

I-194

小径差のドリフトピンを圧入した鋼板の疲労強度に関する研究

鹿島建設 正員 福島 賢二
宇都宮大学 正員 阿部 英彦
トピー工業 米花 邦彦

1. はじめに

鋼構造物にあるミスドリルの孔や疲労亀裂進展防止のストップホールなどの孔の周辺では、応力集中により平滑材に比べて疲労強度が相当低下することが知られている。前年度までの研究でこの円孔に0.5～1.5mmの径差のドリフトピン(以下「ピン」と呼ぶ)を押し込んだままの試験体の疲労強度は孔明きのままの試験体より疲労強度が顕著に向上することが明かとなった。しかし、孔とピンとの径差が0.5mm以上ではピンの圧入に5t近くの力を要するので、実際の現場では作業が困難であると考えられる。したがって本年度はより現実的な作業条件を考え、圧入力が小さくてすむ0.1～0.5mm程度の小径差の試験体で疲労試験を行って効果を調べた。

また、有限要素法による2次元弾性解析により、ピンを圧入した試験体の応力状態及びこれを引張った応力状態についての検討も行った。

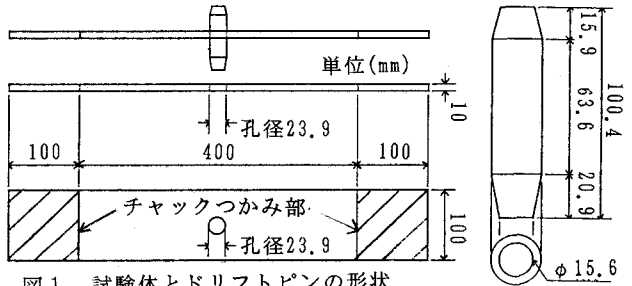


図1 試験体とドリフトピンの形状

2. 実験概要

試験体は図1に示す通りで側面は機械仕上げを行い、円孔はドリルで開けた。鋼材の機械的性質はミルシートに従って表1に示す。小径差の場合、ドリル径による微調整は困難なので、ドリルは同一のものを使い、ピンの径を細かく変えた。ピンの種類は表2に示す通りで5種類の試験体を製作した。試験機は電気油圧式サーボ型疲労試験機(容量30tf)で、応力波形は正弦波、繰返し速度は毎分360～600回、下限荷重1.52tf、(公称応力2.0kgf/mm²)の繰返し片振引張りを与えた。

表1 材料の機械的性質

材料	降伏応力 kgf/mm ²	引張強さ kgf/mm ²	伸び %
SS41	30	46	33

表2 ドリフトピンの種類

ピン タイプ	ピンの直径 (mm)	拡孔量 (mm)
1	24.0	0.1
2	24.1	0.2
3	24.2	0.3
4	24.3	0.4
5	24.4	0.5

3. 実験結果

図2に結果をS-N線図にまとめて示す。

孔明きの試験体を含み、破断までの繰返し数を比較してみると応力範囲、28ないし26 kgf/mm²といった高いところでは、孔明き材より回数にして60%程度しか寿命が伸びず、ピン径の差もあまり影響を及ぼしていない。しかし、応力範囲が26kgf/mm²以下になると、拡孔量が大きくなるにつれて、疲労寿命がかなり伸びるようになる。例えば応力範囲23kgf/mm²では径差0.1mmで孔明き材の約4倍、径差0.3mmで約1.4倍、径差0.5mmでは300万回でも破断しなかった。

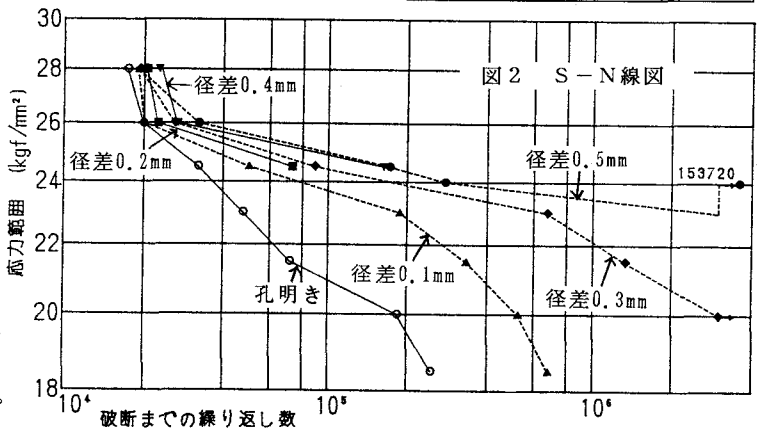


図2 S-N線図

4. 有限要素法による解析

2次元弾性有限要素法解析により、ピンを圧入した場合及びこれを引張った場合の応力分布の検討を行っ

た。なお、昨年度は3角形要素で試みられたが、安定した値が得難かったの
で今回は4角形要素を用いた。

まず、矩型の板にあけた円孔を弾性体のピンで押し抜ける場合、孔縁を押
す力は一様でないが、近似法としてこれを一様であるとして解析した。次に、
ピンも弾性体であることをより正確に考慮した方法を試みた。即ち、クッ
ションを介する効果を考慮して、より小さい径の孔縁を一様に押し、正規の孔径
位置での応力に着目した。なお、この場合、クッション部の円周方向の抵抗
を小さくするために実際の孔の径まで径方向に細かく切込みを入れた。また、
参考として他の機関でこの問題を、ピンの熱膨張に置き換えて求めた、より
精密な値と考えられる解析の結果と比較した。図3に径差0.1mmの場合の例
を示す。なお、孔縁に与えた力の大きさはこれによるX軸の拡孔量と、同じ
力でピンを圧縮した縮み量の和が径差になるように選んだ。熱膨張に置き換
える方法では、ピンの自由な熱膨張量が径差となる様な温度を選んだ。その
結果、クッションを与える方法での孔縁における応力値の差は2%程度で、
両者ほとんど同じ応力分布を示し、今回の様に拡孔後も比較的眞円に近い場
合には、この方法でかなり近い値が得られることがわかる。

次に、孔明け板を引張る場合の応力と、ピンを圧入した後、ピンと孔縁と
の間に隙間が生じない範囲で引張る事による応力の増分を解析した。但し、
ピン圧入板内のピンの弾性係数はピンの長さ方向の影響を考慮して板の2倍と
仮定した。図4に試験体に20tの引張り荷重を与えた場合のこれらの結果を
示す。この例では、孔明け板と圧入板では孔縁で約7倍の応力差のあること
がわかる。しかし、鋼材の降伏を考えると、この値は当然変わる。

5. 考察

孔縁にピンを圧入した試験体を引張った場合、荷重が低い間は孔縁とピン
とは密着しており、荷重が増すにつれて孔縁とピンとが離れ始める。その様
になると、ピン圧入による余圧の影響がなくなり、応力が急激に増加するよ
うになるので、疲労亀裂が発生し易くなる考えられる。

故に今回のように下限荷重が0に近い場合、孔縁とピンとの関係は、低荷重範囲の試験では拡孔量が大き
いほど同じ荷重変動に対してより大きい範囲にわたって両者が密着しているので、孔縁の実質的な応力変動
は小さくなる。これが疲労寿命が長くなる原因であると考えられる。

しかし、高荷重範囲の試験では、早期に荷重方向に孔縁が塑性変形を起こし、これによって、ピン圧入の
効果が減少してしまう。荷重が大きいほどこの現象は著しくなり、極端な場合は荷重を戻しても隙間が閉じ
なくなり、拡孔量の差が疲労寿命の差に影響しなくなると考えられる。

なお、上記の理由でこの種の試験体の疲労強度は荷重の変動範囲だけでなく、その平均値にも大きく影響
されると考えられる。

6. 結論

- (1) 小径差でも、ドリフトピンを圧入することで孔明け鋼板の疲労寿命は著しく向上する。特に低荷重で
は径差が寿命に著しい影響を与える。しかし孔縁とピンとが離れるような高荷重（例えば26kgf/mm²
以上）では、あまり効果が発揮されない。
- (2) 有限要素法により、ピンを圧入した鋼板の応力状態（弾性範囲）を求める場合、自分の試みたクッ
ションを与える方法は、比較的小さなプログラムでも、かなり正確な値が求められ、有効な方法である
と思われる。

《謝辞》 ピンの圧入効果を熱膨張に置き換えた有限要素法解析については日本鉄道建設公団、井口光雄氏
の御協力を得た。ここに謝意を表す。

《参考文献》平野・阿部ほか：ドリフトピンを圧入した鋼板の疲労強度、土木学会第45回年次学術講演会

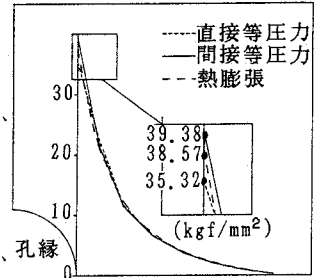


図3 径差0.1mmのピン
圧入時の弾性応力分布

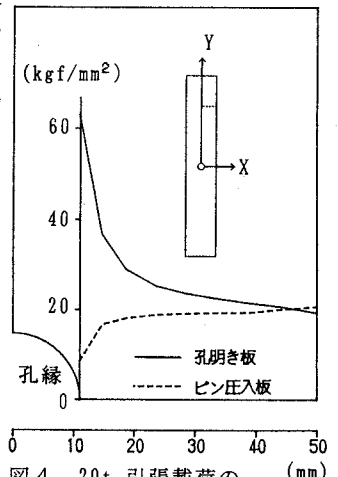


図4 20t 引張載荷の
弾性応力分布