

## [71] 薄層舗装用セメントモルタルのすりへり抵抗に関する実験

正会員 ○ 中 丸 貢 (大成道路技術研究所)

正会員 福 田 萬 大 (大成道路技術研究所)

伊 藤 文 隆 (大成道路技術研究所)

## 1. まえがき

すりへり(ラベリング)を受けた一般道路や摩耗(ポリッシング)を受けた工場構内のコンクリート舗装表面を補修する場合は、主に、アスファルトコンクリートにより厚さ4cm程度のオーバーレイを行っているのが現状である。しかし、アスファルトコンクリートのすりへりは、セメントコンクリートの2倍程度といわれていることから<sup>1)</sup>、補修材料としてすりへり抵抗(すりへり、摩耗)のすぐれたセメントモルタルでオーバーレイすることができれば、維持補修費の低減をはかることが可能であると予想される。従来、セメント系材料のすりへりに関する既往の研究の多くは、コンクリートに関するものであり<sup>2)</sup>、モルタルに関しての資料は比較的少ない。

本実験は、モルタルに使用する細骨材の材質を要因として取り上げ、水セメント比や細骨材量を変化させ、スパイクタイヤによる回転式すりへり試験およびテーパ摩耗試験を行い、すりへり抵抗にすぐれたモルタルを得るための配合について検討したものである。

## 2. 実験方法

## 2-1 使用材料および配合

実験には、普通ポルトランドセメント(比重 3.15)および表-1に示す7種類の細骨材を使用した。実験は2シリーズに分けて、表-2に示す配合でそれぞれ回転式すりへり試験およびテーパ摩耗試験を行った。

シリーズIでは、材質の異なる6種類の細骨材(最大寸法 1.2mm)を使用し、細骨材量を容積で50%一定、水セメント比を40、50および60%の3種類変化させたモルタルを用いた。

シリーズIIでは、細骨材として、アスファルト舗装要綱による7号砕石(5~2.5mm 奥多摩産)および細目砂(河川産)の混合砂を用い、水セメント比を40%一定、細骨材量を2種類変化させたモルタルを使用した。

なお、シリーズI、IIの比較用として、舗装コンクリート(最大寸法 30mm、水セメント比 45%、スランブ 2.5cm)、土間コンクリート(最大寸法 30mm、水セメント比 65%、スランブ 8cm)および耐摩耗用として用いられている細粒度ギャップアスファルトコンクリート(13F)

表-1 細骨材の種類

| 番号 | 実験<br>シリーズ | 細 骨 材<br>の 材 質 | 比重   | 旧モース<br>硬 度 | 加積通過重量百分率(%) |     |     |     |     |      | 粗粒率<br>(F.M) |
|----|------------|----------------|------|-------------|--------------|-----|-----|-----|-----|------|--------------|
|    |            |                |      |             | 5mm          | 2.5 | 1.2 | 0.6 | 0.3 | 0.15 |              |
| 1  | I          | 鉄 粒            | 7.88 | 7           | —            | 100 | 99  | 60  | 14  | 1    | 2.26         |
| 2  |            | アルミナ人工骨材       | 3.91 | 8           | —            | —   | 100 | 51  | 2   | 0    | 2.47         |
| 3  |            | 磁器人工骨材         | 2.33 | 7.5         | —            | —   | 100 | 76  | 35  | 14   | 1.75         |
| 4  |            | 天然エメリー         | 2.98 | 7.5         | —            | —   | 100 | 55  | 10  | 0    | 2.35         |
| 5  |            | ニッケルスラグ        | 3.11 | 7.5         | —            | 100 | 94  | 65  | 34  | 12   | 1.95         |
| 6  |            | け い 砂          | 2.59 | 7           | —            | 100 | 94  | 52  | 23  | 2    | 2.29         |
| 7  | II         | 7号砕石+細目砂       | 2.62 | 7           | 100          | 42  | 30  | 26  | 12  | 1    | 3.97         |

表-2 モルタルの配合

| 実験<br>シリーズ | 番号  | 細 骨 材<br>の 材 質 | Sv<br>(%) | w/c = 40%        |              |              |               | w/c = 50%        |               |               |               | w/c = 60%        |              |              |              |
|------------|-----|----------------|-----------|------------------|--------------|--------------|---------------|------------------|---------------|---------------|---------------|------------------|--------------|--------------|--------------|
|            |     |                |           | 単位水量<br>(kgw/mt) |              | フロー値<br>(mm) |               | 単位水量<br>(kgw/mt) |               | フロー値<br>(mm)  |               | 単位水量<br>(kgw/mt) |              | フロー値<br>(mm) |              |
|            |     |                |           | 単位水量<br>(kgw/mt) |              | フロー値<br>(mm) |               | 単位水量<br>(kgw/mt) |               | フロー値<br>(mm)  |               | 単位水量<br>(kgw/mt) |              | フロー値<br>(mm) |              |
| I          | 1   | 鉄 粒            | 50        | 279              | 109<br>(8.0) | 306          | 124<br>(12.1) | 327              | 129<br>(13.8) | 131<br>(10.0) | 131<br>(10.0) | 190<br>(10.2)    | 219<br>(7.5) | 268<br>(1.5) | 268<br>(1.5) |
|            | 2   | アルミナ人工骨材       |           |                  |              |              |               |                  |               |               |               |                  |              |              |              |
|            | 3   | 磁器人工骨材         |           |                  |              |              |               |                  |               |               |               |                  |              |              |              |
|            | 4   | 天然エメリー         |           |                  |              |              |               |                  |               |               |               |                  |              |              |              |
|            | 5   | ニッケルスラグ        |           |                  |              |              |               |                  |               |               |               |                  |              |              |              |
|            | 6   | け い 砂          |           |                  |              |              |               |                  |               |               |               |                  |              |              |              |
| II         | 7-1 | 7号砕石+細目砂       | 74        | 40               | 145          | 363          | 1465          | 474              | 163           | 163           | 163           | 163              | 163          | 163          | 163          |
|            | 7-2 |                | 50        |                  | 279          | 697          | 990           | 320              | 163           | 163           | 163           | 163              | 163          | 163          | 163          |

注1. 設計空気量は、いずれの場合も0%として計算した。

注2. 表中Svは、細骨材の容積割合を示す。

注3. 表中フロー値欄の( )内は空気量(%)を示す。

を使用した。

## 2-2 シリーズⅡの配合試験方法

シリーズⅡで用いた配合番号7-1のモルタルは、コテ仕上げのモルタルとくらべ、単位水量が少なく、細骨材量の多い配合で、締固めをローラ転圧により行ったものである。この配合は、ハンマ式締固装置（ハンマ重量 4.5 K $\phi$ w、落下高 45.7 cm）を用い、 $\phi 10 \times 10$  cm 供試体の締固試験を行い定めたもので、配合試験の手順を以下に示す。

① モルタルの最適締固率（供試体密度÷理論最大密度×100）を得る、7号碎石と細目砂の合成粒度の選定（図-1参照）。

② 30回締固めた供試体の空隙率（100-締固率）が5%となる単位水量の選定（図-2参照）。

## 2-3 回転式すりへり試験方法

スパイクタイヤによるすりへり試験は、図-3に示す回転式すりへり試験機を使用した。これは、回転テーブル上に8個の台形供試体を設置し、テーブルおよびタイヤを回転させることによって、供試体をすりへらすものである。なお、すりへり深さの測定には、1/100 mm のデジタル式変位計を用いた。回転式すりへり試験条件を表-3に示す。

## 2-4 テーバ摩耗試験方法

テーバ摩耗試験は、JISA1453に準じテーバ式摩耗試験装置およびH-22相当の摩耗輪を使用した。これは、 $\phi 10 \times 1$  cm の円形供試体をテーブルに設置し、テーブルおよび2個の摩耗輪の回転によって、供試体を摩耗させるものである。なお、摩耗深さの測定には、1/100 mm のデジタル式変位計を用いた。テーバ摩耗試験条件を表-4に示す。

## 3. シリーズⅠの実験結果

モルタルのすりへり抵抗に影響を及ぼす要因としては、細骨材の材質（硬度、表面の粗さ等）、細骨材の粒度（最大寸法、粗粒率）、細骨材量、水セメント比（モルタルの強度）、単位水量（フロー値）、空気量などが考えられる。

シリーズⅠでは、これら要因のうち、細骨材量を一定（ $S_v = 50\%$ ）とし、細骨材の材質および水セメント比を変化させたモルタルのすりへり抵抗について検討した。

### 3-1 細骨材の材質の影響

#### (1) 回転式すりへり試験結果

細骨材の材質とすりへり深さの関係を調べた結果は、図-4のようである。図から、モルタルのすりへり深さは、細骨材の材質によって異なり、また、水セメント比が小さいほど小さくなる結果であった。細骨材の材質のうち鉄粒やアルミ

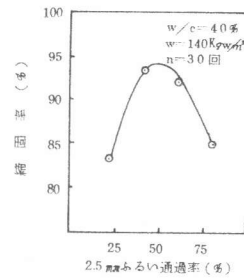


図-1 2.5mm通過率と締固率

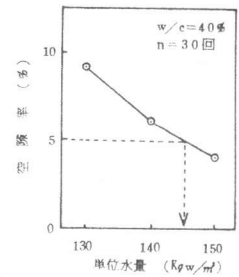


図-2 単位水量と空隙率

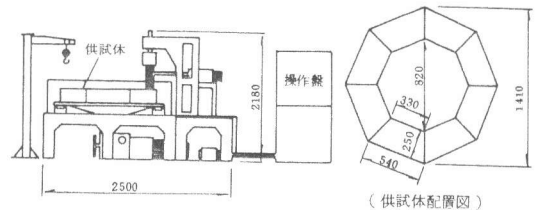


図-3 回転式すりへり試験機概略図

表-3 回転式すりへり試験条件

| 項 目      | 試 験 条 件                 |
|----------|-------------------------|
| テーブル回転速度 | 100 r. p. m             |
| 回転速度     | 200 r. p. m             |
| シリンダ圧力   | 2.0 Kgf/cm <sup>2</sup> |
| 接地圧      | 2.8 Kgf/cm <sup>2</sup> |
| シフト量     | ±35 mm                  |
| シフト速度    | 1往復/分                   |
| スパイク種類   | 5.20-10-4PR             |
| スパイク本数   | 76 本                    |
| 空気圧      | 2.0 Kgf/cm <sup>2</sup> |
| 試験温度     | 5℃                      |
| 路面の乾潤    | 湿潤（約3ℓ/分）               |

表-4 テーバ摩耗試験条件

| 項 目     | 試 験 条 件                    |
|---------|----------------------------|
| 回 転 速 度 | 60 r. p. m                 |
| 試 験 荷 重 | 1000 g                     |
| 摩 耗 輪   | H-22 相当<br>(GC-80-G-m-VB4) |
| 試 験 温 度 | 20℃                        |

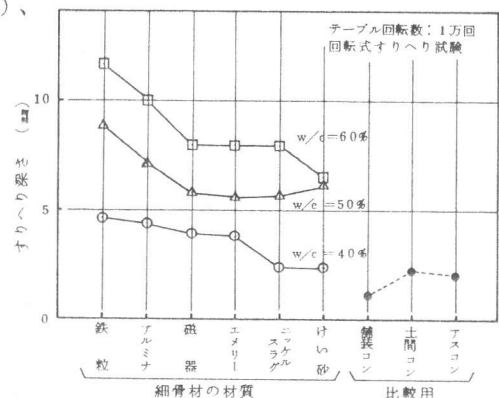


図-4 細骨材の材質とすりへり深さの関係

ナのすりへり深さは、水セメント比が50%および60%の場合、他とくらべ大きい。これは鉄粒やアルミナの表面形状が他より滑らかなものであるため、水セメント比の大きいものはペーストとの付着が悪くなり、骨材のはがれやすくなったことによるとと思われる。最もすりへり深さの小さい水セメント比40%のモルタルを比較用として示したコンクリートやアスコンとくらべると、モルタルのすりへり深さは、いずれも同等か大きい。

## (2) テーバ摩耗試験結果

細骨材の材質と摩耗深さの関係を求めた結果は、図-5のようである。図から、モルタルの摩耗深さは、細骨材の材質により変化し、また、水セメント比が小さいほど小さくなるのがわかる。鉄粒やアルミナの摩耗深さは、いずれも他とくらべ小さく、回転式すりへり試験の傾向と異なる結果であった。これは、回転式すりへり試験の場合、モルタルを削りながらすりへらすのに対し、テーバ摩耗試験は表面を磨きながらすりへらすため、骨材のはがれの影響が少ない事によると考える。摩耗深さの小さい水セメント比40%のモルタルを比較用としたコンクリートやアスコンとくらべると、摩耗深さは、同等か小さい。

## 3-2 モルタル強度（曲げ強度）の影響

### (1) 回転式すりへり試験結果

モルタルの曲げ強度とすりへり深さの関係を図-6に示す。図から、すりへり深さは、曲げ強度の増加とともに小さくなる傾向にある。これは、モルタルの曲げ強度が大きい（水セメント比の小さい）ほど、骨材のはがれの影響が少ないためではないかと推測される。ただし、鉄粒やエメリーのすりへり深さは、同じ曲げ強度でも他より大きく、材質の影響も見られる。

### (2) テーバ摩耗試験結果

モルタルの曲げ強度と摩耗深さの関係は、図-7のとおりで、曲げ強度が大きくなるに従い、摩耗深さは小さくなる結果であった。ただし、曲げ強度が60~70  $\text{Kgf/cm}^2$  以下の場合、摩耗深さは急激に大きくなるものもある。これは、曲げ強度が60~70  $\text{Kgf/cm}^2$  以下のものは、水セメント比が大きいモルタルであるため、ブリーディングの影響を受けたのではないかとと思われる。

## 4 シリーズⅡの実験結果

シリーズⅡでは、細骨材に粒径が5~2.5mmの碎石と細目砂の混合砂を用い、水セメント比40%一定、細骨材の粒度一定で、細骨材量（Sv）を変化させたモルタルのすりへり抵抗について検討した。また、シリーズⅠで最もすりへり深さの小さかった最大寸法1.2mmのけい砂および摩耗深さの小さかった最大寸法1.2mmの鉄粒を比較用として取り上げ、水セメント比40%、細骨材量50%一定で、最大寸法の影響についても調べた。

### 4-1 回転式すりへり試験結果

モルタルのすりへり抵抗は、細骨材量が多いほど、また、細骨材の最大寸法が大きいほど小さくなるであろうと予想されるが、これについて調べた結果を図-8に示す。図から、細骨材量（Sv）についてみると、Sv =

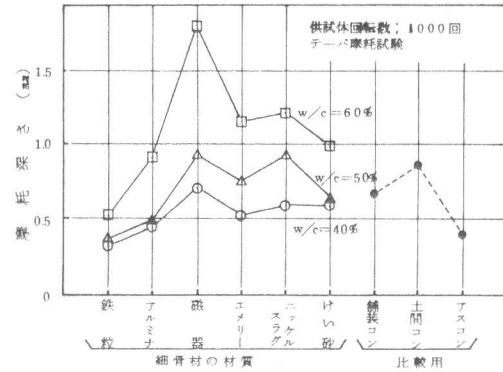


図-5 細骨材の材質と摩耗深さの関係

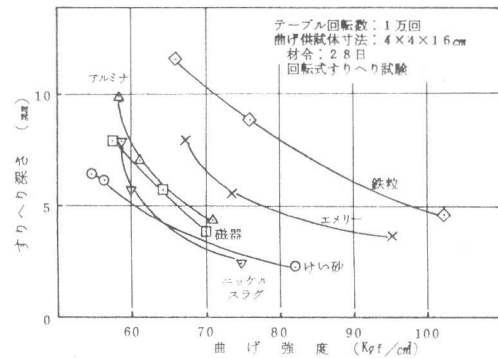


図-6 曲げ強度とすりへり深さの関係

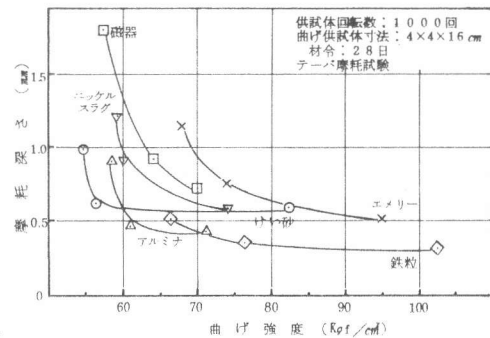


図-7 曲げ強度と摩耗深さの関係

50%とSv=74%のすりへり深さは、ほとんど差がない結果であつた。これは予想と異なるが、モルタルの空気量はSv=74%が4.6%であるのに対し、Sv=50%は2.0%と小さいことも影響しているのではないかと推測される。

最大寸法についてみると、最大寸法5mmでSv=50%の碎石のすりへり深さは、テーブル回転数5万回で、最大寸法1.2mmのけい砂の $\frac{1}{2}$ 以下ときわめて小さいのがわかる。また、比較用のコンクリートやアスコンとくらべると、最大寸法5mmのすりへり深さは、Sv=50%、Sv=74%の両者とも舗装コンよりは大きい、土間コンやアスコンよりは小さい。

#### 4-2 テーバ摩耗試験結果

図-9に、細骨材量や最大寸法がモルタルの摩耗深さに及ぼす影響について調べた結果を示す。図から、細骨材量についてみると、Sv=50%とくらべSv=74%の摩耗深さは大きく、回転式すりへり試験と同様、予想と異なる結果であつた。最大寸法5mmでSv=50%の碎石を最大寸法1.2mmの鉄粒と比較すると、摩耗深さは同程度であるのがわかる。比較用のアスコンやコンクリートとくらべ、Sv=50%の摩耗深さは、どれよりも小さく、Sv=74%の場合、アスコンより大きいが舗装コンや土間コンよりも小さい。

#### 5 まとめ

モルタルのすりへり抵抗に及ぼす要因として、シリーズIでは細骨材の材質（鉄粒、アルミナ人工骨材、磁器人工骨材、天然エメリー、ニッケルスラグ、けい砂）や水セメント比（モルタル強度）を、シリーズIIでは細骨材量、最大寸法を取り上げ、それぞれについて回転式すりへり試験およびテーバ摩耗試験によりすりへり性状を調べた結果をまとめると以下のようである。

- ① シリーズI：細骨材の材質によってすりへり深さや摩耗深さは異なるが、試験方法の違いによりその傾向は異なる。すなわち、回転式すりへり試験はモルタルを削りながらすりへらすため、骨材とペーストとの付着が悪いと骨材のはがれやすくなりすりへり深さは大きくなるが、テーバ摩耗試験は表面を磨きながらすりへらすため、骨材のはがれの影響は少ない。また、細骨材の材質を一定とした場合水セメント比が小さい（モルタル強度が大きい）ほどすりへり深さ、摩耗深さとも小さくなる（図-4、5、6、7参照）。
- ② シリーズII：最大寸法5mmの回転式すりへり試験機によるすりへり深さは、シリーズIで最もすりへり深さの小さい最大寸法1.2mmのけい砂の $\frac{1}{2}$ 以下と小さい（図-8参照）。
- ③ すりへり抵抗にすぐれたモルタルの配合は、水セメント比を施工可能な限り小さく（ $W/C = 40\%$ 以下）することや、細骨材には5~2.5mmの碎石と細目砂の混合砂（使用割合75：25程度）を使用するのが有効である。なお、混合砂に用いる5~2.5mmの最適使用割合、細骨材量、モルタルのフロー値、空気量の影響については今後の検討課題と考える。

#### <参考文献>

- 1) 北海道土木技術会；「北海道におけるコンクリート舗装の調査」道路とコンクリート・NO.52
- 2) 宮崎都三雄；「コンクリートの耐久性(3)コンクリート舗装とすりへり抵抗」道路とコンクリートNO.49
- 3) (社)日本道路協会；「アスファルト舗装要綱」

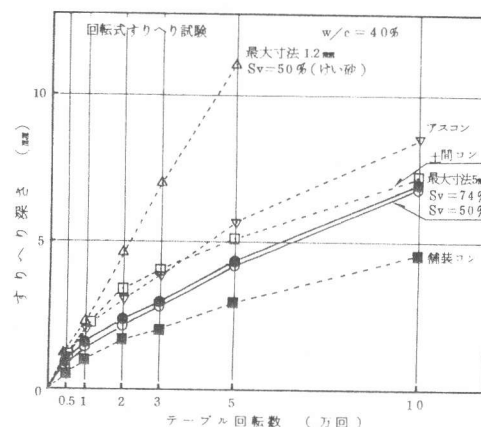


図-8 テーブル回転数とすりへり深さの関係

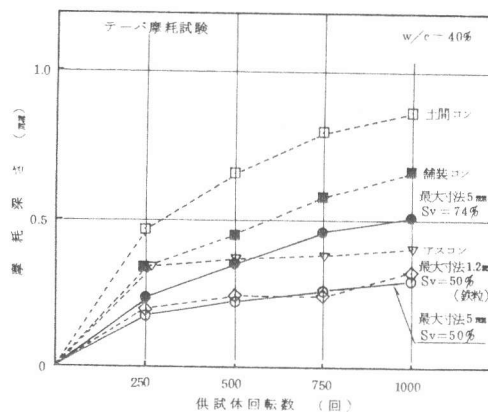


図-9 供試体回転数と摩耗深さの関係