

CS4-14〔I〕

不整形な表層地盤の地震動特性
(その2. 地盤内の応答特性)

○鹿島建設(株) 正会員 須山泰宏
都立大学工学部 正会員 国井隆弘

1. はじめに

地震動特性に強く影響する土の物理定数が、地震時に発生している地盤内の歪みレベルに依存することに關しては多角的に検討されてきている。多くの場合、せん断歪みレベルの増加にともなう剛性の低下および減衰能力の増加が着目されるが、本報告でもこの性質を等価線形化手法に導入して近似的な非線形解析による地震動特性の把握を試みる。

対象は、都市部に多く見られる様な河川が台地をきざんで形成する不整形な表層地盤である。地盤の不整形性に起因する表層地盤の複雑な歪みの分布が、整形地盤とは異なる地震動特性を作り出すことが予測される。本報告では、耐震設計レベルの強い地震動を想定した場合の表層地盤内の歪み等の応答の分布に着目して、得られた地震動特性の一例を示し、いくつかの問題点を提供する。なお、解析の条件等の一部は前載の同題目(その1)と重複するため、ここから引用させて頂く。

2. 解析の条件および結果の表示方法

本解析は不整形な表層地盤の形態をパラメータで設定し、地震動の特性が整形地盤の場合と大きく異なる様な各種の条件を見出す目的を持っている。このため、具体的に実存地盤(地域)を対象にするとともにパラメータの影響の特性をも解析したい。すでに耐震工学委員会をはじめ土木に限らない各分野から貴重なご意見等を頂いて、現在次の様な解析の条件の基に検討を進めており今回報告する。

- (1) 対象地盤～丘陵, 河川, 沼湖, 海岸, 等の不整形要因のうち河川流域の最も単純な地盤形態。
- (2) 解析手段～FEMプログラムFLUSH によるSH波入力地震動による二次元非線形解析。
- (3) その他～前述(その1)によるが、地盤Iのせん断波速度は150m/sとし、 $W \approx 300m$ とする。

なお、(その1)でも同様であるが、非線形解析に用いる剛性の低下率 α および減衰定数 h は、せん断歪み $10^{-6} \sim 10^{-2}$ (6～2の指数 γ)に対して地盤IではTable 1の値とする。地盤IIでも値は異なるが類似の数値を設定する。これらはこれまでよりも地盤の非線形性を少なめに修正してある。

解析結果の表示方法は全て次の様に統一する。すなわち、加速度と変位の最大値はFEMの要素節点の値で、一方せん断歪みの表示は要素内の値で、それぞれ適当なランクに分けて行なう。この場合、表示する範囲は(その1)に示したFig. 2における地盤IとIIに限定する。ここで横X, 縦Yの節点(X, Y)座標を用いFig. 2の左上端を(0, 0), 左下端の地盤IIIとIIの境界を(0, 5), 地表面中心を(13, 0)とする。加速度, 変位の表示はこれらの座標で示し、歪みは座標の右下の要素の値で示すこととする。

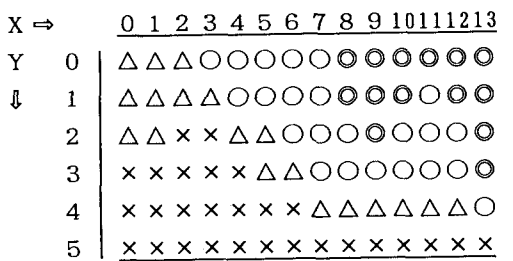
3. 解析と検討結果

上述した表層地盤内部における加速度, 変位およびせん断歪みの最大値をそれぞれFig. 1～3に示す。これらは節点あるいは要素での時刻歴応答の最大値であり、非線形収斂結果による。したがって同時刻に発生した値ではない。ランクは分かり易い様に適当に分類したものであり、異なる表示方法もあり得る。

変位および歪みの分布は線形, 非線形ともに大差はないが、加速度では両者ともに複雑な分布を呈している。この理由は明確ではないものの、各要素における収斂過程が関連しているはずであり、後述する様に理由の解明には最大値のみならず他の各種の値の表示手法が必要であろう。これらの図から予想できそうなのは、歪みに見られる分布から、例えばアーチ構造の様な効果である。

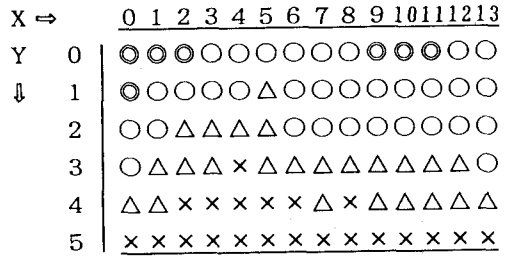
Table 1

γ	α	$h(\%)$
6	1.0	2.0
5	0.97	2.0
4	0.82	5.0
3	0.42	17.5
2	0.07	28.0



(a) Linear

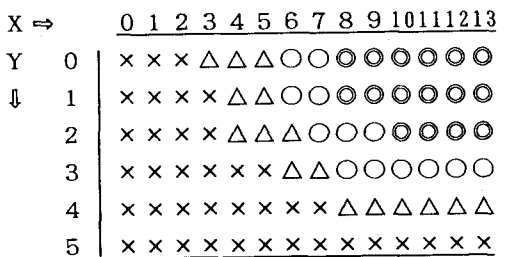
○ ≥ 0.5 ○ ≥ 0.3 △ ≥ 0.2 × ≥ 0.1



(b) Non-linear

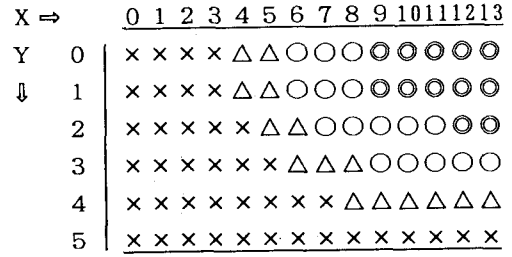
○ ≥ 0.21 ○ ≥ 0.17 △ ≥ 0.15 × ≥ 0.09

Fig. 1 Maximum Acceleration (Gal)



(a) Linear

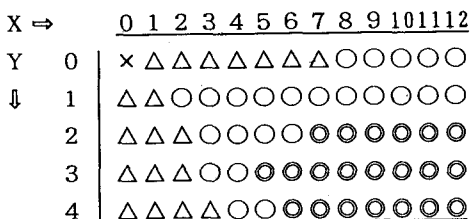
○ ≥ 1.5 ○ ≥ 1.0 △ ≥ 0.5 × ≥ 0.0



(b) Non-linear

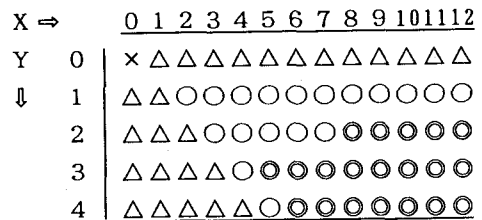
○ ≥ 1.5 ○ ≥ 1.0 △ ≥ 0.5 × ≥ 0.0

Fig. 2 Maximum Displacement (cm)



(a) Linear

○ ≥ 1000 ○ ≥ 316 △ ≥ 100 × ≥ 31.6



(b) Non-linear

○ ≥ 1000 ○ ≥ 316 △ ≥ 100 × ≥ 31.6

Fig. 3 Maximum Shear Strain (Log., × 10⁻⁶)

4. 結び

残された課題は多い。特にFEM要素ごとの各種の時刻歴波形およびスペクトル解析などの膨大な応答データの最適な処理と表示手法にある。今後の検討項目として以下に列記して諸兄のご意見を伺いたい。

- (1) 非線形応答の収斂の過程の追跡とその結果に対する評価方法。
- (2) 地中埋設構造物等に強く影響すると考えられる地盤内に発生している歪み(相対変位)の算出。
- (3) 地盤内各位置での時刻歴応答のビジュアルな表示手法。
- (4) 表面波等の課題とすべき各種入力地震動の想定とその波形の設定。
- (5) 相互作用等構造物に影響する地盤内および地表面の応答波形の評価方法。
- (6) 等価線形化ではない非線形応答計算の可能性。
- (7) 三次元解析の必要性和可能性の検討。