

Ⅲ - 661

シールド掘進時の地盤変状解析に用いる応力解放率についての一考察

東京電力㈱ 正会員 小貫 勝彦
正会員 岡田 仁
岡留 孝一

1. はじめに

シールド掘進が近接する既設構造物に与える影響を検討する際に、二次元FEMによる地盤変状解析がよく用いられる。この解析の入力条件の一つである応力解放率については、地盤条件や近接状況、シールドの掘進方法等により変化するものと考えられ、解析にあたりどのような値を設定するかが問題となるところである。

今回、東京都内のシールド工事において、多くの重要構造物に近接して施工を行い、地盤ならびに構造物の変位計測を実施する機会を得た。本稿は実測データから応力解放率を求め、検討を加えた結果について報告する。

2. 工事概要

本工事は巨長2.2km、セグメント外径5,200mmのトンネルを2機の泥土圧式シールドマシンにより施工した。工事概要および地質概要を図-1に示す。シールド掘進の対象となる地盤は、洪積の江戸川層の粘性土を主体とし、一部砂質土およびレキ質土となっている。いずれの地層ともN値は50以上である。

3. シールド工事に伴う計測

近接構造物は図-1に示すとおり14か所である。近接する地下構造物にはその構造物内側に、地上構造物には基礎付近にそれぞれ沈下計を設置した。例として図-2に、⑤地下鉄構内に設置した水盛式沈下計の設置位置を示す。また、シールド全区間を同一地層構成とみなせる区間ごとに3分割し、各区間の始点付近のシールド直上に層別沈下計を設置した。そのうち層別沈下計No.1-a～dの区間では、シールドの切羽土圧と裏込注込率を変化させた。

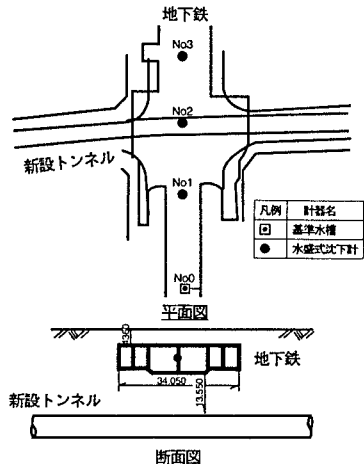


図-2 ⑤地下鉄構内の沈下計設置位置図

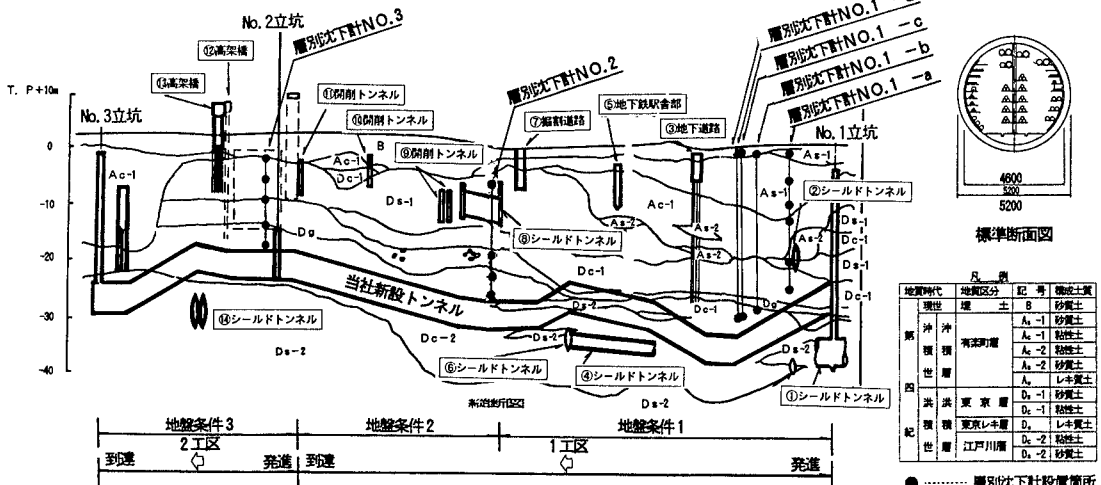


図-1 工事概要図

4. 沈下計測に基づく逆解析の方法ならびに解析結果

近接構造物ならびに地盤の実測データに基づく応力解放率の算定は、当シールド横断方向の二次元FEM弾性解析により行った。一例として⑤地下鉄近接部の解析モデルを図-3に、この区間において解析に用いた物性値を表-1に示す。変形係数は、孔内水平載荷試験から得られた値を初期値として、層別沈下計の各測点位置での実測データと解析値との差が最小となるように収束計算により算定した。層別沈下計No.1-aの実測データを用い、表-1に示す値を初期値として計算を行ったところ、応力解放率が10%のときに、解析値は実測データを最も良くシミュレートする結果となった。図-4に沈下量の実測データと解析値の比較を示す。また、図-5に層別沈下計No.1-a～dの実測データから求めた応力解放率とシールド切羽土圧の関係を示す。

表-2に各構造物の実測データより算定した応力解放率を示す。実測データから求めた応力解放率は、構造物の直下横断時の直線区間では5～6%程度であるのに対し、急曲線区間では14～17%となった。また、構造物の直上横断時の応力解放率は2～3%となった。

5. おわりに

今回の検討結果により、地盤変状解析においてはシールドの直線区間と曲線区間、ならびに構造物の直下横断と直上横断では応力解放率を区別化して検討する必要があること、および切羽土圧等、シールド掘進状況の変化によっても応力解放率は異なることがわかった。今後はさらに実測データを蓄積し、近接構造物とシールドとの近接関係の違いや、シールド掘進方法の違いによる応力解放率の区別化を行い、解析へ反映していきたい。

表-2 実測変位量より求めた応力解放率

近接構造物	近接関係		掘進方法			実測変位量		実測より求めた応力解放率 (%)
	形態	平面形状	掘り進め (m)	掘進量 (m/day)	裏込注入率 (%)	切羽土圧 (kg/cm ²)	(mm)	
①シールドトンネル	直上横断	直線	4.61	4.8	128	2.5	-0.4 (隆起)	2
②シールドトンネル	直下横断	直線	4.78	5.5	126	2.4	0.6	1
③地下鉄 (4ヶ所、基礎杭)	直下横断	曲線 (R=30)	2.69	2.7	126	1.9	3.0	14
④シールドトンネル	直上横断	直線	2.00	5.8	135	1.9	-0.4 (隆起)	2
⑤地下鉄駅舎	直下横断	直線	13.56	7.8	155	2.1	1.0	6
⑥シールドトンネル	直上横断	直線	2.60	7.5	125	1.7	-0.5 (隆起)	3
⑦掘削道路	直下横断	直線	20.70	8.9	132	1.6	0	—
⑧シールドトンネル	直下横断	直線	14.51	11.8	149	1.2	0.2	5
⑨側削トンネル	直下横断	直線	12.21	11.4	178	1.2	0.4	5
⑩側削トンネル	直下横断	直線	14.92	10.5	172	1.1	0	—
⑪側削トンネル	直下横断	直線	9.58	9.4	173	1.0	0	—
⑫高架橋基礎杭	抗側方通過	曲線 (R=40)	10.00	1.2	133	1.7	1.9	17
⑬高架橋基礎杭	直下横断	曲線 (R=20)	11.46	1.2	135	1.5	2.1	14
							2.5	地表部 17 杭下層 14
⑭シールドトンネル	直上横断	直線	3.56	1.2	132	1.5	-0.3 (隆起)	2

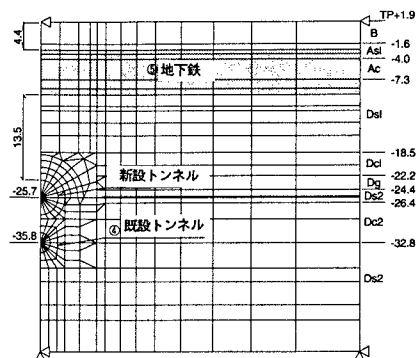
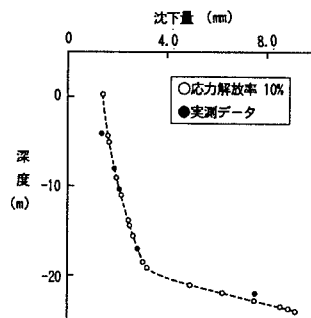


図-3 ⑤地下鉄近接部の解析モデル図

表-1 解析に用いた地盤物性値

土質	単位体積重量 (t/m ³)	変形係数 (t/m ²)	ポアソン比 ν	Ko
B	1.90	497	0.35	$\frac{\nu}{1-\nu}$
As1	1.70	220	0.37	
Ac1	1.49	310	0.28	
Ds1	1.79	2800	0.26	
Dc1	1.61	800	0.30	
Dg	1.98	3500	0.23	
Ds2 (L)	1.81	3550	0.23	
Dc2	1.77	14850	0.23	
Ds2 (F)	1.81	3500	0.23	



シミュレート解析による応力解放率 (α) と変形係数

	B	As1	Ac1	Ds1	Dc1	Dg
$\alpha=10\%$	548	213	220	5208	883	6880

図-4 層別沈下計No.1-aの解析値と実測データとの比較

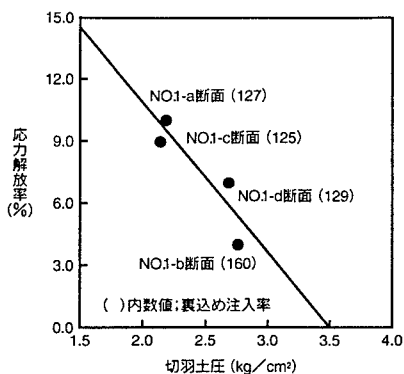


図-5 切羽土圧と応力解放率との関係