

部分模型による渦励振応答評価法 - 完全剥離型断面 -

徳島大学 工学部

正 員

宇都宮英彦

徳島大学 工学部

学生員 ○川上 剛司

徳島大学 工学部

正 員

長尾 文明

飛鳥建設(株)

竹口 昌弘

中央復建コンサルタンツ(株) 正 員 高島 秀明

1. はじめに

長大橋の耐風安定性を検討する際、経済性、風洞規模等の制約の点から橋梁断面模型として二次元部分模型(2D模型)の使用が一般的である。しかし、実際には2D模型は二次元性のため実橋の振動モードの影響など三次元的な特性を再現できないとされている。¹⁾ 筆者らは、一様流中のたわみ渦励振を対象として橋梁基本断面の空力安定性を評価すべく渦励振の発生原因の異なる断面形、すなわち桁高幅員比 $B/D=2, B/D=6$ の矩形断面を有する二次元(2D)模型、三次元(3D)模型について空気力の相違を三次元的な流れの有無によって調べ2D模型の有効性を検討している。²⁾ 本研究では、上述のような再付着型断面とは異なる剥離流が再付着しない完全剥離型($B/D=1$)矩形断面について、模型表面の非定常圧力測定ならびに流れの可視化を行い、またその影響について考察し、部分模型による風洞実験法の有効性を検証する。

2. 実験方法

非定常圧力測定、流れの可視化実験とも強制振動法により行った。2D模型は、バネ支持形式で模型を平行移動させるよう加振し、3D模型は三次元性を与えるのに比較的簡単な方法である一端ヒンジ固定の片持形式とした。

3. 実験結果および考察

(1) 橋軸方向流れと表面圧力分布 3D模型を用いて流れの可視化実験を行った結果、剥離バブル内において2D模型では見られなかった小振幅側から大振幅側への橋軸方向の流れ(写真-1)が確認された。この流れが3D模型の応答にどのような影響を及ぼすかを考え、まず橋軸方向の流れの発生過程を述べる。図-1は換算風速 $V/fD=6.0$ における2D模型表面上の瞬間表面圧力 $C_p(t)$ 分布を示す。これは、圧力変動が正弦的で断面振動と同周期であると考え、 $C_p(t) = C_p - 1C_p \cos(\omega t + \beta)$ より求めた。圧力差があると高圧部より低圧部に向かって流れが生じることより、位相角 $\omega t = 0^\circ \sim 180^\circ$ にかけて小振幅側から大振幅側への流れがあると考えられ、これは流れの可視化実験結果とよく対応している。

この橋軸方向流れが及ぼす影響を2Dと片持(3D)模型の非定常圧力分布測定結果を用いて考察する。変動圧力振幅 $1C_p \times \rho V^2 / 2$ を2D、片持(3D)について図-2、図-3に示す。2D模型では変動圧力のピーク振幅時の風速が A/D 増加に伴って高くなるにも拘らず、片持模型では全ての A/D に対して共振風速 $V_r = 1/St = 7.0$ ($St = 0.144$: ストローハル数)付近でピーク(2Dでの $A/D=0.05$ の時のピークに等しい)を迎え、 $A/D=0.05$ での大きさに均一化する傾向がみられる。次に変動圧力の変位からの位相遅れ β について考察する。 β は圧力が振動変位に対して進んでいる時を正と定義す



写真-1 橋軸方向の流れの様子
(3D模型, $V/fD=7.0$, $A/D=0.15$)

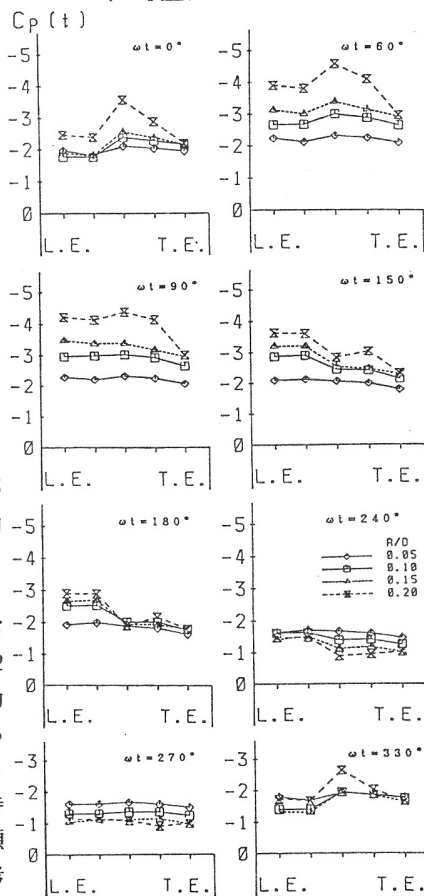


図-1 瞬間圧力分布 (2D模型, $V/fD=6.0$)

る。そして、圧力の変動振幅 $|Cp|$ と $\sin \beta$ の積で表される速度比例成分 C_{pi} が負のとき模型振動に対して減衰力となり正のとき励振力となる。 $\sum C_{pi}$ は模型に作用する空気力に相当することから、 β は空気力仕事に対し大きく影響すると考えられる。図-4は、2Dと片持(3D)模型の位相遅れ β について比較を行ったものである。この図より $V/fD=6.0$ までは風速の増加と共に大きく遅れていた位相が、 $V/fD=7.0$ 付近から急激に進んでいる。これは、この風速あたりでストローハル成分の渦の振動数が加振振動数に同期しているためと考えられる。また $V/fD=7.0$ 以降は、 β が加振振動数成分の剥離渦の影響を受けず一定化する傾向にあり、振幅が小さいほど β の一定化は低風速側で起こっている。また、 β の負から正への変化点、すなわち空気力仕事が減衰力から励振力に変わる点において3Dの方が2Dより低風速側に移動している。つまり3D模型の方が2D模型の β より進み、低風速側から一定化(風速増加により β が変化しない)する傾向にある。

(2) 表面圧力から求めた応答振幅 図-5は、2Dと3D模型の仕事量を求めストリップ理論を用いて渦励振応答を求めた結果であり、自由振動法によって得られた実測値も同時に示している。片持模型から推定した3D応答曲線は実測値とほぼ一致していると云えるが、2Dから推定した3D応答についてはかなり実測値と異なる。また、片持(3D)からの推定値よりも2Dからの推定値の方が低風速側でピーク出現の可能性がある。渦励振応答は C_{pi} により決定されることから $V/fD=7.0 \sim 8.0$ の急激な位相変化によって振動が発生する。2D、3D模型ともほぼ同じ風速域から立上がりを見せるが、3Dの方が2Dの場合よりも低風速側で応答がピークを迎える理由として、3D模型が橋軸方向流れによる小振幅側の影響でストローハル数成分の渦放出振動数が低風速域で同期状態からはずれ、 β の一定化が低風速で起こること、また、 $|Cp|$ も同時に小さくなることなどにより仕事量が減少することが挙げられる。

4. 結論 橋軸方向の流れの存在により3D模型上の空気力が2D模型上での空気力とは異なったものとなり、ストリップ理論に基いた三次元応答の推定には問題があると思われる。本研究では定性的にしか考察を行うことができなかったが今後これらを基にし、現象を定量的に補えることで、より合理的な3D応答推定が可能となると考える。

<<参考文献>>

- 1) 武田勝昭, 園部好洋: 2, 3次元実験における渦励振たわみ応答振幅の比較, 土木学会第39回年次学術講演会概要集, 1984.10
- 2) 宇都宮英彦, 長尾文明, 高島秀明: 渦励振における風洞実験法の評価, 土木学会構造工学論文集, Vol.34A, 1988.3

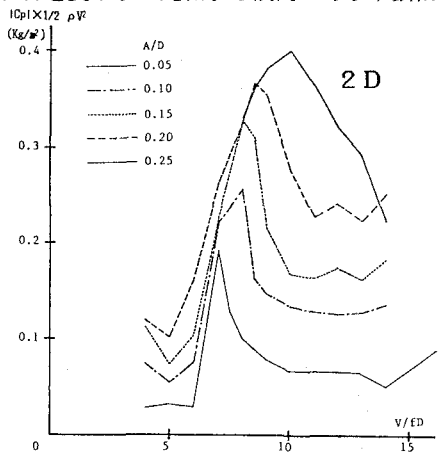


図-2 無次元化されていない圧力の変動振幅 (2D)

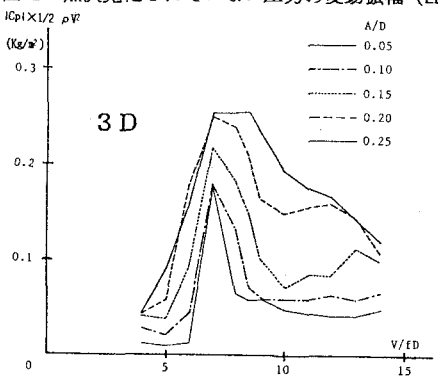


図-3 無次元化されていない圧力の変動振幅 (3D)

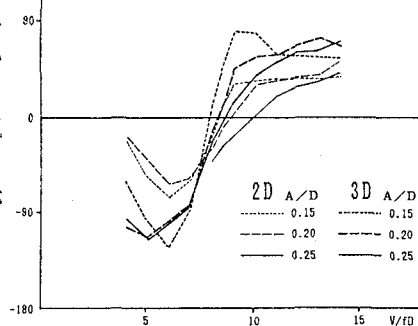


図-4 圧力の変位からの位相遅れ β

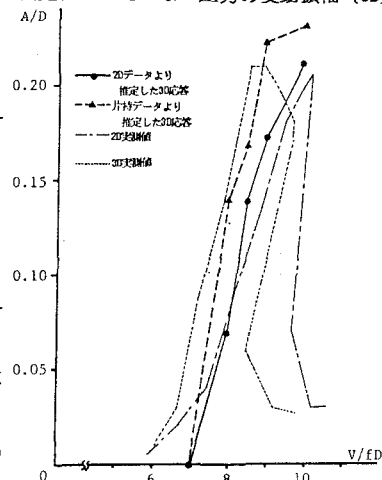


図-5 渦励振応答曲線