<오버투어리즘 현상에 대한 공학적 대응책 제안>

연구자: 한덕웅, 박주안, 배준서, 박건훈, 윤재우, 이승준, 장지환

《 초 록 》

은평 한옥마을은 은평구의 대표적 관광지로, '하트시그널 4' 등과 같은 여러 TV 프로그램 촬영 장소로 활용되며 과도한 관광객으로 인해 혼잡하거나 과밀화되어 지역 주민들과 갈등을 일으키는 '오버투어리즘' 현상이 발생함을 확인하였다. 이로 인해 은평 한옥마을 거주민의 경우 빛 공해, 소음 공해 등 다양한 감각 공해에 많이 노출되고 있는 실정이다. 이에 본 팀은 은평 한옥마을의 이러한 문제점을 해결하기 위한 연구를 계획하게 되었다. 빛 공해의 주요한 원인으로 꼽히는 것은 직접 조명 방식의 가로등인데, 이러한 가로등을 사용할 시 한옥 담장 너머까지 빛이 들어와 거주민들에게 불편함을 준다는 점에서 단점이 존재한다. 이에 본 연구팀은 은평 한옥 마을의 미관을 해치지 않으면서도 어두운 길을 밝힐 수 있는 효과적인 방법을 연구하여 간접 조명 방식을 이용한 가로등을 디자인하였다. 또한, 관광객이나 자동차 등의 원인으로 소음 공해가 주로 발생한다는 것을 알 수 있었다. 이를 해결하기 위해 고속도로 방음벽에서 모티브를 얻어 효과적인 소음 감쇠 장치를 연구하여 디자인하였다. 본 연구에서 진행한 새로운 장치의 모델링을 통하여, 은평 한옥마을 주민들이 겪는 빛 공해와 소음 공해 문제 해결에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

중심어(Keywords) : 오버투어리즘, 간접 조명 방식, 가로등, 방음벽, 모델링

목 차

Ⅰ. 서론

1. 연구 동기 03

2. 연구 목적 04

Ⅱ. 이론적 배경

1. 한옥 건축 기준 04

2. 방음벽의 종류 04

3. 방음벽 높이 계산 개념 05

4. 야간경관 설계의 의의 05

5. 간접조명과 직접조명의 차이 05

Ⅲ. 연구 방법

1. 간접 조명 07

2. 방음벽 13

Ⅳ. 결과 및 고찰

1. 실험 결과 14

Ⅴ. 결론 및 제언 17

Ⅵ. 참고 문헌 17

Ⅰ. 서론

1. 연구 동기

은평 한옥마을은 은평구의 대표적인 관광지 중 하나로, 수많은 관광객이 은평 한옥마을을 방문하며 여러 TV 프로그램의 촬영 장소로 활용되고 있다. 본 팀은 은평 한옥마을을 조사하는 과정에서, 여러 사유로 인해 발생하는 소음과 빛이 은평 한옥마을 거주민에게 여과 없이 전달되고 있음을 알게 되었다. 이는 '오버투어리즘' 현상, 즉 과도한 관광객으로 인해 해당 지역이 혼잡하거나 과밀화되어 지역 주민들과 갈등을 일으키는 현상이 일어나고 있다고 볼 수 있다. 우리나라의 경우 북촌 한옥마을, 전주 한옥마을 및 제주도 등이 해당 현상이 발생하고 있는 지역으로 인식되고 있다. 은평 한옥마을 거주민의 경우 빛 공해, 소음 공해와 같은 다양한 감각 공해에 많이 노출되고 있는 실정이며 주로 관광객 및 자동차에 의한 소음 공해로 많은 피해를 보고 있음이 확인되었다. 이러한 상황 아래 은평한옥마을 공동체는 주거지역 부근에서만큼은 관광객들에게 소음을 발생시키지 않기를 당부하는 경고문을 설치하기도 하였다. 뿐만 아니라 보편적으로 4~5m 의 높이로 설계된 가로등은 대부분이 단층 혹은 2 층 이하의 복층 구조인 한옥의 특성과 맞물려 한옥에 거주하는 주민들이 광공해의 피해자가 되도록 만들고 있다. 이에 본 팀은 은평 한옥마을의 빛 공해와 소음 공해의 문제점을 해결하기 위한 연구를 계획하게 되었다.

[그림 1] 실제 은평 한옥 마을 주거 지역에 설치된 표지판 중 하나

2. 연구 목적

많은 사람들이 불편을 호소하는 감각 공해의 대표적 유형으로는 빛 공해와 소음 공해가 있다. 먼저 은평 한옥마을에서 지속적이고 주요한 빛 공해의 요인으로 꼽히는 것은 가로등이다. 현재 은평 한옥마을의 경우, 가로등이 직접조명 방식으로 디자인 및 설치되어있다. 이 방식으로 가로등을 설치했을 시에는 한옥 담장 너머까지 빛이 들 수 있어 주민들에게 불편함을 줄 수 있다는 점에서 큰 단점이 존재한다. 은평 한옥마을에는 상업용 한옥과 주거용 한옥이 혼재되어 있으며 주로 2 층 이하의 한옥이 대부분이다. 넓은 도로를 비추기 위해 높게 설치된 가로등의 높이를 고려해보았을 때, 한옥의 처마로는 가로등에 의한 빛을 온전히 막기 어렵다. 이에 은평 한옥 마을의 미관을 해치지 않으면서도 어두운 길을 밝힐 수 있는 효과적인 방법을 연구하여 빛 공해를 줄이고자 한다. 두번째로 소음 공해의 경우, 은평 한옥마을 답사를 통해 관광객이나 자동차 등의 사유로 인해 주로 발생한다는 것을 알 수 있었다. 이를 해결하기 위해 고속도로 방음벽에서 모티브를 얻어 효과적인 소음 감쇠 장치를 연구하고자 한다. 따라서, 빛 공해 및 소음 공해를 해결할 수 있는 새로운 장치의 개발 및 모델링을 본 연구의 목적으로 한다.

II. 이론적 배경

1. 한옥 건축 기준

본 연구를 통해 빛 공해 및 소음으로 인한 피해를 완화시킬 새로운 한옥 담장을 설계하기 위해서는 먼저「한옥 등 건축자산의 진흥에 관한 법률」에 의한 국토교통부고시 제 2021-1242 호, 한옥 건축 기준을 참고해야할 것이다. 국토교통부에서 고시한 한옥 건축 기준 제 8 조 제 2 항에 따라 한옥의 담장은 한옥의 처마선 중 가장 낮은 부분의 높이와 대지의 외부에 접하는 지면으로부터 2.1 미터를 넘지 않아야 한다. 그 외 한옥 담장에 적용되는 별다른 조건은 없는 것으로 확인되었다.

2. 방음벽의 종류

현존하는 도로용 소음 제거 방음벽은 기능에 따라 크게 흡음형, 반사형, 공명형, 간섭형, 혼합형으로 분류할 수 있다. 먼저 흡음형 방음벽이란 방음벽 전면에 있는 개구율의 정도와 공기층의 두께를 조절하여 대부분의 소리를 흡수하는 방음벽이다. (이때 개구율이란 공기 구멍이 열린 정도를 나타내는 용어로, 직사각형 형태의 판을 여러 개 붙여 만든 방음벽에서

판과 판 사이의 각도를 조절하는 것을 예시로 들 수 있다.) 개구율, 즉 공기가 통할 수 있는 구멍의 크기를 조절하여 공기가 통하는 정도 또한 조절할 수 있다. 흡음형 방음벽은 소리를 직접적으로 흡수하기 때문에 소음원이 밖으로 새어나가는 것을 방지하는 효과가 있다. 이에 비해 반사형 방음벽은 소리를 반사하여 소음을 줄여나가는 방식이며, 그 재질에 따라 투명형 방음벽과 목재형 방음벽으로 나눌 수 있다. 투명형 방음벽은 채광 및 시야의 확보를 고려하여 흡음형에 비하여 시각적 피로도를 경감시킬 수 있으며, 시야확보에 긍정적인 영향을 줄 수 있는 방음벽이다. 특히 소음에 대한 소음보호지역이 한 쪽에만 있거나, 반대쪽 도로에서 오는 반사음의 영향이 없을 때 설치한다. 목재형, 투명형 방음벽 및 두 가지 방식이 결합한 형태의 방음벽으로 제작되기도 한다. 공명형 방음벽은 방음벽면에 구멍이 뚫려 있고 내부에 공동(空洞)이 있어 음파가 공명에 의한 흡음으로 인하여 감쇠되는 방식을 이용한다. 간섭형 방음벽은 소음이 방음벽면 또는 상단에서 입사음과 반사음이 간섭을 일으켜서 감쇠되는 방음벽이다. 마지막으로 혼합형 방음벽은 소음 제거 기술의 다양한 방법을 혼합한 형태로, 상황에 따라 흡음형, 반사형, 공명형, 간섭형의 방법을 적절히 융합하여 사용한다.

다만 본 연구에서 주어진 은평한옥 마을의 공간적 제약 아래 기존 한옥 담장의 형태를 미학적으로 훼손하지 않으면서도 적당한 방음의 기능을 갖추기 위해서는 흡음형 방식을 채택하는 것이 가장 효과적이라고 판단하였다.

3. 효과적인 소음 감쇠를 위한 방음벽 높이 산정

소음 감쇠에 적절한 방음벽의 높이를 계산하기 위해서는 음원, 수음점, 경로차에 대한 개념을 알고 있어야 한다. 첫 번째로, 음원은 소음이 나는 지점을 의미한다. 두 번째로, 수음점은 소음으로 인해 피해를 받는 지점을 의미한다. 마지막으로 경로차는 (음원에서 방음벽 위쪽 끝점까지의 거리)+(방음벽 위쪽 끝점에서 수음점)−(음원에서 수음점까지의 거리)이다.

4. 야간경관 설계의 의의

야간경관 조명은 ‘빛’에 의한 경관 형성에 주안점을 둔다. 도시경관이라는 관점에서 빛이라는 일종의 소재를 통해 도시 전체를 디자인함으로서 새로운 밤의 도시문화를 창조할 수 있다는 점에서 의의가 있다. 서울특별시 야간경관계획에 따르면 밝기가 변화나 활력을 제공하는 것뿐만 아니라 역으로 어둠과 그림자를 적절히 활용하여 깊이감을 연출하거나 디자인된 조명에 의해 매력과 감동을 제공하여야 세련된 밤의 문화를 유도할 수 있다.

5. 간접조명과 직접조명의 차이

조명 배광 방식은 크게 직접조명 방식, 간접조명 방식으로 분류할 수 있다. 직접조명 방식은 광원, 즉 조명으로부터 나오는 빛이 직접적으로 공간을 비추는 방식으로, 한국의 대부분의 가로등이 이 방식을 이용하고 있다. 간접조명의 경우 보통 조명의 빛 방향을 상향으로 설치하고 조명 위에 천장이나 판을 두어 조명으로부터 나온 빛이 천장이나 판에 반사되어 공간을 비출 수 있도록 조명을 설치하는 방식으로, 실제 광원에서 발생한 빛의 0~20% 정도가 실질적으로 공간을 비추게 된다. 직접적으로 공간을 비추는 것이 아니라 빛을 반사시켜 공간을 비추는 방법인만큼 천장이나 판 재질의 영향을 많이 받게 된다. 조도가 균일하며 눈부심이 적다는 장점이 있으나, 직접조명 방식 대비 소모된 전력에 대한 효율성이 떨어지는 단점이 있다.

이에 야간 경관과 관련하여 디자인서울(2013)에서는 건축물 경관조명에 대한 가이드라인을 제시하고 있다. 건축물 경관조명은 직접광원의 노출을 지양해야하며, 조명기구가 노출됨으로 인해 건축물의 미관이 해쳐져서는 안된다는 것이 가이드라인으로 제시되어있었다. 또한 건축물 조명으로 인해 주변에 빛 침해가 없어야 한다고 되어있다. '직접광원의 노출을 지양한다'라는 원칙 하에는 '직접광원의 노출방식 중 LED 점조명 방식은 사용할 수 있다'라고 하였으나, 이 원칙을 적용하였을 때 밤의 가로등은 '건축물 조명으로 인한 주변 건축물에 빛 침해가 없어야 한다'라는 원칙 하에 있는 '건축물 군집 지역에서 특히 휘도가 높은 광원이 직접 노출되어 주거지에 빛 침해로 수면 및 활동에 불편이 없도록 한다.'라는 내용에 부합하지 않을 수 있다.

따라서, 본 연구에서는 직접조명 방식을 사용하여 빛 공해를 일으킬 수 있는 가로등을 개선할 수 있도록 간접조명 방식을 이용한 새로운 조명을 제안하고자 한다.

Ⅲ. 연구 방법

1. 간접 조명

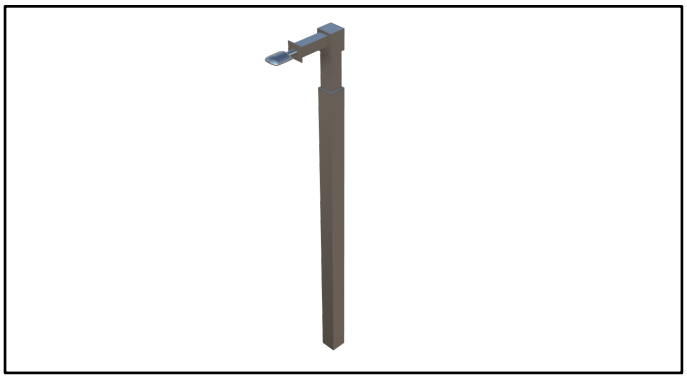
(1) 한옥 담장 모델링

Autodesk 사의 3ds Max 프로그램을 이용하여 한옥 담장을 3D 모델링으로 구현하였다. 은평한옥 마을에 존재하는 담장들의 실측 결과는 평균적으로 약 1.85m 의 높이를 가지는 것으로 확인되었다. 하지만 모든 담장을 조사해본 결과 높이의 최빈값이 1.8m 였다. 따라서 본 팀은 한옥 담장의 높이를 1.8m 로 설정하고 이를 기준으로 모든 실험 및 설계를 진행하였다.

(2) 직접 조명 모델링

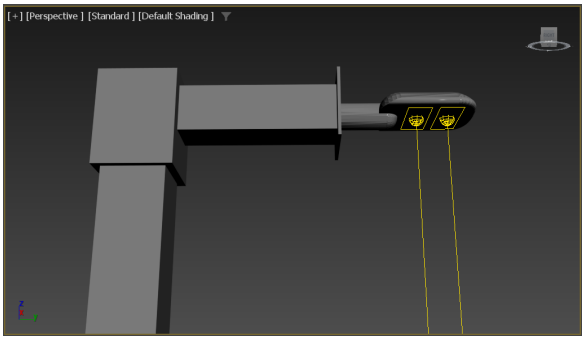
은평한옥마을에 존재하는 가로등 높이를 조사해본 결과 대략적으로 약 4.3m~4.7m 의 길이로, 지면의 높이 혹은 기울기에 따라 각기 다른 길이를 가지고 있었다. 따라서 가로등의 높이는 이들의 평균값인 약 4.5m 로 설정하였다.

[그림 3-1] 은평 한옥마을에 설치되어있는 가로등



[그림 3-2] 가로등 모델링 1

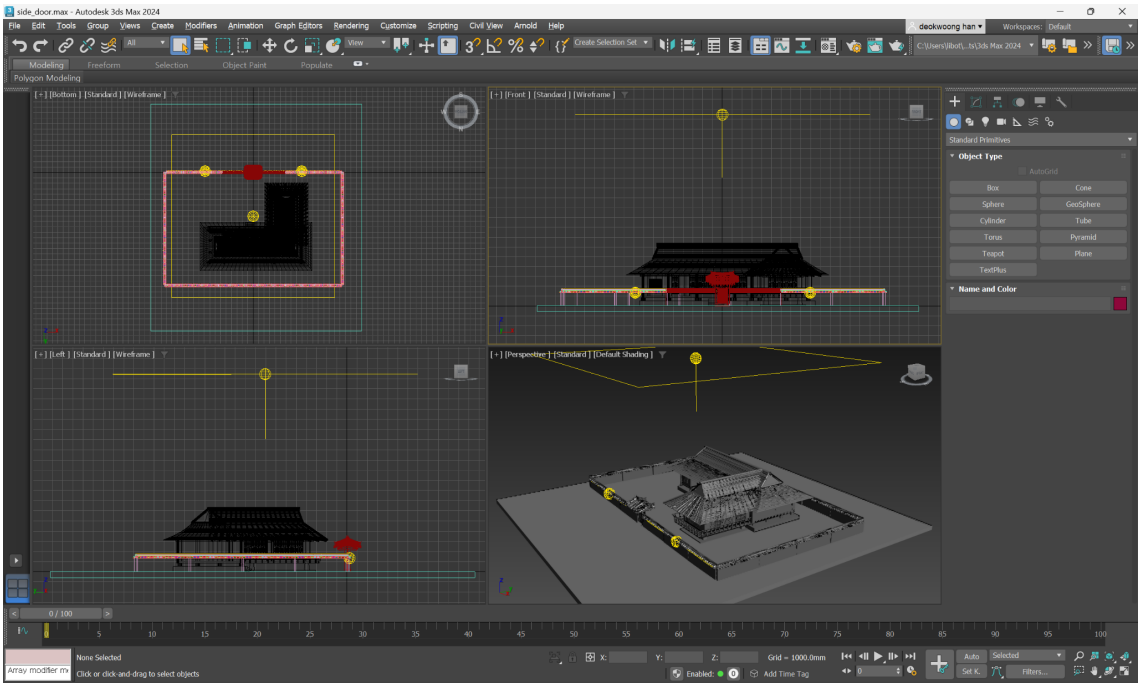
이후 평균 길이에 맞추어 [그림 3-2] 와 같이 Autodesk 사의 Fusion 360 프로그램을 이용해 [그림 3-1]의 가로등을 디자인하였다.



[그림 3-3] 가로등 모델링 2

(3) 간접 조명 모델링

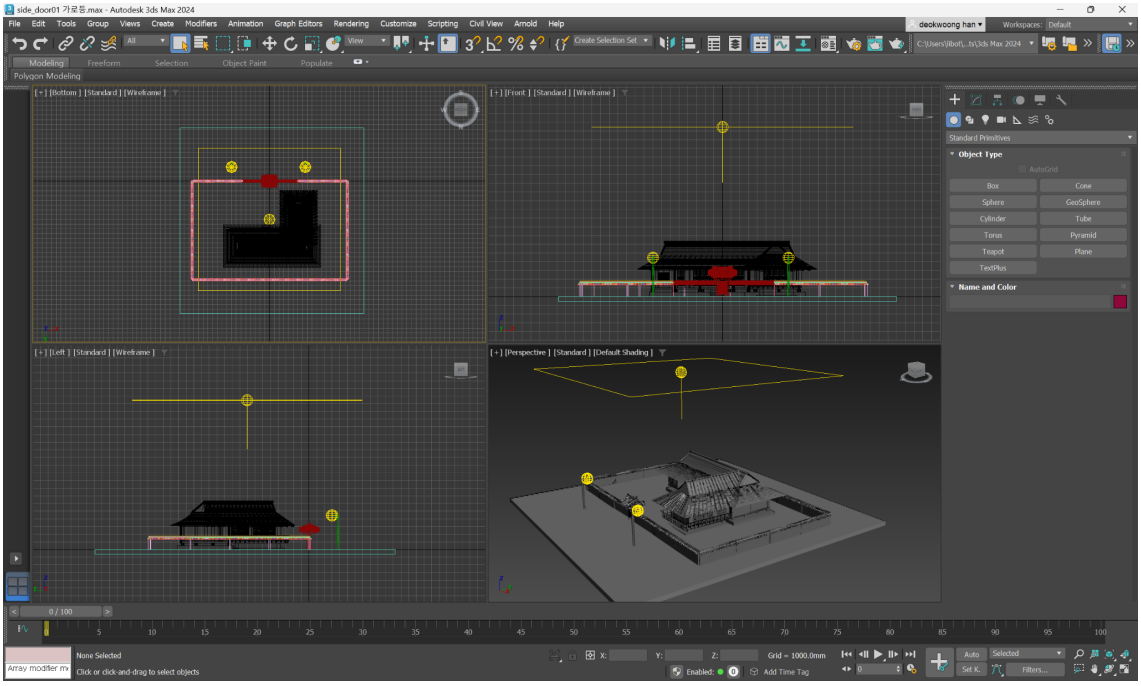
간접 조명의 경우, 3ds Max 내에서 담장 기와 하단에 광원을 국소적으로 추가하여 간접 조명을 구현하였다.



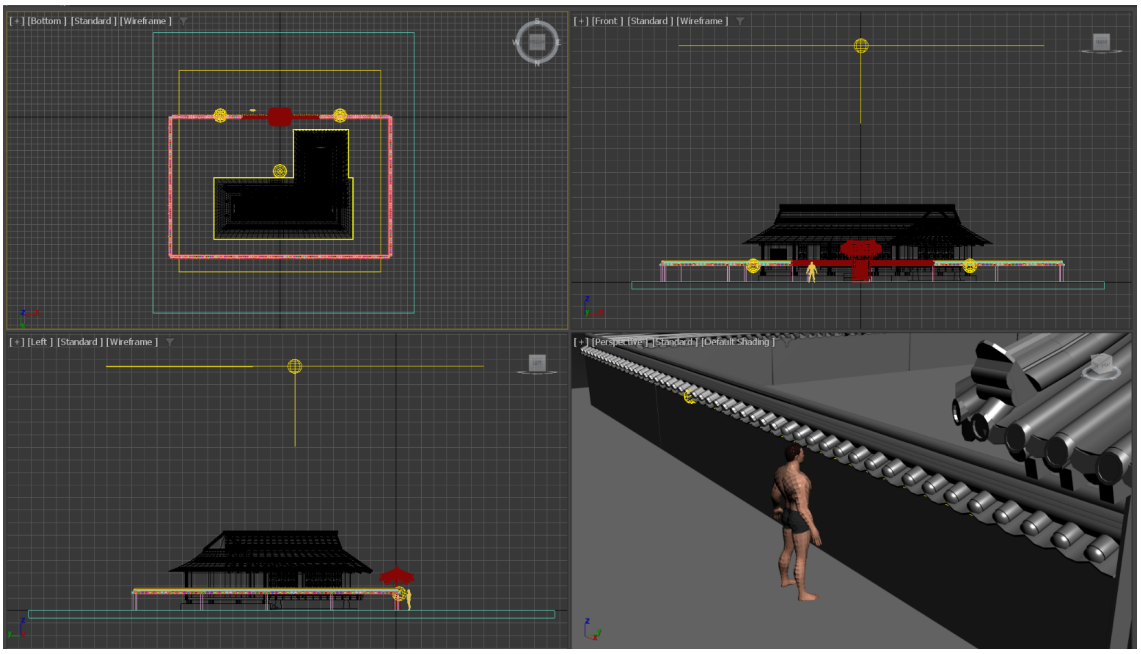
[그림 3-4] 간접조명을 설치한 한옥 담장 포함 전체 한옥 배치도

필요한 모든 모델링을 마친 후 간접조명을 설치한 한옥 담장 및 전체 한옥 전경은 다음과 같이 표현되었다. 위 사진은 위에서 바라본 전체적인 구조도와 두 개의 측면도를 포함한다. ([그림 3-3])

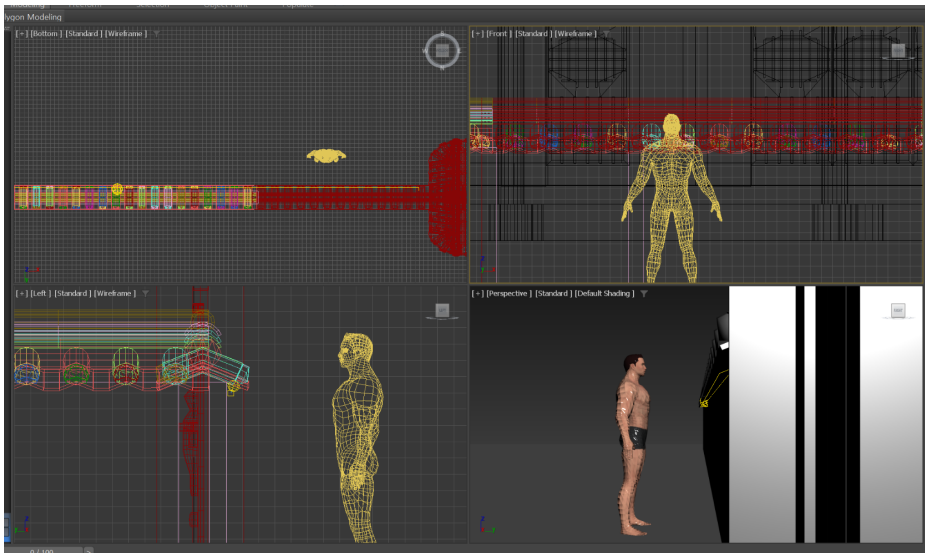
(4) 3ds Max 를 이용한 렌더링 세팅 화면



[그림 3-4] 기존 직접조명(가로등)을 설치한 한옥 담장 포함 전체 한옥 배치도

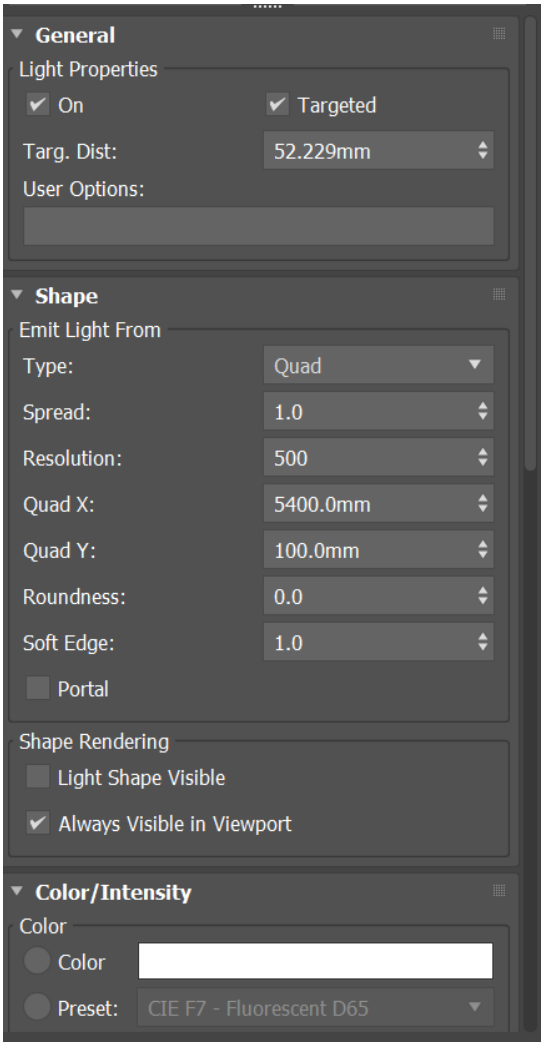


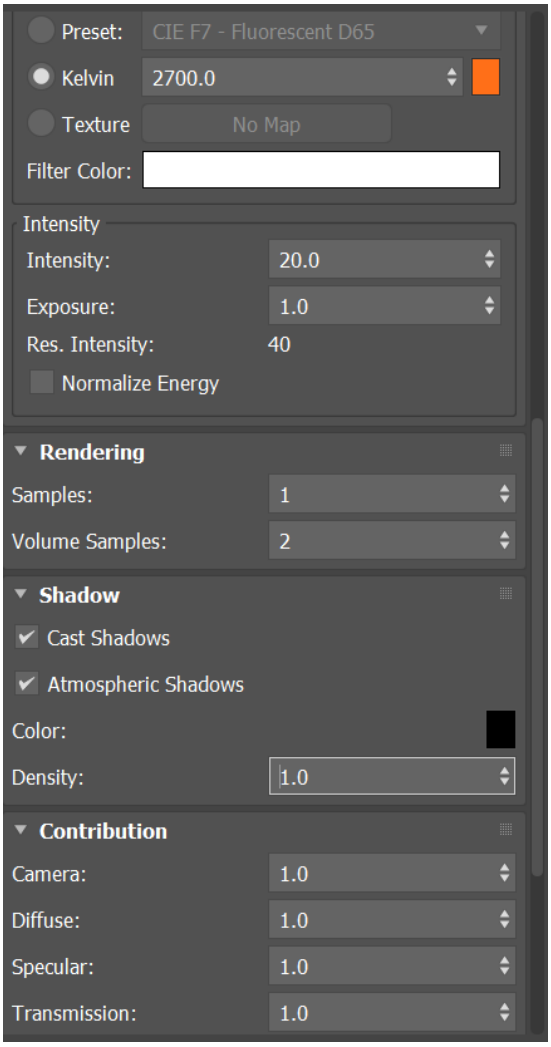
[그림 3-5] 평균 신장의 사람과 한옥 담장 1



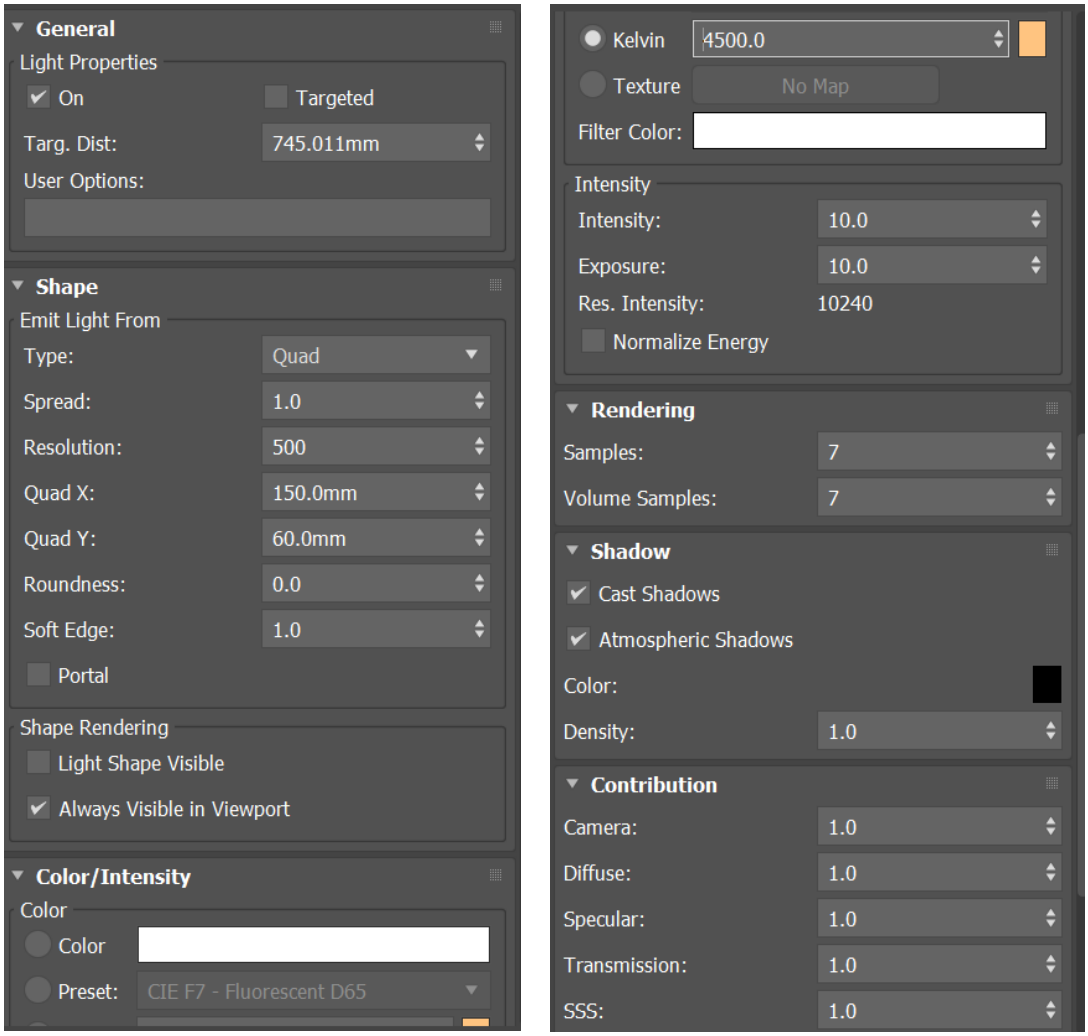
[그림 3-6] 평균 신장의 사람과 한옥 담장 2

간접조명 방식을 채택함으로써 간접조명을 설치하는 방안에 대한 후보로 경계석 및 보행자의 시선을 고려하여 담장의 기와 하단에 설치하는 것과 담장으로부터 약 30-50cm 정도 떨어진 바닥 부근에 매립하는 방식이 논의되었으나, 최종 선택된 방안은 담장의 기와 바로 하단에 조명을 설치하는 방식이다. 이 방식은 간접 조명의 본 기능과 효과를 유지할 수 있으면서도 미관을 해치지 아니하며 유지 및 보수가 용이하고, 복잡하지 않은 설치 방식을 거친다.





[그림 3-8, 9] 간접 조명의 세팅값



[그림 3-10,11] 직접 조명의 세팅값

또한, 간접 조명(LED)의 색온도(상관색온도)를 고려해야 한다. 색온도는 흑체복사의 개념에서 빛의 색이 온도에 따라 다르게 보이는 것에서 착안하여 조명의 색을 온도로 표현한 것으로, 공간의 분위기를 결정하는 중요한 요인으로 작용한다. 붉은색에 가까운 빛일수록 색온도가 낮아지고, 푸른색에 가까운 빛일수록 색온도가 높아진다. 양희경 외(2001)에 따르면 조명의 색온도가 2700K 일 때 작업환경에서 가장 집중도가 높고, 정신 피로를 덜 느낄 수 있다. 따라서 보행자 및 주민의 시각적 피로도를 낮추기에 가장 좋은 색온도라고 판단하여, 간접조명의 색온도를 주광빛을 띄는 2700K 로 설정하였다.

2. 방음벽

1) 담장 높이

은평 한옥마을에서 자동차 소음, 보행자 소음 등을 중점적으로 측정한 결과 한옥마을에서 관측된 소음의 최댓값은 약 75dB 이었고, 소음 발생 시 공동 주택 실외 소음 기준치인 65dB 보다 5dB 낮은 60dB 까지 소음을 감소시키는 것을 목표로 하였다. 이에 회절감쇠량은 15dB 으로 설정하였으며. 도로교통소음은 선음원이므로 선음원의 회절감쇠 계산식을 이용하였다. 선음원의 회절감쇠 계산식은 다음과 같다.

$L_d = 7.5 + 0.61 \log N \quad 0 < N \leq 0.1$

$L_d = 10 + 3 \log N \quad 0.1 < N \leq 0.8$

$L_d = 11 + 7 \log N \quad 0.8 < N \leq 30$

$L_d = 12 + 6 \log N \quad 30 < N \leq 60$

$L_d = 22 \quad 60 < N$ (이때 N 은 프레넬 수를 의미한다)

위 식을 통해 프레넬 수를 구하면 다음과 같은 식을 통해 경로차를 구할 수 있다. 또한 주파수값을 모를 때는 보통 500Hz 를 기준으로 한다.

$$N = \frac{2\delta}{\lambda} = \frac{2\delta f}{c} \approx \frac{\delta f}{170}$$

(f는 입사음의 주파수, λ는 입사음의 파장, c는 음속, 약 초속 340m 이다)

경로차는 다시 다음 식에 대입을 하여 최종적으로 높이를 구할 수 있다.

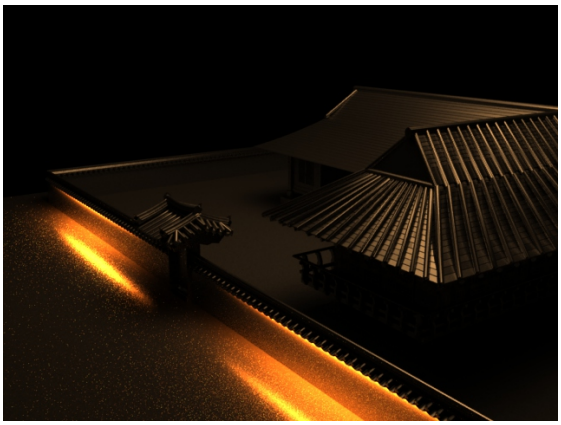
$$h = \sqrt{2\delta l\left(1 - \frac{l}{L}\right)}$$

(l: 음원과 방음벽 간의 직선 거리, L: 음원과 수음점 간의 직선 거리)

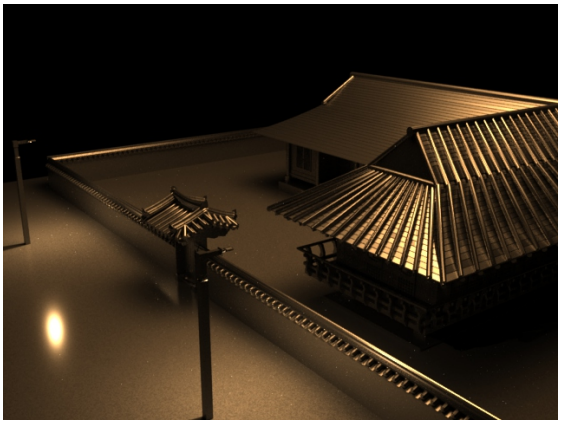
이때 l, L 은 실제 측정한 값으로, 상수 취급한다.

Ⅳ. 결과 및 고찰

1) 간접 조명

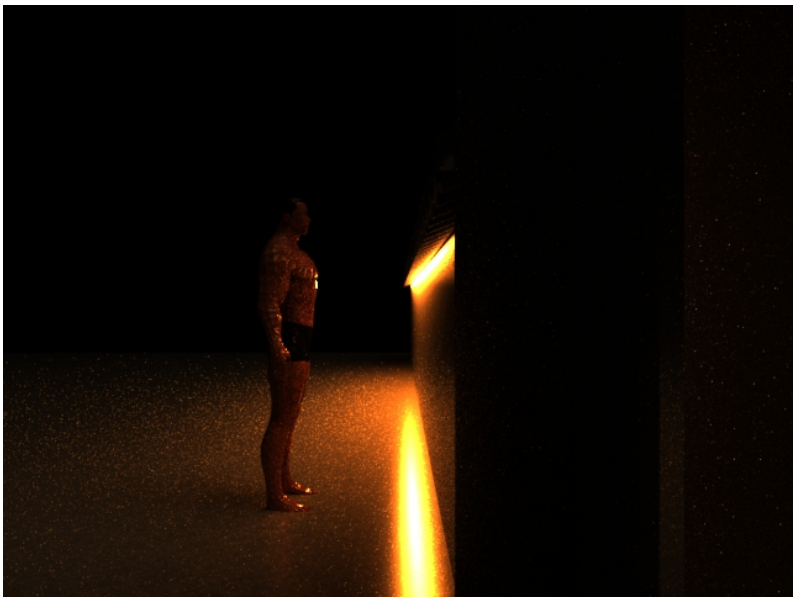


[그림 4-1] 간접 조명의 경우(전체적인 모습) [그림 4-2] 간접 조명의 경우(위에서 본 모습)



[그림 4-3] 직접 조명의 경우(전체적인 모습) [그림 4-4] 직접 조명의 경우(위에서 본 모습)

위의 실험 결과를 통해 가로등에 직접 조명 방식을 채택하였을 때 한옥 담장을 넘어서 한옥 건물까지 가로등 불빛이 미치는 것을 확인할 수 있었으며, 이로 미루어보아 직접조명으로 인한 빛 공해가 발생함을 알 수 있었다. 이에 반하여 가로등에 간접 조명 방식을 채택한 경우에는 한옥마을의 전체적인 외관은 훼손되지 않으면서 한옥 담장 안쪽으로 불빛이 미치지 않는 것을 확인할 수 있었다.



[그림 4-5] 사람을 간접조명 앞에 두었을 때

또한 간접 조명을 설치했을 때 사람의 눈에 직접적으로 빛이 들어오는 것을 방지하고자 하였고, 한옥마을의 평균 담장인 1.8m 에 간접조명을 설치한 후 한국 남성 평균 신장인 172.5cm[1]의 모델을 담장 앞에 두어 조명의 불빛이 직접적으로 눈으로 입사되지 않는지에 관해 모델링을 통한 실험을 계획 및 진행하였다.

실험 결과인 [그림 4-5]를 통하여 알 수 있듯이, 그림과 같이 간접 조명을 설치하였을 때에 사람의 얼굴을 향해서 빛이 직접적으로 비치지 않는 것을 확인하였다. 따라서 주변 관광객, 즉 보행자에게 직접적인 빛 공해 피해는 없을 것임을 알 수 있었다.

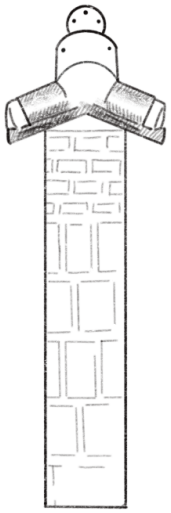
2) 방음벽

회절감쇠량 L_d 을 15dB 로 설정했으므로, N 의 범위에 맞춰 대입하면 N 값은 약 3.7273 이 나온다. $N = \frac{2\delta}{\lambda} = \frac{2\delta f}{c} \approx \frac{\delta f}{170}$에서 f를 500Hz 로 잡고 N값을 대입하면, δ는 약 1.27m 이다.

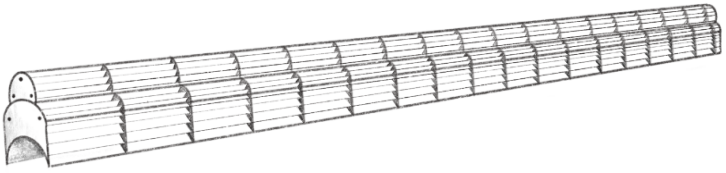
한옥마을 도로의 폭을 측정한 결과, 음원을 도로 중앙으로 설정하면, 음원과 담장 간의 직선거리는 3m 였으며, 음원과 수음점 간의 직선 거리는 6m 였다. 방음벽 높이 산정식인 $h = \sqrt{2\delta l\left(1-\frac{l}{L}\right)}$ 에 δ와 l, L 값을 대입하여 계산하면, 소음 15dB 을 감소시키기 위해서는

[1] 제 8 차 한국인 인체치수조사 . (2023). https://sizekorea.kr/human-info/meas-report?measDegree=8.

1.95m 의 방음벽이 필요하다는 결과를 얻을 수 있었다.



[그림 4-6] 기존 담장 기와의 형태를 융합한 흡음형 방음 장치 스케치



[그림 4-7] 기존 담장 기와의 형태를 융합한 흡음형 방음 장치 스케치

현재 한옥마을의 담장 높이를 측정한 결과 평균적으로 1.8m 였다. 이에 [그림 4-7]의 흡음형 방음 장치의 높이를 15cm 로 하여 기존 한옥 담장에 추가한다면, 1.95m 의 방음벽을 만들 수 있으며, 기대 소음 감쇠 수치인 15dB 의 소음 감쇠 효과를 볼 수 있다는 결론을 얻었다.

Ⅴ. 결론 및 제언

본 연구는 오버투어리즘 현상으로 발생하는 소음 공해 및 빛 공해의 문제를 공학적인 설계를 통해 해결하고자 하였다. 이를 위하여 직접 조명보다는 한옥의 고즈넉한 분위기를 극대화시키는 동시에 주민들의 불편함을 최소화할 수 있는 간접 조명을 이용하고, 기존 담장에 방음 기능을 부가하여 새로운 한옥 담장을 설계하였다. 이는 은평 한옥마을 뿐만 아니라 오버투어리즘으로 갈등을 겪고있는 여러 타 한옥마을에도 적용될 수 있기에 본 연구에서 진행한 설계가 유의미한 문제 해결 방안으로써 작용할 수 있을 것이다. 다만, 본 연구는 여러 제약으로 인하여 설계한 간접 조명 방식의 한옥 담장 및 방음벽을 실제로 구현해볼 수는 없었고, 따라서 컴퓨터 모델링을 이용하여 결과를 도출하였다. 추후 이를 실제로 구현하여 빛 공해의 유무 및 소음 감쇠 효과를 확인해볼 수 있다면 유익한 연구가 될 것으로 보인다. 또한 본 연구와 같이 전통성을 해치지 않으면서도 실용성을 갖추어 발전하는 시대에 부합하는 움직임을 통해 전통 문화의 보존과 발전에 기여할 수 있을 것이다.

Ⅵ. 참고 문헌

1. 최준집. (2005). 도로소음 차단을 위한 방음벽 설치에 관한 연구 (A) Study on Sound Proof Wall for Reducing Road Noise. 30-32.
2. 양희경, 고한우, 김묘향, 임석기, 윤용현. (2001). 조명의 색온도에 따른 작업자의 피로도 평가 (2). 한국감성과학회 추계학술대회, 2001(0), 251-254.
3. 박현옥 and 이종숙. (2014). 전통 한옥마을 담의 디자인 패턴유형 분석 - 5 군데 한옥마을을 대상으로 -. Journal of Integrated Design Research, 13(1), 45-54.
4. 임유진, & 문학룡. (2015). 도로환경에 따른 최적의 방음벽 높이 산정식 연구. 한국도로학회논문집, *17*(4), 63-68.
5. 국토교통부 고시 제 2021-1242 호, “한옥 건축 기준”, 건축문화경관과(2021.11.17). https://www.law.go.kr/LSW/admRulLsInfoP.do?admRulSeq=2100000206163