

防大土木工学教室 正員 加 藤 清 志

防大土木工学教室 正員 ○近 江 雅 夫

1. まえがき

結晶質材料の破壊は、材料中のひびわれ・切り欠きや塑性流動によってつくられた応力集中源など、すなわち、構造欠陥部分の先端に载荷にともない応力が集中して塑性域が発達し、それが近傍にあるボイド(孤立的微小ひびわれなど)に橋渡しされて合体し、さらに、次のボイドに合体するという繰り返しの生ずるものと説明されている。¹⁾

コンクリートは準巨視的に見た場合、モルタルマトリクスと粗骨材とからなる複合材料であり、マトリクスとインクルージョンの境界は潜在的なひびわれないし欠陥を含む弱面を形成している。コンクリートのような非均質ぜい性材料の破壊は一般に試験体中の最も弱い経路(Weakest link)、すなわち、潜在ひびわれないし弱面周辺などに応力集中が起こりひびわれが発生・成長し破壊にいたると考えられている。

以上のような観点から著者らは前報²⁾において、ブレンコンクリートはりが動的な曲げ疲労荷重を受けた場合に生じるひびわれ形態について2, 3の結論を示したが、ここでは静的曲げ持続载荷(クリープの繰り返し)を受けるブレンコンクリートはりのひびわれ観察によって得られた結果を報告する。

2. 供試体の作成と実験方法

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20 mm, 細骨材は川砂で比重2.56, 粗粒率2.41 を使用した。供試体の配合は表-1に示すとおりである。乾燥収縮による影響を観測するために、28日間標準養生後と約1年間室内に静置した場合とについて顕微鏡観察を行なった。側面をダイヤモンドカッターで切断したあとの供試体の寸法は約47×100×420 mmで、一側面に有効長67 mmの抵抗線ひずみゲージを7枚貼付した。供試体ゲージおよびダミーゲージはワックスでコーティングした。供試体の引張り側中央に幅5 mm, 深さ8 mmの切り欠きを付け、中央部分(6×10 cm)を広視野形実体顕微鏡(60×)で観察・写真撮影を行なった。载荷には曲げ疲労試験機(最大荷重2 ton)を使用した。载荷方法は3等分点载荷で、短期終局荷重の約50% (実荷重305 kg)を静的に24時間载荷し、一定時間ごとにひずみの計測を行ない、除荷後ただちに顕微鏡で表面のひびわれ進行状況を観察した。これらの操作を繰り返し5回行なった。供試体のひずみ測定には自動平衡加算式ひずみ測定器とスイッチボックスを用い、持続荷重はロードセル(容量2 ton)と手動零位式ひずみ計で検出した。

3. 実験結果と考察

本実験に使用したコンクリートの曲げ強度は49.8 kg/cm²であり、10φ×20 cm シリンダーの28日

圧縮強度は 367 kg/cm^2 であった。図-1 は切り欠き付きの短期曲げ荷重-ひずみ線図である。同図のひずみゲージ NO.1 が示すように切り欠き先端部にはかなりのひずみ集中が起こり、この部分から破断が予想される。図-2 は、切り欠き先端部のクリープ曲線である。同図から第4回目の載荷において急激にクリープひずみが増大しており、この段階で内部組織が著しく変化していること（付着・モルタルひびわれ等の発生）がわかる。また、除荷後の残留ひずみが 400μ もあり、かなり塑性域が発達したことを裏付けている。第5回目の載荷では、 $1,110 \mu$ もの大ひずみとなり、除荷後の残留ひずみは 573μ に達し、降伏状態であると思われる。供試体は第6回目の載荷中に破断した。図-3 は各載荷段階におけるひずみ分布とひずみゲージの貼付位置である。図-5 は各載荷段階において発生・成長したひびわれ分布であり、図-4、図-6 はそのひびわれ長さの頻度を示したものである。図-5 より持続荷重下におけるブレンコンクリートのひびわれ成長の特徴は、引張り側においては垂直応力にはほぼ直交して成長し、圧縮側においては垂直応力にはほぼ平行して進行する傾向が見られた。また、図-4 から引張り側のひびわれ成長が圧縮側に比べ顕著であることがわかる。図-2、図-4 より第4回目から第5回目の載荷中に引張り側の最大ひびわれ発生位置が中立軸側に移動して行くことがわかる。図-6 からひびわれ長さの発生頻度は、引張り側においても圧縮側においても前報³⁾と同様の形況を示すことがわかった。図-7 および図-8 にそれぞれ気泡殻ひびわれおよび切り欠き先端部近傍の付着ひびわれ成長の1例を示す。

4. むすび

本報告は曲げ持続荷重下におけるブレンコンクリートのひびわれの発生と伝播について実験・観察したものであるが、要約すると次のようになる。

- (1) 無載荷の状態では1年経過後のひびわれ成長は1年前のそれと比べてほとんど変化はない。
- (2) ひびわれの成長は引張り側において顕著で、ひびわれ全長の約70%が引張り側にある。
- (3) 破断近傍までは、ひびわれの成長はクリープひずみの増加にはほぼ比例して助長される。
- (4) ひびわれのパターンは、引張り側ではへき開形を、圧縮側では垂直応力方向の付着ひびわれ形を示す傾向がある。

5. あとがき

本実験を行なうに当たり供試体作成等に助力をいただいた 荻野雪男氏にあつくお礼申し上げる。

6. 参考文献

- 1) A. S. テテルマン, A. J. マッケビリー, 宮本博訳: “構造材料の強度と破壊”, 培風館, 1970. 7, pp. 36-78.
- 2) 加藤清志, 近江雅夫: “ブレン コンクリートばりの曲げ疲労き裂の発生と伝播”, 土木学会第26回年次学術講演会講演集, 第5部, 1971.10, pp. 65-68.
- 3) 加藤清志: “ブレン コンクリート中のマイクロクラックと物性”, 土木学会第25回年次学術講演会講演集, 第5部, 1970.11, pp. 75-78.

表-1 使用コンクリートの配合

粗骨材の 最大寸法 (mm)	スランプ (cm)	空気量 (%)	単位水量 (kg)
20	1.7	1.3	172.5

単位セメント量 (kg)	水セメント比 (%)	粗骨材率 (%)	単位粗骨材量 (kg)	単位粗骨材率 (%)	単位粗骨材量 (kg)
313.6	55.0	34.1	627.2	1254.4	

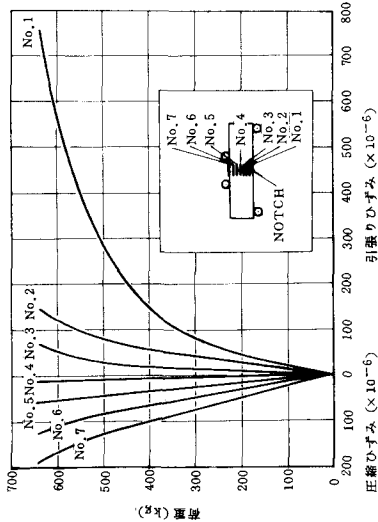


図-1 曲げ荷重-ひずみ線図

○ 載荷直後
● 載荷 24 時間後

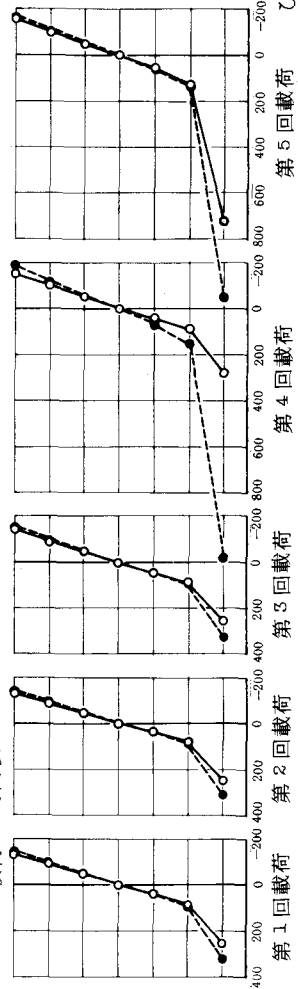


図-3 ひずみ分布図

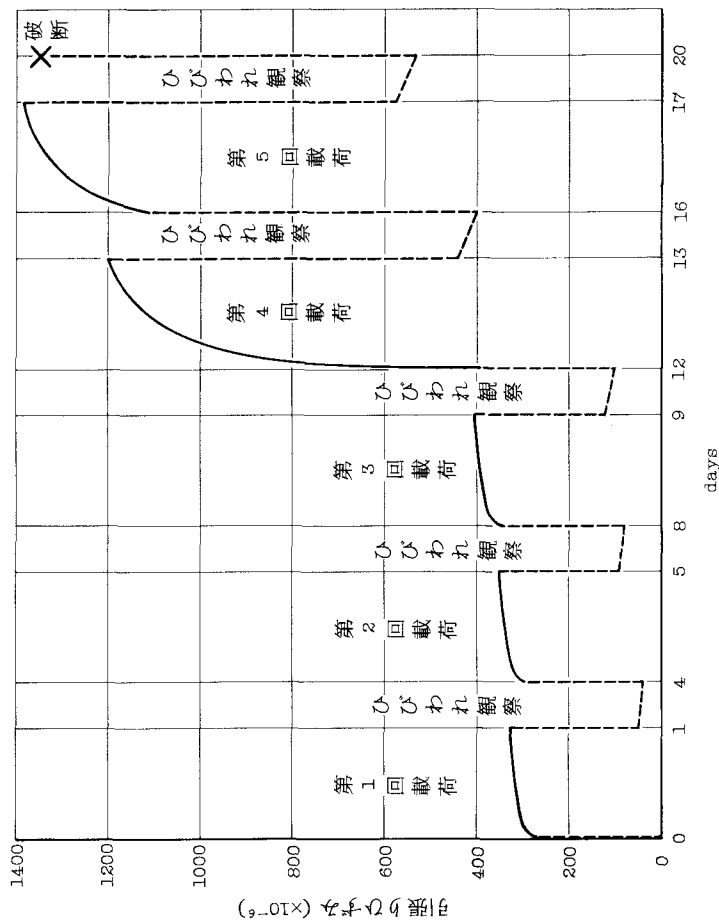


図-2 ひずみゲージ No.1 のクリープ曲線

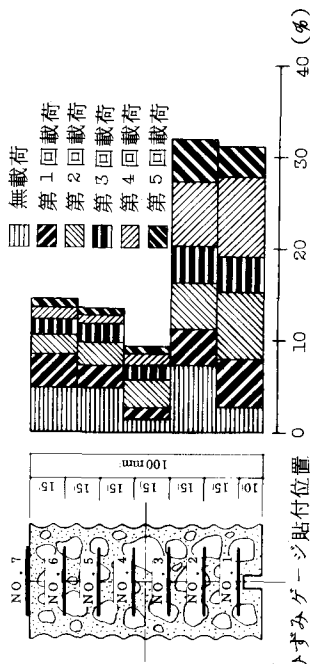


図-4 ひびわれ長頻度

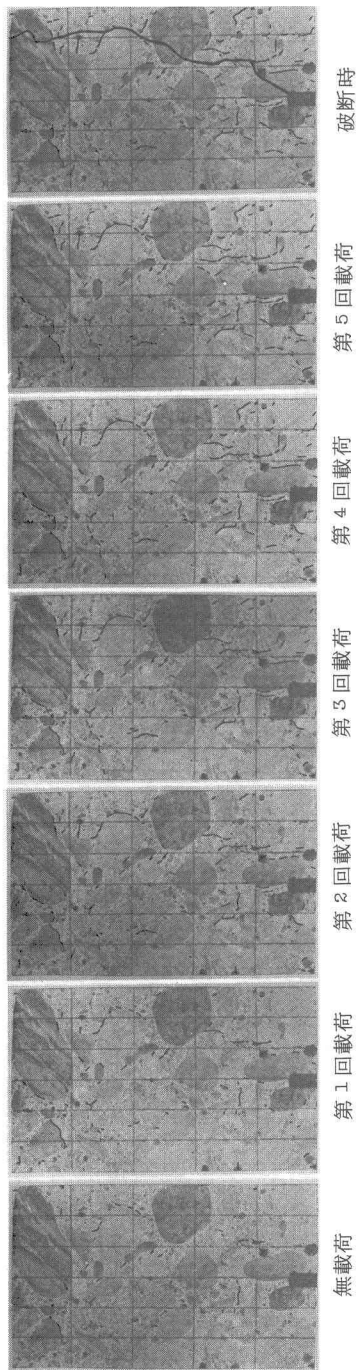


図-5 ひびわれ分布図

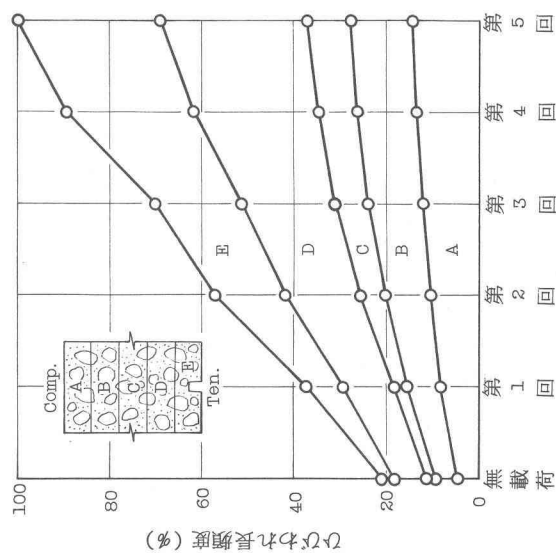


図-6 各載荷段階におけるひびわれ長頻度

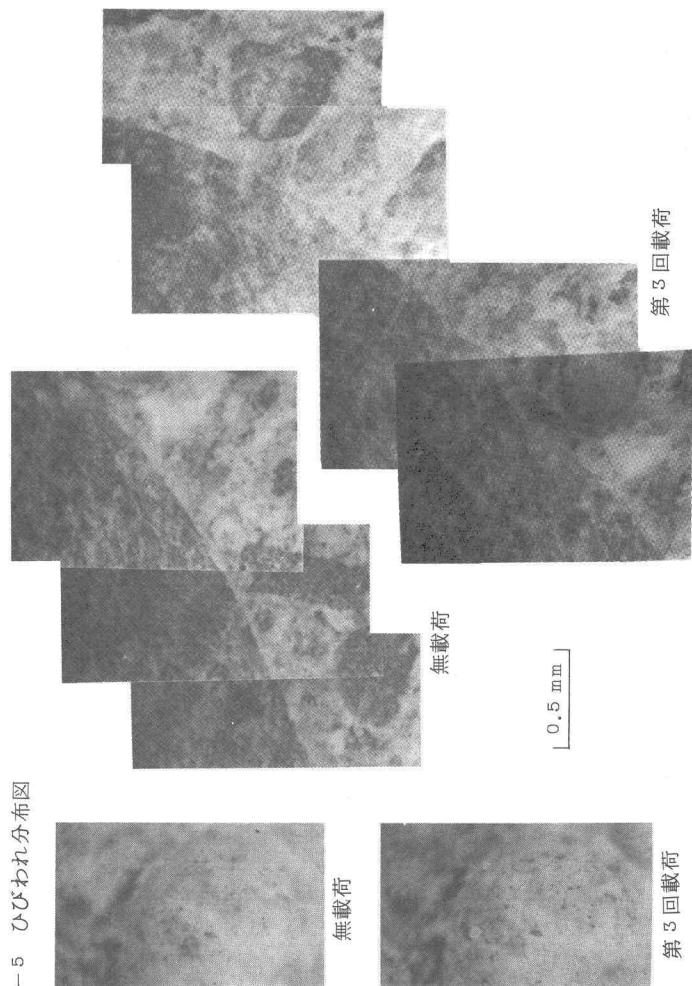


図-7 気泡般ひびわれの成長例

図-8 付着ひびわれの成長例