

スレットローリングねじで接合された突合せ継手と重ね継手の 疲労強度に関する実験的研究

明星大学 正会員 鈴木 博之
明星大学 学生会員 ○野崎 智義

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、スレット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形成して部材を接合するねじがある。スレットローリングねじ（以後、ねじと呼ぶ）が構造部材に使われた事例は報告されていないし、研究報告も未だ少なく、データの充実が望まれている^{1,2)}。

本研究では、スレットローリングねじで接合された突合せ継手と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

試験片を図-1に示す。本実験においては、φ10mmのスレットローリングねじを用いた。ねじの形状を図-2に示す。本実験では母材の孔径と添接板の孔径はともにφ9.5mmとした。実験においては、最小荷重Pminを1kNとし、最大荷重Pmaxを変化させた。

3. 実験結果及び考察

ねじが破壊した試験片の実験結果を図-3に、鋼板が破壊した試験片の実験結果を図-4に示す。図-3の縦軸の応力範囲 $\Delta\tau$ (N/mm²)は(1)式を用いて求め、図-4の縦軸の応力範囲 $\Delta\sigma$ (N/mm²)は(2)式を用いて求めた。

$$\Delta\tau = \frac{\Delta P}{A_{sc}} \quad (1), \quad \Delta\sigma = \frac{\Delta P}{A_{sp}} \quad (2)$$

ここに、 ΔP :作用荷重範囲(N)、 A_{sc} :ねじの断面積(mm²)、 A_{sp} :鋼板の総断面積(mm²)

図-3、図-4には、山下の実験結果も合わせて示した。図中には「鋼構造物の疲労設計指針・同解説」に与えられている疲労強度等級も示した³⁾。

図-3より、ねじで破壊した突合せ継手の疲労強度は、S等級を満たしていることがわかる。本実験において、応力範囲 $\Delta\tau=230\text{N/mm}^2$ を作用させた試験片は 2.02×10^6 回で破壊し、他の3体と比べて、疲労強度が低い実験結果となったが、S等級は満たしている。本実験結果(○)と山下らの重ね継手の実験結果(×、*、◇、□、△)

を比較すると、本実験結果(○)の方が疲労強度が高いことがわかる。

図-4より、本実験において、鋼板で破壊した突合せ継手の疲労強度(○)は、G等級(青線)を満たしていることがわかる。本実験結果(○)と山下らの重ね継手の実験結果(×、*、◇、□、△)を比較すると突合せ継手の実験結果の方が疲労強度が高いことがわかる。これは以下に述べるように、試験片の接合方法の違いである。重ね継手では、母材同士をねじで接合するため、試験片に荷重を作用させた際、試験片の厚さの分、力の作用線にズレが生じる。これにより、鋼板には軸方向引張力と局部曲げモーメントが作用するが、突き合わせ継手では同一平面にある母材を、添接板を用いてねじで接合するため、試験片に荷重を作用させた際、力の作用線にズレが生じない。これにより、突合せ継手には局部曲げモーメントが生じず、鋼板には軸方向引張力のみが作用する。この局部曲げモーメントの有無により、疲労強度に差が生じたものと考えられる。

ねじ1本で接合した試験片で、鋼板破壊した実験結果を図-5に示す。図-5には山下の実験結果も合わせて示した。図中の(○)は突合せ継手の実験結果を総断面積を用いて整理した疲労強度であり、(●)は突合せ継手の実験結果を純断面積を用いて整理した疲労強度である。また(□)は山下の実験結果を総断面積を用いて整理した疲労強度であり、(■)は山下の実験結果を純断面積を用いて整理した疲労強度である。図-5では、突合せ継手の実験結果を総断面積を用いて整理するとG等級を満たし、純断面積を用いて整理するとF等級を満たしていることがわかる。一方、山下の実験結果を総断面積で整理した結果はI等級を満たしており、純断面積を用いて整理した結果はH等級を満たしている。

図中の(◆)は山下の実験結果に局部曲げモーメントを考慮した疲労強度であり、応力範囲 $\Delta\sigma$ (N/mm²)は(3)式を用いて求めた。

キーワード スレットローリングねじ, 突合せ継手, 重ね継手, 局部曲げモーメント

連絡先 〒191-0042 東京都日野市程久保 2-1-1 明星大学理工学部総合理工学科 TEL042-591-9645

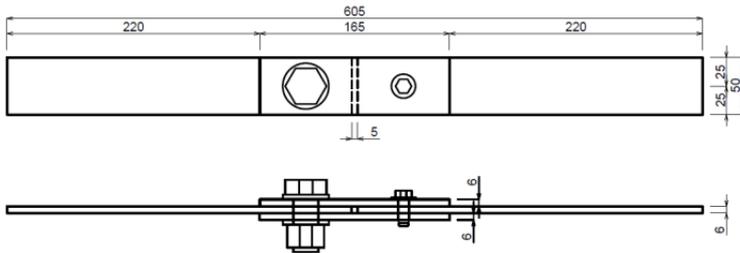


図-1 試験片形状

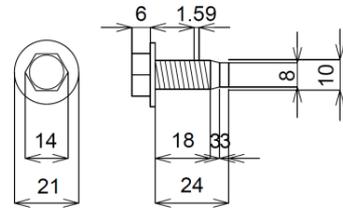


図-2 ねじ形状

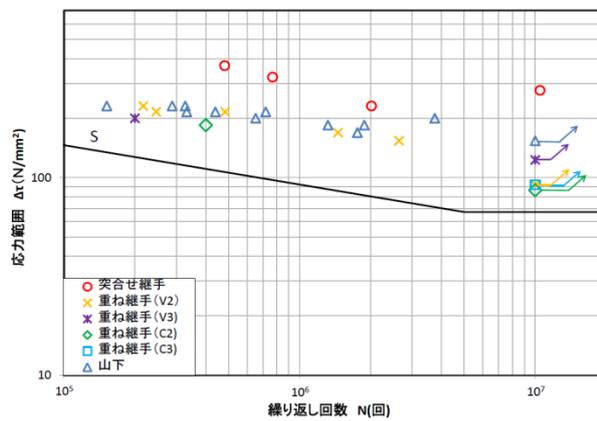


図-3 ねじ破壊した継手の S-N 線図

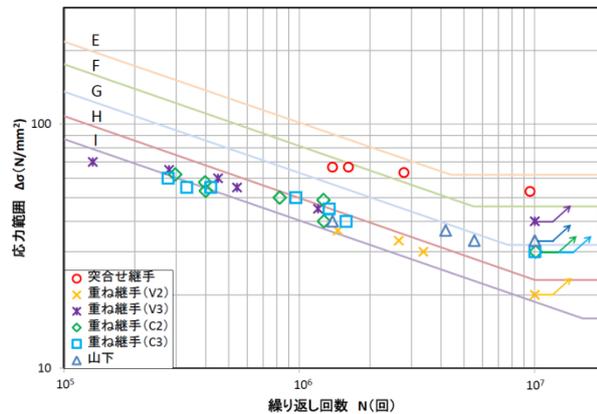


図-4 鋼板破壊した継手の S-N 線図

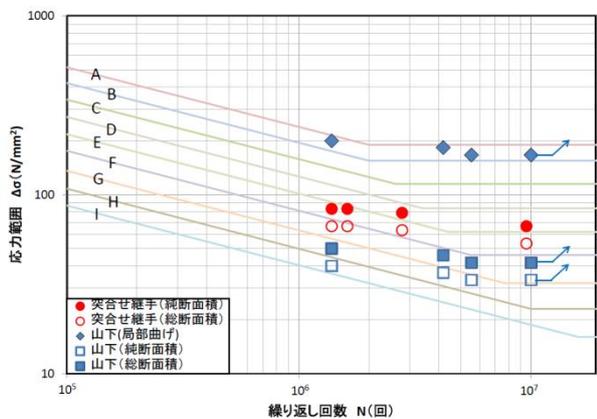


図-5 鋼板破壊した継手の S-N 線図

$$\Delta\sigma = \frac{\Delta P}{t(b-d)} + \frac{\Delta M}{I} y \quad (3)$$

ここに、 ΔP :作用荷重範囲(N)、 t :母材板厚(mm)、 b :母材板幅(mm)、 d :ねじの公称直径(mm)、 M :曲げモーメント(N/mm)、 I :断面二次モーメント(mm⁴)、 y :中立軸からの距離(mm)

図-5 において、山下の実験結果に局部曲げモーメントを考慮した疲労強度は B 等級を満たしている。山下の実験結果に局部曲げモーメントを考慮した疲労強度と、突合せ継手の実験結果を純断面積を用いて整理した疲労強度を比較すると B 等級と F 等級という疲労強度に大きな差が生じており、(3)式で評価した局部曲げモーメントによる応力範囲成分は過大評価すぎるようである。この点については、今後解析的に検討する予定である。

4. まとめ

本研究の結果、以下のことがわかった。

- (1)ねじで破壊した継手は、S 等級を満たしていた。また、突合せ継手の実験結果と他の重ね継手の実験結果を比較したところ、突合せ継手の疲労強度の方が高かった。
- (2)鋼板で破壊した突合せ継手は、G 等級を満たしていた。また、突合せ継手の実験結果と他の重ね継手の実験結果を比較したところ、突合せ継手の疲労強度の方が高かった。したがって、局部曲げモーメントが生じないように設計することが可能であれば、スレットローリングねじを用いた構造が可能と思われる。
- (3)重ね継手の実験結果に局部曲げモーメントを考慮した結果と本実験結果には、大きな差があった。

参考文献

- 1) 鈴木博之: スレットローリングねじで接合された継手の強度に関する実験的研究
- 2) 山下真平: スレットローリングスクリューで接合された継手の疲労強度に関する基礎的研究, 第 41 回土木学会関東支部
- 3) 日本鋼構造協会: 鋼構造物の疲労設計指針・同解説