

消音鋼板を用いた桁の耐荷力算定法

(株) 神戸製鋼所 正員 ○ 滝本 哲四郎

(株) 神戸製鋼所 正員 三 村 裕 一

(株) 神戸製鋼所 正員 森脇良一

1. まえがき 鋼橋における騒音対策用材料のひとつとして、高分子樹脂を2枚の鋼板ではさんだ形の消音鋼板がある。この消音鋼板を桁の強度部材として使用することができれば、桁自体の振動により発生する騒音の音源対象としての効果が期待しうるとの観点から、これまで、この消音鋼板を桁の腹板に使用した場合の力学的特性および騒音に対する効果について、種々の研究結果を踏えて検討してきた。消音鋼板と腹板として使用する場合、腹板の座屈に対する安全性とともに、桁自体の極限強度に対する安全性が確認される必要があり、そのため、極限強度を評価する何らかの算定法が必要となる。そこで本研究では、この算定法について述べ、ついで、これまでの実験値と本算定法による計算値とを比較した結果について報告するものである。

2. 耐荷力算定法の概要 普通鋼板を使用したプレートガーダーの耐荷力算定法としては、AISC等の規準の拠り所となったK. Baslerの理論をはじめとして、数多くの研究が、これまでに発表されている。本研究においては、筆者らが既に発表したプレートガーダーの耐荷力算定法<sup>6)</sup>を基本的な解析のベースとしている。

すなわち、本解析法は、垂直構剛材を有するI形断面プレートガーターで腹板部分に消音鋼板が用いられているものを対象としており、断面を約120に分割し、個々の分割断面に生じる応力と外力との関係を、腹板座屈の前と後の2つの場合についてモデル化を行ない、外力を零より順次増加させて以下のいずれかの状態となった場合に極限強度に到ったものとの判定をする方法である。

- (a) 腹板の斜張力が完全に発達し、枠組が崩壊した。  
(b) 桁全体が水平座屈した。  
(c) 圧縮側の有効断面（丁断面）が捩れ座屈した。

算定法の計算の流れを図1に示す。図中、腹板の座屈荷重の計算部分では、既報で紹介した、消音鋼板の弾性戸屈解析の手法を用いている。

### 3. 実験値と計算結果との比較・考察

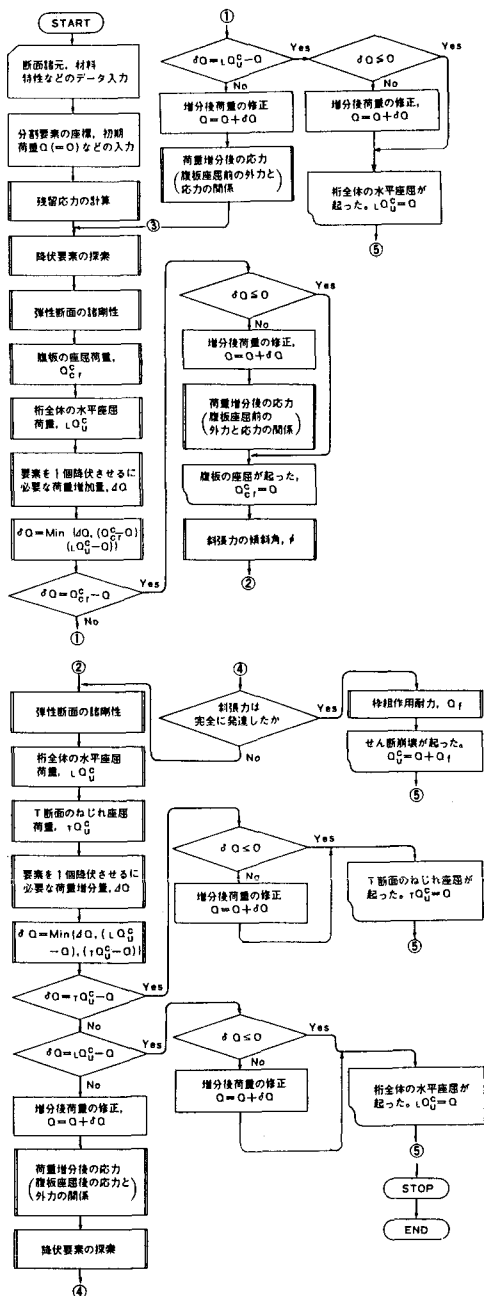


図.1 耐力力算定法の計算フローチャート

消音鋼板を腹板に使用した桁の腹板座屈強度および耐力に関してこれまで報告してきた実験結果と、本報告の算定法による計算結果との比較を表.1に示す。表中、

- $Q_{cr}$  : 腹板の座屈せん断力
- $Q_p$  : 腹板の塑性せん断力 ( $=\sigma_{yw} \cdot A_w/\sqrt{3}$ )
- $Q_u$  : 極限せん断力
- $M_{cr}$  : 腹板座屈モーメント
- $M_y$  : 桁の降伏モーメント ( $=\sigma_{yf} \cdot Z$ )
- $M_u$  : 極限曲げモーメント

である。

また、計算値①、②、③は腹板の幾何学的境界条件をそれぞれ、以下の如く仮定したものである。

- ① 周辺単純支持
- ② 上下辺固定・左右辺単純支持
- ③ 境界条件は、腹板の細長比 ( $\lambda$ ) により、次の如く変化する。

$\lambda \geq \sqrt{2}$  : 上下辺固定・左右辺単純支持

$\lambda \leq 0.9$  : 周辺単純支持

$0.9 < \lambda < \sqrt{2}$  : 上下辺弾性支持・左右辺単純支持、この場合、弾性座屈相当応力度  $\bar{\sigma}_{cr}$  は次式で与えられるものとする。

$$\bar{\sigma}_{cr} = \bar{\sigma}_{cr(s,s)} + \{(\lambda - 0.9)/(\sqrt{2} - 0.9)\} (\bar{\sigma}_{cr(s,s)} - \bar{\sigma}_{cr(f,s)}) \quad (1)$$

ここに、 $\lambda$ は上下辺固定・左右辺単純支持の境界条件における腹板の細長比で、 $\lambda = \sqrt{\sigma_{yw} / \bar{\sigma}_{cr(f,s)}}$ である。

また、 $\bar{\sigma}_{cr(f,s)}$ と $\bar{\sigma}_{cr(s,s)}$ は、それぞれ上下辺固定・左右辺単純支持と周辺単純支持の境界条件における弾性座屈相当応力度を示す。 $\sigma_{yw}$ 、 $\sigma_{yf}$ は、それぞれ腹板とフランジの材料の降伏応力度を示す。

腹板が弾塑性座屈する場合、腹板内の塑性領域の拡大と、腹板周辺境界部分の塑性化の両方が、腹板の座屈強度を弾性解析のそれに比較して低下させる要因になるものと考えられる。前者は板の保有する曲げ剛性を低下させ、後者は板の境界の支持条件をフレキシブルにする。前者の板の保有する剛性低下の影響は既に既報の算定法で考慮している。前述の計算③における境界条件の仮定は、後者の板の境界部分の塑性化に伴って拘束が緩くなる影響を簡略的なモデル化により考慮したものである。耐力に関しての①～③の各計算値に対する実験値の比の値について、それぞれ平均値と標準偏差を表.1の下段に示した。15体（うち消音鋼板使用桁は10体）という限られた実験数ではあるが、計算③のもとでは、平均値0.990、標準偏差0.055となり、消音鋼板を腹板に使用した桁の耐力算定法としての本解析法の精度的な面での妥当性が検討できたと考ええる。

#### 4. 参考文献

- 1) 阿部・稲葉・森脇；腹板に消音鋼板を使用したけたの諸特性，国鉄・構造物設計資料，No.48，1976。
- 2) 阿部・稲葉・森脇；消音鋼板を主部材に使用した橋りょうの研究，国鉄・構造物設計資料，No.53，1978
- 3) 滝本・三村・森脇；消音鋼板を用いた桁に関する研究・腹板の座屈解析，第34回年次大会，1979
- 4) 三村・滝本・森脇；同上主題・腹板の曲げ座屈および耐力に関する実験，第34回年次大会，1979
- 5) 三村・滝本・森脇；同上主題・水平補剛材を有する桁の組合せ外力下での座屈および耐力実験，第36回年次大会，1981
- 6) 滝本・藤野・森脇；プレートガーダーの耐力に関する研究・数学的モデルによる組合せ荷重下における耐力の解析，第29回年次大会，1974

表.1 実験値と計算値の比較

| 試験体<br>番号 | 応力比<br>$\sigma/\sigma_y$ | 細長比<br>$\lambda$ | 比較<br>項目     | 実験値   |       |       | 計算値   |       |       | 出典 |
|-----------|--------------------------|------------------|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----|
|           |                          |                  |              | ①     | ②     | ③     | ①     | ②     | ③     |    |
| A-1       | 2.42                     | 0.669            | $Q_{cr}/Q_p$ | 1.001 | 0.970 | 0.977 | 0.970 | 0.977 | 0.970 | 1) |
|           |                          |                  | $Q_u/Q_p$    | 1.069 | 1.071 | 1.071 | 1.071 | 1.071 | 1.071 |    |
| A-2       | 2.22                     | 1.088            | $Q_{cr}/Q_p$ | 0.564 | 0.442 | 0.798 | 0.583 | 0.442 | 0.798 |    |
|           |                          |                  | $Q_u/Q_p$    | 0.789 | 0.746 | 0.987 | 0.848 | 0.746 | 0.987 |    |
| B-1       | 1.38                     | 1.097            | $Q_{cr}/Q_p$ | 0.500 | 0.478 | 0.748 | 0.592 | 0.478 | 0.748 |    |
|           |                          |                  | $Q_u/Q_p$    | 0.714 | 0.716 | 0.900 | 0.798 | 0.716 | 0.900 |    |
| B-2       | 1.28                     | 1.768            | $Q_{cr}/Q_p$ | 0.366 | 0.157 | 0.292 | 0.292 | 0.157 | 0.292 | 1) |
|           |                          |                  | $Q_u/Q_p$    | 0.558 | 0.475 | 0.574 | 0.574 | 0.475 | 0.574 |    |
| C-1       | 4.45                     | 0.630            | $Q_{cr}/Q_p$ | 1.147 | 0.980 | 0.983 | 0.980 | 0.980 | 0.983 |    |
|           |                          |                  | $Q_u/Q_p$    | 1.319 | 1.434 | 1.434 | 1.434 | 1.434 | 1.434 |    |
| C-2       | 4.58                     | 0.651            | $Q_{cr}/Q_p$ | 1.018 | 0.986 | 0.989 | 0.986 | 0.986 | 0.989 |    |
|           |                          |                  | $Q_u/Q_p$    | 1.460 | 1.445 | 1.445 | 1.445 | 1.445 | 1.445 |    |
| D-2       | 3.64                     | 1.024            | $Q_{cr}/Q_p$ | 0.498 | 0.521 | 0.919 | 0.626 | 0.521 | 0.919 | 1) |
|           |                          |                  | $Q_u/Q_p$    | 0.892 | 0.891 | 1.157 | 0.966 | 0.891 | 1.157 |    |
| DD00      | 0.00                     | 1.012            | $M_{cr}/M_y$ | 0.637 | 0.520 | 0.842 | 0.597 | 0.520 | 0.842 |    |
|           |                          |                  | $M_u/M_y$    | 0.966 | 0.971 | 0.988 | 0.975 | 0.971 | 0.988 |    |
| DD04      | 0.00                     | 0.907            | $M_{cr}/M_y$ | 0.753 | 0.720 | 0.970 | 0.726 | 0.720 | 0.970 |    |
|           |                          |                  | $M_u/M_y$    | 0.968 | 0.969 | 0.991 | 0.969 | 0.969 | 0.991 |    |
| DD16      | 0.00                     | 0.794            | $M_{cr}/M_y$ | 0.812 | 0.828 | 1.017 | 0.828 | 0.828 | 1.017 | 5) |
|           |                          |                  | $M_u/M_y$    | 0.976 | 0.963 | 1.017 | 0.963 | 0.963 | 1.017 |    |
| DE04      | 0.00                     | 0.972            | $M_{cr}/M_y$ | 0.571 | 0.646 | 0.795 | 0.656 | 0.646 | 0.795 |    |
|           |                          |                  | $M_u/M_y$    | 0.964 | 0.955 | 0.963 | 0.955 | 0.955 | 0.963 |    |
| DE16      | 0.00                     | 0.740            | $M_{cr}/M_y$ | 0.650 | 0.834 | 0.999 | 0.834 | 0.834 | 0.999 |    |
|           |                          |                  | $M_u/M_y$    | 0.970 | 0.955 | 1.001 | 0.955 | 0.955 | 1.001 |    |
| S00       | 0.00                     | 0.758            | $M_{cr}/M_y$ | 0.766 | 0.939 | 1.058 | 0.939 | 0.939 | 1.058 | 5) |
|           |                          |                  | $M_u/M_y$    | 1.030 | 1.000 | 1.058 | 1.000 | 1.000 | 1.058 |    |
| BD16a     | 0.23                     | 0.786            | $Q_{cr}/Q_p$ | 0.293 | 0.351 | 0.365 | 0.351 | 0.351 | 0.365 |    |
|           |                          |                  | $Q_u/Q_p$    | 0.362 | 0.359 | 0.365 | 0.359 | 0.359 | 0.365 |    |
| AS00a     | 0.42                     | 1.525            | $Q_{cr}/Q_p$ | 0.512 | 0.175 | 0.251 | 0.251 | 0.175 | 0.251 |    |
|           |                          |                  | $Q_u/Q_p$    | 0.640 | 0.549 | 0.567 | 0.567 | 0.549 | 0.567 |    |

耐力実験値 耐力計算値 の平均値  $\bar{x}$  と標準偏差  $\sigma$

- ① ;  $\bar{x} = 1.026$   $\sigma = 0.063$
- ② ;  $\bar{x} = 0.949$   $\sigma = 0.091$
- ③ ;  $\bar{x} = 0.990$   $\sigma = 0.055$