

防大土木教室 正員 加 藤 清 志

防大土木教室 正員○近 江 雅 夫

1. まえがき

著者らはプレーン コンクリートのひびわれ機構に関して微視的観点から一連の基礎的研究^{1)~3)}を行なってきたが、今回はくり返し曲げ疲労荷重を受けるプレーン コンクリートばりのき裂の発生と伝播について実験・考察し、RCばりの耐力低下の解明の基礎的研究である。曲げ疲労を受けるコンクリートのマイクロ クラックの挙動についての共通的な結論の要点⁴⁾は次のようである。たとえば、Jones, R. や Kaplan, M. F. らによれば、コンクリート中の多数の潜在クラックは、初期の疲労荷重段階においてあたかも呼吸しているかのように開閉しており、直接伝播はしないという。また、Glucklich, J. は疲労荷重下で破壊を誘発するための臨界クラック長さは静的応力状態の臨界ひずみエネルギー増加率から算出されるクラック長さと一致すると述べている。最近の報告⁵⁾によれば、圧縮荷重中のコンクリートにおいて気泡殻き裂はモルタルき裂の起点ともなり、モルタル・ボンド・骨材き裂とともに非回復性の残留ひずみの大きな要因となる。骨材き裂は僅少であり、ボンドき裂やモルタルき裂らは臨界応力比以上で卓越する。モルタルき裂は一種のボンドき裂であるが、その発生タイプは ①細骨材界面の劈開 ②気泡殻き裂による誘発 ③粗骨材界面の劈開 ④骨材粒子間の圧裂作用等である。本報告では曲げ疲労荷重中のプレーン コンクリートばりのクラックの発生と伝播について報告する。

2. 実験方法

1) 供試体の作成 セメントは普通ポルトランドセメントで比重3.16、粗骨材は川砂利で比重2.65、粗粒率6.67、最大寸法20mm、細骨材は川砂で比重2.56、粗粒率2.41を使用した。セメント：砂：砂利の配合重量比は1：2：4で、水セメント比を55%とし、潜入空気量は1.3%、スランプは1.7cmであつた。混練にはアイリツヒ形ミキサ（容量：約40ℓ）を用いた。まだ面まらないコンクリートを100×100×420mmの型枠に填充し、テーブルバイブレーターで振動締め固めした。表面を顕微鏡観察するために28日間の標準養生後ダイヤモンドカッターで長手方向に切断し、2個の供試体とした。寸法は47×100×420mmで、計16本作成した。約1ヶ月間室内に静置し、気乾状態としてから、ひずみ分布を調べるために有効長67mmの抵抗線ひずみゲージを9枚貼付した。

2) 載荷・ひずみ測定・顕微鏡観察 供試体16本のうち荷重レベル決定用として3本に静的曲げ試験（3等分点載荷法）を行ない、その終局曲げ強度の平均値（ σ_{bu} ）を0.2、0.3、0.4、0.5、0.6、0.8倍した6段階の荷重レベルでくり返し曲げ疲労試験を行ない、S-N線図を作成した。また、顕微鏡観察用供試体の初断面のうち中央部分60mm（60×100mm）について広視野形実体顕微鏡（60X）により、各の荷重レベルごとにひびわれ状況を観察・写真撮影した。載荷は曲げ疲労試験機（疲労振動致の範囲：338～1350rpm）を使用し、ひずみの計測は動ひずみ測定器と直視式オ

シログラフにより、また、モニター用としてデュアルビームシンクロスコープを連結して記録・観察した。それらの装置を写真-1に示す。

3. 実験結果と考察

図-1は静的載荷状態での曲げ応力-ひずみ線図、図-2はS-N線図、図-3はくり返し荷重状態での荷重レベル $0.85\sigma_{bu}$ 、サイクル数525回目におけるストレインブロックである。図-4は曲げ破断時までに発生したき裂(ボンド、モルタル、骨材、き裂気泡殻)の分布図であり、図-5はそのクラッキングマップである。図-6は荷重レベル $0.85\sigma_{bu}$ において各サイクルレベルでのき裂の構成比率を示したものである。図-6に示すように載荷前にもすでに乾燥収縮によると思われる微細なひびわれが破断時のひびわれ量の約60%も存在しており、終局強度近傍($0.85\sigma_{bu}$ 、 $0.9\sigma_t$ 、ただし σ_{bu} :静的曲げ終局強度、 σ_t :破断までの総サイクル数)ではそれが約90%に達する。しかし、破断時でも終局近傍に比べ10%程度の増加を示すのみである。ブレースコンクリート圧縮載荷に比し、引張伸び能力は $1/10$ のオーダーであるので曲げに対する塑性変形は極めて小さい。したがって、ぜい性破壊的にひびわれは進行するが、引張側の構造欠陥部分に応力集中を起こし、あるいはまた、ぜい弱なリンク部分がひびわれの起点となつている。それら起点としての気泡殻や骨材界面などがモルタルき裂により補渡しされ、連続きれつが瞬間的に起こり破断するものと考えることができる。破断面近傍以外の部分ではあまり大きく組織は破壊されず、ひびわれの増加率は圧縮載荷の場合に比し顕著ではなく、ひびわれ成長の様相は若干異なつていようである。また、破断面近辺を観察すると、連続き裂が骨材粒子界面からモルタルマトリクスに貫入する点とか、モルタルき裂がぜい弱な細骨材粒子に遭遇して枝分かれし、ぜい性的な破壊の特徴が見られる(写真-2)。モルタルの破断は骨材粒子間距離が最小となるところで生じている。終局強度近傍($0.85\sigma_{bu}$ 、 $0.9\sigma_t$)で生じたクラックの伝播方向は垂直応力度にほぼ直交して走るものが全体の約70%であつた。また、破断面以外では孤立のき裂が連続き裂に発展した例はあまり見られなかつた。

4. むすび

曲げ疲労き裂の発生は終局近傍($0.85\sigma_{bu}$ 、 $0.9\sigma_t$)で、潜在き裂の約1.6倍、破断時において約1.7倍であり、破断面以外では終局近傍から破断までに顕著な増加は見られない。また、気泡殻総数34個のうち無載荷の状態では約56%のき裂気泡殻が存在し、終局近傍では約71%となり写真-3からもわかるように、このきれつが起点となつてモルタルき裂が成長しているのが観察される。破断面近辺では、骨材界面から分岐して成長するモルタルき裂が特徴的である。き裂の成長方向が垂直応力度にほぼ直交するき裂においては、ボンドき裂が最も大きい。

5. あとがき

本実験を行なうに当たり終始助力をいただいた防大土木工学教室 荻野雪男氏に感謝する。

6. 参考文献

- 1) 加藤清志；ブレンコンクリートのひびわれ発生機構について、コンクリート・ジャーナル、Vol. 6、No. 5、43. 5.
- 2) 同；モルタル中の気泡きれつと増加、同、Vol. 7、No. 2、44. 2.
- 3) 同；ブレンコンクリート中のマイクロクラックと物性、土木学会論文報告集、第188号、46. 4.
- 4) K.D.Raithby and A.C.Whiffin；Failure of Plain Concrete under Fatigue Loading - A Review of Current Knowledge, RRL Report LR231, 1968.

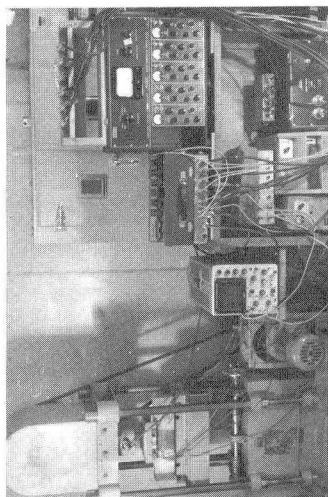


写真-1



写真-2



写真-3

