

(III-4) 道路改良工事に伴う既設下水道管路の防護対策と施工管理

世田谷区世田谷総合支所 土木課
 東京都下水道局 南部管理事務所世田谷北出張所
 東京都土木技術研究所 技術部
 ○清水建設(株) 土木東京支店土木第三部
 清水建設(株) 土木東京支店技術部

工藤 誠
 天野 秀明
 正会員 山村 博孝
 正会員 松林 博文
 正会員 波多野 正邦

1. はじめに

本工事は、東京都世田谷区の(仮称)国士館坂通りを拡幅するのに伴いアンダーパス化する道路改良工事である。工事区間には新設される構造物として、U型擁壁とボックスカルバートがあり、ボックス構造の区間で掘削深さが最大で約7.5mとなる。図-1に標準断面図を示す。この道路下には昭和42年に施工された下水道管路φ4,000(以下、シールドと称する)がほぼ道路に沿って布設されており、今回工事中において最小土被り厚が1.6mとなるので、事前に掘削工事がシールドに与える影響および防護工の必要性の有無についてFEM解析を用いて検討した。施工は、地盤改良(高圧噴射攪拌工法)による防護工を実施し、計測管理を行いながら掘削を進めた。本文では事前のFEM解析結果と計測管理結果について報告する。

2. 土質概要

図-1に土層構成を示す。土層構成は、層厚8.7mの関東ローム層(Lm)、3.7mの武蔵野礫層(Mg)、上総層群(Ka-s)からなる。関東ローム層は平均N値から2層に区分し、上部ローム層(Lm(u))、下部ローム層(Lm(l))とする。また、地下水位は下部ローム層と武蔵野礫層の境(GL-8.7m)である。

3. FEM解析による検討

図-2にFEM解析メッシュを示す。解析は線形弾性解析とし、山留め壁・切梁・シールドセグメントを梁要素として、地盤を平面ひずみソリッド要素としてモデル化した。解

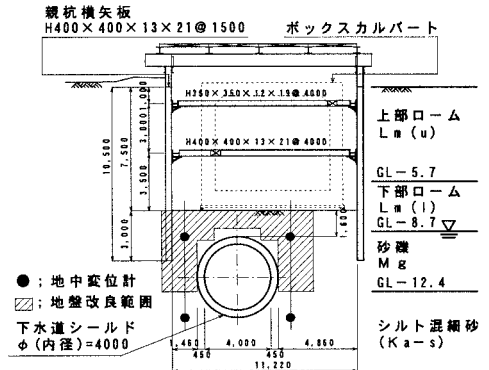


図-1 標準断面図

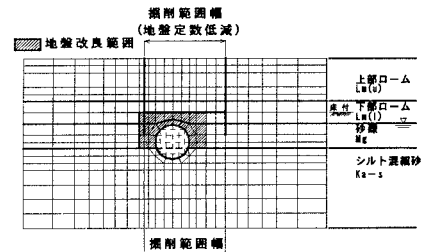


図-2 FEM解析メッシュ

表-1 地盤物性値

土層名	平均 N値	単体重量	ポアソン比	側圧係数	粘着力	摩擦角	変形係数A	変形係数B
		γ_t (kN/m^3)	ν	K_s	c (kN/m^2)	ϕ 度		
Lm(u)	3	14.2	0.38	0.60	60.0	0	28,440	28,440
Lm(l)	5	14.3	0.32	0.47	50.0	0	25,300(21,500)	25,300(21,500)
Mg	34	19.0	0.28	0.38	0.0	38	95,200(46,100)	190,400(92,200)
Ka-s	50	19.0	0.25	0.33	0.0	42	140,000	280,000
改良体(Lm)	40	14.3	0.21	0.26	750.0	0	360,000	360,000
改良体(Mg)	50	19.0	0.17	0.20	4000.0	0	1,920,000	1,920,000

注1) 変形係数A: 砂質土のE=2800N、変形係数B: 砂質土のE=2800N×2

注2) (): N値の減少による低減

析は、シールド施工前における地盤の初期応力解析、シールド施工時の解析(シールド掘削による地盤の応力解放: 応力解放率 $\alpha=35\%$)、今回工事の逐次掘削過程の解析(掘削範囲の要素除去により掘削相当外力を作用させる)、埋戻し・躯体完成時の解析までを一連の流れで行った。表-1に解析に用いた地盤物性値を示す。

掘削/地盤改良/シールド/FEM解析/防護工/計測管理

〒105-8007 東京都港区芝浦1-2-3 シーパンスS館 TEL 03(5441)0572 FAX 03(5441)0510

変形係数Eは、Lm(u)層とLm(l)層および改良体(Lm層とMg層)は $E=240q_u$ 、Mg層とKa-s層は掘削底面のリバウンドを考慮して $E=2800N \times 1$ 及び $2800N \times 2$ の2ケース(表-1の変形係数AとB)を設定した。また、今回工事の掘削によるN値の減少を考慮して、逐次掘削過程以降の解析ステップにおいては、Lm(l)層とMg層の変形係数Eを低減した(表-1中の()内のEの値)。表-2に解析ケースを示す。砂質土の変形係数Eが $2800N \times 1$ 及び $2800N \times 2$ の場合について、地盤改良なしと有りの場合の解析を行った(計4ケース)。

4. 事前検討結果

図-3にFEM解析における解析ステップとシールドセグメント鋼材引張応力度の最大値の関係を示す。掘削が進むにつれて土被り厚が減少し、水平方向を長軸とする楕円形のように変形していたシールドが真円に近い状態に戻っていくので、1次、2次掘削においては初期状態よりも応力度が小さい。床付けまで掘削が進行すると、地盤改良なしの場合に、シールドが鉛直方向を長軸とする楕円形のように変形し、初期状態に比べて応力度は大きくなり許容応力度($210N/mm^2$)を越えるが、地盤改良有りの場合には、このような変形が抑制されて最大応力度は許容応力度以内となる。よって、掘削工事に対するシールド防護工が必要であると判断し、図-1に示すようなシールドを門型に取り囲む形状の地盤改良(高圧噴射攪拌工法)をボックス構造の区間に施工した。

5. 計測結果との比較

今回工事における計測工として、既設シールドセグメントの応力度を直接測定することができないため、図-1に示すように、シールドの上端及び下端と同一深度に設置した地中変位計により地盤の鉛直変位を測定し、その値をそれぞれシールド上・下端の鉛直変位(直径変化)として計測管理を行った。図-4と図-5に解析(施工)ステップ毎のシールド上端鉛直変位(上昇)及び鉛直直径変化(伸び)の実測値(床付けまで)と事前解析結果の比較を示す。シールド

上端鉛直変位は、解析値が実測値よりも大きい、鉛直直径変化は変形係数B(砂質土の $E=2800N \times 2$)を用いた場合の解析値と実測値がよく一致している。これは、実際のシールドの変形は事前解析で予測した挙動に近かったが、浮上り量は事前解析に比べて実際の値が小さかったことを示している。シールドの直径変化はシールドセグメントの応力度に直接的に影響するものであり、その解析値が実測値とよく一致したことより、事前の解析においてシールドセグメントの変形を精度良く予測できたと考えられる。

6. まとめ

道路改良に伴う掘削工事に先立って、FEM解析により掘削範囲直下の既設シールドに対する影響を予測し、その結果に基づいて地盤改良による防護工を実施した。そして、掘削時に計測管理を行い、その結果と事前予測結果との比較を行った。これらの結果より、地盤改良による防護工の効果により、施工中のシールドの変形を抑えることができ、シールドの健全性確保という所期の目的を達成できた。

表-2 FEM解析ケース

ケース名	砂質土の変形係数	地盤改良
28N	2800N	A
28N×2	2800N×2	B
28N改良	2800N	A 有り
28N×2改良	2800N×2	B 有り

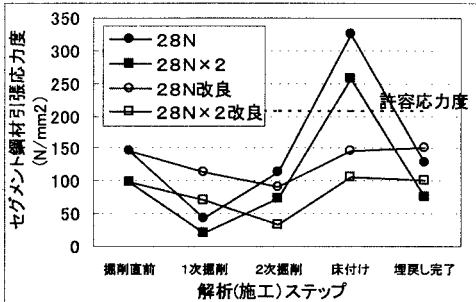


図-3 シールドセグメント鋼材の引張応力度

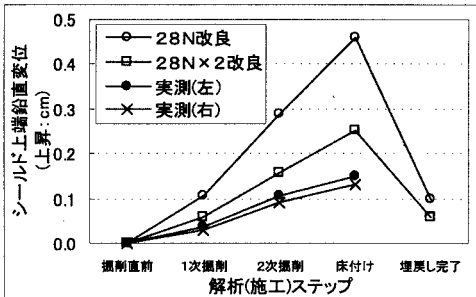


図-4 シールド上端鉛直変位

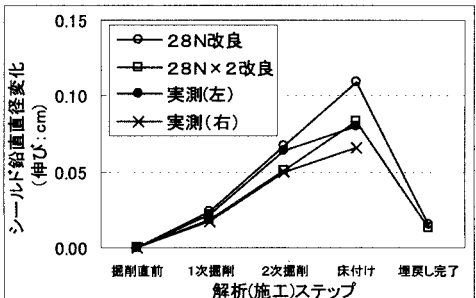


図-5 シールド鉛直直径変化