

液状化に伴う地盤動特性の非定常化の影響について

熊本大学 正会員 秋吉 卓 八代高専 正会員 淵田 邦彦
鉄建建設(株) 正会員 尻無濱 昭三 熊本大学 学生員 棗 治郎

1. はじめに

1995年の兵庫県南部地震では、沿岸埋立地では液状化が広範囲に及び、地盤には大きな永久変形を残し、さらにまた内陸部でも、建物・施設に甚大な被害が出た。液状化を地盤動特性の急変としてとらえると、非液状化地域のように比較的良好な地盤でも、液状化を起こすような埋め立て・軟弱地盤と隣接しているときには、その動特性に変化が現れ、応答にも影響が出ることが考えられる。すなわち、地震動特性のパラメータの一つである地盤の固有周期が液状化とともに変化し、地盤の増幅特性が非定常となる。また、この影響の度合いは、不整形な成層構造とも密接に関係する。そこで、本研究では、単純な成層構造から実地盤構造までのモデル地盤における隣接サイトの動特性の時間依存連成について、数値解析により、液状化が起こった場合と起こってない場合について比較検討したので、その一部を報告する。

2. 表層地盤の地震応答解析手法の概要

不整形・軟弱な表層地盤モデルの地震応答解析には、当研究室で開発した2相系飽和多孔質媒体について、2次元有限要素法により定式化した非線形有効応力解析プログラム「NUW2」を用いている。この解析プログラムは、Biotの2相混合体理論を基に、井合らの構成式を組み込んだものを、有限要素法により定式化したもので、液状化にも対応できるものである。また、モデルの作成において、地盤のように無限の広がりを持つ系をある有限の領域で表現するために、前述のプログラムに当研究室で開発した吸収境界条件を付加することによって、仮想境界上で波動エネルギーを吸収させた。

3. 表層地盤のモデル化

解析の対象とした実地盤モデルとしては、大矢の三宮付近の概略地質断面図³⁾を参考にし、Fig.1のような神戸の地盤断面を2次元モデル化したものを作成し(図の右側が海側、左が山側)、両側方の鉛直境界には前述した吸収境界条件を付加している。入力地震波は、1995年兵庫県南部地震(ポートアイランド GL-32 m、加速度波形 NS 成分)とし、最大加速度振幅 a_{max} を $0.1m/s^2$ 、 $1.0m/s^2$ 、 $5.4m/s^2$ に調整した3種類の地震波をモデルの下方から鉛直上方に入射させている。

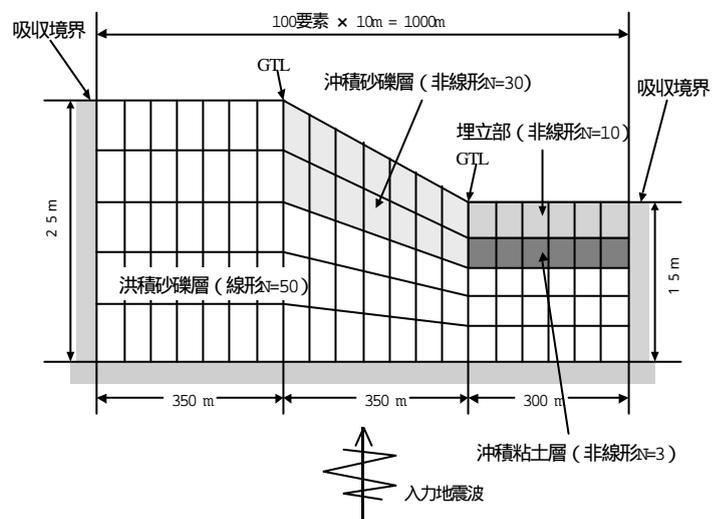


Fig.1 実地盤断面の2次元モデル

4. 数値計算結果と考察

(1)固有周期の算定について

地盤の固有周期 T_G は、 $V_{si} = \sqrt{G_i/r_i}$ 、 $T_G = 4 \sum_{i=1}^n H_i/V_{si}$ として、数値解析によって得られる各要素の時刻ごとのせん断弾性係数 G を用いて、固有周期 T_G の時間的変化を算出している。

Key Words : 液状化、地盤動特性、非定常化、地震応答解析、固有周期

連絡先 : 〒860-8555 熊本市黒髪 2-39-1, TEL : 096-342-3538, FAX : 096-342-3570

(2)固有周期及び地表面の水平加速度とひずみ分布に関する考察

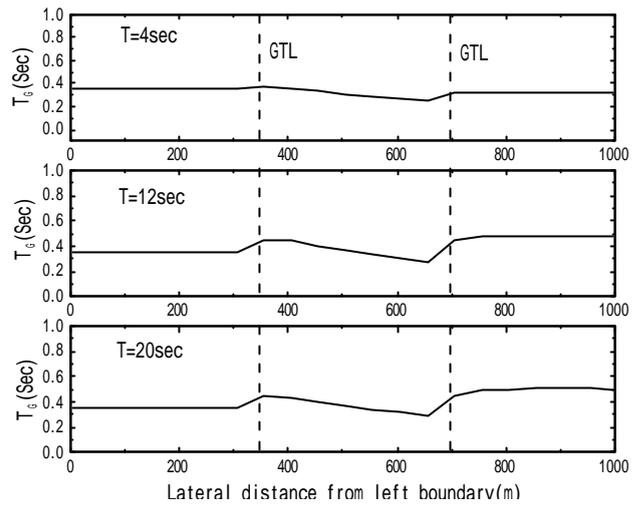
Fig.2 は、最大加速度振幅 $a_{max} = 5.4m/s^2$ の地震波入力後の、4 秒・12 秒・20 秒後における地盤の固有周期・地表面の水平応答加速度・地表面から深さ 2.5m におけるせん断ひずみの水平方向分布を図示したものである。これより、地盤の固有周期 T_G は特に海側の軟弱地盤部分において、時間とともに、液状化による地盤剛性の低下により長周期化していることがわかる。特に 12 秒後では顕著な動きをしており、固有周期の増大と同調するように沖積砂礫層で加速度が大きくなっており、せん断ひずみは沖積砂礫層から海側の方向に地盤が軟弱になるに従って増大していることがわかる。また、ここでは図示していないが、単純な成層構造のモデルでも、固有周期・地表面応答加速度・地表面から深さ 2.5m におけるせん断ひずみは、同様な傾向を示していた。

5.まとめ

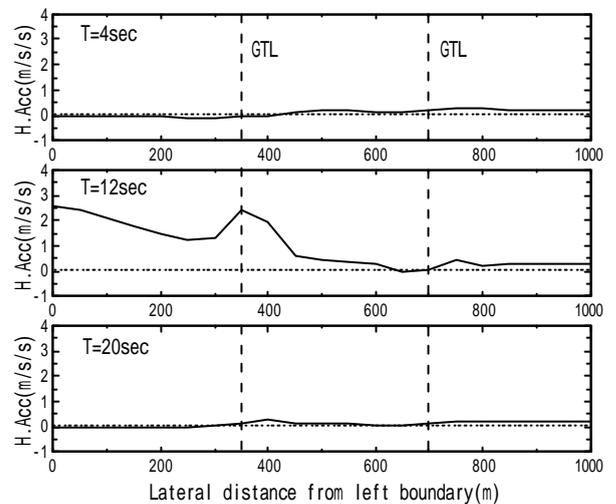
本研究では、液状化を地盤動特性の急変としてとらえ、非液状化地域のように比較的良好な地盤でも、液状化を起こすような埋立・軟弱地盤と隣接しているときにはその動特性、さらには応答にも影響が現れるであろうという観点から、各種モデルを液状化解析プログラムで解析し、様々な角度から検討した。その結果として、軟弱地盤に、大きな地震波が入ると液状化を起こし、その影響で軟弱地盤の地盤動特性（固有周期）が時間的に変化するとともに、それに同調するように、隣接する比較的良好な地盤に、加速度・せん断ひずみが集中する時間帯が存在し、地盤動特性の非定常性の影響が及んでいること、および比較的良好な地盤における応答値への影響の大小は、地盤の成層構造・不整形性にも密接に関係し、より複雑な構造になるほど大きくなることなどがわかった。他のモデルについての計算結果等はスペースの都合上載せられなかったため、講演時に詳細を述べることにする。

6.参考文献

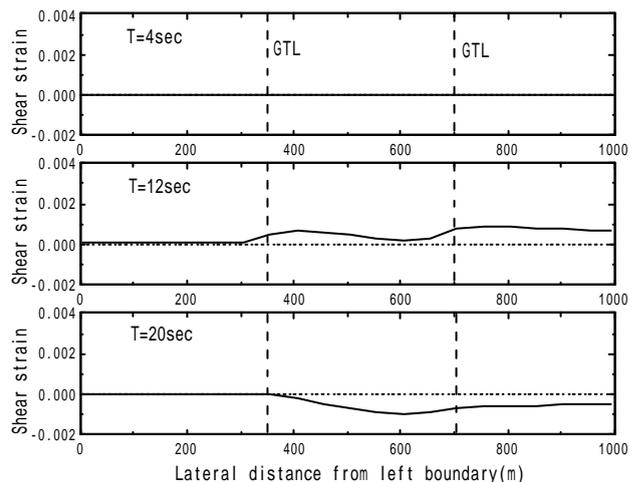
1)Akiyoshi,T. Fang,H.L. Fuchida,K. & Matsumoto,H., A Nonlinear seismic response analysis method for saturated soil-structure system with absorbing boundary, Int. J. Numerical and Analytical Methods in Geomechanics, Vol.20, No.5, pp.307-329, 1996.
 2)秋吉 卓・孫 遜・淵田 邦彦：2相系地盤における波動吸収境界の誤差評価、土木学会論文集、No.619 / I-47,pp.111-120,1999.
 3)大矢 暁：兵庫県南部地震について、土と基礎、Vol.44, No.3, Ser.No.458, pp.3-8, 1996.



a) 地盤の固有周期 T_G



b) 水平加速度分布(地表面)



c) せん断ひずみ分布(地表面下 2.5m)

Fig.2 神戸地盤モデルにおける地盤の固有周期・地表面応答加速度・せん断ひずみの分布 ($a_{max}=5.4m/s^2$)