【008】

シルト岩の区分と原位置試験および簡易試験の適用事例について

(株)ダイヤコンサルタント　○林星和，新山雅憲，伊藤靖雄，片山悠貴

1. はじめに

ダム基礎岩盤の調査においては，長年にわたって段階的にボーリング調査や原位置試験，室内試験，物理探査等を実施し，地質分布や透水性，物理・力学特性の把握が行われる．

本論では，上記のうち基礎岩盤の一つであるシルト岩について，原位置試験および簡易試験を実施し，シルト岩における2つの区分を定量化する目的を達成した事例について報告する．

2. 調査概要

ダムの基礎掘削範囲決定において，弾性係数を把握するために，地質調査で孔内水平載荷試験を実施することとなった．調査箇所に分布するシルト岩は，横坑内の観察により塊状部と片状部に区分されていたが（図-1），明確な基準が設定されておらず，ボーリングコアについては，調査横坑の観察結果を基に，目視観察のみで区分されていた．孔内水平載荷試験は，それぞれの区分を対象に実施して値を得る必要があったが，目視観察による区分では個人差が生じやすく，実施箇所の決定が困難であった．

このため，ボーリングコアを対象に各種簡易試験を実施し，適用性の高い試験方法の特定と，区分の定量化を試みた．

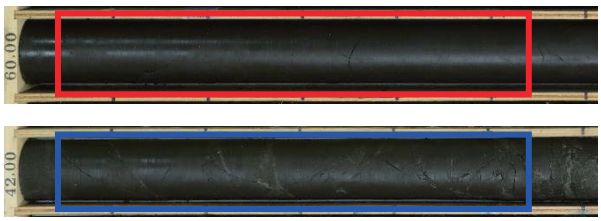

図-1 シルト岩塊状部（上）と片状部（下）の例

3. 調査方法

(1) 簡試験の種類と特徴

簡易試験は，3種類実施した．

①針貫入試験は，コア試料に針を突き立て荷重を加えた時の針の貫入量を読み取るもので，硬さは，荷重を貫入量で除した貫入勾配(N/mm)で表される．貫入勾配には，一軸圧縮強度との相関があることが知られている[1]．

② エコーチップ硬さ試験は，金属材料の硬さ測定のために開発されたもので，金属製のテストチップをばねの力で試料表面に打ち付け，チップが跳ね返る速度を電磁気学的に検出して，硬さをＬ値という整数で表示する．岩石・岩盤に対する有用性が報告されている[2]．

③色調試験は，デジタル土色計を用いて，コアの色調変化を定量的に評価することが可能である．コアの色調を明るさ（L*値），色相と彩度（a*，b*値）で数値化でき，客観的なデータに基づいて風化の程度などを把握することが可能となる．

(2) 試験方法

対象は，ダムサイトの基盤岩である新第三紀のシルト岩のボーリングコアとし，原則20cm 程度の深度間隔で実施した．割れ目の密集部にあたる場合は，試験位置をずらすなどの措置を行い，できるだけ欠測区間を生じないようにした（図-2）．

図-2 シルト岩の1m 区間における試験箇所の例

簡易試験は，コアへの影響がより軽微なものから実施することとし，色調試験，エコーチップ硬さ試験，針貫入試験の順で行った．

4. 調査結果

(1) 各種簡易試験結果

各種簡易試験の結果を柱状図とともに図-3に示す．

①針貫入試験

B-1孔の針貫入勾配は，概ね10N/mm に集中しているが，深度41.00～45.00m，深度54.00～55.00m 区間で2～5N/mm と非常に低い値を示した．

B-2孔の針貫入勾配は，概ね3～10N/mm に集中しているが，深度65.00～67.00m，深度71.00～77.00m 区間で1～3N/mm と非常に低い値を示した．

②エコーチップ硬さ試験

B-1孔のＬ値は，概ね400～500に集中しているが，深度41.00～45.00m 区間で負の方向へやや変動し，400を下回る箇所が散見された．

B-2孔のＬ値は，概ね400～500に集中しているが，深度71.00～77.00m 区間で負の方向へやや変動し，400を下回る箇所が多くみられた．

③色調試験

B-1孔のL*値は，深度37.00m 付近と深度46.00m 付近で負の方向（黒色）へ変動しており，b*値は深度45.00～50.00m と深度54.00～54.00m 区間で正の方向（黄色）へやや変動している．

B-2孔のL*値は，深度36.52m 付近と深度45.00m 付近で負の方向へ変動している一方，深度66.00m 付近でL*値が正の方向（白色）へ変動している．また，b*値は，深度44.00～50.00m と深度73.00～76.00m 区間で正の方向へやや変動している．

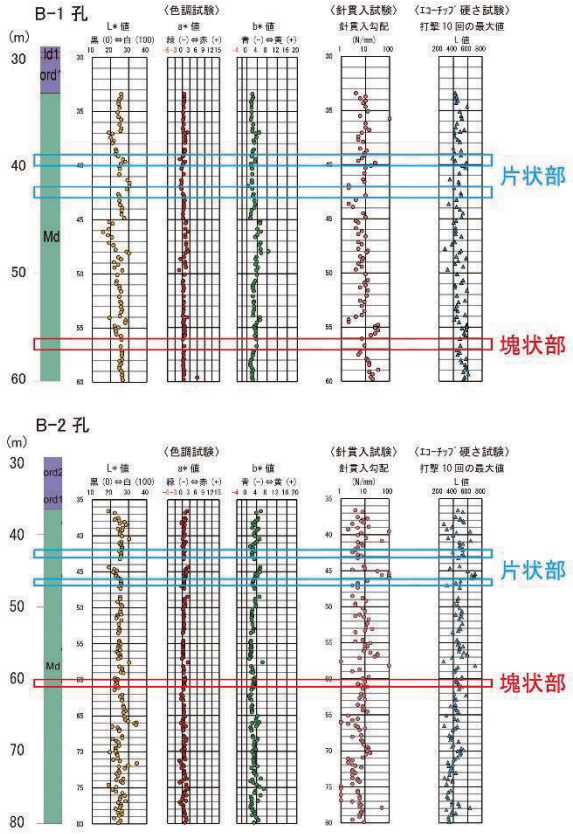

図-3 各種簡易試験結果(簡易柱状図とグラフ)

(2) 簡易試験の評価

針貫入試験では，針貫入勾配9N/mm で塊状部と片状部を区分することができた（表-1）．一方，エコーチップ硬さ試験では値の範囲に重複がみられ，色調試験では塊状部と片状部の区分に有効な数値が認められなかった．そこで，針貫入勾配の値を基に，塊状部と片状部を区分し，孔内水平載荷試験の実施位置を選定した．

表-1 各種簡易試験結果一覧

	孔名	簡易試験深度 (m)	調査横坑におけるシルト岩(MD)層の種別	簡易試験				
				色調試験			針貫入勾配 (N/mm)	エコーチップ L値
				L*値	a*値	b*値		
①	B-1孔	39.00～40.00	片状部	24.2～28.1	-1.1～1.0	1.6～3.3	9～25	389～576
②	B-1孔	43.00～44.00	片状部	24.9～26.5	0.6～0.9	2.9～3.2	2～4	343～444
③	B-1孔	56.00～57.00	塊状部	25.6～26.1	0.2～0.7	3.7～3.8	7～9	492～497
④	B-2孔	42.00～43.00	片状部	25.0～26.0	0.4～0.9	2.1～3.1	3～7	392～540
⑤	B-2孔	46.00～47.00	片状部	25.7～25.9	0.5～0.9	2.3～2.8	5～100	436～663
⑥	B-2孔	60.00～61.00	塊状部	22.7～24.0	0.7～1.0	2.5～3.3	5～10	441～483

(3) 孔内水平載荷試験結果

B-1孔と B-2孔において，片状部各2箇所，塊状部各1箇所をボーリングコアの目視による判定で選定し，孔内水平載荷試験を実施した（表-2）．

B-1孔における片状部の弾性係数は，681MN/㎡と912MN/㎡を示し，塊状部は930MN/㎡を示した．

B-2孔における片状部の弾性係数は，423MN/㎡と465MN/㎡を示し，塊状部は1,177MN/㎡を示した．

表-2 孔内水平載荷試験結果

孔名	深度 (m)	コア観察区分					孔内水平載荷試験		
		地質岩級	硬軟	コア形状	割れ目の状態	調査横坑におけるシルト岩(MD)層の種別	変形係数 (MN/m²)	弾性係数 (MN/m²)	弾性係数平均値
B-1孔	39.70	MD CL	C'	Ⅲ	a	片状部	201	268	292
								281	
								327	
	43.70	MD CL	C'	Ⅲ	a	片状部	368	610	760
								815	
								856	
	56.70	MD CL	C'	Ⅲ	a	塊状部	648	897	930
								948	
								945	
B-2孔	42.30	MD CLL	C'	Ⅳ	b	片状部	88	128	128
								–	
								–	
	46.60	MD CLL	C'	Ⅳ	b	片状部	74	120	149
								147	
								179	
	60.30	MD CLH	C'	Ⅱ	a	塊状部	718	1,185	1,177
								1,173	
								1,173	

5. 考察

孔内水平載荷試験結果と各種簡易試験の結果より，傾向や差異について検討した．

B-1孔および B-2孔で実施した孔内水平載荷試験結果より，B-1孔の片状部と塊状部は弾性係数の大きさに差はあるものの，ともに弾性係数区分 C2(C'・Ⅲ・a)に区分された．一方，B-2孔の片状部は C2(C'・Ⅳ・b)，塊状部は C1(C'・Ⅱ・a)に区分された．

以上より，弾性係数区分にやや重複する部分が見られるものの，針貫入試験結果と孔内水平載荷試験結果は整合性があり，迅速性をもってシルト岩を区分する際に，針貫入試験は有効と考えられる．

表-3 シルト岩の塊状部・片状部調査結果

調査横坑におけるシルト岩(MD)層の種別	孔内水平載荷試験			簡易試験	
	弾性係数平均値 (MN/m²)	換算弾性係数 (MN/m²)	弾性係数区分 (ダムサイト基準)	針貫入勾配 (N/mm)	エコーチップ L値
片状部	930未満		C2 (C'・Ⅳ・b)	1～9	100～500
			C2 (C'・Ⅲ・a)		
塊状部	930以上		C2 (C'・Ⅲ・a)	9以上	400以上
			C1 (C'・Ⅱ・a)		

6. おわりに

簡易試験は簡便，迅速に実施，判定できることから，掘削後，孔壁が新鮮なうちに孔内水平載荷試験を実施する上で有効なツールと考える．また，岩相区分を定量化することで客観性が向上し，試験箇所決定に際し発注者や解析業者との協議もスムーズに行うことができた．

《引用・参考文献》

1) 山口　嘉一ほか：「針貫入試験によるダムの軟岩基礎の設計強度検証」，応用地質，Vol.46，No.1，pp.20～27，2005.

2) 川崎　了ほか：「簡易反発硬度試験による岩質材料の物性評価手法の開発一試験条件の影響と基本特性に関する調査一」，応用地質，Vol.41，No.4，pp.230～241，2000.