

## 再生コンクリートの中性化と鉄筋腐食に関する実験的研究

摂南大学大学院 学生員 ○中島 誉史  
 摂南大学工学部 正会員 矢村 潔  
 摂南大学工学部 正会員 熊野 知司

## 1. 目的

2005 年から相次ぎ再生骨材の JIS 規格化が行なわれた。しかし、現段階では必ずしも再生骨材のコンクリートへの利用が、ただちに拡大していく状況ではない。そこで、本研究では、更なる実用化に向けて、比較的製造が容易とされている再生骨材 M と同程度の品質を有する再生骨材を用いたコンクリートの中性化特性と鉄筋の腐食性状について、普通コンクリートと比較して実験的に明らかにしていく。

## 2. 実験概要

建設廃棄物中間処理場の実稼働中のプラントから提供を受けた再生粗骨材 Ra (従来の 2 種に相当)、再生細骨材 R1, R2 (それぞれ従来の 1 種, 2 種に相当)、および普通骨材 N (細, 粗) の組み合わせで 4 種類、水セメント比 2 種類 (45%, 65%), 計 8 種類のコンクリートについて、中性化促進試験、鉄筋腐食促進試験を行なった。表-1 に使用材料を示す。配合は、粗骨材の最大寸法を 15mm とし、スランプ  $8 \pm 2.5$ cm, 空気量  $5 \pm 1.5$ % の条件で N - N を基準に行なった。表-2 に各コンクリートの示方配合を示す。

中性化促進試験用供試体は、 $100 \times 100 \times 400$ mm の角柱供試体を用いた。鉄筋腐食促進試験用供試体は、角柱供試体中に酸化被膜を除去した異形鉄筋 (D10) をかぶり 10mm で 4 隅および中央に配したものをを用いた。図-1 に供試体概略図を示す。供試体はコンクリート打設後約 24 時間で脱型し、28 日間  $20^\circ\text{C}$  水中養生を行なった。

中性化促進試験は、炭酸ガス濃度 10%, 相対湿度 60%, 温度  $20^\circ\text{C}$  の環境下で行った。中性化深さの測定は、28 日後に供試体を試験槽から取り出し、一端から 100mm の位置を割裂し、割裂面にフェノールフタレイン 1% エタノール溶液を噴霧し、未着色部分の深さの測定を行なう。その後、割裂面を樹脂でコーティングした  $100 \times 100 \times 300$ mm の供試体を再度試験槽に入れ、28 日後に再び取り出し、同様の手順によってもう一端の中性化深さの測定を行なった。

鉄筋腐食促進試験は、供試体を中性化促進試験と同じ環境下で 28 日間中性化させた後、高温湿潤状態 3 日、常温乾燥状態 4 日を 1 サイクルとした腐食促進を 19 サイクル行なう。19 サイクル終了後、供試体の中央部 200mm を切り取り、鉄筋を取り出す。取り出した鉄筋の錆の状況を透明シートを用いてトレースし、パソコンに取り込み画像ソフトで鉄筋表面積に占める腐食面積の比率を求めた。

キーワード : 再生骨材, 中性化, 鉄筋腐食

連絡先 : 〒572-8508 大阪府寝屋川市池田中町 17 番 8 号 TEL 072-839-9120 FAX 072-839-9120

表-1 使用材料

| 種類   |                        | 吸水率(%) | 密度(g/cm <sup>2</sup> ) |
|------|------------------------|--------|------------------------|
| セメント | 普通ポルトランドセメント           | —      | 3.15                   |
| 細骨材  | 大東産山砂                  | 0.73   | 2.60                   |
|      | 1種再生骨材                 | 5.10   | 2.45                   |
|      | 2種再生骨材                 | 6.27   | 2.40                   |
| 粗骨材  | 高槻産碎石                  | 0.59   | 2.71                   |
|      | 2種再生骨材                 | 3.31   | 2.60                   |
| 混和剤  | AE減水剤(リグニンスルホン酸系)、AE助剤 |        |                        |

表-2 各コンクリートの示方配合

|          | 水セメント比 W/C (%) | 細骨材率 s/a (%) | 単位量 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) |        |       |       | 混和剤 AE減水剤 ( $\text{cc}/\text{m}^3$ ) |
|----------|----------------|--------------|--------------------------------|--------|-------|-------|--------------------------------------|
|          |                |              | 水 W                            | セメント C | 細骨材 S | 粗骨材 G |                                      |
| N-N-45   | 45             | 46.85        | 180                            | 400    | 783   | 927   | 1000                                 |
| N-N-65   | 65             | 50.85        | 180                            | 277    | 903   | 908   | 693                                  |
| Ra-N-45  | 45             | 46.85        | 180                            | 400    | 738   | 877   | 1000                                 |
| Ra-N-65  | 65             | 50.85        | 180                            | 277    | 903   | 859   | 693                                  |
| Ra-R1-45 | 45             | 46.85        | 180                            | 400    | 738   | 877   | 1000                                 |
| Ra-R2-45 | 65             | 50.85        | 180                            | 277    | 851   | 859   | 693                                  |
| Ra-R2-45 | 45             | 46.85        | 180                            | 400    | 722   | 877   | 1000                                 |
| Ra-R2-65 | 65             | 50.85        | 180                            | 277    | 832   | 859   | 693                                  |

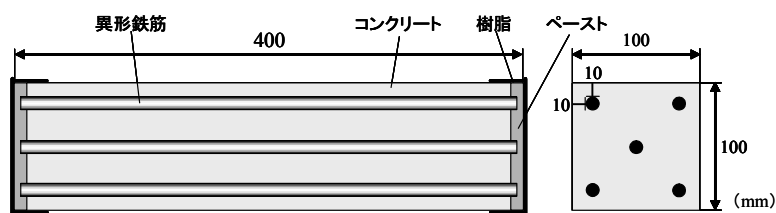


図-1 供試体概略図

### 3. 実験結果および考察

#### 圧縮強度試験 (JIS A 1108 に準拠)

表-3 に促進試験用供試体と同時に作成した円柱供試体による圧縮強度、ヤング係数を示す。表より、使用骨材の品質が悪くなるにつれて圧縮強度、ヤング係数ともに低くなる従来通りの結果となった。材齢 28 日から材齢 180 日の間の圧縮強度、ヤング係数の増加の挙動に関しては、一部変動があるものの、各骨材使用コンクリートともほぼ同程度に増加している。

#### 中性化促進試験

図-2、図-3 に各供試体の中性化促進試験 1 ヶ月、2 ヶ月における中性化深さを示す。図より、1 ヶ月における中性化深さは、水セメント比 45% で 7~8mm、水セメント比 65% で 16~17mm となり使用骨材による差はほとんど見られない。2 ヶ月になると、中性化深さは、水セメント比 45% で 9~13mm、水セメント比 65% で 21~24mm 程度となり、使用骨材の品質が悪くなるほど大きくなる傾向が認められる。また、いずれの水セメント比においても、Ra-N と Ra-R1 の差はほとんどなく、Ra-R1 と Ra-R2 で明確な差がみられる。このことから、細骨材の品質の中性化深さに与える影響は大きく、また比較的高品質の再生骨材では、中性化に対して普通骨材とほぼ同じ性能を有しているとみなせる。

#### 鉄筋腐食促進試験

鉄筋表面積に占める腐食面積の比率を図-4 に示す。断面中央に配した鉄筋は、すべての供試体で全く錆びておらず、腐食面積の比率の計算からは除外している。図より、鉄筋の腐食面積比率は、使用骨材が悪くなるほど増加している。特に細骨材の影響が大きく現れており、比較的高品質の再生細骨材でも普通骨材と比較して鉄筋発錆が進行している。いずれの供試体も、供試体の表面側の鉄筋表面の腐食が進んでおり、コンクリート打設面側の腐食が進んでいた。また、図-2、図-3 の結果から判断して、乾湿繰り返し試験中、水セメント比 65% の供試体では、鉄筋位置まで中性化が進行しており、水セメント比 45% の供試体では、鉄筋位置までは中性化が進行していなかったと推定される。従って、使用骨材によって鉄筋発錆面積が異なる原因は、特に水セメント比 45% の場合で考えると、鉄筋表面への空気、水分の浸透の差が卓越していると考えられる。

#### まとめ

中性化において 1 種再生細骨材であれば、普通細骨材とほぼ同程度の性能を有しているとみなせるが、基本的に使用骨材の品質が中性化特性および鉄筋腐食性状に与える影響は大きく、使用骨材の品質が悪くなるほど、その影響は顕著に表れる。しかし、本実験に関する限り、高度な処理が行なわれた骨材でなくとも、吸水率 5% 程度の 1 種再生骨材を使用するのであれば、水セメント比の調整で十分コンクリートの品質をカバーできると考えられる。

表-3 圧縮強度、ヤング係数

| 配合名      | 圧縮強度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) |      | ヤング係数<br>(kN/mm <sup>2</sup> ) |      |
|----------|------------------------------|------|--------------------------------|------|
|          | 28日                          | 180日 | 28日                            | 180日 |
| N-N-45   | 36.3                         | 42.3 | 34.0                           | 41.0 |
| Ra-N-45  | 35.1                         | 38.7 | 32.1                           | 38.4 |
| Ra-R1-45 | 30.8                         | 37.3 | 30.8                           | 32.9 |
| Ra-R2-45 | 29.7                         | 29.3 | 23.4                           | 30.2 |
| N-N-65   | 21.9                         | 27.4 | 30.9                           | 38.7 |
| Ra-N-65  | 22.2                         | 27.2 | 28.1                           | 36.0 |
| Ra-R1-65 | 19.7                         | 23.8 | 24.3                           | 27.1 |
| Ra-R2-65 | 18.9                         | 22.5 | 21.0                           | 26.6 |

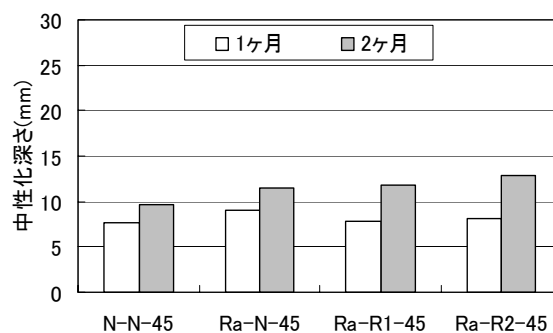


図-2 中性化深さ (W/C45%)

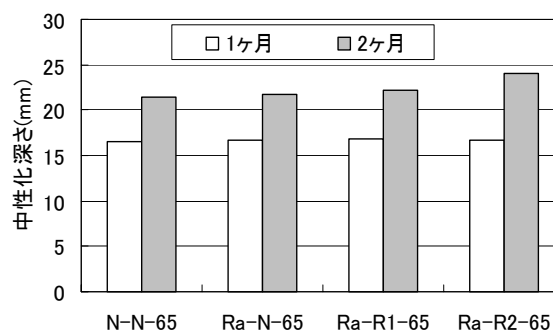


図-3 中性化深さ (W/C65%)

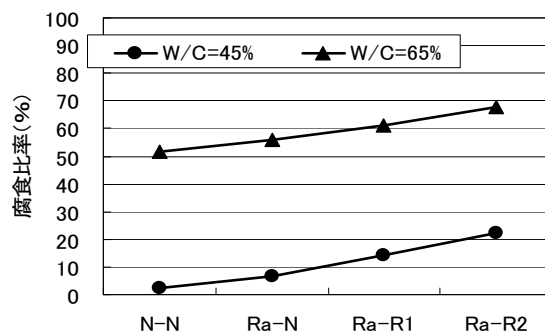


図-4 腐食面積比率