

Ⅴ-97

中硬岩に於けるゆるみ抑制発破工法に関する検討

大林組 正会員 ○ 武田 明 松本 司
藤野順也 藤沢 薫
野田正利

1. はじめに

近年、トンネルの急速施工に伴う長孔発破が数多く行われ、又、大断面トンネル、地下備蓄等の大空洞を発破掘削する際には、地山の損傷域の減少による切羽の安定、安全性の向上、或いは支保工材の軽減等が必要となってくる。特にゆるみの少ない発破が可能な新たなS B (Smooth Blasting) 工法が要求されている。

本稿では中硬岩に属する凝灰角礫岩に於いて、S B 効果に影響を与える因子として従来の雷管の秒時精度の限界からくる起爆のずれに着目し、優れた斉発性 (0.2ms以内) を持つ電子遅延式雷管 (以下E D D) を利用した掘削試験を行い、従来のD S 電気雷管によるS B 工法との比較検討を試みたので報告する。

2. E D D の機構

E D D は電気エネルギー蓄積コンデンサ、I C タイマー及び瞬発電気雷管にて構成される。E D D はE D D 専用発破器から電気エネルギー蓄積コンデンサに電気エネルギーが供給されると同時にI C タイマーが作動し、予め設定された時間が経過した後に、コンデンサ内に蓄積された電気エネルギーが瞬発電気雷管に供給されることによって爆発させるものである。このような高い秒時精度を利用することにより、波の干渉作用を応用した発破振動、発破騒音 (低周波音) の軽減及びS B 工法へ適用される。

3. 工事概要及び試験概要

当工事は、東北新幹線盛岡以北の青森県三戸郡名川町～福地村に位置する新幹線鉄道トンネルである。地質構造は東京方から約1.7kmは砂岩、粘板岩の互層、並びにチャートを主体とする結晶片岩類の古生層でそれより奥では凝灰角礫岩を主体とする末の松山層群 (新第三紀中新世) である。

本試験はこの凝灰角礫岩区間で行った。E D D をS B 孔に使用した場合とD S 雷管を使用した場合で、孔間隔、装薬方法をパラメーターとした最適発破パターンを求める確立試験 (約3.3m) を行い、その後、最適発破パターンによる掘削試験 (約7.4m) を実施し、余掘りの減少効果とゆるみの減少効果を定量的に求めることにした。

岩石試験結果、S B 爆薬仕様、及び発破諸元を表-1、表-2、表-3に示す。E D D の標準発破パターンを図-1に示す。

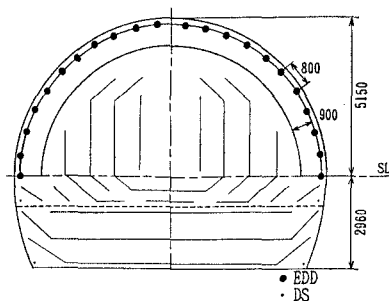


図-1 EDD標準発破パターン

表-1 岩石試験結果

比重	2.29~2.40
一軸圧縮強度 (kgf/cm ²)	221~312
圧裂引張強度 (kgf/cm ²)	16~38
ヤング率 (kgf/cm ²)	0.89~1.50×10 ⁵
弾性波速度Vp (km/sec)	3.42~3.57

表-2 S B仕様

S B爆薬	サンベックス400S
爆速 (m/s)	3500
孔径 (mm)	45
爆薬径 (mm)	20
デカップリング係数	2.25

表-3 発破諸元

	DS	EDD
穿孔径 (mm)	45	45
穿孔長 (m)	2.2	2.2
進行長 (m)	2.0	2.0
断面積 (m ²)	69.8	69.8
孔数	128	127
孔間隔 (m)	0.7	0.8
最小抵抗線 (m)	0.9	0.9
爆薬	サンベックス複	
爆速 (m/s)	5000	5000
火薬原単位 (kg/m ³)	0.80	0.77

4. S B 効果

(1) のみ跡率評価

E D D による余掘りの減少効果の評価方法として、のみ跡率 (%) [(発破後ののみ跡長さ / 穿孔長) × 100] を求めた。その結果、掘削試験に於いてD S が3.7%、E D D は8.4%

のみ跡率が得られた。

(2) 掘削断面余掘り評価

EDDとDSによる余掘り量を比較するため、穿孔後に孔位置の3次元測量を行い予定掘削断面を求めた。吹付コンクリートを一定量施工した後、1発破につき3断面の断面形状測定を実施することにより予定掘削断面に対する余掘り量を求めた。穿孔精度のばらつきの影響を考慮し、穿孔位置に対する余掘り量を示すと掘削試験に於いては、EDDはDSに比べ67%の余掘り量という結果が得られた。

(3) PS検層及び坑内弾性波探査による評価

地山の損傷域を調査する目的でDSの掘削区間(約3.2m)とEDDの掘削区間(約4.2m)にそれぞれ測線を設け、PS検層、弾性波探査を実施した。

解析の結果、DSとEDD区間の地質に於いて、凝灰角礫岩に含まれる礫質とマトリックスである凝灰岩の組成により地山速度値に相違が生じるため、それらを相対的に比較する方法として第二、第三層の地山速度値が、元々の地山が持つ地山速度と対応することから第一層との速度比に注目した。各層の地山速度値、速度比を表-4に示す。この速度比、即ち第一層の速度低下率はPS検層のP波・S波両方に於いて又弾性波探査結果についてもEDDの方が低い傾向を示し、地山の損傷域(ゆるみ)が少なかったと判断される。

(4) レーダー探査による評価

レーダー探査は電磁波レーダー探査装置を用いて坑内弾性波探査と同一の測線にて反射法により計測を実施した。その探査深度は、DS区間では平均1.0m、EDD区間では平均1.2mの値が得られ、EDD区間の方がより深く届いており岩盤状態が良い、即ち地山のゆるみの範囲が少ないことを示している。

5. まとめ

EDDをSB孔に使用し、確立試験及び掘削試験を本坑掘削断面で行った結果、「のみ跡率」「余掘り」の評価ではEDDによるSB効果が顕著に表れた。「地山損傷域」については安山岩質凝灰岩に不規則に混入する礫の影響により不均質な岩ではあったが、ゆるみの程度は少なかったという知見が得られ、大断面トンネル等の大空洞掘削に有効と思われる。

これらの結果は、今後地球環境への配慮が一段と進む状況に於いて、より少ない支保工材によってNATMの長所を最大限活かした発破工法の構築につながるものであると確信する。

参考文献 1) 山本雅昭、市川 清:『EDDによる発破振動・音の予測と軽減』、工業火薬、Vol.49, No.6, 1988

表-4 PS波検層及び弾性波探査結果

調査区間	速度区分	PS検層結果		弾性波探査結果
		P波(km/sec)	S波(km/sec)	P波(km/sec)
DS	第一層 0m~	1.7 (0.38~0.48)	0.8 (0.35~0.40)	1.7~2.0 (0.50~0.58)
	第二層 約1.5m~	3.5 (1.0)	2 (1.0)	3.4 (1.0)
	第三層 約5.0m~	4.5 (1.0)	2.3 (1.0)	—
	—	—	—	—
EDD	第一層 0m~	1.3 (0.43~0.56)	0.7 (0.41~0.58)	1.3~1.7 (0.45~0.74)
	第二層 約1.5m~	2.3 (1.0)	1.2 (1.0)	2.3~2.8 (1.0)
	第三層 約5.0m~	3 (1.0)	1.7 (1.0)	—
	—	—	—	—

注) : () 内の数値は第二層及び第三層を基準としたときの比を示す

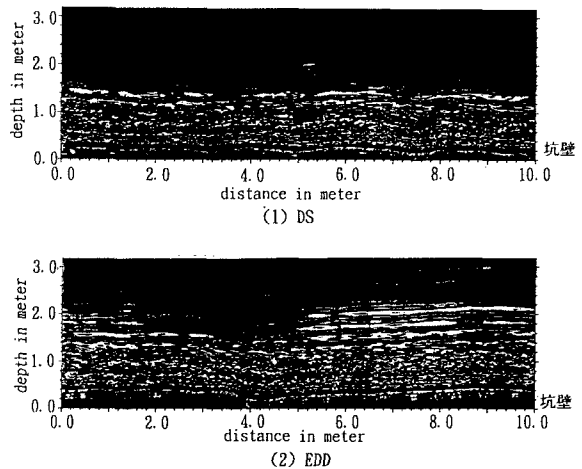


図-2 レーダー探査解析結果