

I - 6

地盤物性の非定常変動を考慮した非線形地震応答解析結果
にみられる応力、ひずみ履歴

東北工業大学大学院 土木工学専攻 学生会員 ○福地 桂一
東北工業大学教授 工学部土木工学科 正会員 神山 眞
東北工業大学助手 工学部土木工学科 正会員 松川 忠司

1. まえがき

先に地盤物性（剛性、減衰比）の非定常変動を考慮した簡易的な非線形応答計算法を提案した。同手法は1次元せん断震動の応答解析を擬似スペクトル法により処理して、これに地盤の物性変化の非定常変動を考慮した新しい解析モデルである。本報告は、この解析コードで処理される応力、ひずみ履歴と応答解析の結果について検討を試みたものである。

2. 解析概要

地盤の動的な非線形挙動は、結局のところ剛性 G と減衰比 h のひずみ依存性に帰着する。一般に供用される等価線形手法は、この依存性を近似的に捉え、ひずみの時刻歴の代表的な値に対応させて G と h を調整して周波数領域の計算処理を実行している。そして、そこそこの結果を与えるのだが、この処理こそが非線形挙動を起こした場合と異なる結果を与える原因と見られる。よって G と h のひずみ依存性に時間変動を導入すれば、改良が期待できる。その G と h のひずみ依存性の非定常性を考慮した非線形応答計算法のフローを図-1 に示す。応答計算は、ポートアイランドの検層柱状図（図-2）に基づき、地盤のせん断波速度と密度から、図-1 のフローに則った応答解析を行う。ここで、Complex Envelope を適用した各深さのひずみ波形に、 G, h のひずみ依存性を用いて各深さの G, h の非定常時間変動を算定するのだが、本手法ではポートアイランドの深さ 16m 以浅を砂とし、それ以深を粘土として考え、それらの土質別のひずみ依存モデルを適用した。その土質別のひずみ依存モデルを図-3 に示す。本手法の解析で算定した応答波形と、等価線形手法を実測と比較したものが図-4 である。図-4 は、深さ 83m で観測された NS 成分の加速度記録を入射波として用い、0m の応答を求めたものである。図-4 から、本手法(Non-Linear)が等価線形手法(Equi-Linear)よりも実測(Observed)に近い応答を求めているのがわかる。また、これらの波形比較をスペクトルの側面から見ても(図-5)本手法が実測に近いスペクトルを与えているのがわかる。以下、本手法によって算定される応答解析結果の応力、ひずみの履歴について検討を行う。

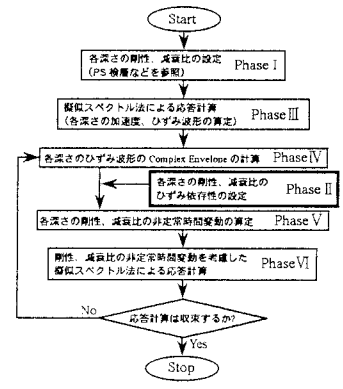


図-1 応答計算のフローチャート

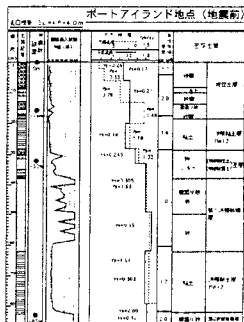


図-2 ポートアイランド検層柱状図

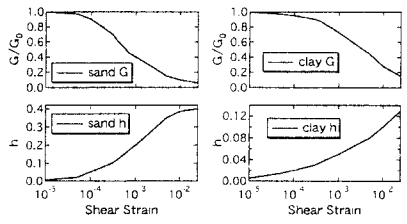


図-3 砂(sand)と粘土(clay)における剛性 G (上段)と減衰比 h (下段)のひずみ依存モデル

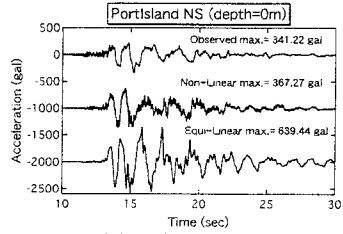


図-4 応答計算と実測の波形

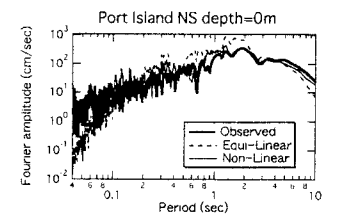


図-5 応答と実測のスペクトル

3. 応答結果と応力、ひずみ履歴

前述の非線形地震応答手法により、各深さの応力とひずみを求めた。ポートアイランドは、深さ 83m、32m、16m、0m に観測点があるため、観測点の中間深さに位置する、深さ 7m、23m、57m と 1m における NS 成分の応答解析結果の応力、ひずみ時刻歴を図-6 に示す。そして、深さ 7m における応答解析結果を図-7 に、応力、ひずみの時間変動を図-8 に示す。図-6 を見ると、深さ 57m では応力、ひずみ履歴の膨らみが小さいが、地表へと向かうにつれ、その膨らみが増してきて、最終的には残留ひずみが残る形となっている。つまり、図-6 は浅い地盤では非線形性が強いということを意味するものである。図-8 は、それぞれ複雑な挙動を示しているものの、ひずみが大きくなるに従い、履歴が膨らんでくるのがよくわかる。そして、剛性と減衰比の非定常変動によって、時間毎に異なる非線形性を生じている。よって、本手法はひずみが大きくなると剛性が低下するという非線形性をよく表していると言える。

参考文献

- 1) 神山 眞：短周期表面波による構造ダイナミクスと震害メカニズムに関する研究，平成 11 年度科学研究費補助金「基盤研究 C」研究成果報告書，研究課題番号 10650468，2000.
- 2) Kenji Ishihara：Soil Behavior in Earthquake Geotechnics, Oxford Science Publications, 1996
- 3) 神山 眞，吉田 勝：鉛直アレー強震記録による地盤剛性ならびにダンピングの非定常変動の解析，土木学会論文集，No.647/I-51, pp.379-394, 2000.

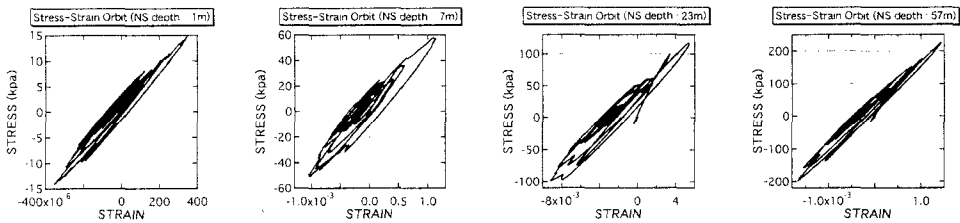


図-6 非線形応答解析 NS 成分 深さ 1m,7m,23m,57m における応力、ひずみ履歴

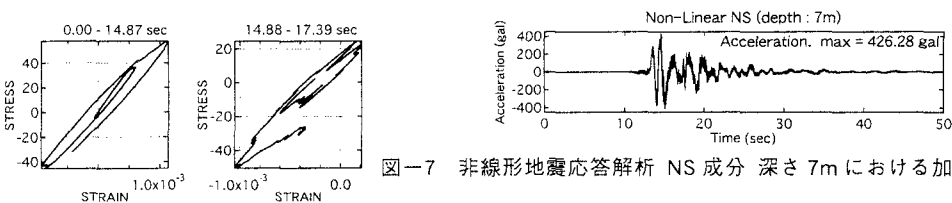


図-7 非線形地震応答解析 NS 成分 深さ 7m における加速度波形

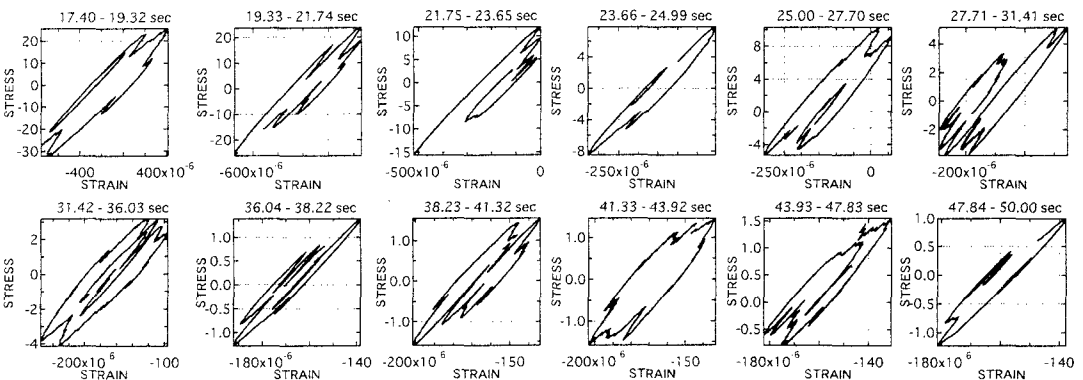


図-8 非線形地震応答解析により求めた NS 成分 深さ 7m における応力、ひずみ履歴の時間変動