

トンネル地山等級判定マニュアル（試行案）
（平成 18 年 9 月試行案の改訂版）

平成 28 年 7 月

近畿地方整備局道路部道路工事課

ま え が き

1. 本マニュアルの作成主旨

山岳トンネルの設計は、地山の工学的諸性質を類型化して地山分類（＝地山等級区分）を行い、地山分類に応じて標準的な支保構造（＝支保パターン）を設定している。

トンネル工事の施工にあたっては、切羽の観察・計測により地山等級の判定を行い、安全性及び経済性を確保した合理的な施工ができる様、必要に応じて支保パターンを変更しなければならない。また、通常の標準支保パターンによる支保工のみでは対処できない場合は、適切な補助工法を選定しなければならない。

トンネル地山等級の判定は、切羽における岩の硬さや亀裂等を観察し、その結果を点数化して地山を評価するものであるが、その評価基準・様式等については統一されたものがなく、これまで各現場において担当者がそれぞれ工夫して運用してきたのが実態である。

本マニュアルは、トンネル地山等級の判定を客観的かつ統一的に運用するため、判定作業に必要な実施要領をとりまとめたものである。

2. 本マニュアルの特徴

本マニュアルのとりまとめにあたっては、次の点に配慮した。

- ① 切羽観察項目・評価点等の評価基準については、独立行政法人 土木研究所道路技術研究グループ（トンネル）が提案している地山等級判定法に基づいて作成した。
- ② 切羽観察に加えて、後方の類似切羽の計測結果と変状履歴を活用して、支保構造の妥当性を評価する手法を採用した。
- ③ トンネル工事に精通していない技術者でも地山等級判定が容易に行えるように、写真を用いて分かりやすく解説を付け加えた。
- ④ 切羽観察を行う上での基礎知識として、近畿地方の地質図や地質用語に関する解説を付け加えた。

平成18年9月

近畿地方整備局 道路部 道路工事課

改訂にあたって

平成 18 年 9 月以降、地山等級判定マニュアル(試行案)に基づきトンネル工事の地山等級判定を実施してきたが、現場から以下の要望が多いため改訂することにした。

- I. 切羽評価点をもとに支保パターンの目安を確認するが、目安となる支保が複数選定されるケースが多いことから、支保の決定にあたって判定員による判断のばらつきが生じやすい。

『切羽評価点から代表的支保パターンを確認できるマニュアル』を望む。

- II. マニュアル全体に定性的な表現が多く、経験豊富なトンネル技術者でなければ活用しづらい部分がある。

『トンネル専門家でない技術者でも活用可能な分かりやすいマニュアル』を望む。

以上の意見をマニュアル改訂の 2 本柱として改訂を行った。

主な改訂内容は以下の通り。

I. 切羽評価点の判定方法の修正

近畿地方整備局の平成 18～27 年度のトンネル工事实績（80 トンネル、1027 断面）について切羽評価点を整理し、切羽評価点に基づいて、目安となる代表的支保パターンを選定できる判定方法に修正した。

II ①. 切羽評価区分に関する Q & A と地山等級判定事例の追加

正確な切羽評価区分判定が出来るように、地山等級判定事例と Q & A 形式での説明を追加した。

II ②. 地山等級判定の基礎事項の解説

設計段階に関係する分野であるが、地山等級判定の基礎事項である「岩石グループ」と「計測管理基準値」の考え方を分かりやすく解説した。

II ③. 地山等級判定タイミングの提示

実施時期について明確な定めのない実施時期のタイミングについて目安を示した。

平成 28 年 7 月

近畿地方整備局 道路部 道路工事課

改訂にあたって

平成 18 年 9 月以降、地山等級判定マニュアル(試行案)に基づきトンネル工事の地山等級判定を実施してきたが、現場から以下の要望が多いため改訂することにした。

- I. 切羽評価点をもとに支保パターンの目安を確認するが、目安となる支保が複数選定されるケースが多いことから、支保の決定にあたって判定員による判断のばらつきが生じやすい。

『切羽評価点から代表的支保パターンを確認できるマニュアル』を望む。

- II. マニュアル全体に定性的な表現が多く、経験豊富なトンネル技術者でなければ活用しづらい部分がある。

『トンネル専門家でない技術者でも活用可能な分かりやすいマニュアル』を望む。

以上の意見をマニュアル改訂の 2 本柱として改訂を行った。

主な改訂内容は以下の通り。

I. 切羽評価点の判定方法の修正

近畿地方整備局の平成 18～27 年度のトンネル工事实績（80 トンネル、1027 断面）について切羽評価点を整理し、切羽評価点に基づいて、目安となる代表的支保パターンを選定できる判定方法に修正した。

II ①. 切羽評価区分に関する Q & A と地山等級判定事例の追加

正確な切羽評価区分判定が出来るように、地山等級判定事例と Q & A 形式での説明を追加した。

II ②. 地山等級判定の基礎事項の解説

設計段階に関係する分野であるが、地山等級判定の基礎事項である「岩石グループ」と「計測管理基準値」の考え方を分かりやすく解説した。

II ③. 地山等級判定タイミングの提示

実施時期について明確な定めのない実施時期のタイミングについて目安を示した。

平成 28 年 6 月

近畿地方整備局 道路部 道路工事課

目 次

1. 切羽判定表〔切羽観察表・切羽評価表〕の様式と記入方法.....	1
2. 切羽判定表〔切羽観察表及び切羽評価表〕の様式.....	5
3. 切羽観察表（全岩種共通）の記入方法と記入例.....	17
4. 切羽評価表の記入方法と記入例（中硬質岩・軟質岩）（塊状）の例）.....	19
【解説－1a 切羽評価区分判定の目安〔写真表〕】.....	23
表－解1－(A) 切羽評価区分判定の目安【(A)切羽の状態】.....	23
表－解1－(B) 切羽評価区分判定の目安【(B)素掘り面の状態】.....	25
表－解1－(C) 切羽評価区分判定の目安【(C)圧縮強度】.....	27
表－解1－(D) 切羽評価区分判定の目安【(D)風化変質】.....	29
表－解1－(E) 切羽評価区分判定の目安【(E)割れ目の頻度】.....	31
表－解1－(F) 切羽評価区分判定の目安【(F)割れ目の状態】.....	33
表－解1－(G) 切羽評価区分判定の目安【(F)割れ目の形態】.....	35
表－解1－(H) 切羽評価区分判定の目安【(H)湧水】.....	37
表－解1－(I) 切羽評価区分判定の目安【(I)水による劣化】.....	39
【解説－1b 切羽評価区分判定の目安〔地山等級判定事例〕】.....	41
【解説－1c 地山等級判定における工学的チェックについて】.....	52
【解説－2a 重み係数の根拠（(独)土木研究所 試験施工用論文）】.....	53
【解説－2b マニュアル改訂にあたってのデータ分析について(H27)】.....	58
【解説－3 標準支保パターンと各支保工の役割と効果】.....	60
【解説－4 計測管理の考え方】.....	67
【解説－5 岩石グループの見分け方】.....	76
【解説－6 支保増減の考え方】.....	78
【解説－7 施工中の現象とその対応策】.....	79
【解説－8 補助工法の種類と選定】.....	80
【解説－9 切羽写真撮影時の留意点】.....	86
参考資料－1 用語の解説.....	87
参考資料－2 近畿の地質.....	102
参考資料－3 地山等級判定の進め方（例）.....	120
参考資料－4 地山等級判定のタイミング.....	124
参考資料－5 切羽評価区分判定の目安〔Q&A〕.....	126

1. 切羽判定表〔切羽観察表・切羽評価表〕の様式と記入方法

切羽判定表は、切羽観察結果を記録する**切羽観察表**と、切羽観察結果に基づき地山分類及び支保選定を行う**切羽評価表**からなる。このうち、切羽観察表は〔様式―1〕、切羽評価表は〔様式―2〕と〔様式―3〕からそれぞれ構成される。

(1) 切羽観察表〔様式―1〕

様式は p5～6 に示す**様式―1**とし、全岩質において共通とする。記入時の留意事項を「p17～18 3. 切羽観察表(様式-1)の記入方法と記入例」及び「p23～49 解説-1a～1b」、「p83 解説-9」に示す。

本表の特徴は以下のとおりである。

- 1) 切羽観察の流れは「p2 図 1-1～図 1-2 切羽観察の流れ」によるものとした。
- 2) 評価項目は「道路トンネル観察・計測指針 平成 21 年 2 月 (社)日本道路協会」p97 に示された**9 項目 4 段階評価法**を用いた。
- 3) 今後評価項目となる可能性がある項目(火薬量)をデータ蓄積の目的として追加した。
- 4) 切羽スケッチの方法はデジタルカメラ写真によるものとした。また、評価の指標となる主な変状箇所の拡大スケッチ(写真)を貼付する欄を設けた。
- 5) 記事については、地質、湧水、崩落の有無、その他に分けて記載するようにした。

(2) 切羽評価表〔様式―2〕〔様式―3〕

様式-2 は p7～p14 に示す**様式―2**(1)～(4)とし、硬質岩、中硬質・軟質岩(塊状)、中硬質岩(層状)、軟質岩(層状)の4岩質毎に定める。様式-3 は、p15～16 に示す**様式―3**とし、全岩質において共通とする。

記入時の留意事項を「p19～21 4. 切羽評価〔様式―2～様式―3〕の記入方法と記入例〔中硬質・軟質岩(塊状)の例〕」及び「p52～85 解説-1c～8」に示す。

本表の特徴は以下のとおりである。

- 1) 切羽評価の流れは「p3～4 図 1-3～図 1-4 切羽評価の流れ」によるものとした。
- 2) 切羽評価点を算出する重み係数は「p53～57 (独)土木研究所の試行案」を採用した。
- 3) 切羽評価点から判定する地山等級の目安は箱髭グラフを用い、このグラフは近畿地方整備局の工事実績データ(H18～27)に基づくものを採用した(判定Ⅰとする)。
- 4) 判定Ⅰより2つの地山等級が選定された場合は、目安となる代表的な地山等級を確認するための**フローチャート**を設けた(判定Ⅱとする フローチャートの着目項目については、p58～59 に概要を示した)。
- 5) 判定Ⅰ～Ⅱより選定された地山等級を目安として支保を定めるが、支保の選定にあたり、工学的知見から判断する必要がある場合は、**工学的チェック表**の確認、および**様式-3**(計測結果、施工後の支保の妥当性、補助工法の必要性評価)の記入に基づいて、再協議する仕様とした。

切羽判定時には上記切羽観察表〔様式―1〕、切羽評価表〔様式―2〕〔様式―3〕のほか、下記に示す資料を適宜準備し、判定を行う。天端沈下、内空変位経時変化図〔必須〕

- (3) 前方地山調査結果(先進ボーリング、さぐり削孔、TSP、坑内弾性波探査ほか)〔適宜〕
- (4) 現位置試験、室内試験結果〔適宜〕
- (5) 吹付けコンクリート応力測定図〔適宜〕
- (6) 鋼製支保工応力測定図〔適宜〕
- (7) ロックボルト軸力測定図〔適宜〕
- (8) その他〔適宜〕

様式-2(1)~(4) 岩石グループ毎

STEP3-2

様式-2(2)

切羽評価表〔中硬質岩・軟質岩（塊状）〕 STEP1

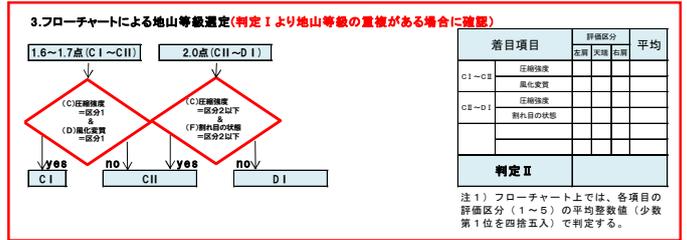
1. 切羽基礎情報

2. 切羽評価点による支援パターン（目安）の評価
 (1) 切羽評価点（集み付け評価点）= (評価区分) × (集み係数) / 100

3. 切羽評価点による地山等級の判定
 (1) 切羽評価点

4. 地山等級

5. 工学的判断（工学的知見から判断する必要がある場合に実施する。）
 (3) 工学的チェック表



着目項目	評価区分			平均
	左側	天端	右側	
C I-C II	任地後			
C II-D I	任地後			
判定 II				

注1) フローチャート上では、各項目の評価区分（1～5）の平均整数値（少数第1位を四捨五入）で判定する。

4. 地山等級

【コメント欄】

判定 I ~ II による地山等級

採用支援パターン

以下、工学的判断工学的チェック表 ※様式 3 表 A、B に続く

5. 工学的判断（工学的知見から判断する必要がある場合に実施する。）
 (3) 工学的チェック表

判定 I ~ II の結果では判定が十分でないと思われる場合は、下表により地山等級について確認する。
 （確認結果は4のコメント欄に記載する）

判定 I ~ II の地山等級	チェック項目
B パターン	<ul style="list-style-type: none"> 岩塊の局所的な落げ崩れ対策を図る必要があるか 前方探査結果や設計で前方に課題があるか 計測結果に課題があるか ※チェックする場合は様式-3の表Aに記入 施工後の支保に課題があるか ※チェックする場合は様式-3の表Bに記入 その他条件に問題があるか
C I パターン	<ul style="list-style-type: none"> 切羽からの突出し、あるいは切羽が自立せずに崩れることがあるか 集中噴水以上の湧水があり、湧水によるゆるみ・軟弱化があるか 押し出し、あるいは、切羽が自立せずに崩れることがあるか 先行して山を受けるなどの覆削のための補助工法が必要か 切羽、素覆り面は土砂状、粘土状、未固結か 崩ぶくれの恐れがあるか（将来的ことも考慮） 前方探査結果や設計で前方に課題があるか 計測結果に課題があるか ※チェックする場合は様式-3の表Aに記入 施工後の支保に課題があるか ※チェックする場合は様式-3の表Bに記入 その他条件に問題があるか
C II パターン	<ul style="list-style-type: none"> 切羽からの突出しが顕著か 変形余裕を見込む必要があるか 前方探査結果や設計で前方に課題があるか 計測結果に課題があるか ※チェックする場合は様式-3の表Aに記入 施工後の支保に課題があるか ※チェックする場合は様式-3の表Bに記入 その他条件に問題があるか
D I パターン	<ul style="list-style-type: none"> 切羽からの突出しが顕著か 変形余裕を見込む必要があるか 前方探査結果や設計で前方に課題があるか 計測結果に課題があるか ※チェックする場合は様式-3の表Aに記入 施工後の支保に課題があるか ※チェックする場合は様式-3の表Bに記入 その他条件に問題があるか

様式-3 全岩質共通

表 A・表 B（工学的チェック表と合わせて利用）

表A: 計測結果 ※工学的チェック表より、計測結果に課題があるか、にチェックした場合に記入する。

表B: 施工後の支保工の要否性 ※工学的チェック表より、施工後の支保に課題があるか、にチェックした場合に記入 ※切羽進行20（0）間隔、あるいは変位収束後の支保工（及び補助工法）の変位状況を指標とする。

補助工法協議

〔4〕掘削補助工法の必要性評価
 補助工法の必要性があると判断された場合に記入する。（評価結果は様式-2の 4.のコメント欄に記載する）

評価区分

天端不安定

切羽不安定

支保工の変状

※採用する補助工法

図 1-3 切羽評価の流れ

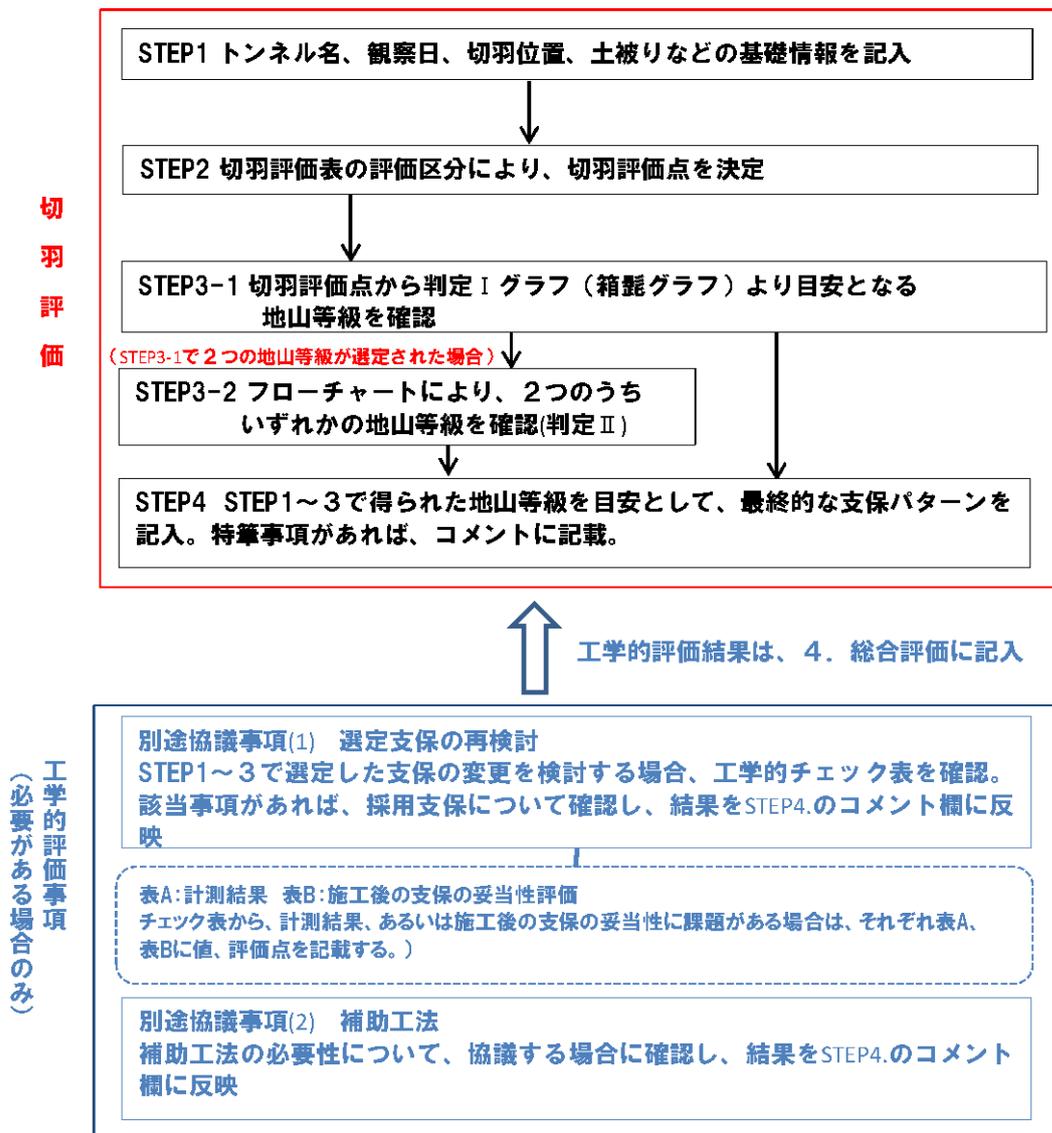


図 1-4 切羽評価の流れ(フロー)

2. 切羽判定表〔切羽観察表及び切羽評価表〕の様式 様式－1

切羽観察表〔全岩質共通〕

1. 切羽基礎情報

トンネル名				<p>切羽に良好な部分と劣悪な部分が混在する場合の見方 ※「(C)圧縮強度」、(D)風化変質」、「(E)割れ目の頻度」を評価する場合に適用 劣悪な部分が30%以上の場合→劣悪な部分で評価 劣悪な部分が10%以下の場合→その他の良好な部分で評価 劣悪な部分が10%～30% → 両者の中間的な部分で評価</p> <p>注) H：上半掘削高さ B：掘削幅</p>
観察年月日	平成	年	月 日	
測点	No.	+	m	
断面番号	No.			
坑口からの距離	m			
土被り高さ	m			
地表地形				
岩石名	地質時代:	区分:	岩石グループ:	
湧水状況	<切羽> 湧水量: L/min 色:	湧水箇所:	<切羽全体> 湧水量: L/min 色:	

2. 切羽観察記録

評価区分 (掘削地点の地山の状態と挙動)					評価区分			
					左肩	天端	右肩	
(A)	切羽の状態	1. 安定	2. 鏡面から岩塊が抜け落ちる	3. 鏡面の押し出しを生じる	4. 鏡面は自立せず崩れ、あるいは流出	5. その他		
(B)	素掘面の状態	1. 自立 (普請不要)	2. 時間がたつと緩み肌落ちする (後普請)	3. 自立困難掘削後早期に支保する (先普請)	4. 掘削に先行して山を受けておく必要がある			
(C)	圧縮強度	1. $\sigma_c \geq 100\text{MPa}$ ハンマー打撃はね返る	2. $100\text{MPa} > \sigma_c \geq 20\text{MPa}$ ハンマー打撃で砕ける	3. $20\text{MPa} > \sigma_c \geq 5\text{MPa}$ 軽い打撃で砕ける	4. $5\text{MPa} \geq \sigma_c$ ハンマー刃先食いこむ			
(D)	風化変質	1. なし・健全	2. 岩目に沿って変色、強度やや低下	3. 全体に変色、強度相当に低下	4. 土砂状、粘土状、破碎、当初より未固結			
(E)	割れ目の頻度	1. 間隔 $d \geq 1\text{m}$ 割れ目なし	2. $1\text{m} > d \geq 20\text{cm}$	3. $20\text{cm} > d \geq 5\text{cm}$	4. $5\text{cm} \geq d$ 破碎当初より未固結			
(F)	割れ目の状態	1. 密着	2. 部分的に開口	3. 開口	4. 粘土を挟む、当初より未固結			
(G)	割れ目の形態	1. ランダム方形	2. 柱状	3. 層状、片状、板状	4. 土砂状、細片状、当初より未固結			
(H)	湧水	1. なし・滲水程度	2. 滴水程度	3. 集中湧水	4. 全面湧水			
(I)	水による劣化	1. なし	2. 緩みを生ず	3. 軟弱化	4. 崩壊、流出			
連割 続れ 面 目 の あ 方 向 と 性 質 (卓越する不)	縦断方向(切羽をみて)	1. 水平 ($10 > \theta > 0$) 2. さし目 ($30 > \theta > 10$, $80 > \theta \geq 60$) 3. さし目 ($60 > \theta \geq 30$) 4. 流れ目 ($60 > \theta \geq 30$) 5. 流れ目 ($30 > \theta \geq 10$, $80 > \theta > 60$) 6. 垂直 6 ($\theta \geq 80$) (最大傾斜角をとる)						
	横断方向(切羽をみて)	1. 水平 ($10 > \theta > 0$) 2. 右から左へ ($30 > \theta \geq 10$, $80 > \theta \geq 60$) 3. 右から左へ ($0 > \theta \geq 30$) 4. 左から右へ ($60 > \theta \geq 30$) 5. 左から右へ ($30 > \theta \geq 10$, $80 > \theta \geq 60$) 6. ($\theta \geq 80$) (切羽面の見かけの傾斜角をとる)						

3. 火薬量

評価項目・区分		1	2	3	4	5	評価区分
火薬	火薬量	1.0kg/m ³ 以上	B相当(1.0kg/m ³)	C相当(0.8kg/m ³)	D相当(0.6kg/m ³)	0.6kg/m ³ 以下	

切羽全面スケッチ

※特徴的な切羽状況についてはデジタルデータ上にスケッチを行う

拡大スケッチ

※特徴的な切羽状況を拡大写真にて添付

①	②	③	④

記 事

1. 特殊条件・状態等（主に地質）

2. 特殊条件・状態等（主に湧水）

3. 崩壊の有無、状況等

4. その他

様式-2(1)

切羽評価表[硬質岩]

1.切羽基礎情報

トンネル名				<p>注) H: 上半掘削高さ B: 掘削幅</p>	<p>切羽に良好な部分と劣悪な部分が混在する場合の見方 ※「(C)圧縮強度」、「(D)風化変質」、「(E)割れ目の頻度」を評価する場合に適用</p> <p>劣悪な部分が30%以上の場合 → 劣悪な部分で評価 劣悪な部分が10%以下の場合 → その他の良好な部分で評価 劣悪な部分が10%~30% → 両者の中間的な部分で評価</p>
観察年月日					
測点	No.	m			
断面番号	No.				
坑口からの距離	m				
土被り高さ	m				
地表地形					
岩石名	地質時代:	区分:	岩石グループ:		
湧水状況	<切羽>湧水量 L/min	色:	湧水箇所:	<切羽全体>湧水量 L/min	色:
設計時計画	弾性波探査 km/s	支保パターン:	岩石名:	地質時代:	

2.切羽評価点による支保パターン(目安)の評価

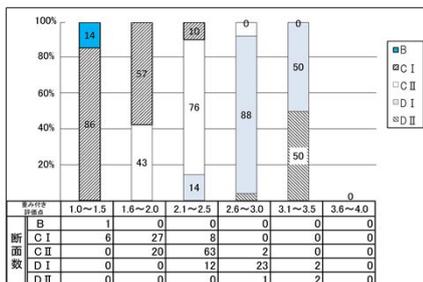
(1)切羽評価点(重み付け評価点=[評価区分]×[重み係数]/101)

評価区分 (掘削地点の地山の状態と挙動)						重み係数	評価区分			
							左肩	天端	右肩	
(A)	切羽の状態	1. 安定	2. 鏡面から岩塊が抜け落ちる	3. 鏡面の押し出しを生じる	4. 鏡面は自立せず崩れ、あるいは流出	5. その他	11			
(B)	素堀面の状態	1. 自立(普請不要)	2. 時間がたつと緩み肌落ちする(後普請)	3. 自立困難掘削後早期に支保する(先普請)	4. 掘削に先行して山を受けておく必要がある	5. その他	15			
(C)	圧縮強度	1. $\sigma_c \geq 100\text{Mpa}$ ハンマー打撃はね返る	2. $100\text{Mpa} > \sigma \geq 20\text{Mpa}$ ハンマー打撃で碎ける	3. $20\text{Mpa} > \sigma \geq 5\text{Mpa}$ 軽い打撃で碎ける	4. $5\text{Mpa} \geq \sigma$ ハンマー刃先食いこむ	5. その他	14			
(D)	風化変質	1. なし・健全	2. 岩目に沿って変色、強度やや低下	3. 全体的に変色、強度相当に低下	4. 土砂状、粘土状、破碎、当初より未固結	5. その他	8			
(E)	割れ目の頻度	1. 間隔 $d \geq 1\text{m}$ 割れ目なし	2. $1\text{m} > d \geq 20\text{cm}$	3. $20\text{cm} > d \geq 5\text{cm}$	4. $5\text{cm} \geq d$ 破碎、当初より未固結	5. その他	27			
(F)	割れ目の状態	1. 密着	2. 部分的に開口	3. 開口	4. 粘土を挟む、当初より未固結	5. その他	7			
(G)	割れ目の形態	1. ランダム方形	2. 柱状	3. 層状、片状、板状	4. 土砂状、細片状、当初より未固結	5. その他	8			
(H)	湧水	1. なし・滲水程度	2. 滴水程度	3. 集中湧水	4. 全面湧水	5. その他	3			
(I)	水による劣化	1. なし	2. 緩みを生ず	3. 軟弱化	4. 崩壊、流出	5. その他	8			
(き)	卓越する割れ目の不連続方向性	1. 水平 ($10 > \theta > 0$) 2. さし目 ($30 > \theta > 10$, $80 > \theta \geq 60$) 3. さし目 ($60 > \theta \geq 30$) 4. 流れ目 ($60 > \theta \geq 30$) 5. 流れ目 ($30 > \theta \geq 10$, $80 > \theta > 60$) 6. 垂直 6 ($\theta \geq 80$) (最大傾斜角をとる)								
	横断方向性	1. 水平 ($10 > \theta > 0$) 2. 右から左へ ($30 > \theta \geq 10$, $80 > \theta \geq 60$) 3. 右から左へ ($0 > \theta \geq 30$) 4. 左から右へ ($60 > \theta \geq 30$) 5. 左から右へ ($30 > \theta \geq 10$, $80 > \theta > 60$) 6. ($\theta \geq 80$) (切羽面の見かけの傾斜角をとる)								

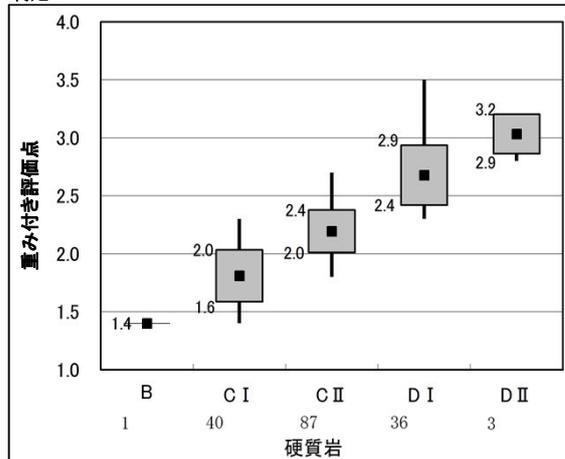
評価点 =		評価点 = (右肩 + 左肩 + 2 × 天端) / 4	
-------	--	------------------------------	--

(2)切羽評価点による地山等級の判定

(分布表:参考)

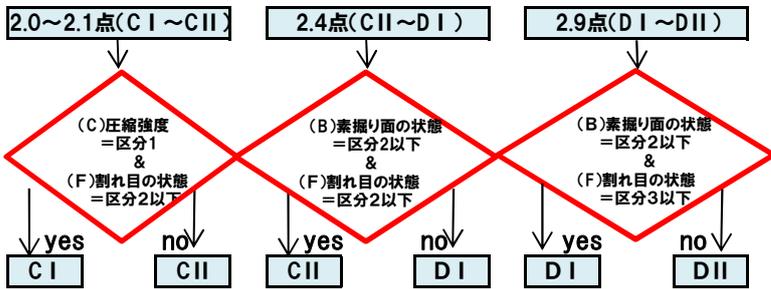


判定 I



判定 I

3.フローチャートによる地山等級選定(判定 I より地山等級の重複がある場合に確認)



着目項目	評価区分			平均
	左肩	天端	右肩	
C I ~C II	圧縮強度			
	割れ目の状態			
C II ~D I	素掘り面の状態			
	割れ目の状態			
D I ~D II	素掘り面の状態			
	割れ目の状態			
判定 II				

注1) フローチャート上では、各項目の評価区分(1~5)の平均整数値(少数第1位を四捨五入)で判定する。

4.総合評価

【コメント欄】

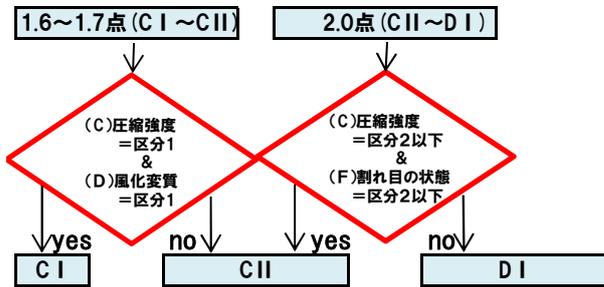
判定 I ~ II による地山等級	
採用支保パターン	

注1) 地山等級 C II、D I の場合は C II-b、D I-b を基本とするが、トンネル掘削に伴う変位が小さく、切羽が安定すると予測される場合は C II-a、D I-a の適用を検討する。
 注2) D II パターンについては、計測結果を参考に適宜、変形余裕量を見込む。

5.工学的判断(工学的知見から判断する必要がある場合に実施する。)

(3)工学的チェック表	
判定 I ~ II の結果では判定が十分ではないと判断される場合は、下表により地山等級について確認する。 (確認結果は4.のコメント欄に記載する)	
判定 I ~ II の支保パターン	チェック項目
B パターン	<input type="checkbox"/> 岩塊の局所的な抜け落ち対策を図る必要があるか <input type="checkbox"/> 前方探査結果や設計で前方に課題があるか <input type="checkbox"/> 計測結果に課題があるか ※チェックする場合は様式-3の表Aに記入 <input type="checkbox"/> 施工後の支保に課題があるか ※チェックする場合は様式-3の表Bに記入 <input type="checkbox"/> その他条件に問題があるか
C I パターン	<input type="checkbox"/> 素掘りの天端から吹付けだけでは固定できないほどの肌落ちがみられるか <input type="checkbox"/> 前方探査結果や設計で前方に課題があるか <input type="checkbox"/> 計測結果に課題があるか ※チェックする場合は様式-3の表Aに記入 <input type="checkbox"/> 施工後の支保に課題があるか ※チェックする場合は様式-3の表Bに記入 <input type="checkbox"/> その他条件に問題があるか
C II パターン	<input type="checkbox"/> 切羽からの押出し、あるいは切羽が自立せずに崩れることがあるか <input type="checkbox"/> 集中湧水以上の湧水があり、湧水によるゆるみ~軟弱化があるか <input type="checkbox"/> 押出し、あるいは、切羽が自立せずに崩れることがあるか <input type="checkbox"/> 先行して山を受けるなどの掘削のための補助工法が必要か <input type="checkbox"/> 切羽、素掘り面は土砂状、粘土状、未固結か <input type="checkbox"/> 盤ぶくれの恐れがあるか(将来的なことも考慮) <input type="checkbox"/> 前方探査結果や設計で前方に課題があるか <input type="checkbox"/> 計測結果に課題があるか ※チェックする場合は様式-3の表Aに記入 <input type="checkbox"/> 施工後の支保に課題があるか ※チェックする場合は様式-3の表Bに記入 <input type="checkbox"/> その他条件に問題があるか
D I パターン	<input type="checkbox"/> 切羽からの押出しが顕著か <input type="checkbox"/> 変形余裕量を見込む必要があるか <input type="checkbox"/> 前方探査結果や設計で前方に課題があるか <input type="checkbox"/> 計測結果に課題があるか ※チェックする場合は様式-3の表Aに記入 <input type="checkbox"/> 施工後の支保に課題があるか ※チェックする場合は様式-3の表Bに記入 <input type="checkbox"/> その他条件に問題があるか

3.フローチャートによる地山等級選定(判定 I より地山等級の重複がある場合に確認)



着目項目	評価区分			平均
	左肩	天端	右肩	
C I ~ C II	圧縮強度			
	風化変質			
C II ~ D I	圧縮強度			
	割れ目の状態			
判定 II				

注1) フローチャート上では、各項目の評価区分(1~5)の平均整数値(少数第1位を四捨五入)で判定する。

4.総合評価

【コメント欄】

	判定 I ~ II による地山等級
	採用支保パターン

注1) 地山等級 C II、D I の場合は C II-b、D I-b を基本とするが、トンネル掘削に伴う変位が小さく、切羽が安定すると予測される場合は C II-a、D I-a の適用を検討する。
 注2) D II パターンについては、計測結果を参考に適宜、変形余裕量を見込む。

5.工学的判断(工学的知見から判断する必要がある場合に実施する。)

(3)工学的チェック表	
判定 I ~ II の結果では判定が十分ではないと判断される場合は、下表により地山等級について確認する。 (確認結果は4.のコメント欄に記載する)	
判定 I ~ II の地山等級	チェック項目
B パターン	<input type="checkbox"/> 岩塊の局所的な抜け落ち対策を図る必要があるか <input type="checkbox"/> 前方探査結果や設計で前方に課題があるか <input type="checkbox"/> 計測結果に課題があるか ※チェックする場合は様式-3の表Aに記入 <input type="checkbox"/> 施工後の支保に課題があるか ※チェックする場合は様式-3の表Bに記入 <input type="checkbox"/> その他条件に問題があるか
C I パターン	<input type="checkbox"/> 素掘りの天端から吹付けだけでは固定できないほどの肌落ちがみられるか <input type="checkbox"/> 前方探査結果や設計で前方に課題があるか <input type="checkbox"/> 計測結果に課題があるか ※チェックする場合は様式-3の表Aに記入 <input type="checkbox"/> 施工後の支保に課題があるか ※チェックする場合は様式-3の表Bに記入 <input type="checkbox"/> その他条件に問題があるか
C II パターン	<input type="checkbox"/> 切羽からの押し出し、あるいは切羽が自立せずに崩れることがあるか <input type="checkbox"/> 集中湧水以上の湧水があり、湧水によるゆるみ~軟弱化があるか <input type="checkbox"/> 押し出し、あるいは、切羽が自立せずに崩れることがあるか <input type="checkbox"/> 先行して山を受けるなどの掘削のための補助工法が必要か <input type="checkbox"/> 切羽、素掘り面は土砂状、粘土状、未固結か <input type="checkbox"/> 盤ぶくれの恐れがあるか(将来的なことも考慮) <input type="checkbox"/> 前方探査結果や設計で前方に課題があるか <input type="checkbox"/> 計測結果に課題があるか ※チェックする場合は様式-3の表Aに記入 <input type="checkbox"/> 施工後の支保に課題があるか ※チェックする場合は様式-3の表Bに記入 <input type="checkbox"/> その他条件に問題があるか
D I パターン	<input type="checkbox"/> 切羽からの押し出しが顕著か <input type="checkbox"/> 変形余裕量を見込む必要があるか <input type="checkbox"/> 前方探査結果や設計で前方に課題があるか <input type="checkbox"/> 計測結果に課題があるか ※チェックする場合は様式-3の表Aに記入 <input type="checkbox"/> 施工後の支保に課題があるか ※チェックする場合は様式-3の表Bに記入 <input type="checkbox"/> その他条件に問題があるか

様式-2(3)

切羽評価表[中硬質岩(層状)]

1.切羽基礎情報

トンネル名				<p>注) H:上半掘削高さ B:掘削幅</p>
観察年月日				
測点	No.	m		
断面番号	No.			
坑口からの距離	m			
土被り高さ	m			
地表地形				
岩石名	地質時代:		区分:	岩石グループ:
湧水状況	<切羽>湧水量	L/min	色:	湧水箇所:
設計時計画	弾性波探査	km/s	支保パターン:	岩石名:
				<切羽全体>湧水量: L/min 色:

切羽に良好な部分と劣悪な部分が混在する場合の見方
 ※「(C)圧縮強度」、「(D)風化変質」、「(E)割れ目の頻度」を評価する場合に適用

劣悪な部分が30%以上の場合 → 劣悪な部分で評価
 劣悪な部分が10%以下の場合 → その他の良好な部分で評価
 劣悪な部分が10%~30% → 両者の中間的な部分で評価

2.切羽評価点による支保パターン(目安)の評価

(1) 切羽評価点 (重み付け評価点=[評価区分]×[重み係数]/100)

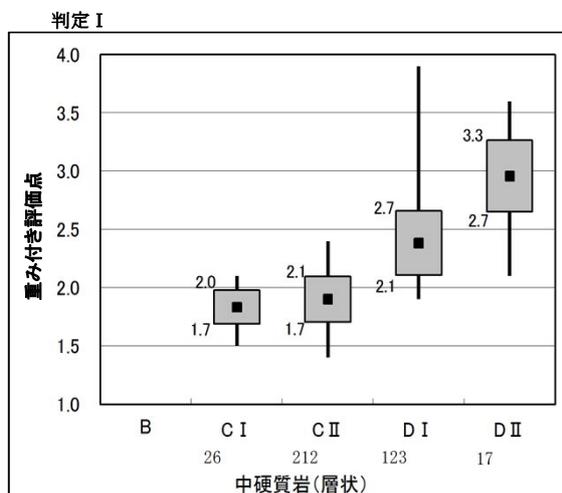
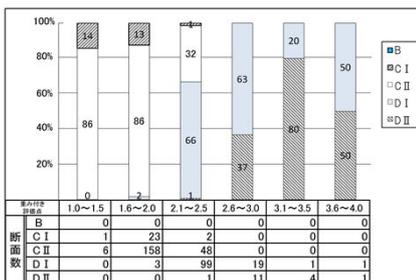
評価区分 (掘削地点の地山の状態と挙動)						
(A)	切羽の状態	1. 安定	2. 鏡面から岩塊が抜け落ちる	3. 鏡面の押し出しを生じる	4. 鏡面は自立せず崩れ、あるいは流出	5. その他
(B)	素掘面の状態	1. 自立(普請不要)	2. 時間がたつと緩み肌落ちする(後普請)	3. 自立困難掘削後早期に支保する(先普請)	4. 掘削に先行して山を受けておく必要がある	5. その他
(C)	圧縮強度	1. $\sigma_c \geq 100\text{Mpa}$ ハンマー打撃はね返る	2. $100\text{Mpa} > \sigma \geq 20\text{Mpa}$ ハンマー打撃で砕ける	3. $20\text{Mpa} > \sigma \geq 5\text{Mpa}$ 軽い打撃で砕ける	4. $5\text{Mpa} \geq \sigma$ ハンマー刃先食いこむ	5. その他
(D)	風化変質	1. なし・健全	2. 岩目に沿って変色、強度やや低下	3. 全体的に変色、強度相当に低下	4. 土砂状、粘土状、破碎、当初より未固結	5. その他
(E)	割れ目の頻度	1. 間隔 $d \geq 1\text{m}$ 割れ目なし	2. $1\text{m} > d \geq 20\text{cm}$	3. $20\text{cm} > d \geq 5\text{cm}$	4. $5\text{cm} \geq d$ 破碎当初より未固結	5. その他
(F)	割れ目の状態	1. 密着	2. 部分的に開口	3. 開口	4. 粘土を挟む、当初より未固結	5. その他
(G)	割れ目の形態	1. ランダム方形	2. 柱状	3. 層状、片状、板状	4. 土砂状、細片状、当初より未固結	5. その他
(H)	湧水	1. なし・滲水程度	2. 滴水程度	3. 集中湧水	4. 全面湧水	5. その他
(I)	水による劣化	1. なし	2. 緩みを生ず	3. 軟弱化	4. 崩壊、流出	5. その他
(き)	卓越す割れ目の連続方向性	1. 水平 ($10 > \theta > 0$) 2. さし目 ($30 > \theta > 10$, $80 > \theta \geq 60$) 3. さし目 ($60 > \theta \geq 30$) 4. 流れ目 ($60 > \theta \geq 30$) 5. 流れ目 ($30 > \theta \geq 10$, $80 > \theta > 60$) 6. 垂直 ($\theta \geq 80$) (最大傾斜角をとる)				
	横断方向性	1. 水平 ($10 > \theta > 0$) 2. 右から左へ ($30 > \theta \geq 10$, $80 > \theta \geq 60$) 3. 右から左へ ($0 > \theta \geq 30$) 4. 左から右へ ($60 > \theta \geq 30$) 5. 左から右へ ($30 > \theta \geq 10$, $80 > \theta > 60$) 6. ($\theta \geq 80$) (切羽面の見かけの傾斜角をとる)				

重み係数	評価区分		
	左肩	天端	右肩
9			
36			
9			
5			
7			
10			
14			
5			
5			
	-	-	-
	-	-	-

評価点 =	評価点 = (右肩 + 左肩 + 2 × 天端) / 4
-------	------------------------------

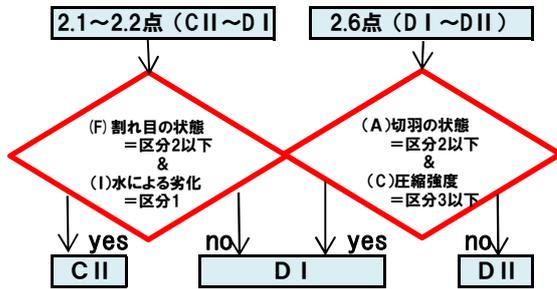
(2)切羽評価点による地山等級の判定

(分布表:参考)



判定 I

3.フローチャートによる地山等級選定(判定 I より地山等級の重複がある場合に確認)



着目項目	評価区分			平均
	左肩	天端	右肩	
C I ~ C II				
D I ~ D II	素掘り面の状態			
D I ~ D II	水による劣化			
D I ~ D II	切羽の状態			
D I ~ D II	圧縮強度			
判定 II				

注1) フローチャート上では、各項目の評価区分(1~5)の平均整数値(少数第1位を四捨五入)で判定する。

4.総合評価

【コメント欄】					
	<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>判定 I ~ II による地山等級</td> <td></td> </tr> <tr> <td>採用支保パターン</td> <td></td> </tr> </table>	判定 I ~ II による地山等級		採用支保パターン	
判定 I ~ II による地山等級					
採用支保パターン					

注1) 地山等級 C II、D I の場合は C II-b、D I-b を基本とするが、トンネル掘削に伴う変位が小さく、切羽が安定すると予測される場合は C II-a、D I-a の適用を検討する。
 注2) D II パターンについては、計測結果を参考に適宜、変形余裕量を見込む。

5.工学的判断(工学的知見から判断する必要がある場合に実施する。)

(3)工学的チェック表	
判定 I ~ II の結果では判定が十分ではないと判断される場合は、下表により地山等級について確認する。 (確認結果は4.のコメント欄に記載する)	
判定 I ~ II の地山等級	チェック項目
B パターン	<input type="checkbox"/> 岩塊の局所的な抜け落ち対策を図る必要があるか <input type="checkbox"/> 前方探査結果や設計で前方に課題があるか <input type="checkbox"/> 計測結果に課題があるか ※チェックする場合は様式-3の表Aに記入 <input type="checkbox"/> 施工後の支保に課題があるか ※チェックする場合は様式-3の表Bに記入 <input type="checkbox"/> その他条件に問題があるか
C I パターン	<input type="checkbox"/> 素掘りの天端から吹付けだけでは固定できないほどの肌落ちがみられるか <input type="checkbox"/> 前方探査結果や設計で前方に課題があるか <input type="checkbox"/> 計測結果に課題があるか ※チェックする場合は様式-3の表Aに記入 <input type="checkbox"/> 施工後の支保に課題があるか ※チェックする場合は様式-3の表Bに記入 <input type="checkbox"/> その他条件に問題があるか
C II パターン	<input type="checkbox"/> 切羽からの押出し、あるいは切羽が自立せずに崩れることがあるか <input type="checkbox"/> 集中湧水以上の湧水があり、湧水によるゆるみ~軟弱化があるか <input type="checkbox"/> 押出し、あるいは、切羽が自立せずに崩れることがあるか <input type="checkbox"/> 先行して山を受けるなどの掘削のための補助工法が必要か <input type="checkbox"/> 切羽、素掘り面は土砂状、粘土状、未固結か <input type="checkbox"/> 盤ぶくれの恐れがあるか(将来的なことも考慮) <input type="checkbox"/> 前方探査結果や設計で前方に課題があるか <input type="checkbox"/> 計測結果に課題があるか ※チェックする場合は様式-3の表Aに記入 <input type="checkbox"/> 施工後の支保に課題があるか ※チェックする場合は様式-3の表Bに記入 <input type="checkbox"/> その他条件に問題があるか
D I パターン	<input type="checkbox"/> 切羽からの押出しが顕著か <input type="checkbox"/> 変形余裕量を見込む必要があるか <input type="checkbox"/> 前方探査結果や設計で前方に課題があるか <input type="checkbox"/> 計測結果に課題があるか ※チェックする場合は様式-3の表Aに記入 <input type="checkbox"/> 施工後の支保に課題があるか ※チェックする場合は様式-3の表Bに記入 <input type="checkbox"/> その他条件に問題があるか

様式-3(全岩質共通)

表A：計測結果 ※工学的チェック表より、計測結果に課題があるか、にチェックした場合に記入する。

計測対象位置	測点： m	TD:	支保パターン：	評価点：	—
初期計測時期	1. 支保工設置直後	2. 支保工1基設置後	3. 1方施工後	4. 1日施工後	
計測値(D:掘削径)	天端沈下： mm	内空変位： mm	天端沈下速度： mm/日	内空変位速度： mm/日	—
管理レベル	1. 管理レベルI以下	2. 管理レベルI～II	3. 管理レベルII～III	4. 管理レベルIII以上	

注1) 初期計測時期は、[1. 支保工設置直後]を原則とする。それ以外を採用する場合には適宜補正を行う。
 注2) 天端沈下速度、内空変位速度は、1日あたりの変位量が最も大きくなる値とする。
 注3) 管理レベルは天端沈下で検証し、限界ひずみ値が50%をレベルI、75%をレベルII、100%をレベルIIIとする。

※管理レベルI：安全が確保されている mm 以下
 管理レベルI～：引き続き計測を強化しながら慎重に施工を行う mm ～ mm
 管理レベルII～：状況により正確に判断し手当を行う mm ～ mm
 管理レベルIII以：直ちに切羽を止め早急な補強対策を行う mm 以上 限界ひずみ値

表B：施工後の支保工の妥当性 ※工学的チェック表より、施工後の支保に課題があるか、にチェックした場合に記入

※切羽進行2D (D:掘削径)、あるいは変位収束後の支保工 (及び補助工法) の変位状況を指標とする。

		評価区分			
既掘削区間 5.0mの変状	吹付けコンクリート	1. なし	2. ヘアクラック	3. 開口クラック	4. せん断クラック 5. 隔離・剥落 6. コンクリート片剥落 7. 剥落 8. その他 ()
	ロックボルト	1. なし	2. プレート変形	3. プレート抜落ち	4. 破断
	鋼製支保工	1. なし	2. 変形	3. 座屈	4. その他 ()

評価区分		
左肩	天端	右肩

(4)掘削補助工法の必要性評価

補助工法の必要性があると判断された場合に記入する。(協議結果は様式-2の 4.のコメント欄に記載する)

		評価区分			
天端不安定		1. 自立	2. 時間が経つと緩み肌落ち	3. 掘削後早期に肌落ちを起こす	4. 掘削後早期に小中崩落を起こす 5. 層すべりがある 6. 押出しがある 7. 湧水に伴い流出 8. その他 ()
切羽不安定		1. 自立	2. 肌落ちがある	3. 頻繁に肌落ちがある	4. 薄層が剥がれ落ちる 5. 層すべりがある 6. 押出しがある 7. 湧水に伴い流出 8. その他 ()
支保工の変状	吹付けコンクリート	1. なし	2. ヘアクラック	3. 開口クラック	4. せん断クラック 5. 剥離・剥落 6. コンクリート片剥落 7. 脱落 8. その他 ()
	ロックボルト	1. なし	2. プレート変形	3. プレート抜落ち	4. 破断
	鋼製支保工	1. なし	2. 変形	3. 座屈	4. その他 ()

評価区分		
左肩	天端	右肩

※採用する補助工法

天端安定対策 () 充填式フォアポーリング () 注入式フォアポーリング () 中尺先受け工法 () 長尺先受け工法
 鏡安定対策 () 核残し () 鏡吹付け () 鏡ボルト
 脚部沈下対策 () ウイングリブ () 上半仮インパート () 下半吹付けインパート () フットボルト () フットパイル
 支保工強化 () 増しボルト () 高規格支保工 () 高耐力ボルト () 高強度吹付け () SFRC

補助工法の分類表

〔出典；2006年制定 トンネル標準示方書 山岳工法・同解説 土木学会 p187〕

工 法	目 的							対象地山			摘 要		
	施工の安全確保				周辺環境の保全			硬岩	軟岩	土砂			
	切羽安定対策			地下水 対 策	地表面 沈 下 対 策	近 接 構造物 対 策							
	天端の 安定	鏡面の 安定	脚部の 安定										
先 受 け 工	フォアボーリング (充填式、注入式)	○						○	○	○			
	長尺フォアパイリング	○					○	○			*2		
	パイプルーフ	○					○	○			*1		
	水平ジェットグラウト (噴射攪拌)	○	○	○			○	○			*1		
	スリットコンクリート	○					○	○			*1		
鏡 面 の 補 強	鏡吹付けコンクリート		○					○	○	○			
	鏡ボルト		○					○	○	○			
	長尺鏡ボルト		○				○	○	○				
脚 部 の 補 強	脚部補強ボルト			○			○		○	○			
	脚部補強パイル			○			○		○	○	*2		
	仮インパート			○			○		○	○			
地 下 水 位 対 策	排 水	水抜きボーリング	○	○	○	○				○	○	○	*2
		ウェルポイント	○	○	○	○						○	*1
		ディープウェル	○	○	○	○						○	*1
		水抜き坑	○	○	○	○				○	○	○	*1
	止 水	注入	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	*1
		遮断壁				○	○	○	○			○	*1
地 山 補 強	注入	○	○				○	○			○	*1	
	垂直縫地	○	○				○				○	*1	

注) ○：比較的良好に採用される工法
 *1：通常のトンネル施工機械設備，材料で対処が困難な対策
 *2：適用工法によって，トンネル施工機械設備，材料で対処が異なる工法

3. 切羽評価表（様式-1）の記入方法と記入例

トンネル名、観察年月日、切羽位置、土被りなどの基礎情報を記入
(施工業者が切羽判定前に記入)

切羽判定は上半数を対象とし、左肩、天端、右肩の3ブロックに分けて評価する。
劣悪部分を占める割合で切羽面全体の状況を評価する

切羽観察表は全岩質共通
様式は【様式-1 切羽観察表】を使用する。

様式-1

切羽観察表〔全岩種共通〕

1. 切羽基礎情報	
トンネル名	近畿トンネル (地整工区)
観察年月日	平成 27 年 10 月 5 日
測点	No. 35 + 55.0 m
断面番号	No. 1083
坑口からの距離	1199.1 m
土被り高さ	107.4 m
地表地形	斜面斜交
岩石名	礫岩
湧水状況	<切羽> 湧水量: 1 L/min 色: 透明 湧水箇所: 左肩 <切羽全体> 湧水量: 5 L/min 色: 透明

切羽に良好な部分と劣悪部分が混在する場合の見方
※「(C)圧縮強度」、(D)風化変質」、「(E)割れ目の頻度」を評価する場合に適用
劣悪部分が30%以上の場合→劣悪部分で評価
劣悪部分が10%以下の場合→その他の良好な部分で評価
劣悪部分が10%~30% → 両者の中間的な部分で評価

2. 切羽観察記録		評価区分										
評価区分 (掘削地点の地山の状態と挙動)	(A) 切羽の状態	(B) 素掘面の状態	(C) 圧縮強度	(D) 風化変質	(E) 割れ目の頻度	(F) 割れ目の状態	(G) 割れ目の形態	(H) 湧水	(I) 水による劣化	左肩	天端	右肩
1. 安定	2. 鏡面から岩塊が抜け落ちる	3. 鏡面の押し出しを生じる	4. 鏡面は自立せず崩れ、あるいは流出	5. その他	2	2	2					
1. 自立 (普請不要)	2. 時間がたつと緩み肌落ちする (後普請)	3. 自立困難掘削後早期に支保する (先普請)	4. 掘削に先行して山を受けておく必要がある		2	2	1					
1. $\sigma_c \geq 100\text{MPa}$ ハンマー打撃はね返る	2. $100\text{MPa} > \sigma_c \geq 20\text{MPa}$ ハンマー打撃で砕ける	3. $20\text{MPa} > \sigma_c \geq 5\text{MPa}$ 軽い打撃で砕ける	4. $5\text{MPa} \geq \sigma_c$ ハンマー刃先食いこむ		2	2	2					
1. なし・健全	2. 岩目に沿って変色、強度やや低下	3. 全体に変色、強度相当に低下	4. 土砂状、粘土状、破砕、当初より未固結		1	2	3					
1. 間隔 $d \geq 1\text{m}$ 割れ目なし	2. $1\text{m} > d \geq 20\text{cm}$	3. $20\text{cm} > d \geq 5\text{cm}$	4. $5\text{cm} \geq d$ 破砕当初より未固結		2	2	3					
1. 密着	2. 部分的に開口	3. 開口	4. 粘土を挟む、当初より未固結		2	2	3					
1. ランダム方形	2. 柱状	3. 層状、片状、板状	4. 土砂状、細片状、当初より未固結		2	2	3					
1. なし・滲水程度	2. 滴水程度	3. 集中湧水	4. 全面湧水		2	2	1					
1. なし	2. 緩みを生ず	3. 軟弱化	4. 崩壊、流出		2	1	3					
縦断方向 (切羽をみて)				5	5	5						
横断方向 (切羽をみて)				5	5	5						

3. その他		評価区分				
評価項目・区分	1	2	3	4	5	評価区分
火薬	火薬量 1.0kg/m ³ 以上	B相当 (1.0kg/m ³)	C相当 (0.8kg/m ³)	D相当 (0.6kg/m ³)	0.6kg/m ³ 以下	

左肩部、天端、右肩部に分け、左表の1~5の評価区分を行う。
(評価者が切羽判定時に記入)

評価区分にあたっては、
【解説-1a 切羽評価区分の判定の目安 [写真表]】
【解説-1b 切羽評価区分の判定の目安 [地山等級判定事例]】
【参考資料-5 切羽評価区分の判定の目安 [Q&A]】
をそれぞれ参考にする。

火薬量を記入する
(施工業者が切羽判定前に報告する)。

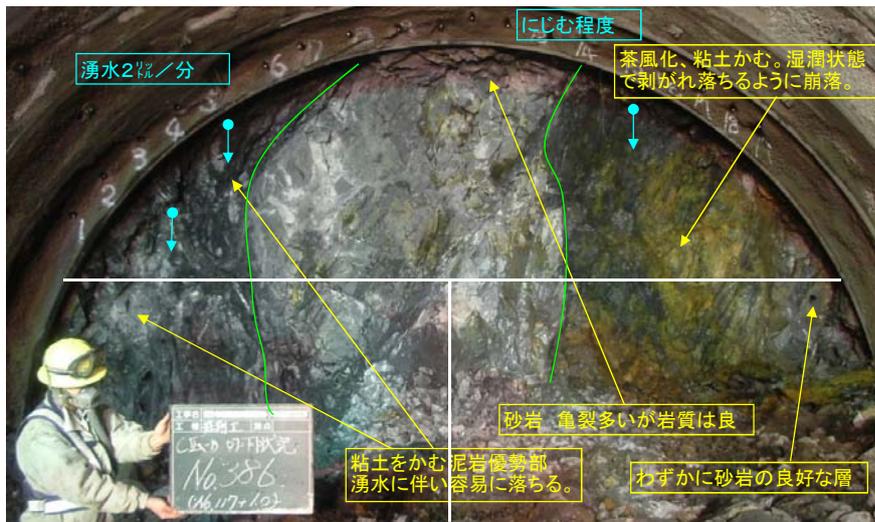
トンネル軸方向 (縦断方向) 及び切羽横断方向の割れ目の方向性を記入する。
(評価者が切羽判定時に記入)。

上段に判定者の役職を記入、
下段に捺印する

切羽評価区分(A)～(I)の特徴的な状況をデジカメで撮影した切羽全面写真にスケッチする。写真撮影時の留意点については【解説-9 切羽写真撮影時の留意点】を参照。

切羽スケッチ

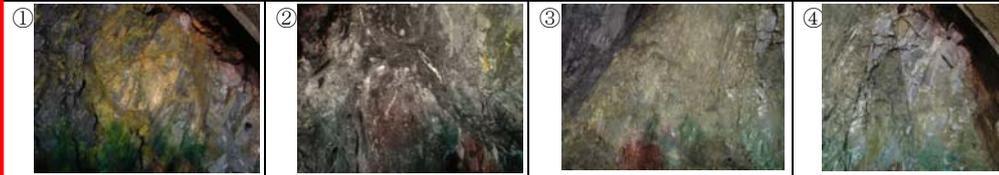
※特徴的な切羽状況についてはデジタルデータ上にスケッチを行う



切羽評価区分(A)～(I)を判定する指標となる切羽面の特徴的な状況を拡大撮影する。

拡大スケッチ

※特徴的な切羽状況を拡大写真にて添付



粘土をかむ茶褐色箇所 右肩～下部 | 粘土をかむ黒褐色箇所 左肩～下部 | 泥岩、割れ目が開口する | 健全な砂岩やや亀裂が発達

記 事

- 特殊条件・状態等 (主に地質)
 - 切羽中央に砂岩層が分布する。亀裂がやや発達するが、風化変質は無く、岩質は良好灰色～黒灰色の泥岩砂岩互層が全体を占める。
 - 切羽の左右に見られる泥岩は粘土を挟み、茶褐色、黒褐色に変質している。
 - 砂岩は切羽右下方から切羽にあらわれ、左上方へ移動している、連続性はなく、部分的な出現と予想される。
 - 発破痕が一部残る。
- 特殊条件・状態等 (主に湧水)
 - 泥岩層において亀裂から湧水が滲んでおり、一部流水する、湧水量は2㊦/分程度である。
 - 泥岩層は湧水により劣化が生じている
- 崩壊の有無、状況等
 - 湧水箇所において、肌落ちが見られる。
- その他
 - さぐり削孔の結果によると泥岩層は同様の地質状態で10m程度連続し、その後、やや良好となる傾向である。

切羽評価区分(A)～(I)を判定する指標となる切羽面の特徴的な状況を「地質」「湧水」「崩壊の有無・状況」「その他」に分けて記入する。前方地山調査やさぐり削孔を実施している場合には、その結果についても記入する。

判定 I により 2 つの支保が選定された場合は、フローに記される 2 つの着目項目の評価区分で目安となる代表的な支保を確認する。
(判定 I で選ばれた支保が 1 つの場合は、省略する。)

評価区分の代表値は、2. で記載した左肩、天端、右肩の評価区分のうち、算術平均の整数値を採用する。

$$\text{算術平均} = (\text{左肩} + \text{天端} + \text{右肩}) / 3$$

例では、判定 I において、C I ~ C II の 2 つの支保が選定されたため、最も左側のフローチャートを実施し、その結果、フロー内の評価区分の条件をクリアしないため、C II の判定となった。

上段に判定者の役職を記入、
下段に捺印する

--	--	--	--	--	--	--

3.フローチャートによる地山等級選定(判定 I より地山等級の重複がある場合に確認)

着目項目	評価区分			平均
	左肩	天端	右肩	
C I ~ C II	圧縮強度	1	2	2
	風化変質	1	2	2
C II ~ D I	圧縮強度			
	割れ目の状態			
D I ~ D II	切羽の状態			
	素掘り面の状態			
判定 II				C II

注 1) フローチャート上では、各項目の評価区分 (1 ~ 5) の平均整数値 (少数第 1 位を四捨五入) で判定する。

4.総合評価

【コメント欄】

判定 I ~ II より C II が選定されたため、C II -b を採用する。

判定 I ~ II による地山等級	C II
採用支保パターン	C II -b

注 1) 地山等級 C II、D I の場合は C II -b、D I -b を基本とするが、トンネル掘削に伴う変位が小さく、切羽が安定すると予測される場合は C II -a、D I -a の適用を検討する。
注 2) D II パターンについては、計測結果を参考に適宜、変形余裕量を見込む。

5.工学的判断(工学的知見から判断する必要がある場合に実施する。)

(3) 工学的チェック表
判定 I ~ II の結果では判定が十分ではないと判断される場合は、下表により地山等級について確認する。
(確認結果は 4 のコメント欄に記載する)

判定 I ~ II の支保パターン	チェック項目
B パターン	<input type="checkbox"/> 岩塊の局所的な抜け落ち対策を図る必要があるか <input type="checkbox"/> 前方探査結果や設計で前方に課題があるか <input type="checkbox"/> 計測結果に課題があるか ※チェックする場合は様式-3 の表 A に記入 <input type="checkbox"/> 施工後の支保に課題があるか ※チェックする場合は様式-3 の表 B に記入 <input type="checkbox"/> その他条件に問題があるか
C I パターン	<input type="checkbox"/> 素掘りの天端から吹付けだけでは固定できないほどの肌落ちがみられるか <input type="checkbox"/> 前方探査結果や設計で前方に課題があるか <input type="checkbox"/> 計測結果に課題があるか ※チェックする場合は様式-3 の表 A に記入 <input type="checkbox"/> 施工後の支保に課題があるか ※チェックする場合は様式-3 の表 B に記入 <input type="checkbox"/> その他条件に問題があるか
C II パターン	<input type="checkbox"/> 切羽からの押し出し、あるいは切羽が自立せずに崩れることがあるか <input type="checkbox"/> 集中湧水以上の湧水があり、湧水によるゆるみ~軟弱化があるか <input type="checkbox"/> 押し出し、あるいは、切羽が自立せずに崩れることがあるか <input type="checkbox"/> 先行して山を受けるなどの掘削のための補助工法が必要か <input type="checkbox"/> 切羽、素掘り面は土砂状、粘土状、未固結か <input type="checkbox"/> 盤ぶくれの恐れがあるか (将来的なことも考慮) <input type="checkbox"/> 前方探査結果や設計で前方に課題があるか <input type="checkbox"/> 計測結果に課題があるか ※チェックする場合は様式-3 の表 A に記入 <input type="checkbox"/> 施工後の支保に課題があるか ※チェックする場合は様式-3 の表 B に記入 <input type="checkbox"/> その他条件に問題があるか
D I パターン	<input type="checkbox"/> 切羽からの押し出しが顕著か <input type="checkbox"/> 変形余裕量を見込む必要があるか <input type="checkbox"/> 前方探査結果や設計で前方に課題があるか <input type="checkbox"/> 計測結果に課題があるか ※チェックする場合は様式-3 の表 A に記入 <input type="checkbox"/> 施工後の支保に課題があるか ※チェックする場合は様式-3 の表 B に記入 <input type="checkbox"/> その他条件に問題があるか

判定 I ~ II の結果を目安として、
採用支保パターンを記入する。

(別途工学的評価事項がある場合は、
その結果による採用支保パターン
を記入し、コメント欄に協議結
果を詳細に記載する。)

切羽評価点による判定終了

工学的判断が必要な場合に確認
(必要が生じた場合に記入
様式-3 に続く)

判定 I ~ II の結果
より、重支保を検討する
場合、項目をチェックし
その妥当性を確認。

例えば、判定 I ~ II で
C II であった場合は、
C II の欄のチェック項目
を確認。
該当項目があれば
D I への変更について
再協議する。
(協議の必要がなければ、
省略)

上段に判定者の役職を記入、
下段に捺印する

表A, 表Bは様式-2の工学的チェック表に、計測結果、または施工後の支保の妥当性に課題がある、にチェックした場合にそれぞれ記入する（該当しなければ省略）

様式-3(全岩質共通)

--	--	--	--	--	--

表A：計測結果 ※工学的チェック表より、計測結果に課題があるか、にチェックした場合に記入する。

計測対象位置	測点： m	ID:	支保パターン：	評価点：	—
初期計測時期	1. 支保工設置直後	2. 支保工1基設置後	3. 1方施工後	4. 1日施工後	
計測値(D:掘削径)	天端沈下： mm	内空変位： mm	天端沈下速度： mm/日	内空変位速度： mm/日	—
管理レベル	1. 管理レベルI以下	2. 管理レベルI～II	3. 管理レベルII～III	4. 管理レベルIII以上	

注1) 初期計測時期は、[1. 支保工設置直後]を原則とする。それ以外を採用する場合には適宜補正を行う。
注2) 天端沈下速度、内空変位速度は、1日あたりの変位量が最も大きくなる値とする。
注3) 管理レベルは天端沈下で検出し、限界ひずみ値が50%をレベルI、75%をレベルII、100%をレベルIIIとする。

※管理レベルI : 安全が確保されている mm 以下
管理レベルI～ : 引き続き計測を強化しながら慎重に施工を行う mm ～ mm
管理レベルII～ : 状況により正確に判断し手当を行う mm ～ mm
管理レベルIII以 : 直ちに切羽を止め早急な補強対策を行う mm 以上 限界ひずみ値

表B：施工後の支保工の妥当性 ※工学的チェック表より、施工後の支保に課題があるか、にチェックした場合に記入
※切羽進行2D (D:掘削径)、あるいは変位収束後の支保工 (及び補助工法) の変位状況を指標とする。

既掘削区間 50mの変状	吹付けコンクリート	評価区分			
		左肩	天端	右肩	
		1. なし 2. ヘアクラック 3. 開口クラック 4. せん断クラック 5. 隔離・剥落 6. コンクリート片剥落 7. 剥落 8. その他 ()			
	ロックボルト	1. なし 2. プレート変形 3. プレート抜落ち 4. 破断			
	鋼製支保工	1. なし 2. 変形 3. 座屈 4. その他 ()			

(4)掘削補助工法の必要性評価
補助工法の必要性があると判断された場合に記入する。(協議結果は様式-2の 4.のコメント欄に記載する)

		評価区分			
		左肩	天端	右肩	
天端不安定		1. 自立 2. 時間が経つと緩み肌落ち 3. 掘削後早期に肌落ちを起こす 4. 掘削後早期に小中崩落を起こす 5. 層すべりがある 6. 押出しがある 7. 湧水に伴い流出 8. その他 ()			
切羽不安定		1. 自立 2. 肌落ちがある 3. 頻繁に肌落ちがある 4. 薄層が剥がれ落ちる 5. 層すべりがある 6. 押出しがある 7. 湧水に伴い流出 8. その他 ()			
支保工の変状	吹付けコンクリート	1. なし 2. ヘアクラック 3. 開口クラック 4. せん断クラック 5. 剥離・剥落 6. コンクリート片剥落 7. 脱落 8. その他 ()			
	ロックボルト	1. なし 2. プレート変形 3. プレート抜落ち 4. 破断			
	鋼製支保工	1. なし 2. 変形 3. 座屈 4. その他 ()			

※採用する補助工法
天端安定対策 () 充填式フォアポーリング () 注入式フォアポーリング () 中尺先受け工法 () 長尺先受け工法
鏡安定対策 () 核残し () 鏡吹付け () 鏡ボルト
脚部沈下対策 () ウィングリブ () 上半仮インパート () 下半吹付けインパート () フットボルト () フットパイル
支保工強化 () 増しボルト () 高規格支保工 () 高耐力ボルト () 高強度吹付け () SFRC

補助工法が必要な場合には、別途協議を行い「必要となる地山状況」と「支保工の変状」および「採用する補助工法」を記入する（協議の必要がなければ省略）。
採用にあたっては、【解説7 施工中の現象とその対応策】
【解説8 補助工法の種類選定】を参照。

切羽判定集計表の例

切羽判定集計表〔中硬質岩・軟質岩（塊状）〕

1. 切羽基礎情報

近畿トンネル（地盤工区）

観測年月日：平成 27 年 10 月 5 日

測点：No. 36 + 83.9 m 断面番号：No. 1084 土層り高さ：88 m

坑口からの距離：1198 m 地質種別：花崗岩

地質種別：安山岩 区分：堆積岩

湧水状況：色：透明 湧水量：1 L/min 透水係数：5 L/min 色：透明

設計時計画：弾性波探査：4.3 km/s 変換ゲージ：CII-B 岩石名：花崗岩

切羽に良好な部分と劣悪な部分が存在する場合の見方
 ※ 劣悪な部分とは、掘削直前（掘削直前の傾度）に比べて、掘削直後（掘削直後の傾度）に劣悪な部分がある場合を指す。
 劣悪な部分とは、掘削直前（掘削直前の傾度）に比べて、掘削直後（掘削直後の傾度）に劣悪な部分がある場合を指す。
 劣悪な部分とは、掘削直前（掘削直前の傾度）に比べて、掘削直後（掘削直後の傾度）に劣悪な部分がある場合を指す。

各判別項目の評価区分の点数

表-1 第三紀層岩/中硬質岩・軟質岩（塊状）

判別項目	重み係数	岩質/評価区分	重み係数	岩質/評価区分
A 切羽の状態	10	F 崩れ目の状態	11	
B 崩れ目の状態	11	G 崩れ目の状態	11	
C 圧縮強度	13	H 湧水	7	
D 風化強度	17	I 水による劣化	11	
E 崩れ目の傾度	9	合計	100	

各判別項目の評価区分をそれぞれ記入

2. 切羽評価点による支援パターン（目安）の評価

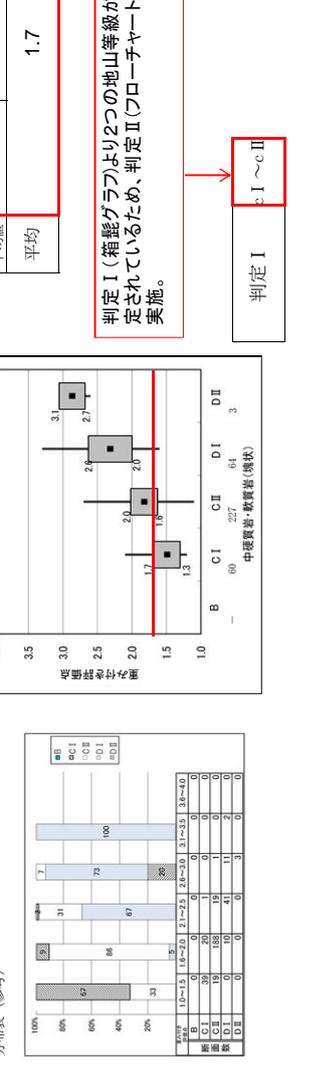
(1) 切羽評価点（重み付け評価点）×（重み係数） / (101)

評価区分（掘削地点の地山の状態と挙動）

評価区分	評価	A氏	B氏	C氏	D氏	E氏	F氏	G氏	H氏	I氏			
(A)	1. 安定 2. 崩れ目から岩塊が抜け落ちる 3. 崩れ目の押し出しが生じる	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1		
(B)	1. 自立（普通不慮） 2. 時間たつと緩み加齢する状態（後普通）	0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1	0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1	0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2	0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2	0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2	0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2	0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2	0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2	0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2	0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2	0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2	0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2
(C)	1. $\sigma_c \geq 100\text{MPa}$ ハンマー打撃は返る	1 2 2 1 1 2 2 1 1 2 2	1 2 2 1 1 2 2 1 1 2 2	2 2 2 1 1 2 2 1 1 2 2	2 2 2 1 1 2 2 1 1 2 2	2 2 2 1 1 2 2 1 1 2 2	2 2 2 1 1 2 2 1 1 2 2	2 2 2 1 1 2 2 1 1 2 2	2 2 2 1 1 2 2 1 1 2 2	2 2 2 1 1 2 2 1 1 2 2	2 2 2 1 1 2 2 1 1 2 2		
(D)	1. なし・健全	0.1 0.3 0.3 0.1 0.1 0.3 0.3 0.3 0.3 0.1 0.3 0.3	0.1 0.3 0.3 0.1 0.1 0.3 0.3 0.3 0.3 0.1 0.3 0.3	0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2	0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2	0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2	0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2	0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2	0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2	0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2	0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2	0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2	0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2
(E)	1. 間隙 $d \leq 1\text{m}$ 割れ目	3 2 3 2 2 2 2 2 2 2 2	3 2 3 2 2 2 2 2 2 2 2	2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2		
(F)	1. 密着 2. 部分的に開口	1 2 2 1 1 2 2 1 1 2 2	1 2 2 1 1 2 2 1 1 2 2	2 2 2 1 1 2 2 1 1 2 2	2 2 2 1 1 2 2 1 1 2 2	2 2 2 1 1 2 2 1 1 2 2	2 2 2 1 1 2 2 1 1 2 2	2 2 2 1 1 2 2 1 1 2 2	2 2 2 1 1 2 2 1 1 2 2	2 2 2 1 1 2 2 1 1 2 2	2 2 2 1 1 2 2 1 1 2 2		
(G)	1. ランダム形状 2. 柱状	3 3 3 2 2 2 2 2 2 2 2	3 3 3 2 2 2 2 2 2 2 2	2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2		
(H)	1. なし・渉水程度 2. 滴水程度 3. 集中湧水	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1		
(I)	1. なし 2. 緩みを生ずる	0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1	0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1	0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1	0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1	0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1	0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1	0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1	0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1	0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1	0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1	0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1	

(2) 切羽評価点による掘削等級の判定

分布表（参考）



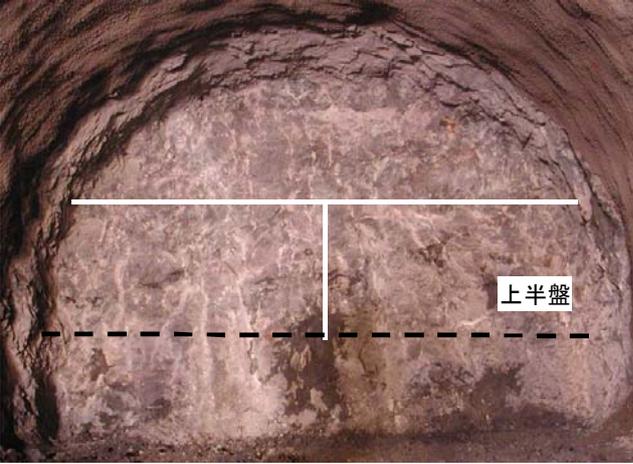
フローチャートの着目項目の評価区分を確認(判定 II)。
 フローの検証にあたっては、左肩、天端、右肩の算術平均を代表値とする
 (ここでは 圧縮強度 → 2 風化強度 → 2 としてフローを検証する)

評価区分	平均値
判定 I	1.7
判定 II	1.8

【解説 -1a 切羽評価区分判定の目安〔写真表〕】

表-解1-(A) 切羽評価区分半

評価点; 1 安定

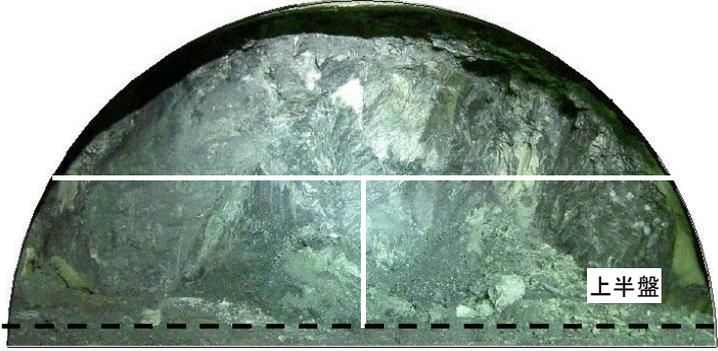
安定した切羽	特徴的な状況
	<p>①安定した切羽</p> 
<p>〔評価の視点〕</p> <ul style="list-style-type: none"> □ こそく作業時にもまったく抜け落ちは生じない。 □ ノミ跡が残る。 □ ブレーカー掘削が困難。 	<p>②ずりの状態</p>  <p>〔補足〕 こそく: 発破後の浮き石除去作業 ノミ跡: 装薬のための削孔跡</p>

評価点; 2 鏡面から岩塊が抜け落ちる

鏡面からの岩塊が抜け落ちる切羽	特徴的な状況
	<p>①抜け落ちが生じそうな不安定岩塊</p> 
<p>〔評価の視点〕</p> <ul style="list-style-type: none"> □ 湾曲した割れ目や変質部が多く、こそく作業時に抜け落ち発生する。 □ ずりの一部に粘土が付着する。 	<p>②抜け落ちた岩塊</p>  <p>〔補足〕 こそく: 発破後の浮き石除去作業 ずり: 発破や機械掘削で崩れた岩塊・岩くず</p>

判定の目安 [(A)切羽の状態]

評価点：3 鏡面の押し出しを生じる

鏡面の押し出しが生じた切羽面	特徴的な状況
	<p>①押し出しの生じた切羽</p> 
<p>〔評価の視点〕</p> <ul style="list-style-type: none"> □ 部分的に新鮮な箇所があっても、天端で抜け落ちが生じる。 □ 天端に開口割れ目や、流入粘土が多い。 	<p>②押し出しにより崩れ落ちた岩塊</p>  <p>〔補足〕 鏡面：切羽のうち天端と脚部を除く部分 押し出し：鏡面のせり出し 流入粘土：地表付近から亀裂沿いに侵入した褐色の粘土</p>

評価点：4 鏡面は自立せず崩れ、あるいは流出

自立せず崩れ、あるいは流出する切羽

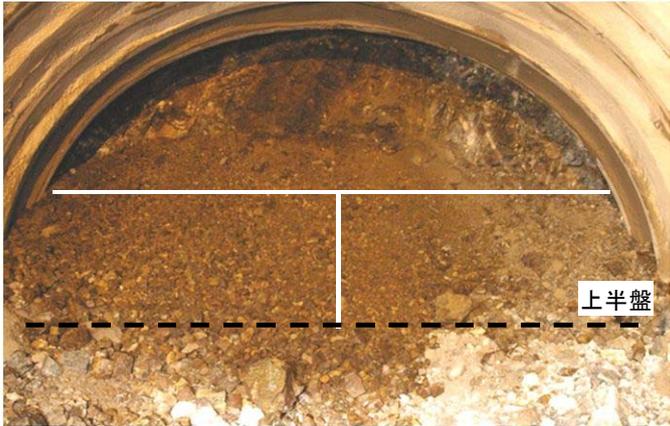
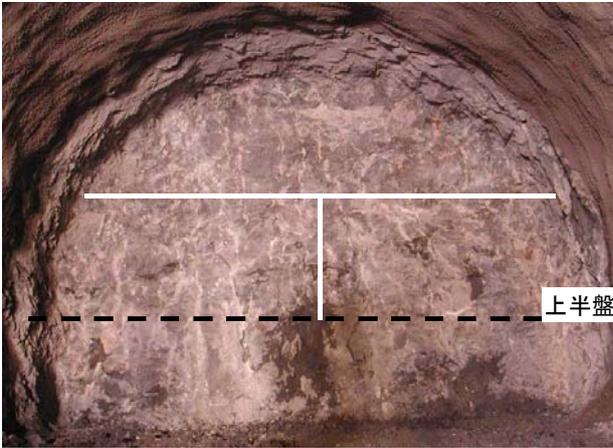
自立せず崩れ、あるいは流出する切羽	特徴的な状況
	<p>①自立せず不安定な切羽</p> 
<p>〔評価の視点〕</p> <ul style="list-style-type: none"> □ 切羽全面が土砂状でフォアポーリングの先から崩壊する場合がある。 □ 切羽が崩壊した場合、地表面の陥没や構造物の変形が生じる。 □ 亀裂沿いに流入粘土が付着する。 	<p>〔補足〕 流入粘土：地表付近から亀裂沿いに侵入した褐色の粘土</p>

表-解1-(B) 切羽評価区分判

評価点; 1 自立(普請不要)

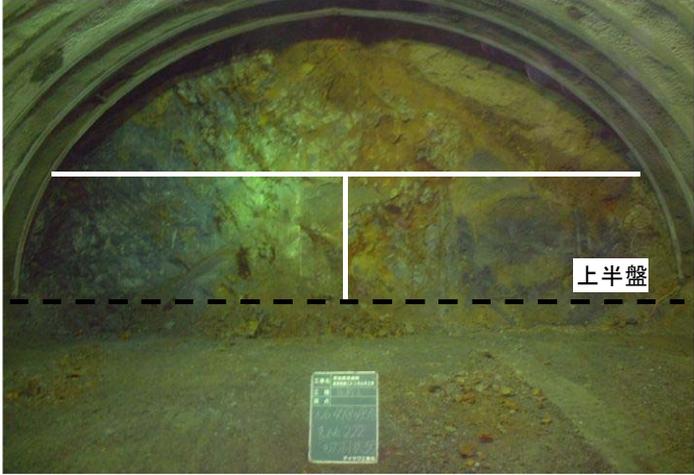
自立し普請不要の切羽面	特徴的な状況
	<p>①自立した切羽面</p> 
<p>〔評価の視点〕</p> <ul style="list-style-type: none"> □ こそく作業時にもまったく抜け落ちは生じない。 □ ノミ跡が残る。 □ ブレーカー掘削が困難。 	<p>②ずりの状態</p>  <p>〔補足〕 こそく: 発破後の浮き石除去作業 普請: 金網施工や鋼アーチ支保工による支保</p>

評価点; 2 時間がたつと緩み肌落ちする(後普請)

時間がたつと緩み肌落ちする(後普請)切羽面	特徴的な状況
	<p>①肌落ちが生じそうな切羽の様子</p> 
<p>〔評価の視点〕</p> <ul style="list-style-type: none"> □ 湾曲した割れ目や変質部が多く、こそく作業時に抜け落ちが発生する。 	<p>②肌落ちした岩塊</p>  <p>〔補足〕 こそく: 発破後の浮き石除去作業 肌落ち: 切羽表面の岩塊の抜け落ち、ある程度面積をもった剥離</p>

定の目安〔(B)素掘面の状態〕

評価点：3 自立困難掘削後早期に支保する(先普請)

自立困難掘削後早期に支保する(先普請)切羽	特徴的な状況
	<p>① 割れ目に粘土をはさみ、天端で抜け落ちが発生</p>  <p>②</p>
<p>〔評価の視点〕</p> <ul style="list-style-type: none"> □ 部分的に新鮮な箇所があっても、天端で肌落ちが生じる。 □ 天端に開口割れ目や、流入粘土が多い。 	<p>〔補足〕</p> <p>肌落ち：切羽表面の岩塊の抜け落ち、ある程度面積をもった剥離</p> <p>流入粘土：地表付近から亀裂沿いに侵入した褐色の粘土</p>

評価点：4 掘削に先行して山を受けておく必要がある

掘削に先行して山を受けておく必要がある切羽	特徴的な状況
	<p>① スレーキングや応力解放で押し出しを生じる</p>  <p>②</p>
<p>〔評価の視点〕</p> <ul style="list-style-type: none"> □ 切羽全面が土砂状でフォアポーリングの先から崩壊する場合がある。 □ 切羽が崩壊した場合、地表面の陥没や構造物の変形が生じる。 	<p>〔補足〕</p> <p>山を受ける：長尺先受け工などで天端や切羽を保持する。</p>

表-解1-(C) 切羽評価区分

評価点; 1 $\sigma_c \geq 100\text{MPa}$ ハンマー打撃はね返る

打撃前	打撃後
	
<p>〔評価の視点〕</p> <ul style="list-style-type: none"> □ 規則的な節理が発達するが密着している。 □ 打撃音は金属的である。 □ 岩片の角や稜線がとがっている。 	<p>〔評価の視点〕</p> <ul style="list-style-type: none"> □ 強打すると部分的に割れる。 □ 破断面が貝殻状を呈することが多い。

評価点; 2 $100\text{MPa} > \sigma_c \geq 20\text{MPa}$ ハンマー打撃で砕ける

打撃前	打撃後
	
<p>〔評価の視点〕</p> <ul style="list-style-type: none"> □ 岩片の角が一部丸くなっている。 □ こそく作業により、節理以外の場所でも分離する。 	<p>〔評価の視点〕</p> <ul style="list-style-type: none"> □ 強打すれば大きなブロックで割れる。 □ 節理以外の場所でも分離する。
<p>〔補足〕 節理; 堆積収縮等により生じる規則的な割れ目 破断面; 発破やハンマー打撃で発生した新たな割れ目</p>	

判定の目安 [(C)圧縮強度]

評価点; 3 $20\text{MPa} > \sigma_c \geq 5\text{MPa}$ 軽い打撃で砕ける

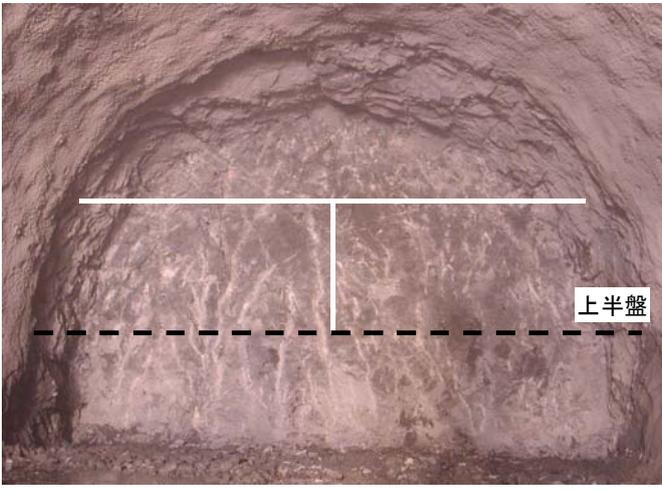
打撃前	打撃後
	
<p>〔評価の視点〕</p> <ul style="list-style-type: none"> □ 節理がなくともこそく作業が容易。 □ 岩片どうしを手に持ってたたき割ることもできる。 	<p>〔評価の視点〕</p> <ul style="list-style-type: none"> □ 節理がなくとも機械掘削が容易 □ ハンマーの打撃で容易に割れ、角も欠けやすい。

評価点; 4 $5\text{MPa} \geq \sigma_c$ ハンマー刃先食いこむ

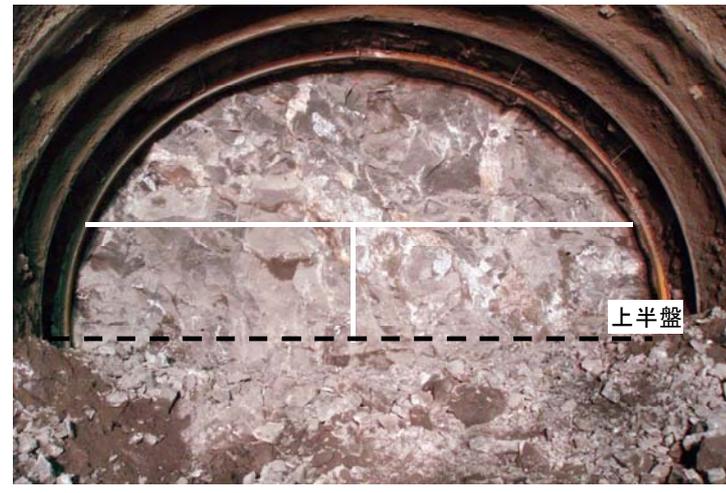
打撃前	打撃後
	
<p>〔評価の視点〕</p> <ul style="list-style-type: none"> □ 岩片を手に持って指先で割ることが可能。 □ こそく作業のピックがめり込む。 	<p>〔評価の視点〕</p> <ul style="list-style-type: none"> □ ハンマーがめり込む。 □ 軽打で砂状～細片状に崩れる。
<p>〔補足〕</p> <p>こそく: 発破後の浮き石除去作業 岩片: 岩のかけら ピック: 岩検ハンマーのとがった方</p>	

表-解1-(D) 切羽評価区分

評価点; 1. なし・健全

風化変質の見られない切羽	特徴的な状況
	<p>①風化変質の見られない切羽面</p> 
<p>〔評価の視点〕</p> <ul style="list-style-type: none"> □ 岩片は新鮮で、割目沿いの風化変質はない。 □ 希に風化変質した割目があっても、連続性は無い。 □ 鉱物学的な変質はあってもほとんど強度低下はない。 □ 日光の元で再確認しても風化、変質はほとんどない。 	<p>②ずりの状態</p>  <p>〔補足〕 風化:水分との化学反応や流水、温度影響により細片化や成分変化を起こすこと 変質:岩石が周囲の水分と化学反応を起こし、岩石の成分が変わること。</p>

評価点; 2. 岩目に沿って変色、強度やや低下

岩目に沿って変色、強度やや低下した切羽	特徴的な状況
	<p>①岩目に沿った変色</p> 
<p>〔評価の視点〕</p> <ul style="list-style-type: none"> □ 割目に沿って風化変質し、強度劣化を生じている。 □ 割目は連続、または断続的につながっている。 □ 割目に沿って、灰色～緑灰色に変質している。 	<p>②ずりの状態</p>  <p>〔補足〕 岩目・節理・層理・片理・断層・石目等の総称</p>

判定の目安 [(D)風化変質]

評価点; 3. 全体に変色、強度相当に低下

全体に変色、強度相当に低下した切羽	特徴的な状況
	<p>①全体に変色した様子</p> 
<p>〔評価の視点〕</p> <ul style="list-style-type: none"> □ 肌落ちを生じることが多い。 □ 割目周辺だけでなく、岩芯部も灰色～緑灰色に変質している。 □ 岩芯部が部分的に新鮮でも、割目沿いの強度劣化が著しい。 □ 割目周辺だけでなく、岩芯部も褐色に風化している。 	<p>②ずりの状態</p> 
	<p>〔補足〕 岩芯; 岩盤・岩塊の中心部 肌落ち; 切羽表面の岩塊の抜け落ち、ある程度面積をもった剥離</p>

評価点; 4. 土砂状、粘土状、破碎、当初より未固決

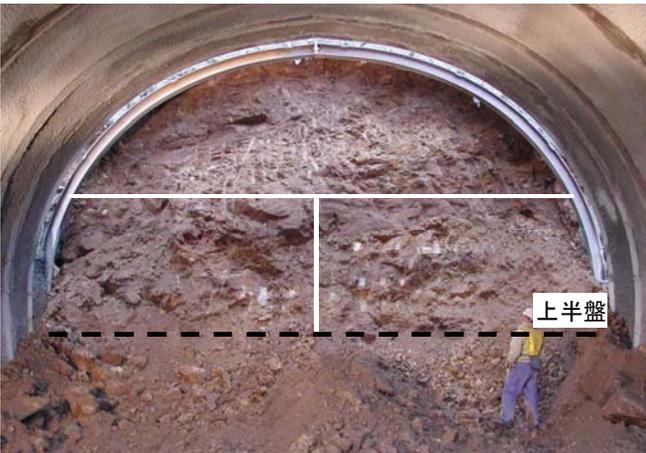
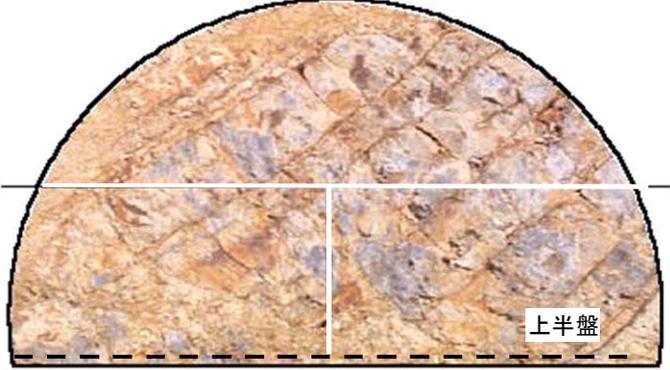
土砂状、粘土状、破碎、当初より未固決な切羽	特徴的な状況
	<p>①土砂状に風化した様子</p> 
<p>〔評価の視点〕</p> <ul style="list-style-type: none"> □ 肌落ちや抜け落ちが頻繁に生じる。 □ 明瞭な連続した割目として認識しにくい。 □ 一見塊状でも、ハンマーの軽打で細片に崩れる。 	<p>②ずりの状態</p> 
	<p>〔補足〕 肌落ち; 切羽表面の岩塊の抜け落ち、ある程度面積をもった剥離 抜け落ち; キーブロックの抜け落ち</p>

表-解1-(E) 切羽評価区分判

<p>評価点; 1 間隔$d \geq 1m$ 割れ目なし 割れ目の見られない健全な切羽</p> 	<p>特徴的な状況</p> <p>①割れ目間隔$d \geq 1m$</p> 
<p>〔評価の視点〕</p> <ul style="list-style-type: none"> □ 発破の方法にもよるが50cm以上のずりが主体。 □ 切羽では明瞭な割れ目が認識できない場合がある。 □ 側方のノミ跡がきれいに残る。 □ 間隔の広い節理に規制され、切羽の凹凸が大きい。 	<p>②ずりの状態</p>  <p>〔補足〕 ノミ跡:装薬のための削孔跡 切羽:掘削最前面・天端・鏡面・脚部の総称</p>
<p>評価点; 2 $1m > d \geq 20cm$ 割れ目間隔 $1m > d \geq 20cm$</p> 	<p>特徴的な状況</p> <p>①割れ目間隔$1m > d \geq 20cm$</p> 
<p>〔評価の視点〕</p> <ul style="list-style-type: none"> □ 人頭大から50cm程度のズリが主体。 □ 切羽の左右から眺めると凹凸が著しい。 □ 間隔の広い節理に囲まれたブロックが抜け落ちる場合がある。 	<p>②ずりの状態</p>  <p>〔補足〕 ずり:発破や機械掘削で崩れた岩塊・岩くず</p>

定の目安 [(E)割れ目の形態]

評価点; 3 $20\text{cm} > d \geq 5\text{cm}$

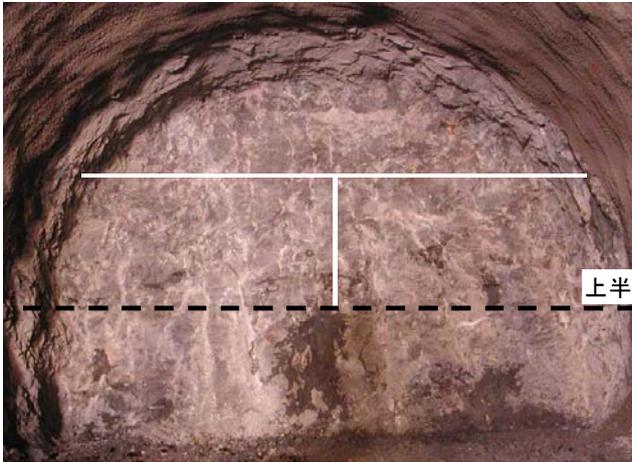
割れ目間隔 $20\text{cm} > d \geq 5\text{cm}$	特徴的な状況
	<p>①割れ目間隔 $20\text{cm} > d \geq 5\text{cm}$</p>
<p>〔評価の視点〕</p> <ul style="list-style-type: none"> □ こぶし大から人頭大のずりが多い。 □ 亀裂が多いために、切羽の凹凸は少ない。 	<p>②ずりの状態</p>
	<p>〔補足〕 ずり: 発破や機械掘削で崩れた岩塊・岩くず</p>

評価点; 4 $5\text{cm} \geq d$ 破碎当初より未固結

割れ目間隔 $5\text{cm} > d$	特徴的な状況
	<p>①割れ目間隔 $5\text{cm} > d$</p>
<p>〔評価の視点〕</p> <ul style="list-style-type: none"> □ ずりはこぶし大以下。 □ バックホウのバケットでも掘削が可能。 □ 貫入岩等で岩片は硬質なもの亀裂が発達する場合がある。 	<p>②ずりの状態</p>
	<p>〔補足〕 ずり: 発破や機械掘削で崩れた岩塊・岩くず 貫入岩: 地下にあるマグマのうち、地表に噴出しないで周辺の岩盤の中に入り込んで固まったもの</p>

表-解1-(F) 切羽評価区分判!

評価点; 1 密着

割れ目が密着した切羽	特徴的な状況
	<p>①密着した割れ目</p> 
<p>〔評価の視点〕</p> <ul style="list-style-type: none"> □ 発破の孔尻やノミ跡が外周に残る。 □ 割れ目以外の新鮮な部分で、発破により割れる場合あり。 □ 十分な光量がないと切羽で割れ目として認識できない。 	<p>②密着した割れ目</p>  <p>〔補足〕 孔 尻:装薬削孔の先端 ノミ跡:装薬のための削孔跡</p>

評価点; 2 部分的に開口

部分的に切羽が開口した切羽	特徴的な状況
	<p>①開口した割れ目</p> 
<p>〔評価の視点〕</p> <ul style="list-style-type: none"> □ 層理面や節理面に沿って抜け落ちが生じる。 □ 断層や貫入岩に沿って割れ目が開口する。 	<p>②開口した割れ目</p>  <p>〔補足〕 層理面:堆積岩の堆積した面 節理面:堆積収縮等により生じる規則的な割れ目により割れた面</p>

定の目安 [(F)割れ目の状態]

評価点; 3 開口

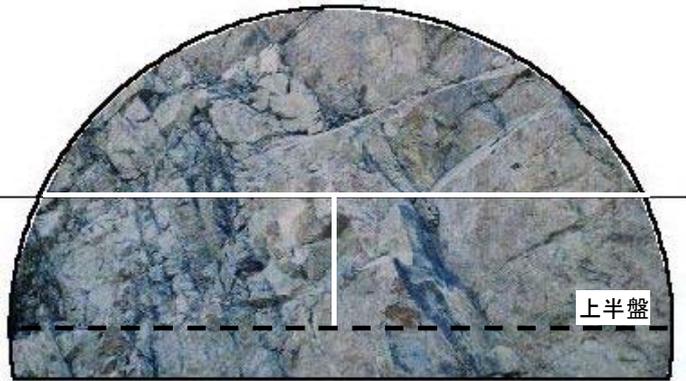
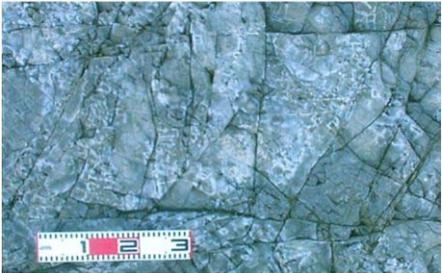
割れ目が開口した切羽	特徴的な状況
	<p>①開口した割れ目</p> 
<p>〔評価の視点〕</p> <ul style="list-style-type: none"> □ 層理面やこれに直交する割れ目が開口する。 □ 貫入岩の急冷節理沿いに開口する。 □ 斜面のクリープの影響を受け、土被りの薄い部分で開口する。 	<p>②開口した割れ目</p>  <p>〔補足〕 急冷節理; 火山岩(溶岩が冷え固まった石)の節理 斜面のクリープ; 重力により徐々に表面が下方に移動する 減少</p>

評価点; 4 粘土を挟む、当初より未固結

割れ目に亀裂を挟む、当初より未固結な切羽	特徴的な状況
	<p>①粘土を挟んだ切羽</p> 
<p>〔評価の視点〕</p> <ul style="list-style-type: none"> □ 変質により割れ目沿いが変質粘土となる。 □ 地表面からの風化で、亀裂沿いが粘土化する。 □ 開口亀裂に沿って地表面から粘土が流入する。 □ 石灰岩の風化で褐色粘土が厚く堆積する。 	<p>②粘土を挟んだ切羽</p>  <p>〔補足〕</p>

表-解1-(G) 切羽評価区分判

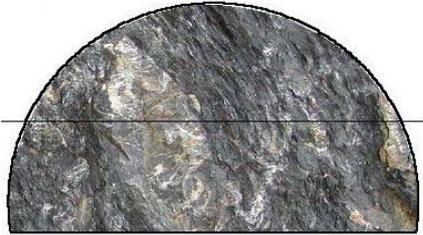
評価点; 1 ランダム方形

ランダム方向の割れ目	特徴的な状況
	<p>①ランダム方向の割れ目</p> 
<p>〔評価の視点〕</p> <ul style="list-style-type: none"> □ 塊状岩で明瞭な卓越する亀裂方向がない。 □ 切羽を左右から眺めても、卓越方向がわかりにくい。 	<p>②ランダム方向の割れ目</p>  <p>〔補足〕 ランダム：層状、柱状といった一定方向の割れ目が無い。</p>

評価点; 2 柱状

柱状の割れ目	特徴的な状況
	<p>①柱状の割れ目</p> 
<p>〔評価の視点〕</p> <ul style="list-style-type: none"> □ 一定方向の柱状節理が発達。 □ 柱に対して水平な割れ目も多く、抜け落ちに注意が必要。 □ 貫入境界では節理間隔が狭くなる。 	<p>②柱状の割れ目</p>  <p>〔補足〕 柱状：貫入岩（熊野酸性岩など）で発達</p>

定の目安 [(G)割れ目の形態]
 評価点: 3 層状、片状、板状

層状、片状、板状の割れ目	特徴的な状況
	<p>①(丹波帯などで)砂岩の周辺の頁岩に片状の割れ目発達</p> 
<p>〔評価の視点〕</p> <ul style="list-style-type: none"> □ 田辺層群や豊岡層群の堆積岩（砂岩、泥岩互層など） □ 四万十層や丹波帯の砂岩、頁岩互層。 □ 層理面およびこれに直交する割れ目が卓越。 	<p>②頁岩・チャートなどの層状の割れ目</p>  <p>〔補足〕 層状、片状、板状:層理面や片理面に沿った割れ目形状</p>

評価点: 4 土砂状、細片状当初より未固結
 土砂状、細片状の切羽

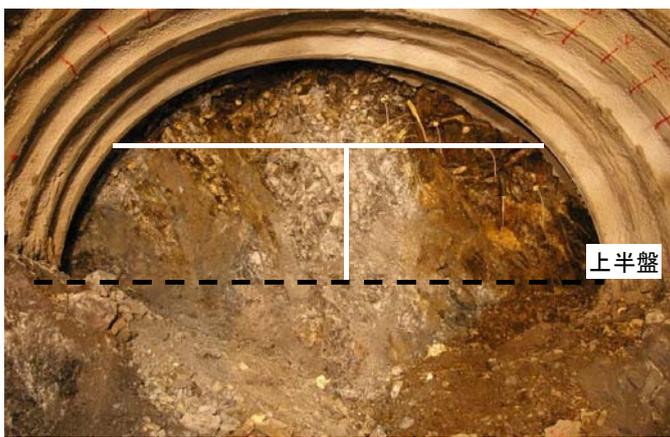
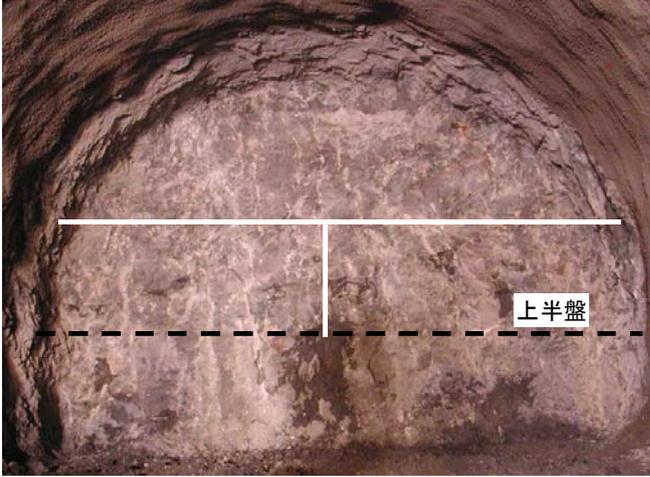
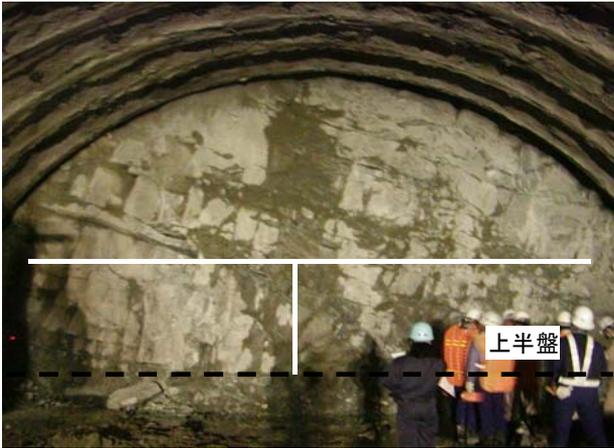
土砂状、細片状の切羽	特徴的な状況
	<p>①土砂状の切羽(天端)</p> 
<p>〔評価の視点〕</p> <ul style="list-style-type: none"> □ バックホウで容易に掘削が可能。 □ 肌落ちが著しく、核残しや先受けが必要。 	<p>②細片状の切羽のズリ</p>  <p>〔補足〕 土砂状、細片状:割れ目として認識しにくい多亀裂部。</p>

表-解1-(H) 切羽評価区

評価点; 1 なし・滲水程度

<p>滲水の生じた切羽</p>	<p>特徴的な状況</p>
	<p>① 湧水の状況</p> 
<p>〔評価の視点〕</p> <ul style="list-style-type: none"> □ 削孔水の飛散以外の箇所ではしみ跡もない。 □ こそく作業時に粉塵が立ちやすい。 	<p>〔補足〕 滲水; 地下水のにじみだし こそく; 発破後の浮き石除去作業</p>

評価点; 2 滴水程度

<p>滴水が生じた切羽</p>	<p>特徴的な状況</p>
	<p>① 滴水の状況</p> 
<p>〔評価の視点〕</p> <ul style="list-style-type: none"> □ 装薬やロックボルトの孔より希に湧水がある。 □ 天端のロックボルトより滴水がある。 	<p>②</p> <p>〔補足〕</p>

分判定の目安 [(H)湧水]

評価点; 3 集中湧水

集中湧水の生じた切羽	特徴的な状況
	
<p>〔評価の視点〕</p> <ul style="list-style-type: none"> □ 割れ目から圧力を持った地下水が噴出する。 □ 装薬孔やロックボルト孔より地下水が噴出する。 □ 貫入境界や崖錐堆積物と基盤の境界で地下水が噴出。 □ 石灰岩空洞などで地下水噴出。 	
	<p>〔補足〕 集中湧水; 特定の亀裂からの集中した噴出 貫入境界; マグマが貫入した境界</p>

評価点; 4 全面湧水

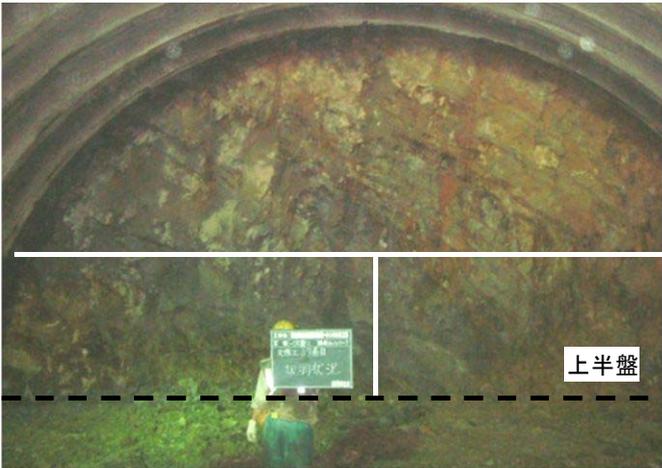
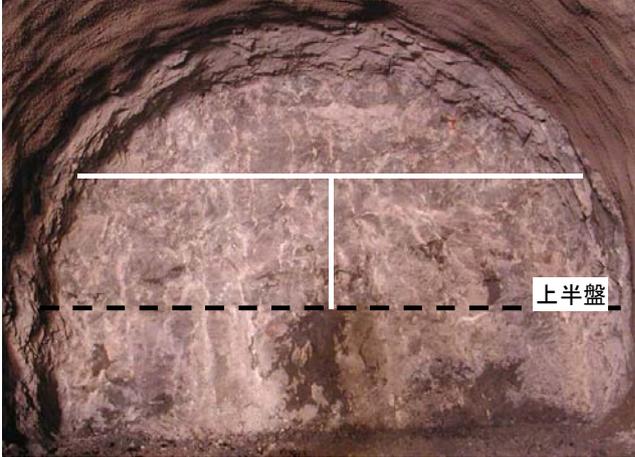
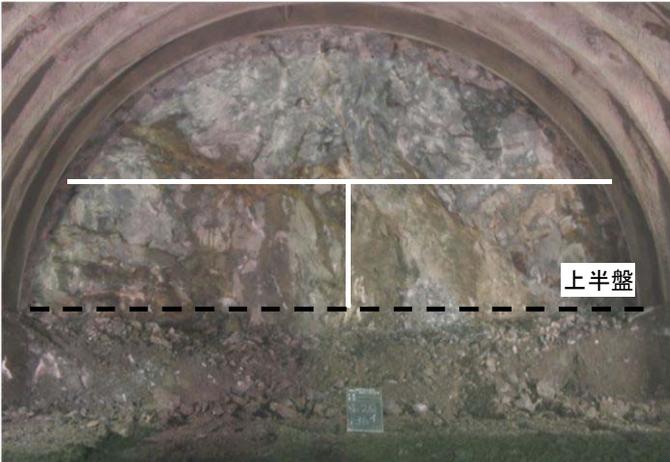
切羽全面に湧水が生じた切羽	特徴的な状況
	
<p>〔評価の視点〕</p> <ul style="list-style-type: none"> □ 低土被り部、崖錐堆積物分布域などで降雨に伴い地下水が全面から滲み出す。 	
	<p>〔補足〕</p>

表-解1-(I) 切羽評価区分判

評価点; 1 なし

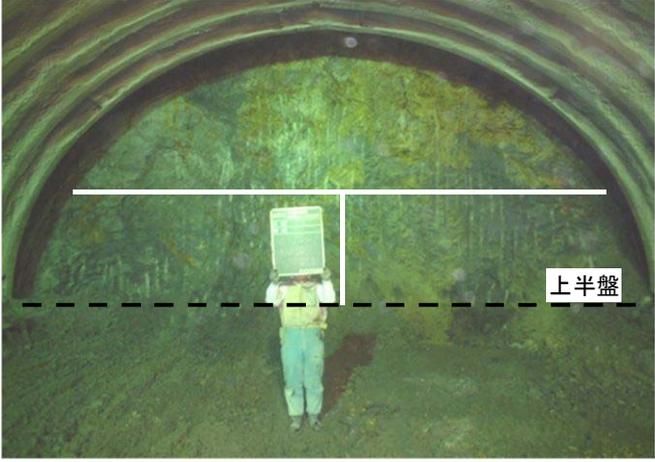
水による劣化が見られない切羽	特徴的な状況
	<p>①水による劣化のない切羽</p> 
<p>〔評価の視点〕</p> <ul style="list-style-type: none"> □ 地下水による劣化はなく、岩片は地下水に触れても角ばっている。 	
	<p>〔補足〕</p>

評価点; 2 緩みを生ず

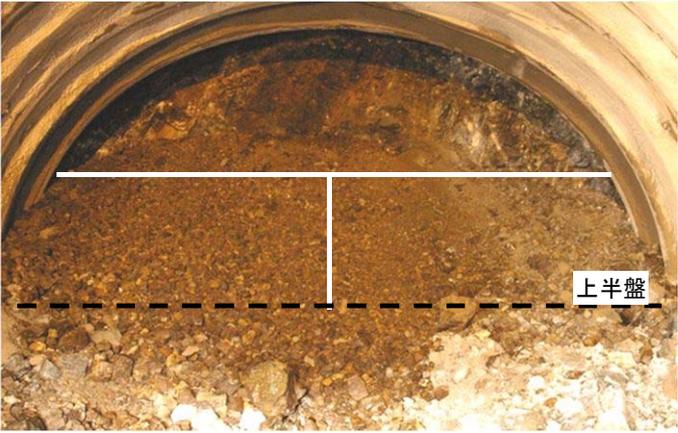
水による劣化に伴い緩みが生じた切羽	特徴的な状況
	<p>①水による劣化に伴い緩みが生じた切羽</p> 
<p>〔評価の視点〕</p> <ul style="list-style-type: none"> □ 地下水により緩む部分（凝灰岩）と緩まない部分が層状に分布 □ 凝灰岩の割合が増加すると変形量、肌落ちが増加。 □ 地下水に触れると、岩塊が碎片状に崩れる。 	<p>②水による劣化に伴い緩み落ちた岩塊</p> 
	<p>〔補足〕 緩み:掘削によって強度が低下した部分</p>

I定の目安 [(I)水による劣化]

評価点; 3 軟弱化

水による劣化により軟弱化した切羽	特徴的な状況
	<p>①水による劣化の軟弱化の様子</p> 
<p>〔評価の視点〕</p> <ul style="list-style-type: none"> □ 地下水により岩片が泥濘化する。 □ 地下水に触れた部分の岩塊が抜け落ちる。 	
	<p>〔補足〕 軟弱化:強度の低下により泥濘化 泥濘化:水により溶け出しでどろどろになること</p>

評価点; 4 崩壊、流出

水による劣化に伴い崩壊、流出した切羽	特徴的な状況
	
<p>〔評価の視点〕</p> <ul style="list-style-type: none"> □ 地下水により切羽が崩れる。 □ 地下水により天端が抜け落ちる。 	
	<p>〔補足〕 鏡面:切羽のうち天端と脚部を除く部分</p>

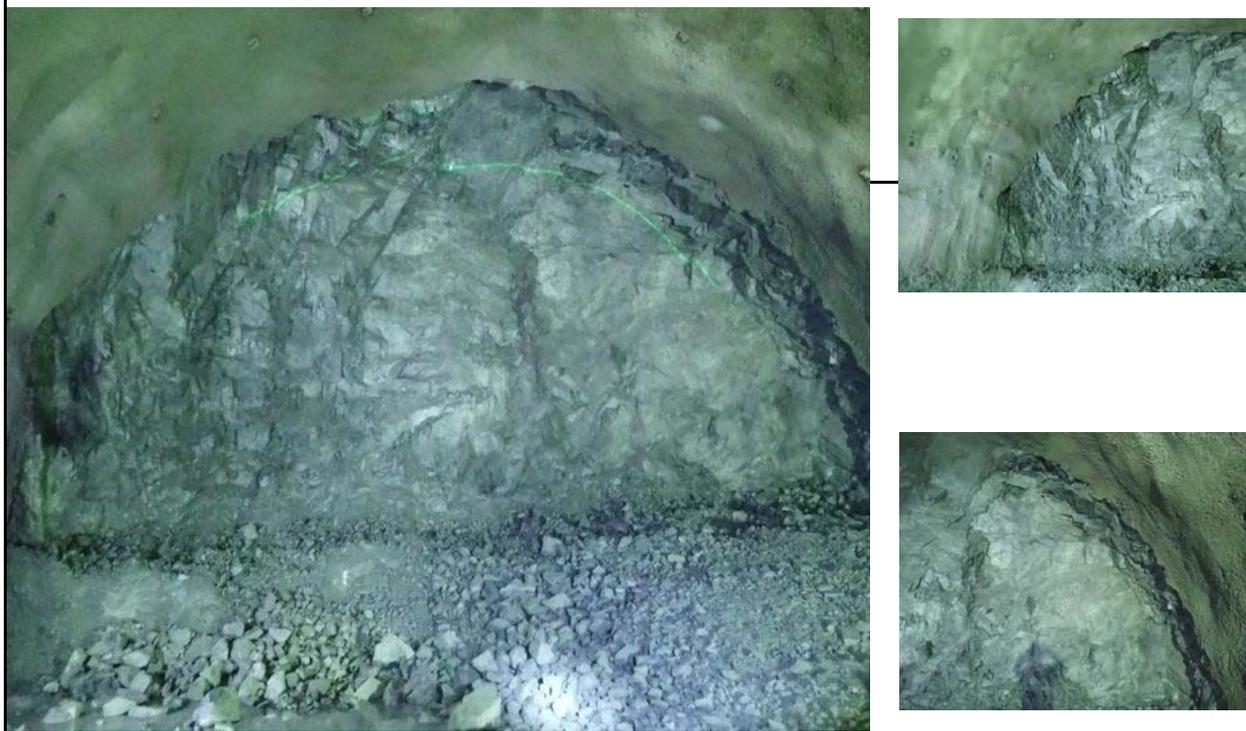
【解説-1b 切羽評価区分判定の目安[地山等級判定事例]】

平成18年版マニュアルに基づく事例

切羽評価点の事例【C I パターン】①

支保パターン	切羽評価点	岩石名	生成年代	岩石グループ
C I	1.4	花崗閃緑岩	白亜紀	硬質岩（塊状）

- ・ **判定の目的**：C I を施工中、C I の妥当性の確認の地山等級判定（設計Bの施工区間）
 - ・ **切羽状況**：切羽は新鮮な花崗閃緑岩でランダムな滑り面状を呈し、滲み湧水の影響で鏡面より滑り崩落した跡がみられる。亀裂は密着しているが所々に風化した粘土層（2～3mm程度）を挟在し、岩質はハンマーでたたくと金属音を呈する硬岩で安定している。恒常湧水は100l/minである。
 - ・ **判定結果**：国土交通省判定委員3名（評価点1.4、1.6、1.3） 平均（評価点 1.4）
 - ・ **支保パターン目安**：判定Ⅰ図：C I～D I 判定Ⅱ図：B～C I 選定パターン：C I
 - ・ **今後の支保パターン**：支保パターン C I
- 一部節理面に沿って抜け落ちは確認されたものの、岩盤は堅硬であり、計測データも内空変位、天端沈下量ともに、5mm以下と安定していることから C I を継続する。



(A)	切羽の状態	1.安定	2.鏡面から岩塊が抜け落ちる	3.鏡面の押し出しを生じる	4.鏡面は自立せず崩れ、あるいは流出
(B)	素堀面の状態	1.自立（普請不要）	2.時間がたつと緩み肌落ちする（後普請）	3.自立困難掘削後早期に支保する（先普請）	4.掘削に先行して山を受けておく必要がある
(C)	圧縮強度	1. $\sigma_c \geq 100\text{Mpa}$ ハンマー打撃はね返る	2. $100\text{Mpa} > \sigma \geq 20\text{Mpa}$ ハンマー打撃で砕ける	3. $20\text{Mpa} > \sigma \geq 5\text{Mpa}$ 軽い打撃で砕ける	4. $4.5\text{Mpa} \geq d$ ハンマー刃先食いこむ
(D)	風化変質	1.なし・健全	2.岩目に沿って変色、強度やや低下	3.全体的に変色、強度相当に低下	4.土砂状、粘土状、破碎、当初より未固結
(E)	割れ目の頻度	1.間隔 $d \geq 1\text{m}$ 割れ目なし	2. $1\text{m} > d \geq 20\text{cm}$	3. $20\text{cm} > d \geq 5\text{cm}$	4. $5\text{cm} \geq d$ 破碎当初より未固結
(F)	割れ目の状態	1.密着	2.部分的に開口	3.開口	4.粘土を挟む、当初より未固結
(G)	割れ目の形態	1.ランダム方形	2.柱状	3.層状、片状、板状	4.土砂状、細片状、当初より未固結
(H)	湧水	1.なし・滲水程度	2.滴水程度	3.集中湧水	4.全面湧水
(I)	水による劣化	1.なし	2.緩みを生ず	3.軟弱化	4.崩壊、流出

凡例：天端の評価 は複数意見 は1名の意見

切羽評価点の事例【C I パターン】②

支保パターン	切羽評価点	岩石名	生成年代	岩石グループ
C I	1.5	花崗閃緑岩	白亜紀	硬質岩（塊状）

- ・ **判定の目的**：C I -L(設計B-L)で施工中、設計Bへの変化点での地山等級判定
- ・ **切羽状況**：左側下半（切羽全体の20%）に縦目の亀裂の細い湧水により酸化した茶褐色の層状岩があり、他（切羽全体の80%）は新鮮でランダムな垂直に近い差し目状の灰青～灰色の花崗閃緑岩が分布している。素掘り面左側の層状岩は目に沿って滑り落ちるためか余掘りが見受けられるが、他はのみ跡が3本残り、余掘りは少なく、肌落ちも無い非常に安定した切羽である。切羽湧水は見受けられない。Bパターンの選定は左側の茶褐色部があるため難しくC Iを継続する。
- ・ **判定結果**：国土交通省判定委員3名 総合評価点 1.5点（1.5、1.3、1.8）
- ・ **支保パターン目安**：判定Ⅰ図：B～DⅠ 判定Ⅱ図：B～DⅠ
- ・ **今後の支保パターン**：支保パターン C I
計測データは天端沈下、内空変位収束値は10mm以下でありC Iが妥当と考える。



(A)	切羽の状態	1.安定	2.鏡面から岩塊が抜け落ちる	3.鏡面の押し出しを生じる	4.鏡面は自立せず崩れ、あるいは流出
(B)	素掘り面の状態	1.自立(普請不要)	2.時間がたつと緩み肌落ちする(後普請)	3.自立困難掘削後早期に支保する(先普請)	4.掘削に先行して山を受けておく必要がある
(C)	圧縮強度	1. $\sigma_c \geq 100\text{Mpa}$ ハンマー打撃はね返る	2. $100\text{Mpa} > \sigma \geq 20\text{Mpa}$ ハンマー打撃で碎ける	3. $20\text{Mpa} > \sigma \geq 5\text{Mpa}$ 軽い打撃で碎ける	4. $4.5\text{Mpa} \geq d$ ハンマー刃先食いこむ
(D)	風化変質	1.なし・健全	2.岩目に沿って変色、強度やや低下	3.全体的に変色、強度相当に低下	4.土砂状、粘土状、破碎、当初より未固結
(E)	割れ目の頻度	1.間隔 $d \geq 1\text{m}$ 割れ目なし	2. $1\text{m} > d \geq 20\text{cm}$	3. $20\text{cm} > d \geq 5\text{cm}$	4. $5\text{cm} \geq d$ 破碎当初より未固結
(F)	割れ目の状態	1.密着	2.部分的に開口	3.開口	4.粘土を挟む、当初より未固結
(G)	割れ目の形態	1.ランダム方形	2.柱状	3.層状、片状、板状	4.土砂状、細片状、当初より未固結
(H)	湧水	1.なし・滲水程度	2.滴水程度	3.集中湧水	4.全面湧水
(I)	水による劣化	1.なし	2.緩みを生ず	3.軟弱化	4.崩壊、流出

凡例：天端の評価 は複数意見 は1名の意見

切羽評価点の事例【C I パターン】③

支保パターン	切羽評価点	岩石名	生成年代	岩石グループ
C I	1.9	花崗閃緑岩	白亜紀	硬質岩（塊状）

- ・ **判定の目的**：C I（設計C I）で施工中。設計C I → D I -b の変化点での地山等級判定。
- ・ **切羽状況**：切羽は天端付近の赤褐色の他は青灰色の硬質な花崗閃緑岩で、ハンマー打撃で金属音を発し圧縮強度は100N程度の硬岩。左肩～中央部にかけては滑り目状、右肩～下部に向かって差し目状の層状岩である。素掘り面は余掘りが少なく穿孔のみ跡が残っている。湧水がなく非常に安定しているが、天端赤褐色部より2回肌落ちが見受けられた。現状の切羽を見ると、このままC I が継続していくことが妥当と考える。
- ・ **判定結果**：国交省判定委員3名 平均評定点 1.9点（評定点 1.4、2.3、2.0）
- ・ **支保パターン目安**：判定Ⅰ図： C I～D I 判定Ⅱ図： C I
- ・ **今後の支保パターン**：支保パターン：C I
設計ではD I の変化点であるが、先進ボーリングの結果から今後も安定した地質が想定されるのでC I パターンを継続する。



(A)	切羽の状態	1.安定	2.鏡面から岩塊が抜け落ちる	3.鏡面の押し出しを生じる	4.鏡面は自立せず崩れ、あるいは流出
(B)	素掘り面の状態	1.自立（普請不要）	2.時間がたつと緩み肌落ちする（後普請）	3.自立困難掘削後早期に支保する（先普請）	4.掘削に先行して山を受けておく必要がある
(C)	圧縮強度	1. $\sigma_c \geq 100\text{Mpa}$ ハンマー打撃はね返る	2. $100\text{Mpa} > \sigma \geq 20\text{Mpa}$ ハンマー打撃で砕ける	3. $20\text{Mpa} > \sigma \geq 5\text{Mpa}$ 軽い打撃で砕ける	4. $4.5\text{Mpa} \geq d$ ハンマー刃先食いこむ
(D)	風化変質	1.なし・健全	2.岩目に沿って変色、強度やや低下	3.全体的に変色、強度相当に低下	4.土砂状、粘土状、破碎、当初より未固結
(E)	割れ目の頻度	1.間隔 $d \geq 1\text{m}$ 割れ目なし	2. $1\text{m} > d \geq 20\text{cm}$	3. $20\text{cm} > d \geq 5\text{cm}$	4. $5\text{cm} \geq d$ 破碎当初より未固結
(F)	割れ目の状態	1.密着	2.部分的に開口	3.開口	4.粘土を挟む、当初より未固結
(G)	割れ目の形態	1.ランダム方形	2.柱状	3.層状、片状、板状	4.土砂状、細片状、当初より未固結
(H)	湧水	1.なし・滲水程度	2.滴水程度	3.集中湧水	4.全面湧水
(I)	水による劣化	1.なし	2.緩みを生ず	3.軟弱化	4.崩壊、流出

凡例：天端の評価 は複数意見 は1名の意見

切羽評価点の事例【C I パターン】④

支保パターン	切羽評価点	岩石名	生成年代	岩石グループ
C I	1.4	流紋岩質凝灰角礫岩	古第三紀	中硬質岩・軟質岩 (塊状)

- ・ **判定の目的** : C I で施工中、設計C II -b の変化点 (0.5m 過ぎ) での地山等級判定
 - ・ **切羽状況** : 切羽は全面硬い流紋岩質凝灰角礫岩である。天端～右肩にかけて茶黄色に変色風化した薄い粘土層以外は切羽全面堅硬な青灰色の岩が分布し非常に安定している。亀裂間隔は前回の岩判定よりは細かくなってきている以外は大きな変化はない。上半部は部分的に滲水が見られるが下半部より30l/minの湧水が発生している。設計C II -b に変更せずC I を継続することとする。
 - ・ **判定結果** : 国交省判定委員3名 総合評価点 1.4点 評価点 (1.3、1.5、1.5)
 - ・ **支保パターン目安** : 判定 I 図:C I ~D II 判定 II 図:C I ~C II
 - ・ **今後の支保パターン** : 支保パターン C I
- 岩が硬く内空変位、天端沈下とも10mm以下で収束しているため、C I を継続することが妥当と考える。



(A)	切羽の状態	1.安定	2.鏡面から岩塊が抜け落ちる	3.鏡面の押し出しを生じる	4.鏡面は自立せず崩れ、あるいは流出
(B)	素掘面の状態	1.自立(普請不要)	2.時間がたつと緩み肌落ちする(後普請)	3.自立困難掘削後早期に支保する(先普請)	4.掘削に先行して山を受けておく必要がある
(C)	圧縮強度	1. $\sigma_c \geq 100\text{Mpa}$ ハンマー打撃はね返る	2. $100\text{Mpa} > \sigma \geq 20\text{Mpa}$ ハンマー打撃で碎ける	3. $20\text{Mpa} > \sigma \geq 5\text{Mpa}$ 軽い打撃で碎ける	4. $4.5\text{Mpa} \geq d$ ハンマー刃先食いこむ
(D)	風化変質	1.なし・健全	2.岩目に沿って変色、強度や低下	3.全体的に変色、強度相当に低下	4.土砂状、粘土状、破碎、当初より未固結
(E)	割れ目の頻度	1.間隔 $d \geq 1\text{m}$ 割れ目なし	2. $1\text{m} > d \geq 20\text{cm}$	3. $20\text{cm} > d \geq 5\text{cm}$	4. $5\text{cm} \geq d$ 破碎当初より未固結
(F)	割れ目の状態	1.密着	2.部分的に開口	3.開口	4.粘土を挟む、当初より未固結
(G)	割れ目の形態	1.ランダム方形	2.柱状	3.層状、片状、板状	4.土砂状、細片状、当初より未固結
(H)	湧水	1.なし・滲水程度	2.滴水程度	3.集中湧水	4.全面湧水
(I)	水による劣化	1.なし	2.緩みを生ず	3.軟弱化	4.崩壊、流出

凡例：天端の評価 は複数意見 は1名の意見

切羽評価点の事例【CⅡ-bパターン】①

支保パターン	切羽評価点	岩石名	生成年代	岩石グループ
CⅡ-b	2.1	石英閃緑岩	白亜紀	硬質岩（塊状）

- ・ 判定の目的：DⅠ-bで施工中、設計CⅡ-bへの変化点での地山等級判定
 - ・ 切羽状況：切羽中央付近に円形状の滑り落ちた跡が残っている。左～中央部の強変質石英閃緑岩の岩片は脆く、コソクすると小片になって落下し、右部は中～弱風化した弱変質石英閃緑岩が分布して亀裂が多いが密着して安定している。天端沈下10mm、内空変位13mmで2Dで収束しており、切羽湧水は右側から30ℓ/min程度流れ出ている。
 - ・ 判定結果：国土交通省判定委員3名 総合評価点 2.1点（1.7、2.0、2.4）
 - ・ 支保パターン目安：判定Ⅰ図：CⅠ～DⅠ 判定Ⅱ図：CⅠ～CⅡ
 - ・ 今後の支保パターン：支保パターン CⅡ-b
- 坑口周辺で土被りは2Dを過ぎ切羽は安定してきているので、設計どおりCパターン（CⅡ-b）に変更するのが妥当であると判断する。



(A)	切羽の状態	1.安定	2.鏡面から岩塊が抜け落ちる	3.鏡面の押し出しを生じる	4.鏡面は自立せず崩れ、あるいは流出
(B)	素掘面の状態	1.自立（普請不要）	2.時間がたつと緩み肌落ちする（後普請）	3.自立困難掘削後早期に支保する（先普請）	4.掘削に先行して山を受けておく必要がある
(C)	圧縮強度	1. $\sigma_c \geq 100\text{Mpa}$ ハンマー打撃はね返る	2. $100\text{Mpa} > \sigma \geq 20\text{Mpa}$ ハンマー打撃で碎ける	3. $20\text{Mpa} > \sigma \geq 5\text{Mpa}$ 軽い打撃で碎ける	4. $4.5\text{Mpa} \geq d$ ハンマー刃先食いこむ
(D)	風化変質	1.なし・健全	2.岩目に沿って変色、強度やや低下	3.全体的に変色、強度相当に低下	4.土砂状、粘土状、破碎、当初より未固結
(E)	割れ目の頻度	1.間隔 $d \geq 1\text{m}$ 割れ目なし	2. $1\text{m} > d \geq 20\text{cm}$	3. $20\text{cm} > d \geq 5\text{cm}$	4. $5\text{cm} \geq d$ 破碎当初より未固結
(F)	割れ目の状態	1.密着	2.部分的に開口	3.開口	4.粘土を挟む、当初より未固結
(G)	割れ目の形態	1.ランダム方形	2.柱状	3.層状、片状、板状	4.土砂状、細片状、当初より未固結
(H)	湧水	1.なし・滲水程度	2.滴水程度	3.集中湧水	4.全面湧水
(I)	水による劣化	1.なし	2.緩みを生ず	3.軟弱化	4.崩壊、流出

凡例：天端の評価 は複数意見 は1名の意見

切羽評価点の事例【CⅡ-bパターン】②

支保パターン	切羽評価点	岩石名	生成年代	岩石グループ
CⅡ-b	2.1	泥岩優勢混在岩	新第三紀	中硬質岩・軟質岩 (塊状)

・判定の目的：設計CⅡ-bをCⅡ-bで施工中。CⅡ-bの妥当性の確認の地山等級判定。
・切羽状況：切羽は泥質主体の混在岩で一見安定しているように見えるが、近くで確認すると目が細かく所々風化・粘土化し、岩片は軽いハンマーの打撃で裂け、層状部は部分的に開口し、時間とともに緩みが生じているが、中央部に硬岩（幅3m程度）が位置しているため安定を保っている。湧水は滲む程度で、坑口湧水は500l/min。

・判定結果：国交省判定委員3名 平均評定点 2.1（評定点1.9、2.1、2.3）

・支保パターン目安：判定Ⅰ図： CⅡ～DⅡ 判定Ⅱ図： CⅠ～DⅠ

・今後の支保パターン：支保パターン：CⅡ-b

切羽は部分的に風化しているものの、変位は天端沈下10mm、内空変位20mmの管理レベルⅠ程度で切羽掘進2D程度で収束・安定するため、このままCⅡ-bを継続する。



(A)	切羽の状態	1.安定	2.鏡面から岩塊が抜け落ちる	3.鏡面の押し出しを生じる	4.鏡面は自立せず崩れ、あるいは流出
(B)	素掘面の状態	1.自立(普請不要)	2.時間がたつと緩み肌落ちする(後普請)	3.自立困難掘削後早期に支保する(先普請)	4.掘削に先行して山を受けておく必要がある
(C)	圧縮強度	1. $\sigma_c \geq 100\text{Mpa}$ ハンマー打撃はね返る	2. $100\text{Mpa} > \sigma \geq 20\text{Mpa}$ ハンマー打撃で砕ける	3. $20\text{Mpa} > \sigma \geq 5\text{Mpa}$ 軽い打撃で砕ける	4. $4.5\text{Mpa} \geq d$ ハンマー刃先食いこむ
(D)	風化変質	1.なし・健全	2.岩目に沿って変色、強度やや低下	3.全体的に変色、強度相当に低下	4.土砂状、粘土状、破碎、当初より未固結
(E)	割れ目の頻度	1.間隔 $d \geq 1\text{m}$ 割れ目なし	2. $1\text{m} > d \geq 20\text{cm}$	3. $20\text{cm} > d \geq 5\text{cm}$	4. $5\text{cm} \geq d$ 破碎当初より未固結
(F)	割れ目の状態	1.密着	2.部分的に開口	3.開口	4.粘土を挟む、当初より未固結
(G)	割れ目の形態	1.ランダム方形	2.柱状	3.層状、片状、板状	4.土砂状、細片状、当初より未固結
(H)	湧水	1.なし・滲水程度	2.滴水程度	3.集中湧水	4.全面湧水
(I)	水による劣化	1.なし	2.緩みを生ず	3.軟弱化	4.崩壊、流出

凡例：天端の評価 は複数意見 は1名の意見

切羽評価点の事例【CⅡ-bパターン】③

支保パターン	切羽評価点	岩石名	生成年代	岩石グループ
CⅡ-b	2.0	砂岩頁岩互層	後期白亜紀	中硬質岩（層状）

- ・ **岩判定の目的**：当初設計CⅠをCⅡで施工中。非常駐車帯ヶ所のCⅡの妥当性確認の岩判定
- ・ **切羽状況**：切羽は砂岩優勢の砂岩泥岩の互層構造で、左側は砂岩優勢で目も締まっっていて安定しているが、右側は泥岩層（泥岩層厚が50～10cmで岩芯まで風化がすすんでいる）より湧水の影響で時間の経過とともに崩落状態が継続して続いていた。全体湧水量：200l/min程度
- ・ **岩判定結果**：国土交通省判定委員3名の総合評価点2.0点（2.0、2.1、1.9点）
- ・ **支保パターン目安**：判定Ⅰ図：CⅠ～DⅠ 判定Ⅱ図：CⅠ～DⅠ
- ・ **今後の支保パターン**：支保パターン：CⅡ
計測データは内空変位10mm、天端沈下20mm程度で3D～4Dで収束している。管理レベルⅡ以内でありこのままCⅡを継続し支保パターンCⅡ-Lで施工する。



切羽状況

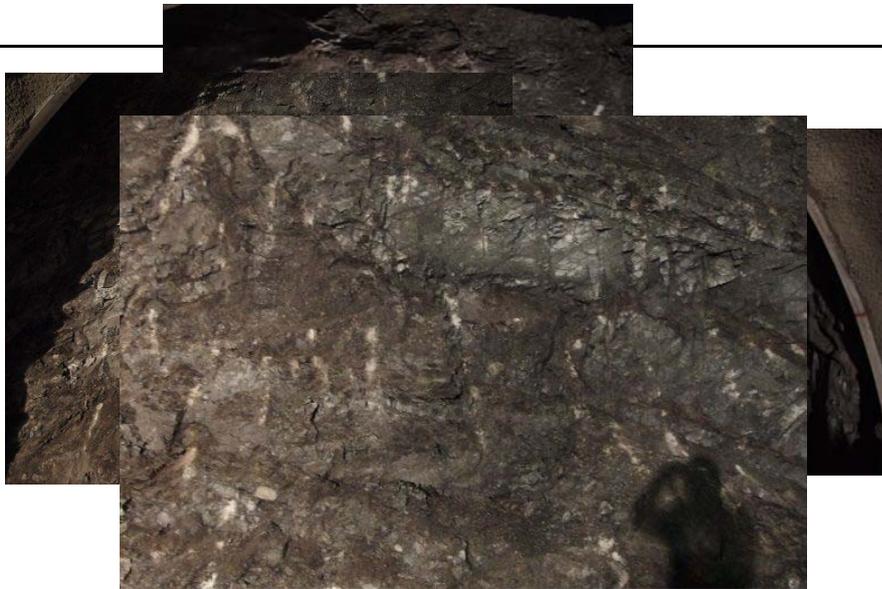
(A)	切羽の状態	1.安定	2.鏡面から岩塊が抜け落ちる	3.鏡面の押し出しを生じる	4.鏡面は自立せず崩れ、あるいは流出
(B)	素堀面の状態	1.自立(普請不要)	2.時間がたつと緩み肌落ちする(後普請)	3.自立困難掘削後早期に支保する(先普請)	4.掘削に先行して山を受けておく必要がある
(C)	圧縮強度	1. $\sigma_c \geq 100\text{Mpa}$ ハンマー打撃はね返る	2. $100\text{Mpa} > \sigma \geq 20\text{Mpa}$ ハンマー打撃で砕ける	3. $20\text{Mpa} > \sigma \geq 5\text{Mpa}$ 軽い打撃で砕ける	4. $4.5\text{Mpa} \geq d$ ハンマー刃先食いこむ
(D)	風化変質	1.なし・健全	2.岩目に沿って変色、強度やや低下	3.全体的に変色、強度相当に低下	4.土砂状、粘土状、破碎、当初より未固結
(E)	割れ目の頻度	1.間隔 $d \geq 1\text{m}$ 割れ目なし	2. $1\text{m} > d \geq 20\text{cm}$	3. $20\text{cm} > d \geq 5\text{cm}$	4. $5\text{cm} \geq d$ 破碎当初より未固結
(F)	割れ目の状態	1.密着	2.部分的に開口	3.開口	4.粘土を挟む、当初より未固結
(G)	割れ目の形態	1.ランダム方形	2.柱状	3.層状、片状、板状	4.土砂状、細片状、当初より未固結
(H)	湧水	1.なし・滲水程度	2.滴水程度	3.集中湧水	4.全面湧水
(I)	水による劣化	1.なし	2.緩みを生ず	3.軟弱化	4.崩壊、流出

凡例：天端の評価 は複数意見 は1名の意見

切羽評価点の事例【CⅡ-bパターン】④

支保パターン	切羽評価点	岩石名	生成年代	岩石グループ
CⅡ-b	2.0	砂岩頁岩互層	後期白亜紀	中硬質岩（層状）

・岩判定の目的： CⅡ-bで施工中。設計CⅠ→CⅡ-bへの変化点から4.2m過ぎた位置での岩判定
・切羽状況： 切羽は砂岩頁岩の互層構造である。
 層状岩の分布は左～右20～30°の傾斜、中央～下部は層厚50～80cmの黒灰色砂岩、上部は5～20cmの黒褐色の粒状の頁岩が主体で一部礫岩の層を挟在している。砂岩はハンマー打撃で裂ける程度、頁岩は岩片同士で叩くと割れる程度の強度で、節理が部分的に開口し、薄い粘土を挟在した個所もあり肌落ちか1回見られたが切羽は安定している。頁岩の層理面から滴水程度の湧水があり、恒常湧水量=1,000l/min程度である。
・岩判定結果： 国土交通省判定委員 3名の総合評価点 2.0点 (1.8、2.1、1.8)
・支保パターン目安： 判定Ⅰ図：CⅠ～DⅡ 判定Ⅱ図：CⅡ
・今後の支保パターン： 支保パターン：CⅡ
 計測データは天端沈下が管理基準値Ⅰの範囲を超えているので今後の経過観測が必要であるが、切羽は安定しているのでCⅡ-bを継続する。



(A)	切羽の状態	1.安定	2.鏡面から岩塊が抜け落ちる	3.鏡面の押し出しを生じる	4.鏡面は自立せず崩れ、あるいは流出
(B)	素掘面の状態	1.自立(普請不要)	2.時間がたつと緩み肌落ちする(後普請)	3.自立困難掘削後早期に支保する(先普請)	4.掘削に先行して山を受けておく必要がある
(C)	圧縮強度	1. $\sigma_c \geq 100\text{Mpa}$ ハンマー打撃はね返る	2. $100\text{Mpa} > \sigma \geq 20\text{Mpa}$ ハンマー打撃で砕ける	3. $20\text{Mpa} > \sigma \geq 5\text{Mpa}$ 軽い打撃で砕ける	4. $4.5\text{Mpa} \geq d$ ハンマー刃先食いこむ
(D)	風化変質	1.なし・健全	2.岩目に沿って変色、強度やや低下	3.全体的に変色、強度相当に低下	4.土砂状、粘土状、破碎、当初より未固結
(E)	割れ目の頻度	1.間隔 $d \geq 1\text{m}$ 割れ目なし	2. $1\text{m} > d \geq 20\text{cm}$	3. $20\text{cm} > d \geq 5\text{cm}$	4. $5\text{cm} \geq d$ 破碎当初より未固結
(F)	割れ目の状態	1.密着	2.部分的に開口	3.開口	4.粘土を挟む、当初より未固結
(G)	割れ目の形態	1.ランダム方形	2.柱状	3.層状、片状、板状	4.土砂状、細片状、当初より未固結
(H)	湧水	1.なし・滲水程度	2.滴水程度	3.集中湧水	4.全面湧水
(I)	水による劣化	1.なし	2.緩みを生ず	3.軟弱化	4.崩壊、流出

凡例：天端の評価 は複数意見 は1名の意見

切羽評価点の事例【D I -bパターン】①

支保パターン	切羽評価点	岩石名	生成年代	岩石グループ
D I -b	2.5	石英閃緑岩	白亜紀	硬質岩（塊状）

- ・ **判定の目的**：D I -bで施工中、設計D I -b→C I への変化点（3.0m手前）での地山等級判定
- ・ **切羽状況**：切羽は硬い石英閃緑岩である。高角度の流れ目状で目に粘土が噛んでいるため、岩は硬質ではあるが目に沿って岩塊が剥がれ易い状態である。左部～天端にかけては塊状でランダムな亀裂で所々に褐色に変色した部分があり、右部は青灰色で層状で縦目状の堅硬な岩が分布している。天端部に多少の余掘りがみられ、発破後のコソク前のため浮き石が滑落し2回肌落ちが発生した。計測値は天端沈下10mm、内空変位11mmで収束している。先進ボーリング孔から300 μ m/min程度の湧水があるが、切羽は滲水程度の湧水が2ヵ所から発生している。
- ・ **判定結果**：国土交通省判定委員3名 総合評価点 2.5点（2.2、2.2、2.6）
- ・ **支保パターン目安**：判定Ⅰ図：C I～D I 判定Ⅱ図：CⅡ～D I
- ・ **今後の支保パターン**：支保パターン D I -b
切羽は安定してきているが、湧水、切羽からの滑落等のためD I -bを継続する。



(A)	切羽の状態	1.安定	2.鏡面から岩塊が抜け落ちる	3.鏡面の押し出しを生じる	4.鏡面は自立せず崩れ、あるいは流出
(B)	素掘面の状態	1.自立（普請不要）	2.時間がたつと緩み肌落ちする（後普請）	3.自立困難掘削後早期に支保する（先普請）	4.掘削に先行して山を受けておく必要がある
(C)	圧縮強度	1. $\sigma_c \geq 100\text{Mpa}$ ハンマー打撃はね返る	2. $100\text{Mpa} > \sigma \geq 20\text{Mpa}$ ハンマー打撃で碎ける	3. $20\text{Mpa} > \sigma \geq 5\text{Mpa}$ 軽い打撃で碎ける	4. $4.5\text{Mpa} \geq d$ ハンマー刃先食いこむ
(D)	風化変質	1.なし・健全	2.岩目に沿って変色、強度やや低下	3.全体的に変色、強度相当に低下	4.土砂状、粘土状、破碎、当初より未固結
(E)	割れ目の頻度	1.間隔 $d \geq 1\text{m}$ 割れ目なし	2. $1\text{m} > d \geq 20\text{cm}$	3. $20\text{cm} > d \geq 5\text{cm}$	4. $4.5\text{cm} \geq d$ 破碎当初より未固結
(F)	割れ目の状態	1.密着	2.部分的に開口	3.開口	4.粘土を挟む、当初より未固結
(G)	割れ目の形態	1.ランダム方形	2.柱状	3.層状、片状、板状	4.土砂状、細片状、当初より未固結
(H)	湧水	1.なし・滲水程度	2.滴水程度	3.集中湧水	4.全面湧水
(I)	水による劣化	1.なし	2.緩みを生ず	3.軟弱化	4.崩壊、流出

凡例：天端の評価 は複数意見 は1名の意見

切羽評価点の事例【D I -bパターン】②

支保パターン	切羽評価点	岩石名	生成年代	岩石グループ
D I -b	2.5	泥岩優勢混在岩	ジュラ紀～ペルム紀	中硬質岩・軟質岩 (塊状)

- ・ **判定の目的**：D I -bで施工中。AGF補助工法併用を今後も継続するかの地山等級判定。
- ・ **切羽状況**：切羽は泥質主体の混在岩でユニット境界の影響か左側は白、灰、黒色の粘土（ハンマーが簡単に突き刺さる脆弱な縦層状の粘土層）が分布し、右側は垂直に近い亀裂面に薄い茶～灰褐色の薄い粘土を介在したランダムな塊状の中硬な砂岩（緑色片岩か？）を配し、非常に安定している。素掘り面は天端付近の長尺鋼管ファパリング工法（φ114.3mm、L=12.5m、N=23本、シリカレジン注入）の効果で肌落ちも余掘りも無く安定している。切羽全面より湧水が滲み出ており（ボーリング孔より3l/min出水）恒常湧水量は500l/min。
今後右側の中硬な砂岩が切羽の大部分に分布することが予想されるので、AGF補助工法併用は中断し、切羽状況を注意深く観測しながらD I -bで継続することが妥当と考える。
- ・ **判定結果**：国交省判定委員3名 平均評定点 2.5点（評定点 2.4、2.5、2.4）
- ・ **支保パターン目安**：判定Ⅰ図： C I～DⅡ 判定Ⅱ図： C I～D I
- ・ **今後の支保パターン**：支保パターン：D I -b
今後、切羽は安定すると見受けられるので補助工法は中止してD I -bパターンを継続する。



(A)	切羽の状態	1.安定	2.鏡面から岩塊が抜け落ちる	3.鏡面の押し出しを生じる	4.鏡面は自立せず崩れ、あるいは流出
(B)	素掘り面の状態	1.自立(普請不要)	2.時間がたつと緩み肌落ちする(後普請)	3.自立困難掘削後早期に支保する(先普請)	4.掘削に先行して山を受けておく必要がある
(C)	圧縮強度	1. $\sigma_c \geq 100\text{Mpa}$ ハンマー打撃はね返る	2. $100\text{Mpa} > \sigma \geq 20\text{Mpa}$ ハンマー打撃で砕ける	3. $20\text{Mpa} > \sigma \geq 5\text{Mpa}$ 軽い打撃で砕ける	4. $4.5\text{Mpa} \geq d$ ハンマー刃先食いこむ
(D)	風化変質	1.なし・健全	2.岩目に沿って変色、強度やや低下	3.全体的に変色、強度相当に低下	4.土砂状、粘土状、破碎、当初より未固結
(E)	割れ目の頻度	1.間隔 $d \geq 1\text{m}$ 割れ目なし	2. $1\text{m} > d \geq 20\text{cm}$	3. $20\text{cm} > d \geq 5\text{cm}$	4. $5\text{cm} \geq d$ 破碎当初より未固結
(F)	割れ目の状態	1.密着	2.部分的に開口	3.開口	4.粘土を挟む、当初より未固結
(G)	割れ目の形態	1.ランダム方形	2.柱状	3.層状、片状、板状	4.土砂状、細片状、当初より未固結
(H)	湧水	1.なし・滲水程度	2.滴水程度	3.集中湧水	4.全面湧水
(I)	水による劣化	1.なし	2.緩みを生ず	3.軟弱化	4.崩壊、流出

凡例：天端の評価 は複数意見 は1名の意見

切羽評価点の事例【D I -bパターン】③

支保パターン	切羽評価点	岩石名	生成年代	岩石グループ
D I -b	2.1	頁岩	中生代	中硬質岩(層状)

- ・ **判定の目的** : 当初設計のC II -b区間をD I -bで施工している。D I -bの妥当性を確認するための地山等級判定
- ・ **切羽状況** : 切羽は目に薄い粘土を介在し、流れ眼であるため時間がたつと緩み肌落するが湧水がないため安定しているように見える。
- ・ **判定結果** : 国交省判定委員3名(2.13、2.13、2.15) 総合評定点 2.13
- ・ **支保パターン目安**: 選定パターン: 判定I図:C II 判定II図:C II 目安パターン C II
- ・ **今後の支保パターン**: 支保パターン D I
 近隣のC II -b施工の変位計測結果(沈下量:60mm)を見ると管理基準値Ⅲを超える状況であるため、D I -bと決定する。今後変位計測をみながら管理値Ⅰ以下になるようになればC IIへの移行を考える。



(A)	切羽の状態	1.安定	2.鏡面から岩塊が抜け落ちる	3.鏡面の押し出しを生じる	4.鏡面は自立せず崩れ、あるいは流出
(B)	素堀面の状態	1.自立(普請不要)	2.時間がたつと緩み肌落する(後普請)	3.自立困難掘削後早期に支保する(先普請)	4.掘削に先行して山を受けておく必要がある
(C)	圧縮強度	1. $\sigma_c \geq 100\text{Mpa}$ ハンマー打撃はね返る	2. $100\text{Mpa} > \sigma \geq 20\text{Mpa}$ ハンマー打撃で砕ける	3. $20\text{Mpa} > \sigma \geq 5\text{Mpa}$ 軽い打撃で砕ける	4. $4.5\text{Mpa} \geq d$ ハンマー刃先食いこむ
(D)	風化変質	1.なし・健全	2.岩目に沿って変色、強度や低下	3.全体的に変色、強度相当に低下	4.土砂状、粘土状、破碎、当初より未固結
(E)	割れ目の頻度	1.間隔 $d \geq 1\text{m}$ 割れ目なし	2. $1\text{m} > d \geq 20\text{cm}$	3. $20\text{cm} > d \geq 5\text{cm}$	4. $5\text{cm} \geq d$ 破碎当初より未固結
(F)	割れ目の状態	1.密着	2.部分的に開口	3.開口	4.粘土を挟む、当初より未固結
(G)	割れ目の形態	1.ランダム方形	2.柱状	3.層状、片状、板状	4.土砂状、細片状、当初より未固結
(H)	湧水	1.なし・滲水程度	2.滴水程度	3.集中湧水	4.全面湧水
(I)	水による劣化	1.なし	2.緩みを生ず	3.軟弱化	4.崩壊、流出

凡例：天端の評価 は複数意見 は1名の意見

【解説-1c 地山等級判定における工学的チェックについて】

地山等級判定の手順は、本マニュアルでは以下の3段階とした。



この手順を採用した理由は以下のとおりである。

本来、地山等級判定は切羽評価点だけで決まるものではなく、様々な要因で決まるものである。

そのため本マニュアルでは、切羽評価点、フローチャートによる目安の判定とそれを補足する工学的チェック表の組合せとし、工学的チェック表は、判定Ⅰ・Ⅱによる目安の判定が十分ではない場合に特に留意すべき事項を示した。

具体的な工学的なチェック表の項目とは以下の5点とした。

- ①切羽の状況
- ②坑奥前方の状況（現場での探査や穿孔による予測、事前設計予測等）
- ③計測結果
- ④施工後の支保状況
- ⑤その他（土被り、緩衝区間、環境、その他の要素等）

従って、判定Ⅰ・Ⅱの結果だけでは判定が十分ではない場合には第3番目の工学的チェック表の項目について検討・協議し、その協議結果を4.総合判断【コメント欄】に出来るだけ詳しく記録し、地山等級を確認すること。

なお、B等級やDⅡ等級では、箱ひげグラフを作成する際のサンプル数が少なく、不確定な要素もあるため、工学的チェックを十分に行う必要がある。

切羽観察表を用いた地山等級判定に関する試験施工について

独立行政法人土木研究所
基礎道路技術研究グループ(トンネル)
平成 18 年 1 月

1. 試験施工の目的

山岳トンネルの施工時の安全性向上や建設コスト縮減を図るためには、地山状態に応じた適切な支保構造の選定が重要である。実際の施工では切羽観察や掘削断面の変位を計測し、その結果に基づき、必要に応じて事前調査で得られた地山等級を見直し、支保構造を選定している。しかし、切羽観察の結果の評価方法は統一されておらず、地山等級の判定そのものが過去の経験や実績に負うところが大きいのが現状である。

土木研究所では、既往のトンネルの施工時に得られた切羽観察のデータを基に、観察項目に重み付けを行った評点法(加重平均法)による簡易な地山等級の判定法を検討した。本試験施工では、その判定法が実際の地山等級判定の目安となり得るかについて検討したいと考えている。

2. 試験施工の概要

対象としたデータは、既往の直轄道路トンネルの施工時に得られた切羽観察表や変位等のデータ(トンネル数: 50, 断面数: 5400 程度)である。それらのデータによりデータベースを構築し、それを用いて、図-解 2-1 に記されている切羽観察表(すなわち、4 段階で 9 項目を基本とした版)を用いて評点法(加重平均法)により評価する際に必要となる重み係数を多変量解析により算定した。本試験施工ではこの重み係数を用いて切羽観察表の「重み付き評価点」を求め、その重み付き評価点により地山等級の設定の目安を示し、実際の施工との的中の度合いを検討する。

そのため、切羽の観察に関しては原則として図-解 2-1 による版を用いた形式で実施していただきたいと考えている。(なお、現場にて既に確立された方法がある場合は、それと併用することを基本とし、今までの方法を取り止める等の措置は必要ない。)

また、切羽の観察結果については必ずしも 4 段階では数値化できないことがあることが想定される。(例えば、切羽が評価点 2 と評価点 3 で半分程度ずつになっている場合など) その場合は、①悪い方の評価点で記した場合、②平均的な評価点で記した場合の両者を記録として残していただきたい。

さらに、各切羽で 4 段階の評価を実施するが、その際の根拠となる写真の撮影をお願いしたい。写真は(1)切羽面全体を撮影したもの、(2)各指標のうち代表的な指標(すなわち、切羽・素掘面の状況、風化変質の状況、割目の状況、湧水の状況)が分かるものを撮影したのから構成していただきたい。なお、当該写真は必ず切羽観察表を記録した切羽面と一致する形で保存・記録をお願いしたい。(すなわち、どの測点で撮影されたものか分かるようにしていただきたい。)

観察による地山の状態と性状 (上半スケッチの観察)		14m		総合判断	地山区分あるいはバターン区分		DI
土 かぶり		a, b, c, @, e			岩 石 名		Tb
特殊条件		膨圧・偏圧・流動性・土かぶり小()m・重要構造物・谷の直下・(その他)					
掘削地点の地山の状態と挙動							
① 切羽の状態	1.安定	2.後面から岩塊が抜け落ちる	③後面の押し出しが生じる	4.後面は自立せず崩れあるいは流出	5.その他		
② 素掘面の状態	1.自立(音響不要)	2.時間がたつと後崩れ落ちる(後着崩)	③自立田舎崩れ崩れ(先着崩)	4.掘削に先行して山を受けておく必要がある	5.		
③ 圧縮率	1. $\sigma_v \geq 1000 \text{ kgf/cm}^2$ ハンマー打撃は返る	2. $1000 > \sigma_v \geq 200$ ハンマー打撃は返らない	③ $200 > \sigma_v \geq 50$ 軽い打撃で返る	4. $50 \text{ kgf/cm}^2 > \sigma_v$ ハンマー打撃は返らない	5.		
④ 風化変質	1.なし・健全	2.岩目に沿って変色強度や低下	③全体に変色、強度相当に低下	4.土砂状、粘土状、破砕、当初より未固結	5.		
⑤ 割れ目の精度	1.間隔 $d \geq 1 \text{ m}$ 割れ目なし	2. $1 \text{ m} > d \geq 20 \text{ cm}$	③ $20 \text{ cm} > d \geq 5 \text{ cm}$	4. $5 \text{ cm} > d$ 破砕当初より未固結	5.		
⑥ 割れ目の状態	1.密着	2.部分的に開口	③開口	4.粘土をはきむ、当初より未固結	5.		
⑦ 割れ目の形態	①ランダムな方向	2.柱状	3.層状、片状	4.土砂状、細片状、当初より未固結	5.		
⑧ 湧水	①なし、湧水程度	2.湧水程度	3.堰中湧水	4.全面湧水	5.		
⑨ 水による劣化	1.なし	2.ゆるみを生ず	3.軟弱化	4.崩壊・流出	5.		
到達する方向(仰角)をみて	①水平($10^\circ > \theta > 0^\circ$) ②さし目($30^\circ > \theta \geq 10^\circ$, $80^\circ > \theta \geq 60^\circ$) ③さし目($60^\circ > \theta \geq 30^\circ$) ④流れ目($60^\circ > \theta \geq 30^\circ$) ⑤流れ目($30^\circ > \theta \geq 10^\circ$, $80^\circ > \theta \geq 60^\circ$) ⑥垂直($\theta \geq 80^\circ$) 【最大傾斜角をとる】						
掘削断面の性状(切羽面)をみて	①水平($10^\circ > \theta > 0^\circ$) ②右から左へ($30^\circ > \theta \geq 10^\circ$, $80^\circ > \theta \geq 60^\circ$) ③右から左へ($60^\circ > \theta \geq 30^\circ$) ④左から右へ($60^\circ > \theta \geq 30^\circ$) ⑤左から右へ($30^\circ > \theta \geq 10^\circ$, $80^\circ > \theta \geq 60^\circ$) ⑥垂直($\theta \geq 80^\circ$) 【切羽面のみか、傾斜角をとる】						
記事							

図-解 2a-1 切羽観察表

3. 重み係数

図-解 2-1 に本試験施工にて使用する岩質毎の重み係数を示す。図-解 2-1 に示した切羽観察表を用いて得られた 9 項目の観察点(4 段階, 1~4)に表-1 の岩質毎に分類された重み係数を乗じ, 100 で除することにより, その断面での「重み付き評価点」を算出する。

重み付き評価点については, 小数第 2 位で四捨五入を行って整理するものとする。

なお, 2 章で示した, 「必ずしも 4 段階で数値化できない」観察結果に関しては, 上記①の場合と②の場合のそれぞれの重み付き評価点を算定していただきたい。

また, 場合によっては, 切羽面に異なる岩質が現れる場合がある, その場合は, 主体となる岩質と考えられる方の数値を用いて重み付き評価点を算定していただきたい。ただし, 実際の観察結果には岩質が混在していた旨の記録は残すものとする。

表-解 2a-1 岩質毎の各切羽観察項目に対する重み係数

	切羽の状態	素堀面の状態	岩の強度	風化変質	割目の間隔	割目の状態	割目の形態	湧水	水による劣化
硬質岩	11	15	14	8	27	7	8	3	8
中硬質岩・軟質岩(塊状)	10	11	13	17	9	11	11	7	11
中硬質岩(層状)	9	36	9	5	7	10	14	5	5
軟質岩(層状)	16	8	26	13	6	3	6	9	13

4. 重み付き評価点

図-解 2-2~5 に各岩質における重み付き評価点毎の地山等級の割合, および重み付き評価点の分布を示す。

各図左側に示してある重み付き評価点毎の地山等級の割合に関しては, 1.0~4.0 の間で得られた重み付き評価点を 0.5 刻みで考えた場合の, 断面数およびその割合がどの程度になっているかを示しているものである。例えば図-2 の硬質岩においては, 重み付き評価点が 2.1~2.5 の場合については, 76%が C I I と評価されることを示す。

各図右側に示してある重み付き評価点の分布に関しては, グラフ中の直線部が各地山等級の重み付き評価点の最大値と最小値, 黒四角は平均値, 長方形部分がデータの $\pm 1\sigma$ (σ : 標準偏差) の領域を示す。

また, 表-解 2-1 に重み付き評価点の分布にて算定された重み付き評価点の最大値と最小値, 平均値 μ , $\mu \pm \sigma$ (σ : 標準偏差) の値を示す。

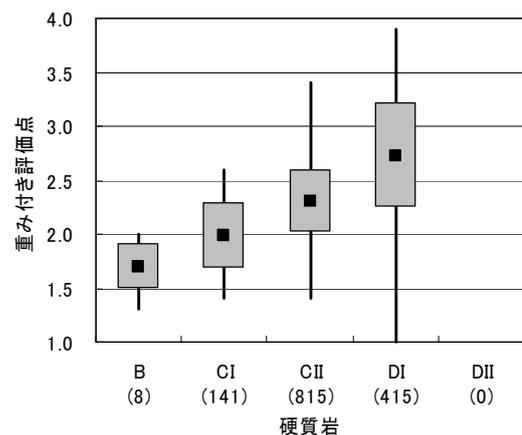
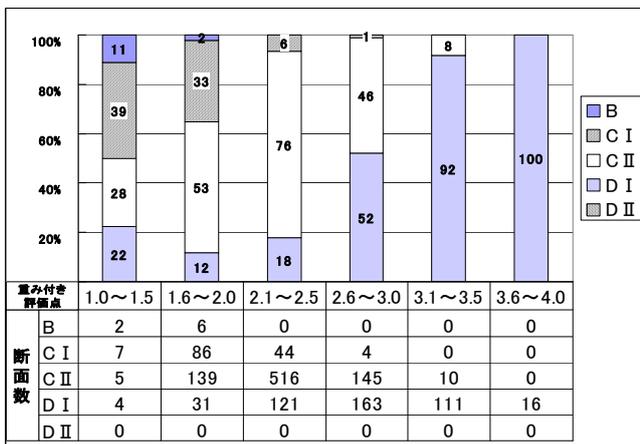


図-解 2a-2 硬質岩における重み付き評価点毎の地山等級の割合と重み付き評価点の分布

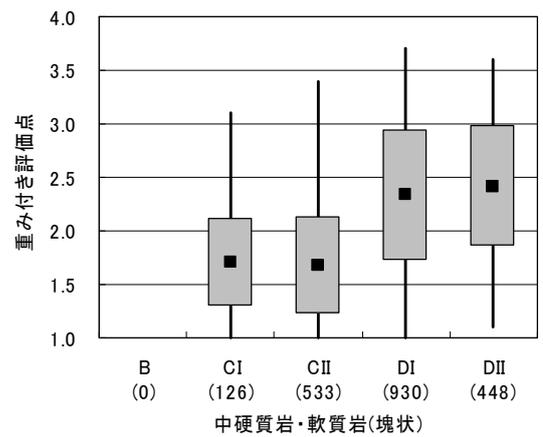
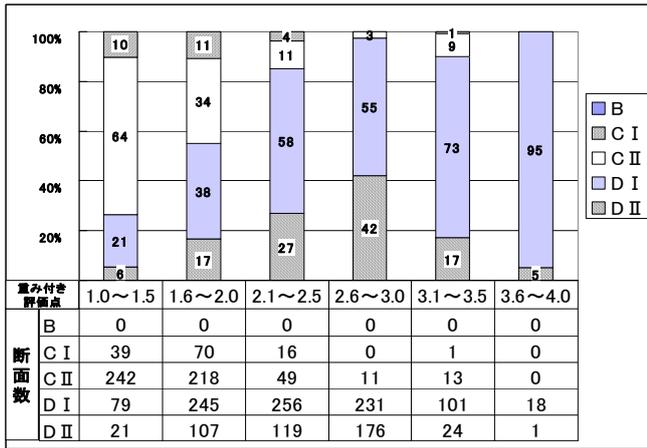


図-解 2a-3 中硬質岩・軟質岩(塊状)における重み付き評価点毎の地山等級の割合と重み付き評価点の分布

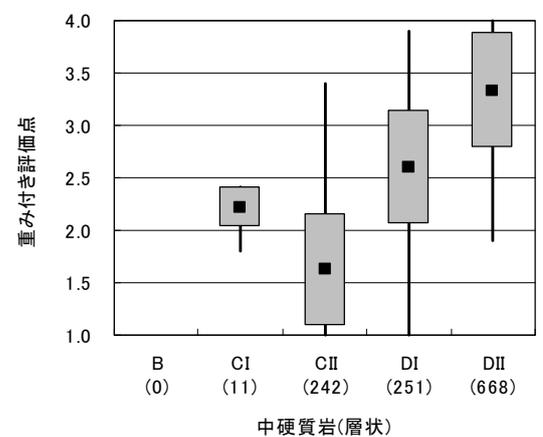
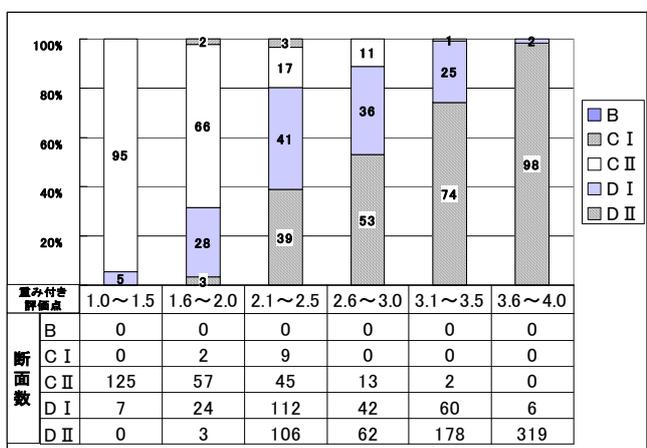


図-解 2a-4 中硬質岩(層状)における重み付き評価点毎の地山等級の割合と重み付き評価点の分布

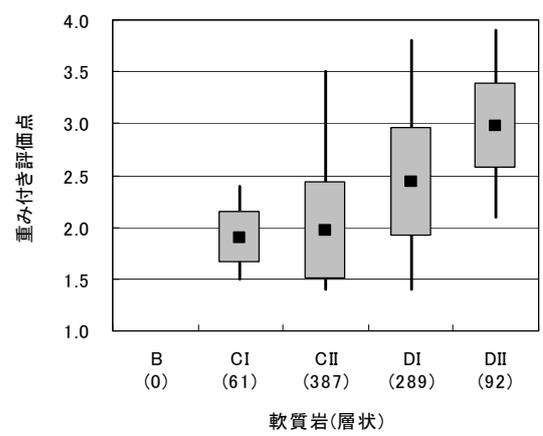
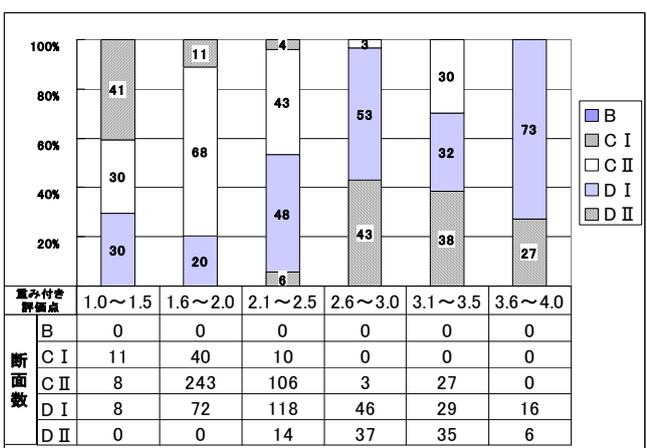


図-解 2a-5 軟質岩(層状)における重み付き評価点毎の地山等級の割合と重み付き評価点の分布

表-解 2a-2 重み付き評価点の分布の数値データ

	B					C I					C II				
	最小	$\mu - \sigma$	μ	$\mu + \sigma$	最大	最小	$\mu - \sigma$	μ	$\mu + \sigma$	最大	最小	$\mu - \sigma$	μ	$\mu + \sigma$	最大
硬質岩塊状	1.30	1.49	1.70	1.91	2.00	1.40	1.67	1.98	2.29	2.60	1.40	2.01	2.30	2.59	3.40
中硬質岩・軟質岩塊状	-	-	-	-	-	1.00	1.30	1.71	2.12	3.10	1.00	1.22	1.67	2.13	3.40
中硬質岩層状	-	-	-	-	-	1.80	2.02	2.22	2.41	2.40	1.00	1.08	1.62	2.16	3.40
軟質岩層状	-	-	-	-	-	1.50	1.65	1.90	2.15	2.40	1.40	1.50	1.97	2.44	3.50

	D I					D II				
	最小	$\mu - \sigma$	μ	$\mu + \sigma$	最大	最小	$\mu - \sigma$	μ	$\mu + \sigma$	最大
硬質岩塊状	1.00	2.24	2.73	3.22	3.90	-	-	-	-	-
中硬質岩・軟質岩塊状	1.00	1.73	2.33	2.94	3.70	1.10	1.86	2.42	2.98	3.60
中硬質岩層状	1.00	2.05	2.60	3.14	3.90	1.90	2.78	3.33	3.88	4.00
軟質岩層状	1.40	1.91	2.43	2.96	3.80	2.10	2.57	2.98	3.39	3.90

5. 地山等級の判定方法と注意点

本試験施工による地山等級の判定は以下の順によって実施する。

- ① 図-解 2-1 の様式による切羽観察の実施
- ② 重み係数を用いた重み付き評価点の算定
- ③ 岩質に対応した地山等級の割合(図-解 2-2~5 の左側の図)により、合致する可能性が高いと考えられる地山等級の選定

(例 1) 硬質岩の場合

重み付き評価点が 1.7 の場合、図-解 2-2 左側で割合が多い C II を基本としつつ、C I についても検討を行う

重み付き評価点が 2.4 の場合、図-解 2-2 左側で割合が多い C II を基本とする

重み付き評価点が 3.0 の場合、図-解 2-2 左側で割合が多い D I を基本とする

(例 2) 中硬質岩・軟質岩(塊状)の場合

重み付き評価点が 1.7 の場合、図-解 2-3 左側で割合が多い D I を基本としつつ、C II についても検討を行う

重み付き評価点が 2.4 の場合、図-解 2-3 左側で割合が多い D I を基本としつつ、D II についても検討を行う

重み付き評価点が 3.0 の場合、図-解 2-3 左側で割合が多い D I を基本としつつ、D II についても検討を行う

- ④ 岩質に対応したと重み付き評価点の分布(図-解 2-2~5 の右側の図)により、合致する可能性が高いと考えられる地山等級の選定

(例 1) 硬質岩の場合

重み付き評価点が 1.7 の場合、図-解 2-2 右側で割合が多い B を基本とする

重み付き評価点が 2.4 の場合、図-解 2-2 右側で割合が多い C II を基本とする

重み付き評価点が 3.0 の場合、図-解 2-2 右側で割合が多い D I を基本とする

(例 2) 中硬質岩・軟質岩(塊状)の場合

重み付き評価点が 1.7 の場合、図-解 2-3 右側で割合が多い C I および C II について検討を行う

重み付き評価点が 2.4 の場合、図-解 2-3 右側で割合が多い D I および D II について検討を行う

重み付き評価点が 3.0 の場合、図-解 2-3 左側で割合が多い D I および D II について検討を行う

※基本として $\mu \pm \sigma$ がひとつの目安になると考えている

- ⑤ 事前調査および経験に基づいた地山等級の選定
- ⑥ ③~⑤の対比の実施

注意点

- (1) 実際の施工時には既に計画されている切羽観察も同時に行う。
- (2) 本試験施工は、あくまで試験的な位置づけであるため、上記③および④で得られた試験的な地山等級と、上記⑤で得られた実施工による地山等級が異なっていた場合でも、試験的な地山等級に変更する必要はなく、実施工で判断した地山等級にて施工を行う。
- (3) ③～⑤の結果が異なっている場合、考えられる要因(補助工法の実施等)や実施工で判断した地山等級の判断理由(割目や介在物の影響等)、左側の図と右側の図でどちらが使い勝手が良いか、加えて今回提案した等級判定における限界点・不満点・要望点などの意見等を別添のデータ整理表の備考に記載していただきたい。

6. 提出データ

- ① 土研により提示された Excel 形式のデータ整理表
- ② 各地山等級毎での切羽面の写真(各指標の4段階の根拠が分かるように撮影されたもの)
- ③ 切羽観察表(図-解 1-1 に示す様式のもの)
- ④ 切羽観察表(現場で既に採用しているもの、もしくは採用予定のもの)
- ⑤ A計測(変位測定)データ
- ⑥ 支保パターン図
- ⑦ 地質縦断図
- ⑧ ボーリングデータ

以上

※本文書に関する問い合わせ先

土木研究所 基礎道路技術研究グループ(トンネル)
電話 : 029-879-6791 (マイクロ 8093-4634)
F A X : 029-879-6796 (マイクロ 8093-4630)
住所 : 〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6

【解説-2b マニュアル改訂にあたってのデータ分析について(H27)】

今回のマニュアル改訂にあたり、近畿地方整備局管内において過去に施工されたトンネル地山等級判定結果に基づいたデータ分析(80トンネル 全1027断面)を行った。

データ分析は、主に**数量化Ⅱ類**と呼ばれる統計手法を用い、分析結果から判定員が選択する切羽評価表の評価区分(A)～(I)と、その結果に基づいて採用された支保との関係性について傾向を確認した。

以下では数量化Ⅱ類に関する概要と、分析結果を活用して行ったマニュアルの改訂内容について簡単に説明する。

〔数量化Ⅱ類について〕

数量化Ⅱ類は、ある複数の選択肢をもつ回答が、2つのグループのうち、どちらに属するかを判別する統計手法を示す。

数量化Ⅱ類により、各選択肢を数値化した**カテゴリースコア**と、選択したカテゴリースコアを合計し、回答を数値化した**サンプルスコア**が得られる。サンプルスコアの値から、回答がいずれかのグループに属するか判別することができる。

地山等級判定結果と照らし合わせて説明すると、カテゴリースコアにより数値化する各選択肢とは切羽評価表の評価区分(A)～(I)に相当し、サンプルスコアの値から判別するグループとは、判定の際に検討する地山等級(CⅠ～DⅡ)に相当する。

〔解析結果にもとづくマニュアル改訂〕

数量化Ⅱ類は各岩石グループで行い、それぞれ隣り合う地山等級のデータ(CⅠとCⅡ、CⅡとDⅠ、DⅠとDⅡ)で分析した。分析から得られた**サンプルスコア**と**カテゴリースコア**は、マニュアル改訂のため、以下の内容に活用した。

(1) 支保軽減の可能性のあるデータ抽出

サンプルスコアの分布から、その合計値が、実績よりも軽支保側に判別されるサンプルを抽出した(図-解-2b-1)。このようなサンプルを多く含む地山等級判定結果は、実際の採用支保よりも支保を軽減できる可能性があったと判断し、今回作成した近畿地方整備局実績データによる箱髭グラフ内で、軽支保側へのデータ移動を行うことで、**箱髭グラフを改良**することに活用した。

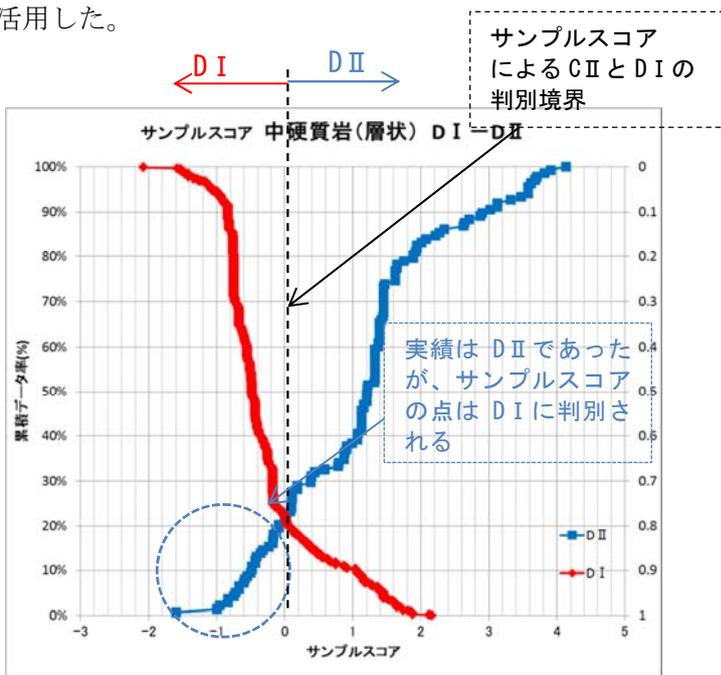
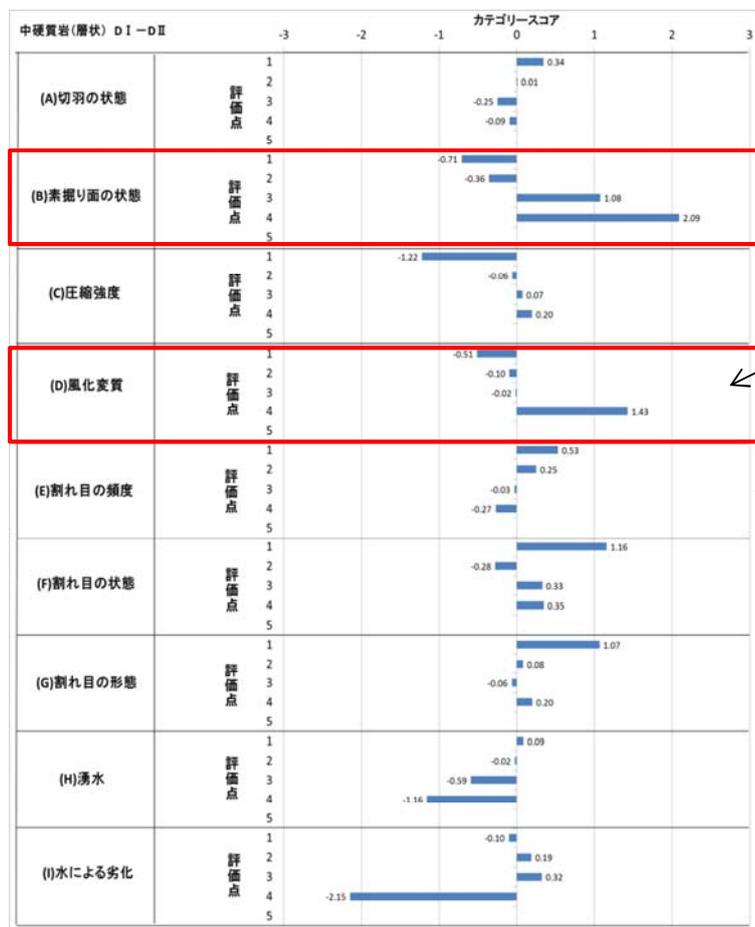


図-解-2b-1 数量化Ⅱ類の解析例 サンプルスコアの分布
(中硬質岩・層状 DⅠとDⅡ)

(2) フローチャートに用いる着目項目の抽出

評価区分(A)~(I)のカテゴリースコアの分布形態から、地山等級の選定にあたって、特に大きな影響があると考えられる項目をそれぞれ2項目抽出した(図-解-2b-2)。

抽出した2つの着目項目については、フローチャートの判定項目に用い、箱髭グラフ(判定I)から2つの支保が選定された場合の判定指標とした。



切羽評価区分の各選択肢について、カテゴリースコアを算出。カテゴリースコアの値が大きい選択肢ほどDIIに判別される要素が強く、小さいほどDIに判別される要素が強い。

カテゴリースコアの分布や数値の幅から、支保の選定にあたって、特に大きな影響があると考えられる項目を2つ抽出した。

カテゴリースコアより抽出した着目項目の一覧

岩石グループ	CIとCII	CEとDI	DIとDII
硬質岩	(C)圧縮強度 1	(B)素掘り面の状態 2以下	(B)素掘り面の状態 2以下
	(F)割れ目の状態 2以下	(F)割れ目の状態 2以下	(F)割れ目の状態 3以下
中硬質岩・軟質岩(塊状)	(C)圧縮強度 1	(C)圧縮強度 2以下	
	(D)風化変質 1	(F)割れ目の状態 2以下	
中硬質岩(層状)	(B)素掘り面の状態 1	(A)切羽の状態 1	(B)素掘り面の状態 2以下
	(D)風化変質 1	(D)風化変質 2以下	(D)風化変質 3以下
軟質岩(層状)		(F)割れ目の状態 2以下	(A)切羽の状態 2以下
		(I)水による劣化 1	(C)圧縮強度 3以下

図-解-2b-2 数量化II類の解析例 カテゴリースコアの分布(中硬質岩・層状 DIとDII)

【出典業務】

業務名 : H27年度 トンネル工事岩判定資料とりまとめ業務

成果年月日 : 平成28年3月31日

発注事務所 : 近畿地方整備局 近畿技術事務所 維持管理技術課

【解説-3 標準支保パターンと各支保工の役割と効果】

1. 標準支保パターン

(1) 通常断面トンネル[出典：道路トンネル技術基準(構造編)・同解説 平成 15 年 11 月 日本道路協会 p126, 127]

表-解 3-1 標準的な支保構造の組み合わせの目安 (通常断面トンネル 内空幅 8.5~12.5m)

地山等級	支保パターン	標準掘進長 (m)	ロックボルト				鋼アーチ支保工			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)	インパート (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	補助ベンチ付全断面工法または上半断面工法	
C I	C I	1.5	3.0	1.5	1.5	上半	-	-	-	10	30	(40)		0
C II	C II-a	1.2	3.0	1.5	1.2	上・下半	-	-	-	10	30	(40)		0
	C II-b						H-125	-	1.2					
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
	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	注 4 0	

- 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) インパートについて
 ① 第三紀層泥岩、凝灰岩、蛇紋岩などの粘性土岩や風化結晶岩、温泉余土などの場合は () の厚さを有するインパートを設置する。
 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パート閉合を行うものとするが、その厚さについては上・下半部の吹付厚さ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パートはインパ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パ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。
- 注 3) 金網について
 ① 地山等級 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) などを用いる場合は、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 において当初設計で変形余裕を見込んで設計する場合は、上半部 10cm を計上し、施工中の計測結果で適宜変更を行うものとする。
- 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などの偏平な断面を採用するには、大断面の支保パターンの適用を検討する。

(2) 大断面トンネル[出典：道路トンネル技術基準(構造編)・同解説 平成 15 年 11 月 日本道路協会 p129, 130]

表-解 3-2 標準的な支保構造の組み合わせの目安 (大断面トンネル 内空幅 12.5~14.0m)

地山等級	支保パターン	標準掘進長 (m)	ロックボルト				鋼アーチ支保工			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)	インパート (cm)		
				周方向 (m)	延長方向 (m)									
B	B	2.0	3.0	1.5	2.0	上半	-	-	-	10	40	-	0	補助ベンチ付全断面工法・上半断面工法・中壁分割工法・中央導坑先進工法
C I	C I	1.5	3.0	1.2	1.5	上・下半	-	-	-	15	40	(45)	0	
C II	C II	1.2	3.0	1.2	1.2	上・下半	H-150	-	1.2	15	40	(45)	0	
D I	D I	1.0	6.0	1.0	1.0	上・下半	H-150	H-150	1.0	20	40	50	0	
D II	D II	1.0 以下	6.0	1.0	1.0 以下	上・下半	H-200	H-200	1.0 以下	25	40	50	注 3 0	

- 注 1) インパートについて
 ① 紀層泥岩、凝灰岩、蛇紋岩などの粘性土岩や風化結晶岩、温泉余土などな場合は () の厚さを有するインパートを設置する。
 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パート閉合を行うものとするが、その厚さについては上・下半部の吹付厚さ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パートはインパ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パ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。
- 注 2) 金網について
 ① 一般に地山等級が C II においては天端付近に、D I、D II では上・下半部に設置する。
 ② 上記以外の地山等級であっても、必要に応じて天端付近に設置できる。また、鋼繊維補強吹付けコンクリート (SFRC) などを用いる場合は、金網を省略できる。
- 注 3) 変形余裕量について
 ① 地山分類 D II において当初設計で変形余裕を見込んで設計する場合は、上半部 10cm を計上し、施工中の計測結果で適宜変更を行うものとする。
 ② 変形余裕量を見込む場合は、余巻きは上表より 5cm を控除し、掘削断面に変形余裕量を加えるものとする。
- 注 4) 掘削工法について
 ① 中壁分割工法を採用する場合、本坑には上記の支保の組み合わせを適用することとするが、中壁の支保構造の組み合わせは、現地条件を考慮し決定するものとする。また、中壁分割工法は後進トンネル掘削時に頂部での先進トンネルとの支保工の接合部が弱点になることから、接合部の処理に関して慎重に検討を行う必要がある。さらに、爆破方式では発破の衝撃により中壁が掘削と同時に破損し、本来の中壁の果たすべき役割が発揮できないことから、発破との併用は好ましくない。
 ② 中壁分割工法の中壁頂部の先受けの施工が難しいことなどの理由から、中央導坑 (頂部導坑) 先進工法を採用する場合は、本坑には上記の支保の組み合わせを採用することとするが、中央導坑の支保構造の組み合わせは、現地条件を考慮し決定するものとする。
 ③ 加背の高さを決定するに当たっては、支保の規模、大きさを十分勘案したうえで、安全で効率的な施工が行える高さを決定しなければならない。
- 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。

【地山分類表を適用する場合の留意事項】

表-解3-3の地山分類表は、原則として吹付けコンクリート、ロックボルト、鋼アーチ支保工を主たる支保とする場合における地山分類に用いるものとするが、その適用にあたっては、次に示す事項について十分に留意しなければならない。

- (1) 地山等級Eは、特殊な地山条件下（大きな崖錐、大きな断層・破砕帯などの土圧が著しい地山状況）で、内空変位が200mm程度以上（掘削幅10m程度のトンネルでの目安）になるものに適用し、支保の設計にあたっては数値解析の結果や類似の地山条件下での施工事例などを参考にすると、また、本地山分類表に当てはまらないほど良好な地山については地山等級Aとし、工区に占める比率や地山状態により経済的な見地からトンネル毎に設計する。
- (2) 当初設計段階における地山分類は、地表地質踏査、ボーリング調査、地山試料試験などの調査結果および弾性波探査を総合的に判断して行うものとする。特に、弾性波速度および地山強度比は地山判定の一応の目安を与えるものであり、できるだけ地表地質踏査、ボーリング調査、地山試料試験などの調査結果を活用し、それらを補完する目的で使用するものとする。
- (3) 施工中の地山分類は、工事着手後の切羽の観察・計測などによって直接的に掘削地山を評価することができる。この場合、まず、トンネル掘削による地山の挙動と変位の目安により地山を分類し、内空変位が30mm程度（掘削幅が10m程度のトンネルでの目安）以下でおさまる場合には、切羽観察による岩質、水による影響、不連続面の状態、不連続面の間隔によって分類するものとする。また、内空変位量が30mmを越え塑性変形を呈すると考えられる場合には、岩質、水による影響、不連続面の状態、不連続面の間隔に加え地山強度比も指標とし、さらに坑内計測結果も考慮して分類する。
- (4) 上下線を段階的に建設する場合で、既に建設されたトンネルが隣接するトンネルの設計においては、既設トンネルの施工時の観察・計測データを十分に活用する。すなわち、既設トンネルの地山等級や支保パターンだけでなく、掘削時の地山の挙動と変位の実績および、不連続面の状態、不連続面の間隔、地下水の影響などの記録によって地山を分類する。

地山分類表の各指標の評価にあたっては、これらの指標の持つ特性を理解し総合的に判断しなければならない。以下に各指標の持つ特性について示す。

① 弾性波速度 (km/s)

トンネルの調査においては、対象物が線状で長く、地中の深いところを通過し、ボーリング調査などのように直接地山を観察する手法がどうしても適用できない部分があるので、間接的手法として弾性波速度を用いて補足する必要がある。弾性波速度は、不連続面を反映した岩質の力学的性状を、広い範囲にわたって比較的簡単に把握できるので便利であるが、あくまでも間接的手法であり、誤差もあることを認識しておく必要がある。弾性波速度を評価する場合には、次の点に注意する。

- (a) 頁岩、粘板岩、片岩などで褶曲などによる初期地圧が潜在する場合、あるいは微細な亀裂が多く施工時にゆるみやすい場合には、実際の地山等級よりも事前の弾性波速度によるものが良好に評価されることがある。
- (b) 弾性波速度および地山強度比の値が各地山等級間の境界となるデータについては、地形的特性、地質状態などにより工学的に判定する。
- (c) トンネル計画より上部約1.5D（Dはトンネル掘削幅）の範囲が複数の速度層からなる場合は、弾性波速度分布図におけるトンネル計画高の速度層より上層（速度の遅い層）の速度を採用する方が望ましい。
- (d) 土被りの小さい所では地質が比較的悪く、地質区分の変化も著しいことが多いため、測量誤差（航測図化図、実測図、弾性波探査測量図）や物理探査の解析誤差が地質区分の判定に大きな影響を与えるので、特に注意を払う必要がある。
- (e) 断層・破砕帯については、弾性波速度のみでなく、その方向・土被り・その他の判定基準も参考に、補正を行う。
- (f) 施工中に坑内弾性波速度が得られた場合は、地山等級の確認を行い、必要があれば当初設計の変更を行う資料とする。

② 地山の状態

トンネル掘削の対象となる地山、すなわち岩盤を評価するためには、岩盤が岩塊、岩片という要素が重なり合った不連続物体であり、岩片がある一定以上の強度を持つものであれば、その強度は不連続面の強度に支配されるということを良く理解しておく必要がある。一方、地山の状態が非常に悪くなれば、無数の不連続面の存在により逆に連続体的な挙動を示すようになり、トンネル掘削による挙動は不連続面を含む地山の強度が支配的となる。

(a) 岩質、水による影響

ここでいう岩質とは、新鮮な地質体が風化によって劣化した、現時点での岩盤を構成する岩片の状態のことである。事前調査においては、地表地質踏査、ボーリングコアから採取した試料の室内強度試験などにより、できるだけ直接的、定量的な強度の把握に努める。施工中には、切羽より採取した岩片の一軸圧縮強度試験、点載荷試験などによって強度を判定し、ハンマーの打撃などによって補足する。地下水による地山の強度劣化は、トンネル構造と施工の難易度に対して評価する必要がある。当初設計段階において、湧水が有ると予想される場合には地下水による強度劣化を想定して地山評価を行い、施工段階では、実際の湧水の量と強度劣化の度合いに応じて地山の評価を修正するものとする。

(b) 不連続の間隔

不連続面の間隔とは、層理、片理、節理による規則性を持った割れ目の平均的間隔を言い、トンネル掘削によって切羽に明確な凹凸を生じさせ、岩塊として分離するような割れ目を評価する。事前調査においては、地表地質踏査、ボーリングコア観察などによってできるだけ直接的な観察により判断する。施工中は、切羽の詳細な観察により判定できる。

(c) 不連続の状態

不連続面の状態は、不連続面がトンネルの挙動を支配する場合には、最も重要な地山判定項目となる。すなわち、岩盤のせん断強度は、不連続面の形状と不連続面に挟在する物質の種類によって決まる。したがって、不連続面の粗さ（形状および表面のすべりやすさ）、粘土などの充填物を主とし、長さ（連続性）、幅（開き）、風化の状態を総合的に検討して、トンネル掘削の岩盤の挙動の観点から評価する。事前調査においては、地表地質踏査、ボーリングコア観察などによってできるだけ直接的な観察によって判断する必要がある。施工中は、切羽の詳細な観察により判断することができる。

③ ボーリングコア（コアの状態、R Q D）

ボーリングコアの採取は、事前調査段階では、全ての岩種において直接地山を観察できる数少ない有用な指標になる。これらの観察結果は、主に地表地質踏査と合わせ、風化変質状況や岩片の強度、不連続面の状態、不連続面の間隔などの判定に使われる。R Q Dは、ボーリング外径66mmのダブルコアチューブで採用されたコアについて評価することを基本とし、主に硬質岩（H）や中硬質岩（M）の亀裂の状況の評価に使用されるが、軟岩（L）でも亀裂状況の参考になる。

④ 地山強度比

地山強度比は、軟岩地山におけるトンネル掘削時の押し出し性の判定指標として提案されたものである。地山分類表では主に中軟質岩（M）の層状岩盤、軟質岩（L）の層状・塊状岩盤、あるいは風化変質した破砕帯や土砂地山における分類指標となる。

地山強度比は、次のように定義する。

$$\text{地山強度比} = \frac{q_u}{\gamma h}$$

q_u : 地山の一軸圧縮強度 (kN/m²)
 γ : 地山の単位体積重量 (kN/m³)
 h : 土被り高さ (m)

なお、地山の一軸圧縮強度は、亀裂などの存在が無視できる地山においては試料の一軸圧縮強度を採用できるが、亀裂などの影響が大きい地山においては準岩盤強度 qu' (kN/m²) を用いる。

$$qu' = \left(\frac{V_p}{Up}\right)^2 \times qu$$

V_p : 地山の弾性波速度（縦波、km/s）
 Up : 試料の超音波伝播速度（縦波、km/s）
 qu : 試料の一軸圧縮強度 (kN/m²)

一般的に $Up \geq V_p$ であるが、スレーキング性や土被りなどの関係で $V_p \geq Up$ となる場合は、 $Up = V_p$ として準岩盤強度を求める。

⑤ トンネル掘削の状況と変位の目安

トンネル掘削時の状況と変位の目安は表-解3-3に示したとおりである。変位量の計測は、支保工施工後できるだけ早い時期に初期値を測定し、初期変位速度や変位量の評価に差が生じないようにする必要がある。なお、施工時の切羽観察による地山評価においては、切羽で観察される不連続面の走向・傾斜とトンネル軸の関係、および地下水の湧水量、地下水による強度低下に対して必要に応じて地山の評価を修正するものとする。

⑥ 注意すべき岩石

下記に示す岩石については、一般的にトンネル施工にともなう問題が発生しやすく注意が必要であり、場合によっては表-解3-3に示される地山等級を下げる必要がある。

- (a) 蛇紋岩や蛇紋岩化を受けた岩石、泥岩・頁岩・凝灰岩、火山砕屑物などは水による劣化を生じ易いので十分注意を要する。
- (b) 蛇紋岩は変質が極めて不規則であるので、物理探査やボーリング調査の結果だけでは地質の実態を把握できないことが多いので、施工段階に十分注意を要する。
- (c) 輝緑岩、角閃岩、かんらん岩・はんれい岩、輝緑凝灰岩は、蛇紋岩化作用を受け易いので、蛇紋岩と同様の注意が必要である。
- (d) 蛇紋岩や変質安山岩（プロブレイト）、黒色片岩、泥岩、凝灰岩などで膨張性が明確に確かめられたならば、D II または E に等級を下げる。
- (e) 比較的岩片の硬い頁岩、粘板岩、片岩類は、薄板状にはく離する性質があり、切羽の自立性、ゆるみ域の拡大、ゆるみ荷重に注意を要する場合がある。

支保パターンの適正確認

支保パターン	切羽状況と各支保の必要性
B	肌落ち防止、応力集中の緩和、地山の風化を行う必要がある。 (吹付けコンクリート+ロックボルト)
C I	掘削後直ちにアーチ部に吹付けを行い、重力による岩塊の局所的な抜落ち・地山の風化・劣化防止を図る必要がある。 (吹付けコンクリート+ロックボルト)
C II	掘削後の素掘り面の天端に肌落ちが生じる ²⁾ ため、上半部に鋼製支保工を建て込む必要がある。 (吹付けコンクリート+ロックボルト+鋼製支保工)
D I	ゆるみ荷重を直接支持してゆるみの増大を防止する必要がある。また、支保工による内圧効果により塑性領域の発生を抑制し、内空変位の極度な増大を防止する必要がある。 (吹付けコンクリート+ロックボルト+鋼製支保工+インバート)
D II	側方からの押出しや盤ぶくれが顕著でD I -b よりさらに剛な支保およびインバートによる早期閉合や変形余裕量を必要とする。 (吹付けコンクリート+ロックボルト+鋼製支保工+インバート)

注1) 地山等級C II、D Iの場合はC II-b、D I-bを基本とするが、トンネル掘削に伴う変位が小さく、切羽が安定すると予測される場合はC II-a、D I-aの適用を検討する。

注2) 掘削後の素掘り面の天端に肌落ちが生じる場合でも必ずしもC IIが必要ではない。吹付けコンクリートで抑止できる程度の肌落ちの場合はC Iを検討する。

注3) D IIパターンについては、計測結果を参考に適宜、変形余裕を見込む。

2. 各支保の役割と効果

(1) 吹付けコンクリートの効果及び機能

表-解 3-4 吹付けコンクリートの効果及び機能の概念

[出典；2006年制定 トンネル標準仕方書 [山岳工法]・同解説 (社) 土木学会 p73]

機能、効果の分類		機能および期待される効果の概要	
機能	I	コンクリートの軸圧縮抵抗	コンクリートの軸圧縮耐力や剛性によって、アーチに作用するおもに内型に向けた比較的均一な外力や変形に起因する軸力に抵抗する。
	II	コンクリートのせん断抵抗	コンクリートのせん断耐力や剛性によって、局部的な抜落ち等に起因するせん断力やせん断変位に抵抗する。地山と吹付けコンクリート間の付着力が必要である。付着力が損なわれると曲げ抵抗モードとなる。
	III	コンクリートの曲げ抵抗	コンクリートの曲げ耐力や剛性によって、局部的な抜落ち等に起因する曲げモーメント等に抵抗する。
	IV	コンクリートと地山の境界面せん断抵抗、付着抵抗	I～IIIによって受け止めた荷重を、吹付けコンクリートと地山の境界面におけるせん断抵抗(付着抵抗)によって支持するとともに、地山に分散させる支保機能である。
<p>I 軸圧縮抵抗 II せん断抵抗 III 曲げ抵抗 IV コンクリートと地山の境界面せん断抵抗、付着抵抗</p>			
効果	①	肌落ち防止、小岩塊保持効果	掘削直後の切羽面から、不連続面で分離されて重力により落下しようとする小岩塊を保持することにより、作業の安全性を確保するとともに、引き続いて発生する恐れのある大きな緩みや崩壊を防止する効果である。
	②	地山への内圧付与効果	坑内方向へ変形が大きい軟岩や土砂地山のトンネルでは、吹付けコンクリートが反力として半径方向外向きの拘束力を地山に与え、トンネル掘削面近傍地山を三軸状態に保つことで地山の耐荷力を高める効果である。
	③	弱層補強および形状保持の効果	開口亀裂や規模の小さい弱層など地山の弱点となる箇所を、吹付けコンクリートで充填補強する、あるいは跨いで比較的しっかりとした地山部分同士を連結、一体化することで、地山内の不連続面や弱層の影響を低減する効果である。
	④	応力分布の平滑化効果	凹部を充填し吹付け表面を円弧状に滑らかに仕上げることで、吹付けコンクリートや地山内の円周方向応力分布が平滑化される。また、局部的に配置されたロックボルトや鋼製支保工等の支持効果を面的に拡大して伝達する、あるいはトンネルに作用する偏荷重、局所荷重を面的に分散して支持する効果である。
	⑤	被覆効果、地山の劣化防止効果	掘削地山表面を被覆し、空気との接触による乾燥や酸化による地山の劣化、あるいは湧水との接触による地山の軟化や土粒子の流出などを防止する効果である。
<p>②内圧付与効果 ③弱層補強効果 ④円周方向応力の半径方向応力分布の平滑化効果(外力、支保力分散) ④半径方向応力の円周方向応力分布の平滑化効果(凹部の充填)</p>			

参考文献

- 1) 日本道路公団：設計要領第三集トンネル(1)トンネル本体工，pp.51-54，1985。
- 2) 日本道路公団：設計要領第三集トンネル(1)トンネル本体工建設編，pp.93-95，1997。
- 3) 日本道路公団：設計要領第三集トンネル(1)トンネル本体工建設編（第二東名・名神高速道路トンネル），pp.47-49，2002。
- 4) 日本鉄道建設公団：NATM設計施工指針，pp.76-78，1996。

(2) 金網の支保効果

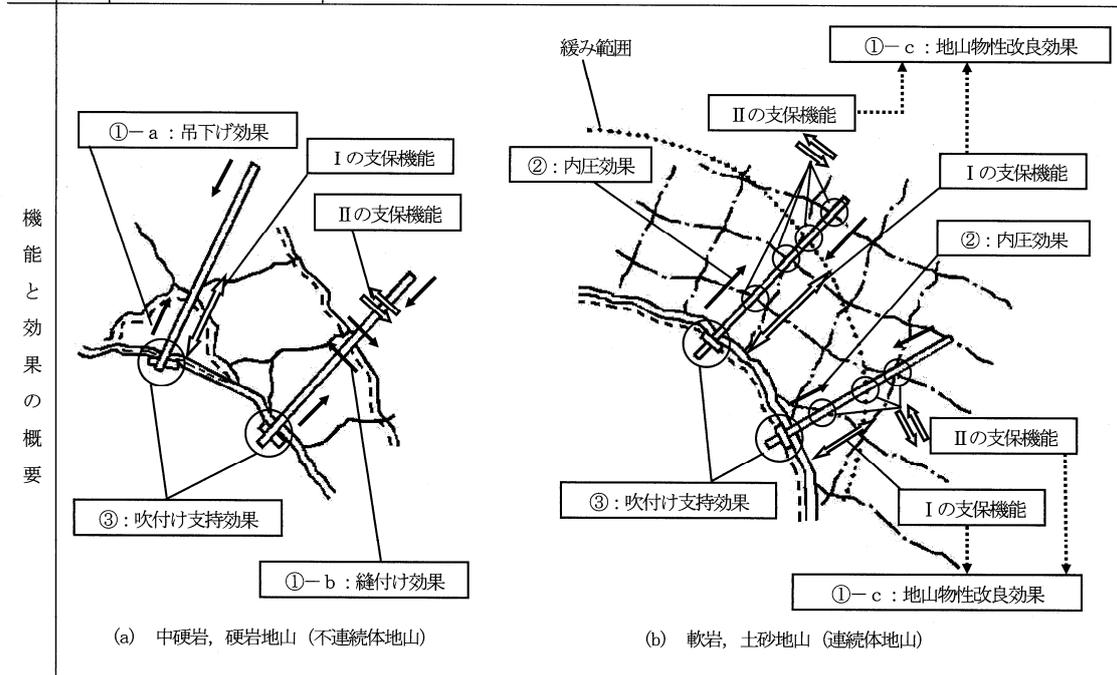
- 1) 吹付コンクリート施工時の剥落防止
- 2) 吹付コンクリート施工時の落石防止
- 3) 吹付けコンクリートの靱性の向上
- 4) 吹付コンクリート施工後の地山への密着と亀裂、剥落防止

(3) ロックボルトの効果及び機能

表-解 3-5 ロックボルトの効果及び機能の概念

[出典；2006年制定 トンネル標準仕方書 [山岳工法]・同解説 (社)土木学会 p80]

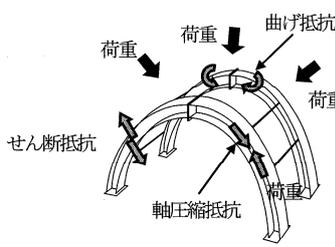
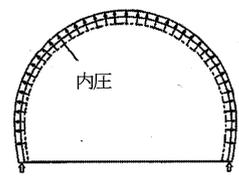
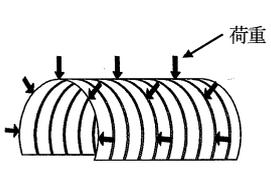
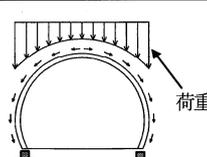
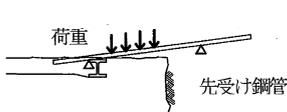
機能、効果の分類		機能および期待される効果の概要
機能	I	ロックボルトの引張抵抗 ロックボルト軸方向の引張抵抗によってその方向の地山との相対変位を抑制する機能
	II	ロックボルトのせん断抵抗 ロックボルト軸直角方向のせん断抵抗によってその方向の地山との相対変位を抑制する機能
効果	① 地山の補強効果	a: 吊下げ効果 b: 縫付け効果 c: 地山物性改良効果 亀裂の発達した中硬岩、硬岩地山の場合には、亀裂によって区切られた不安定な岩塊を深部の地山と一体化し、そのはく落や拔落ちを抑制する。 中硬岩、硬岩地山の場合に、亀裂に交差してロックボルトを打設すると、亀裂面のせん断強度が向上し、見かけの物性改良効果を期待できる。一方、強度の小さい軟岩地山や土砂地山の場合においても、ロックボルトの打設によって地山のせん断抵抗が向上して降伏後の残留強度も向上し、見かけの物性改良効果を期待できる。
	② 内圧効果	軟岩地山や土砂地山の場合、ロックボルトに発生する軸力が吹付けコンクリートを介して坑壁に作用することで見かけの内圧効果が発揮され、トンネルの周辺地山の塑性化とその拡大の抑制を期待できる。
	③ 吹付け支持効果	ロックボルト打設間隔よりも小さく、地山から分離した岩片は吹付けコンクリートで支持される。吹付けコンクリートは地山との付着によって荷重を支持するが、吹付けコンクリートと地山の付着が損なわれた場合には、ロックボルトが吹付けコンクリートを地山に縫付けることによって、このような荷重を支持することを期待できる。



(4) 鋼製支保工の支保効果

表-解 3-6 鋼製支保工の効果及び機能の概念（「トンネル標準示方書」による）

〔出典；2006年制定 トンネル標準仕方書〔山岳工法〕・同解説（社）土木学会 p88〕

機能、効果の分類		機能および期待される効果の概要	
機能	I	軸圧縮抵抗 せん断抵抗 曲げ抵抗	<p>鋼製支保工は、吹付けコンクリートと同様に、軸圧縮抵抗、せん断抵抗、曲げ抵抗により外力に抵抗することができる。これらは、鋼製支保工建込み直後は単体で抵抗できる機能であり、吹付けコンクリートの強度発現後は吹付けコンクリート等と一体となって抵抗する機能である。</p> 
		効果	① 岩塊保持効果
		② 弱層補強効果	<p>開口亀裂や規模の小さい弱層等の地山の弱点となる個所を鋼製支保工が支持することにより、地山内の不連続面や弱層の影響を低減する効果である。</p> 
		③ 地山への内圧付与効果	<p>グラウンドアーチが形成されにくい軟岩や土砂地山等では、鋼製支保工等が反力として半径方向外向きの拘束力（内圧）を地山に与え、掘削面近傍地山を三軸応力状態に保つことで地山の耐荷力を高める効果である。</p> 
		④ 吹付けコンクリートの補強効果	<p>吹付けコンクリートは初期材齢において変形係数が小さいために変形しやすく、強度も小さいため、鋼製支保工を用いて一体化することにより、支保工の剛性、じん性を向上させる効果である。また、吹付けコンクリート強度の発現後においては、吹付けコンクリートと一体となって地山に密着し、トンネル軸方向に連続したアーチシェル構造を形成してトンネルや周辺地山の安定を図る効果である。</p> 
		⑤ 地山（脚部）への荷重伝達効果	<p>支保工に作用する荷重を、鋼製支保工が底板やウイングリップを介して地山（脚部）に伝達させる効果である。</p> 
		⑥ 先受け工の支点効果	<p>土砂地山や破砕帯等の切羽が不安定な地山で先受け工を行う場合、先受け鋼管等の反力支点として切羽前方地山と対になって荷重を支え、地山の緩みや崩壊を抑制する効果である。</p> 

【解説-4 計測管理の考え方】

1. 内空変位量測定や天端沈下量測定をする目的

擁壁や函渠等の多くの鉄筋コンクリート構造物では、事前設計で土圧を予測して設定し、応力計算を実施します。

しかし、山岳トンネルの場合は、掘削してみなければ詳細な地質が分からないのが一般的であるため、トンネルに作用する土圧を事前に予測することは困難です。そのため事前設計では応力計算を行っていません。

事前設計で応力計算を実施していないため、トンネル現場で支保量が妥当であるかを確認する必要があります。

そのため内空変位量や天端沈下量を測定し、支保パターンの妥当性を確認しています。

トンネル内空での変位の表れ方

切羽面に現れる変位は、一般的に切羽前方 $2D$ （ D は掘削径）程度手前から発生し、切羽通過直後に変位速度を増し、その後収束傾向を示す。

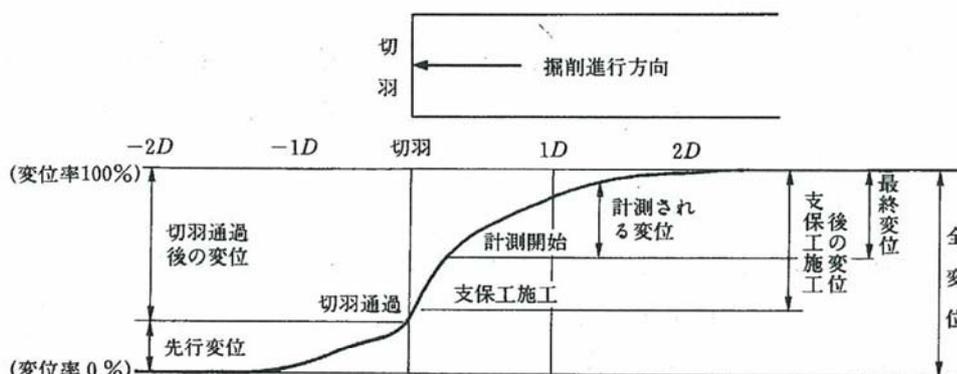


図-解 4-1 一般的な切羽と変位との関係

〔出典；道路トンネル観測・計測指針 平成5年11月 (社)日本道路協会〕

計測管理図の例

図-解 4-2 に天端沈下経時変化図による計測管理の例を示す。

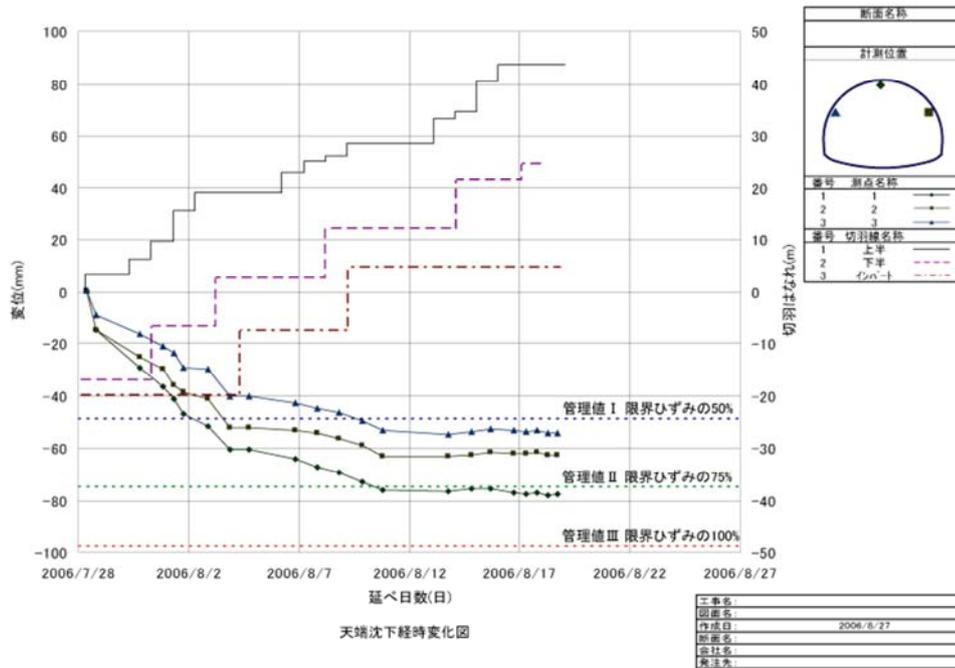


図-解 4-2 天端沈下経時変化図による計測管理

変位速度 (mm/day) は切羽通過直後が大きく、初期計測が遅れた場合、管理に用いる適切な計測値が得られないため、初期値は可能な限り早く測定する必要がある。

そのため、天端沈下の初期値は、吹付けコンクリートの硬化を待って安全を確認したのち、掘削後 12 時間以内かつ一問以内に測定することを原則とする。

やむを得ない場合でも 24 時間以内にかつ一問以内に測定を行う。

切羽の安定が保たれずに安全性の確保が困難で、1 問以内に測定ができない場合は、測定の遅れによる先行変位の増加を補正する。

なお、計測にあたっては、計測位置と切羽位置及び計測日時を必ず記録する。

2. 応力測定をせずに変位測定をする理由

吹付けコンクリートや鋼製支保工の応力を直接測って支保パターンの妥当性を確認したいのですが、応力測定はゲージの設置や測定で費用が高くなるので、特殊な場合以外は応力測定は実施していません。

特殊な場合とは近接施工や膨張性トンネル等のより厳密な設計を必要とする場合です。

吹付けコンクリートや鋼製支保工の応力測定はB計測と呼ばれています。

通常の施工では安価な変位測定が一般に採用されていて、A計測と呼ばれています。

岩盤強度とひずみとの間には図-解 4-3 の関係があり、岩盤の一軸圧縮強度が分かるとその岩盤の限界ひずみが統計的に概ね分かります。限界ひずみが分かるとトンネル内空の限界変位量が分かります。このようにして、安価な変位測定で応力測定の代用をしています。

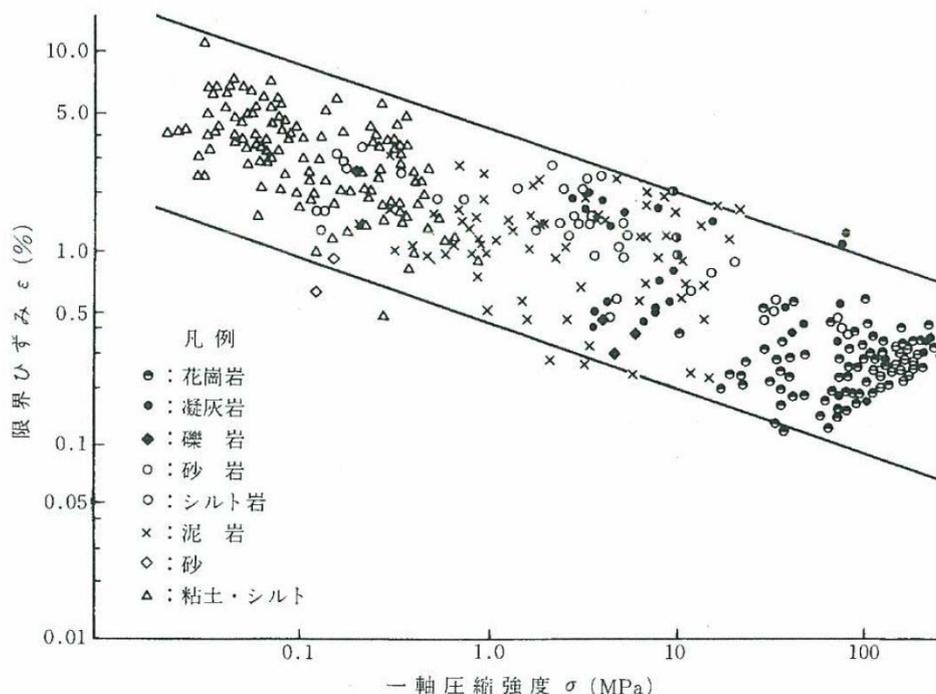


図-解 4-3 一軸圧縮強度と限界ひずみの関係

[出典：地盤工学会・実務シリーズ9 NATMにおける予測と実際 (社)地盤工学会 p136 一部加筆]

限界ひずみとは

限界ひずみとはそれ以上の土圧が作用すると塑性変形(言い換えると破壊に近い状態)が発生するという弾性変形の最大値です。

左図で ϵ_f が限界ひずみです。

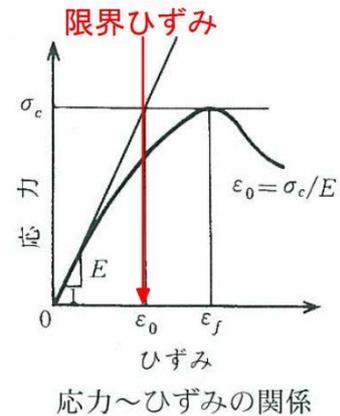
3. 計測管理とは何か

岩盤内は土被りによる重力が作用し、その重力で応力が発生しています。

トンネル掘削をしますと空洞ができますので、空洞周辺は重力のために岩盤は徐々に変位します。

岩盤の変位量（ひずみ）が大きくなると、変位量（ひずみ）は限界に達し、それ以降は急激に変位量（ひずみ）は進行し破壊に至る性質があります。

右図はその状態を示しています。



【変位量とひずみ】

変位量＝実際に変位した量（単位：m）

ひずみ＝変位した割合（単位：なし）

例：長さ5mのものが10cm変位した場合

変位量＝10cm

ひずみ＝10cm/5m＝10/500＝0.02＝2%

トンネル半径に対する変位量（計測値） δ_c とトンネル半径 a 、周辺地山のひずみ ϵ との関係は次式で表される。

$$\delta_c = a \epsilon$$

内空変位量は直径に対しての値であるため、内空変位量＝ $2a \epsilon$ となる。

トンネルを安全に施工するためにはトンネル内変位量（ひずみ）を限界変位量（ひずみ）以下に抑える必要があります。それが計測管理です。

4. 限界ひずみはどのようにして求めるのか

計測管理をするためには限界変位量（ひずみ）を知らなければなりません。

限界ひずみと一軸圧縮強度との間には下図の関係があり、地山の一軸圧縮強度が分かれば限界ひずみは分かります。

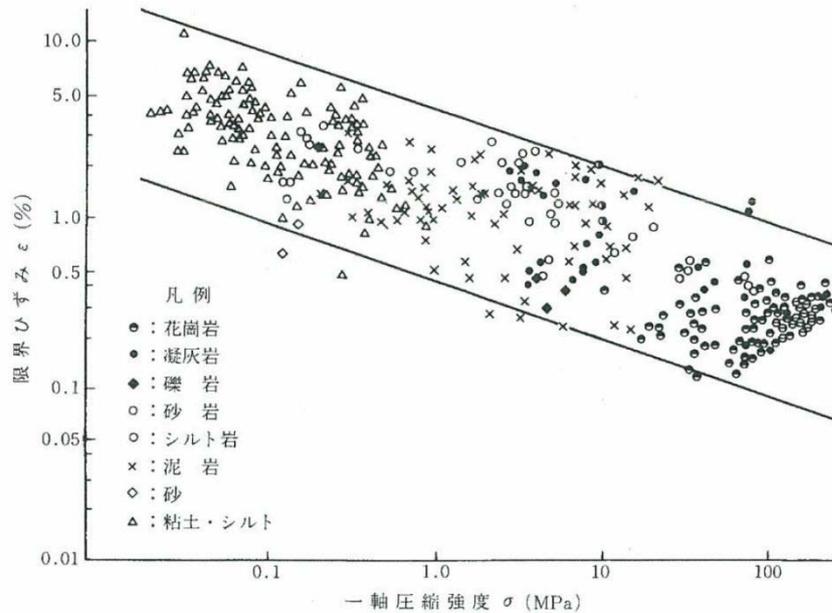


図-解 4-4 一軸圧縮強度と限界ひずみの関係

[出典：地盤工学会・実務シリーズ9 NATMにおける予測と実際 (社)地盤工学会 p136 一部加筆]

それでは地山の一軸圧縮強度はどのようにして求めるのか。

道路トンネル技術基準（構造編）・同解説 平成 15 年 11 月版の解説には以下のように記載されています。

なお、地山の一軸圧縮強度は、亀裂などの存在が無視できる地山においては試料の一軸圧縮強度を採用できるが、亀裂などの影響が大きい地山においては準岩盤強度 qu' (kN/m²) を用いる。

$$qu' = \left(\frac{Vp}{Up} \right)^2 \times qu$$

Vp : 地山の弾性波速度 (縦波, km/s)
 Up : 試料の超音波伝播速度 (縦波, km/s)
 qu : 試料の一軸圧縮強度 (kN/m²)

一般的に $Up \geq Vp$ であるが、スレーキング性や土被りなどの関係で $Vp \geq Up$ となる場合は、 $Up = Vp$ として準岩盤強度を求める。

例：トンネルの地質調査において、ボーリング資料のコアから一軸圧縮強度と超音波速度試験をしていて、その値が一軸圧縮強度=100 KN/m²、超音波速度=4.5km/s とする。

そのコア採取した場所は地質縦断図で見ると弾性波速度 3.0km/s の箇所とする。

その地点の地山の一軸圧縮強度強度 qu' は

$$qu' = (3.0/4.5)^2 \times 100 \text{KN/m}^2 = 44 \text{KN/m}^2$$

これは設計段階で、地山強度比を求めるときに地山の一軸圧縮強度を使用しますが、その値と同じです。

5. 管理レベルとはなにか

前項で求めた限界ひずみは精度的に絶対に正しいとは言えませんので、目安程度と考える必要があります。

そのために安全な計測管理をするため、限界ひずみを管理基準値とし、管理レベルを 3 段階に分け、管理基準値の 50%をレベルⅠ、75%をレベルⅡ、100%をレベルⅢとして設定し、表-解 4-1 の管理体制とします。

表-解 4-1 計測管理による支保の適正確認の目安（案）

〔出典；地盤工学会・実務シリーズ9 NATMにおける予測と実際（社）地盤工学会 p135 に一部加筆〕

管理レベル		管理体制	支保の適正評価
レベルⅠ以下	限界ひずみの 50%以下	変形がこのレベルであれば、十分弾性変形以内であり、安全は確保されるものと思われる。	支保の軽減を検討
レベルⅠ～Ⅱ	限界ひずみの 50～75%	引続き観測を強化しながら、慎重な施工を行うものとする。また、吹付け面ではがれやクラックなどの目視観察などを含めて十分な管理下のもとで施工を進めていくものとする。	概ね設定した支保は妥当
レベルⅡ～Ⅲ	限界ひずみの 75～100%	状況より正確に判断し、手当を行う。 変位進行に注意し、変位が収束せず進むようであれば早期の手当が必要と思われる。 また、計測項目の追加や計測頻度を増やし、目視による変状計測を含めて、計測管理を強化し、特に慎重な施工を行うものとする。	支保の強化、補助工法の採用を検討
レベルⅢ以上	限界ひずみの 100%以上	変位量がこのレベルを超えるようであれば、すでに地山は限界ひずみを越えていると考えられているので、直ちに切羽を止め早急な補強対策が必要であろう。再度の変形量の確認、目視観察による変形状態の確認などを行い、変形の変状を正確にとらえ早急な手当を行うものとする。	施工を中断し、支保の強化、補助工法の採用について検討

上記の方法で安全に計測管理をすることが必要となります。

管理レベルの設定方法例

例えば地山の一軸圧縮強度が 10Mpa と仮定すると、**図-解 4-5** より限界ひずみは概ね 0.2% ~2.0%程度であることが分かります。

その平均値から限界ひずみを 0.7%と設定すると、トンネル掘削幅が 10m の場合は、

$$\text{限界内空変位量} = 10\text{m} \times 0.7\% = 70\text{mm}$$

となります。

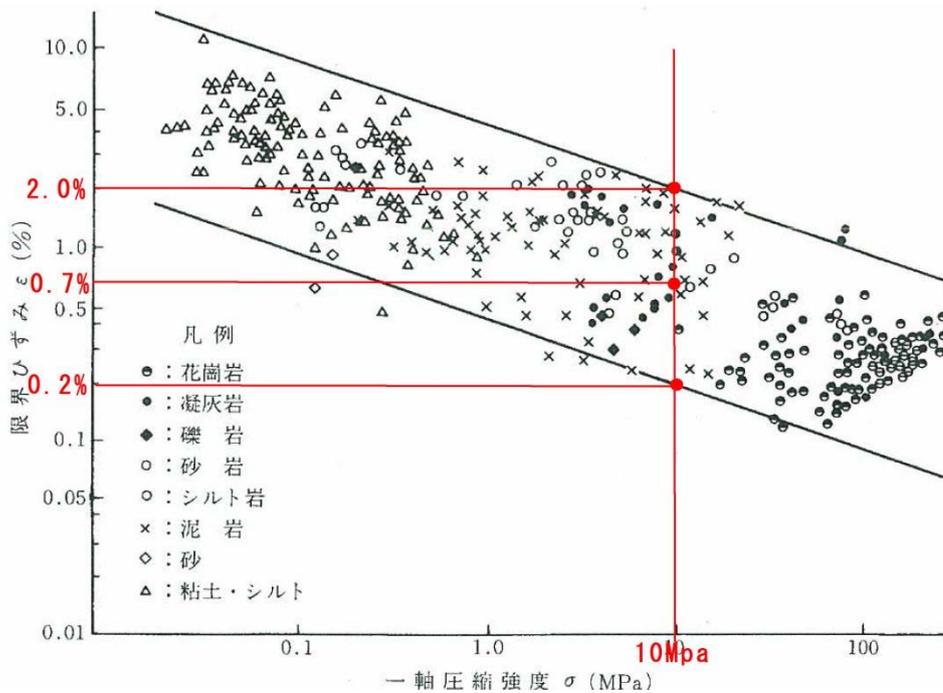


図-解 4-5 一軸圧縮強度=10Mpa の時の限界ひずみ

[出典：地盤工学会・実務シリーズ9 NATMにおける予測と実際 (社)地盤工学会 p136 一部加筆]

即ちこのトンネルでは内空変位量が 70mm に達すると地山は塑性変形をおこし、急激に変位量が多くなり、トンネルが崩壊する危険性が出てくることになります。

管理レベルは地山の限界ひずみの大きさに応じて設定します。仮に限界ひずみを 70mm と仮定した時の管理レベル I、II、III 毎の内空変位量は表-2 となります。

表-解 4-2 限界レベル 70mm の場合の管理レベルごとの内空変位量

管理レベル		内空変位量	支保の適正評価
レベル I 以下	限界ひずみの 50%以下	内空変位量=35mm以下	支保の軽減を検討
レベル I ~ II	限界ひずみの 50~75%	内空変位量=35~52.5mm	概ね設定した支保は妥当
レベル II ~ III	限界ひずみの 75~100%	内空変位量=52.5~70mm	支保の強化、補助工法の採用を検討
レベル III 以上	限界ひずみの 100%以上	内空変位量=70mm以上	施工を中断し、支保の強化、補助工法の採用について検討

以上より、地山の一軸圧縮強度が 10Mpa の時の管理レベルは下図の通りとなります。

管理レベル	内空変位量	天端沈下量 ^{注)}
レベル I	35mm	17.5mm
レベル II	52.5mm	26.25mm
レベル III	70mm	35mm

注) 天端沈下量は内空変位量の半分。

6. 近畿地方整備局のトンネルの変位量の特徴

表-解 4-1 によりますと、適正な支保パターンはレベル I～II ですが、近畿地方整備局管内のトンネルでは管理レベル I 以下が圧倒的に多い。

支保パターン	管理レベル I 以下の比率
C I パターン	100%
C II パターン	約 95%
D I パターン	約 85%

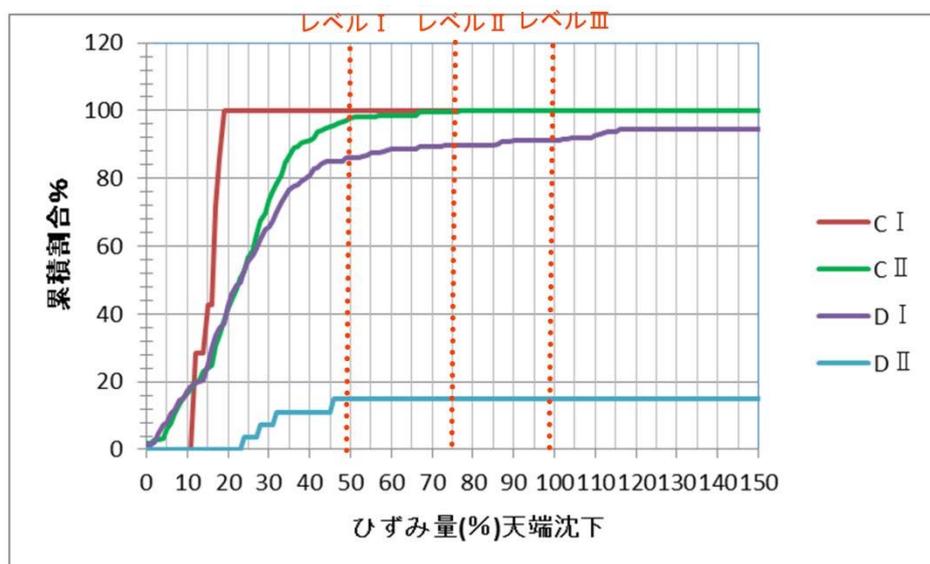


図-解 4-6 近畿地整トンネルの天端沈下ひずみ量の累積割合

【解説-5 岩石グループの見分け方】

1. 岩石グループの選定方法

表-解 5-1 岩石グループ

〔出典；道路トンネル技術基準（構造編）・同解説 平成 15 年 11 月 （社）日本道路協会 p80〕

		岩盤の初生的性質を反映した新鮮な状態での強度の区分		
		H (硬質岩) 80N/mm ² 以上	M (中硬質岩) 20~80N/mm ²	L (軟質岩) 20N/mm ² 以下
劣化のしかたによる区分	塊状岩盤	はんれい岩, かんらん岩 閃緑岩 花崗閃緑岩 花崗岩 石英斑岩, 輝緑岩 花崗斑岩 ホルンフェルス 角閃石岩 中・古生層砂岩 石灰岩, チャート(珪岩) 片麻岩	安山岩 玄武岩, 輝緑凝灰岩 石英安山岩 流紋岩 ひん岩 第三紀層砂岩, 礫岩	蛇紋岩 凝灰岩 凝灰角礫岩
	層状岩盤		粘板岩 中・古生層頁岩	千枚岩 黒色片岩, 黒墨片岩 緑色片岩 第三紀層泥岩

岩石グループは表-解 5-1 のとおり、岩の硬さ（H. M. L）と岩盤の形（塊状、層状）により 4 種類に分類されます。

表-解 5-1 によると、岩石名が分かれば岩石グループが分類できることが分かります。

近畿地方の場合は、場所が分かれば地層名が分かり、地層名が分かればその地層で発生する岩石名が概ね分かりますので、岩石グループは分かることになります。

場所 → 地層名 → 岩石名 → 岩石グループ

結果は図-解 5-1 と表-解 5-2 の通りです。

ただし、以下の 2 点に注意して下さい。

① 岩の硬さ（H. M. L）

「岩盤の初生的性質を反映した新鮮な状態での強度の区分」

岩の硬さ（H. M. L）は対象とするトンネルの地山の強度ではなく、対象とする岩石の新鮮な状態での強度で決まります。

従って、対象トンネルのボーリングコアでの一軸圧縮試験結果の強度ではなく、文献等による必要があります。

② 地質報告書を精読

地層名が分かれば岩石グループは概ね分かるケースが多いのですが、地質分布は複雑で図-解 5-1 と異なる場合がありますので、対象トンネルの地質報告書を精読して最終の岩石グループを判定して下さい。

2. 近畿地方の岩石グループ

表-解 5-2 近畿地方の地層名と岩石グループ

2. 近畿地方の岩石グループ

表-解 5-2 近畿地方の地層名と岩石グループ

縦軸		塊状		層状	
横軸		H	L・M	M	L
火成岩	深成岩	○領家帯	—	—	—
	火山岩	—	○ 丹後・但馬帯	—	—
堆積岩	生物堆積	○	—	—	—
	砂	○(中古層) 舞鶴帯	○(第三紀)	—	—
	泥	—	—	○(頁岩)	○(泥岩)
	火山灰	—	—	—	○
	互層	—	—	○(中古層) 丹波帯 和泉帯 秩父帯 四万十帯	○(第三紀) 四万十帯
変成岩	熱変成	○領家帯	—	—	—
	高温高压変成	—	—	—	○三波川帯

図-解 5-1
近畿地方の地質



【解説-6 支保増減の考え方】

表-解 6-1 設計修正の考え方

〔出典；道路トンネル技術基準（構造編）・同解説（社）日本道路協会 p178〕

	現象	主な検討事項	修正方法
設計を軽減する必要がある場合	<ul style="list-style-type: none"> 変位量が小さい ロックボルトの軸力が小さい 吹き付けコンクリートの応力が小さくかつ変状がない 切羽が安定している 	<ul style="list-style-type: none"> 不連続面の間隔、状態 湧水の多少 地山強度比が小さい 	<ul style="list-style-type: none"> 支保構造の軽減 一掘進長延伸 断面分割の変更 変形余裕量の減
設計を増強する必要がある場合	<ul style="list-style-type: none"> 変位量大きい 吹き付けコンクリートに変状がある ロックボルトのプレートに変状がある 吹き付けコンクリートに過大な応力発生している 鋼アーチ支保工に過大な応力が発生している ロックボルトに過大な軸力が発生している 切羽が安定していない 	<ul style="list-style-type: none"> 初期変位速度 変位の収束性 地山の応力・歪状態 ゆるみ領域の大きさ 地山強度比が小さい 切羽の自立性 湧水の多少 鋼アーチ支保工脚部の沈下量 	<ul style="list-style-type: none"> 支保構造の増強 切羽付近の補強（フォアポーリング、切羽吹付けなど） 断面の早期閉合 断面分割の変更 掘削断面の変更（インバートの曲率半径を小さくするなど） 変形余裕量の増 支保工脚部の補強（ウイングリブ、脚部ボルトなど）

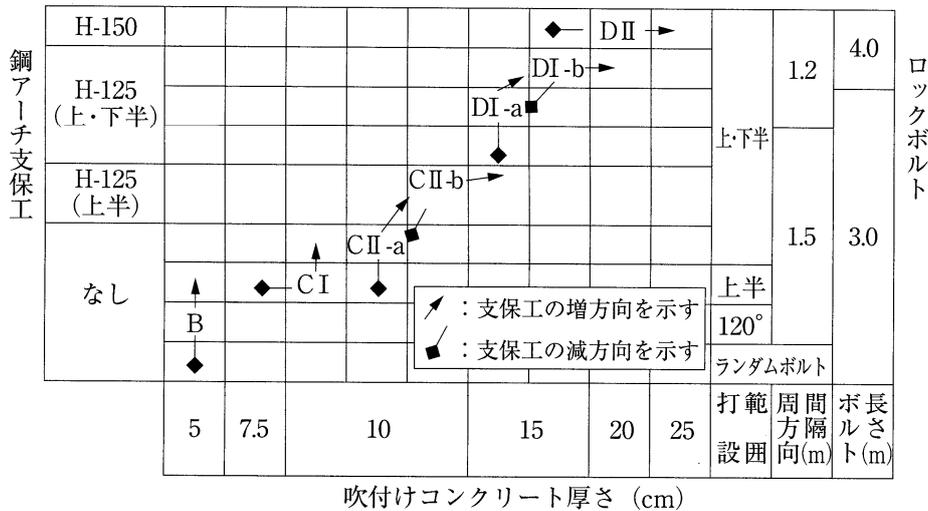


図-解 6-1 支保増減の方法

〔出典；道路トンネル技術基準（構造編）・同解説（社）日本道路協会 p178〕

【解説-7 施工中の現象とその対応策】

表-解 7-1 施工中の現象とその対応策

〔出典；NATMにおける予測と実際 (社)地盤工学会 p110〕

管理項目	施工中の現象	対応策 (A)	対応策 (B)
		比較的簡単な変更で済む場合の対応策	比較的大きな変更を必要とする場合の対応策
切羽	切羽面（鏡）が自立しない。	<ul style="list-style-type: none"> 一掘進長を短くする。 核を残す 鏡に吹き付けコンクリートやロックボルトを施工する。 フォアポーリングを行う。 	<ul style="list-style-type: none"> フォアパイリングを行う。 掘削工法の変更を行う。 地盤改良を行う。
	天端から崩落、肌落ちが生じる。	<ul style="list-style-type: none"> フォアポーリングを行う。 一掘進長を短くする。 掘削断面を一時的に分割して施工する。 	<ul style="list-style-type: none"> フォアパイリングを行う。 掘削工法の変更を行う。 鋼製支保工を入れる。 地盤改良を行う。
	切羽部に湧水が出る。または、湧水量が増す。	<ul style="list-style-type: none"> 吹付けコンクリートの硬化を早める（急結剤を増すなど）。 吹付けコンクリートのための排水処理を行う。 目の細かい金網を施工する。 水抜孔を施工する。 	<ul style="list-style-type: none"> 排水工法（水抜きボーリング、グディーブウェル、ウエルポイントなど）を行う。 地盤改良を行う
	地山の支持力が不足して、沈下が大きくなる。	<ul style="list-style-type: none"> 脚部の吹付けコンクリートを厚くし、支持面積を増す。 脚部にロックボルトを打設する。 鋼製支保工の底板の接地面積を増加する。 	<ul style="list-style-type: none"> ベンチ長を短くし、早期閉合を行う。 吹付けコンクリートで仮インバートを施工する。 脚部補強パイルを行う。 地盤改良を行う。
	盤ぶくれが生じる。	<ul style="list-style-type: none"> インバートにロックボルトを打設する。 一掘進長を短くする。 路盤面に仮排水を行う。 	<ul style="list-style-type: none"> インバートの早期吹付けを行う。 ベンチ長を短くし、早期閉合を行う。 地盤改良を行う。
一次支保の状況	吹付けコンクリートが浮く。または、はがれる。	<ul style="list-style-type: none"> 吹付けコンクリートの硬化を早める。 金網を入れる。 水抜孔を施工する。 	<ul style="list-style-type: none"> 排水工を行う。 地盤改良を行う。
	吹付けコンクリートの応力が増加し、ひび割れやせん断破壊が生じる。	<ul style="list-style-type: none"> 増しボルトを施工する。 金網を入れる。 吹付けコンクリートの厚さを増す。 高強度吹付けコンクリートを実施する。 	<ul style="list-style-type: none"> 長いロックボルトを施工する。 鋼製支保工を入れる。 鋼繊維補強吹付けコンクリートを行う。
	ロックボルトの軸力が増加しペアリングプレートがゆがむ。または、ロックボルトが破断する。	<ul style="list-style-type: none"> 増しボルトを施工する。 ボルト体力の大きいものを使用する。 	<ul style="list-style-type: none"> 長いロックボルトを施工する。 鋼製支保工を入れる。
	鋼製支保工の応力が増加し、座屈が生じる。	<ul style="list-style-type: none"> 増しボルトを施工する。 増し吹付けコンクリートを行う。 鋼製支保工のランクアップを行う。 	<ul style="list-style-type: none"> 長いロックボルトを施工する。 地盤改良を行う。

【解説-8 補助工法の種類と選定】

表-解 8-1 補助工法の分類表

〔出典；2006年制定 トンネル標準施工方書 山岳工法・同解説 土木学会 p187〕

工 法	目 的							対象地山			摘 要	
	施工の安全確保				周辺環境の保全			硬岩	軟岩	土砂		
	切羽安定対策			地下水対策	地表面沈下対策	近接構造物対策						
	天端の安定	鏡面の安定	脚部の安定									
先受け工	フォアボーリング (充填式、注入式)	○						○	○	○		
	長尺フォアパイリング	○					○	○			*2	
	パイプルーフ	○					○	○			*1	
	水平ジェットグラウト (噴射攪拌)	○	○	○			○	○			*1	
	スリットコンクリート	○					○	○			*1	
鏡面の補強	鏡吹付けコンクリート		○					○	○	○		
	鏡ボルト		○					○	○	○		
	長尺鏡ボルト		○				○	○	○			
脚部の補強	脚部補強ボルト			○			○		○	○		
	脚部補強パイル			○			○		○	○	*2	
	仮インパート			○			○		○	○		
地下水水位対策	排	水抜きボーリング	○	○	○	○			○	○	○	*2
		ウェルポイント	○	○	○	○					○	*1
		ディープウェル	○	○	○	○					○	*1
		水抜き坑	○	○	○	○			○	○	○	*1
	止	注入	○	○	○	○	○	○	○	○	○	*1
		遮断壁				○	○	○	○		○	*1
地山補強	注入	○	○				○	○		○	*1	
	垂直縫地	○	○				○			○	*1	

注) ○：比較的良好に採用される工法
 *1：通常のトンネル施工機械設備，材料で対処が困難な対策
 *2：適用工法によって，トンネル施工機械設備，材料で対処が異なる工法

1. 補助工法の選定（切羽安定対策）

a) 天端部の安定対策

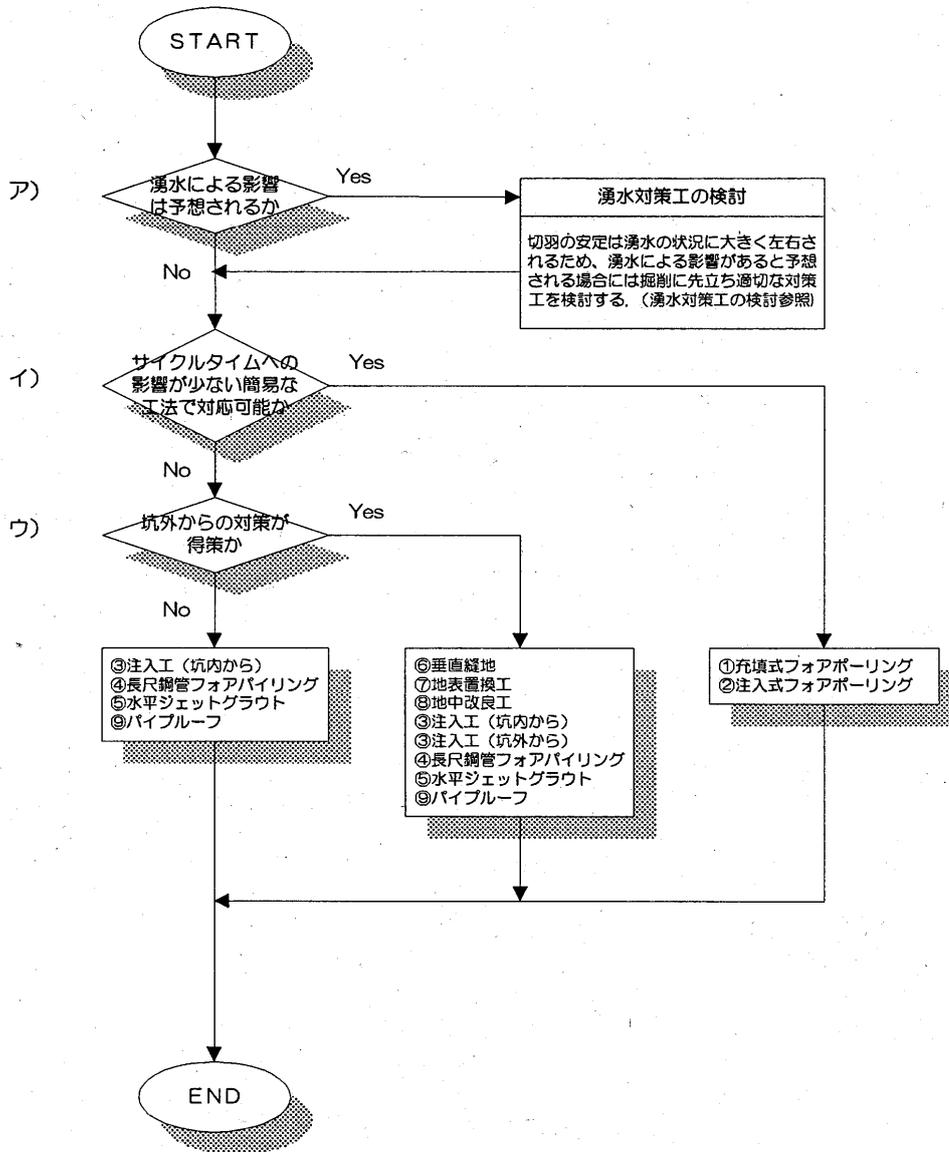


図-解 8-1 天端安定対策補助工法選定フロー図

〔出典；NATM 補助工法の手引き（案） 平成 12 年 3 月 建設省近畿地方建設局 p66〕

b) 鏡面の安定対策

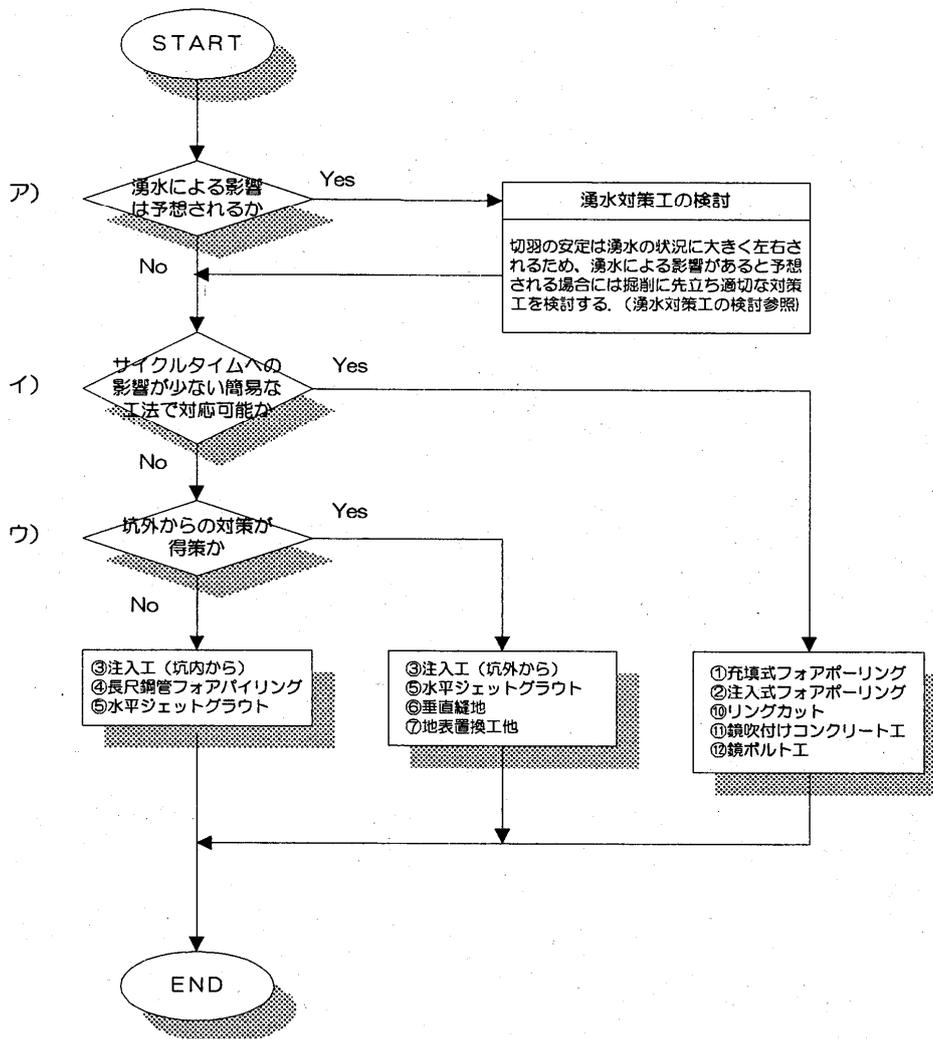


図-解 8-2 鏡面安全対策補助工法選定フロー図

[出典；NATM 補助工法の手引き（案） 平成 12 年 3 月 建設省近畿地方建設局 p67]

c) 脚部安定対策

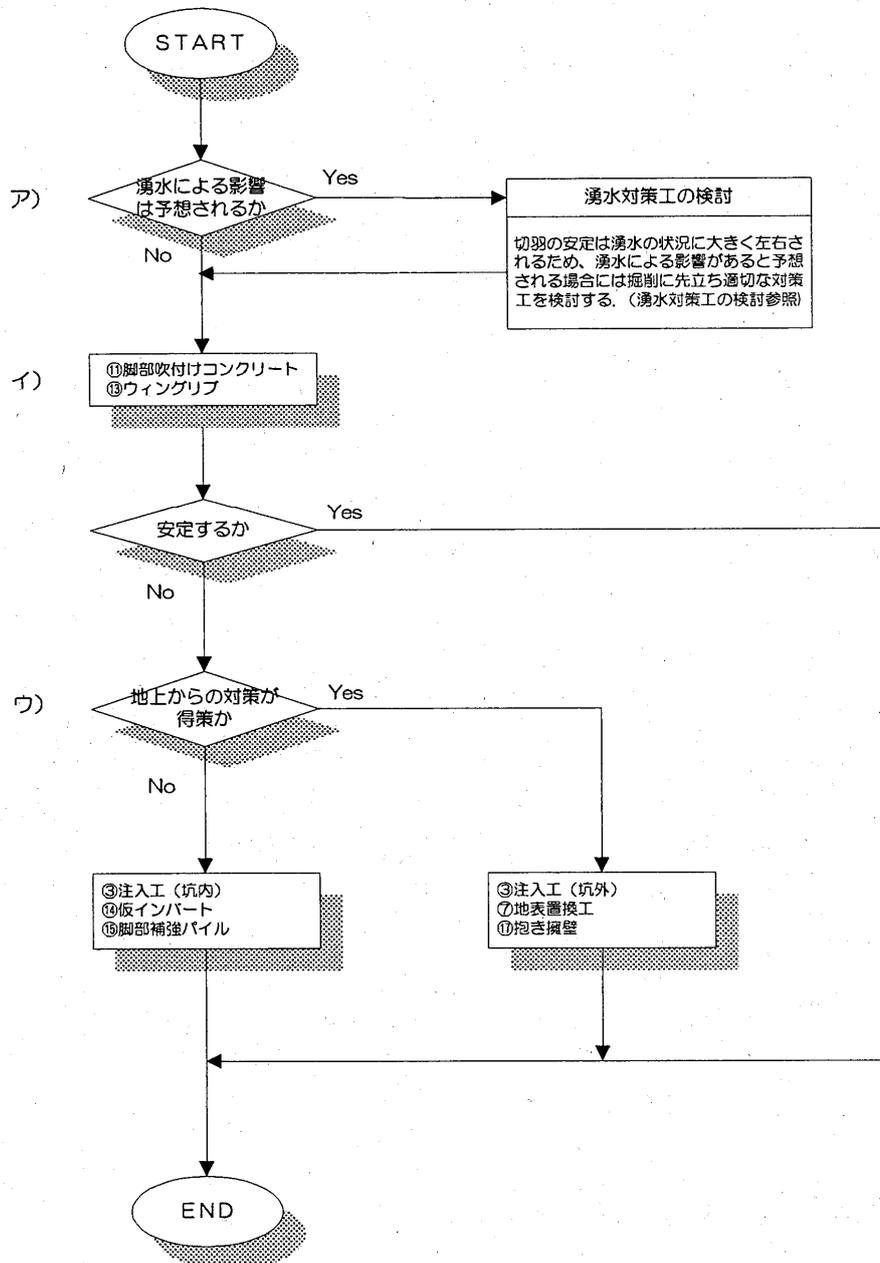


図-解 8-3 脚部安定対策補助工法選定フロー図

[出典；NATM 補助工法の手引き（案） 平成 12 年 3 月 建設省近畿地方建設局 p68]

2. 補助工法の選定（湧水対策）

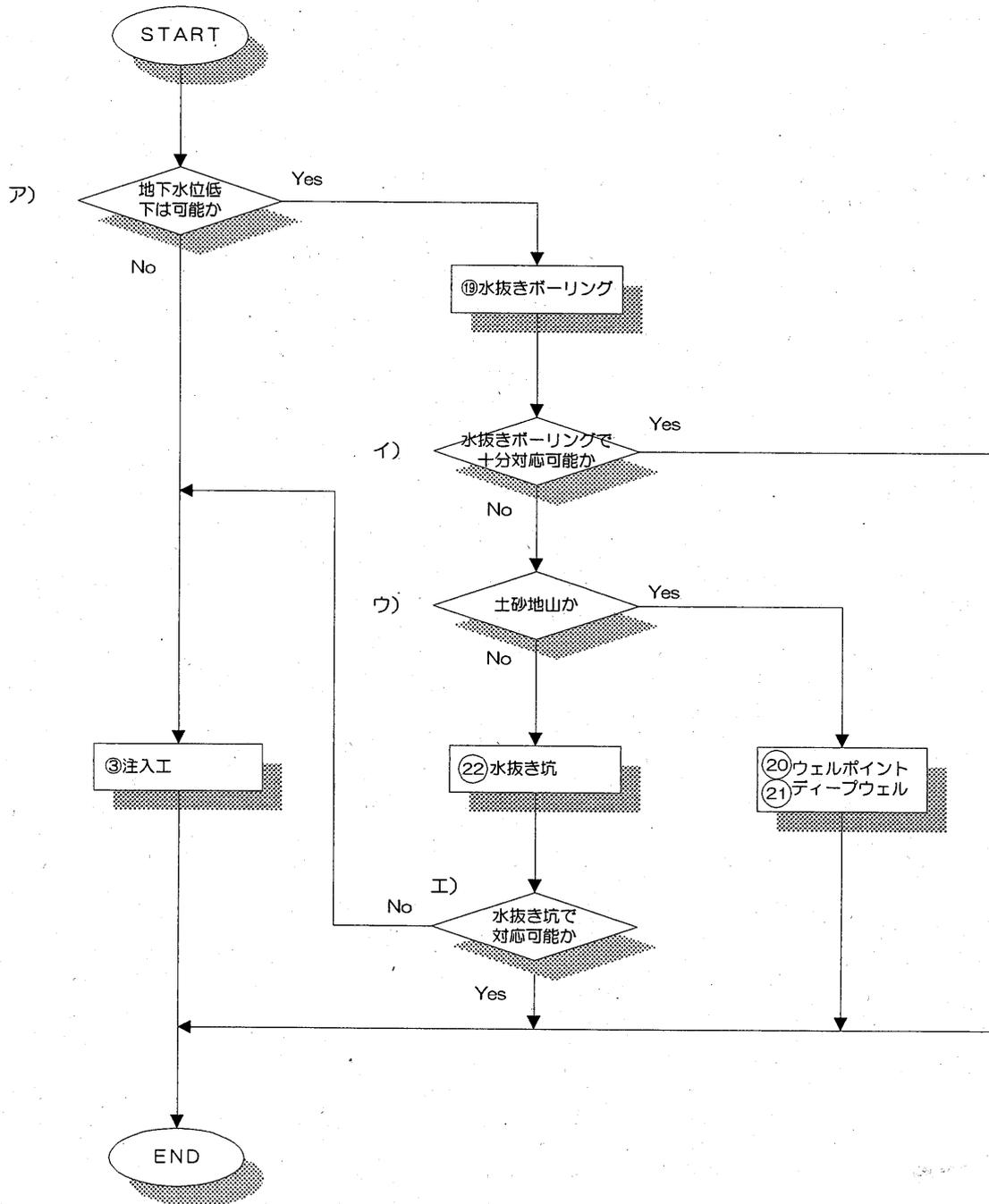


図-解 8-4 補助工法選定フロー図

〔出典；NATM 補助工法の手引き（案） 平成 12 年 3 月 建設省近畿地方建設局 p87〕

3. 補助工法の選定（地表面沈下対策）

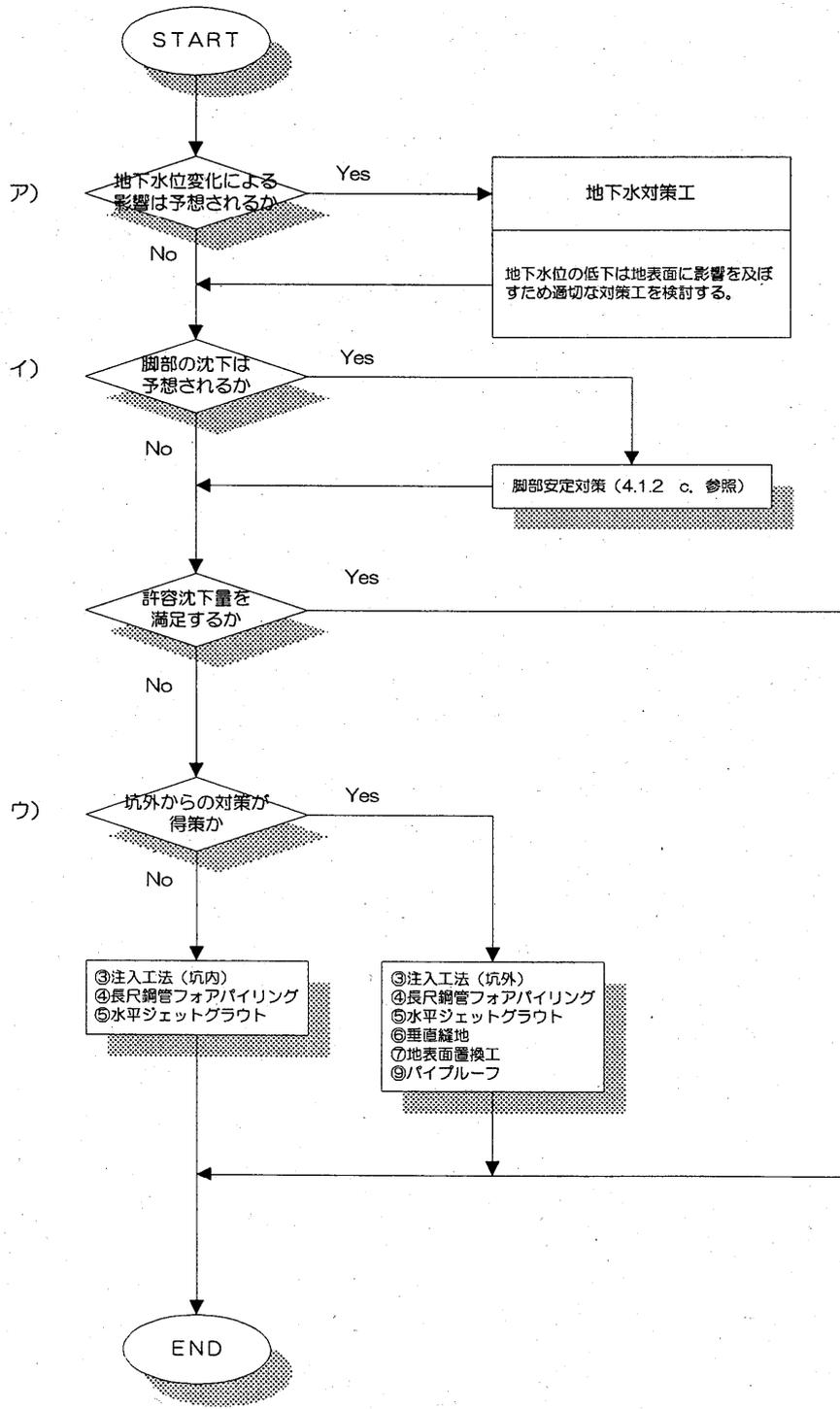


図-解 8-5 補助工法選定フロー図

[出典；NATM 補助工法の手引き (案) 平成 12 年 3 月 建設省近畿地方建設局 p76]

【解説-9 切羽写真撮影時の留意点】

- (1) 撮影（観察）時期はこそく終了後とする。
- (2) 高感度デジカメを利用する。〔写真-解 8-1 は F2.0 感度 400 相当〕
- (3) 三脚を利用してぶれを防ぐ。
- (4) 投光機により切羽を照らす。
- (5) 割れ目が判読しにくくなるため、フラッシュ撮影は行わない〔写真-解 8-1(a)はフラッシュ無、写真-解 8-1(b)はフラッシュ有〕



写真-解 8-1(a) F2.0 感度 400 相当
フラッシュ無



写真-解 8-1(b) F2.0 感度 400 相当
フラッシュ有

- (6) 場合によっては照明の方向を変えて撮影、光源を変えられない場合は撮影方向を変えて数枚撮影する。〔写真-解 8-2 正面からの撮影では判読できなかった節理が確認できる〕
- (7) 肌落ちが生じている場合等には観察時・写真撮影時には要注意、特に湧水があって剥離・小崩落が連続する場合には切羽に近づかない。〔写真-解 8-3〕



写真-解 8-2 左方向から切羽を撮影
(節理が確認できる)

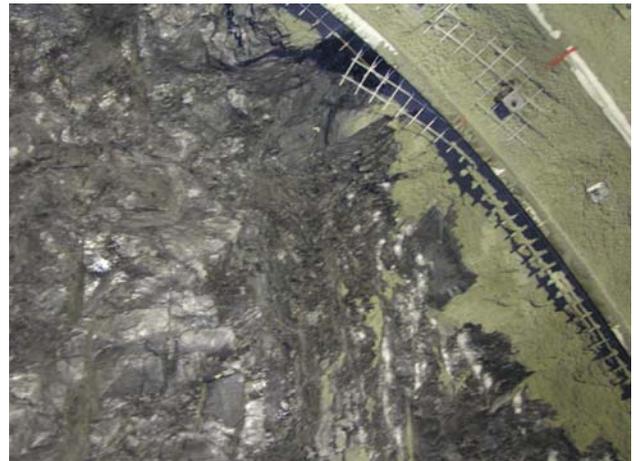


写真-解 8-3 剥離・小崩落のある切羽
(近づかない)