

液状化地盤の永久変形に関する実験的考察

金沢大学大学院 学生員 ○野村 吉範
 金沢大学工学部 正員 北浦 勝
 金沢大学工学部 正員 宮島 昌克

1. はじめに

新潟地震や日本海中部地震の際には液状化が大規模に発生し、橋梁や建物などの地上の構造物ばかりでなく、埋設管などの地下構造物にも多大な被害をもたらした。また、これらの液状化時の地下構造物の被害には、液状化に伴って生ずる地盤の永久変形が大きく影響していることが、近年、浜田ら¹⁾によって明らかにされた。このような地盤災害から地下構造物を守るためには、地盤の永久変形の発生メカニズムをはじめ、永久変形の生ずる範囲、地盤の傾斜、液状化砂層の層厚、密度、粒度特性などと最大永久変形量との関係を明らかにする必要がある。そこで本研究では、模型砂層を用いた液状化実験を実施し、液状化に伴う地盤の永久変形の発生メカニズムについて検討した。なお本研究では、永久変形が地中埋設管に及ぼす影響を明らかにすることに主眼がおかれているので、永久変形の発生範囲と最大変形量の関係と、永久変形量の分布形状に特に注目して実験を行った。

2. 実験の概要

実験装置の概要をFig. 1に示す。実験に用いた砂箱は長さ1500mm、幅 500mm、高さ 350mmであり、これを長手方向に加振した。表面に砂を貼り付けた板を置くことにより液状化地盤の底面に傾斜をもたせ、地盤の表面も底面の板と平行になるようにして傾斜地盤を作成した。砂層全体を一様に液状化させるため、地盤をすべて水面下とした。砂層中央部付近の表面に46本のピンを刺し、このピンの頭の移動量を加振中にビデオカメラで計測することにより、液状化地盤の地表面の水平方向変形量を測定した。また、鋼尺で加振後の最終変形量を測定した。

本実験においては、基準となる実験ケースとして、緩詰め砂層の幅を $W=40\text{cm}$ 、砂層の傾斜を $\theta=4\%$ 、緩詰め砂層の厚さを $H=15\text{cm}$ とした。そして、地盤の永久変形量と永久変形の発生する範囲との相関を調べる実験では、緩詰め砂層の幅を $W=20, 30, 40\text{cm}$ と変化させ、砂層の傾斜 θ および緩詰め砂層の厚さ H は一定とした。同様に、地盤の永久変形量と地盤の傾斜との相関を調べる実験では、砂層の傾斜を $\theta=2, 4, 6\%$ と変化させ、また、地盤の永久変形量と地盤厚との相関を調べる実験では、緩詰め砂層の厚さを $H=10, 15, 20\text{cm}$ と変化させて実験を行った。

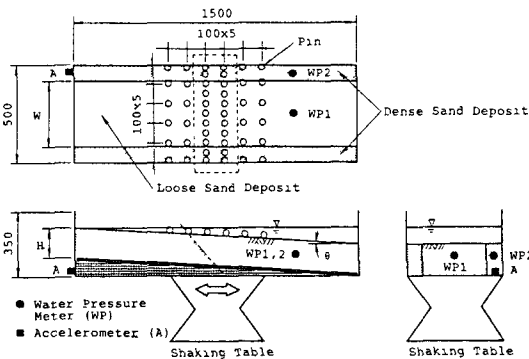


Fig.1 General View of Test Apparatus

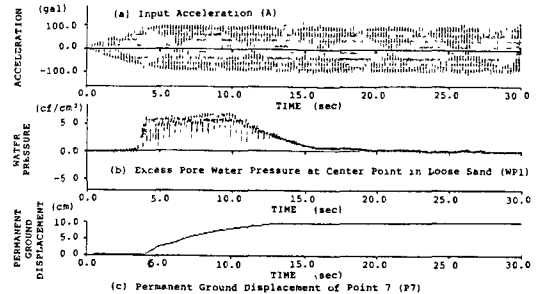


Fig.2 Time Histories of Acceleration, Excess Pore Water Pressure and Permanent Ground Displacement

3. 実験結果

Fig. 2 は、緩詰め砂層の幅を $W=40\text{cm}$ 、砂層の傾斜を $\theta = 6\%$ 、緩詰め砂層の厚さを $H=15\text{cm}$ とした場合の、入力加速度と緩詰め砂層における過剰間隙水圧 (WP_1) および Fig. 3 における P7 の位置のピンの移動状況を示している。この図から、地盤の永久変形の生じる時間は過剰間隙水圧が上昇している時間とほぼ一致していることがわかる。また、地盤の変形速度は過剰間隙水圧が急激に上昇する初期の段階において最も大きく、過剰間隙水圧が減少し液状化が収束するに従いその速度は徐々に減少している。このような傾向は、他の実験ケースでも同様に見られた。

Fig. 3 は、緩詰め砂層の幅 W を変化させた場合の砂箱中央付近の22本のピンの最終的な水平方向の移動状況を示したものである。同分布図から、地盤の水平方向変形の最大値は緩詰め砂層の幅 W が広い程大きく、またその分布形状は調和波形に近似出来ることがわかる。

Figs.4, 5, 6は、それぞれ緩詰め砂層の幅 W 、砂層の傾斜 θ および緩詰め砂層の厚さ H と、液状化地盤の水平方向への最大変形量との関係を示している。Figs.4, 5 より、液状化地盤の水平方向への最大変形量は、緩詰め砂層の幅 W と砂層の傾斜 θ に比較的強い相関のあることがわかる。一方、Fig. 6によると、液状化地盤の水平方向への最大変形量と緩詰め砂層の厚さ H との間には、前の2つほどには明確な相関は見出せない。これは緩詰め砂層の厚さが必ずしも液状化層の厚さと一致していないためとも考えられ、今後さらに検討する必要がある。

4. まとめ

本実験では、永久変形の発生する範囲、砂層の傾斜および緩詰め砂層の厚さが、液状化した地盤の水平方向変形量に及ぼす影響を検討した。データがまだ少ないことや、模型実験であるために、定量的に影響を把握できたとはいいがたいが、永久変形の発生する範囲が最大変形量に及ぼす影響の大きいことが明らかとなった。また、本実験においては、永久変形量の分布はほぼ調和波形に近似出来ることがわかった。

参考文献

1) 浜田政則・安田進・磯山龍二・恵本克利：液状化による地盤の永久変位と地震被害に関する研究，土木学会論文集，No.376，III-6，pp.221~229,1986.

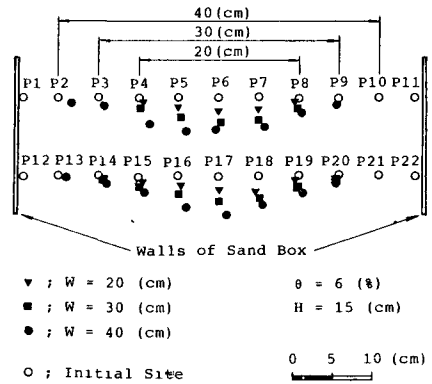


Fig.3 Distributions of Permanent Ground Displacement

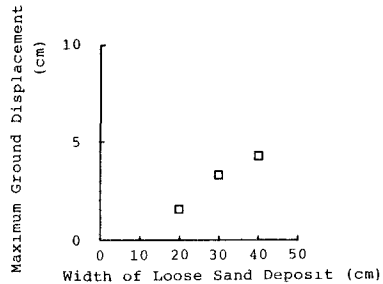


Fig.4 Relationship between Width of Loose Sand Deposit and Maximum Ground Displacement

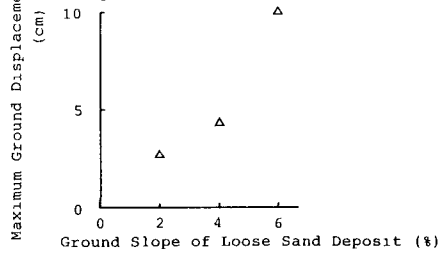


Fig.5 Relationship between Ground Slope of Loose Sand Deposit and Maximum Ground Displacement

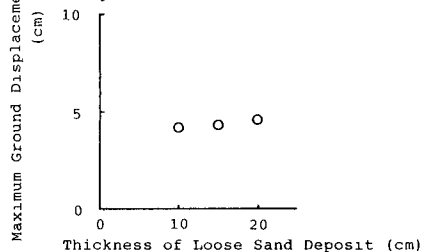


Fig.6 Relationship between Thickness of Loose Sand Deposit and Maximum Ground Displacement