

足柄ブラインドテストの再評価に関する研究

東北学院大学 学生会員 大宮晶紀, 熊谷公佑

東北学院大学 正会員 吉田 望

1 はじめに

地盤の地震応答解析は、最近では実務設計にも多用されるようになっており、その精度向上は必須といえる。精度向上のためには、一つには地盤の力学特性を正しく把握し、適切にモデル化するということが必要であるが、もう一つ、本論で問題にすることも重要である。

たとえば地震で発生した被害を解析する際に、その地震の際に対象となるサイト近傍で得られた地震記録を用いることはよく行われる。ところで、地表の地震動は表層地盤の影響を受けることから、そのまま別のサイトの解析に用いるのは不適切で、いったん工学的基盤の波形を逆増幅解析で求め、その入射波を対象サイトに適用することがよく行われる。

ところで、このような方法は常に用いられるとは限らない。たとえば北米では近傍の岩盤サイトで得られた観測波を工学的基盤の複合波として扱うのに対して、日本では上記のように一旦工学的基盤に戻してから作用させる¹⁾。また、工学的基盤以深の地盤構造が地震動の再現に影響を与えるという研究成果もある²⁾。

これらのうち、どの方法が適切かということは、観測事例を通して検討するのがベストである。このような地震観測の事例として、足柄で行われたブラインドテストがある³⁾。このブラインドテストの結果では、計算結果に非常にばらつきがあることが示されている³⁾。金子らはこのばらつきの一つの原因として、先に述べた工学的基盤の設定方法があるということを SHAKE⁴⁾によるパラメータ計算で示した⁵⁾。すなわち、上記二つの方法に工学的基盤のせん断波速度 V_s を 800m/s, 1500m/s に変えた 4 つのケーススタディを行い、それぞれの結果が非常に異なることから、工学的基盤の設定が解析結果のばらつきに影響していることを示した。

これまでの研究が正しければ、次の問題は、適切な工学的基盤の定義方法を見つけることになる。本論ではそのために、このサイトの結果を再解析し、問題点を洗い出した結果を報告する。

2 解析方法と解析対象サイト

解析は、金子ら⁵⁾と同様、SHAKE⁴⁾で用いられている等価線形化手法を用い、一次元地盤の地震応答解析プログラム DYNEQ⁶⁾ を用いて行った。

図 1 に対象となった地盤の断面図を示す。地震観測は、KR1, KS1, KD1, KD2 および KS2 で行われている。このうち、KR1 は岩盤が路頭しており、KS2 は軟弱地盤上にある。また、KD1, KD2 は地中の観測で、礫などで構成される比較的固い地盤に設置されている。なお、図では地盤は傾斜しているように見えるが、縦横の縮尺が異なるためであり、事前の解析で三次元的な影響はほとんどないことが知られている。本論ではそのうち軟弱地盤の含む部分の一次元解析を主な解析対象とする。

金子らの検討では、次の 4 つのケースが比較されている。

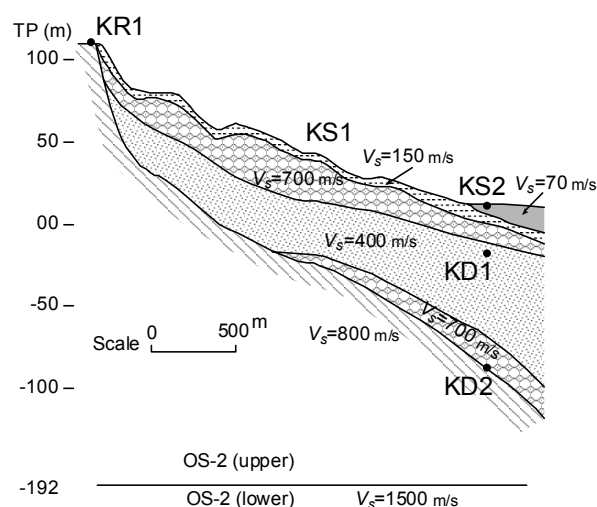


図 1 足柄ブラインドテストサイトの断面図

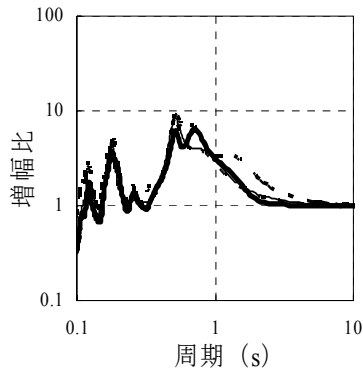


図2 スペクトル比 (KS2/KR1)

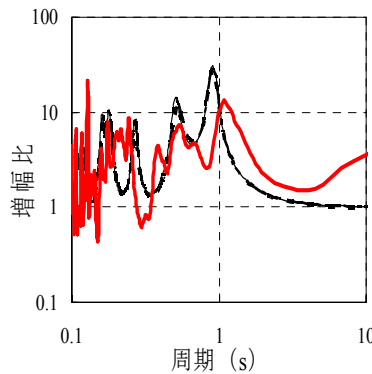


図3 増幅比 KS2/KD2

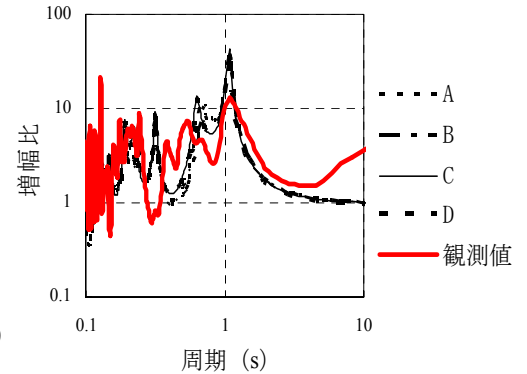


図4 KS2/KD2 (NS 成分) $V_s=85\%$

- A) KR1 の観測波形を $V_s=800\text{m/s}$ の工学的基盤に解放基盤波 (2E) として作用させる。
- B) KR1 の観測波形を $V_s=150\text{m/s}$ の工学的基盤に解放基盤波 (2E) として作用させる。
- C) KR1 のサイトで逆増幅解析を行い, $V_s=800\text{m/s}$ の基盤の入射波を求め, これを $V_s=800\text{m/s}$ の工学的基盤における入射波として作用させる。
- D) KR1 のサイトで逆増幅解析を行い, $V_s=1500\text{m/s}$ の基盤の入射波を求め, これを $V_s=1500\text{m/s}$ の工学的基盤における入射波として作用させる。

ここで, $V_s=800\text{m/s}$ は上部 OS-2 層の上端, $V_s=1500\text{m/s}$ は下部 OS-2 層の上端である。上記 4 つのケースのうち, A, B は北米式, C, D は日本式の決め方といえる。

解析は非線形解析とし, 繰返しせん断特性はブラインドテストの際に示されたものをそのまま用いた。また, 地盤条件は弾性波試験によるものとボーリング調査によるものがあるが, ここではボーリング調査によるものを用いた。速度構造は PS 検層により求められたものを用いた。なお, V_s が 400m/s 以上のそうは弾性とし, 散乱減衰に相当する減衰として一定減衰 2%を与えた。また, 地震波は観測波形の NS 成分を用いた。

3 解析結果と考察

まず, 4 つのケースについて金子らと同様に, KS2 の KS1 の増幅比を求め図 2 に示す。観測値も同時に示されているが, 解析結果はいずれのケースでも観測値と大きくずれている。また, B のケースを除き, この意味では, 工学的基盤の選定が解析の一つのキーのように見えるが, 他の応答はほぼ似たような形

状をしており, 金子らの指摘しているように解析ケースごとの大きな差は見られない。

この比較では二つのサイトの解析結果が影響する。そこで, より直接解析結果の見えるように, 同じ結果から増幅比 KS2/KD2 を比較して図 3 に示す。図から, 一次周期がずれている。そこで, 地盤全体の V_s を 85%に設定したものを図 4 に示すが, 卓越周期はよく一致した。二次周期に差が見られるが, 詳細な地盤構造, 非線形特性などが実情と違っている可能性がある。

4 まとめ

工学的基盤の設定位置の妥当性を検証するために, 足柄ブラインドテストの再解析を行った。工学的基盤の設定による差は現れたが, 想定されたものとは異なっていた。また, 観測値との差が大きかったが, これは, 当初の設定された地盤モデルが実情と異なっている可能性が考えられる。今後これらも含め検討していきたい。

参考文献

- 1) 吉田望 (2010) : 地盤の地震応答解析, 鹿島出版会, 256pp.
- 2) 吉田望, 篠原秀明, 澤田純男, 中村晋 (2005) : 設計用地震動の設定における工学的基盤の意義, 土木学会地震工学論文集, 第 28 巻, Paper No. 170
- 3) Proc. of International Symposium on the Effects of Surface Geology on Seismic Motion, Odawara, 1992
- 4) Schnabel, P. B., Lysmer, J. and Seed, H. B. (1972): SHAKE A Computer program for earthquake response analysis of horizontally layered sites, Report No. EERC72-12, University of California, Berkeley
- 5) 金子史夫 (1993) : 一次元モデルによる感度解析, 地震動に与える表層地質の影響に関する総合的研究, 平成 4 年度文部省科学研究費補助金総合研究 (A)研究成果報告書, pp. 78-90
- 6) 吉田望 (1995) : DYNEQ, A computer program for DYnamic response analysis of level ground by EQuivalent linear method, Version 3.32 (January 2010), <http://www.civil.tohoku-gakuin.ac.jp/yoshida/computercodes/eqcode.html>