

Ⅲ－B 246

土留壁の温度解析

日本鉄道建設公団 (正) 丸山 修、(正) 青木 一二三
 (株)複合技術研究所 (正) 堀井 克己
 (財)鉄道総合技術研究所 (正) 館山 勝
 日本鉄道建設公団 (正) 米澤 豊司、(正) 北川 修三

はじめに

従来、切取土留壁は擁壁背面に裏込栗石を施工する形式のものが適用されている。しかし、近年、裏込栗石の入手が困難になっており、これを施工する熟練工が少くなっている。このため、耐震性・耐降雨性にすぐれた新しい形式の土留壁の開発が行われている^{1),2),3)}。しかしながら、寒冷地に土留壁が施工される場合は、凍結・融解の影響が懸念される。そこで、土留壁背面地山の凍結・融解に関する設計・施工上の対策検討上の基礎資料とするために、従来型土留壁をはじめ、排水機能の役割を透水マットで代替させた土留壁について、温度解析（熱伝導解析）を実施し、凍結発生の影響を比較した。

解析対象と条件

温度解析は、従来土留壁（裏込栗石）（ケース1）、壁体のみ（ケース2）、壁体＋鉛直ドレーン（ケース3）の3つの異なるタイプの土留壁を対象に実施した（図1）。温度解析に使用した基礎式は式(1)で与えられる。

$$Q \frac{\partial T}{\partial t} = K \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \right) \quad (1)$$

ここに、 T ：温度、 Q ：熱容量（ $Q = c \rho$ 、 c ：比熱、 ρ ：密度）、 K ：熱伝導係数。

境界条件は次の2種類である。

$$T = T_B \quad (2), \quad K \frac{\partial T}{\partial x} \ell_x + K \frac{\partial T}{\partial y} \ell_y = 0 \quad (3)$$

ここに、式(2)は境界温度条件、 T_B ＝境界温度である。式(3)は断熱条件であり、 ℓ_x, ℓ_y は外向き方向余弦である。

温度解析は有限要素法により行った。

有限要素は壁高中央の水平断面について壁面から水平に20mの範囲を分割した（図2）。

壁厚は40cm、裏込栗石厚は30cmである。ケース1、2は1次元とした。ケース3は、ドレーンの寸法が幅25cm×厚さ5cmで1.5m間隔の配置であるので、その対称性を考慮して幅75cm×20mを2次元要素に分割した。解析に使用する熱物性値は既往の実験式³⁾を用いて設定した。表1に解析に使用した熱物性値を示す。土留壁の施工場所は極寒冷地を考え年平均気温7.8度の外気温を設定した。外気温の変動は日平均気温で与えることとし、年周期の正弦曲線（式(4)）を適用し、温度振幅は寒冷地の平均的な値13℃を仮定した⁴⁾。

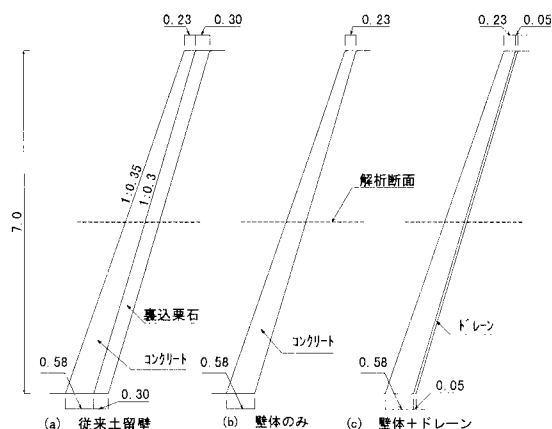


図1 土留壁の断面図（単位m）

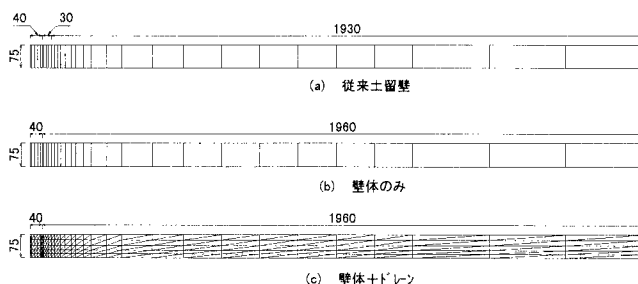


図2 有限要素分割図（a, b: 1D, c: 2D, 単位cm）

土留壁、凍結、地温

〒1710021 東京都豊島区西池袋1-11-1 メトロポリタンプラザビル19階、

日本鉄道建設公団東京支社計画部計画課、TEL 03-5954-5223、FAX 03-5954-5237

$$T(t) = T_m + A_y \sin\left(\frac{2\pi}{364}\right) \quad (4)$$

ここに、 $T(t)$ ：日平均気温、 T_m ：年平均気温、 A_y ：年周期の温度振幅（片振幅）、 t ：時間（日）。よって、この場所の日平均気温の年間最大は 20.8°C 、最小は零下 5.2°C になる。また、気温が零度以下の日数は 107 日、凍結指数は $F=367^{\circ}\text{C}\cdot\text{days}$ である。凍結深さは Aldrich の式⁹⁾より約 86cm を得る。

解析結果

温度解析結果としてケース 1 と 3 の、壁面からの深度毎の地温変化を図 3、4 に示す。期間は初期条件の影響のなくなる 3 年目の 1 年間を示している。ケース 3 の地温変化はドレーン間の中心断面である。

これより、ケース 1 の場合は、裏込栗石背面では最低地温は $+1^{\circ}\text{C}$ になっており、割栗石の断熱効果が大きいことがわかる。一方、ケース 3 では、最低地温が零度になる深度は 1.5m（壁背面から 1.1m）に達している。地温振幅の減衰・位相のずれは、ここには示していないが、土留壁に地山が接する場合と殆ど同じ傾向を示している。ドレーンの配置が局所的であるため、断熱効果はほとんど無いことがわかる。

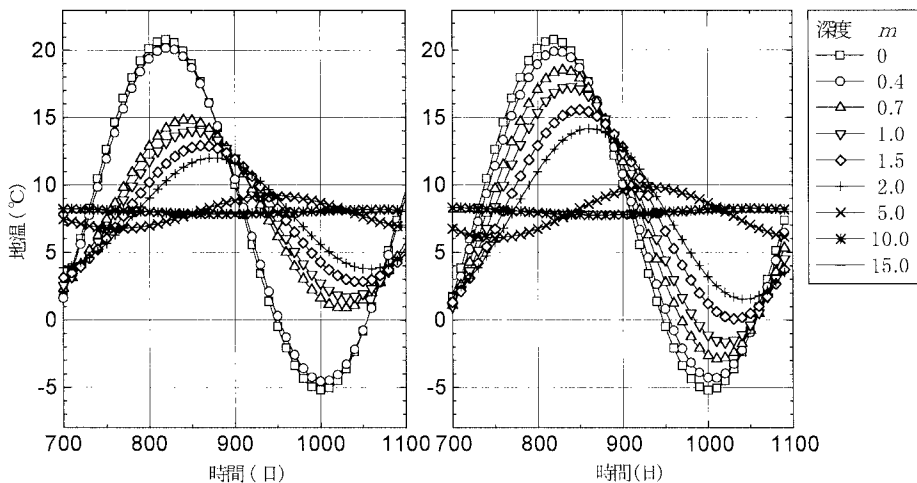


図3 地温の日変化（裏込栗石を有する場合）

図4 地温の日変化（ドレーンを有する場合）

まとめ

土留壁の凍結を検討するために、土留壁形式別に温度解析を行ない、地温分布とその変化状況を算定した。この結果を要約すると次のとおりである。①従来式土留壁の裏込栗石を施工する形式は断熱効果が大きく凍結・融解の問題は小さいと推定される。②土留壁の背面が直接地山に接する裏込栗石を施工しない場合は、深度 1.5m の範囲まで地温が零度以下になるので注意が必要である。③土留壁背面にドレーンを 1.5m ピッチに配置するケースは、全面に裏込栗石がある場合と同等の断熱効果は期待できないので、同様の注意が必要になる。

従って、気温が極端に低い施工場所においては凍結融解に対する配慮が必要と思われる。今後、これらの結果を参考にしながらより合理的な土留壁の構造を提案する予定である。

参考文献 1) 米澤・北川・青木・館山：鉄道における切取補強土留壁の開発(その1)，第32回地盤工学研究発表会，pp. 2481-2842，1997。 2) 米澤・北川・青木・館山・小島・堀井：非自立性地山における土留壁の模型振動実験-破壊挙動と累積変位-，第33回地盤工学研究発表会，1998。 3) 木村・北川・青木・米澤・館山：自立性地山における土留壁の模型振動実験，第33回地盤工学研究発表会，1998。 4) 岡田：鉄道トンネルにおける断熱処理によるつらら防止工法に関する研究，鉄道技術研究報告，No. 1324，鉄道技術研究所，1986.9。 5) 日本道路協会：道路土工 排水工指針，S62.6。