

供用しながらの耐震改修工事に凍結工法初適用 その2 ー凍結改良範囲と建物レベル変位管理ー

大成建設(株) 東北支店建築部

町田 勲

大成建設(株) 建築本部

矢島 清志

(株)精研 凍結本部

正会員

○大館 良吉

(株)精研 凍結本部

正会員

小椋 浩

1. はじめに

前報では、不飽和凍土の設計圧縮強度と確認方法について報告した。本報では、建物支持のため基礎下フーチング下部に造成した凍土壁と地盤凍結による建物の凍上・沈下について報告する。

2. 凍土壁造成と掘削方法

仙台高等地方簡易裁判所における耐震改修工事¹⁾が、免震レトロフィット工法によって行われた(図1)。その際、フーチング基礎直下の脆弱な地盤を掘削し、基礎と支持地盤とを接続するために、直下地盤の一部に地盤凍結工法を採用した。凍土は、掘削開始から仮受支柱が設置されるまでの期間で基礎の荷重を受け持つことになった。

前報の通り、脆弱地盤である軽石凝灰岩を凍結した時の一軸圧縮強度 q_u を 6.0 MN/m^2 と設定し、建物基礎にかかる各通りの軸力に対する必要凍土厚を算出すると表1となった。凍土は基礎芯から半分の幅 1.8m 、深さは軽石凝灰岩のある約 2.5m 造成して建物の荷重を支持しながら、もう半分を掘削して仮受支柱に置き換える方法を採用した。

表1 各通りの負担すべき荷重と必要凍土幅

通り番号	軸力: P (kN)	必要凍土幅: t (m)
①	5,064	0.70
②	7,102	0.99
③	6,517	0.91
④	6,228	0.87
⑤	11,811	1.64
⑥	11,557	1.61
⑦	10,493	1.46
⑧	10,394	1.44
⑨	12,155	1.69
⑩	11,385	1.58
⑪	11,224	1.56
⑫	10,178	1.41
⑬	9,136	1.27

※各通りの造成凍土厚は 1.8m に統一した。

建物の柱は、図1のように西側から東側に13分割できる。各通り毎に凍土を造成した後、仮受支柱を設置する箇所を掘削し、仮受支柱を設置した。

凍結運転は凍土幅 1.8m 造成するのに必要な45日前に開始し、①通りから順に④通りまで仮受支柱で建物基礎を支持したところで、反対側の⑬通りから⑤通りまで降順に掘削・仮受支柱設置を行った。

3. フーチングの凍上変位予測

計画当初の凍結対象地盤は、軽石凝灰岩のみで凍上変位予測は 2.4mm と変位量は小さく、凍結工法を採用しても問題なく施工できると判断された。しかし、工事着手後に現地地盤を掘削したところ、

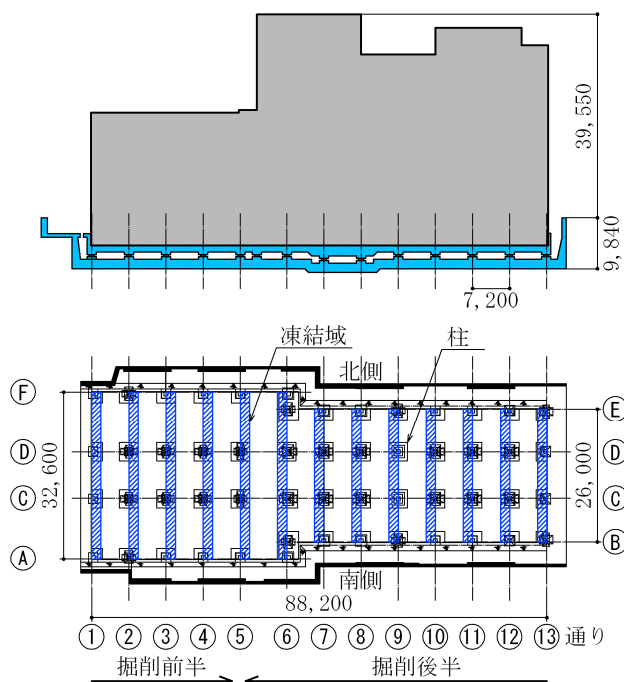


図1 建物断面図及び平面図

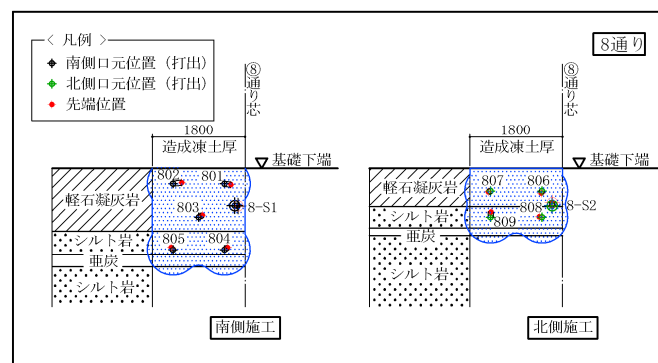


図2 埋設管計画と実施工位置

キーワード 免震レトロフィット, 地盤凍結工法, 建物凍上変位, 凍土

〒112-0002 東京都文京区小石川 1-15-17 TEL.(03)5689-2351 FAX.(03)5689-2361

図2に示すように軽石凝灰岩下の凝灰質シルト岩に亜炭が介在する地層があることが判明した。

このため、改良範囲が亜炭まで広がり、凝灰質シルト岩の一部が凍結範囲に含まれることから再度凍上変位予測を行なったところ、無対策では35mm程度変位することが分かった。

4. 凍土造成と掘削によるフーチングの変位実測

建物のレベル変位管理は、主に電子レベルによる自動計測とした。凍土造成・維持管理中の建物のレベル変位管理は、各通りのレベル変位量だけで判断するのではなく、隣接する通りのスパン間変位を勘案して判断した。本工事のスパン間の管理値は表2であった。

表2 スパン間の管理値

	変位	レベル差
目標管理値	$\frac{1}{3000}$	7.2mの場合2.4mm 9.0mの場合3.0mm
限界管理値	$\frac{1}{2000}$	7.2mの場合3.6mm 9.0mの場合4.5mm

13分割した各通りの計測データの内、ここでは例として⑧通りの凍結運転前後の測定結果を報告する。⑧通りの凍結運転開始時の現場状況と凍結管測温管の配置図及び凍土造成完了時の凍土壁の出来形を図2で示す。

⑧通り建物レベル変位経時変化図は、⑨通り造成開始時から⑧通り運転全般、そして⑦通り運転停止までの期間では、図3になった。

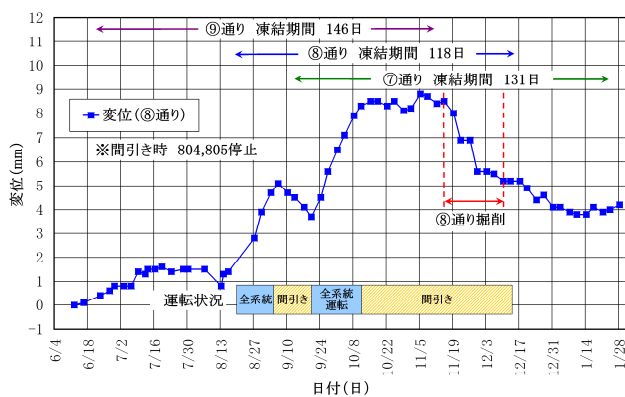


図3 ⑧通り建物レベル変位経時変化

⑧通りの変位は、⑨通りの凍土造成による影響で1.5mm程度上がったことが分かる。建物の剛性により隣の⑧通りもつられて上がったと思われる。⑧通りは、⑨通り運転開始から70日後(8/18)に運転を開始した。初期は全本数の運転であったが、造成の途中で⑦通りとのスパン間変位が限界管理値3.6mmに接近した(図4)ため、この対策として9月6日から⑧通りのシルト岩にかかる2本の凍結運転を停止(これを「間引き運

転」という)させ、9月15日から⑦通りの造成運転を行うことでスパン間変位の縮小を図った。その結果、14日後(9/24)にスパン間の差は目標管理値内に収めることが出来た(図5)。

その後、⑧通りはスパン間の差に留意しながら全系統運転と間引き運転を行なうことで、凍上変位量を9mm以下に抑えることが出来た。

今迄のレトロフィットは現状のレベルを保ったまま変位をさせない様に制御することが多かったが、今回のように計画的に凍上させてから仮受支柱に組み込んだジャッキにて沈下量を調整して収束させたことは初めての試みであった。

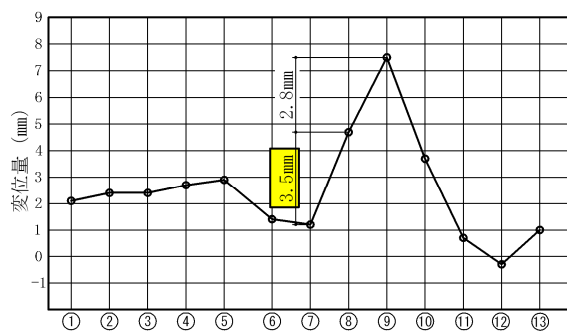


図4 建物レベル変位分布 (9/10)

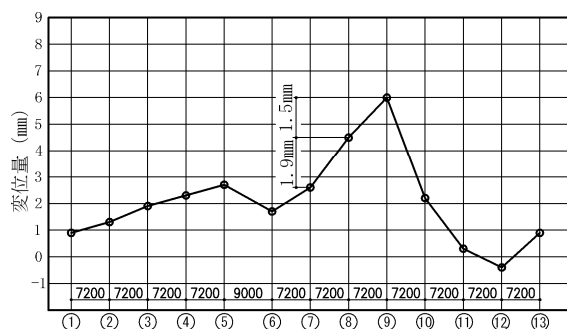


図5 建物レベル変位分布 (9/24)

5. まとめ

本工事では、建物へ影響を与えることなく、建物基礎の凍上変位量を最大9mm以下でかつ、隣接する通りのスパン間変位を限界管理値で抑える凍土制御を行なうことができた。建物基礎下の地盤を全て取り除いて仮受支柱で支え、マッドスラブ打設、免震装置設置までの免震改修工事は、免震装置の圧縮等を合わせても工事着手前の建物レベルから-2~±0mm程度に収めることができた。

凍結工法は凍結対象地盤により、土の膨張及び収縮という欠点はあるが、本報にて報告した掘削手順と凍土運転制御することで、供用しながらの免震改修工事を安全かつ確実な施工ができた。

文献 1) 町田他(2016):建築学会 地盤凍結工法を適用した直接基礎建物の基礎下免震レトロフィット工事に関する事例報告その1~その6