

遠心力载荷模型実験による亀裂性岩盤の動的特性評価

長崎大学工学部 学生会員 ○永樂 翔平 長崎大学大学院 フェロー会員 蔣 宇静
長崎大学大学院 正会員 李 博 正会員 杉本 知史
長崎大学大学院 学生会員 劉 野 学生会員 楊 磊

1. はじめに

我が国は地震国であることから、重要構造物を設置する基礎岩盤は想定される地震力に対して安全性を有していることが建設の前提条件である。岩盤中に存在する不連続面の性状（角度・間隔・数量）は、岩盤の強度・変形特性に与える影響が大きい。ここで本研究では、様々な角度を有する不連続面を持った岩盤を想定して模擬供試体を作成し、遠心力载荷装置により水平方向の地震力を与えることで、不連続面の角度が基礎岩盤の動的特性に与える影響を考察することを目的とする。

2. 供試体の作成

本研究では、石膏と水と遅延剤を重量比 1:0.2:0.015 の割合で配合した模擬材料を用いて供試体を作成する。アクリル製のモールドに模擬材料を流し込んだ後、厚み 0.3mm のアルミ製の板を供試体に差し込み、亀裂を作成する。実験を行う際に、アルミ製の板を取り出し、石膏供試体同士を緊密に接触させ、亀裂を表現する。供試体の形状と寸法を図 - 1 に、材料の物性値を表 - 1 に示す。

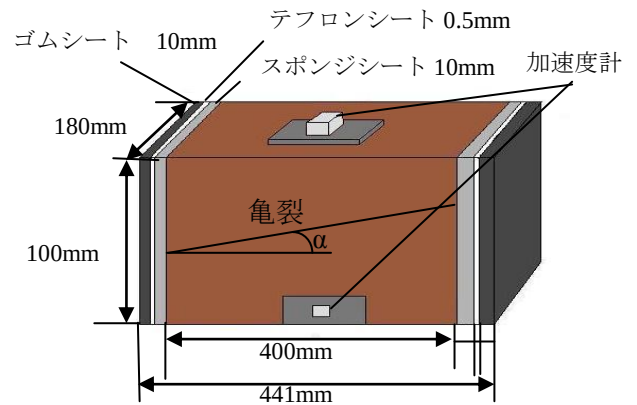


図 - 1 供試体の形状と計測センサーの位置

3. 実験概要

図 - 2 に遠心力载荷模型実験装置の容器を示す。この容器は積層構造となっており、基盤の揺れによる上部構造の増幅効果を表現することが可能である。本実験は、実物の 1/n の模型を重力加速度の n 倍遠心加速場におくことで模型内に実物と同じ自重応力状態を再現させようとする実験手法であり、縮尺模型に実物と同様の挙動を生じさせることが期待できる。

遠心加速度を 50G で設定し、遠心加速度が一定になり次第、振動実験を行う。なお、模擬する実岩盤の大きさは縦 5m×横 20m×奥 9m である。本研究の実験ケースを表-2 に示す。ここで、亀裂の角度 α は 0° から 75° まで変化させる。

境界での減衰を表現するため、図 - 1 に示すように、10mm 厚のゴムシートと 10mm 厚のスポンジシートを容器と供試体の間に設置し、その間に更に 0.5mm 厚のテフロンシートを挟んで摩擦による影響をなくするような構造を設けている。供試体の上部と下部にそれぞれ加速度計を設置し、計測結果を比較することで、亀裂の角度による振動特性への影響を評価する。また、容器と供試体の底面を接着剤で固定した。振動実験に用いられる振動波形の例を、図-3 に示す。

表 - 1 材料の物性値

密度	2.066(g/cm ³)
圧縮強度	47.4(MPa)
弾性係数	28700(MPa)
ポアソン比	0.23
引張強度	2.5(MPa)
粘着力	5.3(MPa)
内部摩擦角	63.3(°)

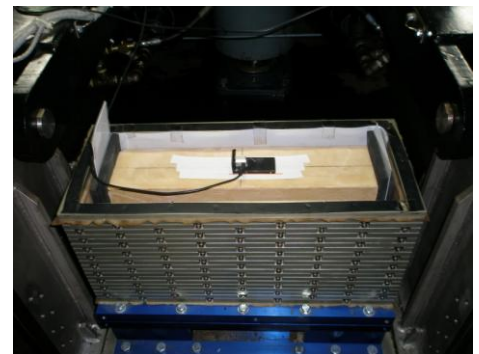


図 - 2 積載容器

4. 実験結果と考察

図 - 4 にインタクト供試体を用いて計測した加速度の増幅効果を示す。一般的に、加速度は式(1)で求められ、振幅が増加すれば加速度も増加する。

$$a = -A(2\pi f)^2 \sin 2\pi ft \quad (1)$$

表 - 2 実験ケース

亀裂の角度	周波数 (Hz)	振幅(mm)
intact, 0°	50	1.5
15°, 24°, 45°		2
60°, 75°		2.5

ここで、 a は加速度(m/s^2)、 A は振幅(m)、 f は周波数(Hz)、 t は時間(s)である。図 - 4 に示すように、振動の振幅が大きくなるほど加速度も大きくなっており、理論と一致していることが分かる。また、各振幅における最大加速度の理論値は $a_{1.5}=148$ 、 $a_2=197$ 、 $a_{2.5}=247$ であり、供試体の下部に設置している加速度計の計測値はこれらと近い値を示さなければならない。しかし、計測結果は理論値と若干異なっている。これは供試体や加速度計の設置状態によって生じたものであると考えられる。

図 - 5 に、傾斜 24° の亀裂を有する供試体における加速度の減衰量変化を示す。縦軸の最大加速度減衰率は式(2)により計算する。

$$p = \frac{a_1 - a_2}{a_2} \times 100 \quad (2)$$

ここで、 p は最大加速度減衰比率 (%)、 a_1 は供試体上部の加速度(m/s^2)、 a_2 は供試体下部の加速度(m/s^2)である。

振動の振幅の増加に伴って、加速度の減衰比率が減少している。通常、亀裂面では衝突やせん断などにより、加速度の減衰効果が見られる。振幅が大きいほど、亀裂面に大きな応力が発生し、亀裂面での動きが発生しにくくなり、加速度の減衰比率が小さくなると考えられる。

図 - 6 に、亀裂の傾斜角 α が加速度に与える影響を示す。加速度は $\alpha=24^\circ$ で最小値となり、そこを境に角度の減少あるいは増加に従って加速度が増加している。従って、亀裂による減衰効果は、 $\alpha=24^\circ$ となる時に最も大きく、 $\alpha=75^\circ$ となる時に最も小さいことがわかる。また、インタクト供試体で加速度は最大値となることから、亀裂を持つすべての供試体には減衰効果が生じていることがわかる。

5. 終わりに

本研究では、様々な角度を有する不連続面を持った模擬岩盤供試体を用いて、遠心力载荷模型実験を行い、加速度の増幅効果、振幅による加速度の減衰量変化、亀裂による加速度の減衰効果を考察することができた。今後は実際の地震で得られた波形および亀裂のネットワークを有する供試体を用いた実験を行い、実岩盤の振動特性をより正確に評価していきたい。

参考文献

蒋宇静、楊磊(2011)：不連続面が重要構造物の動的特性に与える影響の数値解析的評価，第46回地盤工学研究発表会概要集，神戸，pp.1603-1604

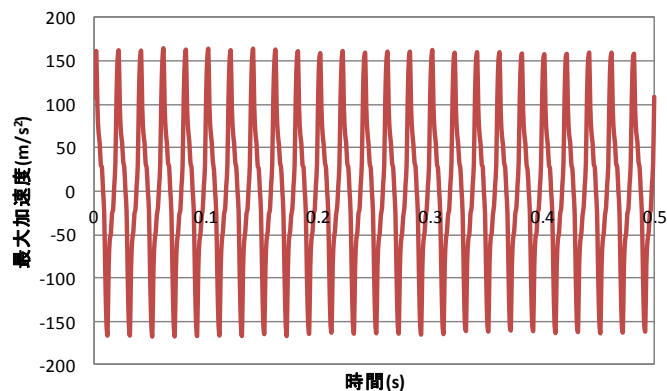


図-3 入力振動波形

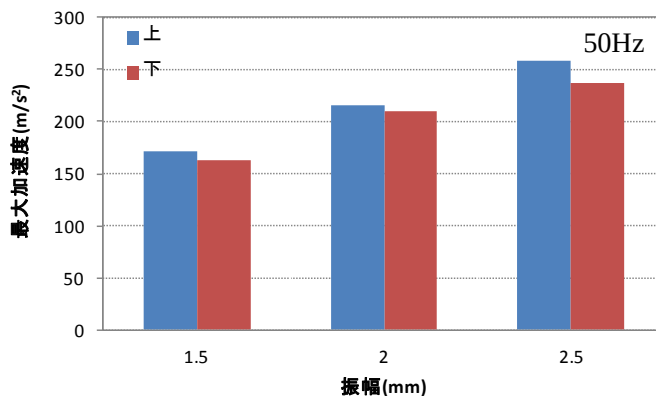


図 - 4 インタクト供試体における加速度の増幅効果

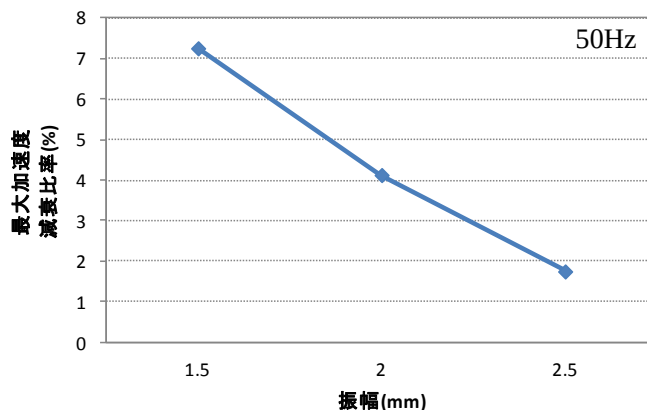


図 - 5 $\alpha=24^\circ$ 供試体の加速度の減衰

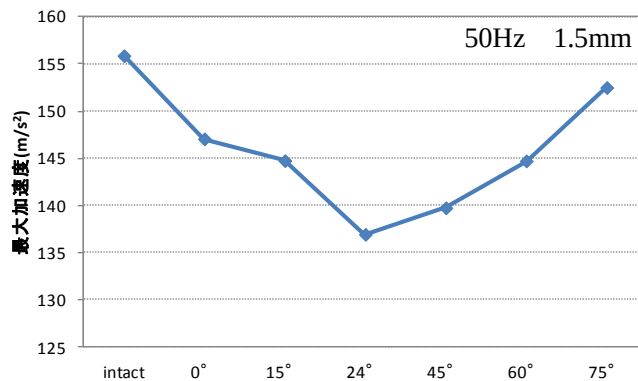


図 - 6 亀裂の角度による加速度への影響