

中央新幹線第一中京圏トンネル新設(西尾工区)
における吹付けコンクリート片の剥がれ落ちによる
災害の発生原因と対策について
(概要版)

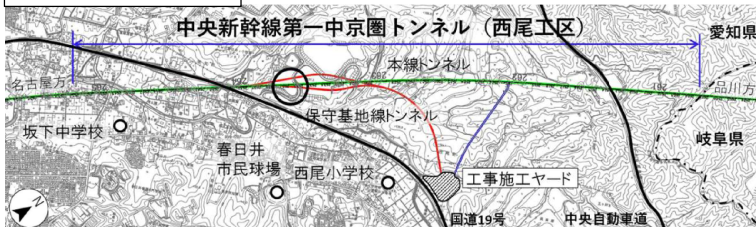
令和4年4月

東海旅客鉄道株式会社

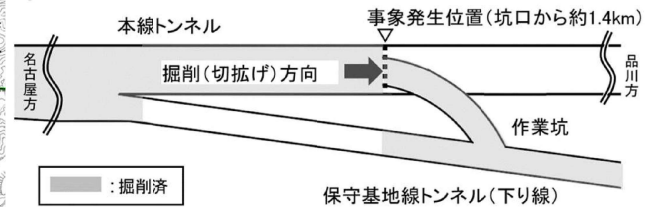
事象の概要

1. 日時 令和4年3月1日（火）16時40分頃
2. 場所 愛知県春日井市西尾町地内
中央新幹線第一中京圏トンネル新設（西尾工区）トンネル内
3. 事象 吹付けコンクリート片の剥がれ落ちによる労働災害
4. 被害 作業員1名が受傷
【受傷者】トンネル作業員（1次下請け）
【程度】右肋骨骨折、右肺挫傷（3月7日退院、3月14日復職）
5. 請負会社 大成建設・日本国土開発・ジェイアール東海建設JV
6. 概況 作業坑を本線トンネルの大きさに切掘るという通常とは異なる作業を行っていた箇所において、受傷者はモルタル注入ホースを切掘り面側に手繰り寄せながら、切掘り面に向かって右から左の方向に移動していた。
その際、切掘り面上部に吹付けたコンクリート片がいくつかの破片となって剥がれ落ちた。当該作業時は、原則立入禁止範囲（切掘り面から5m以内）での作業であったことから切羽監視体制を強化しており、剥がれ落ちを認めて切羽監視責任者等が声をあげたが退避が間に合わず、受傷者の右肩付近に当たり負傷した。

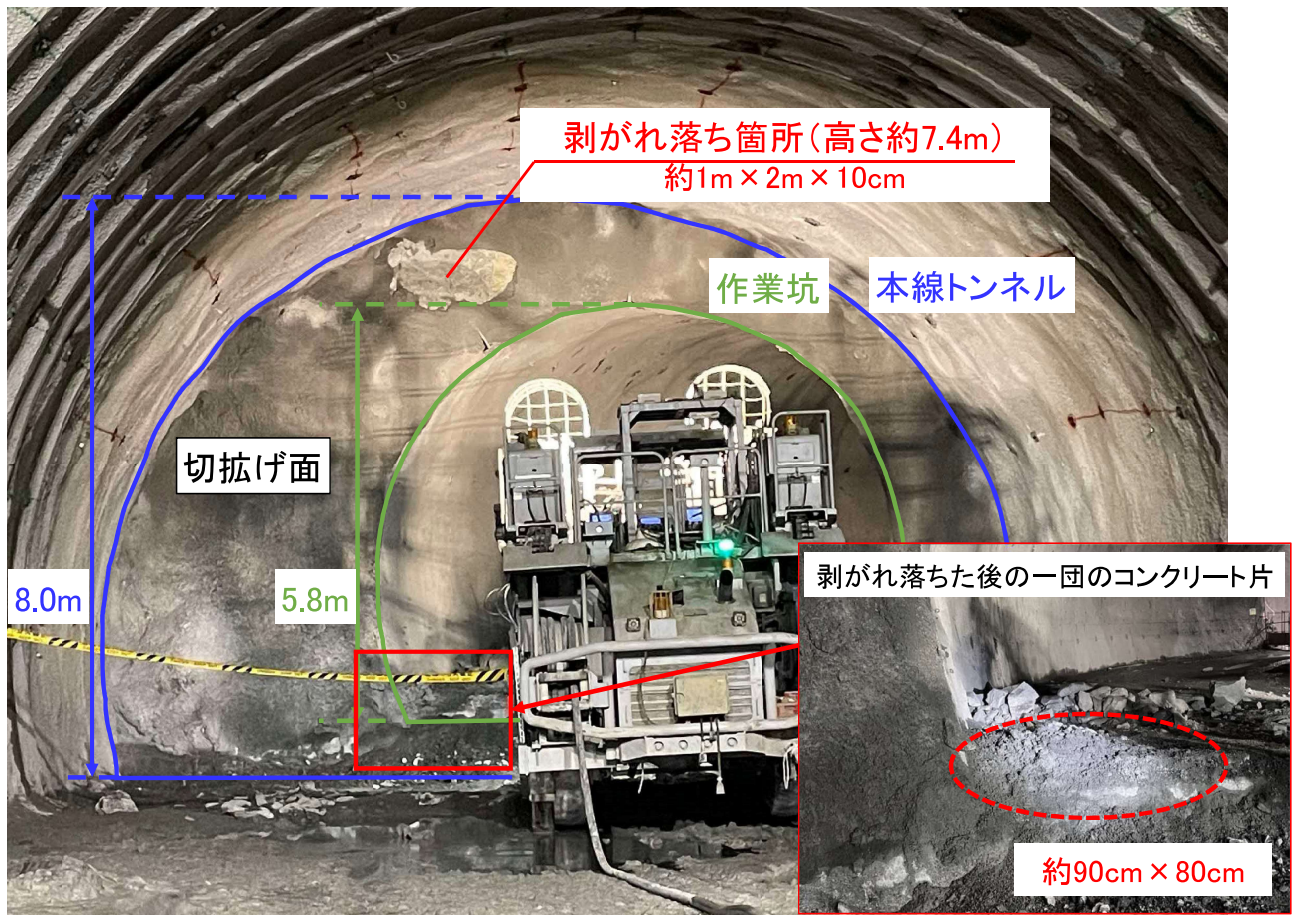
事象発生箇所



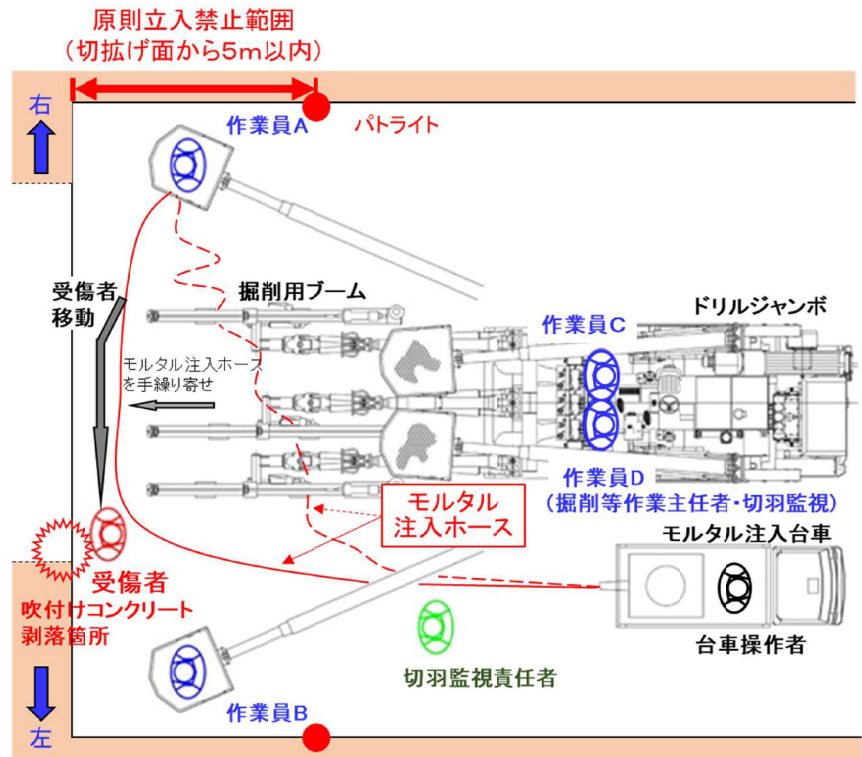
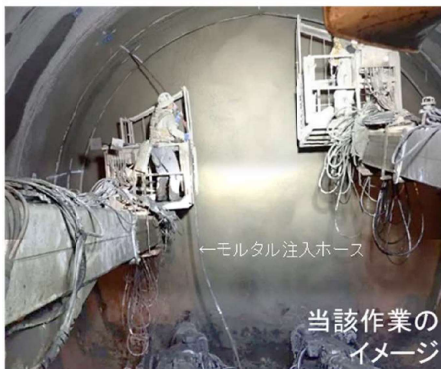
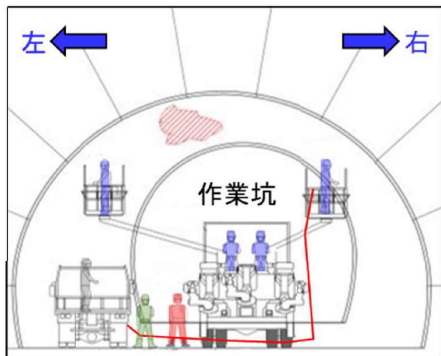
(拡大図)



現場写真



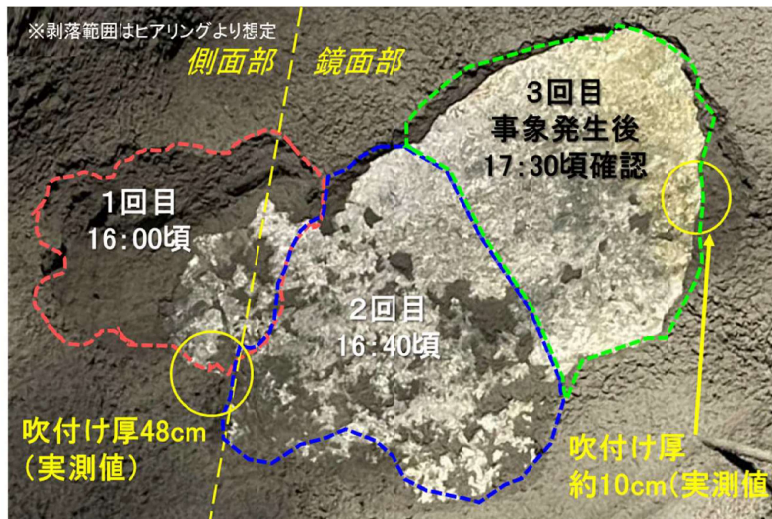
事象発生時の状況



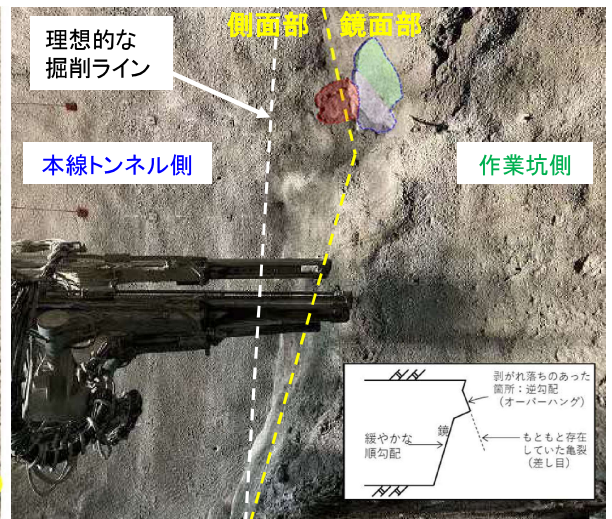
事象発生時の状況

- (1) 事象発生前の16:00に、鏡面へドリルジャンボで移動中の作業員が、吹付けコンクリート片の1回目の剥がれ落ちを確認したため、掘削等作業主任者及び切羽監視責任者は剥がれ落ち箇所付近を注視した状態でロックボルト削孔作業を行った。ロックボルト削孔が終了するまで新たな剥がれ落ちがなかったため、掘削等作業主任者及び切羽監視責任者は変状の進展はなしと考えた。
- (2) 事象発生時は、掘削等作業主任者ほか6名でロックボルト打設に係るモルタル注入作業を行っており、受傷者はモルタル注入ホースの受渡し作業の補助を行っていた。
- (3) 受傷者は、モルタル注入ホースのマンケージ間での受渡しの際にブームに支障しないよう地上でホースを切り回していた。
- (4) 瀬戸トンネルの対策を踏まえ、原則立入禁止範囲での作業であることから、切羽監視責任者の常時監視のもと、監視強化として掘削等作業主任者も切詰め面を監視していた。J Vは受傷者の作業が上部に繋がるホースを持ちながらの短時間の移動であったため、設備的防護対策を行っていなかった。
- (5) 切詰め面からは吹付けコンクリート片のみが剥がれ落ち、地山の岩石等の落下はなかった。

- ・剥がれ落ちは段階的に発生しており、2回目の時にコンクリート片(平均吹付け厚約10cm)がいくつかの破片となって剥がれ落ちたものが、作業員に当たり受傷。
- ・1回目の剥がれ落ち箇所の吹付け厚は実測48cm(3D測定による想定最大厚65cm)。
- ・剥がれ落ちた箇所の鏡面は、切掘り面であり、本線トンネルの断面約100㎡のうち、施工済の作業坑の断面約40㎡が開口として存在。
- ・本線トンネルの鏡面は全体としては緩やかな順勾配だが、剥がれ落ちのあったところは、地山にもともと存在していた亀裂(差し目)により、大きな面が逆勾配(オーバーハング)で存在しており、掘削面に凹凸(窪み)が存在。



剥がれ落ち箇所(拡大)



側面から見た写真

6 吹付けコンクリート片の剥がれ落ちの原因と対策

原因

以下の要因が重なり、吹付けコンクリート片の剥がれ落ちが発生したと推定する。

- ・鏡面に作業坑の開口が存在しており、通常の鏡面と比較して吹付けコンクリートが全面で一体的に支持されない特殊な箇所であったこと。
- ・剥がれ落ちた箇所の鏡面が逆勾配(オーバーハング)となっており、自重がかかりやすい形状であったこと。
- ・鏡面と側面の隅角部において、地山の凹凸が大きく、これを平滑にするために吹付けコンクリートの吹付け厚が過大となったこと(設計吹付け厚5cmに対し、最大吹付け厚約65cm)。

対策

鏡面に対して吹付けコンクリートの必要以上の厚吹きを行わない。

7 吹付けコンクリート片の剥がれ落ちが労災につながった原因と対策

原因

モルタル注入ホースを切り回す作業を切掘り面の近傍で行ったため、剥がれ落ちたコンクリート片に当たり受傷した。

(問題点)

- ・ ホースの切回しについて、原則立入禁止範囲内での作業を最小限にする検討が不足していた。
- ・ 施工済みの作業坑が存在していたこと(切掘り作業における特状)から、切掘り面近傍での作業であるという認識が希薄であった。

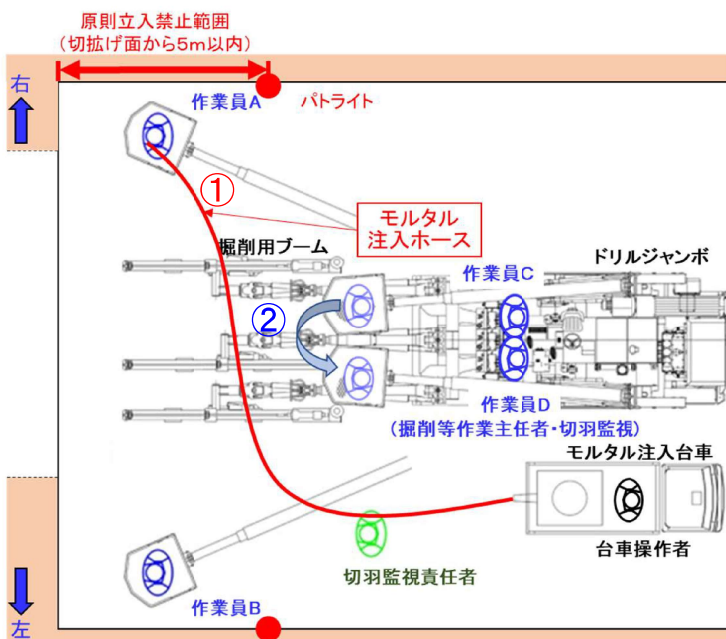
対策

1. 立入禁止範囲に立ち入らずにホースを受け渡す方法で統一し、作業手順書に明記する。(現地で検証済み)
2. 作業員への注意喚起として、切掘り面のように鏡面が認識しづらい箇所には、既施工トンネル内(作業坑)に高さ1m程度の嵩上げを盛土(トンネルずり)で行うことで、現地にて注意喚起の明示をする。
3. 施工会社は作業全般を通じて、原則立入禁止範囲に立ち入る必要がある作業の絞り込みを行い、必要な安全対策を講じる。

8

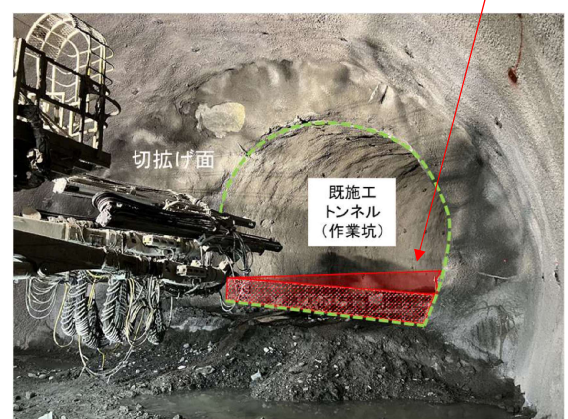
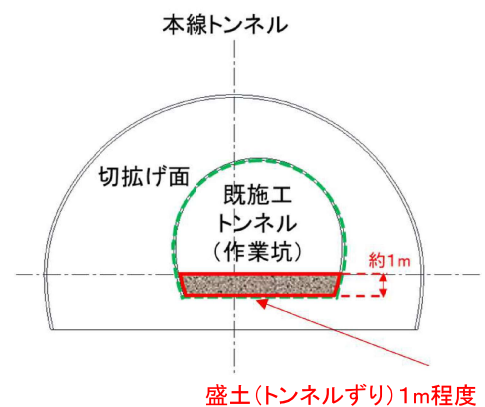
対策

対策1. モルタル注入ホース切回し作業の見直し



- ① ブームの上にホースを通したうえで注入作業を実施
- ② ホースの受け渡し時は原則立入禁止範囲外に移動したうえで、マンケージ上で受け渡す

対策2. 切掘り作業時における注意喚起



中央新幹線第一中京圏トンネル新設(西尾工区)
における吹付けコンクリート片の剥がれ落ちによる
災害の発生原因と対策について

令和4年4月

東海旅客鉄道株式会社

目次

1. 事象の概要	1
2. 西尾工区の特徴	5
3. 施工状況	6
4. 事象の発生状況	12
5. 原因	16
6. 対策	17
7. 本事象に関する有識者の意見等	21

1. 事象の概要

日 時 : 令和4年3月1日(火)16:40 頃

場 所 : 愛知県春日井市西尾町地内 中央新幹線第一中京圏トンネル新設(西尾工区)
(以下、西尾工区)

トンネル内(保守基地線トンネルの坑口から約 1.4 km)

平面キロ程 263k640m(土被り約 110m)(図 1 - 1、図 1 - 2)

事 象 : 吹付けコンクリート片の剥がれ落ちによる労働災害

現場写真: 図1-3のとおり

被 害 : 作業員1名が受傷

【受傷者】トンネル作業員(1次下請け)

【程 度】右肋骨骨折、右肺挫傷(3月7日(月)に退院、3月14日(月)に復職)

工事概要: NATMによるトンネル工事

【延 長】本線トンネル: 約 4.7 km

非常口トンネル(斜坑): 約 0.8 km

保守基地線トンネル: 約 2.6 km

【断 面】本線トンネル: 約 100 m²

非常口トンネル(斜坑): 約 55 m²

保守基地線トンネル: 約 40 m²

作業坑: 約 40 m²

発 注 者: 東海旅客鉄道株式会社

施工業者: 中央新幹線第一中京圏トンネル新設(西尾工区)工事共同企業体

(構成員 大成建設(株)・日本国土開発(株)・ジェイアール東海建設(株))

経 緯

令和 3年 1月		本線トンネル掘削開始
令和 4年 2月 3日		本線トンネル切拡げ掘削開始
令和 4年 3月 1日	13:15	発破・換気、ずり搬出、浮石落とし
	14:55	切拡げ面(鏡面)吹付け
	15:15	側面吹付け
	15:52	切拡げ面(鏡面)増吹付け
	15:55	吹付け作業完了
	16:00	ロックボルト削孔のため鏡面ヘドリルジャンボで移動中、 吹付けコンクリート片の剥がれ落ち(1回目)を確認(被災無し)
	16:05	ロックボルト削孔作業開始
	16:25	ロックボルトモルタル注入作業開始
	16:40	1回目と同箇所吹付けコンクリート片の剥がれ落ち(2回目)が発生 事象発生、受傷者が負傷 (17:30頃 剥落した箇所の剥落範囲が拡大していることを確認)
	17:45	救急車で搬送
	18:08	警察が現場到着
	18:11	岐阜県立多治見病院に到着
	22:45	名古屋北労働基準監督署へ災害発生の旨を FAX

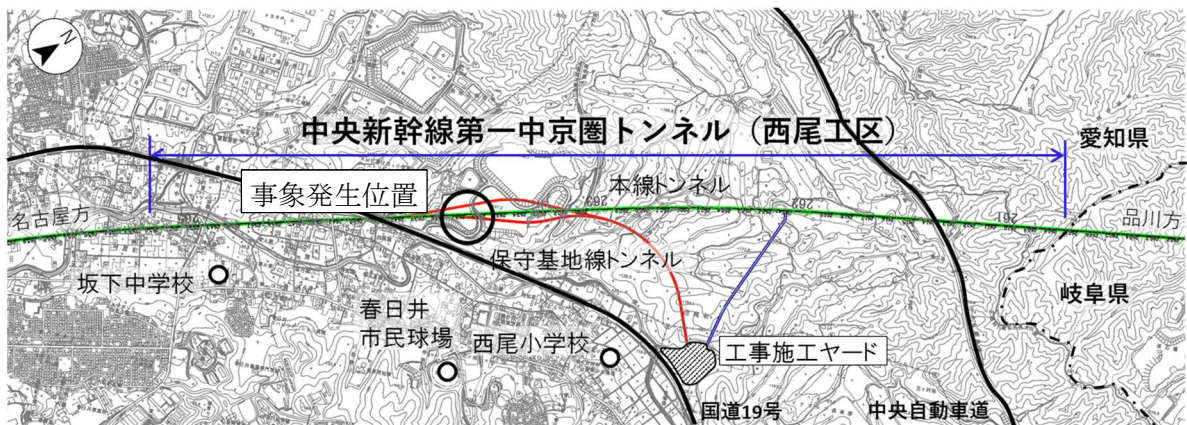


図 1 - 1 発生位置

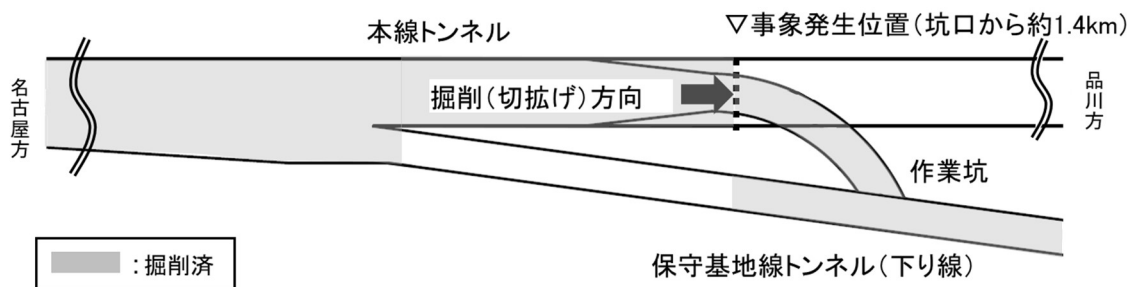


図 1 - 2 発生場所

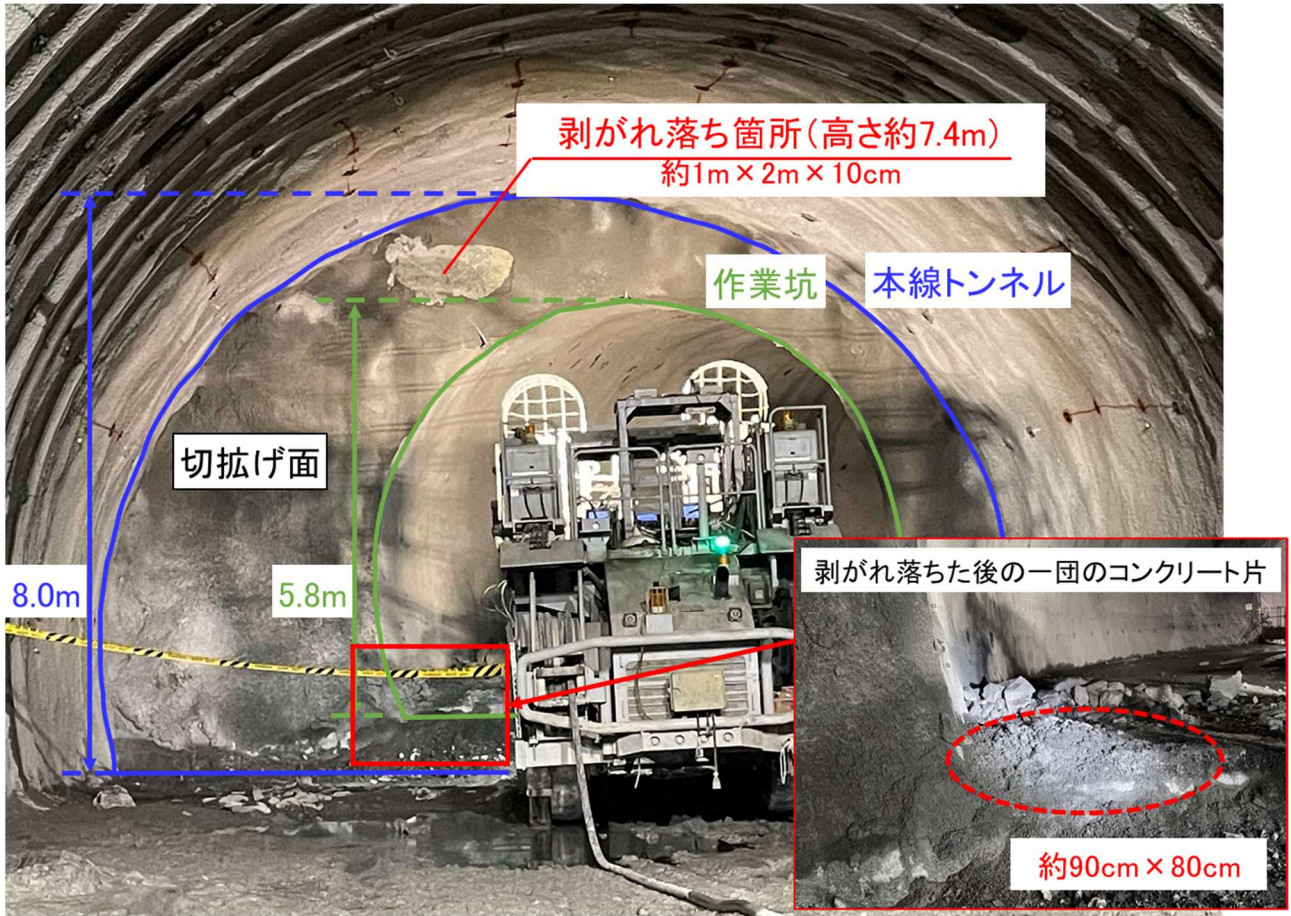


図1-3 現場写真

事象発生箇所は、図1-2に示す通り、保守基地線トンネル（下り線）から本線トンネルに通じる作業坑を先に掘削した後に、名古屋方から品川方に向けて作業坑を本線トンネルの大きさに切抜けるという通常とは異なる作業を行っていた箇所である。

事象発生時の施工状況を図1-4に示す。当該箇所においてロックボルト打設作業中、受傷者はモルタル注入ホースを切抜け面側に手繰り寄せながら、切抜け面に向かって右から左の方向に移動していた。

その際、切抜け面上部に吹付けたコンクリート片がいくつかの破片となって剥がれ落ちた。当該作業時は、原則立入禁止範囲（西尾工区において、切抜け面から5m以内を指す）での作業であったことから切羽監視体制を強化しており、剥がれ落ちを認めて切羽監視責任者等が声をあげたが退避が間に合わず、受傷者の右肩付近に当たり負傷した。

断面図

平面図

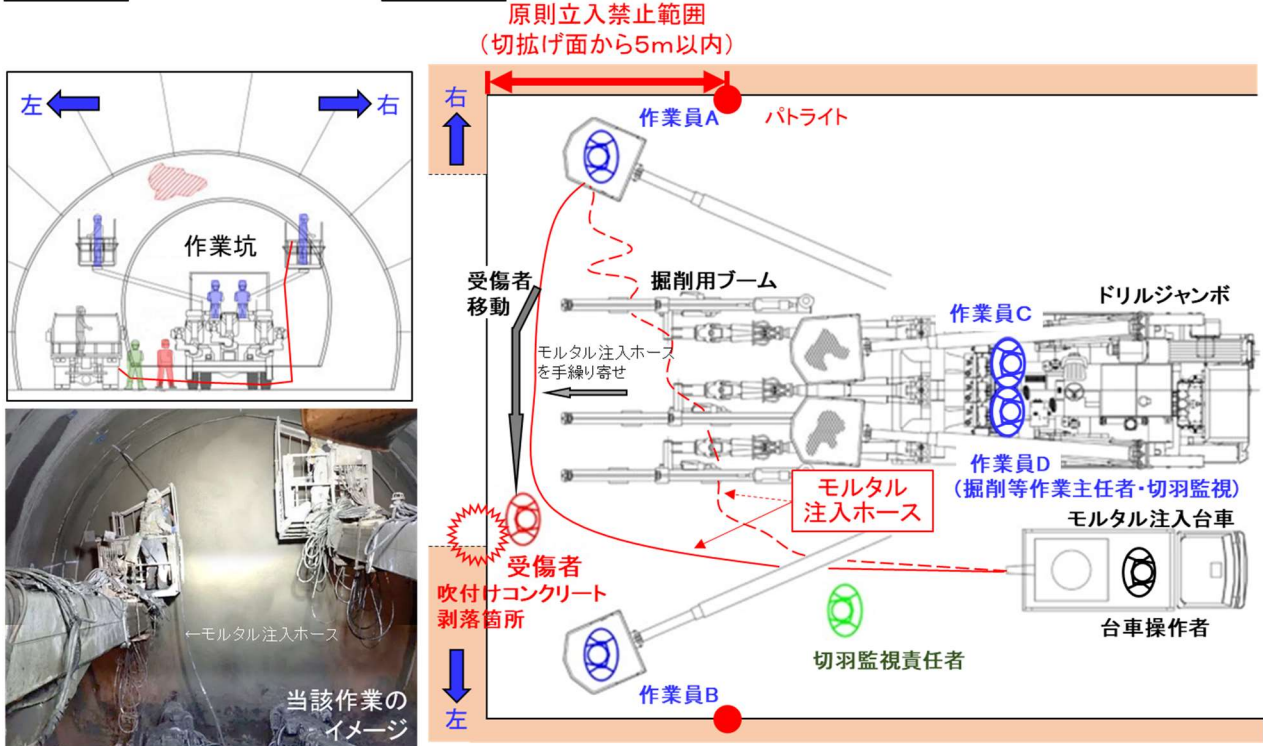
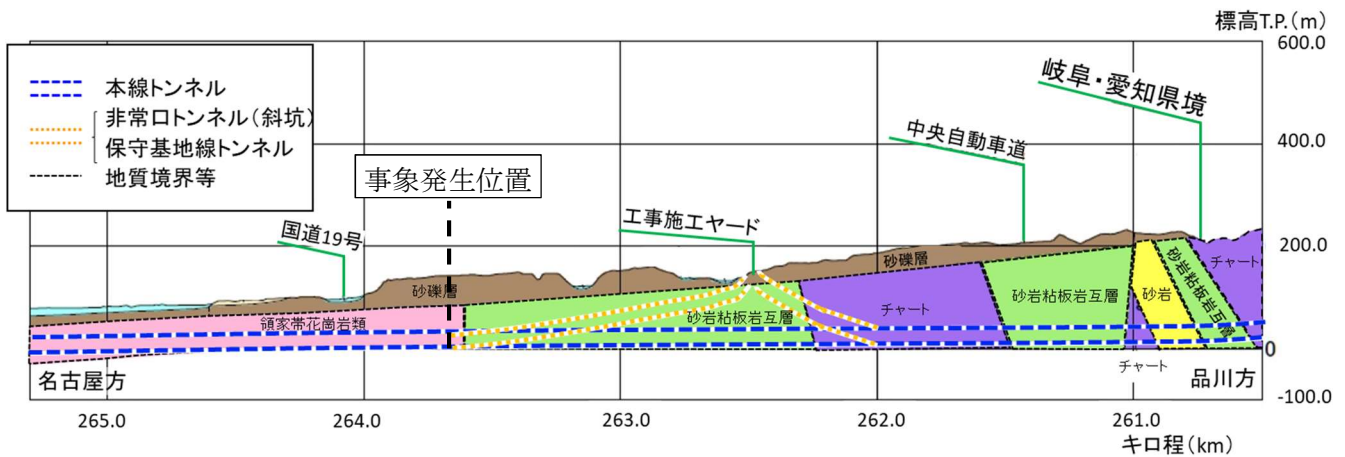


図1-4 施工状況図

2. 西尾工区の特徴

中央新幹線第一中京圏トンネルは東の端部が岐阜県可児市、西の端部が名古屋駅の全長約 34.2 km のトンネルであり、このうち西尾工区は岐阜県との県境から春日井市神屋町付近までの約 4.7 km の工区となっている。また本線トンネルの他に、換気や避難通路として活用される非常口トンネル(斜坑)と、開業後に保守用車が回送するための保守基地線トンネルという山岳トンネルを構築する。

既往の調査結果より、西尾工区の地質については、領家帯花崗岩類、美濃帯堆積岩を主体に構成され、その上部には砂礫層が存在している(図2-1)。美濃帯堆積岩は中古生層の堆積岩類であり、砂岩、粘板岩及びチャートからなる。また、土被りは約 60~200m程度である。



※ 非常口トンネル(斜坑)及び保守基地線トンネルは、計画路線に対して投影した概略の位置を描いている。

地質名		土質・岩石名	記号
河床・溪床堆積物		礫、砂、粘土	rd
低位段丘堆積物・扇状地堆積物		礫、砂	trl
高位段丘堆積物・扇状地堆積物		礫、砂	trh
瀬戸層群	土岐砂礫層	砂礫層 礫、砂	NSEcg
	土岐口陶土層	泥質層 シルト、粘土、砂、垂炭	NSEal
領家帯 新期花崗岩類	苗木・上松花崗岩、 土岐花崗岩	黒雲母花崗岩、 角閃石含有黒雲母花崗岩	YGn
美濃帯	砂岩	砂岩	PMss
	砂岩粘板岩互層	砂岩粘板岩互層	PMal
	チャート	チャート	PMch

図2-1 地質縦断図

3. 施工状況

3-1 トンネルの施工状況

西尾工区では山岳部における標準的な工法であるNATMを採用している。支保パターンについては切羽観察を実施し、地山に応じて変更している。当該箇所の支保パターンについては次の手順で設定した。

① 岩種分類

独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構「山岳トンネル設計施工標準・同解説(2008年4月)」(以下、機構標準)の岩種分類表(表3-1)に基づき岩種を判定する。計画段階においては、近傍の地質調査の結果より、一軸圧縮強さ q_u が 94N/mm^2 であったことから硬岩の花崗岩として、A岩種と判断した。

表 3-1 岩種分類表

岩種	形成時代、形態、岩石名	硬さによる分類
A	①中生代、古生代の堆積岩類(粘板岩、砂岩、礫岩、チャート、石灰岩等) ②深成岩(花崗岩類) ③半深成岩(ひん岩、花崗はん岩等) ④火山岩の一部(緻密な玄武岩、安山岩、流紋岩等) ⑤変成岩(片岩類、片麻岩、千枚岩、ホルンフェルス等) 塊状の硬岩(亀裂面の剥離性が小さい)	硬岩 $50\text{N/mm}^2 \leq q_u$
	①はく離性の著しい変成岩類(片岩類、千枚岩、片麻岩) ②はく離性の著しいまたは細層理の中生代、古生代の堆積岩類(粘板岩、頁岩等) ③節理等の発達した火成岩 硬岩でありながら、亀裂が発達し、著しいはく離性を示す	
C	①中生代の堆積岩類(頁岩、粘板岩等) ②火山岩類(流紋岩、安山岩、玄武岩等) ③古第三紀の堆積岩類(頁岩、泥岩、砂岩等)	中硬岩 $15\text{N/mm}^2 \leq q_u < 50\text{N/mm}^2$
D	①新第三紀の堆積岩類(頁岩、泥岩、砂岩、礫岩)、凝灰岩等 ②古第三紀の堆積岩類の一部 ③風化した火成岩	
E	①新第三紀の堆積岩類(泥岩、シルト岩、砂岩、礫岩)、凝灰岩等 ②風化や熱水変質および破砕の進行した岩石(火成岩類や変成岩類および新第三紀以前の堆積岩類)	軟岩 $2\text{N/mm}^2 \leq q_u < 15\text{N/mm}^2$
F	①第四紀更新世の堆積物(礫、砂、シルト、泥および火山灰等より構成される低固結～未固結な堆積物) ②新第三紀堆積岩の一部(低固結層、未固結層、土丹、砂等) ③マサ化した花崗岩類	土砂 $q_u < 2\text{N/mm}^2$
G	表土、崩積土、崖錐等	

注) 主な岩石名を列記したものであって、分類の困難なものは地質技術者が判断するものとする
 q_u : 一軸圧縮強さ

② 地山等級

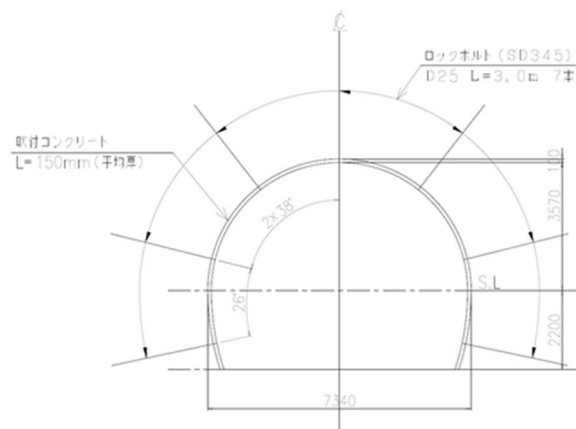
機構標準の地山分類基準(表3-2)に基づき地山等級を判定する。近傍の地質調査の結果、弾性波速度 V_p が 3.5km/sec であったことから計画段階において地山等級を II_N とした。

計画段階で定めた地山等級に対して、事前に掘削していた作業坑の支保パターン(II_{NP} で施工)(図3-1)、直近の切羽観察及び坑内計測の結果を踏まえて、事象発生時の掘削箇所 263k640m における地山等級を II_N としていた。

表 3-2 地山分類基準

地山種類 地山等級	A 岩種	B 岩種	C 岩種	D 岩種	E 岩種	F、G 岩種	
						粘性土	砂質土
V_N	$V_p \geq 5.2$	—	$V_p \geq 5.0$	$V_p \geq 4.2$	—	—	—
IV_N	$5.2 > V_p \geq 4.6$	—	$5.0 > V_p \geq 4.4$	$4.2 > V_p \geq 3.4$	—	—	—
III_N	$4.6 > V_p \geq 3.8$	$V_p \geq 4.4$	$4.4 > V_p \geq 3.6$	$3.4 > V_p \geq 2.6$ かつ $G_n \geq 5$	$2.6 > V_p \geq 1.5$ かつ $G_n \geq 6$	—	—
II_N	$3.8 > V_p \geq 3.2$	$4.4 > V_p \geq 3.8$	$3.6 > V_p \geq 3.0$	$2.6 > V_p \geq 2.0$ かつ $4 > G_n \geq 2$ あるいは $2.0 > V_p \geq 1.5$ かつ $G_n \geq 2$	$2.6 > V_p \geq 1.5$ かつ $6 > G_n \geq 4$	—	—
I_{N-2}	$3.2 > V_p \geq 2.5$	—	$3.0 > V_p \geq 2.5$	$2.6 > V_p \geq 2.0$ かつ $4 > G_n \geq 2$ あるいは $2.0 > V_p \geq 1.5$ かつ $G_n \geq 2$	$2.6 > V_p \geq 1.5$ かつ $4 > G_n \geq 3$	—	—
I_{N-1}	—	$3.8 > V_p \geq 2.9$	—	—	$2.6 > V_p \geq 1.5$ かつ $3 > G_n \geq 2$	$G_n \geq 2$	$D_r \geq 80$ かつ $F_c \geq 10$
I_S	$2.5 > V_p$	$2.9 > V_p$	$2.5 > V_p$	$1.5 > V_p$ あるいは $2 > G_n \geq 1.5$	$1.5 > V_p$ あるいは $2 > G_n \geq 1.5$	$2 > G_n \geq 1.5$	—
I_L				—	$D_r \geq 80$ かつ $10 > F_c$		
特S				$1.5 > G_n$	—		
特L	—	—	$80 > D_r$				

V_p : 弾性波速度 (km/sec)、 G_n : 地山強度比、 D_r : 相対密度 (%)、 F_c : 細粒分含有率 (%)



(1 発破掘進長: 1.5 m)

図 3-1 作業坑 支保パターン図(II_{NP})

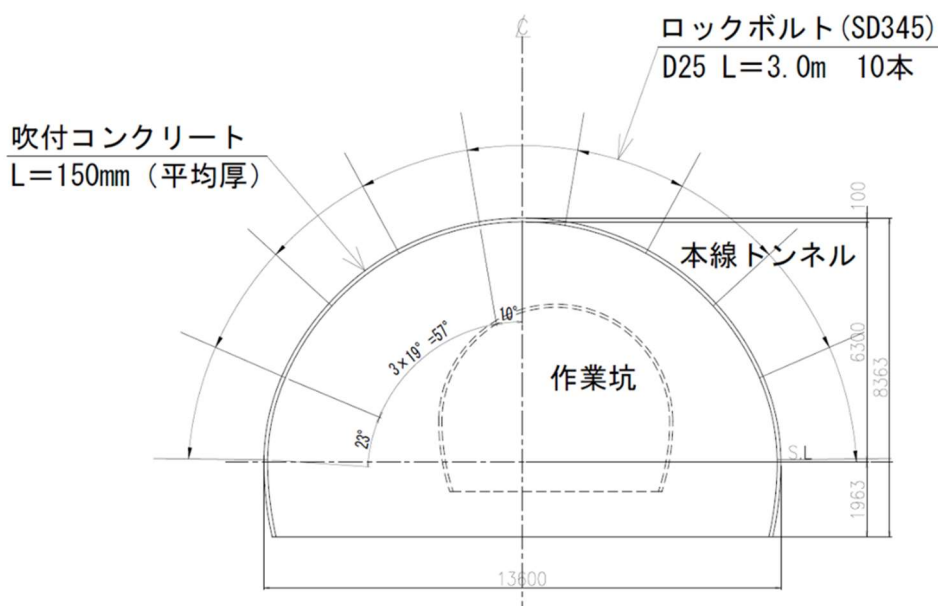
③ 支保パターン

機構標準における標準パターンの選定表(表3-3)に基づき支保パターンを選定する。A岩種で地山等級がⅡ_Nであることから、支保パターンをⅡ_{NP}(図3-2)とした。

表 3-3 標準支保パターンの選定表

地山等級 \ 岩種	A 岩種	B 岩種	C 岩種	D 岩種	E 岩種	F、G 岩種	
						粘性土	砂質土
V _N	Ⅳ _{NP}	—	Ⅳ _{NP}	Ⅳ _{NP}	—	—	—
Ⅳ _N	Ⅳ _{NP}	—	Ⅳ _{NP}	Ⅳ _{NP}	—	—	—
Ⅲ _N	Ⅲ _{NP}	Ⅲ _{NP}	Ⅲ _{NP}	Ⅲ _{NP}	Ⅲ _{NP}	—	—
Ⅱ _N	Ⅱ _{NP}	Ⅱ _{NP}	Ⅱ _{NP}	Ⅱ _{NP}	Ⅱ _{NP}	—	—
I _{N-2}	I _{N-2P}	—	I _{N-2P}	I _{N-2P}	I _{N-2P}	—	—
I _{N-1}	—	I _{N-1P}	—	—	I _{N-1P}	I _{N-1P}	I _{N-1P}
I _S	I _{SP}	I _{SP}	I _{SP}	I _{SP}	I _{SP}	I _{SP}	—
I _L	I _{LP}	I _{LP}	I _{LP}	I _{LP}	I _{LP}	—	I _{LP}
特S	*	*	*	*	*	*	—
特L	—	—	—	—	—	—	*

注) *は特殊設計範囲を示す。



(1 発破掘進長 : 1.5 m)

図 3-2 本線トンネル 支保パターン図(Ⅱ_{NP})

3-2 切羽の状況

3-2-1 切羽観察

トンネルの施工管理として切羽観察簿を1日に1枚作成し、切羽の状態を記録している。切羽観察簿の記録は施工会社が行い、当社へ報告している。

切羽の状況(当日の切羽観察簿による)を図3-3に示す。263k640m 付近は切羽全域が堅固な花崗岩の地山であり、切羽には湧水はなく自立しており、肌落ちは見られず安定した状態であった。

また、必要な補助工法は鏡吹付けコンクリート（厚さ 5 cm 以上）が妥当であると判断した。

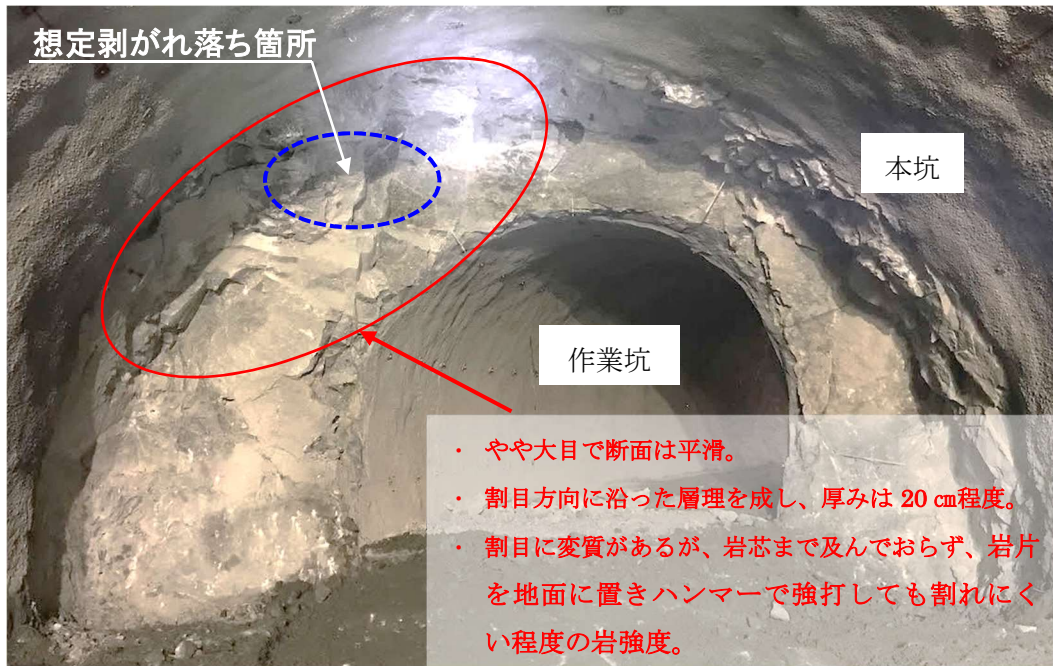


図 3-3 事象発生箇所の切羽の状況

- ・ 切羽全面は花崗岩で形成されている。
- ・ 割目方向は約 10° の差し目、横断方向に左から右へ約 10° である。
- ・ 岩石強度は岩片を地面に置きハンマーで強打しても割れにくい程度である。
- ・ 一部ごく薄い粘土を挟むが強度は高い。
- ・ 切羽に湧水はなく、手前の支保より適水程度の湧水がある。
- ・ 切羽は自立していて肌落ち等はない。

3-2-2 計測管理

日常管理として内空変位測定、天端沈下測定を実施している。変位の許容値は限界ひずみ法によりパターンごと定めており、現場における管理では管理レベルをⅠ～Ⅲに分類し(図3-4)、それぞれの基準値を設定し管理している。事象発生箇所直近の計測位置である 263k647m(離れ7m)、263k658m(離れ 18m)の計測では、変位は管理レベルⅠ以内に収まっており通常の管理体制となっていた(図3-5、図3-6)。

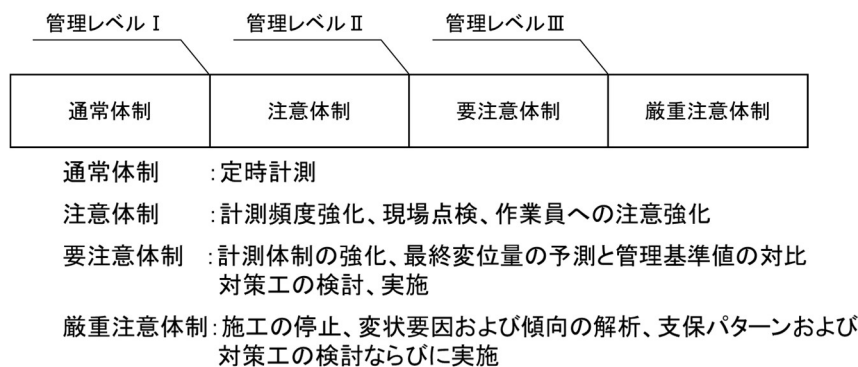


図 3-4 観察・計測データの評価と安全管理体制との関係（機構標準資料を基に作成）

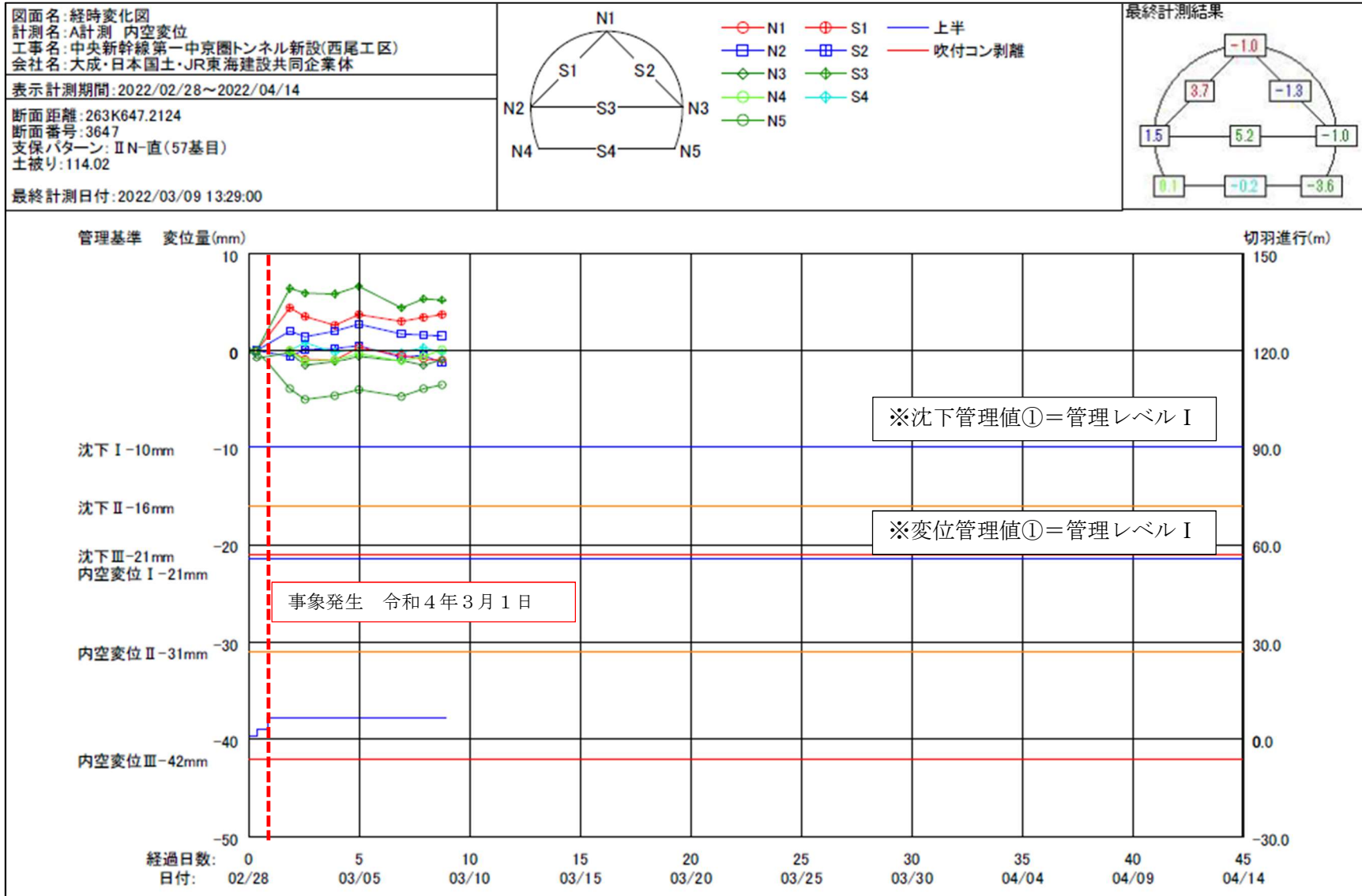


図3-5 本坑 263k647m(離れ 7m) 変位計測結果

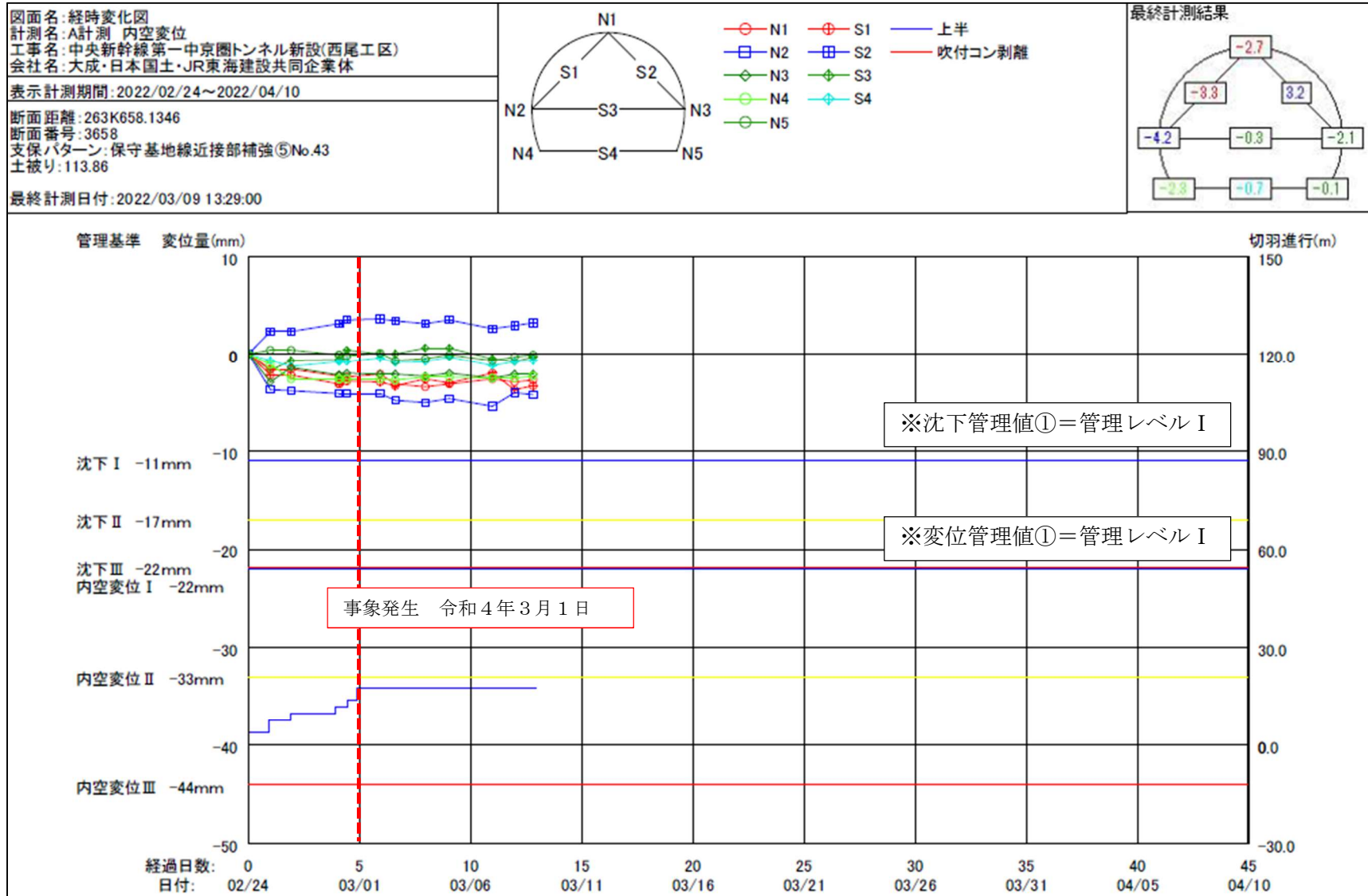


図3-6 本坑 263k658m(離れ 18m) 変位計測結果

4. 事象の発生状況

4-1 事象発生時の作業状況

4-1-1 掘削サイクル

掘削は昼夜交代制で、1日当たり昼夜それぞれ2サイクルの計4サイクル実施しており、吹付けコンクリート片の剥がれ落ち発生時は昼間における2サイクル目の作業で発生した(図4-1)。

事象発生時は2サイクル目の作業を12:30頃から開始し、ロックボルト打設に係るモルタル注入作業時に事象が発生した。

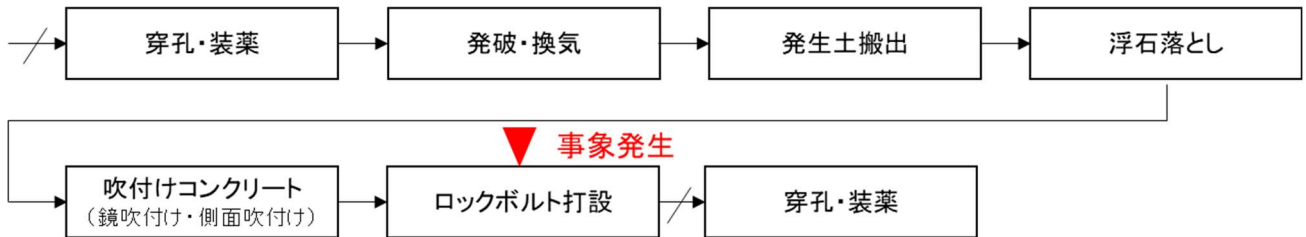


図4-1 掘削サイクル

4-1-2 施工体制

事象発生時の施工体制は表4-1のとおりである。

表4-1 施工体制

役割	事象発生時の作業
作業員A	ドリルジャンボのマンケージ上でモルタル注入
作業員B	ドリルジャンボのマンケージ上でモルタル注入
作業員C	ドリルジャンボのオペレータ
掘削等作業主任者 (作業員D)	ずい道等の掘削等作業主任者、切羽監視
作業員E	モルタル注入台車操作者
作業員F(受傷者)	モルタル注入ホースの移動等手元
切羽監視責任者	切羽監視(専任)

4-1-3 事象発生時の状況

事象発生前の14:55から15:55まで切拡げ面(鏡面)及び側面のコンクリート吹付け作業を行い、16:00よりロックボルト打設作業に移行していた。16:00に鏡面へドリルジャンボで移動中の作業員が、吹付けコンクリート片の1回目の剥がれ落ちを確認したため、掘削等作業主任者及び切羽監視責任者は剥がれ落ち箇所付近を注視した状態でロックボルト削孔作業を行った。ロックボルト削孔が終了するまで新たな剥がれ落ちがなかったため、掘削等作業主任者及び切羽監視責任者は変状の進展はなしと考えた。

事象発生時は、掘削等作業主任者ほか6名でロックボルト打設に係るモルタル注入作業を行っており、受傷者はモルタル注入ホースの受け渡し作業の補助を行っていた。

受傷者は、モルタル注入ホースのマンケージ間での受渡しの際にドリルジャンボのブームに支障

しないよう地上でホースを切り回していた。(西尾工区の当該作業班では、モルタル注入ホースをドリルジャンボのブーム下に地這いさせていたため、受渡しの際にブームに引っ掛からないよう、補助が必要であった。西尾工区では5班中2班が同様の方法を取っていた。)

瀬戸トンネルでの対策を踏まえ、原則立入禁止範囲での作業であることから、切羽監視責任者の常時監視のもと、監視強化として掘削等作業主任者も切詰め面を監視していた。なお、受傷者の作業が上部に繋がるホースを持ちながらの短時間の移動であったため、設備的防護対策を行っていなかった。

受傷者がモルタル注入ホースの受渡しのためにホースを切り回す際、切詰め面の常時監視を行っていた切羽監視責任者と掘削等作業主任者は、切詰め面から吹付けコンクリート片の剥がれ落ちを認めて声をあげたが、間に合わず、吹付けコンクリート片が受傷者の右肩付近に当たり受傷した。

切詰め面からは吹付けコンクリート片のみが剥がれ落ち、地山の岩石等の落下はなかった。

4-1-4 事象発生時の状況(詳細)

ステップ①：ロックボルトの削孔完了後、作業員Aがブーム下にホースを地這いさせてマンケージへ乗り込み、モルタル注入作業を実施(図4-2)。

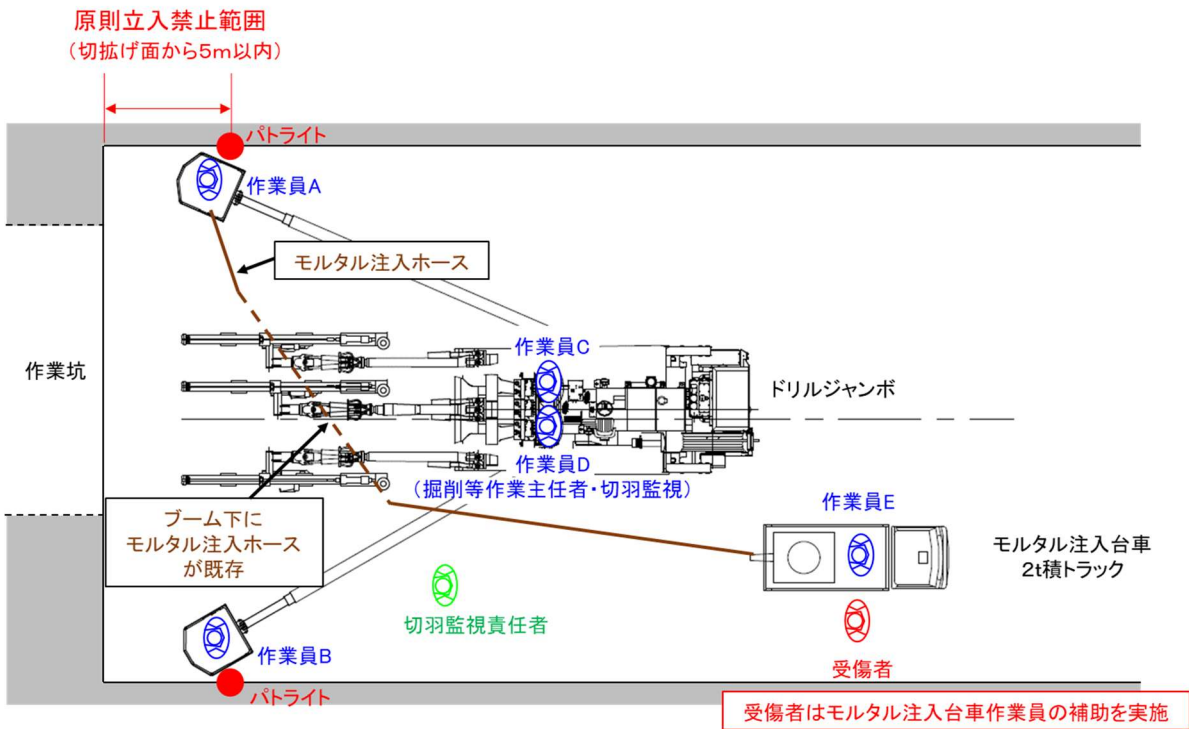


図4-2 ステップ①

ステップ②：作業員Aによる注入作業後、ホースを作業員Aが作業員Bへ受け渡す前に、受傷者はホースをブームに支障しないよう切り回しながら、作業員A側から作業員B側へ移動。

その際に切詰め面から剥がれ落ちた吹付けコンクリート片が当たり受傷(図4-3)。

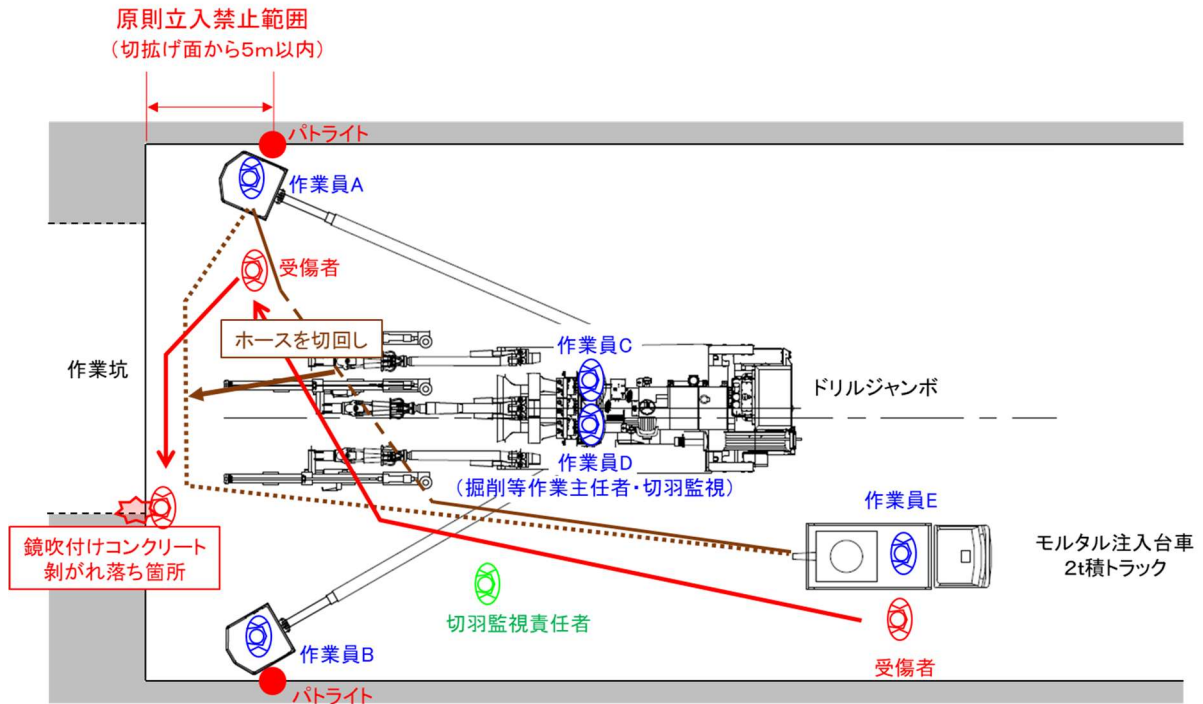


図4-3 ステップ②

4-2 吹付けコンクリート片の剥がれ落ちの状況

4-2-1 剥がれ落ちの状況

剥がれ落ちた箇所の拡大写真を図4-4に示す。剥がれ落ち箇所は、側面と鏡面の擦り付け部（隅角部）に位置している。剥がれ落ちは段階的に発生しており、1回目は16:00頃に側面と鏡面、2回目は16:40頃に鏡面の左側（事象発生時）、3回目は事象発生後（17:30迄の間）に鏡面の右側が剥がれ落ちた。事象発生時、コンクリート片（吹付け厚約10cm）がいくつかの破片となって剥がれ落ちたものが作業員に当たり受傷した。

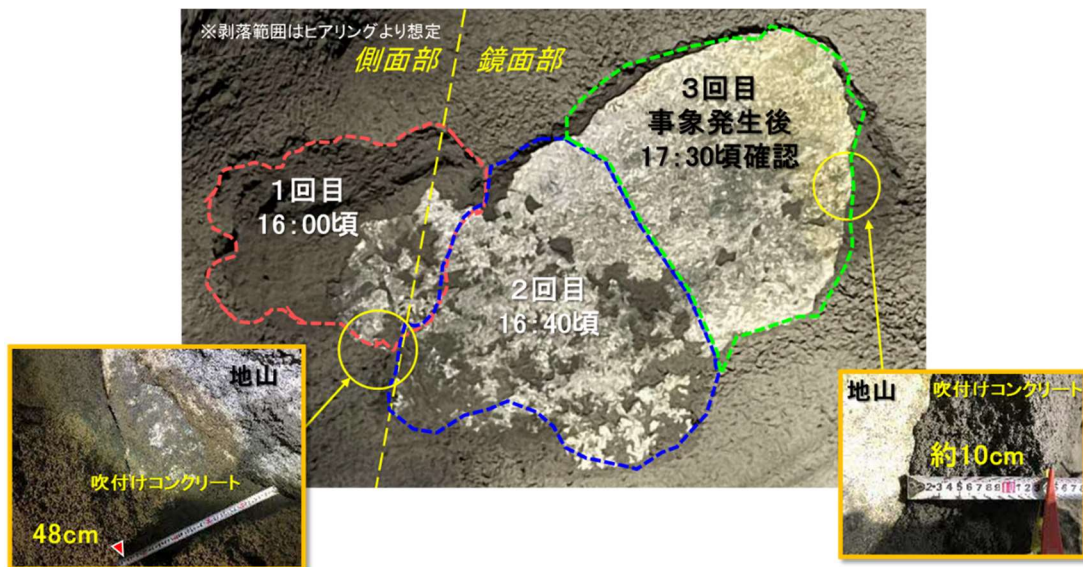


図4-4 剥がれ落ちた箇所の拡大写真

4-2-2 剥がれ落ちた箇所状況

2回目（事象発生時）及び3回目の剥がれ落ち箇所を確認された吹付け厚は概ね10cm程度であり、設計値である5cmを満足していた。

1回目の剥がれ落ち箇所を確認された吹付け厚は実測48cmであり、剥がれ落ちた後に実施した3D測定によれば、最厚部で65cmであったと想定される。

4-2-3 剥がれ落ちた箇所の鏡面の特徴

剥がれ落ちた箇所の鏡面は、本線トンネルの断面約100㎡のうち、施工済の作業坑の断面約40㎡が開口として存在している。

鏡面は全体として緩やかな順勾配であるが、剥がれ落ち箇所においては、地山にもともと存在していた亀裂（差し目）により、大きな面が逆勾配（オーバーハング）で存在しており、また掘削面に凹凸（窪み）が存在していた（図4-5）。



図4-5 剥がれ落ちた箇所の鏡面

5. 原因

5-1 吹付けコンクリート片の剥がれ落ちの原因

以下の要因が重なり、吹付けコンクリート片の剥がれ落ちが発生したと推定する。

- ・ 鏡面に作業坑の開口が存在しており、通常の鏡面と比較して吹付けコンクリートが全面で一体的に支持されない特殊な箇所であったこと。
- ・ 剥がれ落ちた箇所の鏡面が逆勾配（オーバーハング）となっており、自重がかかりやすい形状であったこと。
- ・ 鏡面と側面の隅角部において、地山の凹凸が大きく、これを平滑にするために吹付けコンクリートの吹付け厚が過大となったこと（設計吹付け厚 5 cm に対し、最大吹付け厚約 65 cm）。

5-2 吹付けコンクリート片の剥がれ落ちが労災につながった原因

- ・ モルタル注入ホースを切り回す作業を切掘り面の近傍で行ったため、剥がれ落ちたコンクリート片に当たり受傷した。

6. 対策

6-1 吹付けコンクリート片の剥がれ落ちに対する対策

西尾工区において以下を対策として実施する。

- ・鏡面に対して吹付けコンクリートの必要以上の厚吹きを行わない。

6-2 吹付けコンクリート片の剥がれ落ちが労災につながったことに対する対策

事象発生時の問題点は以下の2点である。

- ・ホースの切回しについて、原則立入禁止範囲内での作業を最小限にする検討が不足していた。
- ・施工済みの作業坑が存在していたこと（切掘り作業における特状）から、切掘り面近傍での作業であるという認識が希薄であった。

上記の問題点を踏まえ、西尾工区において以下を対策として実施する。

(1) モルタル注入ホースの切回し作業の見直し

- ・原則立入禁止範囲に立ち入らずにホースを受け渡す方法で統一し、作業手順書に明記する。（現地で検証済み）

ステップ①：作業員Bがホースを持ち、マンケージ上で作業員Aに受け渡し（図5-1）

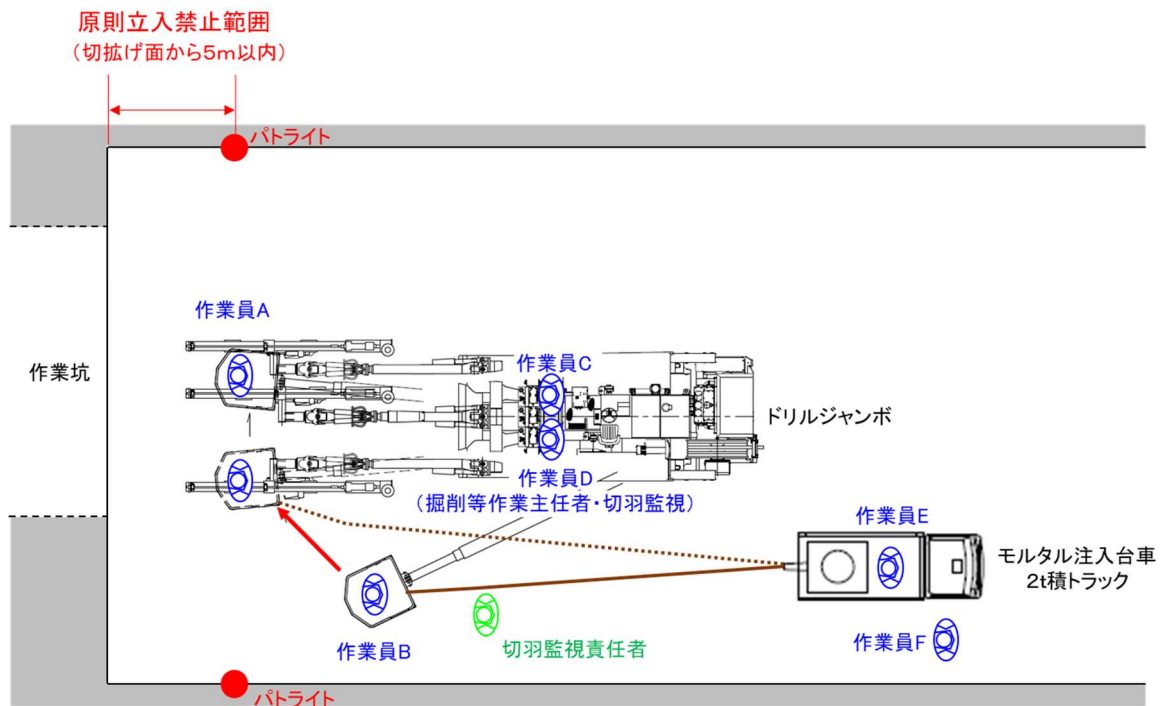


図5-1 ステップ①

ステップ②：作業員Aがモルタル注入作業を実施（図5-2）

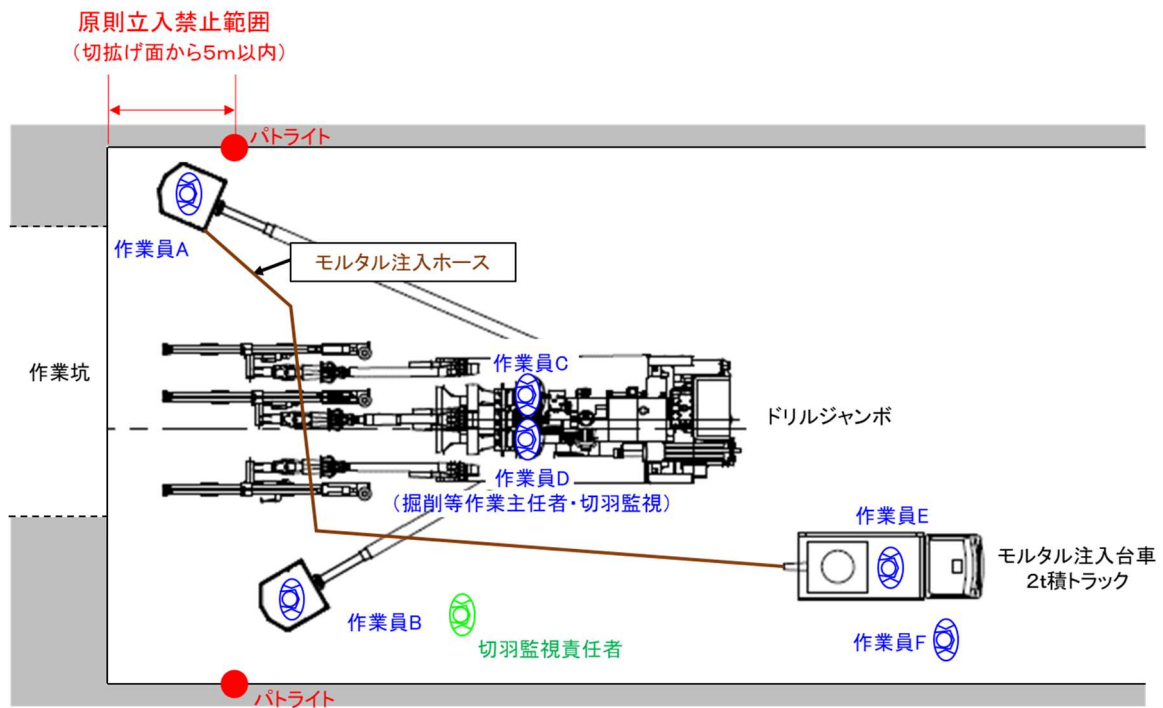


図5-2 ステップ②

ステップ③：マンケージを原則立入禁止範囲外に移動し、作業員Aがマンケージ上で作業員Bに受渡し（図5-3）

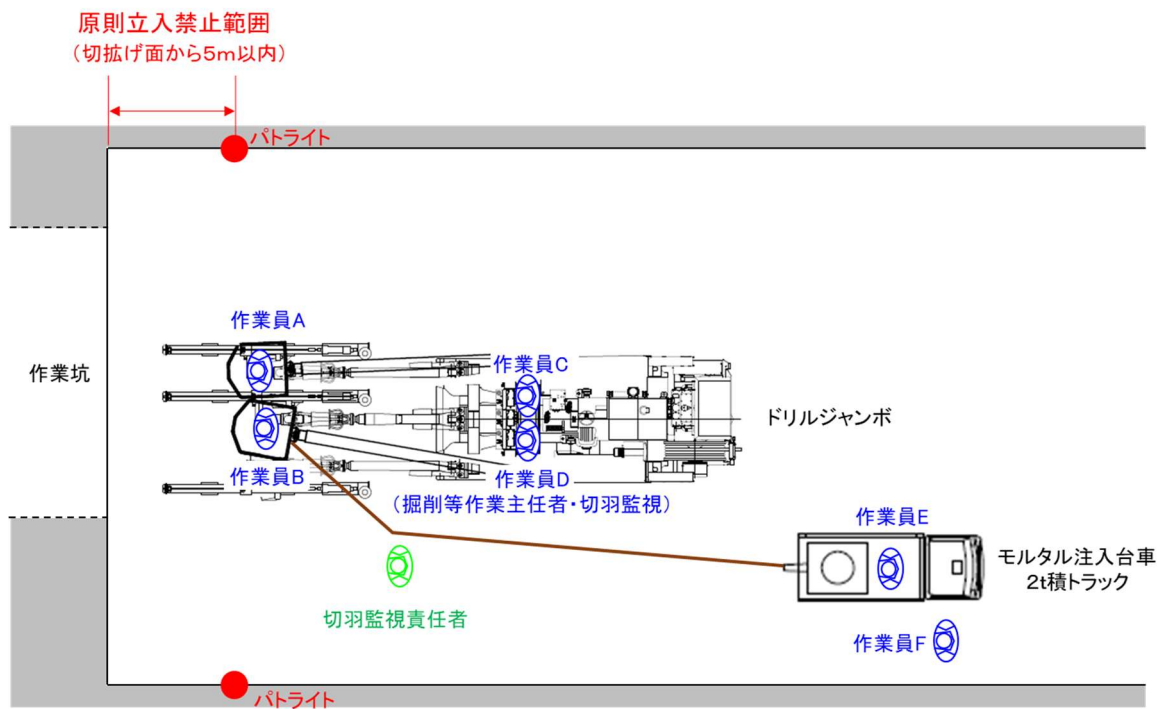


図5-3 ステップ③

ステップ④：作業員Bがモルタル注入作業を実施（図5-4）

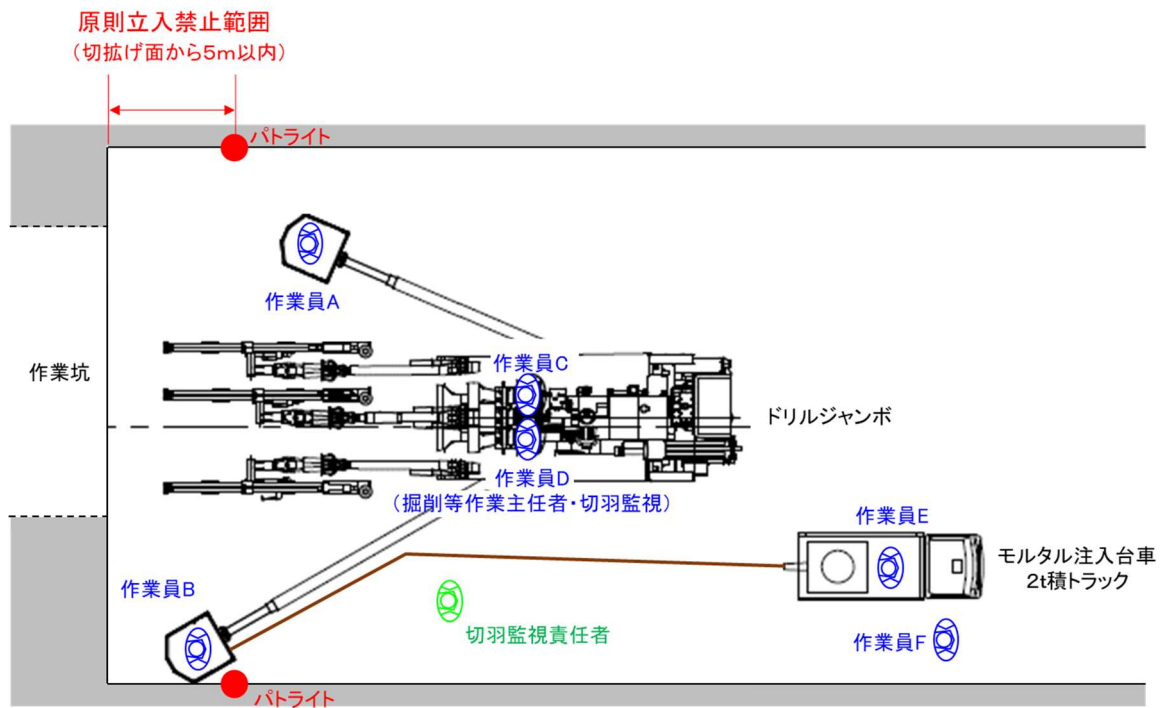


図5-4 ステップ④

(2) 切揚げ作業時における注意喚起表示

- 作業員への注意喚起として、切揚げ面のように鏡面が認識しづらい箇所には、既施工トンネル（作業坑）内に高さ1m程度の嵩上げを盛土（トンネルずり）で行うことで、現地にて注意喚起の明示をする（図5-5）。

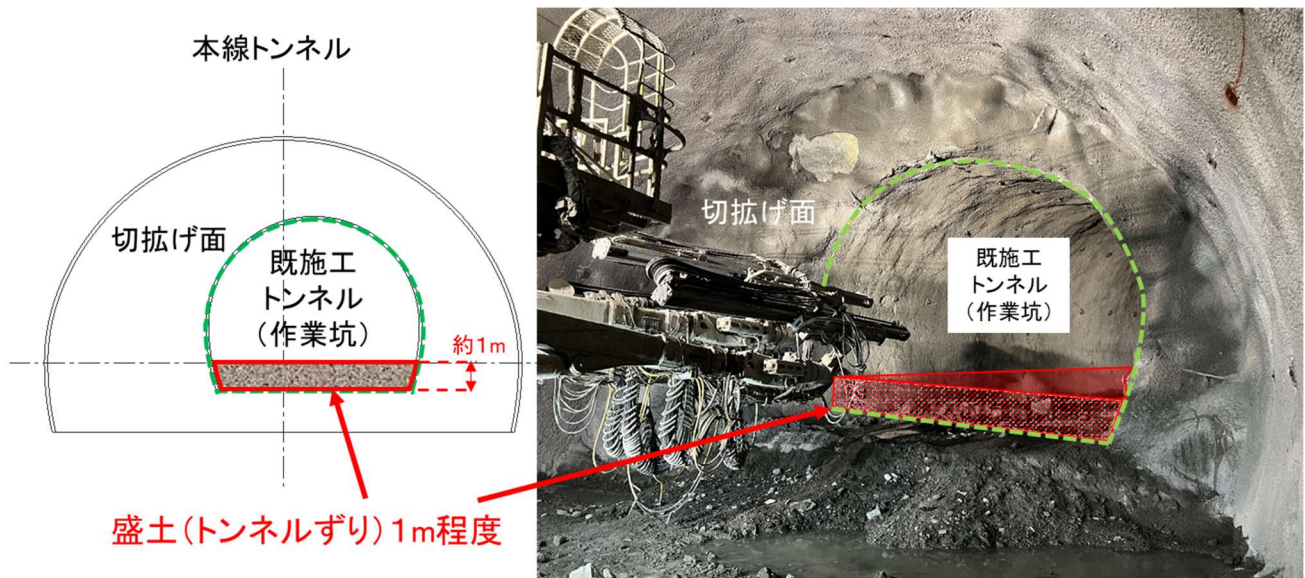


図5-5 切揚げ作業時における注意喚起

(3) 原則立入禁止範囲内での作業の絞り込み及び対策の明記

- ・ 施工会社にて作業全般を通じて、原則立入禁止範囲（切羽面から5m以内）に立ち入る必要がある作業の絞り込みを行い、必要な安全対策を講じる（表5-1）。

表5-1 原則立入禁止範囲に立入が必要な作業の洗い出し

作業	立入が必要な作業	立入作業者	設備的防護	設備的防護ができない場合の対策(切羽監視)	備考
掘削	装薬・結線作業	装薬者	上部:プロテクター付きマンケージ 下部:防護マット+頭上マンケージ設置	—	切羽作業
	残留火薬処理	作業主任者	プロテクター付きマンケージ		
	当り確認	当り確認者	— (1間手前から当り確認実施)	切羽監視責任者(専任) +切羽監視強化員 ※剥落等の危険を予知した場合、咽喉マイク +スピーカーにより即座に危険を周知	
	水中ポンプ設置 (吹付前準備)	ポンプ設置者	—		
吹付け	一次吹付け(鏡吹付け)	吹付操作者	—		
	上半支保工 センターボルト取り付け	支保工取付者	プロテクター付きマンケージ	—	
支保工建込	下半支保工 建込み	支保工取付者	頭上マンケージ設置		吹付後の作業
	二次吹付け	吹付操作者	—	切羽監視責任者(専任) +切羽監視強化員 ※剥落等の危険を予知した場合、咽喉マイク +スピーカーにより即座に危険を周知	
	ケレン下半部(人力)	ケレン作業者	—		
	水中ポンプ設置 (リバウンド処理)	ポンプ設置者	—		
ロックボルト	マーキング・増し締め	各作業者	上部:プロテクター付きマンケージ	—	
	ロックボルト打設	各作業者	下部:頭上マンケージ設置		

7. 本事象に関する有識者の意見等

○本事象について、以下の有識者に説明し、意見を伺った（敬称略）。

- ・ 朝倉 俊弘（京都大学名誉教授）
- ・ 大島 洋志（(一社)日本応用地質学会名誉会員）
- ・ 小山 幸則（立命館大学 総合科学技術研究機構 上席研究員）

各有識者に報告書の内容をご確認いただき、原因と対策の方向性について妥当であるとの評価をいただいている。

○各有識者からの主な意見

- ・ 今回の吹付けコンクリート片の剥がれ落ちは、分析の通り、単独の要因によるものではなく、複数の要因が重なったことにより発生したものと考えられる。
- ・ 複数の要因が重なった場合には、今回のように労災につながる落下等の事象が起き得るという認識を持ち、いま一度、原則立入禁止範囲への立入りを最小化するなどの安全対策を徹底することが重要である。