

(Ⅲ-118) 亀裂性岩盤における超大断面トンネルの掘削解析と 支保の効果に関する研究

○ 千葉工業大学 学生員 横沢 良枝 正員 清水 英治, 渡辺 勉
東京大学 正員 吉田 秀典, 堀井 秀之

1. はじめに

近年、交通量などの増大に伴い、道路トンネルにおいても空洞の大断面化が要求されるようになってきた。大断面トンネルは掘削規模が大きいということに加え、車線確保のために横に長い、つまり偏平した掘削断面形状にならざるを得ず、この点が従来のトンネルと異にしている点である。その形状・規模は従来のトンネルよりも地下空洞、例えば岩盤タンクのアーチ部に類似しており、設計・施工方法も従来のトンネルでのアプローチだけでなく、地下空洞のアーチ部掘削におけるアプローチも考慮すべきであると考ええる。そこで本研究では、地下空洞掘削解析において実績のある MBC 解析を掘削解析手法として用い、大断面トンネル掘削時の挙動と、支保の効果について検討を行う。

2. 大断面トンネルの MBC 解析

(1) 解析条件

第二東名高速道路のような大断面トンネルの掘削規模は 200 m^2 を超え、横に長く偏平することが予想される。したがって本解析では、図 1 に示すような、横幅 18.6 m、高さ 13 m の規模の偏平断面を有するトンネルを解析の対象とし、その掘削方法については、TBM 先進 (直径 5 m)、上半、下半の 3 段階の分割工法で掘削するものとした。その掘削順序を図中に数字で示した。また、地山の土被りを 84 m とし、卓越ジョイントを除いた基質岩盤の弾性係数を 2,040 MPa、ポアソン比を 0.25、単位体積質量を 2.5 t/m^3 と仮定して用いた。初期地圧としては、土被りに単位体積質量を乗じたものを鉛直応力 (21.4 MPa) とし、側圧係数を 0.8 (水平応力は 17.1 MPa) として解析に用いた。

また、卓越ジョイントについては、解析断面に対して左落ち 50 度と右落ち 60 度という 2 セットと考え、その走向は空洞軸に平行であるものとした。それぞれの物性値は空洞の大きさや過去の解析例¹⁾²⁾³⁾を参考に、適当であろうと思われる値を仮定して用いた。これらジョイントの物性パラメータをまとめて表 1 に示す。

支保については、トンネル上半に 1 m ピッチ、下半の一部に約 2 m のピッチで長さ 6 m のロックボルトを計 27 本、また上半に 20 cm、下半に 10 cm の吹付けコンクリートを施した。これらの諸元を表 2 に示す。

解析手順としては、まず最初に初期応力解析を行い、その後にトンネル掘削予定線より地山相当応力を逐次的に解放することで掘削を表現した。支保は、切羽到達後直ちに打設されるものとし、応力解放直前に施した。解析では、支保の効果を比較検討するために、(case1): 無支保解析、(case2): 上半吹付けコンクリートのみの解析、(case3): 上半 (20 cm) および下半 (10 cm) 吹付けコンクリート+ロックボルトを考慮に入れた解析という 3 通りのケースを設けた。

(2) 解析結果および考察

まず、図 2 から図 4 に case1 から case3 の解析における、全断面掘削後における左落ち 50 度のジョイントセットの開口変位分布を示す。これより、無支保解析ではトンネル壁面近傍から広い範囲に渡って、ジョイントが変形しているこ

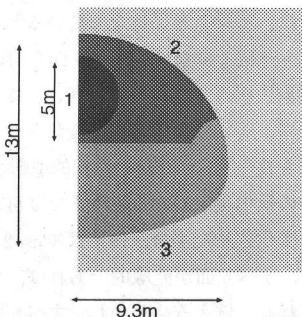


図 1 掘削規模および順序

表 1 節理特性

傾斜	左落ち 50 度	右落ち 60 度
有効寸法 (L^J)	10.0 m	10.0 m
平均間隔 (d)	0.2 m	0.2 m
摩擦角度 (ϕ)	35°	35°
起伏角度 (α)	10°	10°

表 2 支保部材の入力パラメータ

支保	弾性係数 E: (MPa)	ポアソン比 / 断面積: (cm^2)
吹付けコンクリート	5.10×10^3	ポアソン比=0.2
ロックボルト	2.04×10^5	断面積=4.46

キーワード：不連続性岩盤、支保、大断面トンネル、MBC 解析、ジョイント

〒113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1 TEL:03-3812-2111 FAX:03-3812-4977

とが分かる。紙面の都合上掲載できないが、右落ち 60 度のジョイントセットについても、開口量がやや小さい点を除けば、左落ち 50 度とはほぼ同じような傾向であった。図より、上半に吹き付けコンクリートを施すとその領域は縮小し、さらにロックボルトと下半に吹き付けを施すだけで、かなりジョイントの変形領域は縮小し、その値も小さくなっていることが分かる。

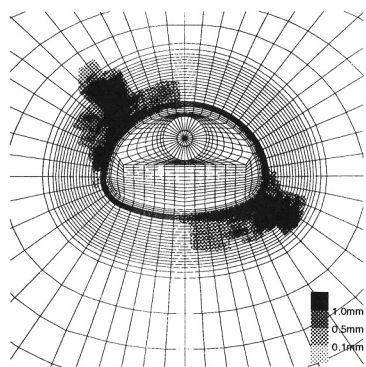


図 2 開口変位分布 (case1)

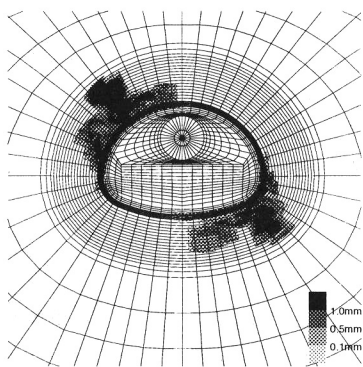


図 3 開口変位分布 (case2)

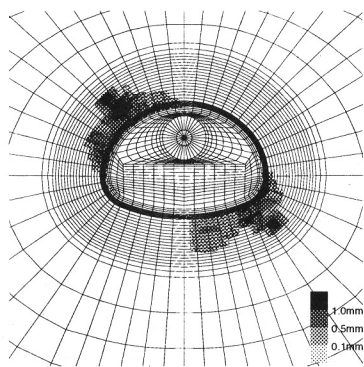


図 4 開口変位分布 (case3)

次に、図 5 から図 7 に case1 から case3 の解析における、全断面掘削後の最大せん断ひずみの分布を示す。無支保による解析では、トンネル天端やや左側付近とトンネル底辺右側部分においてひずみレベルの大きな領域が発生している。本解析では、それぞれのケースにおける左落ち 50 度のジョイントの開口分布と最大せん断ひずみの分布が類似しているが、これは左落ち 50 度のジョイントの変形による影響が右落ち 60 度より大きいことを表している。上半に吹き付けコンクリートを施すだけでひずみの大きな領域は小さくなるが、さらにロックボルトをだせつすることでその領域は小さくなる。これは吹き付けコンクリートが面で岩盤の変形を抑えているのに対し、ロックボルトは適切な応力配分に寄与していることが理由として考えられる。

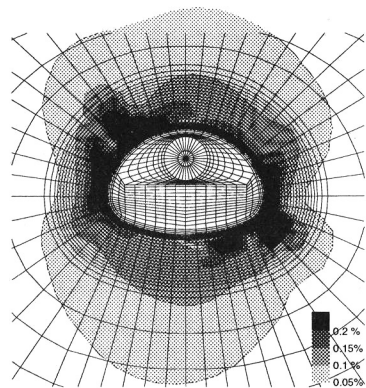


図 5 最大せん断ひずみ部分 (case1)

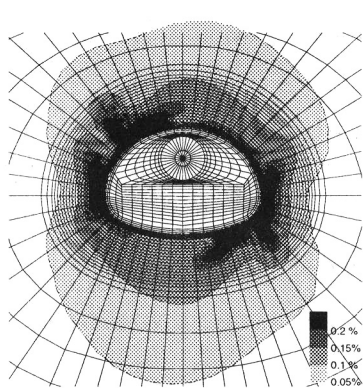


図 6 最大せん断ひずみ部分 (case2)

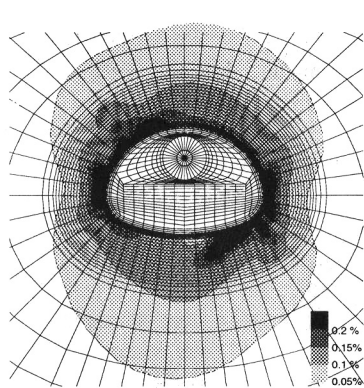


図 7 最大せん断ひずみ部分 (case3)

3. まとめ

本研究では、大断面トンネル掘削時における不連続面の影響と支保の効果を解析的に評価するために、支保を変化させて解析を行なった。解析より、本稿で対象とした規模・形状のトンネルでは不連続面による影響が見られ、かつ、支保による効果が明らかになった。今後は、実施工時に計測されたデータと解析結果の比較を行なう必要があると思われる。

参考文献

- 1) 吉田秀典, 堀井秀之: マイクロメカニクスに基づく岩盤の連続体理論と大規模空洞掘削の解析, 土木学会論文集, No.535/III-34, pp.23-41, 1996.
- 2) 吉田秀典, 堀井秀之: 地盤材料に対するマイクロメカニクスに基づく連続体モデル, 応用力学論文集, Vol.1, pp.527-536, 1998.
- 3) 吉田秀典, 堀井秀之, 打田靖夫: マイクロメカニクスに基づく岩盤の連続体モデルによる大河内発電所地下発電所空洞掘削の解析と計測値との比較, 土木学会論文集, No.547/III-36, pp.39-56, 1996.