

多数の地震観測記録に基づく発電所建屋および地盤の振動特性に関する研究 (その2) 発電所建屋の立体振動性状の把握

正会員 ○岩城梨佳*1 正会員 福和伸夫*2
正会員 護 雅史*3 正会員 都築充雄*4
正会員 大久保浩光*4 非会員 山本景司*5

発電所建屋 多点地震観測 立体振動
ねじれ振動 分析ツール 伝達関数

1 はじめに

その2では、建屋に対して平面的に複数の位置に観測点が設けられているA発電所(1~4号機建屋)、C発電所(3号機建屋)について、建屋の局所的な振動特性を把握するとともに、Flashを用いた観測記録分析支援ツール¹⁾によりアニメーション化して挙動を分析することにより、建屋全体の立体振動性状について考察する。

A発電所は、1、2号機と3、4号機で建設年代が異なり、1、2号機は1971年、3、4号機は1981年に運転を開始している。これに対し、C発電所3号機は上部構造全体が同一の建屋として建設されている。図1に観測点の配置と名称を示す。対象建物は共に鉄骨造である。長辺はブレース構造、短辺はラーメン構造であり、3階から屋上は大スパンのホールとなっている。

2 上部構造各部の伝達関数

A発電所について、1、2、3、4号機(図中ではそれぞれ、1b、2b、3b、4bで表示)の建屋1階観測点・屋上観測点の地震記録を用いて推定した上部構造の伝達関数の振幅・位相差・コヒーレンスを図2に重ね書いて示す。同様に、C発電所について、建屋西側、中央、東側の建屋1階観測点・屋上観測点の地震記録を用いて推定した上部構造の伝達関数を図3に示す。

この伝達関数は複数の記録を用いて、 H_v 推定法によ

って求めたものであり、推定に用いた記録の数はA発電所6波、C発電所14波である。

図2より、A発電所では、EW(短辺)方向では、建設年代の異なる1、2号機と3、4号機で振動特性が大きく異なることがわかる。NS(長辺)方向については、各号機とも3.0Hz前後にピークを持っているが、4、3、2、1号機の順に3Hz以降の振幅の変動が大きく、振動が複雑になっていることが推定できる。

図3より、C発電所では、NS(短辺)方向では上部構造各部のピークがほぼ同等の位置に見られるが、振幅には差があり、中央が最も大きくなっている。EW(長辺)方向では各部の振動特性はほぼ同様であると言える。

3 Flash分析ツール¹⁾を用いた立体振動性状の把握

図4、5、6に、Flash分析ツール¹⁾により作成したアニメーションのキャプチャ画像を示す。図4は、A発電所における1990年9月24日06:13:07(M6.6, 震源緯度経度N33.1, E138.6, 深さD=60km)の地震記録を、図5、6はC発電所における1997年3月6日14:51:39(M5.9, 震源緯度経度N34.9, E137.5, 深さD=39km)の地震記録を用いて作成したものである。

図4(a)はA発電所1~4号機建屋を南側(4号機側)から見たことを想定し、紙面並行方向がEW、紙面直行方向がNS方向を示している。図4(b)は全体の立体モー

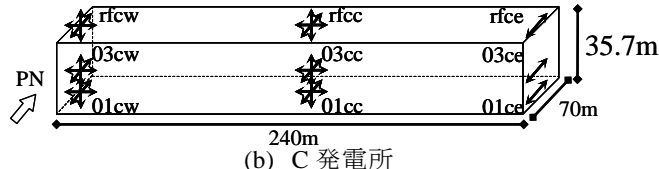
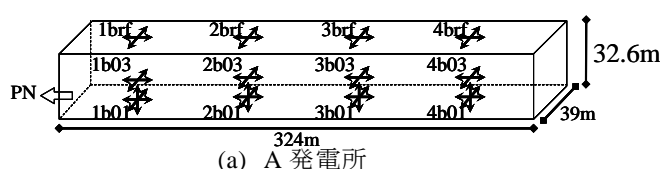


図1 観測点配置・名称

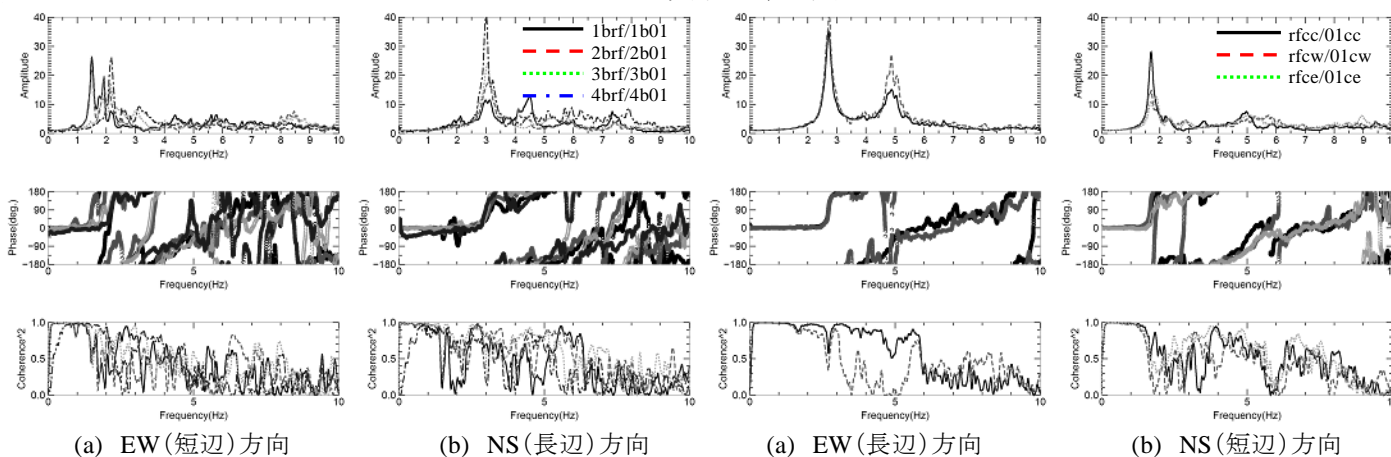


図2 上部構造の伝達関数(A発電所)

図3 上部構造の伝達関数(C発電所)

ドを示している。また、図 4(a)、(b)ともに S 波到達直後をキャプチャしている。図 4 より、各号機の変形が大きく、3、4 号機は小さいことがわかる。また、1、2 号機・3、4 号機の振動に位相差が生じていることがわかる。これによって、上部構造全体がねじれていることが確認できる。ただし、1、2 号機と 3、4 号機の応答の大小は入力地震動の卓越振動数によって異なる可能性がある。

図 5、6 の各図は C 発電所 3 号機建屋を東側から見たことを想定し、紙面並行方向が NS 方向、紙面直交方向が EW 方向を表している。図 5 は S 波到達直後を、図 6 は S 波到達後約 70 秒経過時のモードを示している。図 6(a)は、バンドパスフィルタの下限・上限を $0.64 \cdot 9.64\text{Hz}$ としたものの、図 6(b)は $1.6 \cdot 9.64\text{Hz}$ としたものを示している。図 5 より、S 波到達直後は上部構造全体がほぼ同様のモードで変位していることがわかる。図 6(a)より、S 波到達後約 70 秒が経過した時刻では、上部構造西側・東側が逆位相となっており、全体としてねじれていることがわかる。ただし、1 階のフーリエスペクトルの振幅が大きい $0 \sim 1.5\text{Hz}$ を含めない範囲でバンドパスフィルタを施した図 6(b)の場合には、ねじれの挙動が認められず、図 6(a)でみられるねじれ挙動は、上部構造の変形ではなく、地震入力に起因するものであると考えられる。

以上から、建設年代が異なる A 発電所では、各部の振動特性が大きく異なり、建屋全体が一様に変形せず、

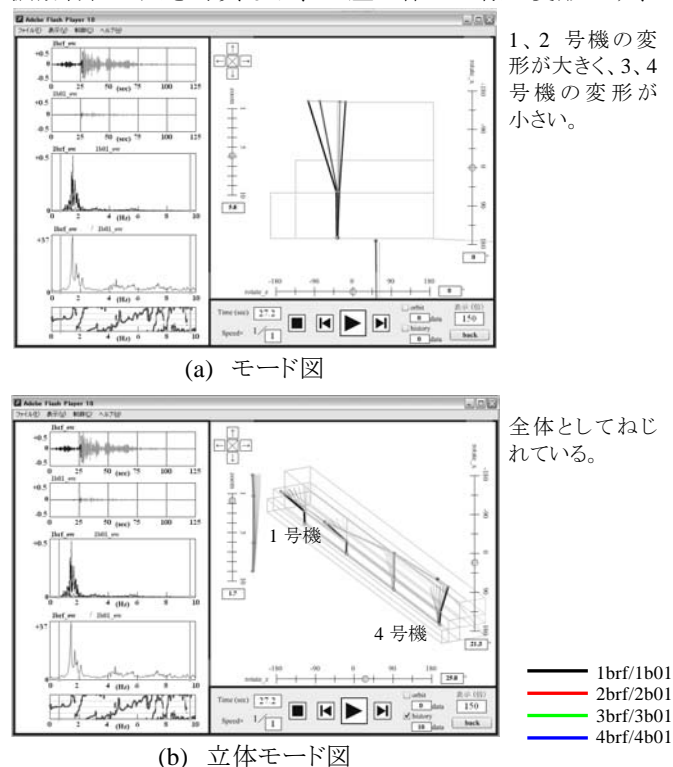


図 4 キャプチャ画像 (A 発電所)

複雑な立体振動の様相を呈していることが分かる。これに対して、上部構造が同時期に建設された C 発電所では、建屋各部の振動特性に顕著な差は見られず、一体として応答していることがわかる。ただし、後続の地震動に対しては、基礎から上でのねじれ挙動が認められた。

4 まとめ

その 2 では、A 発電所 1~4 号機建屋、C 発電所 3 号機建屋について、建屋の局所的な振動特性を把握し、Flash 分析ツールを用いたアニメーションを観察することで、建屋全体の立体振動を把握した。建設年代が異なる A 発電所では、建屋の各部で振動性状が大きく異なり、これにより建屋全体の複雑な振動が現れていることが確認できた。

<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，pp.423-428，2008.10
- 2) 理論地震動研究会：地震動 その合成と波形処理，1994.02

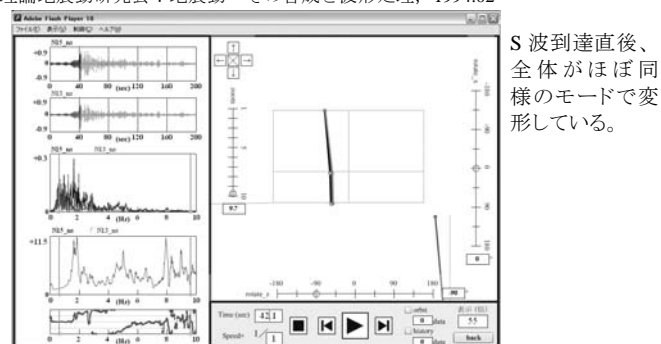
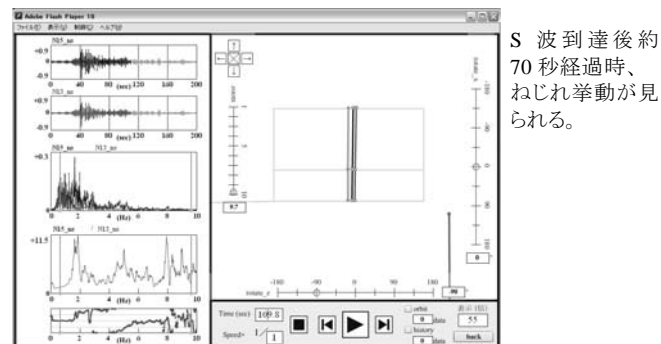
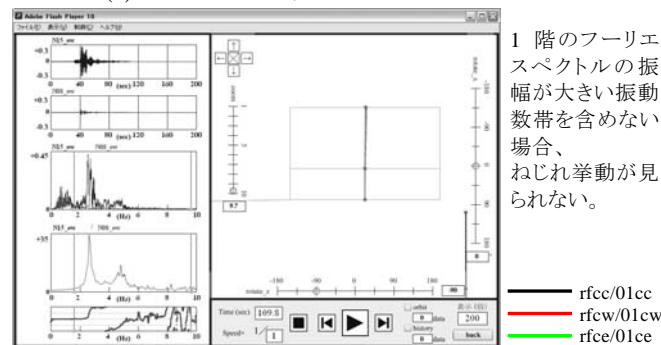


図 5 キャプチャ画像 (S 波到達直後) (C 発電所)



(a) バンドパスフィルタ: $0.64 \sim 9.64\text{Hz}$



(b) バンドパスフィルタ: $1.6 \sim 9.64\text{Hz}$

図 6 キャプチャ画像 (S 波到達後約 70 秒) (C 発電所)

*1 中部電力 (株) (元名古屋大学大学院・大学院生)

*2 名古屋大学大学院環境学研究科・教授・工博

*3 名古屋大学大学院環境学研究科・准教授・博士 (工学)

*4 中部電力 (株)

*5 中電不動産 (株)

*1 CHUBU Electric Power Co., Inc.

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

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

*4 CHUBU Electric Power Co., Inc.

*5 Chuden Real Estate Co., Inc.