Journal of Convergence for Information Technology
Vol. 9. No. 9, pp. 141-146, 2019
e-ISSN 2586-4440
DOI : https://doi.org/10.22156/CS4SMB.2019.9.9.141

터보프롭 항공기(C90GT)의 소음 분석

류종현[1], 김우진[2*], 김규범[3]
[1]초당대학교 항공운항학과 교수, [2]가톨릭관동대학교 항공정비학과 교수, [3]가톨릭관동대학교 무인항공학과 교수

Noise Analysis of Turbo Prop Aircraft(C90GT)

Jong-Hyeon Ryu[1], Woo-Jin Kim[2*], Gyou-Beom Kim[3]
[1]Professor, Dept. of Flight Operation, Chodang University
[2]Professor, Dept. of Aviation Maintenance, Catholic Kwandong University
[3]Professor, Dept. of Unmanned Aviation System Engineering, Catholic Kwandong University

요 약 여러 종류의 항공기가 운용되고 있는 훈련 비행장에서 항공기의 소음을 실제 측정하여 분석하는 것은 어렵다. 이러한 실제적인 한계를 극복하고 적절한 소음 대책을 수립하기 위해서 FAA에서 사용하는 INM 7.0(Integrated Noise Model Version 7.0)을 사용하여 소음 지도를 작성하였다. 터보프롭 항공기 (C90GT)가 이륙 경로, 착륙 경로 및 장주 경로를 비행하면서 발생하는 소음을 측정하였고 법적으로 소음의 피해가 되는 70 WECPNL 이상인 지역을 조사하였다. 터보프롭 항공기가 운용되고 있는 모든 경로에서 70 WECPNL을 초과하는 지역은 발견되지 않았다.

주제어 : 터보 프롭, 소음 지도, 항공기 소음 예측 프로그램, 항공기(C90GT)

Abstract The aircraft noise analysis area in this study is a training airfield where various kinds of aircraft are operated. It is difficult to identify the noise analysis as a real measurement in a training airfield. In order to overcome these practical limitations and to establish appropriate noise countermeasures, a noise map is prepared using the Integrated Noise Model Version 7.0 of the aircraft noise prediction program used by the FAA. The noise of C90GT aircraft was measured while flying the takeoff route, landing route, and long route. We want to identify areas where noise damage is more than 70 WECPNL. No area exceeding the legal standard of 70 WECPNL was found in all routes.

Key Words : Turbo prop, Noise map, INM 7.0, WECPNL, Aircraft(C90GT)

1. 서론

소음은 신경을 거슬리는 음향이나 정신 및 육체적으로 인체에 유해한 영향을 주는 소리로 정의된다[1]. 그리고 인간의 신체적, 정신적, 사회적 건강을 침해할 뿐만 아니라 두통과 의욕상실의 원인이 되어 정신적, 육체적 능력을 감소시켜 인간 건강에까지 위험을 가져오게 한다. 소음이 인간에게 영향을 많이 주는 것으로는 수면 방해, 청력 상실, 소음 난청 및 통신 방해 등을 들 수 있다[2-4].

항공 산업이 발전하면서 다른 나라와의 교역이 증가하면서 항공기 운항횟수가 계속해서 증가되고 있고 우리나라 같은 경우 급격하고 무분별한 도시개발과 팽창으로 인하여 비행장이 주거시설에 인접해 있어서 항공기소음으로 인하여 주민들의 주거생활에 큰 불편과 분쟁의 소지를 낳고 있다[5].

항공기소음은 영향 범위가 일반 교통 소음보다 광범위하게 나타나고 이륙 및 착륙 경로에 따라 소음의 영향 범위가 축소되거나 확대된다. 그리고 항공기소음은 특정 지역에 순간적인 소음이 높게 나타나게 되므로 정서적인 영향을 주지

*Corresponding Author : Woo-Jin Kim(kwjm0527@daum.net)
Received July 16, 2019 Revised August 12, 2019
Accepted September 20, 2019 Published September 28, 2019

만 이것을 정량화 및 표준화를 하여 보상하는 것은 현실적으로 어렵다.

본 연구의 항공기소음 분석지역은 여러 종류의 훈련용 항공기가 운용되고 있는 훈련 비행장이다. 운항 횟수 및 운항 형태가 매우 불규칙하고 다양하다. 그러므로 측정 항공기소음의 정도를 실제로 측정하여 분석하기 위해서는 다른 항공기의 운항을 중지해야 하는 현실적으로 어려운 문제가 있다.

그리고 훈련 비행장에서 비행하고 있는 모든 항공기가 소음피해를 발생하고 있다고 가정하여 소음피해를 유발하는 기종을 실제 측정으로 선별하기에는 현실적이지 못하고 소음피해를 제공하는 항공기를 선별했다고 해도 소음피해 개선책을 실제 소음 측정으로 확인하는 것도 어렵다.

이러한 현실적 문제를 해결하고자 미연방 항공청(Federal Aviation Administration: FAA)의 항공기 소음 예측 프로그램 Integrated Noise Model Version 7.0(이하 "INM 7.0"이라고 함)을 사용하여 소음 지도를 작성하였다.

이륙, 착륙, 장주경로 시나리오를 적용하여 활주로 방향별로 소음 분포도를 분석하였다. RWY 15를 사용할 경우 활주로 남동쪽 지역에 소음피해를 주고 있고, RWY 33를 사용할 경우에도 00 비행장 동북쪽 염전을 지나 북쪽 지역에 소음피해를 주고 있음을 확인하였다. 이에 구체적으로 어떠한 항공기들이 소음피해를 주고 있는지를 분석하기 위하여 00 비행장에서 유일하게 한 대가 운용되고 있는 터보프롭 항공기인 C90GT를 선정하였다.

그리고 훈련 비행장에서 이륙, 착륙 경로와 장주 경로 주변에 대하여 소음피해의 법적 근거인 70 WECPNL 이상이 되는 지역을 조사하였다.

2. 항공기 소음의 특징

항공기 소음은 하늘이라는 3차원 공간에 소리가 아무런 방해 없이 대기 속을 자유롭게 멀리 진행하는 특징이 있다. 그러므로 자동차나 철도 등과 같은 지상 교통 소음과 구별되어 컴퓨터를 이용한 소음 분포의 정확성이 상대적으로 높다[6,7].

그러므로 특정 항공기에서 유발되는 소음 특성을 조사한 후 이를 데이터화하여 분석을 하면 항공기 경로에 따른 공항 주변의 소음 분포를 비교적 정확하게 예측하는 것이 가능하다. 항공기 소음을 예측할 수 있는 이유는 항공기 소음이 대기 속에서 1차원적으로 전파되어 나가기 때문이다. 그러나 소음이 먼 거리로 전파되어 갈 때에는 대기에 의한 소음 흡수현상을 생각하여야 한다. 소음의 흡수 정도는 기온, 습도 및 밀도 등 대기 환경에 의해 다르게 결정된다[6-8].

그리고 C90GT 항공기 소음은 주로 프로펠러가 회전하면서 발생하는 소음과 높은 압력의 엔진 배기가스를 배출하면서 생기는 소음으로 이루어진다[9]. 프로펠러 소음은 같은 추력을 내는 조건에서 프로펠러 끝단 속도와 관계가 있다.

공항 주변의 소음평가는 주로 이륙과 착륙 시에 발생하는 소음이 문제가 되므로 이륙 및 착륙 횟수와 시간대 등을 종합적으로 고려하여 지표를 만들었다. 세계 각국에서 주로 사용되는 항공기 소음평가방법에는 NEF(noise exposure forecast), NNI(noise and number index), PNL(perceived effective level), WECPNL(weighted equivalent continuous perceived noise level), Ldn(day-night equivalent noise level) 등이 있다[10].

소음 기준의 하나인 WECPNL은 국제민간항공기구(ICAO)가 1971년에 발표한 Annex 16 Aircraft Noise 중에서 다수의 항공기에 의해 장기간 연속적으로 노출된 소음 척도로서 ECPNL에 소음 발생시각과 계절에 의한 보정을 하여준 것이 WECPNL이다. 그리고 소음 영향이 큰 야간에 운항하는 것에 대해서 큰 Weight를 부과한 것이 특징이며 수식 (1)과 같이 정의하였다.

$$WECPNL = \overline{dB(A)} + 10\log(N_2 + 3N_3 + 10(N_1 + N_4)) - 27 \quad (1)$$

여기서 N_1 : 야간(00:00 - 07:00)의 운항 횟수

N_2 : 주간(07:00 - 19:00)의 운항 횟수

N_3 : 석간(19:00 - 22:00)의 운항 횟수

N_4 : 야간(22:00 - 24:00)의 운항 횟수

$\overline{dB(A)}$: 이·착륙하는 항공기마다 1일 단위로서 계산한 당일 평균 최고 소음레벨

WECPNL 평가지표는 현재 우리나라와 일본이 채택하여 사용하고 있으며, 항공기 소음에 노출되는 주변의 반응을 객관적으로 평가할 수 있는 것이 WECPNL의 장점이므로 공항 주변 소음평가에 사용하고 있다.

3. 항공기 소음 예측 프로그램

본 연구에서 사용하는 항공기 소음 예측 프로그램은 미연방 항공청(FAA)에서 표준으로 하고 있는 INM 7.0이다.

Fig. 1의 INM 7.0 프로그램은 1978년 FAA에서 발표를 최초로 하였고 그 이후로 세계 여러 나라에서 항공기 소음 예측을 위하여 많이 사용하고 있다. 평균적인 입력 값을 기본으로 하는 INM은 항공기 소음이 긴 기간 동안에 미치는 영향을 예상하기 위한 것으로 FAA Part 150과 FAA Order 1050에 근본을 두고 있다[11,12].

3.1 INM 7.0의 적용

INM 7.0은 민간 항공사에서 보유하고 있는 대부분의 대형 항공기 소음분석이 가능하다. 00 비행장에서 운용 하는 항공기는 총 14개 기종으로 대체로 미국에서 제작된 항공기로서 INM 7.0을 이용하면 거의 모든 기종의 소음분석이 가능하다. 기존의 항공기 소음지도를 작성하는 방법과 달리 항공기의 실제 소음원을 측정하여 비교 및 분석하는 방법을 채택하였다. 그러므로 환경부 고시 제 2003-221호 '소음·진동 공정시험방법'(2003.12.31.)에 따른 항공기소음 측정방법의 기준을 적용하여 C90GT 항공기의 소음원을 측정하여 새로운 소음 데이터를 생성하였다.

그리고 INM 프로그램에 적용되어있는 소음 데이터와 실제로 측정한 소음 데이터와의 유사성을 갖는지를 비교하고 분석하여[13] 항공기의 여러 가지 비행경로(이륙, 착륙, 장주경로 등)에 따른 소음지도를 작성할 수 있었다.

Fig. 2는 200~2,000ft 사이에서의 INM 소음 데이터와 실제 소음 데이터를 비교 한 것으로 두 개의 소음 데이터가 거의 차이가 없음을 알 수 있다. 이는 항공기의 소음이 1차원으로 퍼져 나가기 때문에 높이가 낮은 곳에서는 두 개의 데이터 차이가 없다.

Fig. 3은 4,000~25,000ft 사이에서의 INM 소음 데이터와 실제 소음 데이터를 비교 한 것이다. 10,000ft이상이 되면 INM 소음 데이터와 실제 소음 데이터가 차이가 있다. 그러나 본 연구에서는 항공기의 이·착륙 시 발생하는 소음과 높이 1,500 ft의 장주코스를 운행하는 항공기의 소음을 분석하므로 INM 프로그램을 사용하여도 무방할 것이다.

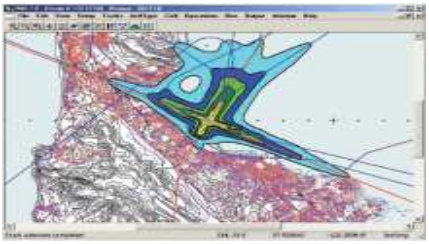

Fig. 1. INM Program Run View

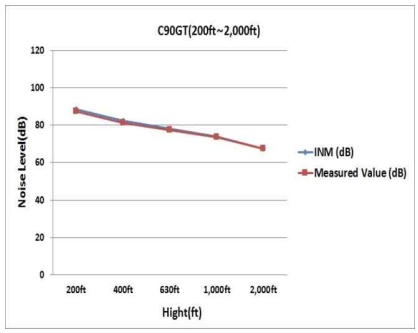

Fig. 2. C90GT INM DATA vs conversion value measured value (200~2,000 FT)

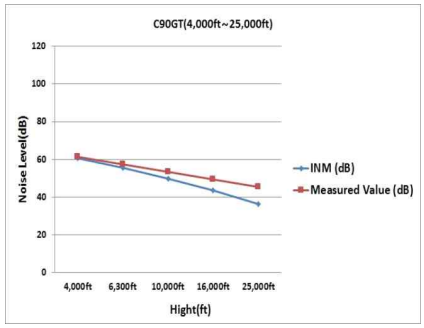

Fig. 3. C90GT INM DATA vs conversion value of measured value (4,000~25,000 FT)

3.2 항공기의 제원

Beechcraft 사의 킹에어(king air)는 1964년 처음 제작되었다. 초창기에는 군용기로 개발되었다가 2006년 Pratt & Whitney 사의 750 SHP PT6A-135A 터보프롭 엔진을 장착하여 C90GT 모델로 개량되었다. 2008년 국내에 도입되어 현재 00 비행장에서 1대가 운용되고 있으며, 여러 나라에서 기상관측용 항공기로 사용하고 있다. 국내에서도 기상관측용으로 개조되어 기상연구에 사용되고 있으며 Fig. 4는 C90GT 항공기의 모습이다. 그리고 Table 1은 C90GT의 일반적인 제원 및 성능표이다.

Fig. 4. C90GT King air

Table 1. C90GT performance data[14]

Wing Span	15.32M	Range	2,346 KM
Length	10.82M	Flight Time	6.25 HR
Height	4.34M	Consumption	238 LITER/HR
MTOW	4,581 KG	Max. Operating Altitude	30,000 FT
Empty Weight	3,152 KG	Max. Weight in Baggage	1,365 KG
Fuel Capacity	2,573 LITER	Fuel Type	JET A1
Cruise Speed	385 KM/H	Seat	9석

4. 00비행장의 현황 및 비행경로

2005년부터 운영 중인 국내 유일의 00 비행장은 1개의 활주로, 6개의 유도로와 4개의 주기장으로 구성되어 있다. 주요시설로서는 관제탑, 격납고 3동, 강의동 1동과 기숙사 2동을 갖추고 있고 Fig. 5는 00 비행장의 도면이다.[15]

항공기가 이륙하는 경로는 Fig. 6, Fig. 7의 파란색 경로이며, 직진 이륙 경로, 90도 선회하여 동쪽으로 이륙하는 경로, 장주 경로를 따라 180도 선회하여 이륙하는 경로 3가지 경로를 적용하였다. 90도 선회하여 서쪽으로 이륙하는 경로는 군에서 사용하는 사격장이 존재하여 적용하지 않았고 이륙 경로는 이륙 고도까지 계속 상승하는 것으로 정하였다.

착륙경로는 Fig. 6, Fig. 7의 빨간색 경로이며 직진으로 계속 강하하여 착륙하는 경로와 비행장주의 동쪽 45도 방향에서 비행장주 중앙으로 진입한 후 정해진 비행장주를 따라서 착륙하는 경로 2가지 경우를 적용하였다. 비행장주의 서쪽 45도 방향에서 진입하는 경우 역시 군에서 사용하는 사격장이 존재하여 적용하지 않았다.

장주비행은 Fig. 6, Fig. 7의 녹색부분에 해당하며 활주로를 중심으로 직사각형태의 모양으로 계속적인 이륙 및 착륙 훈련을 위한 경로이다. 장주고도는 약 1,500 ft, 장주폭은 1.7 nm이다. Rwy 15, Rwy 33에 따라 동쪽(육지 쪽)방향으로 서로 대칭의 형태를 이루고 있다[15].

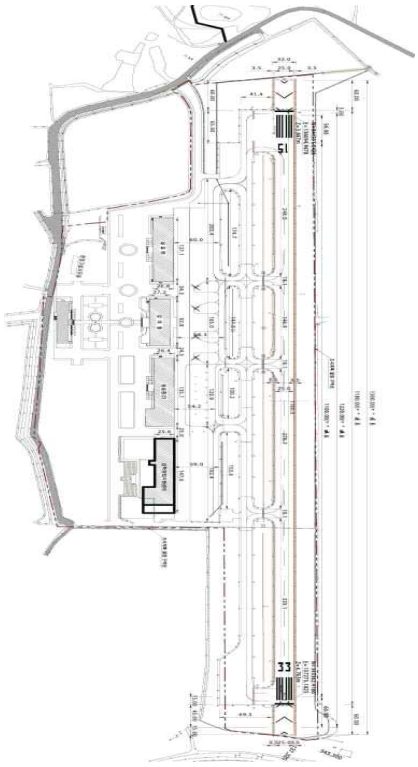

Fig. 5. 00 drawing of airfields[15]

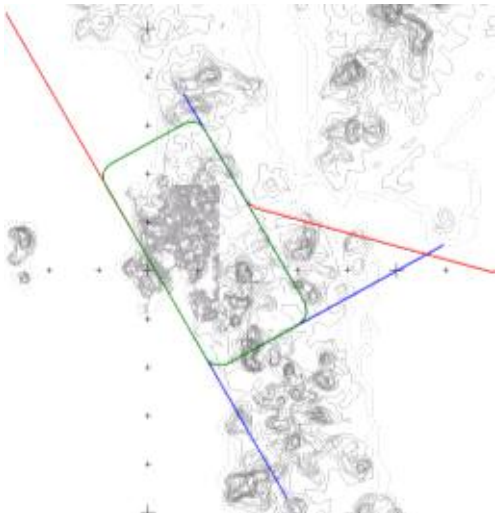

Fig. 6. RWY 15 flight rout[9]

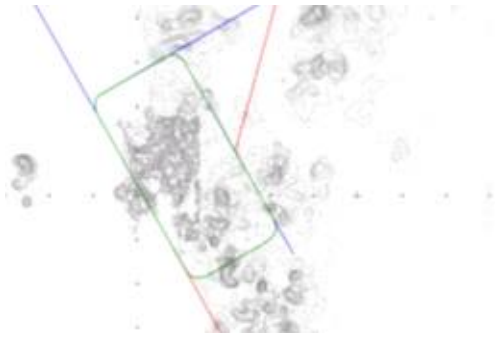

Fig. 7. RWY 33 flight rout

5. 소음분포 및 결과

소음지도를 작성하기 위해서 00 비행장에서 사용되는 비행경로에 실제적으로 운항되고 있는 비행횟수를 적용하여 소음 지도를 작성하고 비행횟수는 하루를 기준으로 운용될 수 있는 최대 비행횟수를 이륙 경로, 착륙 경로 및 장주 경로에 적용하였다.

RWY 15에서 착륙하는 경로로는 위쪽에서 활주로 방향을 따라 착륙하는 경로(적색)와 동쪽 45도 방향에서 들어와서 활주로 위쪽 방향으로 착륙하는 경로(적색)로 2 가지이고, 이륙하는 경로로는 활주로를 따라 위쪽으로 이륙하는 경로(청색), 활주로를 따라 아래쪽으로 이륙하는 경로, 동쪽으로 이륙하는 경로 3가지이며, 비행 장주는 경로의 폭이 1.7 nm로서 직사각형 형태로 활주로를 감싸고 있다.

RWY 33의 착륙경로와 이륙경로는 RWY 15와 비슷하고 방향만 다르게 되어 있다.

[Fig. 8]는 RWY 15의 이륙 경로, 착륙 경로 및 비행 장주에 발생하는 소음 분포이다. 동쪽의 45도 방향에서 진입하여 위쪽 활주로 방향으로 착륙하는 경로와 동쪽방향으로 이륙하는 경로에서 소음이 넓게 분포되어 있으나 법적 소음 기준인 70 WECPNL를 넘지 않고 있다.

[Fig. 9]는 RWY 33의 소음 분포도이다. 동쪽의 45도 방향에서 진입하여 활주로 아랫방향으로 착륙하는 경로와 활주로 위쪽에서 동쪽방향으로 이륙하는 경로에서 RWY 15와 같이 소음이 넓게 분포되어 있으며 소음의 강도는 차이가 있으나 법적 소음을 초과하고 있지는 않다.

[Fig. 8], [Fig. 9] 에서 볼 수 있듯이 모든 경로에 있어 법적 기준인 70 WECPNL을 초과하는 지역이 나타나지 않았다. C90GT 항공기는 두 개의 터보프롭 엔진을 가지고 있기 때문에 가속 능력이 우수하여 짧은 시간에 이륙속도에 도달하고 상승률이 좋기 때문에 이륙고도에 도달하는 시간도 매우 짧다. 그러므로 항공기 소음이 장시간 지상에 영향을 주기 않기 때문에 인간에 피해를 주는 법적 소음 기준인 70 WECPNL이 초과하지 않는 것으로 판단된다.

결론적으로 가스터빈 엔진의 일종인 터보프롭 항공기 C90GT 에서 발생하는 소음은 민가에게 피해를 주는 법적 소음 이하임을 알 수 있다.

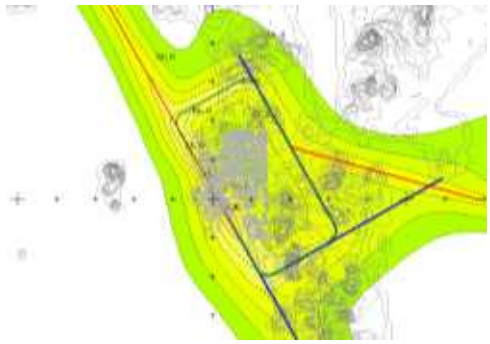

Fig. 8. RWY 15 noise map with application scenarios_C90GT

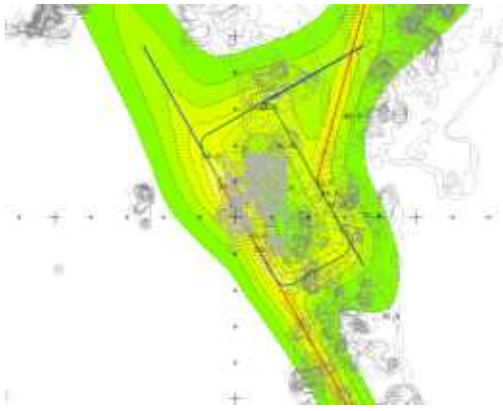

Fig. 9. RWY 33 noise map with application scenarios_C90GT

REFERENCES

[1] J. M Yon, J. H Lee, D. H Kim & O. K Lee. (2016). Influence of Stress and pure tone audiometry on noise-exposed dental laboratory technicians by dental instrument. *Journal of Digital Convergence*, 14(4), 363-370.
DOI : 10.14400/jdc.2016.14.4.363

[2] B. S Kim, Y. J Lee, S. J Kim & K. C Ho. (2010).

Counter Plan about Indoor Noise of a movie Theater due to Aircraft. *Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering*. 4, 294-295.

[3] B. S Kim. (2016). Noise reduction ranking decision at manufacturing process of metal material products due to noise map. *Journal of Korean Society of Mechanical Technology, 18(2),* 256-260. DOI : 10.17958/ksmt.18.2.201604.256

[4] H. D Kim & B. S Kim. (2012). Sound proof about indoor noise of a movie theater due to aircraft. *Journal of Korean Society of Mechanical Technology, 14(5),* 31-36. DOI : 10.17958/ksmt.14.5.201210.31

[5] J. Y Lee & P. S Jang. (2017). Study on Research Trend in Airlone Industry using Keyword Network Analysis. *Journal of Korean Convergence Society, 8(5),* 169-178.

[6] I. R Jeong. (2005). *Noise and vibration engineering.* Seoul : Sinkwang Publishing.

[7] I. H Cha & J. K Ok. (1999) *Noise and vibration engineering*. Seoul : Munokdang Publishing.

[8] Seoul National University Center for Environmental Noise and Vibration Research. (2016). *A Study on the Improvement of Aircraft Noise Evaluation Standards and Measurement Methods*. Sejong : Ministry of environment.

[9] J. H Lee & J. U Cho. (2015). Convergent Study on Fatigue Life Analysis of Driving Shaft in Jet Engine. *Journal of Korea Convergence, 6(6),* 279-284.

[10] H. K Choi, S. T Kim & J. I Kim. (2007). A study on the methodology to evaluate the spatial distribution of the aircraft noise. *Proceedings of J. Korean Soc. Environ. Eng. Fall Conference 2007*. 1661.

[11] S. G Lee. (2008). Environmental prediction mode trend. *Journal of KSNVE, 18(2),* 18-21.

[12] FAA. (2007). *Integrated noise model user's guide, version 7.0.* FAA.

[13] Ministry of environment. (2003). *Ministry of environment notice No. 2003-221 'Aircraft noise measurement method according to noise and vibration process test method', Ministry of environment.* Sejong : Ministry of environment.

[14] Beechcraft. (2009). *C90GT Pilot Manual.* Wichita, KS, USA : Beechcraft Corporation.

[15] Hanseo university. (2015). *Taean airfield local procedure*. Taean : Hanseo university.

류 종 현(Jong-Hyeon Ryu) [정회원]

· 1993년 2월 : 한국항공대학교 항공운항학과(공학사)
· 2014년 2월 : 원광대학교 기계공학과(공학석사)
· 2006년 7월 ~ 2012년 8월 : 한서대학교 비행교육원 조교수
· 2012년 9월 ~ 2014년 2월 : 초당대학교 항공운항학과 조교수
· 2014년 3월 ~ 2015년 12월 : 한서대학교 비행교육원 부교수
· 2016년 1월 ~ 현재 : 초당대학교 항공운항학과 부교수, 비행교육원장
· 관심분야 : 항공, 비행교육, 소음
· E-Mail : haneul415@gmail.com

김 우 진(Woo-Jin Kim) [정회원]

· 1995년 2월 : 한국항공대학교 항공기계공학과(공학사)
· 1997년 2월 : 한국항공대학교 항공공학과(공학석사)
· 2007년 2월 : 한국항공대학교 항공공학과(공학박사)
· 2012년 ~ 2017년 : 초당대학교 항공정비학과 교수
· 2017년 8월 ~ 현재 : 가톨릭관동대학교 항공정비학과 교수
· 관심분야 : 항공운항 및 정비, 항공기, 항공기 소음, 안전
· E-Mail : kwjm0527@daum.net

김 규 범(Gyou-Beom Kim) [정회원]

· 2003년 2월 : 건국대학교 기계항공우주공학과(공학사)
· 2005년 2월 : 건국대학교 항공우주공학과(공학석사)
· 2013년 2월 : 건국대학교 항공우주정보시스템학과(공학박사)
· 2018년 3월 ~ 현재 : 가톨릭관동대학교 무인항공학과 교수
· 관심분야 : 무인비행장치, 드론, 구조설계, 소음
· E-Mail : dronekim@cku.ac.kr