

III-A 168

液状化を考慮した簡易な地震応答解析

建設省土木研究所 正員 田村敬一  
 開発土木研究所 " 二宮嘉朗  
 建設省土木研究所 " 濱田 禎

1. はじめに

地盤の液状化が発生すると、その前後では地盤の動的変形特性が大きく変化するため、液状化前と液状化後の両者について1つの特性値をもって地盤の特性を代表することは困難である。本文は、液状化発生前後の地盤の動的変形特性の変化を簡易に考慮できる地震応答解析手法を提案し、平成7年兵庫県南部地震による東神戸大橋周辺地盤の鉛直アレー記録に適用した結果を報告するものである。

2. 解析手法

本手法は、液状化の発生時刻を推定し、まず、地震応答解析の入力地震動を液状化発生前後の2区間に分離した上で、各々の区間に対して液状化発生前及び発生後の地盤の動的変形特性を用いて全応力解析を行い、次に、液状化発生前後の2区間に対して算出された応答波形を重ね合わせるものである。ここで、解析プログラムとしては“SHAKE”を用い、土の非線形性については等価線形化手法により考慮した。

液状化の発生時刻の推定には累積損傷度の概念を適用した。すなわち、液状化発生前の地盤の動的変形特性を用いた通常的全応力解析によりせん断応力の時刻歴を求め、正負半波ごとのピーク値を $\tau_i$  ( $i=1, 2, \dots$ )とする。別途実施した繰返し三軸試験による液状化強度曲線（図-1参照）をもとに、せん断強度比 $R_i$  ( $=\tau_i/\sigma'_v$ 、 $\sigma'_v$ は有効上載圧)に対する繰返し回数を $N_i$ とし、 $\sum 1/(2N_i)$ が1以上となる時刻を液状化発生時刻とした。

3. 解析結果

図-2に東神戸大橋周辺の地盤モデルを示す。解析に用いた入力地震動は、図-3に示す、平成7年兵庫県南部地震により同橋周辺の地表面下33mで得られた強震記録である。液状化発生時刻の推定方法は2. に示したとおりであり、地表面下4~17mの埋立て砂質土層において6秒付近で液状化が発生したものと推定された。図-4に液状化発生前後の動的変形曲線の例を示す。液状化発生前に比較して発生後では、せん断弾性係数については、せん断ひずみが概ね0.05~1%の範囲でせん断波速度にして最大30%程度の低減に相当するよう低下させた。また、減衰定数については、せん断ひずみが概ね0.1%以上の領域で最大0.5程度まで増加させた。なお、液状化発生後の動的変形曲線は、液状化が生じたと考えられる土層にのみ適用し、それ以外の土層については、液状化発生時刻後についても発生前の動的変形曲線を用いた。以上の手法により地表面における地震動を推定した結果を観測記録と合わせて、図-5に示す。また、図-6には液状化発生前の動

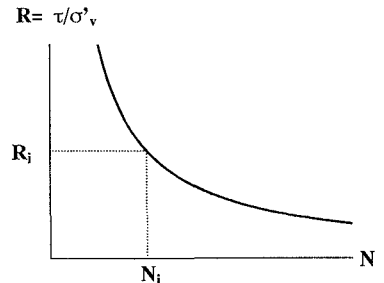


図-1 液状化強度曲線

深 度 (m)	土質区分 記号	地層 記号	単位体積 重量( $t/m^3$ )	せん断波速度 $V_s(m/sec)$		
				0	100	200 300
6.75	埋立土砂	B s	1.80		113	
	埋立土砂	B s	2.00			137
12.50	埋立土砂	B s	2.00			177
16.80	粘 土	A c	1.64			159
24.10	砂質土	D s	1.85			248
25.25	砂質土	D s	2.00			280
▲33.00	砂質土	D s	2.00			280

▲印は、入力動規定位置

図-2 地盤モデル

的変形曲線を用いた通常の解析結果を示す。図-5と図-6を比較すると、通常の解析では液状化発生後について振幅を過大評価（特に、N12° E方向）しているのに対し、提案手法はより観測記録に整合していることがわかる。

4. まとめ

本研究で提案した手法を用いることにより、液状化発生後についても等価線形化手法を用いた全応力解析の有効性が示された。

【参考文献】1) Schnabel, P. B. et al. : SHAKE, EERC Report No. 72-12, 1972

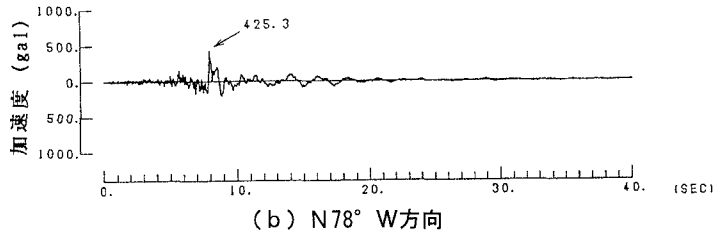
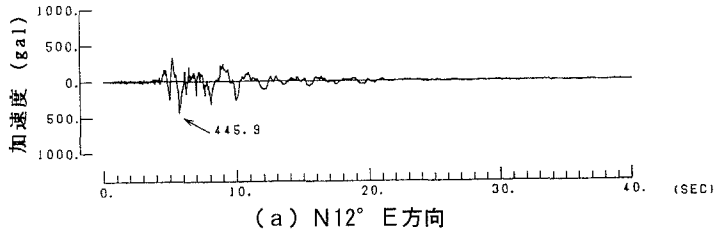


図-3 入力地震動記録

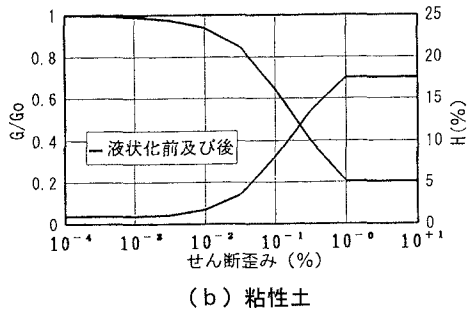
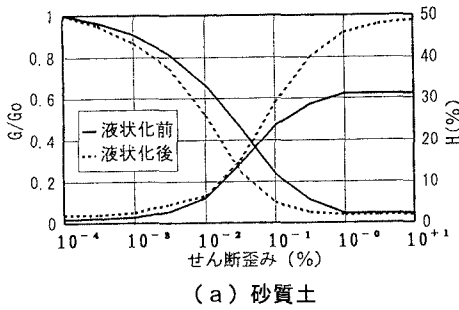


図-4 液状化発生後の動的変形曲線の例

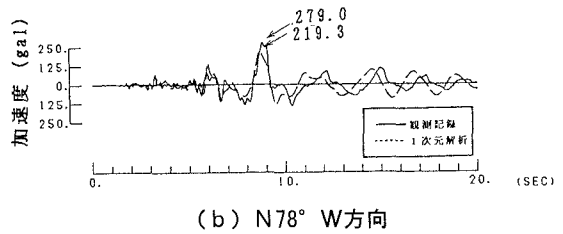
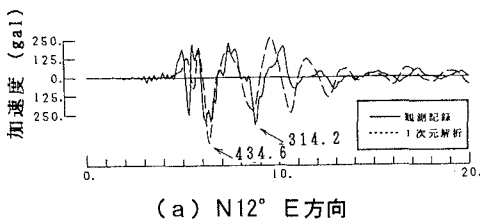


図-5 解析結果と観測記録の比較（提案手法）

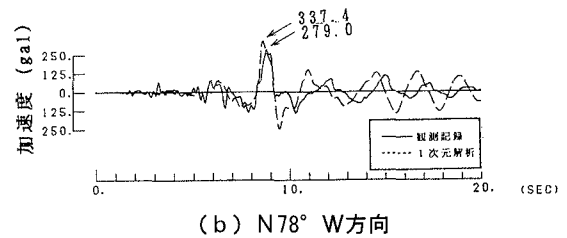
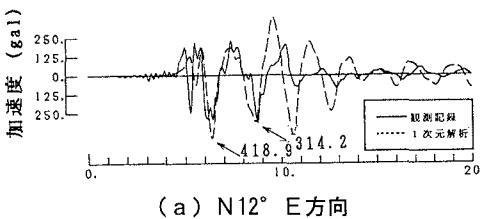


図-6 解析結果と観測記録の比較（通常解析）