

I-282 高力ボルト引張接合・長締め形式に関する研究（その3）

武蔵工大 正員 西脇威夫 武蔵工大 正員 増田陳紀
武蔵工大 正員 皆川 勝 桜田機械工業㈱ 正員 鈴木康弘

1. はじめに

現在、鋼橋の現場接合には高力ボルト摩擦接合を用いることが極めて一般的であり、引張接合を用いることは稀である。ボルト軸方向の力を伝達すると同時にボルト軸直角方向にせん断力を伝える高力ボルト引張接合は、摩擦接合を兼ねたより多面的な接合であり、その挙動も複雑である。そのため、摩擦接合に比べ、実用化の遅れるところとなった。引張接合は、構造形式により短締め形式と長締め形式に分類される。前者は、荷重の小さな建築構造物の梁-柱接合に実用的な接合形式として用いられており、その研究も比較的多い。それに対して、後者の施工例は極めて少く、その研究もほとんどなされていない。本論は、斜張橋や吊橋の主塔等の大型土木構造物に有利とされる後者を対象として、その力学的性状、および繰り返し荷重に対する挙動を明らかにすることを目的とする。

2. 試験体と試験機

試験体は、SS41鋼材で製作され、両端にねじ部をもつ F8T M20の高力ボルトで接合したものである。形状・寸法を図-1に、分類を表-1に示す。使用した試験機は、本学構造実験棟の±50 ton万能疲労試験機である。

3. 接合部の挙動

ボルトを締め付けることによって各部にどのような曲げモーメントや軸力が分布するのか、また、荷重を載荷することによってその分布はどのように変化するのかを把握することは、實際上極めて重要である。そのため、静的引張および圧縮試験を行い、Rib Plate・母材の詳細な歪分布を測定した。図-2は、C-1'試験体のRib Plate 上端と下端の単位幅当たりの軸力の荷重載荷に伴う変化を、歪分布測定値より計算した結果である。上端では母材側の変化に比べて、Free End側の変化は非常に小さいが、下端ではほぼ一樣になっている。——は、荷重載荷によって生じた応力が母材・Rib Plate全断面に一樣に分布した場合、Rib Plate 内に生ずる単位幅当たりの軸力を表わしている。これより、接合面付近では全断面が荷重に対して有効であると判断できる。また、引張の場合と圧縮の場合の軸力の変化の絶対値はほぼ等しい。これより、接合部は引張荷重に対しても圧縮荷重に対してもほぼ同等な性状を持つことは明らかである。

表-1 試験体の分類

試験体	t _{Base} (mm)	t _{Rib} (mm)	初張力 (ton)
B-1'	10	25	13.8
B-2'	10	25	7.4
C-1'	25	10	14.6
D-1'	25	25	14.7

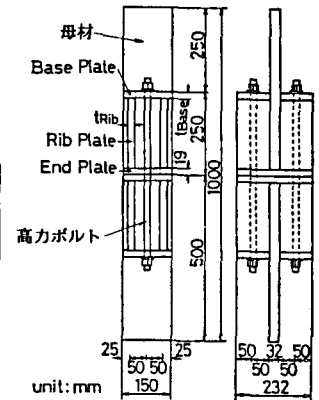


図-1 試験体の寸法・形状

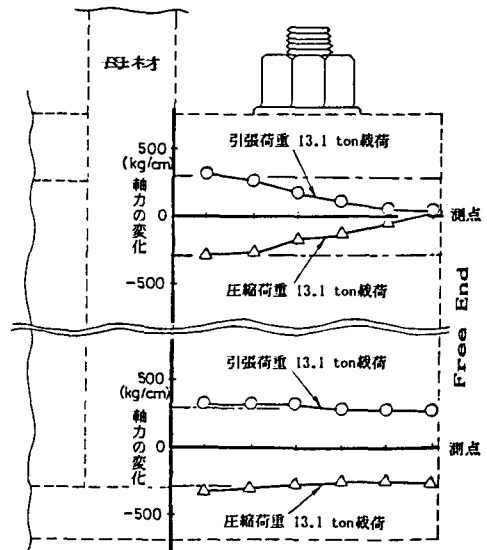


図-2 荷重載荷によるRib Plateの軸力の変化

4. 繰り返し荷重によるボルト軸力の減少

ここでは、ボルト軸力の減少に着目した疲労試験を行った。

載荷パターンは、荷重の上限をボルト初張力 F_t の90%、下限を10%とする片振り引張載荷とした。載荷速度は300~330r.p.m.、繰り返し数は200万回である。載荷繰り返し数とボルト軸力減少率(ボルト軸力の減少量の初張力に対する百分率)の関係を図-3に示す。B-1'試験体におけるボルト軸力の減少が他の試験体に比べて顕著に見られるが、これはBase Plateが塑性変形したためである。しかし、この場合でも減少率は3%に留まっている。このことから、本試験体は、繰り返し荷重に対して非常に有利であると言える。

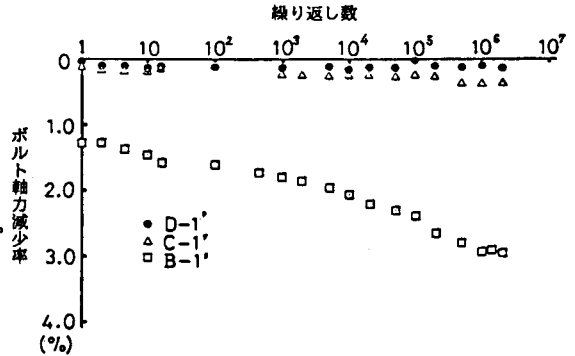


図-3 載荷繰り返し数-ボルト軸力減少率関係

5. ボルト付加軸力の定量的評価

高力ボルト引張接合は、引張荷重載荷に伴いある一定の勾配でボルト軸力が増加する。この勾配をボルト付加軸力係数 α と呼ぶ。 α の値がある一定の値を越えるとボルトの応力振幅が大になり、疲労強度にも影響を及ぼすと思われる。ここではボルト付加軸力係数 α の定量的評価を試みた。接合部をパネ系とみなしたモデルを考えると α は次のように表わされる。^[1]

$$\alpha = \frac{1}{1 + K_{rib}/K_{bo} + K_{rib}/K_{base}}$$

K_{rib} ; 接合部の縮剛性
 K_{bo} ; ボルトの伸剛性
 K_{base} ; Base Plateのたわみ剛性

各剛性の決定は次のように行った。1) K_{rib} は、母材・Rib Plateの全断面積を有効と考え、実際の応力分布等を考慮した補正値を用いて決定した。2) K_{bo} は、ナットから接合面までをボルトの有効長さとして決定した。3) K_{base} は、図-4に示すようなRib Plate部分を含むBase Plate弾性解析モデルを考え、有限要素法^[2]により求めた。表-2に、 α のモデルによる計算値と静的引張試験における実測値を比較して示す。Base Plateが比較的薄いB-2'試験体では計算値と実測値に相異が見られる。これは、Base Plateの塑性変形が一つの原因であると思われる。Base Plateがそれに比べて厚いC-1'試験体、D-1'試験体ではほぼ一致した。本モデルでの α の定量的評価はある程度可能であると思われる。

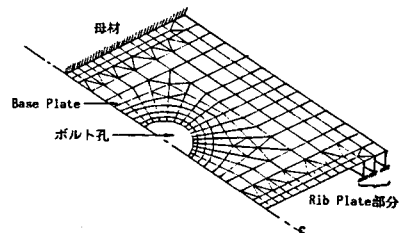


図-4 Base Plate解析モデルとその要素分割

表-2 ボルト付加軸力係数 α の計算値と実測値

試験体	ボルト付加軸力係数 α	
	計算値	実測値
B-2'	0.023	0.031
C-1'	0.047	0.045
D-1'	0.029	0.030

6. むすび

本論ではこの他に、母材相互の偏心の挙動に対する影響を調べ、それが極めて小さいことを確認した。本論により、引張接合・長締め形式の力学的性状、繰り返し荷重によるボルト軸力の減少状況、ならびに母材相互の偏心の影響をほぼ明らかにすることができた。

*** 参考文献 ***

- [1] 堀江：高力ボルト引張接合・長締め形式に関する実験的研究，昭和59年度武蔵工大修士論文，1985.3
- [2] 吉田，雨宮，増田：立体構造解析のための薄板有限要素，土木学会論文集，第211号，1973.3