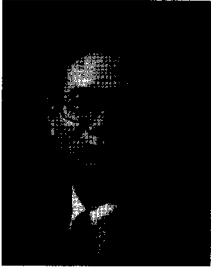


CURTAIN WALL의 설계

1. 머리말



정 규 수

모든 건물의 벽은 기둥, 보와 함께 구조체의 일부를 구성하는 내력벽과 비구조체인 비내력 벽으로 분류할 수 있다. 커튼월은 건물의 바깥을 둘러싸고 있는 비내력벽을 말하는 것으로 예전에는 연와블럭, 콘크리트와 같은 습식공법의 무거운 재료가 주종이었지만 건축재료의 진보, 발전에 따라 Aluminium,

Steel, Stainless, Bronze, Zink, 유리 등을 써서 창이나 부속 및 마감 일체를 포함하는 벽의 구성부재를 공장에서 제조하여 UNIT화 시킨 Prefab를 건물 구조체에 Bolt로 취부하고 접합하는 건식공법으로 커튼월을 완성할 수 있게 되었다. 현재에는 이 Prefab 생산방식에 의하여 구성 또는 마감되는 외벽, 즉 Prefab 외벽을 생산상의 의미에서 커튼월이라고 말하고 있다. 초고층 빌딩의 출현에 따라 커튼월공법이 급속히 보급되면서, 주체구조를 철골로 만들고 바닥을 Deck Plate와 철근콘크리트로 구성하고 외벽을 Factory Glazing을 포함한 UNIT화된 Prefab로 구성하는 공법이 주로 사용되었다. 이러한 상황에서 이 글은 외벽으로서 커튼월이 갖추어야 할 사항과 설계 조건 및 그 성능을 이해함으로써 외장 설계 담당자와 Design을 하는 건축가뿐만 아니라 현장시공 담당자들에게까지도 도움을 주기 위한 것이다.

2. 본문

우천, 열, 냉한기, 곤충 및 동물 등 기타 침입자들로부터 거주자를 방호하는 것이 모든 창호 시스템의 기본적인 기능이다. 창호는 풍력에 견디기 위한 적절한 응력을 가져야 하며 바람이나 빗물의 침투를 방지하기 위해 적절히 밀폐되어야 한다. 또한 냉온의 차이로 인한 보온성을 가져야 하며 잠금장치를 해야하는 등 필요한 것은 받아들이고 바람직하지 않은 요인은 차단하는 일종의 여

과장치 역할을 하도록 건축가는 배려해야 한다.

2.1 커튼월 설계의 일반적인 사항

(1) 심리적인 조건

밖이 노출되는 투명한 벽을 바라보는 인간의 심적인 영향과 막혀있는 불투명한 벽을 대하는 인간의 심적인 영향에는 분명히 차이가 있다. 창이 실제로는 조그마한 정적인 공간에 불과하지만 햇빛을 통과시키는 특성으로 인해 동적으로 보다 넓은 공간감을 느끼게 해준다. 인간의 주변환경에 대한 개인별 심리적인 영향은 아마 개성적이며 측정하기 힘든 요인일 것이다.

수년간에 걸쳐 사용된 방대한 양의 유리는 외부 세계로부터 차단당하고 싶어하지 않는 인간의 욕구를 시사한다. 오늘날 건축가가 당면한 문제는 구조적, 기능적으로 완전한 벽체를 만들고 해결하는 한편 건축가 자신의 의욕도 만족시키는 일이다.

(2) 구조적인 조건

풍압은 창호가 견뎌내야 하는 가장 중요한 힘이다. 기본적으로 이러한 하중(Load)은 창호의 구조적인 설계에 의해 결정되어진다. 또한 창호에 들어가는 부속물, 부착 방법, 부속물이 부착되는 형제 등의 개폐력을 고려하여 설계하여야 한다. 유리의 자중을 유지하는 수평으로 가는 부재에는 구조학적으로 지나친 휨(Deflection)이 없도록 하여야 하고, 건물의 벽체와 창호에 미치는 풍속에 관한 이해와 창호에 대한 설계풍압(Design Pressure)을 명기하여야 한다.

일반적으로 풍압은 지상에서 10m 높이에서 측정되어지는데 이것이 건축가가 선택할 수 있는 가장 안정적인 수치이다. 물론 풍속은 요구치에 맞거나 또는 그 이상의 압력으로 선택되어져야겠지만 각각의 지형에 따라 풍속은 다양하게 나타난다. 따라서 커튼월 외벽에 작용하는 가장 큰 외력인 풍압력에 대한 검토는 매우 큰 의미를 지닌다.

2.2 커튼월 설계에서 갖추어야 할 성능조건

(1) 내풍압성

건물 외벽에 작용하는 풍하중과 설계풍압에 대하여는

건축물의 구조기준 등에 관한 규칙 제13조에 제시되어 있다. 내풍압성능은 요구되는 풍압력에 대하여 커튼월을 구성하는 주요 부재의 휨이 $L/175$ (L : 지점간거리)을 초과하지 않아야 하는데 일반적으로 커튼월에서는 최대 처짐량이 19mm 이내이어야 구조적 결함이 발생하지 않는 것으로 규정되고 있다. (ASTM E.330-70의 시험에 의해

AAMA-501이 규정한 허용성능임.) 다만, 알루미늄이나 금속판재 등 비교적 두께가 얇은 판넬 부분은 그 SPAN의 1/60 이내의 휨이 허용되고 있다.

다음의 표는 기본풍속 V_0 를 25m/s, 30m/s, 35m/s, 40m/s, 45m/s로 구분하여 노풍도에 따른 설계속도압의 변화를 나타낸 것이다.

표 1. [설계속도압] 풍속할증계수 $K_{zt}=1.0$, 중요도계수 $I_w=1.0$

(단위:kgf/m²)

건물 높이 (m)	$V_0=25m/s$				$V_0=30m/s$				$V_0=35m/s$				$V_0=40m/s$				$V_0=45m/s$			
	노 풍 도				노 풍 도				노 풍 도				노 풍 도				노 풍 도			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
5	13	26	40	50	19	37	57	72	26	51	77	98	34	66	100	127	42	83	127	161
10	13	26	40	57	19	37	57	82	26	51	77	112	34	66	100	146	42	83	127	185
15	13	26	45	62	19	37	64	89	26	51	87	121	34	66	113	159	42	83	142	201
20	13	30	49	66	19	42	70	95	26	57	95	129	34	75	124	168	42	94	156	212
30	17	35	55	71	25	50	79	103	34	68	107	138	44	89	140	182	55	113	176	230
40	21	40	60	76	30	57	86	109	41	78	117	148	53	101	152	193	67	128	192	244
50	24	44	64	79	35	63	92	114	47	86	125	154	61	112	163	202	77	141	206	255
60	27	48	67	82	39	68	97	118	53	93	132	160	69	121	172	209	87	153	217	264
70	30	51	71	85	43	73	101	121	58	99	138	165	76	129	180	216	96	164	227	273
80	33	54	73	87	47	77	105	125	64	105	143	170	83	137	187	221	105	173	237	280
90	35	57	76	89	51	81	109	128	69	111	148	174	90	144	194	227	114	183	245	287
100	38	59	78	91	54	85	113	130	74	116	153	177	96	151	200	231	122	191	253	293
150	49	71	89	98	71	102	127	141	96	138	173	192	126	181	226	251	159	229	286	318
200	60	80	96	104	86	116	139	150	116	157	189	204	152	205	246	266	192	259	311	336
250	69	89	103	109	99	127	148	157	135	173	202	213	176	226	263	278	223	286	333	352
300	78	96	109	109	112	138	157	157	152	188	213	213	198	245	278	278	251	310	352	352
350	86	103	109	109	124	148	157	157	168	201	213	213	220	262	278	278	278	332	352	352
400	94	109	109	109	135	157	157	157	184	213	213	213	240	278	278	278	303	352	352	352
450	102	109	109	109	146	157	157	157	199	213	213	213	259	278	278	278	328	352	352	352
500	109	109	109	109	157	157	157	157	213	213	213	213	278	278	278	278	352	352	352	352

표 2. 노풍도 구분

노풍도 구분	주변 지역의 지표면 상태
A	대도시 중심부에서 10층 이상의 대규모 고층건물이 밀집해 있는 지역
B	높이 3.5m 정도의 주택과 같은 건물이 밀집해 있는 지역, 중층건물이 산재해 있는 지역
C	높이 1.5 ~ 10m 정도의 장애물이 산재해 있는 지역, 저층건물이 산재해 있는 지역
D	장애물이 거의 없고, 주변 장애물의 평균높이가 1.5m 이하인 지역, 해안, 초원, 비행장

표 3. 지역별 기본풍속 (V_0)

	지 역	V_0 (m/s)
서울 경기도	서울, 인천, 김포, 부천, 구리, 오산, 평택, 안양, 수원, 안산, 안성, 강화,	30
	양평, 성남, 용인, 의정부, 동두천, 포천, 파주, 기흥, 미금, 여주, 이천, 신갈	25
강원도	속초, 강릉, 양양, 주문진	40
	거진, 간성, 동해, 삼척, 원덕	35
	춘천, 화천, 양구, 철원, 김화, 인제, 영월, 정선, 태백, 원주, 평창, 홍천	25
충청도	장항	40
	태안, 서산, 청주, 대천, 서천, 안면도, 조치원, 천안, 홍성, 광천, 아산	35
	대전, 당진, 합덕, 성환, 진천, 증평, 온양	30
	음성, 청양, 금산, 공주, 논산, 제천, 충주, 부여, 보은, 단양, 괴산, 옥천	25
경상도	포항, 울릉도, 구룡포, 오천, 흥해, 감포	45
	부산, 기장, 장안, 연일, 외동, 가덕도	40
	울산, 통영, 거제, 고성, 진해, 김해, 마산, 창원, 울산, 경주, 남해, 삼천포	35
	건천, 가야, 삼랑진, 영덕, 사천	30
	대구, 영주, 구미, 김천, 안동, 예천, 경산, 밀양, 상주, 의성, 문경, 진주, 거창	25
전라도	군산, 미성	40
	목포, 여수, 완도, 진도, 익산, 해남, 대덕, 고흥, 관산, 노화, 옥구, 도양	35
	광주, 나주, 화순, 영암, 강진, 장흥, 보성, 벌교, 순천, 광양, 무안, 함평, 영광	30
	전주, 함열, 무주, 삼례, 담양, 부안, 남원, 순창, 구례, 고창, 장수, 승주, 임실	25
제주도	전지역	40

(2) 수밀성

커튼월의 수밀성능은 비와 바람을 동시에 생각하여 설정하여야 한다. 현재까지 국내에서 수밀성능을 산출하는 특별한 규준이 명확히 제시된 것은 없지만, 과거의 기상 통계와 건물의 위치에 있어서 나타난 풍속의 정도를 알고 일정 기간에 대한 누수 위험률(누수횟수/10년)을 설정하여 수밀압력을 구하는 경우가 대부분이다.

미국 ASTM E-331에 따르면 시험체(MOCK-UP)를 통하여 얻은 결과로서 목적물에 대하여 분사 노즐(spray nozzle)을 설치하고 분당 3.4ℓ의 물이 표면에 분사되는 동시에 36kgf/m^2 (7.6PSF)에 해당하는 압력을 15분간 가하였을 때 내부에서 누수현상이 없거나 외부로 배출될 수 있어야 하는 것으로 규정되고 있다.

커튼월은 다수의 부재로 구성되어 부재간의 접속부분이 많으므로 Joint를 통한 누수를 차단해야 한다. 이러한 누수를 막는 방법으로 틈새를 Sealing재 등으로 완전히 채우는 'Closed Joint System'과 물을 이동시키는 힘을 없애는 'Open Joint System'의 두 가지 방법이 있다.

(가) Closed Joint System

1차 Sealing이 파손 또는 분리되어 침입하는 우수를 2차 Sealing으로 막고 중간부에 설치된 물받이(flushing)에 의해 외부나 내부에 준비된 배수기구를 통해 배출하는 System.

(나) Open Joint System

빗물처리, 등압개구, 기밀처리 등 세가지 Factor를 합리적으로 모아 등압공간을 형성하는 것으로 이에 따라 우수한 수밀성능을 장기간에 걸쳐 유지할 수 있는 System.

(3) 기밀성

기밀성이란 일상의 바람이나 기계환기 등에 의하여 발생하는 건물 내외의 압력차에 따른 개구부로부터의 통기량을 표시하는 성능으로서 각 압력차에 있어 개구부 1m^2 에 시간당 통기량의 특성에 의하여 표시된다. 개구부에 있어서 기밀성은 실내 환경을 결정하는 중요한 요소 중의 하나이며, 에너지의 효율적인 이용을 목적으로 하는 냉난

방 부담의 절감 또는 도시화에 따른 외부 소음 차단의 이
유에서 현재에는 기밀성이 높은 개구부를 요구하고 있다.

국내에서는 특별히 기밀성에 대하여 규정된 것이 없으나
ASTM E-283에 따르면 시험체를 통하여 얻은 결과로서
기밀성을 규정하고 있는데, 이는 압력차에 의해 발생하는
공기의 투과 정도를 측정하는 것으로 시험체가 7.8kg/m²
(1.57PSF 시속 40km)의 압력에서 통과하는 공기의 양이 ft²
당 0.06CFM을 넘지 않아야 하는 것으로 규정되고 있다. 또
한 개폐창 부분에 틈새가 있는 경우에는 동 압력하에서 투
과되는 공기의 양이 틈새 직선거리 30cm당 0.5CFM을 초
과하지 않아야 하는 것으로 규정되고 있다.

(4) 단열성

최근까지 외벽설계의 주목적은 내부의 열이 외부로 새
어나가지 않게 하여 열손실을 적게 하는 것이었지만, 현
재에는 공기조화기기의 발전에 따라 여름철 불필요한 열
전도 방지와 겨울철 열손실 방지 및 결로의 방지를 위한
단열성능이 강조되고 있다. 단열성능은 열관류 저항으로
나타내고 다음과 같이 구분할 수 있으며, 각 부분 또는
전체에 대해 열관류저항을 계산한다.

표 4. 단열성능치

열관류저항 (m ² ·hr·°C /kcal)	0.3	0.5	0.8	1.3	
등급	1	2	3	4	5

위의 구분은 일본의 경우를 예로 한 것인데 기본적으로
는 기후 기분에 의해 결정된 것이다.

예를 들어 5등급은 겨울철 혹한 지방에서 결로 방지를
필요로 하는 단열성능치이고 2와 1등급은 복층유리와 단판
유리의 열관류저항치가 구분되는 경계를 기준으로 한 것이
다. 따라서 커튼월 각 부분의 열관류저항평균치를 표시하
거나 저항값을 부분별로 제시하여 성능을 정할 수 있다.

(5) 차음성

커튼월은 내부공간에 요구되는 소음기준치, 잡음 감소
를 위한 음향전도 성향 등을 고려해야 하는데, 차음성능
을 향상시키기 위해서는 커튼월 부재는 물론 접합부, 개
구부 등에 대한 검토가 이루어져야 한다. 특히 유리창 면
적이 큰 경우에는 유리에 의해 차음성능 정도가 크게 좌
우되는데 이 때에는 유리의 두께를 높이거나 복층유리
등을 사용하여 성능을 개선할 수 있다.

커튼월에 요구되는 차음성능은 다음 수식으로 계산된다.

$$TL = Lc - La$$

(TL:차음성능, Lc:실외 소음레벨, La:실내허용소음레벨)

표 5. 실외 소음레벨

공업지구	상업지구	시 가 지
45 ~ 70 dB	50 ~ 75 dB	60 ~ 80 dB

표 6. 실내 허용 소음레벨

30 dB 이하	중환자용 병실, 검사실, 기타
30 ~ 40 dB	침실, 강당, 회의실, 병실
40 ~ 45 dB	거실, 교실, 도서관, 사무실
45 ~ 50 dB	작업실, 식당

(6) 내화성

건축법에서 연소(延燒)할 우려가 있는 부분은 인접대지
경계선, 도로 중심선, 동일 대지 두 동 이상의 건축물(연
면적의 합계가 500m² 이내의 건축물은 하나의 건축물로
간주한다)이다. 또 두 동 이상의 건물 상호 외벽 중심선
으로부터 1층에 있어서는 3m 이내, 2층 이상에 있어서는
5m 이내에 있는 건축물의 부분을 말한다. 다만 공원,
광장, 하천의 공지나 수면 또는 내화 구조의 벽, 기타 이
와 유사한 것에 면하는 부분은 제외한다. 그러나 내화구
조의 건축물이라도 밀집 지역이나 창문이 큰 경우에는 외
벽이나 개구부를 통해서 인접 건물로부터 연소할 우려가
있으므로 망입유리를 사용하는 등의 방화에 세심한 주의
가 요구된다. 또 커튼월 벽체와 Slab 사이에 생기는 공
간에는 단열재 등을 충진하여 화재시 화염이나 연기가
통과되지 않도록 층간 방화구획을 해야 한다.

건축물의 벽, 기둥, 보, 바닥 및 지붕 등 일정 부위에는
건축물의 용도별 높이, 층수, 면적에 따른 규모에 따라
화재시의 가열에, 표 7에서 정하는 시간 이상을 견딜 수
있는 내화 구조이어야 한다.

* 건축물이 하나 이상의 용도로 사용될 경우, 가장 높
은 내화시간의 용도를 적용한다. 건축물의 부분별 층수가
상이할 경우, 부분별 최고 높이 또는 최고 층수로서 당해
용도 규모에 따라 표 7에서 제시한 부위별 내화시간에
따른다.

* 건축물 전체의 규모가 표 7에서 제시한 층수, 또는
최고높이에 해당될 경우, 부위별 내화시간을 건축물 전체
에 동일하게 적용한다.

* 건축물의 층수와 높이의 산정은 건축법 시행령 제
119 조에 의하되 다만, 승강기탑, 계단탑, 망루, 장식탑,
옥탑, 기타 이와 유사한 부분은 건축물의 높이와 층수의
산정에서 제외한다.

표 7. 내화구조의 성능기준

용도		구성부재		벽				보·기둥	바닥	지붕	
		용도구분	용도규모 층수 / 최고높이	외벽		내벽					
내력벽	비내력벽			내력벽	비내력벽						
	연소우려 있는부분	연소우려 없는부분	간막이벽		샤프트실 구획벽						
일반시설	12 / 50	초과	3	1	1/2	3	2	2	3	2	1
		이하	2	1	1/2	2	1 1/2	1 1/2	2	2	1/2
	4 / 20	이하	1	1	1/2	1	1	1	1	1	1/2
주거시설	12 / 50	초과	2	1	1/2	2	2	2	3	2	1
		이하	2	1	1/2	2	1	1	2	2	1/2
	4 / 20	이하	1	1	1/2	1	1	1	1	1	1/2
산업시설	12 / 50	초과	2	1.5	1/2	2	1 1/2	1 1/2	3	2	1
		이하	2	1	1/2	2	1	1	2	2	1/2
	4 / 20	이하	1	1	1/2	1	1	1	1	1	1/2

(7) 내진성

커튼월 구조체의 접합부는 층간 상대변위에 대한 흡수와 강제 변형에 대한 방지 및 중단 성능을 갖도록 설계되어야 한다.

(가) 지진력에 대한 검토

커튼월이 받는 지진력 : 구조체에 진동이 생기고 이 진동이 커튼월에 전달되는 것이 예상될 때에는 진도를 0.4 이상으로 하여 그 가속도에 의한 응력을 검토한다.

$$F = KW$$

(F : 커튼월이 받는 지진력, K : 진도(0.4),

W : 커튼월 Unit의 전 중량)

(나) 지진력에 의한 상대변위량

- ① 통상 예상되는 지진력에 의한 상대변위량 : 1/300
- ② 예상되는 최대의 지진력에 의한 상대변위량 : 1/150

(다) 층간변위에 의하여 발생하는 유리 및 창틀의 변형의 유형

- ① 접합부 : Screw 및 Bolt에 의한 변형
- ② Panel : 거북이 등 모양의 변형, 비틀림
- ③ 유리 : 파손

커튼월의 층간변위각의 등급은 커튼월이 손상을 받지 않는 한계의 정도를 구분하고 이의 성능 이상이 되도록 설계되어야 한다.

표 8. 내진 성능기준

지진의 정도	층 간 변 위	파손의 정도
중 / 소	0 ~ 1/300	재사용 가능
대	1/300 ~ 1/150	파손이나 탈락이 없을것

(8) 결로방지성능

(가) 표면결로

실내의 습한 공기가 커튼월의 표면에 닿았을 때 표면 온도가 실내 공기의 이슬점온도 이하이면 공기 중의 수증기가 그 표면에서 결로현상을 나타낸다. 이 경우에는 실내온도에 필요한 열관류저항치를 조금 높이는 것으로 결로를 방지할 수 있다.

(나) 내부결로 커튼월과 단열판 등으로 둘러싸인 벽체 내의 어느 층의 온도가 그 부근에 있는 습한 공기의 이슬점온도보다 낮으면 그 층 근처에서 결로현상이 나타난다. 이 경우 커튼월에는 층 내 통기성으로 그 성능을 구분하는 것은 적당치 않고 그 의미에서 구분된 것도 없다.

(다) 결로대책

창호재 등에 있어서의 결로 발생은 실내환경(온도와 습도), 외기온도 및 실 내외의 기류와 설치 위치 등에 의하여 각각 다르므로 결로를 전혀 없게 만드는 것은 대단히 어려운 일이며, 그것이 가능하다 하더라도 막대한

비용이 소요된다.

따라서 결로 방지에는 어느 정도 예측되는 외부 및 실내환경의 상황을 설정하고 그에 합당한 AL-Bar Frame 과 유리를 선택하는 동시에 예상을 벗어난 결로 발생에 대해서는 미리 결로수받이를 준비하여 대처하는 것이 보다 현실적인 방법이라 할 수 있다.

(9) 경제성

건축물공사에서 중요한 경제적 요인인 에너지의 보존, 최초 투자비, 유지관리비, 에너지 절약, 최종결정을 위한 조건, 투자대금의 회수 등을 충분히 고려한 후에 효과적인 설계를 해야 한다.

(10) 기타 성능

(가) 피뢰(避雷)대책

건물의 높이가 30m를 초과하는 건물에는 피뢰 설비가 있어야 한다. 그러나 고층건물의 경우에는 건물의 상부뿐만 아니라 중간층 외벽 부위에도 낙뢰(落雷)의 가능성이 있기 때문에 커튼월에 대해서도 피뢰대책을 세워야 한다. 일반적으로 커튼월은 Bracket, Fastener를 통하여 건물 구조체에 접지되어 있으므로, 이에 Mullion 등으로 전기적인 접촉이 되도록 하고 Fastener로 연결되어 접지되도록 한다.

(나) 발음(發音)방지

커튼월은 온도변화에 의한 팽창, 수축, 바람, 지진에 의한 구조의 변동 등에 의해서 금속 마찰음을 발생시킬 수 있으므로 규모가 크고 외벽 면적이 큰 Knock Down 형식의 커튼월을 채용하는 경우에는 설계단계에서 충분히 검토할 필요가 있다.

발음(發音)이 예상되는 부위는 Mullion 이음부와 Transom 및 패널의 금속 접촉(Metal Touch) 부위 등이 있는데, 주로 다음과 같은 경향을 보인다.

- ① 발음(發音)은 일반적으로 8~10시, 15~18시경 외기 변위폭이 클 때 일어난다.
- ② 건물 동쪽면으로부터 일조의 이동과 함께 남서쪽면으로 발음(發音)장소가 이동한다.
- ③ 발음(發音) 부위는 Mullion과 Transom의 Joint 부위이다.

3. 맺음말

커튼월 설계에 있어서 건물의 주체 구조가 바람, 지진 등의 외력에 의해 변형되어도 커튼월은 Fastener를 통해 층 높이의 1/300까지 각 층의 변위 및 변형을 흡수할 수 있도록 설계하는 것이 중요하며, 외벽으로서 내풍압, 수밀, 기밀, 단열, 차음, 내화, 내진, 결로 방지, 경제성 외에도 피뢰대책 및 발음(發音)방지 등의 성능을 만족시킬 수 있어야 한다. 또한 이러한 커튼월 설계의 성능 및 조건들에 대해서는 MOCK-UP TEST 및 구조계산을 통하여 먼저 검증되어야 한다.

따라서 커튼월 관련업체는 전문화된 컨설팅, 엔지니어링 및 설계능력은 물론 자체 생산시설 보유(Factory Glazing을 포함한 Unit화된 Prefab 생산)와 생산된 제품에 대한 MOCK-UP TEST의 실시와 구조적 안정성 검토를 통한 과학적인 품질관리와 검증능력을 갖추는 것이 필수 요건이라 할 수 있다.