

ジオセルを用いた地震液状化時の道路通行性能改善に関する実験的研究

金沢大学理工学域地球社会基盤学類 学生会員 ○野村 あさひ
 金沢大学理工学域地球社会基盤学系 正会員 村田 晶, 池本 敏和
 エターナルプレザーブ株式会社 小幡 倫之

1. はじめに

日本は地震国家であり、2011年東北地方太平洋沖地震、2016年熊本地震、2024年令和6年能登半島地震などの大きな地震が幾度となく発生し、これに伴い平面道路に段差・亀裂が発生し地震後の車両通行に障害をもたらし、復旧活動に多大な影響を及ぼした。この被害は液状化が原因の一つと考えられ、対策として、被害発生部の路面の相対変位を抑制することが効果的である。しかし、道路の液状化対策は対象範囲が広く、地盤改良工法などの既往の対策法では膨大な費用を要することになる。

そこで道路の変形抑制に効果的で、経済的でもある対策工法の一つとして、ジオセルを用いた工法に着目する。ここで本稿での実験の前に、北海道においてジオセルを用いた地震時の段差対策に関する実大模型実験も行われている¹⁾。ジオセルについて写真-1に示す。この工法は、高密度ポリエチレンを超音波溶着でハニカム状に成形した「ジオセル」に、碎石や現場発生土などを充填し、拘束支持された地盤を提供するものである。特殊な重機を必要としないため施工しやすく、周辺環境への影響も少ないという利点がある。

本研究では、この工法を平面道路に適用し、通行性能の改善に効果が期待できるのかどうかを模型振動実験により検証を行う。振動実験では対策工として、珪砂3号を充填したジオセル対策工と珪砂3号のみの2ケースを無対策地盤と比較して検討する。

2. 実験の概要

幅1500mm、奥行き750mm、高さ750mmの土槽を振動台の上に設置し、土槽内に模型を作成する。実験概要図を図-1に示す。土槽の底面から400mmの高さまでは、珪砂7号が相対密度50%程度で敷き詰められている。対策地盤の場合、中央部の幅300mm、奥行き350mmの範囲については、モルタルと木片を用いて舗装に見立てた層(14mm)、路床として40mmを想定し、その内珪砂3号を充填したジオセル対策工または珪砂3号のみの対策層(24mm)、その下部は珪砂7号(16mm)となっている。対策工を包み込むように不織布が設置されている。無対策地盤は、舗装道路が14mm、相対密度50%の路床が40mmとなる。中央部以外の周辺地盤の表層は珪砂7号を用いた相対密度50%の40mmの不飽和砂層となっている。寸法は、1/25スケールとしてモデル化している。

今回の実験では、無対策地盤、ジオセル模型に珪砂3号を充填して対策した地盤、珪砂3号のみを用いて対策した地盤、の3種類を作成し、ジオセルによる対策効果を検証する。ここで、地下水位について



写真-1 ecowebジオセル

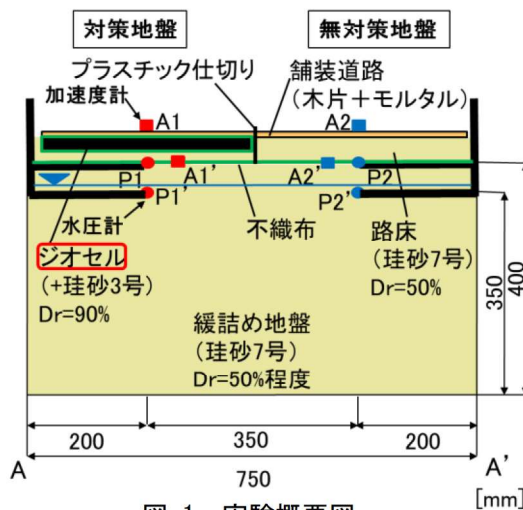
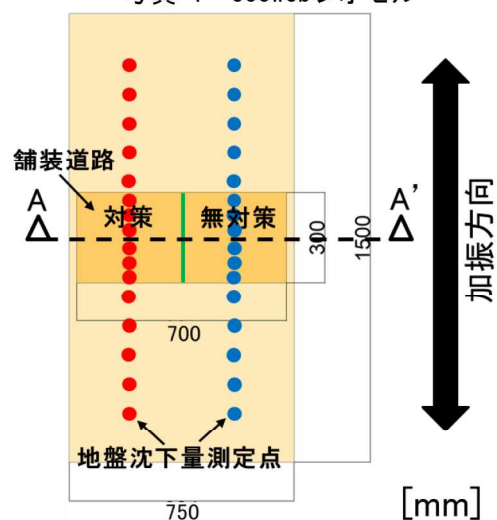


図-1 実験概要図

(上図：平面図，下図：断面図)

は路床下部から80mmの位置に設定する。また、入力波については、振動数5Hz、最大加速度150cm/s²、テーパー3秒の正弦波を25秒加振する。

3. 実験結果

(1) 応答加速度

緩詰地盤上(下端から400mm)と舗装道路上(下

端から454mm)の位置に無対策地盤, 対策地盤それぞれ, 長辺方向の中央(端から750mm)の計4か所, 加速度計を設置し, 応答加速度を測定した. 無対策地盤, 対策地盤ともに加振開始後4秒程度で応答加速度が急激に減衰しており, 地盤が液状化したと考えられる.

(2) 過剰間隙水圧比

過剰間隙水圧比のグラフを図-2に示す. 地盤中(下端から350mm)と不織布下(下端から400mm)の位置に, 無対策地盤側, 対策地盤側それぞれ, 長辺方向の中央(端から750mm)の計4か所, 水圧計を設置し, 過剰間隙水圧を測定した. 過剰間隙水圧比の値は1に近いほど, 液状化に近い状態にある. 無対策地盤と対策地盤の結果を比較すると, 地盤中および路床下部ともに, ジオセルを用いた対策地盤の方が加振終了後の過剰間隙水圧の消散開始が早い. また路床下部では, 過剰間隙水圧比について無対策地盤よりも対策地盤の方が高い. これは対策工がドレーンのように集水しやすい構造となっており, 周囲から間隙水が入り込んでいるのではないかと考えられる. ただし, 対策地盤では液状化被害の1つである噴砂の発生は認められなかった.

(3) 地盤沈下量

地盤沈下量は, 地盤上の長辺方向両端から150mmの位置から, 水圧計を設置した長辺方向の中央以外について, 100mmごと(舗装道路部分のみ50mmごと)に, 短辺方向の両端から200mmの位置の地表面の高さを加振の前後で測定し, 各16点の加振前後の高さの差を評価した. 無対策地盤の場合は, 周辺地盤平均沈下量2.4mm, 舗装道路平均沈下量14.9mmであった. ジオセルを用いた対策地盤の場合は, 周辺地盤平均沈下量5.0mm, 舗装道路平均沈下量10.0mmであった. また, 珪砂3号のみの対策地盤の場合は, 周辺地盤平均沈下量1.6mm, 舗装道路平均沈下量8.3mmであった. 無対策地盤に比べ, 対策を行った地盤の方が沈下量が抑えられた.

(4) 側方変位

側方変位は, 舗装道路上の短辺方向両端と中央の各3点における, 土槽の長辺方向端からの距離を加振の前後で測定し, 加振前後で移動した距離を評価した. 無対策地盤の場合は, 地盤全体が2.0mm同じ方向に移動した. ジオセルを用いた対策地盤の場合は, 3点とも移動しなかった. また, 珪砂3号のみの対策地盤の場合は, 3点とも1~3mm移動し, 地盤が広がった. 側方変位を比較すると, 無対策や珪砂3号のみの対策に比べてジオセルを用いた対策地盤の方が, 側方変位が抑えられ, ジオセルによる対策効果が表れている.

(5) 舗装道路の段差・亀裂

段差・亀裂は, 舗装道路上における上下方向のず

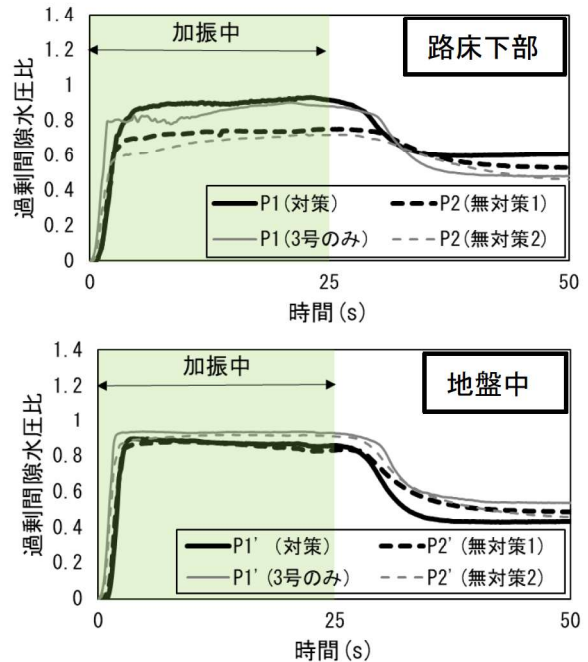


図-2 過剰間隙水圧比の比較
(上図: 路床下部, 下図: 地盤中)

れを段差, 加振方向に開いた幅を亀裂として, 加振後に測定した. 無対策地盤の場合は, 段差が10mm, 亀裂が5mmであった. ジオセルを用いた対策地盤の場合は, 段差が2mm, 亀裂が1mmであった. また, 珪砂3号のみの対策地盤の場合は, 段差が1mm, 亀裂が2mmであった. 段差・亀裂を比較すると, 珪砂3号のみの対策を行った場合とジオセルも用いて対策を行った場合では優位な差は見られないが, 無対策に対して, 対策を行った方が段差, 亀裂ともに小さくなっており, 対策の効果が表れている. さらに, 実際の地盤に換算すると, 無対策の段差が25cm, 亀裂が12.5cmであるのに対し, 対策を行った場合は, 段差が5cm, 亀裂が2.5cmと, 対策を行うことで小型緊急車両が通行可能な段差である10cm以内の基準²⁾を満たしている.

4. おわりに

本研究は, 地震時の平面道路の通行性能の改善を目的としてジオセルを用いた対策工法の効果について検討を行った. その結果, ジオセルを用いて対策を行うことで, 側方変位や, 段差・亀裂を抑制し, 噴砂抑制効果もあった. 道路通行性能を改善する効果が確認できた.

参考文献

- 1) 曾我部幸平, 川口貫之, 川尻峻三, 須志田健, 櫻井英文: ジオセルを用いた地震時の段差抑制対策に関する実大模型実験, ジオシンセティクス論文集, 第36巻, pp.17-24, 2021.
- 2) 常田賢一, 小田和広, 中平明憲, 林健二, 依藤光代: 段差走行実験に基づく地震時の道路の性能評価及び交通運用, 地盤工学論文集, 第29巻, pp.596-604, 2017.