

高温の影響を受けるコンクリートの変形特性

広島大学 工学部 正会員 田澤 栄一
防衛大学校 正会員 ○南 和孝
広島県庁 中本 勝
(株)計測リサーチコンサルタント 山本 晴成

1. まえがき 高温下におけるコンクリートならびに高温履歴を受けるコンクリートにおいては、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率の相違によって、両者の界面近傍で微視的温度応力が発生するため、コンクリートの熱的および力学的性質の変化を生じる可能性がある。本研究は、このような高温の影響によるコンクリートの力学的特性の変化について実験的に検討したものである。また、高温履歴を受けることによる内部微小欠陥の形成状況を検出するため、AE法を利用し、さらに、AEにより検出されるAEカウントと体積ひずみ曲線における変形特異点との関係についても検討を行なった。

2. 実験方法 本実験に使用した骨材は、粗骨材としてホルンフェルス 表-1 コンクリートの熱膨張率ス(膨張率: 8.34)および石灰岩(膨張率: 3.77)で、細骨材として、これら粗骨材の砕砂および風化花崗岩系山砂を用いた。高温におけるコンクリートは、常温から昇温速度10℃/hrで 200℃まで到達させ、コンクリートの内外部の温度差がほぼなくなった時点で圧縮载荷を行なった。また、高温履歴を受けたコンクリートの試験は、上記温度に到達後槽内温度を常温まで降下させ载荷を行なった。また、同種のコンクリートについて、高温の影響を受けていない常温のコンクリートの载荷試験も実施した。測定項目は圧縮強度、弾性係数およびポアソン比である。

3. 試験結果および考察 表-1 は各種コンクリートの熱膨張率を示している。コンクリートの熱膨張曲線は 100℃付近になると、モルタルの遊離水およびゲル水の消失による収縮の影響を受け、非線形的挙動を呈するようになる。したがって、表中の値は 100℃付近までの比較的線形な範囲での計算値である。コンクリートの熱膨張率は比較的大きな値を示しているが、このことは、次のような理由によると考えられる。表-2 はJ.Selsing によって提案された式を用いて、コンクリートのモルタルと骨材との界面に生じる微視的温度応力を計算したものである。モルタルと粗骨材との熱膨張率差の大きいものでは、非常に大きな引張応力が生じている。すなわち、熱膨張過程において微視的温度応力の影響による変形が、引張りひずみを大きくしているものと思われる。

次に、高温の圧縮強度に及ぼす影響について図-1に示す。常温における圧縮強度に比較すると、高温および高温履歴を受けた場合にはかなり小さな値となる。特に、高温履歴を受けた場合、温度上昇時には骨材の半径方向に、降下時には接線方向に引張の微視的温度応力を受けるため内部構造は大きく変化し強度低下は著しくなる。また、微視的温度応力の大きいコンクリートでは常温と高温あるいは高温履歴を受けた場合の圧縮強度の差は大きいことがわかる。すなわち、微視的温度応力の大きさに比例した内部欠陥の形成による強度低下が推察される。

粗骨材(岩種)	細骨材(岩種)	熱膨張率(×10 ⁻⁶)
ホルンフェルス	ホルンフェルス	12.09
	風化花崗岩	12.20
	石灰岩	9.14
石灰岩	ホルンフェルス	9.32
	風化花崗岩	9.33
	石灰岩	7.45

表-2 微視的温度応力

粗骨材(岩種)	細骨材(岩種)	応力
ホルンフェルス	ホルンフェルス	159
	風化花崗岩	154
	石灰岩	47
石灰岩	ホルンフェルス	294
	風化花崗岩	291
	石灰岩	181

(単位: kg/cm²)

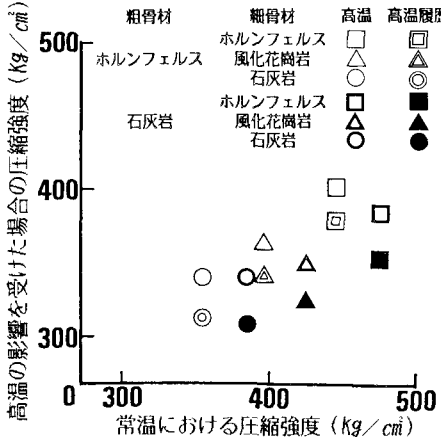


図-1 コンクリートの圧縮強度

図-3は常温、高温および高温履歴を受けた場合のコンクリートの応力-ひずみ関係を示している。常温の場合に比較して、高温、さらに高温履歴を受けた場合の応力-ひずみ関係は、等しい応力に対して、大きなひずみを示しており、特に、高温履歴を受けたコンクリートでは、その傾向はかなり大きいことがわかる。一方、表-3はコンクリートの弾性係数に関して、コンクリートの種類および高温の影響について検討したものである。常温の場合に比較して、高温の場合、その値はかなり小さく、さらに、高温履歴を受けた場合には、常温の約1/2にまで低下している。また、表-2に示されている中で微視的温度応力の大きいコンクリートでは、その傾向は非常に大きい。すなわち、圧縮強度の場合と同様に、温度上昇あるいは温度降下に伴って、モルタルと粗骨材との界面近傍に熱膨張率差に比例した微視的温度応力が発生し、界面付近に微視的欠陥を生じさせるため、外部応力による変形はかなり大きくなっているものと思われる。また、発生する微視的温度応力が大きいと考えられるコンクリートでは微視的温度応力による内部欠陥の総数あるいは寸法が大きくなるため、その傾向は著しくなる。

微視的温度応力による内部欠陥の形成状況を分析したものが、図-3および4である。これらの図はAE法におけるリングカウント法を用いて求めたAEカウント、また、縦および横ひずみより求めた体積ひずみと応力比との関係を示したもので、図-3は常温と高温履歴との比較、図-4は高温履歴を受けた場合について、細骨材および粗骨材の種類の影響について示したものである。図-3において、常温の場合、AEカウントは応力比約0.9から増加し始めているのに対して、高温履歴を受けた場合には、応力比約0.7付近から急増しその値も非常に大きいことが認められる。また、体積ひずみ曲線においても変形特異点を示す臨界応力が高温履歴を受けた場合には、かなり小さくなっている。すなわち、高温履歴を受けたコンクリートでは温度上昇および降下に伴って、内部の微視的欠陥が形成されるために、比較的低応力からエネルギーの大きいAE信号、すなわち、比較的大きなひびわれの形成および伝播が行なわれている。したがって、低応力比から体積ひずみ曲線の急変を生じる。一方、図-4では、コンクリートに使用された骨材の種類によって、AEカウント曲線および体積ひずみ曲線がかなり異なっている。これは、モルタルと骨材との熱膨張率差によって生じる微視的温度応力による界面近傍での内部欠陥形成の相違を示しているものと思われる。

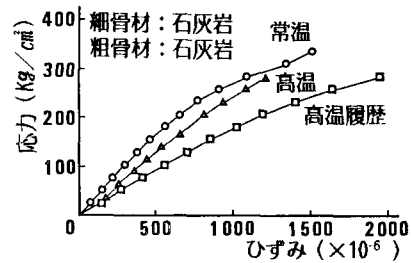


図-3 コンクリートの応力-ひずみ曲線

表-3 コンクリートの弾性係数

粗骨材(岩種)	細骨材(岩種)	常温	高温	高温履歴
ホルンフェルス	ホルンフェルス	3.41	3.14	2.32
	風化花崗岩	3.45	2.95	2.30
	石灰岩	3.47	3.22	2.38
石灰岩	ホルンフェルス	3.59	2.46	1.43
	風化花崗岩	3.51	2.58	1.60
	石灰岩	3.62	2.88	1.72

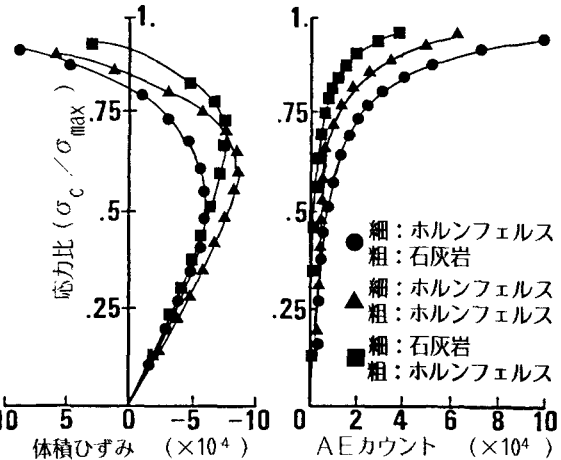
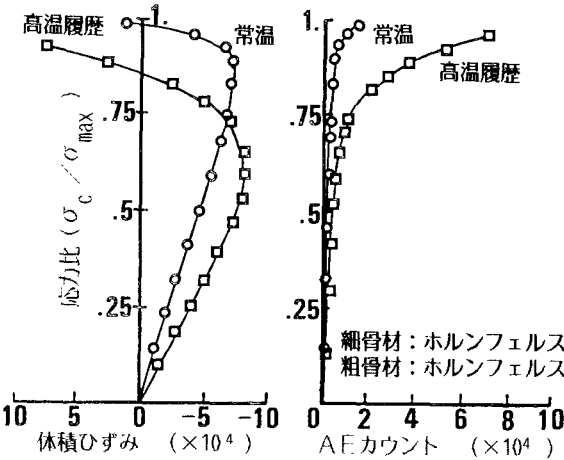


図-3 コンクリートのAE特性(高温の影響)

図-4 コンクリートのAE特性(骨材種類の影響)