

長距離圧送用二液型可塑性注入材の開発と適用

富山共同自家発電㈱ 古川 勲 丸山 慧亮

(株)大林組 正会員○鬼頭 朋宏 正会員 中西 努 木村 太郎

正会員 上垣 義明 正会員 秋好 賢治

1. 工事概要

岐阜県高山市に位置する葛山発電所（出力：25MW）は1954年に発電を開始して以降、経年による老朽劣化が進んできたため、設備改修工事を行っている。主な工事内容は、導水路の改修、水圧鉄管および水車発電機の見直しである。

導水路のうち、改修を行っている支水路（延長：2,081m、内空寸法：幅 1.5m × 高さ 1.8m）については、**図-1**に示す補修および補強を行い、覆工背面の空洞に充填する注入材の種類としては、可塑性注入材を選定した。

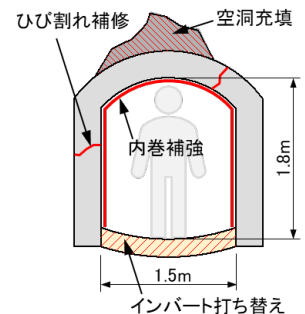


図-1 支水路の補修補強

2. 可塑性注入材の特長と工事の課題

可塑性注入材とは、加圧により流動し、圧送を停止すると自立する材料である。地盤中の亀裂への注入材の逸走が少なく、水中分離抵抗性があり、比較的安価といった特長を有する。

支水路坑内は狭く、坑内での注入材の製造が不可であった。注入材製造ヤードが支路上流坑口付近にしか確保できないため、注入材を約2,000m圧送する施工条件であった。しかしながら、大林組が開発した覆工裏空洞充填工法「スペースパック」は、全材料を練り混ぜた注入材を圧送する一液型の注入工法であり、圧送可能距離が500mであったため、長距離圧送が可能な二液型注入工法の開発が必要であった。

3. 長距離圧送用配合の開発

3.1 長距離圧送実験による配合検討

既往の一液型配合を基本にして、セメント系結合材（以下、結合材）スラリーと特殊増粘材（以下、増粘材）スラリーの各液の配合設計を行った。**表-1**に使用材料を、**表-2**に注入材の配合を示す。結合材スラリーには結合材の凝結を遅延させる遅延剤を添加しており、圧送比率は、結合材スラリー：増粘材スラリー＝1：4（注入材1m³当りの圧送量＝200L：800L）と設定した。

表-1 使用材料

材料名	主成分、物性値など
セメント系結合材	普通セメント、高炉スラグ微粉末など、比重3.04
特殊増粘材	ベントナイト系、比重2.60
遅延剤	オキシカルボン酸塩
分散剤①	ポリカルボン酸系
分散剤②	ポリカルボン酸系



写真-1 配管全景



写真-2 注入材の性状

表-2 注入材の配合（長距離圧送実験時）

作液区分	圧送比率	圧送量 (L/m ³)	単 位 量 (kg/m ³)						P ロート 流下時間
			水	結合材	増粘材	遅延剤	分散剤①	分散剤②	
結合材スラリー	1	200	110	275	—	0.275	0.275	—	18.8 秒
増粘材スラリー	4	800	732	—	175	—	—	1.75	13.6 秒

キーワード リニューアル、水路トンネル、可塑性注入材、長距離圧送

連絡先 〒108-8502 東京都港区港南2-15-2 品川インターシティB棟 大林組 生産技術本部 技術第一部 TEL 03-5769-1322

圧送管を2,000m配管し、その先端で混合させる圧送実験を着工前に行った。結合材スラリーおよび増粘材スラリーの作液時にPロート流下時間を測定し、目標時間以下となるように分散剤の添加量により調整を行った。写真-1に配管全景を、写真-2に二液混合後の注入材の性状を示す。実験の結果、所定のPロート流下時間以下であれば、2インチ管にて2,000mの長距離圧送が可能であることが確認できたが、圧縮強度の変動をより小さくするため、圧送比率を結合材スラリー：増粘材スラリー=1：3に変更し、結合材量および特殊増粘材量を決定した。

3.2 遅延タイプ配合の検討

2,000m圧送後の管内清掃により、2インチ管では約4m³の注入材が廃棄処分となる。材料ロスの削減と清掃作業の省略を目的に、注入作業後も注入材を管内に残置し、翌朝にも使用できるような配合の検討を行った。遅延タイプについては、24時間の静置後も圧送可能となる遅延剤添加率および単位増粘材量を決定し、24時間静置後に圧送実験を行い、圧送再開が可能であること、先端混合した注入材が所定の品質を確保できることを確認した。これにより、連続注入を行う昼夜作業を想定した標準タイプと昼作業を想定して16時間程度の管内残置が可能となる遅延タイプの2配合を最終的に決定した。表-3に長距離圧送用注入材の配合を示す。

表-3 長距離圧送用注入材の配合

配合タイプ	作液区分	圧送比率	圧送量 (L/m ³)	単 位 量 (kg/m ³)				Pロート流下時間	
				水	結合材	増粘材	遅延剤	作液直後	24時間後
標準	結合材スラリー	1	250	143	325	—	0.325	11.9秒	—
	増粘材スラリー	3	750	702	—	125	—	14.5秒	—
遅延	結合材スラリー	1	250	143	325	—	1.63	11.9秒	13.4秒
	増粘材スラリー	3	750	706	—	115	—	11.6秒	18.9秒

4. 施工状況および品質管理結果

写真-3に坑内の施工状況を示す。注入範囲の覆工にはパイプサポートによる崩壊防止対策を講じ、現地における事前圧送実験を経て施工を開始した。坑内に配管された2本の2インチ圧送管により最長2,040mまで圧送、二液を先端で混合させることにより注入材を製造し、注入圧の異常上昇も無く、全注入量667m³（日平均注入量=17m³、日最大注入量=25m³）を施工することができた。なお、圧送中断による管内閉塞を防止するため、配合は全て遅延タイプを選定した。さらに、広範囲にわたる圧送管の解体および清掃または交換は工程に与える影響が非常に大きいため、当工事では、昼勤作業終了後の注入材の管内残置は行わず、管内清掃を毎回実施することとした。

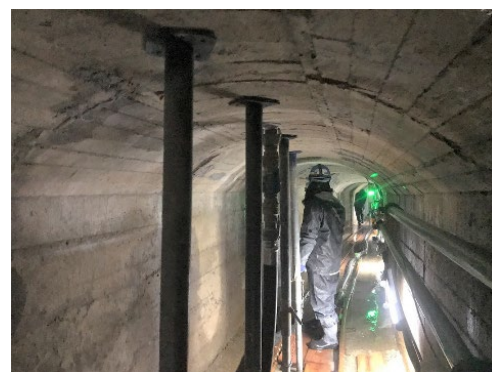


写真-3 坑内注入状況

シリンダーフロー試験(JHS 313)結果は、基準値130±25mmに対して平均121mm、設計基準強度1.0N/mm²に対して材齢28日圧縮強度は、遅延剤の影響も無く平均2.00N/mm²となり、品質管理基準値内の結果であった。

5. まとめ

長距離圧送可能な二液型可塑性注入工法を開発し、工事に適用した結果、品質管理および充填結果は良好な結果であった。今回の施工方法が類似工事の参考になれば幸いである。

謝辞

本施工にあたり、三信建設工業株式会社およびスペースパック工法研究会（事務局：株式会社テクノ・ブリッド）の方々に御助力頂きましたことを心より感謝申し上げます。