

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1) 観測概要と表層地盤の震動特性について

正会員 ○大河内靖雄*1 正会員 水野秀昭*1
非会員 山本景司*2 正会員 岩城梨佳*3
正会員 福和伸夫*4 正会員 護 雅史*5

発電所 地震観測 地盤応答
表層地盤 震動特性 不整形地盤

1 はじめに

大規模地震の発生が危惧される中、継続的な電力供給を実現するためには、発電所の地震対策が求められる。そのためには、発電所建屋および周辺地盤の振動特性を把握し、大地震時応答を予測した上で、それに応じて対処する必要がある。そこで筆者らは、発電所における設計の妥当性検証と地震時応答解析の精度向上に資することを目的として、複数の発電所に対して、建屋及び周辺地盤での地震観測を実施してきた。本論では、過去の地震観測記録を用いて、表層地盤及び上部構造の振動特性についての分析を行う。

その 1 では、観測体制の概要を述べるとともに、埋立地に立地する 2 つの発電所の地盤における観測記録を用いて、表層地盤の伝達関数を推定し、表層地盤の地震応答性状と層構造の関係について考察する。その 2 では、建屋の建設状況が異なる 2 つの発電所の建屋における観測記録について、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観察することにより、発電所建屋の立体振動性状と建屋の振動特性についての考察を行う。

2 観測概要

本論では、A 発電所、B 発電所、C 発電所における観測記録を用いる。図 1 に各サイトの位置図を、表 1 に観測体制概要を、図 2 に各発電所での観測点配置図を示す。

A 発電所の観測対象は 1～4 号機建屋と地盤であり、建屋観測点は各号機建屋の 1 階、3 階、屋上に 1 点ずつ配置され、地盤観測点は GL-1m に 2 点、GL-19m、-60m、-85m に 1 点ずつ配置されている。B 発電所の観測対象は 1 号機建屋と地盤であり、建屋観測点は 1 階、3 階、屋上に 1 点ずつ配置され、地盤観測点は GL-1m、-3m、-16m、-34m に 1 点ずつ配置されている。C 発電所の観測対象は 3 号機建屋と地盤であり、建屋観測点は 1 階、3 階、屋上に 3 点ずつ配置され、地盤観測点は GL-20m、-50m、-100m にそれぞれ 1 点ずつ配置されている。観測記録は、A 発電所で 71 件、B 発電所で 92 件、C 発電所で 30 件得られている。

3 表層地盤の伝達関数

複数の観測記録を用いて推定した B 発電所、C 発電所における表層地盤の伝達関数を図 3、4 に示す。B 発電所は GL-34m と GL-1m の観測点の記録、C 発電所は GL-50m と GL-5m の観測点の記録を用いる。各図とも、

(a)EW 方向、(b)NS 方向の結果を示しているが、これは建屋の建設方位に合わせた方向である(図中では PN と表示)。ここで示す伝達関数は H_v 推定法²⁾を用いて推定したものであり、各図において上から順に振幅、位相、コヒーレンスを表している。また、推定に用いた全記録の伝達関数を灰色線で示し、それらを用いて推定した平均的な伝達関数を黒線で示すこととする。また、推定に用いた観測記録の数は、B 発電所 18 波、C 発電所 14 波

表 1 観測体制概要

サイト		A発電所	B発電所	C発電所
観測対象		1～4号機建屋	1号機建屋	3号系列建屋
観測 点数	建物	14	3	9
	地盤	5	4	6
	合計	19	7	15
建屋	高さ(m)	32.635	30.97	35.7
基礎	EW×NS(m)	39×324	78×37	240×70
	根入れ(m)	3.5	4.4	5.75

S波速度構造

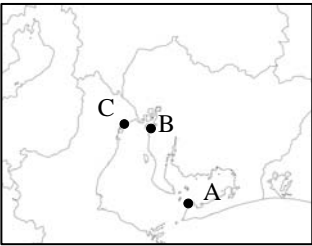


図 1 各サイト位置図

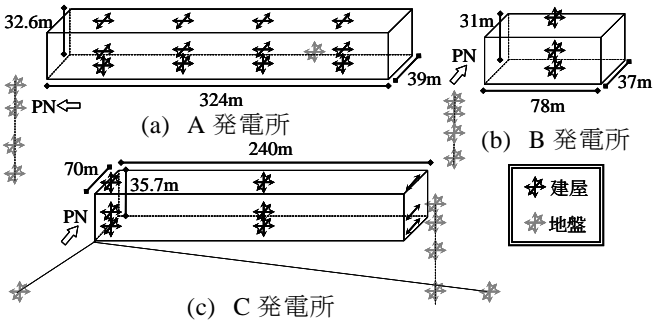


図 2 観測点配置図

である。

図3より、B発電所では、EW・NS方向ともに2.0Hz付近に1次ピークが見られ、3次程度までピークが認められるが、いずれも不明瞭である。また、地震記録によるばらつきが大きいと言える。図4より、C発電所では、EW・NS方向ともに0.9Hz付近に1次、3.0Hz付近に2次のピークが見られる。B発電所と比較して地震記録によるばらつきは小さく、伝達関数は明瞭である。

以下では、上記のように、B発電所のEWとNSの動特性に差が見られ、位相のばらつきも大きく、コヒーレンスも小さいことの要因について考える。図5に、B発電所、C発電所の周辺を含む地質断面図³⁾を示す。図5(a)は両サイトの周辺を含む東西方向の断面図であり、(b)はB発電所の周辺を含む南北方向の断面図である。図5(c)には両サイトと(a)、(b)断面の位置を示す。実際には、B発電所は図5(a)の断面よりも数km南方に位置している。

図5(a)より、C発電所の周辺地盤では平行成層に近い形で沖積層が存在するのに対して、B発電所の周辺地盤では沖積層・洪積層の不整形性が認められる。さらにB発電所のサイト東方では第3紀層である東海層群が比較的浅部に存在しており、実際のサイトが位置する断面図よりも南方の位置では東海層群はより西側に位置していることが考えられ、この影響を受けている可能性がある。また、図5(b)より、この図の南端では沖積層底面が複雑な形状であり、断面図の範囲より南方に位置するB発電所の周辺でも南北断面でも地盤構造が複雑であることが類推できる。

B発電所では、上記のように複雑に堆積した地盤に各方位から地震波が入射することが、表層地盤の震動特性がばらつくことの一因であると推測できる。一方C発電所では、沖積層・洪積層が厚く、かつ平行成層に近い状態で堆積しているので、地震や方向成分によるばらつきが小さいと考えられる。

4 まとめ

その1では、観測体制の概要を述べた。さらに、埋立地に立地する2つの発電所について、表層地盤の伝達関数を推定し、基本的な震動特性を把握するとともに、その震動特性の地震によるばらつきの要因が複雑な地盤構造に起因すると推測した。建物の地震時応答解析のために地震動を推定する際には、地盤構造を調査した上で表層地盤の震動特性のばらつきを想定することが必要であると考えられる。

<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
- 3) 国土交通省 土地・水資源局国土調査課：土地分類調査（垂直調査）
http://tochi.mlit.go.jp/tockok/inspect/landclassification/land/l_national_map_v.html

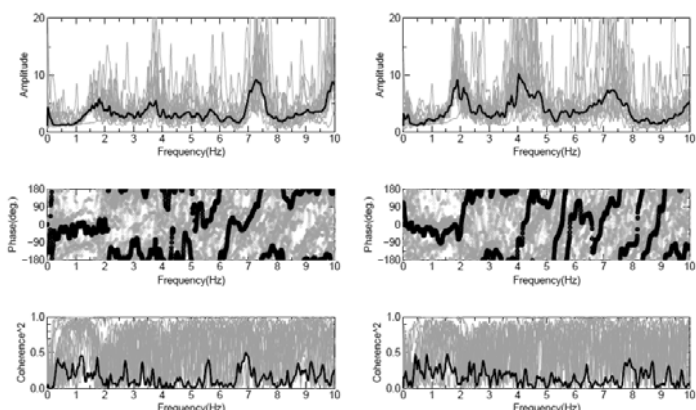


図3 表層地盤の伝達関数(B発電所) — 個別 — 平均

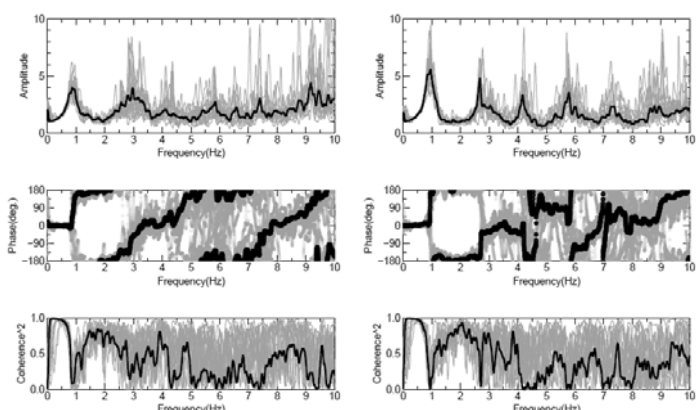
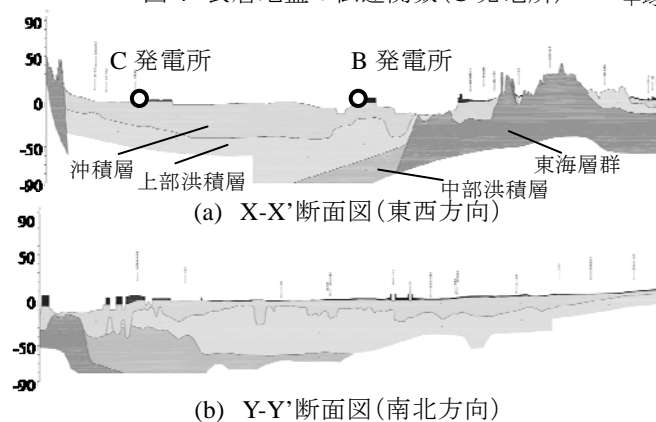
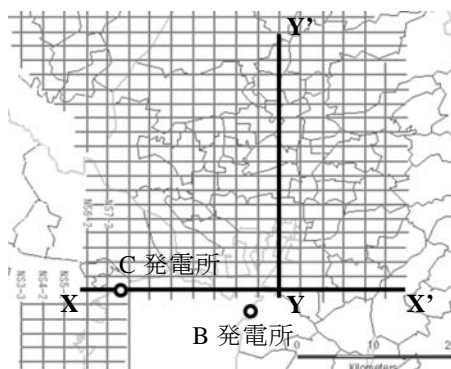


図4 表層地盤の伝達関数(C発電所) — 個別 — 平均



(b) Y-Y'断面図(南北方向)



(c) 断面図位置
図5 地質断面図³⁾

*1 中部電力 (株)

*2 中電不動産 (株)

*3 中部電力 (株) (元名古屋大学大学院・大学院生)

*4 名古屋大学大学院環境学研究科・教授・工博

*5 名古屋大学大学院環境学研究科・准教授・博士 (工学)

*1 CHUBU Electric Power Co., Inc.

*2 Chuden Real Estate Co., Inc.

*3 CHUBU Electric Power Co., Inc.

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

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