

定着板方式による面外せん断補強法の研究
(その3) 変形性状と付着性状

正会員 ○ 北山和宏 #1 同 姜 柱 #2
同 見波 進 #3 同 西川孝夫 #4
同 大原英司 #5 同 井上貴之 #6

曲げ降伏を生じ良好な靱性能を示した試験体A4を除き、試験体の変形性状と主筋の付着性状について検討した。

1. 全体性状 各試験体とも全段の主筋が降伏し、3段め主筋降伏時の計算曲げ耐力(平面保持假定、65.2tonf)を上回った。せん断補強筋は最大耐力に達するまでにほぼ全域で降伏した。

2. 変形性状 側面を2領域に分けて水平、鉛直、斜め変位を測定し(図1)せん断変形角、主ひずみ、主方向(いずれも2領域の平均値)を計算した。

2.1 せん断変形 せん断変形が部材たわみ(以降変位と呼ぶ)に占める割合を図2に示す。図中の○は最大耐力時の変位を表わす。試験体A1、

A3の最大耐力以降の変位はせん断変形によって占められたため、せん断破壊と判断した。他の試験体のせん断変形の割合は約60%で、最大耐力後せん断変形が増大し最終的にはせん断破壊した。ただし試験体A2、KA1は最大耐力後のせん断変形の増加が緩やかで曲げ破壊に近い性状を示した。

2.2 主ひずみとその方向 圧縮主ひずみと梁材軸とのなす角度およびせん断力(斜めせん断ひびわれ発生以降)との関係を図3に示す。各試験体ともせん断力の増大とともに圧縮主ひずみの角度は低下した。Vecchioらの実験結果[1]によれば主ひずみと主応力との角度のずれは10度以内であり、両者の方向はほぼ等しいと考える。最大耐力時の圧縮主ひずみの角度はアンカー定着板(A2)、ナット定着(KC)およびフック定着(B)の試験体で30度、テーパー定着(KA1)で39度であり、建築学会の終局強度指針[2]によるトラス機構の許容最小角度26.6度より大きかった。一方、アンカー定着板の位置が2段筋レベルにあった試験体A3では23度とかなり小さかった。これは(その4)で述べるように、試験体A3のアーチ機構の負担分は29%で他の試験体より大きく、その分角度が小さくなったと考える(指針[2]によるアーチ機構の角度は13.3度)。なお最大耐力時の圧縮主ひずみの方向は主要なひびわれの方向とほぼ一致していた(試験体A2の主方向を図4にハッチ部分として示す)。

引張り-圧縮主ひずみ関係を図5に示す。全てのせん断補強筋が降伏したときを黒塗り印で示す。斜めひびわれがせん断補強筋を横切ると補強筋は抜け出すが、その量は補強筋のひずみが一定とすれば斜めひびわれ幅(引張り主ひずみはこれにほぼ比例)が大きいほど増大する。(その1)のFE解析では鉄筋降伏時の抜け出し量はアンカー定着板のほうがテーパーよりも50%大きかった。しかし部材実験では、アンカー定着板の試験体A2のせん断補強筋降伏時の引張り主ひずみはテーパーを用いた試験体KA1より6%大きいだけで、これより定着性能はほぼ同等とみなしてよい。同様に両方法による定着性能は従来のフック定着と同じと考えられる。ナット定着の試験体KCの引張り主ひずみは

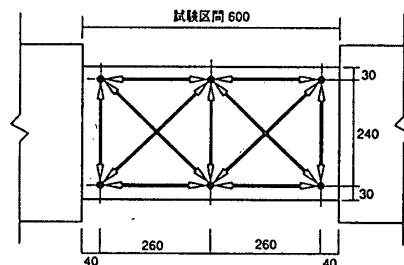


図1 変位計設置位置

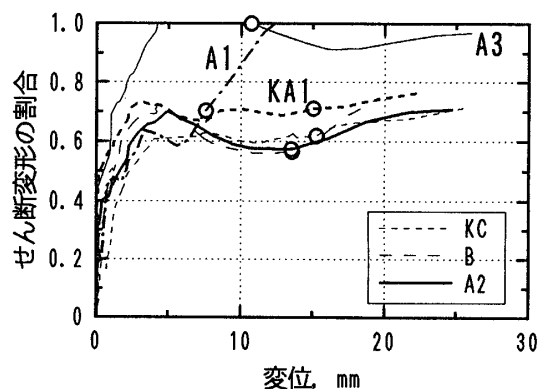


図2 変位に占めるせん断変形の割合

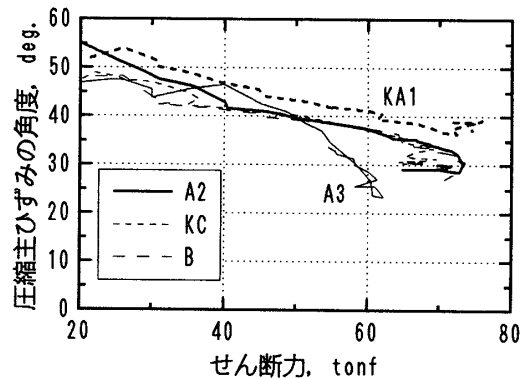


図3 圧縮主ひずみの方向の推移



図4 主方向とひびわれ方向

Study on Anchorage Details of Shear Reinforcement in R/C Beams
Subjected to Out-of-plane Shear (Part 3) Deformation and Bond Transfer

KITAYAMA Kazuhiro, JIANG Zhu, MINAMI Susumu, NISHIKAWA Takao, OHARA Eiji and INOUE Takayuki

試験体A2よりも38%大きく、定着性能はかなり劣っていた。最大耐力時を白抜き印で示す。試験体A3およびKCの圧縮主ひずみはシリンダー最大強度時のひずみ0.25%を超えた。両試験体ともこの後耐力が低下したことからウェブ・コンクリートの圧壊が生じたと思われる。試験体A2およびBの引張り・圧縮主ひずみはほぼ同じであり、同様の変形状を示した。

3. 主筋の付着性状 実験終了後試験体A1、A2、A3、KA1、KCを試験区間の中央で切断して断面のひび割れ状態を観察した。試験体A3の1段筋を除いて、各試験体の各段主筋を水平に横切る全割裂ひびわれが発生した。1段筋降伏直前のひずみ分布を図6に示す。試験体A3の1段筋は早期に主筋全長にわたって引張りひずみを負担し付着劣化を生じた。これは、鉄筋のふしの間のコンクリートキーのせん断破壊により付着破壊したと考えられる。

上端1段筋の試験体中央1/4区間の平均付着応力度-変位関係を図7に示す。図中の○は最大耐力時の変位であり、これが曲線の頂点に一致あるいは下降域にあることから、曲線の最大値を付着強度と考えてよい。アンカー定着板(A2)とテーパー(KA1)とは高い付着強度を示した。これはせん断補強筋端部からの圧縮力が良好に主筋を拘束し、付着割裂強度を増加させたためである。

切断面の観察より、アンカー定着板(A2)は1段筋と2段筋との間に沈み込んだ。そのためアンカー定着板からの1段筋への拘束効果が消失し、付着力が低下した。テーパー定着端(KA1)は1段筋の位置に留まり1段筋に拘束力を与えたため、付着強度後の低下は試験体A2より緩やかであった。試験体A2の付着状況は試験体KCよりも良好であった。これはナット(KC)による拘束がアンカー定着板(A2)よりも弱かったためである。定着位置が2段筋と同レベルの試験体A3では1段筋を拘束しないため、1段筋の付着強度が小さかった。

上端各段主筋の付着強度を図8に示す。試験体A1、A3を除いて1段筋は2段筋より、また、2段筋は3段筋より付着強度が高いことを示した。試験体KA1を例とすると1段筋の付着強度は2段筋の1.77倍、3段筋の3.19倍になった。これは、せん断補強筋端部による各段主筋への拘束効果が異なることを示す。

4. 結論 ① 圧縮主ひずみの角度は30~40度で指針[2]によるトラス機構の許容最小角度より大きかった。ただし1段筋の付着強度が小さかった試験体では、全せん断力に対するアーチ機構の負担割合が大きくなり、圧縮主ひずみの角度は23度と小さくなった。② 引張り主ひずみより判断して、アンカー定着板およびテーパー定着は従来のフック定着と同等の定着性能を有した。③ アンカー定着板あるいはテーパー定着を用いることによって高い付着強度を得た。これは補強筋端部からの圧縮力が良好に主筋を拘束したためである。④ 定着端から主筋までの距離が離れるに従い、付着強度は小さくなった。

参考文献 [1]Vecchio, F. J. and M. P. Collins: The Modified Compression-Field Theory for Reinforced Concrete Elements Subjected to Shear, ACI Journal, March-April, 1986, pp. 219-231. [2]日本建築学会: 鉄筋コンクリート建造物の終局強度型耐震設計指針・同解説、1990年、11月。

*1 東京都立大学助教授・工博 *2 同大学院・工修 *1 Assoc. Prof., Tokyo Metropolitan University, Dr. Eng.
 *3 同 助手・工修 *4 同 教授・工博 *2 Graduate School, M. Eng. *3 Research Associ., M. Eng.
 *5 鹿島原子力設計部 *6 鹿島技術研究所・工修 *4 Prof., Dr. Eng. *5, *6 Structural Engineer, Kajima Co.

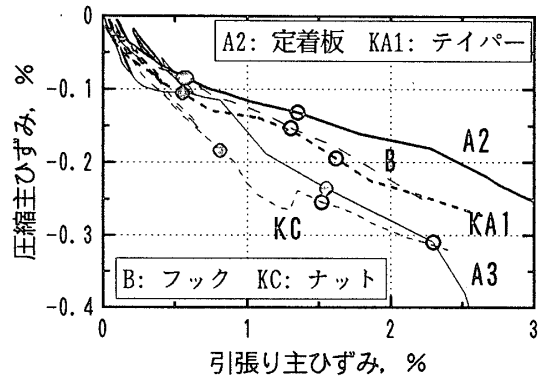


図5 引張り-圧縮主ひずみ関係

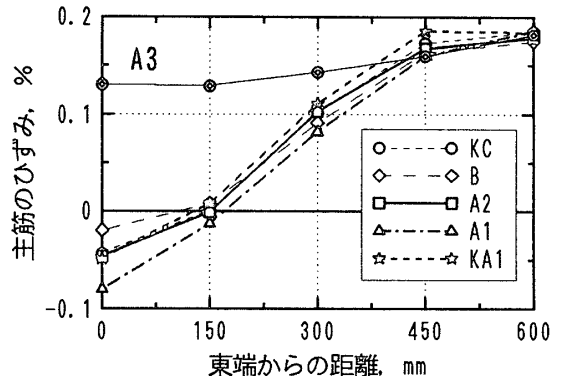


図6 主筋のひずみ分布

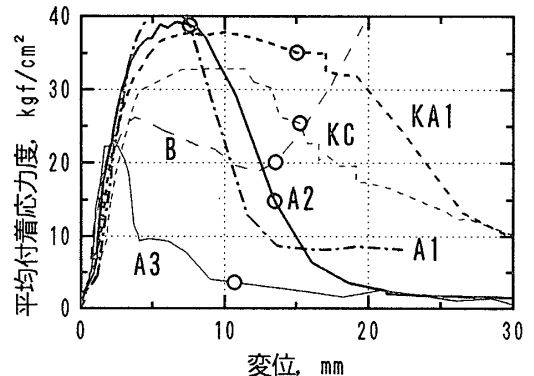


図7 付着応力度-変位関係

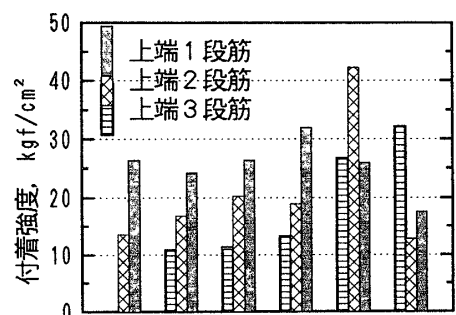


図8 上端各段主筋の付着強度