

京都大学工学部 正 員 工博 小西 一郎

京都大学工学部 正 員 工修 山川 純雄

川崎重工業 K.K. 正 員 工修 〇佐 岡 暖 也

京都大学大学院 学生員 松井 五郎

1. まえがき — Tension-Type Joint を設計する場合、端板(end plateあるいはtee flange)の弾性変形に起因する prying action を考慮しなければそれに用いられるボルトの張力は正しく評価し得ない。本報告では、従来より研究してきた Type-A, B に加え純引張のみと受ける簡単な A 型引張接合(図-1)に関する 2, 3 の実験結果を統合し、接合板の弾性変形を考慮した場合とこれを無視した場合のボルト張力を求め、これらと実験値とを対比し、ボルト張力に及ぼす prying effect を定量的、定性的に評価してみた。試験試体は図-1 に示すとおりで、Type-A, B においては 2 点対称载荷により継手部に曲げモーメントのみを作用せしめ、Type-C に対しては引張力のみを载荷し、その場合のボルト張力、接合板側面および下面における開き、たわみなどを測定した。なお使用鋼材は Type-A, B の flange, web および Type-C に対して SM50A を、Type-A, B の end plate に対しては SM50B を用いた。また使用ボルトは Type-A, B では大同製鋼製 F13T-M22, Type-C では神戸製鋼製 F11T-W3/4 である。この場合のボルト 1 本当りの締めつけ力は Type-A, B では 14.5t, Type-C では 10t, 15.2t とした。

2. 理論ならびに計算上の仮定 — Type-A の解析法はすでに報告したとおりであり、²⁾ Type-B の場合も本質的には Type-A と同じであるから、理論式は一切割愛する。ただし、ここでは Type-A に対しては接合板突出部最下端にのみ prying force が作用しているものと仮定し、Type-A および B の end plate 両側に作用していると考えられる prying force は無視する。²⁾ それ故 Type-B では prying force の影響はまったく考慮されておらず、ただ接合板の変形のみ考慮することになる。Type-C に対しては R.T. Dowry 等の式を適用する。³⁾ ボルト周辺の接合板の有効圧縮面積(A_p)は板厚の関数であると考え、 $D_o = (B + D_w)/2 + t$ と仮定し、 $A_p = \pi(D_o^2 - D_i^2)/4$ で求めた。ここに、 B = ボルトヘッドの相対する平らな面間の距離、 D_w = フォワーの外径、 t = 接合板厚、 D_i = ボルト穴径である。接合板およびボルトの弾性係数は $E = 2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$ とした。

3. 考 察

実験ならびに計算結果得られたボルト付加張力と载荷々重の関係を図-2 ~ 5 に示す。図-4, 5 においては、

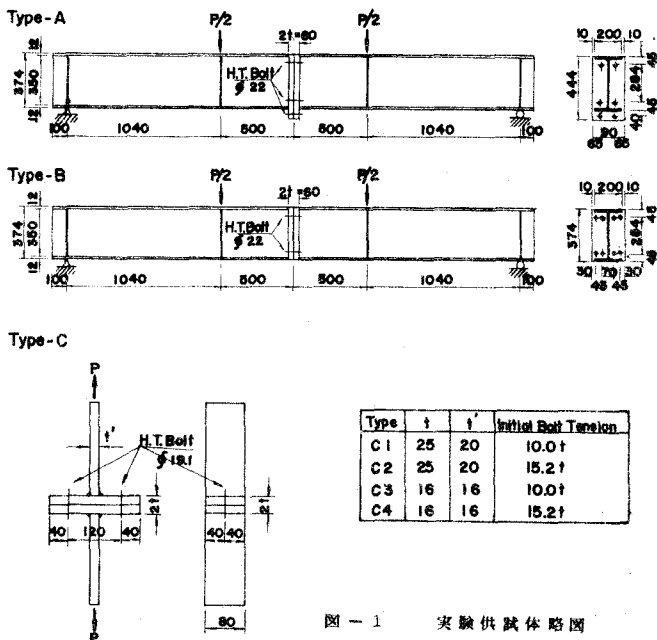


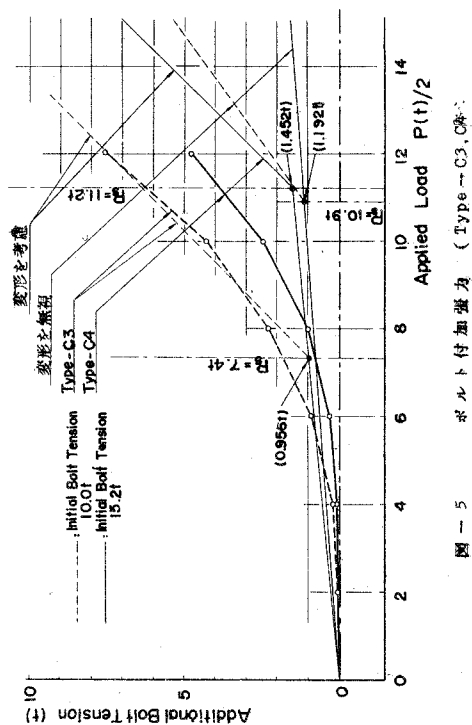
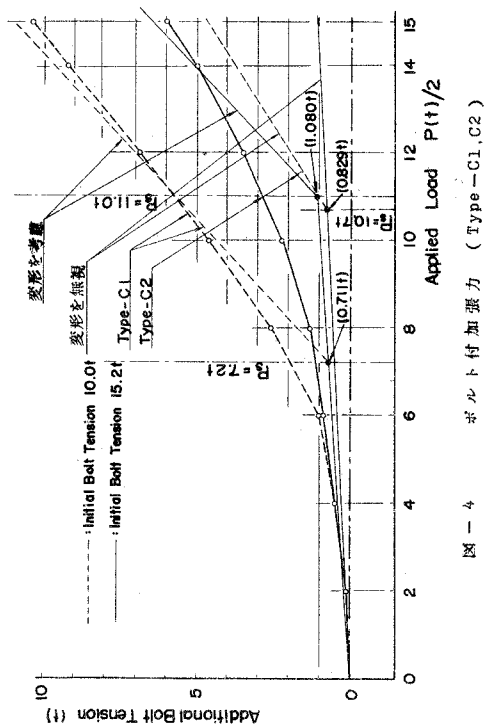
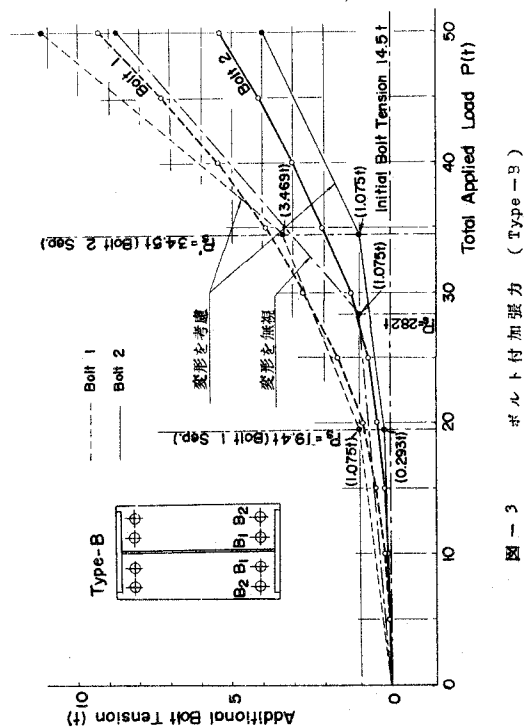
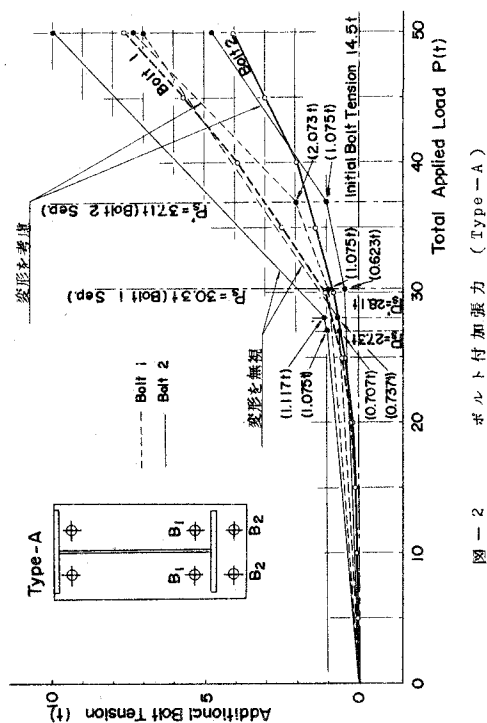
図-1 実験供試体略図

全載荷々重をボルト本数で割った値を横軸にとった。また接合板の側面および下面の開きを BAM 型 Contact Strain Meter で測定 (gage length 20 mm) した結果を図-6~9 に示した。

(1) End Plate Connection (Type A 及び B) — 曲げを作用させた end plate connection, Type A 及び B においては, end plate の変形を考慮した場合とそれを無視して剛と考えた場合とでは非常に異なる結果を与える。すなわち Type-A においては, 変形を考慮した場合, 実験値と同様上側ボルトの方が下側のそれより大きな張力を示し, しかも実験値とよく合致しているが, 変形を無視した場合, 当然のことながら, 上側ボルトより下側ボルトの方が大きなボルト張力を示している。しかも実験値より大きくはずれた値を与えている。これは上, 下各ボルトの配置とそれを支える end plate のたわみ変形に対する拘束度の相違によるものと考えられる。Type-B においては内側ボルトが外側ボルトよりも大きいことはいうまでもないが, 変形を無視すればこれが等しくなる。以上のことより曲げを受ける end plate connection の場合には, prying effect そのものよりもボルト張力を支える end plate の剛性あるいは拘束度 (end plate の境界条件およびボルトの位置に関係する) の方がはるかに重要な factor であるといえよう。つぎに図-6, 7 から推測して end plate 側面に作用している prying force は概して小さく, 分布形状も複雑である。しかし Type-A の end plate 突出部最下端に作用する prying force はかなり大きく, 荷重とともにほぼ linear に増大しているようである。

(2) T-Stub Connection (Type C) — 図-4, 5 からいえることは, 変形を考慮した場合の方が無視した場合よりも大きなボルト張力を与えている。このことは変形を考慮した場合の方が実験値に近い値を示していることから判断して, 明らかに prying effect によってボルト張力が大きくなることを示している。しかしながら離間前においては両者ともその値は小さく差も小さいことから, 離間前の prying effect は小さいことが推察される。一方, Type-C3, C4 においては離間後荷重がかなり大きくなると外荷重よりも大きくなる傾向を示していることは, A_p のとり方にも問題はあろうが, prying effect が離間後も長く残ることを意味している。これに対し, 板厚の厚い Type C1, 2 においては (図-4), 外荷重とほぼ同様の増加をしている。これは板厚が厚い場合は作用荷重がある程度以上になると接合板が完全に prying effect が消失するか或は非常に小さくなるということを示唆している。なお Type-C3, 4 においては変形を考慮した場合でも理論曲線は実験曲線から大きくはずれているが, これは板厚が薄くなり過ぎると, 低荷重で flange が曲げ降伏すること, したがって理論式が適用できないことを意味している。試みに A_p の値を種々変化させてみたが, Type-C3 に対してはほぼ合致してもその場合の A_p を用いると Type-C4 には合わないというように, A_p の仮定方法がわかる場合には妥当でないことが判明した。このような板厚が比較的薄い場合に顕著にあらわれる非線型特性の主要な原因の1つとして, 接合板が曲げ降伏現象を起しはじめる (図-4.5 では約 6 t) と同時に接合板は membrane 機構としての tension member としても働きはじめる, 断部の prying action と協同作用をはじめると考えられる。なお図-8 において, Type C2 の方が Type C1 よりも大きなひずみが出ているのは, 接合板が非対称変形を起したことを意味するもので, 初張力の影響ではない。このことは反対側のダイヤルゲージの読みが逆の傾向であったことから確認された。

参考文献: 1) 小西, 山川, 佐岡: 高張力ボルト引張接合におけるボルトの初張力について, 昭40土木学会論文集, 鋼構造部 I-18, pp.39~40, 2) 小西, 山川: 高張力ボルト引張接合の非線型性について, 第12回橋梁構造工学研究発表会, 鋼構造部, pp.33~42, 昭40.11月
3) R.T. Doudy & W.M. Guire: High Strength Bolted Moment Connections, Proc. of ASCE, pp.101~128, April, 1965.



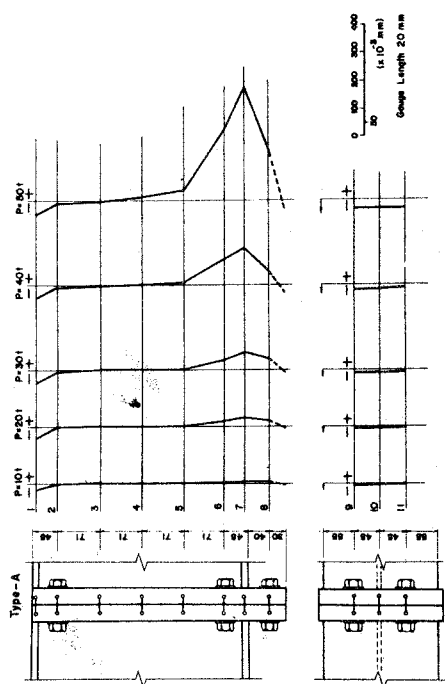


図-6 端板の開き (Type-A)

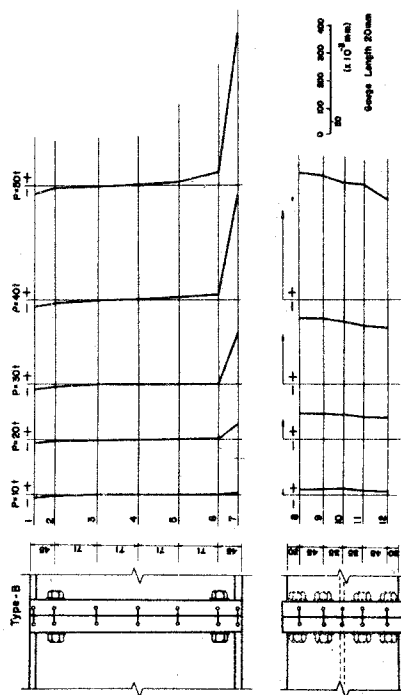


図-7 端板の開き (Type-B)

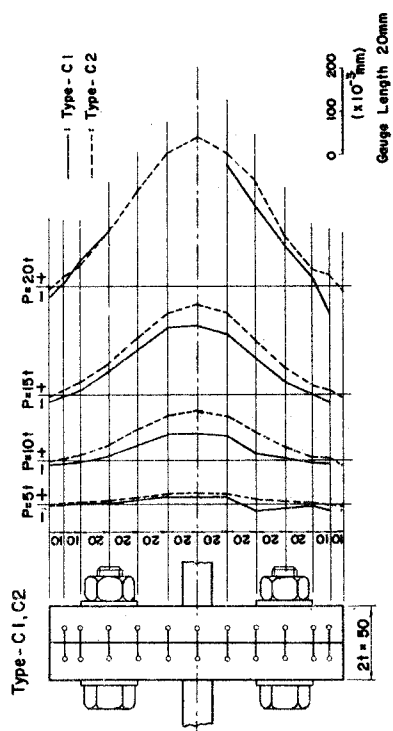


図-8 端板の開き (Type-C1, C2)

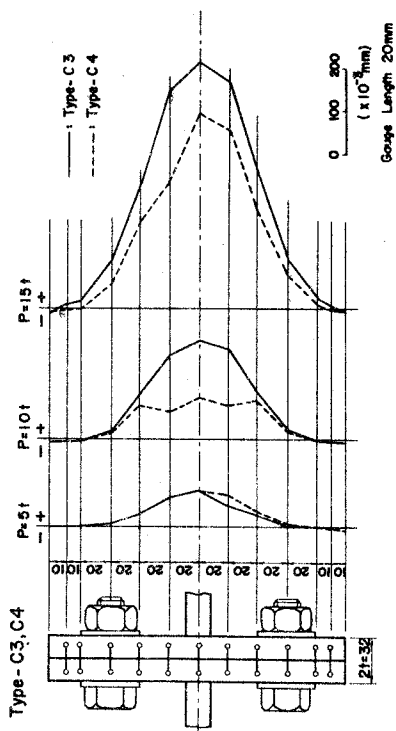


図-9 端板の開き (Type-C3, C4)