

VI-103 都市部における凍結工法の設計・施工について

東京電力株式会社 正会員 岡田 仁 伊藤 浩史
清水建設株式会社 内江 正樹 内田 康彦

1. 概 説

都市部において地盤凍結工法を用いる場合には、地盤の凍結膨張による周辺構造物への影響が懸念される。このため影響を事前に予測して適切な影響防止対策を講じるとともに、施工においては綿密な計測管理を行うことが肝要である。

本報告は、高層建築物等が近接する都市部における既設シールド洞道への連系立坑の築造工事にあたり採用した凍結工法の設計と施工について報告するものである。

2. 工事概要

本工事は、中央区月島において新設マンホールと既設シールドの連系立坑を築造するものである。このためのPCウェル内からの地中切掘げに際し、高水圧、大深度での信頼性の高い補助工法である地盤凍結工法を採用した。

工事概要(掘削終了時の状態)及び本文中にデータを記載した計測点(一部)を図-1、2に示す。

全体の施工フローは、〔凍土造成→PCウェル内水抜き→凍土掘削→躯体構築→凍土解冻〕である。掘削部は、シルト層を挟在するN値40以上の砂層である。山止めは、一部にRC連壁を併用する他は凍土の自立式とした。本工事箇所は高層建築物に挟まれており、それらに凍結膨張の悪影響を与えないように設計し、計測管理しながら慎重に施工を行った。

3. 設計及び計測管理概要

近接構造物への凍結の影響は、FEM解析等により事前評価を行った。そしてこの結果を基に影響防止策を定め、計測管理施工を行った。以下に主要な項目について報告する。

《近接高層建築物の基礎杭及びRC連壁》 本工事では基礎杭が近接しているために、RC連壁山止めを併用して凍結領域を縮小した。さらにRC連壁外側に加熱管列を設置し、必要以上の凍土の成長を抑制した。RC連壁への影響は凍結管配置等を考慮するとともに、凍土造成過程において、予想される凍結膨張変位を吸収するためにRC連壁内側の地山抜取りを実施した。また解冻時には地山抜取り量に相当する薬液注入を行い、地盤の緩みを防止した。これらを管理するにあたり、固定式傾斜計による地盤内水平変位計測

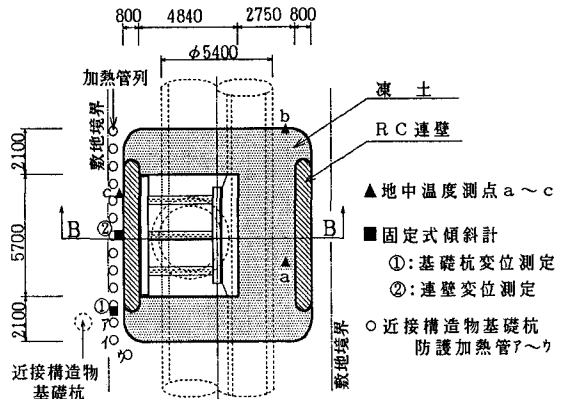


図-1 工事概要平面図(A-A断面)

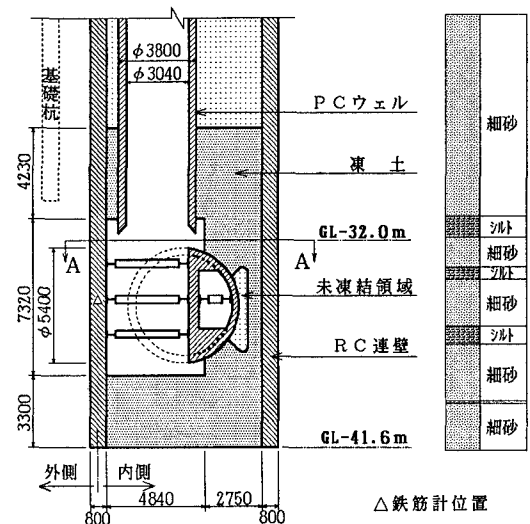


図-2 工事概要断面図(B-B断面)

及びRC連壁内鉄筋の応力計測を行った。

《既設シールドトンネル》凍結膨張時の増加圧力を軽減するために、未凍結領域(図-2)を設けて過剰間隙水圧分の地下水をトンネル内に放出するとともに、トンネル内より地山拔取りを実施した。これを管理するにあたっては、鋼製セグメントの主桁のひずみとリング間接続ボルトの軸力を計測した。

4. 計測結果

施工中の地盤内温度(図-1▲)を図-3に、近接建築物の基礎杭前面の地中変位(図-1■①)を図-4に経時変化で

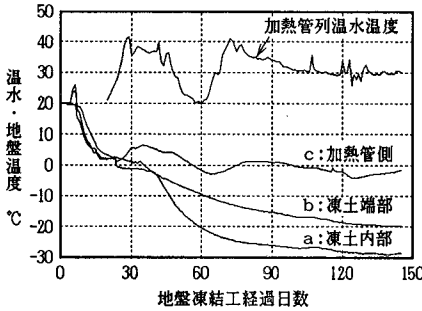


図-3 GL-32.0mにおける地盤内温度

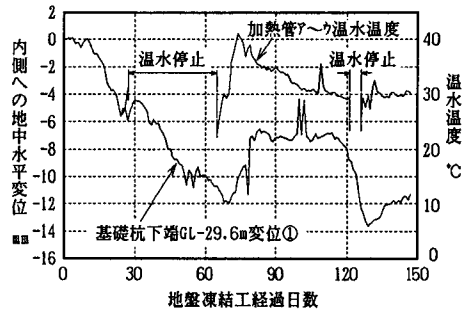


図-4 加熱管温度と基礎杭の変位

示される通り、温水温度と地盤内温度及び基礎杭の変位がよく対応しており、加熱管によって凍土の成長及び水平膨張を有効に制御できた。

図-5は掘削前(凍結開始60日目)における基礎杭とRC連壁(図-1■②)の地盤内水平変位である。この計測結果をもとにした逆解析により、RC連壁の最大曲げがほぼ鉄筋計位置(図-2△)において生じていることを確認し、鉄筋応力によりRC連壁の健全度を評価した。また図-5中の水平変位①②の差が、RC連壁の内側地山を抜取った効果を示している。

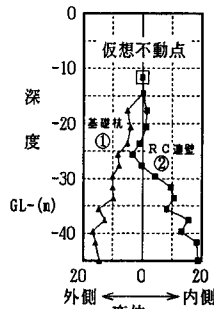


図-5 掘削前の地中変位

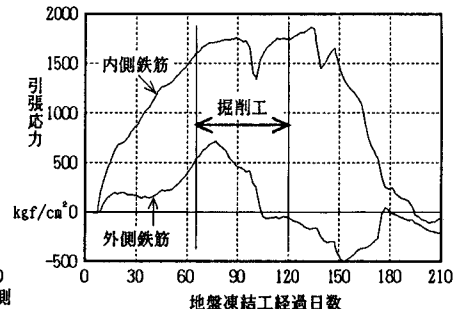


図-6 鉄筋応力の経時変化

RC連壁内の鉄筋応力(図-2△)は図-6に経時変化で示す通り、凍結工開始後から内側、外側ともに引張応力が発生した。図-7は外側鉄筋についての掘削前における応力と温度の相関関係を示す。この引張応力は、温度応力以外にも凍土の鉛直膨張による応力(凍結開始17日目頃以降に顕著)があり、掘削開始前に予想以上の値に達して掘削中の挙動が憂慮された。しかしながら、掘削範囲が小さかったために地盤のアーチ作用が働いたこと、掘削に伴いRC連壁と凍土の付着が絶たれたこと等により、以後の掘削中の応力増加は僅かであった。

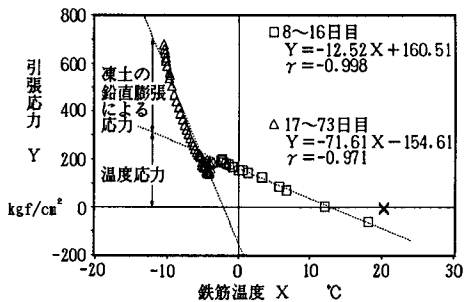


図-7 外側鉄筋の温度と応力

5. まとめ

当工事は過密地域での凍結工事であったが、事前影響予測と計測管理により無事に工事を完了することができた。今回の計測結果より、以下の事項が明らかになった。

- ・加熱管は凍結範囲の制御のみならず、凍土の膨張量も有効に管理・制御できる。
 - ・地山拔取り工により、凍土の水平方向膨張の影響を有効に制御できる。
 - ・RC連壁を凍結工法に用いる場合には、温度応力及び凍土の鉛直膨張による応力を考慮する必要がある。
- なお、この施工実績を生かして、現在新たな凍結工法を設計・施工中である。