

柱継手高力ボルト接合の開発 その4 設計方法(柱継手母材)

正会員 ○井口智晴* 正会員 横山重和*
 正会員 小村欣嗣* 正会員 川上寛明**
 正会員 中野英行** 正会員 宍戸唯一***
 正会員 皆川隆之****

柱継手 設計式 超高力ボルト
 角形鋼管柱 省溶接 安全性

1 目的

その1~3で実験及び解析で検証した本柱継手高の検定方法、検定式を提案する。

2 設計方針

本柱継手は十分な塑性変形能力は有しているものの塑性化させないように設計する。設計方針を以下に示す。

- ① 長期荷重時に柱継手部の各部材及び高力ボルトが長期許容耐力以下となるように設計する。
- ② 短期荷重時及び保有水平耐力時に柱継手部の各部材及び高力ボルトが短期許容耐力(すべり耐力)以下となるように設計する。材料強度のばらつきを考慮して、作用する力に表1に示す接合部係数を乗じる。
- ③ Ds 算定時に柱継手部の各部材及び高力ボルトが終局耐力(最大耐力以下)となるように設計する。②と同様に接合部係数を乗じる。

表1 接合部係数α

鋼種	梁ヒンジの場合		柱ヒンジの場合	
	柱継手母材の設計 スプライスプレート設計	高力ボルトの設計	柱継手母材の設計 スプライスプレート設計	高力ボルトの設計
SS400,その他SS400と同等とみなせる鋼種	1.25	1.30		
SM490,その他SM490と同等とみなせる鋼種	1.20	1.25		
SN400B,C,その他SN400B,Cと同等とみなせる鋼種	1.15	1.20		
SN490B,C,その他SN490B,Cと同等とみなせる鋼種	1.10	1.15		
その他	1.25	1.30	1.40	1.45

3 検定方法

3.1 検定位置

継手母材(ヒレ+芯材(芯材がない場合にはヒレのみ))の検定はモーメントの状態により、最大となる位置が異なる。そのため、図1に示すように柱継手上端及び下端

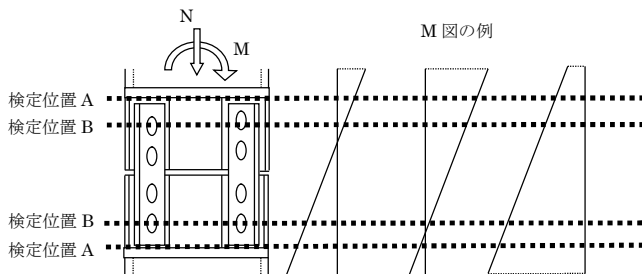


図1 柱継手母材の検定位置

(検定位置 A)の両方で全断面での検定、ボルト孔位置の上端と下端(検定位置 B)でボルト孔を考慮した検定をする。

3.2 検定位置 A の検定方法(長期および保有耐力時)

長期および保有耐力時の検定式を以下に示す。

長期の検定式

$$L N / g A + L M / g Z \leq L \sigma_y$$

$$1.5 \times L Q / \sqrt{2} / g A s h \leq L \tau_y$$

保有耐力時の検定式

$$| \alpha \times (u N - L N) + L N | / g A + \alpha \times u M / g Z \leq \sigma_y$$

$$\alpha \times 1.5 \times u Q / \sqrt{2} / g A s h \leq \tau_y$$

記号

- L N, u N : 長期及び保有耐力時の柱軸力
- L M, u M : 長期及び保有耐力時の柱継手位置の曲げモーメント
- L Q, u Q : 長期及び保有耐力時の柱のせん断力
- g A : 母材の断面積
- g Z : 母材の断面係数
- g A s h : せん断力に抵抗する部分の断面積(図2参照)
- L σ y : 長期許容応力度
- L τ y : 長期許容せん断応力度
- σ y : 短期許容応力度
- τ y : 短期許容せん断応力度

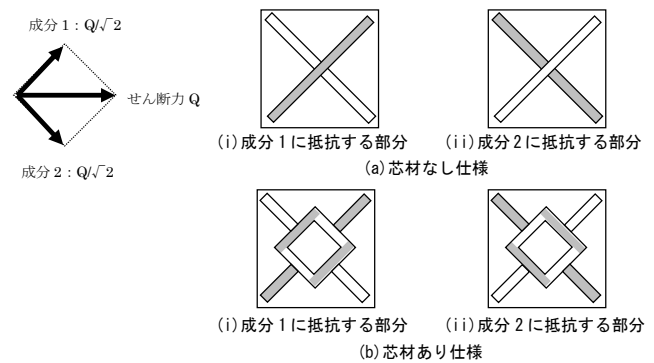


図2 せん断力に抵抗する部分の断面積 gAsh

なお、保有耐力時を短期許容耐力以下とするため、短期地震時は安全側となるため検定は行わない。また、短期積雪時、短期風荷重時は保有耐力時の設計式を用いて

検定を行うが、本論文では記載を省略する。

3.3 検定位置 A の検定方法 (Ds 算定時)

最大耐力の M-N 関係の厳密解を求めることも理論上は可能ではあるが、形状が複雑なため煩雑な式となり、運用することも難しい。そのため、その 3 に示した今回設定した全断面について、図 3 に示す各応力状態の M-N をプロットし、安全側となる検定式を設定する。

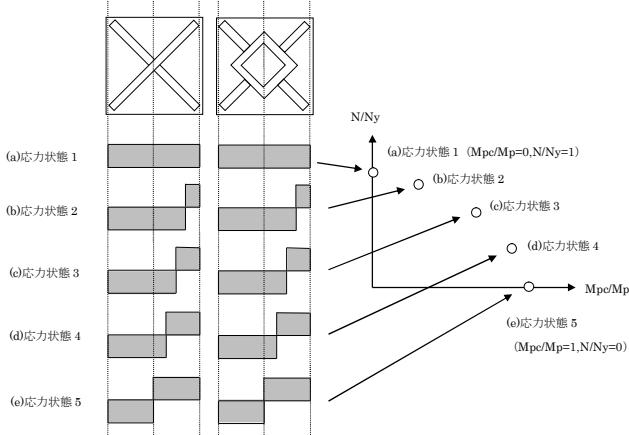


図 3 M-N 関係のプロット

図 4 に全仕様の各応力状態のプロット及び検定式を示す。全プロットに対して安全側の評価となっている。

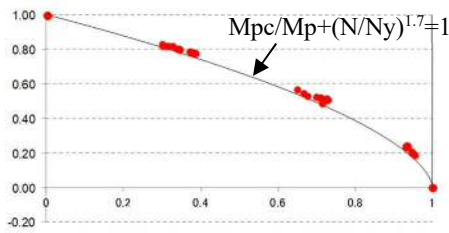


図 4 全仕様のプロット及び設計式

以上の検討より、Ds 算定時の検定式を示す。

Ds 算定時の検定式

$$\left\{ \alpha \times (u_{Ds} N - L N) + L N \right\} / gA \}^{1.7} + \alpha \times u_{Ds} M / gZp \leq \sigma u$$

$$\alpha \times 1.5 \times u_{Ds} Q / \sqrt{2} / gAshe \leq \tau u$$

記号

- $u_{Ds} N$: Ds 算定時の柱軸力
- $u_{Ds} M$: Ds 算定時の柱継手位置での曲げモーメント
- $u_{Ds} Q$: Ds 算定時の柱のせん断力
- gZp : 母材の塑性断面係数
- σu : 引張強さ
- τu : 最大せん断強さ

3.4 検定位置 B の検定方法

通常、スプライスプレートの検討では、ボルト孔を考慮しない全断面で負担できる軸力とボルト孔を考慮した断面で負担できる軸力に想定破断線上のボルトのすべり耐力の 1/3 を加算した軸力の小さい方とすることができる。

柱継手母材でもボルトのすべり耐力を考慮して、負担できる軸力及び曲げモーメントを算出する。

以下の方法で相当断面積 ($gAeq$) 及び相当断面係数 ($gZeq$) を定める。図 5 に示すようにボルト孔位置にボルト耐力の 1/3 に相当する板厚 t の材があるとした断面の断面積及び断面係数を求める。

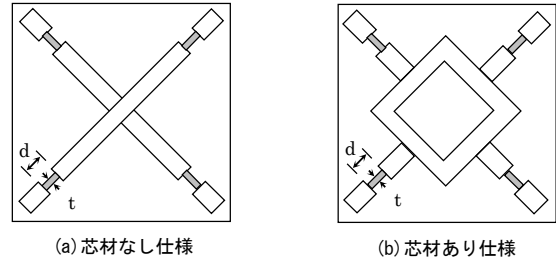


図 5 ボルト孔欠損の考慮方法

ボルト耐力の 1/3 に相当する板厚 t は下式により求まり、アルミ溶射なしで 12.19mm、ありで 18.96mm となる。

$$t \times d \times \sigma_y = 1/3 \times T_y$$

記号

- d : ボルト孔径 ($d=26\text{mm}$)
- σ_y : 短期許容応力度
- T_y : ボルト 1 本の短期許容耐力

検定位置 B では検定位置 A の断面積及び断面係数をそれぞれ相当断面積及び相当断面係数に置き換えた検定式となる。なお、せん断力の検定及びボルトのすべりを許容する Ds 算定時ではボルト耐力の 1/3 は考慮せずにボルト孔欠損を考慮した断面で検定している。

長期の検定式

$$L N / gAeq + L M / gZeq \leq L \sigma_y$$

$$1.5 \times L Q / \sqrt{2} / gAshe \leq L \tau_y$$

保有耐力時の検定式

$$\left\{ \alpha \times (u N - L N) + L N \right\} / gAeq + \alpha \times u M / gZeq \leq \sigma u$$

$$\alpha \times 1.5 \times u Q / \sqrt{2} / gAshe \leq \tau u$$

Ds 算定時の検定式

$$\left\{ \alpha \times (u_{Ds} N - L N) + L N \right\} / gAe \}^{1.7} + \alpha \times u_{Ds} M / gZpe \leq \sigma u$$

$$\alpha \times 1.5 \times u_{Ds} Q / \sqrt{2} / gAshe \leq \tau u$$

記号

- $gAshe$: ボルト孔欠損を考慮したせん断力に抵抗する部分の断面積
- gAe : ボルト孔を考慮した母材の断面積
- $gZpe$: ボルト孔を考慮した母材の塑性断面係数

4 まとめ

その 4 では柱継手母材の検定式を示した。その 5 では高力ボルト及びスプライスプレートの検定式を示し、実験結果及び解析結果との検証を行う。

*積水ハウス株式会社
 ** 日鉄建材株式会社
 *** 日本製鉄株式会社
 **** 株式会社えびす建築研究所

* Sekisui House LTD.
 ** Nippon Steel Metal Products Co.,LTD
 *** Nippon Steel Corporation
 **** Corporation Ebisu Architecture Laboratory