

軟弱地盤上の築堤に伴う鉄道構造物への影響解析

東日本旅客鉄道（株）東北工事事務所 ○牛木 隆匡  
 東日本旅客鉄道（株）東北工事事務所 高橋 彰俊

1. はじめに

(1) 工事概要

本工事は、国交省による一級河川旧北上川の無堤防区間の築堤事業において、JR 石巻線（単線、非電化）と直交する箇所の築堤と、築堤により堤外となる道路の付替えに伴う鉄道下のボックスカルバート新設を国交省から受託施工するものである。

JR 石巻線は高さ約 4.4m の盛土区間であり、新設する堤防の計画高は約 3.0m (T.P.+4.620) で鉄道の盛土に腹付けされる。起点方（川表側）には旧北上川を渡河する橋りょうが位置し、P8 橋脚（ケーソン基礎）、A2 橋台（木杭基礎）を有す。線路左側には、20m 程度離れた位置に旧真野川と呼ばれる排水路が存在し、築堤に合わせて埋立てる計画である。また、川裏側には宅地が隣接している。（図-1）

当該箇所の特徴は、G.L.-40～-50m 程度までが N 値 5 以下の極めて軟弱な粘性土主体の軟弱地盤であり、河川に隣接することから地下水位も高い。そのため、築堤により鉄道や周辺地盤に大きな沈下が想定される。

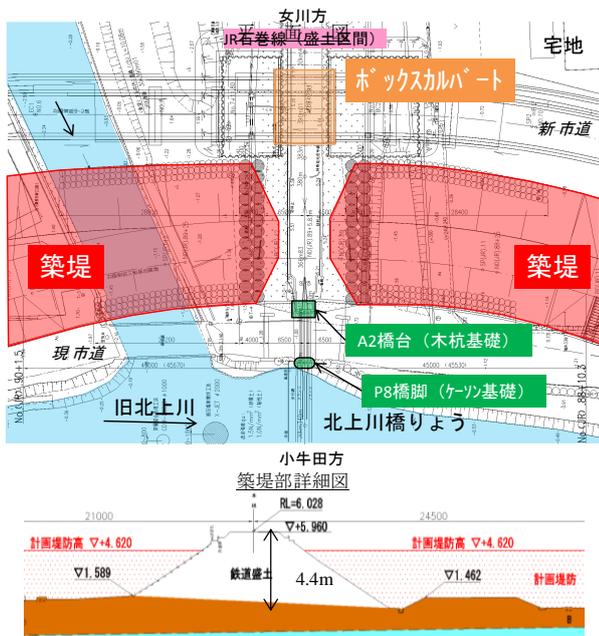


図-1 平面図及び築堤部詳細図

(2) 目的

本工事のように既設構造物に近接して盛土工事を行う場合、盛土荷重による地盤沈下等の影響を予め把握し、影響を抑止する対策工について検討する必要がある。特に鉄道構造物の場合、許容変位量はミリ単位であることから、FEM 等による数値解析に基づき詳細な検討が必要である。本論文では、軟弱地盤において、線路近接の築堤が鉄道へ与える影響について三次元 FEM 解析を実施し、その対策工の検討例を報告する。

2. 三次元 FEM 解析について

築堤による影響解析は、三次元 FEM 粘弾塑性解析を行った。材料モデルは、盛土、砂質土は線形弾性モデル、粘性土に関口・太田モデルを採用した。モデルの範囲、境界条件を図-2 に示す。

計算は、軌道面の変位量に着目することとし、鉛直・水平成分の絶対変位を確認した。さらに軌道の管理に用いる 10m 弦という相対変位が、線区の最高速度により定まる許容値（今回の場合、鉛直・水平成分ともに 11.9mm）以下であるかを確認した。

解析ステップは実施工に合わせて、旧真野川の埋戻し→JR 受託範囲外の築堤→JR 受託範囲の築堤（線路近接部）→築堤後 50 年経過までを確認した。

以下、紙面の都合上、鉛直変位の結果を中心に示す。

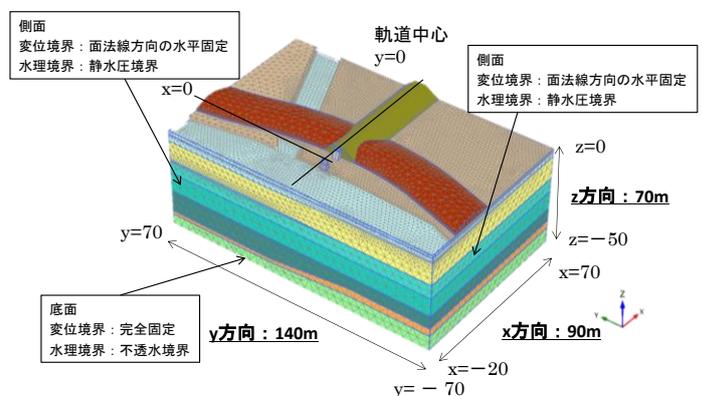


図-2 解析モデル

キーワード FEM 解析、河川堤防、鉄道

連絡先 宮城県仙台市青葉区五橋 1-1-1 TEL: 022-266-9660

3. 対策無の影響解析結果

対策無で築堤した場合の軌道の鉛直変位を図-3に示す。堤防中央 (x=20) 付近の軌道沈下が大きく、旧真野川埋戻し後 72mm、堤防盛土後 114mm と大きな即時沈下が見られ、その後も 10 年かけて沈下は継続した。図-4 に堤防盛土後の鉛直変位分布図を示す。旧真野川と築堤部を中心に沈下が見られ、軌道側への影響の伝播が確認できた。表-1 に 10m 弦の照査結果を示すが、いずれの段階でも許容変位量の 11.9mm を超過し、対策工の必要性を示した。

4. 対策工の検討

対策工は地盤改良を選定し、改良範囲を図-5に示す。線路平行方向は築堤の軌道への影響遮断、線路直角方向については、川裏側は後背の民地の沈下防止、革表側は橋りょうの P8 橋脚の滑動防止の目的で施工する。線路平行方向は、線路中心から 6.5m の位置まで改良することが必要なことが解析からわかった。当該位置

は鉄道盛土法面上であることから、法面上に架台を設置し、小型改良機により施工でき、経済性に優れた高圧噴射攪拌工 (X-JET) により施工することとした。線路直角方向については、現地盤から施工が可能であるため、経済性と大深度への適用性を重視し、深層混合改良工 (CDM-LODIC) とした。

5. 対策有の影響解析結果

図-6 に対策後の軌道の鉛直変位を示す。堤防中央 (x=20) 付近の軌道沈下は、堤防盛土後 8mm 程度であり、50 年後の沈下も 10mm 以内となっている。また、10m 弦による照査も満足した。

なお、第 4 章の地盤改良の組み合わせを数パターン実施した中で、線路直角方向の川表側の改良については、鉛直変位はすべての照査を満足していたものの、水平変位については P8 橋脚が旧真野川方向に滑動していく傾向が確認でき、いずれの範囲の対策も必要であることが確認された。

6. おわりに

本工事は本年度から施工を開始し、今回報告した地盤改良工及び HEP&JES 工法によるボックスカルバートの施工を含めて 2020 年度内に施工完了の予定である。解析の結果を踏まえ、施工中の適切な軌道監視等を行ってきたい。

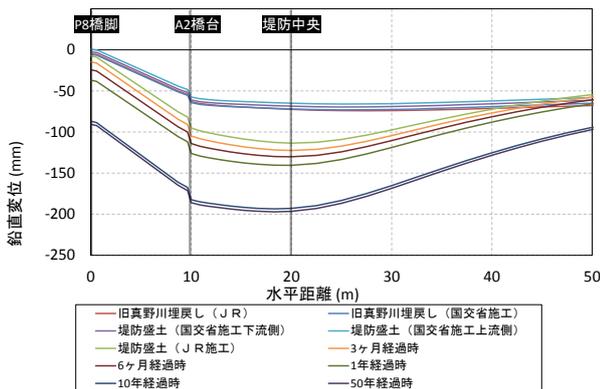


図-3 軌道の鉛直変位 (絶対変位) 【対策無】

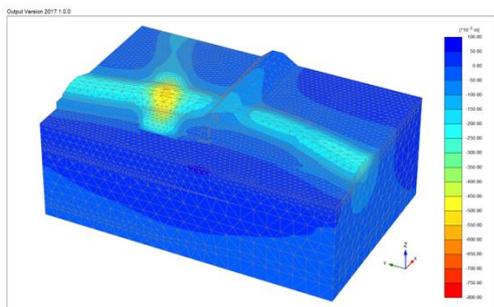


図-4 築堤後の鉛直変位分布図 【対策無】

表-1 軌道変位量の照査 (10m 弦高低) 【対策無】 (単位: mm)

ステップ 照査範囲	旧真野川埋戻し (JR)	旧真野川埋戻し (国)	築堤 (JR)	...	10 年経過	50 年経過	
30-40	2.7	3.4	...	25.1	...	39.9	40.2
20-30	1.5	0.6	...	16.1	...	27.8	28.0
10-20	9.3	7.6	...	18.4	...	10.6	10.5
0-10	58.4	58.5	...	87.7	...	95.5	95.5
-10-0	4.8	5.8	...	7.4	...	86.9	90.6
判定	NG	NG	...	NG	...	NG	NG

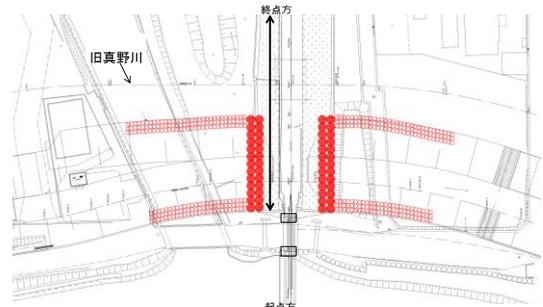


図-5 地盤改良工範囲図

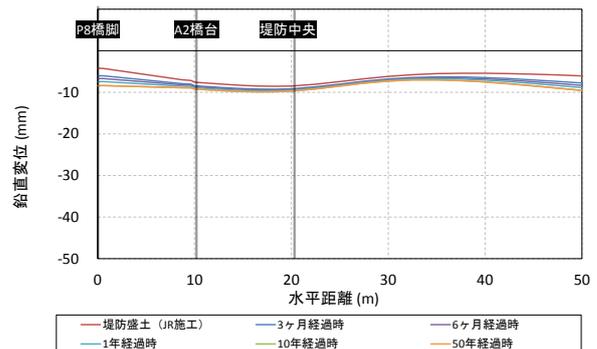


図-6 軌道の鉛直変位 (絶対変位) 【対策有】