

V-3 セメント減量化を目的とした下水汚泥焼却灰混入コンクリートに関する研究

東洋電化工業（株） 矢野 順也
日本興業（株） 中尾 哲
高知高専専攻科 学生員 ○柳瀬 幸子
高知高専 正会員 横井 克則
高知工業技術センター 河野 敏夫

1. はじめに

近年、下水道の普及に伴い、廃棄物として排出される下水汚泥焼却灰は年々増加している。しかし、最終処分地の確保は急速に困難になっており、下水汚泥処理についてはよりいっそうの減量化と有効利用の推進が最優先課題となっている¹⁾。本研究では、下水汚泥焼却灰を天然骨材の代替材料として用いることを目的とし、混入率を変化させたときの圧縮強度、静弾性係数および動弾性係数を調べその特性を把握し、またセメントの減量化の可能性について検討する。

2. 実験概要

2.1 コンクリートの配合 下水汚泥焼却灰のコンクリートへの混入率は細骨材の体積置換で0，5，10％とした。実験要因は、下水汚泥焼却灰による細骨材の置換率、セメント量および水セメント比とした。また、下水汚泥焼却灰に含有する水分はコンクリートに用いる水量に合算した。混和剤は各々の配合において、スランプ値を調整するためにセメント使用量の0.0～3.0％の範囲で使用した。使用材料および使用材料の特性を表-1に、コンクリートの配合を表-2に示す。

2.2 実験方法 練り終えたコンクリートのスランプおよび空気量を測定し、テーブルバイブレータを用いて締固めを行った。水中養生を行った後、圧縮強度は1000kN圧縮試験機を用いて行い、静弾性係数はコンプレッソメータを用いてひずみを測定し求めた。動弾性係数は動ヤング率測定器を用いて求めた。

3. 実験結果および考察

3.1 フレッシュ性状 コンクリートのフレッシュ性状を図-1に示す。置換率5％、10％のコンクリートにはスランプ値を調整するために高性能減水剤を使用したにもかかわらず低いスランプ値を示した。これにより、下水汚泥焼却灰混入率が大きいほど減水剤が必要となり、コンクリートのワーカビリティを低下させることがわかった。また、空気量は全体的に低い値を示した。これは、混和剤にAE剤を使用しなかったためと考えられる。

3.2 圧縮強度 圧縮強度と養生日数の関係を図-2に示す。図より、セメント量と水セメント比が同じ配合においては、置換率が高いものほど高強度となった。また、15種類の配合の中から、例えば330-60-00と300-65-05を比較する。330-60-00は、300-65-05に比べてセメント量が大きで水セメント比が小さいことで富配

表-1 使用材料の規格

使用材料	規格	比重
セメント	標準ポルトランドセメント	3.15
粗骨材	20-5mm 石灰碎石 荒倉山産	2.69
細骨材	2.5-0mm 石灰砕砂 荒倉山産	2.69
下水汚泥焼却灰	含水率29.0% 高須終末処理場	2.66
水	水道水	1.00
減水剤	高性能減水剤	—

表-2 配合表

コンクリートの種類	水セメント比 W/C	細骨材率s/a	置換率	単 位 量 (kg/m ³)					
				セメントC	水W	細骨材S	粗骨材G	焼却灰	混和剤
330-55-00	55%	45%	0%	330	182	864	1056	0	0.0%
330-55-05			5%		164	821		60	2.0%
330-55-10			10%		147	778		120	3.0%
330-60-00	60%		0%		198	844	1032	0	0.0%
330-60-05			5%		181	802		59	1.0%
330-60-10			10%		164	760		118	3.0%
330-65-00	65%	45%	0%	300	215	824	1007	0	0.0%
330-65-05			5%		198	783		57	0.0%
330-65-10			10%		181	742		115	0.5%
300-60-00	60%		0%		180	877	1072	0	0.0%
300-60-05			5%		162	833		61	1.0%
300-60-10			10%		145	790		122	3.0%
300-65-00	65%	45%	0%	300	195	859	1050	0	0.0%
300-65-05			5%		178	816		60	0.5%
300-65-10			10%		160	773		120	3.0%

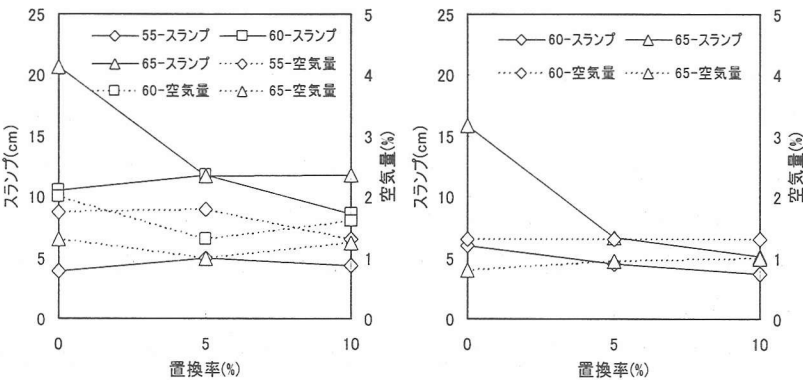


図-1 コンクリートのフレッシュ性状

合にも関わらず、これらはほぼ同じ圧縮強度となった。これより、下水汚泥焼却灰をコンクリートに混入することで、セメント量の減量化を図ることが可能であると思われる。

3.3 静弾性係数 養生日数が91日における静弾性係数と圧縮強度の関係を図-3に示し、置換率別に累乗式で近似を行った。圧縮強度が増加するのに伴い、静弾性係数も増加する傾向にある。静弾性係数と圧縮強度の関係は比較的相関の高い累乗式で表すことができているが置換率5%についてはあまり精度がよくなかった。また、同強度で比較すると、下水汚泥焼却灰の置換率が大きいほど静弾性係数は小さくなった。

3.4 動弾性係数 養生日数が91日における動弾性係数と圧縮強度の関係を図-4に示し、置換率別に累乗式で近似を行った。静弾性係数と同様に動弾性係数と圧縮強度の関係は相関の高い累乗式で示すことができ、同じ圧縮強度で比較すると置換率が高いほど動弾性係数は小さくなった。また、静弾性係数との比（動弾性係数 E_D / 静弾性係数 E_s ）を表-3に示す。一般に、静弾性係数との比は1.10~1.15となる²⁾。本実験においては、多少のばらつきはあるものの、若干その比は小さい値を示し、普通コンクリートと大差なかった。

3.5 単位容積重量 表-3に単位容積重量を示す。一般にコンクリートの単位容積重量は2300~2350kg/m³である²⁾。本研究で求められた単位容積重量は、15種類のコンクリートのうち半分以上が2400kg/m³を超えており、通常より高い値を示した。これは、空気量の低さが原因であると思われる。

4. まとめ

- (1) 下水汚泥焼却灰をコンクリートに混入することにより、コンクリートのワーカビリティが低下する傾向にある。
- (2) 単位セメント量が300kg/m³でも下水汚泥焼却灰を混入することにより、単位セメント量330kg/m³のものとほぼ同様、またはそれを上回る圧縮強度を示した。よって、下水汚泥焼却灰を用いることでセメントの減量化を図ることは十分可能である。
- (3) 圧縮強度と静弾性係数ならびに動弾性係数の関係は比較的相関の高い累乗曲線で表すことができた。また、下水汚泥焼却灰の混入率が大きいほど、同強度における弾性係数は低下していた。

参考文献 1) 森田弘昭：下水汚泥の有効利用の現状と今後の展望、環境技術 vol.29 No.5、pp334-336、2000 2) 河野 清・田澤 栄一・門司 唱：新しいコンクリート工学、朝倉書店、pp58、pp74、1987

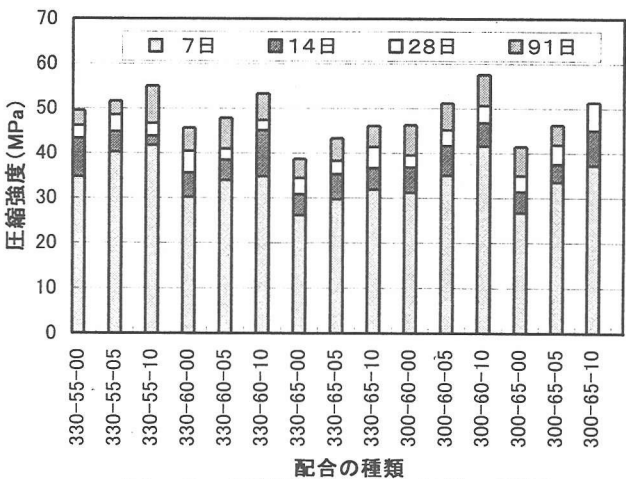


図-2 圧縮強度と養生日数の関係

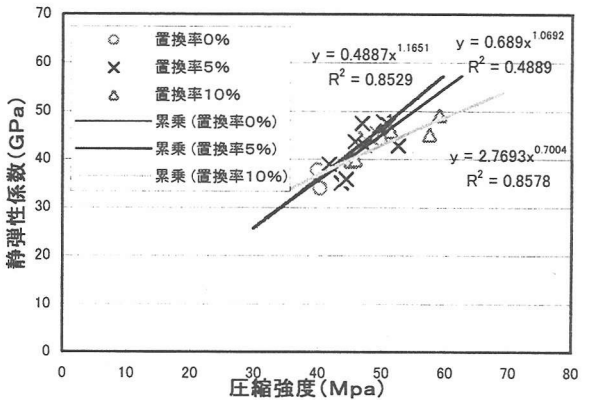


図-3 圧縮強度と静弾性係数との関係

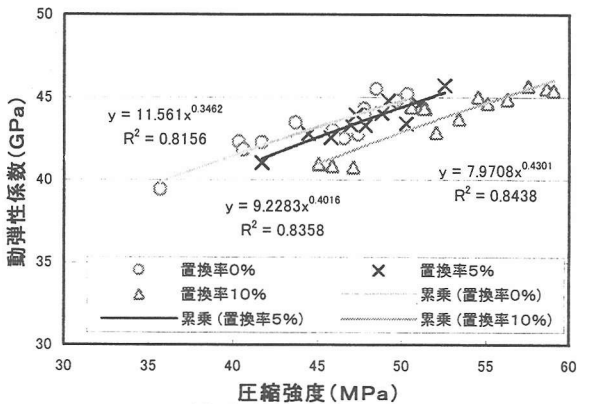


図-4 圧縮強度と動弾性係数との関係

表-3 弾性係数の比較と単位容積重量

セメント量	330 (kg/m ³)								
	55%			60%			65%		
W/C	55%	60%	65%	55%	60%	65%	55%	60%	65%
置換率	0%	5%	10%	0%	5%	10%	0%	5%	10%
E_D/E_s	1.00	1.00	1.10	1.10	0.95	1.20	1.10	1.10	1.00
単位容積重量 (kg/m ³)	2417	2407	2403	2401	2397	2392	2402	2393	2376
セメント量	300 (kg/m ³)								
	55%			60%			65%		
W/C	55%	60%	65%	55%	60%	65%	55%	60%	65%
置換率	0%	5%	10%	0%	5%	10%	0%	5%	10%
E_D/E_s	-	-	-	1.05	0.90	0.95	1.30	1.00	0.90
単位容積重量 (kg/m ³)	-	-	-	2421	2415	2414	2401	2403	2402