

I - 19 液状化地盤(大原町)の地震応答解析

—観測地震波と模擬地震波による—

高知高専建設システム工学科 吉川 正昭

○国土交通省四国地方整備局 柿内 雅史

1. はじめに

新潟県中越地震(2004年10月)および阪神大震災(1995年1月)では大規模な直下型地震が発生した。阪神大震災では、都市部の住宅崩壊が顕著であったのに対し、中越地震では山間部の土砂災害が主であった。両震災に共通する特徴に、人工盛土や自然斜面の崩壊および市街地、住宅地や学校グラウンドでの液状化現象が挙げられる。また、中越地震では付近の断層で震度6程度の余震が繰返し発生したことや小千谷市、長岡市などの水田地帯の液状化が特徴的であった。

高知では、南海トラフでの地震が予想されており、液状化に対する検討が急務である。本研究では、K-net による土佐市での芸予地震の観測地震波形および当研究室で作成した模擬南海地震波を用いて、高知市大原町地盤を対象とした有効応力解析による地震応答解析を行った。大原町地盤の地震応答解析では、全応力解析により土佐市の観測地震波を逆解析して求めた基盤波と作成した模擬南海地震波(基盤波)を用いて非線形の応力-ひずみ関係を逐次解析し、復元力特性の力学モデルとして H-D(Hardin-Drnevich)モデルを用いた場合の過剰間隙水圧、有効応力、有効応力経路など、時々刻々の応答値を求め、両入力地震波による結果を比較・検討し、考察を加えた。

2. 解析方法と解析条件

地震応答解析に用いた基盤波のうち、土佐市の観測地震波からなる基盤波は、地震波動を入射波と反射波に分け、連続条件を用いることで、隣接する層の波動が漸化式として与えられることを利用して、水平成層地盤に重複反射理論を適用し、波動方程式を解き、観測地震波を水平一方向入力について逆解析し、入力基盤波を求めた^{1), 2)}。他方、模擬南海地震波(基盤波)は、M=6 クラスの地震による非定常スペクトルを、断層の破壊速度、破壊方向を考慮して時間軸上で重ね合わせることで、大規模な断層破壊による断層近傍での地震動を予測する手法³⁾を用いて求めた。

有効応力解析では、水平成層地盤の土と水を分離し、Biot の理論を用い水平方向運動方程式と鉛直方向透水方程式を非線形逐次積分法を用いて解き、復元力特性として H-D モデル(双曲線モデル)を採用し、地震応答解析を行った。対象地盤は、図1に示す高知市大原町地盤を15層にモデル化し、入力地震波は、図2に示す芸予地震における土佐市での観測波より求めた基盤波(N-S 方向、図3)および図4に示す模擬南海地震波の両者の最大加速度を100galに基準化したものを用いた。なお、観測波、基盤波および模擬地震波は最大加速度を中心に±5秒の範囲を抜出して解析に用いた。

3. 解析結果と考察

有効応力解析により求めた二葉町地盤の有効応力と過剰間隙水圧の時刻歴、復元力特性および有効応力経路を、二種類の入力基盤波について図5、6に示す。解析の結果、完全に液状化した層は土佐市の観測地震波より求めた基盤波では2層目、模擬南海地震波では2層目と3層目の2層であった。共に完全液状化層である2層目の有効応力経路の形はほぼ一致している。また、どちらの基盤波を入力した場合も地下水位以下である2層目以降は全ての層で液状化発生傾向がみられる。

両基盤波による完全液状化層の違いは、地震波形の違いによるものであると考えられる。土佐市の観測地震波による基盤波は、地震継続時間の初期に最大加速度と比較すると小さい加速度の部分が存在するのに対し、模擬南海地震波では、継続時間全体にわたり大きな加速度で終始している。また、両基盤波の卓越振動数も大きく異なっている。これらの点において両基盤波には相違があり、完全液状化層数の違いの一因であると考えられる。

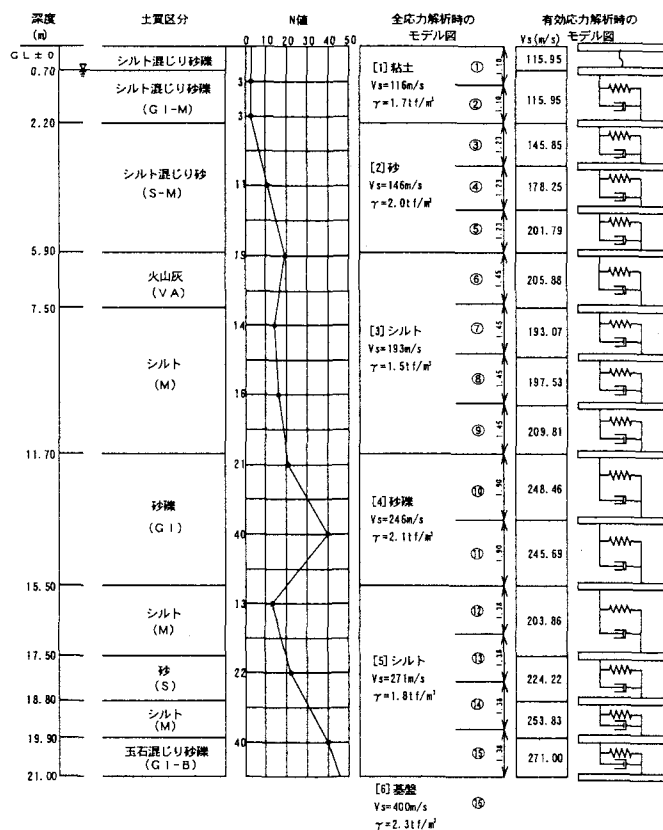


図1 土性図および地盤モデル

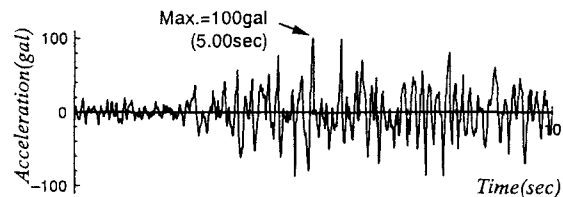


図2 観測地震波形

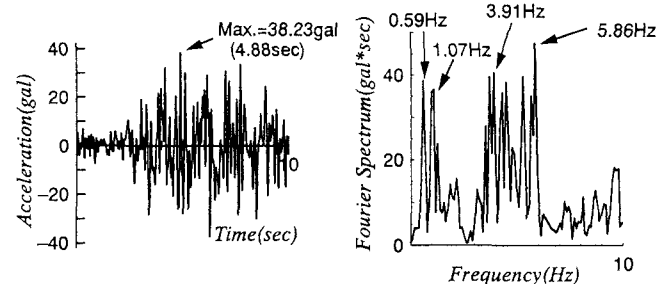


図3 基盤波形とフーリエスペクトル(観測波より)

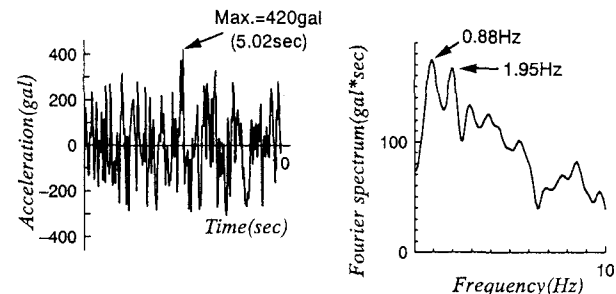
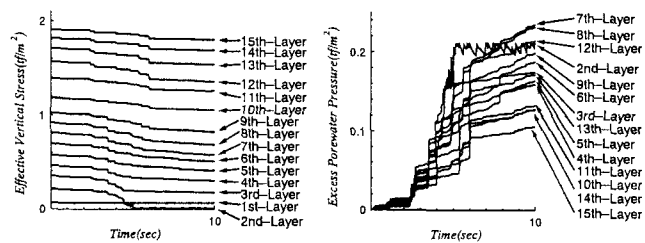
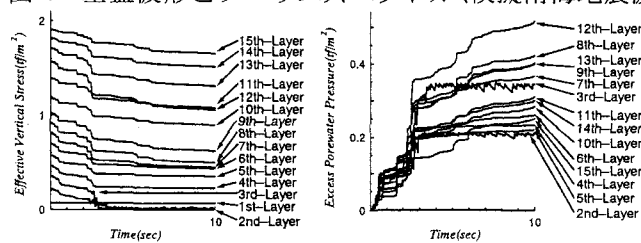


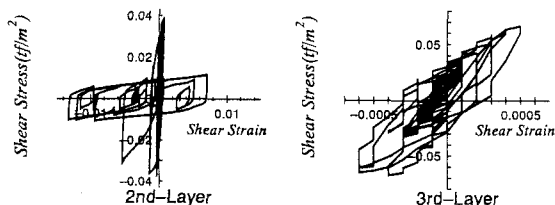
図4 基盤波形とフーリエスペクトル(模擬南海地震波)



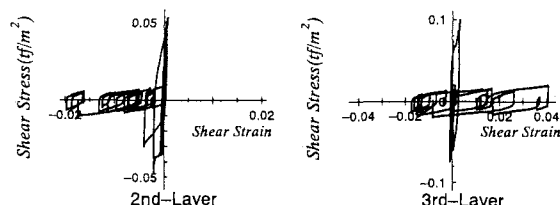
(a) 有効応力と過剰間隙水圧の時刻歴



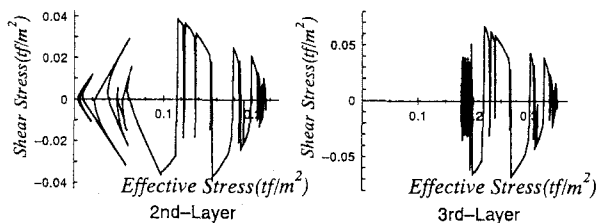
(a) 有効応力と過剰間隙水圧の時刻歴



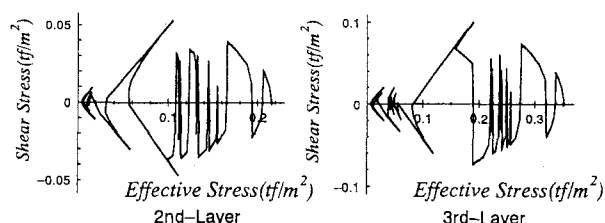
(b) 復元力特性



(b) 復元力特性



(c) 有効応力経路



(c) 有効応力経路

図5 観測波による基盤波(最大加速度 100gal 入力)

図6 模擬南海地震波(最大加速度 100gal 入力)

参考文献

- 1) Schnabel, P.B., Lysmer, J. and Seed, H.B. (1972): SHAKE A Computer program for earthquake response analysis of horizontally Layered sites, Report No. EERC72-12, University of California, Berkeley
- 2) 吉川正昭, 柿内雅史: 液状化地盤(はりまや橋周辺, 二葉町)の地震応答解析—全応力解析の検討と有効応力解析—, 土木学会四国支部技術研究発表会講演概要集, pp. 44~45, 2004. 5.
- 3) Sugito, M. and Kameda, H.: Prediction of Nonstationary Earthquake Motion on Rock Surface, Proc. of JSCE Structural Eng./Earthquake Eng. Vol. 2, No. 2, pp149-159, 1985