

住宅基礎を想定したタイヤチップと礫による補強層の液状化低減効果

九州大学 学○儲楚 正 ハザリカ ヘマンタ 正 安福規之 正 石蔵良平

1.はじめに

日本は地震多発の国であり、2011 年 3 月におこった東日本大震災では、関東地方で 2 万戸近くの住宅が液状化の被害を受けた。大型土木構造物については、液状化対策が完備されていたため、地震による液状化被害は戸建て住宅に比べほとんど発生しなかった。戸建て住宅への液状化対策が遅れており、住民の負担を考慮し、経済的かつ有効な液状化対策技術の開発が急務だと考えられる。そこで本研究で提案するのは、リサイクル材であるタイヤチップと礫を用いる液状化対策である(図-1)。タイヤチップの優れた圧縮性を活用すると共に、礫を混合することで地盤の支持力不足や不同沈下の問題が改善できると考える。本研究では、地盤モデルにタイヤチップと礫を用いて補強層を構築することによる住宅の液状化被害の低減効果について振動台実験によって検討する。

2. 実験概要

① 振動台実験

図-2 に本実験の断面図を示す。基礎地盤の下に免震層を設けることで液状化抑制効果を図る。住宅モデルは実際の住宅スケールを目標として作製したところ、構造物模型の底面寸法は幅 180mm、奥行き 300mm となり、構造物の接地圧を 20kN/m²にしたところ井合の相似則を適用し、模型の重量は 2.76 となった。また、地盤中に構造物模型を 20mm 根入れする。本研究では、高さ 400mm 幅 570mm 奥行き 300mm の箱型土槽を用いる。この箱は透明なアクリル板であり、加振中の地盤の挙動を観察することができる。模型を作製する際は水中落下の方式で、相対密度は砂と TC の混合層を 50%にし、基礎地盤を 70%に高さ 300mm まで作製し飽和させる。図-2 に計測器の位置を併記する。水圧計は図に示した位置の、土槽中央部及び土槽壁面部に設置した。計測項目は振動台、地盤中およびモデル上の加速度、地盤内の間隙水圧、構造物の変位とした。入力波数を 300gal、周波数を 3Hz、加振時間を 45 s に設定した。なお、本実験の実物との長さの縮尺比を 40 とした。

② 試料及び実験条件

本研究では、豊浦砂、2mm ふるいを通過し、4.75mm ふるいに残留したタイヤチップ、礫及び TC と礫の混合物を用いて実験を行った。過去の研究により、TC に礫を体積比で 50%に混合した材料は、免震性の維持、支持力、剛性の改善が最も優れていると考えられるから、礫とタイヤチップの混合率を 50%にした。本実験では、表-1 に示す実験条件を設定した。

③ 実験結果及び考察

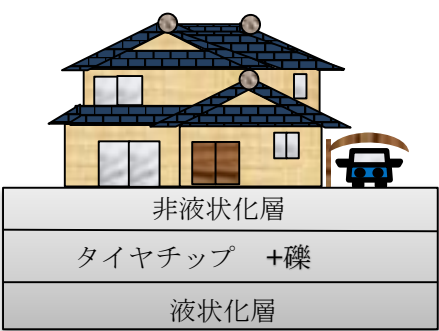


図-1 本研究の概念図

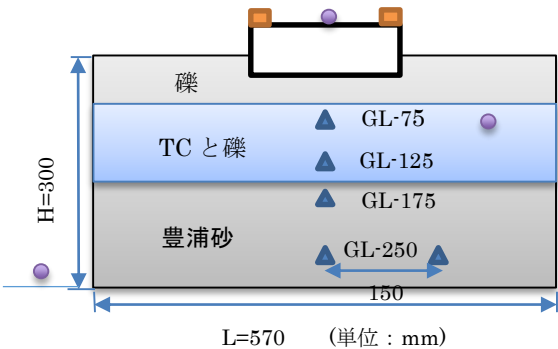


図-2 模型地盤の断面図

■ 変位センサー ● 加速度 ▲ 水圧計

表-1 本実験の実験条件

深度(mm)	Case0	Case1	Case2	Case3	Case4
50	礫	礫	礫	礫	礫
100	砂	TC 単体	TC と 礫	TC と 礫	砂
150					TC と 礫
200		砂	砂	砂	砂
250					
300					

図-3 に壁側 GL-250mm に設置した水圧計で計測した各実験条件における過剰間隙水圧の経時変化を示す。過剰間隙水圧の上昇に着目すると、Case0 の未改良地盤では最大過剰間隙水圧が一番大きく、TC と礫の混合物または TC 単体を入れることによって間隙水圧の上昇が抑えられ、混合層が 10cm の場合が一番効果を発揮し、間隙水圧が上がらなかったことが分かった。更に、各ケースでは、10s 前後に間隙水圧が上昇し、それが消散するまでに経過した時間が Case0 の場合は約 50 s 経過している。一方、Case1,3,4 の場合には、間隙水圧の上昇は 35s 以内に消散しており、液状化を防止している。これらの結果から、透水性のよい TC と礫を地盤内の免震層として用いる場合には、過剰間隙水圧の上昇が早く消散され、液状化を防止していることが分かった。

各ケースの構造物模型の最終的変位は図-4 に示しており、全部のケースで、加振が終わった後に模型の変位量がマイナスになり、沈下することを示す。Case0 から Case3 までは、TC と礫の層の厚さが大きくなるほど、最終変位量が大きくなり、TC 単体を入れる場合にも沈下量の低減が発揮できる。Case4 では、一番大きい沈下量を示したが、それは、実験上では補強層の上の砂層を相対密度 75%以上作製するのが困難であり、TC と礫の層の間隙が砂に対して大きいため、砂層から砂が流入したためと考える。TC が高い圧縮性を持つため、緩い砂層の下に挟まれることで、非液状化層の抵抗が発揮できず、地盤が大きく沈下したと考えている。

図-5 に各実験ケースにおける加振時の最大加速度応答を示す。入力加速度 300gal に対して、Case2 が一番抑制され入力加速度とほぼ同程度になった。そして、Case4 の場合は模型上の加速度応答は Case2 がほぼ一緒の効果を発揮している。TC 単体及び補強層 5cm を用いる地盤の場合は、模型上における最大加速度応答も低く抑えられる。一方、未改良地盤の加速度応答が一番大きいと分かった。

3. 結論

振動台実験によりタイヤチップの低い剛性と弾性的特性が、応答加速度の低減に寄与し、タイヤチップ単体を用いた改良地盤は未改良地盤より、構造物模型での応答加速度が半分程度に低減された。しかしタイヤチップ単体だけで改良した地盤の沈下量は礫と混合した地盤の 4 倍以上となり、礫を混合しない場合は地盤の沈下量は大きくなると考えられる。また礫をタイヤチップに混合した層が 10cm になった時、すなわち、補強層を液状化層の 2/5 程度構築した場合、液状化防止に効果があることが分かった。これは、実地盤に換算した場合、非液状化層を地表面から挟んで、4m 程度構築することが液状化の抑制に効果的である。ただし、TC と礫の層の厚さを半分減らした場合、液状化抑止効果が小さくなる。

謝辞：研究では、九州大学大学院の笠間清伸准教授に振動台を貸して頂き、また、振動台の調子を直すための助けを頂きました。実験室の八尋裕一技官と中島通夫技官には振動台や測定機器の動かし方を教えていただき、深く感謝いたします。

【参考文献】新谷 文男：繰り返し荷重を受けるタイヤリサイクル材の変形特性の検討，卒業論文，2011

ハザリカヘマンタ、五十嵐信貴：タイヤチップ材を免震材として用いた基礎地盤の改良効果，建築 CDRom，2009

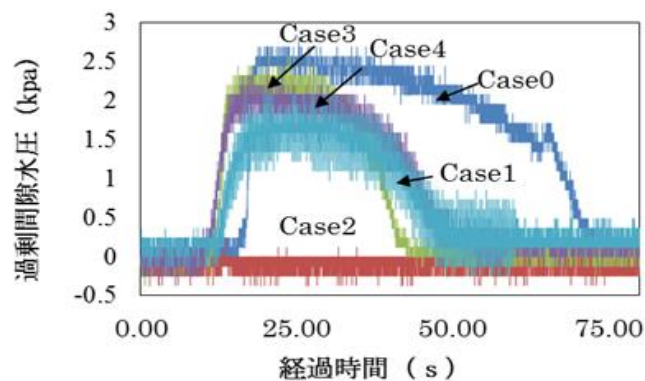


図-3 GL-250mm における過剰間隙水圧の経時変化

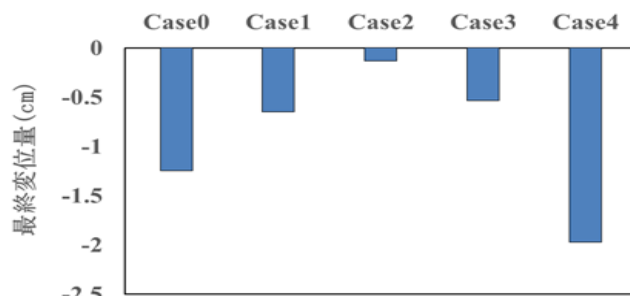


図-4 最終変位量

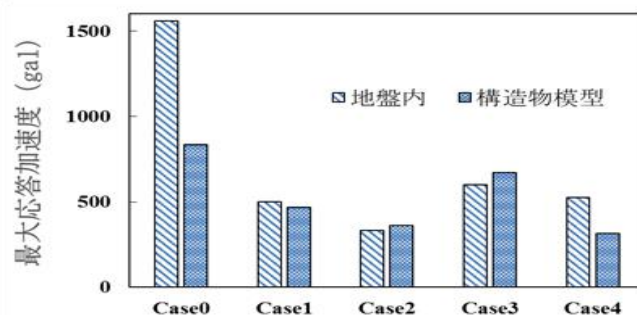


図-5 最大加速度応答