

테라스 붕괴 위험 대책

미국 펜실베이니아주 피츠버그 근교 아리게니 산계(山系)의 산속 움푹들어간 곳에 안겨있는 Frank Lloyd Wright의 최고 걸작 낙수장은 투명한 물을 가득히 채운 배아랑강에서 흘러 떨어지는 폭포에 빠져죽이 나와 물소리를 귀여겨 듣고있는 듯한 모습을 보여주고 있다.

1939년에 준공한 이래 이미 60년 이상이 경과했다. 풍요한 자연에 어울리는 그 모습은 오너인 에드가 카프만 주니어가 라이트의 제자가 된 것이 낙수장 건설의 계기가 되었다.

부부가 사망한 후에도 주니어가 변경을 해가면서 계속 거주하여 그가 생존중인 1963년 서부 펜실베이니아주 보존위원회(WPC = Westrn Pennsylvania Conservancy)에 관리가 위탁되었다. 보존건축물로 공개되어 지금까지 방문한 견학자는 200만명을 넘고 있다.

자연조건과 대립한 설계내용

연료를 더해가는 가운데 건물 각 부분의 손상이 진행되는 것을 무시할 수 없게 되었다. 낙수장은 총 바



프랭크 로이드 라이트의 대표작 준공 후 60여년을 경과한 현재 대규모 보수가 시행되고 있다. 배아랑강에 내민 테라스가 해마다 침하하여 이대로 가면 붕괴에 이르는 것은 명백하기 때문에 마감재를 제거하여 대규모 구조보강을 실시하고 있다.

다면적 약 650㎡ 중 반 가까이가 테라스로 되어 있다.

건물 모양은 동서와 남쪽의 3방향으로 삐죽이 나온 특징이 있는 3층 건물로 카프만 테라스라 부르는 유명한 폭포 위에 튀어나온 테라스는 남향으로 되어 있다.

구조는 캔틸레버 빔을 포함하여 모두 철근 콘크리트조로 되어있다. 내민 지붕은 지상층의 테라스와 파라펫에 연결되고 어떤 부분은 자연의 암봉(岩棚)을 이용하여 하중을 지지하고 있으나 바위와 구조적으로 일체가 되지 않고 있다.

수직 벽은 판상암(板狀岩)의 마구리 쌓기(Heading Bond)로 되어있다. 콘크리트 벽면은 백시멘트를 6mm 두께로 정벌칠을 하여 콘크리트 타설이 가지런하지 못했던 것을 철의 두께로 조정하고 있다. 이 두께의 가지런하지 못한 것이 손상의 한 요인이 되었다.

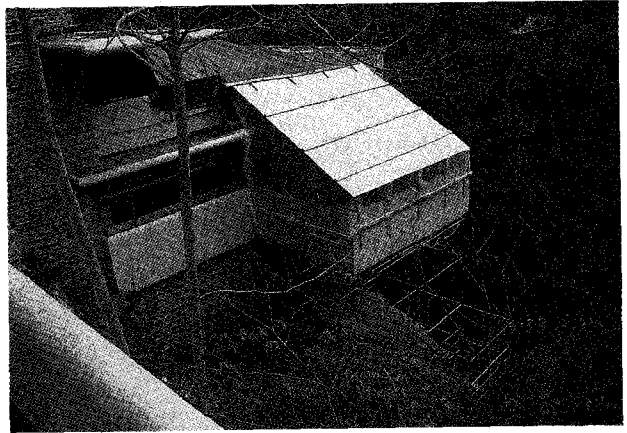
약간의 원래 페인트를 여기저기에서 조금씩 볼 수 있으나 오랜 세월의 풍상으로 벗겨 떨어져 몇번이고 정벌칠을 한 곳이 대부분이다. 다습하기 때문에 페인트를 칠할 때 거둬지게 수분이 들어간 것도 표면의 열화를 촉진하였다.

낙수장의 손상은 주로 다습함이 원인이었으나 설계가 부지조건과 대립한 것이 몇가지 문제점을 초래하였다고 할 수 있다.

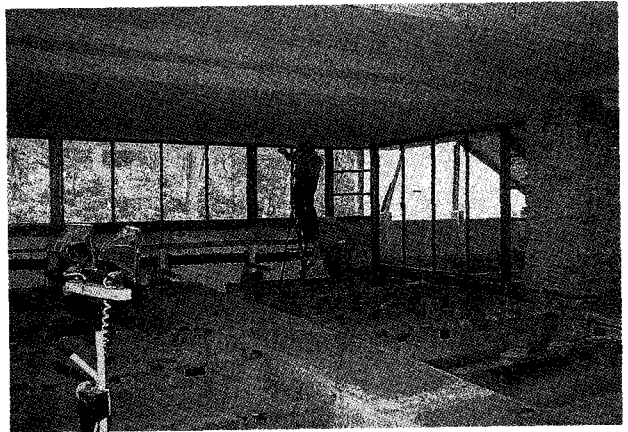
평지붕과 테라스는 가혹한 자연조건에 항시 노출 상태가 되어있다. 그것은 모든 곳에서 방수층의 끊임없는 열화를 촉진하게 되었다. 물끓기가 여러 곳에서 불충분했던 것도 사실이다.

크게 내민 캔틸레버 빔은 폭포 위에 가설되어 물보라를 정면으로 뒤집어 쓰는 위치에 있고 지주의

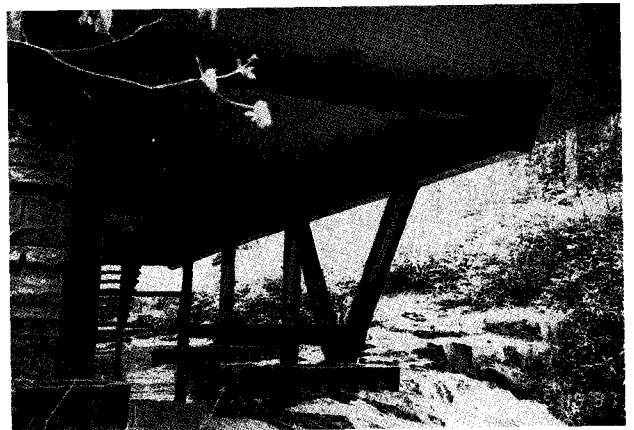
공사중에는 암봉에서 1층 바닥일까지 철골기둥과 보로 일시적인 가설지지대를 설치했다. 보수작업이 끝나면 제거할 예정이다.



테라스는 캔틸레버 빔의 상단 철근량이 모자라 침하가 계속되었다. 케이블에 의한 포스트텐션으로 빔을 고정하는 공사를 촉진하고 있으나 적설에 대비하여 양생용 편촉구배의 가설지붕을 가설하고 있다.



구조보강의 케이블을 부설하기 때문에 거실바닥 마감을 해체하였다. 사진 왼쪽에 보이는 연속된 창문부분에 보이는 마리온(mallion)은 구조재로 위에 있는 주침실을 지지하고 있다.



일부가 폭포의 바로 앞에 흐르는 물 속에 있는 것도 구조체에 악영향을 미치는 한 요인이 되었다. 또 무성한 수목이 계절마다 건물에 주는 일조시간을 불규칙하게 한 것도 영향을 주었고 건물 배후의 암에서는 끊임없이 지하수가 건물에 침투하고 있었다. 도목(倒木)의 피해도 과거에 두번이나 있었다.

낙수장 구조조사 착수

부분적인 보수는 완성 당시부터 반복되어 왔으나 WPC는 본격적인 보수공사를 검토하기 시작했다. 1987년에 건물 전체의 손상 열화에 관하여 WASA (Wank Adams Slavin Architects)에 조사를 의뢰하였다. 창립 110년이 넘는 뉴욕의 건축설계사무소로 고건축의 보수에 뛰어난 사무소다.

WASA는 주로 건축재료에 관한 조사 보고서를 SPC에 수년마다 제출해 왔다. 계속하여 부분 보수도 시도되었으나 재료의 열화에 대한 보수였었다.

구조적 결함은 건물완성시부터 지적되고 있었으나 1994년 버지니아 대학 대학원생의 논문에서 컴퓨터에 의한 해석이 발표됨에 따라 WPC는 대대적인 구조적 조사의 필요성을 인식하였다. 1995년 심사결과 뉴욕에 있는 Rolert Silman Associates가 선정되어 조사가 시작되었다. WPC는 우선 Silman사무소에 주침실의 테라스가 구조적으로 계속 유지될 수 있을 것인가 하는 것을 조사의뢰하였다.

테라스에는 완성 당시부터 분명히 구조 크랙인 균열이 나고 있었다. 콘크리트 타설 뒤 거푸집 철거시에 일어나는 변형이 심했던 것도 알고 있었다. 위원회는 크랙을 표면적으로 보수하는 것만으로 될 수 있는지 알고 싶어했다.

테라스 침하 진행중

Silman 씨는 주침실에 국한되지 아니하고 구조적

으로 관련이 있는 바로 밑의 거실을 중심으로 조사할 필요가 있다고 제안하였다. 캔틸레버 빔의 테라스가 건설 이후 침하한 것을 알고 있었기 때문이다.

조사는 '캔틸레버 빔의 침하현상이 지금도 진행하고 있는가 아니면 안정되고 있는가가 중심 테마가 된다'고 답하고 있다.

조사에는 코네티컷주의 프리스트레스 포스트텐션 전문의 구조사무소 슈팩 스앨리즈 엔지니어사(마리오 스앨리즈 씨 담당)와 영국 케임브리지의 GB지오텍사(조지 바라드 씨 담당)가 협력하여 각자의 조사를 개시하였다.

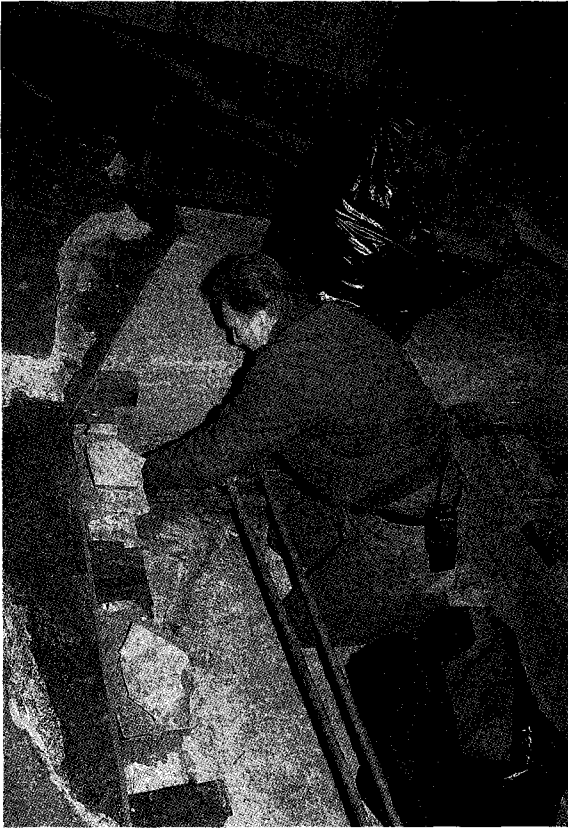
GB지오텍사가 개발한 전자계측 모니터에 의하여 테라스의 침하현상은 진행중인 것이 밝혀졌다. 라이트 설계에 어느 정도 충실했는가를 조사하기 위해 자료를 근거로 건물이 건축된 때의 상황도 조사하였다.

특히 캔틸레버 빔의 철근 배근량과 그 규격과 위치, 벽허리, 바닥 등을 포함하여 건설시의 상황을 전자기기(전파탐지기, 초음파, 고해상도의 자기 탐사장치)를 사용하여 조사하였다.

생전에 카프만 씨가 경연으로 계속해온 테라스의 침하기록과 이번 조사결과는 재료의 손상상황을 고려하여 계산한 수치와 유사하여 테라스의 침하가 앞으로 진행되는 과정에 있고 끝내 구조가 붕괴된다는 것을 시사하고 있었다.

WPC에 제출된 결론은 부분보수로는 해결할 수 없고 위험한 상황을 근본적으로 타개할 필요가 있다고 하는 것이었다. 현재 보수가 추진되고 있는 것은 주로 구조와 재료에 관한 것이다.

그 보수방법은 먼저 원설계에 최대한 충실할 것, 그리고 보수개시 이후에 손상이 진행될 것으로 예상되는 위치를 개량하는 것, 이와함께 원설계의 사양에 명문화되어 있는 재료, 구조방식에 손상이 진행되지 않도록 적절한 처리를 하는 것 등에 중점이 두어지고 있다.



폭포에 내민 빔의 끝에 콘크리트 블록을 설치하여 철제 튜브를 매설하여 케이블을 이 속으로 끼워 넣은 다음 빔이 붙어 있는 부분에 고정하여 유압잭으로 인장력을 준다.

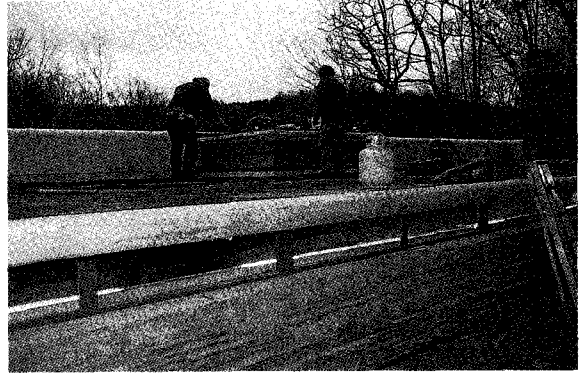
대규모 구조 보수의 개요

1995년 Silman 씨가 제출한 보고를 받고 WPC는 근본적인 보수에 착수하기로 하였다. 캔탈레버 빔을 포함한 보, 기둥과 연결되지 않은 보와 이에 관련되는 구조벽, 기둥 하나하나의 보강 보수가 주된 점이다.

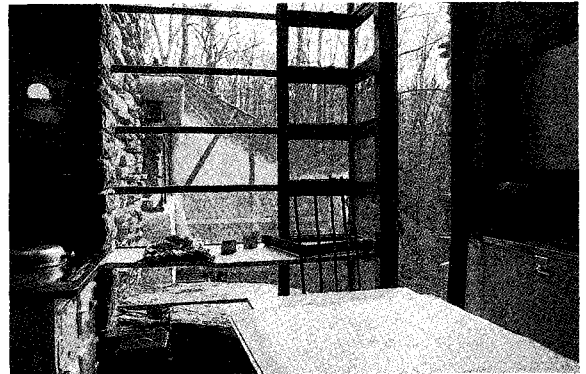
테라스의 침하는 캔탈레버 빔에 하중이 걸렸을 때 상단에 발생하는 인장력에 저항하는 철근량의 부족이 원인이었다.

해결책은 캔탈레버 빔에 고강도 케이블로 포스트텐션을 걸기로 결정하였다. 보수기간 중에는 주된 보의 선단을 일시적으로 지지해둔다.

구조보강은 각방의 마감재를 제거하는 대규모의 것이 되었다. 그러나 Silman 씨는 '포스트텐션에 의한



지붕과 스카이라이트의 보수작업. 스카이라이트 방수가 빈약하여 적설시 등 수시로 누수현상이 일어났다.



철제세시도 기밀성이 결여되어 있었다. 방습, 방음 성능을 높이기 위해 실리콘재 충전을 실시하고 있다.

보의 보수는 현재의 변형을 교정해 주지만 설계대로 전면 변형이 없는 것으로 활의도는 처음부터 없었다'고 말했다.

이 이상 침하가 진행되지 아니하고 반영구적으로 이대로의 상태를 유지할 수 있으면 충분하다. 약간 밑으로 기울어진 테라스는 낙수장의 역사를 말해주게 되고 지금까지 일어난 문제를 보는 사람에게 상기시켜 주게 된다. 그리고 폭포와 소하천의 얇은 여울에 내민 테라스의 낙수장 이미지는 이제부터라도 찾는 사람들에게 감명을 주게 될 것이다 보수공사는 2002년 완료를 목표로 일반공개도 일부 재개할 예정이다. ☺

〈外誌에서, 다음호에 계속〉