

フライアッシュの品質および養生温度がハイボリューム フライアッシュコンクリートの強度特性に及ぼす影響

徳島大学工学部

正会員 河野 清

徳島大学工学部

正会員 石丸 啓輔

(株) 基礎建設コンサルタント

正会員○金森 忠平

徳島県生コンクリート工業組合

正会員 川田 修

1. はじめに

フライアッシュを多量に使用したハイボリュームフライアッシュコンクリートは、初期材齢における強度発現が低いという問題点があり、脱型が遅れるので養生温度の影響を調べ、初期強度の改善を図る必要がある。また、Malhotra の研究では、フライアッシュの品質によって強度発現がかなり異なることを報告している。したがって 2 社のフライアッシュを入手し、その品質の影響を調査するとともに、養生温度を 10℃、20℃および 30℃に変え、養生温度がハイボリュームフライアッシュコンクリート（以下 HVFC と略記）の強度に及ぼす影響を調査した。なお、養生温度 10℃および 20℃の場合について、早強ポルトランドセメントの使用および促進形減水剤の効果についても検討を行った。

2. 実験概要

使用材料は、結合材に普通ポルトランドセメント（比重 3.15，28 日圧縮強さ 42.1MPa）、早強ポルトランドセメント（比重 3.14，28 日圧縮強さ 48.2MPa）および 2 社のフライアッシュ（A：比重 2.22，比表面積 3,370cm²/g，SiO₂含有量 55.1%および B：比重 2.21，比表面積 3,970cm²/g，SiO₂含有量 61.5%）を使用した。また、骨材には徳島県吉野川産砕石（比重 2.61，吸水率 1.08%，最大寸法 20mm）と徳島県吉野川産川砂（比重 2.63，吸水率 1.78%）と粒度調整用微砂（比重 2.60，吸水率 2.67%）を 9：1 に混合し、混和剤は高性能 AE 減水剤（ナフタリン系）と AE 剤（高アルキルカルボン酸系界面活性剤）とを使用し、また、硬化促進のための配合には促進形減水剤（リグニンスルホン酸・ロダン化合物）を用いた。

使用したコンクリートは目標スランプ 12cm，目標空気量 4%，細骨材率 40%の一定とし、各材料の単位量を表-1 に示す。2 軸強制練りミキサでコンクリートを練り混ぜ、供試体はφ 10×20cm の軽量サミットモールドに成形した。脱型後、所定材齢まで 10±1℃，20±1℃および 30±1℃水中養生を行った。所定材齢の 3 日，7 日，28 日および 91 日の材齢で圧縮強度試験および動ヤング係数を測定した。

表-1 コンクリートの配合

配合		W(C+F) (%)	単位重量(kg/m ²)						混和剤(%)		
			W	C	F	S	微砂	G	SP	AEA	減水剤
PL		53	170	320	0	651	72	1078	0.75	0.05	—
FA15	A	53	170	272	48	645	72	1068	0.75	0.06	—
C200F		31	150	200	280	587	65	972	1.25	0.11	—
C180F		35	150	180	252	605	67	1001	1.00	0.10	—
C180FA		35	150	180	252	605	67	1040	0.70	0.10	1.00
C180FH		35	150	180	252	604	67	1001	0.90	0.11	—
FA15		53	170	272	48	645	72	1068	0.75	0.06	—
C200F	B	31	150	200	280	586	65	972	1.15	0.12	—
C180F		35	150	180	252	604	67	1002	1.00	0.10	—
C180FA		35	150	180	252	604	67	1040	0.70	0.10	1.00
C180FH		35	150	180	252	604	67	1000	0.90	0.11	—

3. 実験結果および考察

図-1 に見られるように、フライアッシュを用いたコンクリートは普通コンクリートに比べて初期強度は劣るが、材齢 28 日から 91 日への強度増進が顕著であり、配合によっては普通コンクリートを上回る強度が得られている。一般的なフライアッシュコンクリート(FA15)では、フライアッシュの品質の影響は、材齢 91 日においてみられるが、多量に使用した HVFC では粉末度が高く、SiO₂含有量の多い B を用いたものが A に比べて各材齢とも強度が高く、とくに長期材齢での強度発現が顕著である。

10, 20, および 30℃で養生した各種コンクリートの材齢 3 日, 7 日および 28 日における圧縮強度を図-2 に示す。どの配合とも養生温度が高くなるにつれて, 圧縮強度は明らかに高くなっている。良品質のフライアッシュ B を多量に用いた場合, 3 日および 7 日の強度は普通コンクリートより劣るが, 材齢 28 日では 20℃, 30℃とも普通コンクリート並の強度が得られている。

早強セメントあるいは促進形減水剤を用いた HVFC の材齢 3 日, 7 日および 28 日の圧縮強度を図-3 に示す。早強セメントを使用した HVFC は, 普通コンクリートと比較すると, 10℃養生の場合 3 日, 7 日材齢とも圧縮強度が高くなっており, フライアッシュを多量に使用した場合の初期強度改善に有効であることを示している。20℃養生の場合も早強セメントを用いた HVFC が, 普通セメントを用いたものに比べて各材齢とも高い値となっている。一方, 促進形減水剤を用いた場合の使用効果はあまり見られていない。

図-4 に見られるように圧縮強度と動ヤング係数との関係は, フライアッシュの品質, 配合, 養生温度などの相違にかかわらずきわめて高い相関があり一つの指数式で示すことができる。

図-5 に 2 種のフライアッシュを用いた HVFC の引張強度を示した。各材齢とも品質の良い B の方が A より明らかに高い値を示している。なお, 引張強度と圧縮強度との比は一般に 1/10~1/14 といわれているが, この試験結果は 1/12~1/14 でありこの範囲内となっている。

4. まとめ

本研究の結果を取りまとめると次のことが言える。

- (1) 良品質のフライアッシュを使用すると各材齢の圧縮強度は高くなり, 特に 91 日材齢の強度発現が顕著である。
- (2) 初期強度の改善に早強セメントの使用が有効であり, 低温時は特に初期強度発現が遅れるので, その使用が望まれる。
- (3) 30℃養生を行うとフライアッシュを多量使用したコンクリートの強度発現が良好であり, 夏期工事での使用が推奨できる。
- (4) 圧縮強度と動ヤング係数との関係は, 配合, 養生温度などの相違にかかわらず一つの指数式で示され, きわめて高い相関がある。
- (5) 品質の良いフライアッシュを用いると, コンクリートの引張強度も改善される。

なお, 本研究は平成 8 年度文部省科学研究書 基礎研究 (C) (No.08650534) によって行ったものである。

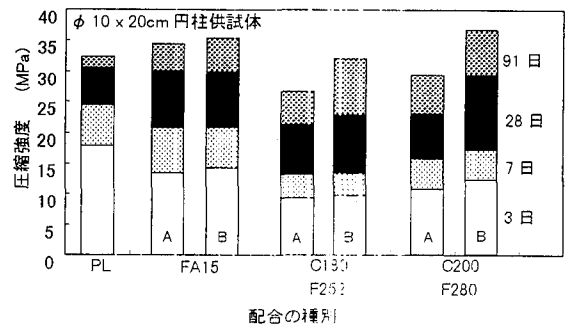


図-1 2種類のフライアッシュの圧縮強度の比較

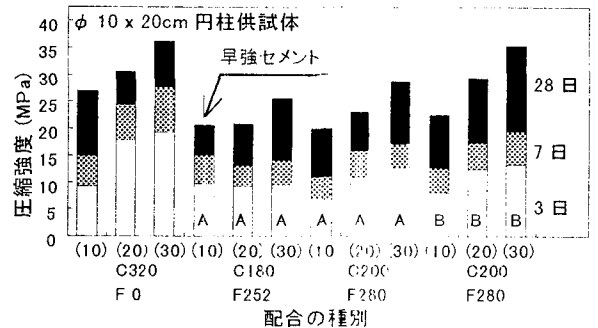


図-2 各コンクリートの養生温度と圧縮強度

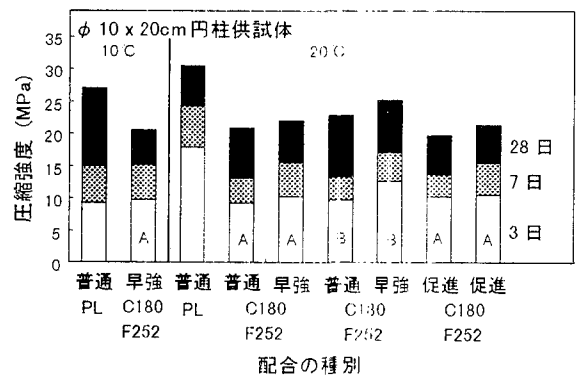


図-3 早強セメントおよび促進剤の圧縮強度

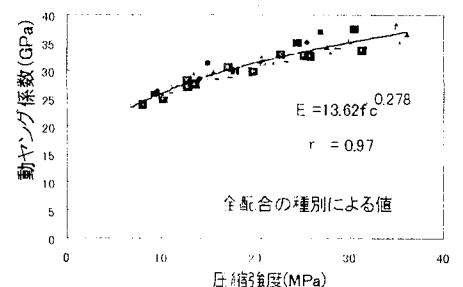


図-4 圧縮強度と動ヤング係数との関係

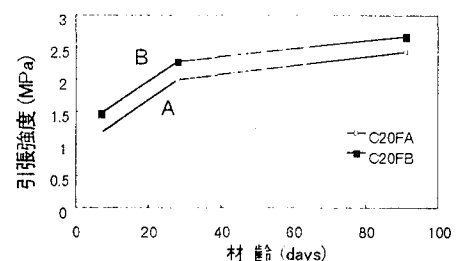


図-5 HVFCの材齢と引張強度