

臨海大井町駅新設に伴う地中掘削工事の FEM 解析(二次元と三次元の比較)

大林組	正会員	松本 伸
日本鉄道建設公団	正会員	高橋 浩一
日本鉄道建設公団	正会員	小林 素一
東京大学	正会員	龍岡 文夫
(株)NOM	正会員	大河内保彦

1. はじめに

臨海副都心線大井町駅で計画されているシールドトンネルと立坑を連結する地中接合工事において、安全施工を期すために二次元弾性 FEM による事前変形解析を行った¹⁾。一方、二次元解析ではシールドトンネル縦断方向(奥行き方向)のシールドや縦梁の変形、支柱のねじれなどを表現できないため、これらの性状を把握するために三次元弾性 FEM 解析を行った²⁾。

本報告では、二次元解析結果と三次元解析結果の比較を行った結果、得られた知見について報告する。

2. 解析方法

当該地盤は、地表からローム層、武蔵野礫層が続き、その下に東京粘土層、東京礫層が続いている。下り線シールドは東京粘土層に位置し、上り線シールドは東京礫層に位置している。

2-1. 二次元弾性 FEM 解析

二次元弾性 FEM では、地盤および立坑を 6 節点三角形要素、セグメント、支柱などの支保部材は梁要素でモデル化した。解析プログラムは PLAXIS を用いた。解析は施工過程を追ったステップ解析とした。境界条件は底面は固定、側面は水平方向のみ固定とした。解析モデルの総要素数は 1150 要素、総節点数は 2371 節点である。解析メッシュの詳細については参考文献 1) を参照されたい。

2-2. 三次元弾性 FEM 解析

三次元弾性 FEM では各要素をすべて 8 節点立体要素でモデル化した。解析プログラムは東京大学タナカ教授開発の geodyn を用いた。二次元解析と同様に施工過程を追ったステップ解析とした。境界条件は底面固定、側面隅角部は鉛直変位のみ、他の側面は境界面に垂直な方向のみ固定(境界面に平行な変位は生じる)とした。解析モデルの総要素数は 27475 要素、総節点数は 29666 節点である。解析メッシュの詳細は参考文献 2) を参照されたい。

3. 入力パラメータ

二次元解析、三次元解析とも、N 値から算定した変形係数と、PS 検層から求めた変形係数を用いた 2 ケースの解析を行い、変形係数の大きさの違いが地盤及び支保部材の変形に及ぼす影響について検討した。解析ケースを表 1 に示す。

表 1 解析ケース

解析ケース	解析方法	変形係数の算定方法
CASE1	二次元 FEM	N 値より算定
CASE2	二次元 FEM	PS 検層
CASE3	三次元 FEM	N 値より算定
CASE4	三次元 FEM	PS 検層

三次元 FEM 解析では支保部材を立体要素(中実の単一材料)で表現している。支保部材は現実には合成構造、または断面が中空な構造となっている。このため、着目する変形に対して圧縮が支配的と考えられる場合には EA を、曲げが支配的と考えられる場合には EI をそれぞれ等価となるよう定めた。なお、二次元解析に用いた入力パラメータは参考文献 1) を、三次元解析に用いた入力パラメータは参考文献 2) を参照されたい。

キーワード：シールドトンネル、立坑、FEM、掘削

連絡先：〒100-0014 千代田区永田町 2-14-2 日本鉄道建設公団計画部調査課 高橋浩一 TEL03-3506-1838 FAX03-3506-1894

4. 解析結果

4-1. 変形

図1に二次元解析(CASE1)での地中接合部付近の変形図を示す。地中接合により生じる最大変位は8mmであった。下り線はトンネル全体が沈下し、上り線は掘削の結果、トンネル全体が持ち上がるような傾向がみられた。

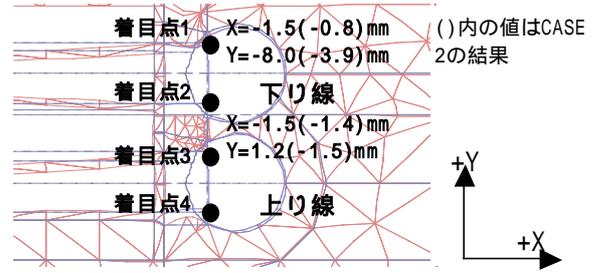


図1 シールドトunnel付近の変形図(CASE1)

図2にCASE3での下り線シールド及び上り線シールドの縦断方向の変形状況を示す。二次元の結果と同様に下り線では全体的に沈下し、上り線では下部縦梁が浮き上がる傾向がみられる。変形量についてみると中央部分が最も大きく、下り線上端で沈下5mm、下り線下端で沈下2mm、上り線においては上端で沈下1mm、下端で隆起4mmであった。CASE4では約半分の変位量となった。

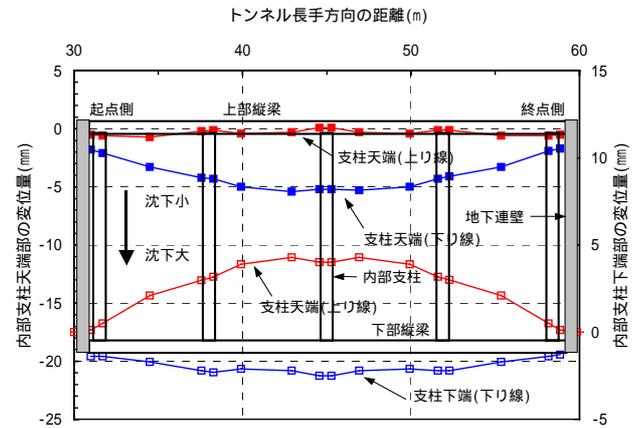


図2 上下線シールドの内部支柱及び縦梁の変形状況(CASE3)

図1に示した着目点(開削中央部)での鉛直方向の変形量を表2に示す。二次元でN値の結果を用いたCASE1での変形量が最も大きく、上り線全体が浮き上がるという他のCASEとやや異なる結果となっている。二次元解析と三次元解析を比較すると、つま壁の効果もあってか、三次元は二次元の70%程度の変形となっており、二次元解析は安全側の解析結果になる。

表2 各着目点での鉛直方向の変位量

鉛直方向変位 (mm)	CASE1	CASE2	CASE3	CASE4
着目点1(鉛直方向)	-8.0	-3.9	-5.4	-2.5
着目点2(鉛直方向)	-4.5	-2.3	-2.5	-0.8
着目点3(鉛直方向)	1.2	-1.5	-0.7	-0.5
着目点4(鉛直方向)	5.2	0.4	4.3	1.5

(注) +は隆起、-は沈下を示す

4-2. 支柱の軸力

図3に支柱に生じる荷重を示す。変形と同様、軸力も三次元解析よりも二次元解析の結果の方が大きく、また、PS検層による解析よりもN値による解析結果の方が大きくなっている。また、CASE4に着目すると、他のケースで大きくなっている上り線の軸力が、下り線とほぼ同じというやや異なった挙動が見られる。

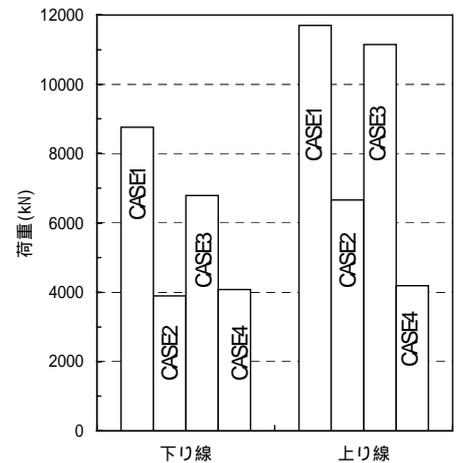


図3 支柱に生じる荷重

以上のことから、実務では、比較的簡易に実施できるN値による変形係数を用いた二次元解析を実施することで安全側の解が得られる。より詳細な検討が必要な場合には、ひずみレベルを考慮した変形係数を用いた三次元解析を実施するのが望ましいと考えられる。

5. まとめ

臨海副都心線大井町駅での地中接合工事に伴い二次元弾性FEM解析と、トンネル縦断方向のシールドや縦梁の変形などの性状を把握するための三次元弾性FEM解析を行い、それぞれの解析結果の比較を行った。その結果、以下のことがわかった。

- 1)支柱に生じる変形、及び軸力は三次元解析よりも二次元解析の方が大きく、二次元解析では安全側の解析結果となる。
- 2)実務的には、比較的簡易に実施できるN値から算定した変形係数による二次元解析を実施するのがよいと考えられるが、違う挙動が得られる可能性もあり、より詳細な検討は三次元解析を実施するのが望ましい。

参考文献

1)高橋他：臨海大井町駅新設に伴う駅舎部地中接合工事(その3：事前解析)、第37回地盤工学研究発表会、2002.7(投稿中)
 2)深沢他：臨海大井町駅新設に伴う駅舎部地中接合工事の三次元FEM解析、第57回土木学会年次学術講演会、2002.9(投稿中)