

Ⅲ-B124 シールド掘削における地盤変状予測

(株)ニュージェック 正会員 藤井 邦男
 (土木研究所交流研究員)
 建設省土木研究所 正会員 真下 英人
 建設省土木研究所 正会員 石村 利明
 建設省土木研究所 正会員 真弓 英大

1. はじめに

シールド掘削による周辺地盤の変状を予測する手法としては、有限要素法などの数値解析的な解析手法によるものが現在主力となっており、有限要素法によって地盤変状を解析するには、解析モデル、入力物性値、応力解放率などの解析条件を適切に設定する必要がある。しかし、これらの解析条件は、それぞれの現場状況に応じて独自の判断により設定されており、統一された考え方により決められていないのが現状である。本研究では、より実務的な地盤変状予測手法の確立を目的とし、シールドトンネル施工時に実施された現場計測結果を対象とした有限要素法による数値解析を行い、解析領域の設定が解析結果に与える影響、応力解放率の適切な設定方法を検討した。

2. 計測トンネルの概要

表-1に今回対象とした5件のシールドトンネルの概要を示す。

表-1 計測トンネル一覧表

トンネル名	Aシールド	Bシールド	Cシールド	Dシールド	Eシールド
トンネル直径 D(m)	7.1	5.0	7.8	7.85	7.1
土被り H(m)	13.0	29.3	14.5~25.5	8.27~24.55	17.43~35.5
土被り比 H/D	1.8	5.9	1.9~3.3	1.1~3.1	2.5~5.0
主な地質	沖積粘性土	沖積粘性土	沖積砂礫土 洪積粘性土	沖積粘性土 洪積砂質土	沖積粘性土 洪積砂質土
シールド形式	泥水式	泥水式	泥土圧式 (気泡)	泥水式	泥水式
計測断面数	1断面	2断面	4断面	3断面	3断面
特記事項	2本の双設トンネル	土被りが大きいトンネル	近接構造物	近接構造物	近接構造物

3. 解析手法

解析手法は二次元平面ひずみモデルを選定し、地盤変位におよぼす要因すべてを一括した応力解放率 α による応力解放率解析法を用いた。解析ステップは初期応力解析(ステップ1)を行い、つぎに掘削解析(ステップ2)を行う。ただし、初期応力解析での側方土圧係数 K は $K=\nu/(1-\nu)$ でポアソン比のみから決定されるものとする。また、本検討は地質状況、トンネル直径、土被り等の相違により現場計測で得られた実測変位に対する応力解放率 α がどのように変化するかを比較検討するため、近接構造物はモデル化の対象とはせず地盤のみのモデルによって検討した。さらにAシールドについては先行トンネル施工時における単一トンネルを対象とした検討を行った。

なお、地盤条件は以下のように設定した。

① 応力～ひずみモデルは、線形弾性モデルを用いた。

② 変形係数は以下のように設定した。

(砂質土) $E=7N(kgf/cm^2)$ (0.68N MN/m²) (N:標準貫入試験値)

(粘性土) $E=210C(N/m^2)$ (C:粘着力) (ただし、洪積粘性土は $E=480C$ についても検討した。)

③ ポアソン比は、(砂質土) $\nu=0.3\sim0.4$ 、(粘性土) $\nu=0.35\sim0.4$ 、(礫質土) $\nu=0.3$ とした。

④ 単位体積重量は土質試験結果による。

4. 解析結果および考察

(1) 解析領域の設定による影響

図-1はAシールドの解析において、解析領域としてトンネル側壁面からの側方境界を2H(H:土被り)、3H、4H、トンネル底からの下方境界を1D(D:トンネル直径)、2D、3Dと変化した場合のシールド直上部の地表面での実測変位に対応する応力解放率への影響度を検討したものである。解析領域の設定により32.3~39.5%の応力解放率となり、解析領域の設定が地表面での変状予測に与える影響が大きいことが分かる。また、

キーワード：シールドトンネル、地盤変状、有限要素法、応力解放率
 連絡先：〒113-0024 文京区西片1-15-15 (株)ニュージェック TEL:03-5800-6701 FAX: 03-5800-6700
 〒305-0804 つくば市旭1番地 建設省土木研究所 TEL:0298-64-4689 FAX: 0298-64-0178

側方境界と下方境界では下方境界までの距離の設定が解析結果に与える影響が大きい。さらに、既存の現場計測結果から変位が発生する範囲はトンネル底からほぼ1D以内の深さであり、地表面沈下はトンネル中心から2Hを越えない水平距離の範囲内でほぼ収束することが確認されている。¹⁾以上より、本検討では側方境界を2H、下方境界は1Dを解析領域の設定値とした。

(2) 応力解放率の設定方法

図-2、3はA～Eシールドにおけるシールド直上地盤の現場計測で得られた層別変位量に対応する応力解放率と土被り比H/D(H:土被り、D:トンネル直径)の関係を地盤条件の違いにより示したものである。図-2より比較的軟弱な沖積粘性土層に対する応力解放率は土被り比が大きいほど小さくなる事が分かる。この傾向は、図-3の洪積層をシールドが掘進する場合においても上部に沖積粘性土が比較的厚く存在するような条件では同様に考えられると思われる。さらに、土被り比が大きい場合は地表面とシールド近傍との応力解放率の差が小さいことから比較的弾性的な挙動であると考えられる。これに対し、土被り比が小さい場合は応力解放率が地表面近傍ほど大きく、シールド近傍では小さくなる。これは、地表面からシールド近傍まで共下り的な挙動であったことが原因である。

沖積砂質土層および沖積砂質土を主体とする互層地盤に対しては、応力解放率は10%以下の値を示している。また、洪積粘性土の弾性係数の設定(E=210CまたはE=480C)については、洪積粘性土層がシールド近傍のみの分布状況(Eシールド)であっても、地表面変位に与える影響は応力解放率がE=210Cで10.3%、E=480Cで17.8%となっていることから、地盤変状予測解析を行う場合の洪積粘性土の弾性係数および応力解放率は、洪積粘性土の層厚、シールドとの位置関係等に十分注意し設定する必要がある。さらに、洪積粘性土・砂質土層を掘進するシールド上部土層が沖積粘性土優勢の場合の応力解放率が沖積砂質土優勢の場合に比べて大きくなった。

5. まとめ

シールド掘削による地盤変状の予測において、2H(H:土被り)の側方境界、1D(D:トンネル直径)の下方境界を有する解析領域のもとで、本解析で用いたような統一的な考え方による地盤定数の設定を行った場合、応力解放率の設定においては対象とする地盤条件によって、以下のことを考慮する必要がある。

- (1) 比較的軟弱な沖積粘性土層の場合は土被り比が大きいほど小さな値を設定する必要がある、本検討ではH/D=2.0で30%程度、H/D=3.0で15%程度、H/D=6.0で5%程度の値であった。
- (2) 沖積砂質土層および沖積砂質土を主体とする互層地盤の場合は応力解放率を10%程度と考えれば地盤変状の概ねの予測は可能である。
- (3) シールドが洪積粘性土・砂質土層を掘進する場合で、上部土層が沖積粘性土優勢の場合の応力解放率は、上部土層が沖積砂質土優勢の場合の応力解放率より大きい値を設定する必要がある。

参考文献：1) 猪熊 明、角湯克典「トンネル掘削時地盤変状の予測・対策マニュアル（案）」、土木研究所資料第3232号、1994年2月

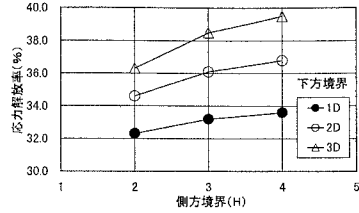


図-1 解析領域と応力解放率の関係

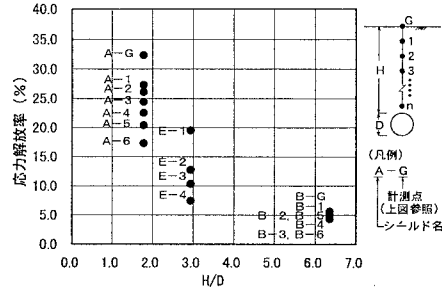


図-2 H/Dと応力解放率の関係
(沖積粘性土層)

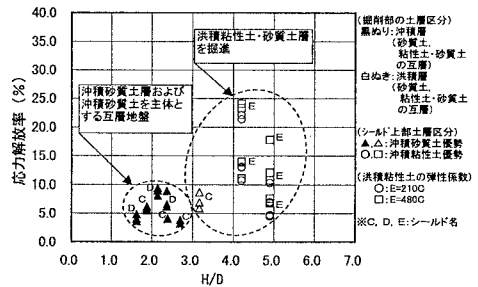


図-3 H/Dと応力解放率の関係
(沖積砂質土層および
洪積粘性土・砂質土層)