

報 告

[1037] 再生骨材のコンクリート二次製品への適用

正会員 笠井芳夫 (日本大学建築工学科)

小澤満三 (東日本セメント製品工業組合開発委員会)

飯島康夫 (東日本セメント製品工業組合開発委員会)

正会員○伊藤昌昭 (東日本セメント製品工業組合開発委員会)

1. はじめに

1991年10月施行の「再生資源の利用の促進に関する法律」により建設廃棄物であったコンクリート塊は資源としての位置付けが明確にされた。現状では、その用途は主として路盤材および埋め戻し材である[1]。しかしながら、工作物の機能に支障が生じない場合、建設資材として利用することが認められている。現在まで、コンクリート廃材の再利用に関する研究は構造物のコンクリートを想定したものが主体であり、いわゆるプレキャストコンクリート製品に対する報告は少ない。本報告は実用化を前提として、再生骨材の道路用コンクリート製品への適用をJIS製品メーカーとしての立場から実験研究したもので、実際の製品を製造し商品化の検討を行なった。

2. 実験概要

2.1 再生骨材の選定

東京都と周辺10県(東京・千葉・神奈川・埼玉・茨城・栃木・群馬・山梨・長野・新潟・静岡)のコンクリート廃材リサイクルプラントを調査した結果、現在製造されている骨材はコンクリート廃材を砕いたのち最大粒径40mmとして上の粒径だけをカットしたクラッシャーラン(切り込み碎石)C-40が大部分であった。そのうち、1都6県について任意に1社を選び骨材試験を行なった。図-1に比重と吸水率の関係を示す。このうち、ほぼ平均的な値と考えられる●のプラントを実験で使用する再生骨材対象とした。その骨材試験結果を表-1に示す。

2.2 その他の使用材料

セメントは普通ポルトランドセメント、基準の粗骨材は石灰岩碎石(表乾比重:2.69、吸水率:0.8%)細骨材は渡良瀬川産(表乾比重:2.59、吸水率:1.67%)を用いた。混和剤はAE減水剤(リグニンスルホン酸化合物とポリオール複合体)・空気調整剤(アキルアシルスルホン化合物系)を使用した。

2.3 配合

道路用製品の場合、JISに水セメント比は50%以下と規定さ

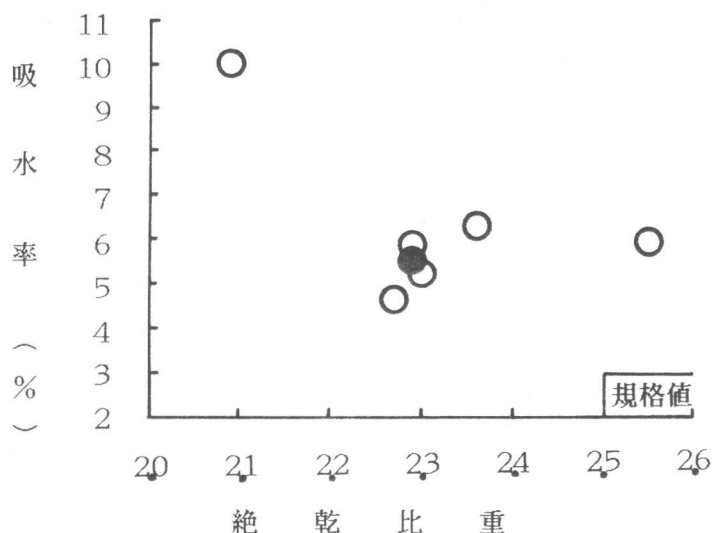


図-1 再生粗骨材の比重と吸水率との関係

れているので表-2に示した配合を基本とした。再生粗骨材の混入量は基準粗骨材の絶対容積で内割とした。また、C-40を25mmと5mmでふるい分け、再生粗骨材としたが、C-40が湿潤状態のため、ふるい分け後も5mm以下の過少粒を約30%含んでおり、絶対容積による細骨材の補正も合わせて行った。再生骨材を使用すると、普通コンクリートに比べ同一スランプを得るのに単位水量を多くする必要がある[2]。本実験

表-1 使用再生骨材の品質試験結果

	細骨材	規格値	粗骨材	規格値
比重 (表乾)	2.32	—	2.43	—
比重 (絶乾)	2.04	* 2.5 以上	2.29	**2.5 以上
吸水率 (%)	10.16	* 3 以下	5.58	** 3 以下
すりへり減量 (%)	—	—	30	** 40 以下
安定性損失量 (%)	13.8	* 10 以下	27.7	** 12 以下
1.95浮き試験 (%)	4.73	1 以下	1.05	1 以下
洗い (%)	5.6	* 7 以下	1.4	**1.0 以下
有機不純物 (判定)	合格	標準色以下	—	—
単位容積重量 (kg/m ³)	1360	—	1430	—
粗粒率	2.98	—	6.61	—
実績率 (%)	63.7	* 53 以上	61.7	** 55 以上

表中の規格値 * JIS A 5004 (コンクリート用砕砂)
 ** JIS A 5005 (コンクリート用碎石)
 JIS A 5308 (レデーミクストコンクリート)

はスランプの補正を単位水量を増やさないようにAE減水剤の量を調整して行ったが、W/C 40%の場合、メーカーの推奨使用範囲を超えるため、単位水量を増やして補正した。再生粗骨材の混入率50%の場合で単位水量は4.2%増とし、172kg/m³となった。

表-2 コンクリートの基本配合

粗骨材の最大寸法 (mm)	スランプの範囲 (cm)	空気量の範囲 (%)	水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	単位量 (kg/m ³)			
					水	セメント	細骨材	粗骨材
20	8 ± 2	5 ± 1	40	42	165	413	715	1020
			45	43	165	367	748	1025
			50	44	165	330	780	1025

2.4 試験項目

再生粗骨材の混入と水セメント比が強度に及ぼす影響を調べるため圧縮強度試験(寸法・φ10×20cm)および曲げ強度試験(寸法・10×10×40cm)を行なった。W/C 45%についてはその他に静弾性係数試験およびASTM C 666に準拠した凍結融解試験を行った。養生条件は標準養生(20℃・水中)と蒸気養生(前置3h・昇温20℃/h・最高温度65℃・保持3h・自然降下)後20℃水中養生とした。

3. 実験結果および考察

3.1 再生骨材の選定

今回の実験においては、平均的な再生骨材と考えられるものを使用した。表-1に示したように規格値と比較すると、ほぼ全項目について規格外である。しかしながら、大量に発生するコンクリート塊を、再生資源として利用する立場から考え

表-3 再生骨材混入砕石の品質試験結果 (混入率 30%)

	基準砕石	再生骨材	混入砕石	規格値
比重 (表乾)	2.69	2.30	2.59	—
比重 (絶乾)	2.67	2.09	2.53	2.5 以上
吸水率 (%)	0.78	10.07	2.17	3 以下
洗い (%)	0.8	1.2	0.9	1.0 以下
単位容積重量 (kg/m ³)	1561	1327	1515	—
粗粒率	7.00	6.86	6.87	—
実績率 (%)	58.5	63.5	59.9	55 以上

ると、コンクリート製品を製造した時に製品としての規格を満足すれば良いという考え方で、対応することとした。調査した再生粗骨材のうち、最も品質の劣る骨材 (吸水率: 10.07%・絶乾比重: 2.09) を基準砕石中に容積の30%混入した場合の物性を表-3に示す。このように、再生粗骨材の使用量が一定の範囲内であれば、コンクリート用砕石としての規格を満たすことがわかる。また、今回の実験ではC-40をふるい分けて使用したが、各地に点在する再生プラントの多くが、需要さえあれば、コンクリート用砕石としてふるい分けを行った再生粗骨材を供給できるとしており、今後、条件が整えば経済的にも再生粗骨材の入手は可能であると考えられる。

3.2 再生骨材混入による強度発現性状

材令14日と28日で行ったコンクリート供試体の強度試験結果を表-4に示す。一般的にコンク

表-4 再生骨材混入による強度発現性状

水セメント比 (%)	再生骨材混入率 (%)		圧縮強度 (kgf/cm ²)				曲げ強度 (kgf/cm ²)		
			標準養生		蒸気養生		標準養生		蒸気養生
	材令	14日	28日	14日	28日	28日	14日	28日	
40	0		429	419	392	411	52	60	60
	10		368	380	363	367	56	55	54
	30		344	393	337	332	48	52	53
	50		333	328	265	331	46	49	49
45	0		360	422	285	364	58	59	56
	10		324	472	303	404	57	53	57
	30		304	373	268	331	53	48	49
	50		315	393	271	372	47	45	40
50	0		311	421	277	337	54	51	50
	10		350	424	277	403	53	51	50
	30		361	418	247	298	51	45	52
	50		279	351	226	293	50	46	42

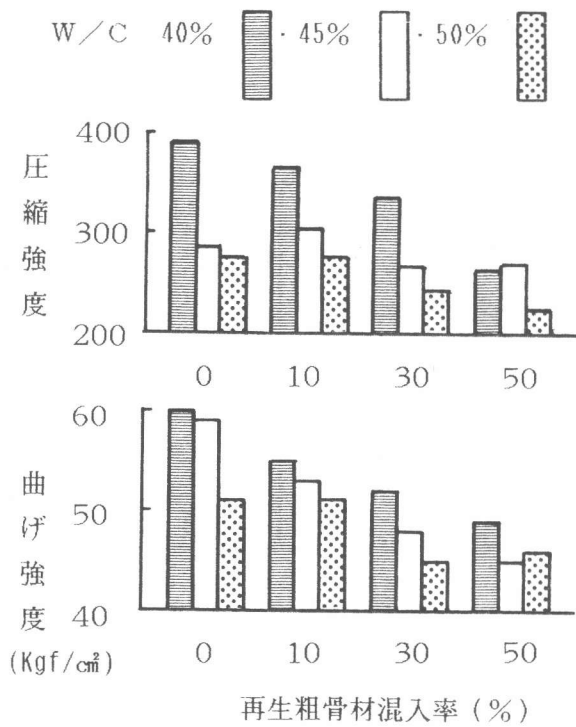


図-2 蒸気養生材令14日の強度

リート二次製品は材令14日で強度管理されている。そこで、蒸気養生を行い材令14日の強度発現性状について検討を加える。図-2は再生粗骨材の混入率ごとに各水セメント比の強度を示したものである。再生粗骨材の混入により強度低下を示すが、水セメント比を小さくすることにより強度は改善される。図-3は再生粗骨材の混入率 0%を基準とし、再生粗骨材の混入率と強度比との関係を示したものである。圧縮・曲げ強度がともに、減少する傾向を示す。水セメント比の相違による影響はみられないので、平均すると、再生粗骨材 10.30.50 %の混入により圧縮強度は 0.10.18. %減、曲げ強度は 6.15.17. %減となった。図-4は標準養生材令28日に対する蒸気養生14日の強度比を示したものである。水セメント比の大きいコンクリートに対して蒸気養生を行った場合、強度発現が小さくなっているが、これは、蒸気養生で早期に強度を得るためには、富配合のコンクリートに対してより有効であると言われており、再生骨材を使用したことによる、蒸気養生の悪影響ではな

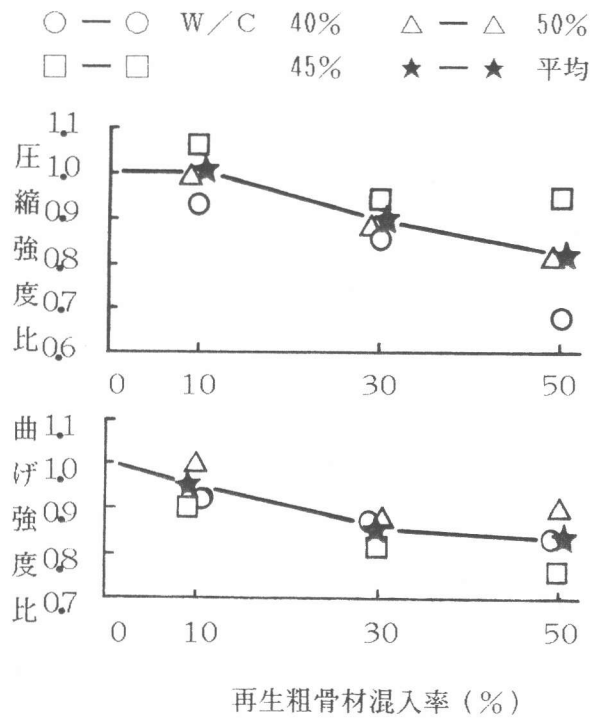


図-3 再生粗骨材混入率と強度比 (蒸気養生材令14日)

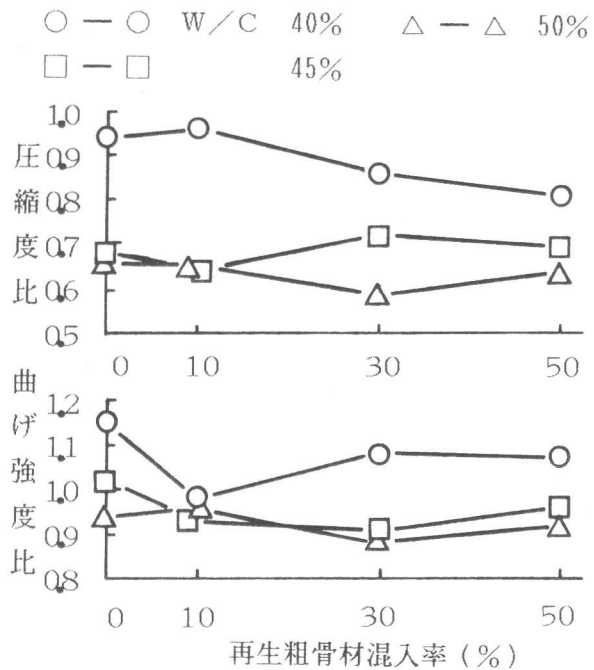


図-4 標準養生 (材令28日) に対する蒸気養生 (材令14日) の強度比

いと考えられる。再生粗骨材を混入したコンクリートの強度比を各水セメント比40.45.50%ごとに平均すると、圧縮強度の場合、それぞれ88.68.63%・曲げ強度104.93.92%となる。再生粗骨材を混入しないものは、圧縮・94.68.66%・曲げ・115.98.94%であり、W/C 40%においてやや強度低下を示しているものの、45.50%は基準コンクリートとほぼ同じ強度比であることから再生粗骨材を使用しても通常の条件で蒸気養生を行えるものと考えられる。

W/C 45%・材令28日の静弾性係数試験結果を図-5に示す。この材令にお

いて圧縮強度はそれほど大きな低下を示さなかったが、弾性係数は混入率30%で約10%、50%のときは約30%の低下である。しかしながら通常の鉄筋コンクリート製品においては実用的な範囲内であり、問題はないと考えられる。

($\times 10^4$ kgf/cm²)

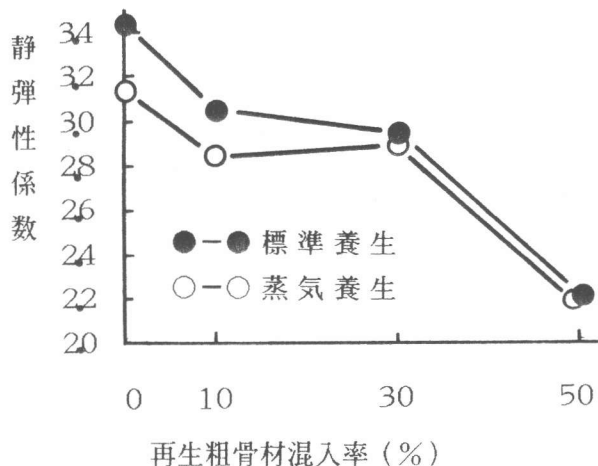


図-5 静弾性係数試験結果 (W/C 45%)

3.3 凍結融解試験結果

凍結融解試験結果を図-6に示す。再生骨材の高混入率のもので相対動弾性係数の低下が大きくなっている。しかし、最低の値となった供試体においても耐久性指数が77であり、所定の空気量を導入した低水セメント比の配合であれば、実用上十分な耐久性を持つと考えられる。外観は再生骨材を混入したものに、軟石が原因と考えられるクレーター状の剥離(ポップアウト)が見られた。重量減少率の測定結果は300サイクル終了時で0.4~1.5%の範囲での減少であり再生骨材の混入による著しい差はなかった。

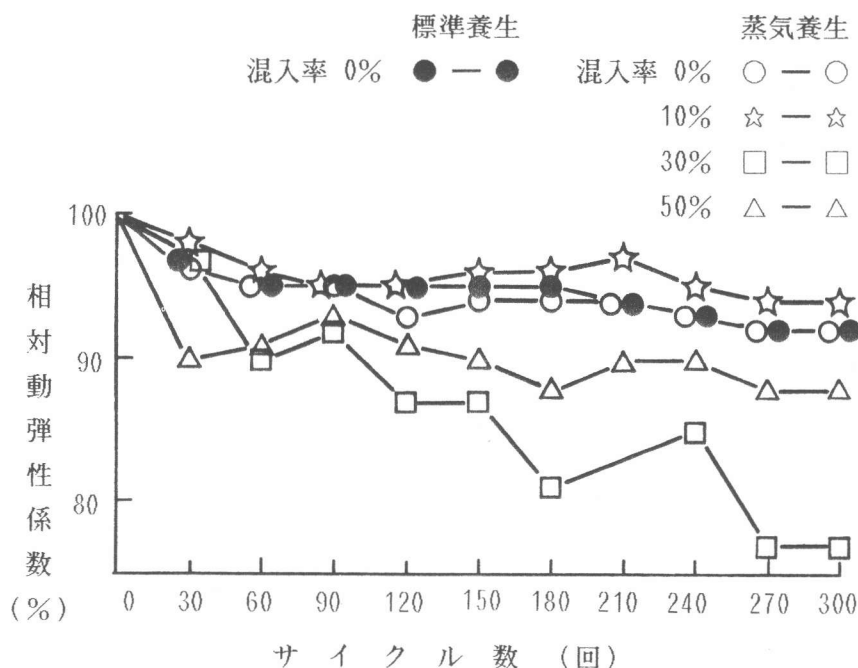


図-6 凍結融解試験結果 (W/C 45%)

3.4 製品による強度試験結果

道路用コンクリート製品の規格曲げ強さ荷重は、コンクリートの曲げ強度がほぼ30~40 kgf/cm²の範囲で、断面抵抗モーメントから求められており、供試体における曲げ強度試験結果から再生骨材を混入したコンクリートにおいても、十分、規格を満たすことができると考えられる。しかしながら、製品の場合、載荷方法・スパンおよび断面形状等の条件が供試体試験とは異なる。そのため、現実の製品の場合、規格曲げ強さ荷重に対して強度の出やすいもの、出にくいものがある。そこで実際の製品を、組合加盟のJIS製品メーカーの製造ラインで一般の製品と同一条件で製造し、同じ様に養生・試験を行った。配合はW/C 45%とし再生骨材混入率は30%である。表-5に材令14日での載荷試験結果を示す。

表-5 道路用コンクリート製品の載荷試験結果

製品種類	規格	規格荷重 (kgf)	試験荷重 (kgf)	判定
歩車道境界ブロック A	JIS A 5307	2300	3393	合格
埼玉県型2種溝蓋	県	6500	9866	合格
コンクリートブロック	道路公団	360	520	合格

いずれも規格荷重を5割程度、上回って合格しており、製品の外観も通常の製品比較して遜色のないものであった。この工場は通常、セメント量 332kg/m³・W/C 50%の配合を用いている。同時期に行われた歩車道境界ブロック A のロット判定値が3430kgfであり、ほぼ同程度の強度である。このことから、再生骨材を用いたコンクリート製品の商品化は可能であることが確認できた。

4. まとめ

本実験により再生骨材を用いた場合、強度低下を示すものの、水セメント比の調整で対応することができ、蒸気養生も行えることから製品化は可能であることが確認できた。今後は骨材の受け入れ基準・試験方法を確立し、骨材品質のばらつきと製品の品質管理データの集積を行うことにより、広く一般に認められる JIS製品の製造が可能と考えている。

謝辞

本実験は東京都中小企業団体中央会の補助金をうけ行った。付記して謝意を表します。あわせて実験にご協力いただいた東日本セメント製品工業組合の開発委員会各位およびに組合事務局の皆様に感謝致します。

参考文献

- 1) 社団法人 日本土木工業協会・社団法人 日本電力建設業協会：コンクリート破片の再生利用等の実態調査報告書、pp. 27-35, 1991. 10
- 2) 笠井芳夫ほか：再生骨材コンクリートに関する研究 (財) 建築業協会 建設廃棄物処理再利用委員会、コンクリート工学、Vol. 16, No. 7, pp. 24, 1978. 7