

頭付きスタッドを配置したH形鋼・コンクリート合成部材の曲げ試験

Experimental Study on flexural behavior of Composite H-section steel beams with flat headed Stud and Concrete member

(株)シー・イー・サービス ○正 員 大平雅司 (Masaji Ohira)
 (株)ピー・エス 宮越雅久 (Masahisa Miyakoshi)
 北海学園大学工学部土木工学科 正 員 高橋義裕 (Yoshihiro Takahashi)

1. まえがき

構造物が建設される場合、自然災害をはじめ各種の災害に対する安全性や耐久性、さらには施工の合理化や経済性も厳しく求められている。こうした状況から著者らは、二本のH形鋼腹部に頭付きスタッドを溶接し、スタッドどうしを交互に挟み込むように並べて、コンクリートを充填した合成部材を考案した。

この種の部材に曲げ荷重を載荷させると、圧縮部コンクリートのポアソン効果による横方向ひずみに対して、頭付きスタッドの頭部を介してコンクリートに図-1に示す斜線部のようなトラス状の拘束域が作られ、見かけの強度と終局ひずみの増加が期待される。

本研究は、H形鋼にスタッドを配置した場合と配置しなかった場合との終局時での変形能力および曲げ耐力の比較を行い、その性状を考察し、結果を報告するものである。

2. 実験概要

実験には、表-1に示すように2種類の供試体(C-TypeおよびD-Typeの記号で表す)を用いた。D-Typeの形状およびゲージの配置位置と種類を図-2に示す。荷重は、載荷点距離が600mmの二点載荷とし、載荷荷重の増分は、19.614kN(2.0ton)とした。本供試体では、曲げ破壊がせん断破壊に先行するように梁端部から1100mmまでD10の異形棒鋼をスターラップとして配置した。さらに、コンクリート内部には、RCとしてつり合い鉄筋比を超えるようにD29の異形棒鋼を6本配置した。C-Typeについては、D-Typeからスタッドを取り除いた構造である。

また、D-Typeにのみ用いたφ9mmのスタッド(頭部φ20mm)には、単軸のひずみゲージをH鋼腹部から30mmの位置で、スタッドの上下面に貼り付けて測定を行った。

3. 実験結果および考察

D-Typeの場合、スタッドによってコンクリート内部にトラス状の拘束域が形成されるため、コンクリートの見かけの強度と終局ひずみの増加が期待される。

そこで、本検討では、CEB-FIP MODEL CODE 1990の式(1)

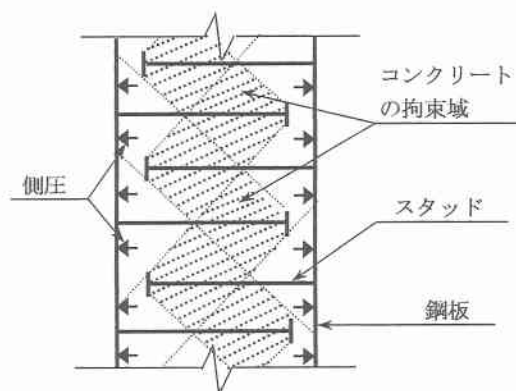


図-1 トラス状の拘束域

～(4)¹⁾を適用して、二次放物線と直線とから成る応力-ひずみ曲線を仮定した(図-3参照)。

$$f_{\alpha,cf} = f_{\alpha}(1.000 + 5.00 \sigma_2 / f_{\alpha}) \quad \text{但し } \sigma_2 \leq 0.05 f_{\alpha} \quad (1)$$

$$f_{\alpha,cf} = f_{\alpha}(1.125 + 2.50 \sigma_2 / f_{\alpha}) \quad \text{但し } \sigma_2 > 0.05 f_{\alpha} \quad (2)$$

$$\varepsilon_{\alpha,cf} = 2.0 \times 10^{-3} (f_{\alpha,cf} / f_{\alpha})^2 \quad (3)$$

$$\varepsilon_{\alpha,cf} = 3.5 \times 10^{-3} + 0.2 \sigma_2 / f_{\alpha} \quad (4)$$

ここで、 $f_{\alpha,cf}$: 拘束コンクリートの圧縮強度、 f_{α} : コンクリート供試体圧縮強度、 $\varepsilon_{\alpha,cf}$: 拘束コンクリートの最大圧縮応力度に対するひずみ、 σ_2 : 平均拘束応力度、 $\varepsilon_{\alpha,cf}$: 拘束コンクリートの終局ひずみ、 $\sigma_2 / f_{\alpha} = 0.5 \alpha \omega_{wd}$ 、 $\alpha = \alpha_n \cdot \alpha_s$: スターラップ及びそれらと結合された縦方向筋等による拘束効果、 α_n : 拘束されるコンクリートの断面方向の有効面積を表す低減係数、 $\alpha_n = 1 - 8 / (3n)$ 、 n : スターラップで拘束されている縦方向筋の総数、 α_s : 拘束されるコンクリートの縦方向の有効面積を表す低減係数、 $\alpha_s = (1 - S / (2b_0))^2$ 、 S : スターラップ等の縦方向の間隔、 b_0 : スターラップ等の横方向幅、 $\omega_{wd} = 4b_0 \cdot A_s \cdot f_{sy} / (b_0^2 \cdot S \cdot f_{\alpha})$: 拘束鉄筋の降伏引張耐力によるコンクリートの平均拘束応力比、 f_{sy} : 鉄筋の降伏点応力度、 S : スターラップ等では S と同じ、 A_s : スターラップ等の断面積

上式中の α_n は、スターラップで拘束される場合についての係数であるが、上式をH形鋼とスタッドを用いたD-

表-1 材料の特性値

供試体 記号	コンクリートの強度 (N/mm ²)	コンクリートの弾性係数 (N/mm ²)	H鋼の弾性係数 (N/mm ²)	H鋼の降伏点応力度 (N/mm ²)	スタッドの弾性係数 (N/mm ²)	スタッドの降伏点応力度 (N/mm ²)	鉄筋D29の弾性係数 (N/mm ²)	鉄筋D29の降伏点応力度 (N/mm ²)
C-Type	28.4	24800	214200	349.8	—	—	190300	371.4
D-Type	26.5	24100	214200	349.8	176500	334.4	170200	381.8

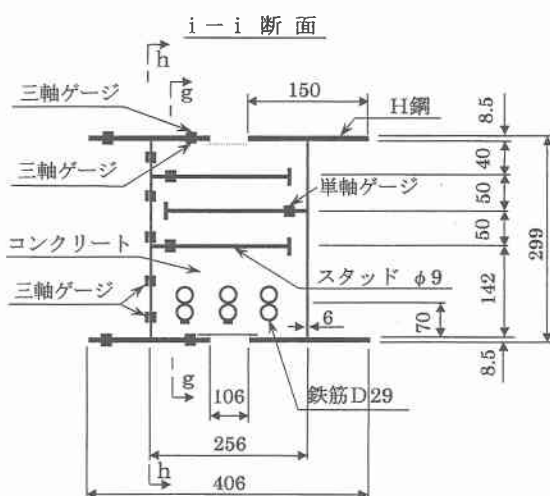
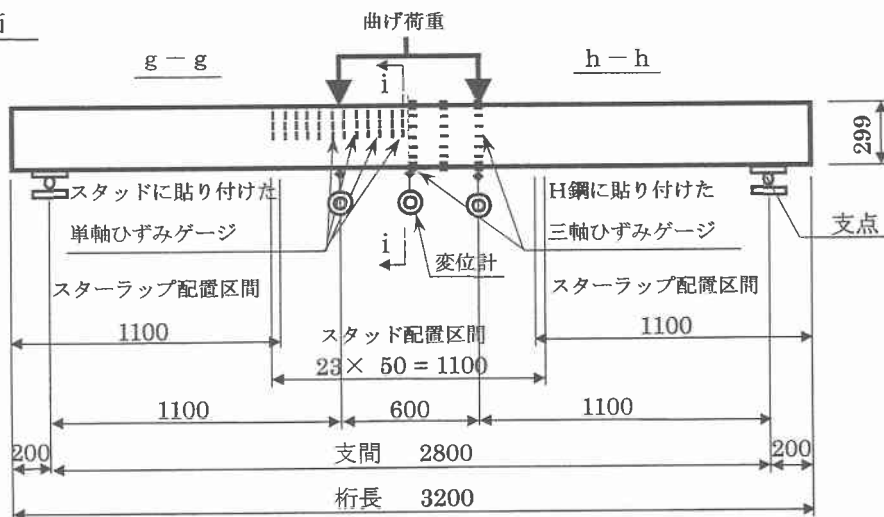


図-2 D-Type 供試体の概略図

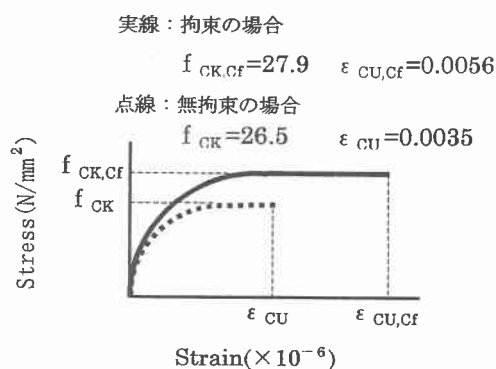


図-3 応力-ひずみ曲線

Type に適用するにあたって、1断面あたり3本配置されたスタッドで有効に拘束されるものとして拘束度に関する係数 n を3とした。また、 f_{sy} には実測値より得られた最大荷重時でのスタッドの平均引張応力度 230 N/mm^2 を用いた。曲げ耐力の検討を行うに当っては、終局強度理論を適用して各供試体の終局曲げモーメントを求めた。

図-4の荷重-たわみ関係に示された実測値よりD-TypeとC-Typeの最大荷重に対する曲げモーメントは共に $474.7 \text{ kN}\cdot\text{m}$ である。これは、スタッドを配置したこと

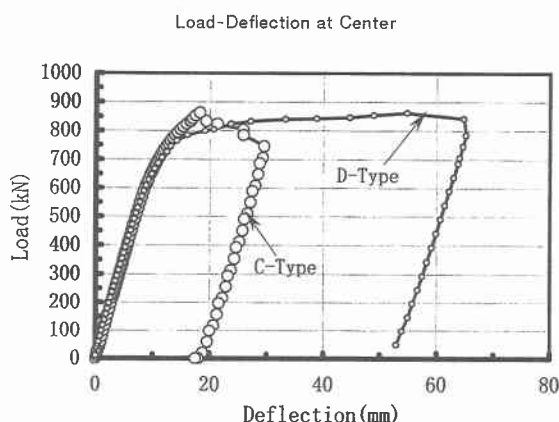


図-4 荷重-たわみ関係

によるD-Typeのコンクリートの見かけの強度が 26.5 N/mm^2 から 27.9 N/mm^2 と約5%程の増加にとどまったためであると考えられる。しかし、終局時の変形量を比較すればD-TypeはC-Typeの約3倍ともなり、スタッドの有無による差は大きく、十分変形能力が発揮できたと思われる。

一方、計算値としての終局曲げモーメントは、D-Typeの場合、コンクリート分担分が $140.1 \text{ kN}\cdot\text{m}$ 、H鋼の軸方向ひずみが降伏ひずみを超えていることから、H鋼分担分として全塑性モーメントの $342.6 \text{ kN}\cdot\text{m}$ を用いると、計算値の合計が $482.7 \text{ kN}\cdot\text{m}$ となり、実測値に近い値が得られた。

また、C-Typeの場合では、コンクリート分担分が $132.3 \text{ kN}\cdot\text{m}$ 、H鋼分担分としてD-Typeの場合と同様に全塑性モーメントの値 $342.6 \text{ kN}\cdot\text{m}$ を用いると、計算値の合計が $474.9 \text{ kN}\cdot\text{m}$ と実測値にほぼ等しい値となった。

4. まとめ

二本のH形鋼腹部に頭付きスタッドどうしを交互に挟み込むように並べることで、コンクリートが拘束され、十分変形能力が発揮できた。また、耐力については、CEB-FIPにより提案された拘束コンクリートの強度と終局ひずみの増加式を適用することにより概ね評価できた。

参考文献

- 1) CEB: CEB-FIP Model Code 1990, pp. 101-107, 1993