

溶融スラグを骨材として用いたコンクリートの耐久性に関する研究

名古屋工業大学大学院 ○張 大志 学生員 高田 聡恵 正会員 糸山 豊
名古屋工業大学大学院 正会員 上原 匠 正会員 梅原 秀哲

1. はじめに

近年、溶融化技術の利用により、一般廃棄物の最終処分場の延命対策やダイオキシン類等の環境対策がなされるようになった。しかし、最終処分場は依然として確保が困難なため、埋立てより再利用することが新たな課題となっている。そこで本研究では、愛知県内のゴミ焼却施設で製造された、異なる3種類の溶融スラグ(以下スラグと記述)を対象に、それぞれのスラグを使用した場合のフレッシュ性状、強度特性および耐久性性能の把握を試みるとともに、フライアッシュを併用した場合の耐久性についても実験を基に検討を行った。

2. 使用材料

使用したスラグを含む使用材料を表-1に示す。いずれのスラグも環境庁告示46号の溶出基準を満たし、アルカリ骨材反応性(ASR)は無害であることが確認されている¹⁾。また、フライアッシュは愛知県内の火力発電所から産出されたものを使用した。

表-1 使用材料

使用材料	種類	記号	物性または成分
セメント	普通ポルトランドセメント	C	密度: 3.15g/cm ³
細骨材	山砂(豊田産)	S	密度: 2.57g/cm ³ , 吸水率: 1.55%, 粗粒率: 2.67
粗骨材	砕石(瀬戸産)	G	密度: 2.73g/cm ³ , 吸水率: 0.38%, 粗粒率: 6.65
溶融スラグ	灰溶融炉 プラズマ式	SgC	密度: 2.83g/cm ³ , 吸水率: 0.94%, 粗粒率: 3.16
	灰溶融炉 電気抵抗式	SgD	密度: 2.70g/cm ³ , 吸水率: 0.52%, 粗粒率: 5.16
	灰溶融炉 交流電気抵抗式	SgE	密度: 2.78g/cm ³ , 吸水率: 0.34%, 粗粒率: 2.54
フライアッシュ	JIS A 6201 II種	FA	密度: 2.18g/cm ³
混和剤	高性能AE減水剤	SP	主成分: ポリカルボン酸系
	AE助剤	AE	主成分: 樹脂酸塩系陰イオン界面活性剤

3. 実験概要および結果・考察

3.1 配合および試験項目

試験に用いたコンクリートの配合を表-2に示す。スラグ無置換の基準配合をBaseとおく。配合は、単位水量を170kg/m³、水セメン

表-2 実験配合とフレッシュ試験結果

配合	w/c (%)	配合量 (kg/m ³)						SP (%)	AE (%)	スランブ (cm)	空気量 (%)	塩化物イオン量 (kg/m ³)
		W	C	S	G	Sg	FA					
Base	40	170	425	698	1033	0	0	C×0.45	C×0.0040	11.8	4.6	0.050
C				409	985	368		C×0.40	C×0.0040	10.8	4.5	0.050
D				560	825	351		C×0.45	C×0.0045	11.8	4.8	0.045
E				359	1038	361		C×0.40	C×0.0040	12.0	4.5	0.048
E+FA				242	1038	361	100	C×0.55	C×0.0050	11.5	4.1	0.054

ト比を40%とし、スラグ置換率は有効利用の観点から、実現され得る配合として20%とした²⁾。骨材との置換量は、各スラグを5mmを境に2種類に分けて考え、それぞれを粗骨材と細骨材とに置換することとし、総量が骨材容積に対して20%となるように配合を算定した。ただし、E+FAに関しては、単位スラグ量が、フライアッシュを使用しない配合と同量確保する目的から、全骨材容積に対するスラグ置換率は20%以上となる。フライアッシュは作業性を考慮し、100kg/m³に設定した。目標スランブは12±2.5cm、目標空気量は4.5±1.5%とした。

表-3 引張強度・圧縮強度・静弾性係数試験結果

配合	材齢28日			材齢6ヶ月	
	圧縮強度 (N/mm ²)	弾性係数 (×10 ⁴ N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)	圧縮強度 (N/mm ²)	弾性係数 (×10 ⁴ N/mm ²)
Base	50.1	3.67	3.8	66.8	4.37
C	46.1	3.92	3.0	63.6	4.40
D	45.2	4.16	3.3	58.9	4.47
E	46.6	3.96	3.3	63.4	4.43
E+FA	53.5	4.21	3.8	76.4	4.53

試験項目は、スランブ試験(JIS A 1101-1998)、空気量試験(JIS A 1128-1999)、単位容積質量試験(JIS A 1104-1998)、塩化物イオン濃度試験(JIS A 1144-2001)、圧縮強度試験(JIS A 1108-1999)、静弾性係数試験(JIS-A 1149-2001)、割裂引張強度試験(JIS A 1113-1999)とした。耐久性試験は、長さ変化試験(JIS A 1129-1-2001)、促進中性化試験(JIS A 1153-2003)、凍結融解試験(JIS A 1148-2001)、アルカリ骨材反応性試験(JIS A 1146-2001)である。

3.2 実験結果

表-2にフレッシュ試験結果を示す。全ての配合において所定のフレッシュ性状に満たしている。通常コンクリートと同様に混和剤での制御が可能であるといえる。表-3に引張強度、圧縮強度試験および静弾性係数

試験結果を示す。この試験結果より、使用する個々のスラグの差異により置換率 20%程度でも強度や弾性係数に差が見られるが、実用的にはなんら問題ないと判定される。また、フライアッシュをスラグと併用することより、長期強度の改善に効果があると考えられる³⁾。

図-1 に長さ変化試験結果を示す。全ての配合とも同程度であり、配合間の差は見られなかった。なお、質量変化も、配合間の差は見られなかった。図-2 に促進中性化試験結果を示す。材齢 26 週時点 (83.5 年相当) での中性化深さは、Base、スラグを使用したコンクリートとも 0~1mm 程度となっており、通常のコンクリートと遜色ない耐中性化性能を有していると考えられる。図-3 に凍結融解試験結果を示す。D 配合で僅かに 95%を下回ったものの、他は 95%以上を示し、全ての配合において優れた凍結融解抵抗性が認められた。なお、質量の変化率でも配合間の差はみられなかった。

図-4 にアルカリ骨材反応性試験結果を示す。C、D、E はほぼ同程度、E+FA では収縮が確認された。フライアッシュを用いると、膨張率が小さくなる傾向が見られるが、これは、フライアッシュの有するアルカリ骨材反応抑制効果によるものと考えられる。スラグを用いた配合は、いずれも基準値 (3 ヶ月で 0.05%、6 ヶ月で 0.1%) 以下であり、無害であるといえる。

4. まとめ

本研究で使用した 3 種類のスラグは、普通コンクリートと同程度にスランプ、空気量の制御が可能であり、塩化物イオン量も問題ないことが確認された。圧縮強度などについても実用的には問題ないと判定される。また、普通コンクリートと同等の優れた耐久性能を有していることが明らかとなった。また、フライアッシュを併用することで、強度の向上に加え、アルカリ骨材反応性試験において膨張を抑制する効果がみられるなど、耐久性能も向上することが明らかとなった。

以上より、本研究で使用したスラグは、フライアッシュとの混合使用を含め、用途に合わせて水セメント比や混和剤を調整することにより、置換率 20%の下であれば、骨材として使用可能であると考えられる。また、スラグを骨材として使用した場合でも、コンクリートの耐久性能は損なわれないといえよう。

謝辞 本研究を行うにあたり、愛知県溶融スラグ有効利用研究会のご協力を頂きました。ここに記して、会員各位に深く感謝申し上げます。

【参考文献】 1) 服部啓二・桐山和也・青山敬・山口昇三・梅原秀哲：都市ゴミ溶融スラグのコンクリート用材料への適用に関する基礎的研究、土木学会中部支部平成 12 年度研究発表会講演概要集、第 V 部門、2001.3

2) 高田聡恵、糸山豊、上原匠、梅原秀哲：溶融スラグのコンクリート用材料としての有効利用に関する研究、コンクリート工学年次論文集、Vol.26、No.1、pp.1629-1634、2004.6

3) 笠井芳夫、小林正凡：改訂版セメント・コンクリート混和材料、技術書院、pp.87-89、2003

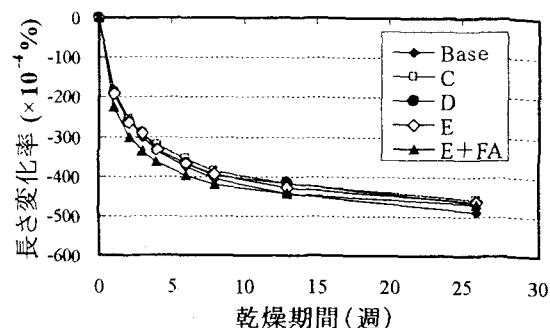


図-1 長さ変化試験結果

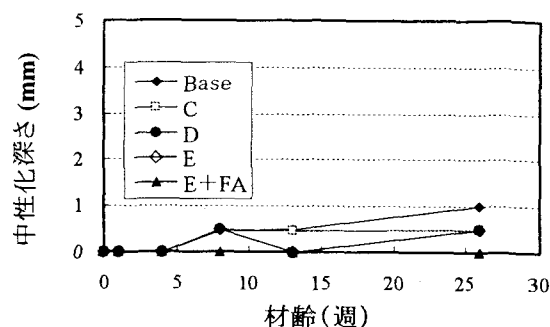


図-2 促進中性化試験

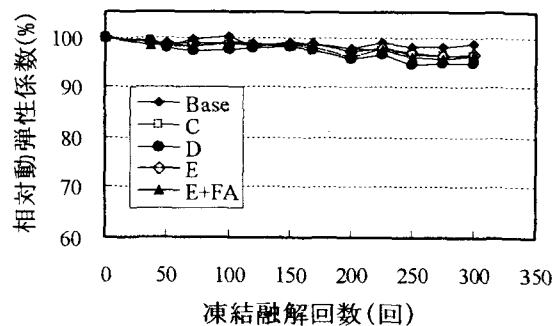


図-3 凍結融解試験結果

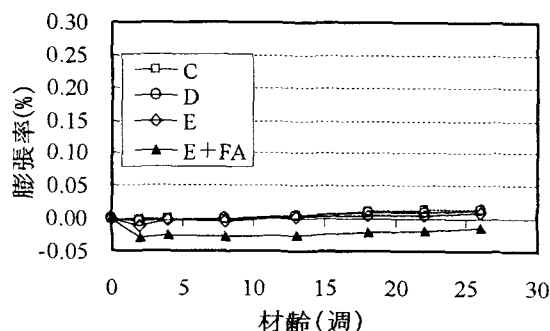


図-4 アルカリ骨材反応性試験