

地下鉄7号線赤坂福吉付近における 首都高橋脚アンダーピング工法と計測管理

UNDERPINNING METHOD AND AUTOMATIC MEASUREMENT UNDER THE METROPOLITAN HIGHWAY

PIERS IN THE VICINITY OF AKASAKA-FUKUYOSHI LINE NO.7 SUBWAY

高橋利夫^{*}・古館健一^{*}・今田和宏^{**}・永田誠樹^{**}

Toshio TAKAHASHI, Kenichi FURUDATE, Kazuhiro INADA, Seiki NAGATA

The line No.7 subway runs from north to south at the central district of Tokyo, from Meguro (Shinagawa-ku) to Iwabuchi-cho (Kita-ku). This work, to the place line No.7 subway near Akasaka-Fukuyoshi is to construct a station tunnel and a ventilation chamber using the open cut method. We adopted the underpinning method because two existing structures of the metropolitan highway were hindered from this work. This paper describes the out line of this underpinning method, the results of the automatic measurement in the first stage preload and the existing piles cutting.

Keywords: underpinning method, preloading, automatic measurement

1. まえがき

当工事は品川区目黒を起点として、北区岩淵町にいたるまでの地下鉄7号線のうち、赤坂福吉付近において、都道霞が関一渋谷線(六本木通り)を斜横断して、本線トンネル及び中間換気室を開削工法により築造するものである。六本木通り中央部には、首都高速道路3号線高架橋が位置し、この橋脚2基の基礎杭が構築するトンネル断面に支障するため、新設基礎杭を設置し既設橋脚を受替え既設基礎杭を切断しながら掘削してアンダーピングすることとした。平常通り車両が通行している橋脚をアンダーピングする工法は施工例が少なく種々検討の結果、安全性・工程・経済性等を考慮して計測管理を併用したアンダーピング工法を採用した。

この計測管理を併用したアンダーピング工事の施工概要並びに初期プレロード、既設基礎杭切断時の計測管理結果について報告する。

2. 施工順序及び施工方法

2.1 全体の施工

首都高速道路のアンダーピング施工を行う橋脚基礎はP11橋脚とP12橋脚の2基で、その平面図と断面

* 正会員 帝都高速度交通営団

** 住友建設㈱ 地下鉄福吉作業所

図を図-1に、施工順序図を図-2に示す。

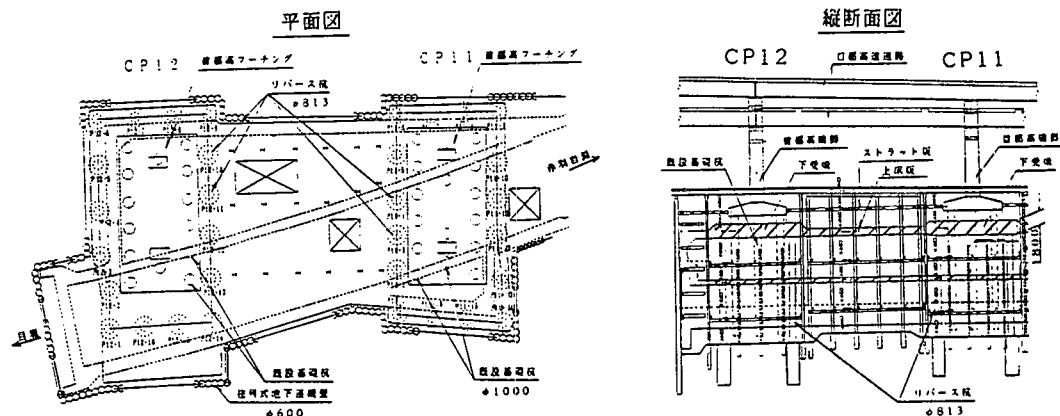


図-1

橋脚下の地盤を強化するために既設基礎杭防護注入を行い、各フーチングの周囲に仮受け杭をリバース工法（以降リバース杭と言う）で各々16本ずつ施工する。次に、土留壁となるPIP杭を打設し、路面覆工を行い掘削を開始する。二次掘削完了後、首都高橋脚を直接支持する下受梁を逆巻き工法で打設し、この下受梁上に油圧ジャッキをセットしプレロードを行い、杭荷重の受替えを行った後三次掘削し既設基礎杭を切断撤去する。そして、順次掘削を行い、地表下約19mまで掘り進め掘削完了後本体構造の構築を行う。構築完了後、フーチングと下受梁間にコンクリートをてん充し埋戻を行いアンダーピニングが完了する。

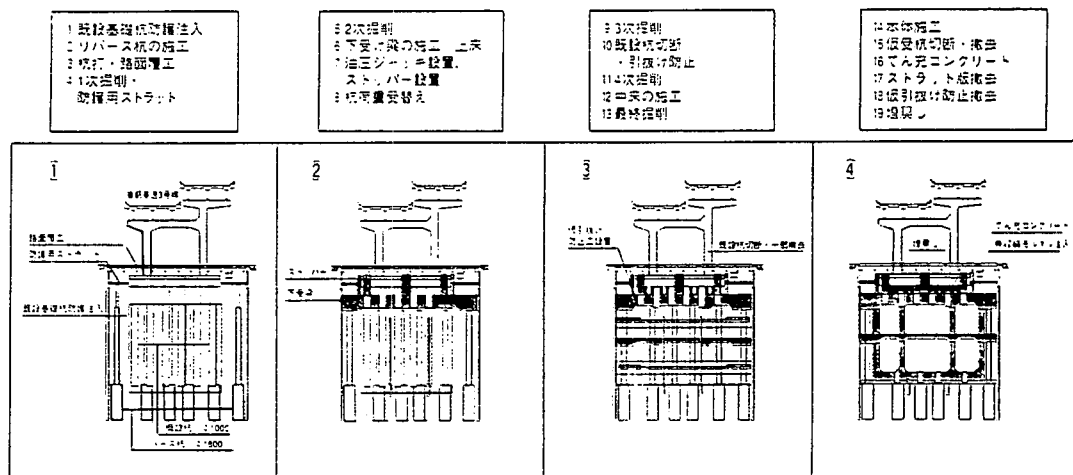


図-2 首都高橋脚下受（アンダーピニング工法）施工順序図

2・2 プレロード工の施工

図-3にプレロード工のフロー図を示す。下受梁施工後首都高橋脚の既設フーチングと下受梁間に杭荷重を均等に受替えるため載荷能力 150tfの油圧ジャッキを既設基礎杭1本あたり2基ずつ（P11橋脚に32基、P12橋脚に28基設置）セットする。この油圧ジャッキを用い初期プレロードを行い、既設基礎杭に作用している荷重を下受梁に移行させる。さらに、三次掘削完了後首都高橋脚の変位を監視しながら既設基礎杭を切断撤去する。以下、最終掘削・本体構築完了まで首都高橋脚の変位、リバース杭の軸力、下受梁の応力度等を即時的に自動計測により把握するとともに、リバース杭の切断、掘削等に伴い首都高橋脚の変位を油圧ジ

ジャッキで調整し、フーチングと下受梁間にコンクリートをてん充し、プレロード工を完了する。

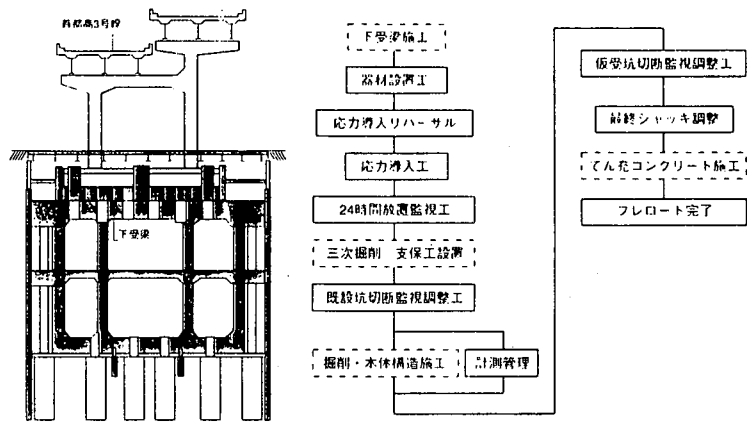


図-3 プレロード工施工フロー図

3. 計測管理

このアンダーピニング工において、3次元骨組構造をベースとして各施工段階における計測データを基に、実際の挙動に見合う設計条件（地盤の変形係数等）を見直し、将来の挙動を予測し、パソコンを用いて安全性を確認することが可能となり、初期プレロード完了後に既設杭切断時の首都高フーチングの絶対変位量の予測解析を行った結果、P12橋脚のフーチングの四隅で約0.5mmの沈下が予測された。

3・1 計測項目

計測項目は管理する対象により下記に示す(a) ジャッキ管理、(b) 下受構造の管理に分け、表-1に計測項目の一覧を示すが、計測器によるデータをパソコンとオンラインとし即時的に把握することとした。

(a) ジャッキ管理

アンダーピニングを行う首都高橋脚のフーチングの絶対変位量、フーチングと下受梁間の相対変位量及びジャッキ荷重を計測し、首都高橋脚になんら影響を与えることがないように受替え工を行う。

(b) 下受構造の管理

仮受け杭（リバース杭の鋼管部）、ストラット版と下受梁の鉄筋の応力度を計測し、施工の安全性を確認する。

表-1 計測項目一覧表

a) ジャッキ管理				b) 下受構造の管理			
目的	管理項目	計測器	設置台数	目的	管理項目	計測器	設置台数
橋脚管理	橋脚絶対変位量	ひずみゲージ式	P11 4台	リバース杭管理	リバース杭応力度	リバース杭応力度	P11 64台
		変位変換器	P12 4台				P12 64台
下受梁管理	下受梁沈下量	ひずみゲージ式	P11 6台	ストラット版管理	ストラット版応力度	ストラット鉄筋応力度	P11 4台
		変位変換器	P12 6台				P12 4台
荷重管理	導入荷重	ひずみゲージ式	P11 13台	下受梁管理	下受梁応力度	下受梁鉄筋応力度	P11 7台
		圧力変換器	P12 13台				P12 7台

3・2 計測器の配置

プレロード工の計測器配置図を図-4に示す。

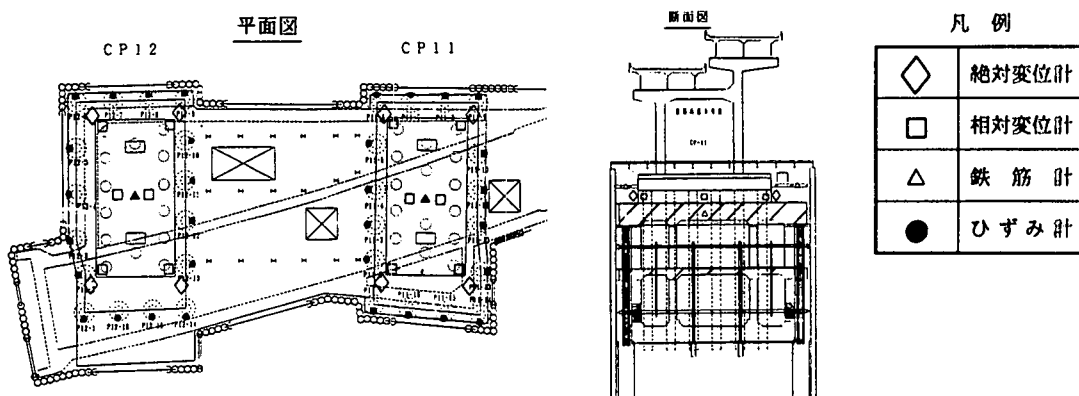


図-4 プレロード工計測器配置図

3・3 管理値の設定

プレロード工に関連する計測管理値の一覧表を表-2に示す。

表-2 管理値一覧表

(a) 首都高フーチングの絶対変位量
(mm)

許容値	管理基準値	管理値
5.0	2.8	4.0

(b) 下受構造物の応力度
(kgf/cm²)

	許容値	管理基準値	管理値
リブス杭	1,400	1,175	1,284
下受梁	1,800	1,717	1,762
スラット版	1,800	1,008	1,440

管理基準値=許容値*80%*70%

管理値=許容値*80%

4. 初期プレロード時の計測結果

4・1 初期プレロードの目的

初期プレロードは既設杭の切断前に、想定される受替荷重（既設構造物の死荷重）の120%まで載荷し、仮受杭と下受梁の挙動を把握し、許容値を超える恐れがある場合も考えられるので、実荷重が受替った状態を確認すると共に、チェックを行うことを目的に実施した。

4・2 導入荷重の設定

導入荷重（受替荷重）は、首都高橋脚を仮受けする際に油圧ジャッキにより導入した荷重で、本工事では常時の死荷重の値を採用した。

最大導入荷重は、既設構造物と下受構造物の安全性のチェックを目的として構造物の強度及び変位が許される範囲内で導入する荷重で、活荷重の影響等を考慮して受替荷重の120%とした。

これらの荷重は、全ジャッキに均等に分布するものと考えジャッキ1台当たりの荷重を算定した。

受替荷重：P11=1,252tf/32台=39tf/台 最大導入荷重：P11=39*1.2=44tf/台

P12= 960tf/28台=34tf/台 P12=34*1.2=38tf/台

4・3 初期プレロード時のジャッキ管理

P12橋脚の初期プレロード工は平成7年4月27, 28日、P11橋脚は5月15, 16日に実施した。紙面の都合上、P12橋脚のジャッキ管理のみタイムスケジュールを図-5に示す。プレロード導入にあたっては最大導入荷重 44tf/台までを1ステップ1時間ごとに 20%づつ120%まで導入し、既設構造物と下受構造物の安全性をチェックした。その後 80%までもどし、さらにその後100%まで導入し、その状態で24時間維持しそれぞれの挙動を計測した。

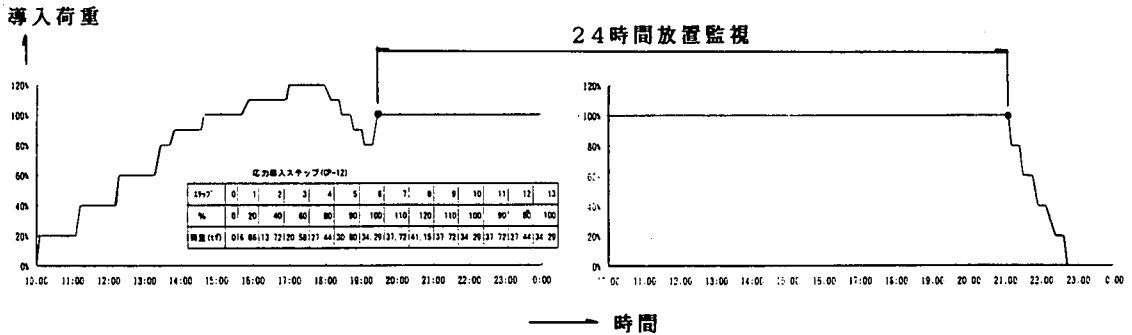


図-5 P12橋脚初期プレロードエタイムスケジュール

4・4 計測結果

図-6に初期プレロード時のP12橋脚既設フーチングの絶対変位量を示す。四隅とも浮き上がりを見せているが、その量は微小で最大でも 0.3mm程度であった。受替荷重の100%を24時間維持している間もほとんど変状は無く、リバース杭は222kgf/cm²、下受梁357kgf/cm²、ストラット版434kgf/cm²で管理基準値以下であり既設構造物と下受構造物は安定した状態にあった。

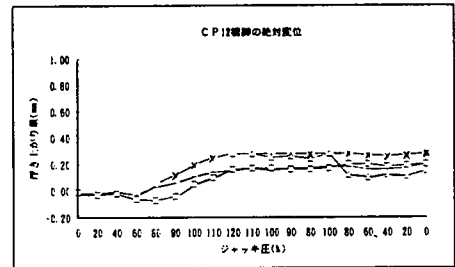


図-6 初期プレロード工計測結果

5. 既設基礎杭切断時の計測結果

5・1 既設基礎杭の切断方法及び切断順序

既設基礎杭の切断は、コアボーリングにて図-7に示す要領で実施した。切断順序は図-8に示す。

P12橋脚は平成7年6月22日から7月4日、P11橋脚は7月5日から7月17日の間で切断を完了した。

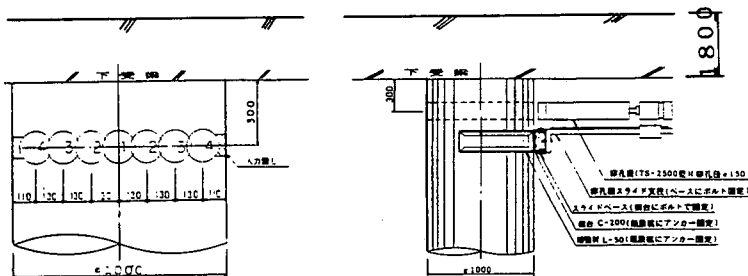


図-7 既設基礎杭切断要領図

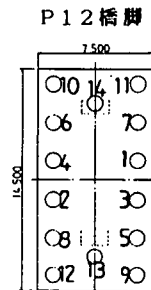
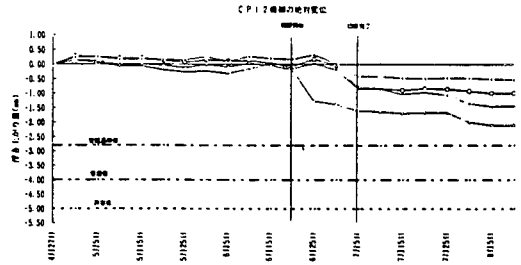


図-8 既設基礎杭切断順序図

5・2 計測結果

図－9に既設基礎杭切断時のP12橋脚既設フーチングの絶対変位量を示す。沈下傾向については最終切断時までほとんど沈下は見られなかったが、切断完了後経時変化により沈下があらわれ約30日後に沈下が止まった。その結果実測値は最大で1.4mmの沈下量で、リバース杭の応力度 538kgf/cm^2 、下受梁は 280kgf/cm^2 、ストラット版 490kgf/cm^2 でいずれも管理基準値以下であり、施工上なんの問題も生じなかった。予測解析と実測値の比較は沈下については若干大きな値となったが、この原因としては既設杭と下受梁、下受梁と土留壁の摩擦により初期プレロードの荷重がリバース杭に伝わってなかったことが考えられる。



図－9 既設基礎杭切断時の計測結果

6. あとがき

今回は初期プレロード工と既設基礎杭切断時の予測解析と計測管理結果を簡単に報告するにとどまった。今後掘削が完了し仮受け杭を切断するまでの間、日常の計測管理を行うと共に、各施工段階毎に予測解析を行い安全性を確認しながら施工を進めていく所存である。これまでの計測データから地盤の設計条件（変形係数）が設計値の約1.5倍程度であると判定し、見直した設計条件を基に予測解析を行った。このシミュレーション結果からは、リバウンドによる浮き上がりを考慮すると、最終掘削時では現在から1mm程度の沈下が発生するものと予測される。首都高フーチングの絶対変位量の管理基準値が2.8mmと非常に厳しい値に設定されているため、今後の施工に当り細心の注意が必要である。本工事完了後その成果を改めて報告したいと考えている。