

陸側遮水壁の間引き運転について

一 凍土方式遮水壁大規模整備実証事業（その18） 一

東京電力ホールディングス（株） 正会員 ○後藤貴哉 玉井猛 非会員 添野頼明
鹿島建設（株） 正会員 江崎太一 並川正

1. はじめに

福島第一原子力発電所では、凍土方式による陸側遮水壁（以下、凍土壁）の造成により原子炉建屋への地下水流入を抑制している。十分に造成された凍土壁は、継続的な冷熱供給に伴う壁厚の増長により、周辺設備に変状等の悪影響を及ぼす恐れがある。そのため、現在は壁厚の制御を行う維持管理運転への運用に移行している。維持管理運転とは、地下水位以下の深度において0℃を超過しないように基準値を設けて、運転・停止を繰り返す運用方法である。

維持管理運転による停止率を比較すると、凍土壁山側の停止率は20%以下と低く、効率的な運用ができていない（図-1）。これは、凍土壁山側は海側と比較して地下水位が高く、地表近くまで温度管理しているためである。表層部は日射や雨水による熱供給を受けやすく、地中温度が低下し辛いいため、現行の運用ルールでは停止率の向上が難しいことに起因する。（図-2）。

上記問題を解決するために、冷熱供給を継続しつつ周辺設備への影響を緩和するための方策として、凍結管の間引き運転による試験運用を実施している。本稿では、間引き運転の運用状況について報告する。

2. 間引き運転の解析検討

間引き運転とは、1m 間隔で建込まれている凍結管を一定間隔で停止して運用する方法である（図-3）。間引き運転による冷熱供給の抑制効果を評価するため、三次元熱水連成解析を実施した。解析モデルを図-4 に示す。また、解析ケースおよび物性値を表-1～表-3 に示す。

図-4 より、解析モデルは、水理境界が山側 TP+26.48m、海側 TP-2.74m、底面が不透水層の準三次元モデルである。また、温度境界は雰囲気温度および地中温度ともに+15.0℃であり、地表面熱伝達係数は80kcal/(m²・h・℃)に設定した。非定常解析により凍土造成開始から片側凍土厚が3.0m 程度になった時点で各 Case の条件に変更し、GL-3.0m 位置の凍土厚および測温管位置における

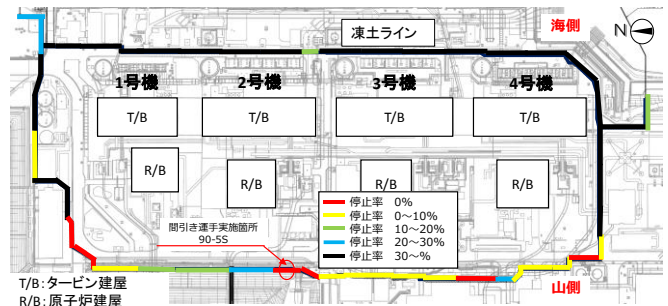


図-1 凍土壁の停止実績

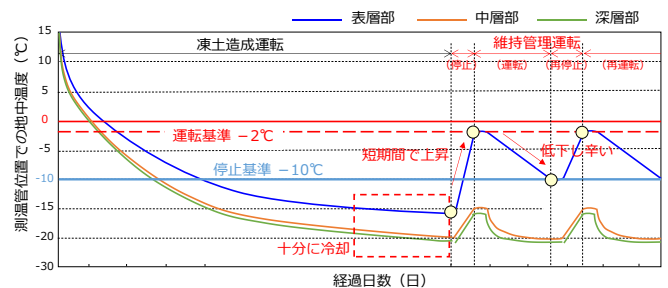


図-2 凍土壁山側の維持管理運転イメージ

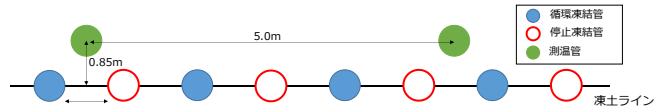


図-3 間引き運転（50%）のイメージ

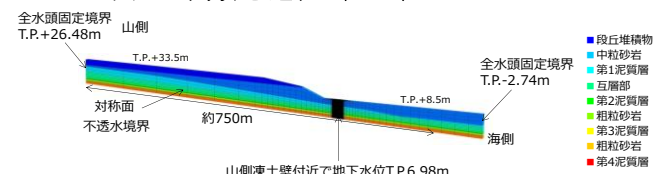


図-4 解析モデル

地中温度の経時変化を確認した（表-4、図-5、図-6）。

解析の結果、図-5 より凍土造成開始から10年後の片側凍土厚は、Case3 が1.50m と抑制効果が一番大きく、次いで Case2 が2.93m、Case1 が3.15m となった。また、図-6 より抑制効果が大きくなるに連れて地中温度は上昇するが、最大で約-1.65℃（造成開始から約3年）までの上昇であり、その後は一定に推移する結果となった。

次に、10年後の凍土ライン上の温度分布状況を図-7 に示す。図-7 より、間引き運転を実施することで表層の一部は融解することが分かった。抑制効果の大きさに

キーワード：陸側遮水壁、凍土遮水壁、維持管理運転、間引き運転、福島第一原子力発電所
連絡先：〒100-8560 東京都千代田区千代田 1-1-3 TEL 03-6373-1111

表-1 解析ケース

Case	間引き率	ブライン温度	解析期間
Case1	50%	-20℃	(凍土造成時) 10年
Case2	75%	-30℃	
Case3	75%	-20℃	

表-2 水理物性値

地層	透水係数(cm/s)	比貯留係数(cm ³)
段丘堆積層・砂岩	3.0×10 ⁻³	2.9×10 ⁻⁶
泥岩	1.1×10 ⁻⁶	4.5×10 ⁻⁷
互層	1.0×10 ⁻³ (水平) 1.1×10 ⁻⁶ (鉛直)	5.8×10 ⁻⁷
断熱材	1.1×10 ⁻⁶	4.5×10 ⁻⁷

表-3 熱物性値

地層	熱伝導率 (kcal/mh℃)		熱容量 (kcal/m ³ ℃)	
	凍結前	凍結後	凍結前	凍結後
段丘堆積物	1.5	2.1	720	480
中粒砂岩層	1.5	2.1	720	480
第1泥質部	1.0	1.6	800	550
互層部	1.1	1.6	720	480
第2泥質部	1.0	1.6	800	550
細粒砂岩層	1.5	2.1	720	480
第3泥質部	1.0	1.6	800	550
粗粒砂岩層	1.5	2.1	720	480
第4泥質部	1.0	1.6	800	550
断熱材	0.030	0.030	10.2	10.2

比例して融解高さは高くなり、Case3が2.50m、Case2が1.50m、そしてCase1が0.50mとなった。

以上より、間引き運転により表層の一部は融解するが、凍土厚の増長は抑制されることが分かった。

3. 間引き運転による地中温度への影響評価

解析により効果が確認されたため、凍土壁山側の一部を対象に、間引き運転による試験運用を実施した。試験期間は表-5の通りである。また、試験箇所のうち、測温管 No.90-5S を評価対象とした (図-1 参照)。

90-5S の地中温度の経時変化を図-8 に示す。試験期間 I (間引き率 25%) では、表層部温度が約+1.5℃上昇したが、従前の維持管理運転と比較して大きな変化は見られなかった。試験期間 II (間引き率 50%) に移行後、全深度において温度は上昇傾向となり、維持管理運転期間中の平均温度 (図-8 中の点線) よりも高くなること が確認された。解析では約 3 年かけて温度上昇が継続しているため、実運用においてもどの程度まで上昇するのか把握する必要がある。

以上より、間引き運転に移行後地中温度は上昇し、冷熱供給は抑制されることが確認された。

4. まとめ

以上の検討結果より、間引き運転により冷熱供給は抑制されることが分かった。今後は、間引き率に応じて温度の上昇程度を把握する必要がある。また、解析より表層の一部が融解する恐れがあるため、地中温度が上昇しやすい夏季において、凍土の機能を維持しつつも

参考文献

- 1) 汚染水処理対策委員会 (第 22 回) 参考資料 1-1 福島第一原子力発電所の汚染水処理対策の状況に係る参考資料集, 東京電力 HD(株), 2019 年 5 月

間引き運転が適用可能かどうか、解析にて追加検討する予定である。間引き運転の範囲拡大および適用期間の延伸に向けて、検討を継続していきたい。

表-4 解析結果

Case	間引き率	ブライン温度	凍土造成開始から 10 年後		
			片側凍土厚	地中温度	融解高
Case1	50%	-20℃	3.15m	-8.22℃	0.5m
Case2	75%	-30℃	2.93m	-5.60℃	1.5m
Case3	75%	-20℃	1.50m	-1.65℃	2.5m

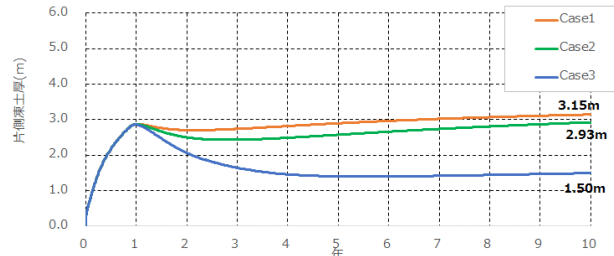


図-5 GL-3.0m 位置の片側凍土厚

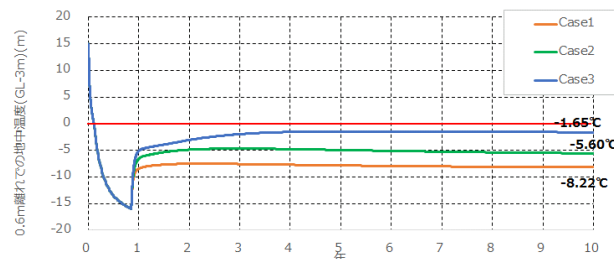


図-6 測温管位置における地中温度の経時変化

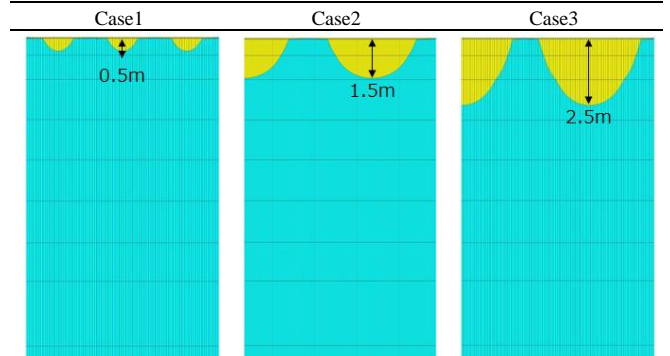


図-7 10 年後の凍土ライン上の温度分布状況

表-5 間引き運転の試験期間

試験期間	期間	間引き率	ブライン温度
試験期間 I	2019/12/11~2020/1/17	25%	-30℃
試験期間 II	2020/1/17~	50%	-30℃

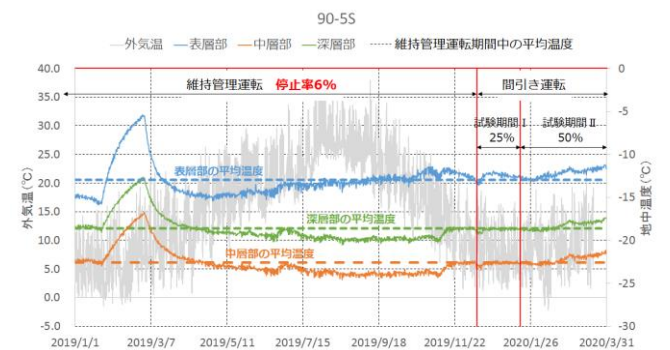


図-8 間引き運転実施箇所の地中温度の経時変化