

30W급 LED 투광등의 풍속에 따른 히트싱크 온도분포에 관한 실험적 연구

이영호*, 김대언**, 정한식***, 정효민***, 이종섭****, #

*경상대학교 에너지기계공학과 대학원, **육군종합정비창 정비기술연구소,
경상대학교 에너지기계공학과 해양산업연구소, *한국승강기대학교 승강기공학부

An Experimental Study on Heatsink Temperature Distribution according to the Wind Speed of a 30W LED Floodlight

Young Ho Lee*, Dae Un Kim**, Han Shik Chung***, Hyo Min Jeong***, Chung Seob Yi****, #

*Department of Energy and Mechanical Engineering, graduated school, Gyeongsang National University, **Research Instituted Maintenance Technology, Consolidated Maintenance Depot Republic of Korea Army, ***Department of Energy and Mechanical Engineering, Institute of Marine Industry, Gyeongsang National University, ****School of Lift Engineering, Korea Lift Collage.

(Received 22 February 2019; received in revised form 1 March 2019; accepted 12 March 2019)

ABSTRACT

This study investigated the heat dissipation characteristics of a heat-sensitive LED. More than 80% of the power supply is converted into heat energy, which has a fatal impact on the lifetime of the LED. Therefore, the effective heat dissipation characteristics of a heatsink, such as a 30W floodlight, through forced convection were grasped and the heat transfer characteristics were tested. As a result, it was confirmed that the smaller the number of fins, the more the temperature distribution varies according to the wind velocity. In addition, the larger the number of fins, the smaller the temperature difference according to the wind velocity. Therefore, it was found through this experiment that excellent heat dissipation performance was exhibited as the heat dissipation area and wind velocity increased.

Key Words : LED Floodlight(LED 투광등), Heatsink(히트싱크), Forced Draft(강제송풍), Wind Speed(풍속)

1. 서 론

최근 전자장비는 전자 및 기계산업의 발전으로 인하여 갈수록 소형화, 고성능으로 변화하고 있으며 친환경 에너지의 관심이 국가차원에서 높아진

가운데 백열전구와 형광등의 사용은 줄어들고 있다. 또한 2014년 산업통상 자원부의 발표에 따라 백열전구의 생산 및 수입을 전면 중단하여 백열전구는 역사책에서나 볼 수 있는 추억속으로 사라지게 되었다.

이를 대체할 수 있는 광원으로 LED의 관심이 높아졌으며 차세대 고효율 광원으로서 각광받고 있다. LED는 전기에너지의 광 전환효율이 높아 에

Corresponding Author : csyi@klc.ac.kr

Tel: +82-55-949-2266, Fax: +82-55-949-2200

너지의 절감이 가능하며 수명이 백열전구의 25배에 달하여 경제적인 효과가 크다. 또한 친환경적인 효과가 크기 때문에 국가의 녹색성장 정책에 부합할 수 있는 차세대 광원이라고 할 수 있다^[1-3].

현재 LED는 산업 및 가정등의 조명용으로 사용될 뿐만 아니라 디스플레이, 자동차, 산업현장 등 다양한 분야에 적용되어 사용되고 있다. 특히 조명으로 사용되는 LED는 건축 조명뿐만 아니라 의료나 소방, 광고 조명에 이르기까지 그 역할이 광범위해 지고 있다.

LED는 장시간의 수명 등 여러 가지 장점들로 인하여 그 수요가 증가하고 있으며 머지않은 미래에는 산업현장의 대부분에서 사용될 것으로 판단된다^[4].

LED사용에 문제점으로 대두되는 열은 가장 큰 문제점으로 인식된다. 공급된 전력의 80% 이상이 열에너지로 변환되며 이로 인한 온도 상승이 광출력의 저하와 파장이동의 원인이 되고 있으며 LED의 수명에 치명적인 영향을 미치고 있는 것으로 알려져 있다. 이에 따라 보안등이나 가로등 같은 수백와트의 고휘도, 고출력의 조명기기들은 발광 효율과 신뢰성 확보를 위해 LED의 온도를 적정하게 유지할 수 있는 냉각기술이 큰 문제점으로 대두되고 있다^[5-8].

냉각을 위한 문제점을 확인하기 위한 연구들은 끊임없이 진행되어 왔으며 지금도 진행되고 있다. 하지만 기본적인 설치방식에서 최적설계를 위한 연구들이 대부분이다. 따라서 본 연구에서는 고효율 LED의 히트싱크 각도와 핀의 개수를 변수로 두고 강제대류를 적용했을 때 효과적인 방열특성을 파악하고 열전달 특성을 실험적으로 연구하고자 한다.

2. 실험장치 및 방법

LED의 열전달 방향은 대부분 LED 소자에서 PCB를 통하여 히트싱크로 전도되어 대기로 방열된다. PCB와 히트싱크의 열전도율을 높이기 위해 Fig. 1과 같이 써멀그리스를 도포하였다. 본 실험장치에서는 강제대류에 의한 LED투광등의 설치각도와 핀의 개수에 따른 방열특성을 알아보하고자 한다.

우리나라 연간 평균풍속(1.5~2.5m/s)을 적용하기

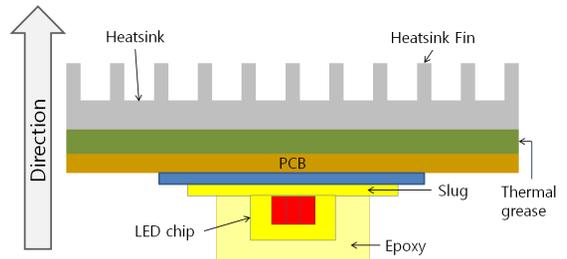


Fig. 1 LED thermal transfer structures



Fig. 2 Experimental device for forced draft

위해 강제대류 조건을 주기 위한 송풍기를 Fig. 2와 같이 제작하여 설치하였다.

송풍기에서 히트싱크까지 일정한 풍속이 전달될 수 있도록 허니컴과 메쉬망을 송풍기에 부착하였다. 또한 풍속의 조절을 용이하게 하기 위해 팬의 상부에 속도조절장치를 부착하였으며, 풍량이 집중되는 것을 방지하기 위해 4개의 팬을 사용하였다. 그 결과 풍속은 최저 1.0m/s 에서 최고 3.0m/s까지 측정이 가능하게 되었다.

Fig. 3의 실험장치의 개략도를 확인해보면 히트싱크 핀 부분의 온도 측정은 각도변수에 따라 온도변화가 예측되는 T1, T2, T3에 열전대를 부착하였으며, 온도 증가가 가장 크게 나타나는 LED 칩 부분에는 T4의 열전대를 부착하여 실험하였다.

Fig. 4는 총 3개의 실험변수인 핀 개수에 따른 LED 투광등을 설치하고 강제대류 조건을 주기 위한 송풍기를 각각 설치하여 방열특성을 실험하기 위한 실험장치를 나타내고 있다.

본 연구에 적용되는 30W LED 투광등은 히트싱크에 PCB 기판이 설치되어 있으며, 이 기판에는 0.6W LED 소자가 64개 설치되어 있다. 방열을 위한 히트싱크의 재질은 알루미늄 합금인 6061이며,

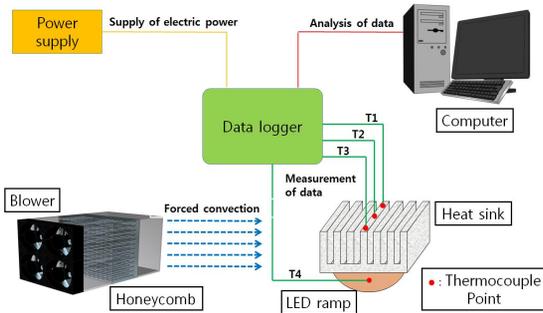


Fig. 3 Schematic of experimental setup

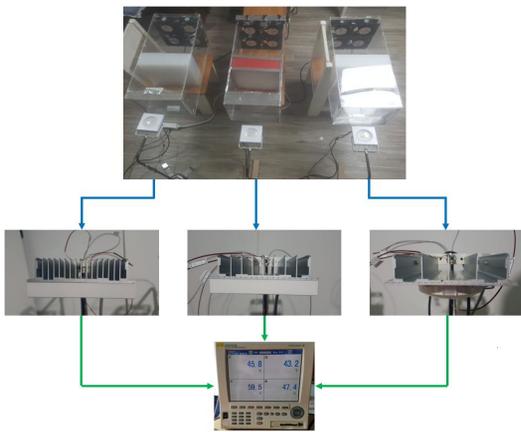


Fig. 4 Configuration of experiment settings

냉각 핀은 총 3종류로 15핀, 7핀, 3핀으로 구성되어 있다. 핀과 핀 사이의 간극은 일정하며, 핀의 양 끝부분에는 투광등을 고정 및 설치할 수 있는 지지대로 구성되어 있다. 실험을 위한 30W LED 투광등의 제원은 Table 1 과 같다.

Table 1 Specification of 30W LED

Item	Value
Power dissipation	30W
Forward Voltage	200 ~ 240V
Forward Current	0.14A
Number of LED	(0.6W) × 64 EA
Weight	520g
Dimension	129×120×55 mm
Heatsink materials	Aluminum/anodizing

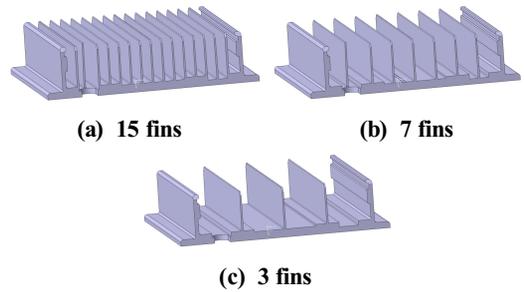


Fig. 5 Experimental parameter for heatsink number

Fig. 5는 히트싱크의 핀 개수에 대한 실험변수를 3D로 나타낸 것이다. 핀 개수 15핀을 기준으로 핀과 핀 사이의 간극을 일정하게 유지할 수 있는 핀 개수를 계산하여 7핀과 3핀을 제작하였다. 또한 공작기계로 가공 후 정확한 실험을 위하여 핀을 가공한 히트싱크 밀면을 사포와 줄을 이용하여 매끄럽게 작업하였다. 이는 가공한 핀이 조금이라도 남아 있을 경우 방열에 영향을 미칠 수 있기 때문이다.

송풍기의 풍속을 0m/s, 1.0m/s, 1.5m/s, 2.0m/s, 2.5m/s, 3.0m/s 총 6개의 변수를 적용하였으며, Fig. 6과 같이 LED의 빛이 지면을 비추고 히트싱크 핀이 위를 향하게 되는 접합부 각도 0°를 기준으로 실험하였다.

열전대는 (a)에서 (d)까지 설치하였으며, (a)와 (c)는 히트싱크 가장자리부에 위치하고 있으며 설치각도가 0°일 경우 지면에서의 높이는 동일하다. 하지만 송풍기와의 거리는 (a)가 가장 가까운 거리에 위치하고 있으며 (c)는 가장 먼 거리에 위치하고 있다. 열전대 (b)는 히트싱크 핀의 정중앙 끝단에 위치하고 있으며 (d)는 LED가 설치되어 있는 PCB의 정중앙에 위치하여 LED의 발열과 내부 온도를 측정하였으며, 온도가 다른 측정부분에 비해 상대적으로 높기 때문에 그래프의 온도범위는 100°C 까지 나타내었다.

3. 실험결과 및 고찰

Fig. 6은 히트싱크의 핀이 3개일 경우 각 열전대에서 측정된 온도분포를 풍속에 따라 실험한 결과 값을 나타낸 것이다.

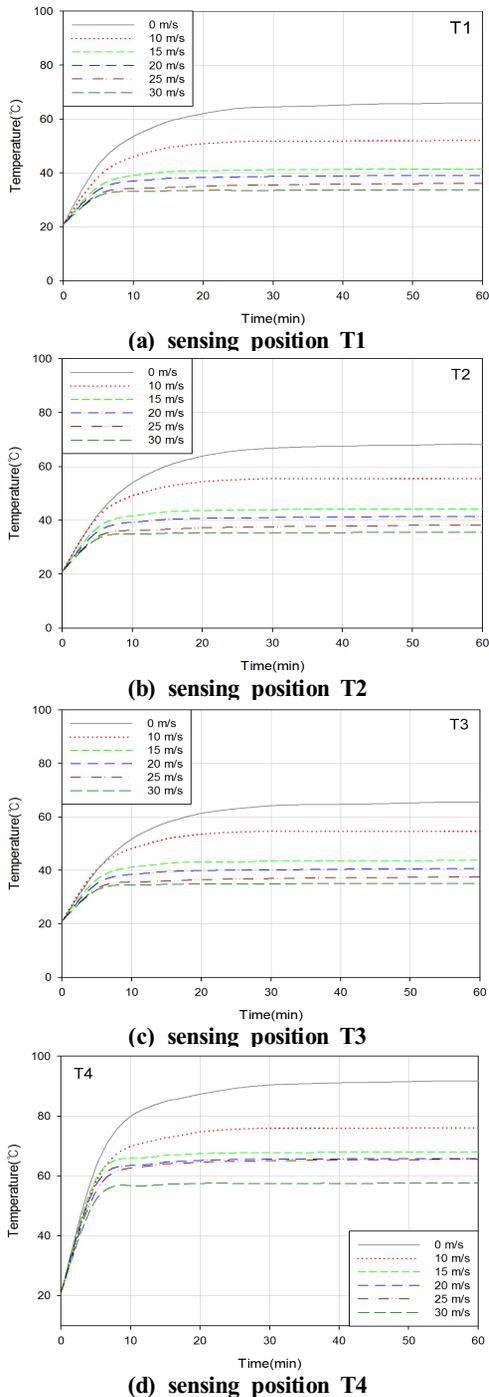


Fig. 6 Comparison of temperature distributions by heatsink 3fins

(a)와 (c)의 경우 열전대가 히트싱크 가장자리부에 위치하고 있으며, 히트싱크 각도가 0°이기 때문에 설치위치에 따른 높이는 동일하다. 하지만 송풍기의 위치가 (a)와 가장 가까운 곳에 위치하고 있으므로 온도분포가 (c)보다 1.4°C 낮게 형성된 것을 알 수 있다. 또한 풍속이 없는 0m/s일 경우 자연대류에 의한 열교환으로 온도그래프가 완만한 경사를 그리며 생성된 것을 알 수 있었다.

1.5m/s ~ 3.0m/s까지는 실험시작 후 5~6분 사이에 온도가 급격하게 상승하는 것을 알 수 있으며 10분 이후부터 정상상태에 도달한 것을 알 수 있었다. 하지만 풍속이 1.0m/s의 경우는 방열에 미치는 영향이 미미하여 30분 이후부터 정상상태에 도달한 것을 알 수 있으며 풍속이 없는 경우에는 40분 이후에 온도가 정상상태에 도달한 것을 확인할 수 있었다. (b)의 경우 LED의 온도가 가장 높은 정중앙의 뒷면에 설치되어 있기 때문에 온도분포가 가장 높게 나타나며 3.0m/s의 경우 (a)보다 0.4°C가 높으며 (c)보다는 1.8°C 높게 나타난 것을 확인할 수 있었다.

(d)의 그래프를 살펴보면 LED의 발열로 인하여 온도가 가장 높게 형성된 것을 알 수 있으며 실험시작후 약 5분이 경과되기 까지 온도가 급격하게 증가하는 것을 알 수 있었다. 이후 히트싱크와 송풍기의 영향으로 열교환이 이루어지게 되면서 온도가 점차 정상상태에 도달하는 것을 확인할 수 있었다. 하지만 풍속이 없는 0m/s의 경우 대기와의 자연대류에 의한 열교환으로 서서히 정상상태에 도달하는 것으로 나타났다.

Fig. 7은 설치각도 0°에서 히트싱크 핀이 7개일 경우 6개의 풍속에 의한 온도분포를 나타낸 그래프이다.

앞의 Fig. 7의 실험결과 값을 전체적으로 비교해보면 온도가 낮게 형성된 것을 알 수 있는데 이는 히트싱크 핀의 개수에 의한 방열면적이 크기 때문에 열교환이 잘 이루어진 것을 알 수 있었다. 또한 송풍기와의 거리가 가장 가까워 강제대류에 의한 대기와의 열교환이 가장 활발하여 풍속이 가장 낮은 1.0m/s일 경우 (a)의 온도가 (c)보다 0.5°C 낮게 형성되어 나타났다. 풍속이 없는 경우 (a)와 (c)의 온도분포가 거의 유사하게 형성된 것을 확

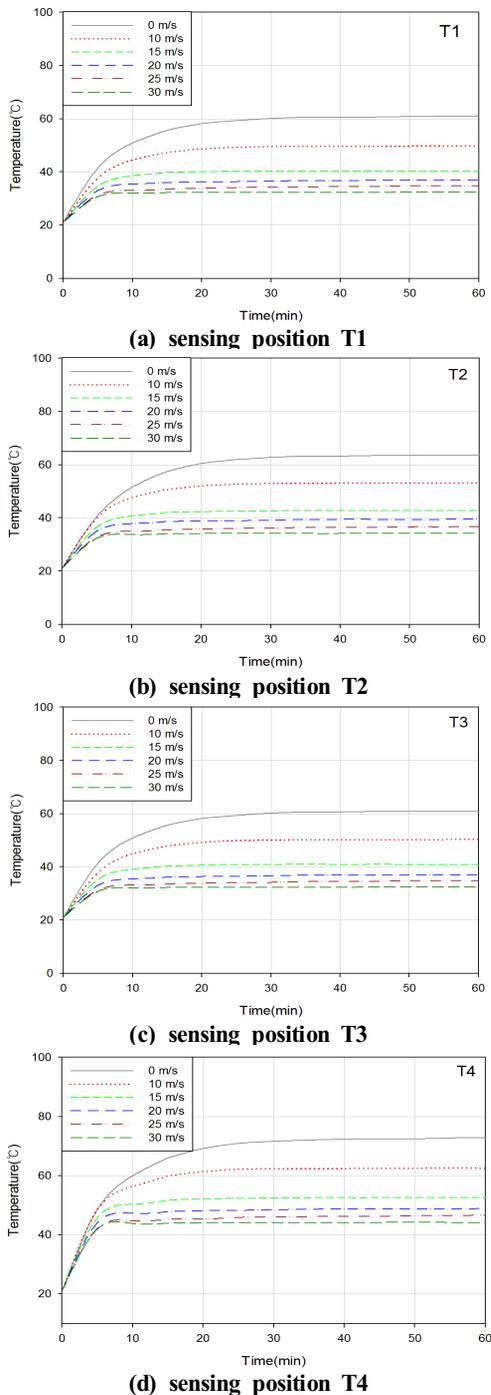


Fig. 7 Comparison of temperature distributions by heatsink 7fins

인할 수 있는데 이는 설치각도에 의한 높이차가 없기 때문인 것을 알 수 있었다.

풍속이 없는 경우 히트싱크 가장자리 부분에 비해 중앙에서 약 3.3°C 정도 높게 나타남을 확인할 수 있었다. 이는 중앙의 경우 온도가 가장 집중되는 부분이며 온도가 가장 높은 LED가 설치된 PCB부분의 뒷면이기 때문이다.

(d)의 경우는 PCB기판 정 중앙에서의 온도분포를 나타내고 있다. LED소자가 설치된 PCB 기판은 발열이 가장 높게 형성되기 때문에 온도가 가장 높게 나타나는 것을 확인할 수 있었으며, 풍속이 강할수록 강제대류에 의한 대기와의 열교환이 활발히 이루어져서 온도가 낮게 형성되는 것을 확인할 수 있었다. 히트싱크 핀이 15개일 경우 풍속에 의한 온도분포를 그래프로 나타내면 Fig. 8과 같다.

(a)의 온도분포를 살펴보면 온도가 가장 낮게 형성되어 있는 것을 알 수 있는데 이는 송풍기에 가장 근접되어 설치되어 있기 때문인 것을 알 수 있었다. 또한 방열면적이 가장 크기 때문에 강제대류에 의한 열교환이 잘 이루어 졌으며 풍속이 없는 경우에도 방열면적이 앞의 실험보다 크기 때문에 온도가 낮게 형성된 것을 확인할 수 있었다.

풍속이 존재할 경우 히트싱크 정중앙에 위치한 (b)와 가장자리에 위치한 (c)와 온도분포가 유사하게 나타난 것을 확인하였다. 이는 풍속이 없는 0m/s의 경우 온도차가 6.9°C로 크게 나타나지만 풍속이 가장 높은 3.0m/s일 경우 0.7°C로 근소한 값을 나타내어 풍속이 방열성능에 큰 영향을 미치는 것을 알 수 있었다.

(d)의 온도분포를 살펴보면 LED chip 중심에 열전대가 설치되어 온도가 가장 높게 나타나는 것을 알 수 있었으며 0m/s와 3.0m/s의 온도차는 29.5°C로 나타났으며, 핀3개의 변수와 비교했을 때 4.6°C 낮아 핀의 개수에 의한 방열성능이 우수한 것을 알 수 있었다.

풍속 1.0m/s와 2.0m/s, 3.0m/s의 (d)부분 온도차를 확인해보면 6.8°C와 6.3°C의 온도차가 발생하는 것을 알 수 있었으며 (b)의 경우에는 7.0°C와 6.7°C의 온도차가 발생하는 것을 알 수 있었다.

Fig. 9는 히트싱크의 설치각도 0°일 경우 개수

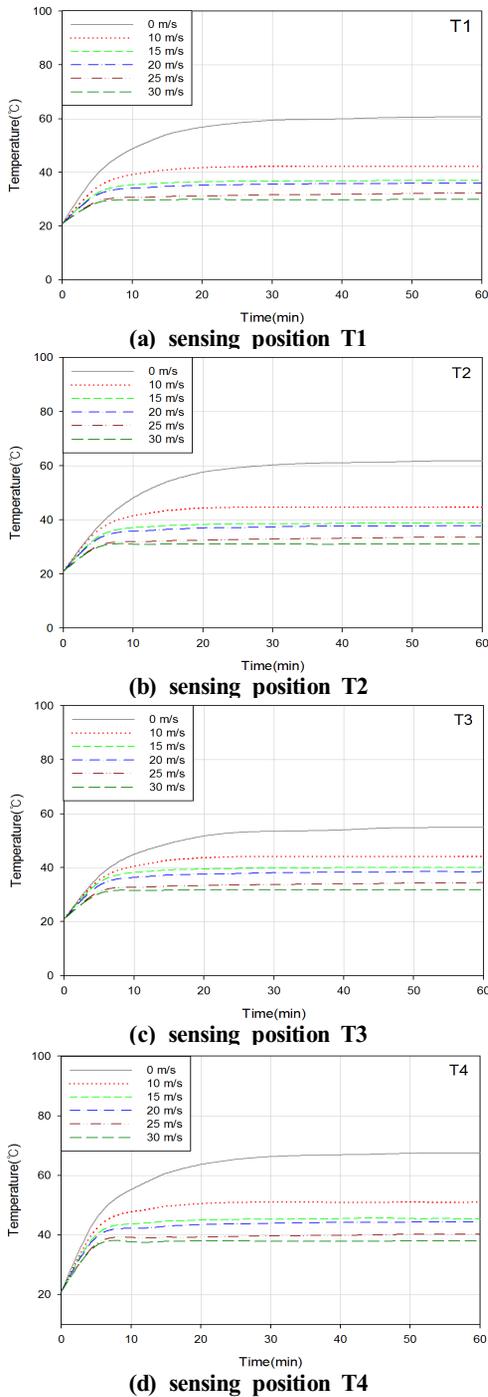


Fig. 8 Comparison of temperature distributions by heatsink 15fins

변수에 따른 열전대 설치부분의 최고 온도 분포를 나타내고 있는 그래프이다. (a)~(c)를 비교해보면 핀의 개수가 많아지면 강제대류에 의한 방열성능이 우수하게 나타나는 것을 알 수 있다. 이는 핀의 개수에 많아짐에 따라 방열면적이 넓어지기 때문인 것을 확인할 수 있었다. 또한 풍속이 없는 0m/s의 경우 T1과 T3의 온도가 유사하게 나타난

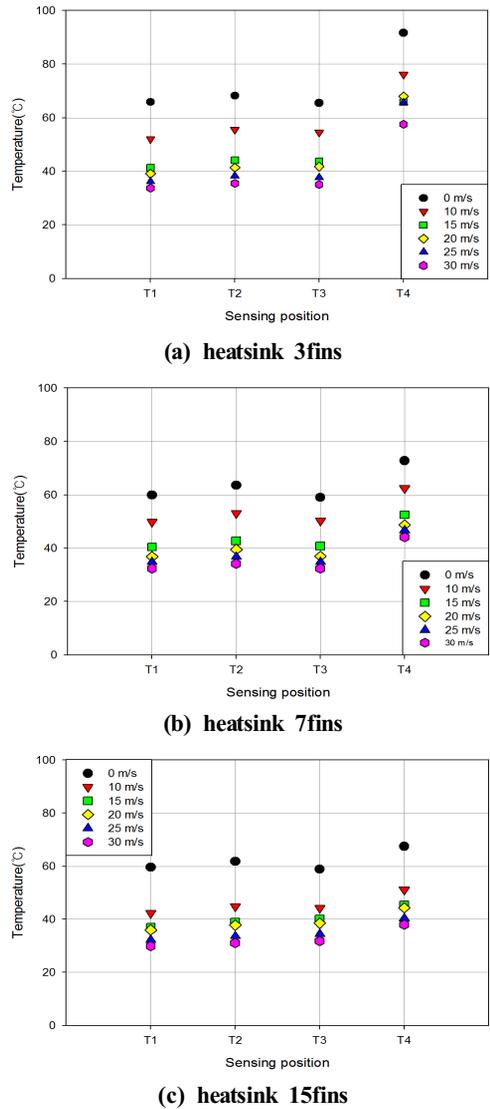


Fig. 9 Comparison of temperature distributions at number of heatsink fins

것을 확인하였으며 핀의 개수가 적을수록 방열 성능에 악영향을 미치는 것을 알 수 있었다. 핀의 개수가 적을수록 풍속에 따른 온도차가 많이 나는 것을 확인하였으며 핀의 개수가 많을수록 온도차가 크게 나타나지 않는 것을 확인하였다. 이는 방열면적과 풍속이 커질수록 우수한 방열 성능이 나타나는 것을 확인하였다. 또한 풍속이 적게 작용하더라도 핀의 개수에 따른 방열면적이 커지면 방열 성능이 좋은 것을 확인하였으며 히트싱크의 핀면적이 적을 경우 방열 성능이 가장 나빠기 때문에 LED 소자의 내구성에 영향을 미칠 것으로 판단된다. 영향을 미칠 것으로 판단된다.

4. 결론

30W급 LED 투광등에 대한 방열특성을 실험한 결과 아래와 같은 결과를 얻을 수 있었다.

열전대의 각 부분에서 히트싱크의 온도분포를 핀의 개수별로 살펴보면 공통적으로 약 5~10분 경과 때 까지 온도가 급격하게 증가하고 있는 것을 확인하였으며 40분 이후에는 온도가 정상상태에 도달한 것을 알 수 있었다. 하지만 풍속이 1.0m/s일 경우에는 히트싱크의 냉각에 크게 영향을 미치지 못하여 풍속이 없는 0m/s와 유사한 완만한 곡선 형태를 나타내는 것을 확인할 수 있었으며 풍속이 없는 경우에는 자연대류에 의한 대기와의 열교환으로 온도가 가장 높게 나타난 것을 알 수 있었다.

히트싱크의 핀 개수가 많을수록 히트싱크에 미치는 풍속이 낮아도 방열면적에 작용되어 방열 성능이 좋은 영향을 주는 것을 확인하였으며 히트싱크의 냉각핀 개수가 감소할수록 방열면적이 감소함에 따라 열전달이 둔화되어 히트싱크의 온도분포가 높게 나타나 방열특성에 좋지 않은 영향을 주는 것을 확인할 수 있었다.

REFERENCES

1. Eo, I. S., "Analysis of the heat Radiation of LED Light Fixture using CF-design," Journal of the KAICS, Vol. 9, No. 6, pp. 1565-1568, 2008.

2. Jang, H., Suh, J. S., Yi, C. S., " A Study on the radiant Heat Characteristic According to Type and Array of LED Lighting Heatsink", Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 12, No. 3, pp. 54-60, 2013.

3. Cho, Y. T., "Heat Sink of LED Lights Using Engineering Plastics", Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers Vol. 12, No. 4, pp. 61-68, 2013.

4. Lee, S. H., Moon, H. J., Hue, S. B., Choi, S. D., "Development of LED Module Control-based PWM Current for Control of Heat-dissipation", Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 14, No. 6, pp. 129-135, 2015.

5. Seo, J. K., Yu, Y. M., "A Study on the Thermal Characteristics Comparison of the LED Floodlight Luminaire using Vapor Chamber Manufacturing Technology", Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, Vol. 29, No. 1, pp. 15-21, 2015.

6. Han, M. S., Cho, J. U., "Durability Analysis through the Radiation of Heat of a Laptop", Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 15, No. 1, pp. 89-94, 2016.

7. Lee, T. H., Choi, S. D., "Characterizations of Luminance for Varied LED Based Surface Lighting Designs", Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers Vol. 15, No. 6, pp. 70-76, 2016.

8. Yoo, J. Y., Park, S. H., "Natural Cooling Characteristics of a Heat Sink for LED Headlight used in Passenger Cars", Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 16, No. 2, pp. 142-148, 2017.