

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

竹田 宣典 片野 啓三郎 久田 真 大即 信明

株式会社大林組 技術研究所 生産技術研究部

(TEL : 042-495-1276 E-mail : takeda.nobufumi@obayashi.co.jp)

1. はじめに

震災によって発生したコンクリートがら（以下、震災コンクリートがらと呼称する）の有効利用を目的として、破碎過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の製造方法を開発した。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工法により、大割のコンクリートがらを粗骨材として使用することが可能となる。また、練混ぜ水として海水を使用することにより、コンクリートの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¹⁾。本研究では、海水を使用したモルタルの配合を選定し、震災コンクリートがらを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。また、本技術を適用して築造した港湾用ブロックの施工事例について報告する。

2. モルタルの配合選定およびコンクリートブロックの作製

2.1 実験概要

実験に用いたモルタルの主な使用材料を表-1に、目標性能を表-2に示す。セメントは高炉セメント B 種、練混ぜ水は海水および真水を使用した。海水を使用したモルタルの基本配合を表-3に示す。基本配合に対し、モルタルとコンクリートがらの一体性の確保や収縮によるひび割れの抑制を目的として発泡剤（アルミ粉末）および膨張材を使用した。

コンクリート標準示方書〔施工編〕に規定される「プレパックドコンクリート」では、モルタルの流動性は P 漏斗流下時間が 16~20 秒にあるのを標準としているが、本実験における粗骨材は 200~400mm と大きいため、20~40 秒を目安として充填性の確保を試みた。東北地方でコンクリートが凍結融解作用を受けることを想定し、モルタルの空気量は 8.0~12.0% を目標とした。

決定した配合のモルタルを使用し、プレパックドコンクリート工法によって 1 辺 800mm のコンクリートブロックを作製した。粗骨材として寸法 200~400mm のコンクリートがらを使用した。コンクリートがらを

表-1 モルタルの使用材料

分類	種類	記号	摘要
水	真水	W	上水道水
	海水		塩化物イオン 1.88%
結合材 (B)	高炉セメント B 種	C	密度 3.04g/cm ³
	膨張材	Ex	密度 3.16g/cm ³
細骨材	砕砂	S	密度 2.66g/cm ³ , 寸法 5mm 以下
発泡剤	アルミニウム粉末	Al	—

表-2 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)	20~40 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%



写真-1 コンクリートがら

表-3 モルタルの基本配合

W/B (%)	S/B	単位量 (kg/m ³)		
		W	C	S
50.0	1.2	352	703	844

表-4 コンクリートがらの物性

項目	測定結果
寸法 (mm)	200~400
密度 (g/cm ³)	2.37
吸水率 (%)	7.18
圧縮強度	37.2

キーワード 東日本大震災, 海水, コンクリートがら, プレパックドコンクリート, 充填性, 圧縮強度

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 T E L 042-495-1276

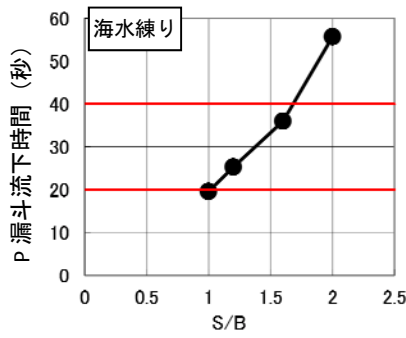


図-1 P漏斗流下時間とS/Bの関係

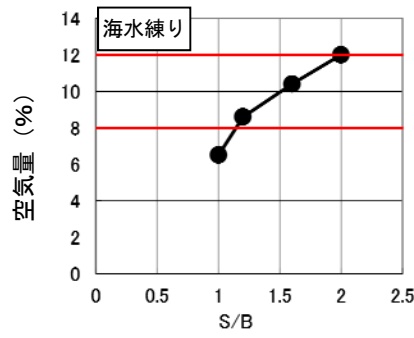


図-2 空気量とS/Bの関係

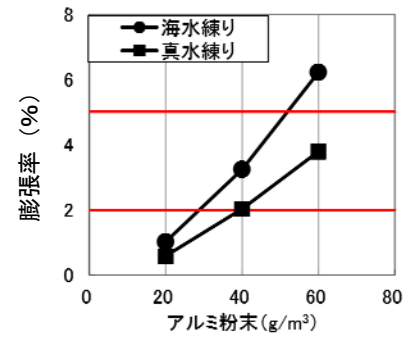


図-3 膨張率とアルミ粉末添加量の関係

写真-1に、物性を表-4に示す。

2.2 試験結果

2.2.1 モルタルの品質

P漏斗流下時間とS/Bの関係を図-1に示す。S/Bが小さいほど流動性が高くなった。空気量とS/Bの関係を図-2に示す。空気量はS/Bが大きいほど大きくなった。試験結果より、目標性能を満足する配合としてW/B=50.0%, S/B=1.2とした。

海水および真水を使用したモルタルにおいて、アルミ粉末の添加量を変化させた場合の膨張率を図-3に示す。海水を使用した場合の方が真水の場合より膨張率が大きくなる傾向にあった。目標の膨張率(2~5%)を満足するためのアルミ粉末の添加量を40g/m³とした。また、膨張材は、標準使用量を参考にモルタルに対して40kg/m³をセメントに置換した。

以上より決定したモルタルの配合と品質を表-5に示す。ブリーディング率についても目標値(3%以下)を満足した。

2.2.2 コンクリートの品質

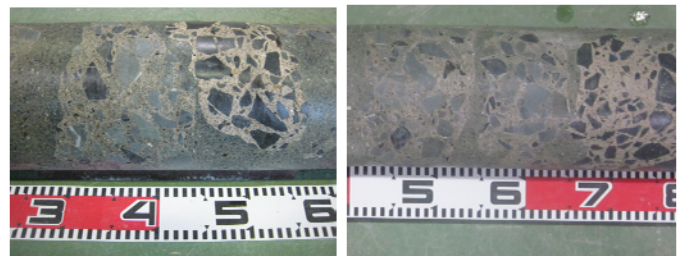
海水および真水を使用したプレパックドコンクリート工法によって作製したブロックについて、材齢28日においてサンプリングした直径150mmのコアの断面を写真-2に示す。断面にはモルタルとコンクリートの界面に間隙は発生していないことが確認でき、表面にも型枠の隅々までモルタルが充填できていた。

また、粗骨材として使用したコンクリートがらのブロック中の容積率は50~53%であり、コンクリート1m³の製造によって0.5m³程度のコンクリートがらを処理できることが分かった。

材齢28日におけるコンクリートコアおよびモルタル(φ50×100mm)の圧縮強度試験結果を図-4に示す。モルタルの圧縮強度は、海水で練り混ぜることによって、真水練りの24N/mm²から36N/mm²(1.5倍)に増加した。また、海水を使用したプレパックドコンクリートの圧縮強度は、真水を使用した場合の1.5倍に増加し、27N/mm²を得ることができた。

表-5 決定配合と品質

W/B (%)	S/B	単位量 (kg/m ³)					P漏斗流下時間 (秒)	空気量 (%)	ブリーディング率 (%)
		W	B		S	Al			
			C	Ex					
50.0	1.2	352	663	40	844	0.040	22.0	8.1	2.4



(a) 海水練り (b) 真水練り

写真-3 コアの断面

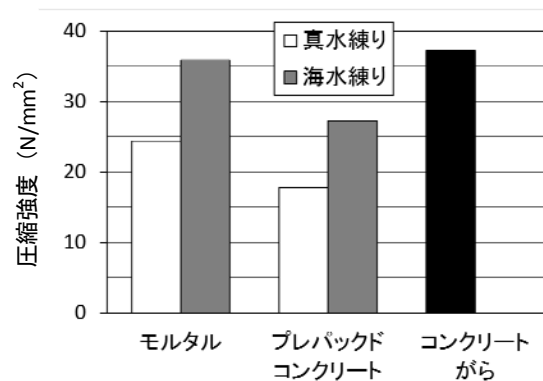


図-4 圧縮強度試験結果(材齢28日)

3. 港湾用ブロックの施工事例

3.1 概要

3.1.1 対象構造物と打設方法

膨大な量の震災コンクリートがらを効率よく利用するには、できるだけ破碎の手間を省いた形での利用が望ましい。そこで、汎用機械に加え人力でも扱える寸法 300～500mm のコンクリートガラを利用した。対象とする港湾構造物は、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。製造方法は、形状が単純な根固めブロックはポストパッキングコンクリート工法（図-5）、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は、プレパッキングコンクリート工法（図-6 および写真-4）を採用した。また、比較のために、普通骨材を使用した海水練りコンクリートを用いて同様の無筋構造物を製造した。

3.1.2 配合および品質管理

モルタルの目標性能を表-6 に示す。消波ブロックの設計基準強度は 18N/mm^2 であることから、モルタルの目標強度は、事前の室内試験結果に基づき 40N/mm^2 とした。また、粗骨材寸法が 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 90 秒程度に延長した。モルタルの空気量は 8～12%，コンクリートの空気量は $5.5\pm 1.5\%$ とした。

試験施工に使用した材料を表-7 に、モルタルとコンクリートの配合を表-8 に示す。コンクリートガラは、震災復旧工事にて発生した、被災した既設ケーソンの破碎ガラを利用した。

圧縮強度の管理は、寸法 40mm 程度のコンクリートガラを使用した $\phi 150\times 300\text{mm}$ のプレパッキングコンクリート

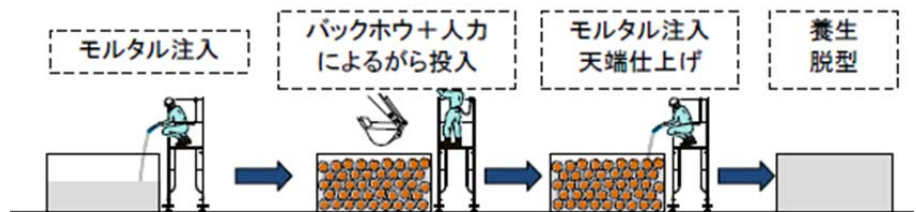


図-5 ポストパッキング工法による根固めブロック打設の概要

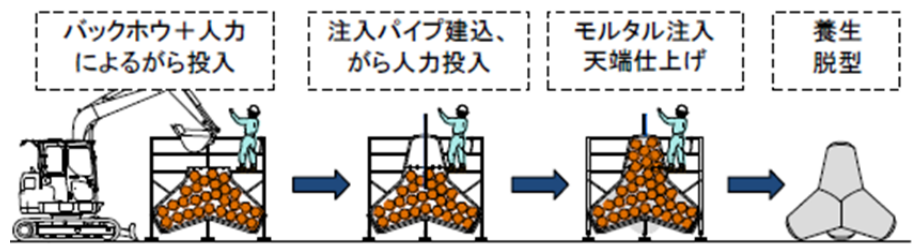


図-6 プレパッキング工法による消波ブロック打設の概要

表-7 使用材料

試験項目	目標値
P 漏斗流下時間	90 秒程度まで
ブリーディング率	3 時間で 3%以下
空気量	8.0～12.0%
膨張率	2～5%
圧縮強度	40N/mm^2
記号	材料
W	海水：塩化物イオン 1.79% 真水：水道水
C	高炉セメント B 種
Ex	石灰系膨張材
SF	シリカフェーム
S	砕砂
G	砕石
Al	発泡剤（アルミ粉末）
AN	特殊混和剤



写真-4 がらの投入状況

表-8 モルタルおよびコンクリートの配合

種別	練混ぜ水	W/B (%)	S/B	s/a(%)	単位量 (kg/m ³)							
					W	B			S	G	AN	Al
						C	Ex	SF				
モルタル	海水 真水	40.0	1.7	—	263	618	40	—	1119	—	—	0.040
コンクリート	海水	64.6	—	48.8	172	241	—	25	886	944	13	—

およびポストパックドコンクリート供試体、寸法 300~500mm 程度のコンクリートがらを使用した 1 辺 800mm のブロックから成形したコア供試体 (写真-5 および写真-6) の 2 種類によって行った。

3.2 コンクリートの品質

プレパックドコンクリート工法の圧縮強度試験結果を図-7 に、脱型後のブロックの全景を写真-7

および写真-8 に示す。海水練りでは材齢 7 日で設計基準強度を満足しており、真水練りも含めて圧縮強度は設計基準強度を十分に上回っていた。真水練りに比べ海水練りの方が、各材齢とも圧縮強度が高く、特に材齢 7 日での差が顕著であった。

プレパックド供試体とコア供試体を比べると、プレパックド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 ($\phi 150\text{mm}$) に対してコンクリートがらが大きい ($\phi 300\text{mm}$ 程度) ため、コアに占めるコンクリートがらの割合や位置が影響していると考えられる。

4. まとめ

震災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、以下の知見を得た。

(1) 寸法 300~500mm 程度の震災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の施工において、モルタルの P 漏斗流下時間は 90 秒程度で充填性を確保できた。

(2) 震災コンクリートがらを利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工法により、在来工法と同等品質の港湾用ブロックを築造できることが確認できた。

(3) 練混ぜ水に海水を使用することで、初期強度の発現が早まり、工期短縮が期待できることが確認できた。

なお、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」に応募し、実証試験として実施されたものである。

参考文献

1) 竹田宣典 ほか：海水を使用したコンクリートの強度および水密性の向上効果，土木学会第 66 回年次学術講演会講演概要集，pp.581-582，2011.9



写真-5 品質管理用ブロックの作製状況



写真-6 $\phi 150\text{cm}$ で採取したコア

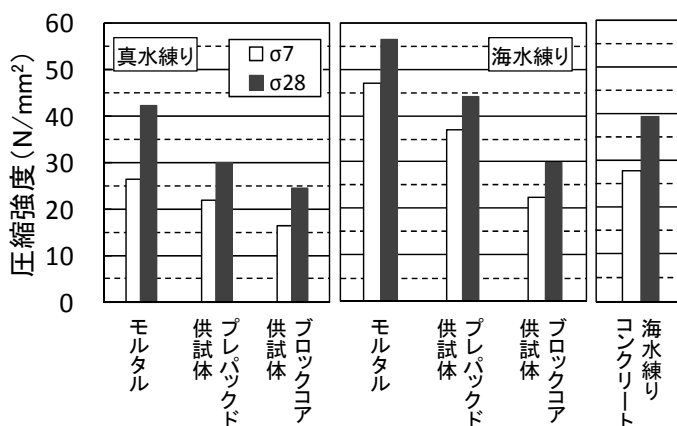


図-7 圧縮強度試験結果



写真-7 消波ブロックの全景



写真-8 根固めブロックの全景