

太径ねじ部材の疲労強度

本州四国連絡高速道路(株) 正会員 ○河野 慎也 正会員 小河 正次
 正会員 林 昌弘 正会員 溝上 善昭 正会員 奥村 淳弘
 関西大学 正会員 坂野 昌弘

1. はじめに

吊橋のセンターステイは、常時及び暴風時の桁とケーブルの相対変位を抑えるために設置されている。2001年3月24日に発生した芸予地震(M6.7)では、想定どおり破断し、原形復旧している¹⁾。しかし、2014年5月、大きな地震が発生していないにもかかわらず、対象橋において4本中2本のロッドが破断しているのが発見され、予備ロッドで復旧した。ロッドの破断面にはビーチマークが確認され、破断は疲労亀裂によるものと推定された²⁾。ここでは、太径ねじであるロッドの疲労強度について、耐久性向上を目指した改良型ロッド(台形ねじ、 $R=0.7\text{mm}$)を含めた疲労試験の結果について報告する。

2. 実験方法

(1) 試験体

試験体の一般図を図1に、材質等を表1に示す。試験体は3種類あり、既存ロッドは、実橋にて13年間使用した2014年当時未破断のロッドである。新規ロッドは、ねじ底半径が $R=0.3\text{mm}$ の破断したものと同一形状と、 $R=0.7\text{mm}$ へ改良した2種類を新規製作した。また、新規ロッドは既存ロッドと比較し引張強度が高いため、細径部の直径を小さくすることで細径部の引張強度を既存ロッドと同じとした。

(2) 载荷方法

载荷架台を写真1に示す。载荷架台は、鉛直材に载荷することにより斜材部に取り付けた試験体へ荷重を伝達できる構造としている³⁾。

ひずみゲージ貼付位置を図2に示す。細径部には公称応力測定用に長さ5mmの一軸ゲージを90°間隔で、ネジ部近傍にはき裂発生検出用に長さ1mmの一軸ゲージを45°または60°間隔で貼付けた。

(3) 载荷荷重の検討

図3に実橋での72hr応力頻度測定で得られた細径

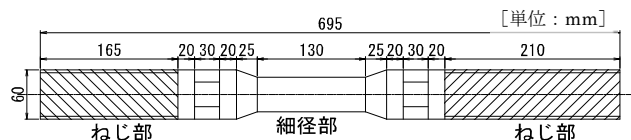


図1 ロッド一般図

表1 ロッドの材質と細部形状

試験体	材料	ねじ底の 曲率半径 (mm)	細径部	直径(mm)	
				ねじ部	
				最小	最大
既存ロッド	SNM625	0.3	42.2		
新規ロッド	SNM630	0.3	39.9	53.0	60.0
		0.7	39.9		

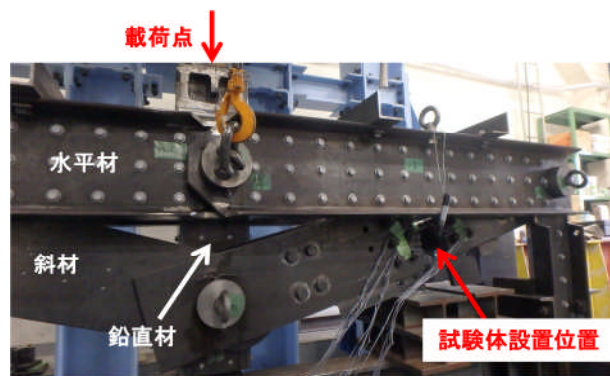


写真1 载荷架台

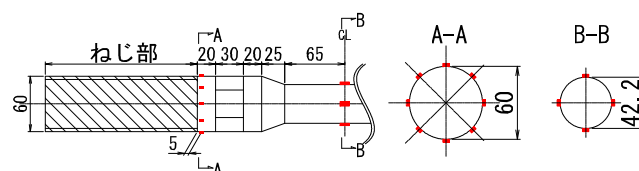


図2 ひずみゲージ貼付位置(既存ロッド)

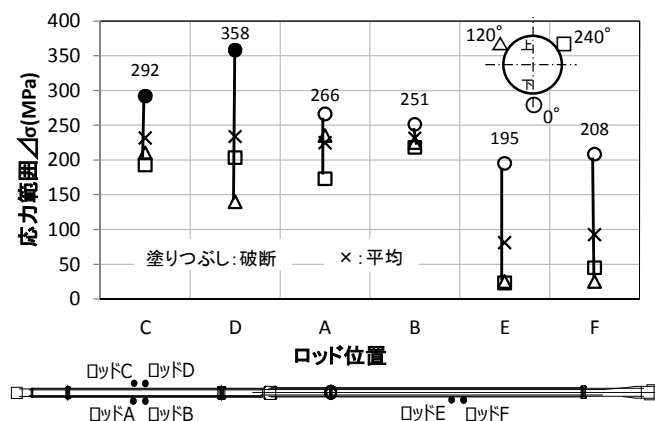


図3 細径部のゲージごとの最大値

キーワード 太径ねじ, 疲労強度, センターステイ, 応力頻度測定

連絡先 〒794-0072 愛媛県今治市山路 751-2 本州四国連絡高速道路株式会社 TEL 0898-28-9785

部の最大応力範囲を示す。同じ橋梁の各ロッドの応力範囲の平均値はほぼ同一であるが、破断したロッド C, D では、破断していないロッド A, B と比較して、ロッド下面側に大きな応力範囲が生じている。要因としては、当該橋梁上で4車線から片側2車線へ車線が変更され、ロッド C, D 側に活荷重が偏載されることが推定された。载荷荷重は、これらの応力計測結果を参考に決定した。以下では、3種類の試験体それぞれについて、既存ロッドでの細径部の最大応力範囲 200MPa 程度を目標とした荷重範囲 $\Delta P=130\text{kN}$ ($P=20\sim 150\text{kN}$)での結果について報告する。なお、繰り返し速度は 3Hz とした。

3. 疲労試験結果

(1) 応力範囲の変化

既存ロッドの応力範囲の変化を図4に、1体目の破断状況を写真2に示す。29万回まで概ね横ばいで推移していたが、51万回ではほぼ全てのゲージで大きく変化しており、亀裂が発生したと考えられる。細径部では29万回までは0と270°の値が大きく、90と180°の値が小さいが、51万回では逆転しており、亀裂が270~0°付近で発生し90~180°方向へ進展していると考えられる。

2体目の新規ロッド($R=0.3$)でも同様に応力が大きく変化し、亀裂が発生したが、3体目の新規ロッド($R=0.7$)では、300万回を超えても応力はほとんど変化せず破断しなかった。

(2) 疲労寿命

3種類のロッドの疲労試験結果を、直応力を受けるケーブルおよび高力ボルト(K1~K5)の疲労設計曲線とともに図5に示す。応力範囲は、各ロッドの細径部で計測した応力範囲をねじ底部の断面に換算したものである。既存ロッドでは51万回、新規ロッド($R=0.3$)では123万回で亀裂が確認できたが、新規ロッド($R=0.7$)は300万回を超えても破断していない。

4. まとめ

現時点では、3種類で1体ずつしか疲労試験ができていないものの以下の結果が得られている。

- (1) 疲労寿命は、既存ロッドと比較して、新規ロッド($R=0.3$)で2.4倍、新規ロッド($R=0.7$)で6倍以上長くなった。
- (2) ねじ底 R を大きくすることで疲労寿命が向上する傾向がみられる。

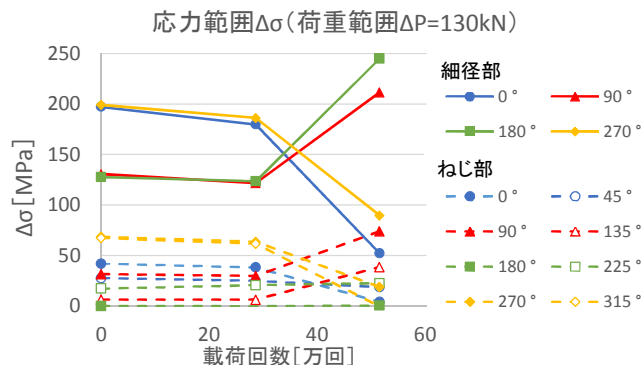


図4 既存ロッドの応力範囲

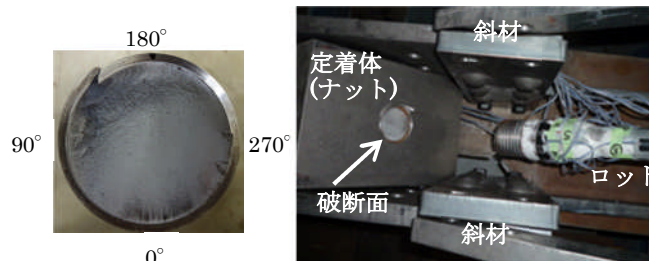


写真2 既存ロッド破断状況

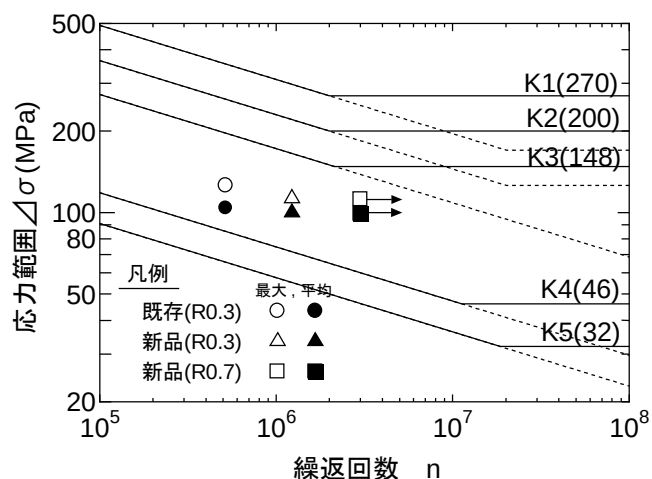


図5 試験体の疲労寿命と疲労設計曲線

今後も疲労試験を行い、ねじ底曲率半径がロッドの疲労耐久性に与える影響について検討を行う予定としている。

参考文献

- 1)古家ら：芸予地震における動態観測と来島海峡第一大橋センタースティロッド破断に関する検証，鋼構造論文集 Vol.10.No.39, pp.132-141, 2003.
- 2)高田ら：吊橋太径ねじ部の疲労損傷に関する検討，土木学会第71回年次学術講演会概要集，I-394, 2016.
- 3)富永ら：吊橋センタースティロッドの疲労強度，土木学会関西支部年次学術講演会，第I部門，2017.