

国鉄 構造物設計事務所 正員 池田 尚

〇八巻一幸

国鉄 鉄道技術研究所 〇 涌井 一

1. まえがき

近年、鉄道橋の建設において、施工の省力化および急速施工が強く要望され、その対策として構造物の単純化、機械化施工、工場製作化などが考えられている。このような見地から、フレテンP.Cけたが注目されてきた。しかし、従来の方法によるフレテンP.Cけたは太径緊張鋼材の付着の問題、支点付近の引張力防止のための緊張鋼材の増加、製作アバットの制約等が障害となって、鉄道橋としての実用的な適用範囲はスパン10m前後であった。さらにスパンを長くして適用範囲を広げるためには、支点部と支間部のフレストレス量を変化させるなどの対策が必要と考えられる。そこで本研究では、いくつかの対策のうち、一部の緊張鋼材をバンドアップする方法に着目し、フレテンバンドアップP.Cけたを鉄道橋として実用化するため、基本的問題の検討を行なったのである。

2. 試験概要

フレテンバンドアップP.Cけたを鉄道橋に適用する場合に最も問題となる、曲けた状態での緊張鋼材の疲労特性および構造物としての力学的性状を知るため、ストランドおよび模型けたの載荷試験を行なった。

(1) ストランドの試験 模型けたに使用したSWPR-7A $\phi 10.8$ mmと同種のストランドを用い、曲け上げ角度を10°、曲け治具の半径を5mmおよび16mmとした場合の疲労試験を行なった。載荷条件は応力振幅を10%または15%（下限応力度105%）とし、繰返し回数を200万回とした。

(2) 模型けたの試験 曲け上げ角度を0°、5°および10°に変化させた図-1に示す模型けたを各2連つつ合計4連製作し、表-1に示した載荷試験を行ない、ひずみ測定、たわみ測定、ひびわれの伸展の観察およびストランド破断面の観察を行なった。載荷方法は図-1に示すように曲け上げ点を含む支間中央部分が等モーメント区間となるようにした。コンクリートの設計基準強度は500%、ストランドはSWPR-7Aである。また曲け上げ点には図-2に示すローラーを用いた鋼製の曲け上げ支持具をコンクリート中に埋設した。なお、疲労試験けたのストランドの応力振幅は表-2に示すとおりである。

図-1 模型けた寸法および載荷位置

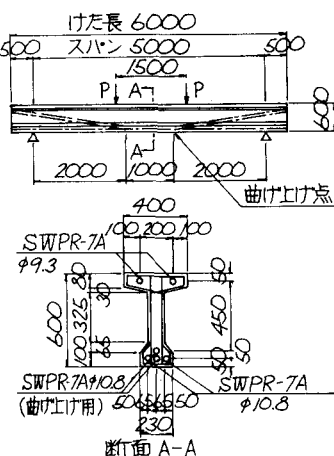


図-2 曲け上げ支持具寸法

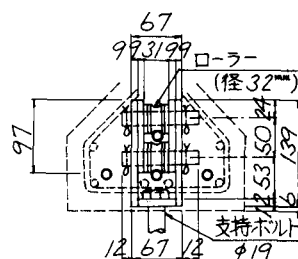


表-1 模型けたの試験種別と記号

曲け上げ 種別	直線	5°	10°
静的破壊試験	A-1	B-1	—
疲労試験	A-2	B-2	C-1, C-2

表-2 疲労試験けたの応力振幅

けた 記号	上限応力 度(%)	下限応力 度(%)	応力振幅 (%)	備 考
C-2	109.2	106.6	2.6	設計荷重
A-2	136.3	106.8	29.5	破壊荷重×0.6
B-2	119.7	106.8	12.9	設計荷重×1.75
C-1	120.4	106.8	13.6	—

注) 破断位置の計算上の応力振幅で下限荷重では全断面有効、上限荷重ではコンクリートの引張部を無視。

3. 測定結果および考察

(1) ストランドの疲労試験結果は図-3に示すとおりである。直線のストランドの疲労強度が16~17%であるのに比べ、曲けることにより疲労強度が低下するのは否めないが、今回の試験条件に限れば、10%程度の

応力振幅であれば、疲労破壊はしないと考えてよいようである。
 (2) 模型けたの主な測定結果と計算値は表-3に示すとおりである。
 設計荷重による300万回の疲労試験を行なったC-2けたは、目視観察および疲労試験前後に実施した静載荷試験の結果からすると、疲労による変状ならびに耐力の低下は認められなかった。また、過大荷重による疲労試験を行なったB-2、C-1と曲げ上げ支持具付近のコンフリートの変状は全く見られなかった。試験後曲げ上げ部のストランドを取り出して観察したところ、曲げ上げによる塑性変形を生じ、ローラーとの接触部にはへこみ傷が見られたが、この部分から疲労破断することはなく、破断位置は曲げ上げ点よ

図 3 ストランドの疲労試験結果

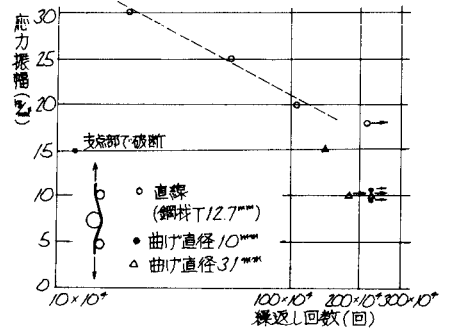


表-3 模型けたの主な測定結果と計算値

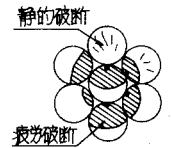
() 内は計算値を示す。

項目 けた 記号	フレストレスの測定		静的破壊試験				疲労試験					
	緊張力 (t)	導入フレストレスによる弾性歪(%)	ひびわれ荷重 (t)	ひびわれ再開荷重 (t)	破壊荷重 (t)	破断位置 (cm)	ひびわれ分布幅 (m)	上 限 荷 重 (t)	下 限 荷 重 (t)	破断回数 (×10^4 回)	破断位置 (cm)	破断面の状況
A-1	45.4 (45.4)	—	269 (238)	18.0 (19.5)	13.3 (11.3)	40.3 (39.0)	13 -1.3~1.3 17本	—	—	—	—	—
A-2	°	—	262 (238)	19.0 (19.5)	11.3 (11.3)	—	—	24.0	2.0	0.386	63~86	— -1.0~1.2 10本
B-1	°	1.25 (1.45)	241 (238)	18.0 (19.5)	11.0 (11.0)	40.5 (39.0)	60 -1.5~1.5 21本	—	—	—	—	—
B-2	°	110~125 (1.45)	229 (238)	18.0 (19.5)	13.1 (11.0)	—	—	19.0	2.0	1.536	67	素線28本中13本疲労破断 -1.1~0.8 11本
C-1	°	295 (2.88)	241 (238)	19.0 (19.5)	11.7 (10.7)	—	—	19.0	2.0	1.415	66	素線28本中6本疲労破断 -1.2~1.1 14本
C-2	°	295~305 (2.88)	251 (238)	14.0 (19.5)	12.2 (10.7)	38.9 (39.0)	59 -1.4~1.5 20本	11.3	1.0	3.056	—	— ひびわれ発生せず静的破壊

* スパン中央を基準にし、負号は固定端側、正号は可動端側を示す。

り支点側約15mmのところであった。これら模型けたの試験結果と(1)のストランドの疲労試験結果とを考え合わせると設計荷重程度の応力振幅(約5%以下)ならば、今回用いた曲げ上げ支持具でも十分実用でき、さらに曲げ半径と小さく簡素化できる可能性と残されている。
 (3) 静的破壊試験を行なったA-1、B-1、C-2けたでは、表-3に示すように破壊荷重はほとんど同じであった。これは破壊がバンドアップの影響の少ない位置で生じたためである。ひびわれ荷重、ひびわれ再開荷重、破壊荷重はP.C 指針などに示された一般的方法による計算値とよく合致した。
 (4) 過大荷重による疲労試験を実施したA-2、B-2、C-1けたについては、ストランドの破断面の観察をした。ストランドは断面の一部が疲労破断し、残りが静的破断していた。図-4は破断面の一例をスケッチしたもので黒点が疲労の始まった点を示している。疲労の始まった点はすべて素線どうしの接触点に位置しており、一般にフレッチング亀裂と称されているのである。このような疲労破壊を防止し、過大繰返し荷重に対するけた耐力を向上させるためには、適量の軸方向引張鉄筋を配置してひびわれ幅を制御することと有効と思われる。

図-4 ストランド破断面の一例



なお、今回の試験では模型けたの本数が少く、疲労限を把握するまでには至らなかった。

4. おわりに

フレテンバンドアップP.C けたは、フルフレストレスで設計され、設計荷重程度の応力振幅であれば鉄道橋として実用可能で、曲げ上げ支持具の形式も今回用いたものよりさらに簡素化できる可能性がある。今回の試験では曲げ上げ部の変状は全く生じなかったが、曲げ上げ部で意識的に破壊させる実験も今後の課題の一つと考えられる。本研究の実施にあたり、東京工大長滝重義助教授、国鉄野口功氏の御指導、ならびに東京第一工専局関係各位の御協力をいただいた。ここに謹んで御礼申し上げます。また、本研究に対し昭和50年度吉田奨励金を授与されたことに感謝致します。(参考文献) 野口他「RC桁、PCおよびパースナルPC桁の疲労強度について」スラストコンクリート Vol.6, No.1.