

上下動を考慮した石積みの挙動に関する実験的研究

金沢大学工学部 正会員 池本 敏和
 金沢大学工学部 正会員 北浦 勝
 金沢大学工学部 ○原田 賢治

1. はじめに

石積みは美観、耐久性に優れ、さらに環境に優しいという利点をもっているが、その構造は複雑であり、科学的な設計法が確立されていないのが現状である。しかしながら、造られて百年以上も経過している石積みもあることから、その耐震安全性を調べることは極めて重要であるといえよう。

本研究では、上下・水平2軸振動試験機を用いて基礎的な実験を行い、石積みの動的挙動特性とその耐震安全性について考察を加えた。

2. 実験概要

実験装置を図1に示す。本実験における石モデルにはコンクリートを用いた。実際の石積みに使われている石の寸法は多様であるが、ここでは道路工事の盛土などに用いられている御影石の形状を模して三角柱にした。裏込めには乾燥砂とれきの混合砂を用いた。振動台にしっかりと固定した枠組みに石モデルを3列4段に積み、図2に示す4つのモデルを仮定した。モデル②は石の胴を下げた積み方、モデル③は日本の城郭の石垣にみられる勾配にカーブをつけた積み方であり、どちらも石工らに伝承されてきた経験的な技法である。各モデルについて表1に示す実験ケースを行った。このとき、上下水平同時に数秒間加振し、位相差をパラメータとした。石積みの下段より1段目、2段目、3段目、上段を4段目と呼ぶことにする。実験では、各モデルにおける共振振動数を求めて、その振動数で加振し、石積みの動的挙動をみた。

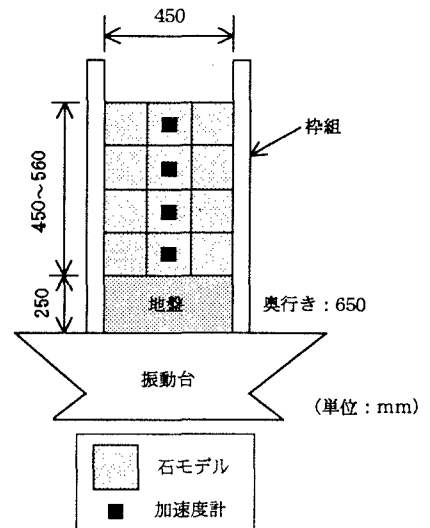


図1 実験装置（正面）
 （加振方向は紙面直角と上下方向）

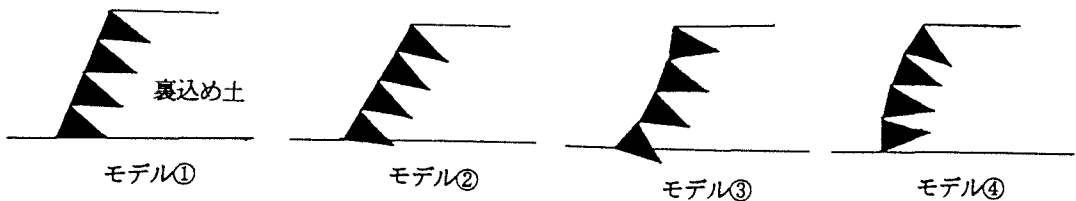


図2 積み方の違いによる実験モデル

3. 実験結果

モデル①の結果を表2に表す。4段目の応答倍率（水平方向）に注目し各ケースを比べると、位相差が 0° 、 45° 、 90° の結果の順に応答倍率が大きくなっている。よって以下においては、位相差が 90° の場合の結果を載せる。図3に加速度時刻歴を載せる。これより、応答加速度同士には位相差がなく1段目から上

表1 実験ケース

ケース	入力加速度		位相差
	水平	上下	
1	80gal	80gal	0° 45° 90°
2			
3			
4			

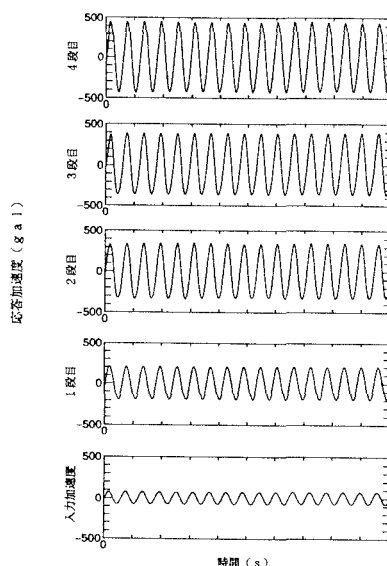
表2 実験結果

ケース	共振振動数	4段目の応答倍率（水平方向）
1	17 Hz	4.43
2	17 Hz	4.53
3	17 Hz	4.67
4	17 Hz	4.95

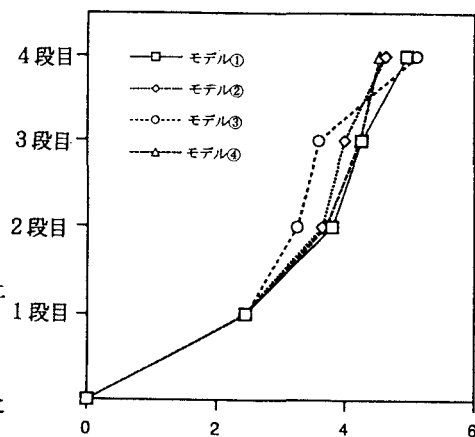
（水平方向）

段にいく程応答値が大きくなっていることから、石積みは1次の固有モードで振動していることがわかる。

次に、積み方による石積みの挙動について考察する。各モデルにおける位相差 90° のときの共振振動数と各段の応答倍率を表3にまとめた。共振振動数はモデル①、④、③、②の順に若干大きくなっていることから、下段の胴を下げることによって下段付近の石モデルと裏込めの間の摩擦力が大きくなるため、石積み全体が堅固になると考えられる。モデル④の共振振動数はモデル③のそれとほぼ同程度にもかかわらず、4段目の応答倍率は最も小さな値となった。また、モデル③の4段目の応答倍率は最大になっている。図4からわかるように、モデル③では1～3段目までの応答倍率は他のモデルのそれよりも小さいにもかかわらず、4段目ではその値が逆になっている。これは、モデル③の4段目に加わる裏込め土による上載圧が小さいためである。このことより、挙動が上段の石の積む角度によって影響されることがわかる。

図3 モデル①位相差 90° 加振時における加速度時刻歴（水平方向）表3 共振振動数と応答倍率（水平方向）
（上下・水平同時加振〈位相差 90° 〉）

モデル	共振振動数	1段目	2段目	3段目	4段目
①	17 Hz	2.23	3.80	4.26	4.95
②	20 Hz	2.43	3.64	3.99	4.62
③	19 Hz	2.46	3.26	3.59	5.11
④	18 Hz	2.43	3.70	4.23	4.56

図4 モデルの各段の応答倍率
（上下・水平同時加振〈位相差 90° 〉）

4. 結論

本研究によって、以下のことが明らかとなった。

- 1) 石積みは上下・水平加振時の位相差によって影響を受ける。
- 2) 石積みは積む角度によって上載圧が変わることから、特に上段の石の胴を下げた方が耐震安全性に優れているといえる。

最後に本研究を実施するにあたり多大な助言及び労力を頂いた金沢大学大学院生・西田陽一氏に感謝の意を表します。