

佐藤工業(株)正会員 ○ 中村 晋, 石原金洋
東北大学 正会員 柳沢米司, 飛田善雄

1 はじめに

液状化被害の予測は、簡易予測のほかに、間隙水圧の発生に伴う剛性・強度低下を考慮した動的応答解析を用いた詳細な予測が行なわれている。これらは、地震力作用時における地盤の共振的挙動及び非線形挙動に基づいた予測手法である。しかし、地震波動は、その発生・伝播機構の差異により異なった周波数特性を有しているし、また、我々が工学的に対象としている表層地盤では、地震時の発生歪により、地盤固有の振動特性は時々刻々変化し地表地盤では選択的な地震応答を示すことが知られている。従来の研究では、液状化の発生に重点が置かれ地震波動および地盤の振動特性の経時変化に着目した例は比較的少ない。

本論文では、1983年に発生した日本海中部地震およびその他の地震により液状化被災を受けた八郎潟干拓堤防を対象とし地震応答解析を行い、特に軟弱沖積粘土層の剛性および入力地震波の周波数特性の経時的変化が地盤の振動特性に与える影響について検討した結果を報告する。

2 地震応答解析

地震応答解析は、対象地盤を水平成層と仮定し、材料非線形および間隙水圧の発生を考慮する一次元有効応力解析を行った。以下に概要を示す。

i) 運動方程式¹⁾

水平方向の運動方程式には、セン断波の伝播に伴う土中内のつり合い方程式を用いている。また、地下逸散減衰を考慮するため下方境界に粘性要素を設けている。

ii) 応力-歪関係

応力-歪関係はModified Hardin-Prneovichモデルを用いた。履歴特性にはMasing則を用いた。

iii) 間隙水圧発生モデル²⁾

間隙水圧発生モデルとしてセン断ひずみが内部構造の変化を表現するものとして飛田らが提案した式を用いている。

3 地震動の周波数特性および地盤の伝達特性

入力地震動の周波数特性の経時変化は、ランニングスペクトルにより算出した。さらに地盤の振動特性は、地盤の材料非線形性および間隙水圧の上昇により低下したその時刻での剛性により算出される伝達関数³⁾により評価した。さらに入力地震動の周波数特性の差異が地震応答におよぼす影響を評価するため八郎潟NS(以下H波)およびELCENTRO・NS(以

Depth (m)	Soil Type	Soil Profile	Unit Weight (t/m ³)	ρ (Deg)	Elastic Wave Velocity Vs (m/sec)			Cohesion (t/m ²)		
					CASE-1	CASE-2	CASE-3	CASE-1	CASE-2	CASE-3
0	Sand		1.8	25	150			—		
10	Clay		1.5	—	60	120	180	1.5	3.0	4.5
20										
30	Sand		1.8	35	200			—		
40										
50	Sand		1.8	45	300			—		
60										
70	Base		1.8	—	300			—		

図-1 地盤定数

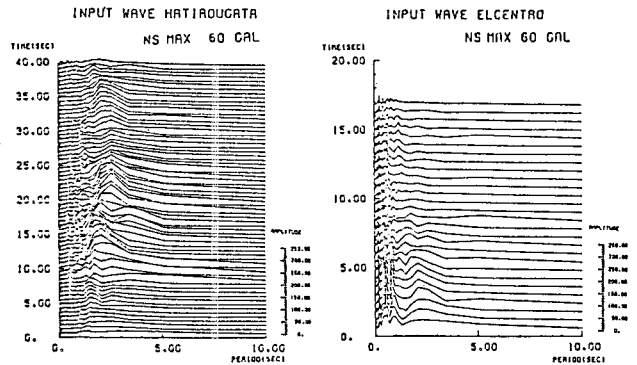


図-2 入力地震波のランニングスペクトル

表-1 入力地震波の卓越周期

表-2 地盤の卓越周期

Input Wave	Time	入力地震波の卓越周期		
		1st mode	2nd mode	3rd mode
八郎潟	t=0.	1.3	0.3	0.15
	t=45	1.7	1.0	0.30
	t=20.	2.5	0.5	—
ELCENTRO	—	0.9	0.5	0.15

	地盤の卓越周期		
	1st mode	2nd mode	3rd mode
CASE 1	0.75	0.35	0.15
CASE 2	0.65	0.30	0.13
CASE 3	0.60	0.25	0.13

下E波)の地震波を各々60gal, 120galに正規化し用いた。

5 解析結果

H波およびE波のランニングスペクトルを図-2、各々の地震波入力による各ケースの地盤の地震応答による伝達関数を図-3、4に示す。各々の地震波の卓越周期を表-1各ケース地盤の卓越周期を表-2に示す。

6 考 察

長周期型地震入力(H波)の場合、剛性低下に伴う地盤の卓越周期ののびに伴い地盤の1次モードが地震動の2次モードにより増幅され一種の共振状態により液化が生じていることがわかる。

短周期型地震入力(E波)の場合、地盤の剛性低下に伴い地盤の1次モードが地震波の卓越成分より長くなり地盤振動が減衰し液化には至らないことがわかる。

軟弱層の剛性の影響(H波の場合)についてみると地盤Case-1,2の中間層の剛性が上部砂層より小さいため上部へ振動エネルギーが伝達せず液化化までの経過時間が長くな

ったと考えられる。このように、地震動の周波数特性および地盤の伝達特性(単に1次モードのみならず、2, 3次の高次モードも含んだ)が地盤の地震被害におよぼす影響は大きいという結果が得られた。今後さらにケーススタディおよび解析手法の改善を進めていく予定である。

参考文献 1)石原・東畑:東京大学工学部紀要「One-Dimensional Soil Response Analysis」

2)飛田・柳沢:第38回年次講演概要集「地震波の特性を考慮した動的間ゲキ水圧予測の簡便法」

3)土岐憲三:新体系土工学 構造物の耐震解析

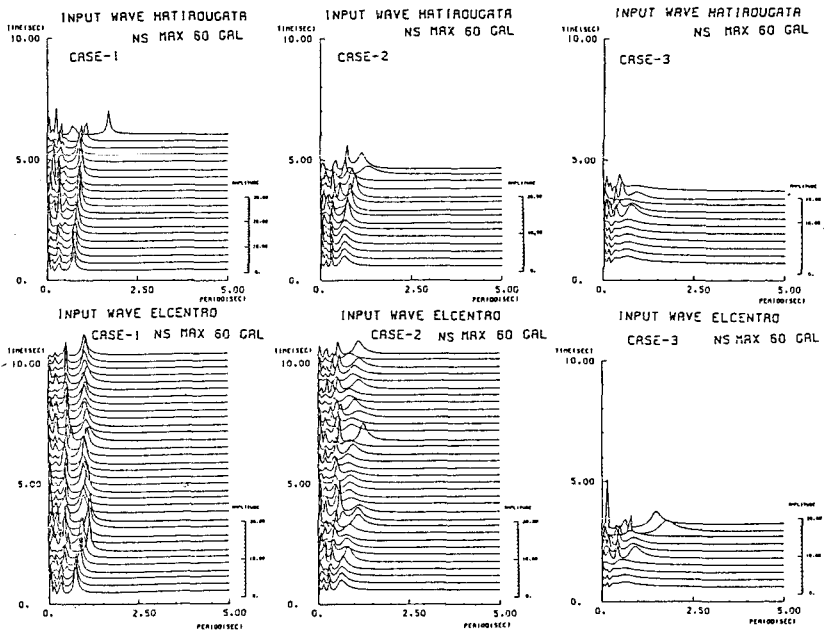


図-3 伝達関数(入力最大加速度 60gal)

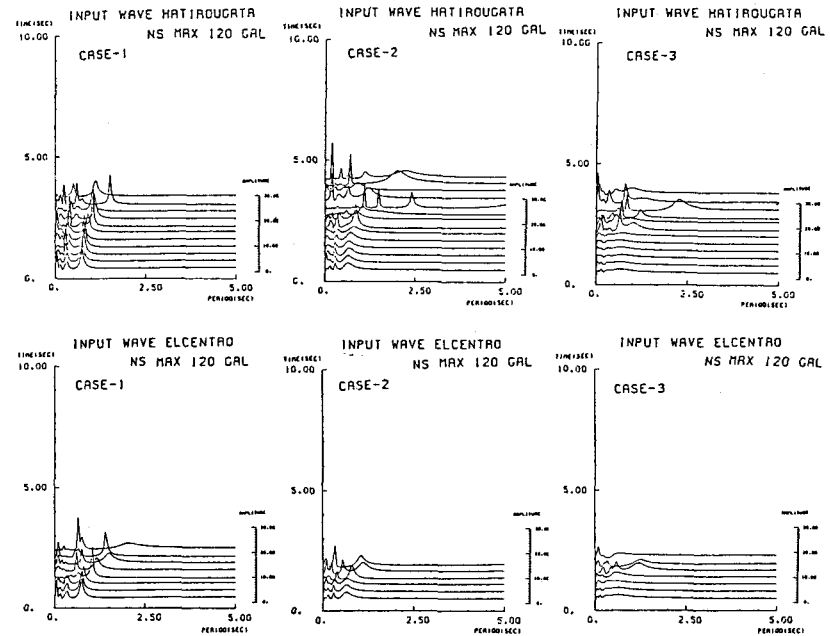


図-4 伝達関数(入力最大加速度 120gal)