

Ⅲ-667

凍結膨張圧に関する研究

鹿島 正会員 川端僚二 鹿島 ○正会員 船本一伸

1. はじめに

シールド工事における発進防護工法の中で、凍結工法は軟弱地盤に適した工法である。そのため、海や河川の下を通過するシールド発進防護では地盤条件から凍結工法が採用されることが多い。しかし、大深度の凍結工事では凍結膨張圧が大きくなり、発進立坑に影響を及ぼすことが考えられるため、凍結範囲内に変位吸収孔を設け膨張圧を軽減する対策工事が取られる例が増えてきている。そこで、凍結膨張圧を吸収する役目にある対策工の効果について解析検討を実施し効果の程度について把握したので、概要について報告する。

2. 検討概要

立坑に加わる凍結膨張圧とは、地盤が凍結膨張することにより凍土背面側からの地盤反力が立坑に外力として加わるものであるため、その膨張圧の程度は地盤状況によって左右される。本検討では地盤物性の要因による膨張圧の差と対策工による膨張圧の低減効果についてFEM解析を試みた。

3. 解析内容

(1)解析方針

解析モデルは図-1に示す四角形FEM平面ひずみとした。凍結状況の影響を把握するために2つの凍結域を設定し弾性解析を実施した。境界条件は周辺をローラー支持とした。地盤条件は硬い地盤（地盤改良体）、柔らかい地盤（原地盤）を仮定し解析に引用した。

(2)解析ケース

解析は最大の地盤剛性を与えた基本ケースを元に、物性の違いによる膨張圧の比較解析をケース1, 2で行ない、次に対策工部の剛性の違いによる比較解析をケース3, 4で行なった。ケース3, 4では対策工の吸収効果を踏まえて、凍結を2ステップに分けて解析した。表-1, 2に解析状況と物性値の対応を示す。

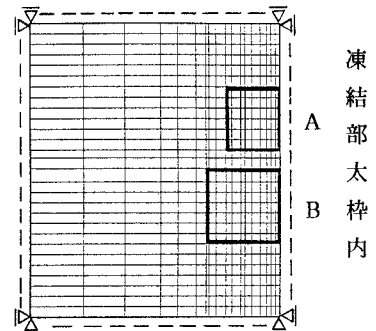


図-1 解析モデル

表-1 物性値の違いによる比較解析

物性値対応モデル状況図		解 析 ケ ー ス		
	基本	解析内容	地盤剛性大による解析	
		物 性 値	地盤剛性(tf/m ²)	膨張率(%)
		凍結部 ■	230,000	5.0
		原地盤 ▨	750	—
	ケース1	解析内容	膨張率を半分にした場合の解析	
		物 性 値	地盤剛性(tf/m ²)	膨張率(%)
		凍結部 ■	230,000	2.5
		原地盤 ▨	750	—
	ケース2	解析内容	地盤剛性小による解析	
		物 性 値	地盤剛性(tf/m ²)	膨張率(%)
		凍結部 ■	40,000	5.0
		周辺部 ▨ □	750	—

表-2 対策工吸収効果の比較解析

物性値対応モデル状況図		解 析 ケ ー ス				
ステップ1		解析内容	対策工部を改良地盤として残した場合			
		解析ステップ	ステップ1		ステップ2	
		物性値	地盤剛性(tf/m ²)	膨張率(%)	地盤剛性(tf/m ²)	膨張率(%)
		新凍結部	230,000	5.0	230,000	5.0
		既凍結部	-	-	230,000	-
		対策工	23,000	-	230,000	5.0
ステップ2		解析内容	対策工部を全て開放孔とした場合			
		解析ステップ	ステップ1		ステップ2	
		物性値	地盤剛性(tf/m ²)	膨張率(%)	地盤剛性(tf/m ²)	膨張率(%)
		新凍結部	230,000	5.0	230,000	5.0
		既凍結部	-	-	230,000	-
		対策工	0	-	230,000	5.0
Y ↑ X →		原地盤	750	-	750	-
		周辺部	23,000	-	23,000	-

4. 解析結果

図-2に凍結範囲の中の一帯境界部よりかつ中心部のX方向応力（膨張圧とする）の結果を、基本ケースの最大値を1.0とした比率で示す。ケース3、4については2ステップ終了後の膨張圧を対象とした。以下に解析結果で得られた内容について示す。

①地盤物性の比較解析（基本ケースとケース1、2）結果から次のことが明かになった。

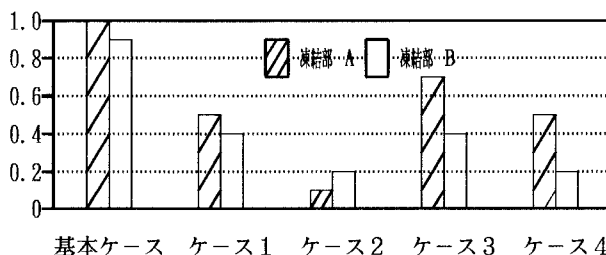
- 地盤膨張率の比は弾性域内において膨張圧と線形関係になるため、凍結膨張圧の解析では膨張率の幅をもって解析結果を捕らえることが重要である。
- 周辺地盤剛性が膨張圧に与える影響は大きいため、凍結膨張圧の推定解析を行なう上では、凍結域周辺の地盤状況を十分評価したモデル化を行なうことが重要である。

②対策工吸収効果の比較解析（基本ケースとケース3、4）結果から次のことが明かになった。

- 対策工閉塞前に前面の膨張圧を吸収することによる膨張圧低減効果が得られることが分った。
- 対策工の在り方は開放孔の構造が最善策と考えられるが、ケース3のように硬い原地盤を残置させた場合でも開放孔を設けたケース4の場合に対して膨張圧が1.5倍程度の差であった。このことから、対策工は凍結させない地盤領域を設けるだけで、ある程度効果を発揮することが分った。

5. おわりに

本報文では凍結膨張圧がもつ特徴の把握と対策工の効果について定量的に踏まえた。今後は対策工の効果について実施工での検証解析を行ない、知見をまとめていくこととする。



参考文献

- 『地盤凍結工法』
(社)日本建設機械化協会 昭和57年2月
- 『地盤凍結工法指針(案)』
土木研究所施工研究室 昭和55年3月

図-2 膨張圧相対比率