

液状化対策工としての締切り工の効果に関する模型振動実験

田口 善文*

Shaking table test on the effect of the cofferdam construction in liquefaction

Yoshifumi TAGUCHI *

Liquefaction is a phenomenon in which the water pressure between particles rises due to the shake of large earthquakes due to the high groundwater level and loose sandy ground and becomes like a liquid, as a result, buildings and roads may settle, and light structures under the ground float. Recently, liquefaction damage occurred in Urayasu City in Chiba Prefecture, which was far away from the hypocenter of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake. On the other hand, in Mie prefecture, within the next 30 years the probability of occurrence of a large earthquake of M8 ~ M9 with the Nankai-Trough was raised to around 70 ~ 80% in 2018.

In order to prepare for the Nankai-Trough earthquake that is expected to occur in the future, the author conducted a model test using a small shaking table about the liquefaction phenomenon. And the basic experiments were carried out on the liquefaction phenomena by variously changing the input earthquake wave, vibration frequency, and the model ground. The authors have already reported the reinforcement effect when the bolt-type reinforcements are inserted in the ground. This report describes the difference in acceleration and pore water pressure when the sheet-pile cofferdam is constructed.

Keywords: liquefaction, model test, shaking table test, pore water pressure, cofferdam construction

1. はじめに

液状化現象は地下水位が高い緩い砂地盤などで大きな地震の揺れにより粒子間の水圧が上昇して液体のようになる現象であり、それによって建物が不同沈下したり、道路に沈下や不陸が発生したり、地中の軽い構造物が浮き上がる被害が発生する^{1)~3)}。

液状化の被害は1964年の新潟地震で大きく注目され、1995年の兵庫県南部地震、2004年の新潟県中越地震、2011年の東北地方太平洋沖地震では震源地から大きく離れた千葉県浦安市などでも液状化被害が発生し、住宅やインフラ施設などが大きな被害を受けた^{4)~6)}。最近では2018年9月に発生した北海道胆振東部地震で、谷地形を火山灰で埋土した宅地造成地で大規模な液状化が発生した⁷⁾。一方、三重県付近では、南海トラフにおいて今後30年以内にM8~9クラスの地震が発生する確率が2018年1月に70%~80%に引き上げられた⁸⁾。

筆者らは、今後発生が予想される南海トラフ地震に備え、

海岸沿いの低平地で発生が予想される地盤の液状化現象について、小型振動台を使った模型実験により、入力地震波形、振動数、模型地盤の粒度等を種々変化させ、液状化現象の発生のしやすさなどについて基礎的な確認実験を行っている⁹⁾。筆者らは、一連の実験のうち、地盤補強としてボルト系補強材を挿入した場合の補強効果について既に報告している¹⁰⁾。本報告では地盤補強として矢板等による締切り工を設置した場合の加速度及び間隙水圧波形の差異について述べる。

2. 模型実験概要

2.1 実験装置

模型地盤は、幅36cm×奥行き22cm×高さ26cmの透明な水槽に水を満たし、所定の寸法の出口から砂を落下させ一様な地盤模型を作製した。模型地山は空気乾燥状態の豊浦砂を用いた。使用した豊浦砂の平均粒径は0.2mmである。砂の投入は、高さ60cmの位置で一定の寸法の出口から水中落下させ、厚さ15cmになるまで投入し作成した。

この地盤模型を小型振動台上に設置し、所定の入力地震波で加振した。小型振動台の諸元は、テーブル寸法400×

*近畿大学工業高等専門学校

総合システム工学科 都市環境コース

250mm、最大加振加速度 1000gal、最大加振変位±40mm である。計測項目は、加速度と間隙水圧であり、図 1 に示す

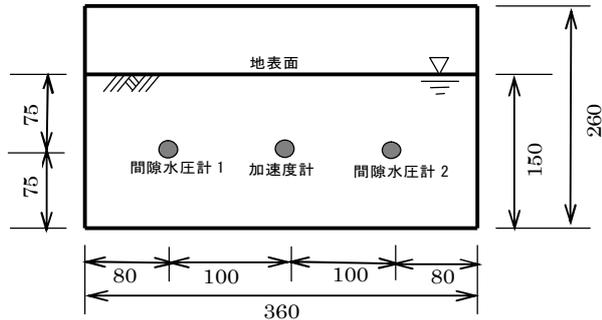


図 1 実験装置



図 2 実験装置の状況

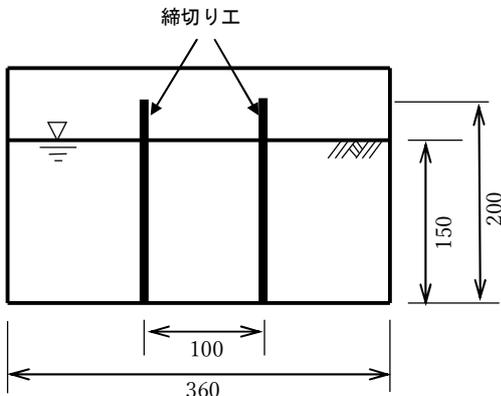


図 3 締切り工の配置

ように、加速度計は振動台上と地中のセンター部 7.5cm の深さに合計 2 個を、間隙水圧計は土槽中心から 10cm 離れた位置で深さ 7.5cm のところに設置した。間隙水圧系は左右対称に 2 箇所設置し、間隙水圧計 (東) および (西) と表記する。図 2 に実験装置の状況を示す。なお、締切り工を設置した場合には、締切り工の内部の深さが同じ個所に加速度と間隙水圧計を設置した。

2.2 地盤補強のモデル化

本報告では地盤の補強として矢板等による締切り工に着目し、締切り工の有無について比較実験を行った。

締切り工はアルミ板 (厚さ 1.0mm) でモデル化し、図 3 に示すように縦横 10cm、高さ 20cm の正四角柱の形状のアルミ板を模型地盤内に挿入した。

3. 実験結果

3.1 対策工無しの場合

図 4~図 6 は振動数 2Hz で 100gal の正弦波を 10 秒、200gal で 10 秒、300gal で 10 秒、400gal で 10 秒と段階的に加速度を上げて、模型を加振した場合の加速度および間隙水圧波形を示す。

図 4 は振動台上の加速度波形で入力波形に相当し、図 5 は地盤内に設置した加速度計の応答波形である。図から、500gal 付近で地盤の加速度波形が乱れており、この付近で完全に液状化が発生していることが分かる。

図 6 の間隙水圧波形では、200gal 付近で間隙水圧がわずかに上昇し始め、500gal 付近では間隙水圧が大きく上昇しており、加速度波形の乱れと同時刻に発生している。入力加速度が 600gal 以上になると、間隙水圧はさらに上昇する。

3.2 締切り工を施工した場合

液状化対策工として、矢板による締切り工を施工した場合を想定し、厚さ 1mm のアルミ板でモデル化した。

図 7~図 8 は振動数 2Hz で 100gal の正弦波を 10 秒、200gal で 10 秒、300gal で 10 秒、400gal で 10 秒と段階的

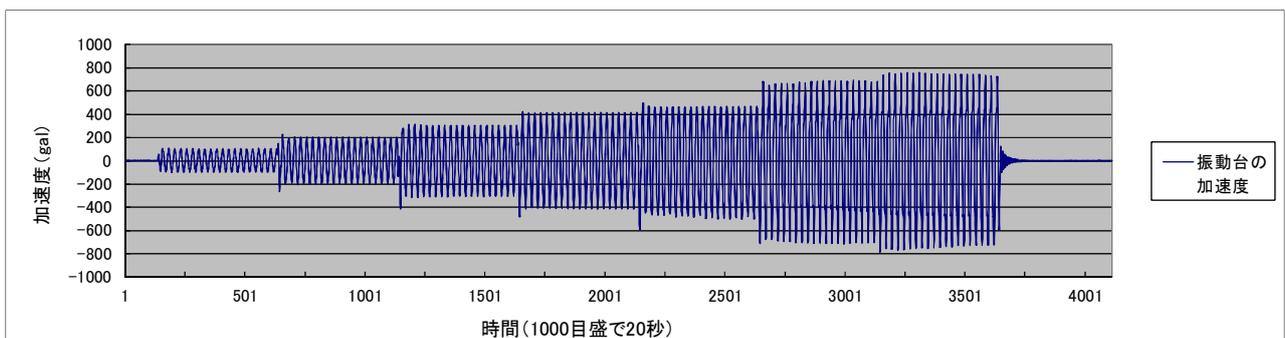


図 4 加速度の計測結果 (振動台上、2Hz の正弦波 100gal で 10 秒、200gal で 10 秒と段階的に加振、補強無し)

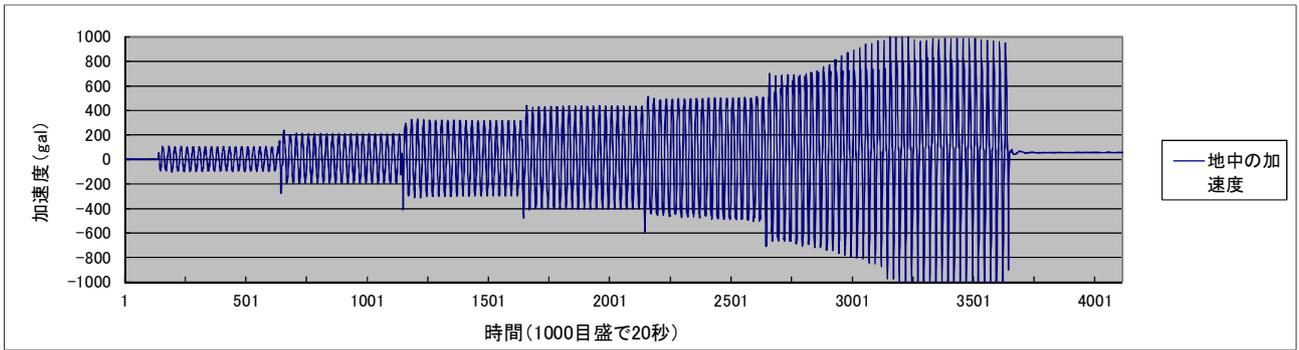


図5 加速度の計測結果（地中、2Hzの正弦波 100gal で10秒、200gal で10秒と段階的に加振、補強無し）

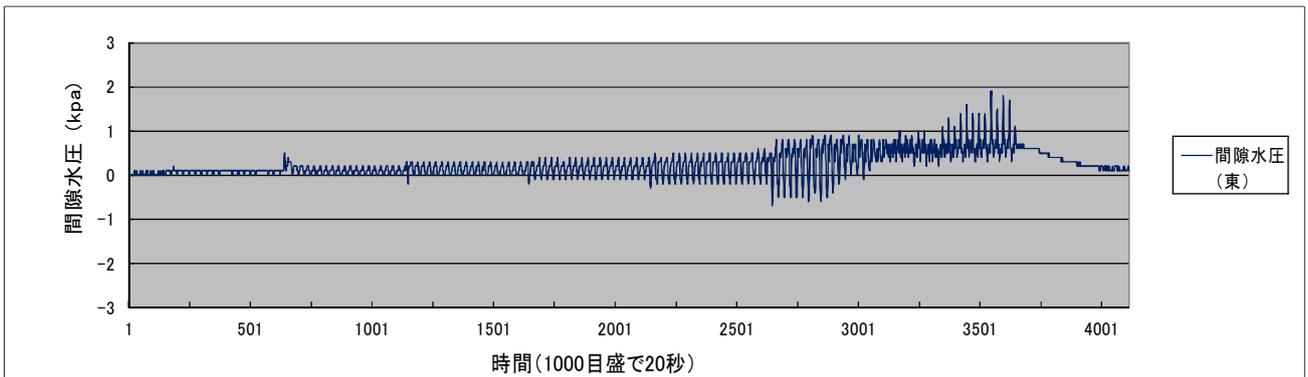


図6 間隙水圧の計測結果（2Hzの正弦波 100gal で10秒、200gal で10秒と段階的に加振、補強無し）

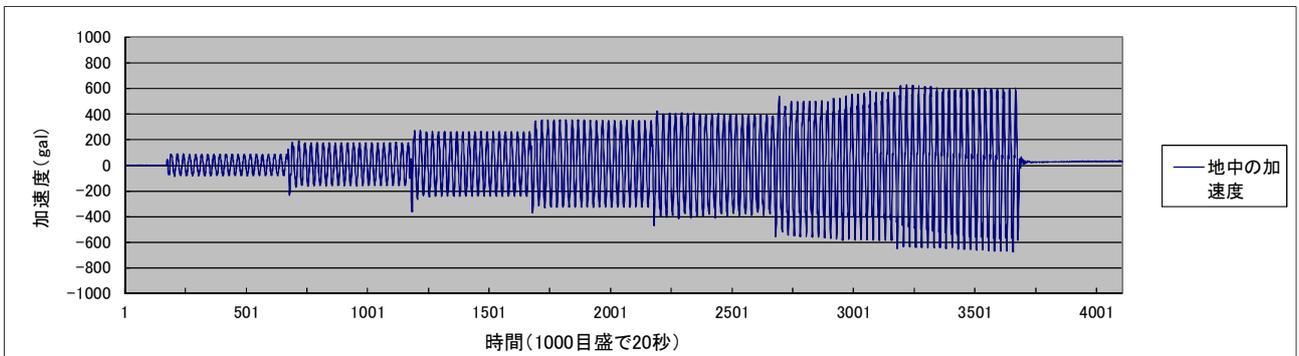


図7 加速度の計測結果（地中、2Hzの正弦波 100gal で10秒、200gal で10秒と段階的に加振、締切り工有り）

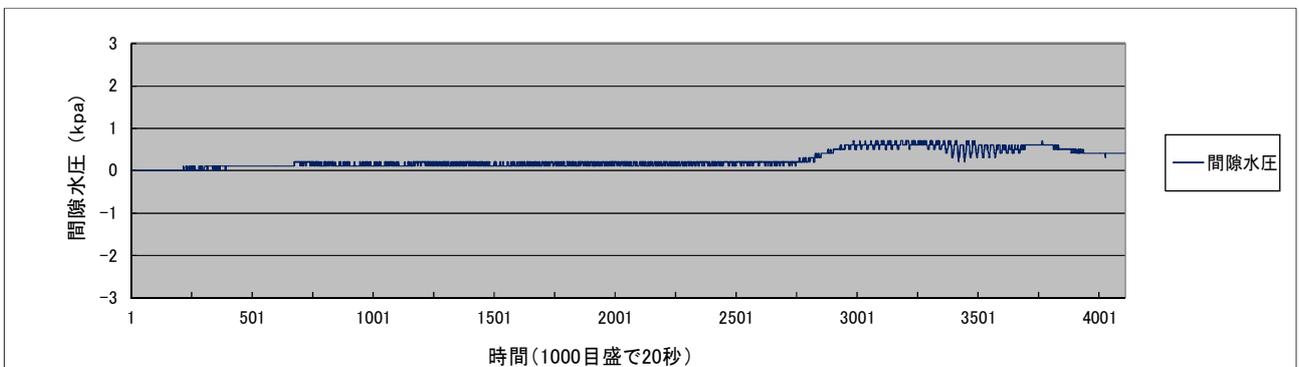


図8 間隙水圧の計測結果（2Hzの正弦波 100gal で10秒、200gal で10秒と段階的に加振、締切り工有り）

に加速度を上げて、模型を加振した場合の加速度および間隙水圧波形を示す。

図 7 は締切り工内の地盤に設置した加速度計の応答波形である。図から、600gal 付近で地盤の加速度波形が乱れはじめ、図 5 の補強無しのケースに比べて液状化抵抗が大きくなっていることが分かる。

図 8 に示す間隙水圧波形も 600～700gal 付近で水圧が上昇しており、補強無しのケースに比べて、液状化抵抗が大きくなっていることが分かる。また、間隙水圧の値も小さくなっている。加速度および間隙水圧波形から、補強無しのケースに比べて、液状化抵抗が大きくなっていることが分かる。

4. まとめ

小型振動台を使った模型実験により、地盤の補強として矢板による締切り工を施工した場合の加速度及び間隙水圧波形を補強材の有無で比較した。その結果、以下のことが分かった。

- ①100gal から 100gal 毎に加速度を上げて加振した場合、補強材無しのケースでは、500gal 付近で地盤の加速度波形が乱れ、同時に間隙水圧も上昇する。
- ②締切り工を施工した場合、入力加速度 600gal 付近で地盤の加速度波形が乱れはじめ、間隙水圧は 600～700gal 付近で上昇する。また、その値も補強材無しに比べて小さくなる。
- ③矢板等による締切り工を施工することで、地盤のせん断抵抗力が向上し、間隙水圧の上昇が抑制され、液状化抵抗が大きくなる。

参考文献

- 1) 吉見吉昭：砂地盤の液状化（第 2 版）、技報堂出版、1991
- 2) 地盤工学会液状化対策工法編集委員会：地盤工学実務シリーズ 18、液状化対策工法、2004
- 3) 東畑郁生、米倉亮三、島田俊介：地震と地盤の液状化－恒久・本設注入によるその対策、インデックス出版、2010
- 4) 堀内佑樹、桑野玲子、桑野二郎：液状化による噴砂発生メカニズムに関する模型実験、生産研究、Vol. 67、No. 4、pp. 351-353、2015
- 5) 若松加寿江：2011 年東北地方太平洋沖地震による地盤の再液状化、日本地震工学会論文集、第 12 巻、第 5 号、pp. 69-88、2012
- 6) 石川敬祐、安田進、萩谷俊吾：千葉県浦安市の液状化現象の発生状況調査、日本地震工学会論文集、第 12 巻、第 4 号、pp.56-64、2012
- 7) 土木学会地震工学委員会：北海道胆振東部地震による

液状化被害、2018.9

- 8) 政府地震調査研究推進本部：南海トラフの地震活動の長期評価（第二版）、2013.5
- 9) 田口善文：地盤の液状化挙動に与える影響に関する模型振動実験、近畿大学工業高等専門学校研究紀要 vol.10 pp.79-82、2017.3
- 10) 田口善文：液状化対策工としてのボルト系補強材の効果に関する模型振動実験、近畿大学工業高等専門学校研究紀要 vol.11、pp.79-82、2018.3