

海外炭灰を用いた 高流動コンクリートの単位水量について

九州電力(株) 総合研究所 正会員 平野 利光

九州電力(株) 総合研究所 正会員 ○川畑 清一郎

1. はじめに

高流動コンクリートの配合設計手法は提唱されてはいるが、未だ確立されていない状況にあり、高流動コンクリートの普及を図るためには配合設計の簡素化が必要である。

高流動コンクリートで一般に使用されている混和材は、フライアッシュ(石炭灰)、高炉スラグ微粉末、石灰石微粉末である。この内、石灰灰は国内炭から賦存量が豊富で供給の安定性に優れかつ安価な海外炭へと移行してきている。海外炭灰は石炭の種類によって品質が異なり、この海外炭灰を高流動コンクリートに適用するには、海外炭灰の品質とコンクリートの配合について十分な検討が必要である。

本報告は、各種海外炭灰の品質とその海外炭灰を用いた高流動コンクリートの配合試験により、石灰灰の品質のどの因子が高流動コンクリートの単位水量に影響を及ぼすかを検討したものである。

2. 試験の概要

(1) 石灰灰の品質試験

試験に使用した海外炭灰は、原粉灰 3種と原粉灰から粗粒分を除いた分級灰 5種であり、それぞれの炭種を表-1に示す。また、これらの品質は表-2のとおりである。

流動性指数は石灰灰ペーストのPロート流下時間が20秒となる水石灰灰比(W/F)の百分率を無次元化したものである。密かさ比重は、密かさ比重測定器で2000回の落下衝撃を与えて締固められた後のかさ比重である。

(2) コンクリート配合設定の手順

高流動コンクリートの配合は、単位水量、水粉体容積比、水セメント比の順に定めた。まず、水粉体容積比85%、水セメント比65%、と仮定し、スランプフローが 60 ± 2 cm、空気量 5 ± 1 %、Vロート流下時間 15 ± 5 秒の配合条件を満足する単位水量を見出した。

次に、定めた単位水量と仮定した水セメント比65%の条件のもとで、水粉体容積比を 5%毎に変化させたコンクリートについて、配合条件を満足することを確認した上で、充填性試験による充填高さが最も大きくなるものを最適な水粉体容積比とした。

最後に、得られた単位水量と水粉体容積比の条件で、セメント比を 5%毎に変化させたコンクリートについて、水粉体容積比の検討と同じ方法で最適な水セメント比を求めた。

3. 石灰灰の品質試験結果

石灰灰 8種の比重は2.22~2.34、強熱減量は1.50~3.16%、比表面積は $3250 \sim 4220 \text{ cm}^2/\text{g}$ の範囲である。通過質量百分率が50%に相当する粒径(平均粒径という)は、原粉灰で $14.5 \sim 18.2 \mu\text{m}$ 、分級灰で $11.1 \sim 14.3 \mu\text{m}$ となり、粗粒分が取り除かれた分級灰が 3~4 μm 小さい。

石灰灰ペーストの流動性指数は、原粉灰50~58、分級灰で40~56の範囲にあり、分級灰の方が原粉灰に比べて流動性に優れていることがわ

表-1 海外炭灰の種類

種類	炭 種
原 灰	a ユーラン (オーストラリア)
粉 灰	b プレアソール (オーストラリア)
分 級 灰	c エンシャム (オーストラリア)
	d カブナ(オーストラリア)、ワットベリ(マダガスカル) 混炭
	e プレアソール (オーストラリア)
	f ワットベリ、カブナ(オーストラリア)、ワットベリ、カブナ(マダガスカル) 混炭
	g プレアソール (オーストラリア)
	h カブナ(オーストラリア)、カブナ(マダガスカル) 混炭

表-2 石灰灰の品質

項目		比重	強熱減量 (%)	比表面積 (cm^2/g)	平均粒径 (μm)	流動性指數 W_{20}	密かさ比重
炭種 記号	JIS 種	1.95以下	5 以下	2400以上	—	—	—
原粉灰	a	2.25	1.57	3640	14.51	52.0	1.12
	b	2.22	2.73	3520	18.24	58.0	1.16
	c	2.34	3.16	3250	14.46	50.0	1.23
分級灰	d	2.33	1.51	4020	12.46	40.0	1.47
	e	2.31	2.01	4220	12.47	56.0	1.21
	f	2.27	1.87	4200	11.09	55.8	1.28
	g	2.26	1.50	3990	14.26	52.1	1.29
	h	2.28	1.43	4080	11.33	48.0	1.31

かる。密かさ比重は原粉灰1.12～1.23，分級灰では1.21～1.47の範囲にある。密かさ比重は石炭灰の形状と粒度分布に影響を受けるものであり，分級灰の方が原粉灰に比べて大きいのは，分級灰の粒径がより小さいことを示している。

4. コンクリート配合試験結果

高流動コンクリート配合試験結果を表－3に示す。

表－3 コンクリート配合試験結果

炭種記号		水粉体容積比 W/Pd (%)	水セメント比 W/C (%)	単 位 量 (kg/ m³)					高活性AE減水剤 (C+F) ×%	AE 剤 (C+F) ×%	フレッシュ性状			
				水 W	セメント C	石灰灰 F	細骨材 S	粗骨材 G			スランプ フロー (mm)	空気量 (%)	Vボート 落下時間 (秒)	充填高さ (mm)
原粉灰	a	85	65	170	262	263	640	917	2.4	0.01	62.0	4.0	12.4	20.5
	b	85	65	175	269	269	609	917	2.4	0.03	61.5	4.3	17.6	19.6
	c	85	65	165	254	267	666	917	2.4	0.02	62.0	4.0	10.0	21.0
分級灰	d	75	65	150	231	294	673	917	2.4	0.03	61.0	5.6	14.7	22.8
	e	85	70	165	236	275	668	917	2.4	0.02	62.0	5.5	18.2	21.6
	f	80	65	160	246	277	666	917	2.4	0.02	61.0	5.4	18.4	20.5
	g	85	65	160	246	249	696	917	2.4	0.02	61.5	5.2	17.2	19.3
	h	80	65	155	238	269	694	917	2.4	0.02	60.5	5.8	15.6	21.3

図－1は，海外炭灰の平均粒径とコンクリートの単位水量の関係を示したものである。石炭灰を用いた普通コンクリートは，使用する石炭灰の比表面積が大きく（粒径が小さく）なるとコンクリートの流動性が良くなり，単位水量が減少することはよく知られている。

また，海外炭灰を用いた高流動コンクリートでも平均粒径が小さくなれば単位水量が少なくなる傾向を示し，ある程度の相関はある。

図－2は密かさ比重と単位水量の関係を示したものである。両者間には，密かさ比重が大きくなると単位水量が減少し，高い相関が得られた。文献²⁾によると，密かさ比重は石炭灰の流動性を間接的に評価する方法として優れているとしている。本試験結果もこのことを裏付けており，高流動コンクリートの単位水量推定手法として密かさ比重が極めて有効であると評価される。さらに密かさ比重は石炭灰の品質試験の難易度，迅速性の点からも適していると考えられる。

5. おわりに

海外炭灰を使用した高流動コンクリートの場合，使用する石炭灰の種類により高流動コンクリートの単位水量が変化するため，従来は室内試験を行い単位水量を設定していたが，今後は，石炭灰の密かさ比重を知ること高流動コンクリートの単位水量を推定することが可能となり，配合設計の簡素化を図ることができる。

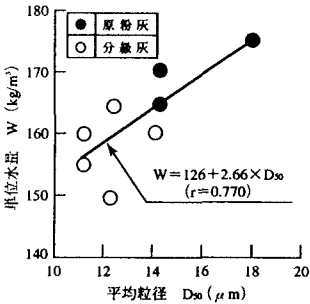


図-1 平均粒径と単位水量の関係

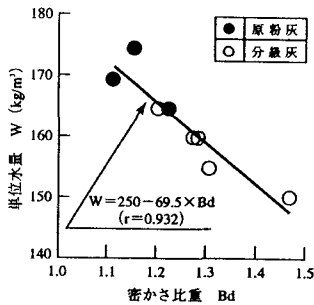


図-2 密かさ比重と単位水量の関係

〈参考文献〉

- 岡村・前川・小澤：ハイパフォーマンスコンクリート，技報堂出版，1993. 9
- 長滝・大賀・増田・谷：フライッシュコンクリートの品質管理法に関する研究，コンクリート工学会論文報告集，9-1, PP223 ～228, 1987