

## V-6

硬練りモルタルの強度性状に及ぼす細骨材の影響  
(インターロッキングブロックの表層モルタル強度)

住友セメント(株) 正会員 ○ 渡辺 夏也  
住友セメント(株) 金谷 弘  
住友セメント(株) 安居新五郎

## 1. まえがき

インターロッキングブロックは高振動加圧即時脱型方式により製造される舗装用コンクリートブロックであり、一般には基層コンクリートと表層モルタルの2層から成っている。このブロック舗装では供用に伴う表層部の破損や角欠けを生ずることがあるが、これらはブロックの品質、施工、供用状況等に起因する場合が多い。

本研究はブロック自体の品質の改善により、こうした破損を低減、防止することを目的とし、主として硬練り(表層用)モルタルの使用材料および配合が、その強度性状に及ぼす影響について検討したものである。

## 2. 予備実験(細骨材の物理的性質がモルタルの性状に及ぼす影響)

本実験に先立ち、細骨材の物理的性質とモルタルの強度性状との関係について、普通ポルトランドセメントおよび表1に示す11種の細骨材を用い、水セメント比50%、砂セメント比200%のモルタルによる強度試験を実施した。供試体は圧縮試験用 $\phi 10 \times 20 \text{ cm}$ 、割裂引張試験用 $\phi 15 \times 15 \text{ cm}$ とし、材令1年まで水中養生を行った。表2に細骨材の物理的性質と強度試験結果との単相関係数を示す。本予備実験の範囲では、モルタルの圧縮強度は骨材の粒度分布と、引張強度は骨材の実積率および粒度分布と有意な相関係数を示している。

表1 細骨材の物理的性質

| 種類  | 表乾比重 | 吸水率(%) | 実積率(%) | 粗粒率  | 洗い損率(%) |
|-----|------|--------|--------|------|---------|
| 川砂  | 2.60 | 2.06   | 65.0   | 2.59 | 2.53    |
| 砂   | 2.61 | 2.62   | 64.4   | 2.81 | 4.20    |
| 陸砂  | 2.62 | 1.35   | 68.1   | 2.49 | 1.84    |
| 砂   | 2.62 | 1.69   | 65.2   | 2.32 | 1.88    |
| 山砂  | 2.61 | 0.82   | 63.6   | 3.18 | 2.60    |
| 砂   | 2.59 | 1.63   | 70.9   | 2.98 | 0.40    |
| 海砂  | 2.54 | 2.05   | 65.2   | 2.72 | 0.77    |
| 砂   | 2.56 | 1.84   | 64.8   | 2.63 | 2.00    |
| うろく | 2.60 | 2.53   | 57.7   | 2.27 | 4.70    |
| 砂   | 2.56 | 4.66   | 59.4   | 2.49 | 2.40    |
| 砕砂  | 2.59 | 2.21   | 64.3   | 3.43 | 3.50    |

## 3. 実験概要

表2 細骨材の物理的性質とモルタル強度との単相関係数

| 測定項目  | 表乾比重 | 吸水率   | 実積率  | 粗粒率   | 洗い損率  | 粒度分布  |       |       |       |       |       |
|-------|------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|       |      |       |      |       |       | ~2.5  | ~1.2  | ~0.6  | ~0.3  | ~0.15 | ~0    |
| フロー   | 0.20 | -0.58 | 0.91 | 0.04  | -0.54 | 0.44  | 0.09  | -0.87 | 0.12  | 0.67  | -0.65 |
| 弾塑性係数 | 0.45 | -0.27 | 0.23 | -0.42 | -0.21 | -0.11 | -0.39 | -0.27 | 0.29  | 0.59  | -0.13 |
| 圧縮強度  | 0.31 | 0.07  | 0.02 | 0.39  | 0.55  | 0.68  | 0.33  | -0.27 | -0.68 | -0.06 | 0.51  |
| 引張強度  | 0.31 | -0.50 | 0.68 | 0.27  | -0.10 | 0.55  | 0.24  | -0.64 | -0.08 | 0.21  | -0.29 |

\*: 5%危険率で有意

\*: 1%危険率で有意

細骨材の粒度分布(予備実験結果)

および硬練りモルタルの配合が、強度性状に及ぼす影響について検討するため、普通ポルトランドセメントおよび粒度調整砂を用いたモルタルの、空隙

率、圧縮強度および割裂引張強度試験を実施した。粒度調整砂(P4は無調整砂)の物理的性質を表3に、粒度分布を図1に示す。基本配合は水セメント比25%、単位セメント量300, 400, 500 $\text{kg/m}^3$ および水セメント比20%、単位セメント量600 $\text{kg/m}^3$ である。また、即時脱型が可能な範囲で、単位水量を変化させた配合についても一部検討した。供試体( $\phi 10 \times 20 \text{ cm}$ )は高振動加圧成型機により成形し、即時脱型した後材令28日まで湿空(R.H.90%)にて養生した。空隙率は脱型時重量と配合上の理論重量との差より算出し、強度試験はそれぞれのJISに準じた。

さらに、硬練りモルタルの実験から得られた結果をインターロッキングブロックの表層へ適用するため、基層コンクリートの材料、配合および表層モルタルの配合が同一条件で、表層の使用砂だけが異なる3種のブロックを試作し、強度試験を行った。圧縮強度はブロックの全面載荷試験により、曲げ強度は表層モルタル(ブロック表面)を曲げ引張側としたスパン18cmの中央一点載荷試験により、材令28日において行った。

## 4. 実験結果および考察

図2にセメント量を考慮した骨材の実積率(示方配合上の砂セメント

表3 粒度調整砂の物理的性質

| 記号 | 表乾比重 | 吸水率(%) | 実積率(%) | 粗粒率  | 洗い損率(%) |
|----|------|--------|--------|------|---------|
| P1 | 2.58 | 2.30   | 65.9   | 4.01 | 0.33    |
| P2 | 2.57 | 2.44   | 67.7   | 3.66 | 0.73    |
| P3 | 2.60 | 2.53   | 67.3   | 3.21 | 1.04    |
| P4 | 2.58 | 2.60   | 67.1   | 2.87 | 1.05    |
| P5 | 2.58 | 2.94   | 64.3   | 2.30 | 1.59    |

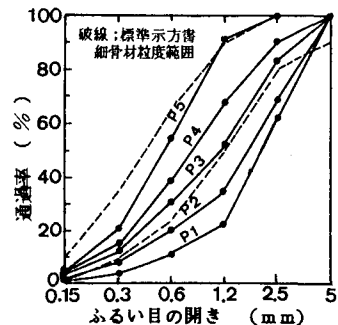


図1 粒度調整砂の粒度分布

比となるよう細骨材とセメントを混合した場合の実積率）とモルタルの空隙率の関係を示した。実積率が高いほど、あるいは単位セメント量が多いほど、モルタルの空隙率は小さくなり、どのセメント量においても、細骨材の粒度分布の違いがモルタルの空隙率に大きな影響を及ぼす傾向が認められた。

図3はモルタルの空隙率と圧縮強度の、図4は空隙率と引張強度の関係を示したものであり、空隙率の増加に伴い、圧縮および引張強度は低下する。すなわち、単位セメント量が少ないほど、あるいはセメント量を考慮した骨材の実積率が低い粒度調整砂を用いたモルタルほど、空隙率が増加し、強度が低くなる傾向を示した。なお、モルタルの空隙率と圧縮および引張強度の関係において、単位セメント量 $600\text{kg}/\text{m}^3$ の空隙率が幾分大きくなる傾向を示したが、これは単位水量が多くなり過ぎたため水セメント比を下げたことによるものと思われる。

図5に最も高い強度を示した粒度調整砂（P2）を用いた場合の、単位水量と空隙率および強度の関係を示した。即時脱型が可能な範囲において、単位水量の増加に伴い圧縮強度は低下するが、逆に引張強度は増加する傾向を示した。これは水量の増加に伴う、水セメント比の増加、モルタル空隙率の減少等による複合作用と思われるが、即時脱型が可能な単位水量の範囲は狭く、その範囲内での水量の増減が強度性状に及ぼす影響は他の要因に比べ小さいようである。

以上の結果より、細骨材の物理的性質およびモルタルの配合について、硬練りモルタルの強度性状に関する多変量解析を行い、以下の強度推定式を得た。

$$\sigma_t = 0.091 \cdot C + 1.60 \cdot A_v + 6.97 \cdot FM - 144.7 \quad (r=0.947)$$

$$\sigma_c = 1.05 \cdot C + 16.2 \cdot A_v + 59.2 \cdot FM - 1455 \quad (r=0.973)$$

ここで、 $\sigma_t$ ; 引張強度( $\text{kgf}/\text{cm}^2$ )、 $\sigma_c$ ; 圧縮強度( $\text{kgf}/\text{cm}^2$ )

$C$ ; 単位セメント量 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )、 $A_v$ ; 細骨材の実積率(%)

$FM$ ; 細骨材の粗粒率、 $r$ ; 重相関係数

すなわち、高振動加圧即時脱型により成形される硬練りモルタルでは、単位セメント量が多いほど、あるいは用いる骨材の粗粒率および実積率が大きいほど高い強度を示す。特に、粗粒率および実積率は粒度分布に大きく影響されるため、最適な粒度の細骨材を選択、混合調製することが大切である。

本実験結果を参考に、表層用の細骨材としてP2、P4、標準（ブロック工場使用砂）を用いブロックを試作した。表4に試作ブロックの強度試験結果を示すが、圧縮強度は表層用の細骨材にほとんど影響されていない。一方、P2ブロックの曲げ強度は標準ブロックに比べ1割以上改善され、さらに基層部と表層部の付着も良くなることより、P2ブロックは表層部の破損や角欠けを起しにくいものと思われる。しかし、表層用の細骨材は肌面の仕上り状況にも大きく影響するため、ブロックの美観、供用目的等を考慮し選択しなければならない。

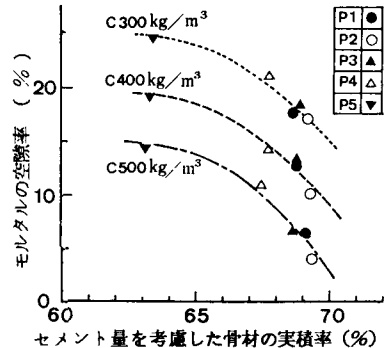


図2 実積率とモルタルの空隙率

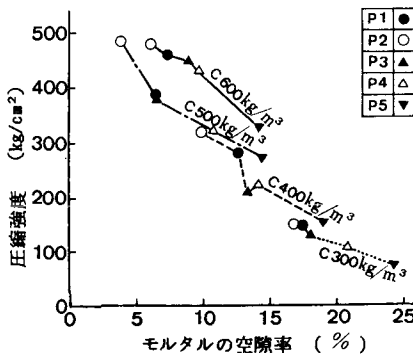


図3 空隙率と圧縮強度

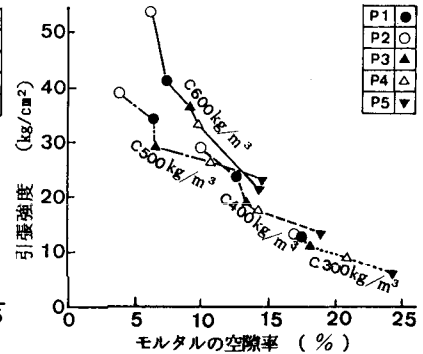


図4 空隙率と引張強度

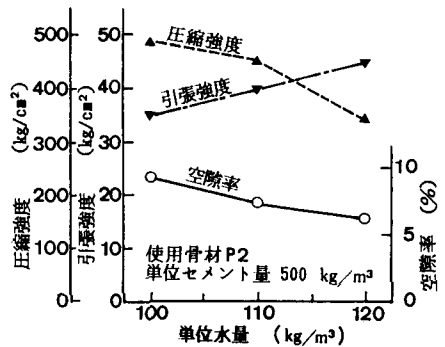


図5 単位水量と空隙率および強度

表4 試作ブロックの強度

|                                     | P2ブロック |           | P4ブロック |           | 標準ブロック |           |
|-------------------------------------|--------|-----------|--------|-----------|--------|-----------|
|                                     | $X_i$  | $\bar{m}$ | $X_i$  | $\bar{m}$ | $X_i$  | $\bar{m}$ |
| 圧縮強度<br>( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ) | 775    | 764       | 733    | 746       | 746    | 765       |
|                                     | 754    |           | 783    |           | 771    |           |
|                                     | —      |           | 721    |           | 779    |           |
| 曲げ強度<br>( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ) | 85.9   | 86.1      | 83.5   | 79.2      | 78.4   | 76.0      |
|                                     | 84.6   |           | 75.0   |           | 76.4   |           |
|                                     | 87.9   |           | 79.2   |           | 73.3   |           |