

受替え版方式による鉄道高架橋のアンダーピニング工法の設計

ジェイアール西日本コンサルタンツ（株）	正会員	○中谷 紘也
ジェイアール西日本コンサルタンツ（株）	正会員	藤澤 量子
ジェイアール西日本コンサルタンツ（株）	正会員	高田 直明
西日本旅客鉄道株式会社（株）	非会員	吉川登代子

1. はじめに

本設計は大阪都心を貫く鉄道新線である、なにわ筋線建設事業における既設鉄道交差部のアンダーピニング部の詳細設計である。当該箇所は、交差角が浅いため高架橋支障範囲も広く大規模なアンダーピニングが計画されている。本稿では、アンダーピニングの受替え構造について、構造計画と構造解析を実施したので報告する。

2. 高架橋受替え構造計画

(1) 交差条件

鉄道トンネルは複線のシールド工法（ $\phi 11\text{m}$ ）、土被り約 11m で既設の鉄道高架橋（単線 2 柱式、2 連並列 RC 完全支持杭形式）と $22\sim 25^\circ$ と非常に浅い角度で交差する。さらに、シールドの線形は $R=250\text{m}$ の曲線、縦断勾配は 35‰である。交差部の 3D モデルによるイメージを図-1 に示す。

既設高架橋の支持杭支障箇所は 25 箇所あり、7 基の高架橋の杭を切断する。既設杭はシールド掘進に伴い切削するが、既設高架橋の支持力性能が確保できないためアンダーピニング工法による受替えを実施する。アンダーピニングにより高架橋を受替え、既設高架橋の杭頭部を切断し縁切りした後、切削シールドにて切削、通過する計画である。

(2) 受替え方式の検討

1) 受替え方式の基本

アンダーピニング工法として一般的に高架橋を受け替える場合、添え梁形式が採用される場合が多いが、この場合、完成時の既設構造物は新設構造物へ支持させている。本設計では新設構造物がシールドトンネルであるため、既設高架橋の荷重を載荷させることができない。そのため、面で受け替える下受け梁方式の受替え版方式を採用した。

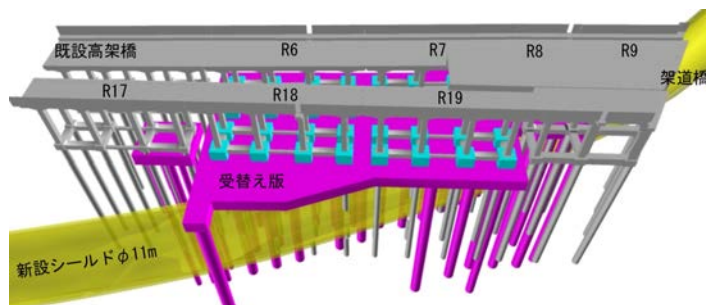


図-1 交差部の 3D モデル

2) 受替え範囲の検討

7 基の既設高架橋を受替え版方式で受け替えるが、受替え後の高架橋の挙動に留意し、以下の点について着目して構造計画を実施した。

- ・支障する高架橋の杭を部分的に受替えることはせず、高架橋単位で 1 つの受替えを基本とする。
- ・シールドによって受替え杭が施工できない場合は複数の高架橋をまとめて受替える。
- ・上記で不合理な構造となる場合は部分受替とする。

以上に配慮し、受替え版の形状と杭配置を計画した。その結果、7 基の高架橋に対して 3 つの受替え版を設置することとした（図-2）。

- ① R6～R19 受替え版：高架橋 5 基受替え
 - ② R9 受替え版：高架橋 1 基を部分受替え
 - ③ R17 受替え版：高架橋 1 基を部分受替え
- ② R9 受替え版、③ R17 受替え版は部分受替となるが、②の受替えは R9 が架道橋部の橋脚となっていることから、一式で受け替えると鉄道用地外の道路部にまで大きく影響を与えること、③は近傍の既設

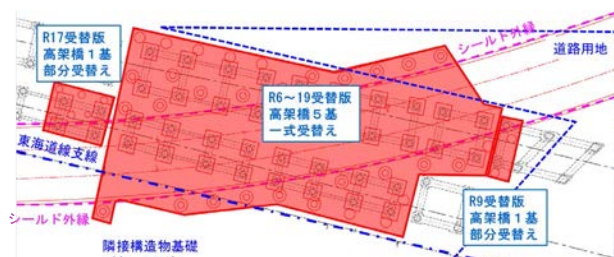


図-2 受替え版の配置・形状

キーワード アンダーピニング、受替え版方式、FEM

連絡先 〒532-0011 大阪市淀川区西中島 5 丁目 4 番 20 号 中央ビル 8F TEL : (06)6303-1453

線路の構造物（U型擁壁）に支障し、U型擁壁も受替える必要になることから部分受替えを採用した。

3. 受替え版の設計条件

(1) 基本条件

既設構造物の改築であり、現状非悪化とするため設計当初の基準相当として許容応力度法設計法¹⁾に準じた。なお、受替え版の形状や杭配列が既設高架橋の部材軸線と一致しないため、3次元による解析を実施した。

(2) 施工段階に応じた設計検討

受替えは現況から仮受け、杭切断、本受けと構造形式が施工ステップによって大きく異なる。そのため施工ステップ、応力履歴を考慮した設計を行った。具体的なステップは以下の通りである。

STEP0：現況：既設高架橋復元・杭軸力算出

現況の高架橋を復元し、杭軸力を算出する。算出した杭軸力が設計プレロード力となる。

STEP1：ジャッキアップ時：杭軸力除去

杭軸力を柱に載荷させジャッキアップを考慮し、既設杭の軸力を除荷すると同時に受替え版に反力を載荷させる。

STEP2：既設杭撤去

既設高架橋の杭を撤去する。

STEP3：完成時：部材照査

本受け時として、締結部を接合し設計荷重を載荷させ、支持力、断面力照査を実施する。

4. 構造解析

(1) 構造解析モデルの設定

解析に使用したソフトウェアは汎用線形・非線形及び詳細解析 (FEA-NX) MIDAS IT JAPAN である。構造解析モデルは図-3に示すように既設高架橋の杭、梁、柱と新設受替え杭、受台をビーム要素、既設高架橋スラブ、新設受替え版をシェル要素で構築した。なお、受替え版下の地盤反力（地盤バネ）はシールド通過地盤沈下による隙間が考えられるため考慮しない。

(2) 受替え版と既設構造物の評価・設計

詳細設計実施前に、構造モデル妥当性の評価を行う。本件の概略設計時に実施した概略設計時2Dモデルによる結果と比較する。条件の完全一致ではないが、マクロチェックとして実施する。条件は線路直角方向の常時の断面力で比較する。同断面での断面

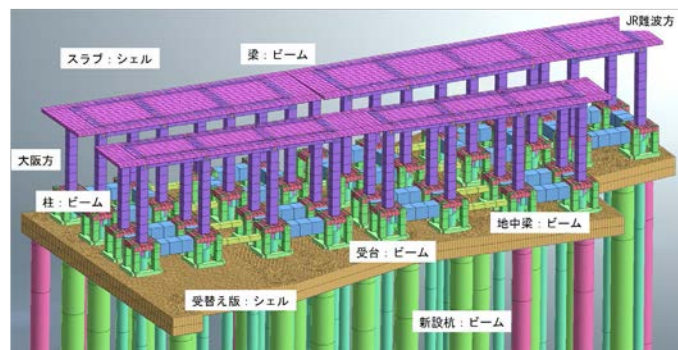


図-3 R6~19 受替え版の3D解析モデル

力比較を実施した。曲げモーメントは表-1の通りとなり、11%程度の差異であり近似している値であることから妥当であることを確認した。この結果を用いて、構築したモデルで構造解析を行った。常時、一時（列車荷重、衝撃荷重、遠心荷重、車両横荷重等）、地震時を含めた線路方向、線路直角方向の合計22ケースの検討を実施した。解析で得られた断面力図の例を図-4に示す。検討の結果、最大鉄筋径D38を使用し、受替え版厚さは1.5mとした。なお、鉄筋は線路方向、線路直角方向の2方向を主筋とした。

表-1 モデル比較による妥当性の確認

	3D モデル	2D モデル	3D/2D
Mmax (kN・m)	1918	2158	0.89

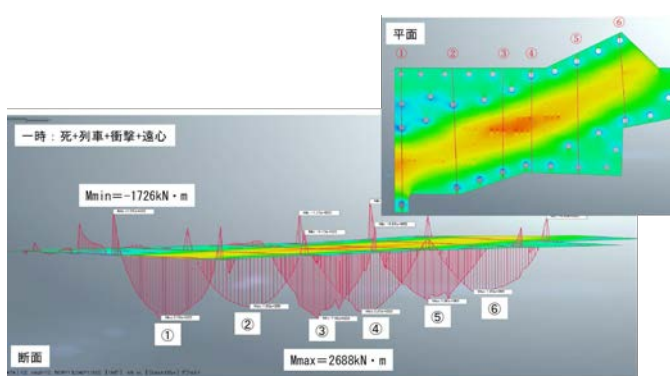


図-4 断面力図（曲げモーメント）

5. おわりに

受替え版方式の鉄道高架橋のアンダーピニングの1事例として構造計画、3Dモデルによる構造解析を実施した。アンダーピニングは施工手順に応じ、構造系が逐次変化する。また、部材の剛性や地盤条件にも影響を受けるため実挙動の予測が困難である。実施工にあたっては、計測結果より逆解析を行い、実挙動との比較を実施したい。

参考文献

- 1) 日本国有鉄道：建造物設計標準解説 鉄筋コンクリート構造物および無筋コンクリート構造物, 1983.2