

CO₂凍結によるシールド到達防護

—石狩新港発電所1号機新設工事のうち土木本工事(第3工区)工事報告(その17)—

北海道電力(株)	正会員	齋藤 寿秋
北海道電力(株)	正会員	畠田 大規
鹿島建設(株)	正会員	高柳 哲
鹿島建設(株)	正会員	渡邊 和英
鹿島建設(株)	正会員	阿部 聡
ケミカルグラウト(株)	正会員	○相馬 啓
ケミカルグラウト(株)	正会員	塩屋 祐太

1. 工事概要

当工事では、LNG 火力発電所の放水路トンネルの構築を行っている。放水路トンネルは、護岸部の発進立坑と1kmの沖合に埋設されている放水管を接続する内径4.7mのシールドトンネルである。図1に放水路到達部の構造を示す。放水管はその形状からJ管と呼ばれている。放水管部でのシールドマシン到達工では、防護工として地盤凍結工法が採用された。図2にシールドマシンの到達防護工の施工イメージを示す。シールドマシンがJ管坑口のフード部に進入した後、シールドマシンの鋼殻に内蔵された3列の凍結管(角パイプ50mm×50mm)で凍土を造成する。この間にシールドマシン側の一次解体を行う。凍土がJ管フード部に到達し、シールドマシンとの空隙が止水された後、シールドマシンの面盤を開き、J管側フード部の3列の凍結管(STPG管φ50mm)の取り口に冷媒配管を接続し、シールドマシンとJ管フード部の両側から凍結運転を開始する。凍土は止水鉄板を設置するまで維持される。

2. CO₂による地盤凍結工法

当工事では、CO₂気液混合流体を凍結管に循環する、従来とは異なる方式の凍結工法が、実際のシールドトンネルの現場に初めて採用された。CO₂凍結では、液体で送られたCO₂の一部が気化する際の潜熱で地盤から熱を奪う。CO₂の潜熱は、不凍液の顕熱よりも大きいので、従来の1/10程度の流量で同等の凍土を造成することができ、作業性、工期、コスト面で有利となる。また、この凍結システムでは、冷凍機の一次冷媒としてNH₃を採用している。地球温暖化への影響を、CO₂を基準とした係数GWPで評価すると表1のようになる。フロン系冷媒は今後使用が制限される見込みである。本凍結システムは一次、二次ともに自然冷媒を使用しているため、環境負荷低減効果が高い工法である。

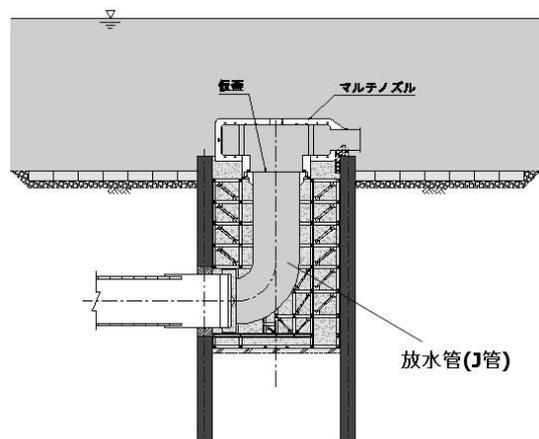


図-1 放水路トンネル到達部

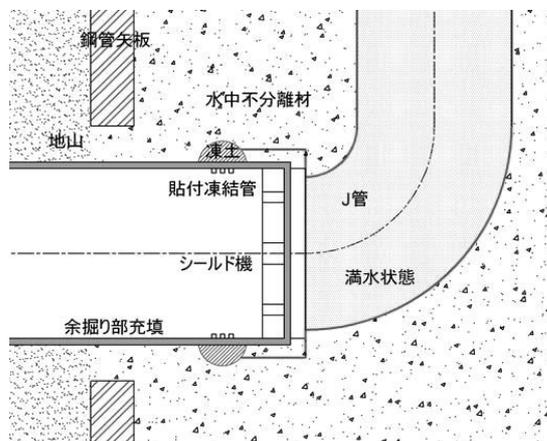


図-2 シールドマシン到達防護工

表-1 地球温暖化係数(GWP)

分類	代表例	GWP	使用制限
CFC(フロン)	R-12	10,900	2009年廃止
HCFC(フロン)	R-22	1,810	2020年廃止
HFC(代替フロン)	R-404A	3,920	検討中
HFO(代替フロン)	R-1234yf	4	
自然冷媒(NH ₃)	R-717	< 1	
自然冷媒(CO ₂)	R-744	1	

キーワード シールド工法, 凍結工法, 環境負荷低減, 施工合理化

連絡先 〒105-0001 東京都港区虎ノ門2-2-5 共同通信会館 ケミカルグラウト(株) TEL03-5575-0471

表-2 シールドマシン到達工 実施工程表

	1月	2月	3月
シールド掘進工	シールド到達		
凍結工	プラント仮設 配管パージ等	シールド側凍結運転 凍結管接続・配管パージ等	J管側凍結運転 プラント解体
シールド解体工	マシン設備解体	湧水量確認 チャンバー内解体	
J管フード内 モルタル研り工			
止水鉄板設置工			



写真-1 凍結プラント設置状況

3. 凍結設備

シールドマシンの解体やJ管との接続の作業の妨げにならぬよう凍結設備の幅は1.2m以下とした。また、シールドマシンの後続台車が存在したため、凍結プラントからシールド切羽までは、約100mの距離があったが、バッテリーロコの軌道の枕木下にCO₂のメイン配管とヘッダー管を設置することで、解体した資材を搬出するスペースを確保した。写真1に凍結プラントの設置状況を示す。ヘッダー管から凍結管までは、SUSのフレキシホースを使用し、近接して切断の作業が行われるため、防火シートを巻きつけた。写真2にシールド切羽の配管状況を示す。CO₂は大気圧下では液体で存在することはできない。CO₂凍結では、圧力0.7~0.8MPa、温度-40~-45℃で運転する。凍結管を含む配管系統は圧力2.5MPaで気密試験を実施している。当工事におけるCO₂の流量は凍結管1系統当たり3~5L/minであった。

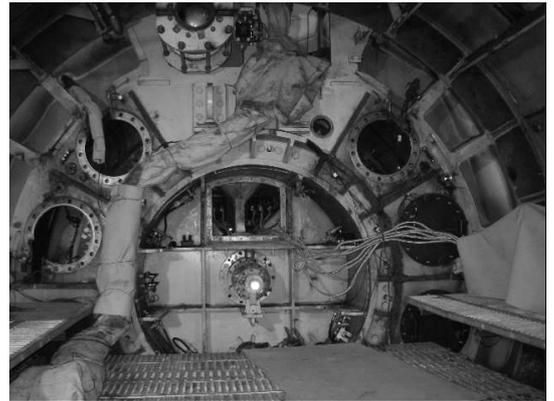


写真-2 シールド切羽配管状況

4. 実施工程

表2に実施工程表を示す。シールド到達後、約1週間で凍結プラントの設置作業を完了した。CO₂凍結では、CO₂をチャージする前に、漏洩を防ぐための気密試験と、内部の湿気を除去するための真空引きを実施する。当工事ではシールドマシンとJ管に事前に設置された凍結管が、長期間海底下にあったことから、内部に溜まった水分により閉塞が懸念された。そこで、乾燥空気によるパージ作業を追加して、凍結管内を十分に乾燥させた。シールド側からの凍結で湧水量が500mL/min以下となったことを確認して、面盤のハッチを開き、モルタルの中からJ管側の取り口を研り出した。写真3にJ管側接続部の状況を示す。J管側の凍結開始直後に湧水量はなくなり、当初計画の通りに止水鉄板設置作業まで完了することができた。写真4にJ管フード内の凍結状況を示す。



写真-3 J管側凍結管接続部

5. まとめ

CO₂凍結を初めて実際のシールドトンネルの現場に適用した。解体と接続の作業が並行する条件下で、作業の簡便性や工期短縮の面で優位性を発揮できた。環境負荷低減効果も高い工法であることから、広く普及することを期待している。



写真-4 J管フード内凍結状況