

斜張橋の低風速励振について

九州産業大学工学部

正員 吉村 健, 正員 亀井 雅隆

学生員 坂田正二, 東倉 聡, 小川 富士夫

1 まえがき 斜張橋の主桁には、比較的偏平な逆梯形を基本形とした断面が多く用いられている。この種の断面では、低風速域において曲げあるいはねじりの低風速励振が、また、それより高い風速域においてねじりフラッタが発生し、耐風設計で問題となる。

さて、斜張橋の耐風安定性に関する研究であるが、実橋を対象とした風洞実験は数多く実施されて来たが、これらの実験結果はケーススタディー的な資料としてファイルされており、システムティックに取りまとめられていない。このため、他の橋梁の耐風設計にこれらの資料が有効に利用されていないように思われる。

そこで、従来斜張橋の主桁として用いられた種々の逆梯形断面を単純化し、これらを含む一連の断面について、耐風安定性を示うべくことにした。本報告はその第1報である。

2 低風速励振の発生機構と防振対策 低風速励振の発生は、構造物の振動に伴ってその上下面に生じる前縁剝離渦の作用によるものと考えられている¹⁾。図-1は、小林の実験結果である。図-1aの断面は正の迎角で曲げの低風速励振を生じる。このときの上面圧力のなす仕事率は図示するとおりであって、上下面における $\overline{w}$ の積分値が正となつてフラッタが生じるわけである。この断面にフラップを取付けると、図に見るように圧力分布が改善されて安定となる。図-1bの断面も正の迎角で上面圧力の寄与によって低風速励振を生じるが、むしろ、傾斜ウェブが圧力分布の改善をもたす点に注目したい。

要するに、低風速励振を防止するには、前縁剝離渦の発生を抑制すればよいわけであって、フラップや傾斜ウェブはその有効な手段の一つであることを図の結果は示している。

3 実験概要 本実験では、まず手始めとして、1:2矩形断面を基本形とし、これに次のような添加物を取付けたものについて、曲げフラッタの風洞実験を行なった。

[シリーズ・I] $C/H=4, 5, 6$ の床版を張出したもの(図-2a)。張出しによる断面の偏平化の効果を示うべくことを目的とする。

[シリーズ・II] シリーズ・Iの各断面のウェブを 45° に傾斜させたもの(図-2b)。傾斜ウェブによる下面の剝離抑制効果を示すべくことを目的とする。

[シリーズ・III] シリーズ・IIの各断面にフラップを取付けたもの(図-2c, d)、および図-2dのフラップをウィンドノーズとし、かつ、ウェブの傾斜角を緩和して流線形化したもの(図-2e)。フラップあるいは流線形化による上面あるいは下面の剝離抑制効果を示すべくことを目的とする。

4 実験結果 (イ) シリーズ・IとII シリーズ・Iの変位応答例も図-3に示す。図中横軸は無次元風速 $\bar{V}=V/\sqrt{b}$ 、縦軸は無次元振幅 $\bar{y}=y/H$ であり、各ケースにおける質量・減衰パラメータ $K_s=2m/p_b \cdot \delta$ は図中に示す値であった。ここに、 V は風速、 b は系の振動数、 $b=C/2$ は半弦長、 y は振動振幅、 m は単位長あたりの質量、 p は空気密度、 δ は無風時における $C/H=4.6$ の低風速励振の応答振幅に差異はなし、系の対数減衰率である。 $\bar{V}-\bar{y}$ で見ると、偏平化の効果は認められない。なお、 $C/H=4$ の断面では迎角 $\alpha=+5^\circ$ でギャロピングを生じることは注意を要する。

傾斜ウェブの効果も $\bar{V}-\bar{y}$ で見ると、 $C/H=6$ の断面の $\alpha=0^\circ, -5^\circ$ (図-4)についてのみシリーズ・Iとの差異が認められるが、他のケースではほとんど差異は認められなかった。

図-5, 6は、それぞれシリーズ・I, IIの低風速励振における最大の負減衰空気を $K_a=2m/p_b(\delta-\delta_0)$ の形で記したものである(δ はフラッタにおける系の発散率)。 $\bar{V}-\bar{y}$ では認め得なかった偏平化の効果は、図-5の $\alpha=0^\circ$ と -5° に明瞭に表われており、偏平な断面ほど安定性の良いことがわかる。ただし、 $\alpha=+5^\circ$ ではその効果はない。図-5と図-6を比較すると、傾斜ウェブの効果は、 $C/H=6$ の断面の $\alpha=+5^\circ$ においてのみ、顕著であることがわかる。

(ロ) シリーズ・Ⅲ 以上に記したように、いずれの断面でも $\alpha=+5^\circ$ における安定性がきわめて悪く、上面の剥離を抑制することが必要である。図-7は $C/H=6$ の断面に関するシリーズ・Ⅲの結果である。フラップは、 $\alpha=+5^\circ$ におけるフラッタの抑制に有効であることが示されている。さらに、流線形化した断面は、 $\alpha=-5^\circ \sim +5^\circ$ の迎角範囲において全く安定であることも図よりわかる。 $C/H=4$ の断面でも流線形化による安定性の向上が顕著に認められた(図-8)

5) むすび 曲げの低風速励振についてしるべた結果、次のことが明らかにされた。

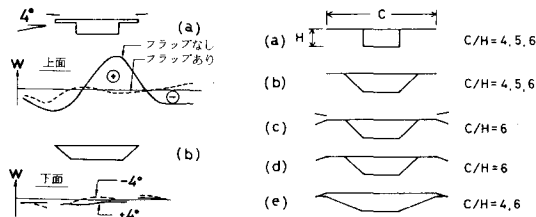


図-1

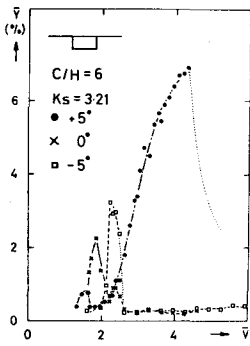


図-3(b)

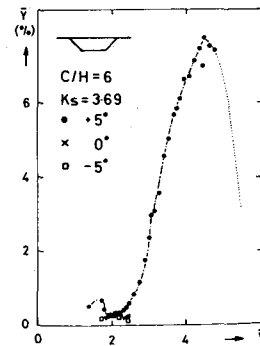


図-4

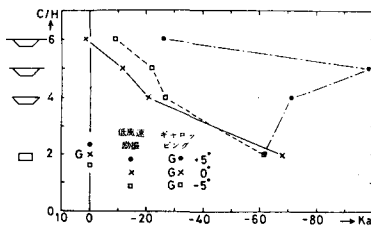


図-6

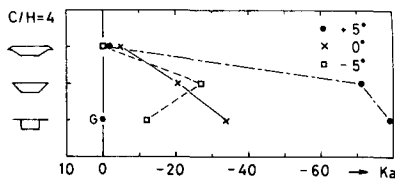


図-8

- 1) 床版張出しによる偏平化によって、迎角 $\alpha=-5^\circ$ と 0° における安定性は向上するが、 $\alpha=+5^\circ$ では向上しない。
- 2) ウェブを傾斜させ、かつ、フラップを取付けると、 $\alpha=+5^\circ$ における安定性が向上する。
- 3) ウィンドノーズを取付け、かつ、ウェブの傾斜角を緩和して断面を流線形化すると、 $\alpha=-5^\circ \sim +5^\circ$ の範囲で全く安定である。

謝辞 本研究の一部は文部省科学研究費の援助により行われたことを記し、謝意を表したい。

参考文献

- 1) 小林純士：大阪大学学位請求論文，p.53

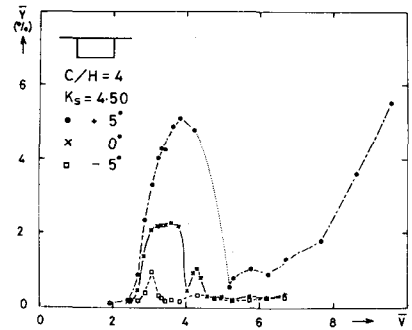


図-3(a)

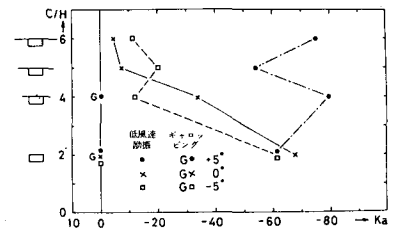


図-5

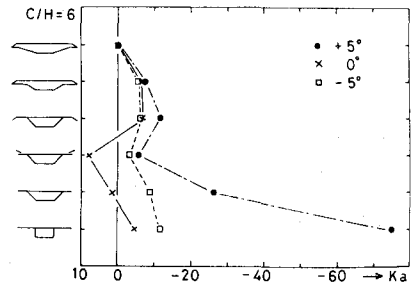


図-7