動的遠心力模型実験における高速撮影画像を用いた画像解析

日本工営(株) 中央研究所　正会員 ○ 上村　健太郎
正会員　スレンソッキアン
日本工営(株) 地盤技術部　正会員　津田　雅丈

1. はじめに

遠心力模型実験において、非接触で模型の全体変形の把握が可能な方法として、標点の計測による方法や高解像度の画像を用いた画像解析が実施されてきた。これらの方法は補強土[例えば1)]、地盤改良[例えば2)]、基礎[例えば3)]などの土構造物の変形挙動の検討に用いられているが、変形速度の小さい静的な現象や動的現象の前後の状態への適用である。

そこで、本報告では遠心場において高速撮影が可能な環境を整備し、遠心加速度 20G 場での動的遠心模型実験を行った。高速撮影で得た画像を用いた画像解析によって、加振中の変形が評価可能であることを示した。

2. 動的遠心力模型実験

(1) 実験概要

遠心力模型実験は図 1 に示す自社製の装置を使用し、遠心加速度 20G 場で実施した。実験モデル(1/20)を図 2 に示す。実験モデルは盛土法面前面にブロックを配置した空石積擁壁である。盛土は高さ 20cm(実大 4.0m)、法面勾配 1:0.5 で、所定の密度で締固めることで作製した。盛土を構築後、法面に四角錐台のブロックを積み上げた。作製した模型に 20G 場で 20 波、500gal、3.0Hz の入力波を与えた。

図 1　遠心力載荷装置

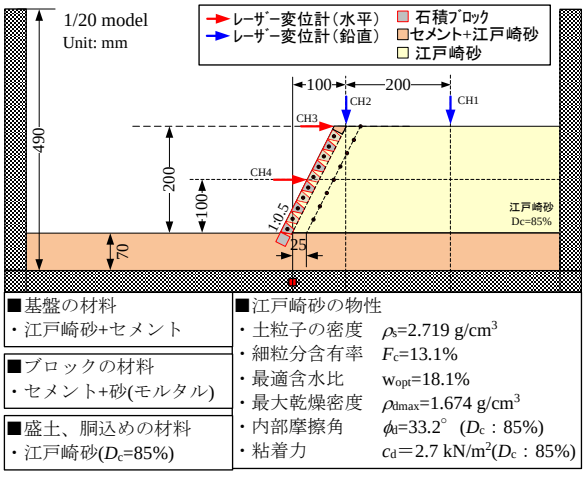

図 2　実験モデル

(2) 画像撮影方法

遠心力載荷装置の一部を改修し、高性能 PC や耐 G 高速度カメラの設置するための固定スペースを新たに確保した。耐 G 高速度カメラは図 3 にように振動台上へ設置し、振動台(可動部)とカメラ設置場所(非可動部)の相対変位を補正することなく加振中の画像を撮影することができる[4)]。耐 G 高速度カメラには焦点距離の短いレンズを装着し、側面から模型を十分に観察できるようにした。

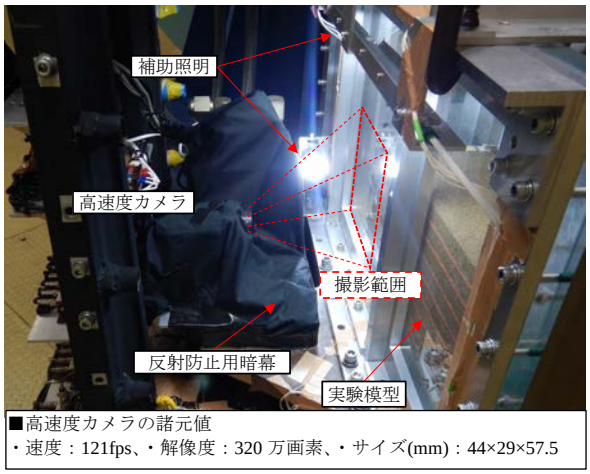

図 3　撮影状況

(3) 画像解析手法

連続撮影した画像を使用して画像解析を行った。画像解析には、徳島大学と日本工営(株)で共同開発した TN-SKIP (Surface Kinematometry by Image Processing)である[5),6)]。画像解析手法は、テンプレートマッチングを使用した方法である。変形前・後の 2 枚の画像から相互相関係数を算定して一致度の判定し、その最大点から変形前に対する変形後の画像座標を決定する。

キーワード　動的遠心力模型実験，画像解析，高速撮影技術
連絡先　〒300-1259 茨城県つくば市稲荷原 2304
日本工営株式会社　中央研究所　TEL029-871-2065

© Japan Society of Civil Engineers

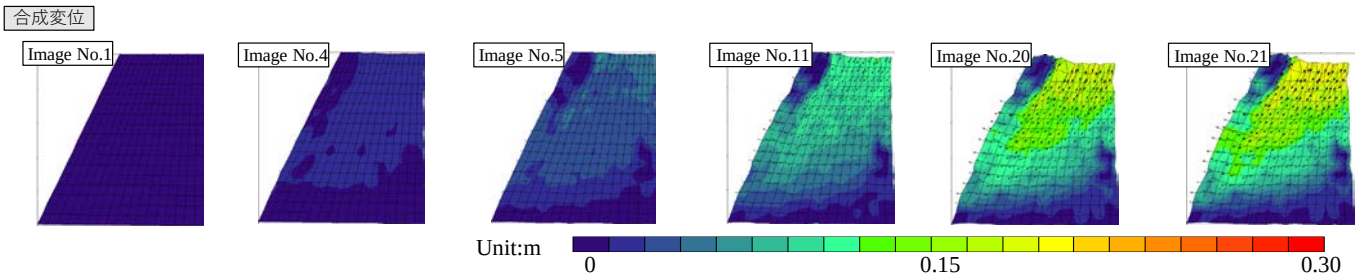

図 4　画像解析結果の一例（合成変位）

3. 動的遠心力模型実験結果

図 4 は撮影した連続画像に対して実施した画像解析から得られた累積の合成変位分布図である。合成変位分布図から加振の進行とともに擁壁を前面に押し出すように変形しているが、ブロック部分における鉛直変位は小さい。

図 5 は実験後の模型断面から得た変形のスケッチである。図より中腹付近がはらみだし、盛土の天端が沈下する変形挙動を画像解析によって捉えることができた。また、図 6 に示すセンサーで計測した水平変位の結果と解析結果の比較図では、加振終了後の水平変位量も画像解析結果と実験結果でほぼ同程度の値となっていることを確認した。

図 7 は画像解析結果から抽出した水平変位と鉛直変位の関係である。背面盛土天端付近の変形は鉛直方向に、石積の変形は水平方向に卓越した。画像解析から得たせん断ひずみの結果を図 8 に示す。図の結果より、石積と盛土の境界におけるせん断ひずみがすべり線付近で生じるせん断ひずみよりも大きくなった。これは図 7 に示す通り、石積部分と盛土部分で加振によって生じる鉛直変位が大きく異なるためである。

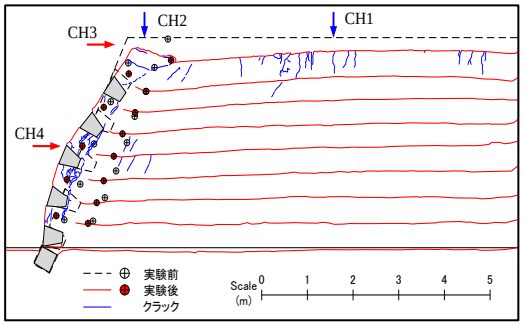

図 5　変形のスケッチ（実験結果）

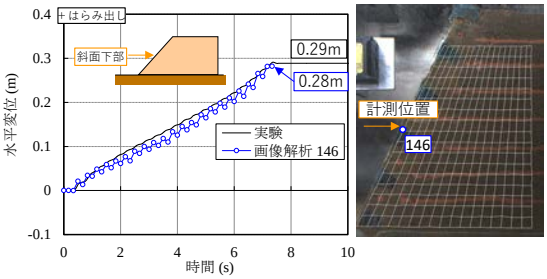

図 6　実験結果と解析結果の比較

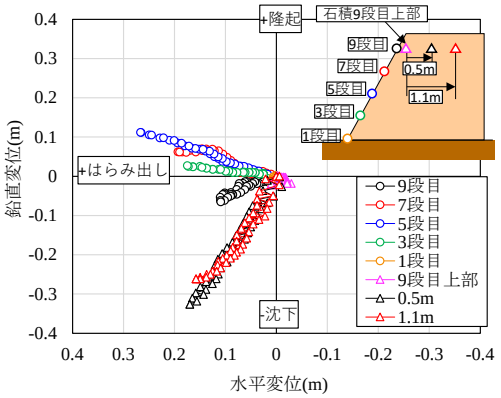

図 7　水平変位と鉛直変位の関係

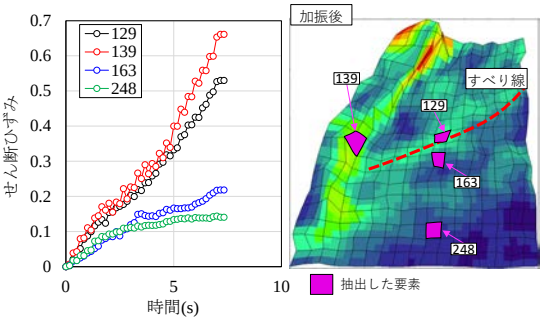

図 8　せん断ひずみの結果

4. まとめ

耐 G 高速度カメラを振動台に搭載し、加振中の挙動の観察に成功し、画像解析結果はセンサーと同程度の値であった。画像解析の結果整理によってブロックと盛土の動的挙動の違いが明らかになった。以上の結果より、遠心場における加振中の変形を画像解析によって評価可能であることを示した。

参考文献

1) 井澤淳、斉藤智哉、伊藤秀行、上野誠、桑野二郎：ジオグリッドと改良土を組み合わせた補強土壁の地震時挙動に関する研究、地盤工学ジャーナル、vol.2、No.2、pp.73-86、2007.
2) 篠崎晴彦、土田孝、一井康二、森川嘉之、高橋英紀、大林淳、木下洸樹、平嶋裕、小林茂雄：遠心力模型実験による水硬性スラグコンパクションパイル工法の設計及びレベル 2 地震動における変形抑制効果の検証、新日鉄住金技報、Vol.399、pp.73-78、2014.
3) Yujian LIU、Sokkheang SRENG、望月秋利、上野勝利、坪井裕也：重力場、遠心場における水平砂地盤上の支持力実験と変形挙動計測、地盤工学ジャーナル、Vol.2、No.3、pp.139-148、2007.
4) Ibuki R.、Doi T、Izawa J.、Uemura K.、Sokkeheang S.：High speed observation on damage process of embankments during earthquakes in a centrifugal acceleration field、10th International Conference on Physical Modelling in Geotechnics、pp.912-915、2022.
5) 上野勝利：ピクセルフリーな画像解析による変形計測、地盤工学学会誌　技術手帳、Vo..64、pp.41-42、2016.
6) スレンソッキアン、上野勝利、望月秋利他：隣接基礎による砂地盤の変形と支持力、土木学会応用力学論文集、Vol.7、pp.65-74、2004.

© Japan Society of Civil Engineers