

V-16 鋼繊維補強ポリマーセメントコンクリートの摩耗について

北海道工業大学 正会員 堀口 敬
 学生員 赤井 悟己
 学生員 中川 誠

1. 目的

積雪、寒冷地域では冬期間厳しい気象条件と相まってタイヤチェーンやスパイクタイヤによる路面のすりへりはなはだしく、舗装のすりへり抵抗が重要な問題となっている。またダム等の構造物などについても摩耗抵抗が問題となっている。近年その対策として鋼繊維補強コンクリートによるオーバーレイやダムの補修等が行なわれている。舗装のすりへりにおいて、アスファルト舗装に関する研究はかなり行なわれているが、最近耐久性等の点で見直されているコンクリート舗装については極めて少なく、材料、配合の違いなどについての摩耗特性はまだ解明されていないというのが現状である。コンクリート構造物の摩耗特性を改善する為には、多数の施工適用例はもちろん必要ではあるが、摩耗機構の解明が最も重要な改善策であることは言うまでもない。

コンクリートの摩耗試験には、ラベリング試験¹⁾、床版すりへり試験²⁾、ブラシによる摩耗試験³⁾、スパイクタイヤによる室内試験⁴⁾、等があるが、これらの試験方法は一般的に実際の道路摩耗性状との相関が余り高くないと言われている。実際の道路での自由に回転しているタイヤによってひきおこされる摩耗機構を考える場合、タイヤのスパイクピン1つをとるとその運動は大きく分けて上下方向の運動と水平方向力に分けられ、水平方向力に関しては、タイヤの種類、スパイクピンのフランジの大小、空気圧、アンダートレッドの厚さ、等様々の影響因子が含まれ、このシミュレーションは非常に難しい⁵⁾。

本報告は主としてこの上下運動力により摩耗する試験機を用いて摩耗試験を行なったものである。使用したコンクリートは主として鋼繊維補強ポリマーコンクリートであり、ポリマーデイスパージョン及び鋼繊維の混入量及びその形状等の因子をとり上げ、耐摩耗性の有意性を検討した。

2. 実験概要

本実験はL / 6直交表を用い、4因子2水準を取り上げ使用した。L / 6直交表による割りつけ及びその水準は表-1に示すとうりである。

◇使用材料

鋼繊維はアスペクト比53、2、寸法0.5×0.5×30 (mm)、セメントは普通ポルトランドセメント、ポリマーデイスパージョンはSARラテックス、粗骨材は川砂利で最大粒径15mm、細骨材率は60%として使用した。

◇練り混ぜ

ミキサーは、強制練りミキサー (オムニミキサー) を用い、骨材及びセメントを各30秒練り混ぜたのち、鋼繊維をファイバーボールが出来ないように手で均等に投入し2分間練り混ぜた。その後、水あるいは水とポリマーデイスパージョンをあらかじめ混ぜたものを投入し、低速で30秒、さらに高速において1分30秒の計2分間練り混ぜた。練り混ぜたコンクリートは、スランプ、フローなどの試験をしたのち、型枠に各々突き棒で突きながら2層に分けて打設し、棒状バイブレーターで外側から締め固め、表面仕上げはコテで入念に行なった。この時、鋼繊維と水が分離しないように、また鋼繊維が一部に固まらないように十分注意しながら仕上げていった。

打設終了後の鋼繊維補強コンクリート (以下SFR Cと略す) 供試体は材令1日で脱型し材令2日までは水中養生し、その後、気乾養生し材令28日で実験を行なった。水中養生は、脱型後20℃±2℃の水槽に入れ気乾養生は20℃の恒温室内で行なった。

3. 試験方法

摩耗試験用供試体は直径 5 cm、厚さ 5 cm の円柱を用い、同一供試体は 3 本用意した。

摩耗試験機は写真 1 に示すものである。水中で供試体を 3 本の固定アームにより試験機の中央に取り付け、試験機を上下に振動させることにより、中にある 8 個の金属球 ($\phi 5 \text{ mm}$) で供試体を損傷させるものである。振動数は 8.8 Hz、振幅は 2.5 mm である。試験は 1 つの供試体につき 60 分間行ない途中 20 分ごとに 3 回測定した。摩耗量の測定はレベルを用いて供試体を水平にし、ビベットを用いて入念に水を注入して行ないその水の体積をコンクリートの摩耗損失量とした。

Table-1

No	W/C (%)	Kf	Vf (%)	P (Kg/m^3)
1	40	Hooked	1.0	0
2	40	Hooked	1.0	50
3	45	Hooked	1.0	0
4	45	Hooked	1.0	50
5	40	Hooked	1.5	0
6	40	Hooked	1.5	50
7	45	Hooked	1.5	0
8	45	Hooked	1.5	50
9	40	Straight	1.0	0
10	40	Straight	1.0	50
11	45	Straight	1.0	0
12	45	Straight	1.0	50
13	40	Straight	1.5	0
14	40	Straight	1.5	50
15	45	Straight	1.5	0
16	45	Straight	1.5	50

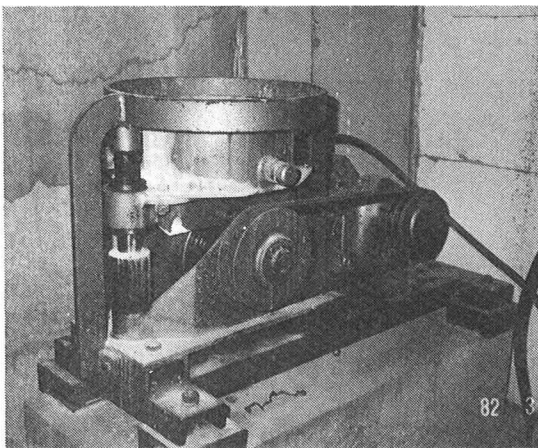


写真 1 / Secoueur Californien 試験機の概要⁶⁾

4. 試験結果

表 2 は摩耗損失量の試験結果及び圧縮試験から得られた接線弾性係数 (E_0)、PULL-OUT 試験による破壊面積 (A') 及び曲げ試験より得られた応力拡大係数等の結果である。表 2 の結果から摩耗損失量と摩耗損失量に影響を及ぼす主な因子との関係を考察すると次のようになる。

◇ 水セメント比と摩耗量との関係

コンクリートの強度については水セメント比は重要なパラメーターであるが、摩耗損失量についても水セメント比の違いによる変化が見られた。試験結果では、水セメント比が小さいものは摩耗損失量が小さくなる傾向を示した。

Table-2

No	Wear Loss (cm ³)			E_0 $\times 10^5$ (Kg/cm ²)	A' (cm ²)	Kic (Kg/cm ^{1.5})
	20min	40min	60min			
1	8.22	14.58	20.65	2.23	20.602	220.17
2	5.43	10.18	14.75	2.55	14.384	202.58
3	9.75	18.93	27.43	3.82	14.593	191.18
4	5.73	11.23	17.43	2.60	13.792	172.84
5	9.55	16.63	22.77	3.34	15.971	282.09
6	4.95	10.15	16.45	2.76	14.206	229.93
7	12.13	20.65	27.83	2.37	19.643	230.33
8	6.07	11.43	15.15	2.62	15.922	250.31
9	6.58	12.80	19.90	3.95	15.822	208.78
10	5.40	11.43	15.50	2.44	11.569	194.53
11	11.35	20.28	25.43	4.05	13.512	196.51
12	5.73	11.10	16.15	3.12	11.487	172.98
13	7.23	14.07	19.37	4.24	14.767	304.21
14	5.88	10.85	15.80	2.92	12.874	259.55
15	13.60	22.13	29.75	3.79	17.373	198.15
16	6.05	11.90	16.50	2.36	13.272	242.41
PC	4.93	9.82	17.68	2.99	13.640	77.84

◇鋼繊維の形状及び鋼繊維量と摩耗量との関係

今回の実験の範囲では、鋼繊維の形状及び鋼繊維混入量による摩耗損失量の影響は見られなかった。

◇ポリマーデイスパージョンと摩耗量との関係

今回の実験結果より分散分析を行なうと、換算衝撃エネルギー 37.17 / 74.34 kg・m、74.34 / 111.51 kg・m に対してすべて 1% 危険有意水準を満足し、その寄与率はそれぞれ 61.47%、65.82%、69.04% となった。(表-3)

鋼繊維補強ポリマーセメントコンクリート (SFRPCC) の摩耗損失量は衝撃エネルギー 37.17 kg・m 時で SFRC の約 42.3%、74.34 kg・m 時で約 37.0%、111.51 kg・m 時で約 33.9% の減少となった。

◆衝撃エネルギーと摩耗量との関係

衝撃エネルギーと摩耗損失量との関係を図に示すと図-2 のようになる。図中の信頼限界は、 $\pm \sqrt{F \times ve \div ne}$ により示した。

SFRC と SFRPCC の傾きの間に差があり、衝撃エネルギーが大きくなるとその差が大きくなると推定される。

◆応力拡大係数と摩耗量との関係

き裂の伝播抵抗性能を示すパラメーターとして用いられる応力拡大係数 (曲げ試験) と摩

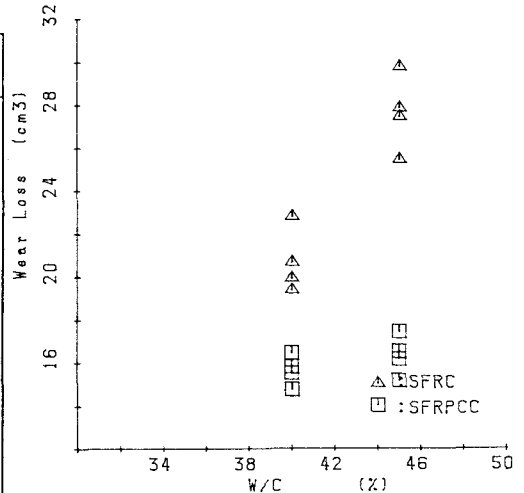


Fig-1 Wear Loss vs. W/C relationship

Table-3

		Impact Energy (Kg・m)		
		37.17	74.34	111.51
P	F-value	11.26	12.25	9.33
	Proportion(%)	61.47	65.82	69.04

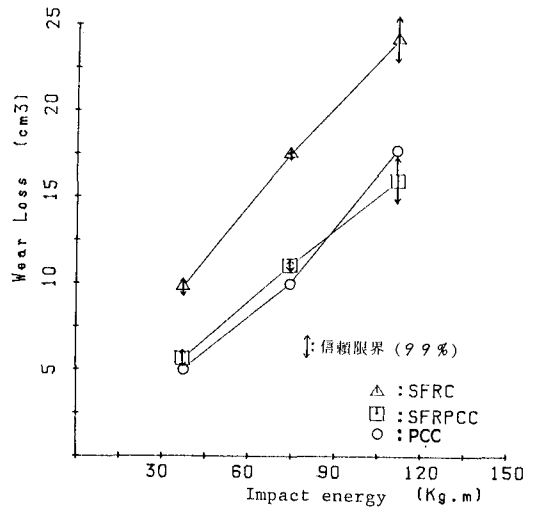


Fig-2 Wear Loss vs. Impact Energy relationship

耗損失量との関係を示すと図-3となる。

SFRCに関しては摩耗損失量と直線関係が得られ、SFRPCCに関しては明確な関係はなかった。

◆破壊面積と摩耗量との関係

コンクリートの表層強度を推定する目的で行なつたPULL-OUT試験の破壊面積⁷⁾と摩耗損失量との関係を示したのが図-4である。

破壊面積の増加に伴い摩耗損失量が増加する傾向を示している。

◇まとめ

衝撃摩耗試験による今回の試験結果をまとめてみると以下のようになる。

1) 耐摩耗性の改善を目的としたポリマーディスパーションの混入は有効で、因子寄与率は60~70%となり、衝撃エネルギーの増加に伴い、両者の摩耗損失量の差は増加する傾向を示す(図-2)。

2) SFRCに関しては、耐摩耗性に影響を及ぼす因子は W/C があり(図-1) 摩耗パラメーターとして応力拡大係数、或いはPULL-OUT試験の破壊面積がある。

3) 鋼繊維の混入による摩耗性状はPCCと比較して、摩耗量を増加させる。これはKrenchelらの報告によるC⁸⁾rowbar理論とよく一致している。

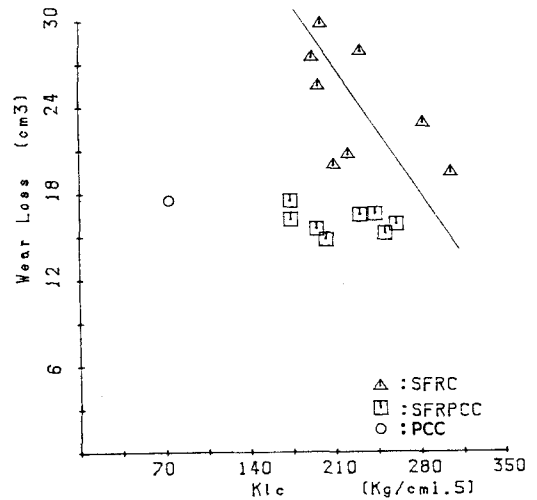


Fig-3 Wear Loss vs. Kic relationship

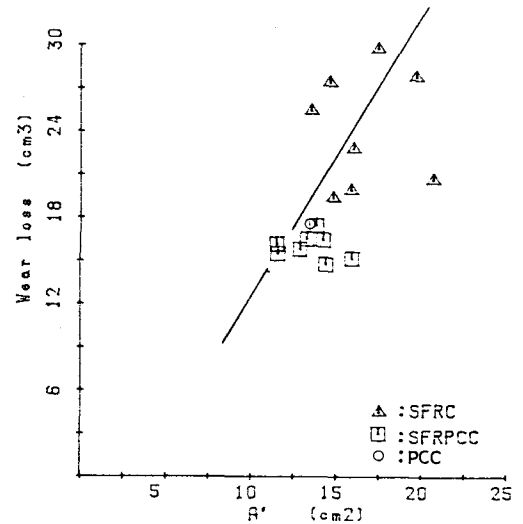


Fig-4 Wear Loss vs. A' relationship

〈参考文献〉

- 1) 井上ら； 舗装コンクリートの砂と硬さが異なるモルタルの摩耗試験，セメント技術年報XXXI / 1977.
- 2) 太田ら； コンクリート舗装のすりへり試験，第12回日本道路会議論文集、1977.
- 3) 堀口ら； 鋼繊維補強コンクリートの摩耗に関する3種の試験，土木学会年譜、第35回 / 1980.
- 4) 宮崎ら； コンクリート舗装のすりへり すべり抵抗に関する室内試験—新しい材料 配合による研摩試験(第2報) 試験所報告(昭和54年度) 日本道路公団試験所、1980.
- 5) Cantz, R. ; New Tire-Stud Developments, HRB 418, 1972.
- 6) Baron, J. et al ; Éléments de réflexion sur Usure et la Rugosité des Revêtements en Bétons Hydraulique. bull. Liaison labo. P. C. 77, 1981.
- 7) 堀口ら； 鋼繊維補強ポリマーセメントコンクリートのPULL-OUT強度について、土木学会北海道支部論文報告集、1983.
- 8) Krenchel, H. et al ; Wear Resistance of Fiber Reinforced Concrete, Nordisk Betong, 1982.