

## 7. 地震工学

とりまとめ：酒井久和（広島工業大学）

論文題目：“小地震記録のインバージョンによる震源と伝播特性の位相スペクトルの評価の試み”

著者：白井克弘，大町達夫

掲載：Vol.54A, No.07-01, 2008 年 3 月

## ◆討議 [小野祐輔 (京都大学)]

論文中で求めた位相特性にしたがって再合成された波形は、元の波形で振幅が大きくなる時刻以前の振幅がゼロになっていますが、これはなぜですか？

◆回答：本論文では、分離した位相スペクトルの回帰式を、振動数 $f$ の関数として、 $c \cdot f^n$  ( $c$ は係数、 $n$ は乗数) で表しています。そして、この位相スペクトルの回帰式を用い、振幅スペクトルを考慮して逆フーリエ変換し、時刻歴波形を求める際、位相スペクトルの回帰式に、S波到達時刻を表す振動数に対し直線である位相スペクトルを付加しています。例えばS波到達時刻が $T$ 秒であるとすれば、その到達時刻を表す位相スペクトルは、 $-2\pi \cdot T \cdot f$ と表せ、これは、振動数 $f$ に対し直線となります。位相スペクトルに、上述の振動数に対し直線な位相スペクトルを加えているため、逆フーリエ変換によって求めた時刻例波形は、S波到達以降の波形になります。つまり、本論文の回帰式では、S波以前の波形、すなわちP波部分は表現できません。

## ◆討議 [池田隆明 (飛島建設)]

震源の影響が少ない地震の記録を用いているが、サイトによって震源の影響が見られる。そのため、当該手法を実務（耐震設計に用いる強震動評価等）に用いるためのアイデアがあれば補足説明して欲しい。

◆回答：現在までに観測されている地震記録で、マグニチュードや震央距離、地盤特性を考慮したインバージョンのケース・スタディを行い、位相スペクトルの回帰式を多く評価し、最終的に、マグニチュード毎の震源特性の位相スペクトルの回帰式、伝播距離に応じた伝播特性の位相スペクトルの回帰式、そして、表層地盤の状態に対応した地盤特性の位相スペクトルの回帰式、というように位相スペクトルの定量化・定式化を行えば、現在の設計基準で利用可能になると考えています。

論文題目：“北海道の地震動観測記録を用いた表層地盤

の増幅度推定”

著者：佐藤 京，西弘明，上明戸昇，池田隆明

掲載：Vol.54A, No.07-03, 2008 年 3 月

## ◆討議 [有賀義明 (弘前大学)]

大地震を想定した場合、地盤の増幅度について非線形効果をどう考慮するかが必要になると思われませんが、観測記録の結果で非線形効果を示すような結果はあったでしょうか。

◆回答：非線形性を考慮することは、重要であると認識しています。また、本検討においては、L2 地震動を対象としていることから非線形性を考慮した増幅度であると言えると考えておりますが、L1 との比較をしていないため、その効果が増幅度に及ぼす影響を定量的には評価できていません。なお、非線形が現れている記録は、観測されています。

論文題目：“物理探査手法を用いたため池堰堤の物性評価”

著者：斎藤章彦，山中稔，長谷川修一，野田茂

掲載：Vol.54A, No.07-04, 2008 年 3 月

## ◆討議 [香月 智 (防衛大学校)]

本研究で対象とされている多くのため池は永い歴史を有しており、その歴史において皆破壊せずに生き残った事実がある場合、(討議者はそうなのか存じませんが、) その生き残ったという過去の安全性(事実)と、ここでいう物性評価に基づいて一部のものが危険であると推定することの評価のずれについて、どのように解釈、もしくは説明すれば良いとお考えでしょうか。

◆回答：本研究で対象としている農業用ため池は、1995 年兵庫県南部地震により 1,300 箇所を超える多くのため池が被害を受けたのを初めとして、過去に多くの被害を受けており、決して安全性の高い構造物とはいえません。ただし、決壊に至るような大きな被害例はそれほど多くはないようです。

被害の程度は堤体や基礎地盤の土質条件だけでなく、地震規模や震央距離等の影響を受けると考えられます。したがって、地盤条件だけで、被害の程度を直接推定

することはできませんが、本研究では、被害の受けやすさ(耐震性)について、S波速度、卓越周期、増幅率の関係をj用いて堰堤間の相対的な評価が可能なことを示しています。

◆討議 [藤田宗久 (清水建設)]

簡易的に耐震性を評価されたとの事ですが、その時対象として破壊モードは堰堤のすべりでしょうか。

◆回答：農業用ため池については、過去の地震により多くの被害を受けています。被害形態としては、堤体のクラック・すべり・沈下等の比較的軽微な被害から、被災数は少ないが、決壊による堤体の流失等の被害も報告されています。本研究は、このような被害形態を直接予測しようとしたものではありませんが、堤体および基礎地盤のS波速度(あるいはN値)と卓越周期、増幅率の關係に着目していることから、しいて言えば液状化による被害の受けやすさをイメージしたものjと考えることができます。

論文題目：“三次元動的解析と緊急地震速報を連携させた既設構造物の即時的な地震時損傷評価法”

著者：有賀義明，藤縄幸雄，堀宗朗

掲載：Vol.54A, No.07-06, 2008年3月

◆討議 [川本篤志 (荒谷建設コンサルタント)]

即時対応のため事前検討結果を用いてデータベース化を行うというアイデアをお持ちですが、その解析結果の実際の管理へのフィードバックの仕方について考え方をお聞きたい。

◆回答：ダムや発電所では、大地震の際に臨時点検を行うことが必要になります。例えば、ダムでは震度4以上(あるいは最大加速度25Gal以上)の揺れがあった場合には臨時点検を行い24時間以内にその結果を報告することが定められています。震度4や震度5では構造物に大きな損傷が発生することは少ないと想定されますが、震度6や震度7では大きな損傷が発生することも想定され、そのような場合には、地震直後に損傷や被害の状況を迅速かつ確に把握することが急務になると考えられます。現場に地震工学に精通した技術者がいる場合には、要所要所を短時間に点検することが可能になると思いますが、一般的には、現場に地震工学に精通した技術者がいることはないのが通例かと思ひます。このような状況

を想定した場合、事前にデータベース化して検討結果の活用の仕方としては、その地点の揺れに最も近似した解析結果を即時的にピックアップし自動的に現場に送信することによって、現場の端末(ディスプレイ)にどこを優先的に点検すべきかを提示することが有用であると思ひます。このような情報を地震発生時に自動的に現場の従事者に提供することによって、臨時点検の迅速化と的確化を図ることが可能であると思ひます。また、普段の防災訓練等の機会にこうしたシステムを活用することにより、現場の従事者の啓発・教育にも有用であると思ひます。

◆討議 [池田隆明 (飛島建設)]

緊急地震速報による予測値と実際の観測記録とが異なつた場合は、どちらの結果を用いて損傷の評価を行うのか。

◆回答：時間との競争になる、緊急時の臨時点検に関しては予測値を用いるのが現実的であると思ひます。地震後の詳細調査の段階では実際の観測記録を用いるのが良いと思ひます。

◆討議 [池田隆明 (飛島建設)]

当該論文に示されたダムのような重要構造物では地震観測が行われていることが多いため、あえて緊急地震速報による予測値を用いて損傷評価を行う必要はないのではないか。

◆回答：地震観測によって得られる情報は、一般的に、地震動の時刻歴データであり、ダムの損傷状況の情報(どの部位でどのような損傷が生じたかの情報)を直接的に得ることは難しいと思ひます。地震観測の情報(例えば、観測点の加速度時刻歴)と損傷評価の情報(例えば、地震時の応力やひずみの分布)とでは、情報の内容が異なると思ひます。そのため、地震観測を行っていれば損傷評価は必要ないと考えることはできないように思ひます。

ついでながら、地震観測で記録された地震動データを用いてリアルタイムで損傷評価を行うことは、理論的には可能と思ひられますが、現実的には三次元動的解析に時間を要するため、現状ではまだ実用段階ではないと思ひられます。

なお、我が国には高さ15m以上の大ダムが約2800ありますが、地震観測を行っていない地点の方が多ひのが現状と思ひます。