

I - B101

繰り返し曲げを受ける鋼製ラーメン橋脚隅角部の変形能

大阪大学大学院 学生員 池内智行

大阪大学工学部 正 員 西村宣男

仁荷大学校 正 員 黄 元燮

1. まえがき 兵庫県南部地震などの巨大地震時での鋼製橋脚の挙動解明や変形能の評価法が必要とされている現在、鋼製橋脚を構成する隅角部が地震時に繰り返し曲げを受ける場合の挙動を明らかにする必要がある。鋼製ラーメン橋脚の隅角部の変形能に関しては、黄¹⁾が実験的に明らかにしている。黄は、隅角部におけるウェブパネルとフランジの面積比 S を 0.4～0.6 以下にし、さらに隅角部パネルの幅厚比パラメータ R_p を約 0.4 以下にすると隅角部パネルの崩壊形式をせん断降伏型とすることができ、隅角部の変形性能を十分確保できると結論づけている。本研究では、隅角部パネルの幅厚比パラメータ R_p に着目し解析的に鋼製ラーメン橋脚の繰り返し荷重下での挙動を明らかにする。

2. 解析モデル 解析には著者らの研究室で開発された弾塑性有限変位プログラムを用いた。まず、解析プログラムの妥当性を検証するため黄が行った実験と解析との比較を行った。黄の実験供試体は箱型断面のはり柱部材が直角に交差する L 字型の隅角部モデルである。解析には、実験供試体の対称条件を考慮して図-1 に示すようなモデルを用いた。黄が行った実験のうち崩壊形式がせん断降伏型である B1M 供試体とせん断座屈型である B2M 供試体について解析との比較を行った。B1M 供試体および B2M 供試体の解析モデルの諸元を表-1 に示す。なお、解析モデルには 8 節点アイソパラメトリックシェル要素を用い、構成式には BMC モデル(単調載荷曲線を基にした繰り返し塑性履歴を受ける鋼材の構成式)^{2),3)}を用いた。さらに、初期不正に関しては 1 パネルで sine 半波となるような初期たわみと圧縮側で $0.4\sigma_y$ となるような残留応力を考慮した。解析結果と実験結果の比較を図-2 に示す。図-2 において縦軸は強制変位を与えている点での反力、横軸は強制変位を与える点のピン支持方向の変位を表す。図-2 より B1M, B2M とともに実験と解析がよく一致を示しており、これにより解析プログラムの妥当性が確認できた。

3. 解析結果と考察 隅角部パネルの幅厚比パラメータ R_p の違いによる繰り返しせん断時の挙動の変化を調べるため、幅厚比パラメータ R_p をそれぞれ 0.30, 0.35, 0.40, 0.45 と変えて解析を行った。ここで、解析モデルは黄の B1M 供試体の板幅を変化させることにより幅厚比パラメータ R_p を調整した。幅厚比パラメータ

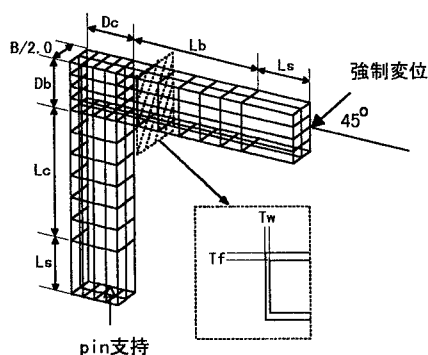


図-1 解析モデル

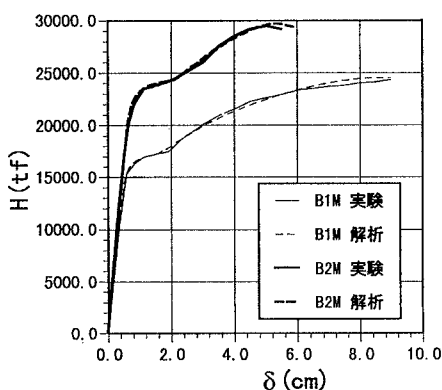


図-2 解析結果と実験結果の比較

表-1 解析モデルの諸元

解析モデル	B (cm)	Dc (cm)	Db (cm)	Lc (cm)	Lb (cm)	Ls (cm)	Tf (cm)	Tw (mm)	Flangeの材質	Webの材質
B1M	27.0	21.0	21.0	56.5	56.5	28.0	0.88	0.56	SM490	SS400
B2M	33.0	28.0	28.0	72.8	72.8	34.0	0.87	0.56	SM490	SS400

隅角部パネル、繰り返し曲げ、変形能、せん断座屈、幅厚比パラメータ

〒565 大阪府吹田市山田丘 2-1 TEL 06-879-7599 FAX 06-879-7601

タ R_p は以下の式で求められる。

$$R_p = \frac{d}{t_w} \sqrt{\frac{12(1-\nu^2)}{\kappa_p \pi^2} \frac{\tau_y}{E}} \quad (1)$$

ここで、 d :隅角部パネルの板幅、 t_w :隅角部パネルの板厚、 ν :ポアソン比(0.3)、 κ_p :座屈係数(9.34)、 τ_y :降伏せん断応力($\sigma_y/\sqrt{3}$)、 E :ヤング係数である。

まず、単調載荷時の挙動について調べるため解析を行った。図-3 に解析結果を示す。図-3 において縦軸は強制変位を与えている点での反力を降伏時の反力で無次元化した値、横軸に強制変位を与えている点での変位を降伏時の変位で無次元化した値を示す。図-3 より幅厚比パラメータ R_p が大きくなるにしたがい、最大強度が低下するとともに最大強度が発生する変位も小さくなっていることが分かる。この解析より、隅角部パネルの幅厚比パラメータが鋼製ラーメン橋脚隅角部の変形能に影響を及ぼす大きな要因であるといえる。次に繰り返し与える強制変位の振幅を降伏時の変位 δ_y の1倍、2倍、3倍、...と漸増させる解析を行った。図-4 に解析結果を示す。図-4 より、繰り返し載荷の場合も単調載荷時と同様に隅角部パネルの幅厚比パラメータが変形能に大きな影響を及ぼすことが分かる。図-5 に繰り返し載荷を行った解析結果より得られた包絡線を示す。ここで、包絡線とは繰り返し載荷時に強制変位を折り返した時点での荷重と変位をプロットしたものである。図-5 から分かるように漸増変位型の繰り返し載荷を降伏時の変位の6倍まで繰り返した場合、強度低下を起こさないのは隅角部パネルの幅厚比パラメータ R_p が0.30の解析モデルのみであった。

4. まとめ 黄が実験を行った供試体と同様の解析モデルを用いて解析を行った結果以下のようなことが分かった。①隅角部パネルの幅厚比パラメータ R_p は単調載荷時、繰り返し載荷時ともに鋼製ラーメン橋脚隅角部の変形能に大きな影響を与える。②隅角部パネルの幅厚比パラメータ R_p が0.3以下では漸増変位型の繰り返し載荷で強度低下を起こさず十分な変形能を得ることができる。

〈参考文献〉

- 1) 黄元燮:鋼製ラーメン橋脚隅角部の弾塑性挙動と限界状態照査法に関する研究, 大阪大学学位論文, 1993.
- 2) 西村宣男, 小野潔, 池内智行:単調載荷曲線を基にした繰り返し塑性履歴を受ける鋼材の構成式, 土木学会論文集, No. 513, pp. 27-38, 1995.
- 3) 水野英二, 宇佐美勉, 沈赤(討議者)/西村宣男, 小野潔, 池内智行(回答者):“単調載荷曲線を基にした繰り返し塑性履歴を受ける鋼材の構成式”への討議・回答, 土木学会論文集, No. 556, pp. 227-233, 1997.

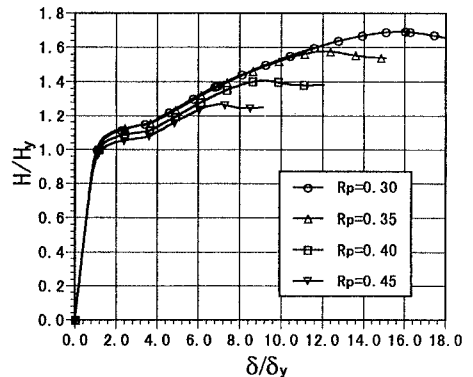


図-3 解析結果(単調載荷)

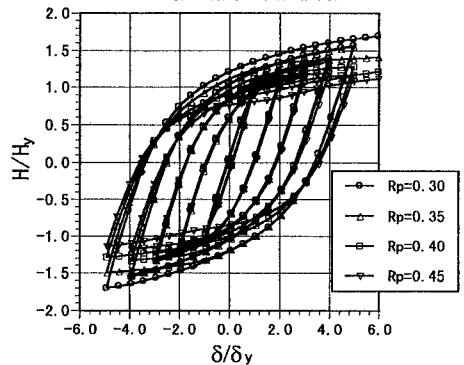


図-4 解析結果(繰り返し載荷)

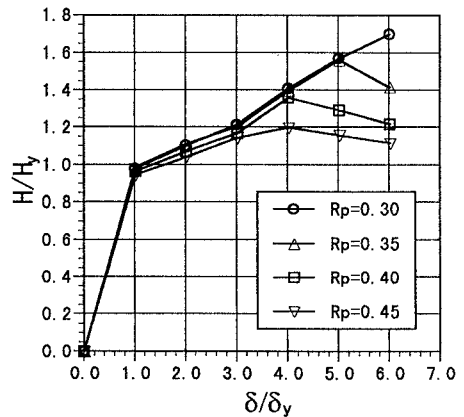


図-5 解析結果より得られる包絡線