

Ⅲ－B 388

垂直壁裏込め土の凍結シミュレーションにおける気象条件の影響

北見工業大学大学院 学員○宇野 裕教

北見工業大学 正員 鈴木 輝之

北海道寒地住宅都市研究所 月舘 司

岡三興業（株） 安達 謙二

1. まえがき 寒冷地における擁壁の凍上被害とその対策に関する検討は非常に少なく、これらを考慮した設計基準の整備は構造物の高度化・複雑化に対応できていないのが現状である。

筆者らは北見工業大学構内に多数アンカー式補強土壁を試験設置し、4シーズンにわたって裏込め土の凍結状況や壁面への凍結土圧などの動態観測を行ってきた¹⁾。これらの実験結果を一般化して設計に取り込んでいくことを目的として、背面土の凍結面形成のコンピューターシミュレーションを進めている。本報告では、自然条件（風速、陽当たり、気温）の設定がシミュレーション結果に及ぼす影響について、実測値との比較から検討している。

2. シミュレーション手法

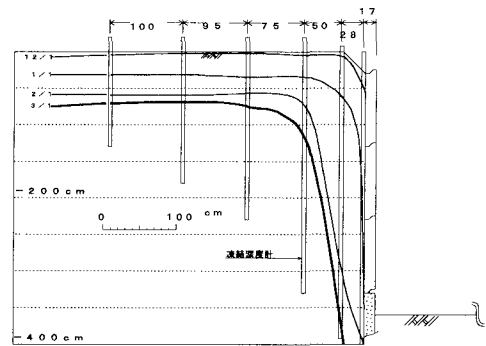
今回使用したシミュレーションプログラムは、凍結潜熱を考慮した2次元非定常熱伝導方程式を差分法を用いて数値計

算するものであり、壁体の形状や断熱材などの設置条件にかなり自由に対応できる。このプログラムでは設定条件として、年間通しての気温、地中温度、風速、壁体材料の物性値（熱伝導率、体積比熱、体積含水率）、日当たりの有無のデータを必要とする。

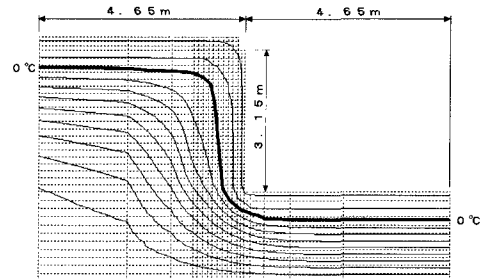
表－1は、今回のシミュレーションで用いた壁体材料の物性値を示す。土の熱伝導率と体積比熱は実測していないので、この種の土で一般的と思われる値を仮定し、体積含水率は、試験壁の凍結前の実測値を使用した。土の凍結温度は土質や含水比などによって異なるが⁴⁾、本プログラム上では0℃付近で凍結し始め、－1℃で完全凍結となるように設定している。

図－1は、試験壁で実測された凍結面形状の例である。また、図－2は、試験壁周辺の1年目の実測気象データ（気温、風速）と表－1の物性値をもとに、図－1の設置断面での凍結シミュレーションを行った結果である。凍結は3月1日で最深となるが、図－1の実測凍結面の形状がよく再現されている事が分かる。また、凍結面の相対的な位置関係は平坦部の凍結深さで代表されることも認められた。以下において、平坦部の最大凍結深さのシミュレーション結果に及ぼす気象条件の影響を検討する。

	熱伝導率 (kcal/mh℃)	体積比熱 (kcal/m ³ ℃)	体積含水率 (%)
コンクリート	1.4	480	0
土	1.5	620	50
断熱材(透水性断熱材)	0.04	8.5	0
断熱材(壁側)	0.034	11.0	0

表－1 シミュレーションで用いた物性値^{1), 2), 3)}

図－1 粘性土区間の凍結面（1年目実測値）



図－2 粘性土区間の凍結面（1年目の3月1日）

凍結、凍結面、コンピューターシミュレーション、擁壁

〒090 北見市公園町165番地 TEL 0157-26-9487

3. 気象条件の影響 図-3は、シミュレーションによって求めた背面土表面（平坦部）の最大凍結深さをに対する、陽当たり条件の設定方法の影響を示している。平坦部の最大凍結深さの計算値は、陽当たり条件の設定方法の影響をほとんど受けて、さらに実測値にほぼ等しくなっていることが分かる。

図-4は、最大凍結深さの実測値と、風速の設定条件（実測した風速、0 m/s、5 m/s、10 m/s）を変えた時のシミュレーション値を示している。風速が 5 m/s 以上になると凍結深さは大きくなる傾向がある。しかし、年平均 10 m/s 以上の風が常時吹くという、一般的にはあまりない条件まで設定しても、それが最大凍結深さに影響する範囲は高々 10 cm 程度であることも分かる。

図-5は、凍結指数と凍結深さの関係を示している。このシミュレーションでは、風速 0 m/s、陽当たり有りとして設定した。最大凍結深さの実測値とシミュレーション値の年毎の差は、2 ～ 10 cm 程度認められるが、実用的には最大凍結深さと凍結指数の間には直線関係が成立すると見なしても良さそうである。

4. まとめ 凍結面の形状と平坦部の凍結深さの実測値はシミュレーションによって良く再現できることが分かった。また、シミュレーションにおける気象条件の入力情報（陽当たり、風速、気温）は簡略化できる事が確認できた。今後、シミュレーションを一般化するためには、壁体材料の物性値（熱伝導率、体積比熱、体積含水率）、土中温度の影響を検討する事が必要である。最終的には平坦部の凍結深さを推定し、それを基準とした凍結面位置の決定方法を完成させ、凍上対策の設計指針の作成に結び付けていきたい。

参考文献 1) 宇野 裕教、鈴木 輝之、沢田 正剛、山下 聡、上野 邦行、安達 謙二；多数アンカー式補強土壁の凍結土圧：第3 2回地盤工学研究発表会 pp.1185、1997、2) Seigo Sawada & Taketoshi Ohno；Laboratory studies on thermal conductivity of clay,silt and sand in frozen and unfrozen states：Fourth

international Symposium on Grond Freeing /Sapporo/5-7 August 1985 pp.53、3) 土質工学会；土質基礎工学ライブラリー（23）土の凍結—その理論と実際—、4) 沢田 正剛、鈴木 輝之、小松 大人；土の凍結温度に関する室内実験：1994年日本雪氷学会全国大会 講演予稿集 pp.54

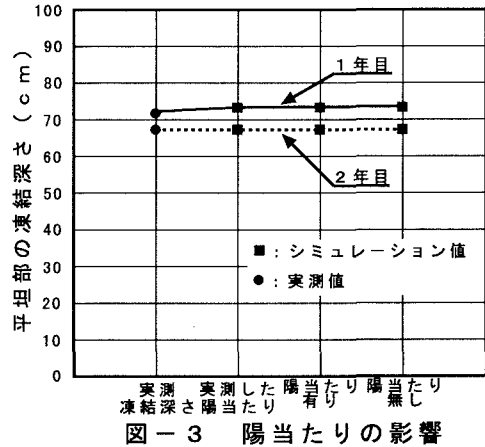


図-3 陽当たりの影響

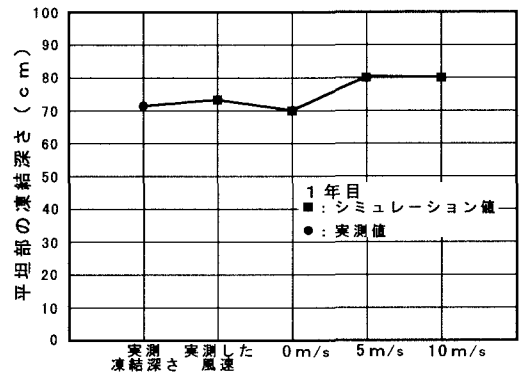


図-4 風速の影響

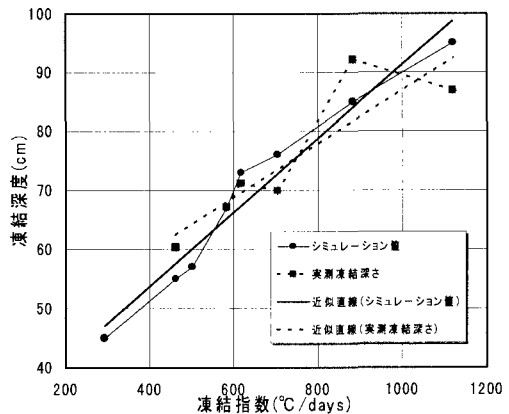


図-5 凍結指数と凍結深さ