

数値流体解析によるセンターバリアを有する二箱桁断面に作用する静的空気力の検討

○中央大学 学生員 東 隆介 中央大学 正会員 平野廣和
中央大学 正会員 佐藤尚次

1. はじめに

近年、超長大橋の実現に向け種々の二箱桁断面が提案され、多くの研究機関でその耐風性能が風洞実験により検討されている¹⁾。耐風安定性に優れた断面を新たに提案する場合などの検討は、風洞実験を実施するのが一般的であるが、その耐風安定性の向上理由や作用する空気力の発生メカニズムについては議論されることが少ない。一方、安定化のために付けられた部材については、大きさ、形状、設置位置によっては耐風安定性が低下することもありうる。

そこで本論文では、CFD による橋梁断面の耐風性能照査の基礎的なアプローチとして、フェアリングを付加した二箱桁断面及び、その断面の中央空間部にセンターバリアを設置した断面において静的な 3 次元流体解析を行い、それぞれの断面における静的な挙動の把握と静的空気力の低減という観点からセンターバリアの最適形状について考察を行った。

2. 解析手法・解析条件

基礎方程式には LES における Smagorinsky SGS(sub-grid scale)モデルによる空間的なフィルタリング操作を施した非圧縮性 Navier-Stokes 方程式を採用し、数値流体解析手法には著者らが提案している IBTD/FS 有限要素法²⁾を用いている。断面モデルは図-1 に示す 3 ケースとし、断面①は、基本形状としてのセンターバリア無し、断面②はセンターバリア高さ 1.5D、断面③はセンターバリア高さ 2.0D の断面である。

解析条件は、著者らの過去の解析事例^{3,4)}を参考に表-1 のように決定した。また、主流方向平面での解析領域は物体中心から風上・風下をそれぞれ 42D、流れと鉛直方向には 75D としている。ここで、閉塞率は断面 1 で 1.3% である。境界条件としては、風上からの一様流入、物体まわりでは no-slip 条件、流れに対し上下の境界面では slip 条件、流出端では移流型境界条件、軸方向の境界面では周期境界条件を与えた。

表-1 解析条件

Reynolds数	$Re=1.0 \times 10^4$
時間増分	$\Delta t=0.05D/U$
モデル定数	$C_s=0.13$
軸方向分割幅	$\Delta z=0.1D$
軸方向分割数	64層
要素分割数	断面1 : 33798×64
	断面2 : 34264×64
	断面3 : 34264×64

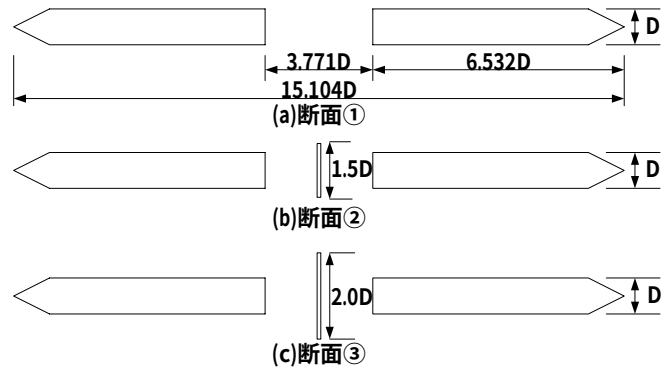


図-1 断面モデル

3. 解析結果

各断面において、図-2 に静的空気力係数の時刻歴を、図-3 に時間平均流線図を、図-4 に瞬間の渦度コンター図を示す。

図-2 において、抗力係数 C_d に着目すると、断面①では 1.2 程度であるのに対し、2.0D のセンターバリアを付加した断面③では 1.7 程度と約 4 割増加している。これはセンターバリアを付加することにより風の受動面積が増加したためである。しかし、断面②では、受動面積が増加しているにもかかわらず、1.0 程度と係数が減少している。これは、図-3 の時間平均流線図や図-4 の瞬間の渦度コンター図からもわかるように、断面③ではセンターバリアから剥離した流れが風下側の物体の 2D 程度下流に再付着しているのに対し、断面②では剥離した流れが風下側の物体の前縁部分で付着し、センターバリアと風下側の物体の間により複雑な流れ場を形成しているため、その負圧により風下側の物体に負の抗力が生じたものであると考えられる。

揚力係数 C_l 、空力モーメント係数 C_m に着目してみると、 C_m に関しては断面②、断面③ともにセンターバリア設置により断面①よりも振幅が大きくなってしまっており、センターバリアが高くなるほど振幅が大きくなる傾向が見られた。しかし、 C_l に関しては、断面①と断面③が同程度の振幅であるが、断面②ではセンターバリアの設置により、約 3 割の振幅低減の効果が得られた。

また、断面①では C_l と C_m に位相が逆位相であることから、上向きの揚力が極大を示す時のモーメントは反時計回りに、揚力が極小を示す時のモーメントは時計回りに発生していることになる。物体は圧力の負圧が相対的に大きい表面の法線方向へ引き付けられることを考慮すると、断面①は回転中心よりも風下側の物体に作用する圧力変動により空気力が発生しているこ

キーワード：二箱桁断面、センターバリア、数値流体解析

連絡先 : 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 tel.03-3817-1816 fax.03-3817-1803

とになる。ところが、断面②においては C_l と C_m の位相の相関は顕著には見られなくなり、さらに断面③においては C_l と C_m がほぼ同位相となっている。これは、図-3,4 から確認できるように、断面②,③はセンターバリアから剥離した流れが風下側の物体の側面に付着するため、断面①の風下側の物体前縁に見られる、流れの付着・剥離による圧力変動が緩和されたためだと考えられる。そのため、特に断面③では回転中心よりも風上側の物体に作用する圧力変動により空気力が発生しているような傾向となってきている。

以上より、センターバリアの設置により、空気力の発生機構が変化していること、設置するセンターバリアの高さにより各種静的空気力の特性が大きく変化することが確認できた。

4. おわりに

本論文ではフェアリングを付加した二箱桁断面と 2 種類のセンターバリアを付加した断面において静的解析を行うことにより、以下の結論を得た。

- (1) 二箱桁断面においては、揚力・空力モーメントは特に風下側の物体に作用する圧力変動により発生することがわかった。
- (2) 設置するセンターバリアの高さによって各種静的空気力の発生機構・特性が大きく変化するという結果が得られた。特に断面③において、空気力発生に支配的な断面が風下側から風上側に移行するような結果が得られた。

- (3) 二箱桁断面において、 $1.5D$ の高さのセンターバリアを設置することにより、抗力係数が約 2 割、揚力係数の最大振幅が約 3 割程度低減されることがわかった。

これらの結果から、静的な流れ場におけるセンターバリアの形状の違いによる耐風安定性メカニズムについて把握することができた。

今後の課題としては、本静的解析でセンターバリアの高さの違いにより得られた揚力と空力モーメントの位相の違い、流れ場の変化がフラッターの安定性に及ぼす影響の考察のために、動的な解析を行う必要が考えられる。それにより、本来形状によっては耐風安定性が低下する可能性もありうるセンターバリアのフラッター安定化部材としての最適形状についてさらなる考察を行っていく予定である。

<参考文献>

- 1) 松本勝, 白土博通他: 鉛直板付き分離箱桁のフラッター特性, 第 18 回風工学シンポジウム, pp.311-316, 2004
- 2) 丸岡晃, 太田真二, 平野廣和, 川原睦人: 同次補間を用いた陰的有限要素法による非圧縮粘性流れの解析, 構造工学論文集, Vol.43A, pp.383-394, 1997.
- 3) 東隆介, 平野廣和, 大佐嘉彦: 数値流体解析による超偏平矩形断面における非定常空気力の算出, 第 53 回理論応用力学講演会論文集, pp.549-550, 2004.
- 4) 東隆介, 平野廣和: 1:13 矩形断面に作用する非定常空気力の数値流体解析による検討, 第 18 回風工学シンポジウム, pp.287-292, 2004

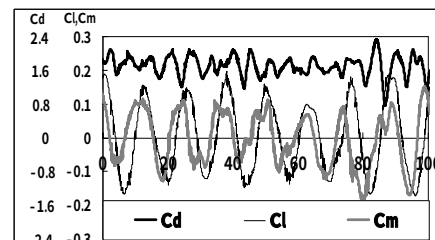
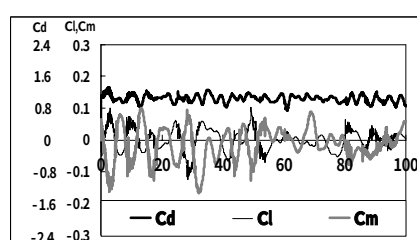
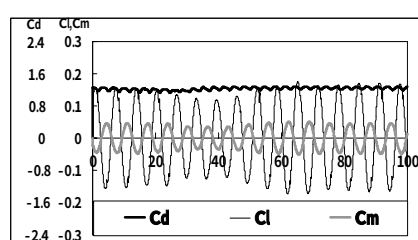
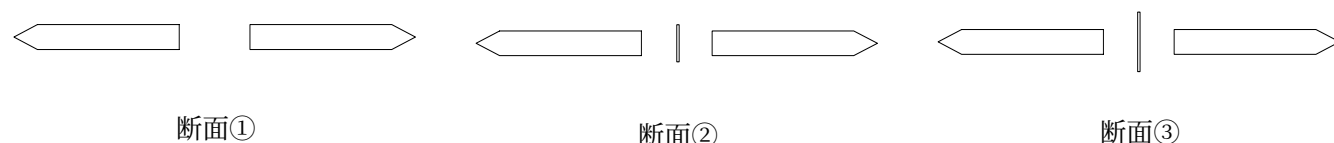


図-2 静的空気力係数の時刻歴

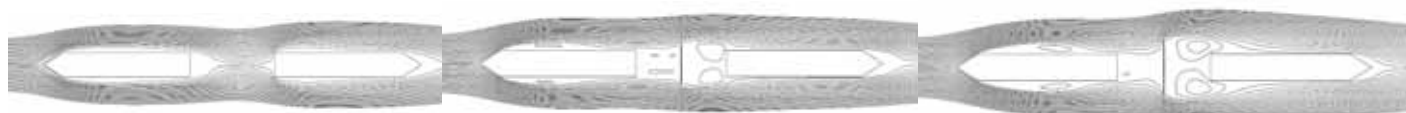


図-3 時間平均流線図



図-4 瞬間の渦度コンター図