

都市ごみ溶融スラグ微粉末を結合材とするモルタルの収縮性状に関する基礎的研究

茨城大学工学部 学生会員 田中康友 正会員 福澤公夫 非会員 松本洋利

1. はじめに

近年、日本の一般可燃廃棄物(都市ごみ)の排出量は、年間約5,000万にもおよび、現在では、多くの自治体で都市ごみを高温溶融処理後、スラグ化し埋め立て処分を行っている¹⁾。しかし、今後の埋め立て地の残余年数の減少から溶融スラグの安定的な有効利用法が必要である。

これまでの研究から、溶融スラグの持つ潜在水硬性を利用し、都市ごみ溶融スラグ微粉末にアルカリ刺激材を加えることで、セメント代替材としての有効利用が可能²⁾であることが分かっているが、経時的な強度低下が問題となっている。さらに、封緘養生を行うことで、強度低下のない硬化体を得られることも分かっている³⁾。

本研究は、強度低下の原因が硬化体の収縮特性と考え、各種要因が硬化体の収縮性状に及ぼす影響を検討した。

2. 実験概要

2.1 使用材料および配合

溶融スラグは、千葉県上総市産のガス化溶融方式によるものでブレン値 $3750\text{cm}^2/\text{g}$ に微粉碎したものを使用した。本研究では、水結合材比を50%とし、スラグ微粉末に対するアルカリ刺激材比を20%とした。なお、アルカリ刺激材には無水メタ珪酸ナトリウムを使用した。

2.2 実験方法

養生方法を変化させた場合の収縮量および圧縮強度を測定した。養生方法は、蒸気・封緘・高温封緘養生の他に、封緘・高温封緘養生において材齢7日、28日で封緘養生を終了後、気中養生するものを用意した。収縮試験は、埋め込み式ゲージ法とマイクロストレインゲージ法により供試体の内部と表面の収縮を測定した。

3. 実験結果および考察

3.1 養生方法の違いが圧縮強度・収縮量に及ぼす影響

図1に養生方法の違いによる圧縮強度への影響を示す。蒸気養生および高温封緘養生は初期強度が大きいですが、蒸気養生では、材齢の経過とともに強度の低下が認められた。また、封緘養生は初期強度が低いものの経時的な強度増進がみられた。

図2に養生方法の違いによる収縮量への影響を示す。

蒸気・封緘・高温封緘の収縮量は、測定開始から7日目で蒸気 92μ 、封緘 124μ 、高温封緘 51μ となり、84日目の収縮量は蒸気 218μ 、封緘 196μ 、高温封緘 94μ となり、84日目には高温封緘養生の収縮量は蒸気および封緘養生を行う場合の収縮量より著しく小さくなった。蒸気養生が測定日数の経過につれ封緘養生および高温封緘養生より収縮量が多くなるのは、乾燥による影響と考えられる。また、高温封緘養生と比べ封緘養生の初期の収縮量が大きくなる。これは、図3に示す封緘養生および高温封緘養生の収縮量が同程度であることから、圧縮強度も材齢7日で大きくなっていることから水和反応がほぼ終了し、高温封緘養生と同等の強度発現を示したと考えられる。高温封緘養生は蒸気養生を行う

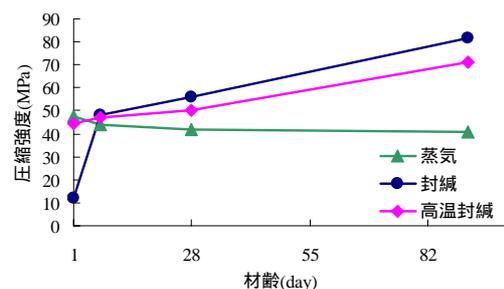


図1 養生方法の違いによる圧縮強度への影響

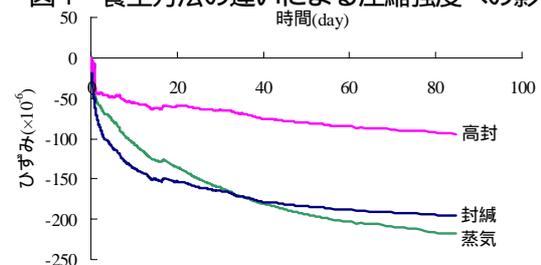


図2 養生方法の違いによる収縮量への影響

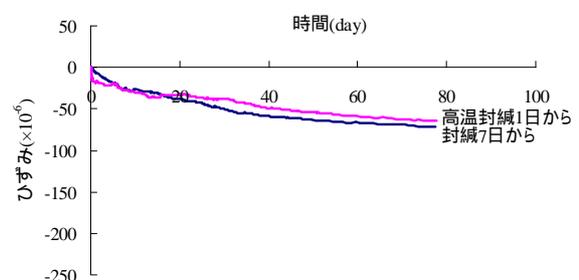


図3 封緘養生7日後と蒸気養生終了後の高温封緘養生の収縮量

キーワード 都市ごみ溶融スラグ、潜在水硬性、アルカリ刺激材、無水メタ珪酸ナトリウム、乾燥収縮

連絡先 〒316-8511 茨城県日立市中成沢町4-12-1 TEL0294-38-5274 FAX0294-38-5268

と水和反応が促進され、初期段階で水和反応が終了し、その後の水和があまり進まないのに比べ、封緘養生の水和反応速度は遅いため、水和収縮が大きくなったと考えられる。図1、図2から、蒸気養生を行う場合の強度低下は、供試体の乾燥収縮に伴う内部応力の影響にあると考えられる。

3.2 封緘後の気中静置による圧縮強度・収縮量の影響

図4に封緘養生後の気中静置が圧縮強度に及ぼす影響を示す。封緘・高温封緘養生を材齢7日および28日で終了した供試体は、封緘養生を終えて気中静置を始めてから、材齢の経過に伴い圧縮強度の低下がみられる。

図5に封緘養生後の気中静置期間の違いによるモルタルの収縮量の影響を示す。封緘養生を終了した時点から収縮量の大幅な増加がみられる。これは、封緘養生を終了し、気中に静置したことで、硬化体が乾燥し収縮が進んだ結果、乾燥収縮による内部応力が生じ強度の低下が起きると考えられる。なお、封緘養生7日までのものより28日まで行ったほうが強度の低下が少ないのは、図6に示すように封緘養生28日までのほうが収縮量が少ないため、材齢28日まで封緘養生を行うことで、水和反応が進んだ結果、収縮量が低減したと考えられる。図7に収縮量と圧縮強度低下率の関係を示す。収縮量と圧縮強度低下率には相関関係がみられ、収縮量が増すごとに、強度が低下していることが分かる。

3.3 内部と表面の収縮の比較

ミクロンストレインゲージ法と埋め込み式ゲージ法での乾燥収縮の比較を図8に示す。埋め込み式ゲージ法により計測した収縮量(内部の収縮)は、ミクロンストレインゲージ法により計測した収縮量(表面の収縮)より少ない値を示した。これは、内部と表面の乾燥の速度の違いからくるものが原因と考えられる。また、都市ごみ溶融スラグとOPCは、内部の収縮はほぼ同程度であるのに対し、表面の収縮は都市ごみ溶融スラグが大きな値を示した。このことから、都市ごみ溶融スラグを用いた硬化体は、内部と表面の収縮量に大きな違いがあることから、内部と表面に大きな応力の差が生じていると考えられ、蒸気養生と封緘養生後の強度の低下のもう1つの要因ではないかと思われる。

4. まとめ

本研究で得られた知見を以下に示す。

- 1) 封緘養生を行う期間が長いほど、収縮量および圧縮強度低下が少ない。
- 2) 普通ポルトランドセメントを結合材とする硬化体と比べ、都市ごみ溶融スラグを結合材とする硬化体の方が、内部と表面の収縮量に大きな差が生じる。
- 3) 圧縮強度と乾燥収縮量には相関性がみられ、収縮量が増えるごとに圧縮強度が低下する。

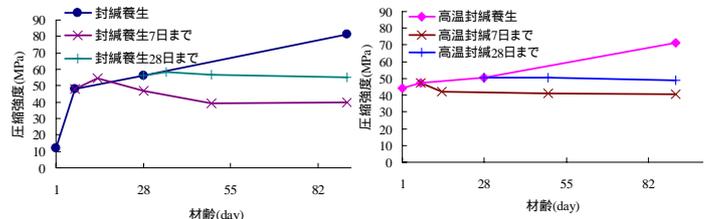


図4 封緘養生後の気中静置が圧縮強度に及ぼす影響

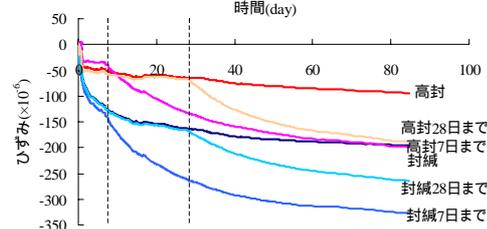


図5 封緘養生後の気中静置が収縮量に及ぼす影響

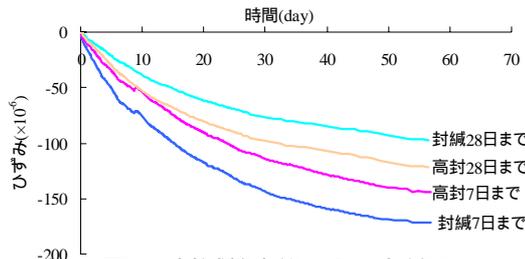


図6 封緘養生後からの収縮量

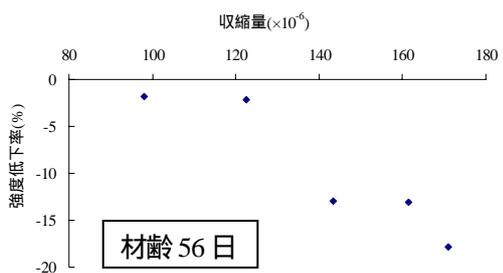


図7 収縮量と圧縮強度低下率の関係

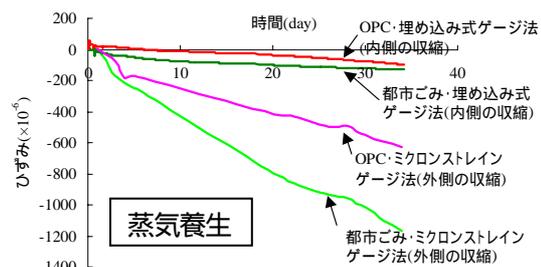


図8 内部と表面の収縮による比較

引用文献

1)環境省 HP 廃棄物処理の現状
 2)三井雅一、福澤公夫、宮城洋介、小島均都市ごみ溶融スラグ微粉末を用いた硬化体に関する基礎研究、コンクリート工学年次論文集、Vol.25, No.1, pp.1451-1456, 2003
 3)田中康友、福澤公夫、郭野重、都市ごみ溶融スラグ微粉末をセメント代替材として用いたモルタルの養生特性に関する研究、第33回土木学会関東支部技術研究発表会講演要旨集、v-034