

J R 東日本 東北工事事務所 正会員 ○菅野谷敏彦

J R 東日本 東北工事事務所 正会員 齊藤 啓一

J R 東日本コンサルタンツ 正会員 佐々木光春

## 1. はじめに

鉄道ラーメン高架橋や、ボックスラーメン等のはり・柱接合部には、一般にハンチを設ける場合が多い。この場合、ハンチ部の1:3の傾きまでの高さを有効として断面計算を行うことが規定されているが、<sup>1)</sup> 全断面を有効として取り扱って良いとも考えられる。そこで、このような断面が変化する部材の曲げ耐力を調査するため、今回、ハンチを有するト型試験体による正負交番載荷試験を実施したので結果を報告する。

## 2. 実験概要

## 2.1 試験体

実験は、ラーメン高架橋のはり・柱接合部を想定したNO.1～NO.15の15試験体を作製して行った。試験体の諸元を図-1および表-1に示す。鉄筋は異形鉄筋SD295Aを使用した。鉄筋強度を表-2に示す。鉄筋のひずみゲージは、はり・柱接合面から15cm間隔を基本として、片側の鉄筋にのみ取り付けられている。また、試験体は、はり降伏先行型とした。

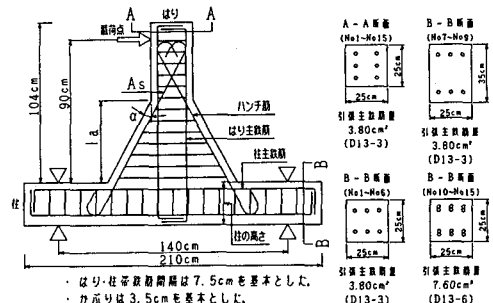


図-1 試験体の形状寸法

表-1 試験体の諸元

| 試験体NO | ハンチの<br>大きさ<br>la (cm) | ハンチの<br>角度<br>α (°) | ハンチ<br>筋量<br>(方眼)<br>As (cm²) | ハンチの<br>帯鉄筋間<br>隔 (cm) | 柱の高さ<br>(cm) | コンクリート<br>強度<br>(kg/cm²) |
|-------|------------------------|---------------------|-------------------------------|------------------------|--------------|--------------------------|
| 1     | —                      | —                   | —                             | —                      | 38           | 268                      |
| 2     | 45                     | 18.4                | 0                             | —                      | —            | 258                      |
| 3     | 45                     | 10                  | 0                             | —                      | —            | 255                      |
| 4     | 45                     | 30                  | 0                             | —                      | —            | 331                      |
| 5     | 25                     | 18.4                | 0                             | —                      | —            | 275                      |
| 6     | 65                     | 18.4                | 0                             | —                      | —            | 297                      |
| 7     | —                      | —                   | —                             | —                      | 48           | 379                      |
| 8     | 45                     | 18.4                | 0                             | —                      | —            | 321                      |
| 9     | 45                     | 10                  | 0                             | —                      | —            | 350                      |
| 10    | —                      | —                   | —                             | —                      | 38           | 258                      |
| 11    | 45                     | 18.4                | 3.80<br>(D13-3)               | 7.5                    | —            | 316                      |
| 12    | 45                     | 18.4                | 2.69<br>(D12-1)               | —                      | —            | 363                      |
| 13    | 45                     | 18.4                | 2.14<br>(D10-3)               | —                      | —            | 336                      |
| 14    | 45                     | 18.4                | 1.43<br>(D10-2)               | —                      | —            | 261                      |
| 15    | 45                     | 18.4                | 1.43<br>(D10-2)               | 4.5                    | —            | 257                      |

## 2.2 載荷方法

今回の実験では、載荷装置の都合上図-1に示すように柱を水平に位置させて載荷した。載荷は、まず、はり部材に静的な方向に載荷し、いずれかの鉄筋による降伏時の変位を求めた。次に、降伏変位の整数倍ごとに、各々10回づつ正負交番繰返し載荷を変位制御で行った。

## 3. 実験結果ならびに考察

## 3.1 破壊状況

破壊時のひびわれ状況の例を図-2に示す。試験体は15体全て、はりの曲げ破壊であった。ハンチはついているがハンチ筋を配置していないNO.2～.6.8.9の試験体は、破壊時にもハンチの圧縮部のコンクリートが剥落することなく、比較的健全であった。

## 3.2 実測値と計算値との比較

## (1) 計算手法

コンクリートの引張応力を無視し、維ひずみは断面の中立軸からの距離に比例するものとする。鉄筋のヤング係数を  $E_s = 2.1 \times 10^6$  (kg/cm²) とし、コンクリートのヤング係数は、試験体毎の圧縮試験によるものとする。破壊時におけるコンクリートの圧縮ひずみを0.0035として、断面の降

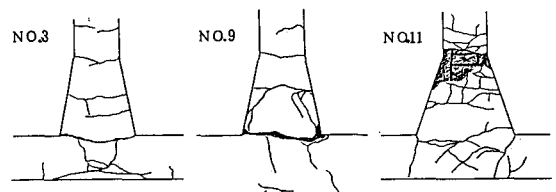


図-2 破壊時のひびわれ状況

伏耐力( $M_y$ )、最大耐力( $M_u$ )を求める。なお、ハンチ筋については角度の補正をおこない、圧縮部のコンクリートは全て有効とし、圧縮鉄筋も考慮した。

次に、荷重点から断面耐力を求めようとする位置までの距離( $Z$ :図-3参照)で $M_y$ 、 $M_u$ を除して、断面の降伏荷重、最大荷重の計算値を求める。そして、 $Z$ を荷重点からはりと柱の接合面まで変化させ、最小値を与える荷重を降伏荷重、最大荷重の計算値とし、最小値を与える位置を降伏位置、破壊位置の計算値とした。

#### (2)荷重-ひずみの実測値と計算値

N.O.3試験体で、降伏・破壊位置(はり・柱接合面)での、荷重-ひずみの実測値と計算値の関係の例を図-4に示す。載荷初期には、実測によるひずみは小さいが、降伏時における実測値と計算値、および実測による最大荷重と計算によるコンクリート破壊時の荷重もほぼ一致してくる。なお、実測ひずみは降伏荷重以降は変位制御で行っているため、繰り返し載荷での最大荷重付近でのデータのみとなっている。

#### (3)降伏荷重と最大荷重

降伏荷重と最大荷重の実測値と計算値の比を表-3に示す。これより、最大荷重についてN.O.6の1体のみが0.78と低い値を示しているが、ほとんどの試験体では、0.9から1.2の範囲内に分布しているのがわかる。

表-3 実測値と計算値の比較

#### (4)降伏位置と破壊位置

降伏位置と破壊位置の実測値と計算値を表-3に示す。降伏位置や破壊位置についても、ほとんどの実測値と計算値が一致した。降伏位置において実測値と計算値が異なる値に関しても、計算値による降伏位置での実測ひずみは降伏ひずみに近い値を示しており、ほぼ実測値と計算値は一致した。

#### 4. まとめ

本試験の範囲で得られた主な事項を以下に示す。

- 1)ハンチ筋の配置されていないハンチでは、繰返し載荷により曲げ破壊となったが、ハンチの圧縮部のコンクリートは剥落することなく、破壊時においても、比較的健全な状態を保っていた。
- 2)ハンチを有するはり・柱接合部の降伏荷重ならびに最大荷重とその発生位置は、ハンチ部の1:3のみではなく、全断面を有効として3.(1)に示す簡易な計算手法により、求めることが出来るようである。

【謝辞】

本試験にあたり、試験体の製作については、小沢コンクリート工業株式会社技術研究所、載荷試験については、東日本旅客鉄道(株)亀戸試験室、計画解析については、同東京工事事務所石橋忠良氏に御指導いただいた。ここに記して感謝の意を表します。

【参考文献】土木学会：コンクリート標準示方書・設計編 平成3年度版 pp170～171

表-2 鉄筋強度  
(kg/cm<sup>2</sup>)

| 鉄筋  | 降伏強度 | 引張強度 |
|-----|------|------|
| D13 | 3514 | 5200 |
| D10 | 3500 | 4820 |

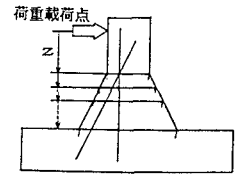


図-3 距離( $Z$ )のとり方

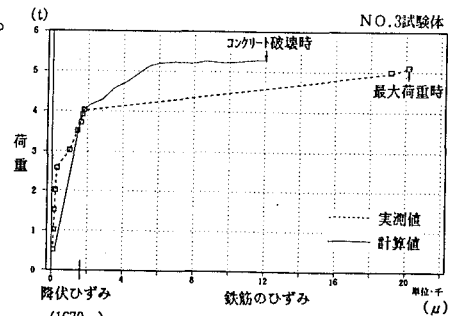


図-4 荷重-ひずみの実測値と計算値

| 試験体ID | 降伏荷重         |              |             | 降伏位置        |             | 最大荷重         |              |             | 破壊位置        |             |
|-------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|
|       | 実測値<br>(t/f) | 計算値<br>(t/f) | 計算値<br>/計算値 | 実測値<br>(cm) | 計算値<br>(cm) | 実測値<br>(t/f) | 計算値<br>(t/f) | 実測値<br>/計算値 | 実測値<br>(cm) | 計算値<br>(cm) |
| 1     | 2.88         | 2.59         | 1.11        | 0           | 0           | 3.46         | 2.91         | 1.19        | 0           | 0           |
| 2     | 6.14         | 5.06         | 1.12        | 30.45       | 34          | 6.59         | 5.78         | 1.14        | 45          | 44          |
| 3     | 4.00         | 3.97         | 1.01        | 0           | 0           | 5.10         | 5.28         | 0.97        | 0           | 0           |
| 4     | 4.84         | 5.31         | 0.91        | 45          | 44          | 6.06         | 6.17         | 0.98        | 45          | 46          |
| 5     | 3.35         | 3.60         | 0.93        | 25          | 24          | 4.45         | 4.12         | 1.08        | 25          | 24          |
| 6     | 7.25         | 7.13         | 1.02        | -15         | 12          | 7.38         | 9.47         | 0.78        | 0           | 4           |
| 7     | 2.80         | 2.68         | 1.05        | 0           | 0           | 3.40         | 3.14         | 1.08        | 0           | 0           |
| 8     | 5.20         | 5.14         | 1.01        | 0.45        | 36          | 6.20         | 6.10         | 1.02        | 45          | 44          |
| 9     | 4.70         | 4.10         | 1.15        | 0           | 0           | 6.00         | 5.44         | 1.10        | 0           | 0           |
| 10    | 2.80         | 2.57         | 1.09        | 0           | 0           | 3.30         | 2.89         | 1.14        | 0           | 0           |
| 11    | 9.39         | 8.96         | 1.05        | 45          | 46          | 11.59        | 10.25        | 1.07        | 45          | 44          |
| 12    | 7.61         | 7.74         | 0.98        | 45          | 20          | 9.86         | 9.36         | 1.05        | 45          | 44          |
| 13    | 7.60         | 6.91         | 1.10        | 45          | 14          | 9.30         | 8.60         | 1.08        | 45          | 44          |
| 14    | 6.40         | 5.71         | 1.12        | 15          | 2           | 8.20         | 7.36         | 1.11        | 45          | 44          |
| 15    | 6.90         | 5.66         | 1.22        | 0           | 4           | 8.50         | 7.37         | 1.15        | 45          | 44          |

\*降伏位置、終局位置は、はり柱接合面からの距離