

I-196

合成2主桁断面を有する斜張橋に関する一検討

川崎重工業（株） 正員 奥井 義昭
 長岡技術科学大学 正員 長井 正嗣
 川崎重工業（株） 正員 佐野 信一郎
 川崎重工業（株） 正員 赤尾 宏

1. まえがき

斜張橋の最近の話題として、プレハブコンクリート床版と2本の鋼1桁を合成した断面を主桁とする合成構造斜張橋の出現がある。最近の架設例としては、Alex Fraser 橋、Quincy橋、Weirton-Steubenville橋が挙げられる。我国では、あまりに割り切った設計であることから、安全性に対して疑問視するむきもあり、本格的な検討はあまりなされていないと考える。しかしながら、本形式がどのような背景で出現し、またどの程度の支間まで適用できるかについて検討を行うことは斜張橋の発展を考える上で有益であると思われる。そこで、本文では本形式（3径間連続マルチケーブル）がどの程度の支間まで適用できるかについて1つの立場であるが検討を行うこととした。

2. 合成構造斜張橋の限界支間について

1) 床版を主桁とする形式—まず、主桁として鉄筋コンクリート床版のみを考える。輪荷重による曲げ応力（床組作用）と主桁作用による曲げ応力を無視して議論を進める。主桁断面はFig.1 に示す通りとする。コンクリート舗装厚を50mm、さらに床版厚を230mm と仮定すれば、全死荷重（ W_d ）は、

$$W_d = 1.3 \gamma_c A_c \quad \text{----- (1)}$$

と表せる。ここに、 γ_c は鉄筋コンクリートの単位体積重量で 2.5 tf/m^3 、 A_c は床版の断面積、係数1.3 は軸力に抵抗しない舗装等を考慮して仮定した値である。さて、主桁の最大軸力は塔位置で発生し、

$$N_{\max.} = W_d \ell_c^2 (1 + \omega) / (8 \bar{h}) \quad \text{----- (2)}$$

ここに、 ℓ_c は中央径間長、 $\bar{h}$ は塔のケーブル定着区間の中点から桁上までの高さ、 $\omega = (P/W_d)$ は分布荷重強度（ P ）と死荷重強度（ W_d ）の比である。

式（1）を式（2）に代入して軸力による応力を求めると、

$$\begin{aligned} \sigma_{\max.} &= N_{\max.} / A_c \\ &= 3.25 \ell_c (1 + \omega) n_h / 8 \\ (n_h &= \ell_c / \bar{h}) \quad \text{----- (3)} \end{aligned}$$

今、 $\sigma_{\max.} < \sigma_a$ とすれば、式（3）より ℓ_c が求まる。 $\sigma_a = 3500/3.5 \text{ tf/m}^2$ とすれば Fig.2,3 を得る。図中 [%] 内数値は許容応力に占める曲げ応力の割合である。

以上より、主桁曲げ作用応力が無視できるとすれば支間350m（ $\omega = 0.2$ ， $n_h = 6$ ， $\sigma_a = 1000 \text{ tf/m}^2$ ）まで設計可能と推測できる。

2) 合成主桁断面の検討

支間長が短くない限り床版形式のみで主桁曲

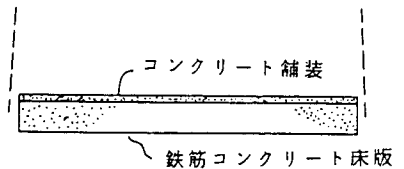


Fig. 1 床版主桁断面

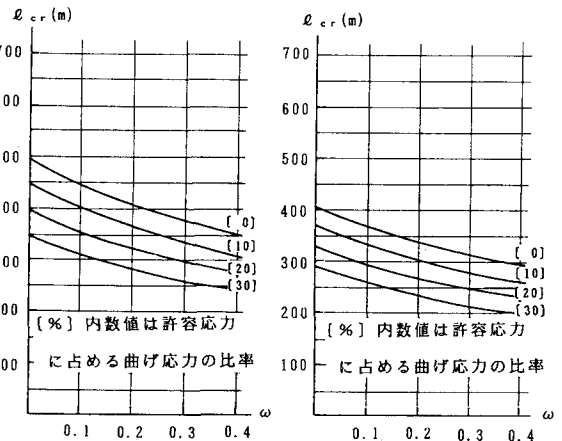


Fig. 2 限界支間（ $n_h = 5$ ） Fig. 3 限界支間（ $n_h = 6$ ）

げ作用に抵抗できないことは明らかであり、曲げ剛性を確保する必要がある。2本のI断面桁を配することにより曲げ剛性を確保したのが本形式である。

Fig. 4 に示すように合成主桁断面をモデル化する。軸力に抵抗するコンクリート断面積を A_c 、軸力に抵抗する鋼断面積を A_s とすれば、全死荷重(W_d)は、

$$W_d = 1.3 \gamma_c A_c + \beta \gamma_s A_s \quad \text{----- (4)}$$

を表せる。ここに、 $\gamma_s = 7.85 \text{tf/m}^3$ 、 $\beta (>1.0)$ はFig. 4 に示す床組および補剛材の重量を考慮する係数である。これより、1)と同様な手法により、

$$\ell'_{cr} < 8 \sigma_a (1 + n n_{sc}) / \{ n_h (1 + \omega') (3.25 + 7.85 \beta n_{sc}) \} \quad \text{----- (5)}$$

をうる。ここに $n_{sc} = A_s / A_c$ 、 n は鋼とコンクリートのヤング係数比、 ω' は死活荷重強度比であるが、鋼重分死荷重が増加するため ω と区別している。

1) で求まる ℓ_{cr} との比をとると、 $\ell'_{cr} = f \cdot \ell_{cr}$ と定義でき、

$$f = \{ 3.25 (1 + n n_{sc}) (1 + \omega) \} / \{ (3.25 + 7.85 \beta n_{sc}) (1 + \omega') \} \quad \text{--- (6)}$$

となる。 f は床版のみの主桁構造の限界支間に対して、鋼を合成させることによる拡大係数である。これをFig. 5 に示す。図より、 β が大きくなると、すなわち軸力に抵抗する鋼断面積に対して補剛材の重量が大きくなると、鋼を合成させたことによる限界支間の増大はあまり期待できないことが解る。例えば、Sunshine-Skyway 橋の代案¹⁾、Alex Fraser 橋²⁾を調査すると、 $n_{sc} = 0.03 \sim 0.04$ 、 $\beta = 3.0$ 前後となっている。さらに、 $n = 10$ とすれば、拡大係数は $f = 1.0$ に近い。これより、合成斜張橋の限界支間はFig. 2, 3で推定できると考える。

3. まとめ

本文の考え方からは、2本主桁合成斜張橋の支間としては350～450mクラスの設計が可能と考えられる。コンクリート強度の選定、安全率の考え方、塔高さ等の基本形状の選定次第で変動が考えられ、例えばAlex Fraser 橋では中央支間長465m ($\sigma_{ck} = 550 \text{kgf/cm}^2$) となっている。そのため、支配的なパラメータをあわせて明らかにした。本検討は、コンクリートの乾燥収縮、クリープの影響を無視しているため、耐久性を含めてより詳細な検討を行う必要があると考える。

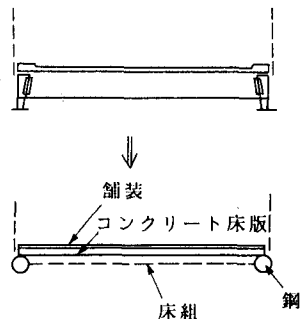


Fig. 4 合成主桁断面のモデル化

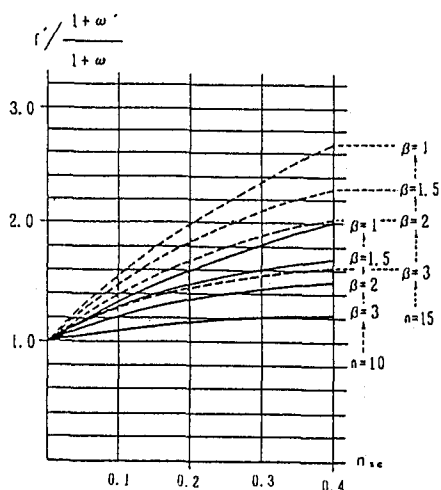


Fig. 5 床版のみの斜張橋に対する拡大係数

【参考文献】

- 1) R. Saul 他: Die Sunshine-Skyway Brücke in Florida, USA-Entwurf einer Schrägkabelbrücke mit Verbundüberbau, Bautechnik, Heft 7 und 9, 1984
- 2) P. R. Taylor: Annacis Bridge Superstructure-A Major Composite Cable Stayed Bridge, The First East Asian Conference on Structural Engineering and Construction, Bangkok, 1986