

スレッドローリングねじで接合された重ね継手の疲労強度に関する一考察

明星大学 正会員 鈴木 博之

(株)ロブテックスファスニングシステム 正会員 ○中島 一浩

(株)ロブテックスファスニングシステム 川邊 裕一

1. はじめに

一般に、鋼部材同士をねじで接合するためには鋼板に孔をあけた後にタップを加工する必要があるが、スレッドローリングねじといわれる、ねじ自身が鋼部材にめねじを成形して部材同士を接合するねじがある。スレッドローリングねじ（以後、ねじと呼ぶ）が建設分野の構造部材に使われた事例は著者らが知る限り報告されていないし、研究報告も未だ数少なく、データの充実が望まれている。

本研究では、2本のねじで接合した重ね継手の疲労強度について実験的に調査する。

2. 実験方法

V2試験片は、幅100mm、板厚6mm、長さ300mmの2枚の鋼板を図-1のように重ね、φ10mmのねじで接合したものである。ゲージは50mmである。C2試験片は、幅75mm、板厚6mm、長さ300mmの2枚の鋼板を図-2のように重ね、φ10mmのねじで接合したものである。ゲージは25mmである。

本実験においては、上板と下板の孔径は(ねじ径-0.5mm)のφ9.5mmとした。試験機に試験片を取り付ける際、厚さ6mmのスペーサーをチャックと試験片との間に挟むことで取り付け時に接合部に局部曲げモーメントが生じないようにした。

疲労試験においては、最小荷重 P_{min} を1kNとし、最大荷重 P_{max} を変化させた。周波数は5Hzとした。

3. 実験結果及び考察

V2とC2の疲労試験結果を図-3に示す。縦軸を荷重範囲にすることで破壊モードの違いを比較することとした。V2では、荷重範囲が $\Delta P=20, 22$ kNのとき、写真-1に示すように、ねじと鋼板の両方が破断（以後、ねじ・鋼板破断と呼ぶ）し、これを境として、荷重範囲が大きくなると写真-2に示すねじ破断、小さくなると写真-3に示す鋼板破断となった。ねじ破断したすべての試験片には、写真-2に示すように、鋼板にき裂は見られなかった。一方、C2では、荷重範囲が $\Delta P=24$ kNのときだけねじ・鋼板破断し、この点以外はすべて写真-4に示すような鋼板破断で、ねじ破断した試験片はなかった。

V2とC2を比較すると、荷重範囲が同じであれば破断回数に有意な差は認められない。たとえば、荷重範囲 $\Delta P=22$ kNで実験したV2-02とC2-01では、V2-02は繰返し数 $N=1.46 \times 10^6$ 回でねじ・鋼板破断、C2-01は繰返し数 $N=1.27 \times 10^6$ 回で鋼板破断であり、破壊モードは異なったが、破断回数に有意な差は認められなかった。破壊モードが異なった理由は、ゲージの影響、試験片を自作したため、ねじが斜めに入ったことによる影響などが複合したのではないかと考えている。

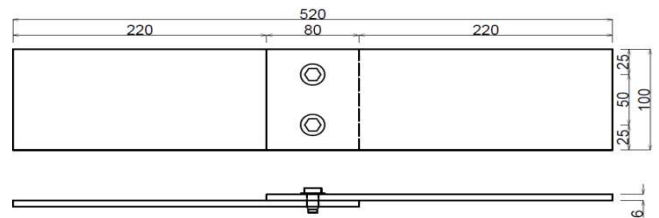


図-1 V2試験片

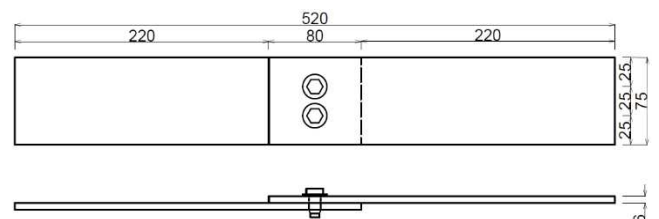


図-2 C2試験片

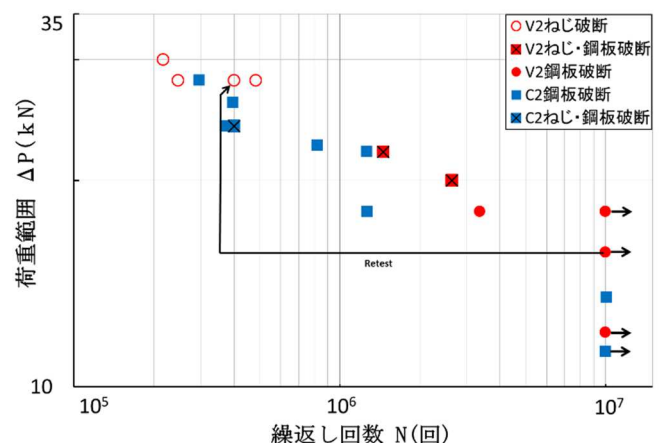
図-3 ΔP -N関係

写真-1 V2-02 ねじ・鋼板破断



写真-2 V2-05 ねじ破断

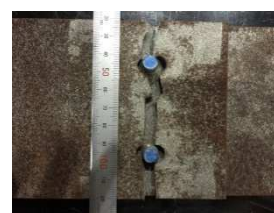
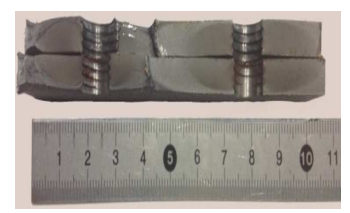


写真-3 V2-04 鋼板破断



キーワード スレッドローリングねじ、重ね継手、疲労強度

連絡先 〒103-0012 東京都中央区日本橋堀留町 1-5-11 堀留Dビル5階 TEL (03)5847-4100

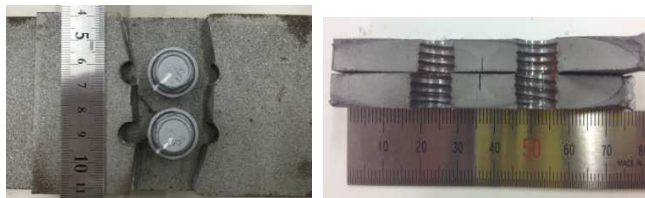


写真-4 C2-04 鋼板破断

写真-1 のねじ・鋼板破断では、ねじと鋼板のどちらに先にき裂が発生したか判断できないが、ねじは破断し、鋼板にはき裂が見られるが破断には至っていない。

写真-3 から、鋼板破断においては、鋼板は試験片の横断方向にほぼ真っ直ぐに破断していることがわかる。また、破面にはねじ間と鋼板端部に延性破壊を起こした形跡が見られる。したがって、2つのねじ孔からき裂がそれぞれ2方向、合計4つのき裂が発生、進展し、最終的に荷重に対して鋼板の断面が不足し、ねじ間と鋼板端部の両方で延性破壊を起こしたと判断できる。

一方、写真-4 に示す C2 では鋼板の端部にだけ延性破断の形跡が認められ、ねじ間には認められない。これは、C2 ではゲージが 25mm と小さいため、ねじ孔同士が干渉し、最初にねじ間にき裂が発生、進展し、ねじ間が疲労破壊し、ねじ間のき裂に遅れて発生した鋼板端部に向かうき裂が進展し、鋼板端部の断面が不足し、最終的に延性破壊したものと推察される。この破壊はゲージ 50mm の V2 試験片では見られなかった。したがって、ねじ間の干渉を抑えるという点ではゲージは少なくとも 50mm 以上必要であると言える。

ねじ破断した V2, C2 試験片の応力範囲-繰返し回数関係を図-4 に示す。図の縦軸は、ねじの断面に生じるせん断応力範囲 $\Delta\tau$ (N/mm²) であり、(1) 式を用いて求めた。

$$\Delta\tau = \Delta P / (A \times n) \quad (1)$$

ここに、 ΔP :作用荷重範囲(N)

A:ねじの公称直径を用いて求めた断面積(mm²),

n:ねじの本数

図-4 より、ねじで接合された重ね継手のねじの疲労強度は V2 と C2 どちらも「鋼構造物の疲労設計指針・同解説」に与えられている S 等級を満たしていることがわかる。

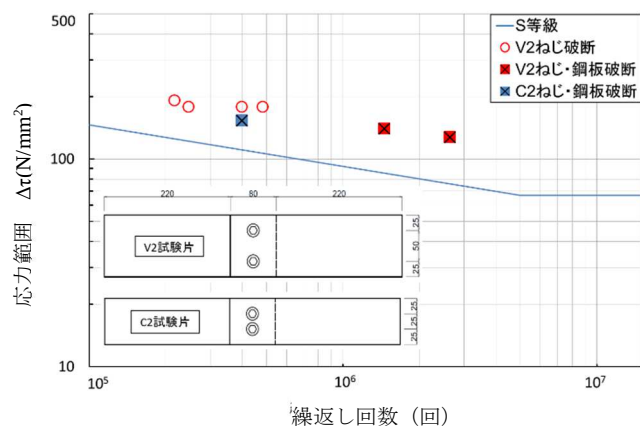
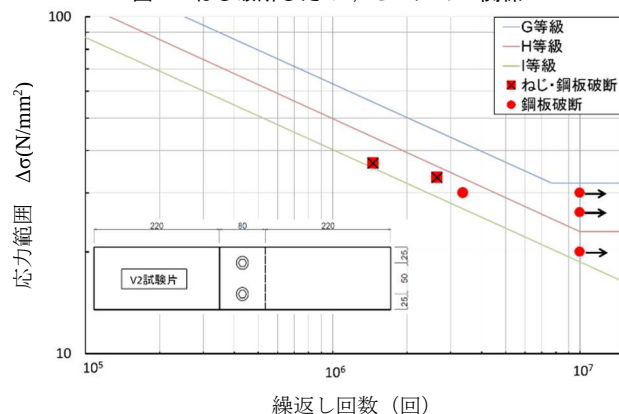
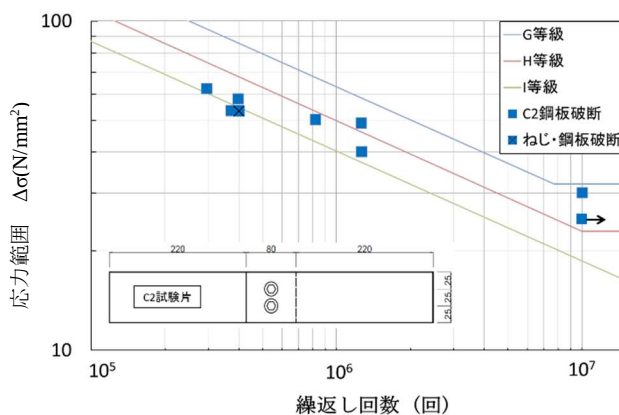
鋼板破断した V2, C2 の応力範囲-繰返し回数関係を図-5, 6 に示す。図の縦軸は、鋼板の総断面に生じる直応力範囲 $\Delta\sigma$ (N/mm²) であり、(2) 式を用いて求めた。

$$\Delta\sigma = \Delta P / A \quad (2)$$

ここに、 ΔP :作用荷重範囲(N)

A:鋼板の総断面積(mm²)

図-5 より、V2 の鋼板の疲労強度は「鋼構造物の疲労設計指針・同解説」に与えられている I 等級を満たしていることがわかるが、実験点が少なく今後のデータの蓄積を期待したい。図-6 より、C2 では応力範囲 $\Delta\sigma = 53 \text{ N/mm}^2$ の 2 点が I 等級を満たしていないことがわかる。今回の実験では、重ね継手を採用したため、継手部に局部曲げモーメントが生じ、ねじにはせん断力と曲げモーメントが、鋼板には軸力と曲げモーメントが作用するという厳しい条件となった。ねじの実用にあたっては局部曲げモーメントを生じさせないような対策、あるいは局部曲げモーメントを低減させるような対策が必要であることは言うまでもない。

図-4 ねじ破断した V2, C2 の $\Delta\tau$ -N 関係図-5 鋼板破断した V2 の $\Delta\sigma$ -N 関係図-6 鋼板破断した C2 の $\Delta\sigma$ -N 関係

現在、局部曲げモーメントの影響を除いた継手の疲労強度を調査するため、母板の両側から連結板を当ててねじで接合した突合せ継手の疲労強度を調査しているところである。

4. まとめ

本実験の範囲においては、以下のことがわかった。

- 1) $\phi 10 \text{ mm}$ のねじを用い、ゲージ 50mm と 25mm の 2 種類の重ね継手試験片で実験したところ、ねじ間の干渉を抑えるためにはゲージは少なくとも 50mm 以上必要であることがわかった。
- 2) 重ね継手試験片がねじで破断した場合は V2, C2 共に S 等級を満たしていた。
- 3) 重ね継手試験片が鋼板で破断した場合は、V2 は I 等級を満たしていたが、C2 は I 等級を満足しなかった。今後、疲労強度を向上させるための更なる調査研究が必要である。