

高強度材料を用いた鉄筋コンクリート
内柱・梁接合部の履歴性状に関する実験的研究

正会員 ○ 北山和宏 *1
同 李 祥浩 *2
同 小谷俊介 *3
同 青山博之 *4

1. 序 鉄筋コンクリート高層建物を実現するためには高強度材料の使用が不可欠である。しかし柱断面の縮小により柱・梁接合部の耐震性能は相対的に低下する。そこで高強度材料を用いた内柱・梁接合部試験体に2方向および1方向加力する実験により、せん断性状と梁主筋付着性状を検討した。

2. 実験概要 試験体は実物の約1/2スケールのスラブなし立体試験体I2、平面試験体I1(高強度材料)、I3(普通強度材料)の3体である。試験体I1およびI3の実験結果の一部はすでに発表した[1]。形状は同一で、柱芯から梁端支持点までが135cm、梁芯から上柱加力点および下柱支持点までがそれぞれ73.5cmである。試験体諸元を表1に、部材断面を図1に示す。梁主筋は接合部内を通し配筋した。材料特性を表2に示す。高強度コンクリートの水セメント比は28%とした。柱には一定軸力を付与した。加力履歴を図2に示す。

3. 実験結果 層間変位-層せん断力関係を図3に示す。高強度材料による平面試験体I1では層間部材角3%で最外列の梁主筋が降伏したが、二段めの主筋は降伏せずに層間部材角4%で接合部パネルの損傷が顕著になり、主ストラット・コンクリートの圧壊により耐力が低下した。一方、立体接合部試験体I2は2方向加力されたにも拘らず、接合部がせん断破壊することなく梁付け根の圧壊によって最大耐力に達した。最外列の梁主筋は層間部材角3~4%で、二段め主筋は5~6%でそれぞれ降伏した。普通強度材料による平面試験体I3では層間部材角1%で梁主筋が降伏し、その後層間部材角4%の繰返し載荷により接合部がせん断破壊した。

3.1 接合部のせん断変形 接合部のせん断変形角-せん断応力度関係を図4に示す。せん断変形角は、平面試験体では接合部パネルに×形に設置された変位計の出力より求め、立体試験体I2では層間変位から梁と柱の変形成分を引いて求めた。接合部のせん断抵抗断面積は柱幅と梁幅との平均値と柱せいとの積とした。接合部がせん断破壊した平面試験体I1、I3では層間変位とともにせん断変形が大きく増加した。立体試験体I2では、層間部材角4%に占める接合部せん断変形の割合は17%と小さかった。斜めせん断ひびわれ発生後の第2剛性は、高強度コンクリートを用いた試験体I1、I2ではほぼ等しく、普通強度コンクリートを用いた試験体I3よりも大きかった。加力方向に平行な接合部横補強筋は、高強度材料による試験体I1、I2ではせん断変形角0.5~0.6%のときに降伏した。加力方向に直交

表1 試験体諸元

| Specimen | I1 | I2 | I3 |
|-----------------------|-----------|-----------|-----------|
| (a) Longitudinal Beam | | | |
| Top Bars | 8-D16 | 8-D16 | 6-D16 |
| $p_t(\%)$ | 3.34 | 3.34 | 2.44 |
| Bottom Bars | 8-D16 | 8-D16 | 4-D16 |
| $p_t(\%)$ | 3.34 | 3.65 | 1.53 |
| Stirrups | 2-U6.4 | 2-U6.4 | 2-D6 |
| @(cm), $p_w(\%)$ | 3.5, 0.86 | 3.5, 0.86 | 4.0, 0.80 |
| (b) Transverse Beam | | | |
| top Bars | (none) | 8-D16 | (none) |
| $p_t(\%)$ | | 3.65 | |
| Bottom Bars | | 8-D16 | |
| $p_t(\%)$ | | 3.34 | |
| Stirrups | | 2-U6.4 | |
| @(cm), $p_w(\%)$ | | 3.5, 0.86 | |
| (c) Column | | | |
| Total Bars | 16-D19 | 16-D19 | 16-D16 |
| $p_c(\%)$ | 5.10 | 5.10 | 3.54 |
| Hoops | 2-U6.4 | 2-U6.4 | 4-D6 |
| @(cm), $p_w(\%)$ | 4.0, 0.50 | 4.0, 0.50 | 5.0, 0.85 |
| Load(kN) | 317.7 | 317.7 | 95.1 |
| (d) Joint | | | |
| Hoops | 3-R6 | 4-R6 | 3-R6 |
| sets, $p_{jh}(\%)$ | 3, 0.41 | 2, 0.39 | 3, 0.37 |

表2 材料特性
(a) Concrete (unit in MPa)

| Specimen | Compressive Strength | Tensile Strength | Secant Modulus *1 |
|----------|----------------------|------------------|-------------------|
| I1, I2 | 98.8 | 4.2 | 3.9×10^4 |
| I3 | 41.4 | 3.1 | 3.3×10^4 |

*1 Secant modulus at one-quarter of the compressive strength

(b) Steel (unit in MPa)

| Size (component in specimen) | Yield Strength | Tensile Strength |
|------------------------------------|----------------|------------------|
| D19 (I1, I2 column longitu. bar) | 746.5 | 806.4 |
| D16 (I1, I2 beam longitu. bar) | 798.5 | 860.3 |
| D16 (I3 beam and column longitu.) | 361.0 | 535.6 |
| U6.4 (I1, I2 shear reinforce. bar) | 1308.7 | 1398.9 |
| D6 (I3 shear reinforcement bar) | 358.1 | 482.7 |
| R6 (I1, I2, I3 joint reinf. bar) | 360.0 | 431.6 |

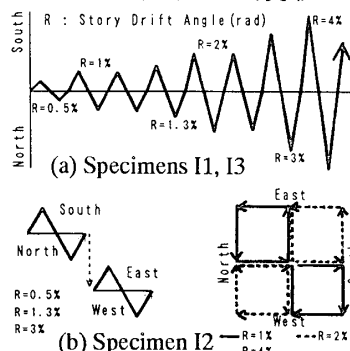


図2 加力履歴と加力点パス

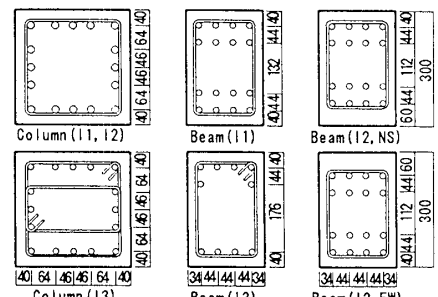


図1 部材断面

Test of High-Strength Reinforced Concrete
Interior Beam-Column Joints

する横補強筋は全ての試験体で層間部材角約3%のときに降伏した。

3.2 梁主筋の付着性状 立体試験体I2の層間部材角4%での加力サイクルにおいて、南北方向の層せん断力が同一となる1方向および2方向加力時の南北方向梁主筋の付着応力度を図5に示す。付着応力度は接合部中央10cm区間のものである。梁主筋のひずみが降伏ひずみを越えた程度では、2方向加力による付着力の低下はほとんどなかった。

3.3 接合部のせん断強度 コンクリート圧縮強度 σ_B で基準化された接合部せん断応力度と層間変位との関係を図6に示す。立体試験体I2の2方向加力時では、各方向のせん断力および層間変位をそれぞれベクトル和したものの関係も併せて示した。平面試験体I1のせん断強度は $0.25\sigma_B$ であった。これに対して、立体試験体I2の1方向加力時のせん断応力度は $0.29\sigma_B$ まで増大した。すなわち加力された直交梁が付くことにより、せん断強度は少なくとも1.2倍増大した。この比率は普通強度材料を用いた接合部とほぼ同じであった[2]。また2方向加力時の合せん断応力度は $0.33\sigma_B$ に達したが、接合部はせん断破壊しなかった。

層間部材角4%での2方向加力時の接合部せん断力の軌跡を図7に示す。せん断強度を各方向とも $0.25\sigma_B$ と仮定したものを破線で示す。2方向加力時の南北方向せん断力はわずかに低下したが、これは柱の2軸曲げ相関によるものと考えられる。これより、せん断応力度を各方向独立に $0.25\sigma_B$ 以下に抑えることによりせん断破壊を防止できる。

4. 結論 ①梁主筋がわずかに降伏した範囲では、梁主筋の付着力は2方向加力によって低下しなかった。②高強度コンクリートを用いた接合部のせん断強度は $0.25\sigma_B$ であった。③加力された直交梁が付くことにより接合部の1方向せん断強度は1.2倍上昇した。④2方向加力時の接合部せん断強度は各梁の拘束効果によって1.3倍上昇した。⑤各方向独立にせん断応力度を $0.25\sigma_B$ 以下に制限することによって、接合部を健全に維持できた。⑥せん断変形角-応力度関係における斜めひびわれ発生後の第2剛性は高強度コンクリートの使用によって増大した。

謝辞 本研究は文部省科研費と大成建設技術研究所の援助による。

参考文献 [1]北山、小谷、青山：高強度材料を用いた内柱・梁接合部の履歴挙動、学会大会梗概集、構造IIC、1990、pp. 361-362。[2]北山、小谷、青山：鉄筋コンクリート造内柱・梁接合部のせん断耐力におけるひびわれた直交梁の影響、学会大会梗概集、構造IIC、1989、pp. 455-456。

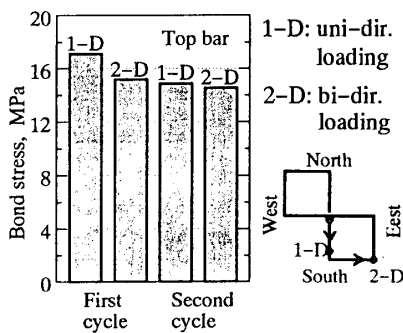


図5 梁主筋の付着応力度

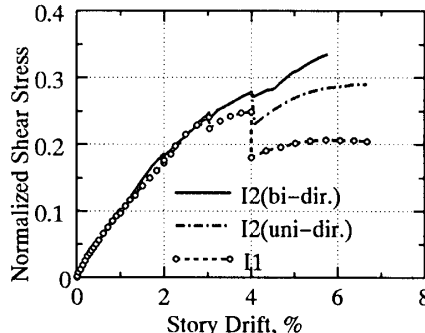


図6 層間変位-接合部せん断応力度関係

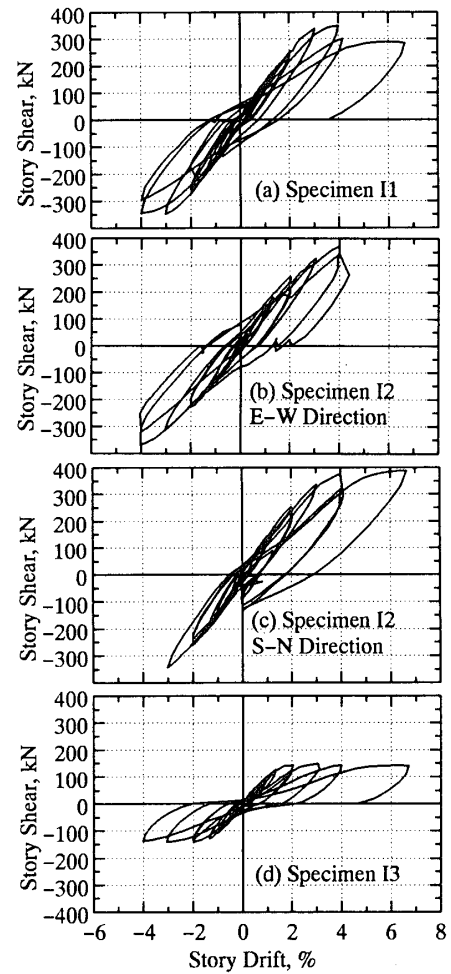


図7 接合部せん断力の軌跡

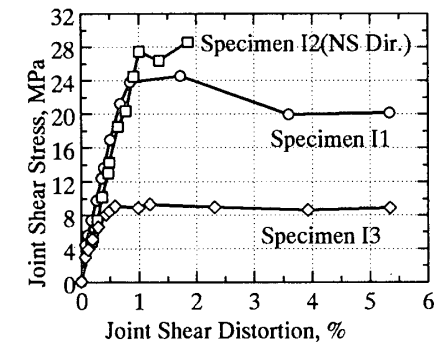


図8 接合部せん断変形-応力度関係

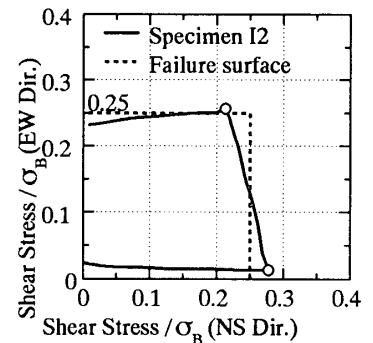


図9 接合部せん断力の軌跡

*1 東京都立大学講師 *2 東京大学大学院 *3 東京大学助教授 *4 東京大学教授