

平成28年度 土木学会関西支部技術賞候補発表会
平成29年1月23日

短工期を実現した天井板撤去の取り組み

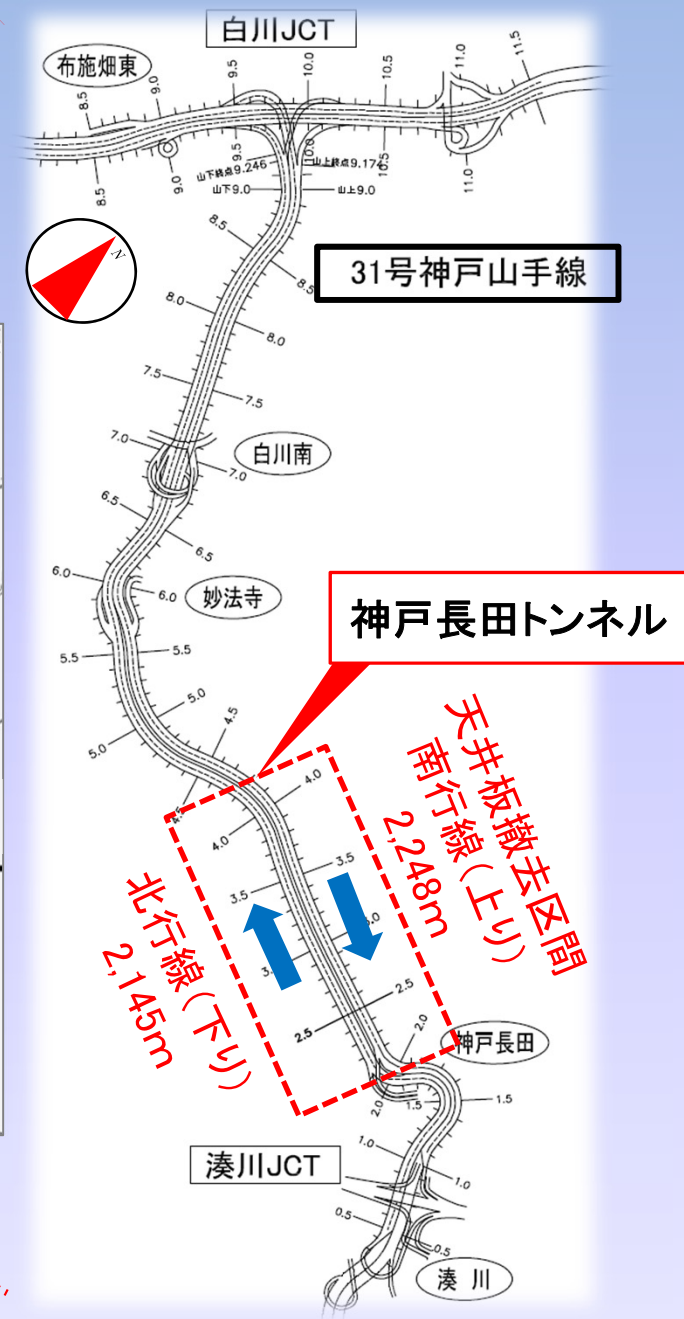
～ 神戸長田トンネル ～

阪神高速道路株式会社 神戸管理部
鹿島建設株式会社 関西支店

工事位置



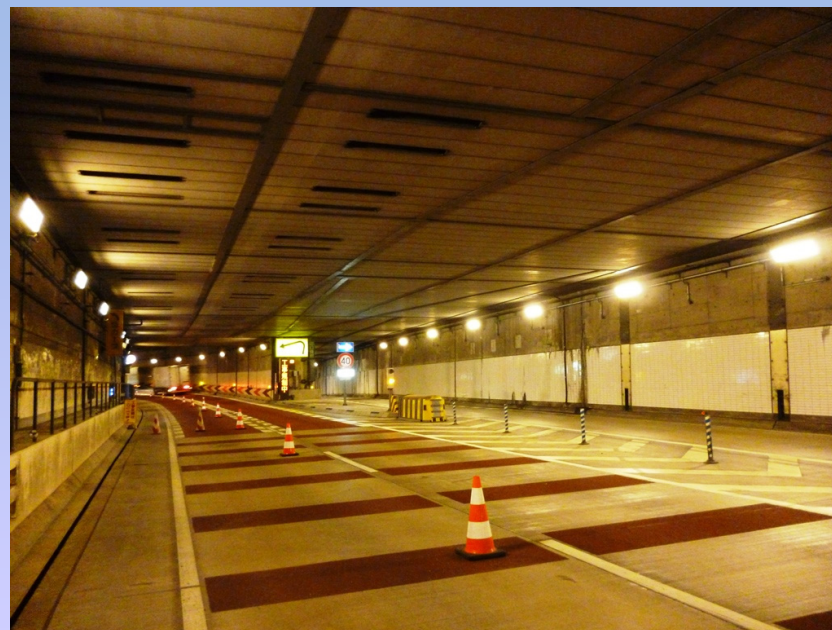
阪神高速道路 路線網図



神戸長田トンネル



神戸長田トンネル
(天井板撤去前)



神戸長田出口付近
(天井板撤去前)

吊り方式の天井板があるトンネルは全国で61カ所

天井板撤去工事の概要

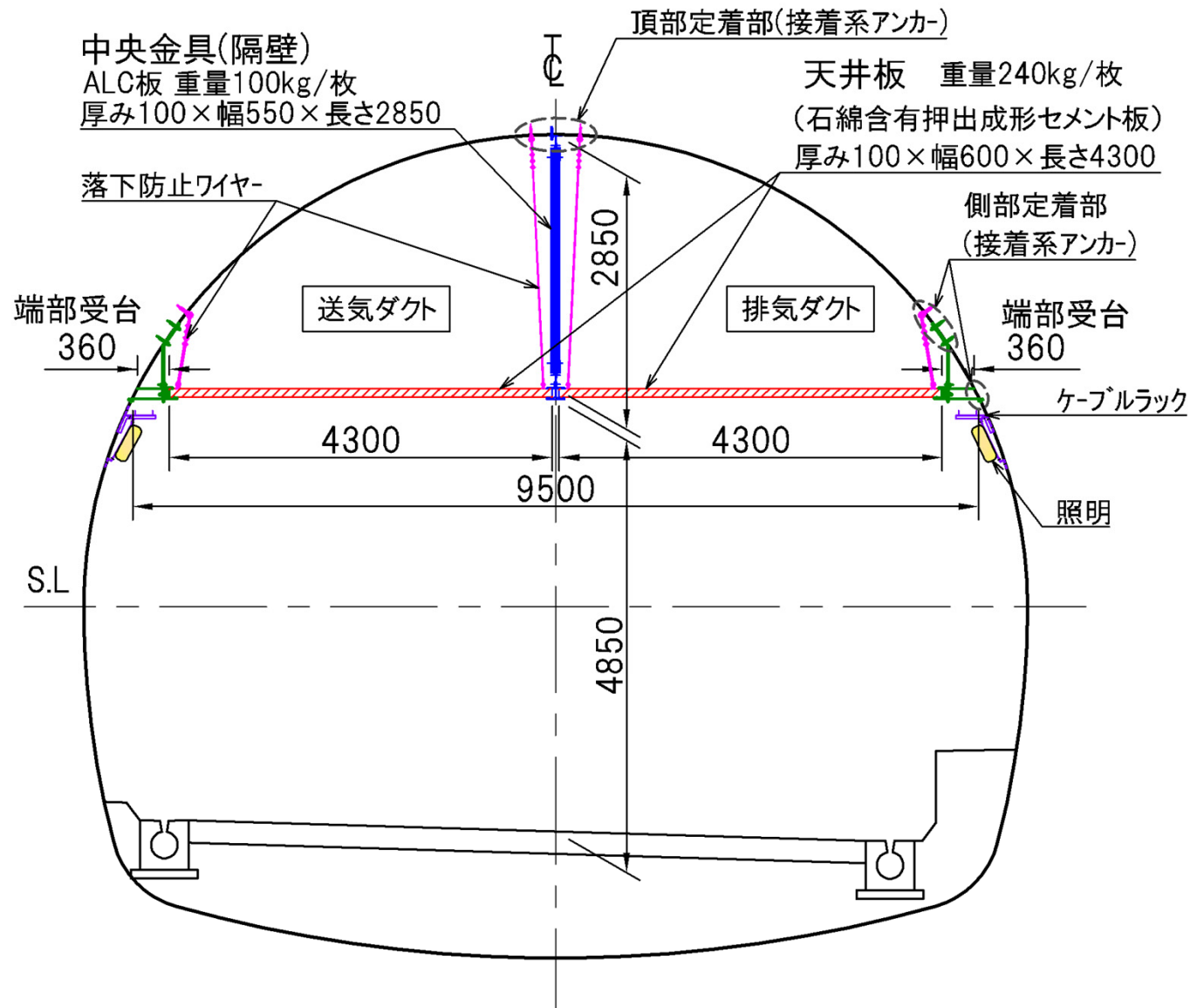
- 工 事 名 : 神戸長田トンネル天井板撤去工事
- 工事場所 : 神戸市道高速道路2号線
(31号神戸山手線)
- 発 注 者 : 阪神高速道路株式会社
- 施 工 者 : 鹿島建設株式会社
- 工 期 : 平成27年6月9日～平成28年7月12日

天井板撤去時の終日通行止め

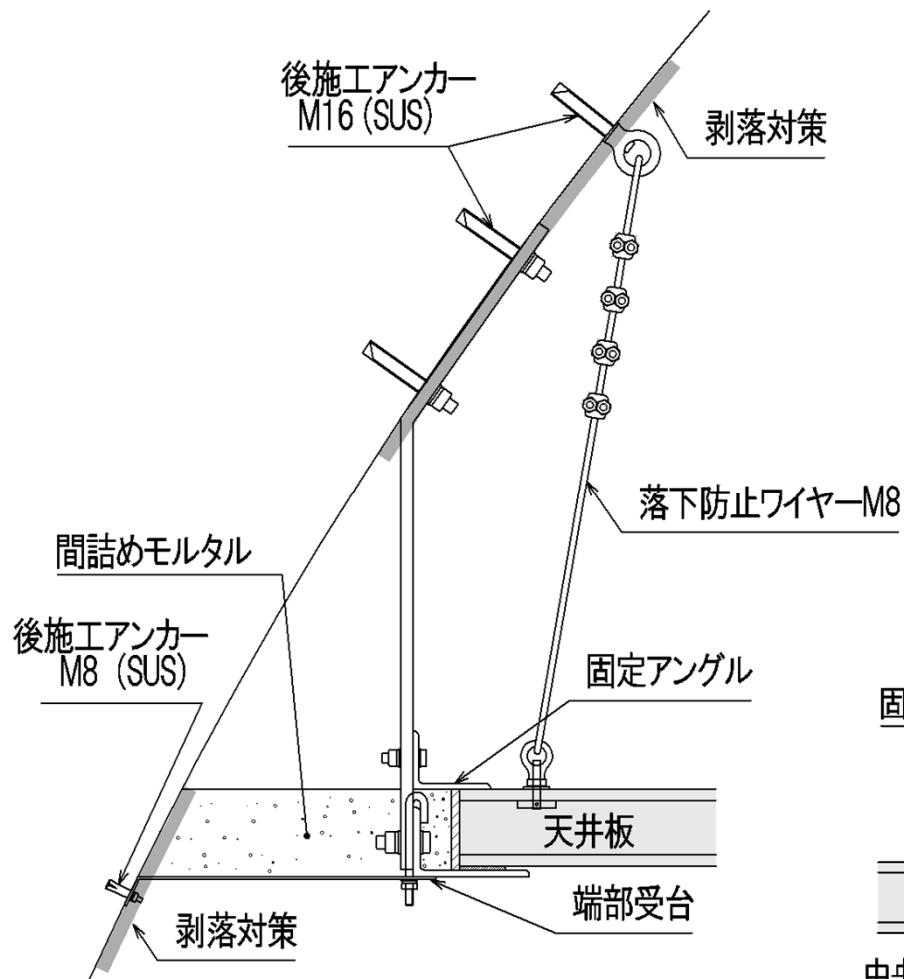
- 期 間 : 平成28年1月25日(月)～2月7日(日)
→ **14日間**
- 区 間 : 白川南IC～湊川JCT

天井板内部の構造

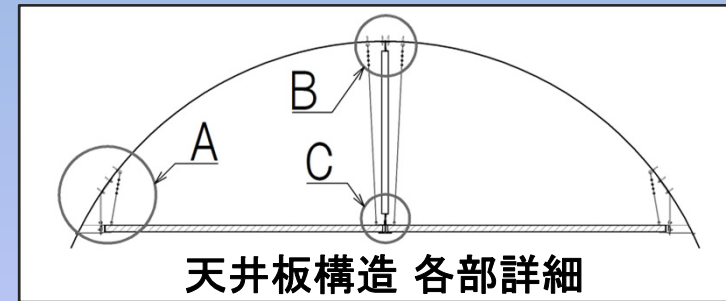
天井板 標準断面



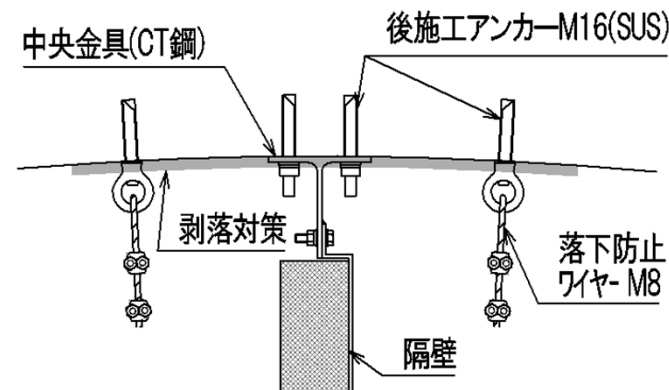
天井板内部の構造



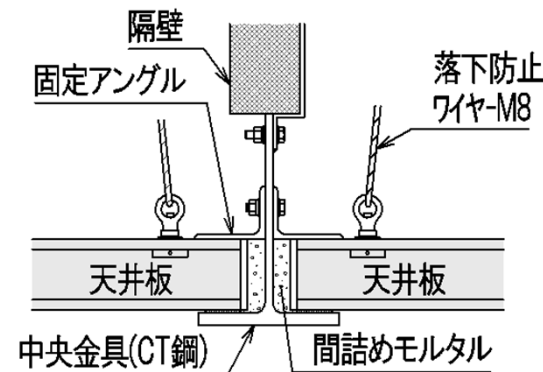
側壁部A



天井板構造 各部詳細



頂部B



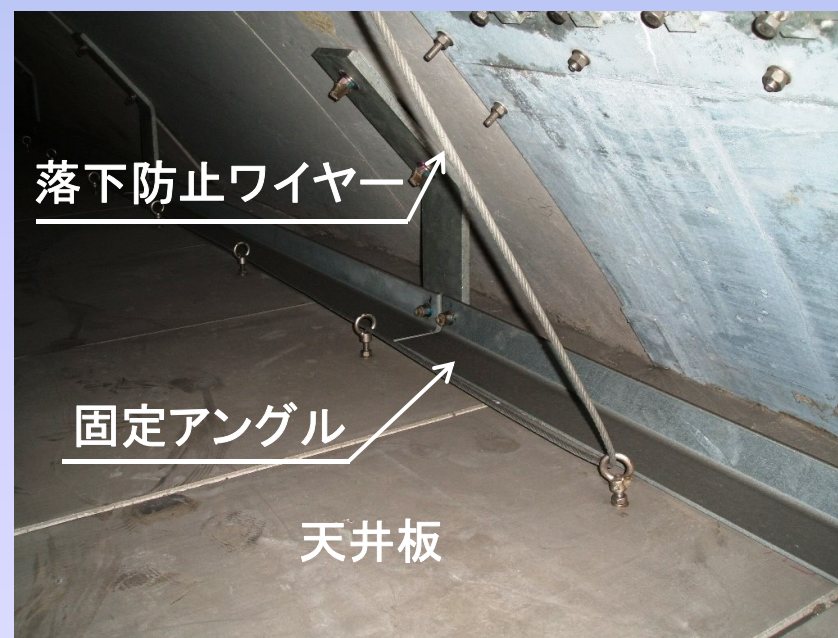
中央下部C

【剥落対策】
後施工アンカーは面一切断を行い、長期的に落下の恐れがあるので、剥落防止対策として繊維入り補修材を塗布する。

天井板内部の構造

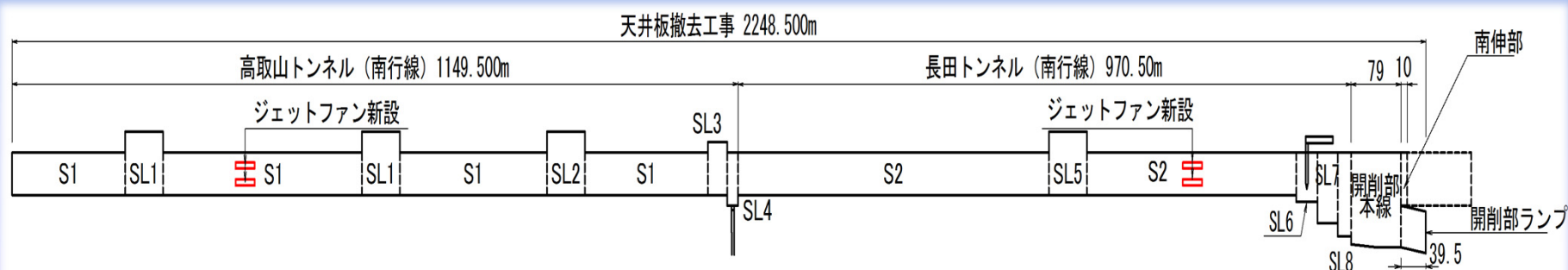


天井板内部

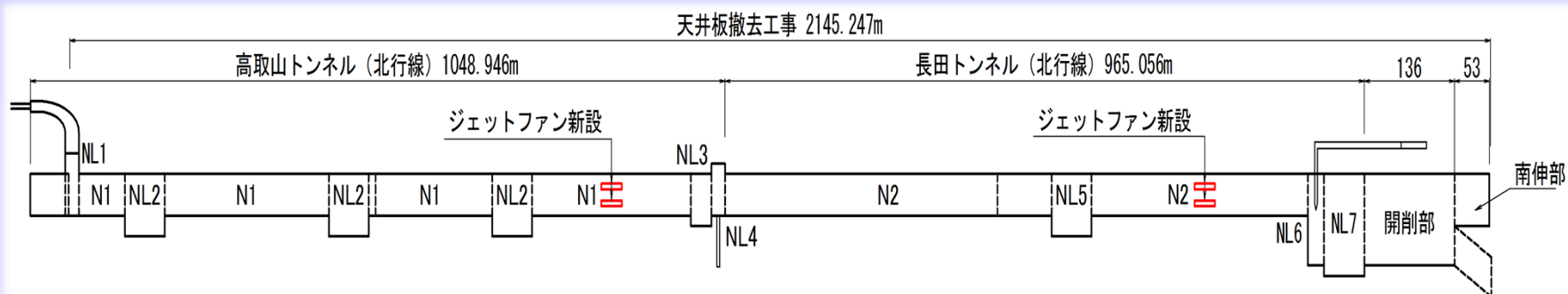


端部受台

トンネルの断面区分



南行線(上り)トンネル断面区分



北行線(下り)トンネル断面区分

【凡例】 S、N: 標準断面 開削部、南伸部: 異形断面①
SL、NL: 異形断面②(非常駐車帯・換気塔接続部)

異形断面について

異形断面の大半は不規則な天井板構造となっており、天井板撤去に支障となる道路施設や換気設備と近接している箇所がある。



換気塔接続部



北行線開削部

天井板撤去の基本条件

- 1) 天井板撤去は、天井板が石綿（非飛散性）を含有していることから、万一の石綿飛散リスクを考慮して終日全面通行止めを実施する。
- 2) 通行止め期間は、周辺交通への影響を最小限にするため、平成28年1月25日～2月7日の14日間とする。
- 3) 天井板（押出成型セメント板）は、石綿含有製品（非飛散性）であることから、原則として、切断・破砕等の粉塵が発生する行為は行わない（発じん性が比較的低いレベル3に分類）。

天井板撤去の作業手順

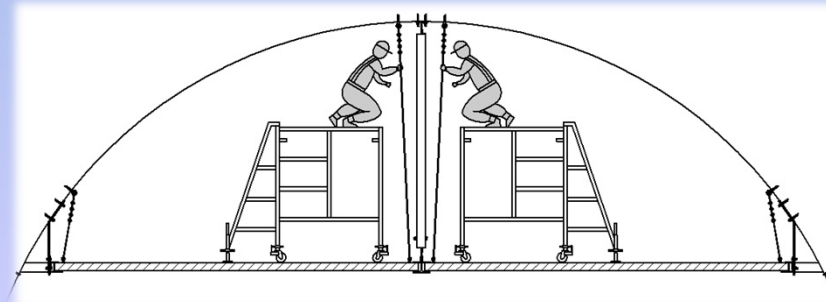
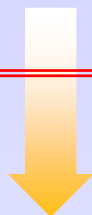
→ 通行止め作業

先行作業(撤去準備作業)

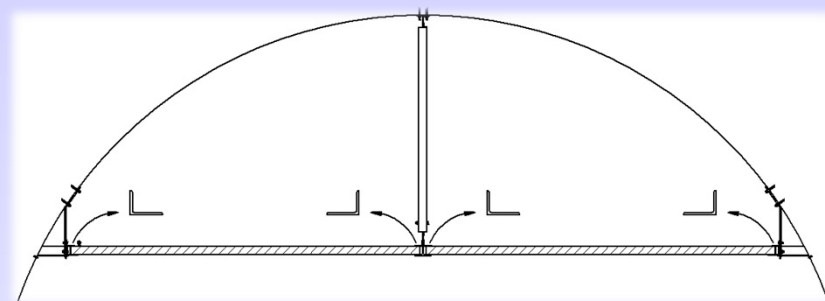
① 落下防止ワイヤー撤去



② 固定アングル撤去



①中央部と端部受台にそれぞれ設置されている落下防止ワイヤーをロープカッターで切断する。



②天井板を押え固定しているアングルを外す。

天井板撤去の作業手順

□ → 1車線規制
(事後施工)

③ 天井板撤去

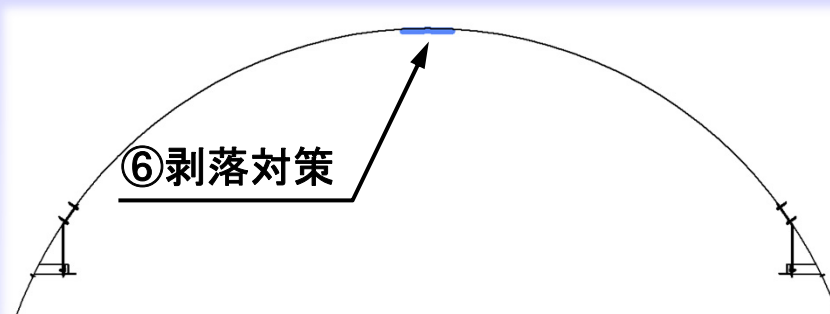
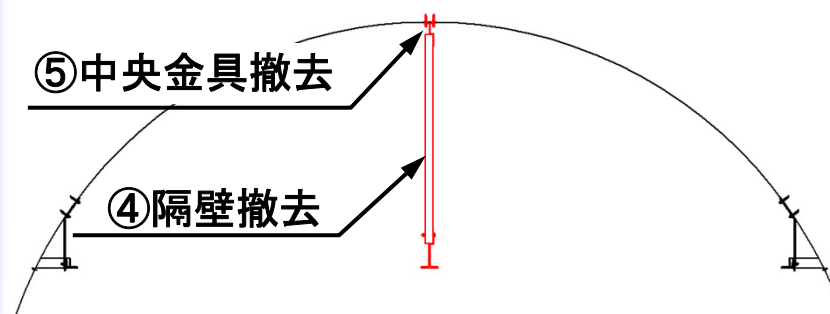
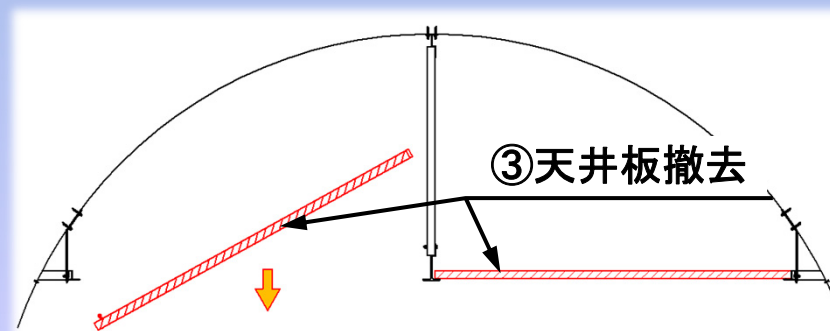
④ 隔壁撤去

⑤ 中央金具撤去

⑥ 覆工コンクリート
剥落対策(頂部)

⑦ 端部受台撤去

⑧ 覆工コンクリート
剥落対策(側壁部)



工程遅延リスク

1) 関連工事を考慮すると、上下線同時で実質12日間で剥落対策まで完了させなければならない。

工 種		単位	数量	1日目	2日目	3日目	4日目	5日目	6日目	7日目	8日目	9日目	10日目	11日目	12日目	13日目	14日目	備 考		
				昼	夜	昼	夜	昼	夜	昼	夜	昼	夜	昼	夜	昼	夜		昼	夜
南 行 線 ・ 北 行 線	先行作業	m	5,130																・落下防止ワイヤー撤去 ・固定アングル撤去	
	天井板撤去	枚	16,710	開口部設置(0.5日)																【要求工程】 7.0日(開口部設置を除く)
	隔壁撤去 中央金具撤去	枚 t	5625 834														【要求工程】 隔壁撤去 3.5日 中央金具撤去 3日			
	覆工コンクリート 剥落対策 (頂部)	m ²	1,501														接着系アンカー切断本数 M16 20,895本			
	点検歩廊・トンネル 換気設備改修	カ所	26														撤去 17カ所 設置 9カ所			
	路面清掃・点検	km	4.4																	
	(関連工事) ジェットファン設置 換気総合試験																	換気総合試験 (別途工事)		

工程遅延リスク

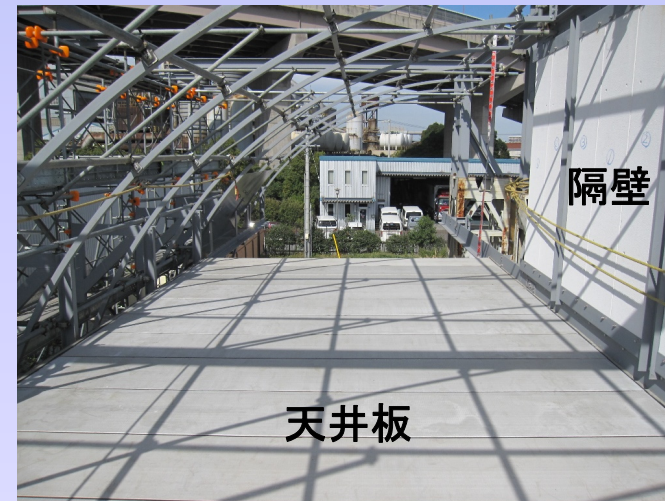
- 2) 作業開始後に採用した撤去方法に潜在していた安全面や方法自体の問題が露呈した場合、短期間の一発勝負なので見直しによる修正・改善が期間内に間に合わない。
- 3) 供用中の高速道路につき、検討した撤去方法の可否やサイクルタイムの事前検証ができない。
- 4) 標準断面以外の異形断面の一部には、撤去に支障となる設備や機械が使えない狭隘箇所が存在するため、全体工程に悪影響を及ぼすロスが生じる(全体撤去数量の約20%に相当)。

① 天井板撤去実証実験設備の活用

現地と同じスケールと仕様の天井板モデルを設置し、撤去工法の開発と検証を行うほか、配置予定の作業員の習熟訓練施設として活用



実証実験設備 全景



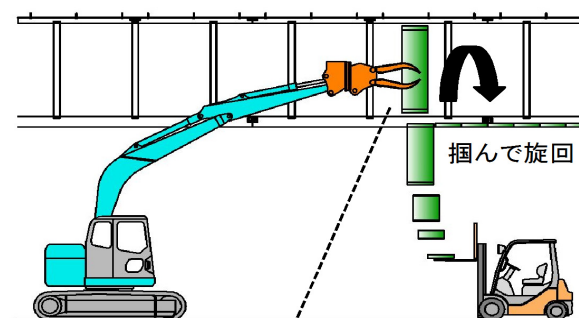
実証実験設備 上部

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、非常に有効であった。

② 天井板撤去にハンドリングマシンの採用

1) 短工期実現の鍵を握る天井板撤去方法の検討

ハンドリングマシン+フォークリフト

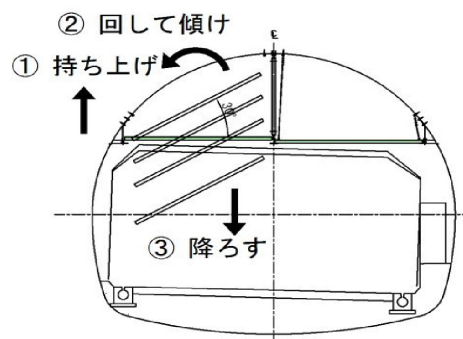


ハンドリングマシン

フォークリフト

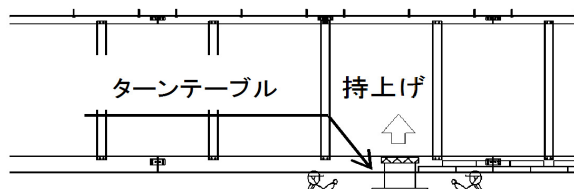


全旋回式フォークグラップル



天井板撤去要領

高所作業車+フォークリフト

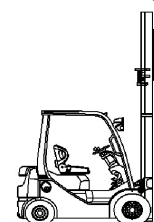


ターンテーブル

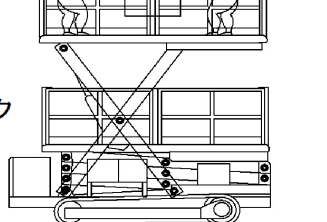
持上げ

積替

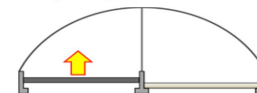
バック



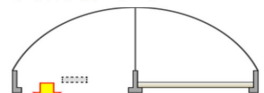
フォークリフト



高所作業車



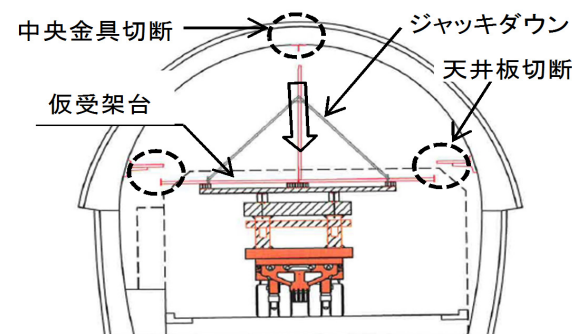
① 持ち上げ・バック



② 水平回転・降下

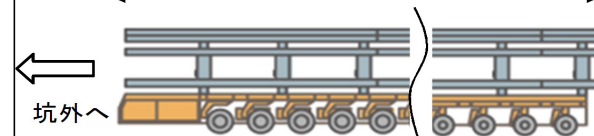
天井板撤去要領

自走式多軸台車(仮受架台)

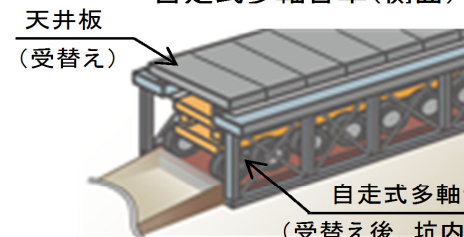


自走式多軸台車(断面)

撤去ブロック延長 24m × 2 連 = 48m



自走式多軸台車(側面)



天井板
(受替え)

自走式多軸台車

(受替え後、坑内へ戻る)

解体用架台(坑外解体ヤード)

② 天井板撤去にハンドリングマシンの採用

石綿対策

天井板の開口設置以外は切断がなく、撤去から積込まで作業員は天井板に直接触れることはない。

要求工程

所定期間以内(7.5日)で16,710枚の天井板の撤去とトンネル場外搬出が行える。

安 全

天井板上と地上の手元作業員を必要としないので、墜落・転落災害や機械との接触リスクが低い。

作業通路

坑内の1車線規制内で機械配置と作業が可能で、他作業と輻輳したり工事車両の通行を妨げたりすることがない。

② 天井板撤去にハンドリングマシンの採用

2) 天井板掴み用アタッチメントの考案

要求仕様

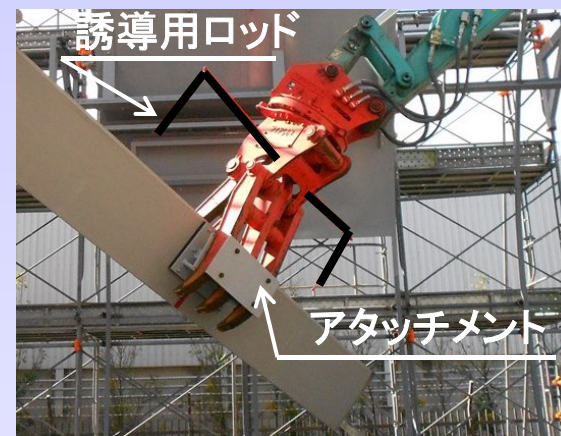
- 天井板を掴んで取外す際に破損しない。
- 把持したまま旋回、傾けても滑り落ちない。
- ゴムなどの消耗部品の取替えが容易にできる。
- オペレータ自らがフォーク本体の正確な位置を容易に視認できる(天井板上の合図者なし)。



天井板断面構造



試験施工の様子



考案したアタッチメント

② 天井板撤去にハンドリングマシンの採用

3) 目標サイクルタイム(5分/枚)の実現と短縮

一連作業の迅速化

天井板撤去から受け渡しにおいて、ハンドリングマシンの移動を最小とする機械配置を立案



① 天井板撤去
(フォークリフトは前方待機)



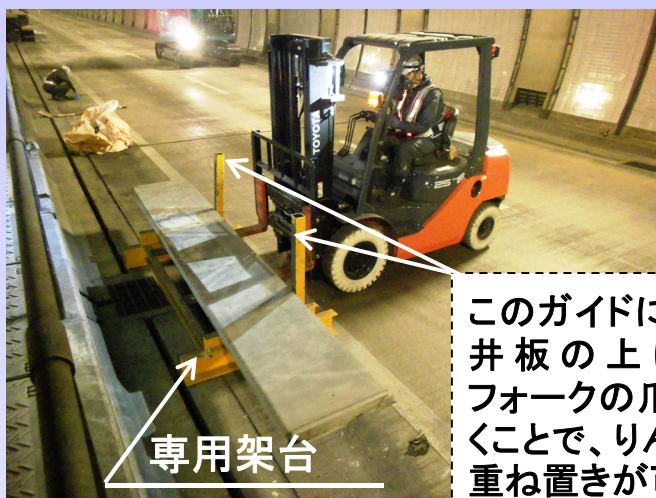
② 天井板受け渡し

② 天井板撤去にハンドリングマシンの採用

3) 目標サイクルタイム(5分/枚)の実現と短縮

一連作業の迅速化

フォークリフトによる坑内仮置きに着目し、手元作業員を必要としない天井板仮置用の専用架台を考案



専用架台

このガイドに沿って天井板の上げ下げとフォークの爪を引き抜くことで、りん木なしで重ね置きが可能

③ 専用架台に仮置き (手元作業員なし)



搬出トラック

④ 搬出トラック積込み (専用架台から直接)

② 天井板撤去にハンドリングマシンの採用

3) 目標サイクルタイム(5分/枚)の実現と短縮

オペレータの技量向上

実証実験設備で配置予定の
オペレータ(29名)の習熟訓練
を数回にわたり実施



ハンドリングマシンに
よる天井板取外し



フォークリフトへの受け渡し

② 天井板撤去にハンドリングマシンの採用

取り組みの成果

■ 習熟訓練では目標サイクルタイムの5分/枚を上回る3分/枚程度まで技量を向上させることができ、本番の撤去作業でもそのサイクルタイムを達成

■ ハンドリングマシンによる天井板撤去は5日で完了し、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も含めた全体の天井板撤去は要求工程であった7.5日で無事完了

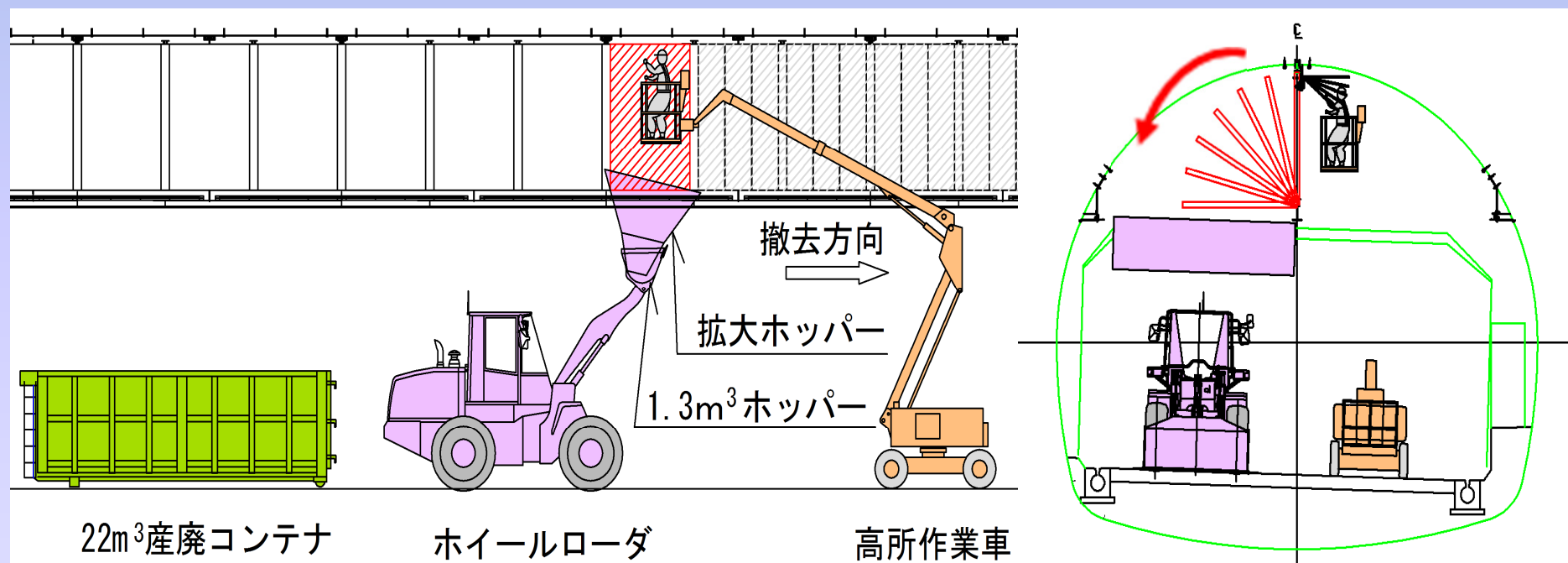
③ 隔壁撤去用拡大ホッパーの考案

隔壁（ALC板）撤去の問題点

- 1) 天井板撤去に先行して隔壁撤去を行う場合、天井板強度から上載荷重が $100\text{kg}/\text{m}^2$ に制限されるので、撤去した隔壁（ $100\text{kg}/\text{枚}$ ）を天井板上にまとめて仮置きすることができない。
- 2) 隔壁は中央金具に3枚1組で取り付けられており、隣同士が縦目地の凹凸かみ合わせになっているので人力で1枚ずつ撤去する場合は縦目地の事前切断が必要になる。

③ 隔壁撤去用拡大ホッパーの考案

確実、安全な撤去を可能にした拡大ホッパーの考案



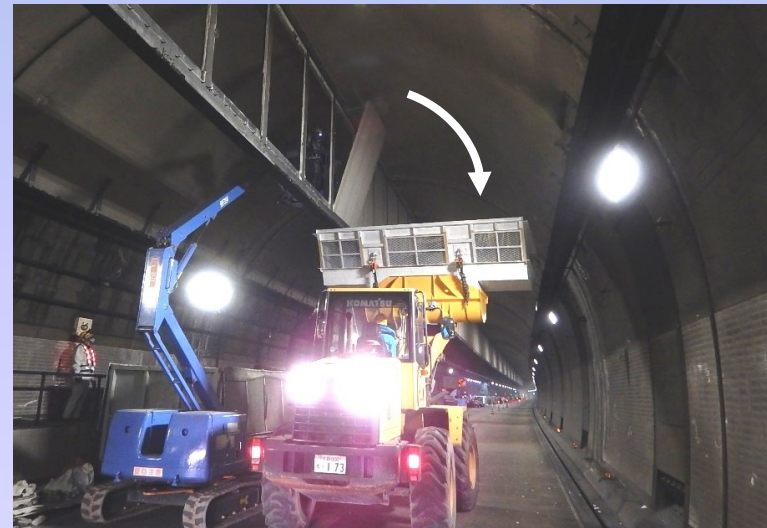
高所作業車の作業員が、3枚1組の隔壁を治具で反対側に押し出し、ホイールローダに装着した拡大ホッパー内に落とす。

③ 隔壁撤去用拡大ホッパーの考案

確実、安全な撤去を可能にした拡大ホッパーの考案



拡大ホッパー装着状況

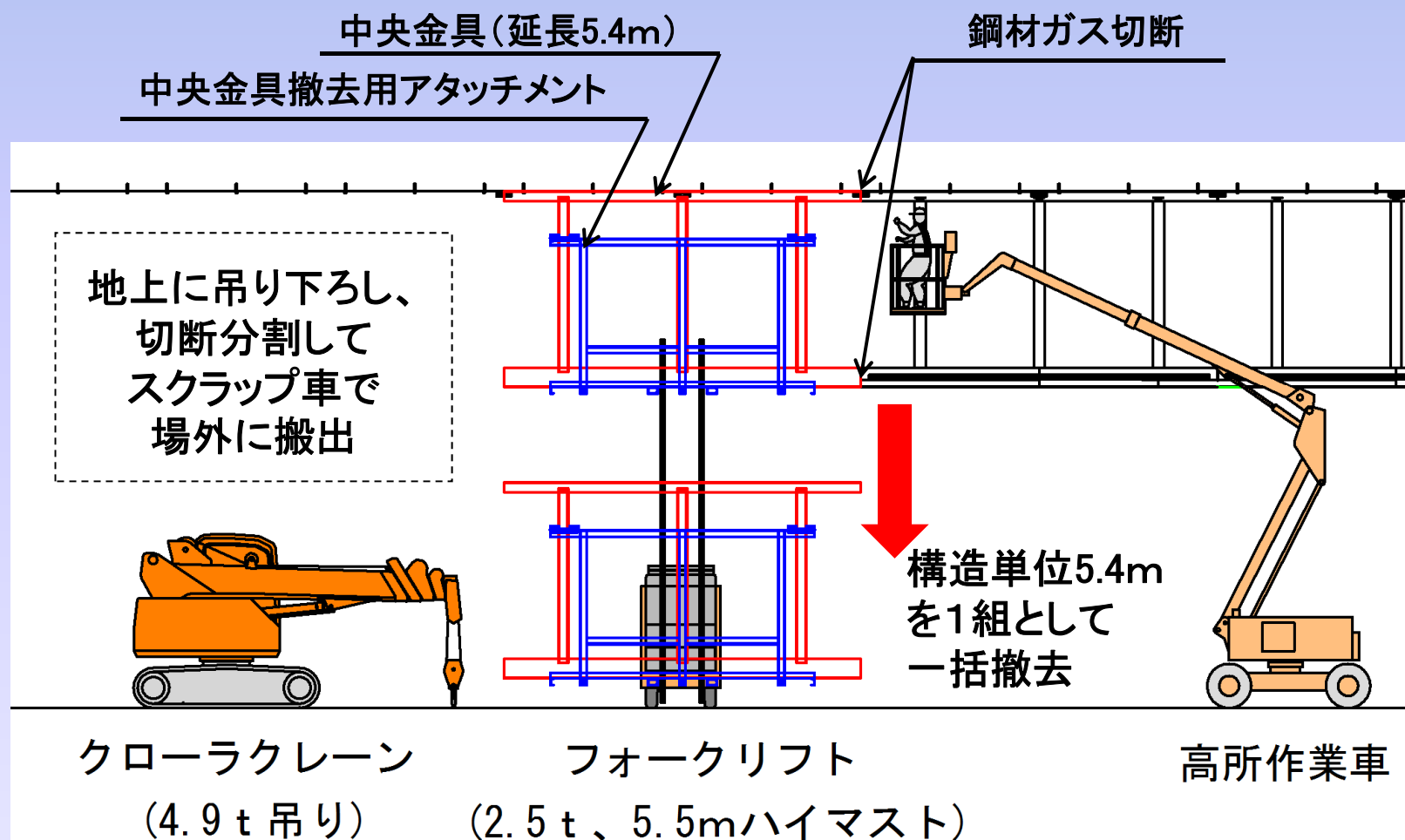


撤去作業状況

→ 隔壁撤去のサイクルタイムの実績は、要求工程から試算した隔壁3枚を1組とした目標サイクルタイム15分/組に対し、12分/組を達成

④ 中央金具撤去用アタッチメントの考案

迅速な一括撤去を可能にしたアタッチメントの考案



④ 中央金具撤去用アタッチメントの考案

迅速な一括撤去を可能にしたアタッチメントの考案



中央金具撤去の試験施工



撤去作業状況

→ 一括撤去のサイクルタイムの実績は、要求工程から試算した目標サイクルタイム15分/組に対し、12分/組を達成

おわりに

■ 短工期の実現について

天井板撤去は14日間以内で無事完了し、利用者及び沿道住民に対する一般交通への影響を最小限にできた。加えて、事後の1車線規制で撤去予定の端部受台や送気フリューの一部も新たに考案した方法を使ってこの通行止め期間中に撤去を進めた。

■ 人的要因について

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、これらのことが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。

ご清聴ありがとうございました



神戸長田トンネル 天井板撤去完了