

Ⅲ－２ アーム可動型遠心力载荷実験装置の開発

○岩手大学工学部 正会員 大河原文
北大院工学研究科 フェロー 三田地利之
(株)シーエスエンジニアリング 正会員 佐野 彰

1. はじめに

遠心模型実験は、斜面安定、支持力、圧密、液状化など地盤工学に関する諸問題に広く適用され、教育・研究面のみならず、実構造物を対象とした数値解析結果の検証のように実務面でも、その有用性が認識されている。この実験手法は、自重応力に大きく依存する地盤の挙動解明に威力を発揮するが、この手法においても他の力学試験と同様に様々な問題を有している。すなわち、作製した模型地盤の実地盤に対する性状の近似度や、圧密、クリープ現象など、それぞれ異なる時間の相似比のもとで同時に現象が進行する場合の解釈、さらには圧密、透水が速く進行する場合、排水条件を規定しにくいなど様々である。また、遠心実験に特有の問題として、遠心加速度が半径と角速度の2乗に比例し、等加速度の場合は曲率をもっていることから、加速度の方向と大きさが模型内で様々でないことが知られている。加えて、これまであまり注目されてこなかったが、所定の遠心加速度に到達するまでの加速時に、回転方向に対して反対方向に生じる加速度（加速時の回転加速度とする）の問題があると考えられる。このたび、アームをスイングさせることによってこの回転加速度の影響を解消した「アーム可動型遠心力载荷実験装置」を開発した。

2. 合成加速度の作用方向

回転速度の増加中に模型地盤内に作用する加速度（図1）は、①半径方向に作用する遠心加速度、②鉛直方向に常に作用している重力加速度（1G）、③円周上に作用する回転加速度からなる。したがって、加速中における合成加速度の作用方向は、これら3つの加速度の合成方向となる。従来の遠心装置は、①遠心加速度と②重力加速度の合成方向にプラットフォームが振り上がるように設計されているのがほとんどである。

ちなみに遠心実験では、遠心加速度の増加速度を早くすることで非排水条件を保障しているが、この条件下で実施される実験（斜面崩壊実験など）では、模型内の間隙水圧の分布が不均一になる、模型自体に偏りが生じるなどの回転加速度の影響が懸念される。

3. アーム可動型遠心力载荷実験装置

開発した遠心装置の模式図を図2に、主な仕様を表1に示す。本装置は、回転部（アーム、プラットフォーム）、駆動部（電動機、減速機）、保護風防、制御/計測部、安全管理機器から構成される。最大の特長は、プラットフォームが振り上がるのみならず、水平方向にもアームが自由に回転することにより、遠心加速度、重力加速度、加速時の回転加

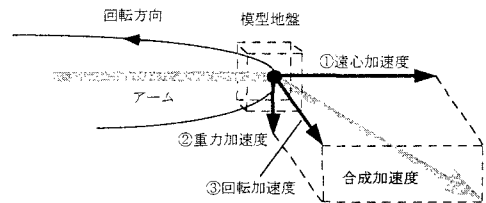


図1 加速中に模型地盤に作用している加速度

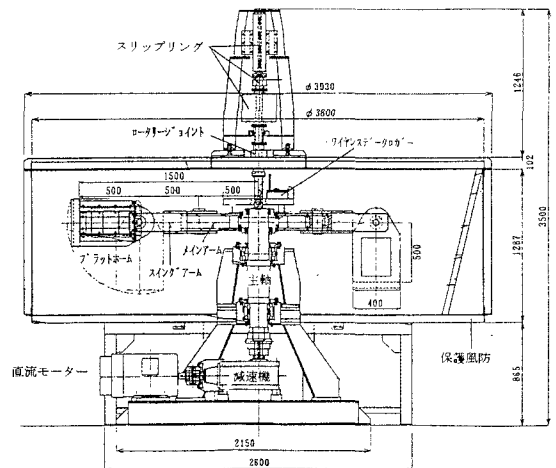


図2 アーム可動型遠心力载荷実験装置

速度の合成方向にプラットホームが動くことである。これにより、加速中にも常に模型地盤の鉛直下向きに加速度が作用する。

回転部

回転部のアームは、メインアームとスイングアームから構成され、両者は軸受ボス（円筒形のベアリング）によって取り付けられている（写真1）。また、試料容器を搭載するプラットホームは、スイングアームの端部につり下げられており、遠心加速度の増加に伴って振り上がる。

駆動部

駆動部には、回転数や制御が容易なインバーターモーターを用い、最大加速度 150G までの到達時間は最速で 120 秒である。また、モーターを主軸直下の減速機に直結することで、駆動部からモーターと減速機を連結するシャフトが除かれコンパクトな設計となっている。

保護風防

保護風防は、稼働中に試料の飛び出し等の異常が発生した場合の安全対策と、回転部の空気抵抗を小さくするためのもので、本装置では複数枚の鋼鉄板を用いて回転部の周囲を取り囲んでいる。また、保護風防の底部フレームを基礎に底着させることによってアンバランス荷重が発生したときの横ずれを防止する。

制御／計測部

遠心模型実験では、模型全体の挙動をつぶさに観察することが重要であることは現在においても変わらない。本装置では、プラットホームに搭載された超小型 CCD カメラにより地盤挙動を撮影し、得られた画像信号はスリップリングを通して DVD 装置に録画されるシステムとなっている。また、小型ひずみゲージ式荷重計や加速度計など計測機器のデータは、ワイヤレスデータローガーにより無線

で伝送される。ワイヤレスデータローガーは、スリップリングに比べて安価であり、今回、使用したものは最大 500 チャンネルまで増設可能など、今後の利用が期待される。電波方式の問題点としては、アンテナがアームに搭載されているため、回転速度が大きくなるとアンテナの位置が円周上をめまぐるしく移動するために電波状態が悪くなり、計測不能に陥ることである。本装置ではアンテナを主軸付近に取り付けることで対応している。

安全管理機器

高速回転による主軸の軸受の異常振動や温度上昇を常時計測し、設定値を超えると警報と回転灯が点灯するシステムとなっている。

4. 今後の予定

今後は、プラットホームに加速度計を取り付けて実際に回転加速度を計測するとともに、模型地盤内での間隙水圧や排水の度合いなどを調べ、加速時における回転加速度の影響を明らかにしたい。

なお、本研究にあたり(財)科学技術振興事業団の独創的研究成果共同育成事業の助成金を使用した。

表1 遠心装置の主な仕様

型 式	ビーム型
有効半径	1. 5m
最大加速度	150G
最大搭載質量	150kg
主電動機容量	22kw
最大回転数	300rpm
加速到達時間	300秒(最速120秒)
プラットホーム	700W×400D×500Hmm

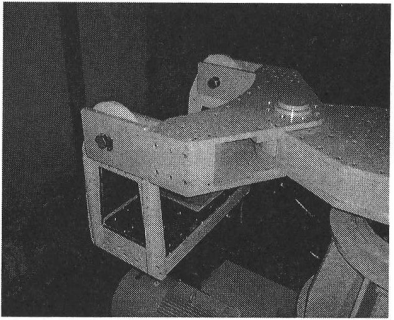


写真1 水平方向に回転するスイングアーム

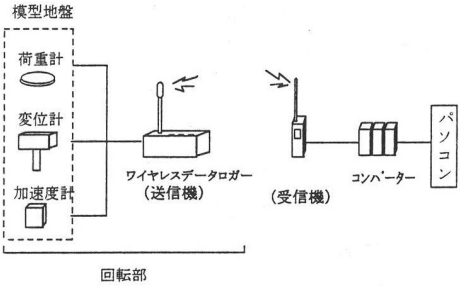


図3 計測データの無線伝送システム