

III-288 超高压喷射搅拌工法による変位抑制対策(その2, 施工)

建設省 東京国道工事事務所
三井建設(株)
三井建設(株)

宮崎今朝夫
岩井 亮
正会員○山本 良男

1. はじめに

中佐久間トンネルでは、破砕帯部における変位抑制対策として超高压喷射搅拌工法(RJP工法=Rodin Jet Pile, 以下,RJP工と呼ぶ)を採用し、この区間を無事通過することができた。

RJP工とは、従来から多く用いられているジェットグラウト工法より喷射圧力が400~600kgf/cm²と高く、超高压水噴流流体、ならびに中高压硬化材噴流流体と空気噴流流体を多重管ロッドの先端に装着したモニターから喷射し、回転しながら引き上げることにより、地盤中に円柱状の改良体を造成する地盤改良工法である。

本報ではRJP工の試験施工、本施工の結果について報告する。

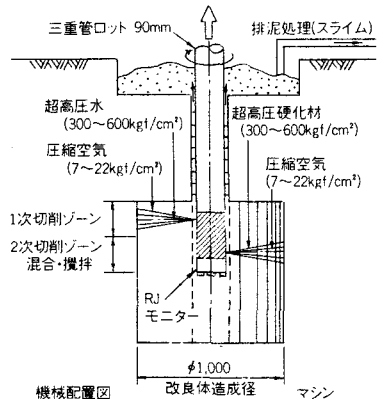
2. 試験施工

本改良は、第三紀層の粘土化した風化泥岩中に杭体を造るものであるから、表-1に示す5ケースについて試験施工を実施した。その結果、V₁、V₃タイプでφ1,000mmの良好な改良体が得られたので、本施工では経済的なV₃(φ1,000mm, 改良強度σ_γ=16.0kgf/cm²)タイプを採用した。

標準配合, 施工仕様を表-3~4に示す。

表-1 試験施工タイプ

TYPE	施工角度(°)	施工長(m)	引上時間(分/m)	喷射量(ℓ)	圧力(kgf/cm ²)
V ₁	90	1.5	30	3,375	500
V ₂	90	1.5	20	2,250	500
V ₃	90	1.5	20	2,250	600
V ₄	90	1.5	10	1,125	500
S ₁	62	4.0	15	6,000	500



機械配置図

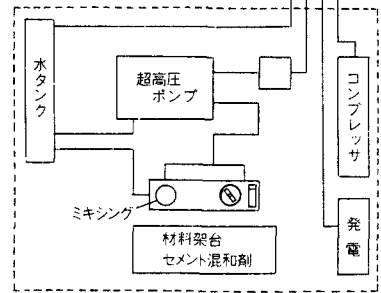


図-1 RJP工施工模式図

表-2 改良体強度

TYPE	V ₁	V ₂	V ₃	V ₄
圧縮強度 σ _γ (kgf/cm ²)	20.0	採取不可	16.0	—

3. 本施工

(1) プラント設備

改良対象箇所は起点側坑口より約250~280m入った上半であったが、プラント(主として高压ポンプ)から発生する排気ガスとセメントサイロからの粉塵を考慮して坑口付近にプラント設備を設置した。

(2) 改良体造成

施工位置が上半支保工の脚部であり、支保工変位抑制とカバーロックを兼ね、上半盤を吹付コンクリート(t=20cm)にて仮閉合した。また、スライムが排出され易いように施工前に仮閉合部をφ100mmで先行削孔した。改良体の施工は改良体強度の立上りを考慮し、2列(設計編参照)を1列ずつ5m間隔で実施した。

表-3 標準配合

品名	数量
早強セメント	760kg
流動化材(ロジェイド)	6kg
水	756kg
計	1,000ℓ

(1m³あたり)

表-4 施工仕様

項目	仕様
喷射圧力 kgf/cm ²	600
ロッド回転数 r・p・m	3~7
引き抜き速度 分/m	20
喷射量 ℓ/m	1,400

4. 施工時の問題点

(1) スライムの排出管理

当工法や類似する工法においては多量のスライムが発生する。当工法においては、スライムの発生量の多くはロッドに沿って上昇し、外部に排出される。しかし、一部のスライムは削孔により取り込んだ粘土を含み、ロッド周辺を閉塞させ、孔壁周辺の強度の低い方向に逸走する。この逸走したスライムが上半仮インバート部の仮閉合の破損、側壁部への荷重の増加につながることから、スライムの排出が施工管理上最も重要な問題である。これに対する対策としては、側壁、インバート部にφ100mmの排泥の排出孔を事前に設置した。しかし、注入初期の段階ではグラウトが地中で脈状に逸走し、排泥が、注入箇所より10m以上離れた箇所より確認された場合もあった。施工中のトラブルの大半はスライムの排出状況が悪いため、再三にわたり、ロッドを引き抜かなければならなかったことである。

(2) 圧力管理

噴射圧600kgf/cm²での実施工は国内ではほとんど例がなく、プラントと注入箇所間での圧力損失、閉塞時の圧力上昇に伴う圧送ホースの破損、施工基面付近での施工性等が懸念された。施工の結果、配管による圧力の低下はほとんど確認されなかった。また、圧力上昇によるホースの破損については配管途中に1箇所強度の低いホースを設置し、ヒューズの役目をさせた。

(3) 施工中のトンネル支保工の沈下と水平変位

施工中、注入箇所では削孔に伴う応力解放によるトンネルの変位が予想された。対策として、注入箇所を分散するためその日の施工間隔を5mとし、また、改良体の初期強度を上げるために早強セメントを用いた。測定の結果、全区間施工完了後の支保工脚部の沈下は最大50mm、水平変位は最大20mmであった。

(4) 改良体造成で脚部拘束による影響

改良体の造成によって上半脚部が拘束され、作用荷重が増大し、一次支保の変状が懸念された。計測結果では、RJP工完了後の下半掘削による変位は天端沈下、内空変位とも20mm程度であった。また、一次支保の応力は、RJP施工後下半掘削でもほとんど増加は認められなかった。

以上の結果より、施工時の変位は大きいものの、下半掘削に対する変位拘束としての効果は非常に大きいものと考えられる。

5. 今後の展望

トンネルの変位抑制対策工として高圧噴射攪拌工法を用いたのは、我国では最初であり、施工面での参考例は皆無であった。今後、本工法が設計時点で採用されるならば、次の点を考慮する必要がある。

- ① 注入、排泥孔の事前施工（吹付コンクリート施工時に箱抜き）
- ② 仮インバートコンクリートの強化（注入箇所を溶接金網等で補強）
- ③ グラウト材が脈状に入った場合の支保への影響
- ④ 土被りが薄い場合、地表からの施工についての検討

また、RJP工法の今後の課題としては次の点が考えられる。

- ① 施工時の沈下（変位）の低減
- ② 当工法の理論的な設計方法の確立
- ③ 資機材のコンパクト化によるトンネル掘削との併行作業化

（この場合、RJP工は切羽前方への斜め打ちとなる）

- ④ 噴射圧力の改善による改良体径、強度等、経済性の向上

なお、本変位抑制対策の設計、施工にあたっては、長友茂樹氏（（株）構造技術センター取締役本部長）に御指導頂いた。

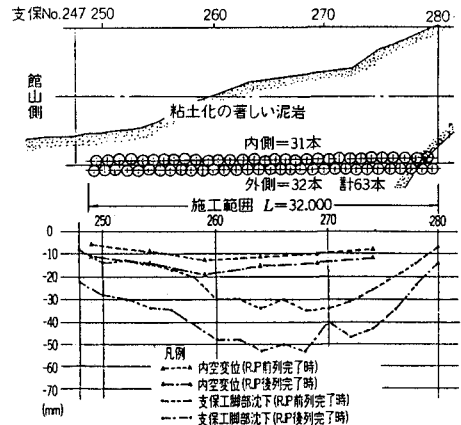


図-2 施工時の変位