



## TEMELLERDE KOLON DONATI ÇUBUKLARININ ADERANSI

Yrd. Doç. Mahmut TURAN\*

### ÖZET

*Betonarme kolonlardan temellere yük aktarmada kolon boyuna donatısının basınç aderansı incelenmiştir. Nervürlü çubuklar ile gerçek boyutlu temeller üzerinde yapılan deneyler aderans dayanımının beton basınç mukavemeti, çubuk çapı, kenetlenme yada ankraj boyu, temel plan alanı, temelde kolon donatısı çevresindeki etriyeler ve temel çekme donatısı miktarına göre değiştiğini göstermiştir. Deney sonuçlarından TS 500 de tanımlanan aderans gerilmelerinin çok düşük olduğu görülmektedir. Bu yüzden şartnamede verilen değerlerin yükseltilmesi önerilmektedir.*

### 1. GİRİŞ

Basınçtaki aderans performansı çekmedekinden farklı olan nervürlü çelikler iki tür aderans kırılması meydana getirirler. Bunlar sırasıyla yarılma ve sıyrılmaya kırılmalarıdır. Donatıyı saran betonun radyal kuvvetlere karşı yeterli dayanıma sahip olmadığı betonarme giriş ve kolonlarda sırasıyla çekmeye ve basınca maruz bindirmeli donatı ekleri aralarındaki birçok belirgin farka rağmen, yarılma kırılmasına (splitting failure) tipik örneklerdir. (Ferguson and Breen, 1965 ve Cairns and Arthur, 1979). Buna mukabil betonarme elamanda yarılmaya karşı yeterli dayanımın olması halinde kenetlenme yada ankraj aderans kırılması donatının betondan sıyrılmaya sonucu (slip failure) meydana gelebilir. (Rehm, 1968; ACI Committee 408, 1966 ve Astill and Al-sajir, 1980). Yapılan çalışmalar (Astill and Turan, 1982 ve Turan, 1983) betonarme temellerde yarılmaya karşı betonda yeterli mukavemetin bulundu-

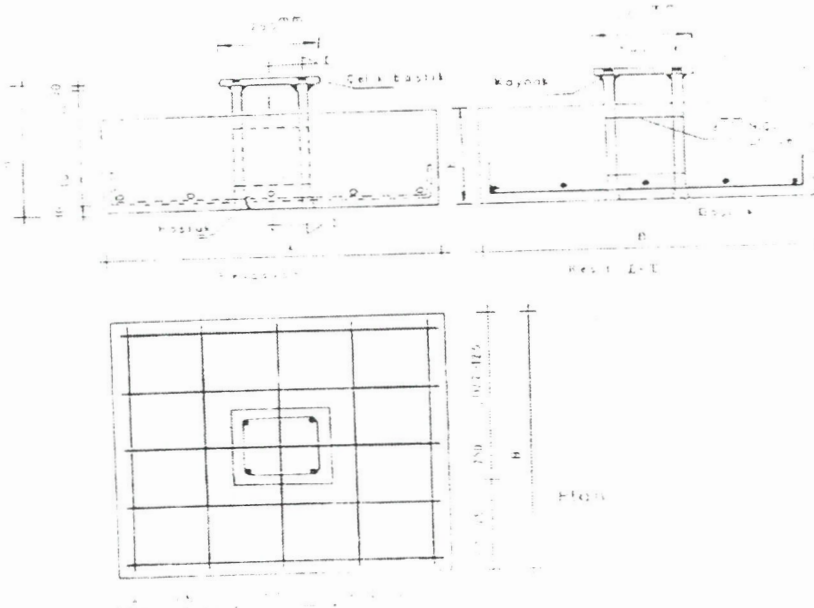
\* D.P.Ü Mühendislik Fakültesi, İnşaat Bölümü, Kütahya

ğunu ve bu nedenle ankraj aderans kırılmasının kolon boyuna donatısının temel betonundan sıyrılması sonucu meydana geldiğini göstermiştir.

Betonarme tekil temel dizaynı ülkeden ülkeye farklılıklar gösterir. Örneğin ülkemizde TS 500 betonarme şartnamesi (1985) temel dizaynında eğilme ve kesmeyi dikkate alırken kolon donatısı yada filizlerinin basınç aderansı için gerekli ankraj boyunu göz önüne almamaktadır. Buna mukabil Amerikan betonarme şartnamesi ACI 318 (1983) eğilme ve kesmenin yanısıra kolon filizleri için güvenli bir aderans sağlayacak temel kalınlığının teminini temel dizaynının ana kriterlerinden biri saymaktadır. Öte yandan nervürlü çeliklerin basınç ve çekmede aderans performansları farklı olmasına rağmen TS 500 bununla ilgili olarak aderans gerilmelerinde bir ayırım yapmamakta ve beton sınıflarına olarak verilen aderans gerilmeleri için çok düşük değerler tanımlamaktadır. Bu makalede 6 değişkeni kapsayan toplam 20 temel deney sonuçları yukarıdaki şartnamelerle karşılaştırılmış ve çıkarılan sonuçlar sunulmuştur.

## 2. DENEYSEL YAKLAŞIM

Temel deney numunelerinin genel görünümü Şekil 1 de verilmiştir. Şekilden görüldüğü gibi kolon demirleri kalınlığı 20 mm olan 250 mm kare çelik plakaya, betonlanması halinde tüm donatı çapları için 30mm beton örtüsü sağlayacak şekilde kaynaklanmıştır. Temel betonu içinde kolon demirlerinin altında 30 mm boşluk bırakılmış ve böylece çubukların uç taşınması kaldırılmıştır. Öte yandan kolon çubukları temel üst seviyesi dışında betonlanmadığından stabiliteyi temin için bu seviye üstündeki uzunlukları donatı çapına bağlı olarak belirlenmiştir. (örneğin 16 mm çubuk için 70 mm). Kolon donatısı ankraj boyu 170 mm olan 1.grup deneylerde 16 , 20 ve 25 mm nervürlü çubuklar kullanılmıştır.



Şekil 1: Numunelerin genel görünüşü

2. Grup deneylerde ankraj boyu , 3.grup deneylerde temel plan alanı değişken olarak alınmıştır. 4.grupta 12 mm nervürlü çubuklar temel çekme donatısı olarak kullanılmış ve 4a grubu deneylerde ankraj boyu 320 mm olarak 4b grubu deneylerde ise 170 mm olarak sabit tutulup donatı oranları değiştirilmiştir. 5.grup deneylerde ankraj boyunca kolon donatısını saran 8mm nervürlü çelik etriyeler değişken olarak alınmıştır.5a ve 5b guruplarında ankraj boyları sırasıyla 320 mm ve 170 mm olarak sabit tutulup etriye miktarları değiştirilmiştir. Son olarak 6.gurup deneylerde betonun karakteristik basınç dayanımı değişken olarak seçilmiştir.1. grup deneyler hariç geri kalanların tümünde kolon donatısı 25 mm çubuklardan oluşmuştur. Tüm deneyler 7 günlük temeller üzerinde yapılmış ve temellerde eğilme momentinin etkisi elimine edilmiştir. Deneylerle ilgili geniş bilgi ilgili kaynakta (Turan,1983) mevcuttur.

### 3.DENEY SONUÇLARI VE ŞARTNAMESLERLE KARŞILAŞTIRMA

Standart silindir deneyleri yapılmış olmakla birlikte temel deneylerinde beton kalitesinin ölçümü için 150 mm küp dayanımı esas alınmış olup silindir dayanımının küp dayanımına oranı ortalama 0.83 olarak bulunmuştur. Ancak gerek ACI 318 ve gerekse TS 500 standart silindir dayanımını esas almaktadır. Bu yüzden ACI 318 e göre küp dayanımı cinsinden aderans gerilmesi ifadesi yukarıda verilen dayanım oranı dikkate alınarak şu şekilde elde edilmiştir. Bir çubuk için aderans taşıma gücü dizayn yükü ifadesi yazılıp bu ifade şartnamede verilen ankraj boyu ifadesi yerine konup düzenlenerek taşıma gücü dizayn aderans gerilmesi ACI 318  $f_{bs} = 0.949\sqrt{f_{cu}}$  (N / mm<sup>2</sup>) olarak elde edilmiştir. TS 500 e göre aderans gerilmesi hesabında ise benzer şekilde hareket edilerek şartnamede verilen anma aderans gerilmesi ifadesinde kenetlenme boyu ifadesi yerine yazılıp düzenlenmiş ve yine şartnamede verilen beton basınç ve çekme mukavemetleri arasındaki bağıntıdan hareketle taşıma gücü dizayn aderans gerilmesi TS 500  $f_{bs} = 0.542\sqrt{f_{cu}}$  (N / mm<sup>2</sup>) olarak bulunmuştur.

Deney sonuçlarının Türk şartnamesi TS 500 ve Amerikan şartnamesi ACI 318 e göre karşılaştırılması Tablo 1 de sunulmuştur. Tabloda , TS 500 ve ACI 318 e göre aderans gerilmesi değerleri yukardaki bağıntılardan hesaplanmıştır. Bu değerler kullanılarak deneylerle aynı taşıma gücü yükünü verecek TS 500 ve ACI 318 e göre gerekli kenetleme boyları ( $l_a$ )da yine tabloda verilmiştir.

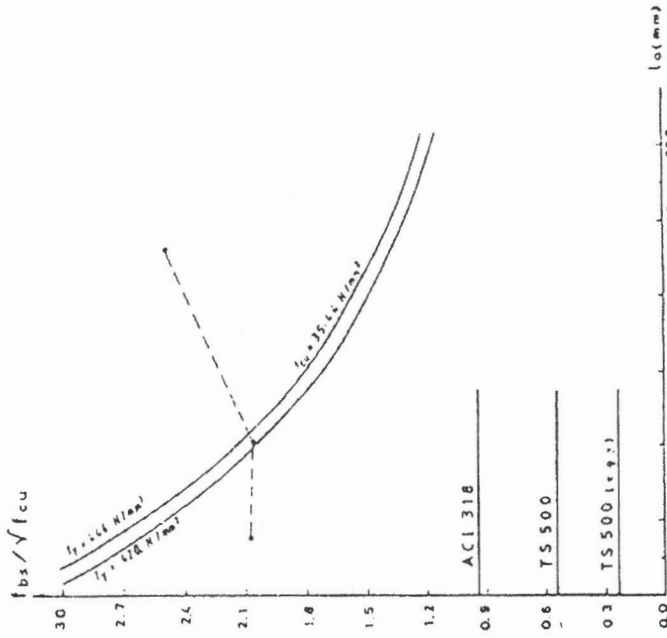
Tablonun incelenmesinden açıkça görüldüğü gibi, her iki şartnamede izin verilen aderans gerilmeleri deneylerden elde edilen aderans gerilmelerinin çok altındadır. Öte yandan TS 500 ün tanımladığı aderans gerilmesi değeri sürekli olarak ACI 318 değerlerinin altında ve yaklaşık 0.57 katı mertebesindedir. Sonuçta TS 500 e göre ekonomik olmayan ve aşırı büyüklükte kenetlenme boyları elde edilmektedir.SR5-2 için verilen aderans gerilmesi taşıma gücü değeri olmadığından bu değer hariç tutularak , TS 500 ve ACI 318 e göre gerekli ankraj boylarının deney ankraj boyuna oranının ortalaması ve varyasyon katsayıları sırasıyla  $X = 4.21$ ,  $V = \%12.86$  ve  $X = 2.41$  ,  $V = \%12.88$  olarak hesaplanmıştır.

Değişkenlere bağlı olarak deney sonuçları ayrıca aşağıdaki şekillerde TS 500 ve ACI 318 ile karşılaştırılmıştır. Şekil 2 de aderans dayanımının çubuk çapı ve

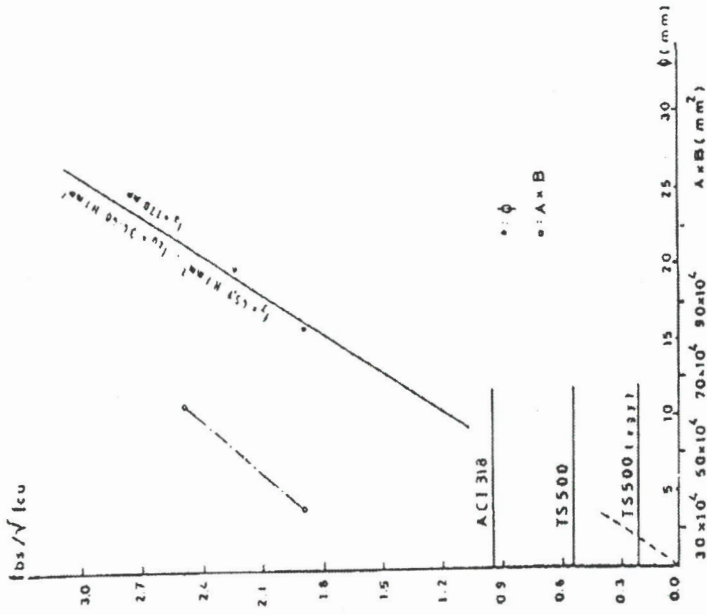
temel plan alanına göre değişimi gösterilmiştir. Kolon donatısında akma gerilmesi oluşturacak aderans gerilmesi beton basınç dayanımı dikkate alınarak çubuk çapına bağlı olarak gösterilmiştir. Aynı şekilde TS 500 ve ACI 318 için değerler ve ayrıca TS 500 de emniyet gerilmeleri yöntemi için verilen aderans gerilmeleri de gösterilmiş bulunmaktadır. Şekilden görüldüğü üzere çubuk çapı büyüdükçe aderans dayanımı artmaktadır. Bu özellik betonarme kirişlerde çekmeye yüzük bindirmeli eklemlerde gözlenmiştir. (Ferguson and Breen, 1965). Yüksüz alanın yüklü alana oranı büyüdükçe betonun taşıma dayanımının arttığı bir çok araştırmacı tarafından gösterilmiştir. (Astill and Al-Sajir, 1980 ve Hawkins, 1968). Şekil 2 den görüldüğü gibi temel plan alanı arttıkça aderans dayanımı artmaktadır. Fakat her iki şartnamenin bu iki değişkeni dikkate almadığı şekilden açıkça görülmektedir.

GURUP	Deney No	Deneysel (1)		ACI 318 (2)		TS 500 (3)		$I_a(2)/I_a(1)$	$I_a(3)/I_a(1)$
		$f_{bs}$	$I_a$	$f_{bs}$	$I_a$	$f_{bs}$	$I_a$		
		N/mm <sup>2</sup>	mm	N/mm <sup>2</sup>	mm	N/mm <sup>2</sup>	mm		
1	SR1-1	10.679	170	5.348	340	3.054	595	2.00	3.50
	SR1-2	12.727	170	5.394	401	3.081	702	2.36	4.13
	SR2-1	11.937	170	5.448	373	3.112	652	2.19	3.84
2	SR2-1	11.937	170	5.448	373	3.112	652	2.19	3.84
	SR2-2	12.154	220	5.591	478	3.192	837	2.17	3.81
	SR1-3	13.926	320	5.295	842	3.024	1474	2.63	4.61
3	SR3-1	11.191	320	5.572	643	3.182	1125	2.01	3.52
	SR1-3	13.926	320	5.295	842	3.024	1474	2.63	4.61
4a	SR1-3	13.926	320	5.295	842	3.024	1474	2.63	4.61
	SR4-1	13.926	320	5.250	849	2.998	1487	2.65	4.65
	SR4-2	14.423	320	5.303	870	3.028	1524	2.72	4.76
	SR4-3	15.667	320	5.136	976	2.933	1709	3.05	5.34
4b	SR2-1	11.937	170	5.448	373	3.112	652	2.19	3.84
	SR6-2	12.171	170	5.590	370	3.192	648	2.18	3.81
	SR6-3	12.732	170	5.341	405	3.050	709	2.38	4.17
	SR6-4	14.160	170	5.370	448	3.066	785	2.64	4.62
5a	SR1-3	13.926	320	5.295	842	3.024	1474	2.63	4.61
	SR5-1	15.159	320	5.146	943	2.938	1652	2.95	5.16
	SR5-2	14.911*	320	5.435	879	3.103	1540	2.75	4.81
5b	SR2-1	11.937	170	5.448	373	3.112	652	2.19	3.84
	SR7-1	13.576	170	5.415	426	3.092	746	2.51	4.39
	SR7-2	15.681	170	5.424	492	3.097	862	2.89	5.07
6	SR2-1	11.937	170	5.448	373	3.112	652	2.19	3.84
	SR8-1	9.830	170	4.798	348	2.739	610	2.05	3.59
	SR8-2	9.128	170	4.441	350	2.536	613	2.06	3.61
	SR8-3	10.766	170	5.005	366	2.858	641	2.15	3.77
	SR8-4	12.498	170	5.702	373	3.256	654	2.19	3.84
Aritmetik ortalama :								2.40	4.21
Varyasyon katsayısı %:								12.88	12.86
*: Temelde aderans kırılması yok									

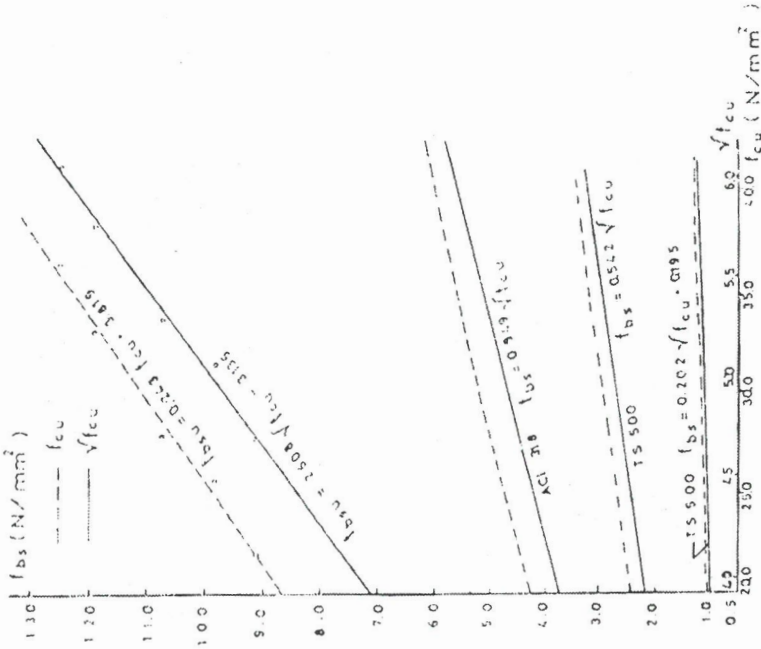
TABLO 1 : Deney Sonuçlarının TS 500 Ve ACI 318 İle Karşılaştırılması



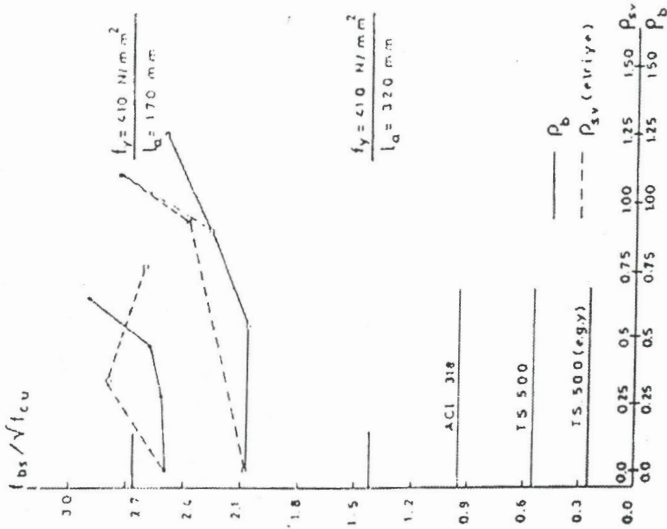
Şekil 3: Aderans gerilmesinin ankraj boyu ile değişimi



Şekil 2: Aderans gerilmesinin çubük çapı ve temel alanı ile değişimi



Sekil 5: Aderans gerilmesinin  $f_{cu}$  ve  $f_y$  ile değişimi



Sekil 4: Aderans gerilmesinin enine donatı ile değişimi

Ankraj boyunun değişmesi ile ilgili aderans dayanımının TS 500 ve ACI 318 ile karşılaştırılması şekil 3'te verilmiştir. TS 500'de çelik için verilen  $420 \text{ N/mm}^2$  ve deneylerdeki kolon boyuna donatısı için ortalama  $446 \text{ N/mm}^2$  olan akma gerilmelerini doğuracak aderans gerilmeleri ankraj boyuna bağlı olarak hesaplanıp sonuçlar şekilde gösterilmiştir. Ayrıca şekilde TS 500 ve ACI 318 değerleri görölmektedir. Şekilden göröldüğü gibi kenetlenme boyu arttıkça aderans dayanımı azalmaktadır. Bu durum başka çalışmalarda da gözlenmiştir (ACI Comitee 408,1966 ve C.U.R. Report No:23,1964 ). TS 500 ve ACI 318 bu durumda da dikkate almamaktadır. Ayrıca TS 500'e göre dizayn aderans gerilmeleri deney sonuçlarına nazaran çok küçük kalmaktadır.

Enine donatı ile ilgili aderans dayanımının TS 500 ve ACI 318 ile karşılaştırılması şekil 4'te görölmektedir. Ankraj boyunca kolon donatısını çevreleyen etriye miktarı ve temelde çekme donatısı oranı veya her ikisinin mevcudiyeti aderans dayanımını önemli ölçüde artırmaktadır. Kolon donatısında akma meydana getirecek aderans gerilmesi verilen ankraj boyu için hesaplanmış ve ortalama beton dayanımı kullanılarak, şekilden göröldüğü üzere 170 mm ve 320 mm ankraj boyları için akma gerilmesi seviyeleri şekilde çizilmiştir. Şekilden göröldüğü üzere her iki şartname bu değişkenleri dikkate almamaktadır. Öte yandan TS 500 tarafından verilen değerler deney sonuçlarının çok altında kalmaktadır.

Son olarak beton basınç mukavemeti ile ilgili aderans dayanımı deney sonuçları şekil 5'te TS 500 ve ACI 318 ile karşılaştırılmıştır. Şekilden göröldüğü üzere aderans dayanımı beton basınç mukavemeti ve karekökü ile lineer değişmektedir. Grek TS 500 ve gerekse ACI 318'de de aderans gerilmesi beton basınç mukavemetinin karekökü ile lineer değişmektedir. Ancak şekilden açıkça göröldüğü gibi her iki şartname ve özellikle TS 500 çok düşük dizayn aderans gerilmeleri vermektedir.

#### 4.ÖNERİLER

Deney sonuçları ile kıyaslandığında ACI 318 tarafından verilen kenetlenme boylarında bir miktar indirimde gidebileceği açıkça görölmektedir. Öte yandan TS 500, betonarme temellerde kolon boyunca donatısının ankrajı için hiçbir hüküm veya kural içermeyip ayrıca çok düşük aderans gerilmeleri tanımlamaktadır. Bunun sonucu aşırı büyük ve ekonomik olmayan kenetlenme boyları sözkonusu olmaktadır. Ayrıca şartnamenin elastik hesap yöntemine göre verdiği dizayn aderans gerilmeleri çok daha düşük değerlere sahiptir. Bu nedenle TS 500'de konuya ilişkin hususların gözden geçirilerek düzenlenmesi ve dizayn aderans gerilmelerinin yükseltilmesi gerekir.

#### YARARLANILAN KAYNAKLAR

ACI STANDART 318-83, **Building Code Requirements for Reinforced Concrete**, American Concrete Institute , Detroit, Michigan 1983.

- AMERICAN CONCRETE INSTITUTE COMMITTEE 408, **Bond Stress–The State of the Art** , Proceedings of the American Concrete Institute, Vol.63 , October 1966.
- ASTILL, A.W. and AL-SAJIR, D.K., **Compression Bond in Column-to-Base Joints**, The Structural Engineer, Vol.58B, March 1980.
- ASTILL, A.W., and TURAN ,M., **Compression Anchorage Stresses in Bases, Bond in Concrete**, Proceedings of the International Conference on Bond in Concrete , Applied Science Publishers , London 1982.
- CAIRNS, J. And ARTHUR, P.D., **Strenght of Lapped Splices in Reinforced Concrete Columns**, Proceedings of the American Concrete Institute, Vol.76, February 1979.
- C.U.R. REPORT No.23, **An Investigation of the Bond of Deformed Steel Bars with Concrete**, Cement and Concrete Association, Translation No.112, London 1964.
- FERGUSON, P.M., and BREEN, J.E., **Lapped Splices for High Strenght Reinforcing Bars**, Proceedings of the American Concrete Institute, Vol.62, September 1965.
- HAWKINS, N.M., **The Bearing Strength of Concrete Loaded Through Rigid Plates**, Magazine of Concrete Research, Vol.20, March 1968.
- REHM, G., **The Basic Principles of the Bond between Steel and Concrete Cement and Concrete Association**, Translation No. 134, London 1968.
- TS 500 STANDARDI: **Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları**, Türk standartları Enstitüsü, Ankara 1985.
- TURAN, M., **The Strength of Column-to-Foundation Joints in Reinforced Concrete**, Ph.D. Thesis, The University of Aston in Birmingham, March 1983.