

V-59

地すべり地帯におけるトンネル設計・施工

日本道路公団東北支社いわき工事事務所 正員 ○佐藤和憲

合田 歩

若築建設株式会社

細井俊博

1. はじめに

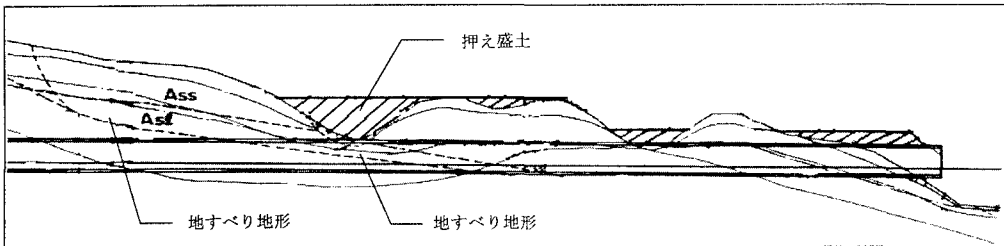
現在工事中である常磐自動車道いわき四倉～富岡間は、阿武隈山系の裾部にあたり、高低差があることから橋梁比率が比較的多く、切盛土工が主体となっている。

当区間で唯一のトンネルである『大久トンネル』は、延長508mと短いトンネルであるが地すべり地帯に位置することから、押え盛土を主体とした対策工を実施した。この度無事貫通を迎える事ができ設計での考慮点及び施工実績について述べる。

2. 地すべり地形の概要

『大久トンネル』終点側（仙台側坑口）は、その地形が古第三紀白水層群に属する浅貝層（礫岩、砂岩、シルト岩）からなり、スレーキングを起こしやすい浅貝層の岩質が弱層を形成し、それが要因となって地すべり地帯となっている。

なお、地層構造は南北の走向で、傾斜は東方に 13° の単傾斜構造（流れ盤構造）を示している。



《図-1 地すべり地帯の断面図及び対策工》

3. 設計について

3-1 地すべり対策

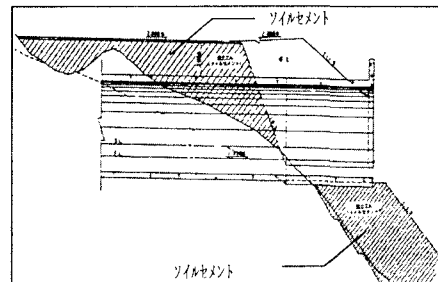
トンネル掘削により、天端部がすべり面の一部を切取る形となり、計画安全率が確保されないため、これに伴う対策工として、地下水排除工や押え盛土を中心とした抑制工を優先的とした検討を行った。これは抑制工が地すべり対策として非常に有効で且つ経済的であるためである。

- ・集水井・排水ボーリングによる地下水低下[$\Phi 3.5\text{ m} \cdot L = 16\text{ m}$ の集水井2基他]
- ・閉塞された地形を利用した押え盛土[8万 m^3 の押え盛土]

3-2 坑口付近の対策工

地すべりの危険性を考慮した場合、極力地山を切り付けないことが重要であるため、坑口の位置をそれらの影響がない位置に計画した。その結果クラウン部において、トンネルアーチ部が地表面より露出することから、ソイルセメントによる改良盛土を取り入れた。

また、坑口のトンネル基礎が現況地盤より高い位置に計画されるため、同様のソイルセメントの置き換え工とした。



《図-2 坑口付近の対策工》

4. 施工について

4-1 施工前の事前解析

トンネル施工に先立ち、FEM解析によるシミュレーションを行い、盛土を含む地盤と支保構造の安定について検討を行ったところ、ソイルセメントの改良体に大きな緩み領域はなく支保構造において、各発生応力が許容値内である事が確認された。しかし、ソイルセメント改良体以外の地山部分に緩み領域が広く分布する事が解り、その天端沈下量が地山の限界ひずみから設定した許容値を超える事が判明したため、ソイルセメント改良範囲を拡大させ沈下量の抑制を図った。

4-2 計測工の追加と管理基準値

事前解析では、抑制工（押え盛土、集水井）によりトンネル掘削時の地すべりに対する安全率は確保される結果が得られているが、地すべり面とトンネルが交差する箇所において、掘削による応力解放が地すべり地山にどのように影響しているかを把握するため、その区間（約80m）2箇所において計測工（地中変位測定、ロックボルト軸力測定、吹付けコンクリート応力測定）を追加し、計測を行った。

また、計測工Aの管理基準値は「直接ひずみ法」により弾性係数から求めた地盤の限界ひずみから限界変位量を設定して基準値レベルⅢとし、その3等分の値をそれぞれレベルⅡ・Ⅲとした。

4-3 トンネル施工

当該地すべり地帯における施工上の要点は、『すべり面がトンネルに対して流れ盤になっているため、掘削に伴う緩みで地すべり活動を誘発させない』である。特に坑口は、「トンネルの土被りが2D以下であり、グラウンドアーチが形成されにくい」「脆弱性の高い砂岩・シルト岩であり、破碎作用や風化作用をうけており切羽の自立が確保されにくい」等もあり、切羽の肌落ちや崩落を押え、地山の緩みを発生させないことが最も重要な留意点であった。

そこで切羽の自立を確保するため、その状況に応じ3段階の補助工法を考えて施工にあたった。

- ①核残しによる掘削と鏡吹付けコンクリートによる切羽自立性の確保
- ②鏡ボルト工による切羽の補強
- ③注入式フォアパイリングによる周辺地山の緩み抑制工

実施工での切羽の状況は、強風化を受けたシルト岩層と亀裂が発達した砂岩層が交互に現れ掘削当初から肌落ちや崩落が見られた為、核残しと鏡吹付け工により切羽の安定を図りながら上半掘削を進めた。その後、発達した亀裂や未固結層を挟んだ箇所があり核が満足な形状で残すことが困難となったが、鏡吹付け工を地山全面に施工することにより、当初想定した第2・3段階の補助工法を採用するまでには至らなかった。計測工Aの結果からも全体的に管理基準値レベルⅠ以内の範囲で変位は収束しており、鏡吹付け工によってトンネル掘削による周辺地山の緩みの発生を抑える事ができたと考えられる。

また、計測工Bの結果から異常な応力発生や応力分布は見られず、管理基準値レベルⅡ以内の範囲で変位が収束していることから、トンネル掘削による切羽通過後の地山の応力変化による地すべり活動の誘発も抑える事ができたと考えられる。

5. おわりに

今回の大久トンネルの地すべり区間における施工については、鏡吹付け工以上の補助工法による対策工を必要としなかった。これは地すべり地帯に対する事前調査とその対策工が十分に検討され、実施工においてその対策工が有効にその役割を果たしたといえる。事前解析による人工地山支保構造の照査及びその補強、施工中の地山の状態把握及び切羽及び周辺地山を極力緩ませない慎重な施工によるものである。

今後、当トンネルと同様な条件のトンネル施工については、十分な事前調査と対策工の検討・施工時における周辺地山の緩み領域拡大の制御方法についての十分な検討が不可欠であると考ええる。