

強風化地山の坑口区間における沈下抑制対策

東急建設株式会社 正会員 ○村田 和哉 満尾 淳
東急建設株式会社 安野 雅志

1. はじめに

本工事は岩手県下閉伊郡山田町に位置する延長 709m の自動車専用道路トンネル工事である。トンネル区間の地質は全線を通して風化花崗岩であるが、トンネル中心部は極めて堅硬で一部発破を併用するほどの地山であったが、終点側区間は風化度が増し、さらに褶曲や熱水の貫入を受けて亀裂が発達し、一部熱変質により粘土化した地山も出現する状況であった。その中で図-1 に示すように低土被り区間を含む坑口区間の施工法が問題となった。

終点側区間における上半掘削は、長尺先受け工を基本として掘削を続けたが、貫通まで 17m のところで切羽部で崩落が発生し、長尺鏡ボルトを併用しながら貫通した。しかしながら上半掘削による影響で坑口上部地表面に 150mm を超える沈下が発生したことから、法面の安定が懸念され、下半・インバート掘削を約 45m 残して工事一時中止となった。

本論文は、終点側区間における種々の計測結果、3 次元掘削解析による法面の安定性判断および下半・インバート掘削時の沈下抑制対策について述べるものである。

2. 上半掘削時の計測状況と法面安定性判断

上半掘削時においてトンネル内では 50mm の天端沈下、40mm の脚部沈下、また地表面では約 150mm の沈下、約 60mm の水平変位を生じたため、坑口法面のすべりの誘発が懸念された。

図-2 に示す 3 次元弾性解析モデルにより、トンネル内の沈下を逆解析した後、地表面挙動の再現を試みた。解析結果を計測値と比較した結果、概ね計測値は解析値と一致し、大きなすべりなどは発生していないものと考えられた。掘削一時中止により坑外で傾斜計、伸縮計、坑内で支保・吹付け応力計、天端水平傾斜計などを設置して中止期間を含む約 2 ヶ月半での計測値の収束を確認したうえで工事を再開することとなった。

3. 下半掘削時の施工法検討

3. 1 対策検討

下半・インバートの掘削再開にあたっては、上半掘削時に脚部沈下がゆるみの増大を助長したことから、脚部沈下防止対策を含む沈下抑制対策が重要となる。

対策工法を検討した結果、下半掘削時の先行沈下抑制対策としてフットパイル工法(φ 114.3 の鋼管, L=6.5m)、掘削後のトンネル構造の安定による沈下抑制対策として早期閉合工法を選定した。フ

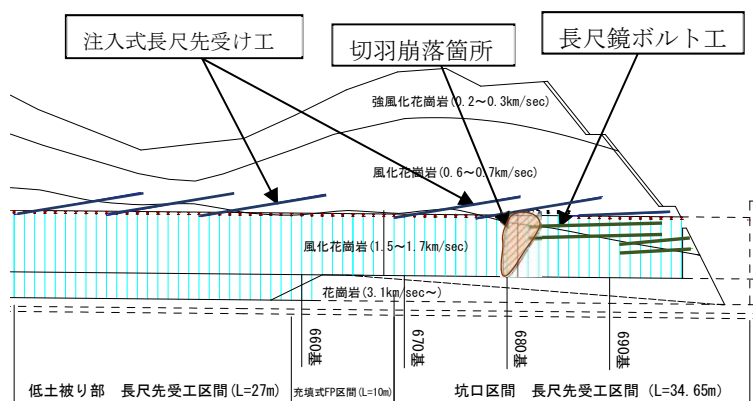


図-1 終点側地形および上半施工状況

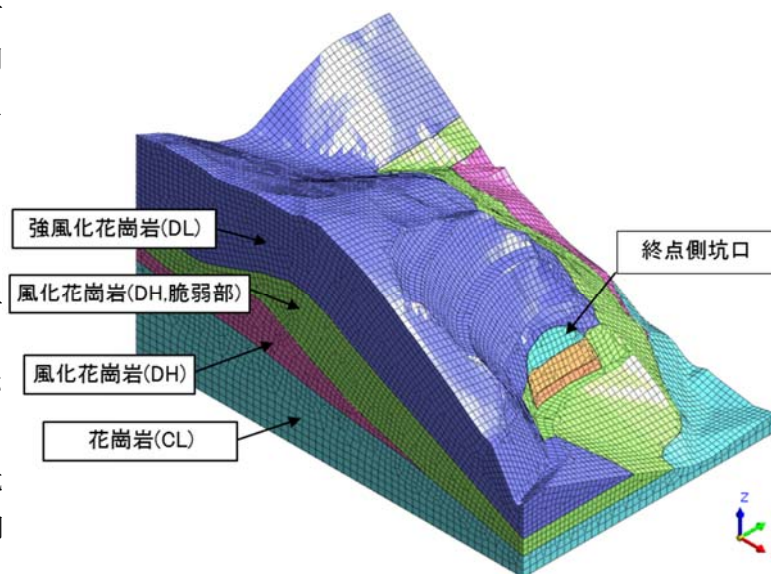


図-2 3次元解析モデル

キーワード 強風化花崗岩 坑口区間 フットパイル 早期閉合

連絡先 〒150-8340 東京都渋谷区渋谷 1-16-14 東急建設株式会社 土木本部 土木技術設計部 Tel:03-5466-5322

ットパイル工法に用いる注入材は、下半掘削時の側壁部の崩落を防ぐためにウレタン系注入剤を採用した。

3. 2 フットパイル工法の詳細

フットパイル工法は通常ウィングリブ工法との組み合わせで採用されるが、本トンネルでは上半施工時にはフットパイル工法を想定していなかったことから通常の支保工のもとでフットパイルを打設するため、頭部の構造を検討する必要がある。ここではフットパイル部材頭部にプレートとボルトを設置することにより吹付けとの付着を確保し、支保工の軸力をフットパイルに伝達できる構造とした(図-3)。

3. 3 早期閉合手順

早期閉合は1基ずつ仕上げることで、図-4に示すフローで施工を行った。

4. 下半・インバート施工結果

下半・インバート施工時のフットパイル軸力計測結果(深度2m,4m,6m)を図-5、天端・脚部沈下計測結果を表-1に示す。

フットパイルには切羽到達前から軸力が発生し、最大330kNまで達し、支保工からの荷重が確実に伝達されたことを示している。また表-1に示すように上半施工時に脚部沈下の大きい断面(675,685基)で下半・インバート掘削時の沈下が全体沈下量に比べ比率的に小さく、沈下抑制効果が得られたことがわかる。特に切羽通過後すなわち早期閉合後の沈下は地山の硬軟に関係なく低減されている。また地表面沈下は最大で30mmで収まり下半掘削におけるすべりの誘発は防止できた。

5. おわりに

本論文では、強風化を受けた花崗岩地山における下半掘削時の沈下抑制対策について述べた。

フットパイルはその効果について評価が分かれるところであるが、下半掘削時の先行変位抑制および側壁崩壊防止として十分な効果が確認できた。また早期閉合についても閉合後の変位が大幅に抑制された。

今後は適用事例を増やすことにより、同工法の定量的な評価方法を確立したいと考える。

参考文献

- 1) ジェオフロンテ研究会：補助工法の設計-坑内から行う地山先行補強工の設計手法-,2007

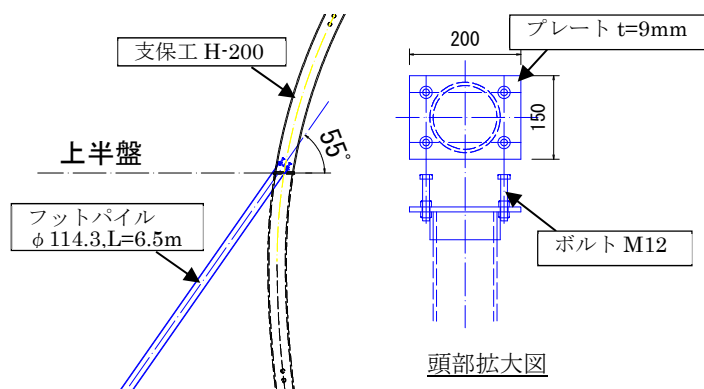


図-3 フットパイル工法概略図

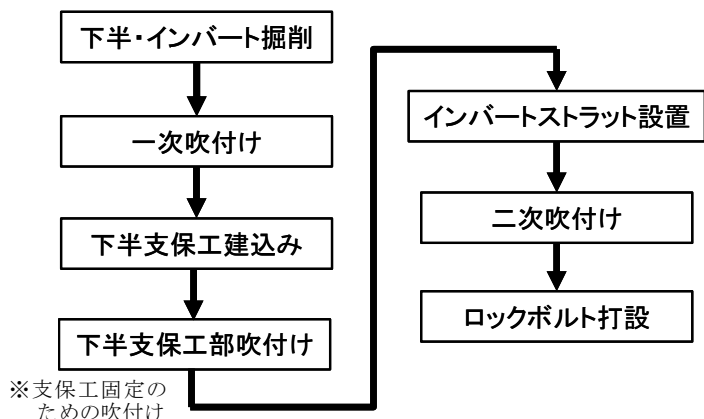


図-4 早期閉合施工フロー(一基ごとの施工)

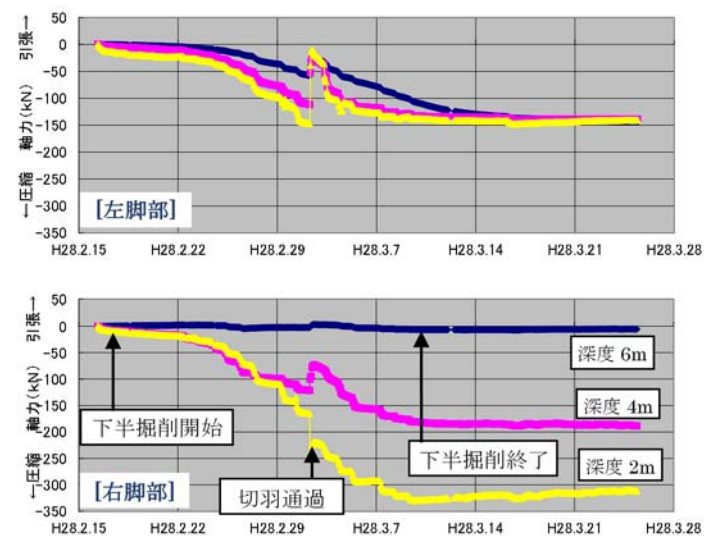


図-5 フットパイル軸力の経時変化(685基)

表-1 トンネル天端および脚部沈下

断面	下半・インバート掘削時沈下量(mm)						上半を含む最終沈下量(mm)		
	切羽到達前			切羽到達後			左脚部	天端	右脚部
	左脚部	天端	右脚部	左脚部	天端	右脚部			
675基	3.7(10%)	2.3(4%)	4.8(12%)	3.1(8%)	1.9(4%)	5.7(14%)	38.1	52.8	41.6
685基	6.8(23%)	13.7(33%)	6.8(13%)	1.6(6%)	6.8(17%)	5.9(11%)	29.0	41.0	52.0
695基	4.2(31%)	9.2(47%)	14.7(40%)	2.2(16%)	1.1(6%)	5.9(16%)	13.7	19.5	36.6

()内は最終沈下量に対する割合を示す