

高知工科大学 学生員 ○大久保光章
高知県工業技術センター 河野 敏夫
東洋電化工業(株) 山中 高志
高知工業高等専門学校 正会員 横井 克則

1. はじめに

下水処理は、微生物による有機物の分解処理および、分解処理の結果生じた下水汚泥の焼却処理という工程からなり、最終的に廃棄物として焼却灰を排出する。高知市では市内4カ所に下水処理場を持ち、このうち2カ所から発生する下水汚泥を集積して焼却処分し、その結果年間約500トン（平成9年度実績）の下水焼却灰が発生している。本研究では、下水汚泥焼却灰を用いたコンクリートについての研究を行い、着色具合やその圧縮強度などを調査した⁽¹⁾。

2. 実験概要

下水汚泥焼却灰をコンクリートに混入するにあたり、その配合割合の決定は、細骨材の体積置換による混入方法を用いた。使用した材料は普通ポルトランドセメント、粗骨材に石灰石碎石、細骨材に石灰細砂、減水剤は高性能減水剤（添加量はセメントの1.5wt%）を用いた。表-1に用いた材料の規格を示す。基本配合は、水セメント比（以下W/C比）48%、細骨材率を45%とし、W/C比および下水汚泥焼却灰による細骨材への置換率の2つを変動要因として全体配合を検討した。これらをまとめて表-2に示す。下水汚泥焼却灰は予め含水率を測定し、含有する水分をコンクリートに用いる水量に合算して、配合割合を計算した。

練り混ぜ方法は、まずセメント、細骨材および下水汚泥焼却灰を1分間空練りし、続いて減水剤を溶解させた水を加え1分間練り、最後に粗骨材を加え、1分間練った後、スランプおよび空気量を測定した。次にテーブルバイブレーターを用いて型詰めを行い、脱型後、圧縮試験を行うまで標準水中養生を行った。

また下水汚泥焼却灰の添加量とできあがったコンクリートの色彩の関係を明らかにするために、脱型後恒温室（20℃）に放置した試験片について、色差計を用いて色彩の測定を行った。

表-2 試験練りに用いた配合表

	置換率(%)	C	W1	W2	S	G	F
W/C=48	3	360	161	172	817	1053	41
	6	360	148	172	774	1053	82
	10	114	134	172	731	1053	124
W/C=55	3	360	185	198	789	1017	41
	7	360	172	198	746	1017	82
	10	360	158	198	703	1017	124
	14	360	145	198	660	1017	165
W/C=60	11	360	178	218	681	990	123
	15	360	165	216	638	990	163
	19	360	152	216	595	990	204
W/C=65	15	360	183	234	616	964	163
	20	360	170	234	573	964	204
	24	360	155	234	530	964	248
W/C=70	20	360	188	252	552	937	204
	25	360	176	252	508	937	245
	30	360	160	252	465	937	289

W1:実際に加える水の量 W2:下水汚泥焼却灰の含水量を合算した水量
S:単位細骨材量 G:単位粗骨材量 F:単位焼却灰量

表-1 材料の規格

原料	規格	比重	吸水率	粗粒率
セメント	標準ポルトランドセメント	3.15		
粗骨材	石灰碎石(2005)	2.70	0.32	6.38
細骨材	石灰細砂	2.66	1.03	3.62
下水汚泥焼却灰	含水率:30.9~34.4 wt%	2.66		
水	水道水	1.00		
減水剤	高性能減水剤			

3. 実験結果および考察

3.1 フレッシュコンクリートの性状の関係について

図-1にスランプと下水汚泥焼却灰の置換率の関係を示す。この結果W/C比60の系列を除いて、他の系列はほぼ同様の勾配を示すことから、目標スランプ値に対するW/C比、下水汚泥焼却灰の置換率の設定が可能となることが示唆される。言い換えれば、フレッシュコンクリートにおいてW/C比および置換率に一定の関係が成り立つといえる。

図-2に空気量と置換率の関係を示す。これは減水剤として高

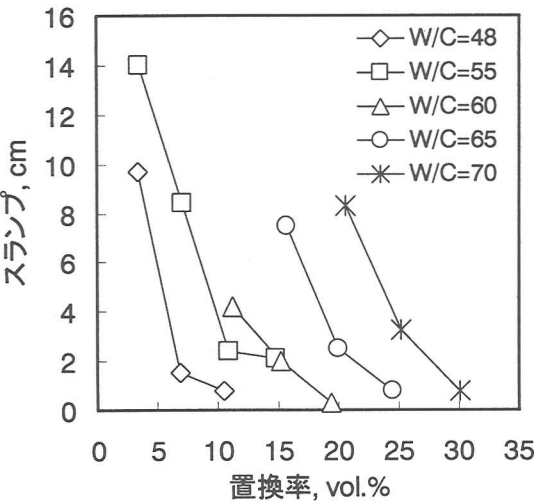


図-1 スランプと置換率の関係

性能減水剤を用いたためと思われる。その結果、空気量への置換率の影響は全体的に少なくなっていた。

3.2 下水汚泥焼却灰の添加の圧縮強度への影響

それぞれの配合における圧縮強度、置換率および経時変化の関係を図-3 に示す。その結果、まず圧縮強さと置換率の關係に着目すると、下水汚泥焼却灰の置換率の高い配合において、その圧縮強度は高強度を示す傾向にあるといえる。しかし、その強度差は W/C 比が大きくなるにつれて減少し W/C 比 70 の系列においてはほぼ同様の値を示した。すなわち、W/C 比が小さい系列ほど、下水汚泥焼却灰置換率の上昇に伴う、圧縮強度の上昇割合が大きく、W/C 比が大きい系列では逆の傾向が見られる。

圧縮強度の経時変化に着目すると W/C 比 48 および 55 以外の系列は材令 28 日と 91 日の差が小さく、最終強度に達する時間が短いといえる。逆に W/C 比 48 および 55 の系列は、時間経過と強度上昇の勾配の変化が材令 28 日では現れず、ほぼ一定の勾配で上昇している。全体を通して、同じ置換率では W/C 比が小さいほど高い圧縮強度を示す傾向が見られる。

3.3 下水汚泥焼却灰添加のコンクリート色調への影響

色彩計による各コンクリート試料の測定結果を $L^*a^*b^*$ 表色系で表したものを図-4 に示す。図-4 から分かるように、下水汚泥焼却灰を混入していないコンクリート試験片（プレーン）と、下水汚泥焼却灰単体を測定した結果とを結んだ直線上に、置換率および W/C 比を変化させた試験片の結果は並び、最小自乗法による近似の結果、0.978 と高い相関性が見られた。このことから、下水汚泥焼却灰の置換率を設定することによって、その色彩を予測することが可能であるといえる。

4. まとめ

(1) 下水汚泥焼却灰を混入したフレッシュコンクリートのスランプ値は、W/C 比および置換率から推定可能である。

(2) 下水汚泥焼却灰の置換率の大きい配合において、その圧縮強度は高強度を示す傾向にあった。

(3) 下水汚泥焼却灰の圧縮強度の経時変化は、W/C 比が大きくなるにつれて材令 28 日と 91 日の差が小さく、最終強度に到達する時間が短かった。

(4) 同一置換率では、W/C 比が小さいほど圧縮強度が大きい傾向にあった。

(5) 下水汚泥焼却灰の置換率から、その色彩を予測することが可能である。

参考文献

1) 下水焼却汚泥灰のコンクリート 2 次製品への適用性について、東洋電化工業株式会社

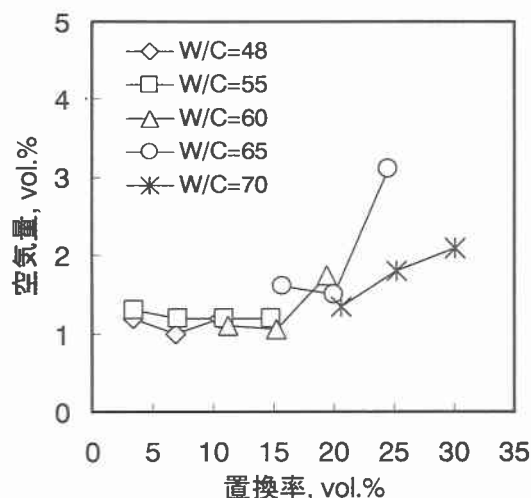


図-2 空気量と置換率の關係

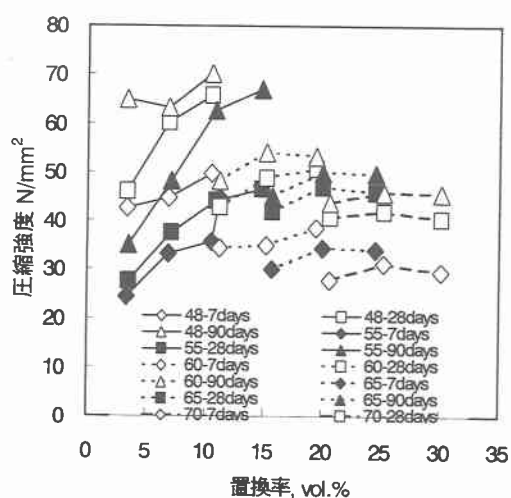


図-3 圧縮強度と経時変化の關係

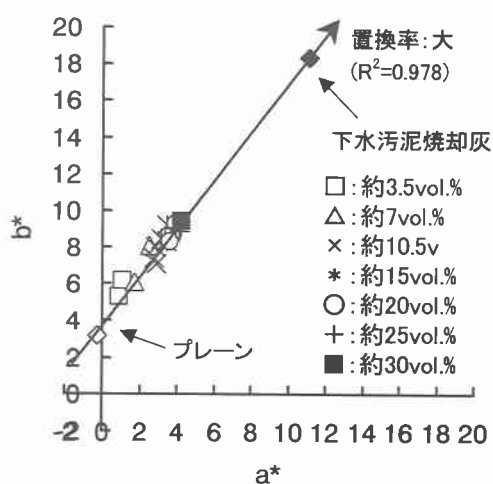


図-4 色彩計測結果