部分係数設計法による
プレートガーダーの設計について

東北学院大学工学部　学生員　新藤裕太
東北学院大学工学部　正　員　中沢正利

1.　まえがき

現在の鋼構造の分野では，許容応力度設計法に代わる設計法として，信頼性設計の考え方を基礎とする部分係数設計法の導入が進められている．しかし，部分係数設計法の導入には現行設計法との整合性の確保や，信頼性指標 β や部分係数の算出に用いるデータの不足など検討すべき課題も多い．本報告ではまず，許容応力度設計法により非合成プレートガーダー橋 (以下 PG) を試設計し，現行の許容応力度設計法がどの程度の信頼性指標 β を有しているかを明らかにする．また，算定結果や土木研究所の見解を踏まえて目標信頼性指標 β_T を決定する．次に，目標信頼性指標 β_T および荷重・抵抗に関する確率変数の統計量を用いて，現実的な部分抵抗係数 γ_R の値を算定する．最後に，決定した目標信頼性指標 β_T および部分係数を用いて部分係数設計法により PG を再設計し、載設計後の PG 断面における信頼性指標 β と目標信頼性指標 β_T との関係について報告する．

2.　許容応力度法による PG の試設計

3 主桁非合成 PG 橋を、スパン 30，40，50m の計 3 ケースについて試設計した。このとき，曲げ応力度を許容応力度を越えず，かつ 95 %以内とする条件で設計している．図-1に全スパン共通の設計断面を示す。

3.　各種性能関数

非合成 PG 橋の主桁の終局強度に関する安全性を確率論により示すため，性能関数 Z を以下のように定義する．

$$Z = R - S = R - (D + L) = \mathrm{g}(x_1, x_2, \cdots, x_n) = 0 \quad (1)$$

ここで R，S，D，L はそれぞれ抵抗，荷重，死荷重，活荷重を表す統計量であり、材料強度や部材強度および材料重量などの確率変数 $x_1, x_2, \cdots, x_n$ で構成され、μ_{xi}，σ_{xi} の平均および標準偏差が分かっているものとする。主桁の強度には以下に示す 4 種類の性能関数を考慮する。

1) 腹板のせん断強度：

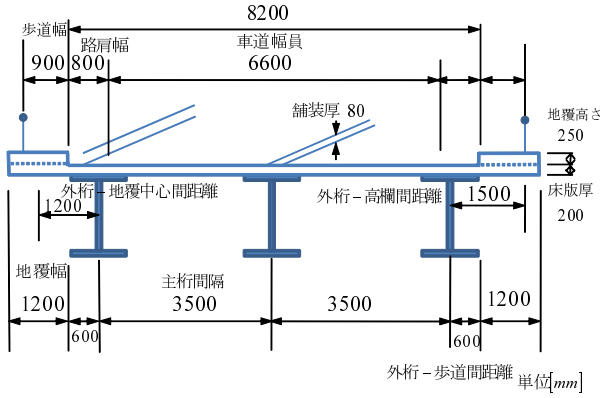
$$Z = \frac{\sigma_Y}{\sqrt{3}} \cdot A_w - (S_D + S_L) = x_1 \cdot x_2 - (x_3 + x_4) \quad (2)$$

ここで，σ_Y：鋼材の許容応力度 (N/mm^2)，A_w：ウェブ断面積 (mm^2)，S_L：活荷重によるせん断力 (N)，S_D：死荷重によるせん断力 (N) である．

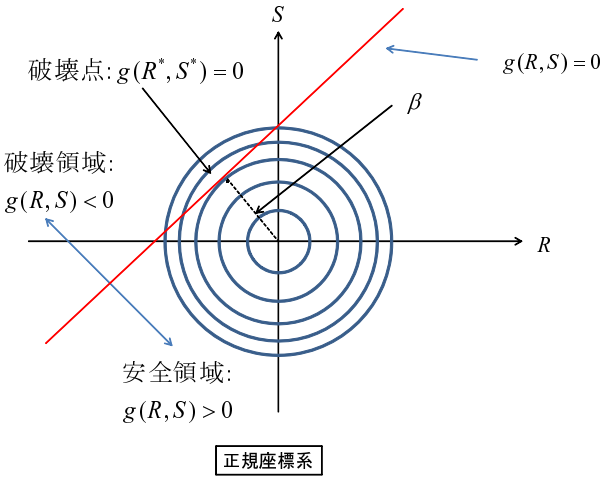
2) 桁の曲げ降伏強度：

$$Z = \sigma_Y \cdot \left(\frac{I}{y_c}\right) - (M_D + M_L) = x_1 \cdot x_2 - (x_3 + x_4) \quad (3)$$

ここで，I：断面 2 次モーメント (mm^4)，y_t：最縁距離 (mm)，M_L：活荷重による曲げモーメント (N・mm)，M_D：死荷重による曲げモーメント (N・mm) である．



図–1　非合成 PG 橋の断面



図–2　正規座標系における信頼性指標 β のイメージ

3) 桁の横倒れ座屈強度：

$$\begin{aligned} Z &= \sigma_Y \cdot \left(\frac{I}{y_c}\right)\left(\frac{\sigma_{cr}}{\sigma_Y}\right) - (M_D + M_L) \\ &= x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 - (x_4 + x_5) \end{aligned} \quad (4)$$

ここで、σ_{cr}/σ_Y は横倒れ座屈パラメータの関数である。

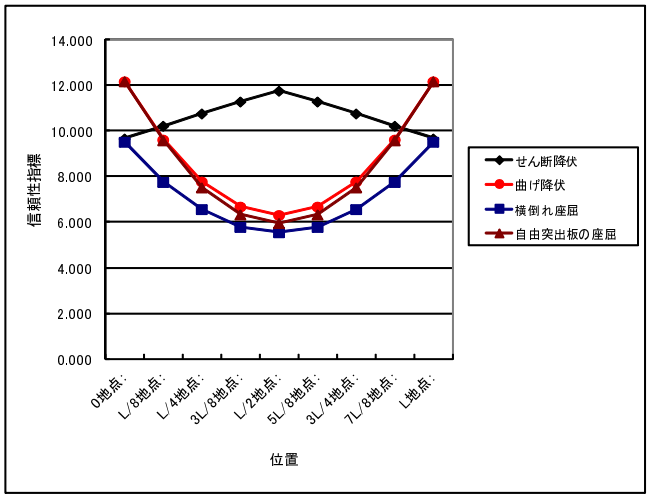
4) 圧縮フランジの自由突出板の座屈強度：

$$\begin{aligned} Z &= \sigma_Y \cdot \left(\frac{I}{y_c}\right)\left(\frac{\sigma_{cr}}{\sigma_Y}\right) - (M_D + M_L) \\ &= x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 - (x_4 + x_5) \end{aligned} \quad (5)$$

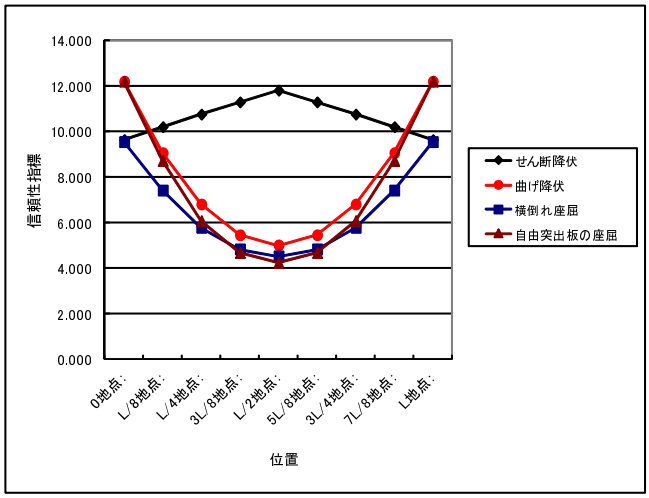
ここで、σ_{cr}/σ_Y は自由突出板幅厚比 R の関数である。

図-3に代表例としてスパン 30m とした場合の信頼性指標 β を示す．この図より，どの限界状態に対しても信頼性指標 β が 5.0 以上の値が確保されていることが読み取れる．

Key Words: *Partial Factor Design Method, Plate Girder, Trial Design, Reliability Index*
〒985-8537　多賀城市中央一丁目 13-1・TEL 022-368-7444・FAX 022-368-7070



図–3 信頼性指標 β のスパン方向分布 (スパン長 30m)



図–4 信頼性指標 β のスパン方向分布 (スパン長 30m, $\beta_T = 4.0$)

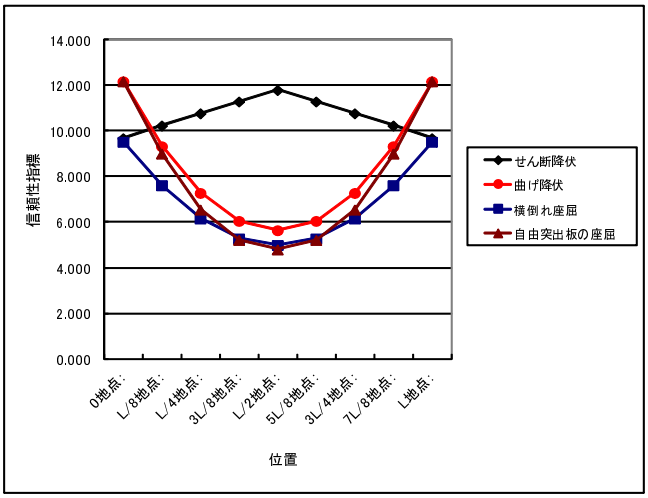
4. 部分係数設計法

部分係数設計法の照査式は

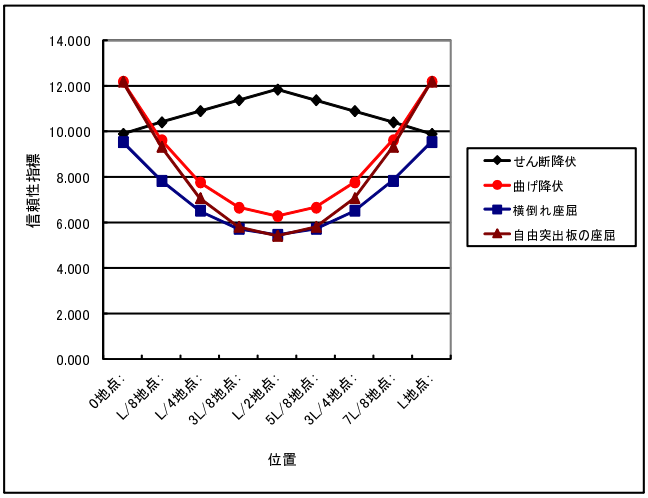
$$\gamma_R R \geq (\gamma_D D + \gamma_L L) \tag{6}$$

と表される．ここで，死荷重係数 γ_D=1.05，活荷重係数 γ_L=1.1 と設定する．また，図-3に示す信頼性指標 β の傾向をもとに目標信頼性指標 β_T を 4.0， 5.0， 6.0 と仮定すると，部分抵抗係数 γ_R はそれぞれ 0.667， 0.742， 0.807 と算出される．

これら部分係数を用いて，部分係数設計法により PG 断面を再設計する．このとき，自由突出板の座屈に対して荷重項が抵抗項の 99 %以内となるように設計している．図-4〜6には，目標信頼性指標 β_T=4.0， 5.0， 6.0 と設定したそれぞれの場合の信頼性指標 β の分布を示す．フランジ幅が大きくなるにつれて， β の数値が上昇する横倒れ座屈の強度と β の数値が下降する自由突出板の強度が，ほぼ同等の性能を有するようにフランジ幅を設定することで，結果として目標信頼性指標 β_T の値が大きくなるほど，双方の信頼性指標 β が目標信頼性指標 β_T よりも小さな値を示している．



図–5 信頼性指標 β のスパン方向分布 (スパン長 30m, $\beta_T = 5.0$)



図–6 信頼性指標 β のスパン方向分布 (スパン長 30m, $\beta_T = 6.0$)

5. 結論

(1) 許容応力度設計法により設計した場合，全ての限界状態に対して信頼性指標 β は 5.0 以上の値が確保されている．

(2) 部分係数設計法において，自由突出板の座屈に対して荷重項が抵抗項の 99 %以内となるように設計すると，フランジ幅が大きくなるにつれて， β の数値が上昇する横倒れ座屈の強度と β の数値が下降する自由突出板の強度が，ほぼ同等の性能を有するようにフランジ幅を設定することで，結果として標信頼性指標 β_T の値が大きくなるほど，双方に対する信頼性指標 β が目標信頼性指標 β_T よりも小さな値を示す．

参考文献

鋼道路橋の部分係数設計法に関する検討ー鋼桁橋の照査項目を対象とした信頼性指標 β の評価と抵抗係数設定に関する検討ー，土木研究所資料第 4141 号, 平成 21 年 3 月.