

鋼アーチ橋の面外必要剛性について

東北大学 正員 ○矢吹 哲哉  
倉西 茂

I. まえがき

アーチ橋は空間に突出している細長い曲線部材に高圧縮軸方向力が作用する構造物である。したがって、面外強度が充分に確保されないような設計がなされた場合には、側方荷重により面内強度は大きく左右され、設計者はこの面内一面外挙動の相互作用を考慮した複雑な設計法に直面しなくてはならなくなる。あるいは、アーチ橋を立体構造物として解析することにより、極限強度を検討することが必要となる。即ち、その意味において、側方荷重を主荷重として、又、横構部材を主要耐力部材として考慮しなくてはならぬことになる。しかしながら、このように取り扱い扱いは従来から行われていた構造物の設計の考え方に基いたものではなく、むしろ設計を複雑にするものである。鉛直及側方荷重を受けうるアーチ橋構造(図-1参照)の設計は、先ず、平面構造物としての橋強度の合理的な評価が可能となるような面外剛性を確保するよう、なされなくてはならない。

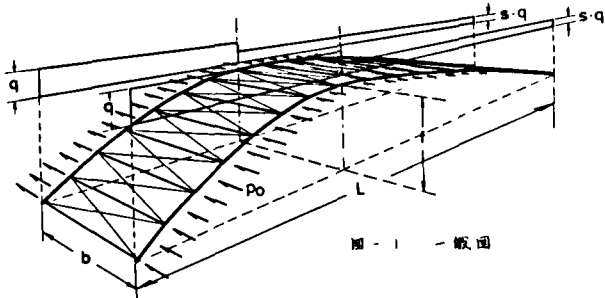


図-1 一般図

そこでここでは、図-1に示したような鉛直及側方荷重を受けうる鋼アーチ橋の極限強度解析を行い、その結果に基づいて、鋼アーチ橋の面外必要剛性の算定式を導出を行う。さらにここでは、これらの必要剛性を満足する十分な面外剛性を有する鋼アーチ橋の崩壊形式は、少なくとも実際のアーチが受ける程度側方荷重による面外挙動には影響しない、実用的には平面構造物として強度を評価が出来ることを示した。

II. 解析方法

ここでは、文献1)で導出した3次元非線形構造解析法を用いて、極限強度の解析を行う。尚、横構は、部材機能及数値パラメトリック解析の便宜性を考慮して2本のアーチ主桁間に付加したバネでモデル化を行う。解析法の詳細は文献1)で述べたので、ここでは省略する。

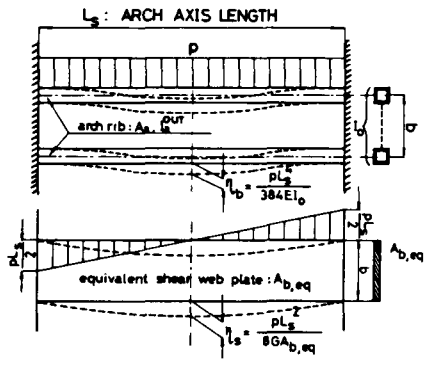
III. 解析結果

実際の鋼アーチ橋の構造諸元を参考に<sup>1)</sup>、ここでは、以下に示すようなパラメータの範囲で図-1に示したような鉛直荷重及側方荷重を受けうる鋼アーチ橋の極限強度解析を行い、鋼アーチ橋の面外必要剛性の検討を行う。た。

$$f/L = 0.1 \sim 0.3, \lambda_{in} = 100 \sim 300, S = 0 \sim 0.99$$

$$\lambda_{out} = 10 \sim 40, \mu_s = 1/1.5 \sim 1/150, \mu_T = 0 \sim 50$$

ここに、 $f/L$ はライズスパン比、 $S$ は図-1より鉛直荷重の非対称性を表す荷重形状係数、 $\lambda_{in}$ はアーチ主桁の面内細長比、 $\lambda_{out}$ は橋全体断面としての面外細長比である。又、 $\mu_s$ は斜材による剪断剛性を評価するパラメータで、図-2を参照して、次式



$M_b$ : caused by lateral distributed load  
 $M_s$ : caused by lateral shear force

図-2 アーチ橋面外剛性の評価

と与えられる。

$$\mu_s = \frac{\text{斜材による等価固定梁の断面剛性}}{\text{等価固定梁全体としての面外剛性}} \\ = \frac{GA_{b,eq} \cdot (L_p/b)^2}{24EA_a} \quad (1)$$

$\mu_s$ は横構橋梁柱により与えられる橋一併断面としての Sway 変形に対する剛度と梁の自由回転率とで次式で与えられる。

$$\mu_s = \frac{EI_b}{GI_T} \cdot \frac{L^2}{bc} \quad (2)$$

ここに、 $EI_b$ は横梁柱曲げ剛性、 $GI_T$ は主桁ねじり剛性である。一般の鋼一併橋の場合、側方荷重として一併にかかると荷重を免れることは、床版・床組等の協力作用もあり困難であるが、道路橋示方書規定の設計荷重強度を参考して、ここでは実用的な側方荷重強度として  $0.1p_p$  と採用した。尚、 $p_p$ は等価固定梁に側方荷重を作用した時(図-2参照)、直応力主桁起拱部断面が全塑性状態になる荷重強度を1次解析により算定した値である。

極限強度に関する解析結果の一部と図-3, 4, 5に示す。図中の記号は、 $\sigma_{max}$  = 極限鉛直荷重強度、 $\alpha$  = 極限鉛直荷重強度に及ぼす側方荷重の影響係数、 $W_o/L$  = 一併クラン部での側方初期変位をスパン長で除したもので、一併一併断面としての面外剛性と評価する指標として取り換える。ここで、上記解析結果に基づいて以下に示すような鋼一併橋の面外必要剛性算定式も導出した。

(1) 横構斜材の必要剛性

$$\frac{GA_{b,eq} \cdot (L_p/b)^2}{24EA_a} \geq 1/15 \quad (3)$$

(2) 横構橋梁柱の必要剛性

$$\frac{EI_b}{GI_T} \cdot \frac{L^2}{bc} \geq 10 \quad (4)$$

(3) 橋一併断面としての面外必要剛性

$$\frac{W_o}{L} \leq \frac{\lambda_{OUT}}{18000} + \frac{1}{900} \leq \frac{1}{300} \\ (\text{但し、側方荷重強度は } 0.1p_p \text{ 以内}) \quad (5)$$

さらにここでは、上記剛性と満足する一併橋は平面構造として強度の評価が可能であることを検証

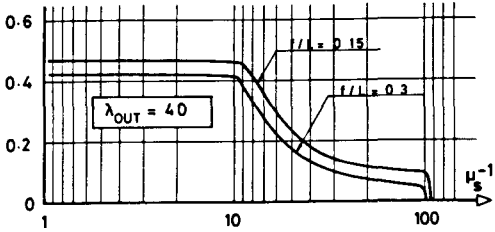
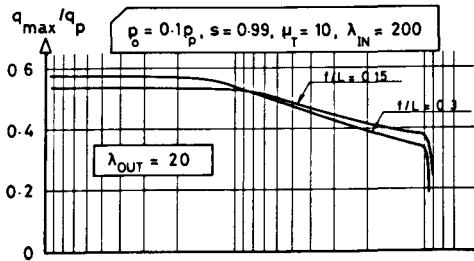


図-3  $\sigma_{max} - \mu_s$  相関関係

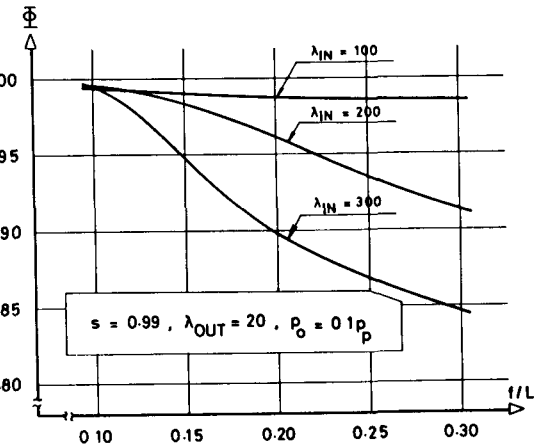


図-4 側方荷重影響係数

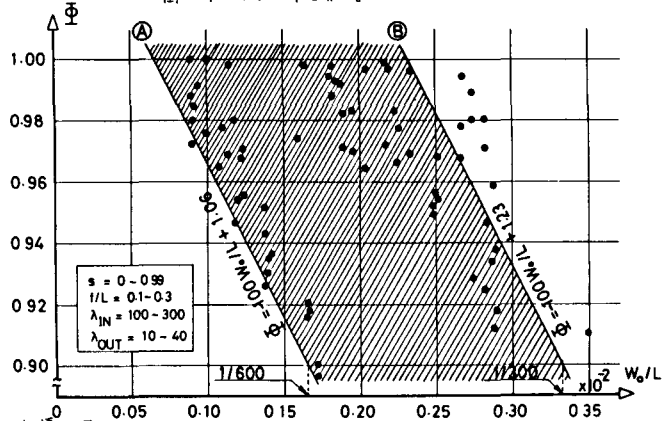


図-5 面内崩壊形式のつと集合した場合の  $\alpha - W_o/L$  相関

1. 「参考文献」1) 倉西・文吹: 鋼一併橋の極限強度に及ぼす横構剛性の影響について, 土木学会論文集 No. 355