

외부공간 열환경 평가항목 개선을 위한 디지털 트윈 연구

김재현*, 이채린*, 이유미**

*서울대학교 환경대학원 환경설계학과 석사과정, **서울대학교 환경대학원 환경설계학과 부교수

1. 서론

기후변화와 도시화의 증가로 도시 외부공간이 더 중요해짐에 따라 친환경적이고 지속가능한 외부공간은 도시민들의 삶의 질과 도시 환경의 품질을 크게 향상하게 시킬 수 있다. 이에 따라 외부공간의 친환경 인증 제도는 도시계획 및 디자인 분야에서 핵심적인 주제 중 하나로 부상하고 있다. 특히 미국의 LEED v4.1(Leadership in Energy and Environmental Design) 및 SITES v2(Sustainable Sites Initiative) 인증 제도는 친환경 설계의 길잡이 역할을 하고 있다. 단지계획인증 시스템인 SITES는 독립적인 인증 기준을 가지고 있으면서도 LEED 시스템과의 연계성을 갖추고 있으며, 관련 법제도적 지침과 표준과도 조화를 이루고 있다(전승훈과 채수권, 2021). 국내에서는 현재 미국의 LEED를 기반으로 한 녹색건축인증(G-SEED)이 존재하지만, 외부공간에 대한 친환경성을 평가하기 위한 체계적인 시스템은 아직 미약하다(유광홍 등, 2012). 따라서 국제적인 평가 시스템의 열환경 평가항목을 분석하여 국내에 적용하고 개선할 필요성이 있다. 본 연구는 G-SEED, LEED 및 SITES 인증 제도에서 외부공간 열환경 평가에 대한 주요 항목을 확인하고, 이를 디지털 트윈 기술을 활용하여 효과적인 외부공간 디자인 시나리오를 개발하고 국내 도시의 환경과 부합하도록 조정하여 발전시키는 방향으로 나아가고자 한다. 따라서 연구 범위는 국내의 도시와 환경 조건을 고려하여 디자인 시나리오를 시뮬레이션하고, 이를 통해 지속가능한 외부공간의 모범 사례를 찾아내는 데 초점을 맞추었다.

2. 외부공간 열환경 평가 시뮬레이션

2.1 해외의 외부공간 열환경 평가항목

본 연구에서는 미국의 LEED v4.1BDC와 SITES v2 인증 제도의 평가항목에 대해 분석하였다. 특히, 조경과 관련된 세부 항목을 자세히 조사하여 이를 연구의 핵심 대상으로 설정하였다. 외부공간 평가항목이 포함된 평가지표를 보면 LEED와 SITES에서 공통적으로 열섬 효과 저감 및 오픈스페이스 등에 대한 평가항목을 확인할 수 있다. LEED에 비해 SITES에서는 외부공간에 대한 분야 및 평가항목들이 세분되어있다. LEED v4.1BDC에서 이러한 항목에는 열섬 효과 저감을 위한 SR값을 고려한 포장재료의 선택 및 전체 대지면적 대비 외부공간의 비율과 외부공간 그늘 제공이 가능한 식재 면적 등이 있다. SITES에서는 공통사항으로 열섬 효과 저감을 위한 평가항목이 존재하지만 LEED보다 세부적인 평가지표로 되어있다. 또한 토양 및 식재와 관련한 항목들도 세부적으로 나누어져 있었고 이 중 몇 가지 항목을 선정하여 디지털 트윈을 통해 적용하였다.

Table 1. The outdoor thermal environment assessment criteria for LEED v4.1 BDC and SITES v2

Category	Field	Requirements
LEED v4.1BDC	SS Credit: Heat island reduction	Use paving materials with an initial solar reflectance (SR) value of at least 0.33
	SS CREDIT: Open space	Provide outdoor space greater than or equal to 30% of the total site area At least 25% of the required outdoor open space must be vegetated space planted with two or more types of vegetation or have overhead vegetated canopy
SITES v2	Credit 4.9: Reduce urban heat island effects	Use an open-grid pavement system that is at least 50 percent unbound
	Credit 4.10: Use vegetation to minimize building energy use	Option 2: Provide shade structures

2.2 언리얼 엔진(UE5)을 활용한 디지털 트윈 구축

언리얼 엔진(UE5)의 디지털 트윈 기술을 활용하여 실제 도시 환경을 가상으로 모델링하고, LEED와 SITES 인증 제도에서 요구하는 외부공간 평가 옵션을 가시화하여 외부공간 열환경 평가 시나리오를 구현하였다. 이를 통해 가상 환경에서 다양한 디자인 옵션을 시뮬레이션하고, LEED와 SITES의 평가항목을 기반으로 각 시나리오의 성능을 평가할 수 있도록 제작했다. 평가항목 및 점수표와 해당 항목에 대한 여러 가지 디자인 옵션을 선택할 수 있는 UI를 제작하였고 언리얼 엔진을 접하지 않았더라도 조작 및 시스템에 대한 이해가 가능하게 하였다. WINDOWS 운영체제를 기반으로 제작하였으며 각 평가항

목에 마우스 커서를 올리면 해당 항목에 대한 세부 지표가 나올 수 있도록 하였다. 해당 지표에 대한 점수표를 만들어 각 디자인 옵션을 선택하였을 때 시뮬레이션 상에서 나타남과 동시에 해당 옵션에 대한 평가점수를 즉각 반영하여 선택한 디자인 옵션에 대한 점수를 시각적으로 확인할 수 있게 하였다.

2.3 열환경 평가 시뮬레이션

디지털 트윈을 통해 구축한 디자인 시나리오들을 시뮬레이션하고, LEED 및 SITES 인증 제도의 열환경 평가항목을 기반으로 각 시나리오를 평가하였다. 시뮬레이션 결과를 통해 어떤 디자인 옵션이 친환경 인증을 획득하기 위해 가장 효과적인지를 확인하고, 이를 토대로 개선된 디자인을 효과적으로 비교할 수 있게 하였다. Figure 1-3은 LEED 및 SITES의 열심 효과 저감을 위한 항목 중 SR값을 고려한 포장재료 및 잔디 블록 옵션 선택의 시뮬레이션 결과이다. SR값을 고려한 포장재료의 선택은 현재 한국의 외부공간 친환경 인증 제도 평가지표에 해당하지 않기 때문에 Figure 1에서는 비교하기 위해 한국의 일반적인 외부공간 포장재료를 선정하여 시뮬레이션하였다. Figure 2는 평가표에서 요구하는 점수를 얻기 위한 SR 0.33 이상의 포장재료를 선정하여 시뮬레이션한 결과이다. Figure 3은 잔디 블록 포장에 해당하는 옵션을 활성화한 결과이다. Figure 4-6은 식재 면적 및 그늘 식재에 관한 평가항목 옵션들의 시뮬레이션 결과로 친환경 인증을 위한 필수조건을 달성하기 위해 식재를 하였을 때의 모습을 가상 공간에서 시각적으로 쉽게 확인할 수 있게 하였다.



Figure 1. Conventional pavement option

Figure 2. Considering SR value option

Figure 3. Open-grid pavement option

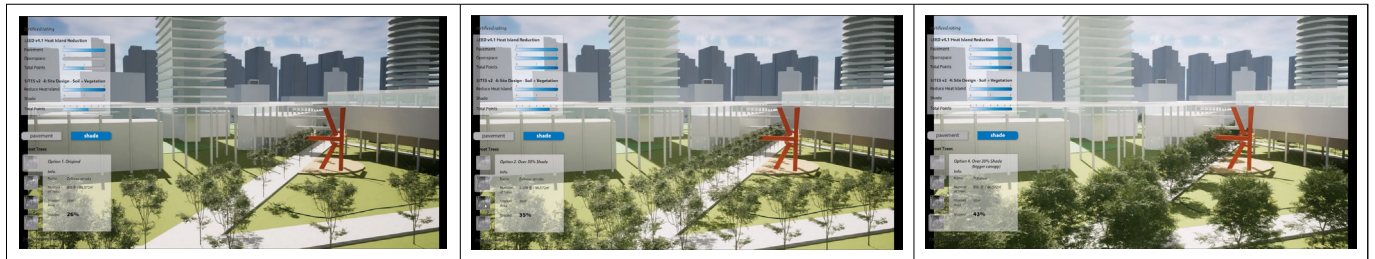


Figure 4. Basic tree planting option

Figure 5. Shade assessment option

Figure 6. Tree species modification option

3. 결론

본 연구는 LEED 및 SITES 인증 제도의 외부공간 평가항목을 확인하고 이와 디지털 트윈을 결합하여 국내의 외부공간 열환경 평가항목의 개선 방안에 대해 연구하고자 하였다. 이를 통해 도시의 지속 가능한 발전을 지원하고, 효율적인 디자인 프로세스를 구축하고자 했다. 본 연구는 다음과 같은 결론을 도출하였다. 첫째, 디지털 트윈은 도시 외부공간 열환경 평가항목을 위한 외부공간 디자인을 지원하는 강력한 도구로 활용될 수 있다. 디지털 트윈을 통한 시뮬레이션은 디자인 프로세스를 효율화하고 비용을 절감할 수 있는 중요한 요소이다. 디자이너와 도시 계획자들은 다양한 디자인 시나리오를 가상 환경에서 검토하고, 가장 효과적인 디자인 옵션을 선택함으로써 더 나은 결과물을 빠르게 얻을 수 있다. 본 연구에서는 SR값을 포함한 포장재료에 대한 것을 시뮬레이션상 평가 요소 중 하나의 옵션으로 보여주는 데 그쳤지만, 이를 더 발전시켜 나간다면 재료의 반사율에 대한 것도 실제와 같이 보여줄 수 있을 것이며 외부공간의 설계 및 계획에 도움이 될 것으로 기대된다. 둘째, 디지털 트윈을 활용하여 전문가뿐만이 아닌 비전문가들의 참여를 촉진할 수 있다. 도면상에서는 구현할 수 없는 것들을 디지털 트윈을 통해 가상에서 실제로 가깝게 구현할 수 있으며 가상에서 그치지 않고 현실과 결합할 가능성이 충분하다. 또한 이를 다양한 플랫폼으로 구현하여 디지털 트윈을 접하지 않은 사람들도 가상 환경을 통해 외부공간 디자인에 대한 시각적 피드백을 제공하고, 도시의 발전에 직접 참여할 수 있는 기회를 얻을 수 있다. 앞으로 디지털트윈을 활용한 친환경인증제도 관련 추가적인 연구에서는 다양한 환경적 요소와 평가항목을 고려하는 데 활용될 수 있을 것이다. 이로써 지속 가능한 도시 개발에 대한 더 광범위한 연구와 응용이 가능해질 것으로 기대해본다.

참고문헌

1. 유광홍, 진현영, 신민중(2011) 친환경 근린개발 평가인증체계의 개발 및 적용방안 연구. 국토연구원 부설 건축도시공간연구소 아우리브리프 49.
2. 전승훈, 채수권(2021) 기후위기 대응 외부공간의 지속가능성 평가지표의 검토 및 고찰. 환경영향평가 30(6): 393-412.
3. <https://www.usgbc.org/>