

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硬化性状に関する研究

宇都宮大学工学部 ○ 学生会員 武田良樹
 正会員 藤原浩巳
 正会員 丸岡正知
 学生会員 沼野友伸

1. はじめに

近年、産業廃棄物の排出量は高水準で推移し、最終処分場の残余年数が問題となっている。そのため産業廃棄物の約4割を占める汚泥の有効活用が期待される。本研究では、栃木県内から排出される下水汚泥を焼却・溶融したスラグをコンクリートの細骨材として利用した場合、コンクリートの硬化性状に及ぼす影響を調べると共に、その改善について検討を行った。

2. 実験概要

2.1 使用材料

使用材料は、普通ポルトランドセメント(C:密度 3.15g/cm^3)、細骨材に鬼怒川産川砂(S:表乾密度 2.60g/cm^3)、栃木県産下水溶融スラグ(MS:表乾密度 2.64g/cm^3)、粗骨材に鬼怒川産碎石(G:表乾密度 2.84g/cm^3)を使用した。混和材はポリカルボン酸エーテル系高性能減水剤(密度 1.1g/cm^3)及びアルキルアリスルホン酸系界面活性剤(密度 1.04g/cm^3)を使用した。

また、本実験で使用する栃木県産下水溶融スラグは水砕スラグで、粗粒率 3.64%、絶乾密度 2.58kg/l、吸水率 0.18%、単位容積質量 1.48kg/m³、実績率 55.98%、安定性 1.35 である。

2.2 配合条件

本実験は、スランプ $8 \pm 2\text{cm}$ の硬練りコンクリート (NH) とスランプ $18 \pm 2\text{cm}$ の軟練りコンクリート (NL) の 2 種類で行った。コンクリートの水セメント比は 50% とし、細骨材スラグ置換率を 0%、25%、50% の 3 水準とした。これらの配合を表 - 1 に示す。また目標空気量を $5.0 \pm 1.0\%$ とした。

2.3 試験項目

試験項目は、圧縮強度試験、静弾性係数、乾燥収縮試験、断熱温度上昇試験、促進中性化試験を行った。圧縮強度試験は JIS A 1108-1999 に準拠し、材齢 7、28 日

表 - 1 配合

配合		MS置換率 (%)	單位量 (kg)				
			W	C	S	MS	G
硬練)	NH-0	0	157	320	758	0	1040
	NH-25	25			568	195	
	NH-50	50			379	391	
軟練)	NL-0	0	177	327	728	0	1006
	NL-25	25			546	189	
	NL-50	50			364	378	

の圧縮強度を計測した。静弾性係数は JIS A 1149-2001、に準拠し、材齢 7, 28 日の静弾性係数を計測した。乾燥収縮は JIS A 1129-3-2001 に準拠し、1 週間の水中養生後、材齢 56 日までの長さ変化率及び質量を計測した。促進中性化試験は JIS A 1153 に準拠し、条件は温度 20℃、湿度 60%、二酸化炭素濃度 5%で行い、材齢 1 週および 4 週において中性化深さを計測した。

3. 実験結果及び考察

3.1 壓縮強度

材齢 28 日の圧縮強度とスラグ置換率の関係を図 - 1 に示す。材齢 28 日の圧縮強度は硬練り、軟練りともスラグ置換率 25% までは強度低下が見られないが置換率 50% においては大きく強度が低下した。これはスラグの微粒分が少ないため、置換率が多くなると全体の微粒分が不足し組織が粗となってしまふからと考えられる。

3.2 静弾性係数

材齢 28 日の静弾性係数の値を表 - 2 に示す。静弾性係数は、圧縮強度に比べスラグの置換率の増大による低下は認められなかった。

表 - 2 静弹性係数

配合		MS置換率 (%)	静弾性係数(kN/mm ²)	
			7日	28日
硬練り	NH-0	0	29.9	33.6
	NH-25	25	29.9	35.0
	NH-50	50	36.3	35.7
軟練り	NL-0	0	30.7	33.1
	NL-25	25	31.7	35.7
	NL-50	50	31.2	33.6

キーワード 下水溶融スラグ 細骨材 硬化性状 圧縮強度

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 E-mail : mailto:t002832@cc.utsunomiya-u.ac.jp

3.4 乾燥収縮

乾燥収縮試験の結果を図-2に示す。スラグの置換率を変化させても収縮に大きな変化は見られず、普通コンクリートとほぼ同等であった。よって乾燥収縮はスラグの置換率によって影響されないといえる。

3.5 断熱温度上昇

断熱温度上昇試験の結果を図-3に示す。スラグ置換率が25、50%のいずれも、ほぼ普通コンクリートと同じ値を示した。したがって断熱温度上昇量はスラグの置換率に影響されないといえる。

3.6 促進中性化

促進中性化試験の結果を図-4に示す。4週目までにおいて中性化深さは、スラグ置換率を変えても普通コンクリートと同等の値を示した。初期材齢の中性化深さはスラグ置換率により中性化深さは影響しないと考えられる。今後長期における中性化深さの検討が必要である。

4. 硬化性状の改善試験及び考察

4.1 実験概要

硬化性状においてスラグ置換率を増加させることによって引き起こされる問題に、圧縮強度の低下が見られた。これは栃木県産下水溶融スラグの微粒分が少ないためと考えられ、微粒分を増加させることで圧縮強度の改善を図った。微粒分として初期材齢による強度発現が期待される高炉スラグ微粉末を使用した。

実験は前実験と同様の使用材料及び高炉スラグ微粉末(比表面積:8800cm²/g)を使用した。配合条件は硬練り、軟練りコンクリートの2種類行い、コンクリートの水セメント比は50%とした。また、細骨材スラグ置換率を50%とし、高炉スラグ微粉末はセメントを置換し、置換率0%、10%、20%、30%の4

水準とした。

4.2 実験結果及び考察

4.2.1 圧縮強度

材齢28日の高炉スラグ微粉末置換における圧縮強度試験の結果を図-5に示した。高炉スラグ微粉末の置換をすると圧縮強度は増加する傾向が見られた。これは高炉スラグ微粉末が細骨材のスラグ置換により不足した微粒分を補い、コンクリート内部組織を密にしたためであると考えられる。また、スラグを50%置換し、高炉スラグ微粉末を10%以上混和したコンクリートの圧縮強度は下水溶融スラグを用いないコンクリートの強度を上回った。よってスラグ置換率の増加に伴う強度低下は改善された。

5. まとめ

栃木県産下水溶融スラグは微粒分が少なく、粒度分布が悪いことから50%の置換でコンクリートの圧縮強度低下の問題が生じた。このため、細かな粒度を有し、初期材齢による強度発現が期待される高炉スラグ微粉末を、10~20%程度セメントに対し置換することで普通コンクリートと同等以上の硬化性状を得ることができた。

参考文献

- 【1】環境省 行政資料(記者発表資料):産業廃棄物の排出及び処理状況等(平成12年度実績)200.1
- 【2】社団法人土木学会:高炉スラグ微粉末を用いたコンクリートの施工指針

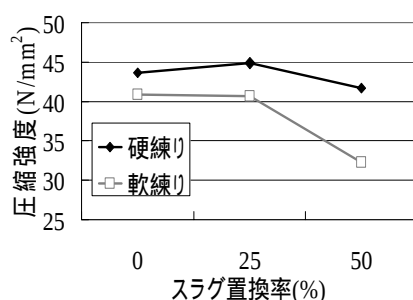


図-1 圧縮強度試験結果

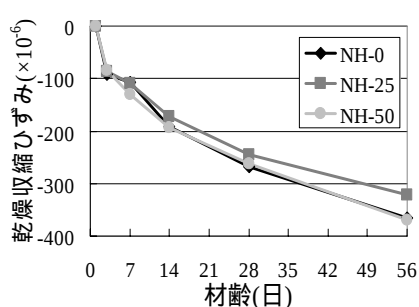


図-2 乾燥収縮試験結果

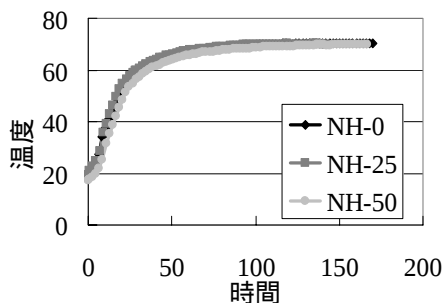


図-3 断熱温度上昇試験結果

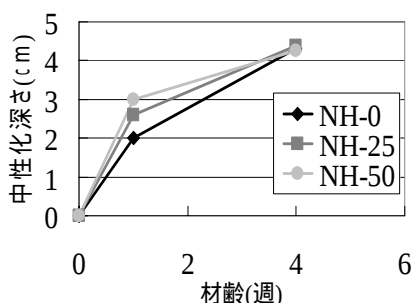


図-4 促進中性化試験結果

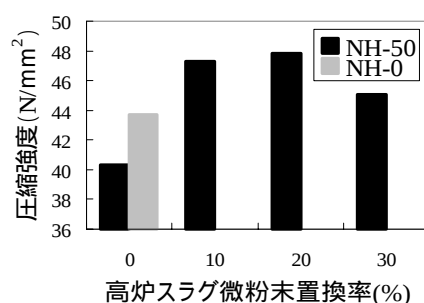


図-5 高炉スラグ微粉末置換圧縮強度試験結果