

記録的な大崩落とその対策

- 上信越自動車道日暮山トンネル 期線 -

住友建設(株)・(株)白石共同企業体 正会員 釜谷 薫幸
 日本道路公団東京建設局佐久工事事務所 谷井 敬春
 住友建設(株)・(株)白石共同企業体 正会員 高橋 浩
 住友建設(株)・(株)白石共同企業体 正会員 菊地 裕一
 住友建設(株) 土木本部技術部 桑原 秀樹

1. はじめに

日暮山トンネルは、上信越自動車道のうち群馬県と長野県の県境に建設される 期線トンネルである。

平成11年12月9日、切羽が東坑口から約900m、貫通まであと100mを残す位置まで到達した地点で大崩落が発生した。崩落土砂が大量の湧水（最大20t/min以上）を伴う土石流となり、切羽から約160m後方まで瞬時に押し寄せ、約60m間の内空断面が崩落土砂に埋め尽くされた（写真-1）。崩落土砂量は8000m³以上で径2～4mの巨礫が混じり、土被り130mの地表面にはクレーター状に直径30m、深さ18mの陥没が生じた。このような記録的な大崩落にも関わらず人的被害はなく、物的損傷もごく僅かであった。

本報文では、日暮山トンネルで発生した記録的な大崩落の原因と対策工について、その概要を報告する。



写真1 崩落発生直後の坑内状況

2. 大崩落の原因

大崩落発生の3ヶ月前に、西側切羽から先進ボーリング（図-1 下段参照）を実施した結果、工区境付近で泥岩から安山岩へ変わるものの、当初予想された断層破碎帯は切羽には出現せず、突発湧水の可能性も少ないと判断した。このため、引き続き地質確認や切羽の安定性向上などを目的に馬蹄形導坑を採用し、補助ベンチ付き全断面掘削工法にて一次支保による早期閉合を行っていたが、結果的に大崩落が発生してしまった。

崩落後の調査結果などを踏まえ、おもに以下の原因が複合して大崩落に至ったと考えている（図-1 下段参照）。

被圧水の存在：巨礫を含む崖錐堆積物中に高い地下水位（トンネル上方85m）があり、トンネルに作用した。
 泥岩層厚の減少：泥岩層自体の耐荷力が低下した。
 過去の地すべりの影響：劣化した地山に高い潜在応力が作用していた。

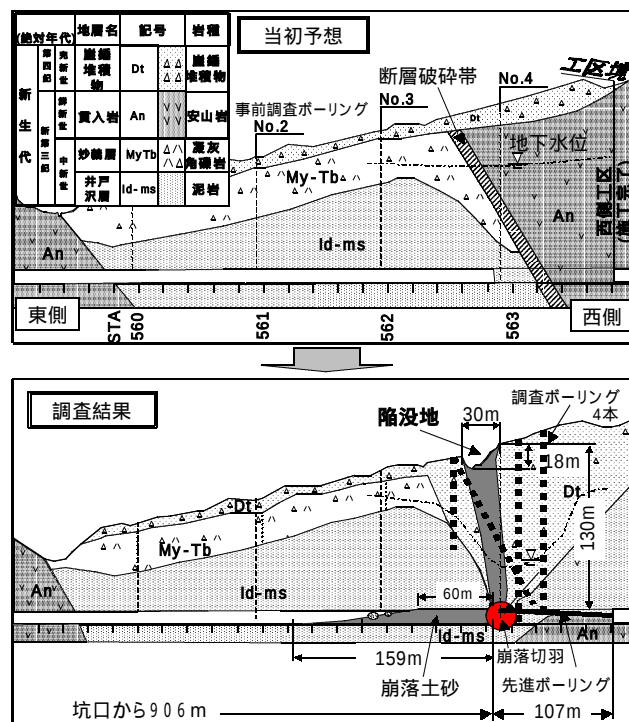
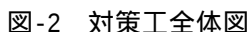


図-1 地質縦断図(上：当初予想，下：調査結果)

キーワード：大崩落，湧水，プラグ注入，地山注入，縫い返し

連絡先：〒160-8577 東京都新宿区荒木町 13-4 住友建設(株)土木本部技術部 TEL03-3225-5132 FAX03-3353-6656



崩落対策の基本的考え方は、次のように設定した。

地下水を坑内から排水し、水位を低下させる。

崩落部直下のプラグ（栓）注入で再崩落を防止する。

薬液注入により、周辺地山を崩落前の状態に戻す。

トンネルは西側から迎え掘りする。

図-2に崩落対策工全体図、表-1に対策工一覧を示す。

	記号	単位	数量	摘 要
地表面対策	地	エアミルク充填	m ³	2,290 qu=1N/mm ² 、比重0.6
	地	調査ボーリング	本	10 総延長1,348m、平均135m
	地	空洞充填	m ³	53 エアミルク下方へのセメントペースト注入
	地	原形復旧工	m ³	2,250 切盛土および植林
東側対策	東	崩落土砂撤去	m ³	7,249 1次4,062、2次2,734、3次453m ³
	東	水抜きボーリング	本	7 総延長520m、平均74m
	東	ブラグ注入	kl	390 瞬結性懸濁型薬液
西側対策	西	迎え掘り(1)	m	51 補助ベンチ付き全断面掘削、補助工法：AGF
	西	水抜きボーリング	本	13 総延長414m、平均32m
	西	ブラグ注入	kl	144 瞬結性懸濁型薬液
	西	地山注入	kl	1,068 緩結性懸濁型薬液
	西	迎え掘り(2)	m	56 馬蹄形導坑先進工法、補助工法：AGF
	西	縫い返し掘削	m	38 補助ベンチ付き全断面掘削、補助工法：AGF

応急対策として、エアミルクによる陥没箇所の充填を行い、恒久対策（盛土・植林）の前にエアミルク下方の空洞調査および充填を実施した。

土圧バランスを考慮して、崩落切羽手前 60m 地点まで崩落土砂を撤去した。その後、水抜きボーリング、崩落箇所直下のプラグ注入を実施した。なお、削孔時のトラブル等のため、プラグ注入の一部を西側から実施した。

地山注入施工基地までの迎え掘りを開始したが、過去の地すべりによる高い潜在応力と泥岩と安山岩の地層境界部を掘削したことによる応力集中などによって、支保に高い土圧が作用した。このため、高強度吹付けコンクリートと高規格鋼アーチ支保工を採用した。地山注入は緩結性懸濁型薬液を高圧で施工した。約 10 ヶ月間の切羽休止後、迎え掘りを再開し、既設支保工変状区間の縫い返し掘削を行った。

大崩落以後も、迎え掘り時に 130m の土被り相当の土圧がトンネルに作用することによる支保工座屈や東側既設支保の著しい変状（H-250 の破断）など、幾多の難題に直面した。その都度、適切な対策を講じることで、平成 13 年 12 月 15 日、崩落から 2 年を経て無事貫通を迎えることができた。別の機会に詳細を報告する予定である。類似の施工の参考にになれば、幸いである。