

抜け出しを考慮した梁部材の降伏変形算定法に関する研究 正会員 北山和宏*
同 ○江藤啓二**

1. はじめに 梁降伏先行型の鉄筋コンクリート骨組では梁端に塑性ヒンジの発生を許容するため、通し配筋された内柱・梁接合部内での梁主筋の付着劣化は避けられず、梁主筋の抜け出しにより生じる付加変形は無視できない。一方、梁の降伏変形の推定に一般に用いられる菅野式[1]は、抜け出しによる回転変形を考慮していない。そこで本論では、内柱・梁接合部からの主筋の抜け出しを考慮して梁部材の降伏変形を推定する方法を提案した。

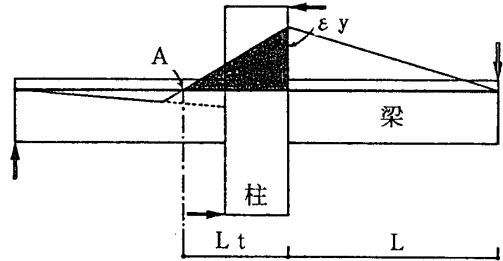


図1 梁主筋のひずみ度分布

2. 降伏変形推定方法 ここでは曲げ変形が卓越する部材を扱いせん断変形成分は無視し、梁降伏変形δyは曲げ変形δfおよび抜け出しによる付加回転による変形δpの2成分の和として(1)式で計算した。

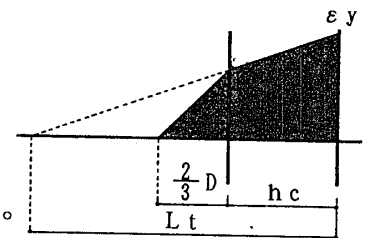


図2 梁主筋のひずみ度分布の修正

2.1 曲げ変形δfの算定 δfの算定は、梁危険断面で主筋が降伏するときの降伏曲率をφyとし梁材の曲率分布をモーメント分布に比例すると仮定し算定した。

2.2 付加回転による変形δpの算定 内柱・梁接合部の梁主筋ひずみ度分布を図1のように仮定し、ひずみ零のA点から危険断面までの距離Ltの鉄筋の伸び量を梁主筋の抜け出し量ΔSとした。ΔSは接合部内の平均付着応力度τavの関数として求め、これを中立軸と主筋との距離dnで除して、部材端の回転量θpとした(2)式)。なお、τavが小さくなると非現実的にLtが増大する(4)式)ので、hc+(2/3)Dを越えた場合には図2のようなひずみ分布を仮定し、θpを修正した(3)式)。これからτavを定めることによりδpが算定できる。

$$\delta y = \delta f + \delta p = L^2 \cdot \phi_y / 3 + \theta_p \cdot L \quad (1)$$

ただし、 $L_t \leq hc + (2/3)D$ のとき

$$\theta_p = \frac{\epsilon_y}{dn} \left(\frac{1}{2} \cdot L_t \right) \quad (2)$$

$L_t > hc + (2/3)D$ のとき

$$\theta_p = \frac{\epsilon_y}{dn} \left\{ \frac{hc}{2} \left(2 - \frac{hc}{L_t} \right) + \frac{D}{3} \left(1 - \frac{hc}{L_t} \right) \right\} \quad (3)$$

$$\text{ここに、} L_t = \frac{As \cdot \sigma_y}{\tau_{av} \cdot \phi} \quad (4)$$

記号

- L : せん断スパン
- hc : 柱せい
- φ : 梁主筋周長
- σy : 梁主筋降伏強度
- D : 梁せい
- As : 梁主筋断面積
- db : 梁主筋径
- εy : 梁主筋降伏ひずみ

2.3 梁主筋降伏時の接合部内平均付着応力度τavの算定 τavの最大値ubは柱面の一端で引張り降伏、他端で圧縮降伏する場合で、
$$u_b = \frac{\sigma_y}{2} \cdot \frac{db}{hc} \quad (5)$$
 となる。ubが大きくなるほど接合部内での付着劣化が著しくなることが指摘されている[2]。そこでτavとubとの関係を実験結果より求めた。試験体は正負交番繰返し载荷された平面柱・梁接合部試験体14体[3~5]である。τav/ub-ub/√σB関係を図3に示す(単位はすべてkgf/cm²を用いた)。ここにσBはコンクリートの圧縮強度である。■は下端筋、○は上端筋についてであり、最小二乗法により下式のような関係を得た。

$$\text{上端筋の場合} \quad \frac{\tau_{av}}{u_b} = -0.146 \frac{u_b}{\sqrt{\sigma_B}} + 0.968 \quad (6)$$

$$\text{下端筋の場合} \quad \frac{\tau_{av}}{u_b} = -0.126 \frac{u_b}{\sqrt{\sigma_B}} + 1.127 \quad (7)$$

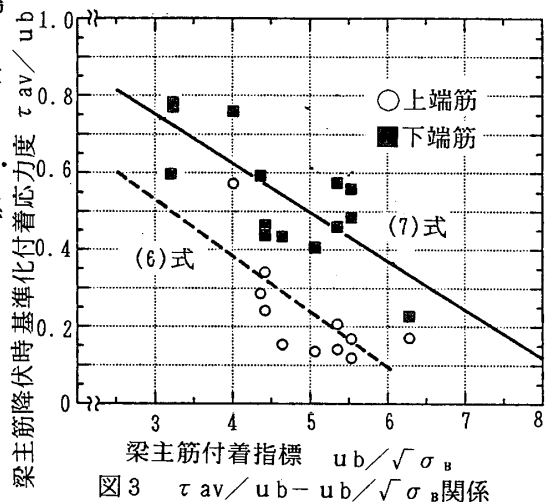


図3 τav/ub-ub/√σB関係

3. 計算結果の検討 降伏変形の計算値と実験値とを比較するため、横軸に計算値、縦軸に実験値をそれぞれとり図4に示す。降伏変形計算に際して二段配筋の場合には、二段目の主筋が引張り降伏したときの曲率および中立軸位置を用い、 d_n には中立軸位置と二段目の主筋との距離を用いた。上端引張り、下端引張りとも計算値は実験結果を過小に評価した。特に下端引張り時にはその傾向が強かった。この理由として、1) 下端筋の τ_{av} が大きいため下端引張り時の抜け出しによる変形成分が小さく評価された、2) せん断変形成分を考慮しなかったなどが考えられる。また、本方法によって求めた剛性低下率は菅野によるものの60~90%であった。本方法によって求めた降伏変形は実験値を過小評価したので菅野式より精度がよい。

4. T形梁への応用 T形梁では変形の増大とともにスラブ有効幅が広がり[6]、耐力は上昇し続けるので、明確な剛性急変点を定めることが困難である。そこでスラブ有効幅を $0.2L$ (L : スパン) に固定したときの計算降伏荷重時の変形を実験時の降伏変形とした。検定に使用したのはスラブ付き立体柱・梁接合部試験体7体[7~10]である。計算値と実験値との比較を図5に示す。計算値は実験値の±30%以内に分布した。ここで検討した範囲ではスラブ有効幅を上端・下端引張りともに $0.2L$ とすることにより、提案した降伏変形推定法がT形梁にも適用できる。

5. まとめ

1. 梁主筋の接合部内での平均付着応力度を、梁主筋径、梁主筋降伏強度、柱せいおよびコンクリート圧縮強度の関数として実験結果に基づいて定め、抜け出しによる付加回転を考慮して梁部材の降伏変形を推定した。その結果、菅野式よりは精度がよいものの、上端・下端引張りともに計算値は実験値を過小に評価した。

2. スラブ有効幅を $0.2L$ に固定したT形梁の梁主筋が降伏する変形を本方法によって計算したところ、実験値の±30%の範囲内で推定できた。

6. 謝辞 本研究についてご意見いただいた日本コンクリート工学協会(JCI)靱性部材配筋詳細研究委員会(滝口克己委員長)の委員諸氏および実験結果を利用させていただいた東京大学 青山博之先生に厚く感謝致します。

(参考文献)

[1] 菅野: 鉄筋コンクリート部材の復元力特性に関する実験的研究、東京大学博士論文、1970. [2] 北山、青山: 鉄筋コンクリート造骨組接合部の耐震性、第7回日本地震工学シンポジウム講演集、1986、pp. 1687-1692. [3] 小林、小谷: 鉄筋コンクリート造柱梁接合部内の梁主筋付着に関する研究(その1)、建築学会大会梗概集、1983、pp. 1819-1820. [4] 小林、溜他: 鉄筋コンクリート造柱-梁接合部の実験的研究、第6回JCI年次講演会論文集、1984、pp. 653-656. [5] 北山、栗栖他: 梁主筋付着を良くした梁降伏型骨組接合部の履歴特性、建築学会大会梗概集、1985、pp. 293-294. [6] 鈴木、小谷他: 鉄筋コンクリート造スラブ付き柱はり立体接合部に関する実験的研究、第5回JCI年次講演会論文集、1983、pp. 425-428. [7] 鈴木: 鉄筋コンクリート造立体骨組の復元力特性に関する研究、東京大学博士論文、1983. [8] Halim、今村他: 鉄筋コンクリート造立体柱・梁接合部の挙動に関する実験的研究、第6回JCI年次講演会講演論文集、1984、pp. 657-660. [9] 北山、浅海他: スラブ付き立体柱・梁接合部の挙動、第8回JCI年次講演会論文集、1986、pp. 649-652. [10] 北山、小嶋他: 高せん断力を受ける鉄筋コンクリート造内柱・梁接合部の挙動、第11回JCI年次論文報告集、Vol. 11-2、1989、pp. 531-536.

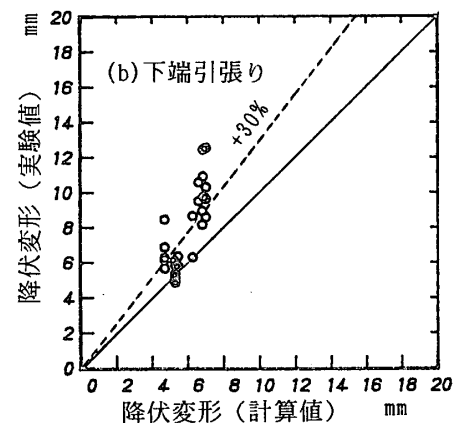
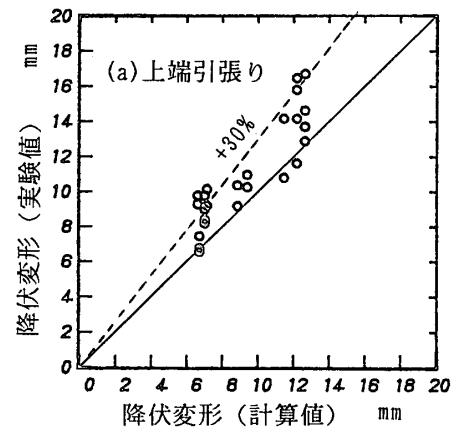


図4 降伏変形の計算値と実験値との比較

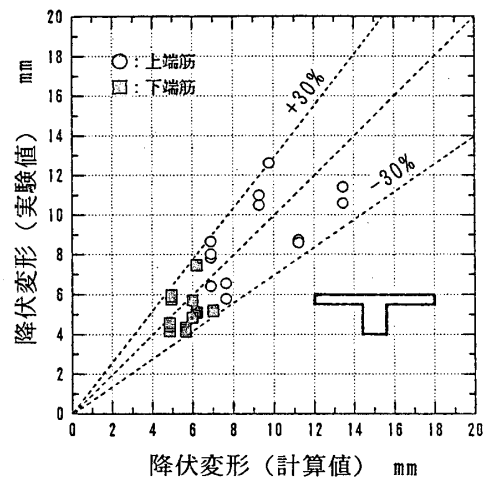


図5 降伏変形の計算値と実験値との比較 (スラブ有効幅 $0.2L$ のT形梁の場合)

*宇都宮大学助手 **同大学院生