

氏名	Mostafa Thabet Mohammed Thabet		
学位の種類	博士 (理学)		
学位記番号	第 5221 号		
学位授与年月日	平成 20 年 6 月 30 日		
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当者		
学位論文名	Variation process in stiffness of liquefiable subsurface layer caused by large earthquake -Application to vertical array sites of Port Island in Kobe and Kushiro Port in Hokkaido, Japan- (大地震による表層液状化層の剛性変化過程-ポートアイランド (神戸) と釧路港 (北海道) における鉛直アレイ観測地地盤への適用-)		
論文審査委員	主査教授 塩野 清治	副査教授 升本 眞二	
	副査 准教授 原口 強	副査 名誉教授 中川 康一	

論文内容の要旨

平成 7 年兵庫県南部 (神戸) 地震ではポートアイランドにおいて、また釧路港においても十勝沖地震をはじめいくつかの強震動が記録されている。本震前後の地盤の S 波速度分布構造モデルは、それぞれの観測地点における多くの地震波形を用いて、1 次元有限要素法解析および遺伝的アルゴリズム (GA) により決定した。ポートアイランドの観測地点における深さ 5-27m にある地盤の S 波の著しい低下、および釧路港観測地点における深さ 6-23m にある地盤の S 波速度の低下は大地震による液状化に付随したものと推定した。この過程を検討するために、それぞれの本震の強震動波形を用いて、非線形解析を行った。この研究では観測波形の時間一周波数関係に新しく重み関数を導入することにより、強い非線形性を示す地盤の剛性低下過程を追跡した。この解析では、弾性変形の非線形過程を逐一各サイクルごとに解析することなく、地震動のある時間帯ごとに区分し、それぞれの時間帯ごとに非線形パラメータを求め、これに重み関数を掛け合わせることで、地震動波形を合成することが可能となり、最終的に地盤剛性の低下過程を評価できることを明らかにした。ポートアイランドでは、兵庫県南部地震による強震期間中、表層は時間とともに著しく剛性が失われたことが示されたが、余震記録の解析では本震前には達しないものの、ある程度回復していることが明らかになった。また、釧路港の観測地点では、3 つの大地震 (釧路沖地震 (1993, M7. 5)、北海道東方沖地震 (1994, M8. 2)、十勝沖地震 (2003, M8. 0)) に伴う強震動が記録されており、それぞれの強震期間中に表層地盤の剛性が時間とともに急激に低下し、その後回復していることが見出された。これらの剛性低下は、強震に伴う一時的な液状化によるものと解されるが、このサイトにおける十勝沖地震に伴う液状化は他の 2 つに比べてその規模が小さかったと解釈された。

この研究によって示された地盤の剛性低下を見積もる手法は、液状化の進行過程を理解したり、予測するうえで、極めて有効であると思われる。

論文審査の結果の要旨

近年、強震動地震学の発展により、大地震による地盤への入力地震動を任意の地点において予測することが可能となってきたが、軟弱地盤においては、地盤材料の弾性非線形性により地震動応答の確かな予測はきわめて困難であり、都市地震防災の観点から様々な研究がおこなわれている。

1995 年兵庫県南部地震ではポートアイランドにおいて、また 1993 年釧路沖地震、1994 年北海道東方沖地震、2003 年十勝沖地震では釧路港において、鉛直アレイ観測による強震動を含めた多くの地震動が記録されている。本論文は、これらの記録を用いて、それぞれの地点の本震前後の地盤 S 波速度構造を決定する解析方法と解析結果を詳細に論じている。まず、有限要素法および遺伝的アルゴリズム (GA) による最適化手法を適用して、ポートアイランドでは深さ 5~27m、釧路港観測地点では深さ 6m~23m に存在する地盤の S 波速度が本震によって極度に低下したことを示し、強震動による地盤の液状化を反映したものであると解釈した。つぎに、液状化の過程を詳細に検討するために、地震動の周波数が時間とともに変化していることに着目して、地震記録を数個の時間帯に区分し、それぞれの時間帯の波形を最もよく説明する各層の物性値 (せん断強度, S 波速度, 密度) を求めることによって、地盤剛性の低下・回復過程を追跡した。この解析法は、弾性変形の非線形過程を波動サイクル

ごとの逐時解析を経ることなく、時間帯ごとに決定された非線形パラメータから地震動波形を合成する手法であり、最終的に地盤剛性の一連の低下・回復過程を定量評価できるという特色を持っている。釧路港で記録された3つの大地震に伴う強震動と神戸のポートアイランドで記録された兵庫県南部地震の強震動を解析し、いずれにおいても表層地盤の剛性が時間とともに急激に低下し、その後回復していることを見出し、液状化の進行過程を理解・予測する上で極めて有効な解析方法であることを実証している。

本論文は多くの都市に普遍的に存在する軟弱地盤が、強震動にさらされた時、どのような強度低下を示すかを、地震動の記録から導き出す有効な解析方法を提案しており、今後の都市地震防災において極めて重要な役割を果たすことが期待される。よって、本論文は博士（理学）の学位を授与するに値すると審査した。