

動的遠心力模型実験装置の開発並びに振動土圧に関する基礎的研究

高知高専専攻科 学生会員 ○ 橋田 賢治

高知高専 正会員 岡林 宏二郎

高知高専 伊藤 輝

1. 緒言

東日本大震災の被害調査により、海洋型の地震波に対する対策や粘り強い土構造物の設計が必要であるといわれている。これらのことから、南海トラフ型巨大地震に対する挙動や対策工の実証実験が可能な最新の装置が必要である。そこで、本校の遠心載荷装置を地震動が加振できる装置に改善した。本研究では、予備実験として遠心加速度上昇、データ収録、画像処理およびカメラの設置など装置の開発を行い、静的な土圧と動的な土圧を計測した。また、地震動制御の改善を行い実地震波の加震性能を調べた。

2. 動的遠心載荷装置(Mark II)の概要

2.1 遠心載荷装置について

遠心模型実験は実物の縮尺 $1/N$ の模型を重力加速度の N 倍の遠心加速度場において、模型内に実物と同じ自重応力とひずみ状態を再現させることができる。本校に設置されていた静的遠心載荷装置を補強改善し、動的遠心載荷装置(Mark II)とした。

2.2 動的遠心載荷装置の概要

この装置の基本諸元を表 1 に示す。有効半径は 1.925m、最大遠心加速度は 200G (G: 重力加速度) である。また、振動台装置を用いる場合は最大加震周波数 30Hz 以上、最大変位 30mm 以上、最大加振加速度 5G 以上、載荷能力 15N 以上の要件を満たす仕様である。

表 1 遠心力模型実験装置の緒言

有効半径(mm)	1925
深さ(mm)	1700
振動台の寸法(mm)	L550×B150
試料 容器寸法(mm)	L450×B150×H300
最大加速度(G)	200
最大周波数(Hz)	30
最大変位(mm)	30
駆動モータの動力P(KW)	14
計測装置	スイッチボックス 50チャンネル 圧力センサーコネクタ 30チャンネル

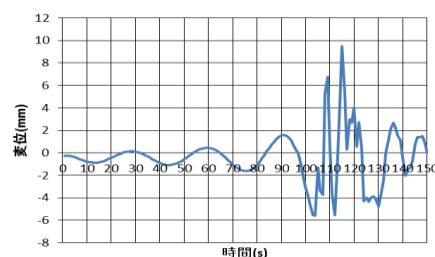


図 1 神戸波の変位データ(100 ミリ秒時)

3. 地震波に対する装置の動作確認試験

動的遠心載荷装置の動作確認のため、神戸波の地震波で加振した。この地震波は阪神淡路大震災時に神戸で記録された変位波である。データ容量の制約上、実際の神戸波から 256 波の変位データを選定した。記録間隔 1000 ミリ秒、100 ミリ秒及び 10 ミリ秒に設定し、振動台を加振させて、神戸波の変位を記録した。図 1 は 100 ミリ秒時の神戸波の変位データを示す。

4. 振動プログラム改善後の性能実験結果

4.1 相似則の検討

$1/N$ のモデルを $N(G)$ の遠心力場において地震動をかける場合、式(1)、(2)を使う。

$$Y_m = Y_p / N \quad (1)$$

$$\alpha_m = N\alpha_p \quad (2)$$

Y は変位、 α は加速度、 N は重力加速度を示す。式(1)では、実物の $1/N$ 倍の変位、式(2)では、実物の N 倍の加速度が算出できる。レベル 1 の地震動は、一般的に 150gal 程度以上の加速度となることから、今回は 150gal を得るために装置の改善を行った。

キーワード 遠心模型実験、地震、土圧

連絡先 〒781-5232 高知県香南市野市町西野 1214-4 TEL 090-6287-6632

4.2 性能実験の計算結果

性能実験から、装置の性能を表2に示す。この表からsin波は、最大変位5mm、振動数を10Hzまで、ランダム波は最大変位8mmまで正確な変位データが再現できた。記録間隔1ミリ秒、最大変位8mmの神戸波の場合、最大加速度は4800galなので、相似則の検討より、20G場では240gal、30G場では160galの加速度を得ることができた。また、変位5mm、振動数10Hzのsin波を加振させた場合の結果を表3に示す。20G場での実物にかかる加速度は、136galであった。

表2 装置の性能(振動プログラム改善後)

	最大変位(mm)	振動数(Hz)
sin波	5	10
ランダム波(神戸波)	8	

表3 変位5mm、振動数10Hzのsin波の加速度計算

G場	振動数(Hz)	模型にかかる加速度(gal)	実物にかかる加速度(gal)
10	10	2320	232
20	10	2720	136
30	10	2740	91.3
40	10	2760	69

5. sin波を用いた動的土圧実験

5.1 実験方法

寸法幅450mm、高さ300mm、奥行150mmの土圧測定容器を用いる。容器内に土圧計を貼り付け、豊浦標準砂を高さ200mmまで入れる。実験時の土圧計と容器内の状態を図2に示す。遠心加速度を10Gに設定し、静止土圧を計測した後、振動数10Hz、片振幅5mmのsin波を加震させて動的土圧を計測した。その後、20G、30G、40Gと遠心加速度を上昇させて、同様の計測を行った。

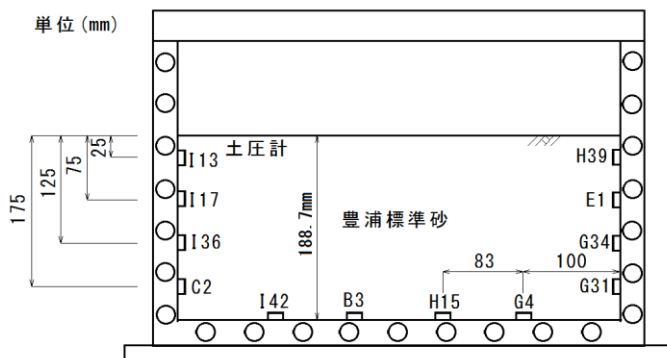


図2 実験時の土圧計と容器内の状態

5.2 実験結果

表3の結果を参考に、遠心加速度20G場についての結果を示す。図3は計測した鉛直土圧を示す。鉛直土圧の理論値は、土の単位体積重量(γ)と地表からの深さHの積による $N\gamma H$ で算出できる。

図4は計測した左壁面にかかる水平土圧を示す。水平土圧の理論値は、鉛直土圧と静止土圧係数 K_0 の積による $K_0N\gamma H$ で算出できる。 K_0 は $1-\sin\phi$ で求め、 ϕ はeと ϕ の実験結果から推定した。図3と図4から、実測値は理論値以下であり、土圧の再配分等により、ばらついている。また、鉛直・水平土圧ともに土圧の値は地震動により変化することがわかる。

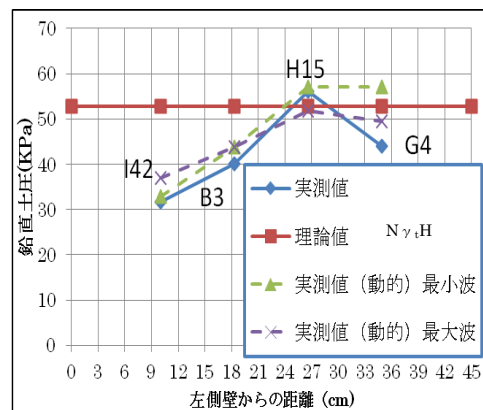


図3 鉛直土圧分布

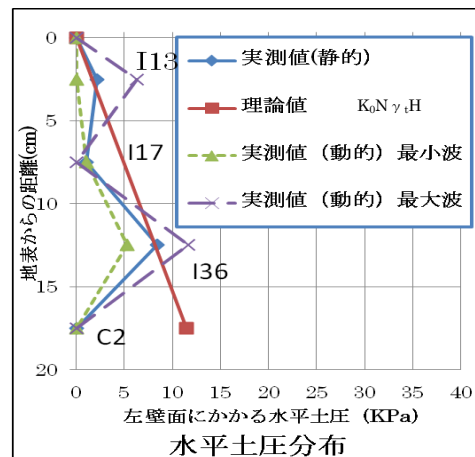


図4 左壁面の水平土圧分布

6. まとめ

- (1) 実験を通じて、静的実験及び地震動を加震する動的実験が可能となった。
- (2) 振動プログラムの改善によって、振動台の振動は10Hzまで、変位は5mmまで、および波数の調整が可能となった。
- (3) 実物にかかる加速度計算で、30G場以上でも150gal以上を加震できるように、さらに装置を改善する予定である。