

摂南大学工学部土木工学科 学生員 ○田中 瞬二郎

摂南大学工学部土木工学科 吉原 淳二

摂南大学工学部土木工学科 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

近年、第二東名・名神高速道路に代表されるように、交通量の増加に伴い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ゆとりのある空間と、一部では 140 km/h の高速走行を想定した道路計画となっている。トンネル部でも片側 3 車線道路トンネルが必要となり、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、施工事例がなかったため、地山に適した掘削工法を模索するための試験施工が行われた¹⁾。

3 次元有限要素法を用いて解析を行う際、その解析に用いる入力定数の選定が重要になってくる。入力定数のうち変形係数を推定する場合には、RMR より変形係数を推定するセラフィム・ペレイラの提案式を利用していた。しかし、この提案式は海外のダム基礎岩盤のデータを用いたものである。そこで、今回は井上らが文献調査により収集した日本のダム基礎岩盤のデータを利用して得た提案式を用いた²⁾。

そこで、静岡第二トンネルにおける実施工の計測データと井上らの提案式を用いた数値解析結果とを比較し、井上らの提案式の妥当性をまず検討した。さらに、扁平大断面トンネルを施工する際、どのような工法を採用するのが望ましいのかを数値解析によって、事前に検討できれば好都合である。そのため、地山等級 D_Iな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、FEM 解析によるシミュレーションを実施し、実工事との対比を行った。

2.解析条件

静岡第二トンネルにおけるベンチカット工法と導坑先進工法の断面を解析の対象とした。ここで、図-1 にショートベンチカット工法（ベンチ長 40m）の解析モデルを一例として示す。

解析に用いた入力定数のうち、地山の変形係数 D については井上らの提案値を用いた。また、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した³⁾。支保部材の入力定数については、土屋の提案値を用いた⁴⁾。これらの値の一例を表-1 に示す。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、ロックボルトと鏡止めボルトはボルト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。

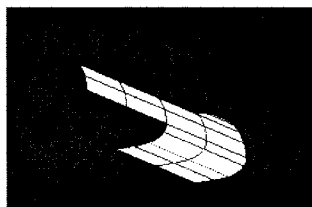


図-1 解析モデル例

表-1 D_I地山における入力定数

変形係数 D (kN/m ²)	1.5×10 ⁶
粘着力 C (kN/m ²)	125
内部摩擦角 ϕ (°)	17.5

3.結果と考察

静岡第二トンネルの実施工のデータと井上らの変形係数 D を用いた解析結果とを比較したものを表-1 に示す。事例 1、2 については、数値解析結果と実測データとはほぼ近い値となった。事例 3、4 では解析結果のほうがかなり小さい値となった。この対象断面は、湧水が発生していた地点であるが、数値解析では

Shunjiro Tanaka, Junji Yosihara, Kazutosi Mitihiro and Hisaya Yosioka

C_Ⅱ、D_Iの上限値に相当する変形係数を用いて解析を行ったためであると考えられる。これらより井上らの変形係数の値は、ほぼ妥当な提案値があると考えられる。

つぎに、静岡第二トンネル上り線では地山等級がD_Iになると導坑先進工法が用いられた。これを解析した結果のうち、切羽の押出し量を図-2に示す。(a)では最大の押出し量が14mmとなった。また、(b)では18mmとなった。最大の押出し量が18mmという結果は、ベンチカット工法による掘削が可能であることを示唆している。しかしながら、今回の事例のように湧水を伴うような場合には、安全性を考慮すると導坑先進工法が適していたと考えられる。また、ベンチカット工法に鏡止めボルトを併用した場合には、(c)に示すように切羽の押出し量は14mmであった。導坑先進工法とほぼ同等の抑制効果が得られた。これより地山等級D_Iにおいて切羽の自立を最優先に考えなければならないような場合には、鏡止めボルトなどの簡便な補助工法を用いることによってベンチカット工法で掘削可能なことを示唆している。

4. おわりに

- 以上の結果をまとめると以下ようになる。
- 1) 井上らに提案された変形係数の値は、ほぼ妥当のものであることが分かった。
 - 2) 地山等級D_Iにおいても湧水などが無い地山では、ベンチカット工法での掘削が可能であることが分かった。

表-2 天端沈下の比較

地山等級 対称断面	実測データ			解析結果		
	C _I	C _Ⅱ	D _I	C _I	C _Ⅱ	D _I
事例1 (土かぶり50m)		5～6mm	12～13mm		6mm	10mm
事例2 (土かぶり170m)	5mm			5mm		
事例3 (土かぶり35m)		10mm	15～20mm		4mm	7mm
事例4 (土かぶり45m)					6mm	9mm

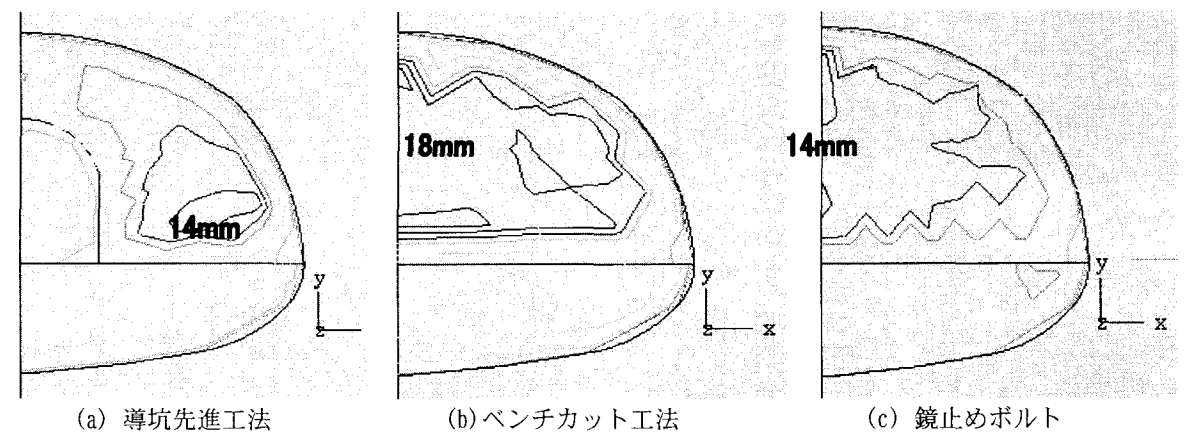


図-2 地山等級D_Iにおける切羽の押出し量

参考文献

- 1)例えば日本道路公団静岡建設局、ハザマ・戸田建設・フジタ共同企業体：第二東名高速道路静岡第二トンネル工事工事誌、平成14年3月
- 2)井上勝孝、井上正章、道廣一利、吉岡尚也：トンネル地山等級に応じた変形係数、平成15年度土木学会関西支部年次学術講演会
- 3)E.HOEK, P.K.KAISER and W.F.BAWDEN：Support of Underground Excavations in Hard Rock, A.A.BALKEMA, pp.35-48, 1995
- 4)土屋敦：トンネル支保の物性値に関する研究、土木学会論文集、第364、Ⅲ-4、pp.31-40、1985