

第二阪奈有料道路建設工事に伴う近鉄東大阪線アンダーピニングと計測管理 THE UNDERPINNING WORK AND THE MONITORING SYSTEM OF KINTETSU HIGASHI OSAKA LINE ON THE CONSTRUCTION OF SECOND HAN-NA TOLL ROAD

松田 時和*・杉本 昌弘**・武田 光司***・榊原 範明****

Toki kazu MATSUDA, Masahiro SUGIMOTO, Kohji TAKEDA, Noriaki SAKAKIHARA

This paper refers to the underpinning work, which includes two different methods on supporting the existing subway. They are called the URT beam method and PC one adopted according to the subway structure system respectively within about 260 m length of this construction site. This paper firstly introduces the supporting procedure related to each method, and the monitoring system. Afterwards it shows the result of the comparison between the predicted performance of the subway structure and the measured data, in which both are in the good agreement.

Keywords: underpinning work, existing subway, monitoring system

1. まえがき

第二阪奈有料道路は、一般国道170号（大阪環状線、東大阪市 西石切町）を起点とし、奈良生駒線（阪奈道路、奈良宝来町）を終点とする延長13.4 Kmの自動車専用道路である。

第二阪奈有料道路事業のうち大阪側の延長は3.8 Kmであり、そのうちの延長260 mにわたる大阪側の開削トンネル区間が当工区になる。この区間には、大阪の都心部と奈良を結び、鉄道輸送の大動脈となっている、現在営業線の近鉄東大阪線が走っている。

第二阪奈有料道路の線形は、この区間内で鉄道と交差しており、かつ鉄道構造物の下部に道路構造物を構築する設計となっている。このため上部にある鉄道構造物が直接基礎ということで、169 mにわたる長大区間のアンダーピニングをおこなった。この仮受工事は、上部構造物の仮受けだけでも平成5年10月～平成8年6月初旬までの32カ月間余に及ぶ長期間の工事であり、仮受途中の平成7年1月には阪神・淡路大震災にも遭遇した。

しかし、綿密な事前設計、マルチコントロールシステムを用いた管理システムの利用及び耐震部材の設置

* 大阪府道路公社 第二阪奈有料道路建設事務所

** 近畿日本鉄道（株）建設改良局 工事部

*** 大成建設（株）大阪支店

**** 正会員 大成建設（株）大阪支店

等によって、近鉄東大阪線に何等の支障を及ぼすことなく受け替えを完了させることができた。

本稿は、アンダーピニングの工法概要と構造物の安全確保を目的として導入された、計測管理方法の概要と計測結果について報告する。

2. 工事概要

仮受する近鉄東大阪線は、1層1径間のラーメン構造物であるが、地形条件の制約で上床版より上部の土圧に抵抗する側部土留壁を有する掘削区間と、完全に地中化したボックスカルバート区間に分けられる。平面図を図-1に縦断図を図-2に、断面図を図-3、4に示す。

この構造上の特徴を考慮して、掘削区間では、近鉄躯体の構造耐力が小さく不同沈下に鋭敏に反応することが予想されたので、幅85cm×高さ105cmの箱形鋼管を59列連続的に鉄道構造物下部に掘削・挿入してゆき、面的な支持構造としたURT受桁によるアンダーピニングを行った。

ボックスカルバート区間では、構造耐力が大きいため、鉄道構造物下部に一定間隔(標準で7m)で掘削された導坑に幅180cm×高さ150cmのコンクリート桁を挿入して、その桁上に仮受ジャッキを載せ、鉄道構造物を支持するPC受桁によるアンダーピニングを行った。いずれの区間も、鉄道構造物の荷重を受桁を介して仮受杭で支持している。仮受延長は、URT受桁区間が52m、PC受桁区間は、117mである。

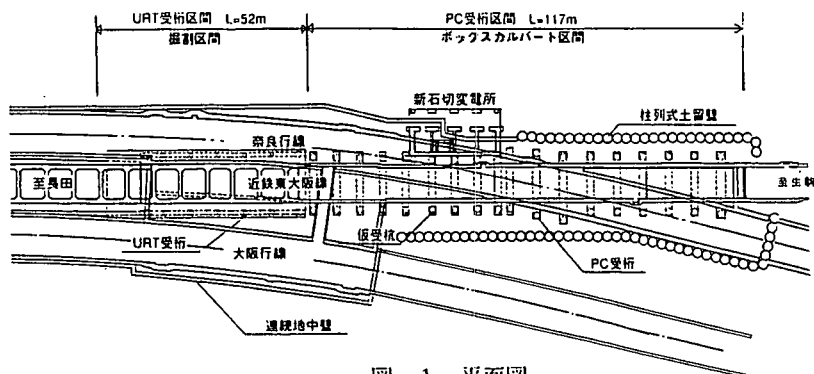


図-1 平面図

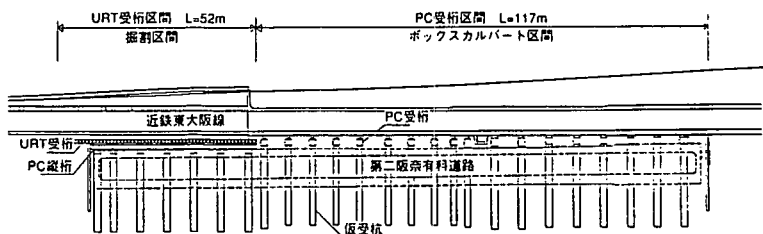


図-2 縦断図

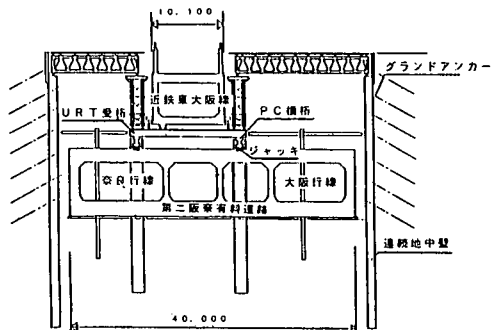


図-3 URT受桁区間断面図

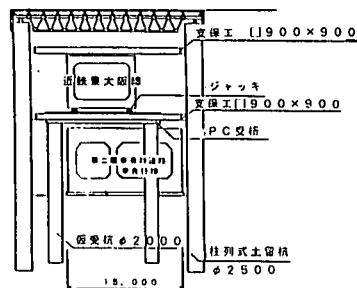


図-4 PC受桁区間断面図

3. 地質概要

交差部のアンダーピニング区間は、東大阪市の東端部で生駒山の西縁に接する場所に当り、地層条件としては洪積層中～高位段丘上になる。これらの段丘は生駒山から供給された砂礫主体で構成されている。

代表的な地層断面を図-5

に示した。鉄道構造物直下を掘削して、URT受桁、PC受桁を挿入する地盤は、大径の転石を含む、N値20～30の砂礫土層及び礫混じりの粘性土層の互層帯(Dt)になる。

また仮受杭の支持層は、大阪層群砂質土層(Ds)で、均質、均等粒度の細砂である。N値は、60以上を示す非常に密で厚い地層である。

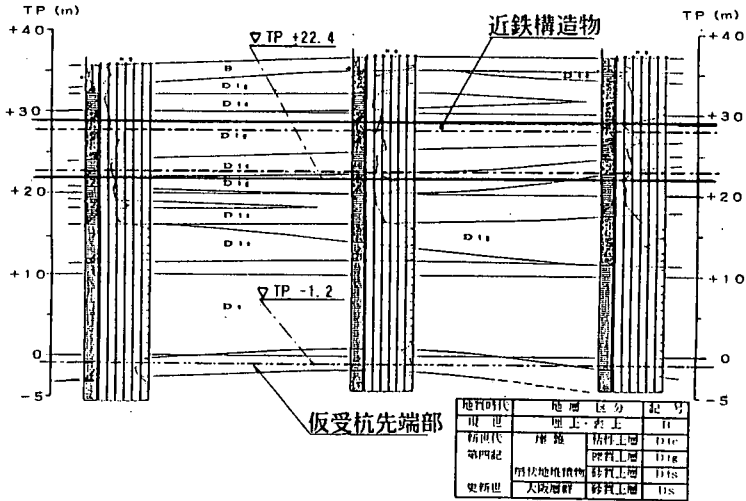


図-5 地層断面図

4. 仮受工の手順

4.1 URT受桁区間

URT受桁区間の施工手順を表-1、図-6、7に示す。URT受桁は、工程を短縮するためにダミー桁を使用して掘削を先行させ、その後を追いかけるように本桁を置き換えていく工法をとった。当初機械掘削を考えていたが、大径の転石層の存在によって掘削困難と判断し、人力掘削に切り替えた。

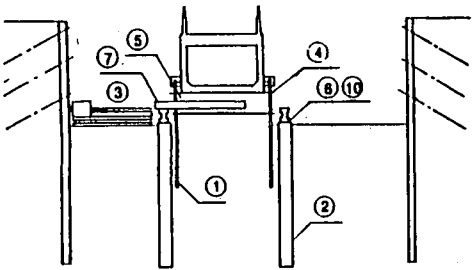


図-6 URT受桁区間施工手順(1)

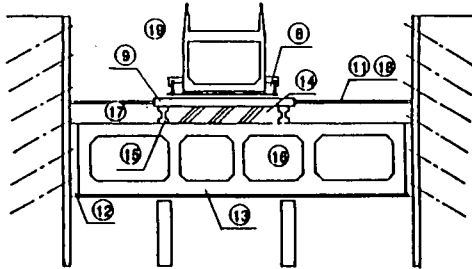


図-7 URT受桁区間施工手順(2)

表-1 URT受桁区間施工手順

手順	URT受桁区間施工手順
1	鋼矢板の打設(URT受桁推進用鏡)
2	仮受杭の打設
3	掘削 (アンダーピニング盤まで)
4	タイプルの設置 (鋼矢板支保工)
5	薬液注入
6	ジャッキ, 縦桁の設置
7	URT受桁の設置 (59列)
8	薬液注入
9	受桁内中詰めコンクリートの打設
10	ジャッキアップ
11	耐震ストラット設置
12	掘削 (床付盤まで)
13	躯体の構築
14	盛替支承の設置
15	ジャッキダウン
16	仮受杭の撤去
17	埋め戻し (アンダーピニング盤まで)
18	耐震ストラットの撤去
19	埋め戻し (原地盤まで)

4.2 PC受桁区間

PC受桁区間の施工手順を表-2、図-8、9に示す。PC受桁は、近鉄躯体直下に導坑を掘削し、その空間に分割製作された桁を引き込み、現場で緊張して桁を完成させた。導坑掘削及びジャッキアップは、基礎地盤の掘削に伴う掘削解放力によって発生する断面力が、構造物の耐力を超過しないように、事前解析に基づいた順序で施工した。

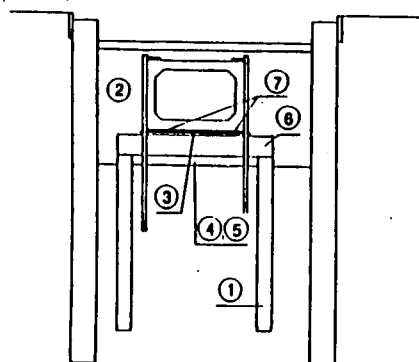


図-8 PC受桁区間施工手順(1)

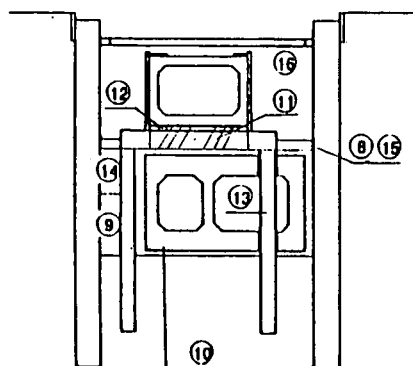


図-9 PC受桁区間施工手順(2)

表-2 PC受桁区間施工手順

	PC受桁区間施工手順
1	仮受杭の打設
2	掘削（アンダーピニング盤まで）
3	タイプルの設置（既設SMW支保工）
4	薬液注入
5	メッセル導坑の掘削
6	PC受桁の設置（17本）
7	ジャッキアップ
8	耐震ストラット設置
9	掘削（床付盤まで）
10	躯体の構築
11	盛替支承の設置
12	ジャッキダウン
13	仮受杭の撤去
14	埋め戻し（アンダーピニング盤まで）
15	耐震ストラットの撤去
16	埋め戻し（原地盤まで）

5. 計測管理

アンダーピニングの計測管理システムは次に示す目的にそって構築した。

- ① 仮受中の鉄道構造物の変位及び仮受ジャッキの軸力管理と施工方法の調整
- ② 仮受杭の支持力伝達機構と杭変位の予測及び仮受制御方法へのフィードバック
- ③ 支持部材（PC横桁、PC縦桁、URTエレメント等）の構造部材としての安全確認
- ④ 荷重盛替による道路構造物の安全確認

使用した計器は、管理項目に対応させて選定し、アンダーピニング以外の土留壁等の計測器も合わせると計器数は約1500点にも及んだ。計測器と計測項目一覧を表-3に示し、

表-3 計測項目一覧

計測目的	測定項目	計測器	設置箇所
躯体挙動の監視	躯体変位	連通管式沈下計	近鉄躯体
		電子スタッフ	近鉄躯体
仮受部材の監視	URT受桁応力	ひずみ計	URT受桁
	PC受桁応力	ひずみ計	PC受桁
	URT受桁変位	非接触変位計	URT受桁
	PC受桁変位	非接触変位計	PC受桁
	仮受杭沈下	電子スタッフ	仮受杭頭部
	仮受杭軸力	鉄筋計	仮受杭
ジャッキ監視	ジャッキ変位	ジャッキストローク	ジャッキ
	ジャッキ軸力	油圧計	ジャッキ
地盤挙動	地盤変位	層別沈下計	掘削地盤

代表的な計測器配置図を図-10、11に示す。特に仮受杭の沈下又は隆起は、上部鉄道構造物の安全性を左右するので、沈下計測には、電子スタッフと電子レベルを組み合わせた新しいシステムを採用した。アンダーピニングに関わる構造物の管理基準とジャッキ荷重の管理基準の考え方を表-4に示す。

表-4 管理基準値一覧

計測管理項目	1次管理目標値	管理目標値 許容値
躯体変位	70%	100%
仮受部材	80%	100%

計測管理項目	設計分担荷重	注意レベルⅠ	注意レベルⅡ	注意レベルⅢ 受桁使用限界
ジャッキ荷重	A	$A+(B-A) \times 50\%$	$A+(B-A) \times 70\%$	B

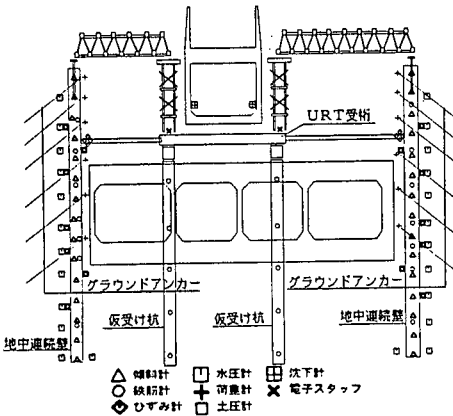


図-10 URT受桁区間計測器配置図

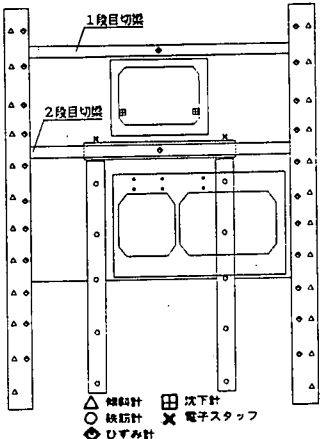


図-11 PC受桁区間計測器配置図

6. 計測結果

6.1 URT受桁区間

URT受桁区間は、鉄道躯体を面的に支持する構造となっている。上部躯体に最も大きい影響を与えるのは、鉄道直下を連続的に掘削することによって不等沈下が発生する場合である。このため事前に梁-バネモデルによる解析を行い躯体の挙動を予測し、鉄道の安全性の確認を行った。受桁挿入前後の計測値と解析値の比較を図-12に示す。計測値がやや大きめであるが、施工途中においても中央部の沈下が経時的に増加しないことを確認して施工を続行し、安全に受け替えた。

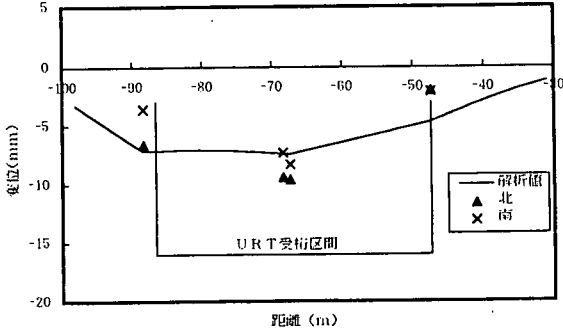


図-12 URT受桁区間 沈下計計測結果

6.2 PC受桁区間

PC受桁区間では、導坑を掘削してジャッキに受け替えるまで18箇所のプレロードが必要であったが、これを梁-バネモデルを用いて事前解析を行い、7段階の施工手順を決定し施工した。仮受荷重と解析値の変遷状態の1例としてP18桁直上のジャッキ荷重変化を図-13に示す。図より他杭のジャッキアップ時は両者とも良く一致している。他の導坑掘削時は解析のような増加が見られないが、これは導坑間の地山が薬注及

びメッセル工法等により地山の緩みが少なく設計条件のパネ値よりも大きくなり、ここで掘削解放力を解析よりも多く負担したことを示している。また仮受前後の変位の比較値を図-14に示す。仮受後の変位は解析値よりも同じかやや小さく収まっている。これも同様に地山の剛性が大きかったためと思われる。

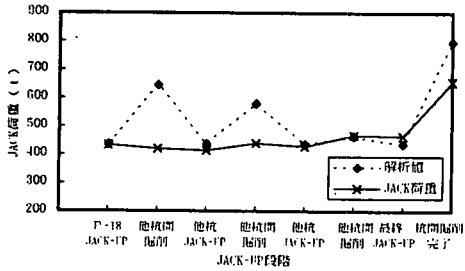


図-13 ジャッキ荷重 計測結果 (P18)

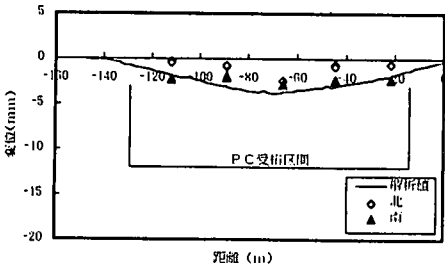


図-14 P.C受荷区間 沈下計測結果

6.3 ジャッキ荷重管理

鉄道構造物をジャッキですべて仮受した後は、日常管理状態に入る。管理基準にあるように、ジャッキは、注意レベルを設け管理限界に到達すると予測されるものは荷重調整をした。図-15に管理状態のジャッキ荷重の変遷の1例を示す。図に示す様にジャッキコントロールを随時行い、管理基準値内に入るようにした。

6.4 仮受杭

仮受杭のプレロード時の杭頭荷重と杭沈下量の関係を図-16に示す。図の中で解析値は平山の方法¹⁾より求めた。両者はよく類似しており、プレロード時の仮受杭の支持力条件は、非常に均一的な条件であるとともに、全周回転式オールケーシング工法で施工した仮受杭の支持状態が非常に良好であることがわかる。

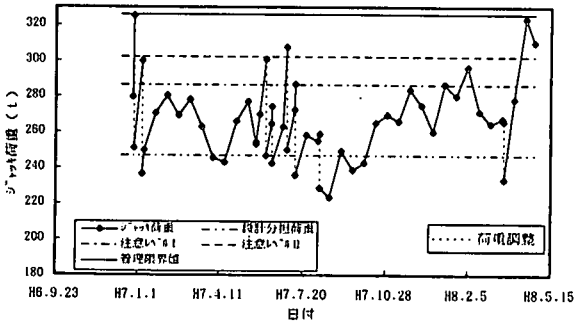


図-15 ジャッキ荷重管理図 (P11)

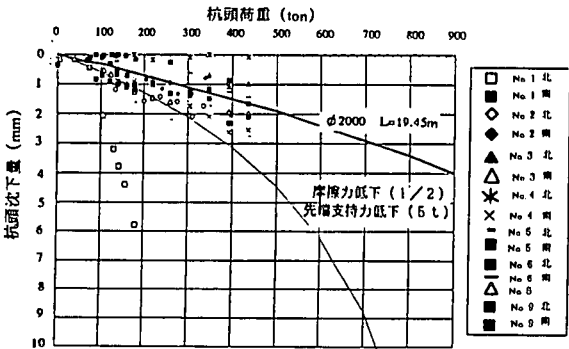


図-16 杭頭沈下計測結果

7. あとがき

32カ月間に25箇所の仮受工事を行った後は、途中で数回のジャッキ調整をただけで、近鉄構造物をほぼ初期の安定した状態に維持することができ、選定した仮受工法の有効性を確認できた。

工事の安全性確保、的確な構造物の挙動把握のため、膨大な計器数にも関わらず、各々担当者の意思疎通を図って安全管理を行うことができましたことに対し関係各位に深く感謝致します。また上記以外の計測結果についても今後報告する予定である。

8.参考文献

- 1) 平山英喜、本郷隆夫：双曲線型抵抗を用いたLoad-Transfer 法による杭の荷重－沈下曲線算定、第23回土質工学研究発表会、pp.701～704,1988