

北里大学 正会員 ○細川吉晴, 前田製管(株) 早坂武昌

1. はじめに 筆者らは、建設副産物の有効利用の観点から、とくに廃棄物コンクリート塊から再生した粗骨材を二次製品に再利用した場合のコンクリート特性について研究している。ここでは、モルタル除去度の異なる再生粗骨材を用いたコンクリートの強度・耐久性について比較検討した。

2. 実験概要 2. 1. 再生粗骨材 実験に用いた骨材の物理的性質は表1に示すとおりである。ここで再生粗骨材はヒューム管の廃棄コンクリート塊（実強度 $67.1 \pm 7.8 \text{ MPa}$ ）をジョークラッシャーで1次破碎し、インペラーブレーカで2次破碎したものについて、モルタル除去方法として処理なし①、強制練り 100ℓ ミキサで30分攪拌したもの②および60分攪拌したもの③と、2次破碎後の再生粗骨材をもう1度インペラーブレーカに掛けたもの④、の4種類である。試験は1回目が1995年8月、2回目が10月に実施したが、粗骨材は1回目が碎石と①～④の再生粗骨材の5種類、2回目が碎石と①～③の4種類である。

2. 2. コンクリート配合と各種試験 コンクリート配合は二次製品用の配合（W/C=42.3%，スランプ=6.0cm，空気量=5.0%）とし、その配合は表2に示した。練り終えたコンクリートを型枠に詰めテーブル振動機で充填し、前置き時間を経て蒸気養生を開始し、翌朝脱型し、所定材令まで室内養生した。この蒸気養生工程の温度履歴は、図1に示すとおりである。圧縮強度試験は脱型時、7、14、28日の材令で行い、凍結融解試験は材令14日から開始し30サイクルごとに 300サイクルまで水中凍結・水中融解方式で行った。

3. 実験結果および考察 3. 1. 骨材の物理的性質とコンクリートの性状 表1から粗骨材の物理的性質は1回目と2回目で大差ないが、強制練りミキサで攪拌することによって骨材表面のモルタルが除去され、比重・吸水率、安定性試験結果において顕著に改善されていることが明らかになった。ただ、1回目の再生粗骨材②は外に置いて降雨にあたり、濡れたままでモルタル除去作業したために、その粗骨材の微粉が表面に付着したままの状態となった。これらの結果から、①～④は建設省総プロ土木構造物分科会による指針（案）における再生骨材の種別からみて再生粗骨材3種に該当する。また、試験練りコンクリートの性状（表2）は、1回目の再生粗骨材③と2回目の再生粗骨材②・③ではワーカブルになり、所要のスランプを得るのにW, s/a を低下でき、いずれも単位セメント量が①コンクリートより $7 \text{ kg/m}^3$ および $19 \sim 26 \text{ kg/m}^3$ 低減できた。

3. 2. 圧縮強度の比較 図2から、1回目では①・③コンクリートは碎石コンクリートと同等かそれ以上の強度を示し、2回目では②コンクリートがその16%増、③コンクリートがその6%増の強度を呈した。②コンクリートは、1回目が付着微粉の影響によって $W = 165 \text{ kg/m}^3$ で碎石コンクリートの $156 \text{ kg/m}^3$ を大幅に上回り、2回目が $W = 158 \text{ kg/m}^3$ で落ちついた。③コンクリートは単位セメント量が少ないにもかかわらず、その強度は碎石コンクリートと同等以上を示した。

3. 3. 凍結融解試験結果 図3から、1回目と2回目とも相対動弾性係数が300サイクルを終了した段階で60%を下回らないので、いずれも耐久性があるといえるが、碎石コンクリートはいずれの再生粗骨材コンクリートよりも耐久性に劣る傾向が見られた。供試体の質量減少率は、1回目では碎石コンクリートが300サイクル時点で1.5%であるのに対し、他のコンクリートは蒸気養生のために吸水され質量が1.0～2.0%増加し、2回目ではいずれの供試体も質量が1.0～1.5%増した状態で300サイクルを終了した。モルタル除去方法別の差異はなかった。

4. まとめ 二次製品廃棄コンクリート塊から2次破碎して得た再生粗骨材を、強制練りミキサで30～60分攪拌してモルタル除去した結果、その骨材の物理的性質は改善されたが、再生骨材の種別では3種に該当した。また、この再生粗骨材を使用したコンクリートはその配合で同一のワーカビリティを得るのに単位セメント量を低減でき、しかもその強度と凍結融解に対する耐久性は、単位セメント量が少ないにもかかわらず碎石・2次破碎再生粗骨材を使用したコンクリートの同等以上であった。このように、モルタル除去した再生粗骨材を使用すれば単位セメント量を低減でき、かつ、強度や耐久性も碎石コンクリートと同等以上となることが明らかとなった。

Yoshiharu HOSOKAWA, Takemasa HAYASAKA

表 1. 骨材の物理的性質

| 試験          |     | 骨材の種類      | 比重    | 吸水率  | 粗粒率  | 単位容<br>積質量 | 実積率  | スラビ<br>試験 | 洗い<br>試験 | 安定性<br>試験 |
|-------------|-----|------------|-------|------|------|------------|------|-----------|----------|-----------|
|             |     |            | (%)   | (%)  | (%)  | (kg/ℓ)     | (%)  | (%)       | (%)      | (%)       |
| 1<br>回<br>目 | 細骨材 | 川 砂*       | 2.57  | 2.32 | 2.88 | 1.58       | 62.9 | —         | 1.26     | 1.4       |
|             |     | 山 砂*       | 2.58  | 1.75 | 1.74 | 1.58       | 62.3 | —         | 1.34     | 3.3       |
|             | 粗骨材 | 碎石(15-5mm) | 2.65  | 1.76 | 6.37 | 1.50       | 57.6 | 20.3      | 0.18     | 3.7       |
|             | 再生  | 攪拌なし①      | 2.47  | 6.58 | 6.68 | 1.38       | 59.5 | 22.2      | 0.33     | 26.9      |
|             |     | 攪拌30分②     | 2.49  | 6.05 | 6.66 | 1.46       | 62.2 | 21.6      | 0.40     | 23.3      |
|             |     | 攪拌60分③     | 2.52  | 5.47 | 6.65 | 1.46       | 61.1 | 21.0      | 0.37     | 19.7      |
|             |     | ガラガラ④      | 2.50  | 5.83 | 6.28 | 1.40       | 59.3 | 22.4      | 0.34     | 23.0      |
| 2<br>回<br>目 | 細骨材 | 川 砂*       | 2.57  | 2.32 | 2.88 | 1.58       | 62.9 | —         | 1.26     | 1.4       |
|             |     | 山 砂*       | 2.57  | 1.75 | 1.74 | 1.58       | 62.6 | —         | 1.37     | 3.3       |
|             | 粗骨材 | 碎石(15-5mm) | 2.65  | 1.76 | 6.37 | 1.50       | 57.6 | 17.6      | 0.18     | 6.4       |
|             | 再生  | 攪拌なし①      | 2.47  | 6.58 | 6.70 | 1.38       | 59.5 | 22.0      | 0.32     | 19.2      |
|             |     | 攪拌30分②     | 2.49  | 6.05 | 6.67 | 1.44       | 61.3 | 21.4      | 0.35     | 15.7      |
|             |     | 攪拌60分③     | 2.52  | 5.47 | 6.65 | 1.45       | 60.7 | 21.0      | 0.47     | 12.4      |
|             |     |            | ガラガラ④ | 2.50 | 5.83 | 6.28       | 1.40 | 59.3      | 22.4     | 0.34      |

\* 有機不純物試験ではいずれも標準色液の色より淡く、問題なかった。

表 2. コンクリートの配合<sup>1)</sup>

| 試験  | 骨材の種類 | s/a                 | 単位量(kg/m <sup>3</sup> ) |     |     |     |        | 混和剤(cc/m <sup>3</sup> ) <sup>2)</sup> |          |
|-----|-------|---------------------|-------------------------|-----|-----|-----|--------|---------------------------------------|----------|
|     |       | (%)                 | W                       | C   | S   | G   |        | 減水剤                                   | AE剤      |
| 1回目 | 砕 石   | 48.3                | 156                     | 369 | 840 | 925 | (0.6%) | (0.04%)                               |          |
|     | 攪拌なし① | 48.3                | 156                     | 369 | 830 | 852 | (0.6%) | (0.05%)                               |          |
|     | 再生    | 攪拌30分②              | 47.2                    | 165 | 390 | 799 | 867    | (0.6%)                                | (0.045%) |
|     | 粗骨材   | 攪拌60分③              | 44.3                    | 148 | 350 | 784 | 968    | (0.6%)                                | (0.045%) |
|     |       | ガラガラ④ <sup>3)</sup> | 43.3                    | 163 | 385 | 738 | 938    | (0.6%)                                | (0.05%)  |
| 2回目 | 砕 石   | 48.3                | 156                     | 369 | 840 | 925 | (0.6%) | (0.04%)                               |          |
|     | 再生    | 攪拌なし①               | 49.3                    | 161 | 381 | 843 | 842    | (0.6%)                                | (0.045%) |
|     | 粗骨材   | 攪拌30分②              | 47.3                    | 158 | 374 | 817 | 891    | (0.6%)                                | (0.045%) |
|     |       | 攪拌60分③              | 45.3                    | 150 | 355 | 799 | 951    | (0.6%)                                | (0.045%) |
|     |       | ガラガラ④               | 45.3                    | 150 | 355 | 799 | 951    | (0.6%)                                | (0.045%) |

<sup>1)</sup> 配合では、W/C=42.3%であり、スラビ=6.0±1.0cm、空気量=5.0±0.5%を目標。

<sup>2)</sup> 単位セメント量に対する割合。 <sup>3)</sup> ガラガラ④のサイズ:10-5mmで、15-5mm用のコンクリート配合。

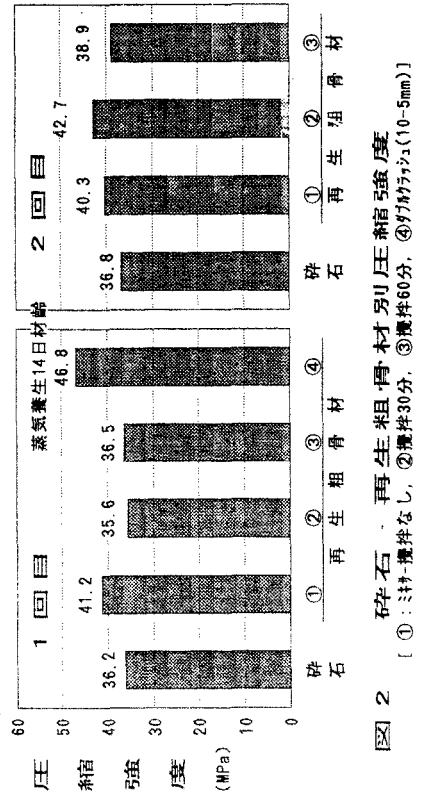


図 2 砕石・再生粗骨材別圧縮強度 [①:ミナ-攪拌なし、②:攪拌30分、③:攪拌60分、④:ガラガラ④(10-5mm)]

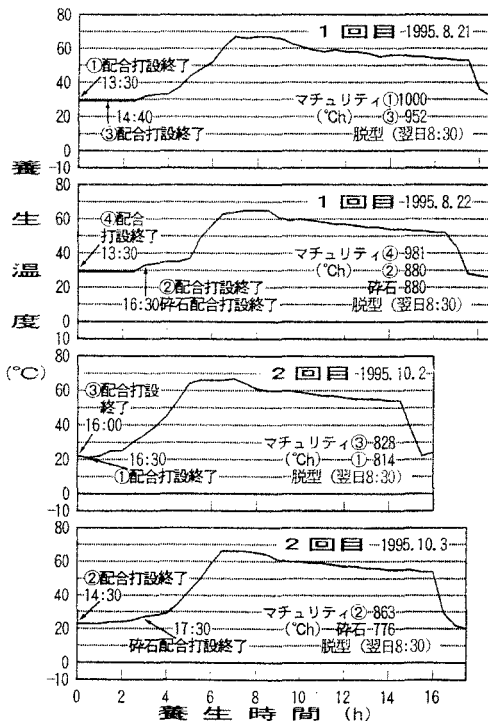


図 1 蒸気養生工程の温度履歴

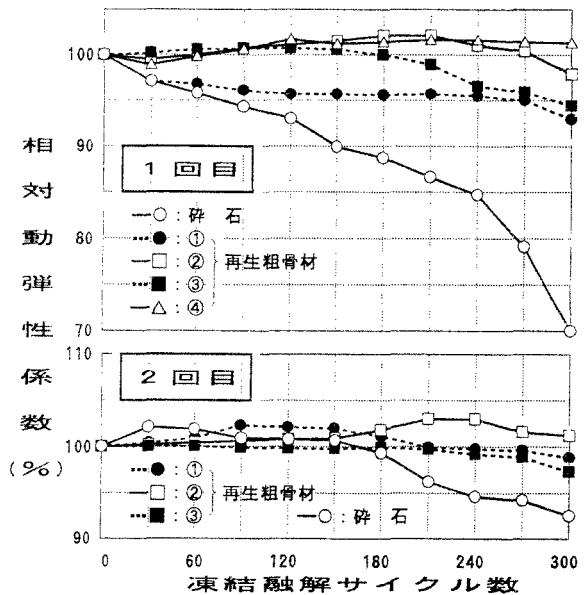


図 3 凍結融解試験結果

謝辞：本研究の実施に際し、市川 剛君ら専攻生諸君の協力を得た。ここに記して感謝申し上げる。