

Ⅲ－47 周波数領域での非線形地震応答解析法の精度と課題

日本大学工学部土木工学科 学○武田英久，佐藤大輔，正 中村 晋

1. はじめに

地盤の強非線形挙動の数値解析による評価手法には，時間領域での逐次積分法と周波数領域での複素剛性法が多く用いられてきた．後者の手法は利点が多く，現在でも利用されている．しかし，大きなひずみ領域では加速度を過大評価すること，適用範囲があきらかになっていない等，精度面での課題が指摘されている．

ここでは，周波数領域での解析法に応じた精度レベルを明らかにするために，基準ひずみに対する応答ひずみの比率を地盤材料の非線形化を表す指標とし，3つの手法¹⁾の解析精度結果を用いて比較を行った．その精度比較は，周波数領域の解析と同様な応力-ひずみ関係を用いた時間領域での逐次非線形地震応答解析との比較に基づいて実施した．時間領域での解析コードには「YUSAYUSA2」²⁾を用いた．

2. 解析モデルおよび条件

表-1 解析地盤モデルの基本地盤定数

解析には，5つの地盤モデルと周波数特性，継続時間が異なる3つの地震動を振幅調整し，入射波成分として地盤モデルに入力した．地盤モデルおよび条件は，前年に用いたモデルと同様だが，せん断波速度の値に修正を加えた基本地盤定数を Type-A から Type-E として表-1に示す．

3. 両領域における地表面の最大値，加速度応答スペクトルの比較

まず，各地盤モデルの地表面における最大応答値に着目し，3つの入力波の入射波振幅レベルに応じた各周波数領域での解析法による最大応答と時間領域での解析法による最大値との比率の常用対数を求め，比較の一例として Type-C について図-1 から3に示す，ここで，入射波の加速度レベルは応答のひずみレベルをふまえ， 0.125m/s^2 から 3.00m/s^2 までの9段階とした．その結果，各手法とも 0.50m/s^2 程度までは，ほぼ同等の精度を保持しているが， 0.50m/s^2 以降は，手法また入力波によりばらつきがみられるが，精度は SHAKE, DYNEQ-M, FDEL-M の順となっている．

次に Type-C について周波数領域と時間領域での地表面応答加速度の加速度応答スペクトルの比較を行い，図-4に示す．入力振幅レベルは9段階中， 0.25m/s^2 ， 1.50m/s^2 ， 3.00m/s^2 の3段階に着目した．地表面応答加速度の加速度応答スペクトルの比較結果では，DYNEQ-M において短周期でのスペクトル振幅は，小さな評価となっているが，周期 3.0 秒以降のスペクトル振幅は時間領域での解析結果とは比較的良く対応していた．

TYPE	No	土質	層厚 (m)	質量密度 (t/m^3)	せん断波速度 (m/s)	せん断強度 (C or ϕ)
A	1	砂	1.00	1.75	130	35.0°
	2		1.00			
	3		1.00	1.95	140	
	4		1.00			
	5	粘土	6.00	1.95	160	
	6		2.00			
B	1	砂	1.00	1.75	100	35.0°
	2		1.15	1.95	130	
	3		0.65	2.00	160	
	4		0.95			
	5	粘土	3.40	1.75		9.2kPa
	6		3.70		100	25kPa
	7		1.20			26kPa
	8		9.00		160	66kPa
	9		2.00		190	93.5kPa
	10		1.50		270	183kPa
C	1	砂	1.00	1.75	120	35.0°
	2		0.90			
	3	粘土	3.90	1.75	100	12.6kPa
	4		1.80		135	75kPa
	5	砂	1.20	2.00	260	35.0°
	6		0.70		260	
	7		1.30		220	
	8				230	
	9		1.00	1.95	230	
	10				220	
	11				230	
	12		1.20		220	
D	1	粘土	1.00	1.55	100	9.8kPa
	2		3.20	1.75	100	9.5kPa
	3	砂	1.30		170	35.0°
	4		2.00	2.00	190	
	5		2.00		210	
	6		2.50		190	
	7	粘土	5.50	1.75	130	43kPa
	8		2.80		220	130kPa
E	1	粘土	1.00	1.60	130	19.2kPa
	2		1.00	1.80	130	21.7kPa
	3	砂	1.75		170	35.0°
	4		1.00	1.95	190	
	5		1.00		210	
	6		2.15		210	
	7		1.45		130	26kPa
	8	粘土	6.50	1.75	100	66kPa
	9		4.90		110	93.5kPa
	10		1.85		165	183kPa
	11		1.10	1.80	150	35.0°
	12	砂	1.05			
	13		1.00	1.95	210	
	14		1.00			
	15		0.85			
	16	粘土	2.00	2.10	220	107kPa

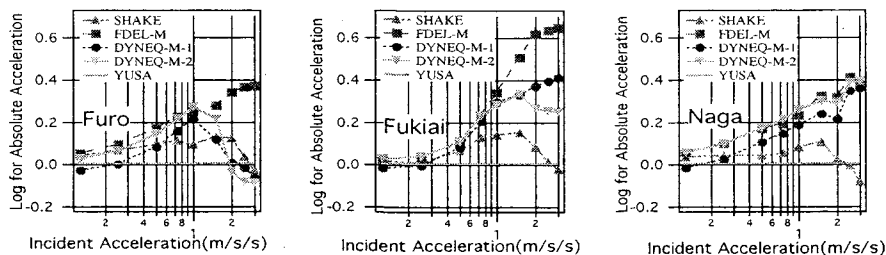


図-1 Type-C 地盤における入力地震波に応じた入力レベルと地表面最大加速度の比較

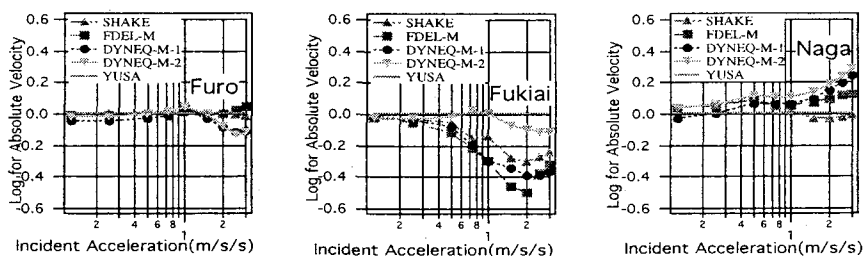


図-2 Type-C 地盤における入力地震波に応じた入力レベルと地表面最大速度の比較

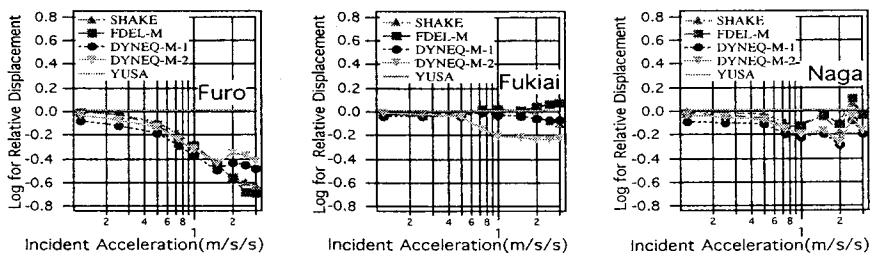


図-3 Type-C 地盤における入力地震波に応じた入力レベルと地表面最大相対変位の比較

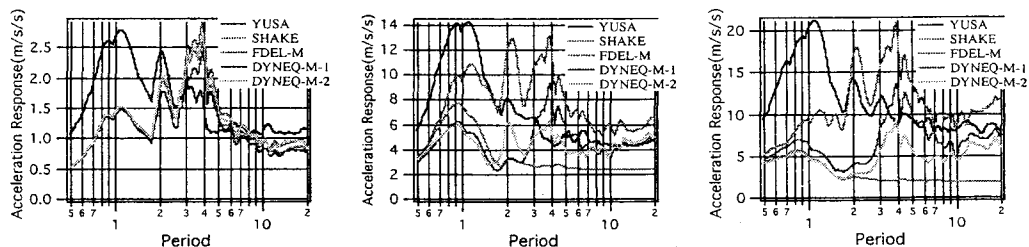


図-4 Fukiai 波に対する Type-C 地盤における地表面応答加速度の加速度応答スペクトル ($h=5\%$) の比較

参考文献

- 1) 中村晋, 吉田望: 周波数領域での地盤の非線形地震応答解析の精度と課題, 土木学会応用力学論文集 Vol.1X, pp1-9, 2004
- 2) 吉田望, 東畑郁生: 「YUSAYUSA-2 理論と使用法」 (改訂版), 1995