

樹木廃材をリサイクルした生分解性地盤材料の力学特性

山口大学大学院 学 ○松本 晶

山口大学工学部 正 鈴木素之 山本哲朗

1.はじめに 近年、良質な地盤材料が枯渇しつつあり、建設工事などで発生する建設副産物のリサイクルに関する研究が盛んに行われている。本研究では建設工事や間伐等で発生する廃木材を地盤材料として有効活用することを目的として、木材と生分解性プラスチックを混練し粒状に加工した生分解性粒状材料(写真-1 参照)に着目した。本文では、本材料を地盤材料として使用した場合を想定し、粘土中に埋設した際の生分解性とそれに伴う形状および強度変化について考察する。

2. 生分解性粒状材料の物理・化学的性質 生分解性粒状材料(以下、ペレットと称す)の土壌中での生分解率ならびに強度の測定を目的とし、簡易的な土中埋設分解試験を実施した。試験方法はペレットを高含水比粘土中に一定期間埋設するものである。生分解率 BDR の定義を式(1)で定義する。

$$BDR = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100(\%) \quad (1)$$

ここで、 m_1 : 埋設試験前の自然乾燥質量、 m_2 : 埋設試験後の自然乾燥質量である。表-1 に各物理試験の結果と形状の平均値および他の材料の物性を併せて示す。図-1 に埋設期間 T_b と BDR の関係を示す。 $T_b=90$ 日~180 日で BDR はごくわずかに増加した後、ほぼ一定で推移し、 $T_b=540$ 日では BDR が再び増加していることが確認できる。これらより、粘土中で $T_b=180$ 日程度では、顕著な生分解などの反応は確認されないが、埋設期間が増加するにしたがい徐々に分解速度が加速するのではないかと推察される。また、粘土中での pH は各 T_b を通して pH=6 程度の弱酸性で推移した。埋設試験後のペレットは灰色に変色し、色落ちしている。形状自体は初期の粒状を維持しており、埋設期間が増加すると周面付近が裂けるように劣化しているものが多く確認された。

3. 単粒子強度特性 ペレット単粒子の生分解に伴う強度特性の変化を調べるために一軸圧縮試験および割裂引張試験を実施した。図-2 に T_b と平均一軸圧縮強度 q_u および平均割裂引張強度 σ_t の関係を示す。いずれも埋設試験前の状態での強度が最も大きく、その後経過期間とともに強度が低下していく傾向が確認できる。強度の低下が最も著しいのは埋設時点から 90 日間経過するまでの間である。一方、 $T_b=90$ 日経過後の各強度はいずれも若干低下する傾向をみせているものの、安定して推移しているといえる。これより、ペレットの単粒子の強度低下は $T_b=90$ 日程度の短期間に生じるものと考えられる。

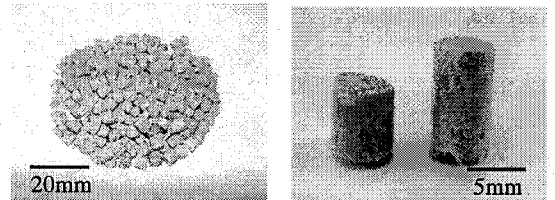


写真-1 生分解性粒状材料

表-1 物理的・化学的性質と形状

	$\rho_s(\text{g/cm}^3)$	$\rho_{dmin}(\text{g/cm}^3)$	$\rho_{dmax}(\text{g/cm}^3)$	$L_i(\%)$
ペレット	1.343	0.582	0.675	99.5
豊浦砂	2.639	1.340	1.637	0.41
ポリ乳酸	1.25~1.29	—	—	—
木材	1.54	—	—	—

形状	$\phi_{AVE}(\text{mm})$	$h_{AVE}(\text{mm})$	R_{AVE}	$m_{AVE}(\text{g})$
ペレット	4.24	4.83	1.05	0.066

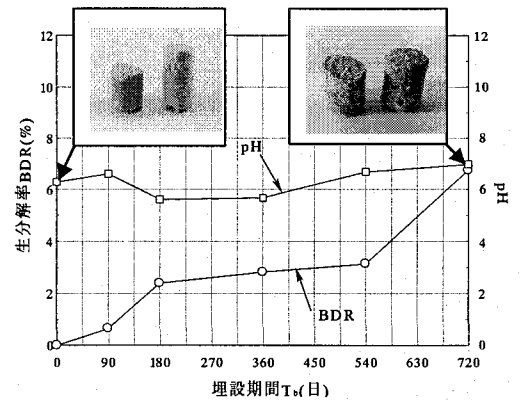


図-1 埋設期間と生分解率および pH の関係

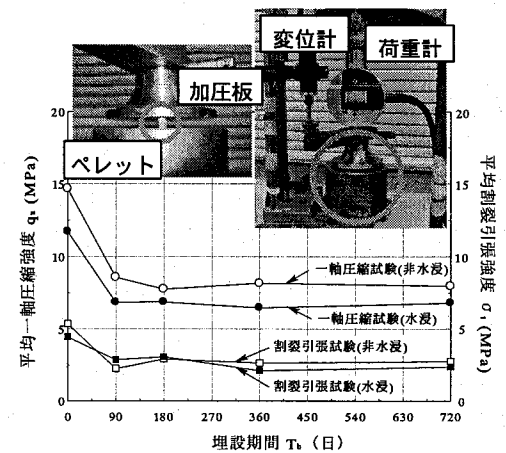


図-2 埋設期間と単粒子強度の関係

4. 一次元圧縮特性 ペレットが集合体となった場合の一次元圧縮性を調べるために、圧密試験装置を用いて段階载荷による圧密試験(JISA 1217)を実施した。図-3 に圧密試験によって得られた水浸状態の間隙比変化率 $e/e_0 - \log p$ 曲線 (e_0 : 初期間隙比) を示す。水浸状態の沈下量が非水浸状態のそれに比べて大きくなったのは、ペレットが湿潤状態になったことにより、個々のペレットの圧縮強度が低下し、有効応力の増加とともにペレット自体が変形したためと考えられる。また、 T_b が増加すると非水浸・水浸条件のいずれの場合も圧縮量が減少している。これは埋設期間中にペレットの形状が初期の円柱状から、吸水膨張や分解作用などにより変形して、細くなり密に詰まりやすい状態になったためと考えられる。

5. 排水せん断強度特性 ペレットの集合体としての三軸圧縮特性を調べるために圧密排水三軸圧縮試験(JGS 0524-2000)を実施した。図-4 に破壊時の有効拘束圧 σ'_{3f} と最大軸差応力 $(\sigma_1 - \sigma_3)_{max}$ の関係を示す。排水試験の場合、いずれの T_b においても σ'_{3f} の増加に伴い $(\sigma_1 - \sigma_3)_{max}$ は直線的に増加している。ペレットの場合もせん断に伴い体積変化し、最終的に同一の限界状態線に達すると考えられる。図-5 に T_b と強度定数 (c_d, ϕ_d) の関係を示す。内部摩擦角 ϕ_d は T_b により若干相異なるが概ね約 36.0° である。一方、見掛けの粘着力 c_d は若干 T_b に対して変化しているが平均的には約 18 kPa である。以上のことから、粘土中で長期間湿潤状態を呈していたペレットでも集合体としての強度はほぼ変化せず比較的高いせん断強度を保持し続けることが確認できた。

6. 液状化強度特性 液状化特性を調べるために繰返し非排水三軸試験(JGS 0541-2000)を実施した。図-6 に豊浦砂とペレットの液状化強度曲線を示す。液状化強度 R_{20} (繰返し回数 20 回の時に液状化するときの応力比) はそれぞれ豊浦砂が 0.16, ペレットが 0.50 とである。ペレットの液状化強度は豊浦砂の約 3 倍である。ペレットの場合、形状が均一に加工されているため密に締まりにくい構造であるが、粒径が大きいため過剰間隙水圧が消散しやすいと考えられる。ペレットの粒径を調整し粒度分布をよくすれば、液状化強度はさらに増加し盛土等の水平排水材料として活用できるのではないかと考えられる。

5. 結論 本文で得られた知見は以下の通りである。① 中性粘土中の生分解率は埋設期間の経過に対して徐々に増加する。② 単粒子の一軸圧縮強度および割裂引張強度は埋設期間が 90 日間程度で埋設試験前の約 1/2 まで低下するが、その後は 720 日間まではほぼ変化はなく安定している。③ 粒状集合体としての一次元圧縮量は埋設試験後で大きく低下する。埋設後の方が試料の形状が細くなり密に詰まりやすく圧縮量が減少する。④ 排水せん断挙動に生分解の影響はみられず内部摩擦角は埋設期間が 720 日間まではほぼ一定であり見掛けの粘着力は若干変化する。⑤ 液状化強度は豊浦砂の約 3 倍である。

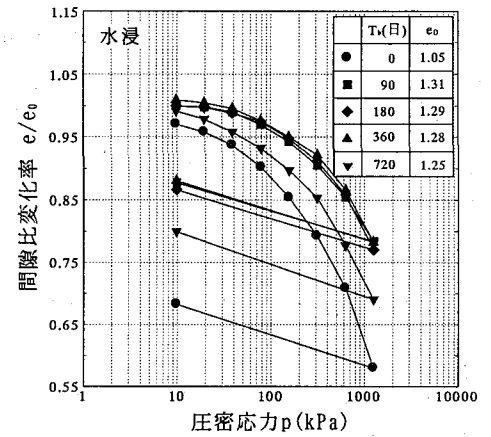


図-3 圧密応力と間隙比変化率の関係

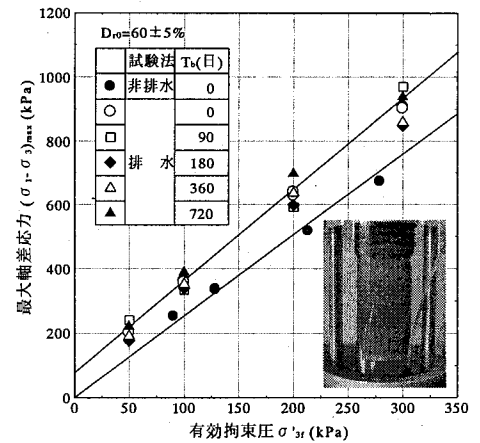


図-4 有効拘束圧と最大軸差応力の関係

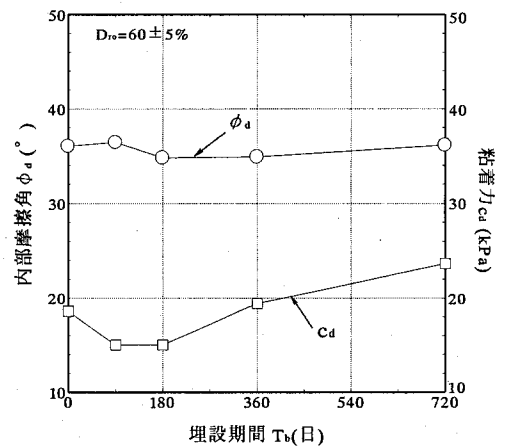


図-5 埋設期間と強度定数の関係

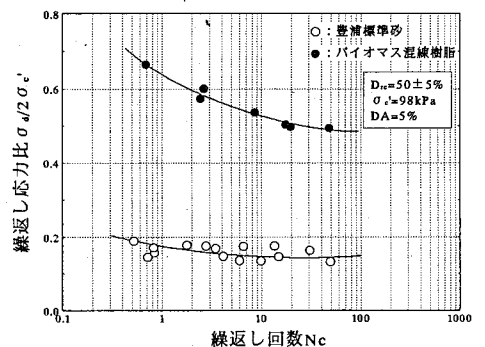


図-6 繰返し強度曲線