

立体振動分析支援アニメーションツールを用いた隣接建物振動特性の検討

多点同時記録 立体振動 三次元アニメーション
隣接建物 強制振動実験 常時微動計測

正会員 ○廣野 衣美*1 同 飛田 潤*2
同 福和 伸夫*3 同 護 雅史*2
同 小島 宏章*4

1.はじめに

観測機器の高機能化・低価格化や観測体制の整備により、地盤一建物系で多点多成分の振動記録が得られるようになった。しかし、高密度観測記録から、時間的に変化する複雑な立体振動挙動を適切に捉えることは一般に困難かつ煩雑であり、高度な分析技術や経験を必要とする。これに対し、筆者らは、FLASHを用いた新たな立体振動分析支援ツールを開発し、これを用いて既存の多点多成分観測記録の分析を行い、このツールが複雑な振動挙動を適切に評価するために有効であることを確認した¹⁾。

上記の結果を受け、本論では、既往の研究²⁾により隣接棟や崖地の影響で複雑な動きが示唆されている建物を対象として、本アニメーションツールを用いた分析を行う。その際に、本ツールを有効に活かすための観測体制についても検討する。対象建物では、周辺地盤の不整形の影響が予想されるため、既往の観測・計測に加えて建物近傍の地盤に観測点を多数配置し、立体振動分析支援ツールで立体挙動の確認を行うことを前提として全点で3成分の常時微動計測を行っている。

2.対象建物概要

対象建物は名古屋大学工学研究科9号館で、西館（SRC造6階建）と東館（RC造3階建）が隣接している。この建物は、松山ら²⁾により強震観測・強制振動実験・常時微動計測に基づいて、隣接する2棟の詳細な振動特性に関する分析がなされている。鳥瞰図を図1に、断面図・平面図をセンサ配置図と共に図2に示す。センサ配置は、●▲◎が既往の研究、☆が後述する今回の計測である。

両棟は基礎も含めて構造的には独立しており、通路部分のエキスパンションジョイントを介して3mの距離で東西に隣接している。敷地は洪積丘陵地の尾根筋に立地し、南側は約10m、西側は約3mの崖となっている。基礎形式はともに杭基礎であり、GL-12m付近（N値50）を支持層とし、基礎は約2mの埋め込みがある。西館1階には振動台が設置されており、約1tonのおもりを載せて加振することで強制振動実験を行っている。振動台基礎は建物基礎と縁切され、間に砂が挿入されている。

3.既往の研究結果

松山ら²⁾の研究で得られた知見を以下に示す。

- 1) 南側・西側の崖の影響で東西の地盤振動の差を生じ、

6F建物のねじれ応答を励起し、さらに地盤を介して3F建物短辺方向の応答に影響を与えると考えられる。隣接建物を介した複数入力の存在が示唆される。

- 2) 強制振動実験の6F建物長辺方向の卓越振動数でのモード形（図3）から、両建物の長辺方向（隣接方向）のロッキングがほぼ逆位相で励起され、隣接位置で両建物の上下動はほぼ同一であることが確認された。
- 3) 強震観測・強制振動実験・常時微動のいずれも、基礎固定系の特性には隣接建物の影響が認められない事から、上部構造を介した力の伝達はないと考えられる。

以上の結果から、不整形地盤を介して連成する隣接建物の挙動を適切に捉えることの難しさがわかる。

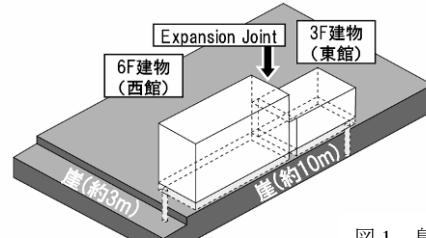


図1 鳥瞰図

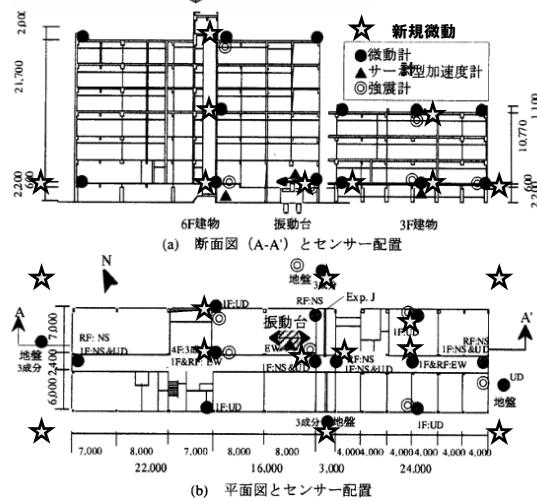


図2 断面図・平面図及びセンサ配置図

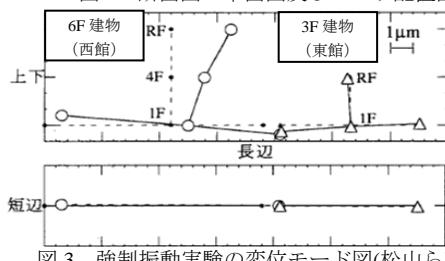


図3 強制振動実験の変位モード図(松山ら)

4. 立体振動分析ツールを前提とした計測体制

対象建物の複雑な挙動を、立体振動分析支援ツールを用いて再検討する。その際に、崖地の影響や、6F 建物の振動が地盤を介して 3F 建物に伝わることなどについて、3 次元アニメーションで評価できる観測体制を提案する。

従来の観測体制は、収録機やセンサ数による制限、分析手法の関係から、建物を質点系で表現する際の質点位置を中心に、分析に必要な成分のみ計測する場合が多くた。この様な記録を 3 次元で可視化する際には、空間的にデータの補完を行って表現していたが、アニメーションによる現象の把握を行う場合はやはり全点で 3 成分の計測を行うことが望ましい。また、多数の観測点間の関係を捉えるためには、面の動きを表現できるような観測点配置にする方が観測点・成分は増えるが全体像の把握が行いやすくなる。

そこで、今回は全点 3 成分の計測を行った。センサ配置を図 2 の☆で示す。建物の周囲に観測点を配置することで、地盤の振動の面的な挙動が把握でき、崖の影響などが確認できるとともに、建物間での地盤を介した力の伝達についても検討できると考えられる。

強制振動実験は、前回と同様に、可動部質量約 600kg の振動台に約 1ton のおもりを積載し、正弦波スウェープ加振を行った。スウェープ加振の振動数範囲は両建物の 1 次固有振動数を含む 2Hz～15Hz とした。また同時に、常時微動計測と同じセンサ配置で行った。分析には、100Hz サンプリング、速度 1 秒計での計測結果を用いる。

5. 立体振動特性

崖地の影響でフーリエスペクトル振幅の高振動数側が地盤地点により異なるという知見に対して、常時微動の 4Hz から 9.5Hz の振動数範囲のスナップショットを図 4 に示す。今回は、時間と共に徐々に消える軌跡を表示することで、アニメーションとスナップショットの両方で動きが見やすくなるように改良している。この図から、地盤がくの字に変形しており、両建物もそれにあわせて逆方向にねじれている。地盤の動きは、崖のある西側と南

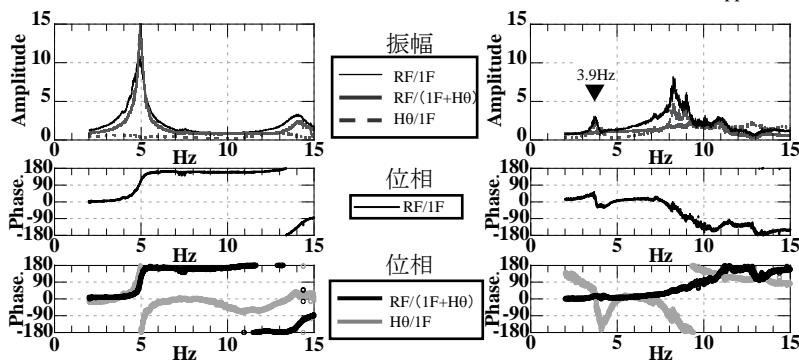


図 5 強制振動実験記録の長辺方向の伝達関数 (左: 6F 建物、右: 3F 建物)

側が大きく、特に南側中央が大きくなっている。

強制振動実験記録の長辺方向の伝達関数を図 5 に示す。3F 建物の RF/1F で 3.9Hz 付近にピークが見られるが、これは 6F 建物のロッキングの影響である。図 3 と同様の条件(3.9Hz を中心とするバンドパスフィルタ幅 0.5Hz)の動きを図 6 に示す。紙面では分かりづらいが、6F 建物の動きから若干の遅れをともなって地盤と 3F 建物が上下に振動していることが分かる。また、図 6 下の平面モード図から、平行方向の加振では建物平面内のねじれはほとんど励起されていないことも確認できた。この時、2 棟の建物はロッキングの影響で互いに中央に向かって動いている。6F 建物の水平の動きが大きく、これにあわせて西側地盤も大きく動いている様子も確認できた。

6. おわりに

開発してきた立体振動分析支援アニメーションツールの利用を前提として、隣接建物や崖地の影響により複雑な挙動を示す建物の計測・分析を再度行い、現象の把握を試みた。地盤計測点を建物近傍に多数配置したことにより、従来の計測では捉えにくかった、地盤の動きや、建物と地盤の関係をアニメーションにより把握することができた。また、崖地や隣接建物があることにより、単独建物とは違う動きとなることが詳細に確認できた。

参考文献

- 1) 廣野衣美他：多点多成分振動観測記録の効果的な分析を支援する動画アプリケーションの開発、日本建築学会技術報告集, 28 号, pp.423-428, 2008
- 2) 松山智恵他：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、日本建築学会構造系論文集, 第 545 号, pp87-94, 2001

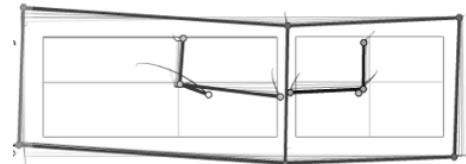
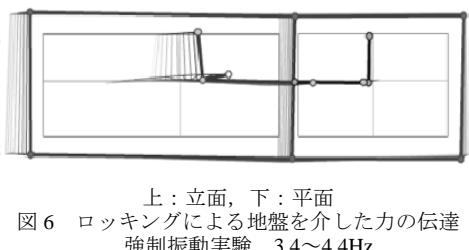
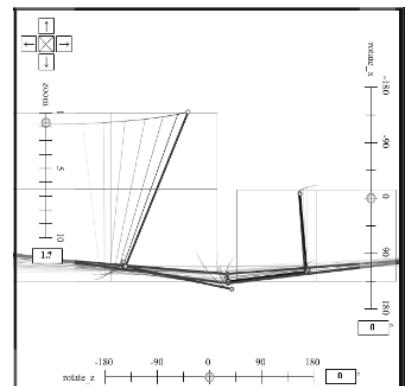


図 4 地盤のねじれの様子(平面)
常時微動、4.0～9.5Hz



上：立面、下：平面
図 6 ロッキングによる地盤を介した力の伝達
強制振動実験、3.4～4.4Hz

*1 (株)構造計画研究所・修士 (工学)

*2 名古屋大学大学院環境学研究科・准教授・工博

*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・助教・博士(工学)

*1 Kozo Keikaku Engineering Inc., M. Eng.

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

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

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