

愛媛大学工学部 正 矢田部龍一
愛媛大学工学部 正 横田公忠
愛媛大学工学部 学 ○台本尊之

1. はじめに

廃棄物は、我々の日常生活および社会経済活動によって発生するものであり、特に近年、廃棄物の処理・処分問題は社会問題にまで発展している。廃棄物の一つである非 JIS 石炭灰は、発電所から発生したままの状態では工学的に有効利用できる必要な性質を満たしていない。そこで本研究では非 JIS 石炭灰に水ガラスを添加して固化させ、焼成処理・硬化剤混入処理の処理方法により、強度特性・耐水性を検討した。これらの実験結果からインターロッキングブロックなどのブロック代替への有効利用を本研究の目的とする。

2. 供試体作製方法及び実験概要

本研究で用いる非 JIS 石炭灰は、四国電力株式会社西条火力発電所から排出されたものである。また水ガラスには、粘度が低く施工性に優れた JIS3 号水ガラスを用いた。これらの混合物を静的締固めによって作製した供試体を 7 日間空气中養生した後に、焼成処理(110、300、500、700、900℃)を行った。焼成後、強度特性の検討のために一軸圧縮試験(JIS A 1216)を行った。混入割合は重量比で非 JIS 石炭灰 100%に対して、水ガラス 53%、50%、45%の 3 種類である。焼成

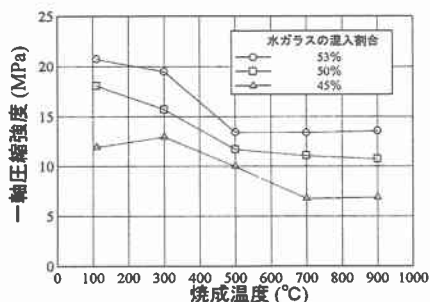


図1 一軸圧縮強度と焼成温度の関係

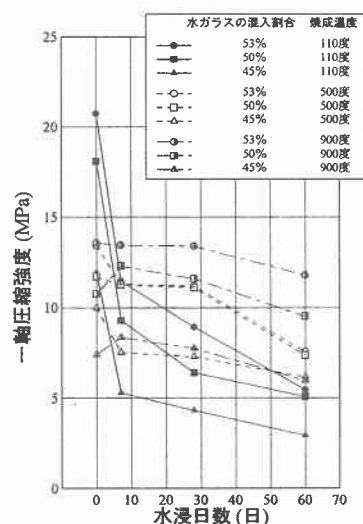


図2 焼成後における一軸圧縮強度と水浸日数の関係

処理(110、500、900℃)された供試体をイオン交換水に水浸させ、水浸日数 7、28、90 日における強度特性の変化を調べた。水浸処理の際、水浸日を 0 日として 7、14、28、35、42、49、56、63 日後に水を採取し、溶出試験を行った。次に、非 JIS 石炭灰と水との混合物に硬化剤として、セメント、水酸化カルシウム、硫酸カルシウム、硫酸マグネシウム、硫酸アルミニウムを粉末状にしたものを添加し、静的に締固め供試体を作製した。非 JIS 石炭灰の乾燥密度が、水ガラスを 53%混入した際の非 JIS 石炭灰の乾燥密度 1.08g/cm^3 となるように調整した。それらの供試体を 7 日間空气中養生した後に、水ガラスに液浸させたもの、液浸させないものについて一軸圧縮試験を行った。混入割合は硬化剤の種類に関わらず重量比で非 JIS 石炭灰 100%に対して、硬化剤 10%、20%の 2 種類である。また、硬化剤としてセメント、水酸化カルシウムを用いた供試体をイオン交換水に水浸させ、水浸日数 7、14、

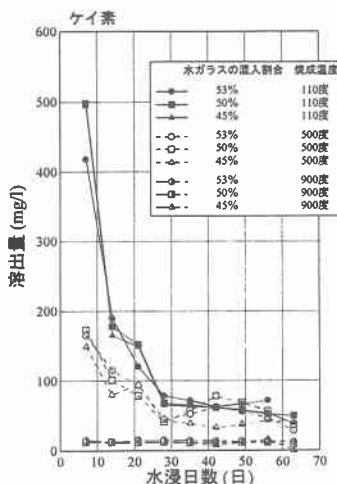


図3 ケイ素(Si)の溶出量と水浸日数の関係

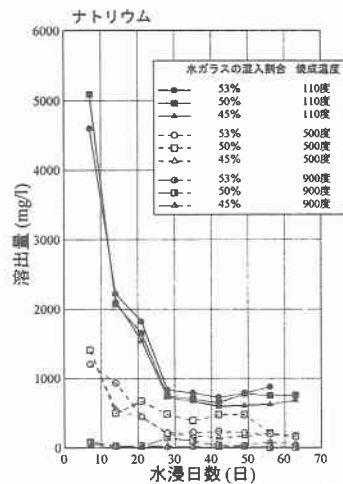


図4 ナトリウム(Na)の溶出量と水浸日数の関係

二次元的表示

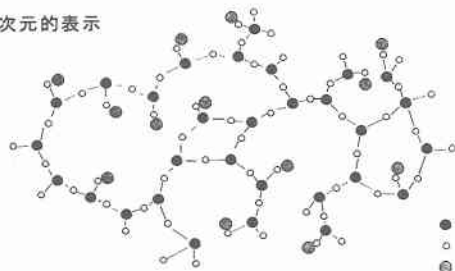


図5 ケイ酸ソーダガラスの構造モデル

21、28 日における強度特性の変化を検討した。

3. 実験結果及び考察

一軸圧縮試験結果を図-1 に示す。いずれの供試体とも、焼成温度の上昇に伴い強度低下がみられた。この要因として、焼成温度の上昇に伴う質量の低下及び体積の増加により乾燥密度が低下し、空隙が増加したことが考えられる。また、供試体の粒子形状が焼成温度が上昇するに伴い多孔質になることも挙げられる。次に、一軸圧縮強度と水浸日数の関係を図-2 に示す。焼成温度の違いによる耐水性を検討するために 110、500、900℃で焼成処理した供試体における水浸 60 日目の強度低下率を求めた。それぞれ強度低下率は 74%、44%、13%である。これより、高温で焼成処理した供試体ほど強度低下が抑制されていることがわかる。

Si 及び Na の溶出試験結果を図-3、図-4 に示す。焼成温度の上昇するに伴い Si、Na の溶出量が抑制される要因を検討する。水ガラスは焼成温度の上昇に伴い重合が促進され、その一部がケイ酸ソーダガラスへと変化する。ケイ酸ソーダガラスの構造モデルを図-5 に示す。ケイ酸ソーダガラスの生成により、Si はシロキサン結合の重合が促進されるため、Na はその構造の中に取り入れられるため、溶出が抑制されると考えられる。53%供試体の焼成温度の違いによる X 線回折解析結果を図-6 に示す。これより、焼成温度 700℃において Albite が析出していることがわかる。Albite は曹長石の一種であり、それ自身は高強度を発揮しないが、耐水性には何らかの影響を与えていると考えられる。次に、一軸圧縮試験結果の図-7 より、硬化剤にセメント、水酸化カルシウムを用いた供試体は、水ガラス液浸・未液浸に関わらず非常に高い強度を発現していることがわかる。この要因としてセメント、水酸化カルシウムには自己硬化性があることが挙げられる。ここで、硬化剤にセメント 10%、水酸化カルシウム 10%を用い、水ガラスに液浸させた供試体の X 線回折解析結果を図-8、図-9 に示す。これより、いずれの場合も CSH の析出が確認される。CSH は $\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ で表される物質でケイ酸カルシウム水和物と呼ばれ、ポズラン反応による生成物と類似しており不溶性である。自己硬化性と CSH の析出が強度発現に影響を及ぼしたと考えられる。次に、一軸圧縮強度と水浸日数の関係を図-10 に示す。これより、硬化剤を 20%混入した供試体の耐水性が高いことがわかる。この要因として、硬化剤混入割合が高いほど CSH は大量に生成されるために、耐水性が向上することが挙げられる。

次に、一軸圧縮試験結果の図-7 より、硬化剤にセメント、水酸化カルシウムを用いた供試体は、水ガラス液浸・未液浸に関わらず非常に高い強度を発現していることがわかる。この要因としてセメント、水酸化カルシウムには自己硬化性があることが挙げられる。ここで、硬化剤にセメント 10%、水酸化カルシウム 10%を用い、水ガラスに液浸させた供試体の X 線回折解析結果を図-8、図-9 に示す。これより、いずれの場合も CSH の析出が確認される。CSH は $\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ で表される物質でケイ酸カルシウム水和物と呼ばれ、ポズラン反応による生成物と類似しており不溶性である。自己硬化性と CSH の析出が強度発現に影響を及ぼしたと考えられる。次に、一軸圧縮強度と水浸日数の関係を図-10 に示す。これより、硬化剤を 20%混入した供試体の耐水性が高いことがわかる。この要因として、硬化剤混入割合が高いほど CSH は大量に生成されるために、耐水性が向上することが挙げられる。

次に、一軸圧縮試験結果の図-7 より、硬化剤にセメント、水酸化カルシウムを用いた供試体は、水ガラス液浸・未液浸に関わらず非常に高い強度を発現していることがわかる。この要因としてセメント、水酸化カルシウムには自己硬化性があることが挙げられる。ここで、硬化剤にセメント 10%、水酸化カルシウム 10%を用い、水ガラスに液浸させた供試体の X 線回折解析結果を図-8、図-9 に示す。これより、いずれの場合も CSH の析出が確認される。CSH は $\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ で表される物質でケイ酸カルシウム水和物と呼ばれ、ポズラン反応による生成物と類似しており不溶性である。自己硬化性と CSH の析出が強度発現に影響を及ぼしたと考えられる。次に、一軸圧縮強度と水浸日数の関係を図-10 に示す。これより、硬化剤を 20%混入した供試体の耐水性が高いことがわかる。この要因として、硬化剤混入割合が高いほど CSH は大量に生成されるために、耐水性が向上することが挙げられる。

4. まとめ

- ①焼成温度の上昇に伴い一軸圧縮強度は低下するが、耐水性は向上する傾向にある。
- ②水浸処理の際、Si の溶出により水ガラスの鎖状構造が崩壊するために、強度低下すると考えられる。
- ③硬化剤混入処理により強度特性の改善はほぼみられないが、耐水性の向上には影響を及ぼしていると考えられる。
- ④本研究における最も高い一軸圧縮強度は、非 JIS 石炭灰に重量比でセメントを 10%混入し、水によって締め固め作製した水ガラス液浸供試体の 26.7MPa であるが、普通インターロッキングブロックの規格値 32.34 MPa を上回らなかった。

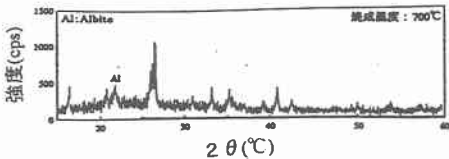


図6 焼成温度の違いによる X 線回折解析結果

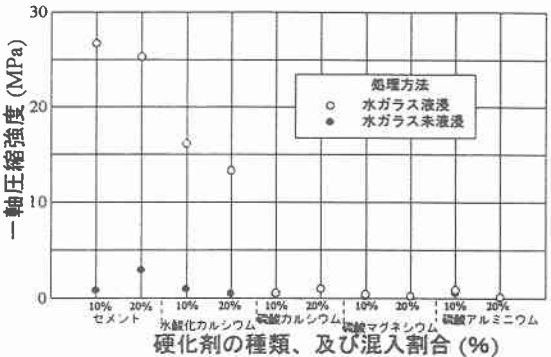


図7 一軸圧縮強度と硬化剤の混入割合の関係

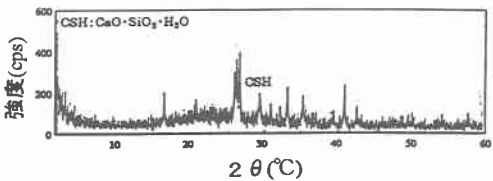


図8 セメント 10%を用いた場合の X 線回折解析結果

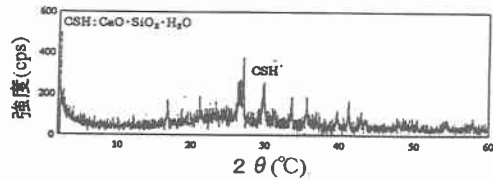


図9 Ca(OH)2 10%を用いた場合の X 線回折解析結果

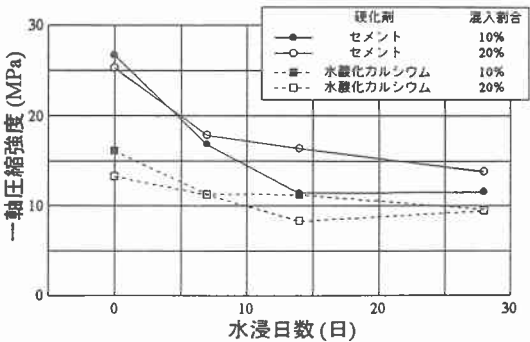


図10 硬化剤の違いによる一軸圧縮強度と水浸日数の関係