

V-20 下水汚泥焼却灰を混入したコンクリートの強度特性

大旺建設(株) 正会員○江口仁平
高知工業高等専門学校 正会員 横井克則
日本興業(株) 河田 弘
東洋電化工業(株) 矢野順也

1. はじめに

現在、我が国では天然骨材の不足傾向や枯渇問題、天然骨材の採掘による環境問題が生じている。一方、下水汚泥処理の過程で不可避免的に発生する大量の汚泥は、処分量の減少化を目的として焼却処理がなされているが、その発生量は年々増し、処分問題は深刻化している¹⁾。本研究では、下水汚泥焼却灰(以下、下水汚泥灰)の処分方法の一つとして、下水汚泥灰を天然骨材の代替骨材として用いたコンクリートの強度特性を検討する。

2. 実験概要

2.1 実験計画

本研究は下水汚泥灰の細骨材への置換率と、水セメント比、混和剤の影響について普通コンクリートと比較し、以下の5種類について検討した。

- ① 置換率 5%, W/C=55% ② 置換率 10%, W/C=55% ③ 置換率 15%, W/C=55%
- ④ 置換率 10%, W/C=45% ⑤ 置換率 10%, W/C=65%

混和剤は、AE 剤、AE 減水剤、高性能 AE 減水剤、混和剤なしの場合について実験を行った。また、lyse のセメント水比法則を用い、強度算定式 ($f_c=A(C/W)+B$) の定数 A, B を決定する。

2.2 使用材料

本研究で使用したコンクリート材料の特性を表-1 に示す。
なお、細骨材は川砂の粒度分布が悪いことを考慮するため、川砂:海砂を1:1の割合で使用した。

混和剤はAE 剤、AE 減水剤、高性能 AE 減水剤を用いた。

2.3 コンクリートの配合

本研究で設計した示方配合表を表-2 に示す。全配合において、粗骨材の最大寸法、目標スランプ、空気量は、25mm、8±2cm、5±1%とした。また、比較のための普通コンクリートの示方配合表と強度試験の結果を表-3、表-4 に示す。

3. 実験結果および考察

全ての実験結果を表-5 に示す。

3.1 スランプ値

全体的に、W/C=45%の場合は小さくなり、W/C=65%の場合は大きくなっている。また、AE 剤、AE 減水剤を用いた場合は大きく、高性能 AE 減水剤、混和剤なしの場合は小さくなっている。高性能 AE 減水剤を用いた場合に小さくなっている原因として、過度のコスト高を避けるため AE 剤と同量で配合したため、本来の効果が現れなかったためと考えられる。

3.2 圧縮強度試験

3 日、7 日、14 日、28 日間養生について全ての配合で行い、高性能 AE 減水剤については 91 日強度も測定した。

3.2.1 置換率による影響の検討

全体的に置換率が 10%の強度が最も高く、15%より 5%の方の強度が高いことがわかる。一般には置換率が低いほど強度が高いと考えられるが、10%が最も高い原因は、マイクロフィラ

表-1 使用材料の特性

使用材料名	最大寸法	比重	相対率
セメント (早強ポルトランドセメント)	—	3.14	—
粗骨材 (仁淀川産川砂利)	25mm	2.67	6.80
細骨材 (仁淀川産 川砂 (加江崎沖産海砂))	—	2.63	3.19
下水汚泥灰 (高須浄化センター産)	—	1.77	—

表-2 示方配合表

AE 剤使用・高性能 AE 減水剤使用									
No.	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/dm ³)					混和剤 (cc/m ³)	
			W	C	F	S	G		
①	55	41	170	330	27	735	1115	165	
②	55	41	170	330	53	697	1115	165	
③	55	41	170	330	80	658	1115	165	
④	45	39	170	380	50	648	1125	190	
⑤	65	43	170	260	58	756	1113	130	

AE 減水剤使用									
No.	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/dm ³)					混和剤 (cc/m ³)	
			W	C	F	S	G		
①	55	41	170	330	27	735	1115	825	
②	55	41	170	330	53	697	1115	825	
③	55	41	170	330	80	658	1115	825	
④	45	39	170	380	50	648	1125	950	
⑤	65	43	170	260	58	756	1113	650	

混和剤なし									
No.	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/dm ³)					混和剤 (cc/m ³)	
			W	C	F	S	G		
①	55	41	170	330	27	735	1115	0	
②	55	41	170	330	53	697	1115	0	
③	55	41	170	330	80	658	1115	0	
④	45	39	170	380	50	648	1125	0	
⑤	65	43	170	260	58	756	1113	0	

表-3 普通コンクリートの示方配合表

W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/dm ³)					AE 剤 (cc/m ³)
		W	C	F	S	G	
43	37	141	328	0	672	1184	164

表-4 普通コンクリートの強度試験結果

スランプ(cm)	圧縮強度(kgf/cm ²)	引張強度(kgf/cm ²)	強度比
7	275	24.73	1/11

一効果により、骨材の空隙が適度に粉末である下水汚泥灰に埋められ、強度を増したためと考えられる。

3.2.2 混和剤による影響の検討

全ての配合において、AE 減水剤、混和剤なし、高性能 AE 減水剤、AE 剤の順で強度が高いが、7 日強度までは高性能 AE 減水剤が混和剤なしより強度が高いことがわかる。

高性能 AE 減水剤の強度がそれほど高くない原因は、先に述べたような理由で本来の効果が現れていないためと考えられる。また、AE 剤が他と比較し、極端に強度が低い原因は、質量の違いから判断すると、打ち込み時に空隙が大きくなったこと、また、混和剤なしの強度 400kgf/cm²であることを考えると、AE 剤の成分と下水汚泥灰の成分が何らかの反応を起こし、強度が低くなったことが考えられる。

3.3 引張強度試験

28 日間養生の AE 剤、AE 減水剤、混和剤なしの全ての配合について行った。

コンクリートの引張強度は一般に、圧縮強度の 1/10～1/14 である。全体的にこの範囲内、またはそれに近い結果が出ている。水セメント比は、圧縮強度試験ほど強度に影響はないが、AE 剤を用いた場合は、他と比較するとやはり引張強度も小さいことがわかる。

3.4 圧縮強度算定式の構築

置換率 10% の場合の W/C=45%、55%、65%、14 日強度について、セメント水比と圧縮強度の関係式を図-1 に示す。強度算定式の傾きから、混和剤なしのコンクリートが最も W/C の影響を受けやすく、AE 剤を用いたコンクリートが最も影響を受けにくいことがわかる。

3.5 最大強度と弾性係数の関係

図-2 は 28 日強度の最大強度と弾性係数をグラフに示したものである。普通コンクリートの理論値は、

$E_c = 40,000 \times f_c^{1/3}$ (式-1)

である。生コンでは W/C=55%～65% を用いることが多いことを考慮すると、図より下水汚泥灰を用いたコンクリートは、普通コンクリートの理論値より、最大強度に対する弾性係数がやや大きい傾向にあり、この関係を次式のように決定した。

$E_c = 43,000 \times f_c^{1/3}$ (式-2)

4. まとめ

- (1) 普通コンクリートの強度と比較すると、強度の差はほとんどなく、下水汚泥灰の細骨材への置換率は 10% が最も強度が高くなった。
- (2) AE 剤を用いた場合は混和剤を用いない場合に比べて強度が低くなった。
- (3) 本実験により、下水汚泥灰を用いたコンクリートの強度と弾性係数の比は $E_c = 43,000 \times f_c^{1/3}$ とする。

参考文献

1) セメント・コンクリート 1998.8 (社)セメント協会

表-5 全実験結果

AE 剤使用 質量は全ての供試体において 3350±100g である。

スランブ (cm)	圧縮強度(kgf/cm ²)					引張強度(kgf/cm ²)	
	3 日	7 日	14 日	28 日	91 日	28 日	強度比
14.0	119	163	181	217	—	20.30	1/10
10.1	131	164	191	217	—	22.64	1/9
14.8	135	167	172	182	—	24.71	1/7
9.1	172	209	217	267	—	23.75	1/11
16.9	105	150	171	211	—	20.74	1/10

AE 減水剤使用 質量は全ての供試体において 3750±50g である。

スランブ (cm)	圧縮強度(kgf/cm ²)					引張強度(kgf/cm ²)	
	3 日	7 日	14 日	28 日	91 日	28 日	強度比
13.7	297	375	420	466	—	38.63	1/12
13.7	336	410	453	502	—	32.72	1/15
5.5	321	381	429	473	—	35.46	1/13
5.5	387	452	482	541	—	32.77	1/16
11.0	234	284	352	367	—	37.05	1/10

高性能 AE 減水剤使用 質量は全ての供試体において 3750±80g である。

スランブ (cm)	圧縮強度(kgf/cm ²)					引張強度(kgf/cm ²)	
	3 日	7 日	14 日	28 日	91 日	28 日	強度比
4.0	262	302	357	363	393	—	—
7.0	277	293	335	349	379	—	—
10.0	248	295	320	335	330	—	—
5.0	327	347	388	367	434	—	—
9.8	204	241	281	302	291	—	—

混和剤なし 質量は全ての供試体において 3740±60g である。

スランブ (cm)	圧縮強度(kgf/cm ²)					引張強度(kgf/cm ²)	
	3 日	7 日	14 日	28 日	91 日	28 日	強度比
6.9	198	304	364	413	—	27.06	1/15
8.3	213	290	393	437	—	34.61	1/12
5.4	234	329	396	403	—	31.91	1/12
4.2	267	370	458	490	—	33.01	1/14
6.0	158	245	304	352	—	27.83	1/12

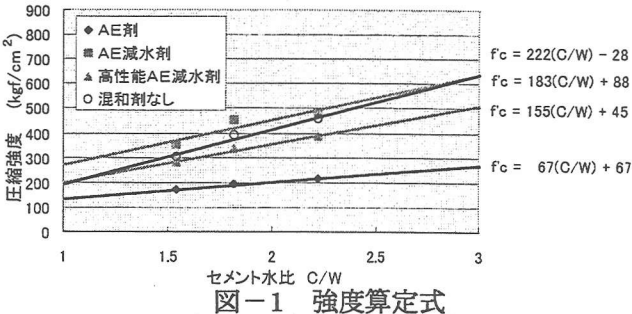


図-1 強度算定式

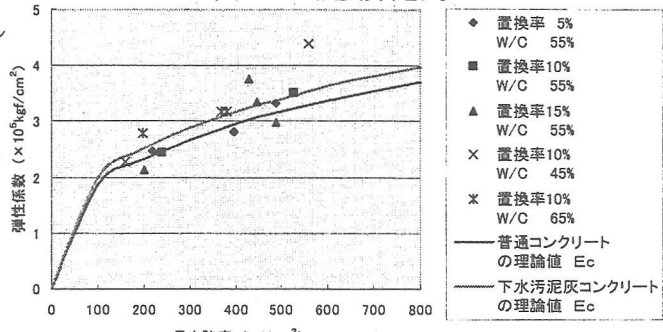


図-2 最大強度が弾性係数に及ぼす影響