

震災コンクリートがらを利用した 海水練りコンクリートの製造・施工

新村 亮・竹田 宣典

東日本大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、破碎を極力省略した大割りのコンクリートがらと海水を使用した海水練りコンクリートの試験製造・施工を行った。プレパックドコンクリート工法（以下「プレパックド工法」という）およびポストパックドコンクリート工法（以下「ポストパックド工法」という）により、大割りのコンクリートがらを粗骨材として多量に使用することが可能となる。また、練り混ぜ水として海水を使用することにより、コンクリートの強度発現の促進による工期短縮が期待できるとともに、長期の強度増進が図れる。ここでは、大割りのコンクリートがらと海水を使用し、港湾用ブロック、防潮堤を試験製造・施工した結果を紹介する。

キーワード：コンクリートがら、有効利用、海水、プレパックドコンクリート、港湾用ブロック、防潮堤

1. はじめに

東日本大震災では、岩手、宮城、福島 の3県で約1,802万トンの災害廃棄物が発生し、そのうち概算で約400万トンがコンクリートがらであると推計される¹⁾。発生したコンクリートがらの多くは破碎され、路盤材や盛土材として再利用されているが、被災地においては、より迅速かつ効率的な処理が求められ、できる限り破碎を行わない再利用方法が望まれる。

また、震災直後はライフラインの寸断により、真水の調達が困難となることが危惧される。このような場合においても、比較的容易に調達できる海水を練混ぜ水として使用することによって、コンクリートの早期強度発現や強度増進が図れ、工期短縮が期待できる²⁾。

これらのことから、コンクリートがらを利用したプレパックド工法、およびモルタル打設後に粗骨材を投入するポストパックド工法を応用し、破碎過程を極力省略した大割り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・施工を行った。そこで、これらの方法を適用した港湾用の消波ブロックおよび根固めブロックの試験製造³⁾、および、防潮堤の試験施工結果⁴⁾について紹介する。

2. コンクリートがらの有効利用の方法

震災で発生した大割りのコンクリートがら（写真—1）を、できるだけ破碎を行わずにコンクリート用材

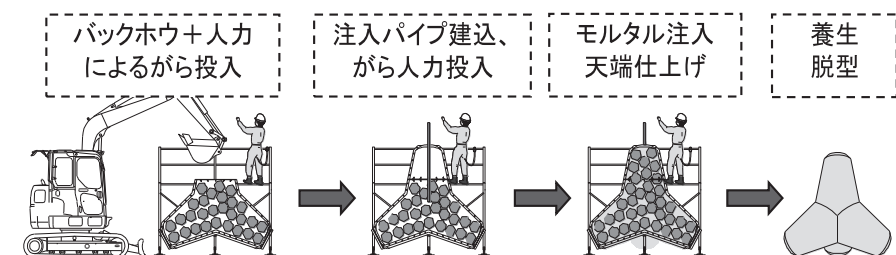


写真—1 震災で発生したコンクリートがら

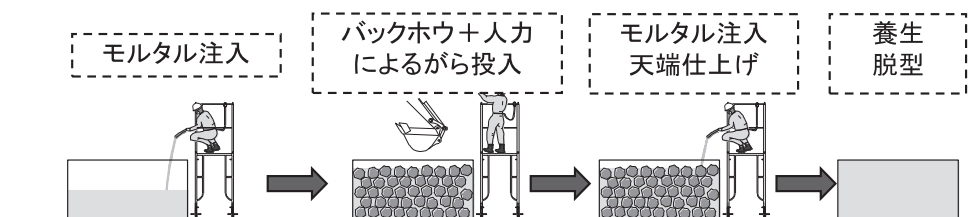
料として有効利用する場合、コンクリートがらの寸法が大きいため、骨材として通常のミキサで練り混ぜることは難しい。そこで、下記の2つの方法の適用を検討した。

（1）プレパックド工法

プレパックド工法の概要を図—1に示す。大割りのコンクリートがらを型枠に投入し、型枠内に挿入した注入パイプから充填モルタルを注入する。型枠中のコンクリートがらの充填状況を注入前に確認し易いため、比較的複雑な形状の構造物にも適用できる。使用する充填モルタルは、材料分離やブリーディングが少なく、流動性が高いなどの性能が必要である。



図—1 プレバックド工法の概要



図—2 ポストバックド工法の概要

(2) ポストバックド工法

ポストバックド工法の概要を図—2に示す。あらかじめ型枠内に充填モルタルを打ち込み、その後、大割りのコンクリートがらを投入する。未充填の懸念は少なく施工できるが、投入後のコンクリートがらの充填状況を目視で確認することができないため、直方体のブロックのような単純な形状の構造物に適している。

(2) 充填モルタルの使用材料と配合

充填モルタルの目標性能を表—2に示す。粗骨材として使用するコンクリートがらの寸法は300～500mmであり、粗骨材間の空隙が大きいことから、P漏斗流下時間の目標値を90秒程度以下とした。また、凍結融解抵抗性の確保のため、充填モルタルの空気量は8.0～12.0%とした。なお、これらの充填モルタルは事前の室内実験によって、練上がり後60分まで施工可能であることを確認した。

3. 使用材料と配合

(1) コンクリートがらの品質

膨大な量の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ことから、粒径300～500mmの大割りのコンクリートがらを使用した。コンクリートがらは、相馬港で津波の被害を受け撤去したコンクリートケーソンをジャンボブレイカ等で破碎したものである。コンクリートがらの物性値を表—1に示す。コンクリートがらの密度は 2.37 g/cm^3 、圧縮強度は 37.2 N/mm^2 であった。圧縮強度試験はコンクリートがらから直径50mmのコアを採取して行った。

表—1 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 (N/mm^2)	37.2

表—2 充填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)	90秒程度以下
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%

充填モルタルの使用材料を表—3に、配合を表—4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、防潮堤の施工では結合材の一部に石炭灰を使用した。ブロックの設計基準強度、打ち上がり高さの違いによるブリーディングの発生状況、および施工性を考慮して、水結合材比(W/B)は、消波ブロック、防潮堤では40.0%、根固めブロックでは45.0%とした。また、モルタルとコンクリートがらの一体性の確保を目的として膨張剤(アルミ粉末)を使用し、収縮ひび割れ抑制を目的として膨張材を使用した。

表－3 モルタルの使用材料

分類	種類	記号	摘要
水	真水	W	水道水
	海水		塩化物イオン濃度：1.88%
結合材 (B)	高炉セメント B 種	C	密度：3.04 g/cm ³
	膨張材	EX	主成分：CaO, 密度：3.16 g/cm ³
	石炭灰	FA	密度：2.21 g/cm ³
細骨材	砕砂	S	密度：2.66 g/cm ³ , 寸法：5 mm 以下
発泡剤	アルミニウム粉末	AL	反応遅延タイプ
混和剤	高性能 AE 減水剤	AD	ポリカルボン酸系

表－4 充填モルタルの配合

種別	練混ぜ水	W/B (%)	S/B	単位量 (kg/m ³)					
				W	B			S	Al
					C	Ex	FA		
消波ブロック用	海水	40.0	1.7	263	618	40	－	1,119	0.04
	真水	40.0	1.7	263	618	40	－	1,119	0.04
根固めブロック	海水	45.0	1.7	286	595	40	－	1,080	0.04
	真水	45.0	1.7	286	595	40	－	1,080	0.04
防潮堤用	海水	40.0	1.4	284	600	40	71	995	0.04

4. コンクリートがらを用いた港湾用ブロックの試験製造

(1) 製造概要

製造の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（25 t 型、高さ 3.3 m × 幅 3.94 m）および根固めブロック（40 t 型、高さ 1.5 m × 幅 3.0 m × 長さ 4.0 m）とした。消波ブロックおよび根固めブロックのコンクリートの設計基準強度は 18 N/mm² である。

港湾用ブロックの製造状況を写真－2 に示す。形状が複雑であるが、型枠中のコンクリートがらの充填状況を確認できる消波ブロックには、プレパッキング工法を適用し、単純な形状の根固めブロックには、ポス

トパッキング工法を適用した。いずれの工法においても、1 辺 800 mm のブロックによる事前の試験製造において、型枠中へ投入したコンクリートがらとモルタルの使用量を測定し、1 m³ 当たり約 0.5 m³ のコンクリートがらを使用できることを確認した。

充填モルタルおよびコンクリートの練混ぜには、写真－3 に示すような専用の現地プラントを使用した。

(2) 港湾用ブロックの品質確認

(a) 注入モルタルの充填状況

脱型後の港湾用ブロックの表面状態を写真－4 に示す。消波ブロック、根固めブロックともに、コンクリートの表面に未充填箇所はなく、有害なひび割れのないことを確認した。



(a) 消波ブロック（プレパッキング工法）



(b) 根固めブロック（ポストパッキング工法）

写真－2 港湾用ブロックの施工状況



写真—3 専用現地プラント

写真—5 試験用ブロックより採取したコア供試体
(プレバックド工法)

(a) 消波ブロック (プレバックド工法)



写真—6 φ 150 mm プレバックド工法供試体の作製状況



(b) 根固めブロック (ポストバックド工法)

写真—4 港湾用ブロックの表面状態



写真—7 ブロックの作製状況 (プレバックド工法)

また、寸法 300 ～ 500 mm のコンクリートがらを使用して作製した 1 辺 800 mm の試験用ブロックから採取したコア供試体の表面状態を写真—5 に示す。コアの表面に未充填箇所や空隙はなく、コンクリートがらと充填モルタルの界面も良好に密着していることが確認された。

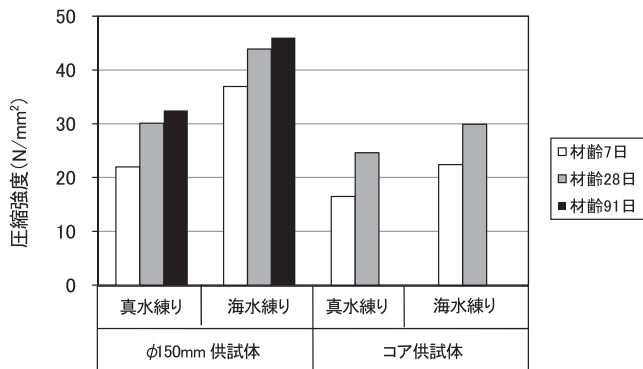
(b) 圧縮強度の確認結果

圧縮強度は、ふるい分けにより粒径 40 mm 程度に選別したコンクリートがらを粗骨材として用い、プレバックド工法およびポストバックド工法により作製した直径 150 mm、高さ 300 mm の供試体 (写真—6) と 1 辺 800 mm の試験用ブロック (写真—7) から採取したコア供試体の 2 種類によって確認した。プレ

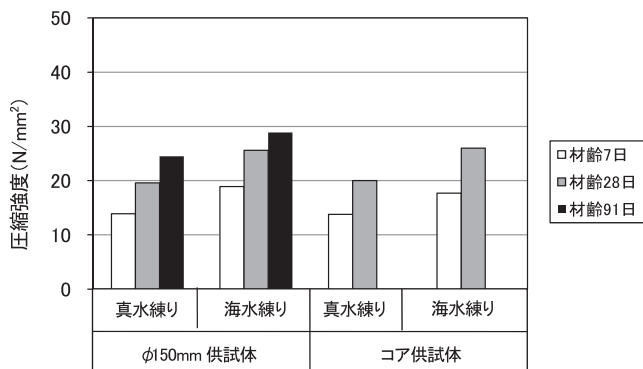
バックド工法により作製した φ 150 供試体およびコア供試体の圧縮強度を図—3 に、ポストバックド工法の圧縮強度を図—4 に示す。

いずれのコア供試体においても、港湾用ブロックの設計基準強度 (18 N/mm^2) が発現する時期は、練混ぜ水に真水を使用した場合では材齢 28 日であったが、海水を使用した場合では材齢 7 日となり、海水を用いることにより、圧縮強度が大きく増大した。また、海水の使用により、特に初期材齢における強度が増大し、脱型時期を早めることが可能と考えられる。

海水を用いたコア供試体の材齢 28 日における圧縮強度は、消波ブロック (W/C = 40.0%) では 30 N/mm^2 以上、根固めブロック (W/C = 45.0%) では



図一三 消波ブロックの圧縮強度 (プレパックド工法)



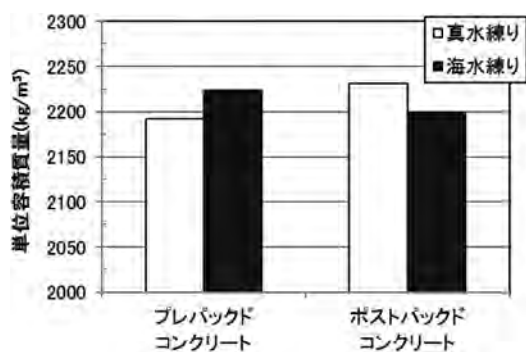
図一四 根固ブロックの圧縮強度 (ポストパックド工法)

25 N/mm² 程度が得られた。この様に港湾用ブロックとして十分な強度が発現することが確認された。

(c) 単位容積質量

コア供試体の単位容積質量を図一五に示す。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単位容積質量は2.20～2.25 t/m³ 程度であった。

これは、単位容積質量の比較的小さな充填モルタル(約 2,000 kg/m³)と比較的密度の小さなコンクリート(約 2,370 kg/m³)を使用しているため、ブロック等の必要な重量について設計時に確認することが必要と考えられる。

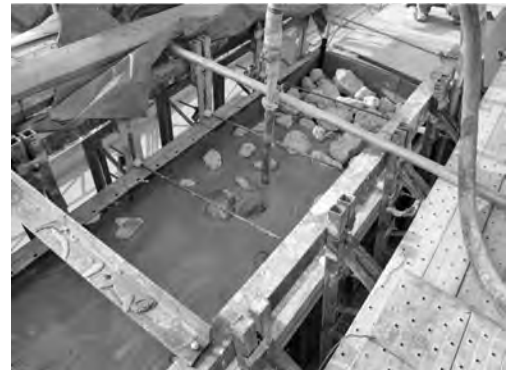


図一五 コア供試体の単位容積質量

5. コンクリートがらを用いた防潮堤の試験施工

(1) 施工概要

試験施工した防潮堤は長さ 10 m × 高さ 3 m × 幅 1.5 ～ 1 m で、長さ 5 m の 2 ブロックに分けて、プレパックド工法で施工した。施工時の状況を写真一八に示す。



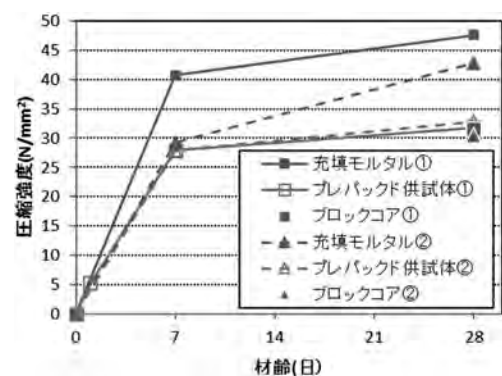
写真一八 防潮堤でのモルタル注入状況

(2) 品質確認結果

完成後の外観を写真一九に、①、②ブロック毎の強度試験結果を図一六に示す。脱型後には表面に有害なひび割れや充填不良は見られなかった。また、注入モルタルの強度は材齢 28 日で 45 N/mm² 程度、20



写真一九 防潮堤の完成後外観



図一六 コンクリート強度試験結果

℃で封函養生したプレパックス工法供試体、80 cm 角のブロックから採取したコア強度とも 30 N/mm^2 程度の強度を有しており、設計基準強度 18 N/mm^2 を十分に上回った。

(3) 長期性状試験結果

施工後、約2年経過した時点で躯体からコアの採取を行った。コアの採取は天端の3箇所から鉛直方向に、また、側面の高さ0.5、1.5、2.5 mの3箇所で水平方向に行った。

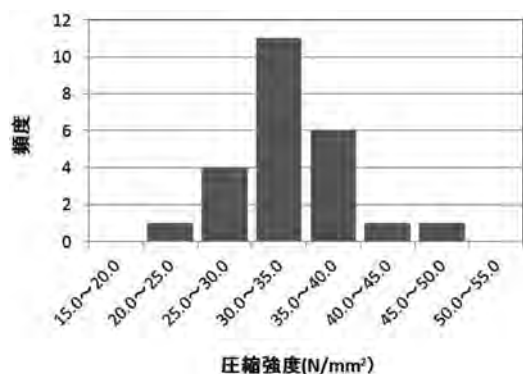
コアの表面性状を写真—10に、コアの圧縮強度の頻度分布を図—7に示す。がらの周囲に空隙は見られず、モルタルは密実に充填されていた。コア圧縮強度の平均は 33.7 N/mm^2 、単位容積質量の平均は $2,230 \text{ kg/m}^3$ であった。高さが高いほど密度がやや小さい傾向は見られるが、圧縮強度の高さ方向の分布に特定の傾向は見られず、圧縮強度は設計基準強度を十分に上回っていた。

6. おわりに

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、極力破碎することなく、大割りのまま



写真—10 コアの表面性状



図—7 コア圧縮強度の頻度分布

のコンクリートがらと、注入モルタルの練混ぜ水として海水を使用し、プレパックス工法およびポストパックス工法を適用することにより、港湾用ブロックと防潮堤を現地にて製造、施工することができることが確認された。主な結論を以下に示す。

- ①寸法 300～500 mm のコンクリートがらを粗骨材として用い、港湾用ブロックや防潮堤の製造が可能である。
- ②充填モルタルの練混ぜ水として海水を使用することにより、早期強度が増大し、脱型時期を短縮することが可能である。また、材齢 28 日において、港湾用ブロックとしての十分な圧縮強度が得られる。
- ③プレパックス工法製防潮堤には施工して2年経過後も表面に有害なひび割れなどは見られず、十分な強度を保持していた。

謝 辞

港湾用ブロックの製造は、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あり、製造後には実海域に設置された。また、港湾用ブロックの製造に際し、日起建設(株)殿および(株)不動テトラ殿に多大なご協力をいただいた。ここに深く感謝いたします。

J C M A

《参考文献》

- 1) 公益社団法人日本コンクリート工学会：東日本大震災に関する特別委員会報告書、2013.3
- 2) 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、Vol.49、No.12、pp.17-22、2011
- 3) 竹田宣典、他：震災で発生したコンクリートがらと海水を使用した港湾用ブロックの製造、コンクリート工学年次論文集、Vol.36、No.1、pp.1534-1539、2014
- 4) 新村亮、他：がらを利用した海水練りプレパックスコンクリートによる防潮堤の試験施工、土木学会第71回年次学術講演会講演概要集、pp.499-500、2016

【筆者紹介】

新村 亮（しんむら あきら）
(株)大林組
生産技術本部 技術第一部
上級主席技師



竹田 宣典（たけだ のぶふみ）
広島工業大学
工学部 環境土木工学科
教授

