

22.岩盤分類の再評価（その 6）

－各工種における岩盤分類の整理と岩盤分類策定の考え方の提案－

Review of Rock Mass Classification (Part VI)

－The arrangement of rock mass classification on each construction
and the proposal of the establish methods of rock mass classification－

○桑原徹（大林組），木方建造（電中研），池田正道（開発設計コンサルタント）
桑原啓三（復建調査設計），武内俊昭（深田地質研究所），野村文明（アイエヌエー）
：岩盤分類再評価研究小委員会 WG5（工種共通指標，調査計測）

Toru Kuwahara, Kenzo Kiho, Masamichi Ikeda, Keizo Kuwahara, Toshiaki Takeuchi
and Fumiaki Nomura: Research Group for Rock Mass Classification (WG5)

1. はじめに

岩盤分類はダム基礎岩盤を評価する手法として田中（1964）¹⁾により提唱されて以来，関連諸機関において種々の工種へと展開され，それぞれ複雑に変化してきている²⁾。このような多様化した岩盤分類に対して，特に日本応用地質学会ではその都度これらの概要を取りまとめて紹介している。日本応用地質学会（1984）³⁾では22編の論文によって日本の岩盤分類の現状紹介を行い，日本応用地質学会（1992）⁴⁾では，日本国内の主要機関における岩盤分類を主として工種毎に紹介し，かつ新しい岩盤分類の例示を行った。最近では，地盤工学会や土木学会において，岩盤分類の国際標準化をにらんで，岩盤分類の統一的な使用を勘案した新しい基準作成が精力的に進められている。土木学会トンネル工学委員会では，芥川他（2002）⁵⁾により，トンネルの地山分類の統一化に向けての可能性について検討されている。地盤工学会（2004）⁶⁾では，ISO 国際基準の策定に対応すべく，国内での岩盤分類を分類要素の整理の観点から基準化している。

このような背景を踏まえて，日本応用地質学会では平成13年度より岩盤分類再評価研究小委員会を設置し，各種岩盤分類の適用上の問題点やこれを踏まえた今後の岩盤分類のあり方について議論を重ねてきている。本委員会では5つの作業部会（WG）に分かれて詳細な検討を実施している。このうち工種共通・分類指標，調査計測を担当するワーキンググループ（WG5）は，これまでに国内で実施されてきた岩盤分類を一堂にレビューすることにより，それぞれの岩盤分類の特徴や共通した考え方などを明らかにし，かつ新たな工種や新たな対象岩盤に対応した岩盤分類を策定するための，基準（マニュアル）を提案することを目的として活動している。

本報告では，WG5におけるこれまでの活動概要を紹介する。

2. 研究の進め方

研究の流れを，以下の3つに大別して整理する。また，内容を図－1に流れ図として示した。すなわち，

1) 各工種の既存岩盤分類の整理

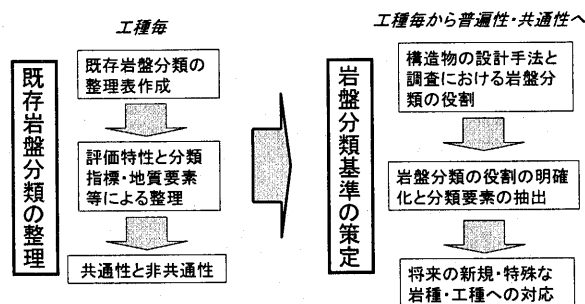
- ①工種毎に岩盤分類の考え方を整理（岩盤分類の整理表作成）
- ②工種毎の岩盤分類で，共通項目および非共通項目の抽出（整理結果の分析・検討）
- ③課題の抽出

2) 岩盤分類基準の策定

- ①各構造物の設計思想を基本とした，調査の考え方を提示
- ②調査・評価・モデル化に際しての，岩盤分類の役割の明確化
- ③これらの点を踏まえて，分類要素を抽出し，分類基準策定のための資料を作成
- ④特殊ならびに新規な対象岩盤あるいは施工に関する岩盤分類策定要素を抽出

3) 総合検討

現状では，「1) 各工種の既存岩盤分類の整理」の①，②作業が，一部の調査項目を除いて進捗している。一方，「2) 岩盤分類基準の策定」に関しては，①～③について，工種毎（ダム・地下発電所・原子力発電所・トンネル・橋梁・斜面）および工種共通・統一化の立場から，検討を進めている。



図－1 研究の流れ

3. 各工種の既存岩盤分類の整理

工種毎に、これまで適用されてきた岩盤分類を整理し、それぞれの特徴を明らかにするとともに、岩盤分類要素などに関しての共通性を整理検討した。

具体的には、まず既存岩盤分類の調査項目を抽出し（表-1）、工種別に代表的な岩盤分類の実状調査をWG1～WG4へ依頼した。調査の項目は、提案者（提案組織）・対象構造物・対象岩盤・対象箇所・分類あるいは評価要素・調査計測手法・重み付け・分類記号・設計への反映事項などからなる。これらの結果を、一旦整理表の形式でまとめた後に、工種～評価特性（力学特性）～分類指標（+重み付け）～考慮すべき地質要素、と言った観点から総合的な取りまとめを行った。

表-2は、現段階における取りまとめの結果である。表-2では、多くの工種（ダム、地下発電所、原子力発電所、法面・斜面、橋梁基礎）では評価特性として岩盤の変形性とせん断強度を軸に整理を行ったが、トンネルのみは切羽の自立性・支保にかかる土圧という観点から、硬岩・軟岩・特殊地山という別の軸で整理を

行った。

分類指標は共通要素と非共通要素に分けた。共通要素は、いわゆる岩盤分類の基本3要素（岩石の硬さ、割れ目の間隔、割れ目の状態）⁷⁾に該当するものである。ここで「岩石の硬さ」は初生的な強度、「岩石の風化」は2次的な強度と理解される。「割れ目の方向性」には不連続面の異方性・卓越性が、「割れ目の性状」には幅、開口・密着状態、連続性などが、「割れ目の頻度」には亀裂の分布範囲、破碎帯の影響範囲などが含まれる。非共通要素には、トンネルに該当するものが多い。

また「考慮すべき地質要素」においても、トンネルとその他の工種では傾向が異なる。特に「深層風化」、「熱水変質」、「粘土鉱物」、「卓越する割れ目」、「割れ目の開口・密着」、「異方性」、「水による劣化」に関する評価の違いが明瞭である。

以上のように、トンネルとその他の工種では、岩盤分類の手法が異なることが明らかになった。トンネルと地下発電所でも傾向が異なるのは、設計手法に加えて、立地選定も関係すると考えられるが、興味深い。

表-1 既存岩盤分類からの調査項目

調査物件名称:									
提案者(組織)	対象構造物	対象岩盤	対象箇所	分類(評価)要素	調査計測手法	重み付け	分類記号	設計への反映	
土木研究所 電中研 日本道路公団 鉄道総研 農水省 電源開発	ダム基礎 地下発電所 トンネル 切取り法面 橋梁基礎 原石山	硬岩 地質時代 岩石名 軟岩 地質時代 岩石名	地表露頭 ダム掘削面 切取り法面 自然露頭 トンネル 一般トンネル 地下空洞 調査横坑 ボーリングコア	・地質 風化の程度 割れ目頻度、間隔 (RQD) 割れ目の性状 変質状況 岩石の硬さ (岩石種) 弾性波速度(Vp,Vs) 地山強度比 湧水量 c/φ ・地形 被り 山岳、平野	ショットロックハンマー 針貫入試験 ポイントロード試験 弾性波測定 電気探査(比抵抗) 岩石試験 岩盤力学試験 内空変位測定 「色」指標値 エコーチップ 目視観察 その他		A B C D α β γ I II III	基礎としての耐荷性能 空洞の変形 切取り法面勾配 止水性能 材料としての適正 トンネル支保工の設計	
凡例 既存岩盤分類から調査項目の抽出方法の事例を示す。該当する組織・構造物に対して、対応する項目・要素などをそれぞれ■のチェックマークで示している。									

表-2 岩盤分類に際しての評価特性とその分類指標および考慮すべき地質要素

工 種	評価特性	分類 指 標											考 慮 す べ き 地 質 要 素									
		共通要素					非共通要素						岩石の種類（地質の種類）	熱水変質	破碎帯の影響範囲	卓越する割れ目	異方性を有する堆積岩・変成岩	開口・密着状態	深層風化	水による劣化	粘土鉱物	
		岩石の硬さ	割れ目の頻度	割れ目の方向性	割れ目の性状	岩石の風化	地質（岩種）	弾性波速度	地山強度比	吸水膨張	膨張性	塑性流動										潜在応力
ダム	岩盤の変形性	○	◎	○	◎	△								※	※	※	※	※	※	※		
	岩盤のせん断強度	◎	○	○	○	△								※	※	※	※	※	※	※		
地下空洞	岩盤の変形性・せん断強度	◎	○	△	○	×								※	※	※		※	※	※		
原子力発電所	岩盤の変形性・せん断強度	○	◎	○～△	○	○	○							※	※	※		※	※	※		
のり面・斜面	岩盤のせん断強度	△	○	◎	○	△								※	※	※	※		※			
橋梁	岩盤の変形性・せん断強度	◎	○	◎	△	○								※	※			※	※			
トンネル	切羽の自立性 支保工にかかる土圧	硬岩地山	△	△			○	◎	◎	◎					※	※						
		軟岩地山						◎	◎	◎					※	※					※	※
		特殊地山						◎	◎	◎	○	○	○	○	※	※					※	※

(凡例) 評価に際しての指標の重み付け◎:高、○:中、△:低

評価に際して該当する地質要素: ※

今後これらの検討結果の見直しを含めて、整理表には岩盤分類指標～調査計測手法（手法、試験値、難易度）の現状も調査されており、これらの取りまとめと評価を今後実施する予定である。

4. 岩盤分類基準の策定の考え方の提案を目指して

「はじめに」も述べたように、国内外において岩盤分類を統合化する動きが活発である。また、今後新たな構造物やこれまで以上に複雑な地質を対象とした工事において、新たな岩盤分類を策定する必要性が生じることが想定される。このような検討に際しては、岩盤分類が必要とされる理由や、設計・施工に際して岩盤分類がどのように役立っているかを整理しておく必要がある。WG5では後者の検討を目的として、(1) 設計思想を基本とした調査の考え方を示す中で「岩盤分類の必要性」を、また(2) 調査から施工までの手順の流れを示す中で「設計・施工段階での役割」についてまとめることにより、(3) 岩盤分類基準の策定に関する考え方をまとめ、今後想定される新たな岩盤分類策定に備えることとした。

このような観点で、現在までに工種毎に以下の作業を実施してきた。ここではトンネルを対象とした岩盤分類に関して例示した。

4.1 岩盤分類の必要性

岩盤分類の必要性を、調査サイドと設計施工サイドの橋渡しの観点から、検討した。構造物建設のための調査は、設計施工に際してどのような入力条件が求められているかを意識して実施される。この流れを図-2では、①構造物の設計思想（基本留意事項を含む）、②設計施工上解明すべき項目、③調査項目、④調査手法として表した。「調査手法」→「調査項目」から明らかになる岩盤特性と岩盤物性の関係、一方「設計思想」→「解明すべき項目」より導き出される設計に必要な諸物性とを、岩盤分類が橋渡し、これにより設計施工を効率的かつ効果的に実施することが可能となる。

具体例としてのトンネル施工（図-2）においては、調査サイドからは、まず地質観察により、岩石の種類、岩石の硬さ（岩石の風化）、割れ目の頻度や方向性などの岩盤分類要素を考慮した岩盤特性を区分する。次に、現位置での簡易試験（弾性波速度測定、一軸圧縮試験など）によって得られた値との関連付けから、岩盤分類を行う。一方、設計施工サイドからは、設計思想や基本留意事項から導き出される設計施工上解明すべき項目、ここでは特に切羽の自立性や支保工にかかる土圧が重要な解明項目であることを導き出した。これらの項目が主に岩盤の変形特性やせん断強度に依存することを考慮して、これに対応する形で岩盤分類基準が策定される。

さらにトンネルでは、設計思想に記述したように、工期や工費を正しく見積もるために、施工のし易さ等の観点も考慮した地山分類が一般的に使用されている。

4.2 岩盤分類の設計・施工段階での役割

岩盤分類基準を策定する際に考慮すべき項目として、設計施工に対してどのように岩盤分類がかかわっているかを明らかにする必要がある。このような観点から、図-3に設計から施工段階でどのような形で岩盤分類が関わるかを記述した。すなわち、調査に基づき、地質分類要素を考慮して策定された岩盤分類が作成され、次にこの岩盤分類に基づき岩盤（岩質分布）モデルが作成され、この岩盤モデルを考慮して設計が実施される。また設計の段階に準じて詳細な調査が順次実施され、岩盤モデルは改良され、より詳細で精度が高くなる。

トンネルの設計施工の例（図-3）では、支保工の数量など実施に直接反映できるように、工学的な要素を考慮した地山分類による評価が行われていること、ならびに実施をしながら地山分類を再評価、改良し、設計にフィードバックすることが特徴と言える。

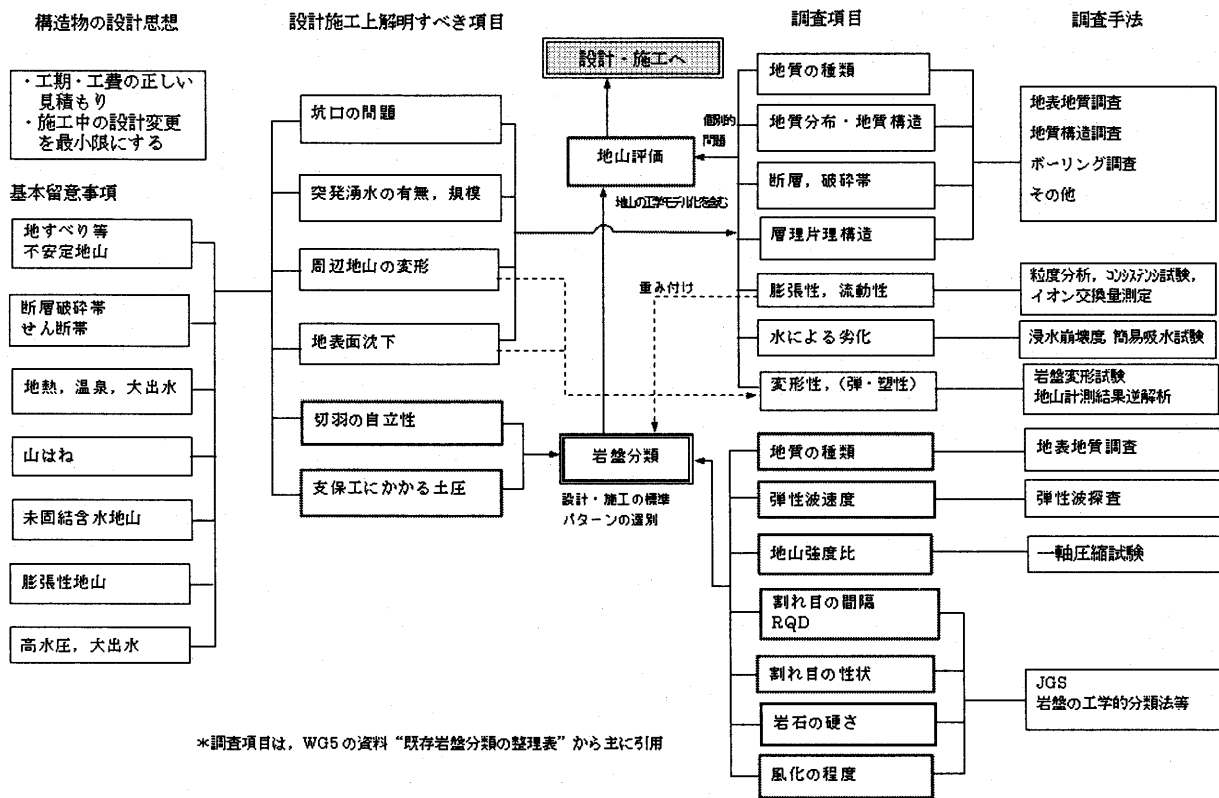
以上のような観点から岩盤分類の必要性やその役割を検討してきた。このような検討結果に基づき、新たな工種や特殊な地質状況にも対応できる、岩盤分類策定基準を提案していく予定である。

5. おわりに

ここではWG5における活動の現状を紹介した。今後、これまでの検討結果に基づき、日本における岩盤分類の統一的なレビューを行うとともに、岩盤分類基準策定のための考え方を示していく予定である。なお本作業の内、既往の岩盤分類の整理に当たっては、WG1からWG4のメンバーに協力して頂いた。

参考文献

- 1) 田中治雄（1964）：土木技術者のための地質学入門，山海堂
- 2) 高橋彦治・菊地宏吉・吉川恵也・櫻井孝（1985）：建設工事における地質工学，鹿島出版会，316p.
- 3) 日本応用地質学会（1984）：岩盤分類，応用地質特別号，189p.
- 4) 日本応用地質学会（1992）：日本の岩盤分類，応用地質特別号，51p.
- 5) 芥川真一・木谷日出男・進士正人（2002）：トンネルの地山分類に関する現状と課題，平成14年度特別講演およびシンポジウム予稿集，日本応用地質学会，pp.2-9
- 6) 地盤工学会（2004）：新規制定地盤工学会基準・同解説，岩盤の工学的分類方法（JGS 3811-2004），70p.
- 7) 森 良樹・阿南修司・佐々木靖人・脇坂安彦（2005）：ダム基礎岩盤の岩盤分類と力学的測定値との相関，ダム技術，no.220，pp.29-41
- 8) 吉川龍之進・桜井春輔・菊地宏吉 編著（1989）：トンネルを対象とした岩盤分類 - 岩盤分類とその適用 -，土木工学社，pp.62-89



構造物の設計思想と調査の流れにおける岩盤分類の役割（トンネル）

図-2 調査と設計・施工の橋渡しとしての岩盤分類の必要性

トンネルの設計・施工の流れと岩盤分類の役割

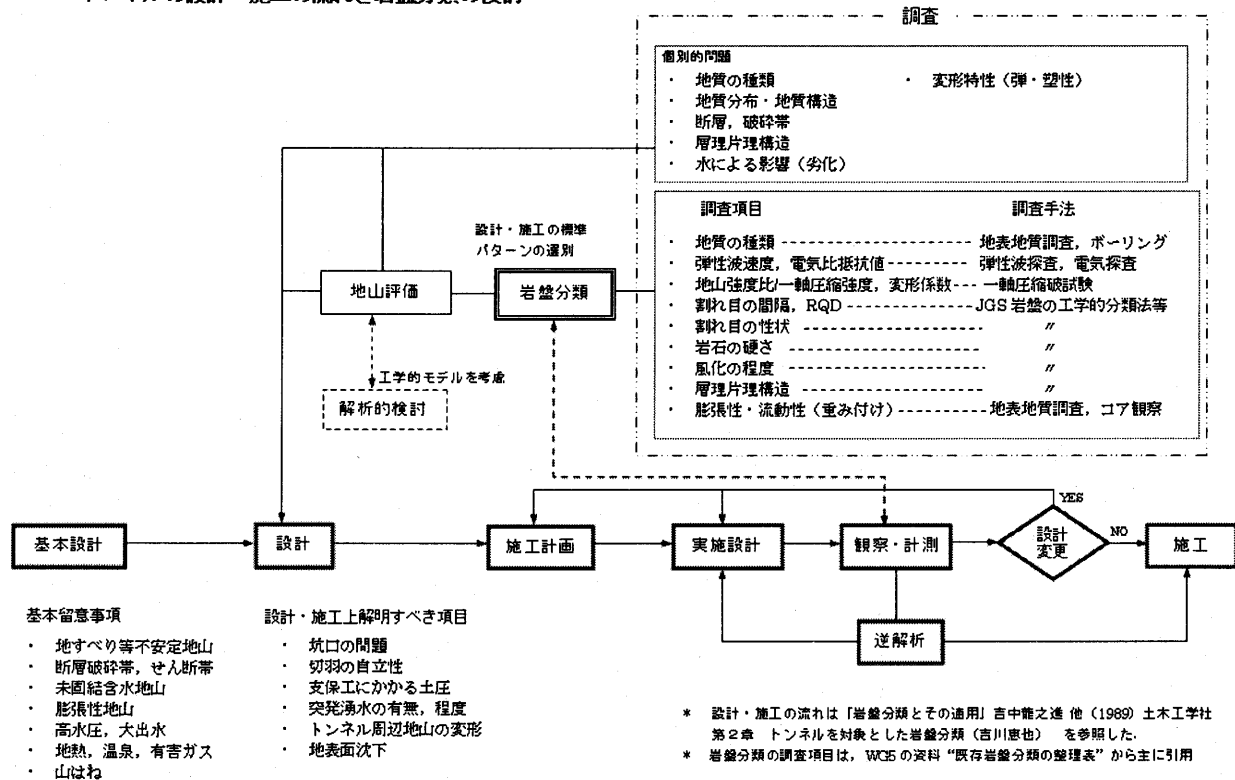


図-3 設計・施工における岩盤分類の役割