

# 천 덕트를 적용한 함정의 통풍량 측정에 따른 검증 방법 연구

박동규\*, 박해진, 김영호  
국방기술품질원 함정센터 함정2팀

## Study of Verification Method for Air Flow Quantity Measurement Applying Fabric Duct on HVAC System in Navy Vessels

Dong Kyu Park\*, Hae Jin Park, Young Ho Kim  
Naval Sea System Team 2, Defense Agency for Technology and Quality

**요약** 근래에 함정의 소음 기준은 점차 강화되고 있는 추세이다. 이러한 요구에 부합하기 위해 공기 조화 계통에 전통적으로 적용되는 스틸 덕트를 대신하여 천 덕트의 적용이 증가하고 있다. 스틸 덕트 적용시는 통풍량을 계측하고 검증하는 방법이 간단하지만, 천 덕트 적용시에는 공급되는 공기의 유속을 측정할 수 없기 때문에 통풍량을 확인하고 검증하는 방법이 없다. 이에, 천 덕트의 고유 공기 투과도와 그 표면적 넓이를 곱하여 개별 천 덕트의 통풍량을 계산하고, 이렇게 도출된 개별 천 덕트 통풍량의 합과 팬 코일 유니트의 송풍값을 비교하여 천 덕트 통풍량의 합이 팬 코일 유니트의 송풍량보다 적어도 같거나 크지를 검토함으로써, 적용된 공기 조화 계통의 성능과 배치의 적절성을 검증할 수 있는 방법을 연구하였으며 그 연구 결과를 예시로 나타내어 비교하였다. 본 연구에 의해 도출된 측정 및 검증 방법이 천 덕트가 적용된 함정의 시험평가 방법으로 정립되면 현장에서 즉시 적용이 가능할 것이다.

**Abstract** Today, navy vessels are required to follow more severe noise criteria than other operating vessels. In this point of view, one of the countermeasures in noise reduction is the application of a fabric duct system on the HVAC (Heating, Ventilation, and Air conditioning). In the conventional HVAC duct system, a steel duct is installed, and the airflow quantity is verified easily using the air velocity and sectional area of the air supplying diffuser. However, in case of a fabric duct system, there is no way to measure the air velocity through a fabric air duct. Hence there are no methods for measuring the air quantity supplied from the fabric duct system and verifying whether the HVAC ducting system is proper or not. So, in this research, we have proposed that the parameters air permeability and surface area can be used to calculate the air quantity and verify the HVAC duct system's function with an example arrangement. We would expect that the measurement result on board can be verified, and any argument during testing in the field might be reduced if this study is established.

**Keywords** : HVAC, Fabric Duct, Verification, Measurement, Air Flow

### 1. 서론

수상 함정에서 소음을 낮추기 위한 기술 개발은 다양한 기술 분야에서 진행되고 있다. 특히 과거와 달리 승조원들의 근무환경 개선과 관련한 요구사항들이 증가하고

있고 그러한 측면에서 거주 공간과 사무, 행정 공간에서의 소음 기준이 점점 엄격해 지고 있는 실정이다[1]. 또한 강의실 및 의무실과 같은 특수 공간의 필요 및 확대 적용에 대한 요구사항들도 증가됨에 따라, '격실(Room)'의 소음 기준은 더욱 엄격해 지고 있다[2]. 이러한 요구

\*Corresponding Author : Dong-Kyu Park(Defense Agency for Technology and Quality)

email: dongkuipiao@dtq.re.kr

Received August 18, 2021

Accepted January 7, 2022

Revised September 9, 2021

Published January 31, 2022

들을 만족하기 위한 직접적인 기술 분야인 공기 조화 계통(시스템)에서, 지금까지 적용하여 사용 중인 스틸(Steel) 재질의 덕트(Duct) 대비 공기 유동으로 발생하는 소음 수준이 현저히 낮은 천 덕트(Fabric Duct)의 적용이 점차 증가하고 있다. 한편, 상기에서 설명한 바와 같이 천 덕트의 적용이 확대되고 있지만 설치된 천 덕트의 성능 확인을 위한 '통풍량'의 적절성을 검증할 수 있는 명확한 방법은 아직 없어서 천 덕트의 설치 상태 및 성능 검사를 수행하는 검사 현장에서는 어려움이 있으며 이에 따른 논란이 존재하는 실정이다.

일반적으로, 건조되는 함정은 오랜 기간의 설계 과정 및 검토 과정을 거친 후, 그 설계 결과로 도출되는 도면의 내용이 함정에 물리적으로 동일하게 반영되어 건조되는지 그리고 설계의 결과물에 따라 건조되는 함정의 모든 성능과 기능이 제대로 발휘되는지 현장에서 검사 또는 평가를 통해 그 설계의 타당성을 검증하게 된다. 하지만, 상기의 이유로 적용을 확대 중인 천 덕트 설치 시, 기존의 스틸 덕트 적용과 비교하여 현장에서 측정해야 하는 변수(공기 유속)가 측정 불가함을 확인하였고, 그래서 기존의 측정 방법과 다른 방식을 이용하여 측정하고는 있지만 그 측정 방법의 타당성은 정확히 논의되지 않은 상태로 검사 또는 평가가 진행되고 있어서 검사를 수행하는 수행자 사이에도 많은 논란이 있다. 따라서 이를 보완하고 개선하고자 천 덕트를 적용한 함정 내 공기 조화 계통의 공기 통풍량 검증 방법을 연구하였다.

## 2. 본론

상기의 사항들을 개선하기 위해 먼저, 현재 적용되는 스틸 덕트가 적용된 공기 조화 계통에 대하여, 적용되는 스틸 덕트와 그 적용의 예 그리고 기존의 공기 통풍량 측정 및 검증 방법을 구체적으로 살펴 볼 것이고, 이후에 이와 대비하여 근래에 적용을 시작한 천 덕트가 적용된 공기 조화 계통에 대하여, 천 덕트의 특징과 그 구성, 천 덕트 적용 시 공기 통풍량 검증 방법을 비교하여 설명하고자 한다. 상기의 비교를 통해 스틸 덕트와 천 덕트 시스템 간의 차이가 무엇이며, 이로 인해 공기 통풍량 측정에 어떠한 문제가 존재하고 따라서 본 연구에서 제시하는 검증 방법이 타당성이 있는지에 대하여 구체적으로 기재하고자 한다.

### 2.1 스틸 덕트(Steel Duct)가 적용된 공기 조화 계통의 공기 통풍량 측정

현재까지 건조 및 운용되고 있는 수상 함정에는 스틸 재질의 덕트 및 스틸 재질의 공기 토출구(Diffuser or Terminal)를 적용하고 있다. 스틸 재질을 사용하는 경우, 냉각 또는 가열되어 공급되는 공기의 유속과 유량에 비례하여 공기 유동 소음이 발생하고 이 현상은 공기 조화 시스템이 작동되는 함정 어느 곳에서도 쉽게 관찰되며 사람의 귀로도 이러한 소음은 쉽게 인지되는 수준이다. 따라서 공기 유동에 기인하여 발생하는 소음을 줄이기 위하여, 개발자들은 공기 조화 계통 내 소음기를 추가 설치하거나 및 소음재가 내부에 추가로 시공된 공기 토출구를 개발하는 등 문제 해결을 위한 다양한 노력들을 여전히 진행하고 있다. 한편, 공기 조화 계통 내 관련 시스템 및 장비들을 설치한 후 공기 조화 계통의 전체적인 성능 확인 검사를 위해서는 공기 통풍량을 측정하는 검사 과정을 반드시 거치게 된다. 이를 통해 공기 조화 계통 내 결합된 덕트 시스템의 설치성 및 배치 설계의 타당성, 그리고 각종 공기 조화 계통의 공기 분배 상태까지 종합적으로 판단할 수 있으므로 공기 통풍량 검사는 일반적이고 기본적인 공기 조화 계통 검증 방법으로써 수행되고 있는 것이다.

현재 사용하고 있는 공기 조화 계통의 통풍량 검사는 Eq. (1)을 이용하며[3], 그 구체적인 방법은 Fig. 1에 도시되어 있다.

$$Q = AV \tag{1}$$

Where, A denotes cross sectional area of air outlet, V denotes air velocity

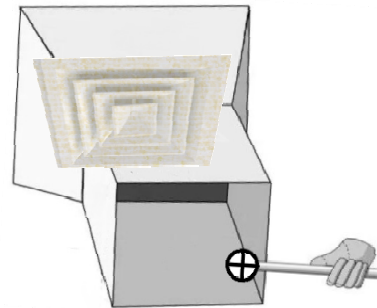


Fig. 1. Conventional measurement method of air flow quantity

상기 Fig. 1에서 보는 바와 같이, 각 스틸 공기 토출구에 이동식 호퍼를 부착한 후, 호퍼 반대편 공기토출 부분에 공기 유속 측정기를 두어 공기의 유속을 실시간으로 측정한다. 해당 호퍼의 공기 토출 부분의 단면적을 고려하여 통상 4 내지 8 개소에서 공기 유속을 측정한 후 그 값을 평균하여 측정된 개소의 공기 유속으로 사용한다. 이렇게 계속하여 얻은 평균 공기 유속과 호퍼 공기 토출 부분의 단면적을 곱하여서, 즉 Eq. (1)에 기재된 바와 같이, 해당 공기 토출구에서의 공기 유량을 공기 통풍량을 측정하는 방법을 사용하고 있다. 그리고 상기의 측정된 각각의 공기 토출구의 공기 유량을 모두 합산하면 하나의 팬 코일 유닛에 연결되어 있는 해당 격실들에서의 총 공기 유량이 계속되며 그 계속된 총 공기 유량 즉, 총 합산된 공기 통풍량이 해당 격실에 연결된 팬 코일 유닛 송풍량의 90% ~ 120% 이내에 존재하는지 확인하는 것으로 공기 통풍량 측정 및 검증을 수행하고 있다. 이렇게 측정된 결과를 살펴봄으로써 설계한 유량대로 냉각 혹은 가열된 공기가 공급이 될 수 있는지, 덕트 배치와 관련 시스템의 배치가 전체적으로 문제가 없으며 팬 코일 유닛에서 발생하여 토출되는 송풍량이 유실 없이 제대로 공급되는지 등, 전반적인 공기 조화 계통 내 덕트 시스템의 적절성을 검증하고 확인할 수 있는 것이고, 현재까지는 상기의 방법을 통해서 합정 내 공기 조화 계통의 공기 통풍량을 검증해 오고 있다.

## 2.2 천 덕트(Fabric Duct)가 적용된 공기 조화 계통의 공기 통풍량 측정

이미 서론에서 기술한 바와 같이, 공기 유동 소음을 줄이기 위하여 천 재질의 덕트가 설치되는 공기 조화 계통의 적용이 증가하고 있지만, 천 덕트를 적용한 경우는 상기 Eq. (1)의 공식을 이용하여 공기 통풍량을 측정할 수 없어서 공기 조화 계통의 설치 및 배치 설계의 적절성을 검증할 방법이 없다. 이는 천 덕트를 적용함에 따라 공기 토출구에서의 공기 유속을 측정할 수 없다는 것이 그 주된 이유이다.

천 덕트의 적용은 천 표면에 존재하는 미세한 틈으로부터 투과되는 냉각 혹은 가열 공기가 해당 격실의 온도를 조절하는 개념인데, 천의 미세한 틈으로 토출되는 공기의 속도를 공기 유속 측정기로 계속할 수 없고, 즉, 상기 Eq. (1)의 변수인 공기 유속을 알 수 없으므로, 천 덕트 공기 조화 계통의 통풍량 검증을 할 수 있는 방법이 없다.

한편, 천 덕트를 적용한 공기 조화 계통에서, Eq. (1)을 이용하여 공기 유속을 측정할 수 있는 방법이 전혀 없는 것은 아니다. 아래 공기 조화 계통 배치 예시인 Fig. 2를 참조하면, '격실 1(Room 1)'의 '덕트 플랜지(Duct flange)'에서 그 후단에 설치되는 천 덕트(F.transfer 및 F.Outlet)가 연결되는 부분의 체결을 제거한 후, '덕트 플랜지'에서 평균 공기 유속을 측정하고 해당 '덕트 플랜지'의 단면적을 측정한 후 상기 Eq. (1)을 이용하면 천 덕트가 설치된 해당 '격실 1'로 공급되는 냉각 및 가열 공기의 통풍량을 측정할 수는 있다.

하지만, 이러한 경우에 있어서도, 여전히 의문으로 남아 있어서 검증되지 않는 점은 천 덕트(천 이송 덕트 및 천 공기 토출구)의 성능 즉 천 덕트를 적용한 개소의 통풍량 적절성에 대한 검증은 되지 않고 있다는 점이다.

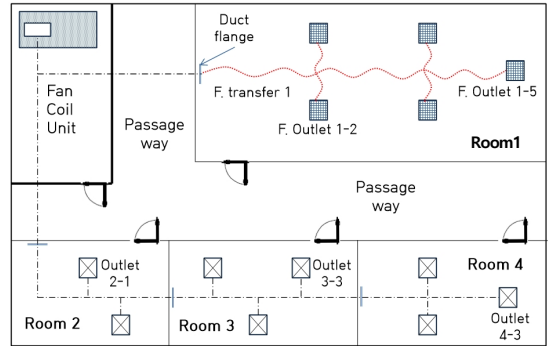


Fig. 2. Example of HVAC system arrangement applying both Steel duct and Fabric duct

### 2.2.1 천 덕트 공기 조화 계통의 구성 및 공기 통풍량 검증 방법

천 덕트(Fabric duct)는 천 재질로 제작된 덕트의 통칭으로써 'KS K ISO 9237'에 따라 '공기 투과도(단위 : mm/s 또는  $m^3/m^2/h$ )'라는 천의 종류에 따른 고유의 투과량을 가지고 있다[4]. 그 투과량은 단위 면적당 투과 가능한 공기 유량 값을 특정 수치로 나타내고, 따라서 천의 고유 공기 투과도 값에 해당 천 덕트의 표면적(겉넓이)을 곱하여 천 덕트의 공기 통풍량을 구할 수 있으며, 구해진 공기 통풍량 값은 설치된 천 덕트가 팬 코일 유닛으로부터 송풍되는 공기를 적절하게 투과시켜 토출해 줄 수 있는지 검증을 위해 사용할 수 있다.

상기 Fig. 2는 하나의 팬 코일 유닛에 천 덕트와 스틸 덕트가 혼합되어 적용되어 있는 공기 조화 계통의 배치의 예시이다. 천 덕트가 적용된 '격실 1'의 공기 조화

계통에는 ‘천 공기 토출구(Fabric Outlet 또는, F.Outlet)’와 ‘천 이송 덕트(Fabric Transfer duct 또는 F.transfer)’가 적용되는데, ‘천 공기 토출구’는 해당 격실의 천정에 설치되어 해당 격실로 냉각 혹은 가열 공기를 격실 내로 토출시켜 격실 내 온도 조절이 가능하도록 주된 역할을 하고 있는 반면, ‘천 이송 덕트’는 팬 코일 유닛과 천 공기 토출구 사이에 설치, 연결되어 단순히 냉각 혹은 가열된 공기를 이송하는 목적으로만 기능을 하는 덕트이다.



Fig. 3. Actual sample of fabric duct both Fabric Outlet(#1) and Fabric transfer duct(#2)

Fig. 3은 천 덕트의 실제 샘플이며, "#1"은 '천 공기 토출구'의 샘플이고, "#2"는 '천 이송 덕트'의 샘플을 보여주고 있다. 실제 '공기 투과도' 검사 결과서를 보아도 '천 공기 토출구'의 투과도가 '천 이송 덕트' 보다 월등히 커서 '천 공기 토출구'는 공기가 많이 투과되도록 하는 것이 목적이고, '천 이송 덕트'는 공기 이송이 목적이므로 공기가 투과되지 않도록 하는 것이 특성임을 쉽게 알 수 있다. 하지만, '천 이송 덕트' 또한 재질이 천(Fabric)이므로 필연적으로 투과되는 공기가 발생할 수밖에 없는데, 이렇게 투과되는 공기는 해당 격실의 실질적인 냉·난방과 관련이 없이 이송 중에 버려지는 손실량으로 간주할 수 있으므로 '천 이송 덕트'는 공기 투과도가 낮은 것을 사용하는 것이 유리하다. 상기의 관점에서 볼 때, 천 덕트가 적용된 공기 조화 계통의 통풍량 검증 시에 '천 이송 덕트'로부터 투과되는 공기 통풍량은 마이너스 값으로 고려하여 최종 계산된 공기 통풍량 값에서 감해 주는 것이, 격실 내 온도 조절에 영향을 주는 공기 조화 계통의 통풍량 검증에 있어서 타당성 있는 공기 통풍량 계산 방법이라고 할 것이다. 상기의 논리를 식으로 정리하면 Eq. (2)와 같다.

$$Q_{FCU} \leq \Sigma Q_{F.Outlet} - \Sigma Q_{F.transfer} \quad (2)$$

Where,  $Q_{FCU}$  denotes air flow quantity supplied from Fan Coil Unit,  $Q_{F.Outlet}$  denotes air flow quantity supplied from fabric outlet in the each room,  $Q_{F.transfer}$  denotes air flow quantity wasted from Fabric transfer duct surface

즉, 모든 천 공기 토출구에서의 공기 통풍량의 총 합에서 모든 천 이송 덕트를 통해 누설되는 공기 통풍량의

총 합을 뺀 값이 팬 코일 유닛의 송풍량보다 크거나 같아야 한다는 것이다. 천 공기 토출구의 공기 통풍량의 총 합에서 천 이송 덕트 공기 통풍량의 총 합을 뺀 값이 팬 코일 유닛의 송풍 유량보다 작으면, 덕트 라인에서 팬 코일 유닛으로 공기 부압(back pressure)이 발생하게 되고, 이는 팬 코일 유닛 안에서 회전하는 송풍기에 기계적 부담으로 작용하며 나아가 송풍기 수명에도 영향을 미칠 수 있기 때문에 상기 식에서 우변의 값이 커야지 향후 장비에 무리가 없이 작동 가능하게 되고, 이러한 개념이 천 덕트가 적용된 공기 조화 계통이 적절히 적용되었는지에 대한 검증 방법이 되는 것이다.

상기의 개념을 Fig. 2의 예시를 기준으로 정리하면 아래 Eq. (3)과 같다.

$$Q_{Duct\ flange} \leq \Sigma Q_{F.Outlet} - \Sigma Q_{F.transfer} \quad (3)$$

Where,  $Q_{Duct\ flange}$  denotes air flow quantity measured at Duct flange without fabric duct system,  $Q_{F.Outlet}$  denotes air flow quantity supplied from fabric outlet in the each room,  $Q_{F.transfer}$  denotes air flow quantity wasted from Fabric transfer duct surface

즉, 모든 천 공기 토출구에서의 공기 유량의 총 합에서 모든 천 이송 덕트를 통해 누설되는 공기 유량의 총 합을 뺀 값이, '덕트 플랜지'에 연결되었던 천 덕트를 제거한 후 공기 유속을 측정하고 해당 '덕트 플랜지'의 단면적을 곱하여 측정하였던 통풍량보다 크거나 같아야 한다는 것이다. 반대로 '덕트 플랜지'에서 계측된 통풍량보다 작으면, 역시 연결된 덕트 라인에서 팬 코일 유닛으로 공기 부압(back pressure)이 발생하게 되고, 이는 팬 코일 유닛 송풍기에 기계적 부담으로 작용하며 나아가 송풍기 수명에도 영향을 미칠 수 있기 때문에 상기 식에서 우변의 값이 크거나 적어도 같아야 하는 것이다.

상기에 기술한 통풍량 측정 및 검증 방법을 Fig. 2의 배치 예시를 근거로 아래에 표로 정리하여 비교해 보았다.

상기 Fig. 2는 실제 수상 함정에서도 적용되는 일례를 도시하고 시킨 것이다. 한 개의 팬 코일 유닛에 4개의 격실이 공기 조화 계통으로 연결되어 있는 배치이다. 기본적으로 팬 코일 유닛 장비 하나에 2개의 스틸 덕트 계통이 적용되어 있고, 물론 덕트 중간에 유량을 조정하는 유량 조절 댐퍼가 설치되지만 상기 도시에는 그 부분은 생략하였다. '격실 1'은 팬 코일 유닛에서 분기된 스틸 덕트 계통이 '덕트 플랜지' 까지 포함되어 연결되어 있고, 덕트 플랜지 후단에는 3개의 천 이송 덕트와 5개의

천 공기 토출구가 연결되어 있는 배치 형태이다. 반대로 배치되어 있는 '격실 2(Room 2) 내지 4(Room 4)'에는 격실 당 2개 혹은 3개의 스틸 공기 토출구가 설치되어 있는 배치구조이다. 이러한 배치를 보면, '격실 1'은 강의실 또는 의무실이거나 아니면 어떠한 이유에 의해 소음 기준이 강화된 격실임이 짐작되고, 그렇기 때문에 소음 절감에 유리한 천 덕트 공기 조화 계통을 적용한 것으로 해석 가능하다. 반면, '격실 2 내지 4'는 일반적인 소음 기준을 가지고 있는 격실로 쉽게 이해할 수 있는 것이다.

상기 Fig. 2의 도시에 따른 통풍량 계산 방법을 보면 아래 Table 1과 같다.

Table 1. Comparison of air flow measurement and verification method applying Steel duct and Fabric duct installed

(a) Measurement method applying Steel duct

	Steel Duct	(Cross Section) Area (m <sup>2</sup> )	Velocity (m/h) (Measured)	Qm (m <sup>3</sup> /h) (Measure air flow)
Room 1	F. Outlet 1-1	0.25	10	2.5
	F. Outlet 1-2	0.25	10	2.5
	F. Outlet 1-3	0.25	10	2.5
	F. Outlet 1-4	0.25	10	2.5
	F. Outlet 1-5	0.25	10	2.5
Room 2	F. Outlet 2-1	0.25	10	2.5
	F. Outlet 2-2	0.25	10	2.5
Room 3	F. Outlet 3-1	0.25	10	2.5
	F. Outlet 3-2	0.25	10	2.5
	F. Outlet 3-3	0.25	10	2.5
Room 4	F. Outlet 4-1	0.25	10	2.5
	F. Outlet 4-2	0.25	10	2.5
	F. Outlet 4-3	0.25	10	2.5

(b) Measurement and Verification method applying Fabric duct

	Steel Duct	(Cross Section) Area (m <sup>2</sup> )	V (m/h) (Measured)	Qm (m <sup>3</sup> /h) (Measure air flow)
Room 1 Duct flange	Duct flange	2	15	30
Room 2	F. Outlet 2-1	0.25	10	2.5
	F. Outlet 2-2	0.25	10	2.5
Room 3	F. Outlet 3-1	0.25	10	2.5
	F. Outlet 3-2	0.25	10	2.5
	F. Outlet 3-3	0.25	10	2.5
Room 4	F. Outlet 4-1	0.25	10	2.5
	F. Outlet 4-2	0.25	10	2.5
	F. Outlet 4-3	0.25	10	2.5
	Fabric Duct	Air permeability (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /h)	(Surface) Area (m <sup>2</sup> )	Qc (m <sup>3</sup> /h) (Calculated air flow)
Room 1	F. Outlet 1-1	20	1	20
	F. Outlet 1-2	20	1	20
	F. Outlet 1-3	20	1	20
	F. Outlet 1-4	20	1	20
	F. Outlet 1-5	20	1	20
	F. Transfer 1	2	10	20
	F. Transfer 2	2	1	2
F. Transfer 3	2	1	2	

Table 1(a)는 천 덕트를 적용하지 않은, 기존의 스틸 덕트를 적용하였을 경우를 가정한 결과표이다. (단 결과표는 동일 면적, 동일 유속을 가정하여 작성한 표임)

각 '격실 1 내지 4'에 설치된 공기 토출구 각각에 대한 공기 유량을 측정하고 그 공기 유량들의 모든 합을 구하

면 팬 코일 유니트 한 개에 연결되어 있는 해당 격실들로부터 구해지는 공기 유량의 측정값, 즉 측정된 공기 통풍량이 되는 것이다.

한편 Table 1(b)는 천 덕트를 적용한 경우에 대한 공기 유량 측정 방법이다. '격실 2 내지 4'에는 여전히 스틸 덕트를 적용하기 때문에 Table 1(a)와 동일한 방식으로 계산이 되지만, 천 덕트를 적용한 '격실 1'은 기존의 방식과 다르게 계산된 값이 기재되어 있음을 볼 수 있다. 즉, 천 공급 토출구의 고유 공기 투과도 값과 그 표면적(겉넓이) 값을 곱하여서 천 공기 토출구 개당 공기 통풍량을 계산하고, 상기에도 기 설명한 바와 같이 천 이송 덕트의 경우, 고유 공기 투과도 값에 그 표면적(겉넓이)를 곱하여 계산된 공기 통풍량은 냉·난방에 작용을 하지 않는 손실값이므로 이 값은 마이너스 값으로 계산을 하여 검증 시에는 값을 빼고 고려하게 된다. 그리하여 '격실 2 내지 4'에서 측정된 공기 통풍량의 총 합과 '격실 1'에서 계산된 공기 통풍량의 총 합에서 천 이송 덕트에서의 공기 통풍량 총 합을 뺀 값을 더하여, 그 값이 팬 코일 유니트의 송풍량보다 적어도 같거나 큰지 비교하는 것으로 통풍량을 검증 할 수 있는 것이다. 또한 상기에 기재한 Eq. (3)도 성립이 되는지 확인하여 검증할 수 있다. 그래서 상기 검증에 대하여 어떠한 경우라도 성립이 된다면, 천 덕트를 적용한 공기 조화 계통에는 문제가 없다는 검증 결과를 도출할 수 있는 것이다.

### 3. 결론

본 연구에서는 함정 내에서 소음 기준이 강화됨에 따라 천 덕트의 적용이 확대되고 있지만, 천 덕트 적용 시 공기 조화 계통의 공기 통풍량을 구하고 검증하는 방법이 없어서 검사 현장에서 논란이 되고 있는 천 덕트 공기 조화 계통의 특성을 살펴보고, 기존의 스틸 덕트와 달리 공기 유속을 측정 불가능 한 천 덕트의 경우는 천 덕트의 고유 공기 투과도와 그 표면적을 이용하여 통풍량을 계산할 수 있으며, 천 공급 토출구의 총 합 통풍량에서 천 이송 덕트의 총 합 통풍량을 뺀 통풍량이 천 덕트가 연결되는 덕트 플랜지에서 측정한 통풍량 보다 적어도 같거나 크면, 또는 팬 코일 유니트와 직접 연결된 경우, 팬 코일 유니트의 송풍량 보다 적어도 같거나 크면, 천 덕트를 적용한 공기 조화 계통은 적절하게 설계 및 설치되었다고 검증하여 판단할 수 있음을 예시와 함께 확인하였다. 본 연구는 설계 과정에서 누락될 수 있는 천



덕트의 크기 및 면적에 대한 설계 타당성을 후행 단계인 실제 검사, 시험 또는 평가 단계에서 확인할 수 있는 방법을 연구한 것으로 추후 해당 검사 방법을 실제 함정에 적용하고 그 결과를 축적한 후 획득되는 데이터들을 검토하여서, 궁극적으로는 설계 타당성 여부를 판단할 수 있는 기준을 정립하는 것을 추후 연구과제로 진행 예정이며, 프로그램화 된 계산서(예, 엑셀)를 제작하여 기존 통풍량과 도면에서 확인되는 천 덕트의 면적 정보만 입력하면 그 검토 결과가 바로 확인되는 프로그램 작성하는 것으로 연구범위를 확장할 수 있을 것이다.

## References

- [1] H. Hyung-Suk, "Noise evaluation and Reduction methods for Naval ship's HVAC system" Journal of KSNVE 23(2) 2013.4 pp.20-26.
- [2] H. Hyung-Suk, P. Mi-Yoo, and C. Heung-Gi, "Study of the Indoor Noise Limit for Naval Vessels Considering the Satisfaction of the Crew", Journal of the Society of Naval Architects of Korea Vol. 47, No. 4, pp. 589-597, August 2010  
DOI: <https://dx.doi.org/10.3744/SSNAK.2010.47.4.589>
- [3] Naval Ship's Design/Shipbuilding Standards, "Criteria for Calculation of Duct size" Republic of Korea Navy 2005.11.25.
- [4] Korea Industrial standards commission, "KS K ISO 9237:1995 - Determination of the Permeability of Fabric to air" Republic of Korea 2017.
- [5] J. YungIn, C. SangMin, J. HyunSub, S. MinSub, "A Verification Study on the Demand Performance of Fabric Duct for Localization Development of Naval Vessel", Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society Vol.21, No.8, pp.468-474, 2020.  
DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2020.21.8.468>
- [6] DongHee Kwak, SangGu Lee, JunSu Lee, SeungJun Koo, HoJun Lee, and ByeongSoo Lee, "Investigation to reduce HVAC duct noise using fabric material" Proceeding of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering Conference, Issue 10, pp.16-17. 2014.

박 동 규(Dong-Kyu Park)

[정회원]



- 2004년 8월 : 부산대학교 지능기계공학과 (공학석사)
- 2004년 8월 ~ 2014년 12월 : 삼성중공업 기장설계 과장
- 2016년 2월 ~ 2018년 11월 : 특허청 차세대수송심사와 심사관
- 2018년 12월 ~ 현재 : 국방기술품질원 선임연구원

<관심분야>

선박 적용 장비, IMO 환경 이슈

박 해 진(Hae-Jin Park)

[정회원]



- 2015년 8월 : 동아대학교 기계공학 (공학사)
- 2017년 8월 ~ 현재 : 국방기술품질원 연구원

<관심분야>

소음, 진동, 내연기관

김 영 호(Young-Ho Kim)

[정회원]



- 2015년 2월 : 동아대학교 기계공학과 (공학사)
- 2017년 2월 : 동아대학교 기계공학과 (공학석사)
- 2019년 1월 ~ 현재 : 국방기술품질원 연구원

<관심분야>

소음, 진동, 동역학, 내연기관