

大規模杭基礎構造物が立地する埋立地の地盤震動特性に関する実証的研究

名古屋大学工学部社会環境工学科
建築学コース 福和研究室 奥祥平

1. 研究の背景と目的

2011年3月に発生した東日本大震災による福島第一原子力発電所の事故以降、原子力発電所の稼働率は大幅に低下し、現在では総発電量のうち約90%を火力発電に頼っている。わが国における多大な電力消費を賄うため、以前にも増して火力発電の重要性が高まっている。

火力発電所は、沿岸部の埋立地に立地することが多い。埋立地は表層地盤が軟弱であり、地震動の増幅が大きくなる傾向がある。また、被災時の復興の起点としての役割も担うことから、地震被害予測を行うことが重要であり、地盤震動特性を正確に把握する必要がある。

本研究では、ある火力発電所を対象とし実測に基づき、地盤震動特性を把握することを目的とする。

2. 敷地概要

対象敷地の平面図を図1に、既存のボーリング調査及びPS検層結果を図2に示す。対象敷地内は水平成層であり、地盤内のS波速度構造や基盤深さの地点による大きな違いはない。工学的基盤は深度60mの海部・弥富累層とし、地震基盤深さは1300mである。それぞれの基盤に起因する地表での卓越振動数は、0.8 Hz、0.2 Hzである。

当該火力発電所では現在、発電設備の更新に伴う建て替え工事が進められている。旧建屋の解体が順次行われ、新建屋の建設予定範囲では液化化防止を目的とした地盤改良が行われている。地盤改良工事には、グラベルコンパクションパイル工法が用いられ、深度20mまで砂杭が造成される。また、図1に示す配置図から分かるように、新設される建屋の北側においては、旧建屋の杭（打ち込み鋼管杭、杭長60m）は引き抜かれず、地中に埋没したままとなる。一方、南側には地中に杭は存在しない。

したがって、同一敷地内においても旧建屋の残存杭、あるいは地盤改良工事によって地盤震動特性が異なる可能性がある。本研究では、残存杭や地盤改良工事が地盤震動特性に及ぼす影響を把握する目的で、複数地点で実測を行い、それらの振動性状について分析を行った。

3. 計測概要

本研究では、図3に示すような各地盤状況において、常時微動計測、浅層レイリー波探査、L字微動アレイ探査及び三角微動アレイ探査を行った。各地盤状況において行った複数の探査をまとめて一つの計測とし、計測①～④と呼称する。実施した探査の一覧を表1に、一例として計測①で行った各探査の配置を図4に示す。

表1 実施した探査内容

	三角アレイ探査 (一辺100m)	L字アレイ探査 (一辺50m)	浅層レイリー波探査 (測線長46m)	三角アレイ探査 (一辺40m)
計測①	○	○	○	—
計測②	○	○	○	—
計測③	○	○	○	○
計測④	○	○	○	○

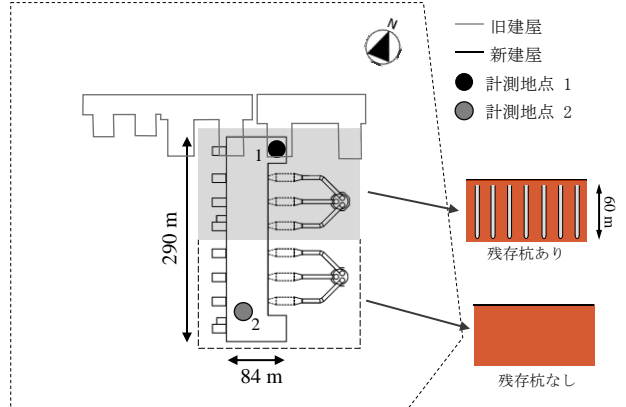


図1 配置図及び計測地点
(旧建屋は解体中、新建屋は未着工)

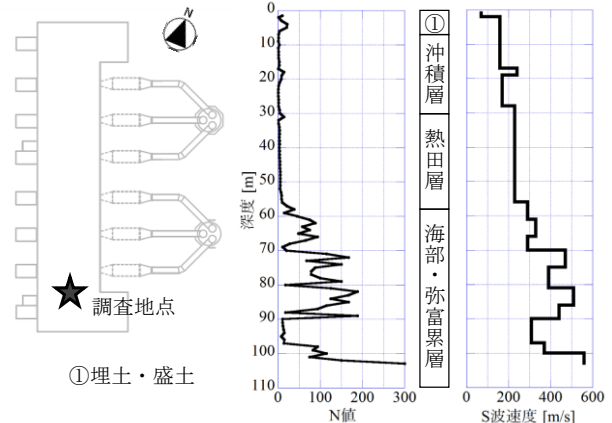


図2 既存のボーリングデータ及びPS検層結果

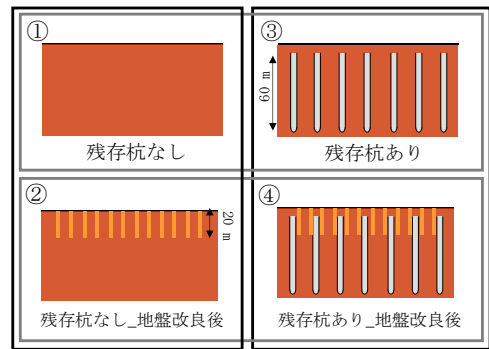


図3 各計測における地盤状況

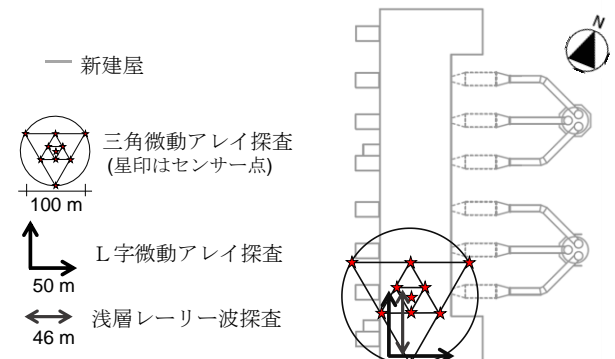


図4 計測点配置 (“①残存杭なし” の計測時)

4. 地盤改良前後の比較 (①と②の比較)

地盤改良前後での加速度フーリエスペクトル, H/V スペクトル, 分散曲線, S波速度構造を図5~8に示す.

加速度フーリエスペクトルにおいて, EW方向, NS方向の1.1 Hzに見られたピークが, 地盤改良後には1.5 Hzとやや高振動数側に確認できる. また, H/V スペクトルにおいて, 地盤改良前後とも0.2 Hz, 0.8 Hzにピークが確認でき, 既存の地盤調査から推測される地震基盤, 工学的基盤に起因するピークと一致している. 改良前では2 Hzに, 改良後では5 Hzに緩やかなピークが見られ, 地盤改良工事によって卓越振動数が高くなった.

分散曲線から, 地盤改良後では10 Hzより高振動数において位相速度が小さくなっていることが分かる. また, 深度5 m以浅において地盤改良後のS波速度が40~80 m/s程度小さくなっている. 砂杭打設による地盤改良の前に, 表層1 m程度にセメントによる改良を行ったことでS波速度が大きくなっていたが, 砂杭の打設によりその層が破壊され, S波速度が低下した可能性がある.

地盤改良工事によりS波速度構造に大きな変化は見られないが, 改良後では卓越振動数が高くなった.

5. 残存杭の有無の比較 (②と④の比較)

残存杭の有無での加速度フーリエスペクトル, H/V スペクトル, 分散曲線, S波速度構造を図9~12に示す.

加速度フーリエスペクトルから, 残存杭なしの地点では1.5 Hzに見られたピークが, 残存杭ありの地点では2.2 Hzに見られる. H/V スペクトルにおいては, 先にも述べた0.2 Hz, 0.8 Hzにピークが確認できる. また, 残存杭のない地点で見られた4 Hzの緩やかなピークが, 残存杭のある地点では7 Hzと高振動数側で確認できる. 振幅比から0.2 Hz以上での増幅が小さくなっている. 加速度フーリエスペクトル, H/V スペクトルともに, 地盤改良時よりもピークがさらに高振動数側で認められた.

分散曲線では, 8 Hzより高振動数側で位相速度が大きくなっている. S波速度構造からも, 残存杭によって全体的にS波速度が大きくなっている傾向が見られる.

残存杭によって卓越振動数は高振動数側へと移動した. また, S波速度構造が上昇している傾向が確認でき, 表層での増幅が抑えられていると考えられる.

6. まとめと今後の展望

本研究では, 残存杭や地盤改良工事が地盤震動特性に与える影響を把握する目的で計測を行った. 計測結果から, 地盤改良工事, 残存杭によって, 卓越振動数が高振動数側へ変化するという知見を得た. 地盤改良工事によるS波速度への影響は小さいが, 残存杭によってS波速度が大きくなる傾向が見られた.

また, 敷地内では地盤改良工事が完了し, 新建屋の建設が進められている. 基礎の打設後や新建屋の建設後にも計測を行うことで, 対象建物の振動性状を把握し, 地震時の応答評価につなげる予定である.

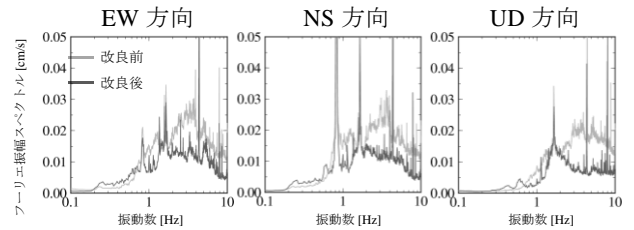


図5 加速度フーリエスペクトル

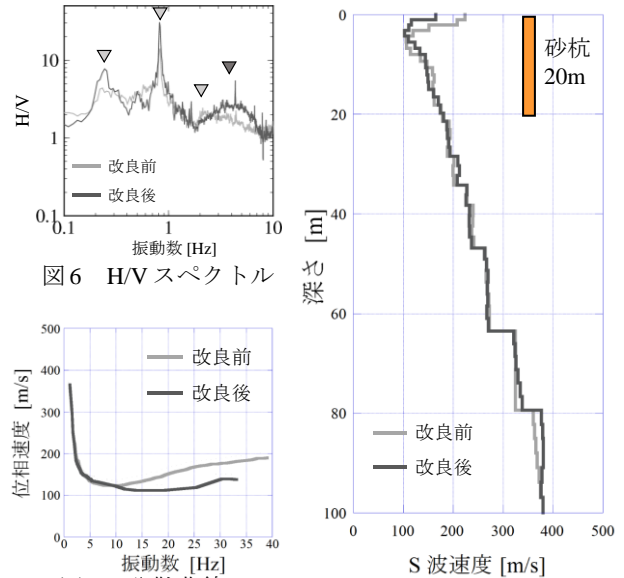


図6 H/V スペクトル

図7 分散曲線

図8 S波速度構造

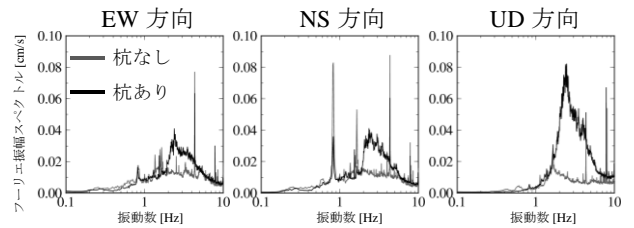


図9 加速度フーリエスペクトル

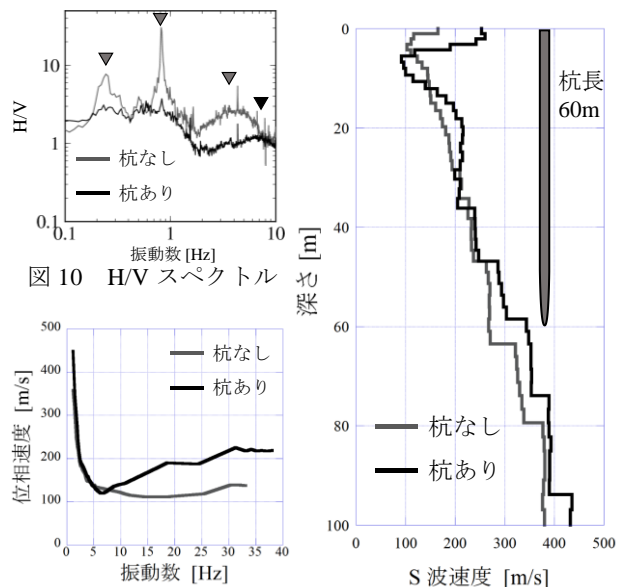


図10 H/V スペクトル

図11 分散曲線

図12 S波速度構造