

補助ベンチ付き全断面工法と上半工法によるトンネル内空変位

大阪工業大学短期大学部 正 会 員 吉岡 尚也
 摂南大学工学部 正 会 員 道廣 一利
 岸本建設 正 会 員 櫻井 宏親

1. はじめに

補助ベンチ付き全断面工法によるトンネル工事が増加している。しかし、トンネルを掘削する際には切羽が自立していることが前提となることを考慮すると、補助ベンチ付き全断面工法は一度に掘削する面積が大きくなるため、地山の状態が悪くなると切羽前方に緩みを引き起こし、切羽の自立が困難になる可能性がある。切羽の自立が問題となる場合には、切羽の安定性を確保するために加背を分割して掘削するか、何らかの補助工の採用を考える必要がある。本稿では、悪い地山を想定し、このような地山内に補助ベンチ付き全断面工法によりトンネルを掘削した場合と上半工法により掘削した場合、トンネル内空変位にどのような違いが生じるかを3次元有限要素法を用いて解析的な検討を行った。

2. 解析条件

2車線高速自動車道トンネルが土被り厚さ100mの地山内に構築されるものとした。地山の初期応力は、鉛直方向については土被り圧($\gamma_t \times H$)から、水平方向については側圧係数を1.0として与えた。トンネルを掘削するにあたっては、補助ベンチ付き全断面工法(ベンチ長:2m)、上半工法(ベンチ長:30m)によりトンネルを掘削するものとした。

数値解析は、有限要素法による3次元の弾塑性解析により行った。降伏の判定には、ドラッカー・プラガーの降伏基準を用い、解析モデルは対称性を考慮して半断面とした。補助ベンチ付き全断面工法の解析モデルを図-1に示す。入力定数については、地山の弾性係数の値は、セラフィムとペレイラ¹⁾の提案している式から推定し、粘着力と内部摩擦角については、ピニアウスキーの提案している値を参照して推定した。吹付けコンクリートの弾性係数については、土屋²⁾の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。なお、吹付けコンクリートはトンネル掘削と同時に施工するものとした。

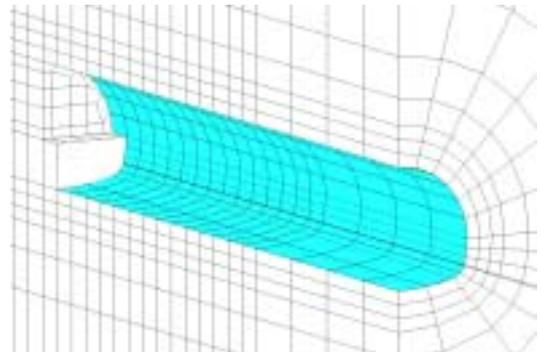


図-1 解析モデル(補助ベンチ付き)

表-1 入力定数

地 山	弾性係数	1.1×10^6 (kN/m ²)
	粘着力	130 (kN/m ²)
	内部摩擦角	15 (°)
	単位体積重量	21 (kN/m ³)
吹付けコンクリート	弾性係数	3.4×10^6 (kN/m ²)

3. 解析結果

図-2と3は、悪い地山を想定し、補助ベンチ付き全断面工法と上半工法との2つの方法によりトンネルを掘削した際に生じる切羽面の押し出し量をコンターで示したものである。ただし、土被り厚さは100mである。

補助ベンチ付き全断面工法により掘削した場合には、図-2に示すようにトンネル上半中心付近で切羽面の押し出し量が70mmを越えて発生している。このような場合には、切羽面の自立が困難になることが考えられる。

図-3の上半工法の場合については、図-2に示したように補助ベンチ付き全断面工法により掘削した場合と同程度の押し出し量が発生していることから、切羽面の押し出し量に関しては、掘削工法の違いによる差はないことがわかった。

キーワード：補助ベンチ付き全断面工法、上半工法、悪い地山

連絡先：〒572-8508 寝屋川市池田中町 17-8 摂南大学工学部土木工学科 Tel .・ Fax . 072-839-9126

つぎに、トンネル天端部の沈下量を比較したものを図-4に示す。閉合位置は、補助ベンチ付き全断面工法が切羽後方2m、上半工法が切羽後方30mとなっている。切羽距離は負の方向が切羽前方、正の部分が切羽後方となっている。トンネル未掘削部分の先行変位、トンネル切羽後方の変位については、ほとんど差のないことがわかる。

図-5にトンネル側壁間の相対的な内空変位を示す。ここでも、トンネル未掘削部分の先行変位については、掘削工法の違いによる差はほとんどないが、側壁間の相対的な変位については、上半工法ではトンネル断面の早期併合が困難なため、切羽後方の施工済み区間、特に切羽の後方50m地点においては1.6倍程度大きくなっていることがわかる。このことは、トンネル掘削に伴う内空変位によって所定の内空断面が確保できないことが懸念される場合には、早期にトンネル断面を併合できる加背割りを考慮しなければならないことを示唆している。

4.まとめ

悪い地山を補助ベンチ付き全断面工法、上半工法により施工する場合、以下のことが数値解析的に明らかとなった。

- 1) 切羽面の押し出し量については、補助ベンチ付き全断面工法と上半工法とも大きな差はみられなかった。しかしながら、切羽面の押し出し量が大きくなるため、鏡止めボルトのような切羽面に対する補助工を併用して施工することが望ましい。
- 2) 上半工法ではトンネル断面の早期閉合が困難となるため、トンネル側壁間の相対的な変位が大きく発生することがわかった。
- 3) 切羽の自立が困難となり、かつ内空変位が懸念されるような地山にトンネルを掘削する場合には、補助工を積極的に採用し、補助ベンチ付き全断面工法で早期に断面を併合しながら施工することが望ましい。

参考文献

1) Serafim, J.L. and Pereira, J.P.: Considerations of the geomechanics classification of Bieniawski, International Symposium on Engineering Geology and Underground Construction, LNEC, Lisbon, Portugal, Vol.1, pp.33-42, 1983
 2) 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、-4、pp.31-40、1985

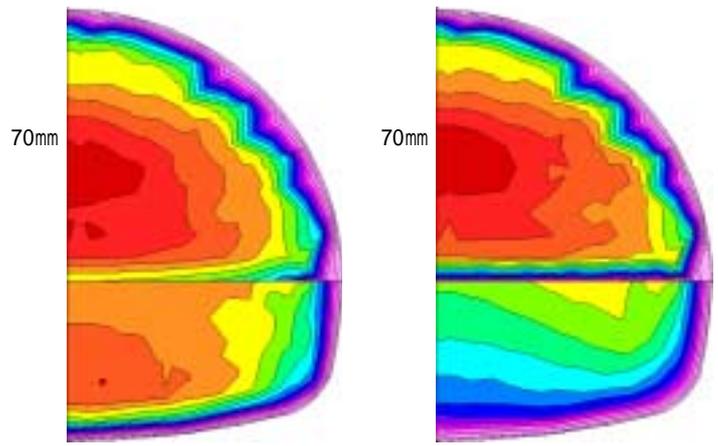


図-2 補助ベンチ付き (ベンチ長：2m)

図-3 上半工法 (ベンチ長：30m)

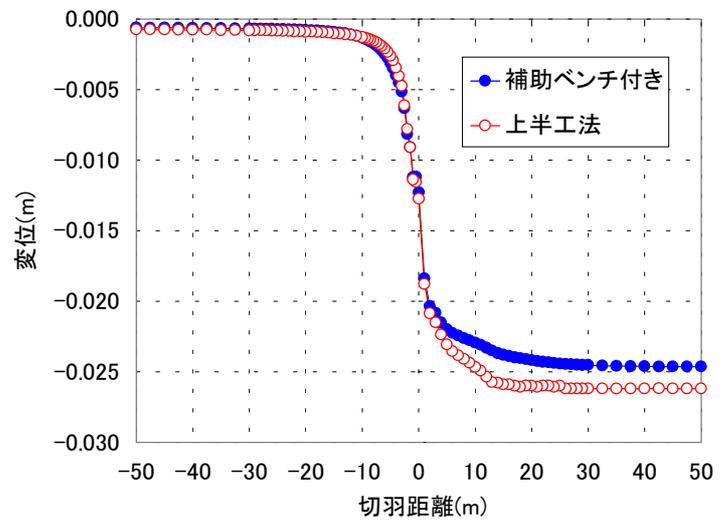


図-4 天端部の沈下量

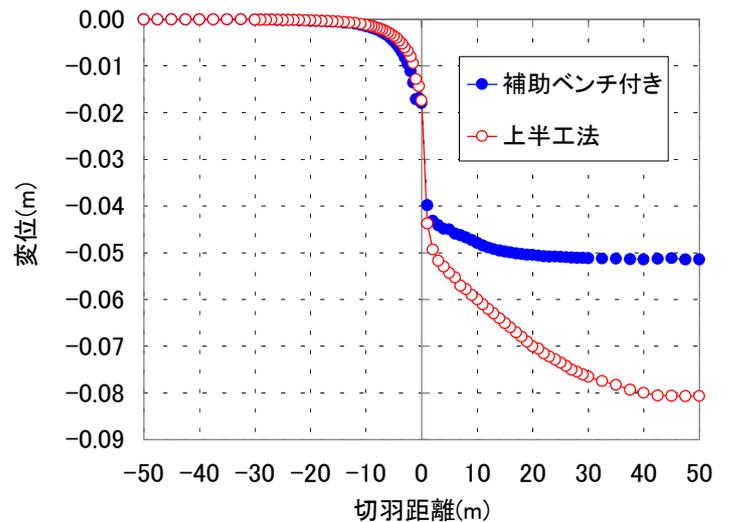


図-5 側壁部の内空変位