

プレストレスしない連続合成げたの静的実験*

橋 善 雄**
向 山 寿 孝***
湊 勝 比 古****

1. ま え が き

コンクリート床版を有する上路橋において、経済性、走行性、耐荷力あるいは耐震性の点より、単げたよりも連続げた形式が有利なことは明らかである。

連続げた橋を合成構造とすると、中間支点付近の負モーメントに対応して、プレストレスを与える形式が用いられてきたが、これは設計の複雑さや工期が長くなるなどの点で必ずしも有利ではなかった。このような不利な点に対処するために、単純合成げた橋を架設するのと同じように簡単に、かつある程度の経済性が期待できる橋梁形式として考えられたのが「プレストレスしない連続合成げた橋」である。

この形式の考え方は、コンクリートの引張応力を認めず、合成げた橋の床版を鉄筋コンクリート床版と同様に考えて、断面力の正モーメントに対しては合成断面で、負モーメントに対しては鋼げた断面と床版内に配置された橋軸方向の鉄筋断面（配力鉄筋）のみでとらせるものである（そのため、負モーメントに対しても適当な数のジベルを配置する）。これは鉄筋コンクリートの連続げたや、ラーメンなどの設計方法に類似し、アメリカの連続合成げた橋の設計方法もこの考え方にもとづいているが、アメリカでは合成区間、非合成区間を最初から定めている点において、ここに述べる形式とは設計方法がいくらか相違している。

いずれにしても、このような設計方法は現行の「鋼道路橋の合成ゲタ設計施工指針」では認められておらず、新しい設計施工指針を必要とすることになるが、この形式の問題点について、関西道路研究会道路橋調査委員会では、小委員会を設けて調査研究を行ってきた。この

たび、大阪市における本形式の橋梁の設計にともない、その力学的性状を把握するために模型実験を行なったので、つぎにその一部を報告する。なお、この報告は静的実験に関するものであり、動的実験に関しては別の機会に発表される予定である

2. 実験の目的 方法および供試体

(1) 概 要

この形式は設計上つぎのような問題点が考えられる。

① 載荷により中間支点付近に生じるひびわれの幅と、鉄筋量、鉄筋直径、周長率およびジベルピッチとの関係。

② 負の曲げモーメントに対し、床版内に配置された軸方向鉄筋の鋼げたへの協力（有効幅の問題も含む）。

③ 一度ひびわれたコンクリート床版が正の曲げモーメントを受けるときの合成作用（ n および有効幅の問題）。

④ 主げた全長にわたるジベルの配置およびジベルの設計方法。

⑤ 耐 荷

これらの点について、つぎのような供試体を作製し、静的実験を行ない、設計上の資料をえようとするものである。

(2) 供試体、実験目的、実験方法

供試体、実験目的および実験方法は 図-1、表-1 に示す。

3. 材料試験

鋼げたに使用した鋼材は SS 41, SM 41 で、11 本の引張試験片の試験結果の平均降伏点応力度は 2817 kg/cm² であり、また床版中の軸方向鉄筋 SD 30 の平均降

* 昭和 43 年 10 月土木学会第 23 回年次学術講演会にて発表

** 正会員 工博 大阪市立大学教授 工学部

*** 正会員 工修 大阪市立大学助手 工学部

**** 正会員 工修 大阪市土木局 橋梁課

表-1 供試体の内容, 実験目的, 実験方法

けた	けた数量	実験目的	実験方法
A (単けた)	10 A1 2 A2 2 A3 2 A4 2 A5 2	・鉄筋応力とひびわれ幅の関係 ・負モーメントに対するジベルの必要量 ・負モーメント部の床版中鉄筋の鋼げたへの協力程度	負モーメントを与え、鉄筋応力とひびわれ幅の関係、鉄筋量に相当するジベル配置を用いたときのずれ性状、および鉄筋の鋼げたへの協力程度を調べたのち破壊する。
B (単けた)	4 B1 2 B2 2	・コンクリート床版にひびわれを生じている合成けたのnの問題	B1けたでは正モーメントに対するずれ、たわみ、ひずみ性状を調べたのち破壊する。 B2けたではまず正の曲げモーメントを与えてひびわれ形成前のヤング係数比nを調べ、つぎに負の曲げモーメントを与えて計算鉄筋応力約1200kg/cm ² のひびわれを生じさせたのち、再び正モーメントを与え、ひびわれ形成前のたわみと比較してnの変化を調べたのち破壊する。
C (単けた)	4 C1 2 C2 2	・一度ひびかれた床版が正モーメントを受けるときの有効幅 ・負モーメントに対する有効幅	まずC1, C2とも正の曲げモーメントを与え床版の有効幅を調べる。その後C1けたは計算鉄筋応力1200kg/cm ² による負モーメントを与えて、ひびわれを生じさせる。再び正の曲げモーメントを与え、ひびわれを生じているコンクリート床版を有する合成けたの有効幅を調べたのち破壊する。C2けたは負のモーメントを与え、負モーメントに対する有効幅を調べたのち破壊する。
D (連続けた)	2 D1 1 D2 1	・連続合成けたの耐荷力	弾性試験、破壊試験を行ない中間支点付近のひびわれ状況、けたの耐荷力などを調べる。

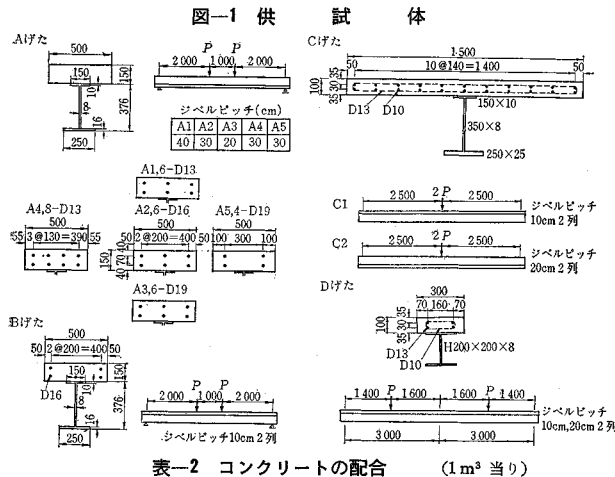


表-2 コンクリートの配合 (1m³ 当り)

組骨材の最大寸法 (mm)	スラブ (cm)	W (l)	C (kg)	W/C (%)	S (kg)	G (kg)	S/A (%)	分散剤 (l)
25	8.6	151	323	46.7	699	1197	37	6.46

伏点応力は 3812 kg/cm² であった。コンクリートの配合は表-2に示すが、セメントは普通ポルトランドセメントを使用した。コンクリートの打込みは2回に分けて行ったが、試験日材令27日~40日における標準供試体の圧縮強度、引張強度およびヤング係数の平均値は、それぞれ、375 kg/cm²、28.2 kg/cm²、278 600 kg/cm² であった。計算に用いた鋼材の降伏点応力は、鋼げた2800 kg/cm²、鉄筋3800 kg/cm²とし、コンクリートの圧縮強度は370 kg/cm²とした。

4. 実験結果および考察

(1) ひびわれ

試験けたに負モーメントを加えると、計算鉄筋応力が 200~400 kg/cm² に達したとき載荷点間に数本のひびわれが生じ、さらに荷重を増すと、載荷点間だけでなく、せん断スパン部にもひびわれ幅は鉄筋応力の増加にともない、ほぼ直線的に増加した。

ひびわれ幅の測定はコンタクトゲージによって行ない、本文では測定ひびわれ幅の最大のものを、最大ひびわれ幅とした(図-2)。載荷試験において最終的には、平均ひびわれ間隔は10~20cmであった。また、平均ひびわれ間隔の相違にともない、それぞれのけたの最大ひびわれ幅も異なっていた。これは

図-2 最大ひびわれ幅

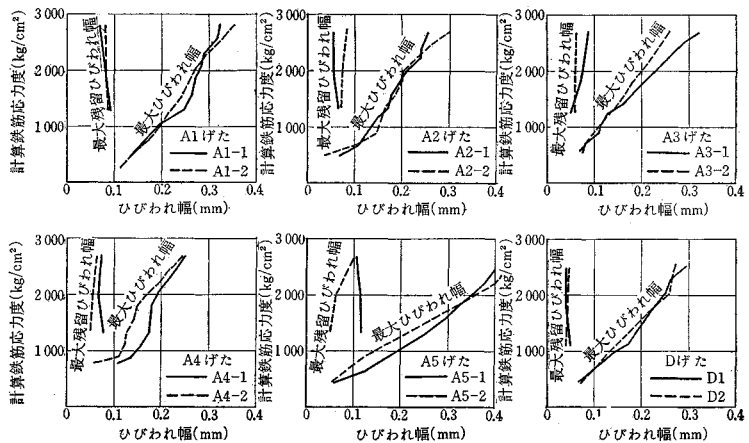


表-3 最大ひびわれ幅

けた	鉄筋	コンクリートとの断面積比 (%)	周長率 (cm/cm ²)	$\sigma_s=1000$ kg/cm ²	$\sigma_s=2000$ kg/cm ²
A1	1/2 6-D13	1.02	0.032	0.191mm 0.196	0.273mm 0.282
A2	1/2 6-D16	1.58	0.040	0.133 0.148	0.208 0.212
A3	1/2 6-D19	2.28	0.048	0.108 0.112	0.202 0.232
A4	1/2 8-D13	1.35	0.043	0.117 0.146	0.169 0.190
A5	1/2 4-D19	1.52	0.032	0.144 0.191	0.346 0.352
B2	1/2 6-D16	1.58	0.040	0.142 0.124	—
D	1/2 4-D13	1.69	0.053	0.135 0.149	0.248 0.256

試験げたの床版の鉄筋量、鉄筋直径、周長率、ジベルピッチなどの影響を受けていると考えられるので、それぞれについて検討してみる。

試験げたのうち、ひびわれ幅を測定したけたについて、最大ひびわれ幅を表-3に示す。表-3においてB2げたは、後に正モーメントをかけるので計算鉄筋応力度が約1200 kg/cm²までしか荷重をかけていない。

a) 鉄筋量とひびわれ幅の関係

鉄筋の本数が同じで直径の異なる、すなわち鉄筋量の異なるA1, A2, A3げたについて考えると、表-3のように、鉄筋応力1000 kg/cm²において最大ひびわれ幅はA3げたが最小、A1げたが最大となっている。このように、鉄筋量が多いほど最大ひびわれ幅は小さくなると考えられる。また2000 kg/cm²の場合、A2, A3げたは同じ程度の値を示しており、A1げたがやはり最大となっている。2000 kg/cm²というのは、合成げた橋において軸方向鉄筋が鋼げたに協力するとき、けた応力と版応力を重ね合せた応力を想定したものである。

b) 鉄筋直径とひびわれ幅の関係

A2, A4, A5 げたは鉄筋断面積がほぼ同じで、鉄筋直径がそれぞれD-16, D-13, D-19と異なっている。この3種類のけたについて考えるとA4げたが最もよい結果を示している。このように断面積が同じ場合には直径の小さい鉄筋を数多く配置することが望ましいと考えられる。

c) 周長率とひびわれ幅の関係

周長率と鉄筋直径は相関関係にある。表-3において、周長率が0.03 cm/cm²程度のA1, A5げたと、0.04 cm/cm²以上のA2, A3, A4, B2げたに分けると、周長率が大きいほうがよい結果を示している。しかし、 $\sigma_s=1000$ kg/cm²ではすべてのけたの最大ひびわれ幅は0.2 mm以下であり、 $\sigma_s=2000$ kg/cm²ではA2, A4が0.2 mm程度である。

d) ジベルピッチとひびわれ幅の関係

A2 げたと B2 げたはいずれも D-16 の鉄筋が6本配置されているが、ジベルピッチは前者が30 cm、後者が10 cmと異なっている。この場合 $\sigma_s=1000$ kg/cm² のときの最大ひびわれ幅を比較すると、両者はほとんど差がなく、したがって、ジベルピッチだけの相違はこの程度の鉄筋応力の場合、ひびわれ性状に何の影響も与えないと考えられる。

以上 a)~d) について述べたが、これらはいずれも単げたを用いて連続げたの支点付近のひびわれ性状を調べた実験である。連続げたとしてのDげたの実験でも、表-3のとおり、最大ひびわれ幅に関して単げたと大差がないようである。

ヨーロッパコンクリート委員会は構造物の許容ひびわれ幅を屋外で0.2 mmと提案しており、内外の研究においても0.2 mm程度であれば無害であると報告されている。これを考慮すると、コンクリートとの断面積比1.5%程度の鉄筋量を、D-16またはD-13の鉄筋を用いて配置しておけば、鉄筋応力が2000 kg/cm²のとき最大ひびわれ幅は0.2 mm程度に止まると考えられる。

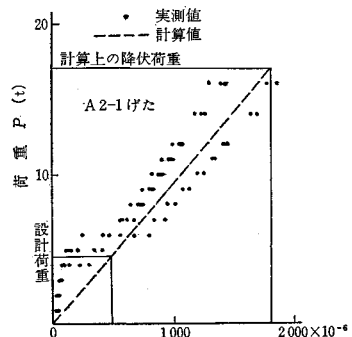
(2) 鉄筋ひずみと鋼げたひずみ

試験げたにおいてワイヤストレインゲージによって鉄筋および鋼げたのひずみを測定した。

a) 負モーメントを受けるときの床版中鉄筋ひずみ

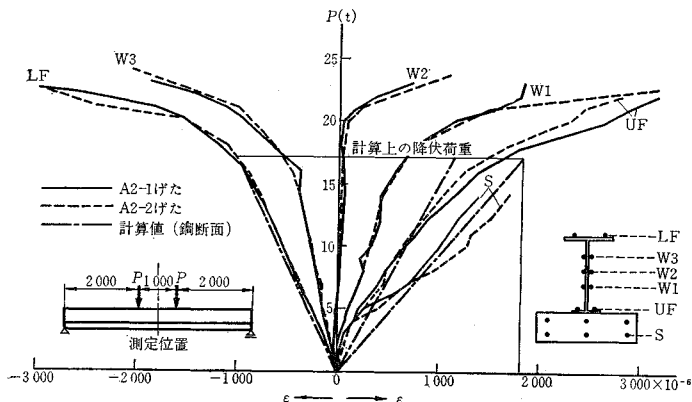
図-3はA2げたの床版中鉄筋のひずみを表わしたものであり、他のけたについてもほぼ同様の傾向を示している。載荷の初期においては、鉄筋ひずみはコンクリートが引張りに抵抗しているために鋼断面^{a)}としての計算値より低い値を示している。ひびわれが生じるとその位置の鉄筋ひずみは急激に増加し、ひびわれが生じていない位置の鉄筋ひずみは相変らず計算値より低い値を示す。しかし、ひびわれの数が増してくると、鉄筋ひずみは多少のばらつきはあっても、平均値はほぼ鋼断面としての計算値にあってくる。図-4の荷重-ひずみ曲線において、P=15t付近で上フランジ(UF)は降伏点応力

図-3 荷重-鉄筋ひずみ関係



a) 鋼げた断面に床版中の軸方向鉄筋を算入した断面

図-4 A2 げた荷重-ひずみ曲線

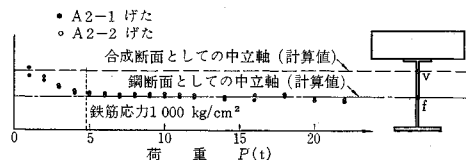


度に達している。そして $P=15t$ までは下フランジ(LF)の実測値は計算値に非常によく一致しており、設計荷重程度では断面の平面保持が成り立っていることを示す。このことから、負モーメント区域においては床版中の軸方向鉄筋(配力鉄筋)は鋼げた断面に算入してよいといえる。これはあくまで鋼げたと床版中の鉄筋の間に、十分せん断力が伝達されるような適当なジベルが存在する場合である。

b) 鋼げたのひずみ

図-4 は A-2 げたの荷重-ひずみ曲線で、実測値は鋼断面としての計算値によく一致している。また、図-5 は A2 げたの中立軸の移動状況を示したものである。

図-5 A2 げた中立軸移動状況



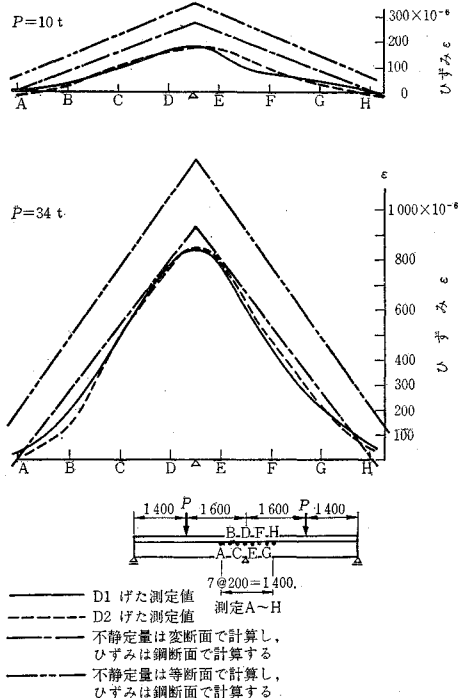
この図をみれば、荷重が小さく、コンクリート床版にひびわれが生じるまでは合成断面として働き、ひびわれが生じると鋼断面に変化していくようすがよくわかる。 $P=5\sim 7t$ のときの計算鉄筋応力度は $1000\sim 1200\text{ kg/cm}^2$ なので、設計荷重程度の負モーメントによってコンクリート床版にひびわれが生じれば、断面はほとんど鋼断面として働いていると考えられる。

B げたにおいて、B1 げたは床版にひびわれの存在しないけた、B2 げたは負モーメントに対して計算鉄筋応力度が約 1200 kg/cm^2 のひびわれが存在しているけたである。この両者について、正モーメントで破壊試験を行なったが、鋼げたのひずみに関しては何ら差異はなかった。すなわち、設計荷重程度の負モーメントによるひびわれが床版に存在していても、正モーメントに対する合成げたの機能はそこなわれることはないと考えられる。

D げたの中間支点付近のひずみ分布状況を示したのが図-6である。荷重が小さいときは、コンクリート床版がある程度引張りに抵抗しているために実測値に変断面^{b)}としての計算値より低い値を示すが、荷重が増加して中間支点付近にひびわれが数多くできると計算値によく一致してくる。

以上のように、鋼げたのひずみからみると実際に設計する際には、負モーメント区域のみ鋼断面に、他の部分は合成断面として設計することが妥当であると考えられる。

図-6 D げた中間支点付近ひずみ分布状況 (鋼げた上縁)



(3) ジベルの問題

ここでは負モーメント区域におけるジベルと、一度ひびわれた床版が正モーメントを受けるときのジベルの問題について述べる。A, B げたにおけるずれは $1m$ 間隔で測定を行なったが、けた端は支点反力の、載荷点は載荷重の影響を受けている恐れがあるので、考察はその他の点の測定結果によることにした。ジベル1本に作用する水平せん断力は次式を用いて計算することにする。

$$\tau = \frac{Q \cdot S}{I} \dots \dots \dots (1)$$

^{b)} 中間支点付近を鋼断面とし、他の部分を合成断面としたものの

ここに

r : 水平せん断力

Q : 鉛直せん断力

S : 合成断面の中立軸のまわりのコンクリート床版の断面一次モーメント。ただし、負モーメントが作用するときは鋼断面の中立軸のまわりの床版中の軸方向鉄筋の断面一次モーメント

I : 正モーメント区域では合成断面の、負モーメント区域では鋼断面の断面二次モーメント

a) 負モーメント区域のジベル

A1~5 げたにおいて、ジベル1本に作用する水平せん断力がジベルの許容耐力（合成ゲタ設計施工指針によって計算する）に達したときの残留ずれは 0.02 mm であった。ジベルの有効荷重は一般に残留ずれが 0.08 mm のときの荷重であり、許容耐力はこれを安全率（約2）で割った値であるが、この場合残留ずれは非常に小さく、鉄筋ひずみも比較的計算値と一致していたことから、鉄筋応力はジベルからけたに十分伝達されていたことがわかる。また床版中の鉄筋が降伏したときジベルはつぎのような力を受ける。

$$H = A_s \cdot \sigma_y \dots\dots\dots(2)$$

ここに

H : 水平せん断力

A_s : 床版中の軸方向鉄筋の断面積

σ_y : 床版中の軸方向鉄筋の降伏点応力度

A1~5 げたについて計算を行なうと、ジベル1本当たり 3.2t~3.9t で、ジベルの有効荷重を 4.0t とすれば 3.2~3.9t < 4.0t となり、破壊に対しても安全であった。

このように、残留ずれが小さかったことから、負モーメント区域のジベルピッチの決定に式(1)を用いることが妥当であると判断できる。

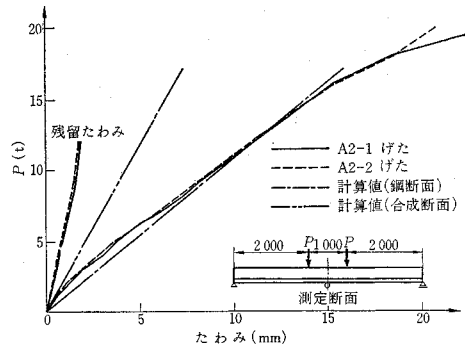
b) ひびわれている床版が正モーメントを受ける場合

B1, B2 げたとも 10 cm ピッチにジベルが配置されているが、B1 げたは無傷の床版を有し、B2 げたは負モーメントに対し計算鉄筋応力が約 1200 kg/cm² のひびわれを生じている床版を有している。この両げたに正モーメントを与えて載荷試験を行なったが、ずれ性状はほとんど同じであった。このことから、ひびわれを生じている床版を有する合成げたが正モーメントを受ける場合は従来の計算方法でジベルピッチを決定しても何ら差しつかえないと考えられる。

(4) n の問題

A2 げたの荷重—たわみ曲線（図-7）において、初期の荷重段階においては合成断面（ $n=7$ ）の計算値に近いが、荷重を増加するとひびわれ発生にともない鋼断面としての計算値によく合ってくる。 $P=10t$ 付近ではけた端付近にはあまりひびわれが存在していなかったが、

図-7 A2 げた荷重—たわみ曲線



鋼断面としての計算値によく合っていたので、負モーメントに対しては鋼断面として設計したほうがよいと思われる。

図-8 は、ひびわれた床版を有するけたが正モーメントを受けたときの荷重—たわみ曲線である。ひびわれ形成前と形成後のたわみ曲線がほとんど平行になっており、ひびわれが閉じれば合成作用はほとんど回復することがわかる。

図-9 は、D げたの荷重—たわみ曲線で、中間支点付近にひびわれが発生するため、 $n=7$ の等断面合成げた

図-8 B2-2 げた 荷重—たわみ曲線

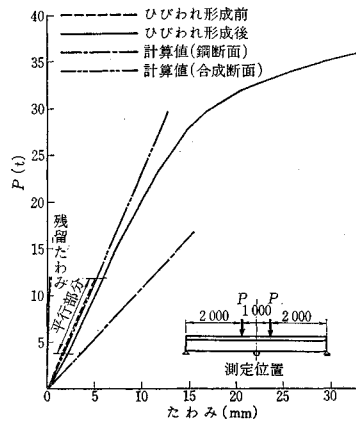
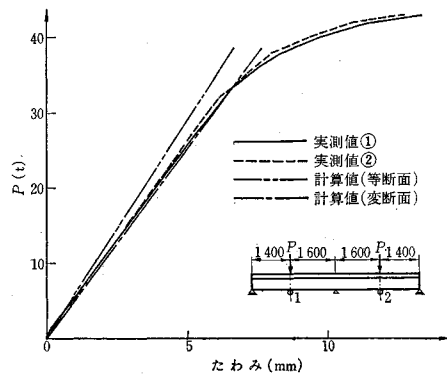


図-9 D げた 荷重—ひずみ曲線



としての計算値より大きく、中間支点付近を鋼断面のみ有効と考えた変断面の計算値によく一致している。

以上の結果より、実際の橋梁設計におけるたわみは負モーメント区域は鋼断面に、正モーメント区域は合成断面として算出することも考えられるが、いっぽう、連続げたの断面力を求めるときは、 $n=7$ とした合成断面の断面二次モーメントを用いて弾性方程式が成立するとして計算することから考えると、弾性範囲内のたわみの計算を行なうときは $n=7$ としてよいのではないかと考える。

(5) 有効幅の問題

正モーメントを受ける場合のひびわれた床版の有効幅についてC1げた、負モーメントに対する有効幅についてC2げたの実験を行なった。

C1 げたは計算鉄筋応力度が約 1200 kg/cm^2 になるような負モーメントによるひびわれが存在する床版を有している。図-10 はひびわれが閉じた後の床版と無傷の床版のひずみ分布を鉄筋ひずみによって示したものである。ひびわれが存在している場合は、正モーメントによって $P=12\text{t}$ ですべてのひびわれが閉じたことが認められたので、そのときの鉄筋ひずみを0として、その後の増分をプロットしたものである。両者の値は少し異なっているが、分布型は非常によく似ており、また理論値の分布型にもよく合っていることから、ひびわれた床版が正モーメントを受ける場合の有効幅は無傷の床版の有効幅と変わらないと考えられる。

図-10 正モーメントに対する鉄筋ひずみ分布 (合成断面)

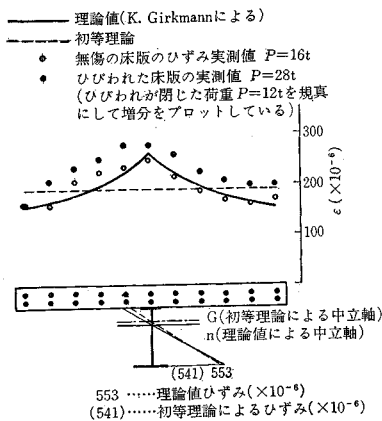
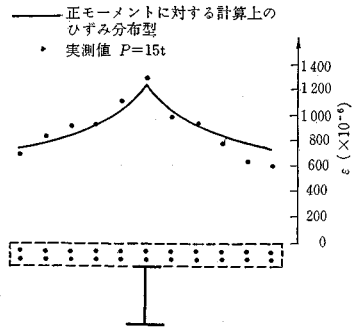


図-11 は負モーメントが作用したときの床版中の鉄筋ひずみの分布を示したもので、実測値は上側鉄筋と下側鉄筋の平均値である。また負モーメントに対するひずみ実測値を正モーメントに対する計算上のひずみ分布型とを比較した場合、比較的合っていることから、負モーメントに対する有効幅は正モーメントに対するものとほ

図-11 負モーメントに対する鉄筋ひずみ分布 (鋼断面)



んど変わらないことが推測できる。また、このけたの下フランジのひずみ実測値が鉄筋が降伏を始めるまでは直線的に変化していたので、断面の一部が降伏点応力度に達するまでは、負モーメントに対する有効幅は一定に保たれていたと考えられる。

(6) 耐荷力

試験げたA~Dの破壊荷重を表-4に示す。表中、計算値は負モーメントに対しては鋼断面で、正モーメントに対しては合成断面で計算を行なっており、Dげたはまず中間支点断面が全断面降伏状態になり、つぎに載荷点が降伏するいわゆる連続げたの降伏状態として2つの塑性ヒンジが発生した状態を考えている。ひびわれの存在する床版を有しているB2げたが、無傷の床版を有するB1 げたより大きな耐荷力を示したことは興味深い。この結果より、設計荷重における程度のひびわれの存在する床版を有するけたが正モーメントを受ける場合、その耐荷力はひびわれの存在しないけたに何ら劣ることはないと考えられる。Dげたの破壊荷重の計算において中間支点は鋼断面としており、またAげたにおいても鋼断面として計算しているが、実測値がいずれも計算値より大きくなっている。以上のように、負モーメント区域ではコンクリート床版中の軸方向鉄筋を鋼げた断面に算入して設計しても十分な耐荷力がえられるものと考えられる。

表-4 破壊荷重

けた	A1 (t)	A2 (t)	A3 (t)	A4 (t)	A5 (t)
実測値	24.0	22.7	23.3	24.0	30.0
計算値	20.6	20.6	23.0	23.0	26.0
実/計	1.17	1.10	1.01	1.04	1.15

けた	B1 (t)	B2 (t)	C1 (t)	C2 (t)	D (t)
実測値	38.8	38.1	41.0	39.8	44.0
計算値	38.0	38.0	38.0	38.0	40.6
実/計	1.02	1.00	1.08	1.05	1.07

5. 結 論

静荷重による本実験より、プレストレスしない連続合成げたの問題点についてつぎのようなことが認められる。

(1) 最大ひびわれ幅は鉄筋量、鉄筋直径、周長率の影響を受ける。すなわち、鉄筋量の多いほど、周長率の大きいほど最大ひびわれ幅は小さくなる。軸方向鉄筋として、コンクリートとの断面積比 1.5% 程度を D-16 または D-13 を用いて配置すれば、鉄筋応力 2000 kg/cm² のとき最大ひびわれ幅は 0.2 mm 程度に収めることができる。

(2) 断面の平面保持に十分なジベルが存在すれば、軸方向鉄筋は鋼げたに十分協力するので、負モーメント区域の床版中の鉄筋は鋼げた断面に算入して差しつかえない。

(3) ジベルピッチは現行の合成げた設計施工指針にもとづいて設計してもよい。すなわち、水平せん断力の計算には式(1)を用いるのが妥当であると考えられる。

(4) 一度ひびわれたコンクリート床版を有する合成げたが正モーメントを受けるとき、ひびわれが閉じれば、合成作用は回復する。

(5) 一度ひびわれた床版の正モーメントに対する有効幅はひびわれが閉じれば、無傷の床版の有効幅と差異はない。負モーメントに対する有効幅は正モーメントに対するものとほとんど等しいことが推測できる。

(6) 負モーメント区域の軸方向鉄筋を鋼げた断面に算入しても十分耐荷力がえられる。

6. あとがき

プレストレスしない連続合成げたとしては、合成区間、非合成区間を最初から定める考え方で設計、架設されたものもわが国に数橋実施例があり、模型実験などによってその安全性は確かめられている。しかし、このような方法は合成区間と非合成区間の断面の急変に対する考え方とジベルの配置について問題点が考えられ、ま

た、わが国示方書上の制約もあり、一般的に広く採用されるに至っていない。

今回、このような形式と設計方法をいくらか変え、負モーメントを受ける領域の床版の橋軸方向鉄筋を鋼断面として利用し、必要なジベルを配置することにより、合理的な設計を目指したものである。

プレストレスしない連続合成げた橋には、今後まだ究明すべき問題点があるが、従来一般に行なわれてきた「プレストレス連続合成げた」に比べ、設計施工が簡単で工期も短縮され、かつ経済的になると考えられるので、その設計施工指針が制定されれば、今後数多くの架設が期待される。

以上の静的実験は、この種新形式橋梁の設計施工指針を提案するための基本的実験の一部として行なわれたものである。

最後に、本実験に当り多大なご協力を頂いた建設省土木研究所 多田部長、同国 広室長、大阪市 近藤土木部長、同橋梁課佐伯係長および松尾橋梁(株)に深謝する次第である。

参 考 文 献

- 1) Levi, F.: "Work of the European Concrete Committee", Proceedings of A.C.I., March 1961.
- 2) 第 1 回異形鉄筋シンポジウム: コンクリート・ライブラリー第 2 号, 土木学会
- 3) 第 2 回異形鉄筋シンポジウム: コンクリート・ライブラリー第 14 号, 土木学会
- 4) 河野 茂 他: 利根橋合成床版の実験, 土木技術, 昭和 41.5.
- 5) A.A.S.H.O.: Standard Specification for Highway Bridges.
- 6) Slutter, R.G. and Driscoll, G.C.: "Flexural Strength of Steel Concrete Composite Beams", Journal of the Structural Division, Proceedings of the A.S.C.E., April 1965.
- 7) Daniels, J.H. and Fisher, J.W.: Fatigue Behavior of Continuous Composite Beams, Fritz Engineering Laboratory Report No. 324. 1
- 8) Daniels, J.H. and Fisher, J.W.: Static Behavior of Continuous Composite Beams, Fritz Engineering Laboratory Report No. 324. 2
- 9) Slutter, R.G. and Fisher, J.W.: Fatigue Strength of Shear Connector, Fritz Engineering Laboratory Report No. 315.
- 10) Girkmann, K.: Flächentragwerke

(1968. 5. 18・受付)

日本土木史 —大正元年~昭和 15 年—

体 裁: B5判 8ボ横一段組み 本文 1770 ページ 図 410 葉 表 500 点
写真 150 枚余 上製箱入革製豪華製本 定価 12000 円(〒 300 円)
内 容: 第 1 章 河川・運河・砂防・治山/第 2 章 港湾・漁港・航路標識/第 3 章 農業土木/第 4 章 都市計画・地方計画/第 5 章 道路/第 6 章 軍事土木/第 7 章 上水道・下水道および工業用水道/第 8 章 土木行政/第 9 章 建設機械/第 10 章 トンネル/第 11 章 発電水力およびダム/第 12 章 鉄道/第 13 章 水理学/第 14 章 応用力学/第 15 章 土性および土質力学/第 16 章 測量/第 17 章 土木材料/第 18 章 コンクリート/第 19 章 土木教育史/第 20 章 学・協会史/付・日本土木史年表