

PCaPC 造 7 階建物の地震記録に基づく伝達関数の振幅値が変動する要因に関する研究

正会員 ○小島宏章 * 同 飛田 潤 **
同 福和伸夫 *** 同

強震観測 PCaPC 造建物 動的相互作用
伝達関数 ロッキング

1. はじめに

常時微動記録や地震記録から建物の振動特性を抽出する際に、伝達関数推定が良く用いられている。しかし、理論上は一意に決まる伝達関数であっても、計測・観測条件により安定して得られない場合が多い。この原因として回転入力動による影響を指摘した研究がある^{例え ば 1)}。しかし、地震記録に基づいて詳細に検討した事例は少ない。そこで、本研究では比較的整形な平面を持つ PCaPC 造建物において得られた地震記録を用いて、伝達関数の振幅値と震源位置、及び建物基礎での水平動と回転動の相関について検討する。

2. 対象建物と強震観測の概要

対象建物は名古屋大学構内に立地する PCaPC 造 7 階建て建物で、図 1 に強震観測点配置を示し、表 1 に建物概要を示す。強震観測は、竣工後から建物 8 地点・地盤地表 2 地点・地盤地中 1 地点・杭中 4 地点の計 15 地点で、水平 24ch、上下 12ch で行っている。センサーには、建物と地盤にサーボ型加速度計、杭中に分解能は低いが廉価な静電容量型加速度計を採用している。観測開始から現在（2009 年 8 月）までに、約 170 個の中小地震記録が得られている。本論では、この内不良なデータを除いた 161 個の記録を用いて分析する。

3. 対象建物の伝達関数の特徴

建物と地盤との動的相互作用の影響を検討する際に、地盤-建物連性系 (RF/GL)、スウェーのみ固定した基礎固定系 (RF/1F)、スウェーとロッキングを固定した基礎固定系 (RF/(1F+H0) : H は等価高さ) の 3 つの伝達関数推定

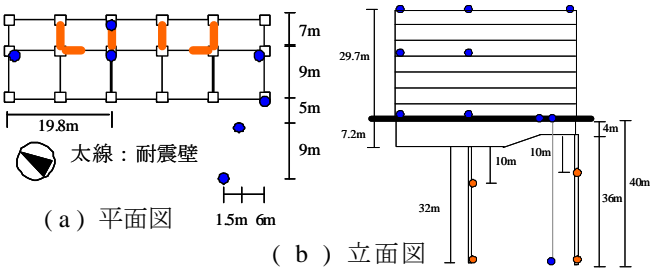


図 1 建物形状及び強震観測点配置

表 1 建物概要

延床面積	5956m ²	構造種別	(地上) PCaPC 造 (地下) RC 造
階数	地上7階 地下1階	骨組形式	(桁行方向) ラーメン構造
高さ	33.4m		(張間方向) 耐震壁付きラーメン構造
軒高	29.7m	基礎種別	杭基礎 PHC 杭 (杭長36m,32m)

²⁾が良く用いられる。対象建物の伝達関数の一例として 2005/12/24 愛知県西部の地震で得られた記録を図 2 に示す。伝達関数推定は、いずれも H_v 推定を採用している。

理論上、振幅値は RF/GL < RF/1F < RF/(1F+H0) となるべきだが、桁行・張間方向ともそうはなっていない。また、ここでは図示していないが、地震によって振幅の高さ、及びその順序はまちまちとなっている。この要因は次節で詳細に検討する。

RF/(1F+H0)の伝達関数は、桁行・張間方向とも位相の変化は明瞭に現れているが、振幅は張間方向で特に低くなっている。また、他の地震記録では桁行方向の振幅も低いものも多々ある。図 3 に RF と 1F で得られた全地震記録を平均した加速度フーリエスペクトルとその±σを示

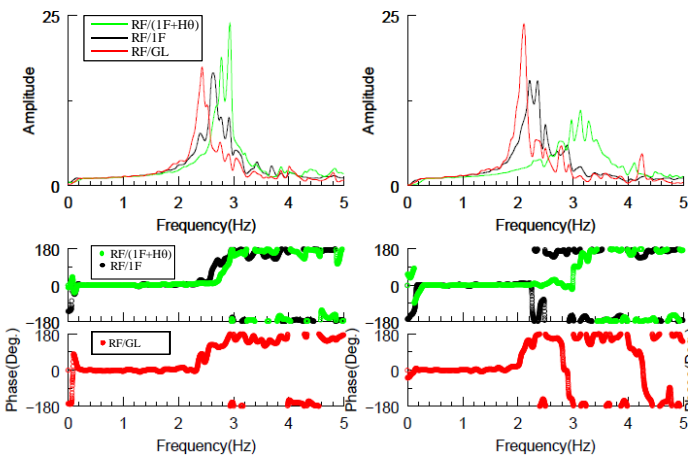


図2 地震記録から算出した伝達関数の一例
(左：桁行、右：張間)

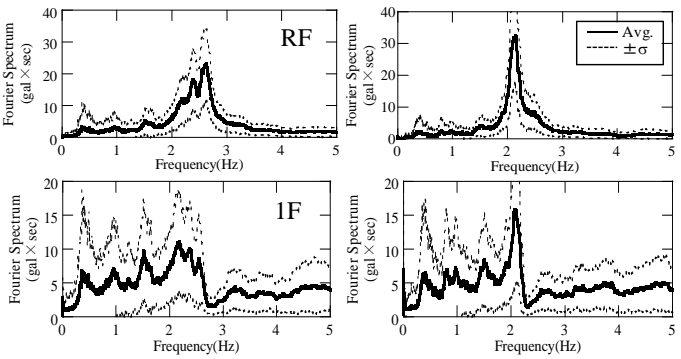


図3 全地震記録を平均した加速度フーリエスペクトルと±σ
(左：桁行、右：張間)

す。図 3 より、両方向とも RF/(1F+H0)の固有振動数と考えられる 3Hz 付近で、RF の応答が十分励起されていないことが分かる。これが原因で、RF/(1F+H0)の振幅が低くなっていると考えられる。

4. 伝達関数の高さや震源位置の関係

前節で述べた伝達関数の振幅値のばらつきについて詳細に検討する。ここでは、一般に多く用いられている伝達関数である RF/GL と RF/1F を対象として、各地震記録の伝達関数を算出し、1 次固有振動数と考えられる振幅のピーク値の関係を表 2 に示す 4 つに分類した。この分類に基づいて描いた震源マップを図 4 に示す。また、対象建物と震央位置との方向関係の統計を表 3 に示す。

図 4 と表 3 より、伝達関数の振幅を桁行・張間方向とも良好に得られる地震記録は、震源が北側に位置するものが多い。逆に、桁行・張間方向とも適切に評価できない地震記録は震源が南東に多く分布している。紙面の都合上図示していないが、震源深さとの関係を検討した所、愛知県内で発生した地震では、対象建物の南西方向の震源が浅い地震では良好な伝達関数が得られ、南東方向の震源が深い地震では伝達関数が適切に評価できない記録が多く存在していた。

5. 建物基礎での水平動と回転動の相関

ここでは、基礎の水平動と回転動の相関関係が伝達関数の形状に及ぼす影響を検討する。相関係数は、文献 3 の方法にならない、建物基礎での水平動、回転動の全パワー ($R_f^{\Delta\Delta}$, $R_f^{\Phi\Phi}$) と、水平動と回転動の相互パワーの積分値 $R_f^{\Delta\Phi}$ を用いて次式で算出した値を用いる。

$$\rho_f^{\Delta\Phi} = \frac{R_f^{\Delta\Phi}}{\sqrt{R_f^{\Delta\Delta} \cdot R_f^{\Phi\Phi}}}$$

図 5 に伝達関数の振幅の差 (RF/GL - RF/1F) と相関係数との関係を示す。図 5 より、桁行方向は伝達関数の振幅差と相関係数の関係に明瞭な傾向はないが、張間方向は伝達関数の振幅差が大きくなると、即ち RF/GL の振幅値が大きくなると、建物基礎での水平動と回転動の相関が高くなっている。

相関係数そのものの値は、桁行・張間方向とも文献 3 よりも大きな値となっており、回転動の影響が大きいことが分かる。

6. まとめ

PCaPC 造 7 階建て建物で得られた地震記録から推定される伝達関数が、一意に決まらない要因を分析するために震源位置と建物基礎の水平動と回転動の相関に着目した分析を行った。その結果、RF/GL と RF/1F の伝達関数の振幅値の特徴は震源の方向によってある程度分類できること、建物基礎の水平動と回転動の相関は張間方向の伝達関数の形状と関係があることが分かった。これらの

結果は、建物に入力する地震動に回転成分が含まれており、それが伝達関数推定に影響を及ぼしていることを示唆していると考えられる。

今後は位相やコヒーレンス、震源メカニズム、周辺地盤の空間変動に着目した追加検討を行う予定である。

参考文献

- 1) 八木他：常時微動計測に基づく低層 RC 造建物の伝達関数推定にレーリー波による回転入力を与える影響，日本建築学会構造系論文集，No.552，pp.77-84，2002.2
- 2) 石橋敏久他：基礎のロッキングを考慮した構造物の伝達関数評価法の検討，鹿島技術研究所年報 No42，pp.199-203，1994
- 3) 川島他：地震観測記録に基づく基礎有効入力動の抽出とその評価指標に関する研究，日本建築学会構造系論文集，No.615，pp.85-92，2007.5

表 2 伝達関数の分類

記号	桁行	張間
○	RG/GL < RF/1F	RG/GL < RF/1F
●	RG/GL > RF/1F	RG/GL < RF/1F
□	RG/GL < RF/1F	RG/GL > RF/1F
■	RG/GL > RF/1F	RG/GL > RF/1F

表 3 伝達関数の分類と震央位置の方向

	北西	北東	南西	南東
○	16	19	8	5
●	5	4	12	5
□	1	7	5	17
■	9	10	8	30

(個)

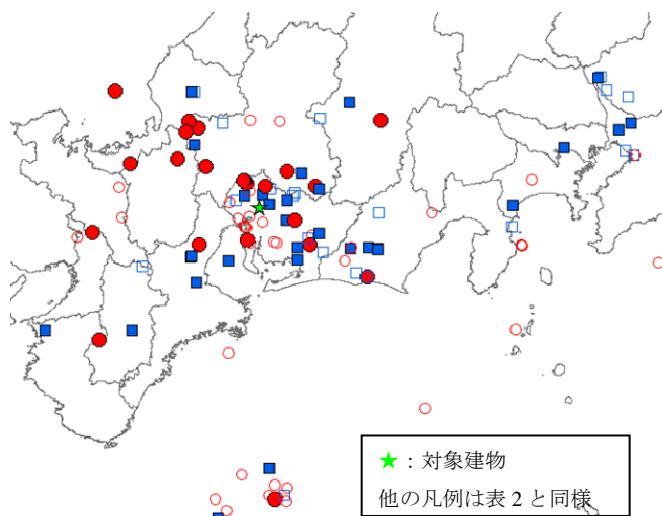


図 4 伝達関数の形状別の震源マップ

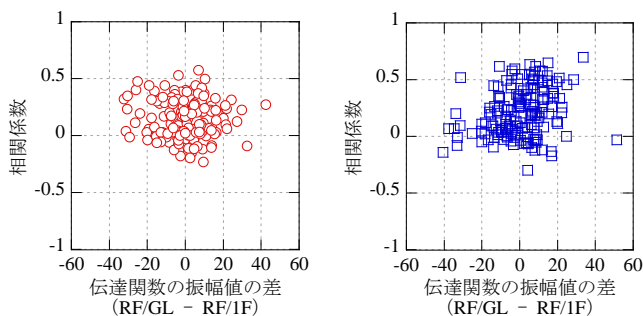


図5 建物基礎での水平動-回転動の相関係数と伝達関数の高さの差の関係 (左：桁行，右：張間)

* 名古屋大学大学院環境学研究科・助教・博士 (工学)

** 名古屋大学大学院環境学研究科・准教授・工博

*** 名古屋大学大学院環境学研究科・教授・工博

* Assistant Prof., Grad. School of Environmental Studies, Nagoya Univ., Dr. Eng.

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

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