

AGF工と垂直縫地工の地表面沈下抑制効果に関する 施工データと有限要素解析の比較検討

香川大学工学部 学生会員 ○荒木裕行
香川大学工学部 正会員 長谷川修一
香川大学工学部 正会員 吉田秀典
西日本高速道路㈱ 正会員 三谷浩二

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期線では既に共用が開始されていたため、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。異種の補助工法を近接区間で採用することは少なく、施工データを基にした施工効果の比較評価はあまりなされていない。本研究では各補助工法の有する地表面沈下抑制効果について、2次元有限要素解析を用いて検討を行った。

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動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114.3mm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、幅24mにわたっての区間で施工された。縫地ボルトはD32、掘削径は90mmであり、インバート位置までの打設である。AGF区間と縫地区間との間5mでは、AGF鋼管のラップが不足しているため、無対策区間とする。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. 地表面沈下計測結果

AGF区間の測点d1と縫地区間の測点e6、その間に位置する無対策区間の測点e7の計3測点（図-1参照）における地

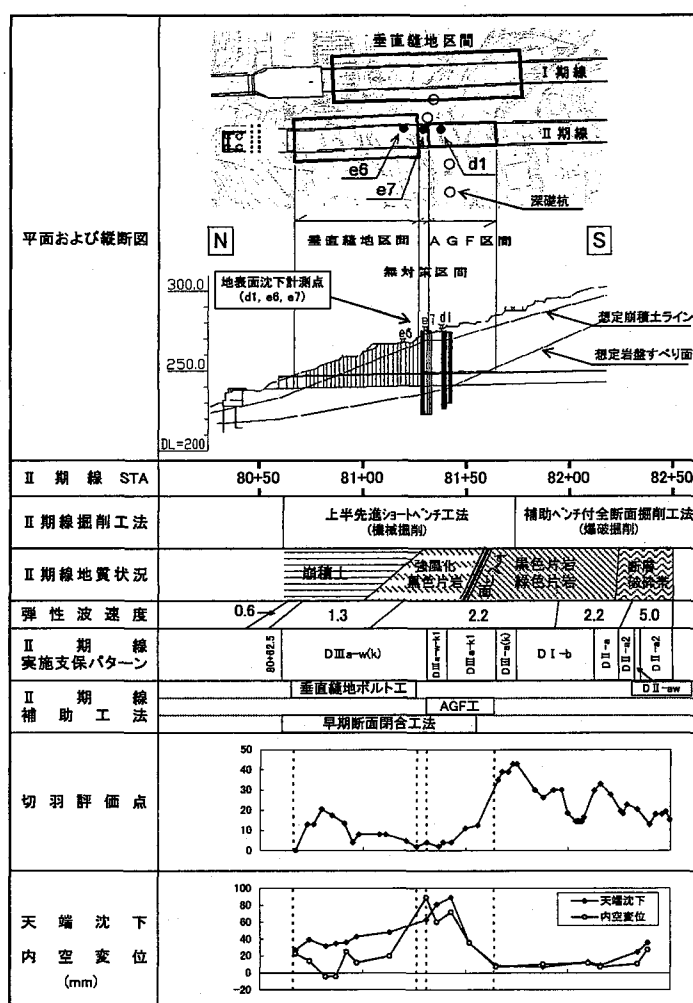


図-1 北坑口施工概要図

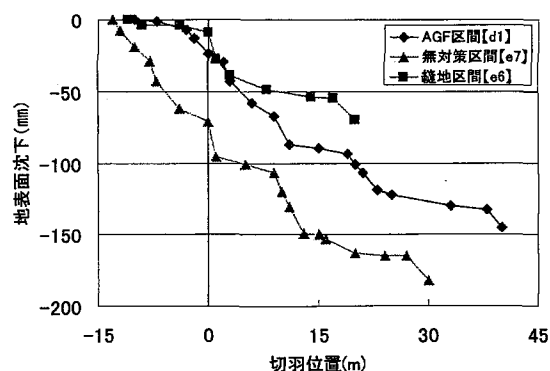


図-2 地表面沈下経距変化図

表面変位計測結果を図-2に示す。先行変位はd1で24mm、e6で9mm、e7で71mmであり、先行変位率はd1とe6で約20%、e7で約40%であった。両補助工とも先行変位抑制効果を有しており、AGF工よりも縫地工の方が高い効果があることが伺える。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ためAGF工の効果は高くないと推定できるが、縫地工は先行変位と同様に高い抑制効果を有していることがわかる。なお、実測値には、地山における局所的な弱面の存在や、早期断面閉合による縦断方向の影響などが含まれている。

5. 有限要素解析

(1) 概要

補助工法だけの施工効果をより明確にするため、2次元有限要素解析を実施した。解析断面はAGF断面(STA.81+35付近)と縫地断面(STA.81+10付近)を設定し、横断面(半断面)で上半掘削のみを考慮する。切羽通過時における掘削相当外力の解放率は40%とする。各地質の分布と物性値は、I期線施工時に実施された検討①を参考に設定した。補助工については、地山とAGF鋼管または縫地ボルトの剛性から求めた等価剛性を改良範囲の地山要素に与えることでモデル化した。

(2) 解析結果

補助工の施工効果の検討を行うため、縫地断面において、補助工を用いない無対策の場合、縫地工を導入した場合および仮定的にAGF工を導入した場合における最大主応力分布を比較する(図-4)。縫地工ではトンネル上方へ地山応力を円滑に伝達させることによって脚部付近の応力集中を低減し、結果として地表面沈下が抑制されている。一方、AGF工ではAGF改良体部分に応力集中が発生していることから、地山荷重を剛性の高い鋼管で負担することによって内空変形を抑え、地表面沈下の抑制につながっていることがわかる。

次に、AGF断面でAGF工用いた場合(CaseA)と縫地断面で縫地工を用いた場合(CaseB)における地表面沈下量の比較を行う(表-2)。CaseAよりCaseBの先行変位の方が小さく、変位量は実測値と比較しても概ね等しいことがわかる。この結果を用いて各補助工の変位抑制率を算出すると、CaseAで17%、CaseBで66%となり、縫地工の方が高い効果を有していることがわかる。

6. まとめ

AGF工は主に先行変位に対して抑制効果を発揮し、その先行変位抑制効果は10~20%程度とみられる。縫地工は切羽位置によらず高い変位抑制効果が認められ、その先行変位抑制率については約60~70%程度と極めて高いことがわかった。

参考文献

- 1) 吉田幸信ほか：四国地方の三波川変成帯地山での垂直縫地補強工法の効果，地すべり，vol. 38/No. 4，pp. 58-67，2002。

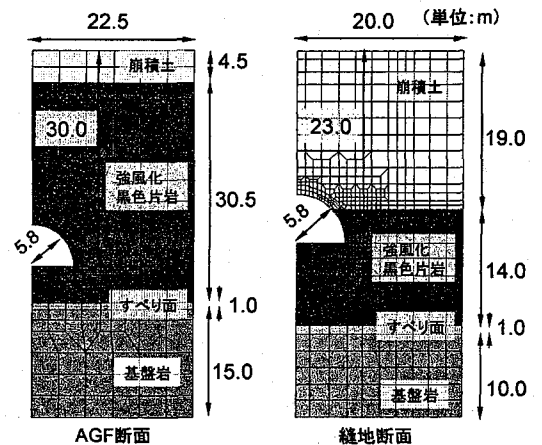


図-3 地山モデル

表-1 補助工法の物性値

	等価剛性(MPa)
AGF工	1,500
縫地工(崩積土)	52
縫地工(強風化黒色片岩)	92

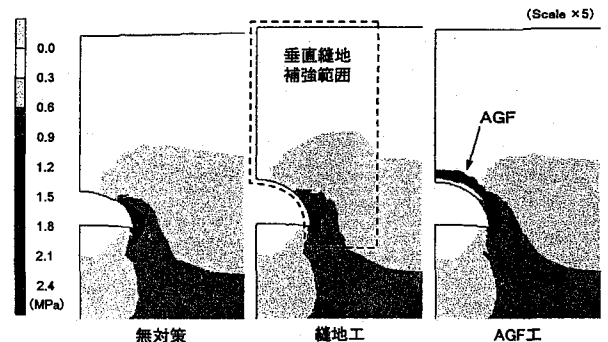


図-4 最大主応力分布の比較

表-2 解析結果の比較

	CaseA		CaseB	
補助工法	AGF	無対策	縫地	無対策
先行変位(mm)	19	23	16	47
先行変位抑制量(mm)	4		31	
先行変位抑制率(%)	17		66	