

地震計の基礎形状や隣接建物が地震観測記録に与える影響

正会員 河本 悠歩*1 同 福和 伸夫*2
同 護 雅史*3 同 飛田 潤*4

強震観測 地震計基礎 隣接建物
動的相互作用 薄層要素法 有限要素法

1 はじめに

地盤の強震観測においては、小規模な専用の基礎上に地震計を設置する場合が多い。こうした地震計では、地震計基礎の振動特性や隣接建物の影響により、正確に自由地盤の揺れを観測できていない可能性がある。

そこで、本論では、ライフライン設備の遮断用に多数用いられている地震計を対象に、地震計の基礎形状や隣接建物が観測記録に与える影響について、薄層要素法と有限要素法とを組み合わせた手法¹⁾を用いて解析的な検討を行う。

2 地震計基礎形状の影響

2.1 解析概要

図1及び表1に示す2つの地震計基礎について、無質量剛基礎としたときのインピーダンスと基礎入力動、コンクリート基礎としたときの地震計設置位置の応答を比較する。

解析モデルを図2に、地盤の諸元を表2に示す。なお、深度0~3mについては、大地震時の表層地盤の非線形化を考慮し、地盤剛性が1/4程度となる場合を想定して、S波速度 V_s を81.5m/s、減衰 h を10%とした場合についても検討した。入射地震波は鉛直下方S波とする。なお、解析においては、地震計基礎が小規模で解析結果が不安定になるため、相似比を用いて規模の大きな解析を行った結果を変換して用いている²⁾。

2.2 解析結果

図3に地震計基礎のインピーダンスについて、両Typeを比較して示す。これより、Type2の方がType1より水平、回転共にインピーダンスが大きくなっている。また、図4に示した地震計基礎の基礎入力動では、Type1の回転基礎入力動がType2に比べてやや大きくなっている。Type1と2とで基礎の側面積は同程度なことから、底面積が大きいことで、回転動の励起を抑制していると考えられる。また、各図には杭の有無による差異についても比較しているが、両Typeともに杭の存在がインピーダンスや基礎入力動に与える影響は比較的に小さい。

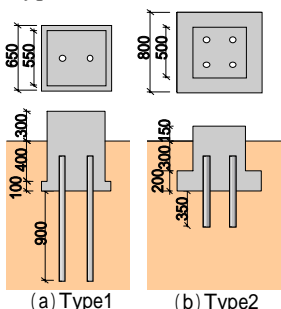


図1 地震計基礎の模式図

表1 地震計の概要		
	Type1	Type2
底面積	0.42m ²	0.64m ²
側面積	0.29m ²	0.31m ²
杭：SUS/パイプ (杭径50mm)	2本	4本

表2 地盤の諸元		
深度	V_s (m/s)	ρ (t/m ³)
0~3m	163	1.7
3~10m	240	1.81
10~18m	274	1.83
18m~	359	1.9
$\nu=0.4$		$h=0.02$

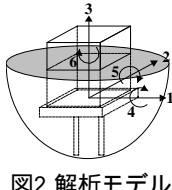


図2 解析モデル

図5に地震計設置位置である基礎上端の応答と自由地表面応答との伝達関数を示す。Type1では高振動数側で、回転動が励起され、水平応答が増幅する傾向がある。 $V_s=81.5$ m/sの場合、その傾向はより顕著である。一方、Type2は回転動があまり励起されず、いずれの地盤条件でも、20Hz以下の振動数域ではほぼ正確に地盤の揺れを捉えている。これは、Type2では、地表面からの突出高さが低く、基礎底部も大きいいため、地震計基礎の重心が低くなり、回転動に伴う水平応答が励起され難いためと考えられる。

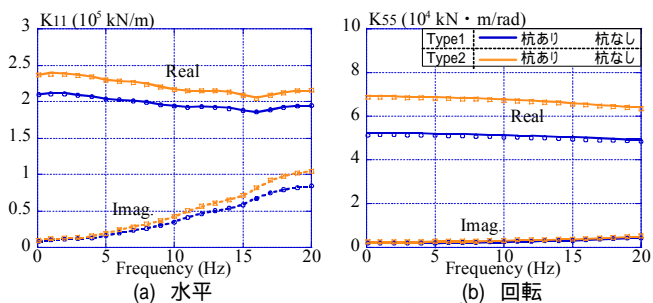


図3 地震計基礎のインピーダンス

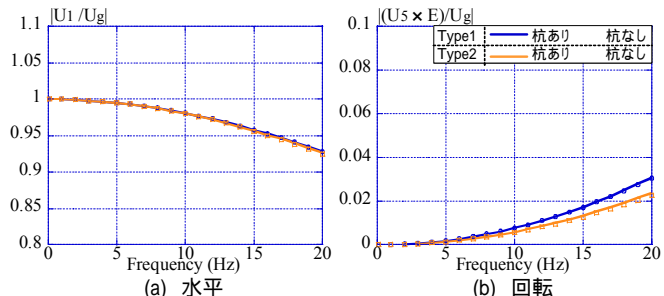


図4 地震計基礎の基礎入力動 (Eは根入れ深さ)

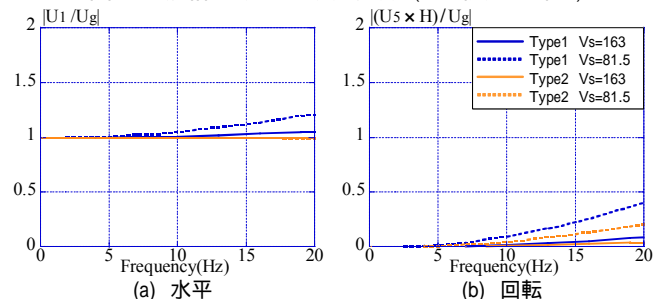


図5 地震計基礎の応答 (Hは基礎高さ)

3 隣接建物の影響

3.1 解析概要

2節の検討結果から、Type2の地震計では、20Hz以下の振動数域では、ほぼ正確に地盤の揺れを捉えられることが分かった。地震計基礎の存在を無視して、隣接建物の影響について検討する。検討では、現況の地震計基礎周辺の一般的な建物を参考に、図6に示すような、根入れ1mの長方

形基礎を有する1階建て建物を想定する。ここでは、短辺方向(地点A)と長辺方向(地点B)の2方向の影響を、建物からの距離(1m、5m、10m、20m)と深度0~3mにおける V_s (163m/s、81.5m/s)をパラメータとして検討する。

以下では、隣接建物存在時の周辺地盤の応答を評価する。隣接建物の諸元は表3に示すとおりであり、地盤条件、入射地震波は2節と同様とする。

3.2 解析結果

図7に、建物上部、建物基礎中央の自由地盤に対する水平2方向の応答を示す。相互作用の影響を受けて固有振動数が基礎固定時(8Hz)に比べて低下している。また、 $V_s=81.5\text{m/s}$ の場合の方が建物基礎の応答の変動が大きい。図8に、 $V_s=163\text{m/s}$ の場合の各評価地点での地盤の応答を示す。これらの図より、 $D=1\text{m}$ の場合には、隣接建物基礎の応答のピークと谷の振動数を周辺で、建物の影響が非常に大きく、建物基礎とほぼ同様の挙動を示している。その影響は、建物から離れるにつれて小さくなる傾向がある。

図9に、 $V_s=81.5\text{m/s}$ 場合の地盤の応答を示す。 $V_s=163\text{m/s}$ の場合と同様の傾向がみられるが、 $V_s=163\text{m/s}$ の場合に比べて建物基礎応答のピークと谷振動数周辺で地盤応答が大きく変動している。また、地点Bの距離20mとかなり離れた地点においても影響が現れている。なお、本モデルでは建物が1階建てのため、張間方向のロッキング応答があまり励起されておらず、桁行と張間の両方向でスウェイが

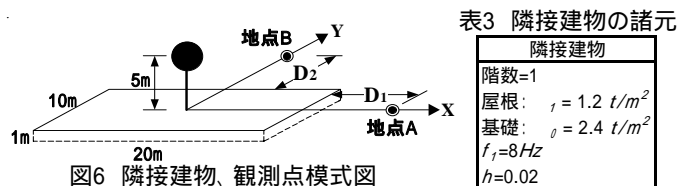


図6 隣接建物、観測点模式図

支配的となったため、地点A,Bで位置による影響の違いが明瞭には現れなかった。

4 まとめ

地震計基礎形状と隣接建物が地震観測記録に与える影響について検討した。今回の検討範囲で得られた知見を以下に示す。

地震計基礎の底面を広く、地表面からの突出高さを低くすることで、自由地盤の揺れをほぼ正確に捉えられる。

隣接建物の影響は、建物近傍で大きく、建物から離れるにつれて小さくなる。ただし、場合によっては、建物からかなり離れた地点においても建物の固有振動数付近での影響が現れた。また、表層地盤が軟らかい場合の方が影響が大きいことが分かった。

今後は、建物規模等の影響について検討を続けると共に、常時微動計測も実施する予定である。

謝辞

本研究は東邦ガス(株)と共同研究として実施したものである。関係各位に感謝の意を表す。また中国湖南大学の文学章博士には相互作用解析プログラムを提供していただいた。

参考文献

- 1) 文学章, 福和伸夫: 隣接建物の存在が直接基礎の動的相互作用特性に与える影響, 日本建築学会構造系論文集, No.600, pp.97-105, 2006
- 2) 飯場正紀, 田守伸一郎, 北川良和: 建物—地盤連成系模型の振動台実験による杭基礎への地震作用の基本性状, 日本建築学会構造系論文集, No.566, P.29-36, 2003

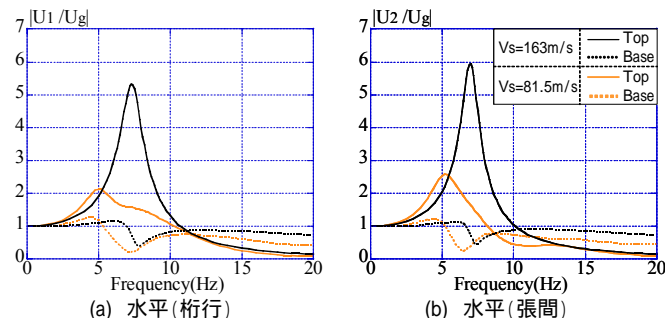


図7 隣接建物の応答

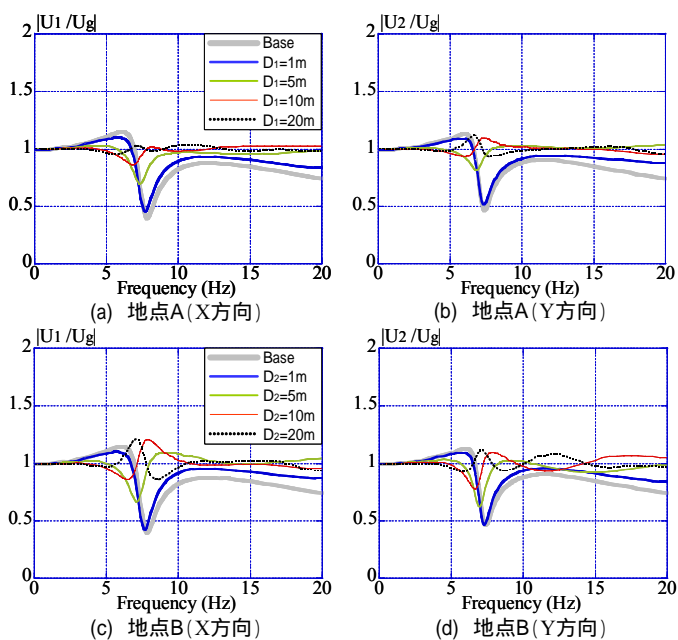


図8 $V_s = 163\text{m/s}$ の場合の地盤の応答

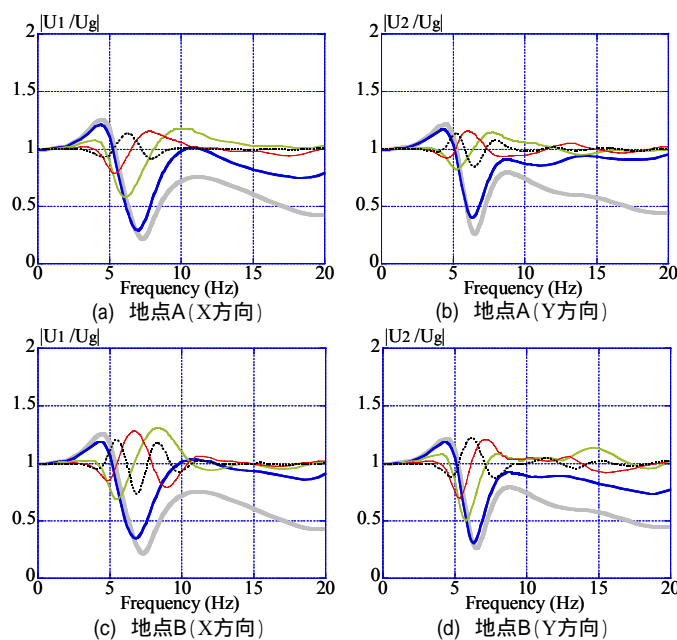


図9 $V_s = 81.5\text{m/s}$ の場合の地盤の応答

*1 名古屋大学大学院環境学研究科・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 名古屋大学大学院環境学研究科・准教授・工博

*1 Graduate Student, Grad. School of Environmental Studies, Nagoya Univ.
 *2 Prof., Graduate, School of Environmental Studies, Nagoya Univ., Dr. Eng.
 *3 Assoc. Prof., Graduate, School of Environmental Studies, Nagoya Univ., Dr. Eng.
 *4 Assoc. Prof., Graduate, School of Environmental Studies, Nagoya Univ., Dr. Eng.