

論文の内容の要旨

論文題目 Joint Time-Frequency Representation of transient behavior of soil medium in earthquakes
(地震時の地盤挙動の時間・周波数結合表現)

氏 名 ファラハニ アリレザ

地震被害で現れる地形効果は多くの地震被害調査で示されてきた。また一方で数値解析による地形高架の検証もまた 1970 年以降の重要な研究課題として連綿と進められてきたものである。しかしながら双方のアプローチの間で実例と解析を比較しその乖離と課題を積極的に論じた議論は必ずしも多くなかったように思われる。一つには地震の被害が地盤の極めて浅い部分の非線形挙動に大きく支配されること、そして実際の被害分布を議論するには地震動観測網があまりにも疎らであることなどがその一因であろう。以上を背景に本論文は以下の 2 つの課題に取り組むものである。

(1) 近傍地盤の非線形性と波動の無限遠への逸散の影響を取り込める時間領域での解析プラットフォームの開発、そしてこの手法を用いて(2) 2003 年 12 月 26 日に発生し 4 万 3 千人にもおよぶ死者を出したイラン Bam 地震の被害分布と地震動分布を議論することである。

非線形性の解析は基本的に時間領域で行われることになる。一方で無限遠への波動逸散を有限領域の境界処理で行う場合、境界のインピーダンスが周波数に大きく依存するため、これまでの解析のほとんどは周波数領域で行われていた。境界に粘性ダンパーを並べた手法 (Lysmer 法) は時間領域でも活用できるが、あくまでこれは境界のインピーダンスの近似的扱いでしかない。

この論文で提案する手法は地震動をいくつかの時間区分に分割し、それぞれにおいて最も寄与の大きい周波数成分を取り出し、これを対象に Lysmer 法における最適の粘性境界の

パラメータを設定し、これを時間とともに変化させていくものである。卓越する周波数のトラッキング検知には Adaptive Optimal Kernel 法を用いた。

本論文の構成は以下の通りである。

第 1 章は、研究の背景と、これまでの数値解析手法のレビューを行っている。

第 2 章から第 5 章までは数値解析手法に関わるものである。第 2 章は半無限地盤の 2 つの基本方程式を紹介し、本論文で提案する境界表現にどう関連するのか論じている。第 3 章は周波数をトラッキング検知して、波動伝達境界のパラメータを時刻を追って変化させるスキームを提案している。波動伝達境界としては無限要素を用いるのが最も精度がよいが、簡便な手法として粘性ダンパーを用いる Lysmer 法でも実用上十分なほどその精度を向上できることを示している。第 4 章は周波数をトラッキング検知として本論文で用いる Adaptive Optimal Kernel 法を紹介し、第 5 章ではその提案手法への組み込みについて述べている。第 6 章では提案手法の検証をいくつかの明確な条件の下で行ない、第 8 章では地震入力に対する応答解析手順をまとめている。

第 8 章では、第 7 章までで提案した数値解析手法を用いて実地震の被害分布を検討している。対象とした地震は 2003 年 12 月 26 日に発生し 4 万 3 千人にもおよぶ死者を出したイラン Bam 地震である。イランは 1000 台にも及ぶ強震計を国内に配置し、その地震観測網は世界でも最も整備されたものの一つである。それにもかかわらず東西 8km、南北 6 km の市街地に地震計は 1 台しかなく、その被害も街区ごとに大きく異なっていた。そこで地震後 2 ヶ月後に現地に入り、街中で唯一共通する構造を持ち、地震の揺れの痕跡をとどめている電柱に着目し、およそ 300 本に及ぶ電柱の亀裂を計測し、残留ひずみの分布を調査した。そして開発した数値解析手法 (2 次元) を用い、可能な地震動分布の推定を行い、SI 値と電柱の残留ひずみの関係、そして電柱の残留ひずみと、電柱近傍の区域の住宅 (アドベ、鉄骨組石造など) の被害率の関係を求めた。これは、この地域の住宅の被害関数を与えるものであり、地震多発国であるイランの被害推定に科学的論拠を与えるものになると期待される。

そして第 9 章では、本論文で検討した結果をとりまとめるとともに、今後の課題について述べている。