結晶質岩に施工した大断面ﾄﾝﾈﾙの挙動特性

西日本高速道路（株）大津工事事務所　北畠　康之
清水建設・飛島建設・錢高組共同企業体　正会員　上岡　真也
清水建設・飛島建設・錢高組共同企業体　正会員　大矢　隆二

1.　はじめに

標準支保構造 3 ﾊﾟﾀｰﾝに EDD/SB 工法と曲面切羽を併用した新たなﾄﾝﾈﾙ支保構造 2 ﾊﾟﾀｰﾝさらに地質不良部 1 ﾊﾟﾀｰﾝを加えた 6 ﾊﾟﾀｰﾝの支保構造を設計し、計測工 A,B の結果と切羽評価点を地山等級判定の基準にして選択しながら、比較的堅硬な花崗岩の大断面ﾄﾝﾈﾙを TBM 導坑先進拡幅掘削工法で施工した。その結果、結晶質岩における大断面ﾄﾝﾈﾙの挙動特性が支保構造仕様や施工法との関係で明らかになったので報告する。

2. 工事概要と地質

第二名神高速道路甲南ﾄﾝﾈﾙ下り線は、ﾄﾝﾈﾙ延長 2,315m、掘削断面積 180m^2 の長大ﾄﾝﾈﾙであるので TBM 導坑先進拡幅掘削工法を採用した。地質は、比較的に硬質な田上花崗岩が分布し、ﾄﾝﾈﾙ中央部の約 280m間は、熱水変質を受け、軟質で脆弱な風化・変質岩、断層、亀裂密集帯が分布し、切羽湧水はない。

3. 支保構造概要

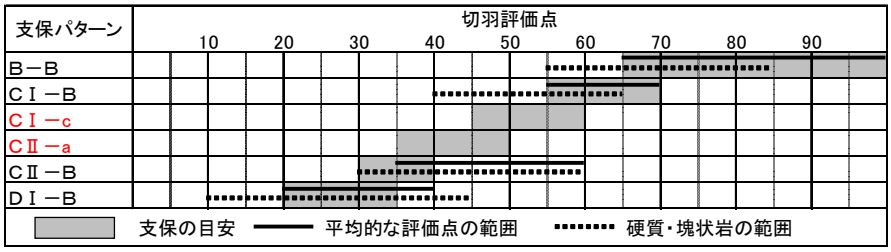
甲南ﾄﾝﾈﾙ下り線工事のﾄﾝﾈﾙ支保構造は、坑口部と低土被り区間を除くと、表－1 に示すように、JH 標準のＣⅠ-B ＣⅡ-B、ＤⅠ-B に加えて、効率的支保のＣⅠ-c、ＣⅡ-a と脆弱地質のＤⅡ-B を新たに設定し、表－2 に示す切羽評価点と支保ﾊﾟﾀｰﾝの対応にもとづいて選定する。

表－1 ﾄﾝﾈﾙ支保構造仕様

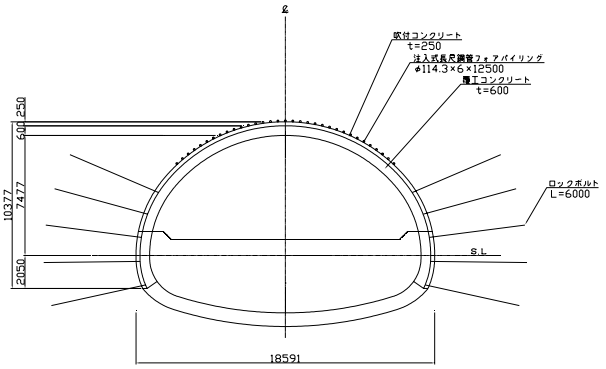
鋼ｱｰﾁ支保工								ﾛｯｸﾎﾞﾙﾄ			
なし		ＣⅠ-B						1.5	2.0	6.0	4.0
なし			ＣⅠ-c							6.0	
上半	H-125			ＣⅡ-a				1.5	1.5	6.0	
上下半	HH-154				ＣⅡ-B			1.2			
上下半	HH-154					ＤⅠ-B		1.2	1.2		6.0
上下半	HH-200						ＤⅡ-B	1.0	1.0		
吹付け厚(cm)		15				20	25	周方向(m)	延長方向(m)	上半	下半
繊維補強(上半)		SFRS	PETFRS	プレーン						ボルト長(m)	
吹付けｺﾝｸﾘｰﾄ(cm)											

（ＣⅠ-c上半は鋼管膨張型）

表－2 切羽評価点と支保ﾊﾟﾀｰﾝの対応



このＣⅠ-c は、地山等級ＣⅡの高効率化を図り、鋼ｱｰﾁ支保工代替としてﾌﾘｸｼｮﾝﾀｲﾌﾟ鋼管膨張型ﾛｯｸﾎﾞﾙﾄと薄肉高耐力の高強度再生 PET（ﾎﾟﾘｴﾁﾚﾝﾃﾚﾌﾀﾚｰﾄ）繊維補強吹付けｺﾝｸﾘｰﾄを主要支保部材にしている[1)]。また、ＤⅡ-B は、TBM 導坑掘削時に、TBM 切羽は先抜け、崩壊し、補助工法と簡易鋼製ﾗｲﾅ支保で施工した区間に対応し、本坑掘削時の補助工法として注入式長尺先受け工を採用し、ﾄﾝﾈﾙ支保構造仕様は坑口ﾊﾟﾀｰﾝと同等である（図－1）。



図－1　支保ﾊﾟﾀｰﾝ(ＤⅡ-B)

4. 掘削方法

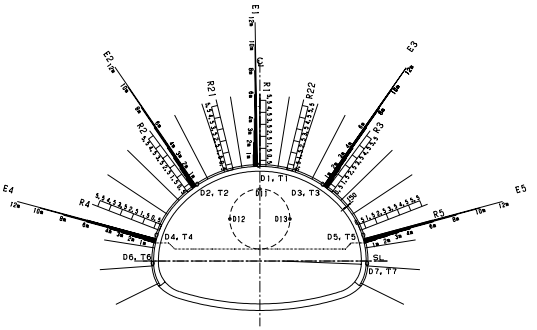
地山等級ＣⅠでは、発破時の掘削面周辺岩盤の損傷域を抑制し、掘削面を平滑に仕上げることにより周辺岩盤の安定度は高くなるので、総合化した Electronic Delay

ｷｰﾜｰﾄﾞ：鋼管膨張型ﾛｯｸﾎﾞﾙﾄ、再生 PET 繊維、曲げじん性、大断面ﾄﾝﾈﾙ、TBM 導坑先進
連絡先：清水建設株式会社土木技術本部技術第二部　Tel.03-5441-0566、Fax.03-5441-0510

Detonator/Smooth Blasting 工法を採用する。SB 孔を除く払い助孔は、集中装薬が可能なﾊﾞﾙｸ含水爆薬を使用する。

5. 計測工概要

計測工 A は、ﾄﾝﾈﾙ進行方向 20m間隔に、切羽通過時に測点を設け、初期値をとり、12 時間毎に３次元自動測量・計測ｼｽﾃﾑで自動測定する。計測工 B は、計測断面をＣⅠ-B、ＣⅠ-c に１断面ずつ設け、ﾄﾝﾈﾙ挙動特性と支保効果を評価する。



図－2　計器配置概要

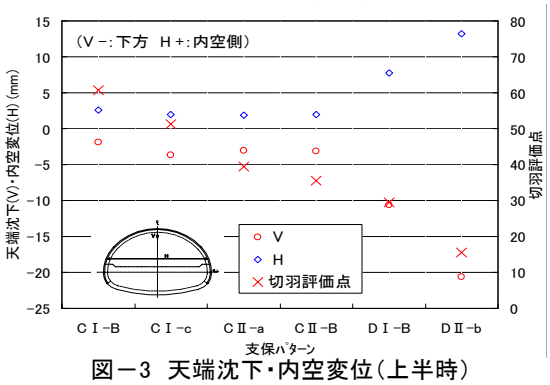
6. 計測結果と考察

(1)ﾄﾝﾈﾙの変形挙動特性

計測工 A 計測断面数は 156 である。上半掘削時の支保ﾊﾟﾀｰﾝ別天端沈下と内空変位の平均値および切羽評価点との対応は、図－3、図－4 に示す。これから、以下のことが分かる。

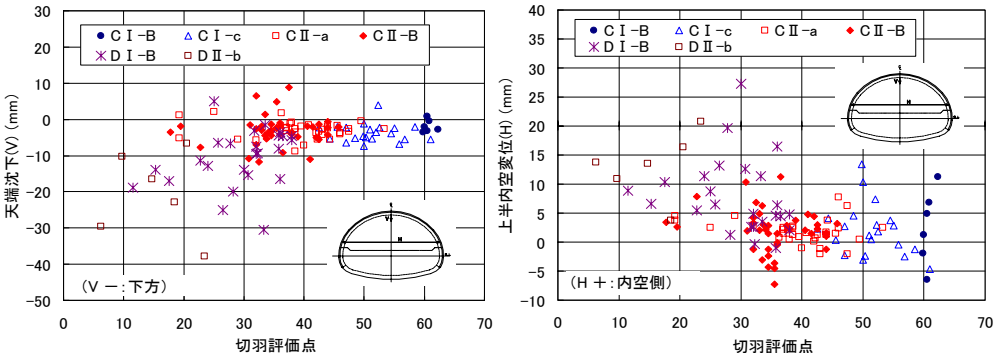
①切羽評価点が 30 以上では、内空変位の平均値は 2～3mm 内空側に変位する。天端沈下量は-5mm 以下の沈下である。これが 30 を下まわると、天端沈下、内空変位ともに大きく増加する。

②地山等級 D の天端沈下量は最大約-40mm 沈下する。内空変位量は最大約 30mm 内空側に変位する。



図－3　天端沈下・内空変位（上半時）

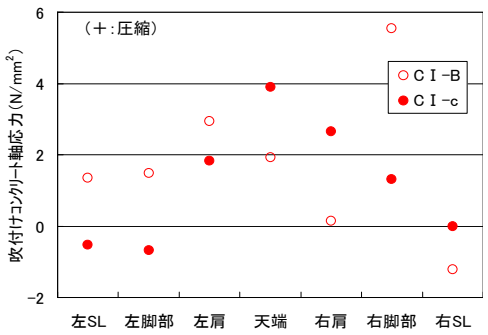
③ＣⅠ-B、ＣⅠ-c、ＣⅡ-a 間での変位量に、有意な差異はみられない。ＤⅠ-B、ＤⅡ-b では、ＤⅡ-b の方が大きく変位する。地山等級 C の内空変位は、地山側への変位が生ずるが、地山等級 D は、一般的な、内空側の変位である。



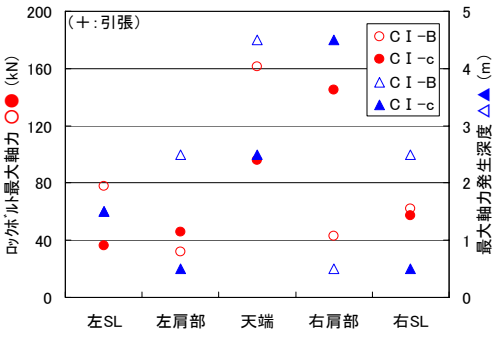
図－4　切羽評価点と天端沈下・内空変位（上半時）

(2)地山等級ＣⅠの力学特性

上・下半掘削時の吹付けｺﾝｸﾘｰﾄ軸応力は図－5 に示し、ﾛｯｸﾎﾞﾙﾄ軸力の最大値と発生深度は図－6 に示す。これらから、以下のことが分かる。



図－5　吹付けｺﾝｸﾘｰﾄ軸応力（上・下半時）



図－6　ﾛｯｸﾎﾞﾙﾄ軸力の発生深度（上・下半時）

①地山等級ＣⅠの吹付けｺﾝｸﾘｰﾄ軸応力は１～４N/mm² の圧縮であり、支保ﾊﾟﾀｰﾝの違いによる周辺岩盤の補強効果に、有意な差はない。

②吹付けｺﾝｸﾘｰﾄ軸応力とﾄﾝﾈﾙ半径から作用地圧 Pe(N/mm²)を推定すると、Pe=4,000×0.15/10=60kN/m² となり、土被り高さ約 2.5m程度の緩み荷重を受けよう。

③ﾛｯｸﾎﾞﾙﾄ軸力の最大値は、160kN の引張である。支保ﾊﾟﾀｰﾝの違いによる岩盤補強効果に有意な差はない。最大値が生じる深度は、天端で４m、肩から脚部にかけて１～２mとなり、この周辺でｸﾞﾗﾝﾄﾞｱｰﾁを形成する。

6. まとめ

ＣⅠ-c などで効率化した６ﾊﾟﾀｰﾝの支保構造を設計し、比較的堅硬な花崗岩を TBM 導坑先進拡幅掘削工法で施工し、これらの有効性を実証した。今後は、数値解析的手法により挙動特性などを評価する予定である。

文献 1) 奥隅豊栄ほか、新支保ﾊﾟﾀｰﾝで施工した大断面ﾄﾝﾈﾙの力学特性、第 61 回年次学術講演会、第Ⅲ部門、2006。