廃タイヤチップを用いた水平補強による液状化対策の地盤改良機構に関する研究

九州大学大学院　　正会員　ハザリカ・ヘマンタ　学生会員　○儲楚　Amizatulhani Abdullah
アメリカオールド・ドミニオン大学　正会員　石橋　勲

1. はじめに

昨年の熊本地震で幅広く液状化現象が発生し、それによって道路、住宅、自然堤防、農地などに莫大な被害を与えてきた。その中に戸建て住宅の液状化被害が最も深刻、小規模住宅への適切な液状化対策が期待されている。ハザリカより、図-1 に示すように住宅基礎の下部にタイヤチップ(廃タイヤリサイクル材、以下「TC」)と礫を用いた補強層を構築する低コストかつ環境負荷を軽減する工法が提案されていた[1)]。状化被害の低減効果を定量的に検証するため、タイヤチップと礫混合材の補強層を用いた違う地盤構造における振動台実験を行った。また、Plaxis により数値解析の手段を用い水平補強による液状化対策の地盤改良機構を明らかにした。

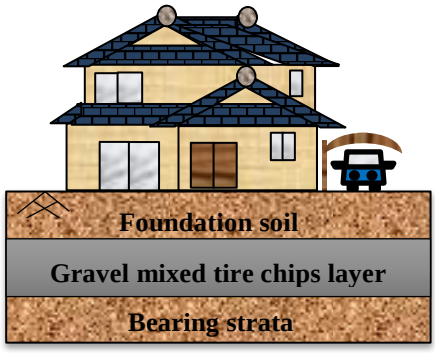


図-1　低コストの液状化対策

2. 内容

2-1. 振動台模型実験

本研究では、高さ 440 mm、幅 570 mm、奥行き 300 mm の箱型土槽を用いる。この模型は透明なアクリル板になっており、加振時の地盤の挙動を観察可能である。住宅模型は一般的な戸建住宅を目標に作製し、構造物模型の底面の寸法は幅 180 mm、奥行き 300 mm となった。模型地盤は水中落下法で、非液状化層は相対密度 Dr=70%、液状化層や TC と礫の補強層は相対密度 Dr=50%を目標に飽和させた。図-2 に示すように実験模型の所定位置に計測機器を設置し地盤を作成し、水平方向での加振を行った。入力波を 300 Gal の正弦波とし、周波数を 3 Hz、加振時間を 45 s に設定した。

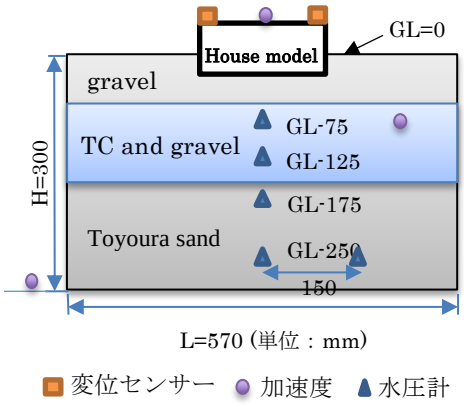


図-2 模型地盤の断面図

2-2. 実験条件及び数値解析

振動台実験で用いた試料は、豊浦砂、TC、礫及び TC と礫の混合材であり、表-1 に示すように 7 つの実験ケースを設定し、補強層の厚さと補強層の礫混合率(以下 gf と簡略)から地盤の液状化抑制効果を検討した。実験により、補強層の混合率を 50%にさせる場合、エネルギー吸収効率が最もよく液状化対策として最適であるため、その場合の 3 つの補強地盤と非補強地盤に、Plaxis より図-3 に示す数値解析のモデルを作り液状化解析を 2 次元に行ってきた。

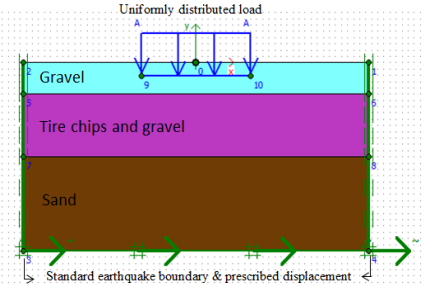


図-3　数値解析のモデル

表-1　実験条件

Depth(mm)	Case0	Case1	Case2-1	Case2-2	Case3-1	Case3-2	Case4
50	礫	礫	礫	礫	礫	礫	礫
100	豊浦砂	TC 単体	TC と礫 (gf=50%)	TC と礫 (gf=30%)	TC と礫 (gf=50%)	TC と礫 (gf=70%)	砂 (Dr=75%)
150					豊浦砂	豊浦砂	TC と礫
200		豊浦砂	豊浦砂	豊浦砂			豊浦砂
250							
300							

キーワード：液状化、数値解析、リサイクル材
連絡先：〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡 744 番地ウエスト 2 号館 1124 号室　TEL：092-802-3369

2-3. 振動台実験の結果及び考察

図-4 に構造物直下 GL-250 mm で計測した過剰間隙水圧比の経時変化を示す。図より、Case0 では過剰間隙水圧比は 1.0 に達したため液状化が発生することが確認できた。一方、補強層が層厚 10 cm の時、TC 単体で構成された場合でも、ノイズを除いて過剰間隙水圧比が 1.0 に達していないため、タイヤチップの液状化抑制効果があると確認できた。特に Case2-1 の場合が最も過剰間隙水圧低減効果があり、過剰間隙水圧比がほぼ 0 であった。

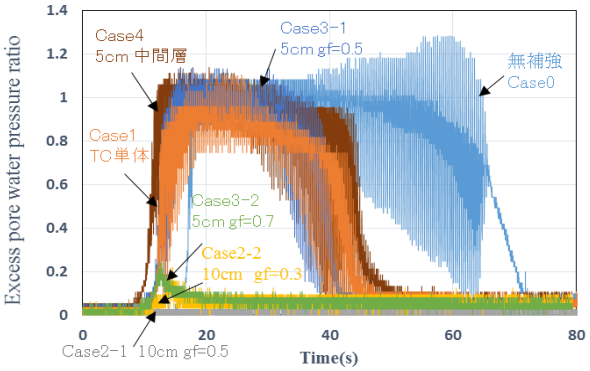


図-4 GL-250 における過剰間隙水圧比の経時変化

図-5 に各ケースでの構造物模型の最終沈下量を示す。補強層の厚さが大きくなるほど地盤の支持力不足を改善する効果が大きくなるため、最終変位量が小さくなることが確認できた。また、礫の混合率が大きくなるほど沈下量の軽減効果が大きくなることが分かった。TC 単体を用いた補強層は支持力不足ことがわかり、沈下量を抑制するため礫と混合したほうが望ましい。また、補強層が砂層の中に挟まれている Case4 では、未補強地盤より沈下量が大きいである。

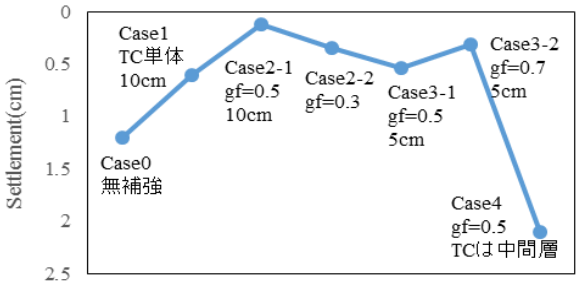
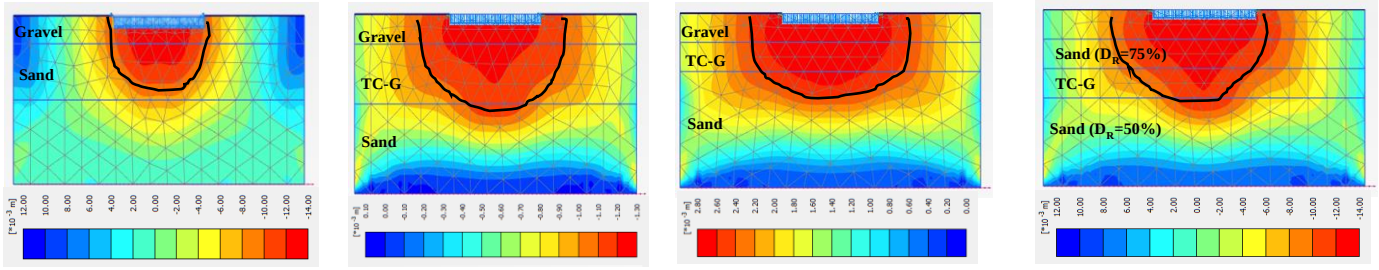


図-5 模型の最終沈下量

2-4 数値解析による地盤沈下の考察



Case0 Case 2-1 Case 3-1 Case 4-1

図-6 数値解析による沈下輪郭[2)]

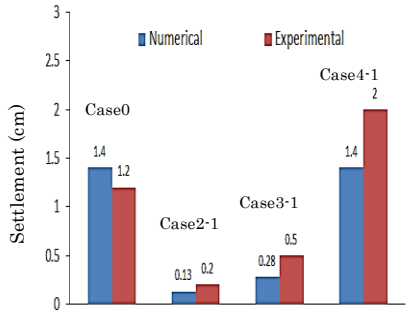


図-7 実験的と解析的による沈下の比較[2)]

図-6 に礫混合率 50%で補強された場合に Plaxis より地盤変形解析を行い沈下輪郭が描けた。未補強地盤で沈下はモデルの直下部に集中していたが、タイヤチップと礫で補強された地盤の中で沈下は広い範囲まで広げてくる。それは、タイヤチップ自体が高い圧縮性を持つため、振動が行われる時補強層では圧縮により沈下変化は進んでいると考えられる。また、図-7 に示すように解析による最大沈下量の結果が実験と同じ傾向を示した。ただし、実験では緩い砂地盤が支持力不足のため、更に大きな変形を示した。

3. 結論

タイヤチップと礫を用いた補強層の存在により、未補強地盤に生じた過剰間隙水圧は抑制される。例えば、礫を混合した層厚が10cmそして礫混合率50%の補強地盤の場合、過剰間隙水圧が液状化を生じない程度大きく低減した。また、数値解析により補強層が存在する場合は未補強地盤より沈下はモデルの直下のみ留まらず、幅広く広げていくと見られる。

[参考文献]1) Hazarika, H. and Abdullah, A. (2015). Improvement effects of two and three dimensional geosynthetics used in liquefaction countermeasures. Proc. of the 15th Asian Regional Conference of ISSMGE, Fukuoka, Japan(CD-ROM)
2) Amizatulhani Abdullah and Hemanta Hazarika(2017). Mechanism of soil improvement in mitigating liquefaction by vertical and horizontal reinforcing inclusion using scrap tire chips.