

フライアッシュを内割置換したコンクリートの断熱温度上昇特性および強度発現性状

山口大学大学院 学生会員 ○西村英紀 高橋昭裕
(株)エネルギア・エコ・マテリア 正会員 高橋和之 齊藤 直
山口大学大学院 正会員 吉武 勇 浜田純夫

1. はじめに

本研究では、フライアッシュ(以下、*FA* と記す)の有効利用の一方策として、*FA* をセメントの一部代替材とするコンクリート、ならびに細骨材の一部を *FA* で内割置換したコンクリートの基礎性状を調べた。特に、これらのコンクリートの強度性状と断熱温度上昇量特性を実験的に求め、*FA* が及ぼす影響について検討を試みた。

2. 実験概要

(1) 使用材料

本研究では、普通ポルトランドセメント(密度 3.16g/cm^3 ，比表面積 $3300\text{cm}^2/\text{g}$ ，以下、*N* と記す)，および高炉セメント *B* 種(密度 3.14g/cm^3 ，比表面積 $4523\text{cm}^2/\text{g}$ ，以下、*BB* と記す)を使用した。また、使用した *FA* は JIS A 6201 の II 種相当品(密度 2.40g/cm^3 ，比表面積 $4230\text{cm}^2/\text{g}$)である。

(2) 配合条件と実験項目

本研究では、*FA* をセメントまたは細骨材の一部代替材とするコンクリートの基礎性状を調べ、比較検討することを主目的としている。そこで、本研究では、表-1 に示すように *FA* を 10% または 20%内割置換したコンクリートを作製した。なお、配合記号の *N*，*BB* はそれぞれセメント種類を表し、*Fc*，*Fs* はそれぞれセメント質量または細骨材容積置換コンクリートを示す。また *Fc*，*Fs* に続く数字は、各質量に対する *FA* の内割置換率(%)を表している。なお、*Base* は比較のために作製した *FA* を用いていないコンクリートである。本研究では、いずれのコンクリートにおいても、目標スランプ $8\pm 2\text{cm}$ および目標空気量 $4.5\pm 1.5\%$ として、強制二軸練りミキサ(最大容量 50l)を用いて作製した。

(3) 実験方法

本研究では、 $\phi 100\times 200\text{mm}$ のプラスチックモールドで作製した供試体を用い、JIS に準じて圧縮強度試験を材齢 3 日・7 日について行うとともに、材齢 7 日において割裂引張強度試験を実施した。また、各コンクリートの断熱温度上昇量を求めるにあたり、吉武ら¹⁾の提案した簡易断熱温度上昇試験を実施した。本研究では、材齢 7 日における(推定)断熱温度上昇量を、便宜上、終局断熱温度上昇量として評価した。

表-1 コンクリート配合表

配合記号	W/P (%)	Fc (%)	Fs (%)	単位量(kg/m^3)					
				W	C	Fc	Fs	S	G
N-Base	54.9	—	—	167	304	—	—	853	982
N-Fc10	54.9	10	—	167	274	30	—	847	977
N-Fc20	54.9	20	—	167	243	61	—	842	971
N-Fc20-Fs10	44.4	20	10	167	243	61	72	757	969
BB-Base	55.0	—	—	164	298	—	—	853	980
BB-Fc10	55.0	10	—	164	268	30	—	853	975
BB-Fc20	55.0	20	—	164	238	60	—	848	970
BB-Fc20-Fs10	44.2	20	10	164	238	60	73	763	969

表-2 強度試験結果一覧 (N/mm²)

配合記号	圧縮強度 (対 Base)		引張強度 (対 Base)
	材齢 3 日	材齢 7 日	材齢 3 日
N-Base	15.4(1.00)	22.4(1.00)	1.57(1.00)
N-Fc10	16.1(1.05)	24.3(1.08)	1.86(1.18)
N-Fc20	15.7(1.02)	20.3(0.91)	1.58(1.01)
N-Fc20-Fs10	16.6(1.08)	23.6(1.05)	1.35(0.86)
BB-Base	13.1(1.00)	19.4(1.00)	1.13(1.00)
BB-Fc10	13.0(0.99)	20.3(1.05)	1.30(1.15)
BB-Fc20	11.0(0.84)	18.8(0.97)	1.09(0.96)
BB-Fc20-Fs10	12.6(0.96)	19.9(1.03)	1.09(0.96)

3. 実験結果

(1) 強度性状

本研究で実施した強度試験結果の一覧を表-2 にまとめて示す。なお括弧()内の数値は、同時に実施した FA を用いていないコンクリート(Base)の各強度との比を表す。N シリーズにおける材齢 3 日の圧縮強度は、FA 置換の有無や置換率によらず概ね同程度であるが、BB シリーズにおける材齢 3 日では、FA 置換コンクリートが、Base に比べ、いずれも低い圧縮強度を示した。

これに対し材齢 7 日においては、両シリーズともに Fc10%のコンクリートが最も高い圧縮強度を示し、これは引張強度において、強度比(対 Base)が高くなるなど、より顕著な傾向がみられた。

(2) 断熱温度上昇量

N シリーズおよび BB シリーズにおける(推定)断熱温度上昇量をそれぞれ図-1、図-2 に示す。なお、凡例中の括弧()内の数値は、終局断熱温度上昇量を表している。

いずれのケースにおいても、FA を用いないコンクリート(Base)の終局断熱温度上昇量が最も高い結果となっているが、これは発熱主源のセメント量に起因する結果である。すなわち、既往の研究²⁾においても示されているように、FA コンクリートにおいても、断熱温度上昇量に

及ぼす影響は、セメント量が支配的要因であり、FA 混和量の影響はあまり大きいものではないといえよう。なお、両シリーズの Base コンクリートの終局断熱温度上昇量はほぼ同程度となっており、この点において N セメントに対する BB セメント代替による水和熱抑制効果は、あまり期待できないことを示している。

一方、材齢 3 日以降における N-Fc20-Fs10 コンクリートにおいて、若干の例外がみられるものの、FA 置換率が高くなるほど断熱温度上昇曲線は緩慢な上昇過程を示し、その終局断熱温度上昇は低減できるものであった。このような断熱温度上昇量の抑制効果は、セメント種類の異なる両シリーズにおいて確認されており、セメント・細骨材に対する FA の内割置換の有効性が窺える。なお、BB-Fc20-Fs10 コンクリートの結果に示されるように、FA をセメント・細骨材の双方に内割置換した場合において、断熱温度上昇量の抑制は最も効果的であるが、前述のように強度発現性状も緩慢になる傾向を示すため、温度上昇特性ならびに強度発現性状の双方の効果を鑑みて、FA の内割置換率の設定を行う方が賢明と思われる。

4. まとめ

本研究の範囲内において得られた結論を以下に要約する。

- (1) 材齢 7 日において Fc10%のコンクリートが最も高い圧縮強度比および引張強度比(対 Base)を示した。
- (2) FA 置換率に応じて断熱温度上昇曲線は緩慢な上昇過程を示し、その終局断熱温度上昇は低減できる。

【参考文献】

- 1) 吉武 勇ほか：現場利用可能なマスコンクリートの簡易断熱温度上昇測定法の提案，土木学会論文集，No.606/V-41，pp.103-110，1998.11.
- 2) 吉田和隆ほか：簡易試験による HVFA コンクリートの断熱温度上昇量の推定，材料，Vol.57，No.5，2008.5.

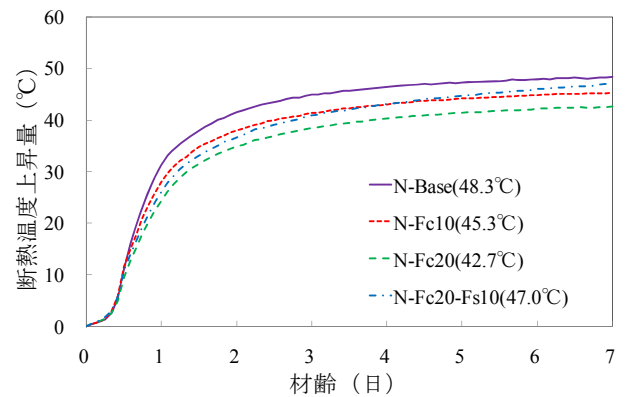


図-1 Nシリーズの断熱温度上昇量

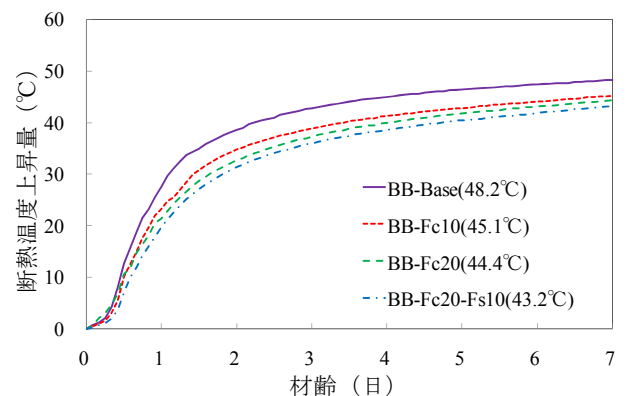


図-2 BBシリーズの断熱温度上昇量