

仙石線地下化における仙台駅アンダーピニング計画

PLAN OF UNDERPINNING UNDER SENDAI STATION IN THE CONSTRUCTION
TO PLACE THE SENSEKI LINE UNDERGROUND

瀧内 義男* ・ 佐々木 光春* ・ 庄司 公男** ・ 古山 章一*
Yoshio TAKIUCHI, Mitsuharu SASAKI, Kimio SHOJI, Shoichi FURUYAMA

In the work to place the Senseki Line underground the Sendai City is planning, since the construction that will cross right under the concourse of the Tohoku Shinkansen Sendai Station will be done while super-express are running, an underpinning method is planned to be introduced, in which the overpass in the station area will be supported, in advance, by temporary bearing piles when the box culvert for the underground railway is constructed.

Keywords: underpinning method, two drifts, caisson type piles, preloading, automatic measurement

1. まえがき

現在、工事が進められているJR仙石線の仙台駅・苦竹間の延長約3.9Kmの地下化工事のうち、東北新幹線仙台駅直下を横断する部分については、新幹線を走行させながらの工事となることから、駅部新幹線高架橋を受替用基礎杭で受替えて地下鉄函体を構築するアンダーピニング工法で計画している。

今回は、このアンダーピニング工事の計画、設計、施工法の概要について報告する。

2. 工事概要

仙台駅は図-1に示すように、地上4階、地下1階の多層多径間ラーメン構造の高架橋であり、基礎は地中梁を有する直接基礎となっている。この基礎は、1柱当り最大2600tfの荷重を受け、一軸圧縮強度 q_u が50 kgf/cm²程度の凝灰質泥岩を支持地盤としている。

本工事の施工法としては、図-2に示すように、駅舎高架橋の19、20通りの各々の地中梁下方に2本の導坑を西口方より掘削し、高架橋柱直下の位置に場所打ちの受替杭を造成する。その後、この受替杭に受台と油圧ジャッキを介して高架橋荷重を受替え、導坑間の切掘りおよび本掘削を行い、1層2径間の地下鉄函体を構築するものである。

* 正会員 東日本旅客鉄道㈱ 東北工事事務所 工事管理室

** 東日本旅客鉄道㈱ 東北工事事務所 土木第一

なお、既設高架橋地中梁は、本工事を想定し、新幹線高架橋建設時に3スパンについて事前に断面を大きくして（幅1.0m、高さ2.5mを幅3.0m、高さ4.0mに）補強を行っている。

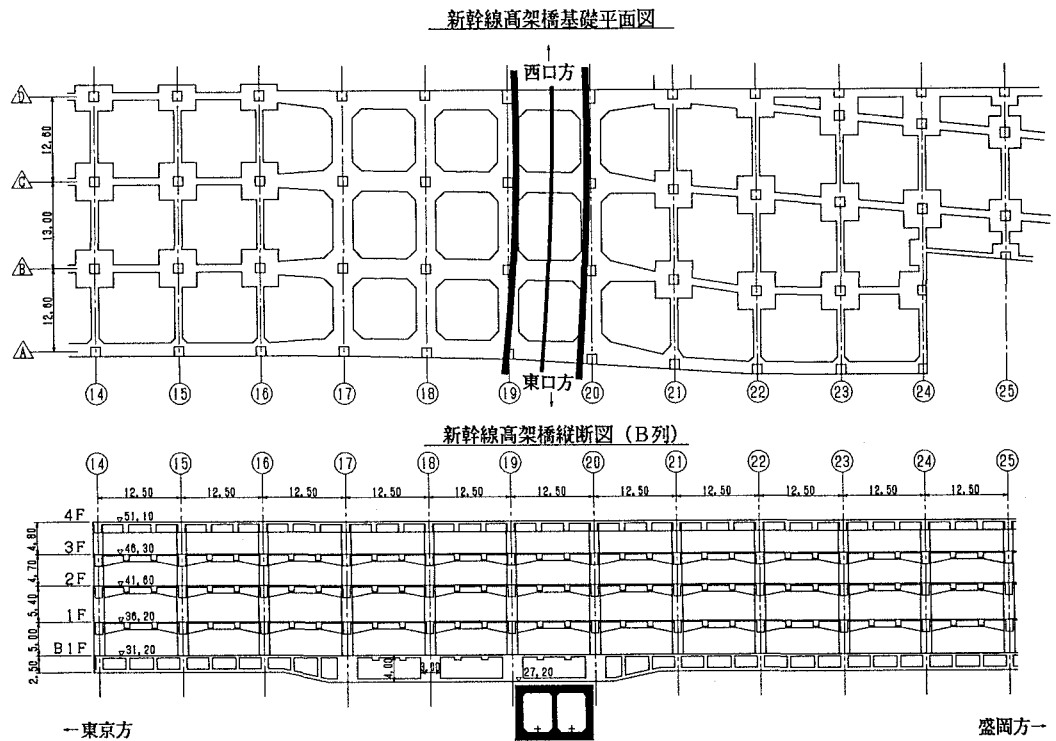


図-1 仙台駅高架橋一般図

3. 設計上の特徴
3・1 既設高架橋への影響

(a) 完成系

地中梁が補強されているため1スパンのみを杭で支持させても高架橋は設計上、問題とはならず、また、地中に地下階と地中梁が根入れされているため、杭に対する地震の影響が少ないと考えられる。このため、受替杭を仮受時だけでなく将来的な本杭として使用することが可能である。

(b) 施工中

施工に伴う既設高架橋に対する影響解析は以下の条件により行っている。

①施工段階を考慮した解析

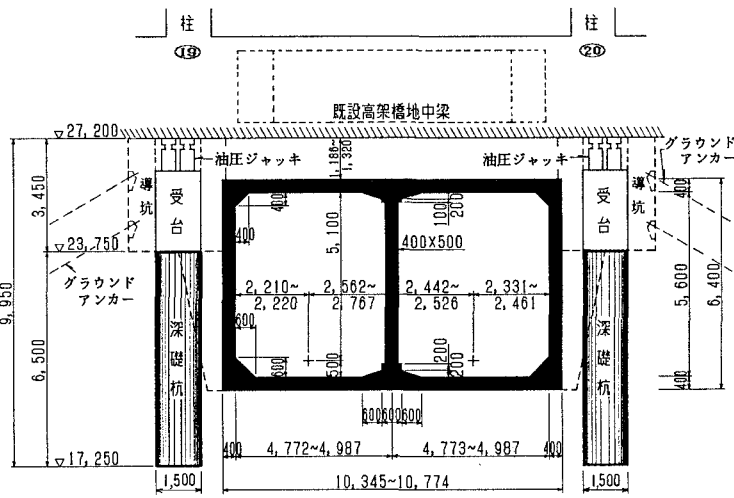


図-2 地下鉄函体の施工概念図

- ②導坑掘削による周辺地盤のゆるみを考慮
- ③各導坑掘削後に杭に応力導入を与えた解析
- ④高架橋を図-3に示す立体ラーメンでモデル化
- ⑤変位量と発生断面力の両方で照査
- ⑥高架橋の部材耐力

1F~4F : S R C構造の抵抗曲げモーメント

B1 : R C構造の抵抗曲げモーメント

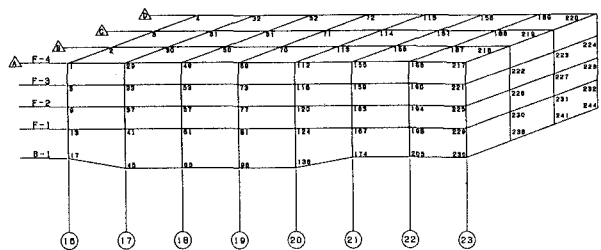


図-3 高架橋立体骨組図

(c) 解析

解析は、各々の状態を図-4に示すようなモデル化により行っている。

解析の結果、19通り、20通りの導坑掘削完了後に、各々の受替杭について応力導入（B C列の場合1500 tf/本、A D列の場合750 tf/本）を行えば、既設高架橋は変位、発生断面力とも許容値を満足する。

Case	施工略図	モデル化図	Case	施工略図	モデル化図
①	(現況)		⑤	(二次掘削)	
②	(一次掘削)		⑥	(P20プレロード)	
③	(P10プレロード)		⑦	(杭受替)	
④	(杭受替)		⑧	(三次掘削)	

図-4 モデル化図

3・2 導坑及び受替杭の設計

(a) 導坑の設計

導坑は図-5に示すように、既設高架橋への影響を最小限に抑えるため、受替杭を施工できる範囲で極力小さい断面とし、メッセル工法を採用することとした。

(b) 受替杭の設計

受替杭は、仮受時だけでなく将来的な本杭として使用されることから、基礎の安定性、狭隘場所での施工性、さらに、経済性等より、図-6に示す小判形深礎杭を採用することとした。

なお、杭の断面については、既設高架橋の各柱に作用する荷重によって2種類とし、受替後の掘削に伴う杭の沈下を抑えるため、根入れ部以外の掘削箇所については周面摩擦を事前にカットする設計としている。

3・3 函体の設計

函体に高架橋荷重を支持させる通常の本受方式と異なり、受替杭を将来的な本杭として使用し高架橋を支持させるため、函体に高架橋荷重を作用させない設計が可能となり、上床版厚を薄くすることができる。

4·1 施工順序

(a) 導坑掘削用発進立坑の構築

- ①立坑の土留杭及びベドストリアンデッキ仮受杭の施工
- ②立坑部分の覆工
- ③立坑1次掘削、土留工及びベドストリアンデッキ仮受工

①19通り側メッセル発進架台組立

- ②19通り側メッセル導坑掘削
- ③19通り側グラウンドアンカー施工
- ④19通り側受替用深礎杭の施工
- ⑤19通り側ジャッキ受台施工
- ⑥19通り側高架橋仮受、応力導入
- ⑦19通り側終了後、20通り側について
も同様の順序で施工

①立坑 2 次掘削

- ②導坑間の切詰め
- ③本掘削、のり面吹付けコンクリート
- ④函体構築
- ⑤函体背面埋戻し
- ⑥本受工（ジャッキ調整、ジャッキ部モルタル充填）
- ⑦函体上部埋戻し
- ⑧ペDESTリアンデッキ基礎杭本受替
- ⑨ペDESTリアンデッキ仮受工てっ去
- ⑩立坑埋戻し、覆工てっ去
- ⑪工事完了

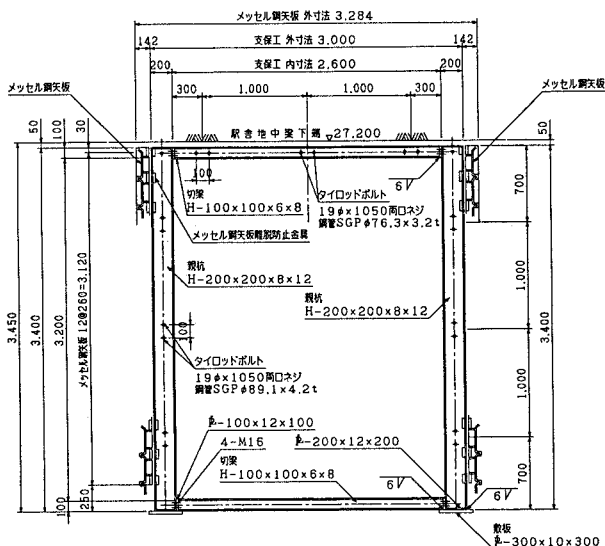


図-5 メッセル導坑断面図

盛岡方

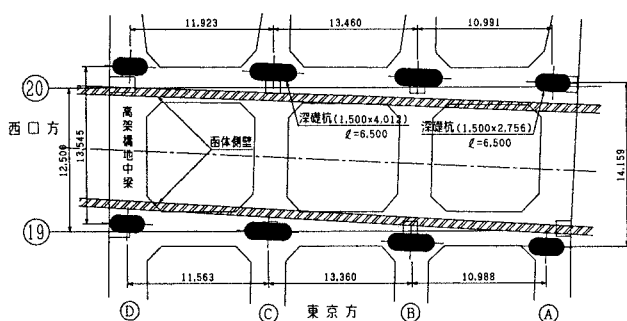


圖-6 深礎杭配置圖

(a) ペDESTリアンデッキ仮受工

導坑掘削用の発進立坑を構築するため、駅西口のペデストリアンデッキを仮受する必要がある。立坑に支障するペデストリアンデッキの深礎杭は4本であり、これらをH形鋼の仮受杭と添梁によって受替えるものである。受替に使用するジャッキは、高架橋の受替に用いるものと同様の受替工法用特殊油圧ジャッキ（100tf ジャッキ16台）を用いる。

なお、最終的には、この添梁同士が連結され、新たに構築される函体に本受されることになる。

(b) 高架橋受替用小判形深礎杭の施工

小断面導坑内で、しかも土留用グラウンドアンカー頭部定着部が支障することから、図-7に示すような小規模な設備により人力掘削を行い、掘削土砂はベルトコンベアーにより坑外に搬出する計画である。

なお、基礎の根入れ部分については、周面摩擦も期待するため裏込注入を行い、逆に、上部の掘削部分はモルタル廻込み防止シートにより周面摩擦をカットすることとしている。

(c) 高架橋受替工

高架橋の変状や異常な応力を発生させないためには、立体解析の結果からも分かるように、各導坑掘削完了後に、高架橋に応力導入を行うことが必要である。

応力導入は図-8に示すように、最大導入荷重の20パーセント毎に载荷を行う計画である。最大導入荷重は立体解析結果より、BC列 1500tf/本、AD列750tf/本としている。

受替は、深礎杭上部のジャッキ受台と350tf、300tfジャッキを介して行う。図-9にBC列におけるジャッキの配置を示す。

この受替に使用するジャッキは、従来の油圧ジャッキ+サポートジャッキの併用に代え、この両機能を有する受替工法用特殊油圧ジャッキを採用することとした。採用理由としては、ジャッキ台数を半分にできるため受替杭および受台の断面を極力小さくできること、異常時に迅速に対応できること、受替回数が少なく経済的であることなどが挙げられる。

なお、受替に当たっては、高架橋および受替杭の変位、応力、軸力などの計測を行いながら施工を進める予定である。

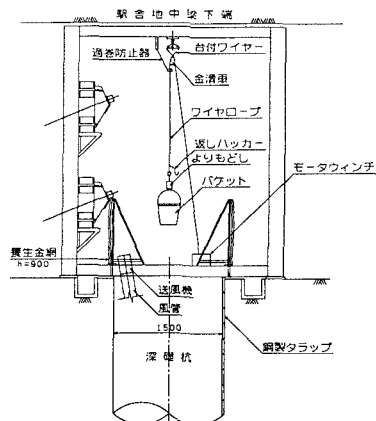
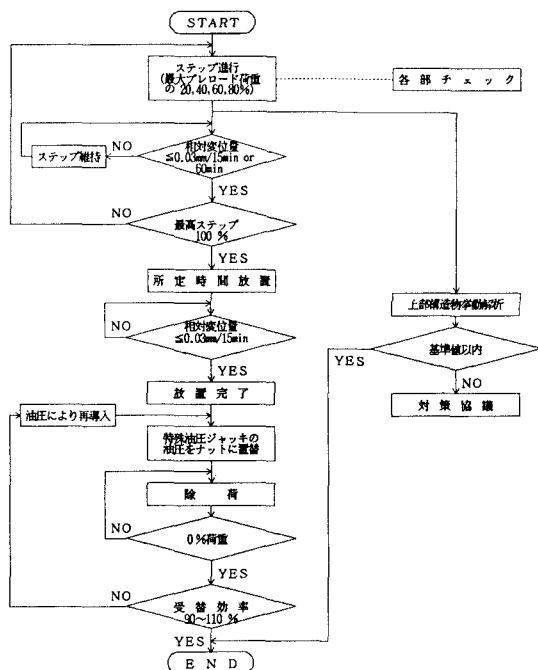


図-7 深礎杭施工要領図

応力導入フロー



応力導入工程表

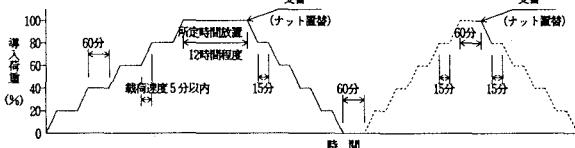


図-8 応力導入法

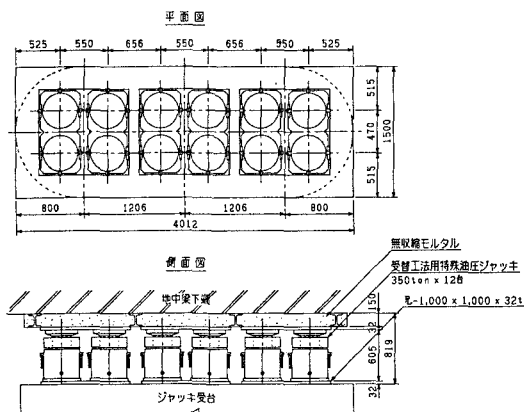


図-9 ジャッキ配置図 (BC列)

(d) 管理値

高架橋の管理限界値は、影響解析の結果、新幹線走行に対する安全性、建物としての変位の限界値、過去の類似施工例などより3mmを管理限界値とし、施工管理上の管理目標値については限界値の70パーセントとする計画である。

なお、ペDESTリアンデッキ部分の仮受に伴う管理限界値については、本体が鋼製であること、受替時に通行止めが可能なことなどから10mmとし、管理目標値については、高架橋同様、70パーセントで計画している。

5. 計測管理

表-1 主な計測内容

新幹線列車の運行に支障することなく本工事を進めるには、駅舎高架橋の変位、応力状態ならびに周辺地盤等の挙動とその傾向を的確に把握し、アンダーピニング支持部材をも含めて総合的にその安全性を確認しながら施工する必要がある。特に、高架橋柱相互の不同沈下については留意する必要がある。

また、ペDESTリアンデッキの仮受についても、公衆の安全上、同様に上記のことがいえる

そこで、施工に当たっては表-1に示すように、高架橋、ペDESTリアンデッキ、受替杭、周辺地盤について計測内容を決定し、その計測目的に応じた機器を用いて自動計測を行い、設定した管理値に基づいて施工管理を行う計画である。

対象構造物	計測項目	使用計器	計器設置位置	計測点数
ペDESTリアンデッキ	隆起、沈下	液圧式相対沈下計	ベストラフナギ鋼管柱	基準1式+4点
駅舎高架橋	隆起、沈下	液圧式相対沈下計	B1階柱	基準1式+18点
	傾斜	固定式傾斜計	B1階柱	2箇所×2点
導坑	グラウンドアンカー軸力	ロードセル	グラウンドアンカー定着部	2導坑×1箇所×2点
周辺地盤	地中変位	埋設型固定式傾斜計	導坑下方	2導坑×2箇所×1点
受替杭	絶対変位	ロッド式沈下計	深礎杭頭部	2基×1点
	相対変位	変位計	深礎杭頭部	8基×2点
	軸力	鉄筋計	深礎杭主鉄筋	8基×1段×4点 2基×2段×4点
		土圧計	深礎杭先端部	2基×1点
		コンクリート有効応力計	深礎杭先端部	2基×4点
	地中変位	ロッド式沈下計	深礎杭下方	2基×4点

6. あとがき

新幹線列車を走行させながらの施工となることから、特に計測管理については今後、入念な計画をたて、設計を検証しながら工事を進めていく考えである。

なお、平成4年8月現在、高架橋の沈下計設置工事が完了し、11月初めからの導坑掘削に向け、テストランを実施しているところである。また、仙台駅西口においては、ペDESTリアンデッキ仮受工を伴う導坑掘削用立坑の構築工事が行われている。

最後に、本工事の計画、設計、施工を進めるに当たっては、東北大学工学部尾坂教授、三浦教授、柳沢教授をはじめとする技術研究会の委員の方々ならびに(株)鉄道総合技術研究所の関係各位に多大なご指導を頂いている。ここに、深甚の謝意を表します。

7. 参考文献

- 1) 東日本旅客鉄道株式会社：アンダー・ピニング設計・施工の手引き、1987
- 2) 瀧内義男、佐々木光春、庄司公男、古山章一：仙石線地下化工事における仙台駅アンダーピニング計画、土木学会第47回年次学術講演会、第VI部、1992