

## 橋梁の渦励振に対する高欄細部形状の影響に関する研究

京都大学 学生員 ○高橋 和暉  
 京都大学 正会員 野口 恭平  
 京都大学 学生員 Yan Yuxuan

京都大学 正会員 八木 知己  
 清水建設 正会員 伊藤 靖晃

**1. 概要** 橋梁の振動応答に高欄のような微小な構造が影響を与えることはよく知られているが、そのメカニズムは十分に検討されていない。本研究では鉛直たわみ渦励振に着目し、高欄細部の形状が空力振動に与える影響について、ばね支持自由振動風洞実験によって検討を行った。また、CFD（数値流体解析）において、高欄は計算負荷の低減のために空隙率に基づく多孔質体モデルの適用が進められている。その妥当性を風洞実験での結果から検討する。

**2. 鉛直1自由度振動実験概要** 京都大学桂キャンパス内に設置されている吹出式風洞で端2箱桁断面模型を用いて風速限定型の空力振動である渦励振応答に焦点を当て、鉛直1自由度ばね支持自由振動実験を行った。模型寸法は幅  $B$  が 348mm、高さ  $D$  が 31mm、スパン長  $L$  が 894mm である(Fig.1)。固有振動数は 6.13Hz、等価質量が 4.41kg/m、対数構造減衰率(倍振幅 2mm)を 0.015 とした。高欄の最上段の部材(主要横部材)と空隙率は渦励振への影響が大きいため CFD でモデル化する際にも再現することを前提とした[1][2]。これらを変更せずに縦部材数や中間横部材数を変更した高欄(Fig.2)、中間横部材の断面辺長比  $b/d$  や流下方向の位置を変更した高欄(Fig.3)を用意した。 $b$  と  $d$  は中間横部材の横幅と高さである。なお、空隙率を一定に保つために中間横部材と縦部材が占める投影面積は高欄の種類によらず Case 0 と同じである。例えば、中間横部材数が Case 0 の 2 倍である Case 1 の中間横部材の厚さは Case 0 の半分である。

**3. 実験結果** 中間横部材が 1 本の場合に縦部材数を変化させた渦励振応答結果を Fig.4 に示す。最大振幅に大きな差がないことが分かった。これは中間横部材が 1 本のため、縦部材と太さに差があり、相対的に縦部材による離渦の影響が小さいことが考えられる。一方、中間横部材が 4 本の場合に縦部材数を変化させた渦励振応答結果を Fig.5 に示す。縦部材が増えると最大振幅が増大することが明らかとなった。これは部材数が増え、格子が細くなることで流下を妨げる効果が大きくなり、主要部材からの離渦の強度が増していることが考えられる。

次に、縦部材数を一定にし、中間横部材数を変化させた渦励振応答結果を Fig.6, Fig.7 に示す。いずれの場合でも、中間横部材数が増えると最大振幅が減少することが判明した。この原因は、中間横部材のはく離渦が主要横部材からの離渦放出を妨げる効果が大きいことが考えられる。

以上に示すように、中間横部材と縦部材では渦励振の振幅に与える効果が異なることが明らかになった。この理由としては、中間横部材のはく離渦と縦部材のはく離渦では主要横部材からの離渦との向きが異なることが考えられる。

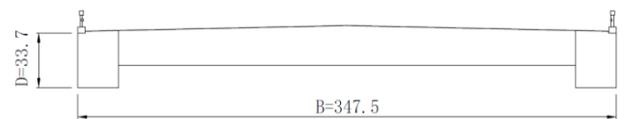


Fig.1 断面模型

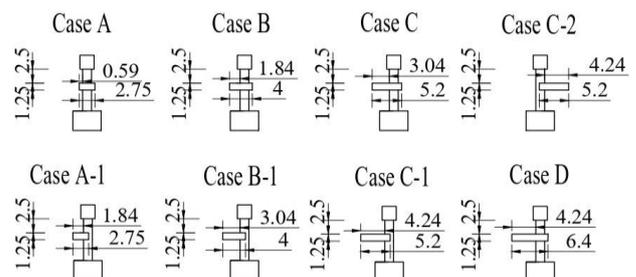
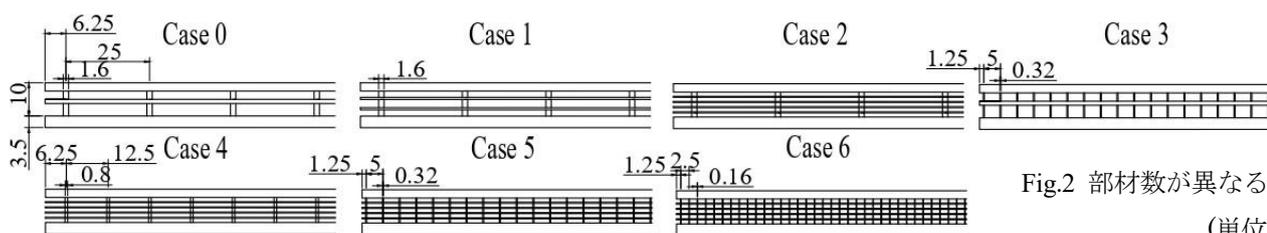


Fig.3 中間横部材の形状を変化させた高欄

Fig.2 部材数が異なる高欄  
(単位:mm)

キーワード 渦励振 高欄 橋梁 風洞実験 CFD

連絡先 〒615-8540 京都市西京区京都大学桂 京都大学大学院工学研究科社会基盤専攻 TEL075-383-3170

最後に、中間横部材の位置とその断面辺長比  $b/d$  の無次元最大片振幅への影響を Fig. 8 に示す。  $b/d$  が同じ場合を比較すると中間横部材の流下方向の位置による影響は小さいことが分かった。また、  $b/d$  が大きくなると最大振幅が減少することが確認された。これは矩形断面周りの流れ場とその断面辺長比との関係と同様に、断面辺長比が大きくなるにつれてはく離流れが時間平均的に中間横部材の側面に再付着ようになることで、中間横部材周囲の流れ場と主要横部材からのはく離渦との関係が変化することが考えられる。具体的には中間横部材からのはく離渦が再付着することで、高欄背部の乱れが小さくなり、模型上下の圧力差が小さくなることが考えられるが、詳細についてはさらなる検討が必要である。

以上の結果より、空隙率が一定かつ主要横部材の形状や位置に変化のない場合でも中間横部材や縦部材といった高欄細部の形状により空力特性に差があることが分かった。したがって、高欄を空隙率のみでモデル化すると高欄細部の流れの影響を適切に再現出来ない可能性がある。ただし、中間横部材が1本の場合には、縦部材数が渦励振の振幅に与える影響が小さいため、空隙率でのモデル化が可能であることが考えられる。

**4. 結果** (1)中間横部材の本数が1本の場合に縦部材の本数による振幅への影響は小さいが、4本の場合には縦部材が増えると振幅が増大する。一方、縦部材の本数を一定として中間横部材が増えると振幅が減少する。(2)中間横部材の断面辺長比が増えると振幅が減少する。一方、中間横部材の流下方向の位置の影響は小さい。(3)CFDにおいて空隙率で高欄をモデル化するには高欄細部の影響に注意が必要である。しかし、中間横部材が1本の場合には再現できる可能性がある。

**参考文献** [1]Nagao, et al. (1997): Effects of handrails on separated shear flow and vortex-induced oscillation. J. Wind Eng. Ind. Aerodyn. 69–71, 819–827. [2] Bruno and Mancini(2002): Importance of deck details in bridge aerodynamics. Struc. Eng. Int., IABSE. 12(4): 289–294.

**謝辞** 本研究の一部はJSPS 科研費 20H02232 の助成を受けた。

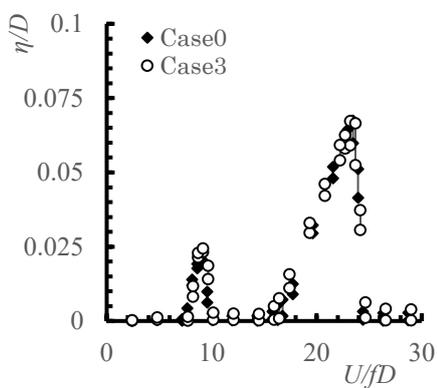


Fig.4 自由振動応答(Velocity-Amplitude)  
縦部材数の影響(中間横部材1本)

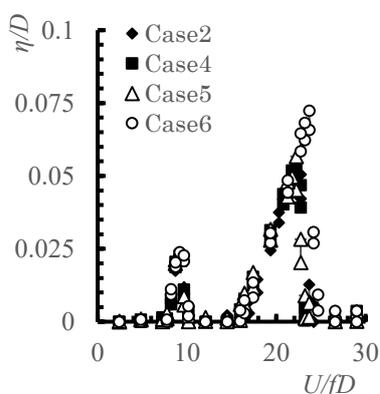


Fig.5 自由振動応答  
縦部材数の影響(中間横部材4本)

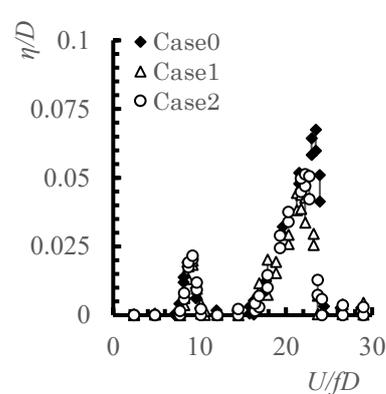


Fig.6 自由振動応答  
中間横部材数の影響(縦部材少)

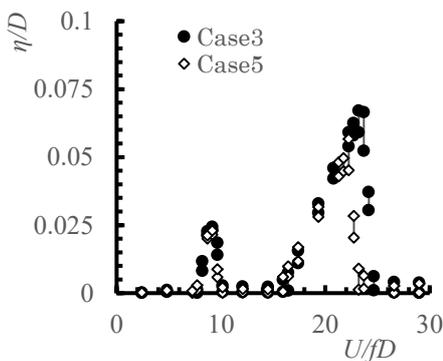


Fig.7 自由振動応答  
中間横部材数の影響(縦部材多)

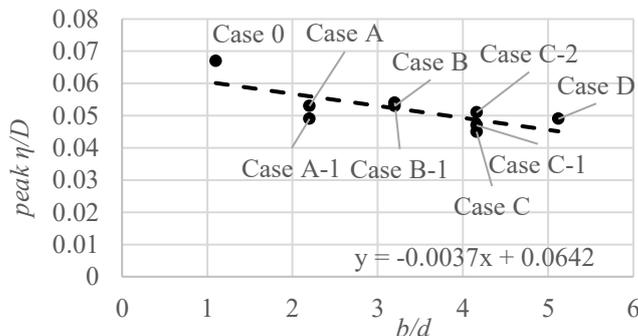


Fig.8 自由振動応答( $b/d$  - peak Amplitude)  
中間横部材の  $b/d$  と位置の影響