

碎石の有機剤反応試験方法改訂案

The Revised Proposal for the Test Method of the Reaction of Organic Chemicals to Crushed Stones

山西信雄* 熊谷茂樹**
上田正昭*** 塚原和昭****

Nobuo YAMANISHI, Shigeki KUMAGAI
Masaki UEDA and Kazuaki TSUKAHARA

空港アスファルト舗装が、融雪・融氷剤と碎石の反応で崩れた現象に関して、月報第376号で原因と暫定試験方法を報告した。本文では、より安定した試験方法を策定するために、試験温度、試薬濃度、散布方法、浸漬方式について実験・検討した。

その結果、最もよく反応する条件を求め、試験方法改訂案を提案した。

《アスファルト合材；碎石；細粒化；膨潤；有機物；薬液反応；崩壊；粘土鉱物；粘土化》

The asphalt pavement scaling by the reaction of the deicing chemicals was found in a airport of Hokkaido. The previous report is described for testing the reaction of the deicing chemicals to crushed stones provisionally in the monthly report of CERI No. 376.

The experiments of the chemical reaction was carried out under the various conditions of temperature, concentration of chemical solution, spray method and immerse method with the solutions. The improved test method is proposed based on the most suitable conditions for the reaction.

Keywords: asphalt mixture, crushed stone, fine-granulation, swelling, organic matter, chemical reaction, scaling, clay mineral.

まえがき

月報第376号で空港舗装アスファルト混合物の粗骨材が、粘土状に崩壊した調査例を述べた。原因は空港の特殊性で、航空機に除氷剤として吹付ける不凍液や、路面に融雪・融氷剤として散布する尿素が碎石を膨潤崩壊させることであることがわかった¹⁾。

対策は急を要したので、短期間の実験、検討で取りあえず暫定試験方法、規制値を提案した²⁾。

その後、試験方法をより安定したものとするため、試験温度、試薬濃度、散布方法の散布回数、浸漬方法について実験、検討した。本文では検討した結果のまとめと、試験方法改訂案を提案する。

1. 実験の概要

崩壊の判定と崩壊率の表わし方は、個数または乾燥重量比で表わす方法が考えられるが、この方法については議論のあるところである。実用的には個々の石が使いものにならず、崩れるか否かが問題である。したがって、試験操作によって起きる一部の角欠けを無視するために、個数で表わしている。

現在、大方の空港舗装の表層骨材は20mm級であり、崩壊個数調査の試料サイズは20~13mmを使うことにした。大きな試料サイズを用いた方が試験は容易であり、単一サイズの方が誤差は小さいからである。13mmフルイに残っていたものが、試験後10mmフルイを通過すれば崩壊と判定した。また、試験個数は一試料につ

*舗装研究室主任研究員 **同室長 ***前舗装研究室副室長 現局長官房開発調整課開発専門官 ****舗装研究室員

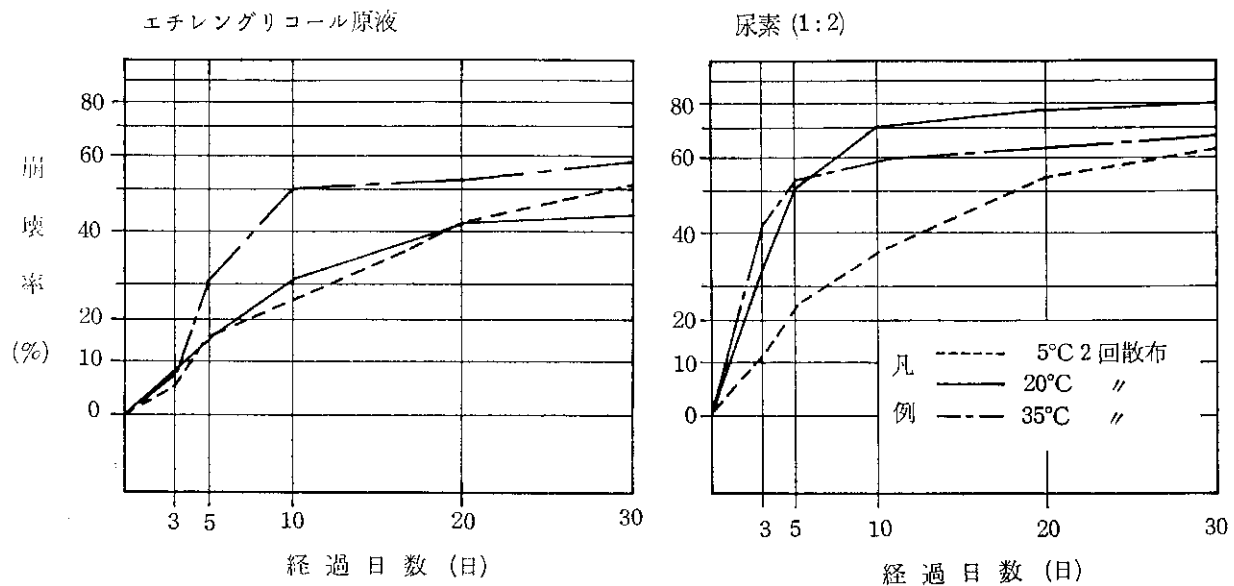


図-1 試験温度と崩壊率の関係

き 50 個を 2 グループ採取し、崩壊個数を百分率で表わした。

実験は散布方法¹⁾として、碎石に試薬をスプレーで 1 日 2 回散布した場合と、4 回散布した場合の試験温度、試薬濃度による影響を検討した。また、浸漬方法として試薬に碎石を浸し、蒸発を防ぐためラップフィルムで覆い、測定日まで恒温室または恒温水槽に放置した場合の試薬濃度による影響を検討した³⁾。

骨材の安定性試験「JIS A-1122」と同方法による反応試験も検討した。試薬はエチレングリコール (JIS K-2234 不凍液) の 1 種と尿素を主たる実験に用い、参考までに散布方法で塩化カルシウム ($\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)、塩化マグネシウム ($\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)、原塩 (NaCl)、スノーナイス、ケム・オ・プロ・スノーメルタの水溶液を試験してみた。

碎石は月報第 376 号の有機剤反応試験方法暫定案策定時に使用して、最も崩壊率の大きかった材料を用いた。

2. 実験結果と考察

2-1 試験温度の違い (散布方法)

試験温度の違いによる碎石の有機剤反応をみるため、恒温室で 5°C、20°C、35°C の 3 種類で試験をした結果を図-1 に示す。

エチレングリコール原液 10 日目の崩壊率は、温度の高い 35°C が一番反応があり、尿素 1: 水 2 水溶液については 20°C、35°C が反応しやすい。5°C の反応は遅く、試験判定日数を短かくしようとすれば、温度は高い方がよい。しかし、試験室での温度管理が容易なのは 20°C であろう。

2-2 散布回数の違い (散布方法)

有機溶材の散布回数が 1 日 2 回散布 (9 時 00 分、16:30) と 4 回散布 (9 時 00 分、11:30、14:00、16:30) による崩壊率の違いを図-2 に示す。

室温が 5°C、20°C、35°C、試薬がエチレングリコール (原液)、尿素 (尿素 1: 水 2) のどの組み合わせも散布回数 2 回、4 回の崩壊率の差は小さい。よって、散布回数は朝、夕の 2 回散布で十分である。

2-3 試薬濃度の違い (散布方法と浸漬方法)

試験温度 20°C で、濃度の違う試薬を小型スプレーで碎石に霧状にして吹きかける散布方法と、ビーカーに試薬とともに碎石を浸ける浸漬方法の 2 種類で試験した。

(1) 散布方法 (1 日 2 回)

エチレングリコールの原液および原液 7: 水 3、同じく 5: 5、3: 7、1: 9 の 5 種類、尿素については尿素 5: 水 5、同じく 1: 2、1: 9 の 3 種類の試薬をビーカーにスプレーで 1 日 2 回散布した。

図-3 で、エチレングリコールは濃度の違いにより崩壊率に影響があり、30 日目の崩壊率が 60% 以上なのは原液、7: 3、5: 5 であり、一番崩壊率の大きいのは 5: 5 である。30 日目に対する 10 日目の崩壊率の割合は 61% であった。

尿素溶液 5: 5、1: 2 の崩壊率は、30 日目で 70% 以上であった。また、30 日目に対する 10 日目の崩壊率の割合は 75% 以上あり、5: 5 と 1: 2 の崩壊割合に大きな差はなかった。しかし、試薬を作るとき尿素の溶け方は、5: 5 ではきわめて悪く困難を伴う。

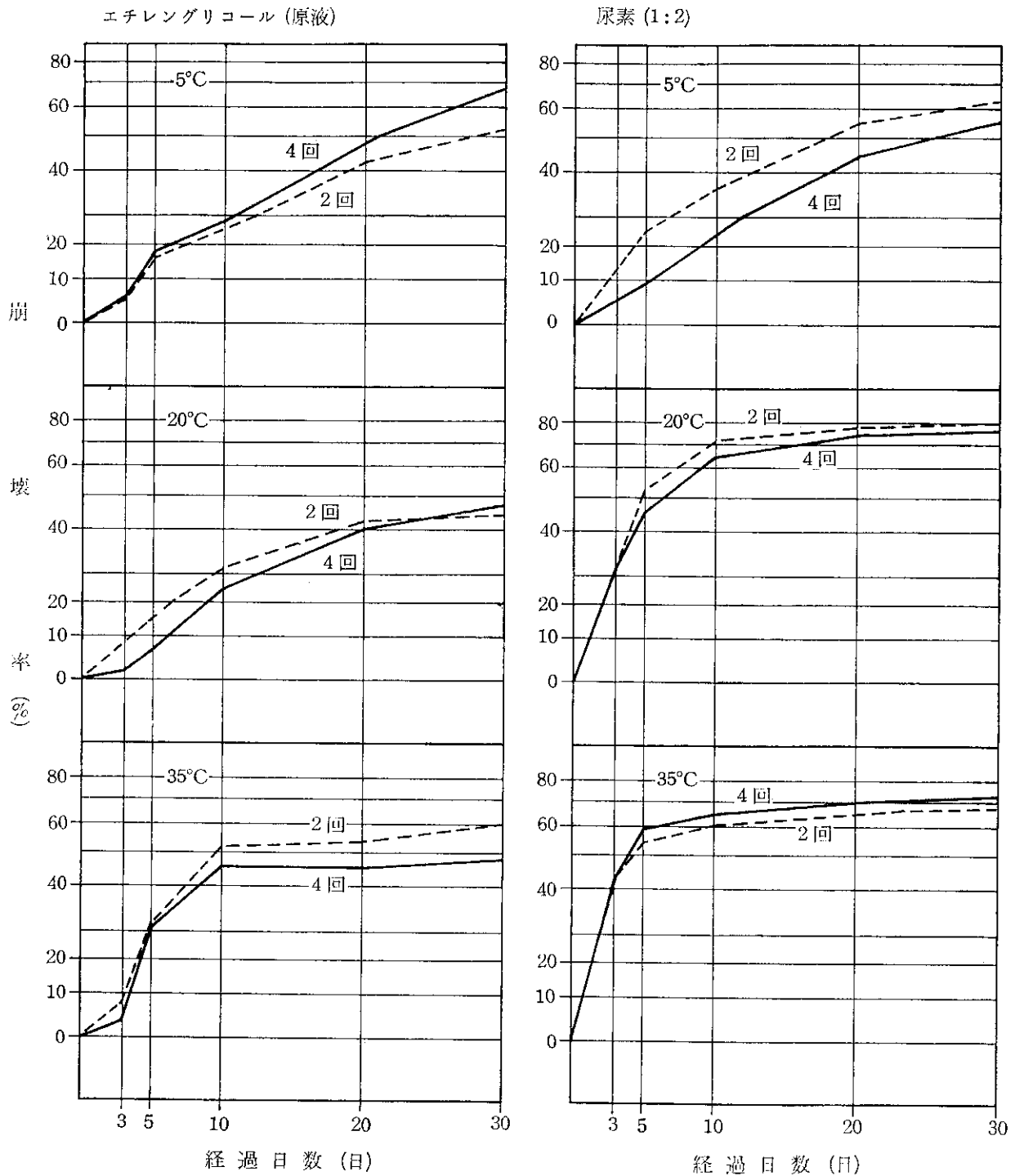


図-2 散布回数と崩壊率の関係

(2) 浸漬方法

エチレングリコールの原液および原液に1割ずつ水を増し、10種類の濃度の違う溶液を作って、ビーカーに溶液を入れ碎石を浸したものと、尿素6:水4, 1:2, 3:7, 2:8, 1:9の5種類の尿素溶液をビーカーに入れ、碎石を浸した。溶液の蒸発を防ぐため、ラップフィルムでふたをして恒温水槽に静置した。

実験結果を図-4に示す。

エチレングリコール溶液の濃度により、崩壊率は異なっている。中でも5:5の崩壊率が最も大きい。また、30日目に対する10日目の崩壊率は74%に達している。

一方、尿素1:9溶液の崩壊率は30日目でも2%と非常に小さく、その他の尿素溶液は60~70%範囲であまり差がない。最も大きいのは6:4の割合である。しかし、

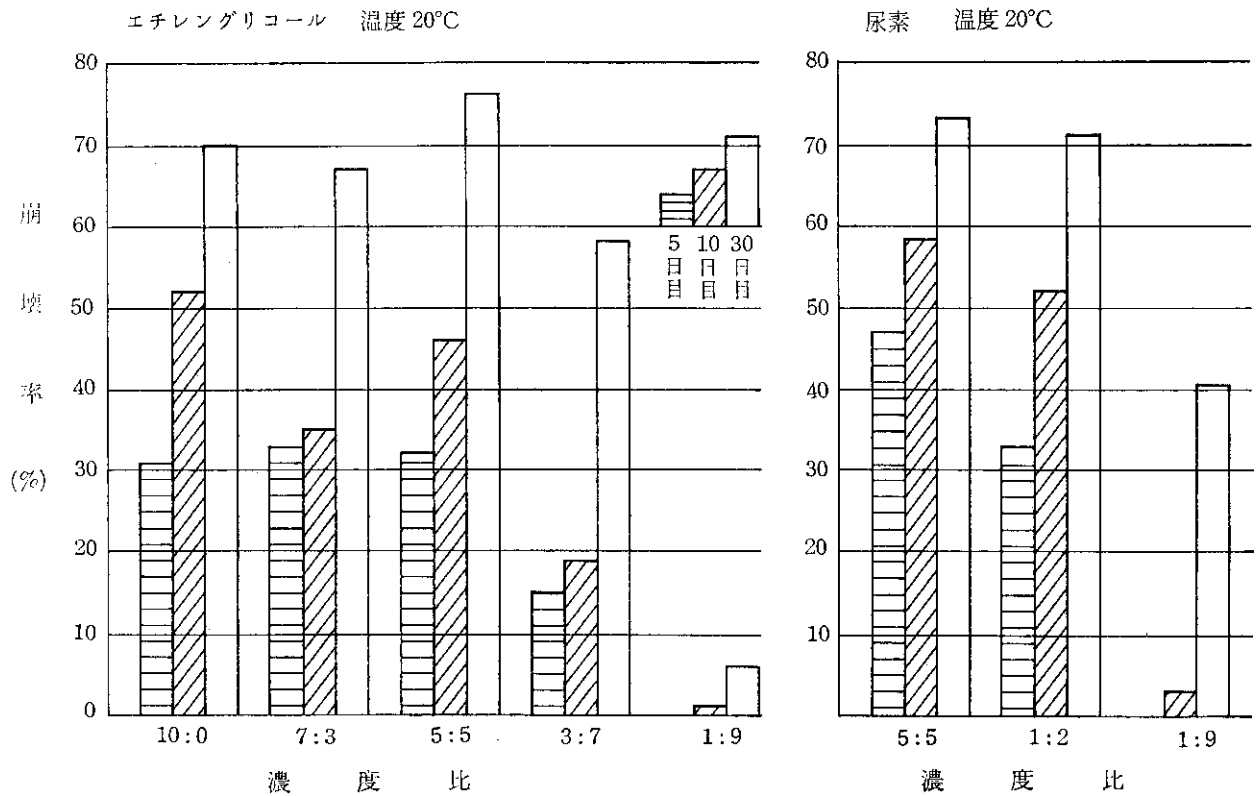


図-3 散布方法における試薬濃度の違いと崩壊率の関係

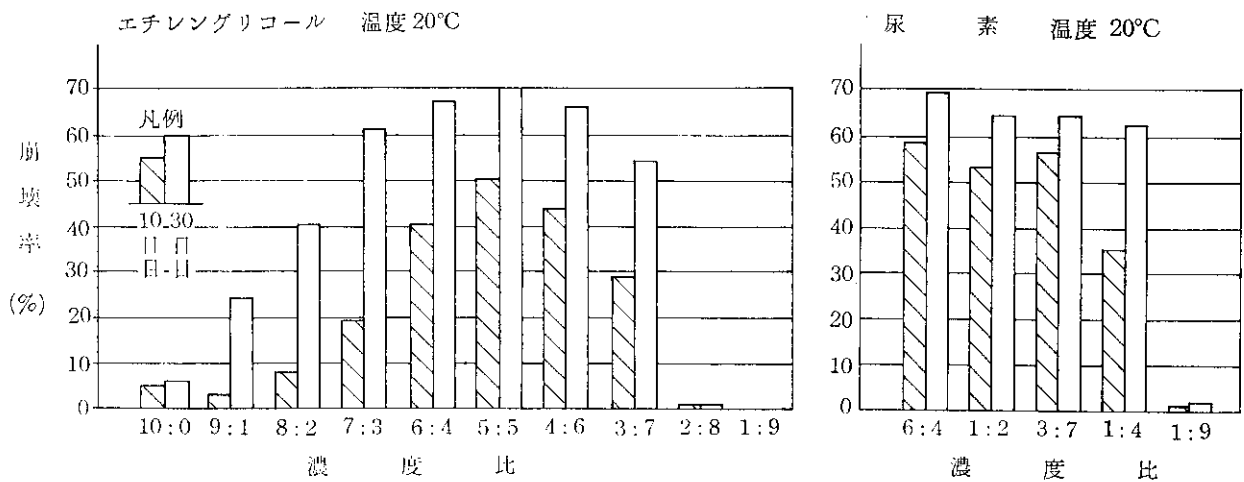


図-4 浸漬方法による試薬濃度の違いと崩壊率の関係

尿素の溶け具合はきわめて悪く、尿素1:水2の水溶液がよいようである。

2-4 骨材の安定性試験方法と同方法による場合

骨材の安定性試験は、硫酸ナトリウムの結晶圧による破壊作用に対する抵抗性を判断するものである。

今回は、この試験方法と同方法で行った。

試験用溶液は、エチレングリコール原液1:水9溶液、尿素1:水2、同じく1:9の溶液を作り、碎石とともにビーカーに入れた。20°Cに保った恒温水槽に16時間浸

漬し、その後乾燥炉で110°C4時間乾燥した後、室温まで冷やす。これらの操作を5回繰返す。試料個数、フルイ目は散布方法、浸漬方法の場合と同一とした。

試験結果を図-5に示す。

エチレングリコール原液が4%、1:9が3%、尿素溶液は1:2が16%、1:9は1%であった。崩壊率が小さく有機剤反応試験方法には向かないようである。崩壊していても乾燥後は再固結し、見かけ上は崩壊なしと判定されることが多いためである。

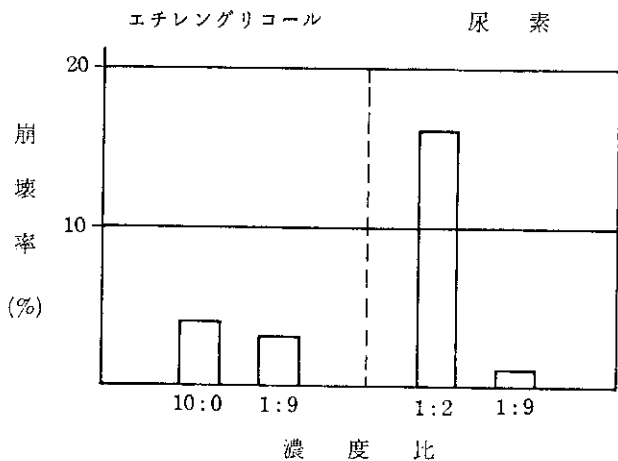


図-5 安定性試験における濃度比と崩壊率の関係

3. 試験法の策定

昨年の有機剤反応試験では、早急に予防策を講ずる必要があったので、概略の試験方法の策定をしたが、有機剤の試験温度、試薬濃度、散布回数、散布浸漬という方法の違いが影響するなら、標準試験方法の改訂が必要である。また、できるだけ簡便で確実な方法の方がよい。

試験温度は、散布式で5°C、20°C、35°Cと3種類の温度で試験をした結果、20°Cと35°Cが有機剤の反応は大きかったが、35°Cは一般的には試験室での温度管理がむずかしい。

散布回数は2回と4回とでは崩壊率の差がみられなかった。

散布方法では、エチレングリコール原液、7:3、5:5溶液による崩壊の差が小さく、最も大きかったのは5:5溶液である。尿素では5:5、1:2溶液が大きな崩壊率を示したが、尿素が水に溶ける具合は1:2溶液が最もよい。浸漬方法ではエチレングリコール5:5溶液の反応がよく、尿素6:4、1:2、3:7、1:4溶液には反応に差がないから、尿素が水に溶けやすい1:2溶液がよいである。

また、散布方法と浸漬方法の比較をすると、浸漬方法のエチレングリコール5:5溶液の30日崩壊率は70%、尿素1:2溶液が64%である。散布方法のエチレングリコール溶液5:5の30日崩壊率は76%、尿素1:2溶液が71%とエチレングリコール、尿素溶液とも散布方法の崩壊率が若干大きい。しかし、試験にかかわる手間を考えると、浸漬方法でもよいと考える。

4. 規制値

試験方法は、浸漬方法で試験温度20°C、溶液濃度はエチレングリコール5:5溶液、尿素1:2溶液とする。また、反応が緩慢で崩壊に要する期間が数カ月から数年にわたるものの中にはあるといわれている。しかし、ここでは、実用的な期間として10日目で判定することにする。

これらの方法を用いて、道内の空港で舗装表層に使用実績のある碎石を試験した結果を、表-1、図-6に示した。これらの図、表から規制値を決めるとすると、現地崩壊例が1件であり、しかもそれがかなり大きな崩壊率

表-1 道内の空港で表層に使用した碎石の試験値

産地	岩石名	表乾比 比重	吸水率 (%)	ロサンゼルス すりへり減量 (%)	安定性 損失量 (%)	10日目崩壊率 (%)		摘要
						エチレング リコール	尿素	
A	輝石安山岩	2.67	2.3	13.1	2.5	51	57	山 碎 石
B	安 山 岩	2.69	1.9	14.0	1.0	0	3	川 碎 石
C	砂岩片岩チャート 花崗岩	2.76	1.3	18.4	5.5	0	0	川 碎 石
D	安 山 岩 砂 岩	2.71	1.9	19.6	3.3	0	0	川 碎 石
E	安 山 岩	2.64	2.7	23.8	6.2	0	0	山 碎 石
F	花崗岩片麻岩砂岩	2.71	1.0	11.4	0.4	0	0	川 碎 石
G	砂岩片岩チャート 流紋岩	2.73	1.2	14.3	4.2	0	0	川 碎 石
H	安 山 岩	2.64	2.7	23.8	6.2	0	0	山 碎 石

1) 浸漬式、温度+20°C、エチレングリコール5:5液、尿素1:2液、20~13mm碎石を10mmフルイで判定。

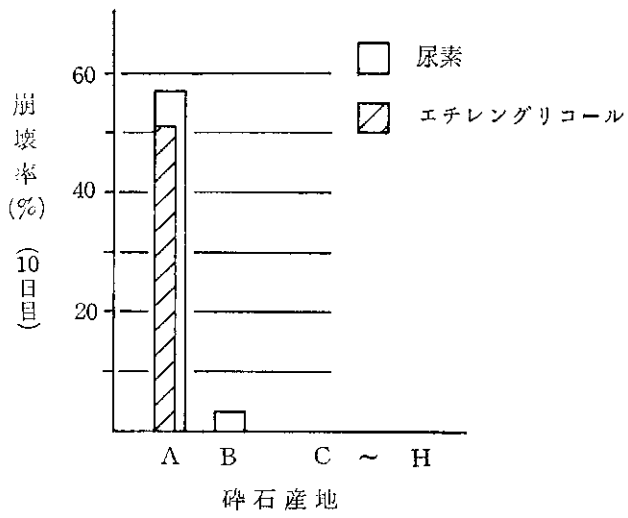


図-6 道内空港で表層に使用した碎石の有機剤による崩壊率

を示し、他のデータとかけ離れているためむずかしい。しかし、実績のある範囲で安全側に決めるとすれば、前回同様、10%以下とすることが妥当である。エチレングリコールと尿素の両方で試験して、大きい方の崩壊率が10%以下の碎石を使用することとする。なお、各空港とも融氷雪用に尿素が散布されていると報告されているが、使用頻度、量は調査していない。さて、今までは主に表層用碎石について考えてきたが、表層からの有機剤の浸透に備えるため、基準値は基層まで適用すべきであろう。

5. 有機剤反応試験方法 (改訂案)

5-1 適用範囲

この試験方法は、粗骨材の有機剤に対する反応の程度を調べる場合に適用する簡便法である。

5-2 試験用具

- 1) はかり ひょう量 1kg, 感量 0.1g
- 2) フルイ 10mm, 13mm, 20mm フルイ

- 3) ビーカー ガラス製 (1000cc) 4個
- 4) ホーローバット
- 5) スプーン 柄の長いもの
- 6) 恒温水槽 +20°C±1°C に温度が保てるもの
- 7) ラップフィルム 輪ゴム

5-3 試薬

1) エチレングリコール 市販の自動車用不凍液 (JIS K-2234 不凍液の1種) を5:水5の容積比の水溶液。

2) 尿素液 尿素1:水2を重量比で水溶液としたもの。

5-4 試験用骨材

フルイを用いて20mmを通過し、13mmにとまる骨材を200個とる。ビーカーに50個ずつ入れ番号を付す。

5-5 試験方法

- 1) 試験温度は恒温水槽で20±1°Cに保つ。
- 2) ビーカーの骨材が全部浸漬するまで試薬を注ぐ。試薬1種類でビーカー2個分 (骨材100個) とする。
- 3) 溶液の蒸発を防ぐため、ビーカーにラップフィルムをかけ、輪ゴムで止める。
- 4) 10日目にビーカーごとに骨材をバットに広げて、水をかけながら指で軽く押ししたり、曲げたりして壊れるものを確認する。
- 5) 試料全量を10mmフルイを通して、フルイにとまる個数を数えて崩壊個数を求める。

5-6 報告

- 1) 骨材産地名 (採取事業所名含む)
- 2) 岩石名
- 3) 使用試薬名
- 4) 試験温度
- 5) 10日目の崩壊骨材個数
- 6) その他観察事項

注1) 報告様式 (表-2)

表-2 有機剤反応試験結果

整理番号	骨材産地	会社名	岩石名	試薬	崩壊個数		備考
					10日目		
					50個当たり	100個当たり	
	〇〇郡	〇〇興業	輝石 安山岩	エチレングリコール	5	11	
	〇〇町				6		
	〇〇			尿素	10	21	
	〇〇				11		

2) 崩壊骨材を指で確認するのは、小さなきれつや角部で崩れるものを確認するのであるから、むやみに力を入れて破壊してはならない。

3) 20 mm 級の骨材で2つに割れ、10 mm フルイをとおらないものは、崩壊とみない。

4) X線回折を並行して実施するのが望ましい。この場合、造岩鉱物や変質の程度によってグループ分けし、各々のグループについて実施するとよい。

6. ま と め

- 1) 試験温度と試薬濃度によって崩壊に差がでる。
- 2) 散布回数によって差は小さい。
- 3) 浸漬方法は散布方法に比べて崩壊率は若干小さいが、その差は小さく、手間がかからない。
- 4) 有機剤反応試験方法改訂案を提案した。
- 5) 空港舗装用碎石は、上記試験方法による崩壊率が10%以下のものを使用すべきと提案した。

あ と が き

できるだけ簡便で、確実な試験方法を考えたつもりである。これによって、空港舗装の膨潤崩壊が防止できれば幸いである。なお、月報第376号にも述べたように、本試験案による崩壊率は、モンモリロナイトの含有率ではないことをおことわりしておく。

最後に碎石試料を提供していただいた、道内の各空港担当の建設事務所、事業所の方々に対し、謝意を表する。

参 考 文 献

- 1) 熊谷，鈴木，山西； 舗装用碎石の膨潤崩壊について，土木試験所月報，第376号，1984.9，pp. 33-47.
- 2) 北海道開発局； 港湾・空港工事仕様書（空港編），昭和60年版，昭和61年版，pp. 310-311.
- 3) 塚原，熊谷，山西； 碎石の有機剤反応試験方法改訂案，第14回北海道開発局空港技術研究会議，昭和60年10月.

*

*

*