

山住トンネルにおける粉じん対策の取組について

長野県 大町建設事務所
株式会社 間組

要 旨

トンネル工事では従来から坑内に粉じんが滞留し易く、この粉じんを長年吸い続けた作業員にじん肺患者が多発し、年々増加している状況にある。近年アスベストを含めた粉じんは大きな社会問題にもなっており、『設計等の業務委託と請負工事との連携を図るモデル事業』として当現場において粉じん対策を行う際の課題を検討するために『山住トンネル粉じん対策技術検討会議』が発足した。その会議において全国トンネルじん肺根絶弁護団及び原告団との協議を踏まえ、ガイドラインにおける濃度目標レベルをクリアするため、発生源対策や設備・保護具の検討等、様々な粉じん対策を実施した。

目 次

1. まえがき
2. 工事概要
3. 粉じん対策会議
4. 現場での取組・対策
5. 粉じん濃度等の測定
6. あとがき

1. まえがき

当該箇所は、一般県道川尻小谷系魚川線が国道148号線に取り付く要点であり、県道沿いの集落の住民が小谷村中心部へ出るための唯一のルートである。積雪が3.0～4.0mにも及ぶ全国でも有数の豪雪地帯で、生活道路確保のため昭和33年に鉄筋コンクリート製のスノーシェッドが設置されていたが、近年老朽化が著しく幅員も狭小なため信号機による片側交互通行を余儀なくされている。

本工事は、既設スノーシェッドの修繕と併せて幅員の確保を検討した結果、トンネル案が得策であるとして、平成16年度に国補地方道路交付金工事として発注したトンネル工事である。

山住トンネルは、工事発注にあたり、『設計等の委託業務と請負工事との連携を図るモデル事業』として、『山住トンネル粉じん対策技術検討会議』が発足、着手前・施工時・貫通後のそれぞれの時期に開催され、粉じん対策における技術上の問題点を検討してきた。ガイドライン粉じん濃度目標レベルと会議での提言をクリアするために作業所で実施した対策と結果についてここに報告する。

2. 工事概要

工事名称：平成16年度地方道路交付金(雪寒・防雪)工事
箇所名：(-)川尻小谷系魚川線 北安曇郡小谷村
山住トンネル

発注者：長野県

工期：平成16年12月22日～平成18年10月31日

請負金額：840,440,000円

工事内容：トンネル工 L=401.0m W=6.0(7.0)m 内空49m²

擁壁補強対策工 一式

吊柵式雪崩防止柵工 一式

坑口押盛土・軽量盛土工 一式

施工方法：NATM(上半先進ベンチカット工法)

掘削方式：機械掘削

地質：凝灰角礫岩

施工者：株式会社 間組



図 - 1 現場位置図

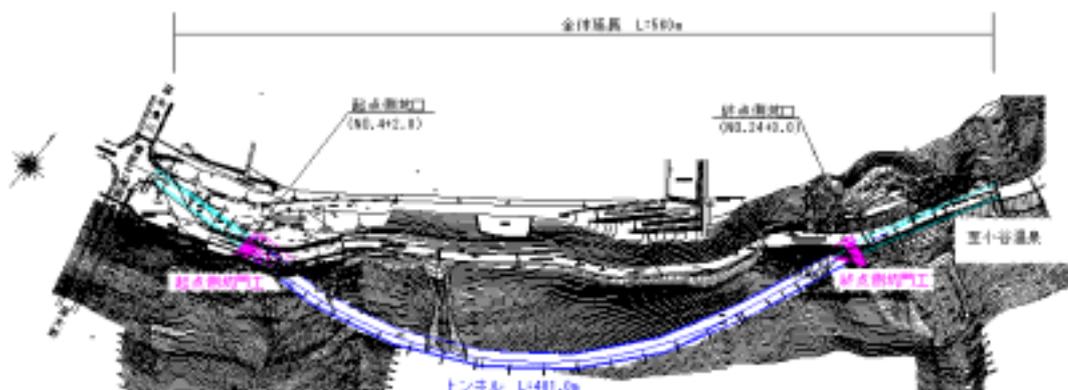


図 - 2 全体平面図

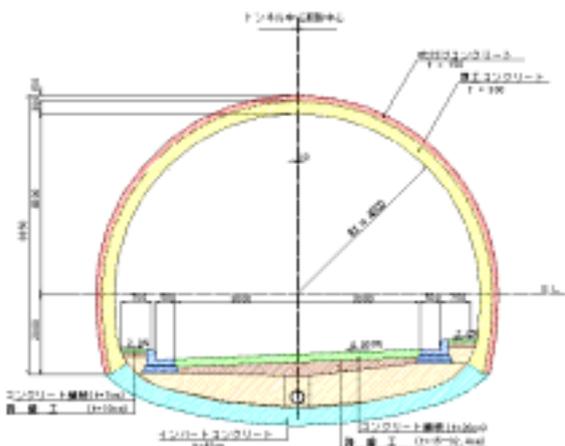


図 - 3 D - b 標準断面図

3. 粉じん対策会議

3.1 粉じん対策技術検討会議の発足

(1) 発足までの経緯

平成16年に長野県内のトンネル工事現場からじん肺患者を出さないために、粉じん対策の現状把握とじん肺予防対策について検討するため、全国トンネルじん肺根絶弁護団及び原告団、建交労と県土木部で『じん肺問題検討会』が構成された。この検討会での検討経緯から、発注間近であった山住トンネルにおいて粉じん対策技術検討会議を設置し、山住トンネル工事で粉じん対策を中心とした技術検討を行い、現場での具体的な粉じん対策に取組み、実施状況の検証を行うこととなった。

(2) 設計・積算・監督段階での取組

設計段階では、通常の施工計画書とは別に、ガイドラインをクリアするための具体的な対応策を盛り込んだ粉じん対策のみの施工計画書を作成した。

積算段階では、『設計等の委託業務と請負工事との連携を図るモデル事業』として会議開催時の経費が技術管理費に加算され、特記仕様書による条件明示がなされた。また、当初設計は粉じん技術検討会議の提言を受けて変更対象とすることを前提に標準の対策項目について積算された。

施工時の監督項目としては、粉じん濃度測定の立会いが義務付けられた。

3.2 会議の実施

(1) 開催時期

粉じん対策技術検討会議は、粉じんによるじん肺の発生を未然に防止し、問題点の解決と検証を行うことを目的とする。そのため、開催時期は下記に設定された。

- 第1回 平成17年 2月（粉じん対策施工計画作成時）
- 第2回 平成17年 8月（トンネル本体工着手前）
- 第3回 平成17年11月（本体施工中、粉じん対策実施状況の確認）
- 第4回 平成18年 3月（掘削時の粉じん対策実施状況の報告貫通後における局所的な粉じん対策の実施状況確認）

(2) 会議メンバー

| 氏名 | 所属 |
|--------|------------------------------------|
| 山下 登司夫 | 全国トンネルじん肺根絶弁護団幹事長 |
| 相馬 弘明 | 全国トンネルじん肺根絶弁護団 |
| 船山 友衛 | 全国トンネルじん肺根絶原告団 団長 |
| 長沢 教夫 | (株)間組 土木事業本部 技術第二部 トンネルグループ 部長 |
| 山本 浩之 | (株)間組 土木事業本部 技術第二部 地質チーム 課長 |
| 後藤 敏彦 | (株)間組 山住トンネル作業所 現場代理人 |
| 宮原 宣明 | 長野県 技術管理室 副主任専門指導員 |
| 北原 誠 | 長野県 道路維持課 主任 |
| 仁科 光晴 | 長野県 大町建設事務所長 |
| 伊藤 直喜 | 長野県 大町建設事務所 管理計画課長 |
| 越 俊光 | 長野県 大町建設事務所 建設課長（総括監督員） |
| 北條 明 | (株)ニュージエック （設計コンサルタント） |
| 小川 邦彦 | 八千代エンジニアリング(株) （起点側地質調査コンサルタント） |
| 西柳 良平 | (株)建設技術研究所 （終点側地質調査コンサルタント） |
| 中平 明男 | 長野県 大町建設事務所 ユニットリーダー（主任監督員） |
| 北澤 学 | 長野県 大町建設事務所 主任（H16,17監督員） |
| 永田 真一 | 長野県 大町建設事務所 整備第2ユニット主査（H18監督員） |
| 笠茂 健 | (株)間組 山住トンネル作業所 主任（監理）技術者 |
| 山崎 隆成 | 全日本建設交通一般労働組合（建交労） |
| 神田 豊和 | |

(3) 会議での提言

本体工に着手するまでに行われた会議において、各機関より出された主な提言と課題は下記の通りである。

- ・粉じん低減剤を使用すること。
- ・施工計画の内容を従業員末端まで周知させ、粉じんによる作業環境の悪化や危険度を繰り返し教育すること。
- ・電動ファン付呼吸用保護具の電池管理・フィルター交換と点検について教育を行い管理を徹底すること。
- ・ロードヘッダだけでなく、その他重機（ブレーカー等）への散水システムを工夫すること。
- ・アジテータやダンプトラックにも黒煙浄化装置の装着を検討すること。

- ・ 風管や換気設備の延長や移動のタイミングを施工計画に盛り込み、実践すること。
- ・ 貫通後の後向き作業でも粉じんが発生するため、その対策について明記すること。
- ・ 粉じん曝露時間の短縮を検討すること。



写真 - 1 粉じん対策技術検討会議

4．現場での取組・対策

4.1 発生源対策

(1) トンネル機械の選定と切羽散水

トンネル主要機械には、「排出ガス対策型建設機械指定要領」に基づき、湿式型及び排出ガス対策型を採用し、掘削時には散水ノズル以外に人力により切削部を散水した。

トラックミキサー車と10tダンプトラック等運搬車両は、道路運送車両法で規定する保安基準により自動車登録番号表を取り付けたものを採用した。

表 - 1 坑内主要機械一覧

| 機 械 名 | 製 造 メーカ- | 型 式 仕 様 | 湿 式 型 | 排 出 ガ ス 対 策 型 |
|-----------|-------------|-------------------------------------|-------------|---------------------------------|
| 自由断面掘削機 | 三井三池 | S-200 200kw | | 電動式 |
| 吹付機 | 古河ロックドリル | CJM1200 12m ³ /h | | TN型 |
| ドリルジャンボ | 古河ロックドリル | JTH2RS-90E 146.8PS | | TN型 |
| バックホウ | 新CAT三菱 | 312B-TUN 0.4m ³ | | TN型 |
| バックホウ | 新CAT三菱 | 320B-TUN ブレーカー 0.7m ³ | | TN型 |
| トラクタショベル | 新CAT三菱 | 950F 2.3m ³ | | TN型 |
| コンプレッサー | 北越工業 | PDS655S 18.5m ³ /min | | |
| 大型ダンプ | 三菱いすゞ | 10tDT × 2台 | | 車検付 |
| クレーン付トラック | いすゞ | 4t積 2.9t吊 | | 車検付 |
| トラックミキサー車 | 日野いすゞ | 4.5m ³ | | 車検付 |



写真 - 2 機械掘削時散水状況

(2) 吹付作業の粉じん発生抑制

吹付機には、吹付能力の大きい一体型吹付機を使用し、作業時間の短縮を図った。

また、練湿時に添加装置により適正量の粉じん低減剤（太平洋ショットクリーン）を混和し、粉じん発生量を抑制した。添加量は試験吹付時に監督員立会いのもと低減効果を確認後、メーカー提唱の最低レベル（セメント量×0.1%）の混和率でスタートし、その後の粉じん濃度測定結果で検討することにした（測定結果から施工期間を通じてセメント量×0.1%で実施）。

表-2 吹付コンクリート現場配合（1m³当り）

| W/C (%) | C (kg) | S (kg) | G (kg) | 急結剤 | 粉じん低減剤 |
|---------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 56 | 360 | 766 | 944 | C×5.5% | C×0.1% |



写真 - 3 二次吹付状況



写真 - 4 粉じん低減剤添加装置

(3) 坑内車輛走行時の粉じん発生抑制

坑内車輛の走行による堆積粉じんの発散を抑制するため、以下の事項を実施した。

坑内路盤の状況に応じて、給水管を使用して走行路に散水を行い湿潤状態を保つ。

坑内の制限速度を20km/hに制限し、走行速度を抑制する。

過積載を禁止し、荷こぼれを防止する。

(4) 堆積粉じんの清掃

毎週末を『坑内堆積粉じん一斉清掃の日』と定め、下記について堆積粉じんの清掃を行った。

坑内に配置した機械・電気・配管設備
使用する重機車輛
照明器具、安全標識等安全施設



写真 - 5 堆積粉じん除去（トンネル機械）

その結果、坑内人員及び発生粉じん量から求められる必要換気量は1362m³/minであり、排気ファンは1500m³/min級で十分であるが、機械掘削で発生する粉じんは岩質により大きく影響を受け、粉じん量を選定するのは難しく、吹付作業より多く発生することもある。

以上の検討を考慮して、当作業所では設備換気量の1.5倍の排気ファン：2400m³/min級（流機RE-120AW80kw×2 超低騒音型）と補助送気ファン1000m³/min級（流機RE-100IW37kw×2 超低騒音型）を設置した。

表 - 3 換気設備検討比較表

| | 単位 | 必要設備容量 | 採用設備容量 | 備考 |
|-------|---------------------|--------|--------|--------------|
| 必要換気量 | m ³ /min | 1,362 | - | |
| 排気ファン | m ³ /min | 1,500 | 2,400 | 設備換気量×1.5倍 |
| 送気ファン | m ³ /min | - | 1,000 | 必要換気量×70～80% |
| 風管径 | mm | 1,100 | 1,200 | |



写真 - 6 排気ファン（2400m³/min）

4.2 換気設備等による換気の実施

(1) 換気設備の検討

概要

下記の条件の下、換気技術指針に従って換気設備について検討した。

- ・掘削断面：58.0m²（D パターン全断面にて検討）
- ・延長：401m
- ・掘削方式：機械掘削
- ・掘削工法：上半先進ベンチカット工法
- ・吹付低減：有り

換気方式及び換気設備配置方法の選定

一般に1000m以内の中小断面トンネル（内空断面積50m²程度）の換気方法は送気式を採用する例が多い。送気式は、新鮮空気を切羽に送り込むため適切に風管が延長されていけば、切羽の環境は非常に良いが、希釈された汚染空気がトンネル内を通過するため、途中の作業環境が悪くなる。

この点を考慮し、当作業所では排気式を選定した。また掘削断面が58m²と小さく、特に上下半交互掘進工法を採用したため、換気設備を全て坑内に設置するのは困難であった。そのため坑内には排気式ファンのみを配置し、坑外に送気式ファンを設置する正圧型とした。

換気設備容量の検討

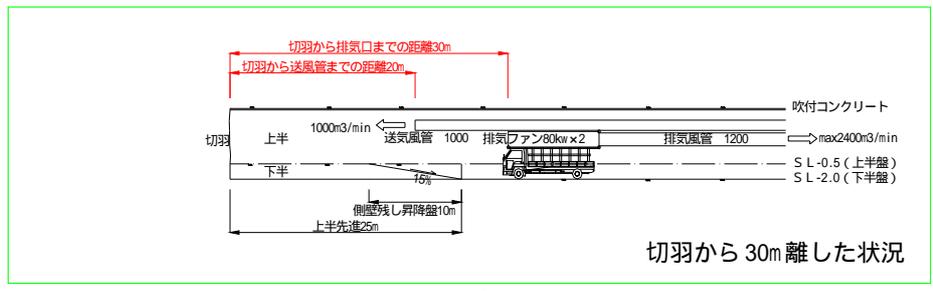
必要換気量は、『ずい道等建設工事における換気技術指針（建災防）』に従い決定した。



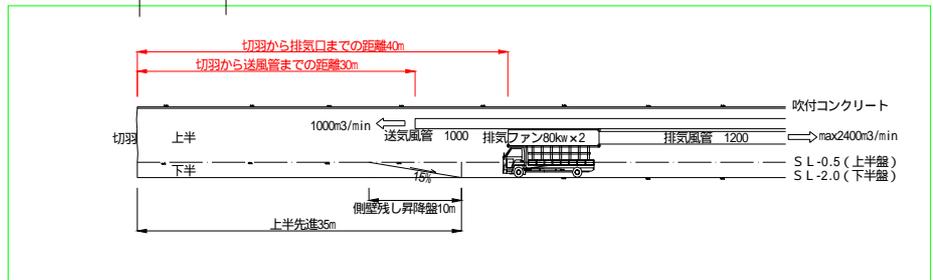
写真 - 7 送気ファン（1000m³/min）

(2) 切羽進行に伴う設備の移設・延長

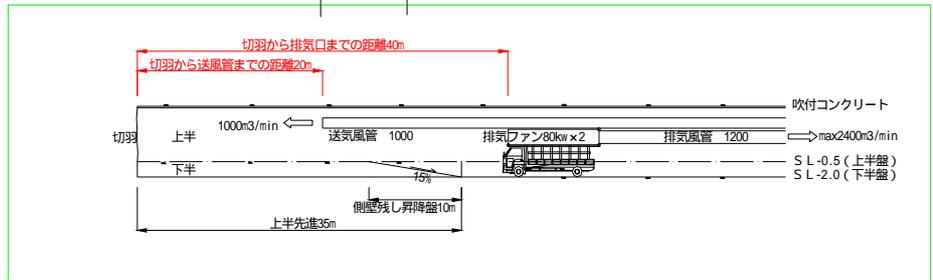
切羽掘削進行に平行して、送気口は20～30m、排気口は30～50mの状態を維持するように換気設備の移設と延長を適宜実施した。（図 - 4）



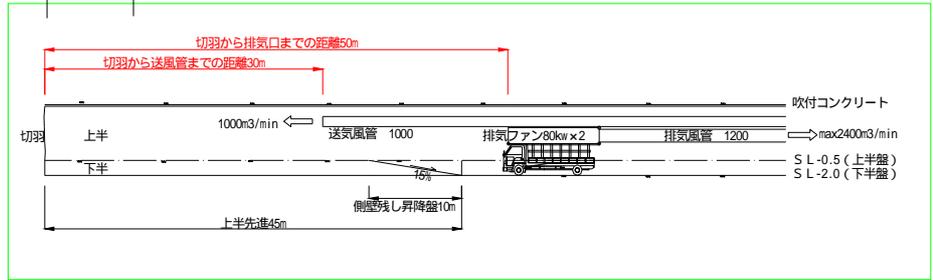
10m
↓ 上半 10m掘削



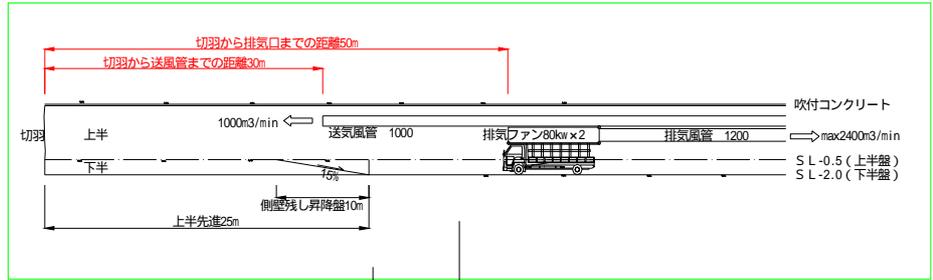
10m
↓ 送気風管 10m延長



10m
↓ 上半 10m掘削



↓ 下半 20m掘削



送気口は切羽から 30m 以内
排気口は切羽から 50m 以内を確保した

送気風管 10m延長
排気ファン 20m前移動

図 - 4 換気設備の移動・延長サイクル

(3) 排気量の調整

排気ファンには、ダストセンサーにより風量を自動制御できるインバーター付コントラファンを採用して、作業環境に応じて排気量を調整した。

表 - 4 インバーター制御による粉じん濃度別排気量

| 粉じん濃度:D mg/m ³ | 稼働率 | 排気量 m ³ /min |
|------------------------------|-----------------|----------------------------|
| D 0.5 | 50%未満 15分で停止 | 1200未満 |
| 0.5 < D < 1.0 | 50%未満 | |
| 1.0 D < 3.0 | 50% | 1200 |
| 3.0 D | 100% | 2400 |



写真 - 10 局所ファンを使用したインバート掘削



写真 - 8 ダストセンサー



写真 - 9 インバータユニット

(4) 貫通後の換気対策

貫通後は、気温・気圧等の条件により風向きが随時変化するため、作業箇所への移動が容易な局所ファン（320m³/min）を設置し、各所の通気を促進した。

4.3 有効な呼吸用保護具の選定

坑内作業には、終日呼吸用保護具の着用を義務付け、呼吸用保護具には国家検定合格品かつ伝声機能付を選定し、重機車輛誘導合図にはホイッペー（高音押ベル）と誘導灯を使用した。

また、保護具着用管理責任者選任のもと、正しい使用と管理を指導し、管理台帳により、保護具貸与及びフィルター・バッテリーの交換・充電について適宜管理した。

フィルター交換基準は、汚れに関わらず、ファン付マスク1回/3日以上及び防じんマスク1回/2日とした。またファン付マスクについては、1方10時間作業に必要な電池充電が可能（バッテリー1個の連続運転時間：6時間）となるよう、1人に2個のバッテリーを供給した。

表 - 5 作業別呼吸用保護具の選定

| 時期 | 工種 | 保護具種別 | 型式 |
|------------|-----------------------|--------------------|---------------|
| 貫通前 | 掘削・支保工 インバート工 | 電動ファン付 呼吸用保護具 | LS-860型 |
| 貫通後 | 覆工・排水工 | フィルター交換 式防じんマスク | 1005R型 |
| 貫通前 貫通後 | 見学者・ 資材納入業者 舗装工 | 使い捨て式 防じんマスク | ハイラック 310型 |



写真 - 11 電動ファン付呼吸用保護具



写真 - 12 バッテリー充電状況



写真 - 13 腹式呼吸運動

4.4 労働衛生教育の実施

坑内作業に従事する従業員に対して、粉じん作業特別教育指導員により、下記の教育を実施した。

表 - 6 粉じん教育実施項目

| 教育区分 | 対象者 | 教育内容 | 時期 頻度 |
|----------------------------|--------------------|--|---------------------------------------|
| 粉じん作業 特別教育 | 特定粉じん 作業従事者 | 粉じん障害防止 規則第22条 | 開始前 |
| 呼吸用保護具 の適正な使用 に関する教育 | 坑内作業 全従業員 | ・粉じんによる疾 病と健康管理 ・マスクの選択・ 使用方法及び 保守管理 | 作業時 1回/人 3時間 程度 |
| その他 | 従業員 第三者 (公表) | ・粉じん対策計画 書の周知 ・環境測定結果の 公表 ・作業手順(散 水・マスク管 理・換気設備移 動延長) ・各作業別粉じん 対策 | 開始前 測定毎 1回/月 開始前 |

4.5 その他の粉じん障害防止対策

(1) 衣類の付着粉じんの除去

坑口に空気圧縮機、更衣室出入口にはブラシを常備し、衣類への付着粉じんを除去した。結果、更衣室や休憩所に堆積する粉じんを軽減することができた。

(2) 粉じん対策の月例点検

「坑内粉じん障害自主点検表」により、月1回定期的に粉じん対策全般について点検を行った。

(3) 複式呼吸運動

朝礼時及び作業終了時に、坑外にて腹式呼吸による深呼吸を毎日5回実施した。

(4) 粉じん暴露時間の短縮

暴露時間の短縮のため、昼勤の作業時間を短縮(通常 7:00~18:00 8:00~18:00)し、土曜の夜勤は行わなかった。

5. 粉じん濃度等の測定

5.1 測定要領

(1) 測定項目

以下の項目について粉じん濃度等の測定を実施した。

- ・ 空気中の粉じん濃度
- ・ 風速
- ・ 換気設備等の風量
- ・ 気流の方向

(2) 粉じん測定実施工程

本トンネル工事の施工サイクルの中で、粉じん発生量が特に著しい下記2工程について、『ずい道等建設工事における粉じん対策に関するガイドライン』に沿った粉じん測定管理を行った。

- ・ 機械掘削及びずり処理作業
- ・ 吹付コンクリート作業

また、貫通後及び覆工・インパート等の後向き作業においては、作業場所にて粉じん発生量の測定を実施した。

(4) 粉じん測定方法

粉じん測定はガイドライン別紙『換気装置等による換気の実施等の効果を確認するための空気中の粉じん濃度及び風速の測定方法』に基づいて行った。

測定機器には光散乱式デジタル粉じん計(P-5L2型)を使用した。

測定位置は、ガイドラインの粉じん濃度管理点である切羽後方50m地点に加え、切羽機械後方及び切羽より30・40m地点で行った。また吹付コンクリート工程では、吹付機真横で粉じん低減剤添加時と未添加時において粉じん濃度を測定し、各測定値を比較して低減効果を確認した。

測定頻度は半月以内毎に1回とし、測定は監督員立会いのもと、建設業粉じん作業特別教育指導員講習受講者により実施した。

粉じん濃度の管理基準は、ガイドラインで示す通り、切羽後方50m地点において3mg/m³以下に設定した。

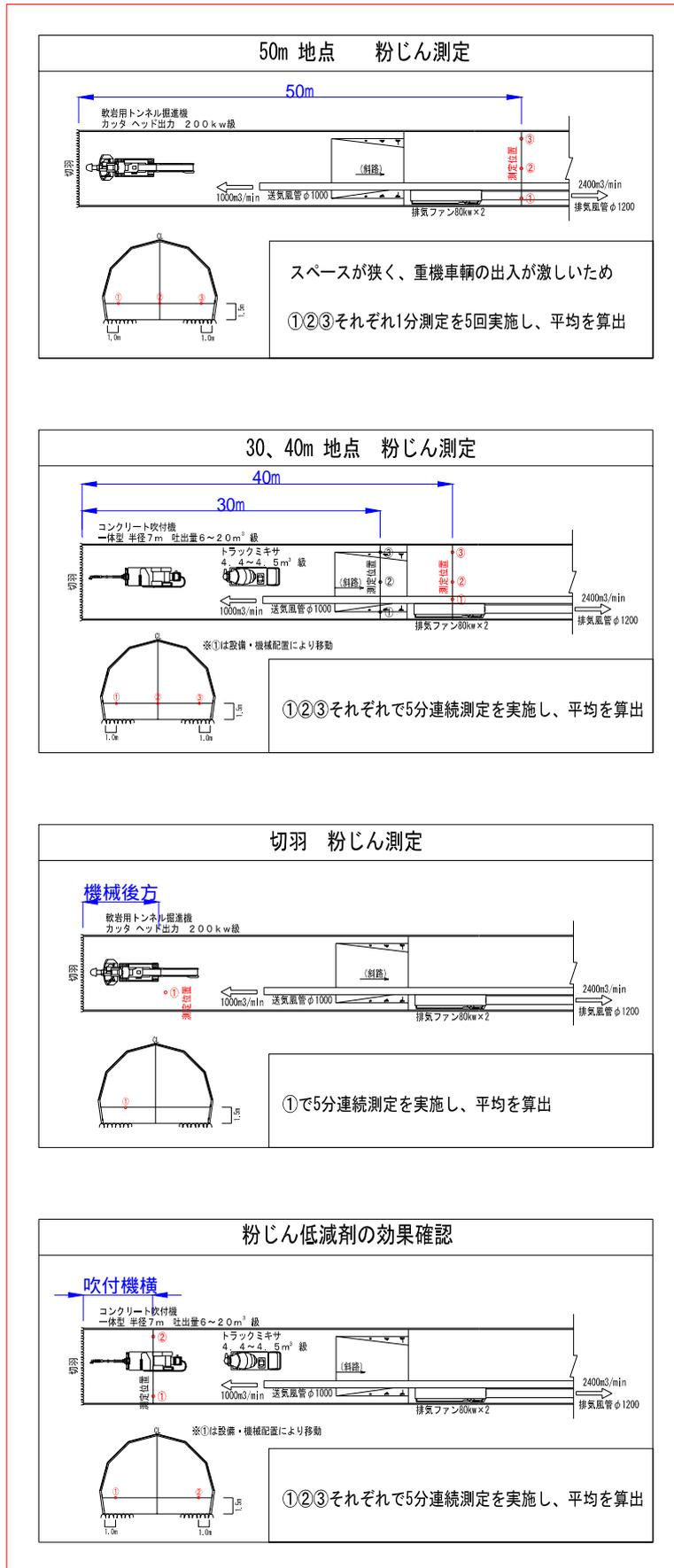


図 - 5 粉じん濃度測定要領図

(5) 粉塵濃度の計算式

粉じん濃度は、次式により算出する。

粉じん濃度 [mg/m³] =

質量濃度変換係数(K値) [mg/m³/cpm] × 相対濃度 [cpm]

相対濃度 [cpm] = 測定濃度 [cpm] - BG値

BG値：測定器により異なる濃度補正值 (P-5L2 1)

また、ガイドラインに規定する本粉じん計のK値は0.04(全工程共通)であるが、粉じん対策技術検討会議での協議により、

トンネル掘削の初期段階において作業環境測定士による測定を行い、高いK値を採用することになった。当作業所で採用したK値を下表に示す。

表 - 7 K値比較表

| 作業別 | ガイドライン規定値 | 環境測定結果 | 採用値 |
|----------|-----------|--------|-------|
| 掘削・ずり出し | 0.040 | 0.045 | 0.045 |
| 吹付コンクリート | 0.040 | 0.037 | 0.040 |

5.2 粉じん濃度測定結果と考察

(1) 測定結果（上下半掘削：貫通前）

表 - 8 粉じん濃度測定結果（機械掘削）

| 測定日 | 作業の種類 | 掘削延長 | 切羽からの位置 | | 50m地点粉じん濃度(mg/m ³) | | 40m地点粉じん濃度 | 30m地点粉じん濃度 | 切羽粉じん濃度 | 備考 | |
|----------|-------|------|---------|-----|--------------------------------|----------|------------|------------|---------|---------------------------------|--|
| | | | 吹込口 | 吸込口 | K値 0.04 | K値 0.045 | | | | | |
| 17.10.19 | 掘削 | 94 | 30 | 50 | 2.3 | 2.6 | | | | 送・排気方式への切替時で、バランス等の設定不良 | |
| 17.11.01 | | 113 | 33 | 39 | 0.4 | 0.5 | 1.3 | 14.4 | | | |
| 17.11.03 | | 123 | 33 | 49 | 0.6 | 0.7 | | | | 作業環境測定結果 | |
| 17.11.15 | | 155 | 37 | 43 | 0.9 | 1.0 | 2.5 | 15.8 | 32.8 | | |
| 17.12.01 | | 201 | 24 | 48 | 0.9 | 1.0 | 2.3 | 16.4 | 33.6 | | |
| 17.12.15 | | 238 | 21 | 34 | 0.7 | 0.8 | 2.5 | 15.5 | 32.0 | | |
| 18.01.09 | | 265 | 19 | 30 | 0.7 | 0.8 | 2.4 | 16.7 | 35.0 | | |
| 18.01.19 | | 304 | 24 | 45 | 1.0 | 1.2 | 2.7 | 14.4 | 30.0 | | |
| 18.02.01 | | 325 | 25 | 45 | 0.6 | 0.6 | 0.9 | 7.7 | 16.2 | 切羽に集中湧水があったため、切羽での粉じん濃度が低くなっている | |
| 18.02.15 | | 351 | 25 | 42 | 0.7 | 0.8 | 2.0 | 14.1 | 30.4 | | |
| 18.03.01 | | 383 | 23 | 42 | 0.6 | 0.7 | 1.3 | 11.6 | 19.4 | | |
| | | | | | | 0.9 | 1.0 | 2.0 | 14.1 | 28.7 | |

表 - 9 粉じん濃度測定結果（吹付コンクリート）

| 測定日 | 作業の種類 | 掘削延長 | 切羽からの位置 | | 50m地点粉じん濃度(mg/m ³) | | 40m地点粉じん濃度 | 30m地点粉じん濃度 | 切羽粉じん濃度 | 粉じん低減剤の効果 | | | 備考 | |
|----------|-------|------|---------|-----|--------------------------------|----------|------------|------------|---------|-----------|-----|-----|----------|--|
| | | | 吹込口 | 吸込口 | K値 0.04 | K値 0.037 | | | | 添加無 | 添加有 | 低減率 | | |
| 17.10.19 | 吹付 | 94 | 30 | 50 | 1.9 | 1.7 | | | | | | | | |
| 17.11.01 | | 113 | 33 | 39 | 0.1 | 0.1 | 1.3 | 2.4 | 3.6 | 6.2 | 3.7 | 40% | | |
| 17.11.03 | | 123 | 33 | 49 | 1.2 | 1.1 | | | | | | | 作業環境測定結果 | |
| 17.11.15 | | 155 | 37 | 43 | 0.1 | 0.1 | 1.4 | 2.6 | 3.4 | 6.4 | 3.4 | 47% | | |
| 17.12.01 | | 201 | 24 | 48 | 0.2 | 0.1 | 1.3 | 2.6 | 3.4 | 6.3 | 3.4 | 46% | | |
| 17.12.15 | | 238 | 21 | 34 | 0.3 | 0.3 | 1.4 | 2.5 | 3.4 | 6.4 | 3.3 | 48% | | |
| 18.01.09 | | 265 | 19 | 30 | 0.3 | 0.2 | 1.5 | 2.6 | 3.5 | 6.2 | 3.1 | 50% | | |
| 18.01.19 | | 304 | 24 | 45 | 0.2 | 0.2 | 1.4 | 2.5 | 3.4 | 6.0 | 3.2 | 46% | | |
| 18.02.01 | | 325 | 25 | 45 | 0.3 | 0.2 | 1.4 | 2.4 | 3.4 | 6.3 | 3.3 | 47% | | |
| 18.02.15 | | 351 | 25 | 42 | 0.3 | 0.3 | 1.4 | 2.5 | 3.3 | 6.1 | 3.1 | 49% | | |
| 18.03.01 | | 383 | 23 | 42 | 0.3 | 0.3 | 1.5 | 2.6 | 3.4 | 6.2 | 3.0 | 51% | | |
| | | | | | | 0.5 | 0.4 | 1.4 | 2.5 | 3.4 | 6.2 | 3.3 | 47% | |

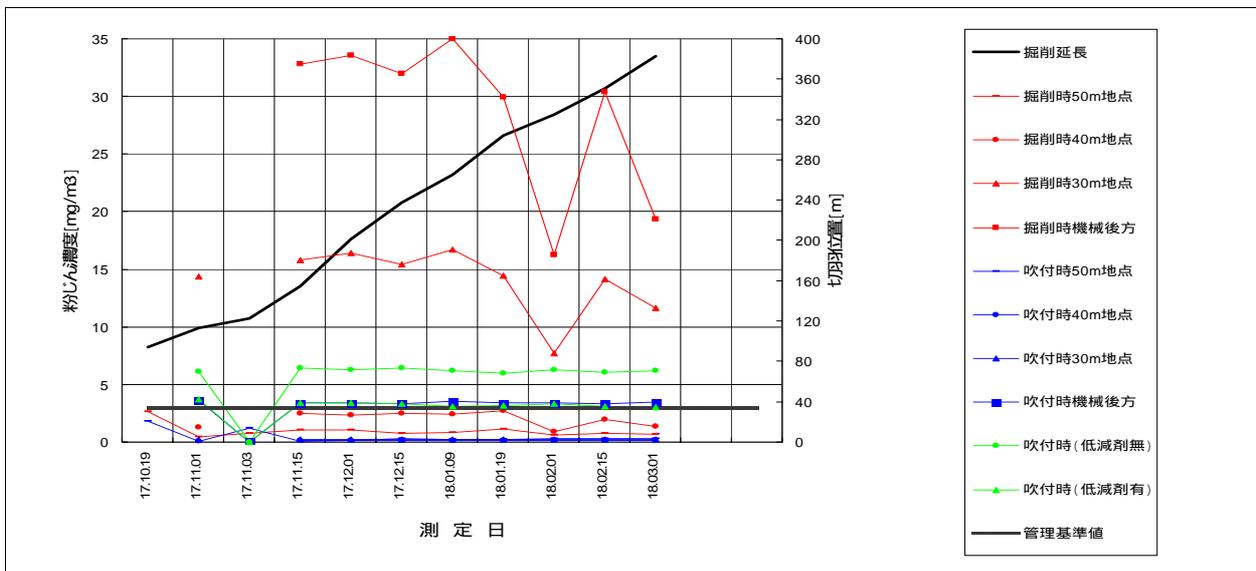


図 - 6 粉じん濃度管理図（機械掘削・吹付コンクリート）

(2) 測定結果（インバート・覆工：貫通後）

表 - 10 粉じん濃度測定結果（インバート掘削時）

| 測定日 | 掘削機械の直近 | | | | | 備考 |
|----------|---------|----|----|---------|----------|-----------------|
| | 1 | 2 | 3 | K値 0.04 | K値 0.045 | |
| 18.03.15 | 40 | 38 | 35 | 1.5 | 1.7 | 湿潤状態 局所ファン使用 |
| 18.04.03 | 35 | 32 | 28 | 1.3 | 1.4 | |
| 18.04.17 | 25 | 35 | 40 | 1.3 | 1.5 | |

表 - 11 粉じん濃度測定結果（覆工・舗装作業時）

| 測定日 | 各作業箇所 | | | | | 備考 | |
|----------|-------|---|---|---------|----------|-----------|---|
| | 1 | 2 | 3 | K値 0.04 | K値 0.045 | 作業内容 | 特記 |
| 18.04.03 | 1 | 2 | 1 | 0.1 | 0.1 | インバート鉄筋組立 | 粉じん濃度が坑外作業と変わらないため、18年7月1日よりマスク着用作業を下記に限定 |
| 18.04.17 | 4 | 3 | 5 | 0.2 | 0.2 | インバート打設 | |
| 18.05.09 | 4 | 3 | 5 | 0.2 | 0.2 | インバート打設 | |
| 18.05.18 | 2 | 1 | 1 | 0.1 | 0.1 | インバート型枠組立 | |
| 18.06.01 | 2 | 2 | 1 | 0.1 | 0.1 | 覆工脱枠・セット | |
| 18.06.15 | 0 | 0 | 0 | 0.0 | 0.0 | 覆工打設 | |
| 18.07.01 | 0 | 0 | 0 | 0.0 | 0.0 | 覆工脱枠・セット | |
| 18.07.15 | 0 | 0 | 0 | 0.0 | 0.0 | 覆工脱枠・セット | |
| 18.08.01 | 0 | 0 | 0 | 0.0 | 0.0 | L型側溝敷設 | |
| 18.08.21 | 0 | 0 | 0 | 0.0 | 0.0 | L型側溝敷設 | |
| 18.09.01 | 0 | 0 | 0 | 0.0 | 0.0 | 車道部路盤工 | ・溶接作業 ・セントルケレン作業 ・その他著しく粉じんを伴う作業 |
| 18.09.15 | 0 | 0 | 0 | 0.0 | 0.0 | コンクリート舗装工 | |

(3) 考察

ガイドライン規格値である切羽より50m後方地点での粉じん濃度は、掘削・ずり処理及び吹付コンクリートの全測定においてクリアすることが出来た。

しかし、送気口より切羽側（約30m間）の粉じん濃度は高濃度であり、特に機械掘削時は15～30mg/m³程度と非常に高い数値を示している。この30m間は非常に機械の出入が激しく、特に上半先進掘削工法では上半盤に電気集塵機等の大規模な換気設備を配置するのは困難である。また中硬岩等級以上の地山を機械掘削する場合、切羽付近の作業環境を改善するには、徹底した散水システムが必要である。現段階では、オペレーターの身体に直接被覆する粉じんを軽減するために、呼吸用保護具の改良（現在市販されているエアラインマスク等の改良）や自由断面掘削機へのキャビン設置等が粉じん疾病予防には効果的であると考えられる。

今後は坑内全車輦への黒煙浄化装置の装着や粉じん曝露時間の短縮等の改革が不可欠となる。

粉じん低減剤による粉じん発生抑制については、測定通期で平均47%と非常に効果的であり、視界等の外観的作業環境やリバウンド削減についても改善できたといえる。しかし、粉じん低減剤の増粘作用により、濁水プラントの汚泥処理量は吹付量1m³に対して平均0.2tの割合で発生し、原水槽でのバキューム処理費用が莫大なものになった。今後粉じん低減剤を使用する場合には、汚泥を脱水し安定処理するための機械設備と作業スペースが必要である。



写真 - 14 濁水プラントの汚泥処理状況

6. あとがき

山住トンネルでは、粉じん対策技術検討会議を通じて第三者の意見を取り入れ、様々な粉じん対策に取り組んできたが、基本的にはガイドラインでの規定に沿った項目に現場特有条件を加味した対策を実施した。モデル現場として、粉じん対策について作業環境管理をより徹底し、工夫したものであり、特に目新しい対策に取り組んだものではない。

そのなかで、切羽近辺での作業環境改善といった課題は残したものの、その他粉じん対策における作業所目標レベルを達成出来たのは、発注者及び受注者の相互理解・協力（第3者対応や設計変更等）と繰り返しの教育による坑内作業全従業員の意識改革の結果だと思われる。

最後に本工事にあたり、ご指導を賜った山住トンネル粉じん対策技術検討会議の皆様へ感謝申し上げます。

同時に、この報文が他のトンネル現場における粉じん対策の参考になれば幸いです。