

空のモビリティの離着陸機能を有する橋梁まわりの流れの検討

日本大学 学生会員○湯山太賀 日本大学 正会員 長谷部寛
日本大学 正会員 長澤大次郎

1. 研究背景と目的

現在、人々の移動は自動車や電車が主流である。しかし、地方の高齢者を中心に公共交通の需要は高いものの、人口減少や過疎化に伴い、公共交通空白地帯が発生している。地方、特に山間部のような、交通インフラが不足する地域に対し、近い将来実用化が期待されている空飛ぶクルマ¹⁾に代表される新しい空のモビリティは、既存の交通インフラを補う可能性があると考えられる。

これまで中野らにより山間部の既存橋梁に空のモビリティの離着陸機能を付加する提案がなされている²⁾。提案された橋梁は、図-1に示すように離着陸スペースとそれを支持する補強アーチを設置するものである。補強アーチを設置することで、既存橋梁への補強効果が得られることも確認されている。

一方で、図-1のような橋梁に空のモビリティが離着陸する際の、桁周辺の気流性状は明らかでない。そこで、数値流体解析を用いて橋梁まわりの気流性状を明らかにする試みを進めている。本研究では、その第一歩として、スパン中央を含む鉛直断面空間を対象とした2次元解析により、離着陸スペースを有する場合の気流性状を定性的に検討した。

2. 数値流体解析法

本研究では書籍³⁾付属の解析プログラムを用いた。支配方程式には、以下の式(1)、(2)に示す無次元化連続条件式と Navier-Stokes 方程式が採用されている。

$$\frac{\partial u_i}{\partial x_i} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial u_i}{\partial t} + u_j \frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial p}{\partial x_i} - \frac{1}{Re} \frac{\partial^2 u_i}{\partial x_j^2} = b_i \quad (2)$$

ここで、 u_i は流速、 p は圧力、 Re はレイノルズ数、 b_i は物体力である。これらの方程式に対し、空間方向は SUPG/PSPG 安定化有限要素法、時間方向は Crank-Nicolson 法で離散化している。要素は三角形一次要

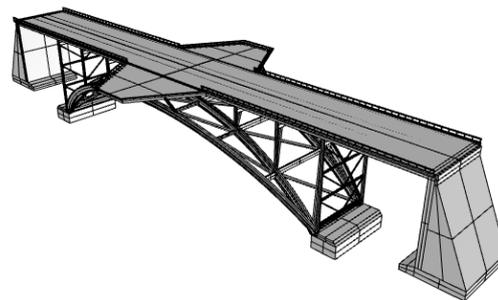


図-1 離着陸スペースと補強アーチを設置した橋梁モデル

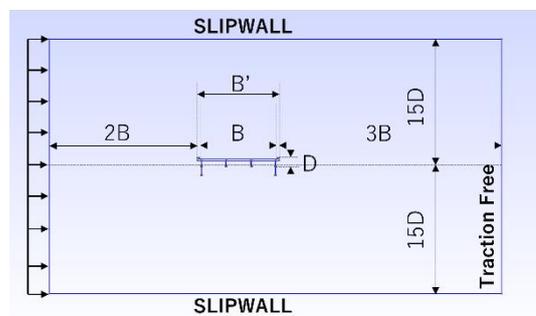


図-2 既存橋梁モデルの解析領域

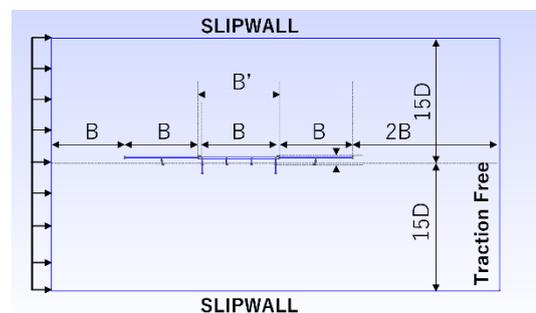


図-3 離着陸スペースを有した橋梁モデルの解析領域

素を用い、連立1次方程式の解法には GPBi-CG 法が用いられている。

3. 解析条件

本研究では、図-1の橋梁モデルスパン中央を含む鉛直断面空間を解析対象とし、既存橋梁と、離着陸スペースを有するケースの2ケースを扱った。

解析領域および境界条件を図-2、3に示す。境界条

件は、流入部流入境界はレイノルズ数 200 に相当する一様流を与え、上下面は slip 条件、流出境界は traction free 条件を与えた。

離着陸スペースを有する橋梁周辺の解析メッシュを図-4 に示す。主桁の桁高 D に対して $D/20$ を最小メッシュサイズとした。既存橋梁のケースは、節点数 5978、要素数 11429 であり、離着陸スペースを有するケースは、節点数 11691、要素数 22355 である。

これらの解析条件、メッシュに対して、無次元時間増分を 0.005 として 100,000 ステップ解析を行い、40,000 ステップ以降に着目して空気力評価を行った。

4. 離着陸スペースの有無による流れ場の差異

離着陸スペースの有無が流れに及ぼす影響を定性的に検討した。図-5, 6 に橋梁桁断面近傍の流線を示す。既存橋梁は、桁上面前縁、および下部のアーチリブ下縁で流れが剥離し、後方に明確な渦が形成される。一方で、離着陸スペースを有するケースでは、上流側デッキの端部で上下面共に流れは剥離するものの、上面には小さい渦しか見られない。下面側では補強アーチ下縁で 2 次的に剥離し、鉛直方向の渦の寸法は小さくなった。さらに、後流域の変動も小さい。離着陸スペースが設置されることで、断面辺長比が大きくなるような効果があると推測される。表-1 は空気力係数の比較結果である。抗力係数が低下することは流れの変化と一致している。

5. まとめ

空のモビリティの離着陸機能を有する橋梁断面まわりの流れを数値流体解析により検討した。その結果、離着陸スペースが設置されると、断面辺長比が大きくなるような効果があり、桁上面に渦が形成されにくくなることが分かった。これは風に対する安全性を高める効果があることを示唆している。ただし、本解析は 2 次元解析でありレイノルズ数も低い初期検討である。今後はレイノルズ数を高くした 3 次元解析を実施し、定量的に離着陸スペースの効果を検討する必要がある。

参考文献

- 1) 国土交通省：空の移動革命に向けた官民協議会、https://www.mlit.go.jp/koku/koku_tk2_000007.html（閲覧日：2022/1/15）
- 2) 中野ら：空との交通結節機能を有するアーチ橋の

検討，土木学会令和 3 年度年次学術講演会講演概要集，I-13，2021

- 3) 日本計算工学編：第三版有限要素法による流れのシミュレーション，丸善出版，2017

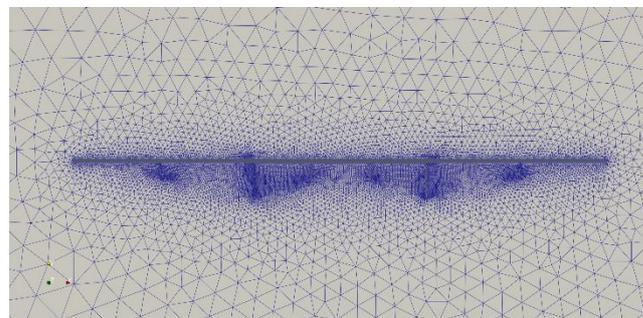


図-4 橋梁近傍の解析メッシュ

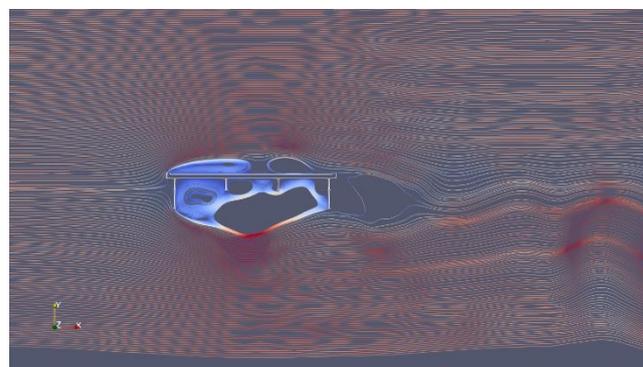


図-5 既存橋梁桁断面まわりの流線

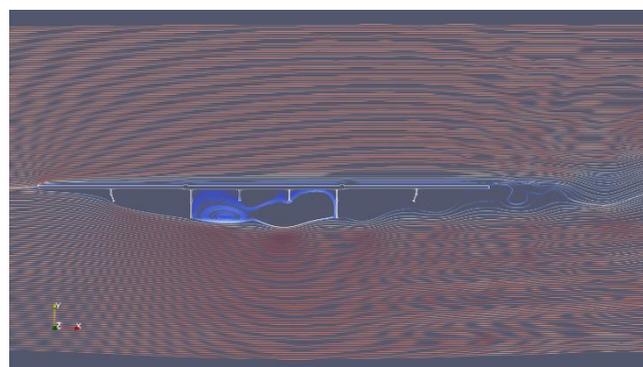


図-6 離着陸スペースを有する橋梁桁断面まわりの流線

表-1 空気力係数の比較

	既存橋梁	離着陸スペースあり
$\overline{C_D}$	3.05	1.65
$C_{D,rms}$	1.24	0.69
$\overline{C_L}$	-3.06	-5.12
$C_{L,rms}$	3.35	1.00