

コンクリートにおける再生骨材の利用方法に関する研究 (その1)

—— 樹脂含浸処理による再生骨材の改質効果 ——

若松 岳 十河 茂 幸
(本社 京急横浜駅J V)

住野 正博 川地 武

Study on Utilization Method of Recycled Concrete Aggregates for Concrete (Part 1)

—— Improvement of the Quality of Recycled Concrete Aggregates by Resin Solution ——

Gaku Wakamatsu Shigeyuki Sogo
Masahiro Sumino Takeshi Kawachi

Abstract

Absorption of recycled concrete aggregates is larger than that of normal aggregates because of the mortar contained. For the improvement of recycled concrete aggregates, we investigated the absorption speed of polymer coated recycled concrete aggregates, and the characteristics of concrete mixed with polymer coated recycled coarse aggregates. We found that coated recycled concrete aggregates with sufficient polymer slowed the absorption, and increased the slump of fresh concrete.

概 要

コンクリート塊を破碎して得られる再生骨材は、モルタル部分が残るため、普通骨材より吸水率が大きく、密度が小さい。そのため、良質の再生骨材を得るためには、コンクリート塊の破碎回数の増加や、摩砕処理によりモルタル分を除去する必要があり、再生処理のコストが上昇し、より低品質の再生細骨材や微粉が増えることになる。そこで、破碎工程の異なる再生細骨材と再生粗骨材とこれを用いた再生コンクリートの品質を調査するとともに、再生粗骨材に樹脂溶液を含浸させ、再生骨材コンクリートの品質を改善する方法を試みた。その結果、樹脂含浸処理により、再生粗骨材の吸水速度が低減し、再生骨材コンクリートのスランプを高め、再生骨材コンクリートの取扱いが容易になることが明らかとなった。

1. はじめに

我が国のコンクリート廃棄物は、1995年度において3,600万t発生しており、このうちの再利用率は65%に達している¹⁾。

しかし、建設省が策定した「リサイクルプラン21」によれば、コンクリート塊の再利用率の2000年度の目標は90%であり、さらに再利用率を高めていく必要がある。また、現状の再利用先はほとんどが路盤用であるため、コンクリート構造物にも再生骨材を積極的に利用することが望まれている。

再生骨材は、一般にコンクリート用の普通骨材よりも吸水率が大きく、密度が小さい。吸水率の大きい骨材は、フレッシュコンクリートの性状を大きく変化させたり、強度の低下を招く等の問題が考えられる。良質の再生骨材とするために、コンクリート塊からもとの骨材を取り出そうとすると、骨材の破碎回数を増やすことになり、製造コストが上昇する。また、品質の劣る再生細骨材や微粉が増え、逆に廃棄物を増加させることになる。

そこで本研究では、再生骨材の利用方法に関する研究の一環として、破碎過程が異なる再生骨材の品質およびこれらを用いたコンクリートの基礎的な性質について調査し、また、再生骨材の品質改善を目的として、樹脂を含浸処理させた再生骨材を用いたコンクリートの性質について実験的に検討した。

2. 再生骨材と再生骨材コンクリートの品質

2.1 再生骨材の製造方法

再生骨材は、コンクリート塊の破碎回数とその後の微粉の除去方法が異なる2つの中間処理工場より入手した。ここでは、再生骨材の製造におけるコンクリート塊の破碎回数により高次破碎と低次破碎に分類した。再生骨材の製造概要をTable 1に示す。

2.2 再生骨材の品質

粒径ごとに分類した再生骨材の品質試験結果をTable 2に示す。再生骨材は、粒径が小さくなるほど吸水率が大きく、密度が小さく、洗い損失量が大きくなる。また、

10~20mmの同一粒径の洗い損失量は、高次破碎のほうが小さいが、実積率に差はなかった。Table 3は、標準粒度とした再生骨材の品質を示すものであるが、再生粗骨材では、低次破碎のほうが高次破碎よりも吸水率は大きく、再生細骨材では、破碎方法による吸水率の差は小さい。したがって、良質の再生骨材とするために、コンクリート塊の破碎処理を繰り返すことは、再生粗骨材から吸水率の大きいモルタルを除去する反面、モルタル分の多い再生細骨材を増加させることになる。

2.3 再生骨材コンクリートの品質

2.3.1 実験概要 水セメント比55%，細骨材率45%，単位水量160kg/m³の配合条件のもとで、再生骨材の種類および普通骨材との組合せにより、再生骨材コンクリートの品質への影響を調査した。

再生骨材は、Table 3に示すものを用い、その組合せは、粗骨材のみを再生骨材とした場合と、粗骨材、細骨材とも再生骨材とした場合で比較した。再生細骨材は表乾状態で、再生粗骨材は、第3章の樹脂含浸処理を考慮して気乾状態で使用した。

なお、練混ぜ方法は、容量60ℓの二軸強制練りミキサを用い、60秒間練り混ぜた。実験に用いた各種コンクリートの配合をTable 4に示す。

2.3.2 フレッシュコンクリートの性質 製造15分後のスランプ、空気量をFig. 1に示す。細骨材、粗骨材とも再生骨材を用いる場合は、スランプが小さく、空気量がやや増加する傾向にある。再生骨材に付着する微粉がスランプを低減させ、モルタル部分の多い再生細骨材の表面付近の空隙が、空気量の一部として測定されていることが考えられる。

2.3.3 硬化コンクリートの性質 材齢28日の圧縮強度、静弾性係数および透水試験結果をFig. 2に示す。

破碎回数が少ない再生骨材を用いた場合ほど、コンクリートの圧縮強度は低下する傾向を示したが、高次破碎の再生粗骨材のみ使用した場合は、普通骨材コンクリートと同等の圧縮強度であった。

静弾性係数は圧縮強度と同様の傾向を示し、再生細骨材を使用すると減少が著しい。細・粗骨材とも再生骨材を使用した場合、普通骨材コンクリートより3~4割低下した。透水係数は、圧縮強度および静弾性係数と相関性が高く、再生骨材の使用により圧縮強度が低下するにつれ、大きくなる傾向を示す。

3. 樹脂含浸再生骨材コンクリートの品質

3.1 樹脂含浸再生骨材の品質

3.1.1 実験概要 粒径10~20mmの再生骨材を約100g採取し、気乾状態から樹脂溶液（3，5，10%溶液）に含浸（含浸5，60分）させ、一旦気中乾燥（30℃，3日間）した後、吸水実験を行った。使用した樹脂の種類をTable 5に示す。

3.1.2 絶対密度と吸水率 吸水実験結果をFig. 3および

Table 1 入手した再生骨材の概要
Production Method of Recycled Concrete Aggregates

骨材の種類	高次破碎	低次破碎
中間処理工場	工場A (江戸川区)	工場B (所沢市)
骨材破碎回数	3回	1回
微粉の除去	細骨材：エアセパレータ処理 粗骨材：水洗い処理	なし
粒形改善処置	細骨材：なし 粗骨材：磨砕処理	なし
出荷時の粒径	0~5, 5~10, 10~20mm	0~10, 10~40 mm

Table 2 分級時の再生骨材の品質
Quality of Each Particle Size of Recycled Concrete Aggregates

項目	高次破碎				低次破碎				試験方法
	0-2.5	2.5-5	5-10	10-20	0-1.2	1.2-5	5-10	10-20	
絶対比重	1.92	2.08	2.34	2.40	1.85	2.07	2.22	2.21	JIS A 1109 JIS A 1102
表乾比重	2.20	2.30	2.47	2.51	2.16	2.29	2.38	2.36	
吸水率(%)	14.4	10.8	5.47	4.64	16.5	10.5	7.01	6.90	JIS A 1110 JIS A 1104
F.M.	2.38	5.03	5.68	7.32	1.83	4.57	6.05	6.78	
実積率(%)	-	-	56.3	57.0	-	-	-	56.8	JIS A 1103
洗失量(%)	-	-	1.42	0.97	-	-	-	1.80	

Table 3 標準粒度とした再生骨材の品質
Characteristics of Recycled Concrete Aggregates

材料	品質
再生細骨材 (0~5mm)	高次破碎 製造工場A, 比重 2.21, 吸水率 14.04%, F.M. 2.65
	低次破碎 製造工場B, 比重 2.20, 吸水率 14.68%, F.M. 2.65
再生粗骨材 (5~20mm)	高次破碎 製造工場A, 比重 2.50, 吸水率 4.81%, F.M. 6.77
	低次破碎 製造工場B, 比重 2.37, 吸水率 6.93%, F.M. 6.58
普通細骨材 (0~5mm)	木更津産山砂, 比重 2.61, 吸水率 1.92%, F.M. 2.49

Table 4 コンクリートの配合
Mix Proportions of Concrete

配合の種類	骨材の種類	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)						混和剤 Cx (%)
				W	C	S		G		
						再生	普通	再生	普通	
A1	高次	55	45	160	291	-	855	1001	-	0.25
A2	破碎					724	-	1001	-	
B1	低次					-	855	949	-	
B2	破碎					721	-	949	-	
C	普通	-	-	-	855	-	1061	-		

C: 普通ポルトランドセメント, 普通細骨材: 表乾比重 2.61, 吸水率 1.92%, F.M. 2.49

Table 5 樹脂溶液の種類
Sorts of Polymer Solution

記号	樹脂の種類
樹脂A	アルカリ可溶アクリル樹脂
樹脂B	微粒子タイプアクリル樹脂
樹脂C	微粒子エマルジョンアクリル樹脂
樹脂D	架橋エマルジョンアクリル樹脂
樹脂E	エチレン酢ビ・ポリマーモルタル用接着
樹脂F	水性エポキシ樹脂

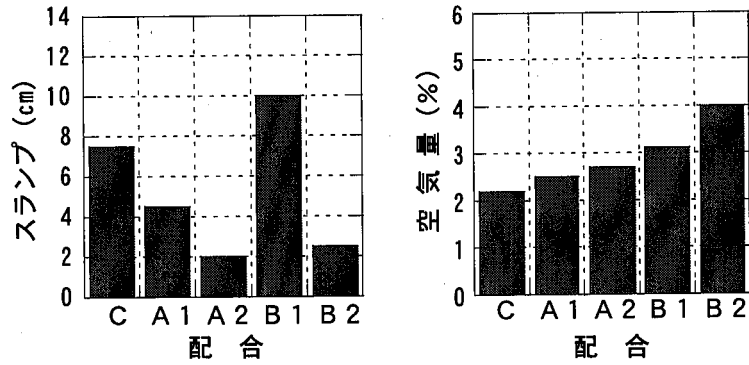


Fig. 1 再生骨材コンクリートのフレッシュコンクリート性状
Properties of Fresh Concrete with Recycled Concrete Aggregates

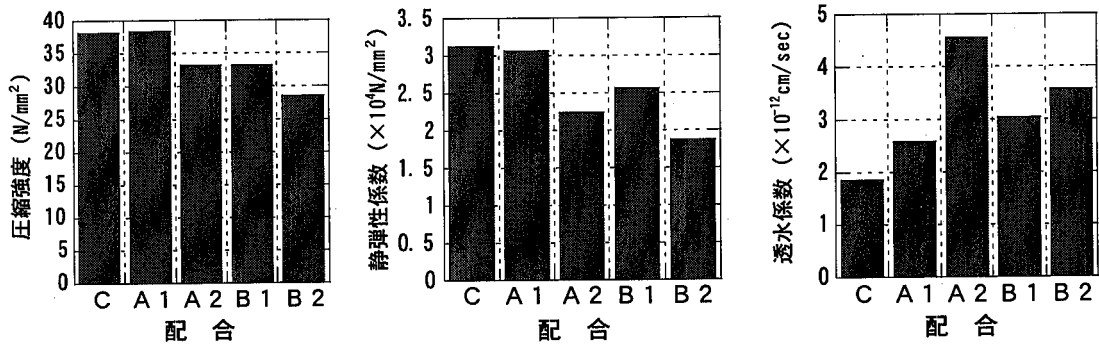


Fig. 2 再生骨材コンクリートの硬化コンクリート性状
Properties of Hardened Concrete with Recycled Concrete Aggregates

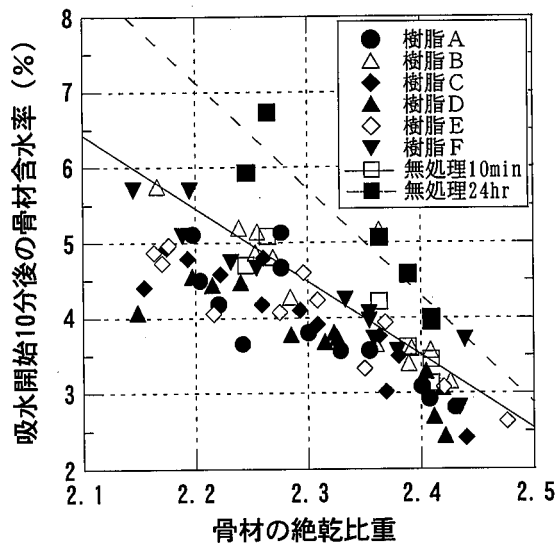


Fig. 3 樹脂含浸再生骨材の含水率
Water Content Ratio of Polymer Coated Recycled Concrete Aggregates

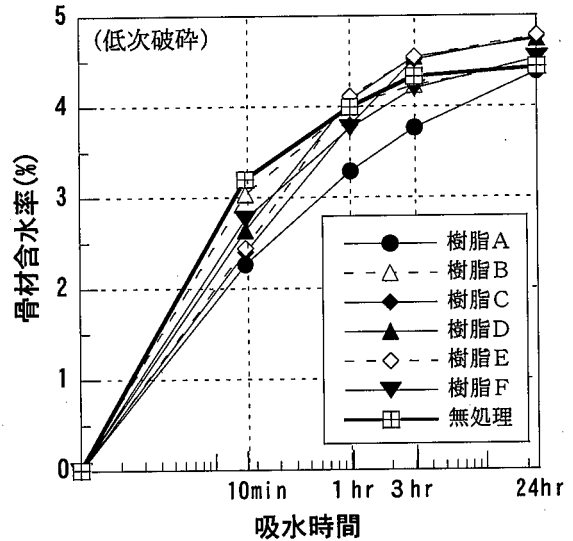


Fig. 4 樹脂含浸再生骨材の含水率の経時変化
Change in Water Content Ratio of Polymer Coated Recycled Concrete Aggregates in Water

びFig. 4に示す。いずれの樹脂溶液においても、吸水開始10分後の含水率は樹脂含浸処理をしていない無処理の再生骨材よりも小さかった。しかしながら、吸水速度を抑制することができるのは吸水初期の間だけであり、3時間以降は、無処理の再生骨材と同等の含水率となった。

吸水速度の低減効果が比較的良好なのは、樹脂A, C, D, Fで、樹脂B, Eについては、吸水後60分で効果

がなくなった。なお、樹脂の種類により、初期の吸水速度に若干の違いが認められたが、樹脂溶液の濃度や含浸時間による違いは見られなかった。

3.2 樹脂含浸再生骨材コンクリートの特性

3.2.1 実験概要 吸水速度の低減効果が比較的良好であったA, C, Fを用いて、再生粗骨材を含浸処理し、再生細骨材と組合せたコンクリートの品質をTable 4の配

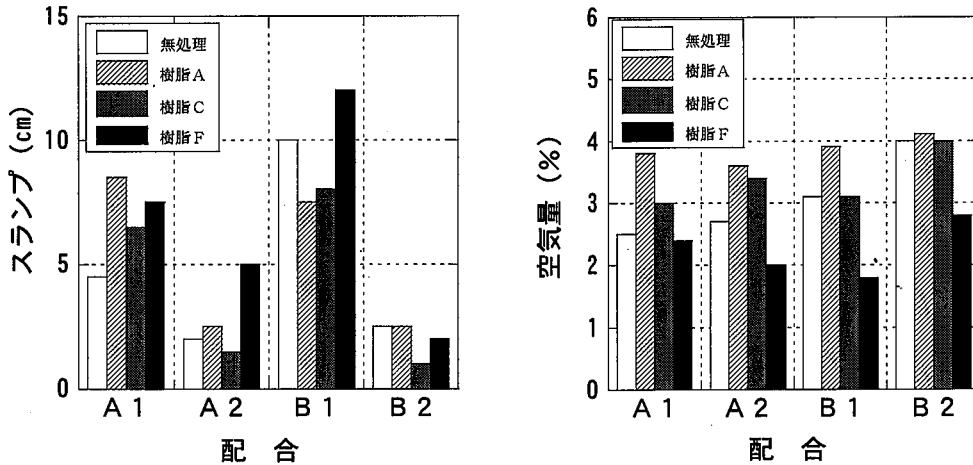


Fig. 5 樹脂含浸再生骨材コンクリートのフレッシュコンクリートの性状
Properties of Fresh Concrete with Polymer Coated Recycled Concrete Aggregates

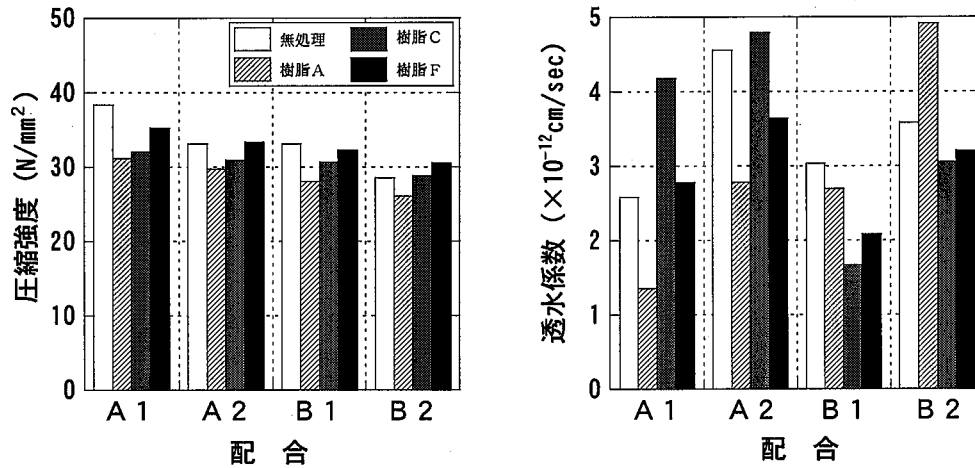


Fig. 6 樹脂含浸再生骨材コンクリートの硬化コンクリートの性質
Properties of Hardened Concrete with Polymer Coated Recycled Concrete Aggregates

合で比較した。

3.2.2 フレッシュコンクリートの性質 Fig. 5に製造15分後のスランプ、空気量を示す。樹脂Aにおいては、再生粗骨材を使用した場合 (A 1) のみ、スランプの増大効果が大きく、また、再生細・粗骨材を併用した場合 (A 2, B 2) は、いずれのケースもスランプが小さく、樹脂含浸の効果も認められなかった。

空気量試験では、樹脂A, Cについては、樹脂含浸処理により空気量が増大する傾向にあり、樹脂Fについては、空気量の増減は一定していない。含浸させた樹脂が界面活性に影響を及ぼすものと考えられる。

3.2.3 硬化コンクリートの性質 Fig. 6に事前に樹脂を含浸させた再生骨材を使用したコンクリートの圧縮強度および透水係数の試験結果を示す。いずれの配合においても、樹脂を事前に含浸させることは、圧縮強度の増加にはならず、むしろ低下の傾向を示した。樹脂が骨材とセメントマトリックスとの付着を低減させた結果と推察される。

透水試験の結果においては、低次破碎の再生骨材を用いた場合 (B 1, B 2) に透水係数が若干低減される結果が得られたものの、樹脂含浸による顕著な効果は認め

られず、おおむね、無処理の再生骨材を用いたコンクリートと同等といえる。

なお、透水係数は、高次破碎処理の再生骨材で、粗骨材のみを使用したものにおいて大きな低減効果が認められた。

4. まとめ

再生骨材を使用したコンクリートは、通常構造材として使用される30 N/mm²程度の圧縮強度が比較的容易に得られる。ただし、スランプの変動が大きく、同一水セメント比で比較した場合、強度や弾性係数が若干低下する傾向がある。そこで、再生粗骨材に樹脂を含浸させることを検討した結果、再生骨材の吸水特性を改善することによって、再生骨材コンクリートの品質を安定させることが可能となることが明らかとなった。

参考文献

- 1) 戸谷有一：建設副産物の現況と課題、コンクリート工学, Vol. 35, No. 7, p. 8~12, (1977)