

令和 2 年 6 月 16 日現在

機関番号：32503

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2017～2019

課題番号：17K06654

研究課題名（和文）間隙水圧の変動を考慮した直接基礎構造物の液状化被害予測手法の提案

研究課題名（英文）Investigation on prediction method of liquefaction damage to shallow foundations with considering pore water pressure generation

研究代表者

鈴木 比呂子（Suzuki, Hiroko）

千葉工業大学・創造工学部・教授

研究者番号：60401527

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,700,000円

研究成果の概要（和文）：過去の地震被害事例、および、振動台実験結果から、液状化による構造物被害に影響を与える要因を抽出し、整理した。構造物被害には、液状化に至るタイミングや、その後の間隙水圧上昇の継続の時間も大きく影響を及ぼすため、等価線形解析を用いて、液状化に至るタイミングを予測する手法についても検討を行った。これらの成果と、既往の手法とを統合し、過剰間隙水圧が上昇した状態が継続する時間の違い、構造物の形状、地盤の密度の違いによる液状化時の構造物の相対沈下量の増大を予測できる可能性があることを示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

近い将来、関東地方で大きな地震が発生する可能性を考えると、構造物の液状化に対する対策は急務である。しかし、液状化により構造物に生じる被害については、予測法が確立されているとは言い難い。本研究で検討を行った成果は、液状化の程度を評価し、構造物の規模を問わず、液状化による被害を予測する手法の確立に寄与し、今後、起こりうる地震に対し、構造物・都市の耐震性を高めることに貢献できるものである。

研究成果の概要（英文）：Factors Influencing liquefaction damage to structures are investigated through case histories and shaking table test results. This study shows that the duration time of earthquakes as well as structure profile and soil profile affects liquefaction damage to structures. The effects of the influencing factors are considered in prediction of structure settlement in liquefied soil and a comparison between estimated and observed values shows that the estimated values show the same trend as the observed ones.

研究分野：建築

キーワード：液状化被害 直接基礎構造物 過剰間隙水圧 地震

1. 研究開始当初の背景

2011年の東北地方太平洋沖地震では、地盤の液状化により構造物で沈下・傾斜などの被害が生じた。特に、関東地方での埋め立て地、旧河道等での被害は甚大であり、多くの住民が不便を強いられた。関東、東海を震源とする地震が発生したとき、関東地方では、2011年よりも大きい地震動で揺すられ、さらに広い範囲で液状化による被害が生じる可能性は高い。将来起こりうる大地震に備えるために、構造物の液状化に対する危険度を予測し、対策を講じることが必要である。

2. 研究の目的

2011年東北地方太平洋沖地震では、関東地方の広範囲で液状化による構造物の被害が生じた。地表加速度が 2m/s^2 程度であるにもかかわらず、多くの建物に沈下・傾斜が生じた。近い将来、関東地方で大きな地震が発生する可能性を考えると、構造物の液状化に対する対策は急務である。液状化の発生については、N値に基づく簡易判定法（FL値）により、概ね予測可能であることが、地震後の調査等から明らかになっている。しかし、構造物に生じる被害については、予測法が確立されているとは言い難い。本研究は、液状化による構造物の被害を予測する評価手法の確立を目指すものである。

3. 研究の方法

(1) 液状化による構造物被害の資料の収集・分析

過去の地震において、液状化地盤で被害を受けた直接基礎構造物の情報を収集する。構造物の規模、被害の程度、地盤の情報を収集し、構造物の形状、地盤の条件、入力条件が構造物の被害に与える影響を整理する。

(2) 縮尺模型を用いた重力場での振動台実験の実施と結果の分析

振動台およびせん断土槽を用いて、重力場での振動台実験を実施する。実験は、地盤の密度、地下水位、建物の形状（重量、アスペクト比など）、地震動継続時間をパラメータとする。実験では、地盤内の過剰間隙水圧、地盤の加速度、地盤の沈下、構造物の加速度、構造物の沈下、傾斜等を計測する。

実験結果をもとに、構造物の被害により支配的な要因を抽出する。

(3) 縮尺模型を用いた遠心場での振動台実験の実施と結果の分析

多くのパラメータを変えて行った重力場での実験結果およびその分析をもとに、いくつかのターゲットをしぼって、遠心载荷装置を用いた実験を実施する。パラメータの違いによる被害の傾向を比較するため、せん断土槽内には、複数個の構造物模型を設置して加振する（図1）。実験では、地盤内の過剰間隙水圧、加速度、沈下、構造物の加速度、沈下、傾斜の計測を行う。

実験結果をもとに、各パラメータが、被害に及ぼす影響を整理する。

(4) 地盤の過剰間隙水圧の上昇の予測手法の検討

振動台実験結果に基づき、地盤の過剰間隙水圧上昇予測手法の検討を行う。実験では、地盤内のデータが詳細に観測されているため、このような検討が可能である。地盤の加速度から、せん断応力比、地盤の液状化に対し有効となる繰り返し回数を算出し、時刻の経過とともに累積させる。地盤の抵抗（液状化に至る繰り返し回数）、外力（加振時に累積される繰り返し回数）と過剰間隙水圧の変化を比較することで、過剰間隙水圧の上昇を予測する手法を検討する。また、繰り返し回数の累積にともなう、地盤剛性の変化を評価する。

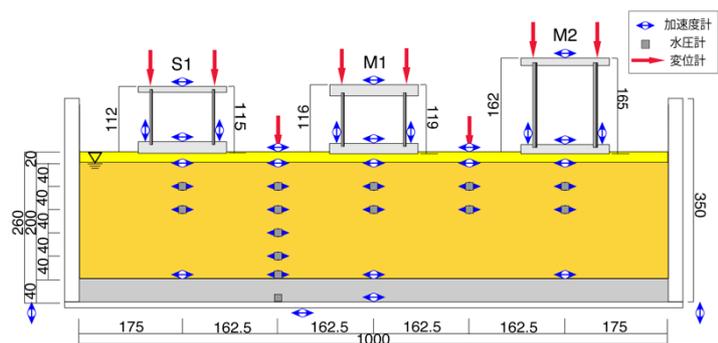


図1 実験モデルの例

(5) 液状化地盤の構造物被害の予測手法の提案

振動台実験で得られた結果をもとに、構造物の沈下・傾斜と地盤の液状化の程度を整理する(1)～(4)の成果と統合することで、液状化地盤における構造物の被害予測手法を提案する。

4. 研究成果

研究より、以下を明らかにした。

(1) 液状化による構造物被害の資料の収集・分析

1983年日本海中部地震において、液状化による被害を受けた住宅の事例の収集、整理を行った。液状化による住宅被害には、非液状化層厚、液状化層厚、液状化層の地盤剛性、構造物重量等が影響を及ぼすと考えられる。被害事例より、各パラメータの影響を確認するためのパターン抽出を行った。

(2) 縮尺模型を用いた重力場での振動台実験の実施と結果の分析

(1)で抽出したパターンについて、住宅を模擬した直接基礎構造物の縮尺模型を作成し、1G場での振動台実験を実施した。実験では、非液状化層厚、液状化層厚、液状化地盤の剛性、構造物重量を、地震動継続時間をパラメータとした。実験結果より、各パラメータの構造物被害への寄与度を整理した。さらに、既往の液状化被害予測手法を用いて構造物沈下量を算出し、実験結果との比較を行った。

(3) 縮尺模型を用いた遠心場での振動台実験の実施と結果の分析

地震動継続時間が短いJMA神戸波と地震動継続時間が長い臨海波を振動台入力波に用いて、50gの遠心場で振動台実験を実施した。実験は、振動台入力波の他に、地盤密度、構造物接地圧、入力加速度をパラメータとした。実験より、①過剰間隙水圧の上昇とともに、地表の沈下が生じ、その値は、地震動継続時間が長いほど大きくなること、②接地圧が小さい構造物では、上部構造物の応答が著しく大きい場合に、相対沈下量が大きくなること、③接地圧が大きい構造物では、地盤沈下量が大きくなると、相対沈下量が大きくなることを、④構造物接地圧の違いによる相対沈下量の差は、継続時間が短い場合は小さくなるが、継続時間が長い場合には大きくなることを示した。

(4) 地盤の過剰間隙水圧の上昇の予測手法の検討

振動台実験結果に基づき、過剰間隙水圧上昇予測手法の検討を行った。等価線形解析を用いて、地盤の加速度記録を推定し、その値から等価繰り返し回数、過剰間隙水圧比を算出した。算出した過剰間隙水圧比は急激に上昇し、実験結果とは整合しなかった。そこで、地盤物性から推定される初期剛性の値を5割程度低下させ、地盤の加速度を推定し、過剰間隙水圧比を算出した。初期剛性を低下させて求めた過剰間隙水圧比は、実験結果と概ね整合し、実験における液状化に至るタイミングを予測できる可能性を示した。

5) 液状化地盤の構造物被害の予測手法の提案

(1)～(4)の成果をもとに、地盤に対する構造物の相対沈下量の発生について、検討を行った。構造物が2層地盤(表層は非液状化層、下層は液状化層)に支持され、下層の液状化層の剛性が著しく低下するとして、地盤の極限支持力を算出し、構造物によって生じる荷重度との比較を行った。算出結果と実験結果の沈下量の発生状況から、液状化時の構造物の相対沈下量の増大を予測できる可能性があることを示した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 鈴木比呂子、奥村豪悠
2. 発表標題 遠心載荷実験に基づく液状化時の構造物被害に影響を与える要因の検討
3. 学会等名 日本建築学会2019年度大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鈴木比呂子、浦嶋涼介、片岡裕輝、三宅絢也、奥村豪悠
2. 発表標題 遠心載荷試験に基づく地震動の違いが液状化地盤の構造物被害におよぼす影響
3. 学会等名 第54回地盤工学研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鈴木比呂子、青木翔太郎、木内俊輔、奥村豪悠、安達夏紀
2. 発表標題 地震動の違いが液状化時の構造物沈下に与える影響に関する実験的検討
3. 学会等名 第55回地盤工学研究発表会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	奥村 豪悠 (Okumura Takehiro)	株式会社竹中工務店 技術研究所・地盤・基礎部 (92502)	