

山岳トンネル工事の切羽における
肌落ち災害防止対策に関する検討会
報告書

令和5年3月

独立行政法人 労働者健康安全機構

労働安全衛生総合研究所

目次

第1章 検討会の趣旨及び検討事項	1
1-1 趣旨	1
1-2 検討事項	1
第2章 検討会の構成及び参集者	2
2-1 構成	2
2-2 参集者	3
第3章 検討会の運営	4
3-1 第1回検討会	4
3-2 第2回検討会	4
3-3 第3回検討会	4
第4章 検討会の提言及びその解説	5
4-1 提言	5
4-2 提言の解説	8

巻末資料

- ・参考資料① 第1回検討会資料
- ・参考資料② 第2回検討会資料
- ・参考資料③ 第3回検討会資料
- ・参考資料④ 第3回検討会議事録、委員の意見及びその対応
- ・参考資料⑤ 山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害防止対策に係る
ガイドラインに関する問答について
(平成29年3月6日付け事務連絡)
- ・参考資料⑥ 山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害防止対策に係る
ガイドラインの解説(平成30年1月改正版)

第1章 検討会の趣旨及び検討事項

1-1 趣旨

山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害防止対策については厚生労働省が「山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害防止対策に係るガイドライン」（平成28年12月26日基発1226第1号。以下「ガイドライン」という。）を策定し、関係事業者にその普及及び定着を図ってきた。

しかしながら、近年、山岳トンネル工事において切羽の肌落ち災害が相次いで発生している。このため、ガイドライン策定後の肌落ち災害の発生状況、災害の背景要因等について分析を行うとともに、ガイドラインの見直し等の必要性について検討し、同種災害の防止対策に必要な提案を行うことを目的として、厚生労働省は当研究所に行政要請研究「山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害防止対策のあり方についての研究」を依頼した。

同行政要請研究の中で、厚生労働省は、山岳トンネル工事において近年発生した肌落ち災害事例等から得られた教訓を次に活かし、ガイドラインの見直し等の必要性について検討し、同種災害の防止対策について提言としてとりまとめるよう、「山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害防止対策に関する検討会（以下、「本検討会」という。）」を発足させるよう当研究所に要請している。

こうした状況を踏まえ、本検討会では、ガイドラインの見直し等の必要性について検討し、同種災害の防止対策について提言としてとりまとめる。

1-2 検討事項

本検討会では以下の事項について検討した。

- (1) 近年の山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害事例の把握
- (2) 今後の山岳トンネル工事の設計・施工等において留意すべき有用な安全上の知見の抽出・整理
- (3) 上記を踏まえた「山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害防止対策に係るガイドライン」の見直し等の必要性の検討
- (4) 上記を踏まえた肌落ち災害防止対策に関する提言のとりまとめ
- (5) その他必要な事項

第2章 検討会の構成及び参集者

2-1 構成

本検討会の構成は以下のとおりである。

- (1) 本検討会は、労働安全衛生総合研究所が、2-2の参集者の参集を求めて開催する。
- (2) 本検討会には座長を置き、座長は検討会の議事を整理する。
- (3) 本検討会は原則非公開とし、参集者は守秘義務が課せられる。

2-2 参集者

本検討会の参集者は以下のとおりである。『◎』は座長である。

砂金 伸治	東京都立大学 教授
伊藤 和也	東京都市大学 教授
日下 敦	国立研究開発法人土木研究所 つくば中央研究所 道路技術研究グループ トンネルチーム 上席研究員
◎小山 幸則	立命館大学総合科学技術研究機構 上席研究員
田近 宏則	(一社) 建設コンサルタント協会 (パシフィックコンサルタンツ株式会社 交通基盤事業本部 インフラマネジメント部 トンネル室 室長)
田中 健	独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構 建設企画部 担当部長
築地 功	(一社) 日本建設業連合会 (飛島建設株式会社 土木本部 土木技術部長)
豊澤 康男	(一社) 仮設工業会 会長
中野 清人	株式会社高速道路総合技術研究所 道路研究部 トンネル研究 担当 部長
森崎 達之助	(一社) 日本トンネル専門工事業協会 (寿建設株式会社 副社長)

(五十音順：敬称略)

○ オブザーバー

樋口 恒一郎	国土交通省大臣官房技術調査課 課長補佐
福井 令以	厚生労働省労働基準局安全衛生部安全課建設安全対策室 技術審査官

○ 事務局

吉川 直孝	独立行政法人労働者健康安全機構 労働安全衛生総合研究所 建設安全研究グループ 上席研究員
平岡 伸隆	独立行政法人労働者健康安全機構 労働安全衛生総合研究所 建設安全研究グループ 主任研究員
田中 和子	独立行政法人労働者健康安全機構 労働安全衛生総合研究所 建設安全研究グループ 派遣職員

第3章 検討会の運営

検討会は合計3回開催し、表3-1のと通りの検討を実施した。

表3-1 検討会の開催状況

<u>第1回検討会（9月21日）</u> (1) 近年の山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害事例の把握 (2) 今後の山岳トンネル工事の設計・施工等において留意すべき有用な安全上の知見の抽出・整理
<u>第2回検討会（11月8日）</u> (2) 今後の山岳トンネル工事の設計・施工等において留意すべき有用な安全上の知見の抽出・整理 (3) 「山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害防止対策に係るガイドライン」の見直し等の必要性の検討 (4) 肌落ち災害防止対策に関する提言のとりまとめ
<u>第3回検討会（2月17日）</u> (4) 肌落ち災害防止対策に関する提言のとりまとめ

3-1 第1回検討会

第1回検討会の資料を参考資料①として巻末にまとめる。

3-2 第2回検討会

第2回検討会の資料を参考資料②として巻末にまとめる。

3-3 第3回検討会

第3回検討会の資料を参考資料③として、第3回検討会議事録、委員の意見とその対応を参考資料④として巻末にまとめる。

検討会において参照することの多かった「山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害防止対策に係るガイドラインに関する問答について（平成29年3月6日付け事務連絡）」と「山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害防止対策に係るガイドラインの解説（平成30年1月改正版）」についても参考資料⑤と⑥として巻末にまとめた。

第4章 検討会の提言及びその解説

近年の山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害事例を受けて、今後の山岳トンネル工事の設計・施工等において留意すべき有用な安全上の知見を抽出し、肌落ち災害防止対策に関する提言として以下のとおりとりまとめる。

4-1 提言

本検討会として、以下のとおり提言する。

第1 発注者による取組

(1) 設計段階

- ①事前調査に基づいた適切な支保パターンの選定
- ②地山の評価において、次の（ア）～（ウ）の事項のうち1つでも想定される場合には、原則として鏡吹付けの実施について設計図書に記載する必要があること。
 - （ア）鏡面から岩塊が抜け落ちる
 - （イ）鏡面の押し出しを生じる
 - （ウ）鏡面は自立せず崩れあるいは流出

そのため、切羽の自立が悪い場合に適用される支保パターン DI-a 又は I_{N-1P} 以下では原則として鏡吹付けの実施について設計図書に記載すること。また、上記の事項が懸念される場合には支保パターン CII-b 又は I_{N-2P} 以上でも鏡吹付けの実施について検討する必要があることを設計図書に記載すること。

(2) 施工段階

- ①設計基準類に応じて施工機械の適用性も考慮した掘削工法の検討
※標準的な施工機械を定めている場合にはこの限りではない。
- ②緩和区間の必要性も含めて適切に支保パターン及び補助工法を現場で出現した地山の状況に応じて選定（設計変更）できるように受発注者間の連携の確認を行うこと。
- ③切羽の評価において、次の（ア）～（ウ）の事項のうち1つでも発生し労働災害となることが懸念されると判断される場合には、原則として施工者に鏡吹付けを実施させる必要があること。
 - （ア）鏡面から岩塊が抜け落ちる
 - （イ）鏡面の押し出しを生じる
 - （ウ）鏡面は自立せず崩れあるいは流出

そのため、切羽の自立が悪い場合に適用される支保パターン DI-a 又は I_{N-1P} 以下では原則として施工者に鏡吹付けを実施させること。また、上記の事項が懸念される場合には支保パターン CII-b 又は I_{N-2P} 以上でも鏡吹付けの実施について施工者と協議すること。

第2 設計者による取組

(1) 設計段階

- ①事前調査に基づいた適切な支保パターンの選定
- ②地山の評価において、次の（ア）～（ウ）の事項のうち1つでも想定される場合には、原則として鏡吹付けの実施について設計図面に記載する必要があること。
 - （ア）鏡面から岩塊が抜け落ちる
 - （イ）鏡面の押し出しを生じる
 - （ウ）鏡面は自立せず崩れあるいは流出そのため、切羽の自立が悪い場合に適用される支保パターン DI-a 又は I_{N-1P} 以下では原則として鏡吹付けの実施について設計図面に記載すること。また、上記の事項が懸念される場合には支保パターン CII-b 又は I_{N-2P} 以上でも鏡吹付けの実施について検討する必要があることを設計業務の成果物に記載すること。

第3 施工者による取組

(1) 施工段階

- ①本坑の他に、作業坑(斜坑・横坑含む)、避難坑等の規模が大きく異なる断面がある場合においても、切羽の安定、施工機械の適用性等を考慮し、それぞれのトンネルにおいて適切な加背割での施工を行うこと。
- ②適切なドリル・ジャンボ（ガイドシェルを含む。）の選定と準備を行うこと。
- ③適切なドリル・ジャンボ（ガイドシェルを含む。）を用い、ロックボルトの施工は原則として掘削後すみやかに一間ずつ行うこと。
- ④緩和区間の必要性も含めて適切に支保パターン及び補助工法を現場で出現した地山の状況に応じて選定（設計変更）し、施工できるよう受発注者間の連携の確認を行うこと。
 - ※ 地山が急に脆弱になる場合には必ずしも支保の緩和区間は必要ない。
 - ※ 緩和区間を設けず支保パターンを急激に変化させた場合には、発注者と施工者で意思疎通をした上で、その理由を記録・保存しておくこと。
 - ※ 元方事業者及び関係請負人は常に連携を図ること。
 - ※ 夜間の連絡体制は別途協議して予め定めておくこと。
- ⑤図1の範囲については、労働者が立ち入る場合に特段の配慮を必要とする。

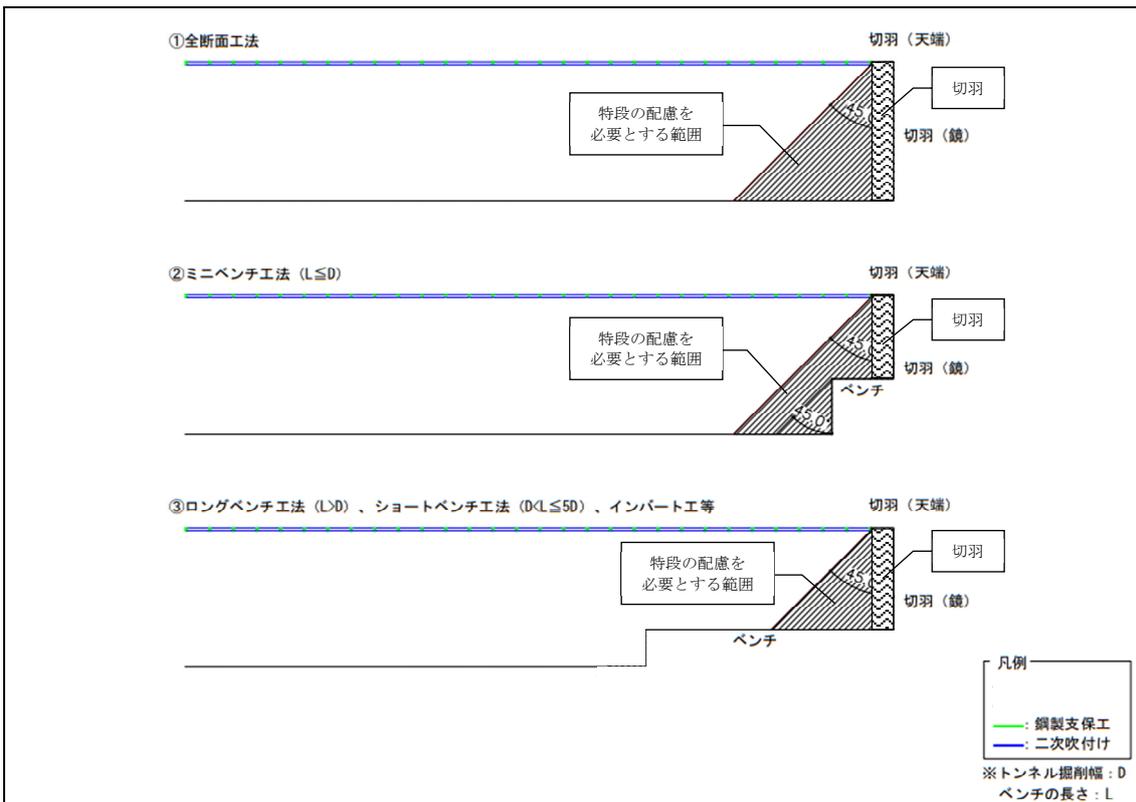


図1 労働者が立ち入る場合に特段の配慮を必要とする範囲

(図の斜線部分をいう。)

⑥切羽の評価において、次の（ア）～（ウ）の事項のうち1つでも発生し労働災害となることが懸念されると判断される場合には、原則として鏡吹付けを実施する必要があること。

- （ア）鏡面から岩塊が抜け落ちる
- （イ）鏡面の押し出しを生じる
- （ウ）鏡面は自立せず崩れあるいは流出

そのため、切羽の自立が悪い場合に適用される支保パターン DI-a 又は I_{N-1P} 以下では原則として鏡吹付けを実施すること。また、上記の事項が懸念される場合には支保パターン CII-b 又は I_{N-2P} 以上でも鏡吹付けの実施について発注者と協議すること。

4-2 提言の解説

提言のうち、第1～第3までの各項目について、以下のとおり解説する。

第1 発注者による取組

(1) 設計段階

①事前調査に基づいた適切な支保パターンの選定

②地山の評価において、次の(ア)～(ウ)の事項のうち1つでも想定される場合には、原則として鏡吹付けの実施について設計図書に記載する必要があること。

(ア) 鏡面から岩塊が抜け落ちる

(イ) 鏡面の押し出しを生じる

(ウ) 鏡面は自立せず崩れあるいは流出

そのため、切羽の自立が悪い場合に適用される支保パターン DI-a 又は I_{N-1P} 以下では原則として鏡吹付けの実施について設計図書に記載すること。また、上記の事項が懸念される場合には支保パターン CII-b 又は I_{N-2P} 以上でも鏡吹付けの実施について検討する必要があることを設計図書に記載すること。

(2) 施工段階

①設計基準類に応じて施工機械の適用性も考慮した掘削工法の検討

※標準的な施工機械を定めている場合にはこの限りではない。

②緩和区間の必要性も含めて適切に支保パターン及び補助工法を現場で出現した地山の状況に応じて選定（設計変更）できるように受発注者間の連携の確認を行うこと。

③切羽の評価において、次の(ア)～(ウ)の事項のうち1つでも発生し労働災害となることが懸念されると判断される場合には、原則として施工者に鏡吹付けを実施させる必要があること。

(ア) 鏡面から岩塊が抜け落ちる

(イ) 鏡面の押し出しを生じる

(ウ) 鏡面は自立せず崩れあるいは流出

そのため、切羽の自立が悪い場合に適用される支保パターン DI-a 又は I_{N-1P} 以下では原則として施工者に鏡吹付けを実施させること。また、上記の事項が懸念される場合には支保パターン CII-b 又は I_{N-2P} 以上でも鏡吹付けの実施について施工者と協議すること。

(解説)

第1

- (1) ①公益社団法人日本道路協会「道路トンネル技術基準（構造編）・同解説」¹⁾には、『地形・地質調査は、地形図、空中写真等の判読結果および既存収集資料

をもとに、現地踏査、物理探査、ボーリング等を系統的に実施し、順次精度を高めるように行わなければならない。』、『トンネルの設計・施工にあたっては、地質調査等の結果に技術的判断を加えて地山分類を行わなければならない。』、『支保構造の事前設計は、地山分類に応じて標準的な組み合わせを設定するものとする。』等とある。

また、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」²⁾には、『調査結果は、各種の調査、試験結果を総合的に判断し、トンネル全体の地質およびとくに施工上問題となるような地質の分布、性状等施工計画策定に必要な事項を地質平面図、地質縦断図にまとめておかなければならない。地質縦断図には岩石の種類、地山物性の代表値ならびに地山区区分したときの等級等、支保パターンを定めるのに必要な事項を明記しておかなければならない。』、『地山区分は、岩種分類ごとに弾性波速度と地山強度比、もしくは相対密度と細粒分含有率あるいは類似の地山等を参考に行わなければならない。』、『一般的な地山条件における標準的な断面の当初設計は、地山等級に対応した標準支保パターンにより行うことを原則とする。』等とある。

したがって、物理探査、ボーリング等の事前調査に基づき、適切な地山分類、適切な支保パターンを選定することが重要である。

②地山等級と支保パターンは対応が図られており、支保パターンが CII-b 又は I_{N-2P} 以上といった場合、地山等級は上がり支保構造が軽減されることを意味する。一方、支保パターンが DI-a 又は I_{N-1P} 以下といった場合、地山等級は下がり支保構造が増強されることを意味する。

次の(ア)～(ウ)の現象が発生し鏡面の直下に作業員がいる場合には、肌落ちにより被災する可能性が極めて高いことから、過去の施工実績等を参考に、次の(ア)～(ウ)のうち1つでもそのような現象が想定される場合には、原則として鏡吹付けを設計図書に記載することを求めるものである。

(ア) 鏡面から岩塊が抜け落ちる

(イ) 鏡面の押し出しを生じる

(ウ) 鏡面は自立せず崩れあるいは流出

また、肌落ち災害における地山等級ごとの内訳を図-4.1 に示す。1992～2005年に発生したトンネル建設工事中の肌落ち災害について、死亡災害 39 件の発生状況を分析し、地山等級ごとの内訳を示したものである³⁾。ここでは弾性波速度等を参考に、鉄道トンネルの地山等級を道路トンネルのそれに変換し統計データを整理した³⁾。同図から、地山等級 DI において死亡災害件数が最も多い。

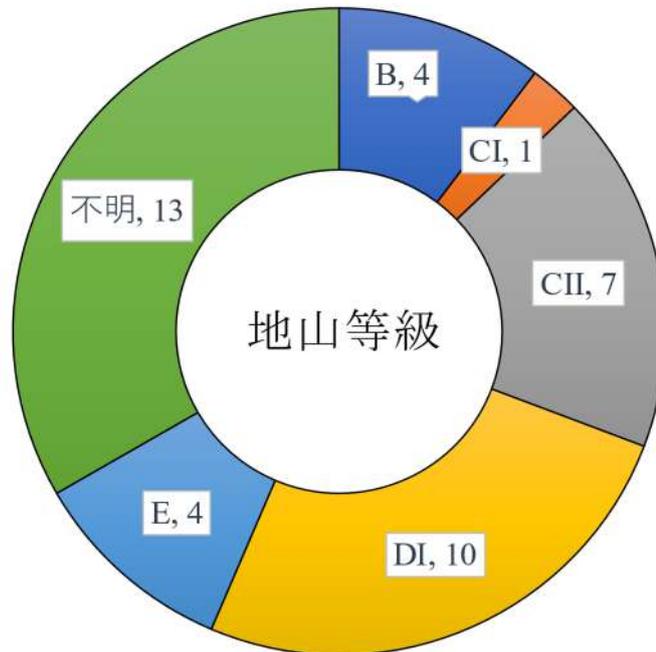


図-4.1 1992～2005年の肌落ちによる死亡災害39件の地山等級の内訳³⁾に加筆

また、公益社団法人日本道路協会「道路トンネル技術基準（構造編）・同解説」¹⁾の地山分類表（表-4.1 参照）によると、地山等級 D と判定される地山では、「・・・切羽の自立が悪く、・・・」との記載があり、前述した3つの現象を生じうる特徴を有する。そのため、支保パターン DI-a 又は I_{N-1P} 以下では肌落ちによるリスクが高いことから、支保パターン DI-a 又は I_{N-1P} 以下では原則として鏡吹付けの実施を設計段階から盛り込む必要がある。

一方、図-4.1 から地山等級 CII 以上の地山においても肌落ち災害が発生していることから、支保パターン CII-b 又は I_{N-2P} 以上といった地山の場合でも、鏡吹付けの実施について施工者との協議対象とすることを求めるものである。

なお、小断面の場合には、肌落ちの可能性のある岩塊の位置エネルギーも相対的に小さいことから、別途、鏡吹付けの実施の必要性について検討すること。

表-4.1 地山分類表¹⁾

(出典：日本道路協会 道路トンネル技術基準(構造編)・同解説, pp.78-79, 平成15年)

地山等級	岩石グループ	代表岩石名	弾性波速度Vp (km/s)						地山の状態	不連続面の状態	コアの状態、RQD (%)	地山強度比	トンネル掘削の状態					
			10	20	30	40	50											
B	H塊状	花崗岩、花崗閃緑岩、石英閃緑岩、ホルンフェルス	[Bar chart showing Vp values for H blocky rock]						<ul style="list-style-type: none"> ・弾性の状態は平均的に20cm程度、片理の距離が認められるがトンネル掘削に対する影響は小さい。 	<ul style="list-style-type: none"> ・不連続面は塊状や散粒状、粘土質の層状構造が認められる。 ・不連続面は粗粒が連続している。 	<ul style="list-style-type: none"> ・コアの形状は片状~層状、コアの長さ60cm以上、厚さ30cm以上、RQDは70以上。 	—	<ul style="list-style-type: none"> ・岩石の強度は、トンネル掘削によって作用する荷重に比べてあまり大きい。弾性変形も良好でトンネル掘削によるゆるみはほとんど生じない。掘削面から部分的に蒸着する場合もある。切削は自立的。 ・掘削10m程度のトンネルでは、掘削にともなう肉空変位は15mm程度以下の微小な弾性変位にとどまる。 					
			M塊状	[Bar chart showing Vp values for M blocky rock]										<ul style="list-style-type: none"> ・比較的片理で割れた、多少の風化変質の傾向がある。水による劣化はない。 	<ul style="list-style-type: none"> ・不連続面に塊状や散粒状、粘土質の層状構造が認められる。 ・不連続面は粗粒が連続しているが開口幅は小さい。 	<ul style="list-style-type: none"> ・コアの長さが概ね5cm以下のものであるが5cm以下のものもみられる。RQDは40~70。 	—	<ul style="list-style-type: none"> ・岩石の強度は、トンネル掘削によって作用する荷重に比べて大きいく、弾性変形も良好でトンネル掘削によるゆるみはほとんど生じない。掘削面から部分的に蒸着する場合もある。切削は自立的。 ・掘削10m程度のトンネルでは、掘削にともなう肉空変位は15~20mm程度以下の微小な弾性変位にとどまる。
	L層状	[Bar chart showing Vp values for L layered rock]						<ul style="list-style-type: none"> ・比較的片理で割れた、多少の風化変質の傾向がある。水による劣化はない。 	<ul style="list-style-type: none"> ・不連続面に塊状や散粒状、粘土質の層状構造が認められる。 ・不連続面は粗粒が連続しているが開口幅は小さい。 	<ul style="list-style-type: none"> ・コアの長さが概ね5cm以下のものであるが5cm以下のものもみられる。RQDは40~70。 	—	<ul style="list-style-type: none"> ・岩石の強度は、トンネル掘削によって作用する荷重に比べて大きいく、弾性変形も良好でトンネル掘削によるゆるみはほとんど生じない。掘削面から部分的に蒸着する場合もある。切削は自立的。 ・掘削10m程度のトンネルでは、掘削にともなう肉空変位は15~20mm程度以下の微小な弾性変位にとどまる。 						
		C I		[Bar chart showing Vp values for C I blocky rock]									<ul style="list-style-type: none"> ・比較的片理で割れた、多少の風化変質の傾向がある。水による劣化はない。 					
	C II		[Bar chart showing Vp values for C II blocky rock]						<ul style="list-style-type: none"> ・比較的片理で割れた、多少の風化変質の傾向がある。水による劣化はない。 	<ul style="list-style-type: none"> ・不連続面に塊状や散粒状、粘土質の層状構造が認められる。 ・不連続面は粗粒が連続しているが開口幅は小さい。 	<ul style="list-style-type: none"> ・コアの長さが概ね5cm以下のものであるが5cm以下のものもみられる。RQDは40~70。 	—		<ul style="list-style-type: none"> ・岩石の強度は、トンネル掘削によって作用する荷重に比べて大きいく、弾性変形も良好でトンネル掘削によるゆるみはほとんど生じない。掘削面から部分的に蒸着する場合もある。切削は自立的。 ・掘削10m程度のトンネルでは、掘削にともなう肉空変位は15~20mm程度以下の微小な弾性変位にとどまる。 				
D I		H塊状	花崗岩、花崗閃緑岩、石英閃緑岩、ホルンフェルス	[Bar chart showing Vp values for H blocky rock]									<ul style="list-style-type: none"> ・弾性の状態は平均的に10cm以下で、その多くは開口幅を掘削に影響を及ぼさるもの。 		<ul style="list-style-type: none"> ・不連続面に塊状や散粒状、粘土質の層状構造が認められる。 ・不連続面は粗粒が連続しているが開口幅は小さい。 	<ul style="list-style-type: none"> ・コアの長さが概ね5cm以下のものであるが5cm以下のものもみられる。RQDは40~70。 	—	<ul style="list-style-type: none"> ・岩石の強度は、トンネル掘削によって作用する荷重に比べて大きいく、弾性変形も良好でトンネル掘削によるゆるみはほとんど生じない。掘削面から部分的に蒸着する場合もある。切削は自立的。 ・掘削10m程度のトンネルでは、掘削にともなう肉空変位は15~20mm程度以下の微小な弾性変位にとどまる。
	M塊状			[Bar chart showing Vp values for M blocky rock]						<ul style="list-style-type: none"> ・弾性の状態は平均的に10cm以下で、その多くは開口幅を掘削に影響を及ぼさるもの。 	<ul style="list-style-type: none"> ・不連続面に塊状や散粒状、粘土質の層状構造が認められる。 ・不連続面は粗粒が連続しているが開口幅は小さい。 	<ul style="list-style-type: none"> ・コアの長さが概ね5cm以下のものであるが5cm以下のものもみられる。RQDは40~70。 		—				
		L層状	[Bar chart showing Vp values for L layered rock]						<ul style="list-style-type: none"> ・弾性の状態は平均的に10cm以下で、その多くは開口幅を掘削に影響を及ぼさるもの。 				<ul style="list-style-type: none"> ・不連続面に塊状や散粒状、粘土質の層状構造が認められる。 ・不連続面は粗粒が連続しているが開口幅は小さい。 		<ul style="list-style-type: none"> ・コアの長さが概ね5cm以下のものであるが5cm以下のものもみられる。RQDは40~70。 	—	<ul style="list-style-type: none"> ・岩石の強度は、トンネル掘削によって作用する荷重に比べて大きいく、弾性変形も良好でトンネル掘削によるゆるみはほとんど生じない。掘削面から部分的に蒸着する場合もある。切削は自立的。 ・掘削10m程度のトンネルでは、掘削にともなう肉空変位は15~20mm程度以下の微小な弾性変位にとどまる。 	
			D II	[Bar chart showing Vp values for D II blocky rock]														<ul style="list-style-type: none"> ・弾性の状態は平均的に10cm以下で、その多くは開口幅を掘削に影響を及ぼさるもの。

注1) 本分類にあてはまらない地山は、地山が良好なものを地山等級A、劣悪なものを地山等級B(弾性波速度で次のように区分する)を地山等級Bとする。
 注2) H、M、Lの区分 B: $qu < 80N/mm^2$ M: $20N/mm^2 < qu < 80N/mm^2$ L: $qu < 20N/mm^2$
 注3) 塊状、層状の区分 塊状: 節理面が支配的な不連続面となるもの。 層状: 節理面が支配的な不連続面となるもの。

(2) ①ここでいう掘削工法とは、全断面工法、補助ベンチ付全断面工法、上部半断面工法、導坑先進工法、中壁（なかかべ）分割工法等をいう¹⁾。公益社団法人日本道路協会「道路トンネル技術基準（構造編）・同解説」には、『加背に合わせた施工機械の組合せやずり出し方式などを含めた掘削工法を決定する必要がある。』としている¹⁾。

本坑の他に、作業坑（斜坑・横坑含む）、避難坑等の規模が大きく異なる断面がある場合でも、それぞれの加背割及び掘削断面形状に応じ、適切なドリル・ジャンボ及び適切なガイドシェルを施工者にそれぞれ選定させること。なお、加背割及び掘削断面形状に依らず施工機械の適用性が満足できるのであれば、施工者が同一の施工機械を使用することは差し支えない。同一の施工機械を用いることを優先して、施工者に無理な施工をさせないことが重要である。

②例えば、国土交通省の地方整備局では、設計図書^{例えば 4), 5)}の中で以下のように支保の緩和を定めている（図-4.2 及び図-4.3 参照）。

なお、維持管理においても支保パターンを不連続に変化させた場合、インバートに盤ぶくれが生じる等が報告されており、支保の剛性の急激な変化はあまり好ましくない、との意見があった。

<p>3-4. 支保の緩和</p> <p>(1) 緩和区間の必要性</p> <p>地山条件に応じてトンネル周辺地山の挙動、支保構造に作用する荷重や変位量はそれぞれに異なる。特に低速度帯等により地山条件が急変する場合には、その区間に対する支保構造の変更のみでは力学的な不連続面が生じ、その変化点付近において覆工コンクリートにクラックが生じる恐れがある。</p> <p>このため、低速度帯前後等で地山等級が急変する場合には緩和区間の必要性を検討する。なお、支保パターンが支保剛性及び掘削工法が大きく異なる B あるいは C I パターンから D I パターンに変更となる場合には、C II パターンを設定する。検討事項</p> <p>(2) 緩和区間長</p> <p>地山区間を考慮して設定するものとするが、地山条件が明瞭でない場合には、支保に作用する後荷の影響と施工の段取り換えを考慮し、20mを目安とする。</p>	<p>補足：[3-4] 断層等地山条件の急変部をボーリング等により確認している場合には、B あるいは C I から D I への移行区間に C II パターンを設定するかは適宜評価する。</p>
--	---

図-4.2 国土交通省の地方整備局における支保の緩和に係る記載例⁴⁾

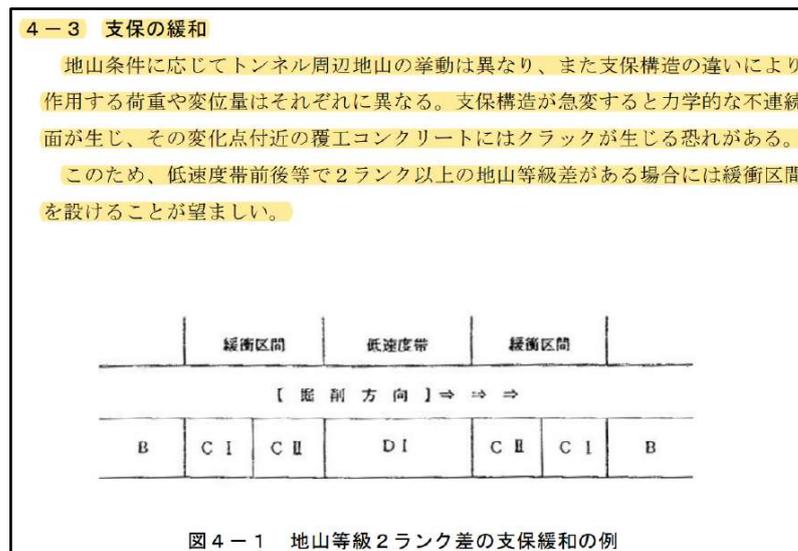


図-4.3 国土交通省の地方整備局における支保の緩和に係る記載例⁵⁾

また、緩和区間長については、『地山区間を考慮して設定するものとするが、地山条件が明瞭でない場合には、支保に作用する後荷の影響と施工の段取り換えを考慮し、20 mを目安とする。』^{例えば4)}と定めている。緩和区間長については力学的な根拠があるわけではなく、トンネルの直径の2倍程度と推察される。

なお、地山が急に脆弱になる場合には、支保パターンを速やかに重厚にしないと地山の変形を加速させてしまうおそれがあるため、必ずしも支保の緩和区間は必要ない。緩和区間を設けず支保パターンを急激に変化させた場合には、発注者と施工者で意思疎通をした上で、その理由を記録・保存しておくこと。

なお、上記(2)①と②を総合して、緩和区間の必要性も含めて適切に支保パターン、補助工法、掘削工法等を現場で出現した地山の状況に応じて総合的に選定(設計変更)できるよう発注者と施工者が連携することが重要である。

ここで、発注者と施工者の連携は、例えば、岩判定委員会等での切羽評価点、変位量、施工実績等の総合的な評価等が考えられ、受発注者間で安全を確認することが重要である。

③切羽の評価において、次の(ア)～(ウ)の事項のうち1つでも発生し労働災害となることが懸念されると判断される場合には、原則として施工者に鏡吹付けを実施させる必要があること。

- (ア) 鏡面から岩塊が抜け落ちる
- (イ) 鏡面の押し出しを生じる
- (ウ) 鏡面は自立せず崩れあるいは流出

そのため、施工計画の段階においては、切羽の自立が悪い場合に適用される支保パターン DI-a 又は I_{N-1P} 以下では原則として鏡吹付けを実施する施工計画を立案するよう施工者に求めること。また、図-4.1 から地山等級 CII 以上の地山においても肌落ち災害が発生していることから、支保パターン CII-b 又は I_{N-2P} 以上といった地山の場合でも、鏡吹付けの実施について施工者と協議することを求めるものである。

第2 設計者による取組

(1) 設計段階

①事前調査に基づいた適切な支保パターンの選定

②地山の評価において、次の（ア）～（ウ）の事項のうち1つでも想定される場合には、原則として鏡吹付けの実施について設計図面に記載する必要があること。

（ア）鏡面から岩塊が抜け落ちる

（イ）鏡面の押し出しを生じる

（ウ）鏡面は自立せず崩れあるいは流出

そのため、切羽の自立が悪い場合に適用される支保パターン DI-a 又は I_{N-1P} 以下では原則として鏡吹付けの実施について設計図面に記載すること。また、上記の事項が懸念される場合には支保パターン CII-b 又は I_{N-2P} 以上でも鏡吹付けの実施について検討する必要があることを設計業務の成果物に記載すること。

（解説）

第2

(1) ①前述したように、第1 (1) ①と同様である。

②前述したように、第1 (1) ②と同様である。なお、亀裂が発達し易い性状の地山等においては、CII-b 又は I_{N-2P} 以上でも鏡吹付けの実施の必要性を申し送り事項として後工程に伝えることが望ましい。

第3 施工者による取組

(1) 施工段階

- ①本坑の他に、作業坑(斜坑・横坑含む)、避難坑等の規模が大きく異なる断面がある場合においても、切羽の安定、施工機械の適用性等を考慮し、それぞれのトンネルにおいて適切な加背割での施工を行うこと。
 - ②適切なドリル・ジャンボ(ガイドシェルを含む。)の選定と準備を行うこと。
 - ③適切なドリル・ジャンボ(ガイドシェルを含む。)を用い、ロックボルトの施工は原則として掘削後すみやかに一間ずつ行うこと。
 - ④緩和区間の必要性も含めて適切に支保パターン及び補助工法を現場で出現した地山の状況に応じて選定(設計変更)し、施工できるよう受発注者間の連携の確認を行うこと。
- ※ 地山が急に脆弱になる場合には必ずしも支保の緩和区間は必要ない。
 - ※ 緩和区間を設けず支保パターンを急激に変化させた場合には、発注者と施工者で意思疎通をした上で、その理由を記録・保存しておくこと。
 - ※ 元方事業者及び関係請負人は常に連携を図ること。
 - ※ 夜間の連絡体制は別途協議して予め定めておくこと。
- ⑤図1の範囲については、労働者が立ち入る場合に特段の配慮を必要とする。

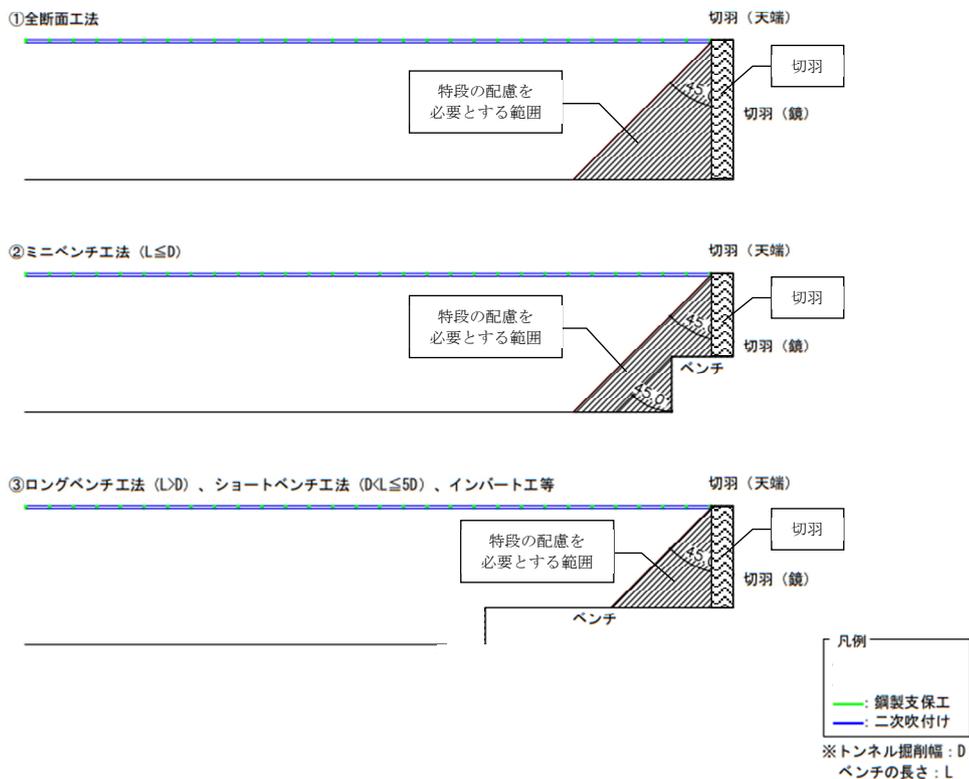


図1 労働者が立ち入る場合に特段の配慮を必要とする範囲

(図の斜線部分をいう。)

⑥切羽の評価において、次の（ア）～（ウ）の事項のうち1つでも発生し労働災害となることが懸念されると判断される場合には、原則として鏡吹付けを実施する必要があること。

（ア）鏡面から岩塊が抜け落ちる

（イ）鏡面の押し出しを生じる

（ウ）鏡面は自立せず崩れあるいは流出

そのため、切羽の自立が悪い場合に適用される支保パターン DI-a 又は I_{N-1P} 以下では原則として鏡吹付けを実施すること。また、上記の事項が懸念される場合には支保パターン CII-b 又は I_{N-2P} 以上でも鏡吹付けの実施について発注者と協議すること。

（解説）

第3

（1）①本坑の他に、作業坑（斜坑・横坑含む）、避難坑等の規模が大きく異なる断面がある場合、適切な加背割での施工をする上で、切羽の安定、施工機械の適用性、経済性等を考慮することが重要である。

②本坑の他に、作業坑（斜坑・横坑含む）、避難坑等の規模が大きく異なる断面がある場合でも、それぞれの加背割及び掘削断面形状に応じ、適切なドリル・ジャンボ及び適切なガイドシェルをそれぞれ選定することが基本である。適切にロックボルトを打設するためのフロー図を図-4.4 に示す。

このように、本坑の他に、作業坑（斜坑・横坑含む）、避難坑等の規模が大きく異なる断面がある場合で同様のフロー図となっているが、それぞれ本坑と作業坑等の加背割及び掘削断面形状に対してそれぞれ適切にドリル・ジャンボとガイドシェルを選定する必要があることを強調したものである。なお、加背割及び掘削断面形状に依らず施工機械の適用性が満足できるのであれば、同一の施工機械を使用して差し支えない。同一の施工機械を用いることを優先して、無理な施工をしないことが重要である。

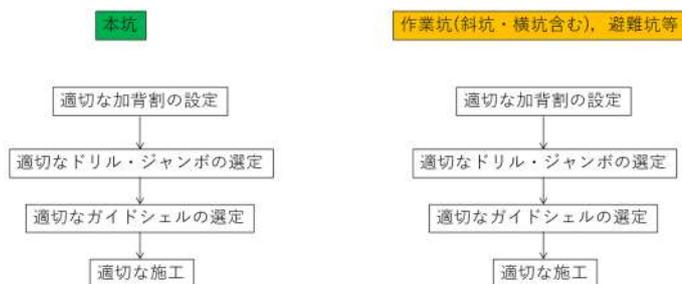


図-4.4 加背割及び掘削断面形状に対して適切にロックボルトを打設するためのフロー図

③『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』²⁾から第34条・同解説及び第23条・同解説を抜粋したものを図-4.5及び図-4.6に示す。

<p>第3節 ロックボルトの施工 第34条 ロックボルトの施工時期 <u>ロックボルトの施工は、原則として掘削後すみやかに行わなければならない。</u></p> <p>(解説) トンネル掘削により、吹付けコンクリートおよびロックボルトに発生する応力は、掘削後の時間経過とともに増大することが多いので、掘削後すみやかに吹付けコンクリートとロックボルトの施工を行わなければならない。とくに、軟岩、土砂地山では、状況に応じてずり出しに前後して行うなど、その施工時期を極力早くすることがとりわけ重要である。 切羽から離れて施工するロックボルトは、下半掘削時の上半の安定性を増すのを目的とする場合や変位の収束のための増しボルトの場合および切上げや分岐等の補強に要するロックボルト以外は行わない。</p>
--

図-4.5 『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』から第5編第34条・同解説²⁾
 (提供：JRTT 鉄道・運輸機構)

<p>第3節 ロックボルト 第23条 ロックボルト一般 <u>ロックボルトの設計にあたっては、地山条件やトンネルの使用目的等を考慮し、その機能を十分発揮させるよう検討しなければならない。</u></p> <p>(解説) 1) 作用効果 ロックボルトは、地山と一体となってその効果を発揮するため、設計にあたっては求める機能と地山の挙動、施工性を考慮して、材質、強度、配置、寸法、定着方式、形状等を決定する必要がある。 ロックボルトの作用効果は、表-4.17 に作用概念を示すが、地山の種類によりおおむね以下のように考えられる。 a) <u>硬岩地山および塑性化しない軟岩地山(Ⅱ、以上に相当)</u> 地山強度比が大きくトンネル周辺地山が塑性化しない場合には内圧効果は不要である。また、硬岩地山等ではロックボルトがなくてもグラウンドアーチが形成される場合が多いため、ロックボルトでグラウンドアーチを形成する必要性は少ない。したがって、硬岩地山あるいは地山強度比の大きい軟岩地山におけるロックボルトの目的は、<u>亀裂面に平行な方向のせん断力に抵抗する効果や、直角方向のはく離、移動を抑制する縫付け効果が主体である。</u></p>

ロックボルトの効果	概念図
<p>①縫付け効果(吊下げ効果) <u>発破等で緩んだ岩塊を緩んでいない地山に固定し、落下を防止しようとするものである。割れ目の発達した地山において、吹付けコンクリートと併用すると効果が大きい。</u></p>	

図-4.6 『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』から第4編第23条・同解説を抜粋²⁾
 (提供：JRTT 鉄道・運輸機構)

同表に示すように、第34条に『ロックボルトの施工は、原則として掘削後すみやかに行われなければならない』²⁾とある。また、第23条の解説には、II_N以上に相当する地山において、ロックボルトの目的は『縫付け効果』²⁾が主体であると述べており、『発破等で緩んだ岩塊を緩んでいない地山に固定し、落下を防止しようとするものである。』²⁾とある。そのため、加背割によらず、ロックボルトを複数の間(ま)にまとめて打設することなくすみやかに一間(ひとま)ずつロックボルトを打設する必要がある。上記は上半の場合についてであり、下半の場合は発注者等の設計基準類に従うこと。なお、長孔発破においてロックボルトの打設を伴う場合、一間(ひとま)の定義について、発注者と施工者で協議すること。核残しの場合についても発注者と施工者は協議すること。

④前述したように、第1(2)②を参照のこと。また、第3(1)①と合わせて、緩和区間の必要性も含めて適切に支保パターン、補助工法、加背割等を現場で出現した地山の状況に応じて総合的に選定(設計変更)できるよう発注者と施工者が連携することが重要である。

⑤労働者が立ち入る場合に特段の配慮を必要とする範囲は、日本建設業連合会「トンネル切羽範囲内立入作業における安全対策指針」⁶⁾に示されているものとして差し支えない(図-4.7参照)。また、ここで言う「特段の配慮」とは、「トンネル切羽範囲内立入作業における安全対策指針」⁶⁾に示されているものうち、同範囲内への関係者以外の立入禁止措置(同範囲を明示することを含む。)(図-4.8参照)、警報装置の携帯、バックプロテクターの着用等をいう。また、推奨対策として、鏡クラック自動検知等の新技術の活用等がある。ここで、関係者以外とは、切羽作業(装薬作業、支保工建込作業、ロックボルト打設作業等)に従事する労働者以外をいう。なお、切羽作業を停止し切羽の安定が保たれている場合にはこの限りではない。

「特段の配慮を必要とする範囲」に労働者が立ち入る場合には「特段の配慮(同範囲内への関係者以外の立入禁止措置、警報装置の携帯、バックプロテクターの着用等)」が必要であり、現行のガイドラインにおける「切羽」に労働者が立ち入る場合には「肌落ち防止対策」の実施が必要という整理である。

ここで、「特段の配慮を必要とする範囲」がより大きな領域であり、その中に「切羽」は含まれる。「切羽」の定義は現行のガイドラインでは「山岳トンネル工事現場におけるトンネルの掘削の最先端をいい、地山が露出している領域全体をいう。」とある。

一方、早期断面閉合を実施する場合で、「労働者が立ち入る場合に特段の配慮を必要とする範囲」に立ち入りインバートの施工を施す際には、前述したよ

うな特段の配慮が必要であることは言うまでもなく、さらに切羽の自立が悪い地山の場合には切羽の安定を確保できるような対策を施すこと。また、同範囲において、安定性の確保、変形抑制等での必要な対策を妨げるものではない。

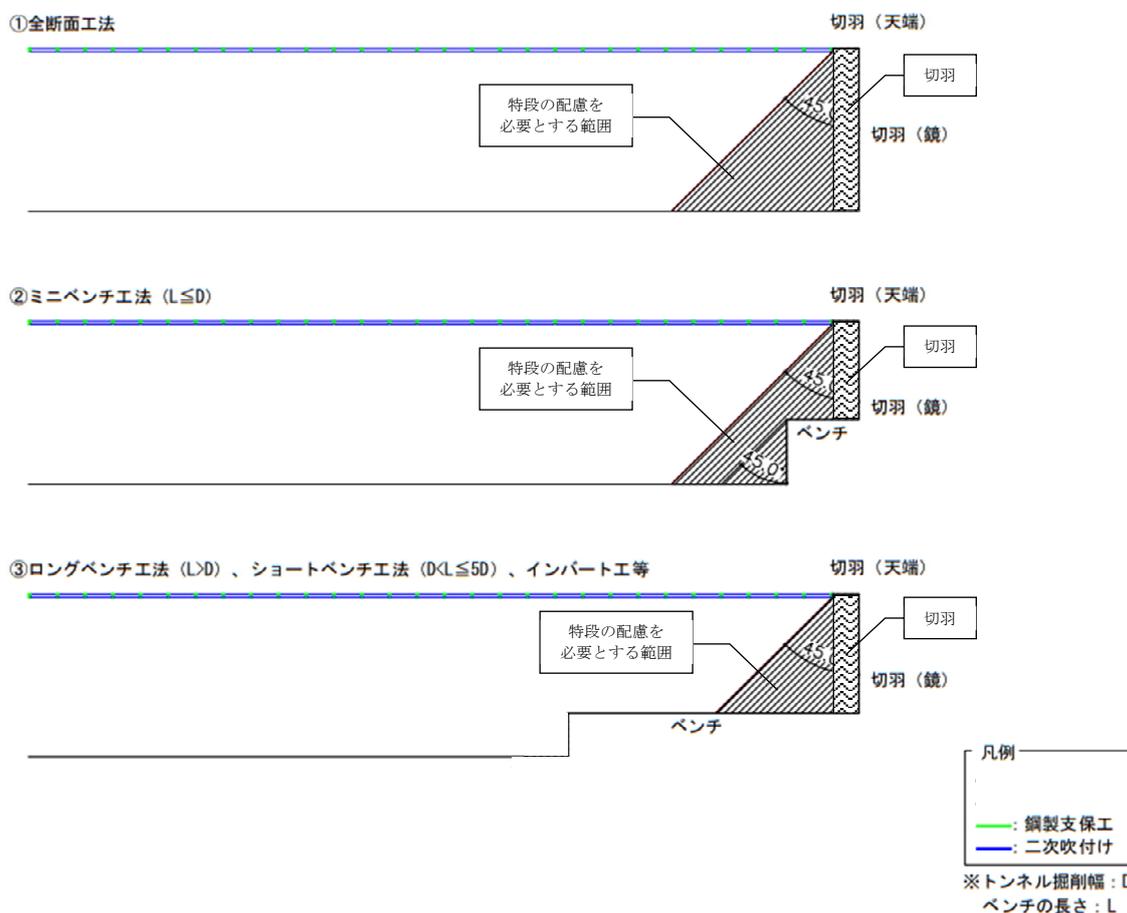


図-4.7 労働者が立ち入る場合に特段の配慮を必要とする範囲⁶⁾
(図の斜線部分をいう。)

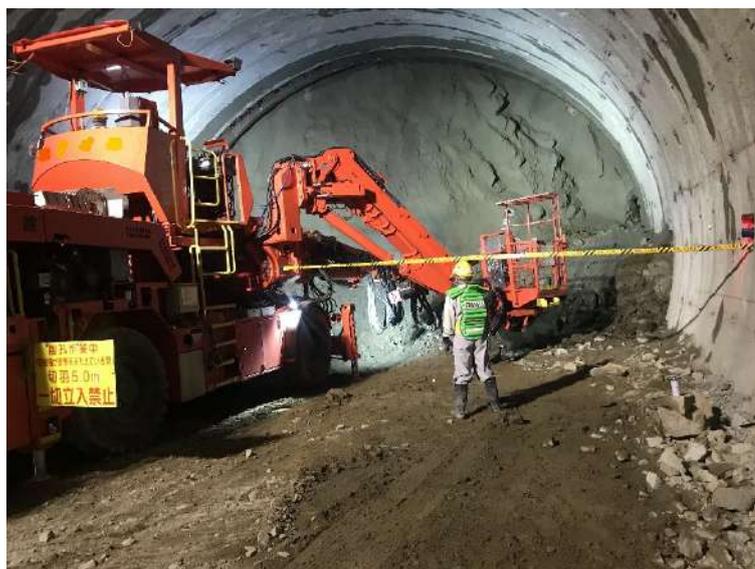


図-4.8 特段の配慮を必要とする範囲内への関係者以外の立入禁止措置の例
(同範囲を明示することを含む。)

⑥切羽の評価において、次の（ア）～（ウ）の事項のうち1つでも発生し労働災害となることが懸念されると判断される場合には、原則として鏡吹付けを実施する必要があること。

- （ア）鏡面から岩塊が抜け落ちる
- （イ）鏡面の押し出しを生じる
- （ウ）鏡面は自立せず崩れあるいは流出

そのため、施工計画の段階においては、切羽の自立が悪い場合に適用される支保パターン DI-a 又は IN-1P 以下では原則として鏡吹付けを実施する施工計画を立案すること。また、図-4.1 から地山等級 CII 以上の地山においても肌落ち災害が発生していることから、支保パターン CII-b 又は IN-2P 以上といった地山の場合でも、鏡吹付けの実施について発注者と協議することを求めるものである。

参考文献：

- 1) 公益社団法人日本道路協会: 道路トンネル技術基準 (構造編) ・同解説, pp.25-62, pp.76-85, pp.125-131, pp.188-191, 平成 15 年 11 月.
- 2) 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, 平成 29 年 3 月 28 日一部改定鉄設二第 170322001 号, p. 37-38, p. 60, pp. 86 ~ 89, p. 166, p. 272, 2017.
- 3) 吉川直孝, 伊藤和也, 堀智仁, 玉手聡: トンネル建設工事における労働災害の調査・分析～落盤・土砂崩壊災害の傾向～, 土木学会安全問題研究論文集 Vol. 5, 6p., 2010 年 11 月.
- 4) 国土交通省四国地方整備局: 設計便覧 第 III 編 道路編, 第 9 章 トンネル設計, <https://www.skr.mlit.go.jp/road/ir/binranroad/binran/etsuran.html>, 平成 30 年 7 月.
- 5) 国土交通省九州地方整備局: 土木工事設計要領 第 III 編 道路編, 第 3 章 トンネル設計, https://www.qsr.mlit.go.jp/site_files/file/s_top/h22doboku/douro/3-04.pdf, 平成 28 年 4 月.
- 6) 日本建設業連合会, 日本トンネル専門工事業協会: 「トンネル切羽範囲内立入作業における安全対策指針」, 日本建設業連合会安全委員会「トンネル切羽立入判断基準策定専門部会」報告, 9p., 2022 年 5 月 18 日.
- 7) 厚生労働省: 山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害防止対策に係るガイドラインの解説(平成 30 年 1 月改正版), <https://www.mhlw.go.jp/file/06-Seisakujouhou-11300000-Roudoukijunkyokuanzeniseibu/0000191562.pptx>,
- 8) 厚生労働省: 山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害防止対策に係るガイドラインに関する問答について、<https://www.mhlw.go.jp/file/06-Seisakujouhou-11300000-Roudoukijunkyokuanzeniseibu/0000191564.pdf>
- 9) 公益社団法人日本道路協会: 道路トンネル観察・計測指針, p.24, 2009, 平成 21 年 2 月.
- 10) 一般社団法人日本トンネル専門工事業協会: 「トンネル切羽立入判断基準」に関するアンケート調査結果について, 令和 5 年 3 月.

参考資料①

第1回「山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害防止対策に関する検討会」資料

山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害防止対策に関する検討会

第1回

令和4年9月21日（水）10：00～

TKP 東京駅カンファレンスセンター

カンファレンスルーム 12E

（開催方法：対面及び Web）

議事次第

1. 開会

2. 議事

- （1） 委員紹介及び委員長選出
- （2） 設置要綱について（資料 1-1）
- （3） 近年の山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害事例の把握
- （4） 今後の山岳トンネル工事の設計・施工等において留意すべき有用な安全上の知見の抽出・整理（資料 1-2～資料 1-5）
- （5） その他
 今後のスケジュール等（資料 1-6）

3. 閉会

○配布資料：

資料 1-1 設置要綱

資料 1-2 今後の山岳トンネル工事の設計・施工等において留意すべき有用な安全上の知見の抽出・整理

資料 1-3 山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害防止対策に係るガイドライン

資料 1-4 シールドトンネル工事に係る安全対策ガイドライン

資料 1-5 厚労省に対する要望について 日建連「トンネル切羽範囲内立入作業における安全対策指針」より

資料 1-6 今後のスケジュール

山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害防止対策に関する検討会 設置要綱

1 趣旨

山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害防止対策については厚生労働省が「山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害防止対策に係るガイドライン」（平成 28 年 12 月 26 日基発 1226 第 1 号。以下「ガイドライン」という。）を策定し、関係事業者にその普及及び定着を図ってきた。

しかしながら、近年、山岳トンネル工事において切羽の肌落ち災害が相次いで発生している。このため、ガイドライン策定後の肌落ち災害の発生状況、災害の背景要因等について分析を行うとともに、ガイドラインの見直し等の必要性について検討し、同種災害の防止対策に必要な提案を行うことを目的として、厚生労働省は当研究所に行政要請研究「山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害防止対策のあり方についての研究」を依頼した。

同行政要請研究の中で、厚生労働省は、山岳トンネル工事において近年発生した肌落ち災害事例等から得られた教訓を次に活かし、ガイドラインの見直し等の必要性について検討し、同種災害の防止対策について提言としてとりまとめるよう、「山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害防止対策に関する検討会」を発足させるよう当研究所に要請している。

こうした状況を踏まえ、本検討会では、ガイドラインの見直し等の必要性について検討し、同種災害の防止対策について提言としてとりまとめる。

2 検討事項

- (1) 近年の山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害事例の把握
- (2) 今後の山岳トンネル工事の設計・施工等において留意すべき有用な安全上の知見の抽出・整理
- (3) 上記を踏まえた「山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害防止対策に係るガイドライン」の見直し等の必要性の検討
- (4) 上記を踏まえた肌落ち災害防止対策に関する提言のとりまとめ
- (5) その他必要な事項

3 構成・運営等

- (1) 本検討会は、労働安全衛生総合研究所が、別紙の参集者の参集を求めて開催する。
- (2) 本検討会には座長を置き、座長は検討会の議事を整理する。
- (3) 本検討会は原則非公開とし、参集者は守秘義務が課せられる。

(別紙)

山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害防止対策に関する検討会
 参集者名簿

砂金 伸治	東京都立大学 教授
伊藤 和也	東京都市大学 教授
日下 敦	国立研究開発法人土木研究所 つくば中央研究所 道路技術研究グループ トンネルチーム 上席研究員
小山 幸則	立命館大学総合科学技術研究機構 上席研究員
田近 宏則	(一社) 建設コンサルタンツ協会 (パシフィックコンサルタンツ株式会社 交通基盤事業本部 インフラマネジメント部 トンネル室 室長)
田中 健	独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構 建設企画部 担当部長
築地 功	(一社) 日本建設業連合会 (飛島建設株式会社 土木本部 土木技術部長)
豊澤 康男	(一社) 仮設工業会 会長
中野 清人	株式会社高速道路総合技術研究所 道路研究部 トンネル研究 担当 部長
森崎 達之助	(一社) 日本トンネル専門工事業協会 (寿建設株式会社 副社長)

(五十音順：敬称略)

○ オブザーバー

樋口 恒一郎	国土交通省大臣官房技術調査課 課長補佐
福井 令以	厚生労働省労働基準局安全衛生部安全課建設安全対策室 技術審査官

○ 事務局

吉川 直孝	独立行政法人労働者健康安全機構 労働安全衛生総合研究所 建設安全研究グループ 上席研究員
平岡 伸隆	独立行政法人労働者健康安全機構 労働安全衛生総合研究所 建設安全研究グループ 主任研究員
田中 和子	独立行政法人労働者健康安全機構 労働安全衛生総合研究所 建設安全研究グループ 派遣職員

今後の山岳トンネル工事の設計・施工等において留意すべき有用な安全上の知見の抽出・整理

近年の山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害事例を受けて、今後の山岳トンネル工事の設計・施工等において留意すべき有用な安全上の知見を抽出し整理すると以下のとおりである。

1. ベンチの有無にかかわらず遅れることなく適切にロックボルトを打設するためには

『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』¹⁾から第 34 条・同解説及び第 23 条・同解説を抜粋したものを表-1.1 及び表-1.2 に示す。同表に示すように、第 34 条に「ロックボルトの施工は、原則として掘削後すみやかに行われなければならない」とある。また、第 23 条の解説には、 Π_N 以上に相当する地山において、ロックボルトの目的は「縫付け効果」が主体であると述べており、「発破等で緩んだ岩塊を緩んでいない地山に固定し、落下を防止しようとするものである。」とある。そのため、補助ベンチの有無にかかわらず、掘削した断面に対して、遅れることなく適切にロックボルトを打設する必要がある。

表-1.1 『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』から第 5 編第 34 条・同解説（提供：JRTT 鉄道・運輸機構）

<p>第3節 ロックボルトの施工 第34条 ロックボルトの施工時期 <u>ロックボルトの施工は、原則として掘削後すみやかに行われなければならない。</u></p>
<p>(解説) トンネル掘削により、吹付けコンクリートおよびロックボルトに発生する応力は、掘削後の時間経過とともに増大することが多いので、掘削後すみやかに吹付けコンクリートとロックボルトの施工を行わなければならない。とくに、軟岩、土砂地山では、状況に応じてずり出しに前後して行うなど、その施工時期を極力早くすることがとりわけ重要である。 切羽から離れて施工するロックボルトは、下半掘削時の上半の安定性を増すのを目的とする場合や変位の収束のための増しボルトの場合および切上げや分岐等の補強に要するロックボルト以外に行わない。</p>

表-1.2 『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』から第4編第23条・同解説を抜粋（提供：JRTT 鉄道・運輸機構）

<p>第3節 ロックボルト 第23条 ロックボルト一般 ロックボルトの設計にあたっては、地山条件やトンネルの使用目的等を考慮し、その機能を十分発揮させるよう検討しなければならない。</p>
<p>(解説) 1) 作用効果 ロックボルトは、地山と一体となってその効果を発揮するため、設計にあたっては求める機能と地山の挙動、施工性を考慮して、材質、強度、配置、寸法、定着方式、形状等を決定する必要がある。 ロックボルトの作用効果は、表-4.17 に作用概念を示すが、地山の種類によりおおむね以下のように考えられる。 a) <u>硬岩地山および塑性化しない軟岩地山（Ⅱ、以上に相当）</u> 地山強度比が大きくトンネル周辺地山が塑性化しない場合には内圧効果は不要である。また、硬岩地山等ではロックボルトがなくてもグラウンドアーチが形成される場合が多いため、ロックボルトでグラウンドアーチを形成する必要性は少ない。したがって、<u>硬岩地山あるいは地山強度比の大きい軟岩地山におけるロックボルトの目的は、亀裂面に平行な方向のせん断力に抵抗する効果や、直角方向のはく離、移動を抑制する縫付け効果が主体である。</u></p>

表-4.17 ロックボルトの作用効果

ロックボルトの効果	概念図
<p>①縫付け効果（吊下げ効果） <u>発破等で緩んだ岩塊を緩んでいない地山に固定し、落下を防止しようとするものである。</u> 割れ目の発達した地山において、吹付けコンクリートと併用すると効果が大きい。</p>	

ベンチの有無にかかわらず遅れることなくロックボルトを打設するためには、本坑のみの場合と本坑及び斜坑、作業坑、連絡坑等の場合に場合分けして、図-1.1 と図-1.2 のようなフロー図が考えられる。

次に、発注者、設計者、施工者の各々の御立場から、ベンチの有無にかかわらず遅れることなくロックボルトを打設するために、考慮できること/できないことを検討する。

○ 論点：

- 1-1. 発注者及び設計者が考慮できること/できないこと
 - 1-1-1. ベンチの有無を含めた適切なトンネル掘削断面の形状寸法の選定
(切羽安定も考慮)
 - 1-1-2. 適切なドリル・ジャンボ (ガイドシェルを含む。) を用意するための設計図書
の整備
(地山が急変した場合等、機材の準備に時間を要する場合には工期への反映も
含む。)
 - 1-1-3. 掘削断面の形状寸法に適応可能なドリル・ジャンボ (ガイドシェルを含む。)
の例示

- 1-2. 施工者が考慮できること/できないこと
 - 1-2-1. ベンチの有無を含めた適切なトンネル掘削断面での施工 (切羽安定も考慮)
 - 1-2-2. 適切なドリル・ジャンボ (ガイドシェルを含む。) の選定と準備
 - 1-2-3. 適切なドリル・ジャンボ及びガイドシェルを用いた遅れることなく適切かつ確
実なロックボルトの施工
(どこまで遅れることなくロックボルトを打設すべきか、1 基は遅れても良い
か?)

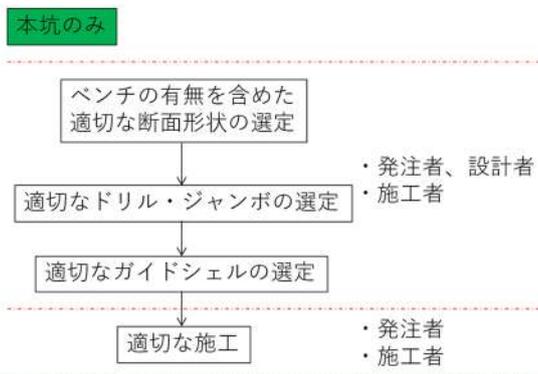


図-1.1 ベンチの有無にかかわらず遅れることなく適切にロックボルトを打設するためのフロー図（本坑のみ）

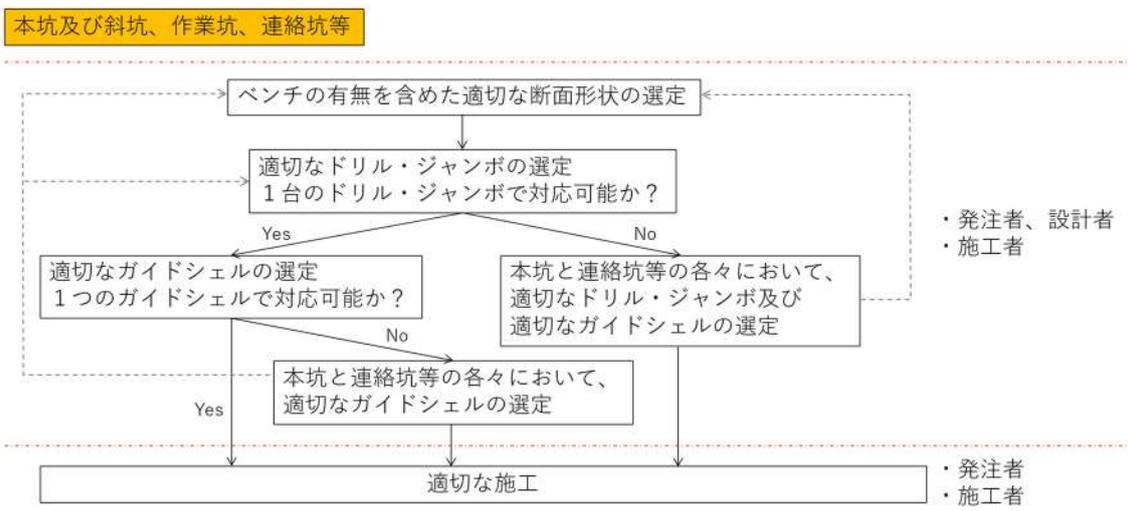


図-1.2 ベンチの有無にかかわらず遅れることなく適切にロックボルトを打設するためのフロー図（本坑と斜坑等）

2. 支保パターンの連続性（支保の緩和）について

表-2.1 を見ると、新幹線複線トンネルの場合、支保パターン I_{N-1P} 、 I_{N-2P} 、 II_{NP} と連続的に支保パターンが用意されており、上下半の鋼製支保工の設置領域（支保パターン I_{N-1P} ）、上半のみの鋼製支保工の設置領域（支保パターン I_{N-2P} ）、鋼製支保工を設置しない領域（支保パターン II_{NP} ）と徐々に支保が軽くなる。

国土交通省四国地方整備局では、「設計便覧 第 III 編 道路編 第 9 章 トンネル設計」の中で以下のように支保の緩和を定めている（図-2.1 参照）。

『地山条件に応じてトンネル周辺地山の挙動、支保構造に作用する荷重や変位量はそれぞれに異なる。特に低速度帯等により地山条件が急変する場合には、その区間に対する支保構造の変更のみでは力学的な不連続面が生じ、その変化点付近において覆工コンクリートにクラックが生じる恐れがある。このため、低速度帯前後等で地山等級が急変する場合には緩衝区間の必要性を検討する。なお、支保パターンが支保鋼性及び掘削工法が大きく異なる B あるいは CI パターンから DI パターンに変更となる場合には、CII パターンを設定する。』

また、緩和区間長については、『地山区間を考慮して設定するものとするが、地山条件が明瞭でない場合には、支保に作用する後荷の影響と施工の段取り換えを考慮し、20 m を目安とする。』と定めている。緩衝区間長については力学的な根拠があるわけではなく、トンネルの直径 D の約 2 倍程度と推察される。

このような支保の緩和は、四国地方整備局だけでなく、北海道開発局、北陸地方整備局、九州地方整備局（図-2.2 参照）においても定められている。

表-2.1 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」¹⁾の「表-4.9 標準支保パターン」（提供：JRTT 鉄道・運輸機構）

(c) 新幹線複線トンネル

標準支保パターン	縦断間隔 (m)	ロックボルト		鋼製支保工 種類	吹付けコンクリート 厚さ (cm)
		配置	長さ(m)×本数(本) ^{*1}		
IV _{NP}	—	—	—	—	5 (平均)
III _{NP}	(随意)	アーチ	2×0~5	—	10 (平均)
II _{NP}	1.5	アーチ	3×10	—	10 (平均)
I _{N-SP}	1.2	アーチ、側壁	3×10	125H (上半)	12.5 (最小)
I _{N-IP}	1.0	アーチ、側壁	3×14	125H	15 (最小)
I _{SP}	1.0	アーチ、側壁	3×14	150H	15 (最小)
		一次インバート	3×4 ^{*2}	150H ^{*2}	15 (最小) ^{*2}
I _{LP}	1.0	アーチ、側壁	3×12	125H	20 (最小)

*1 ロックボルトの長さ、本数は標準的なものを示しており、その配置は、第 25 条による。

*2 I_{SP}の一次インバートは基本的に施工し、地山状況により支保部材を選定する。

(その他) 標準支保パターンの分類記号は、地山等級と区別するためP(Pattern)のサフィックスをつけた。

表-2.2 道路トンネルの標準支保パターンの例^{2),3)}

(出典：日本道路協会 道路トンネル技術基準(構造編)・同解説, pp.126-127, 平成 15 年)

(通常断面トンネル 内空幅8.5~12.5m程度)

地山等級	支保パターン	標準一軸進長 (m)	ロックボルト				鋼製支保工			吹付け厚 (cm)	覆工厚		変形 余裕量 (cm)	掘削 工法
			長さ (m)	施工間隔		施工範囲	上半部 種類	下半部 種類	建込 間隔 (m)		アーチ、 側壁 (cm)	イン バート (cm)		
				周 方向 (m)	延長 方向 (m)									
B	B	2.0	3.0	1.5	2.0	上半 120°	—	—	—	5	30	0	0	
C I	C I	1.5	3.0	1.5	1.5	上半	—	—	—	10	30	(40)	0	補助ベ ンチ付
C II	C II-a	1.2	3.0	1.5	1.2	上、下半	—	—	—	10	30	(40)	0	全断面
	C II-b						H-125	—	1.2					工法ま
D I	D I-a	1.0	3.0	1.2	1.0	上、下半	H-125	H-125	1.0	15	30	45	0	たは上 部半断 面工法
	D I-b		4.0											
D II	D II	1.0以下	4.0	1.2	1.0以下	上、下半	H-150	H-150	1.0 以下	20	30	50	10	

注1) 支保パターンのa, bの区分は、地山等級がC II, D Iの場合これを基本とし、トンネル掘削に伴う変位が小さく、切羽が安定すると予想される場合はaの適用を検討する。

注2) インバートについて

① ()内に示した地山等級範囲において、第三紀の泥岩、凝灰岩、蛇紋岩等の粘土化しやすい岩、および風化した結晶片岩、温泉余土等の場合は()の厚さを有するインバートを設置する。

② 早期の断面閉合が必要な場合は、吹付けコンクリートにてインバート閉合を行うものとするが、その厚さについては上、下半部の吹付け厚を参考にして個々に決定するものとする。また、吹付けコンクリートによるインバートはインバート厚さに含めることができるが、現場打ちコンクリートによるインバート部分の厚さがアーチ、側壁の覆工コンクリート厚さを下回ってはならない。

③ 地山等級がD Iであっても、下半部に堅岩が現れるなど岩の長期的支持力が十分であり、側壁による押出し等もないと考えられる場合はインバートを省略できる。

注3) 金網について

① 地山等級がD Iにおいては、一般に上半部に設置する。なお、D IIにおいては、上、下半部に設置するのが通例である。

② 鋼繊維補強吹付けコンクリート(SFRC)等を用いる場合は、金網を省略できる。

注4) 変形余裕量について

地山等級がD IIにおいては、上半部半断面工法の場合は上半部に、補助ベンチ付全断面工法は掘削に時間差がないため上、下半部に変形余裕量として10cm程度見込んで設計するのが通例である。なお、変形余裕量は実際の施工中の計測により適宜変更していく必要がある。

注5) 地山等級A, Eについては、地山条件にあわせて、それぞれ検討するものとする。

注6) 通常断面の適用範囲であっても、大断面との境界付近で上半三心円等の扁平断面を採用する場合には、大断面の支保パターンの適用を検討する。

<p>3-4. 支保の緩和</p> <p>(1) 緩和区間の必要性</p> <p>地山条件に応じてトンネル周辺地山の挙動、支保構造に作用する荷重や変位量はそれぞれ異なる。特に低速度帯等により地山条件が急変する場合には、その区間に対する支保構造の変更のみでは力学的な不連続面が生じ、その変化点付近において覆工コンクリートにクラックが生じる恐れがある。</p> <p>このため、低速度帯前後等で地山等級が急変する場合には緩衝区間の必要性を検討する。なお、支保パターンが支保鋼性及び掘削工法が大きく異なるBあるいはC IパターンからD Iパターンに変更となる場合には、C IIパターンを設定する。検討事項</p> <p>(2) 緩和区間長</p> <p>地山区間を考慮して設定するものとするが、地山条件が明瞭でない場合には、支保に作用する後荷の影響と施工の段取り換えを考慮し、20mを目安とする。</p>	<p>補足：[3-4]断層等地山条件の急変部をボーリング等により確認している場合には、BあるいはC IからD Iへの移行区間にC IIパターンを設定するかは適宜評価する。</p>
--	---

図-2.1 国土交通省四国地方整備局「設計便覧 第III編 道路編 第9章 トンネル設計」から支保の緩和について⁴⁾

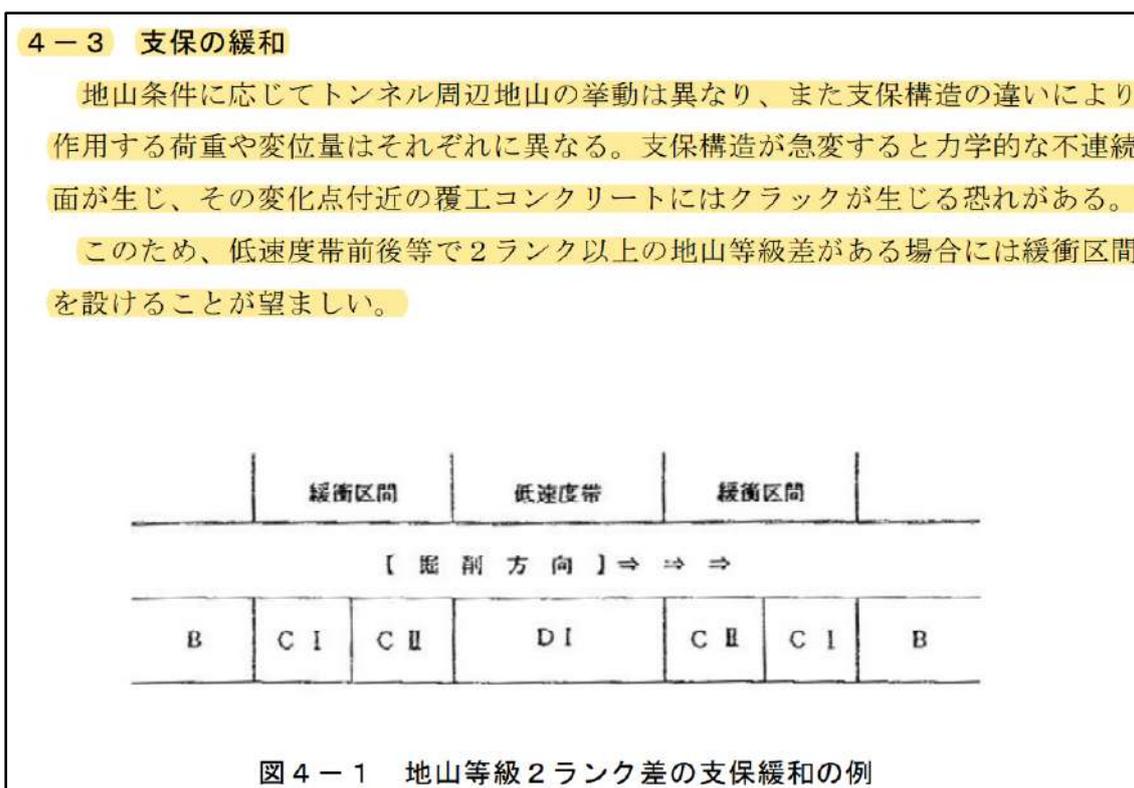


図-2.2 国土交通省九州地方整備局「土木工事設計要領 第III編 道路編 第3章 トンネル設計」から支保の緩和について⁵⁾

○ 論点：

2-1. 発注者が考慮できること/できないこと

2-1-1. 設計段階

事前の調査に基づいた適切な支保パターンの選定と緩衝区間の検討

2-1-2. 施工段階

地山の状況に応じて、適切に支保パターンを選定できるような体制づくり

(維持管理においても支保パターンを DI から CI に不連続に変化させた場合、インバートに盤ぶくれが生じた事例があることが報告されており、支保の剛性の急激な低下はあまり好ましくない。)

2-2. 設計者が考慮できること/できないこと

2-2-1. 設計段階

事前の調査に基づいた適切な支保パターンの選定と緩衝区間の検討

(維持管理においても支保パターンを DI から CI に不連続に変化させた場合、インバートに盤ぶくれが生じる等が報告されており、支保の剛性の急激な低下はあまり好ましくない。)

2-3. 施工者が考慮できること/できないこと

2-3-1. 地山の状況に応じて、緩衝区間も含めて適切に支保パターンを選定し、施工できるような体制づくり

(地山が当初想定よりも急に脆弱になる場合、科学的な知見に基づく場合には必ずしも支保の緩衝区間は必要ない。)

3. 日本建設業連合会及び日本トンネル専門工事業協会「トンネル切羽範囲内立入作業における安全対策指針」から厚生労働省に対する要望について

日本建設業連合会と日本トンネル専門工事業協会は、2022年5月18日付けで「トンネル切羽範囲内立入作業における安全対策指針」⁶⁾を公表している。同指針において、厚生労働省に対する要望は以下のとおりである。

『トンネル工事における肌落ちによる労働災害防止対策を推進していく上で、『ガイドライン』が果している役割は極めて大きいものがある。切羽で肌落ちによる労働災害が度々発生している現状を踏まえた場合には、以下に記載した事項を明示するための『ガイドライン』改正を検討していただきたい。

- ① 労働者の立ち入りを原則的に禁止する切羽の範囲
- ② 切羽監視責任者を選任する際に求められる要件
- ③ すべての支保パターンにおける鏡吹付け・一次吹付けの必要性
- ④ 切羽監視責任者とずい道等の掘削等作業主任者の専任制（現行：小断面の場合には双方の兼任が認められているが20 m²を閾値とする）』

そこで、以下のとおり論点を整理する。

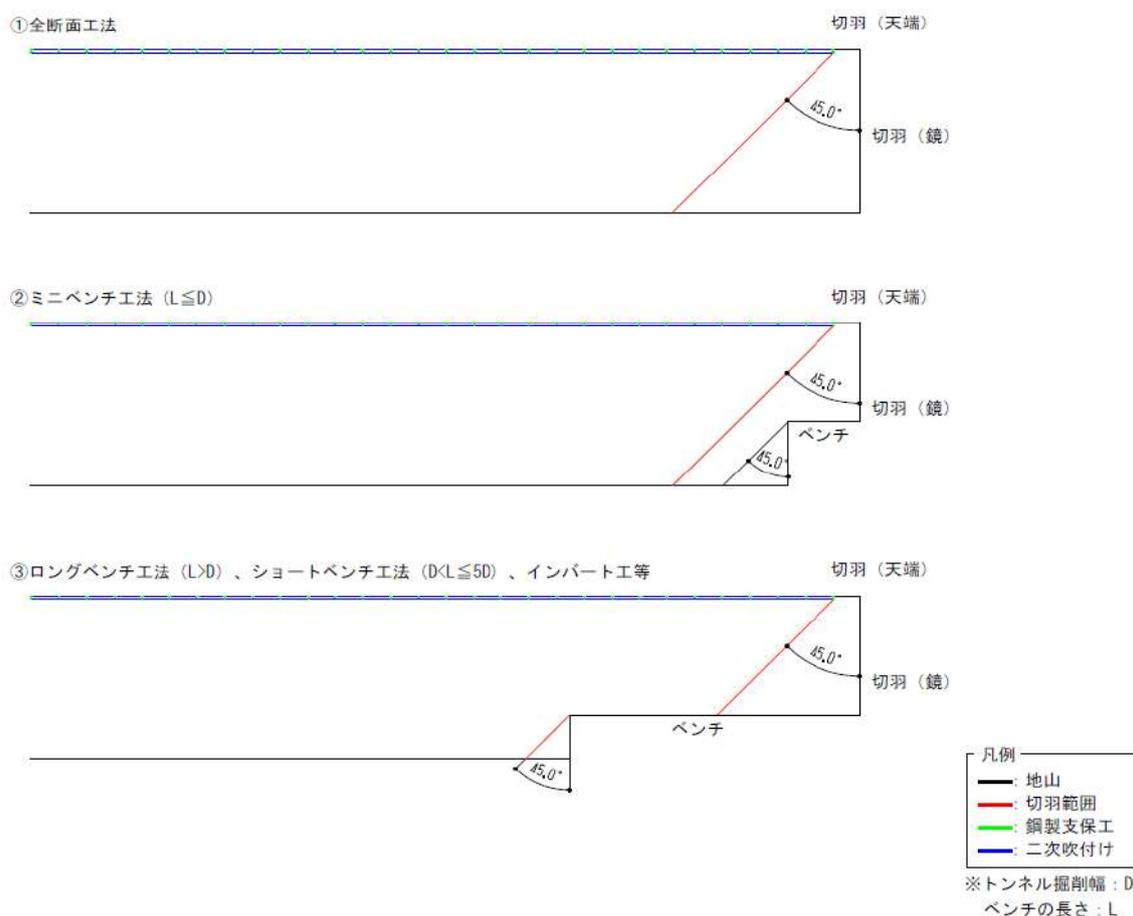
○ 論点：

3-1. 労働者の立ち入りを原則的に禁止する切羽の範囲について

同指針において、『トンネル工事における作業を“穿孔・装薬”、“発破”、“ずり出し”、“コソク・当たり取り”、“一次吹付け”、“鋼製支保工建て込み”、“二次吹付け”、“ロックボルト”、“その他”に分類し、それぞれの作業ごとに具体的な作業手順や稼働させる機械を明確にした上で、どうしても労働者が切羽に立ち入らなければならない作業を洗い出して特定した。なお、判断基準を定めた際には、天端から45度の範囲内を切羽として取り扱っている。また、いかなる作業においても一次吹付け未施工区間の素掘り面直下は絶対に立ち入ってはならない。』とある。また、掘削工法別に切羽範囲の標準図⁶⁾を図-3.1のように示している。

現行の「山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害防止対策に係るガイドライン（以下、「ガイドライン」という。）」において、切羽は「山岳トンネル工事現場におけるトンネルの掘削の最先端をいい、地山が露出している領域全体をいう。」と定義されているが、立ち入り禁止区域については定義されていない。

切羽範囲 掘削工法別標準図

図-3.1 掘削工法別切羽範囲標準図⁶⁾

3-2. 切羽監視責任者を選任する際に求められる要件

現行のガイドラインにおいて、切羽監視責任者は、「事業者の選任を受け、切羽の状態を監視し、退避の要否について判断し、労働災害の急迫した危険があるときは直ちに作業を中止させ、労働者を安全な場所に退避させる者。」と定義されている。

また、切羽監視責任者の選任について、「事業者は掘削現場に属する労働者の中から切羽監視責任者を選任し、切羽で作業が行われる間、切羽の状態を常時監視させること。このとき、切羽監視責任者は、原則として専任とするが、トンネルの標準掘削全断面積が概ね 50m^2 未満であって、切羽監視責任者と車両系建設機械との接触防止等の安全確保措置の実施が困難な場合には、ずい道等掘削作業主任者等が切羽監視責任者を兼任して差し使えないこと。なお、発破の点火やズリ出し等切羽に労働者が接近しない作業工程において

は、切羽監視責任者による常時監視は要しないこと。また、事業者は、選任した切羽監視責任者を関係労働者に周知すること。なお、切羽監視責任者は労働安全衛生規則第 382 条に定める点検者と同じ者を選任することを妨げないこと。山岳トンネル工事が交代制により行われる場合には、交代番ごとに切羽監視責任者を選任する等により、切羽の状態が継続的に監視されるようにすること。」とある。

3-3. すべての支保パターンにおける鏡吹付け・一次吹付けの必要性

同指針において、すべての支保パターンにおける鏡吹付け・一次吹付けの必要性に関する記載がない。『必須対策として、すべての支保パターンにおいて鏡吹付けを行うとともに、バックプロテクターを着用しなければならない。』という記載がある。

現行のガイドラインにおいては、「鏡吹付けは、鏡に対し吹付けコンクリートを吹き付けることである。掘削により露出した地山を早期に吹付けコンクリートで覆うことにより、トンネル横断方向だけでなく、縦断方向の緩みも抑えることができる。また、鏡吹付けにより、鏡がコンクリートで覆われるため、切羽の変形に伴い新たに発生した亀裂や切羽の変状が視認しやすくなる。さらには、地山を坑内の空気又は水分に触れさせることを防ぐことができるため、膨張性地山に対しても有効である。なお、肌落ちは鏡のみならず切羽全体で発生するものであり、鏡吹付けを行う場合は、アーチ側壁部に対しても併せて行うことが必要である。」とある。

3-4. 切羽監視責任者とずい道等の掘削等作業主任者の専任制（現行：小断面の場合には双方の兼任が認められているが 20 m² を閾値とする）』

現行のガイドラインにおいて、3-2 と同様であるが、切羽監視責任者の選任については、「切羽監視責任者は、原則として専任」、「トンネルの標準掘削全断面積が概ね 50m² 未満であって、切羽監視責任者と車両系建設機械との接触防止等の安全確保措置の実施が困難な場合には、ずい道等掘削作業主任者等が切羽監視責任者を兼任」とある。また、「切羽監視責任者は労働安全衛生規則第 382 条に定める点検者と同じ者を選任することを妨げないこと」ともある。

参考文献：

- 1) 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，平成 29 年 3 月 28 日一部改定鉄設二第 170322001 号，pp. 86～89, pp. 166, 2017.
- 2) 公益社団法人日本道路協会：道路トンネル技術基準（構造編）・同解説
- 3) 公益社団法人土木学会：2016 制定 トンネル標準示方書〔山岳工法編〕・同解説
- 4) 国土交通省四国地方整備局：設計便覧 第 III 編 道路編，第 9 章 トンネル設計，<https://www.skr.mlit.go.jp/road/ir/binranroad/binran/etsuran.html>，平成 30 年 7 月.
- 5) 国土交通省九州地方整備局：土木工事設計要領 第 III 編 道路編，第 3 章 トンネル設計，https://www.qsr.mlit.go.jp/site_files/file/s_top/h22doboku/douro/3-04.pdf，平成 28 年 4 月.
- 6) 日本建設業連合会，日本トンネル専門工事業協会：「トンネル切羽範囲内立入作業における安全対策指針」，日本建設業連合会安全委員会「トンネル切羽立入判断基準策定専門部会」報告，9p.，2022 年 5 月 18 日.

平成 28 年 12 月 26 日

改正 平成 30 年 1 月 18 日

山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害防止対策に係るガイドライン

第 1 目的

本ガイドラインは、労働安全衛生関係法令と相まって、切羽における肌落ち防止対策を適切に実施することにより、山岳トンネル工事の切羽における労働災害の防止を図ることを目的とする。

第 2 適用対象

本ガイドラインは、山岳トンネル工事の切羽における作業に適用する。

第 3 用語の定義

本ガイドラインで使用する主要な用語の定義は、労働安全衛生関係法令において規定されているもののほか、次による。

1 切羽

山岳トンネル工事現場におけるトンネルの掘削の最先端をいい、地山が露出している領域全体をいう。

2 肌落ち

トンネルを掘削した面から岩石等が落下することをいう。

3 山岳トンネル工事

掘削から支保工の構築完了までの間、切羽付近の地山が自立することを前提として、発破、機械または人力により掘削し、支保工を構築することにより、内部空間を保ちながらトンネルを建設する工事をいう。

4 地山

掘削対象となる自然地盤及び改良された地盤をいう。

5 地山等級

岩種、割目の状態、地山の弾性波速度等を因子として決定される地山の分類をいう。

なお、発注者が鉄道事業者の場合、鉄道トンネルでは I～V の地山等級が用いられ、この数字が大きいほど自立性の高い安定した地山であることを示す。また、発注者が道路事業者の場合、道路トンネルでは B～E の地山等級が用いられ、B に近い等級であるほど自立性の高い安定した地山であることを示す。

6 鏡

切羽において、掘削の進行方向に対して垂直である面をいう。

7 浮石

切羽において、地山から剥離した岩石をいう。

8 吹付け

切羽に対し、コンクリートを吹き付けることをいう。また、吹付け専用配合されたコンクリートを吹付けコンクリートという。

9 装薬

穿孔した孔に火薬、電気雷管等を設置する作業をいう。

10 鋼製支保工

アーチ形状等をした鋼材で、トンネルを支える骨格となるものをいう。

11 ロックボルト

トンネル掘削面から地山内部に放射状に穿孔された孔に挿入された鋼棒をいう。吹付けコンクリートと一体となってトンネルを支える。

12 発破

装薬した火薬を爆発させ、地山を破砕することをいう。

13 切羽監視責任者

事業者の選任を受け、切羽の状態を監視し、退避の要否について判断し、労働災害の急迫した危険があるときは直ちに作業を中止させ、労働者を安全な場所に退避させる者。

第4 事業者等の責務

山岳トンネル工事を行う事業者は、労働安全衛生関係法令を遵守するとともに、本ガイドラインに基づき切羽における肌落ち災害防止対策を講ずることにより、山岳トンネル工事の切羽における労働災害の防止に努めるものとする。

山岳トンネル工事に従事する労働者は、労働安全衛生関係法令に定める労働者が守るべき事項を遵守するとともに、事業者が本ガイドラインに基づいて行う措置に協力することにより、山岳トンネル工事の切羽における労働災害の防止に努めるものとする。

第5 事業者が講ずることが望ましい事項

1 切羽の立入禁止措置

事業者は、肌落ちによる労働災害を防止するため、切羽への労働者の立入りを原則として禁止し、真に必要な場合のみ立ち入らせるようにすること。また、この措置を実効性のあるものとするため、切羽における作業はできる限り機械等で行うようにし、既に一般化している浮石落しの機械化や機械掘削の採用にとどまらず、例えば、装薬作業の遠隔化、支保工建込み作業等の完全な機械化等を積極的に進めること。

2 肌落ち防止計画の作成

事業者は、山岳トンネル工事を行う場合は、(1)により事前調査を行うとともに、(2)及び(3)により切羽における肌落ち防止計画等を作成し、関係労働者に周知すること。なお、膨張性地山においては、切羽押し出しがあることを踏まえ防止計画を作成する必要があること。

(1) 地山の事前調査

山岳トンネルの掘削を行う作業箇所やその周辺の地山等に関する次の事項について、地表面の現地踏査、ボーリング、弾性波探査等の方法により調査を行い、これらの状態を把握すること。

- ア 岩種
- イ 地山の状態（岩質、水による影響、不連続面の間隔等）
- ウ ボーリングコアの状態
- エ 弾性波速度
- オ 地山強度比
- カ 可燃性ガス、有害ガス等の有無及び状態

（２）肌落ち防止計画

以下の事項を含む肌落ち防止計画を作成すること。

ア 肌落ち防止対策

（１）の地山の事前調査結果に適応した肌落ち防止対策（第６及び第７）を参考にすること。

イ 切羽の監視

切羽監視責任者による監視項目、監視方法等。なお、監視項目は肌落ちの予兆を感知できるような項目を定めるものとするが、少なくとも次の事項を含むこと。

- （ア）切羽の変状
- （イ）割目の発生の有無
- （ウ）湧水の有無
- （エ）岩盤の劣化の状態

また、監視方法については、切羽で作業が行われる間、切羽を常時監視することを含むこと。

ウ 切羽からの退避

肌落ちにより被災するおそれのある場合に直ちに労働者を切羽から退避させるための退避方法、切羽監視責任者による退避指示の方法等

エ その他

地山の状況に応じ、追加の肌落ち防止対策を検討すること。

（３）作業手順書

肌落ち防止計画に基づいた作業の手順を明らかにした作業手順書を作成すること。

３ 肌落ち防止計画の実施及び変更

事業者は、２で作成した肌落ち防止計画に基づき、一連の作業を適切に実施すること。

また、同計画の適否を確認し、必要であれば同計画を変更するため、次の事項を実施すること。

（１）切羽の調査

ア 切羽の観察

掘削を行う作業箇所等における次の事項について、装薬時、吹付け

時、支保工建込み時、交代時に切羽の観察を行い、過去の切羽の観察結果の推移との比較を行うほか、必要に応じて先進ボーリング等の方法により調査を行うことにより適切に把握すること。

(ア) 圧縮強度及び風化変質

(イ) 割目間隔及び割目状態

(ウ) 走向・傾斜

(エ) 湧水量

(オ) 岩盤の劣化の状態

イ 切羽の観察結果の記録

アの切羽の観察結果を記録し、切羽評価点を算定し、地山等級を査定し、適切な支保パターンを選定すること。

ウ 計画の適否の確認

ア及びイの切羽の調査結果及び地山等級の査定結果から得られる地山等級と設計時の地山等級及び支保パターンを比較し、同計画の適否を確認すること。なお、地山等級が高い場合であっても、切羽に脆弱な部分が生じているおそれがあるので、留意すること。

(2) 計画の変更

(1) の切羽の調査結果及び地山等級の査定結果、その他の情報から、作成した肌落ち防止計画によって十分な肌落ち対策ができないおそれがあると認められる場合には、事業者は、発注者及び設計者と十分検討を行い、肌落ち防止計画を適切なものに変更すること。また、変更した肌落ち防止計画は関係労働者に確実に周知すること。

4 切羽監視責任者の選任等

(1) 切羽監視責任者の選任

事業者は掘削現場に属する労働者の中から切羽監視責任者を選任し、切羽で作業が行われる間、切羽の状態を常時監視させること。このとき、切羽監視責任者は、原則として専任とするが、トンネルの標準掘削全断面積が概ね 50m² 未満であって、切羽監視責任者と車両系建設機械との接触防止等の安全確保措置の実施が困難な場合には、ずい道等掘削作業主任者等が切羽監視責任者を兼任して差し使えないこと。なお、発破の点火やズリ出し等切羽に労働者が接近しない作業工程においては、切羽監視責任者による常時監視は要しないこと。

また、事業者は、選任した切羽監視責任者を関係労働者に周知すること。なお、切羽監視責任者は労働安全衛生規則第 382 条に定める点検者と同じ者を選任することを妨げないこと。

山岳トンネル工事が交代制により行われる場合には、交代番ごとに切羽監視責任者を選任する等により、切羽の状態が継続的に監視されるようにすること。

(2) 切羽監視責任者の職務

切羽監視責任者は、切羽で作業が行われる間、2 の肌落ち防止計画に

においてあらかじめ定められた方法により切羽の状態を常時監視すること。
監視の結果、肌落ちにより被災するおそれがあると判断される場合には、切羽監視責任者は直ちに切羽から労働者を退避させること。

5 掘削時の留意事項

地山を掘削した場合、掘削された面の力が解放され、また、掘削面周辺の地山に作用している力が再配分されることから、地山が不安定化することがある。このため、掘削断面積を減少させ、力が解放される領域をできる限り少なくさせることが重要であり、以下の方法を検討することが望ましいこと。

(1) ベンチカット工法

地山の掘削を行う際は、掘削断面積をなるべく小さくすることが重要である。このため、60m²以上の断面積を有するトンネルの掘削においては、トンネルを上段と下段とに分け、上段を先行して掘削することにより、1回あたりの掘削断面積を小さくするベンチカット工法の採用を検討すること。また、その際にはトンネルの断面積、地山の状態等を踏まえ、適切なベンチカットの方法を検討すること。

なお、迅速に地山の安定を図る必要がある場合には、早期にトンネル内空を閉合するため、全断面工法、補助ベンチ付き全断面工法等の採用についても検討すること。

(2) 核残し

核残しは、鏡の中央から下方向にかけての地山を残し、周辺部分の掘削を先行させる方法であるが、切羽の崩壊が発生した場合に、崩落する岩塊の体積を減少させることができ、また、残した核の部分が鏡を抑える効果を有するので、地山の状態が悪い場合はその実施を検討すること。

第6 具体的な肌落ち防止対策

1 肌落ち防止対策の種類

肌落ち防止対策は、切羽での肌落ちのリスクを低減させるためのものであるところ、様々な対策が存在し、現在も新たな対策の考案、既存の対策の改良が行われているが、現時点で比較的多く採用されており、肌落ち防止対策として有効であると考えられる対策を具体的に挙げると、次のとおりである。

(1) 鏡吹付け

鏡吹付けは、鏡に対し吹付けコンクリートを吹き付けることである。掘削により露出した地山を早期に吹付けコンクリートで覆うことにより、トンネル横断方向だけでなく、縦断方向の緩みも抑えることができる。

また、鏡吹付けにより、鏡がコンクリートで覆われるため、切羽の変形に伴い新たに発生した亀裂や切羽の変状が視認しやすくなる。

さらには、地山を坑内の空気又は水分に触れさせることを防ぐことができるため、膨張性地山に対しても有効である。

なお、肌落ちは鏡のみならず切羽全体で発生するものであり、鏡吹付

けを行う場合は、アーチ側壁部に対しても併せて行うことが必要である。

(2) 鏡ボルト

鏡ボルトは、鏡にボルトを打設し、鏡の安定性を高めるものである。

(3) 浮石落とし

浮石落としは、比較的小さな岩石を予め落とす作業である。これにより、引き続き実施される作業における肌落ちによる労働災害を防止することを目的とする。

(4) 水抜き・さぐり^{せん}穿孔

地山前方に地下水脈又は帯水層がある場合は、切羽に係る圧力を低下させて地山の崩壊のおそれを低減させるとともに、切羽への水の浸透を防止することで吹付けコンクリートが十分付着するようにするため、地下水を減少させることが必要である。

水抜き・さぐり^{せん}穿孔は、地山の中から水を導き、水が切羽に浸透する前に、^{せん}穿孔した孔に水を導くものである。

(5) 切羽変位計測

切羽変位計測とは、補助的な肌落ち防止対策であり、鏡の変位を計測機器により測定することである。目視では確認できない微小な変位を捉えることで、切羽監視責任者による監視を補助することができる。

切羽変位計測の結果、一定以上の加速度、変位速度等になると警報を鳴らすといった肌落ち防止対策も可能になる。

(6) 設備的防護対策

設備的防護対策とは、補助的な肌落ち防止対策であり、切羽で作業する労働者の上部に器具を設置して、人体を守るものである。設置する器具としては、ネット、マット、マンケージガード等がある。ネットは、労働者の上部にネットを設置し、労働者の上部からの落石をネットで受けようとするものである。マットは、労働者の上部にマットを設置し、落石の衝撃をマットで吸収しようというものである。マンケージガードは、マンケージの前面及び天井部に柵を設置し、マンケージに搭乗した労働者を肌落ちから防護するものである。また、マンケージ下部に柵を設置し、マンケージの下部で作業中の労働者を肌落ちから防護する器具もある。

(7) フォアポーリング

フォアポーリングとは、切羽前方に概ね5メートル以下のボルト又はパイプを打設することにより切羽前方の天端補強を行う補助工法である。中空のものを使用して、薬液又は充填剤を注入することで安定度を高めることがある。

(8) 長尺フォアパイリング

長尺フォアパイリングとは、切羽前方に概ね5メートル以上の鋼管等

を打設することにより切羽前方の天端補強を行う補助工法である。安定度を高めるため、薬液又は充填剤を注入する。

(9) その他の工法

トンネルを掘削する経路上に遮水層、帯水層等が存在する場合は、水抜きボーリング、薬液注入工法（地上からの注入を含む。）等の実施を検討すること。

2 肌落ち防止対策の選定

肌落ち防止対策の選定に当たっては、次の条件等を勘案し、下表を参考に選定すること。なお、肌落ちによって落下する岩石の大きさ等によっては単一の肌落ち防止対策では十分でない場合があるため、必要に応じ複数の肌落ち防止対策を組み合わせることを検討すべきであること。

(1) 地山等級等による肌落ち防止対策の適否

岩種、地山の状態、ボーリングコアの状態、弾性波速度、地山強度比等

(2) 湧水対策としての効果

(3) 施工性（施工の容易さ）

(4) その他

切羽の変状観察を行う場合における相性、対策の人体防護性の高さ

表 肌落ち防止対策の選定

肌落ち防止対策	地山等級等による肌落ち防止対策の適否				湧水対策としての効果	施工性(施工の容易さ)	その他	
	IV、B	III、C	II、D	I、E			変状観察を行う場合の相性	人体防護性の高さ
鏡吹付け	△	○	◎	◎	○*	◎	◎	△
鏡ボルト	△	△	○	◎	○	△	×	△
浮石落とし	◎	◎	◎	△	◎	◎	△	△
水抜き・さぐり穿孔	○	○	◎	◎	◎	○	×	×
切羽変位計測	×	△	◎	◎	×	○	◎	×
設備的防護対策	△	△	△	△	△	△	△	○

注：◎：最良、○：良、△：可能、×：不適

○*：水抜き対策を併用することで良。

第7 肌落ち防止対策の実施に係る留意事項

事業者は、肌落ち防止対策に係る作業を行うときは、第5の2の(2)により作成した肌落ち防止計画に基づくとともに、以下に留意すること。

1 切羽における作業

事業者は、切羽において作業を行うときは、次の事項に留意すること。

(1) 保護具の着用

作業に従事する労働者に保護帽、保護具（バックプロテクター等）、安全靴（長靴）、必要に応じて電動ファン付き呼吸用保護具等を着用させること。

(2) 照明

作業を行う場所について、照明施設を設置する等により必要な照度を保持すること。切羽における作業では、150ルクス以上が望まれること。

2 肌落ち防止対策

事業者は、肌落ち災害防止対策を実施するときは、次の事項に留意すること。

(1) 鏡吹付け

鏡吹付けの施工に当たっては、地山の状態に応じて、適切な吹付け厚さを確保する必要がある。例えば、地山等級 III 又は C クラスでは 30mm、地山等級 II 又は D クラス以下では 50mm の鏡吹付け厚さを最低限確保する必要があること。なお、鏡吹付けにより、肌落ちを完全には防止できないため、併せて、事前に浮石落としを実施するとともに、切羽変位計測等、その他の肌落ち防止対策についても検討すること。また、湧水がある場合、水抜き・さぐり穿孔又は水抜きボーリング等を実施し、事前に切羽から水分をできる限り除去し、吹付けコンクリートを地山に十分に付着させる必要があること。

(2) 鏡ボルト

鏡ボルトの施工にあたっては、自立の困難な切羽における作業となることが多いため、鏡吹付けとの併用が望ましいこと。

鏡吹付けと併用した場合、鏡ボルトの打設中、吹付けコンクリートのひび割れの発生及び進行に十分注意すること。

なお、地山等級 III 又は C クラスでは、鏡ボルトの打設間隔は 1.8 メートル程度、地山等級 II 又は D クラスでは 1.5 メートル程度、地山等級 I 又は E クラスでは 1.2 メートル程度とすることを基本とし、地山の状況に応じて検討すること。

また、地山の層が切羽の鏡に平行となっている場合には、鏡の大部分が崩壊する大規模な肌落ちが発生するおそれがあり、これを防止するには鏡ボルトが有効な手法と考えられることから、地山の状態を踏まえ、積極的に検討すべきものであること。

(3) 浮石落とし

浮石落としが不十分であった場合、肌落ちに直結するため、十分に浮石

落しを行う必要があること。

ただし、浮石落しに多くの時間がかかると、掘削した地山を長時間大気に開放することとなり、地山の状態に変化が生じることも考えられる。これが肌落ちにつながるおそれがあるため、浮石落しの作業時間をあらかじめ定め、終了後直ちに当たり取り（支保工や覆工の施工に支障を生じる最小巻厚内に残留した地山を取り除く作業）、鏡吹付け等を実施すること。

また、浮石落しは、原則としてブレーカー等の建設機械を用いて行うこと。

(4) 水抜き・さぐり^{せん}穿孔

水抜き・さぐり^{せん}穿孔は、基本的に1本とすることが多いが、地山の状態や湧水量によっては2本、3本と増やすこと。また、穿孔場所^{せん}についても、地下水脈又は帯水層^{せん}に穿孔した孔を到達させるよう必要に応じ変更すること。

以上の対策によっても湧水量が多い場合は、水抜きボーリングを行うこと。

なお、水抜き・さぐり^{せん}穿孔を行う場合は、周辺地盤の地下水位の低下を招くため、薬液注入工法などによりトンネル前方の地山の亀裂を薬液により固めるなど、その他の補助工法を取り入れることも検討する必要があること。

(5) 切羽変位計測

切羽変位計測は、切羽監視責任者の切羽監視を補助するものであり、自動追尾ノンプリズムトータルステーション、レーザー変位計、レーザー距離計等による計測方法があること。切羽変位計測の計測点が必ずしも不安定岩石を捕捉しているとはかぎらないため、鏡吹付けと併用することが望ましいこと。鏡吹付けを実施していれば、不安定岩石が前面に押し出してきたとき鏡吹付けコンクリートを面で押し出すため、その周辺を計測することにより不安定岩石の変位を計測することが可能であると考えられること。

(6) 設備的防護対策

設備的防護対策であるネット、マット、マンケージガード等は、切羽において装薬中の労働者を肌落ちから防護するため、労働者の上部に設置すること。

ネット、マットは、ドリルジャンボのアームを利用して設置するため、ドリルジャンボの大きさを踏まえると、トンネル内空の断面積が10m²以上での適用に限られること。

シールドトンネル工事に係る安全対策ガイドライン

第1 目的

本ガイドラインは、切羽における異常出水やセグメントの崩壊等による労働災害の発生が懸念されるシールドトンネル工事において、近年の災害事例を踏まえ、より充実した安全対策を策定するものであり、これによりシールドトンネル工事における一層の労働災害防止を図ることを目的とする。

第2 適用範囲

本ガイドラインは、シールドトンネル工事について適用する。

第3 発注者による取組

1. 発注者は、契約書、仕様書等において、専門工事業者の意見を踏まえたリスクアセスメントを設計者及び元請施工業者に行わせ、その結果を設計図書又は施工計画に反映させるように規定し、これを行わせること。
2. 上記1. のリスクアセスメントの実施は、工事計画の作成段階のほか、当初の工事計画にはない新たな作業方法・機械設備を採用する場合や労働災害が発生するおそれが予見できた場合等に行うこと。
3. 発注者にシールドトンネルの専門家がいないなど、関係者の中にシールドトンネル建設工事の安全について十分な知見がある者がいない場合、受注者が示した設計・施工方法について、中立性のあるシールドトンネルの専門家等による安全性の確認を受けることが望ましいこと。

第4 設計者・施工者による取組

1. 適確なリスクアセスメントを踏まえた設計及び施工計画
 - (1) シールドトンネルを掘進する地山の地形、地層及び地質の状態が十分明らかでない場合には、掘進箇所のボーリング調査等の実施を検討し、災害につながる要因の把握に努めるなど、リスクアセスメントを適確に実施すること。
 - (2) ボーリング調査等の結果に基づきシールド工法の計画（施工計画を含む。）を定め、また、施工状況に応じて施工計画等を見直すこと。このとき、必要に応じ設計変更について発注者と協議すること。
2. シールドマシン
 - (1) シールドマシンのテールシール（シールドマシン本体の最後部に設けられるシールドマシンとセグメントとの間の止水部材）は、高圧の地下水、

土砂、裏込め材等がシールドマシン内に流入することを防止するため、十分な止水性が確保できる構造、段数及び材質とすること。

(2) 地盤が良好ではない状況下で、組立時に自立性が低い構造のセグメントを採用する場合は、組立直後のセグメントリングの変形を抑制する装置等の設置について検討すること。

(3) スクリューコンベアからの噴発防止対策を講ずること。

(4) シールドトンネル内の電気設備のうち安全上重要なものについては、漏水等の可能性を考慮した設計とすること。

3. セグメントの設計等

(1) セグメントは、シールドマシンの掘進、ジャッキ操作、セグメントの組み立て、裏込め注入材の注入等に伴って作用する施工時荷重に対して、安定性及び各部材の安全性を有するものとする。また、地盤が良好でない場合には、脆性的な破壊を生じない設計とすること。

(2) セグメントの形状・寸法の決定に当たっては、構造計算のほか、類似工事のセグメントの厚さと外径の比率、セグメント幅と厚さの比等の実績を勘案し、慎重に検討すること。

(3) セグメントの分割は、組立時にジャッキを抜いた場合のシールドマシンの姿勢に与える影響を考慮し適切なものとする。

(4) セグメント、セグメント継手及びリング継手は、地盤が良好ではない場合に水や土砂の流入によって土圧バランスが崩れる等不測の事態が発生した場合にあっても、リング構造が容易に崩れないものとする。

(5) 鉄筋コンクリート製セグメントのセグメント継手の構造又はリング継手の構造としてインサートボルトタイプを採用する場合は、ボルトボックス及びボルトインサートが容易に抜けることのないよう、かぶり及び配筋が適切になされるよう注意すること。

(6) Kセグメント（セグメントリングを完結するため最後に挿入するセグメント）については、条件によっては摩擦力が低下することがあることを考慮して、滑動又は抜け出しの可能性を検討し、堅固な継手の採用、抜け出し防止装置の設置等の必要な対策を講ずること。

(7) あらかじめ十分な数のテーパセグメント（曲線施工のためのセグメントリングを構成するセグメント）を用意し、必要な時に迅速に対応できるよう管理すること。

(8) 止水シール材（セグメントリング間及びセグメント間の側壁に沿って貼付するゴム等）は適切な材料及び形状を選定し、組立時に破損又は剥離しないよう留意すること。

4. テールシール用グリース

テールシール用グリース（テールブラシの中とテールシール間の隙間に充填する粘性の高いシーリング材）の選定に当たっては、使用する裏込め材との接触による固化等の変性、非定常時の溶接による火災等について十分考慮すること。

5. 線形管理

- (1) 発進する前の測量を適確に行うとともに、発進後もできるだけ早期に掘進方向を確認するため、測量を行うこと。また、測量は定期的に行うとともに、変動が想定されるため一定時間経過後改めて測定すること。
- (2) 掘進管理システムを導入し、リアルタイムでシールドマシンの姿勢、方向等に係るデータを計測すること。また、適切な頻度で較正すること。
- (3) (2)の計測結果とともに、測量、テールクリアランス（シールドマシンの外殻であるスキンプレートの内側とセグメント外面との間の隙間）測定等により得られた結果を突合し、トンネルの線形管理に適確に反映させること。この場合、得られたデータを図化するなどにより相互の関連性が容易に判断できるようにすることが望ましいこと。
- (4) 線形管理データは、工事終了後、必要に応じ発注者に提供すること。

6. 掘進管理

- (1) シールドマシンによる掘進は、適正な切羽圧力を保持しながら、マシンの姿勢、方向、排土量等を総合的に管理しながら行うこと。
- (2) セグメントの組立て誤差を最小にし、セグメントリングが可能な限り真円に近づくよう組立てること。
- (3) 掘進線が設計計画線から外れる鉛直方向及び水平方向の偏差について上限値を含めた管理基準値を設定し、掘進中は常時モニタリングを行うこと。
- (4) 掘進線が設計計画線から外れ、許容される偏差の上限値を超過した場合は、直ちに掘進計画を見直すこと。シールドマシンを設計計画線に戻す場合には、緩やかな曲線によりこれを行うとともに、テーパセグメントを使用する等によりセグメントに無理な力を与えないようにすること。
- (5) 蛇行修正においては、組み立てられたセグメントに過大な負荷がかからないように、オーバーカット（カッターヘッドに内蔵された伸縮ビットによる余掘り）等を適切に行い、必要がある場合はテーパセグメントを使用すること。
- (6) 掘進中のジャッキは、できるだけ多くの本数を使用することとし、セグメント組立時に引き抜くジャッキの本数は最小限にとどめること。
- (7) 掘進中は、中央管理室又はシールドマシンにおいて専任管理者が常駐し、掘進管理を行うこと。また、元請事務所においても掘進管理データを確認できるようにすることが望ましいこと。

- (8) テールシールの止水性を保持するため、テールシール用グリースの補充を適切に行うこと。また、注入は、注入量、注入圧及び注入時期に留意して行い、その記録を残すこと。
- (9) テールクリアランスを適切に保持すること。
- (10) 裏込め材の注入は、セグメントがテール部を出た後、できるだけ早期に実施すること。また、注入圧力、注入量、地表面の変状等のモニタリングを行い、適切に管理すること。
- (11) 掘進管理データは、工事終了後、必要に応じ発注者に提供すること。
- (12) ビデオ撮影を行う場合は、映像を一定期間保存すること。

7. セグメントの組立

- (1) セグメントは割れ、欠け等が生じないように取り扱うこと。
- (2) ジャッキの押し出し、引き抜きの手順は、セグメントの安定性の維持に留意して定めること。特にKセグメントの挿入時のジャッキ操作について十分に留意すること。
- (3) セグメントに締結力のない継手を採用する場合には、漏水等の原因となるセグメント継手やリング継手の目開きや目違いが生じないように、セグメントリングの形状の保持のため必要な措置を講ずること。

8. 掘進状況に応じた施工計画の見直し

- (1) 施工中は掘進線の偏差、漏水、地盤からの有害・可燃性ガスの流入、施工したセグメントの状態等を継続的にモニタリングを行うこと。
- (2) セグメントのひび割れ、継手の損傷、漏水、掘進線の蛇行等の非定常事象が断続的に発生する場合は、施工計画を見直し、必要な措置を講ずること。

9. 避難、救護の訓練

- (1) 落盤、出水、ガス爆発、火災、有害ガスの流入等の発生を想定し、掘進開始後、坑口から切羽までの距離が100メートルに達する以前のなるべく早期かつ適切な時期に1回、その後6月以内の適切な期間ごとに1回、避難及び消火の訓練を実施すること。
- (2) 落盤、出水等による労働災害の発生の急迫した危険があるときは、直ちに作業を中止し、人命確保を最優先として速やかに労働者を安全な場所まで退避させること。
- (3) 労働者の救護に必要な機械等を備え付け、救護に関する技術的事項を管理する者を選任し、救護についての訓練等を行うこと。

各種の防護設備については、施工上の制約が生ずる場合があることから、掘削断面、作業の種類、作業方法等に応じ、適切な防護設備を選定すること。

また、防護設備の防護性能を超える肌落ちが発生することも予想されるので、それぞれの装置の防護性能を表示するとともに、防護性能に限りがあることに留意すること。

山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害防止対策に関する検討会

今後のスケジュール

9月	<u>第1回検討会（9月21日）</u> (1) 近年の山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害事例の把握 (2) 今後の山岳トンネル工事の設計・施工等において留意すべき有用な安全上の知見の抽出・整理
10月	第2回検討会の検討事項等の整理
11月	<u>第2回検討会（11月8日）</u> (2) 今後の山岳トンネル工事の設計・施工等において留意すべき有用な安全上の知見の抽出・整理 (3) 「山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害防止対策に係るガイドライン」の見直し等の必要性の検討 (4) 肌落ち災害防止対策に関する提言のとりまとめ
12月	第3回検討会の検討事項等の整理
1月	第3回検討会の検討事項等の整理
2月	<u>第3回検討会（2月17日）</u> (2) 今後の山岳トンネル工事の設計・施工等において留意すべき有用な安全上の知見の抽出・整理 (3) 「山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害防止対策に係るガイドライン」の見直し等の必要性の検討 (4) 肌落ち災害防止対策に関する提言のとりまとめ
3月	山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害防止対策に関する提言の取り まとめ及び厚生労働省への報告書の提出

参考資料②

第2回「山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害防止対策に関する検討会」資料

山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害防止対策に関する検討会

第2回

令和4年11月8日(火) 14:00～

(独)労働者健康安全機構 労働安全衛生総合研究所

清瀬地区 本部棟1階第2会議室

(開催方法:対面及びWeb)

議事次第

1. 開会

2. 議事

- (1) 前回議事録(案)の確認(資料2-1)
- (2) 今後の山岳トンネル工事の設計・施工等において留意すべき有用な安全上の知見の抽出・整理(資料2-2～資料2-3)
- (3) 上記を踏まえた「山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害防止対策に係るガイドライン」の見直し等の必要性の検討
- (4) 上記を踏まえた肌落ち災害防止対策に関する提言のとりまとめについて
- (5) その他

3. 閉会

○配布資料:

資料2-1 第1回検討会議事録(案)

資料2-2 今後の山岳トンネル工事の設計・施工等において留意すべき有用な安全上の知見の抽出・整理

資料2-3 第1回検討会において委員から頂戴した意見と対応(案)

山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害防止対策に関する検討会

議事録

第 1 回

令和 4 年 9 月 2 1 日 (水) 1 0 : 0 0 ~

TKP 東京駅カンファレンスセンター

カンファレンスルーム 12E

(開催方法：対面及び Web)

議 事 次 第

1. 開 会

福井技術審査官から開会挨拶があった。

2. 議 事

(1) 委員紹介及び委員長選出

委員の自己紹介があり、委員長として小山先生が選出された。

(2) 設置要綱について (資料 1-1)

事務局から設置要綱について説明があり、承認された。

(3) 近年の山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害事例の把握

事務局から近年の肌落ち災害事例について説明があった。

(4) 今後の山岳トンネル工事の設計・施工等において留意すべき有用な安全上の知見の抽出・整理 (資料 1-2~資料 1-5)

事務局、築地委員、森崎委員から資料 1-2 及び資料 1-5 について説明があった。

委員の意見については、資料 2-2、参考資料 2-1 にまとめた。

(5) その他 (今後のスケジュール等 (資料 1-6))

事務局から今後のスケジュールについて説明があった。

1 0 月 1 2 日 (水) を目途に委員から論点 1 ~ 3 についての追加意見を募集することとなった。

3. 閉会

○配布資料：

資料 1-1 設置要綱

資料 1-2 今後の山岳トンネル工事の設計・施工等において留意すべき有用な安全上の知見の抽出・整理

資料 1-3 山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害防止対策に係るガイドライン

資料 1-4 シールドトンネル工事に係る安全対策ガイドライン

資料 1-5 厚労省に対する要望について 日建連「トンネル切羽範囲内立入作業における安全対策指針」より

資料 1-6 今後のスケジュール

今後の山岳トンネル工事の設計・施工等において留意すべき有用な安全上の知見の抽出・整理

近年の山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害事例を受けて、今後の山岳トンネル工事の設計・施工等において留意すべき有用な安全上の知見を抽出し整理すると以下のとおりである。

1. ベンチの有無にかかわらず適切にロックボルトを打設するためには

『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』¹⁾から第 34 条・同解説及び第 23 条・同解説を抜粋したものを表-1.1 及び表-1.2 に示す。同表に示すように、第 34 条に「ロックボルトの施工は、原則として掘削後すみやかに行われなければならない」とある。また、第 23 条の解説には、 Π_N 以上に相当する地山において、ロックボルトの目的は「縫付け効果」が主体であると述べており、「発破等で緩んだ岩塊を緩んでいない地山に固定し、落下を防止しようとするものである。」とある。そのため、補助ベンチの有無にかかわらず、掘削した断面に対して、遅れることなく適切にロックボルトを打設する必要がある。

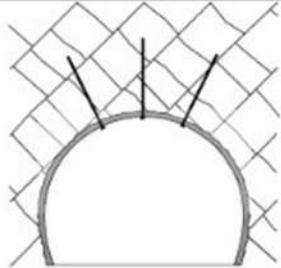
表-1.1 『独立行政法人 鉄道建設・運輸施設整備支援機構 山岳トンネル設計施工標準・同解説』から第 5 編第 34 条・同解説（提供：JRTT 鉄道・運輸機構）

<p>第3節 ロックボルトの施工 第34条 ロックボルトの施工時期 <u>ロックボルトの施工は、原則として掘削後すみやかに行われなければならない。</u></p>
<p>(解説) トンネル掘削により、吹付けコンクリートおよびロックボルトに発生する応力は、掘削後の時間経過とともに増大することが多いので、掘削後すみやかに吹付けコンクリートとロックボルトの施工を行わなければならない。とくに、軟岩、土砂地山では、状況に応じてずり出しに前後して行うなど、その施工時期を極力早くすることがとりわけ重要である。 切羽から離れて施工するロックボルトは、下半掘削時の上半の安定性を増すのを目的とする場合や変位の収束のための増しボルトの場合および切上げや分岐等の補強に要するロックボルト以外に行わない。</p>

表-1.2 『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』から第4編第23条・同解説を抜粋（提供：JRTT 鉄道・運輸機構）

<p>第3節 ロックボルト 第23条 ロックボルト一般 ロックボルトの設計にあたっては、地山条件やトンネルの使用目的等を考慮し、その機能を十分発揮させるよう検討しなければならない。</p>
<p>(解説) 1) 作用効果 ロックボルトは、地山と一体となってその効果を発揮するため、設計にあたっては求める機能と地山の挙動、施工性を考慮して、材質、強度、配置、寸法、定着方式、形状等を決定する必要がある。 ロックボルトの作用効果は、表-4.17 に作用概念を示すが、地山の種類によりおおむね以下のように考えられる。 a) <u>硬岩地山および塑性化しない軟岩地山（Ⅱ、以上に相当）</u> 地山強度比が大きくトンネル周辺地山が塑性化しない場合には内圧効果は不要である。また、硬岩地山等ではロックボルトがなくてもグラウンドアーチが形成される場合が多いため、ロックボルトでグラウンドアーチを形成する必要性は少ない。したがって、<u>硬岩地山あるいは地山強度比の大きい軟岩地山におけるロックボルトの目的は、亀裂面に平行な方向のせん断力に抵抗する効果や、直角方向のはく離、移動を抑制する縫付け効果が主体である。</u></p>

表-4.17 ロックボルトの作用効果

ロックボルトの効果	概念図
<p>①縫付け効果（吊下げ効果） <u>発破等で緩んだ岩塊を緩んでいない地山に固定し、落下を防止しようとするものである。</u> 割れ目の発達した地山において、吹付けコンクリートと併用すると効果が大きい。</p>	

ベンチの有無にかかわらず遅れることなくロックボルトを打設するためには、本坑のみの場合と本坑及び斜坑、作業坑、連絡坑等の場合に場合分けして、図-1.1 と図-1.2 のようなフロー図が考えられる。

次に、発注者、設計者、施工者の各々の御立場から、ベンチの有無にかかわらず遅れることなくロックボルトを打設するために、考慮できること/できないことを検討する。

第1回（2022年9月21日時点）

○ 論点：

1-1. 発注者及び設計者が考慮できること/できないこと

1-1-1. ベンチの有無を含めた適切なトンネル掘削断面の形状寸法の選定

（切羽安定も考慮）

1-1-2. 適切なドリル・ジャンボ（ガイドシェルを含む。）を用意するための設計図書の整備

（地山が急変した場合等、機材の準備に時間を要する場合には工期への反映も含む。）

1-1-3. 掘削断面の形状寸法に適応可能なドリル・ジャンボ（ガイドシェルを含む。）の例示

1-2. 施工者が考慮できること/できないこと

1-2-1. ベンチの有無を含めた適切なトンネル掘削断面での施工（切羽安定も考慮）

1-2-2. 適切なドリル・ジャンボ（ガイドシェルを含む。）の選定と準備

1-2-3. 適切なドリル・ジャンボ及びガイドシェルを用いた遅れることなく適切かつ確実なロックボルトの施工

（どこまで遅れることなくロックボルトを打設すべきか、1基は遅れても良いか？）

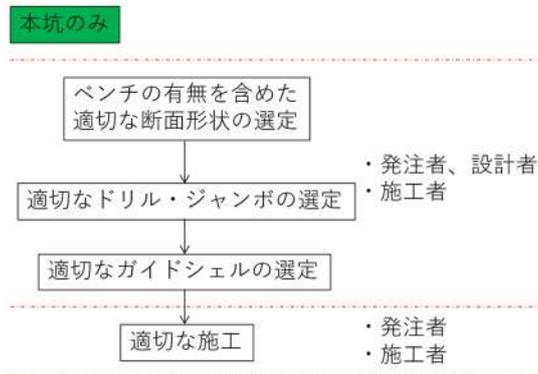


図-1.1 ベンチの有無にかかわらず遅れることなく適切にロックボルトを打設するためのフロー図（本坑のみ）

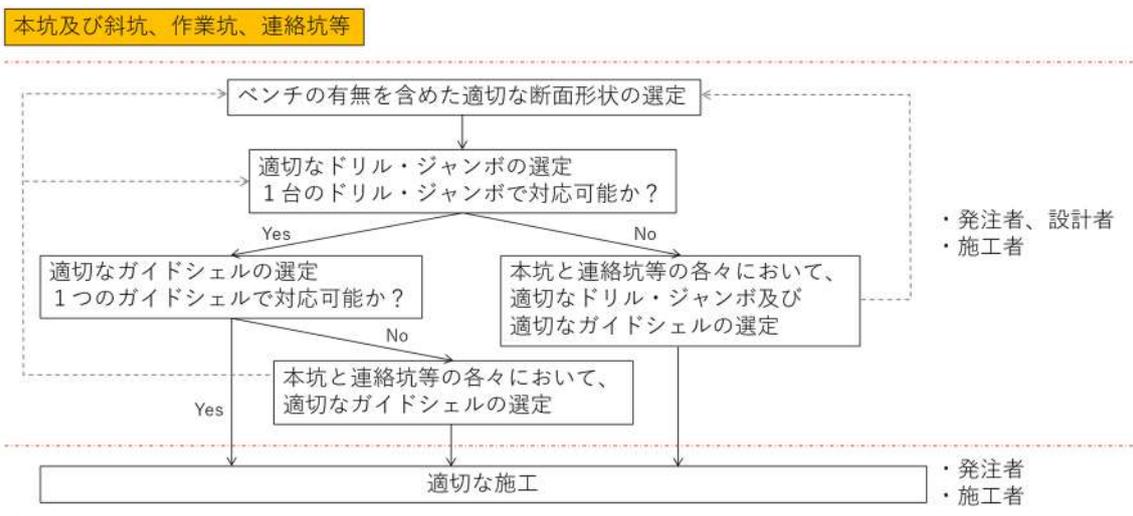


図-1.2 ベンチの有無にかかわらず遅れることなく適切にロックボルトを打設するためのフロー図（本坑と斜坑等）

第2回（2022年11月8日時点）

第1回の議論の結果、以下の事項を有用な安全上の知見とし、提言として取りまとめて良いかお伺いします。

1-1. 発注者及び設計者が考慮することが望ましいこと

- 1-1-1. 設計基準類に応じて施工機械の適用性も考慮した掘削工法の検討
※標準的な施工機械を定めている場合にはこの限りではない。

1-2. 施工者が考慮することが望ましいこと

- 1-2-1. 本坑、斜坑等において適切な加背割での施工
（切羽の安定、施工機械の適用性、経済性等を考慮）
- 1-2-2. 適切なドリル・ジャンボ（ガイドシエルを含む。）の選定と準備
- 1-2-3. 適切なドリル・ジャンボ（ガイドシエルを含む。）を用い、ロックボルトの施工は原則として掘削後すみやかに一間ずつ行われなければならない。

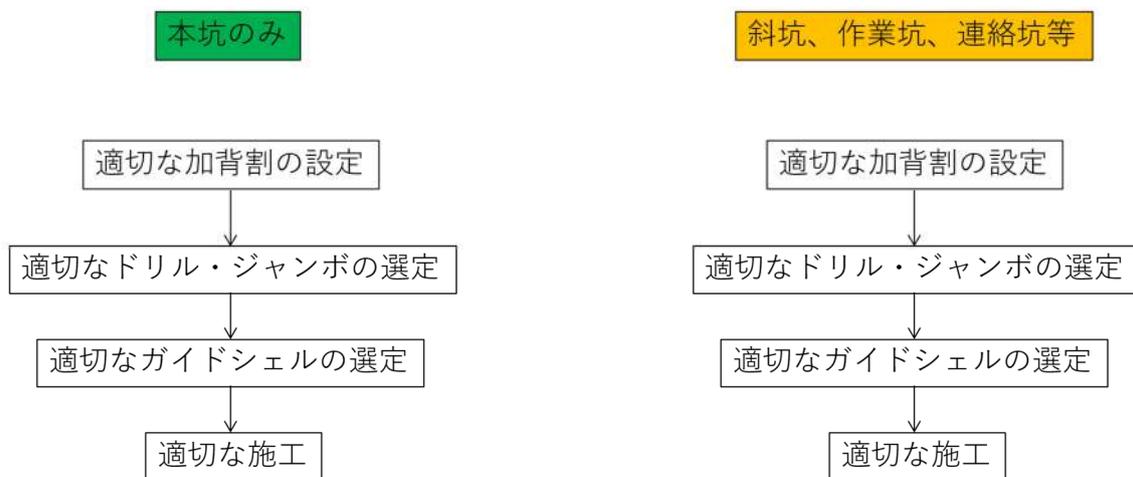


図-1.1 適切にロックボルトを打設するためのフロー図

2. 支保パターンの連続性（支保の緩和）について

表-2.1 を見ると、新幹線複線トンネルの場合、支保パターン I_{N-1P} 、 I_{N-2P} 、 II_{NP} と連続的に支保パターンが用意されており、上下半の鋼製支保工の設置領域（支保パターン I_{N-1P} ）、上半のみの鋼製支保工の設置領域（支保パターン I_{N-2P} ）、鋼製支保工を設置しない領域（支保パターン II_{NP} ）と徐々に支保が軽くなる。

国土交通省四国地方整備局では、「設計便覧 第 III 編 道路編 第 9 章 トンネル設計」の中で以下のように支保の緩和を定めている（図-2.1 参照）。

『地山条件に応じてトンネル周辺地山の挙動、支保構造に作用する荷重や変位量はそれぞれに異なる。特に低速度帯等により地山条件が急変する場合には、その区間に対する支保構造の変更のみでは力学的な不連続面が生じ、その変化点付近において覆工コンクリートにクラックが生じる恐れがある。このため、低速度帯前後等で地山等級が急変する場合には緩衝区間の必要性を検討する。なお、支保パターンが支保鋼性及び掘削工法が大きく異なる B あるいは CI パターンから DI パターンに変更となる場合には、CII パターンを設定する。』

また、緩和区間長については、『地山区間を考慮して設定するものとするが、地山条件が明瞭でない場合には、支保に作用する後荷の影響と施工の段取り換えを考慮し、20 m を目安とする。』と定めている。緩衝区間長については力学的な根拠があるわけではなく、トンネルの直径 D の約 2 倍程度と推察される。

このような支保の緩和は、四国地方整備局だけでなく、北海道開発局、北陸地方整備局、近畿地方整備局、九州地方整備局（図-2.2 参照）においても定められている。

表-2.1 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」¹⁾の「表-4.9 標準支保パターン」（提供：JRTT 鉄道・運輸機構）

(c) 新幹線複線トンネル

標準支保パターン	縦断間隔 (m)	ロックボルト		鋼製支保工 種類	吹付けコンクリート 厚さ (cm)
		配置	長さ(m)×本数(本) ^{*1}		
IV _{NP}	—	—	—	—	5 (平均)
III _{NP}	(随意)	アーチ	2×0~5	—	10 (平均)
II _{NP}	1.5	アーチ	3×10	—	10 (平均)
I _{N-SP}	1.2	アーチ、側壁	3×10	125H (上半)	12.5 (最小)
I _{N-IP}	1.0	アーチ、側壁	3×14	125H	15 (最小)
I _{SP}	1.0	アーチ、側壁	3×14	150H	15 (最小)
		一次インバート	3×4 ^{*2}	150H ^{*2}	15 (最小) ^{*2}
I _{LP}	1.0	アーチ、側壁	3×12	125H	20 (最小)

*1 ロックボルトの長さ、本数は標準的なものを示しており、その配置は、第25条による。

*2 I_{SP}の一次インバートは基本的に施工し、地山状況により支保部材を選定する。

(その他) 標準支保パターンの分類記号は、地山等級と区別するためP(Pattern)のサフィックスをつけた。

表-2.2 道路トンネルの標準支保パターンの例^{2),3)}

(出典：日本道路協会 道路トンネル技術基準(構造編)・同解説, pp.126-127, 平成15年)

(通常断面トンネル 内空幅8.5~12.5m程度)

地山等級	支保パターン	標準一軸進長 (m)	ロックボルト				鋼製支保工			吹付け厚 (cm)	覆工厚		変形 余裕量 (cm)	掘削 工法
			長さ (m)	施工間隔		施工範囲	上半部 種類	下半部 種類	建込 間隔 (m)		アーチ、 側壁 (cm)	イン バート (cm)		
				周 方向 (m)	延長 方向 (m)									
B	B	2.0	3.0	1.5	2.0	上半 120°	—	—	—	5	30	0	0	
CI	CI	1.5	3.0	1.5	1.5	上半	—	—	—	10	30	(40)	0	補助ベ ンチ付 全断面
CH	CII-a	1.2	3.0	1.5	1.2	上、下半	H-125	—	1.2	10	30	(40)	0	工法ま たは上 部半断 面工法
	CII-b													
DI	DI-a	1.0	3.0	1.2	1.0	上、下半	H-125	H-125	1.0	15	30	45	0	
	DI-b		4.0											
DII	DII	1.0以下	4.0	1.2	1.0以下	上、下半	H-150	H-150	1.0 以下	20	30	50	10	

注1) 支保パターンのa, bの区分は、地山等級がCII, DIの場合これを基本とし、トンネル掘削に伴う変位が小さく、切羽が安定すると予想される場合はaの適用を検討する。

注2) インバートについて

① ()内に示した地山等級範囲において、第三紀の泥岩、凝灰岩、蛇紋岩等の粘土化しやすい岩、および風化した結晶片岩、温泉余土等の場合は()の厚さを有するインバートを設置する。

② 早期の断面閉合が必要な場合は、吹付けコンクリートにてインバート閉合を行うものとするが、その厚さについては上、下半部の吹付け厚を参考にして個々に決定するものとする。また、吹付けコンクリートによるインバートはインバート厚さに含めることができるが、現場打ちコンクリートによるインバート部分の厚さがアーチ、側壁の覆工コンクリート厚さを下回ってはならない。

③ 地山等級がDIであっても、下半部に堅岩が現れるなど岩の長期的支持力が十分であり、側壁による押出し等もないと考えられる場合はインバートを省略できる。

注3) 金網について

① 地山等級がDIにおいては、一般に上半部に設置する。なお、DIIにおいては、上、下半部に設置するのが通例である。

② 鋼繊維補強吹付けコンクリート(SFRC)等を用いる場合は、金網を省略できる。

注4) 変形余裕量について

地山等級がDIにおいては、上半部断面工法の場合は上半部に、補助ベンチ付全断面工法は掘削に時間差がないため上、下半部に変形余裕量として10cm程度見込んで設計するのが通例である。なお、変形余裕量は実際の施工中の計測により適宜変更していく必要がある。

注5) 地山等級A, Eについては、地山条件にあわせて、それぞれ検討するものとする。

注6) 通常断面の適用範囲であっても、大断面との境界付近で上半三心円等の扁平断面を採用する場合には、大断面の支保パターンの適用を検討する。

<p>3-4. 支保の緩和</p> <p>(1) 緩和区間の必要性</p> <p>地山条件に応じてトンネル周辺地山の挙動、支保構造に作用する荷重や変位量はそれぞれ異なる。特に低速度帯等により地山条件が急変する場合には、その区間に対する支保構造の変更のみでは力学的な不連続面が生じ、その変化点付近において覆工コンクリートにクラックが生じる恐れがある。</p> <p>このため、低速度帯前後等で地山等級が急変する場合には緩衝区間の必要性を検討する。なお、支保パターンが支保鋼性及び掘削工法が大きく異なるBあるいはC IパターンからD Iパターンに変更となる場合には、C IIパターンを設定する。検討事項</p> <p>(2) 緩和区間長</p> <p>地山区間を考慮して設定するものとするが、地山条件が明瞭でない場合には、支保に作用する後荷の影響と施工の段取り換えを考慮し、20mを目安とする。</p>	<p>補足：[3-4]断層等地山条件の急変部をポーリング等により確認している場合には、BあるいはC IからD Iへの移行区間にC IIパターンを設定するかは適宜評価する。</p>
--	---

図-2.1 国土交通省四国地方整備局「設計便覧 第III編 道路編 第9章 トンネル設計」から支保の緩和について⁴⁾

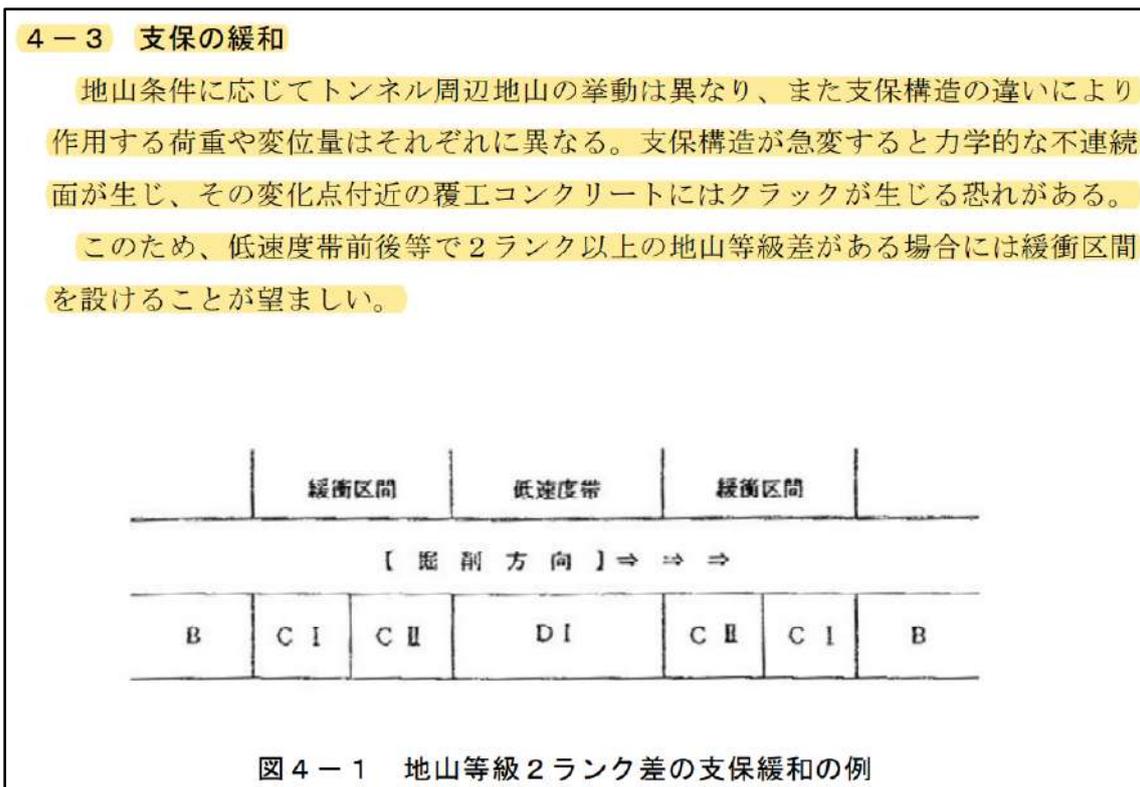


図-2.2 国土交通省九州地方整備局「土木工事設計要領 第III編 道路編 第3章 トンネル設計」から支保の緩和について⁵⁾

第 1 回 (2022 年 9 月 21 日時点)

○ 論点：

2-1. 発注者が考慮できること/できないこと

2-1-1. 設計段階

事前の調査に基づいた適切な支保パターンの選定と緩衝区間の検討

2-1-2. 施工段階

地山の状況に応じて、適切に支保パターンを選定できるような体制づくり

(維持管理においても支保パターンを DI から CI に不連続に変化させた場合、インバートに盤ぶくれが生じた事例があることが報告されており、支保の剛性の急激な低下はあまり好ましくない。)

2-2. 設計者が考慮できること/できないこと

2-2-1. 設計段階

事前の調査に基づいた適切な支保パターンの選定と緩衝区間の検討

(維持管理においても支保パターンを DI から CI に不連続に変化させた場合、インバートに盤ぶくれが生じる等が報告されており、支保の剛性の急激な低下はあまり好ましくない。)

2-3. 施工者が考慮できること/できないこと

2-3-1. 地山の状況に応じて、緩衝区間も含めて適切に支保パターンを選定し、施工できるような体制づくり

(地山が当初想定よりも急に脆弱になる場合、科学的な知見に基づく場合には必ずしも支保の緩衝区間は必要ない。)

第2回（2022年11月8日時点）

第1回の議論の結果、以下の事項を有用な安全上の知見とし、提言として取りまとめて良いかお伺いします。

2-1. 発注者が考慮することが望ましいこと

2-1-1. 設計段階

事前の調査に基づいた適切な支保パターンの選定

2-1-2. 施工段階

地山の状況に応じて、緩和区間の必要性も含めて適切に支保パターン及び補助工法を選定できるよう受発注者間の連携の確認

※例えば、切羽評価点、岩判定委員会、変位量、施工実績等の総合的な評価等。受発注者間で安全を確認することが重要。

※ 維持管理においても支保パターンを不連続に変化させた場合、インバートに盤ぶくれが生じる等が報告されており、支保の剛性の急激な低下はあまり好ましくない。

2-2. 設計者が考慮することが望ましいこと

2-2-1. 設計段階

事前の調査に基づいた適切な支保パターンの選定

2-3. 施工者等が考慮することが望ましいこと

2-3-1. 地山の状況に応じて、緩和区間の必要性も含めて適切に支保パターン及び補助工法を選定し、施工できるよう受発注者間の連携の確認

※ 地山が急に脆弱になる場合には必ずしも支保の緩和区間は必要ない。

※ 緩和区間を設けず支保パターンを急激に変化させた場合には、発注者と施工者で意思疎通をした上で、その理由を記録・保存しておくこと。

※ 夜間の連絡体制は別途協議して定めておくこと。

※ 施工者及び専門工事業者は常に連携を図ること。

3. 日本建設業連合会及び日本トンネル専門工事業協会「トンネル切羽範囲内立入作業における安全対策指針」から厚生労働省に対する要望について

日本建設業連合会と日本トンネル専門工事業協会は、2022年5月18日付けで「トンネル切羽範囲内立入作業における安全対策指針」⁶⁾を公表している。同指針において、厚生労働省に対する要望は以下のとおりである。

『トンネル工事における肌落ちによる労働災害防止対策を推進していく上で、『ガイドライン』が果している役割は極めて大きいものがある。切羽で肌落ちによる労働災害が度々発生している現状を踏まえた場合には、以下に記載した事項を明示するための『ガイドライン』改正を検討していただきたい。

- ① 労働者の立ち入りを原則的に禁止する切羽の範囲
- ② 切羽監視責任者を選任する際に求められる要件
- ③ すべての支保パターンにおける鏡吹付け・一次吹付けの必要性
- ④ 切羽監視責任者とずい道等の掘削等作業主任者の専任制（現行：小断面の場合には双方の兼任が認められているが20 m²を閾値とする）』

そこで、以下のとおり論点を整理する。

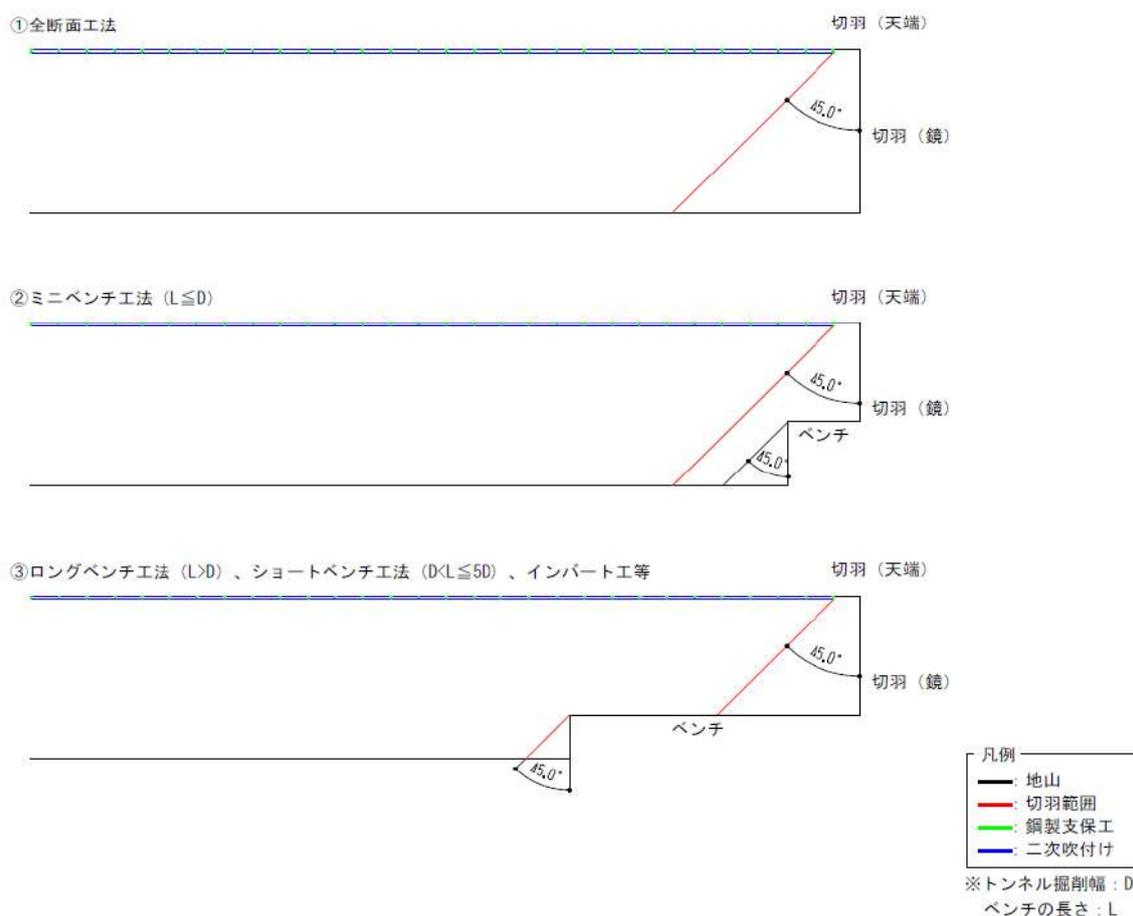
○ 論点：

3-1. 労働者の立ち入りを原則的に禁止する切羽の範囲について

同指針において、『トンネル工事における作業を“穿孔・装薬”、“発破”、“ずり出し”、“コソク・当たり取り”、“一次吹付け”、“鋼製支保工建て込み”、“二次吹付け”、“ロックボルト”、“その他”に分類し、それぞれの作業ごとに具体的な作業手順や稼働させる機械を明確にした上で、どうしても労働者が切羽に立ち入らなければならない作業を洗い出して特定した。なお、判断基準を定めた際には、天端から45度の範囲内を切羽として取り扱っている。また、いかなる作業においても一次吹付け未施工区間の素掘り面直下は絶対に立ち入ってはならない。』とある。また、掘削工法別に切羽範囲の標準図⁶⁾を図-3.1のように示している。

現行の「山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害防止対策に係るガイドライン（以下、「ガイドライン」という。）」において、切羽は「山岳トンネル工事現場におけるトンネルの掘削の最先端をいい、地山が露出している領域全体をいう。」と定義されているが、立ち入り禁止区域については定義されていない。

切羽範囲 掘削工法別標準図

図-3.1 掘削工法別切羽範囲標準図⁶⁾

3-2. 切羽監視責任者を選任する際に求められる要件

現行のガイドラインにおいて、切羽監視責任者は、「事業者の選任を受け、切羽の状態を監視し、退避の要否について判断し、労働災害の急迫した危険があるときは直ちに作業を中止させ、労働者を安全な場所に退避させる者。」と定義されている。

また、切羽監視責任者の選任について、「事業者は掘削現場に属する労働者の中から切羽監視責任者を選任し、切羽で作業が行われる間、切羽の状態を常時監視させること。このとき、切羽監視責任者は、原則として専任とするが、トンネルの標準掘削全断面積が概ね 50m^2 未満であって、切羽監視責任者と車両系建設機械との接触防止等の安全確保措置の実施が困難な場合には、ずい道等掘削作業主任者等が切羽監視責任者を兼任して差し使えないこと。なお、発破の点火やズリ出し等切羽に労働者が接近しない作業工程において

は、切羽監視責任者による常時監視は要しないこと。また、事業者は、選任した切羽監視責任者を関係労働者に周知すること。なお、切羽監視責任者は労働安全衛生規則第 382 条に定める点検者と同じ者を選任することを妨げないこと。山岳トンネル工事が交代制により行われる場合には、交代番ごとに切羽監視責任者を選任する等により、切羽の状態が継続的に監視されるようにすること。」とある。

3-3. すべての支保パターンにおける鏡吹付け・一次吹付けの必要性

同指針において、すべての支保パターンにおける鏡吹付け・一次吹付けの必要性に関する記載がない。『必須対策として、すべての支保パターンにおいて鏡吹付けを行うとともに、バックプロテクターを着用しなければならない。』という記載がある。

現行のガイドラインにおいては、「鏡吹付けは、鏡に対し吹付けコンクリートを吹き付けることである。掘削により露出した地山を早期に吹付けコンクリートで覆うことにより、トンネル横断方向だけでなく、縦断方向の緩みも抑えることができる。また、鏡吹付けにより、鏡がコンクリートで覆われるため、切羽の変形に伴い新たに発生した亀裂や切羽の変状が視認しやすくなる。さらには、地山を坑内の空気又は水分に触れさせることを防ぐことができるため、膨張性地山に対しても有効である。なお、肌落ちは鏡のみならず切羽全体で発生するものであり、鏡吹付けを行う場合は、アーチ側壁部に対しても併せて行うことが必要である。」とある。

3-4. 切羽監視責任者とずい道等の掘削等作業主任者の専任制（現行：小断面の場合には双方の兼任が認められているが 20 m² を閾値とする）』

現行のガイドラインにおいて、3-2 と同様であるが、切羽監視責任者の選任については、「切羽監視責任者は、原則として専任」、「トンネルの標準掘削全断面積が概ね 50m² 未満であって、切羽監視責任者と車両系建設機械との接触防止等の安全確保措置の実施が困難な場合には、ずい道等掘削作業主任者等が切羽監視責任者を兼任」とある。また、「切羽監視責任者は労働安全衛生規則第 382 条に定める点検者と同じ者を選任することを妨げないこと」ともある。

参考文献：

- 1) 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，平成 29 年 3 月 28 日一部改定鉄設二第 170322001 号，pp. 86～89, pp. 166, 2017.
- 2) 公益社団法人日本道路協会：道路トンネル技術基準（構造編）・同解説
- 3) 公益社団法人土木学会：2016 制定 トンネル標準示方書〔山岳工法編〕・同解説
- 4) 国土交通省四国地方整備局：設計便覧 第 III 編 道路編，第 9 章 トンネル設計，<https://www.skr.mlit.go.jp/road/ir/binranroad/binran/etsuran.html>，平成 30 年 7 月.
- 5) 国土交通省九州地方整備局：土木工事設計要領 第 III 編 道路編，第 3 章 トンネル設計，https://www.qsr.mlit.go.jp/site_files/file/s_top/h22doboku/douro/3-04.pdf，平成 28 年 4 月.
- 6) 日本建設業連合会，日本トンネル専門工事業協会：「トンネル切羽範囲内立入作業における安全対策指針」，日本建設業連合会安全委員会「トンネル切羽立入判断基準策定専門部会」報告，9p.，2022 年 5 月 18 日.

第1回山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害防止対策に関する検討会において

委員から頂戴した意見と対応（案）

○論点1について

No.	御意見	御意見に対する対応（案）
1	施工方法や仮設という部分は受注者の判断によるもの。標準的なやり方で契約し受注者が施工計画を立てる。設計の段階で、ドリルジャンボを最初から入れるという事は、発注者の立場からすると現場条件によることなので、少し感覚的に違う。	標準的な施工機械を定めていればよいというような内容に修正させていただきました。
2	設計段階では発注者側は標準的な建設機械を定めている。発注者と設計者は細かいことを決めておらず、あくまで施工側が提案してくる建設機械を発注者側が認める。	標準的な施工機械を定めていればよいというような内容に修正させていただきました。
3	斜坑と本坑は別物という考えを持っているので、腑に落ちない。	斜坑も本坑も標準的な施工機械を定めていればよいというような内容に修正させていただきました。
4	ガイドシェルが入ることを優先するとSL（スプリングライン）高さの低い断面が優先される。必要な所要の空間を確保する断面であれば車両限界や建築限界、作業坑であれば重機や風管、決められたものをいかに掘るかは、どちらかと言うと機械のほうで工夫する。	当初は、施工機械の選定からフィードバックした形で断面の選定に戻るようなフロー図になっていましたが、フィードバックの矢印を消去させていただき、断面はあくまで加背割（掘削断面）の設定とさせていただき、標準的な施工機械を選定していくようなフロー図とさせていただきました。
5	論点としてはガイドシェルの扱いをどうするかと言うことが一番大きなところ。掘削サイクルを一問ずつやるということをどうやってきちんとやらせていくか、切羽の安定性とのバランス	御指摘のとおりですので、そのような論点が残るような形にさせていただきました。

	をどのように考えるか、その辺も論点である。	
6	機械の規格、ガイドの規格については一つ方針として定めなければいけない焦点。	御指摘のとおりですので、そのような論点が残るような形にさせていただきました。
7	原則は切羽に近づけてロックボルトを打つのが一番大事。核（さね）を残さなければいけない状況、ベンチの高さの問題など、条件によっては出て来る。その当たりの決め事をして、まとめて打たないなど歯止めはしっかり掛けておく必要はある。	御指摘のとおりですので、発注機関の基準類を参考に、「ロックボルトの施工は、原則として掘削後すみやかに一間ずつ行われなければならない。」という記載を追記させていただきました。
8	守るべき原則論についてはもう少し強く書かないと上手く流れない。	御指摘のとおりですので、発注機関の基準類を参考に、「ロックボルトの施工は、原則として掘削後すみやかに一間ずつ行われなければならない。」という記載を追記させていただきました。
9	本坑でも斜坑でもどのような長さでも、ロックボルトは一間ずつ打設する、斜めになっても打設するということを実施させている。	御指摘のとおりですので、発注機関の基準類を参考に、「ロックボルトの施工は、原則として掘削後すみやかに一間ずつ行われなければならない。」という記載を追記させていただきました。
10	ガイドシェルが物理的に入らなくて、ロックボルトを遅れて打たざるを得ないということは、死亡災害事例を鑑みると何らかの考慮が必要。	御指摘のとおりですので、そのような論点を残すとともに、発注機関の基準類を参考に、「ロックボルトの施工は、原則として掘削後すみやかに一間ずつ行われなければならない。」という記載を追記させていただきました。

○論点 2 について

No.	御意見	御意見に対する対応（案）
1	適切な支保パターンを選定できる体制作りというのは、今の体制で問題があるということか。切羽毎に判定し施工している。受注者、発注者、現場で切羽を観察して、問題ないことを確認しつつ施工している。何か体制に問題があるとは考えづらい。今回、事例にしている事故では体制が良くなかったのか。	<p>近年の死亡災害事例、ケガの災害事例を受けて、以下の報告書及び意見書に、体制づくりについて多く指摘されていますので、提言に加えるべきと考えています。</p> <p>○岐阜県リニア中央新幹線建設工事安全対策専門家会議²⁾</p> <p>https://www.pref.gifu.lg.jp/page/219045.html</p> <p>そのうち、特に、</p> <p>https://www.pref.gifu.lg.jp/uploaded/attachment/285558.pdf</p> <p>○ [中央新幹線瀬戸トンネル新設工事における肌落ちによる災害に関する報告書について]¹⁾</p> <p>https://www.pref.gifu.lg.jp/page/23513.html</p> <p>そのうち、特に、</p> <p>https://www.pref.gifu.lg.jp/uploaded/attachment/288018.pdf</p>
2	今回の災害事例を契機として、肌落ちの安全を考えることは、労働者の安全を守ることとなり大事なこと。切羽は危険な場所であるため、対策やガイドラインを遵守しなければならない。	まさに御意見のとおりですので、後の意見にもあるように、論点 2 については提言にその旨記載し、ガイドラインの改正の必要性についても検討したいと思います。
3	死亡災害事例をもとに議論しているが、死亡災害事例だけでなく、ヒヤリハット、ケガ等の災害事例についても広くデータを集めるべきでは。それらのデータのうち、支保パターンの変更の問題は他にもあるのか、調べるべき。この災害事例だけで議論するのはどうか。	<p>厚生労働省が以下の資料として肌落ち災害事例の全体的な傾向をまとめています。</p> <p>○山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害防止対策に係るガイドラインの解説（平成 30 年 1 月改正版）³⁾</p> <p>https://www.mhlw.go.jp/file/06-Seisakujouhou-11300000-Roudoukijunkyokuanzeniseibu/0000191562.pptx</p>

		<p>また、一般社団法人日本トンネル専門工事業協会が「トンネル工事における肌落ち労働災害防止のハンドブック」⁴⁾及び「トンネル工事における肌落ち労働災害防止のハンドブック その2」⁵⁾に肌落ち災害事例の傾向をまとめています。</p> <p>このうち、支保パターンの変更の問題に起因したヒヤリハット等の肌落ち災害事例があります。</p>
4	<p>上記の意見に賛同。ケガも含めた様々な災害事例の傾向の中で、安全に取り組む際の原則論を決めるべき。死亡災害事例に特化し過ぎると、これが標準解なら良いが、そうでないなら、それを元に原則論が変わると、他の現場が大変な事になる可能性がある。全体的に災害はこういう傾向があって、このような事を実施しなければならない、色々な立場の委員との議論で、実際の経験からガイドラインをこう変えた方がよいのではという議論をした方がよい。</p>	<p>すでに厚生労働省は、「山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害防止対策に係るガイドライン」を発出する前に、肌落ち災害事例の全体的な傾向を取りまとめ、ガイドラインを発出しております。今回のような災害事例は、死亡災害だけでなく、他の災害事例としても報告されていることから、典型的な災害の1つであり、今後も類似の災害が起こる可能性があります。そのため、ガイドラインの改正を考える上で、今回の災害事例も標準解の一つに入ると認識です。</p> <p>御指摘のとおり、提言にその旨記載し、ガイドラインの改正の必要性についても検討したいと思います。</p>
5	<p>ほとんどの肌落ち災害は、掘削面、切羽面で起きている。今回の死亡災害事例で起きたような、遅れたところで落ちてくるのはレアケースである。それを論点にクローズアップし過ぎるのは全体がぼやける。</p>	<p>「山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害防止対策に係るガイドライン」には、肌落ちを『トンネルを掘削した面から岩石等が落下することをいう。』と定義しています。</p> <p>さらには、「山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害防止対策に係るガイドラインに関する問答 問5-18」には、『肌落ちには拳以下の岩塊が落下するようなものから1トン以上の岩塊が連続して落下するものまで幅が広いが、ガイドラインではこれらを書き分けず包括的に「肌落ち」</p>

		と定義している。』とあります。そのため、ガイドラインの定義に従い、今回の災害事例も典型的な肌落ち災害であると考えています。
6	夜間は受発注者間の連携が取れない場合もあるため、夜間については、次の昼勤の時に連携が取れるようにすべき。	なお書きとして、「夜間の連絡体制は別途協議して定めておくこと」とさせていただきました。
7	様々な災害事例を見て、それに対応出来るガイドラインを作っていくと言うことは賛成。それはそれとして、この災害で一人亡くなっているため、この災害はレアなケースなので、あまり考えないという事ではなく、この災害も防ぐにはどうしたらいいかということも前提として議論すべき。	御指摘のとおりですので、死亡災害事例を適切に教訓として活かせるよう、論点2について提言に取り入れたいと思います。
8	今回事案からすると支保パターンが変わって間もないところで起きた、と言う意味では、支保の段階的な緩和があれば、もしかしたらそれがあれば防げたかもしれない。ただ、たまたまそういう場所で起きただけで、本来の支保パターンが続いた先に弱層があったとしたら、緩和区間を過ぎたところで弱層があったとしたら、同じ事。やはり急変した場合のパターンの変更のしやすさ、適切なところに適切な支保を柔軟に対応できるということが大事。段階的な緩和とか、増強というのは、肌落ち災害の防止にどこまで寄与するのか疑問。良くなる方には段階的に向いていき、悪くなる方には悠長に待ってられないのはもっとも。悪くしていくほうは迅速に、軽くしていく方は段階的にというのもある。支保の急変による長期的な変状の話と	死亡災害事例を適切に教訓として次に活かすことも本検討会の重要事項と考えており、緩和区間の導入についても本検討会で議論したいと考えています。 加えて、急変した場合の支保パターンの変更のしやすさは、体制づくりという観点で御指摘のとおりかと思しますので、そのまま論点2として提言させていただきたいと思います。

	肌落ちの話は違う。	
9	<p>切羽の安定性に係わるファクターは、地山の状況という自然相手の話と人工物としての支保パターンと補助工法の選定ということがある。地山の状況と支保パターンについては、論点に書かれているとおりで問題ない。それに加えて、補助工法の選定も重要であるので、地山の状況に応じて支保パターンと補助工法を適切に選んでいく、ということも追記すべき。</p> <p>加えて、体制の話は、言葉尻だけの問題、コミュニケーションを適切に取って下さい、そこを確認して下さい、と言うだけ。多くの現場では適切に実施しています、ということを確認すれば良い。</p>	<p>御指摘のとおりですので、体制づくりについてはそのまま提言とさせていただき、地山の状況に応じて支保パターンを選定していくことに加えて、補助工法も検討することを追記させていただきました。</p>
10	<p>施工者と発注側の監督官、事務所、局、本局と通常は連携が取れている。そういう流れが止まってしまう、そういうことが起きているときにかぎって、切羽を落とし、作業員がケガするといったことがある。そのあたりの水の流れをきちんとして下さいといったことが書かれていると良い。</p> <p>加えて、支保パターンの不連続の変化点については、良いところから悪いところに速やかにというのは仕方が無いが、悪いところから良いところなどに劇的に変えてあるところに限って、覆工コンクリートのひび割れが多いことが、維持管理のデータを分析してみると目につく。不連続に変化させるということが必ずしも良いとは言えない。支保の剛性の急激な低下は、好ましくない場合もありうる。なお、</p>	<p>御指摘のとおりですので、体制づくりについてはそのまま提言とさせていただきました。</p> <p>また、緩和区間についてもそのまま記載を残すとともに、注意書きとして、根拠がある場合にはその根拠を残すとともに支保パターンの急激な変更もありうるという記載を追記させていただきました。</p>

	<p>どうしても急激に変えたほうがいい場合もあるため、発注者と施工者で意思疎通をした上で、急激に変化させた理由を残しておく仕組みがあると、後々の施工や維持管理に役立つ。</p>	
--	--	--

○論点 3 について

3-1 について

No.	御意見	御意見に対する対応 (案)
1		

3-2 について

No.	御意見	御意見に対する対応 (案)
1		

3-3 について

No.	御意見	御意見に対する対応 (案)
1	地山等級が B や CI でも肌落ち災害が発生しているという裏付けになるデータはあるか。	
2	すべての地山で鏡吹付けがいるというわけではなく、地山状況によるのではないか。リスクに対してどこまで安全側を見るかという、発注者側のスタンスもある。個別に決めていくしかない。一律に全ての地山等級で鏡吹付けが必要だというのはやり過ぎ。	
3	地山等級 B 及び CI でも鏡吹付けを実施することについては意見が分かれるが、CII-b 及び D (I_{N-2} 、 I_{N-1} 以下) といった鋼製支保工を設置する地山等級では原則的に鏡吹付けを実施するというをガイドラインで必須対策として欲しい。	
4	平成 28 年にガイドラインが発出され、鏡吹付け、切羽監視員について謳われ、切羽での肌落ち災害が防げたという事例が多く上がっている。ガイドラインに謳う事で発注者、設計者、施工者、関係者全員が切羽に鏡吹付けをしなければならない、切羽監視員を付けなければいけないという意識付けが浸透していく。ガイドラインに記載することで、安全性がさらに進むのであれば、そういった課題に先んじて一歩進んだガイドラインがあっても良い。	

5	<p>下請けに入る施工者（ゼネコン）によって、鏡吹付けを実施するところと実施しないところがあり、施工者が違うと、安全性のレベルも違う。設計支保パターンでは、吹付厚さとロックボルトの間隔、鋼製支保工の有無といったことが決まっている。それであれば、鏡吹付け厚さについても支保パターン毎に設計で決めても良いのではないか。</p>	
---	---	--

3-4 について

No.	御意見	御意見に対する対応 (案)
1		

○参考文献

- 1) 岐阜県：中央新幹線瀬戸トンネル新設工事における肌落ちによる災害に関する報告書について、<https://www.pref.gifu.lg.jp/page/23513.html>、そのうち、特に、
<https://www.pref.gifu.lg.jp/uploaded/attachment/288018.pdf>
- 2) 岐阜県：岐阜県リニア中央新幹線建設工事安全対策専門家会議、
<https://www.pref.gifu.lg.jp/page/219045.html>、そのうち、特に、
<https://www.pref.gifu.lg.jp/uploaded/attachment/285558.pdf>
- 3) 厚生労働省：山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害防止対策に係るガイドラインの解説（平成 30 年 1 月改正版）、<https://www.mhlw.go.jp/file/06-Seisakujouhou-11300000-Roudoukijunkyokuanzeneseibu/0000191562.pptx>
- 4) 一般社団法人日本トンネル専門工事業協会：トンネル工事における肌落ち労働災害防止のハンドブック、平成 16 年？
- 5) 一般社団法人日本トンネル専門工事業協会：トンネル工事における肌落ち労働災害防止のハンドブック その 2、平成 24 年 3 月

参考資料③

第3回「山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害防止対策に関する検討会」資料

山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害防止対策に関する検討会

第3回

令和5年2月17日（金）14：00～

（独）労働者健康安全機構 労働安全衛生総合研究所

清瀬地区 本部棟1階第2会議室

（開催方法：対面及びWeb）

議事次第

1. 開会

2. 議事

- （1）前回議事録（案）の確認（資料3-1）
- （2）肌落ち災害防止対策に関する提言のとりまとめについて（資料3-2～資料3-4）
- （3）その他

3. 閉会

○配布資料：

資料3-1 第2回検討会議事録（案）

資料3-2 今後の山岳トンネル工事の設計・施工等において留意すべき有用な安全上の知見の抽出・整理

資料3-3 第2回検討会において委員から頂戴した意見と対応（案）

資料3-4 「山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害防止対策に関する検討会」報告書（案）

山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害防止対策に関する検討会

議事録

第 2 回

令和 4 年 11 月 8 日（火） 14：00～

（独）労働者健康安全機構 労働安全衛生総合研究所

清瀬地区 本部棟 1 階第 2 会議室

（開催方法：対面及び Web）

議 事 次 第

1. 開 会

福井技術審査官の代理として佐藤主任中央産業安全専門官から開会挨拶があった。

2. 議 事

- (1) 前回議事録（案）の確認（資料 2-1）
事務局から議事録（案）について説明があり、承認された。
- (2) 今後の山岳トンネル工事の設計・施工等において留意すべき有用な安全上の知見の抽出・整理（資料 2-2～資料 2-3）
事務局から資料 2-2 及び資料 2-3 について説明があった。委員の意見については、資料 3-3 にまとめた。
- (3) 上記を踏まえた「山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害防止対策に係るガイドライン」の見直し等の必要性の検討
資料 2-2 の論点 3 については引き続き事務局にて整理することとなった。論点 1 及び論点 2 については「山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害防止対策に係るガイドライン」を見直す必要があるということで委員の承認が得られた。
- (4) 上記を踏まえた肌落ち災害防止対策に関する提言のとりまとめについて
（3）の議論を受けて、「山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害防止対策に係るガイドライン」の見直しに向けた提言をとりまとめることとなった。
- (5) その他
2022 年の 12 月末を目途に委員から論点 1～3 についての追加意見を募集することとなった。

3. 閉会

○配布資料：

資料 2-1 第 1 回検討会議事録（案）

資料 2-2 今後の山岳トンネル工事の設計・施工等において留意すべき有用な安全上の知見の抽出・整理

資料 2-3 第 1 回検討会において委員から頂戴した意見と対応（案）

今後の山岳トンネル工事の設計・施工等において留意すべき有用な安全上の知見の抽出・整理

近年の山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害事例を受けて、今後の山岳トンネル工事の設計・施工等において留意すべき有用な安全上の知見を抽出し整理すると以下のとおりである。

1. ベンチの有無にかかわらず適切にロックボルトを打設するためには

『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』¹⁾から第 34 条・同解説及び第 23 条・同解説を抜粋したものを表-1.1 及び表-1.2 に示す。同表に示すように、第 34 条に「ロックボルトの施工は、原則として掘削後すみやかに行われなければならない」とある。また、第 23 条の解説には、 Π_N 以上に相当する地山において、ロックボルトの目的は「縫付け効果」が主体であると述べており、「発破等で緩んだ岩塊を緩んでいない地山に固定し、落下を防止しようとするものである。」とある。そのため、補助ベンチの有無にかかわらず、掘削した断面に対して、遅れることなく適切にロックボルトを打設する必要がある。

表-1.1 『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』から第 5 編第 34 条・同解説（提供：JRTT 鉄道・運輸機構）

<p>第3節 ロックボルトの施工 第34条 ロックボルトの施工時期 <u>ロックボルトの施工は、原則として掘削後すみやかに行われなければならない。</u></p>
<p>(解説) トンネル掘削により、吹付けコンクリートおよびロックボルトに発生する応力は、掘削後の時間経過とともに増大することが多いので、掘削後すみやかに吹付けコンクリートとロックボルトの施工を行わなければならない。とくに、軟岩、土砂地山では、状況に応じてずり出しに前後して行うなど、その施工時期を極力早くすることがとりわけ重要である。 切羽から離れて施工するロックボルトは、下半掘削時の上半の安定性を増すのを目的とする場合や変位の収束のための増しボルトの場合および切上げや分岐等の補強に要するロックボルト以外に行わない。</p>

表-1.2 『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』から第4編第23条・同解説を抜粋（提供：JRTT 鉄道・運輸機構）

<p>第3節 ロックボルト 第23条 ロックボルト一般 ロックボルトの設計にあたっては、地山条件やトンネルの使用目的等を考慮し、その機能を十分発揮させるよう検討しなければならない。</p>
<p>(解説) 1) 作用効果 ロックボルトは、地山と一体となってその効果を発揮するため、設計にあたっては求める機能と地山の挙動、施工性を考慮して、材質、強度、配置、寸法、定着方式、形状等を決定する必要がある。 ロックボルトの作用効果は、表-4.17 に作用概念を示すが、地山の種類によりおおむね以下のように考えられる。 a) <u>硬岩地山および塑性化しない軟岩地山（Ⅱ、以上に相当）</u> 地山強度比が大きくトンネル周辺地山が塑性化しない場合には内圧効果は不要である。また、硬岩地山等ではロックボルトがなくてもグラウンドアーチが形成される場合が多いため、ロックボルトでグラウンドアーチを形成する必要性は少ない。したがって、<u>硬岩地山あるいは地山強度比の大きい軟岩地山におけるロックボルトの目的は、亀裂面に平行な方向のせん断力に抵抗する効果や、直角方向のはく離、移動を抑制する縫付け効果が主体である。</u></p>

表-4.17 ロックボルトの作用効果

ロックボルトの効果	概念図
<p>①縫付け効果（吊下げ効果） <u>発破等で緩んだ岩塊を緩んでいない地山に固定し、落下を防止しようとするものである。</u> 割れ目の発達した地山において、吹付けコンクリートと併用すると効果が大きい。</p>	

ベンチの有無にかかわらず遅れることなくロックボルトを打設するためには、本坑のみの場合と本坑及び斜坑、作業坑、連絡坑等の場合に場合分けして、図-1.1 と図-1.2 のようなフロー図が考えられる。

次に、発注者、設計者、施工者の各々の御立場から、ベンチの有無にかかわらず遅れることなくロックボルトを打設するために、考慮できること/できないことを検討する。

第1回（2022年9月21日時点）

○ 論点：

1-1. 発注者及び設計者が考慮できること/できないこと

1-1-1. ベンチの有無を含めた適切なトンネル掘削断面の形状寸法の選定
（切羽安定も考慮）

1-1-2. 適切なドリル・ジャンボ（ガイドシェルを含む。）を用意するための設計図書
の整備
（地山が急変した場合等、機材の準備に時間を要する場合には工期への反映も
含む。）

1-1-3. 掘削断面の形状寸法に適応可能なドリル・ジャンボ（ガイドシェルを含む。）
の例示

1-2. 施工者が考慮できること/できないこと

1-2-1. ベンチの有無を含めた適切なトンネル掘削断面での施工（切羽安定も考慮）

1-2-2. 適切なドリル・ジャンボ（ガイドシェルを含む。）の選定と準備

1-2-3. 適切なドリル・ジャンボ及びガイドシェルを用いた遅れることなく適切かつ確
実なロックボルトの施工
（どこまで遅れることなくロックボルトを打設すべきか、1基は遅れても良い
か？）

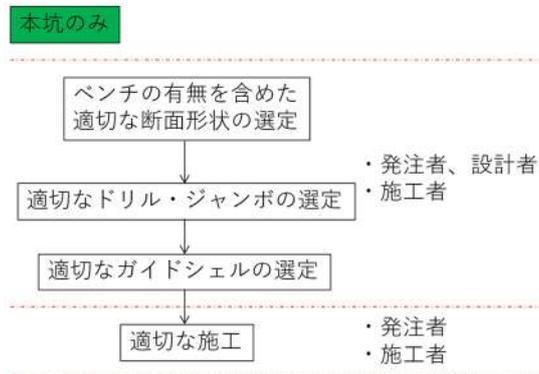


図-1.1 ベンチの有無にかかわらず遅れることなく適切にロックボルトを打設するためのフロー図（本坑のみ）

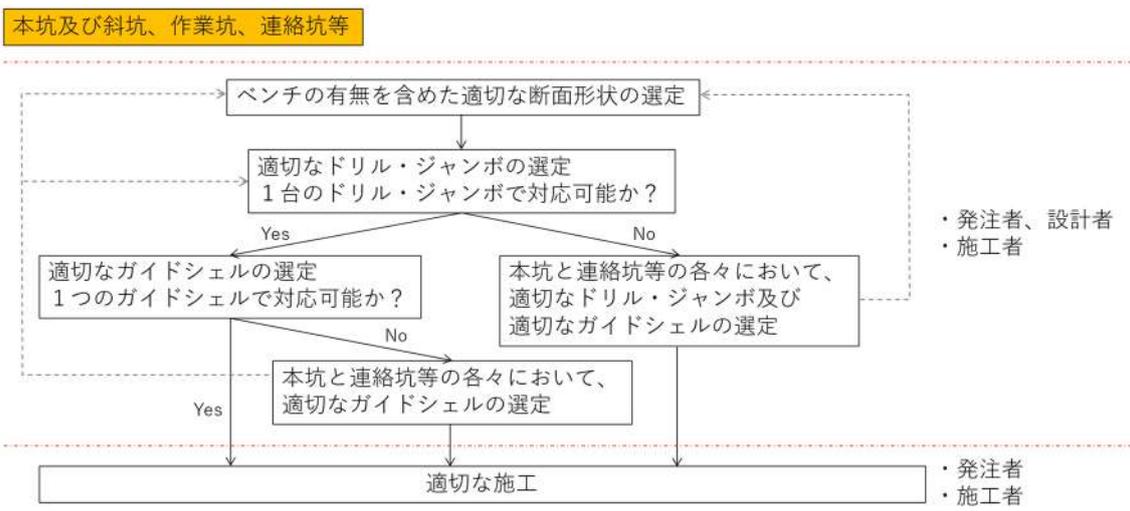


図-1.2 ベンチの有無にかかわらず遅れることなく適切にロックボルトを打設するためのフロー図（本坑と斜坑等）

第2回（2022年11月8日時点）

第1回の議論の結果、以下の事項を有用な安全上の知見とし、提言として取りまとめて良いかお伺いします。

- 1-1. 発注者及び設計者が考慮することが望ましいこと
 - 1-1-1. 設計基準類に応じて施工機械の適用性も考慮した掘削工法の検討
※標準的な施工機械を定めている場合にはこの限りではない。
- 1-2. 施工者が考慮することが望ましいこと
 - 1-2-1. 本坑、斜坑等において適切な加背割での施工
(切羽の安定、施工機械の適用性、経済性等を考慮)
 - 1-2-2. 適切なドリル・ジャンボ（ガイドシェルを含む。）の選定と準備
 - 1-2-3. 適切なドリル・ジャンボ（ガイドシェルを含む。）を用い、ロックボルトの施工は原則として掘削後すみやかに一間ずつ行われなければならない。



図-1.1 適切にロックボルトを打設するためのフロー図

第3回（2023年2月17日時点）

第1回及び第2回の議論の結果、以下の事項を有用な安全上の知見とし、提言として取りまとめて良いかお伺いします。

- 1-1. 発注者及び設計者が考慮することが望ましいこと
 - 1-1-1. 設計基準類に応じて施工機械の適用性も考慮した掘削工法の検討
※標準的な施工機械を定めている場合にはこの限りではない。
- 1-2. 施工者が考慮することが望ましいこと
 - 1-2-1. 本坑の他に、作業坑(斜坑・横坑含む)、避難坑等の規模が大きく異なる断面がある場合においても、それぞれのトンネルにおける適切な加背割での施工
(切羽の安定、施工機械の適用性等を考慮)
 - 1-2-2. 適切なドリル・ジャンボ（ガイドシェルを含む。）の選定と準備
 - 1-2-3. 適切なドリル・ジャンボ（ガイドシェルを含む。）を用い、ロックボルトの施工は原則として掘削後すみやかに一間ずつ行うこと。

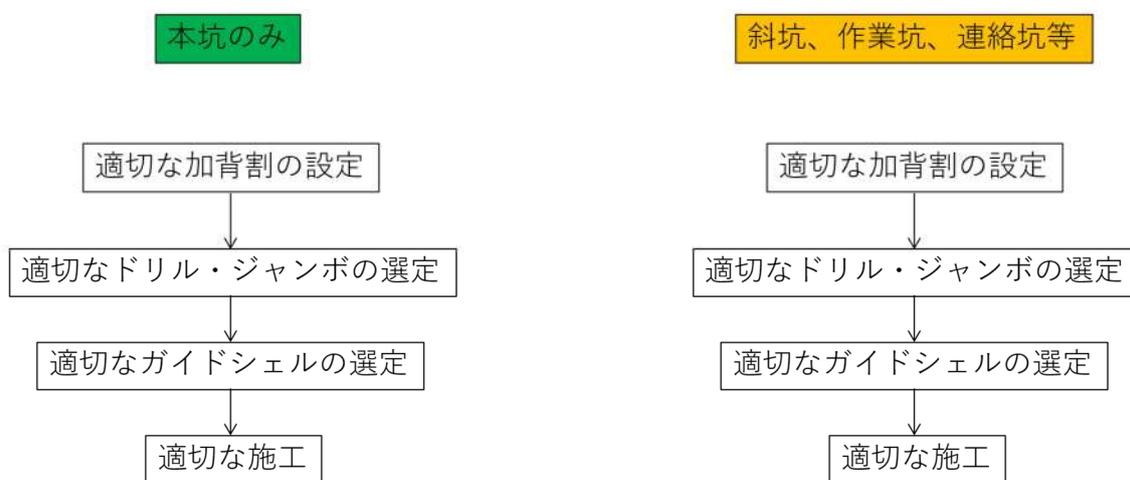


図-1.1 適切にロックボルトを打設するためのフロー図

(本坑、作業坑等で同様のフロー図となっているが、それぞれ本坑、作業坑等においてそれぞれ適切にドリル・ジャンボとガイドシェルを選定する必要があることを強調したものである。なお、加背割及び掘削断面形状に依らず施工機械の適用性が満足できるのであれば、同一の施工機械を使用して差し支えない。)

2. 支保パターンの連続性（支保の緩和）について

表-2.1 を見ると、新幹線複線トンネルの場合、支保パターン I_{N-1P} 、 I_{N-2P} 、 II_{NP} と連続的に支保パターンが用意されており、上下半の鋼製支保工の設置領域（支保パターン I_{N-1P} ）、上半のみの鋼製支保工の設置領域（支保パターン I_{N-2P} ）、鋼製支保工を設置しない領域（支保パターン II_{NP} ）と徐々に支保が軽くなる。

国土交通省四国地方整備局では、「設計便覧 第 III 編 道路編 第 9 章 トンネル設計」の中で以下のように支保の緩和を定めている（図-2.1 参照）。

『地山条件に応じてトンネル周辺地山の挙動、支保構造に作用する荷重や変位量はそれぞれに異なる。特に低速度帯等により地山条件が急変する場合には、その区間に対する支保構造の変更のみでは力学的な不連続面が生じ、その変化点付近において覆工コンクリートにクラックが生じる恐れがある。このため、低速度帯前後等で地山等級が急変する場合には緩衝区間の必要性を検討する。なお、支保パターンが支保鋼性及び掘削工法が大きく異なる B あるいは CI パターンから DI パターンに変更となる場合には、CII パターンを設定する。』

また、緩和区間長については、『地山区間を考慮して設定するものとするが、地山条件が明瞭でない場合には、支保に作用する後荷の影響と施工の段取り換えを考慮し、20 m を目安とする。』と定めている。緩衝区間長については力学的な根拠があるわけではなく、トンネルの直径 D の約 2 倍程度と推察される。

このような支保の緩和は、四国地方整備局だけでなく、北海道開発局、北陸地方整備局、近畿地方整備局、九州地方整備局（図-2.2 参照）においても定められている。

表-2.1 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」¹⁾の「表-4.9 標準支保パターン」（提供：JRTT 鉄道・運輸機構）

(c) 新幹線複線トンネル

標準支保パターン	縦断間隔 (m)	ロックボルト		鋼製支保工 種類	吹付けコンクリート 厚さ (cm)
		配置	長さ(m)×本数(本) ^{*1}		
IV _{NP}	—	—	—	—	5 (平均)
III _{NP}	(随意)	アーチ	2×0~5	—	10 (平均)
II _{NP}	1.5	アーチ	3×10	—	10 (平均)
I _{N-SP}	1.2	アーチ、側壁	3×10	125H (上半)	12.5 (最小)
I _{N-IP}	1.0	アーチ、側壁	3×14	125H	15 (最小)
I _{SP}	1.0	アーチ、側壁	3×14	150H	15 (最小)
		一次インバート	3×4 ^{*2}	150H ^{*2}	15 (最小) ^{*2}
I _{LP}	1.0	アーチ、側壁	3×12	125H	20 (最小)

*1 ロックボルトの長さ、本数は標準的なものを示しており、その配置は、第25条による。

*2 I_{SP}の一次インバートは基本的に施工し、地山状況により支保部材を選定する。

(その他) 標準支保パターンの分類記号は、地山等級と区別するためP(Pattern)のサフィックスをつけた。

表-2.2 道路トンネルの標準支保パターンの例^{2),3)}

(出典：日本道路協会 道路トンネル技術基準(構造編)・同解説, pp.126-127, 平成15年)

(通常断面トンネル 内空幅8.5~12.5m程度)

地山等級	支保パターン	標準 一般進長 (m)	ロックボルト				鋼製支保工			吹付け厚 (cm)	覆工厚		変形 余裕量 (cm)	掘削 工法
			長さ (m)	施工間隔		施工範囲	上半部 種類	下半部 種類	建込 間隔 (m)		アーチ、 側壁 (cm)	イン バート (cm)		
				周 方向 (m)	延長 方向 (m)									
B	B	2.0	3.0	1.5	2.0	上半 120°	—	—	—	5	30	0	0	
C I	C I	1.5	3.0	1.5	1.5	上半	—	—	—	10	30	(40)	0	補助ベ ンチ付
C II	C II-a	1.2	3.0	1.5	1.2	上、下半	—	—	—	10	30	(40)	0	全断面 工法ま
	C II-b													
D I	D I-a	1.0	3.0	1.2	1.0	上、下半	H-125	H-125	1.0	15	30	45	0	たは上 部半断 面工法
	D I-b		4.0											
D II	D II	1.0以下	4.0	1.2	1.0以下	上、下半	H-150	H-150	1.0 以下	20	30	50	10	

注1) 支保パターンのa, bの区分は、地山等級がC II, D Iの場合はbを基本とし、トンネル掘削に伴う変位が小さく、切羽が安定すると予想される場合はaの適用を検討する。

注2) インバートについて

① ()内に示した地山等級範囲において、第三紀の泥岩、凝灰岩、蛇紋岩等の粘土化しやすい岩、および風化した結晶片岩、温泉余土等の場合は()の厚さを有するインバートを設置する。

② 早期の断面閉合が必要な場合は、吹付けコンクリートにてインバート閉合を行うものとするが、その厚さについては上、下半部の吹付け厚を参考にして個々に決定するものとする。また、吹付けコンクリートによるインバートはインバート厚さに含めることができるが、現場打ちコンクリートによるインバート部分の厚さがアーチ、側壁の覆工コンクリート厚さを下回ってはならない。

③ 地山等級がD Iであっても、下半部に堅岩が現れるなど岩の長期的支持力が十分であり、側壁による押し出し等もないと考えられる場合はインバートを省略できる。

注3) 金網について

① 地山等級がD Iにおいては、一般に上半部に設置する。なお、D IIにおいては、上、下半部に設置するのが通例である。

② 鋼繊維補強吹付けコンクリート(SFRC)等を用いる場合は、金網を省略できる。

注4) 変形余裕量について

地山等級がD IIにおいては、上半部半断面工法の場合は上半部に、補助ベンチ付全断面工法は掘削時時間差がないため、下半部に変形余裕量として10cm程度見込んで設計するのが通例である。なお、変形余裕量は実際の施工中の計測により適宜変更していく必要がある。

注5) 地山等級A, Eについては、地山条件にあわせて、それぞれ検討するものとする。

注6) 通常断面の適用範囲であっても、大断面との境界付近で上半三心円等の扁平な断面を採用する場合には、大断面の支保パターンの適用を検討する。

<p>3-4. 支保の緩和</p> <p>(1) 緩和区間の必要性</p> <p>地山条件に応じてトンネル周辺地山の挙動、支保構造に作用する荷重や変位量はそれぞれ異なる。特に低速度帯等により地山条件が急変する場合には、その区間に対する支保構造の変更のみでは力学的な不連続面が生じ、その変化点付近において覆工コンクリートにクラックが生じる恐れがある。</p> <p>このため、低速度帯前後等で地山等級が急変する場合には緩衝区間の必要性を検討する。なお、支保パターンが支保鋼性及び掘削工法が大きく異なるBあるいはC IパターンからD Iパターンに変更となる場合には、C IIパターンを設定する。検討事項</p> <p>(2) 緩和区間長</p> <p>地山区間を考慮して設定するものとするが、地山条件が明瞭でない場合には、支保に作用する後荷の影響と施工の段取り換えを考慮し、20mを目安とする。</p>	<p>補足：[3-4]断層等地山条件の急変部をポーリング等により確認している場合には、BあるいはC IからD Iへの移行区間にC IIパターンを設定するかは適宜評価する。</p>
--	---

図-2.1 国土交通省四国地方整備局「設計便覧 第III編 道路編 第9章 トンネル設計」から支保の緩和について⁴⁾

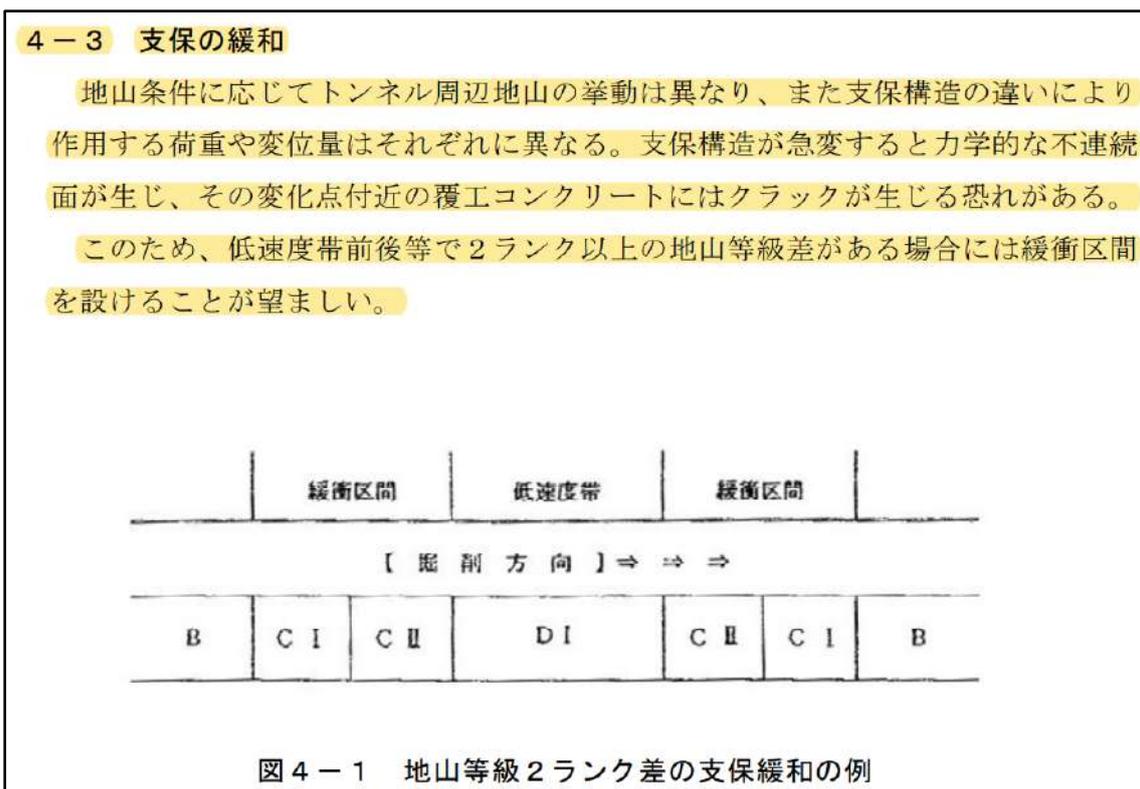


図-2.2 国土交通省九州地方整備局「土木工事設計要領 第III編 道路編 第3章 トンネル設計」から支保の緩和について⁵⁾

第 1 回 (2022 年 9 月 21 日時点)

○ 論点 :

2-1. 発注者が考慮できること/できないこと

2-1-1. 設計段階

事前の調査に基づいた適切な支保パターンの選定と緩衝区間の検討

2-1-2. 施工段階

地山の状況に応じて、適切に支保パターンを選定できるような体制づくり

(維持管理においても支保パターンを DI から CI に不連続に変化させた場合、インバートに盤ぶくれが生じた事例があることが報告されており、支保の剛性の急激な低下はあまり好ましくない。)

2-2. 設計者が考慮できること/できないこと

2-2-1. 設計段階

事前の調査に基づいた適切な支保パターンの選定と緩衝区間の検討

(維持管理においても支保パターンを DI から CI に不連続に変化させた場合、インバートに盤ぶくれが生じる等が報告されており、支保の剛性の急激な低下はあまり好ましくない。)

2-3. 施工者が考慮できること/できないこと

2-3-1. 地山の状況に応じて、緩衝区間も含めて適切に支保パターンを選定し、施工できるような体制づくり

(地山が当初想定よりも急に脆弱になる場合、科学的な知見に基づく場合には必ずしも支保の緩衝区間は必要ない。)

第2回（2022年11月8日時点）

第1回の議論の結果、以下の事項を有用な安全上の知見とし、提言として取りまとめて良いかお伺いします。

2-1. 発注者が考慮することが望ましいこと

2-1-1. 設計段階

事前の調査に基づいた適切な支保パターンの選定

2-1-2. 施工段階

地山の状況に応じて、緩和区間の必要性も含めて適切に支保パターン及び補助工法を選定できるよう受発注者間の連携の確認

※例えば、切羽評価点、岩判定委員会、変位量、施工実績等の総合的な評価等。受発注者間で安全を確認することが重要。

※ 維持管理においても支保パターンを不連続に変化させた場合、インバートに盤ぶくれが生じる等が報告されており、支保の剛性の急激な低下はあまり好ましくない。

2-2. 設計者が考慮することが望ましいこと

2-2-1. 設計段階

事前の調査に基づいた適切な支保パターンの選定

2-3. 施工者等が考慮することが望ましいこと

2-3-1. 地山の状況に応じて、緩和区間の必要性も含めて適切に支保パターン及び補助工法を選定し、施工できるよう受発注者間の連携の確認

※ 地山が急に脆弱になる場合には必ずしも支保の緩和区間は必要ない。

※ 緩和区間を設けず支保パターンを急激に変化させた場合には、発注者と施工者で意思疎通をした上で、その理由を記録・保存しておくこと。

※ 夜間の連絡体制は別途協議して定めておくこと。

※ 施工者及び専門工事業者は常に連携を図ること。

第3回（2023年2月17日時点）

第1回及び第2回の議論の結果、以下の事項を有用な安全上の知見とし、提言として取りまとめて良いかお伺いします。

2-1. 発注者が考慮することが望ましいこと

2-1-1. 設計段階

事前調査に基づいた適切な支保パターンの選定

2-1-2. 施工段階

緩和区間の必要性も含めて適切に支保パターン及び補助工法を現場で出現した地山の状況に応じて選定（設計変更）できるよう受発注者間の連携の確認
※例えば、岩判定委員会等での切羽評価点、変位量、施工実績等の総合的な評価等。受発注者間で安全を確認することが重要。

2-2. 設計者が考慮することが望ましいこと

2-2-1. 設計段階

事前調査に基づいた適切な支保パターンの選定

2-3. 施工者等が考慮することが望ましいこと

2-3-1. 緩和区間の必要性も含めて適切に支保パターン及び補助工法を現場で出現した地山の状況に応じて選定（設計変更）し、施工できるよう受発注者間の連携の確認

※ 地山が急に脆弱になる場合には必ずしも支保の緩和区間は必要ない。

※ 緩和区間を設けず支保パターンを急激に変化させた場合には、発注者と施工者で意思疎通をした上で、その理由を記録・保存しておくこと。

※ 施工者及び専門工事業者は常に連携を図ること。

※ 夜間の連絡体制は別途協議して定めておくこと。

3. 日本建設業連合会及び日本トンネル専門工事業協会「トンネル切羽範囲内立入作業における安全対策指針」から厚生労働省に対する要望について

日本建設業連合会と日本トンネル専門工事業協会は、2022年5月18日付けで「トンネル切羽範囲内立入作業における安全対策指針」⁶⁾を公表している。同指針において、厚生労働省に対する要望は以下のとおりである。

『トンネル工事における肌落ちによる労働災害防止対策を推進していく上で、『ガイドライン』が果している役割は極めて大きいものがある。切羽で肌落ちによる労働災害が度々発生している現状を踏まえた場合には、以下に記載した事項を明示するための『ガイドライン』改正を検討していただきたい。

- ① 労働者の立ち入りを原則的に禁止する切羽の範囲
- ② 切羽監視責任者を選任する際に求められる要件
- ③ すべての支保パターンにおける鏡吹付け・一次吹付けの必要性
- ④ 切羽監視責任者とずい道等の掘削等作業主任者の専任制（現行：小断面の場合には双方の兼任が認められているが20 m²を閾値とする）』

そこで、以下のとおり論点を整理する。

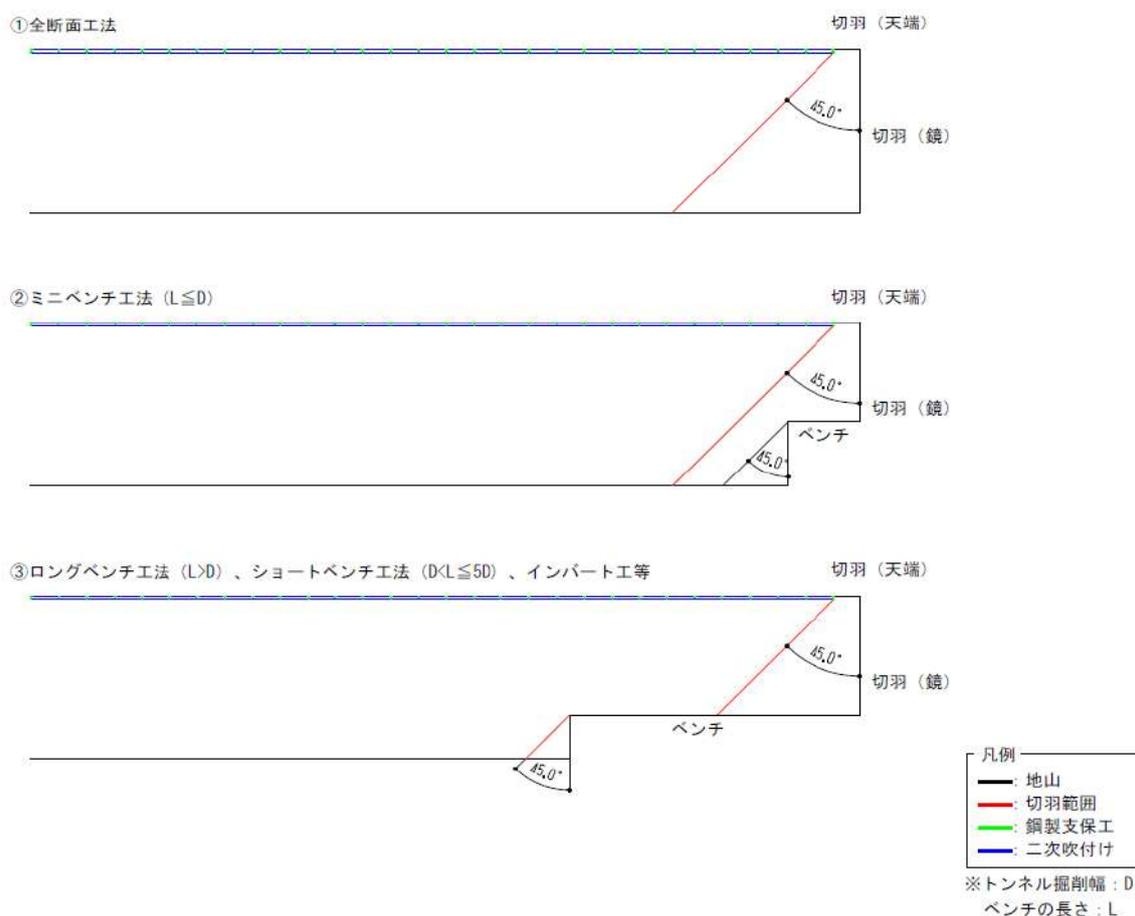
○ 論点：

3-1. 労働者の立ち入りを原則的に禁止する切羽の範囲について

同指針において、『トンネル工事における作業を“穿孔・装薬”、“発破”、“ずり出し”、“コソク・当たり取り”、“一次吹付け”、“鋼製支保工建て込み”、“二次吹付け”、“ロックボルト”、“その他”に分類し、それぞれの作業ごとに具体的な作業手順や稼働させる機械を明確にした上で、どうしても労働者が切羽に立ち入らなければならない作業を洗い出して特定した。なお、判断基準を定めた際には、天端から45度の範囲内を切羽として取り扱っている。また、いかなる作業においても一次吹付け未施工区間の素掘り面直下は絶対に立ち入ってはならない。』とある。また、掘削工法別に切羽範囲の標準図⁶⁾を図-3.1のように示している。

現行の「山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害防止対策に係るガイドライン（以下、「ガイドライン」という。）」において、切羽は「山岳トンネル工事現場におけるトンネルの掘削の最先端をいい、地山が露出している領域全体をいう。」と定義されているが、立ち入り禁止区域については定義されていない。

切羽範囲 掘削工法別標準図

図-3.1 掘削工法別切羽範囲標準図⁶⁾

3-2. 切羽監視責任者を選任する際に求められる要件

現行のガイドラインにおいて、切羽監視責任者は、「事業者の選任を受け、切羽の状態を監視し、退避の要否について判断し、労働災害の急迫した危険があるときは直ちに作業を中止させ、労働者を安全な場所に退避させる者。」と定義されている。

また、切羽監視責任者の選任について、「事業者は掘削現場に属する労働者の中から切羽監視責任者を選任し、切羽で作業が行われる間、切羽の状態を常時監視させること。このとき、切羽監視責任者は、原則として専任とするが、トンネルの標準掘削全断面積が概ね 50m^2 未満であって、切羽監視責任者と車両系建設機械との接触防止等の安全確保措置の実施が困難な場合には、ずい道等掘削作業主任者等が切羽監視責任者を兼任して差し使えないこと。なお、発破の点火やズリ出し等切羽に労働者が接近しない作業工程において

は、切羽監視責任者による常時監視は要しないこと。また、事業者は、選任した切羽監視責任者を関係労働者に周知すること。なお、切羽監視責任者は労働安全衛生規則第 382 条に定める点検者と同じ者を選任することを妨げないこと。山岳トンネル工事が交代制により行われる場合には、交代番ごとに切羽監視責任者を選任する等により、切羽の状態が継続的に監視されるようにすること。」とある。

3-3. すべての支保パターンにおける鏡吹付け・一次吹付けの必要性

同指針において、すべての支保パターンにおける鏡吹付け・一次吹付けの必要性に関する記載がない。『必須対策として、すべての支保パターンにおいて鏡吹付けを行うとともに、バックプロテクターを着用しなければならない。』という記載がある。

現行のガイドラインにおいては、「鏡吹付けは、鏡に対し吹付けコンクリートを吹き付けることである。掘削により露出した地山を早期に吹付けコンクリートで覆うことにより、トンネル横断方向だけでなく、縦断方向の緩みも抑えることができる。また、鏡吹付けにより、鏡がコンクリートで覆われるため、切羽の変形に伴い新たに発生した亀裂や切羽の変状が視認しやすくなる。さらには、地山を坑内の空気又は水分に触れさせることを防ぐことができるため、膨張性地山に対しても有効である。なお、肌落ちは鏡のみならず切羽全体で発生するものであり、鏡吹付けを行う場合は、アーチ側壁部に対しても併せて行うことが必要である。」とある。

3-4. 切羽監視責任者とずい道等の掘削等作業主任者の専任制（現行：小断面の場合には双方の兼任が認められているが 20 m² を閾値とする）』

現行のガイドラインにおいて、3-2 と同様であるが、切羽監視責任者の選任については、「切羽監視責任者は、原則として専任」、「トンネルの標準掘削全断面積が概ね 50m² 未満であって、切羽監視責任者と車両系建設機械との接触防止等の安全確保措置の実施が困難な場合には、ずい道等掘削作業主任者等が切羽監視責任者を兼任」とある。また、「切羽監視責任者は労働安全衛生規則第 382 条に定める点検者と同じ者を選任することを妨げないこと」ともある。

第3回（2023年2月17日時点）

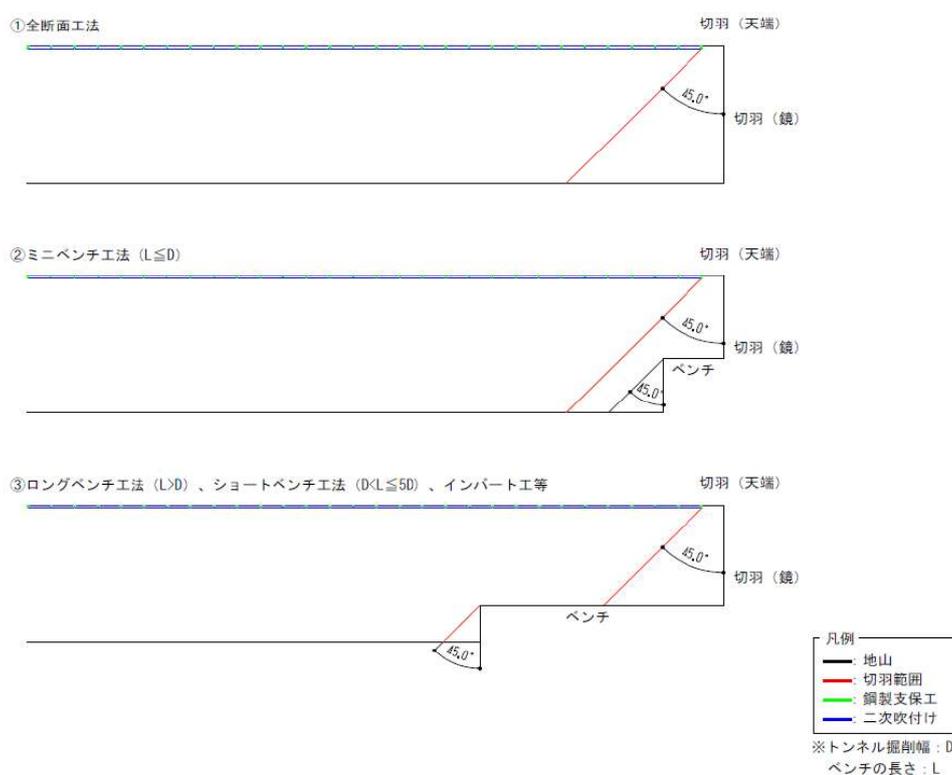
第1回及び第2回の議論の結果、以下の事項を有用な安全上の知見とし、提言として取りまとめて良いかお伺いします。

○ 労働者が立ち入る場合に特段の配慮を必要とする範囲

基安安発 1112 第2号厚生労働省労働基準局安全衛生部安全課長通達「山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害防止対策の徹底について」によると、『ガイドラインでは、切羽への労働者の立入りを原則として禁止し、真に必要な場合にのみ立ち入らせることとしていること。このため、「真に必要な場合」の判断基準を定めるとともに、労働者を切羽に立ち入らせる場合の安全確保対策をあらかじめ策定し労働者に周知徹底すること。』とされている。

したがって、図-3.1の掘削工法別切羽範囲標準図⁶⁾を労働者が立ち入る場合に特段の配慮を必要とする範囲とする。

切羽範囲 掘削工法別標準図

図-3.1 掘削工法別切羽範囲標準図⁶⁾（再掲）

ここで言う「特段の配慮」とは、「トンネル切羽範囲内立入作業における安全対策指針」⁶⁾に示されているもののうち、同範囲内への関係者以外の立入禁止措置（同範囲を明示することを含む。）、警報装置の携帯、バックプロテクターの着用等をいう

（図-3.2 及び図-3.3 参照）。また、推奨対策として、鏡クラック自動検知等の新技術の活用等がある（図-3.4 参照）。ここで、関係者以外とは、切羽作業（装薬作業、支保工建込作業、ロックボルト打設作業等）に従事する労働者以外をいう。なお、切羽作業を停止し切羽の安定が保たれている場合にはこの限りではない。

「特段の配慮を必要とする範囲」に労働者が立ち入る場合には「特段の配慮（同範囲内への関係者以外の立入禁止措置、警報装置の携帯、バックプロテクターの着用等）」が必要であり、現行のガイドラインにおける「切羽」に労働者が立ち入る場合には「肌落ち防止対策」の実施が必要という整理である。

ここで、「特段の配慮を必要とする範囲」がより大きな領域であり、その中に「切羽」は含まれる。「切羽」の定義は現行のガイドラインでは「山岳トンネル工事現場におけるトンネルの掘削の最先端をいい、地山が露出している領域全体をいう。」とある。

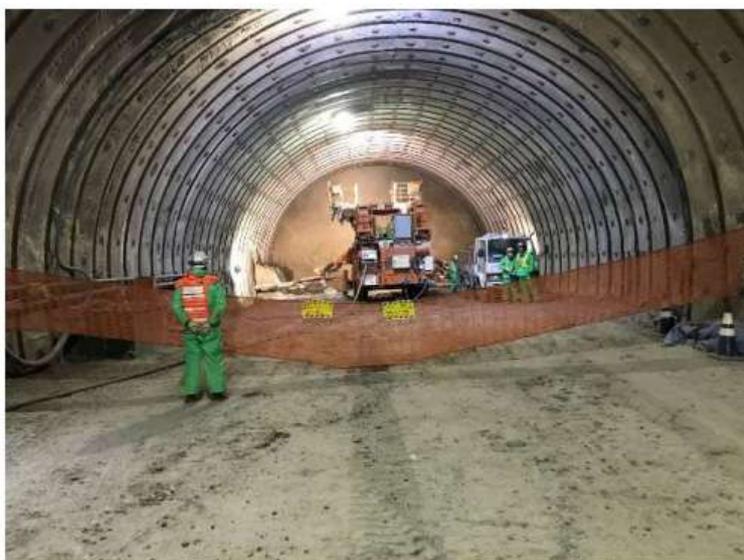


図-3.2 特段の配慮を必要とする範囲への関係者以外の立入禁止措置⁶⁾

図-3.3 警報装置⁶⁾図-3.4 鏡クラック自動検知システム⁶⁾

○ 鏡吹付けの実施について

支保パターンが CII-b 又は I_{N-2} 以上では鏡吹付けの実施について発注者と協議すること。また、支保パターン DI-a 又は I_{N-1P} 以下では原則として鏡吹付けを実施すること。

なお、支保パターンが CII-b 又は I_{N-2P} 以上においても以下の事項が観察される場合には、発注者と施工者で協議の上、鏡吹付けを実施することが望ましい。

- ・ 鏡面から岩塊が抜け落ちる^{1),7)}。
- ・ 鏡面の押し出しを生じる^{1),7)}。
- ・ 鏡面は自立せず崩れあるいは流出^{1),7)}。

参考文献：

- 1) 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，平成 29 年 3 月 28 日一部改定鉄設二第 170322001 号，pp. 86～89, pp. 166, p. 272, 2017.
- 2) 公益社団法人日本道路協会：道路トンネル技術基準（構造編）・同解説
- 3) 公益社団法人土木学会：2016 制定 トンネル標準示方書〔山岳工法編〕・同解説
- 4) 国土交通省四国地方整備局：設計便覧 第 III 編 道路編，第 9 章 トンネル設計，<https://www.skr.mlit.go.jp/road/ir/binranroad/binran/etsuran.html>，平成 30 年 7 月.
- 5) 国土交通省九州地方整備局：土木工事設計要領 第 III 編 道路編，第 3 章 トンネル設計，https://www.qsr.mlit.go.jp/site_files/file/s_top/h22doboku/douro/3-04.pdf，平成 28 年 4 月.
- 6) 日本建設業連合会，日本トンネル専門工事業協会：「トンネル切羽範囲内立入作業における安全対策指針」，日本建設業連合会安全委員会「トンネル切羽立入判断基準策定専門部会」報告，9p.，2022 年 5 月 18 日.
- 7) 公益社団法人日本道路協会：道路トンネル観察・計測指針，p.24，2009，平成 21 年 2 月.

第2回山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害防止対策に関する検討会において

委員から頂戴した意見と対応（案）

○論点1について

ベンチの有無にかかわらず適切にロックボルトを打設するためには

No.	御意見	御意見に対する対応（案）
1	1-2-3に「適切なドリル・ジャンボ（ガイドシェルを含む。）を用い、ロックボルトの施工は原則として掘削後すみやかに一間ずつ行われなければならない。」とあるが、「一間ずつ」という文言は書き過ぎではないか。	御意見を総括すると、「適切なドリル・ジャンボ（ガイドシェルを含む。）を用い、ロックボルトの施工は原則として掘削後すみやかに一間ずつ行うこと。」と記載させていただきます。
2	「すみやかに」ということが、主観的な事なので、昼勤又は夜勤が終わるまでに打ち終わることを「すみやかに」というと解釈されてしまう可能性もある。そういった事を許さないために、「一間ずつ」打つということを記載するということもある。	
3	一間ずつ打つ事に対して、サイクルタイムを組んで積算してお金を払っている。ルールは決めているので守って下さい、ということを作成する必要がある。	
4	「一間ずつ」は記載しなければならない。切羽直近で、色々な事情はあるにせよ、一間ずつは必ずロックボルトを打設しなければいけない。	
5	上半先進の場合、下半では二間一緒に打設する基準類もある。下半の場合は、本検討会の議論の外にしておいた方がよい。	
6	ロッドチェンジャという短いガイドシェルでも長いロックボルトを打設できる機械、自動でロックボルトを継ぎ足す機械、自穿孔ボルトという削孔した物をそのまま挿入できるような材料もあるので、そういった選択肢も参考にしてもらえれば。機械化、自動化を促すような記載があってもよい。	
7	1-2-1の中で、括弧の中に「切羽の安定、施工機械の適用性、経済性等を考慮」とあるが、「経済性」に違和感がある。削除しても良いのでは。	
8	「経済性」については、発注者サイドとして、資金が青天井であるわけではないと釘を刺している。提言の解説文等に記載いただきたい。	

9	検討会の報告書の中にこれまでの資料は入れないのか。	基本的には、検討会の報告書として、これまで資料としたものは記載させていただきます。
10	図-1.1 にて、「本坑」と「斜坑、作業坑、連絡坑等」で同じ事が書かれている。提言の解説文に追記する必要がある。	提言の解説文に記載させていただきます。

○論点 2 について

支保パターンの連続性（支保の緩和）について

No.	御意見	御意見に対する対応（案）
1	資料 2-2 の 10 ページ目、2-1-2 の括弧書きに維持管理の記載があるが、トンネルの管理者サイドの観点では大事な観点で良いことだが、厚労省からの提言としては相応しいかどうかということとはもう一度検討いただきたい。こういった議論があったということは解説文等で残しておいていただくことが良いと思う。	御意見のとおり、提言ではなく、解説文に記載させていただきます。
2	2-1-2 で『地山の状況に応じて、緩和区間の必要性も含めて適切に支保パターン及び補助工法を選定できるよう受発注者間の連携の確認』ということで、支保パターンおよび補助工法だけでなく、掘削工法（加背割）も含めて受発注者間で協議することが重要である。	掘削工法（加背割）については、論点 1 の提言に記載がございます。また、最終的な提言としては、論点 1～3 をまとめて記載いたします。さらに、解説文には、『緩和区間の必要性も含めて適切に支保パターン、補助工法、掘削工法等を現場で出現した地山の状況に応じて総合的に選定（設計変更）できるよう発注者と施工者が連携することが重要である。』と記載させていただきました。

○論点 3 について

3-1 労働者の立ち入りを原則的に禁止する切羽の範囲

No.	御意見	御意見に対する対応（案）
1	事件事例として 45 度範囲で崩れたところに巻き込まれて事故が起こったという事例がいくつかあり、支保が完成したところから 45 度のラインを立入禁止範囲とした。位置としては三次元的な空間、空間も天端の方ほど切羽に近づける。下の方は直高分だけ離れなければいけないという範囲を示した。	御意見を総括すると、「労働者の立ち入りを原則的に禁止する切羽の範囲」を「特段の配慮を必要とする範囲」と修正することで議論が収束しています。 日本建設業連合会のトンネル切羽範囲内立入作業における安全対策指針 ¹⁾ では、「天端から 45 度の範囲内を切羽として」いるが、切羽の定義は現行のガイドライン ²⁾ では「山岳トンネル工事現場におけるトンネルの掘削の最先端をいい、地山が露出している領域全体をいう。」となっています。
2	45 度という数字が先にでると、違和感がある。45 度離れていれば問題なく、一方で、45 度以内に近づいたら危険ということとなり、それ以上近づけないと思い、現場は立ち行かなくなる。	また、基安安発 1112 第 2 号厚生労働省労働基準局安全衛生部安全課長通達「山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害防止対策の徹底について」 ³⁾ によると、「ガイドラインでは、切羽への労働者の立入りを原則として禁止し、真に必要な場合にのみ立ち入らせることとしていること。このため、「真に必要な場合」の判断基準を定めるとともに、労働者を切羽に立ち入らせる場合の安全確保対策をあらかじめ策定し労働者に周知徹底すること。」とされています。
3	厚労省のガイドラインとして載せることは、厳密には違うが、法律で禁じる行為と同じ印象を与える。現場として立ち行くかどうかということは、よく議論しないといけない。	
4	例えば、立入禁止範囲に入る装葉作業時にはガードをするなど、立入禁止範囲の定義を明確にしておく必要がある。立入禁止範囲をまず決め、そこにどうしても立ち入らないとならない時に、どういう対策を施すか、ということガイドラインで明確にする必要がある。	
5	禁止という言葉がキツイ。例えば、立ち入り時に配慮を有する領域とか、そういった表現では。	
6	45 度のラインに入る時には、より厳しい管理体制が存在する、ということでしょうか。	
7	線を引く、カラコンを設置、テープを貼る等により 45 度のライン位置を明示し、ここに入るとは危険であり、何らかの対策が必要、という範囲を示した。	
8	「労働者の立ち入りを原則的に禁止する切羽の範囲」を「特段の配慮を必要とする範囲」と修正してはどうか。	

9	<p>人が切羽に近づくからよくないのであり、なるべく無人化しましょうという動きがある。その動きと「特段の配慮を必要とする範囲」は整合が取れているということで良いか。</p> <p>→必須ルールと推奨ルールと、2つ分けている。必須ルールは標準的に実施されている対策、一方、無人化は推奨ルールとしている。</p>	<p>そこで、「労働者の立ち入りを原則的に禁止する切羽の範囲」ではなく、「労働者が立ち入る場合に特段の配慮を必要とする範囲」として図1を提言に記載させていただきます。</p>
---	--	---

3-2 切羽監視責任者を選任する際に求められる要件

No.	御意見	御意見に対する対応（案）
1	ガイドラインには、「事業者は掘削現場に属する労働者の中から切羽監視責任者を選任し、・・・」と書いてあるが、専門工事業者の作業員の中から任命するという認識であるが、元請け職員から任命することでは駄目なのか。	御意見を総括すると、ガイドラインの議論の外であるため、提言には記載しないこととさせていただきます。
2	今回提案させて頂きたい趣旨は切羽監視責任者の要件、切羽監視責任者になる資質が必要ということ。例えば、資格制度、ステータスがないと、切羽を正確に判断出来ない、作業員に対して厳格な指導ができないということがあり、資格等で切羽監視責任者の閾値を決めるということと、その権限、指導力を上げさせる必要がある。	「山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害防止対策に係るガイドラインに関する問答について」 ⁵⁾ には以下の記述があります。
3	ガイドラインに対して意見があるというよりは、資格制度を作って欲しいという話と、元請けと下請けのどちらが責任を持って切羽監視責任者を出すかという、その辺のルール化をして欲しいという事か。	『問3-5 切羽監視責任者の要件は。 答 切羽監視責任者に資格要件は求められないが、監視を行うに足る知見があることが当然の前提である。』
4	元請けか下請けかという事は、例えば甲種火薬を持っていれば、元請けでも下請けでも良い。ガイドラインに記載するというよりも、切羽監視責任者に対する資格制度を制定いただければ。この場で議論すべきか否か分からないが、厚労省に対する要望という事で提案した。	
5	資格制度の話は、別の議論の場があるのではないか。元請けか下請けかという話は、この場では無い。	

3-3 すべての支保パターンにおける鏡吹付け・一次吹付けの必要性

No.	御意見	御意見に対する対応(案)
1	CIIの鋼製支保工が入るところは、鏡吹付けが必要、と言われると、そういうケースはある。全ての支保パターンと言われると、言及が出来ないところ。鋼製支保工を設置しようとする、人が切羽面直下に入るため、吹付け厚さの厚肉・薄肉という議論はあるが、鏡吹付けは必要。	御意見を総括すると、「支保パターンが CII-b 又は I _{N-2P} 以上では鏡吹付けの実施について発注者と協議すること。また、支保パターンが DI-a 又は I _{N-1P} 以下では原則として鏡吹付けを実施すること。」とさせていただければと思います。
2	現行のガイドラインにおいて、「事業者が講ずることが望ましい事項」の中で、具体的な肌落ち防止対策の中に、鏡ボルト、水抜きボーリングなどと並列で鏡吹付けが記載されている。今後、鋼製支保工を建て込む地山では、「事業者が講ずることが望ましい事項」から、原則として鏡吹付けを対策すべき事項とワンランク上の表現を記載いただきたい。	
3	鏡吹付けの力学的な効果はあるが、鏡吹付けは保険という位置づけ、発注者側が保険をどこまで支払うかというところに大きく依存する話。全部やれば安全というのは誰しも分かっている事だが、工費、時間などの関係もある。Dパターンではほとんど鏡吹付けを実施している。一方、CIIパターンでは微妙なところ。そもそも上半に支保工を入れているのは、ポロっと欠けてくる岩塊、小さい岩塊が落ちてきたという話があるからで、CIIは適切に協議して決めましょうということ。BとCIぐらいになるとよほど協議して決めましょう、ということ。	
4	鋼製支保工を建て込む地山について、鏡吹付けは一定の安全レベルとして確保する必要がある。	
5	施工が開始されてから必要と認められて鏡吹付けを実施するという位置付けではなくて、施工発注の段階からある方が良いのか？ →最初から吹くということを決め事として決めた方が良い。	
6	切羽ごとに地山の性状に応じて判断すると言われて、当初から鏡吹付けが設計に入っていない場合、施工を受注した後では、発注者との協議がゼロからというのが非常に辛い。それでも、切羽直下で装薬作業や支保工建込作業している作業員が、非常に怖い思いしながら作業しているため、鏡吹付けを実施させて欲しい。施工時に怖いので、CIの時にもお願いします、と言っても駄目だと言われると、安全作業が滞る。閾値として、鋼製支保工を建て込む時の支保パタ	

	ーンにおいては、鏡吹付けを設計パターン化して欲しい。	
7	画一的に鋼製支保工が入る支保パターンで鏡吹きを実施というのではなく、その支保パターンでは適切に検討して下さい、という記載であれば落としどころとしてはある。	
8	一律に鏡吹付けというのは否定的。受発注者が切羽をよく見てどういうリスクがあるのか、工程リスクと事業費リスクを合わせて発注者として考える。安全をゼロとしてその2つのリスクを考えてるわけではない。基本的には受発注者の協議の中で、安全を確認するということ。	
9	石綿の最高裁でも出たように、危険だと分かっているところに何もしてなかった場合は、行政の不作为になる。この委員会で鋼製支保工を設置する地山等級よりも、地山が良いところでは、原則的に何もしなくても良い、と決めた場合に、それで本当に大丈夫か。鋼製支保工が入る支保パターンでは鏡吹付けを原則実施、それより地山が良いところは、適切に協議してください、という形でどうか。	
10	基本的には、全ての地山で適切に山をよく見て判断しなさいというのがまずある。鋼製支保工が入る時は協議すべき、支保パターン DI より地山が悪くなってくると原則として鏡吹き実施、で良い。	
11	全ての支保パターンで原則鏡吹付け実施という基準で決めるのではなく、現地技術者の技量、今まで施工に携わってきた人の判断がある。全て基準でという考えではなく、その余地を残しておく必要がある。例えば B や CI は、必要であれば、協議して鏡吹付けを実施という記載では。	
12	支保パターンを設定するときは、切羽評価点などで評価しているため、支保パターンと鏡吹付けが連動していても良い。	
13	鋼製支保工が入る場合には適切に協議しましょう、と一文書いておけば、ここは鋼製支保工が入るような地山ですからという理由で、さらに発注者と協議しやすくなる。ただ、一律に鏡吹付けを採用するというのではなく、やはり地山を見て判断すべき。そこはなかなか画一的にラインを決めて、これ以下だったら、鏡吹付けを実施ということは難しい。	
14	D パターンであれば変形が生じるため、その変形をある程度おさえるため、吹付けを実施する、という整理ができる。一方、画一的に CII、鋼製支保工が入るから原則として鏡吹付けを実施します、と言われると、難しい。CII 以上に地山が良い場合には、協議して決めるということが良い。	

3-4 切羽監視責任者とずい道等の掘削等作業主任者の専任制（現行：小断面の場合には双方の兼任が認められているが 20 m²を閾値とする）』

No.	御意見	御意見に対する対応（案）
1	支保工建込や装薬時には切羽監視責任者をつけているため、専任で切羽監視責任者が必要。現行のガイドラインでは、50m ² 以上となっているが、20m ² 以上であれば切羽監視責任者が安全な場所に立てるという事で、20m ² 以上という数字を出している。	「山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害防止対策に係るガイドラインに関する問答について」 ⁵⁾ には以下の記述があります。『問3-7 ズリ出し時に、切羽監視責任者が切羽の状況を監視することは重機との接触災害を発生させるおそれがあるがどのようにすべきか。』
2	切羽監視責任者が重機と接触する場合があることから、50 m ² 以下は兼任で妥当という意見もある。現場の作業員の中には、重機との接触リスクを懸念されている方もいる。切羽監視責任者を50 m ² から20 m ² にして防げる肌落ち災害以上に、重機との接触災害が増えるのは本不意。	答 切羽監視責任者が、重機と接触する災害が生じないようにすることをまず第一に考えていただきたい。接触災害防止対策をとった結果として一時的に切羽の監視ができなくなることは、やむを得ないものと考えている。なお、ズリ出し作業を行う前に、安全にズリ出しが行える程度に切羽が安定していることを確認することは必要である。』
3	建込作業と装薬作業は作業員全員で実施しなければいけない作業。その時に作業パーティの他に切羽監視責任者が必要になる。そのタイミングだけはどうしても兼任ができない、余計に人がいる。	このため、重機と接触する災害が生じないようにすることをまず第一に考え切羽監視責任者を配置する必要があることから、現行のガイドラインの記述『このとき、切羽監視責任者は、原則として専任とするが、トンネルの標準掘削全断面積が概ね50m ² 未満であって、切羽監視責任者と車両系建設機械との接触防止等の安全確保措置の実施が困難な場合には、ずい道等掘削作業主任者等が切羽監視責任者を兼任して差し使えないこと。なお、発破の点火やズリ出し等切羽に労働者が接近しない作業工程においては、切羽監視責任者による常時監視は要しないこと。』で良いと考えます。
4	断面が大きいと高さが高くなるため、落下する位置エネルギーが大きい。断面が大きいほど災害リスクが高まるが、一方、断面が小さいほど災害リスクは小さくなる。その中で、さらに切羽監視責任者を専任とした場合、作業員が重機と接触するリスクの増加、コストの増加（人件費の増加）があり、肌落ちリスクの減少に対して、これらのデメリットを考えて、どこで折り合いをつけるか。現行の50m ² という値は、落とすところで良い線をついている。	

5	鉄道の斜坑や横坑も 50m ² 未満のケースがある。50m ² 未満でも切羽監視責任者は経費の有無は別にして配置する。	
6	今までの災害事例の統計として 50m ² や 20m ² を閾値とするというデータはあるか。根拠あるデータがあれば、20m ² でも 30m ² でも切羽監視責任者を専任とすべき。	
7	重大災害にいたっているかどうか、一つの観点。落ちてくる岩石の位置エネルギーが小さければ、重大な災害に繋がるリスクも減ってくるため、小断面で重大なリスクにならないということであれば、小断面は兼任が良い。	

○参考文献

- 1) 日本建設業連合会, 日本トンネル専門工事業協会: 「トンネル切羽範囲内立入作業における安全対策指針」, 日本建設業連合会安全委員会「トンネル切羽立入判断基準策定専門部会」報告, 9p., 2022年5月18日.
- 2) 厚生労働省: 山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害防止対策に係るガイドライン、
<https://www.mhlw.go.jp/file/06-Seisakujouhou-11300000-Roudoukijunkyokuanzeneiseibu/0000191384.pdf>
- 3) 厚生労働省: 山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害防止対策の徹底について、
<https://www.mhlw.go.jp/content/11300000/000857588.pdf>
- 4) 一般社団法人日本トンネル専門工事業協会: トンネル工事における肌落ち労働災害防止のハンドブック その2、平成24年3月.
- 5) 厚生労働省: 山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害防止対策に係る ガイドラインに関する問答について、
<https://www.mhlw.go.jp/file/06-Seisakujouhou-11300000-Roudoukijunkyokuanzeneiseibu/0000191564.pdf>

山岳トンネル工事の切羽における
肌落ち災害防止対策に関する検討会

報告書
(案)

令和5年3月

独立行政法人 労働者健康安全機構

労働安全衛生総合研究所

目次

第 1 章 検討会の趣旨及び検討事項	1
1-1 趣旨	1
1-2 検討事項	1
第 2 章 検討会の構成及び参集者	2
2-1 構成	2
2-2 参集者	3
第 3 章 検討会の運営	4
3-1 第 1 回検討会	4
3-2 第 2 回検討会	4
3-3 第 3 回検討会	4
第 4 章 検討会の提言およびその解説	5
4-1 提言	5
4-2 提言の解説	7

第4章 検討会の提言およびその解説

近年の山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害事例を受けて、今後の山岳トンネル工事の設計・施工等において留意すべき有用な安全上の知見を抽出し、肌落ち災害防止対策に関する提言として以下のとおりとりまとめる。

4-1 提言

本検討会として、以下のとおり提言する。

第1 発注者による取組

(1) 設計段階

- ①事前調査に基づいた適切な支保パターンの選定
- ②支保パターンが CII-b 又は I_{N-2P} 以上では鏡吹付けの実施について施工者との協議対象とすることを設計図書に記載すること。また、支保パターン DI-a 又は I_{N-1P} 以下では原則として鏡吹付けの実施について設計図書に記載すること。

(2) 施工段階

- ①設計基準類に応じて施工機械の適用性も考慮した掘削工法の検討
※標準的な施工機械を定めている場合にはこの限りではない。
- ②緩和区間の必要性も含めて適切に支保パターン及び補助工法を現場で出現した地山の状況に応じて選定（設計変更）できるように受発注者間の連携の確認
- ③支保パターンが CII-b 又は I_{N-2P} 以上では鏡吹付けの実施について施工者と協議すること。また、支保パターン DI-a 又は I_{N-1P} 以下では原則として施工者に鏡吹付けを実施させること。

第2 設計者による取組

(1) 設計段階

- ①事前調査に基づいた適切な支保パターンの選定
- ②支保パターンが CII-b 又は I_{N-2P} 以上では鏡吹付けの実施について発注者と施工者の協議対象とすることを設計業務の成果物に記載すること。また、支保パターン DI-a 又は I_{N-1P} 以下では原則として鏡吹付けの実施について設計図面に記載すること。

第3 施工者による取組

(1) 施工段階

①本坑の他に、作業坑(斜坑・横坑含む)、避難坑等の規模が大きく異なる断面がある場合においても、切羽の安定、施工機械の適用性等を考慮し、それぞれのトンネルにおいて適切な加背割での施工を行うこと。

②適切なドリル・ジャンボ(ガイドシェルを含む。)の選定と準備

③適切なドリル・ジャンボ(ガイドシェルを含む。)を用い、ロックボルトの施工は原則として掘削後すみやかに一間ずつ行うこと。

④緩和区間の必要性も含めて適切に支保パターン及び補助工法を現場で出現した地山の状況に応じて選定(設計変更)し、施工できるよう受発注者間の連携の確認

※ 地山が急に脆弱になる場合には必ずしも支保の緩和区間は必要ない。

※ 緩和区間を設けず支保パターンを急激に変化させた場合には、発注者と施工者で意思疎通をした上で、その理由を記録・保存しておくこと。

※ 施工者及び専門工事業者は常に連携を図ること。

※ 夜間の連絡体制は別途協議して予め定めておくこと。

⑤図1の範囲については、労働者が立ち入る場合に特段の配慮を必要とする。

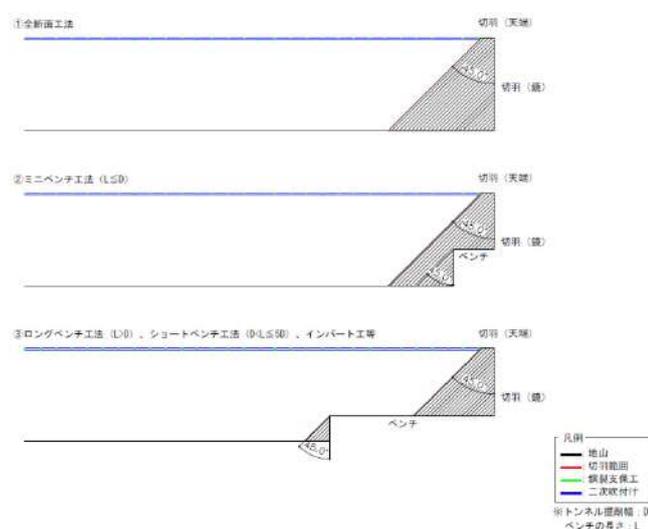


図1 労働者が立ち入る場合に特段の配慮を必要とする範囲

(図の斜線部分をいう。)

⑥支保パターンが CII-b 又は I_{N-2} 以上では鏡吹付けの実施について発注者と協議すること。また、支保パターン DI-a 又は I_{N-1P} 以下では原則として鏡吹付けを実施すること。

4-2 提言の解説

提言のうち、第1～第3までの各項目について、以下のとおり解説する。

第1 発注者による取組

(1) 設計段階

- ①事前調査に基づいた適切な支保パターンの選定
- ②支保パターンが CII-b 又は I_{N-2P} 以上では鏡吹付けの実施について施工者との協議対象とすることを設計図書に記載すること。また、支保パターン DI-a 又は I_{N-1P} 以下では原則として鏡吹付けの実施について設計図書に記載すること。

(2) 施工段階

- ①設計基準類に応じて施工機械の適用性も考慮した掘削工法の検討
※標準的な施工機械を定めている場合にはこの限りではない。
- ②緩和区間の必要性も含めて適切に支保パターン及び補助工法を現場で出現した地山の状況に応じて選定（設計変更）できるように受発注者間の連携の確認
- ③支保パターンが CII-b 又は I_{N-2P} 以上では鏡吹付けの実施について施工者と協議すること。また、支保パターン DI-a 又は I_{N-1P} 以下では原則として施工者に鏡吹付けを実施させること。

(解説)

第1

- (1) ①公益社団法人日本道路協会「道路トンネル技術基準（構造編）・同解説」¹⁾には、『地形・地質調査は、地形図、空中写真等の判読結果および既存収集資料をもとに、現地踏査、物理探査、ボーリング等を系統的に実施し、順次精度を高めるように行わなければならない。』、『トンネルの設計・施工にあたっては、地質調査等の結果に技術的判断を加えて地山分類を行わなければならない。』、『支保構造の事前設計は、地山分類に応じて標準的な組み合わせを設定するものとする。』等とある。

また、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」²⁾には、『調査結果は、各種の調査、試験結果を総合的に判断し、トンネル全体の地質およびとくに施工上問題となるような地質の分布、性状等施工計画策定に必要な事項を地質平面図、地質縦断図にまとめておかなければならない。地質縦断図には岩石の種類、地山物性の代表値ならびに地山区分したときの等級等、支保パターンを定めるのに必要な事項を明記しておかなければならない。』、『地山区分は、岩種分類ごとに弾性波速度と地山強度比、もしくは相対密度と細粒分含有率あるいは類似の地山等を参考に行わなければならない。』、『一般的な地山条件における標準的な断面の当初設計は、

地山等級に対応した標準支保パターンにより行うことを原則とする。』等とある。

したがって、物理探査、ボーリング等の事前調査に基づき、適切な地山分類、適切な支保パターンを選定することが重要である。

- ②地山等級と支保パターンは連動しており、支保パターンが CII-b 又は I_{N-2P} 以上といった場合、地山等級は上がり支保構造が軽減されることを意味する。一方、支保パターンが DI-a 又は I_{N-1P} 以下といった場合、地山等級は下がり支保構造が増強されることを意味する。

- (2) ①ここでいう掘削工法とは、全断面工法、補助ベンチ付全断面工法、上部半断面工法、導坑先進工法、中壁（なかかべ）分割工法等をいう¹⁾。公益社団法人日本道路協会「道路トンネル技術基準（構造編）・同解説」には、『加背に合わせた施工機械の組合せやずり出し方式などを含めた掘削工法を決定する必要がある。』としている¹⁾。

本坑の他に、作業坑（斜坑・横坑含む）、避難坑等の規模が大きく異なる断面がある場合でも、それぞれの加背割及び掘削断面形状に応じ、適切なドリル・ジャンボ及び適切なガイドシェルを施工者にそれぞれ選定させること。なお、加背割及び掘削断面形状に依らず施工機械の適用性が満足できるのであれば、施工者が同一の施工機械を使用することは差し支えない。同一の施工機械を用いることを優先して、施工者に無理な施工をさせないことが重要である。

- ②例えば、国土交通省の地方整備局では、設計図書^{例えば 3), 4)}の中で以下のように支保の緩和を定めている（図-4.1 及び図-4.2 参照）。

なお、維持管理においても支保パターンを不連続に変化させた場合、インバートに盤ぶくれが生じる等が報告されており、支保の剛性の急激な低下はあまり好ましくない、との意見があった。

<p>3-4. 支保の緩和</p> <p>(1) 緩和区間の必要性</p> <p>地山条件に応じてトンネル周辺地山の挙動、支保構造に作用する荷重や変位量はそれぞれ異なる。特に低速度帯等により地山条件が急変する場合には、その区間に対する支保構造の変更のみでは力学的な不連続面が生じ、その変化点付近において覆工コンクリートにクラックが生じる恐れがある。</p> <p>このため、低速度帯前後等で地山等級が急変する場合には緩和区間の必要性を検討する。なお、支保パターンが支保鋼性及び掘削工法が大きく異なるBあるいはC IパターンからD Iパターンに変更となる場合には、C IIパターンを設定する。検討事項</p> <p>(2) 緩和区間長</p> <p>地山区間を考慮して設定するものとするが、地山条件が明瞭でない場合には、支保に作用する後荷の影響と施工の段取り換えを考慮し、20mを目安とする。</p>	<p>補足：[3-4]断層等地山条件の急変部をボーリング等により確認している場合には、BあるいはC IからD Iへの移行区間にC IIパターンを設定するかは適宜評価する。</p>
---	---

図-4.1 国土交通省の地方整備局における支保の緩和に係る記載例³⁾

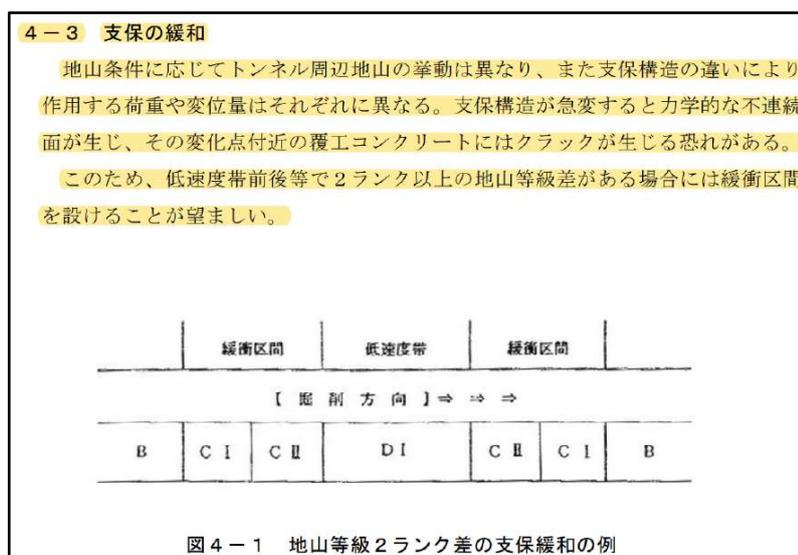


図-4.2 国土交通省の地方整備局における支保の緩和に係る記載例⁴⁾

また、緩和区間長については、『地山区間を考慮して設定するものとするが、地山条件が明瞭でない場合には、支保に作用する後荷の影響と施工の段取り換えを考慮し、20 mを目安とする。』^{例えば³⁾}と定めている。緩和区間長については力学的な根拠があるわけではなく、トンネルの直径の2倍程度と推察される。

なお、地山が急に脆弱になる場合には、支保パターンを速やかに重厚にしないと地山の変形を加速させてしまうおそれがあるため、必ずしも支保の緩和区間は必要ない。緩和区間を設けず支保パターンを急激に変化させた場合には、発注者と施工者で意思疎通をした上で、その理由を記録・保存しておくこと。

なお、上記(2)①と②を総合して、緩和区間の必要性も含めて適切に支保パターン、補助工法、掘削工法等を現場で出現した地山の状況に応じて総合的に選定(設計変更)できるよう発注者と施工者が連携することが重要である。

ここで、発注者と施工者の連携は、例えば、岩判定委員会等での切羽評価点、変位量、施工実績等の総合的な評価等が考えられ、受発注者間で安全を確認することが重要である。

③支保パターンがCII-b又はI_{N-2P}以上においても以下の事項が施工者から報告される場合には、発注者と施工者で協議の上、施工者に鏡吹付けを実施させることが望ましい。

- ・鏡面から岩塊が抜け落ちる^{2),5)}。
- ・鏡面の押し出しを生じる^{2),5)}。
- ・鏡面は自立せず崩れあるいは流出^{2),5)}。

第 2 設計者による取組**(1) 設計段階**

- ①事前調査に基づいた適切な支保パターンの選定
- ②支保パターンが CII-b 又は I_{N-2P} 以上では鏡吹付けの実施について発注者と施工者の協議対象とすることを設計業務の成果物に記載すること。また、支保パターン DI-a 又は I_{N-1P} 以下では原則として鏡吹付けの実施について設計図面に記載すること。

(解説)

第 2

- (1) ①前述したように、第 1 (1) ①と同様である。
- ②前述したように、第 1 (1) ②と同様である。なお、亀裂が発達している地山等においては、CII-b 又は I_{N-2P} 以上でも鏡吹付けの実施の必要性を申し送り事項として後工程に伝えることが望ましい。

第3 施工者による取組

(1) 施工段階

- ①本坑の他に、作業坑(斜坑・横坑含む)、避難坑等の規模が大きく異なる断面がある場合においても、切羽の安定、施工機械の適用性等を考慮し、それぞれのトンネルにおいて適切な加背割での施工を行うこと。
 - ②適切なドリル・ジャンボ(ガイドシェルを含む。)の選定と準備
 - ③適切なドリル・ジャンボ(ガイドシェルを含む。)を用い、ロックボルトの施工は原則として掘削後すみやかに一間ずつ行うこと。
 - ④緩和区間の必要性も含めて適切に支保パターン及び補助工法を現場で出現した地山の状況に応じて選定(設計変更)し、施工できるよう受発注者間の連携の確認
- ※ 地山が急に脆弱になる場合には必ずしも支保の緩和区間は必要ない。
 - ※ 緩和区間を設けず支保パターンを急激に変化させた場合には、発注者と施工者で意思疎通をした上で、その理由を記録・保存しておくこと。
 - ※ 施工者及び専門工事業者は常に連携を図ること。
 - ※ 夜間の連絡体制は別途協議して予め定めておくこと。
- ⑤図1の範囲については、労働者が立ち入る場合に特段の配慮を必要とする。

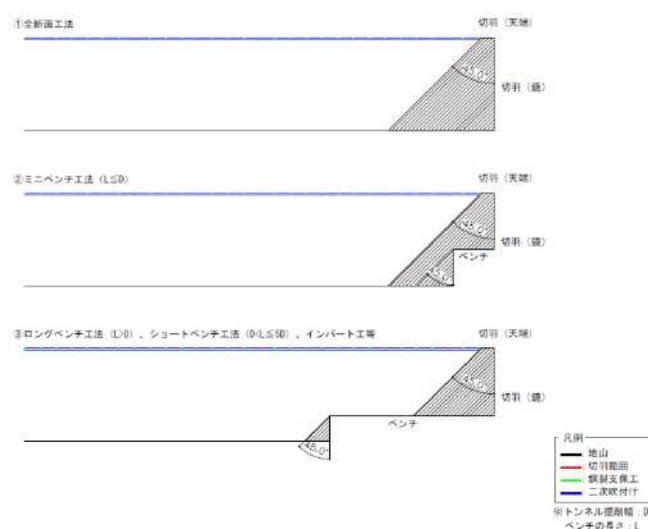


図1 労働者が立ち入る場合に特段の配慮を必要とする範囲

(図の斜線部分をいう。)

- ⑥支保パターンが CII-b 又は I_{N-2} 以上では鏡吹付けの実施について発注者と協議すること。また、支保パターン DI-a 又は I_{N-1P} 以下では原則として鏡吹付けを実施すること。

(解説)

第 3

(1) ①本坑の他に、作業坑(斜坑・横坑含む)、避難坑等の規模が大きく異なる断面がある場合、適切な加背割での施工をする上で、切羽の安定、施工機械の適用性、経済性等を考慮することが重要である。

②本坑の他に、作業坑(斜坑・横坑含む)、避難坑等の規模が大きく異なる断面がある場合でも、それぞれの加背割及び掘削断面形状に応じ、適切なドリル・ジャンボ及び適切なガイドシェルをそれぞれ選定することが基本である。適切にロックボルトを打設するためのフロー図を図-4.3 に示す。



図-4.3 加背割及び掘削断面形状に対して適切にロックボルトを打設するためのフロー図

このように、本坑の他に、作業坑(斜坑・横坑含む)、避難坑等の規模が大きく異なる断面がある場合で同様のフロー図となっているが、それぞれ本坑と作業坑等の加背割及び掘削断面形状に対してそれぞれ適切にドリル・ジャンボとガイドシェルを選定する必要があることを強調したものである。なお、加背割及び掘削断面形状に依らず施工機械の適用性が満足できるのであれば、同一の施工機械を使用して差し支えない。同一の施工機械を用いることを優先して、無理な施工をしないことが重要である。

③『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』²⁾から第 34 条・同解説及び第 23 条・同解説を抜粋したものを図-4.4 及び図-4.5 に示す。

<p>第3節 ロックボルトの施工 第34条 ロックボルトの施工時期 <u>ロックボルトの施工は、原則として掘削後すみやかに行わなければならない。</u></p>
<p>(解説) トンネル掘削により、吹付けコンクリートおよびロックボルトに発生する応力は、掘削後の時間経過とともに増大することが多いので、掘削後すみやかに吹付けコンクリートとロックボルトの施工を行わなければならない。とくに、軟岩、土砂地山では、状況に応じてずり出しに前後して行うなど、その施工時期を極力早くすることがとりわけ重要である。 切羽から離れて施工するロックボルトは、下半掘削時の上半の安定性を増すのを目的とする場合や変位の収束のための増しボルトの場合および切上げや分岐等の補強に要するロックボルト以外は行わない。</p>

図-4.4 『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』 から第5編第34条・同解説²⁾

<p>第3節 ロックボルト 第23条 ロックボルト一般 ロックボルトの設計にあたっては、地山条件やトンネルの使用目的等を考慮し、その機能を十分発揮させるよう検討しなければならない。</p>
<p>(解説) 1) 作用効果 ロックボルトは、地山と一体となってその効果を発揮するため、設計にあたっては求める機能と地山の挙動、施工性を考慮して、材質、強度、配置、寸法、定着方式、形状等を決定する必要がある。 ロックボルトの作用効果は、表-4.17 に作用概念を示すが、地山の種類によりおおむね以下のように考えられる。 a) <u>硬岩地山および塑性化しない軟岩地山(Ⅱ_N以上に相当)</u> 地山強度比が大きくトンネル周辺地山が塑性化しない場合には内圧効果は不要である。また、硬岩地山等ではロックボルトがなくてもグラウンドアーチが形成される場合が多いため、ロックボルトでグラウンドアーチを形成する必要性は少ない。したがって、<u>硬岩地山あるいは地山強度比の大きい軟岩地山におけるロックボルトの目的は、亀裂面に平行な方向のせん断力に抵抗する効果や、直角方向のはく離、移動を抑制する縫付け効果が主体である。</u></p>

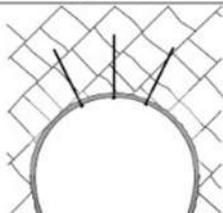
ロックボルトの効果	概念図
<p>①縫付け効果(吊下げ効果) <u>発破等で緩んだ岩塊を緩んでいない地山に固定し、落下を防止しようとするものである。割れ目の発達した地山において、吹付けコンクリートと併用すると効果が大きい。</u></p>	

図-4.5 『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』 から第4編第23条・同解説を抜粋²⁾

同表に示すように、第34条に『ロックボルトの施工は、原則として掘削後すみやかに行われなければならない』²⁾とある。また、第23条の解説には、Ⅱ_N以上に相当する地山において、ロックボルトの目的は『縫付け効果』²⁾が主体であると述べており、『発破等で緩んだ岩塊を緩んでいない地山に固定

し、落下を防止しようとするものである。』²⁾とある。そのため、加背割によらず、ロックボルトを複数の間（ま）にまとめて打設することなくすみやかに一間（ひとま）ずつロックボルトを打設する必要がある。上記は上半の場合についてであり、下半の場合は発注者等の設計基準類に従うこと。なお、長孔発破においてロックボルトの打設を伴う場合、一間（ひとま）の定義について、発注者と施工者で協議すること。核残しの場合についても発注者と施工者は協議すること。

④前述したように、第1（2）②を参照のこと。また、第3（1）①と合わせて、緩和区間の必要性も含めて適切に支保パターン、補助工法、加背割等を現場で出現した地山の状況に応じて総合的に選定（設計変更）できるように発注者と施工者が連携することが重要である。

⑤労働者が立ち入る場合に特段の配慮を必要とする範囲は、日本建設業連合会「トンネル切羽範囲内立入作業における安全対策指針」⁶⁾に示されているものとして差し支えない（図-4.6 参照）。また、ここで言う「特段の配慮」とは、「トンネル切羽範囲内立入作業における安全対策指針」⁶⁾に示されているものうち、同範囲内への関係者以外の立入禁止措置（同範囲を明示することを含む。）、警報装置の携帯、バックプロテクターの着用等をいう（図-4.7、図-4.8 参照）。また、推奨対策として、鏡クラック自動検知等の新技術の活用等がある（図-4.9 参照）。ここで、関係者以外とは、切羽作業（装薬作業、支保工建込作業、ロックボルト打設作業等）に従事する労働者以外をいう。なお、切羽作業を停止し切羽の安定が保たれている場合にはこの限りではない。

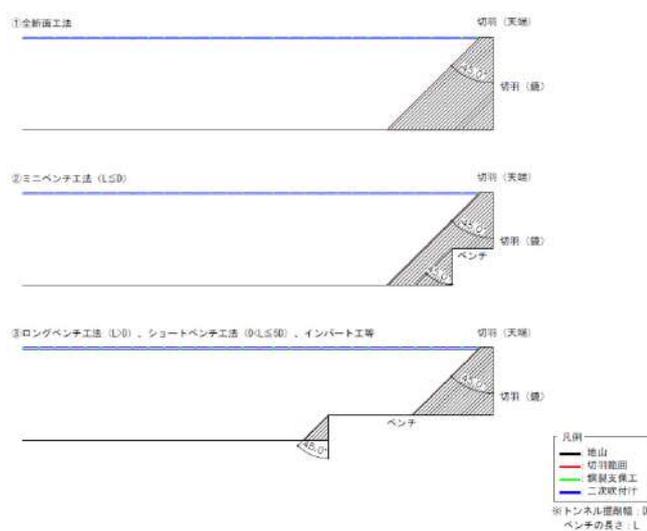


図-4.6 労働者が立ち入る場合に特段の配慮を必要とする範囲⁶⁾
(図の斜線部分をいう。)



図-4.7 特段の配慮を必要とする範囲への関係者以外の立入禁止措置⁶⁾



図-4.8 警報装置⁶⁾



図-4.9 鏡クラック自動検知システム⁶⁾

「特段の配慮を必要とする範囲」に労働者が立ち入る場合には「特段の配慮（同範囲内への関係者以外の立入禁止措置、警報装置の携帯、バックプロテクターの着用等）」が必要であり、現行のガイドラインにおける「切羽」に労働者が立ち入る場合には「肌落ち防止対策」の実施が必要という整理である。

ここで、「特段の配慮を必要とする範囲」がより大きな領域であり、その中に「切羽」は含まれる。「切羽」の定義は現行のガイドラインでは「山岳トンネル工事現場におけるトンネルの掘削の最先端をいい、地山が露出している領域全体をいう。」とある。

⑥支保パターンが CII-b 又は I_{N-2P} 以上においても以下の事項が観察される場合には、発注者と施工者で協議の上、鏡吹付けを実施することが望ましい。

- ・ 鏡面から岩塊が抜け落ちる^{2),5)}。
- ・ 鏡面の押し出しを生じる^{2),5)}。
- ・ 鏡面は自立せず崩れあるいは流出^{2),5)}。

参考文献：

- 1) 公益社団法人日本道路協会：道路トンネル技術基準（構造編）・同解説, pp.25-62, pp.76-85, pp.125-131, pp.188-191, 平成 15 年 11 月.
- 2) 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, 平成 29 年 3 月 28 日一部改定鉄設二第 170322001 号, p. 37-38, p. 60, pp. 86 ~ 89, p. 166, p. 272, 2017.
- 3) 国土交通省四国地方整備局: 設計便覧 第 III 編 道路編, 第 9 章 トンネル設計, <https://www.skr.mlit.go.jp/road/ir/binranroad/binran/etsuran.html>, 平成 30 年 7 月.
- 4) 国土交通省九州地方整備局: 土木工事設計要領 第 III 編 道路編, 第 3 章 トンネル設計, https://www.qsr.mlit.go.jp/site_files/file/s_top/h22doboku/douro/3-04.pdf, 平成 28 年 4 月.
- 5) 公益社団法人日本道路協会：道路トンネル観察・計測指針, p.24, 2009, 平成 21 年 2 月.
- 6) 日本建設業連合会, 日本トンネル専門工事業協会: 「トンネル切羽範囲内立入作業における安全対策指針」, 日本建設業連合会安全委員会「トンネル切羽立入判断基準策定専門部会」報告, 9p., 2022 年 5 月 18 日.

参考資料④

第3回「山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害防止対策に関する検討会」

議事録

委員の意見及びその対応

山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害防止対策に関する検討会

議事録

第3回

令和5年2月17日（金）14：00～

（独）労働者健康安全機構 労働安全衛生総合研究所

清瀬地区 本部棟 1階第2会議室

（開催方法：対面及びWeb）

議事次第

1. 開会

- ・福井技術審査官から開会挨拶があった。

2. 議事

（1） 前回議事録（案）の確認（資料3-1）

- ・事務局から前回議事録（案）について説明があり、原案が承認された。

（2） 肌落ち災害防止対策に関する提言のとりまとめについて（資料3-2～資料3-4）

- ・事務局から資料3-3及び資料3-4について説明があり、委員等からいただいた意見を資料4-2としてまとめた。

- ・論点3-1及び論点3-3については委員からいただいた修正意見を受けて修正し、修正案をメール審議することとなった。それ以外の箇所については承認された。

（3） その他

- ・特になし

3. 閉会

○配布資料：

資料 3-1 第 2 回検討会議事録（案）

資料 3-2 今後の山岳トンネル工事の設計・施工等において留意すべき有用な安全上の知見の抽出・整理

資料 3-3 第 2 回検討会において委員から頂戴した意見と対応（案）

資料 3-4 「山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害防止対策に関する検討会」報告書(案)

第3回山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害防止対策に関する検討会において

委員から頂戴した意見と対応

○論点1について

ベンチの有無にかかわらず適切にロックボルトを打設するためには

No.	御意見	御意見に対する対応
1	1点確認させていただきたい。論点1については、今回の山岳トンネルの災害を受けて、その災害の発生原因を分析した結果、こういうことをしっかり書いておくべきとのことで、こういった対応がまとめられているという認識で良いか。	御意見のとおりです。

○論点2について

支保パターンの連続性（支保の緩和）について

No.	御意見	御意見に対する対応
1	特段の意見はなし	

○論点 3 について

3-1 労働者の立ち入りを原則的に禁止する切羽の範囲

No.	御意見	御意見に対する対応
1	<p>断面の早期閉合について。切羽からなるべく近いところでインバートまで掘り込んで、インバートを早く構築しましょうという、かなり切羽に近い作業になる。力学的に考えた場合に、もう少し閉合距離を切羽に近いところで閉合すれば、効果があるという話になったときに、危なくて入れないということを現場で言われる場合がある。根拠の一つとしては厚労省のガイドライン、日建連の安全対策指針、社内規程を引用し、これ以上近づけず閉合距離は短くすることがむずかしいと言われる場合もある。ただ、今回の提言案の書きぶりはそこまで強いことは言っていない。地山の悪いところで早期閉合する場合は、鏡ボルト、天端の長尺鋼管先受け等、切羽を立たせる対策をセットで施工している。そのため基本的には特段の配慮をしている現場になる。切羽の安定性が確保されていることが前提であるが、今回の提言案が早期閉合を妨げるようなものになっていなければ良いと思うが、その点は大丈夫か？</p> <p>→早期閉合によるトンネルの安定効果が見直され、早期閉合はトンネルの安定のために非常に重要な手段。その上で、早期閉合をした場合、インバートを施工する箇所が、特段の配慮（45度）の範囲に入る場合には、特段な配慮が必要になる。それは天端から崩れた切羽がインバートを作業しているところまで影響してしまうからで特段な配慮が必要。鏡の安定対策といった補助工法が非常に有効。そのため、特段の配慮の中に鏡安定対策、鏡吹付け、鏡ボルト、先受け工といった対策もあるということも記載し、誤解のないようにする必要がある。</p> <p>→今回の提言案のまとめ方は早期閉合の距離を詰めることに対して、制約をかけるようなそういったものにはなっていないという理解で良いか？</p> <p>→特段の配慮をしてから入りましょうという意味です。</p>	<p>早期断面閉合については、解説文の中に記載させていただきます。</p>
2	<p>資料 3-4 の 15 ページ目、図-4.7 に特段の配慮を必要とする範囲への関係者以外の立入禁止措置とあるが、14 ページ目の図-4.6 よりもかなり遠い印象。もう少し切羽に近い位置ではないか？</p>	<p>御指摘のとおり修正させていただきます。</p>

	加えて、図-4.8 の警報装置も良く分からない。さらに、図-4.9 の鏡クラック自動検知システムもどれがどれだかよく分からない。 →これらの図面は日建連さんの安全対策指針から引用したものですので、日建連さんに御提供を御願います。	
3	例えば、資料 3-4 の 11 ページ目等、切羽の範囲を明示した方が 良いのでは。	御指摘のとおり 修正させていただきます。

3-2 切羽監視責任者を選任する際に求められる要件

No.	御意見	御意見に対する対応
1	ガイドラインに関する問答はどこかに公表されて誰でも見ることができるようになってきているのか。問答があるということを知周知する必要がある。	報告書の参考文献の中に記載させていただきます。また、以下のとおり、こちらにも改めて記載させていただきます。 ○厚生労働省：山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害防止対策に係る ガイドラインに関する問答について、 https://www.mhlw.go.jp/file/06-Seisakujouhou-11300000-Roudoukijunkyokuanzeneiseibu/0000191564.pdf また、巻末にも参考資料⑤として掲載させていただきます。
2	専門工事業者から元請に出向で所属させ、元請の切羽監視責任者としても良いのではないかと思うので、専門工事業者としてもそういった活動をしていきたい。	
3	日建連としても、切羽監視責任者をどう教育していくか、そういったことをまずは考えていきたい。	御願いたします。
4	これまでのこのような議論は、報告書の中に適切に記載されるのか。	報告書の中に掲載させていただきます。

3-3 すべての支保パターンにおける鏡吹付け・一次吹付けの必要性

No.	御意見	御意見に対する対応
1	<p>1.原則、鏡吹付け実施という言葉はかなり強い言葉。DI-a 以下で原則鏡吹付けを実施しているというエビデンスを整理する必要がある。</p> <p>2.現場で実施している実態であるとか、安全面で実施している実態は理解できるが、発注者サイドでいう積算とは違うのではないかと思う。報告書の中に設計図面や設計図書に鏡吹きつけの実施について記載といったことの記述があるが、具体的にどのように記載するのかがよく分からないところがある。発注者サイドでは、トンネル技術基準である等に基づき、工事を実施していくことになるが、DI-a 以下では原則鏡吹付け実施と一律に記載すると、現場の状況を何も考えずに工事を進めていくと想定されるので、やはり受発注者の協議をもって実施の必要性を決めていく方が良いのではと考える。</p>	<p>1.日本トンネル専門工事業協会の技術情報委員会が実施したアンケート調査結果⁶⁾が委員から提示されています。調査対象が施工系会員会社 35社の現場所長クラスを対象に令和4年9月から1ヵ月の期限でアンケート調査をされたとのこと。回答状況としては、20社67現場より回答があったとのこと。その結果のうち、「全ての支保パターンでの(上半)鏡吹付け」を実施している現場は、67件中64件ということで割合として95.5%ほど鏡吹付けを実施している状況とのこと。</p> <p>また、あるゼネコンさんから社内規程を提示いただき、Dパターンで厚さ50mm以上、Cパターンで30mm以上の吹付けを規程しているとのこと。</p> <p>さらに、DI-a以下で原則鏡吹付けを実施しているか否かという実績だけでは、なぜDI-a以下で鏡吹付けが必要かというエビデンスとなりにくいこともありますので、肌落ちによる死亡災害の統計データを参考に、地山等級Dにおいて最も死亡災害件数が多いことをエビデンスとさせていただきます。</p>

		<p>2.平成 28 年 12 月 16 日に「建設工事従事者の安全及び健康の確保の推進に関する法律」が制定され、同法律の基本理念である第 3 条第 2 項に『建設工事従事者の安全及び健康の確保は、このために必要な措置が建築物等の設計、建設工事の施工等の各段階において適切に講ぜられることにより、行われなければならない。』とあります。そのため、施工段階の安全のために施工者が実施している必要な鏡吹付けであれば、設計段階からそれを盛り込んでいくということが国として求められると考えています。同法律は、厚生労働大臣だけでなく、国土交通大臣及び内閣総理大臣も署名しています。そのため、同法律を遵守した形で、発注者、設計者、施工者が一緒になって考えていかなければならない問題だと思います。</p>
2	<p>資料 3-4 の 9 ページに鏡吹付けをすることが望ましいという 3 つの項目をあげている。</p> <p>『・鏡面から岩塊が抜け落ちる。 ・鏡面の押し出しを生じる。 ・鏡面は自立せず崩れあるいは流出。』</p> <p>何でもかんでも鏡吹付けと一律に決めるのは強すぎるという主張も分かりますが、一方で、上記したような 3 つの項目のうちのいずれかが観察される地山というのが DI-a 又は I_{N-1P} 以下に該当する。そのため、DI-a 又は I_{N-1P} 以下であれば設計から鏡吹付けが必要だと判断しても良い。</p>	<p>御意見のとおりです。</p>

4	発注者サイドとしては、本日の議論を受けてどのようにすべきなのか検討すべき課題として受け止めておく。	御願いたします。
5	<p>発注者の方では、DI-a 以下では実績を踏まえて鏡吹付けを積算している。ただし、鏡吹付けの厚さは確認する必要がある。</p> <p>また、資料 3-4 の図 1 の「労働者が立ち入る場合に特段の配慮を必要とする範囲」について、ベンチ（下半）の箇所にも吹付けをしないとイケないのか？</p> <p>→ベンチは掘削の最先端ではないため、現行のガイドラインでは、切羽を「・・・トンネルの掘削の最先端をいい・・・」と定義していることから、ベンチには鏡吹付けを必ずしも施工する必要はない。</p> <p>→下半（ベンチ）の断面というのは、直立していることはあまりなく、斜めに多少安定させていると思うので、そこに吹付けは必要ないということは必然的に分かる話でもある。</p>	委員回答済み。
6	資料 3-4 の図 1 の「労働者が立ち入る場合に特段の配慮を必要とする範囲」について、上記した事項も含めて、もう少し分かりやすく記載すべき。	図 1 を修正させていただきます。
7	鏡吹付けを実施するのであれば、地山評価とセットのはず。DI 以下であれば鏡吹付けを一律に実施となると、地山評価が甘めになって鏡吹付けをしたいがために D という評価になりがちになることを懸念する。発注者サイドの道路関係で話を聞く限りは D パターンで鏡吹付けは実施しているという印象ではあるが、感覚的なことのため、発注者サイドがデータで裏付けを取ることが重要。	No.4 の御意見のとおりかと思えます。
8	エビデンスがしっかりしていれば記載しても良いが、エビデンスがしっかりしていなければ書き方を工夫した方が良い。	設計段階では以下のような記載とさせていただきました。
9	DI 以下で原則鏡吹付け実施というのは落とし所として妥当なライン。支保パターンで一律に決めるものでもないという意見も分かるが、先ほどの 3 つの項	『地山の評価において、次の（ア）～（ウ）の事項のうち 1 つでも想定される場合には、

	<p>目、</p> <p>『・鏡面から岩塊が抜け落ちる。</p> <p>・鏡面の押し出しを生じる。</p> <p>・鏡面は自立せず崩れあるいは流出。』</p> <p>これらに該当するのがDI地山だと思う。エビデンスがないのでよく分からないが現場でもDI以下は鏡吹付けを実施している現場が確実に増えている。「原則として」をつけることによって、本当にこんな硬い地山まで吹付けるのという時にここには必要ないという判断ができるので、原則としてDI以下は吹付けるということが良い。</p>	<p>原則として鏡吹付けの実施について設計図書に記載する必要があること。</p> <p>(ア) 鏡面から岩塊が抜け落ちる。</p> <p>(イ) 鏡面の押し出しを生じる。</p> <p>(ウ) 鏡面は自立せず崩れあるいは流出。</p> <p>そのため、切羽の自立が悪い場合に適用される支保パターン DI-a 又は I_{N-1P} 以下では原則として鏡吹付けの実施について設計図書に記載すること。また、上記した事項が懸念される場合には支保パターン CII-b 又は I_{N-2P} 以上でも鏡吹付けの実施について検討する必要があることを設計図書に記載すること。』</p> <p>また、施工段階では以下のような記載とさせていただきます。</p>
10	<p>地山評価とセットで現場にて考えるようにして欲しいところ。施工者はCIIからDIにはすぐに支保パターンを変更する印象だが、DIからCIIへなかなか変更しない印象。そのため、地山を見て判断すべきというところも必要。一律に決めてしまうと技術者が考えなくなる。</p>	<p>『切羽の評価において、次の(ア)～(ウ)の事項のうち1つでも発生し労働災害となることが懸念されると判断される場合には、原則として施工者に鏡吹付けを実施させる必要があること。</p> <p>(ア) 鏡面から岩塊が抜け落ちる。</p> <p>(イ) 鏡面の押し出しを生じる。</p> <p>(ウ) 鏡面は自立せず崩れあるいは流出。</p>
11	<p>全ての支保パターンで鏡吹付けを実施して欲しいが、地山評価とセットという話も分かる。ただ、地山評価は現場で判断する人によって、まちまちの評価になりがち。そのため、こういった判定の時に、鏡吹付けを実施するという判断基準が明確にあると良い。</p>	<p>『切羽の評価において、次の(ア)～(ウ)の事項のうち1つでも発生し労働災害となることが懸念されると判断される場合には、原則として施工者に鏡吹付けを実施させる必要があること。</p> <p>(ア) 鏡面から岩塊が抜け落ちる。</p> <p>(イ) 鏡面の押し出しを生じる。</p> <p>(ウ) 鏡面は自立せず崩れあるいは流出。</p>
12	<p>設計者の立場として、先ほどの3つの項目は、</p> <p>『・鏡面から岩塊が抜け落ちる。</p> <p>・鏡面の押し出しを生じる。</p> <p>・鏡面は自立せず崩れあるいは流出。』</p> <p>我々としてもこういう事象を想定しながら地山分類をしている。亀裂ということが非常に重要な要素。逆に言うと、そういったことが起きないDIというのがちょっと想像しにくい。極端な例外があるかもしれないが、それは原則という言い方で除外できる。</p> <p>一方、DIIIについては、土被りで一律に決めるため、場合によっては坑口からすぐの箇所でもカチカチの岩盤が出現することもある。そういう場合もあ</p>	<p>『切羽の評価において、次の(ア)～(ウ)の事項のうち1つでも発生し労働災害となることが懸念されると判断される場合には、原則として施工者に鏡吹付けを実施させる必要があること。</p> <p>(ア) 鏡面から岩塊が抜け落ちる。</p> <p>(イ) 鏡面の押し出しを生じる。</p> <p>(ウ) 鏡面は自立せず崩れあるいは流出。</p>

	<p>ることから DIII については切羽の状況に応じて協議ということでも良いのではないか。</p> <p>→DIII が1ランク重厚な支保構造としているのは全土被り圧が作用したり、坑口で斜面といった不安定要素があるということで、支保構造を厚くしている。そのため DI と同様にこれだけの支保構造が必要であれば原則として鏡吹付けは必要。</p>	<p>そのため、切羽の自立が悪い場合に適用される支保パターン DI-a 又は I_{N-1P} 以下では原則として施工者に鏡吹付けを実施させること。また、上記した事項が懸念される場合には支保パターン CII-b 又は I_{N-2P} 以上でも鏡吹付けの実施について施工者と協議すること。』</p>
13	<p>鉄道トンネルでは、I_{N-1P} 以下になってくると、先ほどの3つの項目、</p> <p>『・鏡面から岩塊が抜け落ちる。 ・鏡面の押し出しを生じる。 ・鏡面は自立せず崩れあるいは流出。』</p> <p>が該当し、技術者によって発注者によって意見が分かれるといったものではなく、まさにこれは鏡吹付けしないとダメだよねというもの。そういった意味でこれらが原則として I_{N-1P} 以下では鏡吹付け実施ということになってくる。ただ、支保パターンが先行してしまうという状況も好ましくないので、先ほどの3つの項目を先に記載いただき、それを受けて I_{N-1P} 以下では鏡吹付け実施という書きぶりが良い。</p>	
14	<p>「原則として」ということと、先ほどの資料 3-4 の 9 ページの 3 項目がセットになって記載しておけば、あまり変なことが起きない。</p>	
15	<p>日本道路協会「道路トンネル技術基準（構造編）・同解説」の表-4.3.3 の地山分類表を見ると、最も右の列に「トンネル掘削の状況」の欄があり、DI 等級の箇所を見ると、『切羽の自立が悪く、地山条件によってはリングカットや鏡吹きを必要とする。』とあり、切羽の自立性が悪いということが DI の特徴。資料 3-4 の 9 ページの先ほどの 3 項目をよく見ることは当然だが、切羽の自立性が悪いということが DI の特徴でもあるので、基本的には DI は鏡吹付けをするということは「原則として」という言葉がつくのであれば落とし所としてある。DI パターンの支保構造を見ると、上半と下半に支保工が入っていて、ある程度変形してくるものに対して、</p>	

	<p>しっかりと受けるという支保構造になっている。 先ほどの3項目のうちの1つ『鏡面の押し出しを生じる。』も地山が変形してくるような地山だという観点で捉えると、DIはそういう地山が押してくるような地山ということでDIの支保構造の面から見てもおかしくない。DIを「原則として」ということが落とし所。</p>	
16	<p>およそ議論が集約されてきたため、基本的には資料3-4に書かれた提言(案)で良いが、委員の皆様の見解に基づいて、もう少し言葉を追加して誤解のないようにもう1度文章の修正をお願いします。</p>	

3-4 切羽監視責任者とずい道等の掘削等作業主任者の専任制（現行：小断面の場合には双方の兼任が認められているが 20 m²を閾値とする）』

No.	御意見	御意見に対する対応
1	現行のガイドラインの記載に異論はない。	

○参考文献

- 1) 日本建設業連合会, 日本トンネル専門工事業協会: 「トンネル切羽範囲内立入作業における安全対策指針」, 日本建設業連合会安全委員会「トンネル切羽立入判断基準策定専門部会」報告, 9p., 2022年5月18日.
- 2) 厚生労働省: 山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害防止対策に係るガイドライン、
<https://www.mhlw.go.jp/file/06-Seisakujouhou-11300000-Roudoukijunkyokuanzeneiseibu/0000191384.pdf>
- 3) 厚生労働省: 山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害防止対策の徹底について、
<https://www.mhlw.go.jp/content/11300000/000857588.pdf>
- 4) 一般社団法人日本トンネル専門工事業協会: トンネル工事における肌落ち労働災害防止のハンドブック その2、平成24年3月.
- 5) 厚生労働省: 山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害防止対策に係るガイドラインに関する問答について、
<https://www.mhlw.go.jp/file/06-Seisakujouhou-11300000-Roudoukijunkyokuanzeneiseibu/0000191564.pdf>
- 6) 一般社団法人日本トンネル専門工事業協会: 「トンネル切羽立入判断基準」に関するアンケート調査結果について、令和5年3月.

参考資料⑤

山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害防止対策に係るガイドライン
に関する問答について（平成 29 年 3 月 6 日付け事務連絡）

事 務 連 絡
平成 29 年 3 月 6 日

都道府県労働局労働基準部
安全主務課長 殿

厚生労働省労働基準局安全衛生部
安全課建設安全対策室長
(契印省略)

山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害防止対策に係る
ガイドラインに関する問答について

山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害防止対策に係るガイドライン（平成 28 年 12 月 26 日付け基発 1226 第 1 号別添）について、別添のとおり取りまとめましたので業務の参考にしてください。

(別添)

平成 29 年 3 月 6 日
厚生労働省安全衛生部
安全課建設安全対策室長

山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害防止対策に係る
ガイドラインに関する問答について

1	総論関係	2-4
2	肌落ち防止計画関係	4-6
3	切羽の監視・観察関係	6-9
4	切羽の立入禁止措置関係	9-10
5	具体的肌落ち防止対策	10-14
6	その他	14-14

1 総論関係

問1-1 「事業者」は誰を指すのか。

答 施工業者（建設業者）である。ガイドラインに基づく措置を実施するのは基本的に元請と考えているが、その実施事項について専門工事業者が行うことが効果的と考えられる場合は、専門工事業者が行うこととして差し支えない。

問1-2 発注者にはどのような責務があるのか。

答 労働安全衛生法第3条第3項では、注文者等仕事を他人に請け負わせる者は、施工方法、工期等について、安全で衛生的な作業の遂行をそこなうおそれのある条件を付さないように配慮しなければならないとされており、この注文者には発注者が含まれている。

ガイドラインにおいては、発注者の責務として明確に定めている事項はないが、肌落ち防止計画の変更の際には、事業者は発注者及び設計者と十分検討を行い、肌落ち防止計画を適切なものに変更することとしているので、労働災害防止の観点から真摯に検討を行うことが求められる。

発注者は、肌落ち災害防止対策を事業者に任せるのではなく、事業者との協議等の場を通じ、地山の状態に応じた適切な肌落ち防止対策が講じられるよう、肌落ちのリスクがあることを承知の上で切羽に入る作業員の安全確保に取り組んでいただきたいと考えている。

問1-3 事業者の責務として、ガイドラインに基づき切羽における肌落ち災害防止対策を講ずることが規定されているが、肌落ち災害が発生した場合の法的責任はどうなるのか。

答 ガイドラインは法的な義務を規定したものではない。このため、ガイドラインに記載した措置を実施しなかったことを理由として労働安全衛生法違反として刑事責任を問われることはなく、罰則を科されることもない。しかしながら、労働安全衛生法に基づく規定は最低限の基準であり、ガイドラインに基づくより安全性の高い措置を採ることにより、肌落ち災害防止を図っていただきたい。

なお、労働安全衛生規則に違反する事項があった場合には、法的責任が問われることがある。

問1-4 ガイドラインは発注者に対してどのように周知されているのか。

答 ガイドライン発出の際、国土交通省、独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構、各高速道路会社を含む主要な発注者団体及び発注者に対し、特段の

配慮をいただくよう文書により要請している。詳細は以下のサイトの「山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害防止対策に係るガイドラインについて（平成 28 年 12 月 26 日付け基発 1226 第 1 号）」の別紙 2 及び 3 を参照されたい。

<http://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/0000149309.html>

問 1-5 ガイドラインには「・・・すること」「・・・させること」「・・・ものとする」「・・・望ましい」「・・・努めるものとする」等の表現があるが、どのように違うのか。

答 ガイドラインには、法的義務があるわけではないが肌落ち災害を防止するために実施することが望ましい事項を記載したものである。この中でも「・・・すること」等と断定している事項は取り組むことが強く求められるものである。一方、「・・・望ましい」「・・・努めるものとする」としている事項はより水準が低い事項であり、求められる程度が弱い。

問 1-6 肌落ち防止対策が設計に入れられるように場合には、対策の選定方法・基準が必要となるが、誰が作成するのか。

答 法的義務が課されていない他の安全対策と同じく、各発注者が個々に作成する又は既存の基準を引用することになる。

問 1-7 肌落ち防止計画に盛り込んだ対策の費用負担はどうなるのか。

答 問 1-4 のとおり、厚生労働省では、主要な発注者にガイドラインを送付し、特に特段の配慮をいただくよう要請しており、ガイドラインに基づく措置についてはおおむね理解をいただいているものと受け止めている。

問 1-8 肌落ちの定義に切羽崩壊は含まれるのか。

答 第 3 の 2 で肌落ちについて「トンネルを掘削した面から岩石等が落下することをいう」としており、規模については規定していないので、ガイドラインでは切羽崩壊は肌落ちに含まれる。

なお、掘削中のトンネル全体が崩れるような大規模な落盤の防止対策についてもガイドラインに記載した対策はある程度有効性を発揮すると考えられる。

本来であれば、切羽崩壊が想定されるような地山に対しては、設計段階から支保構造をより強固なものとし、補助工法の採用も検討する等、対策を講ずることが望ましい。なお、施工中の地山状況が事前調査とは異なり切羽崩壊が想定される場合には、施工者は、発注者及び設計者と協議の上、支保構造の増強、補助工法の採用等の対策を講ずることが望ましい。

問 1-9 「肌落ち災害防止」と「地山安定」との境界を明確にすべきではないか。

答 地山が不安定であることの結果として生じる肌落ちがあるため、地山安定対策と肌落ち災害防止対策は明確に区別することは困難と考えられる。

問 1-10 第 7 の「肌落ち防止対策の実施に係る留意事項」について、「留意」の意味するところは何か。

答 肌落ち防止対策の選定、実施等に当たって事業者に留意いただきたい事項であり、第 6 の「肌落ち防止対策」の補足的意味合いを持つものである。

問 1-11 ガイドラインはいつから効力を発するのか。

答 発出日である平成 28 年 12 月 26 日から効力を発する。なお、着工済みのトンネル工事であっても、ガイドラインは適用される。

2 具体的肌落ち防止計画関係

問 2-1 肌落ち防止計画のイメージがわからない。

答 肌落ち防止計画は施工計画と同様のレベルにあるものであり、あるトンネル工事における肌落ち防止対策全般について策定するものである。肌落ち防止計画を受けて、個々の地山に対して対策を検討し、実施することになる。

問 2-2 肌落ち防止計画の作成のなかで、地山の事前調査が規定されているが、発注者や設計者が事前に実施したボーリング調査等とは別に、事業者が施工を開始する前に再調査を実施しなければならないということか。また、この場合の事業者は元請か、専門工事業者か。

答 肌落ち防止計画の策定にあたって発注者や設計者が事前に行ったボーリング調査結果等を活用することは差し支えない。また、それらの調査結果により適切な肌落ち防止計画が作成できる場合は、追加のボーリング調査等を行う必要はない。

この場合の事業者は通常は元請であると考えている。

問 2-3 発注者や設計者が、工事費の増加や工事の遅延等を理由に事業者の作成した計画案を認めない場合は、事業者は自らの負担で計画を実行しなければならないのか。

答 工事費の増加や工事の遅延を招いたとしても、労働者の安全を確保するためには肌落ち災害防止対策を充実させるべき場合があることから、今般ガイドラ

インを策定したものである。発注者や設計者はガイドラインに規定する対策を講じる直接の主体ではないが、肌落ちのリスクがあることを承知の上で切羽に入る作業員の安全を確保することはトンネルという社会的なインフラストラクチャーを整備する観点からも重要であり、関係者の合意が得られるようにはからっていただきたい。

問 2-4 肌落ち防止計画は、事業者が発注者と検討し、適切なものに変更するとあるが、協議により発注者が変更するものであり事業者が変更するものではないか。

答 肌落ち防止計画の作成者は事業者としている。

問 2-5 肌落ち防止計画を作成するのは、元請と掘削担当の一次下請けのいずれが適当か。

答 一般論としては、現場の統括管理を行う立場である元請が作成することが適当だが、計画策定の過程では掘削担当一次下請の意見を聞くことは実務的に必要となると考えている。

問 2-6 肌落ち防止計画書は作業手順書に記載するのか。

答 肌落ち防止計画は地山の状況に応じて適切な対応をとるために対策、監視、退避等についてあらかじめ策定しておくものであり、施工計画に相当するレベルのものである。

なお、労働安全衛生規則第 380 条に定める施工計画と一体のものとして作成することは差し支えない。

問 2-7 肌落ち防止計画では切羽の観察と結果の記録について記載することとされているが、昼夜の交代時の引き継ぎと全切羽作業員への周知が必要ではないか。

答 ガイドラインでは切羽観察結果の交代時の引き継ぎ及び作業員への周知について明確に記載していないが、当然に実施していただけるものと理解している。

問 2-8 肌落ち防止計画によって十分な肌落ち対策ができないおそれがあると認められる場合は、計画を適切なものに変更することとあるが、それはどのような場合か。

答 地山の状況と、それに応じて想定している具体的な肌落ち防止対策によっては、肌落ちが防止できないと考えられる状況をさす。例えば、想定以上に地

山が変位、変状する場合や、鏡の一部が局所的に弱く肌落ち防止対策の充実が必要である場合などが考えられる。

あらかじめ立てた計画に固執することなく、状況に応じて柔軟な対応をいただきたい。

問2-9 発注者や設計者との協議の結果、肌落ち災害防止計画の見直しが不要とされた後に肌落ちが発生した場合、事業者の責任はどのようになるのか。

答 労働安全衛生規則等の法定事項を遵守していれば、事業者は労働安全衛生法上の法的責任はない。

問2-10 肌落ち防止計画は、労働安全衛生法第88条に基づく計画届に提出する必要があるのか。必要がある場合、すでに届出済みの工事については、変更計画届として再提出する必要があるのか。

答 ガイドラインに基づく肌落ち防止計画は計画届とは別の枠組みであり、法に基づいて肌落ち防止計画を計画届に添付することは義務付けられていない。一方で、肌落ち防止対策を説明するための資料としては適切と考えられるので、計画届の添付書類として肌落ち防止計画を提出することにより説明がしやすくなるのであれば活用いただくことは差し支えない。

なお、計画届は制度上変更手続きがないので、届出済みの工事については、改めて手続きを行う必要はないが、着工済みの工事であってもガイドラインを踏まえて適宜肌落ち防止対策を実施していただくことが望ましい。

3 切羽の監視・観察関係

問3-1 切羽監視責任者は「切羽の状態を常時監視すること」となっているが、夜方も含めて常時監視をするのか。

答 切羽における作業があるのであれば、昼方、夜方に関係なく、常時監視することをガイドラインは求めており、最低1人の監視責任者を配置していただきたいものである。

問3-2 切羽監視責任者の役割を踏まえると、現状にて現場に属している労働者に加え、切羽監視責任者を追加で配置することになると考えられるがその理解でよいか。または、作業主任者が兼任することができるのか。

答 切羽監視責任者の役割を踏まえると、切羽監視責任者は専任であるべきと考えている。

問3-3 切羽監視責任者には法令上の位置付けがないが、切羽監視責任者がず

い道等掘削等作業主任者とその指揮のもとに作業を行う労働者に退避等の指示ができる権限を明確にする必要があるのではないか。

答 退避等の指示を行う義務は法令上事業者にあるとされているが、切羽を監視する者が退避の指示を出すことがもっとも効率的であり合理的と考えられるので、ガイドラインにおいては退避指示を切羽監視責任者の職務の一つとした。法的な位置付け明確化については、今後の課題としたい。

問3-4 切羽監視責任者の兼任は認められるか。

答 切羽を常時監視する職務であるので、基本的に他の業務を兼任することは望ましくないと考えている。

問3-5 切羽監視責任者の要件は。

答 切羽監視責任者に資格要件は求められないが、監視を行うに足る知見があることが当然の前提である。

問3-6 吹付け作業時は粉じん濃度が高くなるが、このような状態であっても切羽監視責任者による監視を行うのか。

答 吹付けを行っている切羽そのものを至近から監視することまでは求めているので、粉じんのばく露と肌落ちのおそれ程度を勘案し、適切な監視位置を設定されたい。

問3-7 ブリ出し時に、切羽監視責任者が切羽の状況を監視することは重機との接触災害を発生させるおそれがあるがどのようにすべきか。

答 切羽監視責任者が、重機と接触する災害が生じないようにすることをまず第一に考えていただきたい。接触災害防止対策をとった結果として一時的に切羽の監視ができなくなることは、やむを得ないものと考えている。

なお、ブリ出し作業を行う前に、安全にブリ出しが行える程度に切羽が安定していることを確認することは必要である。

問3-8 肌落ち災害が発生した場合に切羽監視責任者が責任を問われることはあるか。

答 切羽監視責任者には法令上の位置づけはないので、法的責任を問われることはない。また、切羽監視責任者が安衛則381条の観察、同382条の点検を行うことが想定されるが、この義務は事業者にかけているものであるため、観察、点検の実務担当者が法的責任を問われることは考えにくい。

問3-9 第5の2の(2)のイで切羽の変状等の切羽の監視項目が示されているが、監視結果を記録として保存する必要があるか。

答 監視結果は退避の判断に繋がるので、変状が生じた場合はその時間と内容を記録し、変状が進展した場合に比較できるようにしておくことが、ガイドラインの趣旨からは望ましいと考えられる。また、変状が生じた場合には、現行の肌落ち防止対策が不十分である場合もあるため、計画の見直しについても検討することが望ましい。

問3-10 ガイドラインに基づく切羽の監視と労働安全衛生規則第382条の点検の関係は。

答 則第382条の点検は、毎日及び中震以上の地震後、並びに、発破を行った後に行うものであり、作業開始前、地震後及び発破直後の安全の確保を念頭に置いている。ガイドラインの監視は常時行うものであり、時間とともに地山が緩んで肌落ちに至るような場合も把握できるようにしているものである。

ガイドラインの監視は、則第382条の点検を含んでいるが、切羽での作業中、常態として行うものとなっている。

問3-11 切羽の観察について、観察対象項目の(ア)圧縮強度及び風化品質、(イ)割れ間隔及び割れ目状態、(ウ)走向・傾斜、(エ)湧水量、(オ)岩盤の劣化の状態のうち、肌落ち防止対策で鏡吹付けを施工した場合には(ア)(イ)(ウ)(オ)の観察ができないがどのように計画の適否を評価すればよいか。

答 ガイドラインに基づく切羽の観察は、装薬時、吹付け時、支保工立て込み時、交代時に行うこととしている。鏡吹付け実施後は観察可能な観察対象項目の観察結果、鏡面の変化及びその他のデータにより切羽の評価を行い、計画の適否を判断していただきたい。

問3-12 切羽の観察結果に基づき切羽評価点を算出することとされているが、統一した評価方法や点数を今後明示する予定はあるか。

答 評価方法や点数を厚生労働省から示す予定はない。

問3-13 切羽の観察結果を記録し、切羽評価点を算出し、地山等級を査定するとあるが、切羽毎に観察結果の記録と評価点の算出、地山等級の査定が必要か。

答 第5の3の(1)のアの切羽の観察においては、装薬時、吹付け時、支保鋼建込み時、交代時に切羽の観察を行い、過去の切羽の観察結果の推移との比較を行うこととしている。また、同イの切羽の観察結果の記録においては、切羽の観察結果を記録し、切羽評価点を算定し、地山等級を査定することとしている。

る。これは、毎回の切羽の観察について切羽評価点を算定し、地山等級を査定するまでのことを求めているのではないが、切羽評価点の算定と地山等級の査定は定期的に実施いただきたい。

あわせて、切羽の観察結果から継続的に切羽を評価し、地山の状況が大きく変わってきたと判断した場合には、遅滞なく地山等級の変更が可能となるよう措置をいただきたい。

なお、地山等級がかわらない場合であっても、地山の状態に変化があれば、肌落ち防止対策を変更することは必要となることがあるので、留意を願いたい。

問 3-14 切羽観察結果の記録は、切羽監視責任者が行うのか。

答 切羽観察を行い、結果を記録する者は特定していないので、十分な知見がある者が行えばよい。

問 3-15 監視カメラにより切羽を監視又は観察をすることは認められるか。

答 監視カメラは視野が狭く、短時間で方向を変えることもできないので、急な変化に対応できないと考えられ不適當である。併用することは差し支えないが、主体には現場で肉眼による監視又は観察を行うことが求められる。

問 3-16 地山等級のⅠ～Ⅳは鉄道トンネル、Ⅱ～Ⅴは道路トンネルの区分を使用しているものと思われる。肌落ち防止対策の選定の表ではⅣとⅡ、ⅢとⅣなどが同一に区分されているが、両者は厳密には異なるのではないか。

答 鉄道トンネルと道路トンネルの地山等級の区分は全く同じというわけではないが、肌落ち防止対策を選定する上では大きな違いがないと考えられることからガイドラインでは同一の区分としたものである。

問 3-17 切羽の監視、観察、点検について記録簿は示されるのか。

問 示す予定はない。

4 切羽の立入禁止措置

問 4-1 切羽の立入禁止措置は、鏡吹付け前のみを対象とするのか、すべての作業サイクルに適用するのか。特に、装薬、支保工建込み、ロックボルト打設時等には、切羽に立ち入らないための対策費用が必要となる。

答 切羽の危険性に鑑み、鏡吹付け前はもちろん、鏡吹付け後も原則として立入禁止とすべきと考えている。切羽における作業は可能な限り機械化を進め、立ち入らなければならない機会を極力減らしていただきたい。

問4-2 浮石落とし自体が危険な作業であり、安全対策が必要ではないか。

答 ブレーカー等により作業することで、作業員が浮石落とし前の天端の直下に入らないような措置を採っていただきたいものである。

問4-3 切羽における作業はできる限り機械で行うとされているが、具体的にどういうことをすればよいのか。

問 浮石落としをブレーカーで行う、装薬、支保工建て込みを機械で行う等である。

5 具体的肌落ち防止対策

問5-1 切羽への労働者の立入りを原則として禁止し、真に必要な場合のみ立ち入らせるようにするとあるが、真に必要な場合とは具体的にどのような状況を言うのか。

答 切羽に立入る以外に実施方法がない状況をいう。この記述は、切羽に立入る以外に実施方法がないと安易に判断することは危険を放置することにつながるため、切羽に立入らずに済む方法を作業ごとに可能な限りご検討いただきたい趣旨である。

装薬については、機械による削孔、治具による切羽からある程度離れたところからの装薬等により、切羽になるべく近づくことなく作業を実施することが可能と思われる。現場では、1～2メートル程度離れたところから装薬作業を行っている場合があるように承知しており、この場合、鏡に接して作業するよりも安全の程度が高いことは間違いないが、肌落ちの規模によっては作業員が巻き込まれ、死亡する災害も発生しているため、より遠くから作業できる工法を開発することが期待される。

問5-2 肌落ち防止対策の選定の表の見方がわからない。

答 地山の状況に対する工法の相性を記載したものである。例えば、地山等級Ⅳであれば、鏡吹付けの必要性は薄いので△、Ⅲでは有効性が一定程度認められるので○、Ⅱでは鏡吹付けの実施が望ましい地山が多いので◎としている。

それぞれの地山等級に対し、必要と考えられる肌落ち防止対策をまとめたものであり、これを実施する必要があるという趣旨でまとめたものではない。◎○は有効、△は有効性がある程度認められる、×は有効性が認めがたいという理解いただきたい。

問5-3 鏡吹付けの吹付け厚さの確認のため切羽への立ち入り時間が長くなることが想定されるが、かえって危険なことにならないか。

答 吹付け厚さを確認するために切羽へ立ち入ることは、かえって危険な作業を増やすことになりかねないので、極力避けていただきたい。

吹付け厚さを算定する方法としては、例えば、トータルステーションを用いて吹付け前後の鏡面の座標の差分から吹付け厚さを算出する方法、吹付け面積と吹き付けたコンクリート量から吹付け厚さを算定する方法などが考えられる。

問5-4 ベンチカット工法の場合、鏡吹付けの対象とすべき部分はどこか。

答 上半全面と側壁部を指す。なお、下半部についても肌落ち災害が発生するほどの高さがある場合には、地山の状況により鏡吹付けの対象とすべきである。

問5-5 切羽において核残しを行う場合、核は鏡吹付けの対象となるのか。

答 核部分からの肌落ちにより肌落ち災害が発生するおそれがある場合は、鏡吹付けの対象とすべきである。

問5-6 鏡吹付けの対象としているアーチ側壁部とはどの部分を指すのか。

答 掘削により地山が露出している鏡近傍の側壁部分を指す。

問5-7 発注時の積算に反映させる場合、吹付け厚さの根拠付けはどのようにするのか。

答 ガイドラインでは地山等級Ⅲ又はCクラスで30mm、Ⅱ又はDクラス以下で50mmを最低限確保することとしているが、吹付け厚さについて一般的に記載することは難しいので、例示にとどめている。

問5-8 鏡吹付けの吹付け厚さについて「Cクラスでは30mm」、「Dクラス以下では50mm」を最低限確保することとされているが、これはあらゆる切羽について適用されるのか。

答 鏡吹付けの要否、実施する場合の厚さを地山の状況に応じ規定することは困難であり、ガイドラインでは代表的な地山について例示しているものである。

問5-9 鏡吹付けのコンクリートについては、ガイドラインでは一般によく用いられる18N/mm²を想定しているのか。そうであれば、例えば36N/mm²のコンクリートを用いた場合は、吹付け厚さは半分でよいと考えてよいか。

答 ガイドラインでは18N/mm²のコンクリートを想定している。よって、36N/m²のコンクリートを使用するのであれば、半分の厚さで同等の強度が得られるも

のと考えている。

問5-10 切羽の状況が部分的に悪い場合は、鏡吹付けの有無と厚さや鏡ボルトの配置を切羽の一部に限定しても良いか。

答 肌落ち防止対策として適当なものであることが必要である。例えば、鏡の状況が平均的には安定しているが右肩部が緩んでいるような場合には、右肩部のみ鏡ボルトの打設を行うこともありうる。

問5-11 「鏡」は掘削の進行方向に対して垂直である面と定義されているが、この定義では鏡に含まれない天端やアーチ側壁部の鏡吹付けは必要ないのか。

答 切羽のうち鏡以外の部分についても、第6の1の(1)のなお書きにおいて、鏡吹付けをアーチ側壁部にも行うこととしており、切羽全体をカバーすることができるよう記載している。

問5-12 鏡ボルトの打設間隔の数値が明記されているが、打設長に関する目安はないか。

答 地山の状況や掘削面の大きさ・形状等により異なると思われるので、基準値は示していない。

問5-13 地山等級がC等級の場合の鏡ボルトを打設する間隔が1.8m程度とされているが、C等級で鏡ボルトを必ず打設する必要があるのか。

答 ガイドラインに記載しているのは例示であり、最終的な判断は個々の地山の状況により異なりうるものと理解している。

問5-14 切羽変位計測の計測点はどのように決定するのか。

答 計測点の決定方法を一般的に定めることは困難であるので、ガイドラインでは記載していない。

なお、切羽変位計測は、切羽全体を面でとらえることはできないので、切羽の変状を見逃すおそれがある。このため、補助的な肌落ち防止対策と位置づけ、他の対策との併用を前提としている。

問5-15 切羽変位計測の管理基準値はどのように設定するのか。

答 切羽変位計測の管理基準値は地山の状況、計測点の位置によっても異なり、一律に示すことは困難であり、また、技術的に詳細に渡る事項をまとめることは困難であることから、記載していないものである。

問5-16 切羽における作業では、150ルクス以上が望まれるとされているが、照度は、どの位置にて測定するのか、断面の上部と下部では照度が異なってくる。作業場全体か、特に監視が必要と思われる場所なのか。

答 切羽全体を150ルクス以上にすることが望ましいが、それが難しければ観察する箇所を150ルクス以上にしていきたい。

問5-17 切羽における作業では、150ルクス以上が望まれるとされているが、照明の当て方や確保すべき後方距離等についての規定はないか。

答 技術的に詳細に渡る事項をまとめることは困難であることから、記載していない。

問5-18 肌落ち防止対策の選定の表において、切羽崩壊の場合、設備的防護対策は不適ではないか。

答 肌落ちには拳以下の岩塊が落下するようなものから1トン以上の岩塊が連続して落下するものまで幅が広いが、ガイドラインではこれらを書き分けず包括的に「肌落ち」と定義している。

ご指摘のとおり、設備的防護対策は切羽崩壊には不適切ではあるが、一定の範囲の「肌落ち」には相応の防護効果があることから、表において△として記載しているものである。

問5-19 ドリルジャンボのアームを利用したネットやマットは、切羽不良時の核残しをした場合、設置が困難ではないか。

答 ガイドラインでは、肌落ち防止対策は状況に応じて適切に選択するものとしているので、特定の方法にこだわることなく対策を講じていただきたい。

問5-20 設備的防護対策はどの程度の岩塊を念頭に置いて設計・設置するべきか。

答 具体的な肌落ち防止対策は地山の状況等に応じてここに検討することとなるので、ガイドラインにおいては指標となるものは設けていない。

問5-21 設備的防護対策であるネット、マット、マンケージガード等は、一定の効果は認められるものの、作業によっては、その設備が支障となったり、設備の設置及び取り外し時に逆に危険性が高くなる可能性も考えられるが、使用方法を具体的に例示等することはできないか。

答 設備的防護対策に限らず、肌落ち防止対策は地山の状況に応じ適切に選定すべきものであり、設置することによりかえって危険が増加する場合は使用しな

い方がよい場合もある。

このような事例を具体的に提示することは予定していない。

6 その他

問6-1 第7の1の(1)で電動ファン付き呼吸用保護具の着用は「必要に応じ」とされているが、義務付けられているのではないか。

答 電動ファン付き呼吸用保護具の使用が義務づけられているのは、粉じん則別表第3第1号の2、第2号の2又は第3号の2に掲げる作業であるが、本ガイドラインは、人力により掘削する場所における作業のように粉じん則による電動ファン付き呼吸用保護具の使用義務がない作業にも適用される。このため、「必要に応じ」としている。

参考資料⑥

山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害防止対策に係るガイドラインの解説
(平成 30 年 1 月改正版)

山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害防止対策に係るガイドライン概要

(平成28年12月26日 基発12226第1号等、平成30年1月18日改正)

背景・目的

- ・山岳トンネル工事における掘削の最先端(切羽)では地山が露出しており、岩石の落下等(肌落ち)による労働災害がたびたび発生。
- ・肌落ち災害では、6%が死亡し、42%が休業一ヶ月以上*となっており、発生した場合の重篤度が高い。
- ・山岳トンネル工事の切羽における労働災害の防止を図るため、望ましい取組をとりまとめ、関係者に周知する必要がある。

ガイドラインによる取組

目的

- 労働安全衛生関係法令と相まって、切羽における肌落ち防止対策を適切に実施することにより、山岳トンネル工事の切羽における労働災害の防止を図る

適用対象

- 山岳トンネル工事の切羽における作業

事業者等の責務

- 事業者は、労働安全衛生関係法令を遵守するとともに、本ガイドラインに基づき安全衛生対策を講ずることにより、切羽における労働災害防止に努めること。
- 労働者は、労働安全衛生関係法令に定める労働者が守るべき事項を遵守するとともに、事業者が本ガイドラインに基づいて行う措置に協力することにより、切羽における労働災害防止に努めること。

事業者が講ずることが望ましい事項

- 切羽への立入りを原則として禁止……………労働者の切羽への立入りを原則として禁止し、切羽での作業は可能な限り機械化
- 肌落ち防止計画の策定、実施、変更……………事前調査による地山の状況の把握と、その結果を踏まえた肌落ち防止計画の策定・周知
肌落ち防止計画には、肌落ち防止対策、切羽の監視、切羽からの退避等を記載
必要に応じて肌落ち防止計画を変更
- 切羽監視責任者の選任……………切羽の変状等を常時監視する切羽監視責任者の選任
被災のおそれがある場合の切羽監視責任者による退避指示
- 具体的な肌落ち防止対策……………鏡吹付け、鏡ボルト、浮石落とし、水抜き・さぐり穿孔、切羽変位計測、切羽変位計測、設備的防護対策
地山等級、湧水の状態、施工性等を勘案した肌落ち防止対策の選定

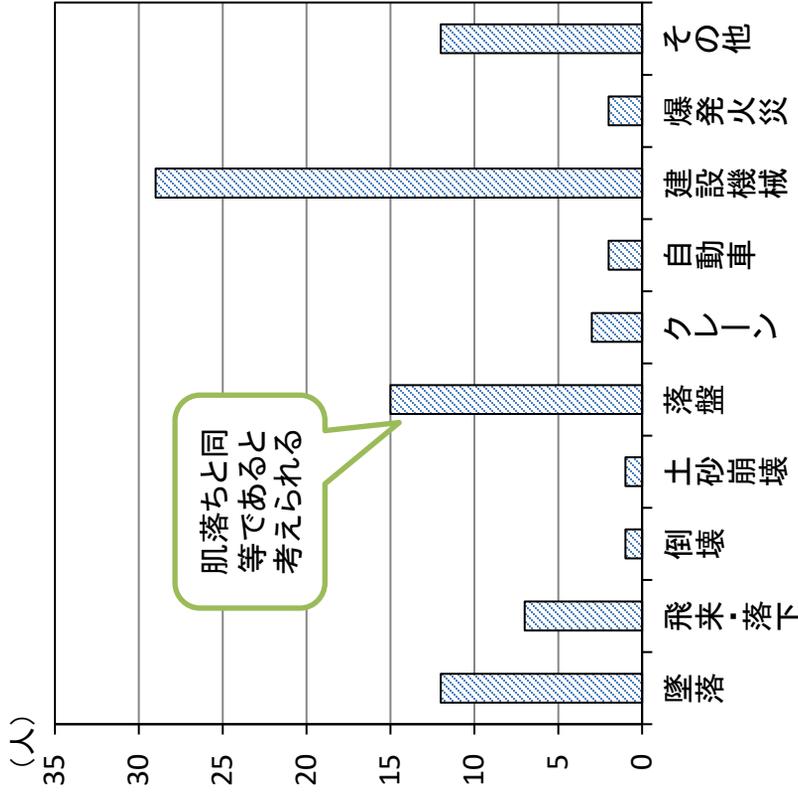
山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害防止対策に係るガイドライン策定の経緯

背景

- ・山岳トンネル工事における掘削の最先端(切羽)では地山が露出しており、岩石の落下等(肌落ち)による労働災害がたびたび発生。
- ・肌落ち災害では、6%が死亡し、42%が休業一ヶ月以上となっており、発生した場合の重篤度が高い。
- ・山岳トンネル工事の切羽における労働災害の防止を図るため、望ましい取組をとりまとめ、関係者に周知する必要がある。

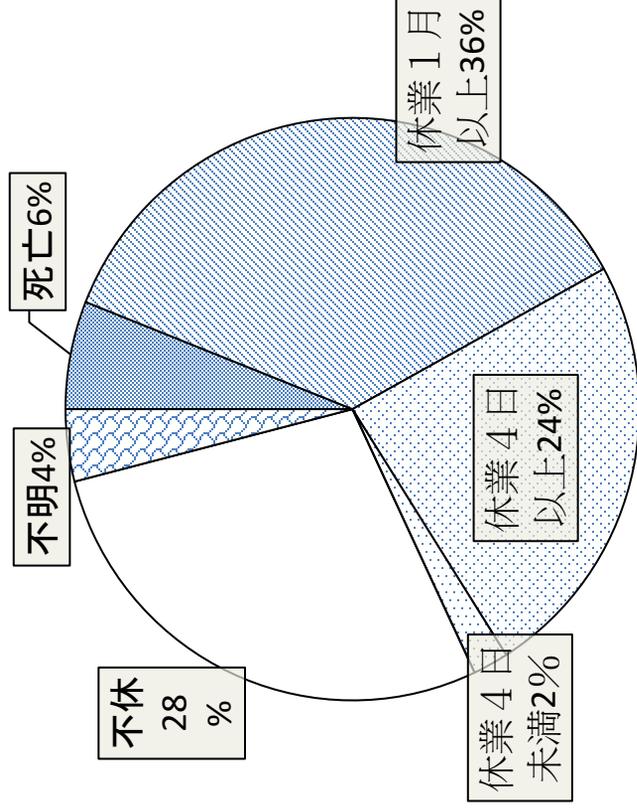
トンネル建設工事の死亡者数(災害の種類別)

(平成12年から21年までのトンネル建設工事中の死亡者84名の内訳)



トンネル建設工事の肌落ち災害の程度

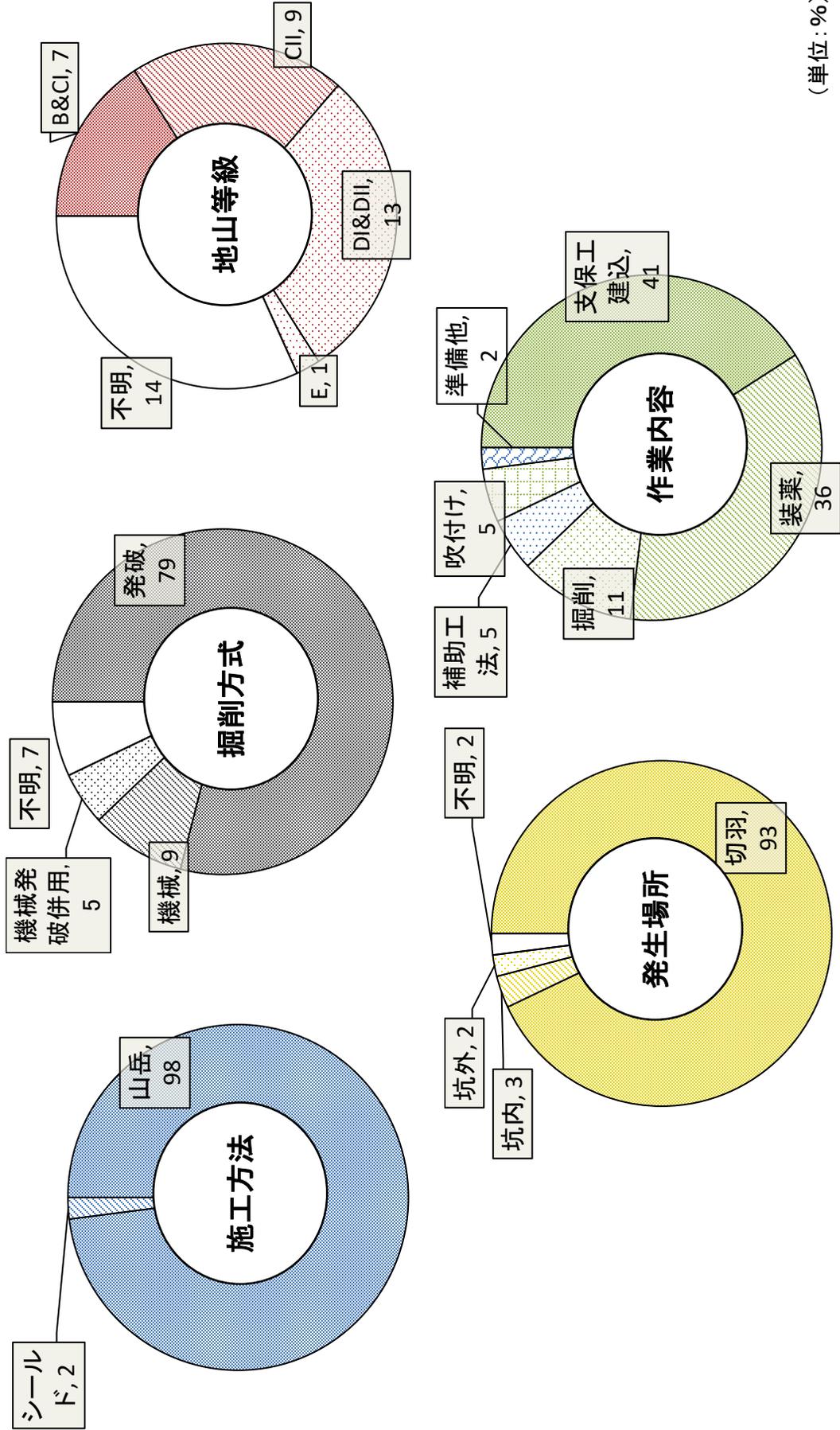
(平成12年から22年までの肌落ちによる死傷者47名の内訳)



*独立行政法人労働安全衛生総合研究所技術資料 No.2 (2012)より。

*一般社団法人日本トンネル専門工事業者協会アンケート(平成24年3月公表)より。

トンネル工事における肌落ち災害の発生状況



(単位: %)

一般社団法人日本トンネル専門工業協会アンケート(平成24年3月公表)をもとに、労働安全衛生総合研究所が平成12年から20年の44件の肌落ち災害について分析したものの。

山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害防止対策に係るガイドラインの解説

枠内はガイドライン本文。枠外は厚生労働省の見解を示した解説。

目的

○本ガイドラインは、労働安全衛生関係法令と相まって、切羽における肌落ち防止対策を適切に実施することにより、山岳トンネル工事の切羽における労働災害の防止を図ることを目的とする。

- ・ 労働安全衛生規則第384条では、事業者は、必ずい道等の建設の作業を行う場合、落盤又は肌落ちにより労働者に危険を及ぼすおそれのあるときは、支保工を設け、ロックボルトを施し、浮石を落とす等の危険を防止するための措置を講じなければならないこととされている。
- ・ 切羽は肌落ち災害が発生しかねない危険な場所であり、肌落ち災害がたびたび発生している。肌落ち災害が一旦発生すると、被災者の6%が死亡し、42%が休業一ヶ月以上となっており、発生した場合の重篤度が高い。
- ・ このため、切羽は原則として立ち入らないようにすべき。
- ・ しかし、切羽に一切立ち入らずに山岳トンネル工事を行うことは現実的ではない。
- ・ 危険を承知の上で切羽に立ち入る作業員の安全を確保するため、事業者等は万全の措置をとるべき。
- ・ 肌落ち災害を防止するため望ましい取組をガイドラインとしてとりまとめ、関係者に周知することにより、山岳トンネル工事の切羽における労働災害の防止を図る。

適用対象

○本ガイドラインは、山岳トンネル工事の切羽における作業に適用する。

- ・ 肌落ち災害の98%は山岳トンネル工事において発生しており、発生場所の93%は切羽であることから、本ガイドラインは山岳トンネル工事の切羽における作業に焦点を絞ってとりまとめた。

事業者等の責務

- 山岳トンネル工事を行う事業者は、労働安全衛生関係法令を遵守するとともに、本ガイドラインに基づき切羽における肌落ち災害防止対策を講ずることにより、山岳トンネル工事の切羽における労働災害防止に努めるものとする。
- 山岳トンネル工事に従事する労働者は、労働安全衛生関係法令に定める労働者が守るべき事項を遵守するとともに、事業者が本ガイドラインに基づいて行う措置に協力することにより、切羽における労働災害防止に努めるものとする。
- ・ 肌落ちによる労働災害を防止するには、事業者が適切に作業を計画し、切羽に立ち入る機会を極力少なくすることが肝要である。そのうえで、やむを得ず切羽に立ち入る労働者の安全を確保するため、肌落ち防止対策を実施し、肌落ちが発生しそうなときに迅速に避難ができるよう切羽を監視することが求められる。
- ・ 労働者は、事業者の措置に協力することが求められる。
- ・ 両者の取組みが相まって、肌落ち災害を防止することができる。

山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害防止対策に係るガイドラインの解説

事業者が講ずることが望ましい事項

1 切羽の立入禁止措置

事業者は、肌落ちによる労働災害を防止するため、切羽への労働者の立入りを原則として禁止し、真に必要がある場合のみ立ち入りさせるようにすること。また、この措置を実効性のあるものとするため、切羽における作業はできる限り機械等で行うようにし、既に一般化している浮石落しの機械化や機械掘削の採用にとどまらず、例えば、装薬作業の遠隔化、支保工建込み作業等の完全な機械化等を積極的に進めること。

- ・ ずい道工事に関し、労働安全衛生規則第386条で立入が禁止されているのは、i)浮石落しが行われている箇所又はその下方で浮石の落下により労働者に危険を及ぼすおそれのある箇所、ii)ずい道支保工の補強又は補修作業が行われている箇所、落盤又は肌落ちのそれがあるところに限られており、切羽一般が含まれていないわけではない。
- ・ 肌落ち災害を防止する最も有効な方法は切羽に近付かないことであるので、立入を原則として禁止するようにしている。
- ・ 装薬、穿孔などの作業は機械や治具を用いて切羽から労働者が数メートル離れていても実施することも可能であるので、できるかぎりこのような措置を採り、労働者が切羽に近づく機会を減少させるよう求めている。
- ・ 労働者が切羽に近付いて作業する以外に方法がない場合もありうるが、事業者はこれを最小限にするように常に検討すべきであり、平成30年の改正において、装薬作業の遠隔化、支保工建込み作業等の完全な機械化等の積極的な推進について追記した。

事業者が講ずることが望ましい事項

2 肌落ち防止計画の作成

事業者は、山岳トンネル工事を行う場合は、(1)により事前調査を行うとともに、(2)及び(3)により切羽における肌落ち防止計画等を作成し、関係労働者に周知すること。なお、膨張性地山においては、切羽押し出しがあることを踏まえ防止計画を作成する必要があること。

(1)地山の事前調査

山岳トンネルの掘削を行う作業箇所やその周辺の地山等に関する次の事項について、地表面の現地踏査、ボーリング、弾性波探査等の方法により調査を行い、これらの状態を把握すること。

ア 岩種、イ 地山の状態(岩質、水による影響、不連続面の間隔等)、ウ ボーリングコアの状態、エ 弾性波速度、オ 地山強度比、カ 可燃性ガス、有害ガス等の有無及び状態

- ・ 事業者は、山岳トンネル工事を行う場合、肌落ち災害が発生するおそれがあるとの認識のもと、事前調査を行うことが求められる。このとき発注者、設計者が行った事前調査結果を活用し、それでは十分でないとは判断される場合は、発注者と協議の上追加調査を行い、肌落ち防止計画の策定に万全を期すことが求められる。
- ・ なお、肌落ち防止計画の策定のために必要な情報は、トンネル工事を円滑に行うためにも活用できるものであり、この観点も踏まえて追加調査の要否を検討するべきである。
- ・ 策定した肌落ち防止計画は、関係労働者に周知することが必要である。
- ・ 設計段階において、発注者又は設計者は肌落ち防止対策について検討するとともに、その対策を実施するための経費を計上することが望ましく、少なくとも協議の上実際に行った肌落ち防止対策の費用を追加することが求められる。

事業者が講ずることが望ましい事項

2 肌落ち防止計画の作成

(2)肌落ち防止計画

以下の事項を含む肌落ち防止計画を作成すること。

ア 肌落ち防止対策

(1)の地山の事前調査結果に適応した肌落ち防止対策<後述の肌落ち防止対策等を参考にすること>

イ 切羽の監視

切羽監視責任者による監視項目、監視方法等。なお、監視項目は肌落ちの予兆を感知できるような項目を定めるものとするが、少なくとも次の事項を含むこと。

(ア)切羽の変状、(イ)割目の発生の有無、(ウ)湧水の有無、(エ)岩盤の劣化の状態

また、監視方法については、切羽で作業が行われる間、切羽を常時監視することを含むこと。

ウ 切羽からの退避

肌落ちにより被災するおそれのある場合に直ちに労働者を切羽から退避させるための退避方法、切羽監視責任者による退避指示の方法等

エ その他

地山の状況に応じ、追加の肌落ち防止対策を検討すること。

- 肌落ち防止計画の策定を求めるとともに、計画に記載すべき事項を列挙している。
- 肌落ち防止計画は、労働安全衛生規則第380条に定める施工計画と一体のものとして作成して差し支えない。
- 記載すべき事項は、事前調査結果を踏まえた肌落ち防止対策、切羽の監視項目、監視方法等、切羽からの退避方法等、その他の大きく4点である。
- アの「肌落ち防止対策」においては、単に落ち防止対策を列挙するだけでなく、肌落ち防止対策を選択する考え方も合わせて記載すること望ましい。
- イの「監視」は、労働安全衛生規則第381条の観察、同規則第382条の点検とは異なり、常時継続的に実施するものである。事業者は切羽監視責任者を選任し、その者に切羽を監視することを指示することが求められる。
- また、ウの「退避」について、切羽監視責任者は、肌落ちにより被災するおそれのあるときは直ちに退避の指示を出す必要がある。事業者はそのために必要な権限を切羽監視責任者に与えることが求められる。
- エの「追加の肌落ち防止対策」については、地山の状態は様々であり、計画に定めた肌落ち防止対策が有効に機能しないと考えられるときは、当初の計画にとらわれないことなど他の方法を組み合わせるなど、地山の状況に応じた運用を図ることを求めているものである。

事業者が講ずることが望ましい事項

2 肌落ち防止計画の作成

(3) 作業手順書

肌落ち防止計画に基づいた作業の手順を明らかにした作業手順書を作成すること。

- ・ 策定した肌落ち防止計画を踏まえた、適切な作業手順書の作成を求めているものである。

事業者が講ずることが望ましい事項

3 肌落ち防止計画の実施及び変更

事業者は、2で作成した肌落ち防止計画に基づき、一連の作業を適切に実施すること。

また、同計画の適否を確認し、必要であれば同計画を変更するため、次の事項を実施すること。

(1) 切羽の調査

ア 切羽の観察

掘削を行う作業箇所等における次の事項について、装薬時、吹付け時、支保工建込み時、交代時に切羽の観察を行い、過去の切羽の観察結果の推移との比較を行うほか、必要に応じて先進ボーリング等の方法により調査を行うことにより適切に把握すること。

(ア) 圧縮強度及び風化変質、(イ) 割目間隔及び割目状態、(ウ) 走向・傾斜、(オ) 湧水量、(カ) 岩盤の劣化の状態

イ 切羽の観察結果の記録

アの切羽の観察結果を記録し、切羽評価点を算定し、地山等級を査定し、適切な支保パターンを選定すること。

ウ 計画の適否の確認

ア及びイの切羽の調査結果及び地山等級の査定結果から得られる地山等級と設計時の地山等級及び支保パターンを比較し、同計画の適否を確認すること。なお、地山等級が高い場合であっても、切羽に脆弱な部分が生じているおそれがあるので、留意すること。

- ・ 事業者は肌落ち防止計画の適切な実施を求めているものである。
- ・ あわせて、計画の適否を確認し、必要であれば(1)の「切羽の調査」以下の事項を実施するよう求めているものである。
- ・ 「切羽の観察」については、監視とは異なり、作業の節目等で行うものである。監視は、作業を中断し退避する必要があるかどうかを判断するために行うものであるが、観察は想定していた作業方法で安全が確保できるかどうか判断するために行うものである。
- ・ 切羽の観察結果等をもとに、事業者は肌落ち防止計画の適否を確認することとなる。
- ・ なお、労働安全衛生規則第381条の観察、同規則第382条の点検、同規則第382条の2の測定等により知り得た地山の状況に施工計画が適応しなくなつたときは、同規則第383条に基づき施工計画を変更する必要があるが、この場合は、肌落ち防止計画を併せて見直すことになる。
- ・ 平成30年の改正において、観察結果等を踏まえた支保パターンの選定、切羽に脆弱部が生じているおそれがある場合に留意することを追記した。

切羽の監視等の整理

	観察1	点検	観察2	監視
根拠	労働安全衛生規則第381条	労働安全衛生規則第382条	ガイドライン	ガイドライン
目的	落盤、出水、ガス爆発等による労働者の危険を防止するため	落盤又は肌落ちによる労働者への危険を防止するため	肌落ち災害を防止するため	肌落ち災害を防止するため
実施者	事業者	点検者(事業者の指名)	事業者	切羽監視責任者(事業者の指名)
実施時期	毎日	①毎日及び中震以上の地震後 ②発破を行った後	装薬時、吹付け時、支保工建て込み時、交代時	常時
実施対象	掘削箇所及びその周辺の地山	①ずい道内部の地山 ②発破を行った箇所及びその周辺	切羽	切羽
項目	一 地質及び地層の状態 二 含水及び湧水の有無及び状態 三 可燃性ガスの有無及び状態 四 高温のガス及び蒸気の有無及び状態	①浮石及び亀裂の有無及び状態並びに含水及び湧水の状態の変化 ②浮石及び亀裂の有無及び状態	(ア)圧縮強度及び風化変質 (イ)割目間隔及び割目状態 (ウ)走向・傾斜 (エ)湧水量 (オ)岩盤の劣化の状態	肌落ちの予兆を感知できるような項目を定めるものであり、少なくとも次を含むこと。 (ア)切羽の変状 (イ)割目の発生の有無 (ウ)湧水の有無 (エ)岩盤の劣化の状態

山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害防止対策に係るガイドラインの解説

事業者が講ずることが望ましい事項

3 肌落ち防止計画の実施及び変更

(2) 計画の変更

(1)の切羽の調査結果及び地山等級の査定結果、その他の情報から、作成した肌落ち防止計画によって十分な肌落ち対策ができな
いおそれがあると認められる場合には、事業者は、発注者及び設計者と十分検討を行い、肌落ち防止計画を適切なものに変更すること。
また、変更した肌落ち防止計画は関係労働者に確実に周知すること。

- 地山の状態が設計段階で想定していた状態と異なる場合など、施工計画書の範囲内で十分な肌落ち防止対策が実施できない場合がある。このような場合には、事業者は発注者及び設計者と十分に検討を行い、肌落ち防止計画を変更し、切羽の安全が確保されるようにするべきである。
- 地山の状態が想定どおりでない状況はしばしばみられるので、発注者及び設計者は事業者に対応を任せるのではなく、肌落ち防止災害のために必要な措置を事業者がとることができるよう、肌落ち災害防止対策の実施に伴う安全衛生経費の増額を含め、真摯に協議することが求められる。
- 同様に、元方事業者は専門工事業者と意思疎通を密にし、地山の状態の評価及び採るべき肌落ち防止対策について検討することが求められる。
- 変更された肌落ち防止計画は、関係請負人に属する労働者を含め、共有されるべきである。

事業者が講ずることが望ましい事項

4 切羽監視責任者の選任等

(1) 切羽監視責任者の選任

事業者は掘削現場に属する労働者の中から切羽監視責任者を選任し、切羽で作業が行われる間、切羽の状態を常時監視させること。
このとき、切羽監視責任者は、原則として専任とするが、トンネルの標準掘削全断面積が概ね50m²未満であって、切羽監視責任者と車両系建設機械との接触防止等の安全確保措置の実施が困難な場合には、ずい道等掘削作業主任者等が切羽監視責任者を兼任して差し使えないこと。なお、発破の点火やズリ出し等切羽に労働者が接近しない作業工程においては、切羽監視責任者による常時監視は要しないこと。

また、事業者は、選任した切羽監視責任者を関係労働者に周知すること。なお、切羽監視責任者は労働安全衛生規則第382条に定める点検者と同じ者を選任することを妨げないこと。

(2) 切羽監視責任者の職務

切羽監視責任者は、切羽で作業が行われる間、2の肌落ち防止計画においてあらかじめ定められた方法により切羽の状態を常時監視すること。

- 監視の結果、肌落ちにより被災するおそれがあるかと判断される場合には、切羽監視責任者は直ちに切羽から労働者を退避させること。
- 切羽監視責任者は元請、専門工事業者のいずれに属していても差し支えないが、その職務を遂行するために適切な権限を与えられていることが必要である。なお、切羽監視責任者を専門工事業者から選任した場合であっても、元請はその選任について把握し、統括管理の観点から必要な指導・援助等を行うことが求められる。
 - 平成30年の改正において、切羽監視責任者を原則として専任とすること、全断面積が50m²未満(目安としては2車線道路より小さいもの)のトンネルでは作業主任者等の兼任でよいこと、ズリ出し等の切羽に労働者が接近しない作業工程での常時監視が不要であることを明確にした。

具体的な肌落ち防止対策

5 掘削時の留意事項

地山を掘削した場合、掘削された面の力が解放され、また、掘削面周辺の地山に作用している力が再配分されることから、地山が不安定化することがある。このため、掘削断面積を減少させ、力が解放される領域をできる限り小さくすることが重要であり、以下の方法を検討することが望ましいこと。

(1) ベンチカット工法

地山の掘削を行う際は、掘削断面積をなるべく小さくすることが重要である。このため、 60m^2 以上の断面積を有するトンネルの掘削においては、トンネルを上段と下段に分け、上段を先行して掘削することにより、1回あたりの掘削断面積を小さくするベンチカット工法の採用を検討すること。また、その際にはトンネルの断面積、地山の状態等を踏まえ、適切なベンチカットの方法を検討すること。

なお、迅速に地山の安定を図る必要がある場合には、早期にトンネル内空を閉合するため、全断面工法、補助ベンチ付き全断面工法等の採用についても検討すること。

(2) 核残し

核残しは、鏡の中央から下方向にかけての地山を残し、周辺部分の掘削を先行させる方法であるが、切羽の崩壊が発生した場合に、崩落する岩塊の体積を減少させることができ、また、残した核の部分が鏡を抑える効果を有するので、地山の状態が悪い場合はその実施を検討すること。

- 平成30年改正において本項目を追加した。
- 比較的大きな断面のトンネルを掘削する際には、地山の大規模な崩落が発生しやすくなるので、掘削断面積を小さくするためのベンチカット工法の検討、核残しの採用の検討について追記した。
- ベンチカット工法の採用の検討を断面積 60m^2 以上としていたのは、トンネル標準示方書において、全断面工法については 60m^2 以上ではきわめて安定した地山でなければ適用は困難とされていたため、これにならったものである。

具体的な肌落ち防止対策

1 肌落ち防止対策の種類(要約)

(1) 鏡吹付け

鏡に対し吹付けコンクリートを吹き付けることである。トンネル横断方向だけでなく、縦断方向の緩みも抑えることができる。また、切羽の変形に伴い新たに発生した亀裂や切羽の変状が視認しやすくなる。

(2) 鏡ボルト

鏡にボルトを打設し、鏡の安定性を高めるものである。

(3) 浮石落とし

比較的小さな岩石を予め落とす作業である。

(4) 水抜き・さぐり穿孔

地山の中から水を導き、水が切羽に浸透する前に、穿孔した孔に水を導くものである。

(5) 切羽変位計測

補助的な肌落ち防止対策であり、鏡の変位を計測機器により測定することである。目視では確認できない微小な変位を捉えることで、切羽監視責任者による監視を補助することができる。

(6) 設備的防護対策

補助的な肌落ち防止対策であり、切羽で作業する労働者の上部にネット、マット、マンケージガード等を設置し、作業中の労働者を肌落ちから防護する器具もある。

(7) フォアポーリング

切羽前方に概ね5メートル以下のボルト又はパイプを打設することにより切羽前方の天端補強を行う補助工法である。中空のものを使用して、薬液又は充填剤を注入することで安定度を高めることがある。

(8) 長尺フォアパイリング

切羽前方に概ね5メートル以上の鋼管等を打設することにより切羽前方の天端補強を行う補助工法である。安定度を高めるため、薬液又は充填剤を注入する。

(9) その他の工法

トンネルを掘削する経路上に遮水層、帯水層等が存在する場合は、水抜きポーリング、薬液注入工法(地上からの注入を含む。)等の実施を検討すること。

- 鏡吹付けは、それ自体が肌落ちを防止する効果を有するが、大規模な肌落ちを防止することは困難であるので、切羽の変状を視認しやすくなることを主目的とするものと理解すべきである。
- 浮石落としは「こそく」とも呼ばれる。
- 事業者は、これらの方法を地山の状況に応じて適切に組み合わせ、肌落ち災害の防止を図ることが求められる。
- 平成30年改正において、その他の工法として水抜きポーリングの他、地上からの薬液注入についても記載した。

具体的な肌落ち防止対策と留意事項

1 肌落ち防止対策の種類

(1) 鏡吹付け

鏡吹付けは、鏡に対し吹付けコンクリートを吹き付けることである。掘削により露出した地山を早期に吹付けコンクリートで覆うことにより、トンネル横断方向だけでなく、縦断方向の緩みも抑えることができる。

また、鏡吹付けにより、鏡がコンクリートで覆われるため、切羽の変形に伴い新たに発生した亀裂や切羽の変状が視認しやすくなる。さらには、地山を坑内の空気又は水分に触れさせることを防ぐことができる。

なお、肌落ちは鏡のみならず切羽全体で発生するものであり、鏡吹付けを行う場合は、アーチ側壁部に対しても併せて行うことが必要である。

<留意事項>

鏡吹付けの施工に当たっては、地山の状態に応じて、適切な吹付け厚さを確保する必要がある。例えば、地山等級Ⅲ又はCクラスでは30mm、地山等級Ⅱ又はDクラス以下では50mmの鏡吹付け厚さを最低限確保する必要があること。なお、鏡吹付けにより、肌落ちを完全には防止できないため、併せて、事前に浮石落しを実施するとともに、切羽変位計測等、その他の肌落ち防止対策についても検討すること。また、湧水がある場合、水抜き・さぐり穿孔孔又は水抜きボーリング等を実施し、事前に切羽から水分を取り除き、吹付けコンクリートを地山に十分に付着させる必要があること。

- 鏡吹付けは、それ自体が肌落ちを防止する効果を有するが、大規模な肌落ちを防止することは困難であるので、切羽の変状を視認しやすくすることを主目的とするものと理解すべきである。

- 留意事項においては、地山等級に応じた吹付け厚さを例示しているが、これは肌落ち災害が防止できることを担保する厚さを意味するものではないことに留意すること。

具体的な肌落ち防止対策と留意事項

1 肌落ち防止対策の種類

(2) 鏡ボルト

鏡ボルトは、鏡にボルトを打設し、鏡の安定性を高めるものである。

<留意事項>

鏡ボルトの施工にあたっては、自立の困難な切羽における作業となることが多いため、鏡吹付けとの併用が望ましいこと。

鏡吹付けと併用した場合、鏡ボルトの打設中、吹付けコンクリートのひび割れの発生及び進行に十分に注意すること。

なお、地山等級Ⅲ又はCクラスでは、鏡ボルトの打設間隔は1.8メートル程度、地山等級Ⅱ又はDクラスでは1.5メートル程度、地山等級Ⅰ又はEクラスでは1.2メートル程度とすることを基本とし、地山の状況に応じて検討すること。

また、地山の層が切羽の鏡に平行となっている場合には、鏡の大部分が崩壊する大規模な肌落ちが発生するおそれがあり、これを防止するには鏡ボルトが有効な手法と考えられることから、地山の状態を踏まえ、積極的に検討すべきものであること。

- 地山等級に応じて打設間隔を例示しているが、地山の状況等に応じて個々に検討することが必要である。

- 平成30年改正において、鏡ボルトが特に有効となる場合があるので、その追記を行った。

具体的な肌落ち防止対策と留意事項

1 肌落ち防止対策の種類

(3) 浮石落とし

浮石落としは、比較的小さな岩石を予め落とす作業である。これにより、引き続き実施される作業における肌落ちにおける労働災害を防止することを目的とする。

<留意事項>

浮石落としが不十分であった場合、肌落ちに直結するため、十分に浮石落としを行う必要があること。

ただし、浮石落としに多くの時間がかかると、掘削した地山を長時間大気に開放することとなり、地山の状態に変化が生じることも考えられる。これが肌落ちにつながるおそれがあるため、浮石落としの作業時間をあらかじめ定め、終了後直ちに当たり取り(支保工や覆工の施工)に支障を生じる最小巻厚内に残留した地山を取り除く作業)、鏡吹付け等を実施すること。

また、浮石落としは、原則としてブレーカー等の建設機械を用いて行うこと。

- ・ 浮石落としは「こそく」とも呼ばれる。
- ・ 浮石落としは、労働者を切羽に立ち入らせることなく、ブレーカー等の建設機械を用いて行うことを原則とすること。

具体的な肌落ち防止対策と留意事項

1 肌落ち防止対策の種類

(4) 水抜き・さぐり穿孔

地山前方に地下水脈又は帯水層がある場合は、切羽に係る圧力を低下させて地山の崩壊のおそれを低減させるとともに、切羽への水の浸透を防止することで吹付けコンクリートが十分付着するようにするため、地下水を減少させることが必要である。

水抜き・さぐり穿孔は、地山の中から水を導き、水が切羽に浸透する前に、穿孔した孔に水を導くものである。

<留意事項>

水抜き・さぐり穿孔は、基本的に1本とすることが多いが、地山の状態や湧水量によっては2本、3本と増やすこと。また、穿孔場所についても、地下水脈又は帯水層に穿孔した孔を到達させるよう必要に応じて変更すること。

以上の対策によっても湧水量が多い場合は、水抜きボーリングを行うこと。

なお、水抜き・さぐり穿孔を行う場合は、周辺地盤の地下水位の低下を招くため、薬液注入工法などによりトンネル前方の地山の亀裂を薬液により固めるなど、その他の補助工法を取り入れることも検討する必要があること。

- ・ 地山等級に応じて打設間隔を例示しているが、地山の状況等に応じて個々に検討することが必要である。

具体的な肌落ち防止対策と留意事項

1 肌落ち防止対策の種類

(5) 切羽変位計測

切羽変位計測とは、補助的な肌落ち防止対策であり、鏡の変位を計測機器により測定することである。目視では確認できない微小変位を捉えることで、切羽監視責任者による監視を補助することができる。

切羽変位計測の結果、一定以上の加速度、変位速度等になると警報を鳴らすといった肌落ち防止対策も可能になる。

<留意事項>

切羽変位計測は、切羽監視責任者の切羽監視を補助するものであり、自動追尾ノンプリズムターゲットステーション、レーザー変位計、レーザー距離計等による計測方法があること。切羽変位計測の計測点が必ずしも不安定岩石を捕捉しているとはかぎらないため、鏡吹付けと併用することが望ましいこと。鏡吹付けを実施していれば、不安定岩石が前面に押し出してきたとき鏡吹付けコンクリートを面で押し出すため、その周辺を計測することにより不安定岩石の変位を計測することが可能であると考えられること。

- 切羽変位計測は切羽に現れる肌落ちの兆候をとらえることができるが、計測範囲に限られるため、切羽監視責任者による監視を不要とするものではないこと。

具体的な肌落ち防止対策と留意事項

1 肌落ち防止対策の種類

(6) 設備的防護対策

設備的防護対策とは、補助的な肌落ち防止対策であり、切羽で作業する労働者の上部に器具を設置して、人体を守るものである。設置する器具としては、ネット、マット、マンケージガード等がある。ネットは、労働者の上部にネットを設置し、労働者の上部からの落石をネットで受けようとするものである。マットは、労働者の上部にマットを設置し、落石の衝撃をマットで吸収しようというものである。マンケージガードは、マンケージの前面及び天井部に柵を設置し、マンケージに搭乗した労働者を肌落ちから防護するものである。また、マンケージ下部に柵を設置し、マンケージの下部で作業中の労働者を肌落ちから防護する器具もある。

<留意事項>

設備的防護対策であるネット、マット、マンケージガード等は、切羽において装束中の労働者を肌落ちから防護するため、労働者の上部に設置すること。

ネット、マットは、ドリルジャンボのアームを利用して設置するため、ドリルジャンボの大きさを踏まえ、トンネル内空の断面積が10m²以上の適用に限られること。

各種の防護設備については、施工上の制約が生ずる場合があることから、掘削断面、作業の種類、作業方法等に応じ、適切な防護設備を選定すること。

また、防護設備の防護性能を超える肌落ちが発生することも予想されるので、それぞれの装置の防護性能を表示するとともに、防護性能に限界があることに留意すること。

具体的な肌落ち防止対策と留意事項

- 1 肌落ち防止対策の種類
- (7) フォアポーリング
フォアポーリングとは、切羽前方に概ね5メートル以下のボルト又はパイプを打設することにより切羽前方の天端補強を行う補助工法である。中空のものを使用して、薬液又は充填剤を注入することで安定度を高めることがある。
- (8) 長尺フォアパイリング
長尺フォアパイリングとは、切羽前方に概ね5メートル以上の鋼管等を打設することにより切羽前方の天端補強を行う補助工法である。安定度を高めるため、薬液又は充填剤を注入する。
- (9) その他の工法
水抜きポーリング等がある。

肌落ち防止対策の実施に係る留意事項

- 事業者は、肌落ち防止対策に係る作業を行うときは、作成した肌落ち防止計画に基づくとともに、以下に留意すること。
- 1 切羽における作業
事業者は、切羽において作業を行うときは、次の事項に留意すること。
 - (1) 保護具の着用
作業に従事する労働者に保護帽、保護具（バックプロテクター等）、安全靴（長靴）、必要に応じて電動ファン付き呼吸用保護具等を着用させること。
 - (2) 照明
作業を行う場所について、照明施設を設置する等により必要な照度を保持すること。切羽における作業では、150ルクス以上が望まれること。
 - やむを得ず切羽において作業を行う場合には、バックプロテクター等の肌落ち災害を防止するための保護具を労働者に着用させることが求められる。
 - 照明については、切羽の監視を行うために150ルクス程度が望ましいものであり、これを目安として示したものである。労働安全衛生規則第604条は坑内の作業場について適用はないが、粗な作業について70ルクス以上、普通の作業において150ルクス以上が基準値として定められている。

山岳トンネル工事の切羽における肌落ち防止対策に係るガイドラインの解説

具体的な肌落ち防止対策

2 肌落ち防止対策の選定

肌落ち防止対策の選定に当たっては、次の条件等を勘案し、下表を参考に選定すること。なお、肌落ちによって落下する岩石の大きさ等によっては単一の肌落ち防止対策では十分でない場合があるため、必要に応じ複数の肌落ち防止対策を組み合わせることを検討すべきであること。

- (1) 地山等級等による肌落ち防止対策の適否：岩種、地山の状態、ポーリングコアの状態、弾性波速度、地山強度比等
- (2) 湧水対策としての効果
- (3) 施工性（施工の容易さ）
- (4) その他：切羽の変状観察を行う場合における相性、対策の人体防護性の高さ

表 肌落ち防止対策の選定

肌落ち防止対策	地山等級等による肌落ち防止対策の適否			湧水対策としての効果	施工性（施工の容易さ）	その他	
	IV、B	III、C	II、D I、E			変状観察を行う場合の相性	人体防護性の高さ
鏡吹付け	△	○	◎	○*	◎	◎	△
鏡ボルト	△	△	◎	○	△	×	△
浮石落とし	◎	◎	△	◎	◎	△	△
水抜き・さぐり穿孔	○	○	◎	◎	○	×	×
切羽変位計測	×	△	◎	×	○	◎	×
設備的防護対策	△	△	△	△	△	△	○

注：◎：最良、○：良、△：可能、×：不適、○*：水抜き対策を併用することで良。

- 肌落ち防止対策の選定の目安を表としてまとめたものである。
- この表は検討の出発点としては適当であるが、地山等級が同一の評価であっても、切羽の状態には差がみられるので、必ずしもこの表どおりの肌落ち防止対策が適当との結論が得られるわけではないことに留意する必要がある。
- 事業者は、発注者及び設計者と必要に応じ協議し、適切な肌落ち防止対策を選定し、実施することが求められる。

山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害防止対策に係るガイドラインの平成30年改正

改正の背景

- **ガイドライン策定時に考慮されていなかった肌落ち災害が発生し、これらの災害に対してはガイドラインが十分な効果を上げることができないおそれがあったこと。**
＜発生した災害の概要＞
 - ・地山等級の査定は適切にされ、それに基づき支保パターンが選定されていたが、地山に局所的に脆弱な箇所があり、その部分で肌落ちが発生した際に労働者が接近しており、被災したもの。
 - ・地山の層が鏡に鏡にほぼ平行であり、鏡全体が倒れるように崩壊したもの。
 - ・遮水層を貫通し、大量の水がトンネル内に流入したものの。
- 切羽監視責任者に専任性を求めているものの全断面積の小さなトンネルまで専任の切羽監視責任者を置くことはかえって車両系建設機械との接触災害を誘発するおそれがあり、**専任性と全断面積の関係について整理が必要**であったこと。

改正の概要

○切羽への立入禁止措置

- ・原則として切羽への立入を禁止、真に必要な場合のみ立ち入らせるようにする。(変更なし)
- ・現在切羽へ立ち入ることにより作業されていることが多い**装薬作業の遠隔化、支保工建て込み作業等の完全な機械化等を積極的に進めることを記載。**(第5の1関係)

○肌落ち防止計画の実施・変更

- ・肌落ち防止計画の適否の確認において、**切羽に脆弱部が存在するおそれがあることに留意するよう記載。**(第5の3のウ関係)
(地山に局所的に脆弱な箇所があり、その部分で発生した肌落ちにより災害が発生したことを踏まえたもの)

○切羽監視責任者の専任性等

- ・切羽監視責任者は**専任であることを明確化**。ただし、小断面(概ね50m²未満、2車線道路では、通常50m²を超える。)では作業主任者が兼任できることを明示。(第5の4の(1)関係)

○ベンチカットの記載

- ・**○断面積60m²以上ではベンチカットをすること、地山の状態が悪い場合に核残しを行うことが望ましいことを明記。**(第5の5関係)
(大断面の山岳トンネルでの肌落ち災害が発生したことを踏まえたもの)

○遮水層・帯水層対策

- ・遮水層、帯水層がある場合の**水抜きボーリング、薬液注入工法の実施の検討を記載。**(第6の1の(9)関係)
(遮水層を貫通したことによりトンネルが崩壊した事故が発生したこと踏まえたもの)

○切羽に平行な層

- ・地山の層が切羽に平行になっている場合の**鏡ボルトの有効性を明記。**(第2の(2)関係)
(地山の層が切羽に平行になっている箇所が倒れるようにして肌落ちとなった災害が発生したことを踏まえたもの)

山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害事例

死亡1名

○災害発生状況

NATM工法による道路トンネル建設工事において岩盤に孔を開け、雷管の装薬作業を行っていた際に1回目の崩落が発生し、岩塊とともに雷管が落下した。被災者Aは作業員Bと切羽に向かい、雷管を回収しようとした。このとき作業員Cが崩落の兆候に気付き叫んだが、被災者Aは逃げ遅れ、岩塊の下敷きとなり死亡した。崩落した岩塊の総量は約14m³と推計されている。

○災害発生原因

装薬作業は切羽から十分な間隔をとって実施すべきであり、落下した雷管を拾うためであったとしても崩壊がみられた切羽に安易に接近したことが主な原因である。

支保パターンは切羽の観察結果を踏まえ安全側で施工されていたが、火薬使用量が減少しており地山が崩れやすくなっていることが確認されていた。肌落ち防止対策の選定にあたってこの事実が考慮されていなかったことも原因として挙げられる。



崩落した切羽の様子

死亡1名

○災害発生状況

NATM工法による道路トンネル建設工事において、発破、ずり出しが終了し、被災者は支保工の建込みを行うために、地山の確認作業を行っていた。切羽手前左肩部において全長約5m、奥行き最大約4m、高さ約5mにわたる約50m³の土砂が崩壊した。このため、付近にいた被災者が生き埋めとなり、死亡した。崩壊箇所では、二次吹付けコンクリート、鋼製支保工、ロックボルトが施工済であった。

○災害発生原因

崩壊箇所の地山に局所的な劣化が生じていたが、支保パターンの選定は3箇所平均で決定されていたため、崩落箇所の地山の劣化に応じた支保パターンとなっておらず、強度が十分でなかったことが主な原因である。支保パターンを選定する際は、単純に平均値をとるのではなく、局所的に劣化したところがあることを加味することが必要である。



崩落した切羽の様子

死亡1名

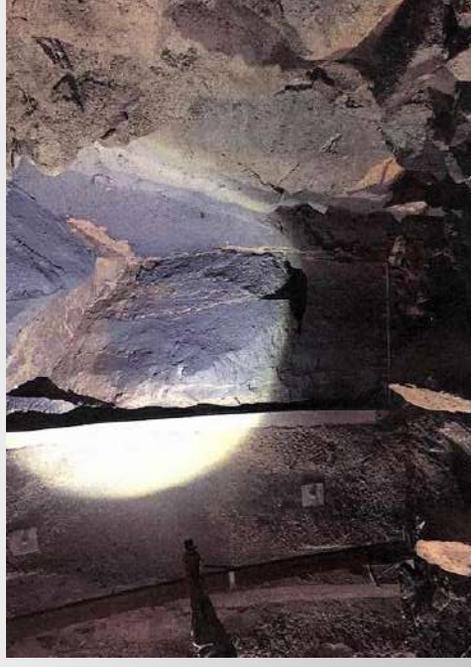
- 災害発生状況
NATM工法による道路トンネル建設工事において、5cmの鏡吹付けの後、岩盤に装薬用の孔の穿孔を行った。その後、ドリルジャンボのマンケージから装薬作業を始めようとしたところ、切羽の約3/4が崩壊し、マンケージごと被災者が崩壊に巻き込まれたもの。ドリルジャンボ後方から切羽監視員が切羽の監視を行っていたが、切羽の崩壊に特段の予兆はみられなかった。
- 災害発生原因
崩壊があった切羽の中央と右側部分については、岩面同士をたたき合わせて割ることができるほど軟岩であった。なお、崩壊した岩塊の一軸圧縮試験でも、試験が実施にいくほど岩塊の強度が低いことが明らかになっている。
地層が鏡に平行で全面に渡る崩壊が発生しやすい地山であった。



切羽の崩落範囲

休業1名(骨盤骨折)

- 災害発生状況
NATM工法による道路トンネル建設工事において、一次吹付け作業の次に鋼製支保工の建込みの準備をしていたところ、根足から高さ2～2.5mの箇所長辺約2m、短辺約0.7m、奥行き約0.6m(0.28m³、約650kg)の岩塊が抜け落ち、被災者の背中に当たったもの。一次吹付コンクリートの厚さは施工計画では30mmとされていたが、10mm程度のところもみられた。
- 災害発生原因
切羽周辺の応力の再配分がなされていく過程で岩塊が力学的近郊を失ったことに伴い、岩塊が落下したが、その際、吹付コンクリートが施工計画どおりの厚さで吹き付けられていなかったこと。(岩塊をモデル化し計算したところ、施工計画どおりに吹き付けていれば肌落ちを防止できたと見込まれる)



災害発生直後の肌落ち箇所(切羽左側面)

山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害の最近の災害事例

番号	発生年	災害の概要	推定原因
1	H28	NATM工法による道路トンネル建設工事現場において、一次吹き付けが終了し、鋼製支保工建込みの準備ため根足箇所に入り込んだところ、高さ2.3～2.5mの箇所から岩塊が抜け落ち、被災者の背中に激突した。	吹付けコンクリートが計画されていた30mmより薄く10mm程度の箇所があったこと。
2	H28	NATM工法による道路トンネル建設工事現場において5cmの鏡吹付けの後、岩盤に装薬用の孔の穿孔を行った。その後ドリルジャンボのマンケージから装薬作業を始めたところ、切羽の約3/4が崩壊し、マンケージごと被災者が崩壊に巻き込まれた。	切羽が脆弱であるにもかかわらず肌落ち防止対策が不十分だったこと
3	H27	建設中の自動車専用道路のトンネル工事現場で、支保工の建込みを行うために、被災者が地山の確認作業を行っていたところ、切羽手前左肩部の地山が局所的に弱く、全長約5m、奥行き最大約4m、高さ約5mにわたったり崩壊し、その付近にいた被災者が生き埋めとなり、死亡した。崩壊箇所では、二次吹付けコンクリート、鋼製支保工、ロックボルトが施工済であった。	局所的に弱い地山に対して、適切な覆工を行わなかったこと。
4	H27	トンネル切羽において、火薬の装填作業を行っていたところ、切羽天端部の肌落ちがあり、装填した火薬(雷管)が2つ落下した。火薬を回収するため職長、被災者が切羽に近づいたところ、岩盤が大規模に崩落し、被災者は約3トンの岩の下敷きとなった。	切羽に近づいたこと。
5	H25	建設中の自動車専用道路のトンネル工事現場で、切羽周辺が崩落し、作業をしていた被災者が土砂に埋まった。	切羽で作業を行っていたこと。
6	H21	ずい道建設現場の切羽先端において、ドラグ・シヨベルで掘削した脇に残った下部の土砂を手作業で掘削していたところ、切羽の土砂(約20m ³)が崩壊し、被災者が埋まった。	切羽で作業を行っていたこと。
7	H21	切羽上半部の発破作業のため、ドリルジャンボを使用して穿孔、火薬の装填を終え、被災者が切羽下部部の結線作業を行っていたところ、切羽上方約4mから岩塊(約360kg)が肌落ちし、被災者を直撃した。	切羽で作業を行っていたこと。
8	H19	坑口より約550m地点の崩壊防止用のモルタルが前面に吹き付けられている切羽下部の地上において、発破の装填作業中、切羽の高さ約6mの断面から幅約3m、高さ約3m、厚さ30cmにわたりモルタル及び地山の一部が崩落し被災者に激突した。	切羽で作業を行っていたこと。
9	H17	切羽面の下方部において、油圧削岩機が発破孔の穿孔を行う付近で、切羽面の下にたまった岩石を鉤を用いて搬出する作業中に、切羽の天井最上部付近(高さ約5m)から一次吹き付けを終えたコンクリート片(縦・横・厚さ約65×30×13cm、重量約60kg)及び岩塊(重量約30kg)が剥離して落下し、被災者の頭部に当たった。	切羽で作業を行っていたこと。
10	H15	NATM工法によるトンネル工事現場(延長334m)において、坑口から約110mの地点で切羽鏡面の発破準備作業中、ホイールジャンボのバスケット上から切羽への装薬を行っていたところ、切羽の下端より高さ約6mの位置から、高さ1.1m、幅1.1m、約0.3m ³ の岩塊が崩壊して直撃された。	切羽で作業を行っていたこと。

山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害の最近の災害事例

番号	発生日	災害の概要	推定原因
11	H14	下り線坑口より約700mの切羽において、ホイールジャンボのマンケージ内でロックボルト注入作業を行っていたところ、突然切羽鏡面より地山が約20 ³ 崩壊し、崩壊する土砂とマンケージの手摺りに挟まれた。	切羽で作業を行っていたこと。
12	H14	坑口より1,027m付近にてNATM工法による切羽掘削作業を行っていたとき、切羽を発破し、油圧ブレイカによるこそくを終了した後、鋼製支保工建込みのため被災者が切羽に近づいたところ、切羽が高さ3m、幅約1.5mほど崩れ、落ちてきた岩塊に直撃された。	切羽で作業を行っていたこと。
13	H14	高速道路トンネル工事現場で切羽上部より岩石（長さ2.5m、幅0.7m、重さ約4t）が落下、装薬作業を行っていた被災者を直撃した。	切羽で作業を行っていたこと。
14	H14	坑口より約400mの地点で発破、ずり取りが終了し、職長が切羽を点検したところ、肌落ちの危険を感じたため作業員に切羽に入らないように指示した。職長がブレイカーを運転して戻るとき、被災者が切羽右部にいるのを見つけ、退避するよう叫んだ直後に0.5m ³ ほどの肌落ちが発生し、岩石が被災者を直撃した。	切羽に近づいたこと。
15	H13	坑口より769mの地点の切羽でホイールジャンボのケージに乗り、発破前のこそく作業中、高さ7.5mの切羽より崩落があり、被災者の背部に激突した。	切羽で作業を行っていたこと。
16	H13	トンネル工事現場において切羽鏡面の下部で発破用火薬の装薬作業を行っていた被災者の上部の切羽鏡面が崩落し、岩が足に当たった。このため転倒した被災者の背部に、より大きな岩が倒れ込んできて、その下敷きになった。	切羽で作業を行っていたこと。
17	H12	ドラグショベルとタイヤショベルで切羽付近の地盤改良中、切羽の地山が崩壊し、湧水を大量に含んだ土砂が坑口側に約60m流出し、切羽から約40m後方で小型ドラグショベルに搭乗し待機していた被災者がドラグショベルごと押し流され、後方に待機していたトンネル掘削機械との間に生き埋めになった。	水抜きが不十分であったこと。
18	H12	トンネル工事現場の切羽で発破の装薬作業中、鏡面から約3m ³ の岩塊が抜け落ち、落下した岩塊に下半身及び右上腕以上が埋まった。	切羽で作業を行っていたこと。
19	H12	NATM工法によりずい道の掘削作業中、坑口より184mの切羽でアーチ型枠材を建て込むため、掘削面下端を手作業で整地中、高さ2mの箇所から岩盤が落下し、被災者に激突した。	切羽で作業を行っていたこと。
20	H12	ずい道坑口から約100mの切羽付近においてこそくが行われた後に、後で道支保工設置のためズリかきならしを行っていたところ、どこから石が落下して被災者に激突した。	切羽で作業を行っていたこと。
21	H12	坑口より約790m付近において切羽掘削作業がほぼ終了し、支保工組立、モルタルの吹き付け作業等を終了し、次の支保工組立の基礎の確認のため2名が左右に分かれて近づき、掘削盤の高さの確認を行っていたところ、切羽右側の岩盤（5.6m ³ ）が突然崩落し、被災者が崩落してきた岩盤に巻き込まれたものの。	切羽に近づいたこと。

※1は死傷災害。2以降は死亡災害。

山岳トンネル工事において事業者が実施する主要事項の整理1

事前調査

○ボーリング等による地山の調査^{*1}、記録^{*2}（則第379条、ガイドライン第5の2の(1)）

^{*1} 発注者等による調査を利用してよい。
^{*2} 記録が明記されているのは則のみ。

計画

○施工計画（則第380条、第383条）

- ・ 支保工の施工、覆工、湧水・可燃性ガスの処理、換気の方法、照明の方法を定める。
- ・ 施工計画を地山の状態に適応するよう変更する。

○肌落ち防止計画（則第382条の3）（ガイドライン第5の2）

- ・ 地山の状態に応じた肌落ち防止対策、切羽監視責任者の選任、切羽から退避の方法等、その他の事項を定める。
- ・ 十分な肌落ち防止対策ができないおそれがある場合、発注者、設計者と検討し、肌落ち防止計画を変更する。
- ・ 肌落ち防止計画は関係労働者に周知する。
- ・ 退避の方法、退避指示の方法を定める。
- ・ 作業手順書を作成する。

測定等

○可燃性ガスの濃度の測定（則第382条の2）

- ・ 事業者は可燃性ガスの濃度を測定する者を指名する。
- ・ 測定は、毎日作業を開始する前、中震以上の地震の後、可燃性ガスに異常があったときに行う。
- ・ 結果を記録する。

○自動警報装置の設置（則第382条の3）

- ・ 則第382条の2の測定の結果、爆発、火災が生じるおそれのあるときは、自動警報装置を設ける。
- ・ 自動警報装置を点検し、異常があるときは補修する。

※「則」は労働安全衛生規則の略。

※山岳トンネル工事に係る安全衛生法令等を網羅しているわけではありません。

※法令、ガイドラインの表現は簡略化している場合があるので、原典を確認してください。

切羽の状況の確認

○観察（則第381条）

- ・ 毎日、掘削箇所及びその周辺について行う。
- ・ 結果を記録する。

○点検（則第382条）

- ・ 事業者は点検者を指名する。
 - ・ 毎日及び中震以上の地震後、ずい道の内部の地山について行う。
 - ・ 発破を行った後、発破を行った箇所及びその周辺について行う。
- 観察（ガイドライン第5の3の(1)のア）
- ・ 装薬時、吹付け時、支保工建て込み時、交代時、切羽について行う。
 - ・ 結果は記録し肌落ち防止計画の見直し等に活用する。
- 監視（ガイドライン第5の2の(2)のイ等）
- ・ 事業者は切羽監視責任者を選任する。
 - ・ 常時、切羽について行う。

作業主任者

○ずい道等の掘削等作業主任者の選任（則第383条の2）

- ・ 作業の方法及び労働者の配置を決定し、作業を直接指揮する。
 - ・ 器具、工具、安全帯等、保護具の機能を点検し、不良品を取り除く。
 - ・ 安全帯等及び保護具の使用状況を監視する。
- ずい道等の覆工作業主任者の選任（則第383条の4）
- ・ 作業の方法及び労働者の配置を決定し、作業を直接指揮する。
 - ・ 器具、工具、安全帯等、保護具の機能を点検し、不良品を取り除く。
 - ・ 安全帯等及び保護具の使用状況を監視する。

山岳トンネル工事において事業者が実施する主要事項の整理2

落盤等による危険の防止

- 落盤、肌落ちの危険の防止
 - ・ ずい道支保工、ロックボルト、浮石落とし等の労働災害防止措置を実施する。(則第384条)
- 入りり口付近の地山の崩壊等の危険の防止
 - ・ 土留め支保工、防護網、浮石落とし等の措置を実施する。(則第385条)
- 立入禁止(則第386条)
 - ・ 浮石落としが行われている箇所及びその下方で労働者に危険を及ぼすおそれのあるところ
 - ・ ずい道支保工の補強、補修作業が行われている箇所
- 切羽への立入禁止(ガイドライン第5の1)
 - ・ 切羽への立入を原則として禁止にする。
 - ・ 真に必要がある場合のみ立ち入らせるようにする。
 - ・ できる限り機械等で行うようにする。
- 肌落ち防止対策
 - ・ 調査結果に適応した肌落ち防止対策を含む肌落ち防止計画を策定する(ガイドライン第5の2の(2))
 - ・ 追加の肌落ち防止対策を検討する(ガイドライン第5の2の(2)の工)

視界の保持

- 視界の保持(則第387条)
 - ・ 視界が著しく制限される場合は、換気を行い、水を撒く等必要な視界を保持するための措置を講じる。

退避

- 退避
 - ・ 労働災害発生の急迫した危険があるときは、直ちに作業を中止し、労働者を安全な場所に退避させる(則第389条の7)
 - ・ 爆発のおそれのある場合の立入禁止、警報設備の設置、避難用器具の備付け、避難訓練の実施等(則第389条の8～第389条11)
- 退避指示(ガイドライン第5の2の(2)のウ、第5の4の(2))
 - ・ 退避の方法、退避指示の方法を定める。
 - ・ 監視の結果、肌落ちにより被災するおそれがあると判断される場合には、切羽監視責任者は直ちに切羽から労働者を退避させる。

その他

- 労働安全衛生法第88条に基づく計画届
- 救護に関する措置(則第24条の3～第24条の9)
- 車両系機械等の運行経路(則第388条で読み替える第364条)
- 誘導者の配置(則第388条で読み替える第365条)
- 保護帽の着用(則第388条で読み替える第367条)
- 安全な照度の保持(則第388条で読み替える第369条の5)
- 爆発、火災等の防止(則第389条～第389条の5)
- ずい道支保工(則第390条～第396条)
- ずい道型枠支保工(則第397条～第398条)
- 粉じん障害防止規則
 - ・ 坑内での地山の掘削、地山の破砕等、ずり出しは特定粉じん作業に該当(第2条)
 - ・ 湿潤化等(第4条)
 - ・ 換気(第6条の2)、半月以内ごとの粉じん濃度の測定と結果に応じた風量増加等の措置(第6条の3、第6条の4)
 - ・ 特別教育(第22条)
 - ・ 休憩設備の設置(第23条)、清掃の実施(第24条)
 - ・ 発破終了後の措置(第24条の2)
 - ・ 電動ファン付き呼吸用保護具の使用(第27条)

※「則」は労働安全衛生規則の略。

※山岳トンネル工事に係る安全衛生法令等を網羅しているわけではありません。

※法令、ガイドラインの表現は簡略化している場合があるので、原典を確認してください。