

ボルトに初期軸力を導入する前に接合面に圧縮力が存在する引張継手の挙動

武蔵工業大学名誉教授 フェロー会員 ○西脇威夫
ショーボンド建設 正会員 竹井将史

武蔵工業大学教授 フェロー会員 増田陳紀
武蔵工業大学大学院 学生員 岩崎 充

1 まえがき

接合面に存在する接触力によって、連結される一方の部分から他方の部分へ力を伝達する方法には、引張接合と摩擦接合がある。両者はともに、通常は、高力ボルトを用いて接合面に接触力を発生させて連結を行なう。しかし摩擦接合では伝達される力は接合面に平行しており、力の発生に伴って生ずる静摩擦力により、更に接合面にずれが生ずると動摩擦力、更にはボルトに対する支圧によって力の伝達を行う。一方引張接合では、伝達される力は接合面に直交する方向に作用する。伝達されるべき力は、接合面に分布する接触力と釣り合って他方へ伝達され、接触力の接合に果たしている役割は異なる。そして伝達機構の主要因子は接触圧であり、ボルトはそれを接触面に導入するための一つの道具と考えることが出来る。

接合面に存在する接触力は、通常は、その全量がボルトに与えられる初期軸力によることが多いが、ボルトを締め付ける前に接合面に接触力が存在する事もある。本報告は ボルトによる接触力と、それとは関係が無い接触力が存在する場合について、荷重とボルトに生ずる軸力の関係について若干の考察を行ったものである。引張継手には、短締め形式と長締め形式があると一般的には認識されているが、力の伝達機構からはそれらにおおきな相違はないので、ここではとくに両者を区別することなく述べておく。

2 接触面に接触力が存在しない状態で、ボルトによって接触力を発生させた場合

2.1 引張荷重を受ける場合

引張荷重を載荷する場合については、従来、短締め形式並びに長締め形式について多くの研究^{1,2)}が進められてきた。引張接合に関する研究の大部分がこの領域に属するものであり、ボルト軸力と外力の関係の一例を示せば、図-1 のようになる。これに関してはここで詳しく述べる必要はなかろう。

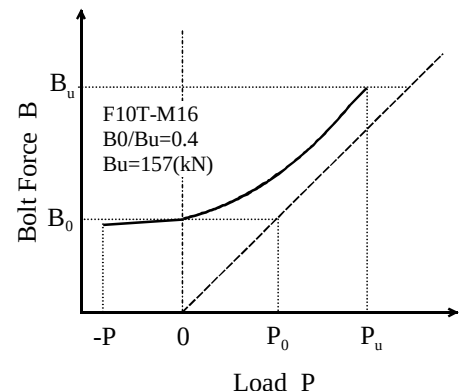


図-1 ボルト軸力-外力関係

2.2 圧縮荷重を受ける場合

継手部はボルトによって締結されているから接合面にはボルト初期軸力に相当する接触力が接触面全面に生じていると仮定する。この状態で圧縮荷重を受けると接合部は短縮し、圧縮荷重による弾性変形分だけボルト軸力は失われる。従って、ボルト軸力と荷重の関係は線形となる。接触力が接合面全域に発生している場合は、引張載荷の初期においては反力が生じないから、その継手に引張荷重が載荷し始めたときの座標原点における直線の勾配を負の方向に伸ばした関係となる。接触力が接合面全域に発生していない場合は、引張載荷の開始とともに反力が発生する。したがってボルト軸力と荷重の関係は、荷重が負の方向には正の方向と連続せず、てこ反力分を除去した、弾性変形による分のみを負の方向にのばすことによって、その関係は定まる。この場合には、原点において、両者の関係は折れ線でつながることになる。

キーワード：高力ボルト，引張接合，圧縮力，非線形解析

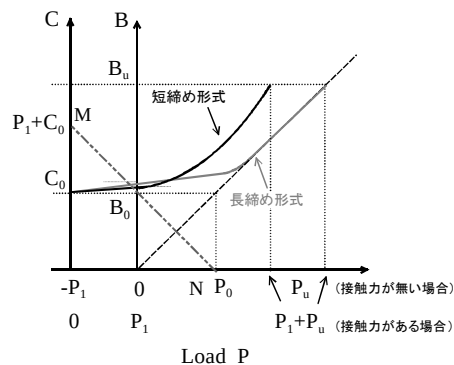
〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 武蔵工業大学先端構造工学研究室 TEL03-3703-3111 FAX03-5707-2224

3 接触面に接触力が存在している状態において、ボルトによってさらに接触力を発生させた場合

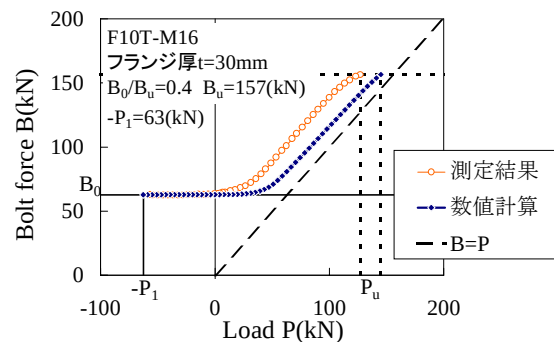
3.1 引張荷重を受ける場合

何らかの原因で接触面にボルトを締める前に接触力 $-P_1$ が発生している場合がある。その状態でボルトを締めてボルトに初期軸力 B_0 を導入して接触面に接触力を生じさせる。このようにすると接触力はボルトを締める前に接触面に生じていた接触力 P_1 とボルト初期軸力 C_0 との和となる。この状態で継手が引張荷重を受けると、継手部は $P_1 + C_0$ の接触力が存在している状態から引張载荷がはじまり、接触力は荷重の増加に伴って直線的に減少する。その状態でボルト軸力は外力に対し線形的に増加し、いわゆるてこ反力は発生していない。外力が P_1 を超すと、ボルト軸力と荷重の関係は図—1 に示したものに準じながら破断に至る。図—2 (a) にこれを示す。

更に図—2 (b) に、数値計算および測定結果の一例を示す。



(a) 概要図



(b) 数値計算および測定結果

図 - 2 接触力が存在している場合のボルト軸力 - 外力関係

4 設計への応用

4.1 ボルトの設計

引張接合におけるボルトの設計法の一つは、一本のボルトが負担する荷重を求め、その大きさが、許容軸力を超えるか否かを照査する。上述の現象を設計に反映させる場合に考慮しなければならないことの一つは、ボルトを締め付ける前に接合面に実在する接触力と設計に考慮する接触力の比である。接合面が理論的に平坦に仕上げられる事はないからである。仕上げ面の状態によって設計に考慮する接触力を定めるべきであろう。それが定まったならば、1本のボルトが負担する荷重からその分を控除してボルトの配置と本数を接合面に接触力が存在しない状態（図—1）に対して定めれば良い。

4.2 リブおよびアンカプレート、あるいは フランジ厚の設計

これらに関してもボルトの配置と本数の設計と同様に行えば良い。

5 あとがき

引張接合においては、ボルト締結以前に接合面に存在する接触圧を上述のように有効に利用することが出来る。これは、引張接合の持つ有利な特徴であり、これが今後の接合部の設計に利用され、経済的な接合部が合理的に設計される事を切望するものである。

終わりに、本研究は武蔵工業大学において、引張接合に関する研究を修士論文あるいは卒業論文として実施した多くの卒業生諸君の成果によるものである。ここにそれらの卒業生諸君に感謝を表するものである。

【参考文献】

- 1) Delft 大学 Stevin 研究所の多くの研究。例えば Report6-72-13
- 2) Takeo Nishiwaki, Nobutoshi Masuda, Shigeaki Yamamoto, Minoru Yamada :Prying force in T-stub joints, 4th International Conference on Bridges Across the Danube 2001, 2001.9, pp.129-134