

V-8 鋼繊維補強コンクリートの摩耗性状(2)

北海道工業大学 正員 犬塚 雅生

〃 正員 堀口 敬

〃 〇学生員 押切 均

〃 学生員 菅野 喜博

1. 概説

著者は、積雪寒冷地地方における冬期間の路面の耐摩耗性の向上を目的として、鋼繊維補強コンクリート（以下SFRCと略する）の適用を考え、スパイクタイヤ及びタイヤチェーン等を用いた摩耗試験機による摩耗試験を行い、その有差性を検討してきた^{*)}。上述の試験に関しては、SFRCの耐摩耗性はある程度の評価が得られた訳であるが、より一般的な摩耗性状を把握し、さらにコンクリートの摩耗機構を解明する為には、より多くの異なった条件の摩耗試験の結果が必要である。

本報告は、水流式の摩耗試験をSFRCに関し行い、その結果を実験計画法を用いて統計処理をしたもので、SFRCの耐摩耗性を、鋼繊維の種類、混入量、寸法等を中心に検討したものである。

(表-2) 因子及び水準

(表-1) L27直交表

2. 実験方法

今回の実験においては、表-1に示すように、5因子、3水準をとり、L27直交表により表-2のように割り付けを行った。

表-1について、鋼繊維の種類(SF)は、SF1はK社製のカットワイヤーで、SF2は、K社製の薄板軟鋼のいわゆるせん断品を用い、SF3はS社製のせん断品を用いた。鋼繊維混入量は容積比で示した環境条件として、気乾養生(20°C±

2°Cの恒温養生) 冷凍庫養生(2週間の気乾養生の後、-20°Cで12時間±0°Cで12時間のサイクル養生)及び水中標準養生(+20°C±2°C)を設定した。鋼繊維の寸法は、S1はφ0.5×20mm、S2はφ0.5×20mm、S3はφ0.5×32mmとし、せん断品は換算断面を用いた。

本報告に用いた摩耗試験機は、三重大学農学部土木材料試験室において考案されたコンクリート掃流式試験機で、内径13cm、外径25cm、巾10cmの半月型のコンクリート供試体2個を同時に試験し、砂を混入した水流の掃流作用によって摩耗させることのできるものである。(次頁の図参照)。

5mm~1.2mmフル1の砂を各1kg用いて、2時間試験を行い、試験前と試験後との供試体の重量差を測定し、その重量減を、摩耗損失率にして表したものである。製作した供試体は全て、細骨材率を60%とし、市販の減水剤(セメント量の1.2%)、AE剤(セメント量の0.04%)を用いた。試験による誤差の影響をなるべく少なくする目的から、試験の順序は乱数表を用いて順番を定め実験を行った。実験結果は、2個の供試体について別々にもとめ、その結果を検討し、その後2個のデータを平均したものを分散分析を行い、各因子に関して摩耗損失率に対する有差性を検討した。

因子	水準		
	1	2	3
SF (鋼繊維種類)	SF ₁	SF ₂	SF ₃
F (鋼繊維量)	F ₁ =10%	F ₂ =15%	F ₃ =20%
C (単位体積重量)	C ₁ =350 kg/m ³	C ₂ =400 kg/m ³	C ₃ =450 kg/m ³
E (環境条件)	E ₁	E ₂	E ₃
S (鋼繊維寸法)	S ₁	S ₂	S ₃

	SF	F	C	E	S
1	1	1	1	1	1
2	1	1	2	2	2
3	1	1	3	3	3
4	1	2	2	2	1
5	1	2	3	3	2
6	1	2	1	1	3
7	1	3	3	3	1
8	1	3	1	1	2
9	1	3	2	2	3
10	2	1	2	3	1
11	2	1	3	1	2
12	2	1	1	2	3
13	2	2	3	1	1
14	2	2	1	2	2
15	2	2	2	3	3
16	2	3	1	2	1
17	2	3	2	3	2
18	2	3	3	1	3
19	3	1	3	2	1
20	3	1	1	3	2
21	3	1	2	1	3
22	3	2	1	3	1
23	3	2	2	1	2
24	3	2	3	2	3
25	3	3	2	1	1
26	3	3	3	2	2
27	3	3	1	3	3

今回の試験では、試験用砂を、

3. 試験結果

3-1 試験1

鋼繊維の種類に関し、今回の試験では、種類 SF_1 , SF_2 , SF_3 の順に摩耗損失率が増加したことを示した(図-1) 鋼繊維混入量に関しては、鋼繊維混入量の増加に伴い、摩耗損失率は、減少した(図-2)を見ると、グラフは直線性を示し、 F_3 は F_1 の、約60%の摩耗損失率となっている。単位セメント量では、セメント量の増加に対し、摩耗損失率は、減少を示している。(図-3) 単位セメント量が、 C_1 から C_2 への増加に関しては、著しく摩耗損失率の減少を示したが(約30%減少)、 C_2 から C_3 への増加に関しては、摩耗損失率の減少は、小さいという結果がでた。鋼繊維の寸法に関しては、摩耗損失率の増減は、ほとんど見られず、 S_1 , S_3 の摩耗損失率の差は、約0.04%であった(図-4)。

3-2 試験2

鋼繊維の種類に関しては、試験1同様に、種類 SF_1 , SF_2 , SF_3 の順に摩耗損失率が増加を示した。(図-5)。鋼繊維混入量に関しては、 F_3 が F_2 より摩耗損失率が、増大した結果がでたが、 F_1 , F_2 を見ると、摩耗損失率が、著しく減少した結果がでた、 F_2 は F_1 に比べて約40%、摩耗損失率が少ないことを示した。(図-6)。単位セメント量に関しては、 C_1 , C_2 , C_3 と単位セメント量の増加に伴い、摩耗損失率が、若干増加した結果がでた。(図-7)。鋼繊維の寸法に関しては、種類 S_1 , S_2 , S_3 の順に摩耗損失率が、増加していることを示し、3種類の摩耗損失率の差は、 S_1 から S_2 まで、約0.07%という結果がでた。(図-8)

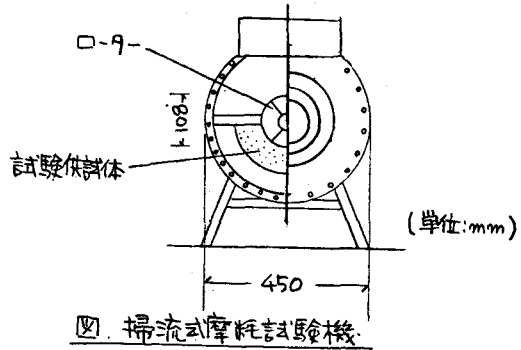
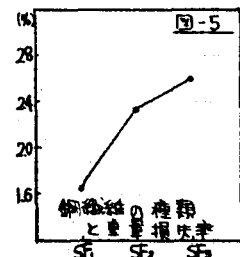
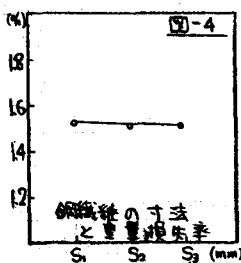
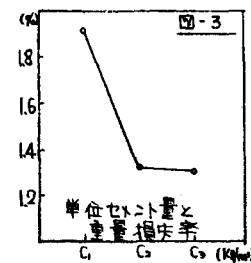
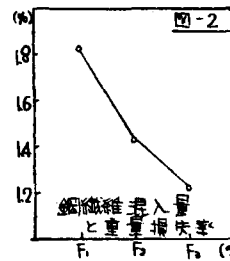
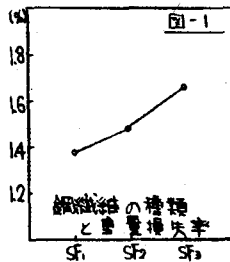


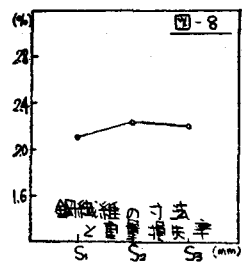
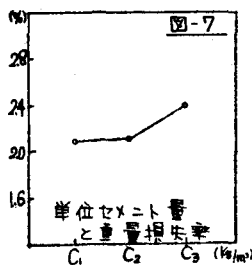
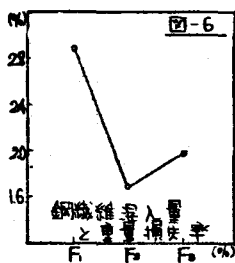
図. 掃流式摩耗試験機

(表-3) 重量損失率 (表-4) 重量損失率

試料番号	重量損失率 (%)
1	3.30
2	0.50
3	1.01
4	2.05
5	1.05
6	1.06
7	0.76
8	0.82
9	1.67
10	0.71
11	2.42
12	4.22
13	1.64
14	1.20
15	0.68
16	0.50
17	0.44
18	1.41
19	0.53
20	2.52
21	1.46
22	2.28
23	2.41
24	0.69
25	2.07
26	2.33
27	1.27

試料番号	重量損失率 (%)
1	0.21
2	1.22
3	3.00
4	3.92
5	1.10
6	1.92
7	1.94
8	1.01
9	0.58
10	2.60
11	3.50
12	6.43
13	0.98
14	0.80
15	1.16
16	1.54
17	2.19
18	1.73
19	3.60
20	3.74
21	1.54
22	1.26
23	2.62
24	1.67
25	2.97
26	4.08
27	1.82





3-4 平均と分散分析

ここでは、試験1, 試験2, の摩耗損失率を、平均したものを(表-5)に示した。

その試験1, 試験2の摩耗損失率の平均したものを、分散分析及び交互作用したもののガ。(表-6)である。

(表-6)

分散分析

(表-5)重量損失率

因子	平方和(S)	自由度	V _e (%)	F ₀ V _e	因子寄与率
SF(種類)	1.9899	2	0.9950	452 *	5.9
F(鋼繊維量)	3.4731	2	1.7366	7.80 *	14.3
E(単位セメント量)	0.9162	2	0.4581	2.08	1.8
SxF	6.9516	4	1.6479	7.49 **	25.2
SxS	7.8774	4	1.9699	8.96 **	26.8
FxS	3.1904	4	0.7976	3.63	8.8
e'(残差)	1.7595	8	0.2199		19.2
T(合計)	26.1601	26			

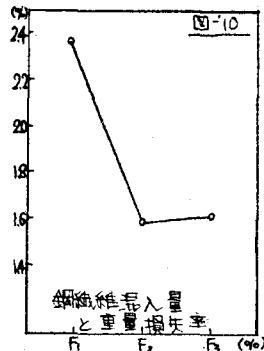
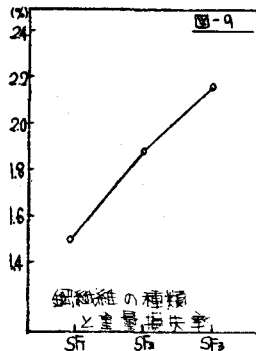
番号	重量損失率
1	1.75
2	0.86
3	2.01
4	2.99
5	1.03
6	1.49
7	1.35
8	0.92
9	1.13
10	1.66
11	2.96
12	5.33
13	1.31
14	1.00
15	0.92
16	1.02
17	1.32
18	1.57
19	2.07
20	3.13
21	1.50
22	1.76
23	2.52
24	1.18
25	2.52
26	3.21
27	1.55

分散分析の結果、鋼繊維の種類及び鋼繊維混入量の因子が95%危険率有意味水準を満足し、寄与率はそれぞれ、5.9%, 14.3%となった。

交互作用では、鋼繊維の種類と鋼繊維混入量及び鋼繊維の種類と鋼繊維の寸法についての因子が、99%危険率有意味水準を満足し、寄与率はそれぞれ23.2%, 26.8%となった。

鋼繊維の種類は、SF₁, SF₂, SF₃の順に摩耗損失率が増加していることを示している。(図-9) 鋼繊維混入量は、混入量を1%から1.5%に増加させると、著しく摩耗損失率は減少するが、1.5%から2.0%に混入量を増加すると、摩耗損失率は、若干増加することを示している。

(図-10)



4 まとめ

以上得られた結果をまとめてみると、今回の実験の範囲に關し以下の事が言える。

1) 現在使用されている鋼纖維は、製造方法上からカットワイヤー品と薄板を切断して製作するせん断品の2種類が、ほとんどの割合を占めている。今回は代表的な、カットワイヤー品及び2種類の形状の異なるせん断品を用いその有意性を検討しわけであるが、今回の実験においては、カットワイヤー品の、耐摩耗性の有意性が得られた。この結果は、同配合の供試体による圧縮強度試験においてカットワイヤー製品の強度に於ける、有意性とも一致している*2

2) 鋼纖維混入量の増加に伴う摩耗損失率の減少の傾向は、極めて明確であるが、混入量1.5%以降に關しては、ほぼ横ばいの関係となり、鋼纖維混入量の最適値が、1.5%付近に存在するようである。

3) 鋼纖維の寸法を、3種類設定し、換算アスペクト比を $l/d = 40.0, 50.0, 64.0$ とした。今回の実験に關しては換算アスペクト比の摩耗損失率に与える影響は極めて少なかった。

最後に本研究を行うにあたり、摩耗試験機を使用させていただいた北海道開発局土木試験所及び、鋼纖維を提供していただいた神戸製鋼、新日本製鉄の各社に謝意を表します。

(参考文献)

- *1 例えば 大塚、堀口ら 「鋼纖維補強コンクリートの摩耗性状について」 土木学会北海道支部論文報告集 オ35号
- *2 大塚、堀口、佐藤 「鋼纖維補強コンクリートの破壊靱性に關する基礎的実験(1)」 土木学会北海道支部論文報告集 オ36号
- *3 大浜 「コンクリート耐摩耗試験報告書」
- *4 佐藤 「金属の摩耗とその対策」