

C J G工法によるトンネル坑口部 支持地盤補強

西田 幸彦*
Yukihiko Nishida

藤井 哲*
Satoshi Fujii

盛重 知也**
Tomoya Morishige

1.はじめに

本報告は、明神トンネル（仮称）本体建設工事起点側坑口部において、支持力対策として施工した高圧噴射攪拌工（Column Jet Grout）について述べるものである。

2.工事概要

主要地方道大子・黒羽線は、茨城県大子町と栃木県黒羽町を結ぶ幹線道路である。そのうち栃木県黒羽町須佐木地区から須賀川地区間の明神峠付近は、交通の難所であり、冬季の交通に支障をきたしている。このため、利便性と安全性の向上および交通時間の短縮を主目的として、総延長2,100mの道路改良計画が策定された。

本工事は、このうち819mのトンネル部を施工するものである。

工 事 名：主要地方道 大子・黒羽線
明神トンネル（仮称）本体建設工事
企 業 先：栃木県
工 事 場 所：栃木県那須郡黒羽町大字須佐木地区内
工 期：自）平成 9年 3月16日
至）平成 12年 1月31日
J V 構 成：西松（60%）竹中土木（40%）
工 事 内 容：トンネル施工延長 819.0m
掘削断面積：73.6m²～99.5m²
掘削工法：上半先進ショートベンチ工法
掘削方式：発破掘削（タイヤ方式）

3.地質・地形

起点側坑口部は、三方からの谷地形の中央に位置し、低土被り（最小約2.5m）で県道を2箇所横断する。この付近は、県道改良時（昭和62年）に広範囲にわたり表

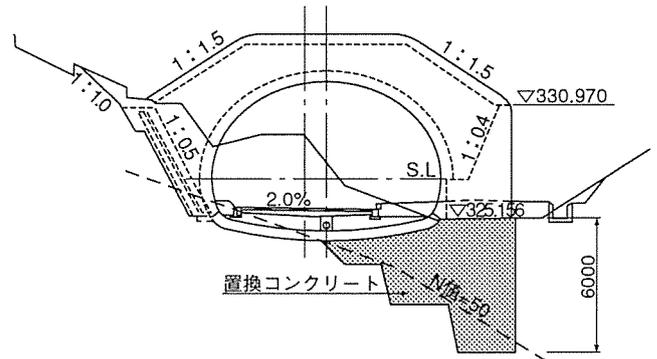


図-1 坑口断面図

層地すべりが発生したため、大型ブロック（高さ約10m）と法枠工（勾配1:1.5）による斜面の安定工が施されている。一方当該付近の地質は、斜面崩壊時に発生したと思われる崩積土および現道復旧のための盛土が数mの厚さで分布している。本トンネルは、前述の抑止対策工に対しほぼ中央部を掘削するものであり、トンネル掘削により地すべり、斜面崩壊等を誘発することが懸念された。

4.坑口部施工方法の選定

起点側坑口部の基盤岩は粘板岩であると推定されていた。しかしこの粘板岩はトンネル横断方向および軸方向に傾斜しており、トンネル計画下面に出現しない区間が存在する。この部分については、原設計では置換えコンクリート工が採用されていた（図-1参照）。この原設計における置換え工の規模は大きく（掘削深6.0m）、切土を伴うこととなる。

坑口上部の地形・地質的な状況から判断して、置換えコンクリートのための切土を行うことによって、坑口上部の斜面崩壊、さらには既崩壊部の再活性化を引き起こすおそれがあると考えられ、切土を伴わない支持地盤補強が求められた。そこで支持地盤補強対策としてC J G工法を採用した。

5.高圧噴射攪拌工（C J G）の施工

(1) C J G工法の概要

本工法は超高压水（40N/mm²）と圧縮空気を併用して地盤を切削しつつ、後れてセメント系グラウトを低圧充填する。土質、N値によって違いはあるが、直径1.5～2.0mの円柱状の改良体で地盤を置き換える工法である。一般的に地盤の補強や止水を目的として利用される。

*関東（支）明神トンネル（出）

**土木設計部設計課

表-1 C J G工標準設計数値

タイプ		①	②	③	④	⑤	⑥
N 値	砂質土	$N \leq 30$	$30 < N \leq 50$	$50 < N \leq 100$	$100 < N \leq 150$	$150 < N \leq 175$	$175 < N \leq 200$
	粘性土	—	$N \leq 3$	$3 < N \leq 5$	$5 < N \leq 7$	—	$7 < N \leq 9$
有効径 (m) (z:施工深度)	$0 < z \leq 30\text{m}$	2.0	2.0	1.8	1.6	1.4	1.2
	$30 < z \leq 40\text{m}$	1.8	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0
単位引上げ時間 (分/m)		16	20	20	25	25	25
硬化剤単位吐出量 (ℓ/分)		0.18	0.18	0.18	0.14	0.14	0.14

(2) C J G の設計

①有効径

改良体の有効径は、対象土が $30 < N \leq 50$ の砂質土であることから、表-1より $\phi 2,000\text{mm}$ とした。

②置換率

当現場におけるC J Gは、確実な支持層である $N=50$ より上部の地盤をN値50相当の変形係数が得られるように配置した。このために必要な置換率は下記の通りである。

・必要置換率の算定

$N=50$ 支持地盤の変形係数は、道路橋示方書より

$$\begin{aligned} E_0 &= 28 \times N \\ &= 28 \times 50 \\ &= 1,400 \text{kgf/cm}^2 \end{aligned}$$

C J G改良体の弾性係数

$$\begin{aligned} E &= 3,000 \text{kgf/m}^2 \text{ であることから} \\ \therefore \text{必要置換率} \quad \alpha &= E_0/E = 1,400/3,000 \\ &= 0.47 \end{aligned}$$

③配置

構造物の支持面積に対して、上記で定めた必要置換率を満足するようにC J G改良体を配置する。しかし、インバート部については基盤岩の状況に応じて改良範囲を設定しているため、画一的な配置を行うことは不経済であると考えた。よって、インバート部については、C J Gの支持盤補強効果を最大限に発揮させるように任意に改良体を配置し、上記置換率の照査を行った。

6.施工結果

削孔本数27本、改良体造成長120mの施工を足場設置から撤去まで約20日で完了した。

改良体の一軸圧縮強度の平均値は 6.8N/mm^2 であり、目標強度である 3.0N/mm^2 を充分満足するものであった。

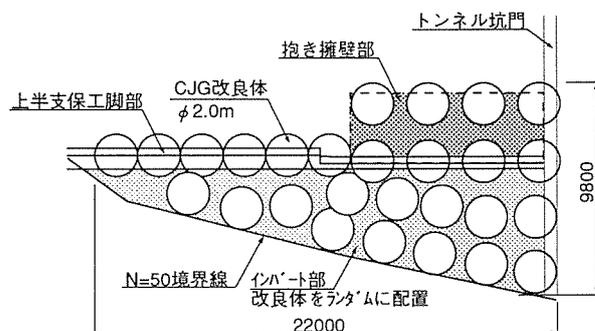


図-2 C J G配置図

7.まとめ

原設計（置換えコンクリート）と比較した得失を述べる。

【長所】

- 切土を回避できるため、法面对策を必要としない。特に当現場のように切土を行うことによって、斜面の崩壊が懸念されるような状況においては非常に有効である。
- 必要とされる支持地盤強度に対して、置換率を変えることにより経済的な施工が可能である。

【短所】

- 改良対象土中に転石等が存在する場合、十分な改良体が形成されない。
- 産業廃棄物（汚泥）が発生する。
- 改良径の確認が施工中には難しい。

開削を必要としない利点がある反面、土質状態によって得られる改良径が異なることもあり、改良径の確認が困難であることから、確実な支持地盤の改良という点では問題点が残る。そのために、事前のボーリング調査を充分行い、地質状況を把握すること、また試験施工を実施し改良径を確認する等の事前準備が重要となる。

ただし、現在上部の構造物は支障もなく完成し、その施工性の良さ、安全性の高さは企業先からの評価も高く、経済性にも優れた支持地盤対策工であると考えている。