

栃木県における下水溶融スラグを用いたコンクリートのフレッシュ性状に関する研究

宇都宮大学工学部 ○ 学生会員 岩崎 麻美
宇都宮大学工学部 正会員 藤原 浩巳
宇都宮大学工学部 正会員 丸岡 正知
宇都宮大学工学部 学生会員 沼野 友伸

1. まえがき

近年の下水道普及率の増加に伴い、下水汚泥の発生量は増加の一途を辿っており、最終処分場の延命化を図るため、下水汚泥の減容化および再資源化が強く求められている。

下水汚泥溶融スラグは、汚泥焼却灰を溶融スラグ化したもので、1/2～1/3 程度に減容され、また、水中で急冷された下水汚泥水砕スラグは細砂状であるため、砂の代替品として埋め戻し材やコンクリート用細骨材等に使用することが期待される。

そこで本研究では、栃木県で発生した下水汚泥水砕スラグを細骨材として用いたコンクリートのフレッシュ性状を評価し、問題点の抽出およびその改良について検討した。

2. フレッシュ性状評価試験概要

(1)使用材料

使用材料を表 1 に示す。試験に用いた下水汚泥溶融スラグは環告 46 号¹⁾に準拠して溶出試験を行い、6 項目すべてで基準値を満足した。

表 1 使用材料

セメント	普通ポルトランドセメント(密度 3.15g/cm ³ , 粉末度 3,300 cm ² /g)
細骨材	鬼怒川産川砂(表乾密度 2.56 g/cm ³ , 吸水率 3.26%, 粗粒率 3.03%) 下水汚泥溶融スラグ(表乾密度 2.64g/cm ³ , 吸水率 0.18%, 粗粒率 3.64%)
粗骨材	鬼怒川産砕石 5 号(表乾密度 2.84 g/cm ³ , 吸水率 0.38%, 粗粒率 6.73%) 鬼怒川産砕石 6 号(表乾密度 2.83 g/cm ³ , 吸水率 0.49%, 粗粒率 7.07%)
混和剤	ポリカルボン酸エーテル系高性能減水剤 アルキルアリルスルホン酸系界面活性剤

(2)配合

配合は、細骨材率:s/a 43%, 単位水量:W 160kg/m³で、水セメント比:W/C を 3 水準(W/C=45%, 50%, 55%)とし、それぞれ下水汚泥溶融スラグを 0%, 25%, 50%, 75%, 100%の 5 段階で置換した。混和剤は置換率 0%において、スランブ 8.0 ± 2.0cm, 空気量 5.0 ± 1.0%に調整した添加量を基準として、各水セメント比内で置換率にかかわらず一定とした。

(3)試験項目および試験方法

試験項目および試験方法を表 2 に示す。

表 2 試験項目および試験方法

試験項目	試験方法
スランブ	JISA1101
空気量	JISA1128
ブリーディング	JISA1123
凝結	JISA6024 付属書 1

3. フレッシュ性状評価試験結果および考察

(1)試験結果

スランブおよび空気量試験の結果を図 1 に示す。スランブ、空気量ともに置換率増加にともない、増大傾向を示した。下水汚泥溶融スラグは、微粒分が少ないため表面積が小さく、さらに吸水率が低い。このため、余剰水が多くなり流動性が増加し、スランブが大きくなったと推測される。しかし置換率 75%を超えると大きく粘性が低下し、著しい分離が観察された。空気量に関しては、下水汚泥溶融スラグの粒形が悪く、かつ実績率が低いため、エントラップドエアが増加し、空気量が増大したと考えられる。

次に、ブリーディング試験結果を図 2 に示す。ブリーディング量は置換率 50%を超えると増大傾向を示した。ブリーディングは 0.15～0.3mm 付近の細粒分の影響が大きいとされており²⁾、上記と同様に、微粉分が少ないことおよび吸水率が低いことから、置換率の増加にともなってブリーディング量は増大したと考えられる。

凝結試験結果を図 3 に示す。始発、終結時間とも置換率 50%を超えると遅延する傾向が認められた。

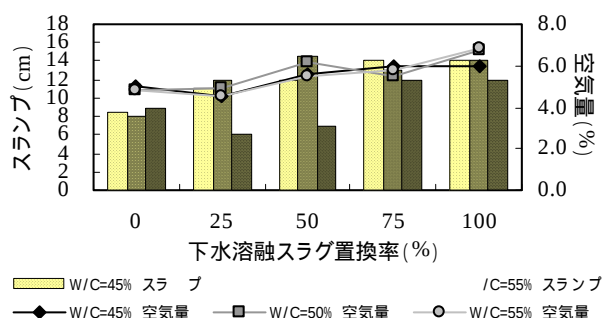


図 1 スランブおよび空気量と下水汚泥溶融スラグ置換率の関係

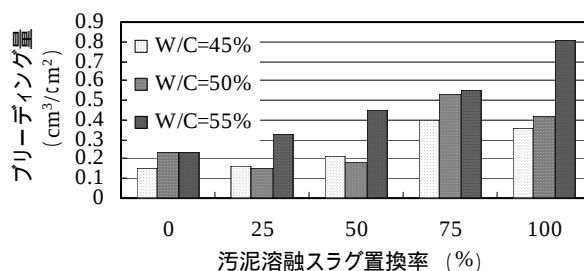


図 2 ブリーディング量と下水汚泥溶融スラグ置換率の関係

キーワード 下水汚泥溶融スラグ 細骨材 フレッシュ性状 高炉スラグ微粉末

連絡先 〒321-8585 栃木県宇都宮市陽東 7-1-2 宇都宮大学工学部建設学科材料研究室

TEL 028-689-6209

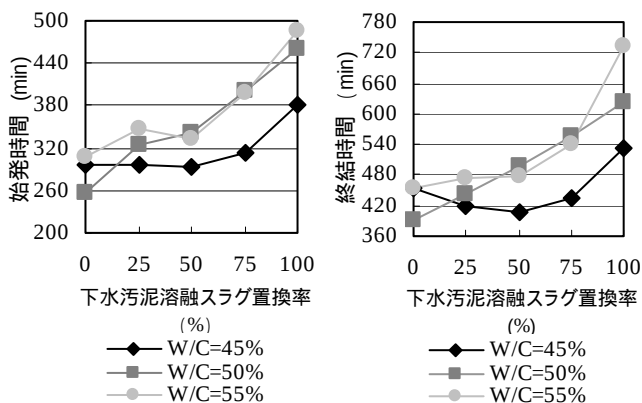


図3 始発および凝結時間と下水汚泥溶融スラグ置換率の関係

(2) 考察

以上の試験から、下水汚泥溶融スラグをコンクリートの細骨材として用いた場合、置換率 50%を超えるとブリーディングの増大、凝結時間の遅延、材料分離が顕著となることがわかった。また、この傾向は水セメント比が高いほど顕著であった。この結果をもとに、各配合のフレッシュ性状を評価したものを表 3 に示す。表 3 において○で示した配合は、普通コンクリートと同等のフレッシュ性状を有するとした。

で示した配合は、ブリーディングの増加、凝結時間の遅延が若干確認されるが、材料分離の程度は小さい。×で示した配合は、ブリーディング量の増加、凝結時間の遅延、材料分離が著しいものである。

表 3 配合妥当性

		水セメント比(%)		
		45	50	55
下水汚泥溶融スラグ置換率(%)	0	-	-	-
	25	○	○	
	50			×
	75	×	×	×
	100	×	×	×

4. フレッシュ性状改良試験概要

前述の試験より、下水汚泥溶融スラグの微粒分の少なさがフレッシュ性状に悪影響を及ぼしていることがわかった。このことから、性状の改良を目的にセメントより細かな粒度を有すフライアッシュおよび高炉スラグ微粉末を、セメントに対し置換することにより、フレッシュ性状改良の可能性を検討した。

(1) 使用材料

混和材としてフライアッシュ(密度 2.35 g/cm³, 粉末度 5,160 cm²/g)、高炉スラグ微粉末(密度 2.90 g/cm³, 粉末度 8,800 cm²/g)を用いた。その他は 2. (1)と同様である。

(2) 配合

水セメント比 50%、下水汚泥溶融スラグ置換率 50%の条件で、混和材置換率を 0%、10%、20%、30%の 4 水準とし、試験を行った。なお、単位水量、細骨材率は 2. (2)と同様とし、

全配合でスランプ 8.0 ± 2.0 cm、空気量 5.0 ± 1.0%となるよう混和剤により調整した。

5. フレッシュ性状改善試験結果および考察

ブリーディングおよび凝結試験結果を図 4、図 5 に示す。フライアッシュで置換した場合には、その置換率にかかわらずブリーディング量は増大している。しかし、高炉スラグ微粉末で置換すると一時ブリーディング量は増加するものの、30%程度まで置換するとブリーディング抑制効果が見られた。その理由として、フライアッシュはセメントの水和を遅延させるため始発時間が遅れ、これによりブリーディング量が増大する結果となったと考えられる。一方、高炉スラグ微粉末は粉末度が高いため、迅速な化学反応により凝結を早め、ブリーディングが抑制されたと考えられる。

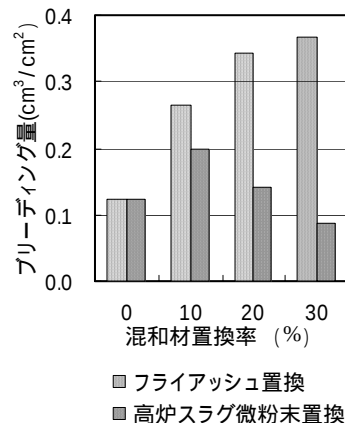


図4 ブリーディング量と混和材置換率の関係

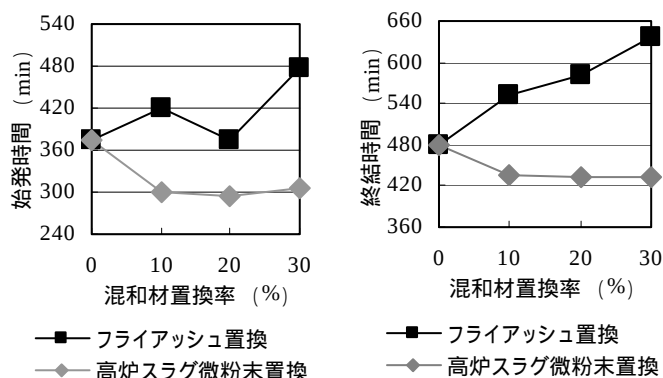


図5 始発および凝結時間と混和材置換率の関係

6. まとめ

下水汚泥溶融スラグは粒度分布が悪く、微粒分が少ないことからコンクリートの粘性低下、ブリーディング量増大等のフレッシュ性状上の問題が生じた。このため、セメントより細かな粒度を有する高炉スラグ微粉末を 30%程度セメントに対し置換することで下水汚泥溶融スラグ置換率 50%においても、普通コンクリートと同等のフレッシュ性状を得ることができた。

【参考文献】

- 旧厚生省生活衛生局水道環境部長:衛生発 508 号 一般廃棄物の溶融固化物の再生利用の実施促進について、1998.3
- 田村二郎ら:土木材料コンクリート第 3 版、共立出版