

宮崎県で製造されるごみ溶融スラグを細骨材として用いたコンクリートの塩分浸透性に関する検討

○宮崎大学大学院 学生会員 工藤 剛 宮崎大学工学教育研究部 正会員 尾上 幸造
宮崎大学工学教育研究部 正会員 土手 裕 宮崎大学工学教育研究部 正会員 関戸 知雄

1. はじめに

2000 年に「ダイオキシン類対策特別処置法」が施行されたのを機に、多くの自治体でごみの焼却灰を 1200℃以上の高温で溶融し、スラグ化する処置が行われるようになった。スラグ化によりダイオキシンの発生抑制とごみ減容が図れ、埋立地の延命化にもつながる。ごみ溶融スラグ（以下、溶融スラグ）は、その特性からコンクリート用骨材としての利用が可能であるが、溶融施設やごみの産出地などの違いにより物性が異なるため、データの蓄積が不可欠である。また溶融スラグ使用によるブリーディング量の増大¹⁾により、劣化因子の侵入促進が懸念される。本稿では、宮崎県中央部 10 市町村で発生する一般廃棄物および産業廃棄物のうち、可燃ごみを焼却溶融処理して得られる溶融スラグを細骨材として用いたコンクリート（以下、溶融スラグコンクリート）の塩分浸透性に関する試験結果を報告する。

2. 実験概要

本実験で使用した材料を表-1 に、本実験で検討したコンクリートの配合条件および単位量を表-2 に示す。全ての配合において水セメント比を 50%とした。配合 No.1～3 においては、単位水量を 155kg/m³とし、細骨材の全容積に対する溶融スラグの置換率を 0, 25, 50, 75, 100 (%)と変化させた。配合 No.4～6 においては、溶融スラグを大量使用することを目的とした。この場合、ブリーディング量の増大および圧縮強度の減少が懸念される。そこで配合 No.4～6 では、フライアッシュ（以下、FA）を細骨材の一部として用いることでそれらの改善を試みた。なお、ブリーディング量は、FA を混和することで大幅に改善²⁾されることが示されており、著者らの一部³⁾も同様のことを報告している。

供試体は打設後 24 時間で脱型し、所定の材齢まで水中養生を施したのち、試験を開始した。塩化物イオン量の測定は 100×100×400mm の角柱供試体を作製し、樹脂で打設面、底面および 100×100 (mm) の 2 面の計 4 面を被覆し、それ以外の 100×400 (mm) の 2 面を浸透面とし、塩水濃度 5%, 温度 20±2℃の塩水中に浸漬させ、材齢 4, 8, 13, 26 (週) で JIS A 1154 に準じて実施した。図-1 に配合 No.1 の塩化物イオン濃度のプロット例を示す。表面塩化物イオン濃度 C_0 および見かけの拡散係数 D_{ap} は、コンクリート標準示方書の維持管理編⁴⁾の式を参考に実験データを回帰させて算出した。また図-3 から図-6 に示す近似曲線は竹田ら⁵⁾の式を参照した。

表-1 使用材料

使用材料	種類及び物性
セメント	普通ポルトランドセメント(密度:3.16g/cm ³)
細骨材	溶融スラグ(表乾密度:2.76g/cm ³ ,吸水率:0.4%) 石灰石砕砂(表乾密度:2.68g/cm ³ ,吸水率:0.74%)
粗骨材	石灰石碎石(表乾密度:2.70g/cm ³ ,吸水率:0.14%)
フライアッシュ	JIS II 種(密度2.28g/cm ³ ,比表面積4020cm ² /g)
AE減水剤	リグニンスルホン酸化合物とポリオールの複合体(配合No.1～3)/リグニンスルホン酸化合物とポリカルボン酸エタノールの複合体(配合No.4～6)
AE剤	アルキルエーテル系(配合No.1～3)/高アルキルカルボン酸系(配合No.4～6)

表-2 コンクリートの配合条件および単位量

溶融スラグの置換率	W/C (%)	単位量(kg/m³)								スランブ (cm)	空気量 (cm)
		水	セメント	細骨材相当			粗骨材	AE 減水剤	AE 剤		
				溶融スラグ	砕砂	FA					
(溶融スラグ,砕砂)=(0%,100%)	50	155	310	0	840	0	1046	0.97	0.6	13.0	3.7
(溶融スラグ,砕砂)=(25%,75%)	50	155	310	213	630	0	1046	0.97	0.6	5.0	3.9
(溶融スラグ,砕砂)=(50%,50%)	50	155	310	427	420	0	1046	0.97	0.6	5.5	3.3
(溶融スラグ,FA)=(70%,30%)	50	185	370	580	0	205	1074	2.72	0.4	8.0	5.0
(溶融スラグ,FA)=(80%,20%)	50	185	370	663	0	137	1074	2.72	0.2	6.0	4.0
(溶融スラグ,FA)=(90%,10%)	50	175	370	798	0	73	1061	2.57	0.1	5.0	3.8

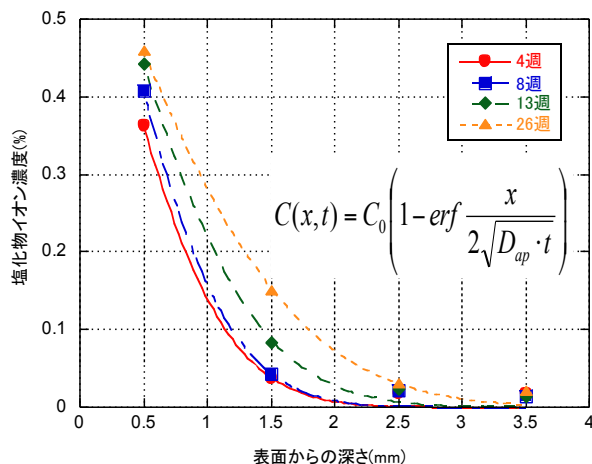


図-1 深さ方向の塩化物イオン濃度（配合 No. 1）

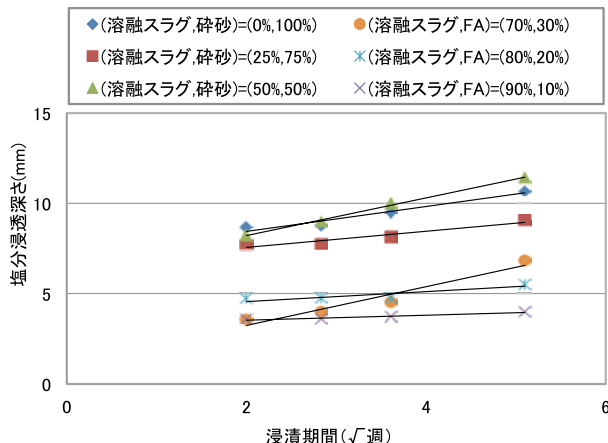


図-2 塩分浸透深さの測定結果

3. 実験結果

図-2 に塩分浸透深さの測定結果を示す。溶融スラグコンクリートの塩分浸透深さは普通コンクリートと同等かそれ以下であり、溶融スラグの使用はコンクリートの塩分浸透に対して悪影響を及ぼさない。溶融スラグと砕砂を併用したもの（配合 No.2, 3）については、溶融スラグを細骨材全体に対し 25%用いた場合に塩分浸透深さが小さくなっている。FA と溶融スラグを併用したもの（配合 No.4～6）は、配合 No.1～3 と比較して塩分浸透深さが小さくなったが、FA のポズラン反応によりコンクリートの細孔構造が緻密化⁶⁾したためと推察される。

図-3, 図-4 にコンクリート質量に対する表面塩化物イオン濃度 C_0 の経時変化を示す。浸漬期間が長くなるにつれ C_0 が大きくなる傾向を示す。溶融スラグを細骨材として使用したものの最終的な表面塩化物イオン濃度は普通コンクリートの 0.72%と比較して 0.74～0.94%と若干高くなる傾向を示したが、極端に大きくするような悪影響はないものと考えられる。

図-5, 図-6 に見かけの拡散係数 D_{ap} の経時変化を示す。浸漬期間が長くなるにつれ、 D_{ap} は小さくなる。FA と溶融スラグを併用したもの（配合 No.4～6）については、初期の D_{ap} は大きい、長期的には普通コンクリートと比較して D_{ap} が小さくなる。これは、FA のポズラン反応によりコンクリートの細孔構造が緻密化したためと推察される。また D_{ap} に関して、溶融スラグ細骨材の使用により極端に大きくなるような悪影響はないことが分かった。

4. まとめ

- (1) 溶融スラグコンクリートの塩分浸透深さは、細骨材容積に対する置換率が 50%程度までであれば、普通コンクリートと同等かそれ以下となる。
- (2) 溶融スラグコンクリートの最終表面塩化物イオン濃度および見かけの拡散係数は、普通コンクリートよりもやや大きくなる傾向を示すが、極端に大きくなるといった悪影響はない。
- (3) 溶融スラグを大量使用する場合、フライアッシュの混入により塩分浸透抵抗性を大幅に高めることが可能である。

[参考文献]

- 1) 斎藤丈士ほか：ごみ溶融スラグ細骨材を用いたコンクリートの性状に関する研究，日本建築学会構造系論文集 No.584, 2004
- 2) 川端雄一郎ほか：溶融方法が都市ごみ溶融スラグの化学的、物性的性質に及ぼす影響，コンクリート工学年次論文集 Vol26, No.1, 2004
- 3) 尾上幸造ほか：宮崎県で製造されるごみ溶融スラグ細骨材を用いたコンクリートの基礎的性質に関する研究，セメント・コンクリート論文集 No.65, 2011
- 4) 土木学会：2007 年制定コンクリート標準示方書[維持管理編]，丸善 2007.3
- 5) 竹田宣典ほか：種々の海洋環境条件におけるコンクリートの塩分浸透と鉄筋腐食に関する実験的研究，土木学会論文集 No.599/V-40, 1998
- 6) 小早川真ほか：フライアッシュのポズラン反応による硬化体の空隙・組織の変化，コンクリート工学年次論文集 Vol.23, No.2, 2001

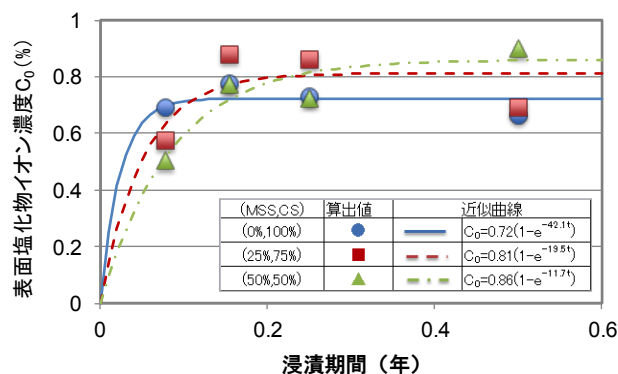


図-3 表面塩化物イオン濃度の経時変化（溶融スラグ+砕砂）

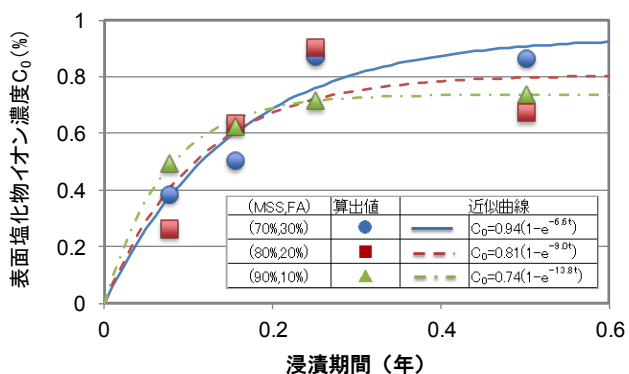


図-4 表面塩化物イオン濃度の経時変化（溶融スラグ+FA）

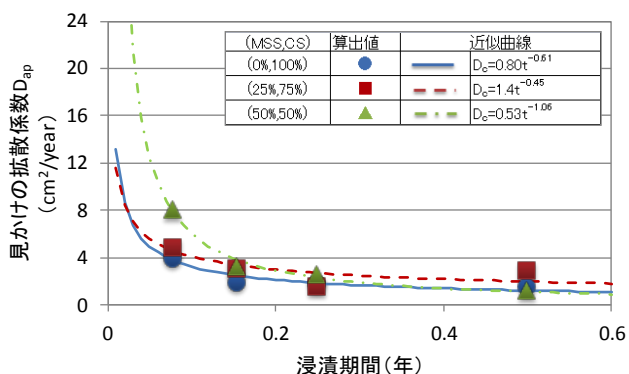


図-5 見かけの拡散係数 D_{ap} の経時変化（溶融スラグ+砕砂）

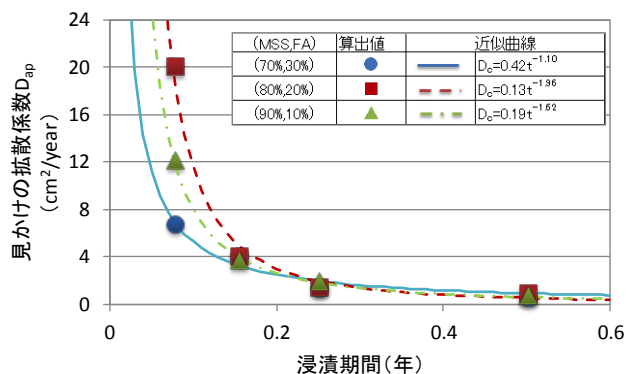


図-6 見かけの拡散係数 D_{ap} の経時変化（溶融スラグ+FA）