

第Ⅲ部門

動土圧の測定を目的とした面圧測定システムの遠心模型実験への適用性

京都大学大学院工学研究科 学生員 ○宮崎 紀光
 京都大学大学院工学研究科 正会員 宮崎 祐輔
 京都大学大学院工学研究科 正会員 澤村 康生

1. はじめに

面圧測定システムとは 0.1 mm 厚のフィルム状のセンサーシートに加わる圧力分布を読み取り、PC 画面上で様々な表示、析を可能にするシステムであり¹⁾、工業分野や医療分野で用いられてきた。だが、遠心実験への導入にあたっては、高サンプリング周波数で計測しなければならないが、そのようなセンサーはなかった。近年、高サンプリング周波数で計測可能なセンサーが開発され、地盤分野の模型実験²⁾でも活用され始めている。本研究では、動的遠心模型実験で補強土壁や擁壁に作用する動土圧の測定を目的に、面圧測定システムを導入して壁面を面的に測定する。本稿では、変位を拘束した重力式擁壁を用いた検討について報告する。

2. 実験手法

図 1 に本研究で用いた面圧センサー (Tekscan, 社, Pressure Mapping Sensor 9550) を示す。セル (7.1 mm × 7.1 mm) に導電性のインクが印刷され、圧力が作用するとセルの電気抵抗値が変化する。その電気抵抗値の変化を専用のソフトで読み取り、圧力分布と大きさを検出する³⁾。面圧センサーでの計測結果は 0 ~ 255 のデジタル値に変換されて出力される³⁾。また、感度調節機能により測定範囲を変えることができ、使用したセンサーシートの場合は最も高い感度では 0 ~ 958 kPa が測定範囲となる。実験では、作用する圧力とデジタル値の関係を事前に調べ、感度を最高に調節し、サンプリング周波数 10000 Hz で動土圧を測定する。本研究では動的遠心模型実験における面圧測定システムの適用性を検討するため、単純な条件として底板に固定された重力式擁壁を用いて実験を行った。したがって本実験条件では、加振中に重力式擁壁の変位は生じない。表 1 に重力式擁壁の設計に用いた条件を示す。擁壁の設計には道路土工一擁壁工指針⁴⁾を参考にアルミで作製した。地盤材料には豊浦砂を用いる。図 2 に実物大換算した実験模型の寸法と

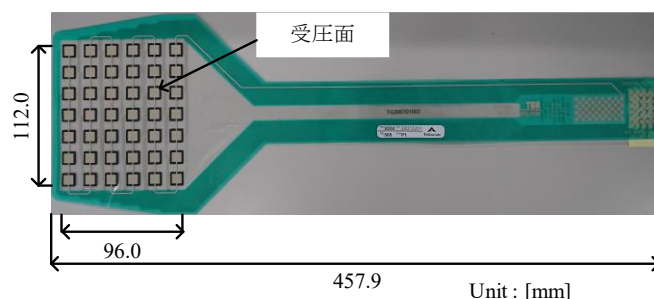


図 1 面圧センサー

表 1 重力式擁壁の設計に用いた条件⁴⁾

	項目	値
盛土	単位体積重量 γ_1 [kN/m ³]	15.6
	内部摩擦角 ϕ [deg]	40.6
	粘着力 c [kPa]	0.0
水平設計震度	水平設計震度 k_h	0.16
摩擦係数	底面の摩擦係数 μ	0.54

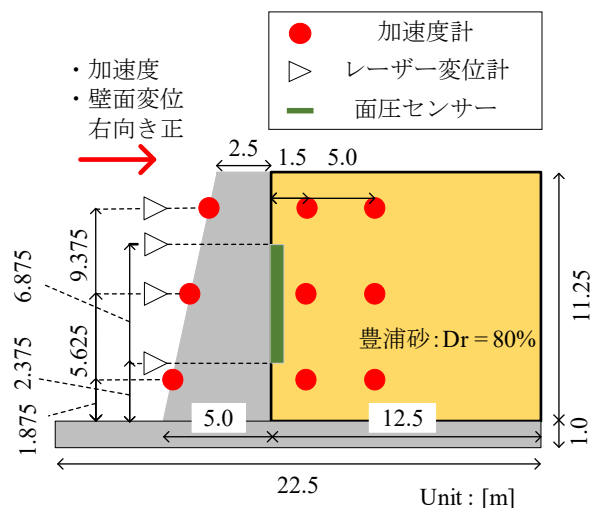


図 2 重力式擁壁の計測器の配置

計測器の配置を示す。高さ 225 mm の模型に対し遠心加速度 50G を载荷して実験を行ったので、実物大換算すると壁高が 11.25 m に相当する。以降、寸法値および計

測値について述べるときは実物大換算値を用いる。地震動は 2.5 m/s^2 となるように、テーパ付き正弦波 (1.0 Hz, 20 波)を与えた。

3. 実験結果と考察

図3に振動台で計測された加速度の時刻歴を示す。図4に面圧センサーで計測した壁面背面に作用する動土圧の時刻歴を示す。図4(a)に示す通り、計測値は地震動の入力に関わらず大きなノイズが載っていることが確認できる。そこで適切なフィルター処理によりノイズの除去を試みた。加振中の地盤挙動が擁壁背面に作用する動土圧に大きく影響していると考え、地盤内の応答加速度および面圧センサーで計測した動土圧のフーリエスペクトルを求めた(図5)。図5より、応答加速度のフーリエスペクトルは入力波の周波数である 1.0 Hz と 3.0 Hz が卓越していることを確認した。そこで動土圧の測定には 3.0 Hz までの周波数の波が大きく影響を与えていると考え、3.2 Hz 以上の周波数をノイズとみなし、面圧センサーの計測値から除去した(図4(b)の黒線)。ただし、この段階においても地震動を入力していない時刻において局所的な土圧の増減が確認されたため、2.0 Hz のバンド幅で移動平均をとり、結果を平滑化した(図4(b)の赤線)。図4(b)の結果から、加振前後で土圧が増加していることは確認できたが、加振中の土圧の変化を捉えることができなかった。図6に壁高に対する壁面土圧の分布を示す。同図には、Jaky の式 ($K_0 = 1 - \sin \phi$) で求めた静止土圧の理論値を併記する。いずれの壁高においても加振前後で土圧が増加しており、その傾向は壁高が小さくなるほど顕著であることが確認できる。なお、面圧センサーを用いた計測値は Jaky の式から求めた静止土圧の理論値と近い値を示し、本研究で行った計測値の処理により、静的な土圧問題に対して適用できる可能性が高いことを確認した。

4. おわりに

本研究では補強土壁や擁壁の背面に作用する動土圧の計測を目的に、遠心場における面圧センサーの適用性について検討した。面圧センサーの計測値にローパスフィルターをかけた結果から、静的な場合では理論との適合性が確認されたが、動的問題については引き続き検討が必要であることが明らかとなった。

参考文献

- 1) ニッタ株式会社：面圧分布測定システム HIGH SPEED I-SCAN, https://www.nitta.co.jp/product/sensor/hi-speed_i-scan/, (最終閲覧日 2020-02-19).
- 2) Gills, K., Dashti, S. and Hashash, Y. M. A.: Dynamic Calibration of Tactile Sensors for Measurement of Soil Pressures in Centrifuge, *Geotechnical Testing Journal*, Vol.38, No.3, 2015.
- 3) ニッタ株式会社：圧力分布測定システム HIGH SPEED I-SCAN ユーザーズマニュアル 第 1.4 版, ニッタ株式会社, 2019.
- 4) Y.Sawamura, T.Shibata and M.Kimura.: Mechanical role of reinforcement in seismic behavior of steel-strip reinforced earth wall, *Soils and Foundations* 59, pp.710-725, 2019.
- 5) 公益社団法人 日本道路協会道路土工:道路土工 — 擁壁工指針, 2012.

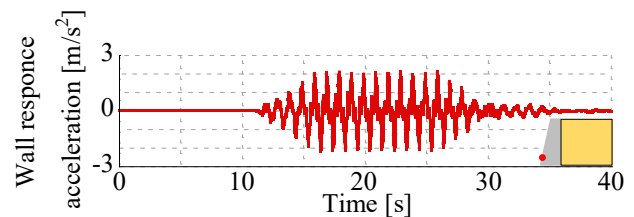


図3 壁面応答加速度

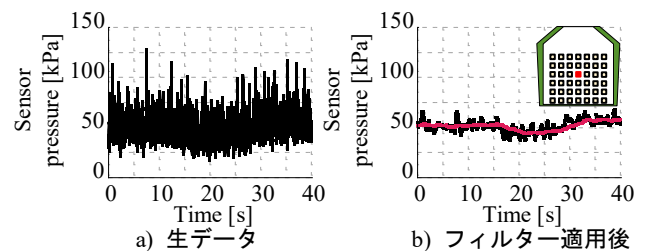


図4 面圧センサー計測結果

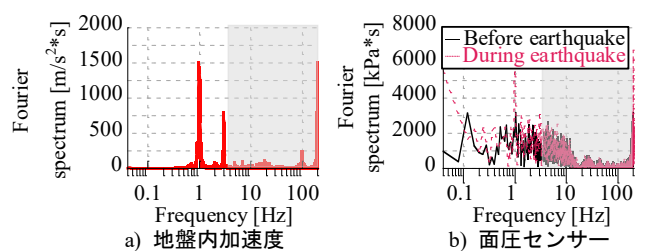


図5 面圧センサー計測結果

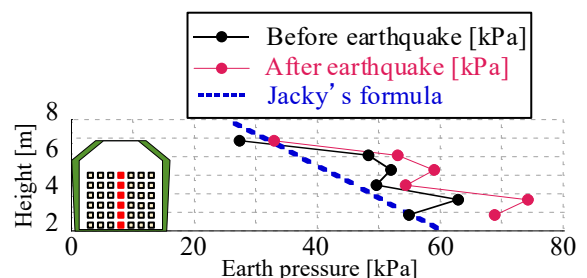


図6 壁高における土圧の計測値