

コンクリートガラ骨材を用いた再生コンクリートの開発（その2）

Development of Recycled Concrete Using Demolished Concrete as Coarse Aggregate (Part 2)

原 田 実 桜 本 文 敏
依 田 和 久¹⁾ 黒 沼 出

要 約

本研究は、鉄筋コンクリート構造物の解体工事現場等で大量に発生する建設副産物のコンクリート塊を破砕加工したガラ骨材の製造システム及びガラ骨材を用いた再生コンクリートの施工法に関する研究開発である。本報文では、ガラ骨材の製造実験と、40mm以下の粒径のガラ骨材を対象として、①モルタルを型枠内に打設した後にガラ骨材を投入するポストパックド再生コンクリート工法、②ガラ骨材をバージンモルタルの入ったアジテータに投入後攪拌してコンクリートを製造するステージミキシング再生コンクリート工法の施工実験の結果について記述する。結果の概要は次のとおりである。ガラ骨材は、コンクリート塊の破砕、分級、洗浄により再生コンクリートに用いる粗骨材としての物理的性質や粒度分布が得られた。再生コンクリートの施工性及びガラ骨材の均質性は、ポストパックド工法よりステージミキシング工法が良かった。

目 次

- I. はじめに
- II. ガラ骨材の製造実験
- III. 再生コンクリートの施工実験
- IV. むすび

I. はじめに

建設副産物のリサイクルは、貴重な資源の有効利用と地球環境の保全の関係から資源循環型社会の構築のために、今後とも大いに促進する必要がある。

本研究は、鉄筋コンクリート構造物の解体工事現場等で大量に発生する建設副産物のコンクリート塊をその発生現場内（ゼロエミッション対応）で適度に破砕加工した粗骨材（ガラ骨材）の製造システム及びガラ骨材を用いた再生コンクリートの施工法の開発について検討したものである。

ガラ骨材を用いた再生コンクリートを普及させるためには適切な施工法の選定が重要な鍵となる。これまでにプレパックド再生コンクリート工法やポストパックド再生コンクリート工法による実験を行い、強度性状等を明らかにしてきた。^{1)・2)} ガラ骨材の粒径別の適当な施工法として、40mm以上の粒径の場合、これまでの実験から判断するとプレパックド再生コンクリート工法が適していると考えられる。これに対して40mm以下の粒径の場合、モルタルの充填性などから、ポストパックド再生コンクリート工法のほかに、ガラ骨材をバージンモルタルの入ったアジテータに投入後に攪拌してコンクリートを製造し、通常のコンクリートと同様に施工する工法（ステージミキシング再生コンクリート工法）が考えられた。これは、40mm程度の粒径ならば通常の機器でコンクリートの攪拌が可能であることに着目したものである。この製造方式による研究は増田らの研究にみられる程度であり、この研究では他の工法との比較は行わ

れていない。³⁾

本報文では解体工事現場内でコンクリート塊の破砕・分級・洗浄によるガラ骨材の製造実験の結果と、ポストパックド再生コンクリート工法とステージミキシング再生コンクリート工法の2工法について、工法別の施工性及びコンクリートの品質を調査・比較することを目的として実験を行った結果を記述する。

II. ガラ骨材の製造実験

1. 実験目的

一般の砕石骨材の製造では、JISで設定された標準粒度に沿って厳密な管理が行われている。ガラ骨材についても同様もしくはそれに準じた品質が要求されることが考えられ、再生コンクリートの実用化のためには、現場における加工作業においてもあるレベルの品質を確保することが求められる。

そこで、本実験では、ガラ骨材を現場内で製造した場合のガラ骨材の物理的性質及び問題点を把握することを目的とした。ガラ骨材の最大粒径は、再生コンクリートの要求仕様から40mm(R40)と20mm(R20)を設定した。

2. 実験計画

(1) 製造方法

現場内リサイクルというコンセプトに沿って、各種の機械装置を用いて現場で発生したコンクリート塊を二次破砕し、所定の粒径の大きさ毎に分級するとともに、洗浄を行う場合と合せてガラ骨材を製造した。⁴⁾

(a) 一次破砕（原RC構造物の解体）

一次破砕作業は解体対象物の原RC構造物の種類、規模等に適した解体工法によってコンクリートの破砕解体を行う。本実験で破砕対象とした原構造物は護岸コンクリートであり、全周回転オールケーシング工法及びブレーカによって人頭大程度の大きさのコンク

1) 建築技術本部

キーワード：建設副産物、廃棄物、解体、再利用、
コンクリート塊、再生骨材、再生コンクリート、
ポストパックドコンクリート、ステージミキシング

Table 1 ガラ骨材の物理試験結果
(Physical Properties of Recycled Coarse Aggregate)

項 目	骨材JISの 品質規定値	R40 (40~5mm)	R20 (20~5mm)
絶 乾 密 度 (g/m ³)	2.5以上	2.18	2.33
表 乾 密 度 (g/m ³)	-	2.28	2.45
吸 水 率 (%)	3.0以下	4.83	5.28
単位容積質量 (kg/ℓ)	-	1.47	1.4
実 積 率 (%)	粒径判定実積率55 以上	67.6	60.3
粗 粒 率 (FM)	-	7.34	7.2
洗い試験損失量 (%)	1.0以下	洗浄前4.4 洗浄後1.0	洗浄前4.0 洗浄後1.0
100 kN 破砕値 (%)	-	4.73	

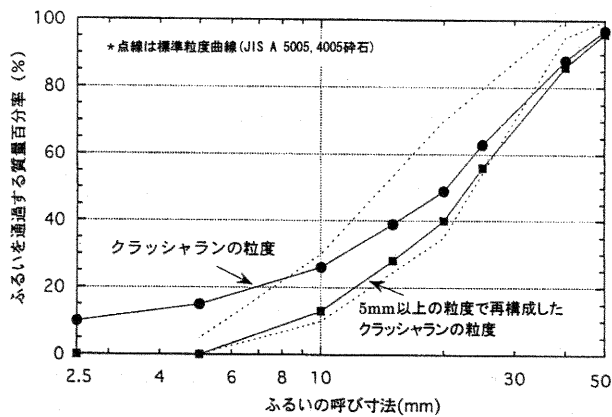


Fig. 1 クラッシュランの粒度分布
(Grading Distribution of Crushing Output)

リート塊にまで一次破砕した。

(b) 二次破砕

二次破砕作業はジョークラッシャを搭載した自走式破砕機により、クラッシャオープンセット（破砕刃の開度）を50mmに設定し、人頭大のコンクリート塊の破砕を行った。

(c) 分 級

分級選別作業は、移動式振動スクリーン（2床式3分級タイプ）を用いて行った。R40、R20という最大粒径の異なるガラ骨材を製造するため、クラッシャラン（二次破砕後の未分級の骨材）を40mm以上、40~20mm（4020材）、20~5mm（2005材）、5mm未満の4つの粒径に分級し、R40は4020材と2005材を1:1（質量）で混合し、R20は2005材単体で製造した。

(d) 洗 浄

洗浄作業はトロンメル式骨材洗浄機により4020材、2005材に分級したガラ骨材を対象に洗浄を行った。洗浄方法は回転するトロンメル内に常時高圧水を噴出し、ガラ骨材を攪拌、洗浄した。

(2) 物理試験項目

製造されたガラ骨材に対して、JIS A 5005の試験方法による各種物理試験に加え、本実験ではコンクリートの強度、流動性への影響が懸念される微粒分、粒度分布について調査を行った。

3. 実験結果と考察

(1) 物理試験

ガラ骨材の物理的性質に関する試験結果をTable 1に示す。ガラ骨材の特徴としては絶乾密度が小さく、吸水率が大きいことが挙げ

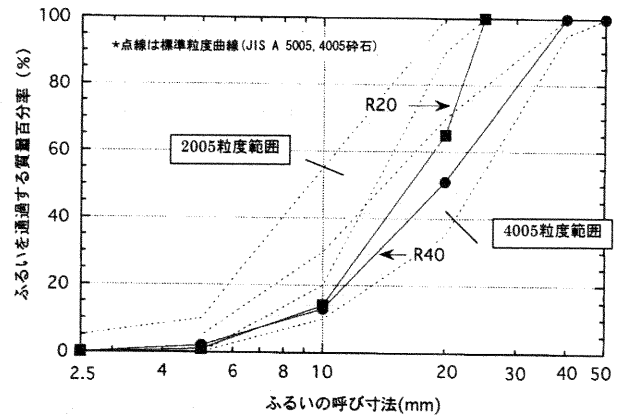


Fig. 2 ガラ骨材の粒度分布

(Grading Distribution of Recycled Coarse Aggregate)

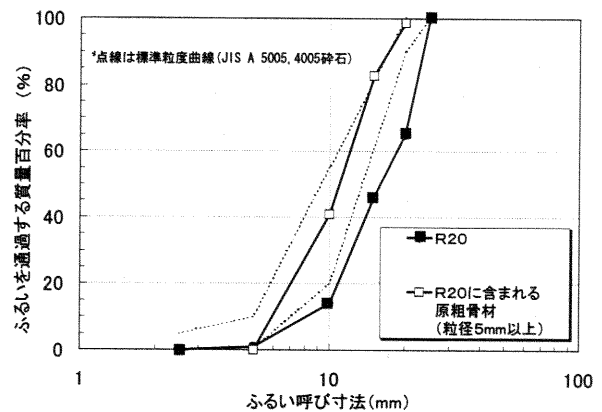


Fig. 3 ガラ骨材R20に含まれる碎石粒度分布
(Grading Distribution of Natural Coarse Aggregate included in Recycled Coarse Aggregate)

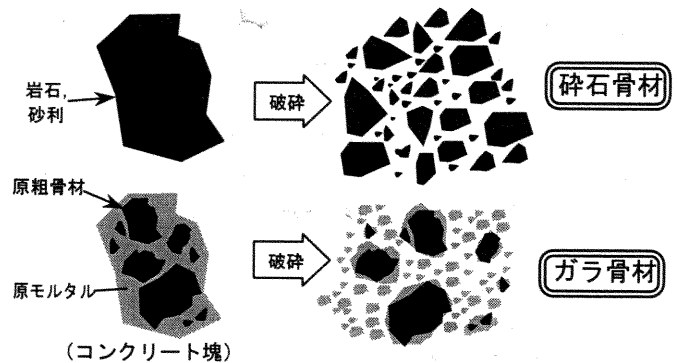


Fig. 4 骨材破砕モデル
(Crushing Model of Coarse Aggregate)

られる。これらはガラ骨材がモルタル分を多く含むためと思われ、ガラ骨材を使用する上で留意する必要がある。

(2) 微粒分

Table 1の洗い試験損失量に示すように、R40、R20共に機械洗浄する前は4.0%強であったのに対して、機械洗浄した後は品質規定値の1.0%にすることができた。

(3) 粒度分布

二次破砕して得られたガラ骨材の粒度分布をFig. 1に示す。碎石4005の標準粒度に対して、粗粒領域、細粒領域の割合が大きく、特にガラ骨材の対象外となる粒径5mm未満のものは15%程度存在した。これに対して、5mm未満のものを除き再構成した粒度分布を同図に

示す。粒度曲線が粗粒領域側に偏っているものの標準粒度曲線の範囲にほぼ入るものであり、粒度分布に関しては二次破碎したものを微調整することにより標準粒度の骨材が得られる見通しを得た。

ガラ骨材として分級したR40、R20の粒度分布をFig.2に示す。クラッシュランと同様にR40は標準粒度の範囲に収まっているが、R20は標準粒度に比べて粗粒分の割合が多い。しかし、Fig.3に示すように、R20に含まれる碎石を塩酸溶解法により抽出すると、その粒度分布は標準粒度の範囲に入るものであった。

以上のことから、骨材破碎モデルはFig.4のような模式図で表される。碎石・川砂単体を破碎した場合は、クラッシャにより様々な粒度の破碎片状の原粗骨材に破碎される。これに対して、コンクリート塊を破碎した場合は、低強度のモルタル部分で破碎されるため、原粗骨材を多く含む粗粒分と、モルタル片の細粒分との混合によるガラ骨材に破碎される。

また、原粗骨材の周囲にはモルタルが付着しているため、ガラ骨材の粒度分布は原コンクリートの骨材の粒度分布に比べて粗粒領域側に偏る傾向にあると推察される。ただし、骨材破碎モデルの解析に関しては、クラッシングエネルギーの影響等も考えられるため、今後データの蓄積を図り、更に検討する必要がある。

4. まとめ

- ① ガラ骨材は絶乾密度が小さく、吸水率大きい。
- ② トロンメル式骨材洗浄機を用いてガラ骨材の表面に付着している微粒分を除去することにより、洗い試験損失量がJISのレディーミクストコンクリート用骨材と同等の1.0%程度以下にすることができる。
- ③ 人頭大のコンクリート塊をジョークラッシャを用いて破碎することによりJIS A 5005の標準粒度の範囲に準じたガラ骨材を得ることができる。
- ④ ガラ骨材の粒度分布は粗粒領域側に偏る傾向にある。

Ⅲ. 再生コンクリートの施工実験

1. 実験計画

(1) 実験条件の組み合わせ

実験要因は工法の種類、コンクリートの打設層数、粗骨材の種類とし、模擬試験体を3体製作した。それらの実験条件の組み合わせをTable 2に示す。

(2) 使用材料

使用材料をTable 3に示す。ガラ骨材は4020材として破碎・洗浄した後に、JIS A 5005の碎石4020と同等の粒度分布になるように調整した。ガラ骨材は実用性を踏まえて気乾状態のものをを用いた。なお、比較用の碎石骨材については表乾状態で用いた。

(3) 調 合

マトリックスであるモルタルの調合をTable 4に示す。目標フロー値は、施工性とブリーディングによる材料分離抵抗を確保するために200mmとし、増粘剤を用いた。目標空気量は、強度への影響を小さくするために2%以下とした。このときの単位粗骨材量は、通常のコンクリートと同等になるように340ℓ/m³とした。

(4) 練り混ぜ

モルタルの練り混ぜは、容量3m³の強制2軸ミキサを用いて、全材料を一括投入した後に3分30秒間にわたって練り混ぜた。この練り

Table 2 実験条件の組み合わせ

(Experimental Condition)

記 号	工 法	打設層数	粗骨材種類
ポスト・碎石	ポストパックド 再生コンクリート	3層	碎 石
ポスト・再生	同上	6層	ガラ骨材
ステージ・再生	ステージミキシング 再生コンクリート	3層	ガラ骨材

Table 3 使用材料

(Materials Properties)

材 料	種 類	銘柄・産地等	物 性 等
セメント	普通ポルトランド セメント	M 社 製	密度3.16[g/m ³]
細骨材	質量比：砕砂7、 山砂3の混合砂	八王子産砕砂 香取郡産山砂	表乾密度2.61[g/m ³] 吸水率1.87% 粗粒率2.61
粗骨材	ガラ 骨 材	横浜市D建物 1929年竣工 RC造	実験時含水率4.04% 絶乾密度2.17[g/m ³] 吸水率7.20% 実積率57.4% コア23.7[N/mm ²]
	砕 石 (硬質砂岩)	青 梅 産	表乾密度2.66[g/m ³] 吸水率0.48% 実積率60.0% コア148[N/mm ²]
混和剤	ポリカルボン酸系 高性能AE減水剤	N 社 製	密度1.05[g/m ³]
	ポリアルキレグリコール 誘導体・消泡剤	同上	100倍に希釈
	メチルセルロース・ 増粘剤	S 社 製	-
水	上 水 道 水	調 布 市	-

Table 4 モルタルの調合

(Design of Mortar Mixture)

W/C	S/C	空気量	単位容積質量*			
			水	セメント	砕砂	山砂
50%	2.0	2%	315	629	888	380
				199	338	148

*上段：質量kg/m³、下段：絶対容積ℓ/m³

注) 高性能AE減水剤=C×0.9%、消泡剤(原液)=C×0.9%

増粘剤=C×0.15%、顔料(ベンガラ)=C×2.0%

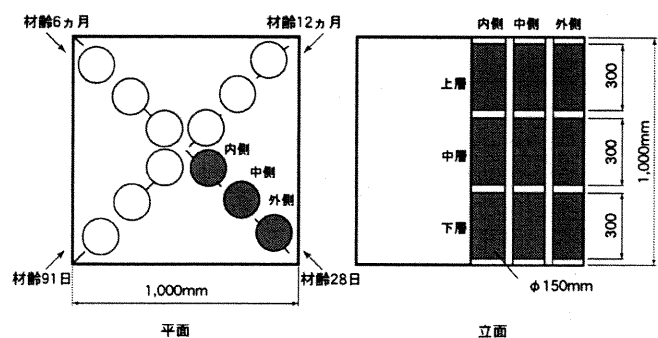


Fig.5 模擬試験体の仕様とコア供試体の採取位置

(Specification of Test Blocks and Position of Core-Boring)

混ぜは2層に分けて行い、1層目(記号：モルタルA)が1.25m³とし、2層目(記号：モルタルB)が1.75m³とした。

(5) 模擬試験体

(a) 形状寸法

Table 5 モルタル・コンクリートの試験項目及び試験方法

(Testing Items and Methods)

区分	時点	項目	試験方法	備考(標準値等)
モルタル	フレッシュ	流動性	JIS R 5201	フロー値 200mm 程度
		空気量	JIS A 1128	空気量 2.0% 以下
		単位容積質量	JIS A 1116	-
		温度	棒状温度計	-
	硬化	性状	目視観察	-
コンクリート	フレッシュ	圧縮強度	JIS A 1108	φ150×300mmの現場封緘養生供試体 材齢28日, 91日, 6ヵ月, 12ヵ月
		スランプ	JIS A 1101	[ステージ・再生]
		空気量	JIS A 1128	-
		単位容積質量	JIS A 1116	-
		温度	棒状温度計	-
	硬化	性状	目視観察	-
		粗骨材の分布	コア側面部のトレース図を目視観察	φ150×1000mmのコア供試体, 材齢28日, 91日, 6ヵ月, 12ヵ月
		単位容積質量	寸法・質量の測定	φ150×300mmのコア及び現場封緘養生供試体, 材齢は 同上
		圧縮強度	JIS A 1107	同上
		静弾性係数	JIS原案	φ150×300mmのコア及び現場封緘養生供試体, 材齢 28日, 12ヵ月
		試験体の外観	JIS原案	材齢28日, 12ヵ月

Table 6 モルタル及びコンクリートのフレッシュ時の性状
(Properties of Mortar and Concrete in Fresh Condition)

(a) モルタル性状

種類	試験時点	フロー (mm)	空気量 (%)	単容質 (kg/m ³)	温度 (°C)	性状
モルタルA	荷卸	232	1.4	2193.4	17.2	良
	顔料投入	212	1.1	2210.5	16.7	良
	作業終了	200	1.4	2200.6	18.2	良
モルタルB	荷卸	240	1.3	2187.8	18.3	良
	顔料投入	230	0.9	2207.7	18.1	良
	作業終了	216	1.2	2206.3	18.1	良

(b) コンクリート性状

種類	試験時点	スランプ (cm)	空気量 (%)	単容質 (kg/m ³)	温度 (°C)	性状
SR	荷卸	20.6	1.5	2236.1	17.9	良

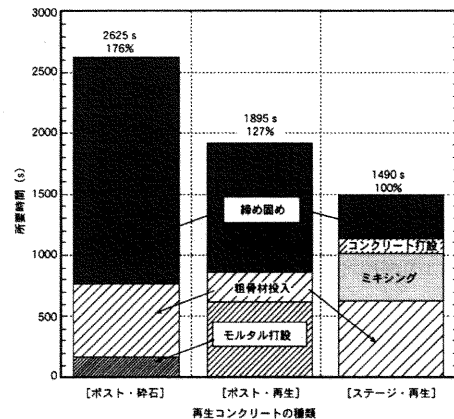
注) モルタルAは[ポスト・砕石]用, モルタルBは[ポスト・再生]用と[ステージ・再生]用とした。単容質: 単位容積質量
荷卸から作業終了までの時間はモルタルAが100分, モルタルBが160分であった。SR: ステージミキシング工法の[ステージ・再生]

模擬試験体は, Fig. 5に示すとおり1m³の立方体とし, コア供試体は内側・中側・外側からφ150×1,000mmのコアを4材齢分採取した。

(b) 打設方法

荷卸時にモルタルのフレッシュ試験を実施し, 目標値を満足しているかを確認後, モルタル着色のために顔料(セメント量の2.0%)を添加しアジテータを3分間攪拌した。その後, 再びフレッシュ試験を行い性状を確認後, コンクリート打設作業を行った。

ポストバックド工法では, モルタルを先詰めしガラ骨材を投入後, 均し定木(T型の工具)で粗骨材をモルタルに充填させた後, 棒状

Fig. 6 作業項目別の所要時間
(Time Required for Each Operation)

パイプレータと小槌を用いて締め固めた。適切な打ち上がり高さを把握するため, [ポスト・砕石]の打設層数を3層(1層の打設厚さは約330mm)としたが, 砕石骨材の充填が良くなかったので[ポスト・再生]の場合は6層(同約160mm)とした。

ステージミキシング工法では所定量のモルタルが入っている生コン車にコンクリートバケット(容量300ℓ)を用いてガラ骨材を投入し, 3分30秒攪拌した。攪拌後, フレッシュコンクリートの試験を行い性状を確認した後, コンクリートを生コン車のシュートから型枠に投入し, ポストバックド工法と同様に締め固めた。この時の打設層数は3層とした。なお, 模擬試験体の養生は屋内気乾養生とした。

(6) 試験項目及び試験方法

モルタル及びコンクリートの試験項目と試験方法をTable 5に示す。コンクリートの施工性は, コンクリート打設時の作業項目別の所要時間の計測と作業上の課題を記録して行った。

2. 実験結果と考察

(1) フレッシュコンクリートの性状

Table 6にモルタルのフレッシュ時の性状を示す。2試料のモルタルは, 荷卸時から全作業終了時までフロー値200mm以上, 空気量1.0%前後であり, 両試料の差は小さく, 目標とするフレッシュ時の性状を有していた。

一方, ステージミキシング工法におけるコンクリートは, 打設時のスランプが20.6cm, 空気量が1.5%であり, ガラ骨材はモルタル中に均質に分布しており, コンクリートを打設するのに十分なフレッシュ性状を有していた。ただし, 5~20mmの粒度の骨材が含まれていないため, 通常同等なスランプで見られる裾広がりな性状はみられなかった。しかし, ステージミキシング工法は, スランプを品質管理項目とするほかに, ポンプ圧送性などの性能が求められるので, 骨材の粒度はJIS標準粒度曲線にすることが性能的に適合しやすいものと考えられる。

これに対して, ポストバックド工法は, 粗骨材とモルタルを型枠内へ別々に投入するため, 粗骨材の粒度の影響を受け難い特性を示した。

(2) 作業性

コンクリート打設時の作業項目別の所要時間をFig. 6に示す。全作業時間は[ステージ・再生]が1,490秒(24.8分)と最も短く, 次に[ポスト・再生]が1,895秒(31.6分), [ポスト・砕石]が2,625秒

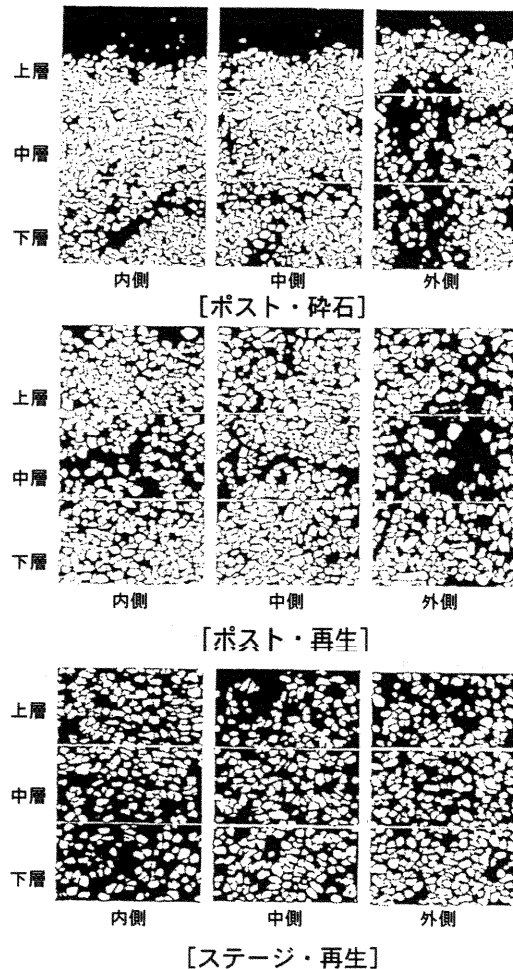


Fig. 7 コア供試体における粗骨材の分布（材齢28日）
（コア供試体外周表面の展開図）
（Distribution of Coarse Aggregate）

（43.8分）であった。

ステージミキシング工法による[ステージ・再生]の作業時間はポストバックド工法の[ポスト・再生]や[ポスト・碎石]に比べて短い結果となった。また、ポストバックド工法において打設層数の多い[ポスト・再生]の作業時間は、[ポスト・碎石]に比べて短い結果となった。

ポストバックド工法において作業別に最も時間を要した項目は、締固め作業であり、3層に打ち分けた[ポスト・碎石]が、6層に打ち分けた[ポスト・再生]の2倍近い締固め時間を要している。これは粗骨材をモルタルに充填させるのに時間を要したためである。粗骨材をモルタルに充填させる働きは振動・転圧作用によるが、今回用いた均し定木（T型の工具）よりも効果のある工具を用いて、打設層数を多くすれば、作業時間が短縮できるものと考えられた。ただし、打設層数を多くした場合は、準備作業である粗骨材の計量手間が増えることになる。

これに対して、ステージミキシング工法はバッチ計量となるため打設層数の影響はない。

（3）模擬試験体のコンクリート仕上り面の外観

ポストバックド工法で打設した模擬試験体の側面部の一部にモルタルの充填が不十分と思われる空隙がみられた。これはモルタルの

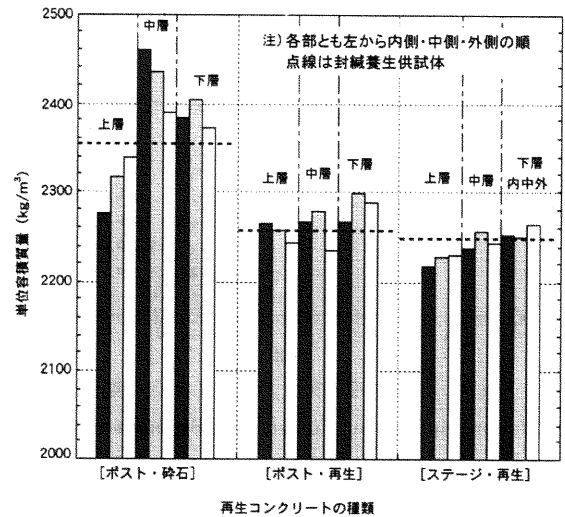


Fig. 8 採取位置別供試体の単位容積質量（材齢28日）
（Unit Mass of Test Piece cut from Core-Boring）

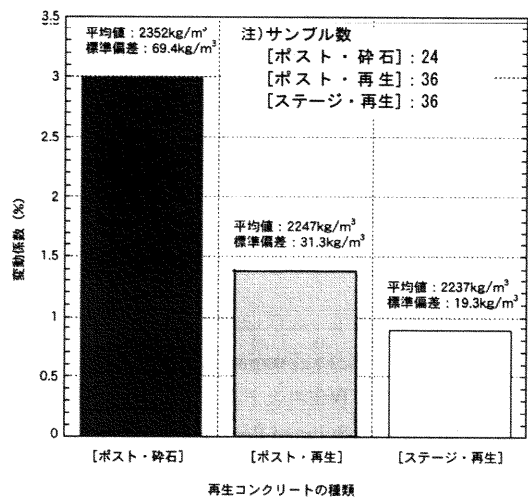


Fig. 9 再生コンクリートの単位容積質量の変動係数
（Coefficient of Variation of Unit Mass of Recycled Concrete）

流動性と締固め程度とのバランスで発生したものと推察された。

また、[ポスト・碎石]の上層にジャンカが形成された。この[ポスト・碎石]の上層は、粗骨材、モルタルの順に打設したためモルタルの充填が不十分になったことが原因である。

（4）均質性

（a）粗骨材の分布

模擬試験体から採取した材齢28日におけるコア供試体の粗骨材の分布をFig. 7に示す。[ポスト・碎石]の上層は、外観と同様に粗骨材が下部に、モルタルが上部に分布していた。[ポスト・碎石]の下層、中層と[ポスト・再生]をみると、鉛直方向はほぼ均質に分布していた。水平方向は内側と中側は大差ないが、外側は内側と中側に比べて、粗骨材の量が明らかに少なくなる傾向がみられた。これは模擬試験体製作時に粗骨材を中心部に集中投下したが、締固め等の作業を行っても均質にならないことを表しており、粗骨材の分布が均質になるような投入方法を検討する必要がある。

[ステージ・再生]では上下方向及び水平方向ともに粗骨材の分布は均質である。

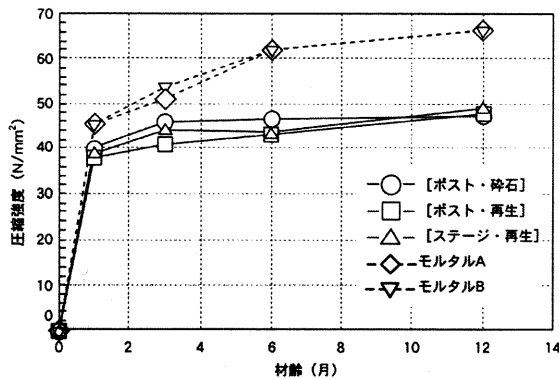


Fig. 10 材齢と圧縮強度の関係 (コア試験体)
(Relationship between Compressive Strength and Age of Materials)

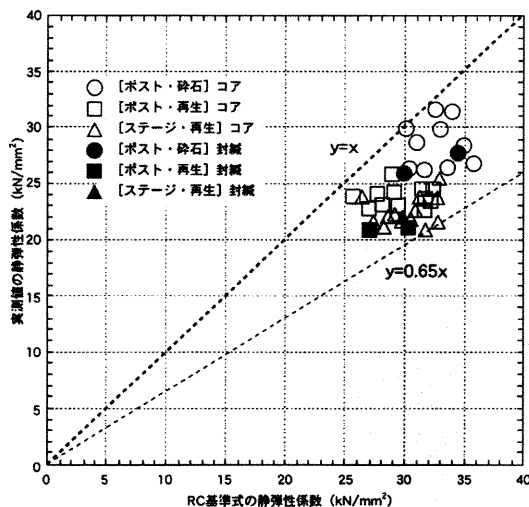


Fig. 11 再生コンクリートの静弾性係数
(Young's Modulus of Recycled Concrete)

(b) 単位容積質量

材齢28日における模擬試験体各部から採取したコア供試体の単位容積質量をFig. 8に示す。[ポスト・砕石]は、[ポスト・再生]と[ステージ・再生]よりも単位容積質量の変動が大きくみられた。水平方向の比較では[ポスト・砕石]と[ポスト・再生]は粗骨材の分布と同様に外側が内側と中側に比べて単位容積質量が小さい傾向がみられた。これを変動係数でみるとFig. 9に示すとおり[ステージ・再生]が最も少なく、次いで[ポスト・再生]、[ポスト・砕石]の順であった。

以上の結果、ステージミキシング工法による模擬試験体は、ポストパックド工法に比べて均質な再生コンクリートが得られた。

また、ポストパックド工法においては1層の打設厚さを小さくした方が均質な再生コンクリートが得られた。この工法は、ガラ骨材の投入分布を均等にするにより、ガラ骨材の均質性が良くなるので薄くて広い部材の施工法に適するようである。

(5) 強度性状

(a) 材齢と圧縮強度の関係

Fig. 10にコア供試体における材齢と圧縮強度の関係を示す。コア供試体の圧縮強度は再生コンクリートの種類で大差なく、材齢28日で40 N/mm²程度発現し、材齢12ヵ月まで微増し50 N/mm²程度となった。

なお、封蔵養生の圧縮強度については、[ポスト・再生]、[ステージ・再生]のコア供試体の圧縮強度と比較すると同程度の強度性状であった。

(b) 静弾性係数

静弾性係数のうち、RC規準式により算出したものと実測値の比較をFig. 11に示す。封蔵養生供試体及びコア供試体の静弾性係数はRC規準式から算出した値よりも小さかった。このうち、特に[ポスト・再生]および[ステージ・再生]は、[ポスト・砕石]に比べて小さかった。また、最も小さかった実測値はRC規準式の0.65倍程度であった。静弾性係数が小さかった理由としては、20~5mmの粒度の粗骨材を含んでいないため骨材間の架橋効果が得られにくいこと、モルタル量が通常のコンクリートに比べて多いこと、ガラ骨材の弾性係数が小さいことなどが原因として考えられた。

3. まとめ

- ① ステージミキシング工法は、ポストパックド工法に比べて作業時間が短く、準備作業である計量手間も少なく作業性が良い。
- ② ステージミキシング工法は、ポストパックド工法に比べてガラ骨材が均質に充填された再生コンクリートが得られる。
- ③ ポストパックド工法とステージミキシング工法による再生コンクリートの強度性状は同程度である。
- ④ ポストパックド工法は1層の打設厚さを小さくしてガラ骨材の充填性を上げるにより、薄くて広い部材の施工法に適しているようである。

IV. むすび

ガラ骨材の製造実験では、解体コンクリート塊を軽微に加工処理したガラ骨材が得られ、再生コンクリートの粗骨材として用いることができた。また、再生コンクリートの施工実験ではステージミキシング工法がポストパックド工法に比べて施工性やガラ骨材を充填するための均質性などの点で良いことがわかった。このステージミキシング工法を適用するためには、スランプを品質管理項目にするほか、ポンプ圧送性などの性能についても検討する必要がある。

今後は、ガラ骨材の製造システムの確立と、再生コンクリートの耐久性などを明らかにしていく予定である。

最後に、ガラ骨材の製造実験の実施に当たって協力していただいた(株)小松製作所に感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 桜本文敏, 原田 実, 依田和久: コンクリートガラを骨材としたプレパックドコンクリートに関する研究, 日本コンクリート工学協会年次論文報告集, Vol. 20, (1998. 7).
- 2) 原田 実, 桜本文敏, 依田和久, 黒沼 出: コンクリートガラ骨材を用いた再生コンクリートの開発, 鹿島技術研究所年報, 第47号, (1999. 9. 30).
- 3) 増田 彰ほか: 大規模電力建物における再生骨材および再生コンクリートの利用(その1~その23), 日本建築学会大会学術講演梗概集, (1996. 9~1999. 9).
- 4) 黒沼 出, 原田 実, 依田和久: ガラ骨材を用いた再生コンクリートの開発(その2. ガラ骨材の現場製造実験), 日本建築学会2000年度大会(東北)学術講演梗概集, (2000. 9).