

I-A196 冷間リベットを打ち込んだ板の疲労試験

トピー工業 正会員 三ツ木幸子 正会員 山田 聡
土屋 弘 佐野 公彦

1. はじめに

本研究では、孔明け板の疲労強度を向上させることを期待して、低降伏点鋼を用いてリベットを製作し、これを鋼材の孔にハンマーで打ち込んだ鋼板を対象としている。この鋼板を『冷間リベットを打ち込んだ鋼板』と呼ぶ。文献1) ではこのリベットを冷間打込み式リベットと呼んでいる。

ここでは、冷間リベットを打ち込んだ板について疲労試験を行ったので報告する。

2. ドリフトピンとの違い

冷間リベットは、当初、ドリフトピンの打ち込みによる疲労強度の改善効果を基に考案したが、力学的特性がかなり異なる。そこで、その違いを表-1にまとめる。

ドリフトピンの場合、ピンを外しても圧縮残留応力により疲労強度の改善が期待できる。しかしながら、冷間リベットの場合、挿入を継続することにより効果が期待できる。

表-1 ドリフトピンと冷間リベット

冷間リベット	ドリフトピン
拡孔ほとんど無し (母材は変形しない)	拡孔有り (母材が変形)
リベットが変形	ドリフトピンは ほとんど変形しない
孔辺には 残留圧縮応力無し	孔辺には 残留圧縮応力有り

3. 静的試験

リベットによる応力集中の緩和特性を把握するため、疲労試験に先立って図-1に示す試験体で静的試験を行った。この試験体には2つの孔が明けられ、一つの孔にはリベットが打ち込まれ、もう一方は孔が明けたままになっている。

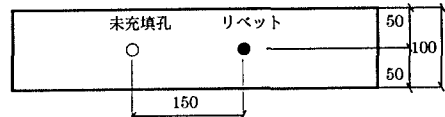


図-1 試験体

孔辺から2mmの位置に貼付した歪みゲージによる歪み計測結果から、リベットを打ち込んだ側と孔が明けたままになっている側の応力集中度が逆転し、リベットによる応力緩和効果は無くなり応力集中を増大させるという結果が示された。その一例を図-2に示す。これにしたがい、図-3のように、リベット側で破断した。

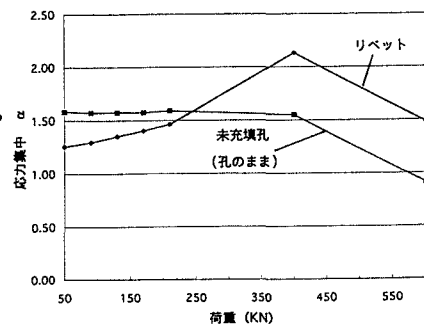


図-2 荷重と応力集中

4. 疲労試験の応力範囲の決定

静的試験の結果を用いて、応力レベルによってリベットによる応力集中の緩和効果が変わることを示した。したがって、リベットによる疲労強度の改善を期待する場合、応力レベルの設定が問題となる。

静的試験から応力レベルが低いほど効果が期待できるが、この応力レベルが低い領域、結果的に、応力範囲が小さい領域は長寿命領域となる。そこで、効果の期待できる比較的寿命が短い範囲を予測するため、孔明け板およびリベット締めした板の疲労試験結果^{2),3)}を用いて検討を行った。

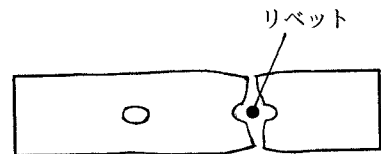


図-3 静的試験の破断位置

キーワード：冷間リベット 疲労強度

連絡先：〒441-8074 豊橋市明海町1 TEL0532-25-1111 FAX0532-25-9557

文献2）では、孔明き板の疲労強度は、応力範囲 196MPa 付近では寿命は 30 万回程度となり、この応力範囲ではリベット締め寿命の方が若干小さく、20 万回程度となっている。そこで、この付近の応力範囲 200MPa で試験を行うことにした。

なお、文献2）のリベット締めは、かつて一般に使用されていた加熱したリベットを打ち込んだもので、冷却によりリベットは収縮して軸方向に圧縮が付加される。一方、軸の太さは細くなり勘合度が低下して隙間ができることも考えられるが、冷間リベットでは熱収縮により軸が細くなることはない。なお、一般のリベット継手では支圧により孔辺の板厚が厚くなり、軸力がさらに付加されることが考えられる。

5. 疲労試験

静的試験に用いた試験体と同じ形状のものをを用いて実験を行った。疲労試験を行ったのは表-2に示す4体で板厚はすべて 10mm である。この表には、材質、孔径（呼び径）、リベットが挿入される側のリベット径と孔径の差（計測値）、応力範囲、上限応力、破断までの繰返し回数およびき裂により破断した部位を示す。

表から分かるように、M5719 だけがリベット側で破断し、残りの3体は孔を明けたままにした側から破断した。M5719 については、孔辺の応力集中を歪みゲージを貼付して計測したが、静的試験で確認された冷間リベットによる応力集中緩和効果が確認されなかった。また、M5819 の疲労寿命は約 50 万回で他の3体（約 30 万回）より 20 万回程長かった。

表-2 試験条件と試験結果

試験体記号	材質	呼孔径 (mm)	径差 (mm)	応力範囲 (MPa)	上限応力 (Mpa)	繰返し数 ($\times 10^5$)	亀裂発生
S4013	SS400	13	0.22	200	214	3.98	未充填孔側
S4019	SS400	19	0.24	200	214	2.92	未充填孔側
M5713	SM570	13	0.21	200	214	2.64	未充填孔側
M5719	SM570	19	0.19	200	214	5.63	リベット側

6. まとめ

板に2つの孔をあけ、一方には冷間リベットを打ち込み、もう一方は孔をあけたままの試験体を4体製作し疲労試験を行い、冷間リベットを打ち込んだ板の疲労強度を孔明き板の疲労強度と比較して、その改善効果を調査した。

4体のうち1体だけ改善効果が観察されなかった。この試験体では歪み計測を行ったが、今まで確認されてきた応力集中の緩和が、この試験体では確認されなかった。なお、改善効果が観察されなかったこのケースの疲労寿命は約 50 万回で、他の3体（約 30 万回）より約 20 万回程長いという結果が示された。

疲労試験のデータ数が少ないので、現段階で言えることは、改善の可能性が十分あるということである。改善効果がバラツキの中に隠れてしまう可能性があり、応力集中の緩和を保証できる施工法の確立が今後の課題として考えられる。また、どういう効果があり、どういう場合に使用が可能で、疲労強度を孔明き板よりどの程度改善することが意味を持つか検討することも必要と考えられる。

本試験にあたって、新日本製鐵株式会社の笹尾英弥氏に材料提供をしていただいた。ここに記して感謝申し上げます。

参考文献：1）三ツ木、山田、田中；冷間打ち込み式リベットによる補修方法の検討，土木学会第 51 回年次学術講演会，I-A428，1996.9

2）小松原、田島、大宮；高力ボルト継手の疲労試験、鉄道技術研究報告，No.232.1967.7

3）社団法人 日本鋼構造協会編，鋼構造物の疲労設計指針・同解説，技報堂出版，1993.4