

建物に対する地震動の入力損失に及ぼす杭の影響についての検討

○徳島大学大学院	学生員	井上	貴文
徳島大学工学部	正会員	三神	厚
東北工業大学工学部	正会員	神山	眞
徳島大学工学部	正会員	成行	義文

1. はじめに

建物基礎と自由地盤の地震動の同時観測記録を用いて地震動の入力損失を経験的に評価しようとする取り組みがなされている(例えば^{1,2)}。あるシステムに対する入力を自由地盤地震動、出力を基礎入力動とすると、システムの特性は基礎/地盤の伝達関数として次式によって評価され、これが地震動の入力損失効果を表すことになる。

$$H(f) = \sqrt{\frac{\overline{S_{yy}}(f)}{\overline{S_{xx}}(f)}} \quad (1)$$

ここで、 $\overline{S_{xx}}(f)$ =平滑化された自由地盤応答のパワースペクトル、 $\overline{S_{yy}}(f)$ =平滑化された建物基礎レベル応答のパワースペクトルである。

カリフォルニアの複数のサイトで観測された実記録を用いた検討では、杭による地震動入力損失の影響は Base Slab Averaging Effect(基礎スラブによる平均化効果、以下、BSA とする)に比べ無視できる程度であると結論付けられている¹⁾一方、日本の複数のサイトで観測された実記録を用いた検討から杭による地震動入力損失の影響を無視できない可能性が指摘されている²⁾。

本研究では、東北工業大学工学部6号館を対象に、基礎/地盤の伝達関数を用いて、自由地盤と建物基礎レベルで同時観測された強震記録から建物に対する入力損失効果を評価するとともに、3次元有限要素解析(SASSI)により、群杭の入力損失効果を、そして、BSAをKim and Stewartにより提案された経験的評価手法により評価する。以上を比較、検討することにより、一観測サイトのみであるが、地震動の入力損失に及ぼす杭の影響を検討する。なお今回の検討では、建物長手方向の水平動に限定して検討を行う。

2. 検討サイト

東北工業大学工学部6号館は、地階の無いSRC造4階建て、1969年築の典型的な学校建物である。建物基礎は、先端支持型PC杭とフーチング、フーチングを連結する基礎梁からなる。杭径は35cm、杭長は8m、杭本数は101本である。地盤は、約8mの深さで $N > 50$ の固結砂岩が基礎基盤を形成する形で存在する砂質系の沖積地盤である。強震計位置は建物4階と1階、建物周辺の自由地盤に設置されている。今回の検討には2003年宮城県沖地震の際に建物付近の自由地盤と建物1階で観測された強震記録を用いた。

3. 杭-地盤系の数値解析とBSAの推定

SASSIを用いた杭の解析において、杭要素にはインターパイルエレメントを用いた³⁾。各フーチングに3~6本の杭が連結され、トータルで101本の杭で支える構造となっているが、ここでは、フーチングごとに断面積の等しい1本の杭に置換して解析を行った。その結果、24本の杭にモデル化された。

杭は24のフーチングとそれらを連結する梁によって支えられているが、ここでは、建物の建築面積を有する1つのフーチングとしてモデル化した。入力地震波は鉛直入射するコヒーレントなせん断波を仮定した。

また、Kim and Stewartが行った経験的評価より、地表強震観測記録のデコンボリューション解析を行い地盤の非線形性を考慮した平均S波速度 V_s とBSAの程度を表すインコヒーレンスパラメーターは以下のように

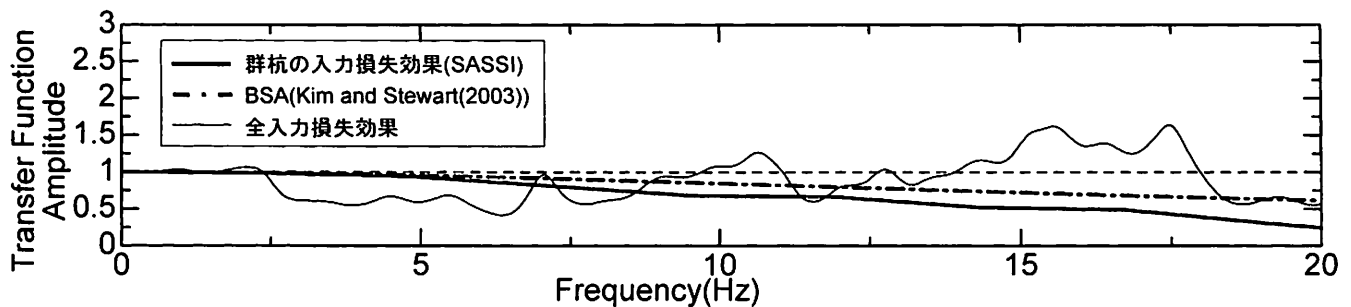


図1 基礎/地盤の伝達関数の比較

関係付けられる。

$$\kappa_a = -0.037 + 7.4 \times 10^{-4} V_s (m/s) \quad (\text{基礎幅} < 60m \text{ の場合}) \quad (2)$$

このサイトでは、地盤の非線形性を考慮した平均 S 波速度は $V_s = 235(m/sec)$ であり、これを用いて(2)式より κ_a の値を 0.137 に決定した。

4. 解析結果と考察

杭による地震動入力損失効果を表す基礎/地盤の伝達関数、BSA を表す基礎/地盤の伝達関数、そして実記録より求めた基礎/地盤の伝達関数(バンド幅 0.8Hz の Parzen ウィンドウを用いて平滑化した)を、伝達関数の大きさを振動数に対してプロットして、図 1 に示す。図 1 からわかるように、このサイトにおいては、杭による顕著な地震動の入力損失が認められる。これは、カリフォルニアと日本の当該サイトで比較した場合に、杭と地盤の固さの比が大きく異なることが可能性として考えられる。そこで、一様地盤中の 2×2 の群杭を対象に地盤の固さを変えた 2 ケース(地盤と杭の諸元を表 1 に示す)について、3.と同様に SASSI を用いて数値解析を行った。それらの基礎/地盤の伝達関数を、伝達関数の大きさを振動数に対してプロットして、図 2 に示す。Case1 では杭による地震動入力損失の影響が明らかに見られるのに対し、Case2 ではそれがほとんど見られない。このことから、サイトの地盤条件(地盤の固さ)が、杭による地震動の入力損失を左右する 1 つの要因である可能性が考えられる。

表 1 解析に用いた地盤と杭の諸元

表 1(a) 地盤の諸元

	S波速度 (m/s)	P波速度 (m/s)	ポアソン 比	密度 (kg/m ³)	減衰
Case1	100	245	0.4	1800	0.05
Case2	316	774	0.4	1800	0.05

表 1(b) 杭の諸元

	剛性 (N/m ²)	密度 (kg/m ³)	ポアソン 比	杭径 (m)	杭間隔 (m)	杭長 (m)
Case1	$2.02E+11$	2571	0.33	0.61	3.05	9.1
Case2	$2.02E+11$	2571	0.33	0.61	3.05	9.1

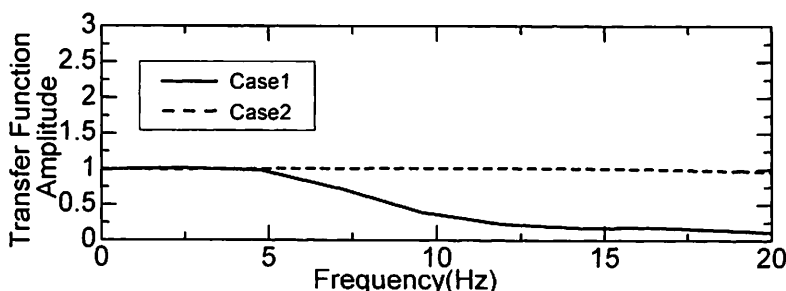


図2 基礎/地盤の伝達関数の比較

謝辞

本研究を遂行するにあたり、科学研究費補助金・基盤研究(C)(課題番号=19560477, 研究代表者=三神厚)を使用させて頂きました。

参考文献

- 1) Kim, S. and Stewart, J. P.: Kinematic Soil-Structure Interaction from Strong Motion Recordings, Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, ASCE, Vol. 129, No.4, pp.323-335, 2003.
- 2) Mikami, A., Stewart, J. P., Ostadan, F. and Crouse, C. B.: Representation of Ground Motion Incoherence for the Analysis of Kinematic Soil-Structure Interaction, The 8th National Conference on Earthquake Engineering, Earthquake Engineering Research Institute, Paper No. 1071, 2006.
- 3) Ostadan, F.:SASSI2000, Revision2, THEORETICAL MANUAL, 2006.