

# 地盤凍結工法の設計および 施工に関する共同研究

## 1. 研究の背景と目的

地盤凍結工法は、人工的に地中の間隙水を凍結させて遮水性または耐力性のある仮壁を築造し、その中で安全確実に工事を進めることを目的とした補助工法である。

この工法の特徴は、①地下水を汚染しない、②完全な遮水性を持っている、③密着性がある、④復元性がある、等が挙げられ、東京都下水道局では毎年1～2件施工してきた。

しかし、1962年に大阪府守口市において最初に施工されて以来、本工法に係る設計・施工管理等の基準・指針はいまだに整備されていないに等しい。

下水道事業のうちシールド工事の今後の施工環境をみると、都市域での施工においては、立坑用地の取得難による工事の長距離化、輻輳する地下埋設物による大深度化が、ますます進むことが考えられる。

このような環境下で安全確実に施工を行うためには、補助工法としての地盤凍結工法の必要性が、今後も高まるものと思われる。現に、今まで実施された地盤凍結工法の工事实績のうち、下水道工事関連が多数を占めている。

このような状況を踏まえて、本共同研究は地盤凍結工法に係る種々の調査を実施し、本工法の設計・施工に係るマニュアルの作成を行ったものである。

## 2. 研究体制

本研究は、東京都下水道局と本機構との共同で実施した。

## 3. 研究成果

作成したマニュアルの構成および主な内容は次のとおりである。

### 3.1 マニュアルの構成

マニュアル（下水道に関する地盤凍結工法の設計・施工マニュアル）の構成を表-1に示す。

表-1 マニュアルの構成

- |                    |
|--------------------|
| 1. 総則              |
| 1.1 指針の範囲          |
| 1.2 用語の定義          |
| 2. 計画              |
| 2.1 一般             |
| 2.2 工事計画           |
| 2.3 施工設備計画         |
| 2.4 地盤凍結工法の計画上の留意点 |
| 3. 調査・試験           |
| 3.1 一般             |
| 3.2 調査             |
| 3.3 凍土・未凍結土の力学特性試験 |
| 3.4 凍土・未凍結土の熱特性試験  |
| 3.5 凍上および解凍沈下試験    |
| 3.6 地下水流調査試験       |
| 4. 地盤凍結工法の設計       |
| 4.1 一般             |
| 4.2 地盤凍結工法の設計手順    |
| 4.3 地盤凍結の理論        |

- 4.4 凍結範囲
- 4.5 熱負荷の計算
- 4.6 凍上と解凍沈下の予測
- 4.7 地下水流の影響予測
- 4.8 地下水流対策
- 5. 施工
  - 5.1 施工計画
  - 5.2 地盤凍結工
  - 5.3 凍土の掘削と掘削土処理
  - 5.4 近接構造物への対応策
  - 5.5 施工設備の騒音対策
- 6. 施工管理
  - 6.1 一般管理
  - 6.2 施工管理
- 7. 計測・観察
  - 7.1 計測・観察の目的
  - 7.2 計測・観察計画
  - 7.3 計測管理
  - 7.4 計測結果の集積
- 8. 安全衛生管理
  - 8.1 安全衛生管理一般
  - 8.2 作業環境の確保
  - 8.3 健康管理
  - 8.4 緊急時の処置

表-2 試験・調査項目

調査の種別	予備調査		本調査	
	資料調査	踏査	現地調査・試験	室内調査・試験
目的	①地形・地質、地層構成の概要 ②問題となる地質の予測 ③以後の本調査の資料		①地質図の作成 ②精密調査の資料	①凍土の設計 (凍結範囲、位置) ②周辺構造物の変状防止 対策の検討
主な手法	既存資料の収集整理	現地踏査による観察	ボーリング調査	土質試験、特殊試験
調査項目	①地図類調査 ・地形図 ・地質図 ・地盤図 ②調査・観測 ・土質調査 ・井戸、地下水の有無 ③過去の施工事例調査 ・周辺環境の調査 (地上構造物、規制等)	①地形・地質の観察※ ②地形の変化 ③地下水の有無 ④地下水の塩分濃度	①標準貫入試験※ ②試料採取※ ③地下水位※ ④地下水流量調査	①土質試験 ・物理特性試験※ ・力学特性試験※ ・熱特性試験 ②凍土の力学試験 ③凍結膨張試験、 解凍沈下試験 ④地下水の塩分濃度試験 ⑤地下水の水質調査

(注) ※印は土質関連の調査試験として一般的に行われている項目である。

### 3.2 総則

指針の適用範囲は下水道工事に関するものとし、工法はブライン方式とした。また、用語の定義についても触れた。

### 3.3 計画

ここでは、地盤凍結工法の実施にあたって、その計画全般と留意事項について記述した。

### 3.4 調査・試験

地盤凍結工法は一般に工事費が割高になりがちなので、安全で経済的な設計ができ、かつ、周辺構造物への影響防止が検討できるように、地形、地質、地下水流、周辺環境および支障物件などの諸条件を把握し、的確な判断を行うために必要な調査と試験を実施しなければならない。

ここで実施すべき試験・調査項目を表-2に示す。

### 3.5 地盤凍結工法の設計

設計にあたって、凍結工事の目的が十分に達成できるように土質条件、施工条件を考慮した凍結方式、凍結範囲および熱負荷の計算等について記述した。図-1に地盤凍結工法の設計フローを、表-3に凍結形式と理論計算法を、図-2に熱負荷計算の手順を示す。

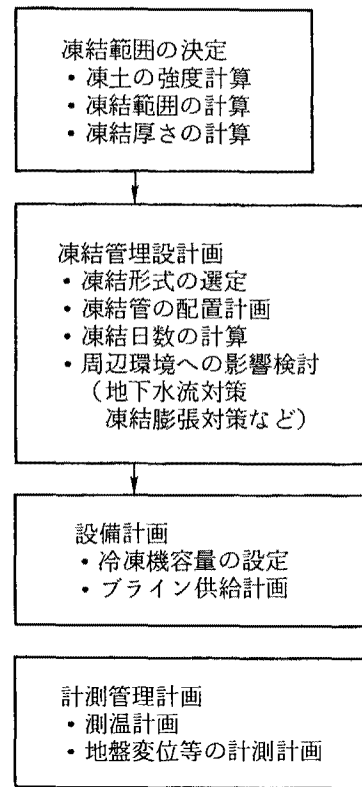


図-1 地盤凍結工法の設計フロー

表-3 凍結形式と理論計算法

凍結形式	設計手法		適用例
	理論式	数値解析	
平板凍結	平板理論式	有限要素法	断熱凍結板、セグメント凍結板
単管凍結	単管理論式		管列凍結の両端部の凍土
管列凍結	単管+平板理論式		通常の凍結工事

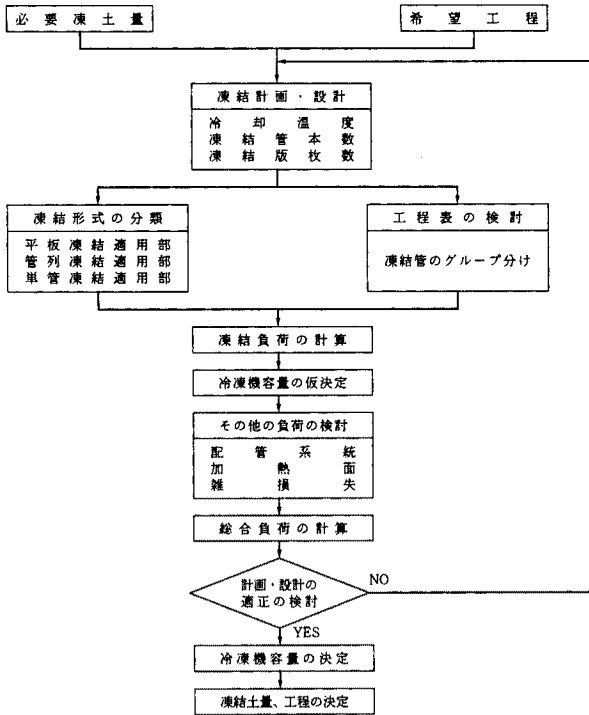


図-2 熱負荷計算の手順

### 3.6 施工

ここでは、施工条件、工期、周辺環境などに適した施工法や機械設備、近接構造物への対応策等についてまとめた。

図-3 に標準的な施工順序を示す。

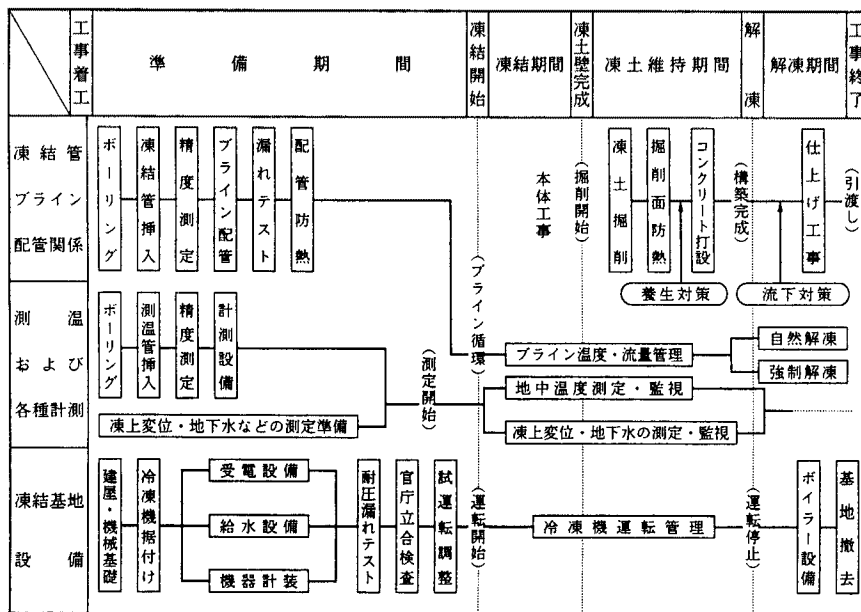


図-3 標準的な施工順序

### 3.7 施工管理

施工管理に必要な事項および留意点等について記述した。

### 3.8 計測・観察

地盤凍結工事の効果や安全性を確認するだけでなく、地盤の凍結が周辺の構造物に与える影響も把握するために、計測や観察を実施しなければならない。

また、工事中の計測・観察を通じて、その結果を速やかに設計・施工へフィードバックすることが大事である。そのために必要な計測・観察計画、計測管理およびデータの集積等について記述した。表-4 に計測結果に対する注意レベルと計測管理値の一例を、図-4 に計測管理の流れを示す。

表-4 注意レベルと計測管理値の一例

注意レベル	状態	計測管理値	支保部材の状態
レベルⅠ	安定	注意管理値	支保部材や構造物としての安全性に問題がないレベル。
レベルⅡ	注意	異常管理値	支保部材や構造物として安全性に問題がないものの、そろそろ注意が必要なレベル。
レベルⅢ	異常	限界管理値	支保部材や構造物として安全性に問題がないものの、そろそろ限界管理値に近づきつつあり、何らかの対策工や補強が必要レベル。
レベルⅣ	限界		支保部材や構造物は、限界状態にあるため、至急補強するとともに、ここに至ることとなった施工と設計全体にわたって見直しをする必要があるレベル。

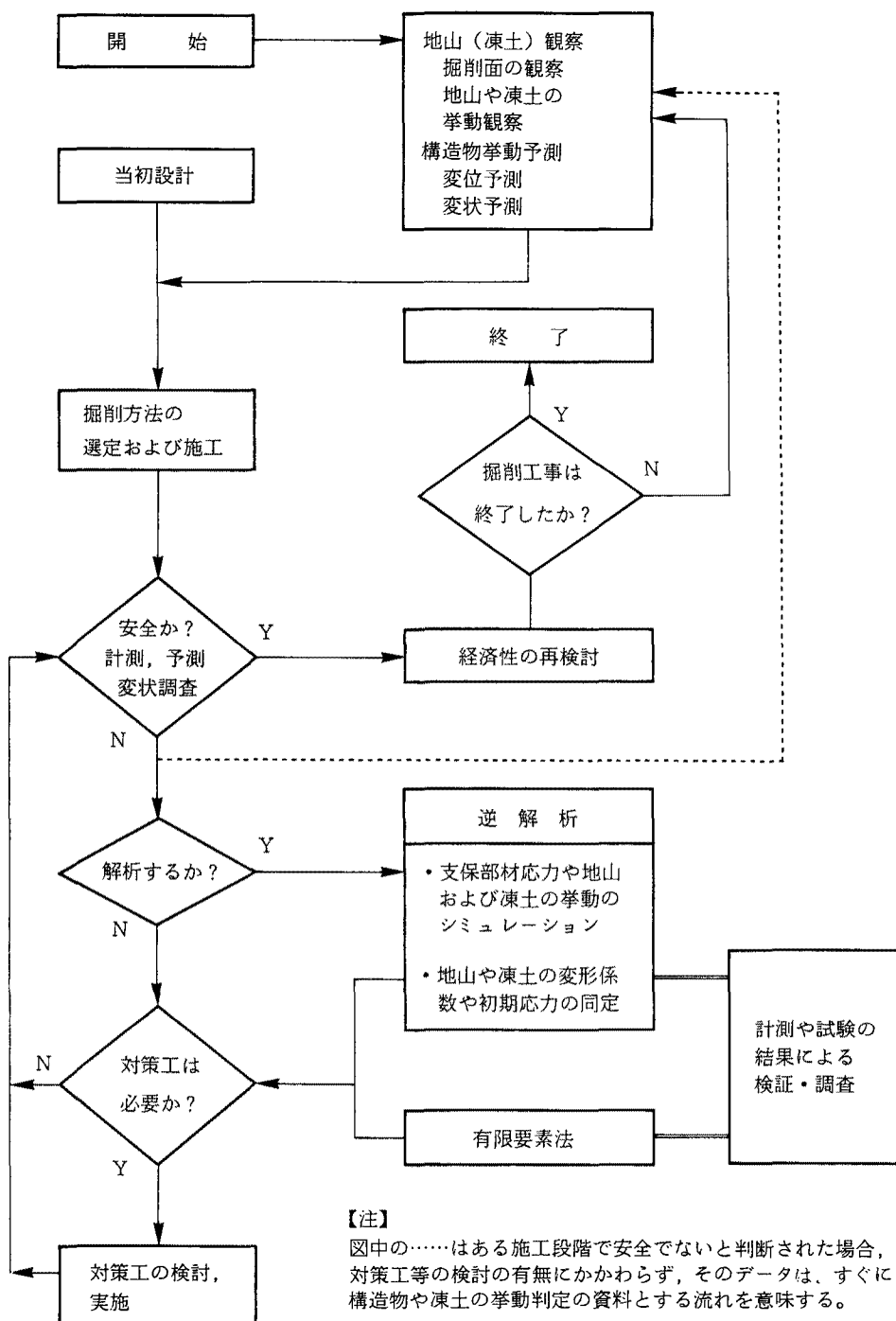


図-4 計測管理の流れ

### 3.9 安全衛生管理

地盤凍結工事は、一般的には、地下の坑内で行われることが多く、かつ大部分が狭隘な場所での作業である。また、低温下の作業でもあるため、その環境が不良になりやすい。

このような状況下での対応策等について記述した。

### 4. 今後の課題

策定したマニュアルを今後広く活用・普及させるためには、下記の課題のクリアが必要と思われる。

- ① マニュアルの簡便化
- ② 積算基準（歩掛り）の作成

#### 4.1 マニュアルの簡便化

本マニュアルに実現場の設計例あるいはモデル設計を記載し、比較的経験の浅い技術者でも、それを参考にして容易に設計できるように簡便化を図ることが必要である。

#### 4.2 積算基準（歩掛り）の作成

地盤凍結工法の工費の算出にあたって、現状のように見積もりだけによるものでなく、その算出根拠となる積算基準（歩掛り）の作成が望まれる。

## 5. おわりに

地盤凍結工法を採用するにあたっては、基準とすべき指針・マニュアル等が整備されていない現状から、本マニュアルが策定されたことで、携わる技術者の一助になればと期待するものである。

〔参考文献〕

- 「地盤凍結工法指針（案）」建設省土木研究所土研資料第1540号，1980
- 「地盤凍結工法一計画・設計から施工まで一」日本建設機械化協会，技報堂，1982
- 「土の凍結一その制御と応用一」土質工学会，1982

---

● この調査に関する問い合わせは

研究第二部長

藤田 昌一

技術部次長

鈴木 茂

研究第二部主任研究員

山下 順市

研究第二部主任研究員

伊藤 紀夫