

都立大学 正員 村田 二郎
本四公団 正員 加島 聡
日本大学 正員 河合 紘 茲

1. はじめに

現行の土木学会「無筋及び鉄筋コンクリート示方書」及び「太径鉄筋D51を用いる鉄筋コンクリート構造物の設計指針」における鉄筋の関連条項、例えば許容付着応力度、許容引張応力度等は、D32以下及びD51に関する諸規定が示されている。併し、D32をこえD51未満の鉄筋を用いるコンクリート構造物の設計に関する具体的な基準はない。そこで筆者等は、D32～D51の鉄筋の付着性状を各種付着試験方法によって評価したものである。

2. 資料鉄筋及びコンクリート

実験に供した鉄筋は、SD35のD32、D35、D38、D41及びD51の直交フシ筋A₁、A₂及びA₃、斜フシ筋B₁及びB₂の合計5種類であった。これらの機械的性質及び表面形状は、表-1に示す。

コンクリートは粗骨材の最大寸法を25mm、スランプ8±2cm、枕令28日の圧縮強度を300±30 kgf/cm²とした。

3. 引抜き試験

これはカブリコンクリートの緩みびわれ発生時の付着応力度を求めるもので、一辺60cmの無補強コンクリート供試体からの引抜き試験である。

実験結果を図-1に示す。付着応力すべり曲線は、D32～D38はほぼ同様の曲線となるが、D41以上の曲線はD38以下の曲線とこえた位置にある。尚、D51の σ_0 - δ/p 曲線はフシ形状によって大差はないが、D41以下ではフシの角度が鉄筋軸に直角でフシ間隔の狭いほど付着応力すべり曲線の勾配は急であって、割裂時の最終すべりは小さい。従ってD51を用いる場合には、細径鉄筋の場合より十分な横方向鉄筋を配置してカブリ部分を補強する必要がある。又、最大付着応力度は、フシの支圧効果が大きいものの方が若干大きい傾向を示し、岡村氏の提案の支圧面積係数と良い相関が認められた。

4. 偏心引抜き試験

この試験は、横方向鉄筋で十分補強した場合の終局強度を与えるものであるから、供試体にはせん断びわれが発生する以前に鉄筋に沿う緩みびわれが発生し、付着破壊が起るよう配慮したものである。実験結果を表-2に示す。

表-2において終局付着応度は、鉄筋径によって差異は認められない。従って、引抜き試験の結果とも合せて、D32～D51の許容付着応力度は同じ値をとっても差し支えないと思われる。フシ形状の影響については、斜フシ筋B₁の最大付着応力度

表-1

鉄筋	鉄筋呼び名	機械的性質				表面形状			
		引張強さ (kgf/cm ²)	引張断面積 (mm ²)	引張伸び (%)	引張断面積 (mm ²)	フシ角 (°)	フシ高 (mm)	フシ深 (mm)	フシ間隔 (mm)
直交フシ筋	A ₁	D32	41	57	32	146	2.2	90	4.9
		35	40	57	29	152	2.5	90	4.8
		38	38	62	28	154	2.4	90	5.7
		41	42	63	24	146	2.7	90	6.1
		51	42	60	21	145	2.8	90	5.5
	A ₂	D32	40	57	30	168	2.4	90	5.6
		35	38	58	28	224	1.5	90	7.5
		38	38	60	28	236	1.9	90	7.2
		41	39	58	25	256	1.9	90	7.5
		51	38	58	24	160	3.4	90	7.8
	A ₃	D32	38	56	28	170	2.2	90	8.1
		35	40	60	23	175	2.9	90	7.6
		38	37	55	22	170	3.2	90	10.0
		41	-	-	-	-	-	-	-
		51	39	57	25	194	4.2	90	13.8
斜フシ筋	B ₁	D32	39	61	28	223	2.6	45	5.8
		35	38	57	29	236	2.5	45	6.8
		38	38	58	28	258	2.7	45	7.0
		41	36	58	22	283	4.2	45	7.4
		51	38	56	27	301	4.6	45	7.8
	B ₂	D32	39	58	28	181	2.3	45	4.8
		35	40	59	27	200	2.2	45	6.2
		38	38	56	24	234	2.4	45	7.7
		41	37	58	25	306	3.0	45	7.8
		51	39	60	23	321	4.5	45	8.5

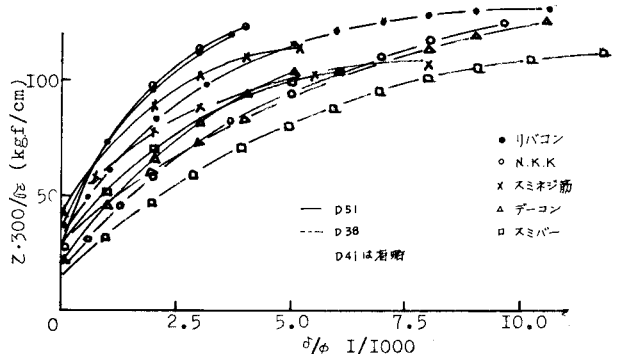


図-1

は約90^{kgf}/cm²であるのに対し、横フシ筋A₁の場合約75^{kgf}/cm²であって、フシの
 支圧効果の小さいものの方が大きい。横フシ筋でもD41以下のA₂はA₁、A₃に比
 してフシ間隔が大きく、その最大付着応力度は約85^{kgf}/cm²であって、A₁、A₃より
 大きい。これらの横方向鉄筋で十分補強された場合、付着の終局強度はフシの
 支圧効果でなく、フシ間のコンクリートのせん断抵抗に支配されることを示す
 ものである。

5. 両引き試験

ひびわれ分散性は、一様な引張力をうける鉄筋コンクリート部材のひびわれ
 間隔によって示されることから、伏試体はその中心軸に鉄筋を配置した正方形
 断面の角柱体とし、軸方向に適切な間隔に切欠きを設けた。

試験の結果を表-3に示す。これらの結果を最大ひびわれ間隔とφの関係で
 示せば図-2のようになり鉄筋の表面形状に関らずば式-1で示すことが出
 来る。式-1を用いてカブリ厚さ1φの場合についてD32~D51までの最大ひ
 びわれ間隔を計算すれば表-4のようになる。土木学会コンクリート示方書及
 び太径鉄筋D51を用いる鉄筋コンクリート構造物の設計指針では、ひびわれを
 考慮する場合の引張応力度として、D32及びD51に対しそれぞれ2100^{kgf}/cm²及び
 1800^{kgf}/cm²を与えているこれらの規定値を基準とし、ひびわれ中はひびわれ間隔
 に比例するものと仮定してD35~D41の許容引張応力度の目安を算定すれば、

表-4のようになる。又、鉄筋径がD41程度
 以下の場合、鉄筋の表面形状によって最大ひ
 びわれ間隔に差異はない。しかし、太径にな
 るとフシの支圧効果の大きい直角フシ筋の最
 大ひびわれ間隔がいくぶん小さくなり、D51
 では、斜フシ筋の最大ひびわれ間隔は26cm、
 直角フシ筋の場合22~24cmとなっている。

6. まとめ

D32~D51の各種鉄筋の付着性状を引抜き
 試験で検討した結果、引抜き及び偏心引抜き
 試験では、D32~D51の鉄筋の許容付着応力
 度は同等の値として差支えない。ただし、太
 径鉄筋、特にD51の場合は横方向鉄筋で十分
 補強する必要がある。又、両引き試験の結果
 からひびわれを考慮した許容引張応力度の目安を表-4の値として良いと思われる。

鉄筋の表面形状については、フシの支圧効果が大きいものは一体性が良好で、かつ
 鋭いひびわれ発生時の付着応力度も若干大となるが、カブリが薄く、横方向鉄筋で十分補
 強された終局付着強度は小くなる傾向がある。

7. 参考文献

才野田、30回、引回年次学術講演会講演概要集、オホ部内、鉄筋とコンクリートとの
 付着試験方法に関する研究、村田一郎、池田尚治、河合弘哉。

表-2

鉄筋 種類	呼び筋	ZoL (^{kgf} /cm ²)	Zou (^{kgf} /cm ²)	ひびわれ 間隔 (mm)	終局強度 (^{kgf} /cm ²)
直 角 フ シ 筋	A ₁	D32	42	71	2900Q136
		35	50	86	1300Q150
		38	56	76	1500Q141
		41	46	78	1900Q168
		51	44	74	1700Q180
	A ₂	D32	42	80	4000Q127
		35	45	83	3500Q058
		38	38	88	3300Q071
		41	52	92	2900Q066
		51	47	81	2600Q197
斜 フ シ 筋	B ₁	D32	48	76	2700Q108
		35	44	73	1900Q143
		38	40	64	2700Q157
		41	-	-	-
		51	40	82	2900Q179
	B ₂	D32	60	93	2000Q103
		35	51	88	2100Q093
		38	44	75	2200Q092
		41	50	95	2100Q132
		51	48	93	1800Q138

表-3

鉄筋 種類	呼び筋	鉄筋比 P (%)	鉄筋の最大 間隔 L _{max} (cm)
直 角 フ シ 筋	A ₁	D32	794
		35	957
		38	1140
		41	1340
		51	901
	A ₂	D32	794
		35	957
		38	1140
		41	1340
		51	901
斜 フ シ 筋	B ₁	D32	794
		35	957
		38	1140
		41	1340
		51	901
	B ₂	D32	794
		35	957
		38	1140
		41	1340
		51	901

表-4

鉄筋の 呼び筋	P=0.04%時 の最大間隔 (mm)	許容引張 強度 (^{kgf} /cm ²)
D32	16.47	2100
35	17.78	2050
38	19.13	2000
41	20.48	1950
51	24.49	1800