

鋼製ラーメン橋脚隅角部の耐震性能に関する 解析的研究*

(株)オリエンタルコンサルタンツ
名古屋大学

正員 中山 宏
正員 葛 漢彬† フェロー 宇佐美勉 正会員 葛西 昭

1. 緒言

本研究は、兵庫県南部地震により鋼製ラーメン橋脚隅角部を起点とした脆性亀裂が発生したことを受け、その発生メカニズムを解析的に解明することを目的としたものである。また、隅角部に生じるひずみ集中を低減する効果のある補強法の提案も行う。本論文では、構成則に修正二曲面モデルを用いた弾塑性有限変位解析により、繰り返し載荷時のひずみ進展状況を調べた結果について述べている。

2. 解析方法

本研究で用いた解析モデルは、1層1スパンの鋼製門形ラーメン橋脚の隅角部を想定して、図-1に示すような隅角部とその近傍の梁-柱部材を取り出した逆L型の隅角部モデルとした。また、断面は箱型断面とし、構造の対称性、及び荷重の逆対称性を考慮して断面の1/2部分を解析対象とした。

隅角部近傍では局部座屈が発生する可能性があるため、解析モデルにはその挙動を十分に把握できるように、隅角部から梁部材方向に $3D_c$ (D_c : 柱のウェブ幅)、柱部材方向に $3D_b$ (D_b : 梁のウェブ幅) の位置までシェル要素を用い、それ以外の梁、柱一般部ではり要素を用いる。なお、シェル要素とはり要素の結合部分には、相応する変位の適合条件を考慮して解析を行う。

解析方法については、柱側端部をピン支持、梁側端部をローラ支持として、梁側端部から図-1に示す載荷方向に変位制御で載荷を行う。その載荷プログラムを図-2に示す。この載荷プログラムは、文献1)~3)での方法と同様に圧縮側にのみ、1サイクルごとに降伏変位 δ_y ずつ梁、柱両端部の支承間変位が進むように繰り返し載荷を行うものである。

各解析モデルの断面諸元を表-1に示す。解析モデル C-eq-03 は文献1)に示す実験供試体 BL-B-1C と同様の断面諸元を有するものである。また、C-ch-02 は実橋脚を想定し、隅角部から $1.5D_c$ 、 $1.5D_b$ の位置までにあるウェブ、およびフランジの板厚を C-eq-03 モデルより 1.5 倍とした解析モデルである。

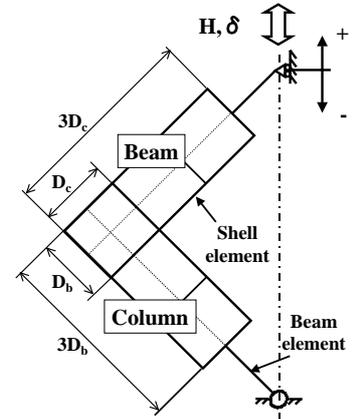


図-1 解析モデル

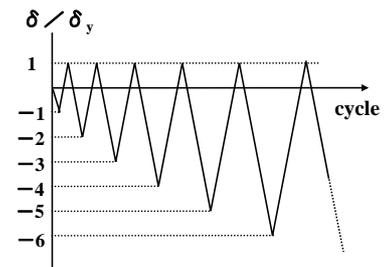


図-2 解析モデルの載荷プログラム

表-1 解析モデルの断面諸元

model	隅角部近傍 (mm)				梁、柱一般部 (mm)				幅厚比パラメータ			梁、柱の長さ L (mm)
	ウェブ		フランジ		ウェブ		フランジ		フランジ R_f	ウェブ R_w	隅角部 R_p	
	幅	板厚	幅	板厚	幅	板厚	幅	板厚				
C-eq-03	201.2	5.5	275.5	8.8	201.2	5.5	275.5	8.8	0.708	0.757	0.378	1000.6
C-ch-02	201.2	8.3	275.5	13.2	201.2	5.5	275.5	8.8	0.708	0.757	0.251	1000.6

3. 解析結果

本解析モデルの妥当性を検証するために、C-eq-03 モデルと実験結果の比較を行う。図-3に荷重-変位 ($H-\delta$) 関係を示す。この図からも分かるように、本解析結果と実験結果は精度良く一致し、本解析モデルの妥当性が検証できた。次に、このモデルから得られた隅角部近傍における柱内側フランジのひずみ分布図を図-4に示す。この図の上端は梁内側フランジと直交に交差する部分に位置している。この図をみると、両モデルともにコーナ部にひずみ集中が生じており、それ以外の部分ではひずみレベルが非常に小さくなっていることが分かる。また、各モデル別に見ると、隅角部近傍の板厚を厚くした C-ch-02 モデルの方が大きなひずみレベルに達していることが分かる。

4. 補強法の提案

隅角部近傍が繰り返し載荷を受けるとコーナ部にひずみ集中が生じることが解析より確認された。したがって、本研究では図-5に示すように、隅角部に円弧ハンチプレートを取り付けた構造によるひずみの低減効果を検証した。円弧ハン

* Key Words : steel beam-to-column connection, strain concentration, arc haunch plate

† 〒 464-8603 名古屋市千種区不老町 TEL 052-789-4485

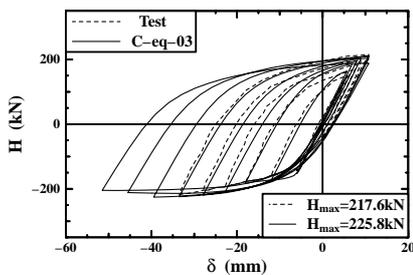


図 - 3 解析結果と実験結果の比較

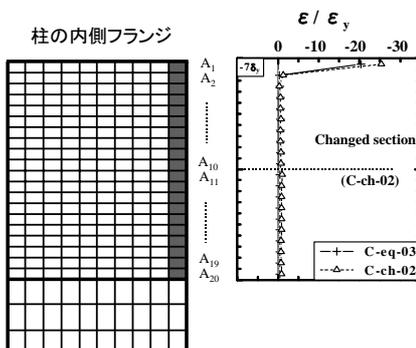


図 - 4 柱内側フランジのひずみ分布

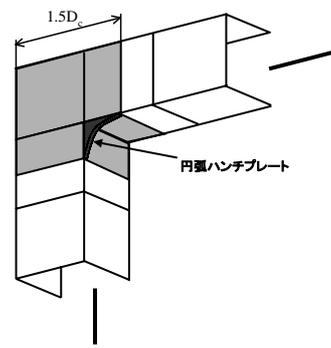


図 - 5 補強モデル

表 - 2 補強モデルの詳細

model	C-HS-300	C-HS-150	C-HL-150
詳細	$R=300\text{mm}$, SM490	$R=150\text{mm}$, SM490	$R=150\text{mm}$, 極低降伏点鋼

チプレートは隅角部の板厚を厚くした C-eq-02 モデルに取り付けて解析を行った。即ち、円弧ハンチプレートは隅角部の断面が厚くなった部分にのみ取り付けられた構造となっている。また、各モデルにおける円弧ハンチプレートの半径 R と使用鋼材についての詳細を表 - 2 に示す。

これらの解析モデルにより得られたひずみの低減効果を図 - 6 に示す。始めに、円弧ハンチプレートの効果について見ると、ひずみ集中部がコーナ部から円弧ハンチ端部に移動していることが分かる。次に円弧ハンチプレートに用いる半径 R の影響について検証してみると、 R を小さくしたことにより集中部のひずみレベルが $22.0 \epsilon_y$ (4.1%) から $10.2 \epsilon_y$ (1.9%) にまで低減されていることが分かる。この低減効果は、梁 - 柱間の応力伝達が滑らかに行われることによるものと考えられる。続いて、円弧ハンチプレートに用いる鋼材の影響について検証してみると、集中部のひずみレベルが $7.0 \epsilon_y$ (1.3%) にまで低減されていることが分かる。これは、極低降伏点鋼が構造物全体よりも早期に降伏するために、隅角部近傍の損傷が円弧ハンチプレートに集中し、構造物にひずみ集中が起きにくくなるためであると考えられる。

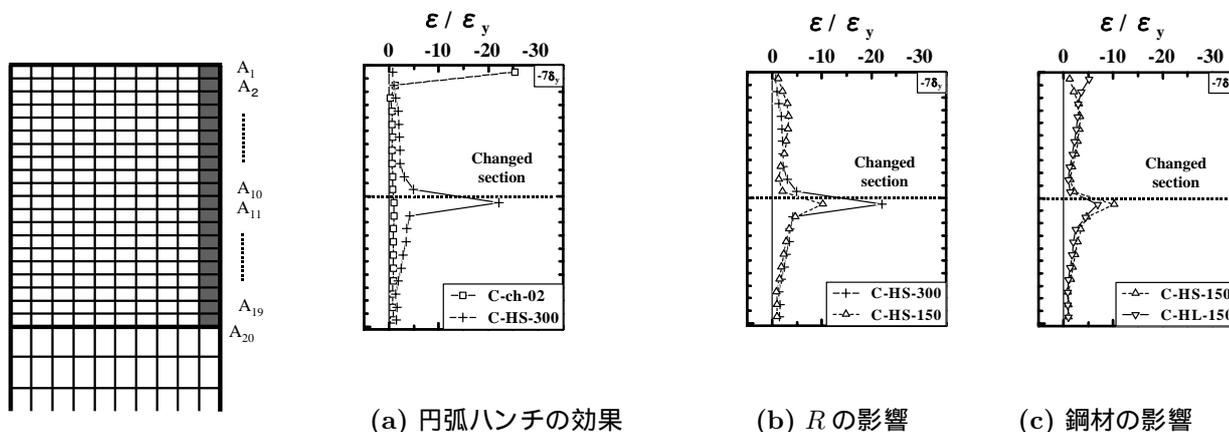


図 - 6 ひずみの低減効果

5. 結言

- 隅角部近傍における内側フランジでは、隅角部コーナ部にひずみ集中が生じ、そのひずみレベルは隅角部の板厚を厚くした場合ほど大きくなる傾向にある。
- 円弧ハンチプレートを用いることによりひずみ集中部はコーナ部から円弧ハンチ端部に移動した。また、円弧ハンチの半径 R を小さくし、さらに、鋼材に極低降伏点鋼を用いることにより十分なひずみ集中低減の効果が見られた。

参考文献

- 黄元燮, 西村宣男, 高津秀俊: 鋼製ラーメン橋脚隅角部の強度と変形能に関する実験的研究, 構造工学論文集, Vol.40A, pp.201-214, 1994年3月.
- 三木千寿, 四十沢利康, 穴見健吾: 鋼製橋脚ラーメン隅角部の地震時脆性破壊, 土木学会論文集, No.591/I-43, pp.273-281, 1998年4月.
- 山田尚之, 青木徹彦: 鋼製八角形断面柱を有するラーメン隅角部の静的および繰り返し強度特性に関する実験的研究, 構造工学論文集, Vol.42A, pp.197-205, 1996年3月.