

北海道大学工学部 正員 藤田 嘉夫

同 上 正員 西堀 忠信

同 上 正員 松井 司

1 まえがき

筆者らは鉄筋コンクリートげたの繰返し荷重による永変形、弾性的性質の変化、ひびわれの発生と進行状況などの疲労性状について、曲げ疲労試験を行ない、その結果を昨年発表した。今回の報告は引続いた行なっている鉄筋コンクリートげたの疲労に関する一連の研究の一部であって、鉄筋コンクリートげたの断面形状および鉄筋比が疲労変形におよぼす影響、疲労試験前にうけた定荷重によるフリー変形が疲労変形におよぼす影響および載荷速度の疲労変形に及ぼす影響を模型げたによる実験によって調べたものである。

2 材料および試験げた

試験げたの主鉄筋として使用した鉄筋は直径16mmの横フシ型および直径10mmの斜フシ型の2種で、これらの鉄筋の引張試験結果では平均の降伏点がそれぞれ45.7 および38.5 kg/mm²であった。スタースラップに使用した鉄筋は主鉄筋に用いた直径10mmのものと同種のもを使用した。

コンクリート用材料にはアサバロセメント(比重3.15, 比表面積4120 cm²/g), 錦岡産海岸砂(比重2.72, 吸水量1.08%, 粗粒率2.66)および静内川産川砂利(比重2.77, 吸水量1.04%, 粗粒率5.40, 最大寸法10mm)を使用した。コンクリートの配合はスランプ6±1cm, 4週目標強度350 kg/cm²とし、w/c = 0.5, セメント, 砂および砂利の重量比は1:2.7:4.1である。

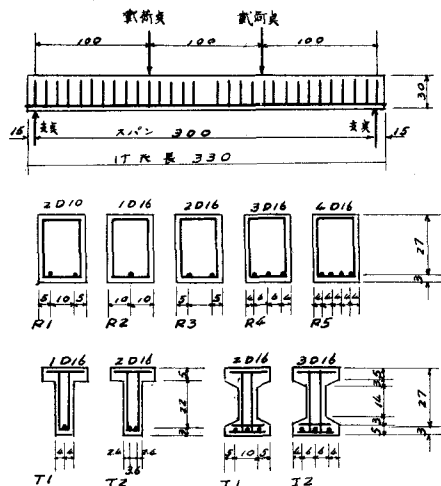
試験げたは図-1に示すようにスパン3m, 有効けた高27cmの鉄筋コンクリートげたで、せん断力に対する補強は全長にわたり10cm間隔で配置したスタースラップによって行なっている。けたの断面形状は矩形, T形およびI形の3種で、鉄筋比は矩形げたが0.26, 0.37, 0.74, 1.10および1.47%の5種類, Tげたが0.37および0.74%の2種類, Iげたが0.74および1.10%の2種類で、試験げたの種類は合計9種類である。

試験げたは材令2〜3日で脱型し、材令14日まで20°Cの水中養生を行ない、その後試験時まで実験室内に放置した。

3. 試験方法

試験は(1)疲労試験, (2)持続荷重載荷後の疲労試験, および(3)低速繰返し荷重による疲労試験よりなり、いずれの場合も3等分2点載荷形式で載荷した。

疲労試験はローゼンハウゼン型構造物疲労試験機により、図-1 試験げた



毎分250回の繰返し回数で、100万回まで載荷した。なお一部のけたでは繰返し回数50万回で載荷を打ち切った。けたのたわみ、ひずみおよびびびわれは繰返し荷重の載荷の前後および荷重繰返しの途中0.2, 0.5, 1, 2, 5, 10, 20および50万回で繰返し荷重の載荷を止め、静的載荷試験によって行なった。繰返し荷重の上限は計算鉄筋応力度($n=1.5$)で24および18 kg/mm^2 の2種とし、下限上限応力度比を0.3とした。持続荷重試験は鉄筋比0.74%の矩形、T形およびI形の3種のけたについて行なった。荷重にはコンクリートブロックを用い、約300時間載荷し、途中、1日に2〜3回たわみ、ひずみおよびびびわれを観測した。また、持続荷重による変形と疲労試験による変形との比較のため、持続荷重試験は疲労試験機のある比較的乾燥した実験室内で行なった。低速度繰返し荷重試験には荷重制御装置の付いたリレー式万能試験機を用い、鉄筋比0.74%の3種のけた各2本について行なった。各1本は鉄筋応力度12 kg/mm^2 で5000回、鉄筋応力度を18 kg/mm^2 に上げ5000回、3回目には24 kg/mm^2 に上げ5000回繰返し荷重を載荷した。繰返し荷重の下限・上限応力度比はいずれも0.3とした。低速度疲労試験を行なった他の1本づつは、鉄筋応力度24 kg/mm^2 で1万回繰返し荷重を載荷し、その後疲労試験機にうつし、同じ荷重で50万回逆載荷した。

たわみの測定はダイヤルゲージおよびカセットメーターを用い、両載荷点およびスパン中央で、鉄筋およびコンクリートひずみの測定はワイヤーストレンゲージを用い、スパン中央で行なった。びびわれ幅は主鉄筋位置でゲージ長40 mmのコンタクトストレンゲージによって測定した。

4 結果および考察

4-1 鉄筋比の変形におよぼす影響について

図-2および図-3は計算鉄筋応力度の上限が24 kg/mm^2 の場合の鉄筋比の異なる矩形けたの繰返し荷重載荷によるモーメント区間の弾性たわみおよび最大びびわれ幅の変化の状態を示したものである。

モーメントスパンの弾性たわみは一般に繰返し荷重によって増加の傾向がみられる。たわみの増加は鉄筋比の少ないけたではかなり長期間にわたり増加量も多いが、鉄筋比が大きくなると増加量も少なく、繰返し回数数千回でほぼ一定値となる。50万回繰返し後のモーメントスパンの弾性たわみはコンクリートの初弾

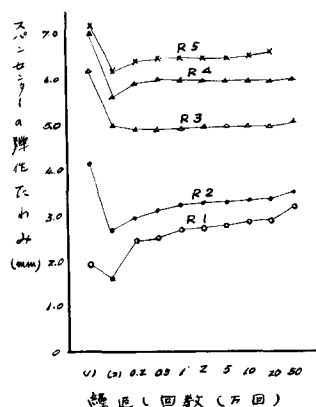


図-2 疲労試験におけるスパン中央点のたわみの変化

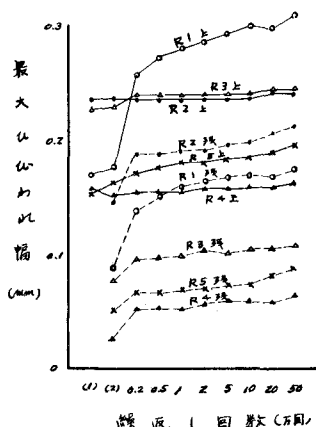


図-3 疲労試験における最大びびわれ幅の変化

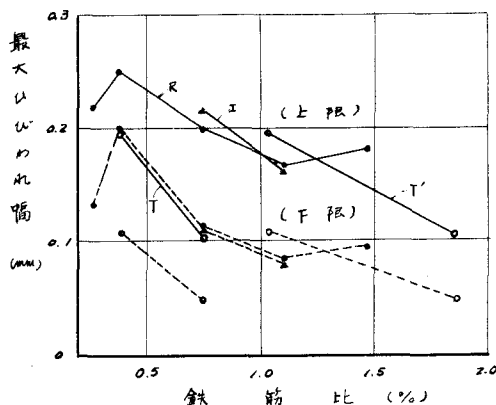


図-4 50万回繰返し後における最大びびわれ幅と鉄筋との関係

性係数を用い、引張部を無視して計算したけたの断面二次モーメントを用いて求めた計算たわみとほぼ一致する。

モーメントスパンにおけるひびわれもたわみと同様に荷重の繰返しによって増加する傾向がみられる。

ひびわれの発生本数の繰返し荷重による増加は上限鉄筋応力度が 18 kg/mm^2 では多くみられるが、上限鉄筋応力度が 24 kg/mm^2 の場合にはほとんど増加せず、鉄筋比が最小のR-1けたで4本の増加がみられただけである。

ひびわれ間隔は直径 16 mm の主鉄筋1本を用いたR-2のけたを除いては平均 10 cm 前後でその位置はスターラップの位置にほぼ一致する。

ひびわれ幅は繰返し荷重によって増加する傾向がみられる。この傾向はたわみの増加のみ、最大ひびわれの残留値および残留鉄筋ひずみ傾向と同じく鉄筋比に大きく支配されている。鉄筋比が小さい場合にはひびわれ幅の増加が著しい。繰返し荷重によるひびわれ幅の増加で一つの特徴は繰返し荷重による増加は上限荷重時におけるひびわれ幅の増加よりも、荷重を除去した時の残留ひびわれ幅の増加が著しいことである。したがって、ひびわれ幅の振幅は荷重の増加によってむしろ減少する傾向がみられる。図-4は計算鉄筋応力度 24 kg/mm^2 に相当する繰返し荷重を50万回載荷した後における上限荷重時および下限荷重時の最大ひびわれ幅(最も大きい3本のひびわれ幅の平均値)と鉄筋比との関係を示したものである。ひびわれ幅と鉄筋比またはコンクリートかぶり厚さとの関係は繰返し荷重によってその傾向が繰返し荷重載荷前よりも強められている。

4-2 低速疲労試験と疲労試験の変形およびフリー後の疲労試験による変形

図-5はリレー式万能試験機で行なった低速の疲労試験およびその後引続いて行なった疲労試験における残留たわみ、最大ひびわれ幅の残留値および残留鉄筋ひずみを示し図-6

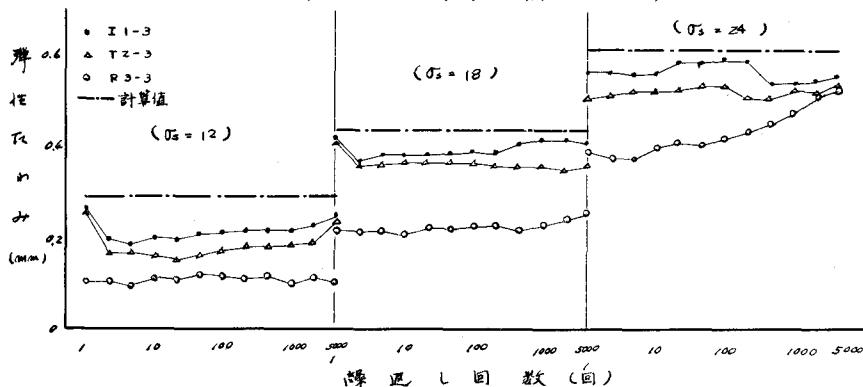


図-6 上限鉄筋応力度 $12, 18, \text{および} 24 \text{ kg/mm}^2$ の場合の弾性たわみ

は同じく低速の疲労試験における繰返し荷重を高めていった場合の弾性たわみを示したものである。

低速度で1万回まで繰返し荷重を加えた後の疲労試験においてはモーメントスパンの弾性たわみはほとんど変化がなく、50万回までほとんど一定の値であるが、残留たわみは図に示すように疲労試験機での疲労によって初期に若干の増加がみられる。この増加のうちある部分は試験機を移動している間のクリープ回復によるものと思われるが、この分を考慮してもなお疲労試験機による残留たわみの増加があると考えられる。低速疲労による弾性たわみの増加はTゲたやIゲたではほとんど数回のうちに完了するが、矩形ゲたではかなり長く、5000回までの間に徐々に増加している。図-7

繰返し荷重の上限が低い場合、矩形ゲたではたわみが小さく、 $m=6$ でコンクリートの引張部を無視した計算たわみよりもかなり小さいが、TゲたやIゲたでは計算値にかなり近い値を示し、小さい繰返し荷重の場合断面形状の影響が大きい。

図-7は約300時間のフリー後の疲労試験と直接疲労試験を行なった矩形ゲたとTゲたの疲労試験による最大ひびわれ幅を比較したもので、フリー後のけたに較らべ直接疲労試験を行なったけたの最大ひびわれ幅の増加が大きい。残留たわみについてもこれと同様の傾向がみられ、この疲労試験による残留たわみの増加およびひびわれ幅の増加の主な原因はクリープであることが再確認された。

図-8および図-9は同じ鉄筋比の矩形ゲたおよびTゲたの上限荷重時と下限荷重時のひびわれ幅を繰返し荷重50万回載荷後に比較したもので、△印および○印で示したフリー試験後のけたのひびわれは一般に直接疲労試験を行なったけたに較らべ下限荷重時のひびわれが大きくなっており、この傾向は矩形ゲたの方に強く認められる。なおこの点に関する詳細については現在研究中である。

文献：藤田，西堀，角田，松井：コンクリートの疲労性状
土木学会第23回年次学術講演会 昭43年10月
横道，角田：PRC形の設計について 土木学会第
23回年次学術講演会 昭43年10月

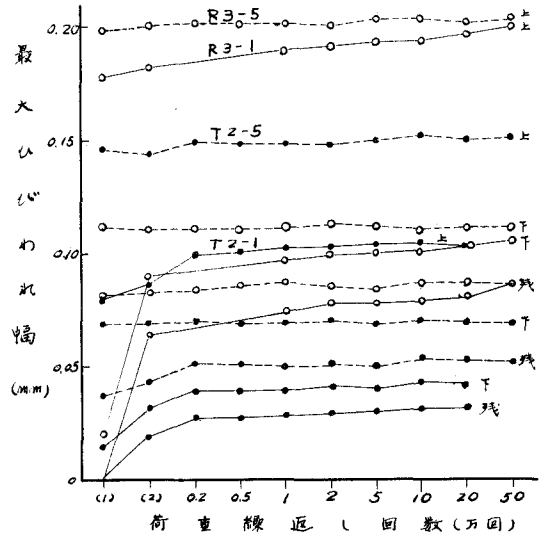


図-7 疲労試験における最大ひびわれ幅

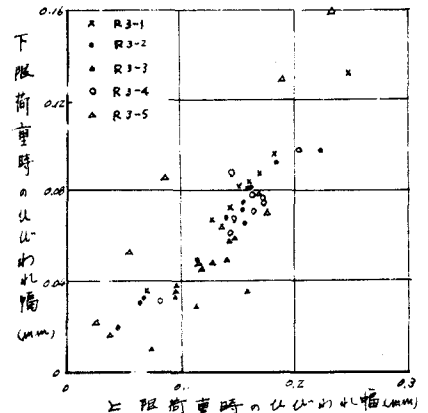


図-8 上下限荷重のひびわれ幅(矩形)

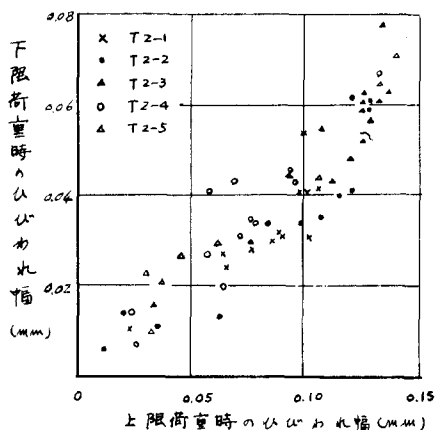


図-9 上下限荷重時のひびわれ幅(Tゲ)