

溶融スラグを用いたセルロース繊維混入コンクリートの凍結融解抵抗性

(株)フローリック 正会員 ○高田 良章
太陽コンクリート工業(株) 富沢 茂隆

1. はじめに

溶融スラグ骨材は、一般廃棄物、下水汚泥又はそれらの焼却灰を高温で溶融固化したもので、コンクリート用骨材として、その有効利用を目的に JIS A 5031「一般廃棄物、下水汚泥又はそれらの焼却灰を溶融固化したコンクリート用溶融スラグ骨材」(以下、溶融スラグ骨材)が制定された。しかしながら、溶融スラグ骨材を用いたコンクリートは、その置換率の増加とともに、圧縮強度は低下し、凍結融解の耐久性指数が低下することが指摘されている¹⁾²⁾。本報は、これら耐久性の低下を改善することを目的に、既に耐凍害性の向上が実験的に明らかとされている木材から得られるセルロース繊維³⁾を混入した溶融スラグ骨材コンクリートの圧縮強度および凍結融解抵抗性について報告する。

2. 実験概要

使用した汚泥溶融スラグの物性値を表-1 に、表-2 に実験の要因と水準を示す。溶融スラグの置換率は細骨材に対し、20、35、50%の3水準とした。表-3 に使用材料を示す。セルロース繊維の特徴は、他の合成繊維とは異なり、繊維長さが短く、繊維本数が非常に多い。また、親水性であり、自重の85%まで水を保水することができる。図-1 に溶融スラグ細骨材の置換率と粒度分布を示す。溶融スラグ単独では粒度が粗く、粒度範囲に入らないが、50%置換以下であれば粒度範囲に入る。

表-4 に試験項目を示す。コンクリートは歩車道境界ブロックやエコノミー側溝のプレキャスト製品を想定しており、試験体は蒸気養生(前置: 2h, 昇温: 20/1h, 3h: 65 保持)後に、圧縮強度は材齢14日の気中養生、凍結融解試験は気中養生14日後に試験を開始した。表-5 にコンクリートの配合を示す。水セメント比は50%、単位セメント量は350kg/m³、粗骨材かさ容積は一定とした。セルロース繊維は外割りで添加し、使用量はメーカー推奨の1kg/m³と、溶融スラグ置換率35%については2kg/m³も同時に試験した。目標スランブは15±1.5cm、目標空気量は5±0.5%とし、空気量の調整はAE助剤にて行った。

表-1 下水汚泥溶融スラグ細骨材の物理的性質

試験項目	規格値	測定値
絶乾密度 (g/cm ³)	2.5 以上	2.63
吸水率 (%)	3.0 以下	0.45
安定性 (%)	10 以下	4.4
粒形判定実績率 (%)	53 以上	58.2
微粒分量 (%)	7.0 以下	0.36
粗粒率	-	3.28

表-2 要因と水準

要 因	水 準
スラグ置換率 (%)	0, 20, 35, 50
セルロース繊維 (kg/m ³)	0, 1, 2
コンクリート温度 (°C)	15

表-3 使用材料

材料名	記号	密度 (g/cm ³)	吸水率 (%)	実績率 (%)
セメント	普通ポルトランドセメント	C	3.15	-
細骨材	群馬県田野群神川産(砕砂)	S	2.64	1.25
粗骨材	埼玉県秩父郡皆野町砕石(2005)	G	2.68	0.69
下水汚泥溶融スラグ	群馬県前橋市(JIS A 5031 適合品)	Sg	2.63	0.45
セルロース繊維	平均繊維長: 2.1mm 本数: 160 万/g	UF	1.10	約 85
混和剤	AE 減水剤 高機能タイプ(標準形 種)	Ad	1.07	-
	AE 剤 (ロジン系界面活性剤)	AE	1.00	-

表-4 試験項目

項 目	試験方法
スランブ試験	JIS A 1101 による
空気量試験	JIS A 1128 による
圧縮強度試験	JIS A 1108 による(蒸気養生後、気中14日)
凍結融解試験	JIS A 1148 による(水中凍結融解 A 法)

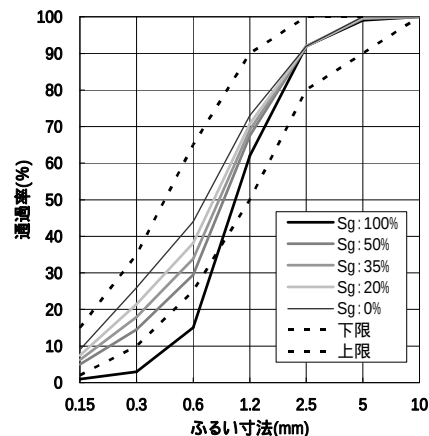


図-1 溶融スラグ細骨材の粒度分布

キーワード 溶融スラグ、セルロース繊維、圧縮強度、凍結融解抵抗性、プレキャスト製品

連絡先 〒171-0014 東京都豊島区池袋 2-52-8 (株)フローリック 技術本部 技術部 TEL 03-5960-6914

表-5 コンクリートの配合

No	配合記号	W/C (%)	S/a (%)	単 位 量 (kg/m ³)							
				W	C	S	Sg	G	Ad	AE	UF
1	Sg0-UF0	50.0	43.0	175	350	760	-	1022	2.8	0.0008	-
2	Sg0-UF1					760	-	1022	2.8	0.0014	1.0
3	Sg20-UF0					608	152	1022	2.8	0.0016	-
4	Sg20-UF1					608	152	1022	2.8	0.0020	1.0
5	Sg35-UF0					494	266	1022	2.8	0.0009	-
6	Sg35-UF1					494	266	1022	2.8	0.0016	1.0
7	Sg35-UF2					494	266	1022	2.8	0.0016	2.0
8	Sg50-UF0					380	380	1020	2.8	0.0008	-
9	Sg50-UF1					380	380	1020	2.8	0.0006	1.0

3. 実験結果及び考察

表-6 にコンクリートの試験結果を示す。スランプおよび空気量ともに目標値を満足したが、セルロース繊維を混入すると若干ではあるが、スランプが小さくなる傾向を示した。表-6 および図-2 に材齢 14 日の圧縮強度試験結果を示す。セルロース繊維が無混入の場合は、溶融スラグの置換率が増加するに伴い、

圧縮強度が低下する傾向が認められ、置換率 50%では約 16%低下した。一方、セルロース繊維を混入した場合には、溶融スラグの置換率が 20%までは約 10%程度の強度増加が認められ、置換率 35%および 50%では、溶融スラグを置換しない場合と同等の強度が得られた。図-3 に凍結融解試験結果を示す。従来から指摘されているとおり、図-2 圧縮強度試験結果（気中 14 日）

溶融スラグの置換率の増加と共に相対動弾性係数が低下する傾向が認められた。特に置換率 50%では相対動弾性係数が 60%を割る結果を示した。一方、セルロース繊維を混入した場合は相対動弾性係数がすべて 90%以上となり、明らかにセルロース繊維混入の改善効果が認められた。特に表-7 および図-4 に示すとおり、質量減少率は小さく、コンクリートのスケリングが極めて少ないことが確認された。

4. まとめ

汚泥溶融スラグを用いたコンクリートは、その置換率の増加に伴い、圧縮強度や凍結融解抵抗性が低下することが確認されたが、セルロース繊維を混入することにより、同等以上の品質が確保できた。

参考文献

- 1) 辻幸和, 依田彰彦, 川上勝弥, 鈴木康範: 溶融スラグ骨材の利用と JIS 化, コンクリート工学, vol.45, №4, pp3-9, 2007.4
- 2) 川上勝弥: 溶融スラグ骨材, コンクリート工学, vol.46, №5, pp105-108, 2008.5
- 3) Buckeye Technology Inc.: Freeze/Thaw Durability, Buckeye Technical Bulletin#7, pp1-4

表-6 コンクリートの試験結果

No	配合記号	スランプ (cm)	空気量 (%)	温度 ()	圧縮強度 (N/mm ²) 材齢 14 日
1	Sg0-UF0	15.0	5.0	15.0	31.5
2	Sg0-UF1	13.5	5.3	15.0	35.5
3	Sg20-UF0	16.0	5.2	15.0	31.7
4	Sg20-UF1	15.5	5.5	15.0	35.4
5	Sg35-UF0	15.0	5.3	15.5	29.3
6	Sg35-UF1	14.5	5.5	15.5	31.4
7	Sg35-UF2	13.5	5.4	15.5	30.6
8	Sg50-UF0	16.5	5.1	15.5	26.4
9	Sg50-UF1	16.0	4.8	15.5	30.4

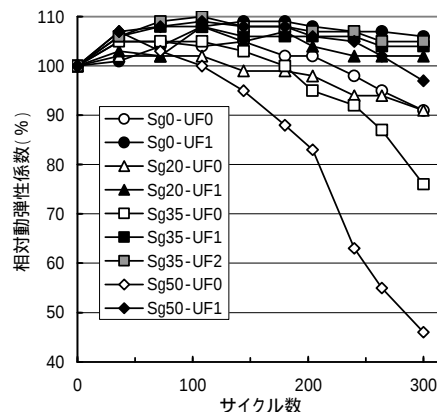
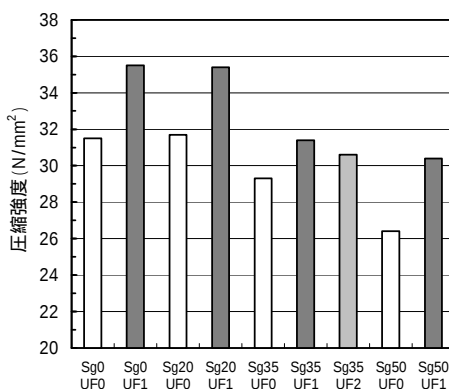


図-3 凍結融解試験結果

表-7 耐久性指数と質量減少率

配合記号	耐久性指数	質量減少率 (%)
Sg0-UF0	91	7.2
Sg0-UF1	106	0.0
Sg20-UF0	91	9.4
Sg20-UF1	102	1.8
Sg35-UF0	76	11.1
Sg35-UF1	104	0.0
Sg35-UF2	105	0.7
Sg50-UF0	46	15.1
Sg50-UF1	97	3.1

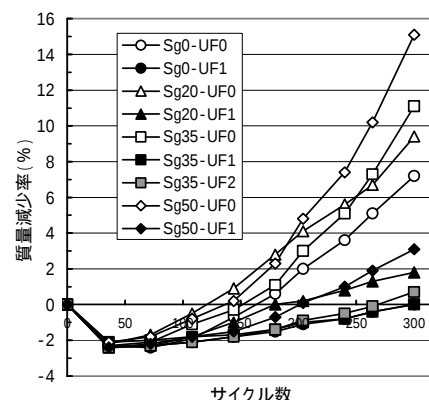


図-4 サイクル数と質量減少