

V-12 鉄筋コンクリートげたの疲労変形について

北海道大学 正員 藤田嘉久
同上 正員 西塚忠信
同上 正員 松井 司

1. まえがき

本実験は昨年度に引続いて行なった鉄筋コンクリートげたの疲労変形に関するもので、鉄筋コンクリートげたの断面形状、鉄筋の配置および繰返し荷重の大きさが一定の場合の繰返し荷重による変形特性と使用鉄筋径の関係、および鉄筋コンクリートげたのひびわれ発生荷重近傍の荷重を上限とするような比較的小さい繰返し荷重のもとにおける変形特性についてけた供試体および両引き供試体によって調べたものである。

2. 供試体および材料

実験に用いたけた供試体は4種類で、いずれも図-1に示すようにスパン3m、有効けた高27cmの矩形げたで主鉄筋1本を有するものである。各供試体に用いた主鉄筋はR1がD13mm(鉄筋比 $P=0.235\%$)、R2がD16mm($P=0.368\%$)、R3がD19mm($P=0.533\%$)、およびR4がD22mm($P=0.712\%$)で、いずれも横ツシを有するSD35級のものである。

両引き供試体は3種類で、いずれも長さ100cm、断面形状は正方形で辺長はそれぞれA型が15cm、B型が10cm、C型が6cmである。使用鉄筋は全てD16mm、横ツシ型SD40級のものである。

供試体に使用したコンクリートは、けたおよび両引き供試体とも材令28日目標強度を350 kg/cm^2 とし、表-1に示す配合とした。

表-1 コンクリートの示方配合

コンクリートに使用した材料は、けた供試体がアサノベロセメント、錦国産海岸砂および静岡内川産川砂利、両引き供試体がアサノベロセメント、白老産海岸砂および富川産川砂利である。

	粗骨材の 最大寸法 (mm)	スランゴ の範囲 (cm)	水セメント 比 (%)	細骨材 率 (%)	単位量 kg/m^3			
					水	セメント	粗骨材	細骨材
けた供試体	25	5±2	50	38	140	280	1248	776
両引き供試体	25	7±1	55	45	156	283	1128	940

3. 試験方法

けた供試体の疲労試験はローゼンハウゼン型疲労試験機を用い、毎分250回の速さで3等分2点载荷によって行なった。両引き供試体の疲労試験は自動負荷制御装置付きリレー式万能試験機を用い、

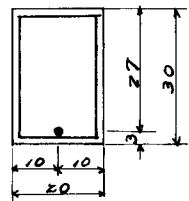
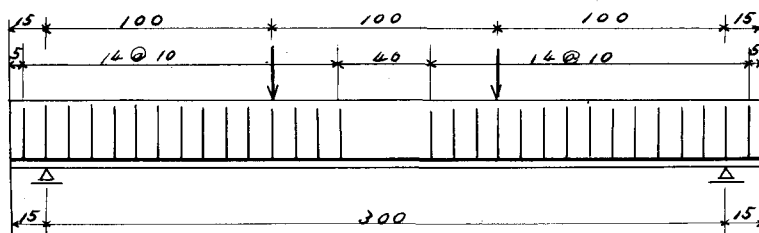


図-1 試験げた

毎分5~10回の速さで軸方向の繰返し引張り試験によって行なった。

けた供試体の荷重は4種類のうち各1本を、上限荷重が計算鉄筋引張応力度(状態Ⅱ $m=7$)で24%となる荷重とし、上限応力比0.3で50万回繰返し載荷した。また、4種類の供試体の他の1本は、繰返し荷重の上限をけた全断面有効とした場合(状態Ⅰ)の弾性計算によるけた下縁のコンクリート引張応力度が約24%となる荷重とし、上下限応力比0.3で50万回の繰返し載荷を行なった。

けた供試体ではスパン中央で鉄筋およびけた上縁のコンクリートひずみ、載荷点およびスパン中央のたわみおよびけた側面の主鉄筋位置におけるひびわれ幅を測定した。ひずみはストレインゲージを、たわみはダイヤルゲージを、またひびわれ幅ゲージ長4cmとしコンタクトストレインゲージをそれぞれ用いて測定した。

両引き供試体の荷重はひびわれ荷重の近傍および状態Ⅱにおける鉄筋計算応力度24%以上の2段階で、0.2~1万回の繰返し載荷を行なった。供試体には両側面にゲージ長4cmとしたコンタクトゲージ標点を設け、ひびわれ幅および供試体の軸方向の変形量を測定した。また一部の供試体では鉄筋を半割とし、中心部に溝を切り2cm間隔にストレインゲージを貼り付けひびわれ発生後の鉄筋の応力分布を測定した。

4. 実験結果および考察

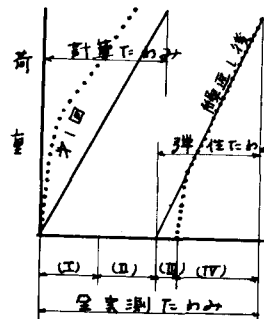


図 - 2

4.1 鉄筋径(鉄筋比)と繰返し荷重と疲労変形との関係について。

鉄筋コンクリート柱に繰返し荷重を作用させると変形は一般に増加する。図-2は繰返し荷重載荷の前後における荷重た

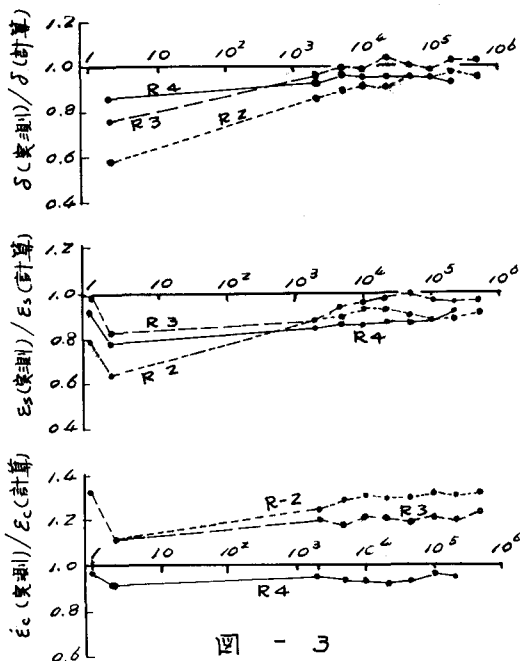


図 - 3

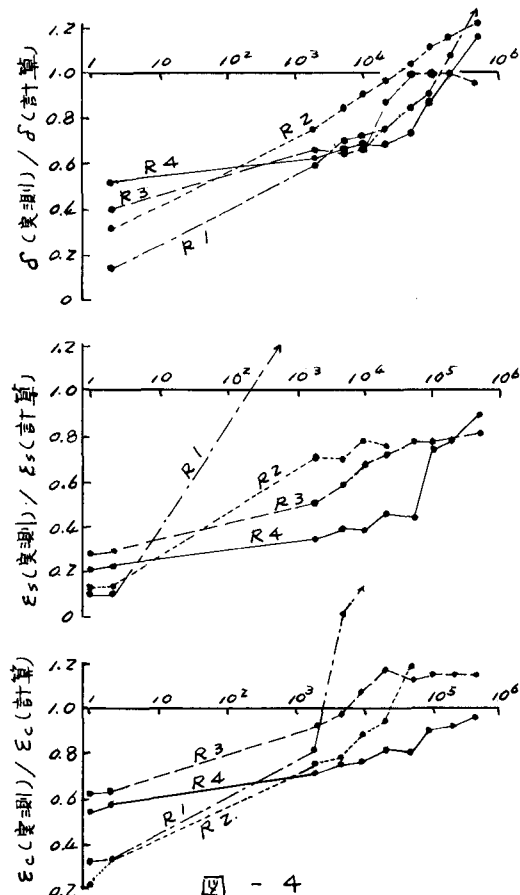


図 - 4

わみ曲線を示したもので、一般に十分な繰返し荷重を作用させた後では、荷重とたわみの関係は明らかな直線関係を示すが、荷重の小さい部分ではこの直線関係からはなれ勾配が急になる傾向を示す。

図-3および図-4は上限荷重をそれぞれ鉄筋計算応力度で 24 kg/mm^2 とした場合と下縁のコンクリートの引張応力度を 24 kg/cm^2 とした場合の4種類のけたの曲げ区間の弾性たわみ、弾性鉄筋ひずみおよび弾性コンクリートひずみとそれぞれの計算値との比の繰返し荷重による変化の状態を示したものである。ここで弾性たわみおよび弾性ひず

みは図-2における(Ⅲ)および(Ⅳ)即ちたわみまたはひずみと荷重が直線関係を示すその勾配と上限荷重とより求めた。

上限荷重を鉄筋の計算応力度で 24 kg/mm^2 とした場合ではたわみおよびひずみとも2000回ないし2万回でほぼ一定となり、以降の増加は非常に小さかった。一定値に達するまでの繰返し回数は鉄筋径(鉄筋比)が大きい程少なく小さい程多くなる傾向にあった。

一方、上限荷重をコンクリート下縁応力度で 24 kg/cm^2 とした場合、いずれも第1回および第2回載荷ではひびわれが生じないが、もしくは非常に微細なひびわれであった。したがって、たわみおよびひずみはいずれも状態Ⅰに対する計算値とほぼ同じ値を示していた。しかし、繰返し荷重によりいずれのけたもひびわれが生じ、5000回ないし5万回にわたり新たなひびわれの発生がみられた。したがって、たわみおよびひずみも繰返し長い期間にわたり増加し、50万回でなお増加の傾向を示している。また50万回におけるたわみでは計算値よりかなり大きい

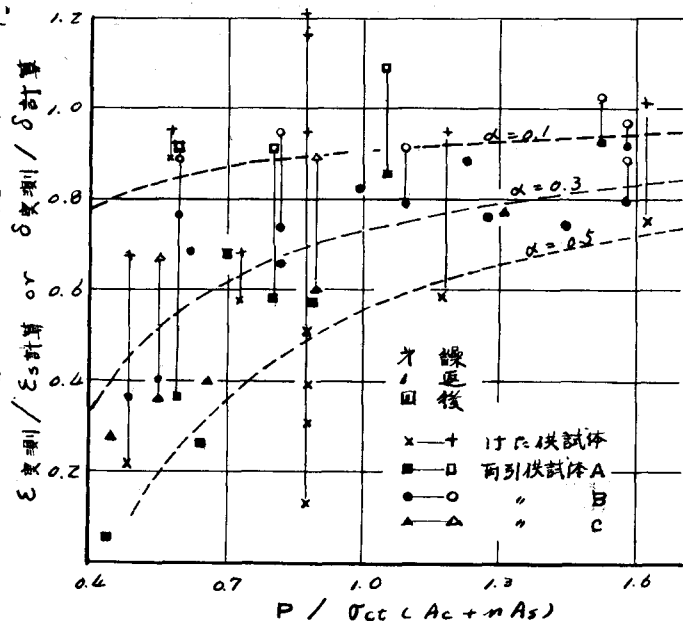


図 - 5

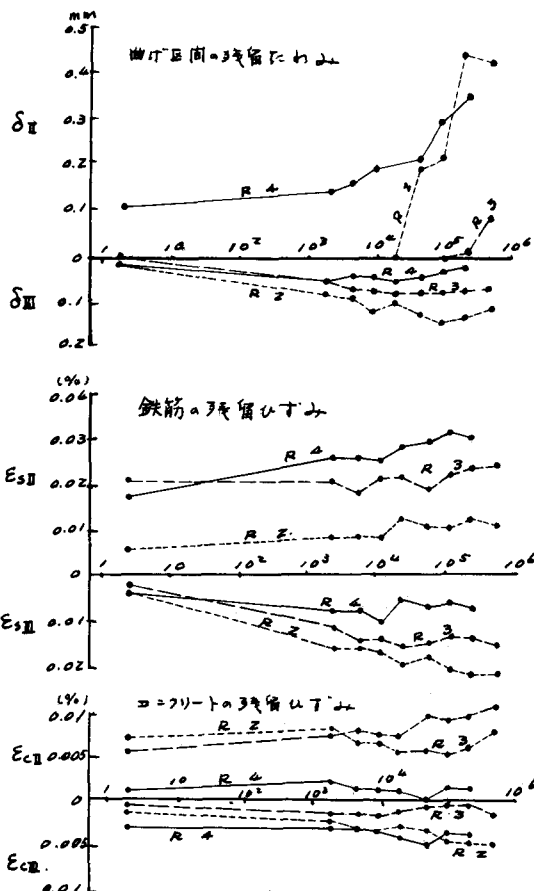


図 - 6

ものもみられた。

図-5は両引張試体も含め上限荷重の広い範囲について変形に対するコンクリートの分担の状態を調らべたもので縦軸は両引張試体に対してはコンクリート表面の軸方向伸びより求めた平均ひずみ(ε)と状態Ⅱにおける鉄筋の計算ひずみ(ε_s)との比およびけたに対しては図-3などと同じく曲げ区間のたわみの実測値と計算値との比で、横軸は状態Ⅰとした時のコンクリートの応力度と引張強度との比で示してある。また図中の破線はコンクリートの平均応力度の種々の値に対する両者の関係を示したものである(αはコンクリートの平均応力度と引張強度との比)。図より第1回載荷時のひずみはおおむねα=0.2~0.4に分布しているが、上限荷重が著しく小さい場合を除き、2000回程度の繰返し荷重載荷後ではα=0.1以下となりコンクリートの応力の分担率は10%以下となっている。本実験の範囲では状態Ⅰとしてのコンクリートの応力度が引張強度の5%以上で繰返し荷重をうける場合には引張変形または曲げ変形にコンクリートの協同作用は期待出来ない。これは先に発生したコンクリートの圧縮、曲げ、引張疲労の結果ともよく一致している¹⁾。

4.2. 残留変形および曲げひびわれについて

図-6は曲げ区間のたわみ、鉄筋およびコンクリートのひずみの残留値を示したもので、残留値を図-2に示す(Ⅱ)および(Ⅲ)に分けて示したものである。なお(Ⅰ)は測定基準が状態Ⅰにとつてあるが、ひびわれ発生によって死荷重に対しても状態Ⅱに移行するため生ずる変形である。残留変形(Ⅲ)は鉄筋比と関係があり、鉄筋比の小さいもの程大きく、その増加傾向も大きい。これと同じ傾向はひびわれ幅と荷重の関係でも顕著に認められ、残留(Ⅲ)はひびわれと関係があり上限荷重に開いたひびわれ位置で荷重除去時にひびわれ閉合を拘束する力が作用し、これと鉄筋の残留力とが釣り合うため荷重変形曲線の荷重の小さい部分で状態Ⅰのような変形特性を示すものと考えられる

上限荷重の小さい場合曲げひびわれは繰返し荷重によって発生した。ひびわれの約60%は2000回までに発生しその後5万回まで新たに発生した。ひびわれの間隔は最終的には大きな上限荷重による疲労試験の場合とほぼ同じであった。

残留ひびわれについては上限荷重の大きさによりかなりの違いがみられた。図-8は上限荷重時のひびわれ幅と残留ひびわれ幅の関係を示したもので、上限荷重を鉄筋計算応力度で24kg/mm²とした場合には残留ひびわれ幅が上限時の約40%に比して、上限ひびわれ幅が小さい場合には約60%となっていた。また、最大ひびわれ幅は鉄筋比が小さくなる程大きく、同じ鉄筋比でも昨年の複数の鉄筋の場合より今年の1本の鉄筋の方が大きかった。

1)：セメント技術年報XXI昭和42年、藤田嘉夫、海保康男、コンクリートの引張り・圧縮・曲げに関する疲労性状。

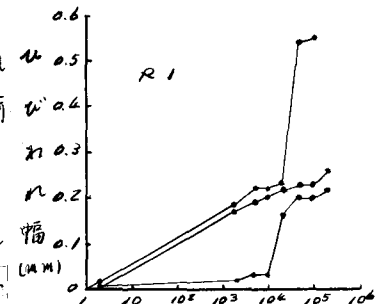
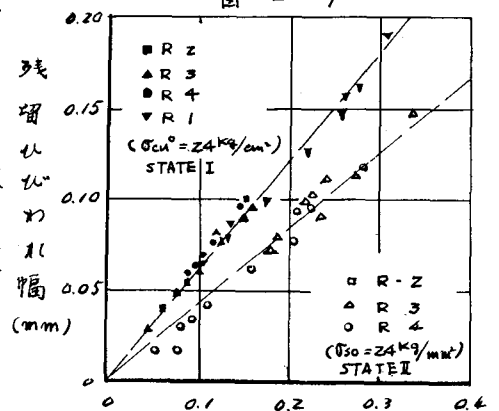


図 - 7



上限荷重時のひびわれ幅(mm)

図 - 8