

焼却灰混合材料の不均質性が及ぼす力学特性の変化に関する研究

熊本大学工学部 学生会員 ○福島 大介, 大学院 Hoai Ta, 椋木 俊文 技術部 非会員 松本 英敏
九州大学大学院 正会員 島岡 隆行, 小宮 哲平

1. はじめに

焼却灰は、埋立処理後に固化処理を施すことで最終処分場の耐震強度増加による土木構造物としての安定化が期待できる資源である。近年、新たな 焼却灰処分法として超流体化工法を応用した固化手法が検討されている¹⁾。焼却灰を母材とする固化材料は、材料内部の不均質性が懸念され、その材料の力学特性に及ぼす影響を調べることは重要であると考えられる。そこで本研究では、焼却灰混合材料の不均質性を評価する基礎研究として、焼却灰混合供試体と焼却灰に粒度特性を調整した土供試体を作製し、それぞれその内部の非破壊試験、一軸圧縮試験を実施した。本概要では、得られた結果より不均質材料の工学特性を報告する。

2. 実験材料

2.1 焼却灰混合供試体

超流体化工法では、石炭灰とセメントが最もよく締め固まる比「最適水粉体比」、圧縮強度に大きな相関をもつ「セメント添加率」と「セメント水比」の決定が必要である。「最適水粉体比」はフロー試験(JIS R 520)においてフロー値が 140mm となる水粉体比を「最適水粉体比」として決定する。「最適水粉体比」から得られた水の量によって、「セメント添加率」を一定としたときの「セメント水比」を決定し、圧縮強度を予測する。設計基準に満たない場合には「セメント添加率」を上げ、前記の方法で再び「最適水粉体比」、「セメント水比」、「セメント添加率」を定める。石炭灰の固化に関しては以上の方法で行う²⁾。しかし、焼却灰の粒度が均質でないことからフロー値による「最適水粉体比」の設定が困難であったため、目視によって「最適水粉体比」を定め水の量を決定した²⁾。また、セメント添加率は一律 10%とした。この場合セメント水比(C/W=40%)となった。本実験では、焼却灰中に混和剤として石炭灰を加え、前記の超流体化工法を用いて供試体を作成した。石炭灰をそれぞれ 0% (C0)、9% (C9)、18% (C18)、加えた 3 ケースの供試体を作成した。供試体サイズは $\phi=50\text{mm}$ 、高さ 100mm である。

2.2 不均質土供試体

使用する母材は今回使用した焼却灰に粒度分布に調整した山砂である。セメント添加率は 10%とし、水セメント比については供試体作成のワーカビリティを考慮して C/W=45%で供試体を作成した。ここでは、焼却灰混合供試体の不均質性を議論するため、ケース

1として母材との剛性の違いによる不均質性、ケース 2として空隙率によって生じる不均質性、ケース 3として母材と異なる物質の材料内における密度分布による不均質性を定義し、土供試体を作製した。ケース 1では供試体中央に剛性の大きな物質ここでは実際に焼却灰混合材料に混入しているねじ($\phi=4\text{mm}, h=10\text{mm}$)ならびにアルミ棒($\phi=3\text{mm}, h=10\text{mm}$)を供試体中央に 1本、縦方向に 2本混入させた。ケース 2では供試体内にクリーム状の気泡を混入させた。ケース 3ではアルミ棒を配置する位置をそれぞれ上部から 25mm、中央、下部から 25mmとした。

3. 結果と考察

3.1 X線 CTによる非破壊試験

材料内部の非破壊試験には、熊本大学が所有するマイクロ X線 CT装置を用いた。撮影条件は 1画素サイズを $80\mu\text{m}$ で撮影を行った。得られた画像は 2値化処理を行い混在が予想される空隙、金属物質でそれぞれ閾値を決定し供試体内に含まれるそれぞれの物質の割合を計算した。図 1は、供試体の横断面の CT画像である。ここでは、黒が密度の低い空隙、白が密度の高い金属物質(ねじ)である。得られた CT画像は、試料混練中に想定外の空気が巻き込まれたことを示唆している。これも供試体中の空隙として画像解析を行ったところ、空隙占有率は約 3.2%、金属物質は 0.6%存在して入っていることが分かった。図 2では供試体内の各高さにおける断面において空隙と金属物質の混入率分布である。特に供試体内部には空隙が不均質に存在していることが分かる。以上から、焼却灰混合材料は通常の均質な材料とは材料特性が大きく異なり、材料特性の把握が重要であると考えられる。

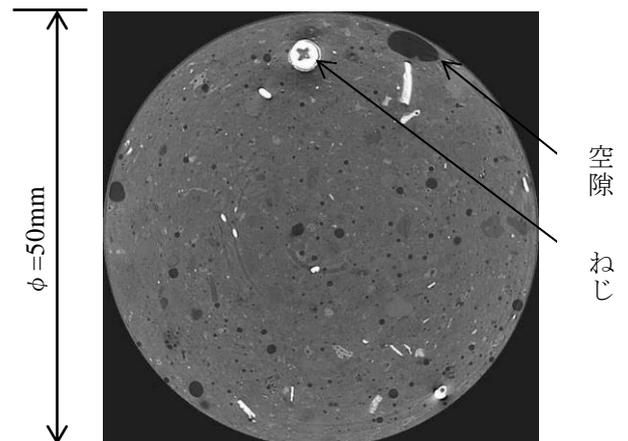


図 1 横断面 CT 画像

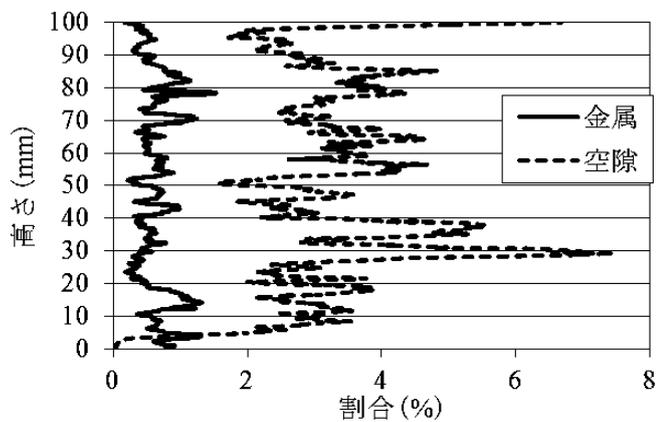


図2 供試体内の空隙と金属の分布

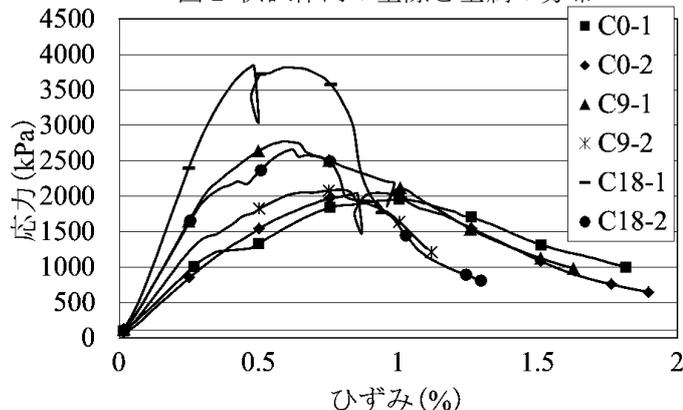


図3 焼却灰混合供試体の応力ひずみ曲線

3.2 不均質性が及ぼす影響

図3は、焼却灰供試体を対象とした一軸圧縮試験の結果である。また表-1は、得られた最大一軸圧縮応力ひずみおよび、ヤング率である。これらの結果から石炭灰の添加率が増加するほど一軸圧縮応力が増加することがわかる。これは、石炭灰とセメントのポズラン反応の影響によって圧縮強度が増加しているためである。表-1より、C9、C18においてはそれぞれ同じ配合条件にも関わらず、最大応力とヤング率に大きな差が生じている。図4(a),(b)は、剛性の異なる物質を混合させた場合の不均質供試体の一軸圧縮試験の結果である。ネジを1本混入させた場合(M4_1)ネジを2本混入させた場合(M4_2)の最大応力はInitial(N)に比べてM4_1で平均113.78kPa低く、M4_2で67.92kPa高かった。ヤング率に関しては、M4_1ではInitialに比べ平均147.51Mpa低く、M4_2本では189.21Mpa高くなった。最大応力、ヤング率ともにネジの混入本数の増加によって増加する傾向がみられた。アルミ棒を混入させた場合でも最大応力、ヤング率で同様の傾向が表れている。

4. 終わりに

今回実験結果では、母材と異なる物質を混入させた場合には先に述べた結果が得られた。しかしながら、今後数値シミュレーションとの比較を行うことで供試体内の不均質性が、破壊に至るメカニズムにどのように影響を及ぼしているかを解明する必要がある。

表-1 焼却灰混合地盤材料の力学特性

種類	最大応力 (kPa)	ひずみ (%)	ヤング率 (MPa)
C0-1	1957.45	1.02	378.44
C0-2	2050.18	0.93	341.65
C9-1	2775.03	0.60	730.47
C9-2	2090.19	0.80	464.78
C18-1	3821.15	0.61	1088.87
C18-2	2655.29	0.62	678.95

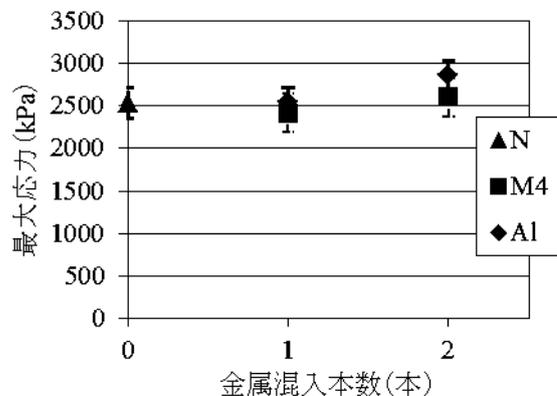


図4(a) 金属混入供試体の最大応力

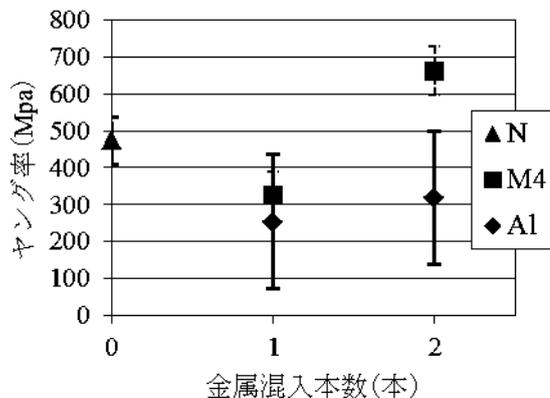


図4(b) 金属混入供試体のヤング率

謝辞

本研究は、平成 27 年度環境研究総合推進費補助金(研究課題: 巨大地震に耐える環境安全で堅牢な最終処分場の新技術開発に関する研究、研究課題番号: 3K143001、研究代表者: 島岡隆行)より遂行された。また、超流体化工法による供試体作成作業は、安藤ハザマの協力によるものである。ここに謝意を表す。

参考文献

- 1) 斉藤 栄一: 岡部 俊信: 長 稔 著「石炭灰混練物の流体化現象を利用した固化地盤築造技術の開発」コンクリート工学 Vol. 42 (2004) No. 7 p. 32-37.
- 2) 環境総合推進費補助金 研究報告書「巨大地震に耐える環境安全で堅牢な最終処分場の新技術開発に関する研究」 H27.