

最適含水比に近い低水粉体比の石炭灰硬化体の性状に及ぼす混練時間の影響

(株) 間 組 正会員 ○坂本 守
鹿児島大学 正会員 武若 耕司
鹿児島大学 正会員 山口 明伸

1. 目的

石炭灰とセメントを最適含水比に近い低水粉体比で練り混ぜ、振動作用で流体化させ締固める製造方法で作製する硬化体は、余剰水を極めて少ない状態で締固めるため、粉体の性状によりその練り上がり性状および硬化体の品質が大きく変化する。特に石炭灰は産出する過程で粒子が凝集する場合があります、混練中に凝集した粒子の分散などにより、その混練物の性状が変化していくことが予想される。本研究では、混練時間を変化させた場合の練り上がり時および硬化体性状に及ぼす影響について検討した。

2. 使用材料および配合と試験方法

本研究では石炭灰のみのフロー試験を行い、同じフロー値 140mm を得るための水粉体比（以下WF140）が異なる3種類の石炭灰A、B、Cおよび比較用として石炭灰AとCを等量混合した灰をDとして使用した（表-1）。レーザー回折式粒度分布測定器で計測した平均粒径が大きく、粒子の比表面積が小さい石炭灰CがWF140の値が大きくなり、また石炭灰A、Bはほぼ同じ粒径であるにもかかわらずWF140の値が大きく異なっていることが特徴である。これは粒度分布測定前に超音波により分散処理してから測定するため、平均粒径の結果には本来の凝集状態は表現されていないことにあると推測される。

これらの石炭灰を使用し、最適含水比付近から徐々に水粉体比を増加させて練り混ぜ、図-1に示すように各灰における水粉体比と流体化時間の関係を調査し、流体化時間が2分程度となるように基本配合を選定した（表-2）。ここで練り混ぜは一次混練時間を1分、二次混練時間を2分として実施し、また流体化時間とは、練り上がった試料を容器に入れた状態で振動を加え、試料全体が締固められた状態になるまでの時間を示す。

本検討では、このようにして選定した配合について、二次混練時間を1、2、5、10分に変化させた場合の流体化時間と、これが圧縮強度や細孔径分布など硬化体性状に及ぼす影響を調査した。

表-1 石炭灰の品質

記号	密度 (g/cm ³)	WF140 (%)	活性度指数 (91 日)	平均粒径 X50 (μm)
A	2.20	28.6	89.1	16.177
B	2.27	32.5	93.0	16.520
C	2.21	36.6	92.5	30.402
D	2.24	32.6	—	23.290

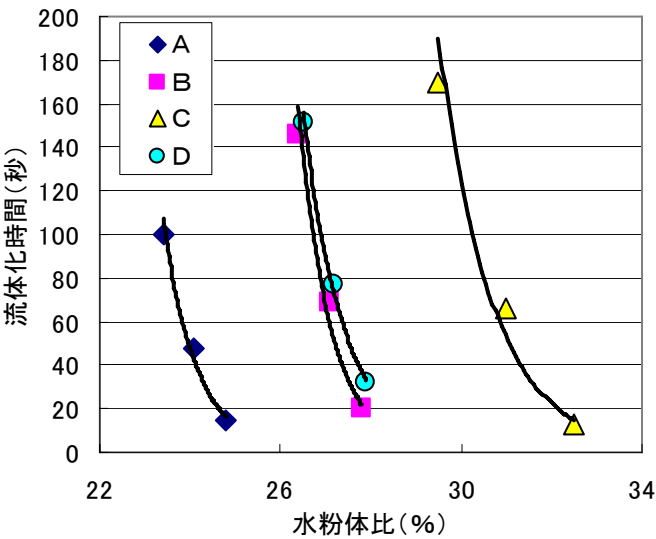


図 - 1 各石炭灰での水粉体比と流体化時間

表-2 灰種ごとの示方配合

灰種	水 粉 体 比 W/(C+F) (%)	セメント 添加率 C/(C+F) (%)	単位量 (kg/m ³)			
			水 W	セメント C	石炭灰 F	NaCl
A	23.3	10.4	336	150	1293	11.1
B	26.6	13.1	374	184	1223	12.3
C	30.2	16.1	399	213	1110	13.2
D	26.8	13.3	375	186	1216	12.4

キーワード：石炭灰、最適含水比、混練時間、圧縮強度、活性度

連絡先：〒105-8479 東京都港区虎ノ門2-2-5 (株)間組 技術・環境本部 環境事業部 TEL03-3588-5792

3. 試験結果

二次混練時間と流体化時間の関係を図-2に示す。いずれの配合においても混練時間を長くするに従い、流体化時間は急激に低下していく傾向が認められた。これは凝集した石炭灰の粒子間に侵入した混練水が、混練時間とともに粒子が分散していくことによって均一に粒子間に分布し流動性に寄与したことによると考えられる。流体化完了時間が40秒以上要する場合、練り上がりは湿気のある粉体状であるが、20秒以下の場合では練り上がり時に既に塊状になっていた。

図-3は混練時間と材齢91日圧縮強度の関係を示した図である。二次混練時間が2分までは明確な傾向は認められなかったが、その後は混練時間の増加に伴い圧縮強度が増加し、二次混練時間を2分から10分に増加させることで20～56%の圧縮強度が増加した。この現象も流体化時間と同様に粒子が分散することによって起きていると考えられ、分散することによってより効果的に石炭灰が反応し、実質的に活性度が高くなることが影響していると考えられる。図-4は強度試験体で測定した単位容積重量と91日材齢圧縮強度を、二次混練時間2分の場合に対する増加率として、両者の関係を示したものである。単位容積重量の増加率は硬化体の空気量の減少も含んでいるが、空気量減少効果以上に圧縮強度が増加しており、この図からも混練により石炭灰の反応性が向上していると考えられる。

図-5は石炭灰Aについて、混練時間ごとに作製した硬化体の細孔径分布である。二次混練時間を10分とすると、1,000nm付近の細孔量が減少し、数nm～数十nmのより小さい細孔径で大きなピークを持つ分布となっている。このことから混練時間を長くすることでより均質な硬化体を製造することが出来ると思われる。

4. まとめ

本試験により、混練時間を長くすることで、凝集していた石炭灰粒子が分散し、その結果圧縮強度の増加に大きく寄与する可能性が認められた。

今後は粒子の分散状況の観察などによるその現象解明とともに、その効果をより短時間で得られる最適な添加水率や練り混ぜ方法などを検討していく必要がある。

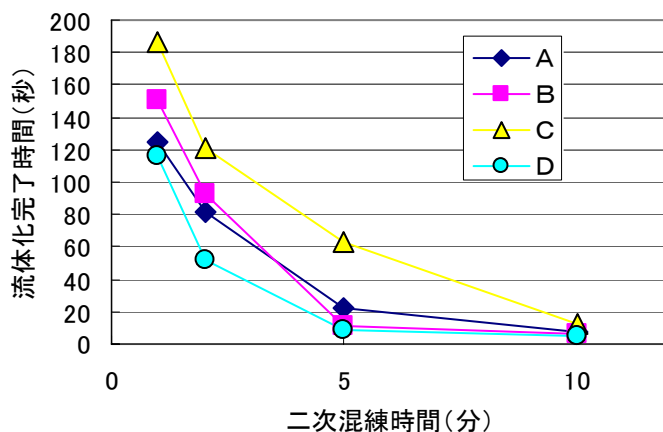


図-2 混練時間と流体化時間の関係

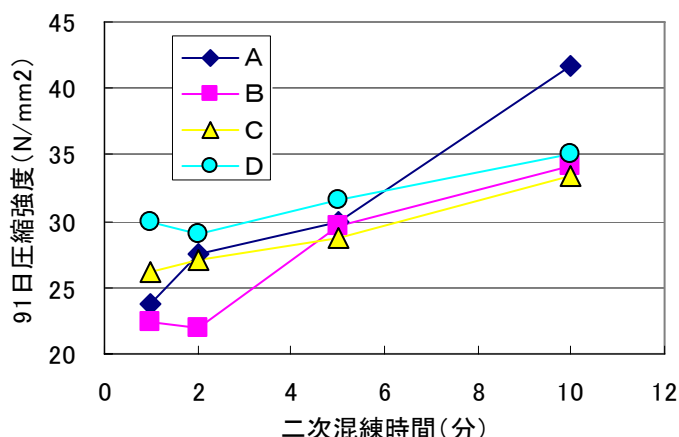


図-3 混練時間と圧縮強度の関係

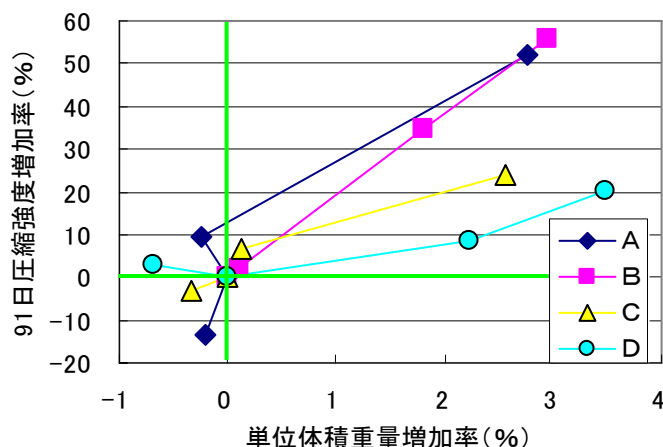


図-4 単位容積重量と圧縮強度の増加率

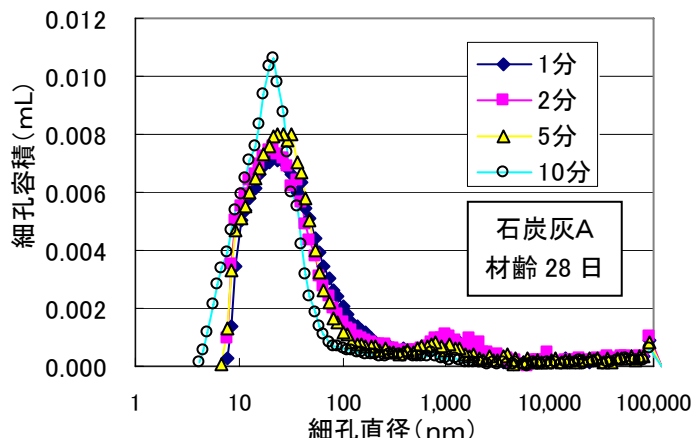


図-5 各二次混練時間の細孔径分布