

## 繰返し荷を受ける鋼製ラーメン隅角部の強度と変形能に関する実験

大阪大学大学院 学生員 〇黄 元燮 大阪大学大学院 学生員 佐々木淑充  
大阪大学工学部 学生員 西野滋博 大阪大学工学部 正 員 西村宣男

1. まえがき 現在, 都市高速道路の橋脚構造として箱型断面の柱とはりからなる鋼製ラーメンが多用されている。これらの鋼製ラーメン隅角部は, フランジのせん断遅れやウェブの応力集中など隅角部特有の応力・変形特性があり, 構造詳細に関しても強度と変形能の観点から明らかにする必要がある。本研究では, 圧縮・引張りの両振り繰返し荷を受ける鋼製ラーメン隅角部の模型実験から繰返し荷による隅角部の強度低下特性ならびに変形能について考察を行った。

2. 実験方法 供試体の一般図と諸元をそれぞれ図-1, 表-1に示す。箱型断面のはり部材と柱部材が直角に交差するL型の鋼製隅角部模型を8体作成した。BL-11はフランジの局部座屈が先行しないように幅厚比  $B/t_f=30$  とし, BL-12は幅厚比が変化した場合の比較検討のため  $B/t_f=40$ , また, BL-13でははり・柱のウェブの高さが異なる場合の比較検討のため,  $B/t_f=30$  のまま柱ウェブの高さを変化させた。BLR-50および BLR-25の2つモデルははりとの交差するウェブに半径 50mm, 25mmの曲率Rを付けたものである。ここで, 各供試体末尾の M および C は単調交番荷と繰返し交番荷方法を表す。荷重装置の全体図を図-2に示す。供試体両端をユニバーサルヒンジを用いて支持し, 変位制御による荷重を行った。単調交番荷の場合, 圧縮側から荷重を初め, 最大荷重を越えたところで除荷した後, 除荷点から逆向きに強制変位量を与える方法の荷重を繰返した(図-3(a)参照)。繰返し交番荷は図-3(b)に示すように各サイクル毎に  $\delta_y$  ずつ支間変位が進むように荷重し, その後  $6\delta_y$  の強制変位で荷重を行った。また, 曲率R付きの2つのモデルに関しては荷重方向の影響を調べるため, 引張り側から荷重を行った。変位計を用いてウェブパネルのせん断変形を計測し, 上下支間間の相対変位はジャッキに内蔵の変位計より得た。

3. 実験結果 繰返し交番荷を行った供試体のBL-12Cおよび BL-13Cの荷重-変位関係を図-4に示す。幅厚比  $B/t_f=40$  のBL-12Cは  $6\delta_y$  に達した後, 繰返し毎に著しく強度が低下する。BL-13Cでは, 数回の繰返し荷重までは強度の低下見られないものの, 圧縮フランジのたわみ量が

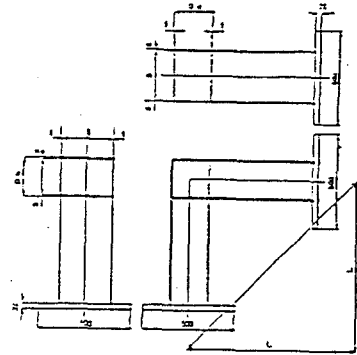


図-1 供試体寸法

表-1 供試体諸元とパラメータ

| 試体名    | B<br>(mm) | t <sub>f</sub><br>(mm) | h <sub>w</sub><br>(mm) | D <sub>w</sub><br>(mm) | t <sub>w</sub><br>(mm) | L<br>(mm) | R <sub>f</sub><br>(mm) | R <sub>w</sub><br>(mm) | R <sub>h</sub><br>(mm) | R <sub>h</sub><br>(mm) |
|--------|-----------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-----------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| BL-11  | 270       | 9                      | 210                    | 210                    | 8                      | 900       | 0.700                  | 0.327                  | 0.327                  | 0.524                  |
| BL-12  | 330       | 9                      | 280                    | 280                    | 8                      | 1100      | 0.853                  | 0.436                  | 0.436                  | 0.698                  |
| BL-13  | 270       | 9                      | 280                    | 210                    | 8                      | 900       | 0.700                  | 0.436                  | 0.327                  | 0.400                  |
| BLR-25 | 270       | 9                      | 210                    | 210                    | 8                      | 900       | 0.700                  | 0.327                  | 0.327                  | 0.524                  |
| BLR-50 | 270       | 9                      | 210                    | 210                    | 8                      | 900       | 0.700                  | 0.327                  | 0.327                  | 0.524                  |

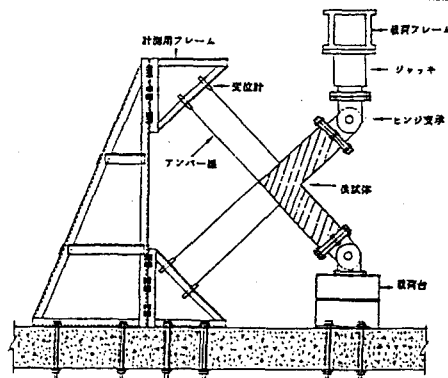


図-2 荷重装置と計測装置

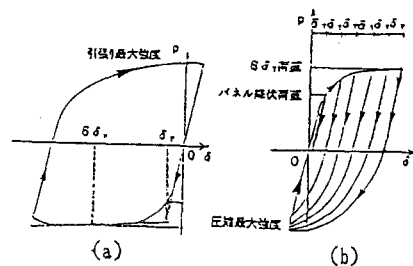


図-3 荷重経路

大きくなると強度低下を見せはじめ、さらにウェブパネルたわみの増加とともに急激な強度低下を示している。一方、BL-11C では全体的に安定した履歴ループを示しており、繰り返し回数の増加によって徐々に強度が低下する。これらを比較すると、隅角部 B/D の比より幅厚比  $B/t_f$  が変形能に及ぼす影響が大きいと考えられる。

また、BLR の 2 つの供試体は、同じ断面寸法の BL-11C と比べてやや強度上昇があり、応力集中緩和の効果があるが、今回の実験においては強度・変形能に対する曲率 R の顕著な影響が見られなかった。また、引張りにおける強度低下が圧縮時より大きくなる。これは、引張りから荷重を行ったことによる局部ひずみの累積効果と思われる。図-5 に荷重と繰り返し回数の関係を示す。繰り返し荷重により、圧縮時にはウェブと上フランジの交差する溶接部に亀裂が生じ、引張時には下フランジの交差する部分に亀裂が生じる。各供試体を比較すると、強度低下は亀裂の発生以前から起こり、亀裂が最初の強度低下の要因とはならない。荷重 P とせん断変形角  $\gamma$  との関係を図-6 に示す。これを見ると、繰り返し荷重を受ける程ウェブパネルのせん断変形角が増加することではなく、一定に強制変位下においてはほぼ一定のせん断変形振幅が生じることがわかる。一方、曲率 R を付けた BLR-25 においては、顕著な強度低下が生じるまでは一定のせん断振幅であるが、その後、繰り返し荷重によって逆方向にせん断変形角が戻る現象が見られる。これは曲率 R を付けたことより引張りの方向に補強効果が現れ、圧縮方向にせん断変形が進んだためと考えられる。各供試体の最大荷重と崩壊形式を表-2 に示す。ここで、 $P_{max}$  とは荷重途中での最大の荷重を表す。載荷方法によらず各供試体の  $6\delta_y$  強度の差は僅少であり、Beedle の理論値はウェブパネルのせん断降伏強度の下界値を与えているのがわかる。

4. 結論 本研究では鋼製ラーメン隅角部に着目し、繰り返し荷重による強度特性および変形能に関して検討を行った。今後、実構造詳細を再現できる程度の供試体と伸び性能の改善された低降伏比高張力鋼を用いた場合について実験を行い、解析結果との比較検討により隅角部の強度と変形能を明らかにする予定である。

#### 参考文献

- 1) 中井博, 北田俊行, 酒造敏廣: 鋼製ラーメン橋脚の実績調査(上, 下), 橋梁と基礎, 1982.7.
- 2) 奥村敏恵, 石沢成夫: 薄板構造ラーメン隅角部の応力計算について, 土木学会論文集, 1968.5.
- 3) Beedle, L.S. and Johnston, B.G: Connection for Welded Portal Frame, Welding Journal, 1952.

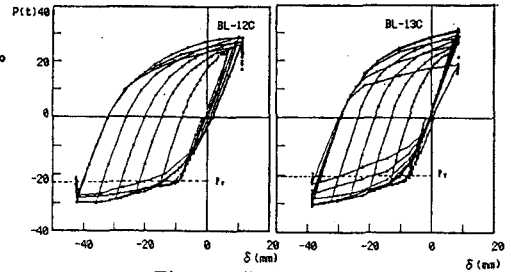


図-4 荷重-変位曲線

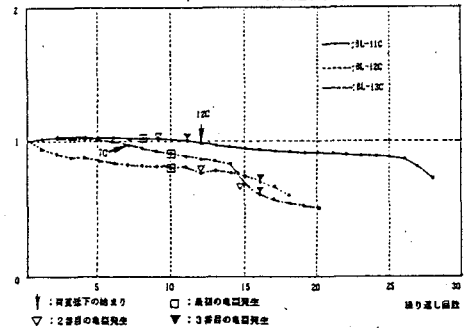


図-5 荷重-繰り返し回数

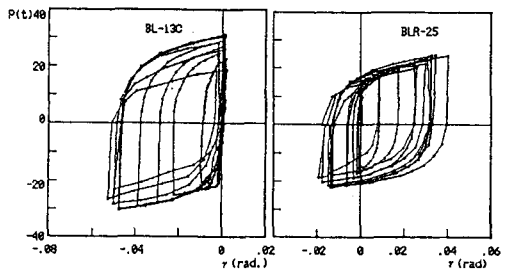


図-6 荷重-せん断変形角

表-2 実験結果

| 供試体    | 理論値    |      |      | 実験値   |           |           | 崩壊形式 |
|--------|--------|------|------|-------|-----------|-----------|------|
|        | Beedle | 設計   | はり理論 | $P_y$ | $P_{0.2}$ | $P_{max}$ |      |
| BL-11R | 14.0   | 21.7 | 32.4 | -16.1 | -20.7     | -24.4     | W    |
| BL-11C | 14.0   | 21.7 | 32.4 | -14.9 | -21.5     | -22.0     | W    |
| BL-12R | 21.5   | 31.3 | 43.9 | -22.4 | -28.8     | -29.7     | W    |
| BL-12C | 21.5   | 31.3 | 43.9 | -23.0 | -29.5     | -30.1     | W    |
| BL-13R | 19.9   | 24.0 | 32.4 | -22.4 | -27.7     | -31.7     | W, F |
| BL-13C | 19.9   | 24.0 | 32.4 | -20.8 | -30.1     | -32.2     | W, F |
| BLR-25 | 14.0   | 21.7 | 32.4 | +15.0 | +24.4     | +22.0     | W    |
| BLR-50 | 14.0   | 21.7 | 32.4 | +15.8 | +24.8     | +23.5     | W    |

\* W: Web Panel Buckling  
F: Flange Buckling