

## 地すべり地山トンネル坑口における AGF 工法と垂直縫地工法の地表面沈下抑制効果

西日本高速道路株式会社 正会員 ○三谷浩二  
 西日本高速道路株式会社 非会員 高下正剛  
 香川大学 大学院工学研究科 学生会員 荒木裕行  
 香川大学 工学部 正会員 長谷川修一

### 1. はじめに

高知自動車道黒田トンネル北坑口は地すべり地に位置している。Ⅱ期線施工時、トンネル上部に民家が存在していたことに加え、Ⅰ期線では既に供用が開始されていたことを考慮し、地山の緩みおよび地表面沈下の抑制を目的として、長尺鋼管先受工（AGF 工）と垂直縫地工を施工した。それぞれの補助工法が有する施工効果については広く認められているものの、異種の工法を近接区間で採用する事例は少ないため、工法間での比較評価はあまりなされていない。そこで、施工時の計測データを比較分析することにより、各補助工法が有する変位抑制効果の比較を行った。

### 2. 地形・地質概要

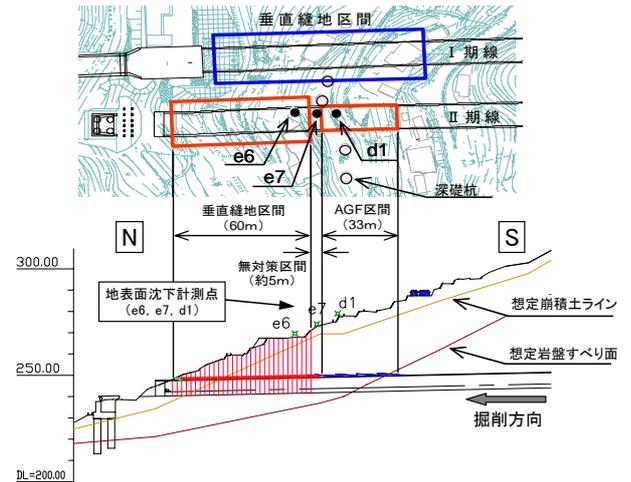
黒田トンネルは三波川変成帯に位置し、北坑口周辺は愛媛県により地すべり防止地域に指定されている。北坑口は想定地すべりの下部に位置しており、トンネル縦断方向と地すべりの滑动方向は平行している。主な岩質は黒色片岩であり、北坑口より約 100m の区間には、崩積土と強風化を受けた黒色片岩が分布している（図-1）。

### 3. 補助工法の概要

AGF 工は深礎杭より南部の区間において採用し、直径 114.3 mm の AGF 鋼管を打設長 12.5m で 4 シフト 33m にわたって施工した。縫地工は深礎杭から坑口まで縦断方向 60m、横断方向 24m にわたる区間で施工された。縫地ボルトは D32 を用い、インバート位置までの打設が行われた。AGF 区間と縫地区間との間約 5m では、AGF 鋼管のラップが不足していたため、結果的に無対策区間となった。また、これらの区間では変位抑制を目的として、早い段階でインバートの閉合を行う早期断面閉合法も併用されている。

### 4. 計測結果と比較分析

対象とする地表面沈下計測点は、AGF 区間上部の測点 d1、縫地区間上部の測点 e6、そして無対策区間上



II 期線 STA	80+50	81+00	81+50	82+00	82+50
掘削工法		上半先進ショートベンチ工法 (機械掘削)		補助ベンチ付全断面掘削工法 (爆破掘削)	
地質状況		崩積土	強風化 黒色片岩	黒色片岩 緑色片岩	断層 破碎帯
弾性波速度	0.6	1.3	2.2		5.0
支保パターン		D III a-w(k)	D III a-w-k1 D III a-k1 D III -a(k)	D I -b	D II -a D II -a2 D II -a2
補助工法		垂直縫地ボルト工		D II -aw	
		早期断面閉合法		AGF工	
切羽評価点					
天端沈下 内空変位 (mm)					

図-1 黒田トンネル北坑口施工概要図

キーワード 山岳トンネル, 補助工法, AGF 工法, 垂直縫地工法, 地表面沈下

連絡先 〒760-0065 香川県高松市朝日町 4-1-3 西日本高速道路株式会社 TEL087-825-1922

部の測点 e7 とし、それぞれにおける地表面沈下計測の結果を図-2～図-4 に示す。

各測点とも上半切羽が約 10m 手前に接近した時点で地表面沈下が生じはじめ、徐々に変位発生速度が大きくなる。そして、測点近傍でインバートが施工されることによって変位発生速度は小さくなり、地表面沈下は概ね収束する。

上半切羽通過時の変位量である先行変位量を比較すると、無対策である e7 が 71 mm であるのに対し、AGF 区間の d1 では 24 mm、縫地区間の e6 では 9 mm と低減効果が見られる。最終変位量についても e7 が最も大きく、次いで d1、e6 の順となっているが、最終変位はインバートによる断面閉合効果が非常に大きく影響していることに加えて、インバート施工時期と切羽離れの関係は各測点において一律ではないことを考慮すると、補助工法の違いを適切に評価できない可能性が高い。

各測点の沈下状況と上半切羽位置との関係を図-5 に示す。可能な限りインバート施工による影響を排除するため、変位が発生してからインバートが接近するまでの変位を対象とした。切羽通過前においては、測点 d1 と測点 e6 の近似直線が測点 e7 と比べて緩やかになっていることから、両補助工法は先行変位抑制効果を有しており、また、測点 e6 が最も緩やかであることから AGF 工より縫土工の方が高い効果を持つことがわかる。一方、切羽通過後においては、測点 d1 と測点 e7 が同様の挙動を示していることから、AGF 工の変位抑制効果はそれほど高くないと見られる。

5. まとめ

無対策区間の先行変位量を基に比較すると、AGF 工の先行変位抑制量は約 45 mm、縫土工の変位抑制量は約 60 mm となる。縫土工は先行変位と切羽通過後に発生する変位の両方に対して抑制効果が見られるが、AGF 工は先行変位に対する抑制効果が主であり、切羽通過後に発生する変位の抑制効果は高くはない。また、インバートの早期施工による断面閉合効果は、地表面沈下に対しても非常に高い抑制効果を示すことが改めて確認された。

6. 課題

地表面沈下に影響する因子としては、補助工法の有無やインバートの施工時期のほか、地質の差異などが挙げられる。これらの因子を考慮した上で、補助工法の導入が変位発生に与えた影響を分析し、より具体的な評価を加える必要がある。

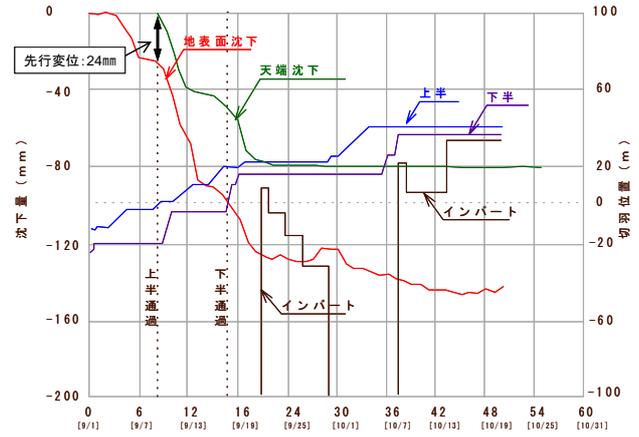


図-2 地表面沈下経時変化図 (測点 d1)

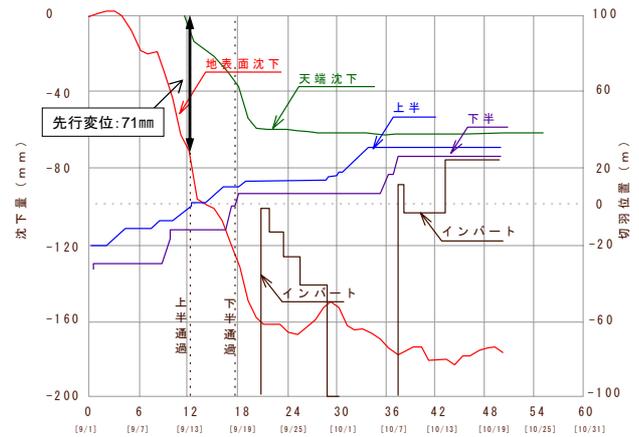


図-3 地表面沈下経時変化図 (測点 e7)

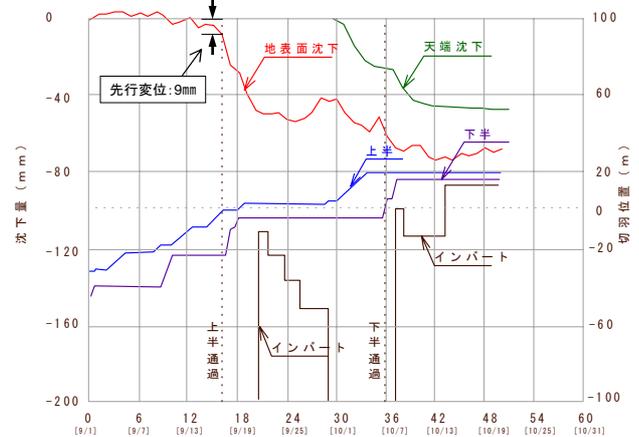


図-4 地表面沈下経時変化図 (測点 e6)

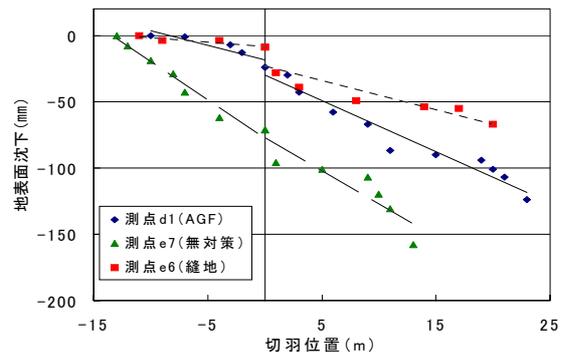


図-5 地表面沈下経距変化図