

既設トンネルに近接した爆破による岩取壊しの施工管理

九州旅客鉄道(株) 正会員 貝瀬弘樹
 正会員 川野輝信
 正会員 吉野敏成

1. はじめに

既設トンネルに近接して爆薬等を使用する場合は、的確に爆破振動を予測し必要な場合には、適切な対策を講じるとともに振動測定による安全管理を実施することが保守管理のうえで重要である。

橋りょうに接続した急崖に坑口をもつトンネル上部斜面が崩壊するという斜面災害が発生したが、災害発生直後の斜面には、節理の発達した溶結凝灰岩が不安定な状態で残存していた(写真1)。将来的に不安定化する恐れのある岩塊を適切に除去することが必要であったが、かつほぼ垂直に近い急崖という斜面状況のためブレーカー等の重機も用いることはできなかった。

取壊し対象とする岩斜面の爆破位置は、トンネル覆工位置までの離隔が20数m程度までと近接しており、爆破振動がトンネル覆工に及ぼす影響が懸念されたが、このような施工条件から人力取壊しでは開通の目処が立たなかったことから、爆薬には低振動破碎薬を適用することとし岩取壊しを施工したので報告する。

2. 爆破振動の予測

爆破振動は、振動速度を基準として管理すること一

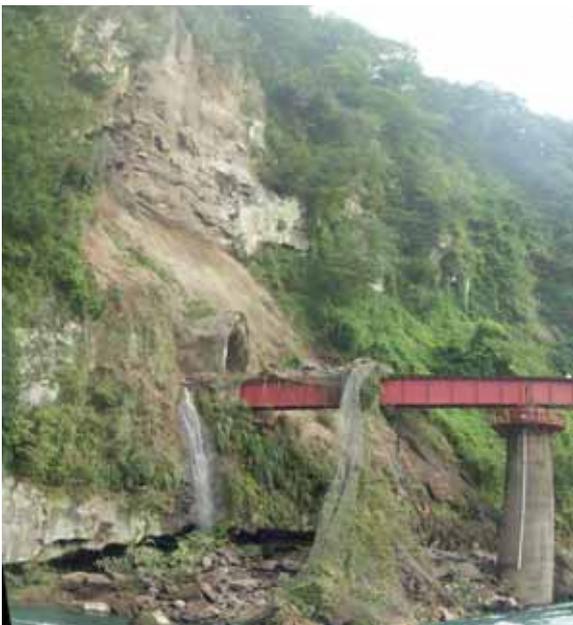


写真1 トンネル上部斜面災害状況

般的に行われ、基本的に爆源からの距離と薬量、地盤条件によって支配されるが、その予測式については幾つかの式が提案されている。ダイナマイト等によるものなど、過去に実績のある爆薬による爆破時の地盤振動伝播推定式については、過去の実績や研究から各々の条件による係数や適用範囲を含め、式(1)の予測式にまとめられているものがあり、予め地形や地盤条件を調査した上で爆破施工方法を検討しておくことにより爆破振動の影響を定量的に予測することができる。

$$V = K \cdot W^a \cdot D^{-n} \dots\dots (1)$$

V: 振動速度 (kine),

: 係数 (= 2/3 あるいは 3/4)

K, n: 定数 (K: 施工条件, 岩の場合 n = 2)

D: 爆源からの距離 (m)

W: 薬量 (kg)

3. 火薬等に代わる破碎方法の検討

ダイナマイト等火薬類の使用にあたっては火薬類取締法の適用を受け事前の許可申請等に時間を要するが、開通を急ぐ災害復旧工事の工期短縮も重要な要素であったため、今回は火薬取締法の適用を受けない破碎方法を適用することとした。

この薬剤による破碎は、せん孔内に破碎薬剤を装てんし湿潤砂等により完全閉塞したのち遠隔着火し、破碎薬中の酸化還元反応による熱により薬中の化合物がごく短時間(50msec オーダー)で蒸気状態に変化し、この時生じる蒸気圧、ガス圧により岩石、コンクリート等を低振動で準動的に引張破碎するものである。

しかしながら、本薬剤を用いた施工については前項に述べた爆破振動予測式(式(1))を用いるための各パラメータが未知であるため、試験施工による振動速度の測定値から推定することとした。

4. 爆破振動の管理

コンクリートが破壊する速度振幅は一般的なもので25~30kineと考えられているが、地盤条件等に不確定要素が見込まれるため、一般には10倍程度の安全率

を見込んで爆破作業時の振動速度の許容値を設定している場合が多い。実際のトンネル覆工を構造的にみるとコンクリート、コンクリートブロック、レンガ造等の違いがあり、その健全度等についても個々に状態が異なり、ひとたび重大な変状を来たしてしまった場合の影響度については橋りょうなど明かり構造物と比較にならないため、爆破振動に対する管理値についても十分な余裕を考慮することが重要である。

鉄道における技術指針である既設トンネル近接施工対策マニュアル¹⁾においては、覆工のはく落の恐れ等により列車運行に影響が考えられる状態（Aランクと称する）のトンネルに対しては 2kine、クラック等何らかの変状が存在しそれが進行するとAランクになると考えられるトンネルに対しては 4kineを爆破振動速度の制限値としている。

当該トンネルはしゅん功大正 11 年(経年 83 年)で、覆工はコンクリートブロック造りで内空高約 5.5m の単線鉄道トンネルである。全長は 516m であり近接施工となる入口付近 50m 範囲では数箇所のクラックが存在するものの、この経年のコンクリートブロック造りトンネルとしては比較的良好であった。今回も前述のマニュアルを目安としながら、当該トンネルの健全度等に関する調査結果を前提に図 1 のような管理値（管理フロー）を設定した。

5. 施工結果

坑口上部の断面的な状況は図 2 のとおりであり、坑口より 1.5m と 20m の断面において覆工アーチ部の線路方向、線路直角方向、鉛直方向の爆破時振動速度(三成分) を速度計により測定した。爆破振動予測式を用いた施工管理を行うために、最遠ポイントより微量の薬剤を用いた試験施工を行いながら式(1)に関するパ

表 1 爆破時の振動速度予測値と実測値

試	薬量 W (kg)	爆源からの距離 D (m)	定数 K (推定値)	推定振動速度 (kine)	実測振動速度 (kine)	実測値 / 推定値 (%)
	9.84	34.1	139		0.55	
	11.4	32.6	143	0.66	0.68	101
	13.2	33.9	183	0.70	0.89	127
	7.44	30.6	145	0.74	0.59	83
	11.28	28.7	169	0.89	1.03	112
	9.84	26.4	216	1.11	1.42	129
	9.96	28.5	226	1.23	1.29	105
	4.68	27.5	214	0.84	0.79	100
	3.36	27.9	348	0.62	1.00	167
	4.56	26.0	182	1.41	0.74	51
	1.68	24.1	230	0.44	0.56	137
	1.20	23.1	147	0.49	0.31	66

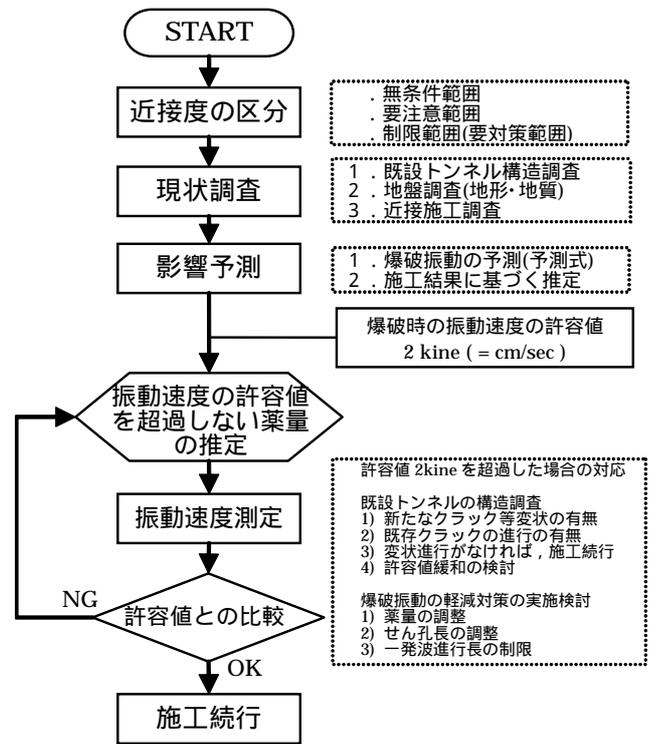


図 1 施工管理フロー

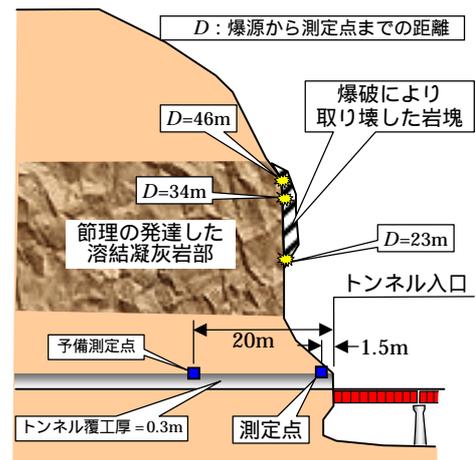


図 2 計測管理断面

ラメータ推定を行った。表 1 は個々の爆破作業において、前回爆破時の測定結果から推定した定数 K により推定した予測値と実測値を取りまとめたものである。

予測値を 6 割以上超えるものが 1 回発生したが、3 割程度こえた回数も全体の約 3 分の 1 程度であり、最大でも 1.42kine であって、管理値 2kine を超過することなく爆破作業を終えることができた。なお、トンネルの既変状箇所の監視状況から判断してもトンネルの健全度が本爆破作業により損なわれることはなかった。

〔参考文献〕

- 1) 財団法人鉄道総合技術研究所編：既設トンネル近接施工対策マニュアル，1995 年 1 月