

盛土造成地上の住宅被害対策

中部大学 学生会員 森井 涼太
中部大学 正会員 ○余川 弘至

1. 背景・目的

2011年の東日本大震災では浦安市などの海岸を埋め立てた地区や、2018年の北海道胆振東部地震では丘陵地の谷部を埋め立てた地区などで、地盤の液状化により住宅に被害を受けた¹⁾。これら2つの地震被害に見られる特徴は、被害を受けた多くの建物がビルや大型商業施設ではなく「戸建て住宅」に傾斜や沈下の被害があったということである。傾斜地に造成された盛土は平坦地と異なり大規模な流動が起き、盛土上の住宅は甚大な被害を受けた。しかし、傾斜地での液状化対策や研究がなされていないのが現状である。そこで本研究では傾斜地における住宅に支持杭工法を用いた液状化対策を行い、傾斜地で液状化が発生した様々な条件下で支持杭工法の有効性を検討することを目的とする。

2. 実験方法

地震発生時の液状化被害や滑動崩落、擁壁の倒壊などを確認するために、水平方向に加振可能な振動台と前面をアクリルとして剛土槽(内寸:幅1200mm×奥行150mm×高さ450mm)を組み合わせたものを使用し、1/40スケールの平面ひずみ条件で模型振動実験を行った。実験では、住宅沈下や地盤変化を確認することができるように小型カメラ(GoPro)を設置した。地盤材料は三河硅砂6号を使用し、盛土・斜面部を作成した。間隙流体に相似則を考慮した粘性流体を使用して盛土・斜面を製作した。なお地山となる基礎地盤は十分な強度を発揮できるようにサンドモデルタルで作成した。

3. 検討ケース

本研究では地盤条件等を変化させ、計3ケースの実験を行った。case1は健全な盛土をイメージとして含水比5%で傾斜地を作成し、case2では被害が大きくなると予想される降雨直後の地震をイメージし、case1と同じように地盤を作成したのち、斜面下から粘性流体を図-1の高さまで入れ、3日間放置しメニスカスによって住宅直下の盛土地盤まで飽和させた。

このとき飽和度は95%以上であることを確認している。case3はcase2と地盤作成方法は同じように行い、住宅下に杭を設置する。図-1に概要図を示す。なお、地震動は全ケース同じものを用いており、地表面で最大加速度500galとなるような、周波数10Hz、加振時間4秒のサイン波を振動台に入力した。図-2に加速度の時刻歴を示す。

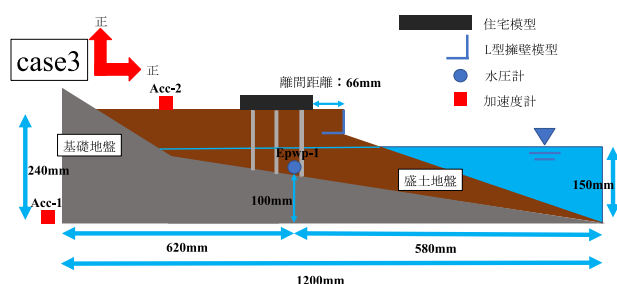


図-1 概要図

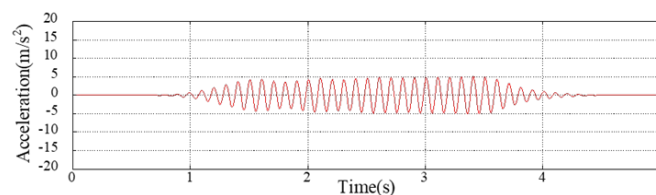


図-2 加速度の時刻歴

4. 擁壁モデル・住宅モデル・杭モデル

擁壁は、名古屋市宅造用L型擁壁²⁾を参考として1/40スケールにしたアルミ製の擁壁(立て壁:50mm、底板:50mm、厚さ:3mm)を使用した。

対象住宅は、木造二階建てのべた基礎住宅とした。木造二階建て住宅の接地圧を荷重指針から16.2kPaになるようにアルミプレートで住宅をモデル化した。実験の1/40スケールでアルミプレートの厚さを15mmに設定し、住宅モデルの接地圧0.405kPaにした。アルミプレートの上部には、ターゲットマーカを動画解析のために設置した。

杭は、支持杭工法³⁾を想定し、液状化時の水平地盤での設計で行い⁴⁾、許容応力度以下に抑えられるように杭本数調整した。曲げ剛性EIを相似則に満足するように設計したが再現性の観点からステンレス製の丸棒を使用する。プロトタイプと比較すると3倍以上の剛性と、1.5倍の強度を有する。また、住宅と

基礎地盤が剛構造になるようにデザインした。杭の固定条件として、住宅模型と基礎地盤を挟むようにボルトで $30\text{cN}\cdot\text{m}$ で統一し固定した。

5. 結果・考察

図-3 に各ケースの過剰間隙水圧（図-1 中の $E_{\text{pwp-1}}$ の水圧計）の時刻歴を示す。図-3 より過剰間隙水圧は、およそ 1.3 秒頃から上昇が始まることがわかる。住宅下の過剰間隙水圧を比較すると、case1 を除いて、過剰間隙水圧が急激に上昇して概ね、住宅下の水圧（図-1 中 $E_{\text{pwp-1}}$ ）が初期有効上載圧まで達しているため液状化が発生していることがわかる。また、杭を設置した case3 でも急激に過剰間隙水圧が上昇しているため、杭による対策自体では液状化を抑制することに寄与しないことがわかった。

図-4 に各ケースの住宅の水平変位の時刻歴を示す。case1 と case3 では加振中でも住宅の水平変位は確認できなかった。一方、case2 では斜面側に残留変位として 25mm の変位が確認された。住宅下の対策(case3) は降雨直後の地震であっても、健全な盛土 (case1) と同程度の被害であり、住宅被害を防ぐことがわかった。

図-5 に各ケースの住宅の鉛直変位の時刻歴を示す。case1 と case3 は、水平変位と同様に住宅沈下は確認できなかった。一方、case2 では、17mm の沈下が見られた。また、過剰間隙水圧が上昇すると同時に沈下が始まることがわかる。

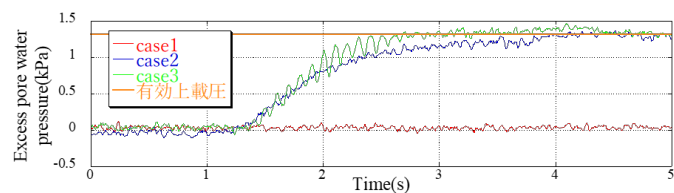


図-3 過剰間隙水圧の時刻歴

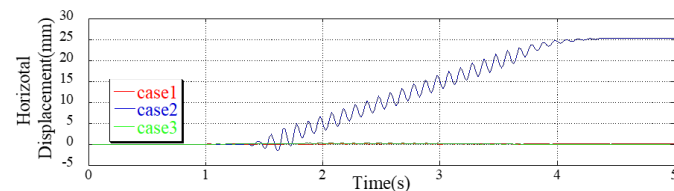


図-4 住宅水平変位の時刻歴

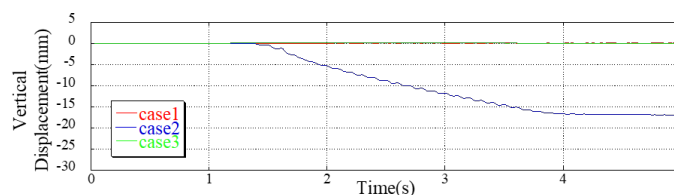


図-5 住宅鉛直変位の時刻歴

6. 結論

図-6 に結果の概要図を示し、以下に本研究で得られた結論を示す。

- 健全な盛土 (case1) のように、降雨等の水を適切に処理することができ、盛土内が液状化しない条件であれば、住宅への被害は大きくならない。一方、降雨直後に地震が発生し、盛土内に雨水等が残存している場合 (case2) には、大きな住宅被害を生じる可能性が高い。
- 住宅下に杭の対策を行うことによって、地震による住宅被害を防げる。
- 住宅下に杭の対策を行うことによって、降雨直後の地震であっても、健全な盛土 (case1) と同程度であり住宅被害は確認できない。

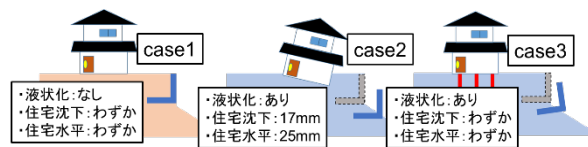


図-6 結果概要図

7. 今後の展望

住宅下のみならず、L型擁壁下の対策を行うことによって、住宅被害を軽減させると考えられる。また、L型擁壁下に対策行うとともに、住宅との離間距離を変化させることにより、住宅被害の軽減策として検討する必要がある。

謝辞

本研究は、基盤研究(C)20K04781 の助成を受けて実施したものである。また、本実験の実施にあたって、木村直哉氏、山崎魁斗氏には、多大なるご協力いただきました。ここに記して感謝の意を表す。

参考文献

- 廣瀬亘・加瀬善洋・川上源太郎・小安浩理・ト部 厚志: 平成 30 年度北海道胆振東部地震に伴う地表変動および強振動による被害, 北海道地質研究所報告, 第 90 号, pp.15-32, 2018.
- 名古屋市: 名古屋市宅地造成工事技術指針 (第 8 章・第 9 章: 擁壁の標準構造図), pp. 42-52, 2016.
- 旭化成建材株式会社: EAZET(鉛直支持力), <https://www.asahikasei-kenzai.com/akk/eazet/product/design>, (参照 2022-12-20).
- 日本建築学会: 建築基礎構造設計指針, pp.270-278, pp.2001.