

部分合成桁の疲労強度に関する実験的研究

大阪大学工学部 正員 前田幸雄 大阪市土木局 正員 佐伯章美
大阪大学工学部 正員 渡田凱夫 大阪市土木局 正員 松川昭夫
大阪大学大学院 学生員 堀川靖治

1. まえがき

現在、著者らは負の曲げモーメント領域にもジベルを設けた部分合成桁橋（ここでは、これを“プレストレスしない連続合成桁橋”と呼ぶ）の設計指針の裏付けとなる資料を得るために、一連の模型を作製し、繰返し載荷試験を行い、同時に行われた静的試験と比較して、その力学的性状を研究中である。今回はこれらのうち、特に負の曲げモーメント領域における断面算定、ジベル配置、桁の耐荷力等を知ること、を、主眼とする実験を行った。ここにその結果の一部を報告する。

2. 供試体

供試体はすべて単純桁であり、図-1に示す断面寸法を有し、各桁の相違は表-1のごとく、鉄筋径とジベルピッチのみである。表中、ジベルピッチは文献(3)を参考にして決定した。また、供試体の数は各桁2本づつ、計8本である。

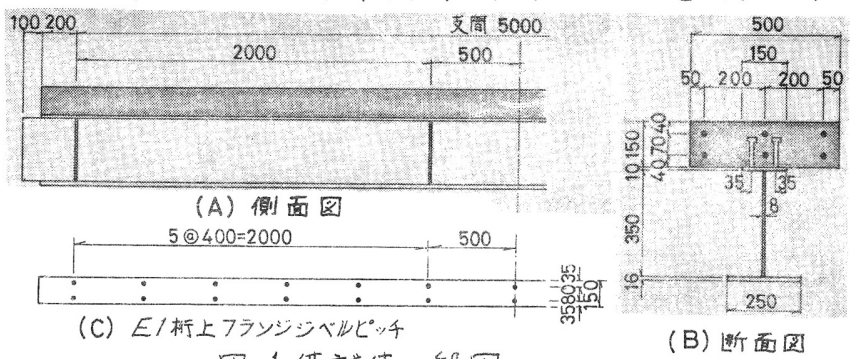


図-1 供試体一般図

3. 試験方法

載荷方法：図-2に示すごとく、ローゼンハウゼン型万能疲労試験機の油圧ジャッキ（動的30t、静的45t）を2台用い、供試体のコンクリート床版を下側にしてこの部分に引張応力が生じるように載荷した。載荷荷重P（ジャッキ片側の値）とそのとき桁に生ずる応力度（鋼断面として計算した値）、載荷速度は表-2の通りである。

表-1 供試体

供試体	鋼 桁 (材質 S S 41)	床 版 (鉄筋コンクリート)	鉄 筋 (S D 30)	ジベルピッチ (S S 41)
E1	Flg. 150×10×5400	500×150 ×5400	6-D13	5@400・2@500・5@400
E2-1			6-D16	7@300・2@400・7@300
E2-2	Web. 1350×8×5600			400・7@600・400
E3	Flg. 250×16×5400		6-D19	25@200

表-2 載荷荷重

供試体	荷 重 P (ton)		外周鉄筋応力度 (荷重片側)			引張フランジ応力度 (荷重片側)			載荷速度 r.p.m.
	Max.	Min.	Max.	Min.	Range	Max.	Min.	Range	
E1-1	48	20	1200	500	700	760	320	440	320
E1-2	48	20	1200	500	700	760	320	440	320
E2-1-1	75	25	1600	540	1060	980	330	650	320
E2-1-2	65	25	1400	540	860	860	330	530	320
E2-2-1	65	25	1400	540	860	860	330	530	320
E2-2-2	56	24	1200	500	700	740	310	430	320
E3-1	78	28	1400	500	900	840	300	540	320
E3-2	67	28	1200	500	700	710	300	540	320

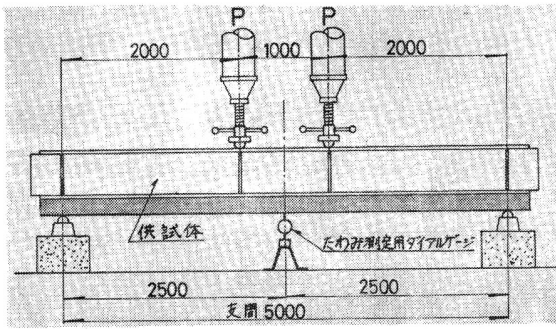


図-2 載荷装置

表-3 最大ひびわれ幅

供試体	P_{max} における最大ひびわれ幅(mm)	最大ひびわれ幅が生じた時の繰返し数
E1-1	0.261	200×10^4
E1-2	0.255	0
E2-1-1	0.202	0
E2-1-2	0.284	0
E2-2-1	0.205	0
E2-2-2	0.221	0
E3-1	0.215	100×10^4
E3-2	0.167	$10 \times 10^4 / 200 \times 10^4$

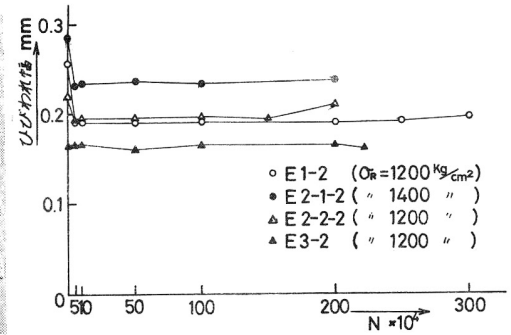
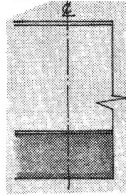


図-3 たわみ変化図

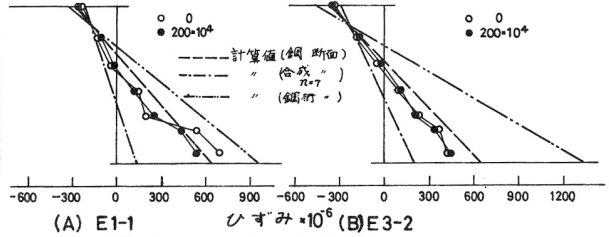


図-4 ひずみ分布図

測定方法: 測定は支間中央断面のひずみ、支間中央点のたわみ、鋼桁とコンクリート床版の間のズレ、コンクリート床版のひびわれ幅について、最初と原則として、繰返し数5, 10, 50, 100, 200万回毎に動的載荷を止め、静的に0~ P_{max} まで載荷して行った。そして、最後に各桁の耐力を調べるために静的破壊試験を行った。

4. 実験結果および考察

(a) ひびわれ 図-3に各桁の P_{max} における測定ひびわれ幅のうち最大のものと繰返し数との関係を示し、表-3に各桁において得られた最大ひびわれ幅の値を示す。最大ひびわれ幅は繰返し数に関係なく、ほとんど一定の値を保ち、また各桁に生じたひびわれ全体については、鉄筋量が大きなるほどひびわれ幅は小になる傾向が見られた。

(b) ひずみ 支間中央断面におけるひずみ分布の一例として、E1-1、E3-2桁の P_{max} 載荷時における値を図-4に示す。E1-1桁において、鉄筋のひずみが多少大きくでているのは、ゲージ貼付位置付近にひびわれが発生したことによる影響と思われる。また、測定値が鋼断面(鋼桁と床版中の軸方向鉄筋の断面)として計算した値に近く、ほぼ直線分布していることから、ジベルが配置されているために、断面の平面保持が成り立っているものと考えられる。

(c) ズレ ズレはひびわれの影響を大きく受け、繰返し数に対する変動はひじょうにばらついているが、曲げせん断スパン中央点における最大ズレ量は、ジベルピッチの特に大きなE2-2桁では0.21~0.23mmもあり、ジベルの効果がやや小さいように思われるが、他の桁については0.01~0.04mmとひじょうに少なかったため、ジベルの効果は良好であったと考えられる。

(d) たわみ 一例として、図-5にE2-1-2桁の荷重-たわみ曲線を示したが、他の桁

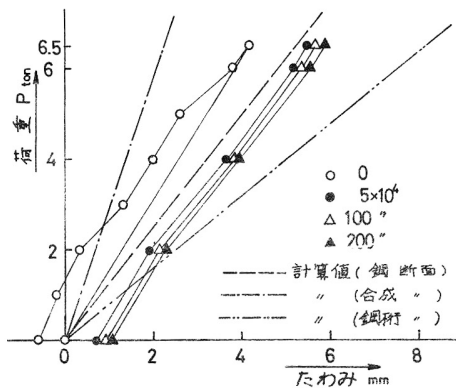


図-5 荷重-たわみ曲線(E2-1-2桁)

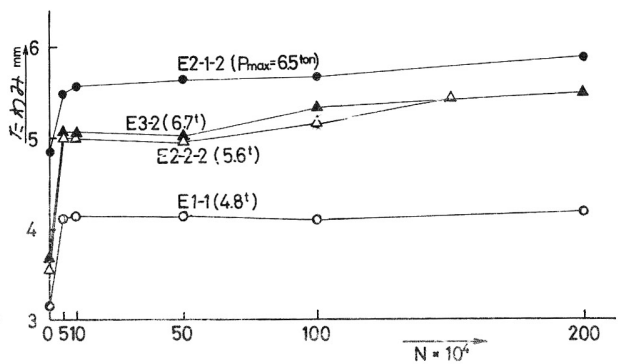


図-6 たわみ変化図

についても同様な傾向が見られる。すなわち、最初の静的載荷において、コンクリートにひびわれを生じるまでは($P < 2^{\text{ton}}$)、ヤング係数比 $\alpha = 7$ として計算した値に近く、ひびわれを生じた後は鋼断面とした計算値に近づく。そして、繰返し数の増加と共に疲労による残留たわみは多少増加していくが、この傾向はそれほど顕著ではない。図-6は疲労により、最大たわみ量がどの様に变化するかを示す。各桁とも動的初期に著しい増加が見られるが、5万回以後はそれほど大きな変動は見られない。

以上、たわみ、ひずみ分布等から、負の曲げモーメント領域においては、鋼桁に適當な数のジョーブルが配置されている場合には、床版中の軸方向鉄筋を鋼桁断面に算入しても良いと言える。

(e) 破壊状況 表-3に示すごとくである。鋼桁破断位置はすべて荷重点近くの引張フランジスタッド溶植部付近に集中しているが、これはこの付近がスタッド溶植時の熱影響を受けて、疲労強度が著しく低下していたためと考えられる。また、試験終了後、各桁のコンクリートを取り除き、スタッドの状態を観察した。ある桁についてはスタッドの変形も見られたが、スタッド自身の破断はどの桁についても認められず、鋼桁亀裂の発端点やはりスタッド溶植部であることがわかった。この様子は写真-1に示す通りである。そして、この亀裂が繰返し数の増加に伴い、まずフランジ全幅に広がり、次いでウェブ内に行進していくものと考えられる。写真-2は試験終了後の破断部の様子を示している。

我々の作製した供試体については、フランジの肉厚に比してスタッドの径が大き過ぎたため、上に述べたような破断状態を生じたものと思

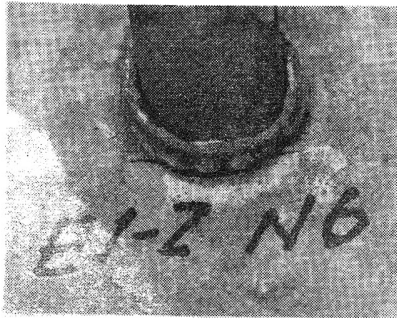


写真-1 スタッド溶植部の亀裂(E1-2桁)

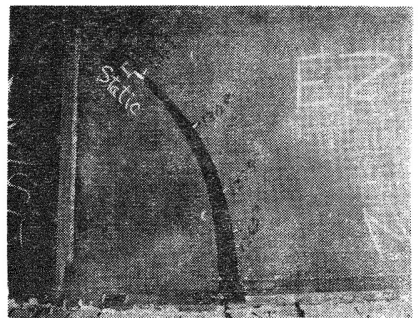


写真-2 鋼桁破断部(E2-1-1桁)

表-4 破壊状況

供試体	破壊状況	繰返し数 実測値	繰返し数 計算値	引張フランジ破断位置	
E1-1	200万回載荷後、変化が認められぬため、階段増減繰返し荷重による載荷方法とし、 $P_{max}=10.5$ 、 $P_{min}=2.0$ (鉄筋応力振幅2/25%の荷重のとき、鋼材が破断した。	227.1	204		
E1-2	表-1に示す荷重を200万回まで載荷したが、変化が認められぬため、動的載荷と止め、静的破壊試験を行った。	300	210	20.4	
E2-1	約125万回にて引張フランジ全幅にわたり、亀裂発生を認めたが、引きつぎ載荷したところ、亀裂は徐々にウェブ内に進行した。130万回にて測定を行い、その後約16万回載荷後に静的に破壊。	131.6	120	22.8	
E2-12	222.6万回載荷したが、変化が認められぬため静的破壊試験を行った。	222.6	265	22.8	
E2-2	50万から100万回の間 (正確な繰返し数不明) で鋼材破断。亀裂は引張フランジからウェブ中程まで進行していた。	(50~100)	14.0	22.8	
E2-22	196万回にて①の亀裂を絶って199.6万回にて③、③の亀裂を認めた。その後203.8万回まで載荷し静的に破壊した。	203.8	180	22.8	
E3-1	145.8万回にて、引張フランジに亀裂を認めた。185万回まで載荷したところ、亀裂はウェブ内3/4位まで進行した。	185	176	25.7	
E3-2	動的載荷による何ら、変化が認められず、最後に静的破壊試験を行った。	222.7	270	25.7	

われる。

E1-1, E3-1桁では、荷重点に設けられたスチフナーの直下に、スタッドが溶接されているため、ここに大きな応力集中を生じて疲労破壊したものと思われる。しかし、E2-2-1桁では、わずか50~100万回の間で引張フランジに亀裂を生じ、疲労破壊を起こしたが、これは曲げによるよりも、ジベルにかかるとせん断力の影響のすが大であるためと考えられる。このことはジベルピンチのみ異なるE2-1-2桁を同じ条件で載荷しても、何ら変化が認められなかったことから明らかである。従って、負の曲げモーメント領域におけるジベル配置については、疲労を考慮する場合、さらに検討する必要があると思われる。

動的試験終了後、静的破壊試験を行ったが、その結果、鋼材破断が認められなかった桁については、繰返し載荷後も十分耐荷力があることがわかった。なお、表-4中破壊荷重の計算値は鋼断面としての値である。

5. 参考文献

- 1) Daniels, Fisher, FATIGUE BEHAVIOR OF CONTINUOUS COMPOSITE BEAMS
Fritz Engineering Laboratory Report No. 324.1 1956
- 2) Slutter, Fisher, FATIGUE STRENGTH OF SHEAR CONNECTORS
Highway Research Record No. 147 1966
- 3) 新大正橋模型実験報告書, 大阪市工務局橋梁課, 大阪市立大学工学部 松尾橋梁株式会社, 1967