

大断面トンネル掘削へのSB工法の適用性

日本道路公団静岡建設局富士工事事務所 正会員 谷口 眞司
 清水・熊谷・竹中土木共同企業体 正会員 木村 厚之
 清水・熊谷・竹中土木共同企業体 正会員 楠本 太

1. はじめに

第二東名高速道路富士川トンネルは、延長約4,500mの長大トンネルであるので、TBM導坑先進掘削工法を採用している。この工法では、本坑上半断面中央に、掘削断面積が約20m²のTBM導坑が先行掘削されており、これにより切羽前方地質が明らかとなっているのとこれにより上半発破時の芯抜き効果が期待できるので、Electronic Delay Detonator 雷管を使用したSmooth Blasting工法を採用した。本報告では、このSB工法の大断面トンネルへの適用性と有効性およびトンネル挙動特性が施工サイクルデータとして明らかになったので報告する。

2. 地質概要

SB工法を適用する区間の地質は、新第三紀層の砂岩、礫岩を基岩とする堅硬で硬質な堆積岩である。この地層は、下り線 STA. 1017+00～STA. 1019+00の200m間に分布し、TBM導坑掘削時の断面区分はCⅠ-T、CⅡ-T、DⅠ-Tである。

3. 支保構造仕様

地山等級区分がCの大断面トンネル掘削では、1進行長は1.50～2.00mと掘削幅の約18.0mに比べて短く、切羽鏡は自由面となり変形しやすい。また、支保施工の以前に、

切羽周辺地山中には既にグラウトアーチの形成は進行しているので、トンネル支保構造系の力学的安定は、切羽通過後のトンネル周辺地山の緩み域内の岩盤の自重と力学的に釣り合える支保構造系を掘削面周辺地山中に形成できれば、確保できよう。

このことから、掘削面周辺に分布する岩盤ジョイントをシステムロックボルトで縫付け、掘削自由面は高強度薄肉吹付けコンクリートで補強する方法はトンネルの安定化に最も有効な補強方法と考えられるので、これを主要な支保部材とする表-1に示すような支保構造仕様を選定した。

4. SB発破パターン

トンネルの力学的安定は、掘削面周辺地山の自立を基本としているので、発破掘削時の掘削面周辺岩盤の発破損傷域を抑制し、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。このことから、斉発精度の高い電子雷管を使用し、表-2に示す発破パターンを採用した。発破孔位置と孔方向の削孔管理は、切羽面へのSB孔のレーザー照射が可能なPaM-Netを使用した。

5. 計測概要

施工サイクルに関するデータは、毎切羽に測定する。計測工Aは、20m間隔に測定断面を設け、自動追尾機能を有したレーザートランジットを核とする3次元自動測量システムのPaM-Netを使用し、6時間毎の自動測定とした。

キーワード：大断面トンネル、TBM導坑先進掘削工法、SB工法、トンネル挙動特性、3次元自動測量

連絡先：第二東名高速道路富士川トンネル西（その3）工事共同企業体 Tel.0544-65-0810、Fax.0544-65-0885

表-1 支保構造仕様

断面区分		CⅠ-B-P	CⅡ _o -B-P	CⅡ-B-P
判定の目安	切羽評価点	≥55	55> ≥40	40> ≥35
吹付けコンクリート	圧縮強度	36N/mm ²	36N/mm ²	
	吹付け厚	15cm,SFRS	15cm	
鋼アーチ支保工 (SS540)		-	-	HH-154
ロックボルト	耐力	170kN		
	長さ	上半 6.0m、下半 4.0m		
	周方向	1.50m	1.20m	
	延長方向	2.00m	1.50m	

表-2 SB発破仕様

地山等級区分	1進行長 (m)	SB孔間隔 D(cm)	抵抗線長 W(cm)	SB孔数 (数/断面)	SB装薬量 (kg/孔)
CⅠ-B-P	2.00	80	90	26	0.15×3+0.2
CⅡ-B-P	1.50	90	100	23	0.15×2+0.2

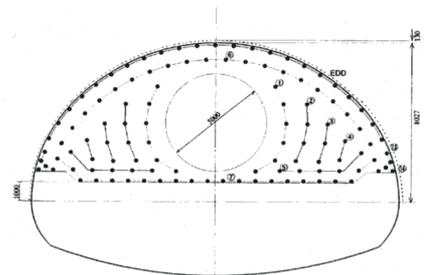


図-1 SB発破パターン

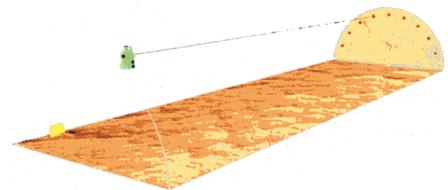


図-2 PaM-Netによる削孔管理

6. 施工サイクルデータ

SB 工法による拡幅掘削は、C I-B-P で 142m、C II o-B-P で 48mの延長 190m間で実施した。その施工サイクルデータは、通常発破であるC II-B-Pの72m間のデータとともに表-3に示す。また、C II o-B-Pでの施工状況は、写-1に示す。SB 工法によるC地山の掘削では、データ数は少ないが、5.6~7.5 m/dayの掘削進行であった。C II地山での吹付けコンクリートの設計数量に対する実績値は、通常発破工法は2.79であったがSB工法は1.73となり、余掘りが少ない分だけ減少した。

表-3 施工サイクルデータ

断面区分	C I-B-P	C II o-B-P	C II-B-P
	SB 発破	SB 発破	通常発破
施工延長(m)	142	48	72
掘削回数	71	32	48
1進行長(m)	2.0	1.5	1.5
掘削日数(day)	19.0	8.5	13.5
日進行(m/day)	7.5	5.6	5.3
平均切羽評価点	56	51	41
孔数(rate)	1.16	1.01	1.00
薬量(rate)	1.03	0.90	1.00
吹付け口率	1.48	1.73	2.79

7. トンネル挙動特性

天端沈下と内空変位測定の見測工 A は、C I-B-P、C II o-B-P、C II-B-Pの各区分で、それぞれ7, 2, 4の計13断面で実施した。これらの各掘削ステップでの天端沈下量(V)、内空変位量(H)は、切羽評価点数との対応で表すと図-3のようになる。また、天端沈下量が最大となるC II o-B-Pでの経時変化図は、図-4に示す。これらから、以下のことがいえよう。



写-1 SB 発破(C II o-B-P)

(1)天端沈下量の大小は、切羽周辺地山の力学特性とその物性分布に支配され、地山等級判定に用いている切羽評価点数との間で、明らかな相関は見られない。また、発破工法の違いによる有意な差異はみられない。

(2)地山等級区分がC I、C II地山では、上半掘削時の天端沈下量の平均値は約10mmである。下半掘削後は、これが約1.5倍に増加し、約15mmになる。

(3)C I-B-Pの内空変位量は、上半掘削時に、5.4mmであったものが下半掘削により、約1.6倍の8.7mmになった。C II-B-Pでは11.7mmが約2.0倍の23.3mmになり、C II o-B-Pの約2倍多く発生する。

(4)SB 工法による拡幅掘削では、内空変位量は、天端沈下量の約0.5~0.7倍程度となる。

(5)C II o-B-Pは、周辺地山の力学特性変化の影響を受けやすく、計測断面間で、測定値は大きくばらつく。

8. まとめ

新第三紀層砂岩、礫岩からなる地質で、TBM 導坑先進拡幅掘削工法にSB 工法を採用した。その結果から、地山等級区分がC地山では、発破工法や支保構造仕様の違いによるトンネル挙動特性に明らかな差異はみられないこととSB 工法は施工サイクルが向上することなどが分かった。今後は、支保構造体仕様を含めた力学モデルを構築し、さらなる計測データを分析することにより、堆積岩でのトンネル挙動特性を明らかにする予定である。

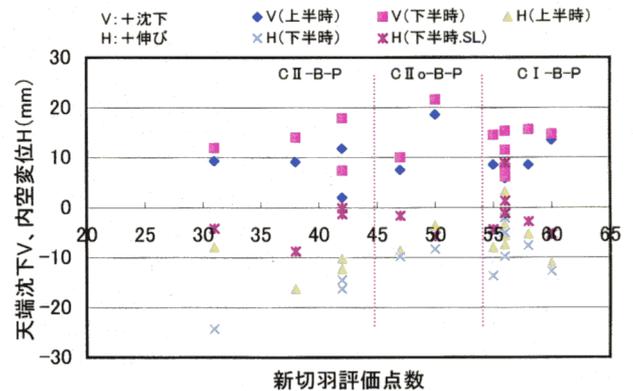


図-3 地山等級Cの天端沈下、内空変位量

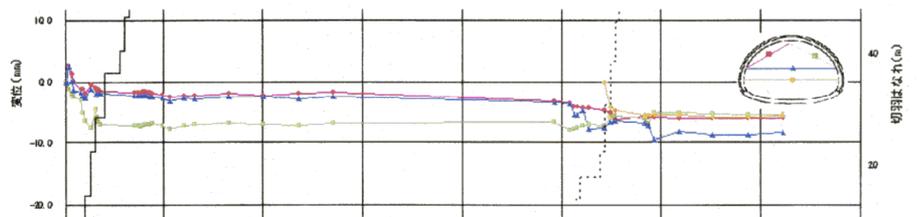


図-4(a) 内空変位量の経時変化図(C II o-B-P)

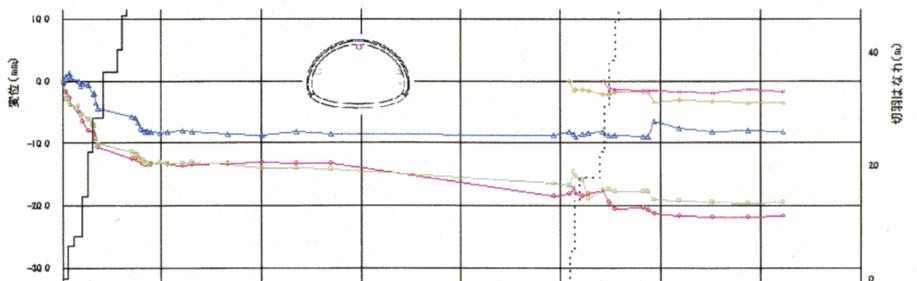


図-4(b) 沈下量の経時変化図(C II o-B-P)