

# 플로팅 건축 상부시설에서 모듈러 시스템 적용 사례 연구

## - 유럽 사례를 중심으로 -

† 송 석 기

† 군산대학교 건축공학과 교수

**요 약 :** 유럽에서 지어진 플로팅 건축물을 중심으로 상부 시설에 적용된 모듈러 시스템을 분석하여 이를 유형에 따라 분류하였다. 플로팅 건축 상부시설에서 모듈러 시스템 적용 유형은 단위 공간 모듈러를 적용하는 경우와 단위 건축물 모듈러를 적용하는 경우로 나누어 볼 수 있었고, 단위 공간 모듈러의 경우 동일 형태의 반복에 의한 유형과 서로 다른 형태의 결합에 의한 유형으로 구분될 수 있었다.

**핵심용어 :** 플로팅 건축, 모듈러 시스템, 단위 공간 모듈러, 단위 건축물 모듈러, 상부 시설 계획

### 1. 서론

**연구의 배경 및 목적**

- 플로팅 건축 상부시설은 일반 건축물에 비하여 건축 부재의 공업화, 조립화, 경량화의 필요성이 높아 공업화 건축 시스템 도입의 요구가 큼.
- 상대적으로 현장 시공이 최소화되는 모듈러 시스템의 적용 가능성이 높음.
- 국외 플로팅 건축에서 넓은 의미에서의 모듈러 시스템 적용 사례 분석을 통하여 플로팅 건축 상부시설에서 모듈러 시스템 적용을 위한 고려사항 등을 검토

**연구의 내용 및 방법**

- 일반 건축물에서 공업화 건축 시스템 및 모듈러 시스템 적용 관련 설계 방법 및 구법, 적용 조건 및 범위 등에 대한 검토
- 유럽의 플로팅 건축 사례에서 넓은 의미에서 모듈러 시스템을 중심으로 한 포괄적인 공업화 건축 시스템 적용 사례의 유형별 분석 및 적용 고려사항 검토

플로팅 건축상부시설에서 모듈러시스템 적용 사례 연구 01

### 2. 모듈러 시스템 개요

**모듈러 시스템의 설계 및 구법**

- 강재를 사용한 단위 공간 모듈러는 강재 골조 또는 강재 패널 등을 조립하여 모듈러를 공장 제작한 후 현장에서 용접과 볼트 작업으로 조립
- 강재 골조나 단면재로 형성된 모듈러의 경우 적층하여 그 자체로서 내력 구조물 형성 가능
- 강재 모듈러를 형성하는 벽체 패널은 방화 및 단열재, 내외부 마감재, 바닥 마감재를 선택한 후 공장에서 미리 제작하여 현장 작업 최소화 가능
- 목재를 사용한 단위 공간 모듈러는 수직 벽체 패널과 수평 지붕 패널의 결합
- 목재 모듈러는 상대적으로 경량으로 장거리 이동이 용이하며 소규모 주거 적합
- 목재 모듈러는 자체 내력 구조로 최대 3층까지 적용하여 건축물 구성 가능
- 강재 골조에 목재 모듈러를 삽입하는 복합 구성 가능

플로팅 건축상부시설에서 모듈러시스템 적용 사례 연구 03

### 2. 모듈러 시스템 개요

**공업화 건축 시스템의 종류 및 특성**

- 현장에서의 시공방법과 구법에 따라 3가지 공업화 건축 시스템으로 분류
- 골조 시스템 : 공장 생산된 기둥, 보 등의 선형 부재로 내력 시스템을 구성
- 패널 시스템 : 벽체와 바닥판을 형성하는 조립 패널로 내부 공간을 형성
- 모듈러 시스템 : 단위 공간을 형성하는 모듈러를 현장 결합하여 건축물을 구성
- 공업화 건축 시스템에서 일반적으로 강재와 목재, 콘크리트 사용하여 구축
- 플로팅 건축 상부시설의 경량화에 대한 요구로 인하여 상부시설에서 콘크리트 모듈러의 사용은 제한적임.
- 개별 프로젝트에서 공업화 건축 시스템은 상호 보완적으로 혼용
- 플로팅 건축물의 초기 프로젝트 계획 단계에서 프로젝트 성격에 따라 적용될 공업화 시스템 종류와 조합 방법, 범위 결정
- 공업화 건축 시스템 적용을 위한 기본 전제로 모듈 정합 설계 적용 필요

플로팅 건축상부시설에서 모듈러시스템 적용 사례 연구 02

### 2. 모듈러 시스템 개요

**모듈러 시스템 적용 조건 및 범위**

- 모듈러 시스템 적용을 위한 프로젝트 조건에 대한 정확한 평가 필요
- 플로팅 건축 프로젝트의 물리-환경 조건, 프로젝트 참여 주체의 조직 조건, 기술 조건 등에 대한 검토 필요
- 물리-환경 조건 : 참여 주체의 조건(경험, 비용, 의지, 관리), 프로젝트 유형(프로젝트 자체의 특성, 반복성, 특수성, 품질관리 필요성), 현장 조건(지리적, 지형적 조건, 자재 및 노동력의 수급, 관련 상위 계획 및 법규) 등
- 조직 조건 : 참여 주체 간의 의사소통과 협력, 계약 형식 등, 프로젝트의 통합 수행을 위한 협력, 유연하며 상호 밀접하게 반응할 수 있는 관계 설정
- 기술 조건 : 직접적인 기술 수준과 새로운 혁신적 기술 도입의 문제, BIM과 같은 통합적 접근 및 고도의 협업 관계를 요구하는 새로운 기술의 적용, 제조업 분야의 생산 자동화와 같은 새로운 생산 기술의 적용

플로팅 건축상부시설에서 모듈러시스템 적용 사례 연구 04

† 교신저자, 종신회원 songsk@kunsan.ac.kr

## 2. 모듈러 시스템 개요

### 운송 관련 규정

- 모듈러 설계는 공장에서 생산하여 현장에 반입, 조립하기 때문에 운송 관련 규정과 밀접한 관계
- 도로 관련 규정 : 최소너비 3m(부득이한 경우 2.75m), 시설물 높이 4.5m(부득이한 경우 4.2m), 운반 트럭 관련 규정 : 길이 13m(연결자동차 : 16.7m), 너비 2.5m, 높이 4m, 총 중량 20톤(화물자동차 경우 : 40톤)

### 상하부시설 연계

- 플로팅 건축물 본문의 거주성에 따른 상하부시설 연계 검토, 본론 역시 모듈러나 블록 단위로 제조되어 상부시설 모듈러와 밀접한 관련
- 단순 부유체 본론 또는 부분 공간 활용 본론의 경우 구조 및 공간 연결성이 높지 않으나 거주 공간 활용 본론의 경우, 설계 단계에서 상하부 구조체의 직접적인 대응 설계 필요

플로팅 건축상부시설에서 모듈러시스템 적용 사례 연구 05

## 3. 모듈러 시스템 적용 사례 분석

### IBA Dock

- IBA 할부르크 본부 및 전시장으로 2009년 지어진 건축물로 하노버의 Han Slawik 교수가 설계하였고, 현재는 할부르크 도시와 건축 정보센터로 활용
- 3개 층으로 이루어진 연면적 1,623㎡의 건축물로 안정성과 경량화의 요구에 따라 상부시설을 모듈러 건축 시스템으로 설계
- 신재생에너지를 활용하여 상층부에 태양열 및 태양광 집열판을 두었고, 강물을 이용한 열교환기를 설치
- 단위 모듈러 3개가 길이 방향으로 연결되어 전체 건축물의 측면 폭을 결정하고 있으며 건축물의 정면 폭은 모듈러 13개가 폭 방향으로 연결된 것과 동일



플로팅 건축상부시설에서 모듈러시스템 적용 사례 연구 08

## 3. 모듈러 시스템 적용 사례 분석

### JBURG 주거단지

- 암스테르담에 위치한 플로팅 주거 단지로 2011년 준공되었고, 플로팅 주거와 일부 일반 육상 주거로 구성
- 총 55가구의 플로팅 주거는 Vancouver, Sydney, Seattle의 3가지 유형으로 구분
- Vancouver 유형 : 3층 플로팅 단독주택, 총 13가구, 156㎡ + 20㎡ (테라스)
- Sydney 유형 : 3층 플로팅 2동 연립주택, 총 24가구, 107㎡ + 14㎡ (테라스)
- Seattle 유형 : 3층 플로팅 3동 연립주택, 총 18가구, 100㎡ + 10㎡ (테라스)

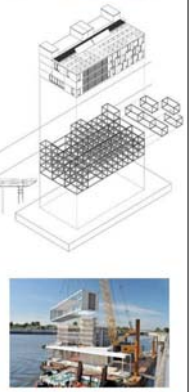


플로팅 건축상부시설에서 모듈러시스템 적용 사례 연구 06

## 3. 모듈러 시스템 적용 사례 분석

### IBA Dock

- 최상층으로 돌출된 계단실까지 포함하면 전체적으로 총 121개의 모듈러가 사용된 것과 동일한 규모
- 기본 단위 모듈러는 2.5m × 6m × 3m로서 가장 많은 부분에서 사용
- 측면 양쪽 끝부분의 모듈러는 폭이 조금 넓어진 3m × 6m × 3m 모듈러 사용, 모듈러의 바깥쪽으로 15cm 두께의 별도 외벽을 설치하여 외벽 마감
- 옥상의 출입구에서 연결되는 부분의 경우 모듈러 없이 7m × 6m의 크기
- IBA-Dock의 1층 공간은 콘크리트 합체 상부의 외부 공간과 연결되어 출입이 가능하도록 계획



플로팅 건축상부시설에서 모듈러시스템 적용 사례 연구 09

## 3. 모듈러 시스템 적용 사례 분석

### JBURG 주거단지

- 연립주택 유형의 합체는 4,800 × 9,200의 크기이고 최상층은 테라스를 포함하여 4,800 × 10,600
- 합체에는 침실 2개, 욕실, 계단실, 중간층은 출입구, 부엌, 방, 최상층은 거실, 테라스로 구성
- 단독주택 유형은 6,800 × 9,200의 합체와 최상층 6,800 × 10,600의 크기
- 공장에서 콘크리트 합체의 제작은 물론 목조로 제작된 3개 층을 연결하여 단위 주거 모듈러 형성, 이를 현장으로 해상 운송한 후, 결합시켜 단지 전체를 구성



플로팅 건축상부시설에서 모듈러시스템 적용 사례 연구 07

## 3. 모듈러 시스템 적용 사례 분석

### IBA Dock

- 전체적인 내부 공간의 구성은 옥상으로부터의 배면 쪽의 좌우측 끝부분에 계단실이 위치
- 우측 공간은 배면 쪽에서 정면 쪽으로 모듈러에 따라 3개의 커로 구성되는데 배면과 정면의 외기에 면한 부분은 사무실과 회의실로 사용되고, 가운데 부분은 화장실로 활용
- 좌측 공간은 기본 모듈러의 형태를 벗어나 원래는 집회 공간으로 계획되었으나 현재는 식당으로 사용되는 넓은 내부 공간이 형성
- 2층 역시 좌우측을 구분하여 우측은 사무실과 소규모 회의실 등으로 구성, 좌측 공간은 전시실로 구성하고 좌측면 쪽으로 화장실 설치

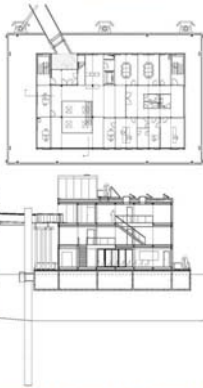


플로팅 건축상부시설에서 모듈러시스템 적용 사례 연구 10

### 3. 모듈러 시스템 적용 사례 분석

#### IBA Dock

- 3층 역시 좌우측을 구분하여 우측은 사무실과 소규모 회의실 등으로 구성, 좌측 공간은 건물 전체의 출입구와 안내실, 2층 전시실을 내려다 볼 수 있는 공간 계획 및 2층으로 연결되는 별도의 계단실 계획
- 단위 모듈러가 완전한 하나의 단위 공간의 형식으로 계획되기 보다는 단위 모듈러의 연결을 통해 공간을 형성하는 방식으로 계획
- 실제 제작 과정에서는 측면 쪽 만큼의 모듈러 3개를 연속시킨 2.5m × 18m × 3m의 단위 모듈러를 적용하는 방식으로 시공



플로팅 건축상부시설에서 모듈러시스템 적용 사례 연구 11

### 4. 모듈러 시스템 적용 유형

#### 단위 공간 모듈러 시스템 - 동형

- IBA Dock의 사례에서 확인할 수 있는 모듈러 시스템 적용 유형
- 동일한 크기와 형태의 단위 공간 모듈러를 반복하여 전체적인 플로팅 건축물 상부시설을 형성
- 가장 일반적인 형태의 모듈러 시스템 적용 유형
- 단위 공간 모듈러의 적용에 의한 중규모 이상의 건축물 형성 가능
- 단위 공간 모듈러의 규모와 형태에 따른 제약조건 : 장스팬의 대규모 공간 제약, 별도의 외부 마감에 대한 검토 필요

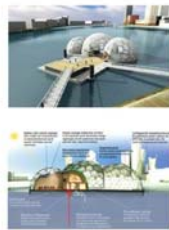


플로팅 건축상부시설에서 모듈러시스템 적용 사례 연구 14

### 3. 모듈러 시스템 적용 사례 분석

#### Floating Pavilion

- 로테르담에 위치한 전시 및 집회시설로서 Deltasync에서 설계하였고, 2010년에 완공
- 콘크리트와 폴리스틸렌 수지를 복합화한 폼톤 위에 막구조의 상부시설을 설치하였고, 외부공간의 아와 집회시설을 연결하여 동시 활용
- 단위 공간 중심의 모듈 적용보다는 현장 조립으로서의 모듈러 시스템 적용

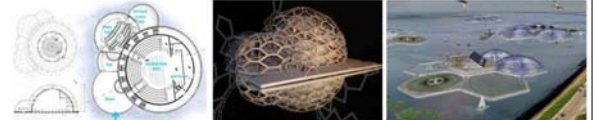


플로팅 건축상부시설에서 모듈러시스템 적용 사례 연구 12

### 4. 모듈러 시스템 적용 유형

#### 단위 공간 모듈러 시스템 - 이형

- Floating Pavilion의 사례에서 확인할 수 있는 모듈러 시스템 적용 유형
- 크기와 형태가 다른 단위 공간 모듈러를 결합하여 전체적인 플로팅 건축물 상부시설을 형성
- 단위 공간 모듈러의 수평적인 결합에 의한 건축물 형성 가능
- 개별적인 건축물의 독창적인 디자인의 가능성
- 동일한 크기와 형태의 폼톤을 결합하되 서로 다른 기능을 갖는 상부시설의 결합을 통한 플로팅 도시 등의 형성에 대한 계획안 사례

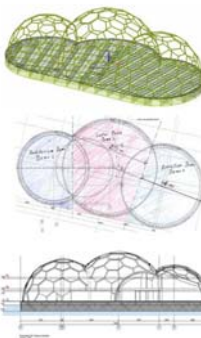


플로팅 건축상부시설에서 모듈러시스템 적용 사례 연구 15

### 3. 모듈러 시스템 적용 사례 분석

#### Floating Pavilion

- 건축물 사용의 가변성 등의 이유에서 모듈러 도입, 더 크거나 작은 파빌리온 결합 가능
- 모듈러로 분할될 수 있기 때문에 운반에 용이, 보다 작은 단위로 나누어 운반
- 건축물 시공 과정에서의 용이성, 모듈러로 분할되어 있어 도크나 크레인 등 관련 시설 활용의 편의성
- 상부시설 구조체의 경우 둘 구조물이 교차하는 지점을 중심으로 3등분하여 형성
- 폼톤의 경우 상부구조와 연계하여 3등분으로 구분



플로팅 건축상부시설에서 모듈러시스템 적용 사례 연구 13

### 4. 모듈러 시스템 적용 유형

#### 단위 건축물 모듈러 시스템

- IJBURG 주거단지의 사례에서 확인할 수 있는 모듈러 시스템 적용 유형
- 폼톤 및 저층 상부시설의 적용을 통해 형성된 유사한 크기와 형태의 단위 건축물을 결합하여 건축물을 형성
- 공장에서 폼톤 및 상부시설을 결합하여 단위 건축물 모듈러를 완성하고 진수
- 단위 건축물 모듈러는 해상 또는 육상 교통 수단을 통해 운송 후 결합
- 주거 건축과 같은 저층, 소규모 건축물에 적합
- 유럽에 지어진 다수의 플로팅 주거 단지에서 적용된 시스템



플로팅 건축상부시설에서 모듈러시스템 적용 사례 연구 16

후 기

본 논문은 2010년 국토해양부 기술연구개발의 지역기술혁신사업(과제번호: 10지역기술혁신B01)의 일환으로 수행된 연구임을 밝히며 이에 감사를 드립니다.