

### III-113 土被り厚さと薬液の注入圧について

間組 技術局 正員 藤田 圭一  
 " " " " 上田 勝基  
 " " " " 下村 嘉平衡

#### 1. まえがき

湧水量が多く、崩壊性のある地山をトンネル掘削する場合、注入工法によつて強化、安定化させて掘削することがある。注入する材料や工法については理論的、実験的に解明された点も多いが、経験的な判断による場合もかなり多い。とくに薬液の注入圧については予測と実際とがかなり差のある場合がある。また一般に破碎帯では、岩盤の変質化用から岩盤としての性質よりむしろ土（場合により角レキ）としての性質の卓越する場合が多く、注入された結果をみると浸透注入より脈状注入が主体となつていていると思われる。本文では、既往の資料や施工実績から破碎帯やレキ層中のトンネル掘削に使用した注入を取り上げ、土被り厚さと注入圧について考察した。

#### 2 資料説明

資料は主として崩壊性のある地山中のトンネル掘削によるものであるが、中には断層破碎帯に遭遇し突発的な大出水のあつたものも含まれ、図-1、表-1に示した13ヶ所のものを収録した。断層破碎帯に遭遇したものは、その規模が厚さ10m～数10mに及ぶものがあるが、地山は粘土、シルト、砂などの土としての性格の卓越したものが多く、中には圧碎岩、亀裂の多い岩も含まれている。またレキ層中を掘削したものもあるが、そのほとんどが泥土を伴う湧水のため掘進を不能とさせたものが多い。亀裂の多い岩盤の場合は主として止水効果、粒土の場合は止水と強化を兼ねた地山の安定化を期待しているので、注入された材料は、MI、LWが主体となり、場合によつてはSS、ハイドロックを使用した例もある。注入方法は本坑正面からの前面注入が多いが、中には注入用作業坑を本坑に近接して掘削し、側方より注入した側面注入の例もある。

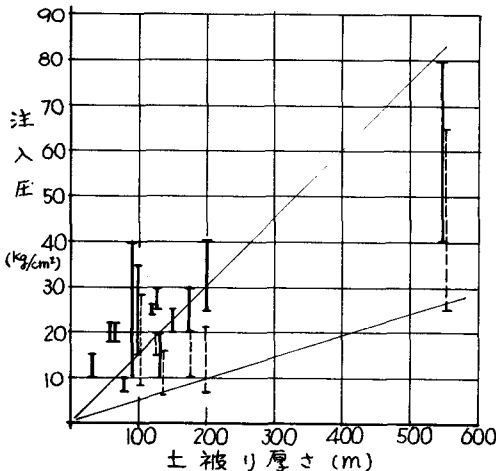


図-1. 土被り厚さと注入圧関係図

№	地点名	土被り厚さ	地質	湧水圧	注入圧	注入薬液
1	新幹線浦原トンネル	130(m)	レキ層	4 <sup>(kg/cm²)</sup>	10~20 <sup>(kg/cm²)</sup>	MI
2	東名 蒲原トンネル	80	角レキ		7~10	MI・LW
3	国鉄新深坂トンネル	150	亀裂岩		20~25	MI
4	阪神水道輸甲トンネル	120	マサ		25	MI
5	神戸工業用水トンネル	20~30	マサ		10~25	MI
6	親子滝トンネル	60	角レキ		20	MI・SS
7	富士川用水トンネル	80~90	レキ層		18~25 20~40	MI・LW
8	麻布トンネル	60	マサ		20	MI・LW
9	立山トンネル	550	マサ・角レキ	1.2~1.5	40~80	MI・LW
10	新幹線 鶴甲斜坑	120~130	マサ	10~13	25~30	MI・LW
11	" 芦屋斜坑	200	マサ	2.0	20~40	MI・LW・SS
12	国鉄 城山トンネル	100	マサ	6~7	15~35	MI・LW
13	洞母衣渡入路トンネル	175	粘土 石英質岩	1.0	20~30	ハイドロック

表-1. 資料一覧表

### 3. 注入圧に対する従来の考え方の例

注入圧は注入効果に与える影響が大きい、注入圧の決定には注入地点の地質やその性状、地下水、注入材の粘性やゲルタイム、その他の複雑な要素が関連し理論的な算定規準はない。岩盤に対しては実用的に実際に注入を行なつて岩盤の変位により決定する方法や、透水試験によつて決定する場合もある。岩盤に注入する場合の参考として

(イ) 岩盤のカブリ / m につき  $0.2 \sim 1.0 \text{ Kg/cm}^2$ 、 (ロ) 湧水圧 +  $(20 \sim 40) \text{ Kg/cm}^2$ 、

(ハ) 湧水圧  $\times 3 + (10 \sim 20) \text{ Kg/cm}^2$  (深い立坑開削の場合の例)

がみられるが、これらはいづれも岩盤のカブリや湧水圧の関数となつてゐる。しかしながら今回対象とした崩壊性のある地山に注入する場合は、上記の岩盤に注入する場合とかなり異なつた性格を持つものとする。

### 4. 資料の解析

図-1に示した資料のうち1例を除いては断層破砕帯への注入であり、地山は岩盤というよりはむしろ土として把握するのが合理的であると考え。したがつて注入材料の選定は比較的浸透性の良好なものを使用しているのは当然であるが、実際の注入状態は、浸透注入と云うより脈状注入が主体となつており、一種の圧密効果によつて土粒子のせん断抵抗力を増加させ、二次的に分岐、浸透した薬液が安定効果を助長している現象が見られる。

このような経過より考える場合、地山中に楔効果によつて割り込んで注入されると思われ、この抵抗にさらに湧水圧(地山中の水圧)が加味されると推定される。収集した資料のうち湧水圧の記録されているものは6例に過ぎないが、図中に湧水圧を差し引いた注入圧(点線)を記入した。この結果湧水圧を差し引いた注入圧  $P (\text{Kg/cm}^2)$  と土被り厚さ  $H (\text{m})$  との関係は

$$P (\text{Kg/cm}^2) = 0.05 \sim 0.15 H (\text{m}) \quad \text{または} \quad P (\text{t/m}^2) = 0.5 \sim 1.5 H (\text{m})$$

の関係が目安となる。

薬液の注入圧は地圧の初応力が一つの目安となると思われるが、垂直応力  $\sigma_v$ 、鉛直面上に作用する水平方向の直応力を  $\sigma_h$  とすれば、 $\sigma_v = \gamma h$ 、 $\sigma_h = K\gamma h$  と考えられる。シルトや砂質ロームにおける実測結果では  $K = 0.4 \sim 1.0$  程度が記録されている例から判断すれば、 $\gamma = 1.6 \text{ t/m}^3$  と仮定すると  $K\gamma = 0.6 \sim 1.6$  となり、注入圧と土被り厚さの関係を示す係数と良く一致する。この係数は、脈状注入される場合の初期圧力が静止土圧係数に近いような状態から、注入が進行するに従つて土の変位を発生し、注入圧が受動土圧係数の方向に上昇、移行するもののように思われる。

### 7. 参考文献

- 1 国鉄静岡幹線工事局 東海道新幹線工事誌 昭和40年3月31日
- 2 遠藤虎松・高山一郎 富士川用水導水トンネル工事について トンネル工学シリーズ-2 土木学会トンネル工学委員会編 1964. 8
- 3 本多文一 立山トンネル建設工事の計画と施工 土木施工 10巻12号 1969. 12
- 4 高山昭・桜井三男 山陽新幹線六甲トンネルの薬液注入 土木施工 1969. 11
- 5 宇野恒雄 湖西線の概要と城山トンネル破砕帯について 土木施工 1968. 12
- 6 和田芳平 御母衣発電所搬入路トンネル破砕帯処理工事 発電水力 1959. 7
- 7 伊藤富雄 土の静止係数に関する研究 土木学会 第12回年次学術講演会講演概要 1957. 6