

Emerging of Hybridization in Architectural Design in the Era of Climate Change

- Focused on Buildings Survived from the Hurricane Sandy -

Jin Ho Kim⁺

Division of Architecture and Urban Design, Incheon National University, 119 Academy-ro Yeonsu-gu, Incheon, South Korea

Abstract

This study aims to analyze buildings survived from Hurricane Sandy in 2012 and suggest design strategies in the era of climate change. The definition of climate change and its correlation with expanded water causing disaster have been reviewed and the necessity of paradigm shift in the architectural design has been discussed. The findings from the case study are as follows: (1) the strategies of relocating the building from the ground and critical elements to the upper part of the building are necessary, (2) the elements used in the infrastructure can be adopted into the building design to reinforce vulnerable areas, and (3) the role of the landscape in efficiently storing and absorbing flooded water can replace the role of infrastructure and reduce its burden. In conclusion, the trend of complex and hybrid design process where the roles and boundaries of buildings, landscapes and infrastructures are overlapped and integrated suggests an alternative building design in preparation for natural disasters in the climate change era.

Key words: climate change, hybridization, architectural design, landscape, infrastructure

1. 연구 개요

1. 연구의 배경 및 목적

19세기 이후 산업혁명으로 촉발된 화석연료 사용의 급격한 증가는 온실 가스의 배출로 인한 지구 온난화를 유발시키게 되었으며, 궁극적으로 오늘날 전 세계에 걸쳐서 기후변화를 초래하고 있다. 그동안 지구 온난화에 대한 명확한 원인에 대해서 과학자들 사이에서 이견이 있었지만, IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change, 기후변화에 관한 정부 간 협의회)에서 발표된 5차 평가보고서(2013)에서는 인간의 활동으

로부터 기인했을 가능성이 95% 확실하다고 지적하고 있다. 이를 뒷받침하는 자료로서 지난 100년간 기상관측에 따르면 해양과 대지의 기온은 지속적으로 높아지고 있으며, 이것이 대규모의 극지방의 얼음과 육지의 빙하의 감소 및 해수면의 증가로 이어져 전 지구적인 기상이변과 자연재해로 표출되고 있다.

이전과는 다른 더욱 강력하고 빈번하게 발생하는 폭우재해는 인명 피해 및 사회기반시설(infrastructure, 이하 인프라)과 건물의 피해를 야기하고 있다. 이에 대응하여 건축계를 비롯한 사회 여러 분야에서 이를 효과적으로 대응하기 위하여 재난회복디자인(Resilient

⁺ Corresponding author: Jin Ho Kim, Tel. +82-32-835-8981, Fax. +82-32-835-0776, e-mail. jinhokim2015@inu.ac.kr

Design: 원래의 상태로 되돌아갈 수 있는 대응력을 갖춘 자기 회복 디자인)의 필요성이 대두되고 있다. 그동안 건축 디자인의 연구 및 관심은 일반적으로 녹색건축을 의미하는 지속가능한 건축(Sustainable Architecture)이나 재난회복 디자인의 경우에도 일반 주거지나 커뮤니티 기반시설에 집중되고 상업시설 건물에 관한 내용은 부족한 것이 사실이다. 하지만 건물 그 자체로서도 외부의 영향에 대해 탄력적으로 대응하고 본래의 기능과 구조를 유지할 수 있는 설계방식이 도입될 필요가 있다. 녹색건축물인증제도, 개별적인 친환경 요소기술, 신재생에너지 적용을 통한 소극적 의미의 지속가능성(sustainability)이라는 개념에서 더 나아가 건물이 스스로 생존할 수 있는 능력(survivability = survive + ability)을 강화할 수 있는 디자인으로의 패러다임의 전환이 필요하다.

2. 연구의 범위 및 방법

2장에서는 선행 연구 고찰을 통해 기후변화의 정의 및 폭우 재해와의 상관관계를 살펴본다. 선행연구의 문헌고찰을 국내학술지 논문을 중심으로 살펴보고 본 연구의 필요성 및 차별성을 제시하도록 하였다. 3장에서

는 2012년 허리케인 샌디(Hurricane Sandy)로 인해 막대한 피해를 입게 된 미국 뉴욕시의 상업건축물을 사례로 고찰함으로써 재난회복 디자인의 관점에서 건물 디자인의 특징을 분석하기로 한다. 사례 조사의 범위는 허리케인 샌디 전후 2년 동안 실제로 완공된 건물로 한정하며, 미국건축가협회(AIA: American Institute of Architects)의 기관지이자 대표적인 건축 전문 월간지인 아키텍처럴 레코드(Architectural Record)를 통해서 소개된 건물들이 활용되었다. 4장에서는 본격적인 논의의 단계로서 3장에서 분석한 사례들을 통해 도출해낸 건물 디자인의 시사점 및 새로운 발견을 종합적인 관점에서 살펴보기로 한다.

II. 선행연구 고찰

1. 기후변화의 정의와 폭우재해와의 상관관계

기후변화의 사전적 의미는 일정 지역에서 오랜 기간에 걸쳐서 진행되는 기상의 변화를 가리키며¹⁾ 일반적으로 통계에 기초한 기후 특성의 평균치를 벗어난 변화를 뜻한다. 유엔기후변화협약에서는 기후변화를 인간의 직간접적인 활동으로 인한 지구 대기 구성요소의 변

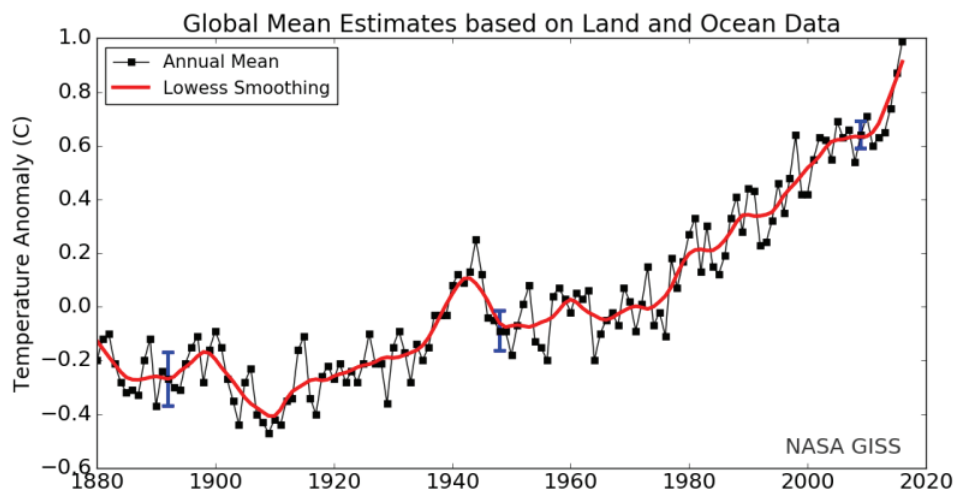


Figure 1. Rise of global temperature based on land and ocean

※ Source: NASA Goddard Institute for Space Studies, <https://data.giss.nasa.gov>

1) 국립국어원. 일반적으로 짧게는 수십 년에서부터 수백만 년에 걸친 통계에 기초한 특성의 평균치를 벗어난 변화를 가리키며, 수십 년보다 짧은 기간 동안에 나타난 기상이변, 예를 들어 엘니뇨현상과 같은 기상변화는 기후변화로 언급되지 않는다.

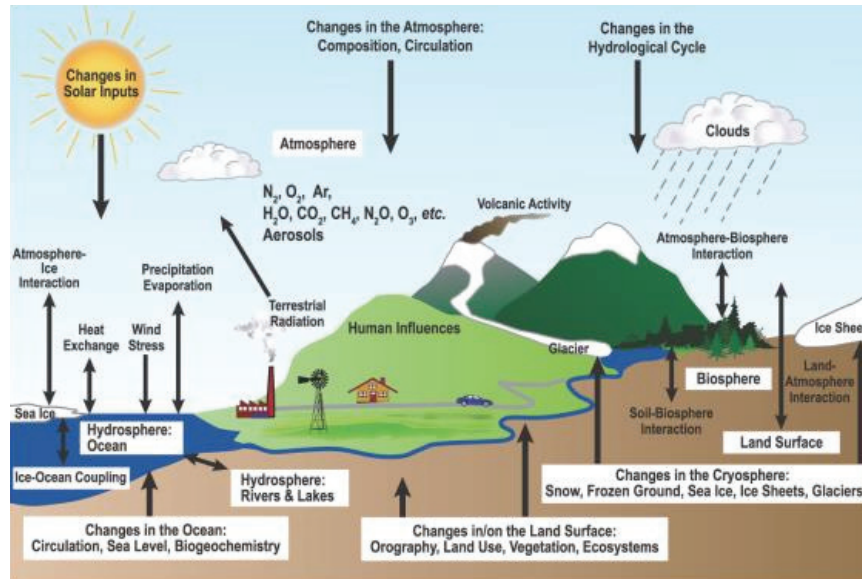


Figure 2. Schematic view of the components of the climate system, their processes and interactions

※ Source: IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change(2007)

화 및 상대적인 시간의 경과에 따라 관측되는 자연발생적인 기후의 변화로 정의하며 기후변화의 원인으로 인간의 활동으로 인한 인위적인 요인과 기후시스템을 통한 외적인 요인을 지적하고 있다. 기후변화의 가장 큰 요인으로 인간의 화석에너지 사용을 통한 지구온난화를 들 수 있다. 화석에너지 연소의 부산물로서 대표적인 이산화탄소를 비롯해서 메탄, 아산화질소 등은 대기에 머물면서 온실효과를 야기하고 있다. 이러한 온실가스의 농도가 높아지면 지구 복사열의 흡수가 과다하게 일어나게 되고 대기권의 기온이 상승하여 전체적으로 지구의 온도가 상승하는 결과를 초래하게 된다 (〈Figure 1〉). 지구의 온도 상승으로 인해 육지를 덮고 있는 빙하와 남극 및 북극의 얼음이 물로 변하게 되면서 더 넓은 지역의 육지가 드러나게 되고, 이는 더 많은 태양열을 흡수함으로써 해수의 열팽창이 이루어지고 빙하의 용해로 이어지는 과정이 반복되고 가속화된다. 궁극적으로는 해수면이 상승하고 동식물 분포가 달라지는 등의 지구환경에 변화가 초래된다(〈Figure 2〉). 18,000년 전 마지막 빙하기 이후 지난 3,000년 동안 매년 해수면은 0.1~0.2mm 상승하였으나, 지난 20세기에 들어서는 매년 1~2mm의 해수면 상승이 관찰되었다. 앞으로 예상되는 해수면 평균 상승에 관한 IPCC의

보고서에 따르면 2050년까지 7~36cm, 2080년까지는 9~69cm, 2100년 까지는 30~80cm의 해수면 상승을 내다보고 있다.

이러한 해수면 상승을 통해 이전보다 더 넓은 해안지역의 침수, 가속화된 해안선의 후퇴, 보다 큰 규모의 강우량과 강풍을 동반한 자연재해로 이어질 것으로 전망된다. 2010년 기준 전 세계 인구의 39%를 차지하고 있는 25억의 인구가 해변으로부터 100km 이내에 거주하는 것으로 파악되었으며 해수면 상승으로 인한 자연재해, 특히 범람으로 인한 피해가 예상된다.

2. 선행연구 문헌고찰

홍수로 인한 건물과 인프라와 관련된 피해를 절감하기 위하여 현재까지 진행되어온 연구 성과를 국내 학술지 논문을 중심으로 살펴보고 본 연구와의 차별성과 필요성을 제시하도록 하였다. 기후변화가 이슈화된 최근 5년간의 연구로 범위를 한정하여 살펴본 결과 국내 학술 연구는 크게 세 가지 경향으로 파악할 수 있었다.

첫째, 도시 및 지역 규모 차원에서 기후변화대응 전략 중 하나로서 인프라 활용을 통한 적응에 관한 연구이다. 이는 기후변화와 관련하여 도시홍수를 비롯한 폭우와 관련된 재해에 관련된 피해를 완화하기 위한 조치로

판단할 수 있다.

- Lee, *et. al.* (2016)은 도시 홍수로 인한 문제를 저감하기 위해 회복탄력적인 사회기반시설에 주목하였고 내구성 비용 분석을 수행하여 최적의 사회기반시설의 구조적 대안을 선정하는 사례를 제시하였다.

- Yoon & Kwon(2013)은 폭우와 관련한 자연재해에 대응하기 위해 빗물저류기능을 고려한 빗물이용시설이 우수유출에 효과가 있으며 유역별 집중 도입 설치보다는 개별 건축물 중심의 분산형이 효과가 상대적으로 우수한 연구 성과를 제시하였다.

둘째, 기후변화를 일으키는 주요인으로 지목되는 화석에너지 사용 절감을 위하여 건물에너지 사용 효율성을 높이기 위한 연구이다. 이는 기후변화의 주된 원인으로 지목되는 화석에너지 사용을 통해 유발되는 탄소배출을 줄이기 위한 기후변화 완화조치(Climat Change Mitigation)로 분류할 수 있다.

- Bang, *et. al.* (2012)은 신축 공동주택 및 업무용 건축물의 현황을 분석하고 건물부문의 온실가스 감축량에 관하여 건물에너지 효율등급 인증제도 확대 시행과 온실가스 감축의 상관관계 대하여 연구하였다.

- Park(2016)은 기후변화를 통해서 에너지에 관한 건축물의 패러다임의 변화를 지적하고 1) 에너지 수요 최소화, 2) 에너지 효율의 향상, 3) 재생가능 에너지 활용으로 그 해결책을 제시하고 있다. 또한 이를 가능케 하기 위해서는 선진국의 사례처럼 정책의 뒷받침과 더불어 기존의 건축학 및 건축공학의 범위와 영역을 넘어서는 통섭이 전제되어야 한다고 논의하였다.

셋째, 기후변화에 대응하기 위한 각 나라 및 도시별로 이루어지는 정책에 관한 분석 및 비교를 통한 연구가 활발하게 이루어지고 있으며, 주로 사례조사를 비교 분석함으로써 이루어졌다.

- Kim & Kim(2010)은 영국의 기후변화 정책과 대응기법에 관한 보고서를 대응정책/제도, 예측/모니터링, 저감방안, 적응방안 4개의 분류로 나누고 런던과 사

우스이스트의 적용된 사례를 분석함으로써 정부차원의 정책에서부터 구체화된 건축 계획기법에 이르기까지 체계적이고 협력적인 노력을 가능케 하는 영국의 사례를 통해 국내에 필요한 명확하고 체계 및 역할 정립에 대해서 시사하고 있다.

- Kang & Park(2015)은 미국의 대표 도시의 기후변화 전략 방안을 심층 조사 및 분석과정을 통하여 기후변화 대응에 있어서 탄소완화 및 적응 계획요소의 연계화 전략을 도출하였으며 향후 전략적인 기후변화 대응에 반영되어야할 요소 선정에 주안점을 두었다.

- Choi(2016)는 국내의 기후변화 시범도시들을 대상으로 온실가스감축의 효과가 큰 완화조치들과 예산편성이 높은 적응조치들을 추출하여 주요 기후변화대응대책들이 완화와 적응에 미치는 영향을 연구하였다.

위의 사례 연구를 통해서 알 수 있듯이 기후변화에 따른 도시 홍수 및 폭우 재해에 대응하기 위한 연구는 비교적 활발하게 이루어지고 있는 실정이며 그 경향은 크게 3가지로 분류할 수 있는데, 1) 도시 인프라를 활용한 대응방안, 2) 건축분야에서 건물이 사용하는 에너지 절감에 관한 논의, 3) 해외사례 분석을 통한 도시계획단위로 이루어지는 정책 개발 및 비교 분석이다. 하지만 현재 진행되고 있는 해수면 상승에 대응하기 위한 건물의 디자인이 어떠한 형태로 이루어져야 하는지에 대한 연구는 미진한 실정이다. 이미 발생하고 있거나 미래의 잠재적인 재해에 대하여 효과적으로 대응하기 위한 건물 디자인에 관한 적응정책(Climat Change Adaptation)은 부족한 실정이다. 현재까지 이루어진 건축물 설계방법론은 크게 2가지로서 1) 수상 가옥과 같은 형태의 부력을 이용한 플로팅 건축물(floating architecture)의 형태²⁾, 2) 홍수지대로부터 건축물을 지상으로로부터 이격시키는 방법으로 홍수재해에 소극적인 형태로 대응하는 방법이 제시되고 있다(〈Table 1〉).

2) 부력을 이용하여 구조물이 해수면의 높이변화에 유연하게 대응할 수 있는 사례를 분석하고 건축특성을 도출하는 연구가 이루어지고 있다(Moon, 2014).

Table 1. Resilient design strategies

Design Strategy	Hazard	Description
Above 500 year Flood Plain	Flooding	Building above the 500 year flood plain, taking into account future projections due to climate change
Permeable or pervious Paving	Flooding	Change 50% of pavement to pervious pavement
Raise Critical Equipment	Flooding	Raise the critical equipment and backup systems above the 500 year flood mark
Safeguard Toxic Materials	Flooding	Ensure toxic materials are stored above the 500 year flood plain
Sewage Backflow valve	Flooding	Installation of a sewage backflow valve to prevent sewage from flowing into the building in flood prone areas

※ Source: Fiona Wholey(2015)

III. 허리케인 샌디와 재난회복 디자인 사례

1. 허리케인 샌디

1) 허리케인 샌디의 발생 및 경과

허리케인 샌디(Hurricane Sandy)는 2012년 10월 말, 자메이카와 쿠바, 미국 동부 해안에 상륙한 대형 허리케인이다. 최대풍속은 초속 50m, 최대 폭풍직경은 1,520km로 역사상 북대서양에서 형성된 사상 최대 규모의 허리케인으로 기록되었다. 2012년 10월 29일 오후

8시에 뉴저지 남부 해안에 상륙한 데 이어 온대저기압으로 변질된 이후, 10월 31일 소멸하였다. 피해 규모는 다음과 같다. 미국을 비롯한 카리브해안에 위치한 8개 나라에 걸쳐서 233명이 사망하였으며, 재산피해는 90조 원(약 750억 달러)에 이르렀다. 뉴욕시의 경우 대서양과 연결되어있는 허드슨 강 입구에 자리 잡고 있는 항구도 시이므로 허리케인에 보다 직접적인 영향을 받았으며 건물 및 인프라에 이어 대규모 정전에 이르는 피해를 입게 되었다(〈Figure 3〉, 〈Figure 4〉, 〈Figure 5〉).

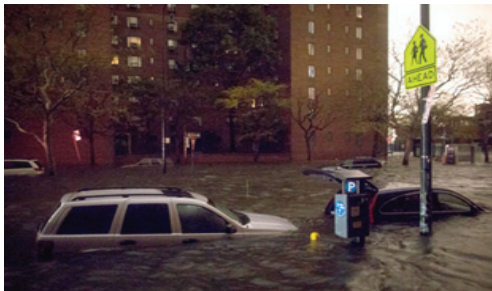


Figure 3. Flooding from Hurricane Sandy



Figure 4. Flooding from Hurricane Sandy



Figure 5. Actual inundation area of Hurricane Sandy

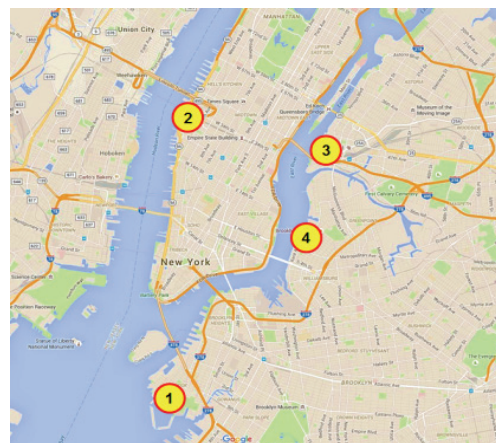


Figure 6. New York City and vicinity map with analyzed project locations;

- ① IKEA, ② Whitney American Art Museum, ③ Hunter's Point South, ④ Bushwick Inlet Park



Figure 7. IKEA, Red Hook, Brooklyn

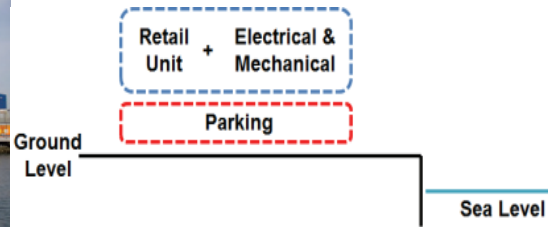


Figure 8. IKEA facility section diagram

2013년에 발간된 뉴욕시의 기후변화 협의회(NPCC: New York City Panel on Climate Change) 보고서에서는 허리케인 샌디와 기후변화와의 상관관계를 설명하고 있다. 1) 1900년 이래로 그동안 뉴욕을 둘러싼 해수면은 약 1.1피트(33cm)가 증가하였고, 2) 지구 온난화를 통하여 북대서양의 해수 온도가 비정상적으로 높게 형성되었으며, 3) 그 결과 북극해의 얼음 감소가 더욱 강력한 허리케인이 형성하게 된 원인으로 분석되었다.³⁾

2. 상업 건물 사례조사

2절에서는 허리케인 샌디 전후 2년 동안 실제로 완공된 4개의 건물을 사례로 비교 분석하기로 한다. 이들은 공통적으로 허리케인 샌디로 인해 침수된 워터프런트 지역에 위치하였으며, 재해로 인한 피해를 최소화한 특징을 지니고 있다(〈Figure 5〉, 〈Figure 6〉).

1) 이케아(IKEA), 브룩클린

뉴욕 브룩클린에 위치한 이케아 건물은 허리케인에 대비하여 이루어진 건물로서 검증을 거친 건물로 평가 받는다. 건물의 계획단계에서부터 허리케인에 견딜 수 있는 외장재로 마감되었으며 저층부에는 침수되는 상황을 고려하여 프로그램의 변경이 이루어졌다. 일반적으로 소비자의 접근성이 우수한 1층을 상업시설로 사용하지 않고 주차장을 배치하였으며, 대신 주요 상업 시설, 전기 및 기계설비, 비상시 전기를 공급하기 위한 발전기를 모두 2층으로 배치를 하였다. 홍수 및 침수에 대비하여 건물 내에서의 단면 조닝(section zoning)을

통해 피해를 최소화하도록 설계되었다. 그 결과 허리케인이 이 지역을 강타했을 때에도 이케아 건물은 별다른 피해를 입지를 않았으며, 주변 주민들을 위한 신속하고도 효율적인 구호활동을 전개하기 위한 재난구호본부로 활용되었다.

2) 휘트니 미국 예술 미술관, 맨하탄

휘트니 미국 예술 미술관(Whitney American Art Museum)은 하이라인과 허드슨 강 사이에 위치하고 있으며 건축가 렌조 피아노(Renzo Piano)에 의해서 설계되었다. 갤러리 공간(4,650 제곱미터)은 5층부터 8층까지 위치하고 있으며 야외 조각 전시 공간(1,200 제곱미터)과 더불어 다목적 극장, 연구센터, 도서관 열람실, 카페 등으로 구성되어있다. 지역사회를 위한 문화의 중심지로서 각종 예술작품의 전시, 교육, 연구의 기능을 담당하고 있다.

계획 초기에 부지가 허드슨 강의 주변에 위치하는 것을 고려하여 500년에 한번 일어날 수 있는 가능성이 있는 홍수 수위보다 18인치 보다 더 높은 곳에 건물 1층의 높이를 설정하였다. 착공은 2011년 4월이었으며, 이때부터 기초 및 지하층 터파기 공사가 시작되었다. 2012년 10월 철골조 공사 중에 허리케인 샌디로 인해 강으로부터 범람된 6백만 갤런의 물로 인해서 건물의 지하부가 침수가 된다(〈Figure 9〉). 설계팀은 허리케인과 같은 물과 관련된 자연재해가 일어날 경우 취약한 부분에 보완하기 위하여 종합적인 검토 및 설계 변경을 시도하게 되었다. 그 결과 항만 및 해안 구조물 전문가인 독일 엔지니어가

3) New York City Panel on Climate Change: Climate Risk Information(2013: 8)

룹(WTM Engineers)의 자문을 통해 대부분 유리로 마감
이 된 1층의 로비 공간, 차량을 통해 미술품을 실어 나르
는 수장고 입구를 보강해야한다는 결론을 얻게 된다
(Figure 10)). 구체적인 설계 변경사항은 다음과 같다.

첫째, 미술관의 주출입구 역할을 하는 로비공간을 보
호하기 위하여 알루미늄 재질의 방수 기능을 하는 기둥
(post)과 로그(log)⁴를 설치할 수 있도록 준비하는 것
이다. 허리케인과 같은 재난은 기상청을 통해 어느 정



Figure 9. Whitney American Art Museum aerial view with flooded area nearby

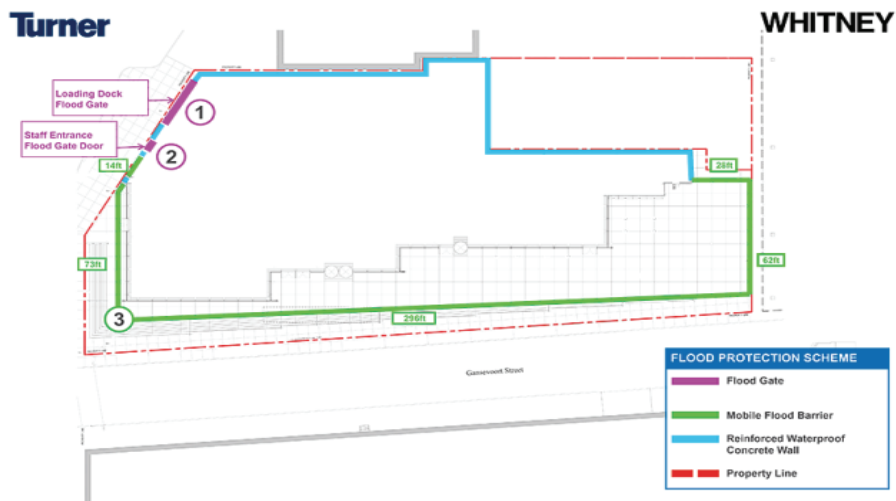


Figure 10. Flood protection scheme provided by Turner construction company



Figure 11. Lobby space protection



Figure 12. Loading dock type flood gate

4) 건축에서 터파기 공사를 하고 절단면을 보강하고 흙의 유실을 막기 위한 시공기법과 동일하다.

도 예보가 가능하므로 20명의 노동자가 단 7시간 만에 설치 가능한 방법을 제시하였다(Figure 11), 노란색 점선참조).

둘째, 선박 건조과정 또는 운하에서 사용되는 도크(dock)를 열고 닫는 역할을 하는 홍수 방지용 게이트(가로 810cm, 세로 420cm)를 미술관의 수장고 입구에 설치하였다. 일반적으로 차량의 진입을 위해 사용되는 접이식 오버헤드도어(overhead door)를 사용하는 대신 외부로부터 급격한 물의 유입으로 인한 취약한 부분을 효과적으로 차단할 수 있도록 내구성과 불투수성을 고려하여 강력한 게이트를 차용하였다(Figure 12), 노란색 점선 참조).

이와 같이 휘트니 미국 예술 미술관은 허리케인과 같은 재난으로부터 건물과 그 소장품을 보호하기 위해 건물 이외의 영역에서 사용되는 구축기법이나 장치를 도입하여 사용하는 것을 발견할 수 있다. 이러한 건축설계기법은 기존의 일반적인 미술관 설계에서는 찾아볼 수 없는 것으로서, 건물에 인프라 요소를 도입하여 설치한 일종의 하이브리드(Hybridization) 구축기법이라고 볼 수 있다.

3) 헌터 포인트 사우스, 브루클린

헌터 포인트 사우스(Hunter's Point South)는 뉴욕 시에서 낙후된 이스트 강(East River) 주변의 재개발



Figure 13. Aerial view of Hunter's Point South



Figure 14. Pavilion



Figure 15. Landscaped area

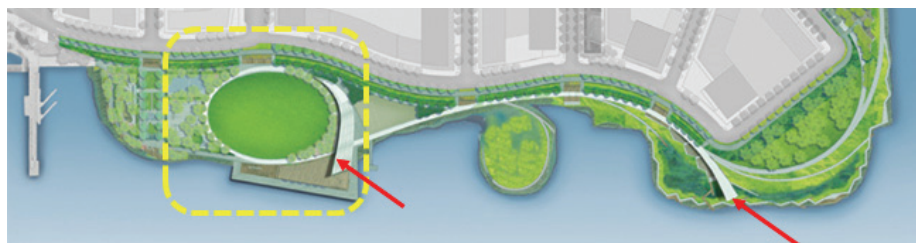


Figure 16. Hunter's Point South at normal conditions

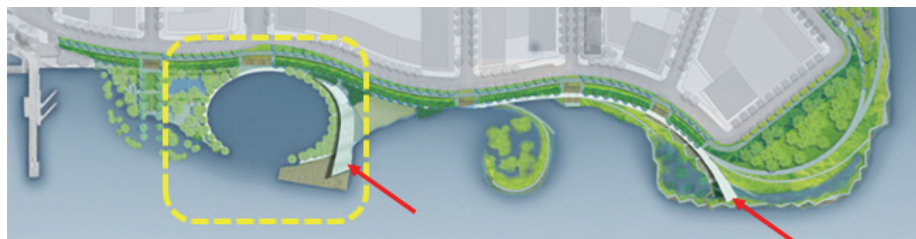


Figure 17. Hunter's Point South at flood conditions

프로젝트의 일부로서 수변 공원으로 계획되어 도시민의 다양한 야외 활동을 지원하고 지역의 활성화를 목표로 계획되었다. 시민들의 다양한 옥외활동을 지원하기 위하여 스포츠 시설, 뉴욕시의 경관을 즐기기를 위한 플랫폼, 선박장, 파빌리언과 같은 각종 부대시설 등이 녹지 공간과 함께 조성되었다(Figure 13), (Figure 14), (Figure 15)). 수변 공간을 염두에 두는 만큼 재난회복 디자인(Resilient Design)을 우선순위로 삼았으며 물이 범람하는 경우에는 물을 타원모양의 놀이공간으로 들어오게 하고, 일상적인 시기에는 방류시키는 방법(catch and release)을 도입하여 공원이 강과 육지의 완충 공간(buffer zone)으로 활용될 수 있도록 하였다. 공원에서 타원이 위치한 공간은 주위의 천연 잔디와는 달리 지대가 낮게 설정되었으며, 인조 잔디를 활용하여 홍수로 인해 침수가 되더라도 사후에 활용이 가능하도록 하였다. 또한 바닥 아래에는 투수성 콘크리트를 사용하여 침수된 물이 자연스럽게 방류되도록 하였다(Figure 16), (Figure 17)). 파빌리언을 비롯한 각종 부대시설은 지면으로부터 이격시킴으로써 침수된 기간에도 활용될 수 있도록 설계되었다. 실제로 2012년 허리케인 샌디를 겪으며 피해가 경미한 것으로 판명되면서 그 성능이 입증되었다.

허티포인트 사우스 공원 프로젝트는 재난 방지를 위해 해변에 물리적인 벽을 사용하는 인프라스트럭처의 역할을 대신하여 랜드스케이프의 소프트 엣지(soft edge)와 시간차를 활용하여 피해를 저감하는 방식으로 범람된 물을 효과적으로 조절할 수 있도록 하였다.

4) 부시윅 인렛 공원, 브루클린

부시윅 인렛 공원(Bushwick Inlet Park) 뉴욕 중심부인 맨하탄이 보이는 이스트 강(East River) 동쪽에 위치하고 있으며 건축가 키스 캐서카아트(Kiss+Cathcart)에 의해서 설계되었다. 지역민들에게 워터프런트 공간으로 접근을 가능하도록 하여 공원으로서의 가능성을 재발견해주며 생태환경으로의 회복을 목적으로 이 프로젝트는 2단계로 나누어 시작되었다. 1단계는 2008년

부터 2011년까지 이루어졌으며, 이 때 기존의 주차장 및 쇠락한 산업시설은 해안 녹지 및 레크리에이션 공간으로 변모되었다(Figure 18), (Figure 19)). 이스트 강과 접하고 있는 부분에는 해안 공원으로 지역민들을 위한 녹지 공간, 휴식과 조망의 공간으로 조성되었다. 잔디로 덮인 운동장은 축구, 미식축구, 하키, 럭비와 같은 다양한 종류의 필드 경기가 가능한 종합 운동장으로 조성되어 지역민들을 위한 체육시설을 제공하는 것과 동시에 해안과 육지의 접점(junction point)으로서 기존의 100% 불투수성의 주차장에서 벗어나 강의 범람과 같은 재난에 효과적으로 대응할 수 있는 완충 공간(buffer zone)으로 활용될 수 있도록 하였다.

2단계에서는 공원의 유지관리와 지역민들의 거점장소로서의 커뮤니티 건물이 계획되어 2013년에 완공되었다. 건물의 최상부의 전망대 지붕에는 태양광발전 및 지열발전을 통해서 필요한 전기에너지 수요를 충당하였으며, 녹색지붕(green roof)을 통해서 관람석의 역할과 더불어 태양열로 인한 냉방부하를 줄일 수 있도록 설계되었다. 에너지 사용을 절감하고 신재생에너지를 통해 에너지를 생산해내는 시스템으로 친환경 건축물을 실현하였다. 무엇보다도 이 건물에서 주목할 부분은 운동장의 녹지가 수평적으로 연장된 경사진 형태로 랜드스케이프와 일체화된 형태로 설계되었으며 그 아래에 커뮤니티를 위한 각종 프로그램이 제공되었다는 점이다(Figure 23)). 건물의 윗부분을 구성하는 일반적인 형태의 지붕 대신에 이 프로젝트에서는 녹색지붕(green roof)으로 관람석을 형성하여 건물의 최상부에 위치한 전망대(이스트 강과 뉴욕 중심부 맨하탄의 조망 가능)까지 자연스럽게 연속되도록 연결되었다(Figure 20), (Figure 21)). 또한 강우를 활용하여 녹색지붕과 잔디로 이루어진 운동장을 위한 관개(irrigation)를 하였으며, 폭우 시에는 별도의 빗물 저장시설을 통하여 도시의 기존 인프라인 하수도에 실리는 과중한 부담을 줄일 수 있도록 설계되었다.

부시윅 인렛 공원의 커뮤니티 건물은 에너지 저감 및 신재생에너지를 적극 활용하여 기후변화 저감

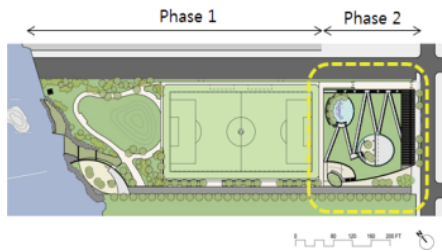


Figure 18. Overall site plan



Figure 19. Aerial view



Figure 20. Community building view from the playground



Figure 21. Community building view from the street



Figure 22. Section drawing



Figure 23. Concept diagram

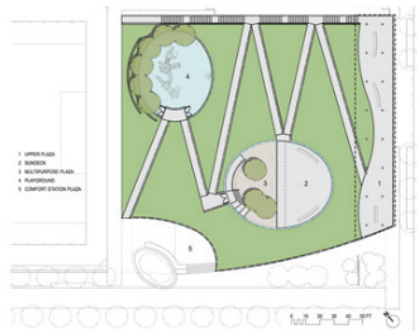


Figure 24. Upper level floor plan



Figure 25. Lower level floor plan

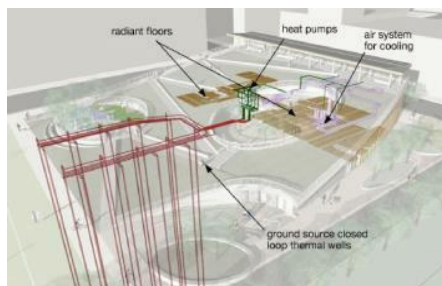


Figure 26. Geothermal heating and cooling system

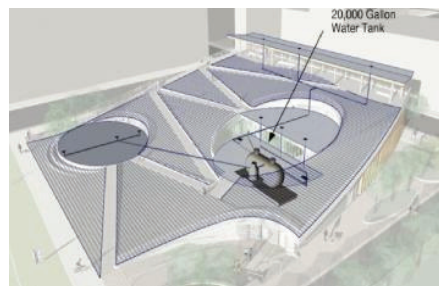


Figure 27. Rainwater collection and irrigation system

(mitigation) 효과를 추구하였으며, 랜드스케이프와 일체화된 건물의 형태를 통해 빗물저장시설과 유수를 활용함으로써 기후변화에 적응(adaptation)할 수 있는 실제적인 사례를 제시하였다(〈Figure 26〉, 〈Figure 27〉).

IV. 논의 및 토론

일반적으로 건물은 인간이 필요로 하는 다양한 활동을 지원하기 위한 공간을 담기 위한 구조물을 가리킨다. 또한 건물은 일정한 대지를 필요로 하는 특정 장소에

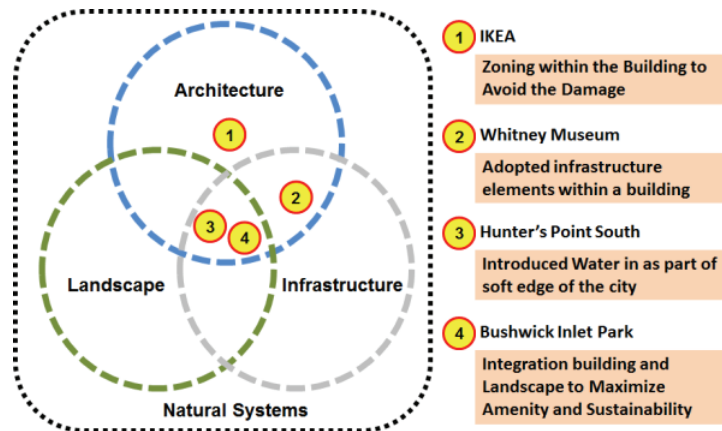


Figure 28. Hybridization Diagram

위치하고 있으며, 보행자 및 각종 도로와 연결되어 있으며 건물의 운용에 필요한 각종 설비(전기, 수도, 배관 등)를 공급받는 형태 및 특성을 지니고 있다. 건물과 도시 기반시설 사이에는 각종 수목과 수공간의 조성을 통하여 인간이 필요로 하는 외부 공간을 랜드스케이프를 통해 제공한다. 이와 같이 건물, 랜드스케이프, 인프라라는 세 가지 요소는 인간이 살아가기 위한 건조 환경을 구성하는 주된 요소이며, 상호 연결되어 있으면서도 독립적인 기능과 형태를 유지하고 있다.

3장에서 언급된 사례들은 기후변화로 촉발된 홍수재해에 적응하기 위해 일반적인 건축물의 형태에서 벗어나 랜드스케이프, 인프라의 요소와의 복합적으로 합쳐진 새로운 양식의 건축물을 제시하고 있다. 하나의 개체 안에서 합쳐짐(combination)으로 인하여 기후변화에 대응할 수 있는 새로운 도시 공간의 유형 및 공공영역을 창출할 수 있는 가능성을 보여준다. 이전에도 이러한 복합적인 형태의 건축물이 건축 역사를 통해 등장하였으나⁵⁾ 앞서 언급된 사례에서는 물과 관련된 재해에 대하여 효과적으로 대응 및 방어하기 위한 디자인이라는 공통된 특성을 지니고 있다. 홍수와 관련된 재해에 효과적으로 대응하기 위해 건물, 랜드스케이프, 인프라라는 세 가지의 서로 다른 영역에서 필요한 부분을 차용하며 인프라+랜드스케이프, 건축+랜드스케이프, 건축+인프라, 건축+랜드스케이프+인프라와 같이 다

양한 형태의 조합으로 상호간의 경계가 허물어지고, 하나의 건물 안에서 랜드스케이프와 인프라의 이질적인 특성을 발견할 수 있는 하이브리드 현상(hybridization)이 나타나고 있다. 이러한 현상은 생존에 유리한 특성을 가지기 위해 동식물에서의 잡종(hybrid) 간의 교배를 시도하는 것처럼, 제시된 건물의 사례들은 자연재해에 효과적으로 대응할 수 있기 위하여 고유의 영역 밖에서 필요한 기능을 차용하며 기능적으로 보다 발전적인 형태의 건물과 공간을 제시한다(〈Figure 28〉).

V. 결론 및 시사점

19세기부터 촉발된 산업혁명으로 인류는 이전과는 비교할 수 없는 물질적 풍요를 구가하게 되었지만, 그 동안 온실가스를 부산물로 방출하는 화석에너지를 대량으로 사용한 결과로 인해 인류는 전 지구적인 기후변화를 겪고 있다. 지구 온난화로 인해 해수면이 상승하고, 이전보다 더욱 강력해진 규모와 빈도의 각종 물과 관련된 재해를 입고 있는 실정이다. 이에 본 논문에서는 기후변화와 폭우재해와의 상관관계를 살펴보고, 2012년 미국의 뉴욕시를 강타한 허리케인 샌디라는 자연재해를 효과적으로 대응한 상업시설 건물들의 건물 설계를 비교 분석함으로써 재난회복디자인(Resilient Design)의 개념이 어떻게 구체적으로 적용되었는지 살

5) 랜드스케이프와 건축물이 복합화 된 사례로 네덜란드의 델프트 공대(Delft University of Technology) 도서관 건물, 도시기반 시설인 다리와 건축물(주거)의 기능이 합쳐진 사례로서 이탈리아 플로렌스에 위치한 폰테 베키오(Ponte Vecchio)를 들 수 있다.

펴보고자 하였다. 본 논문에서 도출된 결론 및 시사점은 다음과 같다.

첫째, 기본적으로 건물을 침수위협으로부터 대지와 이격시키고 침수로 인한 각종 역류현상을 지연시키는 전략이 필요하다. 침수 위협의 가능성이 높은 건물들은 재산상의 가치가 높은 대상물을 지상으로부터 높은 위치로 재배치시킴으로써 피해를 최소화하고, 자가발전 시설, 공조 및 설비시설과 같은 건물 운용에 필수적인 요소들의 선제적인 안전을 확보함으로써, 침수 이후라도 건물이 정상적인 기능을 되찾는 데 기여할 수 있다. 이와 더불어 각종 위험물질을 안전하게 관리하고 오수의 역류를 막을 수 있는 장치가 필요하다.

둘째, 침수로 인한 위험을 최소화하기 위해 인프라의 요소를 도입하는 전략이 도입될 필요가 있다. 1층의 로비 공간이나 차량의 진출입이 이루어지는 저층부에는 침수로 인한 위험 부담이 존재하며, 일반적인 사용되는 건물의 개폐문으로는 침수를 차단하거나 그 피해를 막기 어려운 점이 존재한다. 워트니 미술관의 사례에서와 같이 홍수방지용 게이트(gate)와 침수 방지를 위한 운반용 장애물을 설치함으로써 피해를 최소화할 수 있다. 이러한 요소들은 그 동안 건물의 구성요소가 아닌, 배를 건조하는 시설에서 사용되는 개폐용 문이나 토목공사에서 절단면을 안정화시키기 위한 방법으로서, 자연재해로 인해 보다 강력해진 외부의 영향에 효과적으로 대처할 수 있는 장치로써 도입될 필요가 있다.

셋째, 폭우로부터 범람한 수량을 효과적으로 흡수하면서 제어할 수 있는 랜스케이프의 장점을 활용한 대응전략이 필요하다. 이를 통해 일시적으로 유수를 저장하고 방류함으로써 기존 인프라 시설의 부담을 줄이는 역할을 담당할 수 있을 것이다. 또한 지역민을 위한 여가활동을 지원하기 위한 수변공간으로 조성함으로써, 커뮤니티의 중심이 될 수 있는 공공공간으로 변모될 것이다.

기후변화에 따른 해수면 상승에 대응하기 위한 적응(adaptation)의 전략으로서 홍수와 관련된 재해에 취약한 수변공간을 중심으로 한 건물의 건축설계전략에 대

해 살펴보았다. 이전에는 볼 수 없었던 인접한 영역인 랜스케이프와 인프라 요소의 차용과 다양한 형태의 복합화를 통해 형성된 하이브리드화(Hybridization) 경향은 재해로부터 인명피해와 재산피해를 줄이기 위한 건물의 생존 전략이자 진화의 과정으로 볼 수 있을 것이다.

이러한 연구 결과를 바탕으로 기후변화로 인한 해수면 상승으로 인한 국내의 침수우려 지역의 건물의 설계와 수변공간의 개발에 가이드라인을 제시할 수 있을 것으로 기대된다. 하지만 본 연구는 미국의 사례만을 본격적으로 다루었기 때문에 보편성을 갖지 못하는 한계점을 가지고 있다. 따라서 다른 국가와 해안 도시들의 사례를 수집하고 비교 연구함으로써 일반화하는 과정이 필요하며 이는 후속 연구의 과제로 남겨두기로 한다.

References

- Ariel, Manalo Fausto. 2002. Merge: The Hybridization of Architecture, Infrastructure, and Landscape. Master's thesis. Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA, USA.
- Bang, Young Hyun, A Ram Kang, Hyo Soon Park, and Seung Jik Suh. 2012. A Study on Finding Ways to Reduce the Emission of Target Greenhouse Gases for Various Scenarios Utilizing the Building Energy Efficiency Rating. *Korea Institute of Ecological Architecture and Environment Journal*. 89-94.
- Choi, Joon Sung. 2016. An Analysis of the Mitigation and Adaptation Effects of Change Climate Plans of Climate Change Pilot Cities in Korea. *Journal of the Architectural Institute of Korea Planning and Design*. 127-136.
- Gonchar, J. 2015. Flirting with Disaster. *Architectural Record*. 104-109.
- IPCC. 2013. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis*.
- Kang, Young Eun and Chang Sug Park. 2015. A Strategy of Combining Mitigation and Adaptation Planning and Evaluation of the Importance of Climate Change Response Plan. *Urban Design*. 115-127.
- Kim, You Joung and Kyoung Bae Kim. 2010. A Study on Policy

- Framework and Exemplified Planning Cases for Climate Change Action in United Kingdom: Focusing on London and SouthEast Area. *The Seoul Institute*. 111-130.
- Lee, Chang Min, Ji Hyeun Jung, Jin Sung An, Jae Young Kim, and Yong Ju Choi. 2016. Establishment of Resilient Infrastructures for the Mitigation of an Urban Water Problem: I. Robustness Assessment of Structural Alternatives for the Problem of Urban Floods. *Korean Society of Ecology and Infrastructure Engineering*. 117-125.
- Moon, Chang Ho. 2014. A Study on the Sustainable Factors and Application Proposals in Floating Architecture. *Journal of the Regional Association of Architectural Institute of Korea*. 79-86.
- New York City Panel on Climate Change. 2013. *Climate Risk Information 2013-Observations, Climate Change Projections, and Maps*.
- Park, Jin Hee. 2010. Adapting Architecture for the Climate Change. *Journal of the Architectural Institute of Korea*. 46-49.
- Roaf, S., D. Crichton, and F. Nicol. 2009. *Adapting Buildings and Cities for Climate Change: A 21st Century Survival Guide*. 2nd ed. Burlington, MA: Architectural Press.
- Trenberth, K. E., J. T. Fasullo, and T. G. Shepherd. 2015. Attribution of Climate Extreme Events. *Nature Climate Change*. 5: 725-730.
- Yoon, Jae Bong and Tae Jung Kwon. 2013. Effectiveness on Storm Water Management of Green City Planning Elements: Focusing on Multipurpose Rainwater Utilization Facilities. *The Korea Spatial Planning Review*. 3-16.
- Korean References Translated from the English*
- 강영은, 박창석. 2015. 기후변화 대응을 위한 탄소 완화 및 적응 계획요소의 연계화 전략과 중요도 평가. *한국도시설계학회지*. 115-127.
- 김유정, 김경배. 2010. 영국의 기후변화 대응체계와 적용사례 연구-런던과 사우스이스트 지역을 중심으로. *서울도시연구*. 111-130.
- 문창호. 2014. 플로팅건축에서 지속가능 요소 및 적용 방안에 대한 연구. *대한건축학회연합논문집*. 79-86.
- 박진희. 2010. 건축에서의 기후 변화 위기 대응. *대한건축학회지*. 46-49.
- 방영현, 강아람, 박효순, 서승직. 2012. 건물에너지 효율등급 제도를 이용한 시나리오별 목표 온실가스 저감방안에 관한 연구. *한국생태환경건축학회*. 89-94.
- 윤재봉, 권태정. 폭우재해 완화를 위한 녹색도시 계획요소의 우수유출 저감효과: 저류기능을 고려한 빗물이용시설을 중심으로. *국토연구*. 3-16.
- 이창민, 정지현, 안진성, 김재영, 최용주. 2016. 도시 물 문제 저감을 위한 회복탄력적 사회기반시설 구축: 1. 도시 홍수 문제 구조적 대안의 내구성 평가. *응용생태공학회*. 117-125.
- 최준성. 2016. 국내 기후변화시범도시 기후변화대응계획의 완화와 적응영향 분석. *대한건축학회 논문집*. 127-136.

Received: Feb. 28, 2017 / Revised: Mar. 22, 2017 / Accepted: Mar. 25, 2017

기후변화 시대 건축디자인에 있어서의 하이브리드의 등장

– 허리케인 샌디로부터 생존한 건축물을 중심으로 –

국문초록 본 연구는 허리케인 샌디로부터 안전하게 생존한 건물의 설계방법론을 소개함으로써 기후변화 대응 및 적응하기 위한 방향을 제시하고자 한다. 기후변화의 정의 및 각종 물과 관련된 재해와의 상관관계를 고찰하고 선행연구를 통하여 상업시설 건물을 중심으로 패러다임의 전환이 필요한 건축설계의 필요성에 대하여 언급하였다. 사례를 분석한 결과 다음과 같은 시사점이 도출되었다. 1) 건물을 지면으로부터 이격시키되 건물의 운영에 중요한 부분은 상단부에 재배치시키는 전략이 필요하다. 2) 침수에 취약한 부위를 보강하기 위해 인프라에 사용된 요소들이 건물에 차용되어 사용될 수 있다. 3) 범람한 물을 효과적으로 저장, 흡수하는 랜드스케이프의 역할을 통해 인프라의 역할을 대신하고 부담을 줄일 수 있다. 결론으로 전통적으로 건물, 랜드스케이프, 인프라의 역할 및 구분에서 벗어나 그 영역이 중첩되며 통합화되어가는 복합화 및 하이브리드화 경향이 기후변화시대 재난에 대비할 수 있는 건물설계의 대안을 제시한다.

주제어 : 기후변화, 하이브리드화, 건축디자인, 랜드스케이프, 인프라

Profiles **Jin Ho Kim** : He received his B.S. from Kyungpook National University, and Master of Architecture from University of Illinois at Urbana-Champaign, the U.S. in 2005. He is an assistant professor of the Division of Architecture and Urban Design at Incheon National University, in which he has taught since 2015. His interesting subject in research and education is architectural design, sustainable and resilient communities, and BIM(Building Information Modeling). He is a licensed architect and has practiced various projects over 10 years in U.S.(jinhokim2015@inu.ac.kr).