

微視的温度応力を受けるコンクリートの力学的性質

広島大学 正会員 田澤 栄一
 防衛大学校 正会員 南 和孝
 広島大学 学生員 ○寺西 修治
 (株)山陽工業 影山 智

1. まえがき 高温または低温の影響を受けるコンクリートは、セメントペーストあるいはモルタルマトリックスと骨材との熱膨張係数の相違により、両者の界面近傍で微視的温度応力が発生する。本研究は、このような微視的温度応力が、コンクリートの力学的特性に及ぼす影響を骨材岩種に着目して検討を行なった。

2. 実験概要 使用した骨材は、粗骨材としてホルンフェルスと石灰岩、細骨材としてこれらの砕砂および風化花崗岩系山砂を用いた。熱膨張係数の測定結果を表-1に示す。常温で製造した供試体を用い、内部温度が高温は約180℃、低温は-90℃に達したときに一軸圧縮荷重試験を行なった。また、高温履歴と低温履歴を受けたコンクリートの試験は、上記温度到達後、常温までもどして行なった。また、本実験では、温度の上昇および降下過程におけるコンクリートの微細ひびわれ発生状況を調べるためにAE測定を行なった。

表-1 モルタル・骨材・ペーストの熱膨張係数 (20~100℃)

	モルタル	骨材	ペースト
材 質	熱膨張係数	熱膨張係数	熱膨張係数
ホルンフェルス	13.85	7.70	
石灰岩	10.15	3.99	18.19
山 砂	13.07	8.90	

($\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)

3. 実験結果および考察 図-1、図-2

は微視的温度応力の最大値と高温下の圧縮強度比、弾性係数比の関係を示している。微視的温度応力は、J. Selsing の熱応力理論式を用いて求めたものである。この図より、微視的温度応力が大きいほど強度や弾性係数の低下が大きいことがわかる。高温域の場合、骨材の半径方向に引張応力が働き、骨材界面に沿って微細ひびわれが形成されると考えられる。したがって、微視的温度応力が大きい場合には、微細ひびわれ形成による内部構造の弛緩が大きく、そのことが低下につながったものと思われる。

図-3、図-4は、微視的温度応力の最大値と高温履歴後の圧縮強度比、弾性係数比の関係を示している。高温履歴後の場合には、高温下の場合に比べてさらに低下していることがわかる。温度降下過程では上昇時とは逆に骨材界面の接線方向に引張応

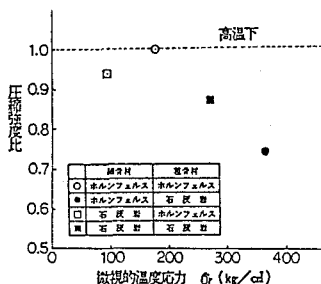


図-1 圧縮強度に及ぼす微視的温度応力の影響

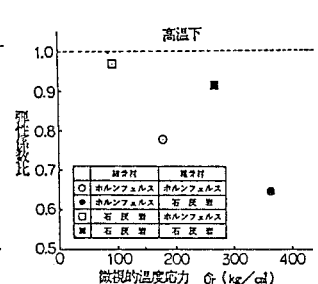


図-2 弾性係数に及ぼす微視的温度応力の影響

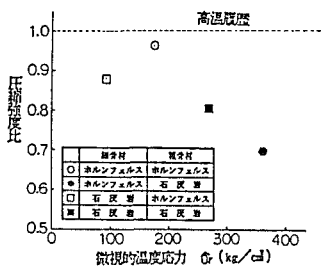


図-3 圧縮強度に及ぼす微視的温度応力の影響

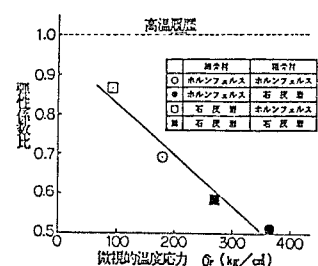


図-4 弾性係数に及ぼす微視的温度応力の影響

力が働き、これにより温度上昇時に生じた微細ひびわれの進展および連結が起り低下したものと思われる。

図-5、図-6は、接線方向の微視的温度応力の最大値と低温下の圧縮強度比、弾性係数比の関係を示している。低温域では、圧縮強度も弾性係数も常温に比べて増加している。これは、コンクリート内部の間隙水の凍結による空隙の減少などが考えられる。しかし、微視的温度応力が大きいほど圧縮強度、弾性係数の増加が小さくなっている。

図-7、図-8は、接線方向の微視的温度応力の最大値と低温履歴後の圧縮強度比、弾性係数比の関係を

示している。低温履歴後の圧縮強度と弾性係数は、常温に比べて低下を示している。これは、水の凍結膨張の影響による内部弛緩および微視的温度応力により低下したものと思われる。

図-9、図-10は、温度上昇および降下過程のAE測定の結果を示したものである。図より温度の上昇に伴ないAEカウントが増加し初め、微細ひびわれの形成が開始していることが予想できる。また、AEが急増する温度は粗骨材にホルンフェルスを用いた場合と、石灰岩を用いた場合で異なっており、最終的なAEカウント数を比べた場合、粗骨材に石灰岩に用いた方が多くなっている。さらに、このAE発生状況はそれぞれの骨材の組合せにより異なっており、微視的温度応力が影響しているものと思われる。

図-11は高温時、高温履歴後でのAEカウント数とそのときにおける弾性係数の関係を示している。図より弾性係数はAE発生数が多いほど低下が大きく、ほぼ線形な関係がみられる。

一方、図-12は高温時、高温履歴後でのAEカウント数とそのときにおける圧縮強度の関係を示している。図より、圧縮強度もAE発生数が多くなるほど低下する傾向は見られるものの、それぞれのコンクリートによるばらつきが大きく、また細骨材、粗骨材ともにホルンフェルスを用いたコンクリートでは、AEカウント数が多いにもかかわらず圧縮強度の低下がほとんどないことがわかる。ここで、コンクリートをモルタルと粗骨材の二相複合材料と考えた場合、比較的大きな微視的温度応力が生じていることになるが、コンクリートをセメントペーストと骨材の複合材料であると考え、細骨材、粗骨材ともに熱膨張係数の大きいホルンフェルスを用いたコンクリートの場合、セメントペーストと骨材の熱膨張係数差は最も小さくなる。つまり、ペースト相に発生する微視的温度応力が小さくなり、ペースト相と細骨材の界面には、ひびわれが最も少ないことが考えられ、圧縮強度の低下が少なかったことはこの点から検証されなければならない。

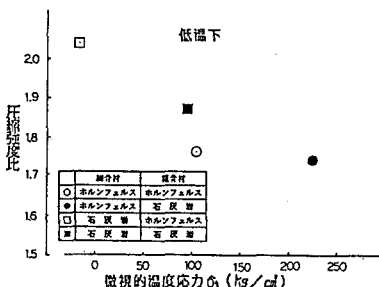


図-5 圧縮強度に及ぼす微視的温度応力の影響

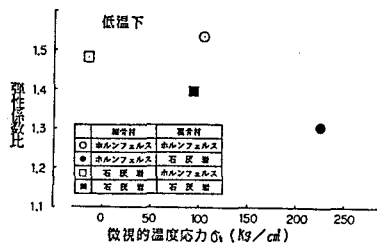


図-6 弾性係数に及ぼす微視的温度応力の影響

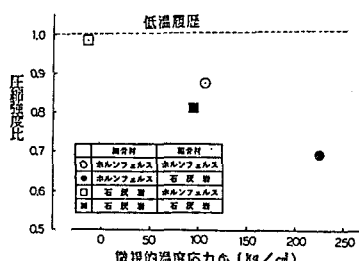


図-7 圧縮強度に及ぼす微視的温度応力の影響

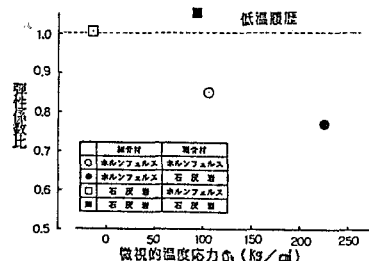


図-8 弾性係数に及ぼす微視的温度応力の影響

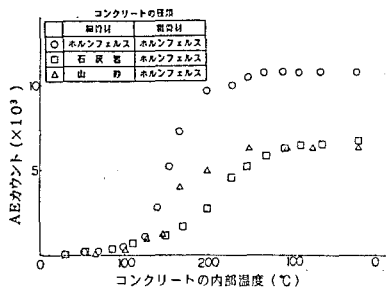


図-9 温度上昇および降下過程におけるAEカウント

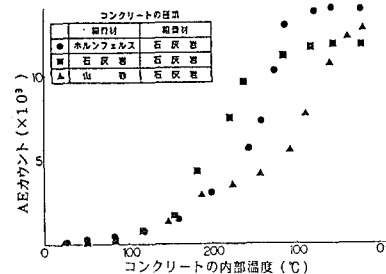


図-10 温度上昇および降下過程におけるAEカウント

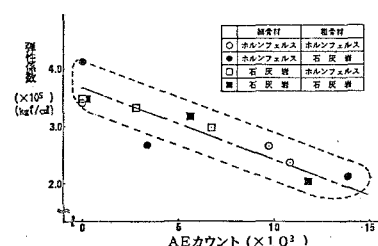


図-11 高温履歴過程でのAEカウントと弾性係数の関係

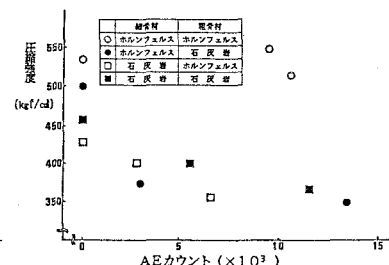


図-12 高温履歴過程でのAEカウントと圧縮強度の関係