

# 徳山ダム基礎における水理地質構造の評価について

独立行政法人 水資源機構 徳山ダム建設所 工事課長 川地 悟

## 1. はじめに

独立行政法人水資源機構が建設を進めている徳山ダムは、木曾川水系揖斐川の最上流に位置する中央遮水壁型ロックフィルダムで、堤高 161m、堤頂長 427.1m という日本国内有数の規模を有する。

平成 12 年から掘削工に着手し、平成 17 年 11 月末に盛立工を完了した。ダム基礎岩盤に対する基礎処理は、平成 14 年 5 月から平成 17 年 2 月にブランケットグラウチング、平成 15 年 9 月から平成 18 年 5 月にカーテングラウチングを施工した。平成 18 年 9 月より試験湛水を開始している。

基礎処理（カーテングラウチング）の施工にあたり、透水性、地下水の状態、浸透破壊抵抗性等の水理地質特性に着目した地質構造（以下、水理地質構造という）を設定し、施工を進めながら水理地質構造を見直した。見直した水理地質構造毎に改良評価をしたところ、地質特性や風化要素を区分することで改良のしやすさなどの特徴をよく表現できることがわかった。本報では、徳山ダム基礎における水理地質構造の評価について報告するものである。

## 2. ダムサイトの地質

ダムサイトの基礎は、中古生層の美濃帯を基盤岩とし、主に玄武岩、凝灰岩、チャート、粘板岩より構成される。ダム軸断面では、主に左岸側にチャート・玄武岩、右岸側に凝灰岩・粘板岩が分布する（図-1 参照）。

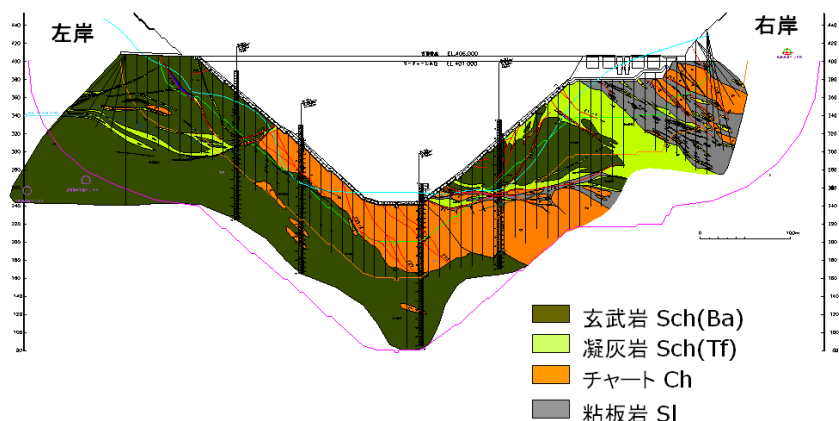


図-1 カーテングラウチングライン地質断面図

## 3. 水理地質構造の設定について

### 3.1 風化のメカニズム

ダムサイトの水理地質構造を評価する際の風化のメカニズムとしては、酸化帯と溶解帯について着目した。その特徴を図-2に示す。

酸化帯では炭素(C：主に有機物に含まれる)、硫黄(S：主に黄鉄鉱)、鉄(Fe：主に造岩鉱物や鉄鉱物)は酸化して、方解石や石灰岩( $\text{CaCO}_3$ )を

区分	風化作用	
表層酸化帯	地表	CO <sub>2</sub> ↓ O <sub>2</sub> ↓
酸化帯	地下水水位 ↑	酸化フロント ↓
溶解帯	↓	H <sup>+</sup> ↓
新鮮岩体	↓	溶解フロント ↓
		炭酸による鉱物の溶解 緑泥石→スメクタイトまたは分解 黄鉄鉱→硫酸+鉄の酸化物/水酸化物 鉱物の溶解と化学成分の溶解

図-2 堆積性軟岩の化学風化のメカニズム<sup>1)</sup>

主成分とする)は溶解して消失する。また、地下水中に  $\text{Fe}^{2+}$  の形で溶けていた鉄も空気に触れるなどして条件が酸化環境になれば、 $\text{Fe}(\text{OH})_3$  (赤錆の主成分)の形で沈殿する。

一方、溶解帯では酸化帯でできた硫酸( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )や炭酸( $\text{H}_2\text{CO}_3$ )が地下水とともに下方へ移動して、方解石や石灰岩が溶解して消失する。

### 3.2 岩種毎の特徴

ダムサイト地質の主要な岩種について、高透水の原因となる酸化、溶解の特徴を述べる。

粘板岩中に含有される黄鉄鉱( $\text{FeS}_2$ )は、地表近くで酸化して硫酸( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )となり消失し、有機物等として含有される炭素は地表近くで炭酸( $\text{H}_2\text{CO}_3$ )として消失し水みちを形成する。

チャートは、珪酸分(シリカ: Si)を主体にして堆積した非常に硬い岩石であるが、溶岩流、海底地滑り、断層、褶曲等の要因で破壊、岩塊化し割れ目ができる。割れ目は、石英脈や方解石脈等で充填されることがあるが、一部は完全に充填されないまま地表近くで地下水等の影響により褐色化する。割れ目沿いに含有している鉄分を含む鉱物が酸化・消失し水みちを形成する。

玄武岩・凝灰岩は、海底で噴出した溶岩を主体とする。溶岩流表層周辺には海水に触れて急冷してできる冷却割れ目または玄武岩碎屑物が多くできる。これらの間隙には当時海底に降り注いだ石灰質の植物プランクトンが

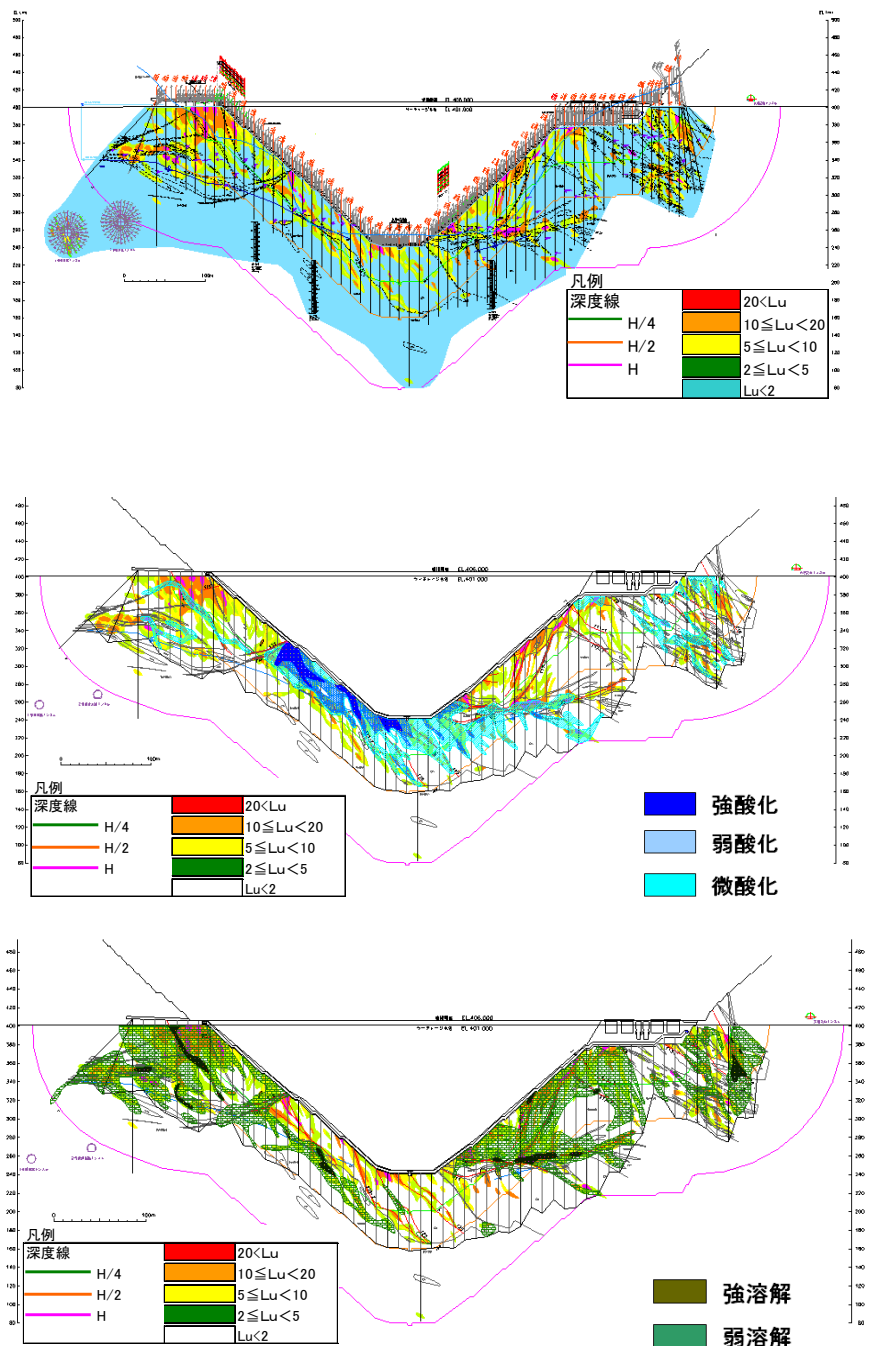


図-3 ルジオンマップ(上)・酸化度分布図(中)・溶解度分布図(下)

入り込み方解石脈となる。この方解石脈が硫酸または炭酸により溶解し水みちを形成する。

### 3.3 酸化と溶解の基準

全てのパイロット孔のコアを観察しステージ別に酸化度・溶解度を区分した。ルジオンマップ、酸化度分布図、溶解度分布図を図-3に示す。

#### 3.3.1 酸化度の基準

割れ目沿いにさらに岩芯まで酸化したコアが多いことから、コア観察による酸化度は、強酸化（全体に岩芯まで褐色化、コア欠損礫状部有り）、弱酸化（一部岩芯まで褐色化、礫状部有り）、微酸化（割れ目沿いに褐色化）、酸化無しという基準で区分した。

#### 3.3.2 溶解度の基準

高ルジオン値部には酸化の痕が殆ど無く、方解石脈が溶解した痕があることから、コア観察による溶解度は、強溶解（溶解痕あり、コア欠損礫状部有り）、弱溶解（溶解跡有り）、溶解なしという基準で区分した。

## 4. 施工時における水理地質構造の評価

### 4.1 地質特性要素の区分について

水理地質構造の風化要素区分である酸化度と溶解度の他、地質特性要素（断層、地質境界、特性要素無し）との組み合わせにより、施工時に見直し水理地質構造を再設定した。

○断層：F19、F1～F3系、右岸断層錯綜部、Ft4・F73、F18

○地質境界：左岸のチャートと玄武岩の境界、チャートと粘板岩の境界

○特性要素無し：断層、地質境界が無い部分（チャート、玄武岩）

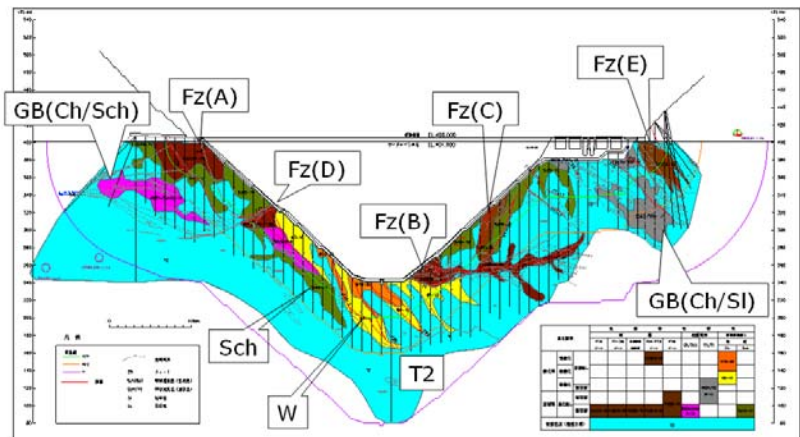
水理地質構造の名称は設計時のものを踏襲し、副記号であるルジオン値の範囲は施工時の透水試験結果により見直した(図-4参照)。

### 4.2 酸化帯、溶解帯、地質特性要素の改良度評価

水理地質構造別の改良度評価を図-5に示す。表では改良目標値に達成する次数が高いほど「改良しにくい」、低いほど「改良しやすい」と表現した。

#### 4.2.1 酸化帯

強酸化が主体の Fz(D)10-



風化要素		地質特性要素								
		断層					地質境界		特殊要素無し	
		F19 ゾーン	F1~3系 ゾーン	右岸断層 錯綜部	Ft14・F73 ゾーン	F18 ゾーン	Ch/Sch	Ch/SI	岩種	
								Ch	Sch	
酸化帯	強酸化				Fz(D) 10-20				W 10-20	
	弱酸化								W 5-10	
	微酸化							GB(Ch/SI) 5-10		
溶解帯	強溶解					Fz(E) 5-10				
	弱溶解	Fz(A) 10-20	Fz(B) 10-20	Fz(C) 5-10	Fz(D) 10-20		GB(Ch/Sch) 5-10			Sch 5-10
新鮮岩体(難透水路)		T2								
酸化・溶解区分規準		強酸化: 全体に岩芯まで褐色化、コア欠損礫状部有り 弱酸化: 一部岩芯まで褐色化、礫状部有り 微酸化: 割れ目沿いに褐色化					強溶解: 溶解跡有り、コア欠損礫状部有り 弱溶解: 溶解跡有り			

図-4 水理地質構造区分

20 と W10-20 は改良しにくい。これらはパイロット孔から1次孔あるいは2次孔にかけて注入セメント量の減少が大きいが、その後減少傾向が少なくなることから、水みちは比較的太いものから非常に細いものまでであると推定される。

弱酸化・微酸化が主体のチャートのW5-10は、浅部において3次孔で改良が完了していることから水みちが比較的太いかわりに、改良しやすいと推定される。

#### 4.2.2 溶解帯

溶解が主体の水理地質構造区分は同一ルジオン値の酸化帯と比較して全体的に改良しにくい。

弱溶解が主体の浅部の Fz(A)10-

20 では超微粒子セメントの注入が有効であったことから、弱溶解部の水みちが非常に細い毛細状であることが推定される。

強溶解と弱溶解の両方の要素を持つ Fz(E)5-10 と GB(Ch/SI)5-10 は弱溶解の特徴を持つため改良しにくいと推定される。

#### 4.2.3 地質特性要素

断層(Fz)および地質境界(GB)は溶解の要素を受けて、特性要素無しの場合にはチャート(W10-20)は、酸化の要素を受けて、また、玄武岩・凝灰岩(Sch5-10)は溶解の要素の影響を受けて、改良しにくいと推定される。溶解・酸化の影響が少ないチャート(W5-10)及び新鮮岩体部分(T2)では改良しやすい。

### 5. 水理地質構造のまとめ

見直した水理地質構造毎に改良効果を評価したところ、地質特性や風化要素に酸化度・溶解度を区分することで改良のしやすさなどの特徴をよく表現できると評価した。また、改良しにくい弱溶解による高透水ゾーン Fz(A)10-20 は超微粒子セメントを注入材料として使用することで、改良度が向上することが分かった。

### 6. まとめ

ダム基礎岩盤の基礎処理として最も一般的であるグラウチングは経験則によるものが多く、非効率的になりがちである。徳山ダムでは、調査・設計段階で水理地質構造を設定し、施工段階で逐次見直し、適切なグラウチングの施工範囲や施工方法の設定を効率的に実施することができた。徳山ダムでの施工法が他ダムの参考になればと願うものである。

(参考文献)

- 1) 千木良雅弘.1998.災害地質学入門.近未来社

図-5 水理地質区分別の改良度評価

深度区分 (改良目標値)	改良のしやすさ						
	パイロット孔	1次孔	2次孔	3次孔	4次孔	5次孔	6次孔
0-H/4 (2Lu)			T2	W5-10	Fz(C)5-10 Fz(E)5-10	Fz(A)10-20(超微) W10-20 Sch5-10 Fz(D)10-20 GB(Ch/Sch)5-10 GB(Ch/SI)5-10	Fz(A)10-20(高B) Fz(B)10-20
H/4-H/2 (5Lu)	T2		W5-10 GB(Ch/SI)5-10	Fz(C)5-10 Fz(E)5-10 GB(Ch/Sch)5-10	Fz(B)10-20 Sch5-10	Fz(A)10-20	
H/2-H (10Lu)	T2	Fz(B)10-20 GB(Ch/SI)5-10					

(超微):超微粒子セメント使用 (高B):高炉Bセメント使用(規定3次孔)

■:新鮮岩体 ■:酸化帯 ■:溶解帯 ■:酸化・溶解両方属する