

フランジに引張接合を用いた鋼 I 桁連結部の強度算出法に関する検討

京都大学工学部 学生員 ○ 辛 浩
 京都大学大学院工学研究科 正会員 鈴木 康夫
 京都大学大学院工学研究科 正会員 杉浦 邦征

1. 研究背景および目的

既往の研究¹⁾では、高力ボルト摩擦接合と引張接合を併用した連結構造が提案されるなど、高力ボルト引張接合を橋梁主部材の連結法として積極的に利用する機運は高まりつつあるが、引張接合に関する明確な設計法はまだ確立されていない。本研究は、そのような背景を踏まえ、高力ボルト引張接合を用いた I 桁連結部の設計法を提案するための基礎的研究として、ボルト配置位置に着目する I 桁連結部の強度算出法を有限要素解析により検討する。本研究では、2種類の簡易的な強度算出法を提案する。

2. 簡易全体モデルによる検討

本章では、図 - 1 に示す I 桁のフランジに引張接合を有した I 桁連結部を対象とし、高力ボルト配置位置の違いが I 桁連結部の曲げ挙動に与える影響を検討した。

2.1 解析ケースおよび解析モデル

解析ケースの一覧を表 - 1 に示す。表中の a 、 b 、 c 、および d は図 - 2 に示すボルト配置位置を表すパラメータである。なお、表には検討対象とするパラメータとその値のみを表示し、他の寸法はすべて 56 mm とした。

解析には汎用有限要素解析コード ABAQUS を用い、図 - 1 に示したフランジ(板厚 19mm)およびウェブ(板厚 12 mm)をシェル要素で、エンドプレート(板厚 25mm)および高力ボルト(M24)をソリッド要素で、ワッシャーを剛体シェル要素でそれぞれ分割した。なお、高力ボルトはねじ部の断面積を軸平行部の断面積に一致させた簡易モデル²⁾を採用した。エンドプレート、ウェブおよびフランジは SM490 材を想定し、公称降伏応力を用いた完全弾塑性体とした。

すべての接触面では、摩擦係数を 0.4 とした有限すべりを定式化し、接触/非接触を考慮できるモデルとした。

解析では、桁端部に結合した剛体梁要素の桁高中心点

に強制回転変位を与えて曲げモーメントを載荷した。なお、高力ボルトの初期軸力は設計軸力の 238 kN とし、ねじ部と軸並行部の境界面の全節点に導入した。

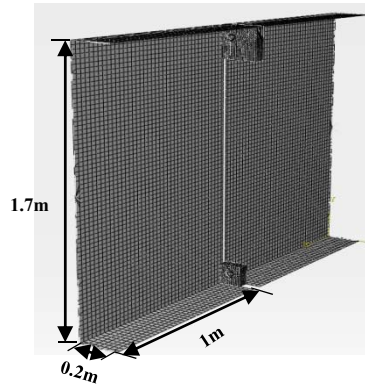


図-1 簡易全体モデル

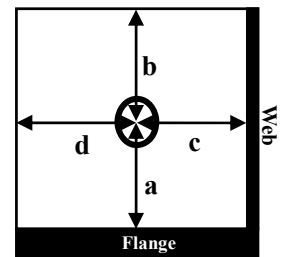


図-2 簡易全体モデルのボルト位置

表-1 解析ケース及び結果一覧

Case	Parameter (mm)	Maximum Bending Moment (kNm)
Basic Model	$a=b=c=d=56$	621.1
b84	$b=84$	658.4
b112	$b=112$	683.3
b138	$b=138$	693.0
d84	$d=84$	634.0
d112	$d=112$	638.0
d138	$d=138$	638.5
a84	$a=84$	585.5
a112	$a=112$	558.3
a138	$a=138$	539.3
c84	$c=84$	581.0
c112	$c=112$	550.2
c138	$c=138$	528.8

2.2 解析結果および考察

解析による最大曲げモーメントを表 - 1 に示す。

表より、T 接合におけるボルト中心から T ウェブまでの距離に相当する a 寸法および c 寸法が増加すると、継

キーワード：継手、高力ボルト、引張接合、強度算出法、ボルト配置、FEM 解析
 連絡先：京都市西京区京都大学桂 C1-3 棟 253 号室
 TEL：075-383-3162 FAX：075-383-3163

手強度が著しく低下することがわかる。また、T 接合における T フランジ縁端距離に相当する縁端距離 (b, d 寸法) については異なった傾向を示しており、エンドプレート幅方向の縁端距離 (d 寸法) は継手強度にほとんど影響を与えないのに対し、高さ方向の縁端距離 (b 寸法) は継手強度に影響を与えており、その傾向は a, c 寸法と同様であることがわかる。

3. 簡易全体モデルの強度算出法

本章では、高力ボルトが 1 本配置される I 桁連結部の強度算出法を 2 つ提案し、それぞれの妥当性の検討および両者の比較を行う。

3.1 加藤-田中式を適用した強度算出法

ここで、図 - 3 に示すように、簡易全体モデルでのボルト位置 (a, b, c, d) を T 接合のボルト位置 (a', W') に変換することにより、加藤-田中式³⁾で簡易全体モデルの強度を算出することを試みた。

具体的に、平面保持の仮定の下で、ウェブとフランジから伝達される応力による合力の作用点からボルト中心間の距離 a' を T 接合における T-web とボルト中心間隔とし、エンドプレートの有効幅 W' を求めて得られた a' および W' を加藤-田中式に代入する。T 接合の強度計算に当たって、加藤-田中式³⁾の精度が確認されている a 寸法が 64mm 以下の範囲では簡易全体モデルの強度を算出することが可能であることがわかった。紙面の都合上、算出結果は発表当日に示す。

3.2 重回帰分析による強度算出法

表 - 1 に示した解析結果を用いて、 a, b, c, d 寸法を説明変数、継手部強度 M を被説明変数とした重回帰分析を実施した。具体的な結果を表 - 2 に示す。重回帰分析の式は以下の通りである。

$$\text{継手強度} = -0.63a + 0.57b - 0.71c + 0.14d + 400.92$$

式の妥当性を検討するために、表 - 3 に示す 15 ケースのモデルに対し、強度の計算値を解析値と比較した。表 - 3 に示すように、両者の差異が 5% 以下であり、重回帰分析から得られる強度算出式による簡易全体モデルの強度算出が可能であることがわかった。前節の算出法で T 接合における計算精度の低い a 寸法 > 64mm の範囲でも比較的高い精度を示している。

4. まとめ

1) 鋼 I 桁フランジに引張接合を用いる場合、ウェブか

ら伝達される応力が継手強度に大きく影響する。

2) 検討した簡易全体モデルにおけるボルト位置を T 接合のボルト位置に変換することで、加藤-田中式³⁾により継手強度の算出が可能である。また、重回帰分析に基づく強度算出式による強度算出も可能と考えられる。

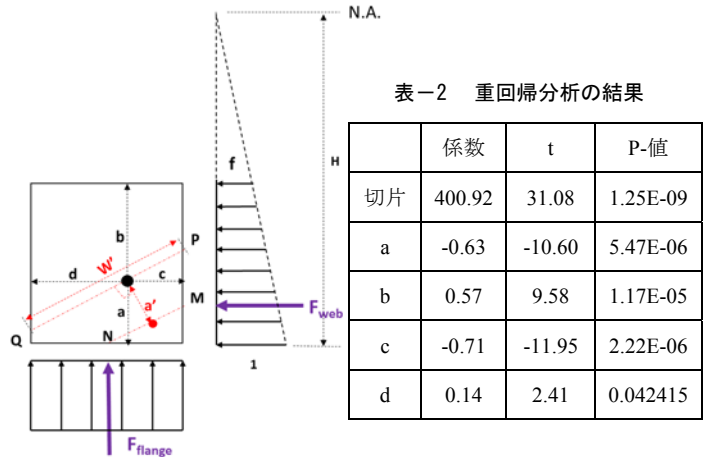


図-3 ボルト位置の変換法

表-3 重回帰分析による強度算出法の検証

a	b	c	d	解析値	計算値	計算/解析
56	135	56	138	413.37	422.45	1.02
56	135	86	108	400.72	396.92	0.99
56	135	116	78	373.98	371.40	0.99
56	135	146	48	332.05	345.88	1.04
86	105	56	138	397.98	386.56	0.97
116	75	56	138	369.15	350.68	0.95
146	45	56	138	318.75	314.80	0.99
56	105	56	138	409.56	405.42	0.99
56	75	56	138	395.48	388.39	0.98
56	45	56	138	364.04	371.36	1.02
86	45	56	138	341.49	352.50	1.03
116	45	56	138	329.17	333.65	1.01
56	135	56	108	411.92	418.16	1.02
56	135	56	78	411.46	413.87	1.01
56	135	56	48	402.24	409.59	1.02

参考文献

- 1) 岩崎伸一, 郡 久人, 鈴木康夫他: 仮設鋼 I 桁橋の引張ボルト接合主桁連結構造に関する実大曲げ載荷実験, 土木学会第 65 回年次学術講演会概要集, I-476, 2010.
- 2) 藤谷健二, 渡邊英一, 杉浦邦征, 山口隆司, 葛西俊一郎: ねじ部を考慮した高力ボルトの有効応力-ひずみ関係に関する考察, 鋼構造年次論文報告集, 第 3 巻, 日本鋼構造協会, pp.281-288, 1995.
- 3) 加藤 勉, 田中淳夫: 高力ボルト引張接合に関する実験的研究(その二 単純引張力を受ける接合部の性状), 日本建築学会論文報告集, Vol.147, 日本建築学会, pp33-41, 1968.