

高欄水平材の振れ渦励振応答に及ぼす影響

徳島大学工学部 正員 宇都宮英彦 大成建設 吉岡鋭二
徳島大学工学部 正員 長尾 文明 徳島大学大学院 学生員 ○小林洋順

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いえず、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を行った。実験の結果、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が、振れ渦励振応答においては、励振効果が作用するものと制振効果が作用するものに大きく分かれていることが分かった。そこで、振れ渦励振において、特に大きな変化の現れた高欄について可視化実験および表面圧力測定実験を行い、高欄水平材の変化が箱桁の振れ渦励振応答に及ぼす影響について考察を行った。

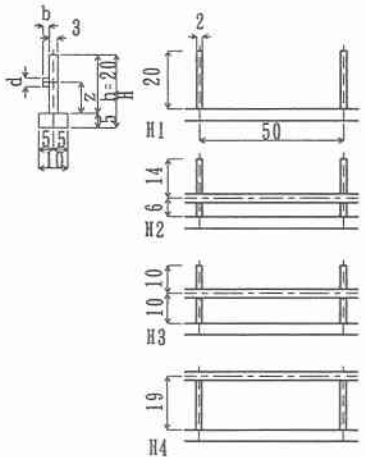
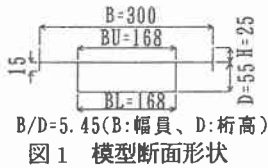


図2 高欄形状

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。

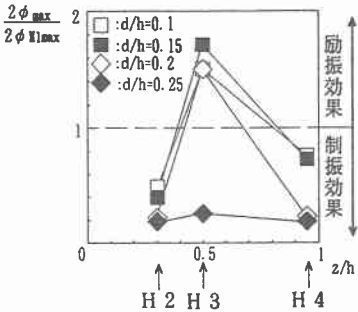


図3 振れ渦励振に及ぼす高欄水平材の影響

3. 二次元振動実験結果 振れ渦励振に及ぼす高欄水平材の設置位置および厚みの影響を図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では全て制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。

4. 可視化実験および表面圧力測定実験結果 二次元振動実験の結果より、高欄水平材の設置位置が同じでも厚みの変化により制振効果および励振効果が作用した高欄H3のd/h=0.15およびd/h=0.25の水平材を設置したものについて、可視化実験および表面圧力測定実験を行った。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を併せて示す。

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。

変動振幅の速度比例成分 $Cpi \cdot Xi/B$ ($Cpi = |Cp| \cdot \sin \beta$) 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。



写真 1 高欄 H3($d/h=0.15$)周辺の流れ

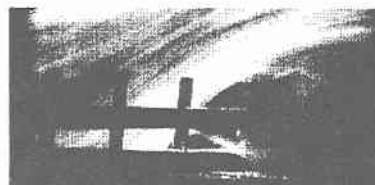


写真 2 高欄 H3($d/h=0.25$)周辺の流れ

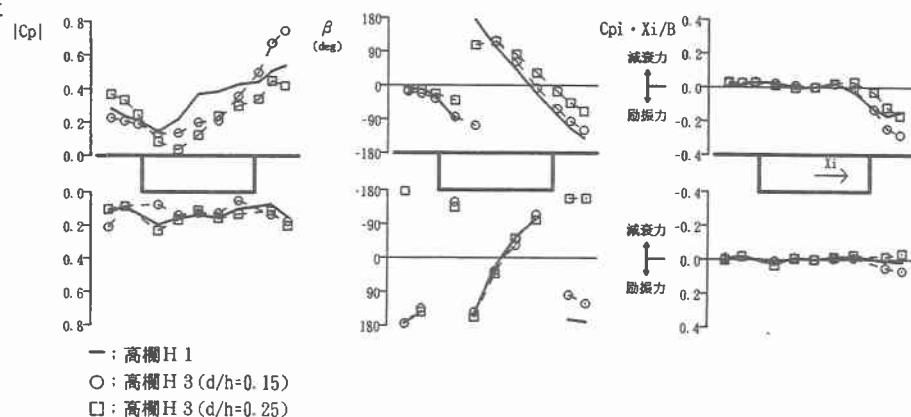


図 4 高欄 H3 の表面圧力分布特性の比較

5. 結論 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。