

地震観測記録と動的サブストラクチャー法に基づく地盤と構造物の相互作用問題

日本大学	正会員	○喜多村	洋兵
日本大学	正会員	仲村	成貴
日本大学	正会員	鈴木	順一
元日本大学	正会員	花田	和史

1. 目的

都市域には軟質地盤に立地する中低層構造物が多く存在する。耐震性の評価にあたって、重要構造物では動的相互作用を考慮した理論的解析や実験および地震観測結果を援用するが、一般的に中低層構造物では相互作用に配慮した検討は省かれることが多い。そこで代表的な中低層構造物である学校校舎に焦点をあて、相互作用ばねが構造物の応答に与える影響について微小地震観測記録に基づき検討する。

2. 対象構造物と対象地点¹⁾

対象構造物は、図 1 に示す本学船橋キャンパスのほぼ中央に位置する 14 号館である。図 2、3 に建物の概略と地震計の配置位置を示す。14 号館は地下 1 階地上 5 階建て（地下 RC 造，地上 S 造）の制震構造であり、北棟と東棟からなる L 型平面形状をなし、北棟の長軸（X 軸）方向は東西方向とほぼ一致している。両棟は基礎を共通、上部構造を独立として設計されている。本研究では X5Y8 の RFL、4FL、1FL に設置された 3 箇所における X 軸方向の観測値を地震観測記録として用いた。Y 軸方向挙動については隣接する東棟の影響が大きいことが推測されたため除外した。地盤諸元は、図 1 に示す D 地点での原位置地盤検層結果を参照した。

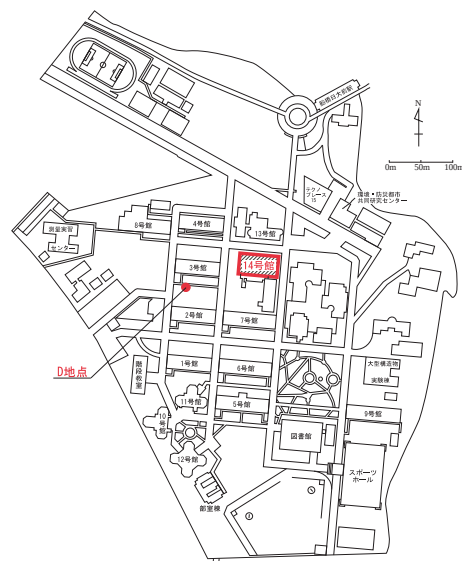


図 1 キャンパス配置と地震観測地点

3. 検討モデル

図 4 に数値モデルの概要を示す。動的サブストラクチャー法を適用し、構造物、相互作用ばねおよび地盤をそれぞれ結合する。構造物および地盤をせん断型質点系モデルとした。校舎の長方形基礎（構造物埋設部）を面積が等価な半径 r_0 の円形基礎に置換し、基礎底面と地盤の相互作用を考慮した相互作用ばねには表 1 に示す田治見のアドミッタンス理論から導かれた式²⁾を用いた。ここに、 ρ は質量密度、 G はせん断剛性係数、 ν はポアソン比、 V_s はせん断波速度である。反無限地盤上の円形剛板が水平加振を受けた時の地盤の反力分布が剛板分布(Rigid-Distribution、以下 RD)の場合と、一様分布(Flat-Distribution、以下 FD)の場合について検討した。構造物埋設部側面と地盤との相互作用を考慮した相互作用ばねには Novak の動的相互作用ばねを用いた。また、入力地震動には 2005 年 7 月 23 日 16 時 34 分頃に地盤 D 地点の GL-46.45m で観測された EW 成分の加速度時刻歴(図 5)を用いた。

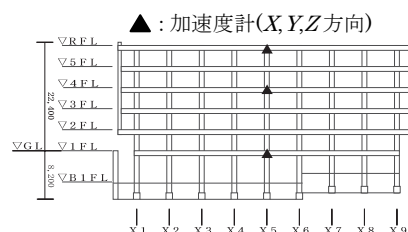


図 2 14 号館断面図

4. 相互作用ばねと構造物剛性の影響

地盤のせん断型質点系モデルの剛性を求めるにあたり使用したせん断波速度分布は、D 地点で観測された 10 事象の平均値と数値モデルの地表面／入力点の伝達関数における卓越振動数が一致するように原位置地盤検層結果を修正した結果を

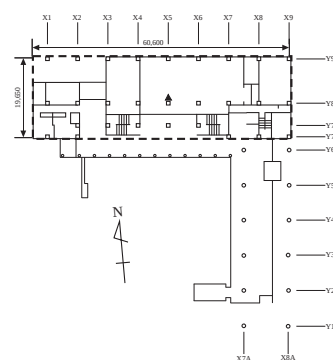


図 3 1 階平面図

用いた。図 6 に原位置検層結果と数値モデルの地盤諸元を併せて示す。図 7 は GL-46.45m を基準としたときの GL0.0m の伝達関数である。観測値と数値モデル結果を比較すると、1~3 次の卓越振動数、振幅および位相がほぼ一致している。

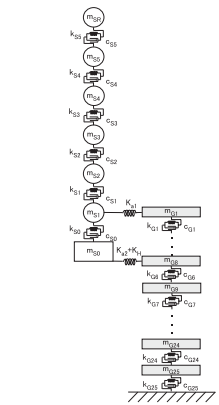


図 4 数値モデルの概要図

構造物モデルについては、表 3 に示すパラメータを用いた。図 8 は GL-46.45m を基準とする構造物 RFL の伝達関数である。同図には観測値から得られた伝達関数も併せて示している。伝達関数において 1 次の卓越振動数は模擬できていることから、微小挙動における剛性を正しく評価できたことが確認できる。底面ばねの反力分布ごとに比較をすると、RD とした場合も FD とした場合も大きな変化はない。また、構造物の底面のばねを変化させても大きな変化が見られないことから、杭のモデルを検討しても大きな変化を期待できない。これらの解析において構造物の屋上/GL-46.45m の伝達関数の振動数特性は、構造物の剛性だけに依拠する。図 9 は構造物 RFL の絶対加速度応答スペクトルである。ピーク位置はほぼ同じであるが、応答値には大きな差がある。

5. まとめ

対象とした中層建物の微小地震観測記録を表現する数値モデルについて検討した結果、振動数特性において杭基礎の影響は小さく、上部構造の剛性にほぼ依存することを示した。しかし、応答振幅については観測値を十分に表現できなかった。今後、建物周辺地盤の状態について検討を行う予定である。

謝辞

本研究は、平成 16 年度文部科学省学術フロンティア推進事業（日本大学理工学部：継続）「環境・防災都市に関する研究」（研究代表者：石丸辰治）の一環として実施したものである。

参考文献

- 1) 日本大学理工学部地震動・耐震構造研究グループ：船橋地域地震観測網の状況とデータ管理、日本大学理工学研究所所報、2008
- 2) 金井清・多治見宏・大沢胖・小林啓美：地震工学、彰国社、1968

表 1 底面ばねの評価式

	水平ばね定数	付加質量	逸散減衰定数
剛板分布	$\frac{8}{2-\nu}Gr_0$	$\frac{8}{2-\nu}\left(\frac{4}{\pi^2}-\frac{1}{4}\right)\Gamma_2^2\rho_0^3$	$\frac{16\Gamma_2}{\pi^2(2-\nu)}\rho V_s\pi_0^2$
一様分布	$\frac{2\pi}{2-\nu}Gr_0$	$\frac{2\pi}{2-\nu}\frac{\Gamma_2^2}{12}\rho_0^3$	$\frac{\Gamma_2}{2-\nu}\rho V_s\pi_0^2$

表 2 表 1 における ν と Γ_2 の関係

ν	1/3	7/16	1/2
Γ_2	0.912	0.886	0.872

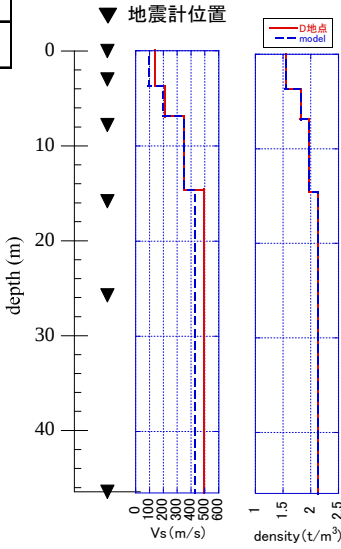


図 6 地盤検層図

表 3 構造物のパラメータ

質量(t)		X方向(EW)の剛性(kN/m)	
m_{SR}	950.9	k_{S5}	461744
m_{S5}	824.9	k_{S4}	669680
m_{S4}	830.9	k_{S3}	949616
m_{S3}	840.7	k_{S2}	1031408
m_{S2}	1020.0	k_{S1}	1182112
m_{S1}	2266.8	k_{S0}	61573400
m_{S0}	3456.2		

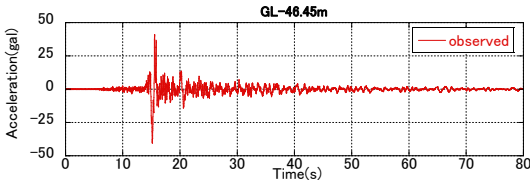


図 5 入力地震動

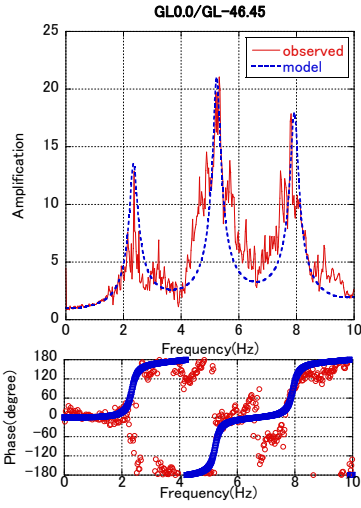


図 7 地盤の伝達関数と位相(GL0.0/GL-46.45)

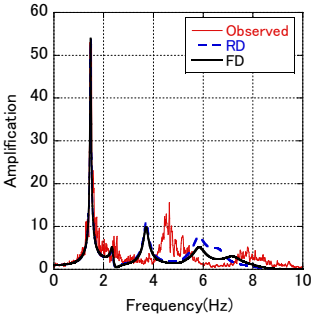


図 8 伝達関数 (RFL/GL-46.45)

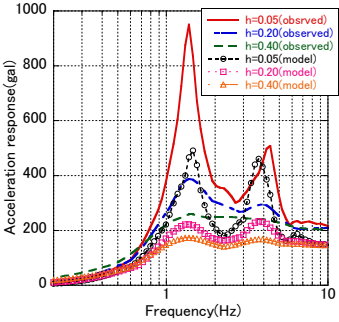


図 9 絶対加速度応答スペクトル(RFL)