_{ck} =$ | 30 | N/mm ² | $f_{cd} =$ | 20 | |
| $f_{yk} =$ | 420 | N/mm ² | $f_{yd} =$ | 365 | |
| $b =$ | 380 | mm | $k_1 =$ | 0,82 | |
| $h =$ | 630 | mm | $k_3 =$ | 0,85 | |
| $d' =$ | 65 | mm | $c_b =$ | 351,22 | |
| $A_{s1} =$ | 1847 | mm ² | $d =$ | 565 | $A_{s1} = 3\Phi 28$ |
| $A_{s2} =$ | 1232 | mm ² | $\epsilon_{sd} =$ | 0,001826 | $A_{s2} = 2\Phi 28$ |
| $A_{s3} =$ | 1847 | mm ² | $E_s =$ | 2,00E+05 | $A_{s3} = 3\Phi 28$ |
| $N_r =$ | 5785,12 | kN | Basma | $M_d =$ | 632 |
| $N_r =$ | 1799,06 | kN | Çekme | $N_d =$ | 1580 |

Karşılıklı Etki diyagramı



$$\frac{e}{h} = \frac{200}{380} = 0.526$$

$$0,25 \rightarrow 0,475 \uparrow$$

$$\frac{N_d}{20 \cdot 380 \cdot 630} = 0.36$$

$$N_d = 1724 \text{ kN}$$

e_y eksantrisitesi ile taşınacak aksenal kuvvet kapasitesi 1724 kN ve aksenal basma kuvveti taşıma kapasitesi de 5785 kN olarak hesaplandı. Bresler denklemiyle belirlenen kapasite 960 kN bulundu.

| KOLONLAR İÇİN EKSENEL BASMA VE ÇEKME KAPASİTESİ | | | | | |
|---|---------|-------------------|-------------------|----------|---------------------|
| $f_{ck} =$ | 30 | N/mm ² | $f_{cd} =$ | 20 | |
| $f_{yk} =$ | 420 | N/mm ² | $f_{yd} =$ | 365 | |
| $b =$ | 630 | mm | $k_1 =$ | 0,82 | |
| $h =$ | 380 | mm | $k_3 =$ | 0,85 | |
| $d' =$ | 65 | mm | $c_b =$ | 195,81 | |
| $A_{s1} =$ | 1847 | mm ² | $d =$ | 315 | $A_{s1} = 3\Phi 28$ |
| $A_{s2} =$ | 1232 | mm ² | $\epsilon_{sd} =$ | 0,001826 | $A_{s2} = 2\Phi 28$ |
| $A_{s3} =$ | 1847 | mm ² | $E_s =$ | 2,00E+05 | $A_{s3} = 3\Phi 28$ |
| $N_r =$ | 5785,12 | kN | Basma | $M_d =$ | 344,8 |
| $N_r =$ | 1799,06 | kN | Çekme | $N_d =$ | 1724 |

$$\frac{1}{N_{ri}} = \frac{1}{N_{rx}} + \frac{1}{N_{ry}} - \frac{1}{N_0}$$

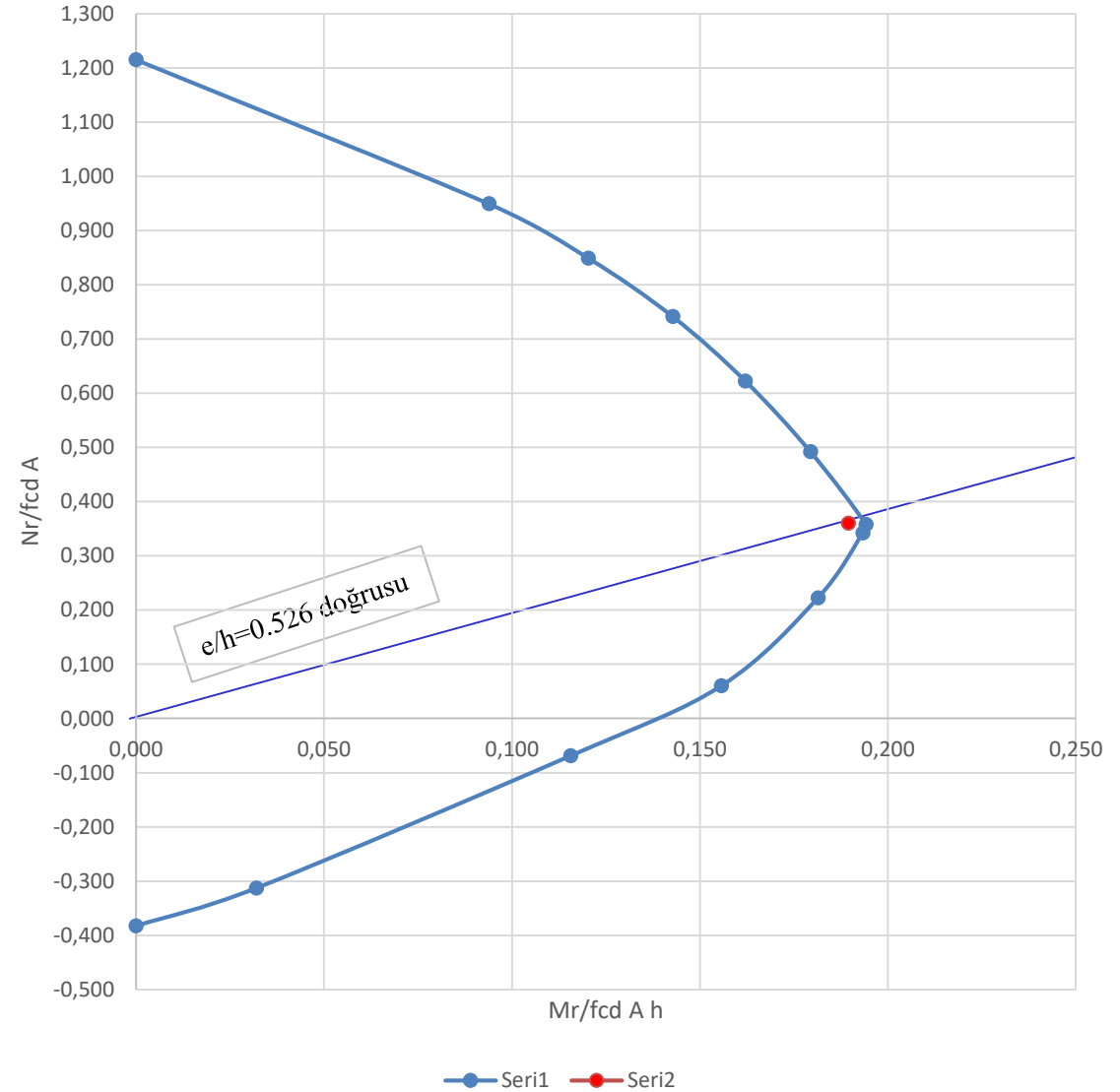
$$\frac{1}{N_{ri}} = \frac{1}{1580} + \frac{1}{1724} - \frac{1}{5785}$$

$$N_{ri} = 960 \text{ kN}$$

$$M_{xr} = 960 \cdot 0.4 = 384 \text{ kNm}$$

$$M_{yr} = 960 \cdot 0.2 = 192 \text{ kNm}$$

Karşılıklı Etki diyagramı



Kısa Kolonlar

Bu problemin çözümü. Betonarme 2000 programı ile $N_d = 960$ kN $M_{xd} = 384$ kNm ve $M_{yd} = 192$ kNm ve Paspayları 65 mm girilerek kontrol edilmiştir. Gerekli donatı alanı 4894 mm² olarak hesaplanmaktadır. Seçilen donatı 4926 mm² dir

Kolon boyuna donatı hesabı C:\Betonarme2000\test бет

Örnek01

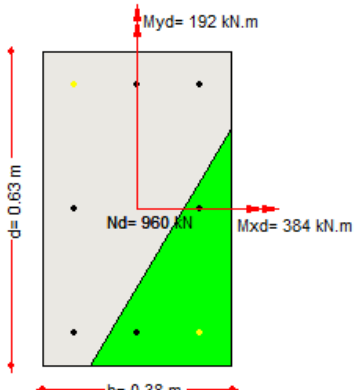
Normal boyut x 1.2

Kuvvetler Ölçüler Alan-atalet Sesli mesaj Yazılı Mesaj **ÇİZİMİ YENİLE**

Ac=0.2394 m², Xg=0.19 m, Yg=0.315 m
I_{xg}=0.007918155 m⁴, I_y=0.00288078 m⁴, I_{xy}=0 m⁴

Malzeme:C30/37-B420C (f_{cd}=20 N/mm², f_{yd}=365.22 N/mm², G_mc=1.5, k₁=0.82)

Hesaplanan Ast=4894 mm²
Seçilen: 8Ø28(4926 mm²), Seçilen oranı= 0.0206



Kesit Koordinatlar Karakteristik kuvvetler Tasarım kuvvetleri

Örnek01

| Adı | Kesit tipi | b | d | Px | Py |
|---------------|------------|------|------|-------|-------|
| KOLON? | Halka | 1.5 | 1.5 | 0.04 | 0.04 |
| ▶ Örnek01 | Dikdörtgen | 0.38 | 0.63 | 0.065 | 0.065 |
| Örnek02TekÇok | Dikdörtgen | 0.35 | 0.7 | 0.04 | 0.07 |
| Örnek03 | Daire | 0.51 | 0.51 | 0.06 | 0.04 |
| Örnek04 | Sekizgen | 0.5 | 0.5 | 0.05 | 0.04 |
| Örnek05 | Halka | 1.92 | 1.92 | 0.04 | 0.04 |
| Örnek06 | Kutu | 0.84 | 1 | 0.04 | 0.04 |
| Örnek07 | LITC | 0.6 | 0.8 | 0.04 | 0.04 |
| Örnek08 | LITC | 1.4 | 1.2 | 0.04 | 0.04 |
| Örnek09 | Çokgen | 0.75 | 0.45 | 0.04 | 0.04 |
| Örnek10 | Çokgen | 0.6 | 0.3 | 0.04 | 0.04 |
| Örnek11 | Çokgen | 1.6 | 1.4 | 0.04 | 0.04 |
| Örnek12 | Çokgen | 0.9 | 0.9 | 0.04 | 0.04 |
| Örnek13 | Çokgen | 0.75 | 0.55 | 0.04 | 0.04 |
| Örnek14 | Çokgen | 4.6 | 2.4 | 0.04 | 0.04 |
| Örnek15 | Kutu | 8 | 4 | 0.05 | 0.05 |
| Örnek16 | Dikdörtgen | 0.6 | 0.6 | 0.05 | 0.05 |

Tasarım kuvvetleri:

| Normal Nd (kN) | Moment Mxd (kN.m) | Moment Myd (kN.m) | Kesme Vd (kN) | Burulma Mbd (kN.m) |
|----------------|-------------------|-------------------|---------------|--------------------|
| 960 | 384 | 192 | 0 | 0 |

Tasarım üçlüsü

Tek Çok

Rapor

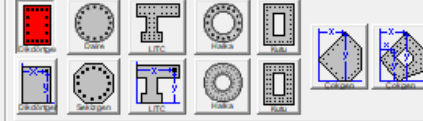
Hesapla



İterasyon bilgileri (programcı için):

YAKINSADI:
Pas:=1 İter=32
a=0.28514256862887
c=0.476486748423812
t=0.244677363024831
Ast=4893.69805488969
Esi=0.00210364667864103
Gerilme=365217.391304348
Eps=0.00574427997493771

Kesit tipi ve donatı planları:



Donatı aralığı:

b kenarında 0.12 m
d kenarında 0.2

Toplam çubuk sayısı: 8

Max İterasyon 100

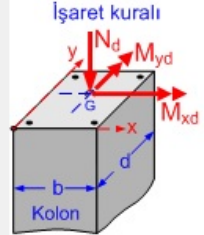
Tolerans 0.1

HATA veya UYARI bildimi:



Çaplar Malzeme Yük birleşimleri Birimler

Beton: C30/37 Çelik: B420C



Simetrik kesitlerde momentin işareti donatı alanını

9 İki Eksenli Eğilme Etkisindeki Kolonların Tasarımı

Problemler grafiklerden alınan katsayılarla momentlerin büyütüldüğü çok basit hesaplamalara indirgenir. Daha sonra tasarım, düzenli tek eksenli tasarım çizelgeleri ile yapılır.

Tasarım ofislerinde kullanılan ve oldukça iyi sonuç veren başka bir prosedür örnek 5'de gösterilmiştir. Kare kolonlarda bu basit yöntemde, $M_{dx}+M_{dy}$ momentinin hem x eksenini hem de y eksenini etrafında etki ettiği varsayılır (yani, $M_x = M_y = M_{dx} + M_{dy}$). Donatı, eksenlerden birine göre seçilir ve kolonun etrafına yayılır ve Bresler ifadesi, eksantrik olarak yüklü kolonun eksenel yük taşıma kapasitesini kontrol etmek için kullanılır.

Y ekseninin zayıf yön olduğu bir dikdörtgen kesit kullanıldığında, $M_y = M_{dx} + M_{dy}$ değerinin y eksenini etrafında etkimesi hali için hesaplanan donatı alanının tüm kolon kesiti üzerine yayılması doğru olur. Böyle bir prosedür güvenli tasarımlar üretse de, ortaya çıkan kolonlar ekonomik olmayabilir, çünkü bu hesaplama şekli genellikle güçlü eksenine göre çok güçlü kolonlar ortaya çıkaracaktır. Oldukça tatmin edici bir yaklaşım $M_y = M_{dx} + M_{dy}$ değerinin b/h ile çarpılıp daha zayıf eksenine göre kolon tasarımının yapılmasıdır.

Örnek 6. Şekildeki etriyeli kısa kare kolon 560-mm kenar uzunluğuna sahiptir. Karakteristik eksenel yük ile moment değerleri $N_G = 445$ kN, $N_Q = 890$ kN, $M_{Gx} = 68$ kN-m $M_{Qx} = 150$ kN-m ve $M_{Gy} = 55$ kN-m ve $M_{Qy} = 120$ kN-m'dir. $f_{yk} = 420$ MPa ve $f_{ck} = 30$ MPa olarak bilindiğine göre, gerekli donatıyı seçiniz.

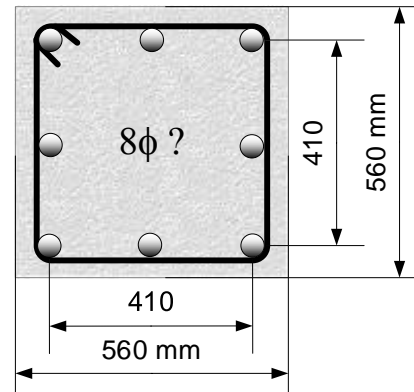
$$N_d = 1.4 \cdot 445 + 1.6 \cdot 890 = 2047 \text{ kN}$$

$$M_{dx} = 1.4 \cdot 68 + 1.6 \cdot 150 = 335.2 \text{ kNm}$$

$$M_{dy} = 1.4 \cdot 55 + 1.6 \cdot 120 = 269 \text{ kNm}$$

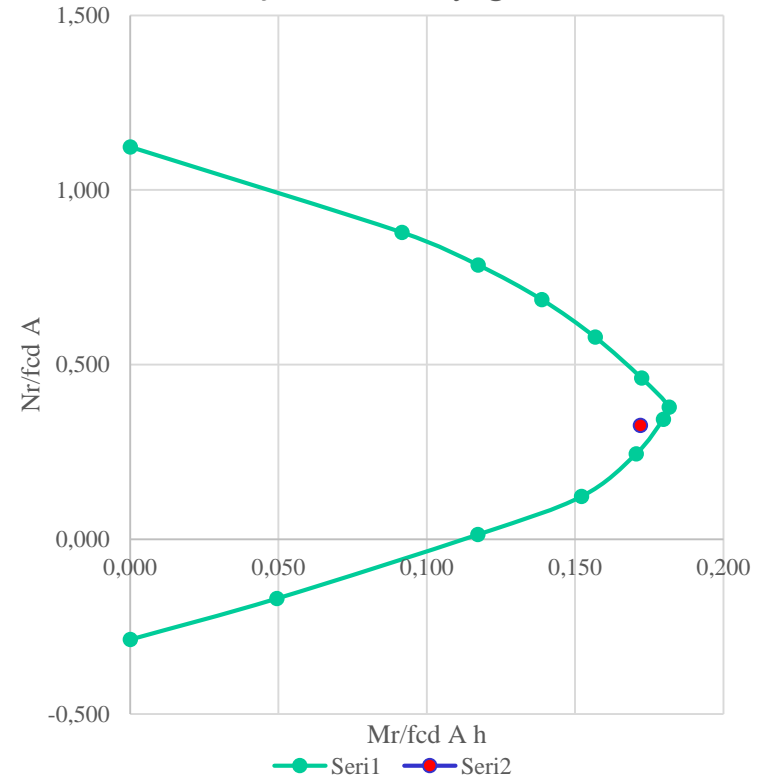
İki eksenli eğilme söz konusu olduğundan x yada y eksenine göre etkiyen moment $M_{dx} + M_{dy} = 335.2 + 269 = 604.2$ kNm alınacaktır.

Donatı sayısının 8 olması hazırladığımız exceldeki üç sıra donatı bulunan donatı planına uygun düşmektedir. 8Φ28 için çözüm



| KOLONLAR İÇİN EKSENEL BASMA VE ÇEKME KAPASİTESİ | | | | | |
|---|---------|-------------------|-------------------|----------|---------------------|
| $f_{ck} =$ | 30 | N/mm ² | $f_{cd} =$ | 20 | |
| $f_{yk} =$ | 420 | N/mm ² | $f_{yd} =$ | 365 | |
| $b =$ | 560 | mm | $k_1 =$ | 0,82 | |
| $h =$ | 560 | mm | $k_3 =$ | 0,85 | |
| $d' =$ | 75 | mm | $c_b =$ | 301,49 | |
| $A_{s1} =$ | 1847 | mm ² | $d =$ | 485 | $A_{s1} = 3\Phi 28$ |
| $A_{s2} =$ | 1232 | mm ² | $\epsilon_{sd} =$ | 0,001826 | $A_{s2} = 2\Phi 28$ |
| $A_{s3} =$ | 1847 | mm ² | $E_s =$ | 2,00E+05 | $A_{s3} = 3\Phi 28$ |
| $N_r =$ | 7046,52 | kN | Basma | $M_d =$ | 604,2 |
| $N_r =$ | 1799,06 | kN | Çekme | $N_d =$ | 2047 |

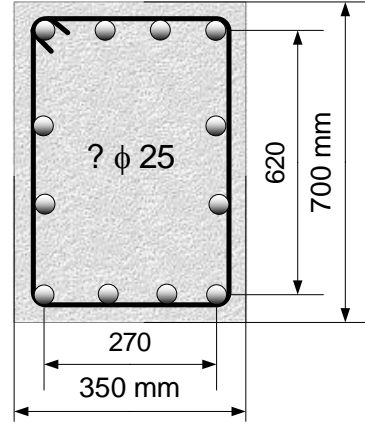
Karşılıklı Etki diyagramı



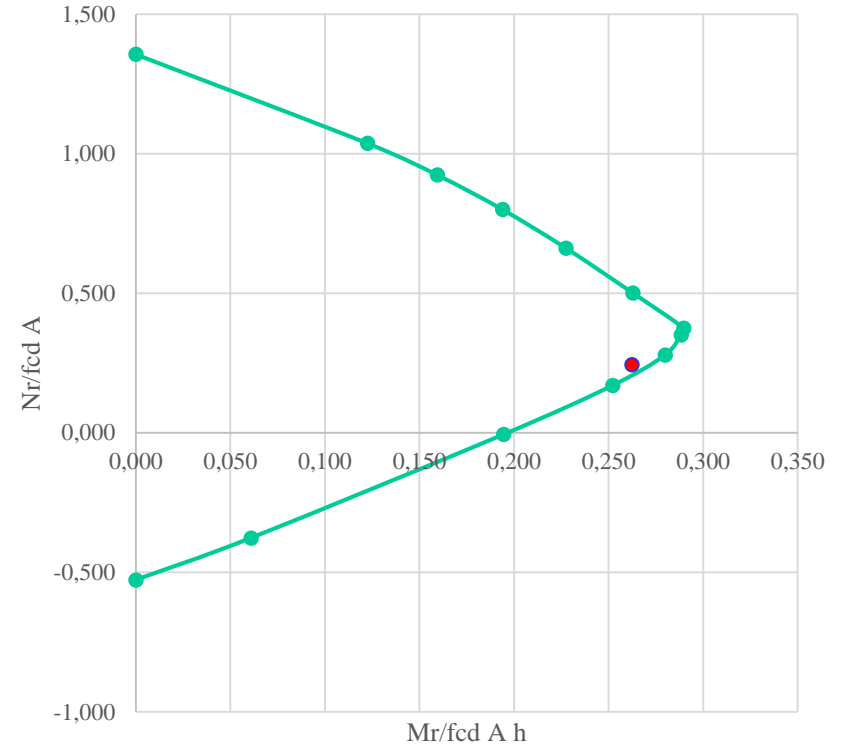
Örnek 7. Şekil'de gösterilen 350 mm x 700 mm enkesit boyutlarına sahip iki eksenli eğilme etkisindeki etriyeli dikdörtgen kolonda $M_{xd}=600$ kNm, $M_{yd}=150$ kNm, $N_d=1000$ kN olarak bilinmektedir. Kesitte donatı hesabını yapınız. Malzeme sınıfları: C25/30, B420C dir. Φ 25 Donatı kullanınız.

Çözüm: Y eksenli zayıf yöndür. Burada $M_y = M_{dx} + M_{dy}$ değerinin b/h ile çarpılıp daha zayıf eksene göre karşılıklı iki yüzde donatı planına göre kolon tasarımının yapılmasıdır. Daha sonra bulunan donatı alanı tüm kesit üzerine yayılacaktır.

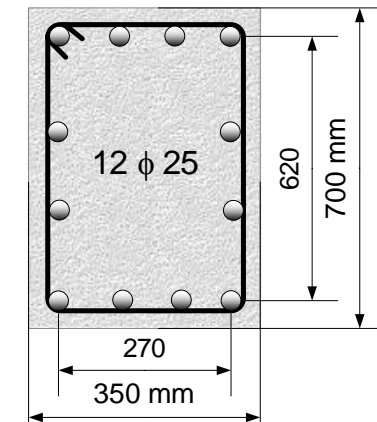
$$M_y = (600 + 150) \cdot 350 / 700 = 375 \text{ kNm}$$



Karşılıklı Etki diyagramı



—●— Seri1 —●— Seri2



| KOLONLAR İÇİN EKSENEL BASMA VE ÇEKME KAPASİTESİ | | | | | |
|---|---------|-------------------|-------------------|----------|----------------------|
| $f_{ck} =$ | 25 | N/mm ² | $f_{cd} =$ | 16,66667 | |
| $f_{yk} =$ | 420 | N/mm ² | $f_{yd} =$ | 365 | |
| $b =$ | 700 | mm | $k_1 =$ | 0,85 | |
| $h =$ | 350 | mm | $k_3 =$ | 0,85 | |
| $d' =$ | 50 | mm | $c_b =$ | 186,49 | |
| $A_{s1} =$ | 2945 | mm ² | $d =$ | 300 | $A_{s1} = 6 \Phi 25$ |
| $A_{s2} =$ | | mm ² | $\epsilon_{sd} =$ | 0,001826 | $A_{s2} = 0 \Phi 25$ |
| $A_{s3} =$ | 2945 | mm ² | $E_s =$ | 2,00E+05 | $A_{s3} = 6 \Phi 25$ |
| $N_r =$ | 5538,52 | kN | Basma | $M_d =$ | 375 |
| $N_r =$ | 2151,13 | kN | Çekme | $N_d =$ | 1000 |

Örnek 8. Şekil'de gösterilen 350 mm x 700 mm enkesit boyutlarına sahip iki eksenli eğilme etkisindeki etriyeli dikdörtgen kolonda $e_x=600$ mm, $e_y=150$ mm, olarak bilinmektedir. Eksenel kuvvet taşıma kapasitesini Bresler yöntemi ile hesaplayınız. Malzeme sınıfları: C25/30, B420C dir.

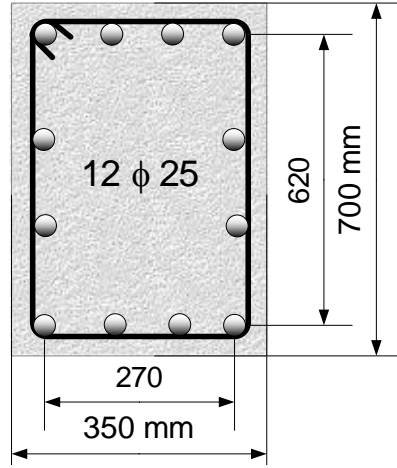
Çözüm: 4 sıra donatı planı için kuvvetli ve zayıf yönde ayrı ayrı karşılıklı etki diyagramlarını çizelim. Kuvvetli yönde M-N diyagramı mavi renkli dışarıdaki diyagramdır. Apsis 0.3 alınırsa ordinat 0.35 olmaktadır. e/h doğrusunun eğriyi kestiği noktanın ordinatı 0.32 olarak, N_d ise 1307 kN olarak hesaplanmaktadır.

$$\frac{e}{h} = \frac{600}{700} = 0.86$$

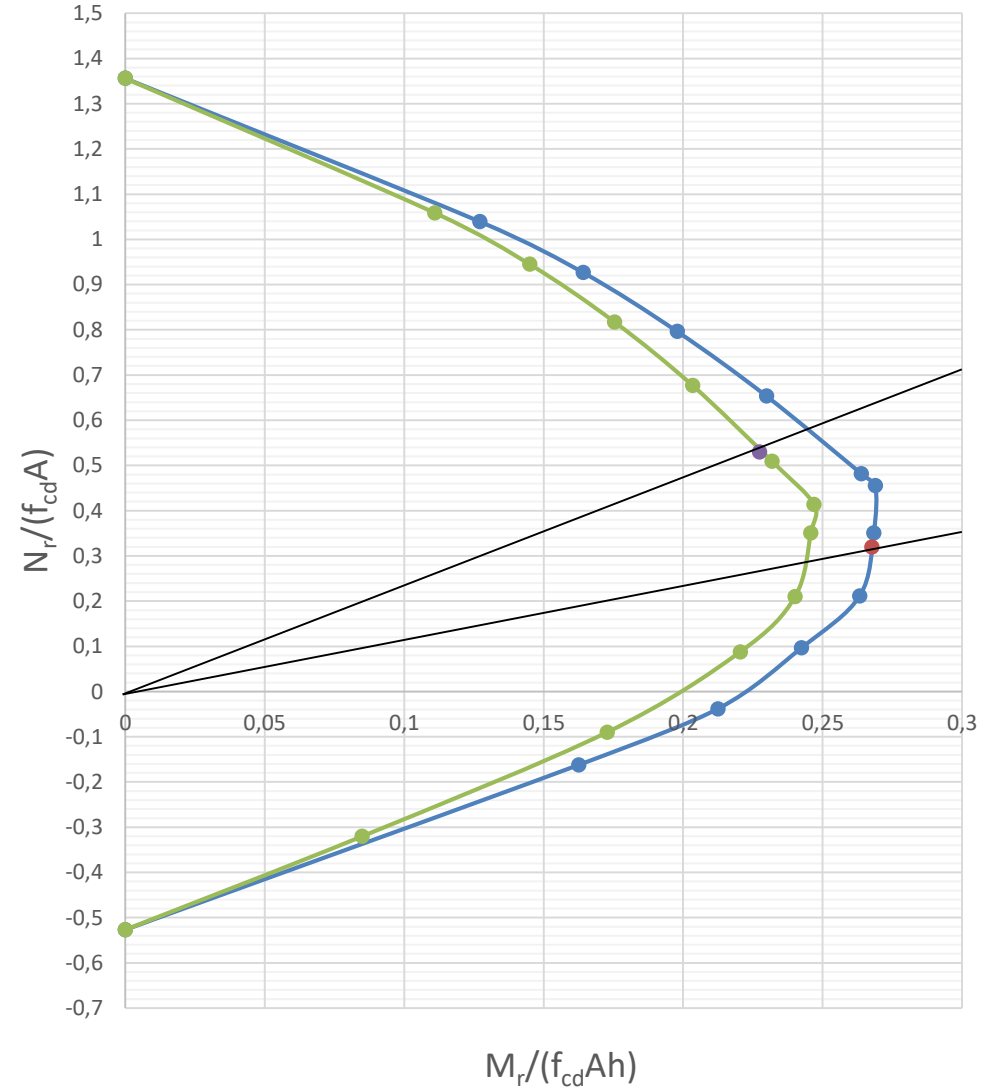
$$0,30 \rightarrow 0,35 \uparrow$$

$$\frac{N_d}{16.67 \cdot 350 \cdot 700} = 0.32$$

$$N_d = 1307 \text{ kN}$$



Karşılıklı etkidiyagramı



| KOLONLARDA YÜK TAŞIMA KAPASİTESİ (N+M) | | | | | | |
|--|----------|-----------------|-------------------|------------|----------|-----|
| $f_{ck} =$ | 25 | Mpa | $f_{cd} =$ | 16,6666667 | $d_1 =$ | 40 |
| $f_{yk} =$ | 420 | Mpa | $f_{yd} =$ | 365 | $d_2 =$ | 247 |
| $b =$ | 350 | mm. | $k_1 =$ | 0,85 | $d_3 =$ | 350 |
| $h =$ | 700 | mm. | $k_3 =$ | 0,85 | $d_4 =$ | 453 |
| $d' =$ | 40 | mm. | $c_b =$ | 410,27 | $d_5 =$ | 660 |
| $A_{s1} =$ | 1963 | mm ² | $d =$ | 660 | | |
| $A_{s2} =$ | 982 | mm ² | $\epsilon_{sd} =$ | 0,00182609 | | |
| $A_{s3} =$ | 0 | mm ² | $E_s =$ | 2,00E+05 | | |
| $A_{s4} =$ | 982 | mm ² | $\epsilon(c) =$ | 0,003 | | |
| $A_{s5} =$ | 1963 | mm ² | | | | |
| Basma $N_r =$ | 5538,52 | | $M_d =$ | 765,00 | 0,267638 | |
| çekme $N_r =$ | -2151,13 | | $N_d =$ | 1307,00 | 0,320082 | |

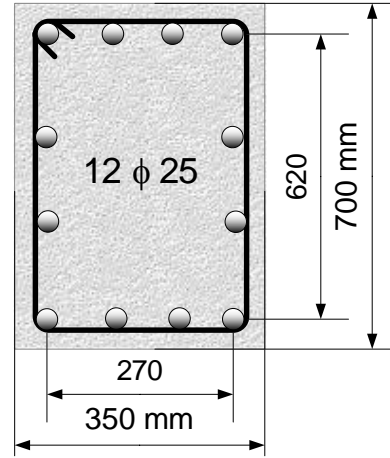
Çözüm: Zayıf yönde M-N diyagramı yeşil renkli içerideki diyagramdır. Apsis 0.43 alınırsa ordinat 0.70 olmaktadır. e/h doğrusunun eğriyi kestiği noktanın ordinatı 0.53 olarak, N_d ise 2165 kN olarak hesaplanmaktadır.

$$\frac{e}{h} = \frac{150}{350} = 0.43$$

$$0,30 \rightarrow 0,70 \uparrow$$

$$\frac{N_d}{16.67 \cdot 350 \cdot 700} = 0.53$$

$$N_d = 2165 \text{ kN}$$



| KOLONLARDA YÜK TAŞIMA KAPASİTESİ (N+M) | | | | | | |
|--|----------|-----------------|-------------------|------------|----------|-----|
| $f_{ck} =$ | 25 | Mpa | $f_{cd} =$ | 16,6666667 | $d_1 =$ | 40 |
| $f_{yk} =$ | 420 | Mpa | $f_{yd} =$ | 365 | $d_2 =$ | 130 |
| $b =$ | 700 | mm. | $k_1 =$ | 0,85 | $d_3 =$ | 175 |
| $h =$ | 350 | mm. | $k_3 =$ | 0,85 | $d_4 =$ | 220 |
| $d' =$ | 40 | mm. | $c_b =$ | 192,70 | $d_5 =$ | 310 |
| $A_{s1} =$ | 1963 | mm ² | $d =$ | 310 | | |
| $A_{s2} =$ | 982 | mm ² | $\epsilon_{sd} =$ | 0,00182609 | | |
| $A_{s3} =$ | 0 | mm ² | $E_s =$ | 2,00E+05 | | |
| $A_{s4} =$ | 982 | mm ² | $\epsilon(c) =$ | 0,003 | | |
| $A_{s5} =$ | 1963 | mm ² | | | | |
| Basma $N_r =$ | 5538,52 | | $M_d =$ | 325,00 | 0,227405 | |
| çekme $N_r =$ | -2151,13 | | $N_d =$ | 2165,00 | 0,530204 | |

- 1- Donatı planı kesitteki donatı yerleşimine uygun olmalı.
- 2- Paspayının moment taşıma kapasitesi üzerindeki etkisi önemli.
- 3- Betonarme 2000 programı ile çözüm sonraki sayfada verilmektedir.

$$\frac{1}{N_{ri}} = \frac{1}{N_{rx}} + \frac{1}{N_{ry}} - \frac{1}{N_0}$$

$$\frac{1}{N_{ri}} = \frac{1}{1307} + \frac{1}{2165} - \frac{1}{5538}$$

$$N_{ri} = 956 \text{ kN}$$

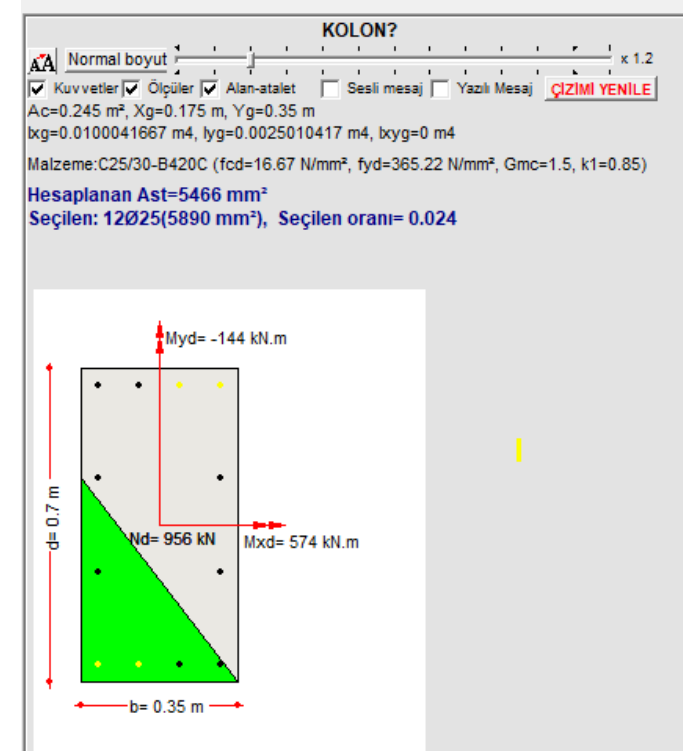
Sonuç olarak Kolonun taşıma kapasitesi

$$N_d = 956 \text{ kN}$$

$$M_{xd} = 956 \times 0.6 = 574 \text{ kNm}$$

$$M_{yd} = 956 \times 0.15 = 144 \text{ kNm}$$

Kolon boyuna donatı hesabı c:\betonarme2000\test.bet



Kısa Kolonlar

Kolon boyuna donatı hesabı c:\betonarme2000\test.bet

KOLON?

Normal boyut x 1.2

Kuvvetler Ölçüler Alan-atalet Sesli mesaj Yazılı Mesaj [ÇİZİMİ YENİLE](#)

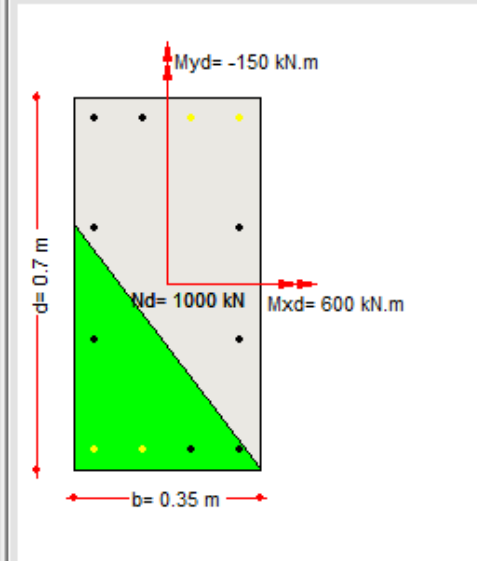
Ac=0.245 m², Xg=0.175 m, Yg=0.35 m

b_{xg}=0.0100041667 m⁴, l_{yg}=0.0025010417 m⁴, b_xy_g=0 m⁴

Malzeme:C25/30-B420C (f_{cd}=16.67 N/mm², f_{yd}=365.22 N/mm², G_mc=1.5, k₁=0.85)

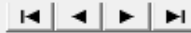
Hesaplanan Ast=5865 mm²

Seçilen: 12Ø25(5890 mm²), Seçilen oranı= 0.024



Kesit | Koordinatlar | Karakteristik kuvvetler | Tasarım kuvvetleri

KOLON?



| Adı | Kesit tipi | b | d | Px | Py |
|---------------|------------|------|------|------|------|
| ▶ KOLON? | Dikdörtgen | 0.35 | 0.7 | 0.04 | 0.04 |
| Örnek01 | Dikdörtgen | 0.55 | 0.55 | 0.05 | 0.05 |
| Örnek02TekÇok | Dikdörtgen | 0.35 | 0.7 | 0.04 | 0.07 |
| Örnek03 | Daire | 0.5 | 0.5 | 0.05 | 0.04 |
| Örnek04 | Sekizgen | 0.5 | 0.5 | 0.05 | 0.04 |
| Örnek05 | Halka | 1 | 1 | 0.04 | 0.04 |
| Örnek06 | Kutu | 0.84 | 1 | 0.04 | 0.04 |
| Örnek07 | LITC | 0.6 | 0.8 | 0.04 | 0.04 |
| Örnek08 | LITC | 1.4 | 1.2 | 0.04 | 0.04 |
| Örnek09 | Çokgen | 0.75 | 0.45 | 0.04 | 0.04 |
| Örnek10 | Çokgen | 0.6 | 0.3 | 0.04 | 0.04 |
| Örnek11 | Çokgen | 1.6 | 1.4 | 0.04 | 0.04 |
| Örnek12 | Çokgen | 0.9 | 0.9 | 0.04 | 0.04 |
| Örnek13 | Çokgen | 0.75 | 0.55 | 0.04 | 0.04 |
| Örnek14 | Çokgen | 4.6 | 2.4 | 0.04 | 0.04 |
| Örnek15 | Kutu | 8 | 4 | 0.05 | 0.05 |
| Örnek16 | Dikdörtgen | 0.6 | 0.6 | 0.05 | 0.05 |

Tasarım kuvvetleri:

| Normal Nd (kN) | Moment Mxd (kN.m) | Moment Myd (kN.m) | Kesme Vd (kN) | Burulma Mbd (kN.m) |
|----------------|-------------------|-------------------|---------------|--------------------|
| 1000 | 600 | -150 | 0 | 0 |

Tasarım üslusu

Tek Çok

Rapor

[Hesapla](#)



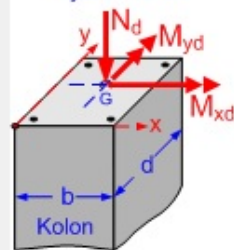
Çaplar | Malzeme | Yük birleşimleri | Birimler

Boyuna çelik çapları(mm)

- | | |
|--|-----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 14 | <input type="checkbox"/> 28 |
| <input type="checkbox"/> 16 | <input type="checkbox"/> 30 |
| <input type="checkbox"/> 18 | <input type="checkbox"/> 32 |
| <input type="checkbox"/> 20 | <input type="checkbox"/> 40 |
| <input type="checkbox"/> 22 | <input type="checkbox"/> 50 |
| <input type="checkbox"/> 24 | |
| <input checked="" type="checkbox"/> 25 | |
| <input type="checkbox"/> 26 | |

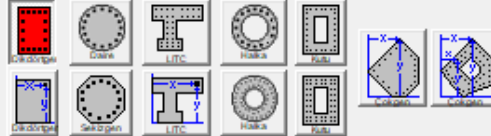
Sadece seçili çaplar kullanılır

İşaret kuralı



Simetrik kesitlerde momentin işareti donatı alanı

Kesit tipi ve donatı planları:



Donatı aralığı:

b kenarında m
d kenarında m

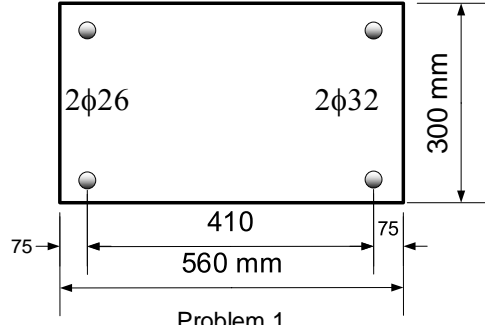
Toplam çubuk sayısı: 12

Max itirasyon

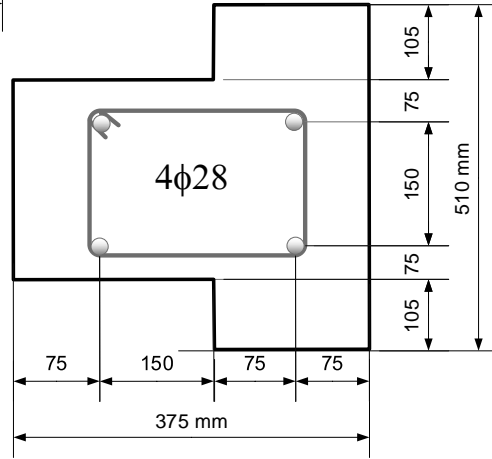
Tolerans

HATA veya UYARI bildimi:

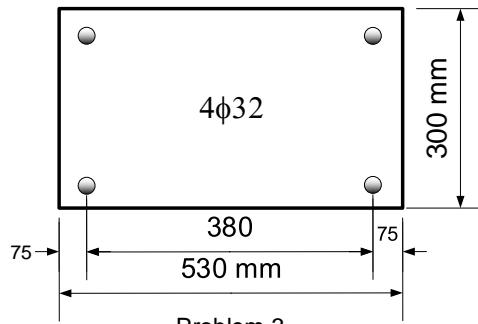
Problem 1 ve 2. Şekildeki etriyeli kolonların plastik merkezini hesaplayınız.
 $f_{yk} = 420 \text{ MPa}$ ve $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$



Problem 1



Problem 3. Şekildeki etriyeli kolonun sağ kenarının -0.003 'lük, sol kenarının $+0.002$ 'lik bir uzama oranına sahip olduğu varsayılmaktadır. $f_{yk} = 420 \text{ MPa}$ ve $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$ olarak bilindiğine göre bu şekil değişimine neden olan N_r ve M_r değerlerini belirleyin. Donatıdaki akma şekil değişimi $+0.00183$ dir.



Problem 3

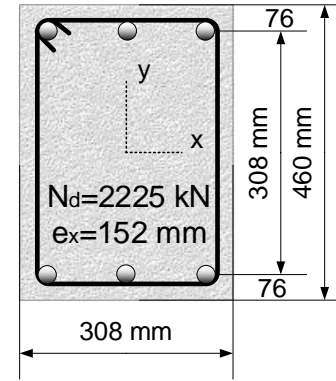
Problem 4. sol kenardaki birim şekil değişimini $+0.001$ olarak problem 3'ü tekrar çözünüz.

Problem 5. sol kenardaki birim şekil değişimini $+0.000$ olarak problem 3'ü tekrar çözünüz.

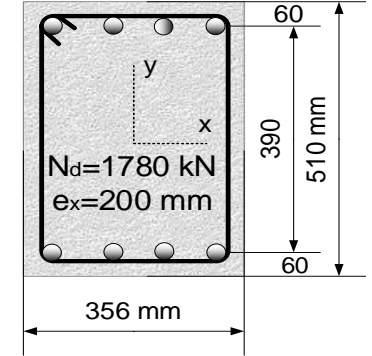
Problem 6. sol kenardaki birim şekil değişimini -0.001 olarak problem 3'ü tekrar çözünüz.

Problem 7. sol taraftaki donatıda birim şekil değişimini $+0.00183$ olarak problem 3'ü tekrar çözünüz.

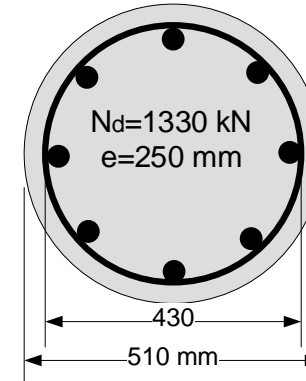
Problem 8-10. Tek eksenli eğilme etkisindeki kolonlar için karşılıklı etki diyagramlarını kullanarak gerekli donatı alanını belirleyiniz. $f_{yk} = 420 \text{ MPa}$ ve $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$



Problem 8

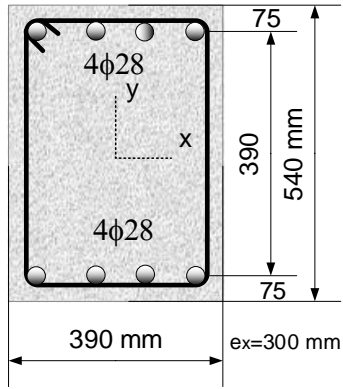


Problem 9

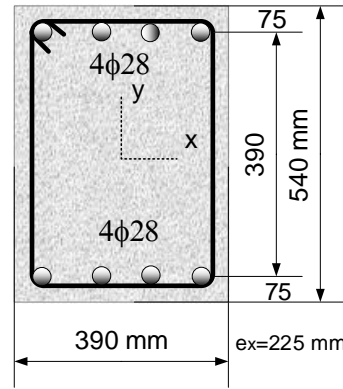


Problem 10

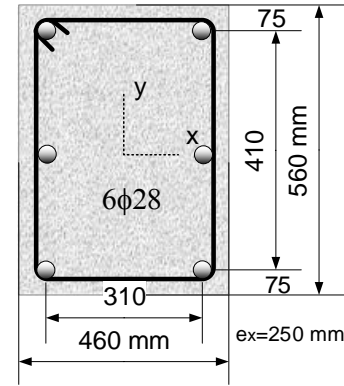
Problem 11-16. Tek eksenli eğilme etkisindeki kolonlar için karşılıklı etki diyagramlarını kullanarak N_r değerini belirleyiniz. $f_{yk} = 420 \text{ MPa}$ ve $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$



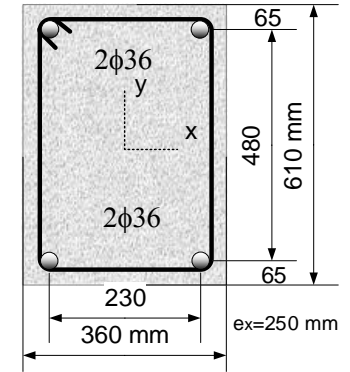
Problem 11



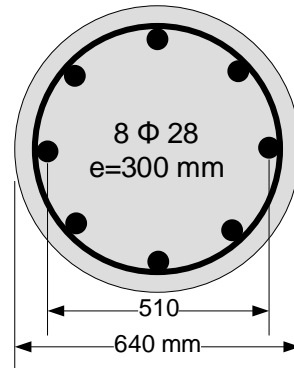
Problem 12



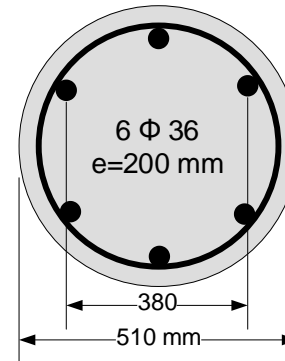
Problem 13



Problem 14



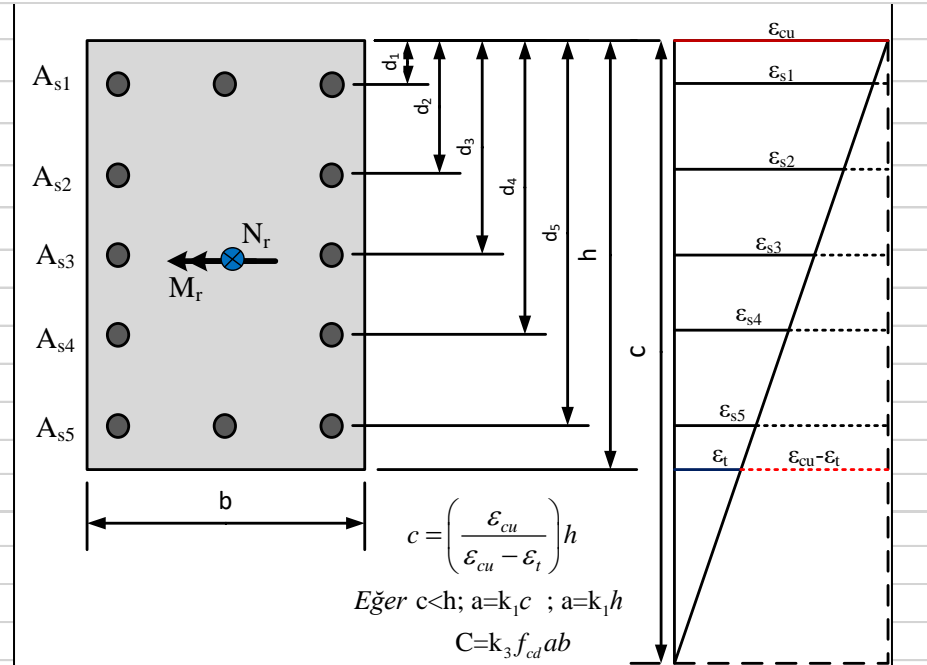
Problem 15



Problem 16

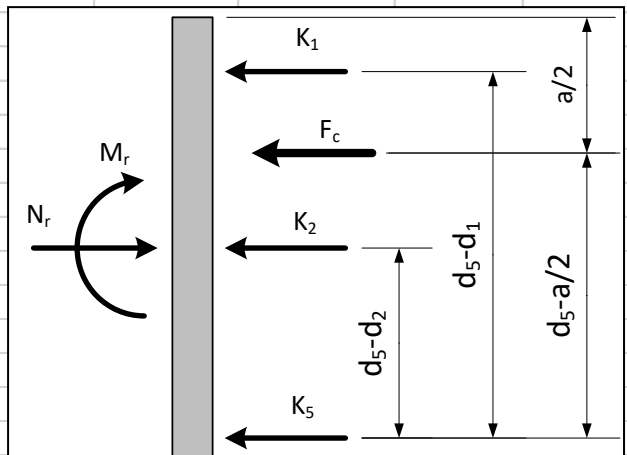
KOLONLARDA YÜK TAŞIMA KAPASİTESİ (N+M)

| | | | | | | |
|-------------------|------------|-----------------|---|------------|---------|-----|
| $f_{ck} =$ | 25 | Mpa | $f_{cd} =$ | 16,6666667 | $d_1 =$ | 50 |
| $f_{yk} =$ | 420 | Mpa | $f_{yd} =$ | 365 | $d_2 =$ | 175 |
| $b =$ | 400 | mm. | $k_1 =$ | 0,85 | $d_3 =$ | 300 |
| $h =$ | 600 | mm. | $k_3 =$ | 0,85 | $d_4 =$ | 425 |
| $d' =$ | 50 | mm. | $c_b =$ | 341,89 | $d_5 =$ | 550 |
| $A_{s1} =$ | 1520 | mm ² | $d =$ | 550 | | |
| $A_{s2} =$ | 760 | mm ² | $\epsilon_{sd} =$ | 0,00182609 | | |
| $A_{s3} =$ | 760 | mm ² | $E_s =$ | 2,00E+05 | | |
| $A_{s4} =$ | 760 | mm ² | $\epsilon_{si} = \epsilon_{cu} - \left(\frac{\epsilon_{cu} - \epsilon_t}{h} \right) d_i$ | | | |
| $A_{s5} =$ | 1520 | mm ² | | | | |
| $\epsilon(c) =$ | 0,0030 | | | | | |
| $\epsilon(t) =$ | -0,00227 | | | | | |
| $c =$ | 342 | $a =$ | 290,5983 | 1646,72 | C (kN) | |
| $\epsilon_{s1} =$ | 0,00256 | $\sigma_{s1} =$ | 365,22 | 533,60 | | |
| $\epsilon_{s2} =$ | 0,00146 | $\sigma_{s2} =$ | 292,88 | 211,82 | | |
| $\epsilon_{s3} =$ | 0,0003675 | $\sigma_{s3} =$ | 73,50 | 55,86 | | |
| $\epsilon_{s4} =$ | -0,0007294 | $\sigma_{s4} =$ | -145,88 | -110,87 | | |
| $\epsilon_{s5} =$ | -0,0018263 | $\sigma_{s5} =$ | -365,22 | -555,13 | | |
| Basma $N_r =$ | 5267,59 | | $M_r =$ | 567,27 | | |
| çekme $N_r =$ | -1942,96 | | $N_r =$ | 1782,00 | | |



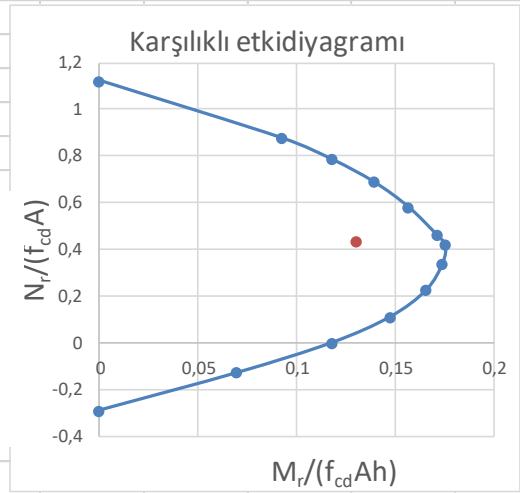
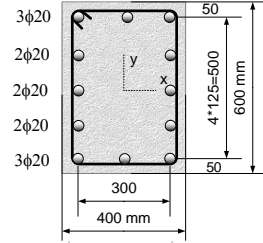
$$\dots - \epsilon_{sd} \dots \epsilon_i \dots + \epsilon_{sd} \dots$$

$$- f_{yd} \dots (\dots \sigma_i = \epsilon_i E \dots) \dots f_{yd}$$



KOLONLARDA YÜK TAŞIMA KAPASİTESİ (N+M)

| | | | | | | |
|---------------|----------|-----------------|-------------------|------------|----------|-----|
| $f_{ck} =$ | 30 | Mpa | $f_{cd} =$ | 20 | $d_1 =$ | 50 |
| $f_{yk} =$ | 420 | Mpa | $f_{yd} =$ | 365 | $d_2 =$ | 175 |
| $b =$ | 400 | mm. | $k_1 =$ | 0,82 | $d_3 =$ | 300 |
| $h =$ | 600 | mm. | $k_3 =$ | 0,85 | $d_4 =$ | 425 |
| $d' =$ | 50 | mm. | $c_b =$ | 341,89 | $d_5 =$ | 550 |
| $A_{s1} =$ | 942 | mm ² | $d =$ | 550 | | |
| $A_{s2} =$ | 628 | mm ² | $\epsilon_{sd} =$ | 0,00182609 | | |
| $A_{s3} =$ | 628 | mm ² | $E_s =$ | 2,00E+05 | | |
| $A_{s4} =$ | 628 | mm ² | $\epsilon(c) =$ | 0,003 | | |
| $A_{s5} =$ | 942 | mm ² | | | | |
| Basma $N_r =$ | 5392,08 | | $M_d =$ | 375,00 | 0,130208 | |
| çekme $N_r =$ | -1376,14 | | $N_d =$ | 2100,00 | 0,4375 | |



KOLONLARDA YÜK TAŞIMA KAPASİTESİ (N+M)

| | 0,1h | 0,2h | 0,3h | 0,4h | 0,5h | c_b | 0,6h | 0,7h | 0,8h | 0,9h | h | | |
|-----------------|------------|-------------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|-------------|-----------|-----------|----------|-------------------|---------|
| c | 60 | 120 | 180 | 240 | 300 | 341,89 | 360 | 420 | 480 | 540 | 600 | mm | |
| a | 49,2 | 98,4 | 147,60 | 196,80 | 246,00 | 280,35 | 295,20 | 344,40 | 393,60 | 442,80 | 492,00 | mm | |
| C | 334,56 | 669,12 | 1003,68 | 1338,24 | 1672,80 | 1906,39 | 2007,36 | 2341,92 | 2676,48 | 3011,04 | 3345,60 | kN | |
| ϵ_{s1} | 0,000500 | 0,001750 | 0,002167 | 0,002375 | 0,002500 | 0,002561 | 0,002583 | 0,002643 | 0,002688 | 0,002722 | 0,002750 | | |
| σ_{s1} | 100,00 | 350,00 | 365,22 | 365,22 | 365,22 | 365,22 | 365,22 | 365,22 | 365,22 | 365,22 | 365,22 | N/mm ² | |
| Ks1 | 94,20 | 313,69 | 328,02 | 328,02 | 328,02 | 328,02 | 328,02 | 328,02 | 328,02 | 328,02 | 328,02 | kN | |
| ϵ_{s2} | -0,005750 | -0,001375 | 0,000083 | 0,000813 | 0,001250 | 0,001464 | 0,001542 | 0,001750 | 0,001906 | 0,002028 | 0,002125 | | |
| σ_{s2} | -365,22 | -275,00 | 16,67 | 162,50 | 250,00 | 292,89 | 308,33 | 350,00 | 365,22 | 365,22 | 365,22 | N/mm ² | |
| Ks2 | -229,36 | -172,70 | 10,47 | 91,37 | 146,32 | 173,26 | 182,96 | 209,12 | 218,68 | 218,68 | 218,68 | kN | |
| ϵ_{s3} | -0,012000 | -0,004500 | -0,002000 | -0,000750 | 0,000000 | 0,000368 | 0,000500 | 0,000857 | 0,001125 | 0,001333 | 0,001500 | | |
| σ_{s3} | -365,22 | -365,22 | -365,22 | -150,00 | 0,00 | 73,52 | 100,00 | 171,43 | 225,00 | 266,67 | 300,00 | N/mm ² | |
| Ks3 | -229,36 | -229,36 | -229,36 | -94,20 | 0,00 | 46,17 | 62,80 | 96,98 | 130,62 | 156,79 | 177,72 | kN | |
| ϵ_{s4} | -0,018250 | -0,007625 | -0,004083 | -0,002313 | -0,001250 | -0,000729 | -0,000542 | -0,000036 | 0,000344 | 0,000639 | 0,000875 | | |
| σ_{s4} | -365,22 | -365,22 | -365,22 | -365,22 | -250,00 | -145,85 | -108,33 | -7,14 | 68,75 | 127,78 | 175,00 | N/mm ² | |
| Ks4 | -229,36 | -229,36 | -229,36 | -229,36 | -157,00 | -91,59 | -68,03 | -4,49 | 43,18 | 69,57 | 99,22 | kN | |
| ϵ_{s5} | -0,024500 | -0,010750 | -0,006167 | -0,003875 | -0,002500 | -0,001826 | -0,001583 | -0,000929 | -0,000438 | -0,000056 | 0,000250 | | |
| σ_{s5} | -365,22 | -365,22 | -365,22 | -365,22 | -365,22 | -365,22 | -316,67 | -185,71 | -87,50 | -11,11 | 50,00 | N/mm ² | |
| Ks5 | -344,03 | -344,03 | -344,03 | -344,03 | -344,03 | -344,03 | -298,30 | -174,94 | -82,43 | -10,47 | 47,10 | kN | |
| 0,00 | 201,70 | 339,33 | 425,02 | 477,89 | 502,01 | 505,81 | 493,88 | 451,74 | 400,76 | 339,93 | 265,82 | 0,00 | $M_r =$ |
| -1376,14 | -603,34 | 7,36 | 539,42 | 1090,04 | 1646,11 | 2018,21 | 2214,80 | 2796,62 | 3314,56 | 3773,63 | 4216,35 | 5392,08 | $N_r =$ |
| 0 | 0,0700335 | 0,117822068 | 0,147578 | 0,16593555 | 0,174311 | 0,175628 | 0,171485 | 0,156853993 | 0,139154 | 0,118031 | 0,0923 | 0 | $m_r =$ |
| -0,2867 | -0,1256967 | 0,001532953 | 0,112379 | 0,22709239 | 0,34294 | 0,42046 | 0,461418 | 0,582628615 | 0,690532 | 0,786174 | 0,878406 | 1,123351 | $n_r =$ |