

○武蔵工業大学 学会員 石川 善信
武蔵工業大学 正会員 小五 克巳

1. はじめに

近年、鉄筋コンクリート梁およびプレストレストコンクリート梁の疲労に関する研究が多く行なわれているが、無筋コンクリートの曲げおよび引張の疲労に関する研究報告は極めて少ない。そこで本研究では、これらについての基礎資料を得るために、長方形供試体について曲げ疲労試験、円柱形供試体について引張疲労試験を行ない、それぞれの場合における疲労強度を求め、それらの結果に基づきコンクリートの疲労性状について論じたものである。

本研究において、國分正典教授より多大の御指導を賜わった。ここに厚く御礼申し上げます。

2. 実験概要

本実験に用いたコンクリートの配合を表-1に示す。供試体の養生は、脱型後直ちに20℃の水中養生を行ない、試験は材令28日以後に行なった。

曲げ供試体は、15×15×55 cm (支間45 cm)

の長方形梁を使用し、試験は3等分点2点載荷とした。引張供試体は、φ15×20 cmの円柱形供試体を使用し、引張試験は割裂試験によった。引張試験において載荷に伴ない、荷重が縦横両方向共に偏心しない様に十分な注意を払った。

試験には、サーボバルサ型万能疲労試験機を用いた。繰返し載荷速度は毎分300回とし、所定の繰返し回数毎に機械を停止して、上限応力まで静的載荷試験を行ない、曲げ試験では載荷点間底面部のひずみ、引張試験では供試体両端面中央部のひずみをワイヤストレーンゲージを用いて測定した。200万回の繰返し回数で破壊しなかつたものは、その時点で静荷重試験を行なった。下限応力比は、静的強度に對して、曲げ疲労試験は7%、引張疲労試験では4%とした。

コンクリートにひびわれが発生する時期の判定は、目視では殆んど不可能であるので、コンクリートに貼付されたワイヤストレーンゲージのひずみから推定し、更にAcoustic Emission (以下AEと略す)法からも、ひびわれ発生を推定した。AEセンサーは、曲げ供試体には底面中央部の位置に、引張供試体には端面中央部より上方3 cmの位置にそれぞれ装置した。

3. 実験結果および考察

上限荷重載荷時のコンクリートの曲げ応力度および引張応力度と静的強度の比を応力比として縦軸に、繰返し載荷回数を横軸に採ったグラフを図-1に示す。載荷回数と応力比とは直線関係にあり、その200万回疲労強度は、曲げ疲労試験で63%、引張疲労試験で62%であった。この図より、曲げ疲労強度と引張疲労強度とは、極めて近似する事が明示されている。

この事より、養生条件・材令・強度・応力振幅・載荷速度等により影響されると思われる。今後一層の検討を必要とするが、無筋コンクリートの疲労強度は、荷重モードが曲げ引張・引張と異っても本質的には同じである事を示唆するものと思われる。

コンクリートの曲げ疲労試験において、上限応力比60%の時、40万回で側面ほぼ中央部にひびわれが発生

表-1 コンクリートの配合

セメント	スランポ (cm)	粗骨材の 最大寸法 (mm)	水セメント比 (%)	単位水量 (Kg)	細骨材率 (%)
普通ポルトランドセメント	8	20	45	195	42

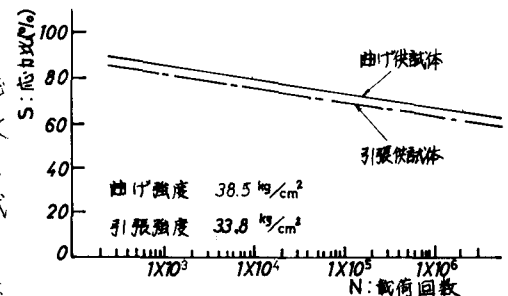


図-1 上限応力比と載荷回数との関係

し、その後ひびわれはあまり進展せず、載荷回数100万回を越えても疲労破壊しなかった。この事は、ひびわれの拡大を粗骨材粒が妨げているものと考えられる。この事を更に検討するために、特に15×15×55cmのモルタル供試体について静荷重試験および疲労試験を行なった。

モルタルおよびコンクリートの曲げ強度試験における、AE発生頻度と静的強度に対する応力比との関係を図-2に示す。先ずコンクリートによる試験結果を観察すると、応力比20%前後において始めてAEがカウントされた後、応力比約50%および70%でAEカウント数の急激な増加がみられた。モルタルの試験結果は、コンクリートと著しく相違している。応力比50%程度までAEの発生が見られず、85%程度から急に増加し破壊に至った。これらは、細骨材粒が小さいために細骨材下面に生ずるフリージング水による悪影響が少なく、細骨材粒とセメントペーストとの付着が良好であるためマイクロクラックの発生は遅く、発生後は急速に発達してひびわれとなり破壊に至ったのである。

次に、上限応力比70%前後で曲げ疲労試験を行なったコンクリートおよびモルタルの試験結果を図-3,4に示す。コンクリートの場合、最初に上限応力比まで静的載荷した時すでに、AE波が発生し内部にマイクロクラックが生じており、疲労開始と同時にマイクロクラックは発達しひびわれとなりその後破壊に至った。モルタルの場合、上限応力比までの静的載荷では殆んどAE波は発生せず、疲労破壊する少し前でAE波が頻発してマイクロクラックが発生し、ひびわれ発生とほぼ同時に破壊した。

次いで、図-4に曲げ疲労試験において、コンクリートおよびモルタルの応力比と載荷回数との関係を示す。モルタルの場合も応力比と載荷回数とは直線関係にあり、200万回疲労強度は62%となり、コンクリートの200万回疲労強度63%と1%程度の差しか認められなかった。この事は、コンクリートの場合低応力時にAE波の発生がみられる事よりマイクロクラックが発生したと考えられる。これはモルタルに比べ骨材粒が大きく粗骨材下面に生ずるフリージング水の影響を受け低応力時に付着ひびわれが生じたのである。マイクロクラックが生じてモルタル供試体と疲労強度に差がみられなかったのは、高サイクル繰返し試験において粗骨材粒のかみ合せの影響でひびわれ拡大を妨げているものと思われる。

4. むすび

コンクリートの200万回における曲げ疲労強度および引張疲労強度は、それぞれ63%、62%と概ね一致する事、コンクリートやモルタルの疲労強度は、それらの静的強度の比として表わせばおおむね同じである事、マイクロクラックが発生してから破壊に至るまでの過程がコンクリートとモルタルでは相違する事が認められた。この原因は、繰返し速度、粗骨材のかみ合せ等の影響によるものと思われる、更に一層の検討を重ねたい。

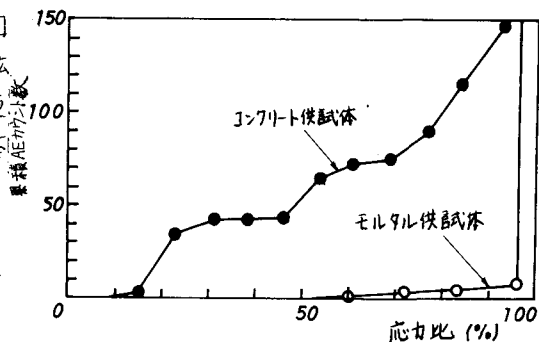


図-2 曲げ静荷重試験における応力比とAE発生頻度との関係

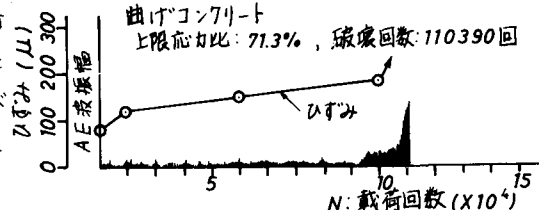


図-3 疲労試験中におけるひずみおよびAE波発生状況

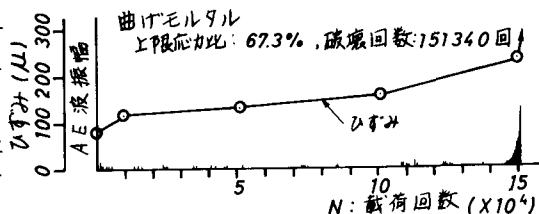


図-4 疲労試験中におけるひずみおよびAE波発生状況

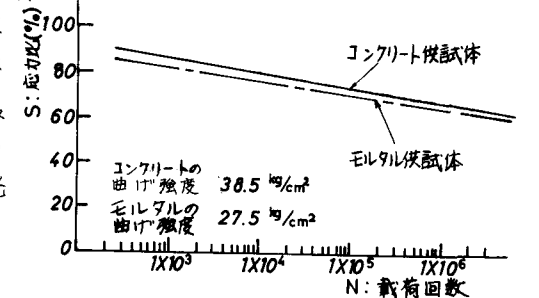


図-5 曲げ疲労試験における上限応力比と載荷回数との関係