

I-394 高強度平行線ケーブルストランドの疲労強度

本州四国連絡橋公団 正員 ○山田 郁夫
 本州四国連絡橋公団 正員 高城 信彦
 本州四国連絡橋公団 正員 奥川 淳志

1. まえがき

従来の吊橋用平行線ケーブルストランドは、引張強度 160kgf/mm^2 の亜鉛めっき鋼線を平行に束ねたものが用いられてきており、本州四国連絡橋でもこれまで多くの実績がある。

近年、長大吊橋におけるケーブル死荷重の軽減を目的とし、引張強度を約1割増加させた高強度亜鉛めっき鋼線（引張強度 180kgf/mm^2 ）を使用した高強度平行線ケーブルストランドが開発されてきた。高強度亜鉛めっき鋼線の強度は、従来鋼線の化学成分の中でS成分を増加させるとともに、線材の製作工程において減面率を20%とすることにより線径約5mmで引張強度 $180\sim 200\text{kgf/mm}^2$ を確保している。すでに、高強度亜鉛めっき鋼線自体の機械的性質および物理的性質については種々の検査により確認されており、実用化は可能であると判断されている。

本報告では、高強度平行線ケーブルストランドとしての疲労強度を把握するために実施した疲労試験結果について報告するものである。

2. 試験概要

(1) ケーブル供試体

供試体の外形寸法と主要仕様を図-1と表-1に示す。本供試体には、現在、本四公団規格となっているHBS G 3507（平行線ケーブル用高強度亜鉛めっき鋼線用線材規格）とHBS G 3508（平行線ケーブル用高強度亜鉛めっき鋼線規格）に準拠して製造された高強度亜鉛めっき鋼線が使用されている。線材の機械的性質および物理的性質を表-2に示す。供試体は、127本の高強度亜鉛めっき鋼線を平行に束ね、正六角形の断面に成形した後、ソケット部に亜鉛を鋳込み、ケーブルを定着している。鋳込み材料は、従来と同様の銅亜鉛合金（Zn 98%、Cu 2%）を用いている。ケーブル供試体は4本製作した。

(2) 試験方法

疲労試験は、本四公団所有の大型疲労試験機を使用し、供試体両端をピン結合として実施した。

供試体は、高強度の亜鉛めっき鋼線が使用されているので、従来の平行線ケーブルの許容引張応力度（ 64kgf/mm^2 ）より約2割増の 80kgf/mm^2 を上限応力とした。疲労試験の応力範囲は $20\sim 30\text{kgf/mm}^2$ の間で設定し、繰返し回数で $N=2.0\times 10^6$ 回または断線数が全素線の5%程度に達した時点を試験終了の目安とした。

また、疲労試験の開始前と繰返し数で約5万回ごとに静的引張試験を実施し、ケーブル素線のひずみとケーブルの伸びおよびソケットからの抜け出し量を測定した。

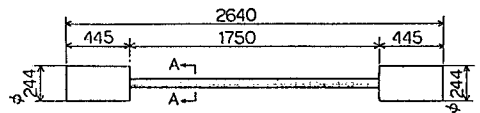


図-1 HT-PWS127の主要寸法図

表-1 HT-PWS127の主要仕様

項目	仕様
呼称	H.T-PWS127
素線径-素線本数	5(mm)-127(本)
断面構成 及び 計算寸法	A-A断面
素線引張強度	$180\sim 200\text{kgf/mm}^2$
保証切断強度	448 ton
標準断面積	2493mm^2
標準重量	19.5kg/m
標準伸び係数	$2.0\times 10^{-4}\text{kg/mm}^2$ 以上

3. 試験結果と考察

(1) 疲労試験結果

疲労試験の結果を図-2に示す。供試体No.1およびNo.2の疲労強度（は、 $N=2.0\times 10^6$ 回の疲れ強さ）は、応力範囲 $\Delta\sigma=30\text{kgf/mm}^2$ 付近となり、従来の平行線ケーブルストランドに比べて、高い疲労強度が得られた。しかし、供試体No.3およびNo.4の試験結果では、推定されていた疲労強度 $\Delta\sigma=30\text{kgf/mm}^2$ を下まわる結果となった。

今回の試験ではばらつきがあるものの、 $N=2.0\times 10^6$ 回の疲労強度は概ね $30\text{kgf/mm}^2 > \Delta\sigma > 20\text{kgf/mm}^2$ と推定される。

（2）断線調査結果

供試体No.1からNo.3について、断線位置はソケット前面から30～50mmほど内部での断線が多く、中心素線に近い断線ほどソケット前面より深い位置で発生する傾向が見られた。これは断線位置付近における十分な亜鉛鍍込みが行われていないことに起因する。さらに、断面方向の分布では全てソケット内部で断線しているが、角折れの大い最外層よりも内層素線の断線が多い。この原因はまだ明らかにされていない。

また供試体No.4については、断線位置は全てソケット前面に近い位置でかつ全て最外層素線で発生している。この断線状態は、従来の平行線ケーブルストランドと同じパターンを示しており、他の3つの供試体と比べて疲労強度の低下が目立っている。この原因としては、ソケット口元部における2次曲げ応力が他の供試体よりも大きかったためと思われる。

（3）ケーブル素線のひずみ測定結果

ひずみ測定の結果より、各供試体ともソケット口元付近のひずみが大きくその分布状態も悪いことがわかった。この結果は、過去の平行線ケーブル供試体でも同様の結果が得られており、その理由としてソケット口元部での角折れが原因であると推定される。

しかし、供試体No.4のひずみ分布はこの理由からでは説明できない状態であり、早期断線の一因と考えられる。

（4）ケーブル伸び量およびソケット

からのケーブル抜け出し量

供試体No.1とNo.2の測定結果より、ケーブル伸び量の測定結果とソケットからのケーブル抜け出し量の測定結果との傾向がほぼ一致することから、ケーブル伸び量はケーブルの抜け出し量が影響していることがわかる。またケーブル伸び量の急激な変化は、主にケーブル素線の断線により生じるものと思われる。

4. あとがき

今回の疲労試験では、供試体の数が限られているものの、高強度平行線ケーブルストランドの疲労強度は概ね20kgf/mm²以上であり、従来の平行線ケーブルストランドと同程度以上の疲労強度が得られることが判明した。また、供試体によって多少結果にばらつきが見られたものの、その主な原因がソケット付け加工等によるものであることが推測される。

表-2 高強度鋼線検査結果と規格値

項 目	規 格	高強度用鋼材 HBS G 3508			従来の線材
		検査結果			HBS G 3501
		H.T-PWS127-1, 3, H.T-PWS127-2, 4			規 格
張 力	mm	5.00	5.03	5.00	5.12
張 力 差	mm	≤0.06	0.02	0.03	≤0.06
引 張 強 さ	kgf/mm ²	180～200	189	188.5	160～180
耐 力	kgf/mm ²	≥140	157	155.0	≥118
伸 び	%	≥4	7.25	6.8	≥4
き 付 け		3d×8回	良	良	3d巻付折損なし
ね じ り	回	≥14	24	25	≥14
付 着 量	g/m ²	≥300	358	376	≥300
付 着 性		5d×2回	良	良	5d巻付折損なし
腐 蝕 増 加	mm	≤0.12	0.10	0.10	≤0.12
外 観		全長表面滑らか	良	良	全長表面滑らか
フリーコイル性	m	≥4	30.2	32.1	≥4
フリーリングリフト	cm	≤15	0.0	0.0	≤15

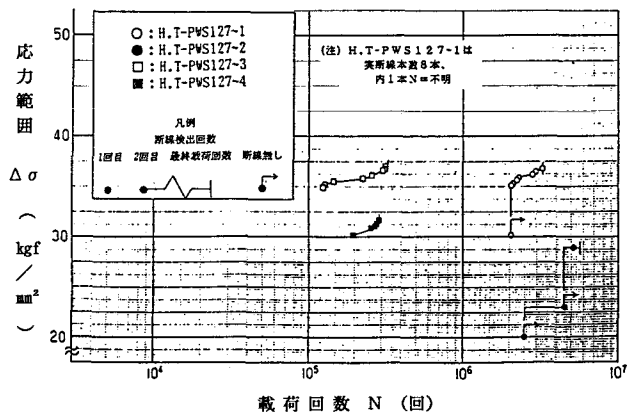


図-2 疲労試験結果