

第V部門

下水汚泥焼却灰を使用したコンクリートの強度性状及び中性化抵抗性

関西大学工学部 学生員 ○戸田 光彰
 関西大学大学院工学研究科 学生員 山本 裕一
 関西大学環境都市工学部 正会員 鶴田 浩章

1.はじめに

近年の下水道普及率の上昇に伴い、下水汚泥の発生量は年々増加の傾向にある。その処分方法は廉価な埋立処分が大半を占めているため、いずれは用地確保が困難になること、あるいは、将来の設備更新費の増大や埋立用地買収費の高騰による処分費用の高騰が懸念されている。これらの理由とともに環境保全の観点から埋立処分に代わる処理方法の開発が待たれている。本研究では下水汚泥焼却灰を細骨材として用いた際、通常のコンクリートと同等の性能が得られるかを検討する。特に、強度、凝結、中性化抵抗性に重点を置き、焼却灰使用による悪影響の有無を明確にすることを旨とする。

2.実験概要

2.1 使用材料及び配合

使用材料を表-1に示す。コンクリートの配合は水セメント比50%、目標スランプ 8 ± 1 cm、目標空気量を 5.0 ± 0.5 %で決定した。下水汚泥焼却灰は主灰と飛灰の混合灰で含水率約40%の状態下水処理場から採取し、細骨材の内割体積で0、5、10、20%置換として絶乾状態で使用した。置換率の増加に伴い、所要の流動性を満たすよう単位水

表-1 使用材料

セメント	普通ポルトランドセメント	密度 $3.15(\text{g}/\text{cm}^3)$
水	上水道水	
細骨材	表乾密度 $2.57(\text{g}/\text{cm}^3)$ 、吸水率 $1.79(\%)$ 、粗粒率 2.78	
粗骨材	表乾密度 $2.69(\text{g}/\text{cm}^3)$ 、吸水率 $0.93(\%)$ 、粗粒率 6.69	
下水汚泥焼却灰	高分子系	密度 $2.54(\text{g}/\text{cm}^3)$
混和剤1	AE減水剤(リグニンスルホン酸系)	
混和剤2	高性能AE減水剤(ポリカルボン酸エーテル系)	
混和剤3	AE剤(変性ロジン酸系)	
混和剤4	硬化促進剤(無機系)	

表-2 示方配合

置換率 (%)	G _{max} (mm)	W/C (%)	空気量 (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)						
					W	C	S	G	焼却灰	Ad1	Ad2
0	20	50	5.0	44.0	168	336	767	1014	0	1470	0.00
5					175	350	708	1005	36	1531	10.50
10					170	340	679	1018	73	3274	10.20
20					208	344	600	1013	146	3313	10.32

Ad1: AE減水剤を使用
 Ad2: AE剤を使用
 Ad1, Ad2: [g/m³]
 焼却灰は高性能AE減水剤を使用

量を調整した。

試験練りの結果、決定した配合を表-2に示す。置換率20%のみ単位水量を $175\text{kg}/\text{m}^3$ 以下に収めることができなかった。混和剤は置換率0%、5%はAE減水剤、10%、20%は高性能AE減水剤を使用した。置換率5%、10%及び20%ではAE剤も併せて使用した。

2.2 実験方法

コンクリートの練り混ぜは、下水汚泥焼却灰をセメント、細骨材、粗骨材とともに加えて混ぜ、その後水と混和剤を投入し約3分間練り混ぜた。それぞれの配合を用いて供試体を作製し、強度試験、凝結試験、促進中性化試験をJISに基づいて行った。強度試験用の供試体は $\phi 100\text{mm}\times 200\text{mm}$ で作製したのち水中養生を、促進中性化試験用の供試体は $100\text{mm}\times 100\text{mm}\times 400\text{mm}$ で作製したのち水中養生を28日、気中養生を28日行って試験に用いた。また、促進条件は相対温度 $20\pm 2^\circ\text{C}$ 、相対湿度 $60\pm 5\%$ 、二酸化炭素濃度 $5\pm 0.2\%$ とした。

3.実験結果および考察

3.1 凝結

凝結試験の結果を図-1に示す。既往の研究¹⁾では焼却灰中に含まれる P_2O_5 の影響により凝結の遅延が発生し、特に20%において顕著に現れている。本研究で用いる焼却灰には P_2O_5 が19.17%含

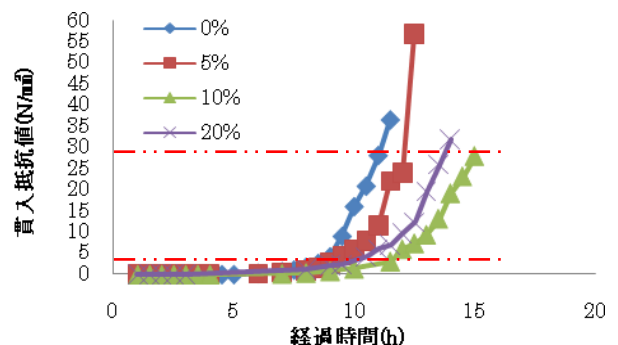


図-1 凝結試験結果

まれており、置換率 0%と比較すると、置換率 5%では始発時間が 20 分遅れ、終結時間が 1 時間 5 分遅れ、置換率 10%では始発時間が 2 時間 45 分遅れ、終結時間が 4 時間遅れ、置換率 20%のときは始発時間が 1 時間 15 分遅れ、終結時間が 2 時間 40 分遅れとなった。これらは焼却灰中に含まれる P_2O_5 の影響と考えられるが、量の多少による影響の違いについては明確には確認できなかった。

3.2 凝結の調整

凝結促進剤を添加した場合の凝結試験結果を図-2 に示す。()内の数字は添加量($l/C=100kg$)を表す。凝結促進剤を添加すると、始発時間は大幅に早まったが、置換率 10%において終結時間はそれほど変わらず、置換率 20%は使用条件から逸脱しているため、終結時間が大幅に遅れ、所要時間も大きく延びた。

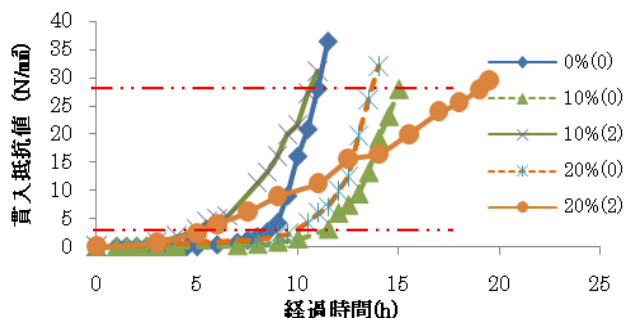


図-2 凝結試験結果(促進剤添加)

3.3 圧縮強度

置換率の変化に伴う圧縮強度の変化を図-3 に示す。焼却灰無混入のコンクリートの圧縮強度に対し、置換率 5%、10%は増加したが、20%は減少した。5%、10%の強度増加は焼却灰によるマイクロファイラー効果、20%の強度減少は割増水投入による W/C 増大の影響によるものと考えられる。

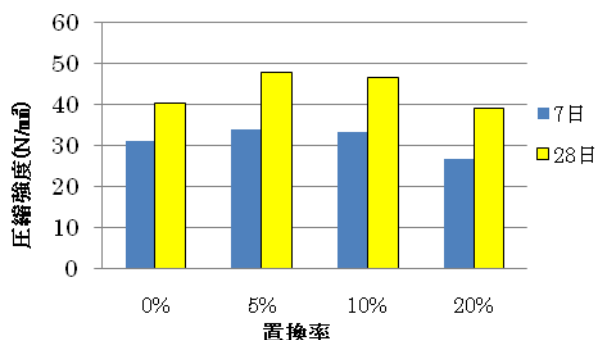


図-3 圧縮強度

3.4 促進中性化試験

促進中性化試験の結果を図 4 に示す。中性化速度は置換率 5%が最も遅く、置換率 0%と比較しても遅くなった。最も速くなったのは置換率 20%で、これは割増水投入による W/C の増大が原因とみられる。

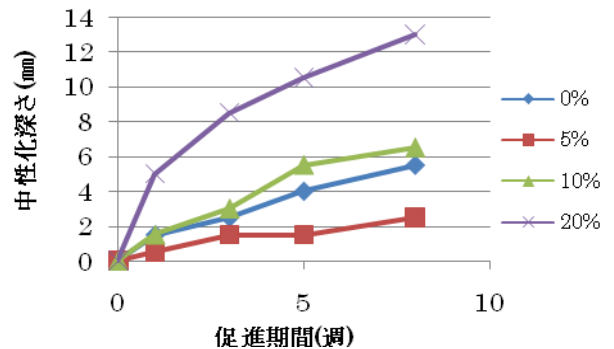


図-4 促進中性化試験結果

4. まとめ

下水汚泥焼却灰を使用したコンクリートの圧縮強度は、無混入のコンクリートに対し、置換率 5%、10%は増加したが、20%は減少した。また各置換率間では置換率 5%が最も強度が伸びた。凝結は焼却灰を使用すると遅くなったが、 P_2O_5 量の多少による影響の差異については明確には確認できなかった。しかし、所要時間は置換率が増えるにつれて長くなった。また凝結促進剤の効果は置換率 10%では確認できたが、20%では認められなかった。中性化速度は置換率 5%が最も遅く、20%が最も速くなった。また置換率 5%のコンクリートは通常のコンクリートより中性化速度が遅く、中性化抵抗性が大きいことから、耐久性向上への効果が期待できるのではないかと考えられる。

以上のことから、強度、凝結、中性化抵抗性の観点から下水汚泥焼却灰を細骨材に置換して使用する場合、5%で置換を行うとメリットが得られると考えられる。

参考文献

- 1) 小柳洽、野崎真司、小澤満津雄、本田恵祐：下水汚泥焼却灰の溶出と焼却灰を混入したモルタルの諸性質、セメント・コンクリート論文集、No.52、pp.374-379、1998