

短工期を実現した天井板撤去の取組み

神戸長田トンネル天井板撤去工事

村 岸 聖 介・高 田 英 樹

神戸長田トンネルは、平成 24 年 12 月に天井板崩落事故があった笹子トンネルと類似の吊り天井板を有しており、点検で安全性に問題がないことを確認していたが、長期的な安全性確保の観点から天井板を撤去することになった。天井板撤去は、天井板に石綿（非飛散性）が含まれることや周辺交通への影響を考慮し、上下線合わせて 4.4 km の区間を 14 日間の終日通行止めで実施することが求められた。本稿では、14 日間という短工期の天井板撤去を実現するために行った取組みとその成果について報告する。

キーワード：トンネル、天井板、撤去、石綿、高速道路、通行止め、短工期、換気方式

1. はじめに

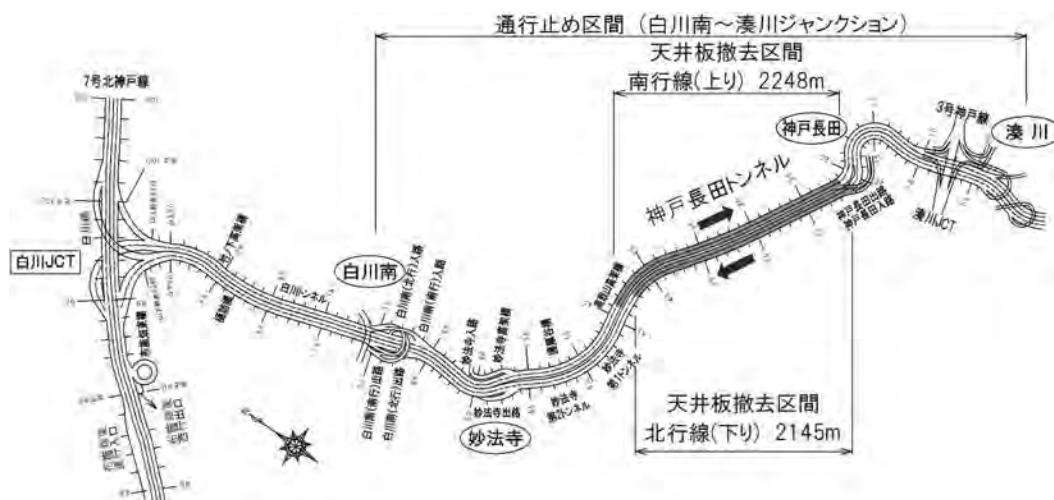
阪神高速道路では、天井板崩落事故のあった笹子トンネルと類似の構造を有するトンネルは 32 号新神戸トンネルと 31 号神戸山手線・神戸長田トンネルがあり、これまで実施した緊急点検で天井板の落下に対する安全性に問題がないことを確認していた。しかし、国から「常時引張力を受ける接着系ボルトで固定された既存の吊り天井板については、可能な限り撤去されたい」という通知が出され、近年のトンネル換気技術の向上と自動車の排気ガス低減で換気方式の変更が可能となったことも踏まえて検討した結果、長期的な老朽化の可能性は否定できないことから、これら 2 つのトンネルの天井板を撤去する方針を決定した。

新神戸トンネルの天井板は平成 27 年 2 月に撤去が

完了し、平成 28 年 1 月 25 日から神戸長田トンネルの上下線合わせて 4.4 km の区間において、横流換気方式の換気ダクトを構成する天井板の撤去を白川南～湊



写真—1 天井板撤去前



図—1 天井板撤去位置図（阪神高速 31 号神戸山手線）

今回の天井板撤去に伴い、横流換気方式からジェットファンによる縦流換気方式に変更するため、新換気方式の運用に支障となる設備（コーナーベン、ダンパー）の撤去と、必要となる設備（点検歩廊、金網・風路閉塞）の設置も通行止め期間中に実施した。

(3) 天井板撤去の作業手順

天井板撤去の基本的な作業手順は、次のフローのとおりである。

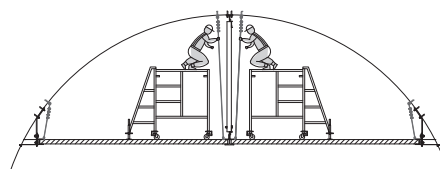
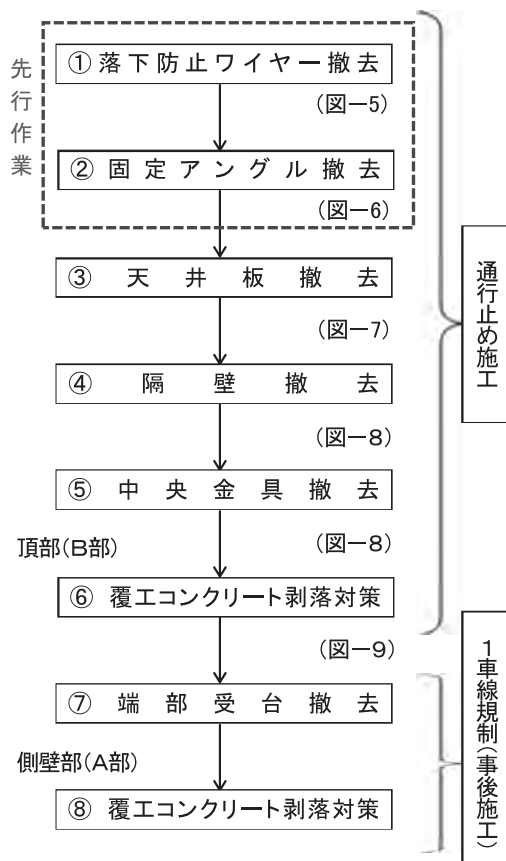


図-5 落下防止ワイヤー撤去 (3,859 本)

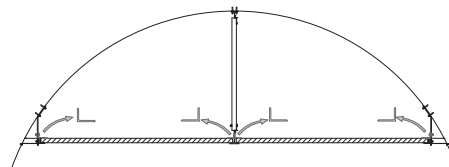


図-6 固定アングル撤去

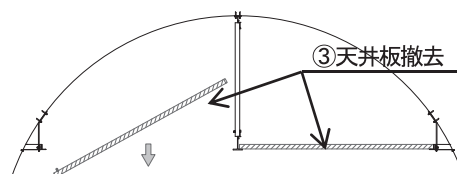


図-7 天井板撤去 (16,710 枚)

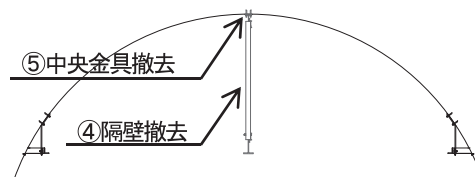


図-8 隔壁撤去 (5,625 枚)・中央金具撤去 (834 t)

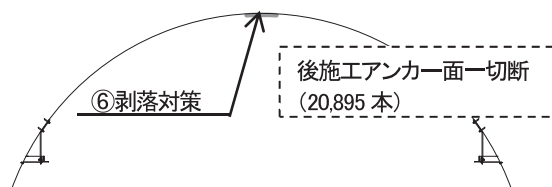
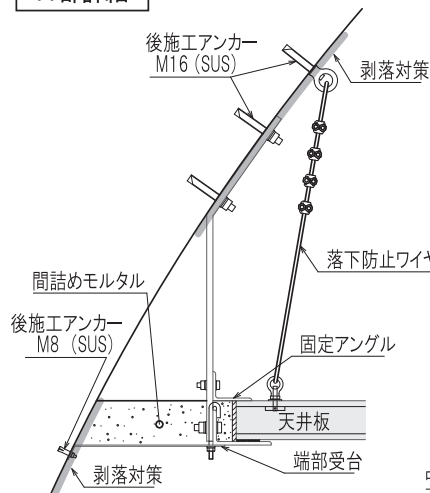


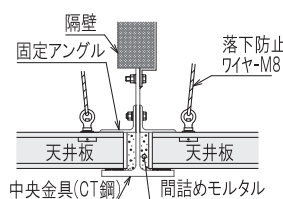
図-9 覆工コンクリート剥落対策 (1,501 m²)

A 部詳細



【剥落対策】
後施工アンカー切断部は長期的には落下の恐れがあるため、剥落防止対策として繊維入り補修材を塗布する。

C 部詳細



B 部詳細

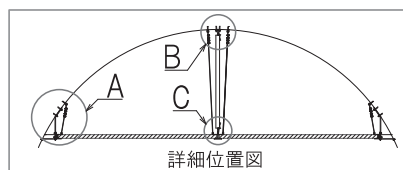
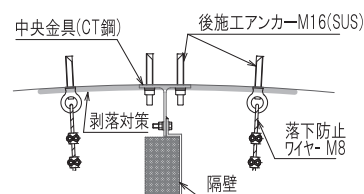


図-10 天井板構造各部詳細

3. 短工期実現に向けた天井板撤去の取組み

工事着工時点で全国の約40カ所のトンネルで吊り方式の天井板の撤去が完了していたが、撤去規模と交通規制形態・期間の施工条件の組合せにおいて、同様の実績はなく、以下の課題やリスクに対する取組みを行う必要があった。

- ①関連工事の作業を考慮すると、トンネル延長4.4kmを上下線同時で実質12日間という短期間で天井板撤去から覆工コンクリート剥落対策まで完了させなければならない（表—1）。

表—1 通行止め期間中の要求工程

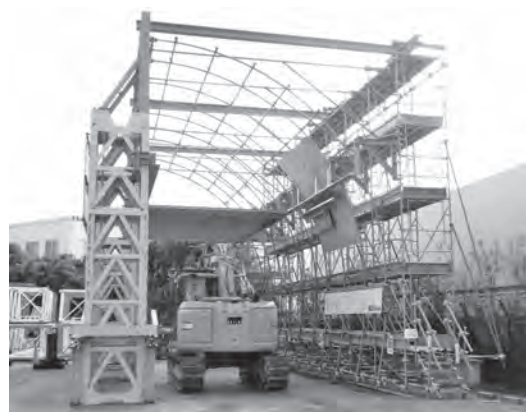
工種	数量	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
		星	夜	星	夜	星	夜	星	夜	星	夜	星	夜	星	夜
先行作業	5,130m	4日													
天井板撤去	16,710枚	開口部設置0.5日+撤去7日													
隔壁撤去 中央金具撤去	5,625枚 834t					撤去6.5日									
覆工コンクリート 剥落対策（頂部）	1,501m ²									5日					
点検歩廊・トンネル 換気設備改修	26カ所					11.5日									
路面清掃・点検	4.4km													1日	
（関連工事） ジェットファン設置 換気総合試験						ジェットファン設置10日							換気総合試験1日		

- ②作業開始後に、採用した撤去方法の施工面や安全面の問題が露呈した場合、短期間の一発勝負なので見直しによる修正・改善が期間内に間に合わない。
- ③供用中の高速道路につき、検討した撤去方法の可否やサイクルタイムの事前検証ができない。
- ④標準断面以外の異形断面の一部には、撤去に支障となる設備や機械が使えない狭隘箇所が存在するため、全体工程に悪影響を及ぼすロスが生じる（全体撤去数量の約20%に相当）。
- 以下、取組みとその成果について詳述する。

（1）天井板撤去実証実験設備の活用

神戸長田トンネルは供用中で撤去方法の事前検証ができないので、同じ仕様の天井板モデルを設置し、所定のサイクルタイムで撤去できる方法の開発と検証を行うほか、後述するハンドリングマシンのオペレータの習熟訓練施設として活用した（写真—3）。

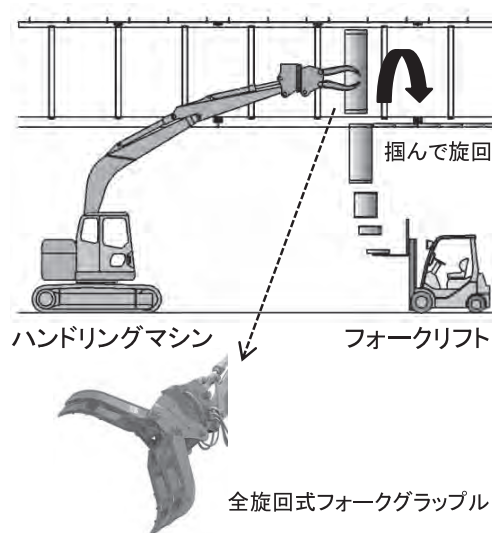
この実証実験設備での事前検証により、机上の議論では想定していなかった問題もここで判明するなど、この設備の活用は非常に有効であった。



写真—3 天井板撤去実証実験設備

（2）天井板撤去にハンドリングマシンを採用

天井板の撤去は、通行止め開始直後から実施するメインの作業であり、撤去対象物の中で最も撤去数量が多い。したがって、16,710枚の天井板を迅速かつ安全に撤去できる方法を確立することが、短工期実現の成否の鍵を握る重要な取組み課題であった。そこで、全国のこれまでの天井板撤去の実績を調査し、当工事の交通規制と施工条件で適用可能と考えた複数の撤去方法の比較検討を行った。その結果、ハンドリングマシンを使用した撤去方法を採用し、前述の実証実験設備で検証と本番に向けた改善を行った（図—11）。



図—11 ハンドリングマシンによる天井板撤去

ハンドリングマシンは、全旋回式フォークグラップルを装備した0.45 m³級油圧ショベルである。撤去は、1枚ずつ天井板を水平に掴んで上に持ち上げて取り外し、そのまま受け形鋼をかわすために旋回、降下して前方に待機したフォークリフトに受け渡して行う。

配置台数は目標とした撤去サイクルタイム5分/枚と要求工程7日から算出した12台に加え、故障時の

予備 2 台で合計 14 台とした。0.45 m³ 級油圧ショベルは、旋回アタッチメントを装備できる配管 5 本仕様のために流通台数が少なく、当初は調達に難航したが、最終的には機械リース会社の協力を得て新規製作するなどして必要台数を確保した。

また、天井板は中空断面構造で、全旋回式フォークグラップルで直接掴むと破損するので、それに取り付けるアタッチメントが必要であった。そこで、実証実験設備で試験を繰り返し行い（写真—4）、天井板とのあたり面やその角度、あたり面のゴムの材質や取付け構造に関して、天井板を把持した際に破損せず、旋回しても滑り落ちないアタッチメントの仕様を考案した。



写真—4 実証実験設備での試験

目標とした 5 分／枚というサイクルタイムを実現し、さらに短縮するため、フォークリフトのみで仮置きから搬出トラックへの積込作業ができるよう、架台の柱をガイドに天井板の上げ下げとフォークを引き抜ける構造の天井板仮置用の専用架台を考案した。これにより、作業員が石綿を含有する天井板に直接接触することなく、機械との接触リスクなしに撤去・積込・搬出の一連の作業を迅速に行うことが可能になった。本



写真—5 天井板撤去作業の流れ

番における天井板撤去の一連の流れを写真—5に示す。

一方、従事予定のハンドリングマシンのオペレータ 29 名には、事前に実証実験設備でこの流れに沿った天井板撤去作業の習熟訓練を数回にわたり実施した。

以上の取組みの結果、ハンドリングマシンによる天井板撤去は目標サイクルタイムの 5 分／枚を上回る 3 分／枚を達成した。ハンドリングマシンで直接撤去できない異形断面の狭隘部や道路施設が近接した箇所では、4.9 t 吊クローラクレーンを使って 1 枚ずつ慎重に吊り上げて取外しを行ったが、全体の天井板撤去は要求工程であった 7 日で無事完了した。

(3) 隔壁・中央金具撤去における取組み

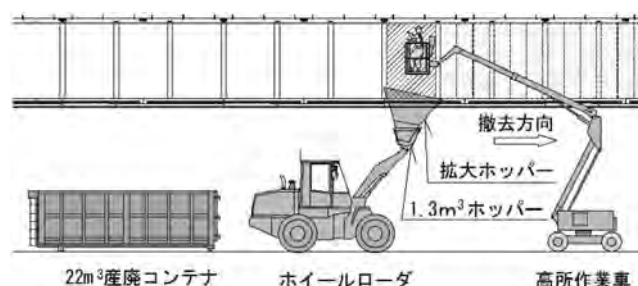
天井板以外の隔壁（ALC 板）と中央金具の撤去方法についても、実証実験設備で開発と検証を実施し、要求工程以内で無事撤去を完了した。

(a) 隔壁の撤去方法（図—12、写真—6）

高所作業車から作業員が治具を使って構造単位となっている 3 枚 1 組（重量 2.9 kN／組）の隔壁を反対側に押し出して落下させ、1.3 m³ 級ホイールローダに装着した拡大ホッパーで受ける。撤去した隔壁は、22 m³ 産廃コンテナに積み込んで場外に搬出する。

(b) 中央金具の撤去方法（図—13、写真—7）

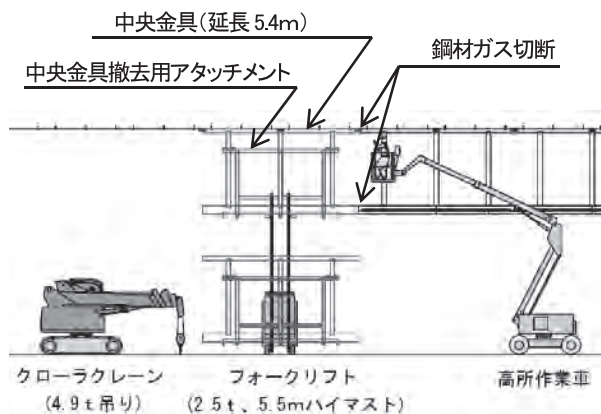
フォークに中央金具撤去用アタッチメントを装着したハイマスト式フォークリフト（2.5 t・5.5 m）を使



図—12 隔壁撤去時の機械配置（側面）



写真—6 隔壁撤去状況



図一 13 中央金具撤去時の機械配置（側面）



写真一 8 天井板撤去完了



写真一 7 中央金具撤去状況

い、構造単位 5.4 m を 1 組（重量 6.4 kN/組）として中央金具を取り外して地上付近まで下ろす。中央金具は 4.9 t 吊クローラクレーンで地上に吊り下ろし、ガス溶断で切断分割してスクラップ車で場外に搬出する。

4. おわりに

短工期実現に向けた様々な取組みの結果、天井板撤去はその後の剥落対策も含めて要求工程であった 14 日間で無事完了した。その後、引き続き 1 車線規制で側壁部の端部受台の撤去を進め、全ての撤去を平成 28 年 4 月上旬に終えた（写真一 8）。

短工期実現の要因として、これら撤去計画が重要であったことはもちろんであるが、人的な要因も大きかったことを強く述べておきたい。計画準備段階で難

航した必要人員の確保や大量の機械調達においては多くの方々から支援や協力があり、撤去工事本番では各々の使命感と情熱が現場全体に満ち溢れ、これらのことも短工期実現の大きな要因となった。14 日間の撤去工事に携わった人は、1 日最大で 445 人、延人数は 5,490 人であった。撤去期間中、40 年ぶりの大寒波が押し寄せた厳しい寒さの中、これだけ大勢の人が短期間に 1 つの目的で結集し、成功に導いてもらったことは、どんなに感謝してもしきれない気持ちである。

J C M A

《参考文献》

- 1) 森川信, 高橋政秀:「神戸長田トンネル天井板撤去工事」, 土木施工 2016 年 7 月号, pp.104 ~ 108
- 2) 高田英樹, 村岸聖介, 久板正弘, 宇留島千明, 森口智聡, 岩本靖:「短工期を実現した天井板撤去の取り組み」, 施工技術報告会講演概要 2017 年 2 月, pp.17 ~ 26: (一社) 日本建設業連合会関西支部, (公社) 地盤工学会関西支部, (公社) 土木学会関西支部, (一社) 日本建設機械施工協会関西支部

【筆者紹介】

村岸 聖介（むらぎし せいすけ）
鹿島建設㈱
関西支店 土木部 技術グループ
次長



高田 英樹（たかだ ひでき）
阪神高速道路㈱
神戸管理部 保全工事課
課長代理

