

V-172

高強度軽量コンクリートの熱特性

岡山大林組土木技術部 正会員 新村 亮

岡山大林組土木技術部 正会員 原田 暁

岡山大林組技術研究所 正会員 十河茂幸

1. まえがき

高強度軽量コンクリートを使用する構造物はP R C等比較的薄い部材が多い。しかし、高強度および凍結融解抵抗性を満足するためには非常に富配合となり、セメントの水和熱による温度ひびわれの発生が予想される。本報告は高強度軽量コンクリートの温度ひびわれ予測に必要な各種熱特性および高温履歴を受けたコンクリートの性状について検討したものである。

2. 実験概要

2.1 使用材料および配合 セメントは普通ポルトランドセメント、粗骨材は人工軽量粗骨材造粒型絶乾品(最大寸法15mm、絶乾比重1.28)、細骨材は山砂であり、ポズランとしてシリカフェウム(SiO_2 92.6%)、フライアッシュを使用した。混和剤にはナフタリンスルホン酸とリグニンスルホン酸の共縮合物を主成分とする高性能減水剤、流動化剤、特殊アニオン系のA E剤を使用した。コンクリートの配合を表-1に示す。単位結合材量を $563, 400\text{kg/m}^3$ とし、前者においてポズランの影響を検討した。ポズランはセメントの内割混入とした。なお、流動化コンクリートとレベースコンクリートのスランプは8cm、流動化後のスランプは18cm、空気量は6%とした。

2.2 実験方法 熱伝導率、比熱の測定には気中養生した $30\times 30\times 10\text{cm}$ の平板状供試体を用いた。測定方法としては、供試体と熱特性の既知な物質(ポリスチレンフォーム)とで面状発熱体をはさみ、恒温槽内において供試体の温度変化を測定し、熱伝導則から熱伝導率、比熱を算出することとした。断熱温度上昇はコンクリートの温度が断熱温度上昇試験機の測定範囲を越えることが予想されるため、図-1に示すブロックを作成し、温度変化を測定後、3次元FEM温度シミュレーションにより推定した。

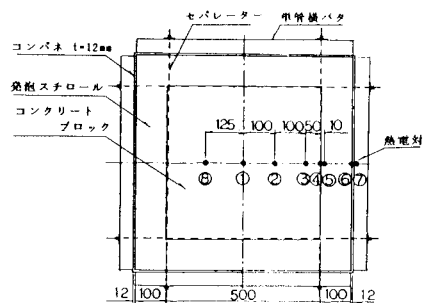


図-1 温度測定用ブロック

3. 実験結果と考察

3.1 熱伝導率・比熱 供試体の雰囲気温度を3ケース変えた時の熱伝導率、比熱を図-2、3に示す。熱伝導率は普通コンクリート(2~3kcal/mh $^{\circ}\text{C}$)の半分以下であり、ポズランを添加することによりさらに小さくなる傾向が見られた。これはポズラン自体の熱伝導性が低いためと考えられる。比熱は一般の普通コンクリートとほぼ同等であり、シリカフェウムを添加することにより、やや小さくなった。また、両者ともに雰囲気温度の影響は認められない。

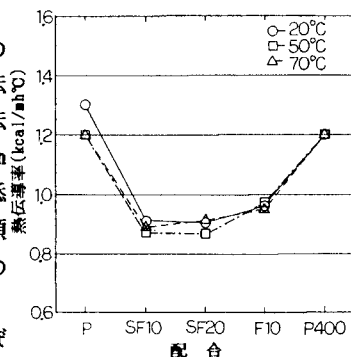


図-2 各配合の熱伝導率

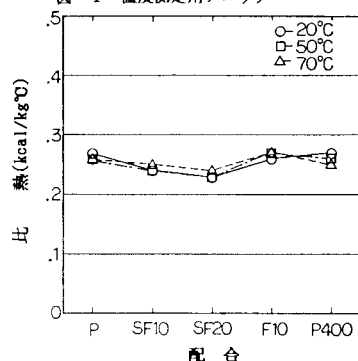


図-3 各配合の比熱

3.2 断熱温度上昇 ブロック中心の温度変化を図-4に示す。単位結合材量 $563\text{kg}/\text{m}^3$ の配合では最高温度が $97\sim 108^\circ\text{C}$ に達しており、これに対してP400配合では 81°C 程度であった。温度シミュレーションにおける断熱温度上昇式には次式を用いた。

$$T = K (1 - e^{-\alpha t}^\beta)$$

ただし、 T は断熱温度上昇 $(^\circ\text{C})$ 、 t は材令(日)である。この式を用いた理由は高性能減水剤、流動化剤の多量添加による発熱遅延効果を考慮するためである。温度シミュレーションより求めた各係数を表-2に示す。なお、断熱材の熱伝達率はブロックの温度降下時より $0.52\text{kcal}/\text{m}^2\text{h}^\circ\text{C}$ と求められた。P配合に比べP400配合はセメント量を $100\text{kg}/\text{m}^3$ 減らしたことにより最終断熱温度上昇量は約 12.5°C 低減した。また、セメントをシリカフェームで置換することにより発熱量は減少したが、フライアッシュ置換による発熱量抑制効果は認められなかった。最終断熱温度上昇量 K は打込温度によって変化するため、既往の換算式より打込み温度 20°C の値 K' に補正し、これと単位セメント量 W_c とからセメント 10kg あたりの最終断熱温度上昇量 $(K'/W_c \times 10)$ を求めると、P400配合では 1.69°C 、P配合では 1.45°C となり、単位セメント量が多くなるほど減少する傾向が見られた。また、発熱速度を表す α は単位結合材量が多くなるほど著しく大きくなることが認められた。なお、P400配合については断熱温度上昇試験も実施したが、ブロックの温度シミュレーションより求めた断熱温度上昇式とよく一致している。

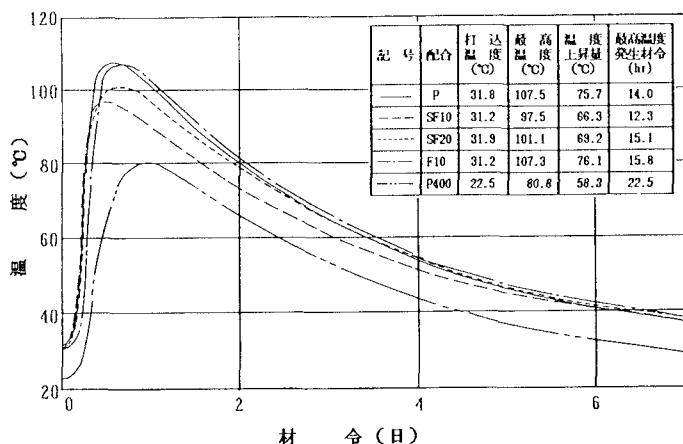


図-4 ブロック中心温度

表-2 断熱温度上昇式の係数

配合	K	α	β
P	79.2	32.8	3.5
SF10	68.5	90.0	3.7
SF20	74.0	14.7	2.7
F10	79.0	24.2	3.6
P400	67.5	3.8	2.4
	断熱温度上昇試験結果*		
	67.2	2.2	2.5

*打込み温度 15.3°C

3.3 コア強度 ブロックから採取したコア(φ100×h200)の材令56日における圧縮強度を図-5に示す。単位結合材量 $563\text{kg}/\text{m}^3$ の配合のコアは 100°C 前後の高温を受けているにもかかわらず、コアと同一有効材令、空気量に換算した標準養生供試体強度と比較して、ほぼ同等の強度を有している。しかし、P400配合のコア強度は約20%低下した。これは、水結合材比30%の配合はコンクリート強度が軽量粗骨材強度に強く依存しており、モルタルの強度が若干低下してもコンクリート強度への影響が少ないためと考えられる。なお、コアの静弾性係数は同材令の標準養生供試体の値と比べて3~12%小さくなっている。

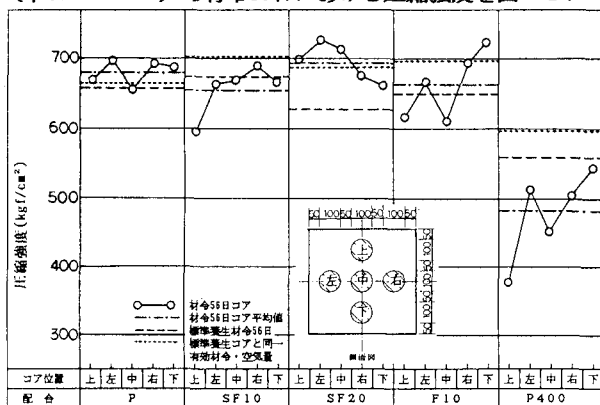


図-5 ブロックコア圧縮強度

4. あとがき

高強度軽量コンクリートの熱特性、ポズランと熱特性との関係、および 100°C 程度の高湿履歴を受けたコンクリートの性状について有用なデータ得ることができた。これらのデータによって高強度軽量コンクリートの温度応力予測がほぼ可能となったものと思われる。