

応答スペクトルとA Eによる曲げ疲労を受けるRC梁の劣化度評価について

九州東海大学 学生会員 山本直樹

九州東海大学 正会員 坂田康德

1.はじめに

近年、コンクリート構造物の耐久性の欠如が大きな社会問題となっており、既設構造物の維持管理が重要な課題となっている。コンクリート構造物の劣化要因は色々考えられるが、中でも急激な車両交通の増加は道路橋において深刻な問題であり、重交通量の増加に伴う橋梁部材の疲労劣化は重大事故に繋がりがかねない危険性をはらんでいる。このような事故を未然に防止し安全性を保持するためには、疲労を受ける構造物の疲労劣化度と余寿命の予測が重要、不可欠と考えられる。本研究は、超音波スペクトロスコピー法とA E法を用いてコンクリート構造物の疲労劣化度を評価するために、鉄筋コンクリート(RC)部材による繰り返し曲げ疲労試験を行い疲労劣化度評価の可能性を検討したものである。

2.実験及び解析の概要

実験に使用したRC梁供試体は、幅15cm、高さ20cm、長さ120cm、主鉄筋として直径13mmの異形鉄筋(SD295)を2本及び8番線のスターラップを10cm間隔で配置したものである。図-1は、本実験に使用した梁供試体の形状寸法及び鉄筋配置状況を示している。なお、梁の製作に使用した普通コンクリートの配合条件及び特性値は水セメント比60%、スランプ12cm、圧縮強度約316kgf/cm²である。

梁の繰り返し曲げ疲労試験は図-2に示すような単純梁の中央軸対象の2点荷重とし、その繰り返し荷重の最大値は梁の静的破壊荷重の85, 75, 65 (%)とした。応答スペクトルの測定とA E計測は、図-2中の(a), (b), (c)に示すように梁に取り付けた3対(6個)のA Eセンサを用いて所定の荷重繰り返し回数(0, 千, 5千, 1万, 5万, 10万, 50万, 100万, 150万, 200万)毎に行った。A E計測では、図-2(a)で所定の繰り返し回数付近での単位時間(1分間)当たりのA Eカウント数と、部材軸方向の1次元A E発生源位置評定を行った。A E計測では疲労試験機からの雑音を除去するため敷居値を74 dBとした。応答スペクトルの測定では、図-2(b), (c)において繰り返し曲げ疲労に伴う梁圧縮部のコンクリートの材料劣化や梁引張り部でのひび割れ発生、鉄筋とコンクリートの付着離れ等が応答スペクトルに及ぼす影響を調査した。測定した応答スペクトルの周波数領域は圧縮部で0~50, 50~150, 150~400(kHz)間、梁引張り部で0~50(kHz)間とした。応答スペクトルの測定では発信電圧及び受信増幅率を一定にして荷重を除荷して行った。

3. 結果及び考察

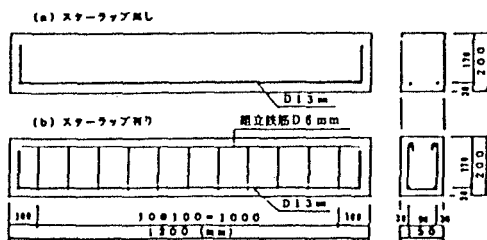


図-1 使用した供試体(梁)の種類とその寸法

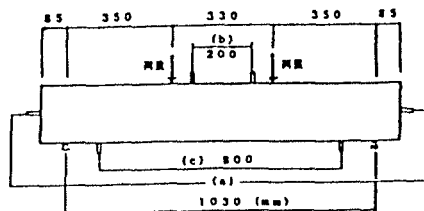


図-2 支点、載荷点及びA Eセンサの配置状況

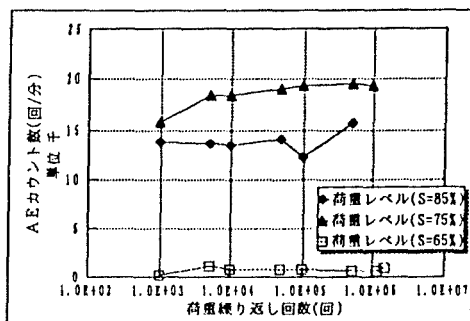


図-3 疲労試験過程における単位時間(分)当たりのカウント数の変化状況

図-3は、荷重繰り返し回数の増加に伴って発生する1分間当たりのA Eカウント数の変化状況を示している。単位時間当たりのA Eカウント数は、荷重レベル75%, 85%, 65%の順に小さくなっているが、これは供試体へのA Eセンサー取り付けに伴う接着の良否の影響が大きいと考える。荷重繰り返しの初期(千回付近)においては比較的小さく、荷重繰り返しがある程度進んだ中期(1万~10万回付近)において若干上下しているが、横這いまたは増加の傾向で推移し、さらに疲労が進むと破壊近傍でA E発生数が増加に転じる傾向にあることが判る。

図-4は、部材軸方向の1次元A Eロケーションの一例を示している。梁のひび割れ発生位置とA Eロケーション分布の関係は相対的にほぼ一致しているようであるが、ひび割れのない部分でもかなりのA Eが発生しているのが判る。これは、鉄筋の伸縮に伴うコンクリートとの摩擦やコンクリート圧縮部における微小破壊の影響、支配的ひび割れの発生に基づく位置評定の機械的誤差、の影響等が考えられる。

図-5はコンクリート圧縮部表面における荷重繰り返しの増加に伴う周波数領域0~50(kHz)間の応答スペクトルの一例を示している。応答スペクトル振幅は荷重繰り返しの増加に伴って次第に小さくなるのが判る。これは荷重繰り返しの増加に伴って圧縮部コンクリート内部に微小ひび割れが増加し超音波が伝播しがたくなるためと考えられる。

図-6は、荷重繰り返しの増加に伴う梁圧縮部の平均ひずみと1分間当たりのA Eカウント数の変化状況を示している。若干上下する部分もあるが、ひずみが大きくなるにつれてA Eカウント数も多くなってきているのが判る。今後の疲労試験の一つの指標として使っていくつもりである。

4. 結論

以上のことから、次のような結論が得られる。1)梁の疲労過程における単位時間当たりのA E発生数は初期において比較的小さく、中期において横這いまたは若干増加の傾向で推移し、疲労が進むにつれて次第に増加の度合いが大きくなる。2)梁の1次元A Eロケーション分布はひび割れの位置とほぼ一致する。3)疲労過程における部材の応答スペクトルには、疲労の影響と考えられるスペクトル振幅やピーク周波数の変化がみられる。4)これらより、A E特性や応答スペクトルを用いて疲労を受けるRC部材の劣化度評価が可能であると考えられる。最後に、本研究を行うに当たって共に努力していただいた大石氏、小佐妻氏にたいし、ここに記して感謝いたします。

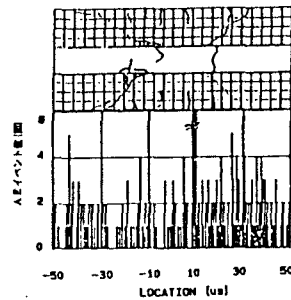


図-4 梁に生じたひび割れとA Eロケーションの関係の一例

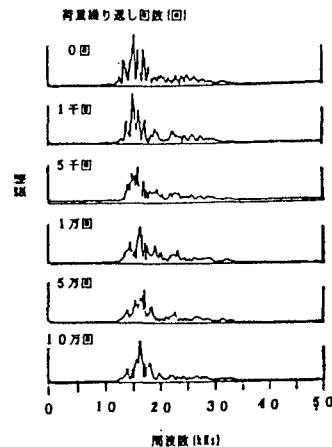


図-5 疲労過程における梁圧縮部の周波数領域0~400kHz間の応答スペクトル変化状況の一例

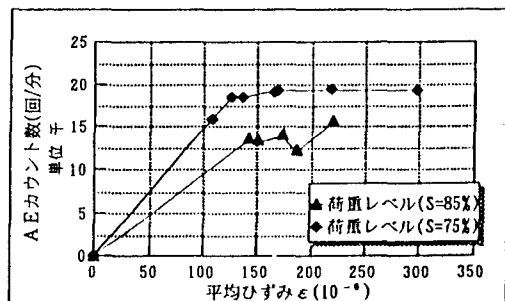


図-6 疲労過程におけるA Eカウント数と平均ひずみの関係の一例