

I-835

上下動を考慮した石積みの動的挙動に関する実験

金沢大学工学部 正会員○池本敏和、正会員 北浦 勝
金沢大学大学院 西田陽一、積水ハウス北陸(株) 吉田竜大

1. はじめに

石積みは美観、耐久性に優れ、環境にやさしいという利点を持つが、近年老朽化によって崩壊の危険性が高くなっている。一般に石積みの構造は複雑であり、石同士の力の伝播を力学的に解明することは難しいと言われてきた。そこで科学的にその特性を解明し、既存の石積みの強度診断や補強方法について検討することが緊急な課題として挙げられる。本研究では、現在までに伝えられている石積みの経験的技術の有効性を検証するために、水平・上下2軸振動試験機を用い、石積みの動的応答実験を行った。

2. 実験概要

本実験における石積みモデルにはコンクリートモデルを用いた。コンクリートモデルを用いるに当たっては、予備実験から種々の石やモデルの摩擦係数を調べ、自然石の表面がある程度滑面の場合には、コンクリートモデルで置き換えられることを確認した。モデル形式には図1に示す標準モデルと図2に示す胴下げモデルの2パターンを考えた。特に、後者のモデルは経験的な技法として数百年ものあいだ、石工らに伝承されてきた石積みに近いモデルである。上下・水平同時に数秒間加振し、位相差及び加速度をパラメータとして実験を行った。

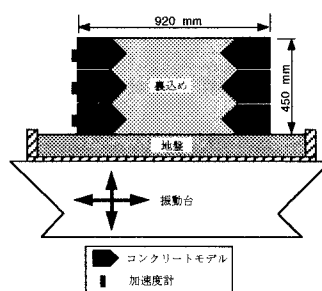


図1 石積みの標準モデル

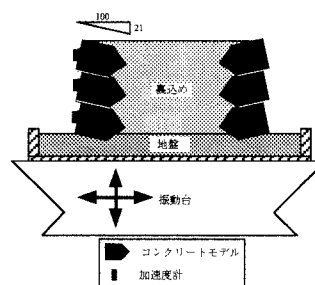


図2 石積みの胴下げモデル

3. 共振振動実験

実験ケースを表1に、標準モデル(case 1)に対する共振曲線を図3に示す。また、振動数を徐々に増加させて求めた石積みモデルの共振振動数と入力加速度に対する石積み上段の応答倍率の結果を表2にまとめる。

case 1とcase 4を比べると両者の共振振動数は一致しているが、石積み上段の応答倍率はcase 1の方が1割程大きくなっている。このことから、胴下げモデルの方が標準モデルより耐震的にやや優れていると言える。またcase 1からcase 3、すなわち

表1 実験ケース

case	入力加速度		モデル	位相差
	上下	水平		
1	40gal	40gal	標準	0°
2				45°
3				90°
4			胴下げ	0°
5		80gal	標準	0°

表2 実験結果

case	共振振動数	石積み上段の 応答倍率
1	19 Hz	5.6
2	21 Hz	6.4
3	19 Hz	6.9
4	19 Hz	5.1
5	16 Hz	5.4

水平動と上下動の位相差を変化させた実験に注目すると、共振振動数はほぼ同じであり、位相差 90° 、 45° 、 0° の順に応答倍率は小さくなる。このことから、僅少ではあるが水平・上下動の位相差は石積みの応答に影響を与えていると言える。このことは、 90° 位相差では振動台が鉛直面で円を描くことから、石積み全体が大きく揺り動かされていることと対応しているものと考えられる。また、図3から上段になるにつれて応答値が大きくなるのがわかる。

4. 共振時における石積みの挙動

3. の実験によって求めた共振振動数を用い、石積みモデルの加振実験を行った。各実験ケースは表1と同様である。一例として、case 5 の水平加速度応答を図4に示した。ここには掲載していないが、case 1 から case 4 の時刻歴応答波形は調和波に近い波形である。しかし case 5 は若干様相が異なる。図4では、入力加速度と石積みの応答加速度に位相のずれが見られる。また、他のケースには現われない波形の乱れを確認できる。これは、case 1 の入力水平加速度が 40gal に対し、case 2 では2倍の 80gal になったため、石モデル間のすべりが顕著に現われたためだと考えられる。

最大水平応答加速度の各段における応答倍率を図5に示す。case 1～3を比較すると、振動の位相差が大きいほど各段の応答が大きくなる傾向にある。また case 1、5 から、わずかではあるが入力水平加速度の大きな case 5 の方が case 1 に比べ、応答値が大きくなる。これは前述した石モデル同士のすべりが現われているものだと考えられる。case 1、4を比較すると、中段における応答値は case 4 の方が大きいものの、上段では小さくなっている。case 4 の石積みでは各段の石モデル同士の密着性が高まったため、このような挙動を示したと考えられる。

5. 結論

水平・上下2軸振動試験機を用い、上下動作用時における石積みの水平加速度に注目し、その挙動について考察を行った。その結果、以下のことが明らかとなった。

- 1) 石積みの最大水平加速度は振動の位相差に影響されることがわかった。
- 2) 経験的技法である胴を下げた石積みは耐震安全性に関して有利である。

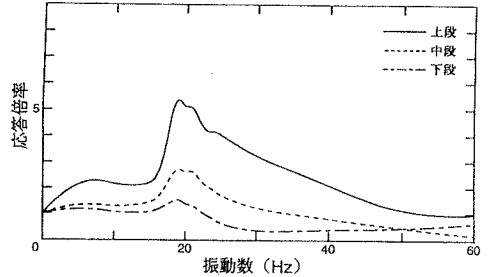


図3 共振曲線 (case 1)

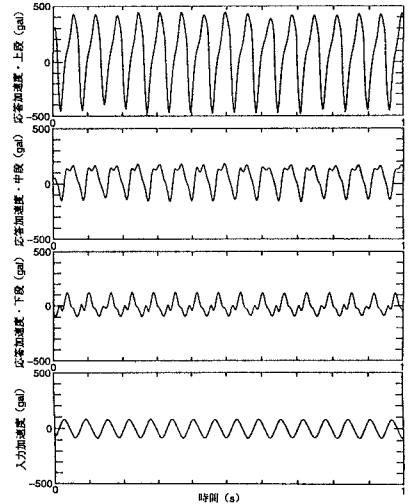


図4 case 5における加速度応答（水平）

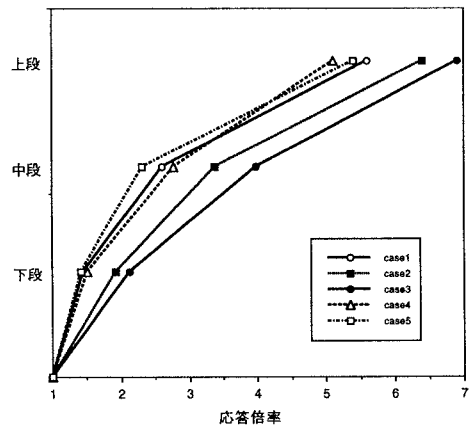


図5 各段の最大加速度応答倍率（水平）