

## SM570 鋼材を用いた鋼製補剛箱形断面橋脚の繰り返し弾塑性解析

名城大学大学院 学生会員 ○辛 燁超  
 名城大学 学生会員 鈴木 元哉

大和リース 宇津宮直幸  
 名城大学 フェロー 葛 漢彬

## 1. 緒言

これまでに鋼製橋脚の主要パラメータの影響や耐震性能の評価などの有用な知見が数多くの繰り返し載荷実験及び解析より得られ、耐震設計法の高度化に寄与されてきた。しかし、近年 SM570 材を用いた鋼製橋脚の需要が高まる中、SM570 材に対する耐震性能が明らかにされていない。一般に高強度鋼材の降伏応力は高いが、降伏から破断までの変位が短く、変形能は劣るという特徴がある。そこで本研究では、SM570 材を用いた鋼製補剛箱形断面橋脚を対象に繰り返し弾塑性解析を行い、SM570 材に適用可能な耐震性能の評価式を提案する。

## 2. 解析概要

解析は汎用有限解析プログラム ABAQUS を用い、構成則を修正二曲面モデルとして、柱頂部に一定鉛直荷重  $P$  と水平方向に繰り返し変位  $\delta$  を与えて行う。構造諸元は鋼製橋脚の耐震性能における主要パラメータである幅厚比パラメータ  $R_f$  を 0.25, 0.35, 0.45, 細長比パラメータ  $\bar{\lambda}$  を 0.25, 0.35, 0.45, 軸力比  $P/P_y$  を 0.15, 0.30 とそれぞれ変動させ、さらに耐震性能における鋼種違いの影響の比較のため、文献 1) での 1 解析ケース (SM490 材,  $R_f=0.35$ ,  $\bar{\lambda}=0.35$ ,  $P/P_y=0.15$ ) を含めた計 19 ケースを用いた。なお、解析モデルにおいて、局部座屈は柱基部近辺に発生することから、図 - 1 に示すように、柱基部はシェル要素、残りの柱上部は、はり要素を用いた。ダイアフラムは、シェル要素を用いた板パネルの区間に縦横比  $\alpha = 0.5$  となるように配置する。解析に用いた断面は図 - 2 に示すように、それぞれの辺に 2 本の補剛材を有しており、 $b$ =フランジ及びウェブ幅の中心間距離、 $t$ =板厚、 $b_s$ =補剛材の幅、 $t_s$ =補剛材の板厚である。また、はり要素の断面は等価無補剛箱形断面とする。

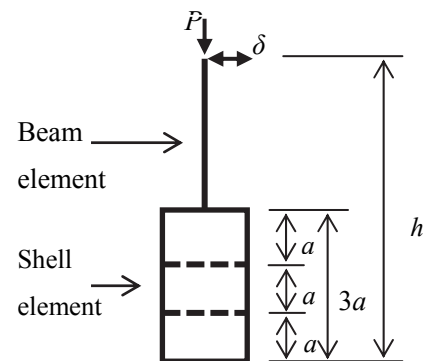


図-1 解析モデル概要

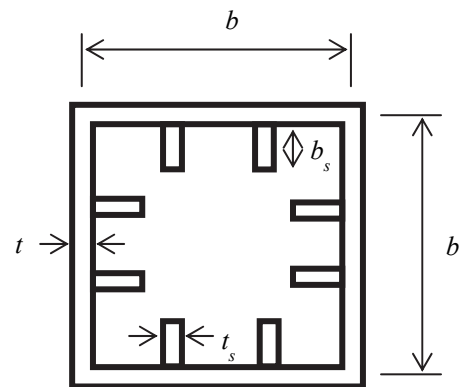


図-2 補剛箱形断面

3. 幅厚比パラメータ  $R_f$  の影響

幅厚比パラメータ  $R_f$  の影響を調べるために  $\bar{\lambda}=0.25$ ,  $P/P_y=0.15$  における解析結果を図 - 3 (a) に示す。グラフは縦軸を降伏水平荷重  $H_y$ , 横軸を降伏水平変位  $\delta_y$  で無次元化している。解析結果より  $R_f$  が大きくなるに従って耐力低下が早まる傾向が見られ、耐震性能に及ぼす影響が確認できた。

4. 細長比パラメータ  $\bar{\lambda}$  の影響

幅厚比パラメータ  $\bar{\lambda}$  の影響を調べるために  $R_f=0.25$ ,  $P/P_y=0.15$  における解析結果を図 - 3 (b) に示す。解析結果より  $R_f$  と同様に  $\bar{\lambda}$  が大きくなるに従って耐力低下が早まる傾向が見られ、耐震性能に及ぼす影響が確認できた。ただし、 $\bar{\lambda}$  は  $R_f$  に比べて耐震性能に及ぼす影響は小さい。

5. 軸力比  $P/P_y$  の影響

軸力比  $P/P_y$  の影響を調べるために  $R_f=0.25$ ,  $\bar{\lambda}=0.25$  における解析結果を  $H_y$ ,  $\delta_y$  で無次元化した場合、最大荷重の大きさが低く、 $P/P_y$  の影響であるとは確認できなかった。そこで、軸力を考慮していない水平降伏荷重

キーワード SM570 鋼材 繰り返し弾塑性解析 修正二曲面モデル 補剛箱形断面

連絡先 〒468-8502 名古屋市天白区塩釜口 1-501 名城大学理工学部社会基盤デザイン工学 TEL 052-838-2342

$H_{y0}$  ( $P=0$  と置いて求めた) と対応する水平降伏変位  $\delta_{y0}$  で無次元化した解析値を図-3(c)に示す。この場合、 $P/P_y$ が高いほど最大荷重が低く、最大荷重後の耐力低下も激しいことが確認できた。

## 6. 耐震設計のための近似式

既往の研究では文献1)において実験及び解析から SM490 材を用いた鋼製補剛箱形断面橋脚の耐震性能に関する近似式が提案された。そこで本研究では文献1)の提案式が SM570 材を用いた場合でも適用可能か検証した。なお、SM490 材に対応した各提案式については文献1)を参照されたい。実験及び解析より得られた提案式に本解析結果を用いた場合ある程度の精度で耐震設計が可能であるが、高強度鋼材を用いた場合の耐震設計は、より精度を高くする必要がある。

新たに提案した SM570 材を用いた鋼製補剛箱形断面橋脚の耐震性能の近似式を以下に示す。ここで、 $S$ =標準偏差、 $\bar{\lambda}'_s$ =補剛材の細長比パラメータである。

$$\frac{H_{\max}}{H_y} = \frac{0.16}{(R_f \bar{\lambda} \bar{\lambda}'_s)^{0.5}} + 1.20 \quad (S=0.07) \quad (1)$$

$$\frac{\delta_m}{\delta_y} = \frac{0.13}{R_f \sqrt{\bar{\lambda} \bar{\lambda}'_s}} + 1.50 \quad (S=0.59) \quad (2)$$

$$\frac{\delta_{95}}{\delta_y} = \frac{0.19}{(1+P/P_y) R_f \sqrt{\bar{\lambda} \bar{\lambda}'_s}} + 2.20 \quad (S=0.64) \quad (3)$$

( $0.25 \leq R_f \leq 0.45$ ,  $0.25 \leq \bar{\lambda} \leq 0.45$ ,  $0.0 \leq P/P_y \leq 0.3$ ,  $\gamma/\gamma^* \geq 3.0$ )

本解析より得られた全ての結果を最大荷重  $H_{\max}/H_y$ 、最大荷重時変位  $\delta_m/\delta_y$ 、最大荷重の95%まで荷重が降下した時の変位  $\delta_{95}/\delta_y$  の経験式にそれぞれ代入した。図-4より  $H_{\max}/H_y$

について SM570 における  $P/P_y=0.15$  は近似式の平均値曲線 ( $M$  curve) と標準偏差を差し引いた曲線 ( $M-S$  curve) の間にあり精度よくプロットできている。また、SM570 の  $P/P_y=0.30$  および SM490 の解析値を若干安全側で評価するものの、近似曲線は全般的に良く模擬している。 $\delta_m/\delta_y$  については全てのケースでやや安全側に評価し、近似式をよく模擬できている。 $\delta_{95}/\delta_y$  については全ての解析値に高精度で模擬する評価式となっている。

## 7. 結言

本研究では SM570 鋼材を用いた鋼製補剛箱形断面橋脚の繰返し弾塑性解析を行い、幅厚比パラメータ  $R_f$ 、幅厚比パラメータ  $\bar{\lambda}$ 、軸力比  $P/P_y$  が耐震性能に与える影響を解析的に検討した。また、SM570 鋼材を用いた耐震設計の近似式を新たに提案した。今後は、補剛材剛比及び縦横比を変化させて繰返し弾塑性解析を行い、近似式の適用範囲を拡大し、提案した近似式の妥当性を実験から検証する必要がある。さらに、はり解析による簡易照査法の検討を行い、実用的な耐震設計を可能にする必要がある。

## 参考文献

1) 葛漢彬, 宇佐美勉, 高聖彬: 鋼製補剛箱形断面橋脚の繰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, 2000.

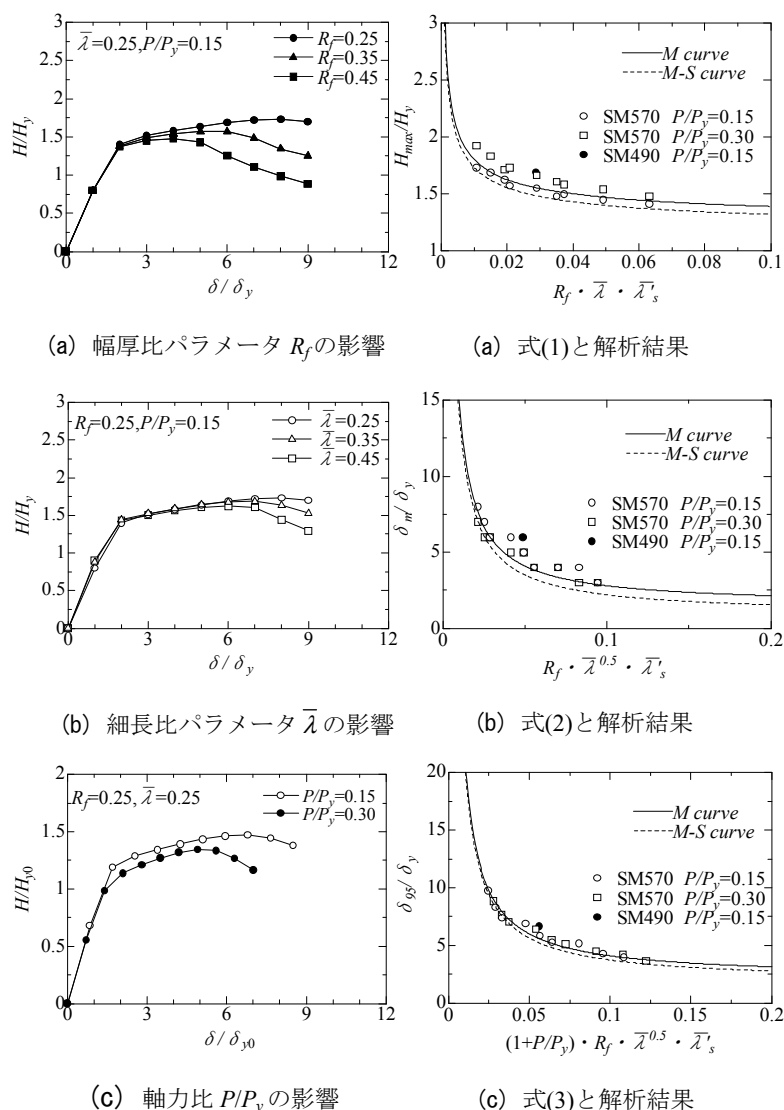


図-3 主要パラメータの影響

図-4 提案式と解析結果の比較