

すべりに関する基礎的実験

梅津時雄* 太田昌昭** 久保 宏***

まえがき

近年、交通量の増大に伴い、交通事故の激増が大きな社会問題になっている。この交通事故の中には、すべりにその原因があるものがかなり多いようである。

路面のすべりに対処するため、北海道開発局では、その表層合材の配合および施工方法に主眼を置いて、昭和34年度より『すべり止め舗装』を1部縦断勾配の大きい箇所を実施してきた。しかし、この表層合材のすべり抵抗値を左右する大きな因子として、合材の配合ばかりで

なく、使用粗骨材のすべり抵抗値の影響が考えられる。したがって、路面のすべり抵抗が大きく、かつ、交通のもとで路面の粗さを長年保持できる性質を有する材料を選択する必要がある。

本報告では、道内産出の8種類の岩石を対象にそれぞれの岩石間のすべり抵抗値の比較およびそれら岩石を高温加熱処理、または凍結融解作用を考慮した安定性試験をそれぞれ行なった後のすべり抵抗値の変化について述べ、さらに22種類の岩石を対象にその品質規格とすべり

表-1(a)

項目 番号	産地名	岩石名	比重	吸水率 (%)	安定性 (%)	ロサンゼルス (%)	すべり抵抗値								
							常温でのすべり抵抗値			高温加熱を受けた					
										200℃			300℃		
							ポリシング前	ポリシング後	差	ポリシング前	ポリシング後	差	ポリシング前	ポリシング後	差
1	札幌市 常盤	両輝石 安山岩	2.67	1.2	10	23	0.69	0.46	0.23	0.71	0.44	0.27	0.65	0.48	0.17
2	札幌市 中山峠	変朽 安山岩	2.34	6.2	26	35	0.56	0.47	0.08	0.59	0.46	0.13	0.67	0.57	0.17
3	様似郡 幌満	かんらん岩	3.26	0.3	4	17	0.58	0.36	0.22	0.60	0.36	0.24	0.63	0.45	0.18
4	岩内郡 茅沼	玢岩	2.44	4.4	23	20	0.58	0.44	0.14	0.60	0.47	0.13	0.61	0.41	0.20
5	平取郡 岩知志	石灰岩	2.69	2.0	4	25	0.54	0.31	0.23	0.61	0.36	0.25	0.65	0.42	0.23
6	虻田郡 久保内	凝灰岩	2.61	2.6	7	20	0.61	0.51	0.10	0.63	0.53	0.10	0.66	0.60	0.06
7	夕張市 清水沢	砂岩	2.56	2.7	7	21	0.64	0.55	0.09	0.65	0.57	0.08	0.69	0.59	0.10
8	滝川市 玄武	玄武岩	2.80	0.5	0	8	0.55	0.37	0.18	0.55	0.35	0.20	0.60	0.43	0.17

岩石のすべり抵抗値																	備考
400℃						安定性試験後の岩石のすべり抵抗値			ポリシング時間								
ポリシング前	ポリシング後	差	ポリシング前	ポリシング後	差	ポリシング前	ポリシング後	差	ポリシング前	1時間	2時間	3時間	4時間	5時間	6時間		
0.60	0.45	0.15	0.60	0.40	0.20	0.70	0.60	0.10	0.69	0.61	0.59	0.57	0.50	0.47	0.46		
0.70	0.54	0.16	0.67	0.50	0.17	0.75	0.60	0.15	0.56	0.54	0.53	0.53	0.50	0.47	0.47		
0.56	0.35	0.21	0.55	0.40	0.15	0.64	0.46	0.18	0.58	0.49	0.47	0.45	0.40	0.36	0.36		
0.65	0.48	0.17	0.60	0.41	0.19	0.75	0.60	0.15	0.58	0.55	0.52	0.50	0.46	0.44	0.44		
0.63	0.30	0.33	0.60	0.35	0.25	0.64	0.40	0.24	0.54	0.45	0.42	0.42	0.36	0.33	0.31		
0.60	0.54	0.06	0.61	0.50	0.11	0.76	0.70	0.06	0.61	0.57	0.56	0.56	0.52	0.52	0.51		
0.70	0.56	0.14	0.65	0.55	0.10	0.73	0.65	0.08	0.64	0.60	0.59	0.59	0.57	0.56	0.55		
0.62	0.40	0.22	0.55	0.35	0.20	0.66	0.53	0.13	0.55	0.48	0.46	0.45	0.40	0.38	0.37		

(すべり抵抗値は4個の平均値)

*道路研究室 **舗装研究室 ***同室主任研究員

表-1(b) 岩石の品質規格とすべり抵抗値

項目 番号	産地名	岩石名	比重	吸水量 (%)	安定性 (%)	ロサンゼルス (%)	すべり抵抗値			備考
							ポリシ ング前	ポリシ ング後	差	
1	—	安山岩	2.55	0.6	13	18	0.69	0.53	0.16	
2	—	硅化安山岩	2.74	0.6	1	—	0.39	0.34	0.05	
3	札幌市手稲	安山岩	2.62	1.6	6	22	0.65	0.53	0.12	
4	札幌市簾舞	安山岩	2.74	3.0	8	22	0.65	0.58	0.07	
5	島牧郡島牧	—	2.54	2.1	8	13	0.69	0.54	0.15	
6	札幌市藤野	安山岩	2.47	2.8	8	38	0.75	0.61	0.14	
7	古宇郡神恵内	変朽安山岩	2.48	4.5	13	32	0.58	0.48	0.10	
8	—	—	2.68	1.7	0	23	0.70	0.55	0.15	
9	—	—	2.61	2.3	12	18	0.57	0.50	0.07	
10	岩内郡茅沼(1)	玢岩	2.51	2.2	32	22	0.70	0.51	0.19	
11	松前郡知内	安山岩	2.69	0.1	3	33	0.62	0.52	0.10	
12	銭亀沢村鉄山	安山岩	2.75	0.7	13	20	0.63	0.42	0.11	
13	札幌市手稲2号	安山岩	2.62	2.7	1	8	0.62	0.45	0.17	
14	亀田郡豊崎	玄武岩	2.75	1.3	5	14	0.66	0.43	0.23	
15	札幌市常盤	両輝石安山岩	2.64	1.7	10	12	0.69	0.48	0.21	
16	網走郡美幌	安山岩	2.62	2.4	2	20	0.68	0.48	0.20	
17	島牧郡栄浜	安山岩	2.66	1.3	7	15	0.63	0.40	0.23	
18	札幌市豊平川		2.71	1.6	12	25	0.68	0.45	0.23	玉石砕石
19	島牧郡吹歌	変朽安山岩	2.78	1.3	7	—	0.66	0.54	0.12	
20	岩内郡岩内	—	2.40	4.8	22	22	0.66	0.44	0.22	
21	爾志郡熊石	—	2.58	3.3	14	—	0.62	0.34	0.28	
22	寿都郡矢追	安山岩	2.54	2.1	8	16	0.65	0.41	0.24	

(すべり抵抗値は4個の平均値)

抵抗値との関係を検討したものについて述べる。

1. 試料

本実験に用いた試料は、主として札幌、小樽、室蘭開発建設部管内に産出する砕石である。その産地名と岩石名は表-1(a), (b)に示すとおりである。

2. 実験の概要

この実験に用いた岩石の品質規格は、JIS A 1110「粗骨材の比重および吸水量試験方法」、JIS A 1121「ロサンゼルス試験機による粗骨材のスリヘリ試験方法」、JIS A 1122「骨材の安定性試験方法」によって求めた。なお、

岩石名の判定は、土木試験所地質研究室で行なったものである。すべり抵抗値は、B.S.規格に準じて測定した。

この実験の手順はまず、次に示す(2)の方法によって供試体を作成し、携帯用すべり抵抗試験機によってすべり抵抗値を測定する。次に、その供試体を(1)のポリシングマシンに(3)に示す方法で6時間かけて研磨し、再びすべり抵抗値を測定する試験機および試験方法の概要は次のとおりである。

(1) ポリシングマシン (研磨機)

ポリシングは、写真-1(a)に示すような機構のポリシングマシンを用いて行なった。このポリシングマシー

ンは水平で、かつ、剛な基礎の上に固定し、次のような装置を具備したものである。

イ 道路車輪

平らな周縁を有し、供試体とその周縁上に締めつけて、石の粒の連続した表面を形成するような大きさ（幅45mm、直径406mm）の車輪で、320～325回/分の速度で回転する駆動輪。

ロ ゴムタイヤ

総荷重40kg（88 lb）を道路車輪の表面上に伝達し、直径20cm（8 in）、幅5 cm（2 in）の大きさのものである。このタイヤは、軸のまわりを自由に回転するものであって、その空気圧は $3.16 \pm 0.14 \text{ kg/cm}^2$ （ $45 \pm 2 \text{ lb/in}^2$ ）である。

ハ 研磨材として使用する砂、金剛砂の粉末、および水を供給する装置。

3.57×1.75 in）の大きさに成形したものである。また、その供試体の表面は、短い方向に平たんであり、かつ、長い方向に直径40.6cm（16 in）の円弧に弯曲したものである。

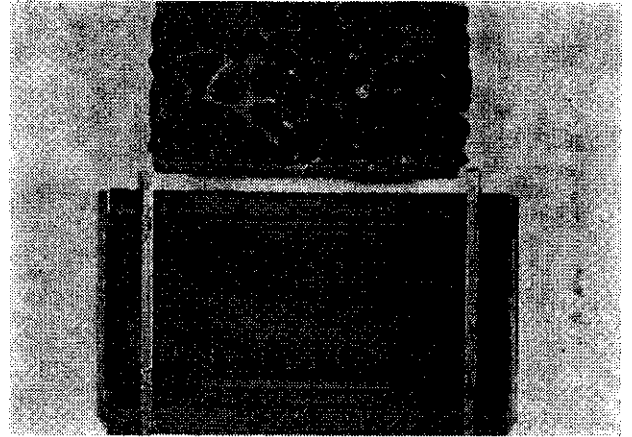


写真-2 供試体および型枠

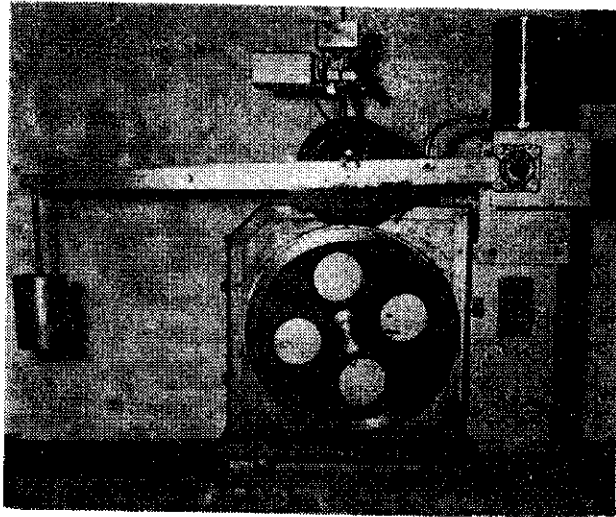


写真-1(a) ポリッシングマシン

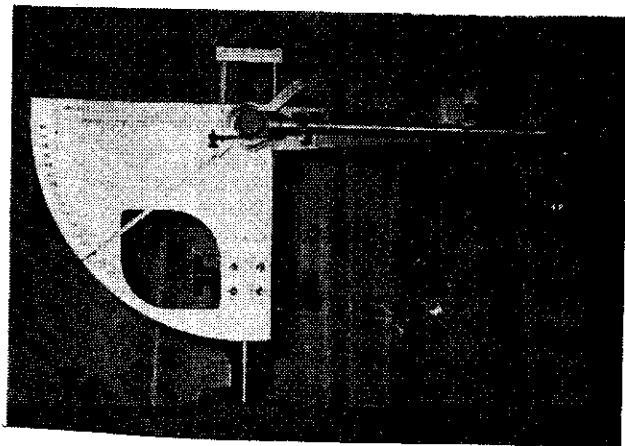


写真-1(b) 携帯用すべり抵抗試験機

(3) ポリッシング

ポリッシングは、上記の道路車輪に14個の供試体を取付ける。次にタイヤの空気圧を調整し、機械の始動と同時に砂と水を回転中の道路車輪に取付けられている供試体とタイヤとの接触面に均一、かつ連続的に散布する。3時間たったら機械を止めて、供試体に付着している砂を清浄になるまで十分に水洗いする。供試体の面が清浄になったと認めたら、さらに3時間、前述の方法により、ポリッシングを行なう。ただし、この場合、砂の代わりに金剛砂の粉末を供給する。ただし、砂と金剛砂はB. S.規格の粒度範囲のものが入手できなかったので表-2に示したものを使用した。ポリッシング後の供試体は、指などを触れないように注意して取りはずし、速かにすべり抵抗値を測定した。

表-2

研磨材名	フルイ (JISの呼び方)	通過重量百分率	備考
砂	420 μ (36メッシュ)	100	()内はB. S.フルイの呼び方
	297 (72)	95	
	210 (52)	62	
	149 (100)	4	
金剛砂	149 (100)	100	
	74 (200)	46	

(4) すべり抵抗値の測定

(2) 供試体
供試体は、9.53～7.94mm (3/8～5/16in)の粒径の石を写真-2に示すような型枠によって、90.6×41.5 mm (

(2)で作成した供試体のすべり抵抗値の測定は、写真-1(b)に示したような携帯用すべり抵抗試験機 (Portable Skid Resistance Tester) を用いて行なった。スライダー

は、幅32mm (1¼in). 長さ6.5mm (¼in) のゴムのパットからなっている。

3. 実験結果とその考察

(1) 各岩石のすべり抵抗値

岩石名の異なる8種類の試料について、供試体成形後およびポリシングマツーンによるポリシング後のすべり抵抗値を表一1(a)および図一1に示した。ただし、このすべり抵抗値は4個の供試体における試験値の平均を示したものである。

この8種類の岩石についての実験結果から次のことがわかった。

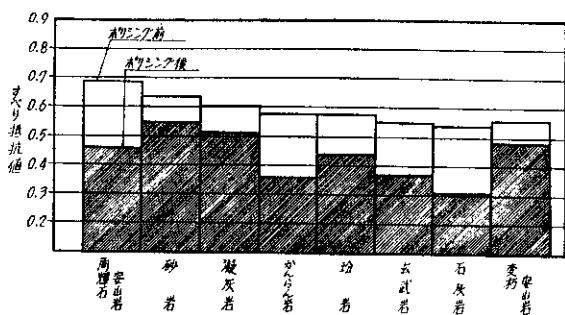


図-1 各岩石のすべり抵抗値 (常温の場合)

イ) ポリシング前のすべり抵抗値は、両輝石安山岩が一番大きく、石灰岩が一番小さい。しかし、両者の抵抗値の差は0.15とあまり大きくなかった。

ロ) ポリシング後のすべり抵抗値は、砂岩、凝灰岩、変朽安山岩が大きく、石灰岩、かんらん岩、玄武岩が比較的小さかった。

ハ) ポリシングによるすべり抵抗値の減少程度は、両輝石安山岩と石灰岩の場合が最も大きく、変朽安山岩の場合が最も小さかった。岩石の種類によってすべり抵抗値の減少程度が異なることもわかった。

(2) 加熱を受けた各岩石の抵抗値

表層用アスファルト合材に使用する粗骨材を対象に考え、200°Cから500°Cまでの範囲で100°C刻みに各供試体を60分間加熱したのち、常温にしてすべり抵抗値を測定した。

実験結果は、表一1(a)に示したが、これを図示すると図一2、2(1)~2(4)のようになる。これらの図から次のことがいえる。

イ) ポリシング前の供試体について、加熱することにより抵抗値は増加し、ある温度で頂点に達する。さらに温度を上昇させると抵抗値は減少する。しかし、その増減の幅はほぼ0.1の抵抗値内に入るようである。

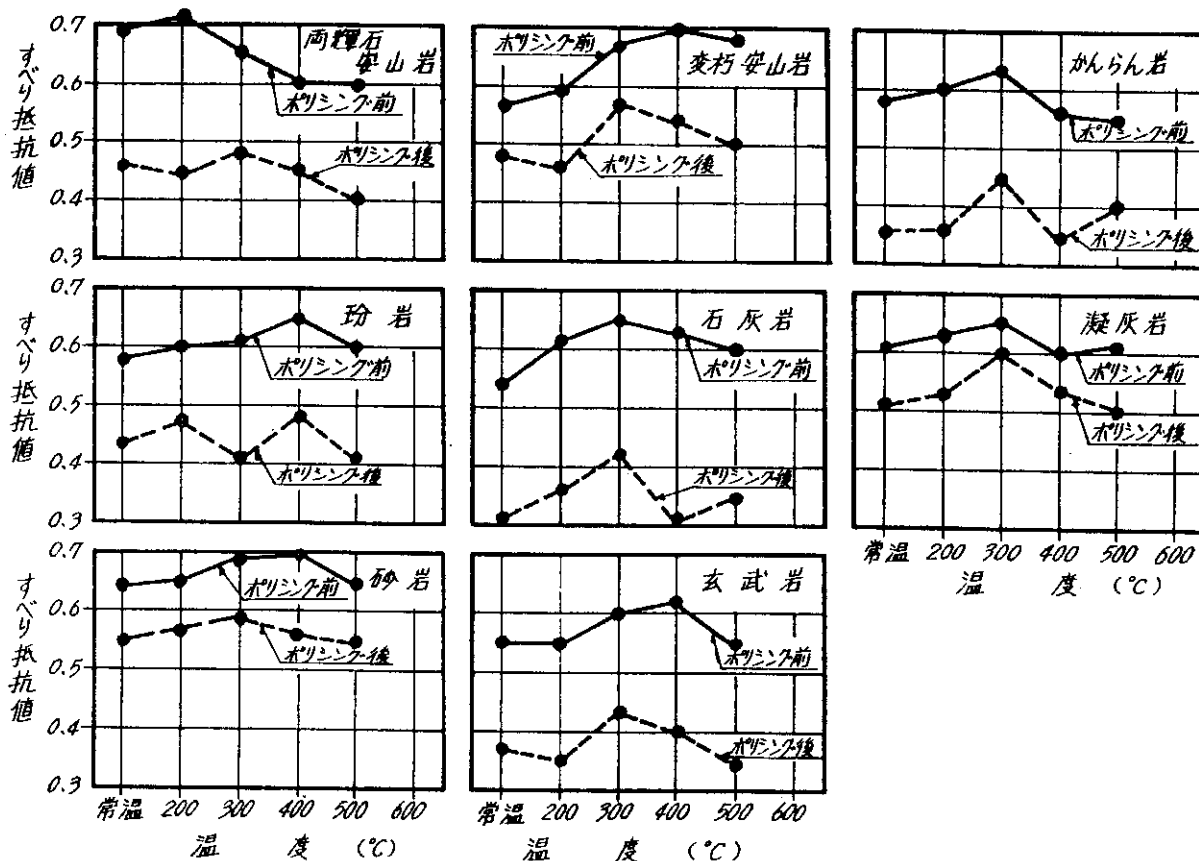


図-2

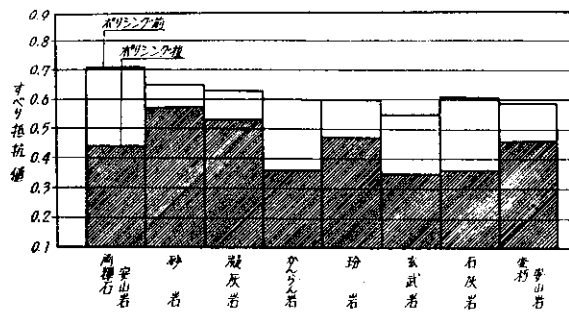


図-2(1) 200°C で加熱した各岩石のすべり抵抗値

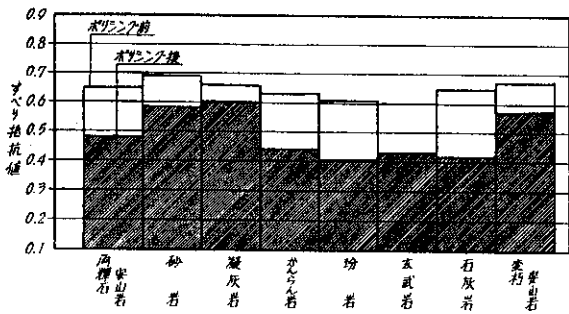


図-2(2) 300°C で加熱した各岩石のすべり抵抗値

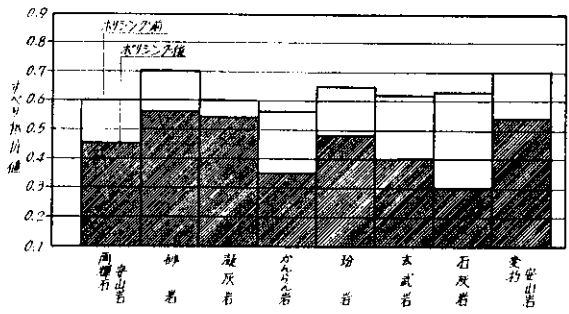


図-2(3) 400°C で加熱した各岩石のすべり抵抗値

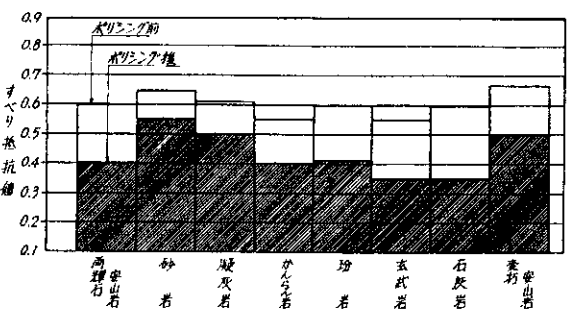


図-2(4) 500°C で加熱した各岩石のすべり抵抗値

ロ) 加熱によるポリシング前およびポリシング後の抵抗値を比較すると、ほぼ同じ増減傾向を示した。
ハ) 岩石の種類とその加熱による影響度合との関係を求めたが、一定の傾向は認められなかった。

(3) 安定性試験を行なった後の岩石のすべり抵抗値
各岩石が主として凍結融解作用を受けた場合を考慮して、JIS A 1122「骨材の安定性試験方法」により各試料

について安定性試験を行ない、供試体を作成してその抵抗値を求めた。

実験結果は、表-1(a)および図-3に示すとおりである。

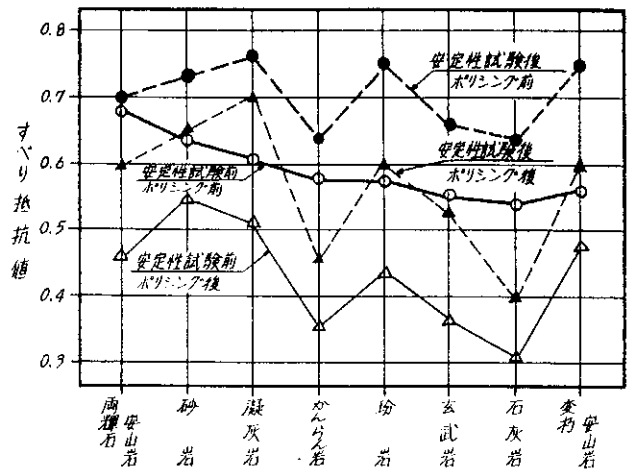


図-3

これらの表および図からわかるように、ポリシング前後とも安定性試験後のすべり抵抗は増加する。しかし、岩石の種類による特別な差異は認められなかった。

(4) ポリシング時間によるすべり抵抗値の変動

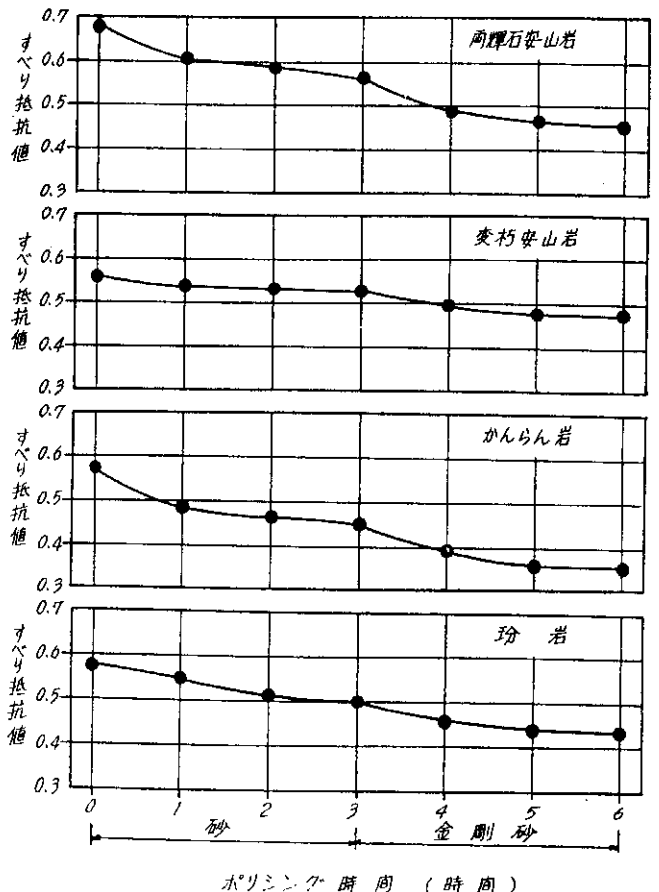


図-4(a) ポリシング時間

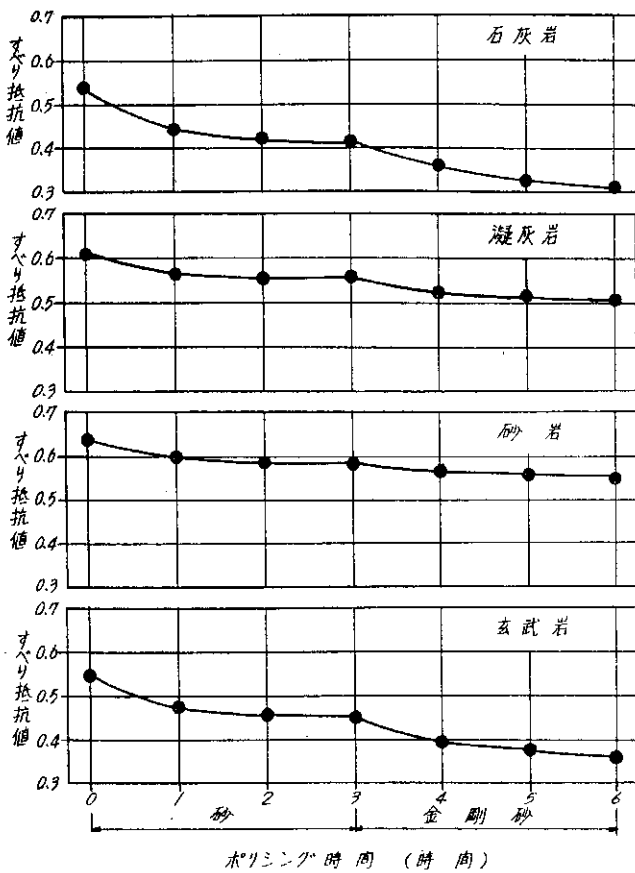


図-4(b) ポリシング時間

ポリシング時間の経過に伴い、すべり抵抗値がどのように変動するかを各種岩石について同一供試体を用いて実験を行なった。実験結果は、表-1(a)および図-4(a), 4(b)に示したが、これらの図から次のことがわかった。

ほとんどの岩石は、砂、金剛砂、いずれの研磨材においても、ポリシング開始から1時間ですべり抵抗値は、急激に減少し、その後はゆるやかに減少している。そしてポリシング途中で研磨材を変えると、その時点において変曲点となっている。

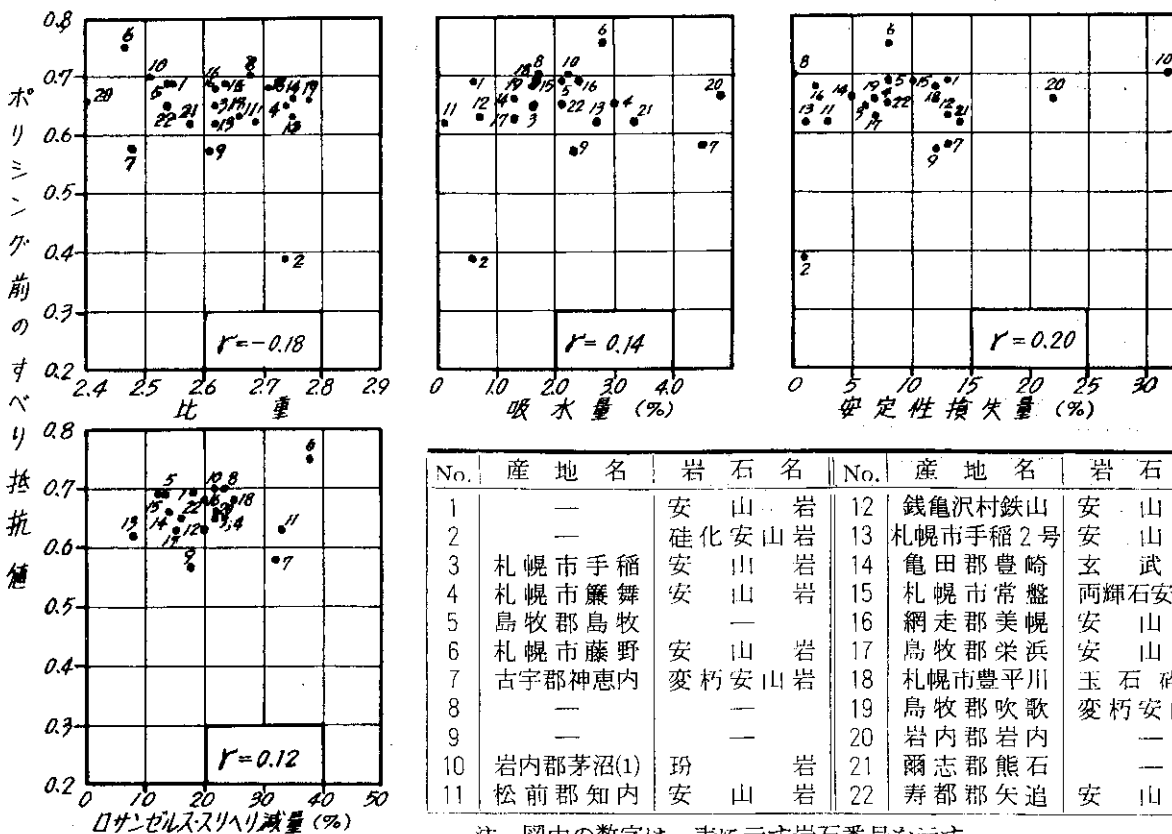
(5) 岩石の品質規格とすべり抵抗値の関係

表-1(b)および図-5(1)~5(3)は、岩石の品質規格とすべり抵抗値およびすべり抵抗値差(=ポリシング前すべり抵抗値-ポリシング後すべり抵抗値)との関係を図示したものであるが、これらの相関係数を算出してみると、いずれも値は小さく、岩石のすべり抵抗値と品質規格との相関々係はあまり認められなかった。

あとがき

以上、岩石のすべり抵抗値に関して項目別に述べてきたが、これを要約すると次のようになる。

(1) 研磨作用を受けた岩石のすべり抵抗値の減少程度は、岩石の種類により差がある。

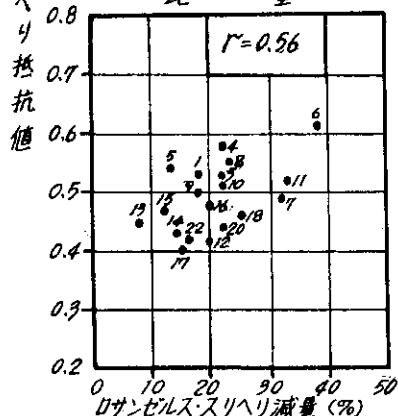
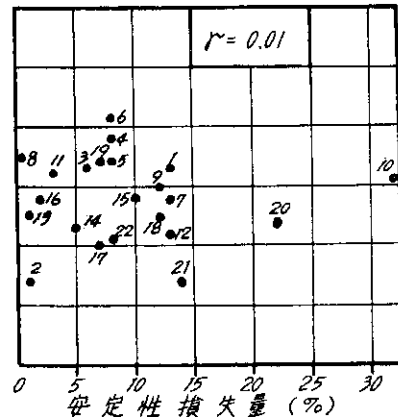
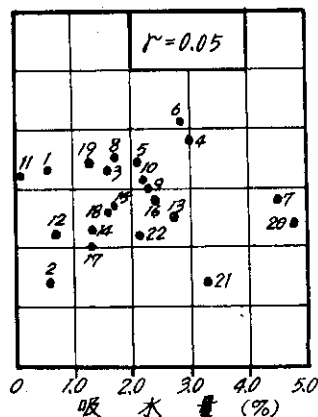
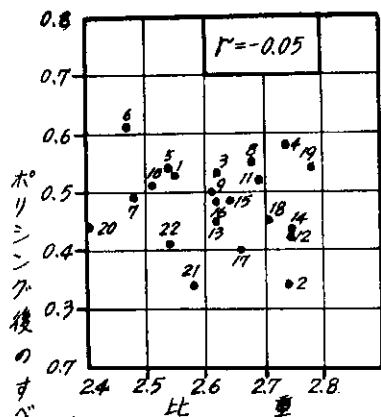


No.	産地名	岩石名	No.	産地名	岩石名
1	—	安山岩	12	銭亀沢村鉄山	安山岩
2	—	硅化安山岩	13	札幌市手稲2号	安山岩
3	札幌市手稲	安山岩	14	亀田郡豊崎	玄武岩
4	札幌市舞鶴	安山岩	15	札幌市常盤	両輝石安山岩
5	島牧郡島牧	—	16	網走郡美幌	安山岩
6	札幌市藤野	安山岩	17	島牧郡栄浜	安山岩
7	古宇郡神恵内	変朽安山岩	18	札幌市豊平川	玉石砕石
8	—	—	19	島牧郡吹歌	変朽安山岩
9	—	—	20	岩内郡岩内	—
10	岩内郡茅沼(1)	玢岩	21	爾志郡熊石	—
11	松前郡知内	安山岩	22	寿都郡矢追	安山岩

注 図中の数字は、表に示す岩石番号を示す。

図中のrは、相関係数を示す。

図-5(1) すべり抵抗値と岩石の品質規格との関係

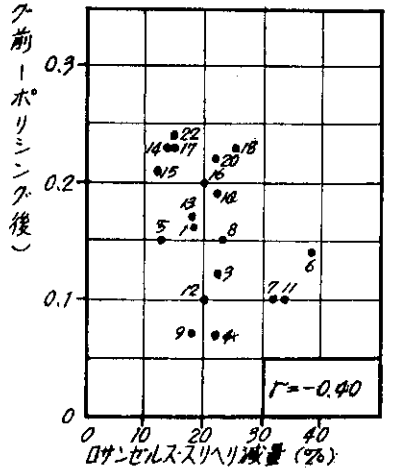
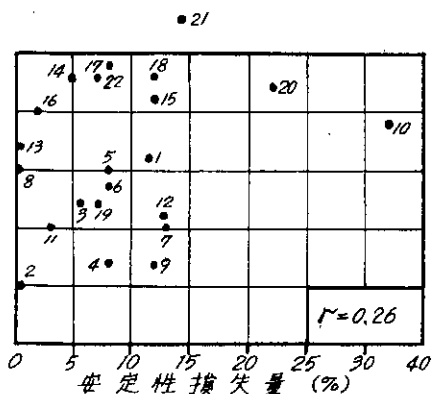
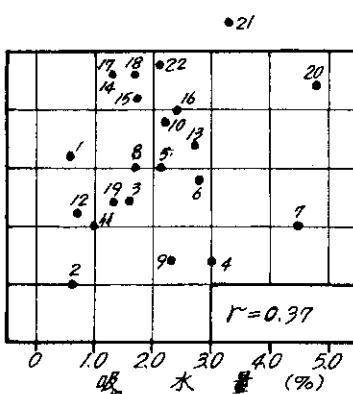
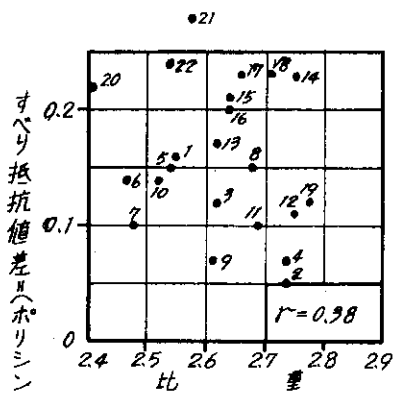


No.	産地名	岩石名	No.	産地名	岩石名
1	—	安山岩	12	銭亀沢村鉄山	安山岩
2	—	硅化安山岩	13	札幌市手稲2号	安山岩
3	札幌市手稲	安山岩	14	亀田郡豊崎	玄武岩
4	札幌市篠路	安山岩	15	札幌市常盤	両輝石安山岩
5	島牧郡島牧	—	16	網走郡美幌	安山岩
6	札幌市藤野	安山岩	17	島牧郡栄浜	安山岩
7	古宇郡神恵内	変朽安山岩	18	札幌市豊平川	玉石砕石
8	—	—	19	島牧郡吹歌	変朽安山岩
9	—	—	20	岩内郡岩内	—
10	岩内郡茅沼(1)	玢岩	21	爾志郡熊石	—
11	松前郡知内	安山岩	22	寿都郡矢追	安山岩

注 図中の数字は、表に示す岩石番号を示す。

図中のrは、相関係数を示す。

図-5(2) すべり抵抗値と岩石の品質規格との関係



No.	産地名	岩石名	No.	産地名	岩石名
1	—	安山岩	12	銭亀沢村鉄山	安山岩
2	—	硅化安山岩	13	札幌市手稲2号	安山岩
3	札幌市手稲	安山岩	14	亀田郡豊崎	玄武岩
4	札幌市篠路	安山岩	15	札幌市常盤	両輝石安山岩
5	島牧郡島牧	—	16	網走郡美幌	安山岩
6	札幌市藤野	安山岩	17	島牧郡栄浜	安山岩
7	古宇郡神恵内	変朽安山岩	18	札幌市豊平川	玉石砕石
8	—	—	19	島牧郡吹歌	変朽安山岩
9	—	—	20	岩内郡岩内	—
10	岩内郡茅沼(1)	玢岩	21	爾志郡熊石	—
11	松前郡知内	安山岩	22	寿都郡矢追	安山岩

注 図中の数字は、表に示す岩石番号を示す。

図中のrは、相関係数を示す。

図-5(3) すべり抵抗値と岩石の品質規格との関係

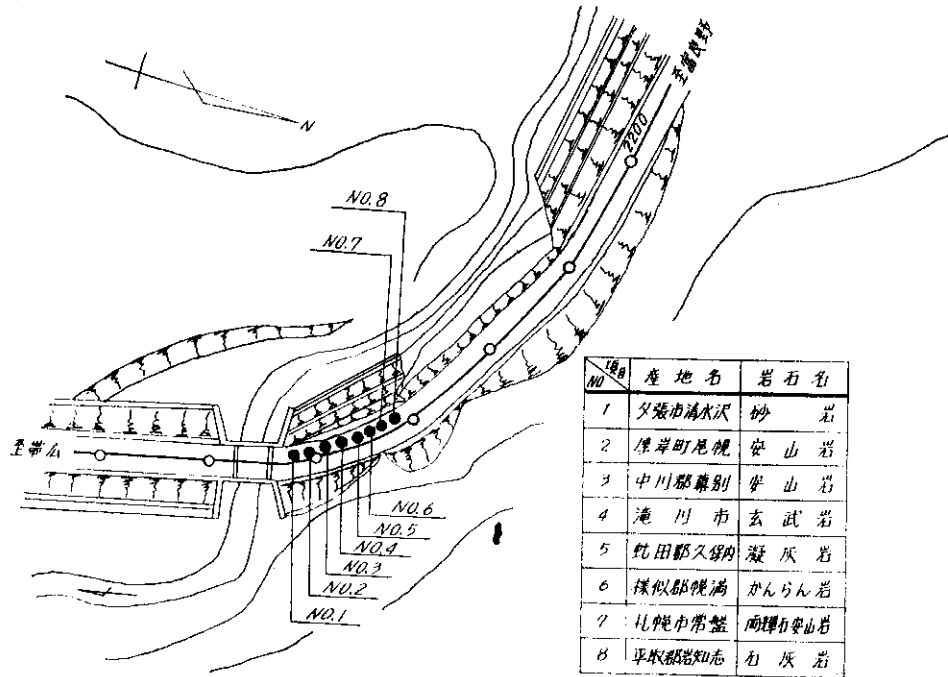


図-6 すべり抵抗値試験用供試体埋設箇所

(2) 岩石のすべり抵抗値は、加熱されることによって大きな影響は受けないようである。

(3) 安定性試験を行なった後の岩石のすべり抵抗値は増加する。

(4) ほとんどの岩石は、研磨材の種類に関係なく、ポリシングの初期において、そのすべり抵抗値は急激に低下し、その後ゆるやかに低下する。

(5) 岩石の品質規格とすべり抵抗値との間に特別な関連性は認められなかった。

以上、道内産出の岩石を対象に行なったすべり抵抗値についての2, 3の実験結果を述べたが、41年8月に帯広開発建設部管内一般国道38号狩勝峠付近に写真-3に示すような供試体を埋設して、一般交通にさらしながらすべり抵抗値の季節的変動を現在調査中である。

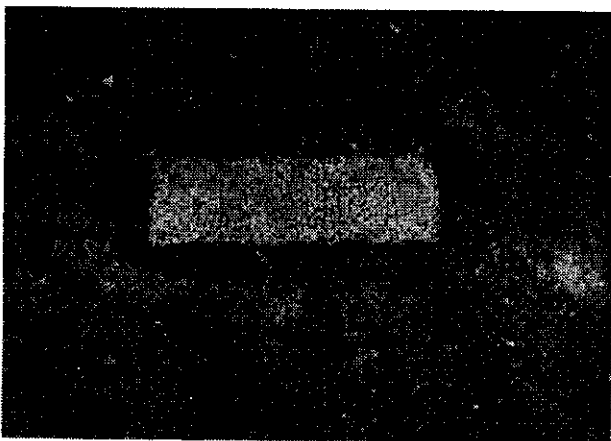


写真-3 一般国道38号狩勝峠に埋設した供試体

今後の問題点としては、アスモル、トベカおよびすべり止め合材のすべり抵抗値との比較、骨材が凍結融解作用を受けた場合の抵抗値の影響、室内実験結果と現場試験結果との関連性などについて、さらに実験を進めたいと考えている。

参考文献

1. ROAD RESEARCH LABORATORY ;
The Polishing of Roadstone in Relation to the Resistance to Skidding of Bituminous Road Surfacing, Road Research Technical Paper No. 43
2. 板倉忠三, 加来照俊, 斎藤和夫 ; 滑りに関する基礎的研究, 土木学会第21回年次学術講演会講演概要 (昭和41年5月)
3. BRITISH STANDARD 812 : 1960 ;
Determination of The Polished-stone Value