

土木学会 75 回年次学術講演会

領家帯花崗岩に構築した大断面トンネルにおけるインバート省略事例

愛知県企業庁 豊田工事事務所 鬼頭 重美
一般社団法人日本建設機械施工協会 施工技術総合研究所 研究第一部 正会員 安井 成豊 石原 廣和
清水建設株式会社 土木技術本部 地下空間統括部 正会員 安藤 拓
清水・名工・成瀬特定建設工事共同企業体 正会員 ○影山 久司 正会員 田中 頼之

1. 目的

用地造成事業 豊田・岡崎地区 東工区に建設中である（仮称）2号トンネルは、内空断面積約124m²の大断面トンネルを領家帯花崗岩に構築するものである。本トンネルは、低土被り区間が多くを占め、標準土被り区間はトンネル中央付近の183mであった。標準土被り区間においても、1.5D をかろうじて確保できる程度の土被りであり、トンネル上部の地山は風化により強度低下していることが想定されるため、当該区間の支保パターンはDⅠが選定された。しかしながら、切羽面は概ね新鮮硬質な花崗岩であり、切羽の下部ほどその傾向が顕著であったため、検討の結果インバートを省略した。本稿は、その検討内容等について報告するものである。

2. 地質概要

DⅠ区間（No. 92+7～No. 101+10）を含む地質縦断面図（設計時）を図1に示す。
施工時、設計にて想定した花崗岩類が掘削対象地山として確認された。

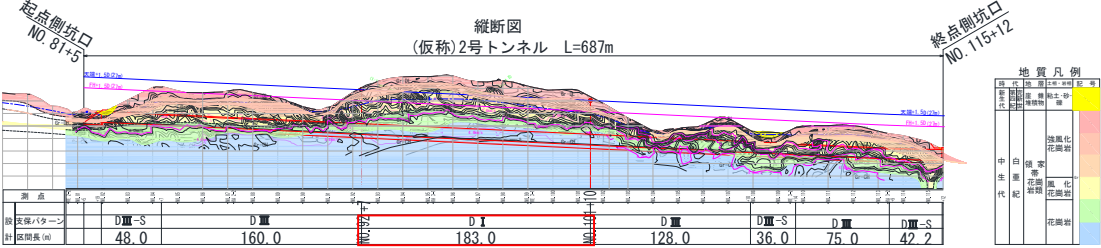


図1 地質縦断面図

3. 支保構造に関する検討

（仮称）2号トンネルの設計にて参考とされた支保構造の設計基準について以下に示す。

図2の下に記載された「注2）インバートについて」には、「①欄内に示した厚さのインバートを設けることを標準とするが、大断面ⅠのDⅠ、大断面ⅡのCⅡ、DⅠ等級地山において、支保の長期的な安定性、及び岩の長期的な安定性が確認される場合はインバートを省略することができる」と記されている。今回の施工において、下半部以深に堅硬な花崗岩類が確認されたDⅠ区間は、インバートが省略できる場合に該当すると考えられた。

そこで、この注2）①におけるインバートが省略できる条件である「支保の長期的な安定性」と「岩の長期的な安定性」について検証を行った。

4. 支保の長期的な安定性

山岳トンネルの支保の長期的な安定性に対しては、周辺地山（トンネル掘削後の支保状態の地山）の安定性として、支保の天端・脚部沈下および内空変位の大きさとその収束性によって判断されると述べられている¹⁾。

本トンネルの支保構造は、『建設省 事務連絡 平成8年8月5日 大断面トンネル標準支保パターンについて』の大断面Ⅱが適用される。

・一般部の支保構造

大断面 トンネルの標準的な支保構造の組み合わせ
(上部半断面工法、補助ベンチ付き全断面工法、中壁分割工法の場合)

大断面Ⅰ (内空幅12.5m～14.0m程度)										大断面Ⅱ (内空幅12.5m～14.0m程度)									
地山等級	ロックボルト			鋼製支保工			インバート厚 (mm)	施工間隔 (m)	施工方法	地山等級	ロックボルト			鋼製支保工			インバート厚 (mm)	施工間隔 (m)	施工方法
	長さ (m)	間隔 (m)	方向 (°)	長さ (m)	間隔 (m)	方向 (°)					長さ (m)	間隔 (m)	方向 (°)	長さ (m)	間隔 (m)	方向 (°)			
B	4.0	1.5	2.0	なし	なし	-	10	40	-	4.0	1.5	1.5	なし	なし	1.5	15	40	-	
CⅠ	4.0	1.2	1.5	なし	なし	-	15	40	(65)	4.0	1.2	1.5	H-150	H-150	1.5	15	40	(50)	
CⅡ	4.0	1.2	1.2	H-150	なし	1.2	15	40	(65)	4.0	1.2	1.2	H-200	H-200	1.2	20	40	50	
DⅠ	6.0	1.0	1.0	H-150	H-150	1.0	20	40	50	6.0	1.0	1.0	H-200	H-200	1.0	20	40	50	
DⅡ	6.0	1.0	1.0	H-200	H-200	H-200	25	40	50	6.0	1.0	以下	H-200	H-200	H-200	25	45	55	

注2) インバートについて
①欄内に示した厚さのインバートを設けることを標準とするが、大断面ⅠのDⅠ、大断面ⅡのCⅡ、DⅠ等級地山において、支保の長期的な安定性、及び岩の長期的な安定性が確認される場合は、インバートを省略することができる。

図2 支保構造の設計基準

出展：第4編トンネル詳細設計 p4-3 抜粋

キーワード 大断面、トンネル、インバート、DⅠ、領家帯花崗岩

連絡先 〒460-8580 愛知県名古屋市中区錦1-3-7 清水建設（株）名古屋支店 土木部 TEL 052-203-1498 FAX 052-201-6859

D I 区間内の 1 断面 (No. 101+2 [DⅢから D I へと変化した最初の計測断面]) における天端・脚部沈下および内空変位の測定結果を図 3 に示す。
図 3 以降の D I 区間においても, 当該トンネルが大断面トンネルであるにも関わらず, 変位量は最大で 10mm 程度と非常に小さいこと, 上半掘削後早期に変位が収束 (変化なしの状態) する状態が続き下半掘削に伴う応力解放に対しても変位量増加は確認されていない。

したがって, 支保の長期的な安定性は確保されると判断された。

5. 岩の長期的な安定性

山岳トンネルの施工において, 一般に岩の長期的な安定性が問題となるのは特殊な地山の場合であり, 特殊地山一般のものが表 1 に挙げられている²⁾。今回検討対象とされる D I 区間の地山は花崗岩類であり, 土被りも最大 40m 程度と特殊な条件ではない。そのため右表の特殊地山には何れも該当しない。

D I 区間で採取した岩石試料を用いて, 一軸圧縮試験および浸水崩壊度試験を実施した結果を表 2 に示す。対象地山は, 中硬質岩 ($q_u=20\sim80N/mm^2$)³⁾に相当する強度であり,

湧水に対しても劣化が生じる懸念がない (判定 A : ほとんど変化が認められないもの) 地山であることが確認された。したがって, 岩そのものも強度が高く, 湧水に対しても安定性を有するとともに, 長期的な安定性が懸念されるような特殊な地山ではないことから, 岩の長期的な安定性は高いと判断された。

6. まとめ

D I 区間 (No. 92+7~No. 101+10) においては, 4 および, 5 節で述べたように支保および岩のいずれにおいても長期的な安定性を有することが確認された。よって, D I 区間においては 3 節で述べた「大断面トンネルの標準的な支保構造の組み合わせ」における注 2) ①の場合が適用可能と判断され, インバートを省略した仕様変更を行った。
図 4 に示すように掘削切羽が完全に D I 区間を通過した後も下半掘削後の天端・脚部沈下, 内空変位についても変化がなく, 安定性が確認された。

参考文献

- 1) 日本道路協会, 道路トンネル観察・計測指針, 平成 21 年 2 月, p31
- 2) 土木学会, トンネル標準示方書 [山岳工法編]・同解説. 2016, p303
- 3) 日本道路協会, 道路トンネル技術基準 (構造編)・同解説, 平成 15 年 11 月, p76
- 4) NEXCO 試験方法 第 7 編 トンネル関係試験法, 平成 27 年 7 月, p27

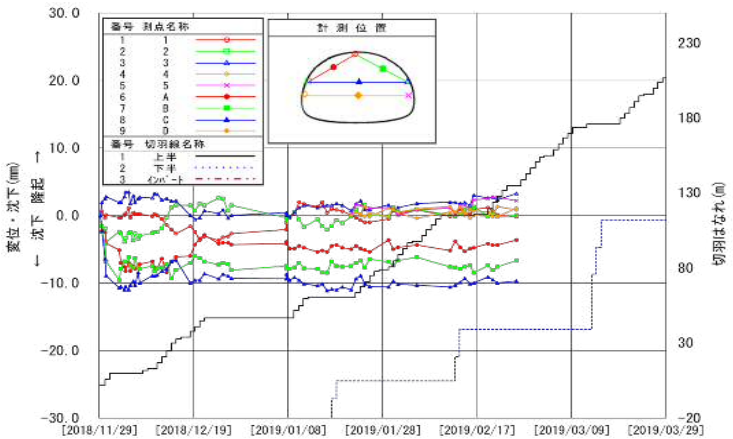


図 3 天端・脚部沈下、内空変位測定図 (No. 101+2. 0)

表 1 特殊地山の判定²⁾

特殊地山一般	該当しない理由
1)地すべりの可能性がある地山	地表部は緩斜面であり、地すべりは観測されていない
2)断層破砕帯、褶曲じょう乱帯	上半掘削時の切羽に断層破砕帯等は確認されていない
3)未固結地山	上半掘削時に固結した花崗岩類であることを確認
4)膨張性地山	花崗岩類は膨張性を持たない
5)山はねが生じる地山	山はねは大きな土圧が作用する地山でしか発生せず、該当しない
6)高い地熱、温泉、有害ガス等	地質的に該当しない
7)高圧、多量の湧水がある地山	高圧、多量の湧水が発生する地域や地質ではない

表 2 室内試験結果⁴⁾

試験結果	測点								
	100+12	99+12	98+12	97+12	96+12	95+12	94+12	93+12	92+12
一軸圧縮強度 (N/mm ²)	65. 3	84. 0	51. 1	76. 5	46. 2	84. 1	65. 3	49. 4	72. 8
岩石の浸水崩壊度	A	A	A	A	A	A	A	A	A

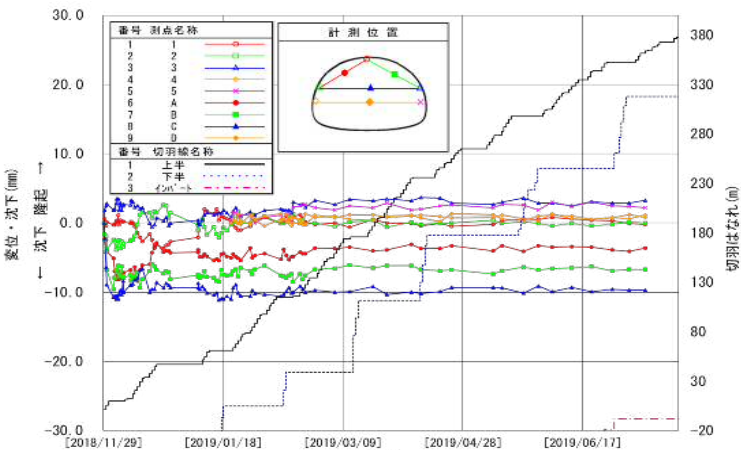


図 4 天端・脚部沈下、内空変位測定図 (No. 101+2. 0)