

## 常時微動測定による河川堤防と地盤の卓越周期の相関

堤防, 増幅, 常時微動

愛媛建設コンサルタント 正会員 ○神野 邦彦  
愛媛建設コンサルタント 正会員 田窪 裕一  
愛媛大学大学院理工学研究科 国際会員 森 伸一郎  
パシフィックコンサルタンツ 正会員 佐伯 嘉隆

### 1. はじめに

性能設計体系のもとでの盛土構造物の耐震安全性を適切に評価するため, 著者らは, 現地測定で得られる物性に基づく簡便で合理的な盛土の耐震性評価手法の研究開発に取り組んでいる<sup>1)</sup>. 本論文では, 地域特性を考慮した河川堤防の増幅特性を把握する目的で, 一級河川吉野川堤防の砂質地盤上の堤体を対象に常時微動測定を行い, 水平動と上下動のフーリエスペクトル比 (以下, H/V スペクトル比という) や水平動スペクトル比 (以下, H/H スペクトル比という) を算出し, 河川堤防の振動特性を評価した.

### 2. 測定対象地点と解析方法

図-1 に吉野川河川堤防における常時微動測定地点の位置図を示す. 測定地点は吉野川河口にほど近い Y-5 地点である. 図-2 に Y-5 地点における常時微動測定の様子とセンサーの設置状況を示す. 常時微動は堤内地側において, 堤防法肩・堤防法尻・自由地盤の3箇所計測を実施した.

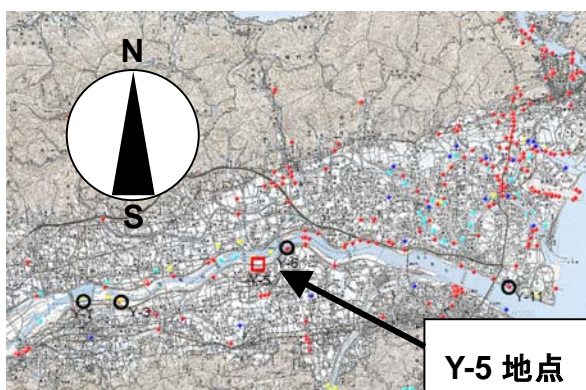


図-1 吉野川河川堤防における測定位置

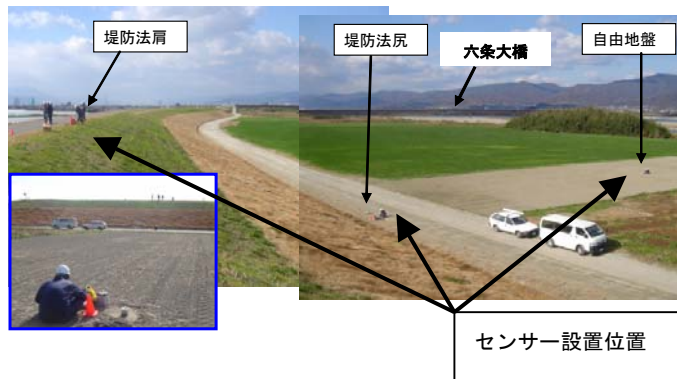


図-2 Y-5 地点における常時微動測定の様子

常時微動測定には測定器 GEODAS-12-USB-24ch と速度計 CR4.5-2S (以下, センサーという) を使用した. 堤防法肩と堤防法尻の2箇所を1台の測定器で, 自由地盤の1箇所をもう1台の測定器で3箇所同時に測定した. 水平2成分は堤防軸直角方向と堤防軸方向に定めた. 測定は0.01秒間隔でおおよそ320秒間行った. 各測定地点における常時微動記録の中から通行車両の影響がない比較的振幅が安定しているデータを11~16区間(1区間:2048個のデータ)選び出し, フーリエスペクトルおよびH/V スペクトル比, 盛土軸直角方向のH/H スペクトル比を算出した. 平滑化はバンド幅0.5 HzでParzen windowを施した.

### 3. 測定結果と考察

図-3 に Y-5 地点の堤防法肩, 堤防法尻および自由地盤の盛土軸直角方向のフーリエスペクトルを示す. いずれにも0.4Hz, 3Hz, 14Hzに卓越が見られる. 5Hzに卓越が見られるのは堤防法肩のみで, 5Hzの卓越は堤体特有の振動数であることが推定できる. また, 0.4Hzのピーク値は3者で変わらないため, 徳島平野の深い構造による卓越した成分であると考えられる. 3Hzの成分は自由地盤と法尻は同等であるが, 法肩のみが2倍ほど大きいので, 堤体による増幅である可能性がある.

図-4 に堤防軸直角方向の堤防法肩と自由地盤のH/V スペクトル比を示す. 0.4~0.5Hzの卓越は振幅が比較的大きく深い構造で励起されたレイリー波であると考えられる. 両方に見られる2Hzの卓越はそれぞれの工学的基盤より上の表層地盤で励起される固有振動であると考えられる. 法肩の5Hzと自由地盤の7Hz付近の僅かなピークは浅い位置での地層コントラストにより励起されたものであると考えられる.

図-5 に自由地盤を基準にした堤防法肩の軸直角方向のH/H スペクトル比を示す. 堤防法肩/自由地盤のスペクトル比は, 1Hz以上で振動数とともに緩やかに増加し, 5Hz当たりで倍率3程度の緩やかなピークが見られる. これは地盤と

## Correlation of predominant period between river levee and ground by microtremor measurement

K. Kohno (1, Ehime Kensetsu Consultant), Y. Takubo (1), S. Mori (2, Ehime University), Y. Saeki (3, Pacific Consultants)

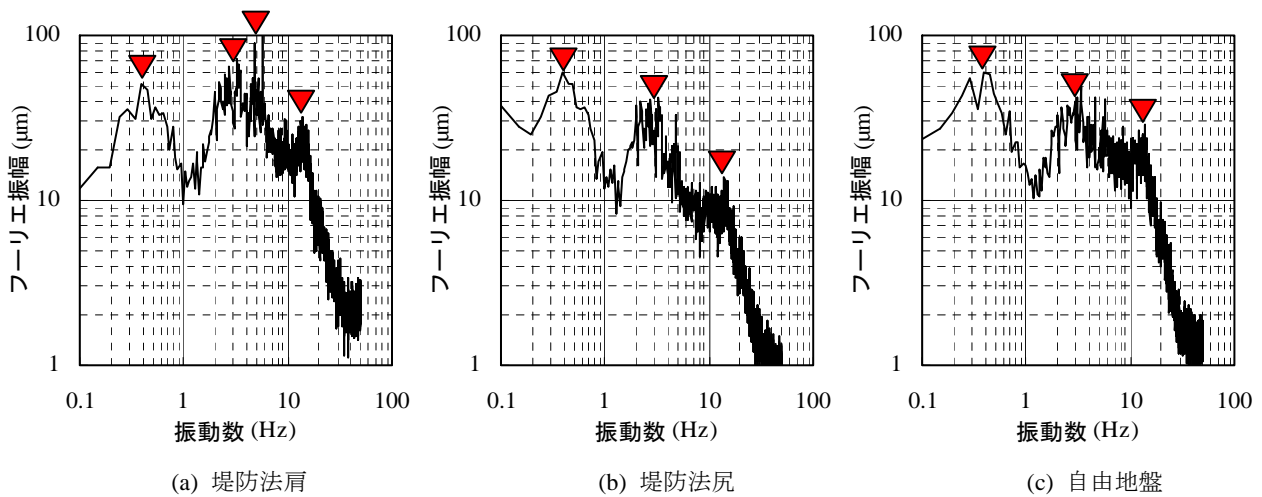


図-3 フーリエスペクトル（水平動：堤防軸直角方向）

の相互作用の結果現れた堤防盛土系の励起された固有振動であると見ることができる。それ以降 10Hz までは緩やかに小さくなっている。その後、再び緩やかな増加が見られる。これも相互作用による増加であると考えられる。広い振動数範囲で自由地盤に対する相対的増幅係数は 1 より大きいことがわかる。

式(1)~(3)の相対増幅係数モデルを適用すると、 $r_{eqg}=1$  であるので、 $A_{peak}=3.2(r_{eqg})^{-0.8}=3.2$ 、 $A_{dip}=1.0(r_{eqg})^{-2.4}=1.0$ 、 $A_{plateau}=1.3(r_{eqg})^{-0.5}=1.3$  となる（図-5 の青の折れ線）。改善の余地があるが、広い範囲で増幅するという特性は表現できた。堤防が、元来、自然堤防を利用して作られ、かさ上げして築造されてきたと考えると、表層下方のインピーダンスのコントラストと周辺地盤並みの堤体のせん断波速度という 2 つの性質は普遍的であるかどうか検討を要するものと考えられる。

$$A_{peak} = 3.2(V_{seq}/V_{sg})^{-0.8} = 3.2(r_{eqg})^{-0.8} \quad \text{式(1)}$$

$$A_{dip} = 1.0(V_{seq}/V_{sg})^{-2.4} = 1.0(r_{eqg})^{-2.4} \quad \text{式(2)}$$

$$A_{plateau} = 1.3(V_{seq}/V_{sg})^{-0.5} = 1.3(r_{eqg})^{-0.5} \quad \text{式(3)}$$

#### 4. 結論

吉野川堤防の砂質地盤上の堤体を対象に常時微動測定を行った結果、得られた知見は次の通りである。

- (1) H/V スペクトル比から、表層地盤の固有振動数は 2Hz 付近である。
- (2) H/H スペクトル比から、広い振動数範囲で自由地盤に対する相対的増幅係数は 1 より大きい。
- (3) 自由地盤地表に対する堤防法肩の水平動スペクトル比から、堤体の増幅を考慮した相対増幅係数モデルを設定することが可能である。

謝辞：現地での常時微動測定の実施にあたっては、国土交通省四国地方整備局の関係各部署ならびに愛媛大学工学部地震工学研究室の皆様には大変お世話になりました。本研究は、四国建設弘済会の「建設事業に関わる技術開発・調査研究」の助成を得て実施したものである。記して謝意を表します。

参考文献 1) 森伸一郎, 神野邦彦, 田窪裕一: 盛土構造物の簡易迅速耐震性評価手法の開発, 第 11 回(平成 19 年度)「建設事業の技術開発に関する助成事業」成果報告集(概要版), pp. 33~48, 2008

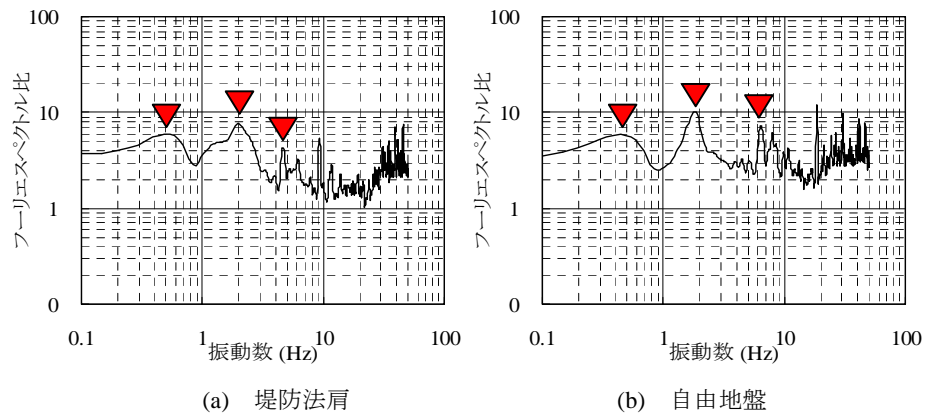


図-4 H/V スペクトル比（堤防軸直角方向）

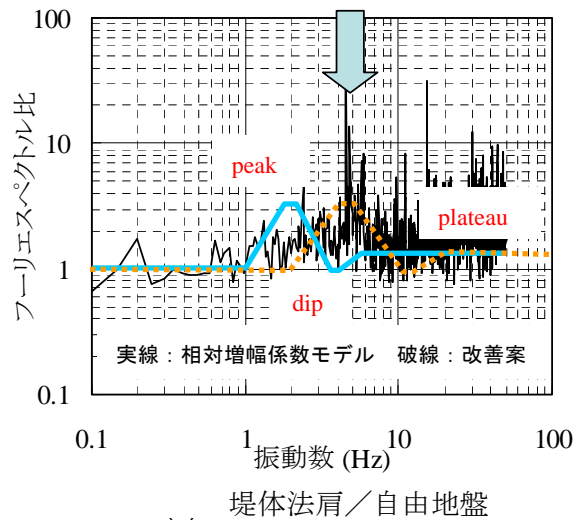


図-5 堤防軸直角方向の H/H スペクトル比