

コンクリートの圧縮強度に及ぼす初期養生温度の影響

宮崎大学工学部 正 員 中沢 隆雄

1. まえがき

コンクリートにとって、硬化の初期の段階で適切な養生を行うことが肝要である。特に、打設時から凝結を経て硬化がはじまる初期の段階にかけての養生温度は、コンクリートの強度発現に大きな影響を及ぼす。本研究では、打設後24時間、4種類の異なった温度で気中養生し、その後は所定の材令時まで20℃で水中養生した供試体について各材令時で圧縮強度を求め、初期材令時での養生温度の相違が圧縮強度に及ぼす影響を、セメントの水和率およびゲル空隙率と関連させて検討を加えたものである。

2. 実験概要

使用した普通ポルトランドセメントの比重は3.15であり、細骨材は表乾比重2.61、吸水率2.9%、粗骨材は表乾比重2.58、吸水率2.2%である。表-1に示す示方配合によるコンクリートを用いてφ10×20cmの円柱供試体を作製し、打設後24時間は、-15℃、5℃、20℃および35℃で気中養生し、その後はいずれも所定の材令時まで20℃の水中養生を行った。

表-1. 示 方 配 合

粗骨材の 最大寸法 (mm)	スラブ (cm)	空気量 (%)	水セメント比 W/C (%)	細骨材率 s/a (%)	単 位 量 (kg/m ³)			
					水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G
25	8	1.5	40	38	170.5	426.3	673.4	1086.7

水和率の測定は、結合水量を測定する方法を用いた。この方法は、加熱によって水和が進行したり、105℃の炉乾燥状態でも結合水の一部は失われるなど問題点もあるが、試験が容易であることから採用したものである。この場合、水和率は次のようにして求められる。すなわち、打設時の供試体重量を W_a 、所定の材令時で圧縮試験を実施した供試体を105℃で24時間乾燥した後の重量を W_b とする。示方配合における各材料の使用重量割合は、水7.2%、セメント18.1%、砂28.6%、砂利46.1%であることから、打設時に含まれていた水量は、

$$\{7.2 + (2.9/100 \times 28.6) + (2.2/100 \times 46.1)\} \times W_a / 100 = 0.0904 W_a$$
として求められ、結局、結合水量は $\{0.0904 W_a - (W_a - W_b)\}$ となる。

水1gはセメント4.35gを水和させることができるものとすれば、水和したセメント量は、

$$4.35 \{0.0904 W_a - (W_a - W_b)\} = 4.35 W_b - 3.96 W_a$$
であるから、水和率 α は次のように決定できる。

$$\alpha = (4.35 W_b - 3.96 W_a) / 0.181 W_a$$

また、Powersは、ゲル空隙率 X を考慮して、圧縮強度は X^3 に比例することを示している。そこで、本実験結果についても、ゲル空隙率と圧縮強度の関係を検討することとする。ここに、ゲル空隙率は、次のようにして求められる。セメントは水和して当初の体積の2.13倍になるとし、近似的にそれらすべてがゲルと考える。 C をセメントの重量、 V_C を比体積(単位重量あたりの体積、本例の場合 $1/3.15 = 0.318 \text{ ml/g}$)、 W を練り混ぜ水の体積および α を水和率とすると、セメントゲルの体積は、 $2.13 \alpha C V_C$ で、そのゲルは、 $C V_C + W$ の空間にて生成されたものであるから、結局、ゲル空隙率 X は、

$$X = 2.13 \alpha C V_C / (\alpha C V_C + W) = 0.677 \alpha / (0.318 \alpha + W/C)$$

として求められる。

3. 実験結果および考察

図-1に圧縮強度-材令関係を示す。この図から、初期養生温度が5℃のものが最も高い強度の伸びを示しており、35℃のものは材令7日以降ほとんど強度の伸びがないこと、さらには、-15℃で凍結を生じたものは、極端に強度が低いことがわかる。

図-2はセメントの水和率 α と材令の関係を示したものであり、また、図-3は、圧縮強度とセメントの水和率 α の関係を示したものである。さらに、図-4は、圧縮強度-ゲル空隙率 x の関係を示したものである。水和率-材令関係は、圧縮強度-材令関係と類似した形となっており、また、圧縮強度-水和率関係は、圧縮強度-ゲル空隙率関係と極めて類似した形を呈している。

これらの図および前記のゲル空隙率-水和率関係式から、水和率が一定の場合、ゲル空隙率が練り混ぜ水量によって決まり、それが強度に関する水セメント比の経験則を理論的に裏づけていることがわかる。また、材令の進行に伴う強度発現は、水和によって生成したセメントゲルがセメント粒子にとってかわるとともに体積増加により、ゲル空隙率が増加することによると考えられる。

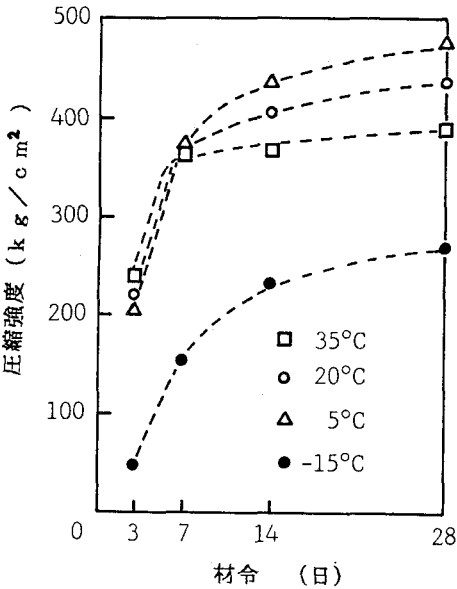


図-1 圧縮強度-材令関係

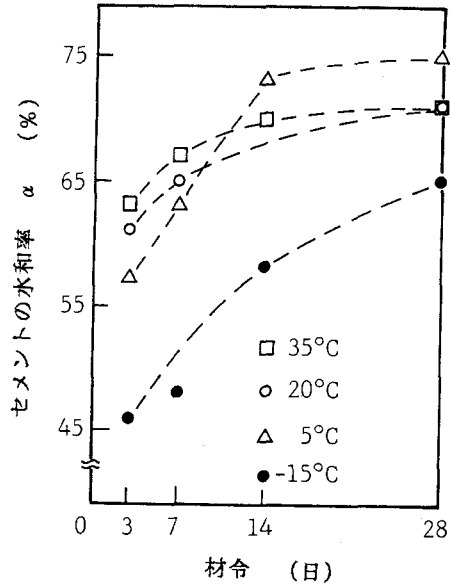


図-2 セメントの水和率-材令関係

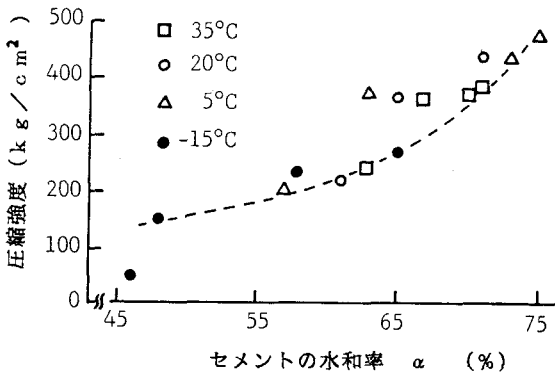


図-3 圧縮強度-セメントの水和率関係

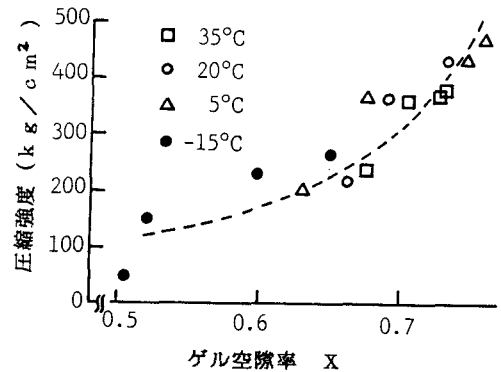


図-4 圧縮強度-ゲル空隙率関係