

トンネル覆工背面空洞への可塑性エアモルタルの注入について

静岡県土木施工管理技士会 島田支部

株式会社 グロージオ

土木部 田丸 司

技術者番号 203863

工事名 平成 29 年度 [第 29-I6280-01 号] (主) 島田川根線 防災・安全交付金
(県道トンネル修繕(本体工)) (新鍋島トンネル本体修繕工事)

工事場所 島田市 身成川口 地内

工期 平成 29 年 10 月 2 日～平成 30 年 6 月 29 日

発注者 静岡県島田土木事務所 工事第 1 課

工事内容 トンネル補修工
裏込注入工(可塑性エアモルタル)
注入管削孔・設置工 67 孔
可塑性エアモルタル注入工のみ 260 m³
排水管渠補修工 19 m
滞水対策工 14 ヶ所

1. はじめに

当工事は、島田川根線上の新鍋島トンネル(延長 L=739m)の補修工事である。

- ・覆工及び監査廊下部の排水管渠に外力性のひび割れ
- ・覆工背面に 30cm 以上の空洞、及び、30cm 以下の覆工厚

が確認されているため、トンネルへの外力対策として、可塑性エアモルタルによる裏込注入を実施したものである。

2. 検討事項と対策

(1) 試験練りに伴う可塑性エアモルタルの配合決定について

【検討事項】

可塑性エアモルタルにはカタログ標準配合があるが、砂の比重が産地により変わるため、プラント製造の 1:2 モルタル（セメント・砂・水）の配合を微調整する必要があった。

【対 策】

以下の条件を満たすよう、セメント・砂・水の重量を調整した。

- ・水、砂、セメントの総体積を変えない。
- ・セメントと砂の重量比を変えない。
- ・水セメント比を上げない。

※結果、エアモルタル比重は 0.01 変わりました。

(2) 注入孔の削孔位置の決定について

H27 年度のトンネル調査・設計業務委託の報告書にある電磁波レーダー探査結果（覆工背面空洞状況の探査結果）に基づき、注入対象とする覆工スパンと注入孔位置について精査した。

【検討事項】

注入孔位置の決定にあたり、注入孔の削孔間隔を設計通りに設けると、電磁波レーダー探査結果上では空洞がない位置に注入孔を設けることになる箇所も散見された。

なお、注入孔は注入対象とする覆工スパンに対し、縦断方向に 3 列（千鳥配置）設ける必要があった。

【対 策】

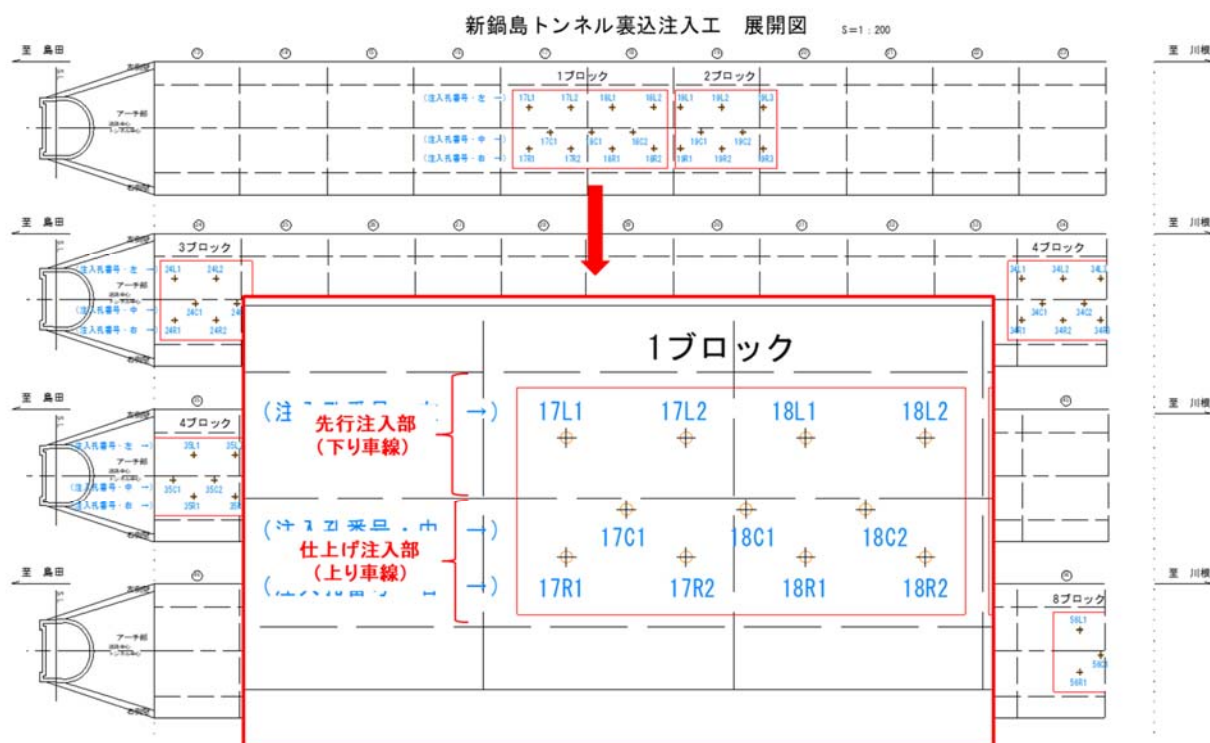
注入孔の削孔位置については、電磁波レーダー探査結果にある大きな空洞の位置に合わせ、任意の間隔で注入孔を設けるべきとも考えたが、協議の結果、探査結果では空洞が無いように見えても、大きな空洞を含むエリアには注入およびリーク確認に最低限必要な空洞厚を確保できると考え、当初設計通りの 2.5m 間隔で注入孔を削孔・設置することに決まった。

(3) 想定注入量算出と注入ルールについて

【検討事項】

注入は先行注入部（下り車線）と仕上げ注入部（上り車線）に分けて施工する。

注入孔の1横断列ごとに、「先行注入部」と「仕上げ注入部」に分けて想定注入量を決めた上で、実際の施工時の注入管理ルールを定める必要があった。



【対策】

① 想定注入量（先行注入部、仕上げ注入部）の算出

注入孔の所定位置を削孔後、空洞厚を検測し、想定注入量を算出した。

・ 先行注入部（下り車線） ※次頁の b 項参照

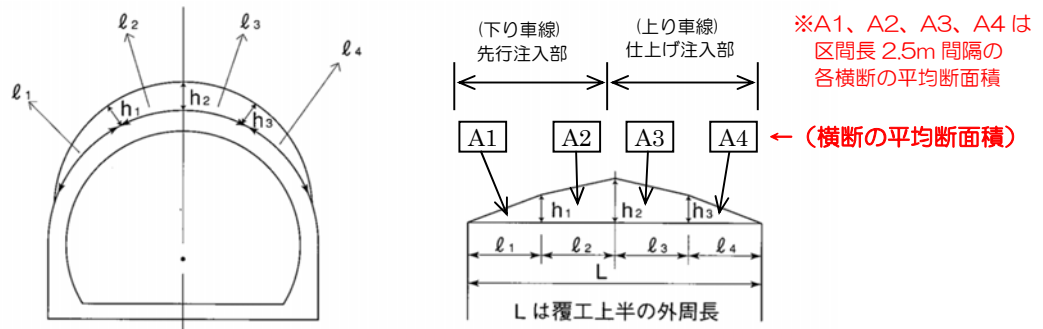
定量注入を目的とし、1孔ごとに定量注入量を決めた。その際、先行注入時に反対車線への不測の材料漏出を避けるため、先行注入部の想定注入量の半分を定量注入量とした。なお、先行注入は、次工程で上り線から注入時の反対車線（下り線）への材料漏出防止の目的も兼ねている。

・ 仕上げ注入部（上り車線） ※次頁の c 項参照

背面空洞に対する完全充填を目的とし、全体（上下車線）の想定注入量から定量注入量（先行注入部）を差し引いたものを仕上げ注入部の想定注入量とした。

【※「可塑状空洞充填材 エアパック工法 技術資料（改訂第3版）」に準拠】

空洞断面面積の算出は下図に示す平均断面法で求める。



$$\text{空洞断面面積} = 1/2 [\ell_1 \times h_1 + \ell_2 \times (h_1 + h_2) + \ell_3 \times (h_2 + h_3) + \ell_4 \times h_3]$$

(※横断方向の延長は $\ell_1=3.0\text{m}$ 、 $\ell_2=2.5\text{m}$ 、 $\ell_3=2.5\text{m}$ 、 $\ell_4=3.0\text{m}$ とする。)
 (※注入ブロック毎の区間長は、初端から終端の注入孔までの距離とする。)

a. 全体の想定注入量

注入範囲 (A1、A2、A3、A4) における想定注入量。

b. 先行注入部の定量注入量

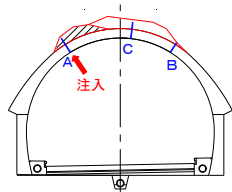
注入範囲 (A1、A2) における想定注入量の半分。

c. 仕上げ注入部の想定注入量

「a. 全体の想定注入量」から「b. 先行注入部の想定注入量」を差し引いたもの

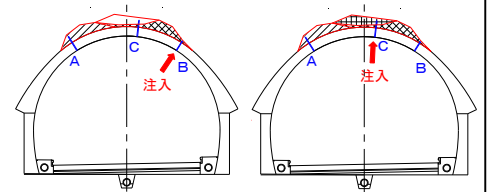
② 注入ルール決定

(下り車線) ※注入孔は縦断方向に1列
「b. 先行注入部の定量注入量」で注入管理



- 定量注入量の注入を目的とします。
- 定量注入量の注入完了後、作業終了前のバルブ撤去時に、注入パイプ内の材料が落下した場合、注入パイプ天端にまだ空洞があると判断し、再注入します。
- 定量注入量に達する前に、注入圧力の昇圧（初期圧+0.2MPa）後、一定時間注入が確認できない場合、注入完了とします。

(上り車線) ※注入孔は縦断方向に2列
「c. 仕上げ注入部の想定注入量」で注入管理



- 空洞に対する完全充填を目的とします。
- 想定注入量の2倍以上の注入量を確認した場合、覆工面及び周辺の異常の有無を確認します。(チェックリスト作成)
覆工面の異常、クラックや目地部からの予期せぬリーク、及び注入圧の異常な変位が確認されなければ、引き続き注入します。
- 隣接孔からリーク及び注入圧力が昇圧（初期圧+0.2MPa）後、一定時間注入が確認できなくなるまで引き続き注入します。
- 想定注入量の3倍以上の注入量を確認した場合、担当監督員と電話連絡等にて協議します。
- なお、各注入ブロックの始末端の注入孔から注入する場合、空洞がブロック外方に隣接していると思われるため、想定注入量の3倍以上注入される可能性が高い。

(4) 裏込注入施工時の品質管理について

裏込注入工施工時の日常品質管理と注入管理項目について実施事項を記す。

【実施事項】

① 日常品質管理

エアパック（可塑性エアモルタル）品質管理

注入材は注入開始前に以下の品質管理項目を確認してから注入を行います。

液	試験項目	規格値	測定頻度	備考
A液	生比重	1.15±0.05	午前1回	セメント比重、砂比重により決定する
	空気量 (%)	43±5	午前1回	
A+B液	フロー値 (mm)	80~150	午前1回	
	一軸圧縮強度 (N/mm ²)	1.5N/mm ²	施工日毎1回	

A液：エアモルタル、A+B液：可塑性エアモルタル

② 注入管理

- ・ 流量計を使用し、可塑性・エアモルタルの注入量及び注入圧を管理し、チャート紙に時系列で印字記録する。
- ・ 施工者の確認事項としては、前出の(3)②項の注入ルールに従い、注入孔ごとに注入口元の圧力計の確認、注入量の確認、リークキャップへのリーク有無の確認を実施した。

(5) 気泡群を投入したミキサー車の清掃について

【検討事項】

今回は施工量の関係上、エアモルタル製造にあたり、気泡群をミキサー車に直に投入したが、気泡が多く出るためプラントでミキサー車を洗えないという問題があった。

【対策】

- ① 現場でミキサー車を洗う設備を整えた。（汚濁水回収・水槽 5m³×2基）
- ② 汚濁水のpH処理の実施。汚泥分析を経て汚泥処理の実施。

3. おわりに

裏込注入工の施工にあたり、「削孔した孔からの土砂の流出」や「覆工面からの材料の漏出」を懸念し、全面通行止めにしないと施工できないのでは？と悩んだこともあった。

しかし、可塑性エアモルタルの注入についての施工標準は確立されており、注入口の構造・可塑性エアモルタルの特性・先行注入（定量注入）の目的等を理解すると、日常品質管理を確実にし注入ルール通りに施工すれば、施工可能であることを理解した。

結果、不測の材料漏出もなく、無事に工事完了できた。目に見えない覆工背面に注入される可塑性エアモルタルの特性を理解・イメージしつつ施工できたことは良い勉強になりました。