

隣接建物間相互作用に関する研究

(その1) 地表面基礎のインピーダンスと基礎入力動

正会員 文 學章^{*1} 同 酒井 理恵子^{*2}
 同 福和 伸夫^{*3} 同 小島 宏章^{*4}
 同 飛田 潤^{*5}

動的相互作用 隣接建物 薄層要素法
 有限要素法 インピーダンス 基礎入力動

1はじめに

軟弱地盤上に建つ中低層建物は、建物と地盤との動的相互作用の影響が顕著であるが、現在は充分に評価することができていない。特に、隣接建物間の動的相互作用に関する研究は充分ではない。しかし、大都市には建物が林立しているため、隣接建物間相互作用の影響を明らかにする必要がある。

本論は薄層要素法と有限要素法とを組み合わせた手法(容積法を利用している)を用い、隣接建物が基礎のインピーダンス及び基礎入力動に及ぼす影響を検討する。

2 解析手法

ここでは、図1に示すように隣接して建物Bが存在するときの無質量基礎Aのインピーダンスと基礎入力動を算定することとし、隣接建物の規模や周期特性が、基礎Aの相互作用物理量に与える影響を考察する。

2.1 インピーダンスの評価

無質量剛基礎の隣に建物が建っている、基礎 地盤 建物系の、振動数領域での運動方程式は式(1)のように表すことができる。

$$\begin{bmatrix} [K_{AA}] & 0 & [K_{AS}] \\ 0 & [K_{BB}] & [K_{SB}] \\ [K_{SA}] & [K_{BS}] & [K_{SS}]_A + [K_{SS}]_B \end{bmatrix} - \omega^2 \begin{bmatrix} 0 & [M_B] & \{u_A\} \\ [M_B] & [M_S] & \{u_B\} \\ \{u_S\} & \{u_S\} & \{F_S\} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \{F_A\} \\ \{F_B\} \\ \{F_S\} \end{bmatrix} \quad (1)$$

ここに、 $[K]$ 、 $[M]$ 、 $\{u\}$ はそれぞれ剛性マトリクス、質量マトリクス及び変位ベクトルで、下添字 A、B、S はそれぞれ A の基礎、B の基礎 建物系及び地盤を意味する。地盤の剛性マトリクスは、薄層要素法によって評価する。

動的サブストラクチャー法の考え方を用いて、地盤と建物Bの成分を消去すると、基礎Aのインピーダンスは式(2)で評価することができる。

$$[K_{AA}]^* = [K_{AA}] - [0 \ 0 \ [K_{AS}]] \begin{bmatrix} [K_{BB}] - \omega^2 [M_B] & [K_{BS}] \\ [K_{SB}] & [K_{SS}]_A + [K_{SS}]_B - \omega^2 [M_S] \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} 0 \\ [K_{SA}] \end{bmatrix} \quad (2)$$

2.2 基礎入力動の評価

基礎入力動は、外力を式(3)で表せることから、これを式(1)に代入して、基礎Aの応答を評価している。

$$\{F_A\} \ \{F_B\} \ \{F_S\}^T = \{0 \ 0 \ [K_{SS}] \{u_G\}\} \quad (3)$$

ここに、 $\{u_G\}$ は地震波入射時の自由地盤の変位応答である。

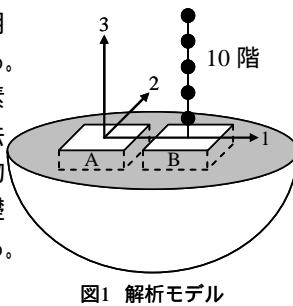


図1 解析モデル

3 基礎間距離が地表面基礎の振動特性に及ぼす影響

3.1 解析パラメータ

同一の基礎形状の建物が平行方向に隣接する問題を考え、隣接建物階数が10階の場合を想定する。解析パラメータを表1に示す。ただし、基礎Aは無質量で、基礎Bは2.4t/m²とする。入力地震波は鉛直下方入射のSH波とする。

3.2 解析結果

図3は、基礎間距離が3m、6m、12m及び(単独基礎)と増加する場合のインピーダンスの変化を示している。これらの図より、隣接建物の影響は、隣接建物の固有振動数近傍で顕著に現れ、張間方向に比べて、平行方向でその影響が大きいことが分かる。また、水平成分よりも、水平回転成分で隣接建物の影響が大きくなっている。隣接建物の3次固有振動数まで影響が明瞭に現れている。ただし、建物間距離の増加と共に影響度合いは減少している。回転成分は、高振動数域で差異が生じている。

図4に、基礎間距離が3m、6m、12m及び(単独基礎)と増加する場合の基礎Aの基礎入力動を示す。インピーダンスと同様に、張間方向より平行方向で隣接建物の影響が大きくなっている。水平方向では、隣接建物の固有振動数位置でピークと谷を有している。このため、同一建物が隣接した場合などに入力動の変化の影響を受けやすいことが分かる。一方、回転成分については、隣接建物の存在により、回転動が励起される。

図5は、基礎間距離が3mの場合について、基礎Aの基礎入力動と基礎Bの基礎応答を比較したものである。水平、回転共に、隣接する建物の基礎の応答の影響を受けていることがよく分かる。

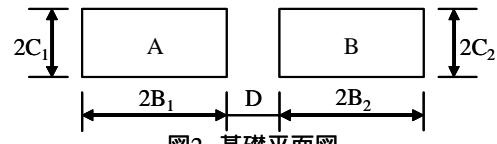


図2 基礎平面図

表1 解析パラメータ

地盤	基礎	隣接建物 B
$V_s=150 \text{ m/s}$	$2B_1=30 \text{ m}$	階数=10
$\rho=1.5 \text{ t/m}^3$	$2C_1=15 \text{ m}$	$\rho=1.2 \text{ t/m}^3$
$v=0.45$	$2B_2=30 \text{ m}$	$f_i=1 \text{ Hz}$
$h=0.03$	$2C_2=15 \text{ m}$	$h=0.01$

4 まとめ

隣接建物が存在する場合の無質量地表面剛基礎のインピーダンスと基礎入力動について解析的に検討した。得られた知見を以下に示す。

隣接建物の影響は張間方向より、桁行方向で大きく、基礎間距離が短いほどその影響が大きい。

インピーダンスは、水平・回転成分で隣接建物の影響

が大きく、振動数依存性が高い。

基礎入力動は、隣接建物がある場合、回転成分が励起される。その影響は桁行方向で大きく、地震観測記録で得られた知見¹⁾と調和的である。

参考文献

- 松山智恵ら:強震観測・強制振動実験・常時微動計測に基づく隣接する中低層建物の振動特性、日本建築学学会構造系論文集, No.545, pp.87-94, 2001.7

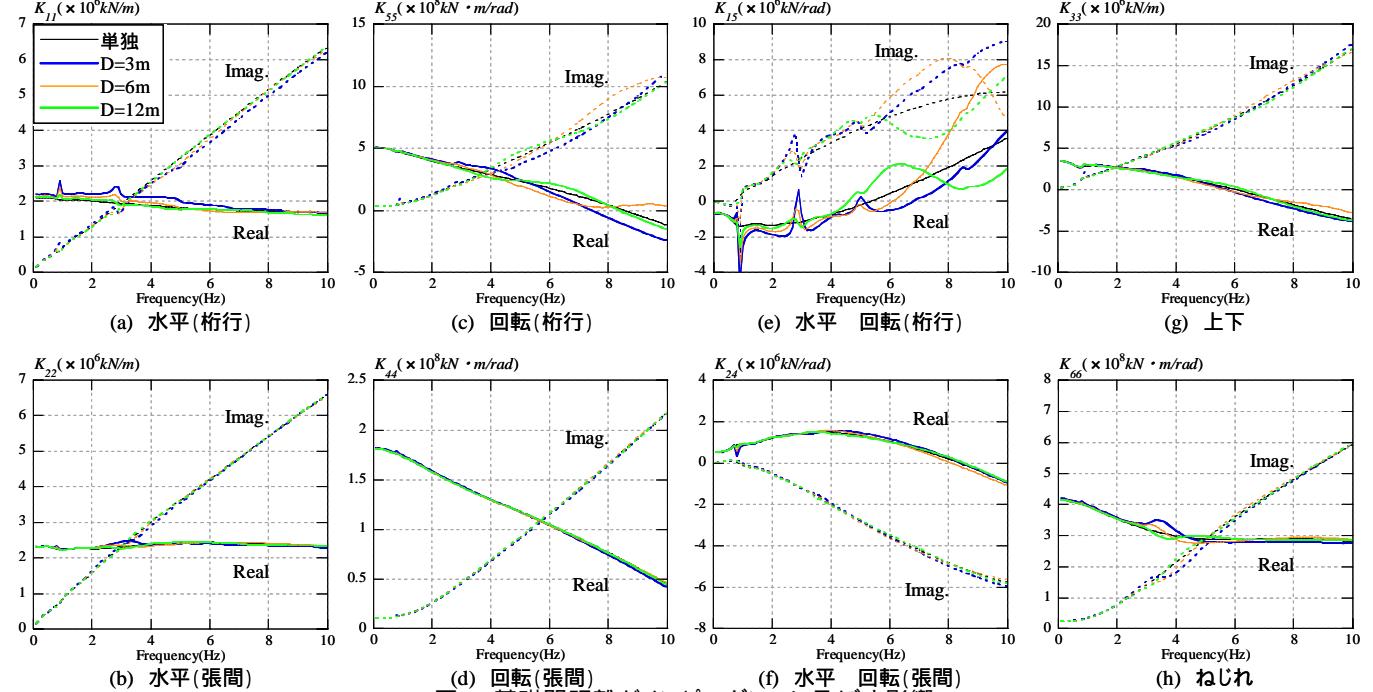


図3 基礎間距離がインピーダンスに及ぼす影響

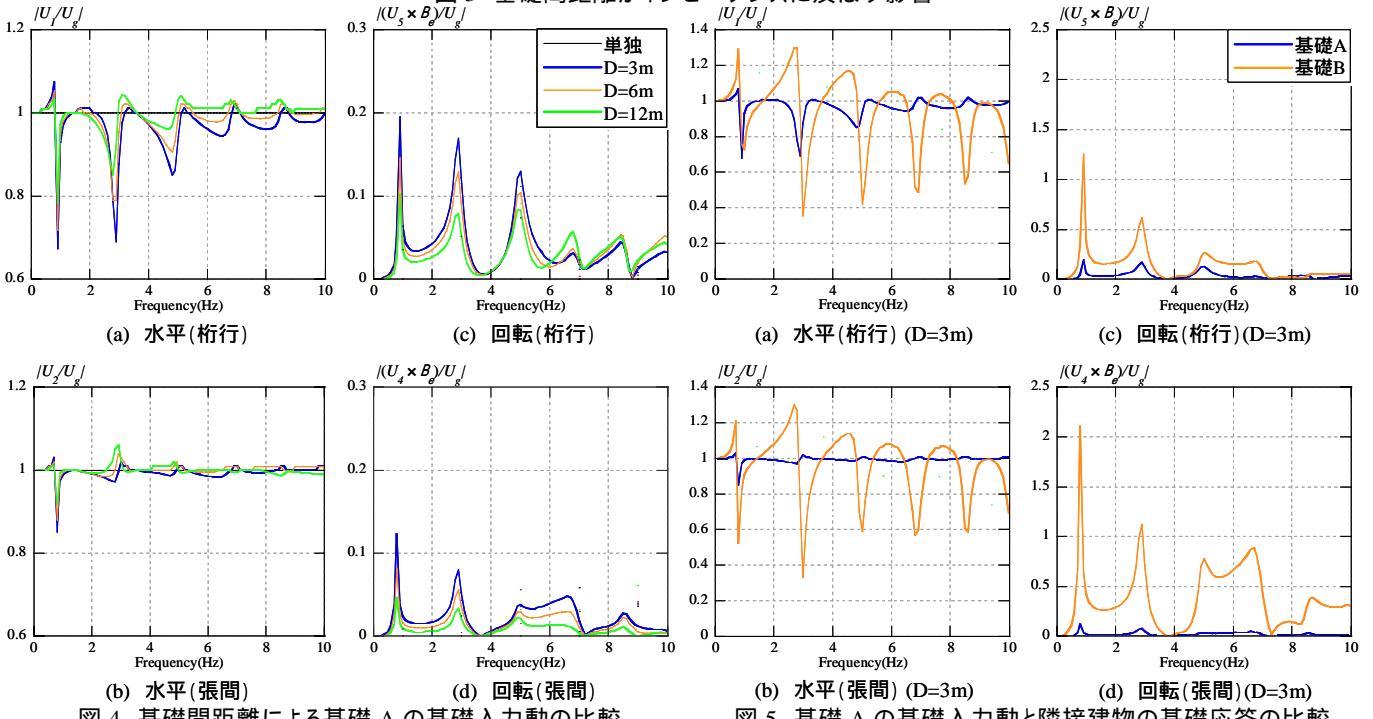


図4 基礎間距離による基礎Aの基礎入力動の比較

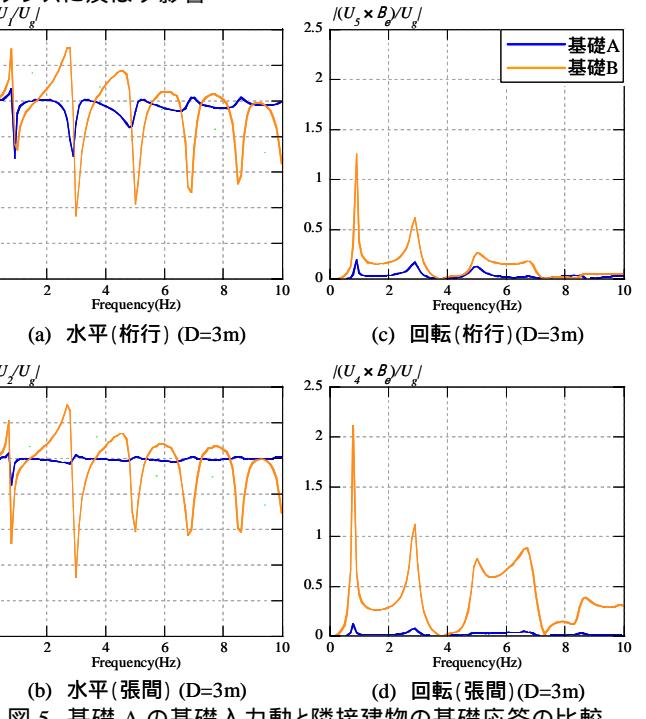


図5 基礎Aの基礎入力動と隣接建物の基礎応答の比較

*1 名古屋大学大学院環境学研究科・大学院生・修士(工学)

*2 名古屋大学大学院環境学研究科・大学院生

*3 名古屋大学大学院環境学研究科・教授・工博

*4 名古屋大学大学院環境学研究科・助手・博士(工学)

*5 名古屋大学大学院環境学研究科・助教授・工博

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

*2 Graduate Student, Grad. School of Environmental Studies, Nagoya Univ.

*3 Prof., Graduate, School of Environmental Studies, Nagoya Univ., Dr. Eng.

*4 Res. Assoc., Graduate, School of Environmental Studies, Nagoya Univ., Dr. Eng.

*5 Assoc. Prof., Graduate, School of Environmental Studies, Nagoya Univ., Dr. Eng.