

# 論文 供用中のコンクリートダム堤体における弾性波伝播速度の特性

市川 滋己<sup>\*1</sup>・永井 哲夫<sup>\*2</sup>・鎌田 敏郎<sup>\*3</sup>

**要旨：**著者らは、衝撃弾性波法を用いた非破壊調査手法により、コンクリートダム堤体の水平打継目の状態把握が可能であることを確認している。本手法は、弾性波（高周波成分）の評価対象深度における透過・反射特性に着目して、打継目の状態推定を行うものである。そのため、評価対象深度の分析においては弾性波伝播速度の設定が重要になる。本研究は、供用中のコンクリートダム堤体において実施した衝撃弾性波法の調査結果をもとに弾性波伝播速度の分析・検討を行ったものであり、コンクリートダム堤体中の弾性波伝播速度特性は一般的なコンクリート構造物と同等であることが分かった。

**キーワード：**コンクリートダム、衝撃弾性波法、水平打継目、弾性波伝播速度、評価対象深度

## 1. はじめに

経年によるコンクリートダムの劣化現象の一つとして、水密性や堤体の安定性にも影響を及ぼす堤体の水平打継目の剥離現象がある（図-1）。この堤体の水平打継目の状態を把握する方法としては、ボーリングによる調査が一般的に行われてきた。しかし、「調査に要するコストが高い」「堤体を微小ながら破壊する」「ポイント調査である」という課題を有しており、ボーリング調査のみで劣化の面的な広がり把握することについては限界があった。

そこで、著者らは杭基礎等の損傷調査に用いられてきた衝撃弾性波法を用いた非破壊調査技術に着目し、これをコンクリートダム堤体の内部状態の調査に適用する方法を検討し、水平打継目の劣化が懸念されるダム堤体の調査に適用した。その結果、この手法を用いることで、コンクリートダム堤体の水平打継目の劣化範囲を非破壊にて把握できることを確認している<sup>1)</sup>。

この調査手法は、水平打継目の劣化が懸念されるコンクリートダム堤体において調査測点を図-2のように格

子状に設定し、その測点において衝撃弾性波法で計測を行い、調査対象とする水平打継目での弾性波の透過・反射特性から水平打継目の劣化状態の把握を行うものである。適用した衝撃弾性波法調査の概念図を図-3に示す。

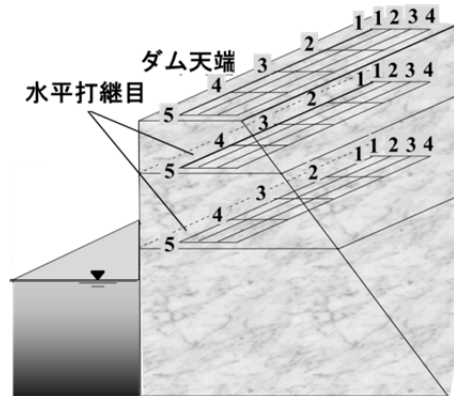


図-2 コンクリートダム堤体での調査測点の設定



図-1 水平打継目が剥離したダム堤体の事例

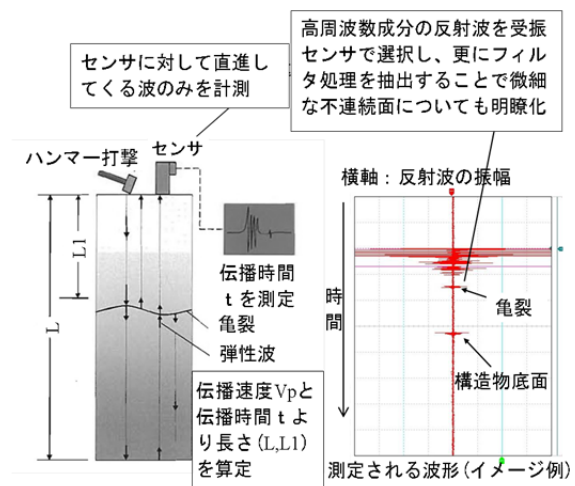


図-3 衝撃弾性波法調査の概念図

\*1 独立行政法人水資源機構 川上ダム建設所 工事課長 修士(工学) (正会員)  
 \*2 株式会社ダイヤコンサルタント 防災・保全事業部 技師長 博士(学術)  
 \*3 大阪大学大学院 工学研究科地球総合工学専攻 教授 博士(工学) (正会員)

調査対象とする水平打継目すなわち任意深度（距離）での弾性波の透過・反射の判定については、図-3(右)に示したような波形データをもとに行うことになる。深度（距離）Lは、弾性波伝播速度Vと当該深度（距離）からの反射波の伝播時間tとの間に式(1)の関係があるため、時間tで置き換えることになる。

$$L = V \times t / 2 \quad (1)$$

そのため、弾性波伝播速度の設定値を誤ると、深度（距離）に誤差が生じることになり、対象とする打継目の評価を適正に行うことが困難となる。したがって、本手法においては、評価深度の分析に影響を及ぼす弾性波伝播速度の設定が重要である。

しかしながら、コンクリートダム堤体を構築しているダムコンクリートは、使用されている粗骨材の最大寸法が80～150mmで、コンクリート中の粗骨材の容積割合も一般的な構造物に使用されているコンクリートに比較して大きいという特徴を持っている。このため、大粒径の骨材分級で骨材の材料分離現象が発生し易かったり、大粒径骨材の下面にはブリーディング水が留まったりするなど一般のコンクリートに比較して不均質なものとなり易いと言える。また、ダム堤体の構築方法も高さ0.75～2.0mのコンクリートを打設し、硬化後、レイタンス処理及びモルタル敷き均し等の打継目処理を行い、次リフトのコンクリートを打ち継ぐという、平面的な広がりに対して薄いコンクリートを重ねていく打設方法を採用しており、一般的なコンクリート構造物とは異なっている。このような構築材料ならびに構築方法を考慮すると、一般的なコンクリート構造物に比較して、コンクリートダム堤体は不均質であると推察される。

前述のとおり、ダム堤体の水平打継目状態の評価手法は、杭基礎の損傷を把握するために開発された手法を基としているが、杭基礎のコンクリートは一般コンクリート構造物のコンクリートに比較して均質の程度はほぼ同等以上であると考えられる。そのため、相対的に不均質と考えられるコンクリートダム堤体に対する本手法の適用においては、このコンクリートの不均質さが及ぼす影響が懸念される。特に、コンクリートダム堤体中を透過・伝播する弾性波伝播速度については、堤体コンクリートが不均質であることに起因して計測毎に変動することが想定される。弾性波伝播速度の変動は、評価深度の分析に影響を及ぼし、ひいてはダム堤体の水平打継目状態の推定精度にも影響を及ぼすと考えられる。

これらのことからコンクリートダム堤体の水平打継目状態の推定精度向上を図るためには、ダム堤体中の弾性波伝播速度の特性に関する基礎的な知見が必要であることから、実際のコンクリートダム堤体で計測した弾性波伝播速度に対する分析・考察を行った。

## 2. 検討の方法

### 2.1 検討概要

検討の方法としては、供用中のコンクリートダム堤体に対して、衝撃弾性波法を用いて計測を行い、計測波形を基に、弾性波伝播速度について分析・検討を行った。

### 2.2 計測対象ダム

堤体の弾性波伝播速度を計測したAダムは、1974年に完成した堤高42m、堤頂長138mの重力式コンクリートダムであり、水平打継目が部分的に剥離し、堤体下流面に漏水が確認される事例として図-1に示したダムである。堤体標準断面図を図-4に、堤体下流図を図-5に示す。Aダムの堤体コンクリートの打設方法は、柱状工法で行われており、1ブロック（ダム軸方向10～13m、上下流方向4.5～35.57mの広がりを持つ区画）毎に高さ1.5mでコンクリート打設を行い、硬化後にグリーンカット及びモルタル敷均しの打継目処理を行い、更に上部にコンクリートを高さ1.5mで打設することを繰り返して堤体が構築されているダムである。よって、Aダムの堤体の水平打継目は高さ1.5m毎に設けられている。

堤体を構築しているコンクリートの配合を表-1に示す。また、2010年に堤体から採取・作製したコア供試体を用いて確認したコンクリート品質を表-2に示す。コア供試体は堤体のBL.6及びBL.10において、堤体天端から、孔径86mmで鉛直下方向にボーリングを行い、採取したコアから作製を行ったものである。配合Aの供試体は、BL.10の天端から15～18m深度の高標高部の堤体内部から採取した3試料とBL.6の天端から38～41m深度の低標高部(岩着部付近)から採取した4試料である。配合Bの供試体は、BL.6及びBL.10の天端から22～38m深度の中低標高部の堤体内部から採取した12試料である。配合Cの供試体は、鉄筋コンクリート構造であるBL.6及びBL.10のゲート門柱部から採取した4試料であ

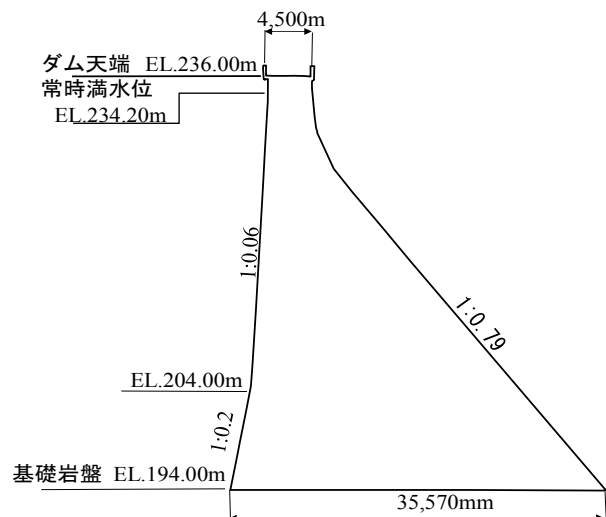


図-4 計測ダムの堤体標準断面図

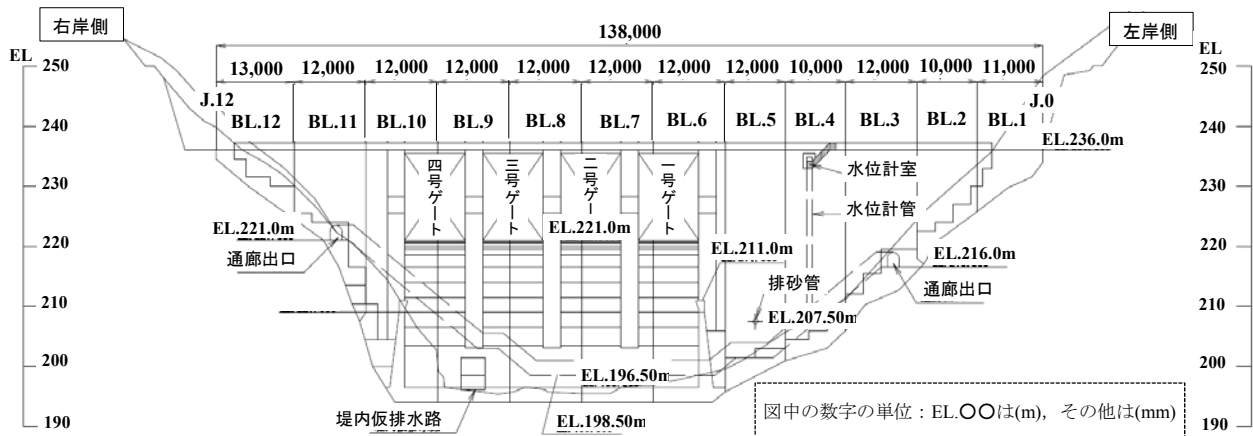


図-5 計測ダムの堤体下流面図

表-1 堤体コンクリート配合

配合種類	粗骨材最大寸法 Gmax (mm)	スランプの範囲 (cm)	空気量の範囲 (%)	水セメント比 W/C (%)	細骨材率 s/a (%)	単位量(kg/m <sup>3</sup> )						使用箇所	
						水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材				AE減水剤 Ad
									120~60 G1	60~20 G2	20~5 G3		
A	120	3±1.5	4±1	51.4	26.7	113	220	570	630	545	390	0.55	高標高部堤体及び低~中標高部堤体外部
B	120			71.9	28.1	115	160	615	635	545	390	0.4	低~中標高部堤体内部
C	60			50.7	37.2	142	280	730	-	735	500	0.7	鉄筋部

表-2 堤体コンクリート強度特性

配合	採取位置	供試体数 (本)	一軸圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	静弾性係数 ×10 <sup>3</sup> (N/mm <sup>2</sup> )	超音波伝播速度 (m/s)
A	高標高部 (BL. 10)	3	30.1	17.2	4300
	岩着部 (BL. 6)	4	29.1	27.7	4740
B	中低標高部 (BL. 6・BL. 10)	12	29.2	24.0	4700
C	門柱部 (BL. 6・BL. 10)	4	32.3	17.1	4390

る。コア供試体には目立った変状は外観には確認できなかったが、コンクリート品質ではB配合に比較して、水セメント比が相対的に小さく、発現強度、静弾性係数や超音波伝播速度が相対的に大きな値となることが一般的であるA配合(高標高部)及びC配合においてそのような傾向が確認できず、特に静弾性係数及び超音波伝播速度が小さい値を示しており、堤体の高標高部に位置し、相対的に富配合のコンクリートで施工された箇所では何らかのコンクリート劣化現象が生じていることを示唆する状況であり、その結果としての圧縮強度等のコンクリート品質結果であると考えている。

## 2.3 計測方法

### (1) 計測に用いたシステム

計測には、著者らがコンクリートダム堤体の水平打

継目調査<sup>1)</sup>に用いた衝撃弾性波法の計測システムを用いた。このシステムは、高周波成分を多く含む弾性波を調査対象物に入射して、受振センサとして共振周波数140kHzのAEセンサを用いて反射波の高周波成分を受振し、さらにHPF(ハイパスフィルタ)をかけて特定範囲の高周波成分を抽出できるシステムである。このシステムを用いると数十mの距離に存在する幅0.3mm程度のひび割れの存在についても検知できるというものである。測定システムの仕様を表-3に示す。

表-3 測定システムの仕様

■測定装置本体	
・周波数特性	1kHz~2MHz (-3dB)
・フィルタ特性	HPF(ハイパスフィルタ): THRU、50kHz以下カット~500kHz以下カットの可変式
■デジタルオシロスコープ	
・サンプリングレート	100M Sample/sec MAX
・サンプリングタイム	10ns~10ms
・メモリ長	100kPoint/ch
■受振センサ (AEセンサ)	
・共振周波数	140kHz, 感度-10dB以上
・形状、寸法	直径12mm, 高さ40mm
■プリアンプ	
・周波数特性	2kHz~1.2MHz (-3dB)
・入力形式	不平衡, BNC接続
■鋼製ハンマー	
・両口玄能	ヘッド重量225g~460g

(2) 計測方法

計測は、ダム非越流部 (BL.2~BL.5, BL.11~BL.12) については堤体天端に、あるいはダム越流部(BL.6~BL.10)については越流頂部において、ダム軸(左右岸)方向に 2m 間隔で、上下流方向に 1m 間隔で、格子状に設置した測点で鉛直下方に対して反射波を計測した。各測点においては、再現性の高い反射波形が 20 回程度計測されるまで計測した。各ブロックに設置した測点の数は、表-4 に示すとおりであり、全体で 150 測点を設置した。

(3) 弾性波伝播速度の算出と検討

前述の通り、A ダム堤体には高さ 1.5m 間隔で、水平打継目が設置されている。そこで、仮に、堤体天端または越流頂部から、3.0~16.5m の深度に 1.5m 間隔で位置する水平打継目を対象として、弾性波伝播速度を算定すると、表-4 のとおり、全体で 1060 区間の弾性波伝播速度が算定可能である。

本論文では、A ダムの左岸側に位置し、同一の A 配合コンクリートで構築された、BL.3, BL.4 及び BL.5 の A 配合の高標高部 (天端からの深度 3.0m~16.5m) における弾性波伝播速度に対する検討・分析を行った。

表-4 弾性波伝播速度の算定区間数

ブロック	格子点数 (左右岸 × 上下流)	測点数 (点)	算定対象 とした 水平打継目 (面)の数	弾性波 伝播速度 算定区間 数
BL.2	—*	10*	8	80
BL.3	6×4	24	7	168
BL.4	5×4	20	7	140
BL.5	5×4	20	8	160
BL.6	4×2	8	6	48
BL.7	4×2	8	6	48
BL.8	5×2	10	6	60
BL.9	4×2	8	6	48
BL.10	3×2	6	6	36
BL.11	5×4	20	8	160
BL.12	4×4	16	7	112
合計	—	150	75	1060

\*: BL.2 については千鳥配置で 10 測点に対して計測

(4) 弾性波伝播速度の算定方法

各区間の弾性波伝播速度は、以下のような手順で算定を行った。ここでは、ある深度(L<sub>1</sub>)に存在する打継目 No.1 を想定して説明する。

- ・予備計測として、堤体天端の任意の 2 測点間の表面透過波を計測し、堤体コンクリートのおおよその弾性波伝播速度を算定する。
- ・各天端測点で鉛直下方への反射波計測の測定を行

い、その波形から予備計測結果で算定した弾性波伝播速度に基づき、打継目 No.1 のおおよその深度に該当する反射波の伝播時間 (t<sub>1</sub>) を読み取る。

・次式を用いて、各測点の打継面 No.1 に対して弾性波伝播速度 (V<sub>1</sub>) を算定する。

$$V_1 = 2 \times L_1 / t_1 \quad (2)$$

3. 計測結果と考察

3.1 計測結果

A ダムの堤体において衝撃弾性波法によって計測を行い、得られた波形データを基に算出した弾性波伝播速度の一例として、BL.3 の深度 4.5m 打継目まで、BL.4 の深度 7.5m 打継目まで、及び BL.5 の深度 9.0m 打継目までの各測点における弾性波伝播速度の平均値、及び変動係数 (標準偏差/平均値) を表-5~表-7 に示した。予備計測としてダム堤体天端で計測した表面透過波の速度は 4.43km/s であった。なお、測点・深度(打継目)によっては、弾性波伝播速度が算出されていない箇所も存在しているが、これは当該打継目が健全であり弾性波が全て透過してしまった、あるいは当該打継目よりも浅部が開口しており弾性波が全て反射してしまい、当該打継目まで弾性波が到達していない状態となっていることを示している。

表-8~表-10 は、各測点で計測した全ての弾性波伝播速度から算出した平均値を、ブロック・測点ごと整理を行ったものである。また、表-11~表-13 は、表-5~表-7 に示したような打継目までの弾性波伝播速度について、各ブロック(BL.3, BL.4, BL.5)での平均値、標準偏差及び変動係数を算出し、整理したものである。

表-5 弾性波伝播速度 (BL. 3, 深度 4.5m 打継目)

		左右岸方向測線 (右岸→左岸: 6→1)						
		6	5	4	3	2	1	
弾性波 伝播速度 の平均値 (km/s)	上下流 方向 測線 (上流↓ 下流)	1	4.45 (14)	4.47 (4)	4.55 (7)	4.40 (11)	4.56 (5)	4.47 (17)
		2	4.38 (18)	4.33 (3)	4.40 (19)	4.39 (17)	4.50 (14)	4.40 (9)
		3	4.38 (15)	4.50 (12)	4.41 (4)	4.45 (16)	4.46 (6)	4.54 (17)
		4	4.34 (15)	4.56 (7)	4.45 (14)	4.55 (13)	4.53 (5)	4.39 (20)
弾性波 伝播速度 の変動係数 (標準偏差 /平均値 ×100) (%)	上下流 方向 測線 (上流↓ 下流)	1	3.01	1.88	3.03	3.09	1.16	2.48
		2	3.24	0.00	2.93	1.15	2.65	2.43
		3	2.45	1.65	4.16	2.55	1.08	2.11
		4	1.19	2.46	0.91	2.14	1.35	3.06

※ ( ) は各測点における弾性波伝播速度の算出に用いた波形のサンプル数

表-6 弾性波伝播速度(BL. 4, 深度 7.5m 打継目)

		左右岸方向測線 (右岸→左岸 : 5→1)					
		5	4	3	2	1	
弾性波伝播速度の 平均値 (km/s)	上下流方向測線 (上流↓下流)	1	4.55 (9)	4.41 (11)	4.40 (12)	4.44 (15)	4.47 (5)
		2	4.40 (17)	4.42 (14)	4.35 (15)	4.44 (10)	4.41 (7)
		3	4.35 (14)	4.47 (14)	4.44 (13)	4.46 (7)	4.44 (9)
		4	4.51 (9)	4.48 (13)	4.40 (13)	4.36 (7)	4.49 (9)
弾性波伝播速度の 変動係数 (標準偏差 /平均値 ×100) (%)	上下流方向測線 (上流↓下流)	1	1.50	1.90	2.30	1.92	3.20
		2	0.62	2.16	1.20	2.75	1.66
		3	2.22	2.54	2.96	2.83	2.45
		4	1.68	2.15	1.74	3.97	1.70

※ ( ) は各測点における弾性波伝播速度の算出に用いた波形のサンプル数

表-9 各計測点の弾性波伝播速度 (BL. 4)

		弾性波伝播速度の平均値(km/s)					変動係数 (%)	
		左右岸方向測線						
		6	5	4	3	2	1	
BL 4	上下流方向	1	4.45 (68)	4.44 (66)	4.41 (51)	4.40 (53)	4.43 (36)	0.65
		2	4.43 (57)	4.43 (61)	4.43 (62)	4.40 (44)	4.42 (31)	
		3	4.43 (69)	4.46 (47)	4.41 (56)	4.44 (60)	4.45 (36)	
		4	4.50 (74)	4.42 (77)	4.39 (77)	4.44 (52)	4.49 (61)	
平均値		4.45						
標準偏差		0.03						
計測範囲		天端から13.5mの深度まで						

※ ( ) は各測点における弾性波伝播速度の算出に用いた波形のサンプル数

表-7 弾性波伝播速度(BL. 5, 深度 9.0m 打継目)

		左右岸方向測線 (右岸→左岸 : 5→1)					
		5	4	3	2	1	
弾性波伝播速度の 平均値 (km/s)	上下流方向測線 (上流↓下流)	1	4.36 (4)	4.59 (2)	4.35 (7)	4.43 (8)	4.37 (1)
		2	4.50 (4)	4.51 (15)	4.50 (2)	4.36 (4)	—
		3	4.39 (18)	4.33 (16)	4.59 (2)	4.43 (12)	4.24 (2)
		4	4.37 (10)	4.46 (9)	4.57 (13)	—	—
弾性波伝播速度の 変動係数 (標準偏差 /平均値 ×100) (%)	上下流方向測線 (上流↓下流)	1	1.65	0.00	1.44	3.16	—
		2	0.62	0.99	1.41	0.48	—
		3	2.22	2.14	0.00	1.89	0.33
		4	1.68	1.98	1.21	—	—

※ ( ) は各測点における弾性波伝播速度の算出に用いた波形のサンプル数

表-10 各計測点の弾性波伝播速度 (BL. 5)

		弾性波伝播速度の平均値(km/s)					変動係数 (%)	
		左右岸方向測線						
		6	5	4	3	2	1	
BL 5	上下流方向	1	4.45 (51)	4.43 (26)	4.36 (66)	4.44 (36)	4.45 (18)	0.85
		2	4.48 (41)	4.49 (42)	4.48 (40)	4.42 (24)	4.46 (17)	
		3	4.45 (61)	4.41 (55)	4.51 (42)	4.47 (54)	4.41 (30)	
		4	4.43 (39)	4.42 (49)	4.46 (62)	4.37 (32)	4.47 (18)	
平均値		4.44						
標準偏差		0.04						
計測範囲		天端から16.5mの深度まで						

※ ( ) は各測点における弾性波伝播速度の算出に用いた波形のサンプル数

表-8 各計測点の弾性波伝播速度 (BL. 3)

		弾性波伝播速度の平均値(km/s)					変動係数 (%)		
		左右岸方向測線							
		6	5	4	3	2	1		
BL 3	上下流方向	1	4.46 (37)	4.45 (51)	4.49 (23)	4.5 (36)	4.48 (33)	4.48 (64)	0.90
		2	4.40 (54)	4.37 (46)	4.41 (56)	4.44 (30)	4.48 (54)	4.45 (45)	
		3	4.48 (40)	4.36 (27)	4.48 (24)	4.48 (53)	4.48 (36)	4.53 (41)	
		4	4.44 (86)	4.46 (47)	4.44 (52)	4.46 (34)	4.45 (63)	4.42 (41)	
平均値		4.45							
標準偏差		0.04							
計測範囲		天端から13.5mの深度まで							

※ ( ) は各測点における弾性波伝播速度の算出に用いた波形のサンプル数

表-11 深度方向の弾性波伝播速度 (BL. 3)

打継目 深度 (m)	弾性波伝播速度			
	サンプル 数	平均値 (km/s)	標準偏差 (km/s)	変動係数 (%)
4.5	282	4.45	0.07	1.59
6	250	4.42	0.08	1.78
7.5	230	4.50	0.08	1.82
9	156	4.45	0.14	3.13
10.5	80	4.47	0.08	1.79
12	46	4.44	0.12	2.62
13.5	29	4.44	0.11	2.53
平均値	—	4.45	—	—
標準偏差	—	0.02	—	—
変動係数	—	0.55(%)	—	—

表-12 深度方向の弾性波伝播速度 (BL. 4)

打継目 深度 (m)	弾性波伝播速度			
	サンプル 数	平均値 (km/s)	標準偏差 (km/s)	変動係数 (%)
4.5	74	4.39	0.08	1.92
6	140	4.39	0.08	1.85
7.5	223	4.43	0.05	1.17
9	215	4.43	0.06	1.44
10.5	213	4.44	0.08	1.70
12	168	4.45	0.08	1.90
13.5	103	4.45	0.09	2.04
平均値	—	4.43	—	—
標準偏差	—	0.03	—	—
変動係数	—	0.57(%)	—	—

表-13 深度方向の弾性波伝播速度 (BL. 5)

打継目 深度 (m)	弾性波伝播速度			
	サンプル 数	平均値 (km/s)	標準偏差 (km/s)	変動係数 (%)
3	79	4.46	0.10	2.20
4.5	112	4.43	0.12	2.60
6	141	4.48	0.12	2.64
7.5	159	4.45	0.09	1.95
9	129	4.43	0.10	2.27
10.5	84	4.43	0.11	2.53
12	70	4.45	0.12	2.60
16.5	29	4.40	0.10	2.16
平均値	—	4.44	—	—
標準偏差	—	0.03	—	—
変動係数	—	0.57(%)	—	—

### 3.2 考察

表-5～表-13 に示したコンクリートダム堤体中の弾性波伝播速度の計測結果から、以下のことが分かる。

- ・同一測点での複数回計測による弾性波伝播速度の変動係数は最大3%程度であること。(表-5～表-7)
  - ・同一打継目までの弾性波伝播速度の面内のばらつきは、大きくないこと。(表-11～表-13)
  - ・測点別の弾性波伝播速度のばらつきは、変動係数で1%を下回る程度であること。(表-8～表-10)
  - ・弾性波伝播速度の全体平均値に対する各打継目の弾性波伝播速度のばらつきを示す変動係数は0.5%程度であること。(表-11～表-13)
  - ・各打継目での弾性波伝播速度の平均値、あるいは変動係数は、打継目までの深度に応じて減少あるいは増加するような明瞭な傾向は認められない。
- 以上のことから、コンクリートダム堤体中の弾性波伝播速度の特性について述べると以下の通りである。
- ・弾性波伝播速度はほぼ一定であり、ばらつきを示

す変動係数が最大3%程度である。これは、適用実績の多い杭基礎に対して本手法を適用した際の誤差(変動係数)(±5%程度)<sup>2)</sup>に対して、小さい。したがって、内部が不均質であると想定されたコンクリートダム堤体内部においても一般のコンクリート構造物とほぼ同等の伝播特性を示すと考えられる。

・反射波が生じるような劣化部が複数存在するようなコンクリートダム堤体の状態においても、弾性波伝播速度は、伝播距離に応じて速度が低下したり、あるいは変動係数が大きくなるような傾向はなく、この点においても一般のコンクリート構造物とほぼ同等の伝播特性を示すと考えられる。

### 4 まとめ

衝撃弾性波法を用いたコンクリートダム堤体の水平打継目の状態推定の精度向上に資するため、供用中のコンクリートダム堤体中の弾性波伝播速度の計測を行った。その結果、一般的なコンクリートに比して不均質であると推定されるコンクリートダム堤体の中における弾性波伝播速度の特性は、一般的なコンクリートで構築された躯体におけるものとほぼ同様であることが確認された。

なお、本研究において計測を行ったコンクリートダム堤体は、打継目の劣化している部分が多く存在していることが別手法を用いた既往調査で確認されていることが別手法を用いた既往調査で確認されている堤体であり、一般的なダム堤体の状態と異なる特殊なケースであるが、それが故にダム堤体内部の弾性波の伝播速度に関する多くのデータを得ることができた。今回のような打継目状態の堤体であっても一般的なコンクリート構造物と同等の伝播特性を示すことが分かった、今回の知見は一般のダム堤体に対しても適用は当然可能であり、打継目等の堤体内部の劣化部の位置(深度)把握に資するものであるとともに、面的な測点設置を行った調査においては劣化部の3次元的な広がり把握の精度向上にも資するものである。今後、更なる精度向上を図るため、今回得られた弾性波伝播速度データについて、一部は反射波が生じるようになっている打継目の透過前後の伝播速度等にも着目した分析・検討を行っていく必要があると考えている。

### 参考文献

- 1) 市川滋己, 新屋敷隆, 鎌田敏郎: 衝撃弾性波法を用いたコンクリートダム堤体の水平打継面調査, ダム工学, Vol. 27, No. 1, pp. 16-25, 2017.3
- 2) 坂本浩之, 吉川正浩: 高周波衝撃弾性波法(オーリス)を用いた調査事例, 電力土木, No.343, pp. 112-114, 2009.9