

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

東京電力ホールディングス(株) 正会員 ○西郡一雅 正会員 佐藤圭太 正会員 高橋美昭
東京電力パワーグリッド(株) 味沢慎吾
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

1. はじめに

福島第一原子力発電所では、2、3号機の海水配管を収めるトンネル、立坑、およびダクト（以下、「トレンチ」と総称）に滞留する高濃度汚染水の除去および再滞留の防止を最優先課題の一つと位置付け、2014年11月より、トレンチ内部に水中で長距離流動可能なセメント系充填材を打ち込んで汚染水を置換・除去する工事を実施した¹⁾。本稿は、トンネル部に適用したセメント系材料の性能確認実験について記すものである。

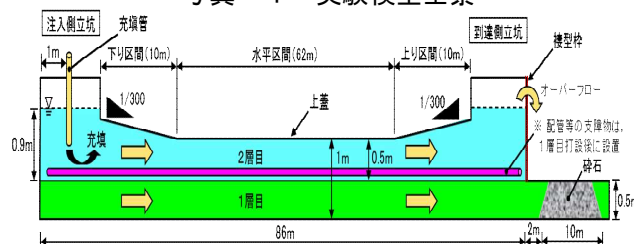
2. 実験方法

(1) 実験模型

実験には、幅1m×高さ1m×長さ100mの水槽を用いた（写真－1）。図－1に実験模型の概要縦断面図を示す。充填材の打込みは2層に分けて実施し、1層目の打込みでは、水中流動距離の他、88m地点から砕石4020を敷き並べて砕石の隙間への充填状況も確認することとした。2層目の打込みでは、86m地点に棲型枠を設け、水槽に上蓋を設置してトレンチ頂版を模擬し、天井面への充填性を確認することとした。なお、トレンチ内の現場状況を模擬するため、上蓋は注入側立坑から10mを下り勾配、到達側立坑直前の10mを上り勾配に加工し、内部（1層目上部）には模擬配管・ケーブルトレイを設置した。



写真－1 実験模型全景



図－1 実験模型の概要縦断面図

(2) 充填材の配合

本実験に供した充填材の配合を表－1に示す。充填材は、本工事に向けて研究開発した材料である²⁾。

(3) 実験条件

充填材の製造は、高速グラウトミキサ（容量1.0m³、回転数750rpm）を用いて行い、練混ぜ時間は事前試験練りによって定めた6分とした（水中不分離性混和剤投入後90秒）。充填材は、チューブ式ポンプ（最大吐出圧力2.0MPa）で圧送し、充填管（管径2インチ）の先端を注入側立坑の底部から5cm離れた高さに固定して打ち込んだ。注入速度は125リットル/分とし、実施工における充填材の流動速度（トンネル幅4m、打設速度500リットル/分）と等しくなるように設定した。充填材の品質管理試験は5バッチごとに実施し、打上がり高さを水槽の長辺方向5mごとに測定した。

表－1 実験に供した充填材の配合

水セメント比 W/C (%)	モルタル フロー (mm)	単位量 (kg/m ³)			
		水	高炉B種 C	フライアッシュ F	水中不分離性 混和剤 VT
189	370～450	660	350	513	29.7 ※ (W×4.5%)
					38.8 ※ (C+F)×4.5%

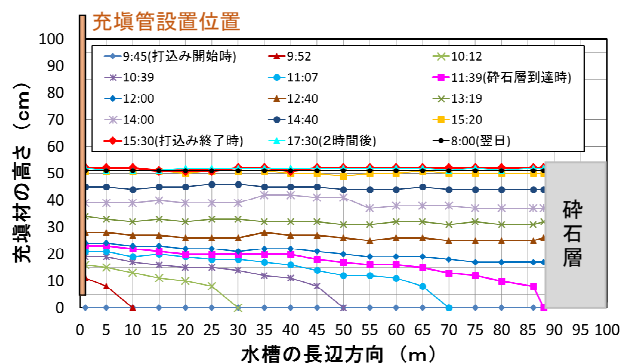
※：水の一部として計量

C：高炉セメントB種（密度3.04g/cm³、比表面積3950cm²/g）

F：フライアッシュII種（密度2.28g/cm³、比表面積3720cm²/g、強熱減量1.80%）

VT：水中不分離性混和剤（アルキルアクリルスルホン酸塩+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



図－2 充填材の天端高さ（1層目）

キーワード：海水配管トレンチ、汚染水、長距離流動、充填材、流動実験

連絡先：〒100-8560 東京都千代田区幸町1-1-3 TEL 03-6373-1111

3. 実験結果および考察

(1) 1層目の実験結果

実験は夏期に実施し、充填材の練上がり温度が 27.0～29.3℃となったが、全 11 回の品質管理試験において、モルタルフローは 374～436mm、空気量は 0.8～1.4%であり、目標値を満足する性状が得られた。

図－2に充填材の天端高さの測定結果を示す。碎石層に到達するまでは最大 1.0%の勾配が生じたが、その後は勾配が生じることなく、水平に打ち上がる様子が確認された。水中流動距離（1m、50m および 85m）ごとの圧縮強度および単位容積質量の測定結果を表－2に示す。水中流動距離 85m においても、圧縮強度、単位容積質量の低下は生じておらず、充填材が極めて高い水中不分離性を保持しながら流動することが確認された。

碎石層の充填状況を図－3に示す。充填高さ 50cm に対し、碎石層内の流動距離は 6.0m、流動勾配は 8.5%であった。また、碎石間に入り込んだ充填材は密実なものであった。

(2) 2層目の実験結果

2層目の実験では、注入側の立坑と到達側の立坑を除くすべての上面に蓋を設置して打ち込んだ（写真－2）。図－4に示すように、流動先端が棲型枠に到達した後は、注入側と到達側の天端が水平に打ち上がる事が確認された。硬化後、上蓋を撤去した後の状況を写真－3に示す。充填材の天井面には、水みちとなるような連続性のある空気溜まりはなく、密実に充填されていた。また、写真－4に示すように、水槽内に設置した配管の周りやケーブルトレイの内側も密実に充填されていた。なお、全 12 回の品質管理試験では、練上がり温度 24.0～27.4℃、モルタルフロー385～428mm、空気量 0.7～1.3%、濁度 9.5～66.0、材齢 28 日の水中気中強度比 0.93～0.96 であった。また、注入時のポンプ圧力は 1MPa 未満であり、圧送性も良好であった。

4. まとめ

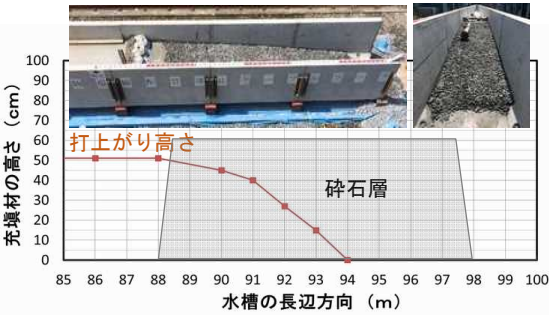
これらの結果から、本材料を適用することで、最長 85m の水中流動距離が必要となるトレンチトンネル部の充填・閉塞が可能であると判断した。実工事においては、汚染水の水位管理（水移送）に慎重を期して充填を行い、充填日ごとに実験と同様の打上がり状況を確認し、トレンチトンネル部の汚染水の除去および充填・閉塞を完了した¹⁾。

参考文献

- 1) 日比・大津ほか：福島第一原子力発電所 2～4号機海水配管トレンチ汚染水対策工事，土木学会第 71 回年次学術講演会，投稿中
- 2) 柳井・石橋ほか：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配合検討，土木学会第 71 回年次学術講演会，投稿中

表－2 水中流動距離ごとの圧縮強度と単位容積質量

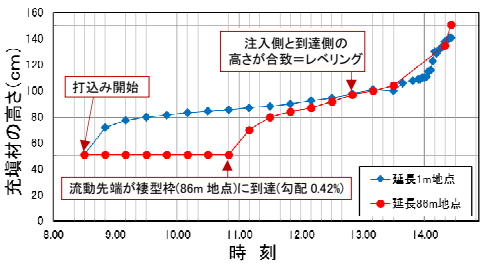
採取位置 (水中流動距離)	圧縮強度 (N/mm ²)	単位容積質量 (kg/m ³)
1m	5.96	1,557
50m	6.09	1,552
85m	6.18	1,552



図－3 碎石層の充填状況



写真－2 2層目打設時の実験模型



図－4 充填材の天端高さ（2層目）



写真－3 上蓋撤去後の状況



写真－4 埋設物周りへの充填状況（86m 地点）