

種々の曝露条件下におけるスラリー型石炭灰混合材料の力学特性

福岡大学工学部 学生会員 豊永麻依 梅田真志
福岡大学工学部 正会員 佐藤研一 藤川拓朗 古賀千佳嗣

1.はじめに 昨今、電力会社、大学および建設会社等では、石炭灰混合材料の定常的かつ付加価値の高い活用を今まで以上に推し進めていくため開発が進められている^{1), 2), 3)}。現在、石炭灰混合材料の種類として固化体破砕材、固化体造立材、スラリー材、塑性材等がある。これらの多くは、施工実績も報告されているが公共事業等での利用をさらに推し進めることが求められている。そのために長期的な力学特性、耐久性の評価を行い石炭灰混合材料の有効利用及び利用用途の拡張を促進させていく必要がある。その足がかりとして本研究ではまず、締固めが不要で狭い箇所の充填埋め戻しに優れているスラリー型石炭灰混合材料(写真 1)に着目し、種々の環境を模擬した曝露条件下において力学特性を評価するために行った実験について報告する。



写真-1 スラリー材

2. 実験概要

2-1 スラリー材の作製方法及び実験条件 実験には、石炭灰 D(JIS 灰)を、固化材には高炉セメント B 種を用いており、これらを混ぜ合わせて供試体を作製した。ここで石炭灰・セメント・水を混ぜたものをスラリー型石炭灰混合材料(以後、スラリー材)と定義する。試料の力学特性は、一軸圧縮試験(JIS A 1216)と針貫入試験(JIS S 3008)

表-1 試料の物理特性

試料	石炭灰D
土粒子密度(g/cm ³)	2.347
含水比(%)	0
液性限界(%)	N.P.
塑性限界(%)	N.P.

を用いて評価を行った。表-1 に石炭灰 D(JIS 灰)の物理特性を、表-2 に供試体配合条件を示す。供試体の作製において、セメントを石炭灰の乾燥質量に対し外割り配合で添加した。図-1 にフロー試験(JIS A 1101)で求めたスラリー材のフロー値測定結果を示す。フロー値が220±20mmかつ養生日数28日において $q_{u28}=300 \sim 1000\text{kN/m}^2$ 以上となる石炭灰の量及び含水比の調整を行った。供試体の打設は、石炭灰 D(JIS 灰)とフロー値に応じて水を加え

表-2 配合条件

セメント量 (kg/m ³)	主材 (kg/m ³)	水 (kg/m ³)	湿潤密度 (kg/m ³)	フロー値 (mm)	S/C	W/C
50 (5.1%)	985	564	1.599	222	19.7	11.3
75 (7.7%)	975	560	1.610	219	13.0	7.5
100 (10.4%)	960	558	1.618	212	9.6	5.6

※()内はセメント添加率を示している

5 分間ホバートミキサーにて攪拌を行い、さらにその後高炉セメント B 種を加えて 5 分間攪拌を行った。その後、直径 5 cm、高さ 10cm のモールドに流し込んで打設した。養生は脱型した供試体をラップで包み、20℃一定の恒温室内にて気中養生を行っている。

2-2 曝露試験方法 石炭灰混合材料を打設後、20℃一定の恒温室内の環境下で供試体をラップに包み 1 週間養生させた後、種々の曝露条件下(気中曝露、水浸曝露、海水曝露)で実験を行った。気中曝露では供試体を 20±3℃の恒温室内でラップに包み養生を行った。水浸曝露には蒸留水を使用し、海水曝露では二次処理された海水を使用した。水浸・海水曝露では、蒸留水または海水を満たした水槽内に供試体を設置し、20±3℃の恒温室内で養生を行った。表-3 に曝露試験期間を示す。

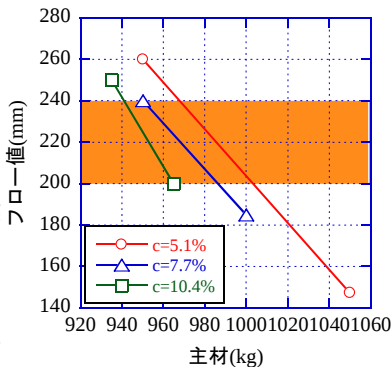


図-1 フロー値測定結果

3. 試験の結果及び考察

3-1 一軸圧縮試験によるスラリー材の基本的力学特性の把握

図-2 に養生日数 7 日及び 28 日におけるスラリー材の一軸圧縮試験結果を示す。セメント添加率及び養生日数の増加に伴い一軸圧縮強さも増加することが分かる。また、養生日数 28 日における目標強度である $q_{u28}=300 \sim 1000\text{kN/m}^2$ 以上を全ての配合条件において満たしていることが分かる。さらに図-3 に示す一軸圧縮強さと変形係数の関係から、セメント添加率及び養生日数の増加に伴いスラリー材の強度は増加し、剛性も高くなることが明らかとなった。

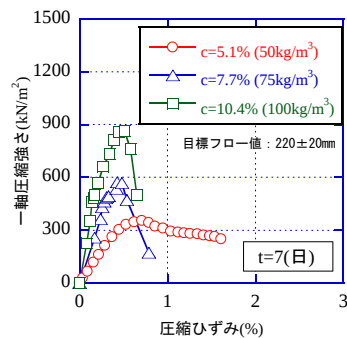
表-3 曝露試験期間

曝露条件	セメント添加率(%)	曝露予定期間(日)
気中曝露	5.1	0, 7, 28, 56, 91, 182, 365
水浸曝露	7.7	
海水曝露	10.4	

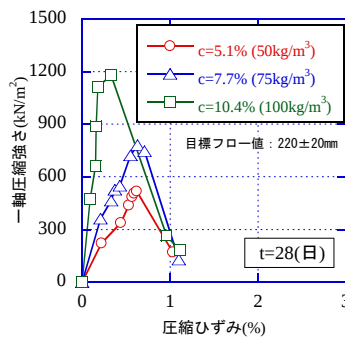
3-2 種々の曝露条件下におけるスラリー材の力学特性

スラリー材において目標強度である $q_{u28}=300 \sim$

1000kN/m² を満たした配合条件で種々の曝露条件下による力学特性を把握するため、気中・水浸・海水曝露試験を行った結果を図-4 に示す。いずれの条件においても、セメント添加率及び養生日数の増加に伴い一軸圧縮強度が増加していることが見てとれる。気中・水浸曝露試験での強度発現は小さいが、海水曝露試験では強度発現が大きく見られた。この理由として、固化材に高炉セメントを使用していることから海水に浸漬することでアルカリ刺激を受けスラグの潜在水硬性により、強度が大きく発現したと考えられる。また、全ての曝露試験において養生日数 28 日まで劣化は起こらず強度の増加が見られた。次に、曝露環境下におけるセメント安定処理土の劣化



(a) 養生 7 日



(b) 養生日数 28 日

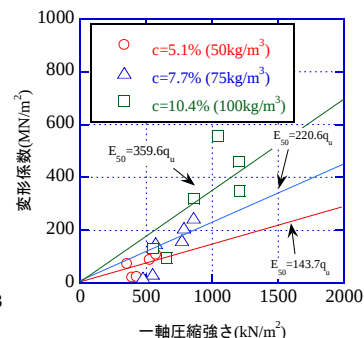
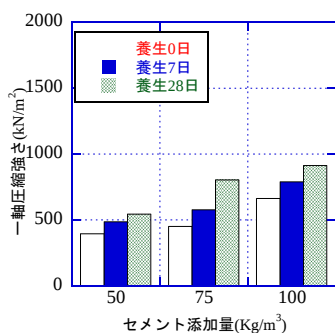
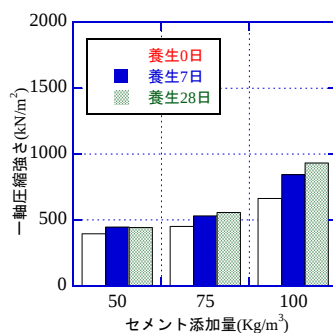


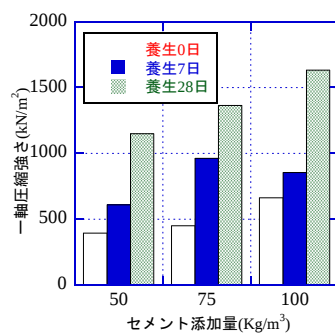
図-3 一軸圧縮強さと変形係数



(a) 気中曝露試験

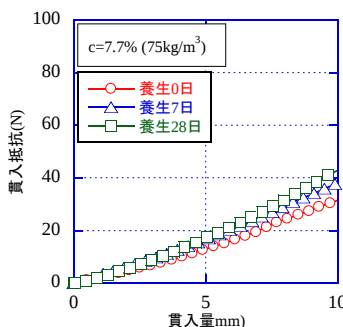


(b) 水浸曝露試験

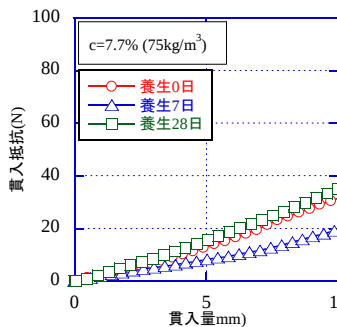


(c) 海水曝露試験

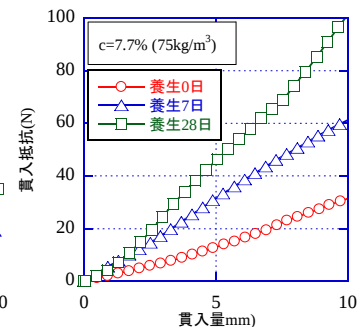
図-4 曝露試験における一軸圧縮試験結果



(a) 気中曝露試験



(b) 水浸曝露試験



(c) 海水曝露試験

図-5 曝露試験における針貫入試験結果

が表面から進行⁴⁾することを考慮し、曝露面付近の劣化の状況を把握すべく針貫入試験を行った結果を図-5 に示す。いずれの条件も養生 28 日までにおいては、養生日数の増加とともに貫入抵抗は増加する傾向を示し、劣化の進行が見られないことが分かる。しかしながら、曝露条件下に曝したセメント安定処理土は、曝露期間が半年以上経過すると劣化の進行とともに強度が低下する報告⁵⁾もあることから、引き続き貫入抵抗値が減少に転じていく様子を注視するとともに、その劣化深さについて定量的な評価を行っていく予定である。

4. まとめ 今回得られた結果から、以下の知見を得た。1) スラリー型石炭灰混合材料は、セメント添加量の増加及び養生日数の増加に伴い強度は増加し、剛性も高くなることが分かる。2) 曝露環境下に曝したスラリー型石炭灰混合材料は、養生 28 日までにおいて劣化の進行が見られず、材料強度は増加する傾向を示した。3) 今回設定した曝露条件において、海水曝露、水浸曝露、気中曝露の順に強度発現を示した。海水曝露において最も高い強度発現が見られた理由は、高炉セメントを用いたことによるスラグの潜在水硬性と考えられる。

<参考文献>

- 1) (財)石炭エネルギーセンター, 港湾工事における石炭灰混合材料の有効利用ガイドライン, pp.2-11, 2011. 2) (財)石炭エネルギーセンター, 石炭灰混合材料有効利用ガイドライン(震災復興資材編), pp.1-3, 2014. 3) (財)石炭エネルギーセンター, 石炭灰混合材料有効利用ガイドライン(高規格道路盛土編), pp.3-7, 2015. 4) 林ら: セメント安定処理土の長期強度特性 その 2-室内実験による検討, 北海道開発土木研究所月報, No.612, pp.28-36, 2004. 5) 中村 健・北詰昌樹: セメント安定処理土の耐久性に関する室内試験, 港湾空港技術研究所資料, No.1128, 2006.