

防衛大学校 正会員 ○南 和孝
正会員 加藤 清志

1. まえがき コンクリートに高温の履歴を与えた際に、温度上昇時にはコンクリート中の水分の脱水によって、多数の空隙が存在するようになる。さらに、温度上昇時および降下時にわたり、セメントペースト相と骨材相との熱膨張ひずみの差によって、骨材界面に微視的温度応力が発生する。この応力は、場合によっては両界面のマトリックス部分に微小ひびわれを発生させ、コンクリートの構造組織を変化させる。したがって、圧縮荷試験時には内部に発生した微小ひびわれおよび空隙を応力集中点としたひびわれの伸展ならびに変形の増大によって力学的性質は著しく変化する。本研究では、高温履歴を受けたコンクリートの圧縮荷過程における供試体内部の微小ひびわれ発生状況をアコースティック・エミッション(AE)法を用いて観測し、微小ひびわれ発生量と力学的性質との関係における加熱の影響について実験的に検討を行った。

2. 実験概要

2.1 使用材料 本実験で使用した供試体は表-1に示すとおりであり、ともに普通ポルトランドセメントを用いた。単一骨材コンクリートは供試体中にφ45×100mmの碎石用母岩(岩種:石灰岩)のコアを埋め込んだモデルコンクリートである。供試体は、10×10×20cmの角柱供試体であり、養生は20℃で2週水中養生した後、室温20℃、湿度50%で1週間空中養生し、試験を行った。

表-1 供試体種類および配合

供試体種類	W/C (%)	s/a (%)	単位体積重量 (kg/m ³)				スランプ (cm)	空気量 (%)
			W	C	S	G		
コンクリート	5.0	6.0	227	454	918	639	9.3	3.3
	5.0	4.0	197	394	641	1000	7.5	2.3
モルタル	5.0	2.0*	298	595	1190	-	18.2**	-
単一骨材 コンクリート	5.0	2.0*	298	595	1190	-	20.9**	-
セメント ペースト	5.0	-	566	1132	-	-	-	-

*S/C **フロー値 (cm)

2.2 加熱および荷重方法 養生が完了した供試体を高温槽内で毎時20℃の速度で加熱および冷却し、最大到達温度を200, 400および600℃として、最大履歴温度に到達後、供試体を室温まで冷却し、供試体全体の温度が安定した温度(約20℃)になった時点で、それぞれ圧縮荷試験を行った。加熱しない場合には常温で直ちに荷重試験を行った。さらに、図-1に示すAE検出装置を用いて、圧縮荷過程においてAE信号のRMS波の検出および破壊時までの累積AEカウントの測定を行った。

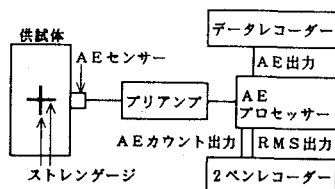


図-1 AE計測装置

3. 結果および考察

図-2はセメントペースト、モルタルおよび単一骨材コンクリートにおける最大履歴温度と圧縮荷時の累積AEカウントとの関係を示したものである。セメントペーストの場合には、最大履歴温度の増加に伴い、ほぼ一定の割合で累積AEカウントが増加していることがわかる。セメントペーストの場合には、加熱によるコンクリート中の水分の脱水のための空隙およびペーストクラックの存在がAE発生の原因であると考えられる。モルタルの場合には、累積AEカウントは最大履歴温度の上昇に伴い増加するが、同一最大履歴温度における値はセメントペーストの場合よりも小さい。これは、各最大履歴温度における重量減少率がセメントペーストの場合の方が大きく、脱水によって生じる空隙が少ないことによると考えられる。単一骨材コンクリートの場合には、他の場合と同様、最大履歴温度が高くなるほど累積AEカウントは増加するが、同一最大履歴温度におけるAEカウントの値は最も大きい。これは、セメントペーストおよびモルタル部分のひびわれの発生に、岩石コアの近傍に発生する付着ひびわれを起点とした微小ひびわれの伸展および拡大が加わったためである。

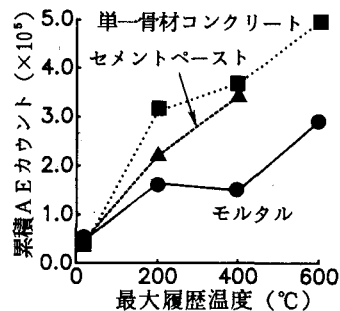


図-2 累積AEカウント~履歴温度

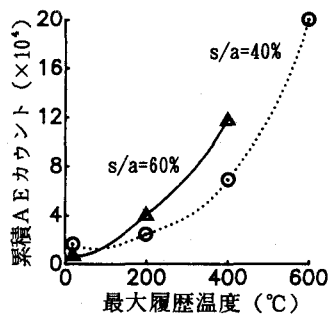


図-3 累積AEカウント～履歴温度

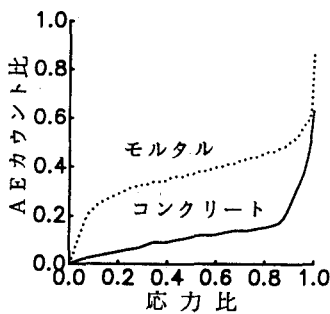


図-4 AEカウント比～応力比

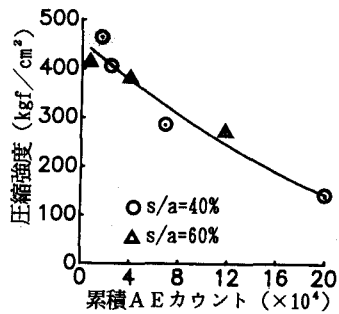


図-5 圧縮強度～累積AEカウント

図-3はコンクリートにおける最大履歴温度と圧縮荷時の累積AEカウントとの関係を示している。図より、履歴温度が高くなるほど累積AEカウント数は大きくなる。また、 $s/a=60\%$ の場合の方が同一最大履歴温度における累積AEカウント数は大きいことがわかる。これは、 $s/a=60\%$ の場合の方が加熱による重量の減少が大きいことから、載荷前に空隙が多く存在し、さらに、加熱および冷却によって微小ひびわれが形成されるモルタル部分が多いためであると考えられる。

図-4はコンクリートとモルタルとのAEの発生状況を比較している。コンクリートの場合には、載荷を開始すると徐々にAEが発生し、応力比が80%を越える付近からAEカウントが急増する。一方、モルタルの場合には、載荷初期からAEの発生量は多く、破壊直前に急増する。このことより、加熱および冷却によるモルタルの内部構造の変化は載荷時のAE発生に大きな影響を与えることがわかる。

図-5および6はそれぞれ圧縮強度および弾性係数と累積AEカウントとの関係を示したものである。図より圧縮強度および弾性係数と累積AEカウントとの関係は s/a および履歴温度に無関係に2次曲線で近似することができる。したがって、累積AEカウントの増加と圧縮強度および弾性係数の低下の間に強い相関性があることがわかる。

図-7および8は応力比と体積ひずみおよび累積AEカウントとの関係を示しており、それぞれ $s/a=60$ および 40% 場合である。履歴温度が高いほど比較的低い応力比からひびわれが発生し、累積AEカウントの急増点に対応する応力比は低くなる。また、体積ひずみの臨界応力点と累積AEカウントの急増点はほぼ一致し、微小ひびわれの増加に伴う供試体の急激な体積膨張が推察される。

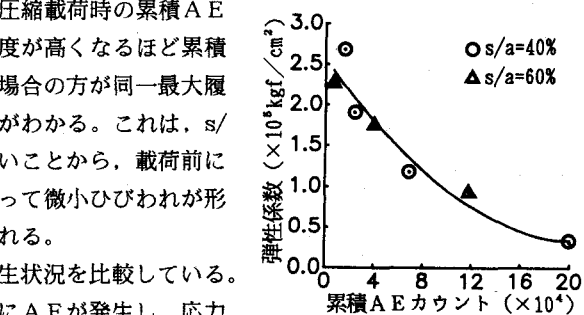


図-6 弾性係数～累積AEカウント

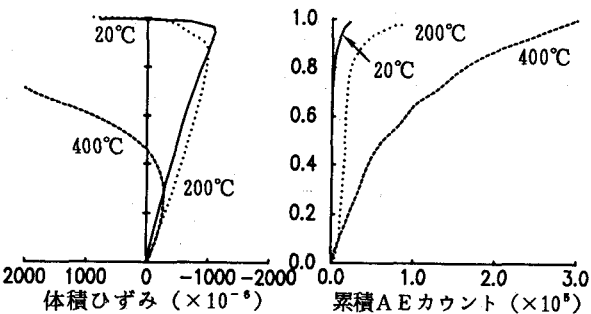


図-7 応力比～体積ひずみ・累積AEカウント ($s/a=60\%$)

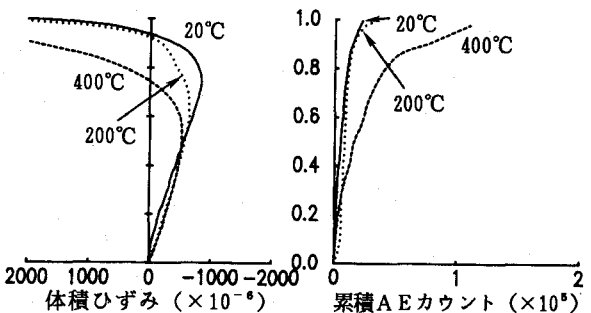


図-8 応力比～体積ひずみ・累積AEカウント ($s/a=40\%$)

4. まとめ 高温履歴を受けたコンクリートは、加熱および冷却の際のセメントペースト、モルタルおよび粗骨材近傍での微小ひびわれの形成によって、圧縮荷時の微小ひびわれの伸展・拡大が生じ、圧縮強度および弾性係数は低下し、これらの関係は累積AEカウント数の増大と強い相関性があることが明らかとなった。