

解説

凍結工法の概要 および施工例

おくら ひろし
小 浩

(株)精研
凍結本部技術設計部

1 工法の概要

凍結工法は、地盤を冷却し地中の水を氷に変えることで、完全な遮水壁と高強度の土留壁を地中に均質に造成する地盤改良工法である。

日本における凍結工法は、1962年の初施工から都市土木の補助工法としての発展を遂げ、都市の上下水道、地下鉄、電力、通信、共同溝、地下河川、地下高速道路などの建設で用いられ¹⁾、今日までに600余件の施工実績がある。

本編では、凍結工法の原理、特徴、設計手法、施工事例について解説する。

2 凍結工法の原理と施工方法など

2.1 凍結工法の原理

地盤温度を0℃以下にすることで、地下水位面以下の地中に元々存在する間隙水を氷に相変化させることにより、地盤は完全な遮水性と高強度の土留壁となる。

施工方法は、図-1に示すように、凍結管を地中に埋設し、管中に凍結ユニットで冷却される-20～-35℃のブラインを循環し、連続する凍土壁を造成する。

2.2 凍結工法の特徴

凍結工法には、下記のように、他の地盤改良工法にはない特徴がある。

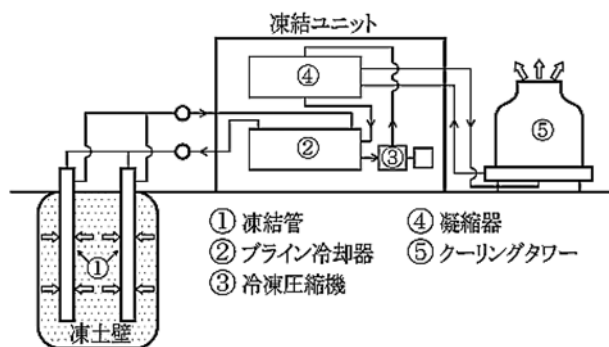


図-1 凍結工法の模式図

①完全遮水

氷は水を通さないため、凍土は完全な遮水壁となる。²⁾

②高強度

高強度な氷で土粒子を結合するため、凍土は高強度壁を形成する。

③均質性

熱は温度の高い方から低い方に自然に移動する。このため、凍土造成過程で凍土壁内に局所的な温度むらがあっても、時間経過により温度むらは少なくなり、改良むらがない。

④改良効果の判定

地盤改良効果は、計測が容易な地盤温度計測により現地で判定できる。

⑤周辺への影響(変位・応力)

粘性土では凍結する際に凍結膨張し、地表面や埋設物の隆起(凍上)や地中構造物への付加応力(凍結膨張圧)を与える場合がある。また、軟弱な粘性土では、解凍後に凍結前と比べ収縮する場合もある。十分な事前検討を行い、必要な場合には対策を計画する。

⑥地下水流の影響

地下水流が大きいと、凍土造成が遅くなったり、極端な場合には凍土が連続しないことも起こりえるので、対策が必要になる。

2.3 適用地盤

凍結管が埋設できる地盤であれば、全ての地盤・土質に適用可能であり、地盤の深さや固さの制約もない。なお、前述したように、凍上性が顕著な粘性地盤や地下水流が大きい場合には、事前検討に基づく対策が必要となる。

3 凍土の設計

3.1 凍土設計の流れ

凍土壁の設計にあつては、工事全体計画に基づき施工目的、立地環境条件、地盤条件、工期などを総合的に検討し、安全かつ経済的な計画をたてる必要がある。設計フローを図-2に示す。

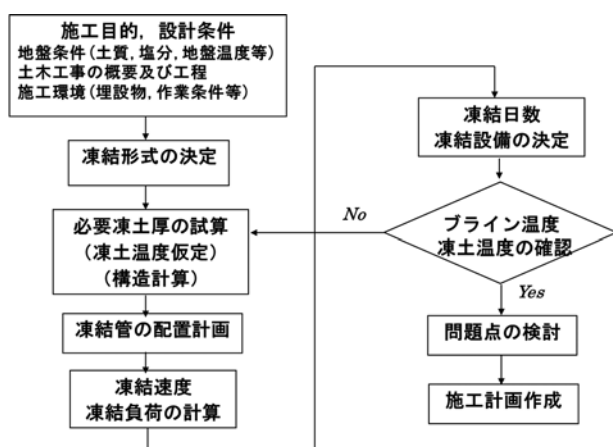


図-2 凍土設計フロー

3.2 凍土の設計基準強度

凍土の設計基準強度は、高志ら^{3) 4)}によって系統的行われた砂凍土および粘性土凍土の一軸圧縮試験結果を基に設定している。

凍土の一軸圧縮強さは、一軸圧縮強さと温度の関係(図-3)、一軸圧縮強さと塩分濃度の関係(図-4)が示すように、砂・粘土の土質の違い、凍土温度、塩分の有無により一軸圧縮強さは大きく影響を受ける。これら凍土の強度特性を踏まえ設計基準強度の設定にあたっては、飽和土を対象として凍結対象土質を砂質土と粘性土に大別して、凍土温度・塩分濃度により設計基準強度を設定している。砂凍土においては細粒分含有量、塩分の含有で一軸圧縮強さが大きく変わる(図-4)ため、粘土凍土の強度の1.5倍の値を塩分非含有の砂質土凍土の圧縮設計基準強度としている。

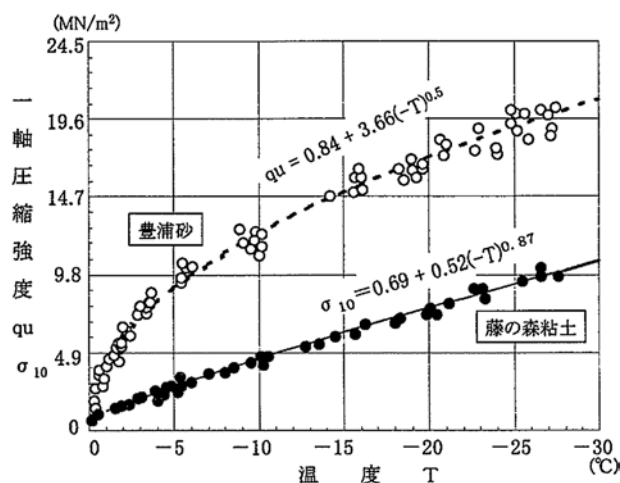


図-3 一軸圧縮強さと温度の関係

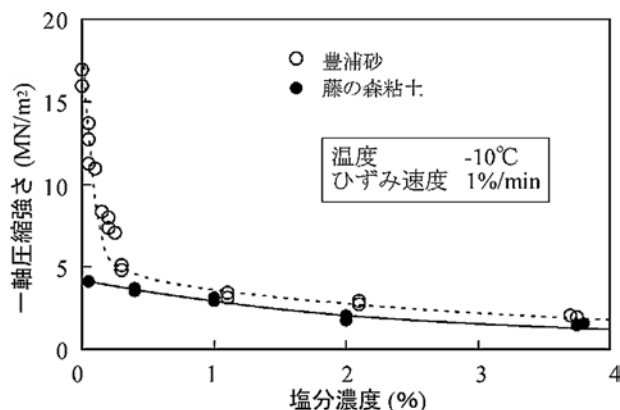


図-4 一軸圧縮強さと塩分濃度の関係³⁾