

地下鉄営業線内における飛散性石綿の除去工事 石綿除去専用車両の開発

寺田 正人・萩原 純一・近藤 達也

石綿による健康被害が顕著となり、その取扱いに関する法改正がなされた。東京地下鉄株式会社は平成17年7月に全施設で、石綿の使用状況を調査した。その結果、トンネル側壁部(1,190 m²)と換気口部11箇所(合計1,018 m²)において、列車走行音の緩和を目的に使用されていたことが確認された。また、大気中の石綿濃度測定の結果、飛散は認められなかったものの、乗客の将来的な安全・安心を確保するとの観点から石綿の完全除去を実施することとした。本プロジェクトにおいて、夜間の列車運行停止中の限られた時間内で、狭隘な作業エリアに迅速に対応でき、管理区域外への石綿の飛散を確実に防止できる「石綿除去専用車両」と「ブロック分割除去工法」を開発した。

キーワード：地下鉄，営業線，石綿除去，作業台車，管理区域，負圧管理，石綿濃度

1. はじめに

東京地下鉄銀座線の神田駅～末広町駅間のトンネル側壁部と、丸ノ内線・日比谷線・東西線・千代田線の換気口部に石綿が吹付けられていた。従来の石綿除去工法では工事期間中の列車を終日運休する必要があるため、社会的影響が大きい。そこで、き電停止中（終車から始発間の送電停止時間）に作業を行い、地下鉄の通常運行を確保することを前提に工法の検討を進め、限られた時間内で石綿を飛散させることなく除去できる「石綿除去専用車両」と「ブロック分割除去工法」を開発した。実際にこの工法により平成18年8月～平成19年2月に無事故で除去作業を終了した。また石綿除去後の換気口については、代替吸音材として剛体多孔質吸音板を設置した。

2. プロジェクトとシステムの概要

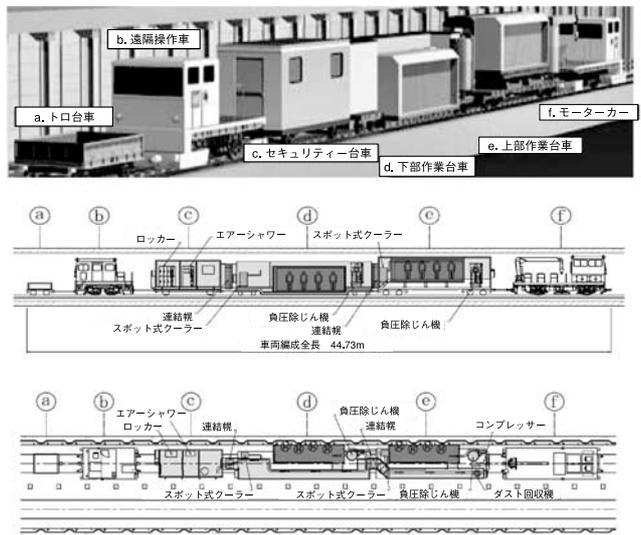
「石綿除去専用車両」および「ブロック分割除去工法」の基本設計と関連する労働基準監督署、環境局、所轄区役所等との協議に3ヶ月、詳細設計および台車や諸設備の製作および性能試験に6ヶ月、石綿除去専用車両の運転訓練をはじめ石綿除去の試験施工、非常時の訓練等に3ヶ月、計画開始から実際の工事着手まで1年の準備期間であった。

石綿除去専用車両（写真—1，図—1，2）はトンネル部用と換気口部用の2種類の車両を製作し石綿の

除去作業を行った。



トンネル部用 換気口部用
写真—1 石綿除去専用車両



図—1 トンネル部 石綿除去専用車両

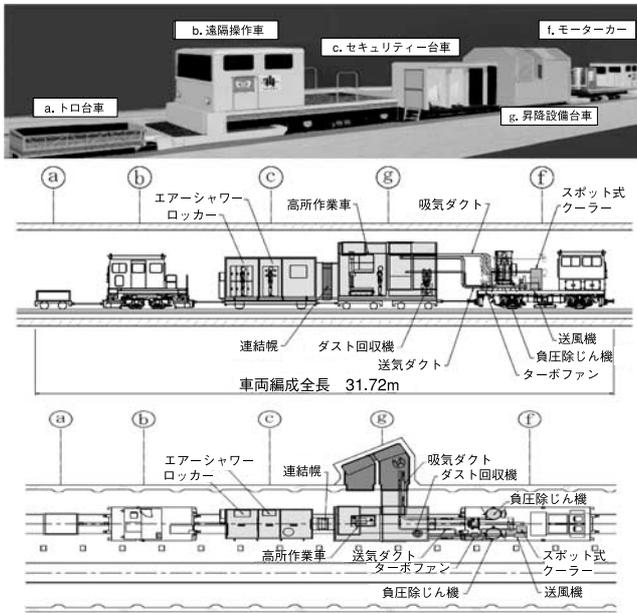


図-2 換気口部 石綿除去専用車両

(1) 各台車の機能と役割

- ① トロ台車 (除去した石綿を運搬, 2.0 m³ 積載可能)
- ② 遠隔操作車 (モーターカーを遠隔から操作)
- ③ セキュリティー台車 (作業員が保護具を着脱, 管理区域外部への石綿粉じん漏出防止)
- ④ 下部作業台車 (トンネル部下半分の石綿除去作業空間で電動油圧制御により 25 cm スライド可能)
- ⑤ 上部作業台車 (トンネル部上半分の石綿除去作業空間で電動油圧制御により 27 cm 上昇, 25 cm スライド可能)
- ⑥ モーターカー (車両全体をけん引する動力車)
- ⑦ 昇降設備台車 (換気口に接続可能な構造, 台車内には昇降設備を備える)

実際に石綿除去作業を行う台車内管理区域の作業空間は 3 次元的に移動が可能であり, 石綿吹付け場所での接続・切離しが容易に行える。また, 管理区域である石綿汚染場所と非汚染場所の隔離養生と負圧管理を迅速に構築できる構造で, 各種計測機器と機能を備えている。

(2) システムの検証

石綿除去専用車両に搭載した各種環境機器は, 今回工事の仕様に合わせて新規に製作した。機器の性能と機能の確認は専用の工場にて実機試験を行い, 全て環境基準等を満たすことができた。写真-2 に養生ブース (クイックブース) と負圧除じん機および石綿回収機の検査・試験状況を示す。



クイックブース 石綿回収機・負圧除じん機
写真-2 開発機器類性能検査・機能試験状況

3. トンネル部石綿除去工法

(1) 施工フロー

トンネル側壁部の吹付け石綿は, まず支柱およびパネルで一旦囲い込み, その後石綿除去専用車両を用いて, 密閉された管理空間を確保しながら日々決められた範囲の石綿除去作業を繰り返し行う (図-3)。

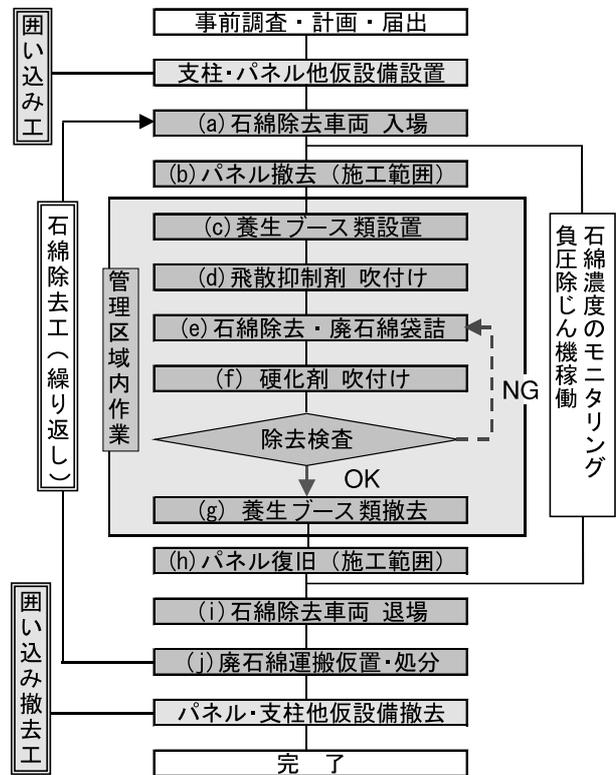


図-3 施工フロー (トンネル部)

(2) 囲い込み工

石綿除去の分割施工と昼間の列車走行風による石綿の飛散防止を図るため図-4 に示すように, 鋼製支柱を骨組みとした脱着可能なパネルで吹付け石綿を囲い込むとともに, 石綿を一定区画ごとに可動式仕切り板にて管理区域を分割した。また, 密閉性を確保するため, パネル継目と端部はパッキン取付けとコーキング処理を行った (写真-3)。

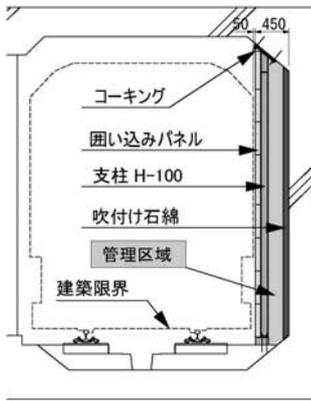


図-4 囲い込みパネル



写真-3 囲い込み状況

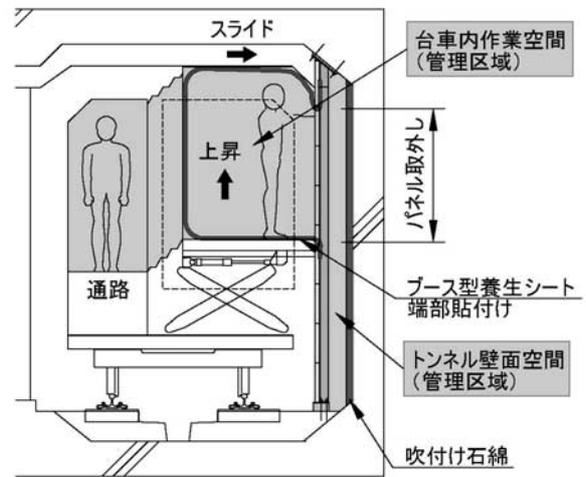


図-5 管理区域形成状況

(3) 石綿除去工

(a) 石綿除去車両 入場

予め車両基地において、台車内に養生ブース（クイックブース）を設置する（写真-4）。き電停止後（午前1時頃）石綿除去車両は車両基地を出発し、現場に到着したら所定の位置に合わせる。

(b) 囲い込みパネル撤去

台車の内側から1日の施工範囲（上部・下部共：7.2 m²）のパネルを取り外す（写真-5）。



写真-4 養生ブース（クイックブース）



写真-5 囲い込みパネル撤去状況

(c) 養生ブース（クイックブース）接続

上部・下部作業台車を上昇・スライドさせ、開口部周辺のパネルに押し当て、パネル内側に養生ブースを接着することにより、除去作業を行う台車の作業空間とパネルで囲われたトンネル壁面空間とを一体化し密閉・隔離された管理区域を形成する（図-5）。

(d) 飛散抑制剤吹付け

噴霧器を用いて石綿面に飛散抑制剤を散布し、下地まで浸透させて石綿を湿潤化させる。

(e) 石綿除去・廃石綿袋詰

ヘラやケレン棒を用いて手作業で側壁から石綿を掻き落とし、仕上げにワイヤーブラシや研磨用電動工具を用いて削り落とす。廃石綿および石綿汚染物は管理区域内で専用のプラスチック袋に詰め、さらにセキュリティー台車内で2重目の袋で密封し、袋の破損等を

点検し、問題の無いものをトロ台車に積み込む。

(f) 硬化剤吹付け

除去完了後、躯体表面および除去作業エリアの養生ブース内面等に残存する微量の石綿は、硬化剤を散布して皮膜を形成し、飛散を防止する。

(g) 養生ブース（クイックブース）撤去

養生ブースは石綿で汚染されるため毎回交換し、廃石綿とともに特別管理産業廃棄物として処分する。

(h) パネル復旧

撤去した施工範囲のパネルを復旧する。

(i) 石綿除去車両 退場

車両は午前3時30分頃現場を出発し、車両基地に戻る。

表-1 サイクルタイム（トンネル部）

分類	作業内容		時間	(分)
準備	1	準備 車両基地入場、朝礼、KY	0:00 ~0:20	20
	2	基地準備 台車・機器点検、 台車内清掃（駅入場）	0:20 ~1:00	40
	3	往路移動 き電停止確認・石綿除去車両移動 （電源準備・バックアップ材設置）	1:00 ~1:20	20
	4	現地準備 電源接続、作業エリアスライド パネル取外し、養生ブース設置	1:20 ~1:50	30
本作業	5	作業時間 飛散抑制剤散布、石綿除去 研磨、硬化剤散布	1:50 ~2:50	60
跡片付	6	跡片付 養生ブース撤去、床面清掃 パネル復旧、着替え	2:50 ~3:30	40
	7	帰路移動・格納 石綿除去車両移動 （バックアップ材撤去・電源撤去）	3:30 ~3:45	15
	8	基地片付 養生ブース取付け、石綿置き フィルター交換、台車内清掃 （跡片付け・点検・駅退場）	3:45 ~5:00	75
			合計	300分

（ ）内は駅入場作業、即ち夜間送電停止確認後、駅から入場して先に現場まで歩き作業を行った

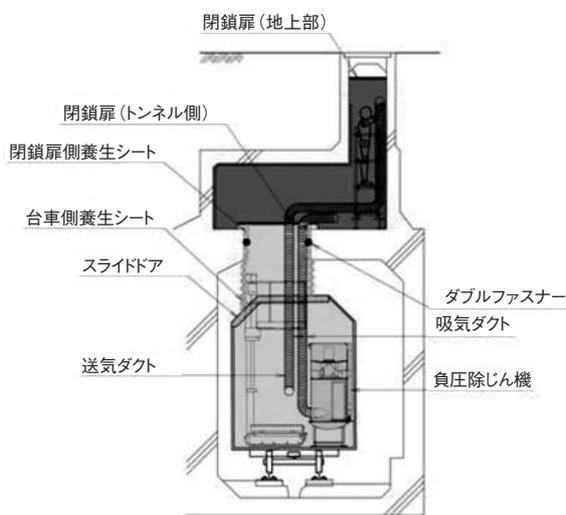
(j) 廃石綿運搬・処分
 廃石綿は車両基地内の一時保管倉庫に仮置きし、後日、特別管理産業廃棄物として処分する。

(4) サイクルタイム

表—1 にサイクルタイムを示す。実質の石綿除去作業時間は 60 分程度である。

4. 換気口部石綿除去工法

換気口部は囲い込みの方法、台車と管理区域の接続方法を除いた石綿除去方法は基本的にトンネル部の施工方法と同様である。囲い込みは地上部とトンネル部に鋼製の扉を設置し管理区域を隔離した(図—6)。また、換気口は施工場所により開口位置や大きさが異なるため、昇降設備台車のジャバラ型養生シートの交換のみで全ての換気口に対応可能な台車の構造とし



図—6 換気口と昇降設備台車取合い断面図



写真—6 縦型換気口養生シート接続状況

た。また密閉性を確保するため、接続部はダブルファスナー方式とした(写真—6)。

5. 石綿飛散濃度測定と安全管理

石綿ばく露災害を防止するため、石綿除去作業中は次の5項目について管理を行った。

(1) 位相差顕微鏡による気中石綿繊維濃度測定

(a) 測定方法

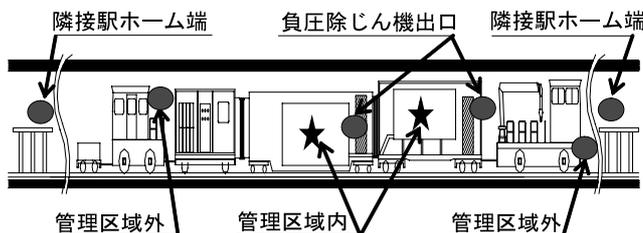
PCM 法による気中石綿繊維濃度の測定は「石綿に係る特定粉じん濃度の測定法」に準じて、位相差顕微鏡を用いて石綿繊維を計測した。

(b) 測定頻度

測定は施工前、施工中、施工後に行った。施工中は、東京都環境確保条例に定めるところにより、当該期間中6日ごとに1回行った。

(c) 測定位置

トンネル部における除去作業時の測定位置を図—7に示す。



図—7 トンネル部 石綿除去時測定位置 (8 箇所)

(d) 測定結果

PCM 法による気中石綿繊維濃度測定結果を表—2に示す。管理基準値を十分満足する良好な結果を得た。

表—2 PCM 法による測定結果 (単位:本/リットル)

	記号	測定結果	基準値	備考
管理区域内	★	85 ~ 1,713	7,500	※1
管理区域外	●	0.5 未満	10	※2

※1: 管理区域内での気中石綿繊維濃度基準値 7,500 本/リットル以下 (管理区域内で使用した防じんマスクの基準値より)

※2: 敷地境界での大気中の気中石綿繊維濃度基準値 10 本/リットル以下 (大気汚染防止法 施行規則 第16条の2より)

(2) リアルタイムモニターによる石綿濃度測定

(a) 測定方法

気中石綿濃度の常時測定法として灰化装置付きリアルタイムモニターを採用した。本装置は空気にレーザー光を当て、気中石綿繊維濃度の概略値を直ちに計数

化するものであり（PCM法は結果が出るまで最速で7日かかる）管理区域内および管理区域外の気中石綿繊維濃度を測定管理した。

(b) 管理方法

管理区域内の気中石綿繊維濃度が3,000本/リットル以上になった場合は、管理区域内に飛散抑制剤を散布し再湿潤化を図った。石綿の除去完了後、管理区域内の気中石綿繊維濃度が5本/リットル以下になったことを確認後、作業台車内の養生シートの撤去を開始した。管理区域外の坑内では気中石綿繊維濃度が常に10本/リットル以下であることを確認した。

(c) 測定結果

本装置は鉱物繊維以外を灰化処理しているため、測定された気中石綿繊維濃度はPCM測定法の結果と比較的によく一致した。図-8に管理区域内における測定結果の一例を示す。

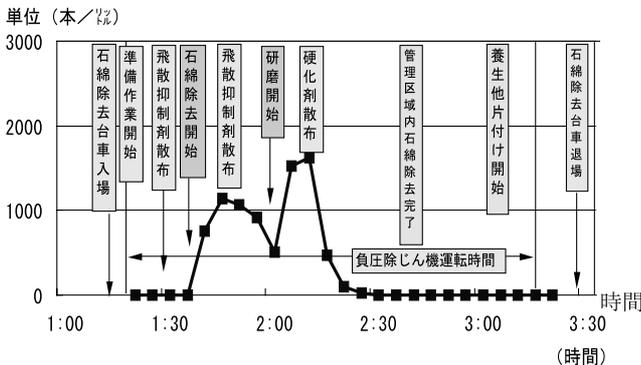


図-8 リアルタイムモニター測定結果（管理区域内）

(d) 導入効果

石綿濃度の常時監視システムを導入することにより、データを即時管理の手法として利用した結果、作業員の健康管理と第三者への石綿ばく露防止の確実性を高めることができた。

(3) 差圧計による管理区域内負圧管理

石綿除去作業中は、台車に搭載した超高性能微粒子フィルタ付き負圧除じん機（能力15～40m³/分×2台）を稼働し、インバータ制御により管理区域内を常時-20～-30Paの負圧に保ち、管理区域外への石綿の漏出を防止した。除じん換気システムをはじめ、各主要機器類は万一のトラブルに対処できるよう、2系統の設備を備え二重の安全対策を講じた。

(4) 温度・湿度管理

管理区域内の作業員の熱中症対策を含む作業環境の改善を図るため、温度・湿度の常時計測を行い、その

情報を基に管理区域内の温度・湿度等のコントロールが可能な設備を備えた。

(5) 管理区域内外の連絡方法

作業台車内外および車両誘導時の連絡手段としてパイロットランプ付有線機と無線機、サイレン、ライト等を状況に応じて使用した。また、管理区域外から管理区域内の状況を常時把握できるように台車や養生等の構成部材に透明パネル、透明シートを用いて点検用窓を設け管理した。

6. まとめ

(1) 石綿の安全確実な除去

石綿除去時の外部への飛散を防止できる「囲い込み方法」+「負圧管理が可能な作業台車」を開発・実用化した。工事期間中、トンネル内や換気口部周辺における大気中濃度測定を行った結果、石綿の飛散は認められず、地下鉄利用者・周辺住民に対する石綿ばく露の危険性を回避できた。

(2) 鉄道営業の確保

施工時間は終車から始発までのわずか3時間（午前1時～4時）であり、車両の移動や準備等の時間を考慮すると、除去作業時間は実質60分程度であったが、囲い込みパネルや除去車両に工夫を凝らし、効率的な施工サイクルを確立した。これにより、始発列車を遅延させることもなく、正常な地下鉄営業を確保できた。

(3) 狭隘な作業空間

地下鉄坑内には軌道や電気・通信設備が多数あるうえに、トンネル部側壁は框構造で密閉が困難であった。また、建築限界外のスペースは非常に狭く、囲い込みをしたり足場や仮設物を設置できる空間は極端に限られていた。そこで人力作業を主体とする合理的な施工サイクルを設定し柔軟に対応し施工を完了した。

(4) 経済的効果

従来の除去工法ではトンネルを閉鎖する必要があるため工事の期間中、列車の運休を余儀なくされる。都心の繁華街を結ぶ列車の運休は社会生活に非常に大きなマイナス影響を与える。従来工法と本工法を直接的なコストすなわち列車運休に伴う旅客運賃の減少と今回の石綿除去に係る事業費を比較すれば大きな差は見当たらない。しかしながら従来工法を採用した際に起こり得る交通の混乱や、地下鉄駅周辺の商業活動等社

会生活への悪影響を回避したうえで、安全確実に石綿除去を完了し、莫大なマイナス影響をゼロにしたという意味においては、地域に及ぼす経済効果は非常に高かったと考えられる。

7. おわりに

「石綿除去専用車両」および「ブロック分割除去工法」は時間的な制約、現場環境の制約、社会的な影響を考慮した場合、着手できなかったトンネルに代表される長大構造物における石綿の完全除去に突破口を開いたと考える。

特許として次の2件が成立し登録済みである。

- 1) 「アスベスト除去作業用車両」特許第 3987090 号
- 2) 「長大構造物のアスベスト除去方法及びアスベスト除去用の長大構造物の構造」特許第 3987091 号

本工事の計画から施工にあたりご指導いただきました所轄労働基準監督署、東京都環境局および所轄区役所の関係者各位にこの誌面をお借りして、厚く御礼申し上げます。

JCMMA

【筆者紹介】



寺田 正人 (てらだ まさと)
大成建設㈱
千葉支店土木部
作業所長



萩原 純一 (はぎわら じゅんいち)
大成建設㈱
エコロジー本部
シニア・エンジニア



近藤 達也 (こんどう たつや)
大成建設㈱
東京支店土木部
課長代理

橋梁架設工事の積算

——平成 20 年度版——

■改定内容

1. 共通 (鋼橋, PC 橋)
 - ・ 共通仮設費率の改訂
 - ・ 架設用仮設備機械等損料算定表の改訂
 - ・ 機械設備複合損料の改訂
2. 橋種別
 - 1) 鋼橋編
 - ・ 設備損料の諸雑費の改訂 (ケーブルクレーン, 送出し設備, 門型クレーン, トラベラクレーン等)
 - ・ 架設桁組立・解体歩掛の改訂
 - 2) PC 橋編
 - ・ プレグラウト PC 鋼材縦締工歩掛の新規設定
 - ・ コンクリート床版の炭素繊維補強工法の吊

足場改訂

■ B5 判 / 本編約 1,120 頁 (カラー写真入り)
別冊約 120 頁 セット

■定 価

非会員: 8,400 円 (本体 8,000 円)
会 員: 7,140 円 (本体 6,800 円)

※別冊のみの販売はありません。
※学校及び官公庁関係者は会員扱いとさせていただきます。

※送料は会員・非会員とも
沖縄県以外 600 円
沖縄県 450 円 (但し県内に限る)

社団法人 日本建設機械化協会

〒105-0011 東京都港区芝公園 3-5-8 (機械振興会館)

Tel. 03 (3433) 1501 Fax. 03 (3432) 0289 <http://www.jcmanet.or.jp>