

## 福島第一原子力発電所 海水配管トレンチトンネル部に適用した 長距離水中流動性を有するセメント系材料の配合検討

鹿島建設(株) 正会員 ○柳井修司 正会員 石橋靖亨 正会員 松本清治郎  
 東京電力ホールディングス(株) 大島貴充 正会員 西郡一雅 正会員 佐藤圭太  
 東京パワーテクノロジー(株) 木田 洋

### 1. はじめに

福島第一原子力発電所2, 3, 4号機海水配管トレンチには、東北地方太平洋沖地震に伴う津波によって被災した原子炉建屋・タービン建屋から漏出した高濃度汚染水が滞留している状況であった。この汚染水を取り除き、再滞留を防止するため、トレンチ内部にセメント系充填材を打ち込んで汚染水を置換・除去(移送)する工事が実施された<sup>1)</sup>。本稿は、この工事のうち、トンネル部に適用した長距離水中流動性を有するセメント系材料の配合検討について記すものである。

### 2. 工事概要と充填材の仕様

海水配管トレンチの施工イメージを図-1に示す。施工に際しては、充填材を最長85m(トンネル部と立坑部の合計)水中流動させ、トレンチ内の隅々にまで隙間なく密実に充填し、さらには汚染水のアルカリ濃度を移送先の処理装置に支障のない程度に抑制する必要があった。また、放射線量の高い環境下での作業となることを踏まえ、汎用的な施工機械で容易に打ち込むことができる施工性が求められた。これらを踏まえて、充填材の仕様を表-1のように設定した。なお、当初は、立坑間に中間打込み孔を設け、そこから両側の立坑に向かって充填材を打ち込む計画(50m仕様)であった。その後、中間打込み孔を設けない計画(100m仕様)に移行し、充填材の仕様・配合を最終的に決定した。

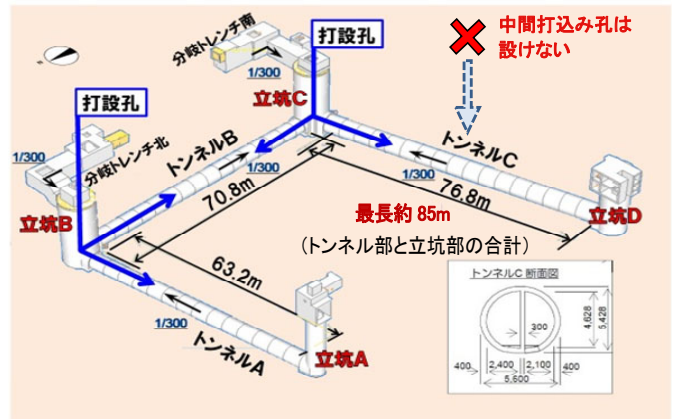


図-1 海水配管トレンチの施工イメージ(3号機)

表-1 充填材の仕様と性能評価試験方法

項目	指標	目標値	試験方法
流動性	JISモルタルフロー	400±30mm	JIS R 5201
流動性保持時間	JISモルタルフロー	12時間後で250mm以上	JIS R 5201
水中不分離性	pH	12以下	JSCE-D104
	懸濁物質質量	50mg/l以下	JSCE-D104
	濁度SS	200以下	光透過法
	水中気中強度比	0.8以上	JSCE-D104
ブリーディング率	ブリーディング率	0%	JSCE-F522
粘性	粘度	10,000mPa・s程度以下	B型回転粘度計
強度	圧縮強度 (水中製作供試体)	2N/mm <sup>2</sup> 以上	JSCE-D104 JIS A 1108

表-2 試験に供した充填材の配合

No.	水セメント比 W/C (%)	水粉体容積比 Vw/Vp (%)	単位量(kg/m <sup>3</sup> )								
			W	C	F	VT※ (W×%)	SP※ (((C+F)×%)				
1	214	179	642	300	600	4.5	4.0				
2						4.0	3.5				
3						3.5	2.5				
4						3.0	2.0				
5						195	661	309	548	4.0	3.5
6						165	623	291	650		
7						150	600	280	711		
8						183	179	642	350		
50m仕様	189	194	660	350	520	4.5	4.5				
100m仕様	189	194	660	350	513*	4.5	4.5				

※:水の一部として計量

C:高炉セメントB種(密度3.14g/cm<sup>3</sup>,比表面積3950cm<sup>2</sup>/g)  
 F:J火力産フライアッシュII種(密度2.31g/cm<sup>3</sup>,比表面積5250cm<sup>2</sup>/g,強熱減量3.24%)  
 \*:H火力産フライアッシュII種(密度2.28g/cm<sup>3</sup>,比表面積3720cm<sup>2</sup>/g,強熱減量1.80%)  
 VT:水中不分離性混和剤(アルキルアリルスルホン酸塩+アルキルアンモニウム塩)  
 SP:ポリカルボン酸系高性能減水剤

### 3. 配合選定試験

#### (1) 充填材の配合

試験に供した充填材の配合を表-2に示す。配合要因は、水中不分離性混和剤の添加率、水粉体容積比、単位セメント量とし、高性能減水剤の添加率でモルタルフロー値を400±30mmに調整した。そのうえで水中不分離性を評価し、50m仕様の配合選定、100m仕様への配合修正を行った。

#### (2) 試験概要

練混ぜには、モルタルミキサ(容量10ℓ, 60rpm)を用い、1バッチ当りの練混ぜ量は5ℓとした。練混ぜは、水中不分離性混和剤以外の全ての材料を投入して90秒間、その後、水中不分離性混和剤を投入してさらに90秒間攪拌した。練り上がった充填材は表-1に示す性能評価試験に供した。

#### (3) 試験結果

キーワード: 福島第一原子力発電所, 汚染水, 充填材, 水中不分離性, 流動性

連絡先: 〒182-0036 東京都調布市飛田給2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL 042-489-8018

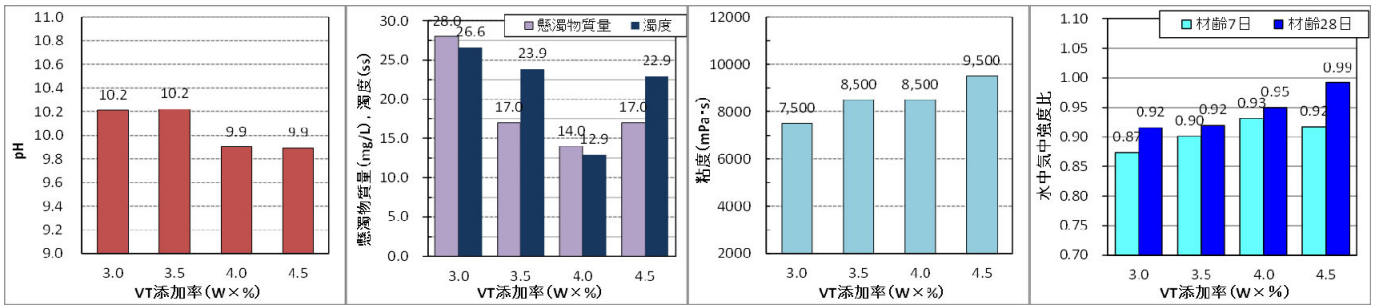


図-2 水中不分離性混和剤添加率の影響 (Vw/Vp: 179%固定)

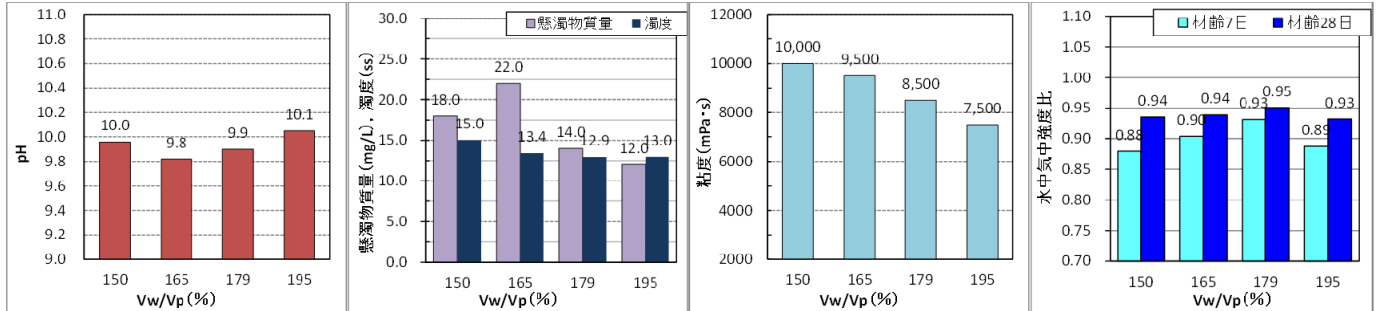


図-3 水粉体容積比の影響 (VT 添加率: W×4.0%固定)

水中不分離性混和剤添加率が水中不分離性に及ぼす影響を図-2に示す。添加率の増加に伴い、概ね水中不分離性が向上する傾向が確認されたが、添加率 4.0%程度で pH、濁度が変わらなくなった。一方、粘度については、添加率とともに右上がりに増大した。粘度の上昇に伴う現場での施工性(特に圧送性)の低下が懸念されたため、添加率を 4.0%と定めた。

水粉体容積比が水中不分離性に及ぼす影響を図-3に示す。水粉体容積比の影響は小さく、いずれのケースも懸濁物質質量や濁度は非常に小さい値を示した。ただし、粘度に及ぼす影響は比較的明瞭であり、水粉体容積比を大きくすると粘度が小さくなり、水中不分離性を保持しつつ、施工性を調整できる見込みが示された。なお、配合 No. 2と No. 8で単位セメント量の影響を評価したが、流動性や水中不分離性に及ぼす影響は皆無であり、材齢 28 日の水中製作供試体圧縮強度が 3.67N/mm<sup>2</sup>から 5.00N/mm<sup>2</sup>に大きくなるのみであった。これらを踏まえて 50m仕様の配合は、水中不分離性混和剤の添加率 4.0%、水粉体容積比 194%、単位セメント量 350kg/m<sup>3</sup>とした。

表-3 50m仕様と 100m仕様の性能比較 (例)

測定項目	50m仕様	⇔	100m仕様
	J火力産フライッシュ VT=4.0%, SP=3.5%		H火力産フライッシュ VT=4.5%, SP=4.5%
練上がり温度	18.5℃		23.0℃
空気量	3.9%		1.0%
流動性	JISモルタルフロー 403×401mm	≧	402×397mm
水中不分離性	pH	>	8.45
	懸濁物質質量	>	13g/L
	濁度SS	>	9.18
粘性	B型回転粘度計 4,500mPa·s	<	9,000mPa·s

(4) 選定配合の性能と 100m仕様への修正

100m仕様の配合は、50m仕様の配合に対して、水中不分離性混和剤の添加率を 4.5%に増加し、高性能減水剤の添加率も増加させた。両者のフレッシュ性状を比較した例を表-3に示す。高い流動性を保持しつつ、水中不分離性をさらに向上させることが可能であった。なお、実工事での材料の安定供給の観点から、フライアッシュの産地を変更したことを付記しておく。

4. まとめ

海水配管トレンチトンネル部を閉塞するためのセメント系材料の配合選定経緯を示した。選定した充填材は、モックアップ実験による性能確認<sup>2)</sup>を行ったうえで現場に適用した。実施工においても、室内試験で得られた性能が発揮され、海水配管トレンチの閉塞作業を、被ばく線量を抑制しつつ、短期間に完了させることができた<sup>1)</sup>。

参考文献

- 1) 西郡・一色・日比：福島第一原子力発電所 2, 3 号機海水配管トレンチ内部閉塞工事の概要, 電力土木 No. 380, pp. 73~78, 2015. 11
- 2) 西郡・佐藤ほか：福島第一原子力発電所 海水配管トレンチトンネル部に適用した長距離水中流動性を有するセメント系材料の性能確認実験, 土木学会第 71 回年次学術講演会, 投稿中