

摂南大学大学院工学研究科 学生会員 ○脇平 興一
摂南大学工学部 正会員 道廣 一利
大阪工業大学短期大学部 正会員 吉岡 尚也

1. はじめに

現在、交通渋滞の緩和および交通の快適性を確保するために、片側三車線を有する掘削幅約 20m、掘削断面積約 200m² におよぶ扁平かつ大断面トンネルが施工されている。このような扁平大断面トンネルを二車線トンネルでの主流になっている補助ベンチ付き全断面工法で施工することは困難であり、TBM による導坑先進拡張掘削工法などで施工されている。

そこで、扁平大断面トンネルを TBM 導坑先進拡張掘削工法とショートベンチカット工法とで掘削する場合、特に切羽面の変形挙動に着目した解析を三次元有限要素法で行った。解析結果に基づき、TBM 導坑が切羽面の安定性にどの程度貢献するのかを検討した。

2. 解析条件

土被り厚さが 100m の地山内に、片側三車線の道路トンネルを掘削するものとした。降伏の判定にはドラッカー・プラガーの降伏基準を用いた。解析モデルについては、便宜上半断面とした。

一例として TBM 導坑を有した解析モデルを図-1 に示す。

3. 入力定数

地山の弾性係数 E については、RMR 値からセラフィム¹⁾の提案式によって推定した。強度定数としての粘着力 C と内部摩擦角 ϕ については、ピニアウスキー²⁾による提案値を参考に推定した。吹付けコンクリートの物性値は土屋³⁾が提案した値を用いた。

解析に用いた入力定数を表-1 に示す。

4. 解析ケース

地山等級 $C_I \sim D_{II}$ なる地山に扁平大断面トンネルをショートベンチカット工法により掘削するものとして、特にトンネル切羽面の挙動に着目して 4 ケースの解析を行った。つぎに、TBM

導坑先進拡張掘削工法によって掘削した場合についても解析し、ショートベンチカット工法との掘削工法の違いがトンネルの挙動に及ぼす影響について検討した。

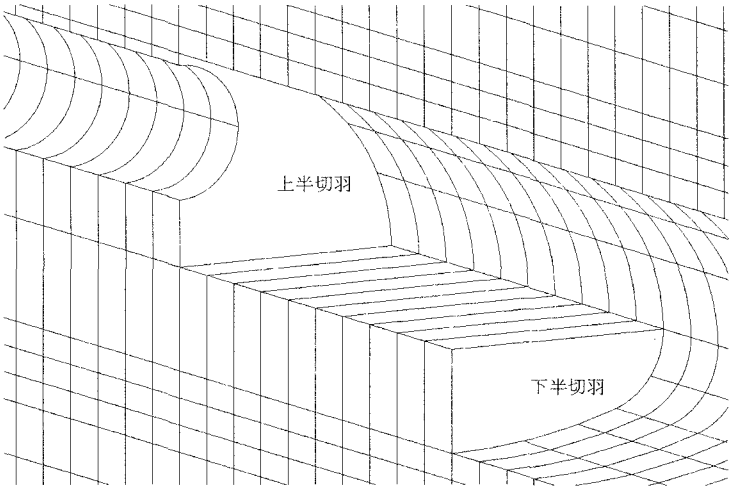


図-1 解析モデルの一例

表-1 入力定数

地山等級	E (kN/m ²)	C (kN/m ²)	ϕ (°)	γ_t (kN/m ³)	ν
C_I	1.0×10^7	250	30	24	0.3
C_{II}	3.5×10^6	200	25	23	0.3
D_I	2.0×10^6	150	20	22	0.35
D_{II}	1.1×10^6	125	17.5	21	0.35
支保部材	E (kN/m ²)		吹付け厚さ (m)		ν
吹付けコンクリート	3.4×10^6		0.2		0.2

5. 解析結果と考察

地山等級 $C_1 \sim D_{II}$ なる地山をショートベンチカット工法と TBM 導坑先進拡幅掘削工法により掘削した時の切羽面における押出し量を対比したものを図-2～図-9 に示す。

まず、ショートベンチカット工法で掘削した場合、表-1 に示した変形・強度特性を有する地山等級 C_{II} までのような地山においては、トンネル切羽面の押出し量が 10mm 程度となっており(図-2 と図-4)、ショートベンチカット工法でも掘削できると考えられる。しかし、地山等級が D_1 より悪くなると、トンネル切羽面の押出し量が急激に増加し、押出し量が 50mm を超える領域が上半切羽全面に生じていることが、図-6 と図-8 よりわかる。そのため、ショートベンチカット工法で掘削するのは切羽の安定性に問題が生じてくるものと考えられる。

つぎに、TBM 導坑先進拡幅掘削工法を採用した場合には、地山等級 C_{II} までは、ショートベンチカット工法の場合の解析結果と比較して切羽面の押出し量にほとんど差はないことがわかる。一方、図-6 と図-7 および図-8 と図-9 を対比すると、地山等級が D_1 以下になれば、TBM 導坑を先進させることで切羽面の押出し量が大幅に抑制されることがわかる。

6. まとめ

表-1 に示した変形・強度特性を有する地山内に扁平大断面トンネルが掘削されるものとして解析を行った。結果をまとめると以下ようになる。

- i) 地山等級が C_{II} 程度までの地山であれば、ショートベンチカット工法でも掘削が可能であるが、地山等級が D_1 以下になると切羽面の安定性に問題が生じることがわかった。
- ii) 地山等級 D_1 程度であれば TBM 導坑先進拡幅掘削工法を採用することにより、切羽面の安定性を確保できるが、地山等級が D_{II} になると、拡幅時には何らかの補助工法が必要になることが示唆された。

<参考文献>

- 1) Serafim, J. L and Pereira, J. P : Consider of the Geomechanical Classification of Bieniawski, Proc. Int. Symp. on Engineering Geology and Underground Constrution, Lisbon, 1(II), pp.33-44, 1983
- 2) Z.T.Bieniawski : Rock Mechanics Design in Mining and Tunneling , BALKEMA, pp.97-136, 1984
- 3) 土屋敬：トンネル支保の地山物性値に関する研究，土木学会論文集，第 364 号，Ⅲ-4，pp.31-40，1985

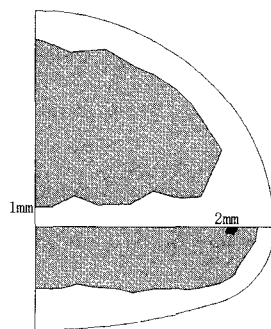


図-2 C_1 ショートベンチ

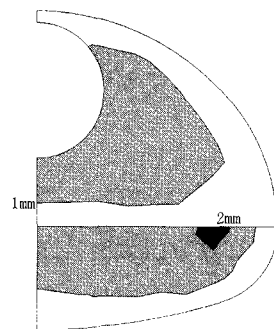


図-3 C_1 TBM導坑

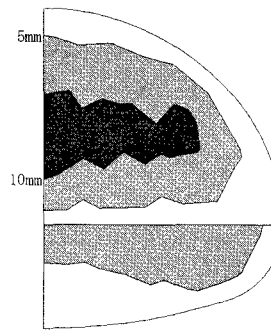


図-4 C_{II} ショートベンチ

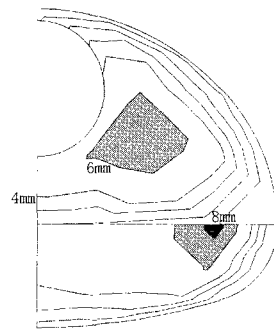


図-5 C_{II} TBM導坑

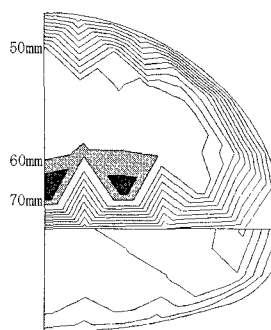


図-6 D_1 ショートベンチ

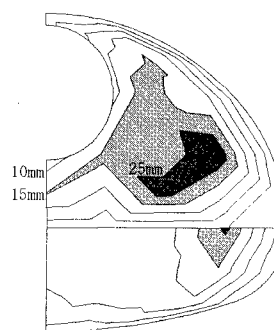


図-7 D_1 TBM導坑

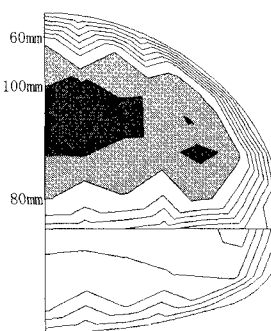


図-8 D_{II} ショートベンチ

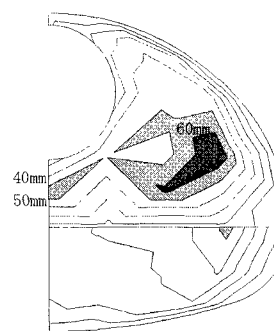


図-9 D_{II} TBM導坑