

住友重機械工業(株)
京都大学大学院工学研究科
三菱重工業(株)¹⁾

正会員
フェロー
正会員

○大東義志
松本 勝
荒木健二

¹⁾研究当時京都大学大学院

1. はじめに 本研究では、少主桁構造の長大斜張橋用端2主桁断面（Two Edge Girders）[1]において橋梁付属物（高欄・センターバリア）の設置や構造減衰の変化が渦励振特性に及ぼす効果を自由振動応答実験を中心に体系的に調査した。さらに非定常空気力特性の観点から主桁位置の変化によるねじれフラッター発生メカニズムについて検討を行った。

2. 実験概要

本研究で対象とした模型はすべて縮尺率1/100の2次元剛体模型である。断面はFig.1(a), (b)に示すようにI桁もしくはBox桁を主桁とし、床版端部に主桁を2本配置した。以下それぞれI桁断面、Box桁断面と呼ぶ。幅員Bは300mm、桁高D（床版厚・上下フランジ厚を含む）はI・Box桁断面ともに30mmで、断面辺長比はB/D=10となる。床版上にはFig.2(a)～(c)に示す橋梁付属物として充実率100%のセンターバリアと充実率100%および67%の高欄を設置した。高欄については双方とも床版端部に設置し、以下、充実率100%の高欄を壁高欄、充実率67%の高欄をポスト高欄と呼ぶことにする。図中のPrototypeは実橋(中央支間長600mの鋼斜張橋)換算のスクリーン数(無次元減衰Sc数)である。主桁位置cは床版端部からI桁ウェブ中心までの距離で、 $c/B = 0.013$ ($c=4\text{mm}$) から $c/B=0.167$ ($c=50\text{mm}$) まで設定できる。また、非定常空気力測定実験では床版上に付属物を設置していないI桁断面を用い、たわみ・ねじれ各1自由度強制加振を行い、設定傾斜角（迎角） $\alpha = -6^\circ \sim +6^\circ$ における非定常空気力を測定した。なお、強制加振条件は、たわみ片振幅 $\eta_0 = 10\text{mm}$ 、ねじれ片振幅 $\phi_0 = 2^\circ$ とし、加振周波数は $f_0 = 1.3\text{Hz}$ とした。

3. 渦励振に及ぼす橋梁付属物の効果および減衰の効果

Fig.3に各断面についてのSc数の変化によるたわみ渦励振最大応答振幅値の変化を示す。ポスト高欄・センターバリアを設置した断面(□)では高欄・センターバリアを設置していない断面(○)より渦励振最大応答振幅値が大きくなり不安定化する傾向にある。高欄・センターバリアのそれぞれの効果を調査するために高欄のみ設置した断面(■), センターバリアのみ設置した断面(◆)について調査した。その結果、このようなI桁を持つ端2主桁断面について、センターバリアはたわみ渦励振を安定化、ポスト高欄がたわみ渦励振を不安定化させる効果をもつこ

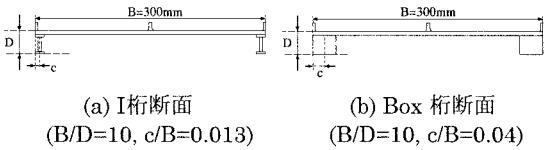


Fig.1 本研究で用いた模型断面

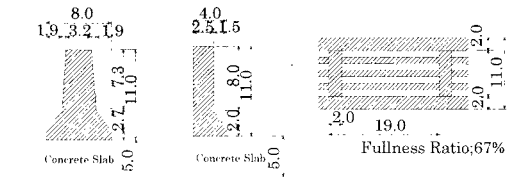


Fig.2 橋梁付属物の形状(mm)

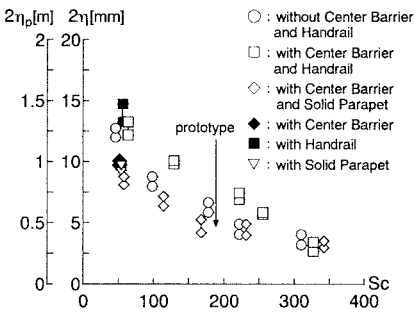


Fig.3 たわみ渦励振における橋梁付属物の効果（I桁断面(B/D=10), $\alpha = 0^\circ$, たわみ1自由度）

とが考えられる。一方、壁高欄を設置した断面(◇)ではたわみ渦励振を安定化させる効果を持つことが考えられる。したがって、このような端2主桁断面では高欄の形状がさらに高欄の充実率がたわみ渦励振特性に及ぼす影響が大きいことが示唆された。一方、ねじれ渦励振に及ぼす橋梁付属物の効果および減衰の効果として、Fig.4に示すように高欄・センター・バリアを設置していない断面(○)では高欄・センター・バリアを設置している断面(□, ◇)と比べ、渦励振最大応答振幅値が大きくなり不安定化する傾向にある。また、センター・バリア単体(◆)ではねじれ渦励振を不安定化させる効果を持つが、高欄と両方を設置する(□, ◇)と、その相互作用によりポスト高欄のみ断面(■)よりも安定化することが考えられる。紙面の都合上図には示さないが、主桁形状をBox桁断面にするとたわみ・ねじれ渦励振ともにI桁断面よりも安定化する傾向がある。

4. ねじれフラッター発生メカニズムに関する考察

これまで端2主桁断面は主桁を床版端部より内側に設置すれば、ねじれ振動が空力的に安定化することが明らかになっている。そこでこれらの原因を解明すべく非定常空気を測定し、それら非定常空気力係数[2]の果たす役割を調べるためStep-by-step解析[3]を行った。構造諸元は中央支間長600mの鋼斜張橋を想定した。Fig.

5に結果を示す。ここで①, ②, θ_1 , θ_2 は構造諸元, 非定常空気力係数から定まる係数である。ねじれ卓越モードの対数減衰率(●)が5つの項(○, ■, □, ◆, ◇)の足し合わせで表せる。これらの結果から桁を内側に配置するにつれて、対数減衰率 δ に寄与する項が A_2^* (ねじれ振動の空力減衰に関する項)の項から $A_1^*|H_3^*|\cos\theta$ (連成項)へと移り、 $c/B=0.167$ ($c=50\text{mm}$)に至っては A_2^* の項が安定化の方へ寄与している。このことから主桁を内側に配することで、断面まわりの流れ場がねじれフラッター・タイプから連成フラッター・タイプの流れ場へと変化することで振動が安定化することが明らかになった。

5. まとめ ◎端2主桁断面(I桁断面, $B/D=10$)のねじれ・たわみ渦励振特性として、ポスト高欄・センター・バリアを設置することで渦励振最大振幅が大きくなり不安定化する傾向にある。これはセンター・バリアの効果よりもむしろポスト高欄の効果が大きいものと考えられる。

◎端2主桁断面(I/Box桁断面, $B/D=10$)のSc数と渦励振最大振幅の関係を示すことで、一つの設計指標を表すことができた。

◎主桁を内側に配置することで、ねじれフラッター・タイプから連成フラッター・タイプの流れ場へと変化する。

参考文献 [1]松本, 大東他; 長大斜張橋端2主桁基本断面の空力特性, 第15回風工学シンポジウム論文集, 1998.

[2] Scanlan, R.H., Belvay, J.G., Budlong, K.S; "Indicial Aerodynamic Functions for Bridge Decks," Journal of the Engineering Mechanics Division, Proceedings of ASCE. Vol. 100, EM4, August, 1974. [3]松本, 吉住他; 非定常空気力係数間の従属関係を用いたフラッター解析, 土木学会関西支部年次講演会 1995.

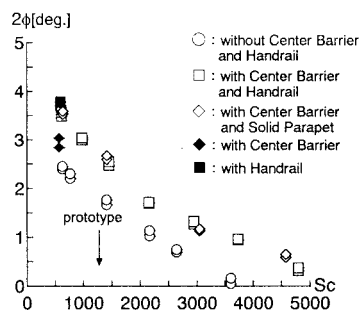


Fig.4 ねじれ渦励振における橋梁付属物の効果 (I桁断面($B/D=10$), $\alpha=0^\circ$, ねじれ1自由度)

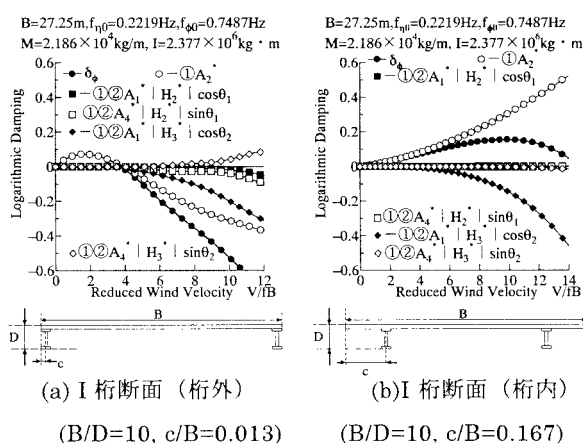


Fig.5 Step-by-Step 解析結果 ($\alpha=0^\circ$)