아동성범죄 발생지의 3D 시뮬레이션을 이용한 물리적 환경 개선양상에 따른 범죄예방 효과분석

The Effects of Crime Prevention on the Improvement of the Physical Environment in Scene of Child Sex Offense by Using 3D Simulation

김아람*
Kim, A-Ram

정성원**
Jung, Sung-Won

전한종***
Jun, Han-Jong

Abstract

This research progressed space evaluation test with 3D simulation for exterior space of detached housing area among the Seoul spaces of child sex offense in 2010. Based on changing analysis on natural surveillance by spatial changes of each physical element, the purpose is to suggest effective construction planning measure for preventing child sex offense. The results of research are as follows. First, natural surveillance of space's height differences and width differences were compared and analyzed. As the result, footpath shows that stairs of slope didn't make lots of effects on visual block, not block of spatial moving, because of the difference of stair height. Also, in case of parking space, visual connection with footpath is expanded when designing pilotis rather than heightening floor height, so activities of exterior people could be seen more easily. Therefore, natural surveillance was higher. Second, natural surveillance of architectural elements by changes of footpath' width was compared and analyzed. As the result, openness of footpath should be secured rather than openness of architectural element. And, planning autonomy of architectural form could be more expanded when securing openness of footpath.

Keywords : CPTED, 3D Simulation, Crime Prevention of Children, Natural Surveillance

주요어 : 범죄예방 환경설계, 3D 시뮬레이션, 아동범죄예방, 자연적 감시

I. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

최근 매스컴에서 잇달아 아동성범죄 사건이 보도됨에 따라 국민들의 분노와 불안감을 높여 안전한 도시환경에 대한 욕구를 상승시키고 있다. 2012년 5월, 서울시민이 제안해 만들어진 서울시 정책 중 시민이 선택한 최우수 공감 정책은 '여성들이 안심할 수 있는 도시, 범죄예방 환경설계(Crime Prevention Through Environmental Design, 이하 CPTED)의 도입'으로 나타났으며, 이와 함께 정부

및 지자체에서는 범죄없는 도시조성을 목표로 설계단계에서부터 CPTED 적용을 권고하며 각 지역에 맞는 가이드라인을 마련하는데 노력을 기울이고 있다¹⁾.

2009년 아동성범죄 발생장소를 보면 아동성범죄는 골목과 같은 집 주변의 아동의 활동공간²⁾ 내에서 빈번하게 발생하는 것을 알 수 있다<Figure 1>. 선행연구에서는 이러한 범죄발생장소의 특징으로 자연감시가 불가능한 공간, 시야의 사각이 생기는 공간, 통행이 드물고 외진 공간(Lee et al, 2010; Lee & An, 2010) 등 자연적 감시 확보가 어려운 공간을 도출하고 있으며, 이를 통해 아동의 놀이활동 공간인 단독주택지³⁾ 외부공간은 다양한 익명의 사람들이 활동하는 공공공간으로 자연적 감시가 확보되지 않을 경우 범죄발생에 가장 큰 영향을 미친다는 것을 추론해 볼 수 있다.

그러나 단독주택지를 대상으로 한 선행연구에서는 범죄

*정회원(주저자), 세종대학교 대학원 석사과정
**정회원(교신저자), 세종대학교 교수, 도시공학박사
***정회원, 한양대학교 교수, 공학박사

Corresponding Author: Sung-Won Jung, Dept. of Architecture, Sejong Univ., 209, Neungdong-ro, Gwangjin-gu, Seoul, Korea
E-mail: swjung@sejong.ac.kr

이 논문은 2011년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업의 지원을 받아 수행된 것임(No. NRF-2011-0010323).

이 논문은 2013년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. NRF-2013R1A2A2A01005721).

이 논문은 2013년도 대한건축학회 춘계학술발표대회에 발표한 논문을 수정·보완한 연구임.

1) 부산시(2013. 04. 12.), 서울시 중구(2013. 03. 28.), 인천시(2012. 09. 06.) 등 각 지자체에서는 CPTED를 도입할 것을 밝혔다.

2) 아동은 대부분 집 앞, 집 주변의 가로와 골목길, 궁터, 주차장 등의 장소에서 다양한 놀이활동을 한다(Kim & Ha, 2006).

3) 본 연구에서의 '단독주택지'란 폐쇄적인 단지구조가 아닌, 소규모 필지가 도로와 유기적인 관계를 갖고며 유지되고 있는 주거지역으로 단독, 다가구, 다세대주택이 밀집한 지역을 말한다.

Figure 1. The Scene of Child Sex Offense

발생장소의 현장조사나, 범죄피해경험을 바탕으로 한 설문조사에 기반을 두어 범죄발생공간의 특징을 규명할 뿐 자연적 감시를 확보하는 실질적인 건축적 대안제시까지는 이르지 못하고 있다. 이는 각각의 물리적 요소를 현실에서는 제어할 수 없으므로 개별 요소들의 영향력을 분석하기 보다는 거시적인 측면에서 환경특성에 따른 일반적인 특징을 도출한 것으로 볼 수 있다.

따라서 본 연구에서는 자연적 감시에 영향을 미치는 단독주택지 외부공간의 물리적 요소 도출 및 요소의 형태 변화에 따른 범죄예방 효과를 알아보기 위해서 3D 시뮬레이션을 활용하고자 한다. 단독주택지 외부공간을 시뮬레이션으로 구현한 후 공간 평가를 통해 물리적 요소의 변화와 자연적 감시와의 상관관계를 분석하고, 요소별 자연적 감시에 어떠한 영향을 미치는지에 대해 분석하여 아동성범죄 예방을 위한 효과적인 건축계획방안 제시를 목적으로 하고 있다.

2. 연구의 범위 및 방법

본 연구는 서울시 2010년 아동성범죄 발생지 중 단독주택지 외부공간에서 발생한 장소를 연구의 공간적 범위로 설정하였다. 실제 범죄발생지를 연구대상지로 선정함으로써 실제 환경의 특성과 상황을 살펴보고자 하였으며, 연구의 세부내용은 다음과 같다.

첫째, 사례연구대상지 현장조사 후, 범죄 발생지의 특성을 살피고 이를 바탕으로 시뮬레이션에 적합한 대상지 선정 및 시뮬레이션에 적용할 물리적 요소를 도출한다. 둘째, Photoshop CS5, Auto Cad 2012, Sketch up 8.0 프로그램을 활용하여 연구대상지의 현재 모습 및 외부공간 평가요소가 적용된 동영상 시뮬레이션을 제작한다. 셋째, 제작된 동영상 시뮬레이션에 대한 실험평가를 실시한 후, SPSS Win 12.0을 활용하여 빈도분석, 상관분석, 대응표본 T-test분석을 바탕으로 외부공간의 물리적 요소와 자연적 감시와의 상관관계를 분석하고, 요소 변화에 따른 자연적 감시성의 변화 차이를 검증한다. 넷째, 분석결과를 바탕으로 아동성범죄 예방을 위한 단독주택지 외부공간의 물리적 특징과 시사점 제시하였다.

II. 선행연구 분석

1. 아동대상 범죄예방 관련 선행연구

현재 아동범죄예방환경에 대한 연구는 대부분 학교를 대상으로 진행되고 있다(Kim & Kim, 2012; Park & Kim, 2011; Kim & Yang, 2011). 그러나 최근 아동안전에 대한 관심이 고조되면서 각 지자체에서는 아동안전지킴이집 운영, 아동안전지도 제작 등을 통한 범죄예방계획을 제시하고 있으며, 아동안전지도에서는 차폐물이 존재하는 공간, 담으로 인해 시야가 막히는 보도, 대로에서 떨어진 골목, 주거 밀집지의 좁은 도로 등 범죄발생의 관점에서 아동의 안전한 활동을 목적으로 안전에 저해되는 공간의 유형을 분류하고 있는데, 이를 통해 범죄취약공간을 규정하는 대표적인 특징이 ‘자연적 감시’인 것을 알 수 있다.

2. 단독주택지 대상 범죄예방 선행연구

단독주택지 범죄발생의 환경특성에 대한 선행연구는 1) 토지이용 용도와 범죄와의 관계, 2) 공간구조와 범죄와의 관계, 3) 건축적 특성과 범죄와의 관계로 크게 3가지로 나누어 볼 수 있다. 연구 초기에는 주로 동 단위의 공간 규모를 대상으로 선정하여 범죄와 공간 환경과의 관계를 규명하였다면, 최근에는 범죄를 예방하기 위한 구체적인 특성을 도출하는 연구들이 진행되고 있다. Kim & Park (2013), Lee & Kang(2012), Park & Shin(2006)는 각각 담장허물기사업의 범죄안전 효과, CCTV 배치방법, 노상 범죄에 영향을 미친 창호면적을 연구하여 외부공간에서의 범죄예방을 위한 구체적인 물리적 요소를 도출하였다. 이와 같이 현재 계획요소들의 효과를 나타내는 연구는 대부분 단일 요소를 대상으로 하고 있으나, 연구 또한 많이 진행되고 있지 않다. 이는 전체적으로 다양한 요소들을 분석하기에는 우리나라의 경우에는 CPTED를 바탕으로 계획된 지역이 적고, 또한 그러한 지역 역시 최근 입주를 시작하여 범죄피해에 대한 경험적 실태를 파악하기가 어렵기 때문이다. 따라서 개별요소마다 그 특성을 분석하거나 전문가를 바탕으로 그 효과성에 대해서 연구하고 있으나 그러한 연구 또한 많이 진행되지 못하고 있는 실정이다.

3. 국내 단독주택지 CPTED 가이드라인

현재 국내에 제정된 CPTED 가이드라인들은 대부분 신도시를 대상으로, 단지규모로 계획된 아파트에 대한 상세한 계획내용을 담고 있다(Innovation City, 2010; Seoul New Town, 2009; Multifunctional Administrative City, 2007). 단독주택지의 단독·다가구·다세대주택에 대해서는 침입범죄를 대상으로 주택내부로의 침입을 저지하기 위한 계획내용이 대부분이며, 외부공간에 대해서는 구체적인 계획의 제시보다는 출입구·대지내 공지의 개방적 배치와 같이 광범위하며 포괄적으로 서술하고 있다. 또한

조경·조명계획, 담장의 재료와 같은 계획내용이 주를 이루고 있어<Table 1>, 아동성범죄의 발생현황 및 공간의 특성에 따른 범죄안전을 위한 계획내용의 고찰이 필요하다.

Table 1. CPTED Guidelines Related to Natural Surveillance in Detached Housing Area of Korea

Department	Main contents related to natural surveillance	
Ministry of Land (2013)	Placement of Window·Entrance	Lighting
Innovation City (2010)	Entrance/Vacant Land in Lot/Street Width	Landscaping/Lighting
Seoul New Town (2009)	Placement of Window·Entrance/Street Width	Fence Material·Height/Landscaping/Lighting
Multifunctional Administrative City (2007)	Placement of Window·Entrance	Fence Material/Landscaping/Lighting
National Police Agency (2007)	Form of Building	Landscaping/Lighting

4. 3D 시뮬레이션 평가방법에 관한 연구

영국 전국경찰지휘관협의회의인 ACPO에서는 현재 CPTED에 대한 이해를 돕기 위해서 3D Virtual Design Toolkit을 제작하여 활용하고 있다<Table 2>⁴⁾. 주거지역과 상업지역을 대상으로 인터넷상에 3D 가상환경을 구축하여 범죄예방에 나쁜 예와 좋은 예를 비교하여 설명하고 있다.

국내의 3D 시뮬레이션 평가기법을 활용한 연구는 대부분 가로공간 평가를 대상으로 하고 있으며(Moon, Choi, & Kim, 2012; Kim, Byeon, & Im, 2008; Kim & Lee, 2005), 범죄환경 평가를 대상으로 하는 연구는 Lee & Kim(2000)가 주거절도를 대상으로, Min & Choi(1998)가 철도역사의 범죄를 대상으로 진행하여 3D 시뮬레이션 연구방법론의 활용성 및 그 효과를 확인하였다.

Table 2. 3D Virtual Design Toolkit in United Kingdom

	Poor design example	Good design example
Dwelling boundaries
Front door

아동성범죄 예방환경을 제시하기 위해서는 전수조사를 통해 그 특성을 분석하는 것이 효과적인 방법이라 할 수 있으나, 전수조사의 경우 범죄발생지의 공통적 특징을 도출해 낼 수 있는 반면, 어떠한 환경일 경우에 범죄예방에

효과적인지는 알 수 없다. 따라서 각각의 요소별 물리적 환경의 개선양상에 따른 자연적 감시 효과를 비교분석하기 위해서 실제 범죄발생지를 대상으로 해당 공간을 둘러싼 주변 환경과의 연속적인 체험을 바탕으로 하는 3D 시뮬레이션 평가기법의 활용이 유용할 것이라고 판단된다.

III. 사례연구 시뮬레이션 실험 설계

1. 시뮬레이션 대상지 선정을 위한 기초자료 분석

시뮬레이션 대상지를 선정하기 위해서 수집된 7개구(종로구, 중구, 성북구, 강남구, 서초구, 관악구, 동작구)⁵⁾의 2010년 아동성범죄 발생지 11곳 중 아파트 단지 내, 놀이터와 집 안을 제외한 건축외부공간에서의 범죄발생지 4곳의 현장조사를 바탕으로 물리적환경과 지역적 특성을 분석한 결과는 <Table 3>과 같다.

A, B, C, D가 속해있는 자치구들은 자연발생적으로 조성된 지역으로, <Table 3>의 배치도와 같이 경사지형과 정비되지 않은 소규모 필지로 인해 일률적이지 않은 다양한 공간을 형성하고 있으며, 이로 인해 공간의 연속성이 떨어지고, 시각적 연결성이 낮은 특징을 지니고 있다. 현장조사 결과, 1) 좁고 연결성이 떨어지는 보행로, 2) 건물 후면의 외진 보행로, 3) 시각적 차단이 있는 주차장, 4) 보행로에서의 시선이 차단된 공지, 5) 외부에서 인지가 어려운 출입구 등이 공통적으로 나타났다. 이를 통해 CPTED 5대 원리⁶⁾를 바탕으로 자연적 감시, 유지관리, 영역성이 부족한 것을 알 수 있으며, 그 중에서 자연적 감시가 가장 큰 영향을 미치고 있는 것을 도출해 낼 수 있다.

2. 사례연구 대상지 선정

<Table 3>과 같이 단독주택지에서 범죄가 발생한 주택 유형은 연립주택, 다세대주택, 단독주택 등 다양하나, 이중 다세대주택을 3D 시뮬레이션 대상지로 선정하였다. 다세대주택은 현재 우리나라 단독주택지의 일반적인 주거형태로 서울의 경우 28%를 차지하고 있다. 지난 5년간의 다세대주택 건설현황을 살펴보면, 전체 주택건설현황에서 각각 46, 27, 27, 46, 49%로 높은 비율을 차지하고 있어(서울통계, 2013)⁷⁾, 이러한 주거환경의 특성을 살펴볼 필요가 있다. 또한 개인사유지로서 사적공간과 공적공간의 공간구성이 명확한 단독주택과 달리 다세대주택의 외부공간은 공공성을 가지고 있어 외부인이 자유롭게 다닐 수 있는 공간이기 때문에 본 연구에 적합하다고 판단된다. 따라서 A주택을 기준공간으로 선정하였다<Table 4>.

5) 2010년 서울시 25개 자치구의 아동·청소년 성범죄 발생건수는 총 115건이며, 7개구(본 자료를 제공한 관공서 관할)의 아동·청소년 성범죄 발생건수는 31건, 그 중 아동성범죄 발생건수는 11건이다.

6) CPTED는 ① 자연적 감시, ② 자연적 접근통제, ③ 영역성, ④ 활동성 증대, ⑤ 유지관리를 5대 원리로 한다(The National Police Agency, 2005, p.18.).

7) <http://stat.seoul.go.kr/>

4) <http://interactice.securedbydesign.com/>

Table 3. The Present Condition Analysis of Target Area

Site analysis			
A			
		1. Street	2. Empty space
		3. Parking	4. Entrance
1. The formation of dead zone off the road connectivity due to slope 2. Difficulty of open space's natural surveillance due to other building 3. Difficulty of parking space cognition due to the depth 4. Difficulty of entrance cognition due to the other building			
B			
		1. Street	2. Empty space
		3. Parking	4. Exterior wall
1. The formation of dead zone off the road connectivity due to slope 2. Difficulty of open space's natural surveillance due to other building 3. Invisible parking space at the back of the building 4. Bumpy outer wall providing invisible space			
C			
		1. Street	2. Street
		3. Street	4. Exterior wall
1. Invisible pedestrian space due to high fence 2. Narrow alley out of sight from road 3. Narrow corridor at the back of the building 4. The presence of a space abandoned and dirty			
D			
		1. Street	2. Entrance
		3. Entrance	4. Exterior wall
1. Narrow space out of pedestrian's sight 2. Narrow alley out of sight from road 3. Entrance existed in deep inside and dark space 4. Obstacles on the outer wall to obstruct field of vision			

Table 4. The Present Condition of a A Site

Site plan	Street environment

3. 시뮬레이션 적용 물리적 요소 도출

단독주택 외부공간의 시뮬레이션 제작에 적용할 세부 항목을 선정하기 위해 선행연구에서 제시하고 있는 자연적 감시와 관련된 공간요소를 살펴본 결과는 <Table 5>와 같다. 외부공간은 자연적 감시가 가능한 개방적인 공간으로 형성되어 아동의 안전한 활동을 지원하는 형태로 계획되어야 한다. 따라서 공간형성에 영향을 미치는 각 요소별 형태, 배치계획 등이 평가대상 항목으로 도출된 것을 알 수 있다.

현장조사 결과, A주택은 사이공간, 출입구, 주차공간, 보행로의 형태 및 위치가 자연적 감시 확보에 영향을 준 것을 알 수 있다. 주택외관에서 외벽 형태의 경우, 현재 대상지의 모습이 자연적 감시에 영향을 주었다고 단정지을 수 없었으나, 시뮬레이션의 특성상 환경제어 가능하기 때문에 조사항목으로 선정하여 연구를 진행하였다. 그러나 선행연구 및 가이드라인에서 CPTED의 대표 요소로 보고 있는 조명, 조경은 연구대상에서 제외하였다. 조명의 경우, 그 중요성 및 계획방법이 이미 많은 연구에서 도출되었을 뿐만 아니라, 본 시뮬레이션으로 연구방법은 조명 요소의 효과를 알아보기에 부적합하다. 또한 조경의 경우에는 계획된 아파트 단지나, 단독주택이 아닐 경우, 일반적으로 조경공간이 부족하기 때문에 자연적 감시에 영향을 줄만한 관목을 식재하기가 어려워 조경계획이 범죄에 방에 미치는 역할이 미미하다.

Table 5. Evaluation Items of Outdoor Space

Item		Investigating items
Semi-private space	House Exterior	Placement of window
		Shape of outer wall
	Entrance	Location of entrance
		Lighting
	Open space	Space arrangement
Semi-public space	Parking space	Landscape/Lighting
		Parking type
		Location of wall
		Lighting
Public space	Street	Road type
		Landscape/Lighting

*The shaded section: Application factors of 3D simulation

4. 3D 영상 시뮬레이션 제작

단독주택지 외부공간 평가를 위해 각 유형별 3, 4가지의 시뮬레이션이 작성되었다. <Table 6>과 같이 보행로(S)와 주차공간(P)은 1) 높이와 2) 너비에 따른 변화 비교, 사이공간(B)은 3) 공간의 폭, 외벽의 형태(W)와 출입공간(E)은 4) 깊이정도를 달리하여 시뮬레이션을 제작하였으며, 5) 보행로의 너비에 따른 건축적 요소에서의 감시성 효과를 비교해 보고자 하였다.

Table 6. Changes in Types of Simulation

Phase of change →				
1) Depth	S1	S2	S3	2) Width
	P2	P2	P3	
3) Width	B1	B2	B3	B4
4) Recess	W1	W2	W3	W4
	E1	E2	E3	E4
5) The Width of Street				

S: Street, P: Parking space, B: Space in-Between,
W: Exterior Wall, E: Entrance

실제 환경과 시뮬레이션으로 구축된 환경을 비교해본 결과는 <Table 7>과 같다. 시뮬레이션은 총 3단계의 과정을 거쳐 작성되었으며, 그 방법은 다음과 같다.

1단계는 3D 모델링 제작단계로, 도면을 3차원 모델링하는 작업이 수행되었다. 수치지형도를 바탕으로 Auto Cad 2012, Sketch up 8.0 프로그램을 활용하여 3D 모델을 구축하였다.

2단계는 3D 모델링에 적용할 Mapping Source를 제작하였다. 사례대상지 건축물과 주변 환경을 사진 촬영한 후, Photoshop CS2를 활용하여 사진 보정작업을 하였다. 그 다음, 작업한 Source를 3D 모델링에 Mapping하는 작업을 수행하였다.

3단계는 동영상 시뮬레이션 제작단계로, 본 연구에서는 Sketch up 8.0의 Animation 기능을 활용하여 제작하였다. 먼저 시야각을 일반적인 사람의 시야각인 50deg로 설정한 후, 요소별로 Scene을 동일하게 하여 시점을 일치시켰으며, 그림자의 설정은 아동성범죄가 가장 많이 발생하는

Table 7. Comparison of Images

	Photo image	Computer graphic image
East-west direction
West-east direction

오후 3시로 설정하였다. 다음으로 Frame Rate를 25으로 설정한 후, 1200×675의 크기, 16:9의 비율로 저장하였다.

5. 외부공간 실험 평가 항목 선정

CPTED에서 자연적 감시란 주변을 잘 볼 수 있도록 은폐장소를 최소화시킨 공간 및 시설계획을 말한다. 이는 자연적 감시의 확보를 위해서 공간의 형태 및 배치를 개방성 있게 하여 시야의 사각이 최소화되도록 계획하는 것을 의미한다. 따라서 물리적 요소의 형태 및 배치로 인한 공간의 개방성과 자연적 감시와의 상관관계를 검증하기 위해서, 개방성을 나타내는 평가 어휘를 활용하여 공간 평가 실험을 진행하였다. 외부공간의 개방성을 평가하기 위한 형용사 어휘 항목을 선정하기 위해서 공간 이미지 분석을 이용한 선행연구⁸⁾에서 사용된 이미지 평가 어휘를 추출하여 검토하였다<Table 8>.

Table 8. Assessment Items of Physical Factor

Openness	1. Stuffy ↔ Cool 2. Narrow ↔ Wide 3. Dark ↔ Bright 4. Blocked up ↔ Clear 5. Enclosed ↔ Open
----------	--

물리적 요소별 개방성의 평가 방법은 7점 척도를 사용하여 1점에 개방성이 낮은 형용사, 7점에 개방성이 높은 형용사를 배치하였으며, 각각의 형용사들의 값을 합산하여 평균한 값을 해당요소의 개방성 수치로 나타내었다. 또한 물리적 요소의 개방성과 그에 따른 감시성의 상관관계를 알아보기 위해 1점을 감시를 받지 않는 느낌, 7점을 감시를 받는 느낌으로 배치하여 물리적 요소로 인한 자연적 감시를 평가하였다.

IV. 유형별 외부공간 평가 및 분석

1. 설문조사 및 외부공간 평가 실험 개요

본 연구는 2013년 6월13일~6월27일 2주일간 서울 소재 대학에 재학 중인 20대의 건축학 전공 학부 및 대학원 남학생을 대상으로 실시하였다⁹⁾. 총 80명¹⁰⁾이 설문에 참여하였으며, 평가실험은 4.8m×8.6m의 창이 없는 공간에서 1024×768의 해상도를 가진 빔프로젝터를 1.8m×1.7m 크기의 스크린에 투사하여 실험당 4-6명 이내의 소

8) 개방성을 나타내는 형용사쌍은 다음의 연구를 참조하여 추출하였다. ① An, E., Kang, S., & Lee, K. (2004). A characteristic analysis of spatial choice and preference in transition space and movement pattern in large-scale underground shopping environment, Architectural Institute of Korea, 20(9), 21-28. ② Kim, J., & Oh, S. (2001). Psychological evaluation of streetscape and physical components of streetscape, Korean Society of Civil Engineers, 21 (1-D), 23-31. ③ Kim, M., & Jung, S. (2008). A study from a visitor's point of view for the streetscape of the special tourist zone, Architectural Institute of Korea, 24(10), 87-96. ④ Shin, E., Cho, Y., & Kim, S. (2008). A study on the street and streetscape evaluation using post-design evaluation, Architectural Institute of Korea, 24(11), 37-46.

수인원으로 실시하였다<Figure 2>.

실험 전 시뮬레이션의 특징을 설명한 후, 먼저 대상자의 주변 환경을 둘러보며 보행자의 관점에서 화면을 인식할 것을 인지시켰다. 동영상 시뮬레이션은 유형당 60초 내외로 작성되었으며, 같은 영상을 2회씩 상영하여 첫 번째는 공간을 탐색하는 과정, 두 번째는 영상을 보며 설문을 작성하는 과정을 진행하였다.

Figure 2. Experiment Room Settings

2. 물리적 요소와 자연적 감시와의 상관관계 분석

일차적으로 물리적 형태에 의한 개방감과 그에 따른 자연적 감시성과의 상관관계를 검증하기 위해서 상관관계를 분석한 결과는 <Table 9>와 같다.

전체적으로 보행로1(S1)은 0.05유의수준 하에서, 나머지 항목들은 0.01유의수준 하에서 유의한 관계가 있는 것으로 나타났다. 따라서 물리적 형태와 자연적 감시성이 서로 상관관계를 갖는 것을 알 수 있다. 그러나 다른 요소들과 비교하여 보행로1 및 2, 3의 상관관계가 다소 낮은 것을 볼 수 있는데, 이는 보행로의 공간특성상 이웃주민

Table 9. A Correlation Coefficient of Physical Elements and Natural Surveillance

Factor		1	2	3	4
Street	S	.222*	.340**	.337**	
Parking space	P	.652**	.714**	.654**	
Space in-Between	B	.444**	.348**	.464**	.618**
Exterior Wall	W	.429**	.428**	.518**	.542**
Entrance	E	.456**	.566**	.549**	.529**

* $p < .05$, ** $p < .01$

9) 본 연구에서는 다음과 같은 3가지의 사유로 위와 같이 연구대상자를 선정하였다. 첫째, 본 연구는 범행에 영향을 주는 공간을 평가하는데 있어 ‘공간환경에 따라 범죄여부가 결정되며, 범죄자와 정상인은 그 특성에 있어 유사하다.’는 범죄기회이론에 근거하여 실제 범죄자를 연구대상자로 선정하기 어려운 한계점을 대체하였다. 둘째, 2012년 여성가족부의 아동·청소년대상 성범죄의 발생추세와 동향 분석(2000-2010년)에 따르면 범죄자의 97%는 남성으로, 연령분포에서 20대 이하는 32.7%, 30대 26.1%, 40대 23.5%, 50대 11.1%, 60대 이상에서는 6.5%를 차지하며, 20대 이하에서 상대적으로 가장 높은 비중을 차지하고 있다. 따라서 우선 연구대상자로 20대 남성을 선정하였다. 셋째, 타 학과와 비교하여 3D 환경에 익숙한 건축학 전공의 학생들이 실험연구에 용이할 것이라 판단된다.

10) 피험자의 평균연령은 만 24세로, 학부 2학년 20명, 3학년 24명, 4학년 14명, 5학년 13명, 대학원 9명이 실험에 참여했다.

이나 다양한 익명의 사람들이 자유롭게 활동하는 공간이기 때문에 공간의 개방성이 감시성에 미치는 영향이 낮은 것으로 추론할 수 있다.

3. 물리적 요소에 따른 자연적 감시 영향 분석

각각의 요소별 자연적 감시효과를 분석하기에 앞서 전체 작성된 시뮬레이션에서 자연적 감시성을 비교해본 결과는 <Table 10, 11>과 같다.

Table 10. Natural Surveillance of Outdoor Space Type

Factor	1		2		3		4	
	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
Street	3.46	1.28	3.23	1.37	4.06	1.29		
Parking space	4.13	1.44	3.23	1.26	4.79	1.69		
Space in-between	3.48	1.49	2.83	1.53	3.89	1.29	4.53	1.40
Exterior wall	2.94	1.34	3.21	1.31	4.24	1.34	4.23	1.20
Entrance	3.18	1.63	3.75	1.46	4.44	1.48	3.90	1.34

M: Mean, SD: Std. Deviation

그 결과, 사이공간2(2.83)와, 주택외벽1(2.94)이 감시성이 가장 낮은 공간으로 나타났으며, 주차공간3(4.79), 사이공간4(4.53)가 실험 평가항목 중 상대적으로 감시성이 우수한 공간으로 나타났다.

그러나 기존 A주택지의 공간을 기준으로 각각의 물리적 요소의 개방성을 높인 경우들을 평가 실험했음에도 불구하고 전체적으로 감시성의 정도가 5점 이상이 나온 항목이 없는 것으로 보아, 현재 단독주택지가 감시성이 낮은 공간을 형성하고 있다는 것을 알 수 있다.

1) 보행로 형태별 비교분석

보행로의 형태 변화에 따른 자연적 감시의 변화가 통계적으로 유의미한 차이가 있는지를 알아본 결과<Table 12>, 보행로의 너비차(S2-S3)는 감시성의 개선에 유의미한 차이가 있는 것으로 나타난 반면, 보행로의 높이차(S1-S2)는 유의미한 차이를 보이고 있지 않았다. 따라서 2.5m 보행로 폭의 확대는 감시성의 개선에 영향을 주는 반면, 2.5m의 경사지 계단의 제거는 감시성의 개선에 영향을 미치지 않는다는 것을 알 수 있다.

Table 12. Comparative Difference of Street Type

	Factor	Mean	SD	t	p
1	Street 1	3.46	1.28	1.48	.143
	Street 2	3.23	1.37		
2	Street 2	3.23	1.37	5.09	.000**
	Street 3	4.06	1.29		

** $p < .01$

2) 주차공간 형태별 비교분석

주차공간의 형태 변화에 따른 자연적 감시의 변화가 통계적으로 유의미한 차이가 있는지를 분석해본 결과는 <Table 13>과 같다. 주차공간의 경우, 높이차(P1-P2)와 필로티 계획(P2-P3) 모두 감시성 개선에 유의미한 차이를

Table 11. Simulation Type

Street 1 Width 3.0 m, Flatland		Street 2 Width 3.0 m, Stairs 2.5 m		Street 3 Width 5.5 m, Stairs 2.5 m		Example of pedestrian route for simulation	Comparative analysis of Natural surveillance
<table><tr><th>Street</th><th>Value</th></tr><tr><td>S1</td><td>3.46</td></tr><tr><td>S2</td><td>3.23</td></tr><tr><td>S3</td><td>4.06</td></tr></table>	Street	Value	S1	3.46	S2	3.23	S3	4.06		
Street	Value																
S1	3.46																
S2	3.23																
S3	4.06																
Parking space 1 Hight 3.3 m, Flatland		Parking space 2 Hight 2.5 m, Slope		Parking space 3 Hight 2.5 m, Pilotis			Comparative analysis of Natural surveillance
<table><tr><th>Parking space</th><th>Value</th></tr><tr><td>P1</td><td>4.13</td></tr><tr><td>P2</td><td>3.23</td></tr><tr><td>P3</td><td>4.79</td></tr></table>	Parking space	Value	P1	4.13	P2	3.23	P3	4.79			
Parking space	Value																
P1	4.13																
P2	3.23																
P3	4.79																
Between space 1 No between space		Between space 2 Width 3.5 m (D/H: 0.35)		Between space 3 Width 4.5 m (D/H: 0.45)		Widen the street Between space 4 Street 3+Between space 2	Comparative analysis of Natural surveillance
<table><tr><th>Between space</th><th>Value</th></tr><tr><td>B1</td><td>3.48</td></tr><tr><td>B2</td><td>2.83</td></tr><tr><td>B3</td><td>3.89</td></tr><tr><td>B4</td><td>4.53</td></tr></table>	Between space	Value	B1	3.48	B2	2.83	B3	3.89	B4	4.53
Between space	Value																
B1	3.48																
B2	2.83																
B3	3.89																
B4	4.53																
Exterior wall 1 Bumpy wall 1.0 m		Exterior wall 2 Bumpy wall 0.5 m		Exterior wall 3 Flat shape		Exterior wall 4 Street 3+Exterior wall 1	Comparative analysis of Natural surveillance
<table><tr><th>Exterior Wall</th><th>Value</th></tr><tr><td>W1</td><td>2.94</td></tr><tr><td>W2</td><td>3.21</td></tr><tr><td>W3</td><td>4.24</td></tr><tr><td>W4</td><td>4.23</td></tr></table>	Exterior Wall	Value	W1	2.94	W2	3.21	W3	4.24	W4	4.23
Exterior Wall	Value																
W1	2.94																
W2	3.21																
W3	4.24																
W4	4.23																
Entrance 1 Inside 1.5 m		Entrance 2 Inside 0.7 m		Entrance 3 Flat with exterior wall		Entrance 4 Street 3+Entrance 1	Comparative analysis of Natural surveillance
<table><tr><th>Entrance</th><th>Value</th></tr><tr><td>E1</td><td>3.18</td></tr><tr><td>E2</td><td>3.75</td></tr><tr><td>E3</td><td>4.44</td></tr><tr><td>E4</td><td>3.90</td></tr></table>	Entrance	Value	E1	3.18	E2	3.75	E3	4.44	E4	3.90
Entrance	Value																
E1	3.18																
E2	3.75																
E3	4.44																
E4	3.90																

나타내고 있으나, 높이차와 비교하여 필로티로 계획한 경우가 감시성의 상승에 약 2배에 가까운 격차를 보이고 있어, 층고를 0.8m 상승시키는 것과 비교하여 외벽면을 필로티 기둥으로 계획하는 것이 감시성의 개선에 더욱 효과적인 것을 알 수 있다.

Table 13. Comparative Difference of Parking Space Type

	Factor	Mean	SD	t	p
1	Parking space 1	4.13	1.44	6.67	.000**
	Parking space 2	3.23	1.26		
2	Parking space 2	3.23	1.26	7.96	.000**
	Parking space 3	4.79	1.69		

** $p < .01$

3) 사이공간 배치별 비교분석

사이공간의 배치 변화에 따른 자연적 감시의 변화가 통계적으로 유의미한 차이가 있는지 알아본 결과는 <Table 14>와 같다. 먼저, 사이공간의 폭을 확장 시켜 폭의 변화에 따른 개선 효과를 분석한 결과, B1-B2, B2-B3, B1-B3의 경우 모두, 감시성 개선에 유의미한 차이를 보였다. 그러나 통행이 드물고 외진공간을 범죄취약공간으로 분류하고, 가급적 불필요한 공간을 계획하지 않는 것이 자연적 감시 확보에 바람직하다는 선행연구와 달리, 4.5 m의 폭을 갖는 B3의 경우가 사이공간을 계획하지 않은 B1보다 감시성을 더 높게 느낀다고 나타났는데, 이는 B3의 공간의 폭이 사이공간이 없는 경우의 보행로의 폭 3.0 m 보다 넓기 때문에 불필요하며 폐쇄적인 사이공간의로서의 의미가 아닌 개방성을 갖는 하나의 공간으로 느껴졌기 때문인 것으로 추론할 수 있다.

또한 사이공간의 규모가 같을 경우, 보행로의 폭에 따른 사이공간에서의 감시성의 차이가 있는지를 비교해 본 결과, 보행로의 폭이 넓은 경우 자연적 감시의 효과가 더 높으며 통계적으로도 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났다(B2-B4). 이는 보행로의 확장에 따른 외부에서의 사이공간에 대한 시야각이 확대되어 사이공간에 대한 감시성이 상승한 것으로 해석할 수 있다.

Table 14. Comparative Difference of Space In-between Type

	Factor	Mean	SD	t	p
1	Space in-between 1	3.48	1.49	-3.44	.001**
	Space in-between 2	2.83	1.53		
2	Space in-between 2	2.83	1.53	5.51	.000**
	Space in-between 3	3.89	1.29		
3	Space in-between 1	3.48	1.49	2.20	.030*
	Space in-between 3	3.89	1.29		
4	Space in-between 2	2.83	1.53	5.01	.000**
	Space in-between 4	4.53	1.40		

* $p < .05$, ** $p < .01$

4) 주택외벽 형태별 비교분석

외벽의 형태에 따른 자연적 감시의 변화가 통계적으로

유의미한 차이가 있는지를 알아본 결과는 <Table 15>와 같다. 외벽면의 요철 정도에 따른 개선 효과를 비교분석한 결과, W2와 W3(요철 0.5 m 돌출과 평면형태의 외벽)은 감시성의 개선에 유의미한 차이를 나타낸 반면, W1과 W2(요철 1.0 m 돌출과 0.5 m 돌출)는 유의미한 차이를 보이고 있지 않은 것으로 나타났다.

Table 15. Comparative Difference of Exterior Wall Type

	Factor	Mean	SD	t	p
1	Exterior wall 1	2.94	1.34	1.74	.086
	Exterior wall 2	3.21	1.31		
2	Exterior wall 2	3.21	1.31	4.80	.000**
	Exterior wall 3	4.24	1.34		
3	Exterior wall 1	2.94	1.34	6.63	.000**
	Exterior wall 4	4.23	1.20		

** $p < .01$

또한 외벽의 형태가 같을 경우, 보행로의 폭에 따른 감시성의 차이가 있는지를 알아 본 결과, 보행로의 폭이 넓은 경우 자연적 감시의 효과가 더 높으며, 통계적으로도 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났다(W1-W4).

5) 출입공간 위치별 비교분석

출입공간의 위치 변화에 따른 자연적 감시의 변화가 통계적으로 유의미한 차이가 있는지를 알아본 결과는 <Table 16>과 같다. E1과 E2(출입구가 외부공간으로부터 내부 1.5m에 위치한 경우와 0.7 m에 위치한 경우) E2와 E3(내부 0.7 m 위치와 외벽라인과 일치한 경우), 모두 유의미한 차이를 보이고 있어 감시성 개선에 유의미한 것을 알 수 있다.

또한 출입공간의 위치가 같을 경우, 보행로의 폭에 따른 출입공간에서의 감시성의 차이가 있는지를 알아 본 결과, 보행로의 폭이 넓은 경우 자연적 감시의 효과가 더 높으며 통계적으로도 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났다(E1-E4). 그러나 보행로의 확장에 따른 감시성의 확보가, 각각의 요소의 개방성을 높였을 경우보다 더 높은 감시성을 나타냈던 사이공간, 외벽형태와 달리, 출입공간 4(3.90)에서는 출입공간의 개방성을 더 높인 경우와 비교(E2:3.75, E3:4.44)해서 큰 감시성의 향상을 나타내지 않았는데, 이는 사이공간, 외벽형태는 보행로와 직접적으로 면해 있는 반면, 출입공간은 내부의 천장과 출입문 등으로 인해 상대적으로 외부에서의 시야의 확보가 덜 되기 때문인 것으로 해석할 수 있다.

Table 16. Comparative Difference of Entrance Type

	Factor	Mean	SD	t	p
1	Entrance 1	3.18	1.63	3.36	.001**
	Entrance 2	3.75	1.46		
2	Entrance 2	3.75	1.46	4.02	.000**
	Entrance 3	4.44	1.48		
3	Entrance 1	3.18	1.63	3.74	.000**
	Entrance 4	3.90	1.34		

** $p < .01$

V. 결 론

기존의 CPTED에 관한 연구는 피해자의 진술에 근거하여 범죄발생과 해당공간의 물리적 특성과의 상관관계분석을 통해 범죄발생지의 특징을 도출해내는 것이 대부분이며, 공간환경이 개선되었을 때의 범죄예방의 효과성에 관한 연구는 전무한 상황이다. 따라서 본 연구는 실제 범죄발생지를 대상으로 3D 영상 시뮬레이션을 활용하여 물리적 환경요소를 선택적으로 제어함으로써 외부공간에서의 자연적 감시 확보에 영향을 미치는 물리적 요소의 유형별 개선효과를 분석하고자 했으며, 연구의 분석결과는 다음과 같다.

첫째, 전체 유형별 자연적 감시성에 대해 평가한 결과, 주차공간이 필로티로 계획되어 2면 이상 외부와의 시각적 연결성을 확보한 경우와 보행로 폭을 넓혀 외부에서 사이공간에 대한 시야각을 확대시킨 경우의 감시성이 상대적으로 높은 것으로 나타났다. 반면, 보행로 폭이 좁은 경우의 사이공간에서의 감시성과 외벽의 형태가 돌출된 경우의 감시성이 가장 낮은 것으로 나타났는데, 이는 출입공간이나 주차공간과 달리, 활용도가 없어 사람이 나타나지 않을 것 같은 사이공간과 빠르게 자신의 신체를 숨길 수 있는 요철형태의 외벽에서는 보행로의 폭이 좁을 경우, 사이공간의 가시권을 이중으로 차단하기 때문에 감시성을 더욱 낮게 느끼는 것으로 해석할 수 있다.

둘째, 공간의 높이차와 너비차에 따른 감시성 차이를 비교분석한 결과, 보행로에서는 2.5 m 높이의 계단의 유무는 감시성의 개선에 영향을 주지 않았으며, 2.5 m의 보행로 폭의 확장은 감시성의 개선에 영향을 주는 것으로 나타났다. 이를 통해 경사로 인하여 공간의 연결성이 차단된 것이 아닌 경사지의 계단은 시각 차단에 큰 영향을 미치지 않는다는 것을 알 수 있다. 또한 주차공간의 경우, 충고를 0.8 m 높이는 것보다 외벽면을 필로티로 계획하는 경우가 더 감시성이 높은 것으로 나타났는데, 이는 충고를 높이는 경우보다 필로티로 계획하였을 경우, 보행로와의 시각적 연결성을 확대시켜 외부 사람들의 활동을 더 용이하게 볼 수 있기 때문인 것으로 해석할 수 있다.

셋째, 보행로 폭의 변화에 따른 건축적 요소(사이공간, 주택외벽, 출입공간)에서의 감시성을 비교분석한 결과, 보행로의 폭이 확장되었을 경우의 각각의 건축적 요소에서의 감시성은, 확장되기 전 보행로 폭일 경우의 사이공간, 주택외벽, 출입공간의 감시성뿐만 아니라, 각각 건축적 요소의 개방성이 높아졌을 때의 감시성보다도 더 높은 것으로 나타났다. 이를 통해 우선적으로 보행로의 개방성이 확보되어야 함을 알 수 있으며 또한 보행로의 개방성이 확보되었을 경우, 건축 형태에 대한 계획의 자율성이 좀 더 확대될 수 있다는 것을 추론해 볼 수 있다.

본 연구는 실제대상지를 연구대상으로 선정함으로써 실제 특성과 현장상황을 바탕으로 각각의 요소별 자연적 감시의 영향 및 개선효과를 알아보았는데 의의가 있다.

그러나 연구를 진행하는데 있어 요소들의 형태 변화를 무한정 실험하는데 한계가 있기 때문에 각 요소에 따라 3, 4가지의 변수조작이 이루어졌다. 따라서 향후 각각의 물리적 요소별 상세한 변수조작과 다양한 유형의 조합을 통해 더욱 구체적이고 효과적인 자연적 감시의 확보 방안이 마련되어야 할 것이다. 또한 본 연구가 범죄자가 아닌, 일반인을 대상으로 하였다는 점과 다양한 연령대 중 20대만을 그 대상으로 하였다는 점에서 본 연구결과는 추후 지속적인 연구를 통해 검증해 나가야 할 문제라고 판단된다.

REFERENCES

1. 경찰청 (2007). 범죄예방을 위한 설계 지침.
2. 국토해양부 (2013). 건축물의 범죄예방 설계 가이드라인.
3. 국토해양부 (2010.11). 광주·전남공동혁신도시 개발사업 제1종 지구단위계획 시행지침.
4. 여성가족부 (2010.8). 2010년도 청소년대상 성범죄 동향분석. (연구보고 2010-20) 서울: 여성가족부 아동청소년성보호과
5. 서울특별시(균형발전본부) (2009). 서울시 재정비촉진(뉴타운) 사업 범죄예방 환경설계(CPTED) 지침. 서울: 서울특별시 균형발전본부.
6. 행정중심복합도시건설청 (2007). 행정중심복합도시 환경부문 상세계획.
7. Kim, B., & Park, J. (2013). Effect of the elements of physical variation after Wall Removal Project in detached houses on the natural surveillance and fear of crime. *Urban Design Institute of Korea*, 14(3), 119-130.
8. Kim, C., & Lee, I. (2005). The effect of building control elements on the visual preference of the streetscape. *Urban Design Institute of Korea*, 6(4), 71-88.
9. Kim, D., Byeon, J., & Im, S. (2008). A study on a permissible range of the indicators to manage streetscapes by dynamic simulation. *Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture*, 35(6), 74-83.
10. Kim, L., & Yang, W. (2011). Crime prevention analysis and design guideline of the elementary school in urban residential blocks. *Journal of the Korean Housing Association*, 22(6), 71-82.
11. Kim, M., & Ha, J. (2006). A study on the housing environment of detached housing area and resident's consciousness as the space for children's outdoor activities in Deagu. *Journal of the Korean Housing Association*, 17(1), 47-58.
12. Kim, Y., & Kim, T. (2012). Design of safer school facilities by CPTED. *Korea Institute of Youth Facility & Environment*, 10(4), 203-215.
13. Lee, K., & An, E. (2010). A study on the designation of child safety zone against crime. *Police Journal*, 10(1), 131-160.
14. Lee, K., & Kim, J. (2000). An experimental study on the environmental cues which affect target-searching and selection process of residential burglars. *Architectural Institute of Korea*, 16(8), 83-90.
15. Lee, M., Yoon, D., Chang, M., Kang, E., Kim, H., Lee, K., & Han, S. (2010). Keeping children safe from sexual abuse.

- Korean Women's Development Institute* (Research Rep. No. 2010-7) Seoul: Korean Women's Development Institute.
16. Lee, S., & Kang, S. (2012). A study on the methodology of positioning security CCTV cameras in urban residential district through using space syntax. *Architectural Institute of Korea*, 28(9), 55-62.
 17. Min, B., & Choi, Y. (1998). Environmental simulation for a CPTED experiment. *Architectural Institute of Korea*, 14(8), 13-22.
 18. Moon, J., Choi, D., & Kim, S. (2012). A study on the formation of modern historic and cultural street through the evaluation of streetscape. *Architectural Institute of Korea*, 28(1), 109-120.
 19. Park, S., & Kim, J. (2011). Expected effect and applicable alternatives of CPTED elements for school crime prevention. *Architectural Institute of Korea*, 27(10), 43-50.
 20. Park, S., & Shin, J. (2006). A study on the correlation between 'Crime on the road' and 'Visible window areas'. *Architectural Institute of Korea*, 22(6), 93-100.
 21. <http://interactice.securedbydesign.com/>
 22. <http://stat.seoul.go.kr/>
-
- 접수일(2013. 10. 25)
게재확정일자(2013. 11. 27)