

## プラスチックの剛性の違いとそれを混入した焼却残渣の土質力学特性との関係

福岡大学工学部 学生員 池田勝俊 正員 花嶋正孝

正員 松藤康司 正員 柳瀬龍二

鹿児島高専

正員 平田登基男

## 1. はじめに

近年、廃棄物の処理処分の中で、プラスチックの占める割合が増加する傾向にあり、その処理・処分が問題視されている。プラスチック廃棄物は、焼却処理に伴い発生する高発熱量による焼却炉の損傷や、有害ガスの発生などの理由により、6割の市町村が埋立処理方式を採用しているのが現状である。プラスチックが他の廃棄物と共に埋立処分された場合、その埋立地盤の安定性や、埋立跡地利用上多くの問題がある事が指摘されている。そこで筆者らは、廃棄物中にプラスチックが混入した場合、その土質力学特性にどのような影響を及ぼすかを調べるため、廃棄物専用の大型土質試験機を製作して、土質力学試験を実施してきた。今回は、実際の埋立地を想定した場合、埋立地の密度は最大乾燥密度の0.8倍程度(以下緩詰めと略す)に相当するため、この緩詰め状態で、剛性の違うプラスチックが焼却残渣に混入した場合の土質力学特性の影響について検討した。

## 2. 試験概要

## 2.1 試料の性質

試料は、連続焼却炉から発生した焼却残渣と、農業用ビニールハウスで使用された廃プラスチック(塩化ビニル)を約4cm×8cmに裁断したもの(以下軟質プラスチックと称す)と、ビール等のコンテナケースを破砕した熱可塑性樹脂(ポリエチレン、ポリプロピレン等)である(以下硬質プラスチックと称す)。試料の物理特性、粒度分布を表1、図1に示す。

表1. 廃棄物の物理特性

|            | 比    | 性 質   |      |      |      |      |
|------------|------|-------|------|------|------|------|
|            |      | 重     | 質(%) | 砂(%) | 質(%) | 平均粒径 |
| 焼却残渣A      | 1.48 | 48.4  | 51.0 | 2.4  | 10.1 | 0.82 |
| 焼却残渣B      | 2.83 | 53.0  | 42.0 | 8.0  | 22.0 | 1.70 |
| 軟質P1/P2/P3 | 0.94 | 100.0 | 0    | 0    | 1.73 | 0.84 |
| 硬質P1/P2/P3 | 1.27 | —     | —    | —    | —    | —    |

2.2 締固め試験 供試体直径30cm、高さ30cmの鋼製モールドを用い、エネルギーがJIS標準締固めエネルギー(5.625cmkgf/cm<sup>3</sup>)と同一エネルギーになるように換算し、一層当りの締固め厚さを10cmとし、3層に分けて締固め試験を行なった。

2.3 一面せん断試験 垂直荷重0.5、1.0、1.5、2.0(kgf/cm<sup>2</sup>)における沈下がほぼ落ち着いた後に、せん断速度5mm/minでせん断試験を行なった。試料の乾燥密度は緩詰めとした。

2.4 圧縮試験 圧縮荷重や測定時間は粘土の圧密試験に準じた。しかし、各荷重段階における沈下は短時間のうちに終了するため、次の段階に進む判断基準として、平板載荷試験法の判断基準を用いた。試料の状態は一面せん断試験と同様である。

2.5 透水試験 定水位透水試験法で行なった。試料の状態は一面せん断試験と同様である。

## 3. 結果及び考察

3.1 締固め試験 図2に締固め試験結果を示す。焼却残渣に軟質プラスチックを混入した場合、その混入率の増加に伴い最適含水比は増加し、最大乾燥密度は、1.63~0.63(t/m<sup>3</sup>)と大幅に減少しているのに対し、硬質プラスチックの場合は1.69~1.29(t/m<sup>3</sup>)とあまり減少してない。したがって硬質の方が軟質の方より締固めやすいと考える。この理由としては、焼却残渣に軟質プラスチックを混入した場合、合成比重が小さくなるのに加え、プラスチック自体が持つ弾性的性質により締固め効率が落ちるためと考えられる。

3.2 一面せん断試験 図3に一面せん断試験結果、表2に一面せん断試験より得られたせん断抵抗角と粘着力を示す。図3より焼却残渣に軟質プラスチックが混入した場合のせん断強度はほとんど変わらないことが分かる。

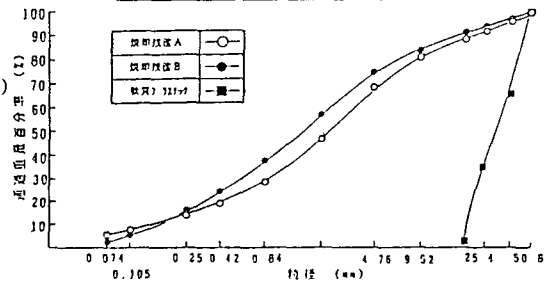


図1 廃棄物の粒径加減曲線

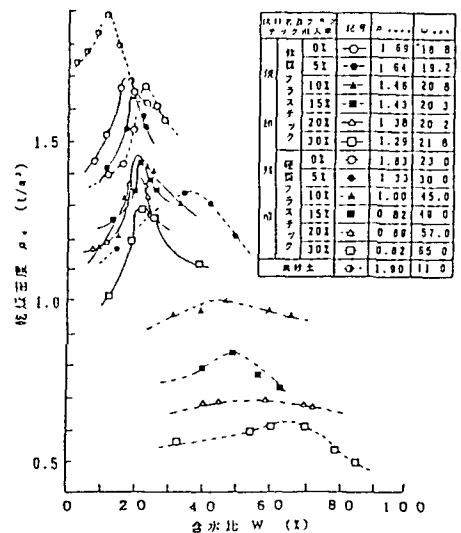


図2 廃棄物の締固め試験

また、混入率 5% の場合はせん断抵抗角が 9.3 度と、他の場合に比較して小さくなっているが、これは試験時の供試体が過圧縮の状態にあったためと判断される。更に混入率が 10% 以上になると粘着力は 0.1 ~ 0.28 (kgf/cm<sup>2</sup>) と非常に小さい値をとり、せん断抵抗角は

表 2. 廃棄物のせん断抵抗角と粘着

| プラスチック<br>混入率 (%) | C (kgf/cm <sup>2</sup> ) |          | φ        |          |
|-------------------|--------------------------|----------|----------|----------|
|                   | 軟質プラスチック                 | 硬質プラスチック | 軟質プラスチック | 硬質プラスチック |
| 0.1               | 1.54                     | 2.38     | 23° 1'   | 1° 6'    |
| 5.1               | 1.10                     | 2.57     | 9° 3'    | 14° 8'   |
| 10.1              | 0.28                     | 1.39     | 24° 4'   | 21° 2'   |
| 15.1              | 0.10                     | 2.16     | 26° 3'   | 47° 9'   |
| 20.1              | 0.10                     | 1.22     | 33° 13'  | 45° 3'   |
| 30.1              | 0.10                     | 2.24     | 23° 45'  | 42° 2'   |

25 度前後で一定の値を示す。これらのことより、緩詰めの場合、軟質プラスチックの混入率に関係なく、強度定数としては、せん断抵抗角 25 度前後をとり、粘着力は考慮できない事が明らかになった。一方、硬質プラスチックの場合かなりのばらつきがあるが、混入率の増加に伴ないせん断強度も増加している。すなわち、硬質プラスチックは剛性が大きいので、粗骨材のような働きをし、インターロッキング効果などにより強度が増加したためであろう。

**3. 3 圧縮試験** 図 4 は粘土の圧密試験と同様の方法で圧縮降伏応力、圧縮指数を求めたものである。焼却残渣に軟質プラスチックを混入すると、圧縮降伏応力は小さくなり、圧縮指数は大きくなる事が分かる。一方、硬質プラスチックの場合、混入率の増加と共に圧縮降伏応力は小さくなるが、軟質と比べ、その減少幅は小さく、圧縮指数はどの混入率でもほぼ同じ値を示した。このような両者の違いは、プラスチック自体が持つ剛性の違いによるものである。すなわち、軟質プラスチックは硬質に比べ剛性が小さく、弾力性が大きいので、圧縮指数が大きく出たものと考えられる。

**3. 4 透水試験** 図 5 に透水試験結果を示す。焼却残渣にプラスチックを混入すると透水係数は、混入率の増加に伴い大きくなっている事が分かる。混入率 5 ~ 20% の範囲においては硬質プラスチックより軟質プラスチックの方が 0.05 ~ 0.1 cm/s ほど大きくになっている。このことは、焼却残渣に硬質プラスチックを混入させてもさほど最大乾燥密度は減少しないが軟質プラスチックの場合は大幅な密度の減少が見られたことや、軟質プラスチックが持つ弾性により間隙比が大きくなったためと考えられる。なお、プラスチック混入率が 20% 以上では、軟質プラスチックおよび硬質プラスチックの透水係数は、同じ値を示し 10<sup>-1</sup> cm/s オーダーとなっている。

#### 4. おわりに

焼却残渣にプラスチックが混入した場合の緩詰め状態における土質力学特性について調べたが、その結果、(1) 締固め試験において硬質プラスチックの方が、軟質に比べ最大乾燥密度の減少割合が小さく、締固められやすい。(2) 一面せん断試験において硬質プラスチックを混入すると、せん断強度は増加する。また、軟質プラスチックの混入の影響はあまり見られない。(3) 圧縮試験において硬質プラスチックは軟質に比べ圧縮降伏応力は大きく、圧縮指数は小さい。(4) 透水試験においては、軟質プラスチックの方が硬質よりも透水性がよい。などの事が明らかになった。本研究は、昭和 63 年度卒業論文として、津田光則君、樋渡博明君、原田元裕君の協力のもとに行ったものである。

<参考文献> 1) 平田ら：プラスチックの混入率が土質力学特性に及ぼす影響，第 8 回全国都市清掃研究発表会，pp.187~190 (1987)

2) 平田ら：焼却灰のせん断及び締固め特性に及ぼすプラスチック混入率の影響，第 22 回土質工学研究発表会，pp.477~478 (1987)

3) 樋渡ら：焼却残渣の土質力学特性に及ぼすプラスチックの質の違いによる影響，土木学会第 43 回年次講演会，pp.612~613 (1988)

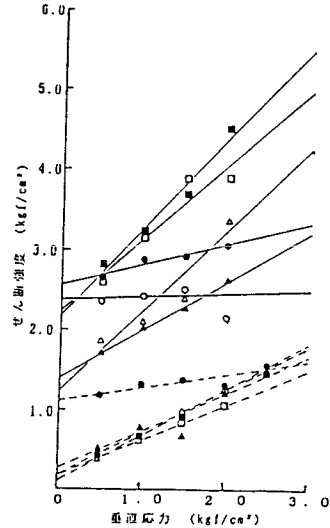


図 3. 廃棄物の一面せん断試験

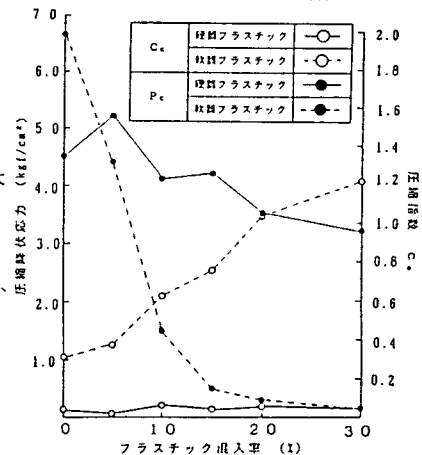


図 4. プラスチック混入率と圧縮降伏応力および圧縮指数

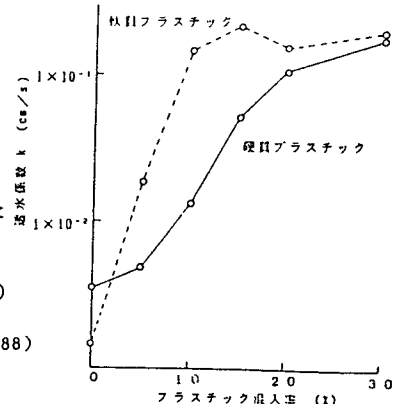


図 5. プラスチック混入率と透水係数