

新桂沢ダムにおける基礎岩盤の評価手法 —同軸嵩上げダムにおける既設ダム堤敷の岩盤評価—

尾関 敏久¹・長田 仁²・谷口 清²・菅野 裕也²

¹北海道開発局 旭川開発建設部 サンルダム建設事業所 (〒098-1205 北海道上川郡下川町西町68)

²北海道開発局 札幌開発建設部 幾春別川ダム建設事業所 (〒068-2113 北海道三笠市幾春別山手町91-1)

幾春別川総合開発事業では、桂沢ダムの再開発(同軸嵩上げ:新桂沢ダム)と新規流水型ダム(台形CSG:三笠ぼんべつダム)の建設を進めている。新桂沢ダムは堤敷面の約7割を1957年完成の桂沢ダムが占めるが、桂沢ダム建設当時の詳細な岩盤情報が現在の解析に耐えうる形で残されていなかった。本報告では、ボーリング調査による直接的な状況確認が困難な既設ダム堤敷面を含めた新桂沢ダムの岩盤評価手法について述べる。

キーワード 基礎技術, ダム再開発, 同軸嵩上げ, 岩盤評価

1. はじめに

新桂沢ダムは、石狩川水系幾春別川上流(図-1)に位置する北海道開発局で最初に建設された多目的ダムである桂沢ダム(1957年完成, 堤高63.6m, 堤頂長334.25m)を、我が国の直轄ダムとしては初めてダム軸を同じくして11.9mの嵩上げ(表-1, 図-2, 3)を行う再開発ダムであり、洪水調節, 水道用水, 発電最大出力の強化, 新規工業用水の確保を目的とする。

新桂沢ダムは、既設の桂沢ダムを運用しながら建設を実施する計画としており、転流方法, 建設中のダム運用, 新旧堤体コンクリートの一体化等, 新規ダムとは違った技術的課題を多く有する。

桂沢ダムは56年以上が経過した現在でも健全にその役割を果たしているが、河川管理施設等構造令の制定前に建設されたダムであり、新桂沢ダムの建設にあたっては現行の設計基準に合致したものでなければならないことから、あらためて既設堤体堤敷を含めた岩盤評価が必要



図-1 新桂沢ダムの位置図

である。

既設堤体堤敷は施工時に基礎掘削等により直接確認することが不可能であるが、桂沢ダム建設当時の基礎掘削時の岩盤スケッチ等, 基礎岩盤の詳細な情報についても残っていない状況であった。

本論では、上述のように直接的な状況確認が困難な同軸嵩上げダムにおける旧堤体側基礎において、限られた情報を基に実施した岩盤評価手法について述べる。

2. 基礎資料の収集

(1) 直接的情報

通常、ダムの地質調査を行う際、露頭, 横坑, トレンチ, ボーリング等の調査により直接地質の性状を把握する。これらは通常、ダム軸に平行及び垂直な測線からな

表-1 新桂沢ダムの計画概要

項目	桂沢ダム(既設)	新桂沢ダム
堤体	位置	北海道三笠市桂沢地先
	型式	重力式コンクリートダム
	堤高	63.6m / 75.5m(+11.9m)
	堤頂長	334.25m / 397.0m(+62.7m)
	堤体積	350,000m ³ / 594,800m ³ (245千m ³)
	非越流部標高	EL.188.60m / EL.199.90m
貯水池	集水面積	298.7km ² (うち、間接流域147.5km ²)
	湛水面積	4.99km ² / 6.66km ² (+1.67km ²)
	総貯水容量	92,700千m ³ / 147,300千m ³ (+54,600千m ³)
	有効貯水容量	81,800千m ³ / 136,400千m ³ (+54,600千m ³)
	洪水期制限水位	EL.184.750 / EL.190.700
	常時満水位	EL.187.000 / EL.193.100
	サーチャージ水位	EL.187.000 / EL.196.800
計画流量	設計洪水流量	23.5m ³ /s / 25.847m ³ /s
	最大取水量	550m ³ /s / 910m ³ /s
	ダム設計洪水流量	660m ³ /s / 1,200m ³ /s

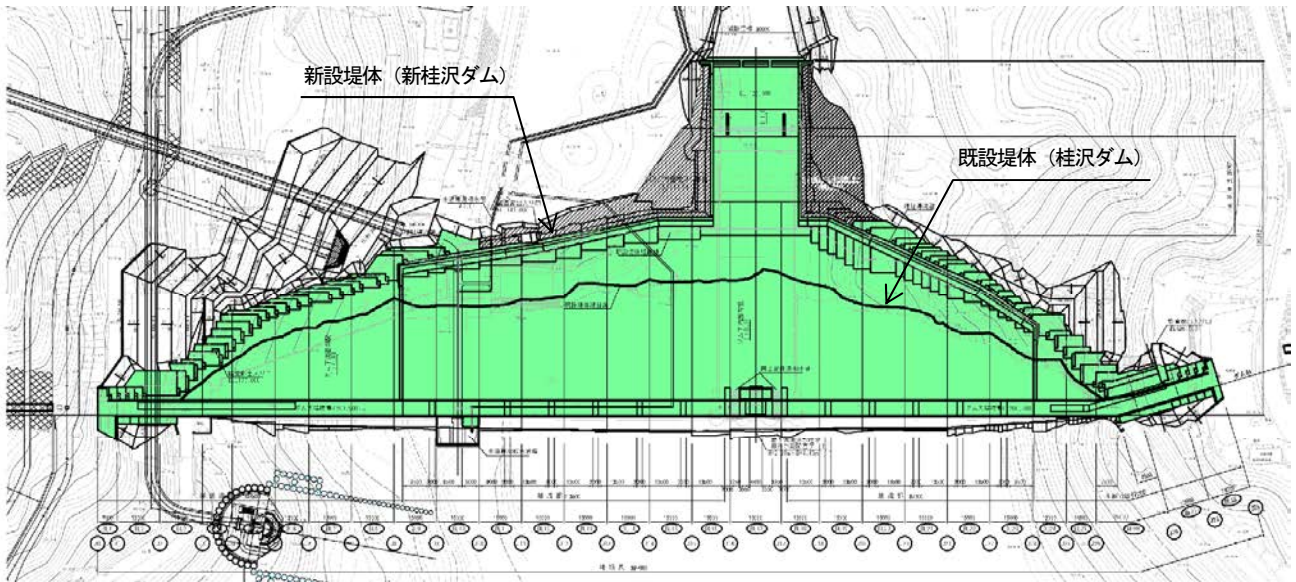


図-2 新桂沢ダム平面図

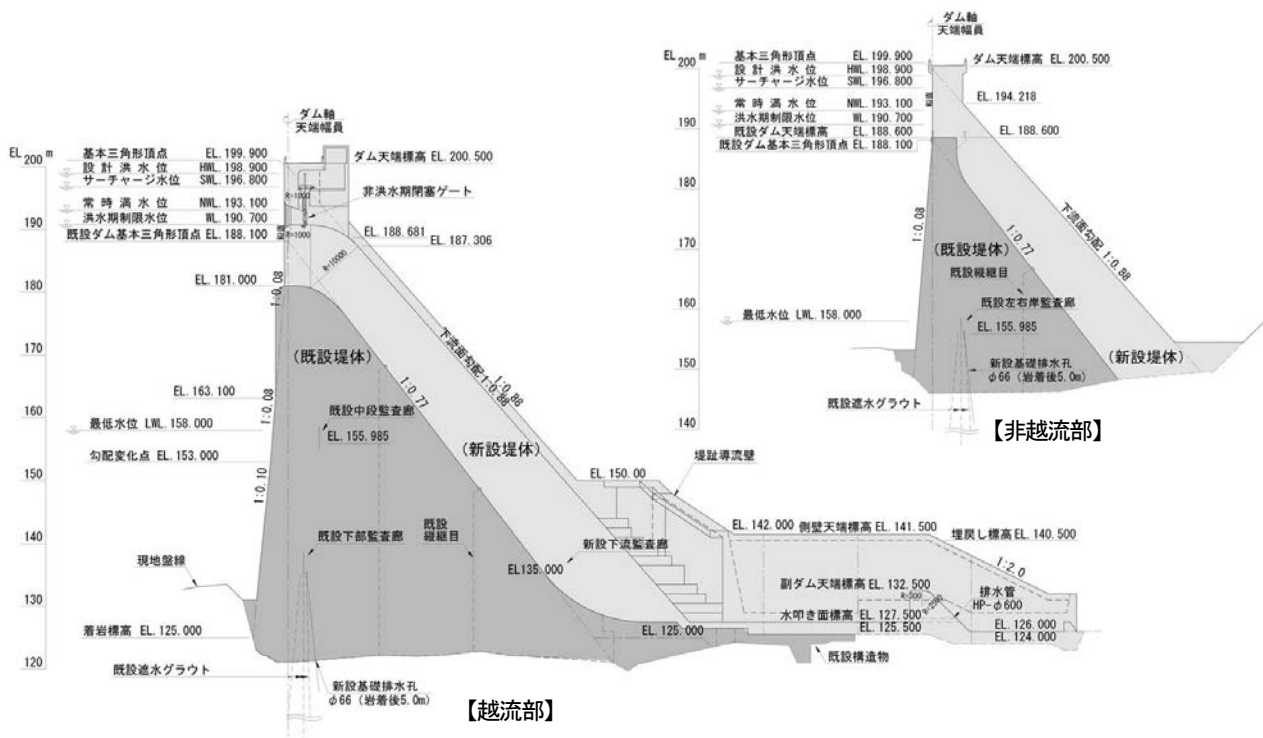


図-3 新桂沢ダム標準断面図

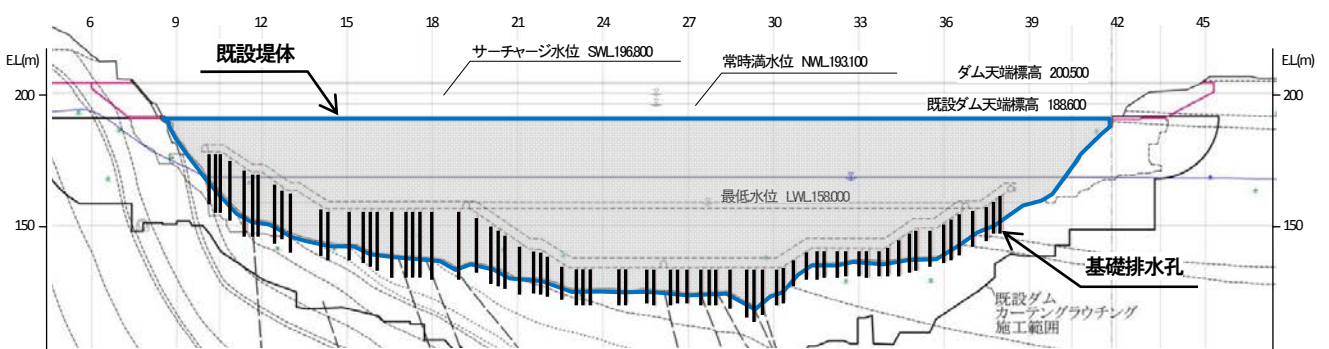


図-4 基礎排水孔ボーリング箇所図

るグリッドを設定して行う。新桂沢ダムにおいても同様の調査を実施したが、既設堤体部においてはグリッド状にボーリング調査を行うことができなかったことから、既設ダム監査廊にて、既にその多くが閉塞していた基礎排水孔の再設置を兼ねてコアボーリングを実施した(図-4)。これにより、監査廊沿いに概ね5m間隔で着岩5m深度までの岩盤情報を得た。

(2) 間接的情報

ボーリング調査ができない既設堤体堤敷の情報を補

表-2 地質対比表

	礫岩
露頭での産状	 <p>河床沿いの露頭にみられる②層最下部の礫岩(Cg)。礫に剥離性があり、露頭面は凹凸に富む。基質部はやや軟質である。</p>
ボーリングコア	 <p>BL6-1 15.9m~16.2m ②層最下部の礫岩(Cg)。岩芯部まで風化により褐色化し、礫岩自体が軟質化する(礫に剥離性あり)</p>
基礎掘削面での状況	 <p>(写真番号302) S29.8.5 上流より見た②ブロックB:礫岩(Cg)と想定。 ②ブロックの左岸側に、幅50cm~1mで礫を含み、掘削面に凹凸が認められる層が分布する。</p>

完するため、ここでは既設ダムの建設当時の施工記録写真や床固め(現在のコンソリデーション)グラウチング記録等の情報を活用した。特に掘削面を撮影した記録写真が260枚程存在したことから、これらの写真の撮影範囲を確認、整理の上、岩相毎に、近傍のボーリングコア、露頭情報、写真での状況を表-2に示すように関連付けた。また、記録写真は、撮影範囲毎に岩相の見え方に着目して「判読可能」「不明瞭」「遠景」「写真なし」に分け情報の「確からしさ」を区分した。(表-3)

3. 地質図の作成

(1) 地質図作成フロー

岩級区分図の作成にあたり必要となる地質図の作成フローを図-5に示す。新規ダムの場合、基礎掘削時に岩盤

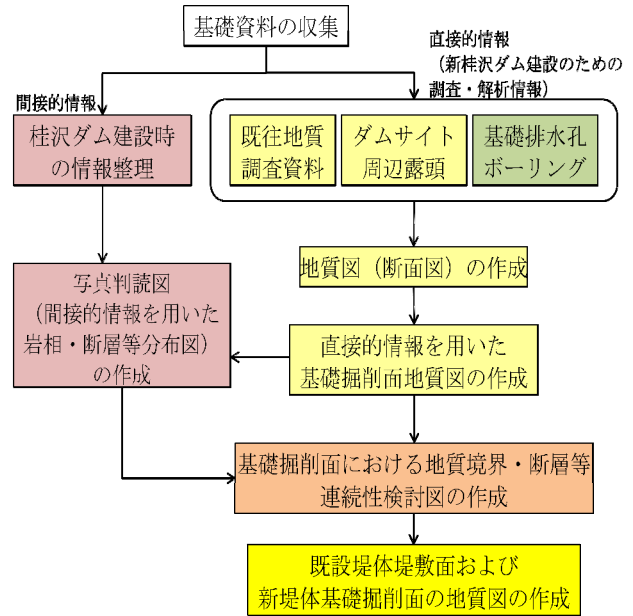


図-5 地質図作成フロー

表-3 確からしさの区分

	判読可能	不明瞭	遠景写真	写真なし
写真				
状況	施工記録写真があり、岩相の識別ができる。地質弱部の位置を判読出来る。	施工記録写真はあり、概ねの岩相は判読できるが、作業者や水たまり、掘削ズリなどで地質境界や性状の識別ができない。また、地質弱部の位置などまで判読できない。	施工記録写真はあるが、遠景のため性状の判読までは不可能である。	施工記録写真が無く、掘削面の情報がない。

スケッチを行うが、当ダムの場合、既設堤体堤敷部では基礎掘削を実施しない為、堤体工事前の現段階での地質図の作成は特に重要である。

新規ダムの場合、作成フローは概ね黄色の箇所のみで作業を進めるが、ここでは、前述のとおり限られた情報である直接的な情報（図-5右側）の補完として間接情報（同左側）を用いて既設堤体堤敷部の写真判読図を作成の上、ボーリングデータから断層や地質境界の連続性を検討し、地質図（平面図及び縦横断図）を作成した。

(2) 写真判読図（間接的情報に基づき作成した岩相・断層等分布図）の作成

前章で示したボーリングコア、露頭と施工記録写真の関連付けにより、写真判読から作成した既設堤体堤敷面の地質図を図-6に示す。ここでは、岩相や断層が明瞭に判読できる箇所のみ着色して表現した。

(3) 地質境界・断層等連続性検討図

作成した写真判読図と近傍のボーリングコアの状況から、写真による情報が得られていない箇所について、地質境界や断層の連続性を検討した（図-7）。検討図では、

露頭やボーリングコア、写真等複数の情報で確認されている線を赤、ボーリングコアのみで確認している線を橙、写真のみで確認している線を緑に分けて記載し、情報量の違いを表現している。

(4) 地質図の作成

ボーリングコアによる地質情報と前項で作成した地質境界及び断層の連続性に関する情報から地質平面図を作成するとともに、これを用いてボーリング情報のみから想定した地質縦断を見直し、地質縦断図を作成した。図-8に示す地質平面図では、監査廊周辺や既設ダムより下流の密に直接的な情報が得られ、地質図としてほぼ確実な箇所をⅠ、既設堤体堤敷面において直接的又は間接的信息から連続性の良い地質を反映して判断した箇所をⅡに確実度を区分して整理した。

新桂沢ダム堤敷面の地質は、左岸側の一部に砂質岩主体の中部エゾ層群三笠層が分布する他は、大部分を泥質岩主体の上部エゾ層群が占める。また、河床部には上下流方向に比較的大きな高角度断層（F3）とこれより左岸側に小規模な断層が存在している。

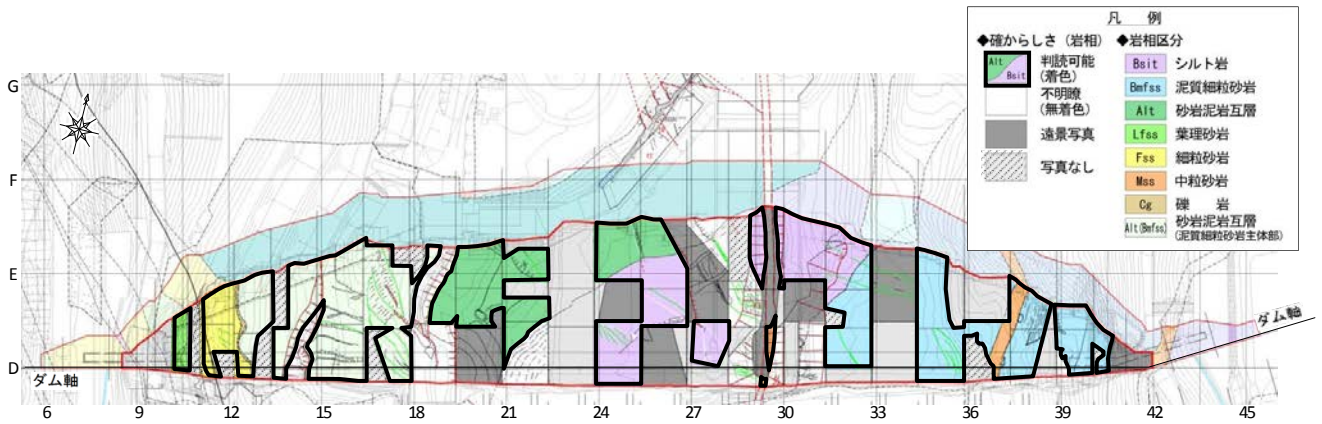


図-6 写真判読図（間接的情報に基づき作成した岩相・断層等分布図）

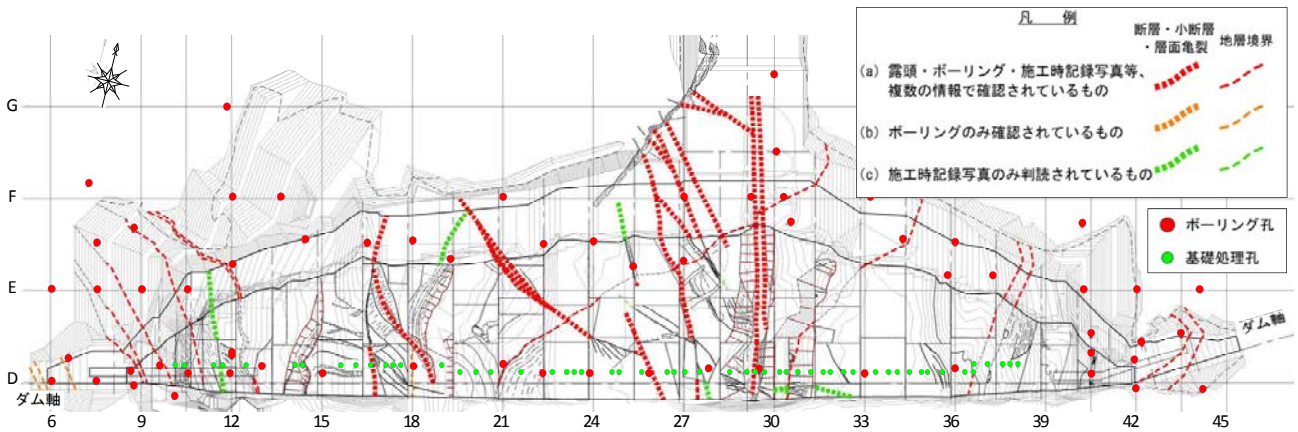


図-7 地質境界・断層等連続性検討図

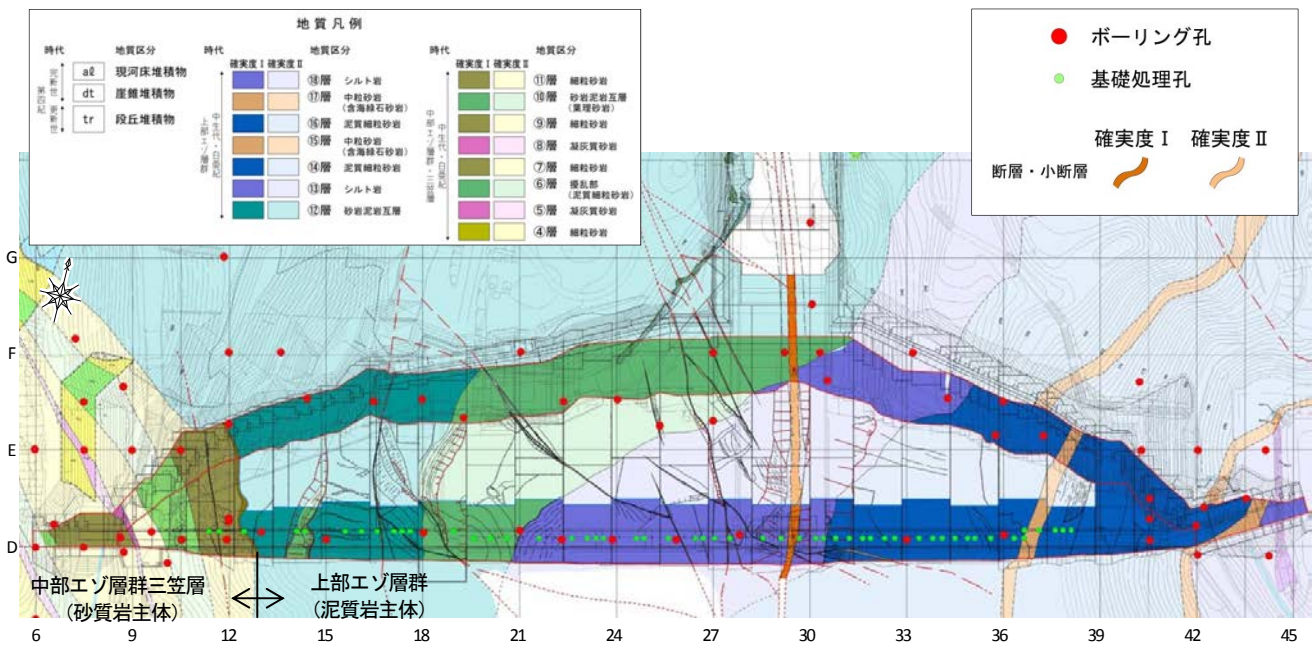


図-8 地質平面図

4. 岩級区分図の作成

(1) 岩級区分図作成フロー

岩級区分図の作成フローを図-9に示す。岩級設定にあたっては、「岩塊の硬さ」「割れ目の間隔」「割れ目の性状」の三要素の組合せによりCH級～D級まで区分している。ボーリング調査箇所においては、これら三要素の情報が直接得られるが、既設堤敷部において各岩級がどのように分布しているか推定するため、ここでも間接的情報である施工記録写真での判読（フロー左側）が必要となる。最終的には地質図を基に、直接的・間接的調査によって岩盤の三要素組合せが得られた箇所毎に岩級を設定した。なお、新規ダムでは、概ね水色と黄色の箇所

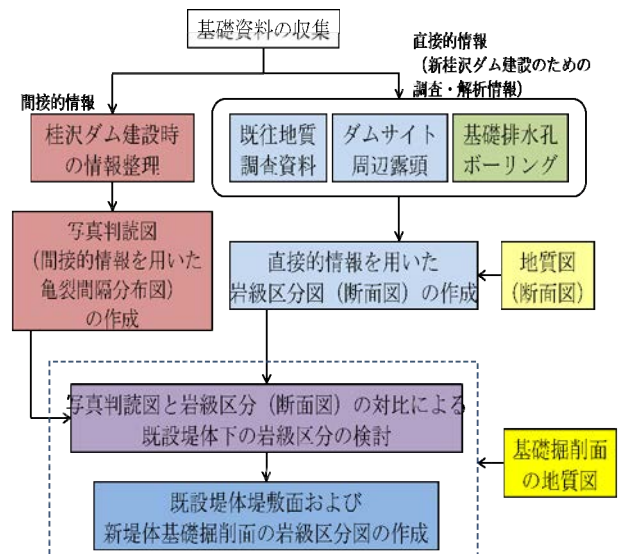


図-9 岩級区分図作成フロー

(フロー右側)のみで検討を進めることとなる。

(2) 写真判読図 (間接的情報に基づき作成した亀裂間隔分布図) の作成

写真において得られる情報は「割れ目の間隔」であり、岩相毎に撮影箇所の亀裂間隔の判読を行い、図-10に示すような写真判読図を作成した。この時、地質図作成時と同様に「確からしさ」による区分を行った。

(3) 岩級区分図の作成

ボーリングデータから作成した岩級区分図と写真判読の結果を関連づけ、地質図から得られる地質の連続性を加味して各岩級の分布を検討し、岩級区分図 (平面図及び縦横断面図) を作成した。

図-11に示す岩級区分平面図では、密な調査により直接情報が得られ岩盤状況の分布が確実なものをI、既設堤敷部でブロック毎に評価した時に、上下流のボーリングで岩盤状況を確認し、地質の連続性が良い箇所をII、直接的・間接的情報が無く、周辺の岩盤状況から想定した箇所をIIIに確実度を区分して整理した。

新桂沢ダムの堤敷面の岩級は、左右岸アバット部にCL～CM級が分布し、河床部では断層周辺等にCM級が分布する他は概ね良好なCH級が広がっている。なお、堤体設計において、作成した岩級区分平面図を用いて堤体の安定計算を行う際、確実度IIIの部分においてはD級岩盤の広がりが無いことを確認の上、安全側を考慮し、CL級を最低限度として、CH級が想定される場合はCM級へ、CM級が想定される場合はCL級へそれぞれ岩級を1ランク下げて安定計算を実施することにより、基礎掘削時に確認することができない岩盤状況の不確実性を設計に反映させた。

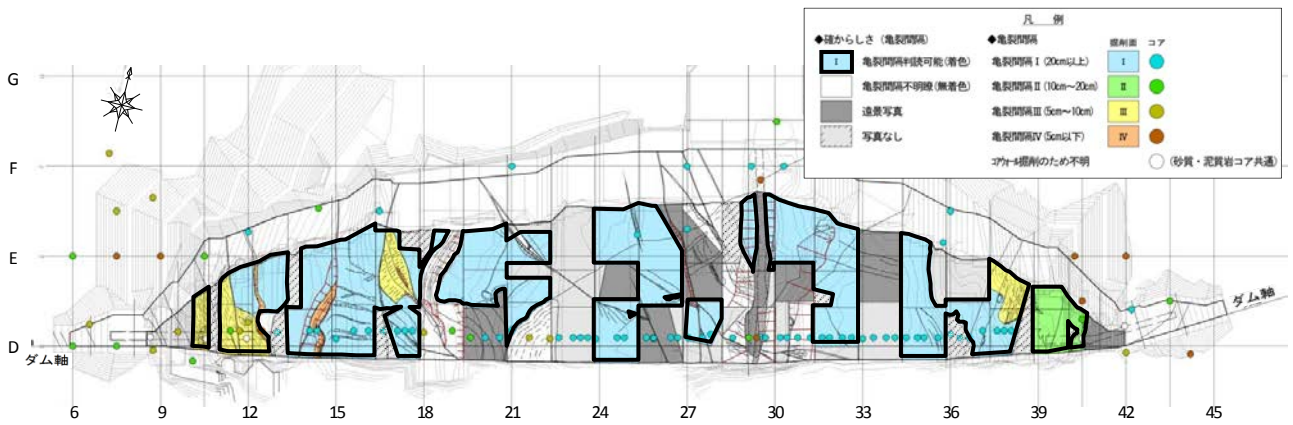


図-10 写真判読図（間接的情報に基づき作成した亀裂間隔分布図）

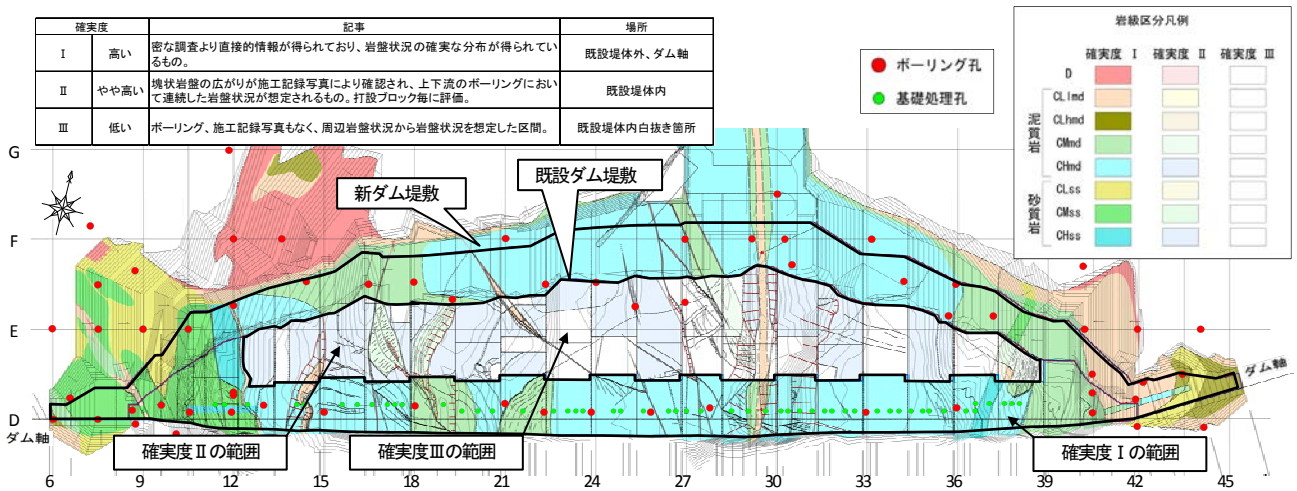


図-11 岩級区分平面図

5. まとめ

本論の内容をまとめると以下のとおりである。

- ① 再開発事業における同軸嵩上げダムでは、既設ダムが古く、堤体基礎の情報が適切に残されていないことがある。
- ② 同軸嵩上げダムの場合、既設堤敷面は、直接岩盤面を確認する機会が無いことから、密な地質調査を行うことが困難であり、当該箇所の岩盤状況をいかに把握するかが特に重要となる。
- ③ 既設ダム建設当時の情報を広く収集し、これを間接的情報として、調査ボーリング、露頭、調査横坑などの直接的情報の補完として活用し、総合的な解析及び推定を行う必要がある。
- ④ 作成した地質図や岩級区分図は、情報の確からしさや情報量により「確実度」を区分して整理、作成するとともに、確実度の劣る箇所は安全側を考慮して設計を行う。

今後、新規のダム開発が減少する一方で、既存ダムの有効利用として、当ダムのような同軸嵩上げによる既設

ダムの再開発が増えることも考えられる。本論では、通常、新規ダムの地質解析では作成しないであろう図面を中心に掲載した。本事例が今後の同軸嵩上げダムの参考となれば幸いである。

同軸嵩上げダムの場合、既設ダムの設計・施工に関する詳細な情報が残っていることが望ましいことは明白であり、当ダムの岩級区分図のように確実度が低い箇所がある場合、安全側に設計せざるを得ないこととなり、コスト増につながる恐れもある。さらには、新規ダムも含めて、設計・施工の情報を適切に取りまとめ、保存しておくことは、長期的な観点から、将来、時代のニーズに応じた再開発を行う際、又は災害等により堤体に何らかの異変が認められた際に非常に重要になると考える。

謝辞：本検討を行う上で（独）土木研究所並びに寒地土木研究所、国土技術政策総合研究所の関係者から評価手法及び評価内容に関わる多数の助言を頂戴した。ここに感謝の意を表したい。

参考文献

- 1) (財)ダム技術センター：多目的ダムの建設 第3巻 調査Ⅱ 編 p77