

モーションキャプチャを用いた剛体の微小振幅計測

Fundamental Study on Dynamic Small Displacement Measurement of Rigid Bodies using Motion Capture System

○荻野凌¹, 小倉悠平¹, 仲村成貴², 新井寿昭³, 高橋孝二⁴

*Ryo Ogino¹, Yuhei Ogura¹, Masataka Nakamura², Toshiaki Arai³, Koji Takahashi⁴

Optical Motion Capture (OMC) is primarily used in the field of ergonomics, and in recent years, measurement applications in structural experiments within the architecture and civil engineering sectors have also been reported. However, there are few examples examining displacement measurement during micro-vibrations. This study investigated the application of OMC for measuring small amplitudes in model vibration table experiments.

1. はじめに

光学式モーションキャプチャ (OMC : Optical Motion Caputure) ^[1]は人間工学の分野で主に利用されており, 近年は建築・土木分野での構造実験への計測事例も報告^{[2][3]}されている. しかし, 微小振動時の変位計測を検討した例は多くない. 本研究では, せん断土槽の模型振動台実験の機会を利用して, OMC の微小振幅計測への適用について検討することを目的とする.

2. 実験概要

(1) せん断土槽

本研究では, Figure 1 に示すせん断土槽の円形フレームの水平変位 (図中の \leftrightarrow) を対象とした. せん断土槽は, 内径 1,203 mm の円形フレームの層間にベアリングを介した 23 段で構成され, 各層の高さは 50 mm, 土槽高さは 1,207 mm である. 各層は水平方向のみに剛体移動し, その許容変形は 10 mm, 土槽全体では 230 mm である. なお, 土槽内部には水密性を確保するためのゴムメンブレンを介して, 地盤, 杭基礎, 上部構造の模型を設置した状態で計測した.

(2) 変位計

本研究で対象とした変位計 3 種の諸元を Table 1 に示す. せん断土槽のフレームの東側にレーザー変位計 3 箇所, 接触型変位計 2 箇所, 東西両側に OMC マーカーを 24 箇所設置した (Figure 1). 3 種の変位計が同位置に設置された 5 箇所について, 同図中の① (フレーム 17 段目: 振動台から 875mm), ② (フレーム 15 段目: 振動台から 775mm), ③ (フレーム 11 段目: 振動台から 575mm), ④ (フレーム 7 段目: 振動台から 375mm), ⑤ (フレーム 2 段目: 振動台から 125mm) に示している. Photo 1 に OMC のカメラとマーカー, せん断土槽にマーカーを設置した様子を示す. なお, レーザー変位計の出力を高精度モードに設定して計測した.

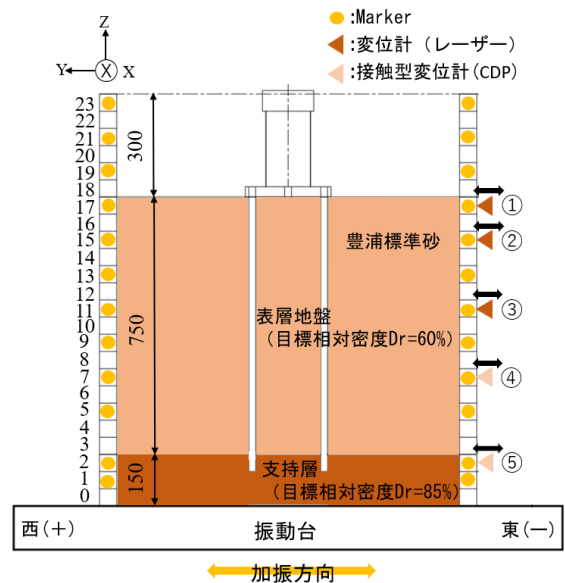


Figure 1. Overview of Experimental Soil Tank

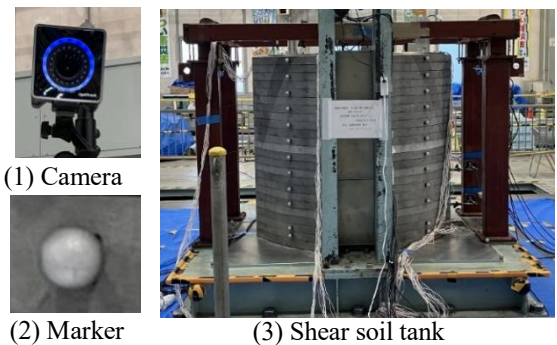


Photo 1. Experimental equipment

Table 1. Profile of sensor

(1) Optical Motion Capture				
型名	LED光源波長	レンズ	解像度	フレームレート
Opti Track Prime X 41 Acuity incse1製	850nm IR	12mmF#1.8	2048×2048Pixel	30-180 fps (2.X) 20-1,000 fps (3.X)
(2) Laser displacement sensor				
型名	測定範囲	アナログ出力	サンプリング周期	直線性
LK500 キーエンス製	±100 mm (高精度モード) ±250 mm (ロングモード)	±10 V (10 μm/mV) (高精度モード) ±5 V (50 μm/mV) (ロングモード)	1024 μm	±0.1 % of F.S.*2
(3) Contact-type displacement sensor				
型名	容量	定格出力	感度	非直線性
CDP-25 東京測器研究所製	25mm	6.25mV/V (12500×10 ⁻⁶ ひずみ) ±0.3%	500 (×10 ⁻⁶ ひずみ/mm)	0.3%R0

1: 日大理工・学部・まち 2: 日大理工・教員・まち 3: 西松建設株式会社 4: 日大理工・教員・海建

(3) 実験ケース

実験ケースを Table 2 に示す。本研究では、振動台加振の入力波として、告示波 L2 (2 回) と能登観測波(1 回)を検討対象とした。OMC のサンプリング周波数は告示波 L2 の 1 回目と 2 回目で 300 Hz, 能登観測波で 500 Hz とした。

3. 実験結果

(1) 最大値および RMS 値

各実験の時系列データより、最大変位または RMS 値の深さ方向分布を Figure 2 および 3 に示す。いずれの入力波においても、下部から上部へ向かって増幅した傾向が確認できる。同一フレームで設置位置が東西で異なる OMC の値も各フレームにて一致した結果が得られた。しかし、OMC とレーザー変位計では異なる結果が得られた。

(2) フーリエ振幅スペクトル

告示波 L2 の 1 回目を入力した際の変位応答のフーリエ振幅スペクトルを Figure 4 に示す。0~20 Hz の範囲について、OMC とレーザー変位計で一致した結果を得た(同図(1)~(3))。一方、OMC と接触型変位計では特に 10 Hz 以下で差異が生じた(同図(4)~(5))。

4. おわりに

せん断土槽を用いた振動台実験の機会を利用して、光学式モーションキャプチャの微小振幅計測について

検討した結果、従来から使用されている接触型変位計やレーザー変位計と同様な傾向の計測結果が得られた。

参考文献

- 1) 桐山義守, 名倉武雄, Andriacchi P.Thomas:「総説・特集③: 人間工学のための計測手法第 1 部: 動作計測 (1) 一光学式モーションキャプチャによる動作計測一」, 人間工学, Vol.50, No.4, Pp.172-181, 2014.
- 2) 伊藤大翔, 仲村成貴, 新井寿昭:「光学式モーションキャプチャを用いた静的および動的実験における構造試験体の微小変位計測」, 第 52 回土木学会関東支部技術研究発表会講演概要集, 1-44, 2025
- 3) 中村聡宏他:「RC 造建物の振動減性状評価方法の検討その 42 振動台実験におけるモーションキャプチャを用いた動的変位計測」, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (東海), pp.89-90, 2021

Table 2. Measuring instrument specifications

回	入力地震波	変位計		OMC	
		データ数N	サンプリング振動数Δf (Hz)	データ数N	サンプリング振動数Δf (Hz)
1	ホワイトノイズ	190,000	2,000		
2	告示波L2	40,000	2,000	12,921	300
3	ホワイトノイズ	190,000	2,000		
4	ホワイトノイズ	190,000	2,000		
5	告示波L2	40,000	2,000	11,817	300
6	ホワイトノイズ	190,000	2,000		
7	能登観測波	50,000	2,000	22,703	500
8	ホワイトノイズ	190,000	2,000		

(赤枠の実験で OMC での計測を実施した)

