

日本鉄道建設公団 正会員 笹尾 禎
 ㈱応用地質調査事務所 正会員 近藤 達敏
 ㈱応用地質調査事務所 ○正会員 阿部 求

1. 諸 言

軟岩トンネルにおける地山区分は、従来の区分によると細分化されていない場合が多く、軟岩トンネルの設計、施工を検討する上で問題が多い¹⁾。このことから上越新幹線中山トンネルにおいては軟岩の地山区分を切羽の自立時間に基つき細分化した。ここでは、この地山区分と、内空変位量から求めた地山のみかけ弾性係数との間の相関関係について述べる。

2. 小野上南工区の地質と施工上の問題点

小野上南工区における地質は新生代第三紀鮮新世の四方木果層の泥岩 (Sg) および第四紀洪積世の古期崖錐堆積層 (dto) からなり、これらを被覆して第四紀火山砕屑岩層が分布している。四方木果層泥岩および古期崖錐堆積層は一軸圧縮強度が30～60 kgf/cm²であり、湧水は認められない。第四紀火山砕屑岩層は未固結の凝灰角礫岩を主体とし、水圧20 kgf/cm²を有する滞水層となっている。図-1に小野上南工区における地質横断面図を示した。トンネルは基盤の泥岩中に位置しているが、高圧滞水層までの土かぶりには上半天端から10～20 mとなっている。泥岩中には断層が多く、断層沿いに地下水が浸透しやすくなっている。また、トンネル掘削による周辺地山のひずみの増大に伴い、高圧地下水がトンネルに向かって浸透してくることが考えられる。そこで、トンネル周辺地山の塑性化をできるだけ防止し、安全かつ経済的な施工を行うためNATMで施工された²⁾。

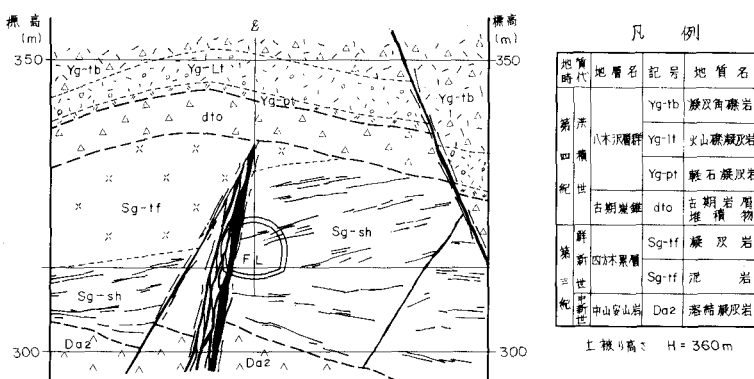


図-1 中山トンネル小野上南工区地質横断面図

表-1 小野上南工区における地山区分

3. 小野上南工区における軟岩の地山区分
 小野上南工区における泥岩は一軸圧縮強度が30～60 kgf/cm²、弾性波速度が1.0～1.3 km/secであり、国鉄の切取岩石分類では、すべて岩Iに含まれてしまう。しかし、施工時においては、切羽の自立性、坑壁の変形量、地山の物性値等にかんがりの変化が認められた。そこで、小野上南工区においては、導坑切羽の観察結果に基づき、切羽の自立性から地山区分を行った。表-1に地山区分表を示す。

地山区分	四方木果層 (Sg)				古期崖錐堆積層 (dto)			
	切羽の自立時間		記 事	切羽ホルト	切羽の自立時間		記 事	切羽ホルト
	なし	あり			なし	あり		
I	10分	1時間	○断層部分。 ○著しく粘土化する。		10分	1時間	○断層部分。 ○割れ目が多く、鏡 肌が著しく発達。	
II	30分	2～3時間	○断層破砕帯の部分。 ○鏡肌が多い。 ○一軸圧縮強度 qu=30～50kg/cm ²		30分	2時間	○基質が砂質である。 局部的にゆるい砂 層を挟む。礫は風 化しているものが 多い。 ○小断層が多い。	
III	1～2時間	4時間	○砂岩、泥岩。 ○風化、変色して おり軟質である。 ○割れ目間隔1m以 下。		該当なし。			
IV	4時間 以上	1日以上	○砂岩、砂岩、泥岩、 暗緑色凝灰岩。 ○新鮮、比較的新鮮 である。 ○割れ目少ない。 ○一軸圧縮強度 60kg/cm ² 以上		4時間 以上	1日以上	○基質は細粒凝灰岩 でありよく固結し ている。礫は新鮮、 堅硬なものが多い。	

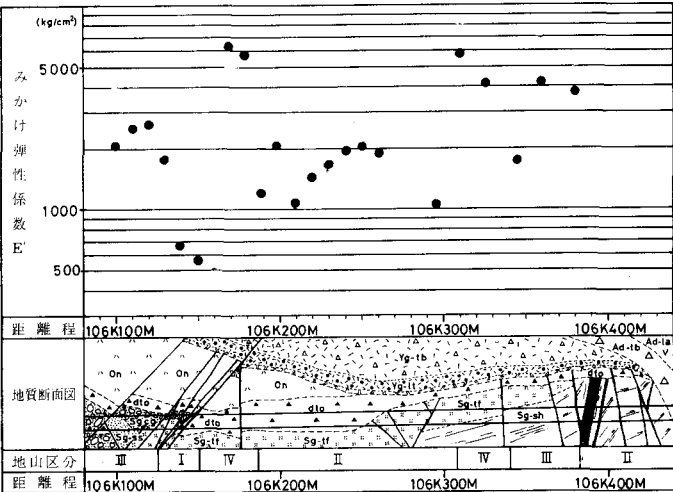
4. 地山のみかけ弾性係数

トンネル坑壁の変位量と土かぶり荷重、トンネル半径、地山の弾性係数との間には密接な関係があるものと考えられる。弾性地山においては、これらの間には次のような関係が見出せる³⁾。

Ua = (3ko + 1) (1 - ν²) $\frac{Po \cdot a}{E}$

Ua : トンネル壁面の変位量
a : トンネルの半径
E : 弾性係数
ν : ポアソン比
po : 土かぶり荷重

凡 例			
時代	地 層 名	記 号	岩 相
第 四 紀	緑 戸 安 山 岩 類	Ad-tb	凝 灰 角 礫 岩
		Ad-la	安 山 岩 熔 岩
	八 木 沢 層 群	Yg-tb	凝 灰 角 礫 岩
		Yg-la	安 山 岩 熔 岩
		Yg-lt	火 山 凝 灰 岩
		Yg-pt	軽 石 凝 灰 岩
古 期 崖 線 層 群	dto	凝 灰 岩	
	Sg-sh	凝 灰 岩	
第 三 紀	西 方 木 栗 層	Sg-tf	凝 灰 岩
	関 緑 ひ ん 岩 類	Dp	関 緑 ひ ん 岩



図－2 小野上南工区みかけ弾性係数分布図

ここで、簡単のためにみかけ弾性係数 E' を次のように定義する。

E' = $\frac{Po \cdot a}{Ua}$

図－2 にみかけ弾性係数の分布状況を示す。

表－2 は地山区分Ⅱに相当する泥岩における各種方法による弾性係数の比較である。内空変位量から求めたみかけ弾性係数と、F E M による等価弾性係数は比較的良好に一致している。このように簡単な計算により、地山の弾性係数を推定することが可能であり、しかもその値は比較的信頼性が高い。

図－3 は切羽の自立性による地山区分とみかけ弾性係数との関係を示す。切羽の自立性とみかけ弾性係数との間には良い相関関係が認められ、切羽の自立性が悪いものほど、地山のみかけ弾性係数が小さくなっている。すなわち、切羽の自立時間と内空変位量との間には反比例の関係が成り立つことがわかる。

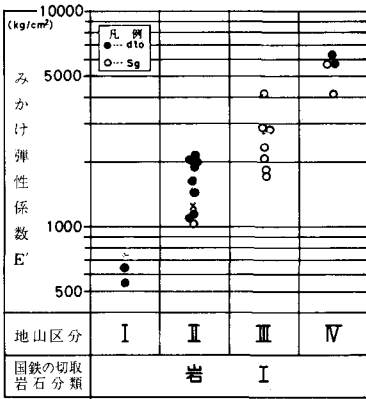
したがって、地山区分により、類似する地質についても事前に変位の予測がある程度可能になるものと考えられる。

〈参考文献〉

- 1) I T A 契約部会対策小委員会幹事会：トンネル地山評価の現状と問題点(1)、トンネルと地下、Vol 13、No 2、1982
- 2) 北川修三・近藤達敏・阿部求・上越新幹線中山トンネルの地質と施工上の問題点、第17回土質工学研究発表会、土質工学会、1982年6月
- 3) 近藤達敏・岡部幸彦・内空変位の実測値に基づくトンネル地山のみかけ弾性係数の評価、第37回年次学術講演会、土木学会、1982年10月

表－2. 弾性係数比較表

地山区分	み かけ弾性係数	(kgf/cm ²)	
		等価弾性係数	岩石試験弾性係数
Ⅱ	2100	1200	9000



図－3 地山区分とみかけ弾性係数 (× F E M による等価弾性係数)