

極太径異形鉄筋(D76, D70, D57)の付着, ひび割れ性状に関するフシ形状の研究

合同製鐵(株) 技術サービス部 北 条 義 平

1. まえがき

最近のコンクリートの大型化, 施工の合理化等にもとないD51以上の極太径(D76, D70, D64, D57)の開発が考えられる。当社ではケーソン函の吊金具として一部実用化しているが, 本研究では, 極太径異形鉄筋のコンクリート構造物の主要部材で, 構造設計上特に重要な付着性, ひび割れ分散性と, フシ形状の関係を調べ, 製造可能なフシ形状を決定したものである。

2. 実験概要

Table-1に示すフシ寸法の鉄筋を圧延により製作した。フシ形状は横フシとし, フシピッチ, 高さ, フシの付根のRをパラメーターとした。Aタイプは曲げ加工性, 疲労強度を重視し, フシピッチを広く, フシ高さを低くした。Bタイプは付着力, ひび割れ性状を考慮した寸法とした。なおケーソン吊金具に使用している斜めフシも比較のため用いた。付着力試験はJIS案「引抜き試験によるコンクリートの付着試験方法」により行った。Table-2に試験系列を示す。ひび割れ分散性は両引き試験により行い, かぶり厚さは1.5Dとした。Table-3に試験系列を示す。

3. 結果及び考察

1) 付着特性 Fig-1に付着応力度とすべり量の結果を示す。斜めフシ, Aタイプ, Bタイプの順に付着力は増しており, 初期すべりに差が見られる。鉄筋径による差は認められない。Fig-2に引抜き量 $0.001D$ の付着応力をコンクリート圧縮強度(f_c)で無次元化した $\tau 0.001D/f_c$ と支圧面積係数($h/P \times (l-a)/l$)の関係を示す。支圧面積係数が増すほど付着力が増すし, 係数が0.15以上となると付着力は増加しない。

Table-1 鉄筋のフシ形状

項目 \ 形状		D51		D57		D76		斜めフシ	
		横フシ	斜めフシ	横フシAタイプ	横フシBタイプ	斜めフシ	横フシAタイプ		横フシBタイプ
単位重量(kg/M)		15.85	15.90	20.10	20.09	20.12	35.86	35.88	35.84
フシピッチP(mm)		18.8	65.73	26.55	23.58	66.90	34.30	31.75	96.85
フシ高さh(mm)		3.41	3.09	3.45	4.05	4.15	3.90	5.25	3.88
フシ幅部の巾(mm)		4.14	3.72	2.40	3.10	4.60	4.00	3.95	8.54
フシのすきまの和a(mm)		19.43	19.2	17.8	18.6	22.2	20.6	21.7	26.50
フシと軸線となす角(°)		90	45	90	90	45	90	90	45
* 支圧面積係数(γ)		0.159	0.083	0.117	0.154	0.108	0.104	0.150	0.071

* 支圧面積係数: $\gamma = h/ps \cdot (l-a)/l$

Table-2 引抜き試験供試体の寸法および数量

鉄筋種類	呼径	フシ形状	コンクリート供試体寸法				数量
			鉄筋長さ	エクリ寸法	付着部寸法	アンボンド	
			L(mm)	B(mm)	l(mm)	l(mm)	
従来品	D51	横フシ	2,000	306	204	102	2
	D51	斜めフシ	2,000	306	204	102	2
開発品	D57	横フシA	2,000	342	228	114	2
	D57	横フシB	2,000	342	228	114	2
開発品	D57	斜めフシ	2,000	342	228	114	2
	D76	横フシA	2,000	456	304	152	2
開発品	D76	横フシB	2,000	456	304	152	2
	D76	斜めフシ	2,000	456	304	152	2

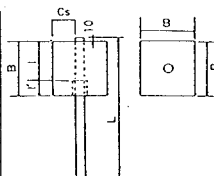


Table-3 両引き試験体の寸法および数量

鉄筋種類	呼径	フシ形状	コンクリート供試体			数量
			L(mm)	l(mm)	B(mm)	
従来品	D51	横フシ	6,000	2,750	204	2
	D57	横フシA	6,000	3,090	229	2
開発品	D57	横フシB	6,000	3,090	229	2
	D76	横フシA	6,000	4,100	304	2
	D76	横フシB	6,000	4,100	304	2

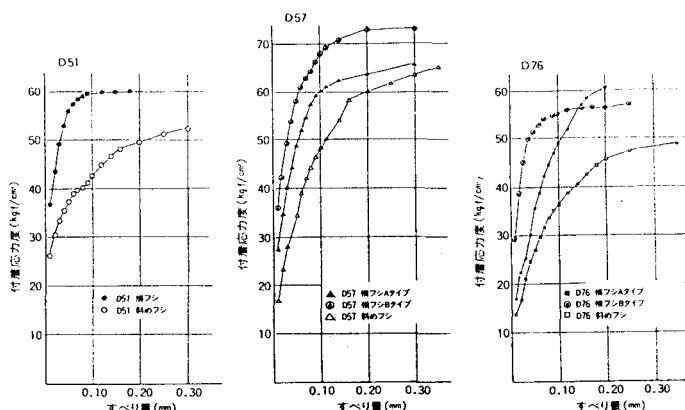
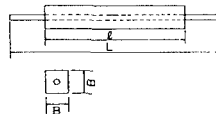


Fig-1 付着応力 - 自由端すべり量

Fig-3 に $\tau 0.001D$ とフシ高さを鉄筋径で無次元化した h/D の関係を示す。 h/D が増す程、付着力は増し、 h/D が 0.065 以上となると一定となる。斜めフシは、 h/D が増しても初期付着力は期待できない。

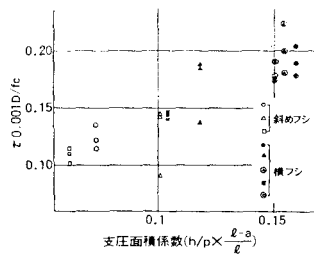


Fig-2 $\tau 0.001D/fc$ - 支圧面積係数

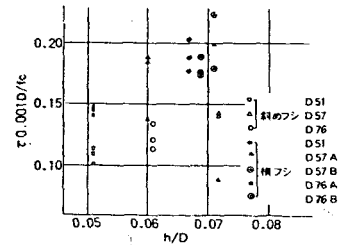


Fig-3 $\tau 0.001D/fc$ - h/D

Fig-4 にフシピッチを鉄筋径で除した P/D と $\tau 0.001D$ の関係を示す。

ピッチが小さくなる程、付着力は増す。 P/D が 0.4 以下となると、付着力は上限となる。

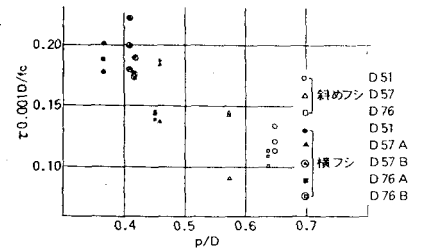


Fig-4 $\tau 0.001D/fc$ - P/D

2) ひび割れ特性 Table-4 に両引き試験結果を示す。

① ひび割れ発生応力は、A, B タイプおよびサイズによる差は認められない。② 平均ひび割れ幅は設計応力時 (1800 kgf/cm^2) ですべて土木学会「コンクリート標準示方書 (S61)」のひび割れ許容値を十分満足している。③ 最大ひび割れ幅と平均ひび割れ幅の比は設計応力時で 1.36~2.17 倍であった。

Table-4 両引き試験結果

試験	船の種類	試験種	ひび割れ幅(mm)				ひび割れ発生荷重 t(kg/cm ²)	目標による 平均ひび割れ幅 (mm)	鉄筋の抜け出量	
			設計荷重時		1.5X設計荷重時				設計荷重	1.5X設計荷重
			最大値	平均値	最大値	平均値				
D76	Aタイプ	No.1	0.29	0.19	0.44	0.30	20 (4.9)	39.4	0.239	0.340
		No.2	0.33	0.20	0.49	0.37	30 (6.9)	42.8	0.180	0.282
	Bタイプ	No.1	0.29	0.21	0.49	0.36	30 (6.9)	42.9	0.264	0.368
		No.2	0.23	0.16	0.41	0.28	29 (5.9)	40.4	0.235	0.330
D57	Aタイプ	No.1	0.22	0.13	0.33	0.22	17 (4.3)	28.0	0.171	0.274
		No.2	0.27	0.13	0.38	0.23	15 (5.8)	28.4	0.196	0.288
	Bタイプ	No.1	0.19	0.14	0.35	0.26	17 (6.3)	26.1	0.162	0.294
		No.2	0.18	0.11	0.33	0.21	17 (6.3)	27.7	0.174	0.298
D51	横フシ	No.1	0.26	0.12	0.38	0.22	14 (5.9)	27.9	0.175	0.257
		No.2	0.18	0.12	0.30	0.22	12 (5.6)	24.5	0.179	0.249

であった。Fig-5 に平均ひび割れ幅とフシ高さを鉄筋径で無次元化した h/D の関係を示す。フシ高さが高くなるほど、ひび割れ幅は小さくなる。Fig-6 にフシピッチを鉄筋径で無次元化した P/D と平均ひび割れ幅の関係を示す。フシピッチが小さくなるほど、ひび割れ幅は小さくなる。Fig-7 に平均ひび割れ幅をコンクリートかぶり厚さで除した値 Cs と鉄筋応力の関係を示す。 Cs はほぼ一定でひび割れ幅はコンクリートかぶり厚さに依存する。

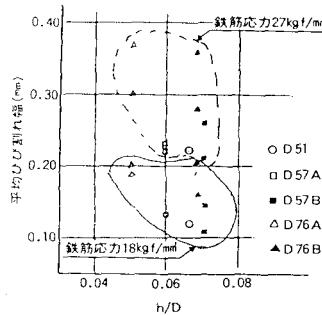


Fig-5 平均ひび割れ幅 - h/D

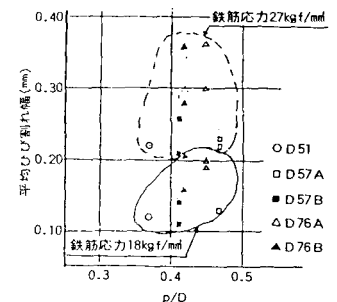


Fig-6 平均ひび割れ幅 - P/D

4. まとめ

1) 極太径鉄筋の付着力はフシ形状を鉄筋径に比例させれば、D51 と同等の付着性能を期待できる。2) 実験の範囲内のフシ形状であれば、コンク

リート示方書 (S61) のひび割れ許容値を満足している。3) Table-5 に実験の結果に基づき設計したフシの寸法を示す。

Table-5 極太径鉄筋のフシ形状

呼径	フシピッチ		フシ高さ		フシ頭部の巾		フシの引きまの和	支圧面積係数
	P/D	P	h/D	h	a	a		
D51	0.4	20.3	0.067	3.38	3.5	16.0	0.15	
D57	0.4	22.9	0.066	3.79	4.0	17.0	0.15	
D64	0.4	25.4	0.066	4.19	4.5	18.0	0.15	
D70	0.4	27.9	0.066	4.58	5.0	19.0	0.15	
D76	0.4	30.5	0.066	5.00	5.5	20.0	0.15	

謝 辞

本実験に関して、京都大学土木工学部教授藤井博士の御助言を賜りました。ここに厚くお礼申し上げます。

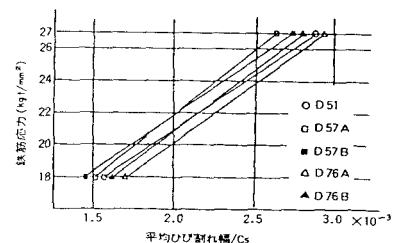


Fig-7 鉄筋応力 - 平均ひび割れ幅 / Cs