

遠心力载荷装置の更新

機器開発技術グループ 富阪 和秀

1. はじめに

防災研究所遠心力载荷装置は、設置から約 23 年が経つ実験装置である。その間、維持管理として 5 年毎にオーバーホールを行い、研究の発展とともに装置に様々な改良が加えられてきた。動の実験用振動台の更新、多チャンネル計測システムの構築、搭載機器の無線通信化など周辺機器の更新などを行っている。他にも上部開口部自動開閉装置を設置するなど作業性の改善も図られている。しかし、時間の経過とともに施設の老朽化も見られるようになってきていた。降雨時に建物壁面の亀裂から床面に浸水するようになり、スリップリングの老朽化に起因して配電不良が起こり、油圧ポンプの作動不良を引き起こすなど実験者への安全面に関わる問題も発生していた。さらに装置本体のもつ振動特性として、本体アームの固有振動数が 40~50Hz 前後であることが確認され、動の実験時に起こるアームとの共振が研究発展の阻害要因になっていた。そこで昨年度の予算措置により遠心力载荷装置の更新が行われることになった。昨年度改修工事が行われ（写真 1, 2）、本年度前半の機器調整を経て 10 月から本格的な運用が始まったので更新された装置の詳細を報告する。



写真 1 新しくなった実験室建物



写真 2 室内外観

2. 新遠心力载荷装置の紹介

2. 1 遠心力载荷装置本体

装置本体は振動台駆動用の油圧ポンプ機器を除き全て更新された（写真 3）。鋼鉄製のアームは剛性強化のため、サイズが 1564×6500×300mm となり旧式に比べて一回り以上大きな構造となった。アームの先端はプラットフォーム（写真 4）が遠心力によって水平状態になったときに着座するようプラットフォームを取り囲むような形状となっている。プラットフォームは遠心力 20G でアームのプラットフォーム受け部に着座する。回転駆動モーターもアームの重量増加に合わせて容量の大きいものに更新された。ただし、アームのサイズは大きくなったが土槽の回転半径はこれまでと同じ 2.5m である。装置の運転は、旧式では操作手順として実験者が計測室内の制御盤と外にある制御盤との間を 2 往復しなければならなかったが、新型はあらかじめ計測室の外にある電源ボックスの電源を入れておけば、回転数の設定から駆動の制御まで計測室内のタッチパネル上で行えるようになった（写真 5）。運転の途中で回転数を変えられるようになったのも今回の更新からである。装置の性能として土槽に加わる遠心力はこれまでと同様に動の実験時 50G、静的実験時 200G である。



写真3 新遠心力載荷装置

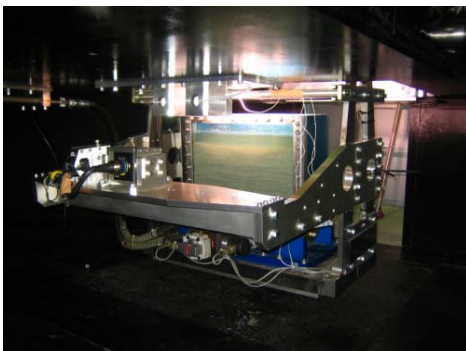


写真4 プラットフォーム



写真5 制御パネル

2. 2 振動台

動的実験用振動台は新たに2台新設された。振動台は「標準型振動台」と「長周期型振動台」の2種類あり、標準型振動台(写真6)は従来の振動台と同等の性能を有しており、最大±5mmの変位制御を行うことができる。長周期型振動台は加振周波数こそ標準型の半分であるが、変位は最大±15mmの稼働範囲を有している。両振動台ともに正弦波および任意波形による加振が可能である。振動台の性能比較を表1に示す。

表1 振動台の性能

	標準型振動台	長周期型振動台
最大加振周波数	200Hz	100Hz
最大変位	±5mm	±15mm
最大振動加速度	50G	30G

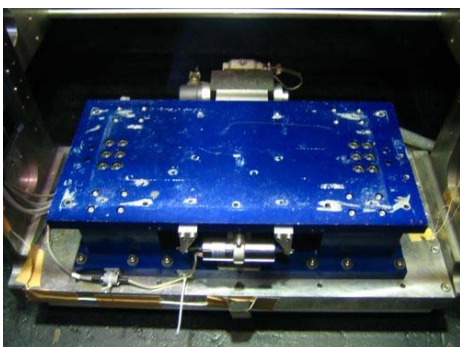


写真6 標準型振動台

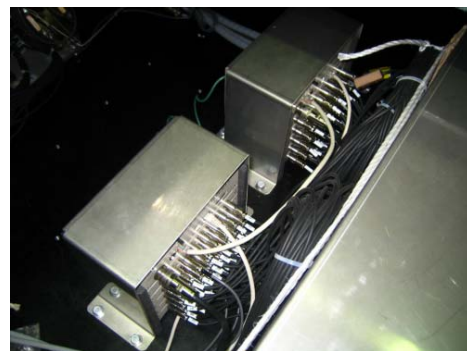


写真7 計測装置

2. 3 計測装置

更新された計測装置は東京測器社製のマルチレコーダ（TMR-200）である（写真 7）。この計測装置は 1 台のコントロールユニット（TMR-211）に最大 10 台まで各種入出力ユニット（ひずみ 4 ゲージユニット、ひずみ 1G2G4G ユニット、電圧出力ユニット、電圧熱電対ユニットなど）の接続が可能で、最大 80ch 分の測定が可能である。

サンプリング周波数は最大 100kHz で、80ch 使用する場合は連続 8 秒間の測定が可能である。遠心模型実験では 8 秒間の測定時間では足りないこともあるため、コントロールユニット 2 台を LAN ケーブルで繋いで同期させ、ひずみ 4 ゲージユニットを 5 台ずつそれぞれのコントロールユニットに接続して各々 40ch とし、合計 80ch にすることによって最大 16 秒間の計測を可能にした。アームのプラットフォーム側に接続ボード（写真 8）が設置されていて計測装置とケーブルで繋がっており、接続ボードに各種センサを接続することで計測を行うことができる。

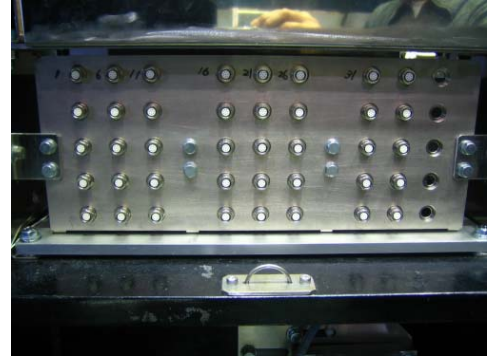


写真 8 コネクションボード

2. 4 高速度カメラ

今回の更新では 2 台の高速度カメラが新設された（写真 9）。高速度カメラはナック社製の耐 G・カメラヘッド分離型ハイスピードカメラ（MEMRECAMfxRX-6G）で、土槽の正面と上面の撮影が可能のように設置されている。カラー映像の撮影が可能でフルフレーム（512×512 ピクセル）で最大 4000 コマ/秒の撮影能力を有している。遠心模型実験では残念ながら光量不足のため 1000 コマ/秒の撮影しか行うことができない。この状態で最大 49 秒間の連続記録が可能である。

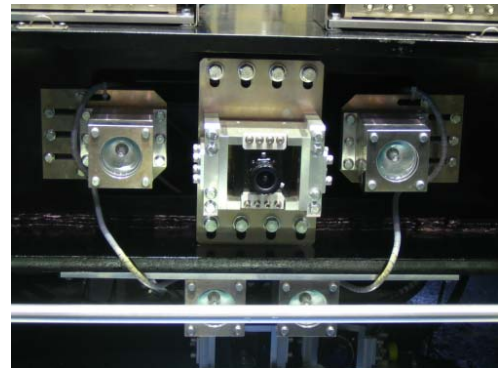


写真 9 高速度カメラ

2. 5 モニタ

装置および土槽監視のために 2 ヶ所にモニタ用のカメラが取り付けられている。1 台は土槽を監視するためのカメラでプラットフォーム上の土槽の正面に向けて固定されている。常時土槽のガラス面をモニタリングすることができるため、動の実験時に模型地盤の変化などを記録することが可能である。2 台目はピットの側壁に設けられた窓からピット内全体を監視するためのカメラである。改修前は稼働中の遠心力载荷装置を肉眼で見ることができず、実際の可動の状況を知ることができなかったが、今後は事故発生時に即座に状況を知ることが可能になり、見学者にも実際に稼働しているところを見てもらうことが可能になった。写真 10 にピット内監視用カメラとテレビ画面に映し出されたピット内の様子を示す。



モニタカメラ



モニタ映像

写真 10 モニタ

2. 6 スリップリング

スリップリングは回転体に対して同心円状に配置された環状の電路とブラシを介して電力や信号を伝達するための機構であり、遠心力載荷装置の回転軸からピット外に延びた先端に取り付けられている。信号の入出力用に 10 線分配線されており、現在は土槽監視カメラの映像を送るために 2 線分使用している。電力の伝達に関しては 100V と 200V の電流が送電されている。100V は装置上に搭載されている計測機器やアンプなどすべての電気機器に使用している。200V は振動台の圧力ポンプ可動用である。

2. 7 ピット内作業環境

旧遠心力載荷装置のピットは高さが 120cm しかなく、作業は常に中腰で体に負担がかかり、また装置と天井との隙間が非常に狭かったため作業性が著しく悪かった。改修では写真 2 に示すように床面が 30cm 押し上げられ、装置と天井との間の隙間が増えたため作業性が大きく改善された。改修前はピット内に照明が無かったが新設されたことでハンドライト無しで作業ができるようになった。また、写真 11 に示すようにピット側面からの入口が新設された。安全性確保のため全ての扉が閉鎖されていないと装置が作動しないようになっている。

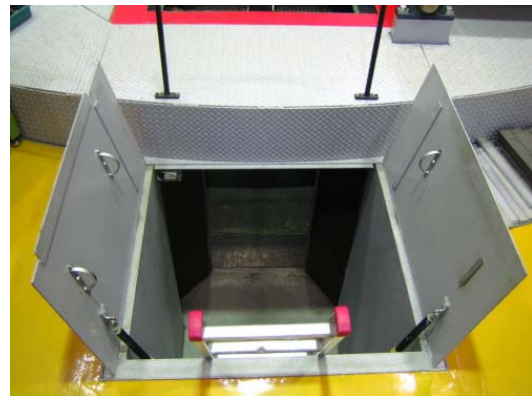


写真 11 ピット内入口

3. 今後の課題

アームの各所に加速度計を設置して振動台稼働時のアームの振動特性を調べた結果、アームの剛性向上による効果が確認された。更新の第一の目的は達成されたが、新設された肝心のプラットフォーム自体に剛性が足りないことやプラットフォームの着座がうまくいっていないことが分かった。動的実験時に振動台による加振以外の振動が発生していることが最近の実験で報告されている。これでは当初の目的を達成した意味がないため、次年度以降にプラットフォームの再改修が計画されている。