

# 気泡混合処理を用いた一般廃棄物焼却灰及び泥状土の有効利用法の検討

福岡大学工学部 学生会員 権藤耕平

福岡大学工学部 正会員 佐藤研一 山田正太郎 藤川拓朗

**1. はじめに** 一般廃棄物焼却灰及び各種泥状土は大部分が最終処分場で直接埋立処分されている。最終処分場の残余年数は平成 13 年度末で全国平均 12.5 年分と言われており<sup>1)</sup>、処分場の延命化は社会的問題になっている。そこで本研究では、焼却灰と泥状土に気泡混合処理を施し、軽量で付加価値の高い土木材料としての有効性を検討することとする。そこで、気泡混合処理土の強度特性に及ぼす泥状土の違いによる影響と、長期耐久性を把握するため一軸圧縮試験を行った結果について報告する。

**2. 供試体作製** 処理土の供試体作製に使用する材料は、高炉セメントB種、気泡、水、主材に泥状土として博多粘土、有明粘土、副材として 2mm以下焼却灰を使用した。**表-1** に博多粘土、有明粘土、2mm以下焼却灰の物理特性、また**図-1** に各試料の粒径加積曲線を示す。供試体は、土セメント比S/C=1.0、2.0、3.0主材に対する焼却灰混入率Rr (以下Rrと示す) 0、50、75、100%、として作成した。また、処理土の目標湿潤密度を  $1.0 \pm 0.02 \text{ g/cm}^3$ 、フロー値を 180

$\pm 20 \text{ mm}$ と日本道路公団の規定<sup>2)</sup>に従った。予備練り試験により得られたフロー値と調整含水比の値と決定した配合表を**表-2** に博多粘土、**表-3** に有明粘土の配合表示す。供試体の作成に用いたのは  $5 \times h=10(\text{cm})$ の塩化ビニル製のモールドを用いて、恒温恒湿室にて供試体をラップに包み気中養生を行い、所定の養生日数にて一軸圧縮試験を行った。一軸圧縮試験は供試体 3 本行いその平均値を結果として使用した。

## 3. 気泡混合処理土の力学特性

**3-1 粘土の種類による影響** **図-2** に 2 つの泥状土のみを用いた処理土の土セメント比の影響について一軸圧縮試験の結果を示す。また、**図-3** には一軸圧縮強さ(以下 $q_u$ と記す)と養生日数の関係を示している。2 種類の泥状土の物理特性は**表-1** に示す通りほとんど差はなく、 $q_u$ についてもほとんど差がないことがわかる。しかしながら、S/C=1.0 の場合のみは 56 日後の $q_u$ に差が出ている。これは供試体の養生状況により、供試体不均一が原因だと考えられる。また、**図-4** 水セメント比(W/C)と $q_u$ との関係を示す。これより、W/Cが高くなると、 $q_u$ も低下していることからセメント添加量、加えた水量によって強度が変化することが明らかになった。また $q_u$ と変形係数 $E_{50}$ の関係を**図-5** に示す。一軸圧縮試験時の変形係数 $E_{50}$ と $q_u$ の関係は

表-1 物理特性

|                           | 博多粘土  | 有明粘土  | 焼却灰  |
|---------------------------|-------|-------|------|
| 粒子の密度 $s (\text{g/cm}^3)$ | 2.519 | 2.55  | 2.73 |
| 初期含水比 $w (\%)$            | 79.1  | 119.4 | 21.8 |
| 均等係数 $U_c$                | -     | -     | 6.27 |
| 曲率係数 $U_c'$               | -     | -     | 1.13 |
| 液性限界 $w_L (\%)$           | 108.9 | 110   | -    |
| 塑性限界 $w_P (\%)$           | 35.1  | 29.7  | -    |

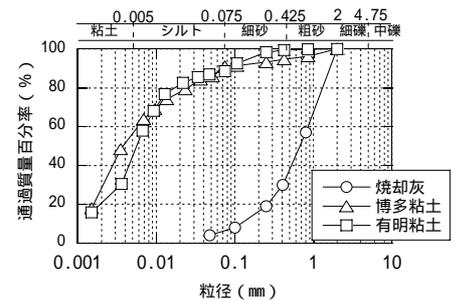


図-1 粒径加積曲線

表-2 配合表 (博多粘土)

| S/C | Rr (%) | セメント (kg/m <sup>3</sup> ) | 主材 (kg/m <sup>3</sup> ) | 焼却灰 (kg/m <sup>3</sup> ) | 水 (kg/m <sup>3</sup> ) | 気泡 (L/m <sup>3</sup> ) | フロー値 (mm) | 湿潤密度 (g/cm <sup>3</sup> ) |
|-----|--------|---------------------------|-------------------------|--------------------------|------------------------|------------------------|-----------|---------------------------|
| 1.0 | 0      | 197                       | 197                     | 0                        | 591                    | 266.2                  | 178.5     | 1.020                     |
|     | 50     | 246                       | 164                     | 82                       | 492                    | 332.2                  | 175       | 1.004                     |
|     | 75     | 252                       | 144                     | 108                      | 479                    | 341.6                  | 190       | 0.985                     |
|     | 100    | 326                       | 0                       | 326                      | 326                    | 447.7                  | 170       | 1.020                     |
| 2.0 | 0      | 136                       | 272                     | 0                        | 577                    | 270.8                  | 175.2     | 1.004                     |
|     | 50     | 149                       | 199                     | 99.5                     | 536                    | 299.7                  | 182.5     | 1.015                     |
|     | 75     | 158                       | 181                     | 134                      | 509                    | 317.6                  | 187.1     | 1.001                     |
|     | 100    | 207                       | 0                       | 414                      | 356                    | 424.4                  | 192       | 0.999                     |
| 3.0 | 0      | 88                        | 264                     | 0                        | 634                    | 232.7                  | 183.2     | 1.003                     |
|     | 50     | 109                       | 218                     | 109                      | 549                    | 288.9                  | 189.5     | 1.012                     |
|     | 75     | 117                       | 201                     | 151                      | 519                    | 307.6                  | 185.2     | 1.001                     |
|     | 100    | 162                       | 0                       | 486                      | 330                    | 438.4                  | 174.8     | 0.998                     |

表-3 配合表 (有明粘土)

| S/C | Rr (%) | セメント (kg/m <sup>3</sup> ) | 主材 (kg/m <sup>3</sup> ) | 焼却灰 (kg/m <sup>3</sup> ) | 水 (kg/m <sup>3</sup> ) | 気泡 (L/m <sup>3</sup> ) |
|-----|--------|---------------------------|-------------------------|--------------------------|------------------------|------------------------|
| 1.0 | 0      | 205                       | 375                     | 0                        | 408                    | 274.4                  |
|     | 75     | 286                       | 132                     | 245                      | 320                    | 368.1                  |
|     | 100    | 323                       | 0                       | 367                      | 289                    | 410.2                  |
| 2.0 | 0      | 118                       | 432                     | 0                        | 441                    | 231.8                  |
|     | 75     | 183                       | 168                     | 314                      | 322                    | 338.9                  |
|     | 100    | 220                       | 0                       | 500                      | 261                    | 401.3                  |
| 3.0 | 0      | 82                        | 450                     | 0                        | 455                    | 217.6                  |
|     | 75     | 135                       | 185                     | 344                      | 321                    | 328.5                  |
|     | 100    | 160                       | 0                       | 545                      | 276                    | 382.2                  |

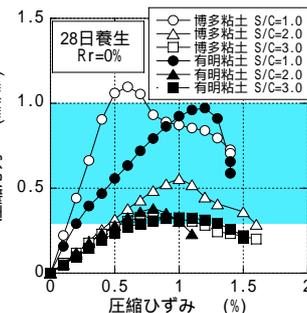


図-2 応力ひずみ曲線

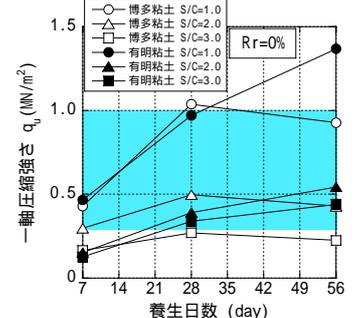


図-3 養生日数と $q_u$ の関係

$$E_{50} = (100 \sim 200) q_u \dots (1)$$

の関係で表すことができる<sup>3)</sup>。図-5の網掛け部分が(1)式を示す範囲であり、2種類の粘土ともに上式をほぼ満たす結果を得ることができた。しかし、博多粘土のほうが剛性が大きく、変形しにくいと言える。また、 $q_u$ と $E_{50}$ は相関性が良く、強度と剛性を任意に設定できることがわかる。

**3-2 焼却灰混入率による影響** 図-6に博多粘土S/C=1.0、養生日数 28 日における一軸圧縮試験結果に及ぼす焼却灰混入率の影響を示す。焼却灰混入率を増加させるとピーク強度が増加し、破壊時のひずみも増加していることがわかる。図-7に養生日数 28 日における $q_u$ と焼却灰混入率の関係を示す。この図よりいずれの粘土においても焼却灰混入率の増加に伴って強度増加を示し、泥状土の量が少ないほどその傾向が顕著であることがわかる。また図-8にS/Cと $q_u$ の関係を示す。この図より、処理土中の泥状土量の増加は強度低下が生じる事がわかる。またこの傾向は焼却灰量が少ないほど顕著である。またS/Cを大きくしても、盛土材の基準強度である0.3~1.0MN/m<sup>2</sup>(図-8の網掛け部分)を満足しており、このことはセメント添加量を減らすことができる。また、泥状土や焼却灰を大量に有効利用できると思われる。変形係数 $E_{50}$ と $q_u$ の関係を図-9に示す。これにより焼却灰を混入しても $q_u$ と $E_{50}$ の相関性は非常に良く、焼却灰を混入しても強度と剛性を任意に設定することが可能である。また焼却灰を混入

することで剛性は大きくなり、変形しにくい材料であると言える。

**4.気泡混合処理土の長期耐久性** 廃棄物を混合させる場合、処理土の耐久性の検討は大きな課題である。そこで図-10に気泡混合処理土の養生日数と $q_u$ との関係を示す。ここでは養生日数3年までの結果を示す。焼却灰混入率100%については若干強度が下がっている。これは供試体の乾燥等の影響と考える。しかし、盛土材の基準強度0.3~1.0MN/m<sup>2</sup>を十分満たしており、処理土の長期的安定した材料であることがわかる。

**5.まとめ** (1)気泡混合処理土の主材に2種類の粘土を用いたが、盛土材の基準強度0.3~1.0MN/m<sup>2</sup>を得ることが出来た。(2)主材となる粘土の違いによって、処理土の剛性が変化することがわかった。(3)焼却灰混入率の増加に伴ってピーク強度が増加し、破壊時のひずみも増加することがわかった。(4)処理土の $q_u$ と $E_{50}$ の相関性は焼却灰を混入させた場合においても非常に良く、強度と剛性を任意に設定可能である。また、焼却灰の混入によって高い剛性を得られることがわかった。(5)気泡混合処理土の養生日数が3年を超えても盛土材の基準強度0.3~1.0MN/m<sup>2</sup>を十分満たしており、処理土は長期的に安定した材料であることが示された。

**参考文献** 1)環境省：平成16年度版環境白書。2)日本道路公団試験研究所：気泡混合処理土を用いた軽量盛土工法の設計・施工に関する指案,平成8年。3)(社)地盤工学会：軽量地盤材料の物性と適用の現状,平成10年。

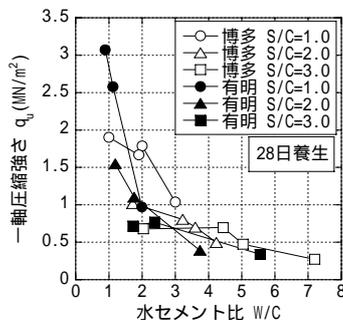


図-4 W/Cと $\alpha_u$ の関係

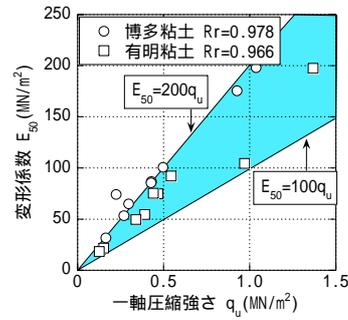


図-5  $q_u$ と $E_{50}$ の関係

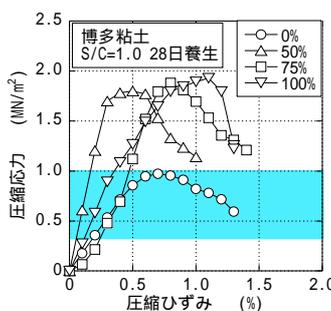


図-6 応力ひずみ曲線

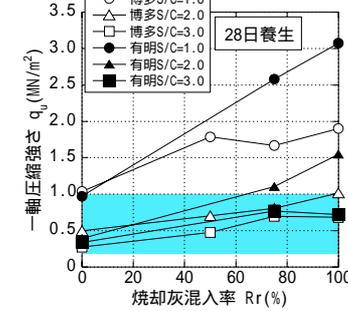


図-7 Rrと $q_u$ の関係

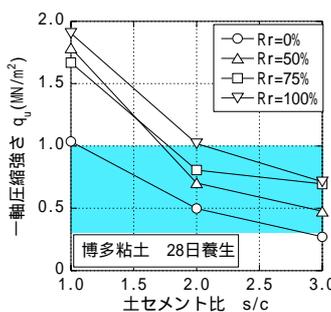


図-8 S/Cと $q_u$ の関係  
(28日養生)

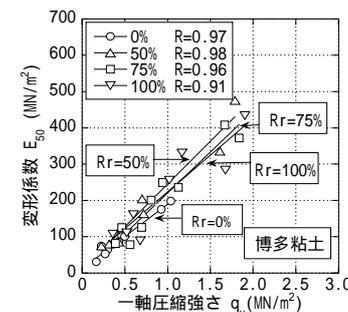


図-9  $q_u$ と $E_{50}$ の関係

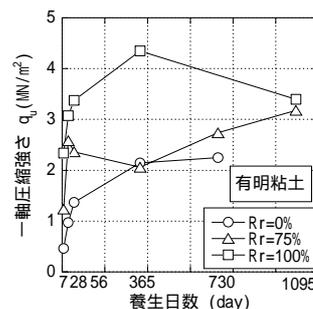


図-10 長期耐久性