

# ライスレジンの力学特性に関する基礎的な研究

九州大学工学部 学生会員 小林 陸斗

九州大学大学院工学研究院 正会員 ハザリカ ヘマンタ

清水建設株式会社 正会員 村井 政徳

## 1. はじめに

わが国では、1995年兵庫県南部地震、2011年東北地方太平洋沖地震、2016年熊本地震、2018年北海道胆振東部地震などの大地震のたびに、液状化による地盤災害に見舞われてきた。液状化に起因する被害を防ぐため、これまで多くの対策工法が考案され、実用化されてきた。このうち、液状化の原因となる間隙水圧の上昇を速やかに逸散させる排水促進工法の一つとして、透水性の高い砕石を地盤内に設置するグラベルドレーン工法が提案された<sup>例え1)</sup>。また、ハザリカ<sup>2)</sup>や安原ら<sup>3)</sup>は、砕石に代わる材料としてタイヤチップ(タイヤ由来の地盤材料)に着目し、液状化低減対策におけるタイヤチップの有用性を示した。

本研究では、砕石やタイヤチップの代用材料としてバイオマスプラスチックの一つである Rice Resin<sup>®</sup>(ライスレジン)に注目して、これが液状化低減対策のための地盤材料として適するか確認するために、力学特性、透水特性を検討した。

ライスレジンは、食用に適さない古米や米菓メーカーなどで発生する破砕米など、飼料としても処理されず、廃棄されてしまう非食用の米をアップサイクルした100%国産のバイオマスプラスチックである。国産であるため石油相場や海外の情勢に左右されずに安定供給が可能であることに加え、樹脂の特性として、石油系プラスチックとほぼ同等の品質であるというメリットがある。また、元来地球上にある植物を原料とするため、従来の石油系プラスチック製品と比較して約30%のCO<sub>2</sub>排出削減を可能とするため、ライスレジンの活用は、SDGsの実現に繋がる可能性がある。

## 2. 供試体および試験方法

### (1) 供試体

本研究では、粒径3.3-4.1mm、バイオマス度70%のライスレジンをを用いた(写真-1)。図-1に粒径加積曲線を示す。e<sub>max</sub>およびe<sub>min</sub>は、砂の最小密度・最大密度試験より求めた(表-1)。

表-1 試料の物理特性

$\rho_s(\text{g/cm}^3)$	1.21
e <sub>max</sub>	0.734
e <sub>min</sub>	0.503

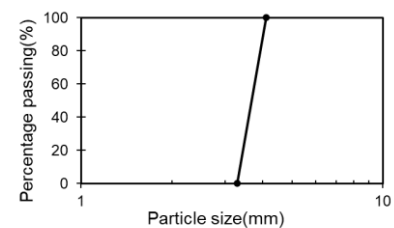
写真-1 Rice Resin<sup>®</sup>

図-1 試料粒径加積曲線

### (2) 試験方法

ライスレジンに対して、拘束圧を100kPa、150kPa、200kPaの排水条件下で側圧一定三軸試験を行った。粒径が大きい試料のため、Hao *et al.*<sup>4)</sup>によって開発された試験機を用いて実験を行った。直径15cm、高さ30cmの供試体で中型三軸圧縮・透水試験機を用いて実験を行った(写真-2)。試料は、締固め法により3回に分けて入れ、各回モールドの下部をハンマーで軽くたたいてDr=80%程度の供試体となるように調整した。100kPaでDr=77%、150kPaでDr=84%、200kPaでDr=78%の供試体となった。供試体作成後、飽和試体作成のためにCO<sub>2</sub>ガスを注入し通水、背圧20kPaを与え、供試体を飽和した。その後所定の拘束圧で圧密を行い、軸ひずみ速度0.1%/min以下で軸ひずみ15%程度までひずみ制御によるせん断載荷を行った。

次に同様の手順で各拘束圧の圧密を行った供試体に対して中型三軸圧縮・透水試験機を用いて、定水位透水試験を行った。各拘束圧で透水量が200mLになる時間を3回計測した。透水係数kはDarcy則が成り立つと仮定して式(1)を用いて算出した。

$$k = \frac{QL}{hAt} \quad \text{式(1)}$$

ここで、 $Q$  : 透水量、 $L$  : 供試体高さ、 $h$  : 水位差、 $A$  : 供試体の断面積、 $t$  : 測定時間である。



写真-2 中型三軸圧縮・透水試験機

### 3. 試験結果

#### (1) 圧密排水試験結果

ライスレジンの圧密排水試験結果を図-2(a)、(b)に示す。図-2(a)に示すとおり、ライスレジンは礫のように明瞭なピークせん断強度を示し、拘束圧の増加とともにせん断強度も増加した。また、図-2(b)に示すとおり、試料は一度収縮した後、直線的に膨張を示し、膨張の傾向にあることが分かった。拘束圧の増加とともに、大きい収縮を示したが、膨張時には、各拘束圧の関係性は示さなかった。

各拘束圧の結果より図-2(c)のモール円が描かれ、粘着力  $c = 0 \text{ kN/m}^2$ 、内部摩擦角  $\phi = 30^\circ$  が得られた。

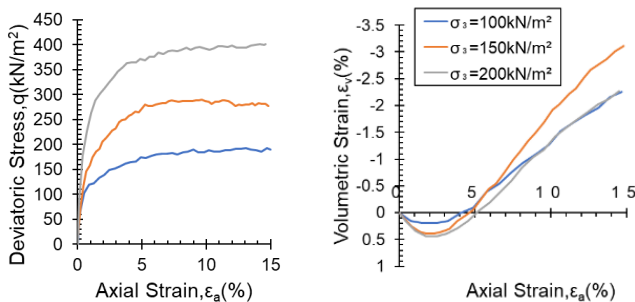


図-2(a) 主応力差-軸ひずみ曲線 図-2(b) 体積ひずみ-軸ひずみ曲線

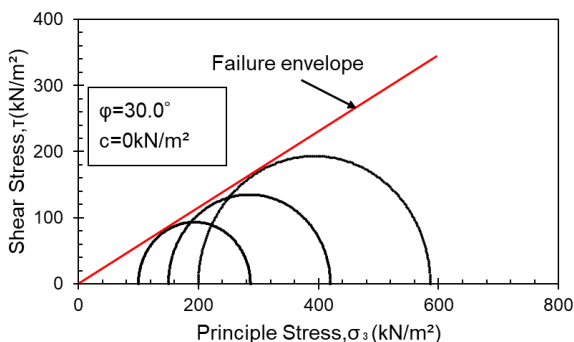


図-2(c) モールの応力円と破壊包絡線

#### (2) 定水位透水試験結果

(式1)の  $A$ 、 $h$ 、 $L$  の値は、 $A = 0.0169 \text{ m}^2$ 、 $h = 0.384 \text{ m}$ 、 $L = 0.300 \text{ m}$  であり、 $100 \text{ kPa}$ 、 $150 \text{ kPa}$  の時  $t = 58.3 \text{ s}$ 、 $200 \text{ kPa}$  の時  $t = 58.7 \text{ s}$  となったがいずれの場合も透水係数は  $2.5 \times 10^{-2} \text{ cm/s}$  であり、透水性は中位である。

#### 4. 考察及び今後の展望

圧密排水試験の結果から、ライスレジンのせん断強度は、現在礫の代替材料として使用されているタイヤチップより大きく、礫より小さい値を示した<sup>5)</sup>ので、礫と混合することによってせん断強度を上昇させることが可能である。体積ひずみは礫と同様の収縮、膨張を示し、粘着力は礫と同様の値、内部摩擦角は礫より少し小さい値を示した<sup>4)5)</sup>。定水位透水試験により得られた透水係数は礫と同様の値を示した<sup>5)</sup>。

本研究では、圧密排水試験により拘束圧の増加とともにせん断強度は上昇すること、定水位透水試験により透水係数の値を得ることができた。しかし、地盤改良材として適用する場合、ライスレジンの力学特性をより明らかにする必要がある。今後は、ライスレジン内に発生する間隙水圧に関して詳細な検討が必要と思われる。そのため、圧密非排水試験を実施し、相対密度、ライスレジンの粒径を変化させた時のせん断強度の比較、礫と混合させた時のせん断強度を調べる必要がある。

#### 参考文献

- 1) 眞野英之・社本康広・石川明・吉成勝美：構造物外周直下の礫置換による小規模構造物の液状化被害低減対策，日本地震工学会論文集，第16巻，第1号，pp.59-69，2016.
- 2) ハザリカヘマンタ・小濱英司・鈴木嘉秀・菅野高弘：緩衝材としてタイヤチップを用いた構造物の耐震性評価，港湾空港技術研究所報告，Vol.45，No.1，pp.1-28，2006.
- 3) 安原一哉・福武毅芳・Hemanta Hazarika：古タイヤの土構造物への活用技術，土木技術，Vol.61，No.10，pp.79-86，2006.
- 4) Hao Chunrui：海面埋立処分場におけるタイヤ由来の地盤材料の適用性に関する研究，九州大学，2022年度博士論文
- 5) S.M.K.Pasha・H.Hazarika・N.Yoshimoto：Physical and mechanical properties of gravel-tire chips mixture (GTCM)，Geosynthetics International，26(1),92-110，2019.
- 6) 瀧山美怜・兵動正幸・吉本憲正・中田幸男：タイヤチップおよびタイヤチップ混合砂の単調および繰返しせん断特性，日本材料学会論文集，Vol.67，No.1，pp.75-78，2018.