

# 八戸港の地盤応答解析による液状化メカニズムに関する検討 ( )

八戸工業大学構造工学研究所 正会員 塩井幸武  
 八戸工業大学大学院 学生員 橋詰 豊  
 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いる。しかし、データの少なさ、再現性の少なさから、いずれもはっ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。そこで本文では、液状化被害のメカニズムを究明するため、八戸港1号埠頭における液状化について一次元応答解析 (Shake) 及び二次元解析 (Flush) にて計算を行い、明らかにできた地盤振動特性を報告する。

**2.解析条件** 動的解析のモデルを図-1に、地質図より想定した弾性波速度を図-2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、地盤モデルサイズ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表面下約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とした。

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

V = せん断波速度 (m/s) T = 入力波の周期

第1層の Vs = 0.07km、入力波周期 T = 0.35sec 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。また、一次元解析も同様に10種類の地盤構成、39層のモデルとした。

入力波は三陸はるか沖地震で八戸工業大学の地下64mの古成層の岩盤中で記録されたもので時刻間隔を0.02s、総波形点数は1024、最大加速度は147.8 (gal)、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の平均固有振動周期は2.2sである。

**3.解析の結果と考察** 図-3~図-7に解析の結果を示す。図はそれぞれ表層 (表土層)、第2層 (巨礫混

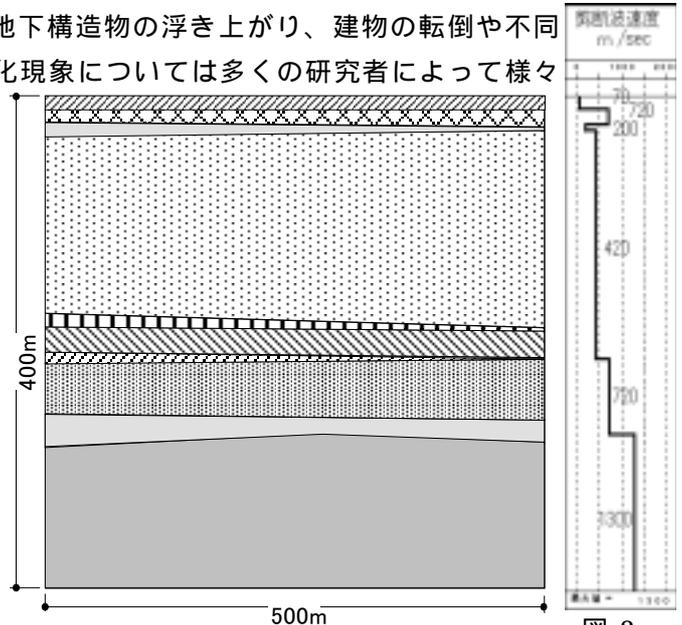


図-1 地盤モデル

図-2

剪断波速度

表-1 地盤の物性値

地層番号	土質	地盤の物性値					
		剪断波速(Vs) m/sec	ポアソン比(ν)	単位体積重量(γ) t/m <sup>3</sup>	動弾性係数(G) kg/cm <sup>2</sup>	弾性係数(E) kg/cm <sup>2</sup>	液状化指数(h)
1	表土	70	0.40	1.8	90.00	252.00	0.05
2	巨礫砂	720	0.35	1.6	8463.67	22851.92	0.05
3	粘土砂	200	0.35	2.0	816.33	2204.08	0.05
4	砂シルト	420	0.35	2.1	3780.00	10206.00	0.05
5	シルト	420	0.40	2.1	3780.00	10684.00	0.05
6	中砂シルト	420	0.35	2.1	3780.00	10206.00	0.05
7	シルト	720	0.40	2.1	11108.57	31104.00	0.05
8	中細砂	720	0.30	2.1	11108.57	28882.29	0.05
9	礫中砂	720	0.35	2.1	11108.57	29882.14	0.05
10	基岩(安山岩)	1300	0.25	2.1	36214.29	90636.71	0.05
					$G = V_s^2 \cdot \gamma / g$	$E = 2G(1 + \nu)$	

\*1 地層番号は地盤の層を第1層とし、深部に向かって順に示す。\*2 0からすべて省略される初期値である。

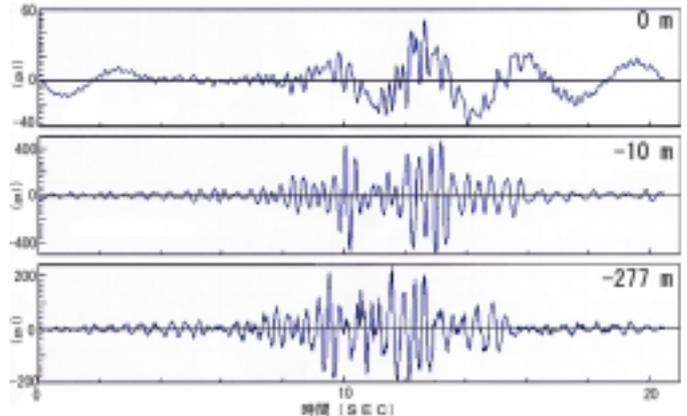


図-3 Flush による応答加速度波形

キーワード: 液状化、有限要素法、砂質土、応答解析、重複反射理論、I-補正-蓄積

連絡先: 八戸工業大学構造工学研究所 Tel 0178-25-3111(内 3108) e-mail www-shioi@stud.hi-tech.ac.jp

じり砂層)、第10層(基岩上)の応答値を順に示してある。

Flushによる図-3の表層(第1層)の加速度応答では、揺れはじめ約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、長い周期成分が発生している。この波のスペクトルから、約3.5秒の卓越周期が見られる。この現象は約-15m以下に分布する歪み追従性のよい軟らかい地層で地震波が重複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となり、結果として長周期波を作り出していると考えられる。第2層では加速度の大幅な増幅が見られ、-277mの基岩面では多少の増幅はあるものの入力地震波とほとんど変わらない波動形状である。

図-4はShakeによる各層の加速度波形である。Flushによるものとは様相が異なるが、上層に向かって長周期化する傾向が見られる。それぞれの波動のスペクトルをとったものが図-7で、基岩上での0.35秒、0.8秒付近にあった卓越周期の他に3.5秒の卓越周期の波動の成長の過程がうかがえる。

図-5は各層厚中心部の応答歪み波形である。第2層の中心-7.5mで明らかに長周期で、振幅の大きな応答を示している。直下の-12.5mや基盤中の-283.5m層と比べると約1000倍もの大きな値となっている。

図-6はShakeによる加速度波形を積分した速度から $1/2 \cdot V^2$  (I値 $^{1/2}$ -に相当)を算出した結果である。明らかに上層に向かってエネルギーの蓄積されるのを見てとれる。特に表層に放出されるエネルギーが大きく、それが長周期波動を生成せしめる原因になっていると推論できる。その長周期波動による大きな歪みが液状化現象の原因と考えられる。

図-7はShakeによる加速度波形のスペクトルである。入力地震動は0.3秒に卓越周期があるが、表層ではそれがほとんど消えて3.5秒、0.8秒の波動が卓越している。また、上層で形成された波動が基岩面にも影響しているのがわかる。

**4.まとめ** 1) 表層の飽和砂層の液状化現象はその下に分布する歪み追従性のよい地層におけるエネルギーの蓄積と派生した長周期波動によると推測できる。2) 二次元解析(Flush)と、一次元解析では傾向は似ているものの、算出

波形が異なるので更なる検討が必要である。また、他の液状化現象の発生した地点についても同様の解析を実施する予定である。

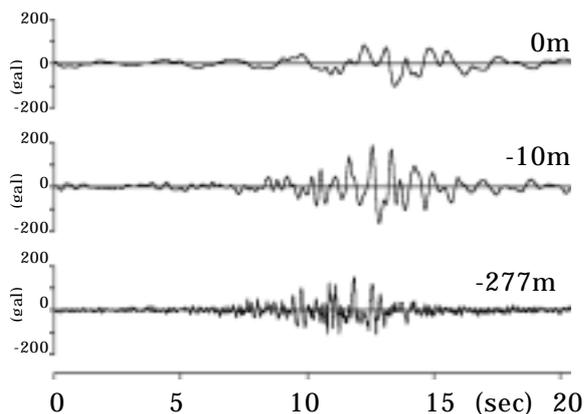


図-4 Shakeによる応答加速度波形

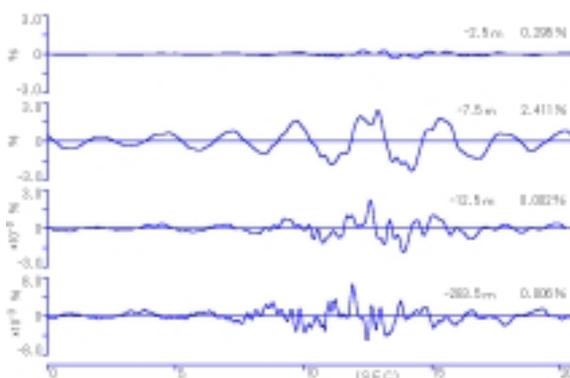


図-5 Shakeによる応答ひずみ波形

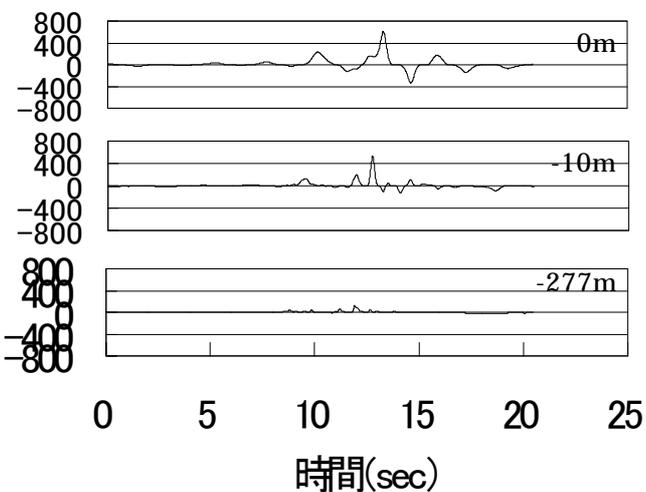


図-6 I値 $^{1/2}$ -波形

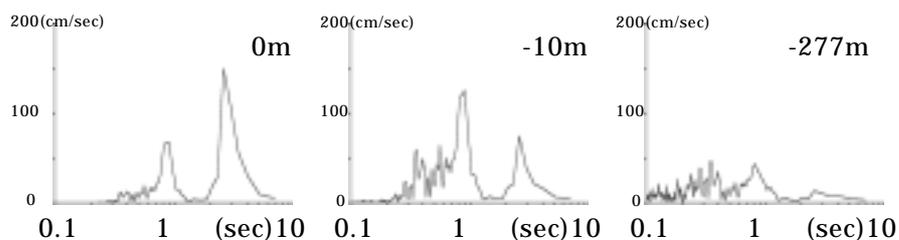


図-7 Shakeによる加速度フーリスpekトル