

投稿論文 (和文ノート)
**TECHNICAL
NOTE**

高力ボルト引張接合・長締め形式の細部構造について

西脇威夫*・黒田充紀**・増田陳紀***

高力ボルト引張接合・長締め形式における、アンカープレートの母材への接合方法の相違によるリブプレート応力および溶接継手の応力について検討した。ナット定着部の構造としては、①アンカープレートのみを用いる、②ナットからの反力を分散させるための支圧板を併用する、の2つの形式が考えられる。本論では、これらの構造について数値解析的に検討した。

Keywords : high-strength bolt, bearing-plate, welding joints, finite element analysis

1. はじめに

高力ボルト引張接合・長締め形式のナット定着部の細部構造形式として、①アンカープレートにナットを直接定着する形式と、②ナットからの反力を分散させるための支圧板をアンカープレートと併用する形式が考えられる。本文は、このような細部構造を持つ接合部において支圧板の有無、アンカープレートと母材との接合形式、リブプレート厚などが各部の応力分布におよぼす影響を調べたものである。

支圧板を用いない形式をType-1、用いる形式をType-2とし、さらにアンカープレートを母材へ溶接するか否かで以下の4形式に分類する。

Type-1W : アンカープレートを母材に全断面とけ込み溶接する形式 (Fig.1(a))。初期ボルト軸力による応力の一部はこの溶接継手を通して母材に伝達される。また、荷重載荷による応力の一部は、この溶接継手を通して母材→アンカープレート→リブプレートと伝達される。著者らの従来の研究はこのタイプを扱ってきた。

Type-1N : アンカープレートを母材に溶接しない形式。Type-1Wの場合アンカープレートは3辺支持板と見なすことができるが、この形式の場合は2辺支持板となる。したがって、Type-1Wに比べてアンカープレートの板厚を増加させなければならないので、応力の伝達機構は、後に述べるType-2Nのそれに近くなる。

Type-2W : 支圧板を用い、さらに、アンカープレートを母材に全断面とけ込み溶接する形式 (Fig.1(c))。アンカープレートよりも大きな曲げ剛性を持つ支圧板を用い、アンカープレートの板厚はType-1Wに比べて小さ

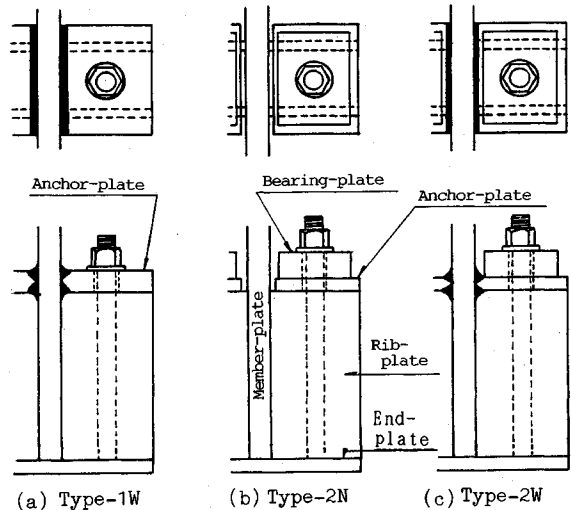


Fig.1 Anchor plate in long bolt tension-type connection.

くする。

Type-2N : Type-2Wと同様に支圧板を用い、アンカープレートを母材に溶接しない形式 (Fig.1(b))。

以上の4種の構造形式のうち、Type-1Nはすでに述べたようにType-2Nと類似の挙動を示すと思われるので、本論ではType-1Nの挙動の検討は省略した。

2. 検討する接合部の寸法

接合部の寸法は、これまでの研究^{1),3)}を考慮してFig.2のような寸法とした。これらの諸数値はM20のボルトに対する寸法である。初期ボルト軸力 B_0 には道路橋示方書に示される設計ボルト軸力値²⁾を考える。

Type-2Wのアンカープレート厚は、これをあまり薄くすると溶接による変形により支圧板との密着が期待できなくなることなどを考慮してFig.2中に示したように22mmとした。支圧板厚は50mmとした。

* 正会員 工博 武蔵工業大学教授 工学部土木工学科
(〒158 世田谷区玉堤1-28-1)

** 正会員 博士 足利工業大学講師 工学部土木工学科

*** 正会員 工博 武蔵工業大学助教授 工学部土木工学科

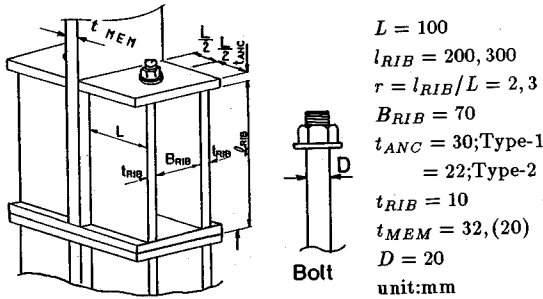


Fig.2 Dimensions of the connection.

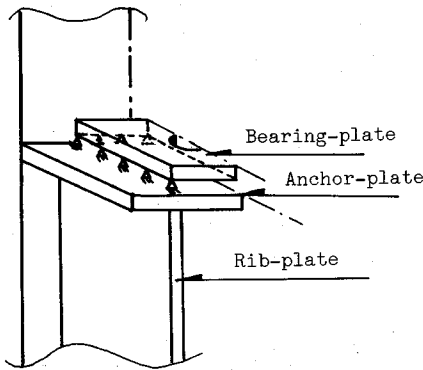


Fig.3 Modeling of the "Type-2" connection.

接合部長さパラメータ $r (=l_{RIB}/L)$ は、2および3とした。文献1)で Type-1で $r \geq 2$ の場合には、エンドプレート近くの応力分布が工学的に一樣になることを述べたが、Type-2の場合についても、この r の範囲でのエンドプレート付近での応力の一樣性を確認するために $r=2$ に加えて $r=3$ の接合部についても検討した。

各 Type 間の比較・検討はすべて $t_{RIB}=10 \text{ mm}$, $t_{MEM}=32 \text{ mm}$ に固定して行った。Fig.2中の t_{MEM} の () 内の数値は、板厚の組合せの相違による挙動を検討するためのものであり、この結果は4.(4)で述べる。

3. 支圧板のモデル化

Fig.1に示した支圧板は、数値計算実行の簡易さを考えて板厚値から形式的に曲げ剛性を求め、その曲げ剛性を持つ“板”とした。支圧板とアンカープレートとの剛比が大きいこと(約12)を考え、支圧板とアンカープレートの、ボルト孔周辺および自由端付近での接触による応力伝達は無視し、支圧板はリブプレートおよび母材に近い辺でのみアンカープレートに単純支持されるものとした(Fig.3)。

接合部の他の部分のモデル化、要素分割、数値計算方法(線形弾性解析)は文献3)と同様である。

4. 結果と考察

(1) リブプレートの応力状態

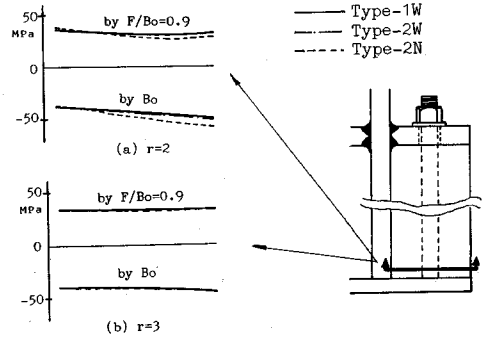


Fig.4 In-plane stress distribution in the section close to faying surface in Rib-plate.

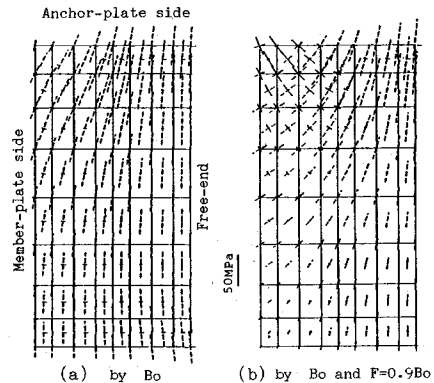


Fig.5 In-plane principal stress in Rib-plate (Type-1W).

a) 応力の一樣性

リブプレート端部の軸方向面内応力の分布を Fig.4 に示す。図中の“by B_0 ”は初期ボルト軸力導入による応力分布を示し、“by $F/B_0=0.9$ ”は荷重のみによる応力(初期ボルト軸力導入時の応力分布を原点とした応力の変化量)を示している。継手長さパラメータ $r=2$ の場合は、 B_0 による応力は Type-2Nが Type-1Wに比べて最大16%大きくなっており、荷重による応力減少は同じく最大17%になっている。Type-1Wと2Wには有意な差はない。また、 r が3まで大きくなると、全ての Type の分布は一致すると見なすことができる。

b) リブプレート内の応力集中

Fig.5は、Type-1W($r=2$)のリブプレートの板厚中心での主応力状態である。(a)は初期ボルト軸力導入時で、(b)はそれに加えて荷重 $F/B_0=0.9$ が作用した場合である。この場合、リブプレートとアンカープレートの接合部近くに生ずる曲げ応力は他の Type に比べて大きくなるが、この場合でも曲げ応力は最大30 MPa程度である。Type-2N(Fig.6)の場合は、(a)に示すように初期ボルト軸力導入時に Type-1Wには見られない局所的な引張応力場が、アンカープレートおよび母材との接合部付近の角部に生じている。引張荷重載荷後には、この部分の引張応力はさらに大きくなる。

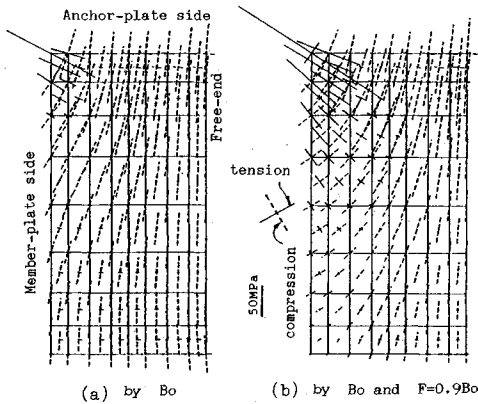


Fig. 6 In-plane principal stress in Rib-plate (Type-2N).

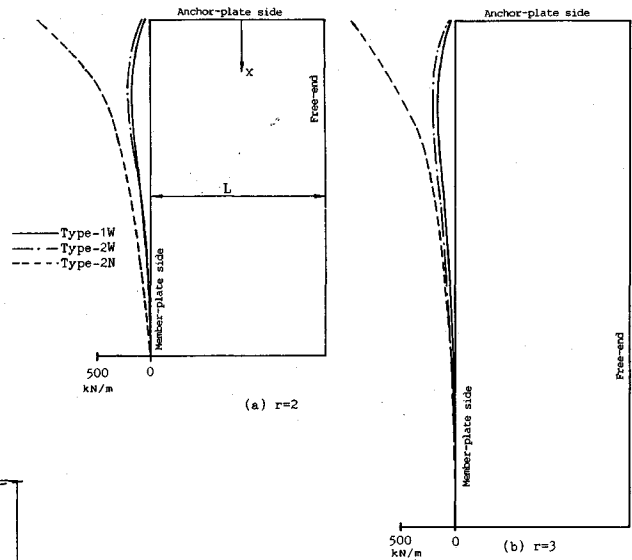


Fig. 7 Shear force per unit length on Rib-plate to Member-plate joints due to B_0 and $F=0.9B_0$.

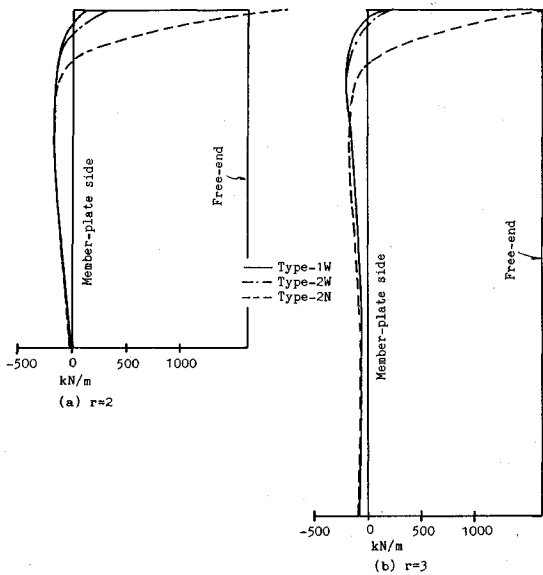


Fig. 8 Normal force per unit length on Rib-plate to Member-plate joints due to B_0 and $F=0.9B_0$.

ここには示していないが、Type-2Wの主応力状態は、Type-1Wと非常に近く、引張荷重後後のコーナー部の引張応力がやや大きい程度であった。

(2) リブプレート—母材継手

初期ボルト軸力 B_0 に加えて $F=0.9B_0$ が载荷された場合の、リブプレートと母材との境界に作用するせん断力とリブプレート幅方向の軸力の分布を Fig. 7 と 8 に示す。両図ともに (a) は接合部長さパラメータ $r=2$ の場合を、(b) は $r=3$ の場合を示す。実線は Type-1W の分布を、一点鎖線は Type-2W の分布を、破線は Type-2N の分布を示す。

Type-2N の場合は、上述のリブプレート角部の応力集中により、せん断力、リブプレート幅方向の軸力ともに大きくなっている。Type-1W, 2W の場合は、せん断力、リブプレート幅方向の軸力ともに問題となる大き

さではなく、アンカープレートと母材を接合することにより上述のような局所的な応力の集中を避けることができ、好ましい構造といえる。

(b) の $r=3$ の場合と (a) の $r=2$ の場合を比較するとせん断力・軸力分布は互いに近く、リブプレートを $r=2$ よりも長くしても $x/L > 2$ の位置のリブプレート—母材継手には力はほとんど作用しない。ここに x は Fig. 7 に示すようにアンカープレートからの距離を表わす。

(3) アンカープレート—母材継手

アンカープレートと母材との継手部に作用するモーメントとせん断力を Fig. 9 に示す。(a)図に Type-1W、(b)図に Type-2W の結果を示す。図中に示した数値により支圧板の継手部作用力に対する寄与の程度がわかる。Type-1W の場合継手部中央での B_0 および F が载荷されたときの曲げ応力は 210 MPa、Type-2W では 150 MPa であった。全断面とけ込み溶接に脚長 6 mm の隅肉溶接を施した場合を想定し、リブプレート純間隔 (B_{RIB}) 内の溶接に平均的に曲げモーメントおよびせん断力を負担させるとすると、Type-1W の溶接部応力はミーゼスの相当応力に換算して 120 MPa である。Type-2W において全断面とけ込み溶接+脚長 6 mm の隅肉溶接を施した場合、脚長 10 mm の隅肉溶接のみを行った場合は、前者の溶接部応力はミーゼスの相当応力で 90 MPa、後者のもの厚断面での平均せん断応力は 110 MPa である。応力値そのものは要素分割によって変化するが、上記の比較からは、①支圧板により継手部応力を低減できること、②隅肉溶接よりも全断面とけ込み溶接のほうが応力度が小さくなること、がわかる。

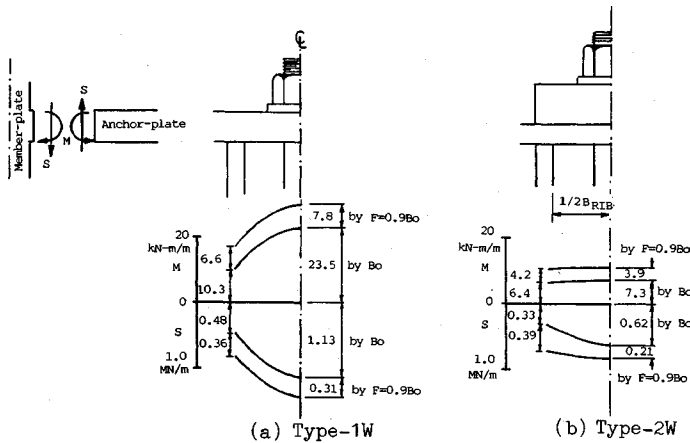


Fig.9 Shear force and bending moment per unit width on Anchor-plate to Member-plate joint.

Table 1 Moment and Shear force on Anchor-plate to Member-plate joint.

Dimension	Loading case	Moment kN-m/m	Shear Force MN/m
$t_{RIB}=10, t_{MEM}=32$ $t_{RIB}/t_{MEM}=0.3125$	by B_0	23.5	1.13
	by $F=0.9B_0$	7.8	0.31
	Total	31.3	1.44
$t_{RIB}=10, t_{MEM}=20$ $t_{RIB}/t_{MEM}=0.5$	by B_0	20.3	0.97
	by $F=0.9B_0$	10.4	0.42
	Total	30.7	1.39

(4) 母材の板厚の違いによる挙動の変化

Table 1 に、Type-1W で $t_{MEM}=20$ mm の接合部のアンカープレート-母材継手中央部におけるモーメントとせん断力を、 $t_{MEM}=32$ mm の場合と比較して示した。

初期ボルト軸力 B_0 導入に加えて荷重 $F=0.9B_0$ が載荷された場合の継手部に作用する力(“Total”の欄)は、母材厚によってほとんど変化しない。しかし、荷重 $F=0.9B_0$ によって継手部に発生する力(“by $F=0.9B_0$ ”の欄)は、 t_{RIB}/t_{MEM} が大きいほど大きくなっている。

(5) リブプレートの板厚について

ここで検討対象とした寸法比(厚さ 10 mm, 幅 100 mm, 長さ 200 mm)のリブプレートを、アンカープレートとの接合辺およびおよびエンドプレートとの接合辺で単純支持、母材との接合辺で固定支持される圧縮荷重を受ける 3 辺支持板と考えても、弾性座屈応力度は軟鋼の降伏応力度よりもはるかに大きく、弾性範囲での座屈の心配はない。このようなことから、ここに検討した寸法の接合部ではリブプレート厚を 10 mm よりも大きくする必要はない。

5. まとめ

高力ボルト引張接合・長締め形式において、①ナット定着部に支圧板を用いるとアンカープレート-母材継手の応力を低減させることができること、②アンカープレートを母材へ溶接しないと応力集中が生じること、③外力による溶接部への作用力は、母材厚に対してリブプレート厚が大きいほど大きくなること、を示した。

謝辞：和田三夫氏(住友重機械工業株式会社)ならびに利守尚久氏(株式会社サクラダ)に大変有益なご助言をいただいた。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 西脇威夫・黒田充紀・増田陳紀：高力ボルト引張接合・長締め形式の接合部長とボルト配置について、土木学会論文集, No. 437/I-17, pp. 115~123, 1991.
- 2) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 I 共通編・II 鋼橋編, 1990. 2.
- 3) 西脇威夫・黒田充紀・増田陳紀・鈴木康弘：高力ボルト引張接合・長締め形式におけるばねモデルによるボルト付加軸力, 土木学会論文集, 第 416 号/I-13, pp. 403~410, 1990. 4.

(1991. 8. 26 受付)

ON DETAILS OF LONG BOLT TENSION-TYPE CONNECTIONS

Takeo NISHIWAKI, Mitsutoshi KURODA and Nobutoshi MASUDA

On details of long bolt tension-type connections, two types of detailed structure which anchors the nut are considered ; 1) an anchor-plate which anchors the nut is used alone, 2) the anchor-plate is used with thick bearing-plate. For these detailed structures, stress distribution in anchor-plate, rib-plate and welding joints between plate and plate are investigated numerically through finite element analyses. It is shown that i) in the ase of the bearing-plate being used, stress in anchor-plate to member-plate joint is reduced, ii) if the anchor-plate is not welded to the member-plate, stress concentration occurs at a corner of the rib-plate.