

第Ⅴ部門 下水汚泥焼却灰を用いたコンクリートの流動性および凝結性状改善に関する研究

関西大学大学院理工学研究科 学生員 ○野村 晃平
 関西大学環境都市工学部 学生員 奥野 将平
 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増加に伴い、下水汚泥の発生量は年々増加傾向にある¹⁾。また、埋立処分の方がリサイクルに比べより安価なため、ほとんどの下水汚泥焼却灰が埋立処分されているのが現状である。その発生量も多いことから、最終処分場の残余容量の減少や処分場の不足、焼却設備の老朽化への対応による処分費用の高揚等が懸念されている。このため最終処分場への負担軽減や環境への配慮を前提とした廃棄物の発生抑制・有効利用・再資源化への取り組みが必要であると考えられ、下水汚泥の減量化と有効利用が求められている。そこで本研究では、下水汚泥焼却灰をコンクリート用細骨材の一部として使用した場合のコンクリートの流動性・凝結性状を改善する対策の明確化を目的とした。流動性改善案であるフライアッシュ、凝結性状改善案²⁾である石灰石微粉末・早強剤を混入して下水汚泥焼却灰のコンクリート材料への適用性を明確にすることを目指した。また、リン低減型下水汚泥焼却灰に対しても同様の検討を行い、従来の焼却灰との比較を行った。

2. 実験概要

2.1 使用材料および配合

使用材料を表-1、コンクリート配合を表-2 に示す。本研究では、異なる下水処理場から採取した2種類の下水汚泥焼却灰を使用した。1つは従来型の焼却灰（以降 HA と呼称）で飛灰のみの焼却灰で、含水率約41%のものを乾燥機で絶乾状態にして使用した。もう一方は従来の焼却灰よりもリン含有量が低減されているもの（以降 LA と呼称）で、こちらも同様に含水率約54%のものを乾燥機で絶乾状態にして使用した。

本研究では下水汚泥焼却灰の置換率を0%、10%、20%（それぞれ N、HA10、HA20 と呼称）と設定し、またリン低減灰の置換率は10%（LA10 と呼称）に設定した。置換方法は細骨材に対して内割体積置換、フ

表-1 使用材料と特性値

材料名	種類	密度(g/cm ³)	吸水率(%)
セメント(C)	普通ポルトランドセメント	3.15	—
水(W)	上水道水	1.00	—
細骨材(S)	淀川産、川砂	2.59	1.09
粗骨材(G)	高槻産、硬質砂岩	2.68	0.93
フライアッシュ(FA)	II 種	2.28	—
下水汚泥焼却灰HA(I)	高分子系焼却灰	2.52	—
リン低減型焼却灰LA(I)		2.50	—
石灰石微粉末(LF)	コンクリート用石灰石微粉末	2.71	—
AE減水剤(Ad1)	リグニンスルホン酸系	1.25	—
高性能AE減水剤(Ad2)	ポリカルボン酸エーテル系	1.07	—
早強剤(HE)	C-S-H系早強剤	1.20	—
AE剤(Ad3)	変性ロジン酸系	—	—
フライアッシュ用AE剤(Ad3)	非イオン系界面活性剤	—	—

表-2 配合

	Gmax (mm)	W/B (%)	a/a (%)	單位量 (kg/m³)							單位量 (g)			
				W	C	FA	S	HA	G	LF	Ad1	Ad2	HE	Ad3
N	20	50	44	165	330	0	775	0	1021	0	825	0	0	9.78
N-FA				158	284	32	784	0	1032	0	790	0	0	31.6
HA10			42.5	180	360	0	650	71	1010	0	0	3240	0	3.6
HA10-FA-LF				172	310	34	646	70	1005	34	0	3096	0	34
HA10-FA-HE				172	310	34	658	71	1024	0	0	3096	6880	34
HA20				230	460	0	505	123	884	0	0	4140	0	4.6
HA20-FA-LF				216	363	69	504	123	882	43	0	3888	0	86.4
HA20-FA-HE				212	339	85	522	127	914	0	0	3816	8480	84.8
LA10				183	366	0	645	69	1003	0	0	3294	0	3.66
LA10-FA-LF				180	288	72	621	67	966	54	0	3240	0	72.0
LA10-FA-HE	178	285	71	644	69	1002	0	0	3204	10680	71.2			

ライアッシュはセメントに対して内割質量置換、石灰石微粉末はセメントに対して外割質量置換とし、焼却灰の置換率が増加する毎に、フライアッシュ、石灰石微粉末の置換率も増加させた。W/B = 50%、s/a=42.5%（N、N-FA のみ 44%）、スランブ 8±1cm、空気量 5±0.5%とし、所要のフレッシュ性状を満たすまで単位水量と AE 剤量を変化させて配合を決定した。

2.2 実験方法

コンクリートの練混ぜは、下水汚泥焼却灰、セメント、細骨材、水と混和剤の順に投入しパン型強制練りミキサで混ぜてから、粗骨材を投入し約3分間練り混ぜた。それぞれの配合をもとにコンクリートのスランブ試験および空気量試験を行い、フレッシュ性状を把

握した上で凝結試験を行った。また、供試体を作製し、水中養生を行い、強度試験を行った。

3. 実験結果および考察

3.1 流動性

表-2 より、HA において、下水汚泥焼却灰の置換率が増加する毎に単位水量が増加する傾向が見られた。しかし、フライアッシュを用いることで、流動性は良好になり N の単位水量に近づけることができた。また、LA10 においては、HA10 よりも流動性が低下し単位水量が増加した。さらに、フライアッシュを用いても、HA の場合よりも単位水量は減少せず効果はあまり得られなかった。これは、HA よりも LA の方が保水性が高いために、セメントとの水和反応に必要な水量が HA よりも多くなり、フライアッシュの流動性改善の効果もあまり得られなかったと考えられる。

3.2 凝結試験

凝結試験の結果を図-1 に示す。図中の赤色破線は始発時間、青色破線は終結時間を表している。図-1 より、下水汚泥焼却灰の置換率が増加する毎に凝結は遅くなる傾向にあった。そして、凝結性状改善案である石灰石微粉末および早強剤を用いることで凝結性状は改善でき、石灰石微粉末においては N とほぼ同等に、早強剤においては HA10 では 35 分、HA20 では 5 分早い凝結時間となった。また、石灰石微粉末の置換率、早強剤の添加率に比例して凝結時間も短縮した。

3.3 圧縮強度試験

圧縮強度試験結果を図-2 に示す。28 日強度では全ての焼却灰コンクリートは N を上回る結果となった。中でも圧縮強度が最も大きかったのは HA20 でその次に LA10 であった。また 7 日強度から 28 日強度への強度増進も焼却灰を入れたコンクリートが高かった。特に LA10-FA-HE が最も高かった。これは、焼却灰を細骨材として混入させることでコンクリートの組織が密実になったからだと考えられる。

4. まとめ

HA において、フライアッシュを焼却灰コンクリートに混入したことで、単位水量の増加を抑えることができた。しかし LA においては、HA の場合よりも単位水量は減少せず、流動性の改善はできなかったと言える。石灰石微粉末および早強剤を焼却灰コンクリートに混入することで焼却灰コンクリートに生じる凝結遅延を改善でき、その置換率および添加率に比例して

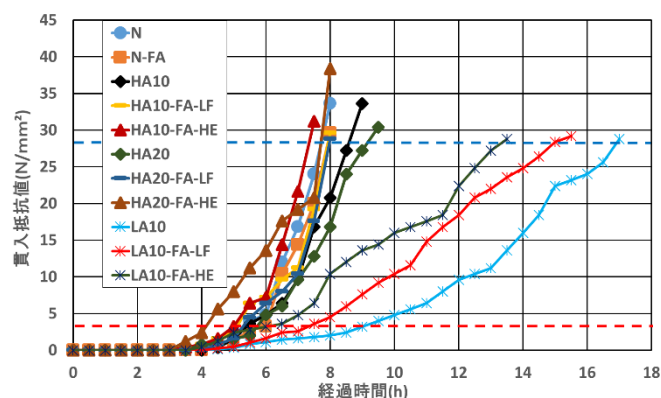


図-1 凝結試験結果

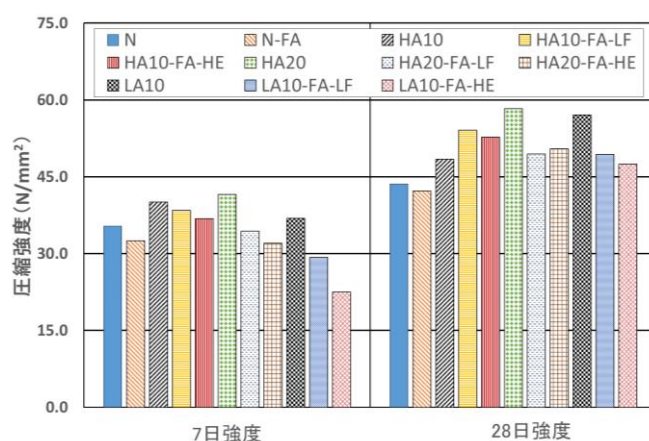


図-2 圧縮強度試験結果

凝結時間も短縮することが分かった。しかし LA の場合は、石灰石微粉末および早強剤を混入したところ、凝結時間は短縮できるが、N や HA と比較すると改善の程度が小さい結果となった。

以上より、現段階では LA のコンクリート材料としての実用化には課題があるが、HA においては、フライアッシュ、石灰石微粉末および早強剤を併用してコンクリートに混入することで、単位水量の増加を緩和し、凝結遅延も改善することができた。このことから、フライアッシュおよび石灰石微粉末の置換率、早強剤の添加率を増加させることによって、下水汚泥焼却灰をある程度まで多量にコンクリート材料として使用できる可能性があると考えられる。

参考文献

- 1) 国土交通省下水道 HP: <http://www.jswa.jp/data-room/room/data.html>
- 2) 鶴田浩章：下水汚泥焼却灰を用いたコンクリートの凝結性状の改善に関する一検討、材料、Vol.65、No.11、pp.773-778、2016