東京工業大学「工学と国際開発」

2014.7.9

震災がらと海水を利用した コンクリート製造に関する検討

～震災がらと海水の有効利用～

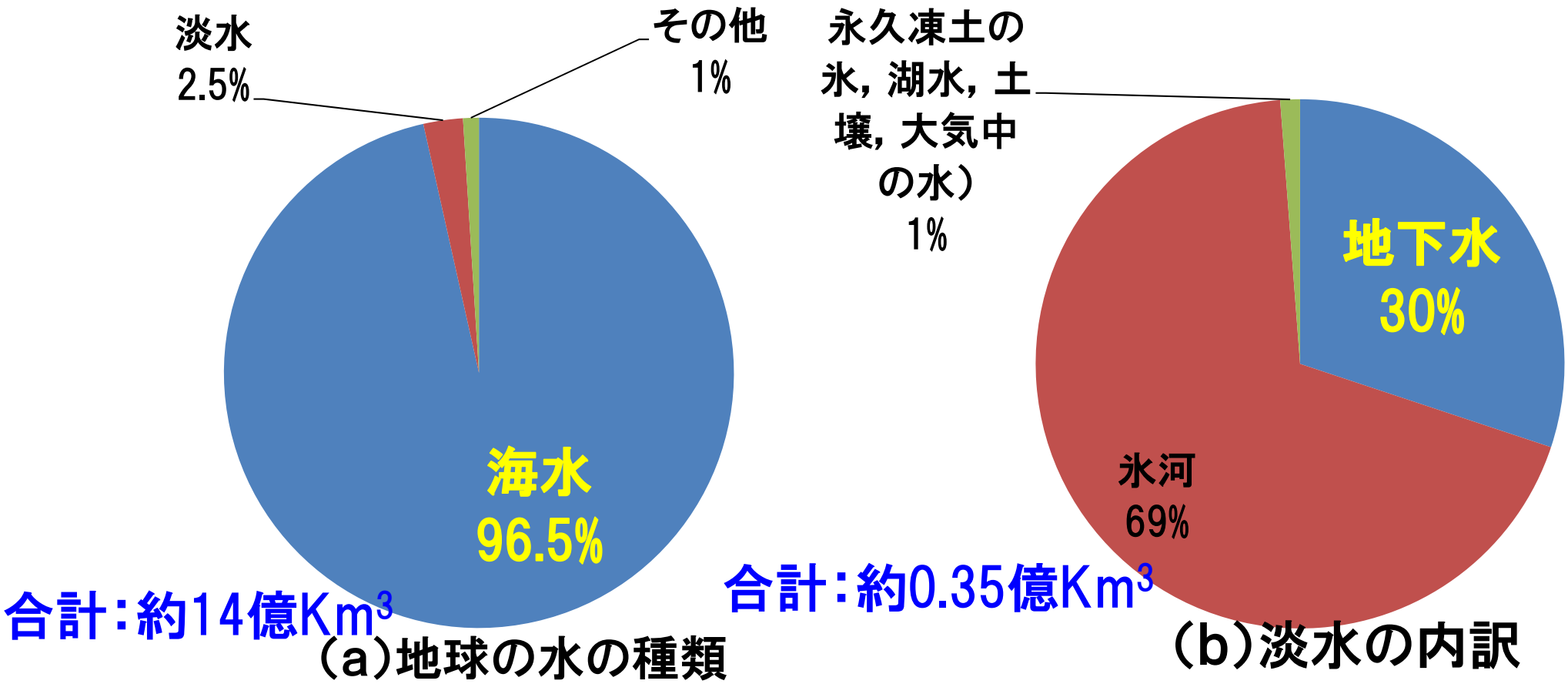
大林組
東京工業大学
東北大学

コンクリートがらの発生量（被災３県）

	災害廃棄物（万トン）	津波堆積物（万トン）	コンクリートがら（万トン）
岩手県	374	153	約　180
宮城県	1,060	717	約　180
福島県	171	166	X
計	1,605	1,037	400万トン以上

災害廃棄物，津波堆積物：2013年９月末現在の値

地球上の水資源



I.A.Shiklomanov：Assessment of Resources and Water Availability in the World:WMO ed,1996のデータを参照

利用可能な水：0.1億km^3（全水量の0.8%）

開発の背景

1. 震災による膨大なコンクリートがらの発生（400万トン以上）

2. 甚大な被害を受けた港湾施設の復旧⇒多量のコンクリートが必要

3. 東北地方のコンクリート用骨材の不足

コンクリートがらの有効利用の方法

①有効利用 コンクリートがらを有効利用し，**骨材不足**へ対応

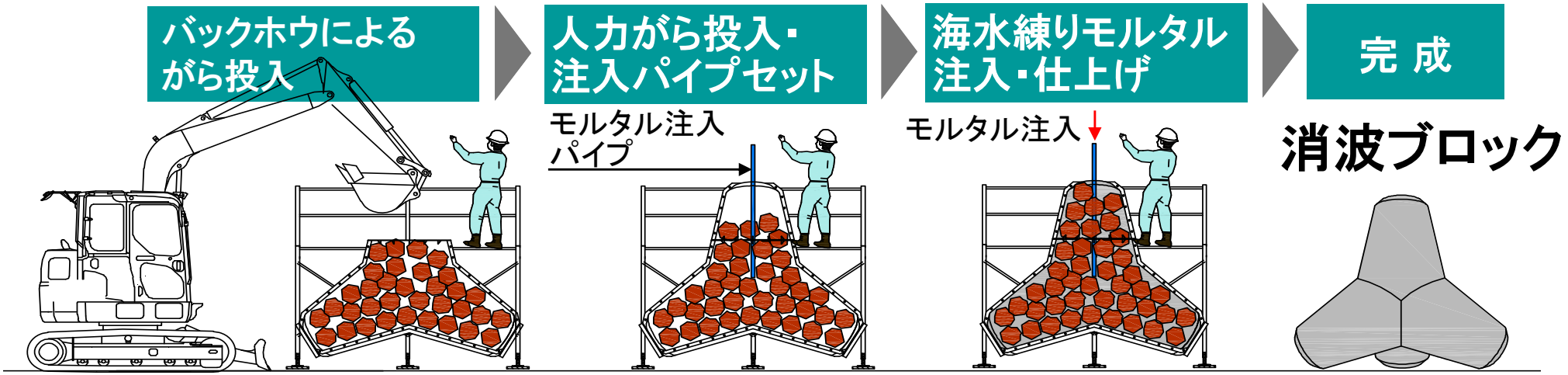
②工期短縮 練混ぜ水に**海水**を用い，早期強度が増大し，**脱型時期を短縮**

③省力化 コンクリートがらを**大割り**で利用し，**処理工程を省力化**
（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工法の適用）

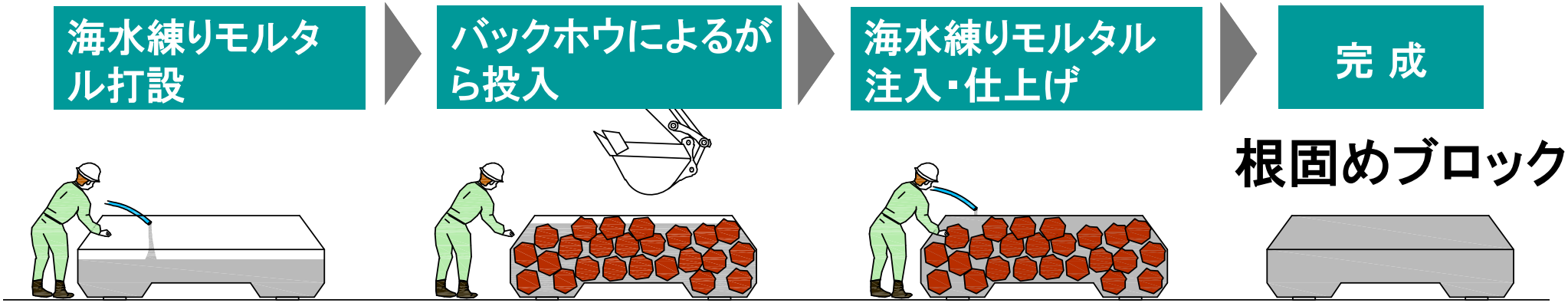
施工方法

使用材料：骨材：大割がら（300～500mm），注入材料：海水練りモルタル

A）プレパックドコンクリート工法



B）ポストパックドコンクリート工法



室内試験
（2011.12～検討開始）

使用材料

	記号	材料
注入モルタル	水	海水：相馬港より採取 真水：水道水
	セメント	高炉セメントB種
	混和材	膨張材（石灰石系）
	細骨材	砕砂（密度2.66g/cm3）
	混和剤	高性能AE減水剤
		アルミニウム粉末 （反応遅延型）
粗骨材		コンクリートがら （相馬港で倒壊した構造物を破砕，大割り）

コンクリートがらの性質

項　目	試験値
寸　法	300～500mm
密　度	2.37
吸水率	7.18%
圧縮強度	37.1N/mm^2

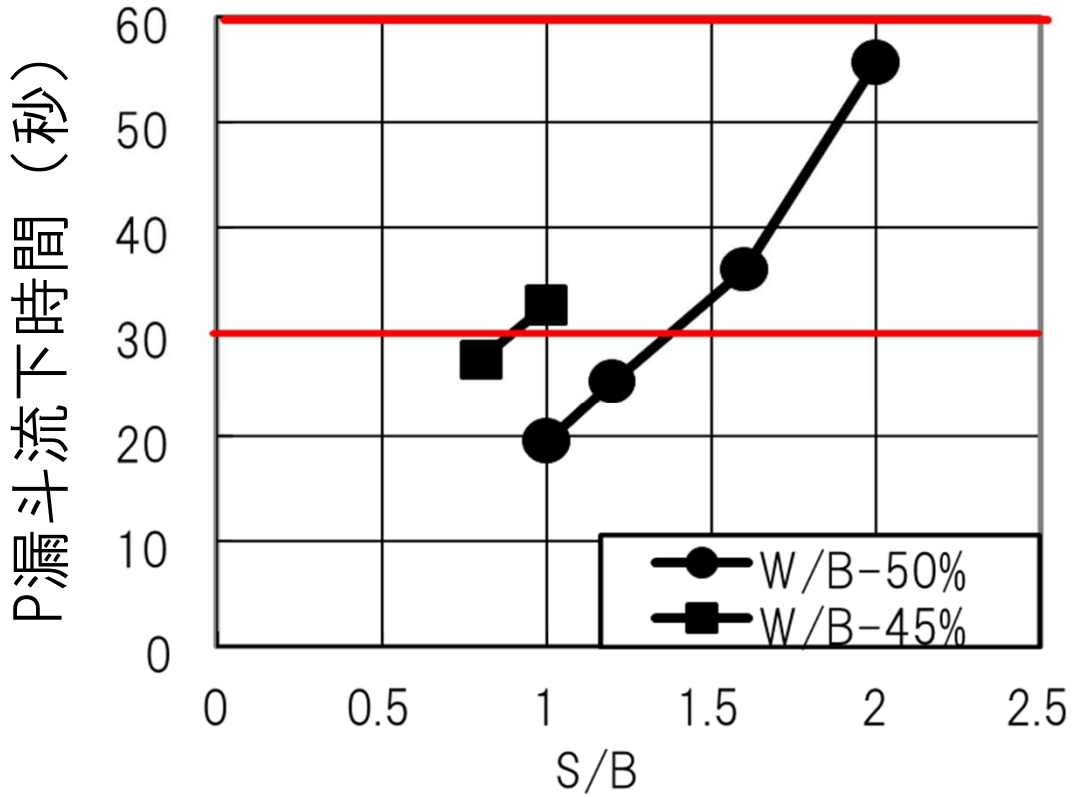
注入モルタルの試験項目と目標性能

試験項目	目標値	備　考
P漏斗流下時間	30～60秒	JSCE-F521
ブリーディング率	3時間で3%以下	JSCE-F522
空気量	10±1.5%	JISA1128
膨張率	2～5%	JSCE-F522
圧縮強度	40N/mm^{2}程度	材齢28日

・P漏斗流下時間：がらの空隙が大きいことから60秒まで延長
・凍結融解対策のため空気量を10±1.5%と設定
・室内試験結果より圧縮強度は40N/mm^{2}に設定

モルタルの流動性試験

Pロート試験

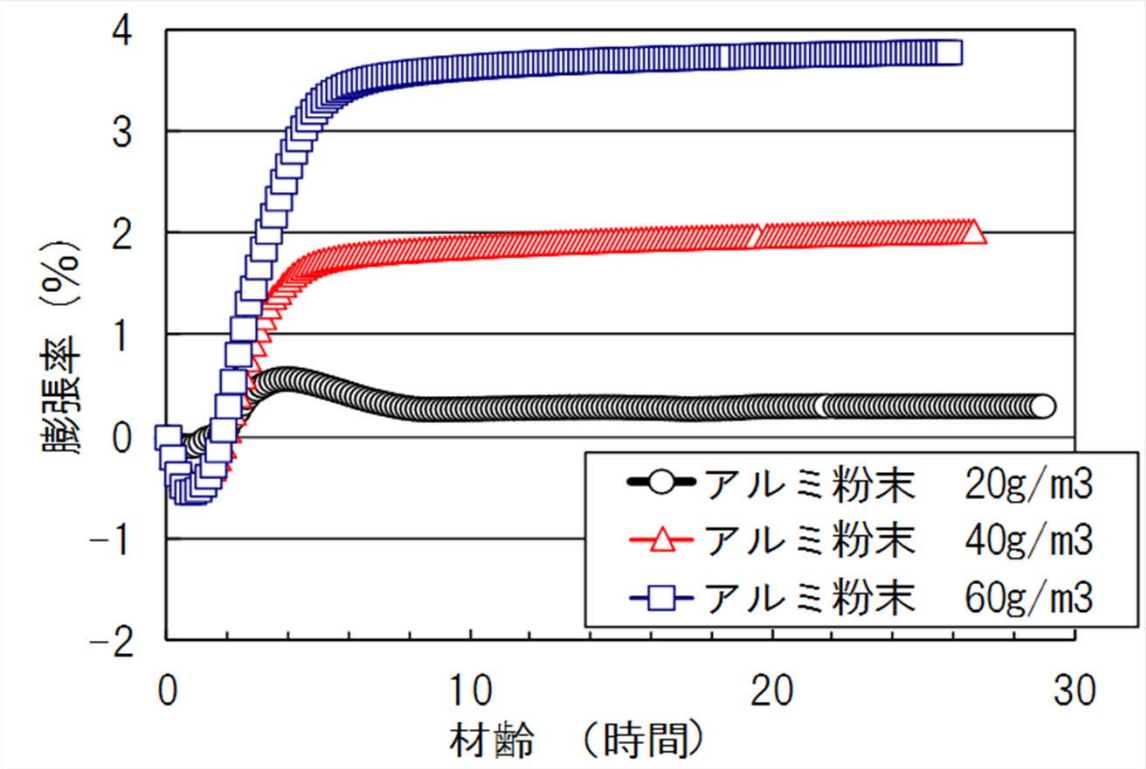


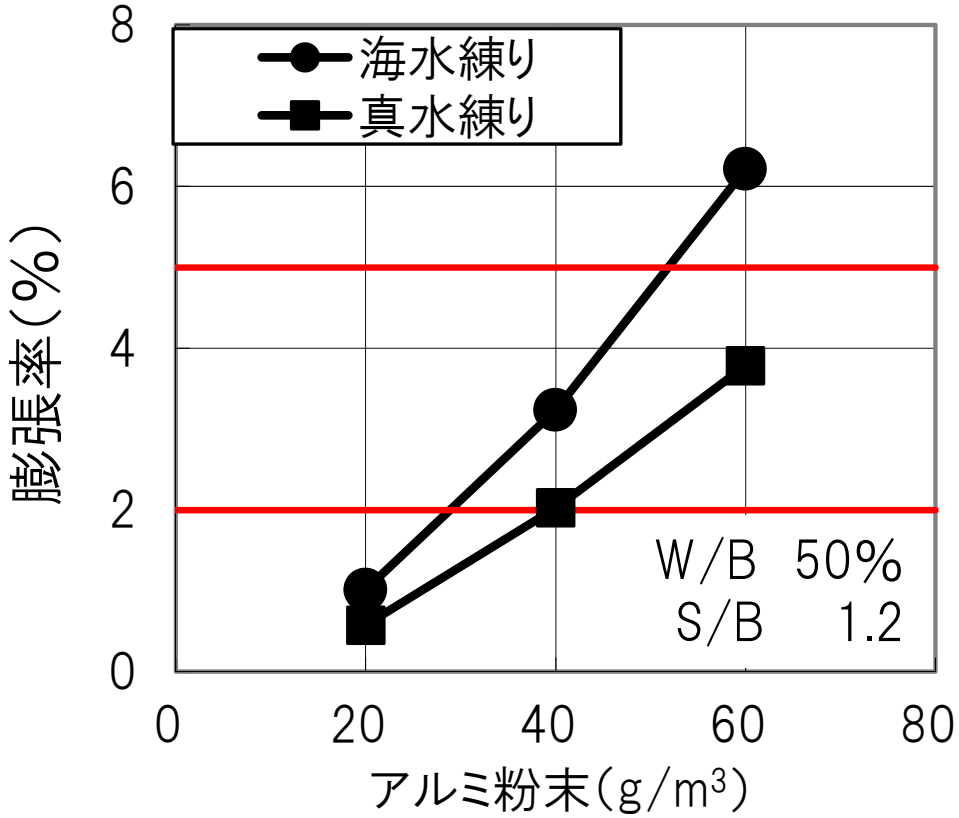
【P漏斗流下時間とS/Bの関係】

・S（砂）/B（セメント）：1.2～2.0で適当な流動性確保
・高性能AE減水剤を用いて，流動性を向上

➡ 狭い間隙に流動・充填

膨張率試験





【膨張率とアルミ粉末添加量の関係】

アルミニウム粉末：40g/m3使用し，ブリーディング防止

➡ がらと注入モルタルの密着性向上（間隙抑制）

注入モルタルの配合（暫定）

配合	練混ぜ水	W/C（%）	S/B	単位量(kg/m³)				Al（g/m³）	試験結果	
				W	C	Ex	S		ブリーディング率（%）	空気量（%）
1	海水	50.0	1.2	352	663	40	844	40	1.2	8.3
2	真水	50.0	1.2	352	663	40	844	40	2.4	9.0

室内試験(プレパックトコンクリート)

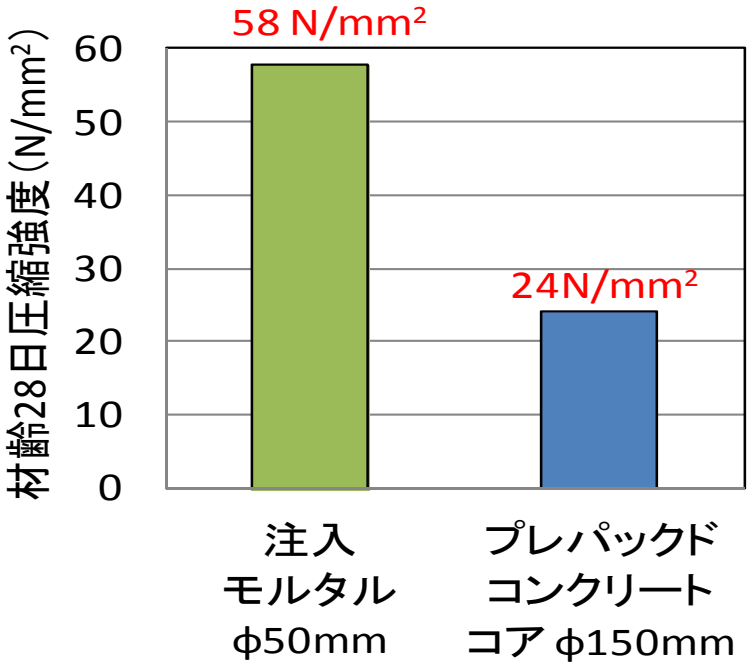
【プレパックドコンクリートによるブロック打設実験　】

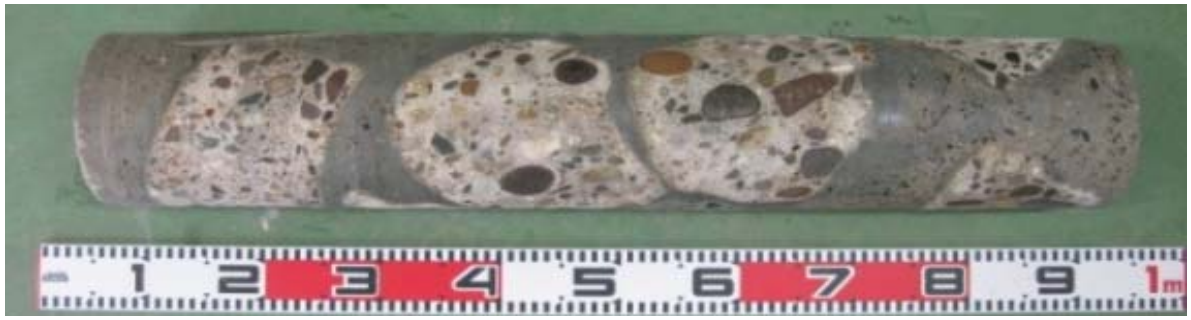
80cm角のプレパックドコンクリートを製造し、施工性、充てん性、コンクリートがらの容積率および圧縮強度を確認

■ 打設概況

■ 充てん状況

■ 圧縮強度



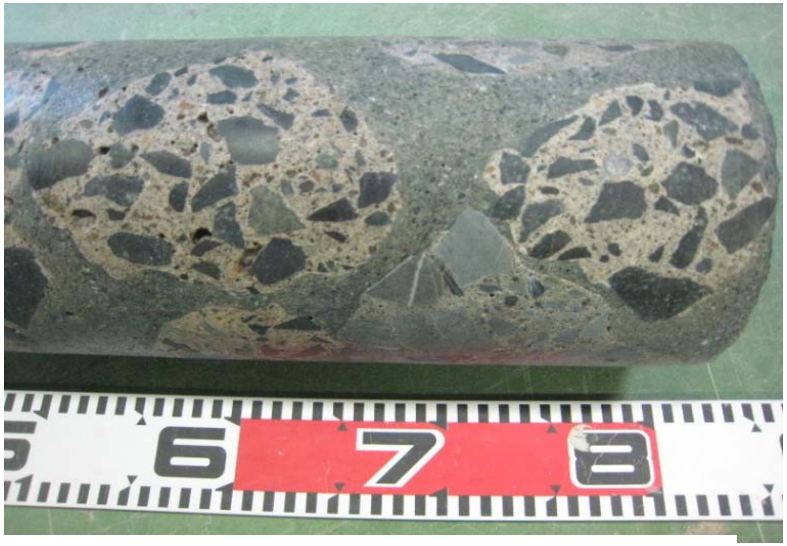


■コンクリートがらの容積率
約50%（1.2ton/m3）

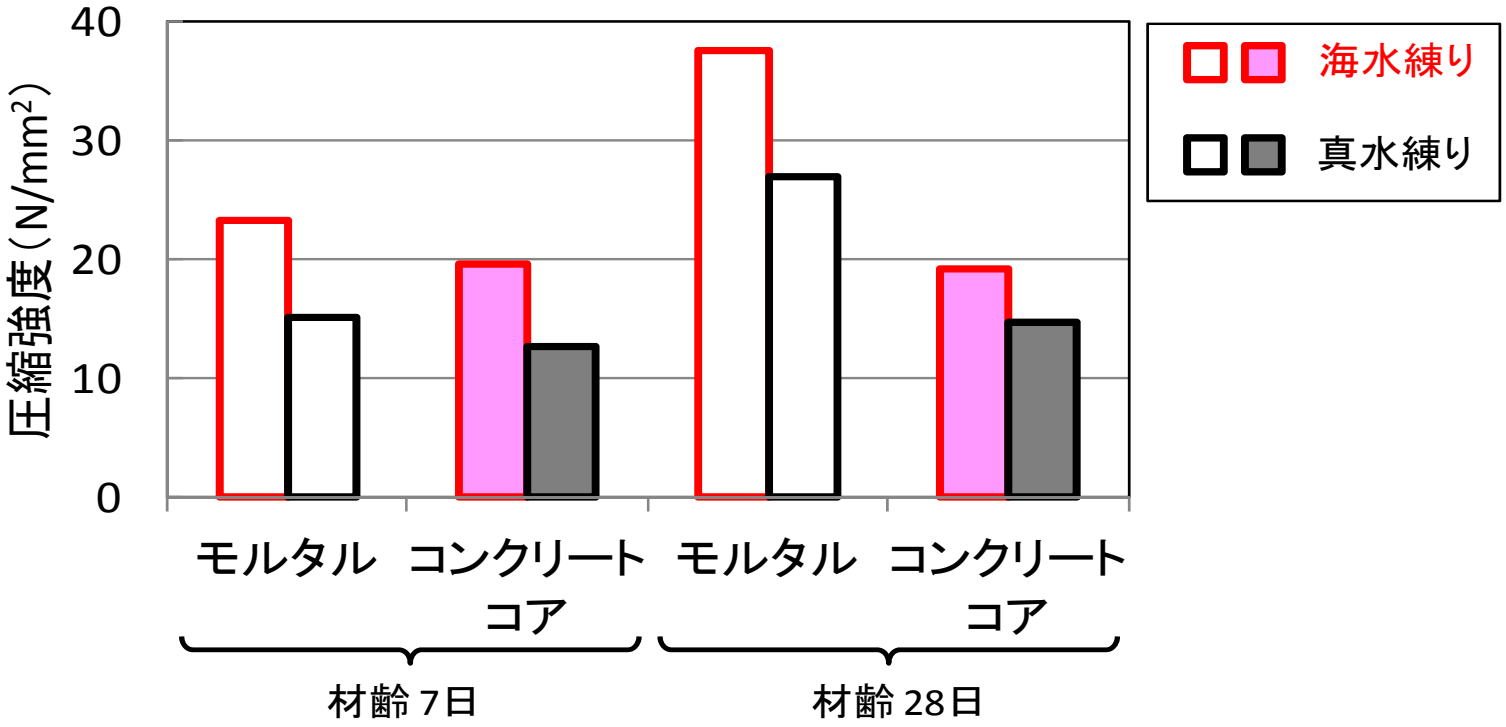
室内試験（ポストパックドコンクリート）

■ 外観

■ コア表面



■ 圧縮強度



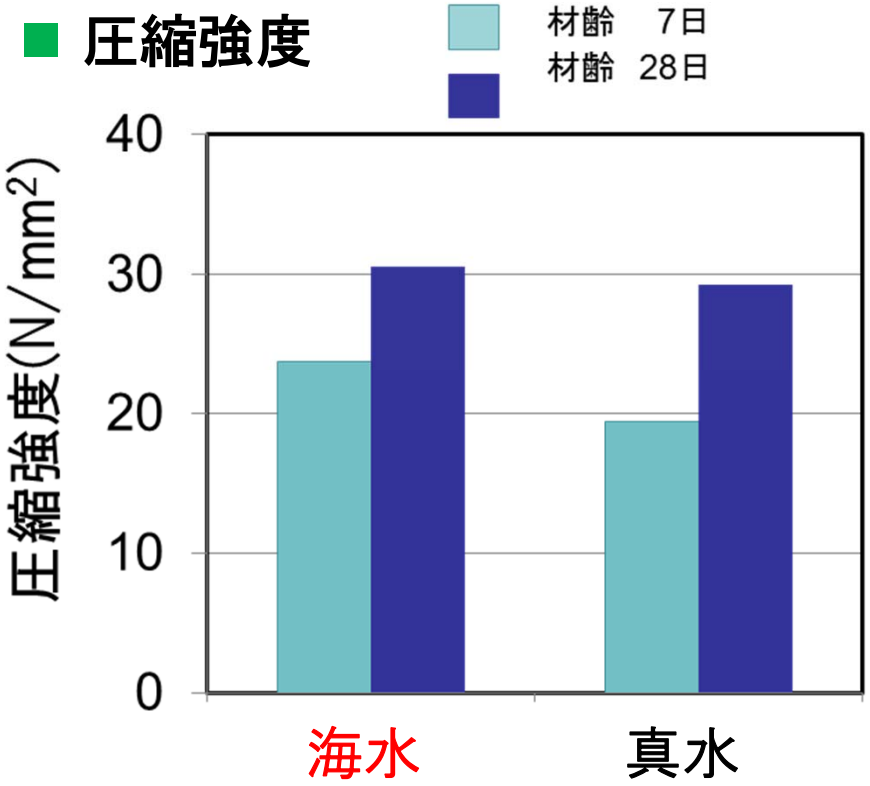
室内試験(コンクリート用骨材としの利用)

■ 粗骨材(RC40)

配合	練混ぜ水	W/C (%)	W	試験結果		
				スランプ (cm)	空気量 (%)	ブリーディング率(%)
1	海水	50.0	165	17.5	4.4	1.87
2	真水	50.0	165	21.5	6.9	2.85

■ スランプ

■ 圧縮強度



実証試験
（2013.2　相馬港）

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」
（平成24年度）

【実証実験】
震災コンクリートがらと海水練りコンクリートを使用した港湾構造物の築造技術

製造施設

■現地プラント
（専用プラント設置）

■使用ミキサ
・2軸強制練り
・容量：1.5m^3

注入モルタルの配合

注入モルタル	練混ぜ水	W/B (%)	S/B (%)	単位量（kg/m³）				Al (g/m³)	P漏斗流下時間（秒）	空気量（%）
				W	B		砕砂			
					セメント	膨張材				
プレパックド	海水	40.0	1.7	263	618	40	1119	40	58.3	10.0
	真水								49.2	10.7
ポストパックド	海水	45.0		286	595	40	1080	40	33.0	9.0
	真水								31.4	9.7

■ Pロート流下試験

項　目	品質
Pロート流下時間	30～60秒
空気量	10±2%
膨張率	2～5%
ブリーディング率	3時間で3%以下

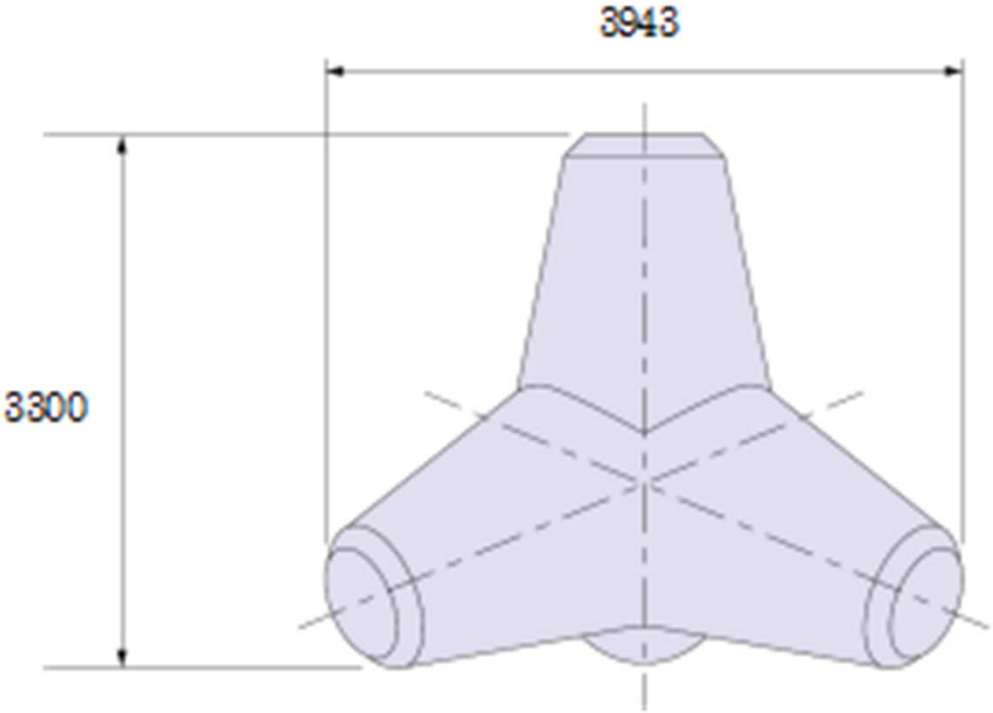
（比較用）コンクリート配合（クラッシャーラン使用）

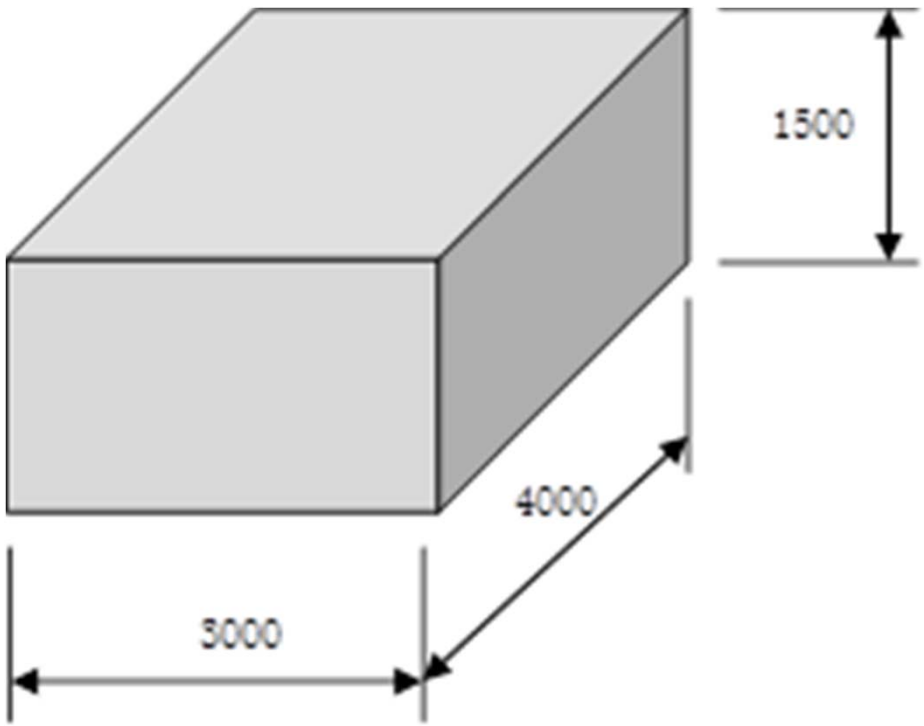
設計基準強度（N/mm²）	練混ぜ水	W/B（%）	s/a（%）	単位量（kg/m³）				スランプ（cm）	空気量（%）
				W	C	S	G		
24	真　水	54.7	46.4	175	320	886	944	11.0	5.6

粗骨材：RC40（再生クラッシャーラン）

項　目	試験値
寸　法	40mm以下 （5mm以下35%含有）
密度	2.22g/cm3
吸水率	12.4%

対象構造物:港湾用ブロック





消波ブロック(25t型)　　根固めブロック(40t型)

ブロックの種類		設計基準強度(N/mm²)	打設方法	がらの寸法(粗骨材)	練混ぜ水
消波ブロック	25t型(H=3.3m)	18	プレパックドコンクリート	300～500mm	真　水
					海　水
根固ブロック	40t型(H=1.5m)	18	ポストパックドコンクリート	300～500mm	真　水
					海　水

プレパックド工法による消波ブロックの施工（相馬港）

コンクリートがら充てん状況

モルタル注入状況

給熱養生

型枠脱型

1m^{3}に約0.5m^{3}のがらを投入⇒約12ton/1基の処理が可能

ポストパックド工法による根固ブロックの施工（相馬港）

モルタル注入

コンクリートがら投入

給熱養生

型枠脱型

品質試験

80cm立方体ブロック

直径150mmコア

φ15×30cmの供試体の作製

がらとモルタルの界面の間隙はない

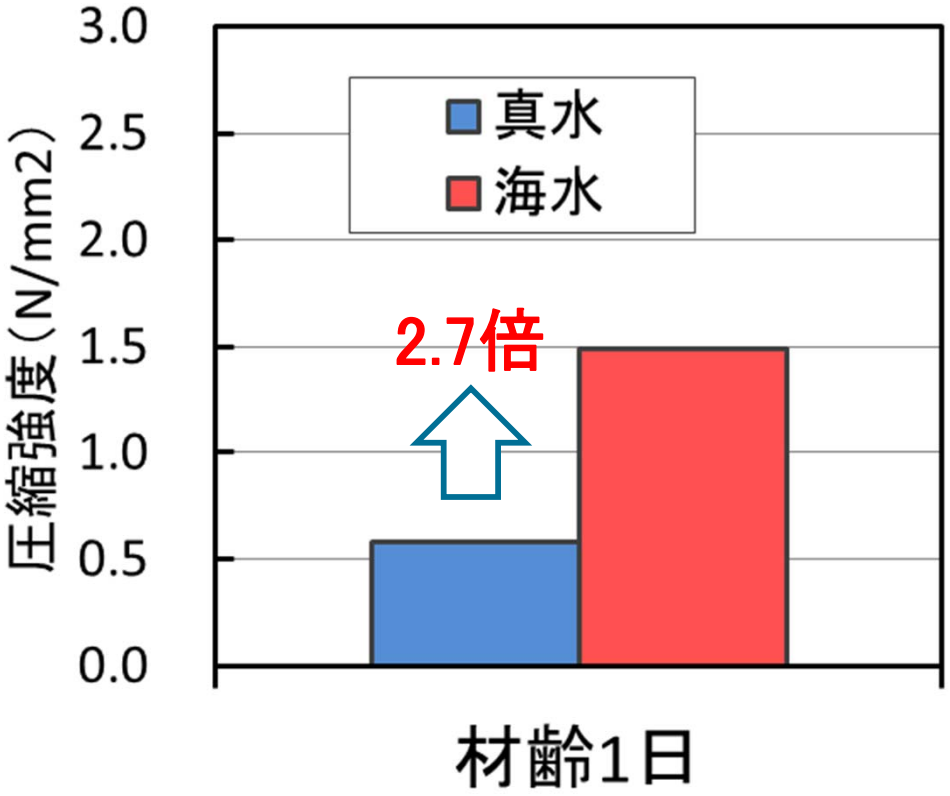
良好な充填性を確認

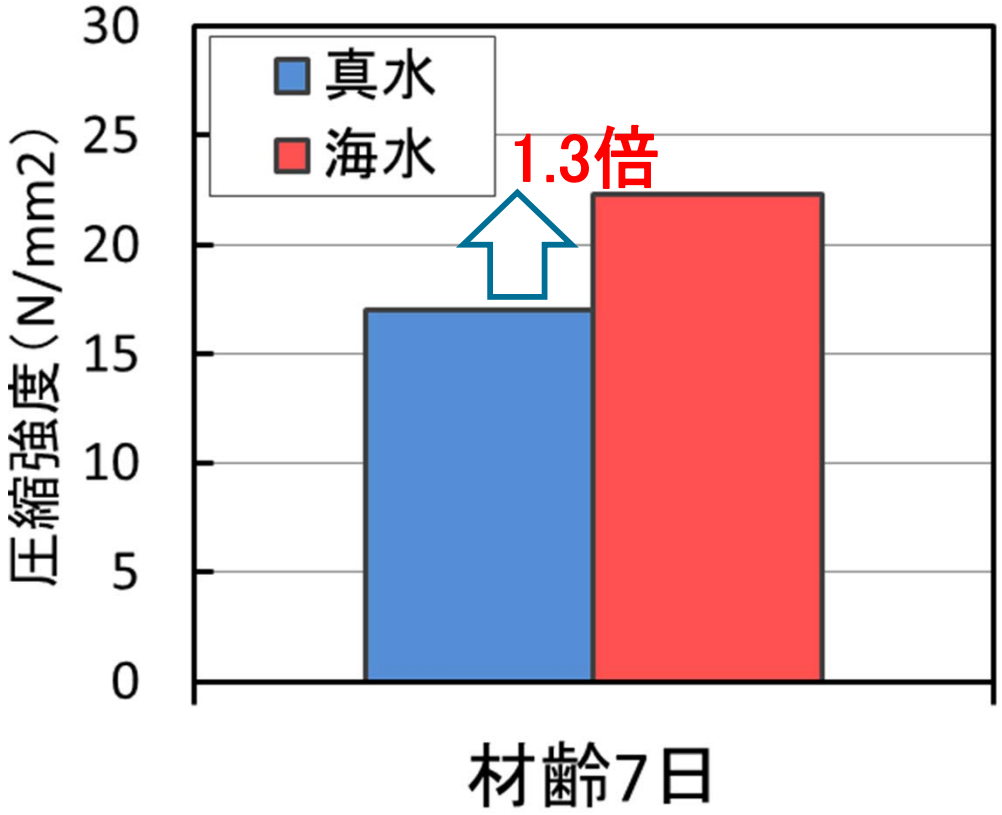
高流動注入モルタルの試験結果

項　目	W/C（%）	P漏斗流化時間（秒）	空気量（%）	圧縮強度（N/mm2）	
				7日	28日
真水練り	40	49.2	10.7	26.4 (1.0)	42.4 (1.0)
海水練り		58.3	10.0	46.8 (1.7)	56.4 (1.3)

初期強度（注入モルタル）

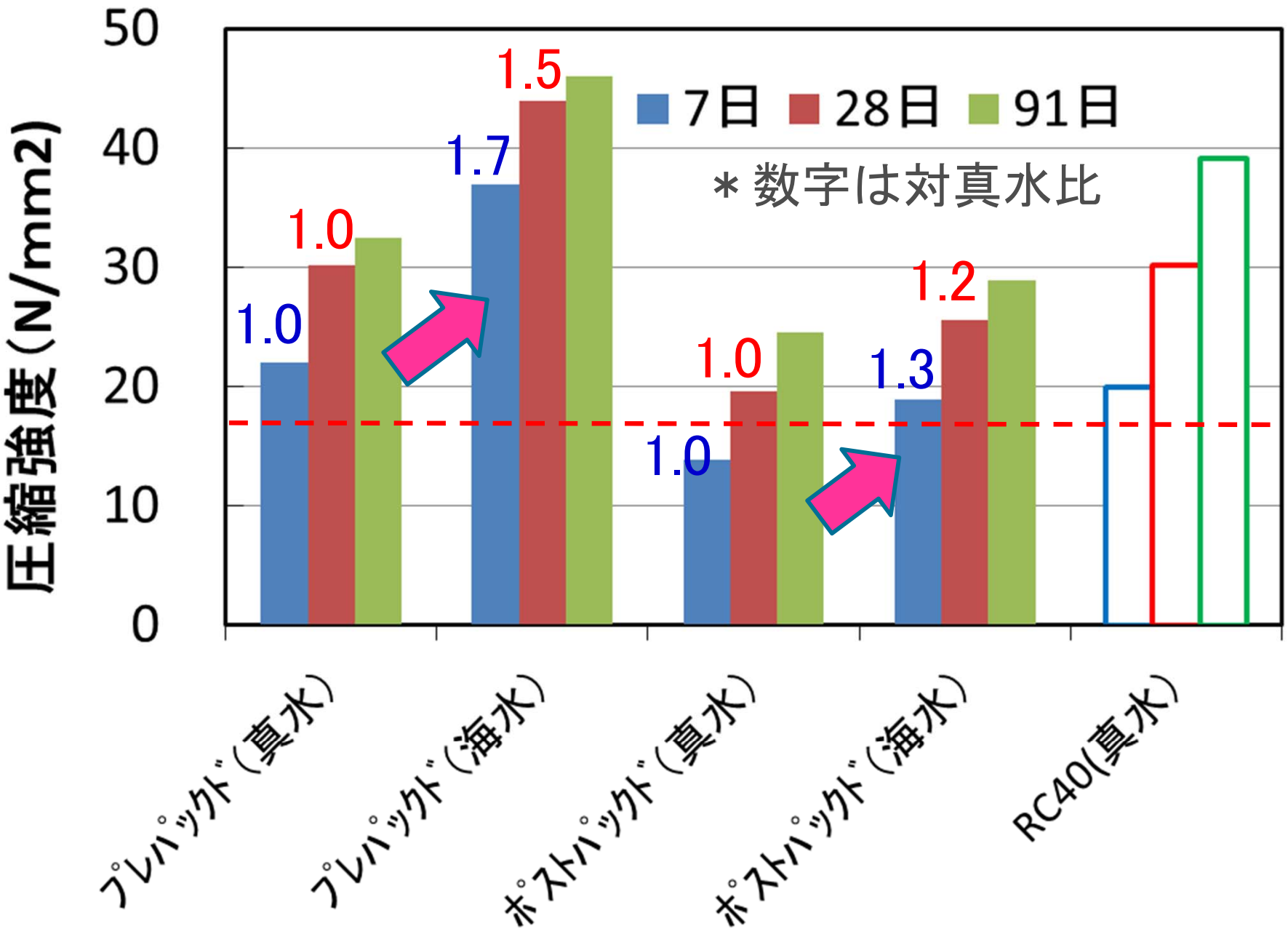
W/B:45%



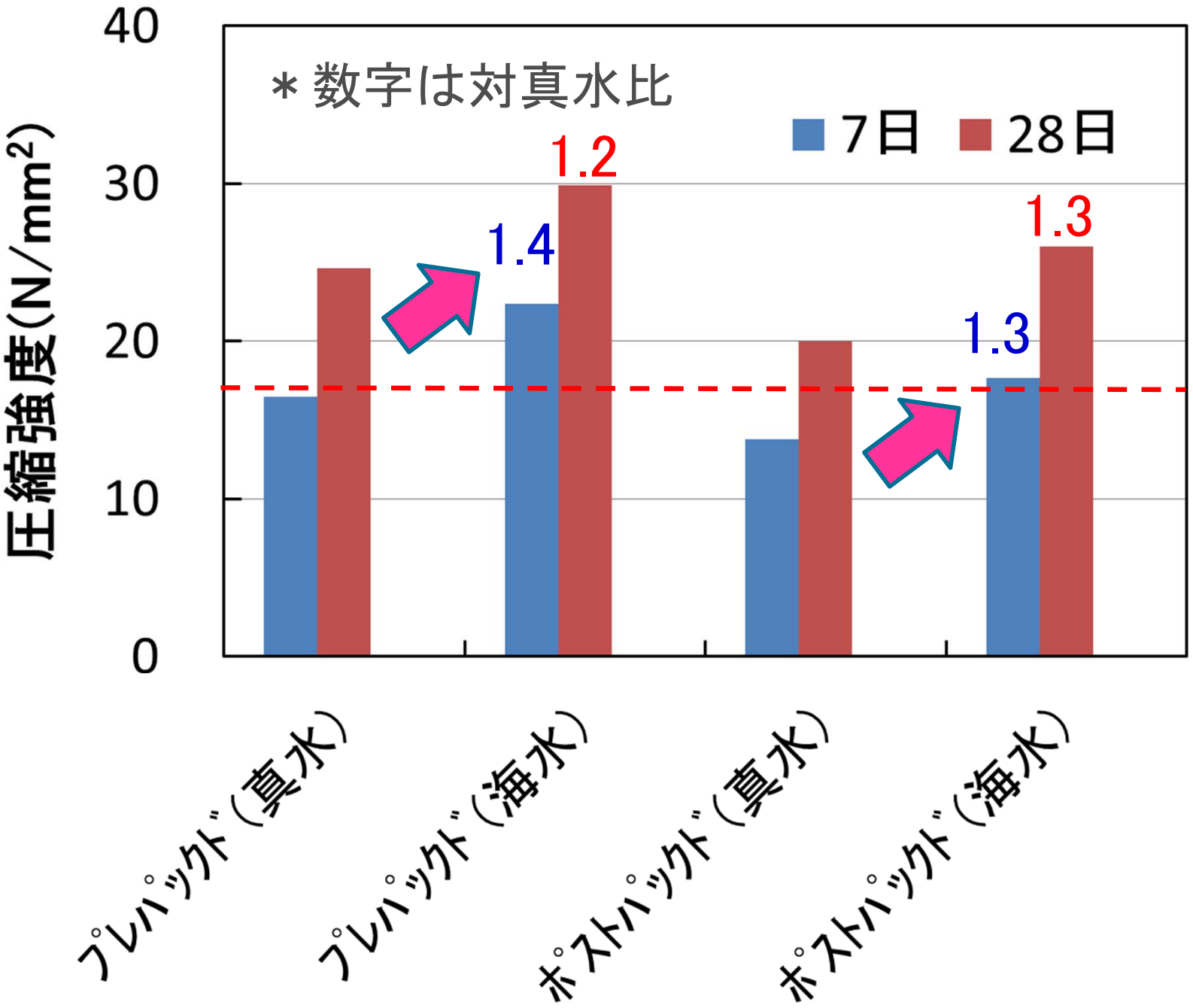


早期強度増大⇒脱型時間の早期化が期待

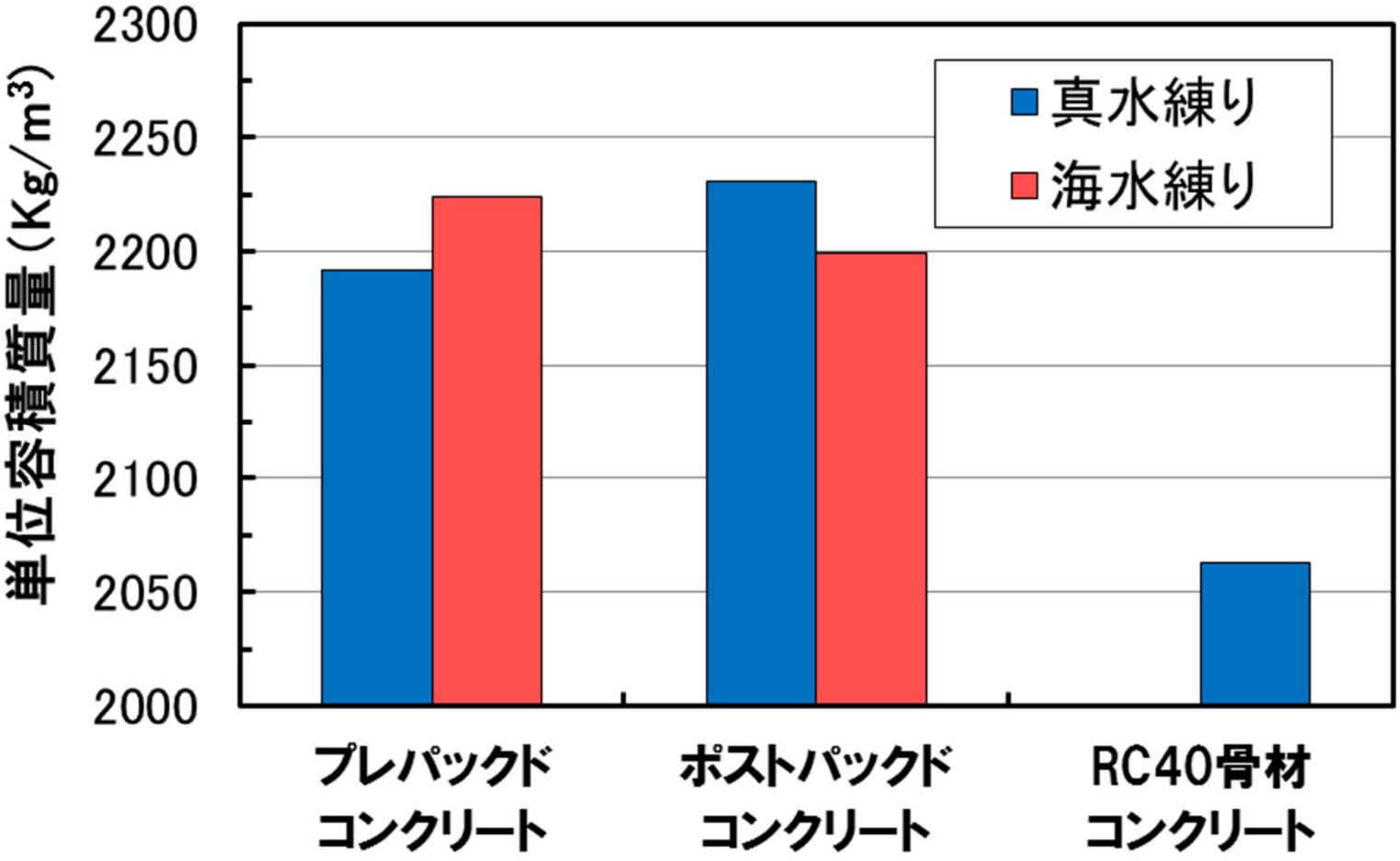
圧縮強度（テストピース）


圧縮強度（N/mm2）
50
40
30
20
10
0
7日
28日
91日
＊数字は対真水比
1.0
1.0
1.7
1.5
1.0
1.0
1.3
1.2
プレパックト（真水）
プレパックト（海水）
ポストパックト（真水）
ポストパックト（海水）
RC40(真水)

圧縮強度(コア供試体)


＊数字は対真水比
7日
28日
1.2
1.4
1.3
1.3
圧縮強度(N/mm²)
40
30
20
10
0
プレパックト(真水)
プレパックト(海水)
ポストパックト(真水)
ポストパックト(海水)

単位容積質量


単位容積質量（Kg/m³）
2300
2250
2200
2150
2100
2050
2000
真水練り
海水練り
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
RC40骨材
コンクリート

ブロックの外観

消波ブロック

根固めブロック

まとめ

1．寸法300～500mmのコンクリートがらを粗骨材として用い，港湾用ブロックの製造が可能。

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。
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．コンクリート1m^{3}中に約0.5m^{3}のコンクリートがらを利用でき，破砕したクラッシャーランを用いたコンクリートに比べて，より多くのコンクリートがらを使用でき，単位容積質量を大きくできる。