

海水・サンゴ骨材を用いたコンクリートの施工について

国土交通省 関東地方整備局 特定離島港湾事務所 正会員 ○末岡 英之

1. はじめに

本土から遠く離れた離島においては、建設資材や人員を本土から海上運搬するための時間とコスト増が課題である。コンクリートを製造する場合、その課題を克服するために現地の資源を有効利用することや、円滑なコンクリートの打設方法が、その一助となる。本報では、現地の海水およびサンゴ骨材を用い、コンクリートポンプ車による圧送が可能な普通コンクリートの配合について検討した結果を述べる。

2. サンゴ骨材を用いた普通コンクリートの特性

今回用いたサンゴ骨材の粗骨材は、次のような性質を有する。①粗骨材の密度は2.26g/cm³(砂利・砕石2.60g/cm³程度)と小さく、骨材中に空隙が多く存在する(ポーラス材料)。②骨材中の空隙の影響により吸水率は5.0~7.0%程度(JIS規格:3.0%以下)と大きく、含水率がばらつく。

事前に行った加圧ブリーディング試験の結果を図-1に示す。コンクリート配合は後述する表-2中のNo.1を用いた。図より、ポンパビリティが良好である範囲(標準曲線B-C間)を若干逸脱しており、圧送時に骨材中の空隙に吸水される現象(圧力吸水)が生じる可能性が示唆された。また、ポンプ圧送時に支障をきたす恐れがあることに留意する必要がある。

これらを基に、ポンプ圧送が可能な普通コンクリートの配合を検討した。

3. 圧送性を考慮したコンクリート配合の検討

コンクリートの使用材料を表-1に示す。練混ぜ水は現地海水、セメントは高炉セメントB種、細骨材および粗骨材はサンゴ骨材、混和剤は高機能タイプのAE減水剤とした。

コンクリートの配合および配合の修正点を表-2に示す。凍結融解のない亜熱帯性気候であることから、目標の空気量は4.5+1.5%以下とした。骨材修正係数は4.8%とした。圧送性を考慮したコンクリート配合とすべく、配合の修正はNo.1~8の順で、当初設計されたコンクリートの配合から徐々に仕様を変更していくこととして検討した。なお、粗骨材への圧力吸水を軽減させる目的で、事前に散水等を行い、粗骨材に吸水させた。

4. コンクリートポンプ車による圧送試験の概要

コンクリートの製造は、練混ぜ量は4.0m³を基本とした。試験に使用したコンクリートポンプ車は最大吐出量100m³/h×6.1MPa、シリンダー径×ストローク長はφ205×1700mmであり、圧送量は20m³/hr程度とした。配管および先端ホースには5B(125A, 7m)を使用し、コンクリートポンプ車のブームを伸ばして作業範囲29mで試験した。圧送の際、モルタルを先行させた後、コンクリートを圧送した。

現地で行ったコンクリートの圧送性に関する評価は、現地で実施可能な簡易的な手法として、筒先から排出されるコンクリートの目視確認(圧送評価)と、ポンプ主油圧による評価(圧力評価)とした。圧送評価は、スムーズに排出されたものをA、排出されたが、材料分離が見られたものをB、排出されなかったものをCとして3段階で評価

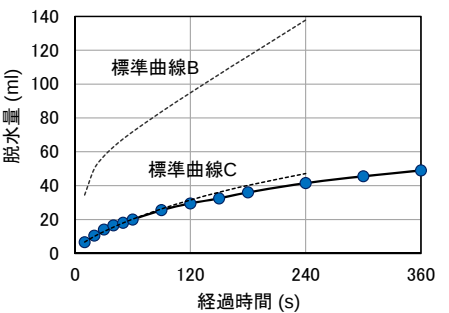


図-1 事前に行った加圧ブリーディング試験の結果

表-1 コンクリートの使用材料

使用材料	記号	種類	仕様
練混ぜ水	W	海水	現地採取 密度1.025g/cm ³ 塩化物イオン濃度1.92%
セメント	C	高炉セメントB種	密度3.04g/cm ³ 比表面積3,820cm ² /g
細骨材	S	砕砂 0~5mm	現地採取 サンゴ骨材 表乾密度2.60g/cm ³ 吸水率2.69%, 粗粒率2.70
粗骨材	G	砕石 5~25mm	現地採取 サンゴ骨材 表乾密度2.26g/cm ³ 吸水率5.05%, 粗粒率6.40±0.20
		砕石 25~40mm	現地採取 サンゴ骨材 表乾密度2.26g/cm ³ 吸水率5.05%, 粗粒率8.00±0.20
混和剤	Ad1	AE減水剤	遅延型(Ⅰ種) リグニンスルホン酸化合物と ポリカルボン酸エーテルの複合体

キーワード 海水, サンゴ骨材, 吸水率, ポンプ圧送

連絡先 〒140-0001 東京都品川区北品川 1-3-12 第 5 小池ビル 5F 国土交通省関東地方整備局 特定離島港湾事務所
TEL03-5715-1038

した。圧送評価例を写真-1に示す。
圧力評価は、写真-2に示すポンプ圧力からポンプ吐出圧力を算出し、4段階で評価した。圧力評価は圧送評価がAまたはBを対象とした。

5. 試験結果

試験結果の一覧を表-3に示す。なお、コンクリートのフレッシュおよび硬化性状も併せて記述する。表より、海水の作用によりセメント中のシリケート相の反応が促進され、初期の強度発現が大きくなる傾向が認められた。なお、後述する評価手法の範囲においては海水使用によるポンプ圧送性への影響は小さいと考えられる。

圧送評価を図-2に示す。No.1～4はポンプ圧送中に管内でコンクリートの閉塞が認められた。No.5, 6は、管内でコンクリートの閉塞は認められなかったが、筒先から排出されるコンクリートは材料分離する傾向にあり、長時間圧送した場合は閉塞する可能性が高いと考えられる。No.7, 8はスムーズに排出されることが認められた。図-2に示すとおり、本検討の範囲でコンクリートを安定して圧送するためには、スランブの増加や粗骨材②の容積率を少なくすることが有効であると考えられる。

圧力評価を図-3に示す。なお、圧力評価では、コンクリートポンプ車の故障防止の観点から、コンクリートの変動に対する余力圧力を25%としてポンプ吐出圧力の上限(6.80MPa)を設定した。No.5, 6のポンプ吐出圧力は、上限を超えた。一方、No.7, 8のポンプ吐出圧力は、上限を下回った。No.7のポンプ吐出圧力は、No.8のポンプ吐出圧力よりもやや大きくなる傾向を示した。これは、No.8の配合よりも水セメント比が大きく、セメントペーストやモルタルによる潤滑作用が働きづらかったことが要因と考えられる。このことから、管内にてコンクリートが閉塞する可能性がある。一方、No.8は、潤滑作用が働いていると推察され、安定した圧送が行えるものと考えられる。以上より、圧送可能な普通コンクリートの配合としてNo.8を選定した。

6. おわりに

海水およびサンゴ骨材を用いた普通コンクリートの施工について得られた知見を以下に示す。①海水使用によるポンプ圧送性への影響は小さい。②安定して圧送するためには、スランブを大きくすることや、25～40mmの粗骨材の容積率を少なくすることが有効である。③水セメント比を小さくすることでポンプ吐出圧力を低減できる。

参考文献

1)山路徹ら：サンゴ骨材を用いたコンクリートのポンプ圧送性に関する検討，コンクリート工学年次論文集，Vol.38，No.1，2016。2)土木学会：コンクリートのポンプ施工指針，コンクリートライブラリー135，2012。

表-2 コンクリートの配合および配合の修正点

No.	スランブ	W/C	s/a	Gmax	粗骨材 混合比 ①：②	単位量 (kg/m ³)					配合の修正点
	(cm)	(%)	(%)	(mm)		W	C	S	G	Ad	
1	12	60	43	40	2:1	183	305	757	869	5.8	
2	12	60	43	40	2:1	183	305	757	869	6.41	混和剤の添加量の増加
3	12	60	43	40	3:1	183	305	757	869	5.8	粗骨材②4025の減量
4	12	60	45	40	3:1	183	305	798	823	7.32	s/aの増加
5	15	55	46	40	3:1	195	355	775	791	8.52	ペースト分の増加，スランブの増加
6	15	60	45	25	1:0	185	308	788	838	6.16	粗骨材②の除去
7	18	60	47	25	1:0	195	325	803	789	9.75	スランブの増加，s/aの増加
8	18	55	46.5	25	1:0	195	355	783	784	10.7	ペースト分の増加

粗骨材①：5～25mm，粗骨材②：25～40mm



写真-1 圧送評価例

写真-2
圧力評価例

表-3 試験結果の一覧

No.	圧送 評価	圧力 評価	ポンプ 吐出 圧力 (MPa)	スラン ブ (cm)	空気 量 (%)	C.T. (℃)	A.T. (℃)	圧縮強度 ^{*1} (N/mm ²)		
								σ_7	σ_{14}	σ_{28}
1	C	—	—	11.5	2.1	31.0	31.0	29.9	—	33.7
2	C	—	—	11.0	1.3	30.0	30.0	28.9	—	33.4
3	C	—	—	10.0	3.6	30.0	32.0	—	36.1	37.2
4	C	—	—	12.5	3.8	31.0	30.0	—	34.2	35.9
5	B	d	8.35	16.5	5.2	29.0	28.0	32.5	—	34.2
6	B	d	8.64	16.5	3.4	29.0	28.0	33.7	—	34.8
7	A	b	5.76	19.5	5.2	28.0	28.0	28.9	—	31.4
8	A	a	4.32	20.5	3.8	28.0	28.0	36.1	—	38.0

※1：現場水中養生

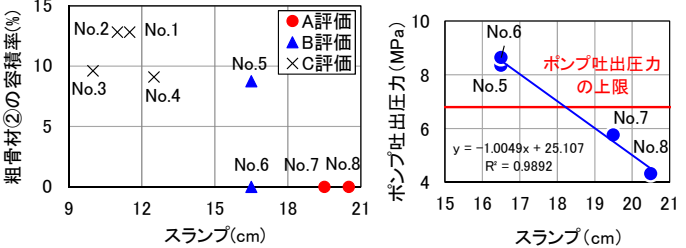


図-2 圧送評価

図-3 圧力評価