

V—2 繊維補強コンクリートの摩耗について

北海道工業大学	正員	犬塚 雅生
〃	学生員	〇篠原 浩夫
〃	学生員	下村 昭一
〃	学生員	青藤 忠
〃	学生員	松本 幸士

1 まえかき

本報告は簡便で実験装置が得やすいという理由で、ロサンゼルス摩耗試験機を取り上げ、その摩耗減重量を、ドラムの回転数を500毎に区切って測定した。この試験に取り扱った因子は、(1)ポリエチレン繊維混入量、(2)鋼繊維混入量、(3)細骨材率の3因子とし、L8の直交表に割当てた配合の供試体を用いた。また、この一連の試験に対応させて、(1)圧縮強度試験(これに伴ない静弾性係数を測定)、(2)曲げ強度試験、(3)スランプ試験、これらのシリーズの試験について分散分析を行ない、主効果の判定を行なうと共に、これらの試験シリーズ間の相関を求めた。なお、これらの試験は、同一の実験計画であるから、同一配合、同一養生の試料について、各シリーズの試験を行なったものである。

2 実験概要

因子及び水準については表1に示す。ポリエチレン繊維は、市販の混入繊維(φ0.9mm、長さ40mm)を用い、鋼繊維については、市販のカットワイヤー(φ0.5mm、長さ30mm)を用いた。養生条件においては、水中養生で20°Cで、14日迄である。供試体の実験計画は各シリーズ同一であり、その配列と実験結果を表2に示す。

表1 因子及び水準

因 子	水準 1	水準 2
ポリエチレン繊維混入量 BF	0 %	1.5 %
鋼繊維混入量 SF	0 %	1.5 %
細骨材率 SA	50 %	70 %

混和剤はセメント重量の2%混入した。セメントは早強セメントを使用した。コンクリートの練り混ぜは強制練りミキサーを用い、投入順序は、G-S-C-(B・F, S・F)-(W+A・E)とし、各投入毎に1分間、最後を3分間混合とした。

2.1 比重の測定

角柱供試体(75×75×400mm)を、水中養生後すぐ重量を測定し、算出した。

2.2 摩耗試験

摩耗試験はJISA1121に準じ、粗骨材の代りに3個の立方供試体をロサンゼルス摩耗試験機のドラムの中に入れ、鋼球を6個用いて500回転毎に計量を行なう。供試体は75×75×400mmの角柱供試体をダイヤモンドカッターで切断して成形した。最終は1000回転とした。

2.3 スランプ試験

JISA1101に準じ、行なった。

2.4 圧縮強度試験

水中養生終了後、100×200mmの円柱供試体を、万能試験機の加圧板にはさんで、載荷しながら圧縮強度を算定する。

表2 実験計画及び結果

実験計画				摩 耗 量			スラッシュ	圧縮強度	静弾性係数	曲げ強度
No	BF	SF	S/a	比重	0~500 (40)	0~1000 (40)	cm	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²
1	1	1	1	2.39	16.7	32.4	24.3	270.1	3.0×10^5	68.5
2	1	1	2	2.30	16.5	30.7	13.8	340.1	3.0×10^5	65.6
3	1	2	1	2.47	12.8	21.2	8.7	343.9	3.3×10^5	101.3
4	1	2	2	2.42	11.6	22.4	10.0	434.4	3.0×10^5	98.1
5	2	1	1	2.38	15.9	29.9	5.3	378.3	3.3×10^5	73.1
6	2	1	2	2.31	15.4	29.3	8.0	345.2	2.7×10^5	73.6
7	2	2	1	2.44	12.3	21.7	0	440.8	2.8×10^5	84.0
8	2	2	2	2.43	12.6	22.6	4.7	384.7	3.1×10^5	126.9

2.5 静弾性係数の測定

100×200mmの円柱体試体に、ダイヤルゲージをセットし、加圧板にはさんで載荷しながら、1オ毎にゲージを読み、グラフ上の破壊時の3分の1の値をとり算定した。

2.6 曲げ強度試験

75×75×400mmの角柱体試体の側面を加圧面としてセットし、15cm間隔の2等分点載荷を行ない、破壊時の曲げモーメントから強度を算定した。

3. 実験結果と考察

測定結果を試料番号について示すと表2のようである。これらの結果を区間毎に分散分析すると表3のようである。体試体は最初の立方体から写真1. 2. 3のように、逐次丸味を帯びて円柱体に近づく。この結果、加えた回転数によって摩耗メカニズムに差が生じることが窺われる。

表3 摩耗量の分散分析表

因 子	df	第1区間 (0~500回転)			因 子	df	第2区間 (0~1000回転)		
		平均平方和	F 値	判定			平均平方和	F 値	判定
					BF (BF量)	1	1.28	7.23	
SF (SF量)	1	29.18	126.32	※※	SF (SF量)	1	147.23	831.81	※※
BF × SF	1	0.783	3.39		BF × SF	1	2.44	13.77	※
					SF × S/a	1	2.23	12.60	※
誤 差	5	0.231			誤 差	3	0.18		

第1区間と第2区間との間における主効果のF値は多少変化する。体試体の角の部分の破壊と球面側の摩耗とに差のあることが窺われる。試験後、裏面試料状態を見ると、写真1. 2のようにNo3~No6では、それぞれSF、BFが植毛されたように残り、写真3のようにNo7、No8では角が丸くなった程度で、裏面上に、SFやBFが見られる。実験シリーズ毎にdf(自由度)の総計は7とし、F検定において判定を行ない、1%危険率5%危険率有意となった時に、それぞれ※※及び※を付す。

第1区間における摩耗量について有意因子の主効果グラフを描くと図1、第2区間については、図2~4のようである。体試体の形状が角張っている段階で、すでにBFの耐摩耗機能が生じていることが窺われる。

1000回転後の試料についてみると、SF、BFを残してコンクリート部が脱落し、SF、BFによる繊維材料として機能することが観察された。試験結果が時間（回転数）によって変化するため、測定の方法によって回転数も限定しなければならない。他の試験（実際の路面の摩耗量の測定）と、比べてみることも、今後の課題である。

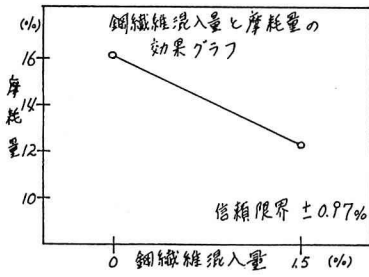


図-1

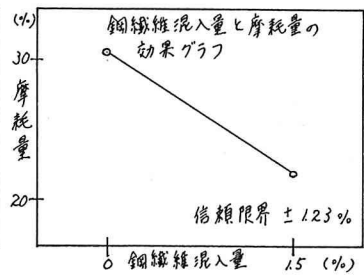


図-2

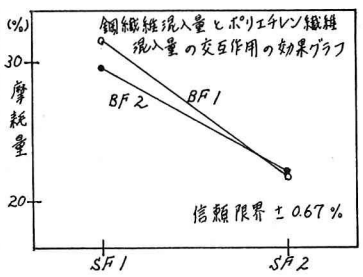


図-3

表4 各試験の相関係数の一覧表

第2区間の摩耗量と他の試験の相関は表4、材料試験の有意検定については、表5に示す。有意因子について主効果グラフを示すと、図5、6、7、8のようである。

	曲げ試験	静弾性係数	圧縮試験	スランプ値
摩耗量	-0.791	-0.114	-0.704	0.639
曲げ試験		0.283	0.416	-0.425
静弾性係数	0.283		-0.122	0.037
圧縮試験	0.416	-0.122		-0.812

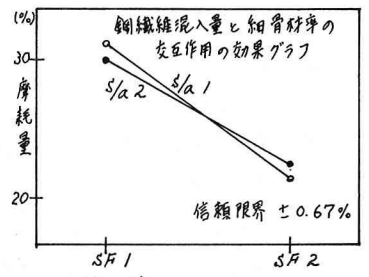


図-4

それぞれのシリーズで、特有の有意因子を持ち、破壊メカニズムの相異を窺われる。

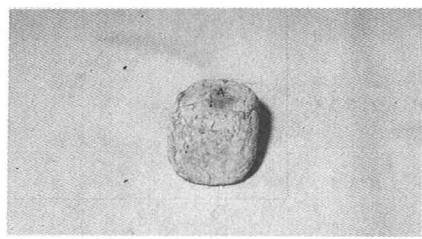


写真-1 (実験後 SF 1.5%)

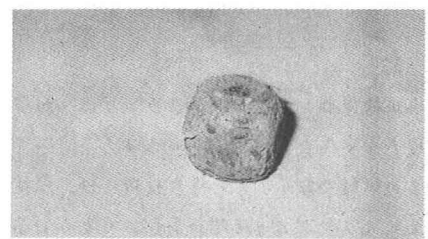


写真-2 (実験後 BF 1.5%)

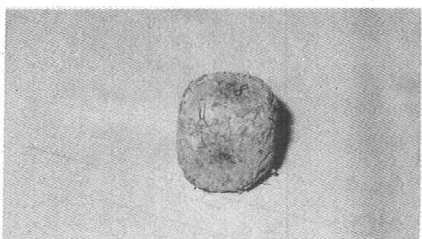


写真-3 (実験後 SF + BF:各1.5%)

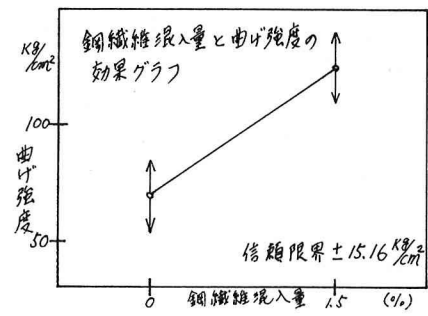


図-5

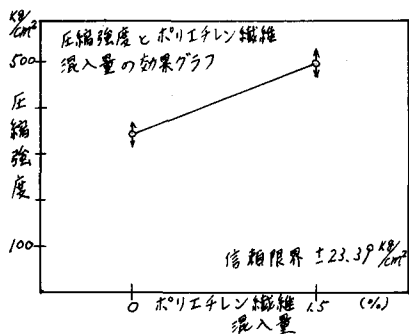


図-6

表5 材料試験の分散分析と因子の有意判定表

因子	df	圧縮強度試験			曲げ強度試験		
		平均平方和	F値	判定	平均平方和	F値	判定
BF	1	3219.23	27.22	*			
SF	1	9117.90	77.10	*	2099.52	15.09	*
S/a	1	635.10	5.37				
BF×SF	1	548.30	4.64				
BF×S/a	1	7794.92	65.91	*	307.21	2.21	
SF×S/a	1						
e		118.26	df = 2		139.14	df = 5	

表々について見ると、磨耗量と曲げ強度及び圧縮強度、スランプと圧縮強度に高い負の相関が見られる。ロサンゼルス試験のような、供試体に衝撃が加えられる磨耗も、測定値の有意因子は、一部同一になる。

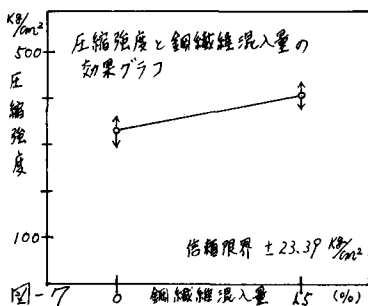


図-7

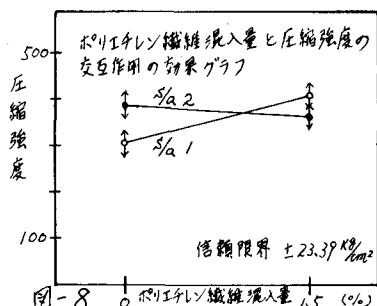


図-8

従って、繊維補強コンクリートの磨耗量と曲げ強度、及び、圧縮強度とスランプとの間のメカニズムの研究が今後の課題であろう。

4. 結論

- (1) 繊維補強コンクリートのスランプは、細骨材率を増やすと、スランプは大きくなる。(図10に示す)
- (2) この試験で取り上げた複合材料では、磨耗量と曲げ強度、及び圧縮強度とスランプとの相関が高い。(表々に示す)
- (3) 本実験の水準範囲内で、曲げ強度と磨耗量との関係は、図9のような直線関係にあるようである。
- (4) 静弾性係数は、材料混入物の異なる供試体の間では、他の強度との相関が低い。(表々に示す)
- (5) 繊維補強コンクリートを、500回転、1000回転についてみると、回転数が増えるにつれて鋼繊維及びポリエチレン繊維と鋼繊維の交互作用が有意になる。一方、実験中の観察から、回転数が増えるにつれてポリエチレン繊維及び鋼繊維が優先されるように残り、これが繊維磨耗材料として働く。従って、繊維補強コンクリートを耐磨耗に用いる場合、繊維の繊維磨耗作用を有効に利用することが、考慮されるべきであろう。

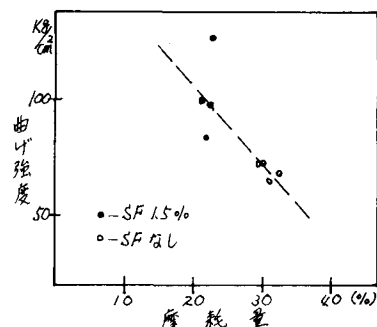


図-9 磨耗量と曲げ強度の関係

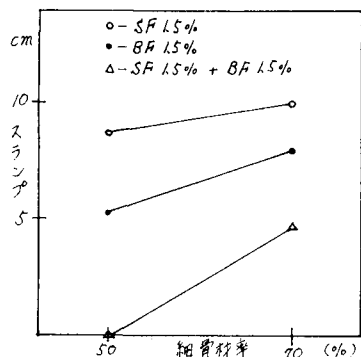


図-10 細骨材率とスランプの関係