

論文 高強度鉄筋コンクリート造中柱梁接合部の梁主筋の付着性状

小田 稔*1・小杉 一正*2・山中 久幸*1・田野 健治*2

要旨: 高強度鉄筋コンクリート造の中柱梁接合部では、梁主筋の付着劣化が問題となる。本論では、中柱梁接合部の梁主筋の付着性能を対象として加力実験を行い、梁主筋のすべり量と付着応力度から梁主筋の付着性状を検討した。その結果、梁主筋のすべり量と履歴ループのピンチ化は対応すること、1段筋と2段筋、外端筋と中間筋のように鉄筋位置により付着性能に違いが見られること等が明らかとなった。

キーワード: 高強度材料, 中柱梁接合部, 梁主筋の付着性状, すべり量, 付着応力度

1. はじめに

近年、高強度材料を用いた鉄筋コンクリート造の開発が進められている。高強度材料により部材断面の縮小化を図った場合、柱梁接合部内の梁主筋には大きな付着力が発生し、付着劣化が問題となる。このため、梁主筋の付着性能を確保するための設計法が各種提案されている[1]。本論は、高強度鉄筋のSD490を対象に、これらの設計法に基づいて構成した中柱梁接合部の試験体の加力実験を行い、曲げ降伏後の梁主筋の付着性状を検討することを目的としている。

2. 実験概要

図-1に試験体図を、表-1に試験体一覧を示す。試験体は高層建物下層階の中柱梁接合部を対象とした約1/2の縮小模型である。実験パラメータは梁主筋量(径, 本数)とコンクリート強度であり、柱梁接合部内の梁主筋の付着性能と柱梁接合部のせん断性能を変化させている。付着性能の指標としては、文献[2]の付着指標 μ に基づく付着指標値 D/D_{cal} と文献[3]に示されている付着指標値 τ_u/τ_f を用いている。せん断性能の指標としては、せん断余裕度(柱梁接合部せん断耐力時の梁せん断力/梁曲げ耐力)を用いた。

BN-1は、付着指標値およびせん断余裕度を1.0以上確保した試験体である。これに対して、BN-3, 5は付着指標値を1.0以下としてBN-1に比べて付着劣化を図った試験体であり、せん断余裕度についてはBN-1とほぼ同等となるようにしている。付着性能を低下させる方法として、BN-3では梁主筋径を上げ、BN-5ではさらにコンクリート強度を下げている。BN-2は、

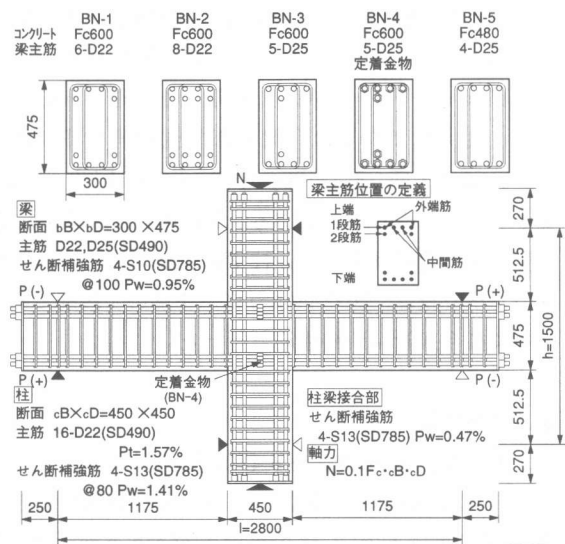


図-1 試験体図

*1: 三井建設(株) 技術本部 技術研究所(正会員)
 *2: 三井建設(株) 技術本部 技術研究所

表-1 試験体一覧および実験結果

| 試験体名 | 試験体概要 | | | | 計算結果 | | | | | | | | 実験結果 | | | |
|------------------------|----------|-------|--------|--------|-------|-----------------|------------|------------------------|------|------|--------|-----|------|-----------------|-------|----|
| | コンクリート強度 | | | 梁主筋 | 定着金物 | 柱梁接合部 | | | | | | | | 最大耐力 ePu (tonf) | 破壊モード | |
| | 設計 Fc | 圧縮 σB | 割裂 σt | | | 梁 曲げ gPm (tonf) | せん断 | | 付着 | | | | | | | |
| | | | | | | | pPs (tonf) | pPs (gPm) | μ | D | τu | τf | τu | | | τf |
| (kgf/cm ²) | | | (tonf) | (tonf) | (gPm) | | Dcal | (kgf/cm ²) | | | (tonf) | | | | | |
| BN-1 | | | | 6-D22 | 無 | 37.8 | 59.5 | 1.57 | 8.9 | 1.12 | 152 | 125 | 1.22 | 42.9 | B | |
| BN-2 | 600 | 805 | 49 | 8-D22 | 無 | 49.4 | 57.8 | 1.17 | 8.9 | 1.12 | 152 | 125 | 1.22 | 51.7 | BS | |
| BN-3 | | | | 5-D25 | | 44.5 | 60.5 | 1.36 | 10.9 | 0.92 | 134 | 142 | 0.94 | 46.3 | BB | |
| BN-4 | | | | 5-D25 | 有 | 44.5 | 60.5 | 1.36 | 10.9 | 0.92 | 134 | 142 | 0.94 | 46.6 | BS | |
| BN-5 | 480 | 523 | 42 | 4-D25 | 無 | 36.4 | 50.5 | 1.39 | 13.5 | 0.74 | 102 | 142 | 0.72 | 37.5 | BB | |

<共通要因>

梁スパン: l=2,800 階高: h=1,500

梁: 断面 bB×bD=300×475

主筋 D22, D25(SD490)

横補強筋: 4-S10(SD785)@100 Pw=0.95%

柱: 断面 cB×cD=450×450

主筋 16-D22 (SD490) Pt=1.57%

横補強筋: 4-S13(SD785)@80 Pw=1.41%

柱梁接合部: 横補強筋 4-D13 Pw=0.47%

軸力: N = 0.1Fc・cB・cD

<破壊モード>

B: 曲げ降伏

BS: 曲げ降伏後接合部せん断劣化

BB: 曲げ降伏後接合部梁主筋付着劣化

<計算方法>

記号は参考文献参照

梁: 曲げ耐力 gPm は建築センター式^[4]

柱梁接合部:

せん断耐力 pPs は接合部せん断耐力を $pQ_s = 5.5 \sqrt{\sigma_B} Be \cdot cD$ とし、梁のせん断力に変換した^[5]

Be: 接合部有効幅 (柱幅と梁幅の平均)

付着 μ: 文献[2]の付着指標

$\mu = \sigma_y db / (cD \sqrt{\sigma_B})$, D/Dcal=10/μ (付着指標値)

τu, τf: 文献[3]の付着指標値

$\tau_u = 22.5(0.86 + 0.84 \sigma_0 / \sigma_B) Be / db (\sigma_B / 357)^{0.66}$

$\tau_f = \sigma_y db / (2cD)$ db': n × db (n: 鉄筋本数)

BN-1 と同等の付着性能を確保しつつ柱梁接合部のせん断余裕度を下げた試験体である。また、BN-4 は、BN-3 に対して梁主筋の柱梁接合部中央にナットを取り付けた試験体で、梁主筋の付着性能の改善を目的としている。この時、ナットと鉄筋のがた止めには、ナット中央に 6 φ の孔を設けてグラウト材を注入した。

表-2 に鉄筋の材料試験結果を示す。主筋には SD490 を、せん断補強筋には SD785 の高強度鉄筋を用いた。

加力は柱に一定軸力(N=0.1Fc・cB・cD)を与え、柱の上下をピン・ローラー支持し、梁端に左右逆方向の力を加えた。加力サイクルは、梁の部材変形角が R=1/400, 1/200rad で 1 回、R=1/100, 1/66, 1/50, 1/33, 1/20rad で 3 回正負の繰り返しである。測定項目は、荷重、変形、鉄筋のひずみ度である。荷重は梁荷重、柱軸力を、変形は梁変形、柱梁接合部変形、柱梁接合部内の梁主筋のすべり量を測定した。梁主筋のすべり量は、図-2 のように上下端の 1 段筋で測定した。ひずみ度の測定は、梁、柱主筋および柱梁接合部せん断補強筋で行った。

表-2 鉄筋の材料試験結果

| 呼び名 | 鉄筋種類 | 降伏点 σy (kgf/cm ²) | 引張強さ σu (kgf/cm ²) | ヤング率 ×10 ⁴ Es (kgf/cm ²) |
|-----|-------|-------------------------------|--------------------------------|---|
| D25 | SD490 | 5,450 | 7,360 | 2.04 |
| D22 | SD490 | 5,120 | 7,220 | 1.98 |
| D13 | SD785 | 8,330 | 10,540 | 2.23 |
| D10 | SD785 | 8,490 | 10,340 | 2.23 |

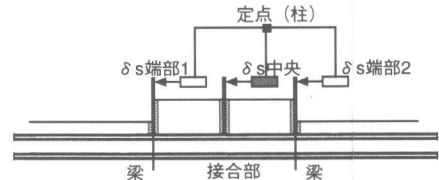


図-2 梁主筋のすべり量測定

3. 実験結果

3.1 荷重-変形関係および破壊経過

図-3 に荷重-変形関係を、図-4 に最終破壊状況を示す。全ての試験体において、梁主筋の 1 段筋は 1/100rad までに、2 段筋は 1/66rad までに降伏している。BN-1 は、1/33rad の繰り返しにより耐力がやや低下し、1/20rad の繰り返しで履歴性状にピンチ化が見られた。BN-3,5 は BN-1 とほぼ同様の経過を示したが、1/33rad の繰り返しで履歴性状のピンチ化が BN-1 に比べてやや大きくなっている。BN-2 は、せん断補強筋の降伏が他の試験体に比べて早期(1/66rad)に始まり、1/50rad