

フライアッシュ混入高強度コンクリートの強度に及ぼす養生温度の影響

Effect of Curing Temperature on Strength of High-Strength Concrete with Fly Ash

室蘭工業大学建設システム工学科 正会員 菅田 紀之 (Noriyuki Sugata)
室蘭工業大学大学院建設システム工学専攻 ○学生員 渡辺 新一 (Shinichi Watanabe)

1. はじめに

石炭火力発電所からの産業副産物である石炭灰は毎年増加しており、フライアッシュを含め年間約1千万トンの排出がある。石炭灰はその発生量が大量のため資源のリサイクルの観点などから有効利用が進められており、約80%がセメント原料などとして再利用されている。しかしながら、今後も、石炭灰排出量の増加が予想されており、フライアッシュのさらなる有効利用が課題となっている。フライアッシュをコンクリートに用いた場合、単位水量の低減、ワーカビリティの改善、水和熱の低減などの様々な効果があることが知られている。しかしながら、初期強度の低下、中性化の促進等の問題があり、コンクリート用混和材としての利用が進んでいない。また、同様の問題から高強度コンクリートへの適用に関する検討例も少ないのが現状である。

そこで本研究では、フライアッシュを用いた高強度コンクリートの初期強度改善策として高温養生を適用した。高温養生の養生温度としては40℃を採用し、圧縮強度の発現特性へ及ぼす養生温度の影響を検討した。実験ではフライアッシュ混入率を0%から30%まで採用し、強度発現特性に及ぼすフライアッシュ混入率の影響について検討を行った。また、圧縮強度と弾性係数の関係についても検討を行った。

2. 実験概要

2.1 コンクリートの配合

コンクリートの配合を表-1に示す。結合材として普通ポルトランドセメント (C) およびフライアッシュ (FA, JIS II 種, 比表面積:4,260 cm²/g) を用い、水結合材比 (W/B, B = C + FA) を25%, フライアッシュ置換率 (FA/B) を0%, 10%, 20%および30%とした。目標スランプフロー65 cm, 目標空気量3.5%が得られるように、また、高流動特性とともに自己充填性をもつように配合を決定した。混和剤にはポリカルボン酸系の高性能 AE 減水剤を用いた。

2.2 圧縮強度試験

コンクリートの圧縮強度試験は、φ100×200 mm の円柱供試体を用いて行った。試験材齢は1日、3日、7日、14日、28日および91日である。供試体の養生温度は20℃および40℃とし、養生温度20℃の場合は材齢24時間まで温度20±1℃に制御された恒温室内で封緘養生し、それ以降は温度20±1℃の水中養生とした。養生温度40℃の場合は、封緘状態で材齢1時間まで20℃、材齢1時間から3時間の間に40℃まで温度を上げ、材齢3時間から24時間まで40℃±1℃を維持した。材齢24時間で脱型後40±1℃の水中養生とした。20℃養生の供試体には、中央軸方向にひずみゲージを配置し、圧縮試験時におけるひずみの測定結果から、弾性係数を算定した。供試体の端面処理は、研磨機による研磨仕上げとした。

3. 実験結果および考察

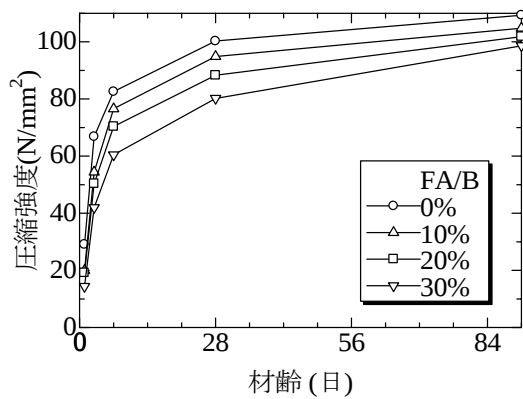
3.1 圧縮強度試験結果

図-1は材齢と圧縮強度の関係を示している。図(a)は養生温度20℃、図(b)は養生温度40℃の時の結果である。図より、フライアッシュ置換率が大きいほど強度が小さくなる傾向があることがわかる。しかしながら、養生温度40℃の場合、材齢7日以降におけるフライアッシュ置換率10%の強度は0%と同程度になっている。

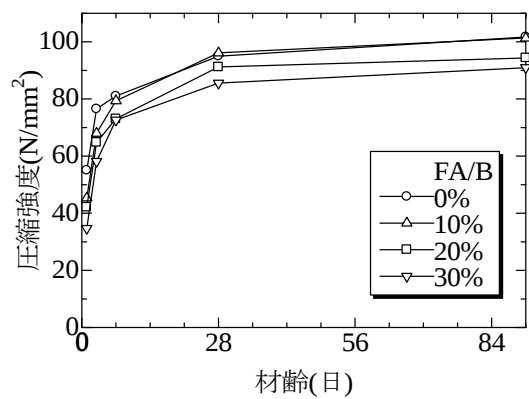
図-2は材齢とフライアッシュ置換率0%の圧縮強度に対する各置換率の強度比の関係を示している。図(a)は養生温度20℃、図(b)は養生温度40℃の時の結果である。図より、養生温度20℃の場合、材齢が若いほどフライアッシュを混入した場合の強度比が小さくなっていることがわかる。フライアッシュを混入した場合の材齢1日における強度比は、無混入コンクリートの0.50~0.69、材齢3日では無混入の0.63~0.81、材齢7日では無混入の0.73~0.93、材齢28日では無混入の0.80~0.95、材齢91日では無混入の0.90~0.96である。養生温度40℃の場合、養生温度20℃の結果と比べ無混入に対するフライアッシュ混入時の強度比は大きくなっており、材齢1日における強度比は無混入の0.63~0.82、材齢3日では無混

表-1 コンクリートの配合

W/B (%)	s/a (%)	FA/B (%)	単位量 (kg/m ³)					
			W	C	FA	S	G	SP
25	48.95	0	166.5	666	0	762.4	804	5.33
		10	162.5	585	65	762.4	804	5.2
		20	158.3	506.7	126.7	762.4	804	4.75
		30	154.5	432.7	185.4	762.4	804	4.57



(a) 養生温度 = 20°C



(b) 養生温度 = 40°C

図-1 圧縮強度

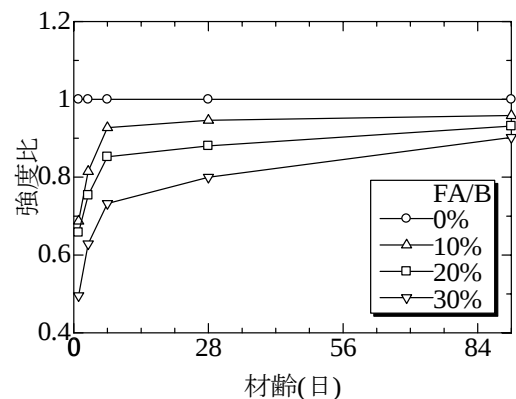
入の0.76~0.89, 材齢7日では無混入の0.90~0.98, 材齢28日では無混入の0.90~1.0, 材齢91日では無混入の0.89~1.0である。このように、養生温度を高くすると28日まではフライアッシュ混入による強度低下を抑えることができるといえる。図-1において養生温度20°Cの圧縮強度に対する養生温度40°Cの圧縮強度を比較すると、材齢3日までは養生温度を40°Cとすることにより、全てのケースで強度が大きくなっているが、材齢7日における養生温度を40°Cとすることによる強度増加は、フライアッシュ置換率30%の場合に確認できるのみで、他のケースでは20°Cの強度と同程度になっている。このように養生温度を40°Cにすることによる強度増加の効果はフライアッシュ置換率が大きい程大きく、また、その効果は、材齢7日程度までの限定されたものであることがわかる。

図-3は、圧縮強度と静弾性係数の関係を示している。図中の実線はACI 363委員会の式を示している。傾向としては、圧縮強度が大きくなるほど、静弾性係数が大きくなる。圧縮強度が40 N/mm²以上では、フライアッシュ置換率による静弾性係数の差はないが、材齢1日で圧縮強度が30 N/mm²以下のときには、フライアッシュ置換率が大きいほど静弾性係数は大きくなっているのがわかる。実験結果とACI 363委員会の値を比較すると、フライアッシュ置換率20%および30%で圧縮強度が20 N/mm²以下のときACI 363の値よりも大きくなっているが、それ以外のケースではACI 363の値よりも小さくなっていることがわかる。

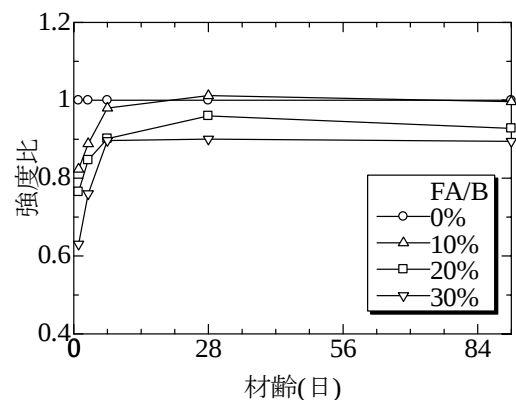
4. まとめ

本研究では、高強度コンクリートの強度特性に及ぼす養生温度の影響について検討を行った。その結果、次のようなことが明らかになった。

- 1) フライアッシュ置換率が大きくなるほど、圧縮強度が小さくなる。
- 2) 養生温度を40°Cにした場合、材齢7日までの初期強度は大きくなる。その効果は、フライアッシュ置換率が高いほど大きい。
- 3) 圧縮強度が30 N/mm²以下の時はフライアッシュ置換率が大きいほど静弾性係数は大きくなっているが、圧縮強度が40 N/mm²以上の時にはフライアッシュの影響はなくなる。



(a) 養生温度 = 20°C



(b) 養生温度 = 40°C

図-2 圧縮強度比

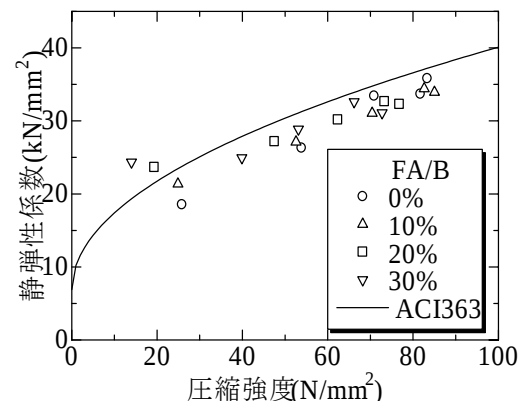


図-3 圧縮強度と静弾性係数の関係