

鉄塔に近接する箇所における立坑掘削影響の検討

東日本旅客鉄道（株） 正会員 ○児島 拓朗
東鉄・三井住友 JV 瀬下 雄志

1. はじめに

本工事は、常磐線 常陸多賀・日立間 143k621m 地点において、JR 常磐線線路下を横断する函体を非開削工法により新設する工事である。

線路下横断部は非開削工法の内、軌道への影響等の少ない HEP&JES 工法を選定した。

本工事は、送電鉄塔が掘削箇所近接しているため、掘削時の鉄塔への影響について検討する必要があった。本項は、近接する鉄塔への影響検討方法と結果について報告する。

2. 影響解析条件

2.1 解析概要

線路下函体の構築にあたり、仮土留め工を用いた地盤掘削を行うが、近接する送電鉄塔に変位・変形が生じる可能性がある。そのため、事前に立坑掘削の影響について検討することとし、施工による地盤変状の把握と送電鉄塔の安全性について検討を行った。検討内容は、立坑掘削時の送電鉄塔基礎の変位量を 2 次元有限要素法（以下、FEM 解析という）により算定し、送電鉄塔の許容変位量と比較検討を行った。

2.2 近接影響範囲

送電鉄塔に対しての近接影響範囲を図-1、図-2 に示す。仮土留めと鉄塔までの距離は最短距離の 3.926m とした。

2.3 解析モデル

地盤および鉄塔基礎は平面ひずみ要素、基礎杭は梁モデルとした。解析は 2 線形解析とした。解析モデルを図-3 に示す。

2.4 鉄塔基礎の断面緒元

鉄塔基礎の構造は、杭基礎により支持された場所打ちコンクリート杭である。杭基礎の断面緒元は、解析の奥行長さを単位長さとするため、杭間隔（5.8m）で割り、1m あたりに換算する。図-4 に杭基礎形式を示す。表-1～3 に断面緒元を示す。

2.5 鉄塔に関する荷重

鉄塔基礎に作用する荷重を表-4 に示す。杭断面緒元の単位と合わせるため、単位長さに換算した。

2.5 土質諸定数

解析に用いる地質柱状図と土質諸定数を図-5 に示す。

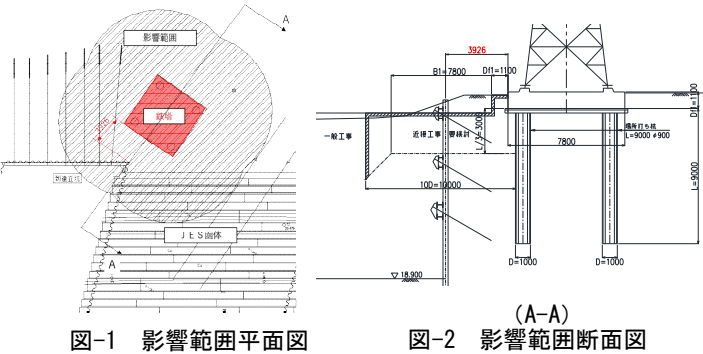


図-1 影響範囲平面図

図-2 影響範囲断面図

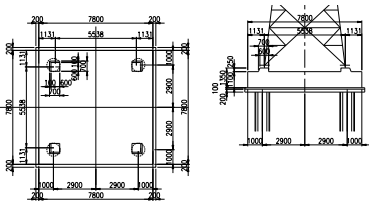


図-4 杭基礎形式

表-1 杭の断面緒元

列	設計基準強度 Fc (N/mm ²)	弾性係数 E (kN/m ²)	断面2次モーメント I (m ⁴ /本)	断面積 A (m ² /本)
1	24	2.70E+07	0.011	0.22
2	24	2.70E+07	0.011	0.22

表-2 仮土留めの断面緒元

仮土留	鋼材	水平配置間隔 (mm)	弾性係数 E (kN/m ²)	断面2次t-メント I (m ⁴ /本)	断面積 A (m ² /本)	単位体積重量 (kN/m ³)
	鋼矢板 Ⅳ型	400	2.00E+08	0.0000467	0.009699	78.5

表-3 フーチングの断面緒元

列	設計基準強度 Fc (N/mm ²)	弾性係数 E (kN/m ²)	ポアソン比 ν
1	24	2.70E+07	0.2

表-4 鉄塔基礎に作用する荷重

電技荷重 (架線方向に加わる荷重)	水平力	圧縮力	引張力
	62.8 KN/本 × 2本 / 5.8m = 21.66kN/本/m	989.1 KN/本 × 2本 / 5.8m = 341.1kN/本/m	122.2 KN/本 × 2本 / 5.8m = 42.14kN/本/m

表-5 土質諸定数一覧

地層記号	土質区分	地下水位	層厚 (m)	N値 N値	E ₀ (kN/m ²)	ポアソン比	粘着力 (kN/m ²)	内部 摩擦角 (°)	単位体積 重量 (kN/m ³)
Bs	盛土層	以浅	2.0	2	5000	0.40	—	30.0	18.0
Lm	ローム層	以浅	0.5	3	7000	0.45	58.0	—	13.0
Dg1	砂礫層	以浅	2.2	15	13750	0.35	—	34.0	18.0
Ds1	細砂層	以深	1.7	14	35000	0.35	—	36.0	17.5
Tm	泥岩層	以深	12.4	50以上	278000	0.35	1500.0	—	15.5

図-5 地質柱状図

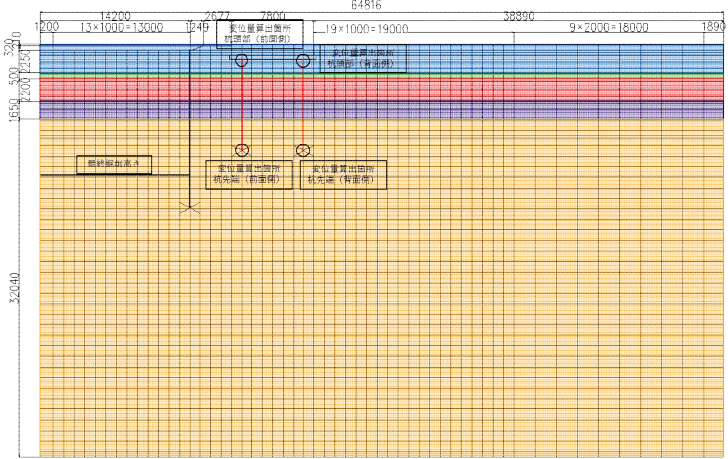


図-3 モデル図

キーワード FEM 解析
連絡先 〒163-0231 東京都新宿区西新宿 2-6-1 新宿住友ビル 31 階 TEL03-6276-1251

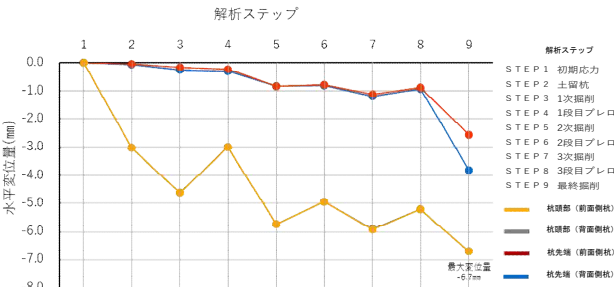


図-7 水平変位量分布図

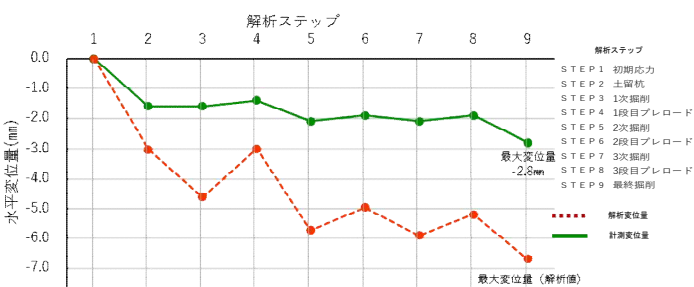


図-9 水平変位量計測値

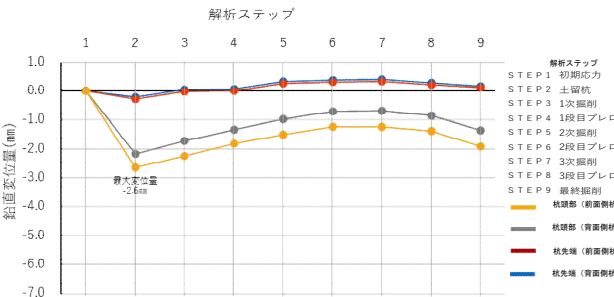


図-8 鉛直変位量分布図

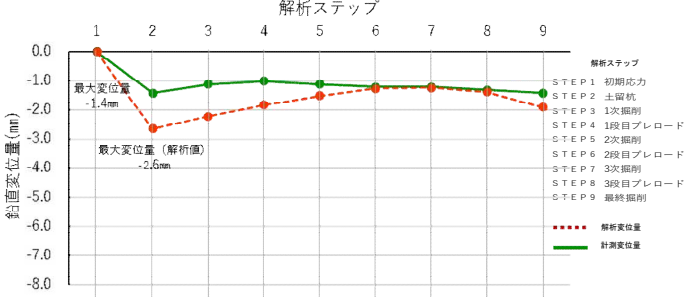


図-10 鉛直変位量計測値

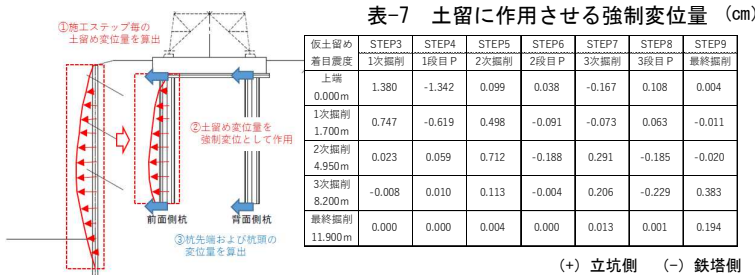


図-6 立坑掘削時解析イメージ

表-7 土留に作用させる強制変位量 (cm)

仮土留め 着目深度	STEP3 1次掘削	STEP4 1段目P 2次掘削	STEP5 2段目P 2次掘削	STEP6 2段目P 3次掘削	STEP7 3次掘削	STEP8 3段目P 3次掘削	STEP9 最終掘削
土留 0.900m	1.380	-1.342	0.099	0.038	-0.167	0.108	0.004
1次掘削 1.700m	0.747	-0.619	0.498	-0.091	-0.073	0.063	-0.011
2次掘削 4.950m	0.023	0.059	0.712	-0.188	0.291	-0.185	-0.020
3次掘削 8.200m	-0.008	0.010	0.113	-0.004	0.206	-0.229	0.383
最終掘削 11.900m	0.000	0.000	0.004	0.000	0.013	0.001	0.194

(+) 立坑側 (-) 鉄塔側

表-8 構造物の計測管理値

項目	警戒管理値	工事中止値	限界管理値
鉛直変位量	6mm	10mm	15mm
水平変位量	6mm	10mm	15mm

3. 影響解析方法

3.1 解析方法

立坑掘削の施工ステップ毎の土留めの変位を、弾塑性法により算定し、得られた変位を強制変位として鉄塔に作用させ掘削の影響による鉄塔基礎の変位量を推定した。解析時のイメージを図-6に示す。

3.2 解析手順

FEM 解析は、表-6 のステップで行う。

表-6 解析ステップ表

解析ステップ	解析ステージ	
1	自然地盤の初期応力状態	STEP 3 1次掘削
2	鉄塔設置、土留め杭の設置	STEP 4 1段目アンカー初期緊張作用
3~9	1次掘削 (自立時) ~最終掘削時まで 各ステップの強制変位変位	STEP 5 2次掘削 STEP 6 2段目アンカー初期緊張作用 STEP 7 3次掘削 STEP 8 3段目アンカー初期緊張作用 STEP 9 最終掘削

3.3 強制変位量

解析時に、仮土留めに作用させる水平方向強制変位量を、表-7に示す。

4. 解析結果

施工ステップ毎の土留め変位を強制変位として鉄塔基礎杭に作用させ、FEM 解析を行った。杭頭および杭先端部での変位量を図-7、図-8に示す。

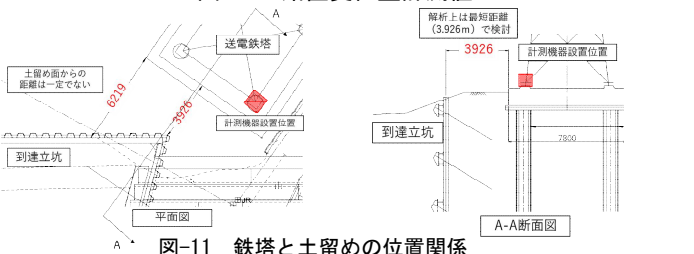


図-11 鉄塔と土留めの位置関係

水平変位量は STEP9 (最終掘削) 時に最大-6.7 mm、鉛直変位量は、STEP2 (1 次掘削) 時に最大-2.6 mmであり、限界管理値 (15.0 mm) 以内に収まることが確認できた。表-8 に計測管理値の基準を示す。計測管理値は、「鉄塔基礎近接施工に伴う影響検討の手引き」および鉄塔所有会社との協議打合せにより以下に定めた。

5. 実測値との比較検討

掘削作業による送電鉄塔への影響監視のため、送電鉄塔に水盛式沈下計 (鉛直変位量) とレーザー測距器 (水平変位量) を取り付け鉄塔の変位量計測を行っている。変位量の計測値との比較を図-9、図-10 に示す。計測機器の設置位置を図-11 に示す。

計測結果は、水平変位量が STEP9 (最終掘削) 時に最大-2.8 mm、鉛直変位量は、STEP2 (1 次掘削) 時に最大-1.4 mmであった。計測結果と解析結果を比較すると、変位量は計測結果のほうが小さかった。これは、鉄塔基礎は、図-11 に示す位置関係となっており、仮土留め面からの距離が一定ではないことが影響しているものと考えられる。

6. おわりに

本項では、掘削作業による送電鉄塔への影響検討と計測値との比較を行った。送電鉄塔への影響の監視は立坑掘削作業前から行っており、函体構築作業を行っている現在まで限界管理値を超える変位は確認されていない。本工事で行った近接構造物に対する安全性の検討が今後の同種工事の参考となれば幸いである。