

振動外乱に対する月面レゴリスと構造物の応答性状に関する基礎研究

○中野 尊治¹, 宮本 裕司², 小林 俊夫³

¹大阪大学, ²福井工業大学, ³(株)三誠

責任著者: 宮本 裕司 miyamoto@fukui-ut.ac.jp

キーワード: レゴリス, 三軸圧縮試験, 模型振動台実験, 地盤-構造物の動的相互作用

人類活動を月面に広げる有人月面探査計画(アルテミス計画)が, NASA や JAXA で進められている。その中で, 拠点となる探査基地や建築・土木構造物を, 月面の厳しい環境の中で如何に設計し建設するかが重要な課題となる。月面は軟弱な砂(レゴリス)に覆われており, 月震や隕石衝突による振動外乱に対して, 構造物や内部重要機器類を安全に保護することが要求される。本研究の目的は, レゴリス地盤と構造物の応答性状を確認することである。その端緒として, レゴリス模擬土(FJS-1)の静的・繰返し三軸圧縮試験を行い, 静的と動的な力学特性を把握した¹⁾。次に, 構造物として剛体模型を用いた振動台実験を行い, レゴリス地盤に設置した直接基礎, 埋込み基礎, 杭基礎をもつ構造物模型の応答性状についてのデータを得た²⁾。さらに, 1次元モデルを用いてレゴリス地盤の応答解析を実施した。

静的三軸圧縮試験(圧密排水試験)では計6体の供試体を製作した。供試体を自立させるため加水後に凍結させて試験機に設置し, 解凍後に試験を行った。相対密度80%の供試体において内部摩擦角は 45° となり, 最大応力到達後に急激な応力低下が確認された。一方, 繰返し三軸圧縮試験では, せん断ひずみの振幅(振動数0.5, 1.0, 2.0 Hz)を漸増させてせん断剛性および減衰定数を求めた。その結果, 日本の標準的な砂地盤(基準せん断ひずみ0.10%, 最大減衰定数21%)²⁾と比べると, レゴリス模擬土ではせん断剛性は早期に低下し, 減衰定数は小さくなることが明らかになった。

模型構造物の振動台実験では, レゴリス地盤(深さ36 cm)のみの試験体と, レゴリス地盤に設置した直接基礎, 埋込み基礎, 杭基礎をもつ構造物模型の試験体に対して加振した。入力外乱は, 加速度振幅を約 40 cm/s^2 から約 400 cm/s^2 の範囲で5段階に変えたホワイトノイズとした。その結果, 入力が大きくなるにつれ地盤の卓越振動数は約23 Hzから約20 Hzに低下し, 増幅率は小さくなり, レゴリス地盤の非線形化が確認できた。また, 各種基礎形式の構造物模型においても, 水平加速度応答に非線形化が見られた。さらに, 埋込み基礎と杭基礎では, 直接基礎に比べ構造物のロッキング応答が抑えられる結果となった。以上の実験研究に加え, レゴリス地盤を1次元モデルとした解析では, 繰返し試験のひずみ依存性を考えることで, レゴリス地盤の応答をシミュレーションできるかを検討した。

参考文献

- 1) 宮本裕司, 中野尊治, 小林俊夫: 月面レゴリスと構造物の応答性状に関する基礎研究, 第16回日本地震工学シンポジウム, Day3-G418-04, 2023.
- 2) 古山田耕司, 宮本裕司, 三浦賢治: 多地点での原位置採取試料から評価した表層地盤の非線形特性, 第38回地盤工学会研究発表会, pp.2077-2078, 2003.