

低強度水中不分離性モルタルの 30m水中流動実験

日本海上工事(株) 正会員 ○岸田 哲哉 久保 亮 フェロー会員 大野 俊夫
鹿島建設(株) 正会員 柳井 修司 吉田 祐麻 白井 健泰

1. はじめに

水中不分離性を有するコンクリートやモルタルを水中で長距離流動させることは、施工の合理化、生産性向上に寄与する。土木学会コンクリート標準示方書¹⁾では、水中不分離性コンクリートについて「流動距離は、5m以下を標準とする。」との記述があるものの、水中不分離性モルタルの流動距離に関する記述はない。最近では、主に原子力施設の廃炉を目的とした特殊な水中不分離性材料が開発され、長距離水中流動に関する知見が報告されているが^{2), 3)}、一般的な水中不分離性モルタルの水中流動に関する報告は少ない。ここでは、従来から使用されている混和剤を用いた水中不分離性モルタルについて、30mの水中流動実験を実施し、水中流動が品質に及ぼす影響を確認したので、その結果について報告する。

2. 30m水中流動実験の概要

(1) 水中不分離性モルタルの配合

実験に供した水中不分離性モルタルの仕様を表-1に、配合を表-2に示す。モルタルは、不要となった地中の管路等を充填することを想定して、圧縮強度を一般的な地盤レベルの低強度（1~5 N/mm²程度）となるように設計した。水中不分離性混和剤は、多くの実績のある水溶性セルロース系のもの⁴⁾を用い、標準的な添加量を混和した。高性能減水剤は、ポリカルボン酸系のものを用いた。フライアッシュは、圧縮強度の調整や水和熱の抑制を目的に混和し、材料コスト抑制の観点から非 JIS 灰を用いた。

(2) 実験水槽

実験に用いた水槽を写真-1に示す。延長 30mの水槽は、プレキャストコンクリート製品を水平につなげて構築した。断面寸法は1×1 mとし、打設直前に水深が0.95mとなるように清水を張った。

(3) 実験方法

練混ぜは、市中のレディーミクストコンクリート工場で行い、約 30 分かけて実験現場まで運搬した。打込みの状況を写真-2に示す。打込みにはピストン式ポンプ車を用い、ブーム先端に4インチの鋼管を取り付けて圧送した。鋼管の筒先は、水槽下端から20cm上になるようにセットし、打設中はモルタルが水中落下しないように配慮した。吐出量は14m³/h、打設量は22m³とした。

(4) 測定項目

測定項目を表-3に示す。アジテータ車1台目と3台目についてモルタルの品質管理試験を行い、打込み中は、水中でのモルタルの天端高さを2.5mおきに10分毎に120分まで測定した。モルタルが硬化した後（材齢7日）、打込み位置から延長5m地点ごとに鉛直コアを採取し、下面から200mm毎に上・中・下の3本の供試体（φ100×h200mmの円柱）を切り出して、単位容積質量と圧縮強度を測定した。

表-1 水中不分離性モルタルの仕様

項目	仕様	摘要	試験方法
スランプフロー	65±10cm	水中での長距離流動を考慮	JIS A 1150
空気量	6.0%以下	脱泡による分離、水圧を受けた際の空気の圧縮による流動性の変化を考慮して上限を設定	JIS A 1128
水中不分離性	水中気中強度比0.8以上	水中で分離しにくい	JSCE-D104
圧縮強度(水中作製)	1~5N/mm ² 程度(材齢28日)	一般的な地盤強度程度	JIS A 1108

表-2 水中不分離性モルタルの配合

W/C (%)	W/P (%)	単位量(kg/m ³)				水中不分離性混和剤 AW (W×%)	高性能減水剤 SP (P×%)
		水 W	セメント C	フライアッシュ FA	細骨材 S		
200	65	370	185	384	1023	0.90	1.00

C: 普通ポルトランドセメント(密度3.15g/cm³), FA: 非JIS灰(密度2.11g/cm³, 強熱減量4.2%, 活性度指数88%(28日)), S: 砕砂と陸砂のブレンド(表乾密度2.63g/cm³, 粗粒率2.86), AW: 水溶性セルロース系水中不分離性剤, SP: ポリカルボン酸系高性能減水剤



写真-1 実験水槽



写真-2 打込みの状況

キーワード：水中不分離性モルタル，フライアッシュ，長距離，水中流動性，分離抵抗性

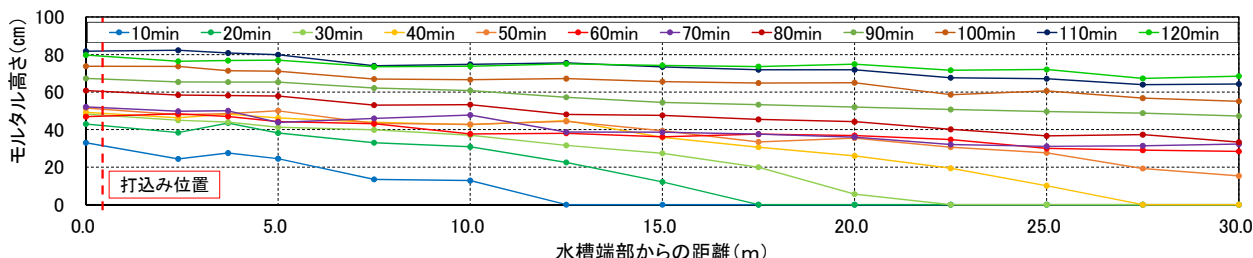
連絡先：〒112-0004 東京都文京区後楽1丁目7-27 日本海上工事(株) TEL 03-5802-6351

表－3 測定項目

測定項目	試験時点	方法	摘要
スランブフロー試験 空気量試験 (供試体採取)	流動前 (品質管理)	JIS A 1150 JIS A 1128 JIS A 1108	水中不分離性モルタルの性状確認(品質管理)
流動形状	水中流動中	水槽上端からモルタル上端への下がり を延長2.5m毎、10分毎に測定	水中不分離性モルタルの流動状況確認(勾配)
単位容積質量 圧縮強度 (コア供試体)	硬化後 (材齢28日)	JIS A 1107	流動後の硬化した水中不分離性モルタルの品質確認

表－4 品質管理試験結果

項目	試験時点	1台目	3台目
スランブフロー	出荷時	65.0×64.0	63.5×61.5
(cm)	打込み時	67.5×67.0	64.0×64.0
空気量(%)	出荷時	2.8	2.9
モルタル温度(℃)	打込み時	25.5	26.0
圧縮強度(水中製作) (N/mm ²)	材齢28日	3.6	—
水中気中強度比		0.85	—



図－1 断面中心における流動形状図

3. 実験結果および考察

(1) モルタルの性状（品質管理試験結果）

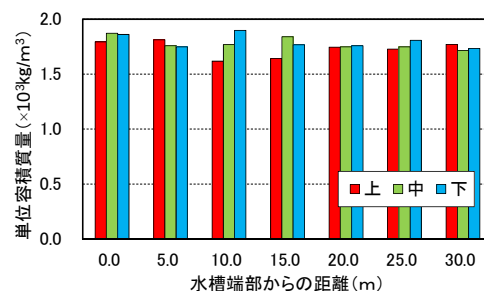
品質管理試験の結果を表－4に示す。スランブフロー、空気量、水中気中強度比はいずれも表－1に示す仕様（目標値）を満足するものであった。また、運搬による性状の変化は非常に小さいものであった。

(2) 水中流動状況

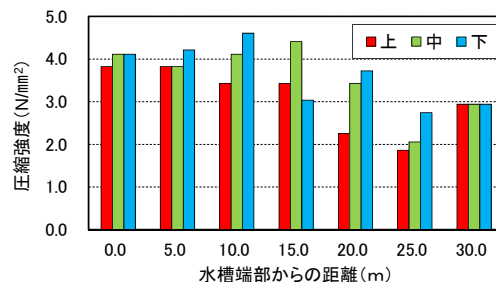
経過時間ごとの天端高さ（流動形状）を図－1に示す。水槽底部における流動先端は、打込み開始10分で12.5mの位置に到達し、その後は平均0.56m/分の速度で流動し、40～50分の間に棲型枠（30.0m地点）に到達した。その後、70分までに流動勾配が徐々に小さくなり、70分以降は、天端高さが概ね一様に上昇した。流動勾配は、棲型枠到達までが2.5%→1.5%に推移し、打込み開始後70分からの一様な上昇時は0.5～0.9%程度と小さかった。なお、打設終了後の流動勾配は0.4%程度であった。

(3) コア供試体による評価

採取したコア供試体の単位容積質量を図－2に、圧縮強度を図－3に示す。サンプル数が必ずしも十分ではないが、単位容積質量はどの位置でも同等であり、また、コア側面の外観からも明確な材料分離は認められなかった。圧縮強度については、10m地点までは低下がほとんどなく、15m以降で流動距離が長くなるほど低下する傾向を示した。特に上部のコアでその傾向が顕著であり、天端部で水と接しながら流動していく際に、結合材が洗われたものと考えられる。圧縮強度は25m地点の上部コア供試体が最も小さく、0m地点のコア供試体ならびに品質管理試験供試体の約50%であったが、当初の目的であった一般的な地盤強度（1～5N/mm²）を得ることができた。



図－2 単位容積質量の測定結果



図－3 圧縮強度試験結果

4. おわりに

従来型の混和剤を使用した低強度水中不分離性モルタルは、①30mの水中流動では流動勾配が小さく、②10m程度の水中流動であれば強度の低下が生じない、③水中流動が15mを超えると水と接する部分に強度の低下が見られるが、水中流動30m地点においても一般的な地盤と同等の強度が得られることが分かった。本検討結果は、水中不分離性モルタルを長距離水中流動させる際に有用であり、今後の参考になれば幸いである。

参考文献

- 1) 土木学会：2017年制定コンクリート標準示方書[施工編]，2018.3
- 2) 柳井・日比・西郡・佐藤：福島第一原子力発電所海水配管トレンチ内部閉塞工事に適用した充填材に関する検討，コンクリート工学 Vol. 54, No. 4, 2016.5
- 3) 原子炉格納容器の漏えい個所の補修・止水技術の開発進捗状況，国際廃炉研究開発機構，2015.11
- 4) 小谷・和泉：新しい水中コンクリート，ハイドロクリートの物性と応用，セメント・コンクリート，No. 418, 1981.12