

アンダーピニング工情報化施工システムの地下鉄建設工事への適用

住友建設	正会員	○尾田	賢治
住友建設	正会員	北田	郁夫
住友建設		永田	誠樹
間瀬建設	正会員	間瀬	哲

1. はじめに

近年の大都市の過密化に伴い、既設構造物の直下や近傍に新設構造物を築造する工事が急増している。これらの工事では、施工中に既設構造物を受替えるアンダーピニング工が必要となる。しかし、受替える対象となる既設構造物は、高速道路・鉄道・高層ビルなど多様化大型化し、重要度も高くなっている。このため、アンダーピニング工には綿密な計画、高度な施工技術とともに、情報化施工のための施工管理技術の向上が要求されている。

今回開発した「アンダーピニング工情報化施工システム」は、3次元骨組解析ソフト「NASTRAN」をベースプログラムとし、汎用性を有する情報化施工システムとして開発したものである。

本報告は、日本で初めて供用中の高速道路の橋脚をアンダーピニングする、地下鉄7号線建設工事赤坂福吉工区に本システムを適用した事例について述べるものである。

2. 当工事の概要

(1) 工事の概要

当工事は、六本木通りを斜めに横断して、本線トンネルおよび中間換気室を開削工法（最大掘削深21.26m）により築造する工事である。六本木通り中央部には、首都高高架橋が位置し、この橋脚2基（P11橋脚、P12橋脚）の基礎杭が構築するトンネル断面に支障となるため、首都高既設橋脚を受替え、既設基礎杭を切断しながら掘削するアンダーピニング工が採用されている。受替える荷重はP11橋脚が約1,250tf、P12橋脚が約960tfであり、2基の橋脚は構築完了後、上床スラブに盛替えられる。

首都高都心環状線は一日に12万台と非常に交通量が多く、また築造後約30年が経過しており、保全上の重要度が高いため、綿密な計測管理の中で首都高橋脚に悪影響を及ぼさないように施工する必要がある。

アンダーピニング工を行う首都高橋脚の平面図と断面図を図-1に示す。

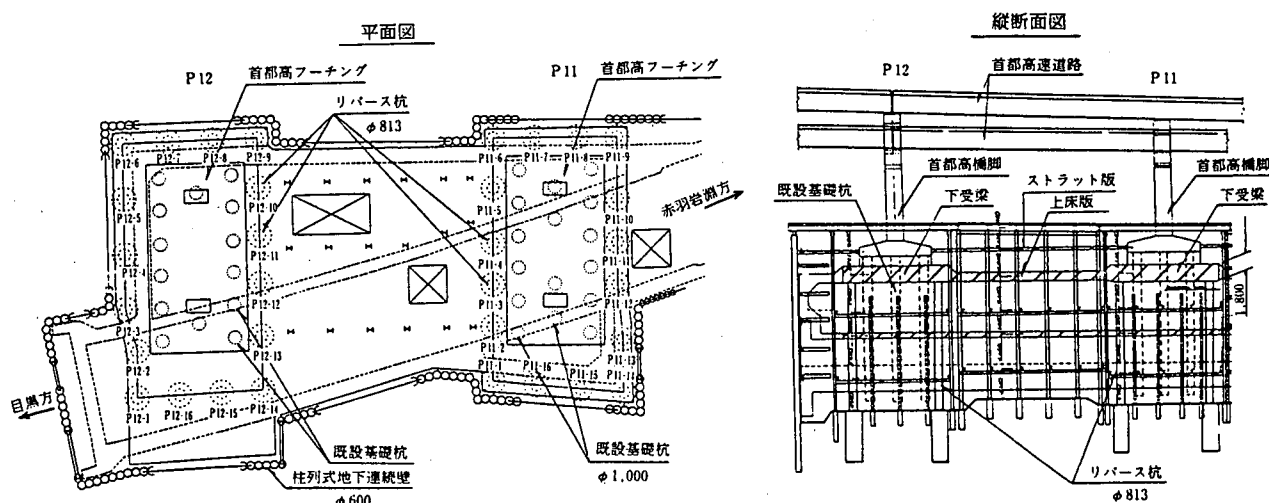


図-1 一般図

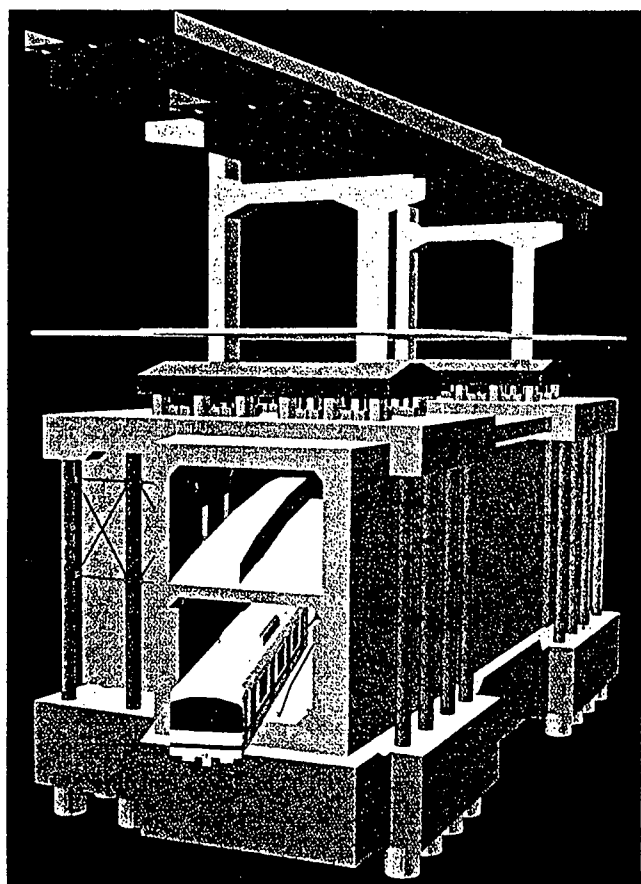


図-2 完成CG

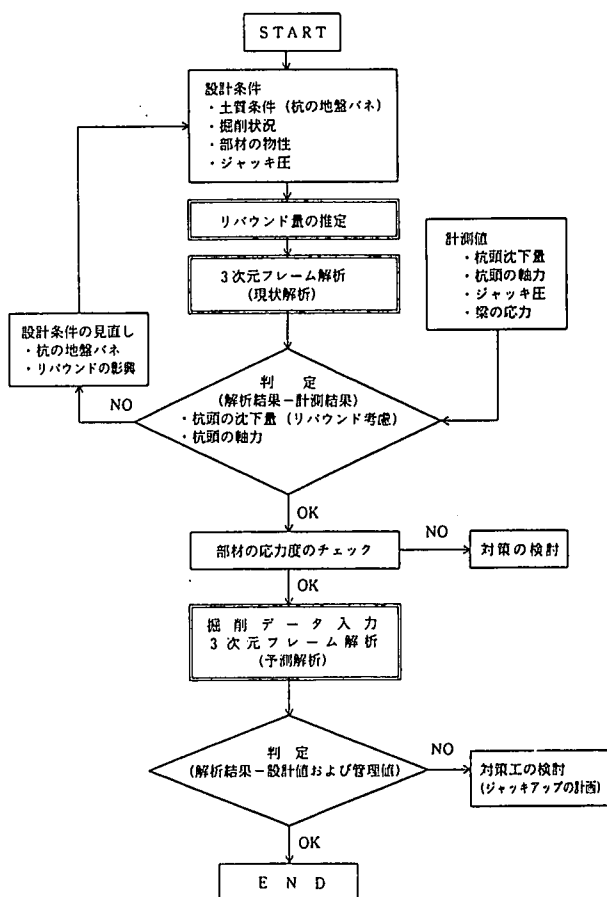


図-3 情報化施工解析フロー

(2) 地盤の概要

当工区の地盤は、標高TP+9m前後の平坦な沖積低地であり、埋土層および腐食土層が地表面下11~15mに及んでいる。その下位には、砂質土・砂礫層が分布している。

(3) 施工順序および施工方法

まず、橋脚下の地盤を強化するために薬液注入を行い、各フーチングの周囲に仮受杭をリバース工法（リバース杭）で各々16本ずつ施工する。次に、土留め壁となる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打設しこの下受梁上に油圧ジャッキをセットしてプレロードを行い、三次掘削完了後既設杭を切断撤去する。その後、順次土留めと掘削を繰り返し、地表下約20mまで掘り進め、掘削完了後、本体構造物の構築を開始する。構築完了後、フーチングと下受梁間にコンクリートを填充し、埋戻しを行い施工が完了する。

3. アンダーピニング工情報化施工システム

(1) システム概要

本システムは、各種計測データ（ジャッキ圧、杭頭変位等）を基にアンダーピニング工の施工前、施工中にわたって解析を行い、設計条件の妥当性を見直し、将来の挙動を予測して事前に対策を取ることが出来るシステムであり、以下の特徴を持つ。

- ・現場のパソコンで各施工段階での解析がリアルタイムで行える。
- ・掘削時、埋戻し時の地盤変形が考慮できる。
- ・汎用性があるため、様々なアンダーピニング工事で適用できる。

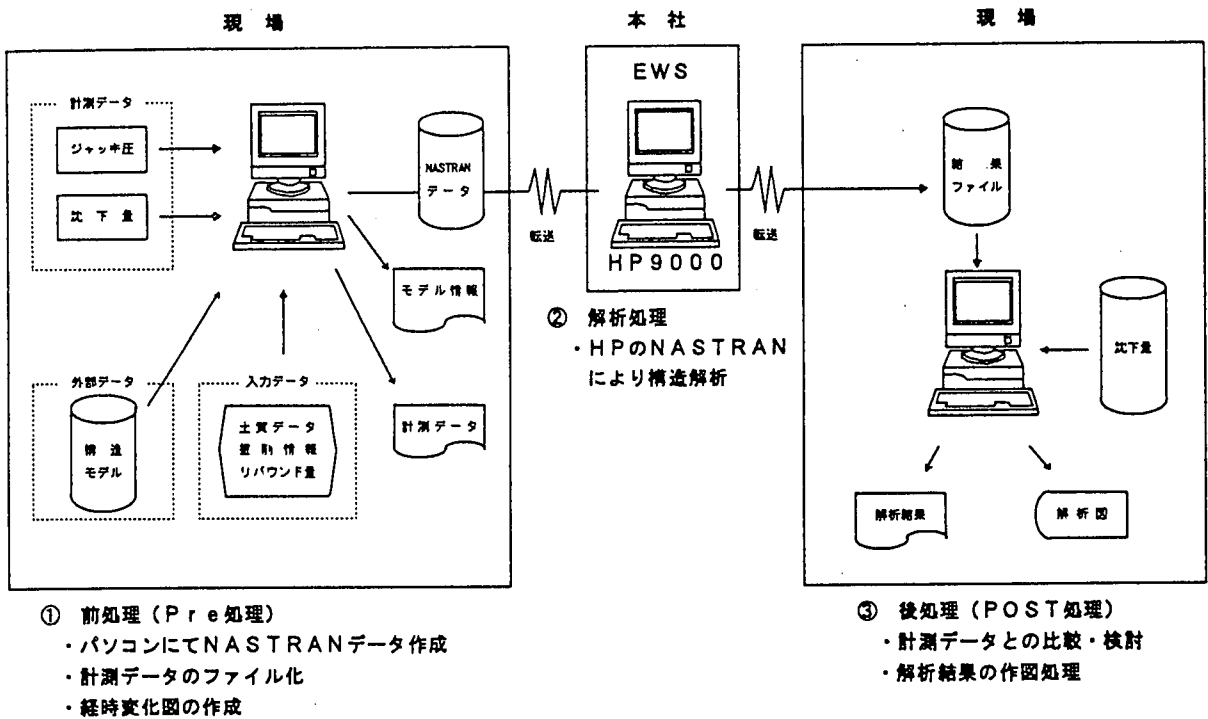


図-4 システムの機器構成および解析手順のフロー

(2) システムの構成

本システムは、3次元骨組解析 (NASTRAN) の解析を、住友建設本社のEWS (HP9000/735) を使用して行う。それ以外のデータの入力から出力および作図まで、現場のパソコンにより対話形式で行うことができる。

現場サイトで作成した解析モデル (NASTRANデータ) の送信および解析結果の受信は、公衆回線を使用する。システムの機器構成および解析手順のフローを図-4に示す。

(3) 解析方法

本システムは、計測データをもとに、設計条件の妥当性を検証する現状解析と、これにより推定された設計条件を用いて次段階以降の挙動を解析する予測解析からなる。

解析手法からは、大きく分けて以下の2つの解析からなる。

①地盤をバネに置き換え、対象構造物を梁および版でモデル化した3次元骨組解析

②アンダーピニング構造に影響を与える、掘削時・埋戻し時のリバウンド量の推定

本システムにおける今回のアンダーピニングモデルを図-5に示す。

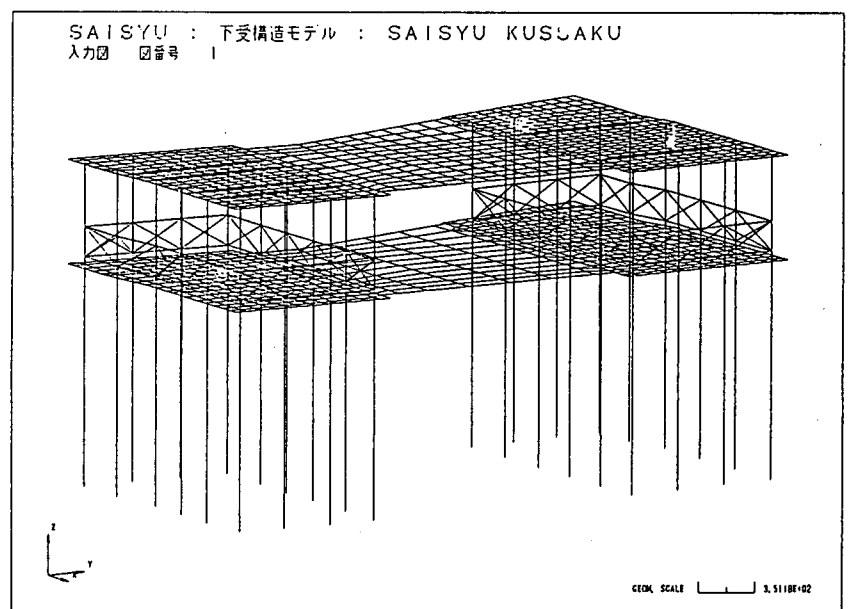
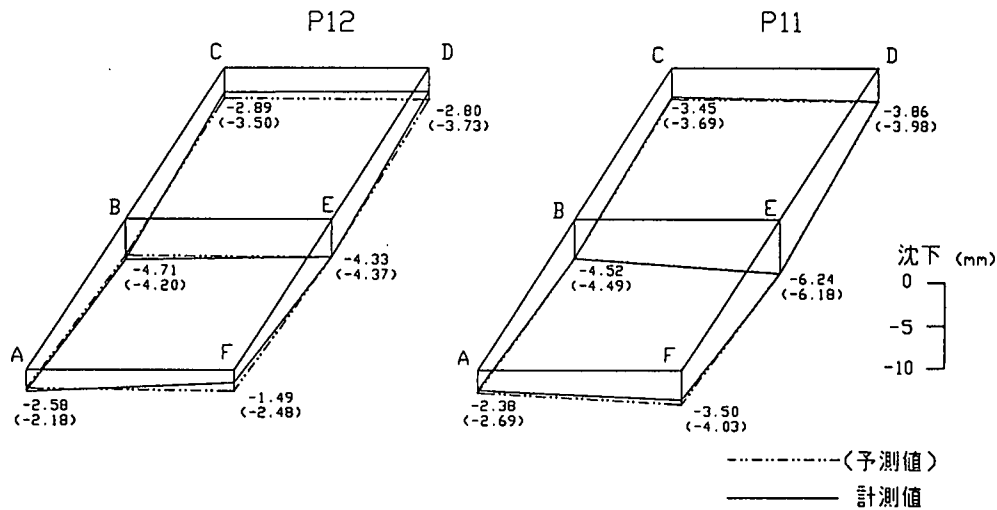


図-5 情報化施工解析モデル図

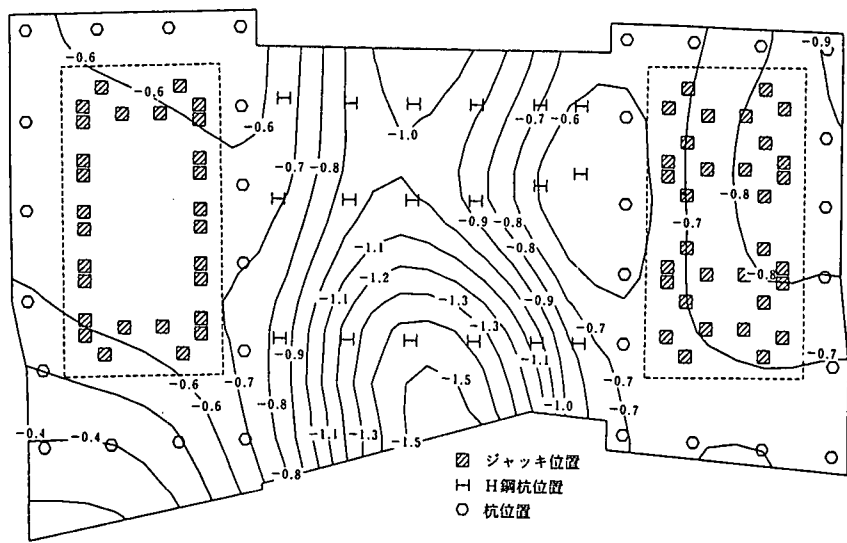
4. 結果出力例

現状解析の結果、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 1.4 倍程度であると予測された。図－6 に、中床版打設完了後の下受梁沈下状況を示す。見直した設計条件をもとに、中床版打設前において実施した中床版打設後の予測解析結果も併記したが、全体的によく一致していることが分かる。従って、実施した予測解析がほぼ妥当であることが確かめられた。

また、本システムでは、下受梁の沈下量をコンター図として出力することが出来る。図－7 に、最終掘削状態から下床版を打設したことによる予測沈下量のコンター図を示す。



図－6 下受梁沈下状況図



図－7 下受け構造予測沈下量コンター図

5. まとめ

今回の工事のように既設構造物が巨大で、重要度が高く厳しい施工管理を要求されるような場合には、常に計測データを基に予測解析を行い、施工管理にフィードバックする情報化施工システムが不可欠であると考えられる。本報告が今後の同種工事の参考になれば幸いである。

最後に、本工事を進めるにあたり、多大なる御指導を頂いた帝都高速度交通営団建設本部の方々、また本システムの開発に御協力を頂いた C R C 総合研究所に深く感謝の意を表します。