

鉄筋コンクリート内柱・梁接合部のせん断強度に対する横補強筋の影響

正会員 ○ 北山和宏

1. はじめに

RC内柱・梁接合部の横補強筋による拘束効果として、コア・コンクリートの圧縮強度低減の緩和および圧縮強度増大の二つがある。簡単のため前者の圧縮強度低減のみに注目して横補強筋の負担力を変数とした2次元非線形有限要素解析を行ない、横補強筋が接合部のせん断強度に与える影響を検討した。

2. 解析概要

解析の対象: 実験にて柱・梁接合部のせん断破壊が先行した平面十字形試験体A1[1]を解析対象とした。試験体諸元を表1に示す。スケールは実物の約1/2で柱断面300×300mm、梁断面200×300mmである。接合部横補強筋として3-φ6(降伏強度3260kgf/cm²)を3組(補強筋比0.38%)配した。柱には一定圧縮軸力18tonfを与えた。コンクリート圧縮強度は312kgf/cm²(その時のひずみ0.25%)、割裂引張り強度は25.6kgf/cm²であった。

解析の方法: 試験体の要素分割を図1に示す。梁端部はローラー、柱脚はピンとした。2段ある梁上端筋は1段にまとめた。梁・柱主筋および接合部横補強筋は線材要素とした。柱および梁のせん断補強筋は各コンクリート要素内に鉄筋を均一に分布させると仮定して考慮した。解析には千葉大学野口研究室で開発された2次元非線形有限要素解析プログラム[2]を使用した。ひびわれたコンクリートの圧縮強度低減を考慮するため、拘束筋を有する直方体コンクリートの基礎実験から引張り主ひずみの関数として得られた低減率[3]を用いた。その際、拘束筋のない実験結果および拘束筋を0.4%有する実験結果からそれぞれ定量化された低減率(図2)を用いて予備解析を行なった。拘束筋0.4%の場合のコンクリート圧縮強度低減率 λ_c ((1)式)を用いた解析結果が実験による強度とほぼ一致したので、以降は(1)式の圧縮強度低減率を用いた。解析は柱頭に一定軸力を加えたのち、柱頭に水平方向の変位増分を与えることにより行なった。接合部内および梁端部のヒンジ領域内の梁主筋とコンクリートとの付着作用はボンド・リンク要素で表現した。それ以外の節点では完全付着とした。付着応力度-すべり量関係の特性値のうち付着強度は実験結果に基づいて決定し、すべり量は既往の研究[4]を参考に決めた。付着強度到達後は付着強度を維持させた。コンクリート要素内では分布ひびわれモデルを用いた。曲げひびわれの開口が顕著となる柱・梁危険断面にはクラック・リンク要素を設置した。

3. 解析結果

基準となる解析試験体a10の接合部横補強筋の量あるいは強度を次のように変えて解析した。(1)量は変えずに降伏強度を大きくして降伏させない(試験体a13)、(2)断面積を4倍にして降伏させない(試験体a14)および(3)断面積を0.01倍にして負担力をほとんど零とする(試験体a20)。層せん断力-層間変位関係を図3に、層せん断力-接合部せん断変形角関係を図4に、3組の横補強筋の負担力の総和と平均引張りひずみとの関係を図5にそれぞれ示す。試験体の強度はいずれも接合部内コンクリートの圧壊によって決まった。梁・柱主筋の降伏は生じなかった。最大層

表1 試験体の諸元

梁	上端筋	8-D13 ($p_t=2.05\%$)
	下端筋	4-D13 ($p_t=0.96\%$)
	横補強筋	4-D6@40 ($p_w=1.60\%$)
柱	全主筋	16-D16 ($p_t=3.54\%$)
	横補強筋	4-D6@40 ($p_w=1.07\%$)
接合部	横補強筋	3-φ6 (3組, $p_w=0.38\%$)

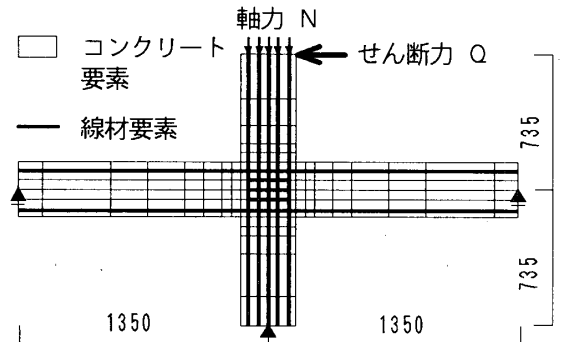


図1 試験体の要素分割

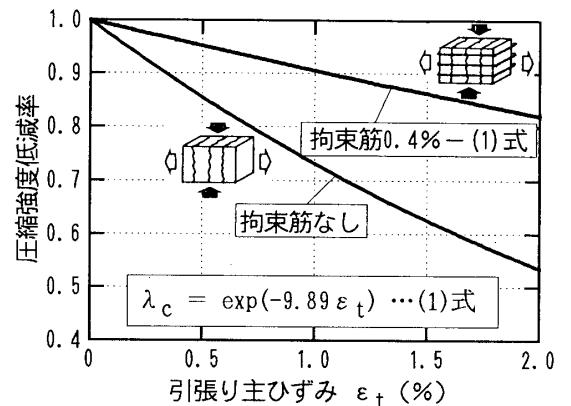


図2 コンクリートの圧縮強度低減率

Effect of Lateral Reinforcement on Shear Strength in Reinforced Concrete Interior Beam-Column Joint

KITAYAMA Kazuhiro

せん断力は横補強筋なしとみなせる試験体a20が最も小さく(14.5 tonf)、横補強筋比0.38%の試験体a10(15.4tonf)、横補強筋比0.38%で降伏させない試験体a13(15.7tonf)、横補強筋断面積を4倍にした試験体a14(16.7tonf)の順に増大した。接合部せん断変形角はひびわれ発生点(4 tonf)付近で増大し始めひびわれ後の第2剛性は横補強筋量の少ないものほど小さくなった。

試験体a10とa13とから横補強筋が降伏しないことにより横補強筋の負担力は1.8倍増大したが、接合部のせん断強度は増加しなかった。横補強筋断面積を4倍にすることにより横補強筋の負担力は2.7倍増大したが、せん断強度は8%増大したに留まった。試験体a20の最大強度と同一荷重時の引張り主ひずみを図6に、接合部内コンクリートの圧壊などの状況を図7にそれぞれ示す。引張り主ひずみは接合部パネル中央の切断面での分布である。横補強筋なしとみなせる試験体a20の引張り主ひずみが最も大きく、横補強筋断面積を4倍にした試験体a14の引張り主ひずみが最も小さかった。コンクリート圧壊を生じた要素数も試験体a20で最も多く、試験体a14では接合部内での圧壊は発生していなかった。

以上から、横補強筋の拘束により接合部内コンクリートの引張り主ひずみが抑制され、コンクリートの圧縮強度低減が起こりにくくなることによって接合部コンクリートの圧縮破壊が遅延されせん断強度が増大する、という機構が考えられる。すなわち横補強筋による拘束効果は接合部せん断強度の増大に貢献する。ただし実用的な横補強筋量の範囲ではその効果はわずかである。接合部内コンクリートの引張り主ひずみを抑えるためには横補強筋量を多くすることが有効であり横補強筋の降伏強度には依存しない。

4. 結論

横補強筋によるコンクリート拘束力の増大は接合部せん断強度をわずかに上昇させた。ただし実用的な横補強筋量の範囲ではその効果は小さかった。接合部内コンクリートの引張り主ひずみの抑制には横補強筋量を多くすることが有効であった。

謝辞 本研究は文部省科学研究費総合研究A(代表者:野口博千葉大学教授)を受けて、桐山千香子嬢(東京都港湾局)が東京都立大学工学部建築学科特別研究として行なった。

参考文献 [1]北山、小嶋ほか: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、JCI年次論文報告集、Vol.11-2、1989年、pp.531-536。 [2]内田、野口:混合構造接合部の有限要素解析、JCI年次論文報告集、Vol.14-2、1992年、pp.15-20。 [3]池田、北山:拘束筋を有するひびわれコンクリートの圧縮性能劣化に関する研究、JCI年次論文報告集、Vol.17-2、1995年、pp.1299-1304。 [4]吉田、北山:鉄筋コンクリート造柱・梁接合部の復元力特性に関する有限要素解析、AIJ大会梗概集、構造IIC、1994年、pp.565-566。

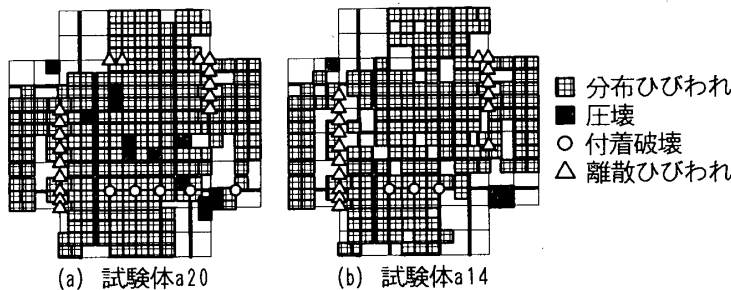


図7 接合部内要素の状況

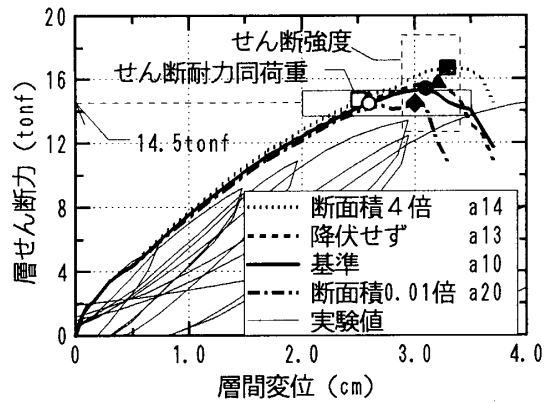


図3 層せん断力-層間変位関係

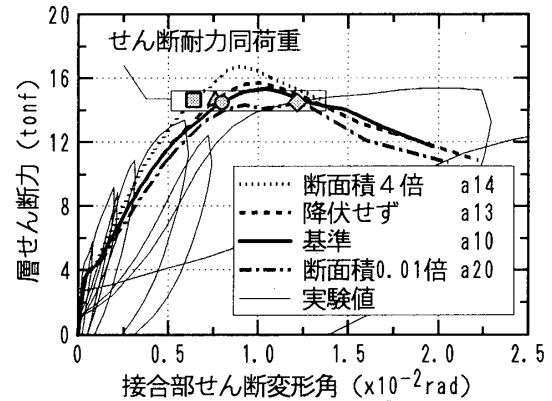


図4 層せん断力-接合部せん断変形角関係

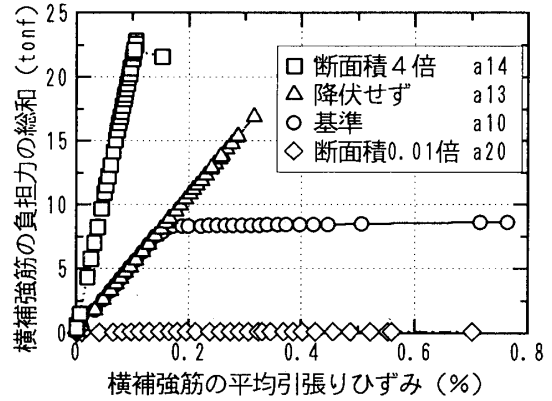


図5 横補強筋の負担力の総和

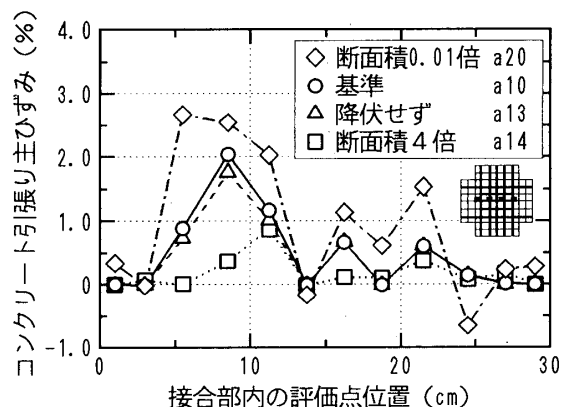


図6 コンクリート引張り主ひずみの分布