

## 細骨材に置換したリン低減型下水汚泥焼却灰のコンクリートへの影響

関西大学大学院理工学研究科 学生員 ○松山 睦美

関西大学環境都市工学部 正会員 鶴田 浩章、吉田 健二

### 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傾向にあり<sup>1)</sup>、最終処分場の残余容量の減少や処分場不足、焼却設備の老朽化への対応による処分費用の高騰等が懸念されている。それにとともに、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・減量化・再資源化への取り組みが必要であるため、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、セメントの凝結遅延に影響すると言われる下水汚泥焼却灰中のP<sub>2</sub>O<sub>5</sub>量を低減したリン低減型下水汚泥焼却灰をコンクリート用細骨材の一部に置換した場合のコンクリートへの影響を明確にすることを目的とし、凝結性状、強度性状への影響を考察した。また、一般的な焼却灰についても同様の検討を行い、既往の研究<sup>2)</sup>との比較検討も行った。さらに、既往の研究では300μm以下の焼却灰を使用していたが、本研究では300μm以上も含んだ状態で使用した場合の影響も併せて検討した。

### 2. 実験概要

#### 2.1 使用材料

使用材料を表1に示す。下水汚泥焼却灰はリン低減型焼却灰(以下LAと略称)と一般的な焼却灰(以下HAと略称)の2種類を使用した。いずれも高分子系焼却灰であり、採取時には飛散防止のために含水率35~45%となっており、乾燥機で絶乾状態にして使用した。また、絶乾状態の一般的な焼却灰を300μmふるいでふるったもの(以下HASと略称)も使用した。

表1 使用材料

材料名	種類	密度(g/cm <sup>3</sup> )	吸水率(%)	粗粒率
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	-	-
川砂(RS)	淀川産	2.57	1.60	2.62
下水汚泥焼却灰(HA)(I)	高分子系焼却灰	2.38	-	0.21
下水汚泥焼却灰(HAS)(I)		2.58	-	0.28
下水汚泥焼却灰(LA)(I)		2.13	-	2.38
粗骨材(G)	茨木市産碎石、硬質砂岩	2.68	1.14	6.54
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	-	-
AE剤(Ad3)	変性ロジン酸系	-	-	-

RS, G: 表乾密度; I: 絶乾密度; HA: 一般的な灰; LA: リン低減灰; HAS: ふるい済の一般的な灰

### 2.2 コンクリートの配合

コンクリートの示方配合を表2に示す。細骨材の体積内割で下水汚泥焼却灰を置換した。置換率0%(N)、HA10、20%、LA10、20%、HAS10、20%の配合を検討し、目標スランプ8±1cm、空気量5±0.5%に調整した。NコンクリートはAE減水剤とAE剤を使用し、それ以外は高性能AE減水剤とAE剤を使用した。

表2 示方配合

種類	G <sub>max</sub> (mm)	W/C(%)	s/a(%)	単位量(kg/m <sup>3</sup> )					混和剤(g/m <sup>3</sup> )		
				W	C	RS	G	I	Ad1	Ad2	Ad3
N	20	50	44	167	334	766	1016	0	835	0	668
HA10			171	342	662	1033	68	0	3249	1368	
HAS10				342	659	1033	74	0	3249	1026	
LA10				342	662	1033	61	0	3933	2736	
HA20			201	402	543	958	126	0	6231	8040	
HAS20				402	543	958	136	0	8844	8040	
LA20				402	545	958	113	0	9246	6432	

### 2.3 実験方法

まず、2種類の下水汚泥焼却灰の物性試験として、密度試験、リン溶出試験を行った。

コンクリートの練混ぜは、下水汚泥焼却灰をセメント、細骨材、水、混和剤とともに加えて混ぜ、その後粗骨材を投入し約3分間ミキサで練混ぜた。それぞれの配合をもとに供試体を作製し水中養生を行い、強度試験、凝結試験、塩化物イオン量試験等を行った。

### 3. 実験及び考察

#### 3.1 強度試験

強度試験結果を図1に示す。

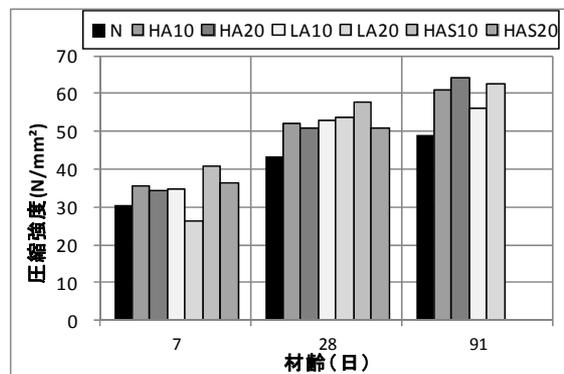


図1 圧縮強度試験結果

キーワード 下水汚泥焼却灰、リン、リン低減、凝結  
連絡先 〒564-8680吹田市山手町3丁目3番35号

TEL 06-6368-0899

焼却灰無混入コンクリート(N)に比べて、全ての置換率で28日圧縮強度は大きくなり、既往の研究と同じ傾向であった。下水汚泥焼却灰を混入させることで、コンクリート構造が密実になったものと考えられる。HA、HASでは置換率10%が最も圧縮強度が大きくLAでは置換率20%が最も圧縮強度が大きかった。また、HASとHAでは、HASの方が圧縮強度が大きかった。これは、HASは下水汚泥焼却灰にダマがなくなり粒径が小さくなったことによって、分散しやすくなることで水和反応がしやすくなったためであると考えられる。また、不純物が水和反応に悪影響を与えていることも考えられる。

### 3.2 凝結試験

凝結試験結果を図2に、本研究の塩化物イオン量試験結果を表3に、既往の研究の塩化物イオン量試験結果を表4に、リン溶出量を表5に示す。

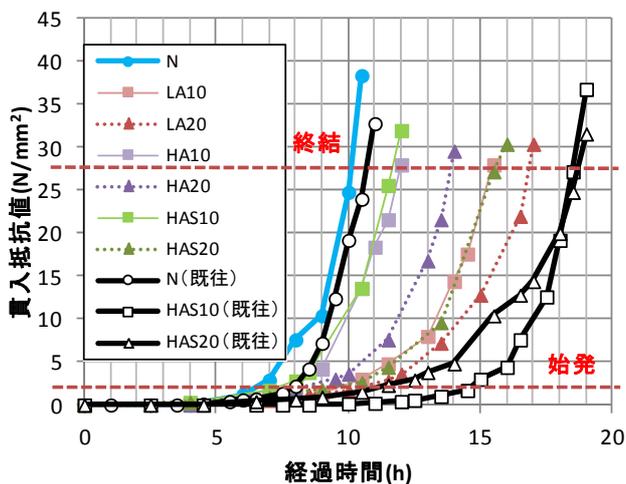


図2 凝結試験結果

表3 本研究の塩化物イオン量試験結果

種類	下水汚泥汚泥焼却灰の単位量 (kg/m³)	塩化物イオン濃度 (%)	塩化物含有量 (kg/m³)
N	0	0.045	0.076
HAS10	74	0.045	0.077
HAS20	136	0.046	0.093
HA10	68	0.049	0.084
HA20	126	0.046	0.092
LA10	61	0.047	0.081
LA20	113	0.051	0.102

表4 既往の研究の塩化物イオン量試験結果

種類	下水汚泥焼却灰の単位量 (kg/m³)	塩化物イオン濃度 (%)	塩化物含有量 (kg/m³)
N	0	0.016	0.026
HAS 10	72	0.019	0.032
HAS 20	134	0.028	0.057

表5 リン溶出試験結果

試料	リン溶出量 (mg/l)
HA	10.3
HAS	10.1
LA	5.1

既往の研究<sup>2)</sup>と本研究で凝結性状に違いが見られた。これは本研究での各置換率の塩化物イオン量が、既往の研究の塩化物イオン量の約2倍あったことが関係していると考えられる。表5よりLAのリン溶出量はHAの約半分であったが、HAの方がLAより早く凝結が終結した。また、表3よりHAとLAの塩化物イオン量は各置換率同士であり差は見られなかった。塩化物イオンやP<sub>2</sub>O<sub>5</sub>の影響の他に焼却灰の保水性の違いにより、HAとLAの実際の単位水量が異なる状態となり凝結が遅延したのではないかと考えられる。

### 4. まとめ

下水汚泥焼却灰が混入されているコンクリートの方が、Nコンクリートより圧縮強度が大きいことがわかった。HA、HASでは置換率10%が最も圧縮強度が大きく、LAでは置換率20%が最も圧縮強度が大きかった。28日圧縮強度では、HAよりもLAの方が大きく、最も大きかったのはHASであった。また、どちらの焼却灰も置換率0%よりも強度は大きくなったことから、少量の焼却灰を使うことで強度の向上がはかれると考えられる。

凝結では、既往の研究結果よりも本研究の方が早く終結した。これは、塩化物イオン量に差が出たためであると考えられる。LAはHAに比べて、リン溶出量は約半分、塩化物イオン量に顕著な差は見られなかったが、凝結が遅く終結した。これは、HAよりもLAの方が保水性が高く、水和反応に必要な水がセメントに十分行き渡らず、凝結が遅延したのではないかと考えられる。

### 参考文献

- 1) 社団法人日本下水道協会：平成21年度下水道統計、第66号、2011
- 2) 戸田光彰、山本裕一、鶴田浩章：下水汚泥焼却灰を使用したコンクリートの諸性状と環境への影響、土木学会第65回年次学術講演会概要集、V、pp.919-920、2010