

免震建物の加振実験による動土圧の観測

正会員 ○成澤 健太*1 同 飛田 潤*2
同 福和 伸夫*3 同 護 雅史*4

免震建物 動土圧 自由振動実験
強制振動実験

1. はじめに

免震層が根入れされている基礎免震建物では、地震時に地盤と建物の相互作用によって免震層擁壁に土圧が作用する。擁壁に作用する土圧を計測することは地震時の土圧分担性状を解明する上で重要である。名古屋大学に位置する免震建物において加振実験を実施し、擁壁に設置された土圧計を用いて土圧を計測する。本稿では実験により計測された結果について報告する。

2. 対象建物概要と観測体制概要

対象建物は、名古屋大学の減災館で、地上4階 + 屋上実験室1階のRC造基礎免震建物である。図1に免震装置と土圧計の配置図を、図2に対象建物断面図と加速度計配置図を示す。免震層は南、東、西側の3面が地盤と接している。免震装置として、天然ゴム系積層ゴムアイソレーター5基、直動転がり支承 (CLB) 9基、オイルダンパー8基が設置されており、弾性免震となっている。固有周期は5.2 sである。図2に示すように加速度計を常設し、地震時や加振実験時の建物応答を常時計測している。土圧計は免震層擁壁に4点設置し、計測開始時点の土圧を0とし、擁壁と周辺地盤の相対変位が減少する方向で土圧計が圧縮されるときに正として、計測を行った。土圧計は基礎と地盤の間に埋め込む形で設置するのは一般的であるが、この場合、計測器の不具合や経年変化による設置状況の悪化に対応できない。そこで対象建物では、擁壁に穴を開け土圧計を挿入する形で設置することで、再調整や土圧計の更新が可能となっている。写真1に土圧計の設置状況を示す。



写真1 土圧計・設置用治具



写真2 ジャッキ 写真3 屋上免震層

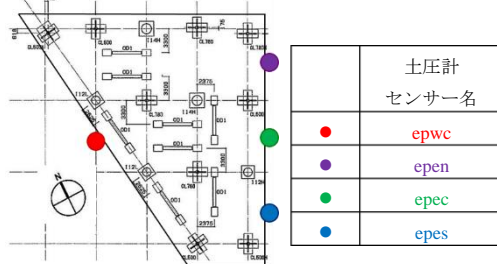


図1 免震装置・土圧計配置図

3. 加振実験概要

対象建物は、弾性の免震構造であることを利用し、2種類の加振実験が可能である。強制振動実験では、CLBと積層ゴムで支持されている周期5.2秒、約400tの屋上実験室をアクチュエータで加振し、建物の一次固有周期5.2sで定常加振することで、共振を利用して建物全体を大きく振動させることができる。東西方向で片振幅最大30cm、南北方向で片振幅最大70cmまで加振できる。一方、自由振動実験では、免震層に常設してある油圧式ジャッキを用いて上部建物を引いて初期変位を与え、自由振動を励起できる。免震建物の自由振動実験は急速解放ジャッキを用いて上部建物を押す方法が一般的であるが、ここでは、引いて解放することで一般的なジャッキで我々でも加振実験が可能になっている。なお、初期変位は最大で135mmである。

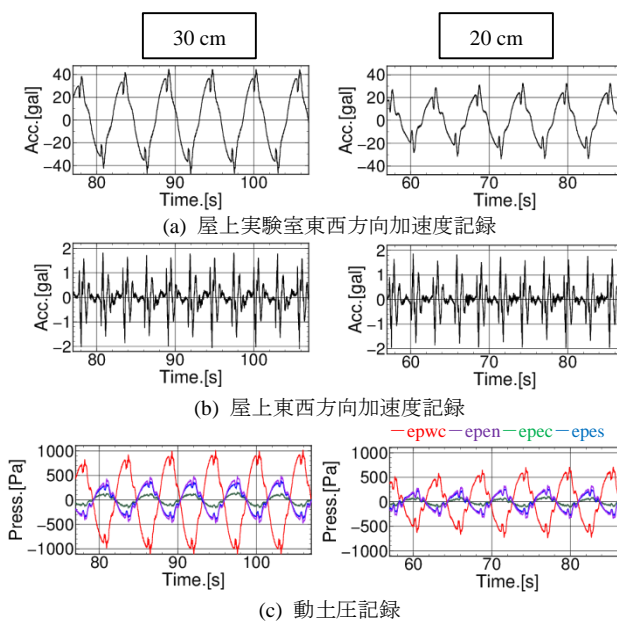


図3 強制振動実験時計測記録

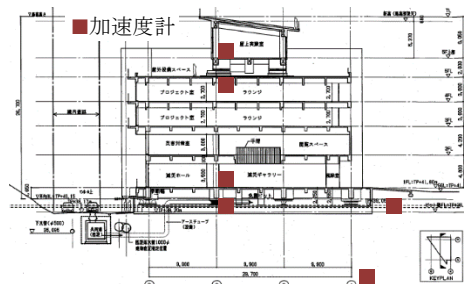


図2 対象建物断面図・加速度計配置

Observation of the dynamic earth pressure by vibration experiments at seismic isolation building

NARUSAWA Kenta*1, TOBITA Jun*2,
FUKUWA Nobuo*3 and MORI Masafumi*4

4. 強制振動実験

屋上実験室を東西方向に片振幅 5 cm, 7 cm, 10 cm, 20 cm, 30 cm でそれぞれ定常加振し, 土圧計測を行った。加振振幅 20 cm, 30 cm の場合の屋上実験室加速度, 建物応答加速度, 動土圧記録を図 3 に示す。屋上実験室加速度記録 (a) と建物屋上加速度記録 (b) を比較すると (b) の記録には高振動数成分が励起しているように見える。これは, 建物応答が小さい範囲での加振であり, 平野ら¹⁾が報告した免震装置の初期摩擦の影響が大きいと考える。(a) ~ (c) よりこの影響は屋上実験室の質量が約 400 t、上部建物の質量が約 5000 t であるが、周期 5 秒前後の上部建物の応答加速度が屋上実験室に比べ 1/200 程度と小さいため、動土圧には屋上実験室の影響が大きくなっていると考えられる。また、計測点 epwc での記録が 4 点の中で最も大きい値を示し, epec が最も小さい値を示した。

5. 自由振動実験

初期変位を 110mm, 120mm, 135mm とし, 自由振動実験を行った。初期変位 120mm で記録された上部建物屋上の加速度記録を図 4 に示し, 動土圧記録を図 5 に示す。加速度記録と動土圧記録の波形が類似していることから上部建物の応答によって動土圧が生じていることが確認できる。また, 建物加速度と東側土圧が逆位相, 西側土圧が逆位相になっていることから強制振動実験と同様に慣性力によって動土圧が生じていることが確認できる。また, こちらも epwc での記録が最も大きく, epec での記録が最も小さい値を示した。

6. 土圧分布について

計測点 open, eses の平均値を 1 として他 3 点の最大値の比を図 6 に示す。強制振動実験については, CLB の摩擦の影響²⁾を考慮するため計測記録を 0 Hz から 0.3 Hz でバンドパスフィルターをかけ, 加振振幅が目標に達し定常状態で加振している間の土圧記録の極値の平均を取ることによって最大値とした。図 6 の (a), (b) から東側 3 点に比べ西側が大きくなることが分かり, (a) からは加振振幅が大きくなると平均値に対する比が大きくなり, その変化は epwc と open で近い傾向を持つことが分かる。(b) からは, 加振振幅が大きくなってもおよそ 4 点の比は大きく変わらないことが確認できる。

7. 慣性力に対する動土圧

上部建物に作用した加速度に建物質量を乗じて慣性力を, 土圧記録に擁壁面積の各土圧計の負担面積を乗じて土圧力を算出した。加振振幅 30 cm で強制振動実験を行った際の慣性力波形を図 7, 初期変位 120 mm で自由振動実験を行った際の慣性力波形を図 8 に示す。

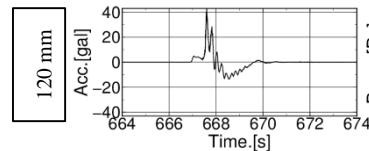


図 4 自由振動実験時
東西方向加速度記録

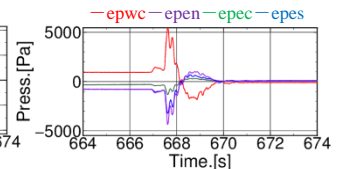
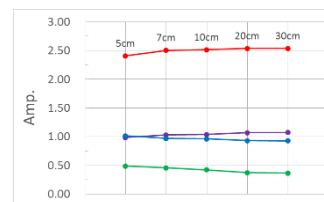
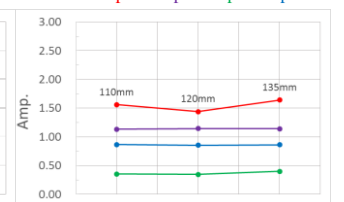


図 5 自由振動実験時動土圧記録



(a) 強制振動実験時



(b) 自由振動実験時

図 6 加振実験時動土圧計測点での比較

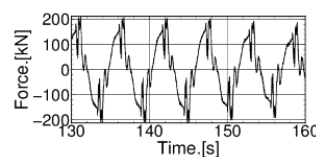


図 7 強制振動実験時
東西方向慣性力波形

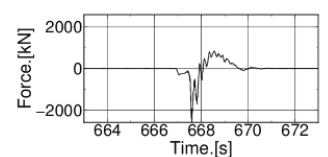
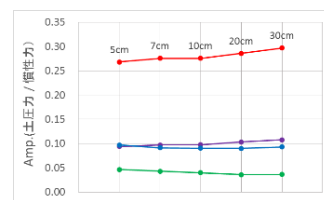
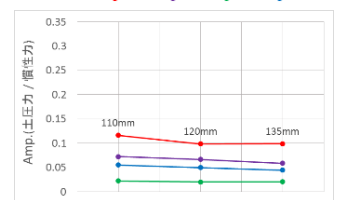


図 8 自由振動実験時
東西方向慣性力波形



(a) 強制振動実験時



(b) 自由振動実験時

図 9 動土圧と慣性力の比較

慣性力の最大値を 1 として計測点 4 点の土圧力の最大値がどの程度の比で生じているかを図 9 に示す (最大値の抽出方法は 6. と同様)。図 9 から慣性力に対して基礎側面擁壁に作用する動土圧の和の比が 0.25 から 0.5 程度となり, 慣性力が基礎底面に与える影響があることが推測される。強制振動実験で西側土圧力 epwc の慣性力に対する比が大きくなる理由として, 三角形平面に近いことで生じるねじれの影響などが考えられるため今後の検討課題としたい。

8. まとめ

RC 造基礎免震建物「減災館」を対象にした 2 種類の加振実験を行い, 免震層擁壁に生じる動土圧を計測した。対象建物では地震観測に基づいて土圧計測も行っているが小地震のみ記録されているため, 観測記録の蓄積を待ち, 今後検討に加えたい。

参考文献

- 1) 平野貴士他：免震建物の加力実験および振動実験に基づく性能評価 日本建築学会大会学術講演梗概集 2015 年 9 月

*1 名古屋大学大学院環境学研究科

*2 名古屋大学災害対策室 教授 博士 (工学)

*3 名古屋大学減災連携研究センター 教授 博士 (工学)

*4 名古屋大学減災連携研究センター 特任教授 博士 (工学)

*1 Grad. Student, Grad. School of Environmental Studies, Nagoya Univ.

*2 Prof., Disaster., Management Office., Nagoya Univ., Dr. Eng.

*3 Prof., Disaster., Mitigation Research Center., Nagoya Univ., Dr. Eng.

*4 Designated Prof. Disaster Mitigation Research Center., Nagoya Univ., Dr. Eng