

表層地盤の力学的非線形性および複雑な幾何形状を考慮した工学的基盤への入射波の推定法の提案  
 A Method of Estimating Incident Wave Considering Nonlinear Response of the Non-uniform  
 Surface Ground

\*山田 正太郎<sup>1</sup>、野田 利弘<sup>2</sup>、浅岡 顕<sup>3</sup>、澤田 義博<sup>3</sup>

\*Shotaro Yamada<sup>1</sup>, Toshihiro Noda<sup>2</sup>, Akira Asaoka<sup>3</sup>, Yoshihiro Sawada<sup>3</sup>

1.名古屋大学大学院工学研究科、2.名古屋大学減災連携研究センター、3.地震予知総合研究振興会

1.Civil Engineering, Nagoya University, 2.Disaster Mitigation Research Center, Nagoya University,

3.Association for the Development of Earthquake Prediction

地表にせよ地中にせよ、設置場所の如何に依らず地震計で計測されたデータは地盤の非線形挙動の影響を含んでいる。したがって、地震計の記録からどのような情報を読み取るにせよ、表層地盤の非線形挙動を表現する地盤力学無くして解析できないはずのものである。一方、液状化現象を含む表層地盤の地震時応答の予測・再現手法として、土骨格を弾塑性体として取り扱う水～土連成解析<sup>1)</sup>の有用性がよく知られている。本研究ではその応用例として、いわゆる工学的基盤に置かれた地震計の記録から表層地盤の力学的非線形性や複雑な幾何形状を考慮して工学的基盤に入射された地震動を推定する手法を提案する。

提案する手法では、工学的基盤以深の地層を均質な半無限弾性体と仮定した上で、表層地盤を含む計算領域下端に粘性境界<sup>2), 3)</sup>を課す。通常、表層地盤の非線形地震応答解析において、粘性境界を使用する場合は、その点に対する上昇波(E)を計算に用いる入力波とし、解析領域全体の運動が求められる。結果として、解析領域下端でも上昇波(E)と下降波(F)からなる運動が求められる。したがって、一般にはEを与えてE+Fを求める計算が行われる。このような解析では、当然のことながら真のEを如何にして与えるかという点が問題となる。この課題に対し、一般には、地表面の観測記録から一次元重複反射理論に基づいて基盤まで波を引き戻す方法などが取られているが、先に述べた通り、例え工学的基盤で計測された波形であっても、表層地盤の非線形性が含まれている上に、多次元効果も絡んでくるため、Eの推定手法として、これでは全く不十分である。工学的基盤における観測波についても、純粋なEではなく、表層地盤を介して反射されてきたFを含むという点において直接的な使用はできない。これに対し、我々は工学的基盤において観測された波形が表層地盤の非線形挙動の影響を含むE+Fであることを素直に認めた上で、多次元の水～土連成弾塑性解析によりEを推定することを目指す。具体的には、粘性境界に対する入力として工学的基盤で観測されたE+Fを使用し、表層地盤の非線形応答と共に解析領域下端に入射されてくるEを解として求める方法を提案する。

多次元問題における工学的基盤への入射波、すなわち上記の方法で解析領域下端の各点で計算されてくるEは一樣である必要がある。本研究ではこれを満足させる制約を、ラグランジュの未定乗数法を導入することで課す。拘束力を与えるラグランジュ乗数とともに刻々の解Eを求める方法を述べることになる。

本研究の方法により、表層地盤の力学的非線形性、表層地盤の複雑な幾何形状を加味して入射波を推定することが可能となるが、その推定結果の精度は表層地盤の非線形応答のモデル化ならびに境界条件に強く依存することになるが、これらモデル化や境界条件の妥当性の検証は地表付近や近傍の工学的基盤での地震動の計測結果との照合によって可能となる。本研究では鉛直方向および水平方向に対し多点で観測することの意義も強調する。

キーワード：入射波、観測波、工学的基盤、表層地盤、非線形解析、粘性境界

#### 参考文献

- 1) Noda, T., Asaoka, A. and Nakano, M. (2008): Soil-water coupled finite deformation analysis based on a rate-type equation of motion incorporating the SYS Cam-slay model, *Soils and Foundations*, 45(6), 771-790.
- 2) Lysmer, J. and R., L., Kuhleemeyer (1969): Finite dynamic model for infinite media, *ASCE, EM4*, 859-877.
- 3) Noda, T., Takeuchi, H., Nakai, K. and Asaoka, A. (2009): Co-seismic and post-seismic behavior of an alternately layered sand-clay ground and embankment system accompanied by soil disturbance, *Soils and Foundations*, 49(5), 739-756.

キーワード：入射波、観測波、工学的基盤、表層地盤、非線形解析、粘性境界

Keywords: incident wave, observed wave, engineering base surface, surface ground, nonlinear analysis, viscous boundary