

(V-37) コンクリートの複合材料的視点からみたAE特性と物性に関する研究

防衛大学校 学生会員 ○ 杉原正典
正会員 南 和孝
正会員 加藤清志

1. まえがき

コンクリートは加熱の温度履歴を受けることにより、コンクリート中のモルタルマトリックスと粗骨材界面との熱膨張ひずみの差によって、この界面に微視的溫度応力が発生する。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、圧縮載荷試験時には内部に発生して微小ひびわれを起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ことがわかっている。本研究では、高温履歴を受けたコンクリートの圧縮載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基礎的に検討を行った。

2. 実験方法

2.1 使用材料 本実験では普通ポルトランドセメントを用い、 $W/C = 50\%$ 、スランプ8cmで $s/a = 60\%$ および $s/a = 40\%$ の2種類とした。供試体は、 $10 \times 10 \times 20$ cmの角柱供試体であり、養生は20℃で2週間水中養生した後、室温20℃、湿度50%で1週間空中養生した。

2.2 加熱および載荷方法 養生が完了した供試体を高温槽内で毎時50℃の速度で加熱および冷却をし、最大到達温度を200, 400および600℃とし、加熱しない場合は室温で直ちに、また、加熱した供試体は室温まで冷却し、供試体全体の温度が安定した温度になった時点で、それぞれ圧縮載荷試験を行った。供試体には載荷方向と直角方向にひずみゲージを貼り付け測定したひずみより弾性係数および体積ひずみを求めた。さらに、図-1に示すAE検出装置を用いて、圧縮載荷過程におけるAEのRMS波の検出および破壊時までのAE累積数を測定した。

3. 結果および考察

図-2は最大履歴温度と圧縮強度残存率および最大履歴温度と弾性係数残存率との関係を示したものである。ここで、残存率とは200, 400および600℃の各履歴温度段階での圧縮強度および弾性係数を常温時の値を基準(1.00)とした比率で表した。図より最大履歴温度の増加に伴い圧縮強度および弾性係数はともに低下しており、この事実は履歴温度の増加によってコンクリートの構造組織の弛緩の増大に起因していることがわかる。 $s/a = 60\%$ と40%の場合ではともに、圧縮強度および弾性係数は線形的な低下の傾向を示すが、同一最大履歴温度における圧縮強度および弾性係数の低下率は $s/a = 60\%$ の場合のほうがやや大きい。これは、ペーストマトリックス濃度を一定としているので粗骨材材料が少ない方が構成材量間の熱膨張量の差が大きくなり、微視的溫度応力の発生による微小ひびわれの発生量が大きくなったためと考えられる。

図-3は最大履歴温度と応力比70%における累積AEカウントとの関係を示しているが、履歴温度が高くなるほど累積AEカウント数は大きく、コンクリート内部における微小ひびわれ発生量が多いことがわかる。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カウント数は大きく、上述した理由が明確に現れていることがわかる。さらに、重量減少率の測定結果からは $s/a = 60\%$ の場合の方が温度

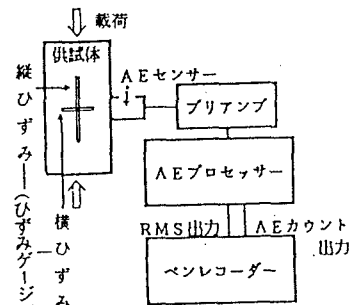


図-1 AE検出装置概図

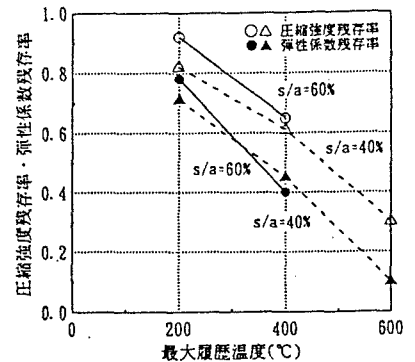


図-2 最大強度残存率・弾性係数残存率と最大履歴温度との関係

上昇に伴う重量減少が大きく、コンクリート中の毛管水ならびにゲル水の脱水も重要な要因であると考えられる。

図-4および5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 および履歴温度の大きさに無関係に以下に示すような2次曲線で近似することができる。

圧縮強度と累積AEカウントの関係

$$\sigma_c = 2.452 \times 10^{-9} C^2 - 2.04 \times 10^{-3} C + 455 \quad (\gamma = 0.96)$$

弾性係数と累積AEカウントの関係

$$E_c = 4.78 \times 10^{-6} C^2 - 2.07 C + 2.55 \times 10^5 \quad (\gamma = 0.94)$$

σ_c : 圧縮強度(kgf/cm²), E_c : 弾性係数(kgf/cm²), C : 累積AEカウント

図-6および7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たものであり、それぞれ $s/a = 60\%$ および 40% の場合である。最大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始め、累積AEカウントの急増点、すなわち急激なひびわれ発生を生じる応力比は低くなる。また、体積ひずみの比例限度¹⁾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い供試体体積が急激に膨張することがわかる。以上により、最大履歴温度が高いほど微視的温度応力の発生に伴う微小ひびわれ形成は大きく構造弛緩の原因となり、これらの微小ひびわれを起点とした微小ひびわれの伸展が累積AEカウントの急増ならび臨界応力比の低下を引き起こしているものと考えられる。

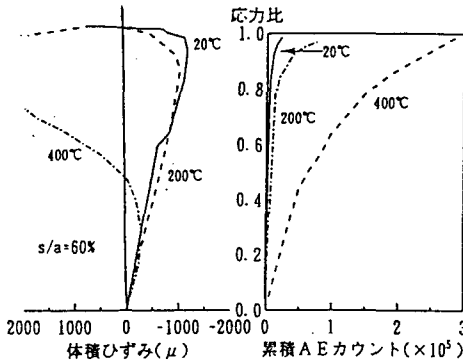


図-6 応力比と体積ひずみ・累積AEカウントとの関係

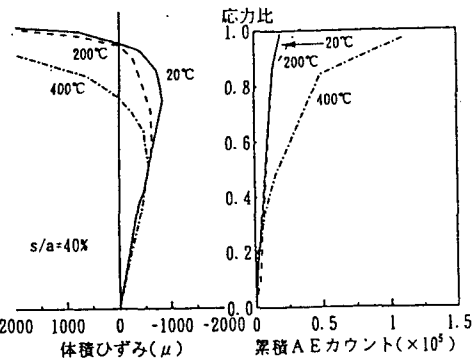


図-7 応力比と体積ひずみ・累積AEカウントとの関係

4. まとめ

高温の履歴を受けたコンクリートは、加熱の際の微小ひびわれの形成等によるコンクリートの構造組織の変化により、圧縮強度および弾性係数は低下し、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。さらに変形特異点の低下と累積AEカウントの急増点はほぼ一致する。

〔参考文献〕

- 1) 加藤清志: プレーンコンクリートの微小ひびわれと物性評価, 土木学会論文報告集, 第208号, 1972. 12.

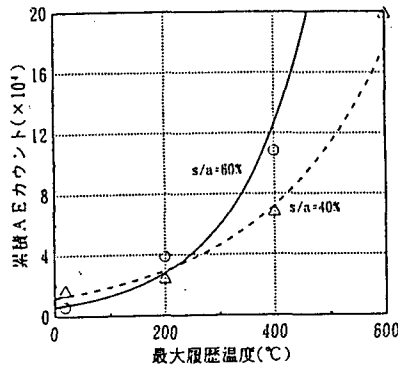


図-3 累積AEカウントと最大履歴温度との関係

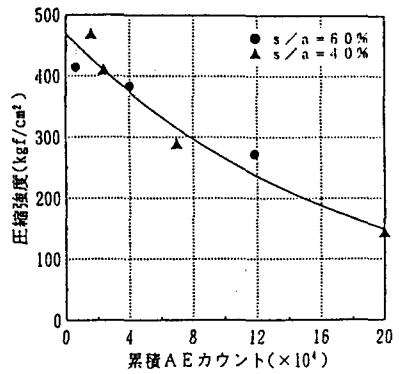


図-4 圧縮強度と累積AEカウントとの関係

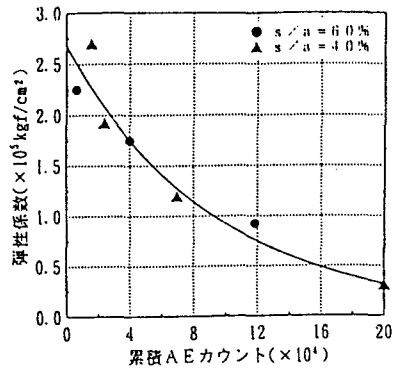


図-5 弾性係数と累積AEカウントとの関係