

常時微動計測に基づく大規模杭基礎構造物の立体振動挙動

正会員 ○奥 祥平*1
同 飛田 潤*3同 都築 充雄*2
同 福和 伸夫*4常時微動計測 大規模構造物 火力発電所
杭基礎 変形モード アニメーションツール

1. はじめに

埋立地には、エネルギー施設や工場などの生産施設が多数存在している。地震時にこれらの施設が被害を受け生産活動が停止すると、社会に極めて大きな影響を与える。

近年、南海トラフ巨大地震などの長周期・長時間地震動に備え、超高層建物の地震応答が注目されている。一方で、上記の生産施設の多くは長大平面を有する軟弱地盤上の構造物であり、長周期地震動の長い波長を持つ波動の影響を受けやすい。基礎は剛体として設計されるが、長大であるため、表面波により変形を伴う挙動を示す可能性がある。

本研究では伊勢湾岸の埋立地に立地する火力発電所を対象に建設段階ごとに多点常時微動計測を行い、基礎の変形挙動を捉えることに成功している¹⁾²⁾。本報告では、基礎と上部建物の立体振動挙動について詳細な検討を行う。

2. 対象建物の概要

対象建物は、図1、表1に示すように、南北290 m、東西85 m、高さ32.5 mのS造3階建て、基礎は厚さ2.5 mのRC造マットスラブであり、建屋内の南北両端部に蒸気タービンが1基ずつ、中央部にガスタービンが6基ある。ガスタービンは2Fレベルに、蒸気タービンは3Fレベルに設置されているが、いずれもRC造架台に据え付けられ、S造躯体の床面との間にはスリットが設けられているため、荷重はすべて基礎にかかっている。

対象建物では図2に示す3次元フレームモデルによる動的解析が実施されている。床開口が多いため剛床仮定ではなくスラブの面内剛性を考慮し、基礎は固定としている。1.4 Hzの1次モードはねじれを含む並進モードである。

3. 基礎、建屋の立体的振動挙動

立体的な振動挙動を把握するため、アニメーションによる可視化ツール³⁾を用いて分析を行った。多点計測記録から指定した振動数帯域での時刻歴の変位を同時出力することで、立体的な振動挙動や変形を捉えることができる。本論では、地盤と建屋の固有振動数などを考慮して、0.5～2.6 Hzに着目して検討を行う。

3.1 基礎の変形挙動

基礎のみの挙動を把握するため、建設中の基礎スラブが打設された時点での基礎の変形挙動を図3、図4に示す。図中には、既往の地盤調査から推定した振動数帯域ごとの表面波の波長も併せて示す。0.8 Hzでラブ波が、2.0 Hz付近で

レイリー波が到来していることがこれまでの地盤アレイ計測から確認されている。図から、基礎は剛ではなく面内、面外ともに変形しており、地盤を伝播する波動の影響を受けていることが、表面波の波長との対応から読み取れる。

3.2 建屋の変形挙動

建屋完成後の変形挙動を図5、図6に示す。上部構造の1次固有振動数は、実測では短辺方向2.3 Hz、長辺方向2.5 Hzであり、モデルよりかなり短周期である。図から、建屋全体は0.5～1.5 Hzの低振動数では、基礎と上部構造が一体となって挙動しており、基礎の変形に依存して上部構造も同様の挙動を示している。1.5 Hz以上の振動数では、上部構造の固有振動数に近づくにつれ水平動が増幅していく様子が確認できる。また、固有振動数付近においては、図5では建物頂部が時間帯によって長辺方向に弓形・S字型の変形を示す様子が確認でき、長大な平面をもつ建屋の位相差を伴った挙動を捉えられている。図6では建物南端東側の突出した部分における局所的な変形も捉えられている。

4. まとめ

長大な平面を有する建物での多点常時微動計測からアニメーションツールによって立体振動挙動を捉えた。

埋立地に立地する大規模構造物において地震時の建物応答を適切に行うには、基礎サイズと地盤構造から想定される基礎変形を考慮した上で、上部構造の立体応答を推定していくことが必要と考えられる。

参考文献

- 1) 奥祥平・他：発電施設の振動性状に及ぼす周辺地盤の影響 その1、日本建築学会大会学術講演梗概集、2015
- 2) 奥祥平・他：常時微動計測に基づく大規模構造物の基礎の挙動、日本建築学会大会学術講演梗概集、2016
- 3) 廣野衣美：立体振動分析支援アニメーションツールの開発と効果的分析のための多点観測体制の提案、名古屋大学大学院修士論文、2008

謝辞

常時微動計測実施にあたり、対象発電所の現場関係者の皆様に多大なるご協力をいただきました。記して謝辞を申し上げます。

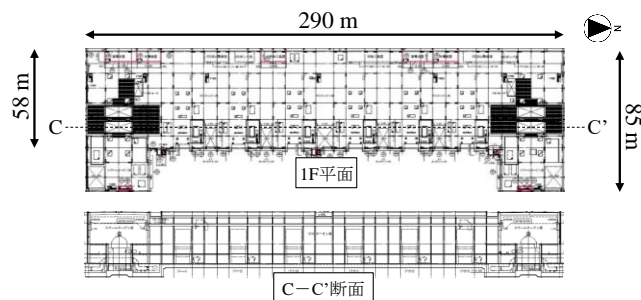


図1 1F平面図と断面図

解析モデル

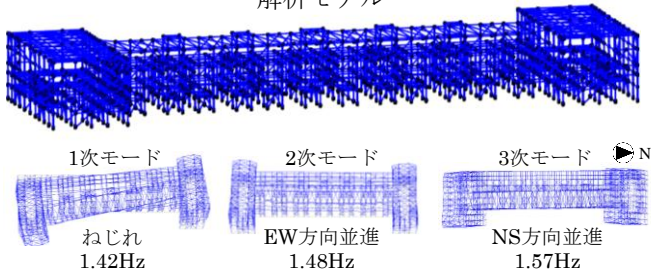


図2 3次元フレームモデルと動的解析結果

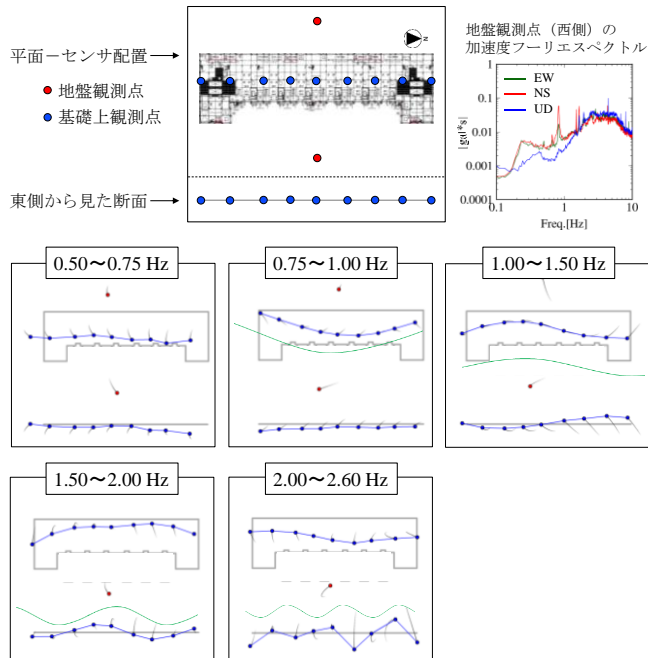


図3 基礎の長辺方向の変形挙動 (基礎のみ完成時)

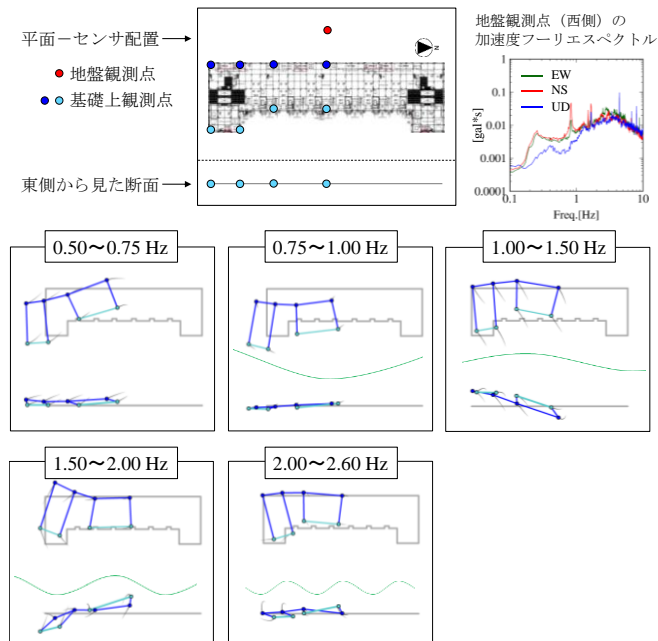


図4 基礎南側の変形挙動 (基礎のみ完成時)

表1 対象建物概要

建築面積	19,425 m ²	杭種別	打撃鋼管杭
延床面積	42,717 m ²	杭長	60 m
構造・規模	S造・3階建	基礎形式	RC造マット基礎形式
建物高さ	32.5 m		(最大厚さ 3.0 m)

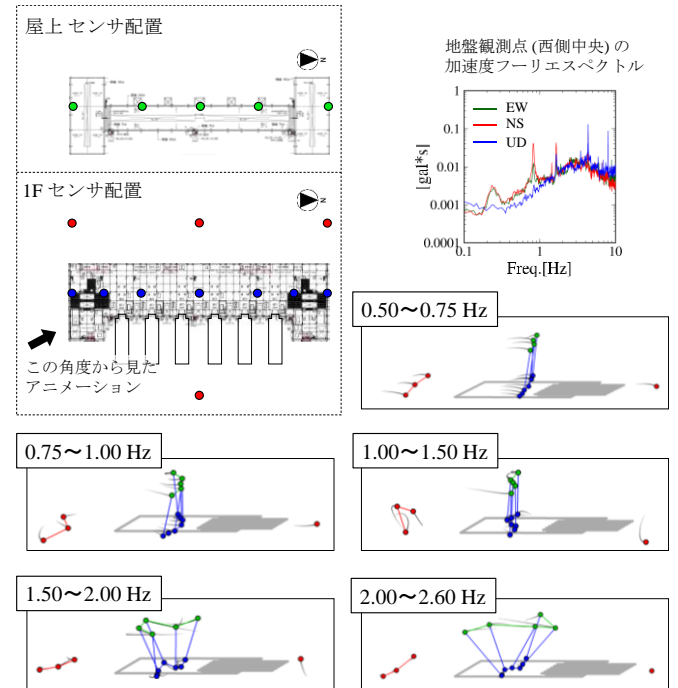


図5 建屋の長辺方向の変形挙動 (建屋完成後)

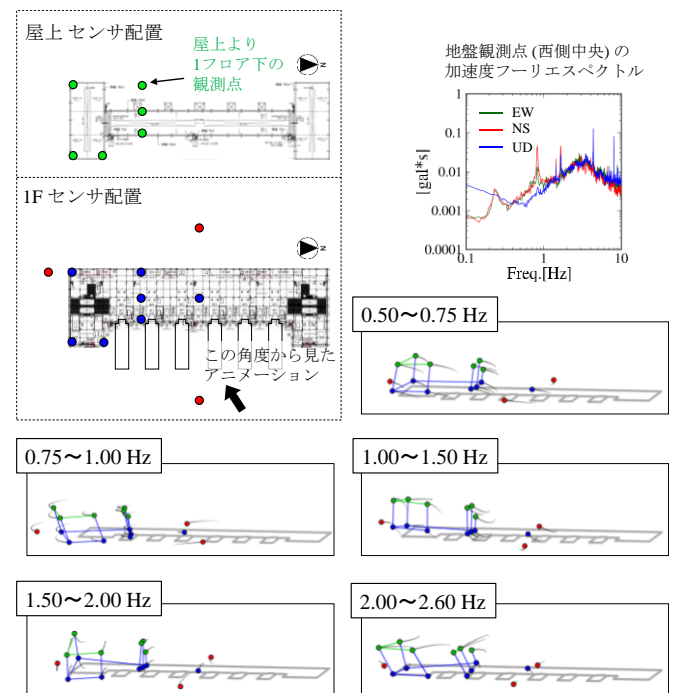


図6 建屋南側の変形挙動 (建屋完成後)

*1 株式会社一条工務店 (元名古屋大学大学院)

*2 名古屋大学減災連携研究センター・准教授

*3 名古屋大学災害対策室・教授・工博

*4 名古屋大学減災連携研究センター・教授・工博

*1 Ichijo Housing Company Co., Ltd.

*2 Assoc Prof., Disaster Mitigation Research Center, Nagoya Univ.

*3 Prof., Disaster Management Office, Nagoya Univ., Dr. Eng.

*4 Prof., Disaster Mitigation Research Center, Nagoya Univ., Dr. Eng.