

間隙水圧の上昇を考慮したクイ基礎の応答解析

中部電力(株)

正員 藍田 正和

正員 杉戸 孝

基礎地盤コンサルタンツ(株) 正員 中村 耕次

正員 森本 巖

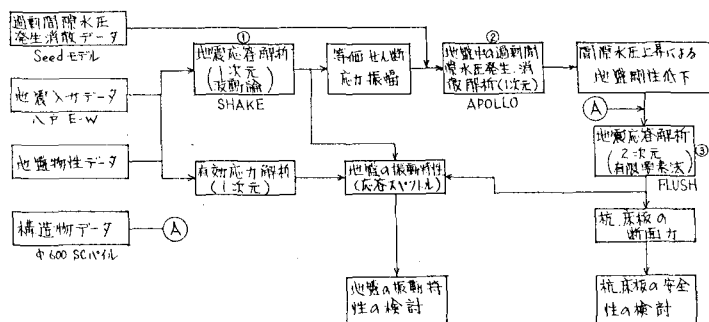
○正員 大橋 正

1. はえがき

強震時の地盤の挙動を推定する方法としては、従来から線形または等価線形法等により、土の剛性、減衰特性の歪依存性を考慮した地震応答解析がなされた。しかし、この手法は、砂層の過剰間隙水圧の上昇による地盤振動特性の変化が考慮されないため、砂地盤の液状化時の挙動を表現し得なかった。この欠点を補い、今回は図-1の流し図に示すように、①従来からの全応力解析、②過剰間隙水圧の発生消散解析、③①と②を組み合わせた地盤と構造物の連成型による疑似有効応力地震応答解析を行い、液状化時の地盤の挙動および基礎体の安全性検討としたので報告する。

2 地盤モデルおよび入力地震動

解析対象基礎は、濃尾平野西部
の軟弱地盤地帯に位置する中部電力
(株)面尾張変電所内のガス絶縁装置基
礎であり、地盤線率は図-2に示す
ように上部に「Loose」～「Medium」の相
対密度を示す砂層が堆積している。



解析上の基盤面は $4\text{L}-5\text{Zm}$ 付近にある炭礫砂礫層とした。基盤入地変動は、長周期成分の卓越したハ

図-1 解析手順フローチャート

戸巻の記録(E-W成分、1968年十勝沖地震)とし、最大加速度は、
150 galを用いた。

3. 解析手法

全応力解析には、重複反射理論によるプログラム SHAKE を使用し、これにより求めらるたセン断面応力波を、間隙水圧の発生消散プログラム APOLLO²⁾ に用いた。擬似有効応力解析には、過剰間隙水圧の上昇による地盤剛性の低下を (1) 式により考慮し、完全液状化以後の地盤状態をシミュレートした。解析は、構造物を考慮できる動的 FEM プログラム FLUSH³⁾ を使用した。

$$\frac{G'}{G} = \left\{ \frac{\bar{\sigma}_v'}{\bar{\sigma}_v} \right\}^{0.5} \cdots \cdots (1)$$

G' : 間隙水圧の上昇を考慮した地盤剛性
 G : 初期地盤剛性
 $\bar{\sigma}_v'$: 間隙水圧の上昇により低下した有効垂直圧
 $\bar{\sigma}_v$: 初期有効垂直圧

尚、完全液状化層での地盤剛性 G' は、初期地盤剛性の1%とした。

4. 解析結果

図-3の(a)は基盤入力波形を、(b)は全応力解析による地表面応答加速度波形を表わしている。図-4は、上部各砂層ごとの過剰間隙水圧比 u_v の経時変化を表わしているが、加振より3秒後から似の上昇

深度(m)	柱状图	N 值			序号	Vs (m/s)	fc (MPa)	ε _s (%)
		10	20	30				
10					1	105	1.80	10 ⁻⁴
					2	97	1.67	"
					3	107	1.67	"
					4	165	1.75	"
					5	178	"	"
20					6	175	"	10 ⁻⁴
					7	145	"	10 ⁻⁴
					8	120	1.72	"
					9	"	"	"
					10	"	"	"
30					11	"	"	"
					12	210	1.80	"
					13	"	"	"
					14	"	"	"
					15	"	"	"
40					16	"	"	"
					17	350	2.00	"
					18	"	"	"
					19	550	2.00	"
50								
60								

图-2 地盤概要

がみられ、5, 7層では6秒程度で
 $\frac{A_{max}}{g}$ が1.0に等しくなり完全液状化
 に至ったことがわかる。図-3
 (c)の波形は、全応力(3秒以前)と
 疑似有効応力(6秒以後)とを合成
 したものであるが、加速度振幅が小
 さくなり、周期も長くなる液状化の
 傾向を比較的によく表わしている。

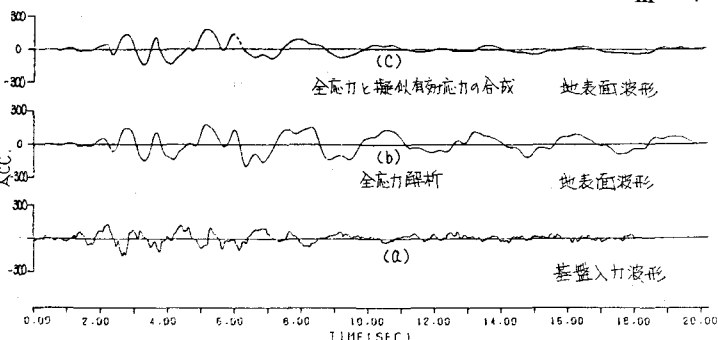


図-3 入力波形 および応答波形

※ 図中の番号は層番号

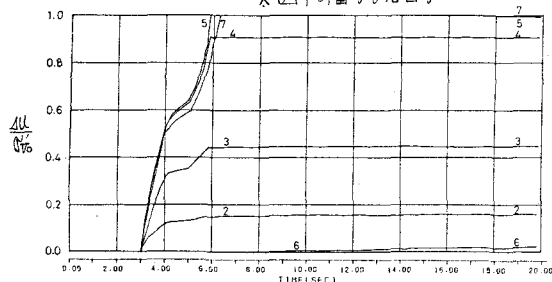


図-4 過剰間隙水圧上昇の経時変化

図-5, 6は、全応力と疑似有効応力解析とを、
 加速度および変位の最大値について比較したものである。これによると、加速度では疑似有効応力が全応力の60%程度となり、変位についても70%程度に減少している。これは、液状化層の剛性低下に伴い、減衰の割合が大きくなるためと考えられる。一方、フイと自由地盤との変位をみると、地盤剛性の高い下部層では、地盤と杭とは一緒に変位しているが、上部液状化層では、フイの曲げ剛性が影響し、フイ変位は小さくはまっている。しかし、その程度は小さく、フイ変位は地盤変位に支配されていると云える。図-7は液状化時のフイのモーメント経時変化を示しており、発生モーメントが破壊モーメントを下まわっているため、安全性が確認された。

5. まとめ

今回は、砂地盤中のフイ基礎の液状化時の挙動を把握するため、過剰間隙水圧の上昇による地盤剛性の低下を先に求め、それを既往の地震応答計算プログラムに入れることにより、簡易的な有効応力解析を行った。この方法により、簡易的ではあるが、ある程度液状化時の地盤とフイの挙動をシミュレートすることができたと考えられる。

しかし、不明な点も多く、モデル実験等による検討手法の明確化が今後期待される。

(参考文献) (1) Schnabel, Lysmer, Seed (1972): Report No. EERC 72-12 (2) Martin, Seed (1978): Report No. EERC 78-21 (3) Lysmer, Udaka, Tsai, Seed (1975): Report No. EERC 75-30