

## 鉄筋コンクリート骨組の梁の降伏時変形成分

正会員○ 姜 柱\*  
同 北山和宏\*\*

1. はじめに 骨組内梁の降伏変形の算定には鉄筋とコンクリートとの間の付着劣化による付加変形を考慮すべきである。森田・角[1]は接合部内梁主筋抜け出しによる付加変形を考慮する梁変形推定法を示した。北山[2]は森田・角の方法に準じて梁降伏時の接合部内梁主筋の平均付着応力度の計算式を求めた。寺岡ら[3]は接合部内梁主筋の抜け出しを考慮する上で梁部材内せん断ひび割れの影響による主筋ひずみのシフトを考慮して梁降伏変形の推定法を提案した。しかし、これらは十字形骨組実験によって得られたものであるため、接合部内梁主筋の付着劣化と梁部材内の付着劣化との相関は十分考慮出来ない。本論文では柱2本、梁1本を有するサ形骨組の実験結果から接合部内および梁部材内主筋の付着劣化によって生じた梁の付加変形を考慮して梁の降伏時の各変形成分を求めた。

2. 検討対象 文献[4]の試験体L1とM1、また、試験体L1と同じ寸法を有し梁の配筋だけ違う試験体L2の三つの試験体を検討対象とする。試験体L1、L2、M1の梁の内法寸法はそれぞれ2450mm、2450mm、1450mmである。梁断面は250×350mm、柱断面は350×350mmである。L1、M1の梁主筋は上下とも5-D16(降伏強度3532kg/cm<sup>2</sup>)とし、L2の梁主筋は上下とも3-D22(降伏強度3706kg/cm<sup>2</sup>)とした。試験体L1、L2、M1のコンクリート圧縮強度はそれぞれ436kg/cm<sup>2</sup>、436kg/cm<sup>2</sup>、454kg/cm<sup>2</sup>、引張り強度はそれぞれ32.9kg/cm<sup>2</sup>、32.9kg/cm<sup>2</sup>、35.7kg/cm<sup>2</sup>であった。加力装置は文献[4]を参照。

3. 梁降伏時の変形成分 骨組内の梁の変形は以下の五つの成分で構成される。①曲率積分による曲げ変形

$\delta_f$ 、②せん断変形  $\delta_s$ 、③接合部内梁主筋の抜け出しによる付加変形  $\delta_{psj}$ 、④梁部材内主筋の梁危険断面に向かう抜け出しによる付加変形  $\delta_{psb}$ 、⑤梁部材内の主筋の付着劣化およびせん断ひび割れの影響による主筋ひずみのシフトなどによる付加変形  $\delta_{bb}$ 。本論文では以上の各要因を考慮してサ形試験体の降伏変形を計算し、測定降伏変形との比較を行った。なお、測定降伏変形は梁の履歴曲線において急激な剛性低下が発生した時の変形とした。

平面保持仮定を基にして実験で得られた梁降伏時のせん断力と軸力を用いて梁長に沿った曲率分布、ひずみ分布を求めた。梁の曲率を積分することにより得られた曲げ変形( $\delta_f$ )と梁の弾性せん断変形( $\delta_s$ )とによる梁の変形( $\delta_{by}$ )は式(1)で求められる。

$$\delta_{by} = \delta_f + \delta_s = \int_0^{l_b} \phi(x) x dx + \frac{Q_b \cdot \kappa \cdot l_b}{G_c \cdot A_c} \quad (1)$$

ここで、 $l_b$  は梁の長さ、 $\phi(x)$  は梁降伏時の位置  $x$  の断面曲率、 $x$  は梁自由端(試験体の中央梁の中心)からの距離、 $Q_b$  は梁降伏時のせん断力、 $\kappa$  は断面形状係数(矩形断面では  $\kappa = 1.2$ )、 $G_c$  はコンクリートのせん断弾性係数、 $A_c$  は梁断面の等価コンクリート断面積である。

接合部中央位置での主筋すべり量の測定値と接合部中央から柱面までの主筋ひずみ分布の積分値を加算して接合部から梁危険断面への主筋の抜け出し量  $\Delta S_j$  を求めた。梁危険断面から3cm離れたところの梁部材から危険断面へ向かう主筋のすべり量を  $\Delta S_b$  とする。

接合部および梁部材からの主筋の抜け出しによる梁の付加変形( $\delta_{psj}$ 、 $\delta_{psb}$ )はそれぞれ式(2)(3)で求められる。

$$\delta_{psj} = \frac{\Delta S_j \cdot l_b}{d_n} \quad (2)$$

$$\delta_{psb} = \frac{\Delta S_b \cdot l_b}{d_n} \quad (3)$$

ここで、 $d_n$  は梁降伏時引張り主筋位置から中立軸までの距離で、平面保持仮定を基にして解析で得られた値を用いた。梁部材内の主筋の付着劣化およびせん断ひび割れの影響で梁主筋のひずみは平面保持仮定で求めた値より大きくなった。特に梁内主筋の付着とせん断とも厳しい試験体M1では梁主筋の測定ひずみは計算値より大幅に増大し、梁降伏時にも梁中心位置で大きいひずみを生じた(Fig. 1)。梁部材内主筋の付着劣化、せん断ひび割れの影響による主筋ひずみの増大をひずみシフトと定義する。ひずみシフトによる梁の付加変形( $\delta_{bb}$ )は式(4)で求められる。

$$\delta_{bb} = \frac{\sum_{i=1}^m \Delta \epsilon_{ix} \cdot \Delta x_i \cdot x_i}{d_i} \quad (4)$$

## Yielding Deflection Components of Beam in RC Frame

By JIANG Zhu, KITAYAMA Kazuhiro

ここで、 $\Delta \epsilon_{ix}$  は位置  $x_i$  での主筋ひずみ測定値と計算値との差、 $\Delta x_i$  は梁長さに沿った分割幅（本論文では5mmとした）、 $m$ は分割数である。式(1)~(4)で求めた各変形成分を加算して梁の降伏変形( $\delta_{cal}$ )が式(5)で得られる。

$$\delta_{cal} = \delta_{by} + \delta_{psj} + \delta_{psb} + \delta_{bb} \quad (5)$$

以上によって求めた梁上端筋の降伏時の各変形成分および測定した梁降伏時の変形( $\delta_{exp}$ )をFig. 2 に示す。図中の数値は各変形成分が測定降伏変位に占める割合である。試験体L1とL2とを比べるとL1の接合部内梁主筋の付着指標は ( $\mu_b / \sqrt{\sigma_B}$ 、 $\mu_b = \sigma_y \cdot d_b / 2h_c$ 、 $\sigma_y$ :主筋降伏強度、 $d_b$ :主筋の径、 $h_c$ :柱せい) 4.23であったのに対して試験体L2では6.12であったため、試験体L1の接合部内梁主筋の抜け出しによる付加変形の割合は25%に対して試験体L2では31%になった。梁降伏時の曲げ変形成分  $\delta_f$  は試験体L1では54%であり、試験体L2では48%であった。試験体L1とM1は接合部内梁主筋の付着指標は同じであるが、M1では梁の内法スパンが短いため、梁部材内の主筋の付着劣化とせん断ひびわれの影響による主筋ひずみシフトによる梁の降伏時の付加変形  $\delta_{bb}$  は接合部内主筋の抜け出しによる付加変形  $\delta_{psj}$  と同程度であった。両者の和は変形成分  $\delta_{by}$  を大きく上回った。接合部内と梁部材内主筋の付着劣化ともが発生した場合、付着劣化によって生じた梁変形成分 ( $\delta_{psj} + \delta_{bb}$ ) は全変形に対して大きな割合を占めることを示した。試験体L1、L2の場合は主筋ひずみシフトによる梁の付加変形成分はそれぞれ15%、18%であった。いずれの試験体も梁部材から危険断面に向かう梁主筋の抜け出しによる付加変形  $\delta_{psb}$  は無視できる程度であった。Fig. 2 に示すように梁降伏変形の計算値と測定値はよく一致した。

4. 結論 (1) 接合部内主筋の抜け出し、梁部材内主筋の抜け出しおよび梁部材内主筋のひずみシフトなどを考慮することによって、梁降伏時の変形を良く評価できた。(2)短スパン梁部材内の主筋のひずみシフトによる降伏時付加変形は測定降伏変位の28%を占め、接合部内主筋の抜け出しによる付加変形の占める割合(27%)と同程度であった。両者の割合の和(55%)は曲率積分による変形成分の割合(33%)を大きく上回った。

参考文献：(1) 森田 司郎、角 徹三：鉄筋コンクリート柱・はり接合部における変形性状に関する実験的研究、日本建築学会大会梗概集、1971年、pp.849~850。(2) 北山 和宏：主筋抜け出しを考慮した柱・梁部材の降伏変形推定法、コンクリート構造物の靱性と

配筋方法に関するシンポジウム論文集、1990年5月、pp.103~108。(3) 寺岡 勝、狩野 芳一、佐々木 聡：RC造内柱・梁部分架構における梁部材の降伏変形の評価、コンクリート工学年次論文報告集、Vol.16, No.2, 1994年6月、pp.723~728。(4) 姜 柱、北山 和宏、香山 恒毅、古田 智基：鉄筋コンクリート骨組内の梁通し筋の付着特性に関する研究、コンクリート工学年次論文報告集、Vol.17, No.2, 1995年6月、pp.297~302。

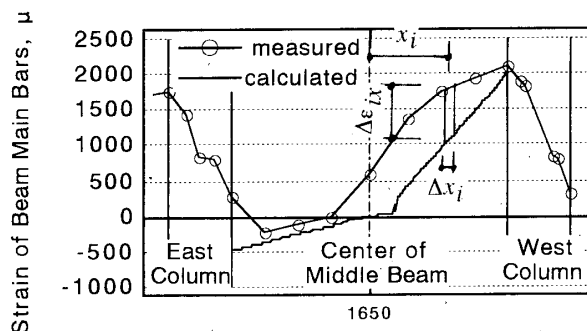


Fig.1 Measured and Calculated Strain Distribution along Beam Longitudinal Bar at the Beam Yielding

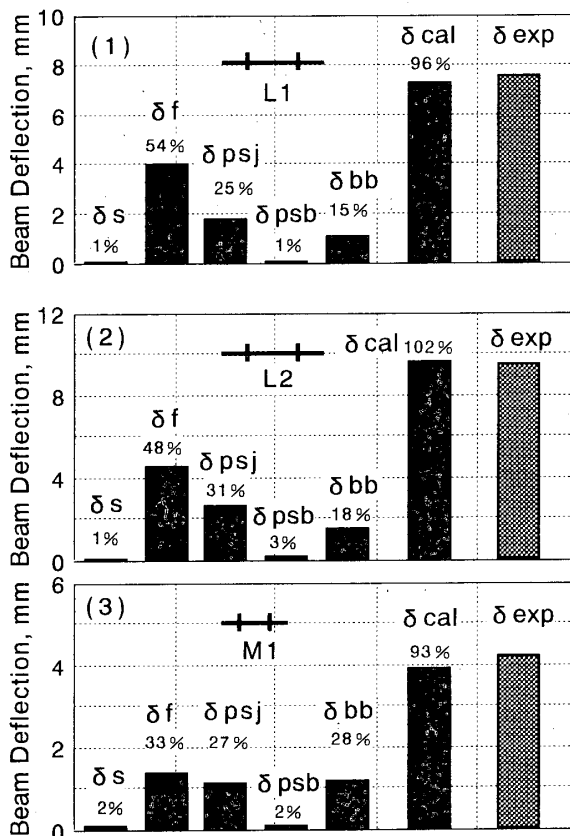


Fig. 2 Beam Deflection Components at yielding

\* 東京都立大学大学院・工修

\*\* 東京都立大学工学部建築学科 助教授・工博

Graduate School, Tokyo Metropolitan University, M. Eng. Assoc. Prof., Tokyo Metropolitan University, Dr. Eng.