

パルス形状波を用いた地盤応答解析の視覚的理解の方法
Understanding Earthquake Response Analysis of Ground by Input of Pulse Wave

○家田 浩之* 吉中 輝彦*
Hiroyuki Ieda Teruhiko Yoshinaka

1. はじめに

大規模なレベル2地震動を対象とした土木構造物の耐震設計の需要が増す中、必ずしも振動解析を専門としない技術者が地盤応答解析を行う機会が増加している。自ら解析を行わない場合でもその結果を適切に評価し、説明責任を果たす必要がある。ところが、振動現象を専門としない技術者にとって、それは必ずしも容易なことではない。筆者の経験では、耐震設計の実務において、地盤の震動現象の理解を難しくしている要因は、以下のような点にあると考える。

- (1) 入力地震波形として不規則な時刻歴波形を用いること
- (2) 解析の対象が一般的に多層地盤であること
- (3) 地盤の非線形特性（動的変形特性）を考慮する必要があること

ここでは、単純化した地盤モデル及びパルス形状の入力波による地盤応答解析を行い、その結果を視覚的に整理することで、地盤応答解析に関する理解の一助とする方法を提案する。

2. 基本的考え方

今回提案する地盤応答解析の基本的考え方は以下のとおりである。

- (1) 入力の地震波形は、パルス形状の単純な波とする。
- (2) 地盤のモデルは、一次元の水平成層地盤（単層から数層程度）とし、弾性材料として扱う。
- (3) 地盤中の波動の伝播を等価波（E波）と反射波（F波）に分離して解く重複反射理論による方法を用いる。
- (4) 解析結果は、地盤中の波動の伝播状況が分かるように図化する。

3. ケーススタディー

以上の考えに基づいて試みたケーススタディーの一例を以下に紹介する。

(1) 解析モデル、入力波形、解析プログラム

解析モデルは、単層構造と3層構造の2種類を用意した（Table 1）。入力波形は、周期0.1sの正弦波（半周期）とし、解放基盤波（2E波）としてモデル底面から入力した。応答解析のプログラムは、重複反射理論に基づく一次元地盤の地震応答解析プログラム（DYNEQ（吉田、末富ら、1996））を用いた。

(2) 解析結果とその図化

耐震設計では応答加速度を取り扱う機会が多いことから、解析結果として、深さごとの加速度時刻歴を出力した。Fig.1には、時間ごとの土層内の加速度分布を、Fig.2には、各深さの応答加速度履歴図をそれぞれ示した。Fig.1のような分布図を

Table 1 解析に用いた土層モデル
Parameters of Ground Models

モデル	土層厚さ(m)	Vs	γ	h
モデル A	0-20	100	20	5
	0-5	25		
モデル B	5-15	50	20	5
	15-35	100		

*Vs：せん断弾性波速度(m/s)、 γ ：単位体積重量 (kN/m³)
h：減衰定数 (%)

* NTC コンサルタンツ株式会社 NTC Consultants Co., LTD.

キーワード：土構造物の解析 地震工学 数値解析 技術者育成

各時間ステップで作成し、連続的にアニメーションとして見ることで、層境界や地表面での透過と反射及びその繰り返し（重複反射）を確認できる。また、ここで示した波形は、複合波（E+F波）であるが、重複反射理論に基づく方法の場合、透過波Eと反射波Fを分離して出力することが出来るため、それらの状況も参考になる。

以上のような波形の基本的な伝播の状況を、耐震設計の実務で取り扱う不規則な地震波形で追跡することは困難であり、単純形状の波形を用いる利点は大きいと考える。また、今回用いた波形は一つのパルスであるが、複数のパルス波形を用いれば、波形の重ね合わせの状況も見ることができる。

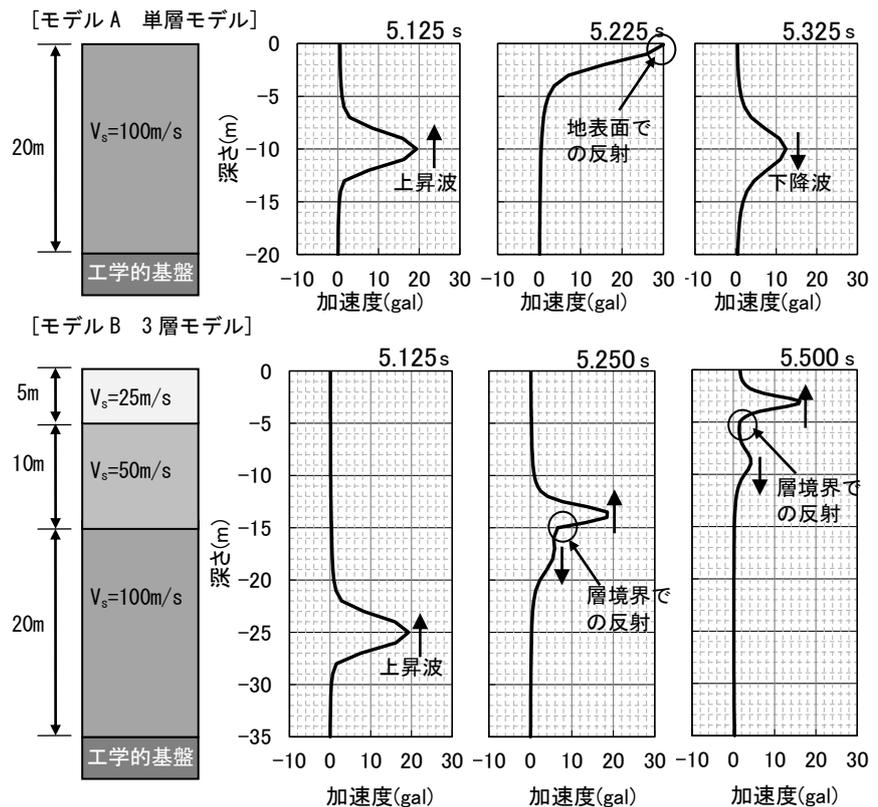


Fig.1 解析モデルと地震波伝播の図化
Ground Models and Illustrations of Propagating Waves

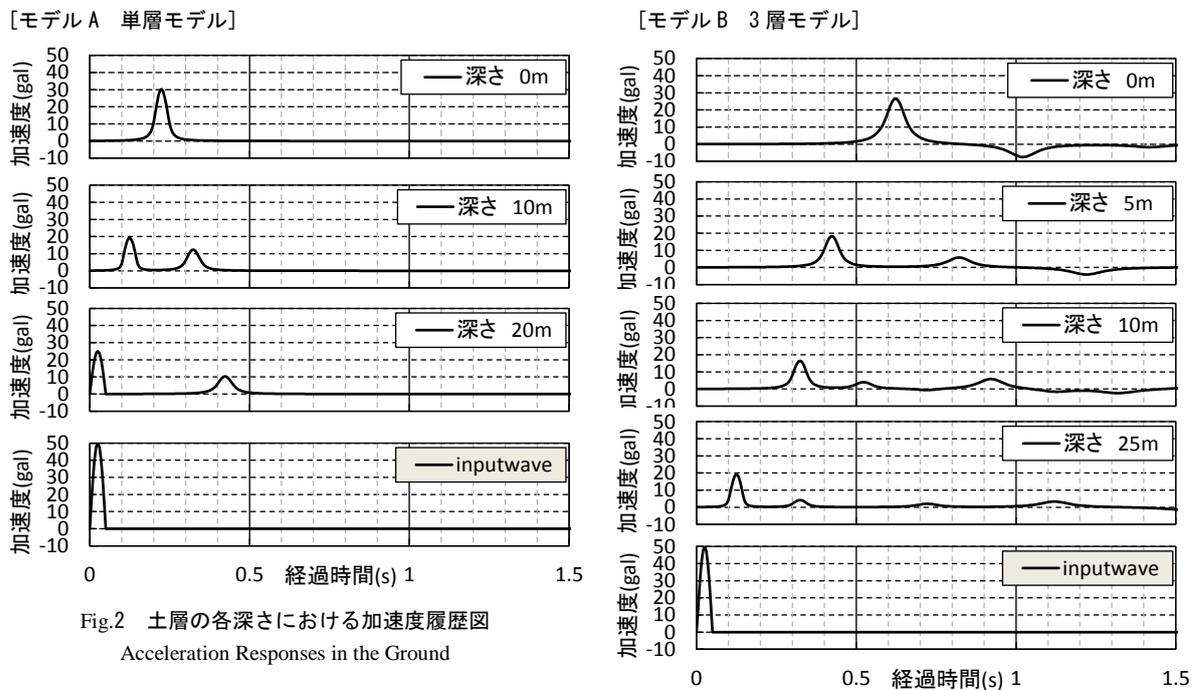


Fig.2 土層の各深さにおける加速度履歴図
Acceleration Responses in the Ground

引用文献

吉田, 末富. 1996. 等価線形化法に基づく水平成層地盤の地盤応答解析プログラム, 佐藤工業 (株) 技術研究所報 pp.61-70.