

日本鋼管(株) 高塚 毅
正員 〇玄 頼 鉄 蔵
同上 小間 憲 彦

1. まえがき

鋼繊維によりコンクリートの補強を行う場合、繊維が十分な機能を発揮するためには、母材コンクリートとの付着性が良好で、さらに定着力に見合った引張強さをもつものが有効である。繊維の付着性の方が優る場合は繊維は切断され、また引張強さが優る場合はコンクリートの破面で引抜けを生じる。二の關係を見るため、モルタル強度と繊維の種類を変えて、モルタルからの引抜抵抗力を試験した。尤に鋼繊維として落板剪断による鋼繊維を用い、コンクリートの圧縮強度を変えて衝撃試験および曲げ強度試験を行った。従来、繊維混入コンクリートでは、繊維の平均間隔を小さくすることを目的として、最大骨材量を10%以下程度に押えるが、一般的なコンクリートへの適用を考慮して最大骨材量を25%として試験を行った。

2 実験方法と装置

実験は、繊維の引抜抵抗試験(実験A)と繊維混入コンクリートの衝撃および曲げ強度試験(実験B)に分けた。

2-1 使用材料

鋼 繊維: TESUSA (0.5中×30), 0.6中鋼線, 0.8中鋼線

セメント: マサノ普通ポルトランドセメント

細 骨 材: 富士川産川砂

粗 骨 材: 大井川産川砂利, 最大粗骨材量 25%

2-2 実験 A

目標圧縮強度を200, 400, 600 kg/cm^2 に変えたモルタルを母材とし、これに繊維の長さ30%の半分を埋込め、図1の装置で他端を掴んで引抜荷重を測定した。モルタル試験片の大きさは40×40×20 mm であり、その配合を表1に示した。供試体は各配合で3個づつとした。

2-3 実験 B

コンクリートの圧縮強度は200, 400, 600 kg/cm^2 を目標とし、供試体の寸法は10×10×40 cm とした。現練時に100 ϕ ×200 cm の圧縮試験供試体を作り、コンクリート強度の確認を行った。コンクリートの配合とまだ固まらないコンクリートの性質は表2の通りである。曲げ試験はJISA1106に準じて行った。衝撃試験は図2の装置を用い、その判定は目視可能なクラックが初めて見られた時の打撃回数と、成長したクラックが反対側に貫通する迄の打撃回数によった。

表1 実験Aに用いたモルタルの配合とまだ固まらないモルタルの性質

水セメント比 (%)	セメント (G)	単位量 (kg/m^3)			モルタルの性質	
		セメント	水	砂	70-値 mm	強度 kg/cm^2
80	1:4	379	303	1516	250	19.5
60	1:3	486	291	1458	232	19.5
40	1:3	538	215	1614	115	21.0

図1 引抜抵抗試験装置

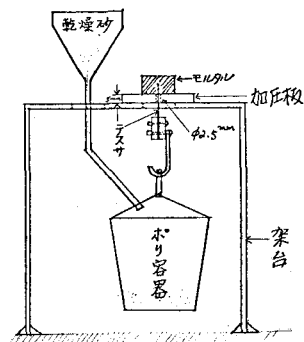
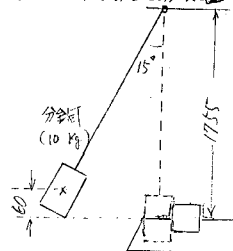


図2 衝撃試験装置



3 結果と考察

3-1 実験 A

引抜抵抗試験は測定値にバラツキが多いが、3個の測定値の平均を採ると表3の通りである。繊維の付着面積、繊維重量、引張強度の関連をみるため、 $R_t = P/W$ を補強有効度として繊維が引抜きに抵抗する効率を評価してみた。但しPはモルタルよりの引抜け、或は繊維の切断を示した時の荷重であり、Wは使用した繊維1本の重量である。試験に用いた3種類の繊維についての補強有効度は表3に示した通りであり、炭板剪断によるTESUSAが優位にある。この理由は写真1,2に示す如く、繊維が付着に有利な断面、表面性状を有するためと考えられる。また試験において、TESUSAは全数の3/4が切断したが、鉄線を素材とした円形断面の繊維は、すべて引抜けを生じた。これは円形断面の繊維では引張強さに対し付着力が均衡していないためと考えられる。

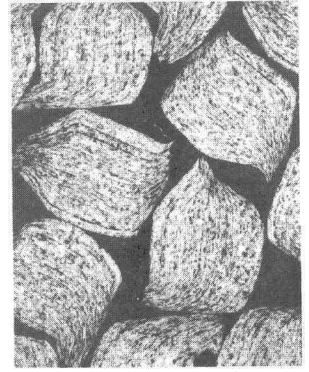


写真1 繊維の断面

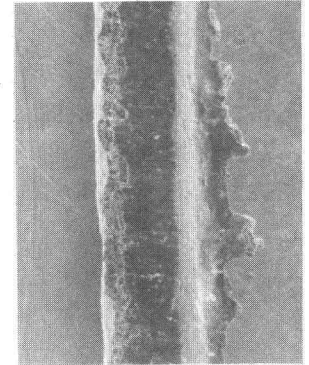


写真2 繊維の側面

3-2 実験 B

i) マ字状ノッチの反対側から打撃を行うとノッチ部からクラックを発生し、打撃を繰返すに従い成長していくが鋼繊維の混入率が増加するに従いクラック貫通迄の打撃回数は大きく改善される。表4

ii) クラックの成長は初期に大きく進み、漸次小さくなる傾向がある。また同じ配合の3個の供試体の実験値のバラツキはかなり大きい。

iii) 曲げ試験の結果は表4の通りである。アレーンコンクリートの供試体はクラック発生と同時に終局荷重に達するが、鋼繊維を混入した場合は初ひびわれ発生から終局曲げ強度に達する間に大きなねばりを示し、クラックは徐々に進行する。

iv) アレーンコンクリートでは、従来知られている通り、圧縮強度が増すほど曲げ強度が増加する。

v) 鋼繊維コンクリートでは、終局曲げ強度は水セメント比 $W/C = 50\%$ (目標圧縮強度 400 kg/cm^2) の方が $W/C = 33\%$ (目標 600 kg/cm^2) の時より高かった。また $W/C = 50\%$ で混入率を4%に上げた場合はむしろ低下した。

表2 実験Bに用いたコンクリートの配合とまだ固まらないコンクリートの性質

表3

モルタルの水セメント比 %	圧縮強度 kg/cm^2	引抜(切断)荷重 kg		
		TESUSA 0.5F	0.6中鉄線	0.8中鉄線
80	245	9.41	3.06	7.90
60	414	8.55	6.09	12.76
40	578	6.97	9.71	13.85
荷重の平均P		8.31	6.31	11.51
1本の重さWmg		58.9	66.6	118.5
補強有効度 R_t		14.1×10^4	9.49×10^4	9.71×10^4

目標 スパン cm	強度 kg/cm ²	水セメント比 %	配合						アレーンコンクリートの性質			
			TESUSA		単位量 (kg/m ³)		鉄線		強度 (kg/cm ²)	スパン (cm)	鉄線 (%)	単位量
10±1	200	73	44.0	混入率	水	セメント	鉄線	鉄線	20.0	10.0	4.1	2322
				1	159	218	833	1072	0.545	78	3.0	6.0
				2	159	218	821	1057	0.545	156	20.0	2.5
				0	159	318	728	1177	0.795	0	22.0	9.8
				1	159	318	718	1160	0.795	78	22.5	0
				2	159	318	708	1144	0.795	156	22.8	0
	400	50	38.5	1	159	318	688	1111	0.795	312	22.7	0
				2	159	318	688	1111	0.795	312	22.7	0
				0	185	561	470	1163	1.402	0	21.8	9.7
				1	185	561	462	1144	1.402	78	22.8	3.4
				2	185	561	454	1125	1.402	156	22.8	0
				0	185	561	454	1125	1.402	156	22.8	0
600	33	29.0	29.0	1	185	561	462	1144	1.402	78	22.8	3.4
				2	185	561	454	1125	1.402	156	22.8	0
				0	185	561	454	1125	1.402	156	22.8	0
				1	185	561	462	1144	1.402	78	22.8	3.4
				2	185	561	454	1125	1.402	156	22.8	0
				0	185	561	454	1125	1.402	156	22.8	0

表4 衝撃および曲げ強さ (供試体3個の平均値)

水セメント比 %	圧縮強度 kg/cm^2	曲げ強さ (kg/cm^2)				衝撃抵抗 (個)			
		混入率 (Vol %)				混入率 (Vol %)			
		0	1	2	4	0	1	2	4
73	206	初ひびわれ	38.0	41.5	52.7	初ひびわれ	1.7	3.7	4.0
		終局強度	38.0	53.4	67.3	ひびわれ通過	2.7	8.3	13.0
50	439	初ひびわれ	54.2	66.0	75.5	初ひびわれ	1.3	2.7	2.7
		終局強度	54.2	74.1	139.5	ひびわれ通過	2.3	10.7	14.0
33	558	初ひびわれ	65.1	66.0	74.5	初ひびわれ	1.7	2.7	2.0
		終局強度	65.1	72.4	119.7	ひびわれ通過	4.0	14.3	12.7