

建設機械化研究所 正会員 竹之内博行
 本州四国連絡橋公団 〃 田島 二郎
 〃 〃 岸本 良孝

1. まえがき

本州四国連絡橋の道路鉄道橋は既設の長大橋に較べ、活荷重強度が大きく、その載荷頻度も多いため、ハンガーに対しても疲労の影響を十分検討しなければならない。ハンガーに疲労を及ぼすのは主に列車荷重と考えられ、その荷重によりハンガーには、張力変動およびケーブルと補剛桁の相対移動によるハンガーカラー部での繰返し曲げが生ずる。ロープの繰返し曲げについては、従来、機械用ワイヤーロープの疲労試験として、いわゆるシーブ曲げによる試験が各方面で実施されてきたが、この方法では吊橋のハンガーの繰返し曲げに対しては、実際の使用状態における疲労強度が求められるとは言えない。本試験は、ハンガーの実際の挙動に近い実験により、その曲げ疲労特性を把握する目的で実施されたものである。

2. 供試体と試験方法

試験に用いたロープは公称直径 85φ の CFRC 形 ストランドロープで、両端を亜鉛合金で Y ケットに鋳込み供試体とした。表-1 に供試ロープの諸元を示す。試験を行った供試体数は 5 体である。

試験機は図-1 に示す様に、供試体に所定の軸力を与え、曲げスパン 3 m でカラーによりロープを固定し、その中央に設けた駆動部をモーターで上下に振動させることにより、供試ロープに曲げ変形を与えるものである。変位振幅は 30 mm (±15 mm)、繰返し速度は 200 cpm で一定である。

構 造	CFRC 37+9×7+9×WS36
ロープ径 (mm)	86.9 (仕様 85 ±3)
よりの長さ (mm)	7833 (標準 765)
切断荷重 (ton)	608 (保証 555 以上)
単位重量 (kg/m)	33.1 (標準 33.6)
標準断面積 (mm ²)	4020
弾性係数 (kg/mm ²)	14500 (標準 14000)
構成素線数 (本)	424
素線径 (mm)	2.37 ~ 4.28

表-1. 供試ロープの諸元

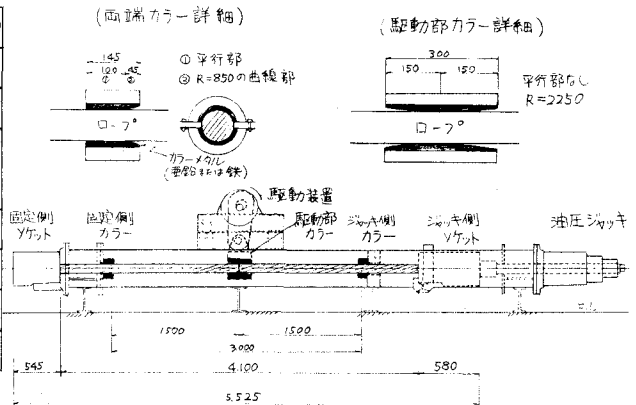


図-1. 曲げ疲労試験機概要図

5 体の供試体は表-2 に示す通り、Case I ~ III の条件で試験された。繰返し曲げを開始する前と、開始後の適当な繰返し回数ごとに静的曲げ試験を行い、駆動部を所定の位置で停止させて、ロープ素線の曲げによる応力を測定した。測定は、曲げの影響が大きいと考えられる両端カラーと駆動部カラー付近の位置でロープ下面の 4 ~ 6 本の素線にストレインゲージを貼付して行った。測点数は各供試体とも約 100 点である。断線状況は、試験中に外観を観察すると共に、試験終了後に供試体を解体し、素線の断線箇所数と位置を測定し、破断形態を観察した。

供試体名	Case	軸力 (ton)	カラー	曲げ変位 および角度	最終繰 返し回数
B1	I	200	亜鉛	4.7° 30mm (±15mm)	50.4 × 10 ⁴
B2					40.4 × 10 ⁴
B3	II	150	亜鉛	1.14° (±0.5°)	75.6 × 10 ⁴
B4					60.1 × 10 ⁴
B5	III	150	鉄		60.0 × 10 ⁴

表-2. 試験条件

3. 試験結果と考察

1) 素線の曲げ応力

素線の個々の測定箇所での曲げによる応力は、図-2の様なヒステリシスループを描くが、ロープの各位置での曲げ応力を図-2の円で示される応力変動値の平均値で表す事とする。曲げ応力は繰返回数の増加に従って2万回程度までは増加し、その後ほぼ一定の値となる傾向が見られた。一例を図-3に示すが、他の位置および他の供試体でも変化の傾向は同じである。これは繰返し曲げにより、カラーメタルがロープとの接触により変形し、ロープとの接触面積が増加する事により拘束力が次第に大きくなるためと考えられる。

曲げ応力がほぼ定常となると思われる $N=2 \times 10^4$ での曲げ応力の分布を図-4に示す。いずれの場合もカラーの平行部端より20mmの位置でピークを示している。Case IIの場合が他に較べて小さいが、これは鉄カラーの変形が亜鉛カラーに較べて小さく、ロープに対する拘束力も小さいためと思われる。

2) 断線状況

試験終了後の供試体解体による断線調査の結果、断線箇所数とその分布状態はどの供試体でもほぼ同様であった。断線はリケット内部およびロ元付近ではまったく発生しておらず、両端カラーと中央の駆動部に集中していた。断線位置は両端カラー部では平行部と平行部端より300mm、駆動部ではカラーの中央より400mm程度の範囲に平均に分布しており、図-4に示される曲げ応力の分布とは対応を示さなかった。素線の破断はほとんど素線同士の接触によって生じた摩擦箇所も起点とする疲労破断であった。断線を素線の種類ごとに分類すると表-3の通りであり、ストラッド同士が接触する部分の素線に断線が集中している事がわかる。以上の断線状況より、ロープの繰返し曲げによる素線の破断においては、素線相互の接触による摩擦が最も大きな要因であり、曲げ応力のみならず、素線間の接触圧や相対移動などが大きな影響を及ぼすと考えられ、特にロープを固定する際のカラーの締付力などには十分な考慮が必要だと思われる。

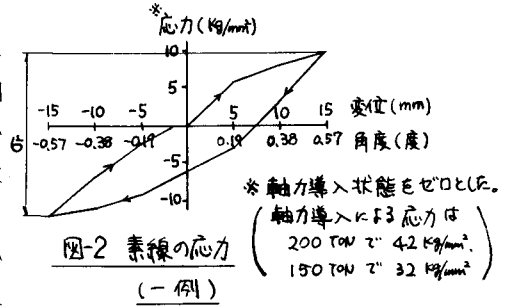


図-2 素線の応力 (一例)

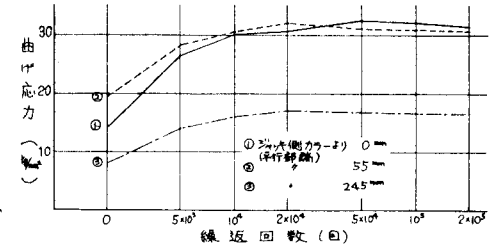


図-3. 曲げ応力の変化 (B4の場合)

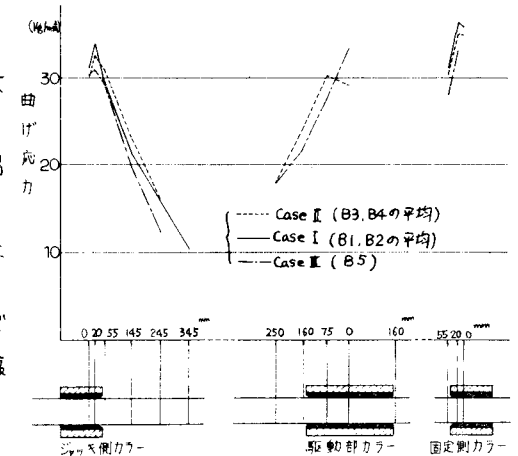


図-4. 曲げ応力の分布

素線記号	ϕ_0-0	ϕ_1-0	ϕ_0-1	ϕ_1-1	ϕ_0	ϕ_1	ϕ_2	ϕ_3	ϕ_4	合計
素線径(mm)	3.80	3.50	4.28	4.05	4.22	3.12	2.37	3.07	3.87	
構成本数	1	36	9	54	9	63	63	63	126	424
B 1	0-0-0	12-11-11	4-3-3	64-86-65	0-0-0	0-0-0	0-4-0	1-4-0	65-187-35	545
B 2	0-1-0	—	5-8-0	93-113-86	0-2-0	0-16-0	0-18-0	0-20-0	96-131-63	(652)
B 3	0-0-—	16-—	—	—	0-—	0-—	0-—	0-—	43-—	(488)
B 4	0-0-0	11-12-7	7-5-1	72-83-77	0-0-0	0-0-0	0-1-0	0-1-0	51-131-37	498
B 5	0-0-0	19-18-17	6-8-2	65-93-89	0-0-0	0-2-0	0-5-0	0-11-0	32-142-53	542

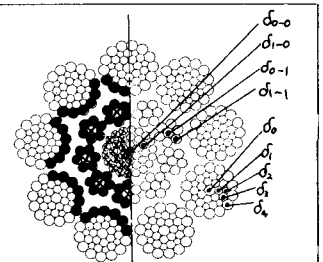


表-3. 素線の断線箇所数 (固定側カラー付近-駆動部-ジャッキ側カラー付近)