

大阪大学大学院 学生員○池端文哉 大阪大学工学部 正会員 西村宣男
大阪大学工学部 正会員 亀井義典

1.研究目的 鋼道路橋設計ガイドライン(案)¹⁾では鋼桁の製作における省力化のために、主桁ブロックを一定断面とし、現場継手部で母材と同質以上のフィラープレートを使用することにより断面変化させることを原則としている。しかしながら、フィラープレートとして入手しやすい普通鋼を使用することの要望が製作会社から寄せられている。そこで数値解析により低質フィラープレートの降伏領域の広がりやボルト軸力抜けの程度を明らかにして摩擦接合継手の軸力伝達機能に与える影響を検討した。

2.解析方法と解析モデル

2.1 解析プログラム 使用する解析プログラムは、高力ボルト摩擦接合継手の部分すべりを考慮しうる、20節点アイソパラメトリック立体要素を用いた弾塑性解析用プログラムNABJO (Nonlinear Analysis of Bolt Joint)³⁾を用いる。初期ボルト軸力導入後、継手母材の中立面でボルト軸方向変位を拘束し、継手に対する軸方向作用力の増加に伴うボルトの軸力抜けを考慮できる特徴を有する。

2.2 解析モデル 高力ボルト摩擦接合継手の限界状態はすべり耐力と母材の降伏耐力との比に左右される。母材降伏がすべりより先行する場合は母材の降伏による板厚減少によりボルトの軸力抜けが著しく、結果的にすべり耐力を減少させるため、対象とする継手は母材降伏先行型とした²⁾。母材及び添接板の材質はSM490及びSM570とし、フィラープレートはSS400とした。解析モデルの諸元と力学パラメータを表-1に掲げる。モデルF1,F2及びモデルF3では母材と添接板はSM490、フィラープレートがSS400である。モデルF7はこれらとの比較のためのモデルでフィラープレートもSM490とする。モデルF4, F5及びF6は母材と添接板はSM570でフィラープレートはSS400である。モデルF8はフィラープレートもSM570とした。

表-1 解析モデルの諸元と力学パラメータ

Parameter	Type	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8
母材	材質	SM490	SM490	SM490	SM570	SM570	SM570	SM490	SM570
	板厚 (mm)	10	10	10	10	10	10	10	10
	全幅 (mm)	70	70	70	70	70	70	70	70
	純断面積(cm ²)	4.75	4.75	4.75	4.75	4.75	4.75	4.75	4.75
	N _{yt} (tf)	17.100	17.100	17.100	21.850	21.850	21.850	17.100	21.850
添接板	板厚 (mm)	9	9	9	9	9	9	9	9
フィラープレート	材質	SS400	SS400	SS400	SS400	SS400	SS400	SM490	SM570
	板厚 (mm)	2	4	6	2	4	6	6	6
H.T.B	N _{st} (tf)	26.4	26.4	26.4	26.4	26.4	26.4	26.4	26.4
	N _{st} /N _{yt}	1.544	1.544	1.544	1.208	1.208	1.208	1.544	1.208

N_{yt}: 純断面降伏荷重, N_{st}: すべり耐力

2.3 有限要素分割と支持及び载荷条件 フィラープレートを用いた主桁添接部の構造は図-1のようにフランジの片側と添接板との間にフィラープレートが挿入される。解析モデルでは図-2に示すように母材と両側添接板との間にフィラープレートを挿入する。これはボルトの初期軸力を導入するためのプログラムの機能上の制約による。図-3に要素分割図を示す。母材とフィラープレート、フィラープレートと添接板及び添接板と座金間の全接触面に節点バネ型のジョイント要素を導入している。解析モデルの支持条件としては各断面の中央面に垂直な変位を拘束し、継手の1/8を対象に解析する。外力としては継手の端部に軸引張が生ずるように強制変位を与える変位制御法によっている。

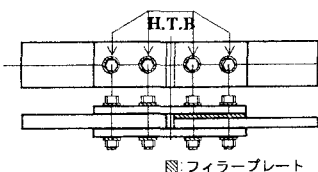


図-1 解析対象モデル

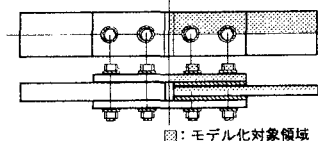


図-2 解析モデル

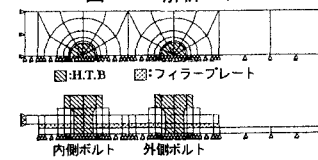


図-3 要素分割図

3.解析結果と考察 図-4に初期

導入軸力を100%とした場合の、引張荷重載荷に伴うH.T.Bの軸力低下量を示す。純断面降伏荷重載荷時 $P/N_{Yn}=1.0$ における軸力低下は全モデル、全H.T.Bで95%前後にとどまっております、軸力低下はパゾン効果による鋼板の形状変形に大きく依存している。 $P/N_{Yn}=1.4$ となる荷重載荷時では各モデルで軸力低下に隔たりが生じる。この現象について①母材、添接板に対する板厚の相違、②母材、添接板に対する材質の相違の双方から考察する。

①フィラープレートの母材、添接板に対する板厚の相違

モデルF1,F2,F3に関して比較する。図-4からも明らかとなり、それぞれ外側ボルトで85.1, 91.6, 93.6%, 内側ボルトで89.9, 93.4, 94.1%と板厚が増加するほど軸力低下は抑制されている。この現象についてフィラープレートの応力状態から考察する。図-5は $P/N_{Yn}=1.4$ におけるフィラープレートの応力状態である。 $P/N_{Yn}=1.4$ においてF1,F2,F3全モデルで、外側ボルト孔周辺の、降伏領域は座金径外縁全域以上に及び、特にF1モデルでは純断面の全域で塑性化しており、フィラープレートの塑性化が軸力低下に大きく影響を与えている。ボルトの位置により軸力の低下に相違が生じるのも降伏領域の分布から説明される。モデルF4,F5,F6を比較しても上述と同様のことが言える。

②フィラープレートの母材、添接板に対する材質の相違

モデルF1~F3と、モデルF4~F6を比較する。図-4において、板厚の相違ほどボルト軸力低下に違いは生じないが、前者に比して後者の方がよりボルト軸力が低下している。また、モデルF3とF7、モデルF4とF8をそれぞれ比較すると前者における相違よりも、後者における相違の方が大きい。すなわち、母材、添接板に対してフィラープレートの材質が軟質になるほど軸力低下に影響を与える。図-5において、応力状態を比較しても降伏領域に顕著な差が確認される。全体を通して材質面から比較すると、フィラープレートの材質が母材、添接板と同質の場合、軸力低下はモデルF7の外側ボルトで94.6%, モデルF8の外側ボルトで92.9(%)と軸力低下はかなり抑制される。

4.結論 ①フィラープレートの塑性化は軸力低下に影響を与えるが、設計軸力レベルでのボルト軸力低下は僅少である。②母材及び添接板に対しフィラープレートの板厚が薄いほど、また材質が軟質になるほど軸力低下に影響を与えるが、材質よりもむしろ板厚により左右される。③継手の剛性は母材、添接板及びフィラープレートの全体で評価される。

【参考文献】

- 1)建設省：鋼橋設計ガイドライン(案), 1995.
- 2)秋山寿行ら：高力ボルト摩擦接合引張継手の限界状態の区分, 鋼構造年次論文報告集, 第3巻, pp.289-296, 1995.11.
- 3)池端文哉ら：高力ボルト摩擦接合継手のすべり機構と応力特性に関する研究, 土木学会年次学術講演会講演概要集, 1-397, 1995

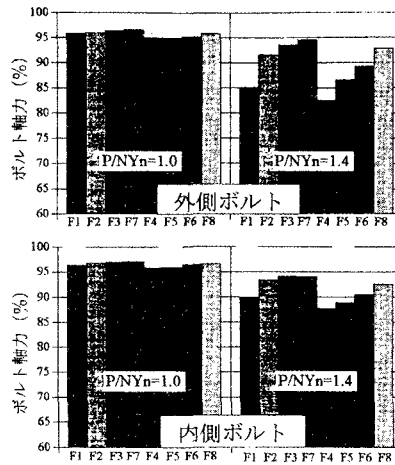


図-4 荷重載荷に伴う軸力低下率

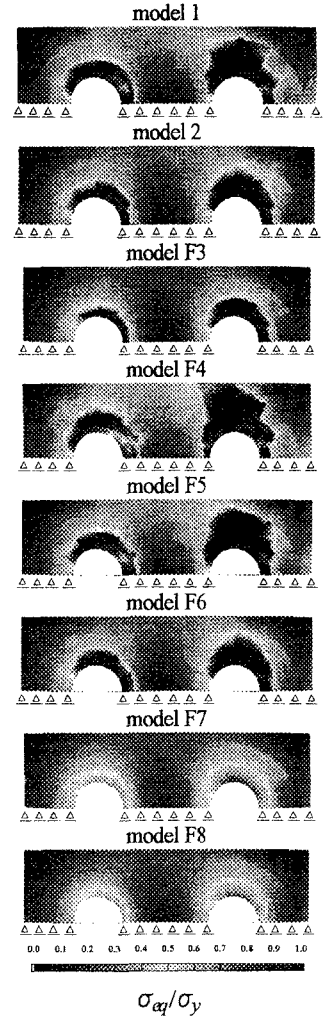


図-5 $P/N_{Yn}=1.4$ におけるフィラープレートの応力状態