

悪い地山における扁平大断面トンネルの掘削工法の提案

みらい建設工業 正 ○脇平 興一
 摂南大学工学部 正 道廣 一利
 大阪工大短期大学部 正 吉岡 尚也

1. はじめに

第二東名・名神高速道路に代表されるように、交通渋滞の緩和や交通の安全性・快適性を確保するため、トンネル部においても、掘削幅約 18m・掘削断面積約 180m² におよぶ扁平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は、今のところ施工事例が少ないため、地山に適した掘削工法を模索するための試験施工を行い、施工の効率化を追求しているのが現状である¹⁾。したがって、このような扁平大断面トンネルを施工する際には、どのような掘削工法を採用するのが望ましいかを数値解析などを通じて事前に検討できれば好都合である。

そこで、トンネル切羽の自立性が悪い地山において、ベンチカット工法を基本的な掘削工法とし、これに導坑先進工法や補助工法を併用したことによる切羽周辺地山の変位抑制効果を三次元有限要素法による弾塑性解析により検討した。

2. 解析条件

扁平な断面形状を有する三車線の道路トンネルが土被り高さ 100m の地山内に構築されるものとした。この土被り 100m というのは、静岡第二トンネルの施工例¹⁾を参考にして決めた。地山の初期応力は、鉛直方向については土被り圧から、水平方向については側圧係数を 1.0 として求めた。

解析モデルの一例として、導坑先進工法(先進長 20m)を併用したベンチカット工法(ベンチ長 40m)の切羽周辺部を拡大したものを図 - 1 に示す。ただし、導坑部の吹付け厚さは 5cm、本坑の吹付け厚さは 30cm である。

数値解析に用いた入力定数のうち、地山の弾性係数 E については RMR 値より算出し、粘着力 C ・内部摩擦角 ϕ についてはビニアウスキーの提案値を参考に推定した。ここでは切羽の自立性が悪い地山を想定しているため、 $E=1.0 \times 10^6 \text{ kN/m}^2$ 、 $C=100 \text{ kN/m}^2$ 、 $\phi=15^\circ$ となる。支保部材の入力定数については、土屋²⁾の提案値を用いた。また、地山はソリッド要素、吹付けコンクリートはシェル要素、鏡止めボルトは棒要素でモデル化した。吹付けコンクリートはトンネル掘削と同時に切羽面直後まで施工されるものとした。

3. 解析結果と考察

ベンチ長 40m を有するベンチカット工法で扁平大断面トンネルを掘削する際、地山の性状が解析条件に示したような強度・変形特性程度になると 100mm を超える押出し量が発生することが図 - 2 よりわかる。このように、地山が悪くなると押出し量が増加し、切羽の崩壊を誘起する可能性が高くなる。このような場合には、補助工法を併用するか掘削工法の変更を検討する必要がある。

そこで、ベンチカット工法に補助工法を併用することを考え、比較的簡便に施工できる鏡止めボルトでの検討を行った。鏡止めボルトについては、ベンチカット工法で掘削した時に生じる切羽前方の塑性域の広がりを考慮し、打設長は 10m とした。また、打設パターンについては、図 - 3 に示すように格子状に 2.0m × 1.5m 間隔で打設した場合¹⁾について、切羽面における押出し量の抑制効果を調べた。図 - 4 は、切羽面の押出し量をコンターで示したものである。ベンチカット工法で掘削した場合(図 - 2 参照)に比べ 40mm 程度押出し量が抑制されていることがわかる。これまでの切羽崩壊事例³⁾から判断すると、図 - 4 に示す程度に抑制されれば、切羽面の安定性を確保できるものと考えられる。さらに打設本数を増やしたり、打設パターンを変更すれば切羽面の押出し量を抑制できると考えられるが、鏡止めボルトを併用する場合の打設本数については、

キーワード；扁平大断面トンネル、三次元有限要素解析、鏡止めボルト、導坑先進工法

連絡先；〒572-8508 大阪府寝屋川市池田中町 17-8 摂南大学工学部都市環境システム工学科

施工性や抑制効果などを十分検討して決定する必要がある。

つぎに、ベンチカット工法から比較的容易に変更が可能な導坑先進工法について、その効果を検討した。図-5は、導坑先進工法で掘削した場合の導坑切羽と拡幅部分における切羽の押出し量をコンターで示したものである。ただし、本坑切り拡げ時のベンチ長は40mとした。また、導坑先進工法における先進長は10m・20m・30mの3例について解析したが、図-5は先進長が30mの場合である。図-2に示したように切羽の押出し量が大きくなる場合には、補助工法を併用して掘削するよりも導坑先進工法を採用して掘削してほうが切羽の押出し量がより抑制されることがわかった。

この導坑先進工法については、静岡第二トンネルでも試験施工されており、その効果が確認されている。実際に施工されていることを考慮すると、数値解析的にも検証できたものといえる。

4. おわりに

切羽の自立が困難になるような地山に扁平大断面トンネルを構築する際に、特に切羽面の押出し量に着目して、数値解析的な検討を行った。その結果、以下のようなことが明らかになった。

- 1) 強度変形特性が悪い地山に扁平大断面トンネルを掘削する場合には、崩壊を誘起する押出し量が発生することがわかった。
- 2) このような場合には、補助工法の併用や掘削工法の変更を検討する必要がある。
- 3) 補助工法として鏡止めボルトを併用する場合には、静岡第二トンネルでの打設間隔程度であれば、切羽における安定性を確保できることがわかった。
- 4) 導坑先進工法を採用した場合には、本坑拡幅時の切羽の押出し量をさらに抑制できることがわかった。
- 5) 静岡第二トンネルで施工された導坑先進工法は、悪質な地山区間のみで採用可能なため、今後施工事例が増えることが期待できる。
- 6) 導坑先進工法の先進長については、先進長を20m以上にすることにより、抑制効果が大きくなることがわかった。

参考文献

- 1) 林崎信男、尾辻真紀、岡田正男、井上賢一：大断面トンネル掘削工法の比較試験、トンネルと地下、2000年5月号、pp.15～23。
- 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、1985年、pp.31～40。
- 3) 田中一雄、川上純、池田宏：切羽変位計測による切羽崩壊予測の試み、トンネルと地下、1996年6月号、pp.55～60。

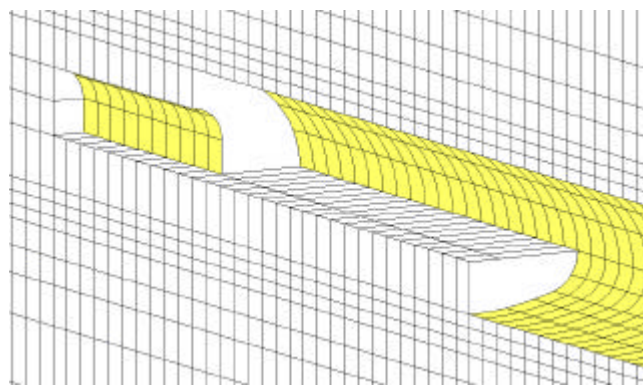


図-1 解析モデルの一例

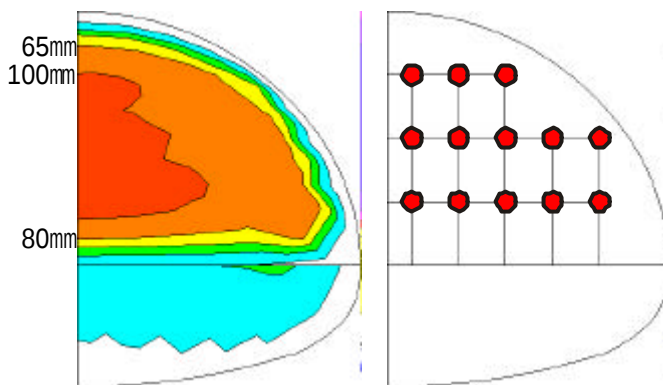


図-2 ベンチカット工法

図-3 打設パターン

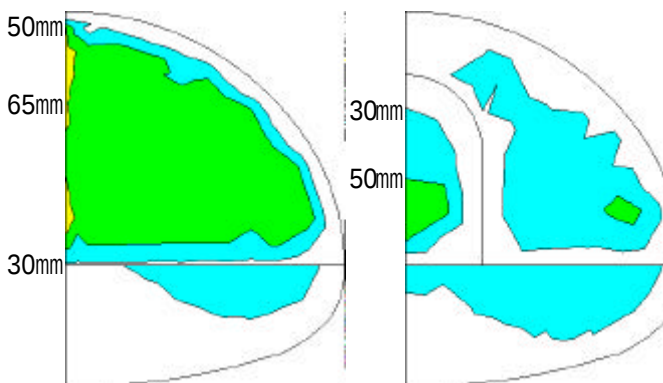


図-4 補助工法併用

図-5 導坑先進工法