

尾根部の地震時応答に関する実験的および解析的検討

広島大学 正会員 ○加納 誠二
 五洋建設 正会員 多賀 正記
 広島大学 正会員 一井 康二
 広島大学 正会員 土田 孝

1. はじめに

2001年3月24日の芸予地震により、広島県呉市市街地周辺の尾根上の宅地において石積み擁壁等の被害が顕著に見られた。地震後の尾根上の石積み擁壁の被害についての詳細な被害調査によると、特に尾根上部の石積み擁壁に大きな被害が集中したことが明らかとなっている¹⁾。これらの尾根部における擁壁被害の要因として、尾根上部で地震動が局所的に増幅した可能性があることが指摘されているが、作用した地震動等に関する検討や石積み擁壁の被害確率などに関する研究例は少ない。

現在、大規模な想定地震動に対する地震被害を予測し、被害の軽減を目的とするハザードマップの作成が進められているが、このような尾根上部の局所的な地震動の増幅はハザードマップには考慮されていない。本研究では尾根部の応答を明らかにするために模型実験および数値解析による検討を行った。

2. 実験および解析モデル

実験は供試体として牛乳とゼラチンを質量比100:7.5で混合して作成した尾根模型を用いた。加振振幅は片振幅0.5mmの正弦波とし、5~25Hzまでの各整数周波数で加振した。また解析手法として3次元弾性FEM解析を用いた。減衰定数にはレーリー減衰を用いている。運動方程式の積分手法としては、時間増分に対して安定するNewmark法の平均加速度法($\gamma=1/2$, $\beta=1/4$)を採用した。また、FEMで使用した要素は立方体要素の8節点要素である。

図1および表1にはモデルの形状、表2には物理定数を示す。

表2 物理定数

せん断弾性係数G (Pa)	4500
弾性係数E (N/m ²)	13410
ポアソン比 ν	0.49
密度 ρ (kg/m ³)	1050

図2に周波数応答曲線の比較結果を示す。ここで比較対象はCase1とした。どちらも1次、2次、3次のピークが顕著に現れているおり、天端振幅もピーク時はほぼ同程度で、両者はよく一致していることがわかる。しかし、振動数ごとの応答の変化が実験値と解析値で約1Hzずれている。これは、剛性や尾根付け根および底面の境界条件の違いによるものだと考えられる。

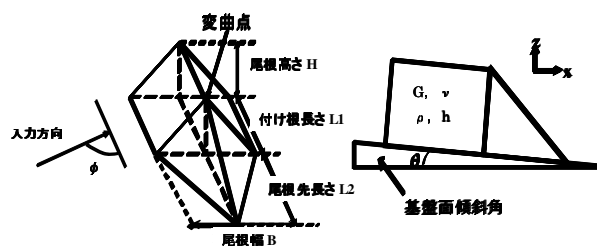


図1 尾根模型の概略図

表1 実験条件

ケースNo.	H (mm)	B (mm)	L1 (mm)	L2 (mm)	$\theta(^{\circ})$	$\phi(^{\circ})$	ケース分類
Case1	78.1	156.9	162.5	81.4	0	90	基本ケース
Case2	80.6	160.4	161.1	79.9	0	0	加振方向変化
Case3	79.5	161.9	161.4	79.9	0	45	
Case4	78.2	158.5	161.3	81.4	2.3	90	基盤面勾配変化
Case5	78.5	159.2	161.8	81.4	4.6	90	
Case6	78.3	161.7	161.4	42.7	0	90	尾根先長さ変化
Case7	80.8	162.8	160.8	122.2	0	90	

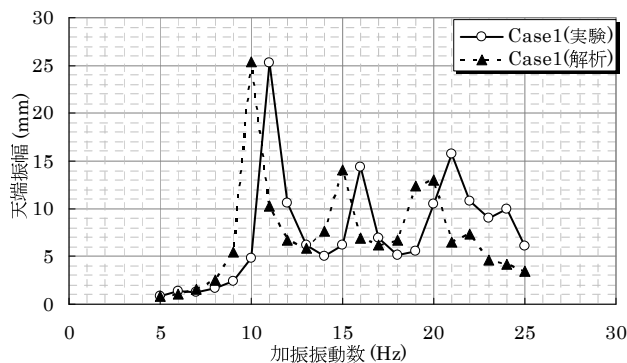


図2 周波数応答曲線の比較

キーワード 地震, 斜面地, 模型実験, 弾性解析, 有限要素法

連絡先 〒739-8527 広島県東広島市鏡山1-4-1 広島大学大学院工学研究科 加納誠二 TEL 082-424-7785

図 3 には地震波の入力方向を変えた場合の固有振動数と入力方向との関係を示す。実験値は解析値より 1～2Hz 程度高い結果となったが、入力方向を変えると高周波数側になったが、変化は小さい。

先の図 1 に示す通り、尾根形状に関しては高さや幅といった多くのパラメータが存在する。ここではこれらのパラメータが尾根の地震時応答に与える影響を考慮するために、尾根モデルの種々のパラメータを変えて解析を行った。

その一例として尾根高さを変化させたケースについて、図 8 に尾根天端の変位振幅の分布、図 9 に尾根高さとの固有振動数の関係を示す。尾根高さが高くなるにつれて、天端の最大振幅は大きくなり、またその箇所も尾根先方向に移動することがわかり、固有振動数は反比例的に低くなる傾向が見られた。

さらに 2 次元断面(三角形断面)における FEM 解析を行い、3 次元解析の結果との比較した。

尾根幅を変えて比較した結果を示す。図 6 に尾根天端の最大振幅を示す。2 次元、3 次元ともに尾根幅が広がるにつれて最大振幅は小さくなる傾向がある。3 次元解析に対する 2 次元解析の比率は 0.7～0.8 であり、2 次元解析では振幅が小さく見積もられることがわかる。また、図 7 に尾根幅と固有振動数の関係を示す。これによると、2 次元と 3 次元で固有振動数はほとんど同じである。

3. まとめ

尾根部の地震時応答特性を検討するため模型実験および弾性解析を実施した。その結果、解析値と実験値は比較的よく一致していた。また二次元解析と比較すると、本解析の範囲では二次元解析では三次元解析に比べ 7 割から 8 割程度に過小評価していた。

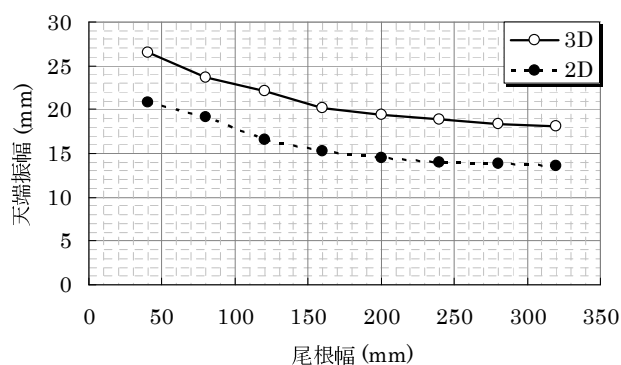


図 6 尾根天端の最大振幅

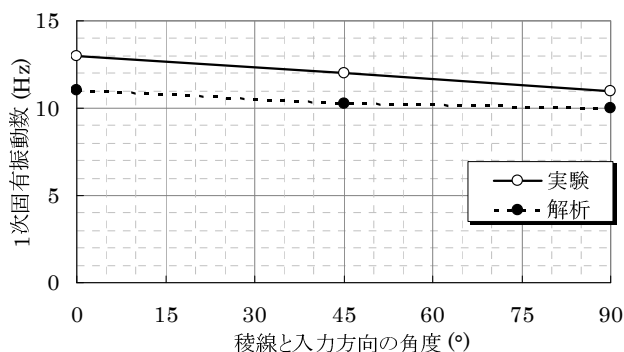


図 3 固有振動数の比較

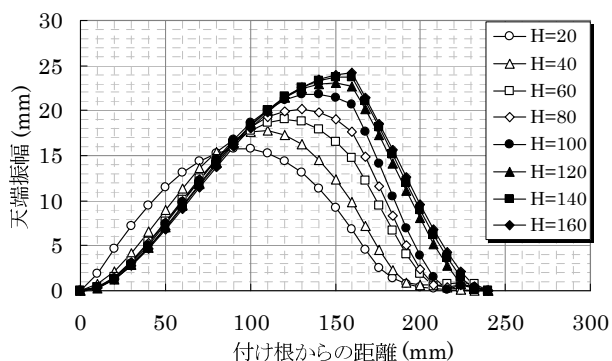


図 4 尾根天端の変位振幅の分布

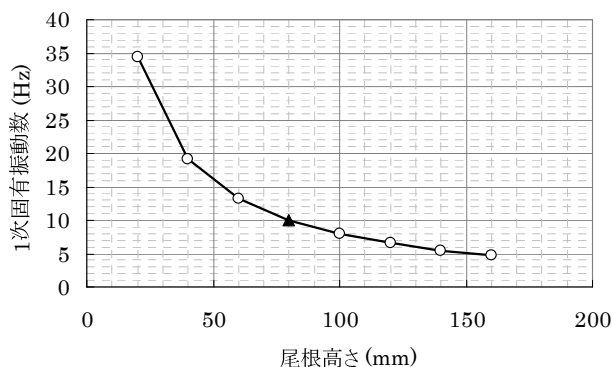


図 5 尾根高さと固有振動数の関係

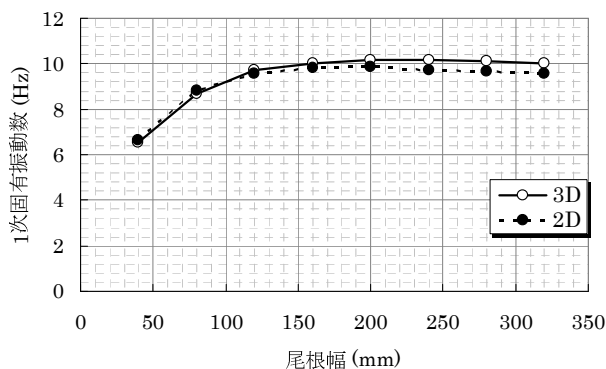


図 7 尾根幅と固有振動数の関係

参考文献 1)加納誠二ほか：2001 年芸予地震時の尾根部の応答特性に関する検討，地盤工学会誌，第 51 巻，第 11 号，pp26-28，2003.