

深層混合攪拌工法によるトンネル上部の地盤改良

日本道路公団 賛助会員 ○黒木 浩
日本道路公団 賛助会員 竹本 浩士
松尾建設（株） 後藤 峰孝

1. はじめに

米子自動車道は、平成 4 年に暫定 2 車線で開通したが、その後の交通量の増加により 4 車線化が決定され現在工事が最盛期を迎えている。このうち鳥居トンネルは、岡山県北部に位置する 6 4 2 m のトンネルであり、平成 1 2 年 1 月に北側から掘削を開始した。

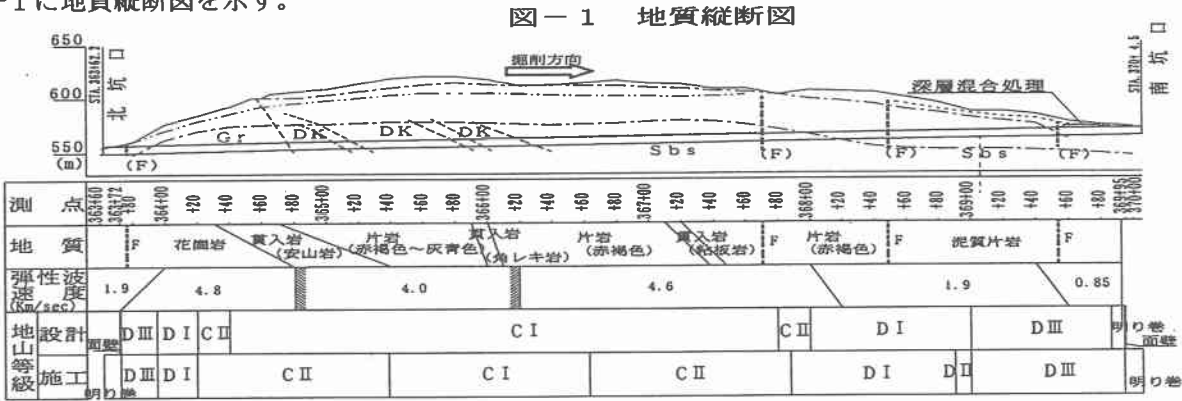
本稿では南側坑口付近の低土被り区間で遭遇した軟弱な地山に対して深層混合攪拌工法によりトンネル上部を地盤改良して掘削した結果について報告する。

2. 地形・地質

本トンネルは、岡山県と鳥取県の県境をなす蒜山三座の南方 6 ～ 9 km にあり、周辺は標高 7 0 0 m から 8 0 0 m の稜線が屈曲しながら東西に連なっている。この稜線の鞍部にあたる標高 6 0 0 m の鳥居峠の直下を峠に並行してトンネルが位置する。

地質は、古生代に形成された各種の岩石が、主に二疊紀～三疊紀に変性作用を受けて生成した三郡変成岩の片岩類を基盤岩としている。トンネル北側ではこれに貫入岩として、花崗岩や安山岩が存在する。

図一 1 に地質縦断図を示す。

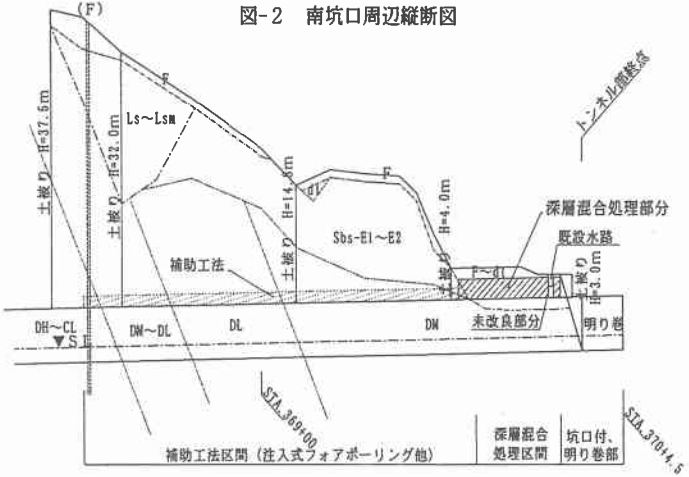


3. トンネル工事概要

本トンネルは、掘削断面 7 5 m² の道路トンネルである。掘削は発破工法で、補助ベンチ付全断面工法により施工を進めた。北側の貫入岩類の掘削は順調に進んだが、片岩類の区間では進行とともに風化が著しくなり、南側約 1 5 0 m 間は土砂状の地質となり、注入式フォアボーリング等の補助工法を併用するとともに、上半先進ベンチカット工法とした。

4. 低土被り区間の対策

図一 2 のとおり、南側坑口に近づくに従って土被りは浅くなり、坑口周辺では約 6 m から 3 m となっている。地すべり地形であり、調査ボーリングを実施したところ坑口から約 4 0 m 間において地表面よりトンネル天端ないし肩口の高さに N 値 2 0 以下の土砂混じり粘土層及び粘土混じり砂礫層（崖錐層）の分布がみられた。この軟弱層はその下層の軟岩層と明確な境界を生じている。当初設計では、この間は D III a - W - B であり、これに補助工法を併用すること



により施工可能と判断された。しかし、低土被りであるため開削工法も含めて工法を検討し、施工の確実性、経済性から深層混合攪拌工法により軟弱層を地盤改良することとした。

1) 設計条件

設計基準強度	$F_c=1,000\text{KN/m}^2$	施工事例やトンネル坑口部での改良土（ソイルセメント等）の施工実績による。
改良率	$A_p=90.6\%$	改良体の下部をトンネル掘削するという目的から「千鳥接円配置」により、掘削時に天端部分の抜け落ちを防止する。

2) 改良断面の決定

改良断面は、塑性領域理論に基づき、塑性領域Rを求め、改良範囲とした。

これによる支保パターンの例を図-3に示す。

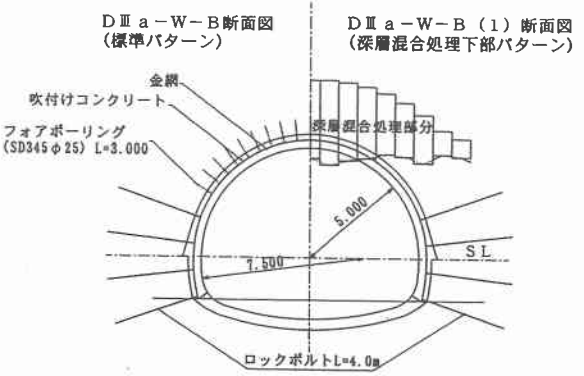
3) 工法 アスコラム工法（スラリー系：CDM工法）

4) 注入液 使用固化材 高炉セメント

配合 (対象土量 1 m³当たり/暫定配合)

固化材使用量	350	kg/m ³
水セメント比 W/C	100	%

図-3 支保パターン図



5. 地盤改良の効果

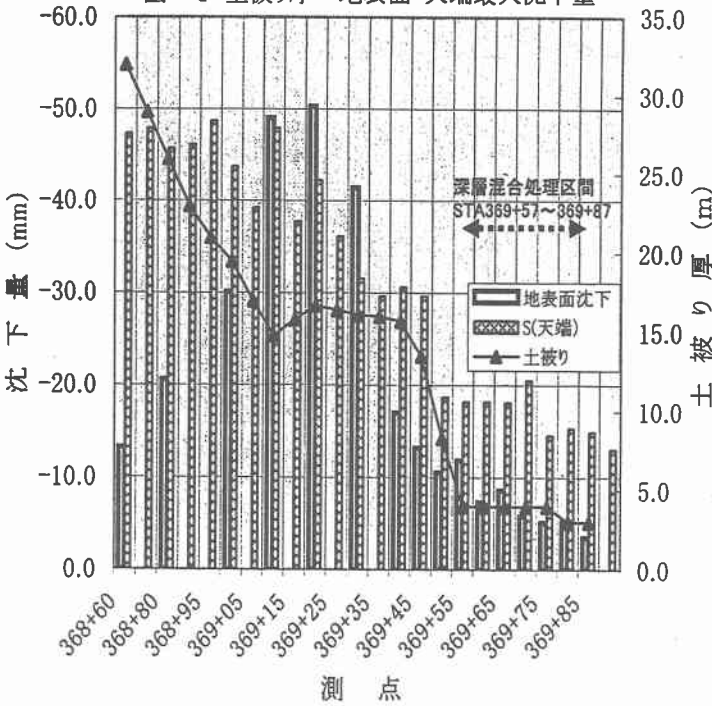
1) トンネルの施工

地盤改良区間以前は、DⅢ-a-Bの支保パターンに補助工法として注入式フォアボーリング、核残しを行い、切羽が自立しない場合は、さらに鏡ボルトを追加して慎重な施工を行ってきた。しかし地盤改良区間に近づくにつれ天端周辺からの小崩落もなくなり、切羽が安定してきた。地盤改良区間では注入式フォアボーリングは不要となり、DⅢ a-W-B(1)として天端周辺のパターンボルト（充填式フォアボーリング）を省略した。改良体より下部の切羽は従前と同様の土砂化した泥質片岩であったが核残しのみで順調な掘削ができた。

2) 計測結果

土被り厚と地表面沈下量及び天端沈下量の動向を図-4に示す。なお掘削は図の左から右に向かって行っている。土被りの低下に伴って地表面沈下が増大傾向にあり、天端沈下は高い値であるが漸減傾向にある。しかし土被りが極端に減少し、地盤改良を実施した区間に接近するに従って地表面沈下・天端沈下とも減少しており改良効果が現れている。

図-4 土被り厚・地表面・天端最大沈下量



6. まとめ

深層混合攪拌工法は、トンネル掘削の補助工法とは異質なものであるが、今回のような低土被り区間で現場条件により開削工法が採用できない場合には、トンネル内の補助工法よりも経済的であり、工法として有効であることが確認された。

参考文献 中濱ら：土木施工39巻3号（1998.3）