

## I-183 PWS 疲労強度の改良

（株）神戸製鋼所 正員 三田村 武  
 “ 正員 杉井 謙一  
 本州四国連絡橋公団 正員 奥川 淳志

1. まえがき 吊橋、斜張橋、およびニールセン橋といった、いわゆるケーブル使用橋梁に用いられているプレファブ平行線ストランド（PWS）には、これまで、引張強度 $160\text{kgf/mm}^2$ のワイヤが使用されてきた。しかし、近年の橋梁大型化に伴い、引張強度 $180\text{kgf/mm}^2$ の高強度ワイヤが開発され、設計に取入れられている<sup>1)</sup>。また、この高強度ワイヤをPWSに加工し、疲労実験が実施されている<sup>2)</sup>。この結果、高強度ワイヤを使用したPWSの疲労強度は、応力範囲で、概ね $20\text{kgf/mm}^2$ 以上あると報告されているが、同時に、ソケット付け加工の差等が原因で、供試体により疲労強度にばらつきが生じたことが指摘されている。

本報告では、引張強度 $180\text{kgf/mm}^2$ の高強度ワイヤを使用したPWS 37（ワイヤ37本束で、両端を亜鉛銅合金鑄込みしたもの）を用いて、PWSの疲労実験結果にばらつきの生じる原因を探るとともに、現状の定着部に大きな構造変更を加えることなく、PWSの疲労強度の安定・向上をはかることを試みた検討の結果について、述べるものである。

2. 標準PWSの定着部構造概要と疲労実験結果 通常のPWSの製作では、ワイヤ束のソケットへの定着作業は、次の手順で行っている。

1) 六角形に集束・成形されたワイヤ束をソケットに挿入後、ワイヤを曲げ加工し、箒状にスプレーする。

2) 図-1に示すように、ワイヤのスプレー開始点とソケット内壁のテーパ開始点とを一致させるようにセットし、固定する。

3) ソケット後端より、亜鉛銅合金の鑄込み作業を行う。

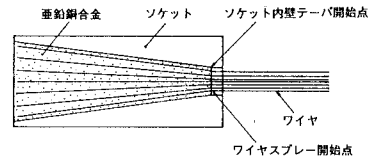


図-1 標準PWSの定着部模式図

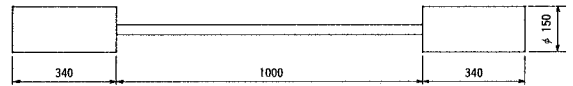


図-2 供試体寸法図

$\phi 5.0\text{mm}$ 、保証破断強度 $180\text{kgf/mm}^2$ の高強度ワイヤを使用して、上記の標準製作方法により、PWS 37を8体製作し、疲労実験を実施した。（標準製作方法により製作したPWSを、以下、標準PWSと呼ぶ。）供試体の全体寸法は、図-2に示すとおりである。

実験結果を図-3に示す。本図は、2本目断線時のデータで整理しており、通常いわれる5%断線疲労強度に相当する。データ数が少なく、S-N曲線としては不完全ではあるが、疲労限界は約 $15\text{kgf/mm}^2$ であると推定される。文献2)の指摘どおり、ばらつきの大きいのが特徴的であった。

実験を終了した8体の供試体のうち、2体の鑄込み部をばらし、断線の状況を観察した。断線は、いずれも最外層ワイヤで起こっていた。また、断線位置はソケット内壁テーパ開始点から5～10mmだけソケット内部へ入った範囲に集中していた。

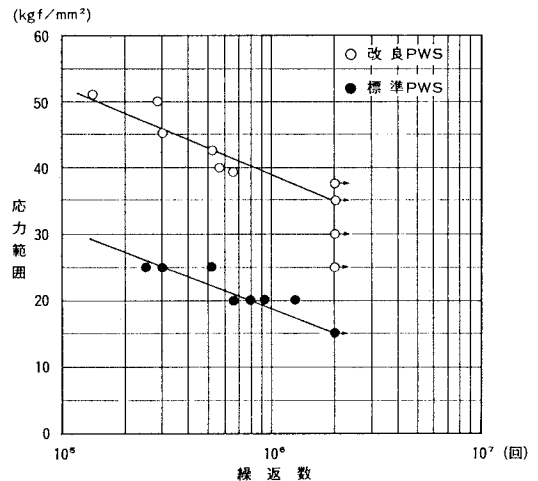


図-3 疲労実験結果

### 3. 定着部の改良に関する検討 PWS 37の

定着部に対して、FEM解析を行った。モデルは平面軸対称モデルとし、弾性解析を行った。計算には、汎用プログラムPLASTOを用いた。図-4に、メッシュ分割図と計算結果とを、併記して示す。図-4の計算結果は、最外層ワイヤの表面の応力度の分布であり、ワイヤ束一般部の主応力の値を1.0として、応力比で示してある。図からわかるとおり、ソケット内壁のテーパ開始点付近は、最外層ワイヤの表面にとって、応力集中箇所となっている。

標準PWSが、定着部で、疲労強度低下をきたす原因は、次のようであると推論した。

①曲げ加工され、箒状にスプレーされたワイヤは、スプレー開始点で最も強く、加工の影響を受けて

いる。また、この前後のワイヤ表面にも、曲げ加工による影響部が存在する。

②ソケット内壁のテーパ開始点付近は、最外層のワイヤ表面にとって、応力の集中箇所となっている。

③これまでのPWSの標準製作方法では、ワイヤの曲げ加工の影響部と、応力集中箇所とが一致する。

④このため、ワイヤの曲げ加工影響部に大きな応力が作用し、疲労クラックが発生する。初期クラックの開始には、最大せん断力が大きく関与しているようである。

以上を踏まえ、ワイヤスプレー開始点をソケット内部へ数十mm移動させることにより、ワイヤの曲げ加工影響部を応力集中箇所からはずすことを試みた。今回の検討では、50mmだけ移動させ、図-5に示すような位置関係とした。ワイヤスプレー開始点を移動させたことを除けば、その他の製作方法は標準PWSと同様である。（このようにして製作したPWSを、以下、改良PWSと呼ぶ。）

**4. 改良PWSの疲労実験結果** PWS 37を10体、改良PWS仕様で製作し、疲労実験を行った。供試体全体寸法は、先述の標準PWSと同様である。実験結果を図-3に、標準PWSの疲労実験結果に、併記して示す。図より、改良PWSの疲労限界は、応力範囲で35kgf/mm<sup>2</sup>程度あると、いえそうである。

**5. 結論** 本報告では、保証破断強度180kgf/mm<sup>2</sup>のワイヤを使用し、両端に亜鉛銅合金鑄込みを行ったPWS 37に対して、疲労実験とFEM解析を実施し、これまでの標準製作方法によるPWSの疲労強度低下の原因を推定した結果と、定着部の改良方法とについて述べた。これまでの標準製作方法による場合の問題点は、ワイヤのスプレー開始点とソケット内壁のテーパ開始点とを一致させていたことであり、結果的に、曲げ加工によるワイヤ弱点部が、応力集中の生じやすい範囲に入っていたことによるものであると、推論した。改良方法として、ワイヤのスプレー開始点を50mmだけソケット内部へ移動することを試み、試作した改良PWSを疲労実験した。その結果、亜鉛銅合金鑄込みのままで、PWSの疲労強度を、大幅に改善できる可能性のあることがわかった。

**参考文献** 1)飯島、辰巳、森山：高強度鋼線を用いた吊橋ケーブルの設計、土木学会年次学術講演会、I-250、平成元年10月 2)山田、高城、奥川：高強度平行線ケーブルストランドの疲労強度、土木学会年次学術講演会、I-394、平成2年9月

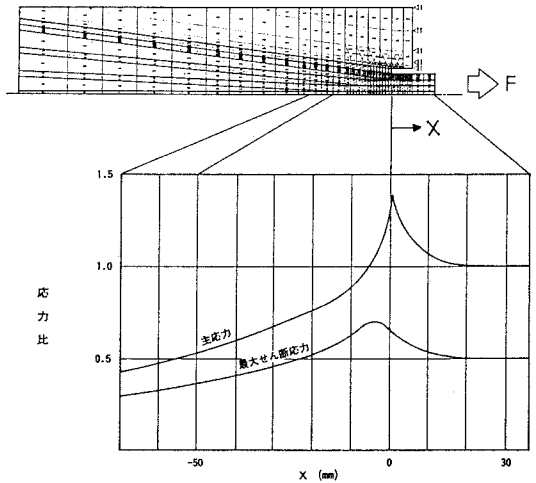


図-4 メッシュ分割図と最外層ワイヤ表面の応力分布

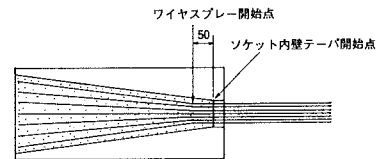


図-5 改良PWSの定着部模式図