

石炭灰を多量に混和したコンクリートの基礎的性質に関する研究

東北大学 学生員 ○ 熊谷 徹
 東北大学 臼井和絵
 東北大学 正会員 岩城一郎

1. はじめに

現在、日本国内で年間約 720 万トンの石炭灰が発生している¹⁾。今後、石炭火力発電所の増設に伴い石炭灰の発生量は増加する傾向にあり、また環境規制による火力発電所の炉内温度の低下や海外炭の使用の増加により JIS 規格外である非 JIS 灰の発生割合が増加すると見込まれている。石炭灰を有効利用する手段としてコンクリート中に混和材として混和する方法があり、JIS 規格に適合するフライアッシュを最大 30%まで混和することが JIS 規格で認められている。

本研究では石炭灰の有効利用を目的に、非 JIS 灰を最大で結合材容積の 50%と多量に混和したコンクリートを寒冷地で施工する場合を想定し、養生温度や養生方法が強度発現に及ぼす影響を調べた。

2. 実験概要

実験に使用した材料を表-1 に示す。石炭灰は強熱減量が 5.3%と JIS 規格値を上回るものを使用した。高性能 AE 減水剤は低空気連行型のもを使用した。

表-1 使用材料

セメント	普通ポルトランド 密度 3.16g/cm^3 , ブレーン値 $3270\text{m}^2/\text{g}$
石炭灰	密度 2.09g/cm^3 , 強熱減量 5.3% , ブレーン値 $3650\text{m}^2/\text{g}$
細骨材	山砂 密度 2.58g/cm^3 , 粗粒率 2.63
高性能AE減水剤	ポリカルボン酸エーテル系と架橋ポリマーの複合体

モルタルの配合は、水結合材容積比 $w/(c+f)=0.92$ 、モルタル容積に対する細骨材容積の比 $s/m=0.4$ とした高流動コンクリートと $w/(c+f)=1.58$ 、 $s/m=0.5$ とした普通コンクリートを想定し、それぞれの配合で石炭灰を混和しない Plain とセメントに対して内割り体積置換で 25、50%石炭灰を混和した配合を準備した。

表-2 配合表

記号	配合条件			単位体積質量(kg/m^3)				
	$w/(c+f)$	$f/(c+f)$	s/m	W	C	F	S	SP
HP	0.92	0	0.4	288	988	0	1032	27.7
H25	0.92	0.25	0.4	288	741	163	1032	28.0
H50	0.92	0.5	0.4	288	494	327	1032	31.2
NP	1.58	0	0.5	306	612	0	1290	-
N25	1.58	0.25	0.5	306	459	101	1290	-
N50	1.58	0.5	0.5	306	306	203	1290	-

以下、各配合は表-2 に示す記号で表すこととする。

養生は、養生温度を寒冷地を想定した 5°C と比較のための 20°C の 2 条件、養生方法を水中、封かん、気中の 3 条件の計 6 条件で行った。以下、各養生は表-3 に示す記号で表すこととする。

表-3 養生条件

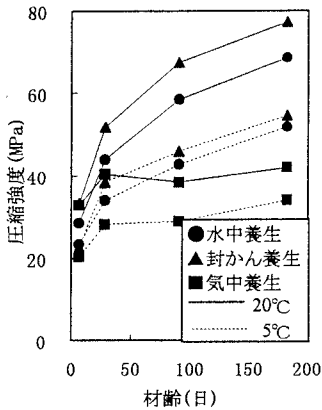
記号	温度 ($^\circ\text{C}$)	水分
5W	5	水中
5S	5	封かん
5A	5	気中
20W	20	水中
20S	20	封かん
20A	20	気中

圧縮強度試験は JIS A 1108 に従って材齢 7, 28, 91, (182)日に行った。

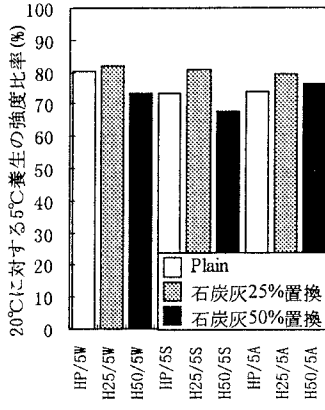
3. 実験結果及び考察

H50 の養生ごとの強度発現を図-1 に示す。高流動モルタルの配合が低温により受ける影響を見るために、材齢 91 日における 20°C で養生を行ったときの強度に対する 5°C で養生を行ったときの強度比率を図-2 に示す。高流動モルタルの配合が乾燥により受ける影響を見るために、材齢 91 日における水中養生を行ったときの強度に対する気中養生を行ったときの強度比率を図-3 に示す。また普通モルタルの配合でも同様に N50 での養生ごとの強度発現を図-4 に、低温による影響を図-5 に、乾燥による影響を図-6 に示す。

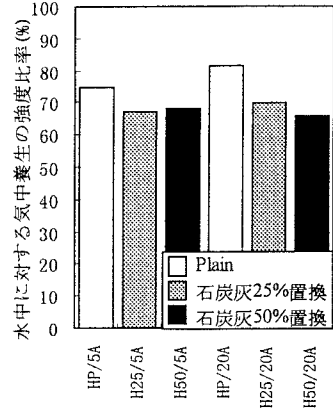
高流動モルタルについて見ると、図-1 から H50 の強度は 5°C で養生を行っても材齢 7 日で 20MPa 以上と十分な初期強度があり、初期凍害を受ける可能性は低いといえる。長期材齢における強度は 5°C で養生を行うと 20°C に比べてかなり低くなるものの水中、封かん養生を行えば、ポズラン反応の効果により強度の伸びが大きく材齢 182 日で 50MPa 以上の強度が得られる。一方、 5°C 気中養生では、材齢 28 日以降の強度



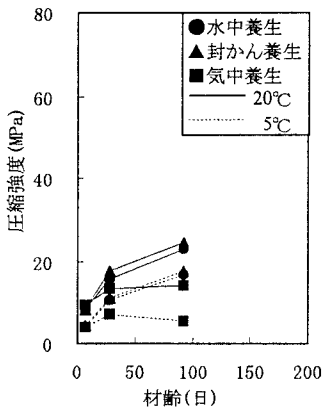
図一 圧縮強度 (H50)



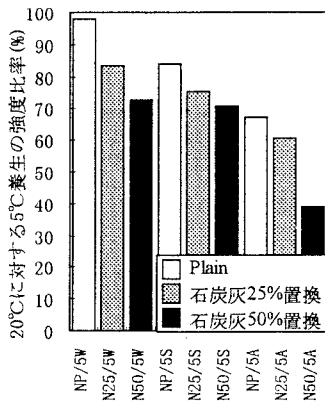
図二 低温の影響 (高流動, 91日)



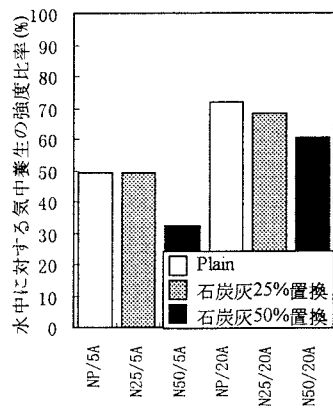
図三 乾燥の影響 (高流動, 91日)



図四 圧縮強度 (N50)



図五 低温の影響 (普通, 91日)



図六 乾燥の影響 (普通, 91日)

発現がほとんど期待できない。図-2 から、H25 では HP に比べて低温による強度低下が抑制されるが、H50 では HP と同等か若干強度低下が大きくなる傾向を示した。図-3 から HP に比較して、H25、H50 とともに乾燥により強度低下が大きくなることがわかる。

普通モルタルについて見ると、図-4 から N50 の強度はいずれの養生でも材齢 7 日で 10MPa 以下と低く、寒冷地で使用する場合に初期凍害を受ける恐れがある。また 20°C 養生を行っても材齢 91 日で 25MPa 程度までしか伸びないことから、N50 を鉄筋コンクリート構造物に使用するのは難しいと考えられる。図-5 から石炭灰の混和率が多くなるほどまた乾燥するほど、NP に比べて低温による悪影響を受けやすいことがわかる。図-6 から石炭灰の混和率が多くなるほどまた低温になるほど NP に比べて乾燥による悪影響を受けやすく、その程度も高流動モルタルの場合より顕著に表れている。

4. 結論

石炭灰を多量に混和したコンクリートは高流動コンクリートのような低水結合材比で用いると、低温や乾燥による影響を比較的受けにくいことが確認された。但し、気中養生では材齢長期におけるボゾラン反応がほとんど期待できないため養生中の水分の損失は極力避ける必要があることが確認された。

【参考文献】

- 1) 佐脇武吉：石炭灰の有効利用，土木学会誌 Vol.83, 1998 December