

# 地質的見地によるトンネル突発性崩落モデルの検証

明大工業株式会社 正会員○吉村辰朗・田原隼人・中井幸洋

## 1. はじめに

2012年12月に中央自動車道の笹子トンネルにおいて、天井板の崩落事故が発生した。それを受けて、2015年12月に千葉県君津市でトンネル補修工事が行われたが、工事中にモルタルが剥落する事故が発生した。剥落したモルタルは、1ヶ月前に吹付けたものであったため、事故の一因として地質の悪さが考えられた。地質が悪い場所は、地質的弱線（破碎帯、変形帯）に沿って見られることが多い。今回は地質的弱線部の地質状況から、地山強度比によって崩落場所を選定するトンネル突発性崩落モデルを作成した。このモデルによる崩落箇所の選定が実際に適用できるかを、昭和20年に掘削された地下壕で検証した。

## 2. 調査方法

トンネルの突発性崩落の要因と考えられる地質的弱線（以後、“弱線”と記す）の分布と地質状況を把握する調査手法として、 $\gamma$ 線探査・弾性波探査・ボーリング調査を行った。 $\gamma$ 線探査は、地殻変動に伴う破断・変形・変質を受けた地質体（破碎帯・変形帯・変質帯）では、その作用によって物質（地盤・岩盤）の磁性が変化し、 $\gamma$ 線強度異常値が生じることを利用した物理探査法である<sup>1)</sup>。

## 3. 地質的弱線部のトンネル突発性崩落モデル

本トンネルは、花崗閃緑岩が分布する熊本県玉名市に敷設してある。トンネルが通過する尾根で $\gamma$ 線探査を実施した結果を図-1に示す。花崗閃緑岩の平均値は $9.36 (\times 10^{-2} \mu \text{ Sv/h})$ で、弱線部の平均値は $8.00 (\times 10^{-2} \mu \text{ Sv/h})$ となり、相対的に低い $\gamma$ 線強度である。 $\gamma$ 線異常区間（弱線B）で弾性波探査・ボーリング調査（B3）を実施した場合、尾根において約40mのマサが確認され、弾性波速度層の落込みが認められた（図-2）。他の非 $\gamma$ 線異常域の尾根においては風化帯（マサ）の層厚は約20mであるため、弱線部では局所的な厚層風化帯が形成されていると考えられる（図-3）。突発性崩落の一要因としては、土被りの状況によって異なる土圧が挙げられる。覆工にかかる土圧は、土被り厚・地山の単位体積重量・地山の圧縮強度によって異なる。土圧

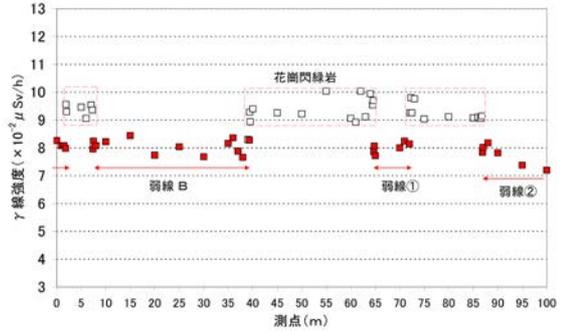


図-1  $\gamma$ 線探査結果（弱線B）

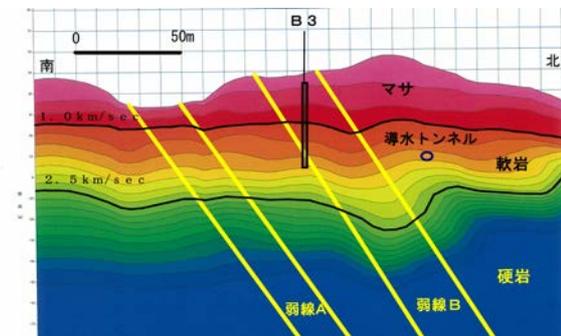


図-2 弾性波探査結果（花崗閃緑岩）

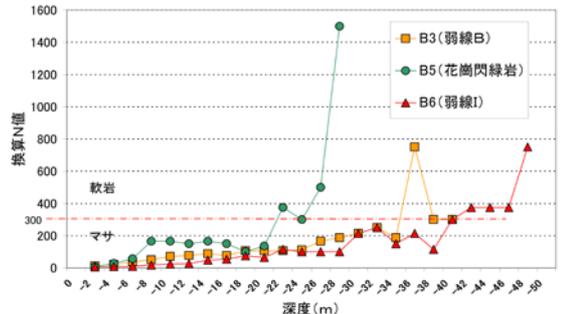


図-3 地質的弱線部のN値

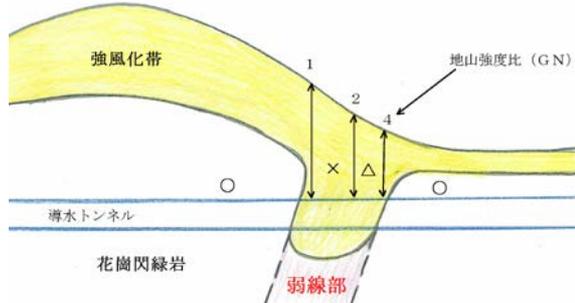


図-4 トンネル突発性崩落モデル

キーワード：トンネル突発性崩落 地質的弱線  
連絡先：別府市船小路町3-43 明大工業株式会社

$\gamma$ 線探査  
TEL 0977-24-1213 FAX 0977-24-8570

による地山を評価する指標としては、地山強度比が用いられている。地山強度比は、硬質塊状岩が分布する地山では風化変質部や破碎帯などの劣化部分における地山判定の指標として用いられる。上記のように弱線部で風化帯が落ち込む場合、同じ高さであっても地山の圧縮強度が異なると想定され、図-4に示した地山強度比を指標としたトンネル突発性崩落モデルが考えられる。

4. 地下壕におけるトンネル突発性崩落モデルの検証

地下壕に分布する地質は、第四紀中期更新世の日出火山を噴出起源とする日比ノ浦岩層なだれ堆積物である。当地に分布する変形帯と崩落箇所を図-5に、崩落状況を写真1に示した。A測線において、山中式土壌硬度計を用いて支持力強度を求めた結果を図-6に示す。岩層なだれ堆積物は、主に凝灰角礫岩とシルトから構成され、支持力強度は34~63kg/cm<sup>2</sup>とばらつくが、変形帯では22~24kg/cm<sup>2</sup>とばらつきが小さい。図-7にA測線における地山強度比と崩落箇所の対応を示した。崩落は、主に地山強度比が1未満の変形帯(標高16m以上)で発生している。



写真1 弱線部(変形帯)における崩落(A-50m付近)

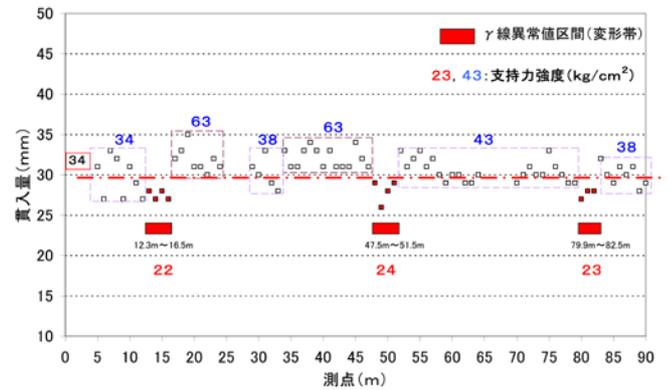


図-6 A測線における支持力強度

変形帯でも土被りが小さい区間(8.5m)では、崩落は生じていない。この事象により、崩落しやすい箇所は“変形帯で支持力強度が小さく、土被りが大きい箇所”と考えられるため、地質的弱線の調査は重要である。地質的弱線の分布・規模を把握する手法としてはγ線探査が有効である。

[文献]

- 1) 吉村辰朗・大野正夫：断層破碎帯における帯磁率異常に伴うγ線量の変化, 物理探査, 65, 3, 151-160, 2012.



図-5 変形帯分布と崩落箇所位置図

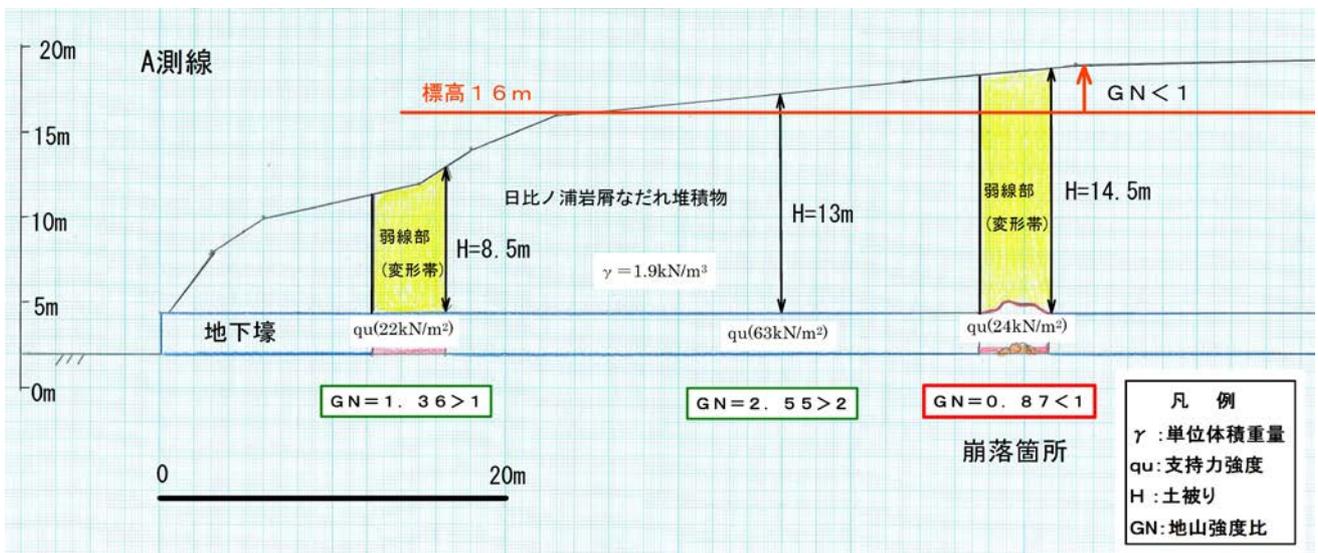


図-7 地山強度比(GN)と崩落箇所の対応(地下壕縦断面図)