

# 하중제한이 기존건물의 옥상조경계획에 미치는 영향

이 영 무 \*

\* 홍익대학교 건축도시대학원 환경설계학과

## Influence of Load Limitation on the Roofspace Planning of Existing Buildings

Lee, Young-Moo\*

\*Dept. of Environmental Design, Graduate School of Architecture  
and Urban Studies, Hong-ik University

### ABSTRACT

In a city where the greenery always lacks landscaping roofs of existing buildings offers a way to solve the problem. But the most serious problem that poses is the matter of load limit.

At present most existing buildings have the loading capacity of 200kg/m<sup>2</sup> or less on their roofs. If the natural soil is used the loading capacity is easily surpassed because it simply is too heavy. To alleviate this problem it is realized to introduce the light weight artificial soil. The specific gravity of light soil is 0.65 whereas the natural soil is 1.8 when wet. It is three times lighter than the natural soil, thus eases the burden to the roof.

The next problem to be confronted is the plant species to plant. It is possible to plant trees but they soon outgrow the loading capacity by weighing 8 times heavier in 10 years. Therefore shrubs and perennials are suggested to be planted because they don't weigh much even when they reach the mature height.

The last problem is the stress put on roofs by the weight of the users. By some unexpected event the crowd gathered on a weak roof can cause the structural damage or even the collapse of the roof. To avoid the possibility of collapse a plaza or big pocket should not be designed in a roof garden because they hold crowd.

By following the suggested means the old roofs of existing buildings can turn into the urban oases in the sky.

# I. 서론

## 1. 연구의 목적

녹지가 부족한 대도시에서 녹지확보의 대안으로 건물의 옥상에 조경을 행하려는 시도는 항상 있어왔으나 여러 가지 원인으로 큰 진전이 없었다. 그 원인중의 하나는 하중부담으로 신축건물의 경우 옥상정원이 처음부터 계획되면 하중해결에 별 애로가 없으나 기존건물은 당초 계획에 없던 추가하중이 건물에 가해지므로 문제가 생긴다. 이러한 어려움에도 불구하고 기존건물의 옥상조경이 갖는 가치는 그것의 막대한 면적에 있다. 서울시를 예로 들면 1980년 이후 건축허가를 받은 건물의 총옥상면적은 600만평이며 이중에서 조경을 용이하게 실행할 수 있는 평슬라브지붕은 360만평에 달한다. 이는 여의도의 3배에 해당하는 면적이며 나머지 경사지붕도 조경이 가능하므로 지붕은 거대한 녹지로의 잠재력을 갖고 있다.

그러나 기존의 건물들은 옥상조경을 고려하지 않고 지어진 건물들이기 때문에 건축법규에 규정된 최소한의 하중만 지탱할 뿐 여기에 옥상조경을 가할 경우 하중을 고려한 특별한 조경계획을 필요로 한다. 본 논문은 이 같은 하중의 제한이 어떻게 조경계획에 영향을 미치는가를 연구함을 목적으로 한다.

## 2. 연구의 범위와 방법

하중의 제한이 기존건물의 옥상조경에 어떻게 영향을 미치는가를 규명하기 위하여 우선 하중의 종류를 규정한다. 하중에는 고정하중, 적재하중, 적설하중, 풍하중, 지진하중이 있는 바<sup>1)</sup> 이중에 고정하중은 건물자체의 무게이므로 고려의 대상이 되지 아니하고 나머지 하중들은 건물이 완공된 후 구조체에 가해지는 압력들이다. 적설하중, 풍하중, 지진하중은 현행 건축법규에 의하여 위의 자연현상에 최대한도

로 지탱할 수 있게 건축물이 설계·시공되고 있다.

적재하중은 사후에 건물의 구조에 인위적으로 가해지는 무게로서 물건과 사람이 그 대상이다. 그러므로 옥상조경은 적재하중의 영향을 받는다.

조경대상건물의 옥상구조는 크게 평지붕과 경사지붕으로 나누고 두 형태 모두 조경계획의 대상공간으로 연구한다. 단 곡면지붕이나 돔과 같은 특이한 형태의 지붕은 제외한다. 기존건물의 제한된 하중지능력을 높이기 위하여 기둥과 보 또는 슬라브를 보강하는 것은 기술적으로 가능하다. 그러나 옥상에 정원을 조성하기 위하여 건물의 구조보강비용을 감당할 건물주는 드문 현실이므로 이 방법은 고려하지 아니한다.

상기와 같은 조건하에서 하중제한에 대한 기존건물의 대응방안을 논의한 후 이에 대한 타당성을 검토하기 위하여 사례조사를 실시한다. 사례연구는 옥상정원을 예상하지 않고 건축된 기존의 건물 위에서 추후 조성된 정원 두 곳을 대상으로 삼는다. 이곳의 상태를 조사하여 문제점의 유무를 파악하고 보완사항을 논의한다.

# II. 기존옥상의 하중제한

## 1. 적재하중

현재 우리나라에서 지어지는 건축물의 옥상은 최소한 다음과 같은 적재하중을 받도록 되어 있다(표.1).

표.1 건축물의 구조기준 등에 관한 규칙

가. 사무실·학교·주거용 건축물	200kg/m <sup>2</sup>
나. 옥상플라자·테라스·옥상정원	500kg/m <sup>2</sup>
다. 적재물이 거의 없는 옥상	100kg/m <sup>2</sup>
라. 30° 이상 경사지붕·곡면지붕	80kg/m <sup>2</sup>
마. 헬리콥터 정착장	500kg/m <sup>2</sup>

(출처: 건설교통부령 제53호 제11조 1항 별표4)

1) 김선호 외 3인(1993), 건축구조학, p6.

대부분의 건물옥상은 가.항에 해당하며 업무용빌딩, 학교건물, 아파트 등이 이에 속한다. 이들은 최소한 200kg/m<sup>2</sup>의 적재하중을 갖는다. 따라서 기존건물에 옥상조경을 행할 경우 200kg/m<sup>2</sup>이 기준치가 된다. 나.항의 옥상정원과 마.항의 헬리콥터 착륙장은 이미 하중을 충분히 고려한 설계이므로 제한을 받지 않는다. 다.항의 적재물을 예상하지 않고 풍우만 피하게 건조된 평지붕은 100kg/m<sup>2</sup>의 적재하중밖에 받지 못하므로 조경에 특별한 고려가 필요하다. 라.항은 경사지붕의 예로 80kg/m<sup>2</sup>의 적재하중을 갖는다.

## 2. 적재물의 중량

옥상에 조경을 실행할 경우 하중을 발생시키는 적재물은 토양, 수목, 시설물 그리고 사람의 네 가지이다. 조경소재와 이용자의 하중을 분석하면 다음과 같다.

### 2-1. 토양

토양은 옥상위에 식물을 육성하기 위한 필수자재이며 또한 가장 많은 하중을 발생시키는 요소이다. 토양의 종류와 건조에서 습윤상태에 걸친 단위중량을 보면 다음과 같다.

표 2 토양의 단위중량

종류	단위용적당 중량(kg/m <sup>3</sup> )		
	건조상태	보통상태	포수상태
점 토	1,200~1,700	1,700~1,800	1,800~1,900
보통흙	1,300~1,600	1,400~1,700	1,500~1,800
모래	1,500~1,700	1,700~1,800	1,800~2,000
자갈	1,600~1,800	1,700~1,800	1,800~1,900

(출처: 한국조경학회, 조경식재설계론, p285.)

이 때 옥상에 적용시키는 하중의 수치는 강우로 포화상태에 이른 경우를 택해야 안전하다. 고로 양토의 경우 최대 m<sup>3</sup>당 1,800kg이 되며 평균치는 1,650kg이다. 흙을 옥상들과 브면에 깔 경우 강우시의 배수를 위하여 아래에 배수층을 마련해야한다. 이 배수층은 자갈을 사용하며 비중이 흙보다 크고 습윤시 m<sup>3</sup>당

최대 1,900kg에 이른다. 옥상에 식재할 식물의 형태에 따라서 생존에 필요한 토심을 알아보면 다음 표.3과 같다.

표 3 식물 생장에 필요한 토양의 최소심도(cm)

※배수층제의

형태상 분류	생장 최소 심도	생존 최소 심도
잔디, 초본류	15	30
소관목	30	45
대관목	45	60
천근성 교목	60	90
심근성 교목	90	150

(출처: 한국조경학회, 조경식재설계론, p297.)

이때 II의 1.적재하중 중에서 가장 보편적인 건물 즉 가.항의 사무실·학교·주거용건축물의 옥상에 식재할 경우를 알아본다. 이 건물들의 적재하중은 200kg/m<sup>2</sup>이 한계이다. 심근성 교목을 식재할 경우 생존을 위한 토양의 하중은 다음과 같다. 보통의 흙이 포수상태에서 대략 1,600kg/m<sup>3</sup>이고 토심은 생존최소심도를 택하여 90cm일 때 하중은 1,600kg/m<sup>3</sup>×0.9m = 1,440kg/m<sup>2</sup>, 즉 m<sup>2</sup>당 1,440kg의 하중을 받아 적재하중 200kg/m<sup>2</sup>를 7배나 초과한다. 이는 배수 자갈층과 수목의 하중을 제외한 토양만의 중량이다. 고로 200kg/m<sup>2</sup>의 옥상에는 심근성 교목의 생존이 하중상 불가능함을 알 수 있다.

다음 대관목의 경우를 보면 1,600kg/m<sup>3</sup>×0.45m = 720kg/m<sup>2</sup>로 역시 불가능하고 잔디를 심을 때 1,600kg/m<sup>3</sup>×0.15m = 240kg/m<sup>2</sup>로 또한 적재하중의 한계를 초과한다.

따라서, 경사지붕(80kg/m<sup>2</sup>)과 적재물이 없는 지붕(100kg/m<sup>2</sup>)을 포함하여 적재하중 200kg/m<sup>2</sup>의 보통지붕에도 자연토양을 사용하면 잔디의 식재조차 불가능함을 알 수 있으며 가벼운 대체토양의 필요성을 시사하고 있다.

### 2-2. 수목

수목이 기존건물의 옥상에 가하는 하중을 알기 위하여 수목의 외양으로 중량을 구하는 방법은 다음과 같다. 수목의 전체 중량은 지상부

와 흙을 포함한 뿌리분의 중량을 합한 것으로 하며 지상과 지하부의 중량을 계산하는 방식은 각각 표.4와 5에 따른다.

표 4 수목의 지상부 중량

\*가슴높이는 지상 1.2m로 상정

가슴높이의 줄기둘레 (cm)	수 고 (m <sup>3</sup> )	중 량 (kg)
9	2.5	1.57
15	3.0	5.24
30	4.0	24.48
45	5.0	68.85
60	6.0	146.88
75	8.0	306.00
90	9.0	495.72

(출처: 東京都 新宿區刊(1994), 都市建築物の綠化手法, p30.)

표 5 수목의 뿌리분 중량

가슴높이의 줄기둘레 (cm)	뿌리분 용적 (m <sup>3</sup> )	중 량 (kg)
9	0.012	22
12	0.018	33
15	0.028	51
18	0.040	72
20	0.052	94
25	0.088	159
30	0.135	243
35	0.194	350
45	0.364	655
60	0.781	1,406
75	1.414	2,545
90	2.321	4,178
120	5.152	9,274

(출처: 東京都 新宿區刊(1994), 都市建築物の綠化手法, p30.)

위의 표에 의한 수목의 중량은 식재 당시의 무게이고 그 후 생육환경이 원만하면 수목은 성장하면서 하중을 증가시킴으로 이를 고려해야 한다. 대체로 뿌리분은 동일기간동안 지상부 성장량의 1/2이 되며 가슴 높이의 줄기둘레 30cm, 수고 4.0m의 수목이 자라서 줄기둘레 60cm, 수고 6.0m가 되었다면 그 동안

증가한 중량은 다음과 같이 계산한다.

- 식재시 중량  
 뿌리분243kg + 지상부24.48kg≒267kg
- 성장 후 중량  
 지상부 146.88kg + 식재시 뿌리분 243kg +  
 뿌리분 증가중량 146.88/2kg≒463kg  
 중량증가분 463kg - 267kg=196kg

이 수목이 줄기둘레가 30cm 증가하고 수고 가 2m 증가하는 동안 하중의 변화가 196kg 생긴 것이다. 그 투영면적이 5m<sup>2</sup>이면 m<sup>2</sup>당 39.3kg이 증가했다. 일반적으로 수목의 수고는 2배가 되는데 10년이 걸리고 동기간에 중량은 8배로 증가한다.<sup>2)</sup> 고로 이를 근거로 향후 10년 정도의 하중증가를 예측하는 것이 바람직하다. 초기 시공단계에서 수목의 무게는 토양에 비교하여 큰 비율을 차지하지 않는다.<sup>3)</sup> 그 이유는 기존 건물의 적재하중 (예:200kg/m<sup>2</sup>) 범위 내에서 토양을 포설하고 나면 수목이나 시설물을 위한 여유가 남지 않기 때문이다. 그러나 수목의 조건이 원만하여 성장을 계속하면 문제를 야기할 수 있다.

2-3. 시설물

옥상에 설치되는 시설물의 종류는 건물의 용도와 이에 따른 옥상의 용도에 따라 다르나 공통적으로 설치되는 시설물은 다음과 같이 대별된다.

- 휴게시설 -파골라, 벤치, 탁자, 정자
- 수경시설 -연못, 분수, 벽천, 캐스케이드
- 편익시설 - 음수대, 휴지통, 공중전화, 자판기
- 침경물 -경석, 조각작품
- 조명시설 -조명등, 장식등
- 포장시설 -타일, 목재, 판석, 데크
- 식재시설 -유토벽, 방풍벽

이외에 학교나 백화점의 옥상에는 어린이 놀

2) 박용진역(1992), 최신환경녹화, p.62.

3) IV장의 사례분석 참조

이시설이 있으며 대형의 건물에는 냉각탑이 있다. 그 외 시설로는 광고탑, 물탱크, 곤돌라 등이 있다. 시설물 개개의 중량은 천차만별이나 파골라의 경우 중형이 2,000kg정도이므로 적재하중 200kg/m<sup>2</sup>의 옥상에 설치하려면 기둥 한개가 500kg이 돼므로(기둥4개의 경우) 아래층의 기둥과 보를 이용한다.

#### 2-4. 이용자

적재하중 200kg/m<sup>2</sup>의 옥상에 아무런 조정 시설없이 사람만 올라간다면 매 m<sup>2</sup>에 어른 셋 내지 네명이 적재될 수 있다(어른 평균 체중 60kg로 가정). 그러나 토양이 조성되고 수목과 시설물이 배치된 후에 적재하중 200kg/m<sup>2</sup> 정도의 옥상은 허용하중이 거의 소진되어 이용자의 중량을 감당할 허용치가 남지 않는다. 이 사실은 얇은 기존 옥상의 설계형태나 이용방식을 암시하는 바가 있다.

적재하중이 500kg/m<sup>2</sup>로 규정되어 있는 옥상플라자, 테라스, 옥상정원과 헬기 착륙장은 이용자의 군집이나 활동을 충분히 고려한 수치이다.<sup>4)</sup> 만일 적재하중 200kg/m<sup>2</sup>의 기존건물 옥상에 최소한의 조경시설만 갖추고 이용자를 허용한다해도 예상외의 군집이나 한쪽으로의 편중을 주의해야 한다. 사람은 토양이나 수목 또는 시설물과 달리 한곳에 고정되어지는 요소가 아니기 때문이다.

이용자와 관련하여 다른 유의사항은 운동에 의한 충격하중의 발생이다. 사람이 떨어 때는 체중의 약 2배에 달하는 충격이 발생한다.<sup>5)</sup> 더 위험한 것은 군중이 같은 박자에 맞추어 움직이는 울동이나 체조이다. 이 경우 충격이 같은 리듬으로 되풀이되는 과정에서 진동이 증폭되어 구조체의 붕괴를 가져올 가능성이 생긴다. 약한 건물의 댄스파티, 폭풍속에 흔들리는 현수교, 구렁에 맞추어 행진하는 군대 밧의 허약한 교량과 마찬가지로 옥상도 진동으로 붕괴될 수 있다. 고로 옥상에 운동시설을 마련할 경우

하중에 대한 충분한 고려가 있어야 한다.

### Ⅲ. 하중제한을 고려한 일반적 대처방안

#### 1. 옥상구조진단

신축건물에 옥상정원을 계획할 경우 처음부터 적재물의 하중에 맞추어 건물구조를 설계하므로 문제가 없으나 옥상정원이 계획되지 않았던 기존건물에 정원을 추후 설치할 때는 적재하중을 검사한다. 건축허가 신청시 제출하는 구조계산서에 의거하여 해당 옥상의 적재하중을 파악한다. 일반적인 건물의 적재하중은 200kg/m<sup>2</sup>이나 300kg/m<sup>2</sup>으로 건설하는 경우도 많으므로 구조서류검토가 필요하다. 건물이 건축된 지 오래되어 설계도면과 구조서류가 없을 때 또는 건물이 부실하게 시공되었다고 의심될 경우, 즉 철근의 배근과 콘크리트강도 등이 설계도와 일치하지 않을 시 구조진단을 실시한다. 진단의 방법에는 시험공을 뚫어 콘크리트의 표본을 채취하는 방법에서부터 비파괴검사로 일컬어지는 철근의 X-선 투시검사, 자기탐상검사 그리고 초음파검사 등이 있다. 검사전문회사에 의뢰하여 해당 옥상의 적재능력을 실사한다.

일단 대상지 옥상의 적재하중이 확인되면 이 하중을 초과하지 않는 범위 내에서 토양과 수목 및 시설물의 총중량을 결정한다. 현재의 기술수준으로는 m<sup>2</sup>당 70kg으로도 조경녹화가 가능하므로 극도로 노후한 건물이 아니면 대부분의 조경이 가능하다. 단위 m<sup>2</sup>당 적재하중의 파악 외에 아래층의 기둥과 보의 위치를 알아내어 토양, 수목 및 시설물 중 하중이 한곳에 집중되는 것이 있으면 그 위에 배치한다.

#### 2. 토양의 경량화

앞에서 살펴본 바와 같이 기존건물의 옥상에

4) 건설교통부령 53호 11조 1항 별표 4참조

5) 심근정 (1996), 건축공간의 녹화, p.94.

자연토양을 포설할 경우 적재하중을 쉽게 초과하므로 경량인공토양의 도입은 필수적이다. 현재 여러 종류의 인공토양이 개발되어 한국, 일본, 독일 등지에서 사용되고 있다.<sup>6)</sup>

인공토양의 주원료는 펄라이트(perlite)와 버미큘라이트(vermiculite)가 사용되는데 제품의 비중이 습윤시 0.65로서 자연토양의 1/3에 불과하다. 또한 보수성, 배수성, 통기성, 보비성이 보장되도록 제조되어 자연토양보다 낮은 토심으로 같은 효과를 낼 수 있다. 30cm의 토심으로 천근성 교목의 식재가 가능하다. 단 이 경우 자동관수시스템이 매설되며 강풍에 의해 수목이 도복되지 않게 뿌리분을 고정시켜야 한다.<sup>7)</sup>

비중이 0.65인 인공토양을 30cm 두께로 포설하면  $m^2$ 당 하중이 195kg이 된다( $0.65t/m^3 \times 0.3m = 0.195ton = 195kg$ ). 이는 보통 기존 옥상의 적재하중  $200kg/m^2$ 이내에 드는 수치로 토심을 약간 조절하면 교목이하 관목, 지피류에 이르는 다양한 식물의 식재가 가능해진다. 이 방법은 V장에서 논의한다.

인공경량토의 단점은 조정비용의 상승에 있으나<sup>8)</sup> 옥상정원이 가벼워짐으로 해서 건물의 기둥과 보를 보강하지 않아도 된다는 관점에서 볼 때는 경제적이다. 단 이는 신축건물의 경우이며 기존건물에는 적용되지 않으나 인공토양은 다양한 건물의 옥상에 사용되는 추세이며 1998년도 현재 우리나라에서 7년간의 시공사례가 큰 하자없이 이루어졌다. 토양의 경량화 이후 옥상면에 포설할 때는 어느 한 지점에 적재하중을 초과하는 편중이 이루어지지 않도록 균등히 배분해야 한다.

### 3. 수목과 식재방식

수목의 하중을 줄이기 위해서 수량을 줄이기

보다 뿌리분이 작은 천근성 수목을 택하여 하중을 감소시킨다. 또한 식재완료 후 매  $m^2$ 당 적재하중을 초과해서는 안 된다.

적재하중  $200kg/m^2$ 의 옥상에 인공토양을 30cm 포설하면 195kg이 되고( $0.65 \times 0.3m^3 = 0.195ton$ ), 수목을 위한 하중허용치는 매  $m^2$ 당 5kg이 남는다. 현재 국내에서 가장 많이 사용되는 인공토양공법에 의하면 지피류의 토심이 20cm, 관목이 30cm, 교목이 40cm 이상이 필요하다.<sup>9)</sup> 고로 상기의 경우에 식재 가능한 식물은 지피류와 관목밖에 없고 교목을 식재하기 위해서는 토심을 40cm로 돋우어야 한다. 하중을 늘리지 않고 이 문제를 해결하기 위해서 마운딩(mounding)방식을 사용한다.

마운딩의 한가운데에 식재되는 수목이 옥상면의  $m^2$ 당 적재하중을 초과할 경우 하중부담을 아래층의 기둥 위에 집중시켜 주변의 부담을 경감시키고 전체적인 적재하중을 맞춘다. 이는 이미 사용되는 방식이며 샌프란시스코의 카이저센터 빌딩의 옥상정원단면이 그 구조를 보여준다.<sup>10)</sup>

그러나 여기에서도 수목의 성장에 따른 하중부담이 문제되며(상기와 같이 계획된 옥상정원은 제외) 제Ⅱ장, 2-2 수목에서 논의된 바와 같이 표.4와 5에 의거 성장한 만큼의 추가하중을 계산해야 한다.

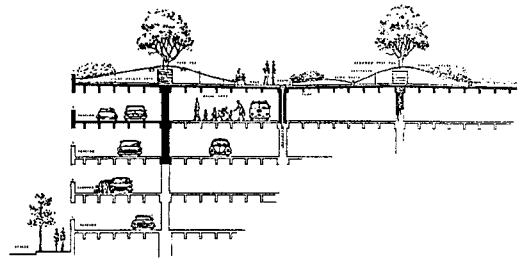


그림 1. 카이저센터빌딩 옥상정원 단면도

6) 인공토양의 제품종류;

· 한국 - 파라소, 파르테스 · 일본 - 수퍼리소일, 알파베이스, 이쿠아소일 · 독일 - 다쿠

7) 일본의 수퍼리소일 공법

8) 시공비가 자연토양의 약 2배

9) 삼손사제품, 파라소공법

10) 오스먼슨 앤드 스테일리(Osmundson & Staley) 설계

### 4. 시설물과 배치방식

시설물의 중량을 줄이기 위해서는 자재를 경량화하는 방안이 쓰인다. 강철, 암석, 콘크리트, 벽돌 등을 가볍고 견고한 경금속, 강화플라스틱(FRP), 경량콘크리트, 목재 등으로 대체한다. 시설물은 토양이나 수목과 달리 옥상전체에 균등하게 배포하기 힘든 요소이므로 하중이 한곳에 편중되지 않도록 주의한다. 특히 무게가 나가는 파골라, 정자, 연못 등이 그러하다. 거대한 자연 암석으로 조각작품이나 경석을 설치할 경우도 마찬가지로인데 이 경우는 FRP로 대체하는 방안을 강구한다.

적재하중 200kg/m<sup>2</sup>의 기존건물옥상에 연못을 설치할 경우 물의 무게만 계산해도 매 m<sup>2</sup>당 20cm의 깊이 밖에 조성하지 못한다(물의 비중 1.0). 연못의 면적이 10m<sup>2</sup>이라면 물전체의 무게는 2,000kg이 된다. 연못의 수심을 깊게 하기 위하여 5m<sup>2</sup>의 면적에 축소시키고 깊이를 40cm로 하면 전체하중은 마찬가지로 2,000kg이나 매 m<sup>2</sup>당 적재하중이 400kg이 되어 위험해진다. 고로 이 연못의 하중을 편중시키지 않으려면 깊이가 20cm밖에 안되며 여기서 연못벽과 바닥의 무게를 빼면 수심은 더욱 낮아질 것이다. 시설물의 설계와 배치는 무게를 가볍게 그리고 고르게 배치하는 과정에서 해당 시설물의 형태도 영향을 받는다는 것을 알 수 있다. 이용자에 대한 하중처리방안은 옥상의 설계와 운용방식에 따라 다르므로 IV의 사례분석과 V의 발전방향에서 논의한다.

상기와 같은 일반적인 하중감소 방안에 의해 조성된 기존건물의 옥상정원을 택하여 상태를 조사하고 개선안을 강구하기로 한다.

## IV. 기존건물 옥상조경 하중처리 사례분석

### 1. 부천시 심곡1동사무소 옥상정원

부천시는 공간창출, 대기정화, 미관개선을 위

해 옥상조경을 적극 추진하는 지자체로 시청옥상정원을 비롯하여 본 심곡1동과 원미1동, 상1동, 원종2동, 심곡본동, 송내2동, 소사구청에 옥상정원을 조성한 모델케이스이다. 심곡1동사무소는 3층 건물이며 옥상정원이 계획되지 않고 건축된 기존 건물이다. 아래는 조경의 내역이다.

- 설 계 : 원미구청녹지과
- 시 공 : 양지조경
- 준 공 : 1996. 11. 25
- 적재하중 : 200kg/m<sup>2</sup>
- 면 적 : 280m<sup>2</sup> ( 85평 )
- 공 사 비 : 58,398,000원

기존건물의 제한된 적재하중(200kg/m<sup>2</sup>) 범위내에서 여하히 하중 처리를 하였는지 분석하기 위해 전체하중이 안전 범위에 드는지 조사하고 이를 어떻게 분산하였는지 알아본다.

표. 6 조경소재 및 중량

구분	수 목 명	규격	단위	수량	중량
식재	소나무	H2.5×R20	주	1	
	소나무	H3.0×R12	"	3	
	등근소나무	H1.5×W1.8	"	1	
	선 주목	H2.5×W1.5	"	1	
	등근 주목	H1.2×W1.5	"	1	
	조형심 잣나무	H3.0×W1.5	"	1	
	조형가이즈까향	H3.0×W1.5	"	3	
	조형향마무	H3.5×W1.5	"	2	
	홍단풍	H3.0×R10	"	2	
	눈 주목	H0.5×W0.5	"	150	
	영산홍	H0.5×W0.4	"	150	
	백철죽	H0.3×W0.4	"	150	
	자산홍	H0.5×W0.4	"	150	
	등나무	L=4.0	"	3	
	양배추	H=0.3	"	120	
	능소화	H3.0×R6	"	1	
잔디	평떼	m <sup>2</sup>	135		
수 목 전 체 중 량					4,290kg
포장 및 시설물	인공토양	PARASO h=50	m <sup>2</sup>	193	62,725kg
	안전고무매트	THK=27	m <sup>2</sup>	56	1,120kg
	목재 DECK		m <sup>2</sup>	31	3,472kg
	경계목		m <sup>2</sup>	70	685kg
	파골라	4×4	m <sup>2</sup>	1	589kg
시설물 전체 중량					68,591kg
총 중량					72,881kg

1-1. 전체 하중 분석

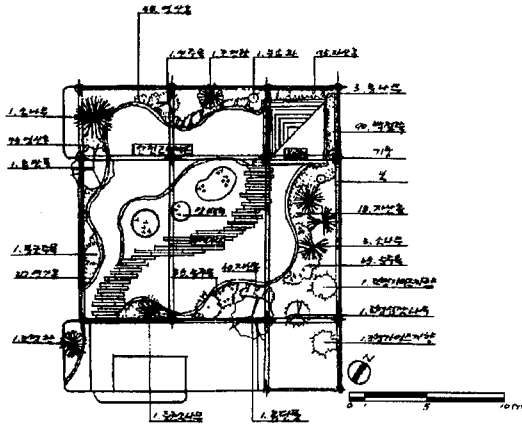


그림 2. 부천시 심곡1동 옥상정원 기본계획도

수목합계 4,290kg + 경량인공토양 62,725kg<sup>11)</sup> + 기타시설물 5,866kg = 총계 72,881kg(약73ton)이 되고 본 옥상의 적재 능력은  $200\text{kg}/\text{m}^2 \times 280\text{m}^2 = 56,000\text{kg}$  (56ton)이다.

위 계산에 의하면 이 옥상정원은 적재능력보다 약 17ton을 초과하여 위험한 상태에 있다. 그러나 옥상슬라브의 침하가 발생하지 않는 이유는 건물 시공시 강도를 안전율에 의해 70%를 추가했기 때문이다. 즉 이 옥상의 적재력은  $\text{m}^2$ 당 200kg의 70%인 140kg을 추가하여 실제 능력은  $\text{m}^2$ 당 340kg이기 때문이다. 고로 실제 적재 능력은  $340\text{kg}/\text{m}^2 \times 280\text{m}^2 = 95,200\text{kg}$ (약95ton)이다. 그러나 70%의 안전율은 공사부실 등을 대비한 것이므로 조경용으로 고려하는 것은 바람직하지 않다. 특히 수목이 정상적으로 성장하여 10년 후에 식재시 무게의 8배로 증가한다면 그 때의 수목 추가 중량은  $4,290\text{kg} \times (8-1) = 30,030\text{kg}$ 이 되어 전체 옥상 하중은  $72,881\text{kg} + 30,030\text{kg} = 102,911\text{kg}$  (약103ton)이 된다.

이는 안전율을 고려한 적재하중 95ton을 초과하는 것이며 여기에 계산에 포함되지 않은

이용객의 집적이 발생하면 붕괴의 위험성이 생긴다. 고로 본 옥상정원은 조경소재의 중량을 더욱 감소하고 수목 성장에 의한 추가 하중의 발생을 적극 억제하며 이용객의 수를 조절할 필요가 있다.

1-2. 하중 배치 분석

전체 하중의 적재 능력 초과를 알고 난 후 경량토양, 수목, 시설물과 이용자의 편중 여부를 분석하면 다음과 같다.

토양 - 총중량 62,725kg에 달하는 경량토양이 평균토심 50cm로 산포되어있다. 교목이 식재된 부분은 마운딩이 되어있어 도면의 우측에 편중중이 발생하고 있다. 토양은 옥상 면적의  $193\text{m}^2$ 에 펼쳐있고  $\text{m}^2$ 당 하중은  $62,725\text{kg} \div 193\text{m}^2 = 325\text{kg}/\text{m}^2$ 로 적재하중  $200\text{kg}/\text{m}^2$ 는 물론 안전율포함  $340\text{kg}/\text{m}^2$ 에 육박하여 위험하다. 여기에 교목이 식재된 부분은 더욱 그렇다. 고로 토심을 낮추고 흙을 옥상전면에 고르게 펼칠 필요가 있다.

• 수목 - 도면 우측에서 하단에 걸쳐 소나무 3주, 섬잣나무 1주, 가이즈까향나무 2주의 교목이 마운딩위에 식재되어 있다. 토양과 합쳐 적재하중과 안전율을 모두 초과하고 아랫층의 기둥과 보의 위치와 일치하지 않아 불안정하다. 나머지 교목들은 대체로 기둥과 보에 근접하고 있으나 토양이 너무 무겁다. 중앙부의 꽃양배추 식재는 하중감소의 요인으로 작용한다.

• 시설물 - 1,120kg의 고무매트와 3,472kg의 데크가 무거운 시설물에 속하나, 전자는  $56\text{m}^2$ , 후자는  $31\text{m}^2$ 의 면적에 펼쳐 있으므로, 적재하중은 각각  $20\text{kg}/\text{m}^2$ 와  $112\text{kg}/\text{m}^2$ 으로, 자체하중은  $200\text{kg}/\text{m}^2$ 을 넘는 지점이 없다. 파골라는 중량이 589kg이고 면적이  $4\text{m} \times 4\text{m} = 16\text{m}^2$ 이며 4개의 기둥으로 하중을 전달한다. 기둥 한개당 하중 분담은  $589\text{kg} \div 4 = 147.25\text{kg}$ 이며  $\text{m}^2$ 당 적재하중  $200\text{kg}$ 을 초과하지 않는다.

• 이용자 - 이용자가 차지하는 공간을 면적

11) 국산경량토 「파라소」, 습윤시 비중 0.65



집합공간과 선적 동선공간으로 나누어 분석한다. 집합공간은 고무매트로 포장되어 있으며 면적이 56m<sup>2</sup>이다. 이 공간에 예상치 못한 행사나 비상사태에 의해 사람이 입추의 여지없이 모인다면 56m<sup>2</sup>÷0.27m<sup>2</sup>(12)=207.4명이 된다. 총중량은 성인 평균체중을 60kg으로 가정하여 60kg×207명=12,420kg이 되고 여기에 매트 자체의 무게 1,120kg을 합친 후의 m<sup>2</sup>당 적재하중은 (12,420kg+1,120kg)÷56m<sup>2</sup>=241.7kg으로 적재한계 200kg/m<sup>2</sup>를 초과한다. 고로 이를 예방할 설계와 이용프로그램이 필요하다. 특히 진동발생시 위험하다. 동선공간은 목재데크로 되어 있고 면적이 31m<sup>2</sup>이다. 데크는 무게 3,472kg으로 m<sup>2</sup>당 적재하중이 3,472kg÷31m<sup>2</sup>=112kg/m<sup>2</sup>이다. 자체하중은 200kg/m<sup>2</sup>를 초과하지 않으나 폭이 1.5m로 두사람이 나란히 걸을 수 있으며 2인 통과시 60kg×2인=120kg의 하중이 발생한다. 이용자의 통행은 아랫층에 진동과 소음을 발생시킨다. 만일 이들이 뛰다면 충격 하중은 체중의 두배로 증폭돼 240kg의 하중이 가해진다. 고로 동선은 기둥을 통과하여 보로 이어지는 선을 따르는 것이 이상적이다. 본 정원의 통로는 기둥과 보를 대각선으로 통과하여 허약한 지지력을 갖고 있다.

2. 서울시 공원녹지 관리사업소 옥상정원

서울시도 옥상조경을 적극 추진 중이며 본 건물과 면목동의 동부근로청소년회관을 시범 케이스로 조성하였다. 공원녹지관리사업소는 3층의 기존 건물로 중구 예장동에 위치한다.

- 설 계 : 동사업소 조경시설과
- 시 공 : 일성종합건설
- 준 공 : 1997. 8. 15
- 적재하중 : 300kg/m<sup>2</sup>
- 면 적 : 504m<sup>2</sup> (152평)
- 공 사 비 : 약 1억원

1-1. 전체 하중 분석

본 옥상은 심곡 1동의 적재하중이 200kg/m<sup>2</sup>인데 비하여 300kg/m<sup>2</sup>이다. 식재수목의 총중량 6,850kg+경량인공토양<sup>13)</sup> 74,750kg+기타시설물 31,355kg=112,955kg(약 113ton)으로 적재능력 300kg/m<sup>2</sup>×504m<sup>2</sup>=151,200kg(약151ton)의 범위 내에 있어 안전하다. 그러나 6,850kg의 수목이 정상적으로 성장할 경우 무게가 10년 후에 8배가 될 것이므로 그때의 옥상적재물의 총계는 112,955kg+(6,850kg

표 7 조경소재 및 중량

구분	수목명	규격	수량(주)	단위중량(kg)	전체중량(kg)
식재	조형소나무	H2.5×W1.2×R10	9	150	1,350
	소나무	H2.5×W1.5×R10	5	150	750
	주목	H2.5×W1.0	4	86	343
	살구나무	H3.0×R8	3	86	258
	모과나무	H3.0×R8	3	86	258
	청단풍	H2.0×R6	10	67	670
	둥근주목	H1.0×W1.0	6	30	180
	눈주목	H0.5×W0.5	20	3	60
	눈주목	H0.3×W0.3	300	2	600
	수수꽃다리	H2.5×W1.5	3	30	90
	화살나무	H1.0×W0.4	20	14	280
	산철쭉	H0.3×W0.3	500	1	500
	자산홍	H0.3×W0.3	450	1	450
	영산홍	H0.3×W0.3	450	1	450
	조릿대	H0.6×W0.3	300	1	300
	수호초	3'	270	0.4	108
	바위치	3'	217	0.4	86
	사사조릿대	3'	234	0.4	95
맥문동	3~5분얼	252	0.09	22	
수목전체중량					6,850kg
시설물	방수쉬트		604m <sup>2</sup>	0.1	60
	몰탈		12m <sup>2</sup>	2,100	25,200
	플랜트목재	0.15×0.6~0.2	6.7m <sup>2</sup>	560	3,752
	원형의자		0.593m <sup>2</sup>	560	316
	반원형의자		0.396m <sup>2</sup>	560	212
	평의자	HW 2-4-1	4조	7.7	30
	인공토양	H 0.4	115m <sup>2</sup>	650	74,750
	수목지지대		42조	9.5	285
냉각장치		1개소	1,500	1,500	
시설물전체중량					106,105kg
총 중량					112,955kg

12) 선 자세의 소요 면적(45cm×60cm=0.27m<sup>2</sup>) John Fruin(1991), Pedestrian Planning and Design, 김용성의 1사번역, 태림문화사, P22.

13) 국산 경량 인공토양 「파라소」

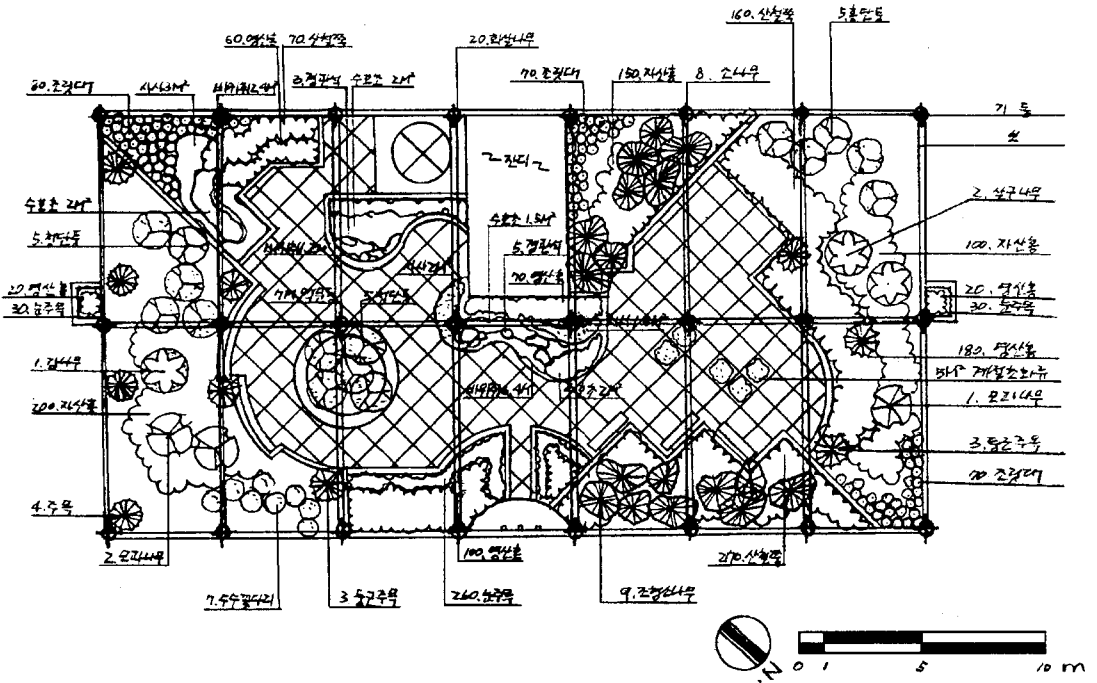


그림 3. 서울시 공원녹지관리사업소 옥상정원 기본계획도

$\times (8-1) = 160,905\text{kg}$  (약 160ton) 이 된다. 즉 10년 후에는 옥상의 적재능력을 약간 초과하게 된다(160ton) > 151ton).

이는 이용자의 하중을 고려하지 않은 수치이므로 다중이 모이는 일이 생기면 하중 부담이 더욱 커진다. 이 경우에도 안전율을 가산한다면 하중상 문제가 없을지 모르나 안전율은 공사부실 등에 대비한 안전책이므로 기대할 수 없다. 상기 문제에 대한 해결책은 앞의 사례에서와 마찬가지로 조경소재의 경량화, 수목성장의 억제, 이용자의 조절에 있으나 적재하중  $200\text{kg}/\text{m}^2$ 의 일반적 건물보다 적재력이 크므로 해결 방안에 여유가 있다.

1-2. 하중 배치 분석

하중의 배치를 토양, 수목, 시설물, 이용자로 나누어 분석하고 편하중의 발생여부를 조사한다.

• 토양 -  $74,750\text{kg}$ 의 인공토양(비중 0.65, 체적  $115\text{m}^3$ )이 평균 토심  $40\text{cm}$ 로  $287.5\text{m}^2$ 의

면적에 포설되어 있다.  $\text{m}^2$ 당 하중은  $260\text{kg}/\text{m}^2$  ( $74,750\text{kg} \div 287.5\text{m}^2 = 260\text{kg}/\text{m}^2$ )로 바닥물탈바름  $50\text{kg}/\text{m}^2$  ( $25,200\text{kg} \div 504\text{m}^2$ )를 가하면  $310\text{kg}/\text{m}^2$ 이 된다. 교목이 식재된 부분은 토심을 높였으므로 옥상의 외주부를 따라 하중이 편중되어 있고 토심이  $60\text{cm}$ 인 지점은 토양하중만  $390\text{kg}/\text{m}^2$ 에 달한다.

• 수목 - 교목이 외주부를 따라 산만하게 식재돼 있고 토심을  $60\text{cm}$ 로 올린 부분은 토양하중  $390\text{kg}/\text{m}^2$ 에 바닥물탈  $50\text{kg}/\text{m}^2$ 을 더해  $440\text{kg}/\text{m}^2$ 이 되므로 그 위에 교목을 식재할 경우 위험하며 하중을 기둥과 보위에 집중시킬 필요가 있다. 도면 좌측의 청단풍, 감나무, 모과나무가 하부구조를 이용하지 않고 있으며 우측의 청단풍, 살구나무, 모과나무도 마찬가지로 옥탑우측의 소나무 8주도 편하중을 보인다. 고로 교목을 균집시키지 말고 기둥과 보를 따라 산개해야 하며 좌측중앙의 원형식수대에 속해 식재된 5주의 청단풍은 기둥위로 위치를 옮기는 것이 바람직하다.

• 시설물 - 냉각탑을 제외하면 중요한 시설물은 없고 포장면이 식재면  $287.5\text{m}^2$ 를 제외한  $216.5\text{m}^2$ 에 균등하게 배포되어 있다.  $1,500\text{kg}$ 의 냉각탑이 옥탑좌측  $3\text{m} \times 3\text{m} = 9\text{m}^2$ 의 면적에 탑재되어 있으며 적재하중은  $1,500\text{kg} \div 9\text{m}^2 = 166.6\text{kg}/\text{m}^2$ 로 몰탈  $50\text{kg}/\text{m}^2$ 를 더해도 적재하중  $300\text{kg}/\text{m}^2$ 보다 적어 안전하다.

• 이용자 - 옥탑출입구를 통해 옥상정원에 올라온 이용자는 특별한 동선없이  $216.5\text{m}^2$ 의 포장면을 접하며 식수대에 붙어있는 의자를 이용할 수 있게 되어 있다. 행사나 비상시에 옥상에 군중이 운집할 경우  $801.8$ 인 ( $216.5\text{m}^2 \div 0.27\text{m}^2 = 801.8$ )까지 모일 수 있다<sup>14)</sup>. 성인 한 사람을  $60\text{kg}$ 으로 상정할 경우 총중량은  $801\text{人} \times 60\text{kg} = 48,060\text{kg}$ 이고 적재하중은  $48,060\text{kg} \div 216.5\text{m}^2 = 221.9\text{kg}/\text{m}^2$ 이다. 여기에 바닥 몰탈  $50\text{kg}/\text{m}^2$ 을 가해도  $271.9\text{kg}/\text{m}^2$ 이 되어 당옥상의 적재하중  $300\text{kg}/\text{m}^2$ 을 초과하지 않는다. 그러나 집단적 운동에 의해서 진동이나 충격이 발생할 경우 하중이 급격히 가중되므로 이런 사태를 막을 옥상운용이 필요하다. 당 옥상에는 특정통로 형식의 동선은 없으나 좌우방향으로의 움직임은 중앙의 기둥들을 연결 하는 보위를 따라 유도하는 것이 아랫층의 진동과 소음을 방지할 수 있다. 냉각탑과 국기계양대로의 통행도 마찬가지이다. 이것은 옥상정원의 설계에 따라 용이하게 교정될 수 있다.

상기의 두 사례를 비교하면 적재하중  $200\text{kg}/\text{m}^2$ 의 심곡1동옥상은 토양하중, 10년 후 수목중량증가, 이용자 군집 등의 문제에서 모두 적재능력을 초과하고 있다. 적재하중  $300\text{kg}/\text{m}^2$ 의 공원녹지사업소 옥상은 반면 토양하중, 수목중량증가, 이용자군집 문제가 적재한계  $300\text{kg}/\text{m}^2$ 의 부근에 인접해 있어 문제해결이 비교적 용이하다. 그러나 하중의 배분에서는 양쪽 모두 토양과 수목이 한쪽으로 몰려 편하중이 발생한다.

다음장에서는 이 문제의 개선안을 비롯하여 경사지붕을 포함한 기존옥상의 하중문제해결을 위한 조경계획을 논의한다.

## V. 조경계획 발전방향

Ⅲ장에서 기존건물옥상의 하중제한에 대한 일반적인 대처방안을 논의한 바 있다. Ⅳ장에서 실제 사례를 분석한 후 본장에서 발전방향을 논의한다.

옥상정원의 이용형태는 건물의 용도와 구조에 따라 다르다. 이들은 생태, 관상, 휴식, 재배, 모임, 전망, 학습, 전시, 판매, 공연, 식음, 운동, 놀이, 낚연, 대피 등이다. 상기 이용형태를 하중제한에 의한 사용자의 다소로 대별하여 생태형, 관상형, 이용형으로 구분한다.

생태형은 적재하중이 작아 이용자의 적재가 곤란한 옥상을 경량소재로 녹화한 후 방치하는 유형이다. 경사지붕도 여기에 속하며 이 종류는 경관향상 외에 대기정화, 우수저장, 냉·난방 에너지 절약, 열섬현상완화, 생물서식을 도모하는 생태형이다. 구조상 사람의 출입이 불가능하며 관리도 최소로 하는 특징이 있다.

관상형은 적재하중에 약간의 여유가 있어 옥상을 녹화조경한 후 소수의 사람이 정원의 미를 관상하거나 휴식을 취하고 전망의 장소로도 사용하는 형태이다. 이 정원의 일부를 경작형으로 조성하여 필요한 경작자만 출입케 할 수 있다.

이용형은 그 밖의 모든 용도를 수용하는 적극적인 형태로 충분한 적재하중을 갖는 옥상정원이다.

다음은 옥상을 적재하중에 따라 분류한 후 조경계획의 과정을 따라 이상적인 이용형태를 찾기 위한 조사를 한다.

### 1. 적재하중 $200\text{kg}/\text{m}^2$ 의 옥상

주거, 교육, 업무용의 건물옥상은  $200\text{kg}/\text{m}^2$

14) 주12)를 참조할 것

의 적재하중을 기준으로 건축되며 대부분의 기존건물이 이 범주에 해당한다.<sup>15)</sup> 따라서 본 연구에도 가장 대표적인 조경대상옥상으로 정한다.

1-1. 프로그램단계

앞장에서 조사된 바와 같이 적재하중 200kg/m<sup>2</sup>의 옥상에는 토양, 수목 및 시설물을 반입하고 나면 이용자를 위한 하중의 여유가 거의 없으므로 다중의 이용을 예상하는 용도를 제외하고 계획한다. 가능한 용도는 생태, 관광, 휴식, 재배 등으로 이용자의 수를 소수로 제한한다.

1-2. 부지분석단계

대상지의 적재하중을 건축도면이나 구조진단을 통해 확인한다. 동시에 하부층의 기둥과 보의 위치를 구조도면과 실측을 통해 파악하고 건물이 대부분의 아파트와 같이 내력벽구조이면 벽의 위치를 기록한다. 이때 안전율에 의한 허용가능하중을 조경용으로 계산하여 위험한 상황을 초래하지 않도록 한다.

1-3. 기본구상단계

프로그램에서 개략적으로 정해진 용도와 분석단계에 파악한 적재하중으로 시험적인 계산을 해보면 다음과 같다. 현재 개발된 인공경량 토양을 사용하여 식재하려면 초본류가 20cm, 관목류가 30cm, 교목이 40cm 이상이 필요하다. 토양의 비중이 0.65이므로 20cm를 포설하면 130kg/m<sup>2</sup>이 되고, 30cm의 경우 195kg/m<sup>2</sup>, 40cm이면 260kg/m<sup>2</sup>이다. 고로 이 옥상에는 초본과 관목의 식재만 바람직함을 알 수 있다.

옥상정원의 공간구성에 있어서는 다중의 집합을 가능케하는 포장면이나 광장을 배제하여 사용자하중의 급격한 집적으로 인한 편하중의 발생을 예방한다. 고로 대부분의 공간을 초본이나 관목을 위한 식재공간으로 구성한다.

동선의 설정은 출입구를 출발하여 기둥과 보를, 또는 내력벽을 연결하는 선을 따라 좁은 폭으로 연결한다. 이 방법으로 다중의 통행을 억제하고 하부층에 진동과 소음이 가해지는 것을 방지한다.

1-4. 기본계획단계

본 단계에서 토양 및 수목과 시설물하중을 구체적으로 점검하고 국지적 편하중을 방지할 대책을 논의한다.

• 토양과 수목 - 토양을 30cm의 토심으로 식재공간에 포설할 경우 195kg/m<sup>2</sup>이 되어 5kg/m<sup>2</sup>의 여유밖에 남지 않는다. 반면 20cm를 조성하면 130kg/m<sup>2</sup>으로 70kg/m<sup>2</sup>이 남으나 초본류의 식재만 가능하다. 고로 두 종류의 토심을 조성하여 관목과 초본을 심고 평균토심이 약 25cm가 되게 한다.

특정지점에 발생하는 편하중은 가용범위내에서 기둥이나 보의 상부를 이용한다. 기둥을 중심에 두고 4m<sup>2</sup>의 하중을 마운딩으로 집중시키면 800kg의 적재도 가능하다. (그림 4)

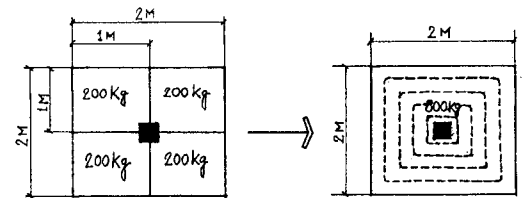


그림. 4 기둥을 이용한 하중집중

위 방법에 의하면 60cm의 토심을 조성하고 (비중 0.65: 0.6m×650kg/m<sup>3</sup>=390kg/m<sup>2</sup>) 교목을 식재할 수 있다. 그러나 수목의 성장에 의한 하중변화가 수고 2.5m, 무게 150kg인 소나무의 경우 정상적으로 성장하면 10년 후 8배가 되어 1200kg이 된다. 고로 교목을 식재한 후 강전정과 같은 무리한 방법으로 하중증가를 억제하여 관리의 수고를 더하는 것보다 최대

15) 표 1. 건축물의 구조기준 등에 관한 규칙 참조

성숙고에 달해도 하중이 별로 나가지 않는 소관목과 초본식물의 식재가 바람직하다. 초본식물은 매년 파종이 필요없는 다년생이 장려된다.

• 시설물 - 이용자가 앉아서 편히 관상과 휴식을 할 수 있게 기본적인 시설만 설치한다. 벤치를 정원전체를 관상할 수 있고 전망이 좋은 쪽으로 배치하고 햇빛과 비바람을 막을 수 있는 파골라나 셸터를 경량재를 사용하여 설치한다. 파골라의 경우 하중이 기둥을 통해 슬라브에 전달되므로 기둥 하나가 200kg/m<sup>2</sup>를 넘을 경우 (2ton 파골라의 기둥하나에 500kg의 하중발생) 편하중을 아래층의 기둥과 보위에 집중시킨다.

#### 1-5. 기본설계단계

200kg/m<sup>2</sup>의 적재하중을 갖는 기존옥상은 기본적으로 관상형정원인 형태를 갖는 것이 장려된다. 이 정원에 가장 효과적인 건물형태는 옥상정원을 면하여 큰 창을 가진 식당이 있거나 고층부가 올라간 것으로 관상효과가 소수의 이용자에 비하여 극대화된다.

디자인 형태는 꽃피는 소관목과 초화류를 이용한 화원이 보편적이고 더 나아가 자수화단으로 변화를 줄 수 있다. 아파트에는 채소원, 약초원을 조성할 수 있으며 학교옥상에는 학습원이 장려된다.

다음의 얇은 옥상과 경사지붕을 논함에 있어 전향과의 중복을 피하기 위해 상이점만을 언급한다.

### 2. 적재하중 100kg/m<sup>2</sup>의 옥상

100kg/m<sup>2</sup>의 옥상은 건축법에 의해 적재물을 예상하지 않는 구조이므로 이용자의 진입은 시초부터 불가하다. 고로 생태형이 유일한 이용형태의 가능성이 된다. 현재 우리나라 인공경량토양공법에 의하면 초본식물의 식재에 20cm의 토심이 필요하고 적재하중이 130kg/m<sup>2</sup>이 된다.<sup>16)</sup> 이것은 이미 본옥상의

적재한계를 초과하므로 다른 선택에 접근하기 위해 신공법을 알아본다. 지붕에 슬라브나 기와를 얹는 대신 흙을 덮고 풀을 심어 생태도시를 조성하는 기법은 독일에서 발달하였다. 이 공법에<sup>17)</sup> 의하면 적재하중 70kg/m<sup>2</sup>으로 지붕을 녹화할 수 있으며 토심은 6cm이다. 비중이 습윤시 1.3으로 현행의 인공토양보다 2배 무거우나 적재하중 70kg/m<sup>2</sup>으로 녹화할 수 있는 것이 장점이다.

식재식물은 하중제한상 초본류를 심고 무관리·방치형이므로 건조에 강한 Sedum속(돌나물류)의 여러종과 내건성 초화류 및 선대류를 주로 식재한다. 돌나물은 장기간의 가뭄에도 견디며 Sedum속에는 이외 기린초, 핑의비름, 바위채송화와 같은 내건성의 종이 많다.<sup>18)</sup> 여기에 우리나라 산야에 많이 자라는 야생화를 개발도입하면 한국의 기후에 적합한 야생화의 꽃지붕을 조성할 가능성이 크다.

옥상이 얇으므로 년 1·2회의 관찰·보수를 위해 다니는 통로를 기둥과 보의 위치를 따라 낸다.

### 3. 경사지붕

우리나라에는 경사지붕의 녹화사례가 없으나 단독주택들을 비롯하여 많은 건물들이 경사지붕을 갖고 있으므로 이를 녹화할 필요가 있다. 경사지붕은 물매가 30° 이상일 경우 적재하중을 80kg/m<sup>2</sup>으로 정하므로 이를 기준으로 한다(표. 1).

하중의 제한상 경사지붕 역시 초본류의 식재를 위주로 하는 생태형조경이 해결방안이 된다. 전향의 독일공법으로 토심 6cm, 적재하중 70kg/m<sup>2</sup>에 내건성식물을 심으면 되나 경사가 있기 때문에 폭우나 강풍시 토양의 유실과 비산이 평지붕과 다른 문제로 대두한다. 이를 해결하기 위해 고안된 장치가 다음 그림.5와 같은 흙칸막이 구조이다.

16) 실적이 가장 오래된 파라소 공법 기준

17) DAKU공법: 토양원료 - 화산석, 비중 - 건조시 0.9, 습윤시 1.3

18) 이창복(1985), 대한식물도감, 서울:향문사, p404-408.

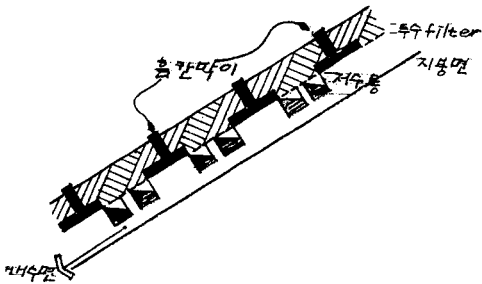


그림. 5 독일식 흡관막이 공법 개념도

본 구조는 토양의 유착과 동시에 강우시 저수와 배수를 할 수 있게끔 고안된 간단한 장치이다. 지붕의 경사가 급해질수록 흡관막이의 간격이 좁아져 45°경사까지 시공이 가능하다. 식재식물은 돌나물류와 선태류 그리고 야생화 중에서 건조에 강한 종을 골라 심는다. 지붕마감이 아스팔트싱글(asphalt shingle)인 경우 그대로 시공이 가능하지만 기와지붕은 기와를 들어낸 후 설치한다.

이 방식의 일본에서 시공된 트렐리스(trellis)식이 있다. 단층이나 2층의 건물에 트렐리스로 덩굴식물을 지붕까지 올려 피복하는 방식이다. 우선 식물의 뿌리가 자연토양에서 자라므로 생육에 문제가 없고 트렐리스도 경량재를 사용하면 하중을 최소화할 수 있다. (그림6) 기와를 제거하지 않아도 되는 잇점도 있다. 식재식물은 능소화, 덩굴장미 등을 사용하나 등나무는 기와밑을 파고들므로 차단망이 필요하다.

상기한 예 외에 사례분석에서 본 서울시공원 녹지관리사업소 옥상은 300kg/m<sup>2</sup>의 적재하중을 가졌다. 관공서나 은행건물은 규정이상으로 견고하게 건축하는 경향이 있으므로 이런 경우 조경계획의 폭이 넓어진다. 사례에서와 같이 무리한 하중의 적재와 하부구조를 무시한 편중만 시정된다면 단순한 관상형에서 이용형으로 사용형태를 강화할 수 있다. 여기에서부터 적재하중 500kg/m<sup>2</sup>의 옥상정원, 옥상광장까지 있으나 이들은 조경이 안 된 기존건물이 아니라 옥상정원을 계획한 것이며 헬기착륙까지 가능한 것이다.

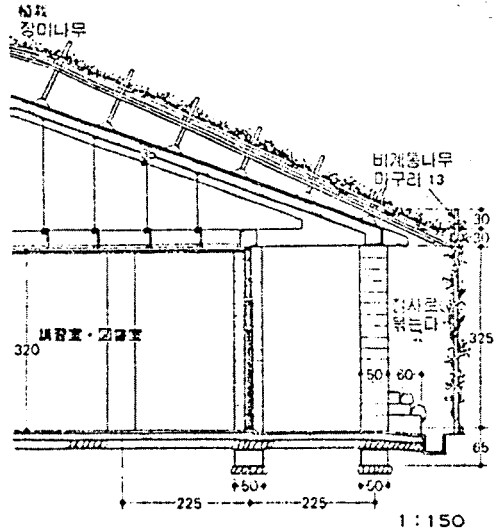


그림. 6 트렐리스식 경사지붕조경 (일본 오끼나와) (출처: 윤정섭 감수, 건축설계자료 집성 10권, p. 154.)

## VI. 결론

하중제한에 대한 기존의 대책을 고찰한 후 2건의 사례를 분석한 결과 가장 대표적인 기존 옥상인 적재하중 200kg/m<sup>2</sup>의 건물에 대한 조경계획상의 대처방안은 다음과 같다. 우선 설계도면과 실사를 통해 정확한 적재능력을 확인한 후 경량인공토양을 사용하여 하중을 고르게 분포시킨다. 대부분의 공간을 식재공간으로 구성하고 균중의 집합이 이루어질 가능성이 있는 소광장 등은 가급적 피한다. 식재수종은 최대성숙고에 달해도 하중부담이 없는 소관목과 초화류를 주로하여 교목이 성숙한 후 부과하는 추가하중문제를 완화한다. 시설물은 벤치와 파골라같은 기본적인 편의시설만 설치하여 정원을 전체적으로 관상·휴식형으로 조성한다.

적재하중 100kg/m<sup>2</sup>의 얇은지붕과 경사지붕은 기존의 인공경량토양을 사용해도 적재능력을 초과함으로 독일식 신공법을 도입하여 내건성의 야생초화류를 식재하고 무관리로 방치하는 생태형 지붕을 조성한다.

본 연구이후 하중제한을 해결하기 위한 과제 의 방향은 저렴한 국산인공토양의 개발이다.

현재의 공법은 일본과 독일에서 수입하기 때문에 시공비가 비싸다. 적재하중  $200\text{kg}/\text{m}^2$ 의 기존옥상에 식재하기 위한 수종의 선택은 풍부한 소화목과 초화류가 기히 존재하므로 문제가 없으나  $100\text{kg}/\text{m}^2$ 과 경사지붕은 토심이 극도로 얇으므로 식물종의 연구와 개발이 앞으로 더 있어야 할 것이다. 이 문제는 한국의 산야에 자라는 야생화에 주의를 돌리면 가능성을 클 것이다.

### 인용 및 참고문헌

1. 김선호 외 3인(1993), 건축구조학, 서울:동명사, p6.
2. 대한주택공사 주택연구소(1995), 아파트 단지내 인공 지반 조경녹화방안 연구, p138-150.
3. 박용진, 이기의 역(1992), 최신환경녹화, 강원대학교 출판부, p62.
4. 박철수, 이재준, 황경희(1996), 아파트 단지내 녹화공간 확대를 위한 한국과 일본의 인공지반 사례조사 비교연구, 대한민국토·도시계획 학회지 31권 1호(통권 81호), p149-163.
5. 서울시립대학교 환경생태 연구실(1996), 인공토양 파라소 사례연구를 통한 인공지반의 적정수중선정 및 관리 방안.
6. 심근정(1996), 건축공간의 녹화, 서울:대우출판사, p94.
7. 윤정섭 감수(1983), 건축설계자료집성 제10권, 서울:건축우사, p154-155.
8. 이영무(1995), 실내조경, 서울:기문당.
9. 한국건설기술연구원(1997), Green Town 개발사업 II 연구보고서, p7-25.
10. 한국건설기술연구원(1997), 생태도시 조성 기반기술 개발사업, 국립환경연구원, p58-64.
11. 한국조경학회(1990), 조경식재설계론, 서울:문운당, p275-310.
12. 한국조경학회(1986), 조경계획론, 서울:문운당, p119-121.
13. 황경희(1997), 도시녹지 면적 확보를 위한 조경수목 선정 및 식재지 조성방안 연구, 서울시립대학교 대학원 조경학과.
14. 현대건설기술연구원(1997), 인공지반 조경녹화기법에 관한 연구, p23-28.
15. 환경과조경(1996), 6월호 특집 옥상조경.
16. Fruin, john(1991), Pedestrian Planning & Design, 김용성 외 1인 번역, 서울:태림문화사, p22.
17. Halprin, Lawrence(1963), Cities, New York:Reinhold Publishing co. p179-192.
18. Rees, Yvonne(1991), Balconies & Roof Gardens, London:Ward Lock Book.
19. Stevens, David(1997), Roof Gardens, Balconies & Terraces, New York:Rizzoli Publications.
20. Stickland, Sue(1996), Small Ecological Garden, London:Search Press.
21. 東京都新宿區 편저(1994), 都市建築物の綠化手法, 東京:彰國社, p30-31.
22. 都市綠化技術開發機構(1996), Neo Green Space Design 1, 東京:誠文堂新光社.
23. 都市綠化技術開發機構(1996), Neo Green Space Design 2, 東京:誠文堂新光社.
24. 龍光夫(1992), 建築と綠, 京都:學芸出版社. 中島宏 外 2人(1995), 綠空間の計劃と設計, 東京:經濟調査會.