

# 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

亀井健史<sup>1</sup>・松尾和俊<sup>2</sup>

<sup>1</sup>正会員 工博 島根大学助教授 総合理工学部地球資源環境学科 (〒690-8504 松江市西川津町 1060)

<sup>2</sup>島根大学大学院 総合理工研究科地球資源環境学専攻 (〒690-8504 松江市西川津町 1060)

現在、産業廃棄物の処理は、深刻な社会問題となっており、リサイクル技術の拡大が急務である。例えば、主に飲料水の容器に用いられる PET ボトルの生産量およびその廃棄量は、年々増加する傾向にある。この廃棄されている PET ボトルを地盤材料として有効利用できれば、PET ボトルの処分および建設用天然資材の不足問題の解決策として期待できる。本研究では、エアミルクにフレーク状にした PET ボトル (PET フレーク) を添加し、PET フレークの添加が一軸圧縮特性に及ぼす影響を検討している。その結果、PET フレークを最適な割合で添加することにより、気泡混合軽量土の一軸圧縮特性に優れた効果を発揮することが明らかとなった。このことから、PET ボトルを利用した気泡混合軽量土は、環境問題および地盤工学的にも有意義な工法となる可能性を示唆している。

**Key Words :** *lightweight soil, polyethylene terephthalate, recycle, unconfined compressive strength*

## 1. はじめに

現在わが国では、これまでの大量生産・大量消費・大量廃棄を前提としたライフスタイルや社会・産業構造を資源循環型に改め、資源・エネルギーの節減と環境への負荷を最小限に抑制することが求められている。

このような大量生産・大量消費・大量廃棄の現代社会の中から生まれた代表例としては、便利なプラスチック容器として、非常に身近なものとなっている PET ボトルが挙げられる。この PET ボトルの生産量は、近年世界的に増加している。とくに我が国の PET ボトルの生産量は、1997 年以降一貫して増加しており、その廃棄量も増加する傾向にある。それを受けて、1997 年に「容器包装リサイクル法」が PET ボトルに対して適用されて以来、リサイクルが急速に進められている。2001 年度における我が国の PET ボトルの生産量は約 403 万トンであり、その年の PET ボトルリサイクル率は 40.1% となっており、このリサイクル率は世界でも最高水準である<sup>1)</sup>。

PET ボトル再商品化施設の処理能力は、PET ボトル再生処理業者の増加に伴い、近年急激に向上している。まず、分別収集された PET ボトルは、再商品化施設で異物除去をした後、洗浄および乾燥し、粉砕されてフレークおよびペレットとなり、資源として再生される。この材

料は、その後、繊維、シート、成形などとして再利用されている。しかしながら、今後も PET ボトルの生産量は、伸び続けることが予測されており、分別収集量が向上しても、その再利用分野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”の循環型リサイクル技術 (ケミカルリサイクル) の研究<sup>2)</sup>も進められている。また、土木・建設分野では、排水シートとして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などとしても利用され始めている。このように、PET ボトルは、多種多様な分野でのリサイクル方法が検討され始めている。

循環型社会における建設リサイクルを進める上で対象となるのは、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% と向上しているものの、更なる発生抑制型工法の採用やスラリー化安定処理工法の検討が必要と考えられている<sup>3)</sup>。このスラリー化安定処理工法には、流動化処理土工法や気泡混合土工法などがあり、建設発生土のみならず、建設汚泥にも対応でき、発生材とスラリー化材と固化材を混合し、締固めを必要とせずに空洞の充填や軽量盛土に利用することができる。



写真-1 PET フレーク

とくに、原料土、セメント、水および気泡から構成される改良土を気泡混合軽量土（Foamed Mixture Lightweight Soil）と呼び、この気泡混合軽量土を用いた工法をFCB工法（Foamed Cement Banking Method）と称している<sup>4)</sup>。このFCB工法は、混合する気泡の量やセメント添加量を調整することで、使用目的に応じた軽量性や流動性、強度を有する地盤材料を作製できるという特徴がある。また、この工法は、打設後の締固めが不要であり、硬化後は自立するという特徴を有していることから、狭小な場所での施工が可能となる。以上のような特徴から、FCB工法を用いることで、盛土などによる上載荷重の低減、土圧の低減、空洞の充填、および振動・騒音の低減などの効果が得られることから注目が集まっている。

これまで、気泡混合軽量土に建設残土の軟岩<sup>5)</sup>や火力発電所から発生する石炭灰<sup>6)</sup>を混合した報告例はあるが、土粒子状以外の産業廃棄物を気泡混合軽量土に利用した例は報告されていない。そこで、産業廃棄物の中でも再利用分野の不足が懸念されているPETボトルの気泡混合軽量土への有効利用を検討した。PETボトルは、軽量性に優れた材料であることから、気泡混合軽量土にフレーク状にしたPETボトル（PETフレーク）を添加することにより、その軽量性を損なうことなく、補強できる可能性が考えられる。ここでは、比較的処理過程が少なく、地盤材料として使いやすいことから、フレーク状にしたPETボトル（PETフレーク）を選択した。その結果、気泡混合軽量土の更なる適用性の拡大に繋がるとともに、環境問題の解決に貢献できることになり、現代社会の目標としている循環型社会の構築における建設リサイクルという観点からも極めて有意義であると考えられる。

本研究では、PETフレークを添加した気泡混合軽量土を作製し、品質管理基準などの観点からその適用性について検討している。さらに、作製した供試体に対して一軸圧縮試験を実施し、PETフレークの添加がその一軸圧

表-1 PET ボトル再商品化製品の主要な品質基準<sup>7)</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

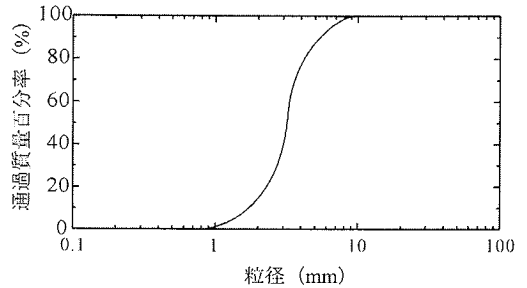


図-1 PET フレークの粒径加積曲線

縮特性に及ぼす影響について定量的に評価している。

## 2. 試料および試験方法

### (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）と呼ばれる樹脂である。このポリエチレンテレフタレートは、石油からつくられるテレフタル酸とエチレングリコールを原料にして、高温・高真空下で化学反応させてつくられる樹脂のひとつである。本研究では、分別収集したPETボトルから再利用が可能なものを選別し、粉碎して水や薬液によって洗浄を済ませた後、脱水・乾燥させた状態のPETフレーク（写真-1）を使用した。PETフレークは、PETボトルをフレーク状に砕いたもので、その切断面は鋭利になっており、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<sup>7)</sup>を示している。なお、PETフレークのフルイ分析による粒径加積曲線を図-1に示す。

エアミルクを作製するための材料には、固化材、起泡剤、水（混練水・希釈水）が必要である。一般に安定処理する場合の固化材には、普通ポルトランドセメントと高炉セメントB種が多用されている。本研究では、高炉セメントB種が普通ポルトランドセメントと比較して長期強度の発現に優れていること<sup>8)</sup>および経済性を考慮し、高炉セメントB種を用いた。起泡剤には、独立した気泡を得やすいとされている界面活性剤系の起泡剤（主成分は高級アルコールの硫酸エステル化合物）を使用した。セメントスラリー作製の混練水と気泡の発泡に使用する

表-2 エアミルクの配合条件

水セメント比 W/C	セメント C (kg/m <sup>3</sup> )	起泡剤 m <sub>1</sub> (kg/m <sup>3</sup> )	希釈水 m <sub>2</sub> (kg/m <sup>3</sup> )	混練水 m <sub>3</sub> (kg/m <sup>3</sup> )	水量 m <sub>1</sub> +m <sub>2</sub> +m <sub>3</sub> (kg/m <sup>3</sup> )
0.71	353.0	1.6	25.0	227.0	253.6

る希釈水は、水質の違いが強度発現に影響を及ぼす可能性<sup>9)</sup>を考慮して、蒸留水を使用した。

## (2) 供試体の作製方法

本研究では、水セメント比 (W/C) が 0.71 のエアミルクを表-2の配合に従って作製した。まず、固化材 (高炉セメント B 種) に混練水を入れてよく混ぜ、セメントミルクを作製した。つぎに起泡剤を希釈水で 16 倍に薄め、手混ぜにより約 10 分間攪拌する方法<sup>10)</sup>で発泡倍率 24 倍となるように気泡群を準備した。その後、セメントミルクと気泡群が均質になるようにソイルミキサーで混合し、エアミルクを作製した。本研究では、5 種類の P/C (0, 5, 10, 15, 20 (%)) を設定しており、完成したエアミルクに添加した後、気泡の消泡の状態を確認しながらソイルミキサーで均質に混ぜるように、3 分程度攪拌した。ここで、P/C を PET フレークの添加率と呼び、セメント重量に対する PET フレーク重量の比を表す。

エアミルクの品質管理は、作製時の湿潤密度 (0.6±0.1 g/cm<sup>3</sup>)、空気量 (70±5 %) およびフロー値 (180±20 mm) の項目について行った。作製したエアミルクの品質を確認した後、試料をモールド (φ = 50mm, H = 100mm) に打設した。使用したモールドの内部には、OHP シートを貼り、その表面にシリコングリスを薄く塗布することによってモールドへの試料の付着を防いだ。モールドに打設した試料は、ビニール袋で被い、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、供試体をプラスチックケース製の円筒形容器に入れ、恒温室 (20±2℃) で所定の養生日数 (Tc = 1, 2, 4, 7, 14, 21, 28 日) まで気中養生し保管した。所定の養生日数を経過した供試体は、両端面を成形し実験に用いた。

## (3) 実験方法

本研究では、PET フレークを添加した気泡混合軽量土の強度・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。また、強度・変形特性に及ぼす端面摩擦の影響を軽減するために、一軸圧縮試験装置の上下加圧板の表面にシリコングリスを薄く塗布した。試験終了後には、供試体の含水比を測定した。

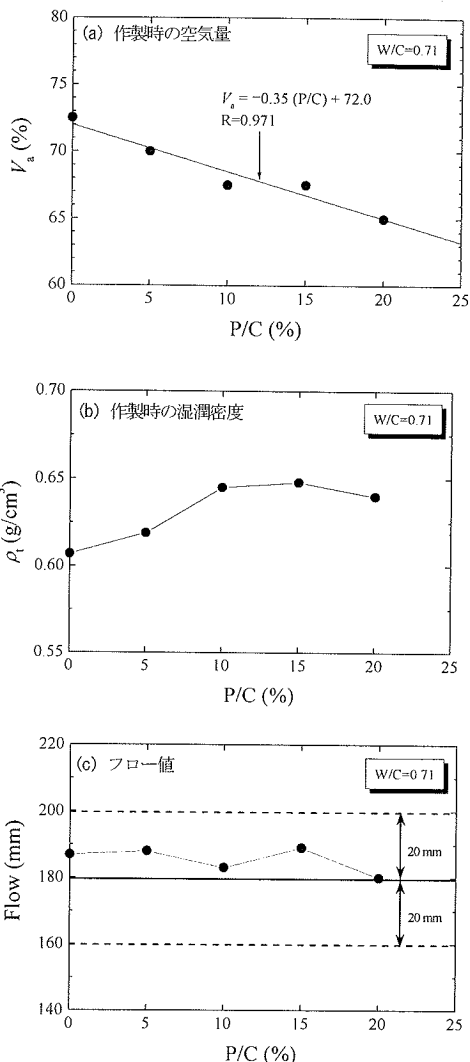


図-2 品質試験結果と P/C の関係

## 3. 実験結果および考察

### (1) 品質管理項目 (空気量, 湿潤密度, フロー値) と PET フレーク添加率の関係

FCB 工法では、その軽量性と施工に伴う流動性を確保するための品質管理項目がある。図-2 は、その品質試験結果と PET フレーク添加率 (P/C) の関係を示している。供試体作製時の空気量 ( $V_a$ ) と P/C の関係を図-2 (a) に示す。図より、 $V_a$  値は、P/C の増加に伴い直線的に減少していることがわかる。PET フレークを添加すると試料の全体の体積が増加することから  $V_a$  値は減少することが考えられる。実際、計算によると P/C = 20% の場合には、 $V_a$  値が約 3% 程度減少することになる。しかしながら測定値では、約 8% も低下している。このことから、

PET フレークを添加し攪拌した結果、気泡の消泡に差が生じているものと考えられる。すなわち、P/C が増加するに伴い、消泡する気泡の量も増加していることがわかる。以上のことから、 $V_a$  値と P/C の関係は、P/C が 0% から 20% の範囲では、直線近似によって表現できることが明らかとなった。

つぎに、作製時の湿潤密度 ( $\rho$ ) と P/C の関係を図-2 (b) に示す。図より、P/C が 0 ~ 10% の範囲では、P/C の増加に伴って  $\rho$  値は直線的に増加している。しかし、P/C が 10% 以上になると、 $\rho$  値はほぼ一定の値を示すことがわかる。この原因としては、以下のような理由が考えられる。まず、上記したように、PET フレークを添加して攪拌する場合、 $V_a$  値は P/C の増加に伴い減少する。よって、P/C = 0 ~ 10% までの  $\rho$  値の増加は、 $V_a$  値の減少によるものと考えられる。一方、PET フレークの密度 ( $\rho_p \div 1.370 \text{ g/cm}^3$ ) は、高炉セメント B 種の密度 ( $\rho_c = 3.040 \text{ g/cm}^3$ ) と比較して 1/2 程度である。そのため、P/C の増加に伴い、骨格部分の単位体積重量は減少する。したがって、P/C = 10% 以上の場合には、P/C の増加による  $V_a$  値の減少に伴う  $\rho$  値の増加と P/C の増加による骨格部分の単位体積重量の減少とが相殺することにより、 $\rho$  値がほぼ一定の値を示しているものと考えられる。

図-2 (c) は、フロー値 (Flow) と P/C の関係を示している。図の点線の範囲は、フロー値の規定値  $180 \pm 20 \text{ mm}$  を表している。フロー値は、P/C の変化によらず、ほぼ一定の値を示し、いずれの P/C の場合も、規定値の範囲内にあった。P/C = 0 ~ 20% の範囲内では、PET フレークを添加することによるフロー値への影響は認められないことから、本材料においても通常通りのポンプによる圧送が可能であるものと考えられる。このように、PET フレークを添加した気泡混合軽量土は、品質管理項目の規定値を十分に満たしており、気泡混合軽量土に対して PET フレークの有効利用が可能であることが示唆された。

## (2) PET フレーク添加が一軸圧縮特性に及ぼす影響

### a) 応力-ひずみ曲線

図-3 (a), (b), (c) は、一軸圧縮試験より得られた代表的な応力-ひずみ曲線を示している。PET フレーク添加率 (P/C) によらず、応力は、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 ~ 2.0% においてピーク値 ( $q_u = 0.1 \sim 2.0 \text{ MN/m}^2$ ) に達している。その後、応力値はひずみの増加に伴って、徐々に減少する。また、P/C によらず、一軸圧縮強さ ( $q_u$ ) と変形係数 ( $E_{50}$ ) には養生日数 (Tc) の経過に伴い徐々に増加する傾向が認められた。

PET フレークを添加した気泡混合軽量土の Tc が 7 日および 28 日の応力-ひずみ曲線を図-4 (a), (b) に示す。図-4 (a) より、P/C = 15% の場合の  $q_u$  値は、P/C = 0%

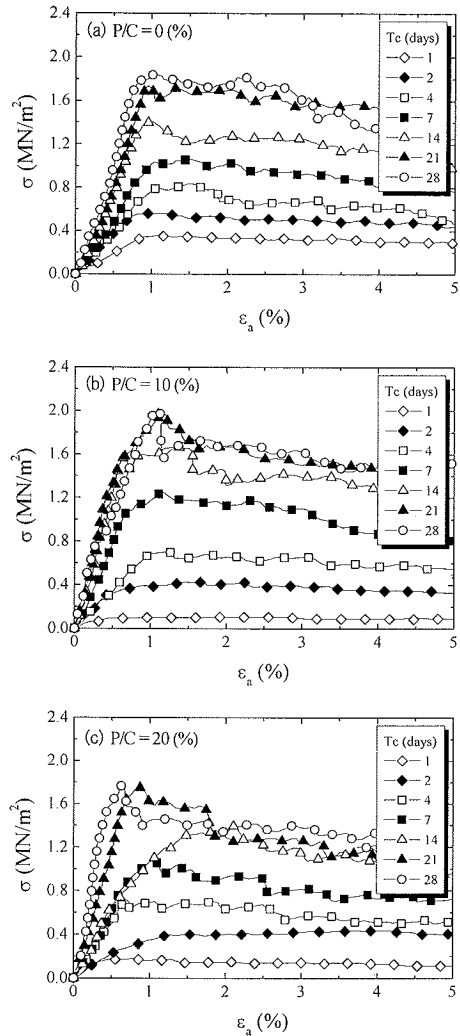


図-3 代表的な応力-ひずみ曲線 (P/C = 0, 10, 20%)

とした場合の  $q_u$  値の約 1.3 倍となっている。また、それ以外の P/C の場合の  $q_u$  値も、P/C = 0% の場合の  $q_u$  値と同等以上の値を示している。つぎに、図-4 (b) に着目すると、いずれの P/C の場合の応力も同様な立ち上がりを示し、いずれも軸ひずみが 1% 程度でピーク値を迎えている。その後、応力はひずみの増加に伴って、徐々に減少している。

### b) 一軸圧縮強さ

図-5 は、一軸圧縮強さ ( $q_u$ ) と養生日数 (Tc) の関係を示している。図より、 $q_u$  値は、PET フレーク添加率 (P/C) によらず、短い養生日数 (Tc) では急激に増加し、Tc が長期化するに伴い増加傾向が緩やかとなる双曲線近似によって定式化できた。このような  $q_u$  値と Tc の関係は、気泡混合軽量土に関する既往の研究例<sup>9), 6), 9), 11), 12)</sup>でも報告されており、PET フレークを添加した場合において

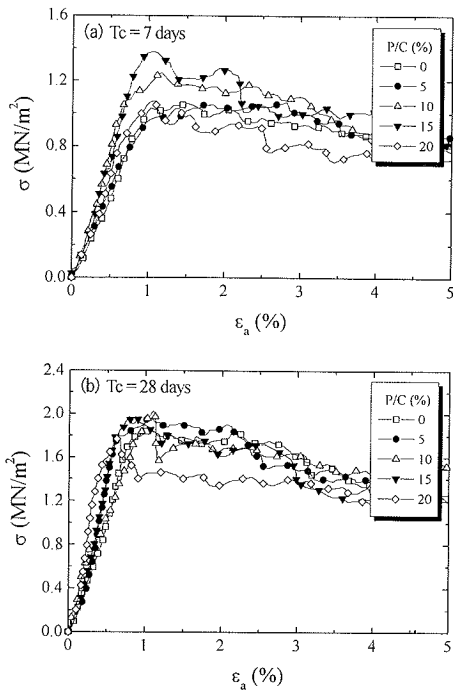


図-4 代表的な応力-ひずみ曲線 (Tc=7, 28days)

も、同様な傾向が認められた。

つぎに、Tc = 7, 14 および 28 日の  $q_u$  値と P/C の関係を図-6 に示す。Tc = 7 においては、P/C = 15% の場合において、 $q_u$  値のピークが認められる。しかし、Tc が経過するのに伴い徐々に P/C = 5, 10% の  $q_u$  値も増加しており、ほぼ差が認められなくなっている。さらに、軽量性や施工性を損なわない範囲で、 $q_u$  値が増加する P/C を検討するために、種々の P/C の場合から得られた Tc = 7, 14 および 28 日の  $q_u$  値を P/C = 0 % の場合の一軸圧縮強さ ( $q_u (P/C=0\%)$ ) で正規化したものを図-7 に示す。図より、Tc = 7 日では、P/C = 15 % の場合に最高値をとり、 $q_u (P/C=15\%) / q_u (P/C=0\%)$  の値は 1.3 となっている。また、Tc = 14 および 28 日においては、P/C = 10 % の場合に最高値となっており、Tc = 28 日には、 $q_u (P/C=10\%) / q_u (P/C=0\%)$  の値は 1.1 となっている。このことから、Tc が経過するに伴い、 $q_u / q_u (P/C=0\%)$  の値は小さくなっているが、PET フレークを添加しない場合よりも、得られる  $q_u$  値が大きくなっていることがわかる。一方、P/C = 20 % の場合は、Tc によらず P/C = 0 % の場合とほぼ同じ値を示しており、 $q_u$  値の明瞭な改善の効果は認められないことから、P/C には上限があり、20%に至ると適切な添加率を超えていることが考えられる。このような現象が生じた理由に関しては、後述する。以上のことから、気泡混合軽量土を製作する固化材の 10 ~ 15 % 程度の PET フレークを添加することが、力学的特性の観点から最も有効である可能性

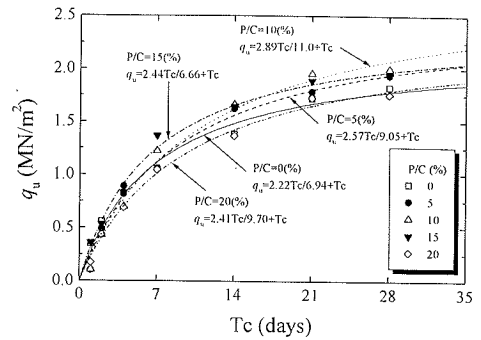


図-5 一軸圧縮強さと養生日数の関係

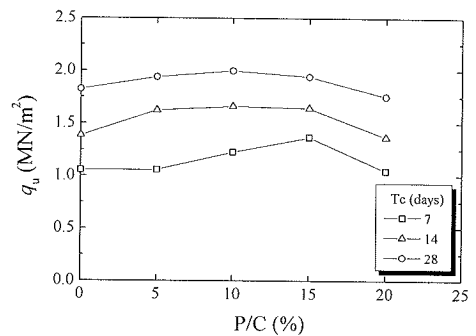


図-6 一軸圧縮強さと P/C の関係

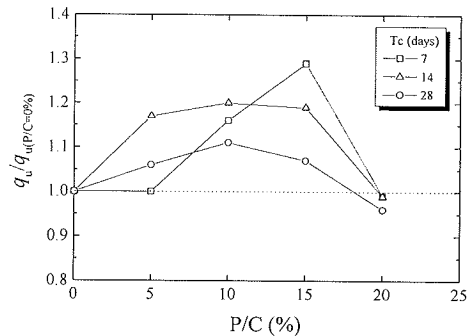


図-7 P/C と  $q_u / q_u (P/C=0\%)$  値の関係

が示唆された。

### c) 変形係数

図-8 は、変形係数 ( $E_{50}$ ) と養生日数 (Tc) の関係を示している。PET フレークを添加していない場合の  $E_{50}$  値は、Tc が短い時期には急激に増加し、Tc が長期化するのに伴い増加傾向が緩やかとなる。また、PET フレークを添加した場合にも、同様な傾向が認められるが、いずれの PET フレーク添加率 (P/C) においても P/C = 0% の場合より大きな  $E_{50}$  値が得られている。P/C の違いにより、多少のばらつきは認められるものの P/C = 0% の場合は、

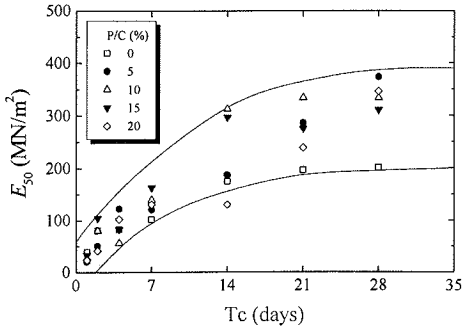


図-8 変形係数と養生日数の関係

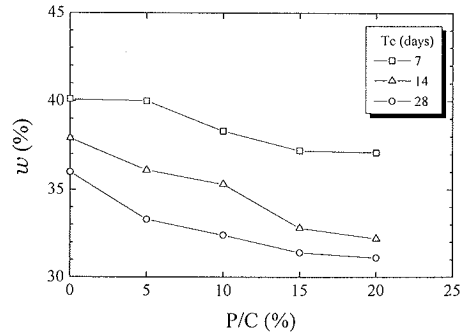


図-10 含水比とP/Cの関係

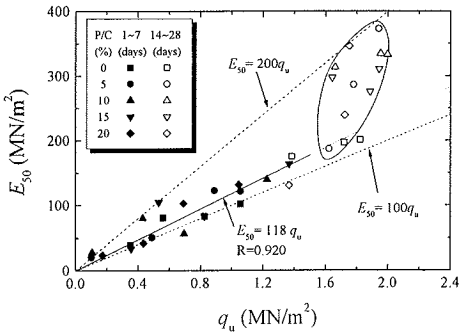


図-9 変形係数と一軸圧縮強さの関係

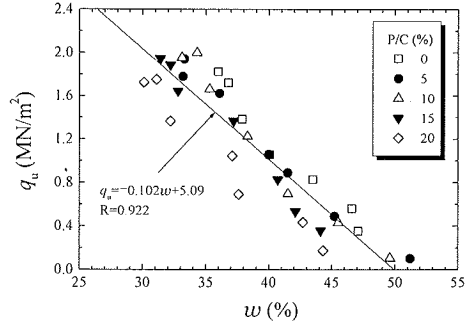


図-11 一軸圧縮強さと含水比の関係

$E_{50}$  値の下限値を示している。このことから、PET フレークを添加することで、 $E_{50}$  値を大きく改善することができる可能性が示唆された。

#### d) 変形係数と一軸圧縮強さの関係

変形係数 ( $E_{50}$ ) と一軸圧縮強さ ( $q_u$ ) の関係を図-9 に示す。これまで、エアミルクおよび種々の地盤材料を混入した気泡混合軽量土において、 $E_{50}$  値と  $q_u$  値は比例関係にあることが知られている<sup>5), 6), 8) ~11)</sup>。PET フレークを添加した場合においても、養生日数 ( $T_c$ ) が7日までは、 $E_{50} = 118 q_u$  というより高い相関性が得られた。一方、 $T_c = 14 \sim 28$  日では、PET フレークを添加することにより  $E_{50} / q_u$  の値が急激に大きくなっている。このことから、PET フレークを添加することで、 $T_c = 14$  日以降の  $E_{50}$  値は、通常のアエミルクの  $E_{50}$  値よりも大きくなることが明らかとなった。なお、このような関係は、PET フレークを添加した場合においても、 $E_{50}$  値は、 $q_u$  値の 100~200 倍の範囲内となった。

#### e) 一軸圧縮強さと含水比の関係

図-10 は、含水比 ( $w$ ) と PET フレーク添加率 (P/C) の関係を示している。図より養生日数 ( $T_c$ ) の違いによらず、P/C の増加に伴い  $w$  値は減少している。これは、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。また、各供試体の  $w$  値は、P/C の違いによらず、 $T_c$  の経過に伴い徐々に減少することが確認できた。このような  $T_c$  の経過に伴う  $w$  値の減少は、供試体内にある水が、セメントが硬化する際の水和反応に使われることが主要因であると考えられる。

つぎに、すべての  $T_c$  における一軸圧縮強さ ( $q_u$ ) と  $w$  値の関係を図-11 に示す。図より、P/C の違いによらず、 $q_u$  値には  $w$  値が減少するのに伴い直線的に増加する傾向が認められる。このような  $q_u$  値と  $w$  値の関係は、種々の報告例<sup>6), 12)</sup> とも一致している。また、 $w$  値は P/C が増加するのに伴い、わずかに減少する傾向にあり左側へ移動している。しかし、 $w$  値の減少に伴う  $q_u$  値の増加率は、P/C の違いによらずほぼ一定の値となっている。このことから、PET フレークを添加しても、 $q_u$  値と  $w$  値の関係に大きな影響はないことが明らかとなった。

#### f) 一軸圧縮強さと乾燥密度の関係

図-12 は、乾燥密度 ( $\rho_d$ ) と PET フレーク添加率 (P/C) の関係を示している。図より養生日数 ( $T_c$ ) の違いによらず、P/C の増加に伴い  $\rho_d$  値は減少している。なお、P/C の違いによらず、 $\rho_d$  値は  $T_c$  の経過に伴い徐々に増加する傾向を示している。 $T_c$  の経過に伴う  $\rho_d$  値の増加は、供試体内に水和反応による生成物質が発達していくため

あると考えられる。また、このような関係は、既往の報告例<sup>5), 6), 12)</sup>とも一致しており、PET フレークを添加した場合にも同様の傾向が認められた。

つぎに、一軸圧縮強さ ( $q_u$ ) と  $\rho_d$  値の関係を図-13 に示す。 $q_u$  値は、P/C の違いによらず、 $\rho_d$  値の増大に伴い直線的に増加する傾向を示している。また、P/C が増加するのに伴い、 $\rho_d$  値は徐々に右側に移動している。これは、前述したように、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が影響しているものと考えられる。し

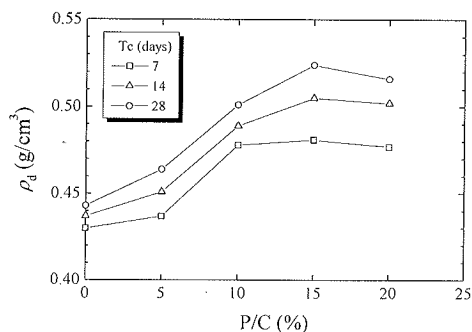


図-12 乾燥密度と P/C の関係

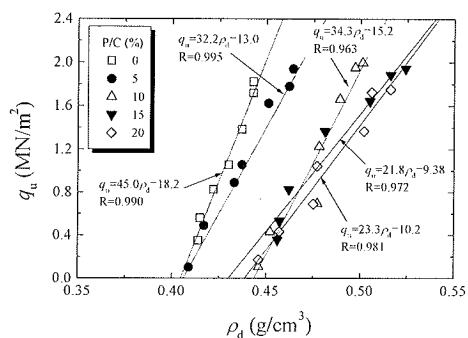


図-13 一軸圧縮強さと乾燥密度の関係

たがって、PET フレークを添加すると乾燥密度を増加させることとなり、その結果  $q_u$  値が増加するものと考えられる。さらに、各々の  $\rho_d$  値の増加に伴う  $q_u$  値の増加率は、P/C の増加に伴い、わずかではあるが増加する傾向にある。このことから、養生開始以降も、PET フレーク添加の影響により  $\rho_d$  値を増加させることがわかった。

### (3) PET フレーク添加率と供試体の内部構造

PET フレーク添加率 (P/C) の違いによって気泡混合軽量土の内部構造がどのように変化するかを調べるために、実体顕微鏡を用いて 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 フレークを添加していない通常のエアミルクの供試体断面である。その内部構造には、約 0.2~0.5 mm 程度の気泡が存在しており、その気泡の周囲を埋めるように基質部分 (マトリクス部分) が存在している。このように、気泡混合軽量土は、気泡を覆うマトリクス部分が構造を支えていると考えられる<sup>10)</sup>。

一方、写真-2 (b) は P/C = 10% の場合の供試体断面である。実体顕微鏡で観察する限り、PET フレークを添加することによる気泡の直径の変化を確認することはできない。また、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 PET フレーク同士が接することはなく、それぞれ独立してマトリクス内に存在している。しかし、P/C = 20% (写真-2 (c)) になると、PET フレーク同士が接している場合が認められた。この結果、PET フレーク同士は粘着力および固結作用を有していないため、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いる可能性が考えられる。以上のことから、気泡混合軽量土に PET フレークを添加する場合、マトリクス内で PET フレーク同士が互いに接することがない状態となるような添加率において混入することで、最も大き

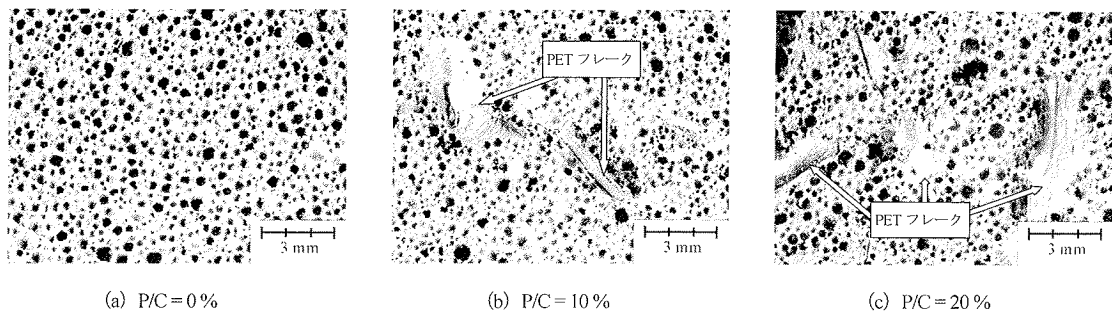


写真-2 PET フレークを混入した気泡混合軽量土の供試体断面

な補強効果が得られるものと考えられる。

#### 4. まとめ

本研究から得られた主要な結果を以下に列記する。

- (1) PET フレークの気泡混合軽量土への有効利用を考えた場合、PET フレークを添加した気泡混合軽量土は、品質確認項目の規定値を十分に満たしており、かつ強度変形特性も改善されることが明らかとなった。
- (2) 養生 28 日の一軸圧縮強さに対して検討を行う場合、10~15%程度のPET フレークを添加することが適切である可能性が示された。
- (3) PET フレークを添加することにより、養生 14 日以降では、強度増加と比較して変形係数が大幅に増加し、剛性が改善されることがわかった。
- (4) 気泡混合軽量土にPET フレークを添加する場合、マトリクス内で PET フレーク同士が互いに接しない添加率を設定することにより、最も大きな補強効果が得られる可能性を示唆した。

PET ボトルの再利用分野を拡大することは、環境問題の解決にもつながり、社会的にも非常に有意であると考えられる。このようなPET フレークを用いた補強効果は、気泡混合軽量土に限らず、セメント安定処理土などにも適用できるものと考えられる。さらに、フレーク状のみならず、帯状、針状および繊維状などにした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。今後は、環境問題および工学的に有意な地盤材料としての気泡混合軽量土による施工法を検討できればと考える。

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。ここに記して謝意を表します。

#### 参考文献

- 1) PET ボトルリサイクル推進協議会：RING, Vol.10, 12p, 2002.
- 2) 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, Foucs NEDO, Vol.3, No.9, pp.17-18, 2003.
- 3) 三木博史：循環型社会における建設リサイクルの取組みと今後の課題, 土と基礎, Vol.51, No.5, pp.1-5, 2003.
- 4) 日本道路公団：気泡混合軽量土を用いた軽量盛土工法の設計・施工指針, pp.1-58, 1996.
- 5) 亀井健史, 前川晴義, 堀切保則：気泡混合軽量土への軟岩の有効利用, 土木構造・材料論文集, No.18, pp.177-184, 2002.
- 6) 亀井健史, 松尾和俊：石炭灰を利用した気泡混合軽量土の一軸圧縮特性, 土木構造・材料論文集, No.18, pp.161-168, 2002.
- 7) 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.
- 8) 亀井健史, 大本一樹, 松尾和俊：セメント種類の違いがセメント安定処理土の一軸圧縮特性に及ぼす影響, 島根大学総合理工学部紀要シリーズA, Vol.37, pp.29-35, 2003.
- 9) 亀井健史, 松尾和俊, 志比利秀：石炭灰を利用した気泡混合軽量土の一軸圧縮特性に及ぼす混練水の影響, 島根大学総合理工学部紀要シリーズA, Vol.36, pp.25-32, 2002.
- 10) 亀井健史, 前川晴義, 堀切保則：気泡作製時間の違いが気泡混合軽量土の一軸圧縮特性に及ぼす影響, 地盤と建設, Vol.20, No.1, pp.27-33, 2002.
- 11) 亀井健史, 前川晴義, 堀切保則：気泡混合軽量土の一軸圧縮特性に及ぼす初期養生温度の影響, 地盤と建設, Vol.20, No.1, pp.35-42, 2002.
- 12) 亀井健史, 前川晴義, 堀切保則：気泡混合軽量土の一軸圧縮特性に及ぼす水セメント比と養生日数の影響, 土木構造・材料論文集, No.18, pp.169-176, 2002.

(2003. 9. 16 受付)

## UNCONFINED COMPRESSIVE CHARACTERISTICS OF FOAMED MIXTURE LIGHTWEIGHT SOILS UTILIZING FLAKY PET BOTTLES

Takeshi KAMEI and Kazutoshi MATSUO

If PET (Polyethylene Terephthalate) 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 foamed mixture lightweight soils mixed with flaky PET bottle waste to promote PET bottle recycling. Comparisons are made between foamed mixture lightweight soil and foamed mixture lightweight soil mixed with flaky PET waste. The effects of flaky PET on stress-strain behavior of foamed mixture lightweight soils are quantitatively shown. These properties make flaky PET bottle waste useful as a construction material. The potential use of flaky PET bottles can be refined with further research.