

鉄骨梁貫通孔の補強効果に関する文献調査

1. 序論

種々ある鉄骨梁貫通孔補強方法の中でも補強効果、施工性の観点からリング補強が、実設計で多く用いられている。しかしながら、構造性能評価方法の妥当性は未だ検証されていない。そこで本論では、既存の有孔梁に関する論文を調査することで、補強方法に関する研究の分類と変遷について調査する。また、調査した論文の中からリング状補強の実験・解析結果をデータベース化し、既往耐力評価式の妥当性を検証する。なお、本論ではリング補強として、鍛造製リング状補強材を貫通孔内側にはめ込み、溶接した貫通リング補強、貫通孔の周囲を囲むように円形の鋼板をウェブ側面に溶接したリングプレート補強の2種類を取り扱う。

2. 有孔梁に関する実験的研究の調査

日本建築学会の構造系論文集、技術報告集、構造工学論文集、学術講演梗概集、支部研究会梗概、日本鋼構造協会の鋼構造論文集、鋼構造年次論文報告集を中心に、1965年から現在に至る、貫通孔の設けられたH形断面梁に関する論文を収集する。対象となる文献は174件となり、その傾向について分析する。図1に分類する補強方法を示す。

これらを年次ごとに見ると、近年の貫通孔は円形が主流であること、リング状補強の研究が盛んであること、スチフナ補強の研究は2003年以降行われていないことなどが分かった。

3. リング補強法の実験データベース

第2章で収集した有孔H形断面梁に関する論文から、円形貫通孔に対してリング補強が施されている実験的論文、解析的論文に着目する。文献1)の評価式は文献2)-4)を基に展開されたが、文献1)の評価式は様々なパラメータや類似した形状の補強方法に対する制度が定かではない。そこで、データベースを作成し、評価式の

信頼性を確認する。結果的に17件の論文から91体の試験体をデータベースとして格納する。

文献1)の耐力評価式を以下に示す。

$$M_{hp} = B_e t_f (h + t_f) F_f + \frac{1}{4} \left\{ h^2 - 4(R + {}_a P_R)^2 \right\} t_w F_w + {}_a t_a {}_a P_R (2R + {}_a P_R) F_s \quad (1)$$

$$M_{hfp} = \left(1 - \beta' \frac{h t_w}{2 B t_f} \right) M_{fp} \quad (2)$$

$$Q_{hp} = \gamma_{h3} \alpha' (1 - 2\bar{R}) Q_p \quad (3)$$

ここで、

$M_{fp} = B_e t_f (h + t_f) F_f$: 無孔断面部のフランジの終局曲げ耐力

$Q_p = \frac{1}{\sqrt{3}} h t_w F_f$: 無孔断面部のウェブ終局せん断耐力

B_e : 有効梁フランジ幅

$$\gamma_{h3} = 1 + 0.0319 \left(\frac{d}{D} \right) - 0.489 \left(\frac{d}{D} \right)^2 \quad (4)$$

$$\alpha' = A C_1 (P_{te} - 1) + \alpha \quad (5)$$

$$\alpha = 1 - 0.334 (1 - 0.93 \bar{t}_f) \bar{R} - 0.064 \{ (1 - 0.93 \bar{t}_f) \bar{R} \}^2 - 2.336 \{ (1 - 0.93 \bar{t}_f) \bar{R} \}^3 \quad (6)$$

$$\beta' = C_2 \{ (0.59 P_{te}) (2\bar{R})^3 + (-0.16 P_{te} + 0.25) (2\bar{R})^2 + (0.026 P_{te} + 0.26) 2\bar{R} \} \quad (7)$$

$$P_t = \min \left(\frac{{}_a t_a}{t_w}, 5.5 \right) \quad (8)$$

$$A = 12.98 \bar{R}^3 - 2.788 \bar{R}^2 + 1.754 \bar{R} - 0.033 \quad (9)$$

$$C_1 = 1.837 \frac{{}_a P_R}{R} + 0.0815 \quad (10)$$

$$C_2 = 3.9 \bar{R} \left(\frac{{}_a P_R}{R} - 0.5 \right) + 1 \quad (11)$$

$$\bar{R} = R/h, \quad \bar{t}_f = t_f/h, \quad P_{te} = \frac{F_s}{F_w} P_t \quad (12), (13), (14)$$

文献1)における耐力評価式は鍛造製リング補強材に対するものであり、リングプレートに関しては考慮されていない。そこで、リングプレートの幅をリング幅、リ

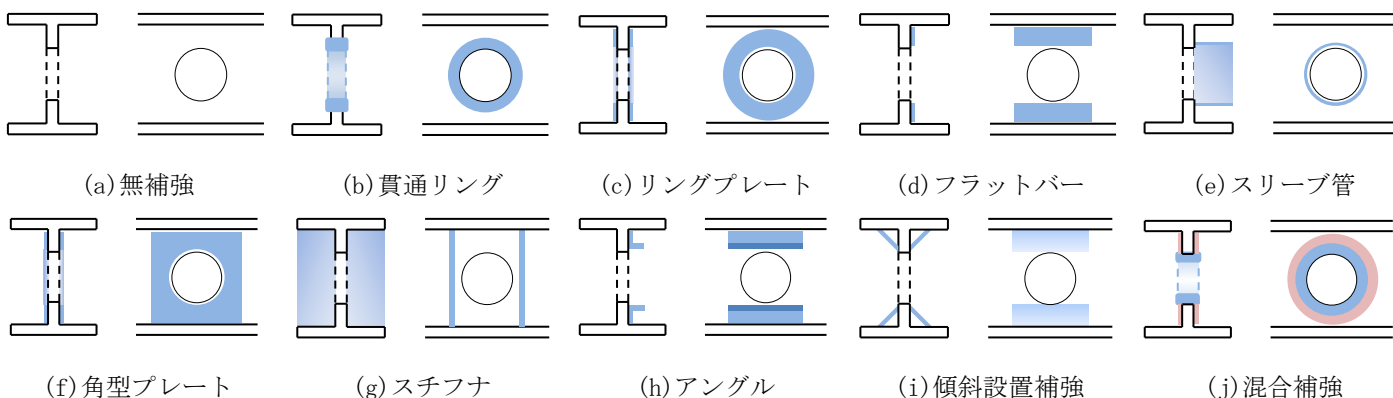


図1 補強方法

リングプレートの厚みと梁ウェブ幅を合計した長さをリング厚とし、評価式を適用した。この時、合計したリング厚に対して梁ウェブ幅は十分小さいものとなるため、補強材の機械的性質はリングプレートのものに等しいとして換算する。また、矩形でない断面をもつリング補強は矩形断面となるよう補完し、リング幅、リング厚を換算する。

全塑性耐力実験値 eQ_p 、文献1) の評価式を用いた孔部全塑性耐力計算値 cQ_{hp1} をそれぞれ梁端部全塑性耐力計算値 cQ_{bp} で除した値を縦軸、横軸に設定したグラフ (図2) と全塑性耐力実験値 eQ_p 、文献2)-4) を用いた孔部全塑性耐力計算値 cQ_{hp2} をそれぞれ梁端部全塑性耐力計算値 cQ_{bp} で除した値を縦軸、横軸に設定したグラフ (図3) を以下に示し、計算値 cQ_{hp1} と cQ_{hp2} を比較する。図中の2直線は計算上の耐力であり、実験値がそれを上回っていれば計算値が安全側の値を取っていることが分かる。

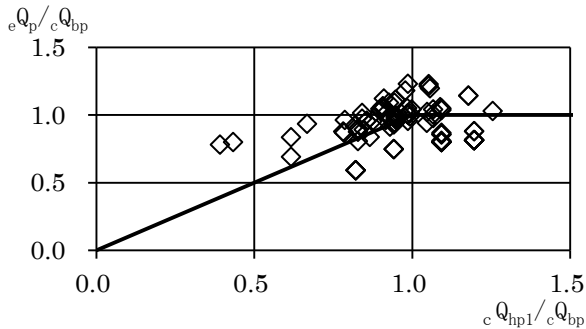


図2 $eQ_p / cQ_{bp} - cQ_{hp1} / cQ_{bp}$ 関係

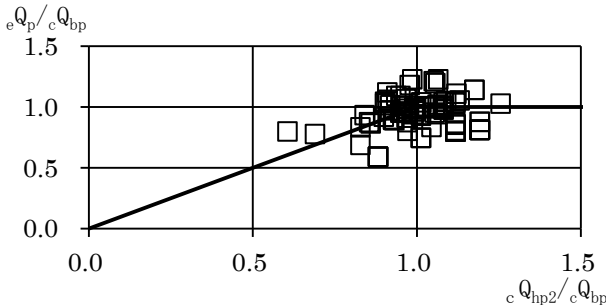


図3 $eQ_p / cQ_{bp} - cQ_{hp2} / cQ_{bp}$ 関係

また、文献1) の評価式を用いた全塑性耐力計算値 cQ_{p1} を試験体ごとに全塑性耐力実験値 eQ_p で除した値の平均は0.97、文献2)-4) の評価式を用いた全塑性耐力計算値 cQ_{p2} を試験体ごとに全塑性耐力実験値 eQ_p で除した値の平均は0.93となった。これらより、 cQ_{p1} は cQ_{p2} よりも平均値は実験値に近い値をとりやすく、安全側の値をとっていることが分かる。

さらに、様々な観点から全塑性耐力実験値 eQ_p 、文献1) の評価式を用いた孔部全塑性耐力計算値 cQ_{hp1} をそれぞれ梁端部全塑性耐力計算値 cQ_{bp} で除した値を縦軸、横軸に設定したグラフを図4に示す。

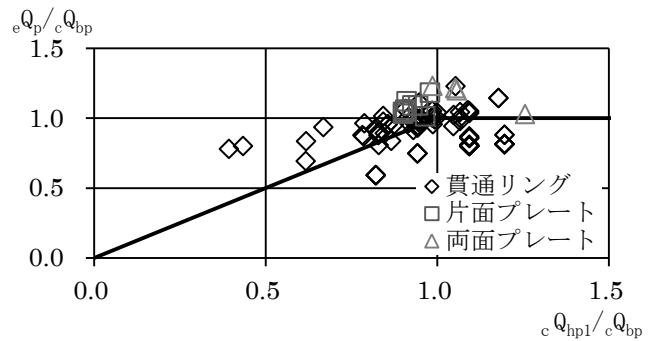
図4より、貫通リング補強、片面リングプレート補強、両面リングプレート補強に関わらず、既往耐力評価式はおおむね妥当であるといえることがわかる。しかし、 d/h

の値が大きくなると解析値と実験値に差が生じやすいことが分かる。具体的に、 $d/h > 0.7$ となる試験体は $1.2 < eQ_p / cQ_{bp}$ となりやすい傾向がある。

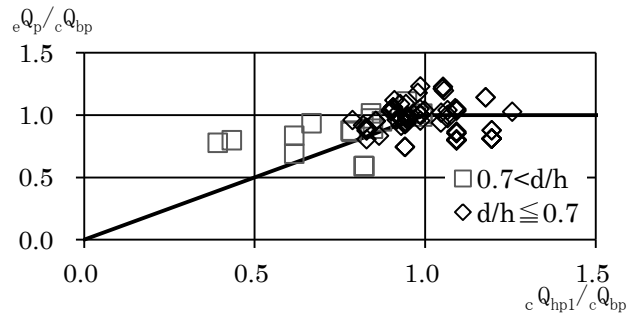
4. 結論

得られた結論を以下に示す

- ① H形断面有孔梁に対して様々な補強方法が存在するが、特に近年ではリング状補強が注目され研究も盛んであることが確認できた。
- ② 既往耐力評価式は d/h の値に大きく左右される可能性があるが、おおむね妥当であり、貫通リング補強だけでなく、リングプレート補強に対しても適用が可能であることが分かった。



(a) 補強方法による影響



(b) d/h による影響

図4 全塑性耐力計算値への影響

参考文献

- 1) 越智広紀, 向出静司, 沼田俊之, 橋田知幸, 石井大吾, 犬伏昭, 多田元英 : 鋼構造有孔梁のリング状鋼板補強工法の改良に関する実験的研究 : その2 考察, 日本建築学会大会学術講演梗概集(近畿), pp913-914, 2014年9月
- 2) 近藤雄介, 金子洋文, 山崎賢二, 牛渡ふみ, 井戸田秀樹 : 限界距離に貫通孔を設けた高強度鋼梁の耐力および変形性能, 日本建築学会大会学術講演梗概集(東海), pp823-824, 2012年9月
- 3) 大庭秀治, 福知保長ら : 鍛造製補強リングを用いた鉄骨有孔はりの補強 : (その1,2), 日本建築学会大会学術講演梗概集(東海), pp609-612, 2003年7月
- 4) 大庭秀治, 福知保長ら : 鍛造製補強リングを用いた鉄骨有孔はりの補強 : (その3,4), 日本建築学会大会学術講演梗概集(近畿), pp707-710, 2005年9月