

## 荒砥沢ダム堤体における地震波伝播速度の推定 Estimation of Travelling Speed of Seismic Wave in ARATOZAWA Dam body

青山 咸康<sup>1</sup>

### 1. はじめに

荒砥沢ダムは国営迫川上流農業水利事業で建設され、1998年以降供用されている、堤高74.4mのフィルダムである、このダムは試験湛水期間を含め宮城県北部(1996.08.11)、岩手宮城内陸(2008.06.14)、東北地方太平洋沖(2011.03.11)の3つの地震を経験している。15年間にわたり、相当規模の地震を記録している点では貴重な記録である。

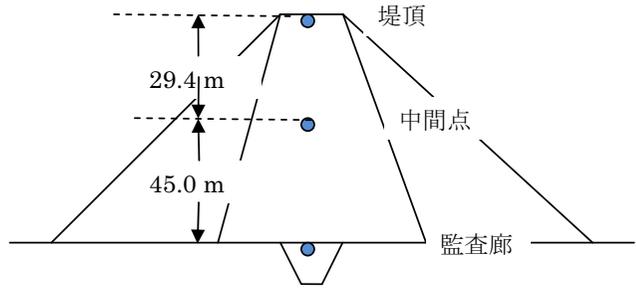


図1 中央断面の地震計配置

図1に示すように堤体中央断面に高さ方向に設けた観測点の加速度計(監査廊→中間点→堤頂部)の記録に対し特に水平動の伝播速度に着目した解析を試みた。その目的は第二の地震(2008年岩手宮城内陸)における加速度応答記録の一般観測例では見られない応答記録の原因究明に役立てようと考えて行うことである。

### 2. 方法

不規則過程論における入出力系で、入力= $X$ 、出力= $Y$ とすると、 $X$ と $Y$ のクロススペクトル $Q_{XY}(f)$ を計算することにより、周波数応答関数 $H$ の絶対値と入出力の位相差： $\theta(f)$ を次式から求められる。ここに $P_X(f), P_Y(f)$ はそれぞれ入力と出力の自己パワースペクトル密度である。

$$|H(f)| = \frac{|Q_{xy}(f)|}{P_X(f)}, \quad \theta(f) = \text{Tan}^{-1} \left( \frac{\text{Re}(Q_{xy})}{\text{Im}(Q_{xy})} \right) \dots \dots (1)$$

位相差は対応する振動数： $f$ の入出力間の位相差を角度で表したものであり、該当円振動数( $\omega = 2\pi f$ )でこれを割れば、この2点間( $X$ と $Y$ の地点)を波が伝わる時間を表す。つまりこの2点間の距離を $l$ (m)とすればその伝播速度： $u$ は次式で求められる。

$$u = \frac{l\omega}{\theta} = \frac{2\pi fl}{\theta} \quad (\text{m/s}) \dots \dots (2)$$

(2)のように波の伝播速度を規定することは、伝播速度の振動数依存性を前提とすることであり、いわゆる波の分散性を仮定しており、通常の実体波(P波、S波)の定義を超えたものである。

ところで一般に位相差を(1)式から求めるためには、これが理想的な線形系では位相差データは振動数： $f$ の増加に関して小さな局所増減を繰り返しながら大局的には増加、あるいは減少傾向を示すことに着目しなくてはならない。つまり大局的增加傾向は、見かけ位相角が $+\pi$ を超えれば次は $-\pi$

<sup>1</sup> 石川県立大学 生物資源環境学部

から増加する量となるが、この際真の位相角は見かけ位相角に  $2\pi$ を加えなくてはならない。逆に減少傾向があり位相角が $-\pi$ より減少し次に $+\pi$ から減少を始めるときは、真の位相角は見かけ位相角から  $2\pi$ を減じなくてはならない。位相角が複雑に急変する時、この増加/減少関係を正しく見つけるのが困難になる。今回の解析においても図4に示すように、このようなケースに遭遇した。

### 3. 1996年宮城県北部における計算事例

この要旨では紙面の制限で3つの解析結果を示すことはできないが、標準事例となると考えられる1996年地震記録の算定結果を示す。

この地震の3点における最大加速度値 (gal) は以下の通りである。これは直下型地震であった

点	監査廊			中間点			堤頂		
	上下流	堤軸	鉛直	上下流	堤軸	鉛直	上下流	堤軸	鉛直
加速度	33	27	36	66	77	37	114	134	62

が規模が小さかったため ( $M=5.7$ , 震央距離=16.2km) 堤体には影響はなかった。この記録の水平上下流成分の監査廊～堤頂間の自己パワースペクトル、周波数応答関数絶対値、位相差、伝播速度の算定値を図2～5に示す。図5が目的とする伝播速度でパルス状を示す。

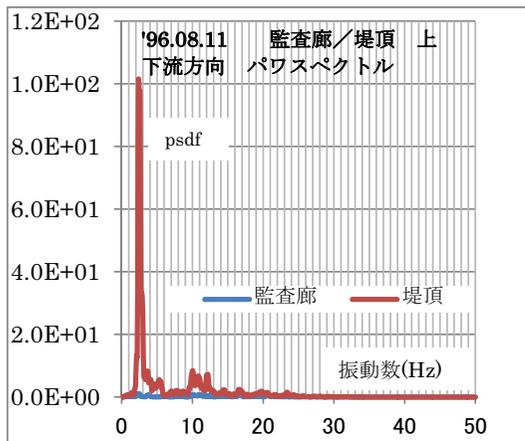


図2 監査廊と堤頂の自己パワースペクトル

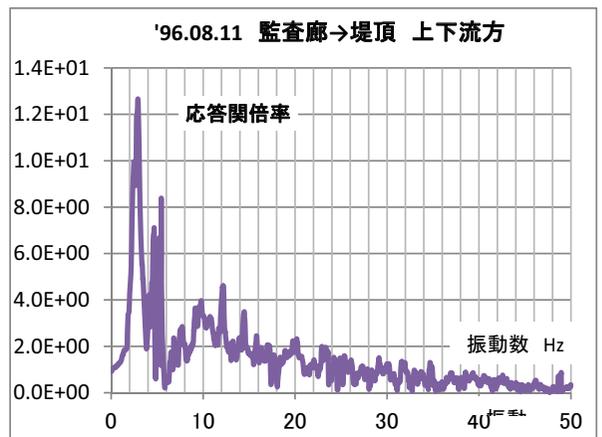


図3 監査廊→堤頂の応答倍率

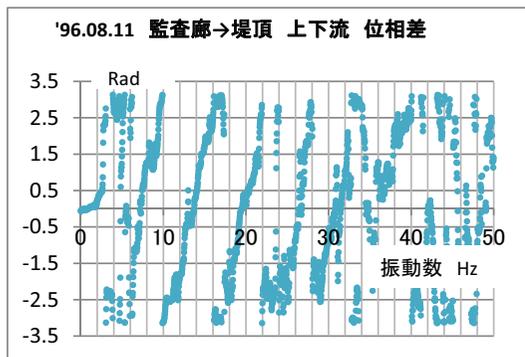


図4 監査廊→堤頂間位相差 (Rad)

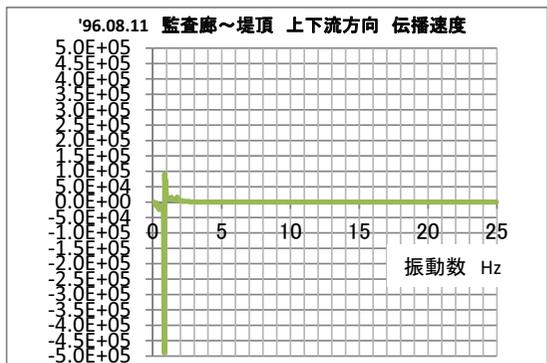


図5 監査廊→堤頂間伝播速度 (m/s)