

1514 パンタグラフ舟体から発生する空力音低減のための 効率的なシンセティックジェット駆動手法について

正 [機] ○佐藤 祐一 (鉄道総研)

正 [機] 池田 充 (鉄道総研)

正 [機] 光用 剛 (鉄道総研)

学 [機] 高野 靖士 (東京農工大学大学院)

Study on the effective method of using synthetic jet actuators for reduction of aeroacoustic noise

Yuichi SATO, Mitsuru IKEDA, Takeshi MITSUMOTO, Railway Technical Research Institute, 2-8-38, Hikaricho, Kokubunji City
Yasushi TAKANO, Graduate School of Tokyo University of Agriculture and Technology

Reduction of aerodynamic noise emitted from a pantograph panhead is a very important subject for the speed-up of Shinkansen trains because of the environmental preservation. This study examined the effect of the number of synthetic jet holes (10, 20, 30) on reduction in aeolian tone. The results of aeroacoustic noise measurement imply that the effect of reduction in aeolian tone is dependent on the number of the ejection holes if synthetic jet velocity is the same. On the other hand, it turns to be independent of the number of synthetic jet holes if the energy input to speaker is the same, but fewer ejection holes are effective to reduce over all noise level including actuation noise.

Keywords : synthetic jet actuator, pantograph, panhead, flow control, Karman vortices, aeolian tone

1. はじめに

新幹線のさらなる速度向上を実現するためには、沿線環境保全などの面からパンタグラフ空力音をより一層低減することが求められるが、従来手法の延長だけでは、空力音の大幅な低減は難しい状況にある。そこで、著者らは流れ場制御によって空力音低減を実現する研究を進めている。その一つとして、剥離点近傍の流れ場に擾乱を与えることのできるシンセティックジェットアクチュエータに着目し、新幹線用パンタグラフの主要な音源部位である舟体に組み込むことによって、舟体から発生する空力音の低減を実現することを目指している¹⁾²⁾³⁾⁴⁾。本論文では、シンセティックジェットアクチュエータの噴出孔の数がエオルス音低減に及ぼす影響について検討した結果について報告する。

2. 流速測定試験

2.1 スピーカ型シンセティックジェット搭載舟体模型

舟体模型に搭載可能なシンセティックジェットアクチュエータを試作した。アクチュエータの概観図を図1に示す。駆動源にはスピーカユニットを用い、アクチュエータ10個を実スケールの2次元舟体模型に組み込み、舟体前面の最下部にφ4mmのジェット噴出孔を設けて、各アクチュエータのジェット噴出孔とエアチューブで接続した。舟体模型のスパン長は600mmであり、ジェット噴出孔は30個設置した。図1のように、シンセティックジェットアクチュエータ1個につき、3個の噴出孔よりシンセティックジェットを出力できる構造となっている。なお、図1に示す噴出孔の左側から順に1~30と名付けた。噴出孔10, 20個の条件はアルミテープで噴出孔の一部を塞ぐことによって実現した。以下、噴出孔10, 20, 30個の場合の舟体模型をTYPE1, TYPE2, TYPE3と呼ぶこととする。

2.2 シンセティックジェットの流速測定試験

シンセティックジェットの噴出孔の数を舟体スパン方向に増やしたときにエオルス音低減に与える影響を調べるために、噴出孔の数が10, 20, 30個の場合のシンセティックジェットの流速が等しくなるように波形生成ソフトからスピーカへ入力する信号の大きさをPC音量を変えることにより調整した。その結果、TYPE1の場合はPC音量が23, TYPE2の場合はPC音量が25, TYPE3の場合はPC音量が60であった。なお、流速測定は過去の試験²⁾³⁾⁴⁾と同様にシンセティックジェットアクチュエータを300Hzで駆動させて、熱線流速計を各噴出孔の中心位置に設置して計測した。流速測定結果を図3に示す。図3より、平均流速は舟体模型スパン方向に対して一様とはなっていないが、空力音低減効果を考察する上でほとんどその影響はないものと判断した。

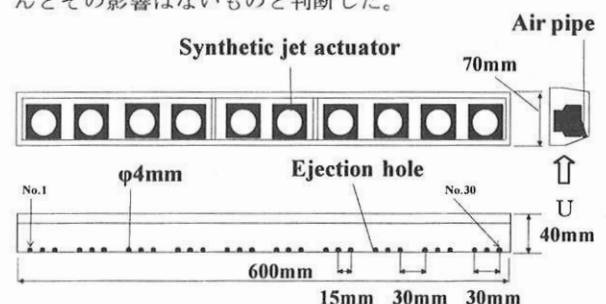


Fig.1 Panhead with speaker-driven synthetic jet actuators



Fig.2 Velocity measurement using hot-wire anemometer.

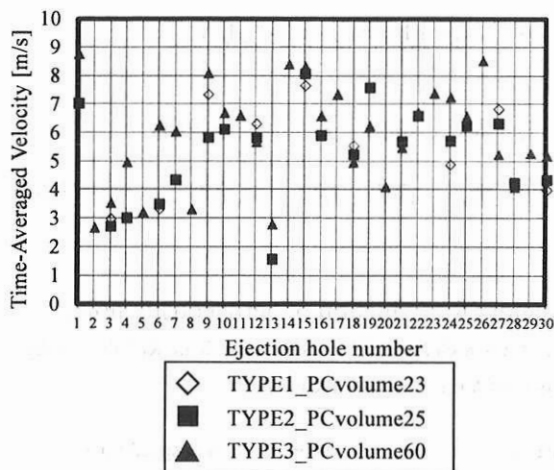


Fig.3 Mean velocity

3. 騒音測定試験

主流速 25m/s において、隣り合うスピーカを逆位相で駆動させてシンセティックジェットを発生させ^{3) 4)}、舟体模型から放射される空力音を測定した。なお、測定位置は、舟体中心から側方に 2.0m 離れた位置に設置したマイクロホン(NM1)、及び 1.5m 離れた位置に設置したマイクロホン(NM2)である。この位置は舟体から見るとそれぞれ、底面側下方 2.0m 位置、上面側上方 1.5m 位置に相当する。空力音測定結果を図 4 に示す。図 4(a)は、シンセティックジェットの誘起流速がほぼ同一の条件において TYPE1~TYPE3 の空力音を比較したものである。主流速が 25m/s におけるエオルス音低減効果は、56Hz において TYPE1 では 0.5dB、TYPE2 では 1.4dB、TYPE3 では 4.7dB であり、シンセティックジェットによる誘起流速が同一の条件では、噴出孔の数の増加に伴ってエオルス音低減効果も大きいことが分かった。これは舟体後流のカルマン渦が抑制され、さらに、スパン方向に噴出孔数が増加するほど、カルマン渦のスパン方向の相関長が短くなり、エオルス音低減効果が大きくなるためと考えられる。一方、図 4(b)は、シンセティックジェットアクチュエータに対して等しい駆動エネルギーを与えた場合の TYPE1~TYPE3 の空力音を比較したものである。この場合には噴出孔の数に関わらずほぼ同程度のエオルス音低減が得られた。これより、同じエオルス音低減効果を得るためには、シンセティックジェットによる流速が低い場合には舟体スパン方向に 30 個必要であるが、流速が高い場合には舟体スパン方向には 10 個でも十分であることがわかる。ここで、図 4(c)より、スピーカの振動により噴出孔から放射される駆動音が噴出孔の数の増加とともにアクチュエータによる駆動周波数とその倍音の周波数において大きくなっているため、流速を大きくして、噴出孔の数を減らすことが全体として効率的な空力音低減手法であると考えられる。

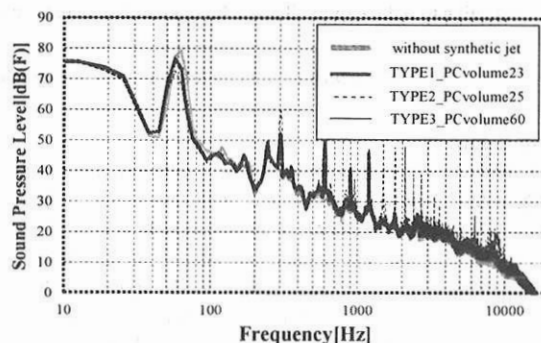
4. まとめ

シンセティックジェットの誘起流速がほぼ同一の条件においては噴出孔の数が増加するとエオルス音が低減されることが分かった。また、シンセティックジェットアクチュエータに対して等しい駆動エネルギーを与えると噴出孔の数に依らずエオルス音低減効果が等しいことが分かった。これは、単位長さ当たりのシンセティックジェットによる運動量供給がエオルス音低減に影響してい

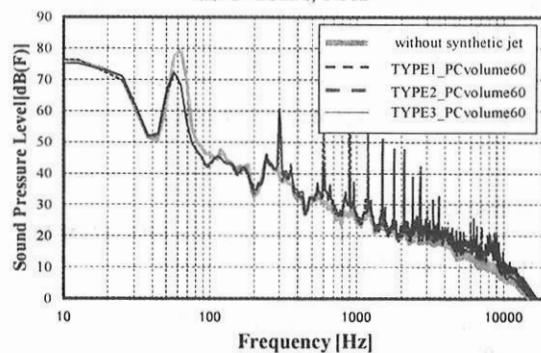
るためと考えられる。また、駆動音を低減する必要があることを考え合わせると、噴出孔の数は少なくして、誘起流速の大きいシンセティックジェットアクチュエータを製作することが効率的な空力音低減手法につながると考えられる。

参考文献

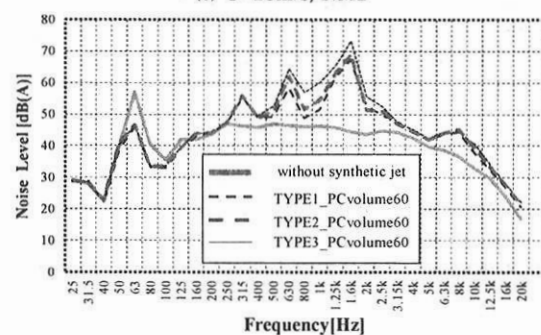
- 1) 岸下, 美濃部, 池田, 鈴木: シンセティックジェットの適用による鈍頭形状断面を有するパンタグラフ舟体の空力音低減, 電気学会論文誌D, Vol. 132, No.2, pp.204-210, 2011
- 2) 高野, 光用, 佐藤, 池田, 新井: PIVを用いたシンセティックジェットによるパンタグラフ舟体まわりの流れ場制御効果の検討, pp.573-576(S3-2-4), J-RAIL2011
- 3) 佐藤祐一, 池田充, 光用剛: スピーカー駆動型シンセティックジェットによるパンタグラフ舟体の空力音低減, 鉄道総研報告, Vol.26, No.8, pp.5-10, 2012
- 4) 佐藤祐一, 池田充, 光用剛, 高野靖士, 日本機械学会第22回環境工学シンポジウム CD-ROM 論文集, 2012



(a) $U=25\text{m/s}$, NM2



(b) $U=25\text{m/s}$, NM2



(c) $U=25\text{m/s}$, NM1

Fig.4 Aeroacoustic Noise measurement results ($U=25\text{m/s}$)