

1. はじめに

砂に繰り返しせん断応力が作用すると、砂がかなり密であっても、負のダイレイタンス（体積圧縮）が生じる。地震時のように短時間に多くの繰り返しせん断応力が作用すると、飽和地盤では、砂のように透水係数が大きくても、体積圧縮が生じるための排水が行なわれず、過剰間隙水圧が発生する。過剰間隙水圧が繰り返し回数とともに増加し、ついには有効応力がゼロまたはゼロ近くなる現象が液状化である。本論では高知市大原町の地盤を取り上げ15層にモデル化し、地震応答解析を行なった。第一解析として等価線形化法を用いた全応力解析、第二解析（液状化の判定が出来る）として非線形逐次積分法による有効応力解析を対象地盤に適用した。有効応力解析では、地盤中の1地層に三軸圧縮試験方法をシュミレートさせた。これらの地震応答解析結果と液状化現象の考察を示す。

2. 解析方法

2-1. 等価線形解析（全応力解析） 水平成層地盤に重複反射理論を適用し、変位で表した波動方程式（1）を解く。

$$\partial^3 u / \partial t^3 + 2h\omega \partial^2 u / \partial t^2 - G/\rho \partial^3 u / (\partial t \partial z^2) = 0 \quad \dots\dots\dots (1)$$

波動を入射波と反射波に分け、連続条件を用い、隣接する層の波動が漸化式として与えられる。GL-0～～7.5mとGL-7.5～～13.6mの地盤非線形特性を図-2.1に示す。GL-13.6～～21mはHardin-Drnevichモデルで与えた。

2-2. 非線形逐次積分法による有効応力解析 水平成層地盤の土と水を分離し、Biotの理論を用い、鉛直方向透水方程式（2）と、水平方向運動方程式とを非線形逐次積分法を用いて解くため液状化判定が出来る。

$$Km_v^2/n_g(n\gamma_t/\gamma_w + 1 - 2n) \partial^2 w / \partial t^2 + m_v^2 \partial w / \partial t - km_v/\gamma_w \partial^2 w / \partial z^2 + k/\gamma_w \partial m_v / \partial z \partial w / \partial z - km_v^2/\gamma_w \partial^2 u_g / (\partial t \partial z) = 0 \quad \dots\dots\dots (2)$$

せん断応力—せん断ひずみの復元力特性曲線は、Hardin-Drnevich(双曲線)モデルを採用した。また、地盤のテストピースに対して土質試験をして液状化判定を行なうのと同様のシュミレートができるようにした。入力地震波は、神戸気象台観測地震波（NS）、継続時間 15秒を用い最大加速度を3種類とし工学基盤から入力した。対象地盤は、高知市大原町の土質柱状図を用い、図-2.2に示すように15層にモデル化した。

3. 解析結果と考察

3-1. 等価線形解析（全応力解析） 図3.1に表層での加速度、速度、変位、図3.2に応答スペクトルを示す。同図より2.88Hz(0.347秒)に大きな振幅することが分かる。非線形解析では固有振動数が時間とともに低下するので値が求められないのに対し、等価線形解析では、固有振動数が簡単に求められることが分かる。

3-2. 非線形逐次積分法による有効応力解析 入力加速度の最大振幅を400galとしたときの有効応力と過剰間隙水圧の関係、有効応力とせん断応力の応力経路をそれぞれ図3.3、図3.4に示す。同図から2,3層の過剰間隙水圧が約4秒で上昇し、有効応力が0になり完全液状化したことが分かる。有効応力径も2,3層で破壊変相線にぶつかることが分かる。GL-1.5～～3mのシルト混じり砂の層で完全液状化が生じる。その他の層では、過剰間隙水圧が蓄積され、有効応力が低下し、液状化進行状態になるが完全液状化には至らなかった。

4. 参考文献

- 1) 吉川正昭, 西内啓太: 観測地震波を用いた高知市地盤の地震応答解析—非線形解析と等価線形解析—, 土木学会四国支部技術研究発表会講演概要集, pp. 66～67, 1999. 5.
- 2) 吉川正昭, 今西清志他: きたるべき南海大地震に備えて—安芸市自然災害想定調査—, pp. 1～154, 1997. 6.
- 3) 吉川正昭, 和田純平: 中村地方地盤の液状化解析, 土木学会四国支部技術研究発表会講演概要集, pp. 54～55, 1998. 5.

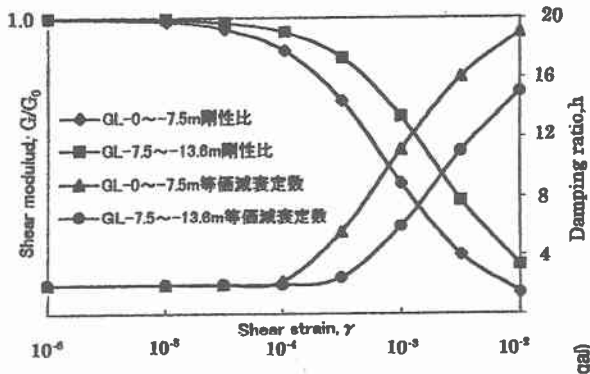


図 2.1 動的変形試験の模式図

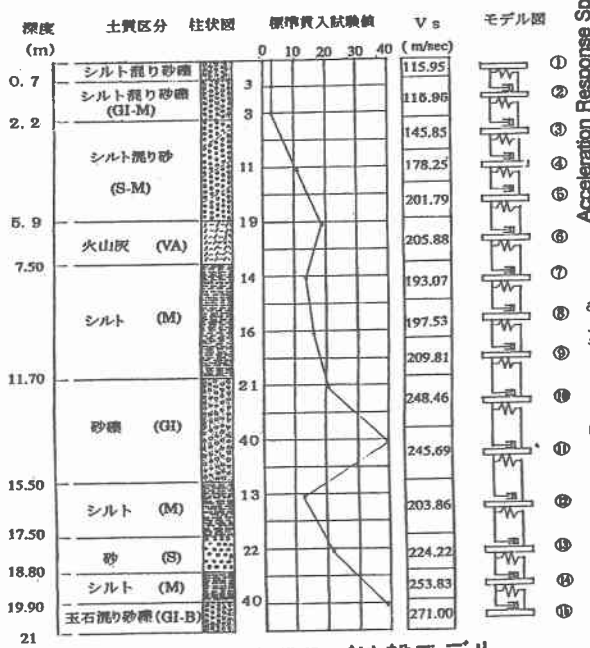
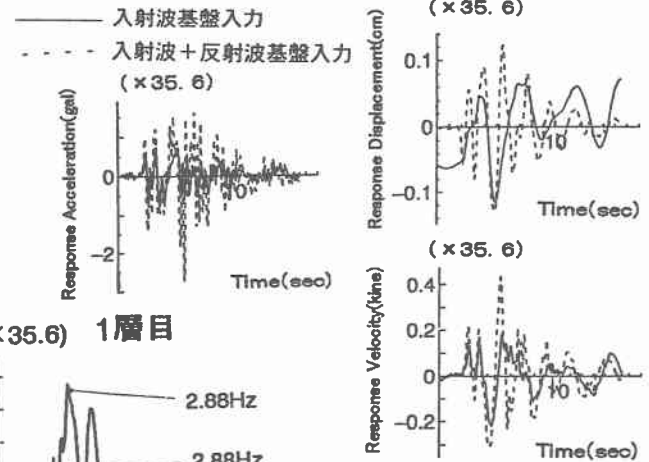


図 2.2 土性図及び地盤モデル

図 3.1 加速度、速度、変位(100gal 入力)



(×35.6) 1層目

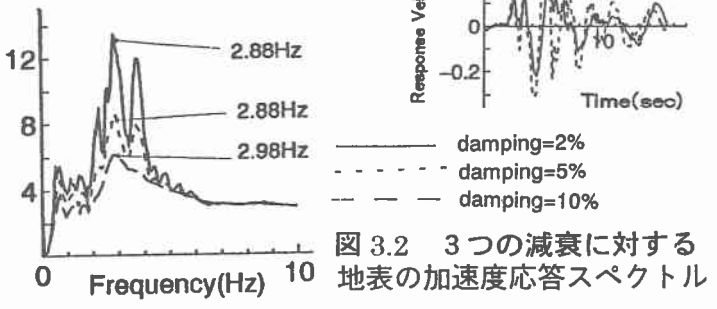


図 3.2 3つの減衰に対する地表の加速度応答スペクトル

2,3th-Layers Are Completely Liquefied

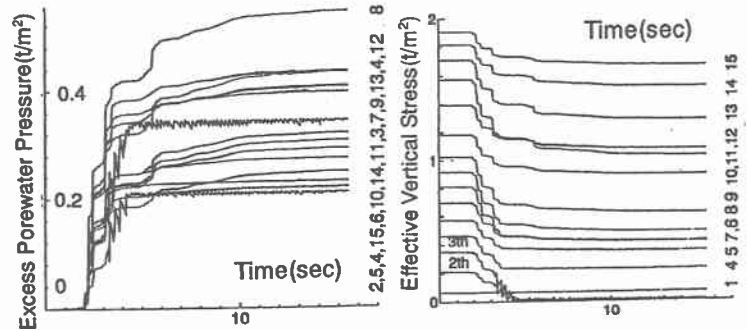


図 3.3 過剰間隙水圧と有効上載圧(400gal 入力)

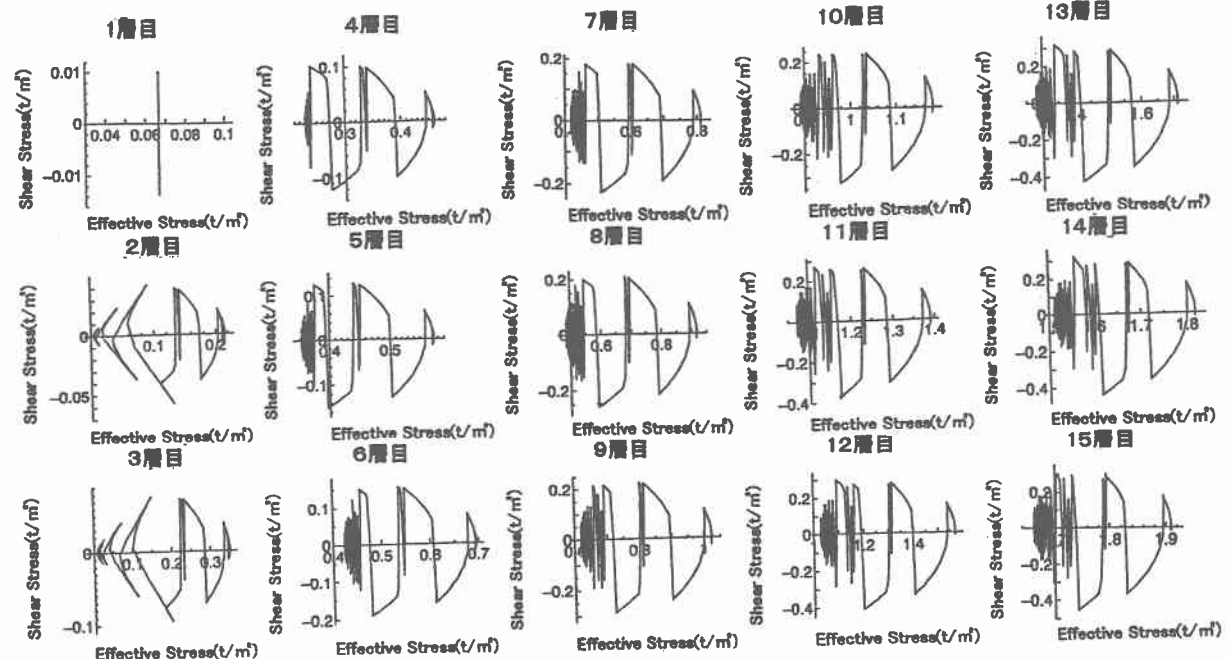


図 3.4 有効応力経路(400gal 入力)