

III-124

地盤凍結工法におけるブライン間欠運転時の凍土内の温度分布について

飛島建設㈱ 構造技術部 正 近久 博志
 飛島建設㈱ 構造技術部 正 ○藤原 雅博
 飛島建設㈱ 構造技術部 正 中原 博隆
 飛島建設㈱ 構造技術部 正 小野 一博

1. はじめに

地盤凍結工法では、凍土が所定の厚さとなった後、間引き運転や間欠運転など冷凍液（ブライン）の循環を調節することによって、凍土が必要以上に成長しないように管理している。本報告は、数値解析によって凍土厚維持運転中の凍土内の温度変化を調べ、維持運転中の凍土の成長や凍土の平均温度について考察を加えるものである。

2. 解析方法

図-1に示すような幅10.4m、厚さ1.8mのシールド発進防護のために造成された凍土を対象に解析を実施する。シルト地盤中80cm間隔に設置された凍結管に50日間連続して冷凍液を循環させた後に、凍土厚維持運転として以下の2ケースを考える。

- ・間引き運転のケース：冷凍液を循環させる凍結管を1本おきに間引きする。7日毎に間引きする凍結管を変更する。
- ・間欠運転のケース：12時間毎に冷凍液の循環と停止を繰り返す。

図-2に示す二次元平面モデルを用いて維持運転時（28日間）の解析を行う。凍結開始前の地盤初期温度は 20.4°C とする。凍結管部分以外の解析モデルの外周は断熱境界とし、凍結管部分は冷凍液の温度（ -26°C ）を外部温度とする熱伝達境界として評価する。解析に用いた定数を表-1に示す。

3. 解析結果と考察

(1) 凍土の成長

凍結管中心から凍結面までの距離を片側凍土厚として図-3に整理した。維持運転を行わない場合、28日間で片側凍土厚は約28cm成長するが、間欠運転では約20cm、間引き運転では約15cmとなり、55～70%程度凍土の成長速度が遅くなっている。

表-1 解析に用いた定数

地盤	熱特性		凍結前	凍結後
	密度	(ton/m^3)	1.69	1.62
	比熱	($\text{kcal}/\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C}$)	0.462	0.329
	熱伝導率	($\text{kcal}/\text{m}\cdot\text{h}\cdot^{\circ}\text{C}$)	1.06	1.64
	潜熱	(kcal/kg)	26.4	
凍結管の熱伝達係数			(kcal/m ² ·h·°C)	
			200.0	

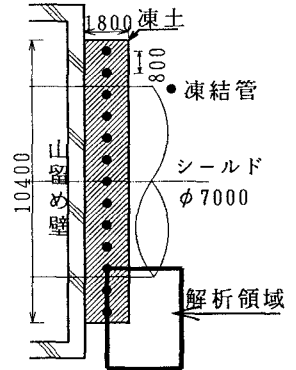


図-1 凍土平面図

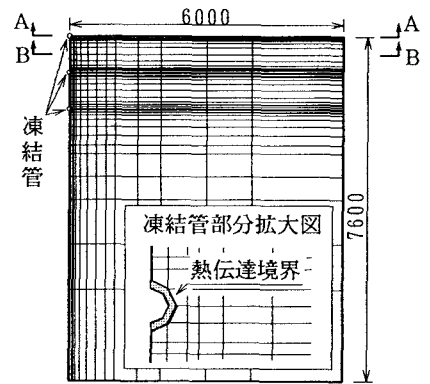


図-2 解析モデル

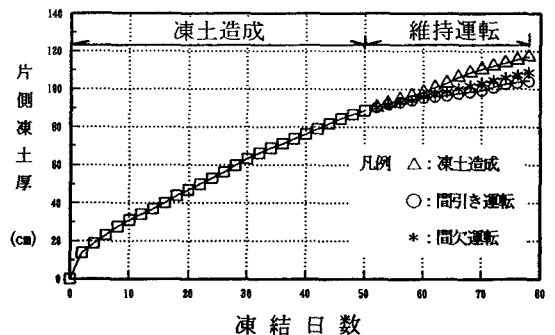


図-3 片側凍土厚（A-A断面）

(2) 地盤内の温度分布

①間引き運転：A-A断面（図-4）では、隣接の凍結管の冷凍液の循環が停止する事による影響は少ないが、冷凍液の循環が停止した凍結管付近では、凍土の温度が -8°C まで著しく上昇することがわかる。B-B断面（図-5）では、一旦凍土内の温度が -10°C まで上昇した後はほぼ一定を示し、急激な温度変化が見られないことがわかる。

②間欠運転：A-A断面（図-6）では、冷凍液の循環と停止により、凍土内の温度変化は凍結管から40cm以内の領域で顕著に表れていることがわかる。B-B断面（図-7）では、冷凍液の循環と停止の影響はほとんど受けず、凍土内の温度変化は少ないことがわかる。

(3) 凍土内平

均温度
通常、凍土の強度を算定するときに用いる凍土内平均温度を算出すると図-8のようになる。

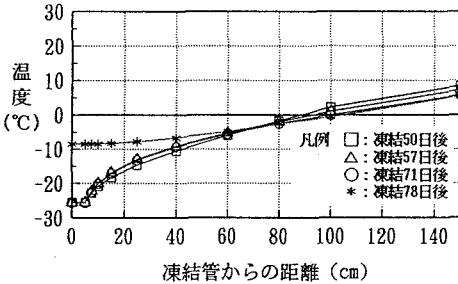


図-4 地盤内の温度分布（間引き運転、A-A断面）

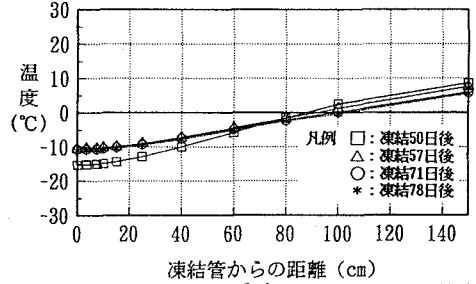


図-5 地盤内の温度分布（間引き運転、B-B断面）

①間引き運転：

A-A断面の凍土内平均温度は、断面内の凍結管に冷凍液が循環している時は -10°C 前後になり、停止すると -5°C 程度

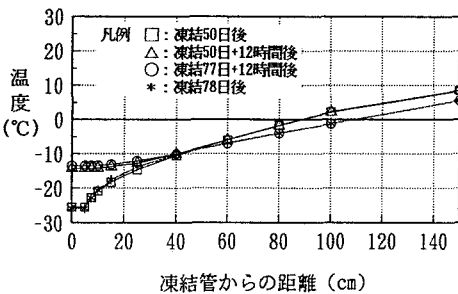


図-6 地盤内の温度分布（間欠運転、A-A断面）

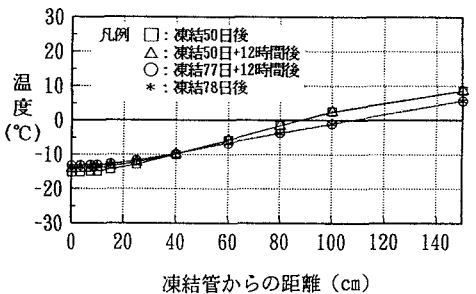


図-7 地盤内の温度分布（間欠運転、B-B断面）

にまで上昇することがわかる。この時、A-A断面の平均温度はB-B断面に比べて高くなっており、凍土内で最も温度の高い断面となっている。

②間欠運転：A-A断面の凍土内平均温度は、間欠運転の間隔毎に 2°C 程度上下を繰り返しているが、平均温度が上昇した場合でもB-B断面の平均温度程度となっている。B-B断面の平均温度は、間欠運転による温度変化が少なく維持運転10日以後はほぼ一定となっていることがわかる。

以上の結果から間引き運転よりも間欠運転の方が凍土内の平均温度の変動が少なく、維持運転中の凍土の強度低下が少なくなることがわかる。

4. おわりに

維持運転により凍土の成長速度が抑制できることがわかった。また維持運転の方法により凍土内の温度分布が異なり、間引き運転よりも間欠運転の方が平均温度の上昇が少ないことがわかった。今後は応力解析を実施し、凍土強度の安全率の変化について検討を加えていきたいと考えている。本データが凍結工法の設計の一助となれば幸いである。

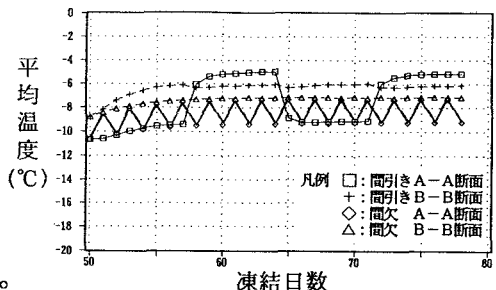


図-8 凍土内平均温度