

III-154 極限解析法によるトンネル掘削問題の解析

足利工業大学 正員 ○ 石橋 孝治
東京大学 正員 角 知憲
足利工業大学 正員 佐藤 喜悦

1. よえがき

トンネル掘削に伴う周辺地山の挙動を解析するために種々の手法や計算モデルが提案されている。地山は本来潜在的にブロック化され不連続性の卓越した材料であることと新たに生じた破壊面の取り扱いを考慮して、本解析では数値計算モデルとしてRBSM (Rigid Body Spring Model) を採用した。岩質材料の逐次破壊現象に対するRBSMの適用性については既に報告している。¹⁾そこで本研究ではRBSMを用いた解析法(極限解析法)をトンネルの掘削問題に適用し、トンネル掘削に伴う周辺地山の安定性について検討を行なった。

2. 解析仮定と解析の対象²⁾

岩石の三軸圧縮試験結果によれば、応力～ひずみ関係は拘束応力の大きさにより異なる線形の曲線を描くことが明らかとなっている。一般にトンネルが掘削される地下深さの応力レベルでは、応力～ひずみ曲線は強度破壊点に達した後ネガティブスロープをもって残留強度に至るいわゆるひずみ軟化を呈するものと考えられる。本解析においてはこの特性を考慮して図-1に示すような折線で近似した応力～ひずみ関係を採用した。地山のピーク強度と残留強度はモール・クーロンの破壊規準に従うものとし、地山材料は非引張材として取り扱った。また掘削問題は掘削面で平衡状態にあった初期応力が解放されると考えて取り扱った。したがって、掘削予定面上の初期応力は掘削後残存する掘削面構成要素に配分する。掘削面と破壊面の閉合に伴う局所的な破壊領域は支持力を有しないものとした。

トンネルとしては土被り高さの異なる2種類(CASE I, CASE II)について解析を行なった。表-1に計算に用いた各々のトンネル地山の力学的性質を示す。トンネルの断面は標準的な新幹線タイプを参考とし、掘削工法としては全断面掘削工法と3段ショートベンチカット工法をとりあげた。図-2に解析領域と要素分割パターンを示す。同図中丸枠内数字は3段ショートベンチカット工法における掘削順序を示している。

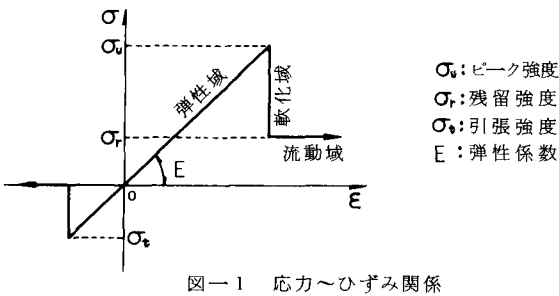


図-1 応力～ひずみ関係

表-1 計算に用いた地山の力学的性質						
性質 地山	土かぶり (m)	圧縮 強度 (Kg/cm ²)	引張 強度 (Kg/cm ²)	せん断 強度 (Kg/cm ²)	弾性 係数 (Kg/cm ²)	内部摩 擦角 (deg.)
CASE I	80	55.0 (5.5)	5.0 (0.5)	9.0 (1.0)	7,000 (100)	35 (25)
CASE II	30	1.6	0.16	0.4	150	30

() 内は不連続面の力学的性質

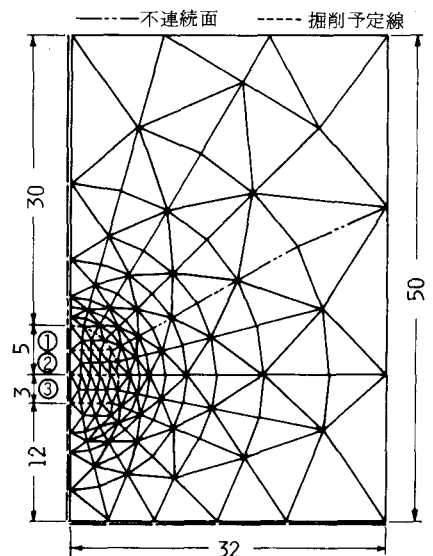
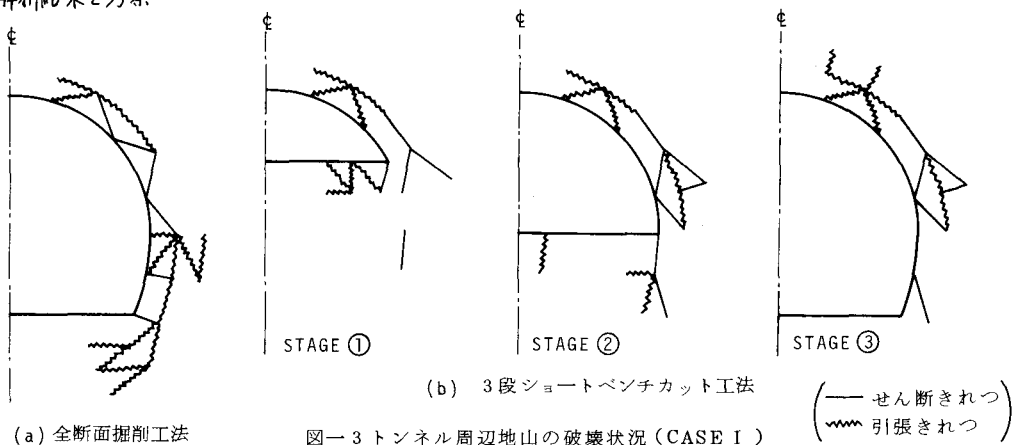
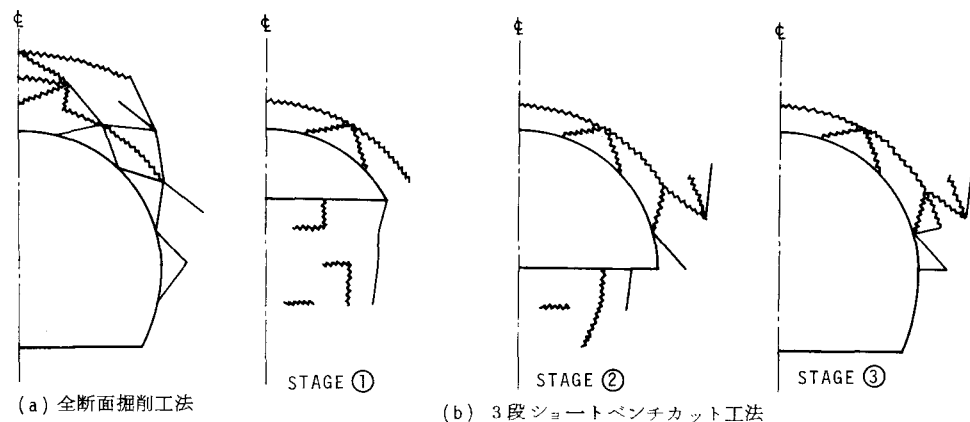


図-2 要素分割網 (単位: m)

3. 解析結果と考察



図一 3 トンネル周辺地山の破壊状況 (CASE I)

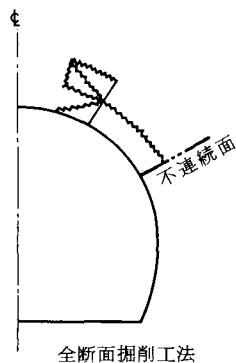


図一 4 トンネル周辺地山の破壊状況 (CASE II)

図-3, 4はそれぞれCASE IとCASE IIの地山におけるトンネル周辺地山の各掘削段階毎の最終的破壊状況を示したものである。CASE Iの地山に全断面掘削工法でトンネルを掘削した場合、特に側壁脚部および底盤端部に破壊が地山深部にまで及んでいる。一方、3段ショートベンチカット工法で掘削した場合にはS.L.付近から天端にかけての地山に破壊が集中して起きている。CASE IIの地山に全断面掘削工法でトンネルを掘削した場合、S.L.から天端にかけて地山深部へとドーム状に破壊を生じており、いわゆるトロンピーターゾーンが形成されている。3段ショートベンチカット工法の場合、初期掘削段階においてベンチ地山に破壊を生じているのに対して、天端部での破壊の拡大は小さくなっている。両地山とも逐次掘削工法の採用により地山の破壊領域が小さく抑えられることがわかる。また、3段ショートベンチカット工法の場合の最終的破壊領域は第2ベンチの掘削によりほぼ決定されている。図-5はCASE Iの地山に不連続面がある場合のトンネル周辺地山の最終的破壊状況を示したものである。図-3(a)と比べれば不連続面を介しての内力の伝達が著しく変化することがわかる。

4. あとがき 本解析法はゆるみ領域、ゆるみ荷重の推定等、実用面で有用であり、各種支保の効果についても解析を行ない検討を加える予定である。

〈参考文献〉 1) 石橋秀治, 田辺俊郎; 岩質材料の逐次破壊現象に対する剛体バネモデルの適用性について, 第36回年次学術講演会講演概要集, 1981 2) 石橋秀治, 松本嘉司; ひずみ軟化特性を考慮した有限解析法によるトンネル掘削問題の解析, 土木学会論文報告集, (投稿中)



図一 5 トンネル周辺地山の破壊状況 (CASE I)