친환경 파사드의 성능기반 파라메트릭 디자인

[글] 박정대
경기대학교
jdgeometry@gmail.com

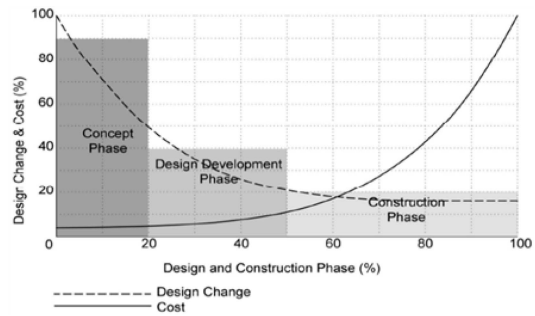


Fig. 1 Flexibility for alterations and the cost of alterations throughout the design process

본 특집에서는 건축물의 친환경 성능과 관련하여 초기 디자인 프로세스에서부터 파라메트릭 기술을 활용한 환경성능 디자인 프로세스를 소개하고자 한다.

성능 기반 디자인 방법론

전지구적 생태환경을 고려하여 에너지 사용량에 큰 영향을 주는 건설산업에서 친환경 패러다임을 기반으로 하는 디자인은 중요한 의미를 갖는다. 액티브 방식의 여러 설비 시스템을 적용하여 건물의 에너지 소비를 감소시킬 수 있으며, 패시브 디자인 요소의 다양한 조절을 통해 적절한 환경성능을 유지하는 건축물을 설계하는 것이 가능하다. 특히, 성능기반 디자인 방법론(Performance based Design)을 적용하여 분석 시뮬레이션을 활용한 파라메트릭 디자인은 설계 초기단계에서부터 건축물의 환경성능에 대한 사전 검토와 양방향의 디자인 피드백을 지원해줄 수 있다.

특히, 디자인 프로세스 전반의 건축물 생애주기에 걸친 BIM의 통합적인 프로젝트 수행과정에서 환경지수를 토대로 건축물의 친환경 성능의 정량적인 분석에 대한 요구가 확대되고 있다. 디자인 변경 가능성이 큰 초기설계단계에서부터 체계적인 데이터를 통해 분석될 수 있다면, 건축물의 친환경 성능과 함께 BIM 기반 프로젝트의 전반적인 품질 향상과 생산성을 높일 수 있기 때문이다.

친환경 파사드의 일조환경 성능지수

외피로서의 입면 즉, 파사드는 외부환경에 대한 건축물의 직접적인 대응 면이다. 배치, 향(Orientation), 형상, 창면적 비율(Window-to-Wall Ratio. 이하 WWR), 재료 등 여러 디자인 조건들을 반영되는 파사드의 친환경 성능은 다양한 세부 인자들에 의한 시뮬레이션 데이터를 기반으로 하는 복합적인 분석이 요구된다. 건축물 내부 공간에서 시각적 쾌적성(Visual Comfort)을 위한 일조(Daylighting) 환경성능은 건축물의 파사드 디자인과 직접적인 영향관계를 지닌다.

건축물 내부에 인공조명을 최소화하고 재실자의 작업환경에 적절한 최적의 자연채광 유입을 통해, 거주자의 실내공간 만족도는 물론 생산성까지 향상시켜 줄 수 있는 일조환경과 관련하여 다음과 같은 여러 지수들이 제시되고 있다. 천공상태(Sky Condition), 주광률(Daylighting Factor. 이하 DF), 공간일광자율(Spatial Daylight Autonomy. 이하 sDA), 일광자율(Daylight Autonomy. 이하 DA), 실내유용조도(Useful Daylight Illuminance. 이하 UDI), 주광조도(Daylight availability. 이하 DAv), 연간광노출

Table 1. A brief history of LEED simulation-based daylight credit compliance (LEED NC, 2013)

LEED Ver. (Year)	Contents
LEED 2.1 (2001)	Achieve a minimum Daylight Factor of 2% (excluding all direct sunlight penetration) in 75% of all space occupied for critical visual tasks.
LEED 2.2 (2005)	Achieve at least 25fc illuminance in 75% of all regularly occupied areas under clear sky conditions at noon on the equinox *Window-to-wall ratio(WWR): Min. 40%
LEED 2009 (2009)	Achieve at least 25fc but no more than 500fc illuminance in 75% of all regularly occupied areas under clear sky conditions at 9AM and 3PM on the equinox *Window-to-floor ratio(WFR): Min. 18%
LEED 2009 Addendum	Achieve at least 10fc but no more than 500fc illuminance in 75% of all regularly occupied areas under clear sky conditions at 9AM and 3PM on the equinox.
LEED v4. (2013)	Achieve a Spatial Daylight Autonomy (sDA300lx,50%) in 55% (2pts) or 75% (3pts) with Annual Sunlight Exposure (ASE1000lx,250h) below 10% in all regularly occupied floor areas.

(Annual Sunlight Exposure. 이하 ASE), 일광현휘확률(Daylight Glare Probability, 이하 DGP) 등이 있다.

일조 환경성능을 측정할 수 있는 이들 지표를 토대로, 미국 Green Building Council의 LEED (Leadership in Energy and Environmental Design)를 포함하여 공인된 친환경인증제도들이 친환경 파사드의 시각적 쾌적성을 판단할 수 있도록 정량적인 기준들을 새롭게 제시해주고 있다. 파사드 디자인에 대한 보다 정교하고 복합적인 분석이 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 가능해지고 있는 것이다.

일조환경 최적화 디자인 프로세스

최적의 자연채광의 일조환경을 위한 디자인 프로세스는 다음과 같이 구성한다. 먼저, 단지 내 주변 건축물로 인한 일사(Solar Radiation) 간섭을 최소화

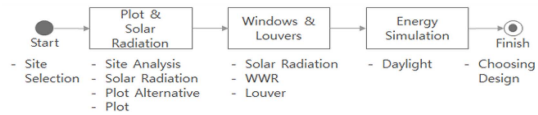


Fig. 2 Simulation Process for Optimization

시킨 향과 배치 도출하고, 다음으로 WWR을 고려하여 각 층의 창 면적비를 조정한다. 이때, 다양한 파사드 디자인 대안을 검토할 수 있도록 창 패널을 크기별 3개의 타입으로 구성하고, 건물의 층별 및 실별 용도에 맞춰 파라메트릭 모델링을 진행한다. 그리고, 실내환경을 고려한 적정 조도범위 설정과 이에 따른 수직 및 수평 차양 최적 디자인 설정값을 일조 시뮬레이션 분석데이터의 양방향 피드백을 통해 도출해내는 과정으로 이루어진다.

다양한 디자인 검토를 통해 외장패널의 유형을 선정하고, LEED 2.2에서 제시한 40%의 WWR의 기준을 참고하여, 저층부 40%에서 고층부 75%로 변화시킬 수 있다. 파라메트릭 알고리즘을 통해 창면적비에 따라 향, 층 및 실별 용도 등 공간 프로그램을 고려하여 다양한 패턴의 입면 디자인을 할 수 있도록 한다. 이때, 창면적비의 변화 비율에 맞추어 배치된 파사드 계획안을 대상으로, 초과 일사량이 도달하는 외피부분에 수직 및 수평차양 설치를 위한 차양의 돌출계수(Coefficient of Shading)를 파라메트릭 상관관계에 반영한다.

이러한 프로세스를 통해, 일사분석에 의해 도출된 파라메트릭 차양 돌출계수를 적용하게 되면, 자연채광에 의한 실내 조도인 DA 시뮬레이션을 수행한 결

Table 2. Comparison of solar radiation

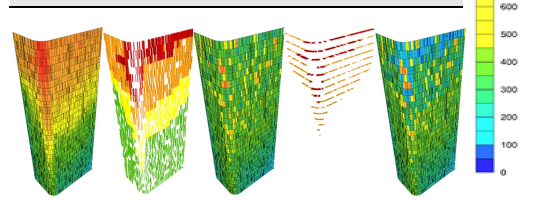
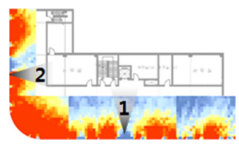
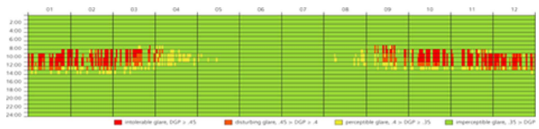
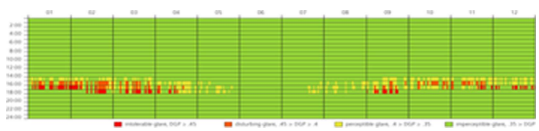
Only Panel	with louvers (V)	Solar Radiation s-Louvers (V)	with louvers (H)	Solar Radiation s-Louvers (V+H)
				

Table 3. Visual comfort of annual daylight glare potential

South-East facing South-West facing			
			
South-East facing	Baseline	with Shading	Problematic Glare Times
	10%	7%	08:00-13:30 Jan-Apr, Sep-Dec
			
South-West facing	Baseline	with Shading	Problematic Glare Times
	7%	5%	14:00-18:00 Jan-May, Aug-Dec

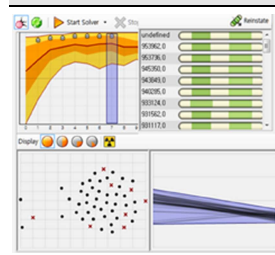
과, 수평 및 수직차양을 함께 설치한 경우 조도분포가 상당히 개선된 효과를 확인할 수 있다.

또한, 조도와 함께 재실자의 작업환경에 영향을 미치는 현휘 검토를 위해 DGP 인덱스를 활용하여 실내 특정위치에서의 휘도를 연간 스케줄 형식으로 시뮬레이션을 수행함으로써, 차양장치를 설치하였을 때 강한 휘도를 유발하는 DGP 0.45이상인 구간이 차양이 미설치된 기준 모델보다 불쾌휘도 유발시간이 효과적으로 감소시킨 결과가 데이터를 통해 검증되고 있다.

유전자 분석기법 활용 파라메트릭 모델링

본 사례의 디자인 프로세스는 시뮬레이션 엔진으로 일조분석의 Radiance 및 DAYSIM과 통합적인 에너지 분석의 EnergyPlus를 파라메트릭 모델링 프로그램인 Grasshopper for Rhino3D와 데이터를 상

Table 4. Simulation of galapagos for optimized allocation

Optimized Allocation by Generic Algorithm	Output Data
	

호 연동하여 최적화된 설정값을 찾아주는 유전자분석도구(Genetic Algorithm)를 활용한 것이다.

특히, 유전자 분석기법을 활용하여, 건축물의 배치 대안별로 주변 건물로부터 받는 일사량의 영향을 계산하고, 보다 좋은 일사환경의 배치를 최적화시켜가는 과정을 반복하여 수행한다.

파사드의 일조환경 성능에 영향을 주는 다양한 인자들 사이의 복잡한 영향관계를 유전자 분석의 파라메트릭 데이터 체계로 구조한 알고리즘을 구현한 자연채광 최적화 일조환경 디자인 프로세스이다.

초기설계단계에서부터 디자인 및 자연채광 검토가 가능하도록 일조환경 기반의 디자인 최적화를 지원해주는 파라메트릭 알고리즘을 활용함으로써, 친환경 파사드의 일조환경 성능분석 매트릭스를 도출할 수 있다. 건축물 입면계획에 있어 친환경 성능에 영향을 주고 받게 되는 일사, 창면적비, 조도 및 휘도 사이의 복합적인 상관관계를 매트릭스 형식으로 정리하여 파사드 디자인에 대한 의사결정(Decision Support System)을 지원해주는 것이다.

다양한 대안을 대상으로 건축물의 계획안과 일조환경(Daylighting) 사이의 복합적인 상관관계에 대한 분석을 토대로 최적의 디자인안을 도출할 수 있도록 지원해주기 위한 것이다. 초기 디자인 단계에서의 이러한 프로세스는 프로젝트의 비용/시간절감 측면에서 매우 중요한 영향을 미치기 때문이다.

일조환경 성능기반 파라메트릭 친환경 디자인 프로세스를 확장하여 전동형 차양장치를 입면에 부착

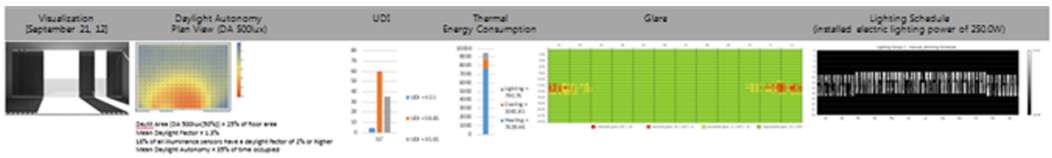


Fig. 4 Daylight Performance Index of Folding-Typed Kinetic Facade

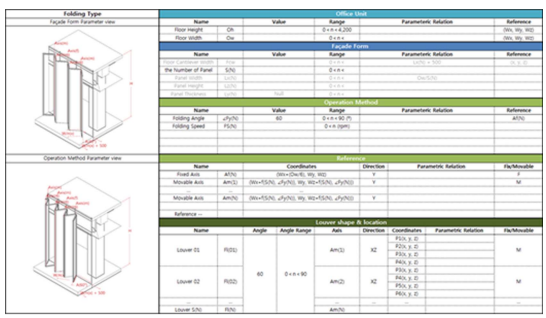


Fig. 3 Parametric Descriptions of Folding-typed Kinetic Facade

시킨 키네틱 파사드에 관한 연구가 현재 추진되고 있다. 차양장치의 다양한 작동원리에 따라 여러 유형의 입면 디자인들을 대상으로 특정한 시각에 가장 적절한 일조환경을 제공해주는 최적의 작동조건(Optimized Phase)을 찾아내는 것이다.

예를 들어, 접이식(Folding Type) 차양장치를 작동시켜 오전 9시부터 오후 6시까지 매 시간대별로 친환경 입면의 일조성능이 최적화되는 각도를 시뮬레이션하는 것이다. 조도와 휘도 성능에 대한 파라메트릭 알고리즘에 의해 작동되는 키네틱 파사드를 적용하여 1년 365일 특정한 시간대에 최적화된 작동조건에 맞추어 차양장치를 구동시킬 수 있다.

사 사

본 글의 친환경 파사드의 파라메트릭 디자인 프로세스 사례는 산업기술평가관리원이 지원한 “에너지 저감형 클리마 Responsive Kinetic Facade 엔지니어링 패키지 개발 및 Full-scale 실증모델 구현” 연구과제에 의한 결과이며, 논문집에 제출된 내용을 인용함을 밝힙니다.