

プレートガーダーの終局限界状態設計のための部分安全係数，強度式の比較考察

建設構造研究室 小黒 桂介
指導教官 長井 正嗣
岩崎 英治

1. はじめに

現在，(社)日本道路協会の発行する道路橋示方書¹⁾による鋼橋の設計は許容応力度設計法に基づいている．この規定は我が国では最も上位のもので法的責任を伴う．2002年になって性能照査規定，つまり要求性能を自由な形で保障する照査手法が導入されたが，実質的にはこれまでとほとんど変化はない．そして現在，複数の限界状態を照査する限界状態設計法，その具体的な照査方法として複数の部分安全係数を含む荷重抵抗係数設計法の導入検討が開始され，5年後の完成を目指している．この設計法は国際的な流れであり，海外から遅れること約20年，我が国もようやくこの種設計法への移行に踏み出そうという状況にある．

本研究では，連続合成桁の終局限界状態を対象とした設計フォーマットを提案する．連続合成桁に着目するのは，近年，公共事業コスト縮減要請のなかで，この形式が経済的なタイプとして認識が高まり，急速に復活し，建設が増大する状況にあるためである．また，連続合成桁を対象とした限界状態設計用のフォーマットが数少ないという状況にあるためである．

さて，これまで30年間，プレートガーダーの曲げ，せん断強度について，数多くの研究成果が公表されているものの，まったく実務に適用されていない．本研究では，これまでの提案公式を用い，強度の大小関係を明らかにする．

最後に，部分安全係数，とくに荷重係数を複数仮定し，また種々の強度式を用いることで，どの程度の差異が生じるものかを明らかにし，今後の

部分安全係数の設定や強度式の設定のための一資料とする．

2. 照査式の断面力表示法

桁断面はそれを構成する鋼板の幅と厚みの比に応じて，全塑性モーメントを終局強度とするコンパクト断面，弾塑性座屈強度または材料の降伏点のうち小さい方を終局強度とするセミコンパクト断面，弾性座屈を終局強度とするノンコンパクト断面に区別されるが，本研究では，現状多用されているセミおよびノンコンパクト断面を対象を限定する．

活荷重合成桁は完成までに構造系および照査系が鋼桁のみの場合と合成桁の2段階となることから，式(1)に示すように，まず応力表示の式を出発点とし，これを式(2)のように断面力表示式に置き換える．ここで， S^* が作用断面力， R^* が断面力表示の強度である．

$$\Sigma \sigma \leq \sigma_a = \sigma_U / \gamma \quad (1)$$

$$\gamma_i \frac{\Sigma \gamma_a S_i^* (\gamma_f F_k)}{R_i^* (f_k / \gamma_m) / \gamma_b} \leq 1.0 \quad (2)$$

3. 計算モデル

計算に採用したモデル，3径間連続合成2主1桁橋を図-1に示す．また，照査断面及び負曲げモーメント領域詳細を図-2に示す．

本研究では中間支点部の負曲げモーメント領

域を検討対象とする。この領域は、終局時にコンクリートがひび割れて鋼桁のみの状態となる。横方向に拘束された長さ6.25m 区間に等曲げモーメントが作用するものとして検討する。断面は、現行の設計法で決定されており、発生応力度は許容値とほぼ等しい状態となっている。

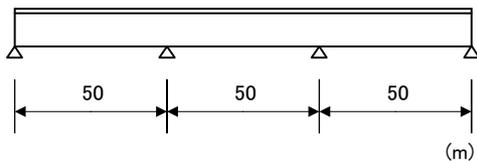


図-1 3径間連続合成2主1桁橋

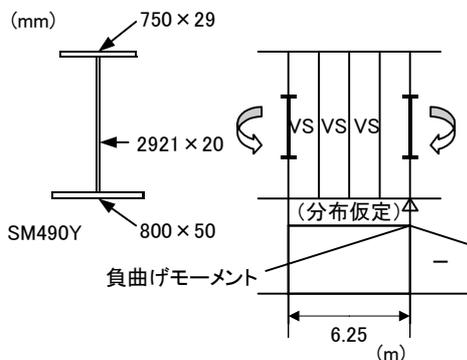


図-2 断面及び負曲げモーメント領域

評価式	σ_u (N/mm ²)
道示	323
三上式	312 (97%)
PART-A	325 (101%)

表-1 曲げ強度の比較

4. 終局強度式の比較

4.1 終局強度式

既に提案されている曲げ、せん断強度に関する強度式をピックアップし、あわせて比較を行う。

曲げ強度式については、道路橋示方書¹⁾(以後、道示と呼ぶ)、三上式²⁾、設計指針 PART-A³⁾を比較の対象とする。また、せん断強度については、

Basler 式⁴⁾、奈良式⁵⁾を対象とする。

4.2 検討結果

計算結果より、それぞれの強度(応力表示)は表-1のようにまとめられる。

これより、三上式が多少低い強度を与えるが、3つの評価法とも近い値となることがわかった。三上式は、腹板の曲げ強度の影響を含んだ形での1桁全体の曲げ強度を与えるが、本計算では水平補剛材なし(実際には1段あり)として計算したことが影響している可能性がある。他の2つの方法は、道示¹⁾に準じて、別途腹板の曲げ強度を照査する必要がある。

いずれにしても、評価式に起因する強度の差異は小さいことがわかった。

5. 部分安全係数()の変化による安全性の評価比較

5.1 部分安全係数

現在のところ、鋼橋設計は許容応力度をベースとしており、種々の部分安全係数をどのように設定するかについては明確でなく、今後設定に向けた検討が行われるものと考えられる。また、本研究の目的は部分安全係数を設定することではなく、今後の設定作業の一助とすべく、部分安全係数を変化させた場合の安全性の度合いがどの程度変化するかを検討しようというものである。

また、荷重抵抗係数設計法において、複数の部分安全係数のうち、 γ_i (構造物係数)、 γ_a (構造解析係数)、 γ_m (材料係数)、 γ_b (部材係数)の4つは1.0と固定し、荷重係数 γ_f の影響のみを対象に検討を行う。 γ_f を死荷重に作用させる係数(α)と活荷重に作用させる係数()の分解して、それぞれを変化させて検討を行う。

5.2 荷重係数の仮定

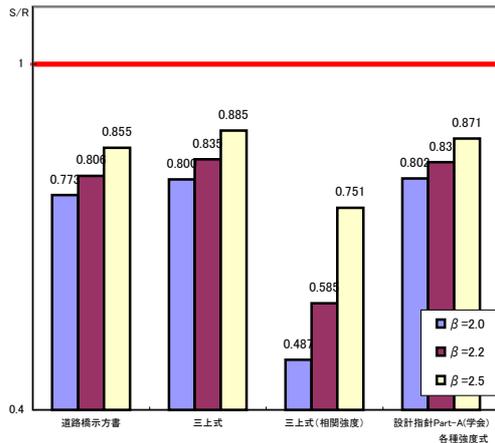
具体的には、 $\alpha=1.1, 1.3$ の2ケース、

=2.0, 2.2, 2.5 の3ケースを扱う。

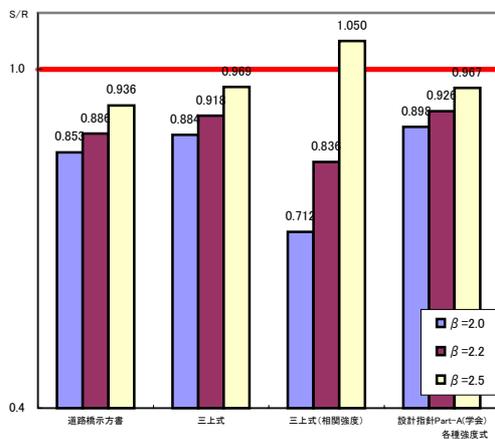
作用 S は,

$$S = \alpha(M_{D1} + M_{D2} + M_{SH} + M_{CR}) + \beta M_{L+i} \quad (3)$$

と定義される。



(a) =1.1



(b) =1.3

図-3 作用応力/限界応力

5.3 検討結果

図-3の(a), (b)に, =1.1, 1.3の場合(作用応力/限界応力)を強度式及び をパラメータとして示す。

死荷重に対する荷重係数 $\alpha = 1.1$ とすれば, どの

照査式でも =2.5 としても安全性は確保されることになる。道示による照査(許容応力度設計: 安全係数=1.7)の場合, 許容応力ぎりぎり断面決定されているが, このケースは, =2.5の場合でも $S/R=0.85$ 程度となって, 断面の小型化が可能となる。

また, 三上式でも十分な余裕が生じることになる。

$\alpha = 1.3$ とした場合, 道示, PART-A の照査では, =2.5の場合でも, $\max.(S/R) = 0.96$ となり, 現行断面設定に対して多少小型化した断面設計が可能となる。一方, 三上式の場合は, 同じ荷重係数の組み合わせでは, 安全性が確保できないが, S/R の比は 1.05 程度で大幅な超過ではない。

6. 結論

本研究で得られた結果を要約すると以下のようになる。

- (1) 曲げ強度の評価に当り, 現行道示, 三上式, 学会設計指針 PART-A を用いた数値の比較を行ったが 3者で大きな差異は生じなかった。
- (2) 三上式は腹板の曲げ強度を考慮した桁全体の強度評価式で, 他の2つの方法は腹板の曲げ強度について別途照査が必要となる。将来的には, 三上式のような桁全体としての強度を評価できる手法が好ましいと考える。
- (3) 荷重係数(部分安全係数)を死荷重, 活荷重用に分離し, 例えば, 死荷重に対する荷重係数を 1.1 とすれば, 活荷重の荷重係数として 2.5 を考慮しても, 現行に比べて断面の小型化が可能となる。
- (4) 死荷重に対する荷重係数を 1.3 とした場合, 活荷重に対する係数が 2.5 の場合で, 現行設計よりほぼ同じ断面設計となる。活荷重に対する荷重係数を 2.0 にすると, (S/R) が 0.85 ~ 0.9 となり更に断面の小型化が可能となる。
- (5) 断面決定には, 提案されている強度評価の

差異の影響より，荷重係数の設定の影響が大きい

7. 参考文献

- 1) (社)日本道路協会：鋼道路橋示方書・同解説，共通編，鋼橋編，2002
- 2) 三上市蔵，木村泰三，山里靖：設計のためのプレートガーダーの終局強度の算定法，構造工学論文集，土木学会，Vol.35A，pp.511-522，1989
- 3) 土木学会：鋼構造物設計指針，PART-A(一般構造物)，鋼構造シリーズ 9A，1997
- 4) Basler, K.: Strength of plate girders in shear, Journal of Structural Division, ASCE, Vol.87, No.ST7, pp.151-180, 1961
- 5) 奈良敬，出口恭司，福本秀士：純せん断応力を受ける鋼板の極限強度特性に関する研究，土木学会論文集，No.392/I-9，pp.265-271，1988