

I-A17

合成2主桁橋の腹板少補剛設計法に関する一検討

川崎重工業* 正会員 川口喜史 日本道路公団 正会員 田村陽司
 川崎重工業* 正会員 磯江暁 日本道路公団 川尻克利
 川崎重工業* 正会員 大垣賀津雄 長岡技術科学大学 正会員 長井正嗣

1. はじめに

近年、鋼橋において従来の鋼重ミニマムの考え方を部材片数ミニマムに変更し製作の合理化を図り、経済性を高める試みが行われている。現行の道路橋示方書(以下、道示と呼ぶ)に基づき設計を行い、水平補剛材を無くした場合の腹板厚は水平補剛材2段配置の場合に比して2.0~2.4倍となり、必ずしも経済的とは言えない。そこで筆者らは、PC床版連続合成2主桁形式である千鳥の沢川橋の支間部主桁断面設計において、無補剛腹板を薄くできる限界についての検討を行った¹⁾。また、その妥当性を検証するため、本橋の支間中央部主桁の1/2モデルによる非合成桁および合成桁の曲げ載荷実験、せん断載荷実験を実施した²⁾。本論では、千鳥の沢川橋に採用した腹板少補剛設計の考え方、照査方法および適用事例を整理し紹介する。

2. 腹板の少補剛・薄板化

(1) 水平補剛材の省略

PC床版を有する2主桁橋において水平補剛材を2段用いると、腹板厚を薄くできるもののせん断応力がかなり大きくなるという問題が生じる。また水平補剛材1段を用いる場合よりもなお一層の製作の省力化を図るため、水平補剛材無しを設計条件とし厚い腹板を採用する。

(2) 支間部の垂直補剛材の省略

正曲げモーメントを受ける支間部はせん断力が比較的小さく、水平補剛材を無くした厚い腹板のせん断応力度は減少する。また照査を行えば、垂直補剛材の省略が可能であることの判断から、支間部はアスペクト比 $\alpha=3$ (α =横桁間隔8.5m/腹板高2.85m)まで許容し、横桁間に垂直補剛材を設けないものとする。

(3) 支間部の腹板厚の低減

図1に示す通り、降伏限界幅厚比はフランジと腹板の相互拘束効果が顕著に現れる。圧縮フランジの幅厚比パラメータ R_f が小さくなると、腹板の幅厚比パラメータ R_w を大きく(腹板を薄く)することができる。ここで、圧縮フランジと腹板の幅厚比パラメータは、周知の通り下式で与えられる。

$$R = \sqrt{\frac{\sigma_y}{\sigma_{cr}}} = \frac{b}{t} \sqrt{\frac{12(1-\nu^2)\sigma_y}{k\pi^2 E}} \quad (1)$$

ここに、 σ_y : 降伏点
 σ_{cr} : 弾性座屈応力
 b : フランジ突出幅(R_f の場合)
 腹板高さ(R_w の場合)
 t : 板厚
 k : 座屈係数

この種の2主桁橋では、従来の多主桁より厚板フランジが採用され R_f が小さくなる。さらに合成桁設計をした場合の支間中央部の圧縮フランジは、コンクリート床版による拘束効果が期待でき、より大きな座屈係数 k を用いることができる。このことから、 R_f を小さなものに見直し(A)、その結果として R_w は大きな値を採用できる(B)と考えた。

3. 安定性の照査

キーワード: 合成2主桁橋, 腹板少補剛, 腹板薄板化, 降伏限界幅厚比

* 〒136-8588 東京都江東区南砂 2-6-5 TEL: 03-3615-5132 FAX: 03-3615-6988

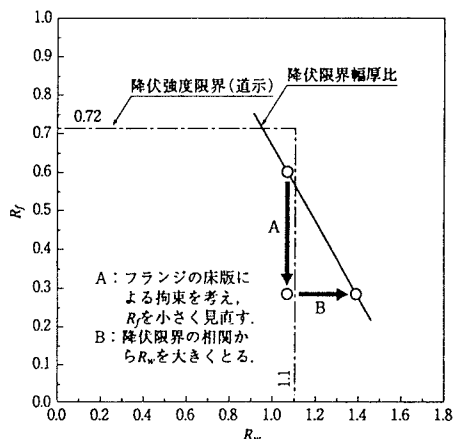


図1 降伏限界幅厚比の関係

(1) 照査方法

腹板に対しては、理想相当座屈応力の照査式(2)(道示Ⅱ(解8.4.5)式)を満足するように部分的に垂直補剛材を追加するものとし、曲げとせん断の組合せ状態に対する相関終局強度の照査を行うものとした((3)式)。

$$\left(\frac{l}{b}\right)^2 \geq \frac{v_b \sigma_c}{(1378 R_b)^2} \left\{ \frac{1+\phi}{4k_\sigma} + \sqrt{\left(\frac{3-\phi}{4k_\sigma}\right)^2 + \left(\frac{\eta}{k_\tau}\right)^2} \right\} \quad (2)$$

$$\left. \begin{aligned} (1.7M/M_u)^2 + (1.7Q/Q_u)^2 &\leq 1.0 \\ (1.7M/M_u)^4 + (1.7Q/Q_u)^4 &\leq 1.0 \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

ここに、 v_b ：曲げとせん断の組合せ作用時の座屈安全率
 σ_c ：腹板の大きい方の縁圧縮応力度

ϕ ：腹板の上下縁の応力比

η ：腹板に作用するせん断応力度と σ_c の比

$R_b = 0.90 - 0.10\phi$

k_σ ：垂直応力度に対する座屈係数

k_τ ：せん断応力度に対する座屈係数

M, Q ：腹板の作用曲げモーメントと作用せん断力

M_u ：腹板の終局曲げモーメント（初期降伏モーメント M_y ）

Q_u ：腹板の終局せん断力（Basler式）

(2) 架設時の照査

床版が施工されていない非合成桁としての照査を行い、十分な安全性を確保した。桁の横倒れ(ねじれ)座屈防止のため、部分的に仮横構や仮ストラットを設置した。また、送出し架設時の腹板座屈（鉛直荷重および曲げとせん断を受けるパネルの座屈）照査を行い、部分的に垂直補剛材を追加した^{4),5)}。

4. 設計上の適用事例（図2参照）

a) 支間中央部の3パネル … $\alpha = 3$ で水平補剛材を省略しかつ腹板の薄板化を採用。

b) 応力交番部のパネル … 同様に腹板の薄板化を採用したが、安定性の照査に基づき垂直補剛材を追加。

c) 中間支点付近 … せん断力のみならず曲げモーメントも大きく、腹板の下フランジ側には比較的大きな曲げ圧縮応力が発生するため、中間支点から5m程度に配置した第一中間横桁までは、道示規定に準拠（腹板厚：25mm（SMA570W）、 $\alpha \leq 1$ （道示：1.5以下））。

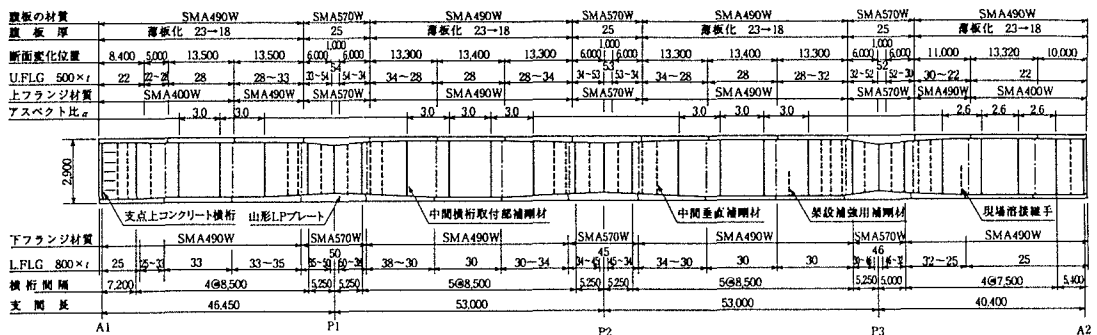


図2 千鳥の沢川橋断面構成図

5. まとめ

本論で検討の、腹板の薄板化および垂直補剛材の省略を適用するための条件を以下にまとめる。

- ①少主桁橋 ②水平補剛材無しの合理化構造 ③主桁と床版による拘束効果が十分期待できる構造
- ④せん断応力が小さく正曲げモーメントが卓越する範囲 ⑤完成時と架設時における安定性照査の実施

また、今後の課題として、i.設計実務に必要な降伏限界幅厚比関係のテーブル作成、ii.適用範囲・適用条件を整理した設計ガイドラインの作成、iii.安全性照査の考え方などの限界状態設計法の検討が考えられる。

【参考文献】

- 1) 大垣,磯江,川口,高橋,高畑,川尻,長井：P C床版2主桁橋の鋼桁補剛設計に関する一検討，土木学会第52回年次学術講演会講演概要集，I-A265，1997.9. 2) 大垣,川口,磯江,高橋,川尻,長井：合成2主桁橋の鋼主桁補剛設計に関する実験的研究，構造工学論文集，土木学会，Vol.44A，pp.1229～1239，1998.3. 3) 西村宣男，秋山寿行，松村達生：曲げを受けるI断面はりおよびプレートガーダーの強度設計法の一提案，構造工学論文集，土木学会，Vol.39A，pp.165～174，1993.3. 4) 川畑,磯江,山本,大垣,伊藤,作川,福岡,田村,川尻,長井：2主桁橋の送出し架設および床版施工時における鋼桁安定性照査，土木学会第53回年次学術講演会講演概要集，1998.9〔投稿中〕. 5) 作川,大垣,山本,田村,川尻：鉛直局部荷重が作用する腹板のフランジを考慮した座屈係数の提案，土木学会第53回年次学術講演会講演概要集，1998.9〔投稿中〕