

어린이놀이터의 빛환경 평가를 위한 천공률산정도 작성

Sky Ratio Diagram for the Evaluation of Daylight Environment at the Children's Playground

김 원 우* 김 은 심**
Kim, Won Woo Kim, Eun Shim

Abstract

The children's playgrounds have been installed almost from the beginning when the first apartment complex was built. The brightness of a playground has not been considered in the architectural plan. The site of the playground has been chosen based on availability without making a detailed review on its daylight environment. The purpose of this study is to provide the Sky Ratio Diagram for the evaluation of daylight environment at the children's playground in apartment complexes. the Sky Ratio Diagram has 100 points, each point has a value of equal to the sky ratio 1%. Through case studies, the Sky Ratio Diagram was verified whether it could be practically applied to the actual playgrounds. This research is meaningful in that it suggests a way to quantitatively evaluate the brightness of a playground. The Sky Ratio Diagram suggested in this study can be practically used when choosing a site for a playground within an apartment complex.

키워드 : 자연채광, 천공률산정도, 어린이놀이터, 밝기, 천공률

Keywords : Daylighting, Sky ratio diagram, Children's playground, Brightness, Sky ratio

1. 서 론

옥외공간에서 어떤 한 지점의 밝기는 천공률에 의해 좌우된다. 여기서 천공률이란 한 지점에서 보이는 천공의 입체각투사율이다. 주광을 태양의 직사일광, 천공광, 지물반사광으로 나누어 볼 때, 천공률이 클수록 주광이 많아 밝을 것이라 예상할 수 있다. 좁은 도로 주변에 높은 건물이 많아 천공률이 작은 경우에는 주간이라도 그 도로가 어두워 보행자의 시환경이 나빠질 수 있다. 또한 건축물 주변의 생활공간, 예를 들어 어린이놀이터에 천공률이 작은 경우에는 놀이에 지장을 줄 수 있을 정도로 놀이공간이 어둡거나 겨울에 추운 환경이 될 우려가 있다.

건축법에서는 도로 주변에 사선제한을 두어 건축물의 높이를 제한함으로써¹⁾ 주간에 도로가 어두워지는 것을 방지하고, 보행자의 심리적 압박감을 줄일 수 있도록 배려하고 있다. 그러나 도로 이외의 외부공간에 대해서는 밝기(조도) 확보에 대한 배려를 찾아 볼 수 없다. 중요한 외부공간에 대해서는 적절한 밝기(조도)를 확보할 수 있도록 건축계획이 이루어져야 할 것이다.

공동주택단지에서 어린이놀이터는 중요한 외부공간이다. 공동주택의 어린이놀이터는 공동주택의 건설과 더불어 어린이 거주자들의 안전한 놀이공간을 확보할 목적으로 설치되어 왔다²⁾. 그러나 주간의 어린이놀이터의 밝기정도를 예측하고자 할 때 적합한 평가도구가 미흡한 실정이다. 현재는 어린이놀이터에 직사일광이 들어오는 시간만을 평가할 수 있는 도구들이 대부분이다. 공동주택 어린이놀이터의 빛환경의 질을 높이기 위해서는 어린이놀이터의 밝기정도를 예측 평가할 수 있는 평가도구가 현 시점에서 절실히 필요한 실정이다. 본 연구의 목적은 어린이놀이터에 대한 밝기정도를 예측 평가할 수 있는 한 평가도구인 천공률산정도를 제공하는 것이다.

2. 천공률산정도 작성

2.1 천공률

천공률이란 어떤 한 측정점에서 보이는 천공의 입체각투사율이다³⁾. 그림 1은 천공률의 개념을 보여주고 있다. 측정점 O에서 보이는 천공부분 S를 수평면에 정사영으로 투사한 면적을 S'라 할 때, S'의 전체천공 투사면적(π^2)에 대한 비율을 천공률이라 한다^{4,5)}.

옥외공간의 빛환경이 좋고 나쁨은 직접 일조를 얻을 수

* 주저자, HNC건설연구소 친환경랩 소장
(artkim55@hotmail.com)

** 교신저자, 강릉원주대학교 유아교육과 교수 (kcle@gwnu.ac.kr)

있는 것 외에도 주위에 높은 건물이 인접해 있는지의 여부에 따라 좌우된다. 옥외의 어떤 지점에서 밝기와 개방감의 지표가 되는 것은 천공률과 천공비이다⁶⁾. 천공률은 천공을 등회도분포로 가정할 때 천공조도에 의한 측정점의 직접주광률(입체각투사율)과 같은 값이므로 해당지점의 채광성능을 평가하는데 적합하고, 천공비는 천공의 입체각을 산정하는 방식이기 때문에 시각적으로 인지할 수 있는 공간의 밀도에 의한 감각(개방감, 압박감)을 평가하는데 적합하다⁵⁾. 본 연구에서는 어린이놀이터의 빛 환경을 평가하기 위한 평가도구를 만드는 것이 목적이므로 천공비는 제외하고 천공률에 대해서만 검토한다.

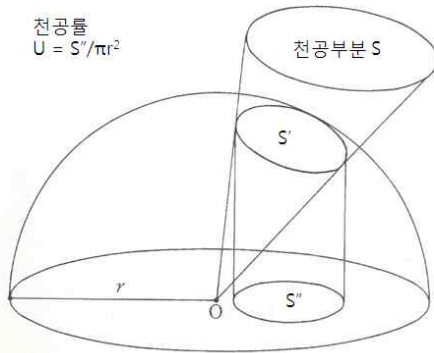


그림 1. 천공률(입체각투사율)의 개념도

2.2 천공률산정도

천공률산정도란 천공률을 간단히 구하기 위해 만든 도표로서 전체 천공을 동일한 천공률을 갖는 여러 개의 부분으로 분할하여 2차원 평면에 투영한 것이다. 단위 부분천공을 점으로 표현하여 점의 개수를 세어 더함으로써 쉽게 천공률을 구할 수 있도록 하였다.

3차원 물체의 표면적 등의 양을 일정한 방법으로 평면상에 투영하여 2차원화 하는 방법을 사영법이라 말하며, 심사투영법, 정사영법, 등거리사영법(등거리투영법), 극사영법이 있다^{7,8)}(그림 2). 심사투영법은 해시계의 원리와 동일하며, 관측자의 위치가 투영의 중심이 된다. 정사영법은 수직 투영선과 평행하게 수평면에 투영된다. 등거리사영법은 투영의 중심이 관측자의 아래쪽에 있으며 반경의 1.6-1.75배를 이동하고, 반구상의 고도원은 똑같은 간격으로 수평면에 투영된다. 극사영법은 등거리투영법과 거의 비슷하지만 투영의 중심은 항상 천저에 있으며 반경(r)의 위치는 관측자의 아래쪽에 있다.

각각의 사영법으로 제작한 사영도들을 바탕으로 천공률산정도를 만들 수 있다. 그림 3은 황해영이 소개한 일본의 극사영 천공률산정도이며⁹⁾, 그림 4은 김유숙 등이 소개한 일본의 정사영 천공률산정도이다⁴⁾. 이들이 소개한 천공률산정도들은 0.1%의 천공률을 갖는 1000개의 점으로 구성되어 있다. 실제 사용에 있어서 1000개의 점을 세는 것이 쉽지 않다는 단점이 있다.

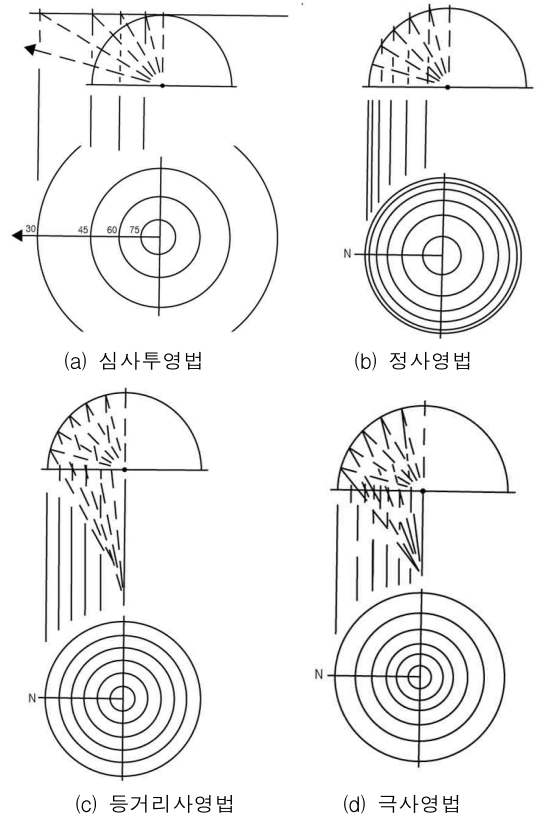


그림 2. 각종 사영법

극사영과 정사영으로 만든 천공률산정도는 우리나라에 소개되어 있지만 등거리사영의 화상으로부터 천공률을 계산할 수 있는 천공률산정도는 현재 찾아볼 수 없다.

본 연구에서는 어린이놀이터의 빛환경을 실용적으로 평가하기 위하여 디지털카메라에 어안렌즈 컨버터를 장착하여 촬영한 화상을 사용하고자 한다. 최근 정사영 방식의 어안렌즈는 입수하기 어려우며 대부분이 등거리사영 방식의 어안렌즈가 판매되고 있다⁶⁾. 등거리사영의 어안렌즈를 사용하여 얻은 화상으로부터 천공률을 계산하기 위해서는 등거리사영 천공률산정도가 필요한 실정이다. 이러한 필요에 대응하여 실용적인 등거리사영 천공률산정도를 작성하고자 한다.

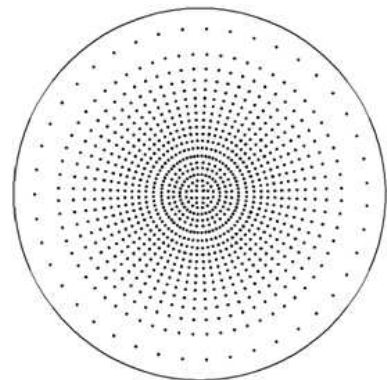


그림 3. 극사영 천공률산정도

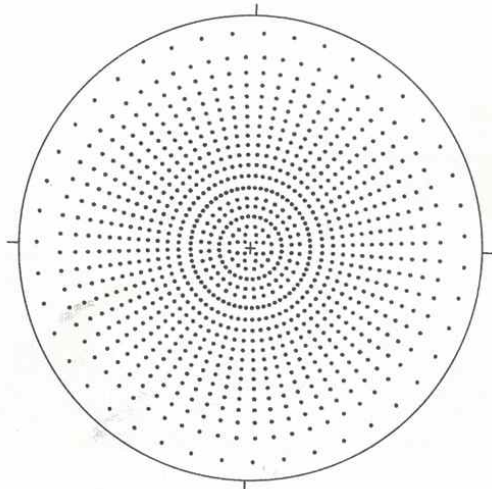


그림 4. 정사영 천공률산정도

2.3 등거리사영 천공률산정도 작성

먼저 정사영도에서 천공률은 어떤 천공부분의 입체각투사물이다. 즉, 그림1에서 평면상의 면적 S' 는 반구상의 면적 S'' 의 \cos 값이다. 따라서 $S' = S''/\cos\theta$ 이고, 여기서 θ 는 S' 과 천정사이의 각이다. 등거리투영도에서는 면적 S'' 의 모양이 정사영도의 것과 다르다. 그러나 반구상의 동일한 천공면적을 나타내게 된다. 따라서 입체각투사물은 정사영도에서 구하고, 이 값을 등거리사영도의 면적 S'' 에 적용하는 방법으로 천공률을 표현할 수 있다.

그림 5는 본 연구에서 사용할 등거리사영도를 보여주고 있다. 반구의 정점 0° 로부터 반구의 표면적을 10° 간격으로 분할하여 평면상에 동일한 거리로 투영한 것이다.

그림 5의 등거리사영도에서 10° 각거리별 면적과 천공률을 계산하여 표 1에 나타낸다. 표 1에서 각거리 10° 는 각거리 $5^\circ \sim 15^\circ$ 범위를 대표한 것이다. 면적은 각거리 10° 를 $0.1m$ 로 하였을 때 각 범위의 면적이다. \cos 면적은 등거리사영의 면적을 정사영의 면적으로 환산하기 위해 등거리사영 면적에 \cos 각거리 값을 곱한 것이다. 각거리 $0^\circ \sim 5^\circ$ 범위의 면적은 $0.0079m^2$ 이다.

분할면적 수는 \cos 면적을 $0.0079m^2$ 를 단위면적으로 나눈 값이다. 점의 수는 1개의 분할면적을 1개의 점으로 환산한 것이다. 천공률은 150개의 점을 100%로, 즉 1점을 0.67%로 보고 각 범위의 천공률을 계산한 것이다. 그림 6는 150개의 점을 갖는 천공률산정도이며 내부의 1점은 천공률 0.67%를 의미한다. 1점의 오차는 $\pm 0.66\%$ 이며 천공과 지물의 접점에서 주로 발생한다.

그림 6의 천공률산정도를 보다 간단히 하기 위해서는 점의 수를 줄여야 한다. 점의 수를 100개로 하고 1점이 천공률 1%를 대표할 수 있도록 점의 수와 천공률을 조절하여 표 2에 나타낸다. 점의 수는 분할면적 수에 $100/150$ 을 곱하고 소숫점 1자리에서 반올림한 값이다. 점의 수는 소수로 표현할 수 없기 때문이다.

그림 7는 100개의 점을 갖는 천공률산정도이며 내부의 1점은 천공률 1.0%를 의미한다. 1점의 오차는 $\pm 0.5\%$ 이다. 본 연구에서 이 천공률산정도를 어안렌즈로 촬영한 사진과 함께 사용할 것을 제안한다.

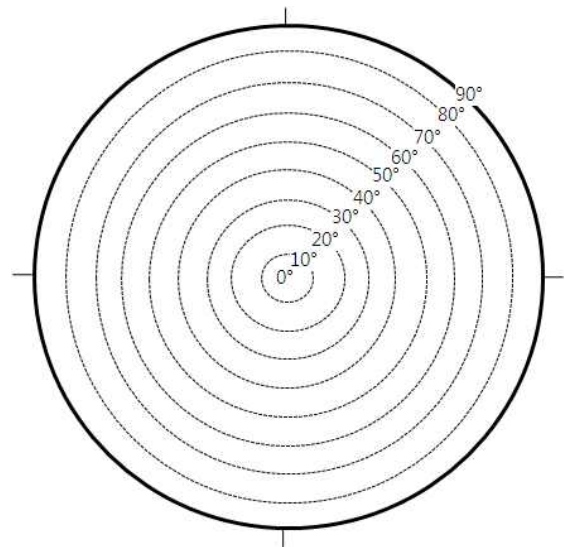


그림 5. 등거리사영도

표 1. 등거리사영도에서 각거리 별 점의 수와 천공률

각거리 [°]	범위	면적 [m ²]	cos면적 [[m ²]	분할면적 수[개]	점의 수 [개]	천공률 [%]
0°	0°~5°	0.0079	0.0079	1	1	0.67
10°	5°~15°	0.0628	0.0618	8	8	5.25
20°	15°~25°	0.1256	0.1180	15	15	10.02
30°	25°~35°	0.1884	0.1632	21	21	13.86
40°	35°~45°	0.2512	0.1924	25	25	16.34
50°	45°~55°	0.3140	0.2018	26	26	17.14
60°	55°~65°	0.3768	0.1884	24	24	16.00
70°	65°~75°	0.4396	0.1504	19	19	12.77
80°	75°~85°	0.5024	0.0872	11	11	7.41
90°	85°~95°	0.5731	0.0000	0	0	0.00
합계		2.8417	1.1711	150	150	100.00

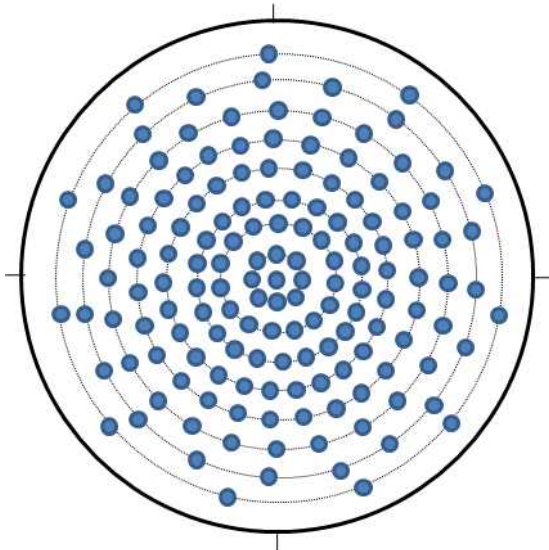


그림 6. 천공률산정도 (1점: 천공률 0.67%)

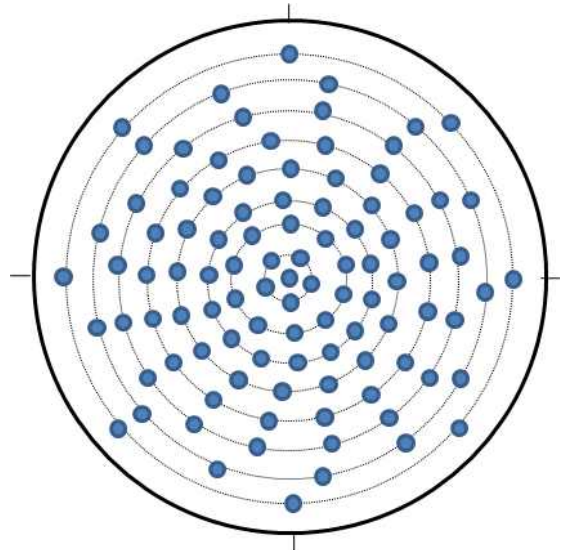


그림 7. 천공률산정도 (1점: 천공률 1%)

표 2. 각거리 별 점의 수와 천공률 (점의 수: 100개)

각거리 [°]	범위	면적 [[m ²]	cos면적 [[m ²]	분할면적 수[개]	점의 수 [개]	천공률 [%]
0°	0°~5°	0.0079	0.0079	1	1	1
10°	5°~15°	0.0628	0.0618	8	5	5
20°	15°~25°	0.1256	0.1180	15	10	10
30°	25°~35°	0.1884	0.1632	21	14	14
40°	35°~45°	0.2512	0.1924	25	16	16
50°	45°~55°	0.3140	0.2018	26	17	17
60°	55°~65°	0.3768	0.1884	24	16	16
70°	65°~75°	0.4396	0.1504	19	13	13
80°	75°~85°	0.5024	0.0872	11	8	8
90°	85°~95°	0.5731	0.0000	0	0	0
합계		2.8417	1.1711	150	100	100

3. 천공률산정도를 활용한 어린이놀이터의 천공률산정

본 연구에서 제안한 천공률산정도(그림 7)를 사용하여 공동주택 어린이놀이터의 천공률을 쉽게 구할 수 있는 것을 검토한다. 경기도 분당에 위치한 아파트 A단지를 임의로 선정하고 단지 내 4개의 어린이놀이터를 검토대상으로 하였다. 분당에 위치한 공동주택을 선정한 이유는 분당이 계획도시이므로 어린이놀이터의 위치 선정 시 현행법규를 비교적 잘 준수하였다고 판단하였기 때문이다.

어린이놀이터의 한 측정점에서 천공률을 알기 위해 먼저 측정점에서 어안렌즈로 천정을 향하여 천공과 지물을 촬영하였다. 이 사진과 천공률산정도를 겹쳐 천공부분에 남아 있는 점의 개수를 세어 천공률을 산정하였다. 천공률산정도의 점 하나를 천공률 1%로 계산하였다.

어린이놀이터의 천공 촬영에 사용한 어안렌즈는 Nikon Fisheye Converter FC-E8 0.21x로 화각이 180°이고 등거리사영의 렌즈이다. 카메라는 Nikon Coolpix995를 사용하였다. 그림 8은 사용한 어안렌즈와 카메라이다. 촬영 시 방위와 위치는 iPhone의 나침반어플로 구하였으며 진북방위를 사용하였다.



a) 어안렌즈 b) Nikon Coolpix995 카메라
그림 8. 어안렌즈와 Nikon Coolpix995 카메라

어안렌즈로 촬영 시 카메라를 어린이놀이터의 중앙점으로부터 1.5m 높이에 위치시켰다. 중앙점에 놀이기구가 있을 경우에는 중앙점에 최대한 근접한 위치를 선정하였다. 사진촬영을 마친 후 Adobe Photoshop CS3 프로그램을 사용하여 어안렌즈사진과 천공률산정도를 겹쳐, 사진의 천공부분에 남아있는 천공률산정도의 점의 개수를 세었다.

사진촬영 시기는 2011년9월17일에서 9월23일 사이였다. 실제 측정하는 시간은 길지 않았으나 태양직사광이 렌즈에 들어올 경우 사진이 잘 나오지 않기 때문에 각 측정점에서 태양직사광이 들어오지 않는 시간을 기다려야 했다.

그림 9는 분당에 위치한 A단지의 위성사진이다. 사진 내의 A-1, A-2, A-3, A-4는 어린이놀이터의 단지 내 위치를 나타낸다. A-1과 A-4놀이터는 주동의 전면에 있고, A-2와 A-3놀이터는 주동의 후면에 위치해 있다.



그림 9. A단지의 어린이놀이터 위치

그림 10은 A-1놀이터의 풍경, 천공상태 그리고 천공사진에 천공률산정도를 겹친 모습을 보여주고 있다. 그림 10(c)에서 지물을 제외한 천공부분에 남아있는 점의 수는 71개이다. 따라서 천공률은 $71 \times 1\% = 71\%$ 로 산정된다.

같은 방법으로, 그림 11(c)에서 천공부분에 남아있는 점의 수는 66개이므로 A-2어린이놀이터의 천공률은 $66 \times 1\% = 66\%$ 이다. 그림 12에서 천공부분에 남아있는 점의 수는 69개이므로 A-3어린이놀이터의 천공률은 $69 \times 1\% = 69\%$ 이다. 또한, 그림 13에서 천공부분에 남아있는 점의 수는 65개이므로 A-4어린이놀이터의 천공률은 $65 \times 1\% = 65\%$ 이다.

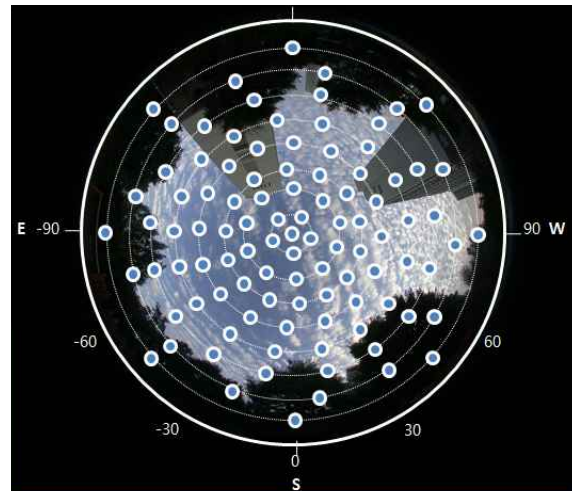
표 3은 각 어린이놀이터의 천공률을 정리한 것이다. A-1어린이놀이터의 천공률이 가장 크며, A-3, A-2, A-4 순으로 큰 것으로 나타났다. 천공률과 밝기감에 대한 상관관계를 아직 구체적으로 밝힌 연구는 없다. 그러나 일반적으로 천공률이 약 70% 이상일 때 측정점은 밝고 개방감이 들며 약 30% 이하일 때 어둡고 압박감이 든다고 한다⁴⁾. 본 연구에서 검토한 4개의 어린이놀이터들은 천공률이 65%에서 71%사이에 있으므로 밝은 환경의 양호한 어린이놀이터들이라 평가할 수 있다.



a) 놀이터 풍경



b) 천공상태



c) 천공사진과 천공률산정도 겹침 (천공률: 71%)

그림 10. A-1 어린이놀이터

본 연구에서 제안한 천공률산정도를 사용하여 분당 A단지에 있는 어린이놀이터에 대한 빛환경을 평가 해 보았다. 어린이놀이터의 천공률 산정에 큰 어려움이 없었으므로 본 연구에서 제안한 천공률산정도는 어린이놀이터의 빛환경 평가에 매우 실용적이라 할 수 있다.

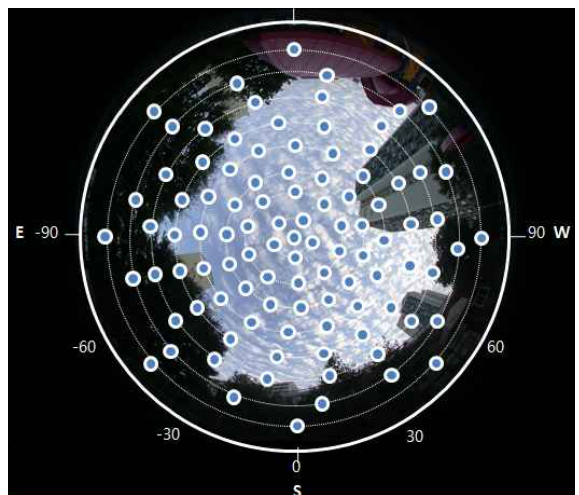


그림 11. A-2 어린이놀이터 천공사진과 천공률산정도 겹침 (천공률: 66%)

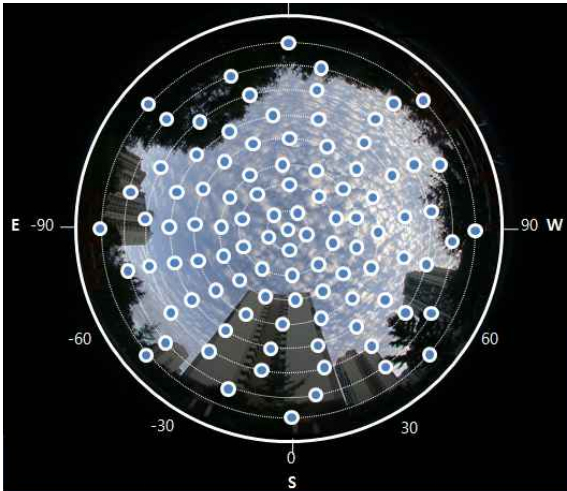


그림 12. A-3 어린이놀이터 천공사진과 천공률산정도 겹침 (천공률: 69%)

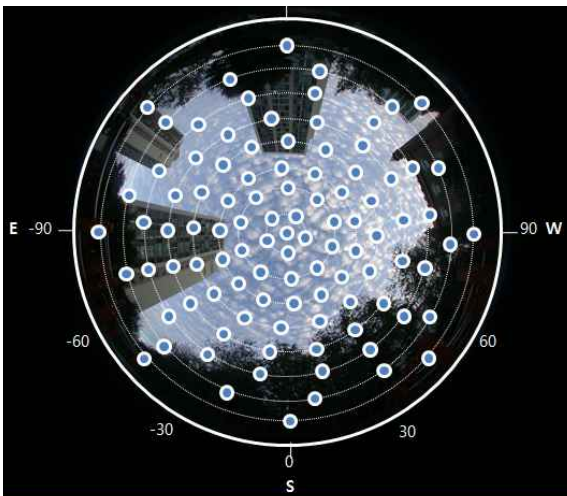


그림 13. A-4 어린이놀이터 천공사진과 천공률산정도 겹침 (천공률: 65%)

표 3. 어린이놀이터의 천공률

놀이터 구분	천공부분 점의 수	지물부분 점의 수	천공률
A-1	71	29	71%
A-2	66	34	66%
A-3	69	31	69%
A-4	65	35	65%

4. 결론

공동주택의 어린이놀이터는 공동주택의 건설과 더불어 어린이 거주자들의 안전한 놀이공간을 확보할 목적으로 설치되어 왔다. 그러나 어린이놀이터의 중요성에 비하여 어린이놀이터의 빛 환경 특히 밝기정도를 예측 평가할 수 있는 도구가 없었다.

어린이놀이터에 대한 밝기정도를 평가할 수 있는 평가도구인 천공률산정도를 작성하는 방법을 제공하는 것을 목표로 본 연구를 진행하였다. 문헌연구를 통하여 천공률산정

도를 간편하게 작성할 수 있는 방법을 정립하였고, 사례연구를 통하여 어린이놀이터의 밝기를 평가하는데 작성된 천공률산정도가 실용적인가를 검토하였다. 본 연구에서 제안한 천공률산정도를 사용하여 분당 A단지에 있는 어린이놀이터에 대한 천공률을 큰 어려움이 없이 산정할 수 있었다. 따라서 본 연구에서 제안한 천공률산정도는 어린이놀이터의 빛환경 평가에 매우 실용적이라 할 수 있다.

본 연구는 어린이놀이터의 빛환경을 평가할 수 있는 한 방법으로서 천공률산정도를 사용하는 방법을 정립했다는 데 의의가 있다. 본 연구의 결과는 공동주택 어린이놀이터의 빛환경에 대한 기준을 정하거나, 단지 내 어린이놀이터의 위치를 정할 때 유용하게 사용될 것이다.

후 기

이 논문의 일부는 한국생활환경학회 2011년도 추계학술대회에서 발표되었음.

참고문헌

1. 건축법, 60조, 시행 2011. 5.30, 국토해양부.
2. 김준섭, 박창선, 유용교. 공동주택 배치유형에 따른 어린이 놀이터 적정배치에 관한 연구, 대한건축학회지회연합회 논문집, 2008, Vol.10(2), pp.199-207.
3. 김용이, 공동주택단지의 일조, 일사 및 조망분석 도구의 개발과 적용, 대한건축학회지회연합논문집, 2008, Vol.10(1), pp. 141-148.
4. 김유숙 외. 알기쉬운 건축환경, 기문당, 2007, pp.85-110.
5. 황혜영, 공동주택 단위주거의 일조와 개방성 평가방법에 관한 연구, 학위논문(박사), 부산대학교, 2006, pp.39-49.
6. 김정태, 김곤, 김원우, 자연채광디자인, 기문당, 2009, p.237
7. 박은태, 친환경건축물 인종아파트의 주동조합에 따른 일조환경 개선에 관한 연구, 학위논문(박사), 건국대학교, 2007.
8. 이경희, 건축환경계획, 문운당, 1996, pp.182-186.
9. 김동찬, 서주환, 박유정. 관련법규 변천이 아파트단지 내 어린이놀이터 변화에 미치는 영향 연구, 한국조경학회지, 2009, Vol.37(2), pp.26-35.
10. 김은주, 정덕희. 어린이 놀이시설 안전실태 조사, 보육정책연구, 2008, Vol.4(2), pp.23-38.
11. 김준섭, 박창선, 유용교. 공동주택 배치유형에 따른 어린이 놀이터 적정배치에 관한 연구, 대한건축학회지회연합회 논문집, 2008, Vol.10(2), pp.199-207.
12. 박정아, 황희준. 공동주택단지 내 어린이놀이터 이용 빈도에 영향을 미치는 물리적 환경요인에 관한 연구 / 동탄 신도시 내 아파트단지를 중심으로. 한국문화공간건축학회 논문집, 2009, Vol.28, pp.101-111.
13. 서지은, 이정호. 환경시·환경음 인자가 어린이놀이터의 행태지원에 미치는 영향에 관한 기초연구, 대한건축학회지, 2006, Vol.22(8), pp.37-44.

투고(접수)일자: 2011년 11월 10일

수정일자: 2011년 1월 9일

게재확정일자: 2012년 1월 11일