

坑口斜面地すべりの防止対策について

戸田建設株式会社 正会員 熊谷成之※、清水 博、中崎一志

1. はじめに

智頭第1トンネル（延長1,035m、仕上がり断面積64m²）の坑口付近の斜面は、既往地質調査結果によれば、地表部を厚く被覆する崖錐堆積物の崩壊によって形成された地形であり、せん断強度によってはトンネル掘削により地すべりを発生する可能性がある。このため、詳細な地質条件を確認する目的でボーリング追加調査を行うとともに、原位置せん断試験を実施して斜面の安定を検討し、押え盛土（ソイルセメント、7,700 m³）による対策を行ったので報告する。

2. 地層構成と土質定数

斜面の地質はボーリング調査では、10～15m前後の厚さで堆積した崖錐層と、その下位に分布する基盤の泥質片岩により構成されており、崖錐堆積物はさらに、礫の含有量および屈折法弾性波解析結果から、次の2層に分けられる。

- (1) 弾性波速度 $V_p=1.3\text{km/sec}$ 以下の層：粘性土主体の崖錐堆積物および表土（DtA層）
- (2) 弾性波速度 $V_p=1.3\sim 1.5\text{km/sec}$ の層：礫および転石・玉石を多く含む崖錐堆積物（DtB層）

崖錐堆積物（DtA、DtB層）の土質定数については、孔内リングせん断試験の値を用いる。その試験結果を、図-2～3に示す。なお、土質定数の採用に当たっては次の考察を行った。

- ① 礫の混在・分布が地盤内で一様であれば、新規すべり面のせん断強度にピーク値を用いることも可能と思われる。
- ② 基質部の粘性土が密実でない場合、変位が主に基質部でおこることとなり、既設すべり面のせん断強度には、変動線がピーク値から低下し小振状となって続くやや安定した部分の値を用いれば、安全側と判断される。

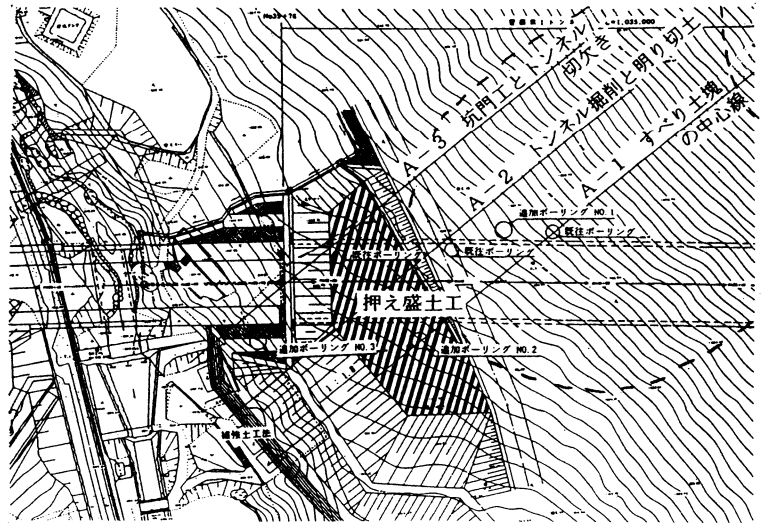


図-1 押え盛土平面図とすべり検討測線

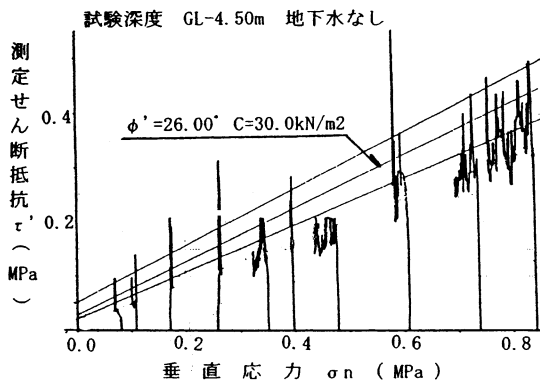


図-2 孔内リングせん断試験結果（DtA）

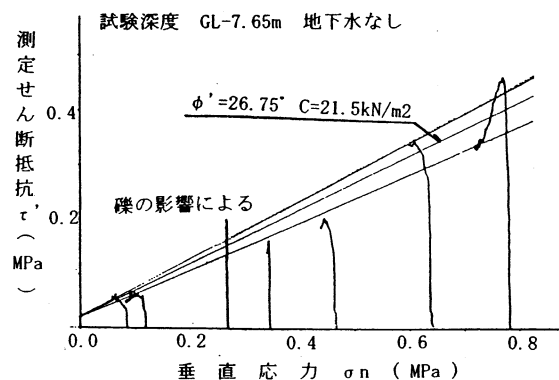


図-3 孔内リングせん断試験結果（DtB）

キーワード：坑口すべり、原位置試験、押え盛土

連絡先※：〒104-8388 東京都中央区京橋1-7-1 TEL 03-3535-1614 FAX 03-3564-0475

既設すべり面を地表踏査で確定できる場合、その物性値は基質部粘性土を主体に考えるべきである。しかし、本トンネル坑口部では、新規すべり面の中から可能性の高い円弧すべりを選定する手法を用いており、その危険度に対しては既設すべり面の検討に比較して、いかに低く考えて取り扱えると思われる。したがってせん断強度の採用は、上記①および②の中間の場合を想定した値とした。

3. 押え盛土の形状

想定すべり線とトンネル軸は斜交しており、トンネル谷側の地形で形状を定める。坑口部でトンネル構造が三次元的な影響を受ける区間を1D程度と考え、その範囲をカバーしかつトンネル断面がすべてDt層に入るまでの区間を、ソイルセメント盛土に置換える。なお、安定計算の必要安全率は、少なくとも現況で1.00、施工時で1.05、完成時で1.20以上を確保し、不足する場合は必要抑止力をチェックして押え盛土による安定性を確認する。このとき、抑止力として押え盛土床付け面の滑動抵抗力を考える。

4. せん断強度定数の検討

せん断強度定数は、表-1に示すようにDtAとDtBで大きな差異が見られない。この点について既存の調査資料から考察を行う。トンネル近傍の崖錐堆積物の標準貫入試験の結果によると、DtAのN値は8~15であり、DtBは20~30となっている。このため、コア箱内に記載された10cmごとの貫入回数から礫打ちの検討を行うと、礫打ちの補正を行っていないことが分かった。そこで、礫打ちの補正を試みたところ、表-2の値が得られ、補正前に比較してDtAで10~30%、DtBで10~50%低下し、深度によっては両層のN値が同じとなる箇所も認められた。この結果、DtAとDtBでせん断強度定数に大きな差異を生じないことも十分に考えられ、表-1のせん断強度定数を使用することが妥当であると判断した。

5. 原位置せん断強度確認の必要性

坑口斜面に見られる滑落崖から局部的な3つのすべり面を想定し、逆算から崖錐堆積物のせん断強度を求める手法を検討した。粘着力Cは最大すべり層厚から決定し、3つのすべり面の安全率がともに1.00以上になる内部摩擦角 ϕ を求めた。その結果、 $C=10\text{kN/m}^2$ 、 $\phi=31.91^\circ$ と定め、トンネル掘削後に安全率1.20を確保できる押え盛土の形状を決定した。しかし、押え盛土の効果として有効応力の増加による内部摩擦角に関する抵抗力の関与が大きいと考え、ためしに $C=20\text{kN/m}^2$ とするとC- ϕ 関係図から $\phi=26.15^\circ$ となり、結果として安全率は7%以上低下する。このように、押え盛土の計画では同一のC- ϕ 関係図であっても、粘着力と内部摩擦角の採用値で安全率の変動が大きく、原位置のせん断強度を確認することが重要である。

6. あとがき

トンネル坑口部の斜面切取りや掘削においてすべりを誘発すると工程の遅延や復旧対策等影響が大きい。対策として押え盛土工は即応性があるが、現地の地盤物性値を正確に把握して計画する必要がある、そのためには、今回実施した孔内リングせん断試験も有効な方法と考える。

表-1 土質定数の一覧表

記号	単位体積重量 (kN/m^3)	粘着力 (kN/m^2)	内部摩擦角 ($^\circ$)
DtA	18	30.0	26.00
DtB	18	21.5	26.75

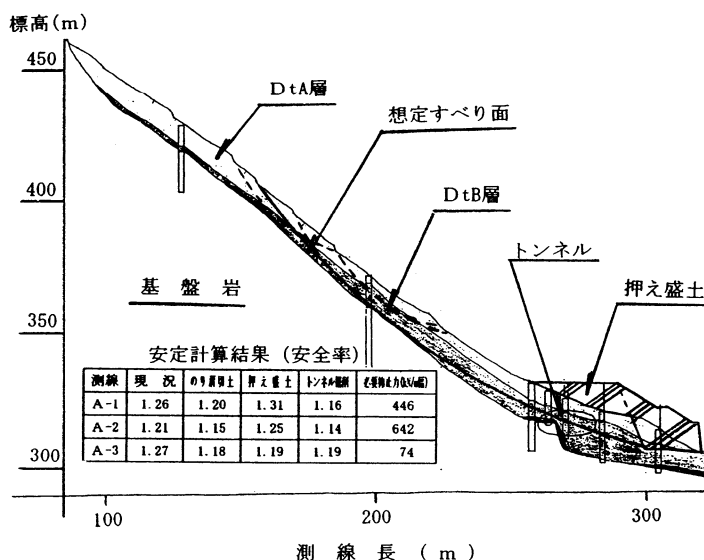


図-4 想定すべり面と押え盛土形状

表-2 崖錐堆積物のN値

記号	礫打ちの 補正前	礫打ちの 補正後
DtA	8	7.5
	14	12
	13	9
DtB	24	12
	17	12
	23	21