

正会員 青山 博之 (東京大学工学部)

— 597 —

表1 実験の変数

壁厚 mm	アンカー 本数	埋込 長さ mm	加力方法						
			直接せん断				引き抜き		せん断 繰り返し
			$\sigma = -15$	$\sigma = 0$	$\sigma = 15$	$\sigma = 60$	$\tau = 10$	$\tau = 20$	
100	4	100	#01, #05	#02			#03	#04	#06
		125	#07	#08		#12	#09	#10	#11
		150	#13	#14, #17			#15	#16	#18
	3	100	#19	#20					
150	4	100	#21	#22	#24	#23			

0 mm で、あばら筋は D10、あばら筋間隔が 100 mm である。

加力方法： 加力は、図-2に示す方法で、20 ton センターホールジャッキにより、手動で行なった。反力によって、アンカー周囲のコンクリートを拘束しないように反力の位置は鉄筋から250 mm 以上とした。荷重と変位をモニターしながら、1 本引き抜きの場合は、抜け出し量が 5 mm になるか、鉄筋の歪が 10% になるまで加力した。2 本同時引き抜き加力の場合も同様であるが、さらにロードセルの値をモニターし、2 本の鉄筋に、同じ力が加わるように調整した。

〔直接せん断試験〕

試験体： 試験体は全部で 24 体あり、すべて、後打ち耐震壁の打ち継ぎ接合部を模したものである。形状寸法は、図-3に示す。試験体の変数は、アンカーの埋め込み長さ、(10d、12.5d、15d)、本数 (3 本、4 本)、壁厚 (10 cm、15 cm) の 3 つであり、それらの組み合わせにより、表-1に示す 5 つのタイプに分かれる。さらに、表-2に本年度の試験体の材料の力学特性を示す。

加力方法と測定： 昨年度の報告 [文1]に示した加力装置を用い、せん断面に一定の直応力を作用させながら、1 方向及び繰り返し加力した。直応力は、-15 kgf/cm から 60 kgf/cm² (圧縮正) の範囲とした。測定は、せん断面のずれ、開き、直交鉄筋の材長に沿ったせん断面から 20 mm、80 mm、140 mm の位置での歪分布とせん断力を測定した。

3. 実験の結果

〔引き抜き試験〕

引き抜き耐力： 埋め込み長さの違いによる各試験体の違いを、引き抜き耐力時の鉄筋の状態と比較すると、8d：鉄筋が弾性範囲で抜け出しが始まる。10d：鉄筋が歪硬化に入った段階で抜け出しが始まる、15d、20d：鉄筋の破断強度で耐力が決まる、ことがわかる。これらの関係を図-4に示した。この図から S D30 ($\sigma_y = 3400$ kgf/cm²) の場合、引き抜き耐力を降伏応力程度にする為には 10d 以上、鉄筋の破断まで強度を維持するには、15 d 以上の埋め込み長さが必要であると言える。

破壊モード： 本実験でみられた引き抜きによる破壊の様子は、無筋コンクリートに打ち込んだアンカーのような、いわゆるコーン状破壊は見られず樹脂とコンクリートの付着面の付着破壊がほとんどであった図-5。このように鉄筋コンクリート部材のなかに打ち込ま

表2 材料の力学特性

鉄筋		D6	D10	D13
降伏強度	kgf/cm ²	3770 ^{*1}	4140	3710
降伏歪	-----	-----	0.0021	0.0019
Young 率	tf/cm ²	1764	1962	1925
最大強度	kgf/cm ²	5830	5980	5560
破断時歪		0.12	0.17	0.19
コンクリート		先打ち部分		後打ち部分
最大強度	kgf/cm ²	243		199
強度時歪		0.00217		0.00187
Young 率 ^{*2}	tf/cm ²	209		199
割裂強度	kgf/cm ²	19.6		14.8

注 1 D6は降伏棚がないため0.2%降伏強度を示す。
2 コンクリートのYoung 率は1/3 割線剛性で定義する。

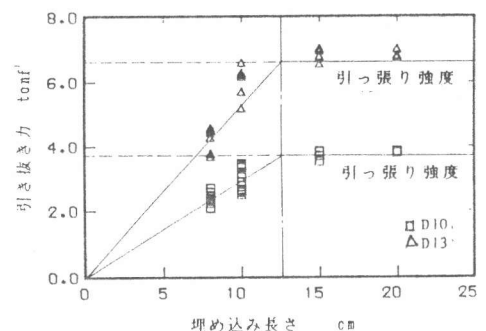


図4 引き抜き力と埋め込み長さの関係

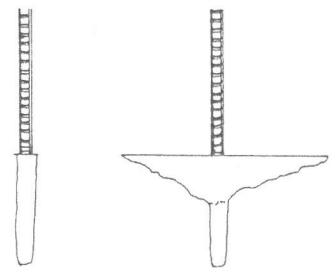


図5 破壊形式

れたアンカーは主筋、帯筋、肋筋などの鉄筋の拘束で、コーン状の破壊が起きにくいと思われる。

付着力： アンカーの抜け出し強度を、付着応力度で評価し、これと埋め込み長さの関係を図-6に示した。この付着応力度とは、鉄筋の公称表面積でなく、アンカー打ち込みに用いたドリル孔の側面積で、アンカーの耐力を除した値である。図-6から、埋め込み長さが長いと破壊は鉄筋の破断で定まるので、埋め込み長さの増加とともに付着応力度は低下する。埋め込み長さが10dより短いと、付着により破壊するので、付着応力度は、埋め込み長さによらず一定となる様子がわかる。

打ち込み方向： 打ち込み方向による違いは、上向き、下向きで、まったく影響が、見られなかった。

同時引き抜き： 2本同時引き抜き試験では、D10、D13ともに、中心間距離を10cmとしたが、耐力は1本引き抜きに比べて、D10は0.95、D13は0.74と低い値となっている。単体の場合は、主筋、帯筋による拘束が大きいのに比べ、2本引きの場合は、両鉄筋の間に、拘束する鉄筋がなく、コンクリートの内部破壊による影響が表われたと考えられる。

[直接せん断試験]

実験結果について：最大せん断応力度、直応力度、水平変位、ひび割れ幅を、表-3(a),(b)に示した。破壊モードは昨年度の報告[1]で示した(A)ダボ効果支配形、(B)せん断摩擦形

(C)直応力摩擦形の3つに大別し

た。(A)は直応力が引張力か又は、アンカーの抜け出しにより、直交鉄筋のダボ作用のみが抵抗する、

(B)は抜け出しが起らず直交鉄筋が降伏する、

(C)は直応力度によりせん断面が圧縮拘束される事によって、最大耐力に達したと考えるもので(A)、(B)、(C)の順に耐力が大きくなると考えるものである。次に、各パラメーター別に、耐力の比較を行なう。

埋め込み長さ： 埋め込み長さ10d,12.5d,15dの3種類を比べると、 $\sigma_n = -15 \text{ kgf/cm}^2$ の場合は図-7に示すように最大耐力はほぼ同じであるが、初期剛性およびそれ以後の剛性低下に大きく表われている。図-8の $\sigma_n = 0 \text{ kgf/cm}^2$ の場合は、埋め込み長さ10dの#02と12.5d,15dの#08、#17を比べると、最大耐力の違いがはっきり表われている。すなわち、#02は鉄筋が降伏した直後、抜け出し、せん断摩擦形の機構にならず、ダボ支配形になったと考えられる。これらの事から埋め込み長さが最大耐力に影響するのは抜け出しの量が直接関係するせん断摩擦形に対してであると言える。

せん断面積： #21-#24の3つの試験体は、せん

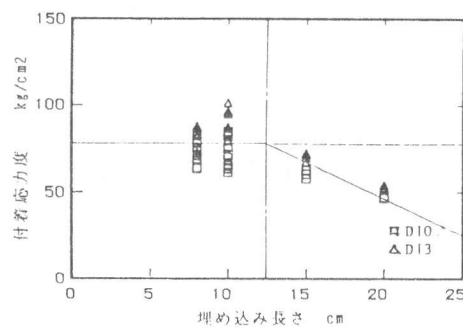


図6 付着応力と埋め込み長さの関係

表3 実験結果一覧

(a) 直接せん断実験

試験体	せん断 応力度 kgf/cm ²	直 応力度 kgf/cm ²	水平 変位 mm	ひび 割れ 幅 mm	計算値 Mattock kgf/cm ²	計算値 Raths kgf/cm ²	破 壊 モ ー ド
#01	38.4	-14.5	0.84	0.66	47.8	49.2	A
#02	57.9	0.6	0.95	0.52	60.0	62.6	A
#05	37.8	-14.8	1.13	0.61	47.6	49.0	A
#06	97.8	60.9	1.43	0.76	108.1	99.2	C
#07	40.0	-14.8	0.80	0.61	47.6	49.0	A
#08	67.0	0.4	1.22	0.57	59.8	62.4	B
#11	86.5	58.2	0.97	-0.44	106.0	97.9	B
#12	101.6	62.5	2.39	-0.04	109.4	100.0	C
#13	39.9	-14.6	0.85	0.54	47.7	49.1	A
#14	58.0	0.5	0.87	0.45	59.9	62.5	A
#17	67.8	2.3	1.58	0.83	61.3	64.0	B
#18	95.6	60.8	1.31	0.39	108.0	99.1	C
#19	30.7	-14.4	0.74	0.63	40.0	38.3	A
#20	43.2	0.5	0.55	0.40	52.0	54.2	B
#21	19.2	-14.8	8.51	2.43	37.2	33.4	A
#22	49.3	1.3	1.45	0.66	50.0	51.9	A
#23	80.1	30.6	1.48	0.75	73.5	74.7	B
#24	71.3	16.0	2.42	1.11	61.7	64.4	B

(b) 引き抜き実験

試験体	せん断 応力度 kgf/cm ²	直 応力度 kgf/cm ²	水平 変位 mm	ひび 割れ 幅 mm
#03	9.5	-35.0	0.55	1.55
#04	19.3	-35.0	1.00	1.48
#09	7.6	-45.0	4.26	5.28
#10	14.9	-45.9	9.63	5.02
#15	8.3	-46.6	4.32	5.11
#16	17.0	-44.1	14.37	5.02

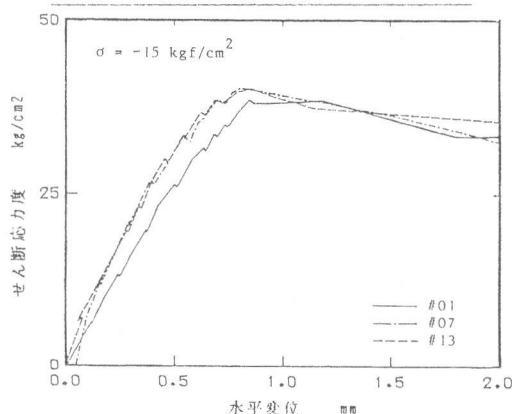


図7 せん断応力-変形関係

断面積が 450 cm^2 と他の 1.5倍となっている。せん断面積の影響をみるため、せん断面積を変え、同じ直応力度を作用させた試験体について(図-9)に示した。この図を見ると、直応力度 σ_n が引張力の場合は、まったく影響が見られない。 $\sigma_n = 0 \text{ kg/cm}^2$ では、剛性、強度ともに面積が大きいほうが高くなっている。 $\sigma_n = 60 \text{ kg/cm}^2$ (#23 は $\sigma_n = 30 \text{ kgf/cm}^2$) では、面積が大きい #23の直応力度が、#12 の 1/2と低いが、剛性、耐力ともに高く、せん断面でのかみあい効果が耐力に大きく影響していると思われる。

引き抜きとせん断力：せん断応力を一定 ($\tau = 10 \text{ kgf/cm}^2$ 、 20 kgf/cm^2) にしながら、直応力度(引張力)を増加させ、埋め込み長さの影響を調べたものである。図-10 は、せん断応力度 $\tau = 20 \text{ kgf/cm}^2$ (鉄筋1本当たり 2100 kgf/cm^2) に保った試験体の比較である。縦軸に直応力度、横軸にひび割れ幅を示した。この図を見ると、埋め込み長さ 10d では、アンカー筋の降伏と同時に抜け出し、最大耐力を呈するが、12.5d、15d では、直応力度の増加とともにひび割れ幅は増すが、アンカーの抜け出しは見られなかった

表-3は、計算値として、Mattock[1]と[3]の中に示してあるRathsの耐力式による計算結果を示した。直応力度 $\sigma_n > 0$ においては、Rathsの耐力式のほうが実験値に近い値を示している。

4 結論

【引き抜き試験】 引き抜き力は埋め込み長さに関係し、SD30の場合、樹脂-コンクリート間での破壊を起こさず破断強度まで耐力を維持するためには、埋め込み長として 15 d 以上必要で、降伏強度まで抜けださないためには 10d必要といえる。打ち込み方向の違いによる耐力の相違は見られなかった。2本同時引き抜き試験では、単体の耐力より低くなった。

【直接せん断試験】 直応力度として引張力を作用させた場合は、破壊モードは鉄筋のダボ効果によって耐力が決まる為、アンカーの埋め込み長さの違いは最大強度にあまり影響しないが、剛性、最大耐力時の変形に差がみられた。

直応力度を0にした場合は、鉄筋の降伏以後、抜け出しが、破壊モード、耐力に大きく影響をおよぼす。

直応力が圧縮の場合は、アンカーの埋め込み長さに関係なく、直応力度の大きさによって剛性、耐力が決まる。この場合、接触面積の大きさも関係していると思われる。

5 参考文献

- [1] 細川、塩原、中村、青山：鉄筋コンクリート造壁-骨組境界面の直接せん断伝達機構、第6回コンクリート工学年次講演会論文集、1984、PP. 529-532。
- [2] Mattock, A.H., "Shear Transfer in Concrete Having Reinforcement at an Angle to the Shear Plane," Volume 2, Special Publication SP42, ACI, 1974, pp. 119-128
- [3] Shaikh, A. F., "Proposed Revision to Shear Friction Provision," PCI Journal, Vol. 23, No. 2, March-April 1978, PP. 12-21.

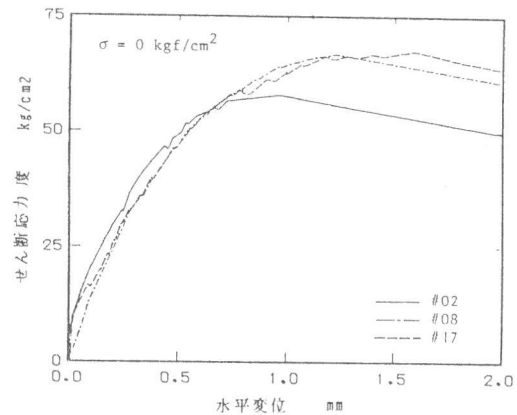


図8 せん断応力-変形関係

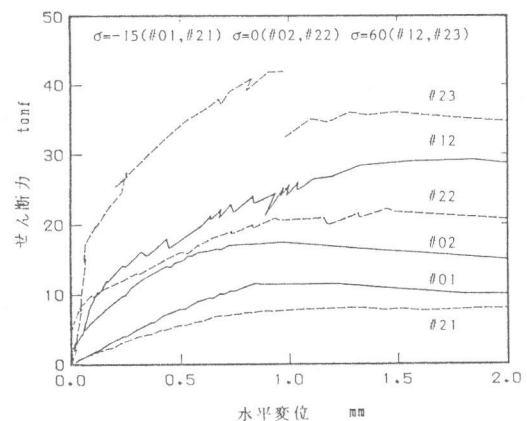


図9 埋め込み長さとしせん断応力-変形関係

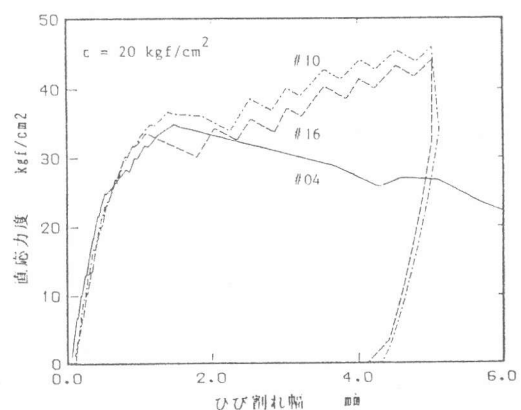


図10 せん断応力一定下の引き抜き力とひび割れ幅の関係