

福島第一原子力発電所 海水配管トレンチ立坑閉塞における遮水性・水密性向上対策

鹿島建設(株) 正会員 ○石橋靖亨 正会員 柳井修司 三宅隆裕 佐用佳史 廣野 淳 森平宏治
東京電力ホールディングス(株) 正会員 橋本真一 正会員 西郡一雅
東京電力パワーグリッド(株) 一色信正 浜 宜和

1. はじめに

福島第一原子力発電所2, 3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くため, 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¹⁾。本稿は, この工事のうち, 立坑の充填に際しての遮水性・水密性向上対策について記すものである。

2. 工事概要と充填材の使用区分

海水配管トレンチは, 地下トンネル部と立坑部で形成される(図-1)。トンネル部の充填には立坑間(最長約85m)を分離することなく水中流動する特殊充填材が使用された¹⁾。一方, 立坑の充填には, 低収縮性と水密性を付与した水中不分離性コンクリート²⁾を主材料とし, 汚染水に対する遮水性・水密性をさらに高めるための補助材料として, 水中重量ペーストと水中硬化型高流動エポキシ樹脂を併用した(図-2)。

3. 充填材に関する事前検討

(1) 水中重量ペースト

水中重量ペーストは, トンネル部や立坑部に隙間やひび割れが生じて, これを埋める機能を期待して使用した。自重によって細かい隙間に入り込むように, 密度が大きく($4.3\text{g}/\text{cm}^3$), 粒径が小さく(平均粒径 $10\mu\text{m}$), 化学的に不活性な硫酸バリウム微粉末を混和した(表-1)。事前検討では, 写真-1に示すように 0.15mm の隙間にスムーズに浸透・充填していく性能を有することを確認した。また, 幅 0.4mm のひび割れに本材料を浸透させたコンクリート供試体(水中製作, 材齢5日, 層厚 10mm)の透水試験(アウトプット法: 水圧 0.17MPa , 24時間)では, 透水係数が $1.7 \times 10^{-4}\text{cm}/\text{sec}$ に改善されることを確認した。

(2) 水中硬化型高流動エポキシ樹脂

水中硬化型高流動エポキシ樹脂は, 充填材をキャッピングする機能を期待して使用した。限られた打込み位置から立坑内の隅々にまで広がり(最大流動距離 6m), 設備廻りも確実に充填できること, 60m 程度の圧

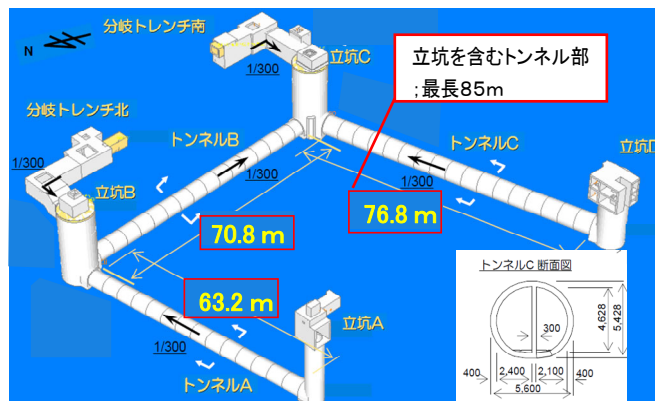


図-1 海水配管トレンチの地下鳥瞰図(3号機)

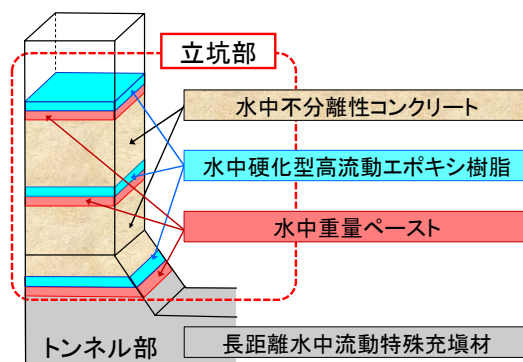


図-2 充填材の使用区分

表-1 水中重量ペーストの配合

水セメント比 W/C (%)	水粉体容積比 Vw/Vp (%)	単位量(kg/m ³)				
		水 W	高炉B種 C	硫酸バリウム 微粉末 TB	水中不分離性 混和剤 VT	高性能 減水剤 SP
189	194	660	350	968	45.0 ※	39.0 ※

※: 水の一部として計量

C: 高炉セメントB種(密度 $3.14\text{g}/\text{cm}^3$, 比表面積 $3950\text{cm}^2/\text{g}$)

TB: 硫酸バリウム微粉末(密度 $4.30\text{g}/\text{cm}^3$, 平均粒径 $10\mu\text{m}$)

VT: 水中不分離性混和剤(アルキルアリスルホン酸塩+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

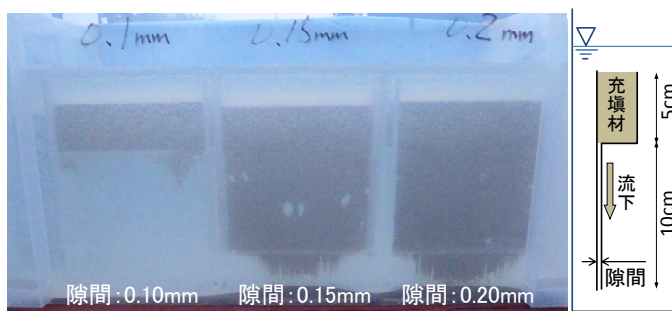


写真-1 水中重量ペーストの隙間浸透実験(例)

キーワード: 福島第一原子力発電所, 汚染水, 充填材, 遮水性, 水密性

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

送ができること、可使時間が 90 分以上であること、等の施工上の制約から求められる機能も踏まえて材料を選定した（表－２）。事前検討では、水中重量ペーストと同様の透水試験において、ひび割れ内部への浸透は認められなかったが、キャッピング効果により透水係数が $5.8 \times 10^{-7} \text{cm/sec}$ に改善されることを確認した。また、長さ 6 m の水槽を用いた水中流動実験により、良好なセルフレベリング性（流動勾配：1.0%）を有することを確認した。さらに、配管延長 60m の圧送実験により圧送性を評価し（実験時：圧送速度 20 ㍲/分で圧送負荷 2.2MPa）、施工機器の仕様を決定した。

4. 施工実績

水中重量ペーストの施工状況を写真－２に示す。製造は、プラントで練り混ぜたセメントペーストをアジテータ車で運搬し、現地ミキサで硫酸バリウム微粉末を添加・攪拌する方法とした（129 ㍲/バッチ）。打込みは、水中落下が極力生じないように立坑内に予め固定しておいた鉛直注入管に圧送ホース先端を取り付け（いずれも 2 B）、チューブ式ポンプで連続的に圧送した。層厚は 20mm 以上とし、立坑平面積に応じて施工量を適宜調整した（1.3～2.8m³/日）。

水中硬化型エポキシ樹脂の施工状況を写真－３に示す。施工に際しては、①樹脂と骨材を温度調整コンテナ付トラックに載せた状態で搬入して練上がり温度を 15～35℃の範囲で管理し（施工時期：3 月～6 月）、②流動勾配を安全側の 2.0%と仮定して流動先端部の層厚が 10mm 以上確保できる必要十分な量(1.2m³/日)を、③可使時間である 90 分以内に打ち込むことを遵守した。また、圧送圧が 2.0MPa を超えないように圧送速度を調整しながら連続的に打ち込んだ（10～15 ㍲/分）。計測可能な箇所を確認された流動勾配は最大 1.05%であり、エポキシ樹脂は所定の水中流動性を発揮し、立坑平面全体をキャッピングしたものと判断された。

両材料の品質管理試験の結果を表－３に示す。空間線量の高い特殊な作業環境下での材料製造であったが、適切な材料管理、計量および製造管理のもと、所定の品質を確保することができた。

5. まとめ

海水配管トレンチ立坑の閉塞作業に際し、遮水性・水密性を高めるために水中重量ペーストと水中硬化型高流動エポキシ樹脂を使用し、必要層厚を確保した。充填後のモニタリング結果から、タービン建屋側～海水配管トレンチ海側立坑間の遮水性の向上を確認することができた。

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, 電力士木 No.380, pp.73～78, 2015.11
2) 橋本ら:福島第一原子力発電所 海水配管トレンチの立坑部に適用した水中不分離性コンクリート, 第 71 回土木学会年次学術講演会, 投稿中

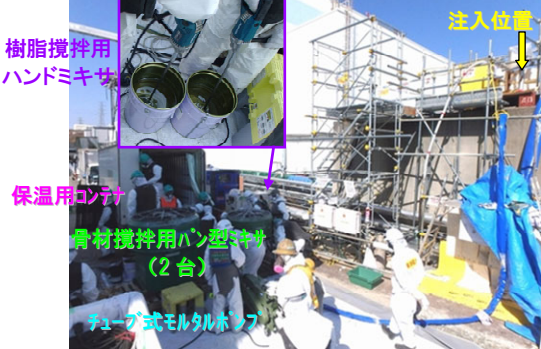
表－２ 水中硬化型高流動エポキシ樹脂の配合

材料	主剤	硬化剤	骨材
主成分	変性エポキシ樹脂	変性脂還元式ポリアミン	微粉末骨材
粘度(mPa・s)※	850	500	—
比重	1.12	1.05	2.5g/cm ³ (絶乾密度)
混合重量比	100	53	—
	1		2.9
練上がり28㍲の計量値	8.6kg	4.6kg	38.0kg

※:練り上がったグラウト材料としての粘度は18Pa・s



写真－２ 水中重量ペーストの施工状況



写真－３ 水中硬化型高流動エポキシ樹脂の施工状況

表－３ 品質管理試験の結果

充填材	管理・検査項目	管理値	平均値	最大値	最小値	実施回数
水中重量ペースト 【26.8m ³ 】	モルタルフロー(mm)	270以上	447	490	401	24
	空気量(%)	5以下	2.3	3.7	1.3	24
	練上がり温度(℃)	5～35	18.6	27.5	12.3	24
	28日圧縮強度(N/mm ²)	2.0以上	4.1	4.7	3.5	12
	水中/気中強度比	0.8以上	0.95	0.98	0.92	12
水中硬化型高流動エポキシ樹脂 【17.9m ³ 】	モルタルフロー(mm)	230～500	308	370	283	26
	練上がり温度	15～35	25.4	33.8	17.0	26
	7日圧縮強度(N/mm ²)	30以上	67.6	—	—	1