

有楽町線豊洲駅における地下構築物の 改良方法について

ABOUT THE IMPROVEMENT METHOD OF THE UNDERGROUND STRUCTURE IN THE YURAKUCHO LINE TOYUSU

沼澤 憲二郎^{1*}・平野 隆²・一寸木朋也³

The improvement engineering works for Toyosu Station of Yurakucho Line is project which handle the increasing passengers according to remarkable development of the apartments, office buildings, university, commercial establishments as the business and residence district at around Toyosu Station in recent years. The construction method of perpendicular type multi-class peak substitute is removal the steel pipe pillar and substitute as the wall structure for install the escalators and stairs in the steel pipe pillar structure portion at project area. Therefore, calculating the amount of pre loads and measuring a structure so that the project is completed with few displacement of the structure.

Key Words : *Perpendicular type peak substitute, Large-scale structure, Subway*

1. はじめに

東京メトロは，現在総延長約 195 km の営業線をかかえ，一日平均約 636 万人を都内中心に旅客輸送を担っている．昨今特区などの規制緩和により都内でも数々の再開発プロジェクトが計画され，特に湾岸地域である豊洲地区は各種のプロジェクトが実施されている．その中で当社の和光市から新木場間を結ぶ有楽町線が通るこの地区は大規模な工場跡地に官民一体となって職住を含む大規模プロジェクトが一部完成しつつ行われている．

完成後は 60 ha の敷地に 10ヶ所の商業ビルおよびマンションと 9ヶ所の商業・教育施設等，就業人口 33,000 人，居住人口 22,000 人のビッグプロジェクトである．図-1 に計画概要を示す．

そこでこの地区で唯一の大量交通手段となる有楽町線豊洲駅は，周辺の再開発事業の開始直後から平成 17 年から 5 年間で 1 日乗降人員が約 58,000 人から約 130,000 人と急増し，現在も増え続けている．平成 28 年ごろには 190,000 人まで増加するとみられている．このため，現在のホームから改札口への昇降設備および改札口周辺のコンコース等のキャパシティが限界に近く，将来的にも対応が困難となる恐れがある．ま

たそれらの改良に伴う空調などの設備および施設不足も発生するため，旅客サービスの低下を避けるべく地上および再開発ビルへの直結出入口の増設を含め全面的に駅を改良することとした．

そこで，地下鉄駅構内の改良工事において既存構築の構造フレームの改良・変更方法の施工例として報告するものである．

2. 改良計画

地下 3 階構造である駅構内の最適な旅客流動の観点から改良点は下記による．図-2 に改良概要¹⁾を示す．

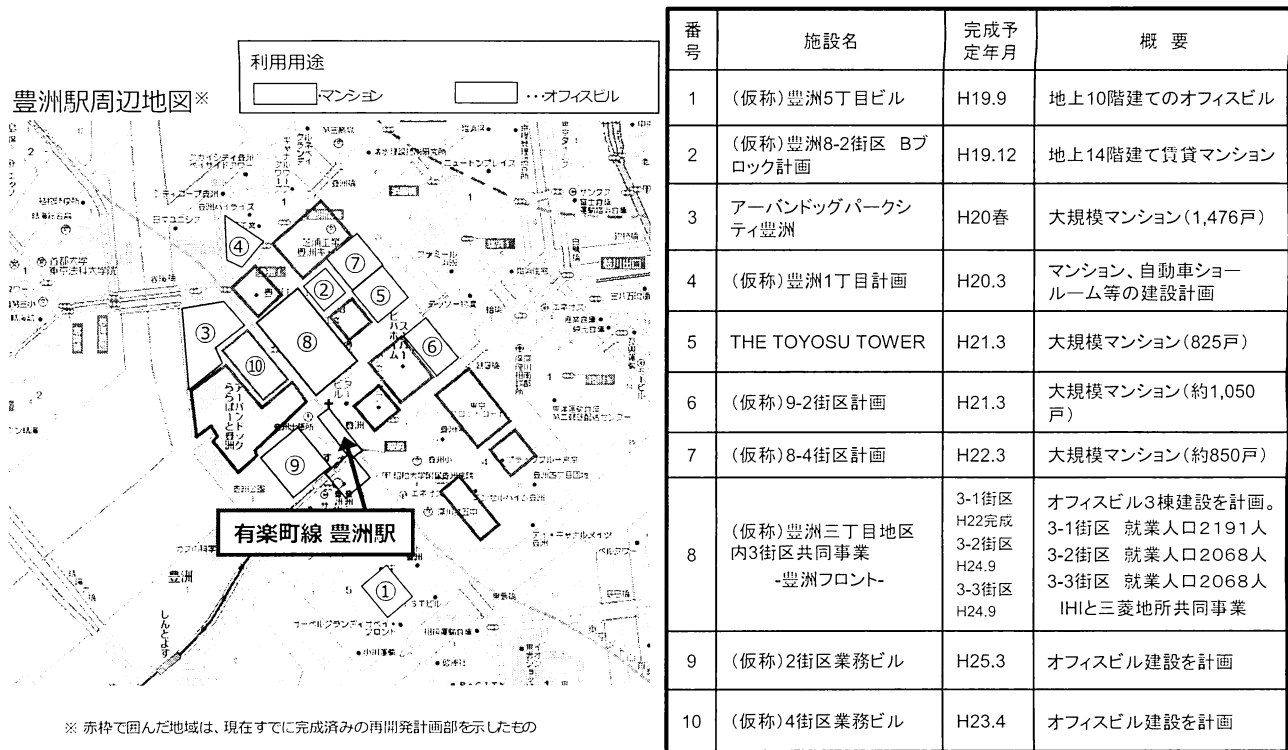
- 1) 旅客流動の分散と乗降出入口の関係から，地下 1 階にある 1ヶ所の改札口その他 2ヶ所増設し，これに伴いホーム階からの昇降設備の変更が生じた．
- 2) 現在地下 3 階（2 面ホーム）の片面ホーム階から地下 2 階への昇降設備 4ヶ所（階段 3，エスカ 1）の内階段 2ヶ所の位置変更，エスカレーターを廃止し地下 2 階への昇降設備を階段のみとした．
- 3) 上記 2) で廃止されたエスカレーターを地下 3 階のホーム階から地下 1 階の改札口まで直結するエスカレーターを 2ヶ所新設した．

キーワード：鉛直多層受替え，大規模改造，地下鉄

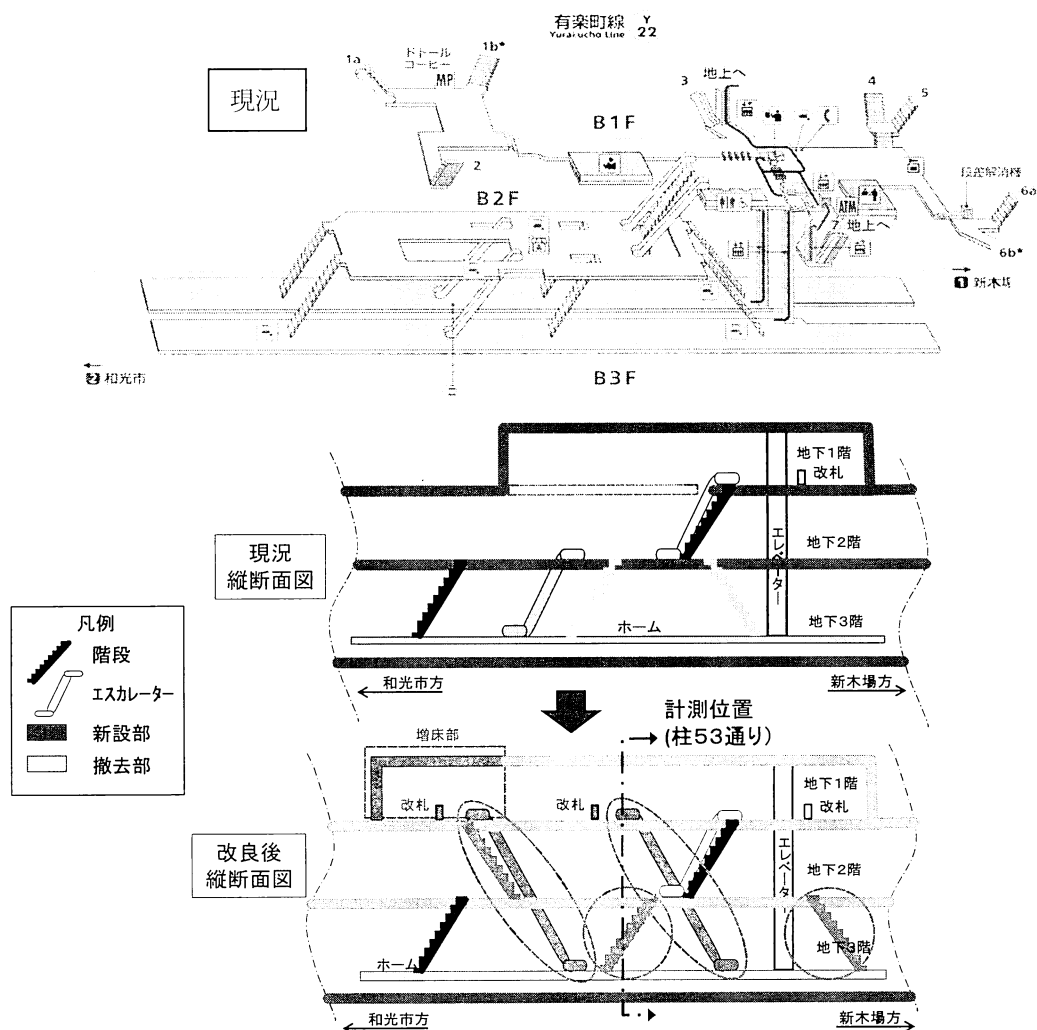
¹正会員 東京地下鉄(株) 改良建設部 〒110-8614 東京都台東区東上野 3-19-6)，k.numazawa@tokyometro.jp

²正会員 東京地下鉄(株) 改良建設部 〒110-8614 東京都台東区東上野 3-19-6)，

³正会員 東京地下鉄(株) 改良建設部 第一工事事務所



図ー1 豊洲地区再開発計画



○ 階段及びエスカレーター新設に伴うAB線の構造変更力所
(1柱から2壁に変更)

図ー2 現況および改良比較図

- 4) 地下2階からは、新木場寄りの片側だけだった階段を増設した和光市側改札口へ1ヵ所新設した。
- 5) 改札口が増設され計3ヶ所となったことで、駅事務室の増設と電気施設等の配置変更が発生した。

これらにより、改良前の1ヵ所の改札口に集中していた導線を増設することで分散化が図られ、乗降客の増加に対応可能となり旅客流動が向上することとなった。

3. 施工法

地下1階の改札口が2ヶ所増設されることから、中央部の改札口は既存の設備機器の居室をコンコースに変えることで対応できるが、和光市方の改札部のフロアーを新設する必要があるため、一般的な開削工事により施工することとした。

しかし、地下2階およびホーム階の階段位置変更・増設およびエスカレーター新設工事は、構内で旅客流動を確保しながらの工事となるため一部終電および始発までの短時間での作業となり、またホーム上での狭隘な場所での施工となるため、最適な施工法が求められた。特に主となる施工パターンは地下2階とホーム階を結ぶための昇降設備空間を確保する工事である。この部分は既設柱（鋼管柱）1本の構造となっており、ここに階段およびエスカレーターを新設することとなるため、支障するその既設柱を撤去し階段・エスカレーター空間の側面壁に荷重を盛り替える必要がある。いわゆる構造上から1

柱から柱を跨いで昇降設備空間の確保のため2つの壁に変更することである。図-3に示す。

その盛り替え方法は、図-4に盛り替え順序を示すように各階層の既設柱が受けている荷重を受け替えるため地下2・3階に新設側壁を、地下1階は仮設支保工を設置する。地下1階からプレロードジャッキを順にかけて、計測管理にて荷重の伝達経路が置き換わったことを確認後、既設柱を切断撤去する。最後に側壁間上部の梁を築造となる。A線側の各階層及びその施工ステップを下記に示し、次に計測結果と既設及び新設構造物への影響について述べる。

ステップ1：地下2階、地下3階に上載荷重を受替える新設RC壁を構築。

ステップ2：地下1階、地下2階、地下3階にプレロ

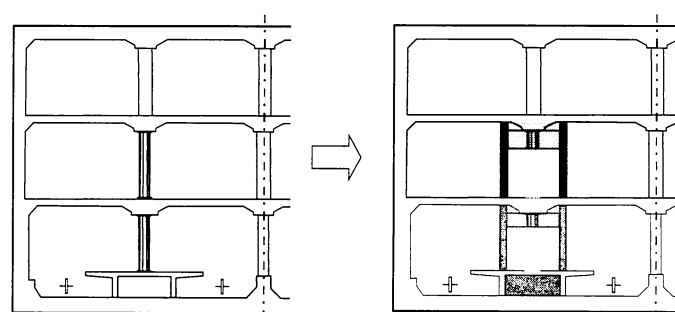


図-3 改良方法

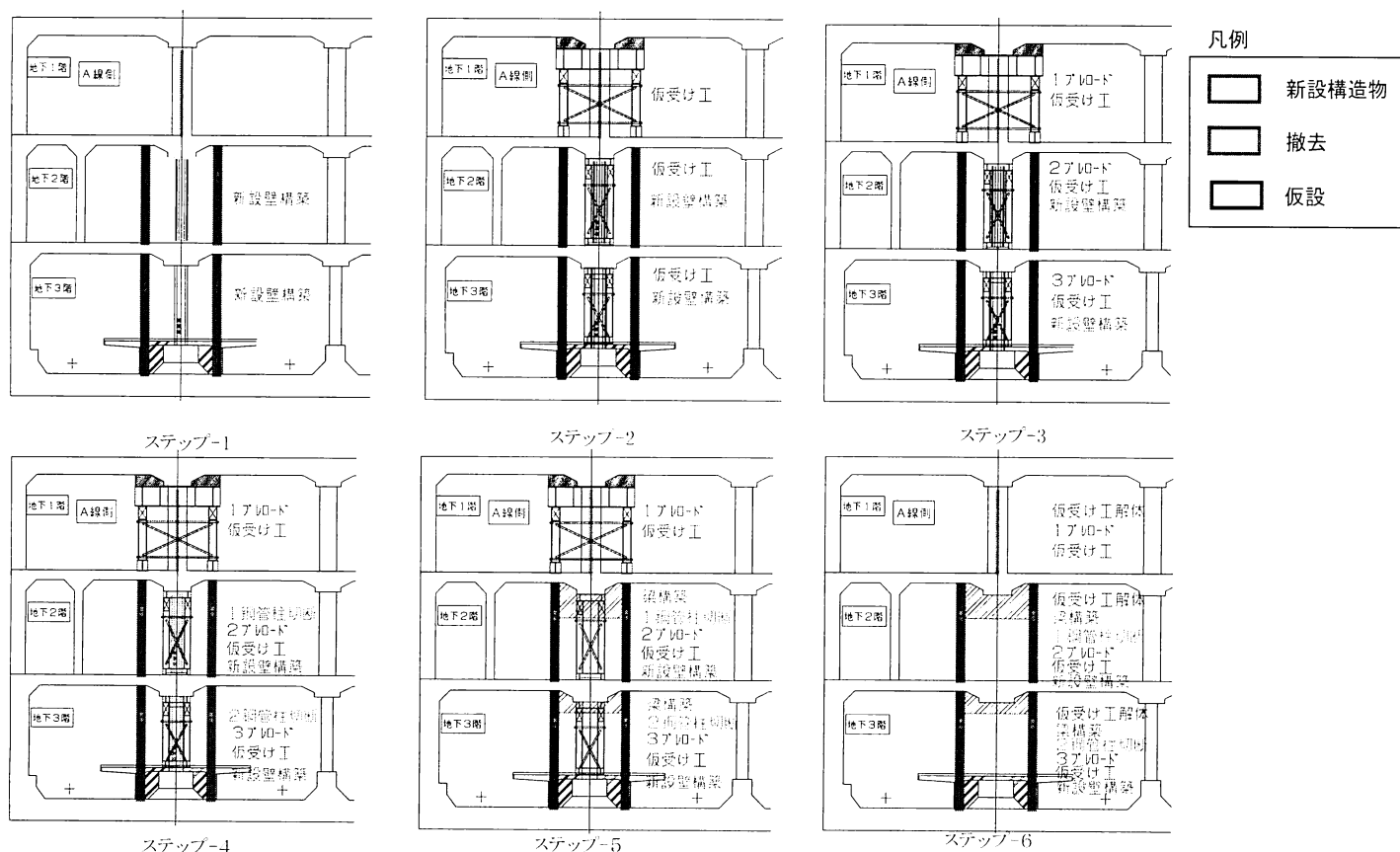


図-4 施工ステップ図

ードジャッキを含む支保工を地下2階、地下3階の新設壁に荷重が直接伝わるように設置。支保工組立て後に計測機を取り付けた。

- ステップ3：地下1階から順にプレロードを実施。
 ステップ4：切断する鋼管柱に掛かっていた上載荷重の少ない方より、地下2階、地下3階の順で鋼管柱の切断を行った。
 ステップ5：地下2階、地下3階の鉄筋コンクリート梁の構築。
 ステップ6：地下1階、地下2階、地下3階の仮受け工の解体。

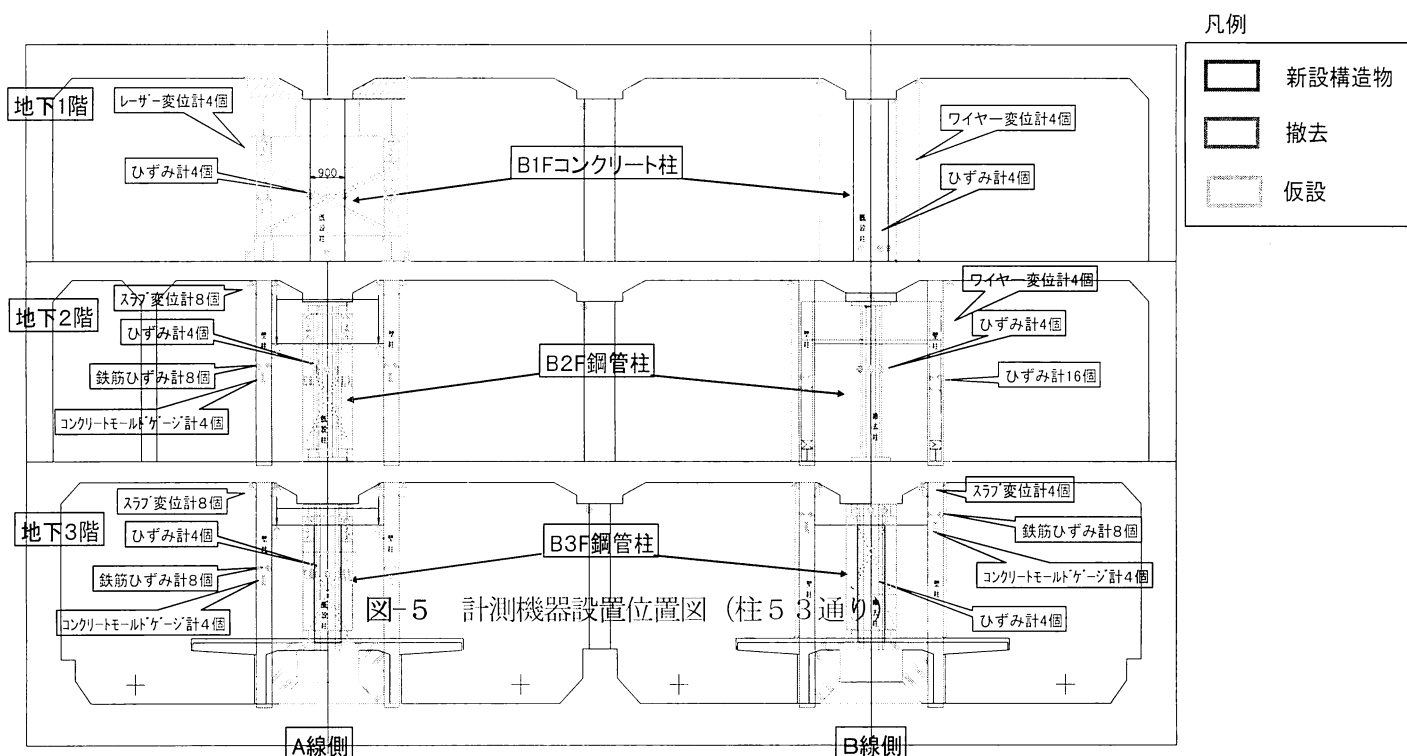
4. 計測方法

営業しながらの受替え作業となるため、施工ヶ所以外の周辺およびその他の既存部材に負荷がかかり、スラブまたは柱の変位により既存躯体にひび割れによるコンクリート片の落下など旅客の安全を確保することとまた、各階層の設備機器が設置してある居室の内空確保が重要

となる。このため既存構築への挙動を最小限に抑制するのとプレロード施工時の調整値の把握のために計測による管理が重要となった。

このため、既設並びに新設構造物の計測管理を綿密に計画した。図-5に計測機器設置位置を示す。新設、仮設及び既設柱の軸力の計測には、ひずみ計（PML-120,FLA-5-11-5LT,PL-60,FLA-5-11-5LT）を用いた。特に新設柱は、残留応力の影響が懸念されるため、鉄筋とコンクリートの挙動を詳細に把握できるようにひずみ計を設置した。

また、各階層の内空測定はA線側（和光市から新木場方面へ向かう線をA線、新木場から和光市へ向かう線をB線と呼ぶ）では天井スラブと床をレーザートラシットにて20秒ごとに変位を観測し、地下2階及び地下3階には変位計を取り付け、B線側では各階層にワイヤー変位計を取り付けた。さらに受替えによる周辺構造物への影響を管理するため、周囲の柱にも変位計を取り付けた。計測値の想定と許容について、表-1に示す。



場所	A線側					B線側				
	プレロード計画値 (KN)	プレロード完了後想定値		許容値		プレロード計画値 (KN)	プレロード完了後想定値		許容値	
		変位 (mm)	ひずみ (μ)	変位 (mm)	ひずみ (μ)		変位 (mm)	ひずみ (μ)	変位 (mm)	ひずみ (μ)
B 1 F CON柱	4,520KN	1.6	390	3.2	840		1.6	410	2.8	739
B 2 F 新設壁	800KN	1.1	257	3.9	1029	5,360KN	2.2	581		
B 3 F 新設壁	800KN	0.7	125	3.6	1029	800KN	0.8	148	3.6	1029

(プレロード力からRC構造物、鋼管柱の変位・ひずみを算定した。許容値は、RCの引張り許容応力(圧縮許容応力度の1/13)の安全率60%を掛けた値から算出)

(B線側B 2 F 鋼製桁は本設構造物の為、設計時の検討であるため計測としての検討はしていない)

(AB線ともB2F, B3F新設壁想定変位、ひずみは、A線B1Fでのプレロード、B線B2Fでのプレロード量を新壁で受ける時の新壁の変位とひずみ量を算出)

表-1 想定値および許容値一覧表

5. A線側計測結果

計測結果として、A 線側の荷重各階の仮受け支保工組立て後、地下1階、地下2階及び地下3階の順でプレロードを実施した。その後、地下2階と地下3階で既設柱を切断し、20日の経時変化を確認して梁コンを打設した。さらに12日の経時変化を確認し仮受け工を解体した。仮受け工を解体することにより、新設した梁を伝達し新設壁に上載荷重がすべて受替わり、受替え工の全ての工程が完了した。図-6にA線側のステップ毎の挙動モデル図(フレーム図)を示す。計測については、既設構造物への影響と荷重の受替わりに着目し、計測を行った。

その結果、地下1階から地下3階の天井スラブの最大変位は1.2mm、-0.2mm、-0.08mmと微小な値であり、建設時の上載荷重や自重等によるスラブの沈下量を考慮すると、各階の最大変位は-0.4mm、-2.1mm、-1.28mmとなる。

最終的には各階で0.3mm以内に収まった。また、荷重の受替わりについて、地下2階の新設壁には地下2階鋼管柱切断後に2800kNの圧縮力が作用し、地下2階鋼管柱切断後に2000kNの圧縮力となった。新設壁の圧縮力は、地下3階鋼管柱切断後から仮受け工解体するまでの30日間に徐々に受替わり最終3200kNの圧縮力が作用し変化が見られないことから、新設壁へ荷重の受替えが完了したと判断される。一方、地下1階の既設柱には、360μの伸びを示す応力が残存する結果になった。

6. B線側計測結果

一方、B 線側は地下2階の新設柱の中に仮受け鋼材を残置する手法で行った。

初めに地下2階のみプレロードを実施して既設柱を切断し、次に地下3階も同じくプレロード、既設柱の切断。次に梁コンクリートを地下3階に打設し、強度発現を確認した後、仮受け工を解体した。仮受け工を解体することにより、新設した梁を伝達し新設壁に上載荷重がすべて受替わり、受替え工の全ての工程が完了した。図-7にB線側のステップ毎の挙動モデル図(フレーム図)を示す。

その結果、B 線側では地下1階から地下3階の天井スラブの最大変位は0.96mm、1.49mm、-0.36mmと微小な値であり、建設時の上載荷重や自重等によるスラブの沈下量を考慮すると、各階の最大変位は-1.12mm、-1.23mm、-1.86mmとなる。最終的には各階で1.0mm以内に収まった。また、荷重の受替わりは、地下3階の新設壁には、A 線側と同様に地下3階鋼管柱切断後から仮受け工解体するまでの30日間に徐々に受替わり、圧縮力が作用した。このことにより、新設壁へ荷重の受替えが完了したと判断される。一方、地下1階の既設柱には、許容の2%程度の15μという少ない伸びを示す応力が残存する結果になった。

また、いずれも解体後に目視観測を1ヶ月行ったが構造物にクラック等は発生しなかった。

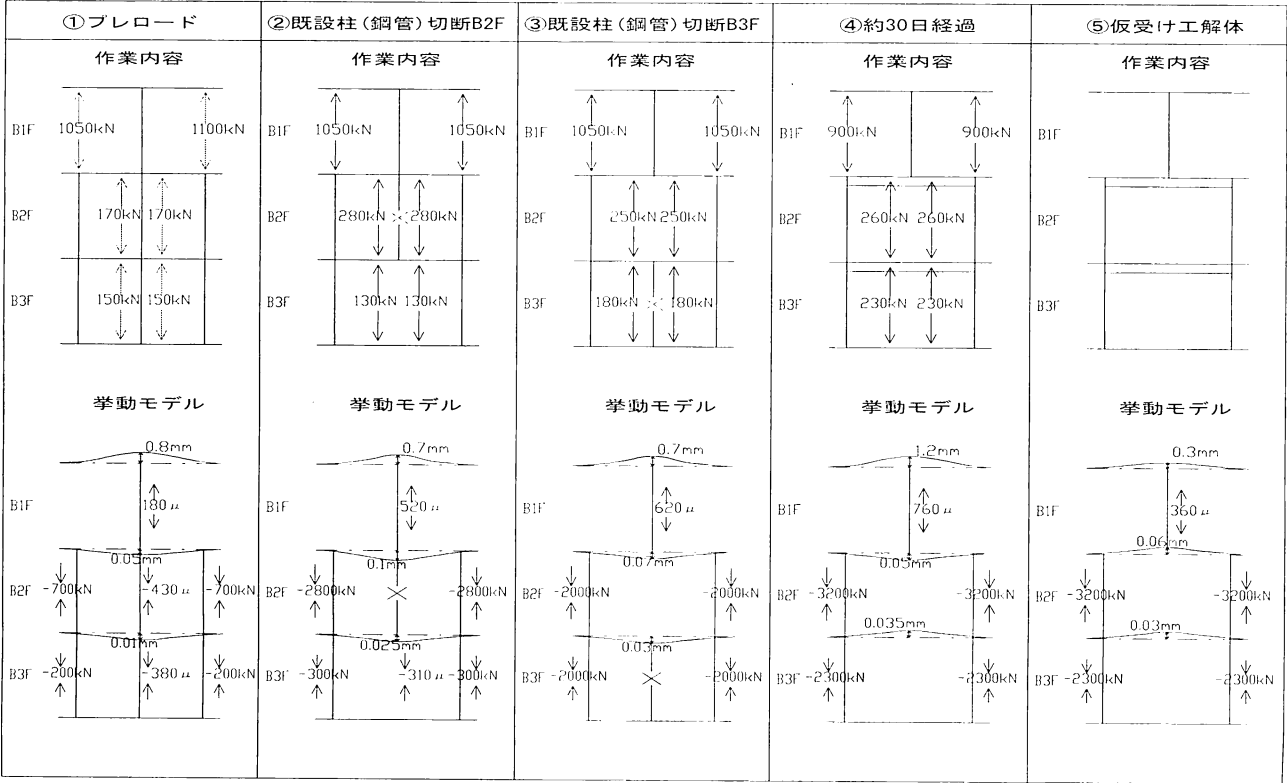


図-6 ステップ毎の挙動モデル(柱53通りA線側)

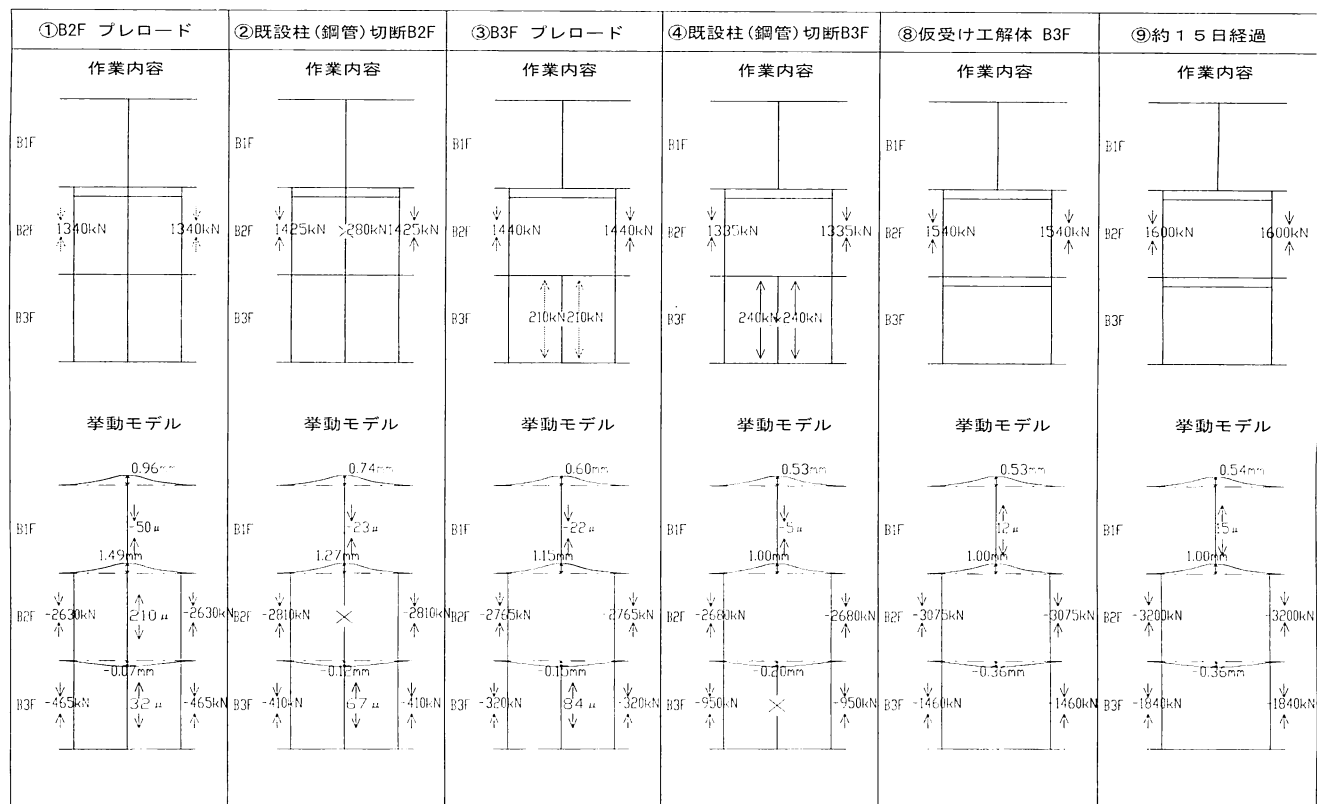


図-7 ステップ毎の挙動モデル (柱5 3通り B線側)

7. まとめ

測定結果は、受替え中の最大変位が A 線地下 1 階で 1.2mm と許容値の 40% 以内で収まっている。

また、最終値に関しても、0.3mm で許容値の 10% となり許容範囲内であり、目視観測でも問題はなかったことから、受替は問題なく完了したと判断される。また、鋼材を残置することにより、天井の変位や既設柱に発生したひずみを最小限に抑えることができた。施工写真を写真-1 に示す。

この手法は、一般的な土荷重等の上載荷重をすべて仮受け新設壁に再配分する方法に比べ、一部の仮受けを新設壁と併用することで、既設構造物への影響が少ないと判断できる。さらに鉛直方向だけでなく線路縦断方向にも連続して受替えができたことから、本手法は受替え時の既設構造物への影響を低減できる有効的な手法であると判断される。本手法は、旅客流動性の向上といった目的で行われる大規模改良工事等において有効であり、今後の類似工事の参考となれば幸いである。

参考文献

- 1) 沼田敦・辻雅行・荻野竹敏・宇波邦宣 ―東京メトロ有楽町線における駅改良計画について―
：地下空間シンポジウム報告集 67p Vol14 2009

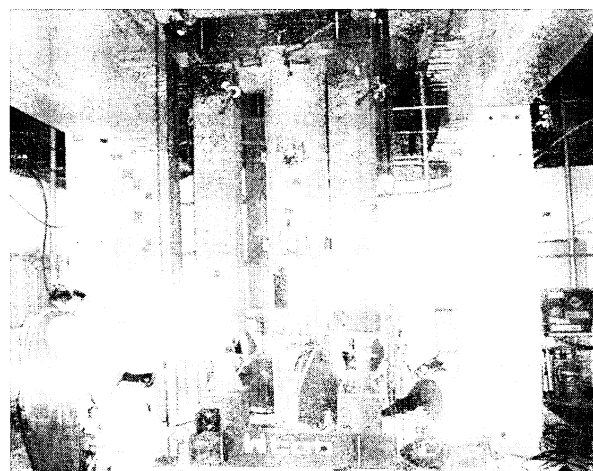


写真-1 上：A 線側地下 2 階仮受け
下：B 線側地下 2 階仮受け