

C J G工法によるトンネル坑口部支持地盤補強

西松建設株式会社土木設計部

盛重知也

西松・竹中特定建設工事共同企業体

藤井 哲

西松・竹中特定建設工事共同企業体

西田幸彦

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削り口部において、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

茨城県大子町と栃木県黒羽町を結ぶ幹線道路である主要地方道大子・黒羽線において、総延長 2,100m の道路改良計画が策定され、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内

工 期：自) 平成 9 年 3 月 16 日

至) 平成 12 年 1 月 31 日

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）

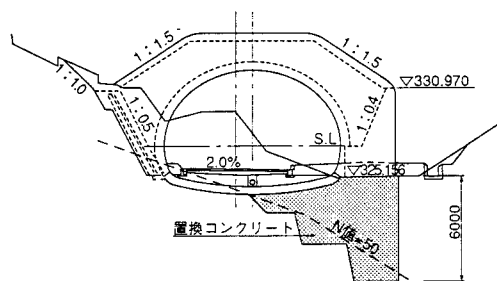


图-1 坑口断面

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及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計画となっている。

4. 坑口部施工方法の選定

起点側坑口部の基盤岩である粘版岩はトンネル横断方向及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り、一般的に地盤の補強や止水を目的として利用される。

(2) C J G の設計

①有效径

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。

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

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。

$N=50$ 支持地盤の変形係数は、道路橋示方書より

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

C J G改良体の弾性係数

$$E = 3,000 \text{kgf/m}^2 \quad \text{であることから}$$

$$\begin{aligned}
 \therefore \text{必要置換率} \quad \alpha &= E_p / E = 1,400 / 3,000 \\
 &= 0.47
 \end{aligned}$$

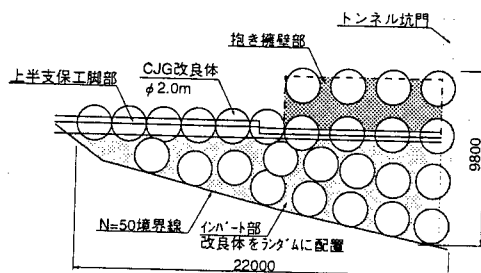


図-2 C J G配置図

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 を満足するものであった。

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

土質状態によっては、確実な支持地盤の改良という点では問題点が残るため、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。

キーワード：C J G、コラムジェット、高圧噴射かく作工、トンネル坑口、支持地盤補強

連絡先：東京都港区虎ノ門 1-20-10 TEL 03-3502-7637 FAX 03-3502-0228