

梁曲げ崩壊型鉄筋コンクリート骨組における梁部材のかぶりコンクリート圧壊時の変形性能評価(その1)

鉄筋コンクリート梁 十字形部分架構 主筋の抜け出し
かぶりコンクリート圧壊

正会員 ○鈴木清久*1
同 遠藤俊貴*2
同 北山和宏*3

1. はじめに

鉄筋コンクリート構造梁部材の性能評価について日本建築学会から「鉄筋コンクリート造建物の耐震性能評価指針(案)・同解説」(以下指針)が刊行され、RC梁部材のかぶりコンクリート圧壊時に対応する変形評価手法の一例が示された。しかし精度の検証は殆ど行われていない。

そこで既報²⁾では梁主筋径とせん断スパン比を変動因子として十字形柱梁部分架構の水平加力実験を行い、指針¹⁾に示された変形評価手法の精度の検討を行った。この結果主筋降伏時まで精度良く評価できたが、それ以降のかぶりコンクリート圧壊時等については過大評価となった。

また既報³⁾では、かぶりコンクリート圧壊時の梁部材の変形を4つの変形成分(曲げ変形、せん断変形、接合部からの主筋の抜け出し変形、ひずみシフト変形)に分解し、各変形成分について指針¹⁾の推定法の検証を行った。その結果、梁危険断面の主筋の抜け出し量(図-1(上)の ΔS)は過大評価となった。これは梁主筋のひずみ分布、および主筋のすべり量を過大評価したことに起因する。

そこで本報では梁危険断面に集中する主筋の抜け出し量を『接合部中央から梁ヒンジ領域までの主筋の伸び量』と『接合部中央における主筋のすべり量』の和として算出する手法を提案する。実験で得られた主筋のひずみ分布および主筋のすべり量を元に、それぞれについて精度の高い推定法を提案し、指針¹⁾に示された評価法の改善を目的とする。その1では『接合部中央から梁ヒンジ領域までの主筋の伸び量』を精度よく評価するため、指針¹⁾で提案されたひずみ分布と、実験結果を比較し、新たなひずみ分布の推定法を提案する。

2. 本研究で用いた実験概要

表-1に試験体諸元を示す。試験体は縮尺約1/2としたスラブ無しの平面十字形柱梁部分架構3体で、柱断面350×350mm、シアスパン1425mmは共通である。梁せいは試験体W-1、W-2が400mm、試験体W-3が250mmで、梁幅は250mmで共通である。柱軸力は圧縮一定910kN、梁主筋は3-D22(試験体W-1、W-3)および5-D13(試験体W-2)の2種類を用い、いずれの試験体も梁にはせん断補強筋として2-D10@100を配筋した。シアスパン比は3.93~6.88、付着指標 B_1 は0.59~1.05である。付着指標 B_1 は靱性保証型耐震設計指針⁴⁾に則った。载荷は変位制御で層間変形角0.25%から4%(W-3は5%)までを繰り返し载荷した。

3. 指針の提案する評価法

図-1に指針¹⁾が仮定する梁主筋の抜け出し量と、ひずみ分布を示す。梁かぶりコンクリート圧壊時の梁危険断面からの主筋の抜け出し量(図-1(上)の ΔS)は、柱梁接合部内の梁主筋の伸び(ΔS_u)および、梁ヒンジ領域における主筋の伸び(ΔS_{su})の和から算出する。これはかぶりコンクリート圧壊時には梁主筋に沿った付着が大きく劣化し、主筋の滑りが発生していると考えられるため、接合部およびヒンジ領域内の主筋の伸びが全て梁危険断面に集中すると仮定したためである。このひずみ分布を決定するにあたり、梁危険断面のひずみ ϵ_d は平面保持を仮定した断面解析より算出する。しかしこれは、先の仮定と矛盾

表-1 試験体諸元

試験体名		W-1	W-2	W-3
梁断面図				
梁	断面	250×400		250×250
	主筋 あばら筋	3-D22	5-D13	3-D22
		2-D10@100		
柱	断面	350×350		
	主筋	12-D22		
	帯筋	2-D10@100		
軸力		910kN [軸力比0.14]		
シアスパン比		4.0	3.9	6.9
梁主筋付着強度 N/mm ²		11.5	11.5	11.6
設計用付着応力度 N/mm ²		12.2	6.8	12.2
付着指標 B_1		1.07	0.59	1.05
コンクリート強度 N/mm ²		54.7	54.8	56.2
梁主筋降伏応力度 N/mm ²		385	373	385
梁主筋降伏ひずみ %		0.20%	0.21%	0.20%
梁主筋ひずみ硬化開始時ひずみ %		1.29%	1.67%	1.29%
平面保持仮定した断面解析によるコアコンクリート圧壊時主筋ひずみ %		2.13%	3.24%	1.19%

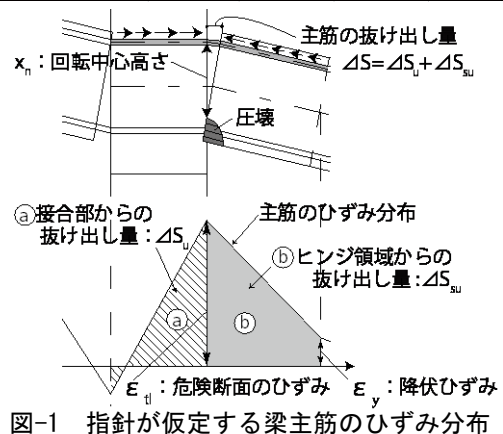


図-1 指針が仮定する梁主筋のひずみ分布

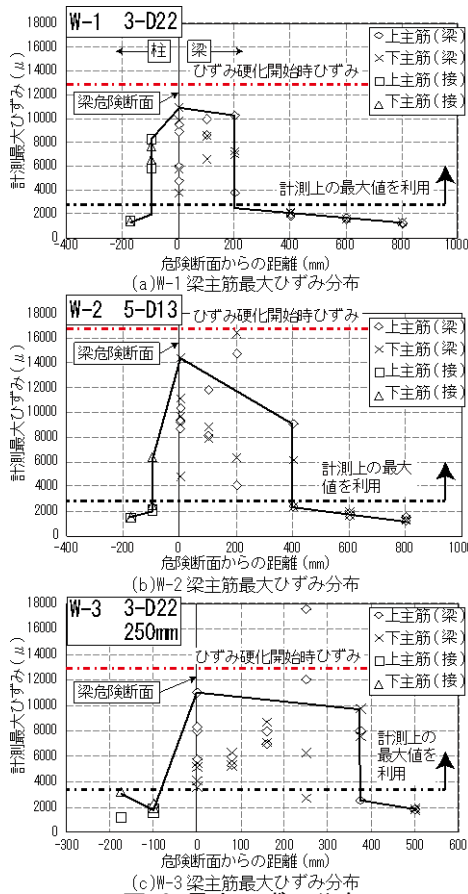


図-2 最大ひずみ分布

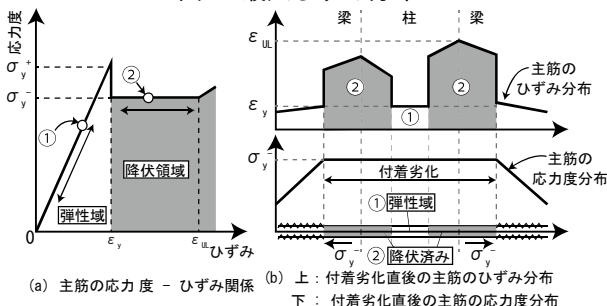


図-3 最大ひずみ分布

しており、実際は主筋が梁危険断面方向に滑り、梁危険断面のひずみが局所的に増加する訳ではない。その結果、梁危険断面のひずみを過大評価する。またヒンジ領域長さの算定法は示されておらず適宜設定する。以上を整理すると、危険断面の主筋の抜け出し量を過大評価する結果となる事が分かる。

4. 主筋のひずみ分布

図-2 に主筋に貼付した各ひずみゲージ位置での、かぶりコンクリート圧壊までに経験した最大ひずみ実測値の分布を示す。なおかぶりコンクリート圧壊時には危険断面付近のひずみゲージの多くが計測不能となったため、正しく計測出来た範囲の最大ひずみを用いた。測定結果

より計測不能な範囲においても部材内のヒンジ領域と非ヒンジ領域の境では、急激なひずみの増加を確認できた。

また全ての試験体でかぶりコンクリート圧壊時まで、柱梁接合部中央の梁主筋に弾性域が存在した。図-3 に主筋の応力度-ひずみ関係と、接合部内梁主筋の付着が劣化した直後の主筋の応力度分布を示す。図中の σ_y^+ および σ_y^- はそれぞれ、主筋の上降伏点および下降伏点に対応する応力度を示す。接合部中央の主筋が付着劣化する際、左右の危険断面周辺の主筋は既に降伏している。そのため付着が劣化すると、接合部中央の主筋には下降伏点の応力度 σ_y^- と同値の引張力が加わる(図-3 右下)。主筋は降伏する際、上降伏点の応力度 σ_y^+ を必要とする。よって接合部中央の主筋は降伏しなかったと考えられる。

ヒンジ領域長さを主筋のひずみが急激に上昇した範囲とする。試験体 W-1 は危険断面から $0.5D$ (D は梁せい) で全てのひずみゲージで急激なひずみの増加が確認出来た事から $0.5\sim 1.0D$ だと考えられる。梁主筋径を小さくした試験体 W-2 は $1.0D$ 、シアスパン比の大きい試験体 W-3 は $1.5D$ となった。また接合部内の降伏領域長さ、およびひずみはヒンジ領域長さが長くなるにつれて、小さくなった。この相関関係から、ヒンジ領域長さの定量的な評価法が可能であると考えられる。以上より図-3 右上のような主筋の降伏とともに急激にひずみが増加するひずみ分布を提案する。接合部中央には降伏ひずみを維持する区間を設ける。具体的な算出法をその 2 に示す。

5. まとめ

かぶりコンクリート圧壊時のひずみ分布を、ひずみゲージが経験した最大ひずみから推定した。全ての試験体で、指針¹⁾で提案された三角形のひずみ分布ではなく、梁主筋の降伏とともに、ひずみが約 $0.8\sim 1.0\%$ まで急激に上昇する台形のひずみ分布を示し、また接合部中央ではひずみが降伏ひずみ以下となった。シアスパンが大きい試験体ではヒンジ領域が拡大し、接合部内の降伏長さは縮小した。そこで主筋の降伏とともに急激にひずみが増加する台形のひずみ分布を提案する。具体的なひずみ分布の推定法および主筋のすべり量の推定法はその 2 に示す。

参考文献

- 1) 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
- 2) 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 構造 IV、2011 年 8 月、pp.425-426.
- 3) 鈴木清久、北山和宏、王磊：梁主筋の付着性能に着目した鉄筋コンクリート梁の各種限界変形性能に関する研究、コンクリート工学論文集、第 34 巻 2 号、2012、pp.235-240
- 4) 日本建築学会：鉄筋コンクリート造建物の靱性保証型耐震設計指針・同解説、1999

*1 住友林業ホームテック株式会社 修士(工学)

*2 首都大学東京大学院 都市環境科学研究科 助教・博士(工学)

*3 首都大学東京大学院 都市環境科学研究科 教授・工博

*1 Sumitomo Forestry Hometech Co. Ltd., Mr.Eng.

*2 Assistant Prof., Tokyo Metropolitan University, Dr. Eng.

*3 Prof., Tokyo Metropolitan University, Dr. Eng.