

スレッド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

明星大学 正会員 鈴木 博之
明星大学 学生会員 ○山下 真平

1. はじめに

スレッドローリングスクリュー（以後、TRS と言う）と呼ばれる片側から鋼部材の接合が可能なネジがある。

鋼構造分野における TRS の性能に関するデータは、未だ十分でなく著者が知る限り TRS が構造部材には使われていない。

本研究では TRS が下板を貫通した継手および TRS が下板を貫通していない継手の疲労強度について実験的に検証する。

2. 貫通型継手の疲労強度

2.1 試験方法

試験に使用した TRS 寸法を図-1 に、鋼板部材を図-2 に、鋼板部材を TRS で接合した継手を図-3 に示す。本試験では $\phi 10\text{mm}$ の TRS を用いた。図-2 の鋼板の板厚は 6mm、長さは 200mm、300mm の 2 種類とした。200mm の試験片を TP0、300mm の試験片を TP1 と表記する。

本試験では上板の孔径も下板の孔径と同じ $\phi 9.5\text{mm}$ とした。試験片製作後、各試験片のネジ頭と鋼板部材との隙間を、四箇所測定した。隙間の最小値は 0.00mm、最大値は 0.50mm であった。試験機に試験片を取り付ける際、厚さ 6.0mm の小片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。疲労試験における繰り返し数の上限は 1,000 万回とし、周波数は 5Hz とした。最小荷重 P_{\min} は 1 kN とし最大荷重 P_{\max} を変化させた。

2.2 試験結果及び考察

試験結果を図-4 に示す。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。図-4 の縦軸の応力 $\Delta\tau$ (N/mm^2) は (1) 式を用いて求めた。

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

ここに、 ΔP :作用荷重範囲、 A :TRS の断面積

図-4 より、鋼板部材の長さが 200mm、300mm と異なっても応力範囲—繰り返し回数に違いはなく、TRS で接合された貫通型継手の疲労強度は「鋼構造物の疲労設計指針・同解説」に与えられている S 等級を満たしている事がわかる。

写真-1 に示すように TP0-6 は鋼板に形成されたネジ部からき裂が発生し鋼板で破断した。TP1-5、6 も同様であった。写真-2 に示すように TP0-7 は、上板、下板の板厚内でネジにき裂が発生しそれぞれネジが破断した。TP0-3 は TRS のネジ頭直下で破断した。TP0-3、6、7、TP1-5、6 を除くすべての試験片は上板と下板の接触面でネジが破断した。

図-3 の試験片においては、母板のネジ谷、TRS のネジ谷、上板と下板の接触面の応力が他の部位に比べて高応力である。したがって、これら 3ヶ所の応力のうち最も応力の高いところで破断することは容易に理解される。本試験において、これら 3ヶ所の応力の違いは極めて小さかったものと思われ、局部曲げモーメントの影響、試験片製作時の僅かな誤差などにより破壊モードに違いがあったものと判断される。

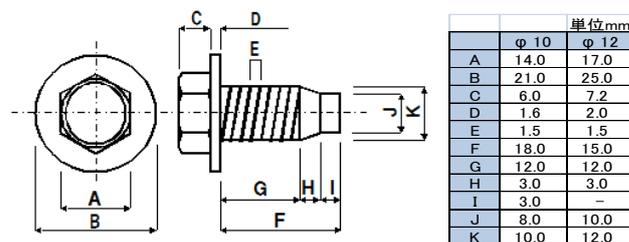


図-1 TRS 寸法

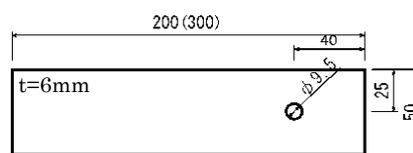


図-2 鋼板部材

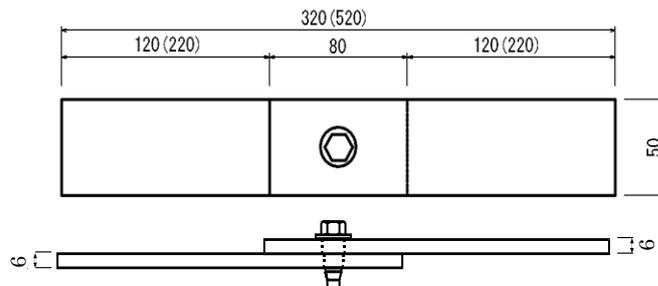


図-3 試験片

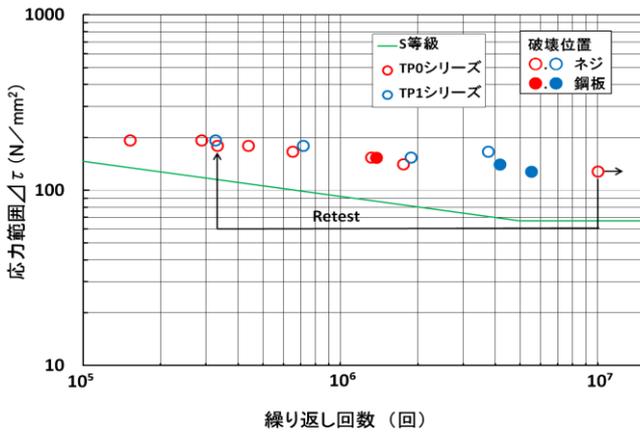


図-4 S-N線図

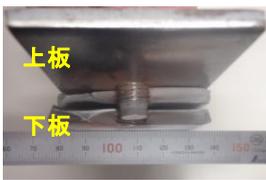


写真-1 TP0-6

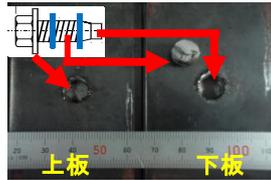


写真-2 TP0-7

3. 埋込み型継手の疲労強度

3.1 試験方法

試験片を図-5に示す。図-5の取付部材の材質はSS400、母板の材質はSM490YBである。本試験にはφ12mmのTRSを用いた。本試験では上板と下板の穴径はどちらもφ11.5mmとした。TRS施工時に下板の穴底にTRSが当たらない様に、穴の深さを測定しTRS側をベルトサンダーで削り、穴底とTRSが接触することを防いだ。ネジ頭と取付部材との隙間を、四箇所測定した。隙間の最小値は0.00mm、最大値は0.60mmであった。試験中のTRS、取付部材、および母板のズレを確認する為にTRSの頭と継手部の側面にマーキングした。疲労試験における繰り返し数の上限は1,000万回とし、周波数は5Hzとした。最小荷重 P_{min} は1kNとし最大荷重 P_{max} を変化させた。

3.2 試験結果及び考察

試験結果を図-6に示す。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。図-6の縦軸の応力 $\Delta\sigma(N/mm^2)$ は(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、A：下板の総断面積

図-6より、 $\Delta\sigma$ が小さい場合はB等級を満たしているが $\Delta\sigma$ が大きくなるとB等級を満たさずC等級となっている。図-6において最も高い作用応力範囲($\Delta\sigma = 170N/mm^2$)で試験したTP1-8Hは、 24.7×10^4 回で破断した。 $\Delta\sigma = 170 N/mm^2$ に対するC等級の繰り返し数は 25.0×10^4 回でありTP1-8Hはこれを満たしていないがTP1-8Hの寿命はC等級の98.8%であるため、疲労試験

における誤差の範囲でありC等級を満たしていると判断した。ネジ頭と取付部材との隙間が一カ所、最大0.60mmであっても疲労強度には大きな影響は認められなかった。試験中のTRS、取付部材、および母板のズレの発生は確認されなかった。TP1-5Hでは、写真-3に示すように穴底から発生したき裂を確認した。今回の試験片においては穴底と穴の側面は直角に加工した。き裂は、応力集中の大きい穴底の隅角とネジ谷の両方あるいはいずれか一方から発生し、進展するが、TP1-5Hでは、ネジ谷から発生したき裂の進展経路が他の試験片と異なったことと、ネジ谷から発生したき裂の進展速度が速かったため穴底から発生したき裂が残ったものと考えられる。他のすべての試験片は写真-4に示すように母板で破壊した。

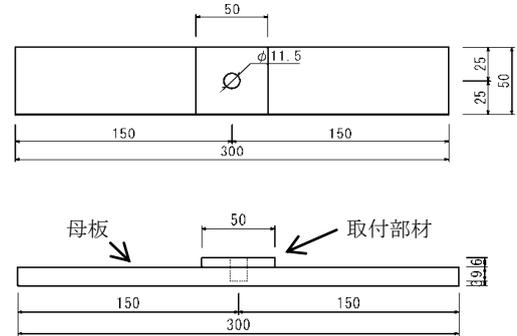


図-5 試験片

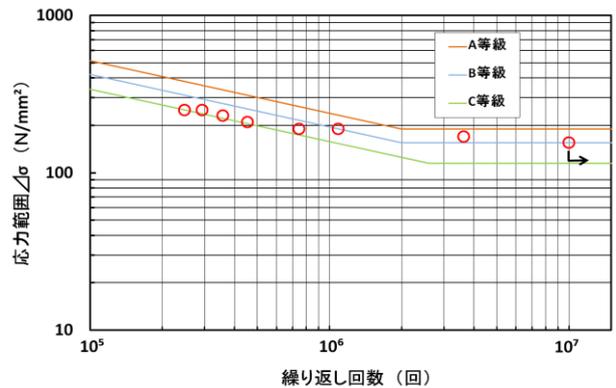


図-6 S-N線図

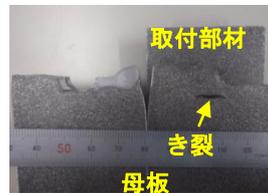


写真-3 TP1-5H

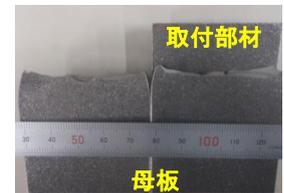


写真-4 TP1-6H

4. まとめ

本研究の範囲においてはTRSで接合された貫通型継手の疲労強度はS等級を満たしていた。またTRSで接合された埋込み型継手の疲労強度はC等級を満たしていた。したがっていずれの継手も実用の可能性があると思われる。

本研究を実施するにあたって(株)ロブテックスファスニングシステムの協力を得た。記して謝意とする。