臨海大井町駅新設に伴う地中掘削工事の三次元 FEM 解析

日本鉄道建設公団	正会員	深沢	成年
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	阿部	敏夫
東京大学	正会員	龍岡	文夫
(株)NOM	正会員	大河四	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では、立坑の両 端につま壁を構築後、トンネル内部に支柱を建て込み、立坑部の地中連壁とトンネルのセグメントの一部を 撤去して、トンネルと立坑の間を掘削して施工する。この際、掘削に伴う地中応力の変化により支保部材に 過大な荷重が作用したり、トンネルに過大な変形が生じることが懸念された。このため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⁾。

しかし、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。これらの三次元的挙動を把握するために三次元弾性 FEM 解析を実施した。

2.解析方法

当該地盤は、地表からローム層(N値 5)、武蔵野礫 層(N値>50)が続き、その下に東京粘土層(N 10)、東 京礫層(N値>50)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。

解析は三次元弾性 FEM で行い、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 大学田中教授開発の geodyn 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。解析に用いた地盤メッシュ図を図 1、地中接合部分の拡大図を図2に示す。解析モデルの 総要素数は27475、総節点数は29666である。

3.入力パラメータ

二次元解析¹⁾と同様に、今回も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をみるために、





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 ースの解析を行った。解析ケースを

解析ケース 変形係数の算定方法 CASE1 N 値より算定	表1	表 1 解析ケース
CASE1 N値より算定	解析ケース	ケース 変形係数の算定方法
	CASE1	SE1 N 値より算定
CASE2 PS 検層	CASE2	SE2 PS 検層

地盤の物性値 表 2 土質 層厚 N値 F ポアソン比 t (kN/m^2) (kN/m³) (m) 3500(2) 90000(4) 0.48(4) 10.7 5 13.57 ローム 武蔵野礫層 35000(2) 480000(4) 4.1 50 19.00 0.3 0.48(4) 東京粘土層 17.1 10 18.65 28000(3) 370000(4) 東京礫層 28.1 50 18.87 140000(3) 1470000⁽⁴⁾ 0.3 江戸川砂層 18.87 3000000⁽⁴⁾ 薬液注入部¹⁾ 0.3 注:(1) CASE1 では考慮せず、(2)浅層部は E=700N(kN/m²)を使用(N:N 値)、(3)深層部は E=2800N(kN/m²)を使用(N:N値)、(4)PS 検層より決定

キーワード:シールドトンネル、立坑、3DFEM、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

表1に示す。

解析に用いた地盤の物性値を表2、支保部材 の物性値を表3に示す。支保部材は現実には合 成構造、あるいは断面が中空な構造となってい るが、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。

そこで、支保部材の変形係数は、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。

4.解析結果

4-1. 支柱および縦梁の変形

図 3 に CASE1 での下り線シールドの支柱及び 注:(1)切 縦梁の変形状況を示す。下り線では全体的に沈 の関係上、 下する傾向がある。上下縦梁の沈下量は中央部分が最も大 きく、その量は上部で 5mm、下部で 2mm であった。結果と して中央部の支柱が約 3mm 圧縮されている。

図4に CASE1 での上り線シールドの支柱及び縦梁の変形 状況を示す。上り線では縦梁の上端にはほとんど変形が生 じていないが、下端部分には浮き上がる傾向がみられる。 浮き上がりは中央部分の支柱が最も大きく、その隆起量は 約4mm であった。

4-2. 支柱の軸力

図5に支柱に生じる最大荷重を示す。各ケースとも中央 部分の支柱に生じる荷重が最も大きく、下り線よりも上り 線の荷重の方が大きくなる。CASE1(N値使用)と CASE2(PS 検層使用)の解析結果を比較すると、PS 検層では当然なが ら変形が小さくなり、軸力にも2~3倍程度の差がある。 CASE2 が安全側の値であることも言うまでもない。

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、三次元 弾性FEM解析を行った。その結果、以下のことがわかった。

1)支柱の変形は中央部分が最も大きく、最大変形量は下り線で沈下 5mm、 上り線で隆起 4mm であった。

2)支柱に生じる軸力は CASE1(N 値使用)と CASE2(PS 検層使用)による解 析結果には 2 倍程度の差があり、変形係数の評価が極めて重要であるこ とがわかった。

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)

表 3	部材の物性値		
部材名	$E(kN/m^2)$	ポアソン比	備考
柱列壁	1.52E+06	0.2	曲げ部材
地中連壁	2.35E+06	0.2	コンクリート
立坑部分の柱	5.67E+06	0.15	曲げ部材
立坑部分の縦梁	5.66E+06	0.15	曲げ部材
立坑部分の横梁	2.47E+06	0.15	圧縮部材
立坑部分の床版	2.35E+06	0.2	コンクリート
セグメント1	7.65E+06 ¹⁾	0.15	圧縮部材
セグメント2	1.70E+06 ²⁾	0.15	圧縮部材
つま壁	1.65E+06 ³⁾	0.2	コンクリート
内部支柱(上り線)	6.55E+06	0.15	圧縮部材
内部支柱(下り線)	5.89E+06	0.15	圧縮部材
縦梁(上り線)	1.12E+07	0.15	曲げ部材
縦梁(下り線)	9.20E+06	0.15	曲げ部材
先行掘削部分横梁(上り線)	1.62E+06	0.15	圧縮部材
先行掘削部分横梁(下り線)	1.28E+06	0.15	圧縮部材
残りの掘削部分の横梁(上り線)	1.21E+06	0.15	圧縮部材
残りの掘削部分の横梁(下り線)	9.61E+05	0.15	圧縮部材
埋め戻し部分	2.35E+06	0.2	コンクリート
			1 - 1 - 1 - 1 - 1

注:(1) セジメント自体の剛性の 45%、(2) セグメント自体の剛性の 10%、(3) 解析メッシュ の関係上、厚さを 70cm から 1m にしたため、その分壁自体の剛性を低減した。



図5 支柱の最大荷重

CASE2

CASE1

2000