

# 報告 コンクリート塊を用いた再生コンクリートの施工実験

山路 徹<sup>\*1</sup>・濱田 秀則<sup>\*2</sup>・末岡 英二<sup>\*3</sup>・佐野 清史<sup>\*4</sup>

**要旨:** 低コストでの施工を目的として、粒径が比較的大きく、高度処理を行っていないコンクリート塊を粗骨材として用いた、プレバックドおよびポストバックド方式の再生コンクリートの施工実験を行った。本実験では低強度の無筋コンクリートである根固めブロックおよびケーソン蓋コンクリートを対象とした。実験の結果、コンクリート塊を用いた再生コンクリートの根固めブロックおよびケーソン蓋コンクリートへの適用の可能性が確認できた。

**キーワード:** コンクリート塊, 再生コンクリート, 根固めブロック, ケーソン蓋コンクリート

## 1. はじめに

解体された構造物より発生するコンクリート塊は現在路盤材や再生骨材などに使用されているが、そのリサイクル率は約65%程度<sup>1)</sup>であり、より利用効率を高める必要がある。その方法の一つとして、粒径の比較的大きいコンクリート塊そのものをコンクリート用の粗骨材として利用し、再生コンクリートを製造する試みがなされている<sup>2)3)</sup>。

筆者らは、より低コストでコンクリート塊を有効利用することを考え、高度の処理を行わず、100~200mm程度の比較的大きなコンクリート塊をプレバックド(ポストバックド)コンクリート用の粗骨材として利用することを試みた。また通常プレバックドコンクリートには発泡剤が使用されるが、ここでは低コスト化を目標とし、主に発泡剤を使わない場合について実験を行った。

本研究では、室内試験により充填モルタルのPロート流下時間、ブリーディング率および膨張率などの品質についての検討を行い、適切な配合を選定した。施工実験ではその配合を基に生コンプラントで製造したモルタルを用いて、比較的低強度の無筋コンクリートである根固めブロックおよびケーソン蓋コンクリートを想定した実物大のモ

デルを製造し、その施工性および品質についての検討を行った。

## 2. 使用材料および充填モルタルの配合選定

### 2.1 コンクリート塊の品質

使用したコンクリート塊は、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(今回は主にスラブ)を破碎したものである。また極力低コストとするため、コンクリート塊に付着している微粒分の洗浄処理は行わず、施工実験直前まで約2週間屋外に野積みしていた。コンクリート塊の物性値を表-1に示す。今回作製した供試体用のコンクリート塊は、施工実験用のものを破碎したものである。また、コンクリート塊より採取したコアの圧縮強度で30N/mm<sup>2</sup>程度であった。

表-1 使用したコンクリート塊

	施工実験用	管理供試体用
粒径(mm)	100~200	25~80
含水率(%)	5.85	5.70
比重	2.35(表乾), 2.20(絶乾)	
吸水率(%)	6.89	
洗い試験(%)	0.42	
実積率(%)	53.6	-

\*1 運輸省港湾技術研究所構造部材料研究室 工修(正会員)

\*2 運輸省港湾技術研究所構造部材料研究室長 工博(正会員)

\*3 東洋建設(株)美浦研究所材料研究室主任研究員 工修(正会員)

\*4 東洋建設(株)美浦研究所材料研究室長(正会員)

## 2.2 充填モルタルに使用した材料

充填モルタルに使用した材料を表-2に示す。発泡剤は逆打ちコンクリート用のもので、アルミ粉・特殊アルコール・流動化剤からなり、懸濁液としてモルタルに後添加した。またセメントや細骨材は通常生コンプラントで使用されているものである。モルタルの製造は、室内試験ではペール缶とハンドミキサを用いて行い、現場施工実験においては実機生コンプラントで行い、アジテータ車で運搬した。

表-2 充填モルタルに使用した材料

名称	種類
セメント(C)	高炉セメントB種 比重:3.04, 比表面積:4,090 cm <sup>2</sup> /g
練混ぜ水(W)	上水道水
細骨材(S)	陸砂 鹿島産:比重2.58,吸水率2.12%,粗粒率2.41 70:30 砕砂 笠間産:比重2.60,吸水率1.26%,粗粒率2.47
AE減水剤	リグニルスルホン酸系化合物
発泡剤	逆打ちコンクリート用混和剤 (アルミ粉・特殊アルコール・流動化剤)

## 2.3 充填モルタルの配合選定

充填モルタルの配合選定のために行った品質試験を表-3に示す。Pロート試験およびブリーディング試験結果を図-1, 図-2に示す。Pロート流下時間はW/Cが小さく, S/Cが大きいかほど遅い。ブリーディング率(3hr後)は, 全てプレパックドコンクリートの基準である3%以下を満足していた。これらの結果から W/C=55%とし, 所要のPロート流下時間に合わせてS/Cを変化させることとした。

次に発泡剤(アルミ粉)添加量を定めるために行った膨張量試験結果を図-3に示す。ここで, モルタルは室内および実機生コンプラントにて製造したものである。今回の施工実験において, 打設高さは最大でも1mであることや気中で打込まれるために充填モルタルの拘束度が少ないと考え

表-3 品質試験一覧

試験項目	試験方法
Pロート試験	JSCE-F521「プレパックドコンクリートの注入モルタルの流動性試験方法(P漏斗による方法)」に準ずる
ブリーディング試験	メスシリンダーによる簡易法
膨張量試験	モルタル:メスシリンダーによる簡易法 がらコンクリート:変位計による方法

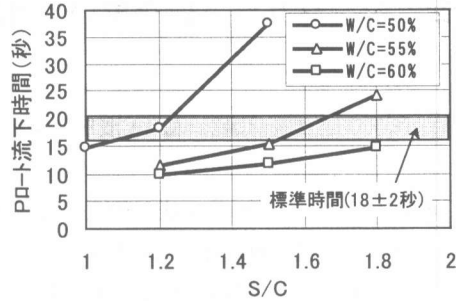


図-1 Pロート試験結果

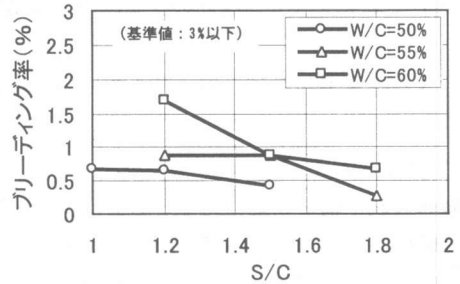


図-2 ブリーディング試験結果

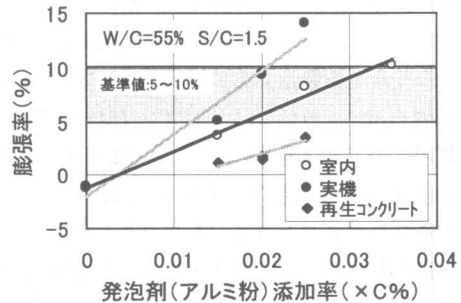


図-3 発泡剤添加率と膨張率の関係

られ, 発泡剤中のアルミ粉の添加量は, プレパックドコンクリートの膨張率の規定(5~10%)の下限値(5%)程度となる添加率 $C \times 0.015\%$ に選定した。

## 3. 現場施工実験概要

### 3.1 実験モデルおよび実験ケース

各モデルの施工方法を図-4, 図-5に示す。根固めブロックモデルは, 1m×2m×1mの型枠内にあらかじめコンクリート塊を投入し, 後から充填モルタルを流し込むプレパックド方式で作製した。モルタルの充填方法は上部浸透および下部打上げ方式とした。通常プレパックドコンクリート

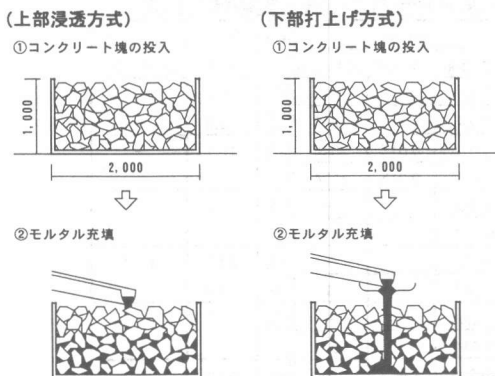


図-4 根固めブロックモデル

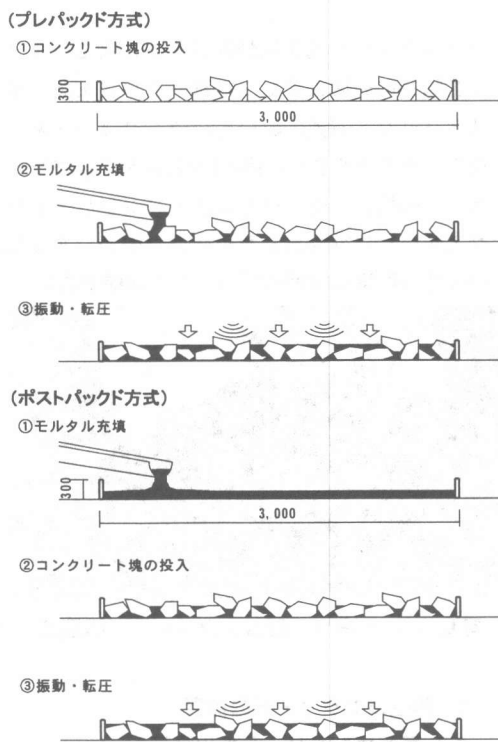


図-5 ケーソン蓋コンクリートモデル

表-4 実験ケース

	対象 構造物	コンクリート塊 投入方法	モルタル 充填方法	目標P-0t(s)	発泡剤
①	根固め ブロック	プレパックド	上部浸透	18±2	無
②			下部打上げ		無
③					有
④			上部浸透	15以下	無
⑤			上部浸透		20~25
⑥			下部打上げ	無	
⑦	ケーソン蓋	プレパックド	振動・転圧	18±2	無
⑧	モデル	ポストパックド			

は下部打上げ方式であるが、今回省力化を目的として上部浸透方式についても検討した。

ケーソン蓋コンクリートモデルは、2m×3m×0.3mの型枠を用い、コンクリート塊を先に投入するプレパックド方式と、先にモルタルを流し込み、その中にコンクリート塊を投入するポストパックド方式の2つの方法で実験を行った。表-4に今回の実験ケースを示す。いずれの対象構造物も圧縮強度については16N/mm<sup>2</sup><sup>4)</sup>、単位容積質量についてはコンクリート塊及び充填モルタルの比重や実積率から想定される2.2t/m<sup>3</sup>を目標とした。

### 3.2 実験ケースおよびモルタルの配合

施工実験におけるモルタルの配合を表-5に示す。実機生コンプラントで製造したモルタルのP-0t流下時間は、室内より早めとなったため、現場配合において、W/Cを示方配合よりも小さく設定した。また、打設前のP-0t試験で流下時間が目標時間と比較して遅い場合は、アジテータ車内に流動化剤を後添加してP-0t流下時間を調整した。モルタルの練混ぜについては、砂とセメントで空練りを15秒行ったあと、全水量の1/2程度を注水し、餅状になった時点で20秒程度練り混ぜ、全ての水を注水した後に2分間練り混ぜた。

### 3.3 充填モルタルの性状

充填モルタルの試験結果を表-5に示す。実機生コンプラントで製造したモルタルは材料分離もなく良好であったが、若干ダマ（セメントの塊）が存在したため、P-0t試験においては、5mmふるいでダマを除去して試験を行った。P-0t流下時間については、所要の目標値を満足し、リージング率(3hr後)については全て3%以内であった。また発泡剤を添加したモルタルの膨張率(24hr後)は2.31%と低めとなった。この理由として、施工実験時の気温が室内試験時や実機試験時の気温に比較して低かった(約7℃)ことが主な原因と考えられる。

表-5 充填モルタルの示方配合・現場配合および施工実験時の品質

No. (目標P-R(s))	配合の種類	W/C (%)	S/C	単位量(kg/m <sup>3</sup> )			×C%			No.	P-R (s)	ブリーディング 率(%) (3hr)
				W	C	S	AE減水剤	発泡剤	流動化剤			
①,② (18±2)	示方	55	1.5	377	686	1029	0.25	—	—	①	16.3	1.34
	現場	49.7	1.5	354	712	1067	0.24	—	0.63			
③ (18±2)	示方	55	1.5	377	686	1029	—	0.015	0.3	③	16.1	—
	現場	52	1.5	364	700	1050	—	0.015	0.54			
④ (~15)	示方	55	1.2	410	746	895	0.25	—	—	④	12.2	1.00
	現場	51.6	1.2	395	765	918	0.244	—	—			
⑤,⑥ (20~25)	示方	55	1.8	350	636	1144	0.25	—	—	⑤	24.6	0.44
	現場	52.1	1.8	337	647	1165	0.244	—	1			
⑦ (18±2)	示方	55	1.5	377	686	1029	0.25	—	—	⑦	18.7	—
	現場	51.3	1.5	361	704	1054	0.244	—	0.1			
⑧ (18±2)	示方	55	1.5	377	686	1029	0.25	—	—	⑧	17.2	—
	現場	51.5	1.5	362	703	1053	0.244	—	0.3			

注)発泡剤添加量=アルミ粉添加量

流動化剤添加量は発泡剤と同時に添加するものも含む。

### 3.4 施工方法および状況

#### (1) 根固めブロック

コンクリート塊の投入はバックホーにより行い、上面の高さ調整は人力で行った。モルタルの充填はアジテータ車のシュートからの自然流下により行った(写真-1)。下部打上げ方式はモルタル注入用のポイド管を型枠中央に配置し、モルタル面の上昇とともにポイド管を引き上げながら充填させた。また、モルタル充填開始から終了まで外部振動機2台により型枠側面に振動を与え、締固めを行った。表面仕上げは木ごてを用いて行い、冬季であるため上面を発泡スチロールで覆って3週間程度養生した。

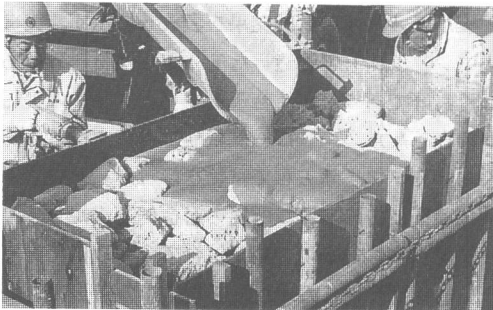


写真-1 根固めブロック (モルタル充填時)

#### (2) ケーソン蓋コンクリート

ケーソン蓋コンクリートは打込み高さが低く、振動転圧機の使用が比較的容易であったため、上面のコンクリート塊がモルタルに完全に浸かっている状態において、上部より振動転圧機

でコンクリート塊を振動転圧することでモルタルを隅々に充填させた(写真-2)。また、ポストバックド方式において、コンクリート塊の投入はモルタルを15cm程度流し込んだ後に行った。この場合、モルタル充填とコンクリート塊投入が交互に行われるため作業が繁雑であった。その他の作業は根固めブロックと同様である。



写真-2 ケーソン蓋コンクリート (転圧時)

### 4. 再生コンクリートの品質

#### 4.1 再生コンクリートの出来形

標準的な根固めブロックの出来形を写真-3に示す。根固めブロックでは、モルタルの充填は概ね良好であったが、所々でコンクリート塊周辺に未充填部分が見られた。目視観察では、P-Rート流下時間が長く、ブリーディング率の小さな場合(Na5, 6)の出来形が最も良かった。また、下部打上げの方が上部浸透よりも比較的良好であった。また、ケーソン蓋コンクリートの出来形は概ね良好であった。

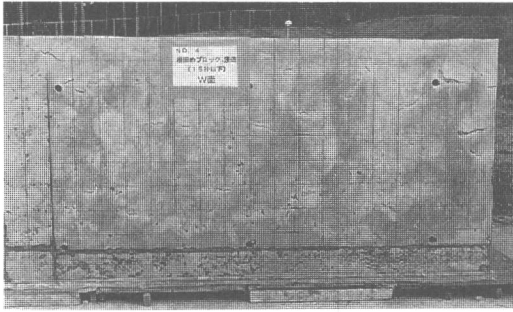


写真-3 根固めブロックの外観 (No.4)

#### 4.2 コアサンプリング箇所

再生コンクリートの品質調査を行うためにコアサンプリング(φ150mm)を行った。根固めブロックについては中央、両端付近の3カ所、そして深さ方向に上・中・下3本の計9本行った。ケーソン蓋コンクリートについては中央、両端付近の3カ所の計3本行った。

#### 4.3 単位容積質量

図-6にコアの単位容積質量の値を示す。各ケースによる差はほとんどなく、概ね2.2(t/m<sup>3</sup>)程度であり、目標値と同等であった。またコアと管理供試体の値についてもほぼ同等であった。

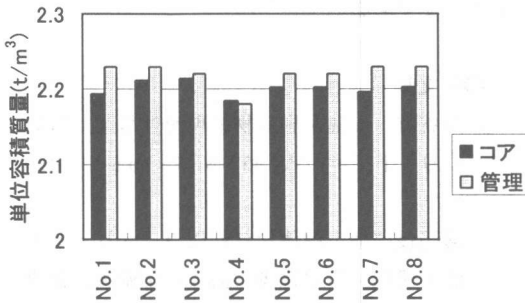


図-6 単位容積質量

#### 4.4 圧縮強度

コアおよび管理供試体の圧縮強度を図-7に示す。管理供試体の寸法は、充填モルタルがφ50×100mm、再生コンクリートがφ150×300mmである。発泡剤を用いたものは、膨張を拘束した状態で供試体を養生した。根固めブロックにおけるコアの圧縮強度は、各ケースにおいてほぼ同程度(13~17N/mm<sup>2</sup>)であり、目標値16N/mm<sup>2</sup>

に比べ同等あるいはやや低めの値となった。また、Pロート流下時間・モルタル充填方法・発泡剤有無の影響はほとんど認められなかった。よって、Pロート流下時間が15~25秒程度であれば、上部浸透方式や発泡剤無しの場合においても、より効果があると予想していた下部打上げ方式や発泡剤有りの場合と同等な品質が得られるといえる。

次にケーソン蓋コンクリートの圧縮強度は約20N/mm<sup>2</sup>であり、根固めブロックよりも高強度であった。これはケーソン蓋コンクリートは底が浅く、また上部から直接振動転圧しているため根固めブロックよりも振動転圧の効果が大きく、モルタルの充填性および充填モルタルとコンクリート塊表面の付着性が向上したためと考えられる。また、プレパックド方式とポストパックド方式の有意な差は認められなかった。

また根固めブロックおよびケーソン蓋コンクリートのいずれの場合においてもコアと管理供試体の圧縮強度はほぼ等しい結果であった。すなわち、本実験で作製した供試体が品質管理供試体として適用可能であると考えられる。

図-8に充填モルタルの強度と再生コンクリートの強度の関係を示す。ややばらつきが大きいものの、概ね文献(5)において示されている関係に近い値となっており、充填モルタル強度を増加させることにより、再生コンクリートの圧縮強度は増加すると推測される。

図-9に各ケースのコア圧縮強度の変動係数を示す。生コン工場で製造されたコンクリートの一般的な変動係数(10%程度)と比較してかな

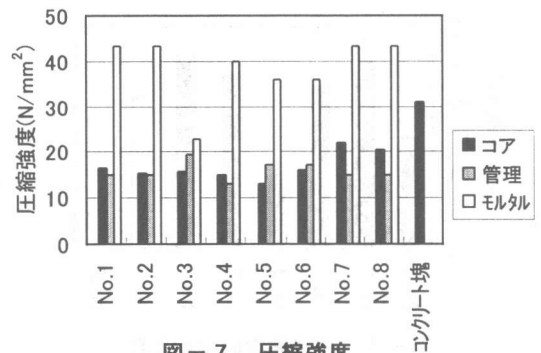


図-7 圧縮強度

り大きくなっている。根固めブロックについては、Pロート流下時間が遅いほど変動係数は大きくなっており、モルタルの流動性と変動係数には相関性が見られる。モルタル充填方法および発泡剤の有無の影響については有意な傾向は認められなかった。また、ケーソン蓋コンクリートについては、ポストバックドの方がプレバックドよりも変動係数が小さく、先にモルタルを注入した方がモルタル充填状況がより均一であると考えられる。

今回の実験においては、圧縮強度において目標強度に比べやや低めの値となったが、今回は極力低コストに抑えようとしたため、コンクリート塊の洗浄処理や施工前の吸水処理などは行なっておらず、これらの要因がコンクリート塊と充填モルタルの付着力を幾分低下させ、その結果圧縮強度の発現が十分でなく、変動係数も大きくなっていると考えられる。再生コンクリートの強度を上げる方法としては、がらの洗浄・吸水処理などの表面処理や、充填モルタルの強度を上げることが考えられる。

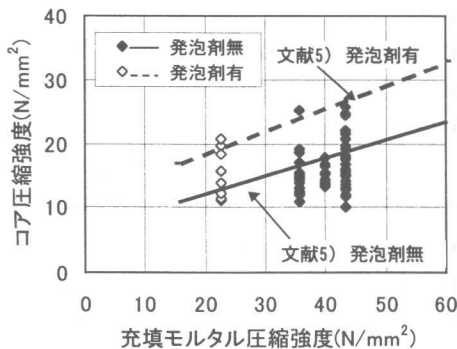


図-8 充填モルタル圧縮強度とコア圧縮強度の関係

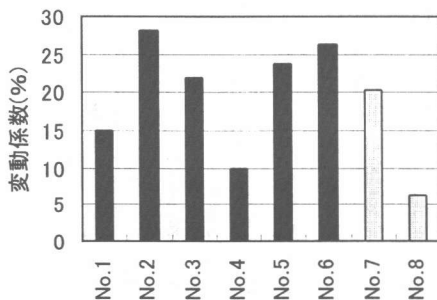


図-9 コア強度の変動係数

## 5. 結論

本研究より得られた結果を以下に示す。

- (1)再生コンクリートの単位容積質量は各ケースによる差はほとんどなく、概ね $2.2(t/m^3)$ 程度であり、目標値を確保できた。
- (2)根固めブロックのコア圧縮強度は各ケースにおいて $13\sim 17N/mm^2$ であり、目標値 $16N/mm^2$ に比べ同等あるいはやや低めの値であった。また、Pロート流下時間が $15\sim 25$ 秒程度であれば、上部浸透方式や発泡剤無しの場合においても、下部打上げ方式や発泡剤有りの場合と同等な強度が得られることが確認できた。
- (3)ケーソン蓋コンクリートの圧縮強度は約 $20N/mm^2$ であり、根固めブロックよりも高い強度となった。これは振動転圧による効果が根固めブロックよりも大きかったためと考えられる。また、ポストバックド方式の方がプレバックド方式よりも強度のばらつきが少なかった。

今後、コンクリート塊を用いた再生コンクリートの根固めブロックやケーソン蓋コンクリートなどの実構造物への適用性を検討するために、耐久性（凍結融解、すり減り、耐海水性）の確認や強度発現性の改善に関する検討を実施していく予定である。

## 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，pp.8-12，1997.7
- 2) 渡辺俊郎他：解体骨材転圧コンクリート工法の研究，日本建築学会大会学術講演梗概集(A-1)，pp.873-874，1995.8
- 3) 桜本文敏他：コンクリートガラを骨材としたプレバ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，pp.1123-1128，1998.6
- 4) 社団法人日本港湾協会：港湾の施設の技術上の基準・同解説（上），pp261
- 5) 黒木隆宏他：コンクリートがらを用いた再生コンクリートの強度特性，土木学会第53回年次学術講演会，pp.450-451，1998