

청소로봇이 부착된 커튼월 부재의 구조해석

The Structural Analysis of the Curtain Wall System for the Attached Cleaning Robot

한 유 길* 이 용 원* 연 규 원** 김 종*** 서 상 교****
Han, Yu-Gil Lee, Yong-Won Yeun, Gyu-Won Kim, Jong Seo, Sang-Kyo

Abstract

Most of buildings' exterior walls are curtain wall systems and in the respect, the cleaning robot system is the main research item for cleaning and maintenance of them. We have structurally analysed the cases to review on the structural stability of the mullion members where the cleaning robot is attached. The result is showing that the largest stress is formed by the basic wind speed, which is specified in Korean Building Code-Structural.

키 워 드 : 커튼월, 풍하중, 지진하중, 비구조요소, 청소로봇
Keywords : curtain wall, wind load, seismic load, nonstructural component, cleaning robot

1. 서 론

최근 대부분의 건물 외벽 마감은 무게가 가볍고, 시공이 간편한 커튼월 시스템이 주로 사용되고 있다. 커튼월은 건축구조물의 일 부로서 건물에 영구히 설치되는 건축구조물의 비구조요소 중 하나이다. 현재, 청소로봇시스템을 이용하여 건물의 외벽을 청소 및 유지관리 하는 방법이 연구 중이며, 청소로봇을 부착한 후 커튼월 의 멀리언 부재를 청소 로봇의 이동 레일로 사용하는 방법도 연구 되고 있다¹⁾.

본 연구는 커튼월 멀리언 부재에 청소로봇시스템의 적용 가능 성을 검토하기 위해 건축구조기준의 지역별 기본풍속에 의한 풍 하중(Case 1), 청소로봇이 커튼월 멀리언 부재에 부착된 상태에 서 작업한계풍속(15m/s)에 의한 풍하중(Case 2), 건축구조기준 의 내진등급에 따른 허용층간변위(Δa)를 구조모델에 강재변위로 적용하고 멀리언 부재에 부착된 청소로봇의 등가정하중을 산정하 여(Case 3) 각각의 케이스별로 구조해석을 실시한다.

2. 커튼월에 작용하는 하중 분석

커튼월 설계에서 고정하중은 유리 또는 패널(Panel), 알루미늄 또는 강재 프레임, 부속철물을 합한 하중으로 일반적으로 0.4~0.5

kN/m² 정도이다.

풍하중은 지역별 기본풍속(V_o), 지표면조도(E_{xp}), 중요도계수 (I_w), 풍방향가스트영향계수(G_f), 건물의 높이(H) 등에 따라 달라지며, 건물에 정압부압으로 작용한다. 또한, 외장재설계용 풍압 계수에 따라 외내압계수(G_{cpe} , G_{cpi})를 조합하여 적용한다.

건축구조기준에서 비구조요소는 건축구조물과 마찬가지로 지진하중에 대하여 하중과 변위에 안전하도록 규정하고 있다. 커튼 월은 구조물의 층간변위에 의하여 영향을 받는 변위에 민감한 비 구조요소로서, 건물의 거동을 지반의 운동으로 간주하여 해석한다²⁾. 비구조요소의 가동중량(W_p), 증폭계수(a_p), 중요도계수 (I_p), 반응수정계수(R_p) 등에 의한 지진 등가정하중을 산정하여 구조해석 모델에 적용한다.

3. 청소로봇이 부착된 커튼월 부재의 구조해석

본 연구에 적용한 구조모델은 표 1.과 같으며 건축구조물에 지 지되는 커튼월의 멀리언 부재 간격은 1.0m, 길이는 4.0m로서 연 속보 형태이다.

표 1. 구조모델

용도	높이	커튼월재료	설계기준	해석프로그램
오피스텔	121m	알루미늄	AAMA	Midas gen

* (주)선ENG 건설기술연구소 연구원
** (주)선ENG 건설기술연구소 책임연구원, 공학박사, 교신저자 (yeun0101@hotmail.com)
*** (주)선ENG 건설기술연구소 연구원, 공학박사
**** 충북대학교 건축공학과 교수, 공학박사

1) 이용원, 연규원, 한유길, 김종, 외벽청소로봇 이동에 따른 건물 커튼월의 응력분포, 한국정밀공학회 학술발표대회 논문집, pp.1369~1370, 2011
2) 대한건축학회, 건축물의 풍하중 및 지진하중, pp.140~143, 2007

구조모델에 적용한 풍하중 산정 조건은 표 2,와 같으며 기본 풍속(30m/s)에 의한 풍하중(Case 1)과 청소 로봇이 부착된 작업 한계풍속(15m/s)을 적용하여(Case 2) 산정하였다.³⁾

표 2. 설계 풍압 (정압)

Vo (m/s)	EXP	Kzt	lw	qz (kPa)	A (m ²)	H (m)	GCpe	Gcpi	Pc (kPa)
30 (15)	B	1	1	0.94 (0.23)	4	121	1.65	0 or -0.52	2.04 (0.50)

표 3.과 같은 조건으로 멀리언 부재에 부착된 청소로봇 등가정 하중(F_p)을 산정하며, 지진 발생 시 커튼월 부재는 건축구조물에 지지되어 거동되므로, 건축구조기준에 규정된 허용층간변위 (중요도 I : $0.015h_{sx}$)를 강제변위로 적용하여(Case 3) 해석하였다.

표 3. 등가정하중 산정

Wp (kPa)	ap	Sds	lp	Rp	z (m)	h (m)	Fp (kN)
4.5	1.0	0.354	1.0	2.5	121	121	0.76

$$F_p = \frac{0.4 \cdot ap \cdot Sds \cdot Wp}{\left(\frac{R_p}{l_p}\right)} \cdot \left(1 + 2 \cdot \frac{z}{h}\right) = 0.76kN$$

관련 사례를 분석하여 설정한 청소로봇 중량은 약 5kN이며, 로봇의 상하단 거리는 0.6m, 작용 위치는 멀리언의 중앙부, 수직 이동 하는 것으로 적용하여 해석하였다.

그림 1, 2는 Case 1, 2, 3에 대한 멀리언 부재의 단부중앙부 휨모멘트 검토 결과이다. 건물을 5개 층으로 구분한 후 멀리언 부재의 휨모멘트를 각각의 Case로 비교하였다.

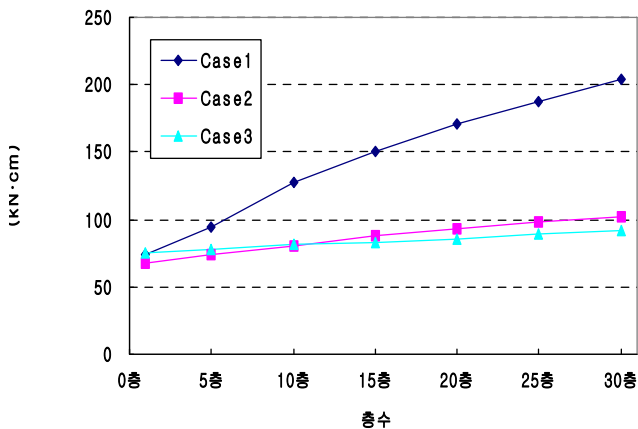


그림 1. 멀리언의 휨모멘트 (단부)

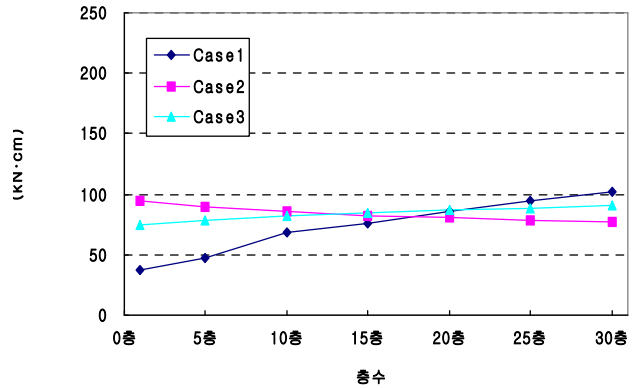


그림 2. 멀리언의 휨모멘트 (중앙부)

멀리언 부재의 해석결과 층이 올라갈수록 휨모멘트가 증가하는 것으로 나타났으며, 그림 1(단부)의 경우 Case 1이 Case 2, 3에 비해 높이에 따른 휨모멘트의 증가폭이 크며, 25층부터는 Case 2, 3보다 2배 이상 크게 나타났다. 그림 2(중앙부)의 경우 Case 2는 청소로봇의 자중과 풍하중이 상쇄하여 휨모멘트가 감소하는 것으로 나타났다. 본 연구에 적용한 Case 중 Case 1이 Case 2, 3보다 커튼월 멀리언의 응력이 가장 큰 것으로 검토되었다.

4. 결 론

커튼월 멀리언 부재에 청소로봇시스템의 적용 가능성을 검토하기 위해 Case 1, 2, 3 으로 구조해석을 실시한 결과 층이 올라갈 수록 부재의 응력이 증가하며, 이 중, Case 1이 청소로봇이 부착된 커튼월 부재 설계에 지배적인 케이스로 검토되고, 이는 건축구조기준에 의해 구조설계가 이루어진 커튼월 시스템의 경우 수직 이동 청소로봇시스템 적용이 가능한 것으로 나타났다. 향후, 청소로봇의 수평 이동 및 부착방법에 대한 추가적인 연구가 필요하다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에 서 위탁 시행한 2010년도 건설기술혁신사업(과제번호: 10기술혁신E03)의 지원으로 수행되었습니다.

참 고 문 헌

1. 대한건축학회, 건축구조기준, pp.71~126, 2009
2. 대한건축학회, 건축물의 풍하중 및 지진하중, pp.136~143, 2007
3. 이용원, 연구원, 한유길, 김종, 외벽청소로봇 이동에 따른 건물커튼월의 응력분포, 한국정밀공학회 학술발표대회 논문집, pp.1369~1370, 2011