

土木研究所資料

セメントコンクリート舗装の
すりへり抵抗性に関する実験

昭和50年12月

建設省土木研究所
地質化学部コンクリート研究室

セメントコンクリート舗装の すりへり抵抗性に関する実験

要 旨

冬期におけるタイヤチェーンを装着した車輛によるコンクリート舗装のすりへりを軽減する方法を明らかにするため、コンクリート摩損試験装置を試作し、この装置を用いて骨材の品質およびコンクリートの配合とすりへり量との関係を求めた。

その結果、すりへり量を軽減するためには、すりへり抵抗が大きく最大寸法の大きい粗骨材と適切な粒度をもつ細骨材を用いて、 50 kg/cm^3 程度以上の曲げ強度をもつコンクリートとするのが良いことが明らかになった。

また、上記の試作装置による試験結果の一般性を検証するため、既往の各種すりへり試験機との比較試験を行った結果、上記の試験結果は既往の各種試験機による結果と傾向的に合致するものであることが確かめられた。

なお、参考資料として、内外における既往の研究成果の概要を巻末に収録した。

目 次

1 試作摩損試験装置による試験	4
1.1 概 説	4
1.2 予 備 試 験	4
(1) コンクリートの品質	4
(2) 供試体の製作および養生	5
(3) 試 験 方 法	7
(4) 試 験 結 果	7
1.3 試 験 方 法	7
(1) 試 験 要 因	7
(2) 試 験 方 法	8
1.4 使用材料およびコンクリートの配合	8
1.5 供試体の製作および養生	12
1.6 試験結果および考察	12
(1) 表面強度の影響	12
1) ホセメント比および養生期間	12
2) ブリージング	12
a 細骨材の粒度	13
b コンクリートのコンシステンシーおよび版厚	13
3) 耐 摩 耗 材	13
(2) 粗骨材のすりへり減量の影響	14
(3) 粗骨材の最大寸法の影響	15
(4) 粗骨材の粒形の影響	15
(5) 粗骨材粒度の影響	17
(6) コンクリート強度の影響	17
2 各種すりへり試験機による比較試験	19
2.1 概 説	19
2.2 試 験 計 画	19
2.3 各種すりへり試験機の試験方法	19
2.4 使用材料およびコンクリートの配合	24
2.5 供試体の製作および養生	26
2.6 試験結果および考察	26
2.7 ま と め	33
3 結 論	35

〔参考資料〕

I 国内における既往の研究	36
I-1 日本道路公団における研究	36
I-2 東北地方建設局東北技術事務所における研究	43
II 国外における既往の研究	48
II-1 OECDの報告	48
1 スパイクタイヤ	48
1-1 スウェーデン	48
1-2 カナダ	53
1-3 ノルウェー	54
2 タイヤチェーン	55
3 すりへり測定方法	55
(1) すりへりの測定箇所の選定方法	55
(2) すりへり量測定のための基準点	55
(3) 各種のすりへり量の測定方法	55
III コンクリートのすりへりに関する文献	63

序

積雪・寒冷地域やその隣接地域の道路においては、冬期交通による舗装のすりへり損傷が問題となっている。これら地域の冬期間の交通量は、夏期の交通量と比較すると減少するようであるが（図－1参照）、その車輛構成は図－2に示すように大型車輛の占める割合が大きくなっている。また、冬期交通の車輛は走行の安全を確保するためタイヤチェーン等を装着し、特にその傾向は大型車輛に多い。

今日、これら地域の主要道路では、降雪があっても除雪作業が比較的速に行われるので、路面が雪で覆われている時間が少なく、また、降雪のため道路幅が狭くなり、車輛の走行範囲も狭まり車輪通行軌跡が同一箇所に集中してくる（図3参照）。

タイヤチェーンをタイヤに装着する場合、タイヤとタイヤチェーンがある程度ゆるみがある状態で装着しないと、タイヤとタイヤチェーンの間に氷雪が固着して滑り止とならない。したがって、路面に対するタイヤチェーンの作用を考えると、まず車輪の回転に伴って分銅のようにチェーンが振回されて路面を強打する。次にチェーンの上を車輪が通過する際、路面とチェーンの接触面で輪荷重の強圧を与える。この作用がくり返されて路面は損傷されるわけであるが、車輪速度が速いほど、また車輛荷重が大きいほど、その損傷程度ははげしくなる。

しかし、一度タイヤチェーンを装着した車輛の多くは、チェーン着脱が煩雑のためか路面の状態にかかわらずチェーン装着のまま走行している場合が多い。このため、雪積・寒冷地域やその隣接地域において、交通量が激しい交差点や完全除雪がなされている市街地や車輛速度が大きい郊外の道路およびトンネル内部では、舗装路面の損傷が著しく（写真－1,2）、コンクリート舗装では骨材が露出したり剝離されたりしている。この結果、路面の平坦性が損われて乗心地が悪化し、舗装版自体の耐用年数を短くする一因となっている。また、粗骨材が路面に露出することにより路面が粗くなり、このため騒音が大きくなる（図－4参照）等の悪影響が現われてくる。

以上のことから、冬期交通によるコンクリート舗装面の損傷をできるだけ軽減する方法を見出すことを目的として、試作した摩損試験装置によるすりへり試験、およびその成果の一般性を検証するための既往の各種すりへり試験機との比較試験を行った。

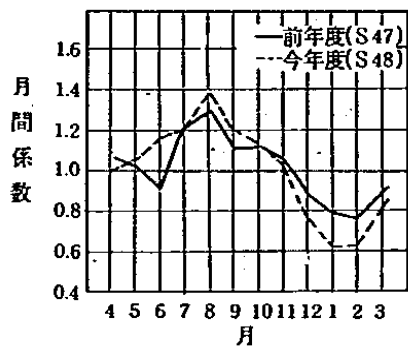
この報告書は、一連の調査試験の成果をとりまとめたものである。

なお、巻末には内外におけるこの種の調査資料として、建設省東北地方建設局東北技術事務所および日本道路公団における研究結果ならびにカナダ・北欧諸国における研究結果を収録した。

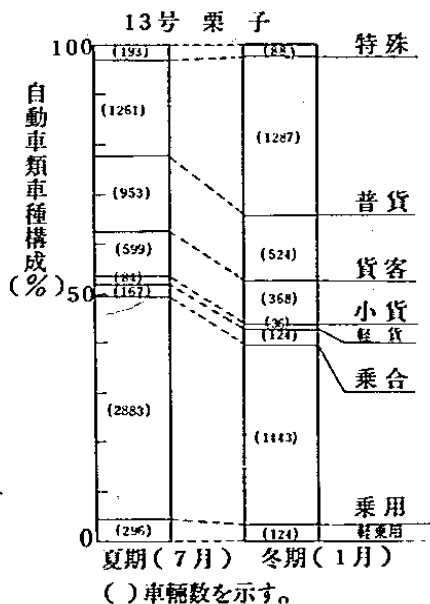
昭和50年12月

地質化学部コンクリート研究室

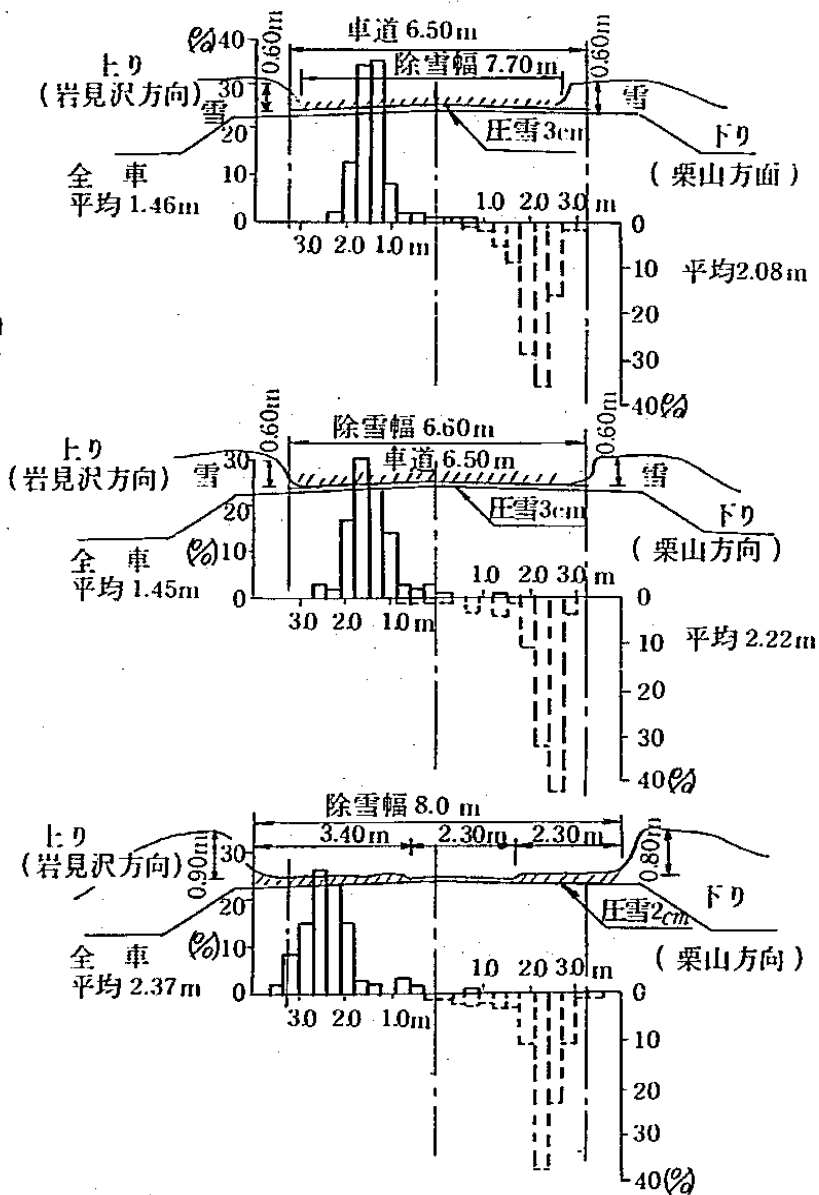
室長 太田 実
樽 沼 昌 明



図一 1 交通量の季節変化の一例（昭和48年度、交通量常時観測調査報告書、東北地方建設局道路部、道路計画第二課）



図一 2 車輛構成の季節変化の一例（昭和48年度、交通量常時観測調査報告書、東北地方建設局、道路部道路計画第二課）



図一 3 車輛通行軌跡分布の一例（土木技術資料、Vol. 15、No. 9、河野文弘著）



写真-1 損傷を受けた路面の一例

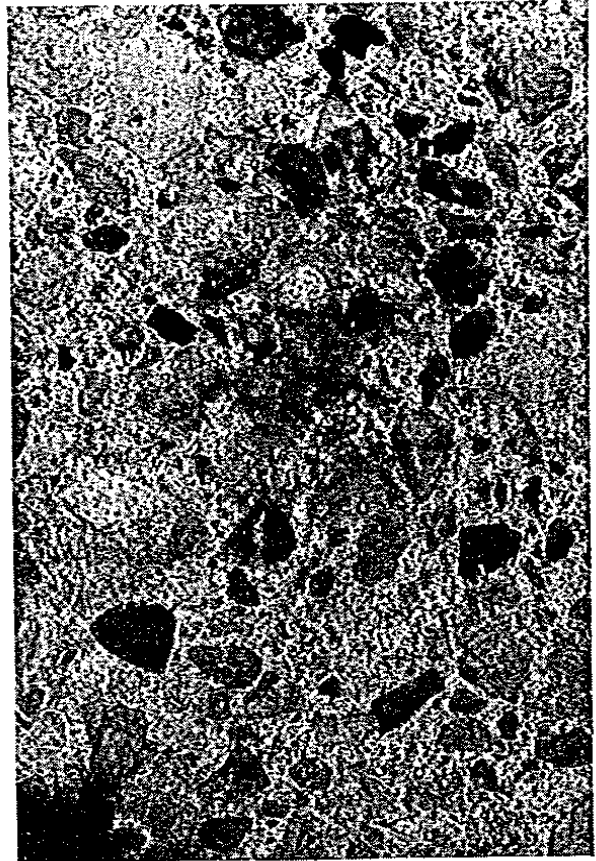


写真-2 写真-1の拡大

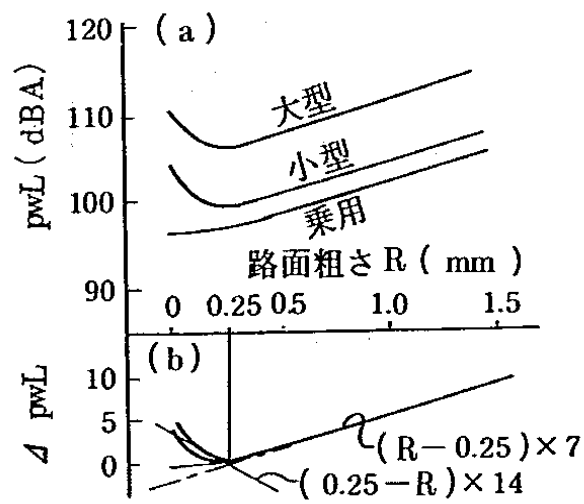


図-4 路面粗さとパワーレベル および補正値(舗装、vol.6 No 7、金泉昭著)

1. 試作摩損試験装置による試験

1.1 概 説

タイヤチェーンを装着した車輛によるコンクリート舗装のすりへりを軽減する方法を明らかにするため、コンクリート摩損試験装置を試作し、この装置を用いて骨材の品質およびコンクリートの配合とすりへり量との関係を求めた。

1.2 予 備 試 験

本試験を行う前に摩損試験装置による試験の摩損時間およびタイヤチェーン装着方法を決定するために予備試験を行った。摩損時間を決定するために、すりへり減量の異なる粗骨材を用いたコンクリートおよび水セメント比の異なるモルタル供試体を製作し、摩損時間を数種類に変化させて摩損量との関係から検討を行うこととした。また、タイヤチェーンの装着方法については、タイヤチェーン装着のタイヤの位置およびチェーンの張り具合を変えて、供試体の損傷状況を見ながら検討することとした。この試験に用いたコンクリート摩損試験装置は当研究室が試作したもので、その概略を図-1に示す。この試

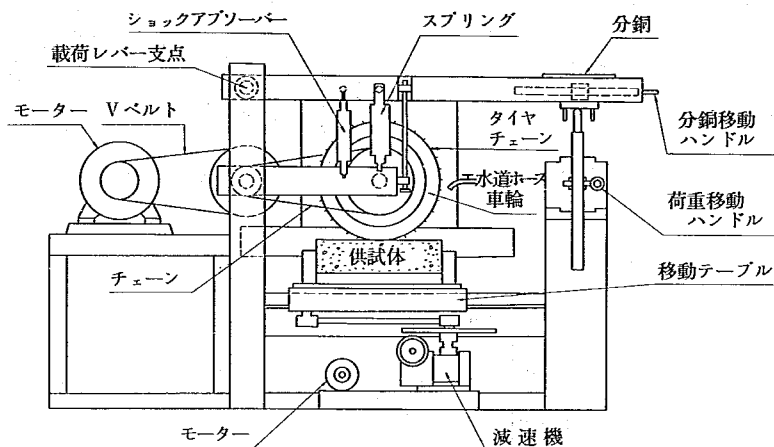


図-1 コンクリート摩損試験装置

験装置は1分間に水平距離35cmを1往復する移動テーブルに寸法15×15×53cmの供試体をセットし、この供試体上面にタイヤチェーン装着のタイヤを周速30km/hで回転させてすりへりを起させる機構としている。

(1) コンクリートの品質

コンクリートの品質はスランプ4cm、空気量4%を目標とした。モルタルについては、スランプ

4cmのコンクリートのモルタルと同品質のものとした。使用材料の品質ならびにコンクリートおよびモルタルの配合は、それぞれ表-1、表-2および表-3のとおりである。なお、混和剤としてボゾリス№8を使用した。

表-1 骨材の物理的性質

区 分	比 重	吸水量 (%)	粗粒率	単 位 容 積 重 量 (kg/m ³)	ロサンゼルス すりへり 減 量 (%)	洗 い 試 験 (%)	産 地 名
砕 石	2.71	1.10	6.96	1690	(A粒度) 18.0	—	葛生産
砂 利	2.65	0.80	7.51	1770	(A粒度) 9.0	—	富士川、相模川産混合
砂	2.60	2.21	3.01	—	—	2.0	鬼怒川産

表-2 セメントの物理的性質

セメント種別	比 重	粉 未 度		凝 結		フ ロー 値 (mm)	曲げ強さ (kg/cm ²)			圧縮強さ (kg/cm ²)			安 定 性
		ブレン d 80 (cm ² /g)	88 μ 残 分 (%)	始 発 (時分)	終 結 (時分)		3 日	7 日	28 日	3 日	7 日	28 日	
早強ポルトランド	3.12	4,370	0.6	1-59	2-46	244	48.6	65.0	81.7	232	350	477	良

表-3 コンクリートおよびモルタルの配合

区 分	粗骨材の 最大寸法 (mm)	空気量 の範囲 (%)	スランプ の 範 囲 (cm)	水セメント比 W/C (%)	細骨材率 s/a (%)	単 位 量 (kg/m ³)				
						水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G	混和剤
碎石コンクリート	40	4 ± 1	4 ± 1	45	39.2	150	333	725	1151	0.83
砂利コンクリート	"	"	"	"	33.7	130	289	637	1305	0.72
モ ル タ ル	—	7 ± 1	—	"	—	269	597	1300	—	1.41
	—	"	—	65	—	233	357	1593	—	0.89

(2) 供試体の製作および養生

寸法 15 × 15 × 53 cm コンクリートおよびモルタル供試体を各要因毎に3本ずつJIS A 1132の規定に基づいて製作した。締固めは内部振動機を用いて行い、表面仕上げはブリージングの影響をできるだけ押えるために木ゴで仕上げとした。養生はコンクリート打設の翌日・供試体を脱型して直に水中養生を行った。

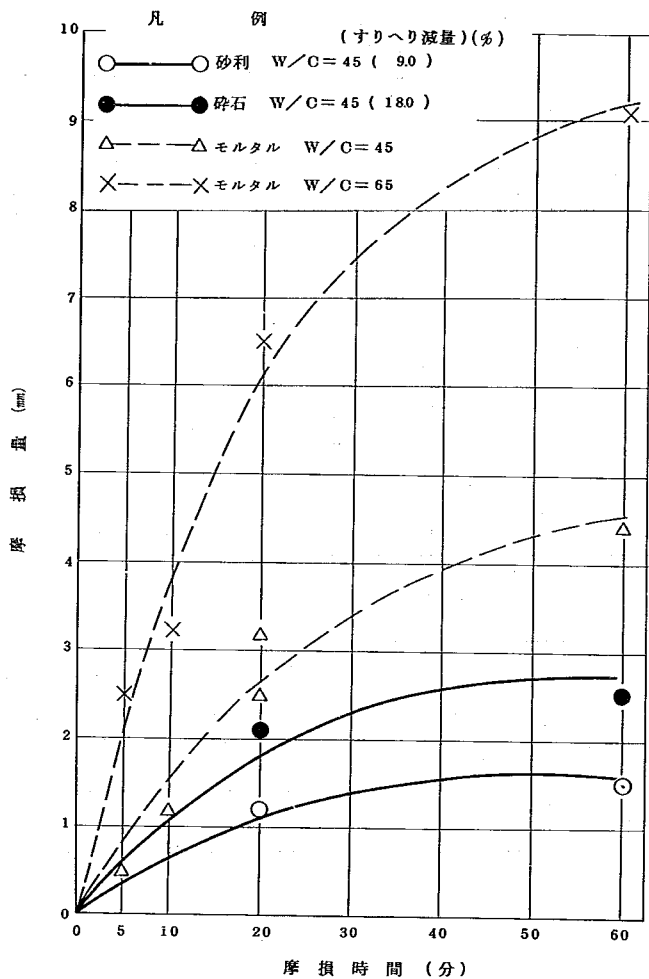


図-2 摩損時間と摩損量との関係

(3) 試験方法

材令7日まで養生を行った供試体を5、10、20、60分間の摩損時間について試験を行った。摩損量は試験後の供試体中央部($\frac{1}{2} \ell$)をコンクリートカッターで切り出し、その断面形状を複写して摩損断面積をプランメータで求め、その値を摩損幅で除した値を摩損量として表わすこととした。

(4) 試験結果

摩損時間と摩損量との関係を図-2に示す。当然ながら摩損時間が増すと摩損量も増加するが、作業時間を考慮して比較的短時間で要因の相違による摩損量の差が顕著に現われる摩損時間20分間を標準摩損時間とすることに決定した。

タイヤチェーン装着については、タイヤチェーンの耐用時間などを考慮して、タイヤ面と供試体面上とを1.5cm離れた位置でチェーンを装着することとし、試験時間60分間毎にチェーンを取替えることとした。

1.3 試験方法

(1) 試験要因

本試験はコンクリート舗装版のすりへりについて調査するため、すりへりに影響すると思われる要因の中から幾つかの要因について試験を行うこととした。

コンクリート版のすりへり作用の過程を考えると、まずコンクリート表層部のモルタルがすりへり作用を受ける。したがって、モルタルの品質の良否がすりへり量に大きく影響すると考えられる。このモルタルの品質に影響すると考えられる要因としては、水セメント比、スランプおよびコンクリートの打込み厚さの相違によるブリージングの影響、養生期間、耐摩耗材の散布によるコンクリート表層部の強化などが挙げられる。

コンクリート表層部のモルタルがすりへってしまうと、粗骨材がコンクリート面に露出してすりへり作用を受ける。したがって、この段階では粗骨材の品質がすりへり量に大きく影響するものと考えられる。

表-4 試験要因

区分	要 因	種 類		
A	水セメント比 (%)	30	45	65
B	ロサンゼルスすりへり減量(%)	9	18	23
C	粗骨材の最大寸法 (mm)	40	25	20
D	粗骨材の粒度 (mm)	連続粒度	不連続粒度	—
E	粗骨材の粒形	砂 利	砕 石	—
F	細骨材の粒度	標準粒度範囲の上限	標準粒度範囲の中央	標準粒度範囲の下限
G	スランプ (cm)	4	9	—
H	コンクリート打込み厚さ (cm)	15	25	—
I	耐摩耗材	無 処 理	ゴムラテックス	鉄粉・シリカ質
J	養生期間 (材令) (日)	7	28	—

さらにすりへりが進むと、粗骨材がコンクリート面より剝離飛散してすりへりは更に増大していく。したがって、この段階のすりへりでは粗骨材の寸法および粒形の相違による粗骨材のセメントペーストとの付着の程度の違いがすりへりに影響するものと考えられる。

以上のことを考慮して、表-4に示すような要因について試験を行うこととした。

(2) 試験方法

寸法 $15 \times 15 \times 53 \text{ cm}$ の供試体を所定の材令まで標準養生を行い、コンクリート摩損試験装置によって試験を行なった。供試体数は要因ごとに3本とした。予備試験の結果から、タイヤチェーンの装着はタイヤ面を供試体上面から 1.5 cm 離れた位置で行い、摩損時間は20分間とすることとした。また、摩損実験と並行して曲げ強度試験を JIS A 1106 の規定に基づいて行なった。

すりへり量の測定は、試験後の供試体中央部 ($\ell/2$) をカッターで切断し、その断面形状を複写して摩損した断面積をプランメーターで測定する方法とした。なお、摩損量は摩損断面積を摩損幅で除した値 (単位は mm) で表わすこととした。

また、コンクリートの表面強度と摩損量との関係を調べるために、寸法 $15 \times 15 \times 53 \text{ cm}$ の供試体上面に円周 $5 \pi \text{ cm}$ 、深さ 1 cm の溝を材令28日前にあらかじめ10箇所切り込んでおき、所定の材令に達する1日前に水槽より取り出して室内に放置して乾燥させ、これに直径 5 cm の鋼板を接着させて写真-1に示す接着力試験機で鋼板を鉛直に引張り、その時のコンクリートの破壊強さをコンクリート表面強度とした。

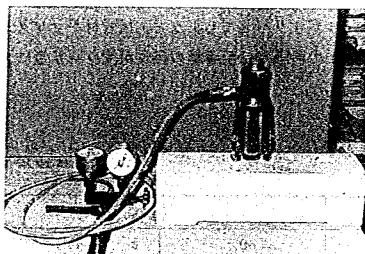


写真-1 接着力試験

1.4 使用材料およびコンクリートの配合

使用した骨材の品質を表-5に示す。これらのうち、粗骨材のすりへり減量に注目した区分Bの試験に用いる骨材のうち、すりへり減量の大きい骨材としては適当な天然骨材が入手できなかったため、人工軽量骨材を用いた。セメントは、普通ポルトランドセメントを使用した。その物理的性質は表-6に示すとおりである。コンクリートは、スランプ 4 cm 、空気量 4% を目標にした。示方配合は表-7に示すとおりである。

表-5 骨材の物理的性質

区分	種類	比重	吸水量 (%)	ロサンゼルス すりへり減量 (%)	単位容積 重量 (kg/m³)	粗粒率	産地名
A・J	砕石	2.71	1.10	18.0	1690	7.20	葛生産
	砂	2.60	2.21	—	—	3.01	中川産
		2.60	2.50	—	—	2.64	鬼怒川産
B	砂利	2.65	0.80	9.0	1770	7.29	富士川・相模川産混合 (7:3)
	砕石	2.71	1.10	18.0	1690	7.20	葛生産
	軽量骨材	1.32	3.30	23.3	810	—	ライオナイト
	砂	2.61	2.50	—	—	2.67	鬼怒川産
		2.61	2.40	—	—	2.94	富士川産
C	砕石	2.71	1.10	18.0	1670	7.20	葛生産
		2.71	1.30	18.0	1615	7.13	
		2.71	1.30	18.0	1630	6.60	
	砂	2.63	1.51	—	—	2.90	釜無川産
		2.63	1.11	—	—	2.97	富士川産
D	砕石	2.71	1.10	18.0	1650	7.20	葛生産
		2.71	1.10	18.0	1650	7.64	
	砂	2.63	1.51	—	—	2.90	釜無川産
E	砂利	2.60	1.97	18.4	1700	6.83	鬼怒川産
	砕石	2.71	1.30	18.0	1615	7.13	葛生産
	砂	2.63	1.11	—	—	2.97	富士川産
F	砕石	2.71	1.10	18.0	1650	7.20	葛生産
		2.63	1.51	—	—	3.14	
	砂	2.63	1.51	—	—	2.90	釜無川産
		2.63	1.51	—	—	2.05	
G・H	砕石	2.71	1.10	18.0	1690	7.20	葛生産
	砂	2.60	2.50	—	—	2.64	鬼怒川産
I	砂	2.61	2.40	—	—	2.94	富士川産

※ 実積率=60%

表-6 セメントの物理的性質

セメントの種別	比重	粉未度		凝結		フロー 値 (mm)	曲げ強さ (kg/cm²)			圧縮強さ (kg/cm²)			安定性
		プレーン cm/g	88μ 残分 (%)	始発 (時-分)	終結 (時-分)		3日	7日	28日	3日	7日	28日	
普通ポルトランド	3.15	3140	—	2-29	3-47	247	32.5	47.9	71.1	134	233	417	良

表-7 コンクリートの配合

区分	粗骨材の すりへり減量 (%)	粗骨材 最大寸法 (mm)	粗骨材の 粒度範囲 (mm)	粗骨材の 粒 形	細骨材の 粗 粒 率	耐摩耗 材 の 有 無	水セメ ント比 (%)	スラン プ フロー 値 の範囲 (cm ² ・mm)	空気量 の範囲 (%)	細骨材率 s/a (%)	単 位 量 (kg/m ³)				
											水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G	混 和 剤 ポゾリス No.5 L
A・J	18	40	5~40	砕 石	2.64	無処理	30	4±1	4±1	30.5	142	473	529	1258	1.18
	"	"	"	"	"	"	45	"	"	35.3	142	316	659	"	0.79
	"	"	"	"	3.01	"	65	"	"	41.5	142	218	798	1197	0.55
	—	—	—	—	2.64	"	30	200±5	—	—	295	984	827	—	2.46
	—	—	—	—	"	"	45	"	—	—	254	565	1286	—	1.41
	—	—	—	—	"	"	65	"	—	—	265	407	1381	—	1.02
B	9(BS値=11)	40	5~40	砂 利	2.67	"	30	4±1	4±1	23.8	145	483	411	1341	1.21
	"	"	"	"	"	"	45	"	"	35.3	124	276	689	"	0.69
	"	"	"	"	"	"	65	"	"	36.8	130	200	736	"	0.50
	18(BS値=18)	"	"	砂 石	2.94	"	30	"	"	34.7	138	460	612	1196	1.15
	"	"	"	"	"	"	45	"	"	39.8	133	296	762	"	0.74
	"	"	"	"	"	"	65	"	"	42.0	134	206	833	"	0.52
	23(BS値=35)	15	5~15	軽 量 非 造 粒	2.67	"	30	"	"	30.8	184	613	468	531	—
	"	"	"	"	"	"	45	"	"	42.2	155	344	766	"	—
C	"	"	"	"	"	"	65	"	"	43.4	167	257	806	"	—
	18	40	5~40	砕 石	2.90	"	30	"	"	34.7	138	460	612	1196	1.15
	"	"	"	"	"	"	45	"	"	39.8	133	296	762	"	0.74
	"	"	"	"	"	"	65	"	"	42.0	134	206	833	"	0.52
	"	25	5~25	"	2.97	"	30	"	"	34.9	155	517	588	1131	1.29
	"	"	"	"	"	"	45	"	"	42.8	135	300	822	"	0.75
	"	"	"	"	"	"	65	"	"	44.1	143	220	867	"	0.55
	"	20	5~20	"	2.90	"	30	"	"	32.8	153	510	551	1174	0.64
	"	"	"	"	"	"	45	"	"	40.1	139	309	753	"	0.39
	"	"	"	"	"	"	65	"	"	41.7	146	225	804	"	0.28

D	18	40	延統粒度 5 ~ 40	砕 石	2.90	"	30	"	"	34.7	138	460	612	1196	1.15
	"	"	"	"	"	"	45	"	"	39.8	133	296	762	"	0.74
	"	"	"	"	"	"	65	"	"	42.0	134	206	833	"	0.52
	"	"	不延統粒度 10 ~ 40	"	"	"	30	"	"	35.0	141	470	612	1180	1.18
	"	"	"	"	"	"	45	"	"	41.3	128	284	800	"	0.71
	"	"	"	"	"	"	65	"	"	43.2	130	200	864	"	0.50
E	"	25	5 ~ 25	砂 利	2.97	"	30	"	"	28.1	144	480	490	1241	1.20
	"	"	"	"	"	"	45	"	"	35.8	127	282	700	"	0.71
	"	"	"	"	"	"	65	"	"	37.6	131	202	756	"	0.51
	"	"	"	砕 石	"	"	30	"	"	34.9	155	517	588	1131	1.29
	"	"	"	"	"	"	45	"	"	42.8	135	300	822	"	0.75
	"	"	"	"	"	"	65	"	"	44.1	143	220	867	"	0.55
F	"	40	5 ~ 40	"	標準粒度の上限 2.05	"	30	"	"	34.7	138	460	612	1196	1.15
	"	"	"	"	"	"	45	"	"	39.8	133	296	762	"	0.74
	"	"	"	"	"	"	65	"	"	42.0	134	206	833	"	0.52
	"	"	"	"	標準粒度の中央 2.90	"	30	"	"	27.8	147	490	481	1287	1.23
	"	"	"	"	"	"	45	"	"	32.8	148	330	610	"	0.83
	"	"	"	"	"	"	65	"	"	35.7	149	230	694	"	0.58
	"	"	"	"	標準粒度の下界 3.14	"	30	"	"	39.3	135	450	705	1122	1.01
	"	"	"	"	"	"	45	"	"	44.2	128	285	863	"	0.64
G	"	"	"	"	"	"	65	"	"	46.3	127	195	939	"	0.44
	"	"	"	"	2.64	"	45	4 ± 1	"	38.5	142	316	659	1258	0.79
H	"	"	"	"	"	"	"	9 ± 1	"	34.2	149	331	628	"	0.83
	"	"	"	"	"	"	"	4 ± 1	"	38.5	142	316	659	"	0.79
I	—	—	—	—	2.94	無処理・	30	200 ± 5	8 ± 1	—	281	937	896	—	2.34
	—	—	—	—	"	鉄粉質	45	"	"	—	241	536	1335	—	1.34
	—	—	—	—	"	骨 材	65	"	"	—	252	388	1428	—	0.97
	—	—	—	—	"	ゴムラ	38.9	"	—	—	82	475	1426	—	180.6
	—	—	—	—	"	テックス	43.5	"	—	—	140	478	1433	—	119.4
	—	—	—	—	"	"	49.7	"	—	—	201	475	1426	—	61.8

1.5 供試体の製作および養生

コンクリート摩損試験用と曲げ強度試験用およびコンクリート表面強度試験用の供試体の製作は、JIS A 1132の規定に基づいて行った。摩損試験用および表面強度試験用供試体の表面仕上げは、ブリージングをできるだけ押えるために木ゴて仕上げとした。締固めは内部振動機を使用した。養生は、所定の材令まで標準養生を行った。

1.6 試験結果および考察

(1) 表面強度の影響

すりへり初期の摩損量はコンクリート表層部の品質が大きく影響するものと思われる。このようなことからコンクリート表層部の表面強度と摩損量との関係を調べた結果、図-3の結果を得た。図-3は、コンクリートの表面強度が大きくなるほど摩損量は減少する傾向を明確に示している。

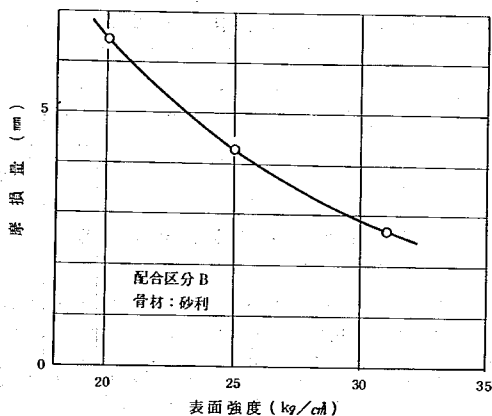


図-3 表面強度と摩損量との関係

以上の結果より、コンクリート表層部（モルタル部）の品質に影響をおよぼすと思われる水セメント比、ワーカビリティおよび版厚の相違によるブリージング、養生期間、耐摩耗材の散布による表面強化の各要因に着目して試験を行った。

1) 水セメント比および養生期間（配合区分A・J）

図-4に示すように、水セメント比が小さいものほど、また養生期間を長くしたものほど摩損量は減少する傾向にある。

2) ブリージング

コンクリートのブリージングを左右する因子として細骨材中の微粒分、コンクリートのコンシステンシー、版厚、セメントの粉末度、コンクリート打込み温度などが考えられる。これらのうち、細

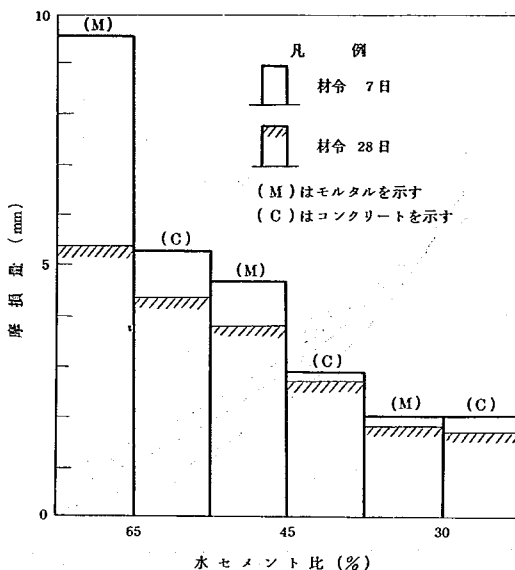


図-4 水セメント比および材令と摩損量との関係

骨材の粒度、コンクリートのコンシステンシーおよび版厚に着目して試験を行った。

a 細骨材の粒度（配合区分F）

細骨材中の微粒分（0.3 mm 以下）が少ないとブリージングは増加する。その影響がすりへりに対しどの程度影響があるかを調べるため、細骨材中の微粒分の割合を変化させ、細骨材の粒度を標準粒度範囲の上限、中央および下限になるように調整した。その時の微粒分の割合はそれぞれ32%と15%および10%であった。

細骨材と摩損量との関係についての試験結果を図-5に示す。図-5は僅かではあるが微粒分が多い細骨材を用いたものの方が摩損量は減少する傾向を示している。

b コンクリートのコンシステンシーおよび版厚（配合区分G）

コンクリートの単位水量が多いものほど、また、版厚が厚いものほどブリージングは増加する。以上のことを考慮して今回はスランプ4 cmと9 cm、版厚を15 cmと25 cmについて摩損量との関係について試験を行った。その結果、スランプ、版厚ともこの程度の相違では摩損量に明確な差は現われないことが確かめられた。

3) 耐摩耗材（配合区分I）

コンクリート表面を強化するために、鉄粉質系骨材で表面処理したもの、およびゴムラテックス

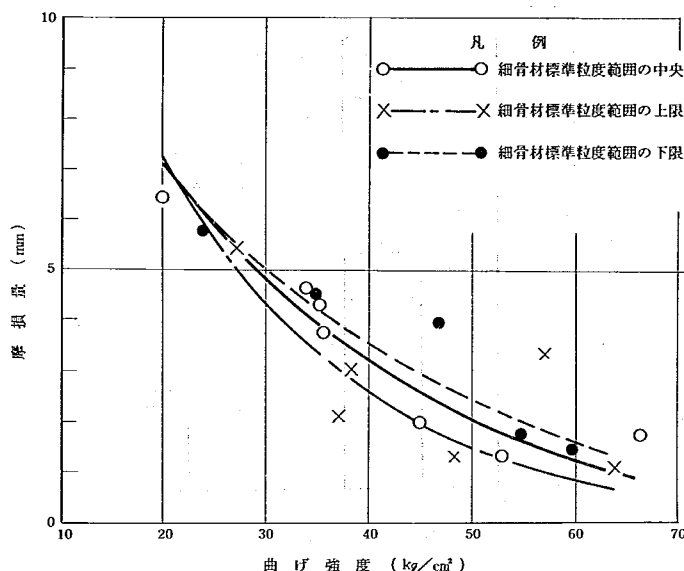


図-5 細骨材の粒度と摩損量との関係

を混入したものと表面処理をしないものについてモルタル供試体による比較試験を行った。ゴムラテックスはセメント重量に対し5%、10%および15%の3種類について混入した。また、鉄粉質系骨材はセメントと混ぜたものを(骨材:セメント=1.8kg:1.1kg)、コンクリート表面が生乾きのうちに 2.9 kg/cm^2 の割合で散布した。その結果、表面処理を行った厚さが非常に薄かったため、仕上げ方(処理厚さのばらつき)および仕上げ時期が難しく、そのためか摩損量の値がかなりばらつき、表面処理と摩損量との関係について明確な傾向を得るまでに至らなかった。

(2) 粗骨材のすりへり減量の影響(配合区分B)

粗骨材すりへり減量と摩損量との関係を図-6に示す。図から明らかなように、すりへり減量の小さい粗骨材を用いたコンクリートほど摩損量は小さくなる。軽量粗骨材を用いたコンクリートでは、コンクリート強度がある程度(曲げ強度 $60 \sim 70 \text{ kg/cm}^2$)以上になると、その摩損量はモルタルの摩損量と同等になっているが、これは、このような高強度コンクリートではモルタルのすりへり抵抗が軽量粗骨材のすりへり抵抗よりも大きく、コンクリートのすりへりがモルタルによって支配されることを示しているとみることができる。

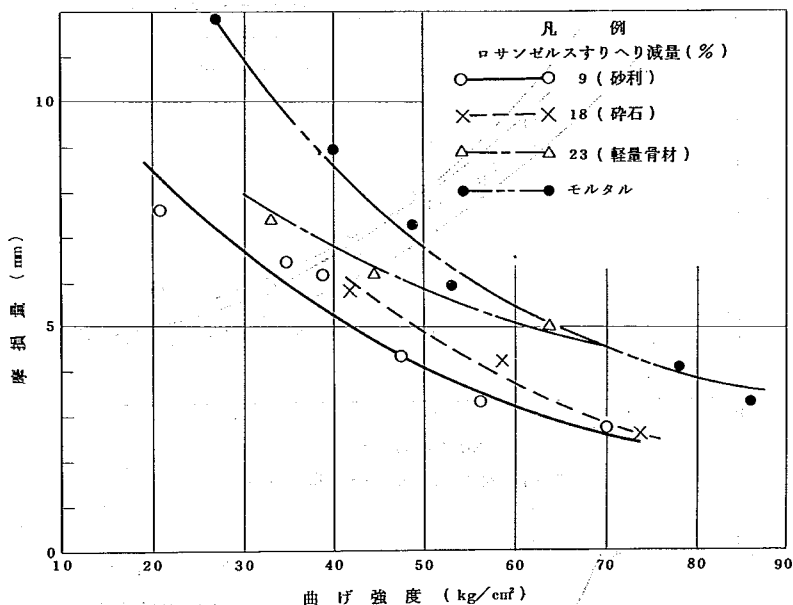


図-6 粗骨材のすりへり減量とコンクリートの摩損量との関係

(3) 粗骨材の最大寸法の影響 (配合区分C)

粗骨材の最大寸法と摩損量との関係を図-7に示す。最大寸法 20 mm の場合と 25 mm の場合とでは明確な差異は認められないが、これらと最大寸法 40 mm の場合とでは明確な差異がみられ、最大寸法が大きい場合の方が摩損量は少なくなっている。これは、骨材の寸法が大きくなると、モルタルがすりへって粗骨材が露出しても、チェーンで叩かれて骨材が抜け出す現象が起りにくくなり、粗骨材自体のすりへり抵抗で持ちこたえるようになるためと考えられる。

(4) 粗骨材の粒形の影響 (配合区分E)

コンクリート表面に粗骨材が露出してタイヤチェーンで叩かれた場合、骨材が丸みを帯びているか角ばっているかによってモルタルとの付着が異なり、そのため、骨材の剝離飛散の程度に差が現われ摩損量に影響するものと思われる。その点に注目して試験を行ったが、その結果は図-8に示すように骨材粒形による相違は認められず、砂利コンクリート、碎石コンクリートともほぼ同様なすりへりの傾向を示した。

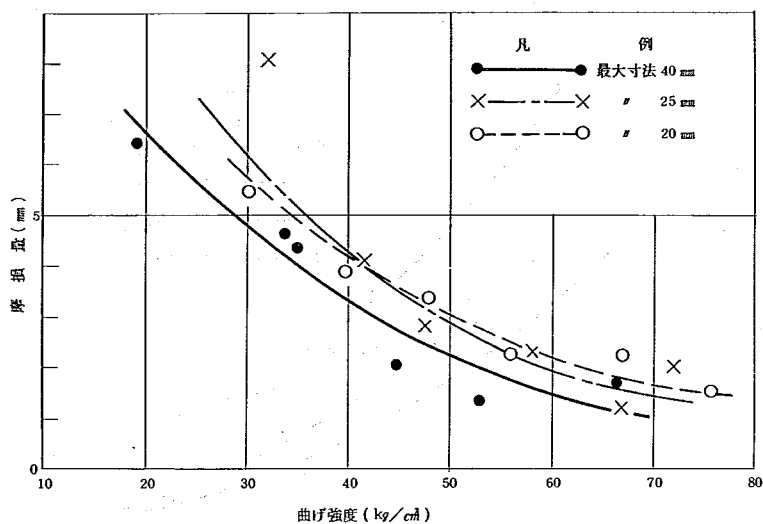


図-7 粗骨材の最大寸法と磨損量との関係

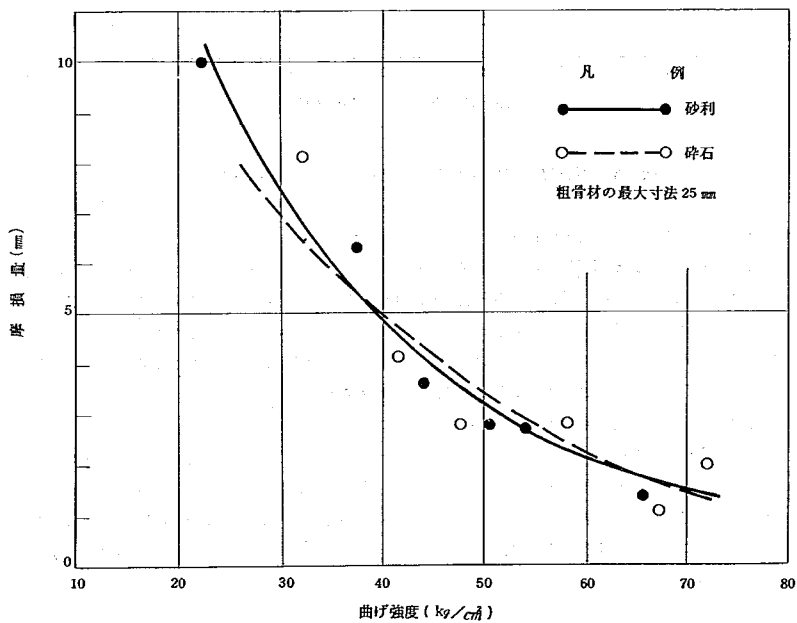


図-8 粗骨材の粒形 (砂利・碎石) と磨損量との関係

(5) 粗骨材の粒度の影響 (配合区分D)

タイヤチェーンの衝撃に対して、剥離飛散し易いと思われる5～10mmの粒度をカットした不連続粒度(10～40mm)と連続粒度(5～40mm)の骨材を用いて試験を行い、図-9に示すような結果を得た。図より明らかなように、予想に反して連続粒度の骨材を用いたものの方が摩損量は小さく現われた。なお、オーストリアのAustrian Society for Research on Road Constructionで行った試験によると、粗骨材の最大寸法が50mmのものを用いて、0.5～8mmの粒度を10%程度に少なくした不連続粒度の骨材を使用すると、スパイクタイヤによる損傷に著しく効果があることを示している。

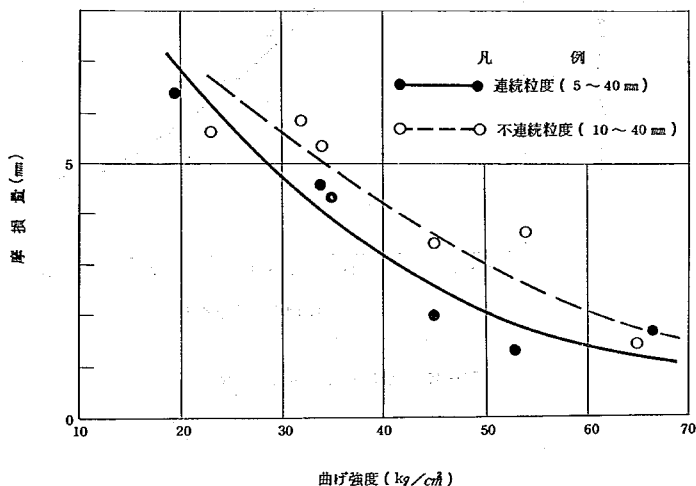


図-9 粗骨材の粒度と摩損量との関係

(6) コンクリート強度の影響

コンクリートの強度が強くなれば摩損量は減少する。曲げ強度10kg/cm²当りの摩損量の変化量をまとめてみると図-10のようになる。曲げ強度が50kg/cm²以上になると、摩損量は強度増加の割合にはその減少量は比較的少ない。したがって、コンクリートの配合強度は50kg/cm²程度が妥当であると思われる。

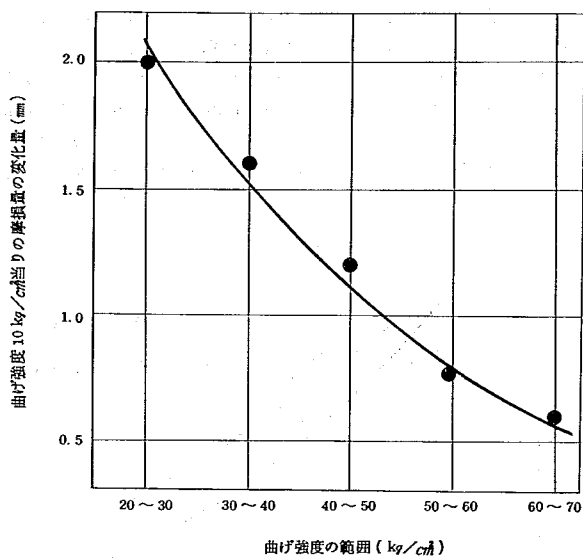


図-10 曲げ強度と摩損量との関係

2 各種すりへり試験機による比較試験

2.1 概 説

1にのべた試作装置による試験結果の一般性を検証するため、従来から用いられている各種のすりへり試験装置（ラベリング試験機、衝撃試験機および床版すりへり試験機）によるすりへり試験を行って、両者の結果を対比・検討したものである。

2.2 試験計画

各種すりへり試験機による試験結果の相関を得るために、すりへり試験機としては①コンクリート摩損試験装置（試作装置）、②ラベリング試験機、③衝撃試験機、④床版すりへり試験機の4機種を用いて試験を行うこととした。各試験機に使用する供試体の品質は同一とするものとし、それぞれ設計基準強度 $\sigma_{bk} = 45 \text{ kg/cm}^2$ および 35 kg/cm^2 の2種類のコンクリートについて試験を行うこととした。供試体寸法は試験機によりそれぞれ異なるが、その製作はJIS A 1132の規定に準じ行うこととした。また、試験方法もそれぞれ異なるため、まず各試験機の試験方法を調査して、その試験方法に基づいて試験を進めることとした。すりへり時間については、それぞれの試験について標準とされている時間とその前後の時間の3試験時間とした。また、すりへり量は3本の供試体の平均値で表わすこととした。

2.3 各種すりへり試験機の試験方法

(1) コンクリート摩損試験装置（図-1）

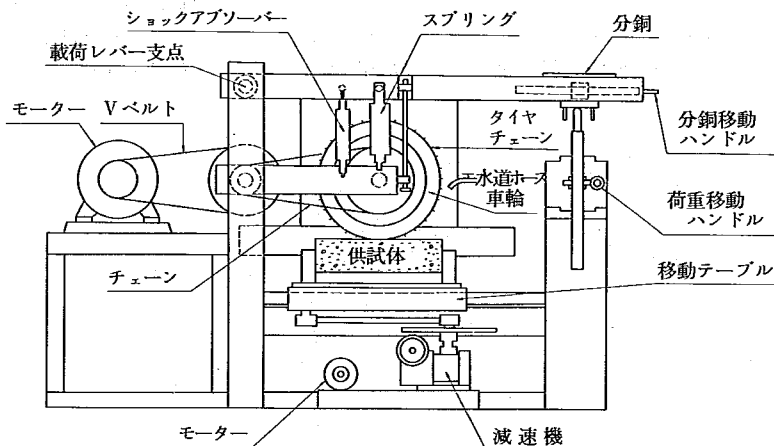


図-1 コンクリート摩損試験装置概略図

移動テーブルに供試体を固定し、軽自動車タイヤチェーンを装置した車輪によって供試体表面を摩

損させるものである。

1) 仕様

機体寸法 (mm)	3,000 × 1,100 × 1,500 (長さ×幅×高さ)
機体重量 (kg)	1,700
車輪	ソリッドゴムタイヤ (ゴム厚 60 mm)
車輪寸法 (mm)	φ 500 × 60 (直径×幅)
車輪周速 (km/h)	30
車輪接地圧 (kg/cm ²)	5 以上
テーブル移動回数 (回/分)	1
テーブル移動距離 (mm)	350
荷重載荷装置	レバー式分銅方式
タイヤチェーン	軽自動車用チェーン
駆動電動機 (車輪用)	出力 22 KW、3 φ 200 V、防滴用
〃 (テーブル用)	出力 0.4 KW、3 φ 200 V、全閉外扇形
供試体寸法 (mm)	530 × 150 × 150 (長さ×幅×高さ)
散水装置	有

2) 試験方法

試験装置にセットした供試体の上面とタイヤ面との間隔が 1.5 cm の位置となるようにタイヤ位置を調整し、チェーンは車輪が回転したとき静止時より 2 cm ふくらむように装着するものとする。このようにセットしたチェーン装置のタイヤを回転させて、1 供試体につき 20 分間の試験を行う。すりへり量は、供試体中央断面をふくむ 3 断面 (間隔 10 cm) のすりへり深さを 1/100 mm ダイヤル

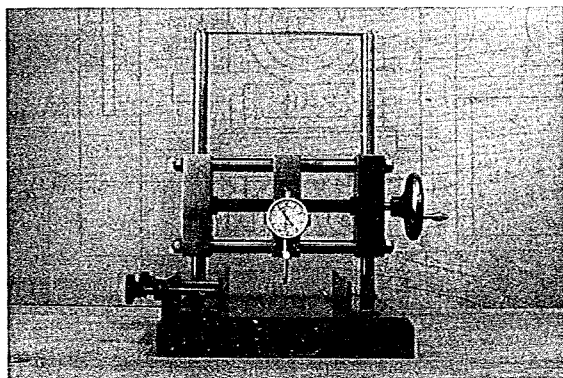


写真-2 すりへり量測定器

ゲージ(写真-2)を用いて5mm間隔で測定し、それより各断面の摩損断面積を求め、それぞれ摩損幅で除した値の平均値として求めた。1組の供試体のすりへり量は、3供試体の平均値で表わすものとした。

今回の試験は、すりへり時間10、20および40分間の3種類について行った。

(2) ラベリング試験機(図-11)

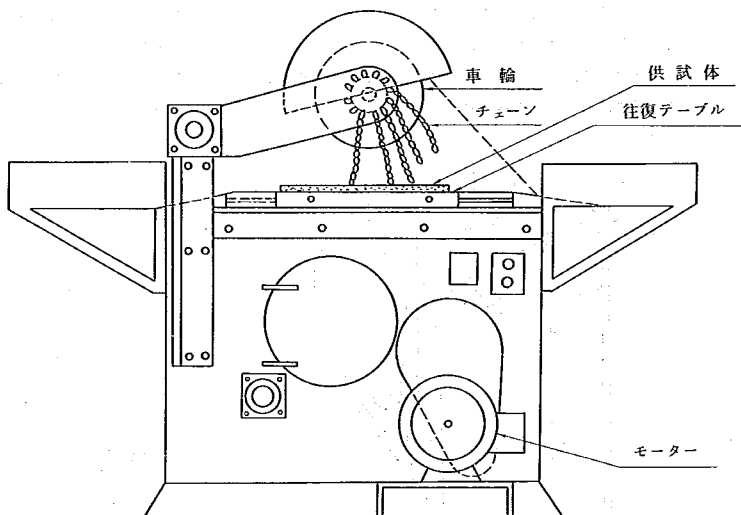


図-11 ラベリング試験機概略図

タイヤチェーンによるアスファルトモルタルのすりへり抵抗性を評価するもので、試験機に固定した供試体を水平方向に往復運動させ、それを3往復上昇、3往復降下するチェーン装着車輪で叩いてすり減らすものである。

1) 仕様

機体寸法(mm)	1,806 × 1,040 × 1,235 (長さ×幅×高さ)
車輪寸法(mm)	φ 250 × 100 (直径×幅)、鋼製
チェーン	長内径 26 mm、短内径 6 mm、太さ 4 mm、1本につき10コマ、12本で1組
回転数(r.p.m.)	200
テーブル往復運動(往復/分)	66 (3往復上昇、降下をくり返す)
テーブル移動距離(mm)	450

自動停止装置

タイマー式

電 動 機

1.5 KW、3 ϕ 200 V

供試体寸法 (mm)

397 $\times$ 145 $\times$ 50 (長さ $\times$ 幅 $\times$ 高さ)

2) 試験方法

車輪の外縁と供試体上面との間隔を 4 cm となるように車輪位置を調整する。試験は $-10 \pm 1^\circ\text{C}$ の冷却室で行う。試験時間は供試体面の裏、表につきそれぞれ 1.5 時間とする。なお、チェーンの取り替えは 3 時間毎に行うものとする。すりへり量の測定は供試体中央部とその前後 7.5 cm の 3 断面を凹凸簡易測定器により、表、裏面を測定し 6 断面の平均値をもってすりへり量とする。

今回の試験では、すりへり時間を 45、90 および 180 分間の 3 種類として行った。また、試験の温度は常温で行った。すりへり量の測定には 1/100 mm のダイヤルゲージを用いた。

(3) 衝撃試験機

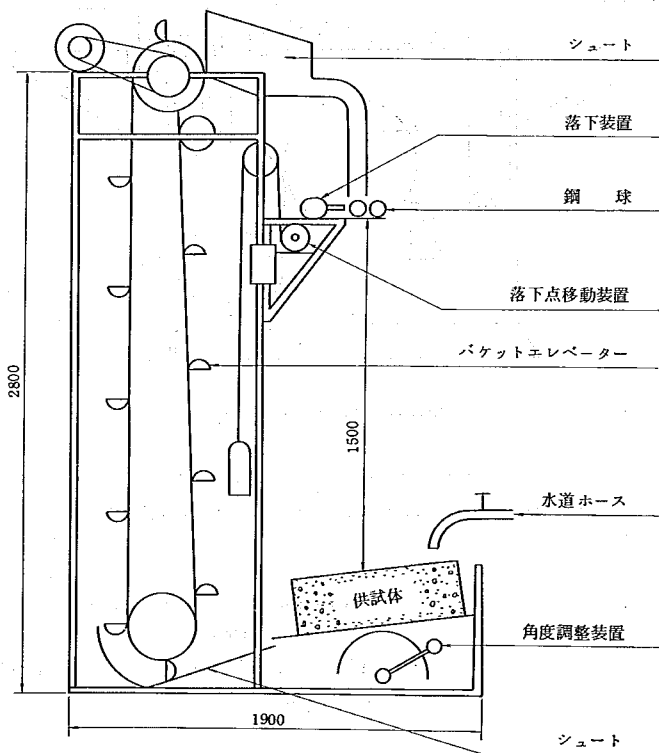


図-12 衝撃試験機概略図

ダム越流部や水叩きなどのように、流送砂礫によりすりへり作用を受けるようなもののすりへり抵抗性を判定するために用いられる装置で、ある高さから鋼球を落下させてその衝突力により供試体を損傷させるものである。

1) 仕様

機体寸法 (mm)	1,900 × 1,200 × 2,800 (長さ×幅×高さ)
鋼球寸法 (mm)	φ 25 (65 g)、φ 17 (20 g)
鋼球落下回数 (回/分)	約 48 (1 回につき 3 個あるいは 6 個同時)
鋼球落下高さ (mm)	1,000 ~ 1,500 (エアコンプレッサーによる可変式)
落下点移動距離 (mm)	80
ボックス角度調整 (度)	0 ~ 35
供試体寸法 (mm)	250 × 200 × 150 (長さ×幅×高さ)
散水装置	有

2) 試験方法

供試体ボックスに供試体を入れて、ボックス角度変換レバーでボックス角度を任意に調整する。これにある高さ (100 ~ 150 cm) から鋼球を連続的に落下させて供試体を損傷させる。なお同時に落下させる鋼球の数は鋼球の重さにより異なり、φ 25 mm を用いる場合 3 個、φ 17 mm を用いる場合 6 個とし、落下数は 48 回/分とする。すりへり量の測定は供試体を水平に設置して損傷を受けた部分に注水し、損傷部分が水で満たされた時の水量をもってすりへり量とする。

今回の試験は、鋼球落下高さを 150 cm、鋼球寸法 25 mm、供試体ボックス角度を 25° に調整して行った。すりへり量の測定はダイヤルゲージ法 (1/100 mm) と容積法とによって行った。

(4) 床版すりへり試験機 (図 - 13)

モルタルあるいはコンクリートの床に用いる耐摩耗性床仕上げ材の摩耗性能を試験するものである。

1) 仕様

機体寸法 (mm)	500 × 500 × 800 (長さ×幅×高さ)
回転円板の径 (mm)	φ 300
円板の回転数 (r.p.m)	10
コールドロールスチール	
摩耗板径 (mm)	φ 65
コールドロールスチール	
摩耗板回転数 (r.p.m)	300
エメリー粉落下量 (g/10分)	130 (エメリー粉 № 60)
電動機	ギヤードモーター (1/2HP、220 V)
供試体寸法 (mm)	300 × 300 × 50 (長さ×幅×高さ)

2) 試験方法

供試体の上面に分度器を載せ供試体上に摩耗量の測定位置を定める。つぎにマイクロメーターブリッジを固定する金属板を供試体面上の定められた位置に接着剤で固定する。このようにしてから、まず 15 分間 (7.5 分間経過後逆回転させて計 15 分間) 供試体面を摩耗させ、供試体面の測定板孔

の位置に測定板を載せ、マイクロメーター測定孔（№1～№24箇所）にマイクロメーターを差し込んで基準値を測定する。以下同様にして15分間隔で摩耗試験を行う。

今回の試験は、すりへり時間を45、90および180分間の3種類として行った。

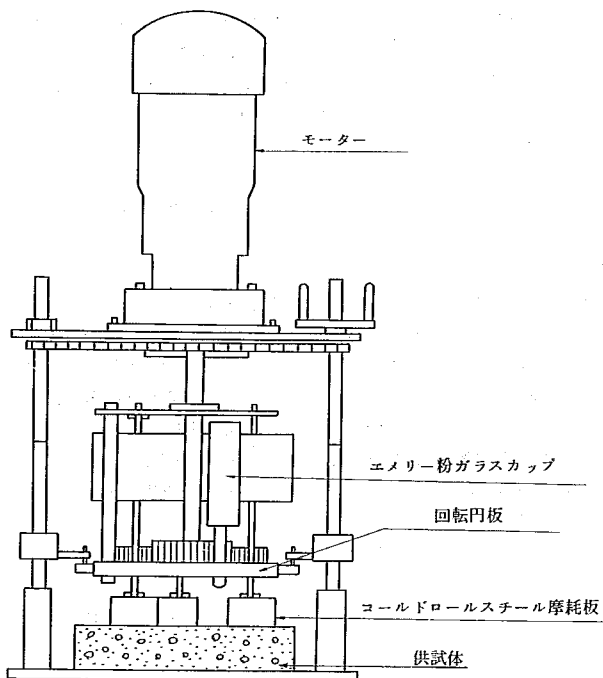


図-13 床版すりへり試験機概略図

2.4 使用材料およびコンクリートの配合

試験に用いるコンクリートの品質は、設計基準曲げ強度 $\sigma_{bk} = 45 \text{ kg/cm}^2$ および 35 kg/cm^2 、スランブ4 cm、空気量4%を目標とした。コンクリートの設計基準強度 $\sigma_{bk} = 45 \text{ kg/cm}^2$ および 35 kg/cm^2 を満足する水セメント比を定めるための試験練りを行い、その結果それぞれ $W/C = 35\%$ および 55% を得た。使用セメントは普通ポルトランドセメントで、その物理的性質を表-8に示す。骨材は川砂利および川砂を用い、粗骨材最大寸法は40 mmとした。骨材の物理的性質を表-9に示す。また、コンクリートの示方配合は表-10のとおりで、混和剤としては減水効果を得るためリグニンスルホン酸系（ポゾリス№5

表-8 セメントの物理的性質

セメントの種類別	比重	粉末度		凝結		フロー値 (mm)	曲げ強さ (kg/cm ²)			圧縮強さ (kg/cm ²)			安定性
		ブレン (cm ² /g)	88μ 残分 (%)	始発 (時-分)	終結 (時-分)		3日	7日	28日	3日	7日	28日	
普通ポルトランド	3.15	3,120	—	2-19	3-41	242	30.3	45.9	70.0	124	218	408	良

表-9 骨材の物理的性質

区分	比重	吸水量 (%)	単位容積重量 (kg/m ³)	ロサンゼルス すりへり減量 (%)	安定性 試験 (%)	粗粒率	洗い試験 (%)	産地名	備考
砂利	2.66	0.96	1,755	(A粒度)	10.3	7.32	0.1	相模川産	混合比=4:6
	2.60	1.97		17.3			0.9	鬼怒川産	相模川、鬼怒川
砂	2.55	2.91	1,640	—	3.4	2.84	2.8	鬼怒川産	

表-10 コンクリートの示方配合

粗 骨 材 の 最 大 寸 法 (mm)	水セメント比 W/C (%)	ス ラ ン プ の 範 囲 (cm)	空気量の範圍 (%)	細 骨 材 率 s/a (%)	単 位 量 (kg / m ³)					混 和 剤
					水 W	セ メ ン ト C	細 骨 材 S	粗 骨 材 G (mm)		
								5 ～ 25	25 ～ 40	
40	35	4 ± 1	4 ± 1	26.6	145	414	464	790	526	0.59
40	55	4 ± 1	4 ± 1	33.5	130	236	645	790	526	1.04

L)を用いた。

2.5 供試体の製作および養生

表-11 供試体の寸法および数量

試験機名	製作時の 供試体寸法	試験時の 供試体寸法	すりへり試験用 供試体数	管理試験用 供試体数
コンクリート摩損試験装置	(b) (h) (ℓ) 15 × 15 × 53	(b) (h) (ℓ) 15 × 15 × 53	※ 3 × 2 = 6本	※ 3 × 2 = 6本
ラベリング試験機	15 × 15 × 40	15 × 15 × 40	〃	〃
衝撃試験機	15 × 20 × 25	15 × 20 × 25	〃	〃
床版すりへり試験機	30 × 25 × 30	30 × 5 × 30	〃	〃

※ 1配合につき3本1組

試験に用いた各種試験機に対する供試体寸法および供試体数を表-11に示す。同表中に管理試験用供試体とあるのは寸法 15 × 15 × 53 cmの曲げ強度試験用の供試体である。床版すりへり試験機に用いる供試体については、所要厚さが 5 cmであるのに対し使用骨材の最大寸法が 40 mmであったことから、打込み厚さを 25 cmとして製作したものから厚さ 5 cmの供試体をカッターで切り出した。なお、この供試体はコンクリート打込み面と底面とが平行になるように、底面にモルタルでキャッピングを行った。

締固めには内部振動機を用いた。また、表面仕上げはブリージングの影響を少なくするために木ゴて仕上げとした。供試体はコンクリート打込みの翌日脱型し、材令 28 日まで標準養生を行った。

2.6 試験結果および考察

(1) コンクリート摩損試験装置による試験

本試験機は舗装コンクリートのすりへりを対象にして試作したもので、既往の各種すりへり試験機と比較して載荷エネルギーはかなり大きい。

試験結果を図-14に示す。10分間のすりへり時間では供試体上層のモルタルの品質の影響がすりへり量にかなり明確に現われ、水セメント比 55 % の場合のすりへり量は水セメント比 35 % の場合の約 1.7 倍であった。すりへり時間が 10分間を過ぎるころから粗骨材が露出し始めた。すりへり時間 10分間以降では、その粗骨材の影響により水セメント比 55 % と 35 % とのすりへり量の比率は、すりへり時間 20分間および 40分間では、それぞれ 1.3 および 1.2 となり、すりへり時間 10分間におけるすりへり量の比率より小さく現われた。

供試体のすりへり断面形状は、図-15に示すようにすりへり時間が長くなるほどその断面形状は丸みを帯びてくる。

すりへり時間 20 分間、水セメント比 35 % ($\sigma_{b28} = 48 \text{ kg/cm}^2$) の場合のすりへり状態を写真-3に示すが、その状態は、モルタル部分はすりへって粗骨材がかなり露出した様相を呈している。

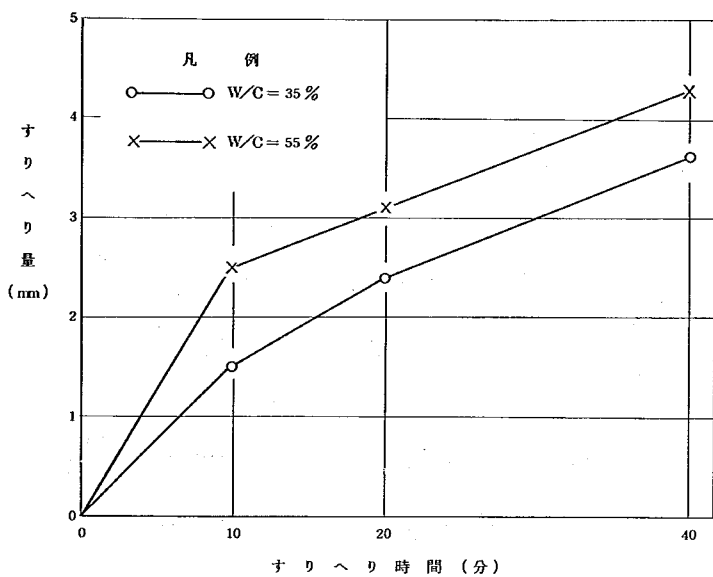


図-14 コンクリート摩損試験装置によるすりへり時間とすりへり量との関係

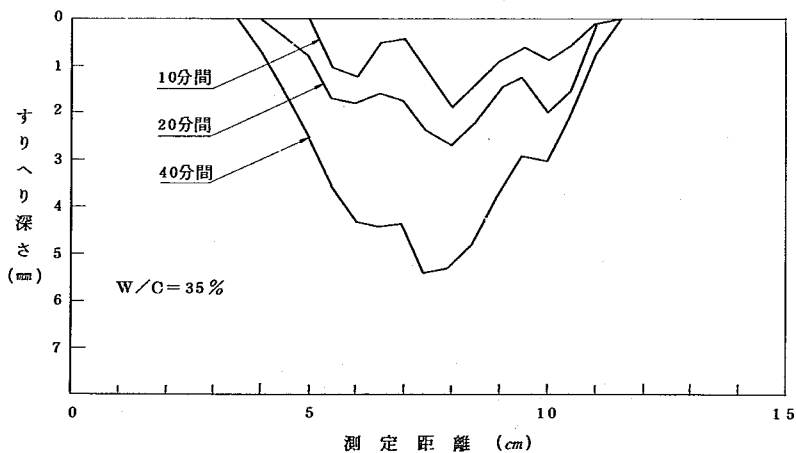


図-15 コンクリート摩損試験装置によるすりへり断面形状

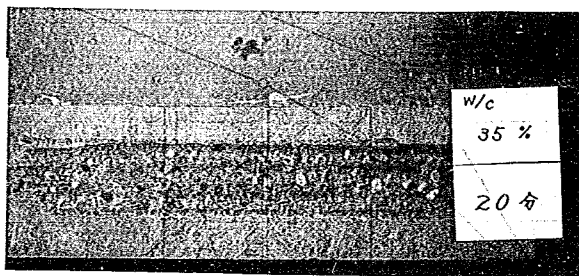


写真-3 すりヘリ時間 20 分間のコンクリート摩損試験装置によるすりヘリ状態

(2) ラベリング試験機による試験

本試験機は、アスファルトモルタルを対象にしたもので、前記のコンクリート摩損試験装置と比較して載荷エネルギーは極めて小さい。そのため、写真-4に示すように標準的なすりヘリ時間90分

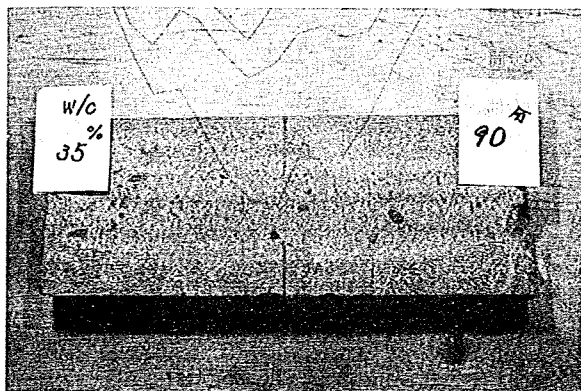


写真-4 試験時間 90 分間のラベリング試験機によるすりヘリ状態

間における水セメント比 35 % ($\sigma_{b28} = 47 \text{ kg/cm}^2$) のすりへり状態は、粗骨材の一部がようやく露出する程度である。

試験結果を図-16に示す。水セメント比 55 % のものと 35 % のものとのすりへり量の比率は、すりへり時間 45、90 および 180 分間では、それぞれ 2、1.7 および 1.9 倍であった。

すりへり断面形状を図-17に示す。その状態は、供試体中央部だけが著しくすりへっている。

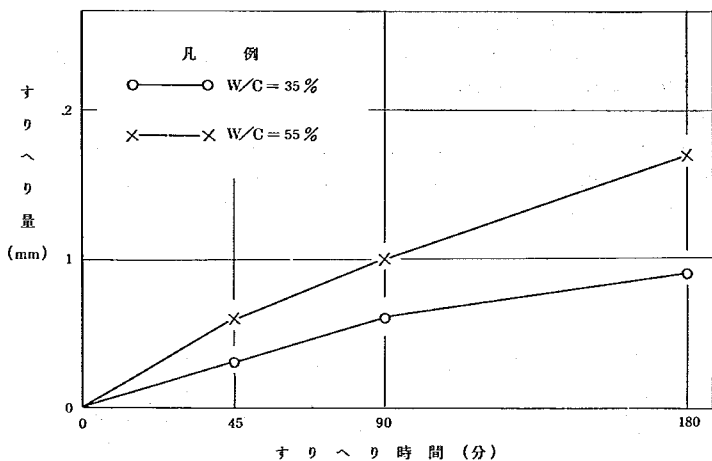


図-16 ラベリング試験機によるすりへり時間とすりへり量との関係

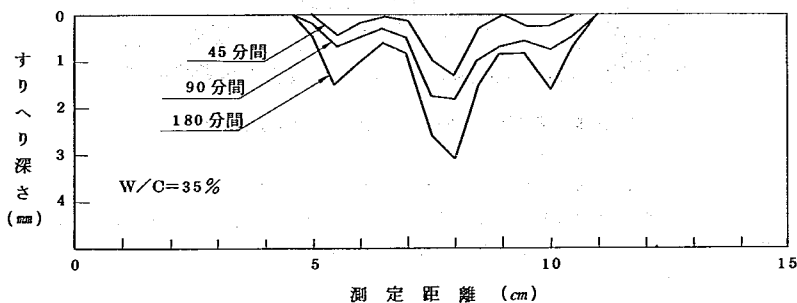


図-17 ラベリング試験機によるすりへり断面形状

試験結果のばらつきは4種のすりへり試験機の中では最も大きく、3本の供試体間のすりへり量の変動係数は平均で35%であった。

本試験機によるすりへり試験は、モルタルについて耐摩耗性を評価するためには適当と考えられるが、コンクリートについて試験を行うためには、試験時間を長くするか、載荷エネルギーの増大を図る必要がある。

(3) 衝撃試験機による試験

本試験機は、ダムの越流部や水叩き面における流送砂礫等に対する損傷を対象にしたもので、衝撃エネルギーはかなり大きい。そのため、落下回数500回(試験時間10.4分間)で供試体表層のモルタルは飛散し、また、10~5mm程度の粗骨材の一部も飛散し、次第に損傷がはげしくなるようなすりへりを呈した。

水セメント比35%($\sigma_{b28} = 50 \text{ kg/cm}^2$)の供試体の落下回数1000回(試験時間20.8分間)におけるすりへり状態を写真-5に示す。その状態は、モルタル部は飛散してしまい、衝撃を受けた粗骨材が著しく露出している。

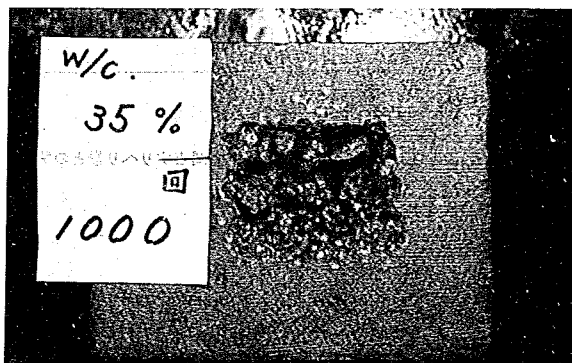


写真-5 落下回数1000回の衝撃試験機によるすりへり状態

試験結果を図-18、19に示す。図-18はダイヤルゲージにより測定したものであるが、水セメント比の影響はすりへり量にほとんど関係なく、ほぼ同様なすりへり量を示した。しかし、注水による方法で測定したものは、図-19に示すように、僅かではあるが水セメント比の影響がすりへり量の差となって現われている。

今回の試験で対象とした程度のコンクリートの品質を比較するためには、試験後の供試体のすりへり状況からみても明らかに落下エネルギーが大きすぎ、そのため、水セメント比の影響がすりへり量

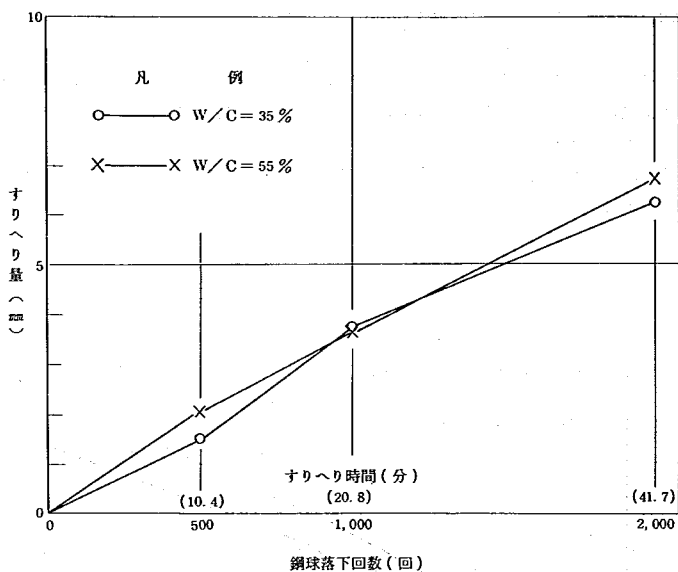


図-18 (ダイヤルゲージによる方法) 衝撃試験機による落下回数とすりへり量との関係

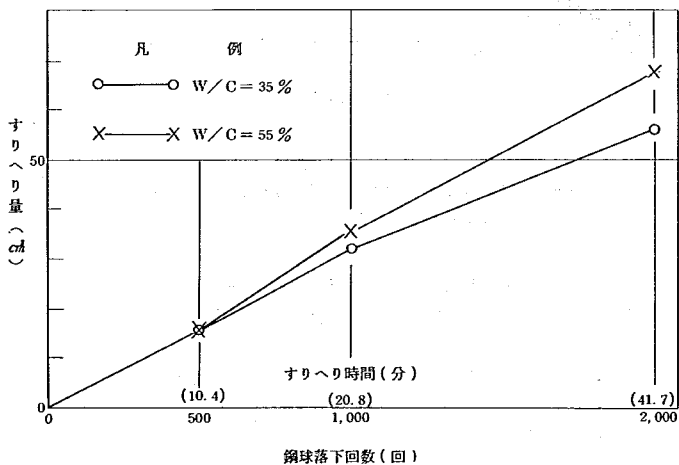


図-19 (注水による方法) 衝撃試験機による落下回数とすりへり量との関係

の差に顕著に現われなかったものと考えられる。

(4) 床版すりへり試験機による試験

本試験機は、前記の3試験機のようにすりへり機構が衝撃を与えるようなものでなく、鉄粉を供試体面に強制的にこすりつけ、すりへらすものである。したがって、すりへり面は粗骨材とモルタルが同一に平らにすりへる。

試験結果を図-20に示す。すりへり時間が長くなるほど、水セメント比の影響がすりへり量に大きく現われている。

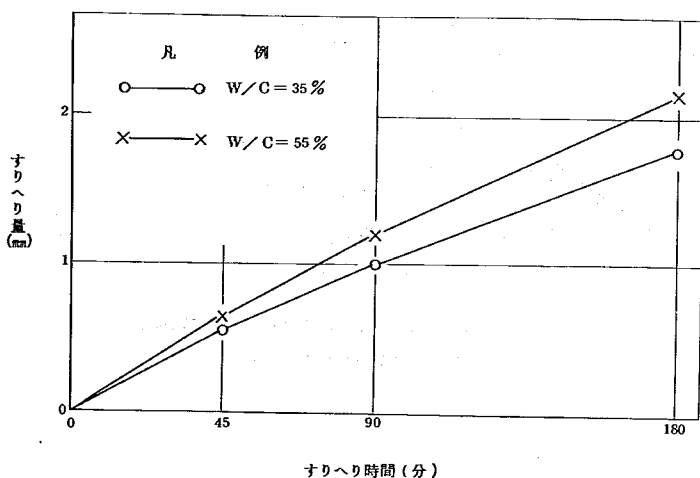


図-20 床版すりへり試験機によるすりへり時間とすりへり量との関係

水セメント比 35% ($\sigma_{b28} = 50 \text{ kg/cm}^2$) で、すりへり時間 180 分におけるすりへり状態を写真-6に示す。その状態は、モルタル分が摩損し、粗骨材の一部がようやく現われかけた様相を呈している。

本試験機は、コンクリート表面のモルタルの品質評価には適した試験機であると考えられるが、粗骨材の影響を考慮したコンクリートの品質についての評価を行う場合には、試験時間を相当に長くしなければならない。

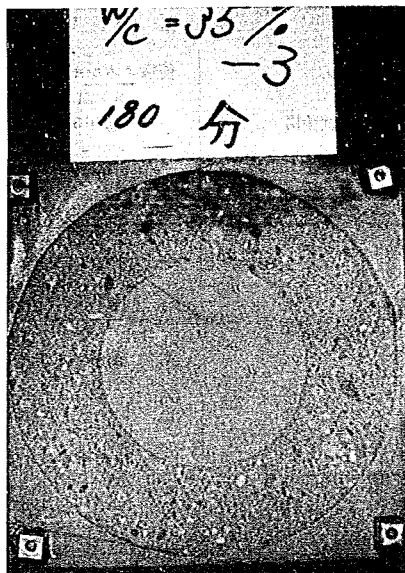


写真-6 すりへり時間 180 分間の床版すりへり試験機によるすりへり状態

2.7 ま と め

4種のすりへり試験装置を用いて行ったすりへり試験の結果をまとめたものを図-21に示す。いずれの試験機でも、すりへり時間の増加に伴いすりへり量は増えている。また、水セメント比とすりへり量との関係については、その程度に差はあっても傾向的には、水セメント比の小さいものは大きいものに比較して、すりへり量は小さく現われた。

载荷エネルギーの大小により、その影響はすりへり量に顕著に現われた。すなわち、衝撃試験機およびコンクリート摩損試験装置は、载荷エネルギーが大きいため短時間のすりへり時間でコンクリートはすりへる。一方、载荷エネルギーの小さいラベリング試験機および床版すりへり試験機では、かなり長いすりへり時間を与えても、供試体表面に僅かに粗骨材が露出する程度である。したがって、舗装コンクリートのすりへりを対象とした試験を行う場合は、短時間にコンクリートの品質を判定する試験機としては、今回用いた中ではコンクリート摩損試験装置が最も適当と思われる。

以上のことから、コンクリート摩損試験装置による試験結果は、従来から用いられているすりへり試験機の試験結果と比較して、すりへり量に差異はあってもすりへり傾向は一致しており、相互に矛盾し

ていないことが確かめられた。

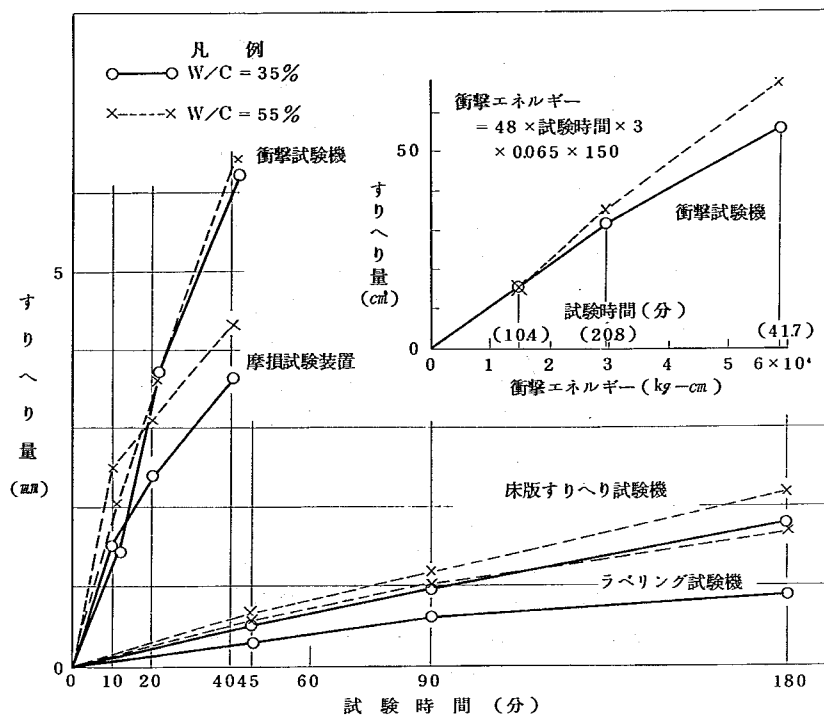


図-21 4種すりへり試験機の試験結果

3 結 論

タイヤチェーンによる摩損作用に対して、抵抗性の大きい舗装コンクリートの品質を見出すために、試作したコンクリート摩損試験装置を用いてコンクリートおよび粗骨材の品質と摩損量との関係を調査した。その結果、摩損抵抗の大きい舗装コンクリートとするためには、

- ① 曲げ強度を 50 kg/cm^2 程度とすること。
- ② すりへり減量の小さい粗骨材を用いること。
- ③ 最大寸法の大きい粗骨材を用いること。
- ④ ブリージングを少なくするような適当な粒度をもつ細骨材を用いること。
- ⑤ コンクリートの養生を十分に行うこと。

が効果的であることが明らかとなった。

なお、以上の結論は試作した試験機による試験結果に基づくものであるが、従来から用いられているラベリング試験機その他のすりへり試験機による試験結果との相関を得るための試験を行った結果、これら他の試験機による場合との試験値の相関がかなり明確に得られ、いずれの試験機による結果も、傾向的には上記の結論に矛盾するものでないことが確かめられた。

〔参考資料〕

1 国内における既往の研究

1-1 日本道路公団における研究

タイヤチェーンおよびスパイクタイヤによるコンクリート舗装のすりへりについて、配合、施工、耐摩耗材などの影響についての試験を行った。

(1) 試験方法

1) 試験装置

材料や配合条件の影響を検討するために、ホイールトラッキングマシンによる予備試験を行った。この試験機は、定速回転する直径1mの水平回転盤の円周上に12個の供試体（供試体寸法：長辺29cm、短辺24cm、幅10cm、厚さ10cm）を固定軸にとりつけて、一定の速度で回転する載荷タイヤによって供試体をすりへらすものである。試験条件としては、3.00-7のタイヤにチェーンを装着して、輪荷重120kg、空気圧2.8kg/cm²、タイヤ回転速度30km/h、回転盤の回転速度24.5km/hとした。試験中は散水装置により供試体面に散水した。

本試験は、回転式舗装試験機（写真-7）により試験を行った。この試験機は、中心軸から出た4本のアームに大型トラックタイヤ4輪をとりつけ、12個の台形供試体（供試体寸法：長辺182cm、短辺134cm、幅90cm、厚さ10cm）を円環状に組合せた直径6mの試験走路上を回転走行させて、供試体をすりへらすものである。試験条件としては、10.00-20-14PRスノースパイクタイヤを用いて、輪荷重2,000kg、空気圧6.0kg/cm²、走行速度40km/h、トルク2%勾配相当、輪軌道変位±60mmとした。走行試験中は路面に散水装置により散水した。

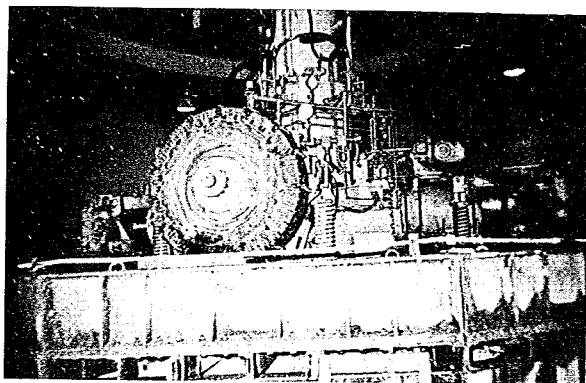


写真-7 回転式舗装試験機

2) 配 合

すりへりに影響すると思われる、配合、施工、タイヤの種類および耐摩耗材の影響を検討するために、配合条件を変化させて試験を行った。

3) 供試体の製作および養生

台形供試体の製作は、内部振動機を用いて締固め、表面仕上げは木ゴてでならした後、布ベルトで仕上げた。養生は平均 17℃ で 28 日間湿潤養生とした。

4) すりへり量の測定方法

供試体面を平滑にするために、普通タイヤを 1 万回走行させた。そして、タイヤ通過回数 3、7、12、22、35、50、80 および 120 万回におけるすりへり量を測定した。その測定方法は、各供試体面の 2 箇所で一定区間長 35 cm のすりへり部分に水を満しその重量を測定し、平均すりへり深さを算出してすりへり量とした。

(2) 試験結果

1) 配合による影響

表-12 に示すように、単位セメント量、細骨材粒度、粗骨材粒形、粗骨材の最大寸法および粗骨材のすりへり減量の 5 因子について試験を行い、図-22 に示す結果を得た。コンクリートのす

表-12 配合に関する要因と水準

要 因	水 準		
	1	2	3
単位セメント量	300 kg	400 kg	—
細骨材粒度	標準粒度の上限	標準粒度の下限	—
粗骨材粒形	砂 利	砕 石	—
粗骨材最大寸法	25 mm	60 mm	—
粗骨材すりへり減量	10 %	20 %	40 %

りへり抵抗を大きくするためには、単位セメント量を多くし、碎石よりも砂利を用い、細骨材は粗いものを用い、粗骨材のすりへり減量の小さいものを用いれば耐摩耗効果がある。なお、粗骨材の最大寸法によるすりへりへの影響はみられなかった。

2) 施工条件による影響

表-13 に示すように、締固め方法、締固め程度、振動機種、表面仕上げ時期、湿潤養生日数およびコンクリートのスランプの 6 因子について試験を行い、図-23 に示す結果を得た。コンクリートのすりへり抵抗を大きくするためには、表面仕上げ時期はなるべく遅くし、湿潤養生日数は長くし、スランプは小さくした方が耐摩耗効果がある。なお、締固め方法、締固め程度および振動機種については、本試験で用いた程度のコンシステンシーでは問題にならないようである。

3) タイヤ種別および耐摩耗材による影響

チェーン装着のタイヤおよびスパイクタイヤによる影響と表-14 に示す耐摩耗材について試験

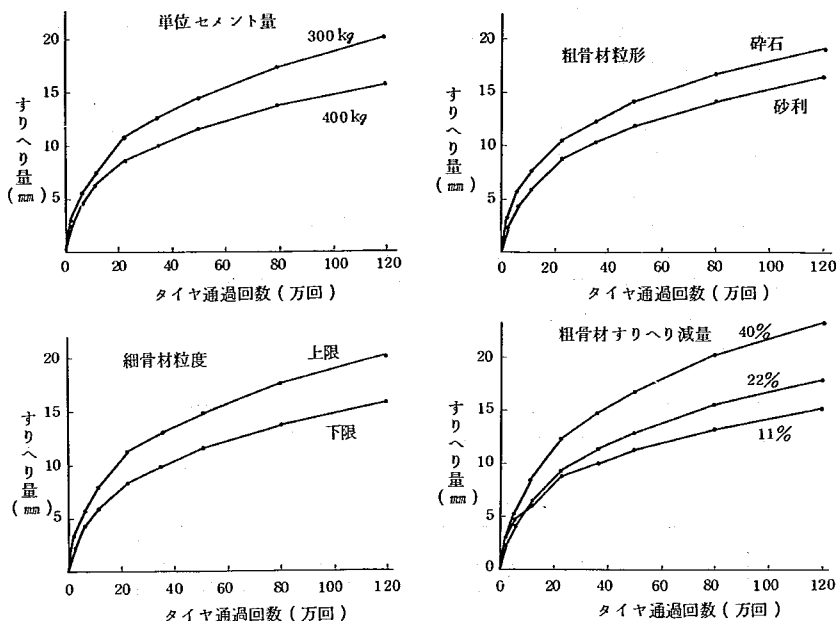


図-22 配合に関する要因別すりへり量

表-13 施工条件に関する要因と水準

要 因	水 準			備 考
	1	2	3	
締 固 め 方 法	1層締固め	2層締固め	—	打込厚 30 cm、2層の場合は 20 cm (1層目) と 10 cm (2層目)
締 固 め 程 度	普 通	過 度	—	締固め時間、過度は普通の2倍
振 動 機 種	内部振動式	表面振動式	—	エンジン式棒型振動機と平面型振動機
表 面 仕 上 げ 時 期	早め仕上げ	遅れ仕上げ	—	締固め直後と仕上げ可能な限界点
湿潤養生日数(日)	0	3	10	表面を湿った麻袋でおおって養生
ス ラ ン プ (cm)	0	5	—	—

を行い、図-24、25、26 に示す結果を得た。チェーン装着タイヤの方がスパイクタイヤの場合よりも著しくすりへりが激しい。耐摩耗材の効果については、無処理の場合と大差なくすりへり

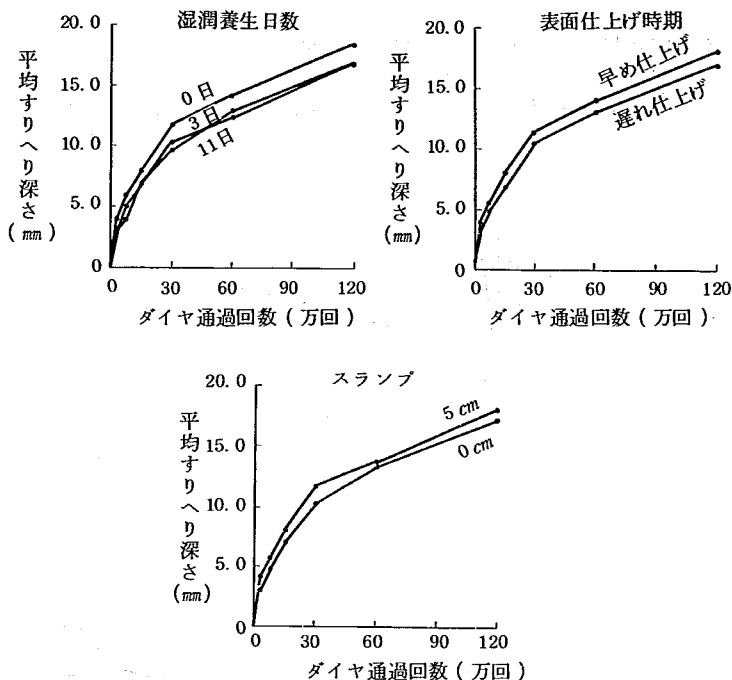


図-23 施工条件に関する要因別すりへり量

表-14 使用耐摩耗材の種類

材 料 名	比 重	モ ー ス 硬 度	備 考
外国製耐摩耗材	3.21	9	主成分、シリコンカーバイト
人工エメリー	3.71	8	すりへり減量(D粒度) 17.5%
天然エメリー	3.26	8	すりへり減量(D粒度) 14.0%
鉄 粉	7.26	8	組織、焼戻しマルテンサイト
珪 砂	2.52	7	すりへり減量(D粒度) 41.9%

抵抗への効果は見られなかった。

4) 輪荷重による影響

輪荷重を0.5、1、2 tの3種類に変化させて、タイヤチェーンおよびスパイクタイヤの場合について試験を行い、図-27、28に示す結果を得た。すりへり量は、スパイクタイヤの場合は輪

荷重にほぼ比例するが、タイヤチェーンの場合は輪荷重に比例しない。

5) そ の 他

以上の他に、各種要因と強度についての試験を行い、図-29、30に示す結果を得た。

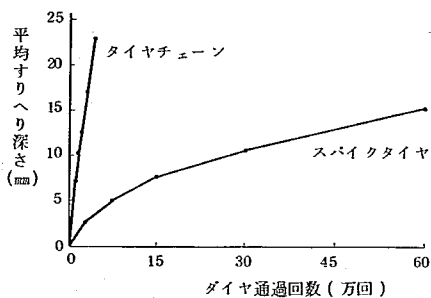


図-24 タイヤ種別によるすりへり量

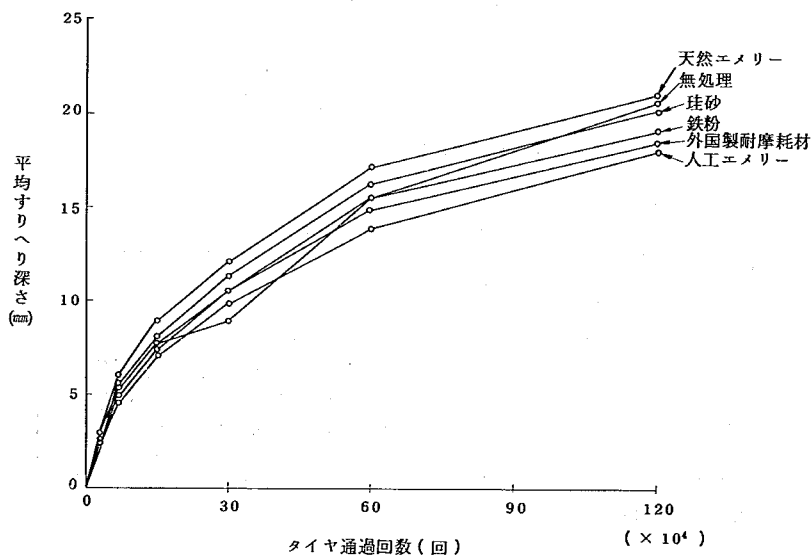


図-25 耐摩耗材散布の効果(スパイクタイヤ)

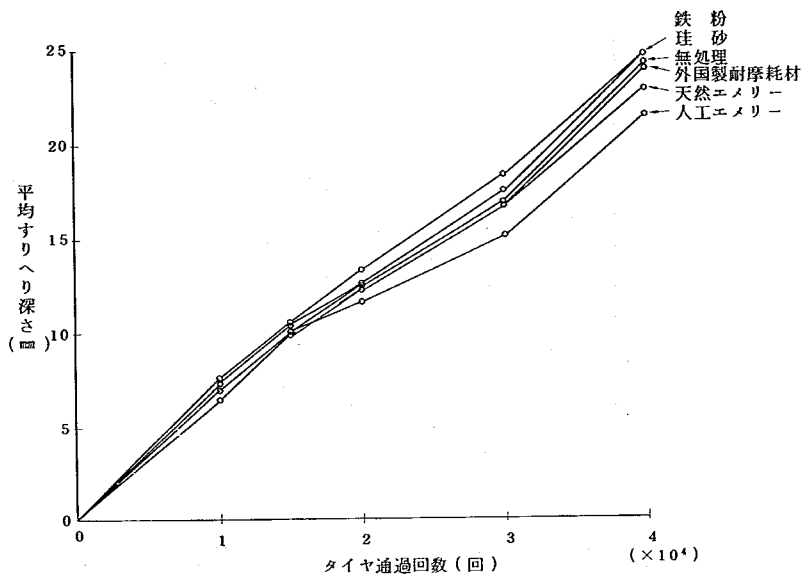


図-26 耐摩耗材散布の効果(チェーン装着タイヤ)

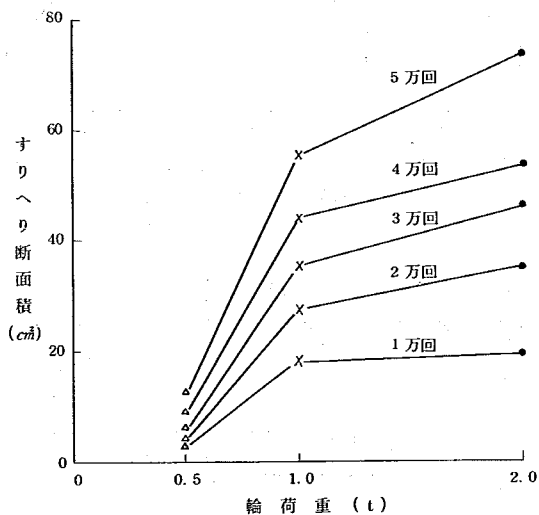


図-27 輪荷重によるすりへり量の比較(タイヤチェーン)

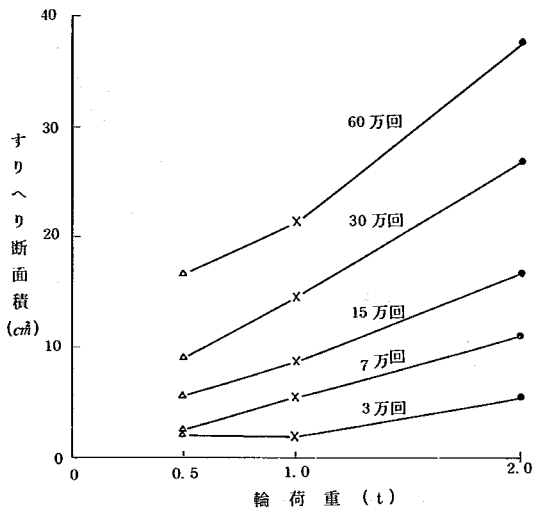


図-28 輪荷重によるすりへり量の比較(スパイクタイヤ)

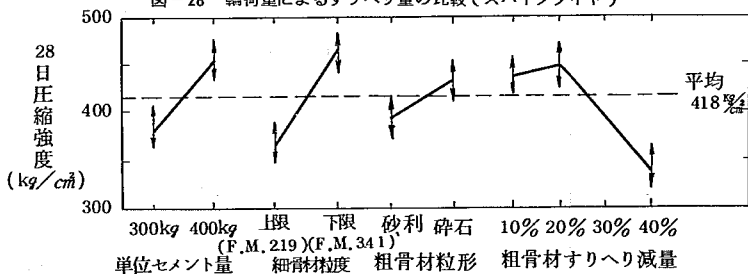


図-29 圧縮強度要因効果図

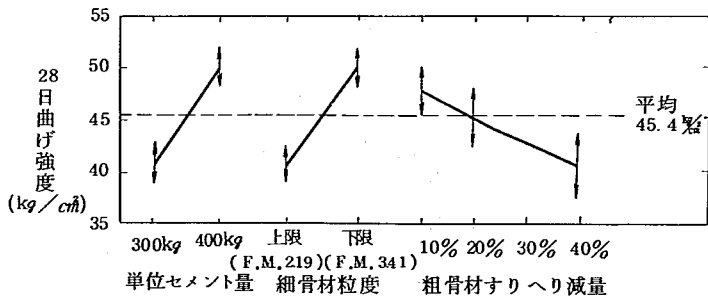


図-30 曲げ強度要因効果図

1-2 東北地方建設局東北技術事務所における研究

東北技術事務所では、昭和45年度から48年度までコンクリート舗装における冬期交通に対する摩耗に対処する工法の試験を行った。

試験は、4種類の施工法（表面仕上げ）について試験舗装を実施し、すりへり量の経年変化の測定と試験舗装現場から採取した供試体のラベリング試験を行った。

(1) 試験方法

1) 現場におけるすりへり量の経年変化の測定

すりへり量の経年変化を測定するために、図-31に示す受台モールドを設置して、図-32に示す摩耗量測定器を受台モールドのアンカーに差込んですりへり量（1測点につき3箇所）を測定した。

2) ラベリング試験

図-33、34に示す方法で、現場と同様な施工法で供試体を製作し、写真-8に示すラベリング試験機を用いてラベリング試験を行った。試験条件としては、車輪回転速度 15 km/h 、鑄製ローラ3個使用、ローラ接地面の線圧力 12.3 kg/cm とした。試験は材令28、91および180日で行った。すりへり量の測定は平面度検定器を用いた。

3) 施工法

表-15に示す4種類の施工を実施した。

(2) 試験結果

1) 粗骨材のすりへり減量の影響

図-35にラベリング試験結果と図-36に3年経過の現場摩耗量測定結果を示す。ラベリング試験では粗骨材のすりへり減量が大きいとすりへり量も大きくなる傾向に

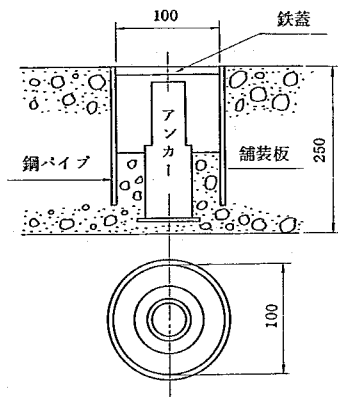


図-31 受台モールド

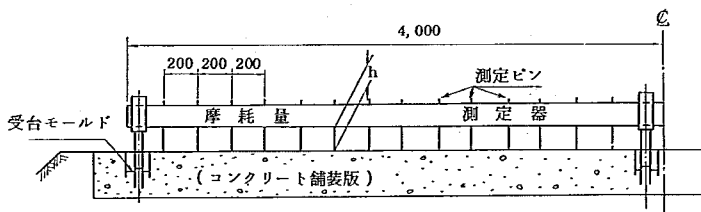


図-32 摩耗量測定器

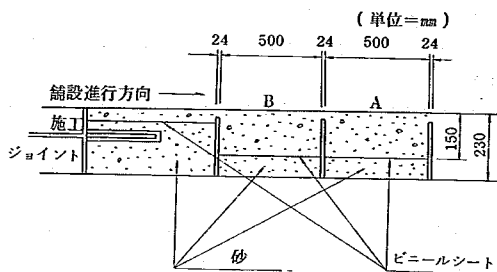
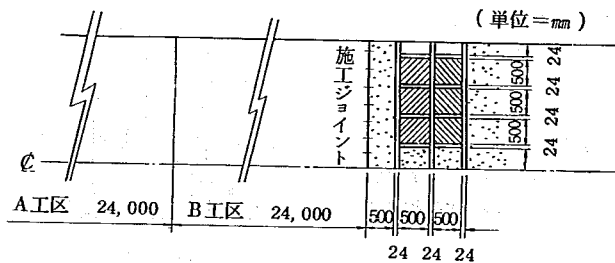


圖-33 供試體製作断面図



圖一 34 供試體製作平面圖

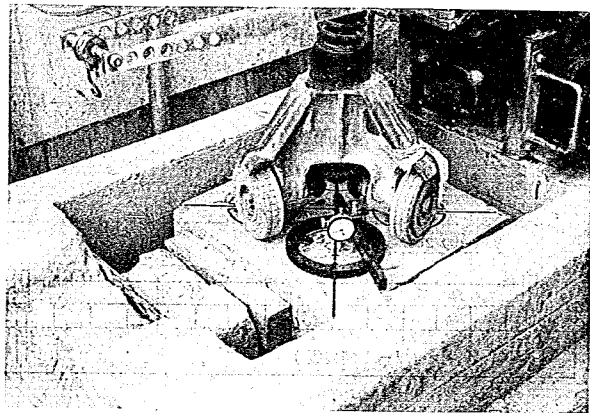


写真-8 ラベリング試験機

表-15 施工法の種類

区分	施 工 順 序				
A	スプレッド	フィニッシャ	機械縦フロート	板フロート	ホーキ仕上
B	"	"	木ゴテ均し	ホーキ仕上	—
C	"	" (2回掛)	板フロート	"	—
D	"	"	機械フロート又は板フロート		—

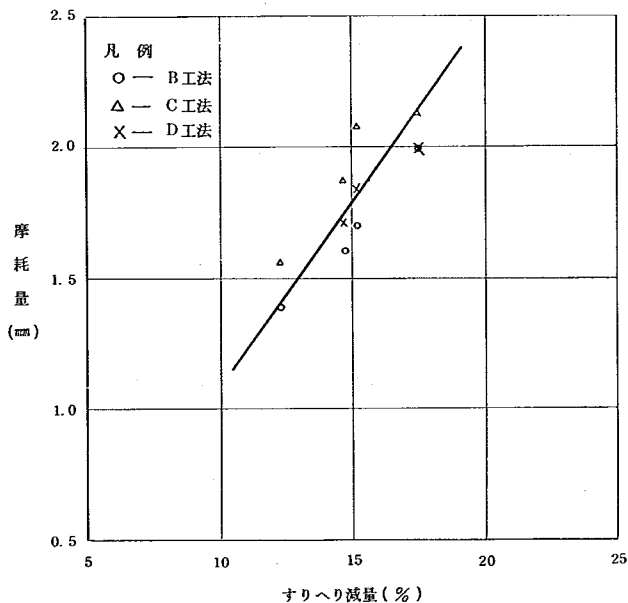


図-35 ラベリング試験による粗骨材のすりへり減量と摩耗量との関係

あるが、3年経過の現場ではその傾向は見られない。

2) コンクリート強度

3年経過の現場のすりへり量と圧縮および曲げ強度との関係を図-37に示す。コンクリート強度が大きいほどすりへり量は減少する。

3) 施 工 法

施工法の相違による摩耗量との関係を図-38に示す。施工法の相違による影響は2年経過頃までで、3年経過後はいずれの施工法の場合も、すりへり量は殆んど同じ値を示した。

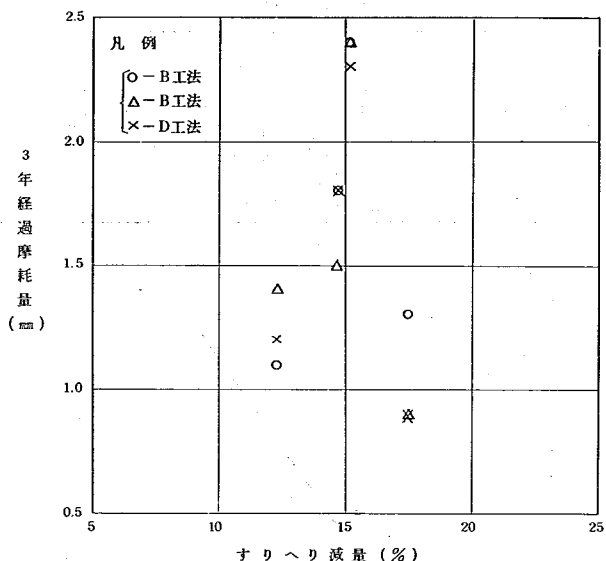


図-36 現場における粗骨材のすりへり減量と摩耗量との関係

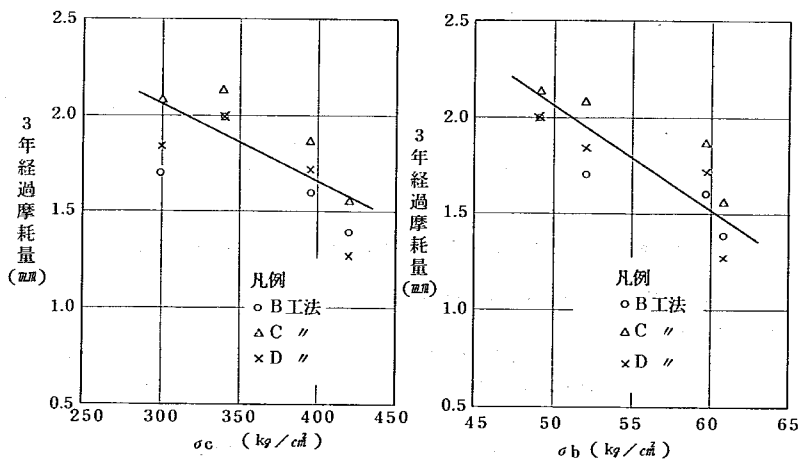


図-37 コンクリート強度と摩耗量との関係

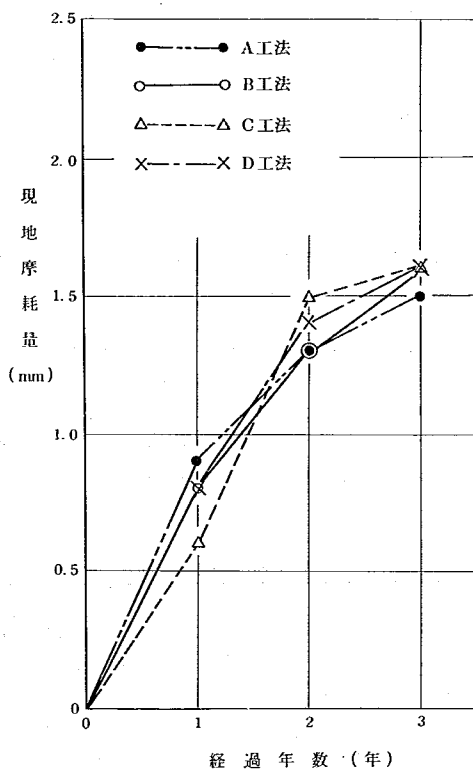


図-38 施工法と摩耗量との関係

II 国外における既往の研究

II-1 OECDの報告

1970年OECD会議の道路問題研究部会で、冬期における舗装の損傷に関する研究報告が発表された。

1 スパイクタイヤによる損傷

1-1 スウェーデン

スパイクタイヤの需要が最近、急速に増加し、そのためにコンクリート舗装の損傷が問題となっている。このため、スウェーデン国立道路研究所では、スパイクタイヤによるコンクリート舗装の損傷について、室内試験による検討を行った。

1) 試験方法

a) 試験条件

14個の供試体（供試体寸法：高さ18cm、幅47cm、長さ117cm）上を、タイヤ幅36cmおよび19cmの2種類のスパイクタイヤを用いて、載荷重500kg、周速35km/hの条件で試験を行った。

b) 配合

試験に用いた配合は表-16に示す。また、供用している道路から採取した供試体A（供用年数11年）およびB（供用年数15年）についても試験を行なった。これらの配合は、供試体Aは表-16の区分1と同じもので、供試体Bは、 $C = 338 \text{ kg/m}^3$ 、 $W/C = 48 \sim 50\%$ 、 $C:S:G = 1:2.8:3$ 、コンシステンシー：6～14 Vebe、AE剤使用、締固めは表面パイプレーターにより行ったものである。また、試験時のコア強度は供試体Aで $\sigma_c = 467 \text{ kg/cm}^2$ 、Bで $\sigma_c = 564 \text{ kg/cm}^2$ であった。

表-16 コンクリートの配合

要 因	試験区分	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
単位セメント量 (kg/m^3)		325	325	325	350	350	350	325	350	350	350	350	325	350	400
粗骨材の品質		a	a	a	a	a	a	a	a	a	a ²	c	d	b	a
粗骨材の粒形		g+c	g	c	g	g	g	c	g	c	g	c	c	c	g
単位粗骨材量 (%)		55	55	55	55	55	61.5	55	73.5	55	55	55	55	55	55
ス ラ ン プ (cm)		1.5	1.5	1.6	1.5	3	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
締 固 め 方 法		v	v	v	v	m	v	v	v	v	v	v	v	v	v
備 考	a : 花崗岩														
	g : 川砂利														
	b : 歴青舗装に使用した花崗岩														
	c : 砕石														
	v : パイプレーター														
	d : 品質の良い骨材														
	m : 突 棒														
	a ² : 他の骨材より良く洗った骨材														

c) 供試体の製作および養生

締固めはパイプレーターと突棒による2種類の方法で行った。表面仕上げは板フロートおよびホーキ仕上げとした。表面仕上げ後、護養生剤を散布した。養生は $20 \pm 5^\circ\text{C}$ で4週間置き、さら

に 35℃ で 2 週間置き湿度は $75 \pm 20\%$ とした。

d) すりへり量の測定方法

普通タイヤで 20,000 回供試体上を走らせてコンクリート面を平滑にした時の面を基準として、それぞれのタイヤ通過回数時におけるすりへり量を測定した。すりへり量の測定は、供試体の横断面を 2 mm 間隔に自動測定できる装置により、1 供試体につき 2 箇所行った。

2) 試験結果

この試験結果は、タイヤ通過回数 6,000,000 回時における評価である。

a) タイヤ通過回数

タイヤ通過回数とすりへり量との関係を図-39 に示す。配合表の区分 1~14 の供試体のすりへり量は、図中の 1 と 5 の線の間の値を示した。いずれの供試体の場合もすりへり初期にはすりへり量増加の度合は大きく、通過回数が増して粗骨材がコンクリート表面に現われるようになると、

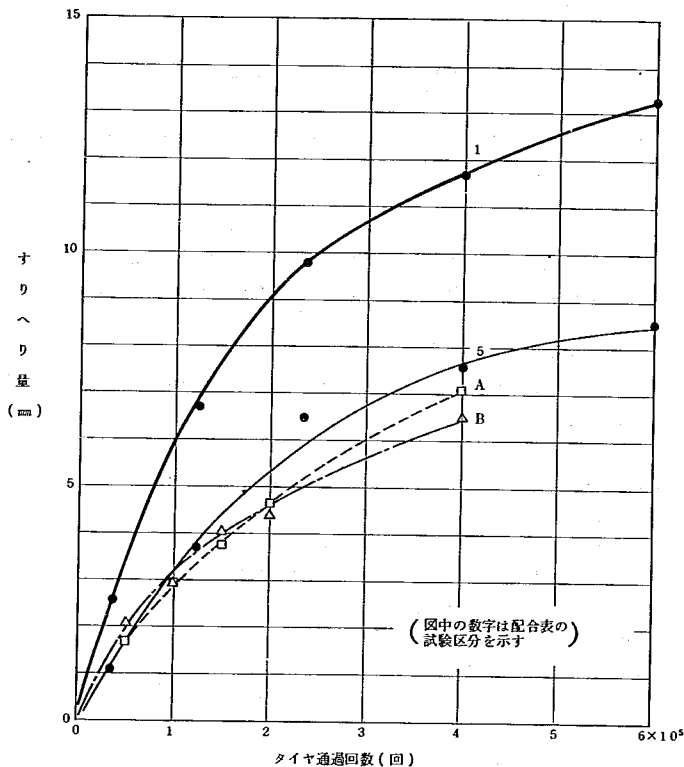


図-39 タイヤ通過回数とすりへり量との関係

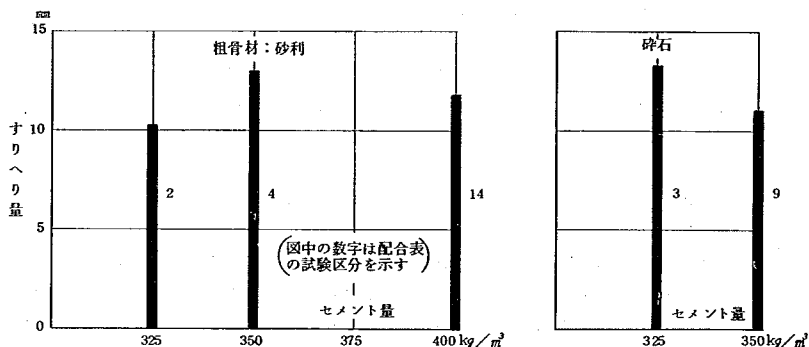


図-40 単位セメント量とすりへり量との関係

すりへり量増加の割合は小さくなる。また、同配合でも材令約2ヶ月の区分1の供試体と、材令11年の供試体Aとを比較すると、供試体Aのすりへり量は約40～50%小さくなっている。

b) 単位セメント量

単位セメント量とすりへり量との関係を図-40に示す。単位セメント量を多くすればすりへり量は小さくなると思われたが、この試験結果では必ずしもそのような結果になっていない。しかし、試験材令をさらに長くした場合には、単位セメント量を多く使用すればすりへり量は減少するものと思われる。

c) 粗骨材の粒形および品質

図-41、42に単位セメント量を同一にした場合における、粗骨材の粒形および品質とすりへり量との関係を示す。

d) 単位粗骨材量

単位粗骨材量とすりへり量との関係を図-43に示す。単位粗骨材量を多くするとコンクリート表面の品質が良好となり、すりへり量は減少する。

e) 締固め方法

締固め方法とすりへり量との関係を図-44に示す。突棒で締固める方がバイブレーターで締固めるよりも、コンクリートの材料分離が少なくなり、すりへり量は少なくなる。

f) 混和剤

混和剤の種類とすりへり量との関係を図-45に示す。AE効果および減水効果がある混和剤の方が、すりへり量は少なくなる。単位セメント量を一定($C=325 \text{ kg/m}^3$)としてコンシステンシーを同一(6.7～6.9 Vebe)にするには、AEおよび減水効果のある混和剤を用いた場合と、単にAE効果のある混和剤を用いた場合では、水セメント比はそれぞれ41.5%、45%になり、コンクリート表面のモルタル量はAEおよび減水効果のある混和剤を用いた方が少なくなり、すり

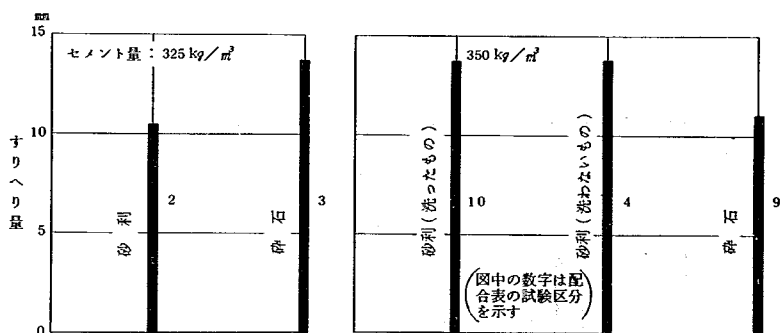


図-41 粗骨材の粒形とすりへり量との関係

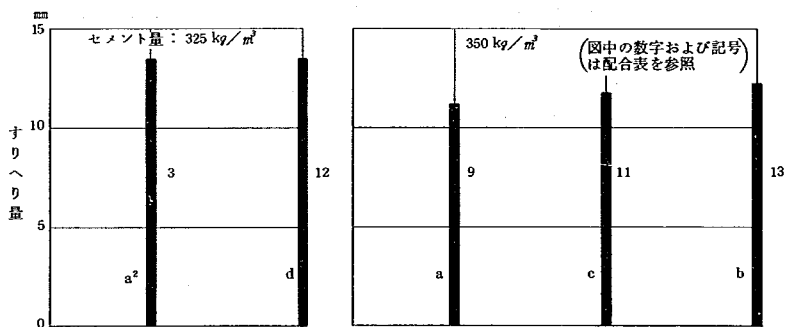


図-42 粗骨材の品質とすりへり量との関係

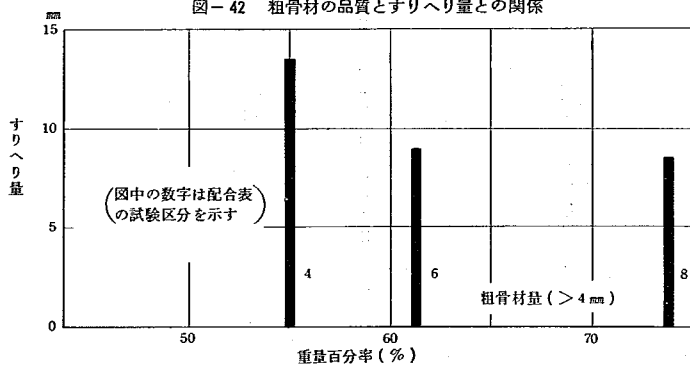


図-43 単位粗骨材量とすりへり量との関係

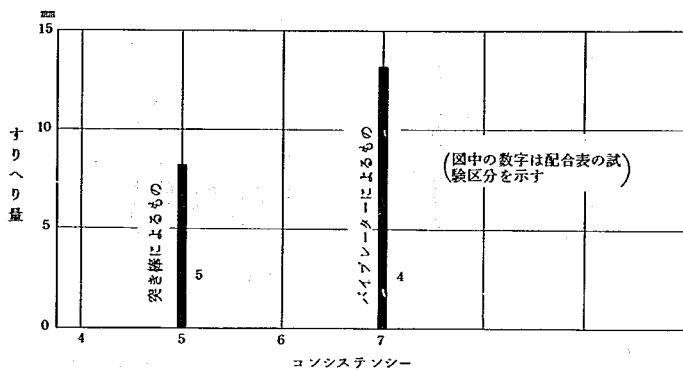


図-44 締固め方法とすりへり量との関係

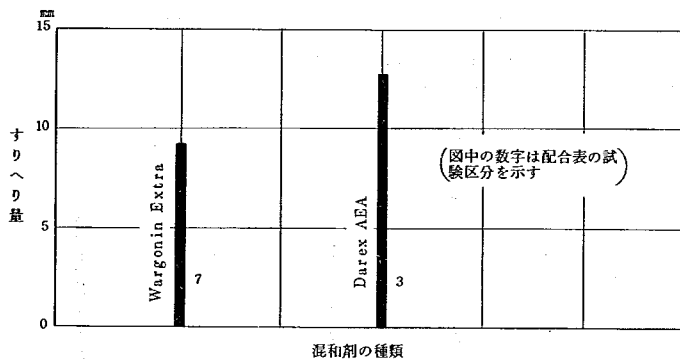


図-45 混和剤の種類とすりへり量との関係

へり量は少なくなる。

1-2 カ ナ ダ

1) フィールドテスト

全車輪にスパイクタイヤを装着した乗用車を 90 km/h、トラックを 65 km/h の速度で円形走路を走行させて試験を行った。すりへり量の測定はストレートエッジと深さ計を用いて行った。円形走路を 10,000 回走行した時の試験結果を表-17 に示す。

表-17 10,000 回走行時の試験結果

	舗 装 の 種 類	乗 用 車	ト ラ ッ ク
直 線 部	PCコンクリート	0.2 mm	0.8 mm
	アスファルト	0.5 mm	0.8 mm
曲 線 部 (片勾配 14%)		内 輪 通 過 部	外 輪 通 過 部
	PCコンクリート	1.0 mm	0.03 mm
	アスファルト	1.4 mm	0.4 mm

2) 実際の道路におけるテスト

フィールドテストは 1965 年までに完了したので、1967 年からオンタリオ州道路局では 10 年先の経済性を見越して、スパイクタイヤ着用について検討を始めた。

1968 年は各種骨材を用いて試験を行い、表-18 に示す結果を得た。その結果、粗骨材の硬さによる影響は現われなかった。粗骨材は 1 冬期で露出し、また剥離された箇所があった。これは、使用粗骨材の最大寸法が 13 mm で割合小さかったことが原因になっていると思われる。したがって、長期間、舗装のすりへり抵抗を持続させるためには、粗骨材の最大寸法を大きくし、粗骨材量を多くする必要がある。部分的な補修を、小さなガラスチップを混入したポリウレタンを用いて行った結果、スパイクタイヤのすりへりに対して有効な結果を示した。しかし、この工法はコストが高いので使用箇所を検討する必要がある。

1969 年から 1970 年にかけての冬期における道路の損傷程度と補修費について検討した結果と試験結果とから、オンタリオではスパイクタイヤの着用を認め、その着用期間を 10 月 1 日から 7 ヶ月間とした。1969 年から 1970 年の冬期間のスパイクタイヤ装着状況を表-19 に示す。

道路の損傷量はほぼスパイクタイヤ装着の車輛台数に比例する。したがって、将来におけるスパイクタイヤ装着の車輛台数を推測すれば、その時点における道路の損傷程度やそのための補修費を推定することができる。表-20 に推測した損傷量と実際の損傷量の値を比較したものを示す。その結果、推測した損傷量の値は実測値の 72~163% で平均 90% という結果を得た。この成果より、できるだけ早い時期に将来における道路の損傷量を推測して、そのための補修費を積算して対策を講ずれば、道路交通を確実に確保することができる。

表-18 各種骨材を用いた試験結果

地 名	舗 装 の 種 類	材令	1年間の平均 交 通 量 (A.A.D.T)	測定箇所	損 傷 量		
					骨材	舗装	平均
HWY. 401(TORONTO BY PASS). PASSING LANE AT DIXON ROAD WEST BOUND	粗骨材-玄武岩	2年	6,800	平坦な直線路	1.50	3.00	3.25
	細骨材-シリカ質(100%)						
	粗骨材-玄武岩 細骨材-シリカ質(67%) \石灰質(33%)	2年	6,800	平坦な直線路	3.50	3.50	3.50
	粗骨材-玄武岩 細骨材-シリカ質(33%) \石灰質(67%)	2年	6,800	平坦な直線路	3.00	3.50	3.25
	粗骨材-石灰岩	2年	6,800	平坦な直線路	3.17	3.54	3.36
HWY. 27. TORONTO SOUTHBOUND TO WEST- BOUND TO Q.E.W. RAMP	補修材料 ポリウレタン ガラスチップ	1年	6,200	カーブ、坂路			1.1
HWY. 49. QUINTE SKYWAY	補修材料 ポリウレタン ガラスチップ	1年	800	平坦な直線路			1.0

表-19 スパイクタイヤ装着状況

スパイク装着率	地 名
40 % 以 上	Ottawa, Sault Ste. Thunder 湾, Kenora (48%)
30 ~ 40 %	Tronto Province, (30~35%)(32%)
20 % 以 上	Chatham, Hamilton, Kingston, Bancroft. Cohrane.

1-3 ノルウェー

ノルウェー国立研究所において、スパイクタイヤおよびタイヤチェーンによる舗装の損傷について、1964年から1972年までの予定で試験を行なっている。

1) 試験方法

a) 試験条件

タイヤ寸法 100 × 20 cm (直径×幅)、回転直径 300 cm のトラフィックシュミレータで、幅 30 cm の円形走路を半径方向に輪軌道を ± 15 cm 連続変化させる。試験中の室内温度は -2℃ ~ +2℃ として供試体は常に湿潤状態とした。走行速度は 40、50 および 60 km/h の 3 種類、タイヤ圧は 2.8 および 5.6 kg/cm² の 2 種類とした。

b) 配 合

試験に用いた供試体は、試験室で製作したものと実際の道路から採取したもの計 50 種類である。

c) すりへり量の測定方法

長さ 1 m 区間で 5 箇所の測定を行いすりへり量を求めた。走行回数にともなうすりへり量の変化は、それまでの走行により減った供試体面を基準として変化量を求めた。

2) 試験 結果

トラフィックシュミレータを用いて試験を行ったすりへり量を、実際の道路におけるすりへり量とを対比させるために、「2 車線道路で、輪荷重軌跡幅が 1 m、1 日の交通量が 1 万台で、180 日間は 60 % の車両がスパイクタイヤを装着している」ものを標準交通量と定義した。

- 走行回数を 200 回毎に -2°C から $+2^{\circ}\text{C}$ に変化させた場合、スパイクタイヤ装着のタイヤで走行回数 1,200 回を 1 サイクルすると、44 サイクルで標準交通量の 1 年間のすりへり量に匹敵する。
- 各種の舗装において標準交通量での 1 年間のすりへり量を表-21 に示す。
- 数種類の配合でコンクリート供試体を製作して試験を行ったが、水セメント比および圧縮強度とすりへり量との関係について、結論はでていない。
- 速度とすりへり量との関係、タイヤ圧とすりへり量との関係については、この試験では明確な結論は得られなかった。

2 タイヤチェーンによる損傷

タイヤチェーンによるコンクリート舗装のすりへり抵抗の改善に関する研究は非常に少ない。ノルウェーである程度の研究を行なっているが、今のところ結論を出すまでに至っていない。

3 すりへり量の測定方法

(1) すりへの測定箇所の選定方法

西ドイツでは舗装版のすりへりを測定する箇所を、次のような 2 種類の方法で選定している。

a) カラーテープを用いる方法

幅 50 cm の各種カラーテープを車輛走行方向に貼り付けて、どのカラーテープ上を車輛が一番多く走行しているか、また、車種と車輛台数を調査して、一番多く走行する部分をすりへり測定を行なう箇所とする。

b) 石灰水を用いる方法

道路を横切るように幅 20 cm の線を石灰水で引く。その線で最も線が消えた部分を測定箇所とする。

(2) すりへり量測定のための基準点

西ドイツでは図-46 に示す基準点を使用している。

ノルウェーでは厚さ 30 mm、長さ 50 mm の黄銅の釘を舗装面下 60 mm の位置にタールエポキシ樹脂で固定した基準点を使用している。試験時以外はゴム栓でカバーして交通車輛より保護されている。

スウェーデンでは図-47 に示す基準点を使用している。

(3) すりへり量の測定方法

スパイクタイヤあるいはタイヤチェーンによって損傷された舗装の、すりへり程度を表わす方法としては、数量的に表わす方法が良い場合と、視覚による判断でも十分な場合とがある。

表-20 実測値と推定値との比較

観 測 地 名	1968 - 1969 測 定 値 (INm.m)			1969 - 1970 測 定 値 - A (INm.m)			1969 - 1970 推 定 値 - B (INm.m)	$\frac{A}{B} \times 100$ (%)
	骨 材	舗 装 版	平 均	骨 材	舗 装 版	平 均		
HWY. 401 DRIVING LANE								
DON VALLEY W.B.	0.37	1.33	0.85	2.18	2.92	2.55	2.05	124
AVENUE RD. E.B.	0.49	2.97	1.73	3.15	3.71	3.43	4.20	82
SPADINA EXP. E.B.	0.49	2.23	1.36	2.40	2.60	2.50	3.28	77
CENTRE LANE								
DON VALLEY W.B.	0.81	2.53	1.67	4.72	4.88	4.80	4.04	119
AVENUE RD. E.B.	1.40	4.42	2.91	5.72	6.08	5.90	7.05	84
SPADINA EXP. E.B.	1.10	3.98	2.54	6.55	7.45	7.00	6.15	113
PASSING LANE								
DON VALLAY W.B.	0.59	2.87	1.73	7.41	6.49	6.85	4.20	163
AVENUE RD. E.B.	1.91	5.68	3.80	7.08	7.42	7.25	9.20	79
SPADINA EXP. E.B.	2.25	5.09	3.67	6.35	6.65	6.50	8.90	73
HWY. 26 LONDON HWY. 401 NTH. WEST RAMP	0.00	4.69	2.35	4.00	3.80	3.90	5.46	72
HWY. 401 LONDON E.B. EAST OF HWY. 26	0.00	3.49	1.75	2.50	2.50	2.50	4.06	62
HWY. 400 BARRIE S.B. NTH OF JCT. HWY. 89	0.24	4.92	2.58	5.20	5.60	5.40	6.00	90

表-21 標準交通量による1年間のすりへり量

舗 装 の 種 類	結合材の種類	結 合 材 量	空 気 量	損 傷 量 (mm)							
				1	2	3	4	5	6	7	8
マスティック・アスファルト ガス・アスファルト	針入度 50 - 70	8 ~ 10 %	—								
セメントコンクリート B 450	W/C = 44 %	350 kg/m ³	4 - 5 %								
ロールアスファルト (骨材量 = 35 %) (プレコートチップを施工)	針入度 80 - 100	7.5 %	4.2 %								
ロールアスファルト (骨材量 = 35 %)	"	7.5 %	3.9 %								
ロールアスファルト (骨材量 = 50 %)	"	5.8 %	3.2 %								
密粒度アスファルトコンクリート Ab 9 t	"	6.5 ~ 7.0 %	3.2 %								
密粒度アスファルトコンクリート Ab 13 t	"	6.0 %	3.7 %								
"	"	6.5 %	3.2 %								
密粒度アスファルトコンクリート Ab 16 t	針入度 80 - 100	5.5 %	3.4 %								
"	"	7.0 %	3.4 %								
密粒度アスファルトコンクリート Ab 19 t	針入度 80 - 100	5.3 %	2.0 %								

1) 試験方法による区分

a) すりへり試験機が小型の場合

試験室で試験を行う場合は、使用する供試体が比較的小さいので、試験前後の供試体重量を測定する方法、ダイヤルゲージで測定する方法とがある。

b) すりへり試験機が大型の場合

オランダでは試験前後の供試体重量を測定している。

フィンランド、ノルウェー、スウェーデンではプロフィルトレーサーで測定している。

フランスではすりへりを受けた部分に、石こう、各種のろう、プラスチックを流し込んで、その容積を測定している。

c) 試験走路および道路の場合

試験走路や道路では霜の影響を受け易く、そのため版の沈下を考慮した測定方法を用いなければならない。とくにアスファルト舗装ではその影響が著るしく、すりへり量よりもその量の方が大きい。このようなことから、プロフィルトレーサーで測定している。

オンタリオでは写真による方法、プロフィルトレーサーによる方法とで測定している。また、これらの方法でアスファルト舗装のすりへり量を測定するために、霜の影響を受けない構造の基準点を舗装版中に設けている。

ノルウェーでは 60 cm 間隔に基準点を設けて、測定断面が移動していないか検査している。もし測定断面が移動している場合は、60 cm 毎に補正を行なっている。また、測定箇所は道路基盤が堅固で安定している場所を選定している。

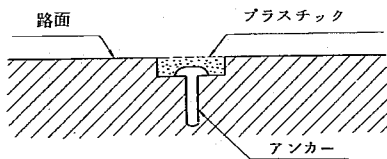


図-46 基準点の例(西ドイツ)

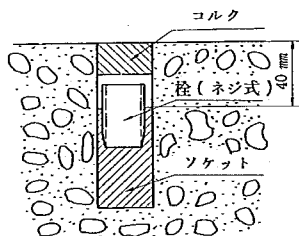


図-47 基準点の例(スウェーデン)

2) 測定方法の種類

a) 写真による方法

西ドイツおよびノルウェーでは立体写真による方法が用いられている。一定の高さにカメラを固定できるようにした特殊なスタンドを用いるが、スタンドには路面に近接して太さ既知の緊張したワイヤーが取り付けられており、路面とともに写されたこのワイヤーが標尺の役目をなす。

オンタリオでは、現場の舗装面の損傷状況と粗さを連続して測定する優れた写真による方法を考案した。この方法は、舗装版の両側に基準点を設け、これに柱を立てて細い針金をびんと張った状態で2本の柱を結び、針金の斜め上方向から光を当て、その影を路面に投げかける。すりへりを受けていない状態では、その影は直線で現われるが、すりへりを受けるとその影は湾曲して現われる。これを写真で写し、その面積をプランメーターで測定する。

b) プロフィルトレーサーによる方法

プロフィルトレーサーの原理は、図-48に示すようにストレートエッジと深さ計を組合せたものである。

フィンランドでは3型式のプロフィルトレーサーを使用している。

- ① XYレコーダーを用いたもの。測定は310 cmまでトレスすることができる。
- ② 先端に車輪のついたピックアップで路面をなぞってトレスするもの。凸方向は3倍の大きさでグラフに描かせる。
- ③ 何本もの針をくし状に配列させたボックスで、基準点にボックスを固定し、一列に並んだ針を路面まで下げたときの針の凹凸をトレスするもの。

ノルウェーでは2つの型式のプロフィルトレーサーを使用している。いずれのトレーサーも2本の支柱で支えられていて、1本の支柱は基準点に固定し、他の1本はトレーサーが水平になるように調節できるようになっている。

一方のトレーサーは、路面の断面形を連続的に、しかも違った時点での波形を同一紙上に重ねて記録できるようになっているが、このトレーサーは重量が大きいため、比較的せまい

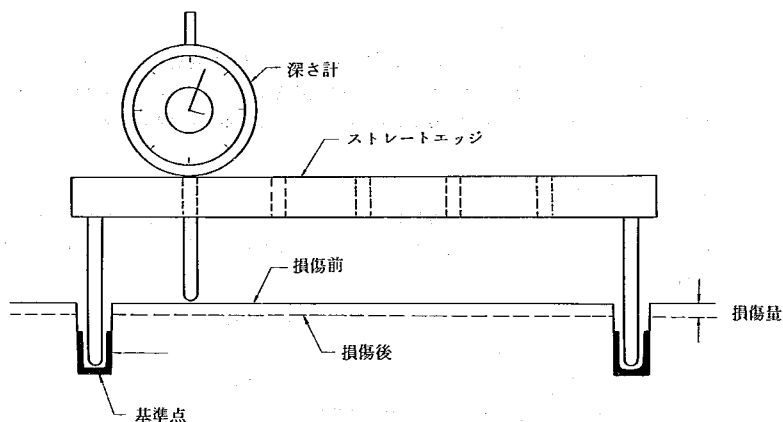


図-48 ストレートエッジと深さ計を備えた典型的なプロフィルトレーサー

範囲で多点の測定をするような場合に適している。もう一方のトレーサーは、ストレートエッジと深さ計を組合せたポータブルなもので、1つの線上を10 cm間隔で測定できるようになっている。

スエーデンではフィールドテストにおいて、500 mm 区間を 50 mm 間隔で測定するプロフィールトレーサーを用いている。このトレーサーでは、深さ計としてダイヤルゲージを用いている。トラフィックシュミレーターの試験に用いているトレーサーは、直径 10 mm のボールベアリングが路面をなぞるときに上下動を電磁式の変位計で読みとる方式のものである。

Welmer 氏が考案した測定器は、長さ 180 mm、幅 100 mm の部分を 418 点測定するもので、ピックアップは直径 15 mm の車輪となっている。この方法によると、0.05 mm の精度で測定することができる。

c) レベリング方法

西ドイツで使用されている方法で、その原理を図-49 に示す。

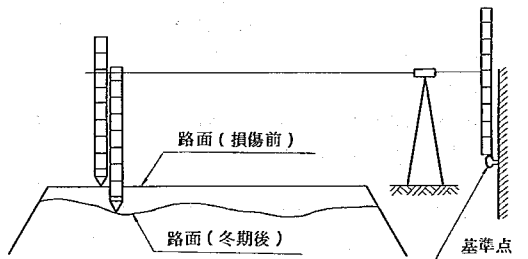


図 49 レベリング方法

d) プラスティック・モールディング

西ドイツの国道で使用されている方法である。測定箇所を入念に選定して図-46 に示す基準点を設ける。この基準点を囲むように 20 × 50 cm の型枠を設置してプラスチックを流し込み、道路表面の型を取る。なお、測定はカッターテーブルとダイヤルゲージを用いてプロフィールライン上を 2 mm 間隔で行なう。

e) 路面埋込み材による方法

西ドイツでアスファルト舗装に使用している。図-50 に示すように舗装版に穴をあけて、深さによって各種のカラー物質を変えて流し込み固める。すりへり量はそのカラー物質の現われ方で判断する。

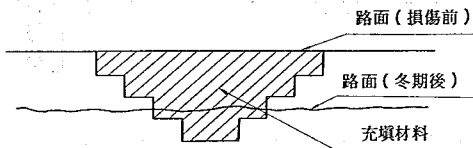


図-50 Wer indicator

f) 磁力を利用する方法

BP Benzin und Petroleum AG が開発した方法である。あらかじめ測定箇所、舗装の表層部に鋼鉄の板を埋設して固定しておく。測定器は、水容器に永久磁石をとりつけたフロートをはかせたもので、その水容器は路面上に固定したスタンド上を上下させることができるようになっている。測定方法は、測定器を測定箇所固定した水容器を舗装表面に接するまで下げて、その位置を記録する。この状態ではフロートに働く浮力より磁力の方が強いので、フロートは水容器の底部にある。そして、フロートに働く浮力が磁力より強くなる位置まで水容器を押上げてその位置を記録して、その結果から舗装の表層の厚さを測定するものである。

g) 電流と磁力を利用する方法

H. Fischer G.m.b.H社とBP Benzin und Petroleum AGが共同で開発した方法である。あらかじめ測定箇所の表層部に金属片を埋設しておく。測定器は高磁力界を作り出す装置を備えている。金属片を埋設した箇所の上下に測定器を設置し、その装置を稼働させて金属片の下部に渦状の磁力界を作り出し、その時の消費エネルギーを測定するものである。消費するエネルギー量は、金属片と測定針の距離によって決定される。

h) 放射性物質を利用する方法

舗装版の表層部に放射性物質を埋設して、そこから放射される輻射の強さを radiation メーターで測定するものである。輻射の強さは、測定器と放射性物質を埋設した距離および放射性物質の量で決定される。

スウェーデンでは、イリジウム 192 を $10\mu\text{cu}$ 舗装表面下 100 mm に埋設して試験を行った。この方法で測定する場合は、放射性物質から放出される輻射を完全に防止して行わなければならない。

i) その他の方法

ババリアでは図-51に示すストレートエッジとくさびを用いて測定している。

ドイツの Shell AG では、図-52に示す直径 2 cm、深さ 3.5 cm の穴を舗装版にあけて、この穴に PVC を充す。穴の中心にはグリス棒を 30 mm 押入れる。そしてその底部に基準点を設けて測定するものである。

以上の方法は、すりへり程度が激しい舗装についてのみ使用されている。

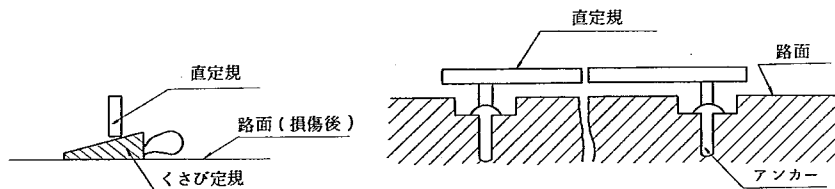


図-51 ババリアで使用している測定方法

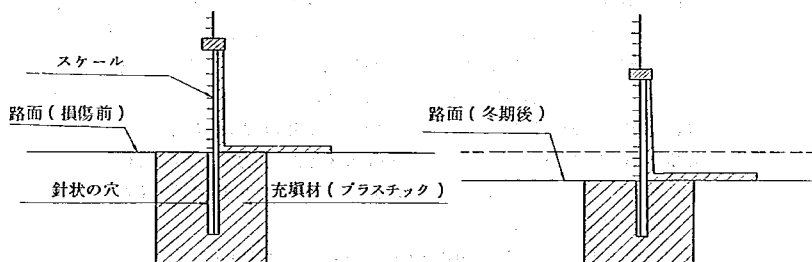


図-52 ドイツShell AGで使用している測定方法

III コンクリートのすりへりに関する文献

(1) 土木技術資料

1) 柳田力、樽沼昌明：コンクリートの摩損試験、Vol. 17, № 4, 1975。

(2) 東北地方建設局・東北技術事務所報告書

1) コンクリート舗装の耐摩耗工法調査報告書、昭和 47, 48 年度。

2) セメントコンクリート舗装の設計施工技術の改善に関する調査報告書、昭和 49 年度。

(3) 北陸地方建設局・富山技術事務所報告書

1) 砂防ダム用・コンクリート摩耗試験報告書、砂防 45-1~4、河川 45-2。

(4) 土木学会・年次学術講演概要集

1) 三和久勝、掘田宣道：コンクリート舗装のすりへり低抗に関する室内試験、第 26 回、昭和 46 年。

2) 石田季九夫、中村修吾、飯田文夫：コンクリート舗装のすりへり低抗に関する室内試験、第 29 回、昭和 49 年。

3) 戸川一夫、中本純次：モルタル、コンクリートの摩耗性に関する 2、3 の考察、第 29 回、昭和 49 年。

4) 戸川一夫、中本純次：モルタル、コンクリートの摩耗特性と配合との関係、第 29 回、昭和 49 年。

5) 石田季九夫、中村修吾、三和久勝：コンクリート舗装のすりへり低抗に関する試験、第 30 回、昭和 50 年。

(5) 日本道路会議一般論文集

1) 柳田力、樽沼昌明：コンクリートのすりへり摩損、第 11 回。

2) 太田実、樽沼昌明、上野裕康：コンクリート舗装版のすりへり試験、第 12 回。

3) 井上武美、早川洋：コンクリート舗装のすりへり試験、第 12 回。

(6) 日本道路公団報告書

1) 三和久勝、掘田宣道、金子恒夫、飯田文夫：コンクリート舗装のすりへり低抗に関する室内試験、昭和 45 年度。

2) 金子恒夫、飯田文夫：コンクリート舗装のすりへり低抗に関する室内試験、昭和 46 年度。

3) 兼田郁、掘田宣道、飯田文夫：コンクリート舗装のすりへり低抗に関する室内試験、昭和 47 年度。

(7) 電力中央研究所、技術第二研究報告書

1) 村野玄一、川崎道夫：コンクリートおよび補修材料の衝撃低抗性について、研究報告 70019、1971 年 3 月。

(8) セメント・コンクリート

1) 木村恵雄：コンクリートおよびモルタルのすりへり試験、№ 139、1958 年 9 月。

(9) 道 路

1) 武山広志：タイヤチェーンの路面摩損作用、№ 243、1961 年 5 月。

(10) ASTM STANDARD

1) C-418-68, Standard Method of Test for Abrasion Resistance of Concrete by Sandblasting.

(11) ASTM Special Technical Publication Significance of Tests and Concrete

Aggregates、STP. № 169。

1) H. L. Kenndy and M. E. Prior : Abrasion Resistance.

02 OECD報告書 (Paris、1970)

1) Research Group C4 : Winter Damage to Road Pavements .

03 XIVth World Road Congress (Prague 1971、Question III、Concrete Pavements)

1) R. Wrana : Concrete Surfaces on Austrian Motorsways .

2) M. Gaud : Wearing Properties of Concrete Carriageways which are Subjected to Studded Tyres .