

小規模凍土方式遮水壁の地盤凍結特性に関する解析的評価 凍土方式による遮水技術に関するフィージビリティ・スタディ事業 (その4)

鹿島建設(株) 正会員 ○田部井 和人 並川 正 森川 誠司
同上 佐藤 一成 吉田 輝 照井 秀幸

1. はじめに

小規模凍土方式遮水壁実証試験(以下、実証試験①)により10m四方の矩形凍土の形成を確認した¹⁾。この実証試験①の地盤凍結時挙動を三次元浸透流-熱移動連成FEM²⁾解析で再現し、得られた情報を凍土方式陸側遮水壁(以下、凍土方式遮水壁)の施工に反映させる。実証試験①ではサイト内の一か所のボーリングコアを用いた室内熱物性試験による熱物性値が得られている。しかし、実際の地盤は不均質性を有しているため、一か所のコアサンプルの熱物性値をその地層の代表値とした解析結果と計測結果が必ずしも精度良く一致するとは限らない。そこで、地盤の熱物性値に関するパラメータスタディを実施し、凍土閉合を確認できる箇所での整合性、複数の計測結果との整合性の観点から解析値と計測値が整合するような熱物性の検討を行った。

2. 解析条件

実証試験①サイトの地質構成及び凍結管・測温管配置を詳細に再現した。解析モデルを図-1、凍結部の平面図を図-2に示す。地下水条件(水位、流向・流速)、地温、気温、凍結管温度についても現地条件を再現した。地盤の熱物性値(熱伝導率及び熱容量)は、原位置における中粒砂岩層、第1泥質部、互層砂岩部で採取したコアの室内熱物性試験結果を各地層の解析用熱物性の初期値として設定した。図-2に示す測温管S-8は、2本の凍結管の中央部に配置しているため、この地点の温度が0度を下回ると凍土が閉合したと判断できるため、S-8の計測と解析との整合性を重視した熱物性の同定を行った。比較する日数は75日までとした。

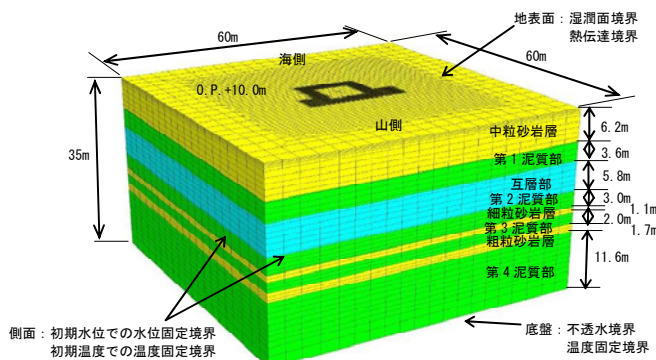


図-1 解析モデル

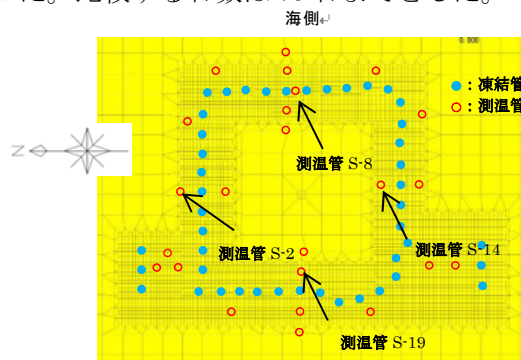


図-2 凍結部平面図

3. 解析結果

①熱物性試験結果に基づく解析 (CASE1)

室内熱物性試験に基づく熱物性値を用いた解析をCASE1とし、その解析値と計測値の比較を図-3に示す。CASE1の解析結果は計測と概ね整合していることが分かる。但し、計測よりも解析の方がやや速く温度が下がる傾向になっている。

②計測値とのフィッティングによる熱物性値の同定 (CASE2)

CASE1におけるS-8の解析値は計測値に比べ温度低下傾向がやや速い。この解析と計測の不整合の主な原因には「地下水流速の影響」と「熱物性値の不均質性」が考えられるが、凍結閉合後も温度低下が解析の方が速い傾向にあるため、解析と計測の不整合の主な原因は熱物性の不均質性にあると考えた。そこで、凍土閉合を直接評価できるS-8の解析と計測の整合性に着目し、S-8の各深度・各時刻における計測値と解析値の誤差(両者の差の二乗和)を最小にするように熱物性値(熱伝導率)を変化させた。中粒砂岩層～第2泥質部の熱伝導

キーワード 凍結工法, 三次元浸透流-熱移動連成FEM解析, 福島第一原子力発電所

連絡先 〒107-8502 東京都港区赤坂 6-5-30 KIビル 鹿島建設(株) 土木設計本部 TEL03-6229-6795

率をCASE1の値から20%, 25%, 30%それぞれ低減させた場合のS-8における計測値と解析値の誤差を求めたところ、低減率25%の場合が最も小さくなったため、これをCASE2とした。CASE1とCASE2の熱物性値一覧を表-1に示す。CASE2の解析と計測の比較を図-4に示す。凍結閉合を直接評価できるS-8の中粒砂岩層と互層の温度変化傾向を見ると、解析と計測の整合性はCASE1よりも向上していることが分かる。次に、凍土壁の北側(S-2), 東側(S-8), 南側(S-14), 西側(S-19)における地中温度分布について計測値と解析値を比較したものを図-5に示す。CASE2はS-2, S-8については計測値と良く整合している。一方、S-14, S-19は計測結果より温度低下が若干遅くなっているが、凍土造成の観点からは保守的な結果になっている。CASE1は、S-14, S-19ではCASE2に比べ整合していると言える。

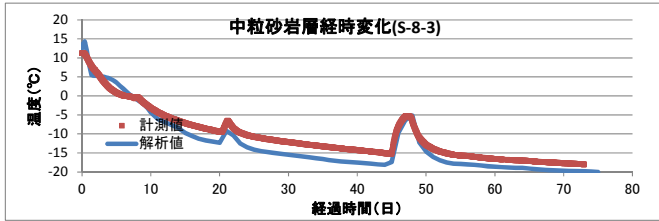


図-3 CASE1 : S-8 の温度経時変化 (中粒砂岩層)

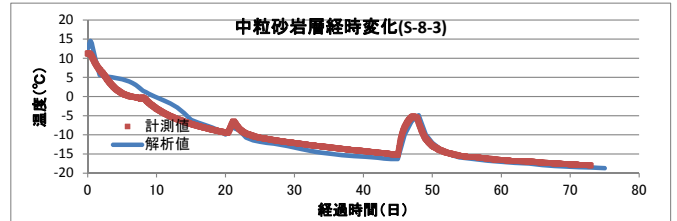


図-4 CASE2 : S-8 の温度経時変化 (中粒砂岩層)

表-1 熱物性値一覧

	熱伝導率(W/mK)				熱容量(J/m³K)	
	CASE1		CASE2		(凍結前)	(凍結後)
	(凍結前)	(凍結後)	(凍結前)	(凍結後)		
砂岩層	1.8	2.5	1.3	1.9	3010	2028
泥質部	1.2	1.8	0.9	1.4	3341	2298
互層	1.2	1.8	0.9	1.4	3010	2028

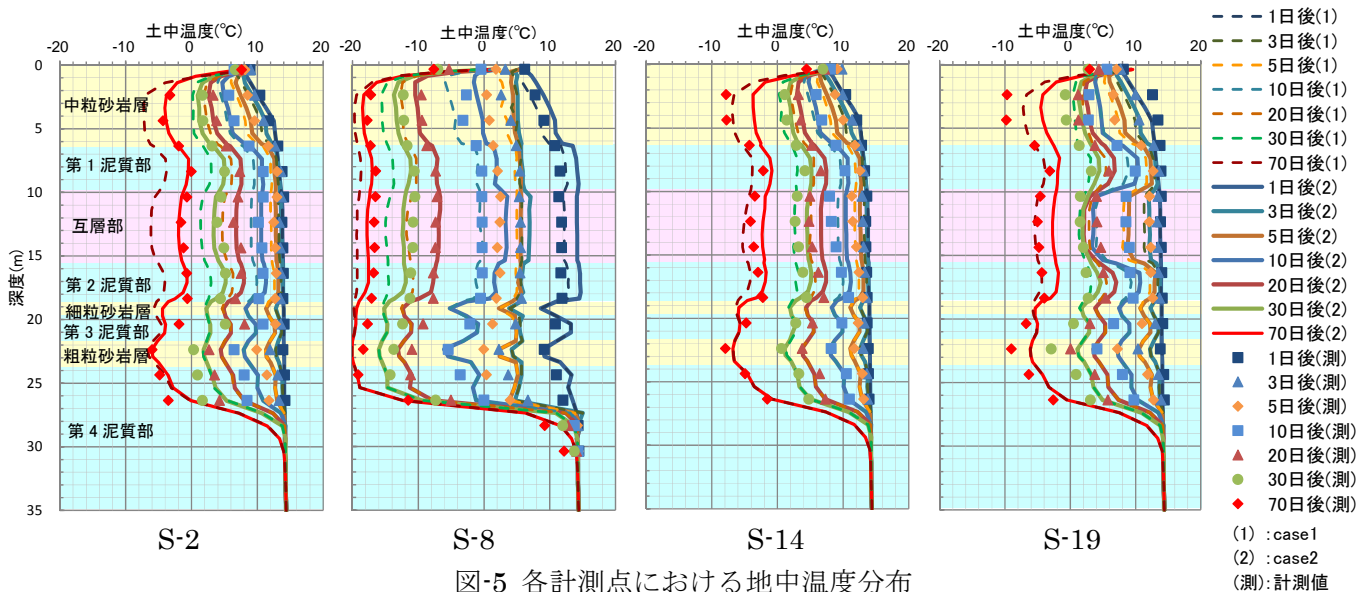


図-5 各計測点における地中温度分布

4. おわりに

小規模凍土方式遮水壁実証試験の三次元浸透流-熱移動連成 FEM 解析により、地盤の熱物性値の同定解析を実施した。凍結閉合を直接評価する S-8 の解析値と計測値の誤差が最小になり、その他の測温管位置の解析値も凍土閉合・造成の観点から保守的な結果を得られた。ただし、CASE1の場合でも計測値と整合している点も多いため、建屋全体を凍土方式遮水壁で取り囲む「大規模整備実証事業」における凍結挙動評価には、CASE1とCASE2の両方の熱物性値を参考に解析を行うのが良いと考えられる。本検討は、資源エネルギー庁からの委託業務である「凍土方式による遮水技術に関するフィージビリティ・スタディ事業」の一環で実施した。末筆ながら本事業の関係各位に深謝申し上げる。

参考文献 1) 小規模凍土遮水壁実証試験における地盤凍結特性-凍土方式による遮水技術に関するフィージビリティ・スタディ事業(その2), 土木学会年講(2015), 2) 地下水流を考慮した凍土方式遮水壁の閉合に係る解析的評価-凍土方式による遮水技術に関するフィージビリティ・スタディ事業(その9), 土木学会年講(2015)