

# 流動化処理土へのフレーク状PETボトルの有効利用

亀井健史<sup>1)</sup>, 松尾和俊<sup>2)</sup>, 志比利秀<sup>1)</sup>, 小木曾みちる<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> 島根大学総合理工学部 地球資源環境学科

<sup>2)</sup> (株) 大本組

<sup>3)</sup> NTTシステム開発 (株)

## Effective use for flaky PET bottles to liquefied stabilized soils

Takeshi KAMEI<sup>1)</sup>, Kazutoshi MATSUO<sup>2)</sup>, Toshihide SHIBI<sup>1)</sup> and Michiru KOGISO<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Department of Geoscience, Interdisciplinary Faculty of Science and Engineering, Shimane University

<sup>2)</sup> Ohmoto-Gumi Co., Ltd.

<sup>3)</sup> NTT System Development Co., Ltd.

### Abstract

Industrial waste disposal is an increasing problem. It is, therefore, becoming increasingly important for technology and engineering design to be utilized effectively for industrial waste disposal. PET (Polyethylene Terephthalate) bottles are generated in vast quantities as by-products of drinking water. If PET bottles can be effectively utilized as a construction material, the problems of PET bottle disposal and shortage of natural resources for construction may be solved. This paper describes the unconfined compressive characteristics of liquefied stabilized soils mixed with flaky PET bottle waste to promote PET bottle recycling. Comparisons are made between liquefied stabilized soils and liquefied stabilized soils mixed with flaky PET waste. The effects of flaky PET on stress-strain behavior of liquefied stabilized soils are quantitatively shown. Several empirical relationships have been also developed. These properties make flaky PET bottle waste useful as a construction material.

### 1. はじめに

これまで我が国の社会や産業構造は、大量生産、大量消費、大量廃棄を前提として成り立ってきた。しかしながら、我が国では天然資源の多くを海外に依存するとともに、国土が狭いため廃棄物処理用地の確保が難しいという国内事情がある。このような現状から、これまで廃棄処分されていた廃棄物や副産物等を再生・再利用することによって、現在のライフスタイルを資源循環型に変換することが求められている。このような資源循環型社会を構築できれば、資源・エネルギーの節減や我々の社会活動が自然環境に与える負荷を緩和できる可能性がある。

土木・建築分野では、その規模の大きさから非常に多くの資材を必要とするとともに、大量の廃棄物や副産物等が発生することから、この分野におけるリサイクルの推進は、循環型社会を構築する上で非常に重要となる。その対象となる材料には、建設発生土、建設汚泥、建設発生木材および他産業から発生する産業廃棄物などが挙げられる。その中で建設発生土については、近年有効利

用率が60%と向上しており、発生抑制工法の採用やスラリー化安定処理工法の検討などが行われている<sup>1)</sup>。このスラリー化安定処理工法には、流動化処理工法や気泡混合軽量土工法などがあり、建設発生土のみならず、建設汚泥にも対応が可能である。また、スラリー化安定処理工法は、発生材とスラリー化材と安定材を混合し、締固めを必要とせずに空洞の充填や軽量盛土への利用や軟弱地盤の地盤改良などに用いられている。とくに土にセメントを添加・混合し、セメントの化学的固化作用により安定化をはかった土をセメント安定処理土と呼び、セメントの添加率および水セメント比などの配合条件を調整することで、任意の流動性および強度を得ることが可能である<sup>2), 3)</sup>。

一方、セメント安定処理土の強度発現には、対象土の含水比、有機物の含有量およびpHなども影響する<sup>4)</sup>。このような場合には、それぞれの地盤に適合するセメントを選択することで建設発生土や建設汚泥に対応できること<sup>5)</sup>が報告されており、循環型社会のリサイクルという点からみても大変有意義である。

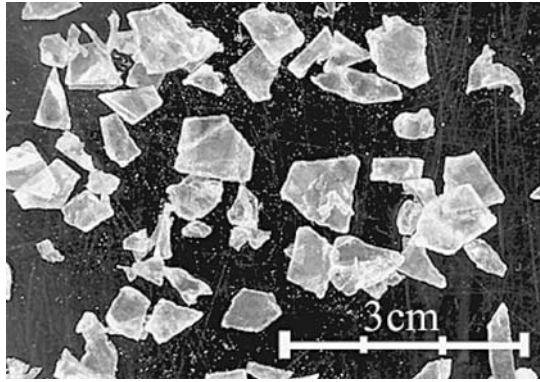


写真-1 PET フレーク

近年、取り扱いやすく安全なプラスチック容器として PET ボトルが大量に用いられている。この PET ボトルの生産量は、1997 年の 22 万 t から 2002 年の 41.3 万 t へと 1997 年以降一貫して増加の傾向にある<sup>6)</sup>。それを受けて、1997 年に容器包装廃棄物の分別回収、再商品化を促進する「容器リサイクル法」が PET ボトルに適用されて以来、循環型社会の構築に向け PET ボトルの分別収集やリサイクルが急速に進められている。その結果、2002 年度における我が国の PET ボトル回収率は 45.6% となり、世界の最高水準に達している<sup>6)</sup>。分別収集された PET ボトルは、繊維、シート、成形品などとして再利用されているが、PET ボトルの生産量は今後も増加するものと予測されており、分別収集量が向上しても、その再利用先の不足が懸念されている。

最近では、使用済みの PET ボトルから需要の多い PET ボトル用の樹脂を再生する“ボトル to ボトル”の循環系リサイクル技術（ケミカルリサイクル）の研究<sup>7)</sup>も進められている。また、土木・建設分野では、排水シートや遮水シート、保護マットとしての利用のほか、PET ボトルを再利用したコンクリートの型枠、PET ボトル廃材を利用した落石衝撃力緩衝材などとしても利用され始めている。このように多様多岐な分野で PET ボトルのリサイクル方法が検討され始めている。

また、PET ボトルを地盤材料として有効利用したケースとして、フレーク状にした PET ボトル（PET フレーク）を気泡混合軽量土に利用した例が最近報告されている<sup>8)</sup>。その報告によれば、PET フレークを混入した気泡混合軽量土は、十分に施工できる規定を満たしており、さらに強度・変形特性が改善できることが明らかとなっている。このように PET ボトルのリサイクルに関しては現在多くの分野で関心もたれており、再利用場所の拡大が求められている。建設・土木の分野でも、資源の枯渇から新たな資源の開発が必要不可欠とされており、PET フレークを地盤材料として有効利用できれば、現代社会の目標である循環型社会の構築という観点からも極めて有意義であると考えられる。

表-1 PET ボトル再商品化製品の主要な品質基準<sup>9)</sup>

規格項目	基準値
比重	1.350 ~ 1.390
カットサイズ	8mm φ スクリーン
水分率	0.6% 以下
異物混合率	1300 ppm 以下

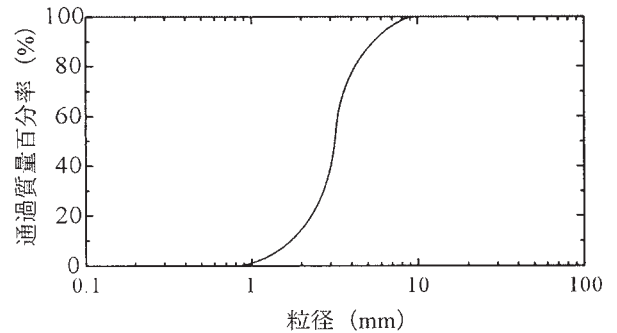


図-1 PET フレークの粒径加積曲線

本研究では、PET フレークを異なる 5 種類の混入率（0 ~ 20%）で混入した流動化処理土を作製し、試料の品質およびその一軸圧縮特性を評価することにより、PET フレークを流動化処理土に適用することの有効性を明らかにしている。

## 2. 試料および実験方法

### 2.1 試料

PET ボトルの原料は、ポリエチレンテレフタレート（polyethylene terephthalate）と呼ばれる樹脂の一つである。本研究で用いた PET ボトルは、比較的処理過程が少なく、地盤材料として使いやすい点を考慮し、フレーク状に粉砕した PET フレーク（写真-1）を使用した。PET フレークは、作成過程の特性上、その切断面は鋭利であり、薄片状をしている。表-1 は、PET ボトル再商品化製品の主要な品質基準値<sup>9)</sup>を示している。なお、図-1 は PET フレークのふるい分析による粒径加積曲線を示している。

本研究では、安定剤として普通ポルトランドセメントを使用した。このセメントは、土木・建設工事に多く使用されており、生産高が全セメント生産量の約 90% を占め、セメント安定処理の安定剤としても多く使われている。粘土試料には、成分調整された工業製品の MC クレー（カオリン）を使用した。MC クレーの物理的特性を表-2 に、その化学成分を表-3 に示す。MC クレーは、天然のろう石を精製して得られる鉱物の粉末であり、鉱物的にはパイロフィライトと呼ばれる。セメント安定処理を行う際に必要な混練水には、混練水中に含まれる不純物や水質の違いによる強度発現への影響が最も少ない

表-2 MC クレーの物理的特性

$\rho_d$ (g/cm <sup>3</sup> )	$w_L$ (%)	$w_P$ (%)	$I_P$	砂分 (%)	シルト分 (%)	粘土分 (%)
2.679	73.1	36.7	36.4	0.0	35.3	64.7

表-3 MC クレーの化学成分

lg. loss	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O
4.54	68.1	24.8	0.14	0.15	0.02	0.02	1.54	0.56

単位：(%)

と考えられる蒸留水を使用した。

## 2.2 供試体の作製方法

セメント安定処理土は、土とセメントの混合後に締固めを行うものと、締固めを行わないものに大別される。締固めを行う工法は、路盤、路床および盛土などを目的とした浅層地盤を対象としている。一方、締固めを行わない工法は、高含水比であり、かつ多量の安定剤の添加を必要とする粘性土の改良を目的として、浅層・深層地盤の両方を対象としている<sup>10)</sup>。

本研究では、安定処理土の締固めを行わない供試体作製方法<sup>10)</sup>に準じて、セメント安定処理土供試体を作製した。配合条件は、土セメント比 (S/C) を 1.0 とし、水セメント比 (W/C) 2.0, 2.5, 3.0, PET フレーク混入率 (P/C) 0, 5, 10, 15, 20% の計 15 配合を設定した。まず、6 割程度の混練水と粘土試料を混ぜ、ソイルミキサーで攪拌した。その間に、普通ポルトランドセメントと残り 4 割程度の混練水を混ぜ、ミキサーで攪拌した粘土試料と混合し、さらにその試料をミキサーで攪拌した。その後、PET フレークを粘土スラリー中に混入し、PET フレークがスラリー中で均質に混ざるように再度ミキサーで攪拌した。完成した試料は、フロー値を測定した後、鋳鉄製のモールド ( $\phi=50\text{mm}$ ,  $H=100\text{mm}$ ) に三層程度に分けて打設した。その際、試料を均質にするために各層ごとにゴムハンマーを用いてモールドに打撃を加えることにより、気泡を除去した。なお、PET フレークを混入した流動化処理土のフロー値は、コンクリートポンプで圧送する場合の流動性および材料分離が懸念される流動性を考慮し、流動化処理土の品質管理に用いられる基準値 (110~300mm)<sup>11)</sup> を参考とした。モールドに打設した試料は、ポリエチレン製の袋で被い、恒温室 (20±2℃) で 24 時間養生した。その後、モールドから供試体を取り出し、両端面を成形し、供試体をポリエチレン製の袋で覆ってからプラスチック製のケースに入れ、再び恒温室 (20±2℃) で所定の養生日数 (Tc=1, 2, 4, 7, 14, 21,

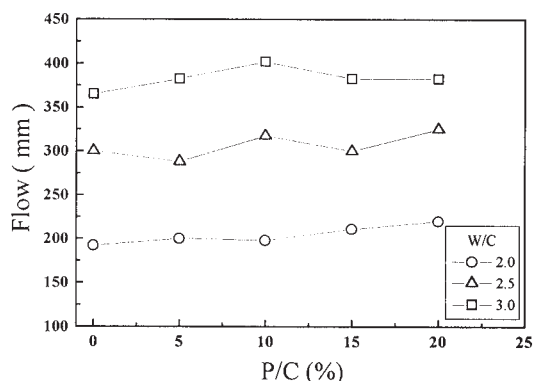


図-2 フロー値と PET フレーク添加率の関係

28 日) まで気中養生した。所定の養生日数を経過した供試体は、両端面を成形し一軸圧縮試験に用いた。

## 2.3 実験方法

本研究では、PET フレークを利用した流動化処理土の強度・変形特性を評価するために一軸圧縮試験を行った。一軸圧縮試験は、ひずみ制御方式で行い、せん断時のひずみ速度は 1%/min とした。強度変形特性に及ぼす端面摩擦の影響を軽減するため、上下加圧板の表面にシリコングリースを薄く塗布した。試験後、供試体の上部、中部、下部の含水比を測定し、その平均値を供試体の含水比とした。

## 3. 実験結果および考察

### 3.1 PET フレーク添加率の違いが流動性および湿潤密度に及ぼす影響

図-2 は、打設時のフロー値と PET フレーク混入率 (P/C) の関係を示している。いわゆる流動性を有する流動化処理土のフロー値は、一般に 110mm から 300mm 程度であるとされている<sup>11)</sup>。しかしながら、本研究では、材料分離しない範囲で、より高い流動性を有する配合においても検討を行った。図より、水セメント比 (W/C) が増加するのに伴い、フロー値が増加している。一方、P/C の増加に伴うフロー値の変化はほとんど認められず、ほぼ一定値であった。

つぎに、試料が均質となっていることを確認するために、試料を打設から 24 時間後にモールドから取り外し、成形した後、その湿潤密度 ( $\rho_t$ ) を測定した。図-3 は、各配合における全供試体の  $\rho_t$  値の平均値を示している。各供試体の  $\rho_t$  値は、誤差が極めて小さく、平均値 ± 0.02g/cm<sup>3</sup> の範囲であった。図より、 $\rho_t$  値は、W/C の増加に伴って減少した。一方、P/C の変化は、 $\rho_t$  値にほとんど影響を及ぼしていないことがわかる。これは、PET

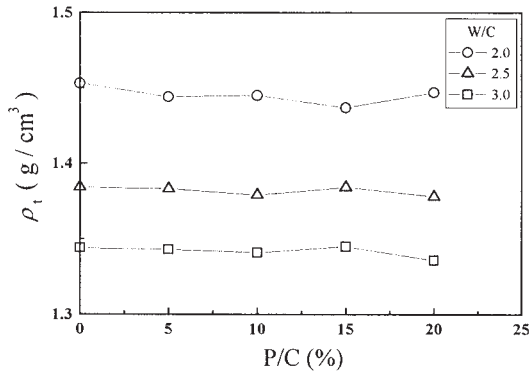


図-3 養生1日における湿潤密度とPETフレーク添加率の関係

フレークの密度と本研究で用いた流動化処理土の $\rho_1$ 値がほぼ同程度であったために、PETフレーク混入に伴う $\rho_1$ 値の変化が生じなかったものと考えられる。

### 3.2 PETフレーク添加が一軸圧縮特性に及ぼす影響

#### 3.2.1 応力-ひずみ曲線

一軸圧縮試験より得られた代表的な応力-ひずみ曲線を図-4 (a), (b), (c) に示す。応力値は、PETフレーク混入率 (P/C) によらず、軸ひずみ ( $\epsilon_a$ ) の増加に伴い顕著な立ち上がりを示し、軸ひずみ量 0.6~1.0%においてピーク値 ( $q_u=0.2\sim 1.8\text{MN/m}^2$ ) に達している。その後、応力値は荷重の継続に伴い徐々に減少していく。また、一軸圧縮強さ ( $q_u$ ) と変形係数 ( $E_{50}$ ) には、P/C によらず、養生日数 ( $T_c$ ) の経過に伴い徐々に増加する傾向が認められた。なお、破壊ひずみ ( $\epsilon_f$ ) は、0.5~1.5%の範囲にばらついた。

つぎに、PETフレークを混入率の違いが  $T_c=28$  日における応力-ひずみ曲線に及ぼす影響を検討する(図-5)。図より、いずれのP/Cにおいても、応力値は同様な立ち上がりを示し、軸ひずみ量が1%程度でピーク値を迎えている。その後、応力値は、軸ひずみ量の増加に伴って徐々に減少している。また、 $q_u$  値は、P/Cの増加に伴いP/C=10%までは僅かに増加しているが、P/C $\geq$ 10%では徐々に減少する。なお、P/C=20%の $q_u$  値は、P/C=0%の $q_u$  値よりも小さな値となった。

#### 3.2.2 一軸圧縮強さ

種々のPETフレーク混入率 (P/C) に対する一軸圧縮強さ ( $q_u$ ) と養生日数 ( $T_c$ ) の関係を図-6 に示す。図より、 $q_u$  値は、PETフレーク混入率 (P/C) によらず、短い養生日数 ( $T_c$ ) では急激に増加し、 $T_c$  が長期化するのに伴い増加傾向が小さくなる双曲線近似によって定式化できた。その関係式を表-4 に示す。なお、このような $q_u$  値と  $T_c$  の関係は、セメント安定処理土に関する既往の研

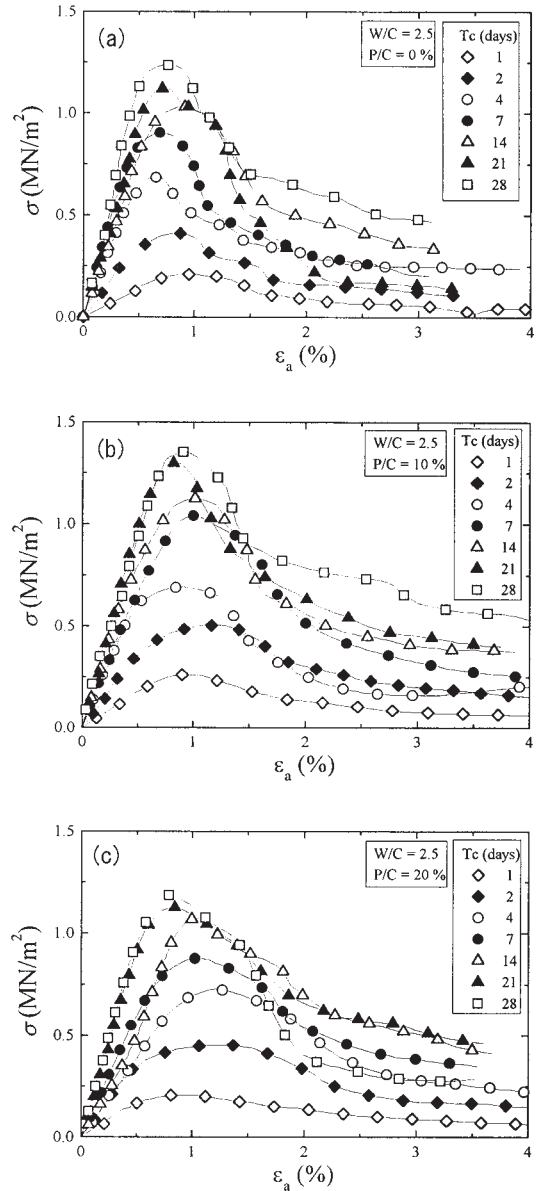


図-4 代表的な応力-ひずみ曲線

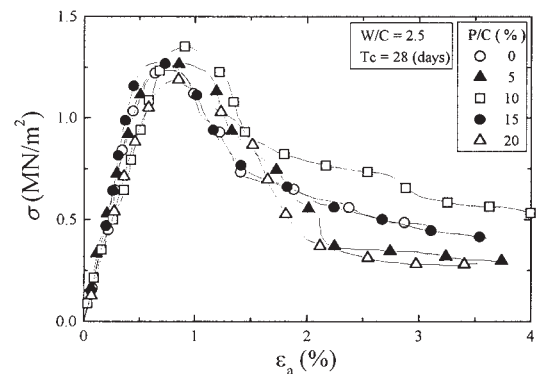


図-5 PETフレーク添加率の違いが応力-ひずみ曲線に及ぼす影響



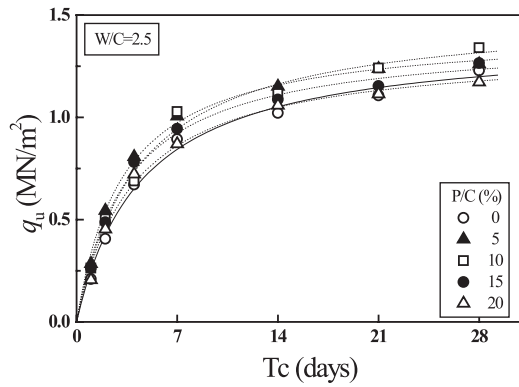


図-6 一軸圧縮強さと養生日数の関係

表-4  $q_u$  と  $T_c$  の関係

W/C	P/C (%)	関係式
2.5	0	$q_u = 1.40T_c / (4.58 + T_c)$
	5	$q_u = 1.43T_c / (3.25 + T_c)$
	10	$q_u = 1.52T_c / (4.25 + T_c)$
	15	$q_u = 1.39T_c / (3.56 + T_c)$
	20	$q_u = 1.34T_c / (3.91 + T_c)$

究例でも報告されているおり<sup>2), 3)</sup>, PET フレークを混入した場合においても、同様な傾向が認められた。

つぎに、 $T_c=28$  日における  $q_u$  値と P/C の関係を図-7 に示す。図より W/C を低下させることによって、 $q_u$  値が増加することがわかる。しかしながら、P/C の増加に伴う  $q_u$  値の変化は明瞭に示されていない。PET フレーク混入に伴う  $q_u$  値の変化量を明瞭に表すために、種々の P/C から得られた  $T_c=28$  日の  $q_u$  値を P/C=0% の場合の一軸圧縮強さ ( $q_{u(P/C=0\%)}$ ) で正規化した値 ( $q_u/q_{u(P/C=0\%)}$ ) と P/C の関係を図-8 に示す。図より、P/C=5%では、W/C の違いによらず、 $q_u$  値には僅かな増加しか認められないが、P/C=10%になると  $q_u$  値が急激に増加し、P/C=0%の場合と比較して8~15%程度の強度改善効果が得られた。P/C>10%においては、W/C=3.0 の場合には、 $q_u$  値が P/C=10%の場合と同程度の大きな値を維持し続けているが、W/C=2.0, 2.5 の場合には、P/C の増加に伴って  $q_u$  値が減少していく傾向が認められた。この結果は、W/C の違いによらず、PET フレークをセメント重量の10%程度混入することによって、 $q_u$  値を効率よく増加できる可能性を示唆している。

### 3.2.3 変形係数

図-9 は、異なる PET フレーク添加率 (P/C) から得られた水セメント比 (W/C) = 2.5 の場合の変形係数 ( $E_{50}$ ) と養生日数 ( $T_c$ ) の関係を示している。 $E_{50}$  値は、P/C の違いによらず  $T_c$  の経過に伴って増加している。とくに、養生初期では急激に増加するが、 $T_c$  が長くなるのに伴い、

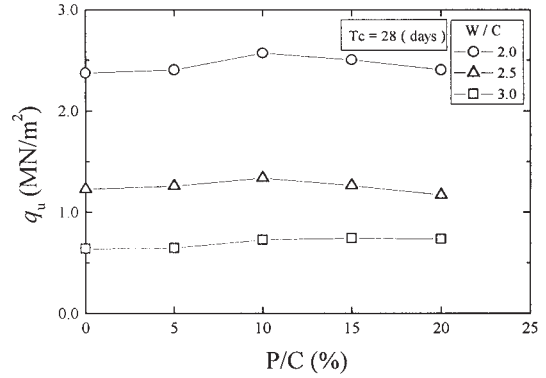


図-7 一軸圧縮強さと PET フレーク添加率の関係

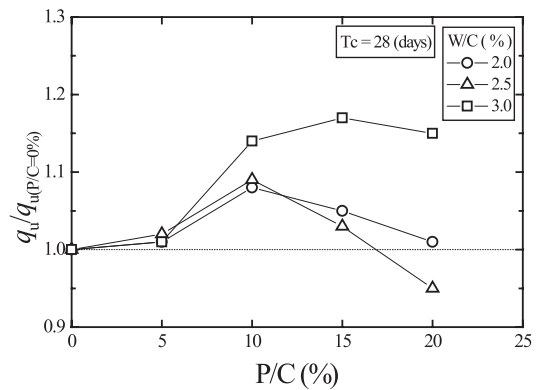


図-8  $q_u/q_{u(P/C=0\%)}$  と PET フレーク添加率の関係

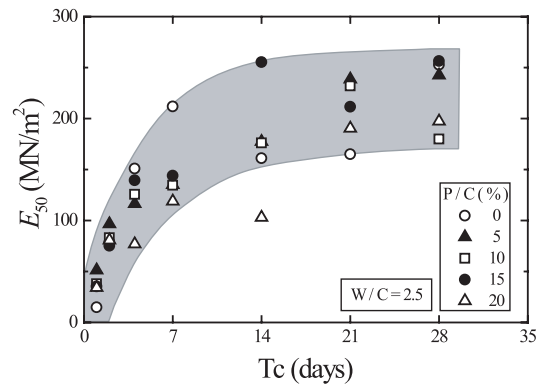


図-9 変形係数と養生日数の関係

緩やかな増加に変わる傾向が認められた。しかしながら  $E_{50}$  値に関しては、一軸圧縮強さ ( $q_u$ ) の場合に比べてばらつきが大きいことから、各 P/C に対する  $E_{50}$  値と  $T_c$  の関係を定式化することはできなかった。

セメント安定処理土の  $E_{50}$  値と  $q_u$  値の関係は、 $E_{50}=192q_u$ <sup>8)</sup> や  $E_{50}=80\sim 250q_u$ <sup>12)</sup> など比例関係で表され、その相関も高いことが報告されている。そこで、本研究から得られた  $E_{50}$  値と  $q_u$  値の関係を図-10 に示す。図より、 $E_{50}$  値は、PET フレーク混入率 (P/C) の違いによらず、 $E_{50}=100q_u$  から  $E_{50}=300q_u$  の間に分布しており、既往の報告と同様に比例関係が認められた。したがって、PET フレークを混入した場合においても、 $E_{50}$  値と  $q_u$  値の相

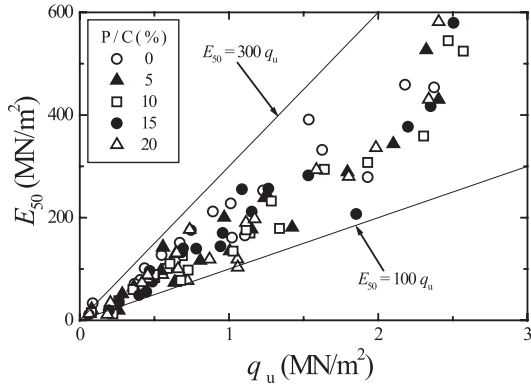


図-10 変形係数と一軸圧縮強さの関係

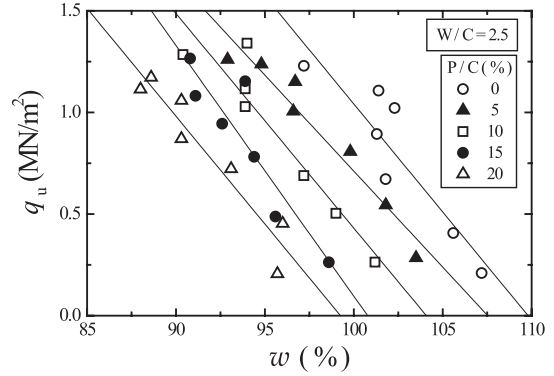


図-13 一軸圧縮強さと含水比の関係

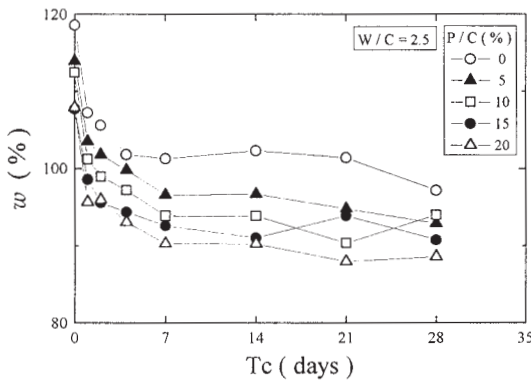


図-11 含水比と養生日数の関係

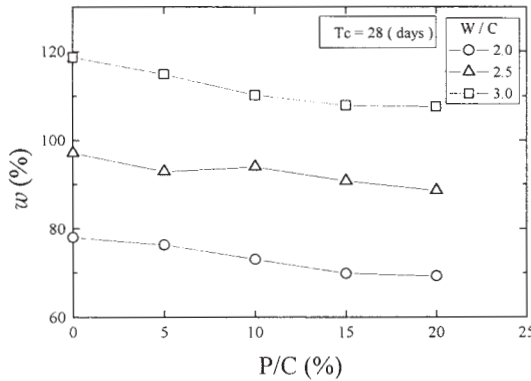


図-12 含水比とPETフレーク添加率の関係

関は非常に高いことが示された。

### 3.2.4 含水比

養生日数 (Tc) の経過に伴う含水比 (w) の変化を図-11に示す。w 値は、養生初期 (Tc=1~4 日) に著しく低下するが、Tc ≥ 7 日では w 値の減少量は小さくなっている。このような傾向は、水セメント比 (W/C) の違いによらず、W/C=2.0, 3.0 の場合においても確認された。w 値が Tc の経過に伴って減少する主要因として、水和反応によって供試体内の水が消費されることが考えられる。

表-5 qu と w の関係

W/C	P/C (%)	関係式	相関係数
2.5	0	$q_u = -0.106w + 11.7$	0.911
	5	$q_u = -0.094w + 10.2$	0.970
	10	$q_u = -0.106w + 11.0$	0.944
	15	$q_u = -0.123w + 12.4$	0.913
	20	$q_u = -0.106w + 10.5$	0.953

次に図-12 は、Tc=28 日における w 値と PET フレーク添加率 (P/C) の関係を示している。図より w 値は、W/C が増加するのに伴って増加することがわかる。また、w 値は、W/C の違いによらず、P/C の増加に伴って減少している。これは、いずれの W/C においても PET フレークを添加することにより骨格部分が増加するためであると考えられる。

一方、図-13 は W/C=2.5 の場合の w 値と一軸圧縮強さ (qu) の関係を示している。P/C の違いによらず、qu 値には w 値が減少するのに伴いほぼ直線的に増加する傾向が認められる。得られた近似式の一覧を表-5 に示す。この w 値と qu 値の関係は、P/C が増加するのに伴い左側へ移動している。これは、上述したように P/C の増加に伴い、PET フレークを含む土粒子の全体量が増加し w 値が減少することによるものと考えられる。しかしながら、w 値の減少に伴う qu 値の増加率は、P/C の違いによらずほぼ一定の値となった。これらの傾向は W/C = 2.0, 3.0 の場合についても認められた。このような qu 値と w 値の関係は、PET フレークを利用した気泡混合軽量土の場合<sup>8)</sup>と一致している。

### 3.2.5 乾燥密度

図-14 は、PET フレーク添加率 (P/C) の違いが養生日数 (Tc) の経過に伴う乾燥密度 (ρd) の変化に及ぼす影響を示している。ρd 値は、Tc=1 日から Tc=4 日にかけて増加しているが、Tc=7 日以降には顕著な変化は認められなかった。Tc=1 日から 4 日の ρd 値の増加は、Tc=1 日から 4 日に認められる含水比 (w) の著しい低下 (図

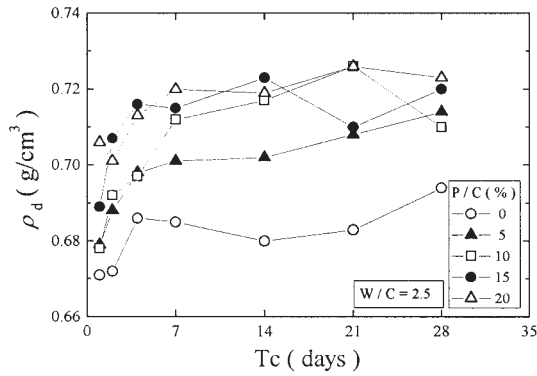


図-14 乾燥密度と養生日数の関係

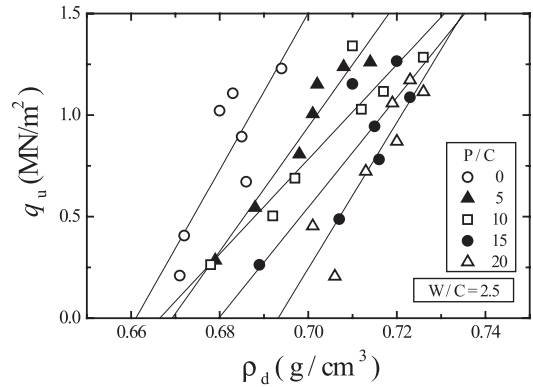


図-16 一軸圧縮強さと乾燥密度の関係

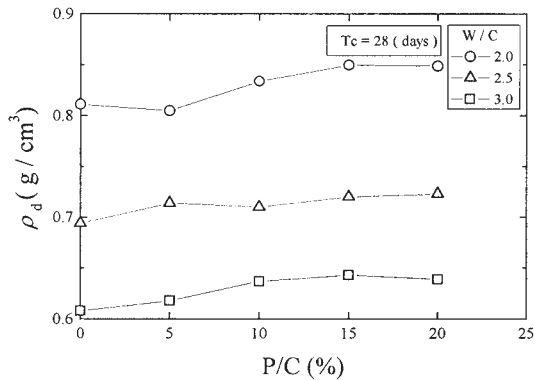


図-15 乾燥密度とPETフレーク添加率の関係

表-6  $q_u$  と  $\rho_d$  の関係

W/C	P/C (%)	関係式	相関係数
2.5	0	$q_u = 41.4\rho_d - 27.4$	0.827
	5	$q_u = 30.6\rho_d - 20.5$	0.973
	10	$q_u = 23.3\rho_d - 15.5$	0.933
	15	$q_u = 27.0\rho_d - 18.4$	0.830
	20	$q_u = 36.0\rho_d - 24.9$	0.910

とから、P/Cの増加に伴ってPETフレークを含む土粒子部分の全質量が増加することによる影響が大きいものと考えられる。

-11) と関係しているものと考えられる。また、ばらつきが認められるものの、P/Cの増加に伴い $\rho_d$ 値が増加する傾向が確認された。

つぎに、 $T_c=28$ 日における乾燥密度 ( $\rho_d$ ) とPETフレーク添加率 (P/C) の関係を図-15に示す。図より、水セメント比 (W/C) の増加に伴い $\rho_d$ 値が増加することがわかる。また、 $\rho_d$ 値は、W/Cの違いによらずP/Cの増加に伴わずかに増加している。この原因としては、P/C=0~20%の範囲では、PETフレークを添加しても湿潤密度 ( $\rho_w$ ) に明瞭な変化が生じないこと (図-2) やP/Cの増加に伴い  $w$  値が減少すること (図-12) などから、PETフレークの増加に伴って土粒子の全体量が増加していることが考えられる。図-16は、 $\rho_d$ 値と一軸圧縮強さ ( $q_u$ ) の関係を示している。 $q_u$ 値は、P/Cの違いによらず、 $\rho_d$ 値の増大に伴いほぼ直線的に増加する傾向を示している。得られた近似式の一覧を表-6に示す。また、P/Cが増加するのに伴い、 $\rho_d$ 値と $q_u$ 値の関係は徐々に右側へ移動している。なお、このような傾向は、PETフレークを利用した気泡混合軽量土においても報告されている<sup>8)</sup>。その中で、PETフレークが増加することに伴い、供試体内の空気量が減少することや攪拌時に気泡が消泡したことなどを $\rho_d$ 値の増加の主要因として挙げている。しかしながら、本研究では、供試体内に気泡が存在していないこ

### 3.3 PET フレーク添加率と供試体の内部構造

PET フレーク混入率 (P/C) の違いが流動化処理土の内部構造に及ぼす影響を明らかにするために、実体顕微鏡を用いて供試体内部のPETフレークの分布性状を観察した。写真-2は、異なるP/Cによって作製された供試体断面の顕微鏡写真を示している。まず、写真-2(a)は、PETフレークを混入していない通常の流動化処理土の供試体断面である。また、写真-2(b)はP/C=10%の場合の供試体断面である。PETフレークは、供試体内において、様々な方向を向いて分布しており、一定の方向に対して弱くなることは考えにくい。さらに、P/C=10%では、P/Cの増加に伴い個々のPETフレークが接することはなく、それぞれ独立して供試体内に存在している。しかしながら、P/C=20% (写真-2(c)) の場合には、PETフレーク同士が接している部分が認められた。PETフレークは粘着力および固結作用を有していないため、すべりが発生しやすくなり、その結果としてPETフレーク同士が接している部分では、強度および剛性が増加していない可能性が考えられる。このようなPETフレークを用いた地盤材料の供試体内部の考察は、気泡混合軽量土の場合においても行われており、本研究と同様にPETフレーク同士が接している部分では、強度および剛性が低下して

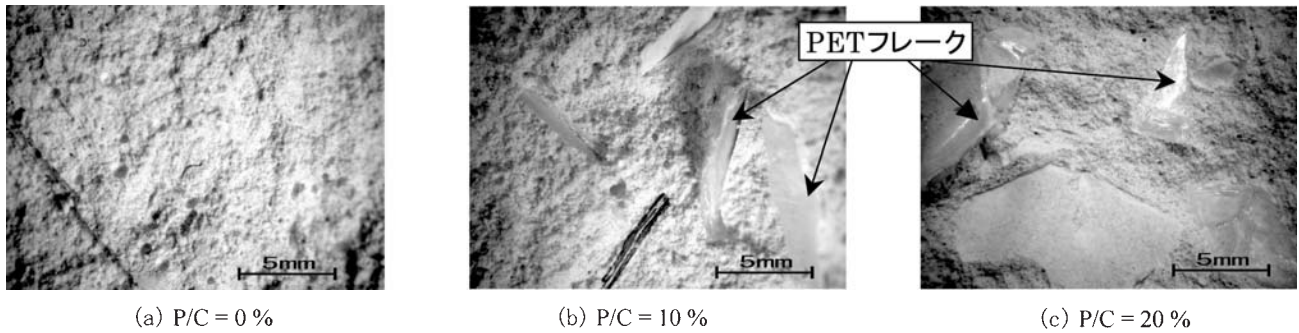


写真-2 PET フレークを混入したセメント安定処理土の供試体断面

いる可能性が指摘されている<sup>8)</sup>。

以上のことから、PET フレークを流動化処理土に混入する場合、PET フレークがお互いに接しない状態となるような混入率を用いることで、最も大きな補強効果が得られるものと考えられる。また、フレーク状のみならず、帯状、針状および繊維状などの PET ボトルを利用することで、より多くの機能と補強効果が期待される。

#### 4. 結論

本研究から得られた主要な結論を以下に列記する。

- 1) PET フレークを混入した流動化処理土は、施工時の流動性に関する品質管理項目（湿潤密度、フロー値）を満たし、かつその強度変形特性が向上することが示された。
- 2) 流動化処理土の一軸圧縮特性に優れた改善効果が期待できる PET フレーク混入率の存在を示した。とくに、セメント重量の 10%程度程度の PET フレークを混入することによって、流動化処理土の一軸圧縮強さは水セメント比によらず顕著に増加することが明らかとなった。
- 3) PET フレーク混入率の違いによらず、流動化処理土の一軸圧縮強さは、含水比の減少および乾燥密度の増加に伴って、ほぼ直線的に増加する傾向が認められた。

PET フレークの再利用を拡大することは、廃棄物の有効利用（リサイクル）にもつながり、環境問題においても非常に有効である。また、産業廃棄物が環境問題として大きな関心を集めている現在、それら産業廃棄物を工学的に有意な地盤材料として有効利用していく必要がある。

#### 謝辞

本研究を遂行するにあたり、日本合繊㈱より PET フレークを提供していただいた。記して謝意を表します。

#### 参考文献

- 1) 三木博史：循環化社会における建設リサイクルの取り組みと今後の課題，土と基礎，Vol.51, No.5, pp.1-5, 2003.
- 2) 亀井健史，大本和樹，志比利秀，松尾和俊：セメント安定処理土の一軸圧縮強さに及ぼす配合条件の影響，総合理工学部紀要シリーズ A, Vol.36, pp.9-15, 2002.
- 3) 亀井健史，大本和樹，志比利秀，松尾和俊：セメント安定処理土の強度変形特性，総合理工学部紀要シリーズ A, Vol.36, pp.17-26, 2002.
- 4) 馬場崎亮一，寺師昌明，鈴木健夫，前川淳，川村政史，深沢栄造：安定処理土の強度に及ぼす影響因子，地盤工学会，セメント系安定処理土に関するシンポジウム，pp.20-41, 1996.
- 5) 中村六史，三浦哲彦，松田応作：有明粘土に対する地盤改良材の適用上の問題と地盤改良についての現地調査，土と基礎，Vol.35, No.5, pp.9-14, 1987.
- 6) PET ボトルリサイクル推進協議会：PET ボトル年次報告，RING, Vol.12, 11p, 2003.
- 7) 荒木章夫，高井利明：循環型社会のための PET ボトルリサイクル技術，Focus NEDO, Vol.3, No.9, pp.17-18, 2002.
- 8) 亀井健史，松尾和俊：フレーク状の PET ボトルを利用した気泡混合軽量土の一軸圧縮特性，土木学会論文集，No.764/III-67, pp.359-366, 2004.
- 9) 財団法人 日本規格協会：再生ポリエチレンテレフタレート (PET) 成形材料試験方法 TR K0001：2000，JIS ハンドブック 54 リサイクル (第 1 版)，pp.169-176, 2002.
- 10) 地盤工学会：土質試験の方法と解説，安定処理土の締めめをしない供試体作製，pp.225-262, 1990.
- 11) 久野悟郎：土の流動化処理工法—建設発生土・泥土の再利用技術，技報堂出版，pp.46-55, 1997.
- 12) 水野恭男，苗村康造，松本淳之介：深層混合処理工法による山砂の改良実験，第 23 回土質工学会研究発表会発表講演集，pp.2301-2304, 1988.