

しらす地山でのトンネル周辺地山挙動について

ハザマ九州支店 正会員 多寶 徹
 国土交通省鹿児島国道事務所 田中秀之進
 ハザマ土木事業本部 フェロー 鈴木 雅行
 鹿児島大学大学院 正会員 北村 良介

1. はじめに

九州南部に広く分布する一次しらすは、後期更新世に始良火山から流出した入戸火砕流堆積物の非溶結部もしくは弱溶結部分と定義されている。本研究の対象となる新武岡トンネルは鹿児島市近郊のしらす台地を貫くものであり、ほぼ全線を通じて中硬質しらすが出現する。本報文では、トンネル掘削の際に得られた観察・計測結果から、地山深部でのトンネル周辺のしらす地山の挙動を整理し、考察を加える。

2. 観察結果により得られたしらす地山の挙動に関する考察

中硬質しらすは、N値が30~50程度、一軸圧縮強度が概ね0.1N/mm²程度と山岳トンネル掘削対象地山として、その物性に注目すると軟質であるが、斜面等における短期的な自立性が高いことが以前より知られている。

写真-1にその一例として鉛直に近い状態で自立したしらす斜面の露頭を示す。しらすの斜面の安定について、村田ら¹⁾はしらす特有のインターロッキング効果や固結効果を用いて説明している(図-1参照)。

一方で、しらす地山におけるトンネルの地山強度比(G_n)は、通常の岩盤地山の場合と比べて極端に小さい。例えば、新武岡トンネルで出現する中硬質しらすで土被り60mを想定すると概ね次の通りとなる。

$$G_n = \sigma_c / H = 100 / (15.5 \times 60) = 0.11$$

ここに、 σ_c : 地山の一軸圧縮強度 (= 100kN/m²)

γ : 地山の単位体積重量 (= 15.5kN/m³)

H : 土被り高さ (= 60m)

そのため、しらす斜面やトンネル切羽においては、地圧に対して、強度が極端に小さいことに起因すると思われる地山の崩壊も発生している。**写真-2**は高さ15m程度の鉛直に近い斜面での局所的な崩壊事例、**写真-3**は新武岡トンネルにおける土被り60m程度の切羽での崩壊事例である。いずれの場合も潜在的なクラックの影響等も考えられ、はっきりした原因の特定は困難であるが、地山が初期状態から有している応力に対して、三軸状態で抵抗していた1面が開放されたことによる応力状態の変化もおおきな要因のひとつであると考えられる。

これまで、しらすトンネルにおいては、地山強度比が極端に小さいことから、地山強度比を有意なものとして扱って来なかったが、今回確認した現象は、しらすトンネルにおいても地山強度比が何らかの有意な指標として扱える可能性のあることを示すものであると考える。

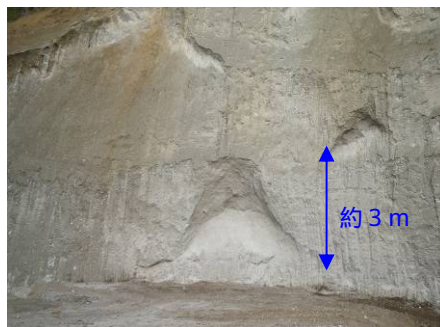


写真-2 しらす斜面の崩壊



写真-1 しらす斜面の露頭

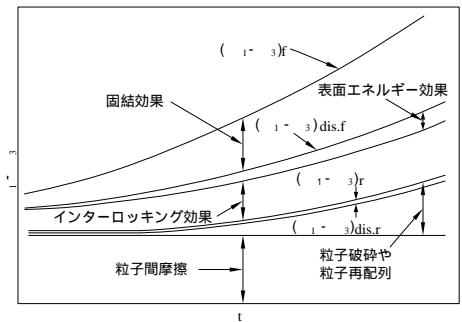


図-1 乱さないしらすの引張強度に対する軸差応力の成分¹⁾

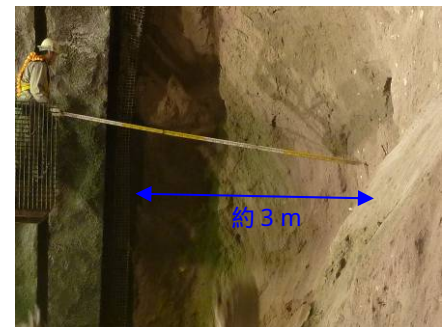


写真-3 しらす切羽の崩壊

キーワード 山岳トンネル, しらす, 地山強度比, 緩み荷重

連絡先 〒890-0034 鹿児島県鹿児島市田上7丁目1143 間・銭高JV TEL 099-283-6670

3. 計測結果により得られたしらす地山の挙動に関する考察

新武岡トンネルで実施した計測結果のうち4断面について表-1 にまとめる。また、テルツァーギの緩み荷重の算定式により推定した同断面での緩み荷重を表-2 にまとめる。

表-1 各断面での計測結果

測点	No.53+10	No.58+10	No.64+10	No.68+10
横断面図				
支保パターン図				
内空幅	10.6m	10.7m	15.2m	15.0m
土被り	35m	40m	31m	59m
支保工吹付け軸力 ¹ H鋼	231kN / 133kN	308kN / 746kN	682kN / 695kN	369kN ² / 618kN ²
緩み荷重	69kN/m ²	197kN/m ²	181kN/m ²	132kN/m ² ²
単位体積重量で除した換算緩み高さ	4.5m	12.7m	11.7m	8.5m ²
天端沈下	9mm	16mm	36mm	22mm ²
内空変位	6mm	4mm	-14mm(拡大)	5mm ²

- 1 左右の側壁部の大きい方の値
- 2 切羽との離れが1.3D程度であり今後の切羽の進行に伴い増加が見込まれる

表-1 より、比較的良好な中硬質しらす地山においても、大きな緩み荷重が発生していることが確認できる。また、表-1, 2 の比較より、坑内B計測で求めた緩み荷重とテルツァーギの緩み荷重の算定式により求めた緩み荷重は比較的良好に一致することが判る。

表-2 各測点でのテルツァーギの緩み荷重

測点	No.53+10	No.58+10	No.64+10	No.68+10
地質定数	c = 60kN/m ² φ = 40° (Si-M)	c = 45kN/m ² φ = 38° (Si-L)	c = 45kN/m ² φ = 38° (Si-L)	c = 60kN/m ² φ = 40° (Si-M)
緩み荷重	98kN/m ²	123kN/m ²	163kN/m ²	150kN/m ²

地質定数は、事前の地質調査結果による

また、No.53+10 では土被りが 35m確保されているが、地表面沈下 4mm を計測している。このことから、計測された緩み荷重に関わらず、広範囲に地山の緩みが広がっていることがわかる。

4. まとめ

以下に得られた知見をまとめる。

- ・ しらす地山のトンネルにおいて地山強度比は、切羽安定性の指標のひとつとして扱える可能性がある。
- ・ 発生する緩み荷重は大きく、テルツァーギの緩み荷重の算定式により求めた荷重と比較的良好に一致する。
- ・ トンネル掘削に伴うしらす地山における緩み範囲は一般の岩盤地山の場合と比べて広く、土被り 40m程度でも、地表面沈下が発生する。

参考文献

1) 村田秀一他：乱さないシラスの強度特性の要因について、土質工学論文報告集 Vol.17, No.3, Sept.1977