

金沢大学 工学部 正 員 北浦 勝
金沢大学 大学院 学生員 武蔵 正信

1. まえがき

地震時に飽和砂質地盤が液状化を起し、地上構造物はもとより、地中構造物にも多大の被害を与えたサンフェルナンド地震(1971, M6.5)以来、その方面の研究は活発に行なわれるようになった。またここ数年の間に、地盤の地震応答解析では、過剰間隙水圧の上昇による液状化の発生を考慮した有効応力解析の手法が種々提案されている。

本研究は、この有効応力解析手法を取り入れ、地盤の液状化を考慮することにより、地中埋設構造物(管状構造物)がどのような地震時挙動を示すかを解析した。

2. 解析手法および解析モデル

解析は有限要素法によって行ない、応答は直接積分(Wilsonの θ 法; $\theta = 1.4$)により、時刻歴ごとに求めた。また地盤定数(G :せん断弾性定数、 γ :減衰定数)の変化は、ひずみ依存による非線形性を考慮すると同時に、過剰間隙水圧の上昇による有効応力の変化の影響も考慮した。

過剰間隙水圧の蓄積量は、Martin, Finn, Seed¹⁾によつて提案された式によつて計算し、深さ方向における発生の違いは、Finn, Byrne, Martin²⁾の式によつて相対密度で考慮した。またひずみ依存による非線形性は、Hardin, Drnevich³⁾の式を用いた。

減衰はRayleigh減衰($\alpha[M] + \beta[K]$; $\alpha = 0.0$, $\beta = 0.005$)を用い、入力はTaft地震の加速度波形記録を、最大値 $0.15g$ ($147gal$)として基盤に作用させた。解析時間ステップは 0.02 秒で、 30 秒間継続させた。解析対象モデルを図-1に、その物性を表-1に示す。

表-1 地盤の諸定数

要素番号	G (kg/cm^2)	γ ($1/m^3$)	α
1	343	1.84	0.043
2	540	1.92	0.050
3	83300	2.40	0.050
4 ~ 20	735	2.00	0.055

3. 解析結果および考察

図-3は埋設管の応答加速度で、液状化を考慮した場合と、考慮しない場合について示した。

図-4はその時の地盤の動きで、過剰間隙水圧の経時変化、液状化を考慮した場合の地表の応答加速度、液状化を考慮しない場合の

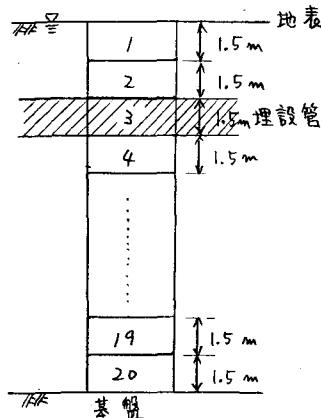


図-1 解析対象モデル

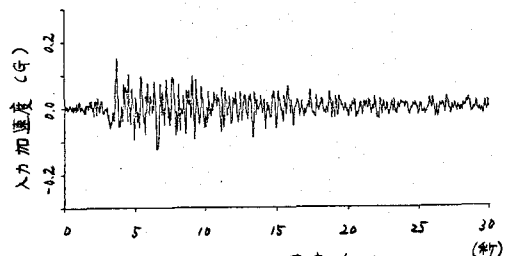


図-2 入力加速度波形

地震応答加速度である。

図4より明らかなように、地盤、埋設管ともに完全液状化発生以後は、その応答加速度は急激に小さくなり、それ以前と比較して長周期の波形を示している。この間、応答加速度の最大値は、液状化の発生を考慮した場合、地表で $0.27g$ ($265gal$)、埋設管で $0.23g$ ($225gal$) であった。また液状化の発生を考慮しない場合は、地表で $0.29g$ ($284gal$)、埋設管で $0.26g$ ($255gal$) であった。

以上のことより、地盤の非線形性および液状化の発生を解析に取り入れることにより、既に言われているように、地盤の応答加速度は小さくなることがわかった。また液状化地盤中の埋設管の応答加速度も小さくなることが本解析により明らかにされた。したがって振動的には液状化は構造物にとって有利となるが、今回の解析で考慮しなかった浮力や、地盤の移動・崩壊を考えると、むしろ不利となるので、これらを考慮した解析手法が必要となる。

4. まとめ

本研究で利用した地盤-構造物の地震応答解析手法は、液状化による応答特性の変化を十分に反映しており、有効であると思われる。今後は、浮力、浸透力の影響を取り入れ、より完全な手法としていく必要がある。

参考文献

- 1) Martin, Finn, Seed, "Fundamentals of Liquefaction under Cyclic Loading", Proceedings of ASCE, GT5, 1975.
- 2) Finn, Byrne, Martin, "Seismic Response and Liquefactions of Sand", Proceedings of ASCE, GT8, 1976.
- 3) Hardin, Drnevich, "Shear Modulus and Damping in Soils: Design Equations and Curves", Proceedings of ASCE, SM7, 1972.

