

中部工業大学 正員 愛知五男

1. まえがき

数年前より数種の新しいセメントが開発され、用途別ならびに施工条件に即応した利用が広範囲に見られる。例えば、普通セメントに較べ硬化過程において異なる性状を持つ超速硬、超早強セメントなどが挙げられる。本研究では上記で述べたセメントの特性を把握するため、温度と時間における圧縮強度への依存性を温度も考慮して積算温度で表示した。また温度が長さ変化に与える影響、一部のセメントを用いた試験体から内部温度とひずみを測定し、それとを実験的に検討したものである。

2. 実験概要

使用セメントは超速硬セメント（コンクリートをJETと記す）比重 $\rho=3.04$ 粉末度 $S=5630\text{cm}^3$ 、超早強セメント（UHP） $\rho=3.14$ $S=5950\text{cm}^3$ 、普通セメント（OP） $\rho=3.17$

$S=3220\text{cm}^3$ でいずれも〇社製である。骨材は砂、砂利ともに本管川産 砂： $\rho_s=2.58$ F.M 3.01, 砂利： $\rho_g=2.63$ F.M 6.83 最大寸法 25mm を使用した。

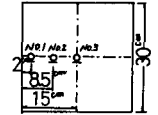
コンクリートの配合はスランプ $8\sim 10\text{cm}$ とし単位セメント量とほぼ同程度として表-1のように決定した。混練時には除菌練りミ

表-1. コンクリートの配合

Cement type	W/C (%)	S/a (%)	Unit weight (kg/m ³)			
			W	C	S	G
JET	51	37	179	350 [*]	668	1136
UHP	56	43	195	350	744	1026
OP	52	42	177	340	750	1077

*凝結遅延剤をC×0.1%添加した

キサー（容量 100l ）を用い、練り上り温度を測定した。養生温度条件は -5°C 、 5°C 、 20°C ならびに 35°C とし、湿度は -5°C 以外 R.H 80%である。コンクリート打設後すぐに各温度の恒温恒湿槽と室で所定枚数まで養生した。強度試験は 90×20 の円柱状試験体を図-1. 温度対ヒゲ位置を枚数ごとに試験に供した。長さ変化試験では $10\times 10\times 40\text{cm}$ の長方体でJET2本、UHP12本、OP2本、をそれぞれ小養長と定めインドレータ法により約3ヶ月間測定した。JETとOPについては厚さ 15mm の板を型枠として、内部温度とひずみを測定するため図-1に示した位置に熱電対とモールドゲージをセットして 30cm 立方試験体を作成した。



3. 実験結果と考察

コンクリートの練り上り温度を 30cm 立方試験体以外目標を 20°C としたがJETは 23°C であった。コンクリートは日数と共に増加し、その割合は養生温度によって大きく影響を受けることはよく知られている。日数あるいは時間（本実験では時間で表わす）と温度の積で強度を表わす場合一般にコンクリート強度が約 -10°C で一定に停止するところから次式によって表わしている。

$$M = \frac{t}{\theta} (\theta_0 + 10) \alpha \quad \text{ミニヒ} \quad M: \text{積算温度} \quad \theta_0: \text{コンクリート温度} \quad \alpha: \text{時間}$$

実験結果をコンクリート種類別に積算温度で整理し、それぞれ図-2、図-3、図-4に示した。これらの図は温度 20°C 、枚数28日における強度を基準とし、比で求めたものである。この時の強度はJET 98.2% 、UHP 99.7% 、OP 91.1% であった。図-2のOPでは 35°C までの養生で温度が高いほど水和反応速度も早く初期強度が大きくなる。しかし 35°C で積算温度 7×10^4 (D.R)以上の強度比は他の温度条件のものよりも若干小さい。図-3のUHPは枚数1日で強度比0.5で早強性を示し、温度 35°C で積

算温度約 5×10^4 (D・h)以上でOPとほぼ同じ傾向にあるがこれは、一曲線上に整理できるものと思われる。JETは積算温度 10^2 (D・h)程度で強度比0.4と速硬化を示した。しかし積算温度と強度において他のセメントを用いたコンクリートの場合より強度比にして0.15前後差を生じ必ずしも相関性は大きいとは云えない。温度 5°C で積算温度にして 10^2 (D・h)を過ぎた頃より強度比増加は著しく、他の温度要因での強度比を上回り何種で使用する場合の有効性を示した。

セメント種類別コンクリートと温度の違いが長さ変化に与える影響を図5に示した。コンクリート硬化初期からの長さ変化(ここは乾燥収縮とする)を測定するため若狭谷から求めたが、相対湿度80%と比較的高いため全体に乾燥収縮は少ない傾向にある。

養生温度 20°C でのコンクリート種類による収縮量は、UHPの場合又過までは下りな収縮を示すがそれ以後微増で3週間ではOPの75%である。これに対してJETはOPに較べて約50%と少ないが、これはセメント化学組成物の違いからコンクリート自体の緻密化による現われと思われる。温度 5°C におけるOPの収縮量は 20°C に較べて $\frac{1}{2}$ 以下であるが、原因として低温による硬化速度の遅延に由来がある。JETでは 5°C が 20°C より収縮量が上回ったことは、自己発熱で生ずる温度差によって膨張を果加した結果と考えられる。

発熱温度に関しては、供試体寸法、型枠の材質などによって熱伝導にかなりの違いを示し、ひいては保温ならぬと放熱効果に大きく影響するものである。ここで一例ではあるがJETとOPの発熱温度を経時変化による履歴曲線として図6に示した。標準養生のOPは12時間で最高 28°C (基準温度との差 8°C)に達し、JETでは急激に温度上昇し2時間で最高 40°C (温度差 17°C)に達した。 -5°C の場合OPは測定開始から下降し一時水和反応熱のため勾配が緩やかになる。一方JETは練り上り温度が 15°C と養生温度が低いため基準温度との差は 13°C であつたが履歴曲線ほぼ 20°C と似たような傾向を示しOPも含めてこの程度の供試体で約16時間で定温に近づくものと思われる。

4. あとがき

温度を 5°C 、 20°C 、 35°C とした水中養生についても実験を行なっているが、OP、UHPともに空中養生と較べ10~30%の増加を示した。JETでも 5°C 、 20°C では前者の強度増が示されたが 35°C では殆んど差はない。

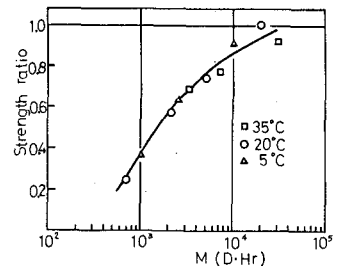


図2. OPの積算温度と強度比

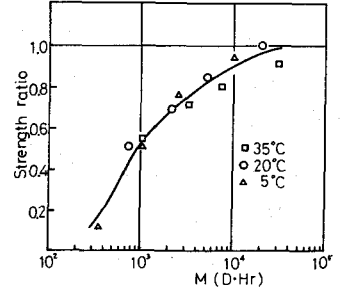


図3. UHPの積算温度と強度比

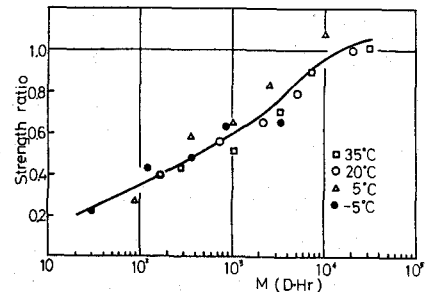


図4. JETの積算温度と強度比

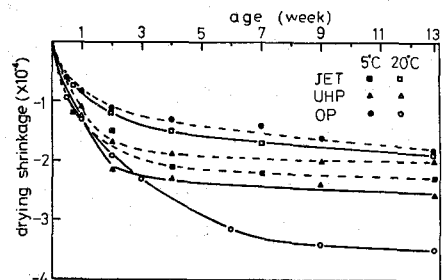


図5. 温度の違いが長さ変化に与える影響

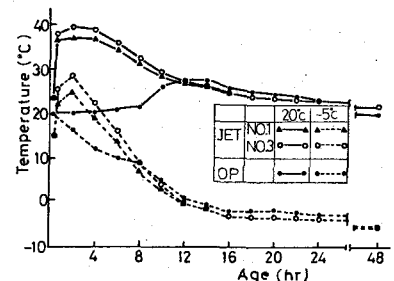


図6. 時日と発熱温度の履歴曲線