

## 第V部門 再生細骨材の使用がコンクリートの凍結融解抵抗性に及ぼす影響

大阪市立大学工学部 学生員 池口 昌仁  
 大阪市立大学大学院工学研究科 正会員 麓 隆行  
 大阪市立大学大学院工学研究科 正会員 山田 優

## 1. はじめに

近年、環境保全等により、西日本では、良質なコンクリート用細骨材の確保が困難となり、砕砂や再生細骨材の利用が求められている。建設廃棄物の現状を考慮すると、再生細骨材の利用は重要だが、従来の骨材と品質が異なるため、その影響を十分に検討する必要がある。特に、重要構造物での使用に当たっては、コンクリートの耐久性への影響を把握することが重要である。本研究では、再生細骨材の使用がコンクリートの凍結融解抵抗性に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。

## 2. 実験概要

使用した骨材を表 1 に示す。普通骨材に、川砂、砕石、再生細骨材に、昭和 32 年に建設された建築構造物（平均圧縮強度 32.9N/mm<sup>2</sup>）の解体ガラをジョークラッシャおよびコーンクラッシャにて破碎した粒子（0.15～2.5mm）を用意した。骨材以外の使用材料は普通ポルトラ

表 1 実験に使用した骨材の性質

| 分類    | 表乾密度 (g/cm <sup>3</sup> ) | 吸水率 (%) | 産地、原料または製造場所 |
|-------|---------------------------|---------|--------------|
| 普通細骨材 | 2.61                      | 2.78    | 揖斐川産川砂       |
| 再生細骨材 | 2.30                      | 11.10   | 再生骨材(S32 建設) |
| 普通粗骨材 | 2.70                      | 0.77    | 高槻産硬質砂岩砕石    |

ンドセメント、水、

リグニンスルホン酸系 AE 減水剤、ポリカルボン酸系高性能

表 2 普通細骨材を用いた場合の配合

| W/C (%) | s/a (%) | 単位量(kg/m <sup>3</sup> ) |     |     |      | AE 減水剤 (C×%) | 空気量調整剤 (C×%) |
|---------|---------|-------------------------|-----|-----|------|--------------|--------------|
|         |         | W                       | C   | S   | G    |              |              |
| 50      | 43.2    | 167                     | 334 | 763 | 1036 | 0.30         | -            |
| 60      | 44.5    | 168                     | 280 | 805 | 1036 | 0.30         | 0.0010       |
| 70      | 45.4    | 169                     | 241 | 835 | 1036 | 0.25         | 0.0015       |

表 3 置換率

| W/C (%) | 再生細骨材の置換率(%)   |
|---------|----------------|
| 50      | 0,25,50,75,100 |
| 60      | 0,50,100       |
| 70      | 0,25,50,75,100 |

AE 減水剤、空気量調整剤である。普通細骨材を用いた場合のコンクリートの配合を表 2 に示す。そして、表 3 に示すと通りの置換率で再生細骨材に体積置換したコンクリートも作製した。練り混ぜは、セメントと骨材のみで 30 秒間空練り後、水と共に 2 分 30 秒攪拌する手順で練った。測定項目を表 4 に示す。フレッシュ性状をスラ

表 4 実験の測定項目とその方法

| 試験対象    | 試験項目                | 試験方法                   |
|---------|---------------------|------------------------|
| フレッシュ性状 | 空気量                 | JIS A 1128             |
|         | スランプ                | JIS A 1101             |
| 硬化後の性状  | 直径 0.15～1.5 μm の空隙量 | 水銀圧入法                  |
|         | 動弾性係数               | JIS A 1127             |
|         | 気泡間隔係数              | ASTMC457-98(リニアトラバース法) |

ンプ 12±2cm、空気量 4.5±0.5%の範囲に入るように混和剤を用いて調節した。供試体を打設翌日に脱型後、20 の水槽で材齢 28 日まで養生した。凍結融解試験は、JIS A 1148 (A) に準じて、凍結融解の 1 サイクルが 3～4 時間に入るように設定し、凍結融解の繰り返し 300 サイクルに達するまで行った。供試体の中心の温度変化は 5±2～-18±2 の範囲とした。試験開始前、および凍結融解の繰り返し 36 サイクル以内に 1 回の間隔で、融解行程終了後の動弾性係数を測定し、耐久性指数を算出した。さらに、コンクリート中の空隙構成を調べるため、水銀圧入法によりモルタル部分の直径 0.15～1.5 μm の空隙率、ASTMC457-98 (リニアトラバース法) により気泡間隔係数を測定した。

## 3. 実験結果および考察

図 1 に再生細骨材の混合率と耐久性指数との関係を示す。再生細骨材の置換率を、W/C=50%では 100%、W/C=60%では 50%、W/C=70%では 25%以内にとすると、それぞれ 80%以上の耐久性指数を示した。しかし、それ以上置換率を上げると、それに比例して耐久性指数は低下した。表 5 に供試体の一部について気泡間隔

係数を測定した結果を示す。細骨材の種類や置換率に関係なく、気泡間隔係数はほぼ同程度となった。しかし、耐久性指数には差があった。

次に再生骨材の吸水率の影響を調べるため、W/C および吸水率を考慮した硬化後の性状の評価指標である、C/TW<sup>1)</sup>を用いて耐久性指数を評価した。ここで、単位総水量(TW)は、式(1)により算出される。

$$TW=W+s \times d_s \times w_s+g \times d_g \times w_g \quad (1)$$

ここで、TW:単位総水量、W:単位水量(kg/m<sup>3</sup>)、s:単位細骨材体積(ℓ/m<sup>3</sup>)、  
 $d_s$ :細骨材絶乾密度(kg/ℓ)、 $w_s$ :細骨材の吸水率(%)、g:単位粗骨材体積(ℓ/m<sup>3</sup>)、  
 $d_g$ :粗骨材絶乾密度(kg/ℓ)、  
 $w_g$ :粗骨材の吸水率(%)

図2より、C/TWと耐久性指数との間に関係があり、C/TW=1.2以下で耐久性指数が大きく低下した。既往の研究<sup>2)</sup>において、セメント硬化体の耐久性指数は、直径0.15~1.5μmの空隙率と相関性を持つことがわかっている。そこで、本研究でのコンクリートのモルタル部分におけるこの範囲の空隙率と耐久性指数との関係を調べた。図3に示すとおり、空隙率と耐久性指数との間に相関があった。また図4より、C/TWと空隙率との間にも相関があった。このことから、C/TWがモルタル中の細孔空隙と関係があったため、C/TWと耐久性指数との間に関係があったことがわかる。すなわち、耐久性指数には使用骨材の吸水率が影響を及ぼすことがわかる。

#### 4. 結論

- (1) W/C=50%では再生細骨材の置換率100%、W/C=60%では置換率50%、W/C=70%では置換率25%以内になると、それぞれ80%以上の耐久性指数を確保することができた。また、それ以上置換した場合、置換率に比例して耐久性指数は低下した。
- (2) 再生細骨材を用いたコンクリート中の、空隙率(直径0.15~1.5μm)と耐久性指数との間には相関がある。
- (3) 再生細骨材を用いた場合、その吸水率が耐久性指数に影響を及ぼす。そのため、細骨材の種別に関わらず、C/TWによって耐久性指数を予測できる可能性がある。

#### 参考文献

- 1) 麓隆行,山田優:再生細骨材の使用がコンクリートの性状に及ぼす影響とその原因について,土木学会論文集, No. 767, V-64, pp61-73, 2004.8
- 2) 鎌田英治:セメント硬化体の微細構造とコンクリートの凍害,コンクリート工学, vol.19, No.11, Nov.1981

表5 気泡間隔係数

| W/C (%) | 置換率 (%) | 気泡間隔係数 (μ) |
|---------|---------|------------|
| 50      | 0       | 292        |
| 50      | 100     | 270        |
| 60      | 0       | 280        |
| 60      | 50      | 331        |
| 60      | 100     | 308        |
| 70      | 0       | 300        |
| 70      | 100     | 303        |

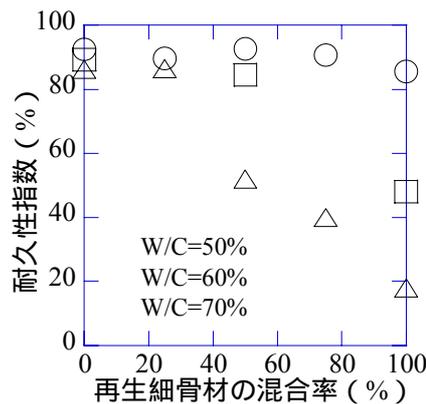


図1 再生骨材の混合率と耐久性指数との関係

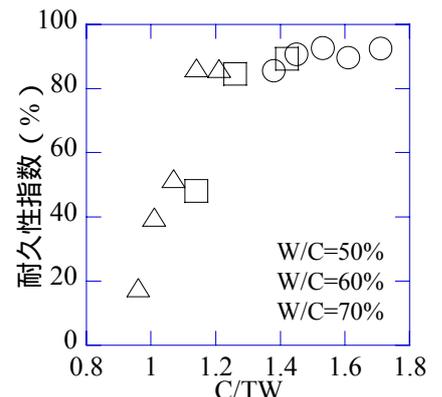


図2 C/TWと耐久性指数との関係

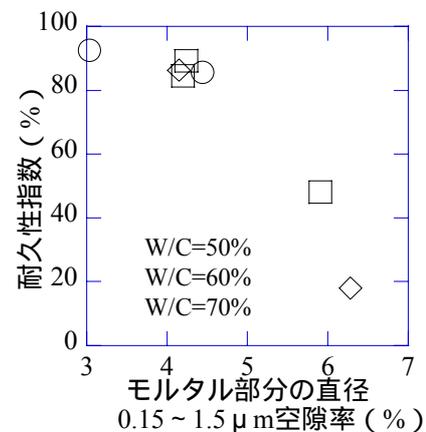


図3 空隙率と耐久性指数との関係

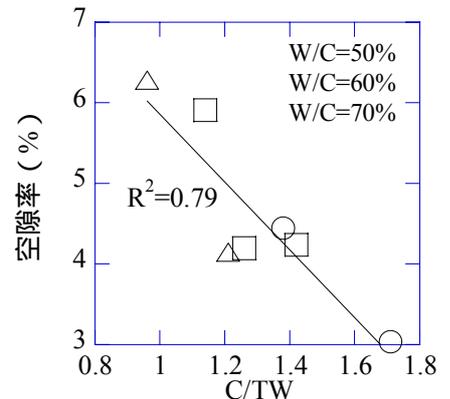


図4 C/TWと空隙率との関係