

地盤の違いが地震動に与える影響

東北学院大学 学生会員 名前 富田 尚樹, 菅原 弦

東北学院大学 正会員 吉田 望

1 はじめに

筆者らは 2011 年東北地方太平洋沖地震以後、宮城県多賀城市中央と桜木に IT 強震計 (ITK001)¹⁾を設置 (以下, CHO と SKG と呼ぶ) し、観測を行ってきた²⁾。CHO は松島丘陵の延長上にある硬質地盤, SKG は砂押川の氾濫平野で軟弱地盤と考えられる。本報では, CHO の地震動から SKG の地震動を推定する方法を検討することによって両者の地震動特性の差を検討した結果を報告する。両者は約 2km 離れている。

2 地震計の方向検討

解析を行うためには、二つの地震計の方向を合わせる必要がある。地震計の角度は磁北を元に行われているが、ずれがある可能性がある。長周期成分は微地形の影響を受けであろうから、2km 弱の距離ではそれほど大きく変わらないと考えられる。そこで、観測記録に 0.1~0.2Hz バンドフィルターをかけた波形のオービットから、主方向が一致するかを調べることにした。図 1, 図 2 に例として 2013 年 2 月 23 日 9 時 46 分の地震のオービットを示す。

ここで, CHO より SKG の加速度が最大値で約 5 倍大きい、これは、軟弱地盤の地震動増幅が大きかったものと考えられる。他の記録も振幅については同様な傾向にあるものが半数以上あった。両地盤で同じように揺れているという前提が成立していないことを示しているようにも考えられる。次に、この様なオービットから主方向を求める方法を検討する。まず、単純に頂点の角度の頻度分布から主方向を決める方法を試したところ、例えば図 1 の様なケースでは多くの方向に頂点が現れ同定できない。また、図 2 の様なケースでは、大きい振幅の揺れは水平方向であるのに対して、鉛直方向に小さい波が多いので、頻度から考えると、鉛直方向が振動の主方向となってしまう。

本報の目的は、両者の振動の方向性を確認することなので、この様な方法ではなく、目視で大きい波に対する主方向を決める方が妥当と考えられる。また、目的を考え、方向性が明瞭ではないものは検討の対象に加えないことにした。この様にして調べた主方向が明瞭なケースでは、二つの地震計の方向はほぼ一致したので、地震計の向きは一致していると考えられる。

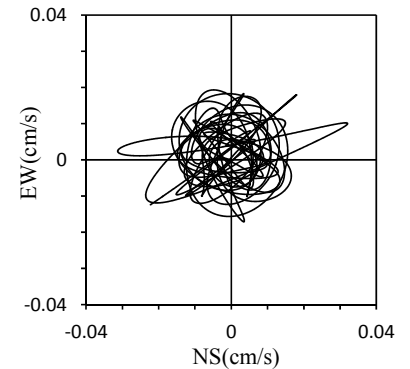


図 1 CHO のオービット

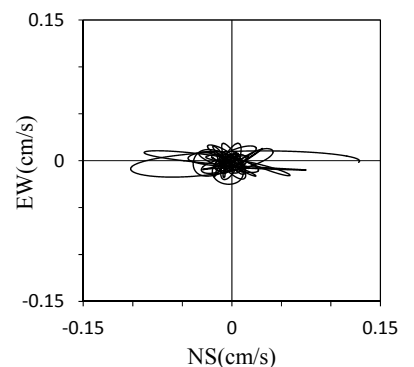


図 2 SKG のオービット

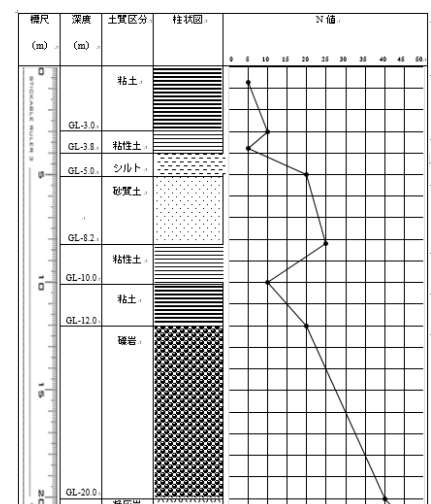


図 3 柱状図

キーワード：地震観測, 地震動増幅, オービット

連絡先：〒985-8632 多賀城市中央一丁目 13 番 1 号

3 地震応答解析

二つの地震観測点は距離が近いことから、基盤の特性は同じと考えられる。これは、地盤図³⁾でも確認することができる。そこで、硬質地盤である CHO の観測記録を解放工学的基盤の波形とし、その半分を SKG サイトの入射波として SKG サイトに作用させた。SKG の柱状図は、表層は表面波探査と PDC 試験の結果を基にして近傍サイトの柱状図を参考にして作成し、深部は文献 3)により定めた。図 3 に設定した柱状図を示す。

図 4 に 2012 年 11 月 24 日 5 時 21 分の地震における二つの観測地点のフーリエスペクトルの例を示す。この地震では SKG の振幅は 2Hz 付近で大きく、これが卓越周期と考えられる。一方 CHO ではいくつかの小さいピークが見られるが、明瞭に卓越周期と考えられる周期を見ることはできなかった。これは、この地震に限らず、一般的な傾向である。CHO の 7.5~8Hz にやや振幅が大きいピークが現れているが、これは多くの地震で見られる現象である。地盤の卓越周期と考えると、それより低振動数の振動特性の説明につけにくいので、地震計の設置条件によるものと考えている。CHO は自由地盤の地表に設置されているのではなく、RC 造 4 階建ての建物の 1 階の地表に設置されているので、構造物の卓越周期の振動を拾っている可能性がある。

図 5 に同じ地震における二つのスペクトル比を比較して示す。一つは地表の観測記録の比で、SKG/CHO として示している。もう一つは SKG 地盤の解析による増幅比である。なお、計算は非線形性が強くないので、等価線形化法で行っている。CHO の記録が解放工学的基盤の波形であれば、両者は一致するはずであるが、若干のずれがある。ただし、卓越周期は 2Hz で両者は一致していることから、全体挙動としてはほぼ再現されたと考えられる。一方、7.5~8Hz では観測記録のスペクトル比は小さくなっているが、これは、図 4 に示される CHO のスペクトル振幅が大きいことに起因している。その他の不一致についての原因は明瞭ではない。図 3 の様な単純なモデルや一次元の解析では完全に表現できない可能性もある。

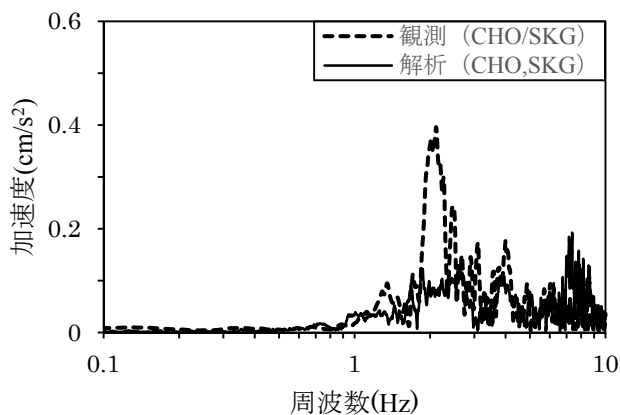


図 4 フーリエスペクトルの比較

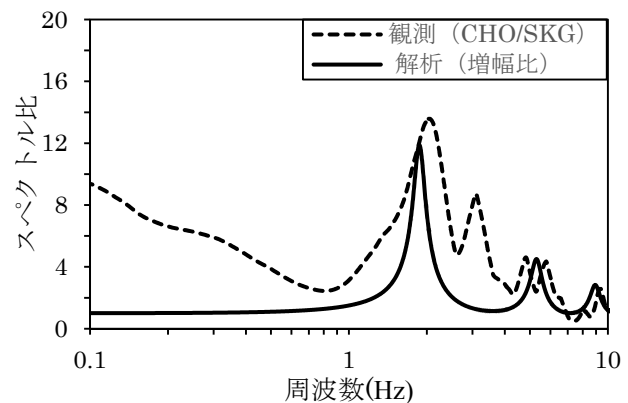


図 5 増幅スペクトルの比較

4 おわりに

硬質地盤の記録から軟弱地盤の記録を再現することを試みた。観測記録のスペクトル比と解析の増幅比の比較から、卓越周期は表現できることが分かったが、高振動数成分までの一致を得ることができなかった。

参考文献

- 1) 強震計 ITK-001, <http://www.eic.eri.u-tokyo.ac.jp/ITKyoshin/consortium/ssj2009/ITK001.pdf> [2016]
- 2) 鹿又利行, 熊谷菜那, 吉田 望 (2013): 多賀城市の地震動特性と地盤条件の関係, 土木学会東北支部技術研究発表会講演概要集, Paper No. III-31; 猪俣大, 吉田望 (2014): 地盤種別による地震動特性の違い, 土木学会東北支部技術研究発表会講演概要集, Paper No. III-50; 加藤慧, 佐藤義季, 吉田望 (2015): 軟弱地盤の地震動特性に関する研究, 土木学会東北支部技術研究発表会講演概要集, Paper No. III-20
- 3) 宮城県地震地盤図作成委員会, 宮城県地震地盤図, 宮城県, 1985