

3D Complete Nonlinear Methods for Soil-Building Interaction Based on an Input Wavefield

*Masahiro Iida¹

1. University of Tokyo, Earthquake Research Institute

1. 序 軟弱地盤で重要な短周期（周期数秒以下）表面波を適切に取り扱うために、入力地震波動場（波動が伝播している状態）に基づく、3次元建物-地盤相互作用解析法を提案した。その第一歩として、水平地震動を受ける多層地盤において、3次元線形相互作用解析を実施した [1]。次に、その解析法に、地盤の材料非線形を導入した [2]。提案法では、相互作用系と、波動場評価のための（数十mの浅い地下構造を含む）数百m以上の深い地下構造を使用する(図1)。短周期表面波が、浅い構造と深い構造の両方の物性に強く依存するからである。

本研究では、さらに上部構造と杭の材料非線形を導入し、垂直動も考慮する。解析法の効果を確認するために、メキシコ市の軟弱地盤の中層鉄筋コンクリート(RC)ビルと、東京湾の埋立区域の中層RCビルと木造建物、の3ケースの解析を実施する。そして、東京湾の埋立区域の中層RCビルのケースを説明する [3]。

2. 方法 図1の3次元相互作用系において、上部構造は集中質量のせん断モデル、摩擦杭に支えられる基礎は剛体である。杭は円筒要素、土は直方体要素、でモデル化される。数式は、ここでは割愛する。

3. 地盤応答 本研究に先立ち、3成分入力波動場に基づく、3次元非線形地盤解析法を使用して、東京湾の埋立区域の越中島観測点において、1923年関東地震(M=8.1)による線形、非線形、液状化地盤応答を実施した [4]。

非線形地盤では、地震動の振幅はあまり大きくならなかった。液状化地盤では、その剛性低下によって、表面波の振幅がきわめて大きくなった。

4. 非線形地盤における建物応答 本研究では、まず、非線形地盤において、8階建RCビルの非線形相互作用解析を実施する。建物（上部構造と杭）は、多少非線形挙動をする。1階や中間階、杭頭において被害が発生する可能性がある。

5. 液状化地盤における建物応答 次に、液状化地盤において、同じビルの非線形相互作用解析を実施する。建物の応答は、きわめて大きくなる。上部構造の層間変位とせん断力を見ると、1階だけが特に大きな応答になる。曲げモーメントを見ると、4mから8mの液状化層と、2mに位置する杭頭を含むその上の層において杭は降伏する。杭を有するRCビルでは、建物全体が液状化地盤の大きな応答に抵抗するので、1階で大きな層間変位やせん断力が発生すると考えられる。

6. 議論と結論 他の2つのケースでは、特徴が異なる建物応答が得られたが、ここでは割愛する。また、建物の応答に、垂直動の影響は見られない。解析法は適切に機能し、特に中層RCビルの応答を適切に説明できた。

参考文献 [1] Iida (2013). Int. J. Geomechanics, ASCE, 13(4), 430-440. [2] Iida (2017). Int. J. Geomechanics, ASCE, 17(3), 04016081. [3] Iida (2019). Int. J. Geomechanics, ASCE (submitted). [4] Iida (2016). Int. J. Geomechanics, ASCE, 16(1), 04015026.

