

工学的基盤の傾斜が 地盤震動特性に及ぼす影響に関する研究(1)



国立研究開発法人 建築研究所 構造研究グループ 主任研究員 中川博人

1. はじめに

- 地震時の局所的な被害やゆれの大きさを説明する理由のひとつとして、盆地構造や基盤傾斜構造などの不整形地盤の影響が指摘されている。(e. g., Kawase[1996]; 清水・前田 [2010])
 - 不整形地盤の検討は古くよりなされている (e. g., 瀬藤 [1991]) が、地盤調査結果のあるサイトにおける地震観測記録との比較・検証は必ずしも十分でなく、検討事例の蓄積が重要である。
 - 既往の検討は2次元解析が多く、入射波動が方位角・入射角を有する場合(2.5次元解析)や3次元的效果(3次元解析)等についての検討は少ない。
- ➡ 本研究では、実際の基盤傾斜サイトを対象に観測記録との比較を行うとともに、2.5次元および3次元解析に基づき基盤の傾斜が地盤震動特性に及ぼす影響について検討した。

2. 解析手法と解析プログラムの検証

- 不整形地盤に対して任意の方位角・入射角を有する入射波動を考慮することのできる解析プログラムを作成した。(Nakai & Nakagawa[2014])
- 解析手法は有限要素法と切欠き型の動的サブストラクチャー法(中井 [1985])に基づいている。すなわち、解析対象を有限要素によりモデル化して、境界にインピーダンス $[Kc^*]$ を付加するとともにドライビングフォース $\{fc^*\} = [Kc^*]\{uc\} + \{pc\}$ を入力している。 $\{uc\}$ は変位、 $\{pc\}$ は切欠き力である。
- 作成プログラムの検証のため、図1右上に示す沖積谷地盤を対象に、既往の結果(図1中の○、de Barros & Luco[1995])との比較を行い、両者がほぼ一致していることを確認した。

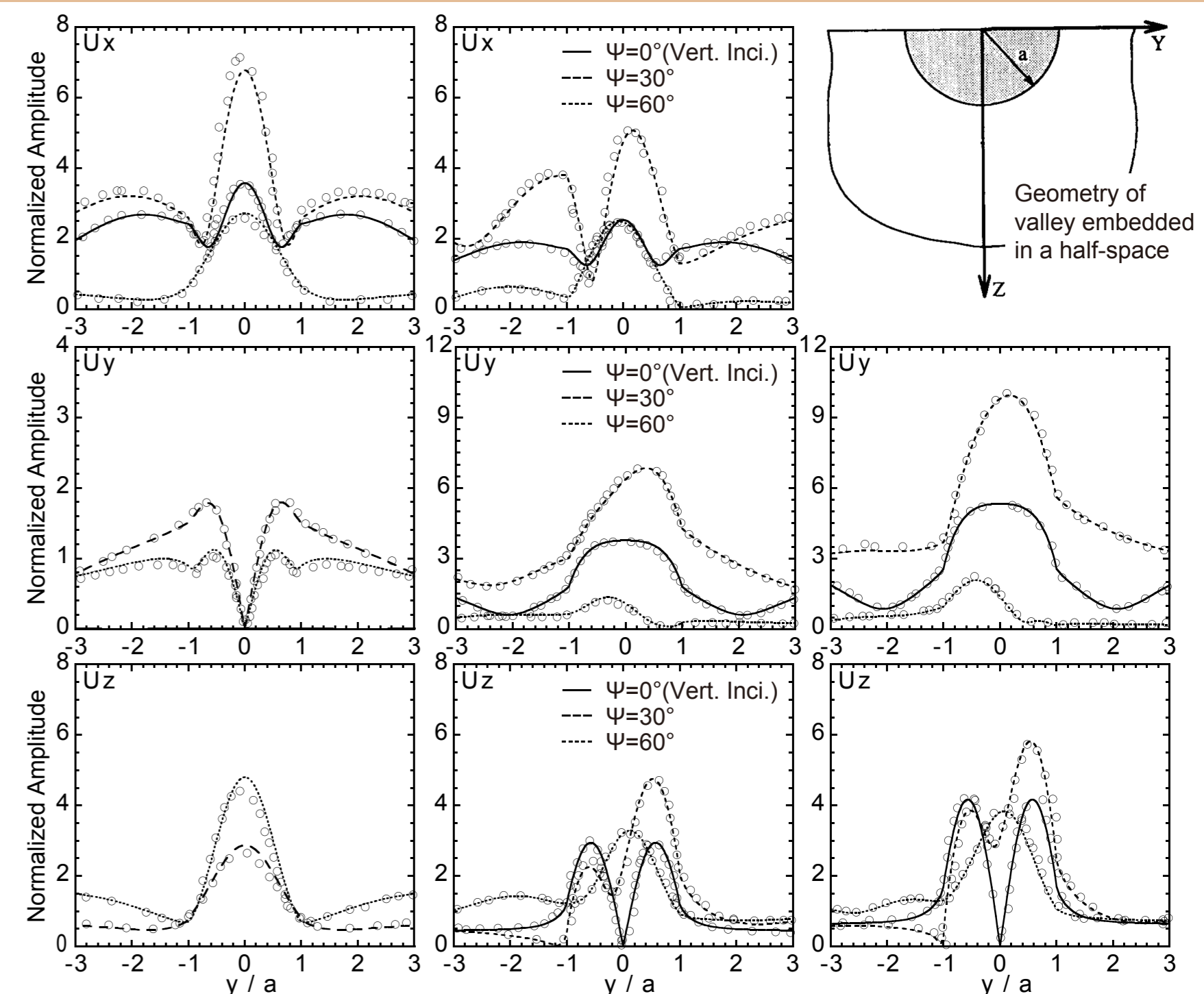


図1 沖積谷地盤における地表面応答解の比較

3. 基盤傾斜サイトにおける観測記録との比較 - 検討対象サイトの概要 -

- 工学的基盤が傾斜しているサイト(いわき市役所)を対象に地震観測記録との比較を行った。
- 敷地内では2011年の東北地方太平洋沖地震の余震観測が実施されており、敷地の北側(GL-N)と南側(GL-S)で卓越周期がそれぞれ0.2s程度と0.8s程度に認められ、異なることが確認されている。(鹿嶋・他 [2011])
- 地盤調査結果に基づき表層地盤モデルを作成し、敷地内の微動観測記録との比較を行っている。(図2、中川・他 [2015])
- 中川・他 [2015]による表層地盤モデルをもとに図3に示すFEM解析モデルを作成した。

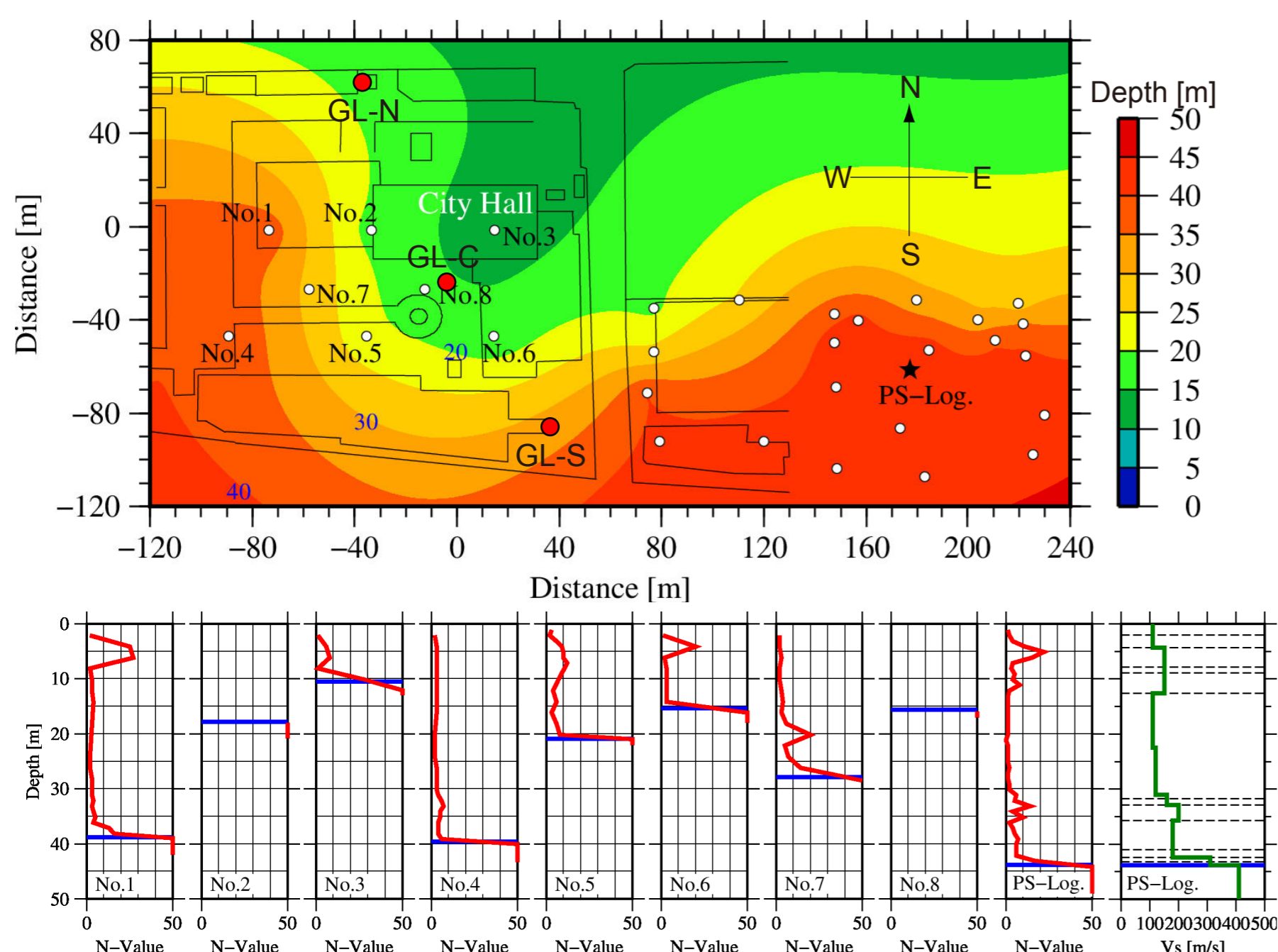


図2 工学的基盤上面深度分布(上)とN値分布およびPS検層結果(下)(中川・他 [2015]に加筆)

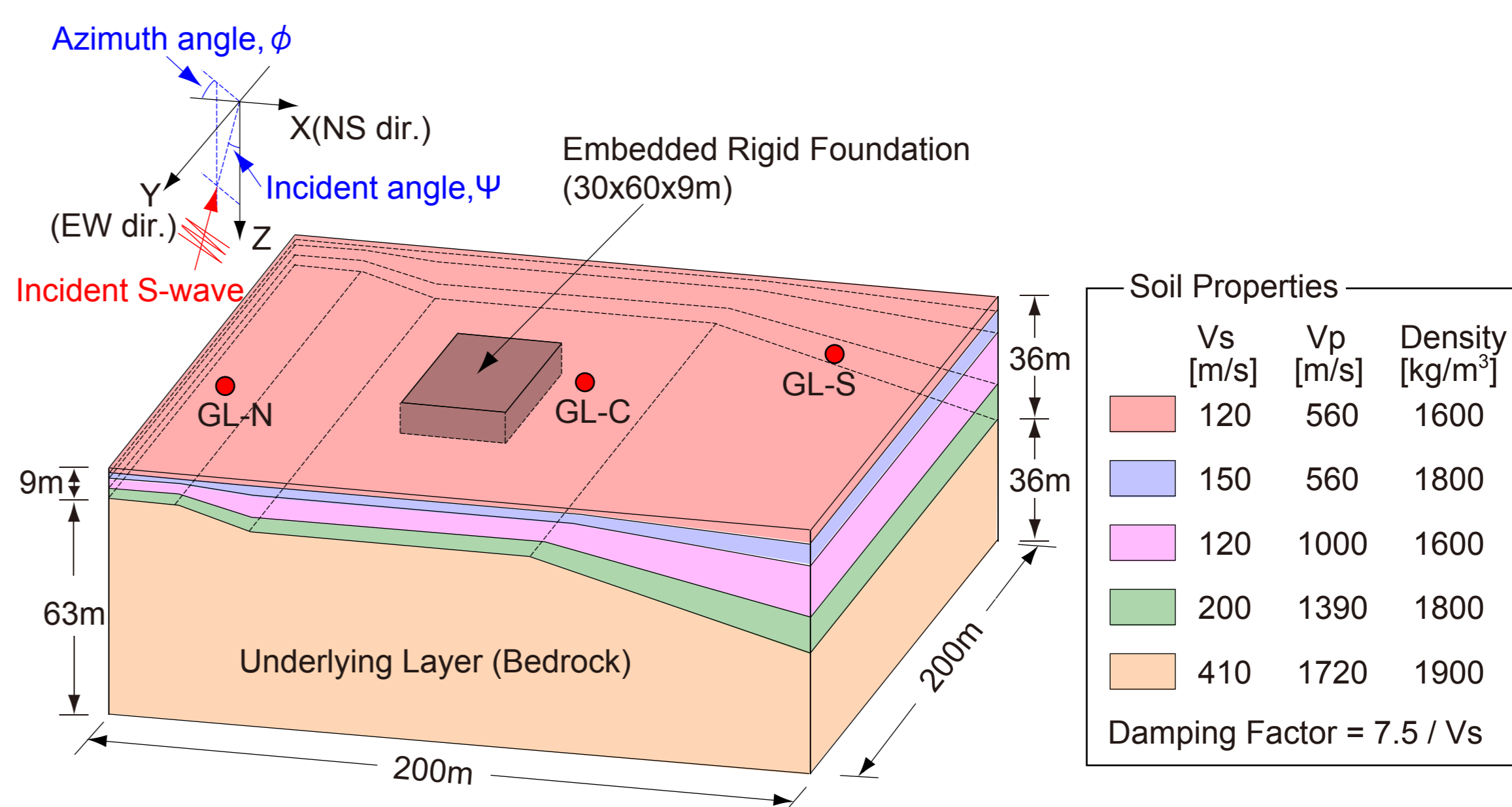


図3 FEM解析に使用したモデルの概要(Nakagawa et al.[2015])

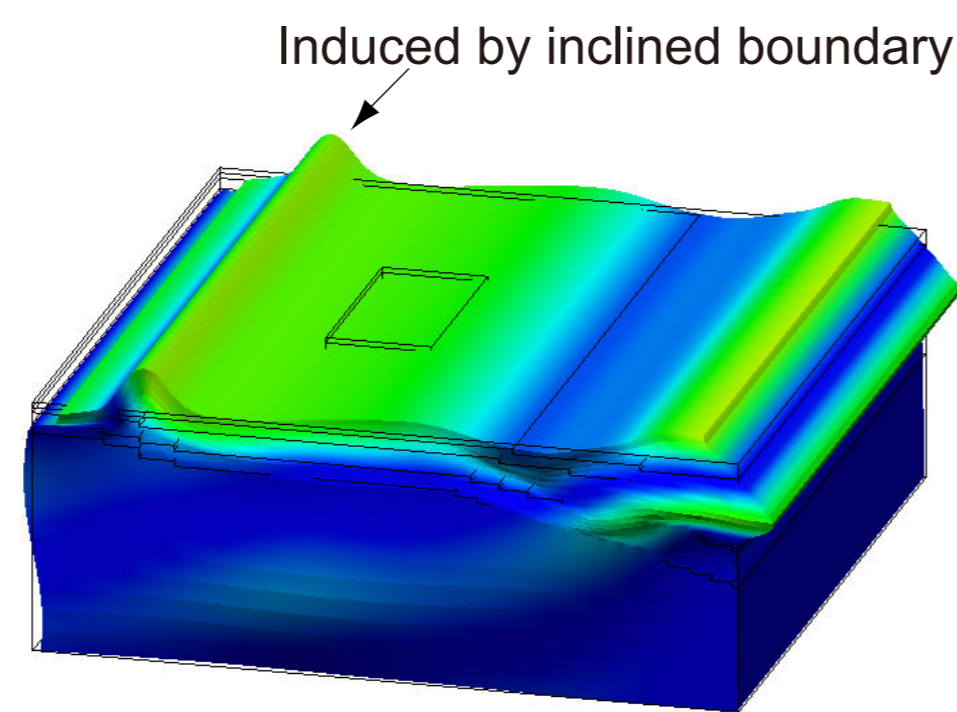
工学的基盤の傾斜が 地盤震動特性に及ぼす影響に関する研究(2)



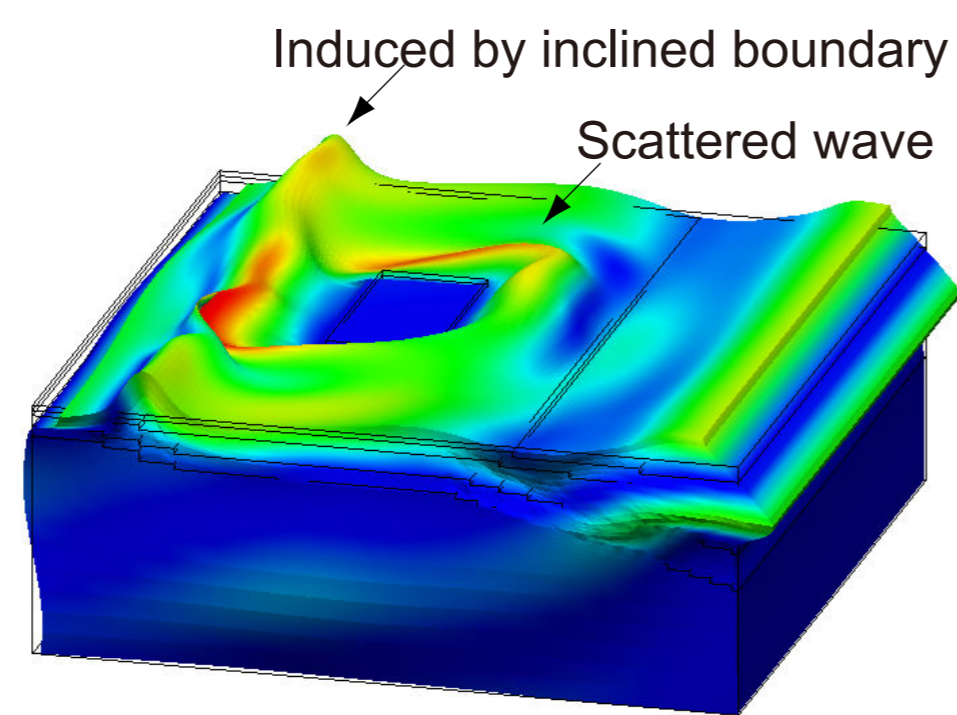
国立研究開発法人 建築研究所 構造研究グループ 主任研究員 中川博人

3. 基盤傾斜サイトにおける観測記録との比較 - 解析結果 -

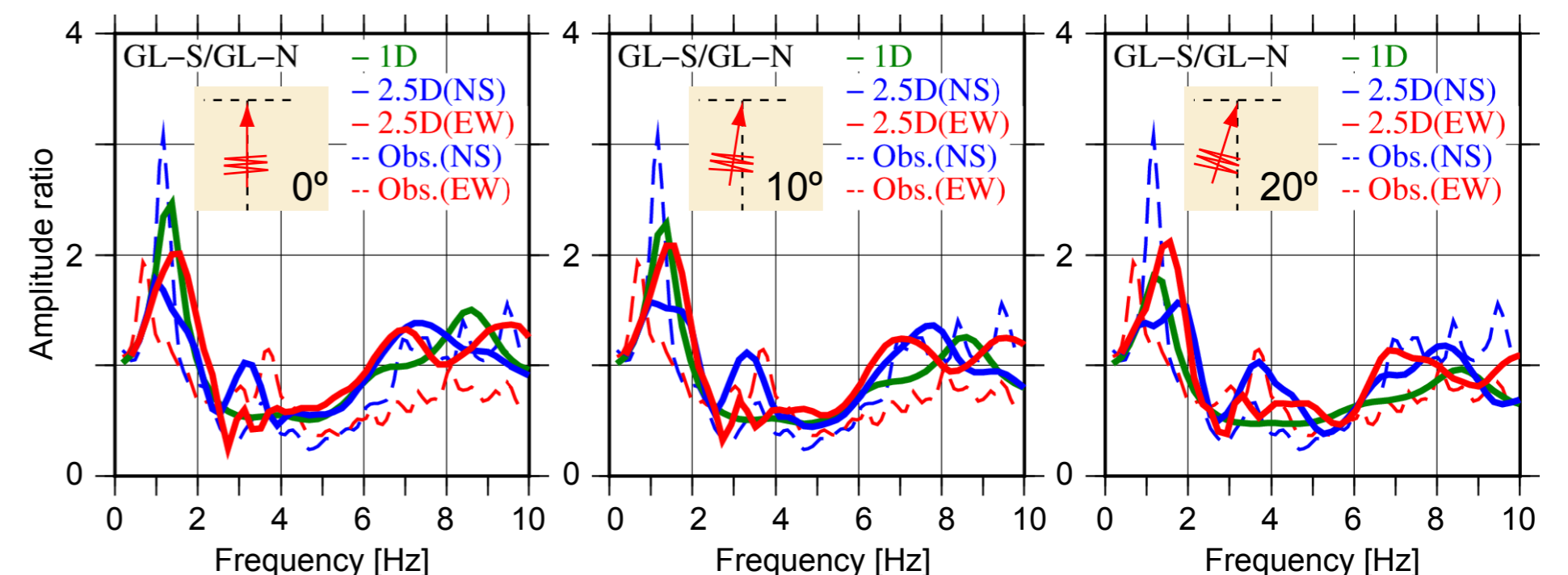
- 図3のFEMモデルに対し、方位角45°のSV波を入射した。入射角は3ケース(0°、10°、20°)とした。
- 図4左のスナップショットを見ると、基盤の傾斜や基礎の存在により波動場が複雑となっていることがわかる。
- 余震記録のスペクトル比との比較(図4右)を見ると、3-4Hz付近で1次元解析結果には現れないピークが認められる。
- 今回の解析条件下では、入射角の違いによって解析結果は大きくは変わらないように見えるが、表層地盤のパラメータ等についてさらなる検討が必要である。



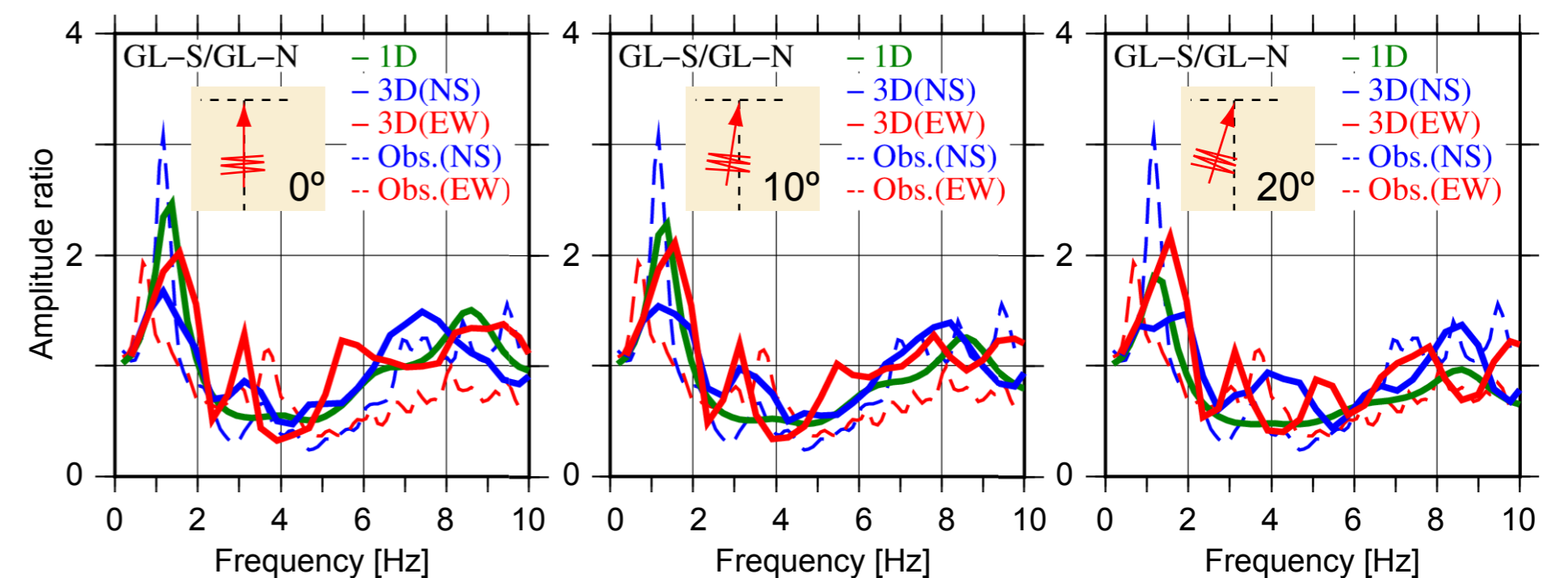
(a) 2.5-D Analysis (w/o Foundation)



(b) 3-D Analysis (with Foundation)



(a) 2.5-D Analysis (w/o Foundation)



(b) 3-D Analysis (with Foundation)

図4 リッカー波入射時のスナップショット(左)と解析結果と観測記録との比較(右) リッカー波の中心周波数は4Hzで鉛直下方入射時のケースを示している。(Nakagawa et al.[2015])

4. 基盤の傾斜角度の違いが地盤震動特性に与える影響

- 3種類の基盤傾斜角(45°、18.4°、6.3°)を有する二層地盤(図5)を対象に、S波の鉛直下方入射による解析を実施した。なお、入射波の振動方向による違いについても検討するため方位角を3ケース(0°、45°、90°)とした。
- 伝達関数(図6左)を見ると、地盤の1次固有振動数付近よりも高振動数側において、基盤の傾斜および入射波の振動方向による影響が認められる。
- 埋込み剛基礎がある場合の伝達関数(図6右)を見ると、入力の相互作用により基盤傾斜の影響は相対的に小さくなるのがわかる。構造物への入力という観点からすると、地盤と基礎の条件によっては高振動数側で入力損失効果が見込まれる場合もあり、実際の状況に即した検討が望まれる。

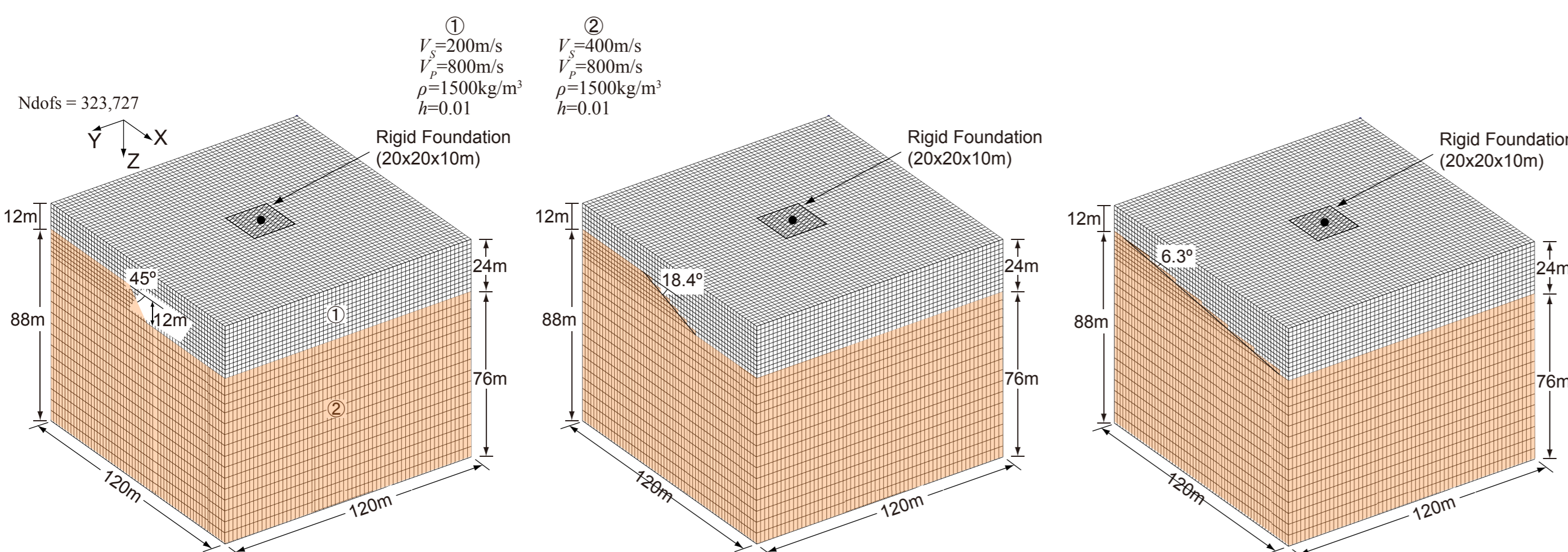


図5 FEM 解析モデル(左から傾斜角45°、18.4°、6.3°)(Nakagawa & Nakai[2014])

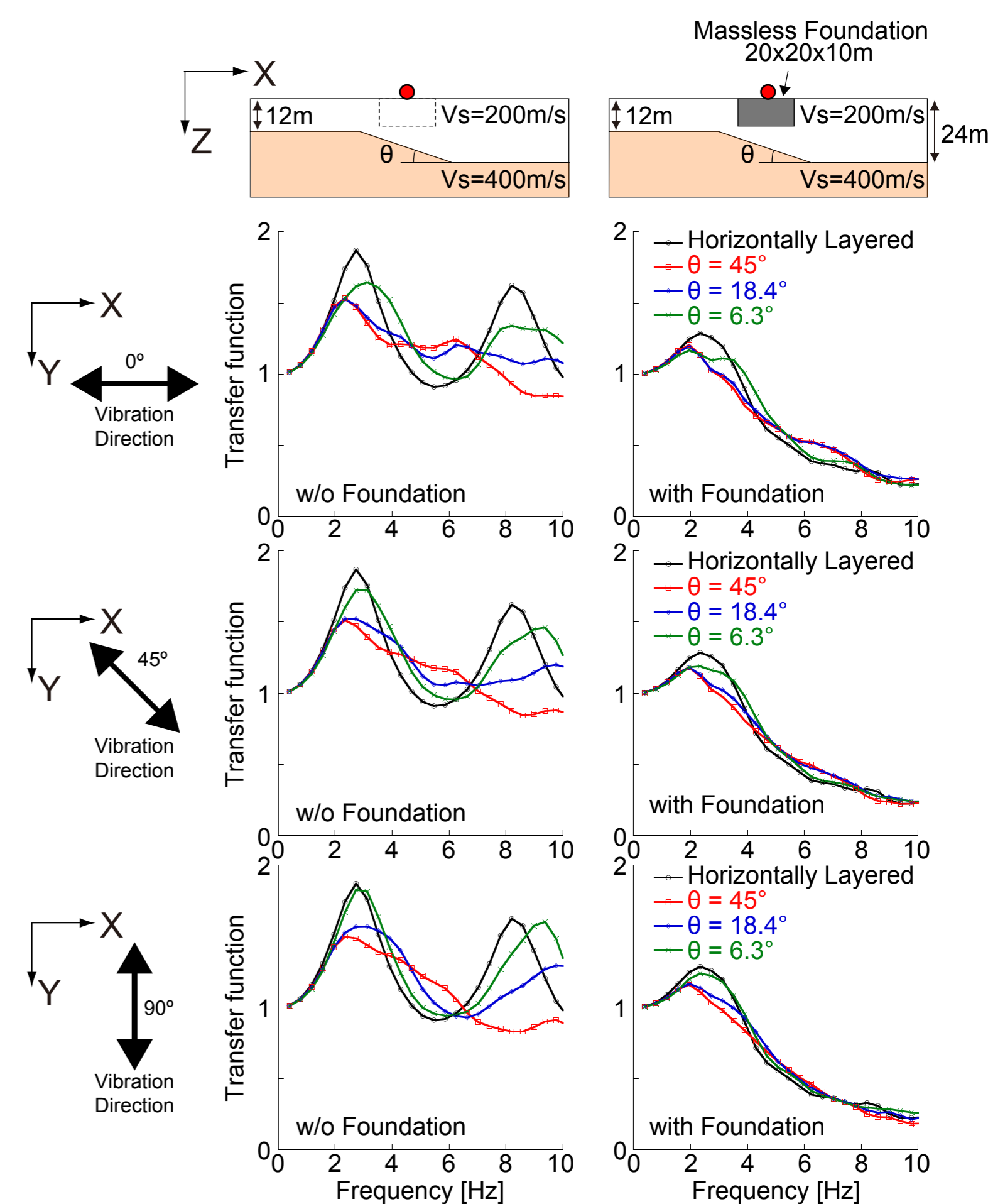


図6 伝達関数の比較

謝辞

いわき市役所より地盤調査資料を、福島県より地震観測記録をご提供いただきました。余震観測・微動観測の実施にあたり、いわき市役所、建築研究所の他、たくさんの方々にご協力をいただきました。記して謝意を表します。