

알루미늄 커튼월의 ASD/LRFD설계방법에 따른 경제성 평가 방법

Economic Evaluation Method by Design Method ASD and LRFD of Aluminum Curtain wall

문 상 덕* 옥 종 호**

Moon, Sang-Deok Ock, Jong-Ho

Abstract

The curtain wall construction applied on high-rise building facades in Korea became generalized, but specialty of the CMr(Construction Manager) who needs to perform economical project management with specialty in the curtain wall construction is still lacking. Therefore, this study analyzed the structure design standard of the curtain wall, researched economical design alternatives. Based on the research results, if the ratio of dead load against wind load is less than 0.1256, LRFD will be more economical.

키 워 드 : 커튼월, 허용응력설계법, 하중저항계수설계법

Keywords : curtain wall, allowable stress design, load resistance factor design

1. 서 론

커튼월 공사의 건설관리자(Construction Manager, 이하 CMr)의 역할에는 설계단계의 타당성 검토와 가치공학(Value Engineering, 이하 VE)분석을 통한 설계 개선안 제시, 구조안정성 검토 업무등이 포함된다. 발주자의 대리인으로서 공사를 관리하는 CMr가 이러한 업무를 수행하기 위해서는 알루미늄 커튼월의 구조설계방법에 따른 경제성을 판단하여 알루미늄 물량을 절감할 수 있는 설계법을 제시할 수 있어야 하나 커튼월 설계기준이 대부분 미국 기준이고 커튼월 관련 기술정보가 커튼월 설계·제조 전문기업이나 컨설팅 기업내에서만 관리되고 있을 뿐 많은 CMr들의 기술력 기반을 제고할 수 있도록 건설 산업 전반에 걸쳐 공유되지 못하고 있기 때문이다.¹⁾

현재 국내 대부분의 건축물 외장업체는 알루미늄 커튼월 구조계산시 미국 알루미늄협회(Aluminum Association, AA)에서 작성한 알루미늄설계매뉴얼(Aluminum Design Manual, 이하 ADM)을 따르고 있다. ADM에서 정하는 알루미늄 구조설계법에는 허용응력설계법(Allowable Stress Design, 이하 ASD)과 하중저항계수설계법(Load Resistance Factor Design, 이하 LRFD)이 있고, 사용자에 따라 선택적으로 사용하도록 규정하고 있으나 현재 국내의 커튼월 구조설계는 대부분 ASD를 사용하고 있다. 본 연구는 CMr의 커튼월 공사 사업관리 중 설계단계에서 ASD와 LRFD에 따른 경제성을 판단할 수 있는 방안을 제시하고자 한다.

2. 이론적 고찰

2.1 알루미늄 커튼월 구조설계 절차

알루미늄 커튼월의 구조설계절차는 크게 설계하중 결정-구조해석-힘응력 및 처짐검토 순으로 진행된다. 커튼월에 작용하는 하중은 풍하중(Wind Load)과 고정하중(Dead Load)이 있으며, 풍하중은 건물이 위치하는 지역, 건물의 높이, 용도에 따라 풍동실험이나 KBC기준에 의해 산정하고, 고정하중은 유리, 프레임 및 기타 부속자재의 중량으로 계산한다. 유한요소해석 프로그램을 이용한 구조해석 결과 중 최대모멘트(Moment)를 이용하여 힘응력을 검토하게 되며, 힘응력 검토시 알루미늄 부재의 단면 형상에 따라 검토부위가 달라진다.

2.2 ASD와 LRFD설계법

ASD와 LRFD 설계법의 차이는 식(1), 식(2)에서 보는 바와 같이 허용응력 설계법은 탄성해석에 근거를 두고 있으며, 하중은 사용하중을 증감 없이 그대로 사용하고 설계 강도에 안전계수를 주어 항복강도 이전의 탄성범위내 설계강도를 사용하는 보수적인 설계법이다. 반면 LRFD 설계법은 보수적인 ASD설계법과는 달리 재료를 한계상태까지 사용하는 개념의 설계법으로 하중의 종류에 따라 하중계수를 주고 있으며, 설계 강도에 강도저감계수를 주고 있다.

* 서울과학기술대학교 건축프로그램 박사과정

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

$$\frac{(Rn)_{ASD}}{S.F} \geq D + W \text{ ----- (1)}$$

$$\Phi(Rn)_{LRFD} \geq 1.2D + 1.6W \text{ ----- (2)}$$

여기서, Rn = 설계 강도, S,F = 안전계수(Safety Factor), Φ = 강도저감계수, D = 고정하중(Dead Load),
W = 풍하중(Wind Load)

3. 설계방법에 따른 경제성 평가

ASD와 LRFD 설계법에 따른 경제성을 분석하기 위해 식(1)과 (2)를 식(3)과 같이 풍하중에 대한 고정하중의 비율(D/W)로 정리하고, ASD 설계강도에 대한 LRFD설계강도 비율(Rn_{LRFD}/Rn_{ASD})로 정리하면 하중에 따 설계법의 경제성을 판단할 수 있다. 식 (3)의 비율이 1보다 작을 경우에는 LRFD에 의한 설계가 ASD보다 경제성이 있음을 의미한다. 또한 식 (3)의 비율이 1인 경우에는 LRFD와 ASD설계법에 따른 경제성이 동일한 것으로 판단할 수 있으므로, 식 (4)와 같이 고정하중(D)이 풍하중(W)의 12.56%(0.1256)미만일 경우 LRFD법이 경제성이 있을 것으로 판단된다.

$$\frac{(Rn)_{LRFD}}{(Rn)_{ASD}} = \frac{1.2D/W + 1.6}{\Phi \cdot S.F(D/W + 1)} \text{ ----- (3)}$$

$$\frac{(Rn)_{LRFD}}{(Rn)_{ASD}} = \frac{1.2D/W + 1.6}{\Phi \cdot S.F(D/W + 1)} = \frac{1.2D/W + 1.6}{0.85 \cdot 1.95(D/W + 1)} = 1, \therefore \frac{D}{W} = 0.1256 \text{ ----- (4)}$$

여기서, $\Phi = 0.85$, S,F =1.95

4. 사례 적용

3장에서 도출된 결과를 표1과 같이 실제 사례를 통해 검토해보았으며, 3가지 사례모두 D/W는 0.1256(12.56%)미만으로 LRFD설계법을 적용할 경우 약 5%~6%정도 알루미늄 물량을 절감할 수 있는 것으로 나타났다. 이는 60층 주상복합건축물의 알루미늄 물량이 대략 500ton이라고 할 경우 25ton~30ton정도를 절감할 수 있음을 의미한다.

표 1. LRFD와 ASD설계법에 따른 경제성 비교

사례	고정 하중(D) (kgf/cm)	풍하중(W) (kgf/cm)	D/W	LRFD/ASD	비고
Case1	0.4	3.84	0.104	0.94	LRFD설계법 적용시 약 6% 물량 절감 가능
Case2	0.33	4.41	0.075	0.95	LRFD설계법 적용시 약 5% 물량 절감 가능
Case3	0.4	3.48	0.115	0.94	LRFD설계법 적용시 약 6% 물량 절감 가능

5. 결 론

이상의 결과에서 알루미늄 커튼월의 구조설계시 고정하중과 풍하중의 비율이 12.56%(0.1256)미만이면 LRFD설계법이 ASD보다 경제적인 설계가 가능한 것으로 나타났다. 하지만 본 연구에서는 알루미늄 커튼월에 작용하는 하중에 따른 휨응력검토시 알루미늄의 복잡한 단면을 고려한 실제적인 비교·검토를 진행하지 못하였다. 또한 처짐에 대한 사용성 검토시 휨응력에 대해서는 LRFD가 경제성이 있을 수 있으나 처짐 규정을 만족하지 못할수도 있으나 이에 대한 적절한 기준을 제시하지 못하고 있다. 따라서 추후 이를 보완하기 위해 알루미늄 형상에 따른 비교·검토와 처짐을 고려한 연구를 진행할 것이다.

참 고 문 헌

1. 문상덕, 옥종호, 커튼월 공사의 경제성 제고를 위한 설계·시공단계별 사업관리 방안에 관한 연구, 대한건축학회 논문집 제30권 제2호, pp.53~62, 2014