

3次元 FEM 解析によるアーバンリング工法の地下埋設物への影響検討に関する一考察

阪急設計コンサルタント(株)

正会員 ○山口 武志

阪急設計コンサルタント(株)

正会員 松本 尚衛

1. はじめに

本検討は、軌道と交差角 50 度で地下を横断している埋設物（以下、横断 BOX とする）に対して、鉄道高架化に伴い構築するアーバンリング工法による橋脚基礎の施工時の影響を把握するために実施したものである。軌道及び横断 BOX への影響をより精緻に判断するため、地盤変形を忠実に再現可能な 3 次元 FEM 解析を実施した。

2. 解析手法の選定

3 次元でモデル化することで、本検討のアーバンリング圧入による杭施工を正しくモデル化することが可能である。2 次元モデルで掘削面を表現すると、奥行き方向に同じ矩形の溝のような掘削断面が続くことになり、その影響については解放率を乗じて考慮することになるが、三次元解析よりも精度が劣る。また、今回検討するモデルのように杭と横断 BOX が斜角に配置され、更に軌道も近接しているような場合、2 次元解析では双方の影響を正しく表現することは困難である。よって、3 次元モデルによる FEM 解析を実施することとした。

3. 解析モデル

(1) 解析モデルの平面範囲

これまでの地盤 FEM 解析事例等を参考に、図-1 に示す通り、アーバンリング中心から片側 2D (≒11m) 程度の範囲をモデル化した。なお、今回のモデルにおいては、着目構造物が横断 BOX 及び軌道であることから、モデル化の中心位置をアーバンリング中心位置から右下に 4~5m シフトし、横断 BOX・軌道がモデル化の範囲内になるように設定した。

(2) 解析モデルの縦断範囲

図-2 に示す通り、縦断方向についてもこれまでの地盤 FEM の解析事例等を参考に、アーバンリング下端から掘削径 (5.5m) の 2 倍程度の深さまで地盤をモデル化した。

4. 解析条件

フリクションカット 19mm は、水平方向の強制変位として考慮した。また、アーバンリング外周には、圧入による周辺地盤とアーバンリングとの摩擦力として、鉛直荷重を杭全長に考慮した。

5. 解析ステップ

解析ステップは、次の 5 ステップの検討を実施した。

STEP1: 施工基面から 6m の深さまでアーバンリング圧入

STEP2: 施工基面から 13.2m の深さまでアーバンリング圧入

STEP3: 最下面 (施工基面-28.408m) までアーバンリング圧入

STEP4: アーバンリング内の底版コンクリートを打設

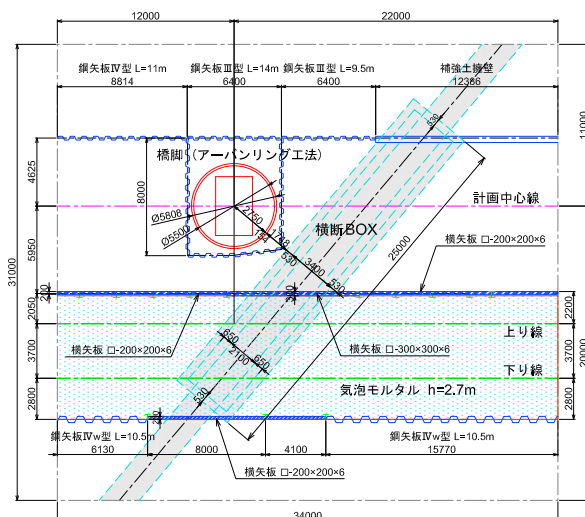


図-1 検討対象平面図

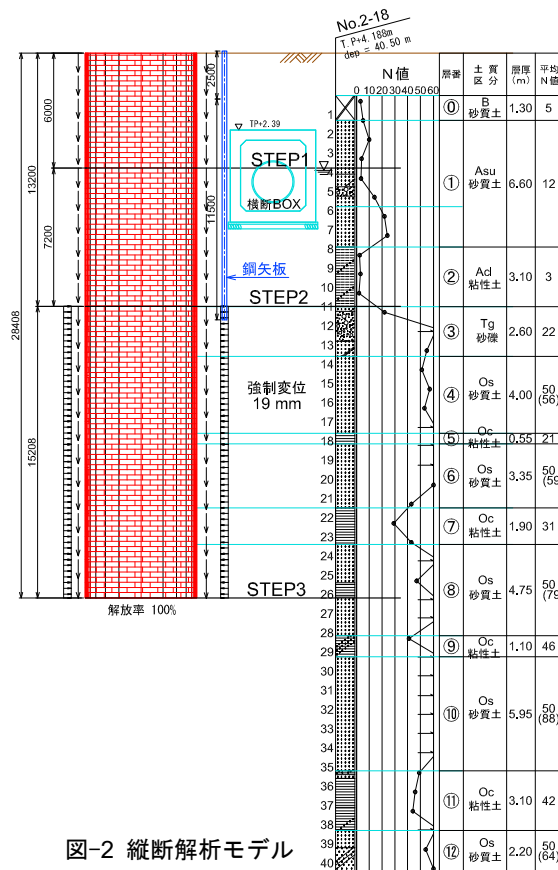


図-2 縦断解析モデル

キーワード FEM 解析 3 次元解析 影響検討 アーバンリング 大口径杭

連絡先 〒530-0012 大阪府大阪市北区芝田 1 丁目 4 番 8 号北阪急ビル 阪急設計コンサルタント(株) TEL06-6359-2755

STEP5：橋脚及び桁反力を載荷

6. 解析結果

(1)横断BOX の沈下量

表-1 に示す通り、沈下量の管理値(15mm)に対し、全てのステップにおいて沈下量が下回っているため、横断BOX への影響は小さいと考えられる。STEP1 において着目点⑤⑧の位置ではBOX 底版付近が隆起し、②の位置は沈下する結果となった。また図-3 から

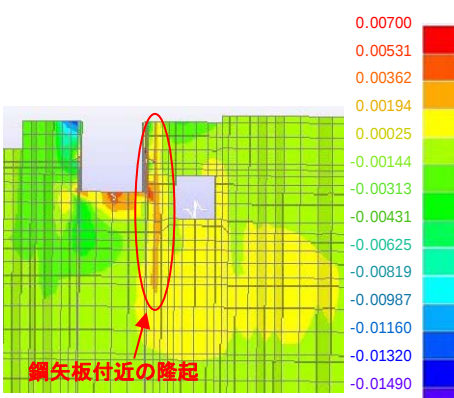


図-3 STEP1 コンター図 (a-a 断面)

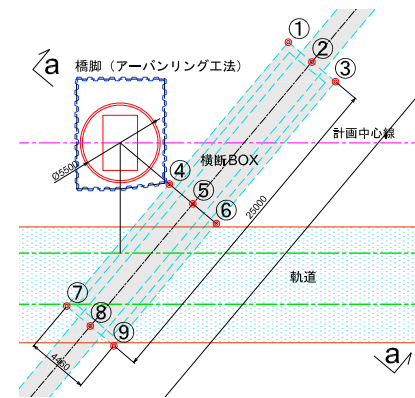


図-4 横断BOX モデルの着目点位置図

表-1 横断BOX 底版上面の沈下量 (mm)

位置	STEP1	STEP2	STEP3	STEP4	STEP5
②	-0.336	-0.599	-5.819	-5.848	-6.239
⑤	0.408	-1.787	-6.523	-6.548	-6.742
⑧	0.304	-2.797	-6.990	-7.014	-6.913
アーバンリング 圧入深さ	1.2m×5日 =6m	1.2m×6日 =7.2m	1.2m×13日 =15.2m	※ 底版コン 打設	※ 橋脚荷重 載荷

(2)軌道の沈下量

表-2 に示す通り、軌道の沈下量の管理値に対し、序盤のステップでは管理値以内に収まっているが、後半のステップで管理値を超えた結果となった。このため、アーバンリング圧入時に計測管理を行い、軌道整備の判断が必要と考えられる。アーバンリング圧入時の STEP1～STEP3 の軌道の沈下量は、アーバンリングから離れている下り線の方が大きい傾向にある。STEP4・STEP5 では、仮線軌道の沈下に大きな影響が見られないことから、計測管理は特に必要でないと考えられる。

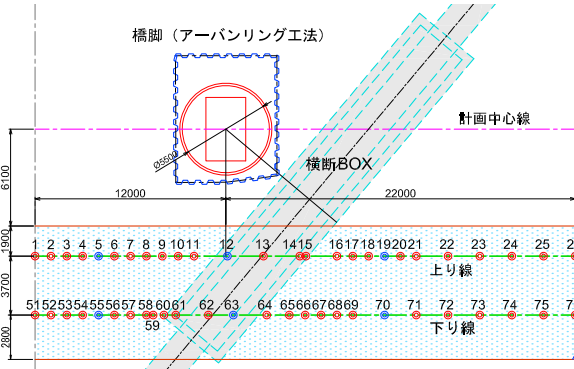


図-5 軌道の着目点位置図

7. 影響遮断壁（鋼矢板）の効果

3次元 FEM 解析モデルにおいて、アーバンリングの周囲に変位量を抑制するための鋼矢板を設置したモデルと鋼矢板を設置しないモデルを比較した結果を表-3 に示す。鋼矢板を設置したモデルでは、アーバンリングから距離が近い⑤地点の沈下量は、全てのステップで鋼矢板を設置しないモデルよりも下回ったが、効果は小さいものであった。逆に軌道下の⑧地点については、全ステップで鋼矢板を設置するモデルの沈下量が大きな結果となった。このことから、鋼矢板の設置によりアーバンリングに近接する地点での沈下量の低減には効果があるが、離れた箇所においては、沈下量が増加する場合があることに留意する必要がある。

表-2 軌道の沈下量 (mm)

位置	STEP1	STEP2	STEP3	STEP4	STEP5
仮上り線	5 0.182	-1.829	-6.741	-6.773	-7.044
	12 -0.311	-2.815	-7.451	-7.478	-7.615
	19 -1.129	-4.544	-8.637	-8.657	-8.434
仮下り線	55 -0.139	-2.529	-6.959	-6.987	-6.954
	63 -0.421	-3.408	-7.631	-7.654	-7.529
	70 -1.266	-4.657	-8.537	-8.555	-8.171
アーバンリング 圧入深さ	1.2m×5日 =6m	1.2m×6日 =7.2m	1.2m×13日 =15.2m	※ 底版コン 打設	※ 橋脚荷重 載荷

表-3 鋼矢板を設置する場合の沈下量／鋼矢板を設置しない場合の沈下量】の比率

位置	STEP1	STEP2	STEP3	STEP4	STEP5
②	1.886	0.287	0.824	0.829	0.840
⑤	-1.893	0.764	0.963	0.966	0.976
⑧	-35.080	1.396	1.130	1.127	1.138
圧入 深さ	1.2m×5日 =6m	1.2m×6日 =7.2m	1.2m×13日 =15.6m	参考	参考

8. まとめ

アーバンリングと近接する地下 BOX 及び軌道への影響解析を3次元 FEM 解析モデルで行った結果、2次元モデルでは得られないような地点毎の精度が高い変位量を算出することができたと考える。2次元モデルにおいて杭等の円形の構造物と隣接構造物との関係を FEM でモデル化することは困難を伴い、結果の妥当性を判断することも難しいため、3次元モデルで FEM 解析を行うことが望ましいと思われる。

参考文献 1) FORUM8:地盤 FEM 解析入門 2013.9 2) 鉄道総研:鉄道構造物等設計標準・同解説 基礎構造物, 2012.1