

# コンクリートがらと海水を使用した港湾構造物の築造技術

片野 啓三郎, 竹田 宣典, 久田 真, 大即 信明

(TEL : 042-495-1012, E-mail : katano.keisaburo@obayashi.co.jp)

## 1. はじめに

東日本大震災で発生した大量のがれきの処理が社会的な課題となっている。ここでは、震災で発生したのがれきのうち、被災したコンクリート構造物の解体材（震災コンクリートがら）に着目した。被災地においては迅速かつ効率的な処理が求められているため、できる限り破砕を行わないことによるコスト削減や処理時間の短縮が望まれる。また、コンクリートの練混ぜ水として海水を使用することで、早期強度発現や強度増進が図れ、工期短縮や耐久性の向上が期待できる<sup>1), 2), 3)</sup>。震災直後の沿岸地域では、ライフラインの停止により真水の調達が困難となることが予想されるが、海水は容易に調達できる。そこで、プレパックドコンクリート工法およびポストパックドコンクリート工法に着目し、破砕工程を極力省略した大割のコンクリートがらと海水を使用したコンクリートの製造方法について検討を行った。

本報では、震災コンクリートがらを粗骨材として使用したコンクリートブロックによって品質を確認した実験結果について述べる。また、本技術を適用して築造した港湾用ブロックに関する実証実験について報告する。

## 2. コンクリートがらの有効利用の方法

破砕工程を省略したコンクリートがらを粗骨材として有効利用する場合、ミキサにコンクリートがらを投入して練り混ぜることが困難であるため、別途製造したモルタルを使用した下記の2つの工法を採用した。

### 2.1 プレパックドコンクリート工法

プレパックドコンクリート工法は、型枠にコンクリートがらを投入し、型枠内に挿入された注入パイプからモルタルを注入する工法である。事前に投入したコンクリートがらの充填状況を確認しやすいため、比較的複雑な形状の構造物にも適用できる。使用するモルタルは、材料分離が少ない、流動性が高いなどの性質を有することが必要である。コンクリートがらを用いたプレパックドコンクリート工法の概要を図-1に示す。

### 2.2 ポストパックドコンクリート工法

ポストパックドコンクリート工法は、先に型枠内にモルタルを注入し、その後コンクリートがらを投入する工法である。比較的流動性の低いモルタルでも未充填の心配はなく容易に施工できるが、コンクリートがらの充填状況を目視で確認することが困難なため、直方体のブロックのような単純な形状の構造物

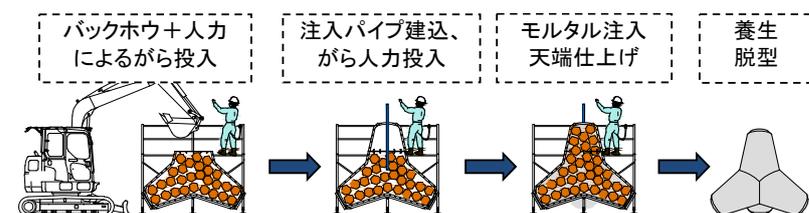


図-1 プレパックドコンクリート工法

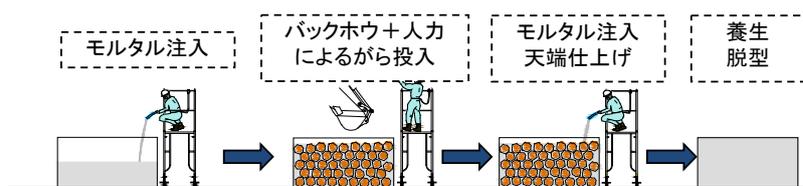


図-2 ポストパックドコンクリート工法

キーワード コンクリートがら, 海水, プレパックドコンクリート, ポストパックドコンクリート, 海洋構造物

連絡先 〒204-8558 東京都清瀬市下清戸4-640 株式会社大林組 技術研究所生産技術研究部 TEL042-495-1012



写真-1 コンクリートがら



写真-2 現地プラント

に適用できる。ポストパッキングコンクリート工法の概要を図-2 に示す。

### 3. 港湾用ブロックによる実証実験

#### 3.1 概要

##### 3.1.1 対象構造物と施工方法

対象とする港湾用ブロックは、無筋構造物である消波ブロック（25t型、高さ3.3m×幅3.94m）および根固めブロック（40t型、高さ1.5m×幅3.0m×長さ4.0m）とした。いずれのブロックも設計基準強度は18N/mm<sup>2</sup>である。製造方法は、形状が複雑で、後からコンクリートがらの充填状況を確認できない消波ブロックにはプレパッキングコンクリート工法を、形状が単純な根固めブロックにはポストパッキングコンクリート工法を採用した。コンクリートがらは、きるだけ破碎の手間を省いた粒径300～500mmのものを使用した。コンクリートがらの外観を写真-1に示す。また、比較のために、コンクリートがらを破碎して製造したRC-40相当の再生クラッシュラン（粒径40mm以下）を粗骨材として使用した真水練りコンクリート（以下、再生骨材コンクリートと称す）を用いて同様の港湾用ブロックを製造した。モルタルおよびコンクリートの製造には、専用に建設した現地プラントを使用した。現地プラントを写真-2に、港湾用ブロックの施工状況を写真-3および写真-4に示す。脱型後の港湾用ブロックの外観を写真-5に示す。

##### 3.1.2 材料および配合

コンクリートがらは、相馬港で津波の被害を受けたために撤去したコンクリートケーソンをジャンボブレーカ等で破碎したものである。コンクリートがらの物性を表-1に示す。なお、表-1には参考としてJIS A 5023に規定される再生粗骨材



(a) コンクリートがらの投入



(b) コンクリートがらの充填状況



(c) モルタル注入

写真-3 消波ブロックの施工状況(プレパッキングコンクリート)



(a) モルタル注入



(b) コンクリートがらの投入

写真-4 根固めブロックの施工状況(ポストパッドコンクリート)



(a) 消波ブロック(プレパッドコンクリート)



(b) 根固めブロック(ポストパッドコンクリート)

写真-5 港湾用ブロックの外観

Lの品質を併記した。

実験に用いたモルタルの使用材料を表-2に、モルタルとコンクリートの配合を表-3に示す。セメントには高炉セメントB種、練混ぜ水には海水あるいは真水を使用した。水結合材比(W/B)は消波ブロックで40.0%、根固めブロックで45.0%とした。試験練りより砂結合材比(S/B)は1.7とした。モルタルと

コンクリートがらの一体性を確保するために発泡剤(アルミ粉末)を、収縮によるひび割れを抑制するために膨張材を使用した。再生骨材コンクリートの配合は、現地付近の市中プラントにおける設計基準強度18N/mm<sup>2</sup>の生コンクリートの配合計画書を参考に、W/Bを54.7%とした。

### 3.1.3 品質管理

モルタルの目標性能を表-4に示す。粗骨材の粒径が300~500mmと大きく、注入する空隙が大きいことから、P漏斗流下時間の目標値を30~60秒程度とした。東北地方におい

表-1 コンクリートがらの物性

項目	測定結果	(参考) JIS 規格値 (再生粗骨材L)
粒径 (mm)	300~500	5~25
密度 (g/cm <sup>3</sup> )	2.37	—
吸水率 (%)	7.18	7 以下
圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	37.2	—

表-2 モルタルの使用材料

分類	種類	記号	摘要
水	海水	W	塩化物イオン濃度：1.88%
	真水		上水動水
結合材 (B)	高炉セメントB種	C	密度：3.04g/cm <sup>3</sup>
	膨張材	Ex	主成分：CaO, 密度：3.16g/cm <sup>3</sup>
細骨材	砕砂	S	密度：2.66g/cm <sup>3</sup> , 粒径：5mm以下
発泡剤	アルミニウム粉末	Al	反応遅延タイプ

表-3 モルタルおよびコンクリートの配合と品質

種別	練混ぜ水	W/B (%)	S/B	s/a (%)							P 漏斗流下時間(秒)	スランブ(cm)	空気量 (%)
					W	B		S	G*	Al			
						C	Ex						
プレパックドコンクリート用モルタル	海水	40.0	1.7	—	263	618	40	1119	—	0.04	58.3	—	10.0
	真水	40.0	1.7	—	263	618	40	1119	—	0.04	49.2	—	10.7
ポストパックドコンクリート用モルタル	海水	45.0	1.7	—	286	595	40	1080	—	0.04	33.0	—	9.0
	真水	45.0	1.7	—	286	595	40	1080	—	0.04	31.4	—	9.7
再生骨材コンクリート	真水	54.7	—	46.4**	175	320	—	269	1303	—	—	11.0	5.6

\*G：再生クラッシュラン，表乾密度 2.20 g/cm<sup>3</sup>，吸水率 12.4%，最大粒径 40mm

\*\*G のうち 35% を占める 5mm 以下を砂とみなした場合

て構造物が凍結融解作用を受けるために、モルタルの空気量は 8～12%，コンクリートの空気量は 5.5±1.5% とした。圧縮強度は、粒径 40mm 程度のコンクリートがらを用いてプレパックドコンクリートおよびポストパックドコンクリートの製造方法に準じて作製した φ150×300mm の供試体（φ150 供試体と称する、写真-6）および粒径 300～500mm 程度のコンクリート

表-4 モルタルの目標性能

試験項目	目標値
P 漏斗流下時間 (JSCE F 521)	30～60 秒
空気量 (JIS A 1128)	8.0～12.0%
ブリーディング率 (JSCE F 522)	3 時間で 3% 以下
膨張率 (JSCE F 522)	2～5%



(a) プレパックドコンクリート



(b) ポストパックドコンクリート

写真-6 φ150mm 供試体の作製状況



写真-7 ブロックの作製状況 (プレパックドコンクリート)



写真-8 ブロックより採取したコア供試体

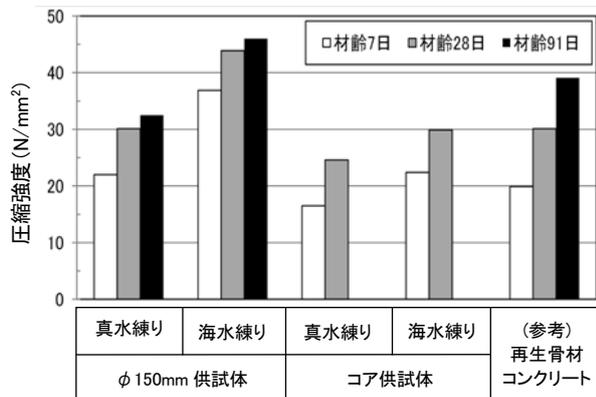


図-3 消波ブロック(プレパックドコンクリート)の圧縮強度

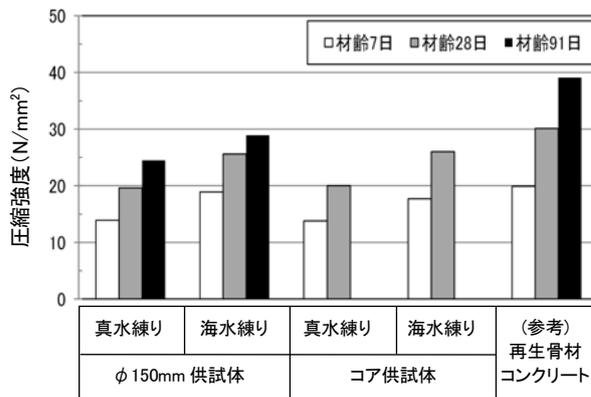


図-4 根固めブロック(ポストパックドコンクリート)の圧縮強度

がらを使用した1辺800mmのブロック(写真-7)から成形した供試体(コア供試体と称する, 写真-8)の2種類によって確認した。

### 3.2 試験結果

#### 3.2.1 圧縮強度

圧縮強度試験結果を図-3 および図-4 に示す。真水練りの場合, 材齢28日において消波ブロックおよび根固めブロックの設計基準強度(18N/mm<sup>2</sup>)を上回ったが, 海水練りの場合では材齢7日において設計基準強度を上回った。W/C=40.0%の海水練りの消波ブロックの強度は材齢28日で30N/mm<sup>2</sup>以上, W/C=45.0%の海水練りの根固めブロックの強度は材齢28日で25N/mm<sup>2</sup>以上となった。

消波ブロック, 根固めブロックに関わらず, 圧縮強度は真水練りと比較して海水練りの方が高かった。真水練りに対する海水の強度の増加割合は特に若材齢で大きく, コア供試体の強度は材齢7日で1.3~1.4倍, 材齢28日で1.2~1.3倍であった。この結果から, 練混ぜ水として海水を使用することによるコンクリートの強度増加は実構造物においても実証された。

材齢7日の圧縮強度に対する各材齢の圧縮強度について, 再生骨材コンクリートの場合は材齢28日で1.5倍, 材齢91日で2.0倍だったのに対し, 海水練りのプレパックドコンクリートおよびポストパックドコンクリートの場合は, 材齢28日で1.2~1.3倍, 材齢91日で1.3~1.5倍と低い傾向にあった。これは, 粒径の大きいコンクリートがらを粗骨材として使用した場合, 圧縮強度はコンクリートがらやコンクリートがらとモルタルとの界面の強度に依存することや, 練混ぜ水に海水を使用することで早期に強度が発現するため, 長期の強度増加が緩やかになることが原因であると考えられる。

φ150mm 供試体とコア供試体を比較すると, 海水練りの場合の真水練りに対する圧縮強度の増加割合は, コア供試体よりもφ150mm 供試体の方が大きい傾向にあった。また, ポストパックドコンクリートでは両者の圧縮強度に大きな差がなかったが, プレパックドコンクリートの場合はコア供試体よりもφ150mm 供試体の圧縮強度が高かった。これはコア供試体の場合, コア径(φ150mm)に対してコンクリートがらの寸法が大きい(φ300mm以上)ため, コア供試体に占めるコンクリートがらの割合や位置, コンクリートがらの品質のばらつき等が影響していると考えられる。

#### 3.2.2 単位容積質量

供試体(プレパックドコンクリート, ポストパックドコンクリートの場合はコア供試体)の単位容積質量を図-5 に示す。再生骨材コンクリートの単位容積質量は2,060 kg/m<sup>3</sup>であったのに対し, 破碎を省略したコンクリートがらを使用したプレパックドコンクリートおよびポストパックドコンクリートの

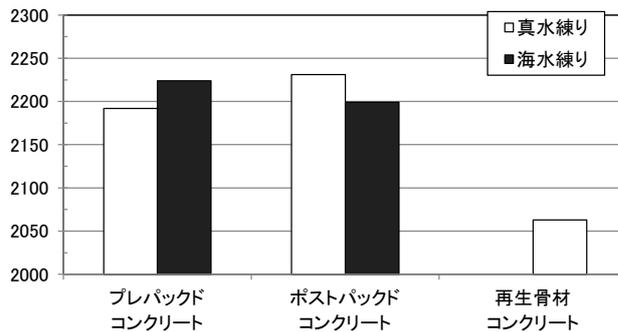


図-5 単位容積質量

単位容積質量は 2,190～2,230 kg/m<sup>3</sup> と比較的大きかった。これは、モルタル(単位容積質量約 2,000 kg/m<sup>3</sup>) よりも単位容積質量の大きいコンクリートがら (単位容積質量 2,370 kg/m<sup>3</sup>) の容積比率が 50%程度と多いことに起因していると考えられる。したがって、本工法では一度に大量のコンクリートがらを処理することが可能なうえ、破碎したコンクリートがらを使用した練混ぜコンクリートと比較して単位容積質量が大きくなることが分かった。

#### 4. まとめ

震災によって発生したコンクリートがらの有効利用を目的として、破碎工程を省略したコンクリートがらと海水を使用したコンクリートを開発するとともに、港湾用ブロックによる実証試験を行った。その結果、得られた主な結論を以下に示す。

- 1) 粒径 300～500mm のコンクリートがらを粗骨材として使用する場合、プレパックドコンクリート用モルタルの流動性は、P 漏斗流下時間 30～60 秒で十分に充填することができる。同様のモルタルを用いてポストパックドコンクリート工法でも施工が可能である。
- 2) 練混ぜ水として海水を使用することで、早期強度が増大し、脱型時期の短縮が期待できる。材齢 91 日においても、圧縮強度は真水を使用した場合と比較して高い。
- 3) 本工法によりコンクリートがらの破碎工程を大幅に省略することができ、かつ一度に 0.5m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>程度のコンクリートがらを有効利用することができる。また、再生骨材コンクリートと比較して単位容積質量が大きくなる。

#### 謝辞

本技術は、国土交通省東北地方整備局「東北港湾の災害復旧工事における技術の応募」において実証試験として実施されたものです。港湾用ブロックによる実証実験に際し、日起建設株式会社および株式会社不動テトラに多大なご協力を賜りました。ここに深く感謝いたします。

#### 参考文献

- 1) 伽場重正, 他: 練り混ぜ水に海水を使用したコンクリートの諸性質について, 材料, 第 42 巻, 第 260 号, pp.425-431, (1975.5)
- 2) 大即信明, 他: 海洋環境におけるコンクリート中の塩素に関する一考察, 土木学会論文報告集, 第 322 号, pp.107-118, (1983.4)
- 3) 竹田宣典, 他: 海水および海砂を使用したコンクリート (人工岩塩層) の開発, コンクリート工学, 第 49 巻 12 号, pp.17-22, (2011.12)