

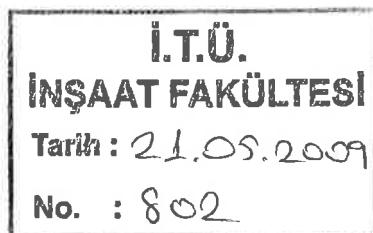


İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
İNŞAAT FAKÜLTESİ
YAPI ANABİLİM DALI

Sayı : B.30.2.İTÜ.06İ.00.00/

PEIKKO KOLON PABUÇLARI
VE
ANKRAJ BULONLARI HAKKINDA
TEKNİK RAPOR

**Bu Teknik Rapor İTÜ Döner Sermaye İşletmeleri Yönetmeliği ÇerçEVesinde
Hazırlanmıştır.**



Hazırlayanlar

Prof. Dr. Erkan Özer
İTÜ İnşaat Fakültesi
Yapı Anabilim Dalı

Prof. Dr. Ahmet Saygun
İTÜ İnşaat Fakültesi
Yapı Anabilim Dalı

Mayıs 2009

**PEIKKO KOLON PABUÇLARI
VE
ANKRAJ BULONLARI HAKKINDA
TEKNİK RAPOR**

1 Giriş

Peikko Yapı Malzemeleri San. ve Tic. Ltd. Şti. 9 Mart 2009 tarihli dilekçesi ile İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Dekanlığına başvurarak, imalatını yaptıkları ve betonarme prefabrike kolonların ankrajında kullanılabilen çelik kolon pabuçları ile ankraj bulonlarına ait dökümanların bilimsel esaslar, temel mühendislik ilkeleri ve ulusal yönetmelikler doğrultusunda incelenerek, sözkonusu ürünlerin ülkemiz koşullarında kullanılabilirliğine yönelik değerlendirmeleri içeren bir Teknik Rapor hazırlanmasını talep etmiştir.

Dilekçe ekinde

Dok. 1: **HPKM, PPKM ve PEC** tipi kolon pabuçları ürün kataloğu,

Dok. 2: **HPM ve PPM** tipi ankraj bulonları ürün katalogu,

Dok. 3 ve Dok. 4: Peikko Group OY tarafından hazırlanmış olan, **HPKM** 16-36 ve **PEC** 24-52 kolon pabuçları vasıtasıyla prefabrike kolondan ankraj bulonlarına yük aktarılması sırasında kolon pabucu elemanlarında oluşan tesirleri ve elemanların bu tesirlere göre tahkikini gösteren hesaplar,

Dok. 5: EOTA (European Organisation for Technical Approval) üyesi DIBT (Deutsches Institut für Bautechnik - Berlin) tarafından Peikko **HPM/L** ankraj bulonları için verilmiş olan Teknik Onay Raporu,

Dok. 6: DIBT (Deutsches Institut für Bautechnik - Berlin) tarafından Peikko **PPM/L** ankraj bulonları için verilmiş olan Teknik Onay Raporu,

Dok. 7: Peikko **HPM/P** ankraj bulonlarının EN 1992-1-1/Eurocode:2 doğrultusunda kenetlenme boyalarının hesap raporu,

Dok. 8: Peikko PPM/P ankraj bulonlarının EN 1992-1-1/Eurocode:2 doğrultusunda kenetlenme boyalarının hesap raporu,

Dok. 9: İtalya'da Pavia Üniversitesi'nin Yapı Mekanığı Bölümü Laboratuarlarında gerçekleştirilen deneylerin sonuçlarından hareket ederek, EUCENTRE (European Centre for Training and Research in Earthquake Engineering) tarafından hazırlanmış olan, 'Çelik Kolon Pabuçları ve Ankraj Bulonları ile Kolon - Temel Birleşimlerinin Sismik Davranışının Değerlendirilmesi' başlıklı Araştırma Raporu verilmiştir.

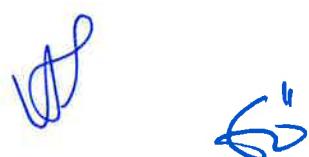
Bu rapor ve dökümanlar ayrı ayrı incelenerek aşağıdaki Teknik Değerlendirme Raporu düzenlenmiştir.

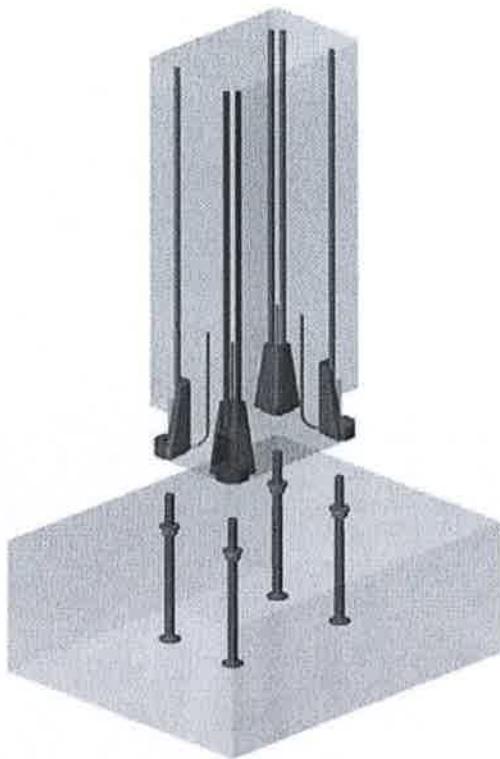
2 Prefabrike Kolon Pabuçları

Prefabrike betonarme kolonların temellere bağlantısında uygulanmakta olan geleneksel yöntem, bilindiği gibi, prefabrike kolonların yuvalı (soket) temellere sokulması şeklidir. Yerinde dökme veya prefabrike olarak imal edilebilen tekil yuvalı temellerde temel taban plâğının üstünde kalan yuva kenar yüksekliği, kolon taban kesitine etkiyen eğilme momenti/basınç normal kuvveti oranına bağlı olarak kolon kenar uzunluklarının 1,5~2 katından daha büyük olmak zorundadır. Ayrıca, gerek yuva cidar kalınlığının gerekse kolon yüzü ile yuva kenarı iç yüzü arasında sonradan doldurulacak olan boşluk kalınlığının minimum değerleri için bile, yuva yüksekliğinde kolon enkesit boyutlarının genelde 2 katı mertebesinde bir genişlemeyi gerektirmektedir. Kolonun yuva içinde kalan yüzünde ve yuva iç yüzlerinde, imalatı biraz zorlaştırsa da, kenetler oluşturulması halinde yuva yüksekliği bir miktar azaltılabilir.

Özellikle radye temellerde, yuva boşluğunun radye plak kalınlığı içinde kalacak şekilde bırakılması halinde ise, bu durumun radye plâğın en çok zorlandığı bölgelerde enkesit zayıflamasına neden olacağı açıklıktır.

Çelik kolon pabuçları uygulaması yuvalı temel sisteme alternatif bir çözüm getirmektedir. Prefabrike kolonun imalatı sırasında, kolon tabanında dört bir köşeye veya çevreye yerleştirilecek olan, en az 4 adet çelik kolon pabucu kalıp içine konulduktan sonra beton dökülmektedir. Temel imalatı sırasında temele yerleştirilen ankraj bulonları kolon pabuçlarının taban plâğındaki deliklerden geçecek şekilde prefabrike kolonlar temele yerleştirilerek somunların sıkılmasıyla, prefabrike betonarme kolon-temel bağlantısı, çelik kolonların temellere mesnetlenmesine benzer şekilde gerçekleştirilmektedir, Şekil 1.





Şekil 1. Peikko kolon pabuçları ve ankrat bulonlarının uygulanması

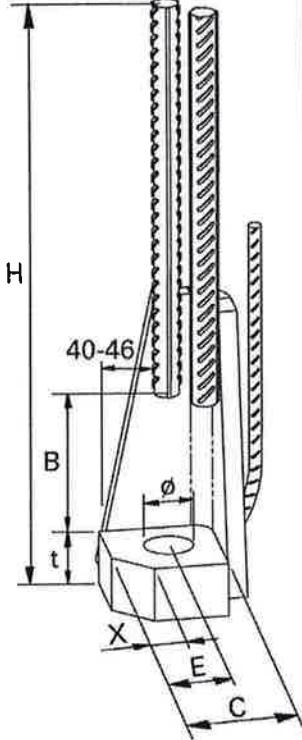
Bir kolon pabucunun taşıyabileceği kuvvet, esas olarak ankrat bulonunun hesap çekme dayanımına bağlı olarak belirlenmekte olup, kolon pabucu elemanları bu kuvvetin ankrat bulonundan betonarme kolona aktarılması sırasında meydana gelecek zorlanmalara göre boyutlandırılarak tahkik edilmektedir.

Kolon boyutları ile seçilen ankrat pabucu sayısı, tipi ve numarasına bağlı olarak, kolon-temel birleşim kesitinin taşıyabileceği iç kuvvetlere ait M-N kapasite eğrisi (karşılıklı etki diyagramı) belirlenmekte ve yapının dış etkilere göre hesabı sonucunda kolon alt kesitinde oluşan kesit tesirlerinin bu kapasite eğrisinin içinde kalması sağlanmaktadır.

Nispeten az zorlanan kolonlarda, geometrik ölçüleri Tablo 1'de verilen **HPKM** serisi (**HPKM** 16,..., **HPKM** 39) ankrat pabuçları ile **HPM** ankrat bulonları kullanılmaktadır, daha fazla zorlanan kolonlarda ise, özellikleri Tablo 2'de verilen **PPKM** serisi (**PPKM** 36,.., **PPKM** 52) veya Tablo 3'te verilen **PEC** serisi (**PEC** 24,..., **PEC** 36) kolon pabuçları ile daha yüksek dayanıklı **PPM** ankrat bulonları kullanılmaktadır. **HPKM** serisi kolon pabuçları bükme saçtan elde edilen bir köşe profiline, ortasında ankrat bulonunun geçeceği bir bulon deliği bulunan taban plakasına kaynaklanması ile elde edilmektedir. Köşe profiline üç adet nervürlü donatı çubuğu kaynaklanmıştır. Köşe profiline iç yüzlerine kaynaklanmış olan donatı kolon boyuna donatısı ile kenetlenmeyi sağlamakta, taban hizasında köşe profiline

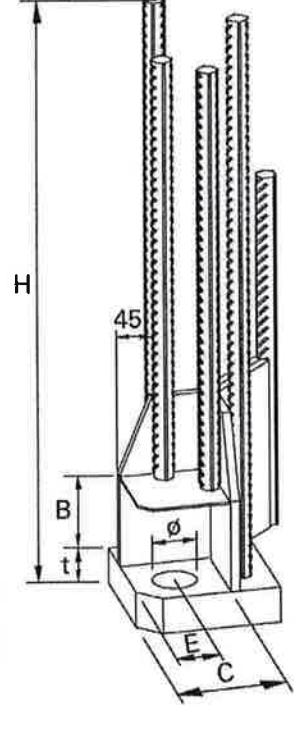
Tablo 1. HPKM kolon pabuçlarına ait ölçüler [mm] ve ağırlıklar [kg]

	HPKM 16	HPKM 20	HPKM 24	HPKM 30	HPKM 39	toleranslar
B	85	95	105	120	150	+3, -0
C	75	80	85	90	110	+2, -0
E	50	50	50	50	60	± 1
H	740	835	1040	1310	1775	± 10
t	15	20	30	45	50	
Ø	27	30	35	40	55	+2, -0
X	30	30	30	30	37	
ağırlık	2.1	3.5	6.1	12.3	23.3	
renk	sarı	mavi	gri	yeşil	turuncu	



Tablo 2. PPKM kolon pabuçlarına ait ölçüler [mm] ve ağırlıklar [kg]

	PPKM 36	PPKM 39	PPKM 45	PPKM 52	toleranslar
B	130	130	130	150	+3, -0
C	105	115	123	131	+2, -0
E	50	60	60	60	± 1
H	1890	2020	2230	2560	± 10
t	40	40	50	60	
Ø	50	55	60	70	+2, -0
ağırlık	37.8	45.6	61.2	95.2	
renk	kırmızı	kahverengi	mor	beyaz	



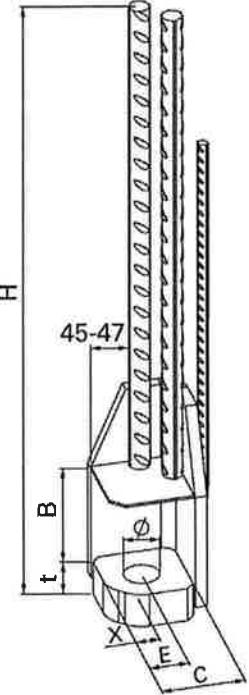
SS

66

köşesine dış yüzden kaynaklanmış donatı çubuğu ise, taban plakasına alttan basınç etkimesi halinde, kolon pabucu ile kolon betonunun ayrılmasını önlemektedir. **PPKM** serisinde kenetlenme çubuklarının sayısı 2 yerine 4'e çıkarılmaktadır. **PEC** serisindeki kolon pabuçları **HPKM** serisi kolon pabuçlarının benzeri olmakla beraber, büyük kapasiteli olan tiplerinde kalınlığı fazla olan köşe profilleri, bükme sac yerine iki levhanın birbirine kaynatılması ile elde edilmektedir.

Tablo 3. PEC kolon pabuçlarına ait ölçüler [mm] ve ağırlıklar [kg]

	PEC 24	PEC 30	PEC 36	toleranslar
B	108	130	170	+3, -0
C	90	105	115	+2, -0
E	50	50	60	± 1
H	1138	1430	1855	± 10
t	30	45	50	
\emptyset	35	45	55	+2, -0
ağırlık	9.7	19.1	30.2	
renk	açık mavi	siyah	kırmızı	



2.1 HPKM Serisi Kolon Pabuçlarının Tahkik Hesapları

Dok. 3'te, **HPKM** serisi kolon pabuçları için yapılan tahkik hesaplarının esasları ve ayrıntıları açıklanmıştır.

2.1.1 Malzeme Dayanımları

- Tahkik hesaplarında, prefabrike kolonda beton sınıfı C30/37 olarak alınmıştır. Buna göre, karakteristik beton basınç dayanımı $f_{ck}=30.0$ MPa, karakteristik beton çekme dayanımı $f_{ctk}=2.0$ MPa değerlerini almaktadır.
- Ankraj bulonları S500a kalitesindedir. Bu çelik cinsi için akma dayanımı $f_y=500$ MPa, kopma dayanımı $f_u=550$ MPa dır.
- Kenetlenme donatıları da S500a kalitesinde olup, akma dayanımı $f_y=500$ MPa dır.

(A)

(B)

- Kolon pabuçlarını oluşturan çelik sac levhalar S355 J2 kalitesindedir. Bu malzemeden yapılan sac levhaların karakteristik dayanımı $t \leq 40$ mm için 355 MPa, $t > 40$ mm için 335 MPa dır.

2.1.2 Ankraj bulonlarının çekme dayanımı

Ankraj bulonlarının tasarım çekme dayanımı

$$N_{Rd} = A_{sp} f_{uk} / \gamma_{ms}$$

formülü ile hesaplanmaktadır. Burada

A_{sp} : ankraj bulonunun dışdibi enkesit alanı

f_{uk} : ankraj bulonunun kopma dayanımı

$\gamma_{ms}=1,4$ parça güvenlik katsayıdır.

Kolon pabucunun diğer elemanları, bu ankraj kuvvetinin prefabrike kolona güvenle aktarılmasını sağlayacak şekilde, kapasite tasarımlı ilkesine göre boyutlandırılmaktadır.

2.1.3 Kolon Pabucu Köşe Profilinin Tahkiki

Kolon pabucu köşe profilinde, ankraj bulonu ekseni ile köşe profili ağırlık merkezinin çakışmaması nedeniyle, ankraj bulonu kuvvetinden dolayı çekme kuvveti yanında eğilme momenti de meydana gelmektedir. İdeal elastoplastik malzeme olarak idealleştirilen köşe profilinin enkesit alanı ve plastik mukavemet momenti değerleri hesaplanarak, söz konusu çekme kuvveti ve dışmerkezlikten oluşan eğilme momenti için kesit tahkiki yapılmıştır.

2.1.4 Kolon Pabucu Köşe Profili ile Beton Arasındaki Eğilme Momenti İçin Tahkik

Ankraj bulonu ekseni ile kenetlenme donatıları ağırlık merkezlerinin çakışmaması nedeniyle ortaya çıkan dışmerkezlik, kolon betonu ile kolon pabucu arasında karşılıklı eğilme momentlerinin doğmasına neden olacaktır. Bu eğilme momenti diyagonal doğrultuda kolon taban kesiti hızasında basınç kuvveti, kolon pabucu üst bölümünde ise çekme kuvveti yaratmaktadır. Çekme kuvvetinin kolon pabucunun hemen üstüne yerleştirilen etriyelerle karşılaşacağı göz önünde tutularak, gerekli etriye çapı ve adedi belirlenmiştir.

2.1.5 Taban Plakasının Tahkiki

Ankraj bulonu somunundan aktarılan çekme kuvveti taban plakasında eğilme momenti oluşturmaktadır. Taban plakası, köşe profiline yalnız bu profilinin altındaki bir kaynak dikişi ile birleştirilmesi halinde iki kenarından basit mesnetli diğer iki kenarı boşta olan plak, biri

köşe profilinin altında, diğeri taban plakasının üst kenarında olmak üzere iki kaynak dikişi ile birleştirilmesi halinde ise iki kenarı ankastre mesnetli diğer iki kenarı boşta olan plak şeklinde çalışacaktır. Her iki hal için de, plastik kırılma çizgileri hipotezine göre taban plakasında kesit tahkikleri ve kaynaklarda gerilme hesapları yapılmıştır.

2.1.6 Kolon Pabuçlarından Betonarme Kolona Kuvvet Geçişinin Tahkiki

Ankraj bulonundaki çekme kuvveti betonarme kolon kesitine iki adet boyuna kenetlenme donatısı ile aktarılmaktadır. Bu donatıların enkesitinin, pabuç köşe profiline kaynaklı birleşim boyalarının ve mevcut kolon betonu içindeki donatıyla kenetlenme boyalarının tahkikleri yapılmıştır. Gerekli durumlarda, **U** şeklindeki ilave etriyeler köşe profili arka yüzüne kaynaklanarak kolon pabucundan kolona kuvvet aktarılmasında yardımcı eleman olarak kullanılmaktadır.

2.1.7 Arka Alt Ankraj Donatısının Tahkiki

Montaj aşamasında, tesviye amacıyla kolon pabucu altında bırakılmış olan boşluk harçla doldurulmadan önce, kolon öz ağırlığı nedeniyle ankraj bulonunda basınç kuvvetleri meydana gelmektedir. Bu durumda, ankraj bulonlarının burkulmamasının sağlanması ve kolon pabucu tabanında olacak çekme kuvvetlerin alınması gerekmektedir. Bu çekme kuvvetleri, diyagonal doğrultudaki arka alt ankraj donatısı ile karşılanmaktadır.

2.2 PEC Serisi Kolon Pabuçlarının Tahkik Hesapları

Dok. 4'te **PEC** serisi kolon pabuçları için yapılan benzer tahkik hesapları açıklanmaktadır. Malzeme türü ve dayanımı bakımından, bu tip kolon pabuçlarında sadece ankraj bulonlarında farklılık mevcut olup, karakteristik akma dayanımı $f_{yk}=640$ MPa karakteristik kopma dayanımı $f_{yu}=800$ MPa olan yüksek dayanımlı bulonlar kullanılmakta ve bu bulonların çekme dayanımı hesabında parça güvenlik katsayısı $\gamma_{ms}=1.5$ olarak alınmaktadır.

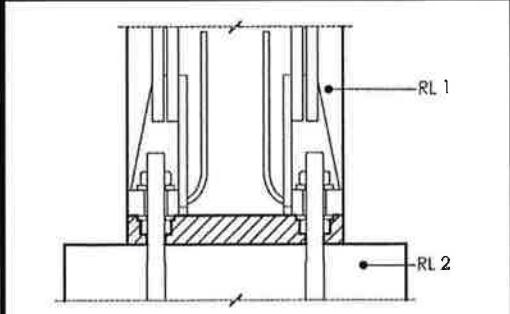
PEC45 ve **PEC52** tipi kolon pabuçlarında köşe profili et kalınlığının 30-35mm olması gereğiinden, bu elemanların köşe profilleri sac plakanın büükülmesi yerine iki dik plakanın birbirine kaynaklanması suretiyle elde edilmiştir.

Bu farklılıklar gözönünde tutularak, önceki bölümde **HPKM** serisi kolon pabuçları için açıklanan tahkik hesapları, benzer şekilde **PEC** serisi kolon pabuçları için tekrarlanmaktadır.

Yukarıdaki bölümde açıklandığı şekilde gerçekleştirilen tasarım ve tahkik hesapları sonucunda, **HPKM**, **PPKM**, **PEC** serisi kolon pabuçları ve bunlara ait ankraj bulonları için, öngörülen güvenlik katsayıları altında belirlenen taşıma kapasiteleri Tablo 4'te verilmiştir.



Tablo 4. Kolon pabuçlarının taşıma kapasiteleri [kN]



kolon pabucu	ankraj bulonu	Kapasite (kN)
HPKM 16	HPM 16	61.7
HPKM 20	HPM 20	96.3
HPKM 24	HPM 24	138.7
HPKM 30	HPM 30	220.4
HPKM 39	HPM 39	383.4
PPKM 36	PPM 36	435.7
PPKM 39	PPM 39	520.5
PPKM 45	PPM 45	696.5
PPKM 52	PPM 52	937.6
PEC 24	PPM 22	161.6
PEC 30	PPM 27	244.8
PEC 36	PPM 36	435.7
PKKM 36	PPM 36	435.7
PKKM 45	PPM 45	696.5
PKKM 52	PPM 52	937.6

3 Ankraj Bulonları

Peikko kolon pabuçlarının temellere mesnetlenmesinde dört farklı ankraj bulonu tipi kullanılmaktadır. Bunlardan **HPM/P** serisi bulonlarda B500B/BS500S/A500HW çeliği kalitesinde, betona gömülü kısmı nervürlü olan doğrusal ankraj bulonları kullanılmaktadır. **HPM/L** serisi bulonlarda ise, bulon ucunda bir genişletme kafası oluşturularak ankraj boyu kısaltılmaktadır.




PPM/P serisi bulonlarda dış açılan ankradj bulonu daha yüksek dayanımlı çelikten ($f_{yk} = 800$ MPa) olup, bu bulonun temele gömülü olan bölümüne iki veya üç adet B500B çeliği kalitesinde nervürlü donatı kaynaklanarak betona ankradj sağlanmaktadır. **PPM/L** serisi bulonlarda, kaynaklanmış nervürlü donatının uçlarında genişletme kafaları oluşturularak ankradj boyu kısaltılmaktadır.

Tablo 5 ve Tablo 6'da, **HPM/P**, **HPM/L** ve **PPM/P**, **PPM/L** serisi ankradj bulonlarının geometrik boyutları ve ağırlıkları verilmiştir.

3.1 HPM/P Serisi Bulonların Tahkiki

HPM/P bulonlarının N_{Rd} hesap çekme dayanımı, parça güvenlik katsayıısının $\gamma_{ms}=1,4$ değeri için

$$N_{Rd} = A_{sp} f_{uk} / \gamma_{ms}$$

bağıntısı ile hesaplanmaktadır. Burada, f_{uk} ankradj bulonu malzemesinin kopma dayanımını, A_{sp} ise ankradj bulonunun dış dibi enkesit alanını göstermektedir.

Bulonların temele gömülü boyunun hesabı Dok.7'de açıklanmıştır. Eurocode 2 yönetmeliğine uygun olarak ve örneğin C25/30 kalitesinde beton esas alınarak yapılan hesaplarda betonun hesap çekme dayanımı

$$f_{ctd} = 0.21(f_{ck})^{2/3} / 1.5 = 1.2 \text{ MPa}$$

formülü ile hesaplanmış, bu değer kullanılarak, gerekli kenetlenme boyu donatı çapına (Φ) bağlı olarak

$$L_{s,req} = N_{Rd} / (1.5 \times 1.2 \times \pi \times \Phi)$$

şeklinde bulunmuştur. Çapı 32mm den daha büyük olan ankradj bulonlarında bu kenetlenme boyunun $100/(132-\Phi)$ oranında büyütülmesi gerekmektedir.

3.2 PPM/P Serisi Bulonların Tahkiki

Dok. 8'de **PPM/P** serisi bulonların hesap esasları açıklanmıştır. Buna göre, bulonun kopma dayanımı ($f_{uk} = 800$ MPa) dış dibi alanı ile çarpılıp, $\gamma_{ms}=1,5$ parça güvenlik katsayıısına bölünerek ankradj bulonunun N_{Rd} hesap çekme dayanımı bulunmaktadır. Bu bulona kaynaklanan iki veya daha çok sayıdaki, akma dayanımı 500 MPa olan nervürlü ankradj donatısının toplam çekme dayanımının, malzeme güvenlik katsayıısı $\gamma_s=1,15$ alınarak bu N_{Rd} değerini sağladığı gösterilmekte, daha sonra yukarıda Madde 3.1'deki açıklamaya benzer şekilde gerekli kenetlenme boyu hesaplanmaktadır.

Tablo 5. HPM ankray bulonlarının ölçülerini [mm], ağırlıkları [kg] ve dış dibi alanları [mm^2]

	bulon M	A	dış dibi enkesit alanı	nervürlü donatı çapı Ø	somun Ø	HPM P		HPM L		renk
						L	ağırlık	L	ağırlık	
HPM 16	16	140	157	16	Ø 38-6	810	1.7	280	0.9	sarı
HPM 20	20	140	245	20	Ø 46-6	1000	2.9	350	1.4	mavi
HPM 24	24	170	352	25	Ø 56-6	1160	4.9	430	2.2	gri
HPM 30	30	190	561	32	Ø 65-8	1420	9.8	500	4.1	yeşil
HPM 39	39	200	976	40	Ø 90-10	2000	21.8	700	9.2	turuncu

HPM P / HPMYP

Detailed description: This diagram shows a threaded anchor bolt with a sleeve and lock nuts. Dimension L is the total length from the top of the sleeve to the end of the threaded part. Dimension A is the distance from the top of the sleeve to the top of the lock nuts. Dimension Ø is the diameter of the threaded part.

HPM L

Detailed description: This diagram shows a threaded anchor bolt with a sleeve and lock nuts. Dimension L is the total length from the top of the sleeve to the end of the threaded part. Dimension A is the distance from the top of the sleeve to the top of the lock nuts. Dimension Ø is the diameter of the threaded part.

Tablo 6. PPM ankray bulonlarının ölçülerini [mm], ağırlıkları [kg] ve dış dibi alanları [mm^2]

	bulon M	A	dış dibi enkesit alanı	nervürlü donatı çapı Ø	somun Ø	PPM P		PPM L		renk
						L	ağırlık	L	ağırlık	
PPM 22	22	160	303	2Ø20	Ø 56-6	1190	6.2	510	2.9	acık mavi
PPM 27	27	170	459	2Ø25	Ø 65-8	1415	11.5	650	5.7	siyah
PPM 30	30	190	561	2Ø25	Ø 65-8	1705	14.1	670	6.2	-
PPM 36	36	190	817	4Ø20	Ø 80-8	1450	16.0	740	9.4	kırmızı
PPM 39	39	190	976	3Ø25	Ø 90-10	1815	23.5	880	12.7	kahverengi
PPM 45	45	220	1306	4Ø25	Ø 100-10	1825	31.4	980	18.6	mor
PPM 52	52	250	1758	4Ø32	Ø 100-12	1930	52.1	1140	32.6	beyaz
PPM 60	60	310	2362	4Ø32	Ø 115-15	2490	71.0	1330	42.0	-

PPM P

Detailed description: This diagram shows a threaded anchor bolt with a sleeve and lock nuts. Dimension L is the total length from the top of the sleeve to the end of the threaded part. Dimension A is the distance from the top of the sleeve to the top of the lock nuts. Dimension Ø is the diameter of the threaded part.

PPM L

Detailed description: This diagram shows a threaded anchor bolt with a sleeve and lock nuts. Dimension L is the total length from the top of the sleeve to the end of the threaded part. Dimension A is the distance from the top of the sleeve to the top of the lock nuts. Dimension Ø is the diameter of the threaded part.

W
C

3.3 HPM/L Serisi Bulonların Tahkiki

Ankraj boyunu azaltmaya yönelik olarak uçlarında genişletme başlıkları oluşturulan **HPM/L** serisi ankraj bulonlarının $N_{Rk,s}$ karakteristik çekme dayanımı ve $V_{Rk,s}$ karakteristik kesme kuvveti dayanımının, öngörülen güvenlik katsayısı altında, çeşitli durumlar için sağlandığı bir seri deneyle test edilmiş ve Dok. 5'de verilen onay raporu düzenlenmiştir. Bu dökümanda, bulon çeliği akma dayanımına ve beton karakteristik dayanımına bağlı olarak, bir kolon ayağındaki bulon gurubu için yapılan tahkikler ve temele yerleştirilmesi gereken donatı ile ilgili hesaplar yer almaktadır.

3.4 PPM/L Serisi Bulonların Tahkiki

Uçlarında genişletme başlıkları oluşturularak ankraj boyu azaltılan **PPM/L** serisi bulonların $N_{Rk,s}$ karakteristik çekme dayanımı ve $V_{Rk,s}$ karakteristik kesme dayanımına göre, öngörülen güvenlik katsayıları altında, ankrajına yönelik hesap esasları Dok. 6'da açıklanmaktadır. Bu dökümanda, bir bulon için bulon çeliği akma dayanımı ve C25/30 sınıfı beton için beton kırılma dayanımı değerleri verilmekte, bunlara bağlı olarak bir kolon ayağındaki kolon pabuçları bulon gurubu için yapılacak tahkikler ve temele yerleştirilmesi gereken donatı ile ilgili hesaplar gösterilmektedir.

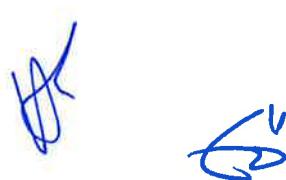
4 Kolon Pabuculu ve Ankraj Bulonlu Kolon-Temel Birleşimlerinin Sismik Davranışının Deneysel Olarak Değerlendirilmesi

Klasik yuvalı (soket) kolon-temel bağlantı detayına bir alternatif oluşturan kolon pabuculu ve ankraj bulonlu kolon-temel birleşimlerinin ve bu birleşimlerin uygulandığı kolonların sismik davranışının izlenmesi amacıyla, Pavia Üniversitesi Yapı Mekanığı Laboratuvarında bir seri deneysel çalışma gerçekleştirilmiş ve elde edilen sonuçlar Dok. 9'da açıklanmıştır.

Bu deneysel incelemelerde

- i- kolon pabucundaki kaynaklı birleşimlerin gerçek davranışının değerlendirilmesi ve kaynak gerilmelerinin lineer-elastik bölgede kaldığının kontrolü,
- ii- deney örneklerinin yerdeğiştirme sünekliklerinin ve sönüüm oranlarının belirlenmesi,
- iii- kolon pabucu uygulanan kolonların rijitliklerinin diğer geleneksel kolon-temel birleşimleri ile karşılaştırılması amaçlanmaktadır.

Bu hususlara ilişkin olarak, deney verilerinin değerlendirilmesi ile elde edilen başlıca sonuçlar aşağıda sıralanmıştır.



- i- Deney örneklerinin taşıma kapasiteleri, ankraj bulonların çekme kapasiteleri tarafından kontrol edilmektedir. Diğer bir deyişle, ankraj bulonlarının plastik şekildeğiştirmeleri sırasında bireleşimin diğer elemanlarındaki zorlanmalar ve kaynak gerilmeleri lineer-elastik bölgede kalmaktadır.
- ii- Kolon pabucu kullanarak kolon-temel bağlantı detayı oluşturulan deney örneklerinin yerdeğiştirme sünekliği $\mu > 5$ değerini almakta ve dayanım azalması terkedilebilir düzeyde kalmaktadır. Yatay yerdeğiştirme oranının $\delta/h = \%1.2$ değeri için çevrimisel sönüüm oranı $\%6.5$ değerine eşit olmakta ve artan çevrim sayısına bağlı olarak sönüüm oranı da artmaktadır.
- iii- Deney örnekleri üzerinde gözlenen ve akma sınırına karşı gelen yatay yerdeğiştirme oranı $\% 1-1.3$ arasında değişmekte ve bu tür sistemler için öngörülen $\% 2$ sınırının altında kalmaktadır.

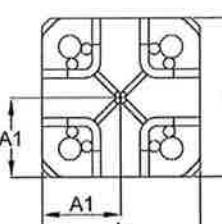
5 Kolon Pabuçlarının Uygulanmasında Minimum Kolon Boyutları ve Kullanılacak İlave Donatı Detayları

Kolon pabuçlarının bilimsel esaslara ve ilgili yönetmeliklere uygun bir biçimde, etkin olarak kullanılmasını sağlamak amacıyla, kolon pabucu tipine bağlı olarak, alınması gereken başlıca konstrüktif önlemler Dok. 1'de açıklanmıştır. Bu konstrüktif önlemler aşağıda özetlenmiştir.

- i- Kullanılan kolon ayağı tipine ve kolonun geometrisine bağlı olarak, uygulanması gereken minimum kolon boyutları Tablo 7 ve Tablo 8'de verilmiştir.

Tablo 7. Dikdörtgen kolonlar için minimum kolon boyutları [mm]

		HPKM					PPKM				PEC		
		16	20	24	30	39	36	39	45	52	24	30	36
A1	112	117	132	149	187	184	188	238	288	140	173	194	
b _{min}	235	245	270	300	380	380	380	480	580	280	346	388	



BB
E

Tablo 8. Dairesel kolonlar için minimum kolon boyutları [mm]

	HPKM					PPKM				PEC		
	16	20	24	30	39	36	39	45	52	24	30	36
A2	136	143	164	187	235	234	235	306	374	175	220	245
d_{min}	280	300	335	380	480	480	480	630	770	350	440	490

ii- Kolon pabuçlarının prefabrike betonarme kolon ile integrasyonunun ve karşılıklı etkileşiminin sağlanması, Madde 2.1.4'te açıklandığı şekilde ankraj bulonları ile kenetlenme donatısı arasındaki dışmerkezlik ve benzeri nedenlerle oluşan enine çekme kuvvetlerinin karşılanması amacıyla kullanılması gereken konstrüktif donatıya ilişkin bilgiler Dok. 1'de yer almaktadır. Bu doğrultuda, S420 beton çeliği kullanarak kolon taban bölgesinde oluşturulması öngörülen konstrüktif donatı düzenleri Şekil 2, Şekil 3 ve Şekil 4'te verilmiştir.

6 Peikko Kolon Pabuçları ve Ankraj Bulonlarının 2007 Türk Deprem Yönetmeliği ve İlgili Türk Standartları Çerçeveşinde Kullanılmasına İlişkin Öneriler

Özellikleri, tasarım prensipleri, uygulama esasları ve ilgili deneysel incelemelerin önceki bölümlerde değerlendirildiği Peikko kolon pabuçları ve ankraj bulonlarının ülkemizde yürürlükte olan TS500 Betonarme Yapılar Standardı, TS9967 Prefabrike Betonarme Binaların Tasarım Standardı, TS648 Çelik Yapılar Standardı, 2007 Türk Deprem Yönetmeliği ve gerekli olan durumlarda ilgili Uluslararası yönetmelikler çerçevesinde kullanılmasına ilişkin önerilerimiz aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır.

a) 2007 Türk Deprem Yönetmeliği Madde 3.12.2.2 uyarınca, kolon-temel bağlantı detayında kullanılan kolon pabucu elemanları ve ankraj bulonları, düşey yükler ve 1.5 katsayısı ile arttırlan deprem etkileri altında boyutlandırılacaktır. Diğer bir deyişle, bağlantı elemanlarının tasarımını

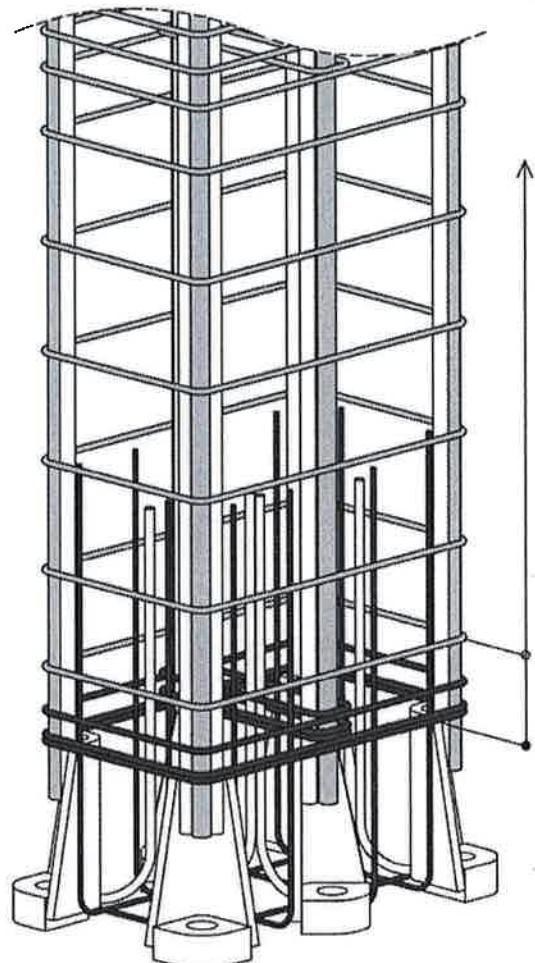
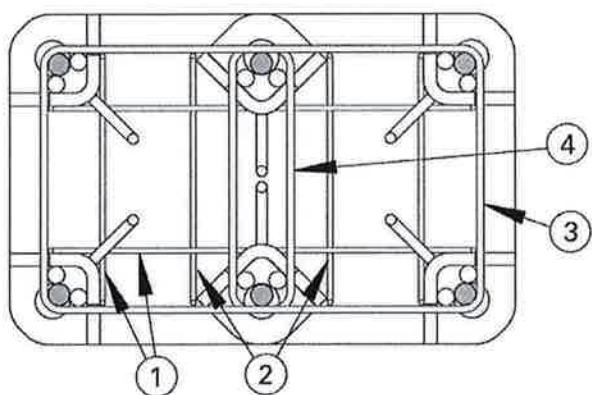
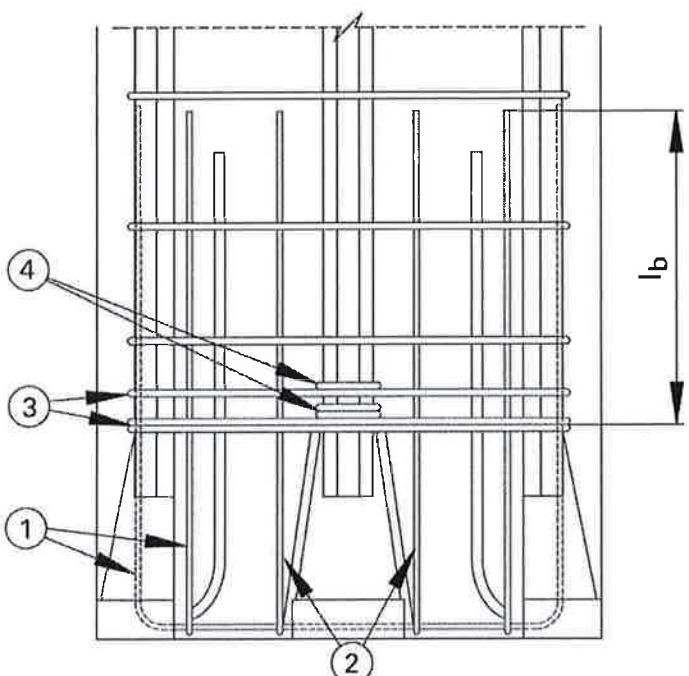
G : sabit yüklerden oluşan iç kuvvetler

Q : hareketli yüklerden oluşan iç kuvvetler

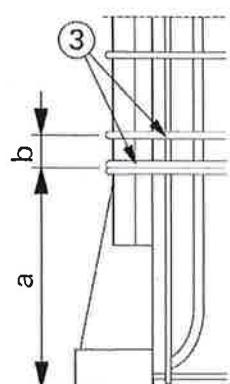
E : deprem etkilerinden meydana gelen iç kuvvetler olmak üzere

$$\mathbf{G + Q + 1.5 \times E} \quad \text{ve} \quad \mathbf{0.9G + 1.5 \times E}$$

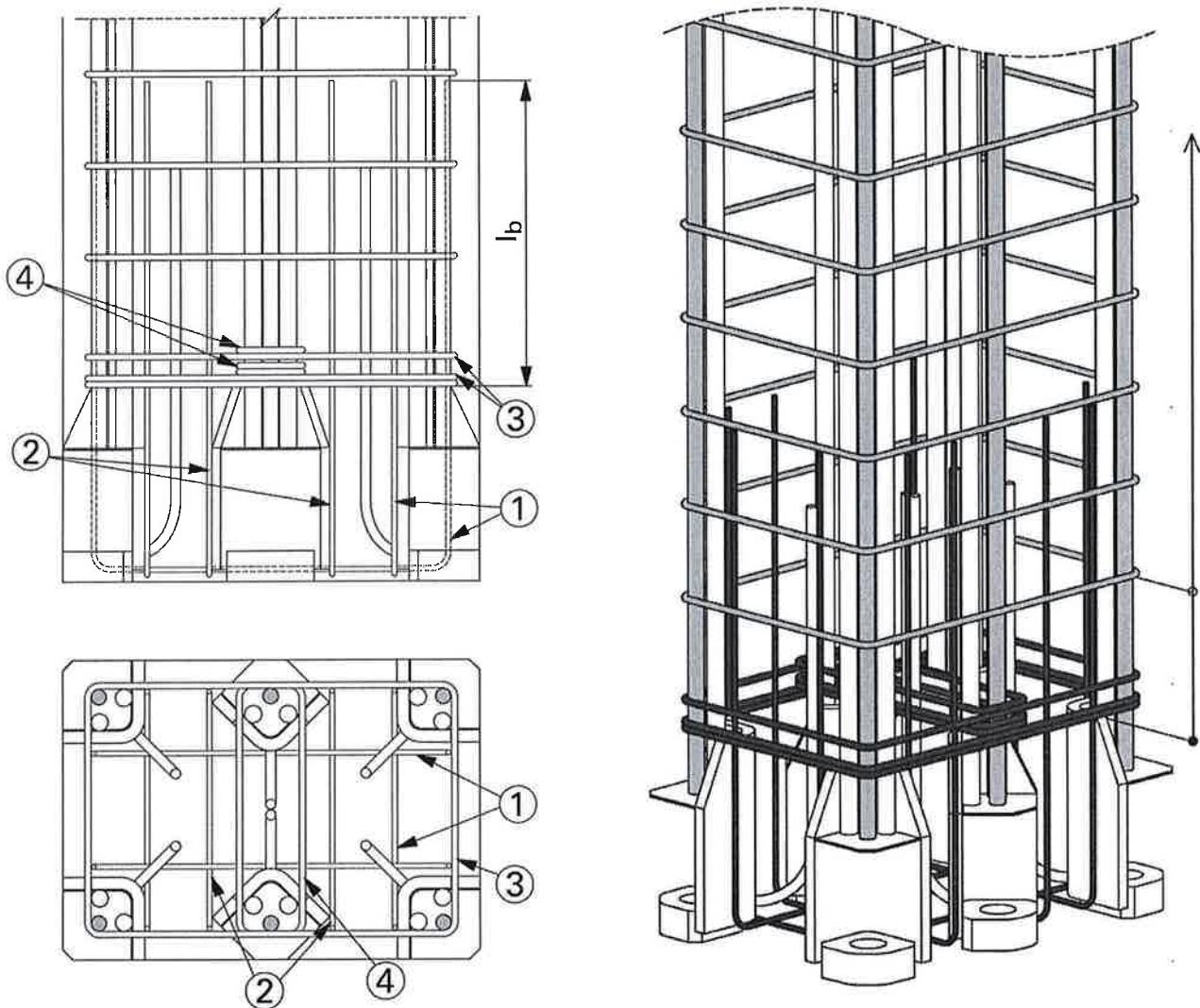
yüklemeleri için yapılacaktır.



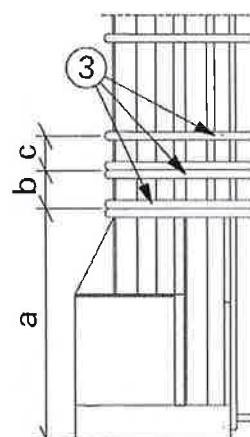
	HPKM 16	HPKM 20	HPKM 24	HPKM 30	HPKM 39
U - etriyeler	POZ 1	4Φ8	4Φ8	4Φ8	4Φ8
orta pabuçlar için U- etriyeler	POZ 2	2Φ8	2Φ8	2Φ8	2Φ10
etriyeler	POZ 3	2Φ10	2Φ10	2+1Φ10	2+1Φ10
	a	145	170	205	245
	b	-	-	40	40
İç etriyeler	POZ 4	2Φ10	2Φ10	2+1Φ10	2+1Φ12
l_b		≥300	≥300	≥300	≥500



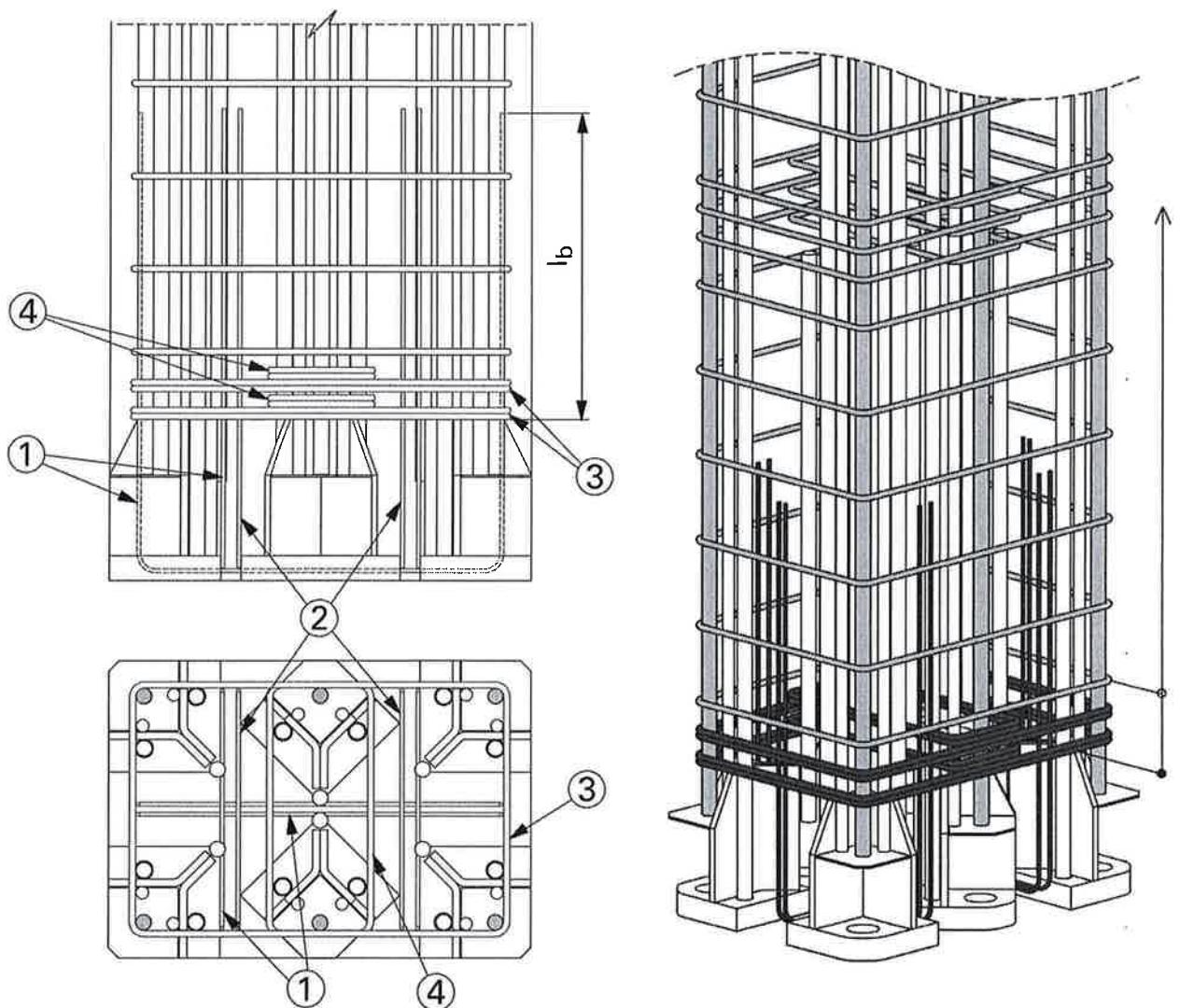
Şekil 2. HPKM kolon pabuçları için ilave donatı detayları (S420)



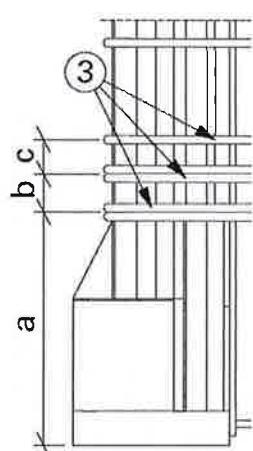
		PPKM 36	PPKM 39	PPKM 45	PPKM 52
U - etriyeler orta pabuçlar icin U- etriyeler etriyeler	POZ 1	4Φ10	4Φ10	4Φ10	4Φ10
	POZ 2	2Φ10	2Φ10	2Φ10	2Φ10
	POZ 3	2+1Φ12	2+2Φ12	2+2+1Φ12	2+2+1Φ14
	a	250	270	300	330
	b	40	45	45	50
	c	-	-	40	45
İç etriyeler	POZ 4	2+1Φ12	2+2Φ12	2+2+1Φ12	2+2+1Φ14
	l_b	$\geq 500\text{mm}$	$\geq 500\text{mm}$	$\geq 500\text{mm}$	$\geq 500\text{mm}$



Şekil 3. PPKM kolon pabuçları için ilave donatı detayları (S420)



	PEC 24	PEC 30	PEC 36
U - etriyeler	POZ 1	4Φ8	4Φ8
orta pabuçlar icin U- etriyeler	POZ 2	2Φ8	2Φ8
etriyeler	POZ 3	2+1Φ10	2+2Φ10
	a	225	280
	b	40	40
İç etriyeler	POZ 4	2+1Φ10	2+2Φ10
	lb	≥ 300	≥ 300
			≥ 300



Şekil 4. PEC kolon pabuçları için ilave donatı detayları (\$420)

- b) Prefabrike kolonların montajı sırasında ankray bulonlarında basınç kuvvetleri meydana geldiğinden, bu geçici yükleme durumu için deprem etkilerinin 1.5 katı sayısına artırılmasına gerek olmamaktadır.
- c) Kolon pabuçlarının ve ankray bulonlarının yük taşıma kapasitelerinin hesabı gerekli malzeme güvenlik katsayılarını içerdiginden, birleşim hesaplarında ayrıca malzeme güvenlik katsayıları uygulanmasına gerek yoktur. Diğer taraftan, birleşim hesaplarının taşıma gücü prensibine göre yapılması nedeniyle, Deprem Yönetmeliği'nin 3.12.2.2 maddesinde belirtilen emniyet gerilmesi artırımı da söz konusu değildir.
- d) Kolon kesme kuvvetlerinin temele aktarılmasında, kesme sürtünmesi prensibine göre

$$n \times N_{Rd} \times \mu \geq V$$

koşulu sağlanacaktır. Burada

n : ankray bulonu sayısını

N_{Rd} : bir ankray bulonunun tasarım çekme dayanımını (Madde 3)

μ : kolon pabucu ile temel yüzeyi arasındaki sürtünme katsayısını ($\mu = 0.35$)

V : düşey yükler ve 1.5 katı sayısına artırılan deprem etkilerinden oluşan kolon kesme kuvvetini göstermektedir.

7 Sonuçlar

Prefabrike betonarme kolonların temel bağlantı detaylarında kullanılmak üzere imal edilen *Peikko kolon pabuçları ve ankray bulonlarının* tasarımını, uygulanması ve deneysel olarak irdelenmesi amacıyla hazırlanan dökümanlar üzerinde gerçekleştirilen ve yukarıdaki bölümlerde ayrıntılı olarak açıklanan incelemeler ve değerlendirmeler sonucunda

- a) sözkonusu yapı elemanlarının tasarımına ve uygulanmasına yönelik olarak hazırlanan dökümanların, esas ve prensipler bakımından, bilimsel esaslara, temel mühendislik ilkelerine, ilgili ulusal ve uluslararası yönetmeliklere uygun olduğu
- b) bu yapı elemanlarının, Madde 6'da belirtilen esaslar çerçevesinde, ülkemiz koşullarında güvenle kullanılabileceği

kanaatine varılmıştır.

Saygı ile sunulur, 20 Mayıs 2009.

Prof. Dr. Erkan Özer
İTÜ İnşaat Fakültesi
Yapı Anabilim Dalı

Prof. Dr. Ahmet SAYGUN
İTÜ İnşaat Fakültesi
Yapı Anabilim Dalı

