

I-A197 多列配置高力ボルト引張継手の高強度化に関する解析的検討

日本道路公団 正員 諸岡 伸 大阪市立大学 正員 山口隆司
 京都大学大学院 正員 杉浦邦征 京都大学大学院 正員 渡邊英一
 京都大学大学院 正員 永田和寿 住友金属工業 正員 斉藤 浩

はじめに

高力ボルト引張継手を橋梁等の主部材の接合部として用いる場合、大きな断面力にも抵抗できるよう、摩擦接合のように高力ボルトを複数列配置する必要がある。しかしながら、高力ボルトを複数列配置した場合、個々の高力ボルトの荷重伝達率が不明確なため、橋梁用高力ボルト引張接合設計指針においては、1列配置のみを対象とし、複数列配置に関する規定は存在しない¹⁾。したがって、本研究では、高力ボルト引張継手の高強度化の一方策として高力ボルトの複数列配置を対象に、高力ボルトの軸平行部を細くした高性能ボルトを活用し、継手強度の向上の可能性について解析的に検討した。

解析手法および解析モデル

本研究では、汎用有限要素解析コード ABAQUS を用いて、接触および離間を考慮した解析を行った。解析モデルを図1に示す。解析モデルでは、対称性を考慮して、継手モデルの4分の1を対象とし、2枚のフランジ板の接触面に接触要素を導入し、離間現象を再現できるようにしている。また、高力ボルトのモデル化については、継手部全体の挙動に注目することから、軸平行部とネジ部で形状を変化させることなく一様断面とし、ヤング率を変化させることで区別した。要素分割については、ティーウェブとフランジ板の接合部、ボルトヘッドとフランジ板の接触部の近傍の要素が十分細くなるように設定した。なお、用いた要素は、アイソパラメトリック固体要素である。解析ケースの概要を表1に示す。要素の材料特性は、載荷実験²⁾において行った材料試験の結果をもとに表2のように設定した。解析は、まず伝熱解析により、高力ボルトの導入軸力に相当する温度分布を求め、これを温度荷重としてボルトに与えた後、引張荷重を

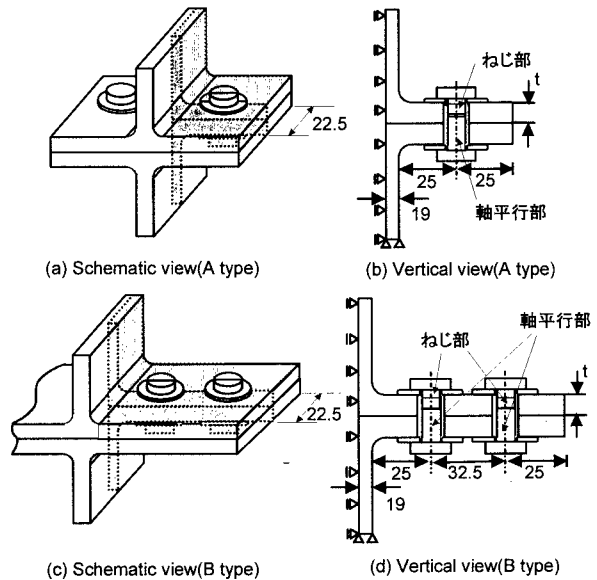


図1 解析モデルの概要

表1 解析ケースの概要

解析ケース	1列目	2列目	フランジ板厚
A-10	通常	—	22mm
B-20	通常	通常	22mm
B-21	軸細	通常	22mm
B-22	軸細	軸細	22mm
TB-20	通常	通常	34mm

通常：軸平行部径 12mm(M12)

軸細：軸平行部径 10mm

表2 解析に用いた主な材料定数

(a) 高力ボルト

部位	ヤング率 (N/mm ²)	降伏応力 (N/mm ²)
ネジ部(通常)	3.65×10^4	576.338
軸平行部(通常)	2.00×10^5	784.0
ネジ部(軸細)	3.65×10^4	576.338
軸平行部(軸細)	2.88×10^4	1129.56

(b) フランジ板

フランジ板厚	降伏応力 (N/mm ²)	ヤング率 (N/mm ²)	ポアソン比
22mm	300.5	205.8×10^3	0.3
34mm	321.8	205.8×10^3	0.3

キーワード：高力ボルト引張継手，多列配置，軸細高力ボルト，強度，変形能

連絡先：〒558-8585 大阪市住吉区杉本 3-3-138，大阪市立大学工学部土木工学科橋梁工学研究室

Tel 06-6605-2735, Fax 06-6605-2765

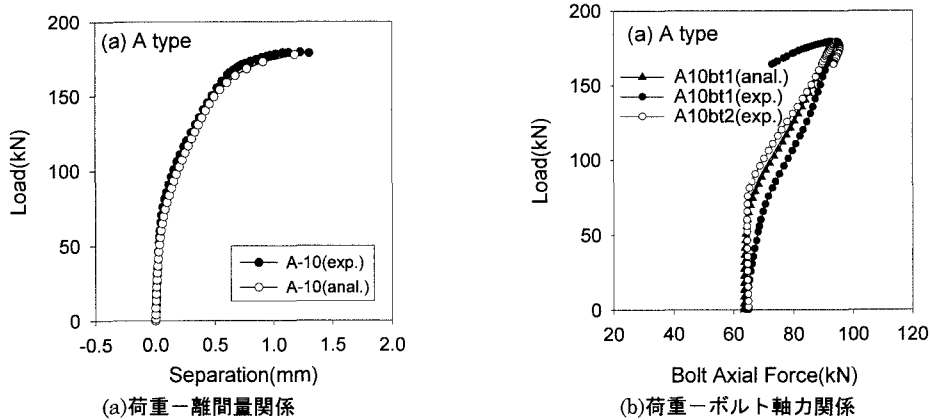


図2 載荷実験結果と解析結果の比較

ウェブ位置に載荷するという2段階で行った。

解析モデルの検証

解析モデルおよび解析手法の検証を行うために載荷実験結果と解析結果との比較を行った。その結果を図2に示す。荷重－離間関係の最大荷重点近傍まで、実験結果と解析結果はよく一致していることがわかる。

解析結果

解析結果を表3にまとめる。ここでは、高力ボルトの軸力が高力ボルトの引張最大荷重に到達したときの荷重を終局荷重としている。表中のボルト比強度は、高力ボルト1本の平均的な荷重伝達率を表している。

表より、複数列配置（2列配置）にすることで、約30%ほど終局荷重が増大していることがわかる。特に、フランジ板を厚くした場合、複数列配置により、終局荷重は著しく増大し、その効果が非常に大きいこともわかる。また、軸細ボルトを、ティーウェブの内側に用いた場合、すべてを通常の高力ボルトとした場合よりも、終局荷重が増大している。これは、高力ボルトの軸平行部を細くすることで、高力ボルトの伸び性能が改善され、終局荷重の増大に貢献したと考えられる。さらに、フランジ板の終局荷重時の離間量も、軸細高力ボルトを用いた場合の方が大きくなっており、変形性能の改善効果も大きいことがわかる。

まとめ

- ・高力ボルト引張継手において、摩擦接合のように高力ボルトを複数列配置することで摩擦接合ほどではないが、継手部耐力は増加する。その増加の度合いは、2列配置の場合、一列配置の約30%増しとなる。
- ・多列配置引張継手の内側に軸細の高力ボルトを用いた場合、高力ボルトの変形能が改善され、すべて通常の高力ボルトを用いた場合に比べて継手部の耐力はわずかに増加する。しかしながら、変形能は大きく改善され、エネルギー吸収能に富んだ継手構造が実現できる。
- ・今後は、列方向の配置だけでなく、行方向の配置についても検討し、高力ボルト引張接合の高強度化に適したボルト配置、ボルトタイプを提案していく必要がある。

参考文献

- 1) 日本鋼構造協会：橋梁用高力ボルト引張接合設計指針，1993.2. 2) 渡邊英一，杉浦邦征，山口隆司，諸岡 伸：多列配置高力ボルト引張継手の力学的挙動，構造工学論文集 Vol.45A，土木学会，pp. 51-60，1999.3.

表3 解析結果のまとめ

解析 ケース	終局荷重 (kN)	終局荷重時の 離間量(mm)	強度比*	ボルト比 強度**
A-10	168.36	0.73	1.00	0.94
B-20	221.36	1.09	1.31	0.62
B-21	226.69	10.21	1.35	0.64
B-22	219.01	10.15	1.30	0.63
TB-20	272.75	0.80	1.62	0.76

*: 基準供試体（A-10）による無次元化強度

** $B_{sr} = P_{max} / (B_s \times n)$

P_{max} = 終局荷重(kN)

B_s = ボルトの終局荷重(通常;89.30kN, 軸細;87.30kN)

n = ボルト本数