

大阪大学工学部

学生員 ○大西 宵平

大阪大学大学院工学研究科

学生員 徳永 宗正

東京工業大学大学院理工学研究科

正会員 小野 潔

株式会社 IHI 開発部

正会員 岡田 誠司

大阪大学名誉教授

フェロー 西村 宣男

大阪大学大学院工学研究科

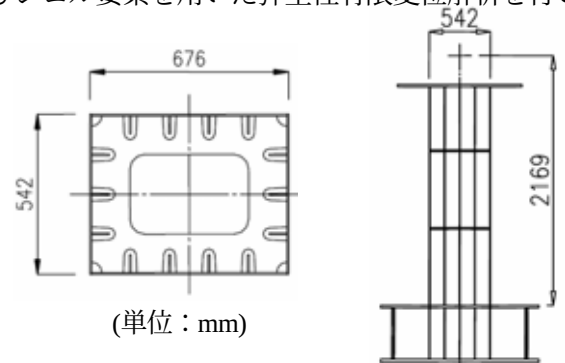
正会員 奈良 敬

1. はじめに

正方形断面を持つ鋼部材の耐震性能の全容は、既往の実験、研究^{1)~3)}により明らかにされてきているが、長方形断面を持つ鋼部材を対象とした研究は未だに少ないのが現状である。特に断面アスペクト比の違いが耐震性能にどの程度影響を及ぼすかについてアプローチした研究については、数体の実験⁴⁾⁵⁾が行われているのみであり、長方形断面鋼部材特有の耐震性能が明らかになっているとは言い難い。そこで本論文では、長方形断面を持つ SM490 材を用いた鋼部材を対象に、まず正負交番載荷実験およびシェル要素を用いた弾塑性有限変位解析を行い、長方形断面鋼部材の耐震性能を定性的に明らかにした。

2. 解析手法の妥当性の検証

弾塑性有限変位解析による手法は、解析が実挙動を確実に再現しているかの妥当性を検証する必要がある。そこで本検討では過去に著者らが行った実験⁵⁾と解析結果の比較を行うことでその妥当性を検証した。解析には弾塑性有限変位解析ソフト CYNAS を使用した。妥当性の検証の例として R80S-21-15 供試体を示す。図-1 に R80S-21-15 供試体の概略寸法図を、図-2 に R80S-21-15 供試体の実験結果と解析結果の水平荷重-水平変位関係の比較を示す。図-2 より、解析結果は実験結果を精度良く再現できていることがわかる。



(単位: mm)

図-1 R80S-21-15 概略寸法図

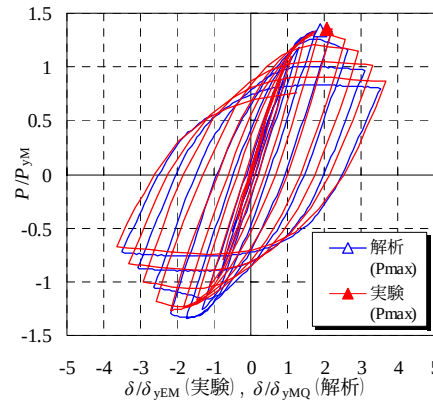


図-2 水平荷重-水平変位関係の比較

3. パラメトリック解析モデル

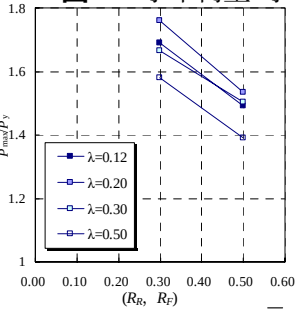
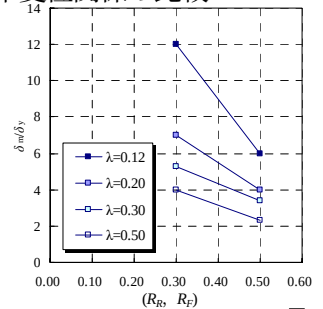
妥当性が確認されたシェル解析手法を用い、パラメトリック解析を実施した。解析モデルの鋼種は SM490Y 材とし、降伏応力度 σ_y を 355 N/mm^2 とした。解析には、 B_W/B_F , R_R , R_F , $\bar{\lambda}$ を構造パラメータとして変化させ、 B_W/B_F には 0.50, 0.75, 1.33, 2.00 の 4 通りと変化させた解析モデル合計 24 体を用いた。なお、軸力比 N/N_y は 0.15, リブ剛比 γ_l/γ_l^* は 1.00 程度、アスペクト比 α' は 1.00 に固定とした。

4. 解析結果

解析結果より、圧縮軸力と 1 軸曲げを受ける長方形断面鋼部材の $P_{\max}/P_y$ および δ_m/δ_y と R_R , R_F , $\bar{\lambda}$, B_W/B_F の相関について検討を行う。

a) 幅厚比パラメータ R_R , R_F , 細長比パラメータ $\bar{\lambda}$ の影響について

B_W/B_F を一定とした場合の、 (R_R, R_F) , $\bar{\lambda}$ と $P_{\max}/P_y$, δ_m/δ_y の

図-3 (R_R, R_F) および $\bar{\lambda}$ と $P_{\max}/P_y$ の関係図-4 (R_R, R_F) および $\bar{\lambda}$ と δ_m/δ_y の関係

関係をそれぞれ図-3, 図-4 に示す。図-3, 図-4 から, δ_m/δ_y に関しては, (R_R, R_F) , $\bar{\lambda}$ の増加により, $P_{\max}/P_y$ に関しては, (R_R, R_F) の増加により, 概ね減少が生じており, これは既往の研究と同様の傾向を示していることが分かる。しかし, $\bar{\lambda}$ と $P_{\max}/P_y$ はそれほど相関が見られないことが確認できる。

b) 断面アスペクト比 B_W/B_F の影響について

$R_R, R_F, \bar{\lambda}$ を一定として, B_W/B_F を変化させた場合の, B_W/B_F と $P_{\max}/P_y$, δ_m/δ_y の関係を図-5 に示す。図-5 から δ_m/δ_y に関しては, B_W/B_F と δ_m/δ_y は相関があまり無いように見られ, $P_{\max}/P_y$ に関しては, B_W/B_F と $P_{\max}/P_y$ は若干正の相関が確認できる。 B_W/B_F と δ_m/δ_y の相関が見られない理由としては, $\bar{\lambda}$ を一定とした場合でも, B_W/B_F が異なれば, 水平力載荷点高さ h も異なるため, 基部の圧縮パネルに作用する曲げモーメント分布が変化し, $\bar{\lambda}$ を一定としても部材の耐震性能が変化することが考えられる。よって, $\bar{\lambda}$ が同じ値であっても, B_W/B_F の影響と曲げモーメントの影響により, 耐震性能が異なることがわかる。そこで, 本論文では水平力載荷点高さが及ぼす影響を考慮するパラメータとして, 既往の研究で多用されてきた $\bar{\lambda}$ に変わり, 新しい耐震性能評価パラメータとして h/B' を用いて整理を行うことにした。 B' は式(1)に示すフランジ幅 B_F とウェブ幅 B_W の平均値である。

$$B' = \frac{B_F + B_W}{2} \quad (1)$$

$R_R, R_F, h/B'$ を一定として, B_W/B_F を変化させた場合の, B_W/B_F と $P_{\max}/P_y$, δ_m/δ_y の関係を図-6, 図-7 に示す。図から δ_m/δ_y , $P_{\max}/P_y$ 共に, B_W/B_F の増加により値が大きくなっていることが分かる。また, 図から h/B' が大きくなるほど (曲げモーメント勾配が小さくなるほど), $P_{\max}/P_y$, δ_m/δ_y が小さくなるという傾向も概ね確認できる。このように, 曲げモーメント勾配の影響を取り除いた形で整理を行うと, 鋼部材の耐震性能を適切に評価できると考えられる。

5. まとめ

本稿では正負交番載荷実験, シェル解析を基に構造パラメータが長方形断面鋼部材の耐震性能に与える影響について検証した。以下に結論の概要を示す。

- 解析によって得られた最大荷重および最大荷重時変位と各パラメータとの相関を明らかにし, 水平力載荷点高さの影響を含むパラメータとしては, 細長比パラメータよりも, h/B' の方が適切に長方形断面鋼部材の耐震性能を評価できることを確認した。

【参考文献】 1)建設省土木研究所, 首都高速道路公団, 阪神高速道路公団, 名古屋高速道路公社, 鋼材倶楽部, 日本橋梁建設協会: 道路橋脚の地震時限界状態設計法に関する共同研究報告書(Ⅰ)~(Ⅷ)(総括編), 共同研究報告書第 219 号, 1999. 2)深谷茂広, 小野潔, 沈赤, 村越潤, 西川和廣: 矩形断面鋼製橋脚の正負交番載荷実験を基にした曲げ-曲率関係の検討, 構造工学論文集 Vol.46A, pp.1363-1374, 平成 12 年 3 月. 3) 葛漢彬, 宇佐美勉, 高聖彬: 鋼製補剛箱形断面橋脚の繰り返し弾塑性挙動に関する解析的研究, 構造工学論文集 Vol.46A, pp.109-118, 平成 12 年 3 月. 4) 保高篤司, K.A.S. Susantha, 青木徹彦, 野村和弘, 高久達将, 熊野拓志: 長方形断面鋼製橋脚の耐震性能に関する実験的研究, 構造工学論文集 Vol.49A, pp.381-392, 平成 15 年 3 月. 5) 岡田誠司: 高軸力が作用する矩形断面鋼部材の耐震性能および評価手法に関する研究, 大阪大学博士論文, 平成 17 年 1 月

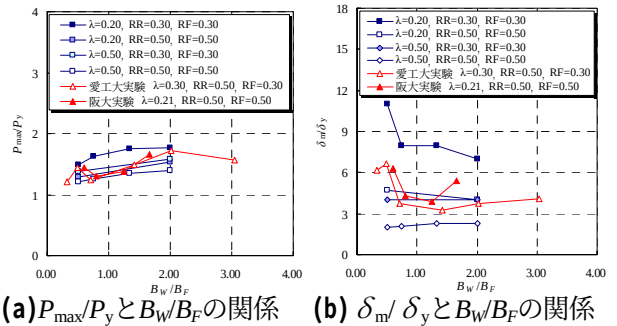


図-5 $\bar{\lambda}$ を一定とした場合の B_W/B_F と $P_{\max}/P_y$, δ_m/δ_y の関係

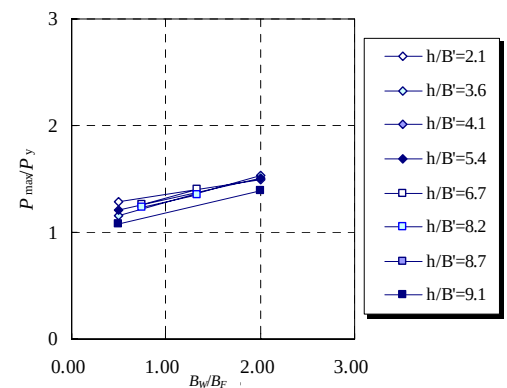


図-6 h/B' を一定とした場合の B_W/B_F と $P_{\max}/P_y$ の関係

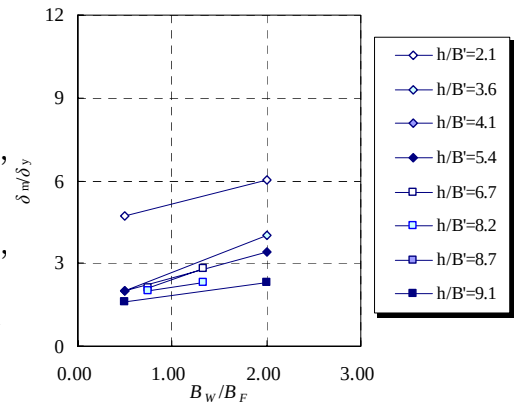


図-7 h/B' を一定とした場合の B_W/B_F と δ_m/δ_y の関係