

近接工事での地下水位低下が既設構造物に及ぼす影響

九州旅客鉄道(株) 正 梅田祐樹、石井淳治
 ジェイアール九州コンサルタンツ(株) 正 本山彰彦、正 家入啓輔

1. はじめに

JR 鹿児島本線に近接した位置で、都市高速道路の新設工事が実施された（福岡北九州高速道路公社実施）。当工事に際して既設構造物の計測管理を実施したが、JR 橋脚の一部に沈下が生じたため、対策工として復水工法を採用した。今回は、変状予測と計測管理、変状の経緯とその対策、事後 FEM 解析結果について報告する。

2. 変状予測と計測管理

(1) FEM 解析による影響解析

新設工事に先立ち、既設構造物に対する影響を把握するために 2 次元 FEM 解析が実施された（道路公社実施）。この FEM 解析で

は、既設構造物の杭や躯体をビーム

要素として取り扱い、ビーム要素と地盤の境界にジョイント要素を設定し、既設構造物に近接する代表断面において影響解析が実施された。影響解析の結果、新設工事により発生する既設構造物の変位量は沈下・水平変位ともに 1.0mm を下回り、JR の管理基準値に抵触しないと判断し、対策工についての検討は行わず、万一に備えて、計測による監視を行いながら工事を実施した。

(2) 計測管理方法

近接施工となる区間は図 - 1 に示すように約 1.3km に亘り、盛土区間と高架橋区間で構成されている。既設構造物の挙動監視は沈下及び傾斜挙動を主体とし、それぞれ計測の都度、管理基準値と比較照合するとともに、管理値を上回るデータが観測された場合には、自動的に警報を発信する自動計測システムとした。

3. 既設構造物の変状と対策

基礎工事の進捗に伴い JR の既設構造物には変状が出現し始めた。盛土区間では、軌道整備などを実施し、大きな問題を生じなかったが、高架橋区間ではラーメン構造物であると同時にスラブ軌道であることから容易な対応策が取れなかった。以下に、挙動の卓越した P4 橋脚について経緯と対策を報告する。

(1) P4 橋脚と P65 橋脚の関係

P4 橋脚と近接施工される P65 橋脚の断面を図 - 2 に示す。P4 橋脚の基礎杭（オ

ルケーシング杭 $\phi = 1.0\text{m}$) は $N > 50$ の風化花崗岩に $1.5D$ 根入れされている。一方、P65 橋脚の基礎は深礎杭 ($\phi = 8.0\text{m}$ 、 $L = 13.0\text{m}$) で P4 橋脚の基礎杭先端より 6.0m 深い位置に定着する設計である。この深礎杭は図 - 2 に示すように、「近接施工の設計施工指針」より要注意範囲の区分 及び制限範囲の区分 に該当する。掘削にあたり周囲に止水のための薬液注入工（当初）を実施した。（図 - 4 参照）

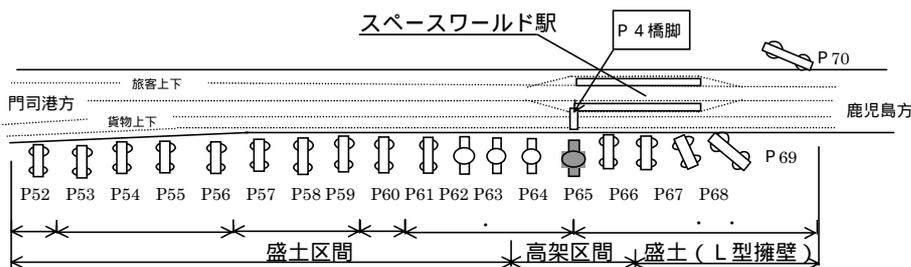


図 - 1 平面図

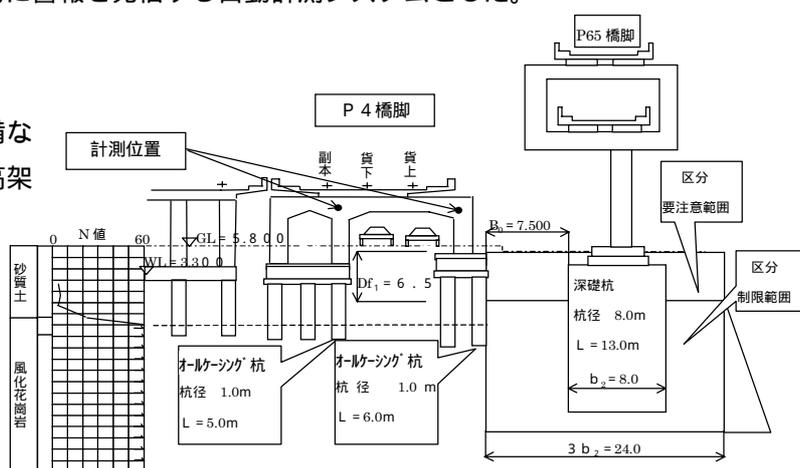


図 - 2 断面図

キーワード：近接施工 計測管理 地下水位の低下 復水工法 FEM 解析

〒812-0011 福岡市博多区博多駅前 3-16-10 TEL092-413-1020 FAX092-413-1022

(2) P4 橋脚変状の経緯

P4 橋脚の変状の経緯を図 - 3 に示す。図 - 3 は深礎杭の掘削深度、周辺地盤内の地下水位及び P4 橋脚の沈下量の関係を示している。

平成 11 年 12 月初旬の掘削開始に伴い P4 橋脚が沈下する傾向が認められるが、この挙動は、一時的なものでなく掘削深度との相関関係が認められるため、掘削の影響であると判断された。沈下傾向はその後も継続し、当初の管理基準値である 2.0mm に至ったため、掘削作業を中断し対策工を検討するとともに、使用限界状態での許容変位量の算出を行った。その場合の許容変位量は、8.6mm であり、現状の変位量がこれを満足していることを確認するとともに変状の要因が掘削に伴う応力開放と判断し、深礎杭側への防護工及び P4 橋脚側の薬液注入（追加）を実施した後、施工を再開した。しかし、掘削の進捗に従い沈下が進行し、工事中止値に達する恐れがあったため、5.0mm で作業を一時中断して深礎杭を埋戻した結果、沈下は停止した。また、地下水位の動向を観測するために観測井戸を設置して地下水位を監視した結果、地下水位は埋戻し後、3m 近く復元しており、沈下の原因が掘削に伴う地盤応力開放ではなく、地下水位の低下が主要因であるという判断に至った。

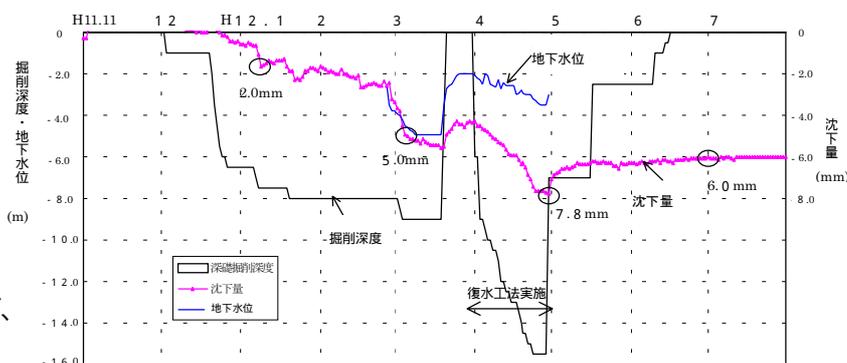


図 - 3 掘削 - 沈下相関図

影響であると判断された。沈下傾向はその後も継続し、当初の管理基準値である 2.0mm に至ったため、掘削作業を中断し対策工を検討するとともに、使用限界状態での許容変位量の算出を行った。その場合の許容変位量は、8.6mm であり、現状の変位量がこれを満足していることを確認するとともに変状の要因が掘削に伴う応力開放と判断し、深礎杭側への防護工及び P4 橋脚側の薬液注入（追加）を実施した後、施工を再開した。しかし、掘削の進捗に従い沈下が進行し、工事中止値に達する恐れがあったため、5.0mm で作業を一時中断して深礎杭を埋戻した結果、沈下は停止した。また、地下水位の動向を観測するために観測井戸を設置して地下水位を監視した結果、地下水位は埋戻し後、3m 近く復元しており、沈下の原因が掘削に伴う地盤応力開放ではなく、地下水位の低下が主要因であるという判断に至った。

原因が掘削に伴う地盤応力開放ではなく、地下水位の低下が主要因であるという判断に至った。

(3) 復水工法の実施

復水工法とは、一度揚水した地下水を再度周辺地盤に注入することにより地下水位の低下を抑制することで地盤沈下等を防止する補助工法である。図 - 4 にその計画図を示す。図 - 3 に示すように、復水工法実施前である 1 月～3 月の P4 橋脚の沈下挙動は、復水工法を実施した 4 月に比べて急激であることがわかる。復水工法を実施後も沈下は進行する傾向を示したものの、勾配が緩やかに変化したことで、定期的な軌道検測を行いながら深礎杭の早期完成を図ることとした。施工期間中における最終的な沈下量は、掘削深度 15.5m において 7.8mm に達した。なお、深礎杭施工終了後における測定では、6.0mm 程度で安定しており、変位挙動が収束したものと判断される。

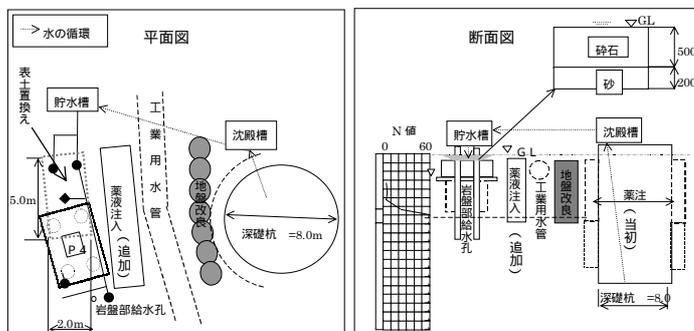


図 - 4 復水工法計画図

復水工法実施前である 1 月～3 月の P4 橋脚の沈下挙動は、復水工法を実施した 4 月に比べて急激であることがわかる。復水工法を実施後も沈下は進行する傾向を示したものの、勾配が緩やかに変化したことで、定期的な軌道検測を行いながら深礎杭の早期完成を図ることとした。施工期間中における最終的な沈下量は、掘削深度 15.5m において 7.8mm に達した。なお、深礎杭施工終了後における測定では、6.0mm 程度で安定しており、変位挙動が収束したものと判断される。

表 - 1 解析結果

4. 地下水位低下を考慮した FEM 解析

一般に、既設構造物に対する近接施工の影響は、平面歪問題として解析される。特に、地下水位の低下に伴う影響評価は、広範囲における地下水位低下工法や遮水工法に伴う影響解析を行う場合以外には、一般的に検討されない。今回は、検討されないケースであるが、上述のように問題が出現した。これを踏まえて、地下水位低下の影響を把握するため、FEM 解析による事後検証を実施した。

FEM 解析は、深礎杭を中心とした軸対称モデルとして取り扱い、地盤定数は事前 FEM 解析の値を採用した。解析は、掘削前の水位を初期条件として解析した後、深礎杭中心の地下水位を GL-7.4m 及び GL-12.1m まで低下させた。表 - 1 に解析結果を示す。解析の結果、実測に近い値となった。

5. おわりに

近接施工において、地下水位を低下させるような工法を採用する場合には、今回実施したような FEM 解析により影響度合いを把握し、適切な施工方法を検討することが必要であると考えます。

最後に、福岡北九州高速道路公社をはじめ、関係各位に深く感謝の意を表します。

<参考文献> 1)九州旅客鉄道株式会社：近接施工の設計施工指針

	水位GL-7.4m	水位GL-12.1m
P4橋脚地表面沈下量 (mm)	-7.4	-8.5