

スレッドローリングねじで付加物を接合した平板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

1. はじめに 鋼床版のデッキプレートとトラフリブの溶接に生じたき裂の補修に当て板を取付ける方法がある。本稿では、この方法におけるデッキプレートと当て板の取付けにスレッドローリングねじ(以下、ねじと呼ぶ)を使うことを想定し、ねじがデッキプレートを想定した平板を貫通していない場合、ならびにねじが平板を貫通している場合の平板の疲労強度について調査する。

2. 実験方法 実験にはφ12mmのねじを使用した。ねじの形状寸法を図-1に示す。ねじの締付けには最大締付けトルク 250N・mのインパクトレンチを使用した。試験片形状を図-2、3に示す。平板の材質はSS400であり、付加物の材質はSM490YBである。試験片の種類は次のとおりである。非貫通孔を有する板厚12mmの平板に板厚6mmの付加物をφ12mmのねじで接合し、孔底から平板裏面までの残存深さが1mmのものをEB1、残存深さが5mmのものをEB5、貫通孔を有する板厚12mmの平板に付加物を取付けずに単にφ12mmのねじを埋め込んだものをTT3、貫通孔の平板に板厚6mmの付加物をφ12mmのねじで接合したものをTT0と呼ぶこととする。EB5では高さを調整するために付加物とねじの間にM12用の平座金を使用し、EB1、TT0では高さを調整するために付加物のねじ周辺の厚さを一部切削した。TT3はねじが裏面に3mm出しており、TT0はねじ端面と平板の裏面が同一平面となっている。

3. 実験結果および考察 実験結果を図-4、5に示す。図中には日本鋼構造協会編「鋼構造物の疲労設計指針・同解説」の疲労強度等級ならびに山下らのデータも示した¹⁾。山下らのデータは、非貫通孔を有する平板にφ12mmのねじで付加物を接合し、孔底から平板裏面までの残存深さが3mmのものである。図-4、5の縦軸は、作用荷重範囲 ΔP を平板の総断面積 A_g (mm^2)で除した応力範囲 $\Delta \sigma$ (N/mm^2)である。図-4より、EB1はD等級を満たし、EB5はC等級を満たしていることがわかる。EB1、EB5ならびに山下らのデータを比較すると疲労寿命に大きくはないが若干の差がある。EB試験片の疲労寿命の差の要因としてはき裂の発生点の違いと、平板の残存深さ(1mm～5mm)の違いが考えられる。EB試験片におけるき裂は、写真-1に示すように付加物取付け側の孔端からと、写真-2に示すように孔底と孔壁の角からの両方あるいはいずれか一方から発生していた。しかしながら、本実験においては、二ヶ所から発生したき裂の発生の後先についてははっきりしていない。また、き裂発生点の違いと疲労寿命との関係は特に見出せなかった。つぎに、平板の残存深さ(1mm～5mm)の違いについて考える。き裂が孔底と孔壁の角から発生した場合を考えると、疲労寿命 N_f は、き裂発生寿命 N_i 、発生したき裂が付加物取付け側と反対側の試験片裏面に達するまでの寿命 N_{p1} 、およびき裂が試験片裏面に達してから試験片が破断するまでの寿命 N_{p2} の和で表せる。き裂が孔底と孔壁の角から発生した場合を考えると、発生寿命 N_i には大きな違いはないものと思われる。また、一旦き裂が試験片裏面に達してから試験片の破断までの寿命 N_{p2} にも大きな違いはないものと思われる。ところが、孔底と孔壁の角に発生したき裂が試験片裏面に達するまでの寿命 N_{p1} は、進展距離(1、3、5mm)に違いがあるので、寿命に差が現れることは容易に推察される。このためEB1、EB3、EB5の寿命にわずかながら違いが現れたものと考えられる。EB試験片の寿命を延ばすためには孔底と孔壁の角にテーパ加工あるいはアール加工を施し、き裂の発生寿命を延ばすのも一つの方法であり、今後、その効果を検証したいと考えている。

図-5より、TT3はC等級を満たし、TT0はD等級を満たしていることがわかる。TT0がC等級を満たさなかったのは、図-3に示す貫通型継手に $\Delta \sigma = 250 \text{N}/\text{mm}^2$ と $\Delta \sigma = 210 \text{N}/\text{mm}^2$ の応力範囲を作用させた試験片が、それぞれ22.5万回と37.0万回で破断し、C等級に届かなかったためである。さらに、この2体のうちの $\Delta \sigma = 250 \text{N}/\text{mm}^2$ の応力範囲を作用させ、22.5万回で破断した試験片は、最大締付けトルクが低いインパクトレンチで締めてしまったため、ねじは平板を貫通していたが、平板と付加物の間に0.05～0.14mmの隙間があった。これが疲労寿命に少なからず影響を与えたのかもしれない。なお、この1体を除く残りの6体のTT0の平板と付加物の間の隙間はすべて0.00mmであった。TT0、TT3においては、き裂が付加物取付け側の孔端から発生したもの、取付け側と反対側の孔端から発生したもの、さらに付加物取付け側の孔端あるいは取付け側と反対側の孔端と雌ねじの底の二ヶ所から発生したものがあつた。この場合、二ヶ所から発生したき裂の発生の後先についてははっきりしていない。TT3の平板とねじフランジの間の隙間の最大は0.12mmであった。写真-3にき裂が付加物取付け側の孔端と雌ねじの底から発生した破断面の例を示す。

キーワード スレッドローリングねじ, 疲労強度, 埋め込み型継手, 貫通型継手

連絡先 〒192-0373 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 TEL 042-591-9645

EB と TT の結果を比べると、本研究の範囲においては、両タイプに有意な違いがあるようには思われないが、試験片数も少なく、今後のデータの蓄積に期待したい。

4. まとめ 本稿では、平板に付加物がねじで接合された埋め込み型継手の疲労強度、ならびに貫通型継手の疲労強度について実験的に調査した。本実験の範囲においては以下の結果が得られた。

- 1) EB1 の疲労強度は応力範囲 $\Delta \sigma = 230 \text{ N/mm}^2$ 以下では D 等級を、EB5 の疲労強度は応力範囲 $\Delta \sigma = 250 \text{ N/mm}^2$ 以下では C 等級を満たしていた。
- 2) TT3 の疲労強度は応力範囲 $\Delta \sigma = 250 \text{ N/mm}^2$ 以下では C 等級を、TT0 の疲労強度は応力範囲 $\Delta \sigma = 250 \text{ N/mm}^2$ 以下では D 等級を満たしていた。

本実験を実施するにあたり、小坂拓也君（研究当時、明星大学学生）の協力を得た。記して謝意とします。

参考文献 1) 山下、鈴木：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、第41回土木学会関東支部技術研究発表会講演概要集、2014年3月

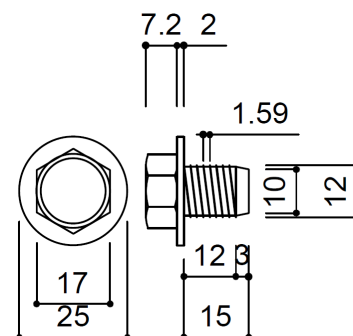


図-1 ねじの形状寸法

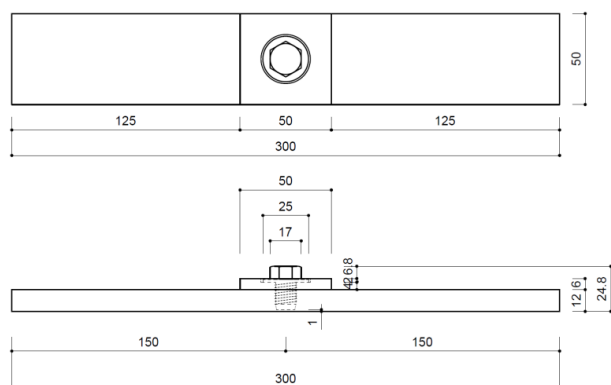


図-2 埋め込み型継手の一例 (EB1)

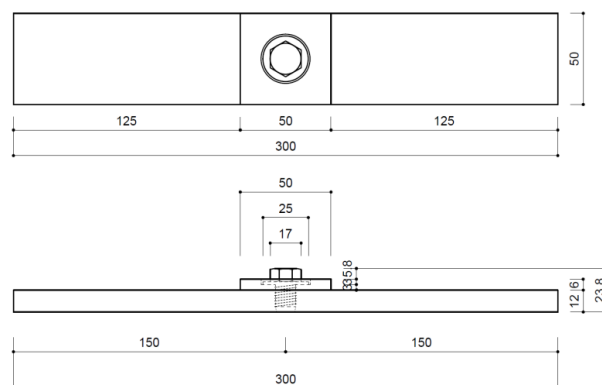


図-3 貫通型継手の一例 (TT0)

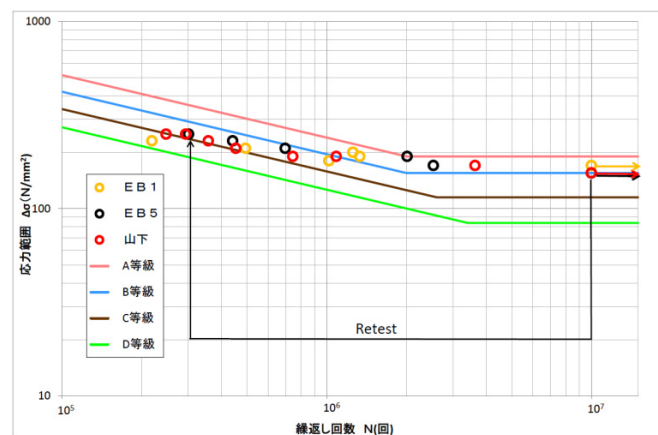


図-4 埋め込み型継手の S-N 線図

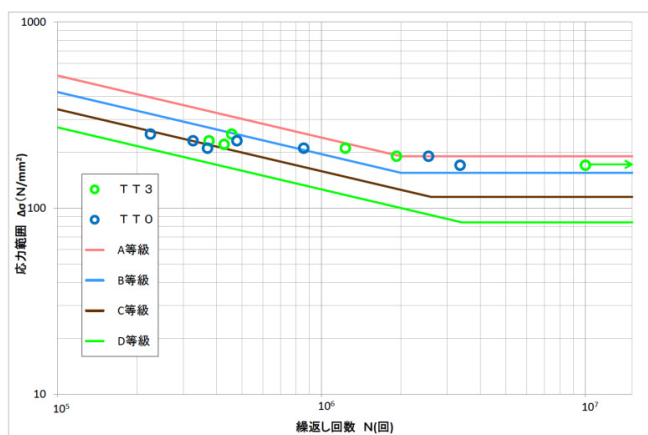


図-5 貫通型継手の S-N 線図

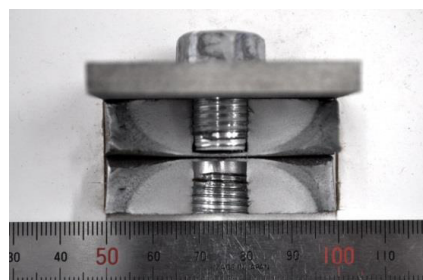


写真-1 き裂が付加物取付け側の孔端から発生した例

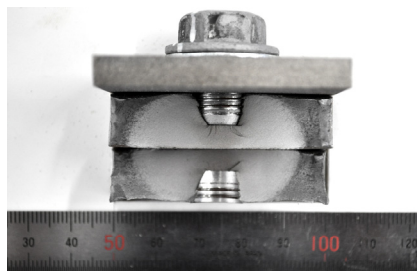


写真-2 き裂が孔底と孔壁の角から発生した例

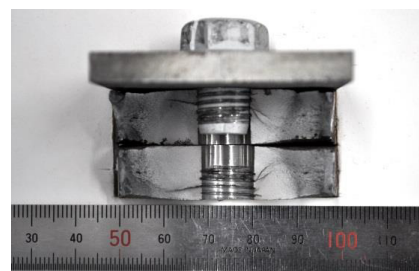


写真-3 き裂が付加物取付け側の孔端と雌ねじの底から発生した例