

V-26 コンクリートの摩耗機構に関する研究(その1)

北海道工業大学 正員 堀口 敬
 長野 雅夫
 渡辺 吉一

1. はじめに 近年、スパイクタイヤによる車粉公害が、社会問題になっている¹⁾²⁾。この問題を解決するためには、その摩耗機構の解明が、大きな重要性を占めている。既に著者らは、繊維補強コンクリートの摩耗機構に関する研究を行ってきたが、その結果コンクリートの摩耗は、マトリックスであるモルタルが大きな影響を及ぼすことが分かった³⁾⁴⁾。

今回は、マトリックスの性状を水セメント比、及び繊維混入率で変化させ、水セメント比や繊維の混入率と、摩耗損失量との相関関係を調べることをまずひとつの目的としている。

さらに、インクルージョンとしての粗骨材の割合及び粒径を変化させることによる、摩耗損失量との相関関係を調べ、複合材料としてのコンクリートの摩耗機構を解明して行く⁵⁾⁶⁾。

2. 実験概要 今回の実験は、大きく分けて2つの試験に分類される。(1)マトリックスとしてのモルタルの摩耗性状を検討するための試験、(2)インクルージョンとしての骨材の摩耗性状を検討するための試験である。
 (1)に関しては、表-1及び表-2に示すように水セメント比を35%、45%、55%に変化させ、また鋼繊維

表-2 モルタルの配合表

NO	v _{sf}	v _{pf}	W/C
1	1	1	1
2	3	1	1
3	4	1	1
4	1	3	1
5	1	4	1
6	2	2	1
7	3	3	1
8	1	1	2
9	3	1	2
10	4	1	2
11	1	3	2
12	1	4	2
13	2	2	2
14	3	3	2
15	1	1	3
16	3	1	3
17	4	1	3
18	1	3	3
19	1	4	3
20	2	2	3
21	3	3	3

表-1 モルタルの因子と水準

因 子	水 準			
	1	2	3	4
鋼繊維混入量 v _{sf} (%)	0	0.5	1	2
ポリエチレン繊維 混入量 v _{sf} (%)	0	0.5	1	2
水セメント比 w/c(%)	35	45	55	

及びポリエチレン繊維の混入率を0.5 %, 1 %, 2 % に変化させたモルタルでセメントと細骨材の重量比はすべてにおいて 1:2 とした。また(2) に関しては、表-3 にしめすように細骨材率を 30 %, 40 %, 50 %, 60 %, 80 % に変化させ、また粗骨材の最大粒径を15 mm, 25 mm に変化させたコンクリートを 29 種類、86 本の試験を行いその摩耗損失量及び表面骨材率を求めた。

表-3 コンクリートの配合表

NO	単位セメント (kg/cm ²)	単位水量 (kg/cm ²)	W/C (%)	S/a (%)	最大粒径 (mm)
1	400.0	180.0	45	30	15
2	400.0	180.0	45	40	15
3	400.0	180.0	45	50	15
4	400.0	180.0	45	60	15
5	400.0	180.0	45	80	15
6	400.0	180.0	45	30	25
7	400.0	180.0	45	40	25
8	400.0	180.0	45	50	25

(1) 使用材料

セメントは、普通ポルトランドセメントを、鋼繊維は、0.5 x 0.5 x 30 mm (アスペクト比は53.2) のカットワイヤー品を、またポリエチレン繊維は市販されている長さ40mmの変断面繊維を使用した。

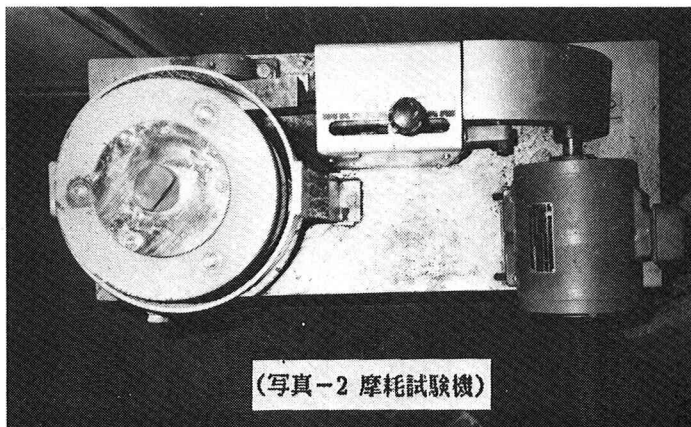
(2) 練り混ぜ及び供試体の製作

練り混ぜは、JIS に準じて行った。練り混ぜたモルタル及びコンクリートは、型枠に各々突き棒で突きながら 2 層に分けて打設し、棒状バイブレータで外側から締め固め表面仕上げは、コチで入念に行った。この時繊維と水が分離しないように、また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行った。

打設終了後のモルタル及びコンクリート供試体は、材令 1日 で脱型し材



(写真-1 供試体)



(写真-2 摩耗試験機)

令 7 日までは水中養生しその後気乾養生し実験日の 1 日前に水中にいれ飽和させ材令 28 日で実験を行った。水中養生は、脱型後 20 °c ± 2 °c の水槽に入れ、気乾養生は室温 20 °c、湿度 60 % 以上の恒温室で行った。

また、摩耗試験に用いる供試体は直径 15 cm 厚さ 5 cm の円柱供試体（写真－ 1 ）を用い同一供試体を 3 本または 2 本用意して実験を行なった。

(3) 実験方法

摩耗試験機は（写真－ 2 ）に示すものである。試験機に水を入れ、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付け、試験機を上下運動させることにより中にある 8 個の金属球（φ 14 mm）で供試体を損傷させるものである。振動数は 8.8Hz、振幅は 25 mm である。試験は 1 つの供試体につき 60 分間及び 240 分間行い途中 20 分ごとに摩耗損失量及び表面骨材率を求めた。摩耗損失量の測定はレベルを用いて供試体を水平にし、ピバットを用いて入念に水を注入して行いその体積をコンクリートの摩耗損失量とした。また表面骨材率は供試体の摩耗表面の骨材をトレースしその表面積より表面骨材率（骨材表面積÷摩耗表面積×100）を求めた。

表-4 モルタルの時間経過による平均摩耗損失量

NO	摩耗損失量 (cm³)		
	20(min)	40	60
1	11.8	21.8	29.5
2	9.5	18.4	26.3
3	9.2	17.3	24.2
4	8.0	14.8	21.3
5	7.2	13.6	19.8
6	9.6	16.5	23.5
7	7.5	14.5	20.5
8	14.0	25.0	34.5
9	11.8	20.6	30.4
10	10.0	17.6	28.0
11	9.4	17.0	25.3
12	7.5	14.4	22.4
13	9.2	17.0	26.6
14	8.5	14.8	23.5
15	15.8	28.5	40.0
16	12.8	24.8	35.7
17	10.8	21.2	32.9
18	10.0	19.8	29.1
19	9.2	17.2	25.5
20	10.8	21.0	31.2
21	9.5	17.5	27.3

3. 実験結果及び考察

今回の実験の結果をまとめると表-4、表-5 のようになった。表-4 はモルタルの摩耗損失量の値で 20 分ごと 60 分間測定したものである。表-5 はコンクリートの摩耗損失量の値で 20 分ごと 60 分、240 分間測定したものである。No. 2, 4, 5, 7, については長期的な

表-5 コンクリートの時間経過による平均摩耗損失量

NO	摩耗損失量 (cm³)											
	20 min	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240
1	8.0	15.2	22.0									
2	10.4	18.6	26.0	31.0	37.4	40.8	45.8	50.0	55.7	59.8	62.9	67.2
3	9.5	18.2	28.1									
4	12.1	20.2	30.0	35.4	40.4	47.0	54.2	60.1	65.0	70.2	75.8	81.3
5	11.8	22.1	32.5	40.1	49.1	57.7	64.6	70.8	79.1	86.5	93.0	102.3
6	7.4	14.0	20.2									
7	9.0	16.2	23.5	29.0	34.9	40.4	44.3	48.6	52.3	56.0	59.1	62.3
8	10.0	18.0	25.0									

表面骨材率の変化をみるために 240 分間の実験を行なった。また、今回の実験の結果から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以下のようになる。

1) モルタル試験

a) 水セメント比と摩耗損失量との関係

普通モルタル及び繊維補強モルタルの両方とも水セメント比が、小さくなると摩耗損失量が小さくなる傾向を示した（図-1）。普通モルタルの水セメント比 55 % の摩耗損失量を 100 % とすると、水セメント比が 45 % 及び 35 % でそれぞれ 88 %, 73 %, となった水セメント比が 55 % の繊維補強モルタルの摩耗損失量を 100 % とすると平均で 45 % 及び 35 % それぞれ 86 %, 75 % となった。

b) 補強繊維と摩耗損失量との関係

今回は、モルタルに繊維を混入して、モルタルマトリックスの摩耗に対する補強効果を検討した結果、繊維の混入率が増すと摩耗損失量が小さくなる傾向を示した。図-2は、w/cが 55 % の時の摩耗損失量と繊維混入率の図である。この図からポリエチレン繊維の方が鋼繊維よりも耐摩耗性の向上に関しての効果があることが判明した。鋼繊維補強モルタルの摩耗損失量を 100 % とするとポリエチレン繊維補強モルタルでは 80 % を示した。また、繊維混入率が 1 % のモルタルの摩耗損失量を 100 % とすると繊維混入率が 2 % では 85 % となった。

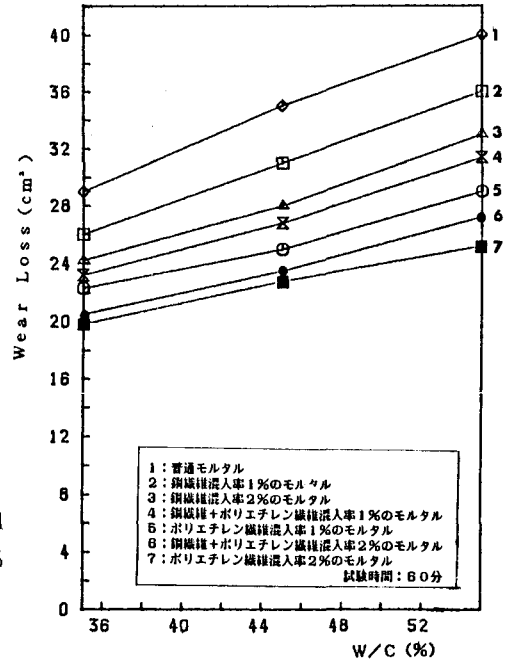


図-1 摩耗損失量と水セメント比

(2) コンクリート試験

a) 骨材と摩耗損失量との関係

細骨材率の小さいコンクリートほど摩耗損失量が小さく、また粗骨材の最大粒径が大きいコンクリートほど摩耗損失量が小さくなる傾向を示した（図-3）。細骨材率が 80 % のコンクリートの摩耗損失量を 100 % とすると細骨材率が 60 %, 50 %, 40 % 及び 30 % でそれぞれ 92 %, 86 %, 80 %, 68 %, となった。また粗骨材の最大粒径が 15 mm のコンクリートの摩耗損失量を 100 % とすると 25 mm では 90 % となった。

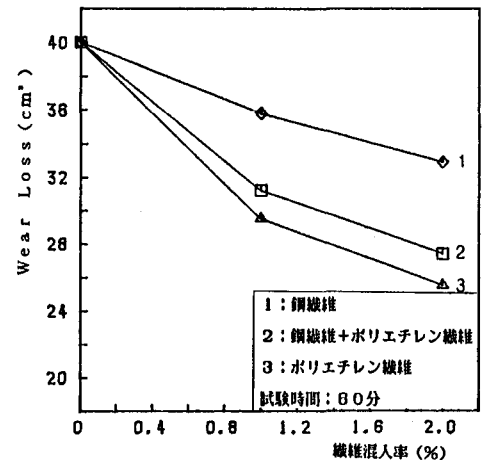


図-2 摩耗損失量と繊維混入率 (W/C=55 %)

(3) 表面骨材率

a) 表面骨材率と摩耗損失量との関係

図-4 は、摩耗損失量と表面骨材率の図である。この図からみられるように、摩耗損失量は、表面骨材率の増加とともに減少

する傾向を示し、その関係は、直線関係である。

b) 表面骨材率と細骨材率との関係

細骨材率が小さくなると表面骨材率が大きくなる傾向を示した（図-5）。細骨材率が 30 % の表面骨材率を 100 % とすると細骨材が 40 %, 50 %, 60 % 及び 80 % ではそれぞれ平均で 90 %, 89 %, 83 %, 55 % となり同様な直線関係を示した。

c) 表面骨材率と骨材の粒径との関係

粗骨材の最大粒径が大きくなると、表面骨材率が大きくなる傾向を示した（図-6）。粗骨材の最大粒径が 25 mm の表面骨材率を 100 % とすると 15 mm では 90 % となった。

d) 表面骨材率と摩耗試験時間との関係

図-7 により、表面骨材率は、細骨材率や骨材の最大粒径が変化しても、ある摩耗試験時間までは、一様に増加する傾向を示した。しかしながら、その後この表面骨材率は減少し、その後は明白な周期性を持った曲線群を構成する。この周期曲線は、図-7 からわかるように細骨材率や最大粒径により異なったものとなる。

(4) 時間と摩耗損失量

a) 時間と摩耗損失量との関係

摩耗損失量は、時間に比例する傾向にある（図-8）。今回の実験で、最も摩耗損失量の大きいのは水セメント比 55 % のモルタルで最も摩耗損失量の少ないのは、石である。他の全ての供試体は、その中間に位置する。なお石の 20 分後の摩耗損失量は測定不能のため推定値をとったものである。

4. まとめ

今回の実験の結果をまとめてみると次のようになる。

コンクリートが摩耗される場合最初にマトリックスが次にインクルージョンが摩耗していく。

マトリックスがコンクリートの摩耗に大きな影響を及ぼすことが分かったが、本実験では耐摩耗性を改善するために、水セメント比の変化、繊維補強の有無を検討し、

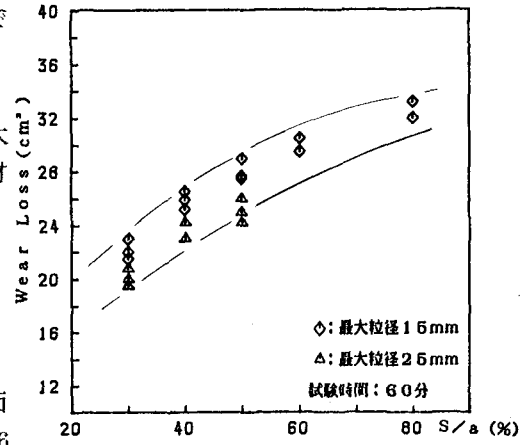


図-3 最大粒径の異なるコンクリートの摩耗損失量と細骨材率

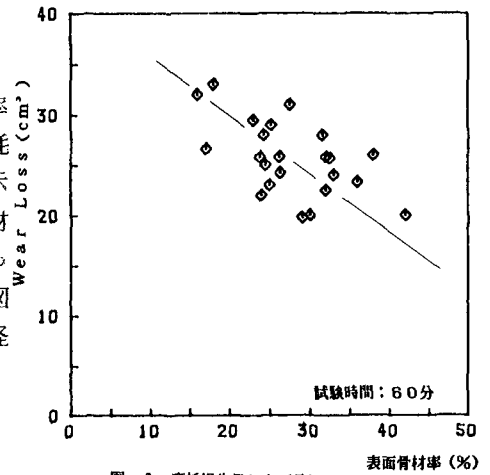


図-4 摩耗損失量と表面骨材率

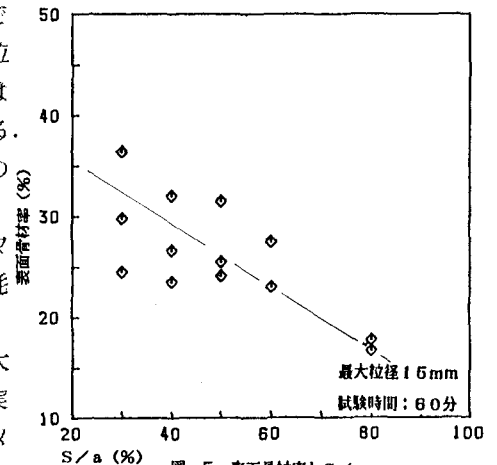


図-5 表面骨材率とS/a

マトリックスに関する耐摩耗性の改善効果を実験的に評価した。複合材料としてのコンクリートの耐摩耗性の改善には、表面骨材率が重要な因子となる。

この表面骨材率はコンクリートの配合因子である粗骨材面や最大粒径により実験的に算定が可能である。

5. 参考文献

- 1)橋本：粉体摩耗の対策，日刊工業新聞，1981。
- 2)馬庭：タイヤ自動車用タイヤの知識と特性，山海堂，1979。
- 3)戸川ら：タイヤチェーンによるモルタル，コンクリートの摩耗特性に関する基礎的研究，土木学会論文報告集，No.248，1976。
- 4)堀口ら：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，土木学会北海道支部論文報告集，No.39，1983。
- 5)松原：トライボロジ摩擦・摩耗・潤滑の科学と技術，産業図書，1982。
- 6)堀口：スパイクタイヤの摩耗に関する力学的研究(その1)(その2)，北海道科学研究費による一般研究報告，1982，1983。

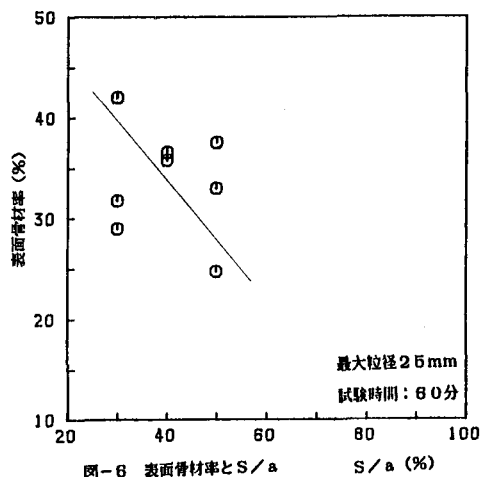


図-6 表面骨材率とS/a

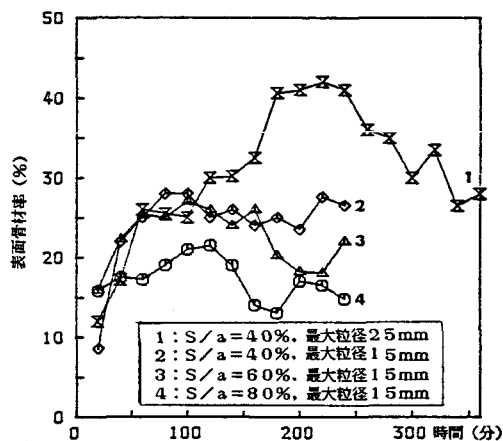


図-7 表面骨材率と時間

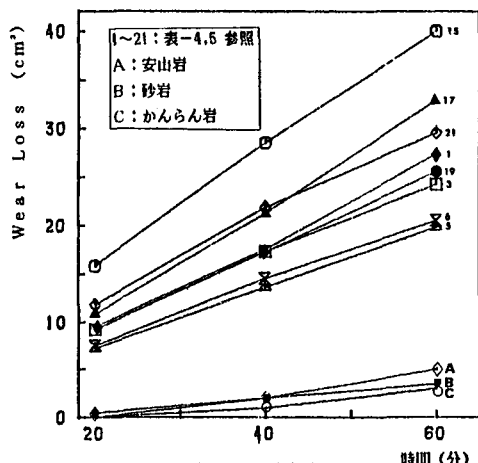


図-8 摩耗損失量と時間