

케이블넷 파사드의 시공관리를 위한 하중재하 Mock-up실험

The Loading Mock-up test for Construction Management of Cable net Facade

문 상 덕* 옥 종 호**
Moon, Sang-Deok Ock, Jong-Ho

Abstract

Cable net system openness and flexibility is good high and the large deflection caused no damage to the structure itself. However, cable installation, install complex systems and technologies are needed. In this study, for the basic materials of cable net construction management, cable net expert's advice and mock-up test results are summarized.

키 워 드 : 케이블, 케이블넷 파사드, 시공관리, mock-up 시험
Keywords : cable, cable-net facade, construction management, mock-up test

1. 서 론

케이블넷은 넓은 유리면적으로 큰 개방감과 함께 동적하중에 대한 케이블의 연성적 거동으로 안전성을 갖춘 기술로 평가되어 공항 같은 시설에 적용이 늘고 있다. 국내에는 여의도 전경련 회관의 포디움부에 케이블넷이 적용되어 얼마 전 완공된 것이 첫 사례이며, 인천국제공항의 제2여객터미널에 케이블넷 적용을 계획하고 있다.¹⁾ 케이블 넷 시스템은 높은 개방성과 탄력성이 좋아 큰 처짐이 발생하여도 구조물 자체에 손상이 없는 특징이 있으나, 케이블 설치시 프리스트레스(prestress)를 가하기 위해 복잡한 시스템과 설치기술이 필요하다. 따라서 본 연구는 인천공항 케이블넷에 적용할 고강도 케이블의 성능 검증과 시공관리를 위해 전문가 자문과 mock-up 시험 결과를 정리하여 케이블넷 시공관리를 위한 기본 자료로 제시하고자 한다.

2. 이론적 고찰²⁾

2.1 케이블넷 파사드의 종류

케이블넷 파사드 시스템은 유리에 전달되는 풍하중과 자중을 지지하는 케이블의 방향에 따라 크게 싱글케이블 시스템(Single Cable System 또는 Cable Mullion System)과 더블케이블 시스템(Double Cable System 또는 Flat Cable Net)으로 구분할 수 있다. 싱글케이블 시스템은 일반적으로 상부와 하부에 수직으로 인장을 주어 1방향으로 거동하고, 더블케이블 시스템은 싱글 케이블 시스템에 수평 케이블을 추가하여 그물 모양의 망을 만드는 시스템으로 장 스펠 구조물의 처짐 제어가 용이하며, 적절한 스펠 간격을 확보하면 케이블에 작용하는 프리스트레스를 감소시킬 수 있다.

2.2 시공관리 요소

케이블넷 파사드는 설계강도를 만족시킬 수 있도록 케이블과 소켓의 압착(Swaging), 프리스트레싱(Prestressing)에 대한 관리가 중요하며, 또한 적절한 시공품질을 확보하기 위해서는 케이블넷의 조립순서, 설치계획, 설치도구 및 유압장비, 프리텐션 시방서 및 프리텐션링 절차들이 고려되어야 한다.

표 1. 전문가 자문을 통한 케이블넷 시공시 주의사항

항목	주의사항
• Cable Pre-tension	• 케이블 최대 장력의 5%의 힘으로 실시하여 Cable을 긴장시킨후 적정길기로 절단하여 사용 • Tension측정장비 사전 검사·교정
• Cable 앵커 포인트 측정	• 대기의 온도와 철골온도가 같고, 태양 복사열 영향을 피하기 위해 이른 아침에 실시 • 허용오차 ±2mm이내
• Cable Tensioning	• 순서에 따라 실시하며, 각 단계별 Tensioning후 이전 단계에 실시한 각 Cable 의 장력값을 재측정
• Rod Bar 설치 유의사항	• Glass Joint쪽의 센터에 위치
• Turnbuckle설치 유의사항	• Turnbuckle의 Tolerance의 충분한 활용을 위해 조절나사 중앙에 위치

* 서울과학기술대학교 건축프로그램 박사과정

** 서울과학기술대학교 건축학부 교수, 교신저자(ockjh@seoultech.ac.kr)

3. 케이블넷 시공관리를 위한 전문가 자문

국내에서는 케이블넷 파사드 사례가 거의 없어서 케이블넷의 설계, 시공, 유지관리에 관한 자료가 부족한 상황이다. 표 1은 케이블넷의 시공관리요소 도출하기 위해 국내 케이블넷이 적용된 A현장의 CM단장과 1대1 면접방식을 통하여 케이블넷 엔지니어링시 주의해야 할 사항을 정리한 것이다.

4. 케이블넷 Mock-up 시험

4.1 실험체 계획 및 실험 방법

실험체 프레임은 그림1과 같이 9.0m x 9.0m 로 설계 하였고, 프레임의 강성확보를 위해 바깥쪽으로 트러스를 추가하였고, 그리드의 사이즈는 1.5m x 3m 이며 2개의 수직케이블과 5개의 수평케이블이 배치하였다. 그리고 각각의 그리드에 케이블의 처짐을 측정할 수 있는 와이어 변위계를 설치하여 테스트 시작 후 발생하는 케이블의 변위를 측정하였다. 케이블은 $\varnothing 45$ $f_u = 1960\text{MPa}$ 고강도 케이블을 사용하였으며 초기장력은 파단하중의 5%와 10%를 적용하였다.

실험체에 적용하는 하중은 실험체의 자중과 대상 지역의 설계속도압 1.5kN/m^2 을 적용하였고, 그림 2와 같이 수직과 수평케이블이 만나는 절점에서 풍하중을 절점하중으로 치환하여 가력하였다. 수직케이블과 수평케이블이 만나는 10개의 절점이 있으며 하나의 절점이 분담하는 면적 4.5m^2 에 작용하는 $6.75\text{kN}(=700\text{kg})$ 이 각 절점에서의 작용하는 풍하중으로 실험에서는 700kg을 5단계로 나누어 140kg, 280kg, 420kg, 560kg, 700kg 점진적으로 하중을 증가시키며 각 단계의 실험체 변형을 측정하였다.

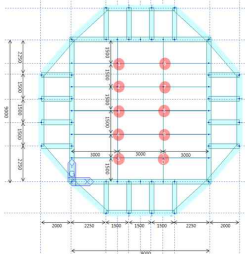
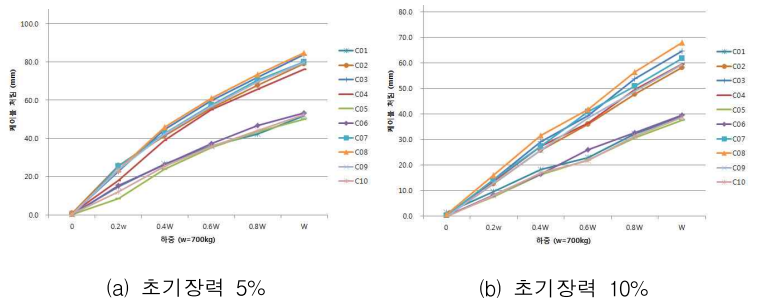


그림 1. 실험체 계획



그림 2. 하중 재하방법



(a) 초기장력 5%

(b) 초기장력 10%

그림3. 케이블의 처짐

4.2 케이블의 처짐

케이블의 최대 처짐은 그리드 중앙에 위치한 곳에서 최대 처짐이 발생하였고, 초기장력을 5%로 긴장한 실험에서 최대 84mm의 처짐이 발생하고 초기장력을 10%로 늘린 두 번째 실험에서의 최대 처짐은 68mm의 처짐이 발생했다. 컴퓨터 모델링 해석에 의한 결과인 108mm, 80mm보다 다소 작게 나와 적용한 고강도 케이블은 성능은 충분한 것으로 판단되었다.

5. 결 론

케이블의 처짐에 대한 기준은 아직 국내의 건축기준에 명시된 것은 없으나 외국의 설계사례나 기준을 보면 $L/60$ 을 많이 사용하고 있으며, $L/60$ 을 적용할 경우 본 실험에서의 허용 처짐 기준은 150mm로 처짐에는 상당한 안전율을 확보하고 있는 것으로 나타났다. 추후 본 실험결과를 바탕으로 국내 실정에 맞는 케이블넷 시공관리 기준 마련을 위해 처짐기준, 세부 시공기준에 대한 연구가 진행되어야 할 것이다.

Acknowledgement

본 연구는 국토교통부 건설교통기술촉진연구사업의 연구비 지원(과제번호;12PRPI-C063326-01)에 의해 수행되었습니다.

참 고 문 헌

1. 박종석, 이창환, 우은택, 정광량, 케이블 넷 시스템의 하중 재하 실험, 대한건축학회 학술발표대회논문집, 제34권 제1호, 2014
2. 문상덕, 옥중호, 케이블넷을 이용한 파사드 시스템의 시공관리를 위한 기초연구, 한국건축시공학회 학술발표논문집대한건축학회 논문집 제13권 제1호, pp.189~191, 2013