

セン断歪に基づく 地震時間間水圧の予測

東北大学工学部 (学) ○ 辻本 隆哉
 同上 (学) 大村 直寿
 同上 (正) 飛田 善雄

1. 序 文

砂質土盤に地震のような外力が加わると、間隙水圧が上昇し有効応力は減少し、時には有効応力はゼロに達し、砂は全くセン断強さを失い、液体同様の挙動を示す。この液状化現象は、1964年の新潟地震の震害を契機に急速に研究調査が進められ、現在では、土構造物や基礎の設計施工指針の中には、欠く事の出来ない項目となった。本研究では、土盤を水平に堆積し、初期応力状態が整い、土盤の変形は、単純セン断のみによるようにモデル化し、得られた、セン断歪より、動的間隙水圧の発生を予測し、それによる剛性低下、有効応力の減少を考慮した、一次元応答解析を行なった。さらに得られた計算結果より、液状化の、地震波の周波数への依存性について論じる。

2. 解析手法

解析手法としては、従来の一次元応答解析同様集中質点法を用い、その応力～歪履歴として、H-DモデルのヒステリシスループにMasingの規則を適用して、応答計算の際には、Newmarkのβ法を利用した。間隙水圧を予測するにあたり、従来とは異なり、発生するセン断歪に基礎をおく、次に挙げる二つの式を利用した。¹⁾

$$\kappa = e^{-\lambda |s|} \sum_{s=1}^i |\delta_s| \quad (2-1) \quad \text{但し、} \delta_s: \text{第} i \text{番目の時間歪曲線の半サイクル中のピーク値}$$

λ: 本研究では、λ = 5.0 とした

$$\left(\frac{u}{\sigma_{vo}}\right) = \frac{\alpha \kappa}{\kappa + \beta} \quad (2-2) \quad \sigma_{vo}: \text{初期有効応力}$$

α, β: 定数(本研究では α=1.0, β=0.2)

上式を計算するにあたり、以下のような規定がある。

- 1). 1×10^{-4} 未満の歪は、ダイルタンスーに影響しないので、その半サイクル中の最大セン断歪がこの範囲に入る場合この半サイクルはながたものとする。
- 2). (2-1)式で得た、第i番目のκがi-1番目以前で得た最大のκを上回った時のみ、初めて(2-2)式を実行する。
- 3). 2)の時、次のタイムステップにおけるH-Dモデルの最大剛性定数は、次式で得る。

$$G_{oi} = G_o \sqrt{\frac{\sigma'_{oi}}{\sigma'_{vo}}} = G_o \sqrt{\frac{\sigma_{vo} - u}{\sigma_{vo}}} = G_o \sqrt{1 - \left(\frac{u}{\sigma_{vo}}\right)} \quad (2-3) \quad \text{但し、} G_o \text{ は}$$

初期剛性

- 4). 液状化の判定として、次式を用いた。

$$\frac{\tau_d}{\sigma'_{vo} - u} \geq \tan \phi_o \quad (2-4) \quad \text{但し、} \phi_o \text{ は、他拘束圧下における}$$

最大圧縮時の内部摩擦角である。

以上の式を含めた、本研究における解析手法を簡単にその基本的計算方法を示したものが図2-1である。上記パラメータのうち G_o, β が土盤の特性を反映するパラメータあり、他はほぼ CONST であることが解っている。¹⁾

3. 土盤モデル

本研究では、表3-1に示したように、新潟市川岸町の土盤を17層に分けて、解析した。²⁾

4. 結果

当研究では、前述の土盤に、最大加速度 150 gal、周期を、種々に変えた、正弦波の入力を試みた。その内、周期 0.2 sec (短周期) 及び、周期 0.5 sec (長周期) の

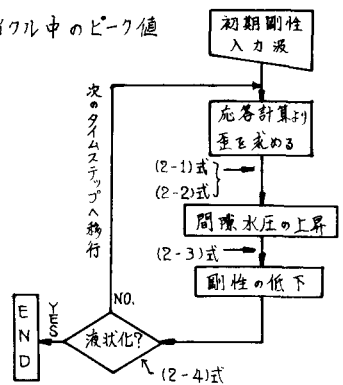


図 2-1

層番号	層厚 (m)	UNIT WT (kN/m ³)	G _o (kN/m ²)	φ _o (deg)	Cohesion (kN/m ²)
1	10	13	69 × 10	29	10
2	10	13	52 ..	28	10
3	15	18	46 ..	26	0
4	15	18	46 ..	26	0
5	15	19	120 ..	30	0
6	15	19	150 ..	32	0
7	10	19	150 ..	32	0
8	10	19	150 ..	32	0
9	20	19	150 ..	32	0
10	10	19	150 ..	32	0
11	10	19	150 ..	32	0
12	10	20	320 ..	37	0
13	30	20	320 ..	37	0
14	20	21	430 ..	41	0
15	40	21	430 ..	41	0
16	30	21	480 ..	42	0
17	30	21	480 ..	46	0

表 3-1

のを入力した際の地表の応答変位、液状化層の間隙水圧の上昇を示したものが図4-1(a),(b)、図4-2(a),(b)、さらに、液状化時点での間隙水圧の分布を示したのが図4-3(a),(b)である。また、図4-4では、同一地盤モデルを用いて弾性計算を行った場合の液状化層の最大せん断歪との比較をし、図4-5においては、液状化達成にまで要した入力正弦波の周期、波数との関係を示した。

5, 考察

図4-5において、弾性計算による歪振幅の最大を取る周期は約0.2 secである。これがこの地盤の固有周期であると考えられる。そして、一連の図を見て、短周期の入力波では、液状化まで多くの波数を要するが長周期の入力波の場合、液状化までに要する波数は極めて少なくなる。これは、一般に、間隙水圧の上昇に伴う剛性低下により、地盤の固有振動数は低下し、低い振動数の波を入力した場合、共振現象を起こし、図4-1(a),(b)に見る様に、極めて大きい応答変位、急激な間隙水圧の上昇を招き、少い波数で液状化が起こると考えられる。逆に、入力波の振動数が高い場合は、地盤の剛性低下により、両者の間に共振現象は起こらないためと思われる。また、この結果は国生³⁾による実験結果と一致を見るもので、液状化の危険性を知る上の目安として、単に地震震の最大加速度だけでなく、その振動数特性を十分に考えなければならぬという事が示唆されたものと思われる。 $(\frac{u}{\sigma'_{va}})$

今後、種々の case study を続け、手法の適用性、振動数依存の度合い等を検証する必要がある。

6, 参考文献

- 1) 久野 拓也, E Yanagisawa Prediction of seismic pore pressure based on internal change of sand in shear deformation (第六回地震工学シンポジウム論文報告集)
- 2) 久野 拓也, U. Towhata One-dimensional soil Response Analysis (東京大学工学部紀要)
- 3) 国生 剛治, 当麻 純一, 若原 敏夫 密な飽和砂の強震時応答特性についての振動台実験 (第六回地震工学シンポジウム論文報告集)

