

I-A 197 高欄水平材の渦励振応答に及ぼす影響

徳島大学大学院 学生員 小林 洋順 徳島大学工学部 フェロー 宇都宮英彦
 徳島大学工学部 正 員 長尾 文明 大成建設 吉岡 鋭二

1. はじめに 近年、長径間吊橋や斜張橋などにおいて、構造上の有利さや美観上の問題から箱桁断面が採用される場合が多いが、この断面は流体力学的に鈍い断面であると言える。そのため、この種の断面が渦励振などの空力振動に対して、十分な耐風性を確保しているとは言い難く、また、地覆・高欄などのわずかな橋床の付属物の形状変化に対しても敏感に影響を受ける。本研究では、高欄形状が渦励振に及ぼす影響について調査するために、高欄形状、特に一本の高欄水平材に着目し、その設置位置および厚みを系統的に変化させ振動実験、可視化実験および表面圧力測定実験を行った。

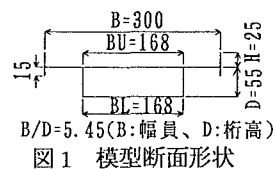


図1 模型断面形状

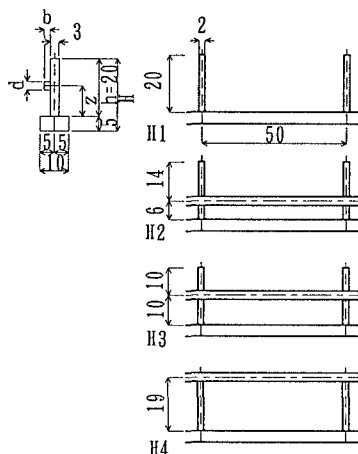


図2 高欄形状

2. 風洞実験概要 風洞は、徳島大学工学部の吸い込み式エッフェル型風洞(1.5m×0.7m×2.5m)を使用し、二次元振動実験、可視化実験および強制加振による表面圧力測定実験を行った。なお、可視化実験ではスモークワイヤ法を用いた。実験に使用した模型断面形状は図1に示すもので、桁高比 B/D (B :幅員, D :桁高)は5.45とした。高欄形状は図2に示すもので、地覆と鉛直材のみで構成された高欄 H1 およびその高欄の3種類の位置($Z=6, 10, 19$ mm, $Z/h=0.3, 0.5, 0.95$)にそれぞれ4種類の厚み($d=2, 3, 4, 5$ mm, $d/h=0.1, 0.15, 0.2, 0.25$)の水平材を1本設置した高欄 H2, H3, H4 を使用した。また、水平材の厚み d と幅 b の比 b/d はほぼ一定(0.6)にした。

3. 二次元振動実験結果 撓み渦励振応答においては、水平材設置により励振効果が作用することが分かった。捩れ渦励振応答においては、実験の結果を図3に示す。図の横軸は z/h (z :水平材設置位置, h :鉛直材高)を、縦軸は最大倍振幅応答量を高欄 H1 の応答量で基準化した値を示す。そして、応答量が図中の破線より大きい場合には励振効果が作用し、小さい場合には制振効果が作用することを示している。この図より、高欄 H2 および H4 では全て励振効果が作用しているが、高欄 H3 では厚みの最も大きい $d/h=0.25$ において制振効果が作用し、それ以外では励振効果が作用していることが分かる。

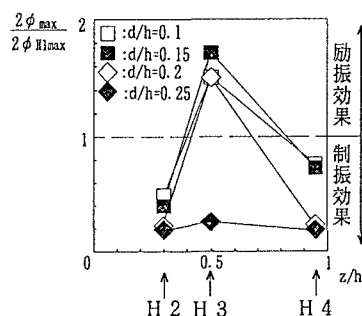


図3 捩れ渦励振に及ぼす高欄水平材の影響

4. 可視化実験および表面圧力測定実験結果 二次元振動実験において応答に大きな差の生じた $d/h=0.15$ および $d/h=0.25$ の水平材を設置した高欄と高欄 H1 において可視化および表面圧力測定実験を行ったが、紙面の都合上、捩れ渦励振において大きな変化の現れた高欄 H3 の $d/h=0.15$ および $d/h=0.25$ の水平材を設置した断面について、実験結果を説明する。これらの高欄の周辺の流れを写真1,2に、表面圧力分布特性を図4に示す。また、図4には高欄水平材の影響を見るため、高欄 H1 を設置した断面の圧力分布特性も併せて示す。

写真1,2より、どちらの高欄も地覆からの剥離流は水平材に当たり水平材上下面から再び剥離していることが分かる。そして、励振効果の現れた $d/h=0.15$ の場合は、水平材下面から剥離した流れは強く巻き上がり、

水平材上面からの剥離流を押し上げるようにして新たに剥離剪断層を形成しているのが分かる。また、制振効果の現れた $d/h=0.25$ の場合は、水平材下面からの剥離流は下向きに床版上を沿うように流れ、その後剥離バブル内に流れ込んでいるのが分かる。

加振振動数成分の変動圧力振幅 $|Cp|$ の分布より、模型上面において、 $d/h=0.15$ の場合は後縁部で $H1$ より大きいことが分かる。これは、剥離剪断層が高欄水平材の存在により影響を受け、剥離渦の生成が強められたためと考えられる。また、 $d/h=0.25$ の場合は、剥離剪断層が弱められたため、中央部から後縁部にかけて、 $|Cp|$ が $H1$ よりも小さいと考えられる。

振動変位と変動圧力の位相差 β の分布より、 $d/h=0.15$ の場合は、 $H1$ の分布と大きな差はないが、 $d/h=0.25$ の場合は、模型上面において中央部下流側から後縁部にかけて位相遅れが小さくなっているのが分かる。これは、剥離渦の生成が弱められ流下速度が速められたためと思われる。

回転運動を考慮した変動圧力域の速度比例成分 $Cpi \cdot Xi/B$ ($Cpi = |Cp| \cdot \sin \beta$) の分布より、 $d/h=0.15$ の場合は、模型上面では後縁部の励振力が $H1$ に比べて大きく、他の部分でほとんど差がないことから、模型全体で $H1$ に比べて励振力が増加したと思われる。また、 $d/h=0.25$ の場合は、模型上面では後縁部の励振力が $H1$ に比べて小さくなっており、模型全体で $H1$ に比べて励振力が減少したと思われる。

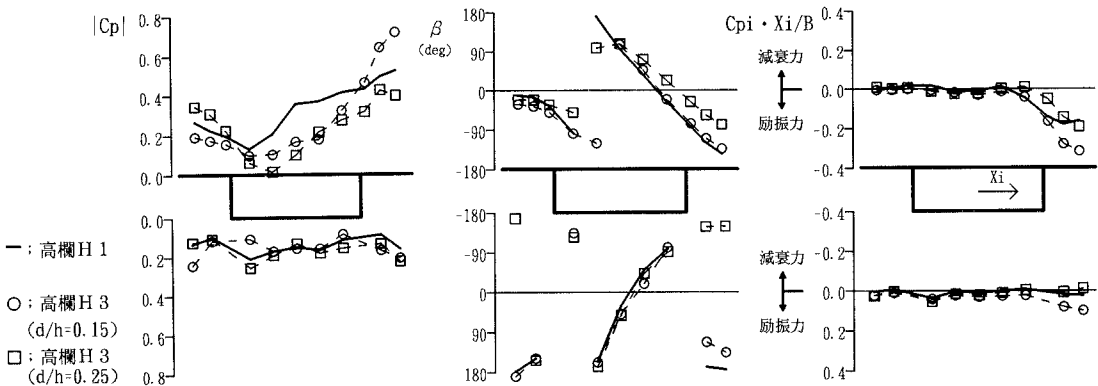


図4 高欄 H3 の表面圧力分布特性の比較

5. 結論 振れ渦励振において、地覆からの剥離流が水平材に当たり水平材上下面から再び剥離する場合には、次の二つに分けられる。

(1) 水平材下面からの剥離流が強く巻き上がる場合。

高欄水平材下面からの剥離流の影響で剥離渦の生成が強められ、圧力分布特性に影響を及ぼすため、励振力が増加し励振効果が作用する。

(2) 水平材下面からの剥離流が下向きに床版上を沿うように流れる場合。

剥離バブル内に水平材下面からの剥離流が流れ込み、巻き込みが弱められ剥離渦の生成が弱まり、圧力分布特性に影響を及ぼすため、励振力が減少し制振効果が作用する。

紙面の都合上、実験結果については省略したが、振れ渦励振において地覆からの剥離流が水平材上部をかすめる場合、および地覆からの剥離流が地覆と水平材の間を流れる場合には、模型上面での励振力が減少するため制振効果が作用する。また、撓み渦励振においては、高欄水平材の設置により、模型上面での減衰力が減少するため励振効果が作用する。

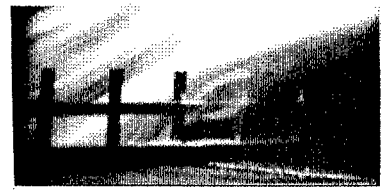


写真1 高欄 H3($d/h=0.15$)周辺の流れ

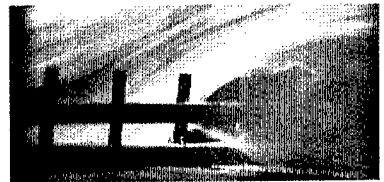


写真2 高欄 H3($d/h=0.25$)周辺の流れ