

(1) 実施機関名：

立命館大学

(2) 研究課題（または観測項目）名：

（和文）アナログ実験による表層地盤の強震動応答のモデル化

（英文）Modeling strong motion response of shallow subsurface ground through analog experiments

(3) 関連の深い建議の項目：

3 地震・火山噴火の災害誘因予測のための研究

(1) 地震の災害誘因の事前評価手法の高度化

ア. 強震動の事前評価手法

(4) その他関連する建議の項目：

3 地震・火山噴火の災害誘因予測のための研究

(1) 地震の災害誘因の事前評価手法の高度化

ウ. 地震動に起因する斜面変動・地盤変状の事前評価手法

(5) 令和5年度までの関連する研究成果（または観測実績）の概要：

新規研究

(6) 本課題の5か年の到達目標：

地盤の応答特性（地震波速度，ピーク周波数など）は強震動によって変化することがあり、数ヶ月～数年という長期間をかけて回復するような粘弾性的ふるまいを示すケースについても報告されている。一方、2016年4月に発生した熊本地震は顕著な例であるが、数分～数週間という短期間のうちに同じ場所で繰り返し強震動が観測される事例も知られている。強震動を短期間のうちに繰り返し経験する場合、2回目以降の地盤の応答特性は、直前の強震動により変化した地盤特性の影響を強く受ける。強震動による地盤の応答特性変化とその回復過程は、地表約100 m以浅の表層地盤の粘弾性的性質に起因すると考えられているものの、未だモデル化には至っていない。繰り返し強震動が作用した場合に、その前後、および経時的に表層地盤の応答特性がどのように変化するかについて定量モデルを作成することは、適切な地震動を予測するうえで重要である。

また表層地盤は、空隙を多く含む強い不均質を持つ媒質であり、高周波数帯の波を考える場合には、この不均質は無視することができない。弱い不均質を持つ媒質に対しては、ランダム媒質を仮定した定量的なモデル化がなされており、波動場を計算できるシミュレーション＝コードも公開され、広く利用されている。一方、空隙のような強い不均質を持つ媒質に対しては、弾性的な応答に限った場合においても、波動の伝播を適切に評価できる手法がなく、新たな手法の開発が求められている。実験室においても、鉋物不均質などの弱い不均質を含む場合においては詳細な計測例があるものの、高空隙率媒質の詳細な弾性波計測は、散乱による減衰が強くなることなど高度な技術を要することもあり、実施事例は少なく、波動場計算の手法が構築されたとしても、どの程度実際の波動場をうまく近似できているかを評価できる状況にない。

本研究は、主として実験・計測を通じて、上記の課題に取り組むものである。

(7) 本課題の5か年計画の概要：

【模擬表層地盤に対する繰り返し強震動入力試験】強震動の強さ・特徴的な周波数・継続時間・発生

間隔などの入力特性、および地盤の空隙率などのシステム特性をさまざまに変化させながら、強震動を繰り返し入力した場合に、地盤応答特性がどのように変化するかを実験的に明らかにし、定量的なモデル化を目指す。

まず、模擬的な砂層地盤を作成し、地盤内に応答測定用の加速度計アレイを構築する（R6年度）。応答特性は、地盤を変形させない程度の微弱な『モニタリング用の弾性波』を断続的に地盤に与え、透過させることによって計測する（R6-R7年度）。次に、1度の強震動が与えられた場合に地盤の応答特性がどのように変化するかを調べる。強震動は模擬砂層地盤の下に設置する振動台を振動させることによって平面波的に与える。強震動入力前後、およびその後の経時的な透過弾性波のピーク周波数の変化、複素インピーダンスの時間変化などを推定することにより、強震動応答の特徴を定量的に評価する（R7-R9年度）。さらに、1度の強震動が与えられた場合と同様の方法で、繰り返し強震動が与えられた場合の地盤応答特性の粘弾性変化を調べ、1度の強震動が与えられた場合の結果との時間依存性の違いについて検討する（R8-R10年度）。模擬砂層地盤の素材については、制御が容易なシリコンが混ぜ合わされた砂から開始し、計測技術を確立したのちに（R6-R8年度）、含水量や空隙率の異なる砂層を作成して試験を継続する（R8-R10年度）。これらの試験を通じて、強震動が入力された場合に、地盤応答特性がどのように変化するかを実験的に明らかにする（R9-R10年度）。

【高空隙率の媒質に対する透過弾性波計測試験】弾性波速度が数km/s程度のセメントモルタル、1 km/s弱の石膏に、数100 m/s程度の空隙など含ませることでモデル媒質を作成する（R6-R7年度）。必要に応じて高空隙率の凝灰岩などの天然の岩石も活用する。弾性波速度と入力周波数を変えることにより波数に幅を持たせ、また空隙サイズを変えることにより特徴的な不均質スケールに幅を持たせる。波長で規格化された不均質スケールと伝播距離の関係において、実際の表層地盤の模擬として適切な範囲で媒質と入力周波数を変化させる（R6-R8年度）。挙動が単純な等価均質媒質から計測を開始させ（R6-R7年度）、弱い不均質を持つ媒質、波線理論が適用できる成層構造媒質など、既存の枠組みで定量的な説明が可能なモデルへと変化させ、最後に空隙を多く含む強い不均質を持つ媒質へとモデル媒質を発展させる（R8-R9年度）。計測によって得られた記録を解析し、強い不均質を持つ媒質に対する弾性波の透過特性を明らかにする（R8-R10年度）。

(8) 実施機関の参加者氏名または部署等名：

川方 裕則（立命館大学総合科学技術研究機構）

他機関との共同研究の有無：有

土井 一生（京都大学防災研究所）, 中山 雅之（京都大学防災研究所）, 吉光 奈奈（京都大学大学院工学研究科）, 平野 史朗（弘前大学大学院理工学研究科）

(9) 公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：立命館大学研究部B K C リサーチオフィス

電話：077-561-2815

e-mail：ml-b-kanri@ml.ritsumei.ac.jp

URL：http://www.ritsumei.ac.jp/research/center/sci/

(10) この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：川方 裕則

所属：立命館大学総合科学技術研究機構