

離散型 FEM によるコンクリートブロック多段積み構造の振動解析

九州大学 学生会員 ○ 野上 智隆
九州大学大学院 正会員 浅井 光輝
九州産業大学 フェロー会員 水田 洋司

1. はじめに

方塊ブロックや直立消波ブロックのようなコンクリートブロック多段積み構造は、離散体構造であるがゆえに、共振挙動を予測する実固有値解析をそのまま実施することはできず、地震に対する振動特性については不明な点が多く残されている。そこで本研究では、FEM ソフト MSC.marc を用いて、多段積み構造について離散型有限要素解析を行い、その共振現象のメカニズム解明を試みた。なお、検証例題としては、水田ら¹⁾によって行われた振動実験を検証例題とし、数値解析の信頼性を検証した後に、数値解析結果を通して共振現象についての考察した。

2. 解析概要

検証実験では、多段積み構造において、各段にゴムマットを設置して耐震性の向上を図り、構造全体の振動特性を制御する方法を提案している。この実験に用いられた模型を図-1に示す。解析モデルについては、正面図を図-2に、側面図を図-3に示す。

2.1. 解析条件

検証例題として取りあげた3つのケースにおけるコンクリート、ゴムマット、緩衝材の材料物性値を表-1に示す。この例題では、ゴムマットを設置しない場合と2種類のゴムマットを設置した場合を比較する。各材料間での静止摩擦係数を表-2に示す。数値解析では、離散体の材料間での摩擦のみを考慮した場合と、摩擦に加えてゴムマットを弾性体としてモデル化した場合の2通りのモデル化を行い、それぞれの解析結果を検討した。結果の測定は図の斜線部のブロックの応答加速度とする。

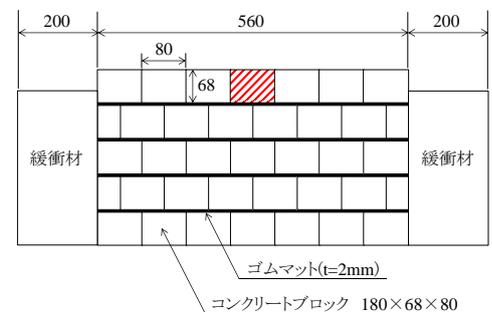


図-1 実験模型



図-2 解析モデル(正面図)

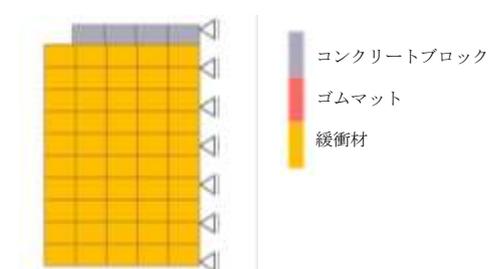


図-3 解析モデル(側面図)

表-1

	弾性係数(MPa)	ポワソン比	密度(t/mm ³)
コンクリートブロック	21000	0.2	2.345×10 ⁻⁹
ゴムマット A40	5	0.5	1.000×10 ⁻⁹
ゴムマット A81	10	0.5	1.000×10 ⁻⁹
緩衝材	10	0.4	1.000×10 ⁻⁹

表-2

解析ケース	静止摩擦係数
コンクリートとコンクリート	0.542
コンクリートとゴムマットA40	1.894
コンクリートとゴムマットA81	1.505

2.2. 解析結果

図-4から図-6に実験結果と比較した解析結果を示す。図-4のゴムマットを設置していない場合では、解析では共振点の位置など概ね再現できていることがわかる。なお、40Hz以下の周波数帯で解析値が実験値よりも大きな応答加速度を示しているが、これは構造減衰を考慮していないこと、摩擦モデルが不十分であることが原因であると考えている。

次に、図-5に示すゴムマットA40を設置した場合の結果に着目すると、ゴムマットの影響を摩擦モデルのみで再現した場合、ゴムマットを設置していない場合に比べて共振点は低周波数帯へとシフトするものの、実験での共振点に比べれば、未だ高周波数帯に位置している。さらに、ゴムマットを摩擦と弾性変形の両方を考慮した計算結果では、共振点はさらに低周波数帯へとシフトし、より実験値に近づくことがわかった。このことから、ブロック多段積み構造の振動制御特性には、ゴムマットの摩擦抵抗とゴムマットの弾性体の両者の性能が影響しているということを確認した。

一方、図-6のゴムマットA81を設置した場合の結果では、ゴムマットを摩擦のみでモデル化したものと弾性体でモデル化したもの間に大きな違いはみられない。つまり、硬度A81程度以上まで硬度を上げると、ゴムマットの弾性体としての影響は小さくなり、摩擦現象が支配的になると考えられる。なお、図-5における60Hz以上の高周波数帯や、図-6における30Hz以下の低周波数帯で実験値よりも解析値が大きな応答加速度を示しているのは、ゴムマットを設置していない場合での考察と同様に、構造減衰を考慮していないこと、摩擦モデルが不十分であることの二つが挙げられる。

3. おわりに

コンクリートブロック多段積み構造において、上下段のブロック間にゴムマットを挟むことで、共振振動数が低下し、耐震性を向上できることが解析的にある程度確認できた。今後、減衰の導入や摩擦モデルの改善、ゴムマットのより適切なモデル化など、解析モデルを改良し、定量的な評価まで実施していく予定である。

参考文献 1) 伊井洋和, 水田洋司, 浅田潤一郎, 佐々木公彦, 藤田浩一, 菅付紘一, 高橋洋一: ゴムマットを有するコンクリートブロック多段積みモデルの耐震性に関する振動実験, 土木学会論文集 B3(海洋開発), Vol.69, No.2, I_209-I_214, 2013.

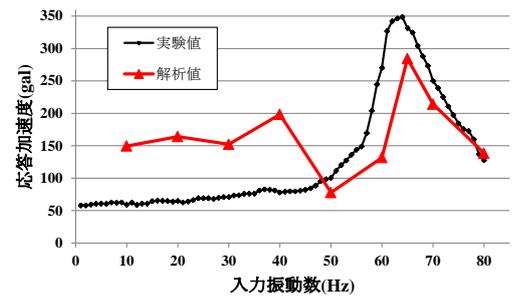


図-4 解析結果(ゴムマットの設置なし)

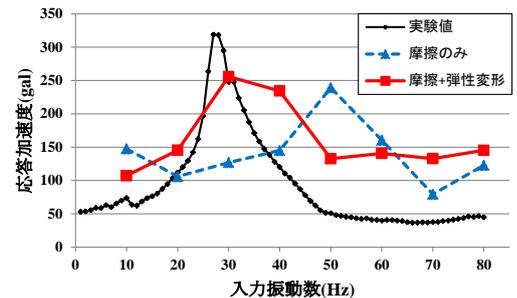


図-5 解析結果(ゴムマット A40 を設置)

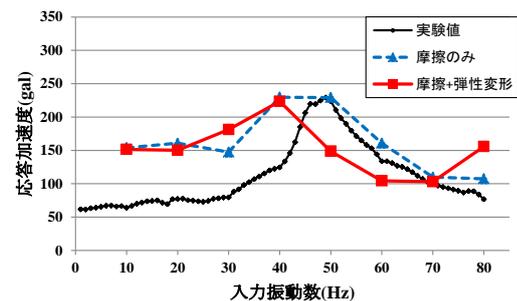


図-6 解析結果(ゴムマット A81 を設置)