H形鋼の曲げ材における新しい接合方法の開発

福井大学工学部 ○ 坂口 知香
福井大学大学院 学生会員 石田 貴之
福井大学大学院 正 会 員 福井 卓雄
(株) 大 三 中野 眞伸

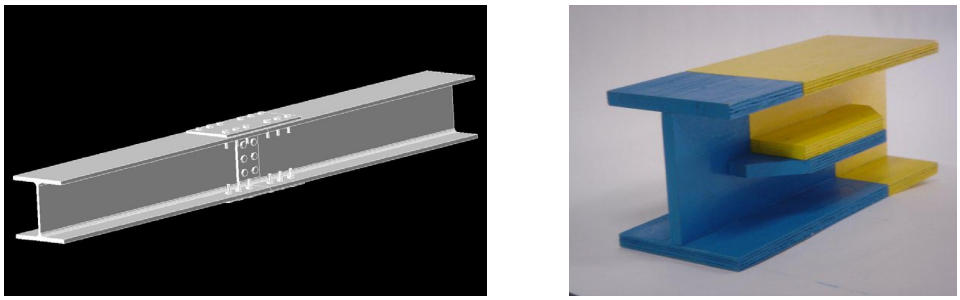
H 形鋼は、仮設構造・本構造を問わず、広く使われる構造材である。この研究は、主として曲げ材として使われる H 型鋼材について、従来とは異なる接合方法を提案し、その有効性を検証することを目的としている。

1 研究の背景

H 形鋼の曲げ材の接合は、通常、フランジおよびウェブに添接板を添え、それを H 形鋼本体とボルトで固定する形で行われる (図–1 左)。すなわち、ボルトおよび添接板を介して力が伝達される機構となっている。この接合法は部材の全強を目指したものであり、添接板およびボルト配置を適切に設計すれば、本構造においては申し分のない接合法である。しかしながら、仮設構造の施工という立場からこれを見ると、以下のような、いくつかの問題点を指摘することができる。

1. 組み立て時の作業の困難さおよび施工の安全性。とくに、高所作業における下フランジのボルト締結作業の困難さ。
2. 添接板およびボルトなどの突出物が存在し、多くの場合においてそれを回避することが必要となる。
3. 添接板を必要とし、ボルトの本数も多く必要であり、経済的でない。
4. とくに曲げ構造においては、支点からずらして接合することが難しく、鋼材の無駄をつくる。

福井および中野は、これらの問題点を解決する接合法について研究を進め、接合部のウェブ中央部に新たなフランジをもうけ、それを強固に結合させることによって、二つの曲げ材を接合する方法を考案した (福井大学と (株) 大三とにより特許出願中［特願 2005-126348］、図–1 右)。この方法の要点は、中央部にフランジをもうけることにより、接合部において全強の 1/2 の強度を保証し、追加的処置により接合部強度の強化を図るものである。



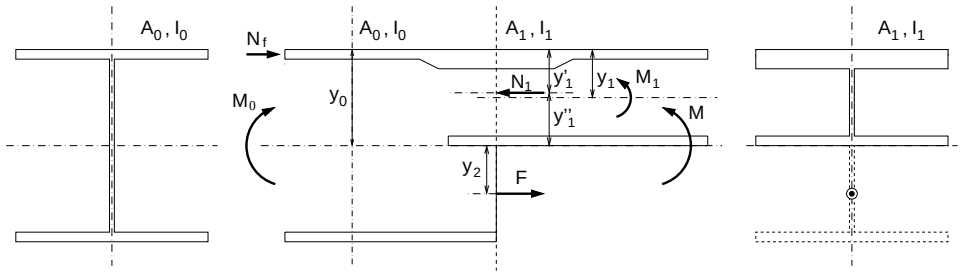
図–1 H 形鋼材の接合方法：左は従来の方法、右はここで提案する方法

2 接合部の曲げ強度の推定

接合部の曲げ強度を推定するために、接合部の力学モデルを図–2 に示すように考える。すなわち、接合部においては、結合材 (半分の高さのはり部分) で伝達する力およびモーメントに加えて、母材断面に引張力 F を作用させて断面に作用する曲げモーメントを伝達しようとしている。ここで、F は接合部断面の変形と無関係に導入できるものと仮定する。

このモデルの特徴は、接合断面の上フランジに補剛を加えていることである。この補剛は接合部における中立軸の位置を上昇させる働きをし、接合断面の曲げモーメントに対する引張力 F の効果を高める役割をする。

このモデルにおいて、「引張力 F を与えるとき、接合部断面が伝達し得る曲げモーメント M の大きさの最大値を決定する。」問題を考えよう。接合断面の力とモーメントのつり合いを考慮すれば、母材断面の許容曲げモーメントを M_a



A_0： 母材の断面積
I_0： 母材における中立軸まわりの断面二次モーメント
y_0： 母材における中立軸から材端までの距離
M_0： 母材における曲げモーメント
A_1： 接合部結合材の断面積
I_1： 接合部結合材における中立軸まわりの断面２次モーメント
y_1： 接合部結合材における結合材中心軸から材端までの距離
y_1'： 接合部結合材における中立軸から圧縮側材端までの距離
y_1''： 接合部結合材における中立軸から引張側材端までの距離
M_1： 接合部結合材における曲げモーメント
F： 接合部断面に導入する引張力
y_2： 接合部結合材引張側材端から F の作用点までの距離
M： 接合部断面に作用する曲げモーメント

図–2 接合部の力学モデル

とするとき、M は

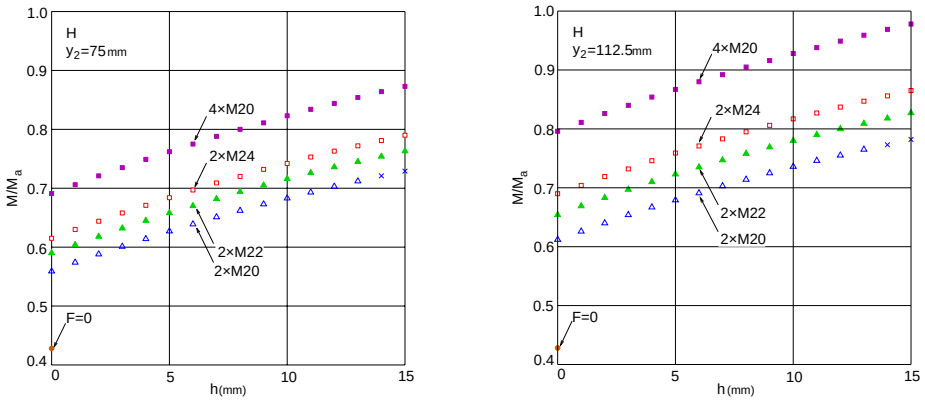
$$\frac{M}{M_a} = \kappa + (h_1 + y_2)\frac{F}{M_a} \qquad \text{ここに,} \quad \kappa = \frac{I_1}{I_0}\frac{y_0}{y_1'}, \quad h_1 = y_1'' - \frac{I_1}{y_1' A_1} \tag{1}$$

となる。ただし、結合材下部のフランジに作用する引張側縁応力の許容条件

$$\left(\frac{y_1''}{y_1'} + 1\right)\frac{F}{A_1} \geq \left(\frac{y_1''}{y_1'} - 1\right)\sigma_a \tag{2}$$

を満足しなければならない。ここに、σ_a は許容応力である。

図–3 に、H 形鋼 $(300 \times 300 \times 10 \times 15 \times 18)$ の場合の計算例を示す。フランジの補剛は、$100 \times h$ の鋼板を 2 枚使用するとする。鋼材は SS400 とし、$\sigma_a = 140$ N/mm^2 とした。また、F は高力ボルト F10T を 2 本または 4 本使って導入することとし、許容引張力 130 kN (M20)、160 kN (M22)、185 kN (M24) の 2 倍または 4 倍を F として与えた。図では、4 種類の F に対する M/M_a の値を h に対してプロットしている。F の種類はマークとその色で表示しているが、結合材の引張側縁応力の許容条件 (2) を満足しない場合には $\times$ マークで示している。これらは、M20 の場合の大きな h のときに生じている。結果として、適切な補剛厚さ h を選べば、接合面の抵抗曲げモーメントを母材の許容曲げモーメントの 70%〜80% 以上とすることができると推察される。



図–3 H 形鋼における抵抗曲げモーメント M/M_a と補剛厚さ h との関係：左図 $y_2 = 75$ mm、右図 $y_2 = 112.5$ mm

現在、接合部の強度確認のために 200×200 の H 形鋼を使った曲げ試験を行っている。試験結果については当日報告する予定である。