

泥水シールドトンネルにおける掘削応力解放率と泥水効果率の逆解析

近畿大学理工学部 正会員 ○久武勝保
近畿大学大学院 学生会員 中尾太一
(株)建設技術研究所 正会員 井上雅夫

1. 緒論

地下空間の建設に際しては周辺環境に影響を与えない施工法が求められる。シールド工法は周辺の地盤や既設構造物への影響が少ない工法であるが、沈下抑止を目的とする泥水圧の効果は大きいにも拘らず、その定量的な評価は十分行われているとはいえない。即ち、砂質土盤や粘性土盤において、泥水圧の効果は異なるがその沈下抑止効果がどの程度あるかについては十分明らかになっていない現状にある。そこで本研究では、2次元平面ひずみ解析の下で泥水圧作用による沈下抑止量を求めておき、この値と実際に抑止できた沈下量との比を泥水効果率という新しいパラメータで表現し、この値を実測沈下量から逆解析によって求める。これが求められれば、泥水シールドによる沈下量を泥水圧、地盤特性を考慮して高い精度で予測することが可能になる。

2. 解析手法

初期応力の何%がシールド掘削時に解放されるかという掘削応力解放率と上記の泥水効果率は同時に求める必要がある。以下ではこれらを逆解析によって求める事とする。

2.1 掘削応力解放率 α

掘削による応力解放は、素掘り掘削時の応力解放とセグメント構築後の応力解放の二つに分けることが出来、この二つの和が応力解放率 100%となる。この場合、素掘り掘削時の応力解放率を掘削応力解放率 α とする。

2.2 泥水効果率 β

泥水圧による沈下抑止効果を表現したものである。実際、泥水圧は地盤に 100%作用するわけではなく、一部は地盤の間隙などに吸収されてしまう。そこで、2次元 FEM 解析により泥水圧 100%を作用させた隆起量を求めておき、これにより実測沈下抑止量を除した値を泥水効果率 β とする。

2.3 構成式

式(1)は実測沈下量(左辺)と解析沈下量(右辺)で構

成されており、各計測点 i において成立するものとする。

$$V_i = \alpha V_{mi} + \beta V_{npi} + (1 - \alpha) V_{li} + \beta V_{lpi} \quad (1)$$

V : 実測沈下量 V_n : 素掘り掘削による沈下量 V_{np} : 泥水圧作用による隆起量 V_l : セグメント導入後の応力解放による沈下量 V_{lp} : 泥水圧消散による沈下量 α : 掘削応力解放率 β : 泥水効果率 i : 計測点番号

(V_n, V_{np}, V_l, V_{lp} : FEM 解析値)

各沈下計測点 i において式(1)が成立するとし、誤差の二乗和を最小化する(最小二乗法)により α と β を求める事ができる。

3. 解析条件

3.1 双設 A シールドの概要

A シールドは、延長 777m、セグメント外径 7.1m(セグメント桁高 30cm、幅 100cm の 7 分割の RC セグメント)、セグメントの離間距離は 3.7m、土被り約 13m、トンネル中心深さ 16.55m の併設シールドトンネルである。

現場計測を実施したシールドトンネルの周辺の地質は、地表面より 27m 付近まで沖積層の粘性土層が分布している。表 - 1 ~ 3 に A シールドの解析条件を示す。

表 - 1 地質係数

材質	材質番号	$\gamma(\text{tf/m}^3)$	$E(\text{tf/m}^2)$	ν
粘性土	1	1.8	350	0.35
粘性土	2	1.7	550	0.35
粘性土	3	1.7	900	0.35
粘性土	4	1.7	1300	0.35

γ : 単位体積重量 E : ヤング係数 ν : ポアソン比

表 - 2 セグメントの係数

$\gamma(\text{tf/m}^3)$	$E(\text{tf/m}^2)$	$A(\text{m}^2)$	$I(\text{m}^4)$
2.6	3.90E+06	0.3	2.25E-03

A : 断面積 I : 断面 2 次モーメント

表 - 3 泥水圧

	先行シールド	後行シールド
泥水圧(tf/m^2)	14.65	14.65

3.2 双設 B シールドの概要

B シールドは、外径 8.1m の単線並列トンネルで土被り

キーワード: 逆解析, FEM, 掘削応力解放率, 泥水効果率, 泥水シールドトンネル

連絡先: 〒577-8502 東大阪市小若江 3-4-1 近畿大学理工学部社会環境工学科 Tel06-6730-5880ext4673

22m にあり、並列トンネルの離間は延長 120m にわたって 0.4~0.8m の近接施工である。地質概要は、深さ 17m 付近までは粘性土、砂質土からなる軟弱な沖積層で、その下部は粘性土、砂礫、砂質土からなる洪積層で構成されている。表 - 4~6 に解析条件を示す。

4. 解析結果

A シールドの先行掘削の解析結果から求められた α , β の値は $\alpha=0.302$, $\beta=0.064$ であり、後行掘削における α , β の値は $\alpha=0.156$, $\beta=0.009$ である。

同様に B シールドの先行掘削における α , β の値は $\alpha=0.062$, $\beta=0.258$, 後行掘削では $\alpha=0.075$, $\beta=0.102$ である。

表 - 4 地質係数

材質	材質番号	$\gamma(\text{tf/m}^3)$	$E(\text{tf/m}^2)$	ν
砂質土	1	1.8	400	0.25
砂質土	2	1.8	400	0.25
粘性土	3	1.6	400	0.35
砂質土	4	1.8	1500	0.25
粘性土	5	1.8	2000	0.35
砂質土	6	2.0	10000	0.25
砂質土	7	2.0	15000	0.25

表 - 5 セグメントの係数

$\gamma(\text{tf/m}^3)$	$E(\text{tf/m}^2)$	$A(\text{m}^2)$	$I(\text{m}^4)$
7.25	1.67E+07	0.3	2.25E-03

表 - 6 泥水圧

	先行シールド	後行シールド
泥水圧(tf/m^2)	19	22

4.1 現場計測値と解析沈下量との比較

図 - 1,2 は逆解析から求められた α , β を用いて解析より求めた沈下量と現場計測値との比較を表したものである。これらのことから、解析値と現場計測値とはよく対応していることがわかる。

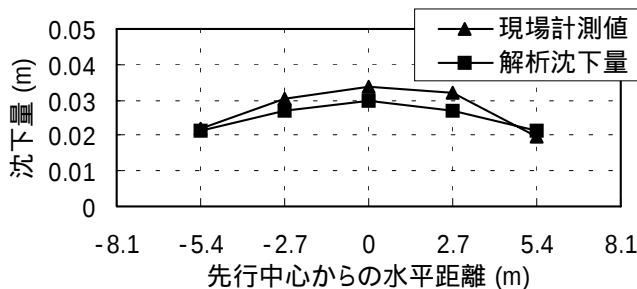


図 - 1 現場計測値と解析沈下量の比較 (A シールドの先行掘削: 地表面から -4.5m)

4.2 α , β と地盤材質の関係

図 - 3,4 はそれぞれ α と β の地盤材質との関係を表

した図である。これらのことから、粘性土と砂質土では明らかな違いが見られた。

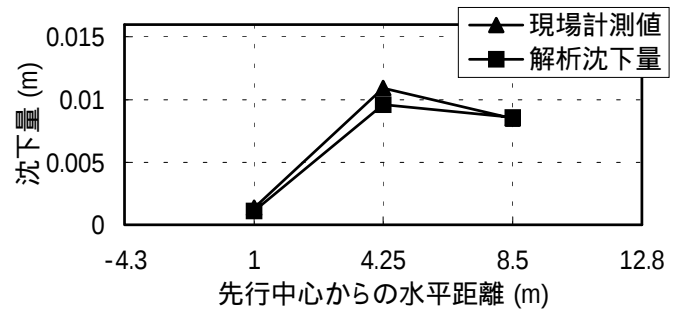


図 - 2 現場計測値と解析沈下量との比較 (B シールドの後行掘削: 地表面から -19.9m)

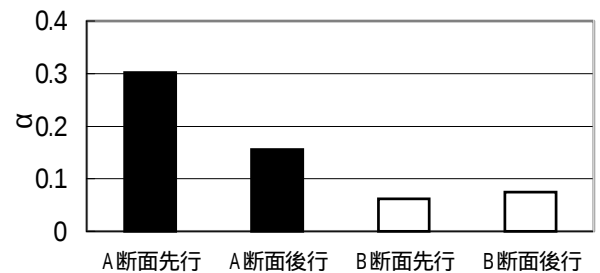


図 - 3 α と地盤材質の関係(黒: 粘性土 白: 砂質)

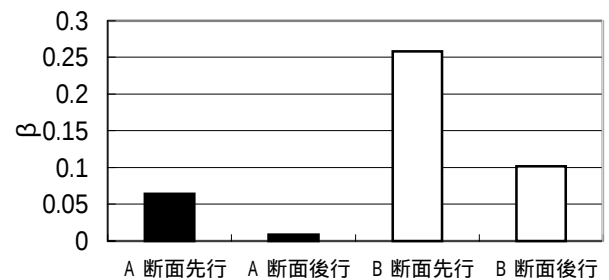


図 - 4 β と地盤材質の関係(黒: 粘性土 白: 砂質土)

5. 結論

実測沈下量を逆解析する事により、掘削応力解放率と泥水効率率を同時に求める手法を提案した。

粘性土では α の値が β の値よりも大きく、砂質土ではその逆となっている。このことから α , β は地盤特性と一定の関係がある。これらの値を用いて解析を行えば、従来に比べて高い精度で沈下予測を行うことが可能である。

参考文献

- 1) 久武勝保・竹山喬・伊藤富雄: 双設シールドトンネルによる地表面沈下の算定手法とその現場への適用性, 土木学会論文報告集、第 332 号、pp.75-83, 1983.
- 2) Hisatake, M. & T. Ito: Prediction of Surface Settlements Due to Parallel Shield Tunnels, Proc. 8th Asian Regional Conf. on Soil Mechanics and Foundation Eng., Vol.1, pp.293-296, 1987