

断層部掘削にともなう I 期線への影響検討および現場運用について

西日本高速道路(株)	正会員	○水野 希典
西日本高速道路(株)	正会員	前畑 和幸
(株)安藤・間	正会員	東田 通弘
(株)安藤・間	正会員	辰巳 順一

1. はじめに

天神山トンネル工事は、西九州自動車道（佐々IC～佐世保大塔 IC 間）4 車線化事業に伴い、佐世保湾の東に位置する天神山（標高 135.8m）を I 期線に隣接して東西に掘り抜く II 期線工事である。I 期線は、供用開始 10 年後に図 1 に示す変状区間で路面隆起が確認されてから、最大 202mm まで盤ぶくれしたため、応急対策として路盤下補強工を実施している。現在の路面隆起量としては、3mm/年程度（対策前 13mm/年程度）に落ち着いている。ただし、路面隆起箇所近傍には図 1 に示すとおり断層破砕帯が位置しており、この断層破砕帯区間を II 期線掘削することで、I 期線路面隆起箇所への影響が懸念された。

そこで、断層破砕帯区間の掘削にともない I 期線路面隆起箇所への影響を把握するとともに、断層破砕帯区間における支保パターンの選定を解析的手法により検討するものである。

2. 解析方法

II 期線掘削における応力解放は瞬間的なものであり、路面隆起箇所の経時的な地山劣化やクリープ変形等との関係は非常に小さいと考えられるため、これらを考慮しない二次元 FEM 解析（非線形弾性モデル）による検討とする。

解析手順は、断層破砕帯において、I 期線施工実績に基づく二次元再現解析を実施して断層破砕帯区間の地山物性値を同定、II 期線掘削の予測解析を実施し、II 期線掘削にともなう I 期線への影響および II 期線の支保工に発生する変位や応力を確認する。

I 期線トンネルの施工実績によると断層破砕帯区間では、天端沈下、内空変位ともに 10 mm 以下との記録がある。しかしながら、I 期線は 20 年以上前に施工されたものであり、当時の計測手法、計測遅れによる初期変位の取り逃し、計測機器の誤差等を考慮した場合、計測記録をそのまま採用するのは危険側の検討となる。

そこで、本解析に用いる II 期線施工の総変位量については、I 期線計測記録の 2 倍、3 倍の変位量 (20mm, 30mm) による解析を行い、変位範囲を広域に設定したうえで現場での運用に反映することとする。

応力解放率の設定としては、二次元解析で用いられる一般的な応力解放率（掘削後 40%、支保設置後 60%）と、本検討にあたり I 期線の路面隆起量を再現した地山劣化モデルに断層破砕帯を包含した三次元再現解析

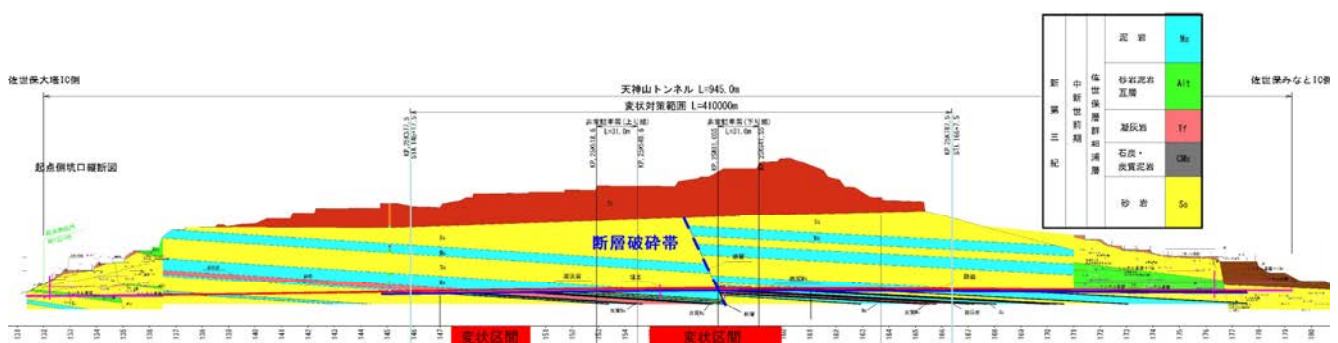


図 1 天神山トンネル（I 期線）地質縦断面図

キーワード 断層破砕帯，路面隆起，影響解析，支保パターン

連絡先 〒857-0852 長崎県佐世保市干尽町 3 番 3 号 西日本高速道路(株)佐世保工事事務所 TEL0956-59-8777

結果の先行変位率から設定した応力解放率（掘削後 50%，支保設置後 50%）の 2 ケースとする。

3. 解析結果

解析ケースおよび解析結果を表 1、表 2 に示す。なお、断層破碎帯の位置によっては非常駐車帯区間も想定されるため、標準断面と併せて拡幅断面による解析も実施した。

II期線トンネルについては、標準断面および拡幅断面ともに解析ケースによっては、設計支保パターンでは発生応力が超過する結果となり、拡幅断面では、DIIパターン、標準断面では DIIIパターンまで支保パターンのランクアップが必要となった。

II期線掘削にともなうI期線の変位量と増加応力の最大値は、標準断面で天端沈下が 3.2mm，内空変位が 1.5mm，圧縮応力が 0.85N/mm²，引張応力が 0.5N/mm²であった。拡幅断面では、天端沈下が 4.6mm，内空変位が 1.7mm，圧縮応力が 0.93N/mm²，引張応力が 0.45N/mm²であった。

4. 解析結果を含む現場運用

図 2 に支保パターン選定フローを示す。解析結果から、断層破碎帯に至るまでの計測結果の状況や地質性状によっては、設計支保パターンよりもランクアップした支保パターンを採用する必要があると考えられる。支保パターンの選定においては、切羽観察，II期線既施工区間の観察，天端沈下，内空変位および吹付コンクリート応力や鋼製支保工応力の計測結果から既施工区間の挙動を把握し，前方探査を実施したうえで断層破碎帯を確認し，事前管理基準と断層影響解析結果から総合的に判断し，支保パターンを選定する。

5. まとめ

本検討において、天神山トンネルII期線の断層破碎帯掘削にともなうI期線への影響は小さいことが確認できた。また、断層破碎帯の掘削にあたっては、総変位量，応力解放率を変化させ、各ケースに適用する支保パターンを選定し，解析結果を支保パターン選定フローに反映させることで，断層破碎帯に遭遇した際の迅速な対応が可能になると考える。

表 1 解析ケース

解析ケース	I期線再現解析に用いる内空変位量	応力解放率	
		掘削後	支保設置後
1-A	30mm	50%	50%
1-B	30mm	40%	60%
2-A	20mm	50%	50%
2-B	20mm	40%	60%

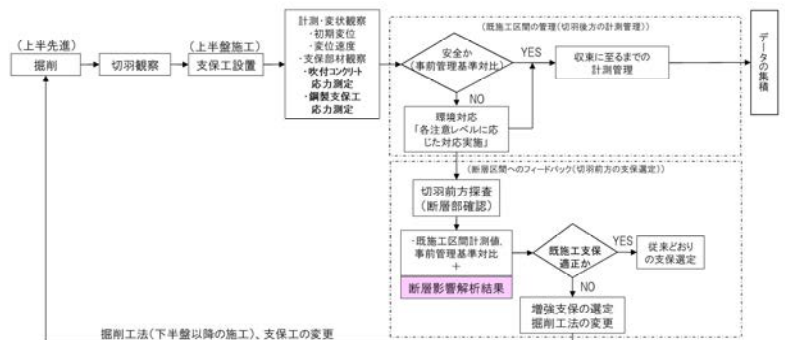


図 2 支保パターン選定フロー

表 2 解析結果（標準部）

		II期線						I期線			
		II期線支保パターン				II期線変位量		I期線の変位量・覆工増加応力			
断面	解析ケース	支保パターン	許容応力	最大応力	天端沈下	内空変位	天端沈下	内空変位	最大増加応力		
			N/mm ²	N/mm ²					圧縮応力	引張応力	
				N/mm ²	N/mm ²	mm	mm	mm	mm	N/mm ²	N/mm ²
標準部	1-A	DIIIa(H)	鋼製支保工 HH-154	440	390.9	14.0	36.2	3.2	1.5	0.81	0.46
			高強度吹付け t=20cm	18	11.0						
	1-B	DIIIa(H)	鋼製支保工 HH-154	440	433.4	16.1	35.9	3.2	1.5	0.81	0.46
			高強度吹付け t=20cm	18	12.2						
	2-A	【現設計】C II-(a)-i(H)-K	高強度吹付け t=7cm	18	13.3	13.4	29.6	2.6	1.1	0.85	0.50
			高強度吹付け t=7cm	18	13.2						
	2-B	【現設計】C II-(a)-i(H)-K	高強度吹付け t=7cm	18	13.2	14.1	27.6	2.1	1.1	0.78	0.47
			高強度吹付け t=7cm	18	13.2						