

かぶりコンクリート圧壊時の鉄筋コンクリート梁における変形性能に関する研究

正会員 ○鈴木清久\*1  
同 北山和宏\*2

鉄筋コンクリート梁 十字形部分架構 限界状態  
かぶりコンクリート圧壊 主筋の抜け出し ひずみシフト

1. はじめに

既報<sup>1)</sup>では梁部材の復元力特性に対する主要な影響因子である梁主筋径およびせん断スパン比を主な変動因子として十字形の柱梁部分架構試験体の水平加力実験を行い、梁部材の変形状態や主筋の歪みなどを詳細に測定し、RC性能評価指針(案)<sup>2)</sup>で提案する各種限界変形の評価方法の精度を検証した。本研究では同実験において各種限界状態を規定する一因である、かぶりコンクリート圧壊時の梁変形について、変形成分を曲げ変形、せん断変形、接合部からの主筋の抜け出しによる付加変形およびひずみシフト変形の4つに分離し、RC性能評価指針(案)<sup>2)</sup>で提案する評価法の精度を詳細に検証した。用いた十字型部分架構の試験体は3体で、柱断面(共通)および梁断面を図-1に示す。

2. 変形成分の分離

本実験では、圧縮側の梁付け根に梁軸方向のひび割れが発生した時点をかぶりコンクリートの圧壊と定義した。現在、RC性能評価指針(案)<sup>2)</sup>において各種限界変形は、せん断変形による部材角:R<sub>s</sub>、梁主筋の柱梁接合部からの抜け出しによる付加変形角:R<sub>pi</sub>、ひずみシフトによる付加変形角:R<sub>b</sub>、弾性曲げ変形による部材角:R<sub>f</sub>の4つの変形成分の和として計算される。4成分の概念図を図-2に示す。ひずみシフトとは梁ヒンジ域での主筋の付着劣化に伴う主筋の抜け出しや、曲げひび割れによる付加変形である。実験における4成分はそれぞれ以下に基づいて算出した。

2.1 せん断変形 平石の手法<sup>3)</sup>よりせん断変形によるたわみδ<sub>s</sub>を算出した。

2.2 梁主筋の接合部からの抜け出しによる付加変形

図-3に接合部からの主筋の抜け出し量の算出法の概念図を示す。梁主筋の接合部からの抜け出しによる付加変形角、梁危険断面からD(Dは梁せい)だけ離れた位置でのたわみ量はそれぞれ式(1)、(2)を用いて算出する。

$$R_{pi} = \Delta_{pi} / d_n = (\Delta_s + \Delta_g) / d_n \quad (1)$$

$$\delta_{pi} = R_{pi} \cdot D \quad (2)$$

接合部パネルの中央位置での梁主筋すべり量をΔ<sub>s</sub>、梁主筋接合部中央から危険断面までの主筋の伸び量をΔ<sub>g</sub>、断面の回転中心から引張主筋までの距離をd<sub>n</sub>、ヒンジ領域長さをD、Δ<sub>s</sub>とΔ<sub>g</sub>の和を接合部からの梁主筋の抜け出し量Δ<sub>pi</sub>とする。Δ<sub>s</sub>は梁隅主筋中央に溶接したネジ棒の直近のコンクリートに対する移動量を変位計で測定し、すべり量とした。Δ<sub>g</sub>は梁主筋接合部中央位置の歪みと梁主筋引張側危険断面位置の歪みより、その間の歪み分布を直線とし、その

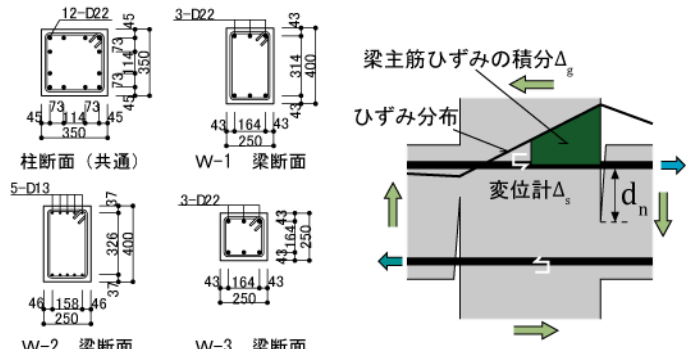


図-1 柱・梁断面一覧 図-3 接合部からの主筋の抜け出し算出法の概念図

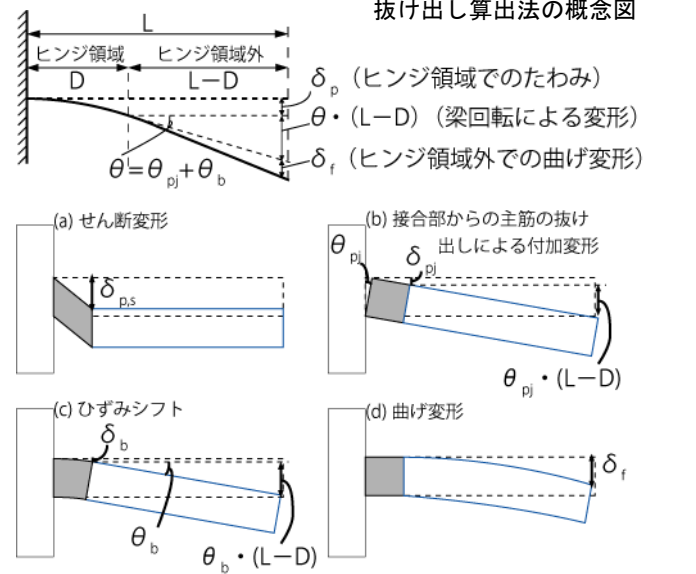


図-2 各変形成分の概念図

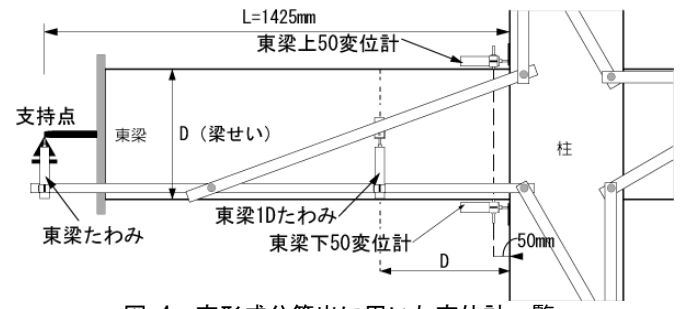


図-4 変形成分算出に用いた変位計一覧

積分値を伸び量とした。d<sub>n</sub>は梁上下に危険断面より50mmの位置に設置した変位計(図-4の東梁上50変位計、東梁下50変位計)の測定値を線形補完し求めた。

2.3 ひずみシフトによる付加変形

ひずみシフトによる付加変形を算出するにあたり、かぶ

りコンクリート圧壊時の変形成分は図-2 に示すようにヒンジ領域とそれ以遠でのたわみに分けて算出した。ヒンジ領域でのたわみ  $\delta_p$  は、せん断変形  $\delta_s$ 、接合部からの抜け出し変形  $\delta_{pj}$  およびひずみシフト変形  $\delta_b$  の和とした。この時、ヒンジ領域での弾性曲げ変形は微小なため無視した。 $\delta_s$  と  $\delta_{pj}$  は 2.1, 2.2 により求めた。よって  $\delta_b$  は以下となる。ここで  $\delta_p$  は梁危険断面から D(D は梁せい)の距離の鉛直変位計(図-4 の東梁 1D たわみ)の出力値を用いた。

$$\delta_b = \delta_p - \delta_s - \delta_{pj} \quad (3)$$

## 2.4 弾性曲げ変形

ヒンジ領域以遠でのたわみは、ヒンジ領域での梁の回転角  $\theta$  によるたわみ  $\theta \cdot (L-D)$  と、弾性曲げ変形によるたわみ  $\delta_f$  の和である(L は梁のせん断スパン、図-2 上部参照)。ヒンジ領域での梁の回転角  $\theta$  は接合部からの主筋の抜け出しによる回転角  $\theta_{pj}$  とひずみシフトによる回転角  $\theta_b$  の和とし、それぞれ式(4)、(5)によって求めた。 $\delta_f$  は直接測定出来ないため、梁の全たわみからヒンジ領域でのたわみ  $\delta_p$  と、ヒンジ領域での梁回転によるたわみ  $\theta \cdot (L-D)$  を除いた値とした。梁の全たわみは支持点に設置した、鉛直変位計(図-4 の東梁たわみ)の測定値を用いた。

$$\theta_{pj} = \delta_{pj}/D \quad (4)$$

$$\theta_b = \delta_b/D \quad (5)$$

## 3. 実験値と計算値の比較

図-5 にかぶりコンクリート圧壊時の各変形成分の文献 2 による計算値と実験値を示す。各グラフの右上に、事象が起こった加力サイクル番号を示す。なお試験体 W-2, W-3 では下かぶりコンクリート圧壊と上かぶりコンクリート圧壊を観測したサイクルが異なる。試験体ごとにかぶりコンクリート圧壊時の梁変形の構成成分が大きく異なった。

梁主筋に D22 を用いた試験体 W-1 では下かぶりコンクリート圧壊時(以下、正載荷時)は曲げ変形が全変形の 30%、ひずみシフト変形が 42% をそれぞれ占めた。その一方で上かぶりコンクリート圧壊時(以下、負載荷時)は、曲げ変形が 11% と減少し、ひずみシフト変形が 63% と増加した。また正負載荷時ともにせん断変形が全変形の約 5%、接合部からの主筋の抜け出し変形が約 22% を占めた。

梁主筋に D13 を用いた試験体 W-2 では正負載荷時ともに接合部からの主筋の抜け出し変形が小さく、それぞれ全変形の 12%、6% を占めるに留まった。これはかぶりコンクリート圧壊まで接合部内において梁主筋の付着が良好に保持されたためである。せん断変形は正負載荷時ともに全変形の約 15% となり、曲げ変形成分はそれぞれ 23%、17% となった。ひずみシフト変形は正載荷時に 49%、負載荷時に 63% と正載荷時と負載荷時で 14% ほど変化した。

梁せいを 250mm と小さくし梁主筋に D22 を用いた試験体 W-3 では、両載荷時ともに曲げ変形が全変形の 36% を占め、他の試験体に比べ大きかった。これは梁全体に渡って

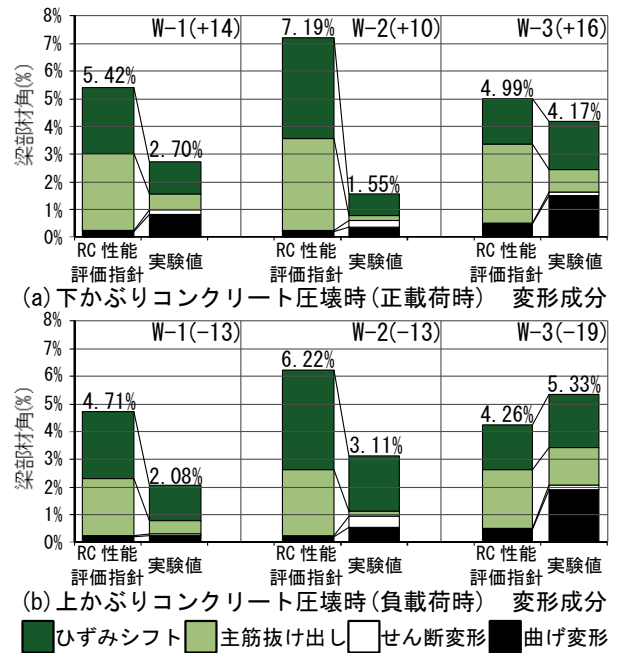


図-5 かぶりコンクリート圧壊時の梁変形の構成成分

曲げひび割れが発生し、ヒンジ領域外での曲げ変形が増大したためである。せん断変形は両載荷時ともに 3%、接合部からの主筋の抜け出し変形は正載荷時に 19%、負載荷時に 24%、ひずみシフト変形はそれぞれ 42%、36% となった。

かぶりコンクリート圧壊時の梁部材角の文献 2 による計算値は W-3 の負載荷時を除き、いずれの試験体も実験値を大幅に過大評価した。これはいずれも接合部からの主筋の抜け出し変形と、ひずみシフト変形を実験値に対して過大に評価したためである。その一方で、全試験体で文献 2 の曲げ変形とせん断変形の評価は実験値を過小評価した。

## 4. まとめ

- (1) かぶりコンクリート圧壊時の梁変形の構成成分は、試験体によって大きく異なった。梁主筋に D22 を用いた試験体 W-1 と W-3 では、W-1 の上かぶりコンクリート圧壊時を除き、曲げ変形が全変形の 1/3 を占めた。接合部からの主筋の抜け出し変形の全変形に占める割合は、接合部内の付着性状の良否によって変化し、主筋に D22 を用いた試験体 W-1 と W-3 では全変形の 1/4~1/5 を、主筋に D13 を用いた試験体 W-2 では 1/10 を占めた。ひずみシフト変形は、全試験体で全変形の 36~63% と最も多くの割合を占めた。
- (2) かぶりコンクリート圧壊時の指針<sup>2)</sup>による梁部材角の評価は、接合部からの主筋の抜け出しとひずみシフトを過大に評価、曲げ変形とせん断変形を過小に評価した。

### 参考文献

- 1) 王磊, 北山和宏, 見波進: RC 十字形部分架構内の梁部材の耐震性能評価に関する研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集, C-2, pp. 427-428, 2011.8
- 2) 日本建築学会: 鉄筋コンクリート造建物の耐震性能評価指針(案)・同解説, 2004
- 3) 平石久廣: 耐震壁のせん断変形と曲げ変形の算定方法, 日本建築学会論文報告集, No. 333, pp. 55-62, 1983.11

\*1 首都大学東京大学院 都市環境科学研究科 建築学域  
\*2 首都大学東京 都市環境学部 建築都市コース 教授・工博

\*1. Graduate Student, Div. of Architecture and Urban Studies, Tokyo Metropolitan Univ.  
\*2 Prof., Div. of Architecture and Urban Studies, Tokyo Metropolitan Univ., Dr.Eng..