

# 再生骨材のコンクリートへの適用のための品質改善

## IMPROVEMENT OF QUALITY OF AGGREGATE RECYCLRD FROM WASTE CONCRETE

森野奎二\*・岩月栄治\*\*

by Keiji MORINO and Eiji IWATSUKI

### 1. はじめに

建設産業は、国内投入総資源量の約半分の11億トン消費し、その内の約5.8億トン（平成7年度）をコンクリート骨材が占めている。この国内最大の消費材料であるコンクリート骨材は、循環型社会の構築、資源・環境保全のために再生使用する必要がある。一方、再生骨材の原料となるコンクリート塊の発生量は、3,600万トン（同年）であり、建設廃棄物全体の約3分の1を占めている<sup>1)</sup>。また、現在の鉄筋コンクリート建築物の平均寿命は35～40年程度とされていること<sup>2)</sup>からも、コンクリート塊は増加することが想定され、有効利用が望まれている。

コンクリート塊を再生骨材として利用する上で問題となるのは、比重や吸水率といった物理的な性質や安定性<sup>3)</sup>であり、これらはコンクリートのワーカビリティや耐久性に大きく影響する。そのため、この問題に関して数々の研究がなされており<sup>4), 5)</sup>、1994年には再生骨材の品質基準案<sup>6)</sup>が提案され、再生骨材の製造に関する一つの規準となっている。

再生骨材を製造する技術は、これまでの碎石を製造する破砕技術が応用されている。しかしこの規準に沿った再生骨材を製造するには、これまでの破砕技術の他に、さらに高品位な再生骨材を製造する技術を確立する必要があり、これについて数々の研究成果が発表されている<sup>7)~11)</sup>。しかし、設備の大型化や製造に伴う微粉末の発生などの改善を必要とする点は少なくない。

本研究は、再生骨材の品質を改善するために、ロサンゼルスすり減り試験装置を用いて、骨材に付着したモルタルおよびセメントペーストを除去する方法<sup>12)</sup>を採用した。実験は、この方法に更に工夫をして再生骨材を作製した。この改善された再生骨材の物理的性質や粒度特性の変化、再生骨材使用コンクリートのワーカビリティや強度について検討した。

### 2. 実験方法

#### 2. 1 実験に使用した再生骨材の物理試験、粒度試験と強度の推定

実験に使用した再生骨材の性質を把握するために、物理試験として比重試験、吸水率試験、形状の把握として、粒度試験、単位容積質量試験、粒径判定実績率試験を行った。硬度や強度の推定にはJIS A1121のすり減り試験とBS812の破砕試験を行った。

また、再生骨材と比較するために天然骨材（細骨材に川砂、粗骨材に砂岩碎石）も同時に試験を行った。

#### 2. 2 ロサンゼルスすり減り試験機を用いた再生骨材の品質改善試験

ロサンゼルスすり減り試験機を用いて再生骨材の品質改善を行った。実験は、40mmフルイを通過した再生骨材の乾燥試料30kgをロサンゼルス試験機に投入し、同時にステンレス製のたわしを14個を入れたものと、ワイヤーブラシ7組（2つを針金で固定したもの）と、再生骨材のみの3種類で試験を行った。これを毎分33回転の速度で1、2、3、4、5時間回転した試料を、0.15mmと5mmでふるい分けて細骨材と粗骨材に分けた。その後、前記(2.1)の各種の物理試験や、後述の硝酸溶液浸漬試験<sup>13)</sup>を行った。

#### 2. 3 硝酸溶液浸漬による再生骨材試験

再生骨材に付着しているセメントペースト部分の容積を測定するために、再生骨材を希硝酸溶液（水1000mlに硝酸HNO<sub>3</sub>を500ml加えた溶液）に浸漬した。試験に用いた試料は、未処理の再生骨材と品質改善試験後の再生骨材を用いた。試験は再生骨材を各粒径（40～30、30～25、25～20、20～15、15～10、10～5mm）にふるい分け、その試料1kgを希硝酸溶液に24時間浸漬した。その後、0.15mmのフルイでウェットスクリーニングして乾燥後の質量の変化を測定した。

#### 2. 4 再生骨材を用いたコンクリートの強度試験

未処理の再生骨材と品質改善後の再生骨材を用いてコンクリート供試体を作製し、圧縮強度、曲げ試

\* 愛知工業大学教授 工学部土木工学科  
(〒470-0392 愛知県豊田市八草町八千草 1247)

\*\* 愛知工業大学講師 工学部土木工学科

験およびヤング係数測定を行った。供試体形状は、圧縮試験はφ10×20cm、曲げ試験は10×10×40cmとした。ヤング係数の測定にはひずみゲージ（ゲージ長60mm）を用いた。

3. 結果および考察

3. 1 実験に使用した再生骨材の性質

(1) 再生骨材の製造方法別の比重、吸水率

本研究で使用した再生骨材の製造方法と、比較のために使用した天然骨材の種類と産地を表1に示す。再生骨材は、建設廃材をジョークラッシャーで1次破碎した後にふるい分け、さらにインパクトクラッシャーで2次破碎をしたものであり、最大粒径は40mmである。天然骨材の砂岩碎石は最大粒径20mmである。

表1 使用した再生骨材と天然骨材（比較用）

骨材の種類		製造方法又は産地
再生骨材	細骨材	再処理プラントのクラッシャーで2回破碎した粒径40mm以下の再生骨材
	粗骨材	再処理プラントのクラッシャーで2回破碎した粒径40mm以下の再生骨材
天然骨材（比較用）	細骨材	川 砂（静岡県天竜川産）
	粗骨材	砂岩碎石（愛知県産）

表2 再生骨材と天然骨材の比重および吸水率

項目	再生骨材		天然骨材（比較用）	
	細骨材	粗骨材	細骨材（川 砂）	粗骨材（砂岩碎石）
表 乾 比 重	2.30	2.36	2.64	2.76
絶 乾 比 重	2.05	2.21	2.61	2.74
吸 水 率 (%)	10.3	6.81	1.24	0.73

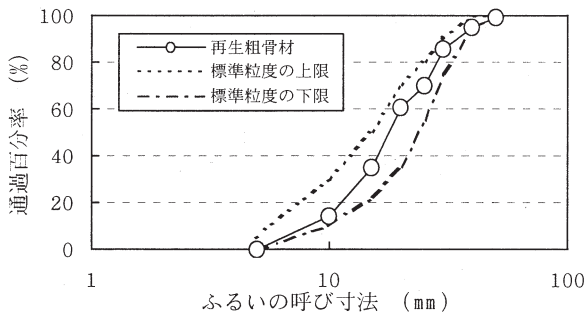


図1 再生粗骨材の粒度曲線

表2に再生骨材と天然骨材（比較用）の比重および吸水率試験結果を示す。表の再生骨材の比重は2.3程度であり、天然骨材と較べると0.4程度小さくなっている。また、再生骨材の吸水率は、細骨材で10.3%、粗骨材は6.8%であり、天然骨材と較べて非常に大きい。これは、モルタルが骨材に付着していたり、モルタル自体の塊が混入していることが原因となっている。再生骨材に関する、建設省の品質基準(案)(表3)<sup>6)</sup>でみると、本研究で使用した再生骨材の区分は、粗骨材は2種、細骨材は2種以下となる。

(2) 再生骨材の粒度と形状

再生骨材の粒度曲線を図1（粗骨材）、図2（細骨材）に、再生骨材の粗粒率、単位容積質量、実積率、粒径判定実積率を表4に示す。

再生粗骨材の粒度曲線は、土木学会の標準粒度の中央に分布しているが、細骨材は標準粒度の下限付近である。また粗粒率は、表4に示すように天然骨材と較べて1程度大きな値となっている。

単位容積質量は天然骨材と較べて15%ほど少ないが、比重を補正した実積率は63~72%、粒径判定実積

表3 再生骨材の品質基準（案）<sup>6)</sup>

項目	再生粗骨材			再生細骨材	
	1種	2種	3種	1種	2種
吸水率(%)	3以下	3以下	5以下	5以下	10以下

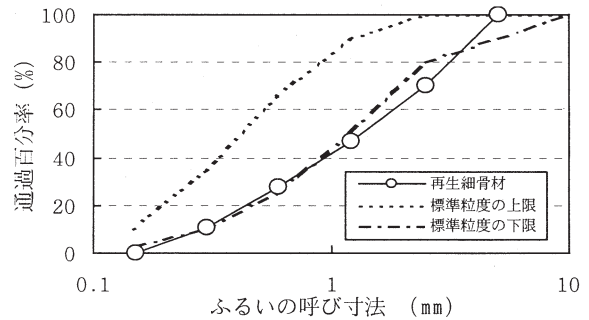


図2 再生細骨材の粒度曲線

表4 再生骨材と天然骨材の粗粒率、単位容積質量、実積率、粒径判定実積率

項目	再生骨材		天然骨材（比較用）	
	細骨材	粗骨材	細骨材（川 砂）	粗骨材（砂岩碎石）
粗 粒 率	3.45	3.57	2.56	2.89
単位容積質量(kg/l)	1.48	1.40	1.72	1.67
実 積 率 (%)	72.2	63.3	66.0	60.8
粒径判定実積率(%)	66.8	63.5	63.6	61.1

表5 再生骨材と天然骨材のすり減り減量と破碎値

項目	再生骨材	天然骨材（比較用）
	粗骨材	粗骨材（砂岩碎石）
すり減り減量 (%)	粒度区分：A	15.0
	粒度区分：C	8.7
破 碎 値 (%)	24.2	8.7

率は63~66%であり、天然骨材に較べて2~3%程度大きくなっている。JIS A 5005コンクリート用砕石では実積率を55%以上と規定していることから、本研究で使用する再生骨材の粒径は比較的良いと判断される。また、目視観察においても良い形状を示していた。

**(3) 再生骨材の硬度と強度**

再生骨材のすり減り減量と破碎値を表5に示す。再生粗骨材のすり減り減量は、粒度区分Aでは31.7%であり、粒度区分Cでは24.6%であった。天然骨材の砂岩砕石と較べると2.7~1.5倍である。コンクリート用砕石の規定値は40%以下であるため再生粗骨材は砕石としての品質は満たしているといえる。また、再生粗骨材の破碎値は24.2%であり、砂岩砕石は8.7%

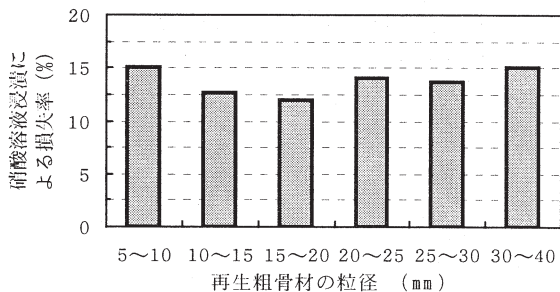


図3 各粒度の再生粗骨材を硝酸溶液に24時間浸漬後の損失率

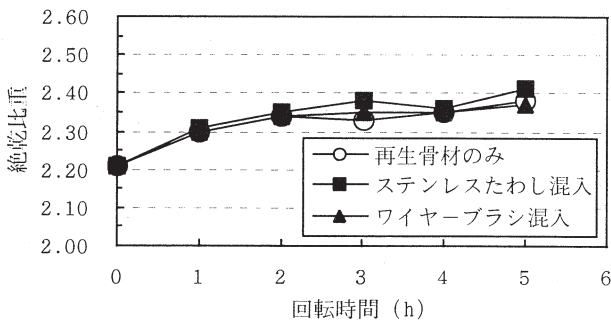


図4 品質改善試験による各時間毎の再生粗骨材の絶対乾比重

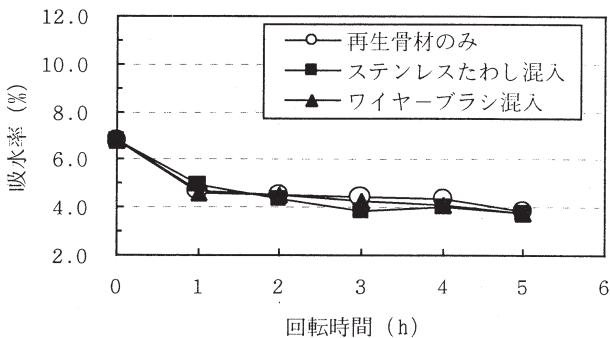


図6 品質改善試験による各時間毎の再生粗骨材の吸水率

であることから、再生骨材の強度は砂岩砕石の1/3程度と低い。

**(4) 硝酸溶液に浸漬した再生粗骨材の損失率**

再生粗骨材を硝酸溶液に24時間浸漬後の各粒度の損失率を図3に示す。損失率は12~15%であった。浸漬後の骨材にはまだモルタルが付着していたことから、モルタルの全付着率は15%以上であると想定される。

**3. 2 ロサンゼルスすり減り試験機を用いた再生骨材の品質改善試験**

**(1) 品質改善試験による比重、吸水率の変化**

ロサンゼルスすり減り試験機を用いた品質改善試験の各時間毎の絶対乾比重の変化を、図4(粗骨材)、図5(細骨材)示す。再生粗骨材の絶対乾比重は、試験前は2.21であり、試験開始によって徐々に上昇し、試験5時間では2.37~2.41となっている。また、再生細骨材では、試験前は2.05であり、試験1時間で2.38~2.43となり粗骨材よりも変化が大きい。その後、試験5時間で2.47~2.49となっている。

吸水率の結果を、図6(粗骨材)、細骨材を図7(細骨材)に示す。粗骨材は試験前は6.81%であり、前述の比重と同様に急激な変化はみらず、試験5時間で3.80~3.89%となっている。細骨材は比重と同様に、試験1時間で10.3%から3.25~3.98%に急激に減少している。その後は徐々に減少し、試験5時間では2.58~2.75%となっている。

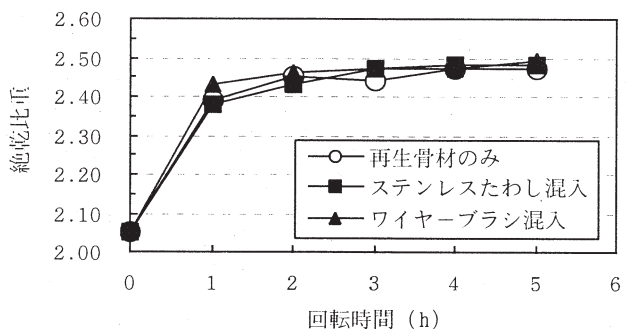


図5 品質改善試験による各時間毎の再生細骨材の絶対乾比重

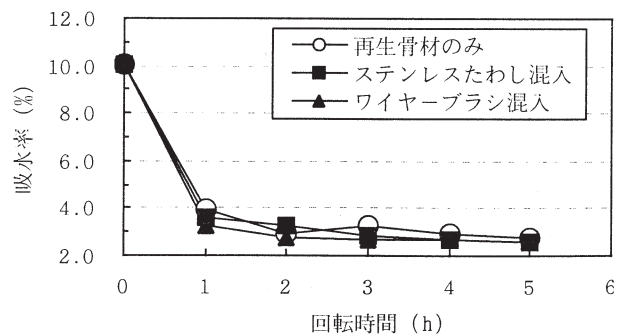


図7 品質改善試験による各時間毎の再生細骨材の吸水率



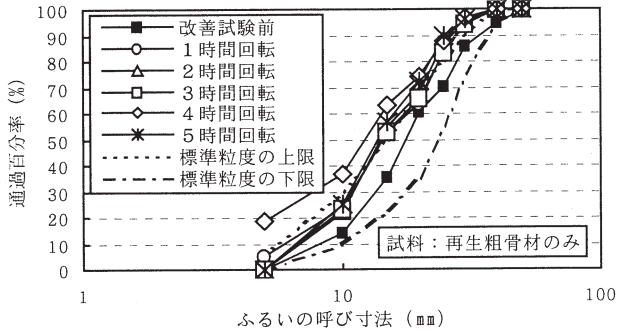


図8 品質改善試験による各時間毎の粒度曲線の変化(再生粗骨材)

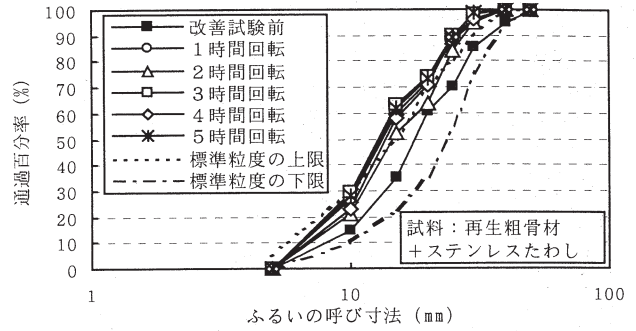


図9 品質改善試験による各時間毎の粒度曲線の変化(再生粗骨材, ステンレスたわし混入)

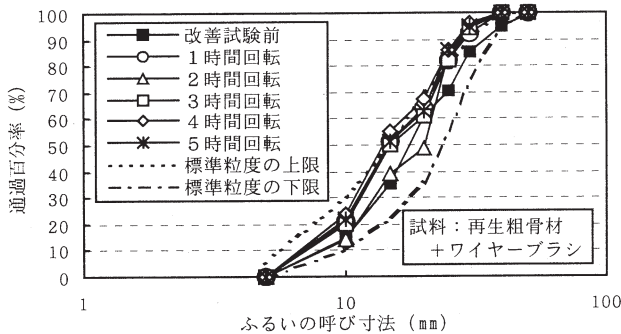


図10 品質改善試験による各時間毎の粒度曲線の変化(再生粗骨材, ワイヤブラシ混入)

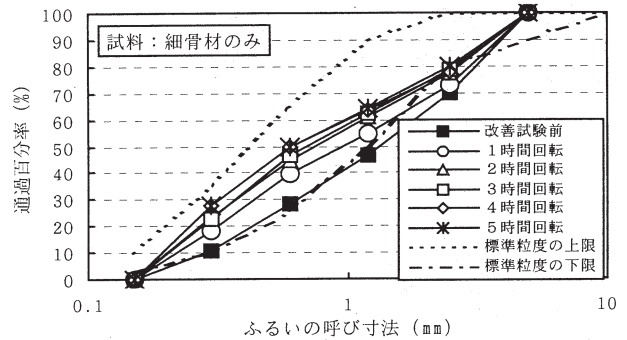


図11 品質改善試験による各時間毎の粒度曲線の変化(再生細骨材)

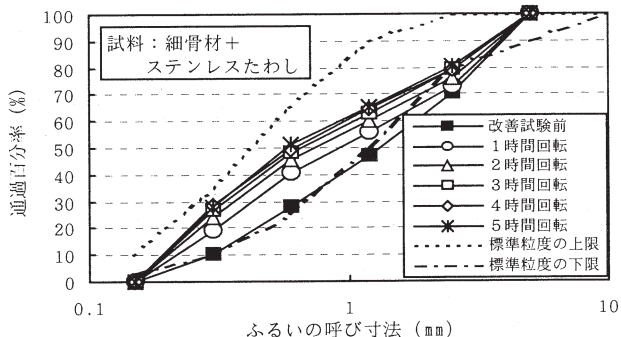


図12 品質改善試験による各時間毎の粒度曲線の変化(再生細骨材, ステンレスたわし混入)

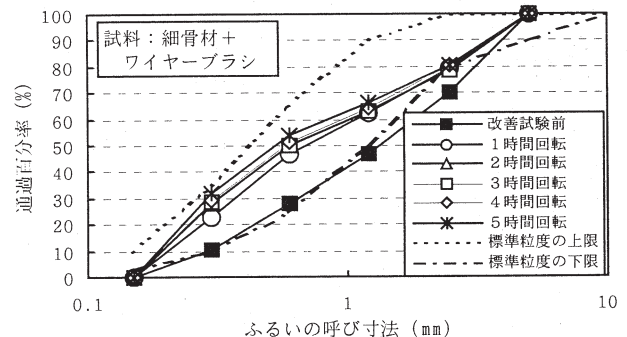


図13 品質改善試験による各時間毎の粒度曲線の変化(再生粗骨材, ワイヤブラシ混入)

これらのことから、試験5時間に対する試験開始1時間での変化は、絶乾比重は粗骨材で63~72%、細骨材では77~86%である。同様に吸水率は、粗骨材で63~72%、細骨材で83~91%であり、試験1時間で改善効果がみられることがわかる。また、骨材別の改善効果は細骨材が粗骨材よりも大きい。ステンレスたわしやワイヤブラシを混入しても改善効果はほとんどみられなかった。

**(2) 品質改善試験による再生骨材の粒度の変化**  
品質改善試験による各時間毎の粒度曲線の変化を

図8~図13に示す。粗骨材では骨材のみ(図8)、ステンレスたわし混入(図9)、ワイヤブラシ混入(図10)とも試験後から全体に粒度が小さくなる傾向がみられる。細骨材では図11~図13に示したように、ふるいの呼び寸法0.3、0.6、1.2mmの通過百分率が多くなり粒度が全体に細かくなっている。図8の試験4時間を除いていずれも土木学会の標準粒度の範囲内もしくは上限付近であり、本試験によって一部の骨材粒子が特に破碎もしくは摩耗されやすいということはないようである。

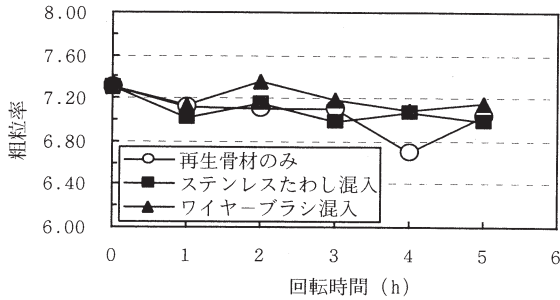


図 14 品質改善試験による再生粗骨材の粗粒率の変化

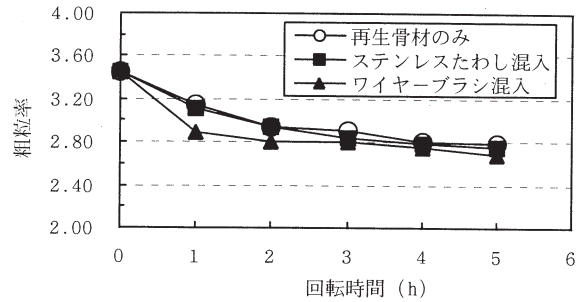


図 15 品質改善試験による再生細骨材の粗粒率の変化

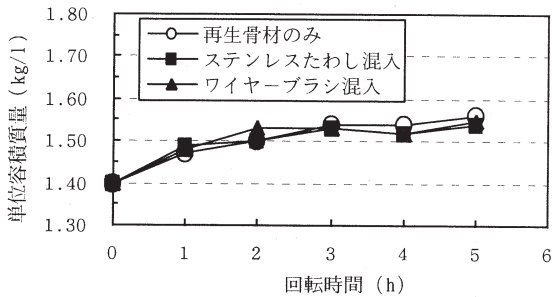


図 16 品質改善試験による再生粗骨材の単位容積質量の変化

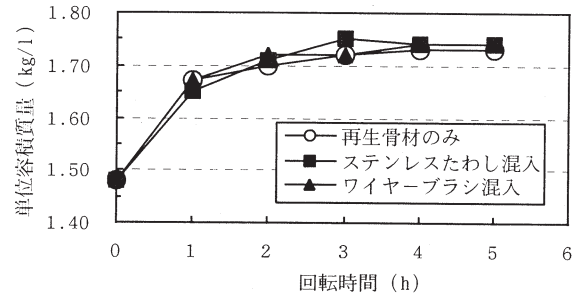


図 17 品質改善試験による再生細骨材の単位容積質量の変化

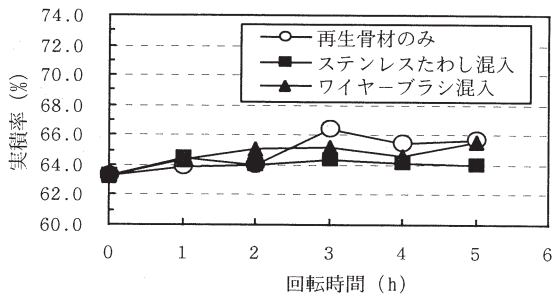


図 18 品質改善試験による再生粗骨材の実積率の変化

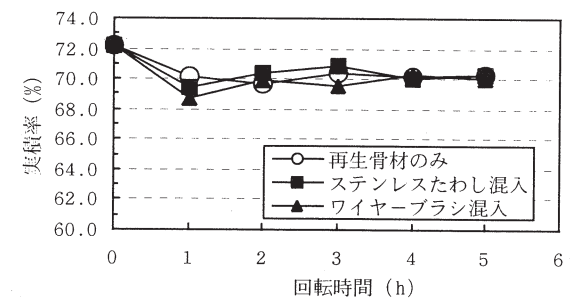


図 19 品質改善試験による再生細骨材の実積率の変化

品質改善試験による粗粒率の変化を図 14、図 15 に示す。粗骨材の粗粒率は、試験前は 7.30 であり各試験によって若干のばらつきがみられるものの、試験 5 時間後では 6.99~7.15 であることから、試験開始前と比べると大きな変化はないようである。細骨材の粗粒率は試験前は 3.45 であり、試験開始から徐々に下がり 5 時間後では 2.68~2.79 となっており、細骨材は細かい骨材粒子が増える傾向を示している。

また、再生骨材のみおよびステンレスたわしやワイヤーブラシを混入した場合には、細骨材のワイヤーブラシ混入で試験開始 1~2 時間で粗粒率の低下が大きい、その他ではとんど差はみられない。

**(3) 品質改善試験による単位容積質量、実積率および粒径判定実積率の変化**

品質改善試験による単位容積質量の変化を図 16、

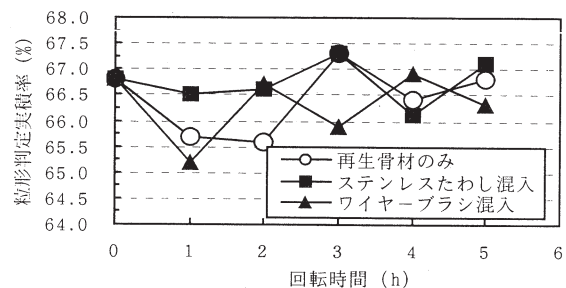


図 20 品質改善試験による再生粗骨材の粒径判定実積率の変化

図 17 に示す。粗骨材の単位容積質量は、試験前は 1.40kg/l であり、試験 1 時間で 1.47~1.48kg/l、その後 5 時間で 1.54~1.56kg/l であり、始めの 1 時間で増加が大きくなっている。また細骨材は、試験前は 1.48 であり 1 時間経過後に 1.65~1.67kg/l に大

大きく変化し、その後は粗骨材と同様に徐々に増加傾向を示している。細骨材の改善効果が大きい理由としては試験によって天然骨材の占める比率が多くなったためと考えられる。

実積率の変化を図 18、図 19 に示す。粗骨材の実積率は、試験前は 63.3%であり 5 時間後では 64.0~65.7%である。また、細骨材では試験前は 72.2%であり、試験開始 1 時間で 68.7~70.1%となり、その後はほとんど変化していない。

再生粗骨材の粒径判定実積率の変化を図 20 に示す。全体にばらついてはいるが、品質改善試験による変化はあまりみられない。

### 3. 3 品質改善試験による再生粗骨材のすり減り減量の比較

品質改善試験による再生粗骨材のすり減り減量の変化を図 21 に示す。試験に用いた品質改善試験後の試料は、再生骨材のみ、ステンレスたわし混入およびワイヤーブラシ混入で試験 5 時間で得られた試料を混合して用いた。結果では粒度区分 A では品質改善試験によってすり減り減量が 5%低下し、粒度区分

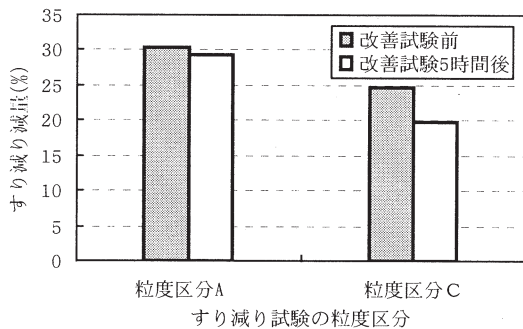


図 21 品質改善試験による再生粗骨材のすり減り減量の変化

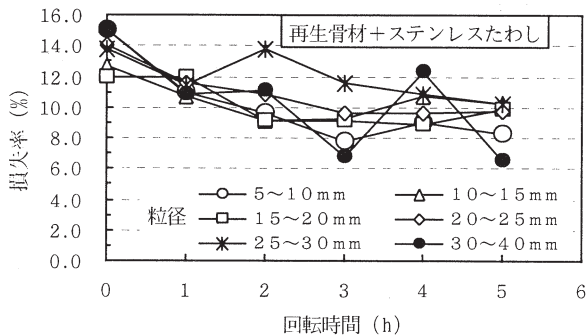


図 23 品質改善試験後再生骨材を硝酸溶液浸漬したときの各粒径毎の損失率 (再生粗骨材+ステンレスたわし)

Cでは約 20%低下している。これは、粒径が大きい区分 A は、品質改善後においてもモルタルやペースト自体の塊や、骨材とモルタルの混合した状態であるためにすり減り減量が大きくなったと考えられる。また、粒径が小さい区分 C は骨材表面にセメントペーストやモルタルが付着している程度であるため、改善試験によってすり減り減量が低くなったと考えられる。

### 3. 4 硝酸溶液浸漬による品質改善の効果

品質改善試験後の再生骨材を硝酸溶液に浸漬したときの各粒径毎の損失率を図 22~図 24 に示す。いずれも粒度によってばらついてはいるが全体に損失率が試験 1~3 時間で減少しており、3~5 時間では変化がみられなかったり、一部は増加しているものもある。この増加理由については品質改善試験によって骨材から剥がれたモルタルの塊が多く発生したために損失率が高くなったと思われる。

硝酸溶液 24 時間浸漬後の骨材の目視観察では、粒径 20mm 以上は粒径が大きいためモルタル部分が残っていた。更に硝酸溶液の濃度を高くしたり浸漬

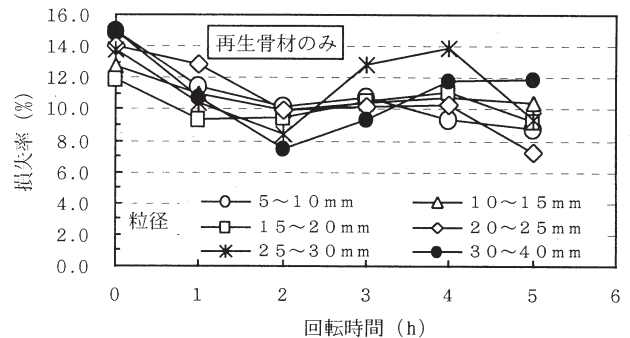


図 22 品質改善試験後再生骨材を硝酸溶液浸漬したときの各粒径毎の損失率(再生粗骨材のみ)

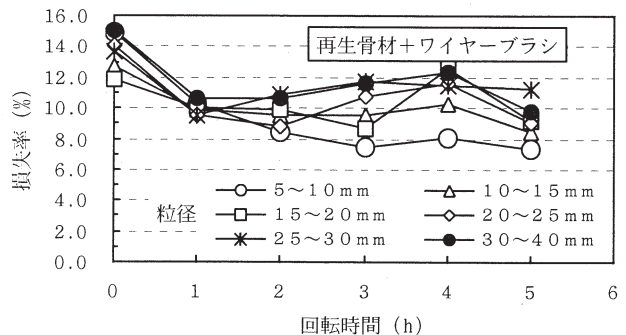


図 24 品質改善試験後再生骨材を硝酸溶液浸漬したときの各粒径毎の損失率 (再生粗骨材+ワイヤーブラシ)



表6 再生骨材を用いたコンクリートの配合

骨材の種類	粗骨材の最大寸法(mm)	細骨材率s/a	水セメント比W/C(%)	単位量(kg/m <sup>3</sup> )				AE減水剤 l/m <sup>3</sup>
				水	セメント	細骨材	粗骨材	
再生骨材	20	45	55	165	300	699	874	750
品質改善後の再生骨材						786	911	

表7 再生骨材を用いたコンクリートのスランプ

項目	骨材の種類	
	再生骨材	品質改善後の再生骨材
スランプ(cm)	3.5	11.0

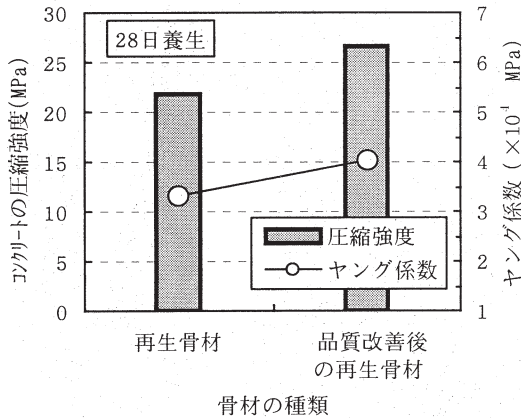


図25 再生骨材と品質改善後の再生骨材の圧縮強度およびヤング係数の測定結果

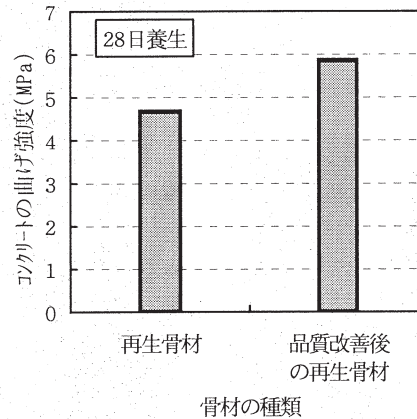


図26 再生骨材と品質改善後の再生骨材の曲げ強度の測定結果

時間を長くするなどの改善が必要である。

### 3.5 品質改善試験後の再生骨材を用いたコンクリートの強度

再生骨材と品質改善試験5時間後の骨材を用いてコンクリート供試体を作製して強度試験を行った。用いた骨材は、改善試験5時間後の、3種類の改善再生骨材を混合して用いた。配合を表6に示す。

コンクリートのスランプを表7に示す。再生骨材のスランプは3.5cmであるのに対し、品質改善後の再生骨材では11.0cmであり、ワーカビリティが改善されていることがわかる。この理由としては、粒形が再生骨材よりもさらに球形に近くなったことと、再生骨材表面に付着しているモルタル分が減少したためであると考えられる。

材齢28日の圧縮強度およびヤング係数の測定結果を図25に示す。再生骨材を使用した供試体の圧縮強度は21.9MPaであり、品質改善試験5時間後の再生骨材を用いた場合は26.7MPaであった。同様にヤング係数は、再生骨材使用は $3.34 \times 10^4$ MPaであり、改善試験後は $4.03 \times 10^4$ MPaである。いずれも改善試験によって20%程度高くなっている。

曲げ試験結果を図26に示す。再生骨材を使用したコンクリートの曲げ強度は4.69MPaであり、品質改善試験後の再生骨材を用いた場合は5.88MPaであった。品質改善試験による改善率は、曲げ強度は25%

であり、圧縮強度よりも若干高くなっている。

このように、強度やヤング係数が改善された原因としては、品質改善試験による再生骨材表面のモルタル分や脆弱なモルタルの塊が削除され、再生骨材自体の強度や付着性状が改善されたことによると考えられる。

### 4. まとめ

本研究は、ロサンゼルス試験機を用いてコンクリート再生骨材の品質改善を行ったものである。品質改善に必要な時間や再生骨材の物理的性質、粒度特性、強度特性等について検討した結果をまとめると以下のようなものである。

- (1) 本研究で使用した再生粗骨材は、絶乾比重2.21、吸水率6.31%であり、粒度分布は土木学会標準粒度範囲の中央付近にある。また再生細骨材は、絶乾比重2.06、吸水率10.8%であり、粒度分布は同標準粒度の下限値付近である。再生粗骨材のすり減り減量は、天然骨材(砂岩碎石)と較べると2.7~1.5倍であり、破碎値は1/3程度であった。
- (2) ロサンゼルスすり減り試験機を用いた品質改善試験では、再生骨材のみ混入、ステンレスたわし混入およびワイヤーブラシ混入の3種類で行った試験5時間の結果では、混入物の有無

- や種類の違いにより物理的性質や粒度特性に違いはみられなかった。
- (3) 品質改善試験による絶乾比重の変化は、試験1時間で粗骨材は4%、細骨材は17%増加した。また同様に吸水率は、粗骨材は30%、細骨材は64%低下し、それ以後5時間ではいずれも若干の変化であった。このように品質改善試験では粗骨材よりも細骨材のほうが改善効果が大きく、試験開始1時間で改善効果が認められた。
  - (4) 再生骨材の粒度曲線は、品質改善試験によって粗骨材は全体に若干細かくなり、細骨材はフルイ呼び寸法の0.3、0.6及び1.2mmの通過百分率が増加して全体に粒度が細くなる傾向がみられた。しかし、いずれも標準粒度の範囲内にあることから、品質改善試験によって粒度構成が著しく変化することはないといえる。
  - (5) 再生骨材のすり減り減量は、試験粒度が小さいほど品質改善試験後に小さくなった。これは粒径が大きい場合には、品質改善試験後でもモルタル自体の塊や骨材とモルタルの混合した塊を多く含んでいるためと考えられる。
  - (6) 硝酸溶液に浸漬した再生粗骨材は、品質改善試験の3時間までは損失量が減少するが、それ以後はほとんど変化がない。これは比重や吸水率と同様の傾向であり、品質改善試験の最適時間は3時間程度であるといえる。
  - (7) 再生骨材を用いた強度およびヤング係数測定では、品質改善試験によって圧縮強度およびヤング係数は20%、曲げ強度は25%高くなった。これは品質改善試験によって再生骨材表面のモルタル分や脆弱なモルタルの塊が削除され、再生骨材自体の強度や付着が改善されたことによると考えられる。

#### 参考文献

- 1) 兼氏康博：法令と施策について，日本コンクリート工学協会中部支部，シンポジウム コンクリートの未来とリサイクルー廃棄物問題を考えるー，pp.4-10 (1999)
- 2) 鶴谷良平：コンクリート系産業廃棄物（建築分野）の減量化とリサイクル，日本コンクリート工学協会中部支部，シンポジウム コンクリートの未来とリサイクルー廃棄物問題を考えるー，pp.12-17 (1999)
- 3) 吉兼 亨：コンクリート系産業廃棄物（土木分野）の減量化とリサイクル，日本コンクリート工学協会中部支部，シンポジウム コンクリートの未来とリサイクルー廃棄物問題を考えるー，pp.19-31 (1999)
- 4) 道正泰弘・菊池雅史・増田 彰・小山明男・三浦隆広：再生細骨材を用いたコンクリートの構造用コンクリートへの適用，日本建築学会構造系論文集，第502号，pp.15-22 (1997)
- 5) 中本純次・戸川一夫・三岩敬孝・吉兼 亨：再生骨材の品質がコンクリートの諸性質に及ぼす影響，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.20, No.2, pp.1129-1134 (1998)
- 6) 建設省技調発第88号建設大臣官房技術調査室長通達：コンクリート副産物の再利用に関する用途別暫定品質基準(案) (1994)
- 7) 大野宏喜・山田 優：コンクリート塊の骨材としての再生と再生骨材の転圧コンクリートへの利用に関する研究，資源・素材学会 建設用原材料，Vol.7, No.1, pp.39-45 (1997)
- 8) 山田 優・川本裕章・長谷川俊和・本多淳裕：コンクリートがらからの骨材回収に関する研究，資源・素材学会 建設用原材料，Vol.3, No.1, pp.16-20 (1993)
- 9) 畑 実：コンクリート廃材からの骨材の回収方法，資源・素材学会 建設用原材料，Vol.1, No.1, pp.36-41 (1991)
- 10) 長岡茂徳：再生骨材製造装置，コンクリート工学，Vol.35, No.7, pp.61-64 (1997)
- 11) 山田 優：コンクリート・リサイクルについてーその技術の現状と課題ー，骨材資源，No.113, pp.1-8 (1997)
- 12) 鍵本広之・佐藤道生：再生骨材の回収に関する基礎試験，土木学会第53回年次学術講演会講演概要集第V部，pp.440-441 (1998)
- 13) 飯島 亨・鶴田孝司・立松英信：再生骨材の物理的性質に及ぼす原コンクリートの品質の影響，資源・素材'97秋季大会 企画発表・一般発表(D)資料，pp.99-100(1997)

(1999年7月3日受付 7月24日受理)