

I-27

八戸港一号埠頭における液状化地盤応答

八戸工業大学大学院

学生員 ○橋詰 豊

八戸工業大学構造工学研究所

正会員 塩井 幸武

建設技術研究所

正会員 谷 和宏

1. はじめに

大地震発生の際に液状化現象が発生し、地下構造物の浮き上がり、建物の転倒や不同沈下、橋桁の落橋など様々な被害を被ってきた。液状化現象については多くの研究者によって様々な研究がなされてきた。しかし、データの少なさ、再現性の少なさから、いずれもはつきりとした結果を得るには至らず、未だに液状化メカニズムの解明がされていないのが現状である。そこで本梗では、液状化被害のメカニズムを究明するため、八戸港一号埠頭における液状化について応答計算を行い、明らかにされた地盤振動特性を報告する。

2. 解析

動的解析のモデルを図-1に示す。歪み追従性の高い軟弱な地盤のエネルギーの吸収をシミュレートするため、モデルの両側に伝達境界を設け、

地盤モデルの解析結果への影響を考慮し、モデルの幅を500mとした。地盤の深さは一次元計算と同じく地下約400mである。また、高周波数の伝達を良くするため、伝達方向のメッシュの分割は入力波波長の1/5とする。

$$\Delta L = 1/5V \times T$$

：V=せん断波速度（m/s）、T=入力波の周期

メッシュを統一するため、最も軟弱な層の波長を基本とした。表層の $V_s=0.07\text{km}$ 、入力波周期 $T=0.35\text{sec}$ から、5.0mを最小メッシュサイズとする。また、地盤は10種類の地盤材料により構成されているが、メッシュ分割上では39層とする。

入力波は一次元計算に用いた地震を調整し、時刻間隔を0.02sとする。総波形点数は1024である。FLUSH解析に用いた入力波形を図-2に示す。入力波の最大加速度は147.8（gal）で、卓越周波数は2.88Hzである。

地盤各層の物性値を表-1に示す。解析モデルでは39層によって構成されている。33層からは基盤である。なお、一次元計算により求めた地盤

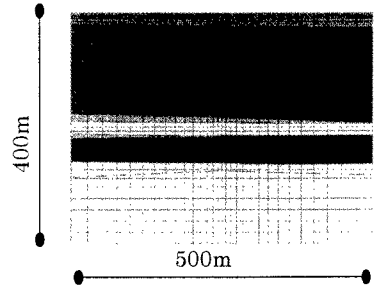


図-1 地盤モデル図

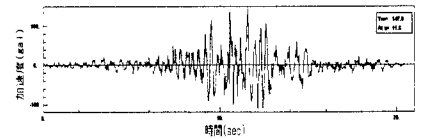


図-2 入力波形図

表-1 地盤物性値

層	地盤名	密度 (g/cm³)	せん断弾性係数 (kg/cm²)	圧縮弾性係数 (kg/cm²)	ポアソン比	せん断波速度 (cm/sec)	圧縮波速度 (cm/sec)
1	表土	1.8	0.40	1.8	0.30	25.00	45.00
2	砂	2.0	0.50	1.6	0.40	30.00	50.00
3	砂	2.0	0.50	1.6	0.40	30.00	50.00
4	砂	2.0	0.50	1.6	0.40	30.00	50.00
5	砂	2.0	0.50	1.6	0.40	30.00	50.00
6	砂	2.0	0.50	1.6	0.40	30.00	50.00
7	砂	2.0	0.50	1.6	0.40	30.00	50.00
8	砂	2.0	0.50	1.6	0.40	30.00	50.00
9	砂	2.0	0.50	1.6	0.40	30.00	50.00
10	砂	2.0	0.50	1.6	0.40	30.00	50.00

※1 地盤名は地盤の硬さを示し、数字は地盤の硬さを示す。※2 地盤の硬さは地盤の硬さを示す。

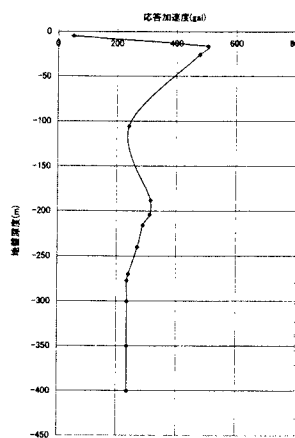


図-3 中央断面最大応答
加速度分布図

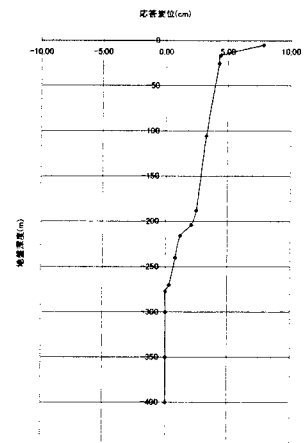


図-4 中央断面最大応答
変位分布図

の平均固有振動周期は 2.2s である。

3. 解析結果と考察

図-3 に地盤モデル中央断面の応答加速度の深度分布図を、図-4 変位分布図を示す。図は中央断面での応答である。この部分を選択したのは、地盤境界が水平ではなく、応答の分布が水平方向に均一にならず、地盤中央部に最大応答値が集中したためである。

最大加速度の分布を見ると、147.8gal の最大入力に対していずれの層でも増幅が見られ、15m、200m の所で大きな値となり、特に表層付近のシルト質の層（15m）では最大の 504.6gal にも達している。

これに対して変位分布では約 270m から徐々に大きな値となる。特に最大加速度を記録した直上の表土層において、急に大きな応答を示し、最大値 8cm となった。

図-5 に応答加速度波形図を示す。上から順に、表土層（第 1 層）、その直下の砂層（第 2 層）、そして基盤層（32 層）の応答加速度である。

表層（第 1 層）の加速度応答を見ると、約 8 秒まで比較的周期の短い波が続いたあと、波の様相が変わり、長い周期成分が加わってきている。この波のサイクルをとったところ、約 3.5 秒の波の卓越が見られた。これは約 15m に分布する歪み追従性の高い軟らかい層に地震波が反射を繰り返して集まり、波の合成により大きなエネルギーを蓄え、結果として上部の層に長周期の波を作り出していると考えられる。これに対し、第 2 層では加速度自体の増幅は見られるものの、基盤とともに応答波の波形は入力地震波と比較して、目立った相違は見られない。

図-6 に二次元応答解析 Flush と一次元応答解析 Shake の最大歪み分布図を示す。なお、Flush のデータは地盤モデルの中央断面の最大値である。二つを比較すると、いずれも 15m、28m の地点で大きな値がでており特に表層付近では Flush で 1.9%、Shake で 2.4% と液状化するには十分な歪みレベルになっている。また、これ以深の歪みはいずれも 0.1 前後の微少な歪みになっており、両者の間に際立った差は見られない。

4. まとめ

- 1) 表層近くの歪み追従性の高い層において、地震波の反射及び重複によるエネルギーが吸収され、直上の砂層を液状化させている可能性が示唆される。
- 2) 一次元重複反射理論による Shake と二次元解析 Flush を最大の歪み分布で比較すると、地盤に際立った傾斜がなかったためか、大きな違いが見られず、Shake による解析でも振動性状の概略は把握できる。

参考文献

- 1) 塩井幸武、三陸はるか沖地震における液状化現象、第 31 回地盤工学研究発表会、517
- 2) 橋詰豊・塩井幸武、八戸港における液状化判定のための地盤応答解析、土木学会東北支部平成 9 年度研究発表会講演梗概集
- 3) 橋詰豊・塩井幸武・谷和宏・松尾隆志、地盤の地震応答と液状化現象、土木学会第 54 年次学術講演会講演概要集、1-B、pp210-211、1999 年 9 月

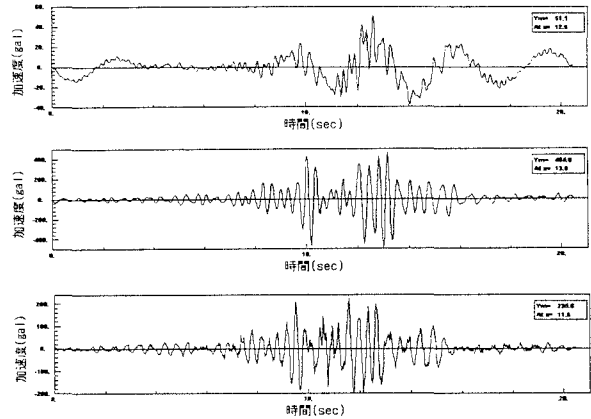


図-5 地盤応答加速度波形

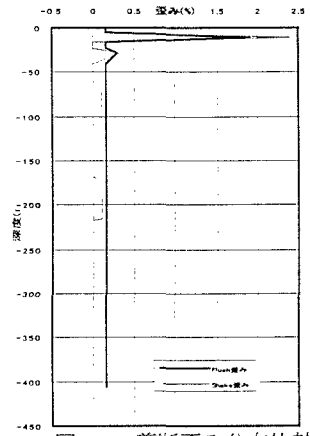


図-6 剪断歪み分布比較