

片面施工用高力ボルト摩擦接合継手の疲労強度に関する一考察

明星大学
明星大学
(株)ロブテックスファスニングシステム

正会員 鈴木 博之
学生会員 ○丹治 和也
藤井 克紀

1. はじめに

片面施工用高力ボルト(以下、ワンサイドボルトと呼ぶ)は、片面接合可能で閉断面部材の補修・補強や角形鋼管の接合材として有効なボルトである。現場溶接を行わずに部材を接合出来るので、接合部の品質や施工性が向上し、安全性の確保や工期短縮が図れるという利点がある。ワンサイドボルト摩擦接合継手の基本性能については、各種検証が行われ、その有効性について明らかにされつつあるが、ワンサイドボルト摩擦接合継手の疲労耐久性については未だ十分に検証されていない。本研究では、ワンサイドボルトのリラクセーション試験、繰返し荷重がワンサイドボルト摩擦接合継手に作用した時のワンサイドボルトの軸力変動調査、繰返し載荷後のワンサイドボルト摩擦接合継手のすべり試験、およびワンサイドボルト摩擦接合継手の疲労試験を行い、ワンサイドボルト摩擦接合継手に繰返し荷重が作用した時の力学的性能を明らかにする。

2. リラクセーション試験

最初にワンサイドボルトのリラクセーション試験を行った。ボルト軸力は、埋込み型ボルトゲージを用いて測定した。ワンサイドボルトの軸力低下率と経過時間の関係を図-1に示す。ボルト軸力は、締め付け後、約1日経過するまでは急激に低下し、その後緩やかに減少し、3日目以降はほぼ一定の軸力となっている。1週間経過後の軸力減少率は、約5%である。従って、ワンサイドボルトのリラクセーション特性は通常の高力ボルトと同様な傾向であると言える。

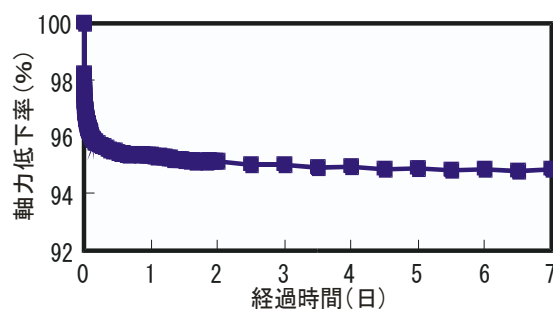


図-1 リラクセーション試験結果

3. 軸力変動調査試験

試験体は図-2に示すように、二面摩擦接合継手とし、摩擦面にはショットブラスト処理を施した。使用したボルトはMUTF24-25であり、ボルト孔径は26.0mmである。試験には容量200kNの油圧サーボ式疲労試験機を用い、載荷は片振引張繰返し載荷とした。ボルト軸力の測定には、埋込み型ボルトゲージを用いた。R-1、R-2、R-3試験体の作用応力範囲はそれぞれ $\Delta\sigma=155\text{MPa}$ 、 125MPa 、 100MPa とし、50万回毎に軸力を計測し、繰返し数は200万回とした。

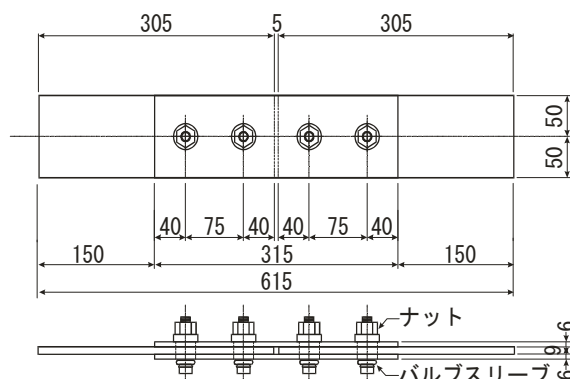


図-2 試験体形状

軸力変動調査結果を図-3に示す。横軸は繰返し数、縦軸は繰返し載荷後の静的載荷試験における軸力減少量である。R-1の軸力は、50万回まで急激に低下し、その後は緩やかとなり、200万回の繰返し載荷後の軸力減少量は約2.5kNである。R-2の軸力は、100万回から150万回にかけ急激に低下しているが、200万回の繰返し載荷後の軸力減少量は約1.5kNである。R-3の軸力は、ほとんど低下せず、200万回の繰返し載荷後の軸力減少量は約0.5kNである。最も軸力が低下したR-1におい

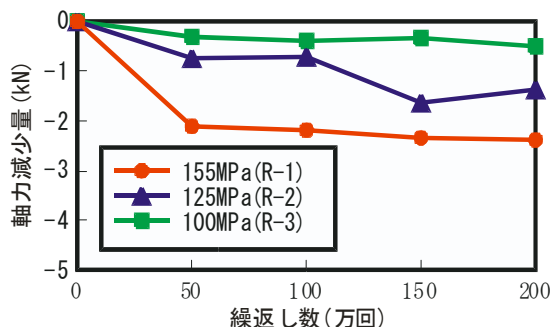


図-3 軸力変動調査結果

キーワード ワンサイドボルト, リラクセーション, すべり試験, 疲労耐久性, フレッシング

連絡先: 〒191-8506 東京都日野市程久保2-1-1 明星大学理工学部土木工学科 TEL 042-591-9645

ても、200万回の繰返し载荷後の軸力減少量は約2.5kNであり、設計ボルト軸力177kNの1.4%程度であることから、疲労強度に大きな影響を与えるとは考えにくいものと思われる。また作用応力範囲が100MPa以下であれば、200万回の繰返し载荷が軸力に及ぼす影響は、ほとんど無いということがわかった。

4. すべり試験

試験体は図-2と同じであるが、母材の厚さは19mm、添接板の厚さは12mmとした。摩擦面はショットブラスト処理とした。使用したボルトはMUTF20-45であり、ボルト孔径は21.5mmである。すべり試験は応力範囲 $\Delta\sigma=155\text{MPa}$ で200万回の繰返し荷重を作用させた試験体(S-1, S-2, S-3)と、繰返し荷重を作用させなかった試験体(N-1, N-2, N-3)について、アムスラー型万能試験機を用いて行った。すべり荷重は、急激な荷重の低下と明瞭なすべり音を発したときの荷重とした。すべり係数は次式により算定した。

$$\mu = P / (n \cdot m \cdot N)$$

ここに、 μ :すべり係数、P:すべり荷重(試験値)

n:ボルト本数(2本)、m:摩擦面の数(2面)

N:標準ボルト軸力(145kN)

すべり試験結果を表-1に示す。全ての試験体がすべり係数0.4をクリアしている。また、Sシリーズのすべり係数の平均は0.70、Nシリーズの平均は0.60である。すべり試験後の試験体を解体し、摩擦面を観察したところ、Sシリーズの摩擦面には赤錆が発生(写真-1)しており、Nシリーズには赤錆は認められなかった。すべり係数の向上は、この赤錆に起因するものと考えられる。

表-1 すべり試験結果

	S-1	S-2	S-3	N-1	N-2	N-3
P (kN)	415.6	407.8	399.8	318.8	367.7	357.6
μ	0.72	0.70	0.69	0.55	0.63	0.62



写真-1 解体後の試験体(Sシリーズ)

5. 疲労耐久性試験

試験体形状は、軸力変動調査試験と同じである。試験には、容量300kNの油圧サーボ式疲労試験機を用い、繰返し数の上限は1,000万回とした。

疲労試験結果を図-4に示す。図中には「鋼道路橋の疲労設計指針」における高力ボルト摩擦接合継手の疲労強度等級、B等級のS-N曲線も示した。図より、本実験結果は疲労強度等級、B等級をクリアしていることがわかる。よってワンサイドボルト摩擦接合継手は、従来の高力ボルト摩擦接合継手と同等以上の疲労強度を有していると言える。

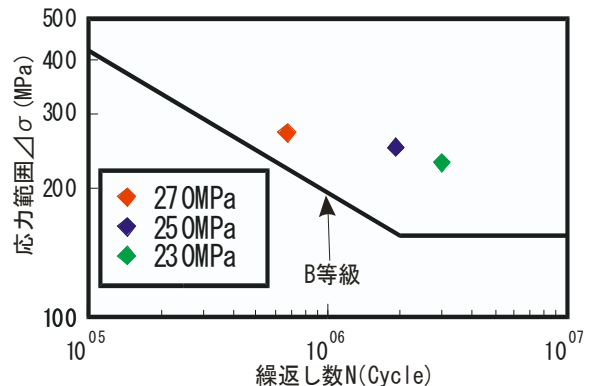


図-4 疲労試験結果

破断後の母材を写真-2に示す。破断した試験体を解体し、母材を観察したところ、繰返し荷重によるフレットングが認められた。フレットングは、ナットおよびワッシャーとバルブスリーブの質量差の影響で試験体の中立軸が偏心し、繰返し荷重により試験体に曲げモーメントが作用したため、母材とバルブスリーブ側の添接板との間に生じたものと推察される。き裂はフレットングによる表面キズを起点として発生したものと判断された。

6. まとめ

本研究の結果、ワンサイドボルトおよびワンサイドボルト摩擦接合継手は、従来の高力ボルトおよび高力ボルト摩擦接合継手の場合と同等以上の性能を有していることが確認された。従って、ワンサイドボルトは実用の可能性があると判断される。



写真-2 破断後の母材