

床版用鉛直ループ継手の疲労強度に関する研究

山口大学大学院 学生員○縫部慎治
 (株)ピー・エス 正会員 野村貞広
 山口大学工学部 正会員 浜田純夫
 山口大学工学部 正会員 松尾栄治

1. まえがき

近年、自動車交通量および重車両の増加により、直接荷重を受ける橋梁床版の損傷は深刻な問題となりつつある。損傷を受けた床版の取り換え工事で有力視されているのがプレキャスト床版工法である。しかし、プレキャスト床版は施工上大きさに限度があるため、必ず接合する必要がある相互の接合方法が問題となる。そこで本研究は、橋軸直角方向の継手に着目し、鉛直ループ継手方式を有する梁供試体の静的載荷試験をもとに疲労試験を行い、その疲労特性の検討を行った。その結果、継手による200万回疲労強度の低下の可能性が明らかになったので、この供試体と同断面の継目のないコンクリート梁についても疲労試験を行い、設計時に最も重要と考えられる曲げ強度、特に曲げ疲労強度について比較・検討を行うものである。

2. 実験方法

本研究に用いた供試体 V2F は、左右のプレキャスト部材からループ状に曲げた D16 鉄筋を重ね合わせ、継手区間長を 30cm にとった継手部に、コンクリートを打設して一体化を図った鉄筋コンクリート構造である。図-1 に継手構造を示す。またこれと同断面の継手のない単純梁の供試体 SBF も用いた。載荷方法は、2点支持2点載荷(スパン長 120cm, 載荷点はスパン中央)とし、正弦波繰返し荷重を 0.2Hz~4.0Hz の載荷速度で試験機に対応し得る最高の速度で載荷した。この間、 10^i ($i=0,1,2,\dots$)ごとに200万回まで、下限荷重から上限荷重までの間で静的載荷を行い、たわみや各ひずみの測定を行った。

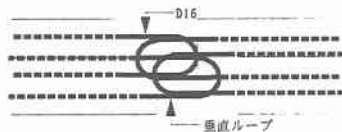


図-1 継手構造

3. 実験結果および考察

3.1 静的試験における曲げモーメント-たわみ関係

継手区間長 20cm(以下供試体 V1F) および 30cm(以下供試体 V2F)の代表的な曲げモーメントとスパン中央部のたわみの関係を図-2 に示す。各供試体は 2.0tonfm 付近までの曲げモーメントに対して同様の性状を示しているが、供試体 V1F は降伏点が現れずに破壊に至った。一方、供試体 V2F に降伏点が現れたのは腹圧力だけでなく、継手区間が長いこと鉄筋の付着力でも曲げモーメントに抵抗したためである。従って、鉛直ループ継手では鉄筋の付着長を考慮して、継手区間長を求める必要がある。

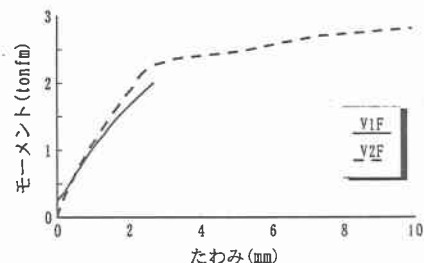


図-2 曲げモーメント-たわみ関係

3.2 疲労試験結果と考察

(1) S-N曲線

継手区間長 30cm の供試体 V2F (以下供試体 V2F) および継手のない単純梁供試体 SBF (以下供試体 SBF) における各荷重幅比 S_r と破壊回数の対数 $\log N$ の関係を図-3 に示す。これらの関係を各荷重幅比の横軸 ($\log N - \log N_i$) 方向の最小自乗法によって

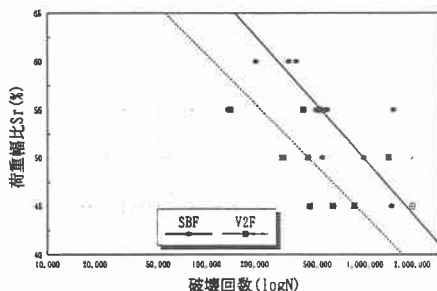


図-3 S-N曲線

求めた S-N 曲線の式は

$$\text{供試体 V2F に対して } S_r = 144.1 - 16.67 \log N \quad (1)$$

$$\text{供試体 SBF に対して } S_r = 160.7 - 18.47 \log N \quad (2)$$

となり、この S-N 曲線をそれぞれ図-3 中に示す。

本研究の供試体 V2F において式(1)より 200 万回疲労強度を求めると、静的強度の 49.1%(上限荷重比)が得られる。同様に、供試体 SBF において式(2)より 200 万回疲労強度を求めると、静的強度の 54.3%(上限荷重比)が得られ、供試体 V2F は供試体 SBF より約 5%程度下回っている。供試体 V2F のような鉄筋コンクリートによる接合方法では、後打ち部接合区間とプレキャスト部分との間に打継目ができ、ひび割れが集中しているのと同じ状態となる。载荷による打継目部の開きが打継目付近の引張鉄筋に他の部分より大きな応力をもたらすことになる。これは、供試体 V2F では引張鉄筋が打継目付近で疲労破断していることから説明できる。したがって、この打継目部引張鉄筋への応力集中により、鉄筋コンクリートによる接合区間を持つ供試体の 200 万回強度の低下がおこったものと考えられる。

(2)鉄筋の疲労性状

本研究の供試体 V2F のほとんどが、引張鉄筋の疲労破断によって破壊に至っている。そこで、これらを対象に打継目部における鉄筋の応力を計算し、応力と破壊回数の関係を図-4 に示す。本研究より得られた S-N 曲線および河野らの研究における S-N 曲線の式は

$$\text{供試体 V2F に対して } \log S = 4.041 - 0.084 \log N \quad (3)$$

$$\text{河野らの式 } \log S = 4.063 - 0.121 \log N \quad (4)$$

となる。各繰返し回数における応力は供試体 V2F の方が高くなっているが、実験条件の違いによるものと考えられる。従って、これらの性状は類似しているといえ、鉄筋が疲労破断によって破壊に至る場合は、鉄筋の疲労性状に従うことがわかる。しかし、供試体 SBF は接合区間を持たない鉄筋コンクリート梁であるため、打継目のように決まった位置にひび割れが入らず、ひび割れ部分の引張鉄筋のひずみを計測することは不可能である。

(3)荷重-スパン中央のたわみ関係

荷重幅比 45%で引張鉄筋の疲労破断によって破壊した供試体 V2F の荷重とスパン中央でのたわみ関係を図-5 に示す。この図より下限荷重において 1 回目から 10 回目の間に大きな残留たわみが発生している。また、曲線の傾きは剛性を表していることとなるが、いずれの供試体においても 1 回目より 10 回目の剛性が高くなっている。これは下限荷重においては残留たわみが生じるが、载荷回数が 10 回程度であれば上限荷重におけるひび割れの進展はあまり見られないため、見かけの剛性が高くなる。しかし、载荷回数が増加するにつれ下限荷重のみならず、上限荷重におけるたわみ等も増大するため、みかけの剛性は初载荷の状態に近づく。

4. まとめ

本研究で用いた鉛直ループ継手の場合、鉄筋の付着長も考慮して適切な継手区間長をとる必要がある。鉛直ループ継手では、200 万回疲労強度は単純な鉄筋コンクリート梁の 200 万回疲労強度を下回る結果となったが、本実験において強度低下は 5%程度にとどまっている。さらに、引張鉄筋の破断により破壊した供試体では、初回鉄筋ひずみと破壊回数には相関関係が認められ、鉄筋のひずみから破壊回数を推定することが可能である。

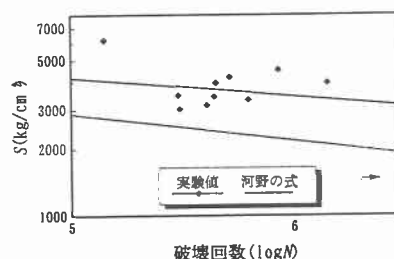


図-4 鉄筋の S-N 曲線

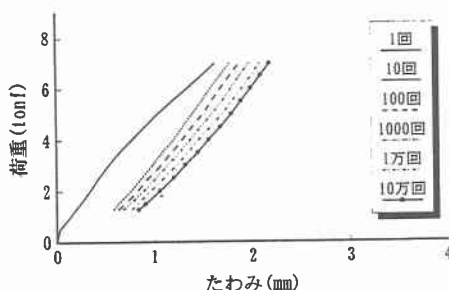


図-5 荷重-たわみ関係(V2F)