Japan Concrete Institute

論文　コンクリート塊を用いた再生コンクリートの強度特性に関する研究

松本典人[*1]・末岡英二[*2]・山路　徹[*3]・濱田秀則[*4]

要旨：コンクリート塊を用いた再生コンクリートの強度特性を改善することを目的として，コンクリート塊の表面処理方法や粒径，および充填材の種類が再生コンクリートの強度特性に与える影響について調べた。その結果，当該再生コンクリートの強度特性を改善するためには，①コンクリート塊の表面を洗浄した後，吸水させる，②充填材としてコンクリートを使用する，③粒径の小さい(25~80mm)コンクリート塊を用いる，等が有効であることがわかった。

キーワード：コンクリート塊，再生コンクリート，表面処理方法，充填コンクリート，強度特性

1. はじめに

建設副産物は1995年に約1億トンに達し，このうち，排出量が多いコンクリート構造物の解体に伴い発生するコンクリート塊は，路盤材などに再利用されているものの，現状では再利用率が約65%と少ない[1]。1994年に策定された「建設副産物対策行動計画－リサイクルプラン21」において，2000年度におけるコンクリート塊の再利用率の目標が90%に設定されていること[2]や，また省資源や環境負荷の低減の観点からも，構造物を含めたコンクリート塊の適用対象の選定や，その適用方法の検討により再利用率を増すことが重要である。

筆者らは，昨年度，JISコンクリートのうち最も低強度の仕様(=18(N/mm^2))となる根固めブロック[3]へのコンクリート塊を用いた再生コンクリートの適用を対象として，高度の処理を行わず，粒径が比較的大きなコンクリート塊を生コンプラントで製造したモルタルで充填した再生コンクリートを用いて，モデル体を作製する施工実験を行った[4]。モデル体から採取したコアの圧縮強度は15~20(N/mm^2)で，5(N/mm^2)程度のばらつきを示し，当該再生コンクリートの圧縮強度の増加やばらつきの低減が課題として抽出された。

本稿は，これらの課題を解決することを目的として，コンクリート塊の表面処理方法や粒径，および再生コンクリートの充填材の種類の相違が当該再生コンクリートの強度特性に与える影響を調べたものである。

2. 実験概要

2.1 コンクリート塊の物性

コンクリート塊の物性を**表-1**に示す。コンクリート塊は，コンクリート再生プラントに持ち込まれたコンクリートを破砕したものである。コンクリート塊の強度試験は，粒径200mm程度のコンクリート塊から採取したコアを用いて行った。

表-1 コンクリート塊の物性

型枠寸法(mm)	φ150×300 供試体用 600×600×600 ブロック用	900×900×900 ブロック用
粒　径(mm)	25-80	100-200
表乾密度(g/cm^3)	2.34	-
絶乾密度(g/cm^3)	2.21	-
吸水率(%)	6.08	-
洗い試験(%)	0.42	-
実積率(%)	51.8	53.6
圧縮強度(N/mm^2)	29.3	
静弾性係数(kN/mm^2)	2.87×10^4	

*1 東洋建設(株)美浦研究所材料研究室研究員（正会員）
*2 東洋建設(株)美浦研究所材料研究室主任研究員（正会員）
*3 運輸省港湾技術研究所 構造部 材料研究室研究官（正会員）
*4 運輸省港湾技術研究所 構造部 材料研究室長 工博（正会員）

NII-Electronic Library Service

Japan Concrete Institute

表-2 充填材の使用材料

項目		仕様
セメント (C)		高炉セメントB種 密度:3.04 g/cm³ 比表面積:4090cm²/g
粗骨材 (G)		砕石: Gmax=10mm 表乾密度:2.68g/cm³ 吸水率:0.60% F.M:6.20
細骨材 (S)	陸砂	表乾密度:2.58g/cm³ 吸水率:2.12% F.M:2.41
	砕砂	表乾密度:2.60g/cm³ 吸水率:1.26% F.M:2.47
		(混合率)=(陸砂):(砕砂)=7:3
混和剤		AE減水剤(AE): リグニンスルホン酸化合物 高性能減水剤(SP): 高縮合トリアジン化合物

2.2 充填材の使用材料および配合

再生コンクリートの充填材は，モルタルおよびコンクリート(以下，充填モルタルおよび充填コンクリート)を用いた。充填材の使用材料を**表-2**に示す。充填コンクリートに用いた粗骨材は，コンクリート塊や充填コンクリートの充填性を高めるため，最大寸法10mmのものを使用した。充填材の配合を**表-3**に示す。充填モルタルの配合は，水セメント比が55%，P漏斗流下時間が10~25秒となるように砂セメント比を設定した配合(配合No.1)である。充填コンクリートの配合は，スランプを21±2.5cmと設定し，水セメント比を充填モルタルと同一(=55%)とした配合(配合No.2)を基本として，砂セメント比が一定の配合条件で単位粗骨材量を変化させた3種類の配合(配合No2, 3, 4)，および単位粗骨材量が一定の配合条件で水セメント比を変化させた3種類の配合(配合No5, 6, 7)の合計6種類とした。なお，水セメント比を変化させた充填コンクリート(配合No5, 6, 7)は，凍結融解抵抗性を考慮して，充填材の空気量が4.5±1.5%となるようにAE助剤で調整した。また，水セメント比が35%のコンクリート(配合No.7)は，所要のスランプを確保するために高性能減水剤を使用した。

2.3 実験内容

コンクリート塊を用いた再生コンクリートの強度特性に影響を与える要因として，コンクリート塊の表面処理方法および粒径，充填材の種類(充填モルタル，充填コンクリート)を取り上げ，下記に示すような内容で実験を実施した。

(1) コンクリート塊の表面処理方法

コンクリート塊の表面処理方法は，コンクリート塊(粒径25~80mm)と充填モルタルとの付着性を向上させる方法として，次に示す4種類とした。

① 無処理
→ コンクリート塊を砕いた状態

② 表面洗浄・吸水
→ コンクリート塊の表面を水で洗浄した後，水中に24時間以上浸漬したものを取り出し，ウエスで表面の余剰水を拭取り，表乾にした状態

③ セメント被覆
→ コンクリート塊を表面洗浄・吸水した後，セメントをまぶして，表面がセメントで覆われた状態

④ モルタル被覆
→ コンクリート塊を表面洗浄・吸水した後，充填モルタル中に一時浸漬させ，表面が充填モルタルで覆われた状態

充填モルタルを用いた場合の供試体作製の手順を**図-1**に示す。充填材は配合No.1のモルタル(**表-3**参照)を使用した。充填方法は，コンクリート塊を投入後，型枠上面から充填モルタルを流し込むプレパックド方式で行った。また，コンクリート塊の型枠内(φ150×300mm)への投入量は，型枠容積に対するコンクリート塊の容積(以下，容積率)が一定(=38.5±1%)となるように質量により管理した。

表-3 充填材の配合

No	充填材の種類	W/C (%)	S/C	s/a (%)	単位量(kg/m³) ( )内 容積(l/m³)				AE減水剤 (C×%)	高性能減水剤 (C×%)	AE助剤 (C×%)
					W	C	S	G			
1	モルタル	55	1.5	—	377	686	1029	—	0.25	—	—
2	コンクリート	55	2.3	61.5	224	407	949	616(230)	0.25	—	—
3			2.3	53.7	206	375	869	777(290)			
4			2.3	46.6	187	340	791	938(350)			
5	コンクリート	55	2.3	53.7	206	375	869	777(290)	0.25	—	0.009
6		45	1.7	51.3	206	458	796		0.25	—	0.009
7		35	1.2	47.7	206	589	685		—	1.75	0.009

NII-Electronic Library Service

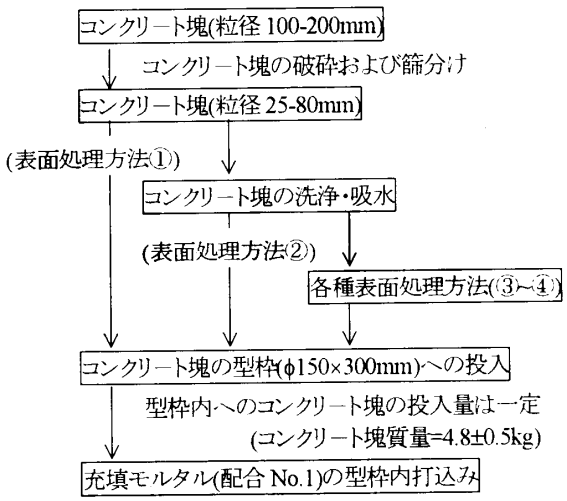


図-1 充填モルタルを用いた場合の供試体作製の手順(プレパックド方式)

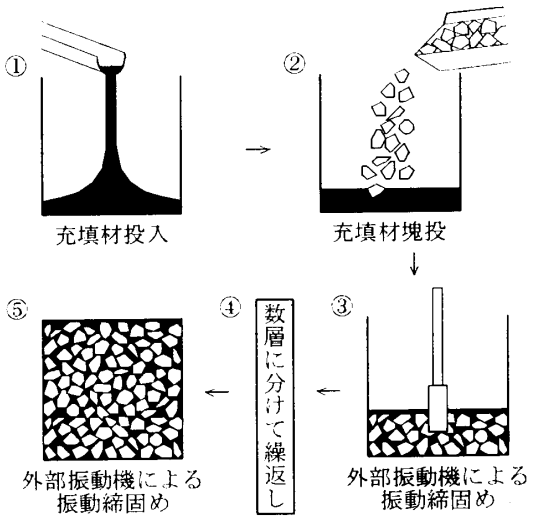


図-2 充填コンクリートを用いた場合の供試体作製の手順(ポストパックド方式)

(2) 充填材の種類

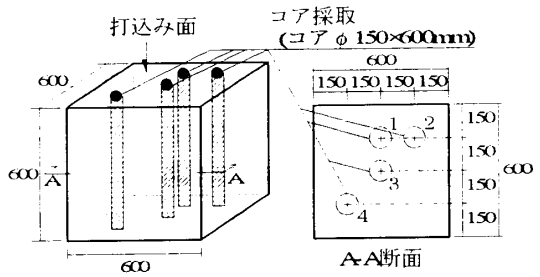
充填材は，配合 No.1～6 の充填モルタルおよび充填コンクリートを用いた(**表-3** 参照)。いずれのケースもコンクリート塊は，粒径 25～80mm，洗浄・吸水の表面処理を行ったものを用いた。充填コンクリートを用いた場合の供試体作製の手順を**図-2** に示す。充填コンクリートの充填方法は，ポストパックド方式とした。また，コンクリート塊の型枠内(φ150×300mm)の容積率は型枠内に投入したコンクリート塊の重量によって管理した。

(3) コンクリート塊の粒径

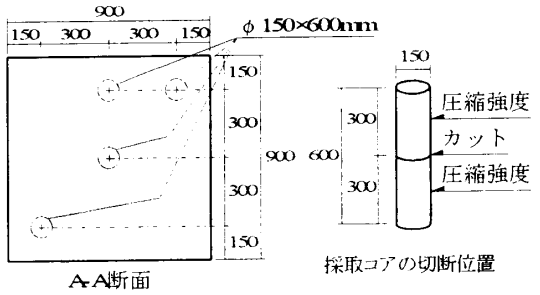
コンクリート塊は，粒径 25~80mm および粒径 100~200mm の 2 種類を使用し，それぞれ 600×600×600mm および 900×900×900mm の再生コンクリートブロックを作製し，採取コアより，コンクリート塊の粒径が再生コンクリートの強度特性などに与える影響を調べた。充填材は，水セメント比が 55%，単位粗骨材量が 290(ℓ/mm^3)の配合 No.2(**表-3** 参照)の充填コンクリートを用いた。ブロック作製方法は，**図-2** に示すように，ポストパックド方式で実施した。コアの採取位置を**図-3** に示す。21 日材齢経過時に，所定の位置でφ150×600mm コアを採取した後，切断して 2 分割(φ150×300mm/本)し，28 日材齢で強度試験を実施した。

2. 4 試験項目

試験項目を**表-4** に示す。



600×600×600mm 再生コンクリートのコア採取位置
(コンクリート塊粒径 25~80mm)



900×900×900mm 再生コンクリートのコア採取位置
(コンクリート塊粒径 100~200mm)

図-3 コアの採取位置

表-4 試験項目

試験項目	試験方法	充填材の種類
P 漏斗流下時間	JSCE-F521	充填モルタル
スランプ	JIS A 1101	充填コンクリート
空気量	JIS A 1128	充填コンクリートおよび充填モルタル
圧縮強度	JSCE-G505	
静弾性係数	JSCE-G501	
単位容積質量	φ150×600mm の寸法，質量測定値から計算	

NII-Electronic Library Service

表-5 充填材の品質

No	充填材の種類	W/C (%)	単位粗骨材量 (ℓ/m³)	P漏斗流下時間 (sec)	スランプ (cm)	空気量 (%)	温度 (°C)
1	モルタル	55	0	12.0	—	0.1	23.5
2	コンクリート	55	230	—	23.5	2.7	24.5
3		55	290	—	20.5	2.6	24.0
4		55	350	—	18.5	3.7	24.5
5		55	290	—	21.5	4.8	19.0
6		45	290	—	20.0	5.8	19.0
7		35	290	—	18.5	3.4	20.0

3. 実験結果

3．1 充填材の品質

充填材の品質を**表-5**に示す。いずれも所要のフレッシュ品質を満足した。充填コンクリートは，単位粗骨材量の増加に伴い，スランプが小さくなった。

3．2 コンクリート塊の表面処理方法が再生コンクリートの強度特性に与える影響

各種表面処理方法を施したコンクリート塊を用いた再生コンクリートおよび充填材(モルタル)の 7, 28, 91 日材齢における圧縮強度を**図-4** に示す。各種表面処理を施したコンクリート塊を用いた再生コンクリートは，表面処理を施さない(無処理)コンクリート塊を用いた場合と比べて，圧縮強度が若干大きくなった。しかし，表面処理方法の相違による再生コンクリートの圧縮強度の顕著な相違は認められなかった。

したがって，コンクリート塊を用いた再生コンクリートにおいて，コンクリート塊の表面に付着している粉末や泥分などを洗浄し，吸水して表乾状態にする表面処理方法が，施工性や経済性も考慮すると圧縮強度を向上させる方法として有効と考えられた。しかし，いずれの再生コンクリートの圧縮強度も 28 日材齢で約 17(N/mm²)程度と小さく，また圧縮強度の増進も，充填モルタルに比べて極めて小さいため，7, 28, 91 日材齢で，充填モルタルと再生コンクリートの圧縮強度比が約 0.55, 0.37, 0.33 となり，材齢経過に伴い小さくなった。

3．3 充填材の種類が再生コンクリートの圧縮強度に与える影響

φ150×300mm 型枠内のコンクリート塊容積率は，単位粗骨材量が 0(配合 No.1), 230(配合 No.2), 290(配合 No.3), 350(ℓ/m³)(配合 No.4)について，それぞれ平均で約 40%, 37%, 33%, 28%となり，単位粗骨材量の増加に伴いコンクリート塊の容積率は小さくなった。

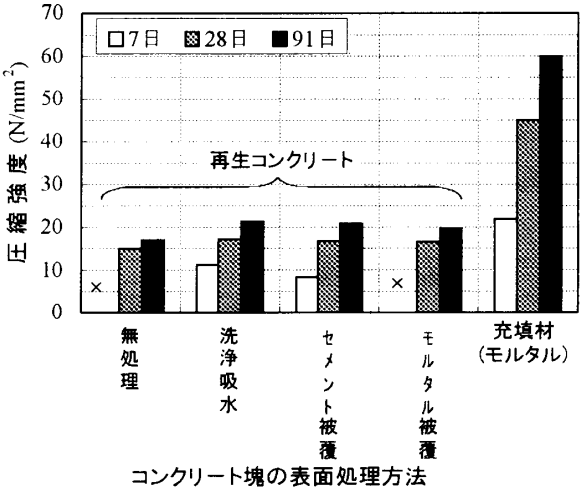


図-4 各種コンクリート塊表面処理方法を施した再生コンクリートおよび充填材(モルタル)の圧縮強度

単位粗骨材量が異なる各種充填材を用いた再生コンクリートおよび充填材の 7, 28, 91 日材齢の圧縮強度を**図-5** に示す。充填コンクリートを用いた再生コンクリートは，充填モルタルを用いたものと比べて，いずれも圧縮強度が大きく，28 日材齢で 20(N/mm²)以上を発揮し，圧縮強度の増進も大きく良好な強度特性を示した。充填材の単位粗骨材容積と再生コンクリートの 28 日材齢の圧縮強度との関係を**図-6** に示す。充填材は，単位粗骨材量の増加に伴い圧縮強度が小さくなったが，再生コンクリートは，逆に単位粗骨材量の増加に伴い圧縮強度が大きくなった。充填材と再生コンクリートの圧縮強度比は，単位粗骨材量が 0(配合No.1), 230(配合 No.2), 290(配合 No.3), 350(ℓ/m³)(配合 No.4)について，約 0.38, 0.63, 0.75, 0.81 となり，単位粗骨材量の増加に伴い大きくなった。よって，コンクリート塊を用いた再生コンクリートにおいて，充填材にコンクリートを用いることは圧縮強度を向上させる方法として有効であると考えられた。なお，充填コンクリートを用いた再生コンクリートの圧縮強度が大きくなる要因として，充填コンクリートの単位粗骨材量の増加に伴い，再生コンクリートに含

NII-Electronic Library Service

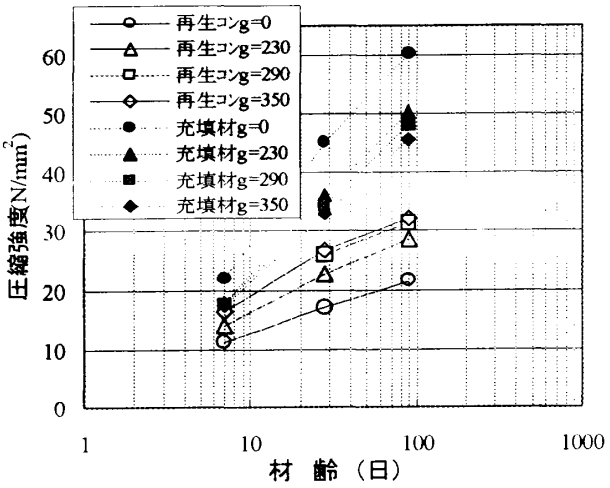


図-5 単位粗骨材容積が異なる各種充填材を用いた再生コンクリートおよび充填材の圧縮強度

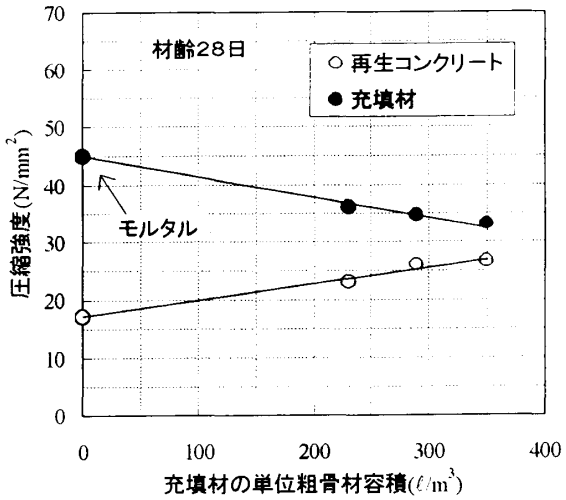


図-6 充填材の単位粗骨材容積と再生コンクリートの圧縮強度の関係

まれるコンクリート塊の容積率が減少したこと[5]等が考えられるが，詳細な原因の解明については，今後のさらなる研究が必要と考えられる。

再生コンクリートの単位容積質量について，充填コンクリートを用いた再生コンクリートは，単位容積質量が 2.32(t/m³)程度となり，充填モルタルを用いたもの(2.23(t/m³))に比べて大きくなった。大きい質量が要求される根固めブロックなどに再生コンクリートを適用する場合，充填材として充填コンクリートを使用することが有利であると考えられた。

充填コンクリートの水セメント比と再生コンクリートの 28 日材齢圧縮強度との関係を**図-7** に示す。再生コンクリートは，充填コンクリートの水セメント比が小さくなるに伴い，通常のコンクリートと同様に圧縮強度が大きくなり，再生コンクリートと充填コンクリートの圧縮強度比は，いずれのケースも 0.8 程度を示した。特に水セメント比が 35%の充填コンクリートを用いた再生コンクリートは，コンクリート塊の圧縮強度 (=30(N/mm²)) に比べて大きく，40(N/mm²)以上の圧縮強度を示した。これは，水セメント比 35%の充填コンクリートは，圧縮強度が大きいだけでなく，単位セメント量が多くなったことに起因して，ペーストの粘性が高くなり，また単位容積質量も大きくなったため，供試体作製時にコンクリート塊が入りにくく，型枠内に占めるコンクリート塊の容積率が 22%と少なくなったためと考えら

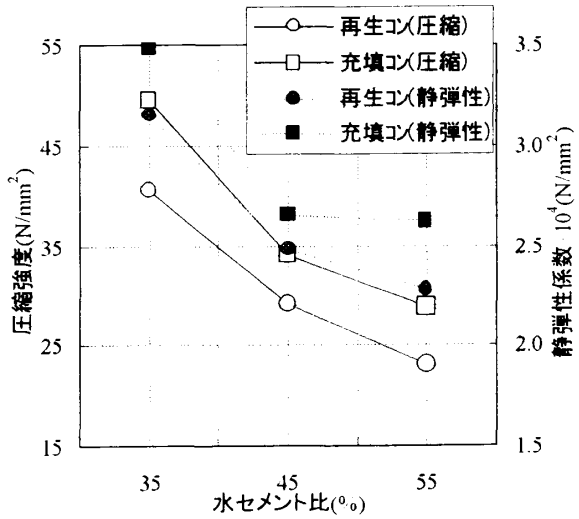


図-7 充填材の水セメント比と再生コンクリートの圧縮強度の関係

れる。なお，再生コンクリートの静弾性係数も圧縮強度と同様の傾向を示した。

3．4 コンクリート塊の粒径が再生コンクリートの圧縮強度に与える影響

コンクリートブロックから採取したコアの圧縮強度を**図-8** に示す。粒径 25~80mm のコンクリート塊を用いた再生コンクリートは，採取コアの平均圧縮強度が30.3(N/mm²)，変動係数が2.9%の値を示した。粒径 100~200mm を用いたものは，平均圧縮強度が 28.9(N/mm²)，変動係数が 6.4%を示した。これらを比べると，粒径 25~80mm のコンクリート塊を用いた再生コンクリートの圧縮強度が大きく，コア採取位置によるばらつきも小さい。これは，粒径 25~

NII-Electronic Library Service

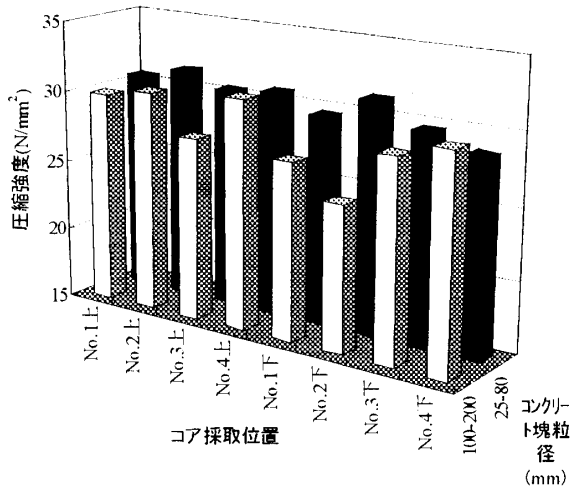


図-8 採取コアの圧縮強度

粒径 25~80mm のコンクリート塊を用いた再生コンクリート

粒径 100~200mm のコンクリート塊を用いた再生コンクリート

写真-1 採取コアの一例

80mm のコンクリート塊を用いた再生コンクリートの採取コアは，**写真-1** に示すように，再生コンクリート中にコンクリート塊が均一に分散していたこと等のためと考えられるが，この理由についてはさらに研究を進める必要がある。

配合 No.2 の充填コンクリート(W/C=55%，g=290(ℓ/m³))を使用した再生コンクリートに含まれるコンクリート塊の容積率は，粒径 25~80mm および粒径 100~200mm のコンクリート塊を用いた場合のいずれも 42%程度であった。一方，コンクリート塊の実積率は，いずれの粒径のコンクリート塊を使用した場合も約 50%であったことから，充填コンクリートの使用によって，再生コンクリートに含まれるコンクリート塊の容積率は 10%程度低下した。再生コンクリートに含まれるコンクリート塊容積率は，充填コンクリートの配合によって変化することから，コンクリート塊の使用量などの品質管理の面からも，この点について今後の検討が必要と考えられる。

4. まとめ

本実験の範囲内でわかったことを以下に示す。

(1)コンクリート塊の表面に付着している微粒分や泥分などを水で洗浄し，吸水させると再生コンクリートの強度特性は改善される。

(2)充填コンクリートを用いた再生コンクリートは，充填モルタルを用いたものに比べて，良好な強度特性を示し，20~40(N/mm²)以上の圧縮強度を確保できる。

(3)充填コンクリートの単位粗骨材量の増加に伴い，再生コンクリートの圧縮強度は増加する。

(4)同一単位粗骨材量の配合条件で，充填コンクリートの水セメント比が小さくなる程，再生コンクリートの圧縮強度は増加する。

(5)粒径 25~80mm のコンクリート塊を用いた再生コンクリートは，強度特性のばらつきが小さく，均一な再生コンクリート品質を示す。

(6)充填コンクリートを用いた再生コンクリートは，単位容積質量が大きく，大きい質量が要求される無筋ブロックなどへの適用に有利である。

今後，コンクリート塊を用いた再生コンクリートについて，充填コンクリートを適用した場合の施工性や耐久性について検討する予定である。

参考文献

1) 土木学会コンクリート資源有効利用小委員:資源有効利用の現状と課題,コンクリートライブラリー96,pp3-25,1999.11
2) 戸谷有一:建設副産物の現状と課題，コンクリート工学，Vol.35，No.7，pp.8-12，1997.7
3) 日本港湾協会:港湾の施設の技術上の基準・同解説,上巻,pp335-337,1999.4
4) 末岡英二,松本典人,佐野清史,渡辺昭臣，山路徹，濱田秀則:コンクリート塊を用いた再生コンクリートの適用性に関する研究,東洋建設技術研究報告,No.26，pp.27-36,1999
5) 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，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.20，No.2，pp1123-1128，1998

NII-Electronic Library Service