

なお、ここで使用している切羽評価方法は文献2)に拠るもので、関連する基準書としては文献3)が対応する。実務においては、これらに沿った各種の様式を整備した上で岩判定を実施してきた。このこともあり、本報告では切羽評価にかかわる技術の根幹部分については構築されているものとして議論を進める。

表-1 岩判定実務における課題と改善策

岩判定の実施ステップ	ステップごとの課題	初期段階での一次対応	データ分析が進んだ段階での対応
[1] 岩石グループの選択	地質の多様性により、定義に準拠しないケースがある。 地質変化の頻度が著しく、一つに決め難い場合がある。	日々の切羽観察を行う施工業者が選択することとし、その妥当性を岩判定時に評価。	(一次対応を継続) 当地域においては岩石グループ間の切羽評価点に大きな差がないことを確認。
[2] 切羽評価区分の選択	切羽評価区分表の一部に、定義が難しいために選択し難い項目がある。 切羽観察条件の問題や判定者個々人の経験差等により、選択にばらつきが生じる。	解釈の統一化やばらつきの低減を図るため、複数人での判定を原則とした。また関係者間のディスカッションを適宜実施。	岩判定実績に基づく解説文を作成し、関係者に展開。(表-2) (一次対応を継続) 切羽評価点の標準偏差が基準書に示された値よりも減少、ばらつきの低減を確認。
[3] 切羽評価点の計算	判定者が一人の場合の計算方法は確立されているが、複数人の場合の計算方法は確立されていない。	数種の方法についてシミュレーションを行い、切羽評価区分を統合した上で計算する方法を採用。全関係者に展開。	(一次対応を継続) 判定者が一人の場合と複数人の場合の計算値に若干の差はあるが、許容できるものであることを確認。
[4] 判定図に準拠した支保区分目安の策定	切羽評価点の高低に支保区分の重軽が対応していない箇所がある。	(実績データを集積)	データ条件吟味と統計学的処理により切羽評価点と支保区分の関係を明確化。補助的な判定図としてまとめ、関係者に展開。(図-5)
[5] 総合的な評価に基づく支保パターンの決定	標準支保パターンで対応できない場合に実施する補助工法の選択に関して、明かな判定システムがない。	(実績データを集積)	従来のものと別個の判定フローを構築した上で、判定事例データを用いた検証を繰り返し、試行案を作成。(図-7, 表-3, 図-8)

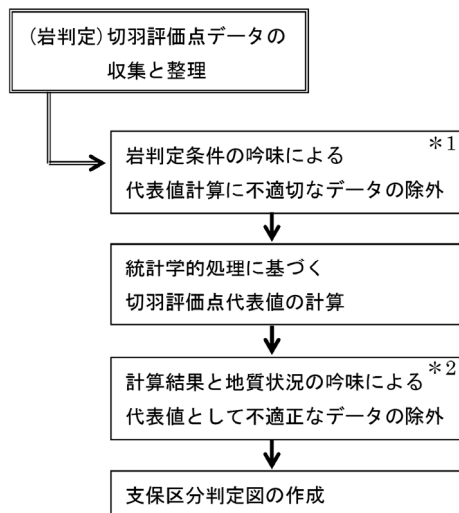


図-3 支保区分判定図の作成手順

c) 岩判定条件の吟味によるデータの質的向上

岩判定条件の吟味によるデータの質的向上に関しては、図-3のフロー中では、*1と*2の印を付した2か所が該当する部分である。

フローの*1において、具体的に除外したデータは「坑口部DⅢaに接続する緩衝区間DⅠの判定で地山良好なケース」および「設計にないCⅠへの段階的移行区間のCⅡ判定で地山良好なケース」の2種のデータである。両者とも判定そのものに問題はないが、地山との対応関係を考慮したときに、計算に供するデータとして適当ではない。また*2のプロセスでは、一部のCⅠ判定にかかわるデータにおいて、データ数が少ないため妥当とはいえない代表値範囲が算出された部分があったため、そのデータを除外した。このデータ処理に際しては、別途行った数量化Ⅱ類の計算結果も参照した。

均値や中央値などが用いられるが、ここでは母集団平均の区間推定値(95%信頼区間)を採用した。標本データが無限大に集まった場合に平均値がとりうる範囲のことであり、統計学的手法により一定の信頼度の条件下で求めることができる。

この方法のメリットは標本数量およびばらつきの大小が計算結果に反映されることである。たとえば分布のばらつきが大きければ推定される平均値がとりうる区間長もそれに応じて長くなる。なお、大標本と小標本で計算方法が一部異なるが、本報告では標本数に関わる両者の境界閾値を既出の文献⁹⁾に準拠し30とした。信頼度は、上記の通り、実務で一般的に用いられる95%を採用した。

(2) データの質的向上(切羽評価技術レベル向上)にかかわる取り組み

日々の岩判定が妥当であれば、計算に供する岩判定データが質的に向上する。本来の目的とは逆になるが、ここではこのレベル向上にかかわる対処策をデータの質的向上に関わる取り組みと位置付け、その内容について記述する。表-1の[2]および[3]の内容に対応する。

a) 切羽評価区分の解釈の統一化にかかわる対処

表-1の[2]に示したように、切羽評価区分表の一部には、その定義が難しいために選択に際して判断に窮する箇所がある。そこで表-2(b)に示す切羽評価区分の解説文を作成した。この解説文は、岩判定を実施してきた過程で

表-2 切羽評価区分および同解説案（※紀南の実績に基づく）

(a) 切羽評価区分³⁾（※区分5はすべて「その他」であるため掲載省略）

(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. $\sigma_c \geq 100\text{MPa}$ ハンマー打撃ではね返る	2. $100\text{MPa} > \sigma_c \geq 20\text{MPa}$ ハンマー打撃でくだける	3. $20\text{MPa} > \sigma_c \geq 5\text{MPa}$ 軽い打撃でくだける	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. $5\text{cm} > d$ 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. ゆるみを生ず	3. 軟弱化	4. 崩壊、流出

(b) 切羽評価区分の解説案（※区分1,2,3のみ記述）

(A) (B) 共通	1: まったく抜け落ちは生じない。 2: 岩塊の抜け落ちが発生している。もしくはその恐れがある。 3: 切羽下に崩壊土砂がたまるような、急激な押し出しや連続的な抜け落ちが発生している。もしくは、坑内変位が極めて大きい。（極めて短時間であれば切羽自立）
(C)	1: 岩盤検査用ハンマーで強打しても割れない。 2: 岩盤検査用ハンマーの強打もしくは普通打で割ることができる。 3: 岩盤検査用ハンマーの軽打で割ることができる。
(D)	1: 新鮮な岩盤の色と状態を保っている。（赤褐色、黄土色、白灰色変色などがない） 2: 亀裂面がある程度風化変色している。ただし岩盤全体の強度低下は著しくはない。 3: 全体的に風化変質しており、岩盤の本来の強度が失われている。
(E)	※切羽評価区分に記載のとおり。 （なお、切羽面に平行な壁面状の鉛直亀裂は見逃しやすいため、斜めからの視点も重要）
(F)	1: 割れ目が完全に密着している。 2: 一部の割れ目が開口している。 3: 多くの割れ目が開口。（※未固結充填物が挟んでいる場合も開口とする）
(G)	1: 割れ目の方向がランダム。 2: 割れ目の方向がおおむね平行であるが、その間隔が大きい。 3: 割れ目の方向がほぼ平行であり、その間隔が小さい。
(H)	1: 湧水がない。もしくは“にじみ”により若干ぬれている。 2: 水滴が落ちている。もしくは岩の表面を少量の水がつたっている。 3: 湧水の噴出が目視で容易にわかる。（※先進ボーリング孔からの湧水は評価対象としない）
(I)	1: 湧水による切羽の緩みがない。 2: 湧水により、切羽の岩塊がゆるんでいる。 3: 湧水により、切羽が軟弱化している。

議論されてきた内容をまとめたものである。

b) 切羽評価のばらつきの低減にかかわる対処

同じく表-1の[2]に示したように、切羽評価区分を選択するに際しては、判定者個々人の経験差等により判定結果にばらつきが生じる恐れがある。これには、安全上の理由で切羽に接近できないことや坑外ほどの照度を確保できないことなどの切羽観察特有の制約条件も関係する。

この課題に関しては、複数人で判定することを当地域

での岩判定実施の原則とすることで、判定にかかわるばらつきの低減を図った。

この際に問題となったのは複数人の場合の切羽評価点の集計方法であった(表-1の[3])。集計方法は大きく分けて、切羽評価区分を平均化した後に切羽評価点に変換する方法と、個々の切羽評価点の算出後に平均化する方法の2種がある。小数点以下のどのレベルでどのように丸めるかによっても最終結果が異なる。数種の方法について

て実際に試行計算を行い検討を行った結果、判定者の切羽評価区分が直接的に統合される前者の方法が妥当との判断になり、一部数値の丸め方を工夫して複数人での集計方法をまとめた。この方法により導かれた切羽評価点を総合評価点と称しており、個人評価点と区別している。

(3) 支保区分判定図の構築

a) 岩石グループと切羽評価点代表値の関係

以上の手続きおよび対処を経て得られた結果を、岩石グループごとに集計すると図-4のようになる。岩石グループは4種類⁷⁾あるが、当事業地域には「硬質岩(塊状)」

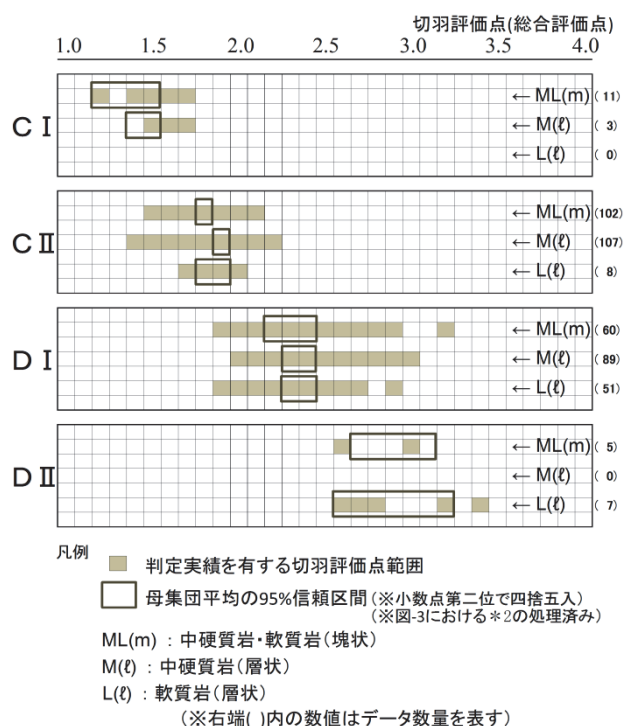


図-4 岩石グループごとの切羽評価点範囲と計算結果

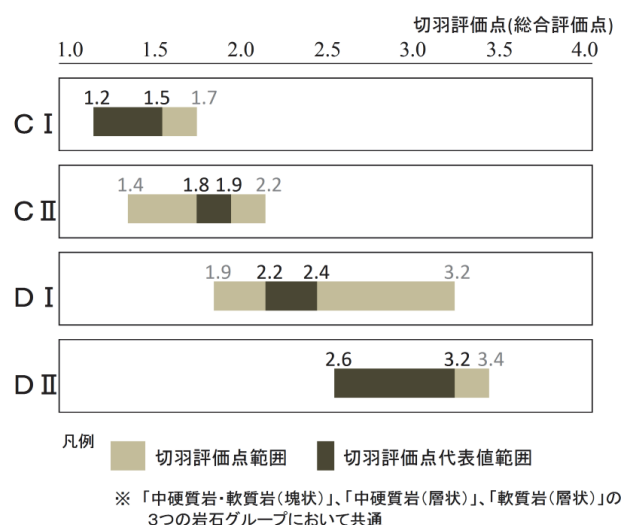


図-5 切羽評価点に基づく支保区分の判定図 (※紀南の実績に基づく)

は分布していないので、それ以外の3種類の岩石グループのデータを掲載している。ブランクとなっている部分はデータが存在していないことを示す。

この結果を見ると、それぞれの母集団平均の推定区間は支保区分ごとにほぼ類似した値となっており、当地域に分布する3種類の岩石グループの間で明瞭な差があるようにはみえない。当地域においては、切羽評価点は支保区分ごとにほぼ共通した値をとるものとして取り扱えると判断した。

b) 切羽評価点代表値を明記した支保区分の判定図

この考えに基づき支保区分と切羽評価点の関係を整理したものが図-5である。母集団平均の推定区間を代表値として取り扱い、岩判定の際に補助判定図として使えるようにシンプルにまとめた。

なお、ここで示した判定図は本章(2)のb)に記述した総合評価点によるものである。個人評価点も別途計算しているが、これについては代表値範囲の上下の閾値が図-5のものに比べ、0.1点高くなっている。

4. 改善策のうち補助工法の判定方法について

(1) 補助工法の判定にかかわる課題改善方針

総合評価を行う際に「補助工法の選択に関して明快な判定システムがない」との課題については、補助工法の判定データを収集・整理した上で、具体的な現場実態を反映させた判定フローチャートを構築することで対処することとした。ここでは多岐に渡る判定条件や判定実績をどのように表現するかが課題であった。

補助工法の判定システムという点、フローチャートによるもの⁸⁾が一般的である。その他に高度な数値計算を用いる方法⁹⁾などがある。一般に前者のフローチャート

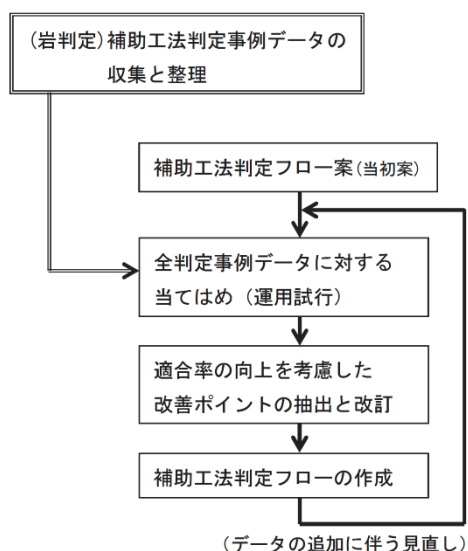


図-6 補助工法判定フローの作成手順

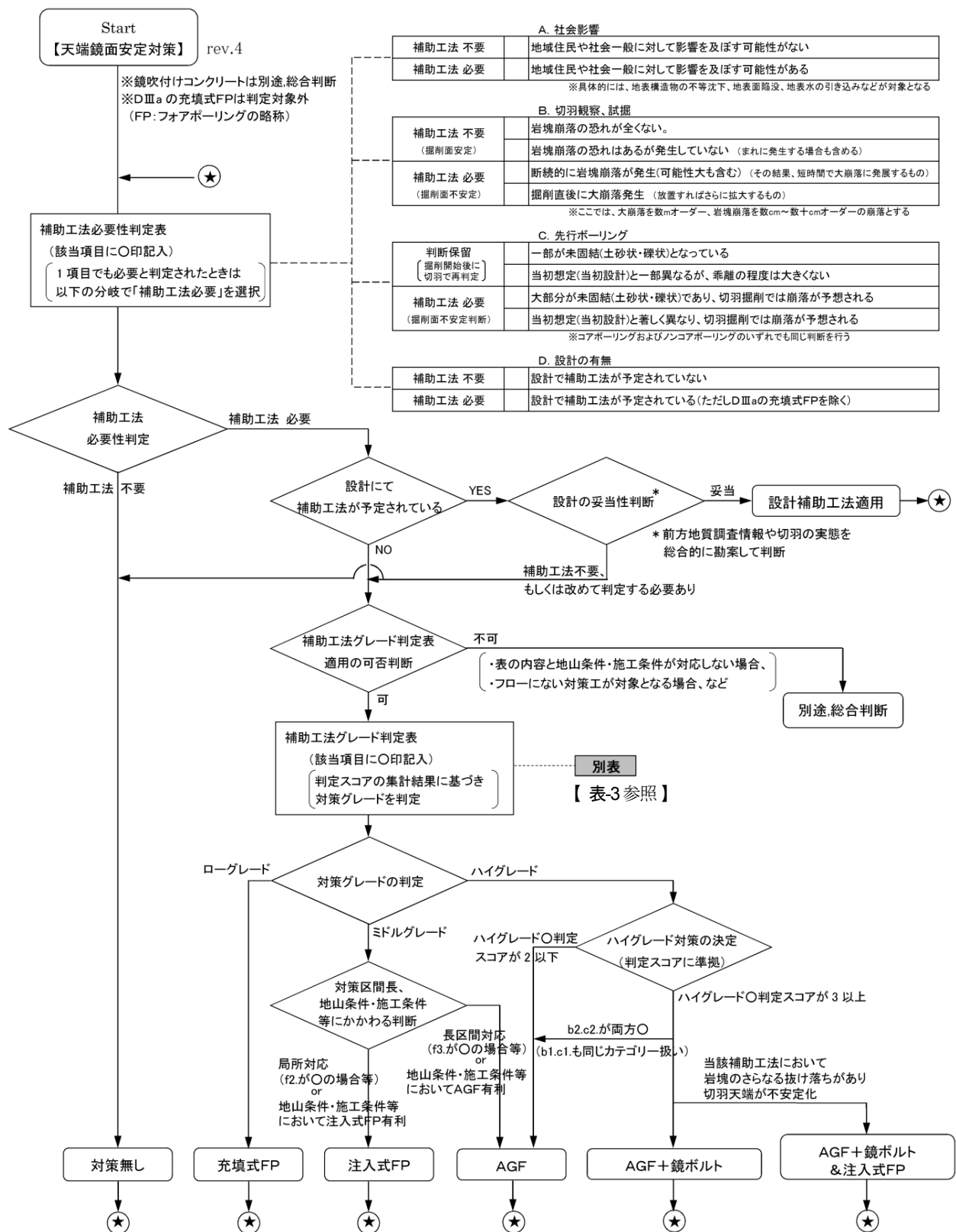


図-7 施工段階における補助工法判定フローチャート[天端鏡面安定対策] (※紀南の実績に基づく)

方式の事例が多く、馴染みがよいといえる。ただしその欠点は、多岐にわたる総合的な判断が必要であるにもかかわらず、フローチャートでは一度の分岐でそれ以降の選択肢が限定され、排除された選択肢は容易に復活できないことであろう。分岐の方法を工夫しそれを可能にする

と、今度は判定システム全体が複雑化し、煩雑化により矛盾部分が出現してしまう。

この欠点を改善するため、筆者らは、数種の判断項目を表形式で示し、その選択数の多少で補助工法を決定する判定表形式¹⁰⁾に着目した。この概念を参考にして、フ

表-3 天端鏡面安定対策にかかわる
補助工法グレード判定表 (図-7 別表)
(※紀南の実績に基づく)

別表		補助工法グレード判定表		
対策グレード		ローグレード [充填式フォアボーリング]	ミドルグレード [注入式フォアボーリング] もしくは[AGF]	ハイグレード [AGF+鏡ボルト] 〔条件によっては AGFのみで対応〕
社会 影響	a. 社会への影響	社会一般、および 地域住民等に 影響が及ぶ恐れなし a1. ☐	基本的に影響はないが 状況によっては影響が 及ぶこともありうる a2. ☐	地表面沈下や、 地表陥没等により 社会への影響大 a3. ☐
	b. 地山固結度	天端付近が 亀裂性の岩盤 b1. ☐	天端付近が(一部が) 未固結もしくは低固結 b2. ☐	切羽のほぼ全体が (もしくは主要部が)未固結 — 土砂状・塊状 — b3. ☐
地質 状況	c. 切羽自立性	自立しているが 天端付近が局所的に 緩む(剥落あり) c1. ☐	天端付近の(一部が) 自立性不良(剥落顕著) c2. ☐	切羽のほぼ全体が 自立しない c3. ☐
	d. 湧水の影響 ^{注1)}	切羽が局所的に緩む 要因となる d1. ☐	時間がたてば 切羽が軟弱化する 要因となる d2. ☐	短時間のうちに 崩落が発生する 要因となる d3. ☐
地形 状況	e. 地表への影響 ^{注2)}	地表に影響が及ぶ 恐れはほぼない e1. ☐	長時間放置した場合、 影響が及ぶ可能性あり e2. ☐	低土被りで、 地表面沈下や 地表陥没等の懸念あり e3. ☐
前方 予測	f. 切羽前方予測 ^{注3)}	前方地山の 改善が見込まれる (改善のきざしがある) f1. ☐	前方地山は悪いが、 途中で対策不要となる 可能性を有する f2. ☐	前方地山は悪く、 当面良好化は 見込めない f3. ☐
判定スコア (○の数を記入)				

(記入方法) ・a～fのそれぞれに対し、該当する1項目に“○”印をつける。
該当しない他の2項目には“—”印をつける。
・a～fのうち、考慮の必要のないもの、判定不能なものは
1～3の全部に“—”印をつけ、判定スコアにカウントしない。
・判定スコア欄において○の数が多いものを当該対策グレードとする。
・判定スコアが同点の場合は、a～fで優先されるべき項目を判断し、
○を◎に変え、これを根拠に対策グレードを絞り込む。
・決定された対策グレードについては当該判定スコアを大きな○で囲む。

(注釈) 注1) 顕著な湧水はなくとも地山が含水状態であれば判定対象とする。
注2) ローグレードおよびミドルグレードでは、低土被り区間だけでなく
その接続区間(隣接区間)も判定対象とする。
注3) ミドルグレードでは対策範囲が確定できるケースも対象としてよい。

ローチャートに判定表を組み合わせる補助工法判定フローチャート案を構築した。

補助工法判定フローの作成手順を図-6に示す。図にあるように、データがある程度追加された段階で見直し改善を実施した。その際、問題箇所のみを部分改訂して終わりにするのではなく、追加データを含めた全判定事例に対し改めてフローの適用性にかかわる検証を実施した。このような改訂作業を適宜実施し現在に至っている。

(2) 補助工法判定フローチャートの構築

a) 作成した補助工法の判定フローチャート

作成した補助工法判定フローチャートを図-7と図-8に示す。図-7は天端および鏡面の安定対策に関わる判定フローチャートで、フロー本体を図-7に、別表としての補助工法グレード判定表を表-3に示す。図-8は脚部安定対策の判定フローチャートである。

なお図-7および表-3においては、長尺鋼管フォアボーリングを「AGF」の表記¹¹⁾としている。現場では汎用掘削機である油圧ドリルジャンボを用いて打設している実態を踏まえ、表記方法を統一した。また図-7における「FP」はフォアボーリングの略称である。

b) 作成した補助工法判定フローチャートの位置づけ

補助工法を適用目的ごとに分類すると、1.切羽安定対策、2.地下水対策、3.地表面沈下対策、4.近接構造物対策、に分けられる¹²⁾¹³⁾。本報告で示すフローチャートは、これらのうち1.の切羽安定対策に対応するものである。

切羽安定対策は対象箇所により、天端の安定対策、鏡面の安定対策、脚部の安定対策に分けられるが、前2者は相互に関連している部分がある¹²⁾とされ、また現場の実態からみても両者は一連のものとして扱った方が良いと判断した。そこで前2者を「天端鏡面安定対策」としてまとめ、「脚部安定対策」と併せ、2つのフローより構成されるものとした。なお「天端鏡面安定対策」に関しては、その一部に地表面の条件を考慮する内容を含んでおり、設計の妥当性確認やリスクの低減を図る場合などにおいて、上記3.の地表面沈下対策にも一部関係するものとなっている。

c) 作成した補助工法判定フローチャートの内容

天端鏡面安定対策の判定フローチャートの基本的な流れは以下の通りである。まず補助工法の必要性について判定した後、設計で補助工法が予定されていればその妥当性に関わる判断を行う。次に補助工法グレード判定表の各項目について評価判定を行い、集計値としての判定スコアに準拠して基本的な対策グレードの選択を行う。対策グレードは、ローグレード、ミドルグレード、ハイグレードの3つとしている。その後、補助工法グレード判定表の判定内容に準拠したフローの分岐判断を行い、最終的に補助工法を絞り込む。

脚部安定対策の判定フローチャートの基本的な流れは、上記と同様に補助工法の必要性和設計の妥当性の判断を行った後、まず本設インバート早期閉合の実施可能性判断を行う。次の段階で、脚部補強パイルもしくはボルト等、上半仮インバート、一次インバートの早期閉合、の選択判断を行う。なお選択メニューにウィングリブ付き鋼製支保工が含まれていないが、施工中の現場における準備や段取りを考えると現実的ではなく、また類似の工法を行うにしても軟弱化した脚部をあえて側部に向けて掘り込むデメリットが考慮されたため、使用実績がなかったものと思われる。また脚部安定対策の判定フローチャートは補助工法グレード判定表を伴っていない。これについては、不必要という判断をしているのではなく、分析事例数が少ないため現状では図示の内容にとどまった、というのが実態である。これに関連して、脚部安定対策フローチャートの方が分岐部における明快さを欠いており、総合的判断の要素をより多く含む。

なお、地質条件や施工条件が非常に多様であることにより、当判定フローが適用できない事例も存在する。その場合、当判定フローでは「別途総合判断」に進み、個々の条件を考慮し別個に判断することとしている。

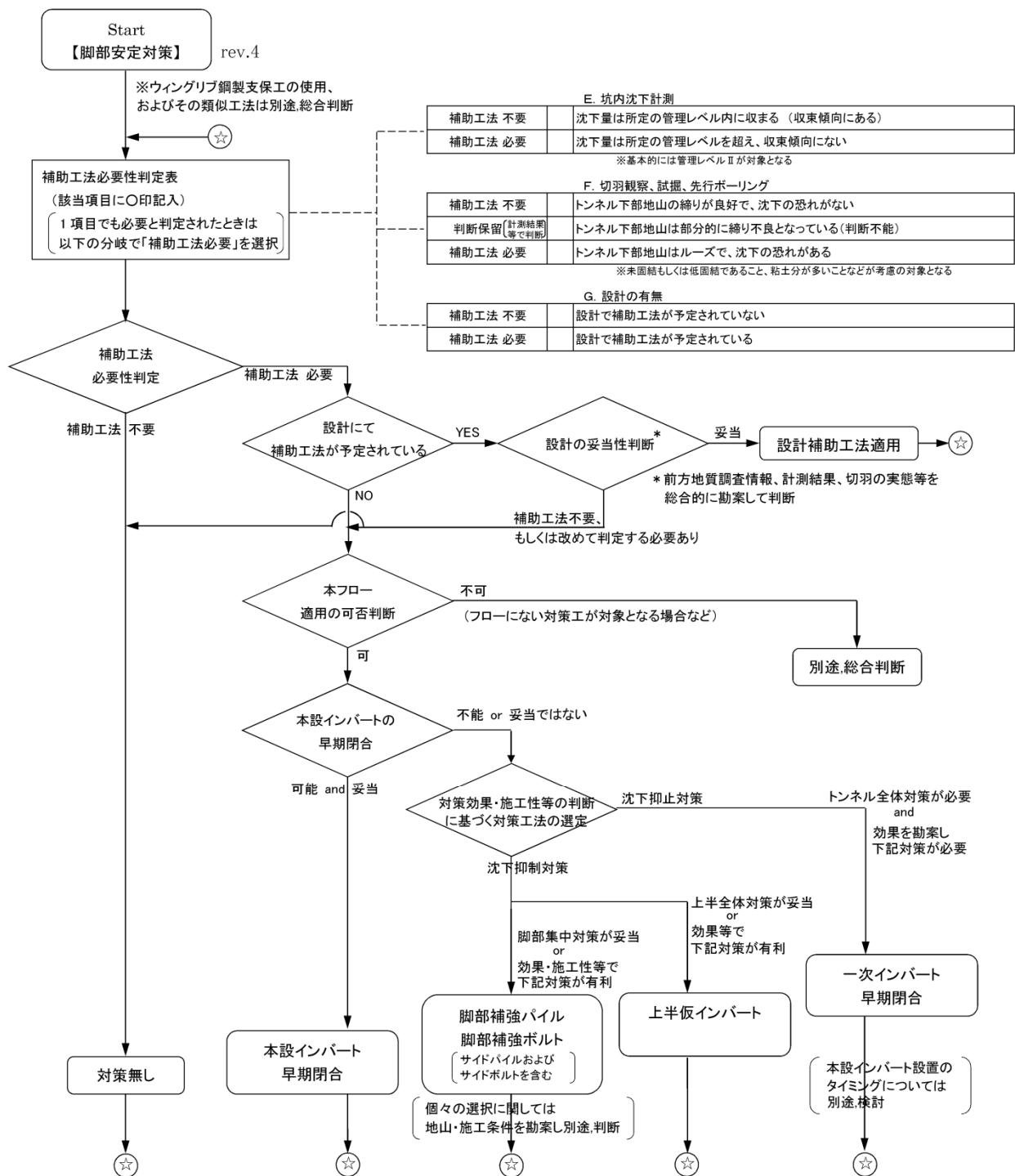


図-8 施工段階における補助工法判定フローチャート【脚部安定対策】 (※紀南の実績に基づく)

(3) 補助工法判定フローチャートの試行

a) 当てはめ試行結果の適合率

補助工法の判断が関係した岩判定の回数は3か年で106回であった。これらの全データに対して当該フローチャートに対する当てはめ試行を実施し、どの程度適合するかを検証作業を行った。当てはめ試行にかかわる作業は当該岩判定の担当者が実施した。なお、データ数(回数)の内訳については、天端鏡面安定対策に関わるものが105、脚部安定対策にかかわるものが13であり、両者を

同時に判定した事例数は12であった。

天端鏡面安定対策に関しては、105事例のうち適合したものは92事例、別途総合判断となったものは13事例であった。適合率は88%となる。一方で、脚部安定対策は13事例のすべてが適合となったが、前記したように事例数が少なくフローの判断分岐での明快さを欠くことから、ここでの結果は参考程度にとどめておくべきであろう。

b) 適合に至らない事例およびその要因

天端鏡面安定対策に関わる判定のうち、適合に至らず

別途総合判断となった事例について、それらの要因を考察した。以下の4点にまとめられる。

- a. 通常の施工条件から外れる状況下での判断
- b. 施工業者努力による対策グレードダウン
- c. 切羽前方予測情報を重視した判断
- d. 特殊な地形地質条件下での判断

以下にこれらの具体例を列挙する。aは、非常駐車帯拡張断面の変化部における天端安定対策でAGFから注入式フォアポーリングに切り替えた事例、および坑口の地表部でのソイルセメント置換によって切羽の一部が改良されたためにフローにのらないケース(計5事例)、bは切羽自立不良ながらも核残しと鏡吹付けを駆使し、実施する補助工法のグレードを上げずにかろうじて対応したケース(4事例)、cは切羽前方の地質予測を重視してAGFではなく途中で数量減が可能な注入式フォアポーリングを採用し鏡ボルトと組み合わせたケース(3事例)、dは鏡面が比較的健全ながらも天端のみが著しく不良であったためにフローにないAGF+注入式フォアポーリングが選択されたケース(1事例)、である。

以上の内容は、補助工法選択に関わる設計施工条件および地質条件が極めて多様であることを改めて示すものでもある。これらの特殊事例を無理にフローに反映させるとシンプルさが失われ、わかりづらくなるというデメリットが生起するであろう。このようなことも考慮しつつ当該補助工法判定フローチャートの検討を行ってきた。

(4) 補助工法と切羽評価点の関係

補助工法が適用される可能性がある切羽評価点の範囲、および必須なものとして補助工法を適用する切羽評価点の代表値を、実績データに基づき検討した。ここで対象とした補助工法は「注入を伴う天端鏡面安定対策の補助工法」である。

a) 補助工法適用の可能性がある切羽評価点範囲

採用している切羽評価点システムは、その点数が高いほど地山が不良になることから、切羽評価点の高値側の端部については考慮不要として検討対象から外す。

地山が相対的に良好となる切羽評価点低値側において、天端鏡面安定対策の補助工法が実施された事例をまとめると、以下のCase(A)(B)(C)の3つのケースに集約される。それぞれ、「Case(A)：低土被りの河川や重要構造物に関連する場所で設計の不足を補いリスクを低減させるために補助工法を選択したケース」、「Case(B)：断層等の地山不良部が事前調査によって明らかになっており設計にて補助工法が予定されているがその手前の判定切羽の位置では地山不良にまで至っていないケース」、「Case(C)：連続した不良地山において補助工法を実施中で岩判定切羽が若干良化した様子見が必要で補助工法を継続する必要があると判断したケース」である。

これらのうち、切羽評価のみに基づいて補助工法の実施が決定されたものはCase(C)である。Case(A)およびCase(B)は切羽評価以外の別の要素が関与している。このことから、Case(C)の切羽評価点下限値に着目し、それよりも上値側を補助工法適用の可能性がある切羽評価点範囲と位置付けることとする。切羽評価点の下限値は、Case(A)およびCase(B)はいずれも1.9点、Case(C)は2.4点であることから、切羽評価点(総合評価点)2.4点以上を「注入を伴う天端鏡面安定対策補助工法が適用される可能性を有する切羽評価点範囲」とみなす。

b) 補助工法を適用する切羽評価点の代表値

補助工法を適用する切羽評価点の代表値に対応するものとしては、「予期しえない地山悪化によって設計にない補助工法がスタートしたケース」および「予期しえない地山悪化によって設計より重い補助工法が適用されたケース」での判定実績とした。なお、補助工法が連続的に実施されている途中区間での判定実績については、前記のCase(C)のようなケースがありうることで、また補助工法で改良された切羽を評価しており本来の切羽性状をダイレクトに確認していない、との問題があることから検討対象より除外した。

上記の2条件に当てはまる事例を抽出し、それらの切羽評価点の点数分布範囲を検討したところ、「注入を伴う天端鏡面安定対策の補助工法を適用する切羽評価点の代表値」は2.8点(総合評価点)以上との結果となった。

c) 切羽評価点と補助工法の関係

以上の結果を、図-5に示した支保区分と切羽評価点との関係にあてはめる。対象の補助工法が適用される可能性がある点数範囲(2.4点以上)は、D I 区分の代表値の上限値以上に対応する。また補助工法を適用する切羽評価点の代表値(2.8点以上)は、D II 区分の代表値範囲に含まれ、かつD I 区分範囲の上値側端部に近いところに対応する。

5. おわりに

山岳トンネルの岩判定に関して、その実務上の課題と改善策に関わる内容について報告してきた。ここで示した改善策および各種のデータは、ある一地域の地質条件に対応したものであり、関連する正規の基準書等の内容に対し、あくまでも補助的なものとして位置づけられる。

ただし、今回の結果は、同様の地質(中硬質岩が卓越する堆積岩)で構成される他地域のトンネル地山に対して、ある程度の汎用性を有している可能性もある。また地質が異なる場合でも、改善策に至るプロセスや手法は同様に展開できる可能性があり、今後に向けてより効果的なトンネル岩判定の実施に向けた一助となることも期

待される。

謝辞：まず、様々な観点からのご討論およびご示唆を頂いた国土交通省近畿地方整備局紀南河川国道事務所の西海事務所長をはじめとする皆様方に、心より御礼を申し上げる次第である。また実際の現場においては、多くの施工業者の皆様にご配慮を頂いた。末筆にはなるが改めて御礼申し上げる次第である。

参考文献

- 1) 例えば、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チーム：山岳トンネルにおける施工時観察・計測データの評価手法に関する研究報告書，pp.3-14，土木研究所資料第 4099 号，2008.
- 2) 真下英人，砂金伸治，遠藤拓雄，木谷努：切羽観察表を用いた地山等級の判定手法に関する一提案，土木学会トンネル工学報告集，Vol.14，pp.89-93，2004.
- 3) 日本道路協会：道路トンネル観察・計測指針 平成 21 年改定版，pp.24,115-116，2009.
- 4) E. クライツィグ(田栗正章訳)：確率と統計(原書第 8 版)，技術者のための高等数学 7，pp.79-81，培風館，2004.
- 5) P.G.ホーエル(浅井晃,村上正康 共訳)：初等統計学(原著第 4 版)，pp.136-153，培風館，1981.
- 6) 白砂堤津耶：例題で学ぶ初歩からの統計学，pp.127-141，日本評論社，2009.
- 7) 日本道路協会：道路トンネル技術基準(構造編)・同解説，pp.76-80，2003.
- 8) 例えば，日本トンネル技術協会：山岳トンネルにおける補助工法の効率的な設計施工法に関する調査検討報告書，pp.100-102，2000.
- 9) 進士正人，榎田敦之，関茂和，中川浩二：切羽観察記録結果を用いた切羽補助工法の選定システム，土木学会論文集 F，Vol.62，No.3，pp.513-518，2006.
- 10) 山岳トンネル工法 Q&A 検討グループ編：改訂新版山岳トンネル工法 Q&A，pp.215-225，2011.
- 11) 地盤工学会山岳トンネル工法の調査・設計から施工まで編集委員会：山岳トンネル工法の調査・設計から施工まで，pp.132-134，2007.
- 12) 土木学会トンネル工学委員会編：トンネル標準示方書 [山岳工法]・同解説，pp.185-193，2006.
- 13) 土木学会トンネル工学委員会 技術小委員会 山岳トンネル補助工法改訂部会：山岳トンネルの補助工法—2009 年版一，pp.53-55，2009.

(2015.8.7 受付)

ON THE PRACTICAL BUSINESS AFFAIRS AND THE REFORM MEASURES OF THE MOUNTAIN TUNNEL ROCK-MASS CLASSIFICATION TO DECIDE A SUITABLE TUNNEL SUPPORT

Takashi AZUMA, Masanori FUJIMOTO, Shinya MORITANI and Takeshi AKASHI

The purpose of this paper is to show problems on the practical business affairs and their reform measures of the mountain tunnel rock-mass classification to decide a suitable tunnel support in the jurisdiction area of MLIT Kinki Regional Development Bureau Kinan Work Office, the south portion of Wakayama Prefecture, central Japan. In the area, 33 tunnels were constructed over the three years. Those sum total length reaches about 25 kilometers.

The basic methods of the mountain tunnel rock-mass classification for choosing support patterns have been mainly fixed. But the methods include some problems on the practical business affairs, especially about the partly unclucid relationship between the evaluation value of tunnel face geology and the grade of tunnel support patterns, and about the unclear manner to decide auxiliary methods for tunneling.

So we tried to improve the problems by using statistical processings and case studies based on site data analysis. These results were applied at the tunnel construction sites in the area. It is considered that the processes and the methods of these studies will serve as a reference to similar enterprises.