

강풍에 의한 건축물 외장재 탈락방지 가이드라인



목 차

1. 일반사항	1
1.1 가이드라인의 목적	1
1.2 가이드라인 적용 범위 및 대상자	1
1.3 국내 참고 기준 및 문헌	2
2. 강풍의 특성	4
2.1 바람의 특성	4
2.2 건물과 바람	10
2.3 빌딩풍과 외장재	13
2.4 외장재 설계용 풍하중 산정 프로세스	15
2.5 외장재 설계용 풍하중 산정 사례	26
2.6 기본풍속과 지표면조도구분에 따른 풍하중 차이	46
2.7 풍하중 산정 시 유의점	52
3. 외장재의 설계 및 시공 지침	53
3.1 외단열 미장 마감재	53
3.2 앵커 고정형 외장재	57
3.3 유리 커튼월 및 창호	63
3.4 직결볼트 접합 외장재	76
4. 강풍 대응 외장재 탈락방지 체크리스트	84
4.1 외단열 미장 마감재	85
4.2 앵커 고정형 외장재	86
4.3 유리 커튼월 및 창호	87
4.4 직결볼트 접합 외장재	88
5. 외장재 내풍 성능 평가 시험 규정	89
5.1 외단열 미장 마감재	89
5.2 앵커 고정형 외장재	90
5.3 유리 커튼월 및 창호	90
5.4 직결볼트 접합 외장재	94
6. 참고 문헌	95

1. 일반사항

1.1 가이드라인의 목적

최근 이상기후로 인해 태풍 또는 국지적 강풍에 의한 외장재 탈락 사고가 빈번히 발생하고 있으며, 도심지 또는 해안가의 고층 건축물 주변에서 발생하는 빌딩풍에 의한 유리창 파손 사고도 다수 보고되고 있다.

본 가이드라인은 사용자들에게 강풍의 특성 및 외장재 탈락 사고 사례들을 제공하고, 강풍에 의한 외장재 탈락 사고를 최소화하기 위한 기본적인 정보를 제공하고자 한다. 본 가이드라인의 주된 목적은 건축물 구조설계기준 등에서 구체적으로 다루지 못하는 건축물 외장재의 강풍에 의한 탈락방지 방안을 마련하여 실무에서 쉽게 활용하는 것이다.

강풍은 특성상 지역별로 크기가 상이하고, 인접 건물과 지형적 특성 등 다양한 요소가 작용하므로 설계기준에 따른 외장재 설계용 풍하중을 산정하고 이에 따라 구체적인 구조설계를 수행하는 것은 관계전문기술자와의 협력하에 이루어져야 한다.

본 가이드라인은 최대한 다양한 외장재 유형을 다루고자 하였으나, 실제 사용되는 다양한 외장재들의 특성을 모두 반영하는 것은 불가능하므로, 강풍에 의해 탈락 사고가 자주 발생하는 외장재들을 대상으로 강풍대응 탈락방지 설계 및 시공 방향을 제시하는 방식으로 작성되었다.

강풍에 의해 외장재 탈락 사고가 발생하는 사례는 기준에서 정한 설계하중을 초과하는 과도한 풍하중이 작용하는 것이 원인이 될 수도 있으며, 자재의 불량이나 설계, 시공 및 유지관리 단계의 다양한 불량 사례들이 복합적으로 작용하는 것이 원인이 되며, 본 가이드라인은 외장재의 강풍대비 탈락방지를 위한 기초적인 정보를 제공하는 용도로 활용될 수 있다.

1.2 가이드라인 적용 범위 및 대상자

본 가이드라인은 강풍에 대응하여 외장재의 탈락방지를 위해 설계, 시공 및 유지관리 단계에서 적용할 수 있도록 구성하였다. 설계자 및 외장재 자재 제공자는 강풍피해 저감을 위한 상세도 작성시 본 가이드라인을 참고하여 외장재와 구조체의 접합 상세 등을 적용할 수 있다. 시공자는 강풍에 의한 주요 피해 원인을 확인하여 취약한 시공 상세가 이루어지지 않도록 한다. 건축주 및 감리자는 외장재의 부착 상세를 확인하고 체크리스트를 참조하여 외장재 유형별로 강풍 대비 탈락방지 시공이 적절히 이루어졌는지 확인하는데 참고자료로 활용할 수 있다.

표 1.2-1은 본 가이드라인의 적용 범위 및 주요 대상자가 주로 참고할 수 있는 내용들을 나타낸다.

[표 1.2-1] 가이드라인의 적용 범위 및 주요 대상자

가이드라인 장 제목	설계자	외장재 공급자 및 전문시공자	시공자	감리자	건축주 및 관리자
1장 일반사항	√	√	√	√	√
2장 강풍의 특성	√	√	√	√	√
3장 외장재의 설계 및 시공 지침	√	√	√	√	
4장 강풍 대응 외장재 탈락방지 체크리스트			√	√	√
5장 외장재 내풍성능 평가 시험 규정	√	√	√	√	√

본 가이드라인의 3장(외장재의 설계 및 시공지침) 및 4장(강풍 대응 외장재 탈락방지 체크리스트)에서는 다음과 같이 부착 방법에 따라 외장재를 분류하여 내용을 구성하였다.

- 1) 외단열 미장 마감재 : 단열재가 외장 마감재로 동시에 사용되며, 접착제를 이용하는 부착형 외장재. 흔히 드라이비트 등의 용어로 사용되는 외장재
- 2) 앵커 고정형 외장재 : 앵커 등 기계적 접합기구를 이용해 치장벽돌, 석재외장재 및 기타 중량의 외장패널을 건축물 외벽에 고정하는 방식의 외장재
- 3) 유리 커튼월 및 창호 : 유리를 주요 마감재로 사용하는 커튼월 및 유리 창호
- 4) 직결볼트 접합 외장재 : 금속 패널, 샌드위치 패널 등 직결볼트(스크류 볼트)를 이용해 외벽 또는 외장재 지지구조에 외장재를 고정하는 외장재

1.3 국내 참고 기준 및 문헌

- KCS 41 42 02 : 2021 외단열 공사
- KCS 41 34 01 : 2021 조적공사 일반
- KCS 41 34 02 : 2021 벽돌공사
- KCS 41 35 01 : 2021 석공사 일반
- KCS 41 35 06 : 2021 건식 석재공사
- KCS 41 54 02 : 2021 금속커튼월 공사
- KCS 41 54 04 : 2021 조립식 패널 외벽공사
- KCS 41 55 01 : 2021 창호공사 일반
- KCS 41 55 02 : 2021 알루미늄 합금제 창호공사
- KCS 41 55 03 : 2021 합성수지제 창호공사
- KCS 41 55 04 : 2021 복합소재 창호공사
- KCS 41 55 06 : 2021 강제 창호공사
- KCS 41 55 07 : 2021 스테인리스 스틸 창호공사
- KCS 41 55 09 : 2021 유리공사
- KDS 41 12 00 : 2022 건축물 설계하중
- KS F 2221 : 2020 건축용 보드류의 충격 시험 방법
- KS F 2273 : 2020 조립용 판의 성능시험 방법
- KS F 2296 : 2019 창호의 내풍압 시험 방법
- KS F 4061 : 2019 외벽용 인조 석재
- LHCS 41 34 05 : 2020 블록공사
- LHCS 41 35 01 10 : 2020 석재벽설치
- LHCS 41 42 00 15 : 2020 외단열
- SPS-KMPC F 01-7176 : 2020 금속제 외벽패널
- 강풍에 대비한 아파트 발코니창 안전 가이드, SPEC연구단 이상기후대비 안전관리 지침 시리즈

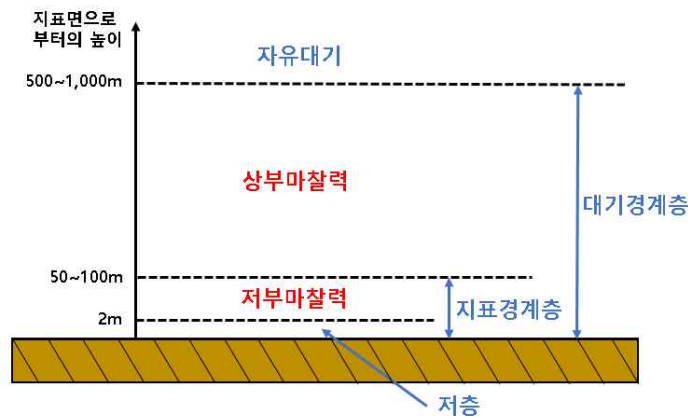
- 강풍/태풍대비 안전관리 지침(안), SPEC연구단 이상기후대비 안전관리 지침 시리즈
- 건축 마감재 안전점검 매뉴얼, 2021, 국토안전관리원
- 학교시설 외부 치장벽돌 보수·보강 안내서, 2020, 교육시설안전원

2. 강풍의 특성

2.1 바람의 특성

지구의 표면은 태양으로부터 열에너지를 받아 지표면 상태의 차이에 의하여 온도차가 발생한다. 온도가 높은 곳에서는 공기가 뜨거워져 팽창하여 저기압을 형성하고, 온도가 낮은 곳으로 이동하게 되는데 이것을 바람이라고 한다.

바람은 지표면에 가까울수록 마찰력에 의한 영향이 커지고, 지표면의 상태에 따라 다르기는 하지만 대략 지상으로부터 500~1,000m 정도 이상의 대기층에서는 마찰력의 영향이 거의 사라진다. 바람이 마찰력의 영향을 받는 지표면부터 지상 500~1,000m의 기층은 대기경계층(Tmospheric Boundary Layer)라고 부른다.



[그림 2.1-1] 기층의 고도분포

지구를 덮고 있는 대기의 역학적 운동은 이 대기경계층을 경계로 하여 특성이 달라진다. 일반적으로 그림 2.1-1에 나타낸 것처럼 지표면 마찰의 영향이 거의 미치지 않는 대기경계층의 윗부분을 자유대기라 하며, 지표면으로부터 자유대기 저면까지의 기층을 대기경계층 또는 마찰경계층(Friction Layer)라고 부르며, 대기경계층 하부의 지표면으로부터 50~100m 정도까지를 지표경계층(Surface Boundary Layer)라고 한다. 특히 지표경계층 중에서 아래 부분을 저층이라 하는데 여기에서의 바람은 지표면의 영향을 직접 받으므로 매우 복잡하게 된다. 현재 국내 건축물 가운데 최고 높이는 약 550m(롯데타워) 정도이다. 따라서 국내 모든 건물은 대기경계층 내의 바람에 영향을 받는다고 할 수 있다.

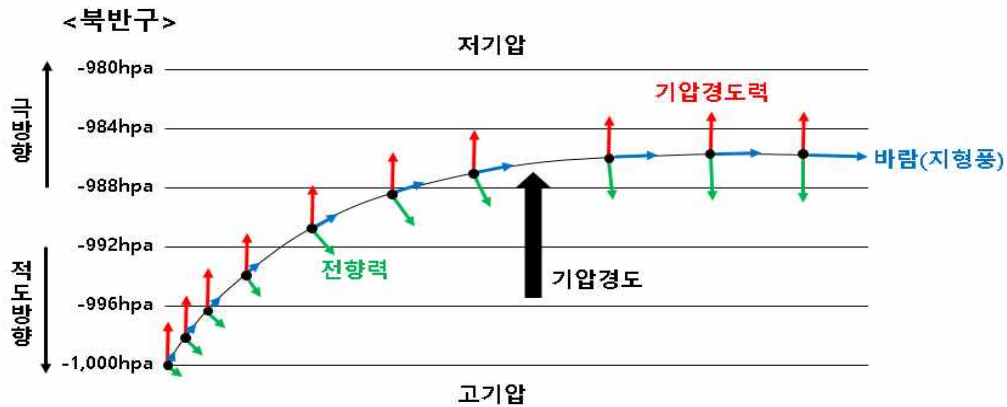
2.1.1 바람의 종류

■ 상공의 바람

대기경계층보다 높은 곳의 자유대기는 거의 수평에 가까운 운동을 하는 것으로 알려져 있다. 이러한 자유대기의 운동을 지배하는 힘으로는 코리올리력, 기압경도력이 있다. 기압경도력이란 대기 안에서 서로 다른 압력 차이로 발생하는 힘으로 바람이 불게 되는 근본적인 원인이 되며, 방향은 고기압에서 저기압으로 작용한다. 따라서 공기는 기압이 높은 곳으로부터 낮은 곳으로 흐르는 것을 알 수 있다. 코리올리력은 전향력이라고도 하며, 지구 자전에 의해 고위도와 저위도의 자전속도 차이로 발생하는 수평방향의 가상 힘으로, 크기는 극에서 가장 크고, 위도가 낮아질수록 작아지며, 적도에서는 0 이 된다. 우리나라가 위치한 북반구의 경우에는 고위도에서 저위도로 움직이는 공기는 코리올리력에 의해 진행방향의 우측으로 편향된다.

1) 지구자전풍

자유대기 중의 공기에 기압경도력에 작용하면 공기는 고압부에서 저압부로 움직이게 되나, 이 공기는 곧 그림 2.1-2에 나타낸 것처럼 지구자전에 의한 전향력을 받아 북반구에서는 우측으로 편향하게 되고 마침내 등압선에 평행하게 되어 평형상태에 도달한다. 이처럼 기압경도력과 전향력이 평형상태에 도달하였을 때 부는 바람을 지구자전풍(Geostrophic Wind)이라고 한다.

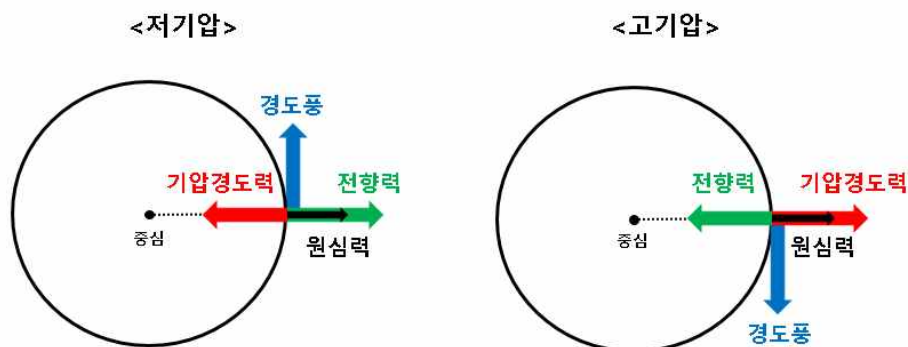


[그림 2.1-2] 지구자전풍에 있어서의 힘의 평형

그림 2.1-2에 나타낸 것처럼 지구자전풍은 북반의 경우 저기압을 좌로 보고 등압선을 따라 평행하게 불며, 그 크기는 기압경도력에 정비례하고 위도에 반비례한다. 기압경도력이 동일하다면 열대지방의 지구자전풍이 가장 크고, 남북 양극에 가까워질수록 작아진다. 이와 같이 지구자전풍은 공기의 운동에 가속도가 없이 일정한 풍속으로 부는 가상적인 바람으로, 위도 20° 이상 되는 지방의 자유대기에서는 거의 성립하는 것으로 알려져 있다.

2) 경도풍

지구자전풍과 경도풍은 모두 상공풍으로, 마찰층 위에 부는 바람이다. 하지만 직선상의 등압선에서 부는 지구자전풍과는 달리, 등압선이 곡률을 가지고 있을 때, 원형 등압선에 나란히 부는 바람이 경도풍(gradient wind)이다. 경도풍이 불기 위해서는 지구자전풍처럼 전향력과 기압 경도력이 같지 않다. 이 두 가지 힘 중에 한 힘이 나머지 힘보다 커지게 되면, 그 차이가 구심력의 역할을 하여 바람이 원 운동을 하게 된다.



[그림 2.1-3] 경도풍에 있어서의 힘의 평형

경도풍은 북반구의 저기압 중심에서는 반시계 방향으로, 고기압 중심에서는 시계 방향으로 분다. 남반구는 이와는 반대 방향으로 분다. 따라서 경도풍이 불 때의 주요 힘은 구심력임을 알 수 있다. 구심력은 전향력과 기압 경도력의 차이가 되며, 구심력이 작용하기 때문에 가상의 힘은 원심력이 반대 방향으로 작용하여 경도풍은 원운동을 하면서 부는 것이다.

경도풍의 세기는 같은 등압선 간격일 경우에 저기압보다는 고기압 중심에서 더 세게 분다. 고기압과 저기압에서의 경도풍의 차이는 구심력이 되는 힘이 어떤 힘이냐인데, 고기압에서는 전향력이, 저기압에

서는 기압 경도력이 그러한 역할을 한다. 전향력이 크다는 것은 풍속이 크다는 것을 의미하므로, 전향력이 발달한 고기압 중심의 경도풍의 세기가 더 크다.

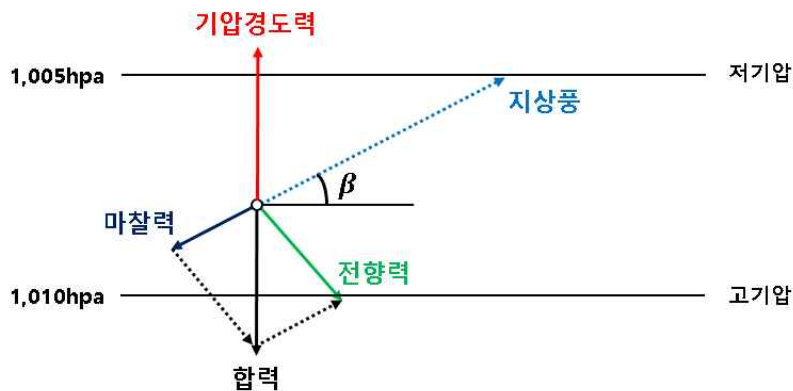
3) 선형풍

태풍 중심부근이나 토네이도와 같이 곡률반경은 작으나 풍속이 극히 큰 경우 소규모 원궤도를 따라 부는 바람이 선형풍(Cyclostrophic Wind)이다. 이는 전향력을 무시할 수 있는 상태에서 기압경도력과 원심력이 평형을 이룰 때 부는 바람이다.

선형풍은 회전의 방향에 관계없이 중심부는 저기압이 된다. 선형풍은 주와류코어 주위를 회전하는 작은 와류시스템으로 구성된 흡입와류이고, 지상 높이 200m 정도에서 수직으로 55~60m/s 정도의 고풍속을 나타낸다.

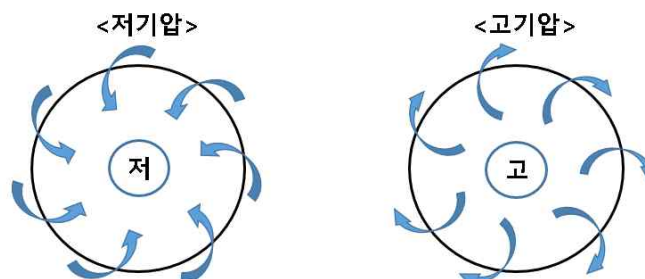
■ 지표면 부근의 바람

상공에서는 풍속이 비교적 일정한 지구자전풍 또는 경도풍이 분다. 그러나, 지표면 부근의 바람, 즉 지상풍은 대기경계층 내의 지표면 부근에서는 바람이 지표면의 요철 위를 통과하면서 발생하는 표면마찰력에 의하여 전향력, 기압경도력, 구심력 등 힘의 평형상태가 산란되기 때문에 상공의 바람에 비하여 훨씬 복잡한 성질의 바람이 된다.



[그림 2.1-4] 대기경계층 내에서의 힘의 평형

지상풍은 마찰이 존재하는 고도 1km 이내에서 부는 바람으로, 마찰력이 작용하는 경우 등압선과 풍향의 관계는 그림 2.1-4와 같이 최초에는 기압경도력의 방향으로 바람이 불지만, 곧 전향력이 작용하여 바람을 우측으로 휘어지게 한다. 그러나, 동시에 마찰력도 풍향과 반대방향으로 작용하기 때문에 그림 2.1-4에 나타난 것과 같이 바람이 등압선과 β 의 각도를 이룰 때 기압경도력과 전향력, 마찰력의 3힘이 평형상태에 도달하게 된다. 즉, 지표면 부근의 바람은 등압선과 β 의 각도를 이루면서 고압부에서 저압부로 불어간다. (β : 지상풍과 등압선이 이루는 각, 경각)



[그림 2.1-5] 지표부근의 고·저기압과 바람

따라서 그림 2.1-5에 나타난 것처럼 저기압의 경우에는 바람이 중심을 향하여 불어 들어가고, 고기압의 경우에는 중심으로부터 불어 나온다. β 는 보통 해상에서는 15~20°, 육지에서는 30~35°를 나타내지

만, 지표면의 마찰에 의한 저항마찰력이 커질수록 큰 각도를 갖게 된다. 대륙은 바다에 비해 큰 마찰저항을 받게 되므로 β 값도 커진다.

2.1.2 강풍의 종류

건축물의 내풍설계 시 문제가 되는 강풍을 일으키는 이상 현상으로는 우리나라의 경우 태풍, 저기압 전선풍, 계절풍 등이 있다.

■ 태풍

태풍(Typhoon)이란 북서태평양상의 북위 $5^{\circ}\sim 20^{\circ}$ 와 동경 $125^{\circ}\sim 155^{\circ}$ 해역에서 발생하여 우리나라에 영향을 미치는 열대성 저기압 가운데 기상청에 의하면 풍속 17m/s 이상의 것을 말한다. 국제적인 기준(WMO, World Meteorological Organization)에서는 최대풍속 32m/s 이상을 태풍으로 분류한다. 열대성 저기압인 태풍은 발생해역에 따라 그 이름을 달리하는데 멕시코 부근 카리브해에서는 허리케인(Hurricane), 인도양에서는 사이클론(Cyclone), 호주 근방 산호해에서는 윌리윌리(Willy Willy)라고 불린다.



[그림 2.1-6] 역대 태풍(1951년~1997년)의 영향권역(하영철 & 이석중, 1999)

태풍은 7~10월에 걸쳐 가장 많이 발생하고, 해마다 변동은 있으나 과거 30년의 경우를 보면 연평균 28개 정도 발생하고, 우리나라에 상륙하는 것은 연평균 3개 정도이며, 8월에 그 발생빈도가 가장 높아서 1개 이상의 태풍이 매년 8월에 집중적으로 상륙한다. 하지만 2013년 이후로 기후변동으로 태풍 시즌이 늦어지면서 여름 태풍이 줄고 가을 태풍이 늘고 있다.

그림 2.1-6은 1951년부터 1997년까지 태풍 가운데 우리나라에 큰 영향을 미친 중심기압 980hPa 이하의 태풍진로를 나타낸 것이다. 그림에서 1점 쇄선은 우리나라에 영향을 미친 다수의 태풍진로로부터 추정한 평균진로를 나타낸다. 우리나라의 경우 평균진로 진행 방향의 좌측에 대해서는 반경 100km , 우측은 전 지역을 태풍의 영향권역으로 설정된다. 따라서 우리나라의 경우 중부 이남지역이 태풍영향권역에 속한다고 할 수 있다. 하지만 2000년대 이후 태풍의 경우 상당수가 중부지역에 큰 피해를 주었기 때문에 중부 지역도 태풍의 영향권역에서 자유롭지 못하다.

[표 2.1-1] 태풍의 크기와 강도 분류

크기 분류	1,000hpa 등압선 간격(km)	풍속 25m/s 이상의 반경(km)	최대원형의 등압선 반경(km)	강도 분류	중심기압(hpa)	최대풍속(m/s)
극히 작음	100 이하	-	100 이하	초대형 (초A급)	920 이하	65 이상
소형	100~200	100 전후	200~300	대형(A급)	920~950	50~65
중형	200~300	200 전후	300~400	중형(B급)	950~980	30~50
대형	300~600	300 전후	400~800	소형(C급)	980 이상	17~30
초대형	600 이상	400 이상	800 이상			

■ 저기압 · 전선풍

저기압에는 온대저기압과 열대저기압의 2종류가 있다. 열대저기압은 저기압이 발달하여 태풍을 형성하게 되고, 일반적으로 저기압이라고 일컫는 것은 온대저기압을 말한다.

우리나라에 강풍을 유발시키는 저기압의 경로는 대만 북부나 동중국에서 발생한 저기압이 발달하면서 북동으로 이동하여 동해상으로 진행되는 것이다. 이는 봄과 가을에 많이 발생하고 태백산맥을 넘어가면서 기온이 상승하여 동해 쪽에 뽀(Foehn) 현상을 일으키기도 한다. 보통 저기압은 중심기압이 990hPa 정도에 달하면 바람이 강해지고 때로는 태풍 정도로 강렬하게 발달하여 상당한 폭풍우를 동반하는 것도 있다.

저기압의 경우에는 대개 온난전선과 한랭전선을 동반하게 되는데, 기온이 급변하고 강풍이 발생하는 것은 한랭전선이 통과하는 경우이다. 한랭전선이란 찬 공기가 더운 공기 밑으로 잠입하여 밀어내면서 진행되는 경우 찬 공기와 더운 공기가 만나는 경계가 지표면이나 해면과 접하는 선을 일컫는다. 이 한랭전선이 통과하면 기온이 급강하고 풍향이 급변하며 풍속이 증가한다.

우리나라의 경우 봄에 많이 발생하고, 특히 해안지방의 경우 연최대풍속의 50% 정도가 저기압 · 전선풍(Low-Pressure · Frontal System Storm)에 의해 발생된다.

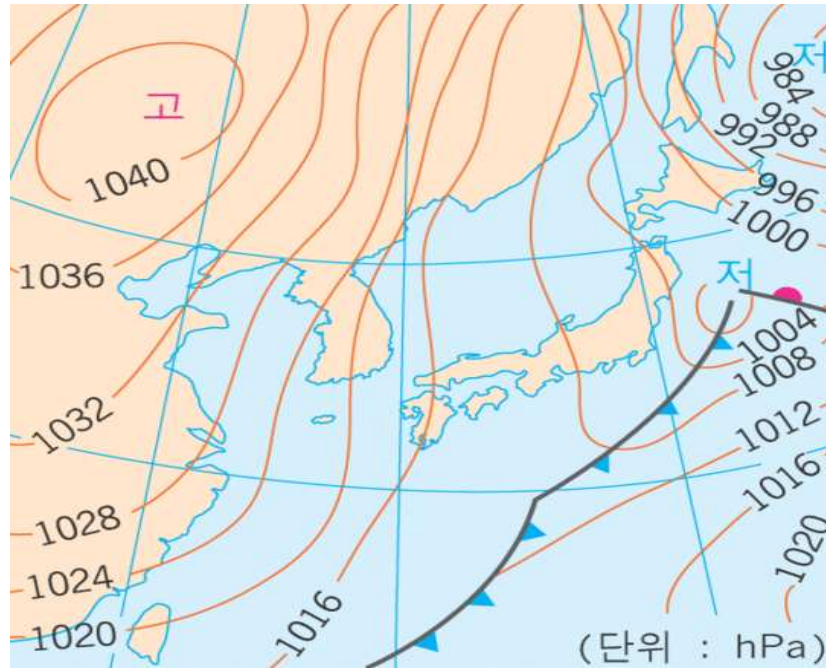
■ 계절풍

우리나라는 대륙과 해양의 경계에 있기 때문에 여름철에는 대륙이 빨리 데워져 육지에 저압부가 생겨 남풍이 불고, 겨울철에는 대륙의 고위도 지방이 매우 차가워지기 때문에 시베리아 고기압으로부터 해양으로 부는 북서풍의 바람이 많이 분다. 이렇게 계절에 따라 부는 바람을 계절풍이라 부르며, 우리나라의 경우에는 겨울에 대륙과 바다의 온도차가 더욱 심하기 때문에 겨울에 대륙에서 오는 계절풍이 바다에서 오는 계절풍보다 강하다.

특히, 우리나라의 경우 12월 하순경부터 시베리아대륙의 고기압이 더욱 세력이 강해져서 우리나라 주변의 기압배치는 그림 2.1-7에 나타난 것처럼 전형적인 서고동저형(西高東低)이 되기 때문에 이 기압배치가 계속되는 동안 강하고 차가운 북서계절풍이 불게 되고 동해안에는 폭설은 내리게도 한다. 풍속은 육지에서 15~20m/s 정도이나 해안이나 산악지방 등 전형적으로 강풍이 불기 쉬운 곳에서는 30~40m/s에 도달할 때도 있고, 그 지속시간도 태풍이나 저기압 전선풍에 비하여 길어 3일 이상 지속되는 경우도 있다.

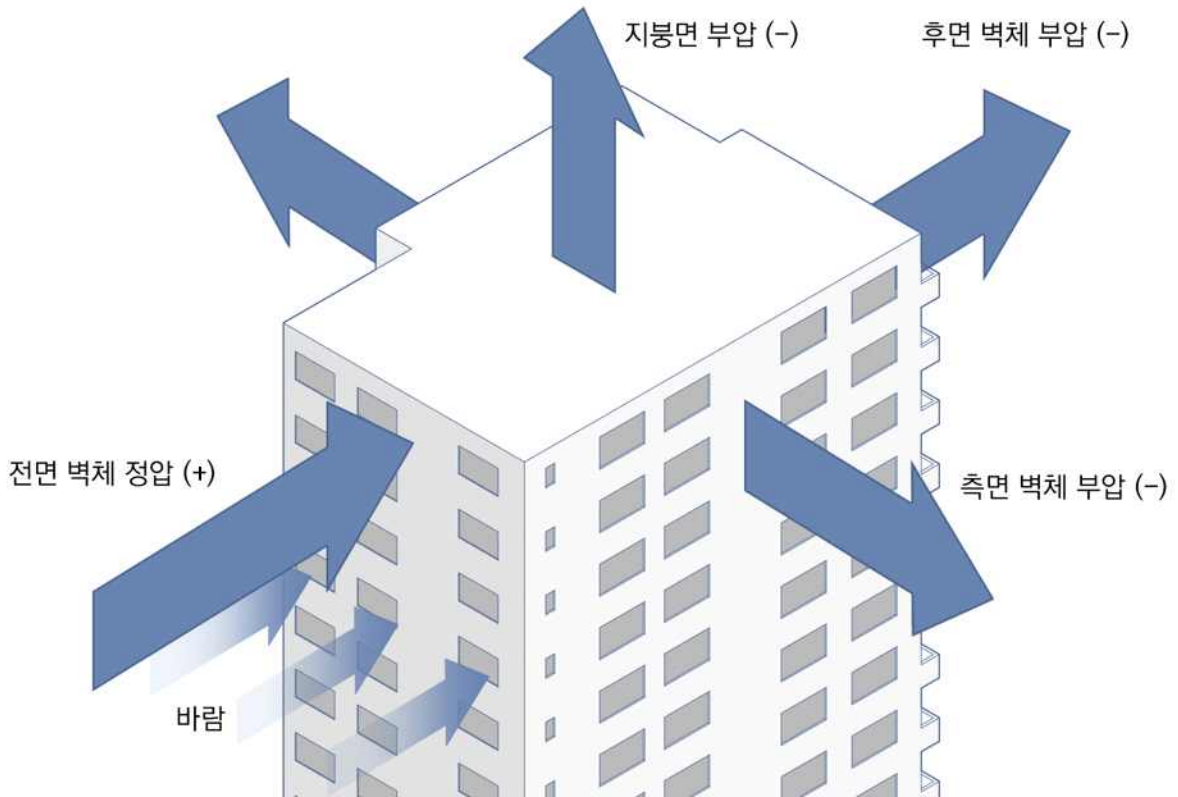
그러나, 서고동저형의 기압배치가 날마다 계속되는 것은 아니고 이 겨울형 기압배치는 사나흘을 주기로 바뀌게 되어 이른바 3한4온(三寒四溫)의 우리나라 겨울날씨의 특징을 띠게 된다. 이 동안 동해에 생긴 저기압과 동중국해와 대만 주변에 생긴 저기압이 우리나라 남쪽 해상을 지남으로써 서고동저의 기

압배치가 깨지는 일이 있다. 그러면 동해 쪽의 눈은 그치고 좋은 날씨와 더불어 따뜻해지기도 한다.



[그림 2.1-7] 서고동저형 기압배치 예시

2.2 건물과 바람



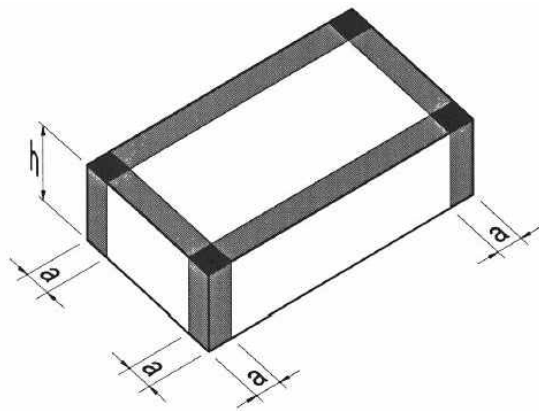
[그림 2.2-1] 바람에 의한 건물의 발생 압력

바람이 건물에 부딪히면 건물에는 정압(건물을 미는 압력)과 부압(건물을 잡아당기는 압력)이 동시에 발생한다. 정압은 주변의 압력보다 높고, 부압은 주변의 압력보다 낮다. 즉, 바람이 부는 방향 전면 벽체에는 정압이 발생하고, 측면 벽체와 후면 벽체에는 부압이, 지붕면에는 지붕의 경사각에 따라 정압 및 부압이 발생한다. 건물의 외부에 바람에 의해 손상되지 않을 정도의 충분한 강도를 유지해야 하며, 그 압력의 규모는 중요한 요소로 작용한다.

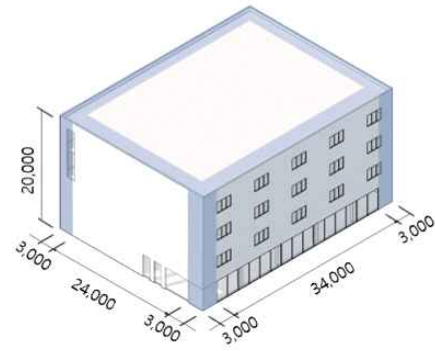


[그림 2.2-2] 바람에 의한 하중의 종류

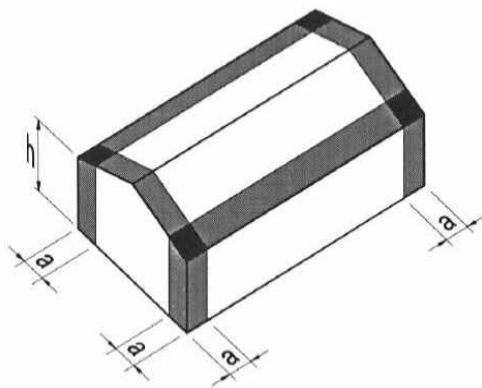
이러한 정압과 부압은 건물 전체를 수평으로 미는 수평하중과, 지붕을 들어올리고 벽체와 창호 등의 외장재를 잡아당기는 양중하중, 그리고 건물전체를 휘게 만드는 전단하중을 발생시킨다. 이 중, 강풍에 의한 건물피해를 가장 많이 발생시키는 것은 부압에 의한 양중하중으로 건물내부에서 밀어내는 힘과 지붕표면의 부압이 합류하여 지붕의 풍하중을 증가시키된다. 따라서 벽체 외장재와 지붕의 파손은 대부분 부압에 의한 양중하중에 의해 발생하게 되며, 결과적으로 지붕에 작용하는 부압과 같은 압력이 측벽에도 작용하게 된다.



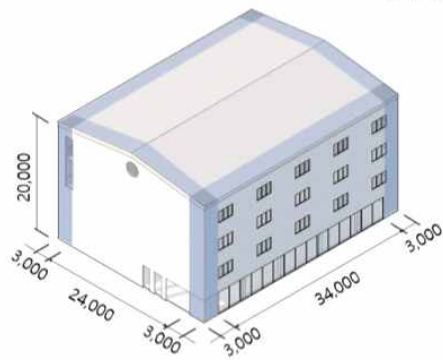
단위 : mm



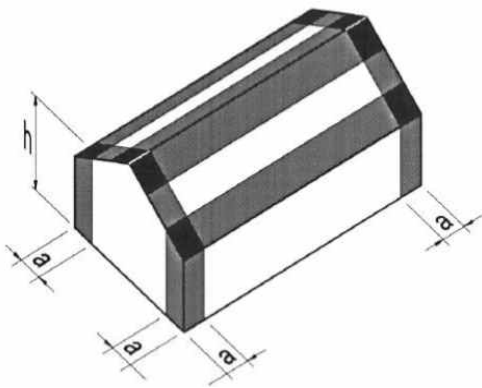
(a) 평지붕



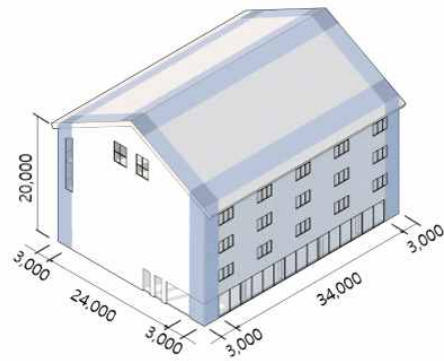
단위 : mm



(b) 경사가 낮은 박공지붕 (경사도 $\leq 10^\circ$)



단위 : mm



(c) 경사가 높은 박공지붕 ($10^\circ \leq$ 경사도 $\leq 45^\circ$)

[그림 2.2-3] 큰 부압으로 인해 파손위험이 큰 부위(좌) 및 예시(우)

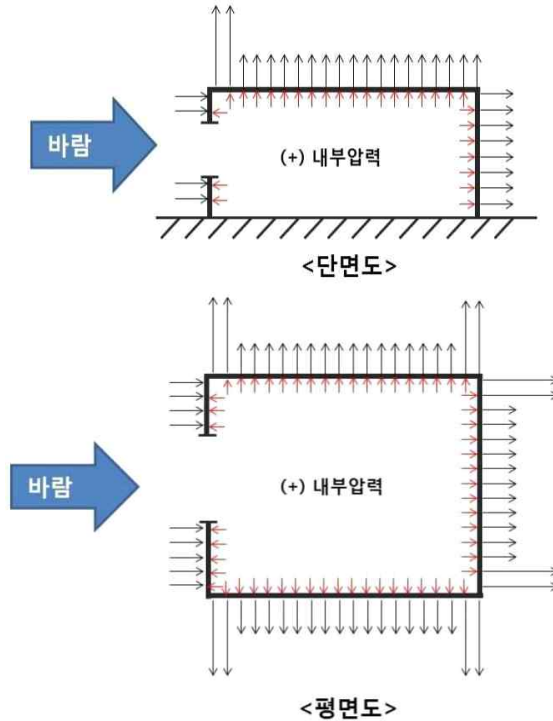
부압은 특히 벽체의 모서리나 지붕의 모서리, 지붕의 코너부위에 크게 발생한다. 건물의 형태에 따라 벽체와 지붕에 부압이 큰 부위는 그림 2.2-3과 같이 건물의 형태와 지붕의 경사도에 따라 달라진다. 그림에서 a는 건물 최소폭의 0.1배 혹은 0.4H 중 작은 값이며, 최소폭의 0.04배 또는 1.0m보다 작지 않아야 한다(H: 기준높이). 따라서 강풍에 대한 피해위험도가 벽체, 지붕의 모서리와 지붕의 코너부위에서 가장 크기 때문에 강풍 피해에 대비한 점검 및 보강 또한 이러한 위험부위에서 중점적으로 실시하여야 한다.

예시 건축구조물은 건물 최소폭이 30m이고 장방향으로 40m, 높이는 20m인 구조물을 평지붕, 경사가 낮은 박공지붕 및 경사가 큰 박공지붕으로 표현하였다. 예시 건축구조물의 건물 최소폭의 0.1배는

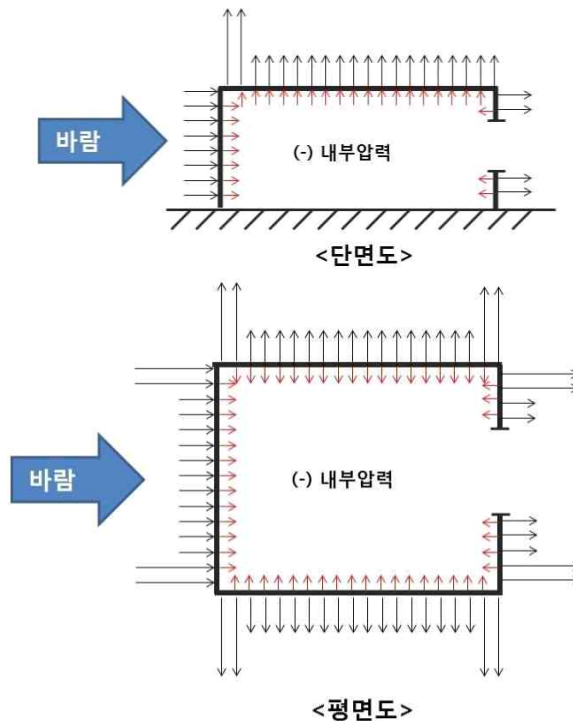
3m이고 건축물 높이의 0.4배는 8m로 둘 중 작은값인 a는 3m가 됨을 알 수 있다.

2.2.1 개구부 (출입문, 창호 등)의 영향

건물이 바람에 의한 압력을 받을 때 출입문, 창호 등과 같이 건물에 개구부가 있는 경우 건물의 내부에는 부압이 발생한다. 이 때, 건물내부에서 밀어내는 압력과 벽체의 부압 또는 지붕의 부압의 방향이 같은 경우에는 지붕과 벽을 밀어내는 압력을 증가시키게 된다. 그림 2.2-6과 같이 바람이 개구부가 위치한 방향에서 불어오는 경우 우측의 벽체와 지붕면에 발생하는 내부 압력과 외부 부압의 방향이 일치하여 바람에 의한 영향이 증가되는 결과를 가져온다.



[그림 2.2-6] 주요 개구부가 바람이 불어오는 쪽에 위치한 경우 지붕과 벽체의 압력



[그림 2.2-7] 주요 개구부가 바람이 불어오는 반대쪽에 위치한 경우 지붕과 벽체의 압력

이와 반대로 그림 2.2-7과 같이 바람이 부는 반대쪽에 개구부가 위치한 경우에는 지붕면이 내압은 지붕을 아래쪽으로 잡아당기는 방향으로 발생한다. 따라서 지붕을 위쪽으로 들어 올리는 풍압의 방향과 내압의 방향이 반대가 되어 바람에 의한 지붕을 들어 올리는 힘이 감소한다. 하지만 바람이 불어오는 쪽 벽체의 경우 바람에 의한 정압과 내압의 방향이 일치하여 벽체를 실내 쪽으로 미는 압력이 증가하게 된다. 따라서 강풍이 예상되는 경우에는 개구부가 닫혀있는지 확인을 하여야 하며, 만일 강풍에 의해 개구부의 파손이 예상되는 경우에는 개구부에 추가적인 보강을 실시하여 내압에 의한 파손을 방지하여야 한다.

2.3 빌딩풍과 외장재

도시내부는 주변지역보다 고온이며, 약한 저기압이 형성되고 열섬(Heat Island)부근의 공기는 가열되어 상승기류가 일어난다. 따라서, 도시 내부는 인공적인 특수한 풍계가 형성된다. 이러한 도시 내부의 특징에 의해 강한 바람이 불 경우, 고층 빌딩에 부딪힌 도심 상공의 강한 바람이 지표면으로 급강하한 뒤 소용돌이처럼 위로 솟구치거나 좌우로 빠르게 흐르는 현상을 도시풍 또는 빌딩풍이라고 한다. 도시 내의 높은 건물은 풍속을 약화시키는 원인이 되기도 하고, 높은 건물과 건물 사이는 바람의 통로가 되므로 강한 바람도 나타난다. 이런 도시 내의 국지적인 바람을 빌딩풍이라고 부른다.

빌딩으로 인해 바람이 강해지는 이유는 강에 비유해 보면 쉽게 이해할 수 있다. 똑같은 유량이라 할지라도 면적이 넓은 지역의 강은 유속이 느리다. 그러나, 면적이 좁은 강은 그 유속이 빨라진다. 이와 같이 넓은 공간의 바람이 좁은 공간으로 들어오면 압력이 낮아지고 속도는 빨라지게 되는 것이다. 물리에서는 이것을 베르누이 정리(Bernoulli's theorem)라고 부른다. 우리나라에서는 빌딩이 밀집해 있는 서울 소공로, 강남, 여의도 등에서 빌딩풍이 자주 관측되고 있다.

빌딩풍은 대개 표 2.3-1과 같이 다섯 가지로 구분할 수 있다. 박리류(剝離流, Separated Flow), 하강풍(下降風, Downslope Wind), 역류(逆流, Backward Flow), 골바람(谷風, Convergence Wind), 개구부풍(開口部風, Pilotis Wind)이 그것이다. 간단한 그림과 함께 설명해보기로 하겠다.

빌딩으로 만들어지는 하강풍의 경우는 풍속이 2~3배로 증가하기도 한다. 건강한 성인이 견딜 수 있는 최대 풍속은 24m/s 정도다. 시베리아 고기압이 확장할 때 평지에서 10m/s 이상의 바람이 분다. 그런데 빌딩숲에서 부는 바람은 20~30m/s의 강한 빌딩풍으로 바뀐다. 2008년 성균관대의 연구팀이 서울 강남 지역에서 바람을 관측했다. 그 결과, 강남 지역 바람이 북한산 중턱보다 더 강한 경우가 있었으며, 태풍급에 해당하는 바람과 강풍의 횟수가 각각 21회, 1453회에 달했다. 도심 한복판에 부는 바람이 산간지역보다 더 강한, 이른바 풍속 역전 현상이 나타나고 있다.

빌딩풍의 피해는 예상보다 크다. 빌딩풍은 상공의 바람보다는 약하지만, 상공 풍속의 60~70% 정도의 강한 바람이 분다. 이 바람은 지상의 바람보다는 훨씬 강하다. 여기에 순간 돌풍까지 동반한다. 순간돌풍은 20m/s 이상이기때 100층이 넘는 초고층 빌딩이 일으키는 빌딩풍은 유리창 및 출입문 파손, 자동차 전복, 인명피해, 건물진동 같은 피해를 유발할 수 있다. 특히, 바람이 강해지는 빌딩의 모서리 쪽으로는 바람의 세기가 더 강해 위험한 지역이 된다.

보통의 경우 도시에서는 건축물의 마찰력에 의해 타 지형 대비 약한 풍속을 보인다. 그러나 고층 건축물이 밀집된 도시의 경우 건축물에 부딪힌 바람이 건축물 사이를 통과하며 일부 지역에 강풍을 발생시키기도 하는데, 이러한 현상을 빌딩풍이라 한다. 빌딩풍은 여러 기류에 의해 복합적으로 발생하며 그 기류의 종류 또한 다양하다.

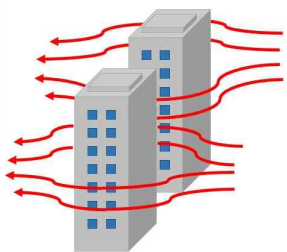
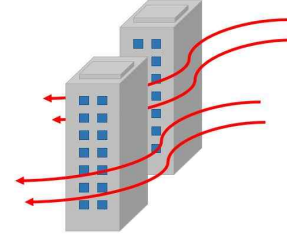
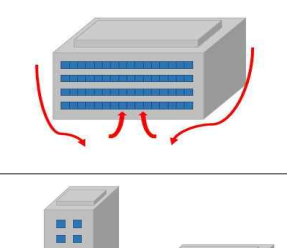
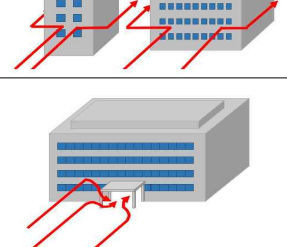
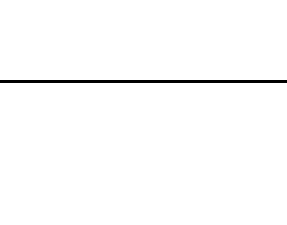
국내에서는 빌딩풍에 대한 사회적 인식이 다소 부족하지만, 미국과 일본 등의 국가에서는 풍환경 평가기준을 규정하고 빌딩풍 환경영향평가를 의무적으로 진행하고 있다. 또한 빌딩풍이 보행자 높이의 풍환경에 끼치는 영향을 고려하여 계획·설계단계에서부터 건축물의 높이를 제한시키고 형태 및 배치를 변경한 사례도 늘어나고 있다. 국내에서도 풍환경 평가기준 및 빌딩풍에 관련된 연구가 꾸준히 진행되어 왔지만, 풍환경 평가기준을 확립하여 빌딩풍 환경영향평가를 의무화시키는 단계에는 이르지 못한 실정

이다. 1985년 대한민국 최초의 초고층 건축물이 등장하고 건축기술이 발전하면서, 도시를 중심으로 고층 건축물이 밀집되기 시작했다. 빌딩풍은 평소에도 보행자가 불쾌감을 느낄 정도의 돌풍을 발생시킨다. 이는 태풍과 같은 극단적인 상황에서 더욱 강한 영향력을 보이며, 특히 초고층 건축물의 주변 지역을 대상으로 많은 피해를 발생시키고 있다.

그 중 외장재 파손의 원인은 풍압의 변화 외에도 유리강도, 창틀과 창유리의 피로, 비산물에 의한 충격 파괴 등의 여러 가지 원인이 있을 수 있다. 본 가이드에서는 인접한 건축물에 의한 상호간섭현상에 의한 풍압의 변화에 초점을 맞추어 설명하며, 다른 원인들에 대해서는 고려의 대상에서 배제한다.

건물 면에 부딪힌 빌딩풍의 일부는 건축물 하부로 급격히 하강하면서 강한 돌풍을 일으키는 경향이 있기 때문에 건물 외장재 파손에 의한 2차피해와 건축물 주변 보행자에 인명피해 또한 발생할 수 있다. 초고층 건축물은 강풍에도 견딜 수 있도록 내풍설계를 한다. 태풍 마이삭과 같이 강한태풍이 불었을 때 건물이 흔들려 불쾌감은 느낄 수 있었으나 건물 안전에는 문제가 없었다. 하지만 빌딩풍에 의해 외장재가 파손되거나 탈락하여 추락하면서 빈번한 피해가 발생하고 있다. 국내에서 강풍(빌딩풍)에 의해 주로 발생하는 외장재 탈락 사고는 드라이비트(외단열마감재) 탈락, 외벽샌드위치패널 탈락, 커튼월(창호) 파손이 있다.

[표 2.3-1] 빌딩풍의 종류

구 분	내 용	
박리류		바람이 빌딩에 도달하면 벽면을 따라서 흘러간다. 이 바람은 빌딩 모서리까지 가면 더 이상 벽면을 따라 흐를 수 없게 됨으로 빌딩에서 벗어나 흘러간다. 빌딩 모퉁이에서 벗어난 바람은 그 주위의 바람보다도 더 강하게 분다. 이 바람을 박리류라 한다
하강풍		내리 부는 바람이라고도 부른다. 바람이 빌딩에 부딪치면 빌딩 높이의 60~70% 부근에서 상하 혹은 좌우로 나뉘고 그 바람은 빌딩 뒤에 생기는 압력이 낮은 지역으로 빨려 들어간다. 이로 인해 빌딩의 측면 위쪽에서 아래쪽으로 강한 바람이 불게 된다. 하강풍은 상공의 빠른 바람을 지상으로 끌어내리기 때문에 빌딩의 높이가 높을수록 더욱 강해진다. 고층빌딩의 바로 아래 부근에서는 하강풍과 박리류가 합쳐지면서 상당히 강한 바람이 만들어진다.
역류		분기점에서 아래쪽을 향하는 바람은 벽면을 따라서 하강한다. 이 바람이 지면에 도달하면 일부분은 작은 소용돌이를 치면서 좌우로 흘러간다. 또 다른 일부분은 지면을 따라서 상공의 바람과는 반대 방향으로 분다. 내리바람이 아닌 상승하는 강한 바람이 만들어지는데 이러한 흐름을 역류라 한다. 고층 빌딩의 전면에 저층 건물이 있는 경우 이 바람은 강해진다.
굴바람		이웃에 고층 빌딩이 있거나 빌딩이 2동 이상일 경우에 부는 빌딩풍이다. 이 경우 각각의 빌딩으로부터의 박리류, 하강풍이 겹친다. 이로 인해 상당히 강한 바람이 분다.
개구부풍		건물의 아래층 부분에 필로티가 있는 경우 부는 바람이다. 이 경우 빌딩의 풍상측과 풍하측이 하나로 연결된다. 이 부분은 바람이 잘 빠져나가면서 빠른 바람이 분다. 그러나, 심한 난류나 하강풍은 없다.

2.4 외장재 설계용 풍하중 산정 프로세스(KDS 41 12 00 : 2022)

2.4.1 적용범위 및 기본방침

- 2.4장은 강풍이 작용하였을 때 외장재가 탄성적으로 거동하는 것을 전제로 한 최소풍하중을 산정하는 경우에 적용한다.
- 강도설계법 적용 시 풍하중은 10분간 평균풍속의 재현기간 500년에 대한 값을 기본으로 산정한다. 이 값은 강도설계의 극한값으로 하중조합시 풍하중계수는 1.0으로 한다.
- 허용응력설계법을 적용할 경우 10분간 평균풍속의 재현기간 50년에 대한 값으로 산정하나 풍하중은 10분간 평균풍속의 재현기간 500년에 대한 값으로 산정한 값에 하중조합시 풍하중계수를 0.65로 한다.
- 인접효과가 우려되는 건축구조물은 풍동실험 중 풍압실험을 실시하여 풍상측 장애물의 골바람 효과, 후류버펄팅 및 와류방출로 인한 인접효과가 반영된 외장재설계용 풍하중을 산정하여야 한다. 외장재의 파손에 주의해야 할 건축물 또한 풍압실험을 실시하여야 한다.
- 인접효과 및 외장재의 파손에 주의해야 할 건축물은 KDS 41 12 00의 5.1.4장 특별풍하중에 따라 판단한다.
- 본 가이드라인에서 외장재 설계용 풍하중 산정 프로세스는 외벽에 설치된 외장재를 대상으로 한다.

2.4.2 외장재설계용 풍하중 산정식

건축구조물의 외장재 등을 설계하는 경우의 풍하중을 산정할 때 적용하며, 다음의 모든 조건을 만족하여야 한다. 조건 미충족시 특수한 영향들을 고려, 풍동실험에 따라 특별풍하중을 산정하여야 한다.

- ① 건축물의 형상은 정형적이어야 한다.
- ② 건축물은 와류방출, 공기력불안정진동 등을 유발하는 응답특성을 나타내지 않아야 한다.
- ③ 건축물은 풍상측의 장애물에 의해 발생하는 골바람효과나 후류버펄팅을 받는 곳에 위치하지 않아야 한다.

외장재설계용 풍하중 W_C 는 기준높이 H 에 따라 다음과 같이 산정한다. 단, 외장재설계용 풍압에 해당하는 W_C/A_C 는 $675N/m^2$ 보다 작지 않아야 한다.

1) 기준높이 20m 이상 건축구조물

외장재설계용 풍하중 W_C 는 아래 두 종류로 구분하여 산정한다

① 정압인 외벽

지상높이 z 에서의 외장재설계용 풍하중 $W_C(z)$ 는 식 2.4-1에 따라 산정한다.

$$W_C(z) = q_H (k_z \hat{C}_{pe} - \hat{C}_{pi}) A_C \text{ (N)} \quad (2.4-1)$$

② 부압인 외벽

외장재설계용 풍하중 W_C 는 식 2.4-2에 따라 산정한다.

$$W_C = q_H (\hat{C}_{pe} - \hat{C}_{pi}) A_C \text{ (N)} \quad (2.4-2)$$

여기서, k_z : 높이방향압력분포계수 (표 2.4-6에 따른다)

q_H : 기준높이 H 에 대한 설계속도압 (N/m²) (2.4-3에 따른다)

$\hat{C}_{pe}$: 외장재설계용 피크외압계수 (2.4.11에 따른다)

$\hat{C}_{pi}$: 외장재설계용 피크내압계수 (2.4.12에 따른다)

A_C : 외장재 등의 유효수압면적 (m²)

2) 기준높이 20m 미만 건축구조물

외장재설계용 풍하중 W_C 는 벽, 지붕을 구분하지 않고 식 2.4-3에 따라 산정한다. 단, 여기서 건설지점의 지표조도구분이 A, B, C 에 해당하는 경우에는 지표면조도구분 C 에서의 설계속도압 q_H 를 적용하고, 건설지점이 조표면조도구분 D 인 경우에는 해당 지표면조도구분의 설계속도압 q_H 를 적용한다.

$$W_C = q_H (\hat{C}_{pe} - \hat{C}_{pi}) A_C \text{ (N)} \quad (2.4-3)$$

여기서, q_H : 기준높이 H 에 대한 설계속도압 (N/m²) (2.4-3에 따른다)

$\hat{C}_{pe}$: 외장재설계용 피크외압계수 (2.4.11에 따른다)

$\hat{C}_{pi}$: 외장재설계용 피크내압계수 (2.4.12에 따른다)

A_C : 외장재 등의 유효수압면적 (m²)

2.4.3 설계속도압(q_H)

기준높이 H 에서의 설계속도압 q_H 는 식 2.4-4에 따라 산정한다.

$$q_H = \frac{1}{2} \rho V_H^2 \text{ (N/m}^2\text{)} \quad (2.4-4)$$

여기서, ρ : 공기밀도로써 균일하게 1.225kg/m³로 한다.

V_H : 설계풍속(m/s) (2.4-4에 따른다)

2.4.4 설계풍속(V_H)

설계풍속 V_H 는 식 2.4-5에 따라 산정한다.

$$V_H = V_0 K_D K_{zr} K_{zt} I_w(T) \text{ (m/s)} \quad (2.4-5)$$

여기서, V_0 : 기본풍속(m/s) (2.4.5에 따른다)

K_D : 풍향계수 (2.4.6에 따른다)

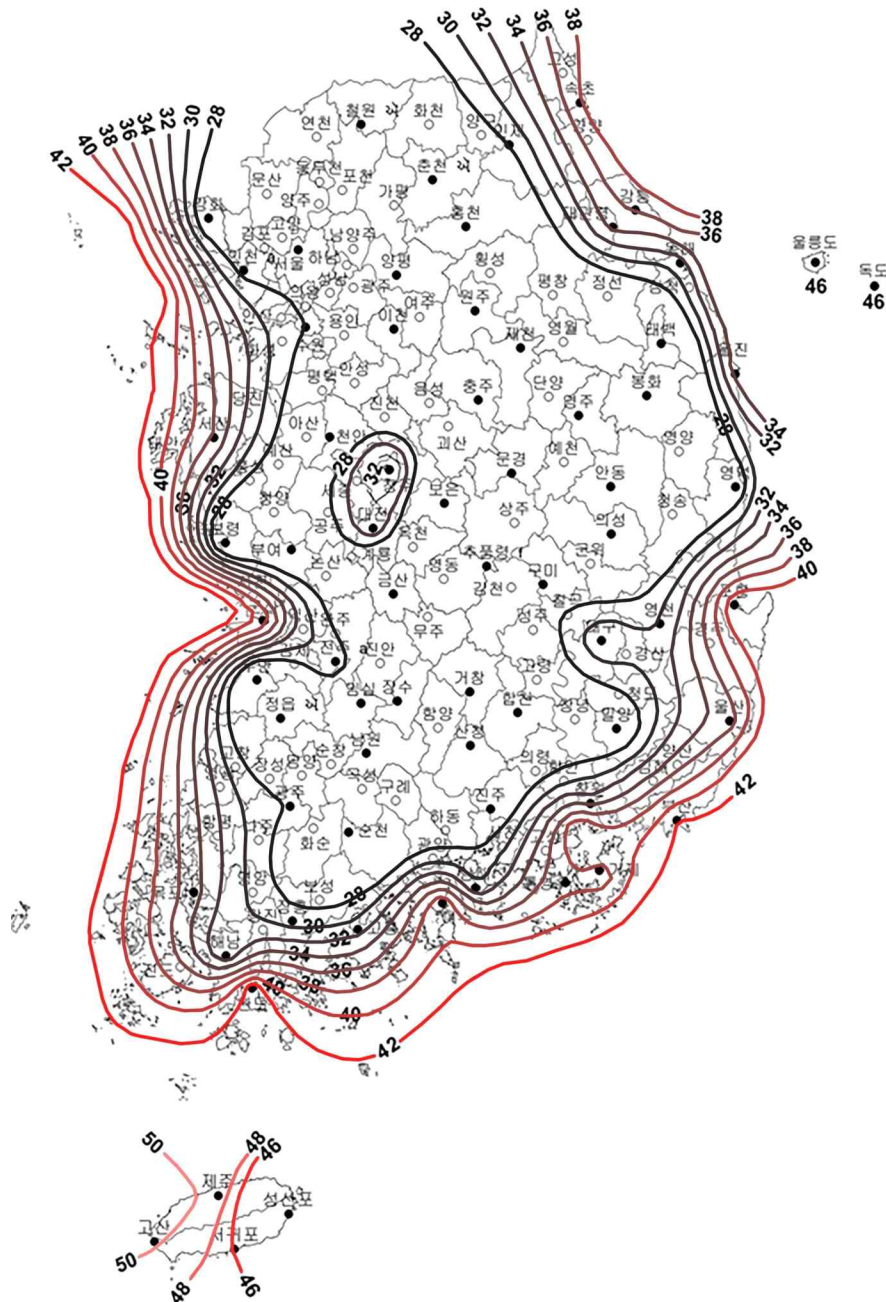
K_{zr} : 풍속고도분포계수로 기준높이 H 에서의 값 (2.4.7에 따른다)

K_{zt} : 지형계수 (2.4.8에 따른다)

$I_w(T)$: 건축구조물의 중요도계수 (2.4.9에 따른다)

2.4.5 기본풍속(V_0)

(1) 풍하중을 산정할 때의 기본풍속 V_0 는 지표면상태가 5.5.4에서 정한 지표면조도구분 C 인 경우, 지상 10m 높이에서 10분간 평균풍속의 재현기간 500년 값으로 하고, 건설대상지의 지리적 위치에 따라 그림 5.5-1에 따라 정한다. 바람은 항상 수평방향에서 불어오는 것으로 가정한다. 건설지점 부근의 유효한 풍관측자료가 있는 경우에는 그 값에 따라 기본풍속 V_0 를 설정할 수 있다. 이 경우 풍속자료를 처리할 때에는 공인된 극치통계해석법을 사용하고, 자료의 길이, 측정오차, 평가시간, 풍속계높이, 풍속계 주변의 지표면상태 등을 고려해야하며, 풍속자료는 지표면조도구분 C 인 지상 10 m에서 10분간 평균풍속으로 균질화해야 한다.



주] 1) 지도의 지역명칭 중 ●는 기상관청이 설치된 지역으로 기상관청이 위치한 곳을 나타내고, ○는 기상관청이 없는 지역으로 시청 및 군청 소재지가 위치한 곳이다.

2) 건설지점이 등풍속선 사이에 위치할 때는 인근 등풍속선 중 큰 값을 사용한다.

[그림 2.4-1] 기본풍속 V_0 (재현기간 500년 풍속) (m/s)

2.4.6 풍향계수

외장재설계용 풍하중을 평가하는 경우에는 $K_D = 1.0$ 으로 한다

2.4.7 지표면조도구분 및 풍속고도분포계수(K_{zt})

지표면조도구분은 표 2.4-1에 따라 정한다.

[표 2.4-1] 지표면조도구분

지표면 조도구분	주변지역의 지표면 상태
A	대도시 중심부에서 고층건축물(10층 이상)이 밀집해 있는 지역
B	수목 · 높이 3.5 m 정도의 주택과 같은 건축물이 밀집해 있는 지역 중층건물(4~9층)이 산재해 있는 지역
C	높이 1.5~10 m 정도의 장애물이 산재해 있는 지역 수목 · 저층건축물이 산재해 있는 지역
D	장애물이 거의 없고, 주변 장애물의 평균높이가 1.5 m 이하인 지역 해안, 초원, 비행장

평탄한 지역에 대한 풍속고도분포계수 K_{zt} 는 위에서 규정한 건설지점의 지표면조도구분에 따라 표 2.4-2 및 표 2.4-3에 따라 정한다.

[표 2.4-2] 평탄한 지역에 대한 풍속고도분포계수 K_{zt}

지표면으로부터의 높이 z (m)	지표면조도구분			
	A	B	C	D
$z \leq z_b$	0.58	0.81	1.0	1.13
$z_b < z \leq Z_g$	$0.22 z^\alpha$	$0.45 z^\alpha$	$0.71 z^\alpha$	$0.98 z^\alpha$

- 주 1) z : 지표면에서의 높이(m)
 2) z_b : 대기경계층시작높이(m)
 3) Z_g : 기준경도풍높이(m)
 4) α : 풍속고도분포지수

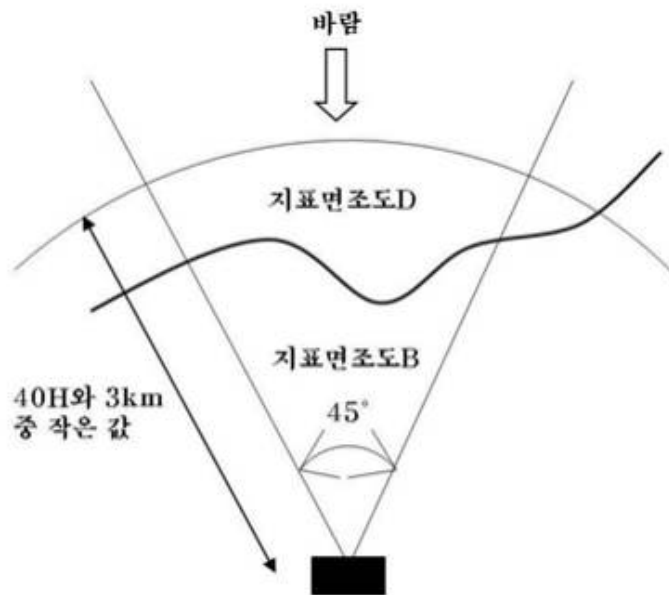
[표 2.4-3] Z_b, Z_g, α

지표면조도구분	A	B	C	D
z_b (m)	20 m	15 m	10 m	5.0 m
Z_g (m)	550 m	450 m	350 m	250 m
α	0.33	0.22	0.15	0.10

- 주 1) z_b : 대기경계층시작높이(m)
 2) Z_g : 기준경도풍높이(m)
 3) α : 풍속고도분포지수

건설지점에 대한 지표면조도를 선정하기 위하여 건설지점주변의 상황을 조사하여 보면, 2 이상의 지표면조도가 혼합되어 있는 경우가 많다. 이러한 경우 지표면조도의 선정은 풍상측에 대하여 그림 2.4-2에 나타난 것처럼 45°의 영역 중 건축물의 기준높이 H 의 40배와 3 km이내의 범위에 속하는 지표면상

태를 대상으로 하여 아래에 기술하는 3 가지로 나누어 판단한다.



[그림 2.4-2] 지표면조도구분의 선정 예

첫째, 검토대상범위내의 풍상측에 급격한 지표면조도의 변화가 없는 경우에는 45° 범위 내의 평균적인 지표면상태를 그 풍향에 대한 지표면조도로 한다.

둘째, 검토대상범위내의 풍상측이 평탄상태에서 거친상태로 급변하는 경우에는 중간상태의 지표면조도를 고려한다.

셋째, 검토대상범위내의 풍상측이 거친상태에서 평탄상태로 변하는 경우에는 중간상태의 지표면조도를 고려한다.

풍속고도분포는 지수법칙에 따라 지상으로부터의 높이가 높아짐에 따라 증가하지만 어느 정도이상의 높이에 도달하면 지표의 마찰에 의한 영향이 미치지 않으므로 일정한 속도를 갖는다. 이처럼 지표면의 마찰에 의한 영향을 받지 않는 높이를 경도풍높이 Z_g (Gradient Height)라고 하며, 그 때의 풍속을 경도풍의 풍속 V_g (Gradient Speed)이라고 부른다. 이 기준에서는 지수법칙이 경도풍높이 Z_g 까지 성립하는 것으로 하고, 그 이상 높이에서는 지표면조도에 관계없이 풍속은 일정한 것으로 하였다. 경도풍높이 Z_g 는 지표면조도에 따라 변하게 된다.

2.4.8 지형계수(K_{zt})

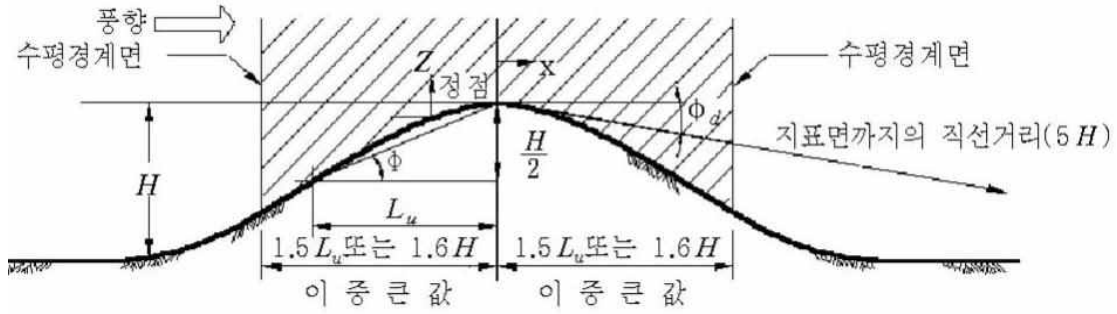
지형계수란 산, 언덕 또는 경사지 등 지형의 영향을 받은 풍속과 평탄지에서의 풍속의 비율이다. 산의 능선이나 산의 정상 언덕 경사지 절벽 등에서는 국지적인 지형의 영향으로 인하여 풍속이 증가(수축 효과에 기인함)한다. 이러한 현상은 실측 및 실험에 의하여 확인된 것으로 산, 언덕 및 경사지의 정상에서는 평탄지에 비하여 풍속이 1.5~2.0배 정도 증가하는 것으로 알려져 있다.

(1) 산, 언덕 및 경사지의 영향을 받지 않는 평탄한 지역에 대한 지형계수 K_{zt} 는 1.0이다.

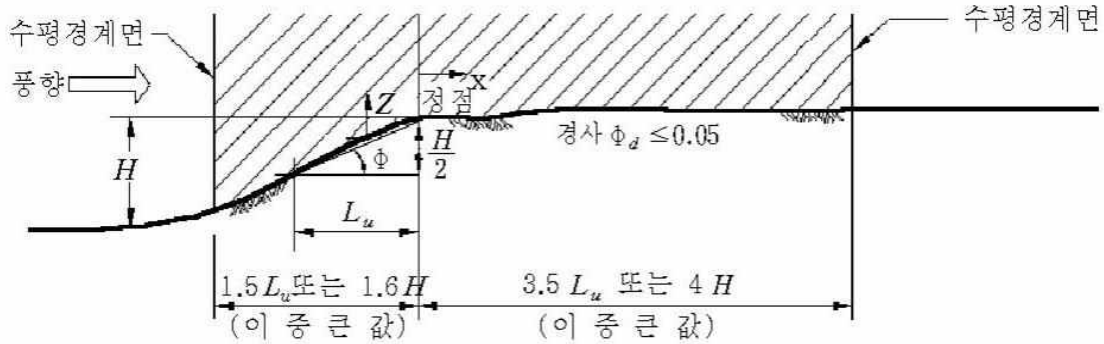
(2) 산, 언덕 및 경사지 정상 부근 등 풍속할증이 필요한 부분에 대한 적용범위는 표 2.4-4와 같고, 지형계수 K_{zt} 는 식 (2.4-6)으로 산정한다.

[표 2.4-4] 지형계수 K_{zt} 의 적용범위, m

지형구분	풍속할증 적용 범위	적용 범위	
		풍상측	풍하측
언덕, 산	수평거리 (정점에서)	1.5 L_u 와 1.6 H 중 큰 값	
경사지	수평거리 (정점에서)	1.5 L_u 와 1.6 H 중 큰 값	3.5 L_u 와 4 H 중 큰 값



a) 언덕, 산



(b) 경사지

[그림 2.4-3] 지표면조도구분의 선정 예

$$K_{zt} = 1 + \frac{k_t s \phi'}{1 + 3.7 I_z} \quad (2.4-6)$$

여기서, k_t : 형상계수

= 1.4 ; 경사지

= 1.4 + 3.6 ($\phi_d - 0.05$) ≤ 3.2 ; 언덕 · 산

ϕ_d : 언덕 · 산 · 경사지의 정점으로부터 풍하측 빗변으로 5 H 되는 거리까지의 평균경사

s : 위치계수

$$= \left(1 - \frac{|x|}{1.5 L^*}\right) \left(1 - \frac{z}{L_u}\right) ; \phi \leq 0.3 \text{ 일 때}$$

$$= \left(1 - \frac{|x|}{1.5L^*}\right) \left(1 - \frac{0.6z}{H}\right) ; \phi > 0.3 \text{일 때}$$

풍상측인 경우

$$L^* = L_u$$

$$L^* = 1.7H ; \phi > 0.3 \text{일 때}$$

풍하측인 경우

$$L^* = L_u \text{와 } 1.7H \text{ 중 큰 값 ; 언덕 · 산}$$

$$L^* = 2L_u \text{와 } 3.33H \text{ 중 큰 값 ; 경사지}$$

x : 정점으로부터의 수평거리(m)

z : 국지 지표면으로부터의 임의높이(m)

H : 언덕, 산, 경사지의 정점높이(m)

L_u : 언덕, 산, 경사지의 정점 중앙으로부터 아래로 $H/2$ 인 지점에서 풍상측 경사지 지점까지의 수평거리(m)

ϕ' : ϕ 또는 0.3 중 작은 값

$$\phi : \text{풍상측경사} \left(= \frac{H}{2L_u} \right)$$

I_z : 높이 z 에서의 난류강도

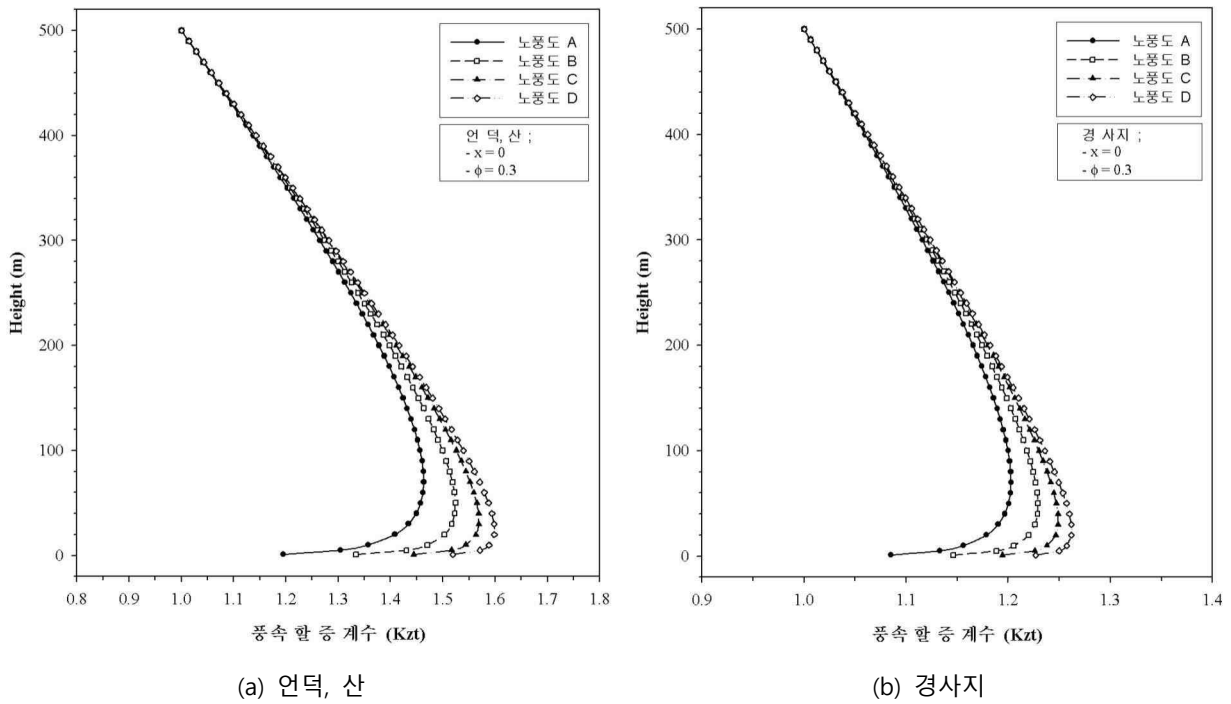
$$I_z = \begin{cases} 0.1 \left(\frac{z}{Z_g} \right)^{-\alpha-0.05} & , z_b < z \leq Z_g \\ 0.1 \left(\frac{z_b}{Z_g} \right)^{-\alpha-0.05} & , z < z_b \end{cases} \quad (2.4-7)$$

Z_g : 기준경도풍높이(m)

식 (2.4-6)의 지형계수는 지형의 형상(k_t), 경사각(ϕ), 건설지점이 산, 언덕, 경사지의 정점으로부터 수평으로 떨어진 거리(x), 지표면으로부터의 높이(z) 및 난류강도(I_z)에 의하여 그 값이 달라진다.

그림 2.4-3은 산의 정상부에서 수직높이에 따라 지형계수가 어떻게 변하는지를 지표면조도에 따라 나타낸 것이다. 그림 2.4-3(a)는 언덕 및 산의 경우이고, 그림 2.4-3(b)는 경사지의 경우인데 풍상측의 경사각 $\phi=0.3$ 이고, $x=0$ 일 때 즉 정상부에서 지표면으로부터의 수직높이에 따라 풍속이 평탄지에 비하여 얼마나 증가하는지를 식 (2.4-6)를 사용하여 지표면조도별로 구하여 나타낸 것이다. 지형에 의한 풍속의 할증률은 상공보다 지표면으로 가까이로 올수록 증가되며, 지표면이 평탄해질수록 증가되는 경향을 나타낸다. 이는 풍상측의 산 정상부근에서 박리한 바람이 지표면 가까이의 일정높이에서 풍하측으로 빠르게 수속하고, 지표면이 평탄해질수록 바람의 흐트러짐이 작아져서 변동성분이 줄어들고 따라서 난류강도가 작아지기 때문이다.

식 (2.4-6)의 지형계수평가 식은 언덕, 산 및 경사지가 단독으로 있는 경우를 대상으로 한 것이다. 따라서 건설하고자 하는 건축물이 국지적으로 복잡한 지형의 영향을 받는 곳에 위치한다면 주변지형을 모델화시켜 대지형모형에 대한 풍동실험을 실시한 후 그 지역의 고도분포를 추정하여 설계풍속을 결정하는 것이 바람직한 방법이다.



[그림 2.4-4] 높이, 지표면조도 상황에 따른 지형계수의 변화양상

2.4.9 중요도계수(I_w)

중요도계수 $I_w(T)$ 는 KDS 41 10 05에서 정의한 건축물의 중요도 분류에 근거하여 표 2.4-5에 따라 정한다.

[표 2.4-5] 중요도계수 $I_w(T)$

중요도 분류	초고층건축물	특	1	2	3
중요도계수 $I_w(T)$	1.05	1.00		0.95	0.90

주) 초고층건축물은 50층 이상인 건축물 또는 200m 이상인 건축물

KDS 41 10 05에서 정의한 건축물의 중요도분류는 다음과 같다.

1) 중요도(특)

- 연면적 1,000m² 이상인 위험물 저장 및 처리시설
- 연면적 1,000m² 이상인 국가 또는 지방자치단체의 청사, 외국공관, 소방서, 발전소, 방송국, 전신전화국
- 종합병원, 수술시설이나 응급시설이 있는 병원

2) 중요도(1)

- 연면적 1,000m² 미만인 위험물 저장 및 처리시설
- 연면적 1,000m² 미만인 국가 또는 지방자치단체의 청사, 외국공관, 소방서, 발전소, 방송국, 전신전화국
- 연면적 5,000m² 이상인 공연장, 집회장, 관람장, 전시장, 운동시설, 판매시설, 운수시설

(화물터미널과 집배송시설은 제외함)

- 아동관련시설, 노인복지시설, 사회복지시설, 근로복지시설
- 5층 이상인 숙박시설, 오피스텔, 기숙사, 아파트
- 학교
- 수술시설과 응급시설 모두 없는 병원, 기타 연면적 1,000m² 이상인 의료시설로서 중요도(특)에 해당하지 않은 건축물

3) 중요도(2)

- 중요도(특), (1), (3)에 해당하지 않는 건축물

4) 중요도(3)

- 농업시설물, 소규모 창고
- 가설구조물

2.4.10 높이방향 압력분포계수(k_z)

높이방향 압력분포계수 k_z 는 표 2.4-6에 따라 정한다.

[표 2.4-6] 높이방향 압력분포계수 k_z

$H < z_b$	$z \leq z_b$	$z_b < z < 0.8H$	$z \geq 0.8H$
1.0	$(z_b/H)^{2\alpha}$	$(z/H)^{2\alpha}$	$0.8^{2\alpha}$

주) H : 건축물의 기준높이(m)

z : 지표면에서의 높이(m)

z_b : 대기경계층시작높이(m)로 표 2.4-3에 의해 정함

α : 풍속고도분포지수로 표 2.4-3에 의해 정함

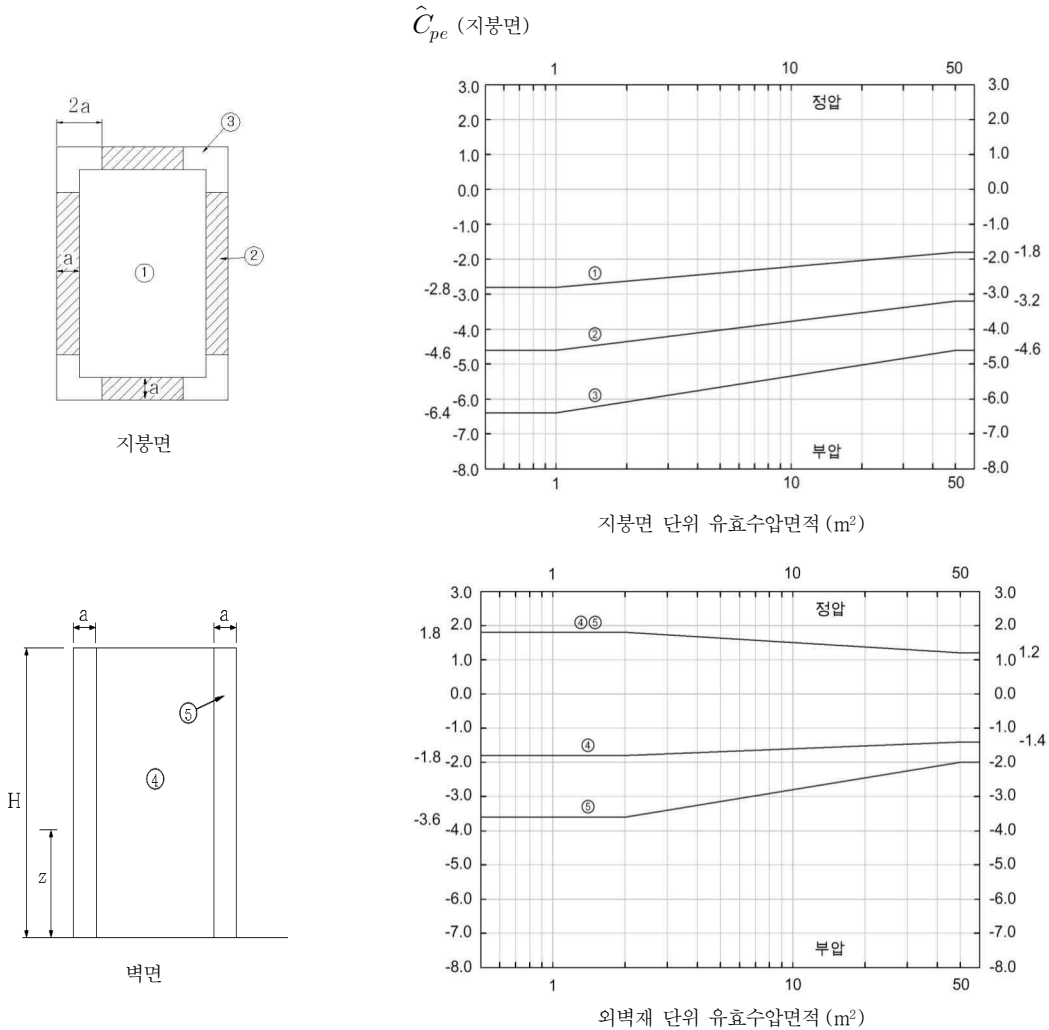
2.4.11 외장재설계용 풍압계수 - 피크외압계수($\hat{C}_{pe}$)

외장재는 주골조에 비하여 고유진동수가 매우 크기 때문에 동적인 응답 또한 고주파수영역에서 발생한다. 이러한 순간적인 응답특성을 반영하기 위하여 풍압을 산정할 때의 외압계수는 평가시간이 긴 평균풍압에 근거하지 않고 평가시간이 매우 짧은 순간풍압에 근거하여 평가된 피크외압계수를 사용하고 있다.

외장재설계용 풍압계수인 피크외압계수와 피크내압계수는 풍동실험에 의하여 결정하거나 또는 이 조항에서 규정한 값을 사용한다. 피크외압계수는 다음과 같이 산정한다.

1) 기준높이 20m 이상인 건축물

기준높이가 20 m 이상인 건축물의 외장재설계용 피크외압계수 $\hat{C}_{pe}$ 는 그림 2.4-5에 따른다. 피크외압계수 $\hat{C}_{pe}$ 는 정압 및 부압 모든 경우에 안전하도록 설계한다.

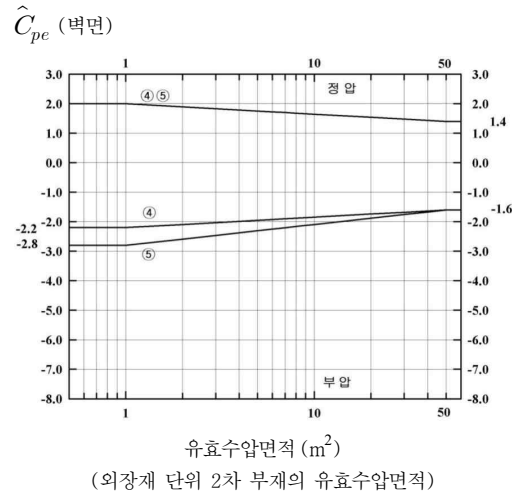
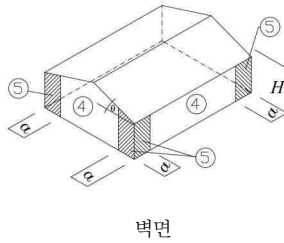


- 주 1) 유효수압면적은 외장재 및 마감재의 압력을 주골조에 전달하는 단위 2차 부재의 유효수압면적
 2) 지붕경사각이 10° 이상인 경우 표 5.8-3의 ②, ③을 사용한다.
 3) 각 외장재 벽면은 최대 정압 및 최대 부압으로 설계한다.
 4) a : 건축물 최소폭의 0.1배, 단 1.0m보다 작아서는 안 된다.
 H : 기준높이(m)
 z : 지표면으로부터의 임의높이 (m)

[그림 2.4-5] 기준높이 20m 이상인 건축물의 지붕면 및 벽면 피크외압계수 $\hat{C}_{pe}$

2) 기준높이 20m 미만 박공지붕형 건축물

기준높이가 20 m 미만인 평지붕 및 박공지붕형 건축물의 벽면에 대한 외장재설계용 피크외압계수 $\hat{C}_{pe}$ 는 그림 2.4-5에 따르고, 지붕면의 피크외압계수 $\hat{C}_{pe}$ 는 그림 2.4-6에 따른다. 피크외압계수는 정압 및 부압 모든 경우에 안전하도록 설계한다.



- 주 1) 종축은 q_H 를 사용한 경우의 $\hat{C}_{pe}$ 값이다.
 2) 각 외장재는 최대정압 및 최대부압을 고려하여 정한다.
 3) $\theta \leq 10^\circ$ 인 경우는 벽면의 $\hat{C}_{pe}$ 값을 10 % 줄일 수 있다.
 4) a : 건축물 최소폭의 0.1배 혹은 $0.4H$ 중 작은 값으로 한다. 단, 최소폭의 0.04배 또는 1.0 m 보다 작아서는 안 된다.
 H : 기준높이(m)

[그림 2.4-6] 지붕면의 평균높이 20m 미만인 박공지붕형 건축물의 벽면의 피크외압계수 $\hat{C}_{pe}$

2.4.12 외장재설계용 풍압계수 - 피크내압계수($\hat{C}_{pi}$)

외장재설계용 풍압계수인 피크외압계수와 피크내압계수는 풍동실험에 의하여 결정하거나 또는 이 조항에서 규정한 값을 사용한다. 외장재설계용 피크내압계수 $\hat{C}_{pi}$ 는 개구부의 크기에 따라 표 2.4-7에 의해 정한다. 단, 벽 또는 지붕 각 표면에서의 개구부면적의 합이 그 표면적의 30%를 초과할 경우에는 2.4-8에 주어진 값을 적용할 수 없다.

[표 2.4-7] 외장재설계용 피크내압계수 $\hat{C}_{pi}$

밀폐의 분류		$\hat{C}_{pi}$
밀폐형건축구조물	한 벽면 틈새, 그 외 표면 밀폐	+1.40 또는 -0.80
	마주보는 두 벽면 틈새, 그 외 표면 밀폐	+0.40 또는 -0.80
	이웃하는 두 벽면 틈새, 그 외 표면 밀폐	+0.40 또는 -0.60
	이웃하는 세 벽면 틈새, 그 외 표면 밀폐	0.00 또는 -1.20
	모든 표면(벽면 및 지붕) 틈새	0.00 또는 -1.20
	모든 벽면 틈새, 지붕 밀폐	0.00 또는 -0.80
부분밀폐형 건축구조물	모든 표면(벽면 및 지붕) 밀폐	0.00 또는 -0.40
	탁월 개구부 1	+ 1.10 또는 - 1.10
	탁월 개구부 2	+ 1.40 또는 - 1.40
개방형건축구조물		-1.20
개방형건축구조물		0.00

- 주] 1) 밀폐형건축구조물은 정압 받는 벽에 있는 개구부의 총면적이 그 벽 면적의 1% 이하인 경우
 2) 틈새는 공기가 누출되는 면적이 그 표면면적의 0.01 %에서 0.1 %일 때
 3) 밀폐는 틈새의 면적이 그 표면면적의 0.01 % 이하일 때
 4) 탁월개구부 1은 탁월개구부가 있는 표면의 개구부면적이 그 외 표면 개구부면적의 2배
 5) 탁월개구부 2는 탁월개구부가 있는 표면의 개구부면적이 그 외 표면 개구부면적의 3배 이상
 6) 개방형은 각 벽면이 80 % 이상 개방되었을 때
 7) 밀폐의 분류가 위 표 구분의 중간에 속할 경우에는 직선보간 한다.

2.5 외장재 설계용 풍하중 산정 사례

2.5.1 KDS 41 12 00 : 2022에 따른 외장재용 풍하중 산정 예제

본 절에서는 KDS 41 12 00 : 2022 기준에 따라 기준높이 20m 이상 벽면 외장재설계용 풍하중 계산 예제를 보여준다.

[표 2.5-1] 기준높이 20m 이상 벽면 외장재설계용 풍하중 예제 일반사항

지역	부산
건물 규모	25층 규모 오피스텔 (기준높이 $H=75\text{m}$)
외장재 규격	0.9m x 1.2m
외장재 설치 높이(z) 및 위치	건물 기준높이 75m 중 외장재는 70m 높이에 설치, 건물 모서리(㉔)가 아닌 중앙(㉕)위치에 설치
지표면조도	D (해안선으로부터 3km 이내)
지형	평탄한 지형
밀폐의 분류	모든 표면(벽면 및 지붕) 밀폐

외장재설계용 풍하중 : W_C (N)

기준높이 20m 이상인 건축물이므로,

외장재설계용 설계풍압 : (1) 지상높이 z 에서의 정압인 외벽 $W_C(z) = q_H(k_z \hat{C}_{pe} - \hat{C}_{pi})A_C$ (N)

(2) 부압인 외벽 및 지붕면 $W_C = q_H(\hat{C}_{pe} - \hat{C}_{pi})A_C$ (N)

단, $W_C/A_C \geq 675 \text{ N/m}^2$

Step 1. 유효수압면적(A_C)

$$A_C = 0.9 \times 1.2 = 1.08 \text{ m}^2$$

Step 2. 기본풍속(V_0)

[그림 2.4-1]로부터 부산지역의 기본풍속, $V_0 = 42 \text{ m/s}$.

Step 3. 풍속고도분포계수(K_{zt})

[표 2.4-2] 및 [표 2.4-3]으로부터 지표면 조도구분 D에 해당하는 z_b , Z_g 및 α 값 산정

$$z_b = 5.0 \text{ m}$$

$$Z_g = 250 \text{ m}$$

$$\alpha = 0.10$$

$$K_{zt} = 0.98z^\alpha = 0.98 \times (70)^{0.1} = 1.499$$

Step 4. 지형계수(K_{zt})

평탄한 지역이므로 $K_{zt} = 1.0$

Step 5. 중요도계수($I_W(T)$)

[표 2.4-5]로부터 5층 이상의 오피스텔은 중요도(1)에 해당하므로, $I_W(T) = 1.00$

Step 6. 설계풍속(V_H)

식(2.4-5)로부터 다음과 같이 구할 수 있다.

$$V_H = V_0 K_D K_{zt} K_{zt} I_W(T) = 42 \times 1.0 \times 1.499 \times 1.0 \times 1.00 = 62.958 \text{ (m/s)}$$

Step 7. 설계속도압(q_H)

식(2.4-4)로부터 기준높이 H 에서의 설계속도압 q_H 는

$$q_H = \frac{1}{2} \rho V_H^2 = \frac{1}{2} \times 1.225 \times (62.958)^2 = 2427.77 \text{ (N/m}^2\text{)} = 2.428 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

Step 8. 높이방향 압력분포계수(k_z)

[표 2.4-6]으로부터 $H = 75\text{m}$, $z = 70\text{m}$, $z_b = 5\text{m}$, $\alpha = 0.10$, $z \geq 0.8H$ 이므로

$$k_z = 0.8^{2\alpha} = (0.8)^{(2 \times 0.1)} = 0.956$$

Step 9. 외장재설계용 풍압계수 - 피크외압계수($\hat{C}_{pe}$)

기준높이가 20m 이상인 건축물의 벽면 외장재설계용 피크외압계수 $\hat{C}_{pe}$ 는 [그림 2.4-5]에 따라, 유효수압면적=1.08m² 일 때, 벽면 ④ 위치, 정압 및 부압의 경우

$$\hat{C}_{pe} = 1.8, \quad \hat{C}_{pe} = -1.8$$

Step 10. 외장재설계용 풍압계수 - 피크내압계수($\hat{C}_{pi}$)

[표 2.4-7]로부터, 모든 표면(벽면 및 지붕) 밑폐에 해당하는 피크내압계수 $\hat{C}_{pi}$ 는

$$\hat{C}_{pi} = 0.00 \text{ 또는 } -0.40$$

Step 11. 단위면적당 설계풍압 산정

단위면적당 설계풍압(= p_C)을 산정해 보면

$$\begin{aligned} \text{정압인 외벽의 단위면적당 풍압}(p_C) &: q_H (k_z \hat{C}_{pe} - \hat{C}_{pi}) \\ &= 2.428 \times ((0.956 \times 1.8) - 0.00) \text{ 또는 } 2.428 \times ((0.956 \times 1.8) - (-0.4)) \\ &= 4.178 \text{ 또는 } 5.149 \text{ (kN/m}^2\text{)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{여기서, } \max[4.178, 5.149] &= 5.149 \text{ (kN/m}^2\text{)} \\ &\geq 0.675 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{부압인 외벽의 단위면적당 풍압}(p_C) &: q_H (\hat{C}_{pe} - \hat{C}_{pi}) \\ &= 2.428 \times (-1.8 - 0.00) \text{ 또는 } 2.428 \times (-1.8 - (-0.4)) \end{aligned}$$

$$= -4.370 \text{ 또는 } -3.399 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$\text{여기서, } \min[-4.370, -3.399] = -4.370 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$|-4.370| \geq 0.675 \text{ kN/m}^2$$

Step 12. 설계 풍하중(W_C)

식(2.4-1) 및 식(2.4-2)로부터 설계풍하중 W_C 는

$$(1) \text{ 정압인 외벽 : } W_C(z) = q_H(k_z \hat{C}_{pe} - \hat{C}_{pi})A_C$$

$$\begin{aligned} W_C(z=70) &= 5.149 \times 1.08 \\ &= 5.561 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

$$(2) \text{ 부압인 외벽 : } W_C = q_H(\hat{C}_{pe} - \hat{C}_{pi})A_C$$

$$\begin{aligned} &= -4.370 \times 1.08 \\ &= -4.720 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

2.5.2 기준높이 20m 미만 벽면 외장재설계용 풍하중 산정 예제

본 절에서는 KDS 41 12 00 : 2022 기준에 따라, 기준높이 20m 미만 벽면 외장재설계용 풍하중 계산 예제를 보여준다.

[표 2.5-2] 기준높이 20m 미만 벽면 외장재설계용 풍하중 예제 일반사항

지역	서울
건물 규모	연면적 $5,000m^2$ 이상, 4층 규모 근린생활시설 (기준높이 $H=17m$)
외장재 규격	0.9m x 1.2m
외장재 설치 높이(z) 및 위치	건물 기준높이 17m 중 외장재는 17m 높이에 설치, 건물 모서리(㉔)가 아닌 중앙(㉕)위치에 설치
지표면조도	B (중층건물(4~9층)이 산재해 있는 지역)
지형	평탄한 지형
밀폐의 분류	모든 표면(벽면 및 지붕) 밀폐

외장재설계용 풍하중 : W_C (N)

기준높이 20m 미만인 건축물이므로,

외장재설계용 설계풍압 : $W_C = q_H(\hat{C}_{pe} - \hat{C}_{pi})A_C$ (N)

단, $W_C/A_C \geq 675 N/m^2$

Step 1. 유효수압면적(A_C)

$$A_C = 0.9 \times 1.2 = 1.080 m^2$$

Step 2. 기본풍속(V_0)

[그림 2.4-1]로부터 서울지역의 기본풍속, $V_0 = 28$ m/s.

Step 3. 풍속고도분포계수(K_{zt})

기준높이 20m 미만 건축물의 경우 지표면조도구분 A, B, C에 해당하는 경우 지표면조도구분 C로 적용해야 하므로, [표 2.4-2] 및 [표 2.4-3]으로부터 지표면 조도구분 C에 해당하는 z_b , Z_g 및 α 값 산정

$$z_b = 10 \text{ m}$$

$$Z_g = 350 \text{ m}$$

$$\alpha = 0.15$$

$$K_{zt} = 0.71z^\alpha = 0.71 \times (17)^{0.15} = 1.086$$

Step 4. 지형계수(K_{zt})

평탄한 지역이므로 $K_{zt} = 1.0$

Step 5. 중요도계수($I_W(T)$)

[표 2.4-5]으로부터 중요도(1)에 해당하므로, $I_W(T) = 1.00$

Step 6. 설계풍속(V_H)

식(2.4-5)로부터 다음과 같이 구할 수 있다.

$$V_H = V_0 K_D K_{zr} K_{zt} I_W(T) = 28 \times 1.0 \times 1.086 \times 1.0 \times 1.00 = 30.408 \text{ (m/s)}$$

Step 7. 설계속도압(q_H)

식(2.4-4)로부터 기준높이 H 에서의 설계속도압 q_H 는

$$q_H = \frac{1}{2} \rho V_H^2 = \frac{1}{2} \times 1.225 \times (30.408)^2 = 566.346 \text{ (N/m}^2\text{)} = 0.566 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

Step 8. 외장재설계용 풍압계수 - 피크외압계수($\hat{C}_{pe}$)

기준높이가 20m 이상인 건축물의 벽면 외장재설계용 피크외압계수 $\hat{C}_{pe}$ 는 [그림 2.4-5]에 따라, 유효수압면적=1.080m² 일 때, 벽면 ④와 ⑤의 위치, 정압의 경우

$$\hat{C}_{pe} = 1.988$$

벽면 ④와 ⑤의 위치, 부압의 경우

$$\textcircled{4} : \hat{C}_{pe} = -2.188, \textcircled{5} : \hat{C}_{pe} = -2.776$$

Step 9. 외장재설계용 풍압계수 - 피크내압계수($\hat{C}_{pi}$)

[표 2.4-7]로부터, 모든 표면(벽면 및 지붕) 밀폐에 해당하는 피크내압계수 $\hat{C}_{pi}$ 는

$$\hat{C}_{pi} = 0.00 \text{ 또는 } -0.40$$

Step 10. 단위면적당 설계풍압 산정

단위면적당 설계풍압($=p_C$)을 산정해 보면

$$\text{정압인 ④위치 및 ⑤위치 외벽의 단위면적당 풍압}(p_C) : q_H(\hat{C}_{pe} - \hat{C}_{pi})$$

$$= 0.566 \times (1.988 - 0.00) \text{ 또는 } 0.566 \times (1.988 - (-0.4))$$

$$= 1.125 \text{ 또는 } 1.352 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$\text{여기서, } \max[1.125, 1.352] = 1.352 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$\geq 0.675 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{부압인 ④위치 외벽의 단위면적당 풍압}(p_C) : q_H(\hat{C}_{pe} - \hat{C}_{pi})$$

$$= 0.566 \times (-2.188 - 0.00) \text{ 또는 } 0.566 \times (-2.188 - (-0.4))$$

$$= -1.238 \text{ 또는 } -1.012 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$\text{여기서, } \min[-1.238, -1.012] = -1.238 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$|-1.238| \geq 0.675 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{부압인 ⑤위치 외벽의 단위면적당 풍압}(p_C) : q_H(\hat{C}_{pe} - \hat{C}_{pi})$$

$$= 0.566 \times (-2.776 - 0.00) \text{ 또는 } 0.566 \times (-2.776 - (-0.4))$$

$$= -1.571 \text{ 또는 } -1.345 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$\text{여기서, } \min[-1.571, -1.345] = -1.571 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$|-1.571| \geq 0.675 \text{ kN/m}^2$$

Step 11. 설계 풍하중(W_C)

식(2.4-1) 및 식(2.4-2)로부터 설계풍하중 W_C 는

$$(1) \text{ 정압인 ④위치 및 ⑤위치 외벽 : } W_C(z) = q_H(k_z \hat{C}_{pe} - \hat{C}_{pi})A_C$$

$$W_C(z=17) = 1.352 \times 1.08$$

$$= 1.460 \text{ (kN)}$$

$$(2) \text{ 부압인 ④위치 외벽 : } W_C = q_H(\hat{C}_{pe} - \hat{C}_{pi})A_C$$

$$= -1.238 \times 1.08$$

$$= -1.337 \text{ (kN)}$$

$$(3) \text{ 부압인 ⑤위치 외벽 : } W_C = q_H(\hat{C}_{pe} - \hat{C}_{pi})A_C$$

$$= -1.571 \times 1.08$$

$$= -1.697 \text{ (kN)}$$

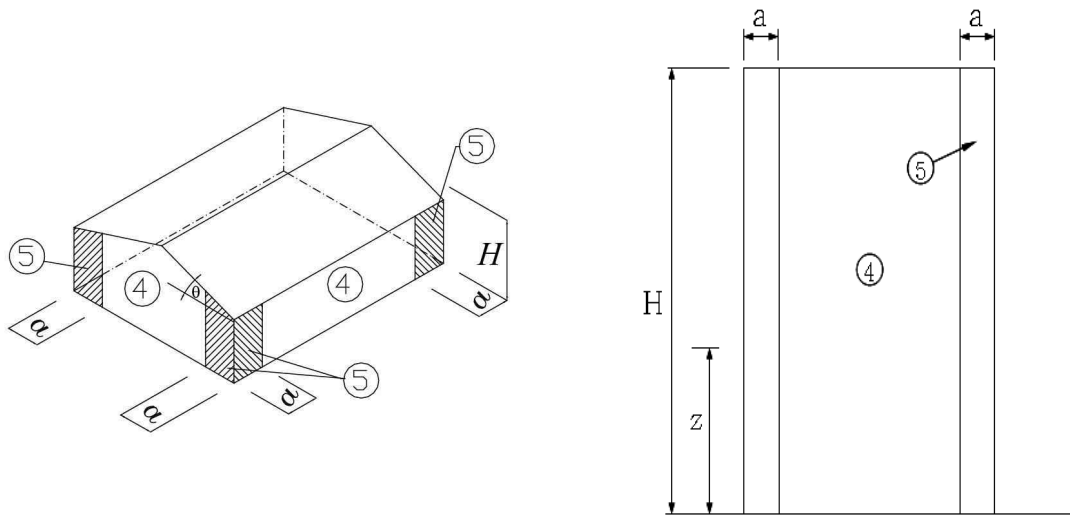
2.5.3 외장재용 풍하중 표

본 외장재용 풍하중 표는 KDS 41 12 00 : 2022 에 의거하여 작성되었으며, 가정사항은 다음과 같다.

- 가정 1) 외장재의 유효수압면적 A_C 는 1.0m^2 이하로 가정
(기준높이 20m 이상의 경우 유효수압면적 2.0m^2 이하)
- 가정 2) 중요도계수 $I_W(T)$ 는 1.0으로 가정
- 가정 3) 지표면조도는 B, C, D만 고려
- 가정 4) 지형계수 K_{zt} 는 평탄한지형 1.0으로 가정
- 가정 5) 벽면 외장재용 풍하중에 대해서만 산정
- 가정 6) 외장재설계용 피크내압계수는 모든 표면(벽면 및 지붕) 밀폐로 가정하여 산정

기준높이 20m 미만의 건축물, 20m 이상 건축물(기준높이 50m, 100m, 75m)로 구분하여 산정.

벽면 외장재설계용 풍압은 그림 2.5-1에 표현된 ④와 ⑤위치에서 상이하며, 벽면 외장재의 경우 부압이 상대적으로 큰 모서리에 해당하는 ⑤위치의 외장재 탈락에 유의해야 한다.



기준높이(H) 20m 미만 건축구조물의 벽면

a : 건축물 최소폭의 0.1배 혹은 $0.4H$ 중 작은 값.
단, 최소폭의 0.04배 또는 1.0m보다 작지않아야 한다.

기준높이(H) 20m 이상 건축구조물의 벽면

a : 건축물 최소폭의 0.1배.
단, 1.0m보다 작지않아야 한다.

[그림 2.5-1] 벽면 외장재 풍압의 구분

1) 기준높이 20m 미만의 저층건물 벽면 외장재설계용 단위면적당 풍압(p_C)표

기준높이 20m 미만의 저층건물 벽면 외장재설계용 단위면적당 풍압($A_C=1.0\text{m}^2$ 이하)은, 기준높이 벽면 (최고 높이 벽면)에 외장재가 설치되는 것으로 가정함.

[표 2.5-3] 기준높이 20m 미만 건물의 벽면 외장재 단위면적당 풍압(p_C)표 (kN/m^2)

기본 풍속 (V_0) (m/s)	기준 높이 (H) (m)	지표면조도								
		A , B			C			D		
		정압	부압(④)	부압(⑤)	정압	부압(④)	부압(⑤)	정압	부압(④)	부압(⑤)
28	3	지표면조도 C와 동일			1.15	-1.06	-1.34	1.47	-1.35	-1.72
	6							1.58	-1.45	-1.85
	9							1.72	-1.58	-2.01
	12				1.22	-1.12	-1.43	1.82	-1.67	-2.12
	15				1.31	-1.20	-1.53	1.90	-1.75	-2.22
	18				1.38	-1.27	-1.61	1.97	-1.81	-2.30
	20				1.43	-1.31	-1.67	2.01	-1.85	-2.35
30	3	지표면조도 C와 동일			1.32	-1.21	-1.54	1.69	-1.55	-1.97
	6							1.82	-1.67	-2.12
	9							1.97	-1.81	-2.30
	12				1.41	-1.29	-1.64	2.09	-1.91	-2.44
	15				1.50	-1.38	-1.75	2.18	-2.00	-2.55
	18				1.59	-1.45	-1.85	2.26	-2.08	-2.64
	20				1.64	-1.50	-1.91	2.31	-2.12	-2.70
32	3	지표면조도 C와 동일			1.51	-1.38	-1.76	1.92	-1.76	-2.24
	6							2.07	-1.90	-2.41
	9							2.24	-2.06	-2.62
	12				1.60	-1.47	-1.87	2.37	-2.18	-2.77
	15				1.71	-1.57	-2.00	2.49	-2.28	-2.90
	18				1.81	-1.65	-2.11	2.58	-2.36	-3.00
	20				1.87	-1.71	-2.18	2.63	-2.41	-3.07
34	3	지표면조도 C와 동일			1.70	-1.56	-1.98	2.17	-1.99	-2.53
	6							2.34	-2.14	-2.72
	9							2.53	-2.32	-2.96
	12				1.81	-1.66	-2.11	2.68	-2.46	-3.13
	15				1.93	-1.77	-2.25	2.81	-2.57	-3.27
	18				2.04	-1.87	-2.38	2.91	-2.66	-3.39
	20				2.11	-1.93	-2.46	2.97	-2.72	-3.46

기본 풍속 (V_0) (m/s)	기준 높이 (H) (m)	지표면조도								
		A , B			C			D		
		정압	부압(④)	부압(⑤)	정압	부압(④)	부압(⑤)	정압	부압(④)	부압(⑤)
36	3	지표면조도 C와 동일			1.91	-1.75	-2.22	2.43	-2.23	-2.84
	6							2.62	-2.40	-3.05
	9							2.84	-2.60	-3.31
	12				2.03	-1.86	-2.36	3.01	-2.75	-3.51
	15				2.17	-1.98	-2.53	3.15	-2.88	-3.67
	18				2.29	-2.09	-2.67	3.26	-2.99	-3.80
	20				2.36	-2.16	-2.75	3.33	-3.05	-3.88
38	3	지표면조도 C와 동일			2.12	-1.95	-2.48	2.71	-2.48	-3.16
	6							2.92	-2.67	-3.40
	9							3.17	-2.90	-3.69
	12				2.26	-2.07	-2.63	3.35	-3.07	-3.91
	15				2.41	-2.21	-2.81	3.50	-3.21	-4.09
	18				2.54	-2.33	-2.97	3.63	-3.33	-4.24
	20				2.63	-2.41	-3.07	3.71	-3.40	-4.33
40	3	지표면조도 C와 동일			2.35	-2.16	-2.74	3.00	-2.75	-3.50
	6							3.23	-2.96	-3.77
	9							3.51	-3.21	-4.09
	12				2.50	-2.29	-2.92	3.71	-3.40	-4.33
	15				2.67	-2.45	-3.12	3.88	-3.56	-4.53
	18				2.82	-2.59	-3.29	4.03	-3.69	-4.70
	20				2.91	-2.67	-3.40	4.11	-3.77	-4.80
42	3	지표면조도 C와 동일			2.59	-2.38	-3.02	3.31	-3.04	-3.86
	6							3.56	-3.27	-4.16
	9							3.87	-3.54	-4.51
	12				2.76	-2.53	-3.21	4.09	-3.75	-4.77
	15				2.95	-2.70	-3.44	4.28	-3.93	-5.00
	18				3.11	-2.85	-3.63	4.44	-4.07	-5.18
	20				3.21	-2.94	-3.75	4.53	-4.15	-5.29
44	3	지표면조도 C와 동일			2.85	-2.61	-3.32	3.63	-3.33	-4.24
	6							3.91	-3.58	-4.56
	9							4.24	-3.89	-4.95
	12				3.02	-2.77	-3.53	4.49	-4.12	-5.24
	15				3.23	-2.96	-3.77	4.70	-4.31	-5.48
	18				3.41	-3.13	-3.98	4.87	-4.46	-5.68
	20				3.53	-3.23	-4.11	4.97	-4.56	-5.80

기본 풍속 (V_0) (m/s)	기준 높이 (H) (m)	지표면조도								
		A , B			C			D		
		정압	부압(④)	부압(⑤)	정압	부압(④)	부압(⑤)	정압	부압(④)	부압(⑤)
46	3	지표면조도 C와 동일			3.11	-2.85	-3.63	3.97	-3.64	-4.63
	6							4.27	-3.92	-4.98
	9							4.64	-4.25	-5.41
	12				3.31	-3.03	-3.86	4.91	-4.50	-5.73
	15				3.54	-3.24	-4.12	5.14	-4.71	-5.99
	18				3.73	-3.42	-4.35	5.32	-4.88	-6.21
	20				3.85	-3.53	-4.50	5.44	-4.98	-6.34
48	3	지표면조도 C와 동일			3.39	-3.10	-3.95	4.33	-3.96	-5.05
	6							4.65	-4.26	-5.43
	9							5.05	-4.63	-5.89
	12				3.60	-3.30	-4.20	5.34	-4.90	-6.23
	15				3.85	-3.53	-4.49	5.59	-5.13	-6.52
	18				4.06	-3.72	-4.74	5.79	-5.31	-6.76
	20				4.20	-3.85	-4.89	5.92	-5.43	-6.91
50	3	지표면조도 C와 동일			3.67	-3.37	-4.29	4.69	-4.30	-5.47
	6							5.05	-4.63	-5.89
	9							5.48	-5.02	-6.39
	12				3.91	-3.58	-4.56	5.80	-5.32	-6.77
	15				4.18	-3.83	-4.87	6.07	-5.56	-7.08
	18				4.41	-4.04	-5.14	6.29	-5.76	-7.34
	20				4.55	-4.17	-5.31	6.42	-5.89	-7.49

※ 외장재의 유효수압면적 $A_C=1.0\text{m}^2$ 이하 기준, 수압면적이 상이할 경우 별도 산정 요함.

벽면 외장재는 건물 기준높이 H 에 설치되는 것으로 가정.

기준높이 20m 미만 건물의 지붕 경사각이 10° 이하인 경우, 기본풍속 및 지표면조도와 무관하게 벽면 단위면적당 풍압은 최소풍압인 $\pm 0.675 \text{ kN/m}^2$ 적용 가능.

2) 기준높이 20m 이상의 중층 이상 건물 벽면 외장재설계용 단위면적당 풍압(p_C)표

기준높이 20m 이상의 중층 이상 건물 벽면 외장재설계용 단위면적당 풍압($A_C=2.0\text{m}^2$ 이하)은, 기준높이 50m, 75m, 100m를 예시로 외장재 설치 높이에 따른 설계 풍압을 산정하여 Table 작성함.

[표 2.5-4] 기준높이(H) 50m 건물의 벽면 외장재 단위면적당 풍압(p_C)표 (kN/m^2)

기본 풍속 (V_0) (m/s)	외장재 높이 (z) (m)	지표면조도								
		B			C			D		
		정압	부압(④)	부압(⑤)	정압	부압(④)	부압(⑤)	정압	부압(④)	부압(⑤)
28	5	0.68	-0.68	-1.13	0.73	-0.86	-1.73	0.94	-1.10	-2.21
	10							1.25	-1.32	-2.63
	15							1.44	-1.43	-2.86
	20	0.68	-0.68	-1.31	1.05	-1.07	-2.14	1.59	-1.51	-3.02
	25	0.69	-0.72	-1.44	1.18	-1.15	-2.29	1.73	-1.58	-3.16
	30	0.80	-0.78	-1.56	1.31	-1.21	-2.42	1.85	-1.64	-3.28
	40	1.00	-0.89	-1.78	1.53	-1.32	-2.64	2.04	-1.74	-3.47
	50	1.11	-0.98	-1.96	1.63	-1.41	-2.82	2.14	-1.81	-3.63
30	5	0.68	-0.68	-1.30	0.83	-0.99	-1.98	1.08	-1.27	-2.53
	10							1.43	-1.51	-3.02
	15							1.65	-1.64	-3.28
	20	0.68	-0.75	-1.50	1.21	-1.23	-2.46	1.83	-1.73	-3.47
	25	0.80	-0.83	-1.66	1.36	-1.31	-2.63	1.98	-1.81	-3.63
	30	0.92	-0.90	-1.80	1.50	-1.39	-2.78	2.12	-1.88	-3.76
	40	1.15	-1.02	-2.04	1.75	-1.51	-3.03	2.35	-1.99	-3.99
	50	1.27	-1.12	-2.25	1.87	-1.62	-3.24	2.45	-2.08	-4.17
32	5	0.68	-0.74	-1.48	0.95	-1.13	-2.26	1.23	-1.44	-2.88
	10							1.63	-1.72	-3.44
	15							1.88	-1.87	-3.73
	20	0.76	-0.86	-1.71	1.37	-1.40	-2.80	2.08	-1.97	-3.95
	25	0.91	-0.94	-1.89	1.55	-1.50	-2.99	2.26	-2.06	-4.13
	30	1.04	-1.02	-2.04	1.71	-1.58	-3.16	2.41	-2.14	-4.28
	40	1.31	-1.16	-2.32	1.99	-1.72	-3.45	2.67	-2.27	-4.53
	50	1.44	-1.28	-2.56	2.13	-1.84	-3.68	2.79	-2.37	-4.74
34	5	0.68	-0.84	-1.67	1.07	-1.27	-2.55	1.39	-1.63	-3.25
	10							1.84	-1.94	-3.88
	15							2.12	-2.10	-4.21
	20	0.86	-0.97	-1.93	1.55	-1.58	-3.16	2.35	-2.23	-4.45
	25	1.02	-1.07	-2.13	1.75	-1.69	-3.38	2.55	-2.33	-4.66
	30	1.18	-1.15	-2.30	1.93	-1.78	-3.57	2.72	-2.42	-4.84
	40	1.48	-1.31	-2.62	2.25	-1.94	-3.89	3.02	-2.56	-5.12
	50	1.63	-1.44	-2.89	2.41	-2.08	-4.16	3.15	-2.68	-5.35

기본 풍속 (V_0) (m/s)	외장재 높이 (z) (m)	지표면조도								
		B			C			D		
		정압	부압(④)	부압(⑤)	정압	부압(④)	부압(⑤)	정압	부압(④)	부압(⑤)
36	5	0.76	-0.94	-1.88	1.20	-1.43	-2.86	1.56	-1.83	-3.65
	10							2.06	-2.18	-4.35
	15							2.38	-2.36	-4.72
	20	0.96	-1.08	-2.16	1.74	-1.77	-3.54	2.63	-2.50	-4.99
	25	1.15	-1.19	-2.39	1.96	-1.89	-3.79	2.86	-2.61	-5.22
	30	1.32	-1.29	-2.59	2.16	-2.00	-4.00	3.05	-2.71	-5.42
	40	1.66	-1.47	-2.93	2.52	-2.18	-4.36	3.38	-2.87	-5.74
	50	1.83	-1.62	-3.24	2.70	-2.33	-4.66	3.54	-3.00	-6.00
38	5	0.85	-1.04	-2.09	1.34	-1.59	-3.18	1.73	-2.03	-4.06
	10							2.30	-2.43	-4.85
	15							2.65	-2.63	-5.26
	20	1.07	-1.20	-2.41	1.94	-1.97	-3.95	2.94	-2.78	-5.57
	25	1.28	-1.33	-2.66	2.18	-2.11	-4.22	3.18	-2.91	-5.82
	30	1.47	-1.44	-2.88	2.41	-2.23	-4.46	3.40	-3.02	-6.04
	40	1.84	-1.63	-3.27	2.81	-2.43	-4.86	3.77	-3.20	-6.39
	50	2.03	-1.80	-3.60	3.00	-2.60	-5.19	3.94	-3.34	-6.69
40	5	0.94	-1.16	-2.32	1.48	-1.76	-3.53	1.92	-2.25	-4.50
	10							2.54	-2.69	-5.37
	15							2.94	-2.91	-5.83
	20	1.19	-1.34	-2.67	2.15	-2.19	-4.37	3.25	-3.08	-6.17
	25	1.41	-1.47	-2.95	2.42	-2.34	-4.67	3.52	-3.22	-6.45
	30	1.63	-1.60	-3.19	2.67	-2.47	-4.94	3.76	-3.34	-6.69
	40	2.04	-1.81	-3.62	3.11	-2.69	-5.38	4.17	-3.54	-7.09
	50	2.25	-2.00	-3.99	3.33	-2.88	-5.75	4.37	-3.70	-7.41
42	5	1.04	-1.28	-2.55	1.63	-1.94	-3.89	2.12	-2.48	-4.97
	10							2.81	-2.96	-5.92
	15							3.24	-3.21	-6.42
	20	1.31	-1.47	-2.95	2.37	-2.41	-4.82	3.59	-3.40	-6.80
	25	1.56	-1.63	-3.25	2.66	-2.58	-5.15	3.89	-3.56	-7.11
	30	1.80	-1.76	-3.52	2.94	-2.72	-5.44	4.15	-3.69	-7.38
	40	2.25	-2.00	-3.99	3.43	-2.97	-5.93	4.60	-3.90	-7.81
	50	2.48	-2.20	-4.40	3.67	-3.17	-6.34	4.81	-4.08	-8.17
44	5	1.14	-1.40	-2.80	1.79	-2.14	-4.27	2.33	-2.73	-5.45
	10							3.08	-3.25	-6.50
	15							3.55	-3.52	-7.05
	20	1.44	-1.62	-3.23	2.60	-2.64	-5.29	3.94	-3.73	-7.46
	25	1.71	-1.78	-3.57	2.93	-2.83	-5.66	4.27	-3.90	-7.81
	30	1.97	-1.93	-3.86	3.23	-2.99	-5.98	4.55	-4.05	-8.09
	40	2.47	-2.19	-4.38	3.77	-3.26	-6.51	5.05	-4.29	-8.57
	50	2.73	-2.42	-4.83	4.03	-3.48	-6.96	5.28	-4.48	-8.96

기본 풍속 (V_0) (m/s)	외장재 높이 (z) (m)	지표면조도								
		B			C			D		
		정압	부압(④)	부압(⑤)	정압	부압(④)	부압(⑤)	정압	부압(④)	부압(⑤)
46	5	1.24	-1.53	-3.06	1.96	-2.33	-4.67	2.54	-2.98	-5.96
	10							3.37	-3.55	-7.11
	15							3.88	-3.85	-7.70
	20	1.57	-1.77	-3.53	2.84	-2.89	-5.78	4.30	-4.08	-8.15
	25	1.87	-1.95	-3.90	3.20	-3.09	-6.18	4.66	-4.26	-8.53
	30	2.15	-2.11	-4.22	3.53	-3.27	-6.53	4.98	-4.42	-8.85
	40	2.70	-2.39	-4.79	4.12	-3.56	-7.12	5.52	-4.68	-9.37
	50	2.98	-2.64	-5.28	4.40	-3.81	-7.61	5.77	-4.90	-9.80
48	5	1.35	-1.67	-3.33	2.13	-2.54	-5.08	2.77	-3.24	-6.49
	10							3.66	-3.87	-7.74
	15							4.23	-4.19	-8.39
	20	1.71	-1.92	-3.85	3.09	-3.15	-6.29	4.68	-4.44	-8.88
	25	2.04	-2.12	-4.24	3.48	-3.37	-6.73	5.08	-4.64	-9.29
	30	2.35	-2.30	-4.59	3.84	-3.56	-7.11	5.42	-4.82	-9.63
	40	2.94	-2.61	-5.21	4.48	-3.87	-7.75	6.01	-5.10	-10.20
	50	3.25	-2.88	-5.75	4.79	-4.14	-8.28	6.28	-5.33	-10.67
50	5	1.47	-1.81	-3.62	2.31	-2.76	-5.51	3.00	-3.52	-7.04
	10							3.98	-4.20	-8.40
	15							4.59	-4.55	-9.10
	20	1.86	-2.09	-4.17	3.35	-3.42	-6.83	5.08	-4.82	-9.63
	25	2.21	-2.30	-4.60	3.78	-3.65	-7.30	5.51	-5.04	-10.08
	30	2.55	-2.49	-4.99	4.17	-3.86	-7.72	5.88	-5.23	-10.45
	40	3.19	-2.83	-5.66	4.87	-4.21	-8.41	6.52	-5.54	-11.07
	50	3.52	-3.12	-6.24	5.20	-4.50	-8.99	6.82	-5.79	-11.57

※ 외장재의 유효수압면적 $A_C=2.0\text{m}^2$ 이하 기준, 수압면적이 상이할 경우 별도 산정 요함.

[표 2.5-5] 기준높이(H) 75m 건물의 벽면 외장재 단위면적당 풍압(p_C)표 (kN/m^2)

기본 풍속 (V_0) (m/s)	외장재 높이 (z) (m)	지표면조도								
		B			C			D		
		정압	부압(④)	부압(⑤)	정압	부압(④)	부압(⑤)	정압	부압(④)	부압(⑤)
28	5	0.68	-0.68	-1.13	0.68	-0.86	-1.73	0.89	-1.10	-2.21
	10							1.17	-1.32	-2.63
	15							1.35	-1.43	-2.86
	20	0.68	-0.68	-1.31	0.96	-1.07	-2.14	1.50	-1.51	-3.02
	30	0.70	-0.78	-1.56	1.19	-1.21	-2.42	1.73	-1.64	-3.28
	40	0.87	-0.89	-1.78	1.38	-1.32	-2.64	1.92	-1.74	-3.47
	50	1.04	-0.98	-1.96	1.56	-1.41	-2.82	2.08	-1.81	-3.63
	60	1.20	-1.06	-2.12	1.72	-1.49	-2.98	2.22	-1.88	-3.77
	75	1.32	-1.17	-2.34	1.84	-1.59	-3.18	2.32	-1.97	-3.94
30	5	0.68	-0.68	-1.30	0.76	-0.99	-1.98	1.02	-1.27	-2.53
	10							1.34	-1.51	-3.02
	15							1.55	-1.64	-3.28
	20	0.68	-0.75	-1.50	1.10	-1.23	-2.46	1.72	-1.73	-3.47
	30	0.80	-0.90	-1.80	1.36	-1.39	-2.78	1.99	-1.88	-3.76
	40	1.00	-1.02	-2.04	1.59	-1.51	-3.03	2.20	-1.99	-3.99
	50	1.19	-1.12	-2.25	1.79	-1.62	-3.24	2.38	-2.08	-4.17
	60	1.38	-1.22	-2.44	1.98	-1.71	-3.42	2.55	-2.16	-4.32
	75	1.52	-1.34	-2.69	2.11	-1.83	-3.65	2.66	-2.26	-4.52
32	5	0.68	-0.74	-1.48	0.87	-1.13	-2.26	1.16	-1.44	-2.88
	10							1.53	-1.72	-3.44
	15							1.77	-1.87	-3.73
	20	0.68	-0.86	-1.71	1.25	-1.40	-2.80	1.95	-1.97	-3.95
	30	0.91	-1.02	-2.04	1.55	-1.58	-3.16	2.26	-2.14	-4.28
	40	1.14	-1.16	-2.32	1.81	-1.72	-3.45	2.50	-2.27	-4.53
	50	1.35	-1.28	-2.56	2.04	-1.84	-3.68	2.71	-2.37	-4.74
	60	1.56	-1.39	-2.77	2.25	-1.94	-3.89	2.90	-2.46	-4.92
	75	1.72	-1.53	-3.05	2.41	-2.08	-4.16	3.03	-2.57	-5.14
34	5	0.68	-0.84	-1.67	0.98	-1.27	-2.55	1.31	-1.63	-3.25
	10							1.73	-1.94	-3.88
	15							1.99	-2.10	-4.21
	20	0.75	-0.97	-1.93	1.41	-1.58	-3.16	2.21	-2.23	-4.45
	30	1.03	-1.15	-2.30	1.75	-1.78	-3.57	2.55	-2.42	-4.84
	40	1.28	-1.31	-2.62	2.04	-1.94	-3.89	2.83	-2.56	-5.12
	50	1.53	-1.44	-2.89	2.30	-2.08	-4.16	3.06	-2.68	-5.35
	60	1.77	-1.56	-3.13	2.54	-2.19	-4.39	3.27	-2.78	-5.56
	75	1.95	-1.72	-3.45	2.72	-2.35	-4.69	3.42	-2.90	-5.80

기본 풍속 (V_0) (m/s)	외장재 높이 (z) (m)	지표면조도								
		B			C			D		
		정압	부압(④)	부압(⑤)	정압	부압(④)	부압(⑤)	정압	부압(④)	부압(⑤)
36	5	0.68	-0.94	-1.88	1.10	-1.43	-2.86	1.47	-1.83	-3.65
	10							1.94	-2.18	-4.35
	15							2.24	-2.36	-4.72
	20	0.85	-1.08	-2.16	1.58	-1.77	-3.54	2.47	-2.50	-4.99
	30	1.15	-1.29	-2.59	1.96	-2.00	-4.00	2.86	-2.71	-5.42
	40	1.44	-1.47	-2.93	2.29	-2.18	-4.36	3.17	-2.87	-5.74
	50	1.71	-1.62	-3.24	2.58	-2.33	-4.66	3.43	-3.00	-6.00
	60	1.98	-1.76	-3.51	2.85	-2.46	-4.92	3.67	-3.11	-6.22
	75	2.18	-1.93	-3.87	3.05	-2.63	-5.26	3.83	-3.25	-6.51
38	5	0.75	-1.04	-2.09	1.22	-1.59	-3.18	1.63	-2.03	-4.06
	10							2.16	-2.43	-4.85
	15							2.49	-2.63	-5.26
	20	0.94	-1.20	-2.41	1.77	-1.97	-3.95	2.76	-2.78	-5.57
	30	1.28	-1.44	-2.88	2.19	-2.23	-4.46	3.19	-3.02	-6.04
	40	1.60	-1.63	-3.27	2.55	-2.43	-4.86	3.53	-3.20	-6.39
	50	1.91	-1.80	-3.60	2.87	-2.60	-5.19	3.83	-3.34	-6.69
	60	2.21	-1.96	-3.91	3.17	-2.74	-5.48	4.09	-3.47	-6.94
	75	2.43	-2.15	-4.31	3.39	-2.93	-5.86	4.27	-3.63	-7.25
40	5	0.83	-1.16	-2.32	1.36	-1.76	-3.53	1.81	-2.25	-4.50
	10							2.39	-2.69	-5.37
	15							2.76	-2.91	-5.83
	20	1.04	-1.34	-2.67	1.96	-2.19	-4.37	3.05	-3.08	-6.17
	30	1.42	-1.60	-3.19	2.42	-2.47	-4.94	3.53	-3.34	-6.69
	40	1.78	-1.81	-3.62	2.83	-2.69	-5.38	3.91	-3.54	-7.09
	50	2.11	-2.00	-3.99	3.19	-2.88	-5.75	4.24	-3.70	-7.41
	60	2.44	-2.17	-4.33	3.51	-3.04	-6.07	4.53	-3.84	-7.69
	75	2.69	-2.39	-4.77	3.76	-3.25	-6.50	4.73	-4.02	-8.04
42	5	0.91	-1.28	-2.55	1.49	-1.94	-3.89	2.00	-2.48	-4.97
	10							2.64	-2.96	-5.92
	15							3.04	-3.21	-6.42
	20	1.15	-1.47	-2.95	2.16	-2.41	-4.82	3.37	-3.40	-6.80
	30	1.57	-1.76	-3.52	2.67	-2.72	-5.44	3.89	-3.69	-7.38
	40	1.96	-2.00	-3.99	3.12	-2.97	-5.93	4.31	-3.90	-7.81
	50	2.33	-2.20	-4.40	3.51	-3.17	-6.34	4.67	-4.08	-8.17
	60	2.69	-2.39	-4.77	3.87	-3.35	-6.70	4.99	-4.24	-8.47
	75	2.97	-2.63	-5.26	4.15	-3.58	-7.16	5.22	-4.43	-8.86

기본 풍속 (V_0) (m/s)	외장재 높이 (z) (m)	지표면조도								
		B			C			D		
		정압	부압(④)	부압(⑤)	정압	부압(④)	부압(⑤)	정압	부압(④)	부압(⑤)
44	5	1.00	-1.40	-2.80	1.64	-2.14	-4.27	2.19	-2.73	-5.45
	10							2.89	-3.25	-6.50
	15							3.34	-3.52	-7.05
	20	1.26	-1.62	-3.23	2.37	-2.64	-5.29	3.69	-3.73	-7.46
	30	1.72	-1.93	-3.86	2.94	-2.99	-5.98	4.27	-4.05	-8.09
	40	2.15	-2.19	-4.38	3.42	-3.26	-6.51	4.73	-4.29	-8.57
	50	2.56	-2.42	-4.83	3.85	-3.48	-6.96	5.13	-4.48	-8.96
	60	2.96	-2.62	-5.24	4.25	-3.67	-7.35	5.48	-4.65	-9.30
	75	3.26	-2.89	-5.77	4.55	-3.93	-7.86	5.73	-4.86	-9.72
46	5	1.09	-1.53	-3.06	1.79	-2.33	-4.67	2.40	-2.98	-5.96
	10							3.16	-3.55	-7.11
	15							3.65	-3.85	-7.70
	20	1.38	-1.77	-3.53	2.59	-2.89	-5.78	4.04	-4.08	-8.15
	30	1.88	-2.11	-4.22	3.21	-3.27	-6.53	4.67	-4.42	-8.85
	40	2.35	-2.39	-4.79	3.74	-3.56	-7.12	5.17	-4.68	-9.37
	50	2.80	-2.64	-5.28	4.21	-3.81	-7.61	5.60	-4.90	-9.80
	60	3.23	-2.86	-5.73	4.65	-4.02	-8.03	5.99	-5.08	-10.17
	75	3.56	-3.16	-6.31	4.97	-4.30	-8.59	6.26	-5.31	-10.62
48	5	1.19	-1.67	-3.33	1.95	-2.54	-5.08	2.61	-3.24	-6.49
	10							3.44	-3.87	-7.74
	15							3.97	-4.19	-8.39
	20	1.50	-1.92	-3.85	2.82	-3.15	-6.29	4.40	-4.44	-8.88
	30	2.05	-2.30	-4.59	3.49	-3.56	-7.11	5.08	-4.82	-9.63
	40	2.56	-2.61	-5.21	4.07	-3.87	-7.75	5.63	-5.10	-10.20
	50	3.05	-2.88	-5.75	4.59	-4.14	-8.28	6.10	-5.33	-10.67
	60	3.52	-3.12	-6.24	5.06	-4.37	-8.74	6.52	-5.53	-11.07
	75	3.88	-3.44	-6.87	5.41	-4.68	-9.36	6.81	-5.78	-11.57
50	5	1.29	-1.81	-3.62	2.12	-2.76	-5.51	2.83	-3.52	-7.04
	10							3.74	-4.20	-8.40
	15							4.31	-4.55	-9.10
	20	1.63	-2.09	-4.17	3.06	-3.42	-6.83	4.77	-4.82	-9.63
	30	2.22	-2.49	-4.99	3.79	-3.86	-7.72	5.51	-5.23	-10.45
	40	2.77	-2.83	-5.66	4.42	-4.21	-8.41	6.11	-5.54	-11.07
	50	3.31	-3.12	-6.24	4.98	-4.50	-8.99	6.62	-5.79	-11.57
	60	3.82	-3.38	-6.77	5.49	-4.75	-9.49	7.08	-6.01	-12.01
	75	4.21	-3.73	-7.46	5.87	-5.08	-10.15	7.40	-6.28	-12.55

※ 외장재의 유효수압면적 $A_C=2.0\text{m}^2$ 이하 기준, 수압면적이 상이할 경우 별도 산정 요함.

[표 2.5-6] 기준높이(H) 100m 건물의 벽면 외장재 단위면적당 풍압(p_C)표 (kN/m^2)

기본 풍속 (V_0) (m/s)	외장재 높이 (z) (m)	지표면조도								
		B			C			D		
		정압	부압(④)	부압(⑤)	정압	부압(④)	부압(⑤)	정압	부압(④)	부압(⑤)
28	5	0.69	-0.68	-1.13	1.06	-0.86	-1.73	1.35	-1.10	-2.21
	10							1.12	-1.32	-2.63
	15							1.29	-1.43	-2.86
	20	0.68	-0.68	-1.31	0.90	-1.07	-2.14	1.43	-1.51	-3.02
	30	0.68	-0.78	-1.56	1.11	-1.21	-2.42	1.65	-1.64	-3.28
	40	0.79	-0.89	-1.78	1.29	-1.32	-2.64	1.83	-1.74	-3.47
	50	0.94	-0.98	-1.96	1.46	-1.41	-2.82	1.98	-1.81	-3.63
	60	1.09	-1.06	-2.12	1.61	-1.49	-2.98	2.12	-1.88	-3.77
	80	1.36	-1.20	-2.41	1.98	-1.71	-3.42	2.35	-1.99	-3.99
	100	1.50	-1.33	-2.65	2.01	-1.74	-3.47	2.46	-2.08	-4.17
30	5	0.80	-0.68	-1.30	1.21	-0.99	-1.98	1.55	-1.27	-2.53
	10							1.29	-1.51	-3.02
	15							1.48	-1.64	-3.28
	20	0.68	-0.75	-1.50	1.03	-1.23	-2.46	1.64	-1.73	-3.47
	30	0.73	-0.90	-1.80	1.28	-1.39	-2.78	1.90	-1.88	-3.76
	40	0.91	-1.02	-2.04	1.49	-1.51	-3.03	2.10	-1.99	-3.99
	50	1.08	-1.12	-2.25	1.67	-1.62	-3.24	2.28	-2.08	-4.17
	60	1.24	-1.22	-2.44	1.85	-1.71	-3.42	2.43	-2.16	-4.32
	80	1.56	-1.38	-2.77	2.27	-1.96	-3.92	2.70	-2.29	-4.58
	100	1.72	-1.52	-3.05	2.31	-1.99	-3.99	2.82	-2.39	-4.79
32	5	0.91	-0.74	-1.48	1.38	-1.13	-2.26	1.76	-1.44	-2.88
	10							1.47	-1.72	-3.44
	15							1.69	-1.87	-3.73
	20	0.68	-0.86	-1.71	1.17	-1.40	-2.80	1.87	-1.97	-3.95
	30	0.83	-1.02	-2.04	1.45	-1.58	-3.16	2.16	-2.14	-4.28
	40	1.03	-1.16	-2.32	1.69	-1.72	-3.45	2.39	-2.27	-4.53
	50	1.23	-1.28	-2.56	1.90	-1.84	-3.68	2.59	-2.37	-4.74
	60	1.42	-1.39	-2.77	2.10	-1.94	-3.89	2.77	-2.46	-4.92
	80	1.77	-1.57	-3.14	2.58	-2.23	-4.46	3.07	-2.61	-5.21
	100	1.96	-1.73	-3.47	2.62	-2.27	-4.53	3.21	-2.72	-5.45

기본 풍속 (V_0) (m/s)	외장재 높이 (z) (m)	지표면조도								
		B			C			D		
		정압	부압(④)	부압(⑤)	정압	부압(④)	부압(⑤)	정압	부압(④)	부압(⑤)
34	5	1.02	-0.84	-1.67	1.56	-1.27	-2.55	1.99	-1.63	-3.25
	10							1.66	-1.94	-3.88
	15				1.14	-1.45	-2.90	1.91	-2.10	-4.21
	20	0.69	-0.97	-1.93	1.33	-1.58	-3.16	2.11	-2.23	-4.45
	30	0.94	-1.15	-2.30	1.64	-1.78	-3.57	2.44	-2.42	-4.84
	40	1.17	-1.31	-2.62	1.91	-1.94	-3.89	2.70	-2.56	-5.12
	50	1.39	-1.44	-2.89	2.15	-2.08	-4.16	2.93	-2.68	-5.35
	60	1.60	-1.56	-3.13	2.37	-2.19	-4.39	3.13	-2.78	-5.56
	80	2.00	-1.78	-3.55	2.92	-2.52	-5.04	3.47	-2.94	-5.88
	100	2.21	-1.96	-3.91	2.96	-2.56	-5.12	3.62	-3.07	-6.15
36	5	1.15	-0.94	-1.88	1.75	-1.43	-2.86	2.23	-1.83	-3.65
	10							1.86	-2.18	-4.35
	15				1.28	-1.62	-3.25	2.14	-2.36	-4.72
	20	0.77	-1.08	-2.16	1.49	-1.77	-3.54	2.37	-2.50	-4.99
	30	1.05	-1.29	-2.59	1.84	-2.00	-4.00	2.73	-2.71	-5.42
	40	1.31	-1.47	-2.93	2.14	-2.18	-4.36	3.03	-2.87	-5.74
	50	1.55	-1.62	-3.24	2.41	-2.33	-4.66	3.28	-3.00	-6.00
	60	1.79	-1.76	-3.51	2.66	-2.46	-4.92	3.50	-3.11	-6.22
	80	2.24	-1.99	-3.98	3.27	-2.82	-5.65	3.89	-3.30	-6.60
	100	2.48	-2.19	-4.39	3.32	-2.87	-5.74	4.06	-3.45	-6.89
38	5	1.28	-1.04	-2.09	1.95	-1.59	-3.18	2.48	-2.03	-4.06
	10							2.07	-2.43	-4.85
	15				1.43	-1.81	-3.62	2.38	-2.63	-5.26
	20	0.86	-1.20	-2.41	1.66	-1.97	-3.95	2.64	-2.78	-5.57
	30	1.17	-1.44	-2.88	2.05	-2.23	-4.46	3.04	-3.02	-6.04
	40	1.46	-1.63	-3.27	2.39	-2.43	-4.86	3.37	-3.20	-6.39
	50	1.73	-1.80	-3.60	2.68	-2.60	-5.19	3.65	-3.34	-6.69
	60	2.00	-1.96	-3.91	2.96	-2.74	-5.48	3.90	-3.47	-6.94
	80	2.50	-2.22	-4.44	3.64	-3.15	-6.29	4.33	-3.67	-7.35
	100	2.76	-2.44	-4.89	3.70	-3.20	-6.39	4.52	-3.84	-7.68

기본 풍속 (V_0) (m/s)	외장재 높이 (z) (m)	지표면조도								
		B			C			D		
		정압	부압(④)	부압(⑤)	정압	부압(④)	부압(⑤)	정압	부압(④)	부압(⑤)
40	5	1.42	-1.16	-2.32	2.16	-1.76	-3.53	2.75	-2.25	-4.50
	10							2.29	-2.69	-5.37
	15				1.58	-2.01	-4.01	2.64	-2.91	-5.83
	20	0.96	-1.34	-2.67	1.83	-2.19	-4.37	2.92	-3.08	-6.17
	30	1.29	-1.60	-3.19	2.27	-2.47	-4.94	3.37	-3.34	-6.69
	40	1.61	-1.81	-3.62	2.64	-2.69	-5.38	3.74	-3.54	-7.09
	50	1.92	-2.00	-3.99	2.98	-2.88	-5.75	4.05	-3.70	-7.41
	60	2.21	-2.17	-4.33	3.28	-3.04	-6.07	4.32	-3.84	-7.69
	80	2.77	-2.46	-4.91	4.04	-3.49	-6.97	4.80	-4.07	-8.14
	100	3.05	-2.71	-5.41	4.10	-3.54	-7.09	5.01	-4.26	-8.51
42	5	1.56	-1.28	-2.55	2.38	-1.94	-3.89	3.04	-2.48	-4.97
	10							2.53	-2.96	-5.92
	15				1.74	-2.21	-4.42	2.91	-3.21	-6.42
	20	1.05	-1.47	-2.95	2.02	-2.41	-4.82	3.22	-3.40	-6.80
	30	1.43	-1.76	-3.52	2.50	-2.72	-5.44	3.72	-3.69	-7.38
	40	1.78	-2.00	-3.99	2.91	-2.97	-5.93	4.12	-3.90	-7.81
	50	2.11	-2.20	-4.40	3.28	-3.17	-6.34	4.47	-4.08	-8.17
	60	2.44	-2.39	-4.77	3.62	-3.35	-6.70	4.77	-4.24	-8.47
	80	3.05	-2.71	-5.41	4.45	-3.85	-7.69	5.29	-4.49	-8.98
	100	3.37	-2.99	-5.97	4.52	-3.90	-7.81	5.53	-4.69	-9.38
44	5	1.71	-1.40	-2.80	2.61	-2.14	-4.27	3.33	-2.73	-5.45
	10							2.77	-3.25	-6.50
	15				1.91	-2.43	-4.85	3.19	-3.52	-7.05
	20	1.16	-1.62	-3.23	2.22	-2.64	-5.29	3.53	-3.73	-7.46
	30	1.57	-1.93	-3.86	2.75	-2.99	-5.98	4.08	-4.05	-8.09
	40	1.95	-2.19	-4.38	3.20	-3.26	-6.51	4.52	-4.29	-8.57
	50	2.32	-2.42	-4.83	3.60	-3.48	-6.96	4.90	-4.48	-8.96
	60	2.68	-2.62	-5.24	3.97	-3.67	-7.35	5.23	-4.65	-9.30
	80	3.35	-2.97	-5.94	4.88	-4.22	-8.44	5.80	-4.93	-9.85
	100	3.70	-3.28	-6.55	4.96	-4.29	-8.57	6.07	-5.15	-10.30

기본 풍속 (V_0) (m/s)	외장재 높이 (z) (m)	지표면조도								
		B			C			D		
		정압	부압(④)	부압(⑤)	정압	부압(④)	부압(⑤)	정압	부압(④)	부압(⑤)
46	5	1.87	-1.53	-3.06	2.85	-2.33	-4.67	3.64	-2.98	-5.96
	10							3.03	-3.55	-7.11
	15				2.09	-2.65	-5.30	3.49	-3.85	-7.70
	20	1.26	-1.77	-3.53	2.43	-2.89	-5.78	3.86	-4.08	-8.15
	30	1.71	-2.11	-4.22	3.00	-3.27	-6.53	4.46	-4.42	-8.85
	40	2.13	-2.39	-4.79	3.50	-3.56	-7.12	4.94	-4.68	-9.37
	50	2.53	-2.64	-5.28	3.94	-3.81	-7.61	5.35	-4.90	-9.80
	60	2.93	-2.86	-5.73	4.34	-4.02	-8.03	5.72	-5.08	-10.17
	80	3.67	-3.25	-6.50	5.34	-4.61	-9.22	6.34	-5.38	-10.76
	100	4.04	-3.58	-7.16	5.42	-4.68	-9.37	6.63	-5.63	-11.25
48	5	2.04	-1.67	-3.33	3.10	-2.54	-5.08	3.96	-3.24	-6.49
	10							3.30	-3.87	-7.74
	15				2.28	-2.89	-5.77	3.80	-4.19	-8.39
	20	1.38	-1.92	-3.85	2.64	-3.15	-6.29	4.21	-4.44	-8.88
	30	1.86	-2.30	-4.59	3.27	-3.56	-7.11	4.86	-4.82	-9.63
	40	2.32	-2.61	-5.21	3.81	-3.87	-7.75	5.38	-5.10	-10.20
	50	2.76	-2.88	-5.75	4.28	-4.14	-8.28	5.83	-5.33	-10.67
	60	3.18	-3.12	-6.24	4.72	-4.37	-8.74	6.23	-5.53	-11.07
	80	3.99	-3.54	-7.07	5.81	-5.02	-10.04	6.91	-5.86	-11.72
	100	4.40	-3.90	-7.80	5.90	-5.10	-10.20	7.22	-6.13	-12.25
50	5	2.21	-1.81	-3.62	3.37	-2.76	-5.51	4.30	-3.52	-7.04
	10							3.58	-4.20	-8.40
	15				2.47	-3.13	-6.26	4.12	-4.55	-9.10
	20	1.49	-2.09	-4.17	2.87	-3.42	-6.83	4.56	-4.82	-9.63
	30	2.02	-2.49	-4.99	3.55	-3.86	-7.72	5.27	-5.23	-10.45
	40	2.52	-2.83	-5.66	4.13	-4.21	-8.41	5.84	-5.54	-11.07
	50	2.99	-3.12	-6.24	4.65	-4.50	-8.99	6.33	-5.79	-11.57
	60	3.46	-3.38	-6.77	5.13	-4.75	-9.49	6.76	-6.01	-12.01
	80	4.33	-3.84	-7.68	6.31	-5.45	-10.90	7.49	-6.36	-12.72
	100	4.77	-4.23	-8.46	6.41	-5.54	-11.07	7.83	-6.65	-13.30

※ 외장재의 유효수압면적 $A_C=2.0\text{m}^2$ 이하 기준, 수압면적이 상이할 경우 별도 산정 요함.

2.6 기본풍속과 지표면조도구분에 따른 풍하중 차이

2.4장과 2.5장에서 외장재 풍하중 산정 프로세스 및 사례를 통해 실제 외장재의 설계 풍하중을 산정하는 과정과 사례 건물을 대상으로 한 결과를 나타내었다. 특히 2.5장에서는 건물의 높이와 지역 특성에 따라 결과를 모두 제시하고 있다. 본 장에서는 2.5장의 결과로부터 기본풍속, 외장재 높이, 풍하중이 가해지는 면, 지표면 조도 구분에 따라 달라지는 풍하중을 설명한다.

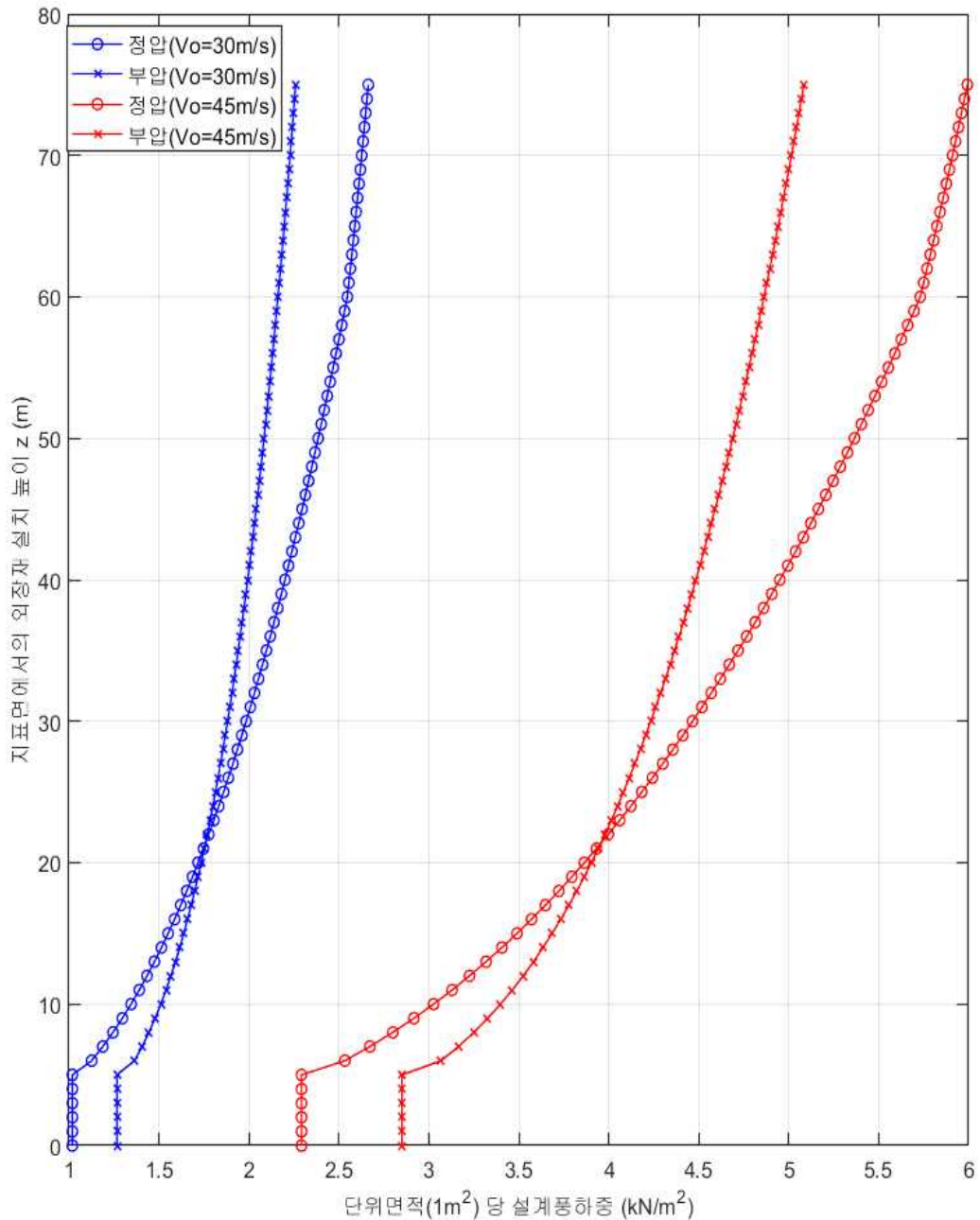
대상 건축구조물은 2.5장에서 사용한 기준높이 75m의 건물을 대상으로 하며 평탄한 지형에 설치되어 있고 중요도계수는 1로 가정한다. 또한 유효수압면적은 2m^2 이하로 가정하였으며, 보편적 적용을 위해 단위면적(1m^2) 당 설계풍하중으로 산정하였다.

건물 규모	25층 규모 오피스텔 (기준높이 75m)
지형계수	평탄한 지형
중요도계수	1

2.6.1 기본풍속에 따른 설계풍하중 차이

2.1.2에서 설명한 강풍은 지역에 따라 큰 차이를 나타낸다. 태풍의 경우 여름과 가을에 걸쳐 발생하며 태풍 경로의 특성상 서해 남부와 남해, 동해 남부 연안에서 큰 영향을 미치며 다양한 피해를 입힌다. 계절풍은 계절에 따라 바람의 방향이 바뀌며 그에 따라 영향을 받는 지역 또한 달라지는 특성을 가지게 된다. 이러한 강풍의 특성을 고려하여 풍하중 산정을 위한 설계풍속을 사용하고 있으며 설계풍속 산정을 위한 지역별 설계기본풍속을 사용하고 있다.

건축구조기준의 풍하중 산정방법에 따르면 풍속의 제곱에 비례하여 풍하중을 산정하게 되어 지역별 설계기본풍속에 따라 지역별 설계 풍하중의 차이는 매우 커지게 된다. 모든 조건이 동일한 건축물이 설계기본풍속이 30m/s 와 45m/s 인 지역에 각각 있다고 가정하여 풍하중을 산정한 결과를 [그림 2.6-1]에 그래프로 나타내었다.



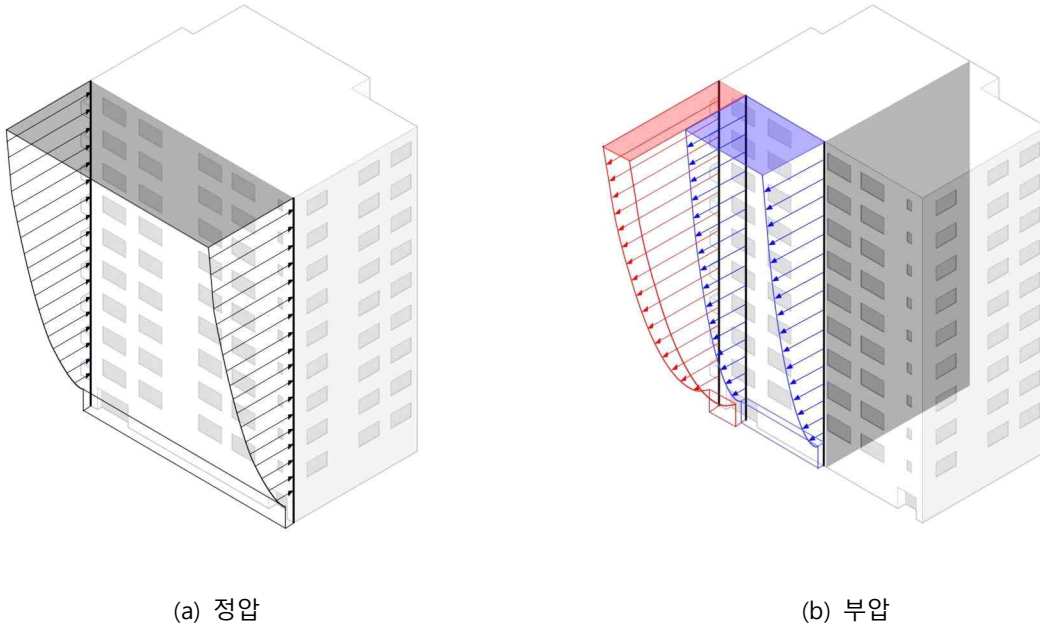
[그림 2.6-1] 기본풍속에 따른 풍하중 차이
(건축물 중앙부, 지표면조도구분 D)

실제 그림 2.4-1의 기본풍속에 45m/s의 풍속을 가지는 지역은 없으나 직관적으로 1.5배 차이의 풍속 일 때 풍하중 결과를 비교하기 위해 이와 같이 풍속을 가정하였다. 그래프에서 저층부의 경우 부압이 정압보다 크나 21m보다 높은 곳에서는 정압이 부압보다 크다는 것을 알 수 있다. 그래서 외장재 설계 시 저층부에서는 부압을 중요하게 봐야하고 고층부에서는 정압에 중점을 두고 설계해야 한다. 기본풍속 V_o 가 30m/s인 지역의 그래프에서 최대 풍하중은 2.66m/s이며 기본풍속 V_o 가 45m/s인 지역의 최대 풍하중은 5.99m/s이다. 이는 2.25배 차이로 기본풍속의 1.5배의 제곱배 만큼의 차이이다.

이와 같이 건축구조기준의 설계 풍하중은 기본풍속에 따라 매우 큰 차이를 나타내지만 대부분의 경우 외장재의 특성상 현재 이러한 지역별 설계기본풍속을 고려하지 않고 설계 시공되고 있는 현실이다. 같은 조건 및 시공 방법으로 외장재를 전국 동일하게 설치 할 경우 풍하중에 의해 외장재가 탈락하는 지역이 발생할 수 있다. 따라서 외장재 또한 구조재와 동일하게 설계 풍하중을 산정하고 산정된 풍하중에 견딜 수 있도록 하여야 한다.

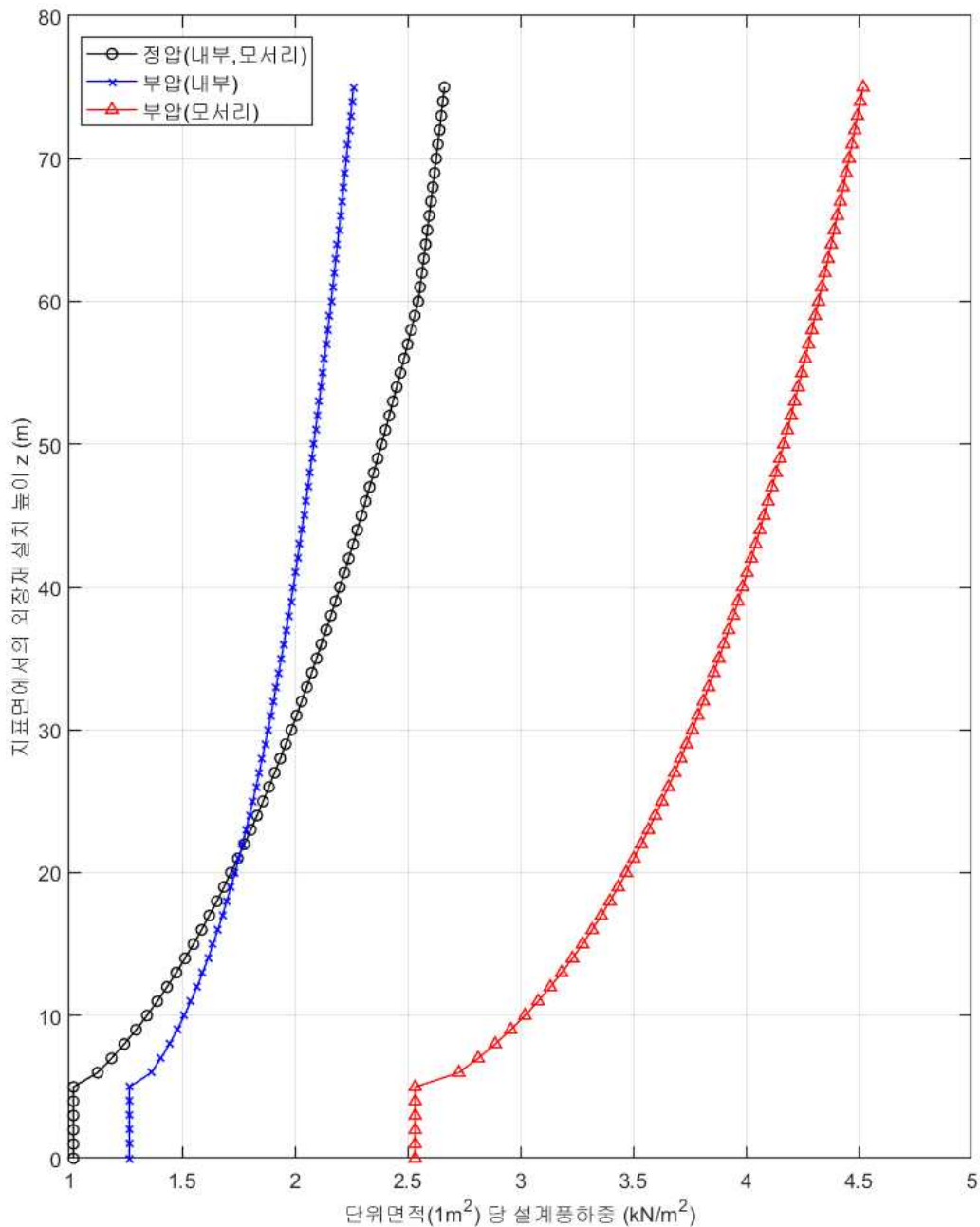
2.6.2 중앙부와 모서리부의 풍압 차이

외장재 설계 풍압계수 중 외압계수는 모서리부에 가해지는 풍하중을 중앙부와 모서리부에 따른 풍하중의 차이를 나타내는 계수이다. 정압의 경우 모서리부와 중앙부 모두 동일하게 풍하중이 가해지나 부압의 경우 모서리부에 중앙부보다 더 큰 풍하중이 작용하게 된다. 그림 2.6-2는 대상 건축물이 기본풍속 30m/s인 지역에 있다고 가정하며, 지표면조도구분 D에 해당한다고 가정한 설계풍압을 정압과 부압으로 나누어 중앙부와 모서리부에 가해지는 풍하중을 나타내었다.



[그림 2.6-2] 중앙부와 모서리부에 가해지는 풍압 비교

그림 2.6-2(a)는 건물에 가해지는 정압을 표현한 것으로 정압은 중앙부와 모서리부에 동일한 설계풍하중이 가해지는 것을 알 수 있다. 그림 2.6-2(b)는 건물에 가해지는 부압을 건물의 절반에만 표현한 것으로 표현되지 않은 면은 대칭으로 동일하게 표현된다. 실제 외장재를 설계할 때는 그림 2.6-2(a)의 정압과 그림 2.6-2(b)의 부압 중 큰값을 사용해야 한다. 설계풍하중을 비교하기 위해 그림 2.6-3에 단위면적당 설계풍하중을 정압과 부압으로 구분하여 표현하였다.



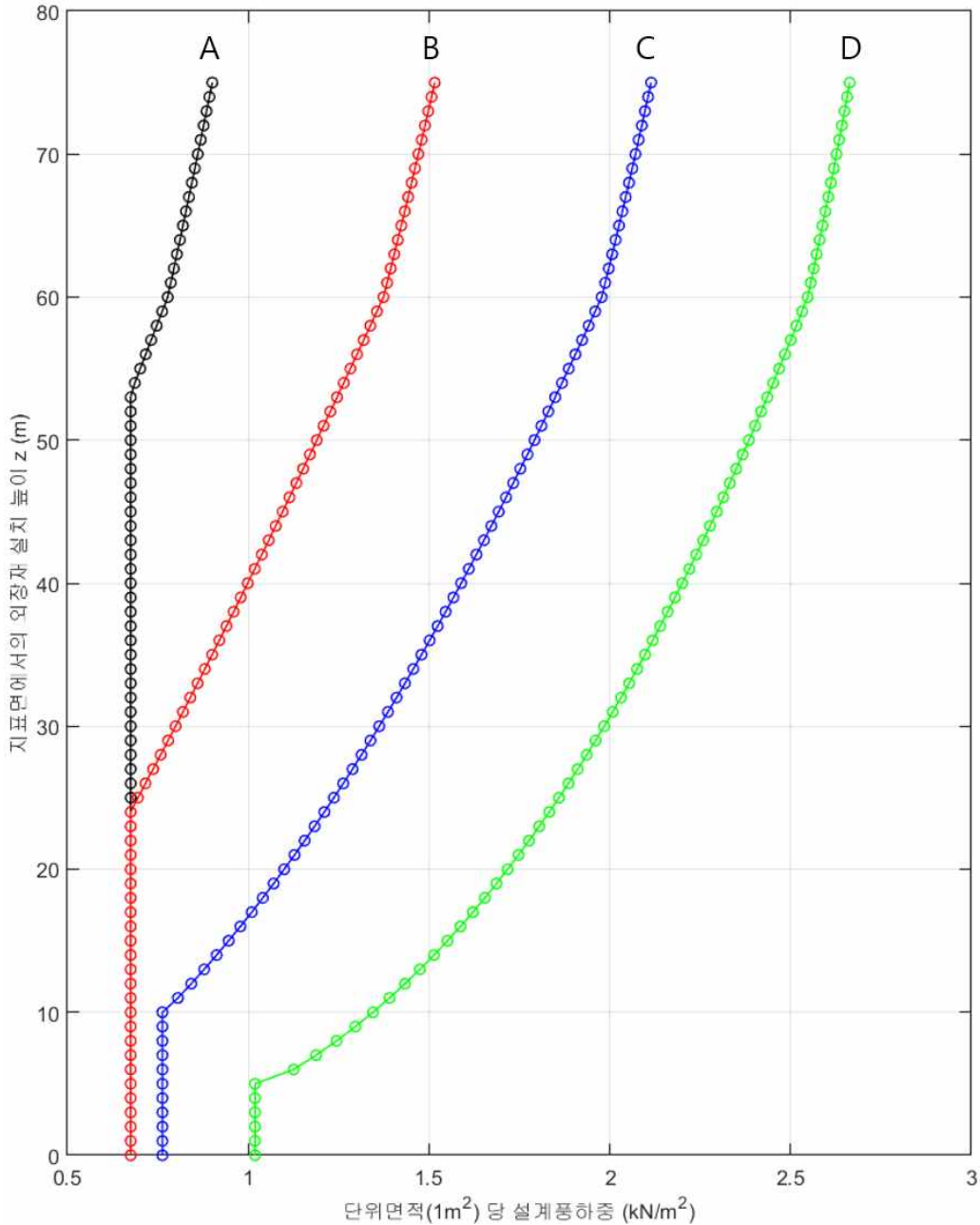
[그림 2.6-3] 중앙부와 모서리부에 따른 풍하중 차이
(기본풍속 30m/s, 지표면조도구분 D)

중앙부에서는 정압이 부압보다 크게 작용하여 정압을 주로 고려해야하며, 모서리부에서는 부압이 정압보다 크게 작용하여 부압을 주로 고려하여 설계하여야 한다. 중앙부에서는 22m미만의 저층부에서는 부압이 정압보다 큰 단위면적 당 설계풍하중 값을 보이며, 22m이상에서는 정압이 부압보다 큰 값을 보인다. 반면 모서리부에서는 높이에 상관없이 부압이 정압보다 큰 값을 나타냄을 알 수 있다.

정압의 경우 최상층에서 단위면적 당 설계풍하중이 3.03kN/m^2 으로 나타났으며 중앙부의 부압은 2.57kN/m^2 , 모서리부의 부압은 5.14kN/m^2 으로 나타났다. 모서리부에서의 부압이 가장 큰 값을 나타내며 이에 따라 모서리부에 설치되는 외장재는 중앙부에 설치되는 외장재보다 더 큰 설계풍하중을 견딜 수 있는 조치가 필요하다.

2.6.3 지표면조도구분에 따른 풍압 차이

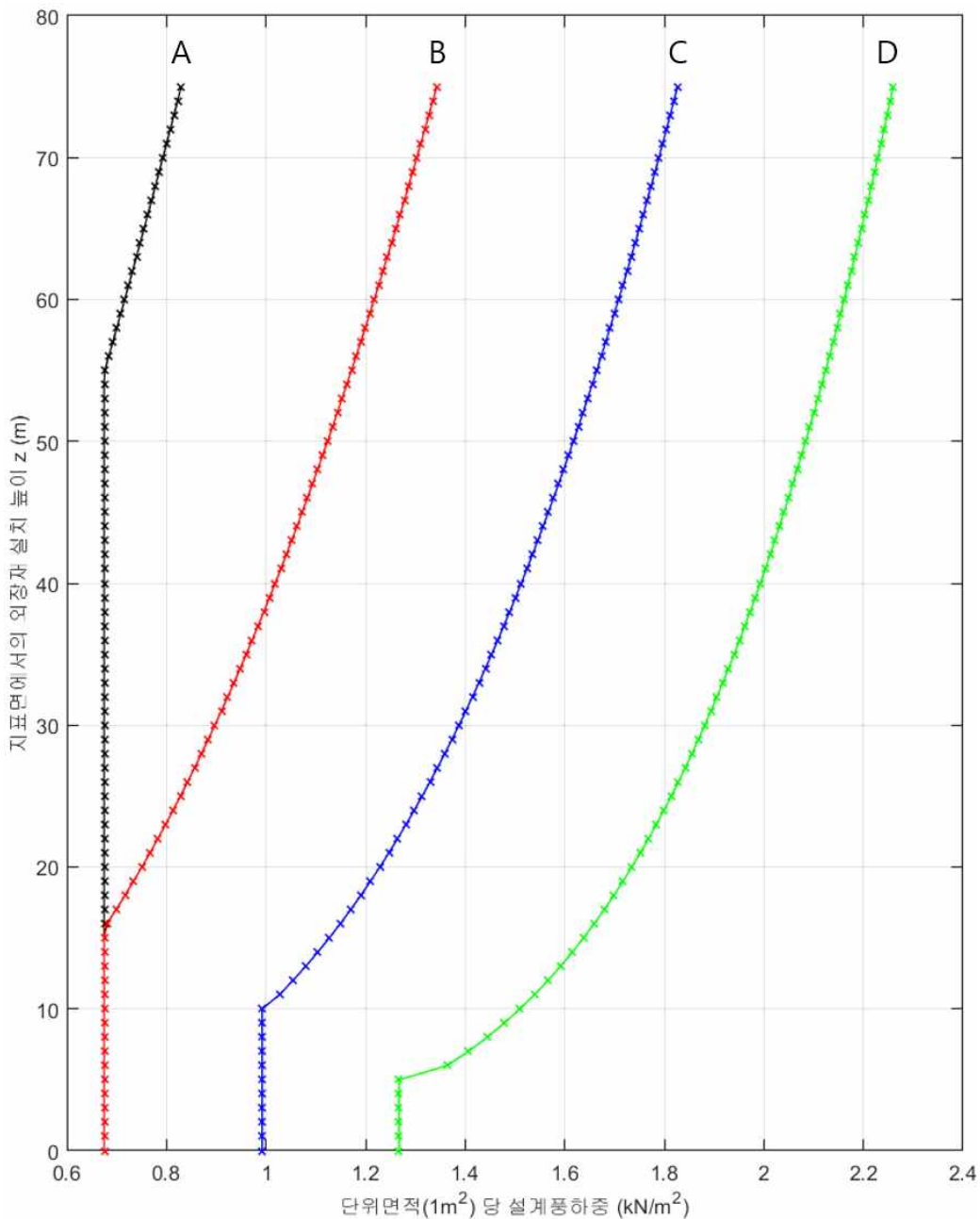
지표면조도구분은 대상지 주변환경의 바람에 저항하는 정도에 따라 A,B,C,D로 구분된다. 2.4.7장 지표면조도구분 및 풍속고도분포계수에서 지형특성에 따라 지표면조도구분 타입별 단위면적당 설계풍하중을 산정하여 비교하였다. 대상 건축구조물이 기본풍속 30m/s인 지역에 있다고 가정하며 외장재는 모서리부이 아닌 중앙부에 있다고 가정한다. 그림 2.6-4와 그림 2.6-5에 지표면조도구분별 정압과 부압에 대한 설계풍하중을 그래프로 나타내었다.



[그림 2.6-4] 지표면조도구분에 따른 풍하중 차이 (정압)
(건축물 중앙부, 기본풍속 30m/s)

그림 2.6-4는 대상 건축구조물의 지표면조도구분에 따른 풍하중 중 정압을 나타내었다. 지표면조도구분 A의 경우 외장재 설치 높이가 53m까지 최저 설계 풍하중을 넘지 못하여 최소값인 0.675kN을 나타내었으며, 지표면조도구분 B는 24m까지 최저 설계풍압을 넘지 못하였다. 반면 지표면조도구분 C와 D의 경우 최저층에서도 최저 설계풍하중을 초과하는 0.763kN/m², 1.019kN/m²으로 나타났다. 특히 지표면조도구분 D는 최저층의 설계풍하중이 지표면조도구분 A의 최대값보다 크게 나타났다.

최상층에서 단위면적당 설계풍하중의 경우 지표면조도구분 A는 0.901kN/m^2 으로 나타났으며 지표면조도구분 B는 1.516kN/m^2 , 지표면조도구분 C는 2.114kN/m^2 , 지표면조도구분 D는 2.663kN/m^2 으로 나타났다. 정압의 경우 최상층에서 단위면적당 설계풍하중만을 비교하면 지표면조도구분 D의 경우 A보다 약 3배 큰 값을 보인다.



[그림 2.6-5] 지표면조도구분에 따른 풍하중 차이 (부압)
(건축물 중앙부, 기본풍속 30m/s)

그림 2.6-5는 대상 건축구조물의 지표면조도구분에 따른 풍하중 중 부압을 나타내었다. 지표면조도구분 A의 경우 외장재 설치 높이가 54m까지 최저 설계 풍하중을 넘지 못하여 최소값인 0.675kN 을 나타내었으며, 지표면조도구분 B는 15m까지 최저 설계풍압을 넘지 못하였다. 반면 지표면조도구분 C와 D의 경우 최저층에서도 최저 설계풍하중을 초과하는 0.992kN/m^2 , 1.267kN/m^2 으로 나타났다. 특히 지표면조도구분 C와 D는 최저층의 설계풍하중이 지표면조도구분 A의 최대값보다 크게 나타났다.

최상층에서 단위면적당 설계풍하중의 경우 지표면조도구분 A는 0.830kN/m^2 으로 나타났으며 지표면조도구분 B는 1.343kN/m^2 , 지표면조도구분 C는 1.827kN/m^2 , 지표면조도구분 D는 2.260kN/m^2 으로 나타났다. 부압의 경우 최상층에서 단위면적당 설계풍하중만을 비교하면 지표면조도구분 D의 경우 A보다

약 2.7배 큰 값을 보인다. 표 2.6-1은 지표면조도구분에 따른 정압과 부압을 같이 비교하여 단위면적당 설계풍하중이 정압이 큰 부분과 작은 부분은 구분하여 나타내었다.

[표 2.6-1] 지표면조도구분에 따른 정압 및 부압 지배구간 (z : 외장재 설치 높이)

지표면조도구분	A	B	C	D
정압=부압 구간 (외장재 설치 높이 m)	$0 \leq z < 54$	$0 \leq z < 16$	-	-
부압>정압 구간 (외장재 설치 높이 m)	-	$16 \leq z < 43$	$0 \leq z < 33$	$0 \leq z < 22$
부압<정압 구간 (외장재 설치 높이 m)	$54 \leq z$	$43 \leq z$	$33 \leq z$	$22 \leq z$

지표면조도구분 A는 최저 설계풍압을 적용하는 구간이 커 외장재 설치 높이 53m까지는 정압과 부압 모두 최저설계풍압을 적용해 동일하다. 또한 부압이 정압보다 큰 구간은 없으며 54m부터는 정압이 부압보다 큰 값을 나타낸다. 지표면조도구분 B의 경우 외장재 설치 높이 15m까지는 정압과 부압 동일하게 최저 설계풍압을 적용하며 이후 42m까지는 부압이 정압보다 크게 나타나고 43m부터는 정압이 부압보다 크게 나타났다. 지표면조도구분 C는 최저 설계풍압을 적용하는 구간이 나타나지 않았고 32m까지 부압이 정압보다 크게 나타났으며 이후 33m부터는 정압이 부압보다 크게 나타났다. 지표면조도구분 D 또한 최저 설계풍압을 적용하는 구간이 나타나지 않았고 21m까지 부압이 정압보다 크게 나타났으며 이후 22m부터는 정압이 부압보다 크게 나타났다.

여기서 지표면조도구분이 A에서 D로 갈수록 외장재 설치 높이에 따른 단위면적당 설계풍하중의 부압이 정압보다 같거나 큰 구간이 낮아짐을 알 수 있다. 이로부터 지표면조도구분이 A에서 D로 갈수록 정압으로 외장재를 설계해야하는 구간이 넓어지며 그 값 또한 커짐을 알 수 있다.

2.7 풍하중 산정 시 유의점

2.3장에서 2.6장까지 풍하중 산정에 관한 내용을 통해 외장재 설계용 풍하중은 다양한 요인에 따라 복합적으로 결정됨을 알 수 있다. 외장재 설계용 풍하중 산정시 사용되는 기본풍속, 지표면조도구분, 지형계수 등을 복합적으로 고려하여 산정해야하며 풍하중 산정 시 유의점을 다음과 같이 나타내었다.

- 설계 풍하중은 정압과 부압을 구분하여 계산해야 하며 바람이 불어오는 방향에 따라 정압과 부압이 작용되는 면이 바뀔 수 있어 둘 중 큰 값으로 설계해야 한다.
- 외장재 설치 높이에 따라서 설계 풍하중이 변하므로 외장재 설치 높이를 고려하여 설계해야한다. 또한 외장재 설치 높이에 따라 저층부에는 부압이 크고 고층부에는 정압이 크게 나타나는 경우가 있을 수 있다.
- 설계풍압은 기본풍속의 제곱에 비례하므로 기본풍속이 낮은 지역과 높은 지역의 설계 풍하중은 제곱에 비례하여 큰 차이를 나타낼 수 있다. 예를 들어 기본풍속이 30m/s인 지역과 45m/s인 지역의 경우 기본풍속은 1.5배 차이지만 설계풍하중은 제곱에 비례하여 2.25배 차이가 발생하게 된다.
- 건축구조물의 중앙부와 모서리부에 작용하는 정압은 같으나 부압은 큰 차이가 있어 중앙부와 모서리부를 구분하여 설계 풍하중을 산정할 필요가 있다. 그림 2.6-3에서 중앙부의 부압보다 모서리부의 부압이 2배 더 크게 나타나며 정압보다 약 1.7배 크게 나타난다.
- 지표면조도구분에 따라서 설계 풍하중의 차이가 발생하기 때문에 이 또한 고려되어야 한다. 또한 건축물의 방향에 따라서 지표면조도구분이 달라질 수 있어 전문가의 확인이 필요하다. 그림 2.6-4 및 2.6-5에서 정압의 경우 지표면조도구분 A 보다 D가 설계풍하중이 약 3배 큰값을 보이며 부압은 2.7배 크게 나타난다.

3. 외장재의 설계 및 시공 지침

외장재는 건물의 외부를 마감하는 데 쓰는 재료이다. 외장재는 건물에 작용하는 구조내력을 부담하지는 않으나, 건물에 풍하중(수평하중)이 작용하게 되면 외장재에 직접적인 하중이 작용하여 외장재 탈락, 파손 등으로 인하여 보행자 안전사고가 발생할 수 있다.

외장재의 유형은 재료의 종류, 부착 방법 등에 따라 다양한 방식으로 분류할 수 있으나, 본 가이드라인에서는 부착 방식에 따라 강풍에 의한 피해 유형이 주로 영향을 받는다는 점을 고려하여, 부착 방법에 따라 외장재 유형을 다음과 같이 네 가지로 분류하였다.

- 1) 외단열 미장 마감재 : 단열재가 외장 마감재로 동시에 사용되며, 접착제를 이용하는 부착형 외장재. 흔히 드라이비트 등의 용어로 사용되는 외장재임
- 2) 앵커 고정형 외장재 : 앵커 등 기계적 접합기구를 이용해 치장벽돌, 석재외장재 및 기타 중량의 외장패널을 건축물 외벽에 고정하는 방식의 외장재
- 3) 유리 커튼월 및 창호 : 유리를 주요 마감재로 사용하는 커튼월 및 유리 창호
- 4) 직결볼트 접합 외장재 : 금속 패널, 샌드위치 패널 등 직결볼트(스크류 볼트)를 이용해 외벽 또는 외장재 지지구조에 외장재를 고정하는 외장재

3장에서는 네 가지로 분류한 외장재에 대하여 강풍에 의한 파손 원인 및 피해 사례를 소개하고, 강풍 피해 저감 방안 및 시공 지침을 안내한다. 또한 강풍피해 저감을 위한 외부마감 상세도 가이드라인을 제시하여 강풍에 의한 건축물 외장재 피해를 저감할 수 있도록 하였다. 본 장의 서술 내용은 강풍에 의해 탈락 위험이 높은 외장재의 탈락 방지를 위한 권장 사항으로 제시한다. 외장재의 유형이 다양하고, 새로운 외장재가 개발될 수 있으므로 분류 기준에 포함되지 않는 외장재는 가장 유사한 외장재 유형의 설계 및 시공 지침을 따를 것을 권장한다.

3.1 외단열 미장 마감재

3.1.1 적용 범위

외단열 미장 마감 공법(EIFS; Exterior Insulation and Finish System)는 건물의 외부 전체를 외장재 일체형 단열재로 감싸는 시공법으로 공사비가 저렴하면서 단열성능이 우수해서 널리 활용되고 있으나, 주로 접착제만을 이용해 부착되는 경우가 많아 강풍에 의한 탈락 피해가 가장 흔하게 발생하는 외장 방식이다.

흔히 드라이비트로 불리는 외단열 미장 마감재는 KCS 41 42 02(외단열공사)에서 공식적인 명칭과 관련된 자재 및 시공 방법 등을 규정하고 있으며, LH 전문시방서(LHCS 41 42 00 15)에서 탈락방지를 위한 구체적인 시공방법이 제시되어 있다.

3.1.2 강풍에 의한 파손 원인 및 피해 사례

강풍에 의한 외단열 미장 마감재의 피해 사례들은 그림 3.1-1과 같다. 주요 피해 사례를 통해 파손 원인을 분석하면 다음과 같다.

- 국부적으로 높은 부압 발생 : 강풍 발생시 건축물의 외벽 중 모서리 부위에는 높은 부압이 발생한다. 시방서 등에 따라 외단열 미장 마감재를 시공하였을 경우에도 국지적인 강풍에 의해 외장재의 탈락이 발생할 수 있다.
- 기계적 고정장치 미사용 : 외단열 미장 마감재의 강풍에 의한 탈락 사례는 대부분 기계적 고정

장치(인슐레이션 파스너 ; Insulation Fastener)를 사용하지 않고 접착제만을 이용해 단열재를 건축물 외벽에 부착한 건물에서 발생하였다.

- 접착제 시공 불량 : 외단열 공사 시방서(KCS 41 42 02 : 2021)에 따르면 건축물 외벽에 대해 적절한 바탕면 처리를 하고 단열재 접착 면적의 40% 이상의 면적에 적절한 접착제를 도포하여 부착하도록 규정하고 있다. 그림 3.1-1의 피해 사례를 보면 대부분 외벽의 바탕면이 콘크리트 타설 후 평활도가 유지되지 않아 접착력이 떨어지고, 접착제의 도포 면적이 부착면의 40% (시방서에서 요구하는 최소 면적)에 크게 못미치는 것을 볼 수 있다. 따라서 부착력 부족에 의해 강풍 발생시 외장재의 탈락이 발생할 수 있다.
- 공사관리 및 유지관리의 어려움 : 건축물 외부에 단열재가 부착된 이후에는 외장재 후면의 바탕면이나 접착제가 적절히 시공되었는지 확인하기 어렵다.
- 접착제의 접착력 감소 : 외기 온도가 낮거나 시공 중 또는 시공 후 강우에 의해 접착제의 접착력이 감소할 수 있으며, 노후화된 건축물의 경우에도 내구성 저하에 의해 접착력이 떨어질 수 있다.



외단열 미장 마감재 탈락
(울산지역, '18년 10월 태풍 콩레이, 출처: 경상일보)



외단열 미장 마감재 탈락
(울산지역, '20년 9월 태풍 마이삭, 출처: KBS)



외단열 미장 마감재 탈락
(창원지역, '14년 8월 태풍 나크리, 출처: 경남도민일보)



외단열 미장 마감재 탈락
(부산지역, '17년 10월 태풍 란, 출처: news1)

[그림 3.1-1] 외단열 미장 마감재의 국내 피해사례

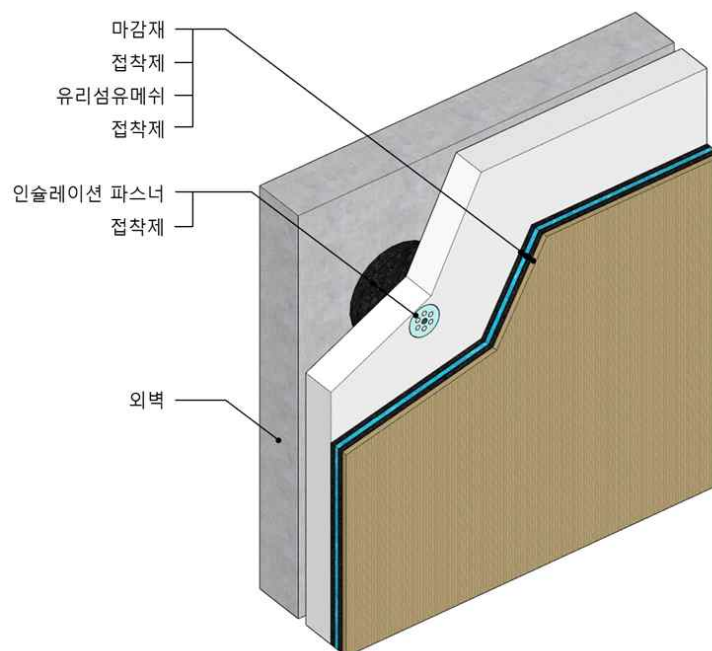
3.1.3 강풍피해 저감 방안 및 시공 지침

접착제만을 이용해 부착된 외장재는 강풍 발생시 부압에 의한 하중을 접착제의 부착강도에 의지해야 한다. 따라서 강풍에 의한 접착제 이용 외장재의 탈락 방지를 위해서는 공사 시방에 따른 건축물 외벽의 바탕면 처리 및 접착제 사용이 필수적이다.

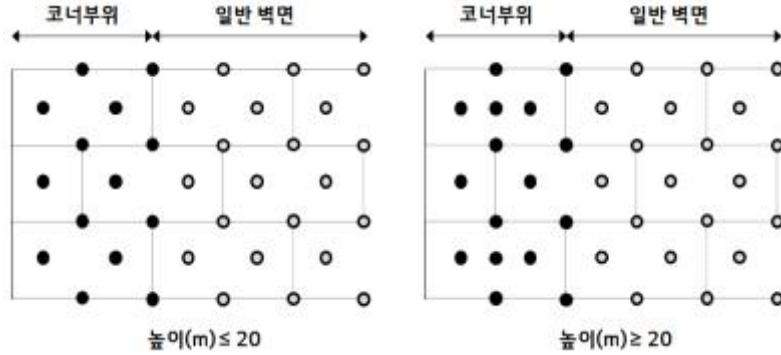
강풍에 의한 피해가 다수 발생하는 외단열 미장 마감 외장재의 탈락 방지를 위해서는 표준시방서(KCS 41 42 02)에 따른 외벽 마감처리 및 접착제의 설치가 필요하며, 접착제와 함께 인슐레이션 파스너를 활용한 기계적 고정장치의 설치가 필요하다.

외단열 미장 마감재의 강풍피해 저감 시공은 다음을 따르도록 한다.

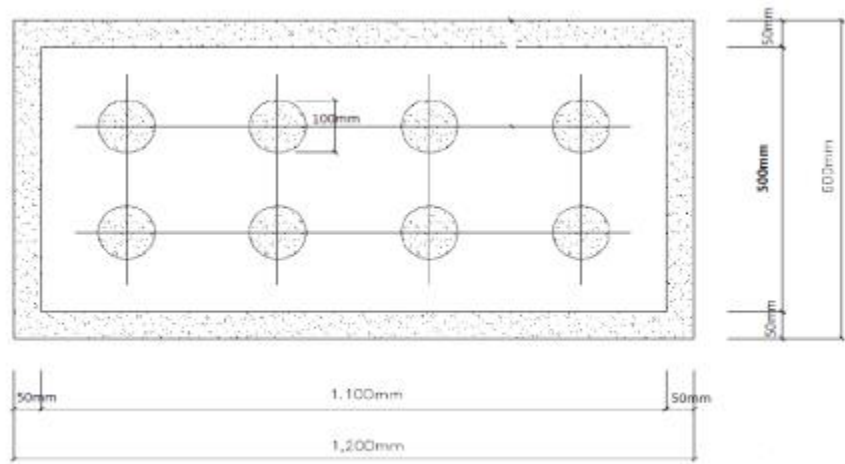
- 외단열 미장 마감재를 구성하는 단열재와 접착 및 마감재료는 한국산업표준에 적합한 제품을 사용하며, 제조사가 건축물에 작용하는 풍하중에 대하여 접착제만으로 부착한 외단열 미장 마감재의 구조적 안전성을 검증한 부착공법을 제시하는 경우 이를 따라 시공한다.
- 제조사가 구조성능을 검증한 별도의 공법을 제시하지 않는 경우는 다음의 방법을 따라 시공한다.
 - 1) 외단열 미장 마감재에 사용되는 단열재의 크기는 600x1200mm 이하가 되도록 한다.
 - 2) 외단열 미장 마감재의 건축물 외벽 부착은 그림 3.1-2와 같이 접착제와 함께 기계적 고정장치(인슐레이션 파스너)를 적절한 간격으로 시공한다. 기계적 고정장치(인슐레이션 파스너)는 KCS 41 42 02의 최소 요구조건을 만족하도록 하며, 드릴로 구조체 바탕면을 천공 후 매입하는 방식을 사용한다. 설치 간격은 별도의 구조계산이 없는 경우, LHCS 41 42 00 15의 규정에 따라 제곱미터당 5군데 이상이 되도록 하고, 단열재가 끝나는 코너부위 및 개구부 주위 등에는 중앙부에 추가로 시공을 한다.
 - 3) 외단열 미장 마감재가 설치되는 건축물의 외벽(콘크리트, 조적, OSB등)의 마감면을 KCS 41 42 02에 따라 처리하여 부착제에 의한 단열재의 접착이 적절히 이루어지도록 한다.
 - 4) 접착제는 KCS 41 42 02의 요구조건을 만족하는 제품을 사용하며, 그림 3.1-4의 예시와 같이 단열재 접착 면적의 40% 이상이 되도록 도포하여 설치한다.



[그림 3.1-2] 외단열 미장 마감재의 시공방법 예시



[그림 3.1-3] 인슐레이션 파스너 시공방법 예시(출처 : LHCS 41 42 00 15)

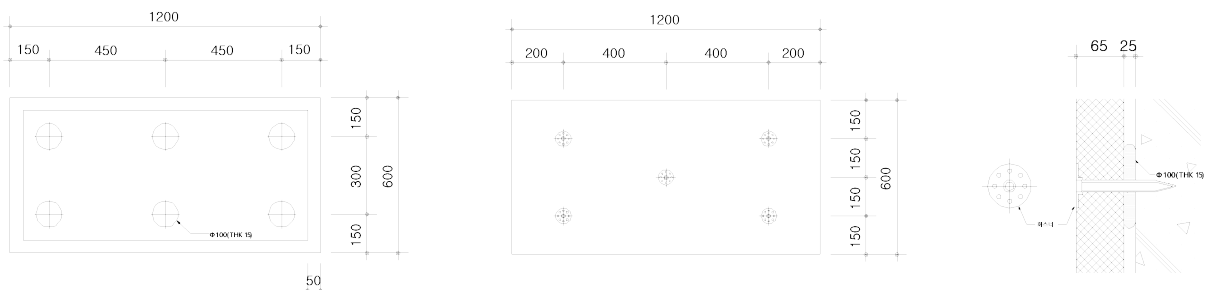


[그림 3.1-4] 외단열 미장 마감재의 단열재 부착 방법 예시(출처 : LHCS 41 42 00 15)

3.1.4 외부마감 상세도 작성 가이드라인 및 설계 예

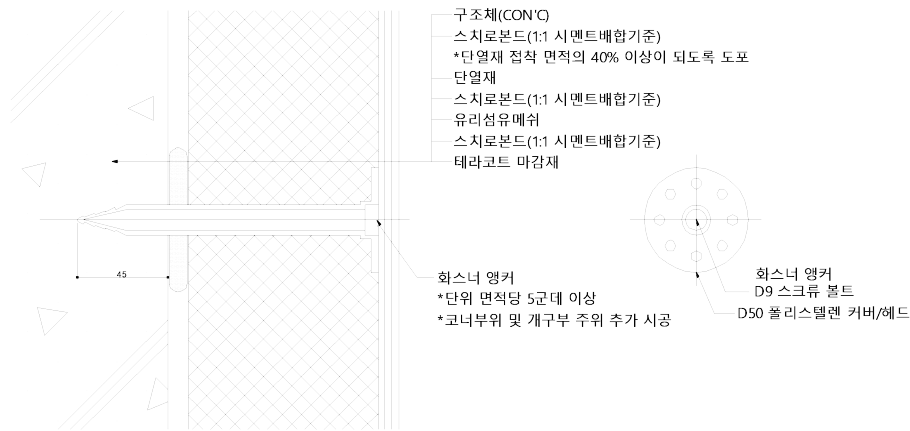
외단열 미장 마감재 설치 도면 작성시 단열재·보강메쉬 나누기도, 조인트 상세도, 개구부·모서리 주위 보강처리 상세도, 단열재 부착방법이 포함되어야 한다(LHCS 41 42 00 15 참조). 기계적 고정장치(인슐레이션 파스너)를 이용하는 경우에는 파스너의 규격 및 접착모르타르의 설치 위치를 도면에 표기하도록 한다.

외단열 미장 마감재 설치를 위한 접착모르타르 및 인슐레이션 파스너의 도면 작성 예시는 그림 3.1-5와 같다.



[그림 3.1-5] 외단열 미장 마감재의 설계도면 작성 예시

그림 3.1-6은 외단열 미장 마감재가 설치된 건축물 외장재의 설계 도면 예시를 나타낸다.



[그림 3.1-6] 외단열 미장 마감재 설계 예시

3.2 앵커 고정형 외장재

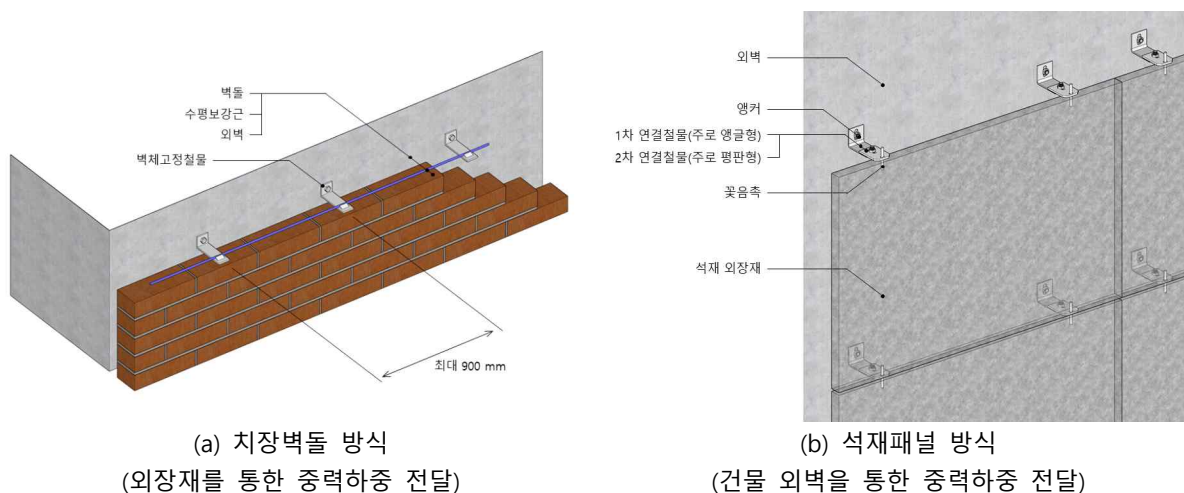
3.2.1 적용 범위

앵커 고정형 외장재는 앵커 등 기계적 접합기구를 이용해 치장벽돌, 석재외장재 및 기타 중량의 외장패널을 건축물 외벽에 고정하는 방식의 외장재로 정의할 수 있다.

앵커 고정형 외장재는 재료의 종류에 따라 다양한 방식이 적용될 수 있으며, 하중 전달 방식에 따라 다음의 두 가지 형식으로 구분할 수 있다.

① 치장벽돌과 같이 중력하중을 상부 외장재에서 하부 외장재로 전달하는 방식으로 상하부 외장재(벽돌 등) 사이는 모르타르 등으로 줄눈이 형성되며, 일정 간격으로 연결철물이 설치되어 풍하중 등 수평하중에 저항하는 형태로 KCS 41 34 01(조적공사 일반), KCS 41 34 02(벽돌공사) 등을 참고할 수 있다.

② 석재외장패널과 같이 각 외장재의 중력하중을 상하부로 직접 전달하지 않고, 건축물 외벽으로 전달하도록 설계된 형태이다. 이 경우, 모든 외장패널마다 앵커가 설치되어야 하며 상부외장재에서 하부 외장재로 중력하중이 직접 전달되지 않는다. KCS 41 35 01(석공사 일반), KCS 41 35 06(건식 석재공사) 등을 참고할 수 있다. 건축물 외벽이 콘크리트로 이루어진 경우 앵커를 외벽에 직접 설치하며, 구조물이 라멘 구조 등으로 되어 있는 경우는 외장재를 지지하기 위한 강재 지지구조를 별도로 설치한 후, 외장재 지지용 앵커를 볼팅 등으로 설치한다.



(a) 치장벽돌 방식

(외장재를 통한 중력하중 전달)

(b) 석재패널 방식

(건물 외벽을 통한 중력하중 전달)

[그림 3.2-1] 앵커 고정형 외장재의 유형

3.2.2 강풍에 의한 파손 원인 및 피해 사례

앵커 고정형 외장재의 강풍에 의한 주요 피해 사례를 통해 파손 원인을 분석하면 다음과 같다.

- 학교 시설 등에 흔히 사용되는 치장벽돌의 경우, 벽돌을 통해 상부의 중력하중이 전달되는 대표적인 외장재이다. 그림 3.2-2는 치장벽돌의 탈락 사고 사례를 나타낸다.



(a) 단열재 미시공 치장벽돌 탈락 예
(부산지역, '19년, 출처 : 연합뉴스)



(b) 단열재 시공 치장벽돌 탈락 예
(목포지역, '19년, 출처: 뉴시스)

[그림 3.2-2] 치장벽돌 외장재의 탈락 사고 예

- 교육시설안전원에서 2020년 발간한 '학교시설 외부 치장벽돌 보수·보강 안내서'에 따르면, 그림 3.2-3과 같이 다수의 학교시설에서 외부 치장벽돌의 줄눈 탈락, 치장벽돌의 지지부 역할을 하는 인방 콘크리트의 부실, 개구부 및 층 구분 없이 연속 시공된 치장벽돌체의 배부름 등이 다수 보고되었다. 이러한 치장벽돌의 경우, 강풍 발생시 외장재 탈락의 위험이 매우 높다.



(a) 외부 치장벽돌의 줄눈 탈락



(b) 인방 콘크리트의 철근 노출



(c) 개구부 하부의 배부름 발생



(d) 층 구분없이 연속 시공된 치장벽돌체

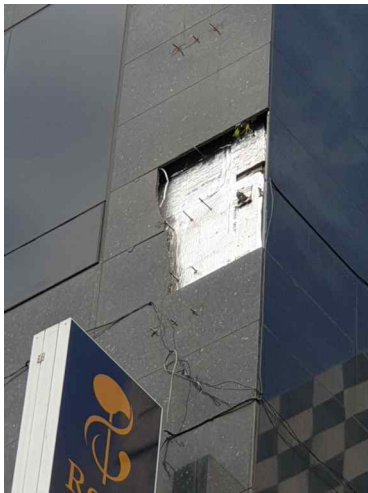
[그림 3.2-3] 학교시설 치장벽돌의 안전위험 실태

(출처 : '학교시설 외부 치장벽돌 보수·보강 안내서', 2020. 한국교육시설안전원)

- 치장벽돌 등 상부의 중력하중이 하부로 전달되는 외장재의 주요 탈락 원인을 위의 사례들로부터 도출하면 다음과 같다.

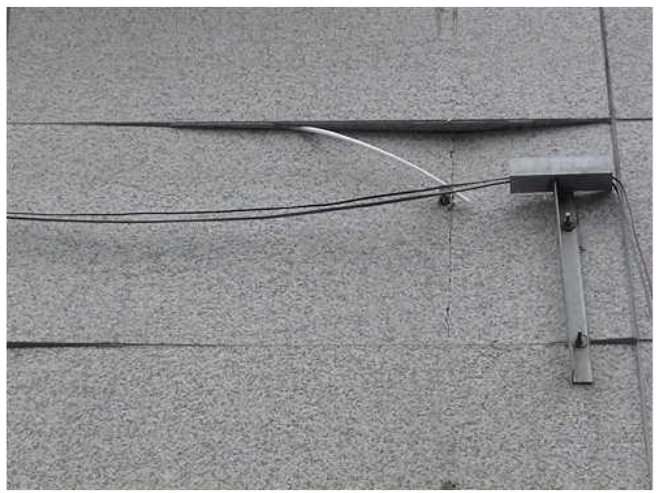
- 1) 층 구분없이 수직으로 연속 시공되거나 개구부 등에서 인방등으로 적절하게 보강되지 않은 경우, 치장벽돌의 자체 하중으로 인해 배부름이나 균열이 발생하여 강풍 발생시 탈락 사고가 발생할 수 있다.

- 2) 부등침하 등으로 구조체에 변형 또는 균열이 발생하면, 구조체에 연결된 치장벽돌에도 균열 또는 배부름이 발생하여 강풍 발생시 탈락 사고가 발생할 수 있다.
 - 3) 시방서 등에서 요구하는 연결철물의 설치 간격이 지켜지지 않은 경우, 강풍에 의해 부압이 발생하면 치장벽돌의 탈락 사고가 발생한다. 특히 그림 3.2-2(b)의 사례와 같이 건물 외벽과 치장벽돌 사이에 단열재가 설치되는 경우, 연결철물의 시공이 적절히 이루어지지 않을 가능성이 높다.
 - 4) 연결철물이 구조체에 제대로 고정되어 않거나 부식되어 강도를 발휘하지 못하는 경우 강풍에 의해 치장벽돌의 탈락이 발생할 수 있다.
- 석재나 PC패널 등은 앵커에 의해 중력하중이 구조체로 전달되는 외장재이다. 그림 3.2-4는 석재 외장재의 강풍에 의한 탈락 사례를 나타낸다. 이러한 외장재의 강풍에 의한 탈락 원인은 다음과 같다.



석재 파손 및 광고판 추락

(서울 강남지역, '20년 태풍, 출처: 엠알스톤㈜)



석재 파손 및 광고판 추락

(광명지역, '10년 9월 태풍 곤파스, 출처: 뉴스캔)

[그림 3.2-4] 앵커 고정형 외장재의 국내 피해사례

- 1) 석재 등 외장재의 하중이 브라켓과 앵커를 통해 벽체로 전달되어야 하나, 상부 석재의 하중이 하부 석재로 직접 전달되면 최하층 석재 및 앵커에 과도한 하중이 작용하게 된다. 특히 상하부 석재 사이에 적절한 유격이 없이 시공하는 경우 상부 외장재의 중량이 하부 외장재로 전달되어 앵커나 외장재에 손상이 발생하며, 강풍이 발생하지 않아도 석재 외장재의 탈락이 발생할 수 있다.
- 2) 석재 등 외장재를 벽체와 연결하기 위해서는 꽃음축 등의 기계적 고정장치를 사용해야 하나, 그림 3.2-5와 같이 시공의 편의상 꽃음축 시공을 생략하거나, 에폭시 등의 접착제로 꽃음축을 대체하여 시공하는 경우, 강풍에 휩쓸려 발생시 외장재의 탈락이 발생할 수 있다.



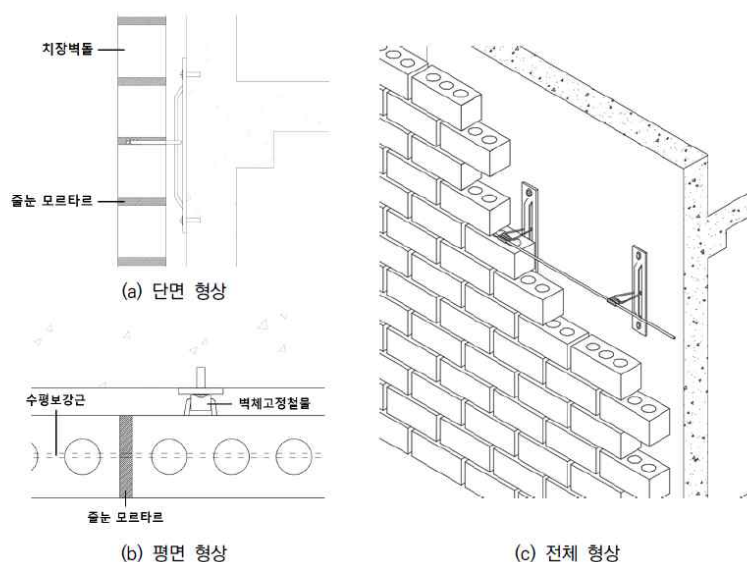
[그림 3.2-5] 석재 외장재 꽃음축 시공 불량 사례(출처: 포스코 newsroom)

- 광고판 등 부착물에 의한 외장재의 손상 : 그림 3.2-4와 같이 광고판 등 부착물을 건축물에 설치하기 위해 외장재를 관통하여 앵커를 시공하면 광고판에 작용하는 풍하중이 외장재로 전달되어 외장재 파손이 발생할 수 있다.

3.2.3 강풍피해 저감 방안 및 시공 지침

앵커 고정형 외장재의 강풍피해 저감 시공은 다음을 따르도록 한다.

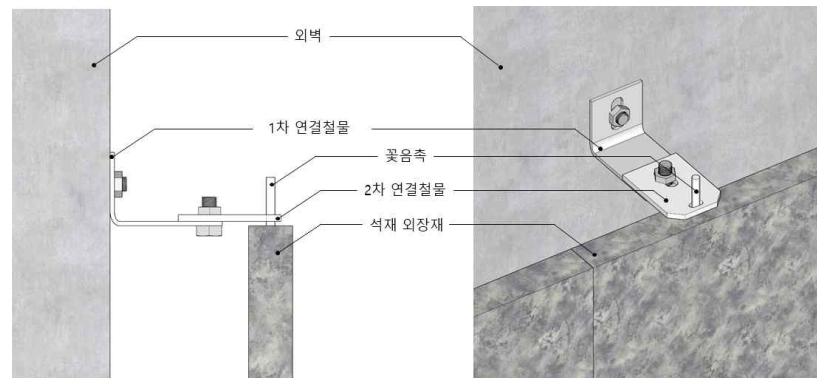
- 앵커 고정형 외장재를 구성하는 부재 및 자재는 한국산업표준에 적합한 제품을 사용하며, 제조사가 건축물에 작용하는 풍하중에 대하여 구조적 안전성을 검증한 부착공법을 제시하는 경우 이를 따라 시공한다.
- 치장벽돌 등 상부의 중력하중이 하부로 전달되는 외장재의 경우, 제조사가 구조성능을 검증한 별도의 공법을 제시하지 않는 경우 다음의 방법에 따라 시공한다.
 - 1) 외부치장 점토벽돌과 관련하여 시공에 사용되는 모든 재료는 KCS 41 34 02의 최소 요구조건을 만족하도록 한다. 점토벽돌을 쌓기 전에 물 축이기를 한다. 점토 벽돌의 흡수율이 불량할 경우 동해 및 백화현상의 원인이 될 수 있으므로 관리를 철저히 한다. 치장줄눈 시공부위는 줄눈모르타르가 경화되기 전에 줄눈파기를 하고 벽면을 청소한다. 몰탈 양생이 충분히 된 후 치장줄눈을 시공해야 하며, 특이사항이 없는 경우 치장줄눈은 깊이 6mm를 갖도록 평줄눈으로 시공한다. 양생은 KCS 41 34 02에 따른다.
 - 2) 치장벽돌은 연결철물을 이용하여 외벽에 고정한다. 연결철물은 부식이 발생하지 않는 재질을 사용하고, KCS 41 34 02(벽돌공사)의 공간쌓기 시방서의 기준을 준용하여 연결철물의 배치 간격은 수평거리 900mm, 수직거리 400mm 이하로 한다. 치장벽돌과 구조체 사이에 단열재가 설치되는 경우, 연결 철물이 단열재를 관통하여 구조체에 적절히 앵커링 되도록 한다.
 - 3) 치장벽돌이 층 구분없이 5m 이상 수직으로 연속 시공되지 않도록 한다. 5m 이상 연속으로 시공되거나, 개구부 상부에 시공되는 경우 치장벽돌의 수직하중에 저항할 수 있는 인방보 등 구조체를 설치한다.



[그림 3.2-6] 치장벽돌 마감 공법

(출처 : 건축 마감재 안전점검 매뉴얼, 2021, 국토안전관리원)

- 석재나 PC패널 등은 앵커에 의해 중력하중이 구조체로 전달되는 외장재의 경우, 제조사가 구조성능을 검증한 별도의 공법을 제시하지 않는 경우, 다음의 방법에 따라 시공한다.
- 1) 석재 등 외장재가 앵커와 브라켓 등을 이용해 건축물 외벽에 설치되는 경우, 앵커 등 접합철물은 KCS 41 35 06(건식 석재 공사)의 최소 요구조건을 만족하도록 한다. 설치 시의 조정과 층간변위를 고려하여 1차 연결철물(주로 앵글형)과 2차 연결철물(주로 평판형)을 연결하는 볼트구멍 치수를 변위발생 방향으로 길게 뚫는다. 단, 내진설계가 적용되는 경우에는 수평하중에 대한 별도의 고려가 필요하다.



[그림 3.2-7] 석재 외장재 고정장치 예

- 2) 브라켓과 석재 외장재를 연결하는 연결철물(꽃음축)은 외장재의 상하 및 양단에 설치하여 상부 및 양단의 것을 고정용으로 사용하고, 하부의 것은 지지용으로 사용한다. 이 때 상부 석재의 고정용 조정판에서 하부 석재와의 간격을 1mm로 유지하여 상부석재의 중량이 하부 석재로 전달되지 않도록 한다. 석재 외장재 꽃음축 불량 시공을 방지하기 위해 그림 3.2-8과 같이 꽃음축이 조정판과 일체화된 제품을 사용하면 꽃음축의 누락 시공을 방지할 수 있다. 꽃음축 대신 언더컷 방식 등 기계적 결합장치를 사용할 경우, 석재 외장재의 경계부가 아닌 석재 내부면에서 고정할 수 있어 꽃음축 시공 불량을 방지할 수 있다. 단, 이 경우 언더컷 앵커볼트 등 기계적 결합장치가 석재에 적절히 부착되었는지 여부를 확인해야 한다.



[그림 3.2-8] 꽃음축 일체형 브라켓 사례 (출처 : 포스코 newsroom)

- 3) 석재 등 외장재가 콘크리트 외벽에 직접 연결되는 방식이 아닌 강재 지지구조에 설치되는 경우, 지지구조 및 앵커 등 접합철물은 KCS 41 35 06의 최소 요구조건을 만족하도록 한다. 강재 지지구조는 부식이 발생하지 않는 자재를 사용하며, 구조체와의 앵커링 간격 및 격자형 구조의 간격, 부재의 크기 등은 구조계산서에 적합하여야 한다. 풍하중 작용시 수평방향의 최대 변형은 지지점 간격의 1/175 이하가 되도록 한다.

3.2.4 외부마감 상세도 작성 가이드라인 및 설계 예

앵커 고정형 외장재 설치 도면 작성시 요구되는 상세도면은 전문시방서에 따라야 한다. 일반적으로 외장재 시공상세도면과 철물보강 상세도면이 기본적으로 요구되며, 외장재 재료 및 시공방법에 따라 다양한 상세도면이 요구될 수 있다.

- 외부 치장 점토 벽돌 외장재 적용 시 도면은 LHCS 41 34 05에 따라 다음의 내용들이 포함될 수 있도록 한다.

1) 철물보강상세도

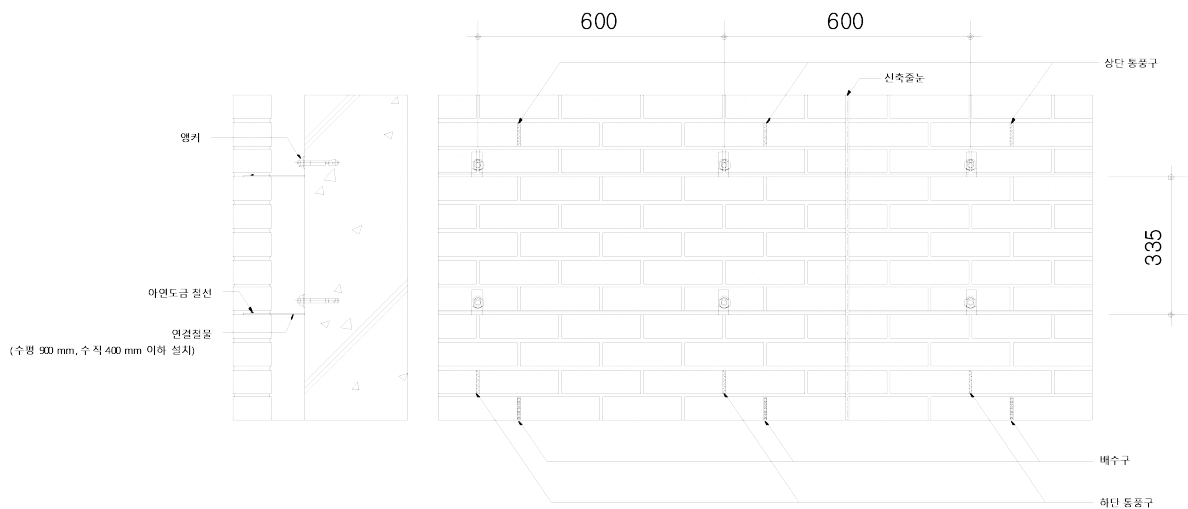
- ① 콘크리트면과 접하는 단부, 벽체 교차부위, 신축줄눈 및 배관부위가 포함되어야 한다.

2) 점토 벽돌 시공상세도

- ① 부위별 연결철물 규격, 위치 등
- ② 수분을 조기에 배출할 수 있는 중공벽, 통기구, 배수구 등 습윤조절 시스템
- ③ 벽체의 균열을 예방할 수 있는 수평, 수직 신축줄눈의 설치계획 등이 포함되어야 한다.

3) 부위별 인방 시공상세도

그림 3.2-9는 외부 치장 점토 벽돌 외장재를 적용한 설계도면의 예시이다.



[그림 3.2-9] 치장벽돌 외장재 설계도면 예

- 석재 외장재 적용 시 도면은 LHCS 41 35 01 10 : 2020(석재 벽설치)에 따라 다음의 내용들이 포함될 수 있도록 한다.

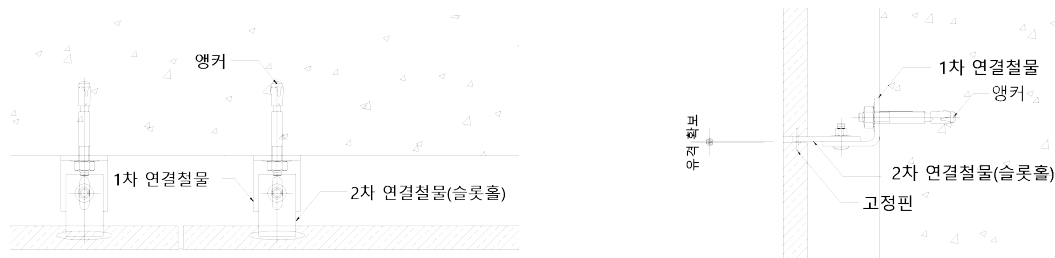
1) 각 실별 벽 석재 나누기 상세도

2) 석재 형태 및 색상 나누기

3) 이질 재료와의 접합부 상세도

- 4) 석재 설치 단면상세도(결로방지 상세도)
- 5) 양카설치 상세도, 양카 배치도(양카설치공법)
- 6) 트러스 설치 상세도 (강재 지지구조 적용시)

그림 3.2-10은 석재 외장재를 적용한 도면의 예시로 연결철물이 부착되는 앵커부를 보여준다.



[그림 3.2-10] 석재 외장재 설계도면 예

3.3 유리 커튼월 및 창호

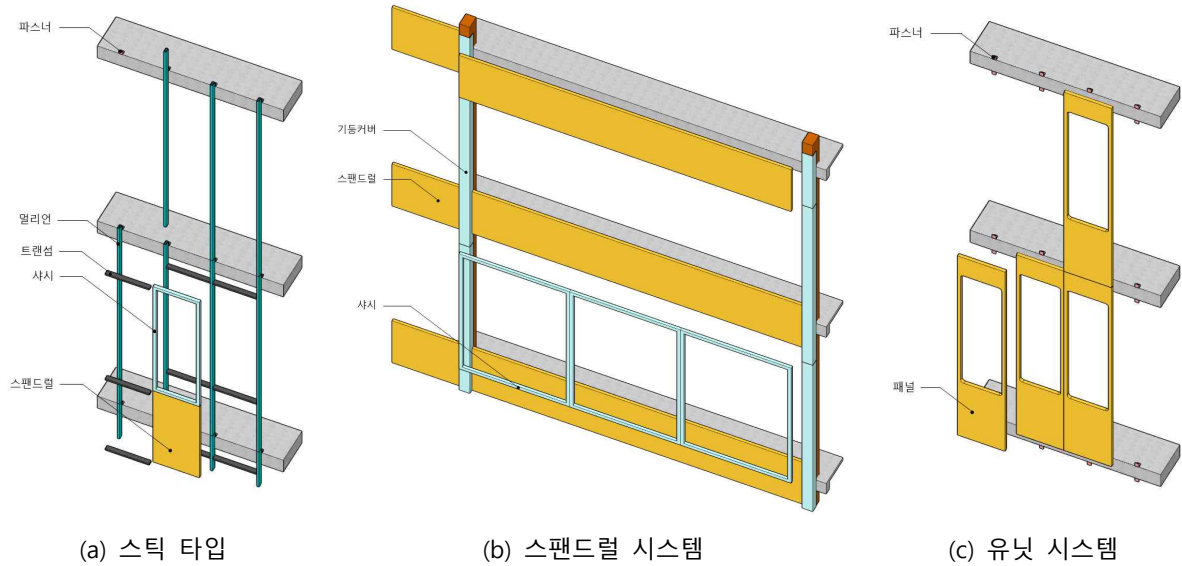
3.3.1 적용 범위

커튼월은 넓은 의미로는 건축물의 외벽을 구성하는 비내력벽체를 의미하나, 일반적으로 금속프레임에 유리로 마감한 유리 커튼월을 지칭한다. 본 가이드에서의 커튼월은 유리 커튼월을 의미한다. 유리 커튼월의 일부 부분(슬래브와 천장 부위 등)을 유리가 아닌 석재, 금속, PC 패널 등 다른 외장재를 적용할 수도 있다.

커튼월은 시공 방법과 구조 형식에 따라 다양한 유형으로 구분할 수 있다. 본 가이드에서는 그림 3.3-1과 같이 3가지 유형(스틱타입, 스펀드럴 시스템, 유닛(패널) 시스템)으로 구분한다.

스틱타입은 멀리온(수직재)과 트랜섬(수평재), 유리 등 외장재를 개별적, 순차적으로 건축물에 시공하는 방식이다. 스펀드럴 시스템은 건축물의 슬래브와 천장 부위에 스펀드럴 패널을 먼저 설치하고, 스펀드럴 패널 사이에 창호프레임과 유리를 설치하는 방식이다. 유닛시스템(또는 패널시스템)은 커튼월 프레임, 유리, 백판넬, 마감재를 공장에서 제작한 후, 유닛 단위로 설치하는 방식이다. 알미늄 프레임을 활용한 유닛시스템은 멀리온이 이중 결합구조로 형성되는 것이 특징이다.

유형별로 상이할 수 있으나 일반적인 커튼월 프레임과 구조체의 접합 방식은 그림 3.3-1과 같다. 일반적인 커튼월은 유리와 유리를 지지하는 알미늄 또는 스틸 프레임, 프레임과 구조체를 연결해 주는 브라켓 구조인 파스너(Fastener)로 구성되어 있다. 유리와 프레임 사이에는 기밀성 및 수밀성, 완충작용을 위한 실란트가 설치된다. 강풍에 대해 충분한 안전을 확보하기 위해서는 커튼월을 구성하는 여러 요소들 및 접합부가 적절히 설계되고 시공되어야 한다.



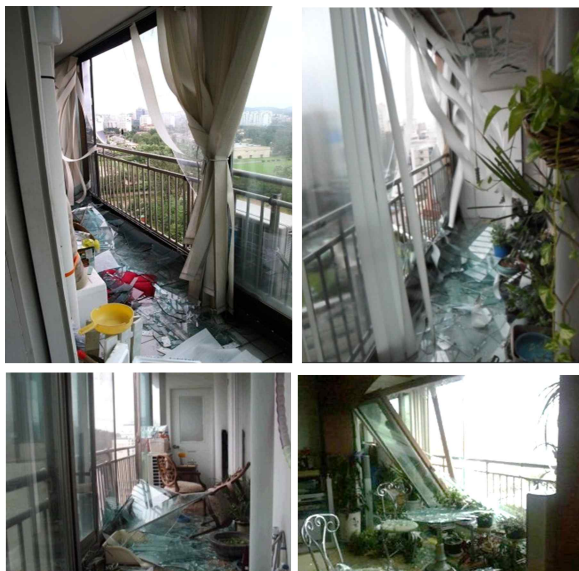
[그림 3.3-1] 커튼월의 유형 분류

유리 커튼월 및 창호와 관련해서 KCS 41 54 02(금속커튼월 공사) KCS 41 55 09(유리공사)에서 공식적인 명칭과 관련된 자재 및 시공 방법 등을 규정하고 있다.

3.3.2 강풍에 의한 파손 원인 및 피해 사례

유리 커튼월 및 창호의 강풍에 의한 주요 피해 사례를 통해 원인을 분석하면 다음과 같다.

- 아파트 발코니 창호의 파손 : 노후화된 아파트의 발코니 창호의 경우, 별도의 구조검토 없이 시공된 경우 태풍 등 강풍에 의한 창호 파손이 다수 발생한다. 그림 3.3-2는 태풍에 의해 아파트 발코니 창호가 탈락되거나 유리가 파손된 사례를 나타낸다. 아파트 발코니 창호의 강풍피해는 유리가 충분한 강도를 확보하지 못할 경우, 충분하지 못한 유리 물림깊이 부족으로도 유리 깨짐이 발생할 수 있으며, 창호와 창틀 사이에 유격이 클 경우 강풍에 의해 창호의 변형이 발생하며 창호가 창틀에서 탈락되는 것도 파손의 주요 원인이다.



아파트 발코니 창호 파손
(경기 부천, '19년 8월 태풍 솔릭)

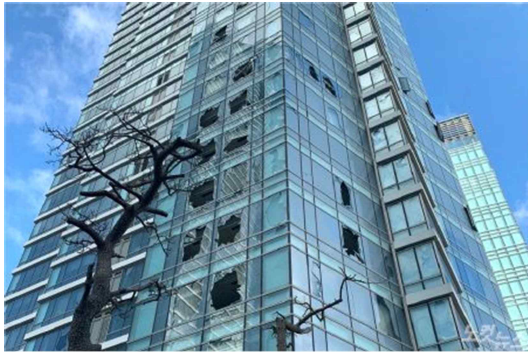


아파트 발코니 창호 파손
(부산지역, '20년 9월 태풍 마이삭, 출처: 쿠키뉴스)

[그림 3.3-2] 아파트 발코니 창호 피해사례

- 커튼월 유리 파손 : 커튼월의 외장재인 유리의 파손은 강풍에 의한 대표적인 피해 사례이다.

유리의 파손은 유리의 강도가 충분하지 못하여 파손이 발생하는 경우와, 강풍에 의한 비산물에 의한 충격에 의한 파손으로 구분할 수 있다. 그림 3.3-3은 강풍에 의한 유리 파손 사례들을 나타낸다. 시공중인 고층건물의 현장 내 부산물과 가설장비의 케이블 등이 제대로 고정되지 않을 경우, 비산물과 같은 역할을 하여 유리 파손의 원인이 되기도 한다.



커튼월 유리 파손

(부산지역, '20년 9월 태풍 마이삭, 출처:노컷뉴스)



비산물에 의한 유리 파손

(부산지역, '18년 10월 태풍 콩레이, 출처: 연합뉴스)



비산물에 의한 유리 파손

(부산지역, '22년 9월 태풍 힌남노)



비산물 유입에 의한 건물내부 피해

(부산지역, '22년 9월 태풍 힌남노)

[그림 3.3-3] 커튼월 및 유리의 국내 피해사례

- SSG(Structural Sealant Glazing) 공법의 경우, 유리와 커튼월 프레임의 접합시 스크류 등 기계적 결합 없이 구조실란트만으로 이루어지는 경우가 있다. 구조실란트가 노후화되어 내구성이 떨어지거나 실란트의 접착 길이가 충분하지 않은 경우, 강풍에 의해 유리의 탈락이 발생하는 경우가 많다. 미관을 위해 수평면과 수직면 모두 SSG공법이 적용된 경우(건물 외부에서 유리 사이의 프레임이 보이지 않도록), 유리의 탈락 위험이 더 클 수 있다.



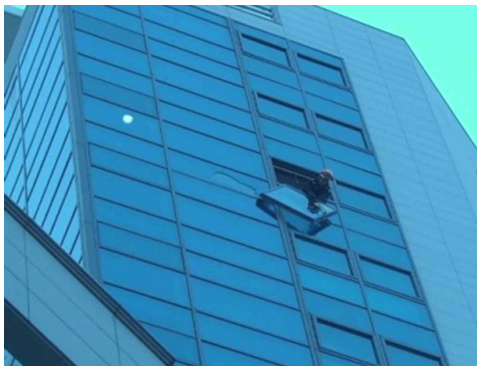
복층유리 실링재 손상으로 인한 복층공간 습기 및 침입수 유입



습기유입에 의한 복층유리 코팅막 산화 및 부식으로 인한 복층기능 상실

[그림 3.3-4] 실링재 손상으로 인한 복층유리의 국내 피해사례

- 창호 탈락 : 커튼월에 설치되는 창호는 스크류 등을 이용해 커튼월 프레임과 고정한다. 스크류의 규격과 강도가 충분하지 않거나, 반복된 창호의 개폐에 의해 스크류의 고정력이 감소하는 경우, 강풍 발생시 창호의 탈락이 발생하기도 한다.



커튼월 환기창호 탈락
(부산지역, '16년 10월 태풍 차바)



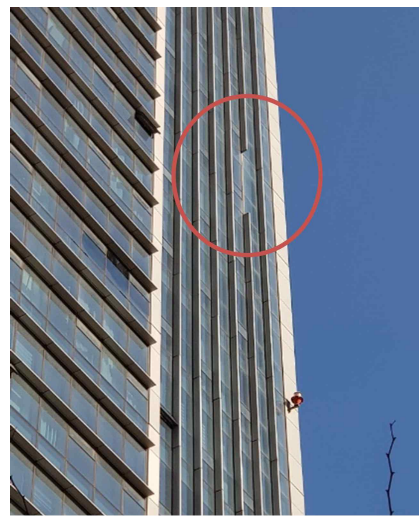
커튼월 환기창호 탈락
(서울, '13년 7월)

[그림 3.3-5] 커튼월 창호 탈락 사례

- 커튼월 장식물의 탈락 : 유리 커튼월에서 미관을 유려하게 하기 위하여 멀리온이나 트랜섬 외부에 장식물을 스크류로 고정하는 경우, 풍압에 의해 장식물의 탈락이 발생할 수 있다. 루버 등의 역할을 하도록 장식물의 크기가 커지는 경우, 강풍에 의해 더 큰 풍압을 받게 된다. 장식물과 커튼월 프레임을 고정하는 스크류볼트가 부식되었거나 체결강도가 충분하지 않은 경우, 장식물이 강풍에 의해 탈락할 수 있다.



커튼월 장식물 탈락
(경기 부평, '13년 10월)



커튼월 장식물 탈락
(서울 용산, '21년 3월)

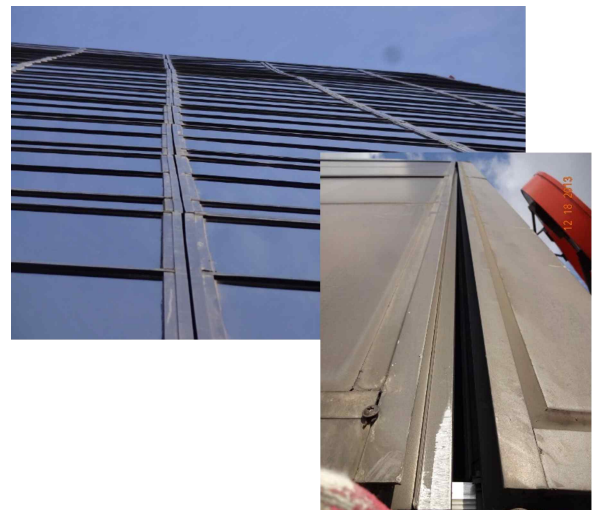
[그림 3.3-6] 커튼월 장식물 탈락 사례

- 커튼월 프레임의 변형 및 탈락 : 강풍 발생시 유리에 작용하는 풍압은 커튼월 프레임을 통해 구조체로 전달된다. 커튼월 프레임의 강도가 충분하지 않거나, 프레임의 고정이 적절히 이루어지지 않은 경우 커튼월 프레임에 과도한 변형이 발생하거나 탈락이 발생한다. 그림 3.2-11은 커튼월 프레임의 탈락 및 변형 사례를 나타낸다. 건축물의 외벽 중 모서리 부위에는 높은 풍하중이 작용하게 되어 계단실 커튼월에 피해가 집중되는 경우가 다수 발생한다. 계단실은 건축물 코너부에 설치되는 경우가 많고, 슬래브 사이의 간격이 넓어서 특히 취약할 수 있으므로 면밀한 검토가 필요하다. 커튼월 프레임의 탈락이 발생하지 않더라도 변형이 발생하면 외풍의 유입, 누수 등 다양한 문제가 발생할 수 있다.



계단실 커튼월 파손

(화성지역, '19년 9월 태풍 링링, 출처:더팩트)



풍압력에 의한 커튼월 프레임 변형

(광주, '13년)

[그림 3.3-7] 커튼월 및 유리의 국내 피해사례

3.3.3 강풍피해 저감 방안 및 시공 지침

강풍에 의한 유리 커튼월 및 창호의 파손·탈락 방지를 위해서는 다음을 따르도록 한다.

시방서에 따른 정확한 시공이 필요하다. 본 항에서는 국내에서 가장 일반적으로 사용되는 알루미늄 커튼월에 대하여 서술하였다.

알루미늄 커튼월의 강풍피해 저감 시공은 다음을 따르도록 한다.

- 커튼월을 구성하는 유리, 프레임, 파스너 등의 재료는 한국산업표준에 적합한 제품을 사용하며, 제조사가 건축물에 작용하는 풍하중에 대하여 구조적 안전성을 검증한 공법을 제시하는 경우 이를 따라 시공한다.
- 커튼월의 실물 모형 시험(Mock-up Test)을 실시하는 경우, KCS 41 54 02(금속커튼월 공사)를 따른다.
- 금속프레임을 갖는 커튼월과 관련하여 제조사가 구조성능을 검증한 별도의 공법을 제시하지 않는 경우 KCS 41 54 02에 따라 다음의 구조성능을 확보할 수 있도록 설계한다.

1) 커튼월 부재의 구조적 요구 성능은 설계 풍압 및 기타 하중들에 대해서 각 주요 부재의 응력은 재료의 허용응력 내에 만족되어야 하며, 구조적 처짐은 아래의 사항을 만족시켜 부재의 파손이나 유해한 균열의 발생 등을 방지하여야 한다.

2) 금속 커튼월 부재의 처짐 허용치

가. 지점에 대해 수직방향으로의 처짐: 부재의 길이가 4,110 mm 이하의 경우에는 $L/175$ (L 은 지점에서 지점까지의 거리를 말함), 4,110 mm를 넘을 경우 $-L/240 + 6.35 \text{ mm}$

나. 지점에 대해 수직방향으로의 처짐 중 캔틸레버 형태의 부재: $2 L/175$

다. 중력 방향에 대한 처짐

(가) 금속 및 기타 구조 부재: 3.2 mm 이하

(나) 개폐창 부위: 1.6 mm 이하

(다) 금속 커튼월 부재에 고정된 유리의 물림 치수는 설계도서상에 표시된 치수의 75% 미만으로 감소되어서는 안 되며 위의 값을 만족하더라도 실링재의 파괴나 커튼월 시스템의 기능에 손상을 입으면 안 된다.

라. 잔류 변형의 허용치

구조적 성능 중 잔류 변형의 경우는 1.5배의 설계 풍하중을 정압 및 부압으로 가하고 압력 제거의 후 구조 부재의 잔류 변형이 $L/500$ 이하이어야 한다.

3) 금속 패널의 처짐 허용치

금속패널 단변 길이는 $L/60$ 을 초과해서는 안 되며 작은 수치에 결정된 허용 처짐은 수직과 수평지지 부재와 비교하여 측정되어야 한다. 풍하중/적설하중 등 적용하중에 견주어 평활도를 유지할 수 있어야 한다.

4) 유리의 처짐 허용치

가. 유리의 처짐은 설계 풍하중에 대해서 25.4 mm 이하이어야 한다.

나. 유리의 응력은 재료의 허용응력 내에 만족되어야 한다.

5) 실링재의 사양 및 접착너비

가. 유리 및 유리지구구조부재의 접합용으로써 강도와 수밀성을 확보하여야 한다.

나. 구조용 실란트의 허용강도는 138kPa 이상 확보해야 하며, 구조용 및 내후용 실란트의 압축 및 인장 변형능력은 각각 25%, 50% 이상 확보하여야 한다.

다. 구조용 실란트의 접착너비는 최소 6mm 이상이어야 하며, 접착너비가 6mm 이하의 경우에는 구조검토를 실시하여 검토되어야 한다.

6) 긴결류 및 고정철물

스크류 볼트 등의 긴결류 및 앵커, 브래킷 등의 고정 철물에 대해서는 설계하중을 견딜 수 있

도록 설계되어야 하며, 요구 시 조건 부합 여부가 수치적으로 증명되어야 한다.

7) 열에 의한 수축팽창

공사 시방서의 지정이 없는 경우 외부온도에 따른 +82℃~-18℃의 커튼월 금속 표면온도에 대하여 발생하는 수축팽창을 흡수할 수 있도록 설계되어야 하며, 이로 인한 좌굴, 접합부 실링재의 파손, 기타 구조상의 응력 발생, 유해한 균열 등이 발생하지 않아야 한다.

8) 구조체의 변형 및 오차

슬래브 자중에 대한 처짐을 기둥과 기둥 사이에서 구조 확인하며 최종 구조 확정 시 처짐량을 재명시하여 이를 설계에 반영하도록 한다. 층간 변위량은 구조계산 결과치에 의하여 판단되며, 특별한 보수 없이 계속 사용 가능한 성능을 가져야 한다.

9) 내충격 성능

금속 커튼월 및 창호 등 외장에 관련된 모든 주요 부재는 인체, 기타의 물체, 청소용 장치의 동하중 및 충격에 대하여 안전하여야 한다.

10) 커튼월 외부에 장식물이 설치되는 경우, 장식물은 스크류 등 기계적 장치에 의해 커튼월 프레임에 고정되어야 한다.

- SSG(Structural Sealant Glazing) 공법을 적용할 경우 구조용 실런트(Structural Sealant)와 일반 실런트(Weather Sealant)의 세밀한 품질관리가 필요하다. SSG 공법과 관련하여, 제조사가 건축물에 작용하는 풍하중에 대하여 구조적 안전성을 검증한 공법을 제시하는 경우 이를 따라 시공한다. 제조사가 별도의 공법을 제시하지 않는 경우, KCS 41 54 02 3.3.3(5)의 실링재 요구조건을 만족하도록 하며, 이외에 추가적으로 다음 절차를 따른다.

- 1) 시공도면에 실런트의 제품명과 위치, 크기 등을 명기해야 하며, 실물실험을 수행하여 성능을 검증해야 한다.
- 2) 시공되는 실런트는 만족하는 품질확보 유, 무 여부에 대해서 확인되어야 한다. (Adhesion Test : ASTM C 794, KS F 4910).
- 3) 실런트용 백업재는 실런트 제작사에 추천한 제품에 따르도록 한다.
- 4) 실링재를 충전하는 줄눈 피착면에 접착을 저해할 염려가 있는 오물은 MEK, 알콜 등(솔벤트, 톨루엔, 아세톤 등 유해물질 사용 지양)을 사용하여 제거함으로써 깨끗한 면을 만들어 접착 효과를 높이도록 한다. 이때 1회성, 탈지된 청소용 탈지면과 청소용 종이를 사용하여 반복적으로 사용되지 않도록 한다.
- 5) 줄눈 충전이 끝난 후 누름주걱(Tooling Knife)을 사용하여 누름(tooling) 작업을 실시하고 표면을 매끈하게 정리한다.
- 6) 유닛 커튼월 방식의 경우 공장에서, 스틱 커튼월 방식의 경우 현장에서 유리를 해체하여 구조 실런트의 물림 깊이, 폭, 접착상태 및 접합형태를 확인한다.
- 7) 수직면과 수평면 모두 SSG공법을 적용하기보다는, 수직면과 수평면 중 최소 한번 방향은 기계적 결합 또는 안전비드(Safety Bead)를 통해 유리를 프레임에 고정한다.

창호의 강풍피해 저감 시공은 다음을 따르도록 한다.

- 창호를 구성하는 유리, 프레임, 앵커 등의 재료는 한국산업표준에 적합한 제품을 사용하며, 제조사가 건축물에 작용하는 풍하중에 대하여 구조적 안전성을 검증한 공법을 제시하는 경우 이를 따라 시공한다.

- 제조사가 구조성능을 검증한 별도의 공법을 제시하지 않는 경우, 창호 등의 구성재료 및 시공은 KCS 41 55 01(창호공사 일반), KCS 41 55 02(알루미늄 합금제 창호공사), KCS 41 55 03(합성수지제 창호공사), KCS 41 55 04(목제 창호공사), KCS 41 55 06(강제 창호공사), KCS 41 55 07(스테인리스 스틸 창호공사) 등을 따르며, 다음을 만족하도록 한다.
 - 1) 발코니 외부창호는 내풍압에 대하여 KS F 2296 성능기준 이상의 성능을 가져야 한다.
 - 2) 창호 설치시 창호를 구조체에 고정하기 위한 앵커철물은 창호의 한 변의 길이가 1 m 이하일 때는 양측 2개소에 부착하며, 1 m 이상일 때는 0.5 m마다 1개씩 추가로 부착한다. 양 끝단의 앵커의 위치는 각 모서리에서 150 mm 이내가 되도록 한다.
 - 3) 앵커는 미리 콘크리트에 매입한 철물에 용접 및 볼트로 접합하거나 후시공 언더컷 앵커로 고정한다(철근 콘크리트 구조의 경우). 철골에는 나사고정, 클립고정 또는 용접으로 접합한다.
 - 4) 발코니 외부창호의 자재검수는 성능시험에 사용된 자재의 도면 및 시험체 사진을 제출받아 공구별, 제조업체별, 규격별 샘플을 채취하여 동일자재 여부를 확인하여야 하며, 유리의 지지깊이(물림깊이) 등 규격에 미달되는 제품은 전체를 현장외로 반출하여야 한다.

유리의 강풍피해 저감 시공은 다음을 따르도록 한다.

- 유리는 한국산업표준에 적합한 제품을 사용하며, 제조사가 건축물에 작용하는 풍하중에 대하여 구조적 안전성을 검증한 공법을 제시하는 경우 이를 따라 시공한다.
- 제조사가 별도의 구조적 안전성을 검증한 공법을 제시하지 않는 경우, 유리 공사는 KCS 41 55 01 창호공사 일반 및 KCS 41 55 09 유리공사에 따른다.

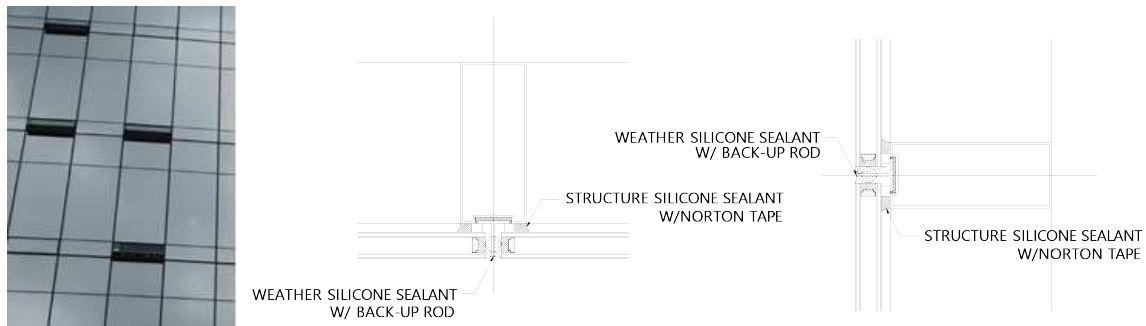
3.3.4 외부마감 상세도 작성 가이드라인 및 설계 예

커튼월 설치도면 작성 시 각층 평면도 및 주단면도, 방위별 입면도, 부위별 단위 평면도, 입면도, 단면상세도, 수직·수평부재 및 부재간의 접합 상세도, 익스팬션 조인트 단면 상세도, 부분보강 상세도, Weather stripe gasket 재질 및 방법, 결로수 처리방법 상세도, hardware 재질 형상 및 위치, 유리끼우기 및 고정방법, 단열재의 설치 및 고정방법, 긴결철물 상세 및 위치도, 압출형재 단면상세도(누수방지상세, 단열상세 포함), 석재 및 주변마감재의 접합부 상세도, 커튼월 앵카 상세도, 패스너(fastener)가 포함되어야 한다.

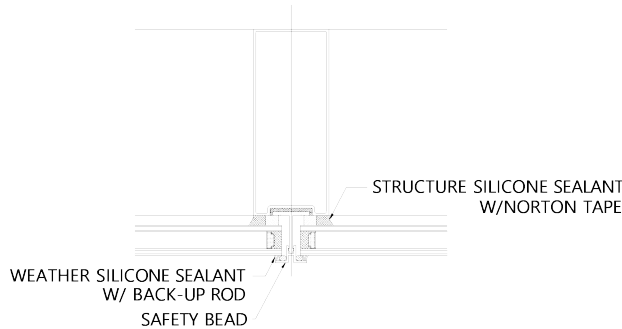
창호 설치작업이 포함되는 경우에는 창호유형별 설치일람표, 창호설치 및 보강방법과 관련공사와의 연결사항, 앵커의 크기 및 간격이 추가로 포함되어야 한다. 유리의 시공상세도는 마감공사, 커튼월 공사 등의 시공상세도 등에 포함시키는 것을 원칙으로 한다.

커튼월의 시공상세도 작성 예시는 3.3-8~3.3.14과 같다.

① 그림 3.3-8은 SSG 방식(4-Side 공법) 유리 고정 커튼월의 설계 예를 나타낸다. 3.3-8(a)와 같이 수평면과 수직면 모두 구조 실런트에만 의해서 유리 가장자리가 고정되는 경우, 실런트품질, 시공품질 부적합 시 유리의 탈락가능성이 높다. 따라서 3.3-8(b)와 같이 안전 비드 등을 통해 부분적인 기계적 결합방식을 적용할 수 있다.



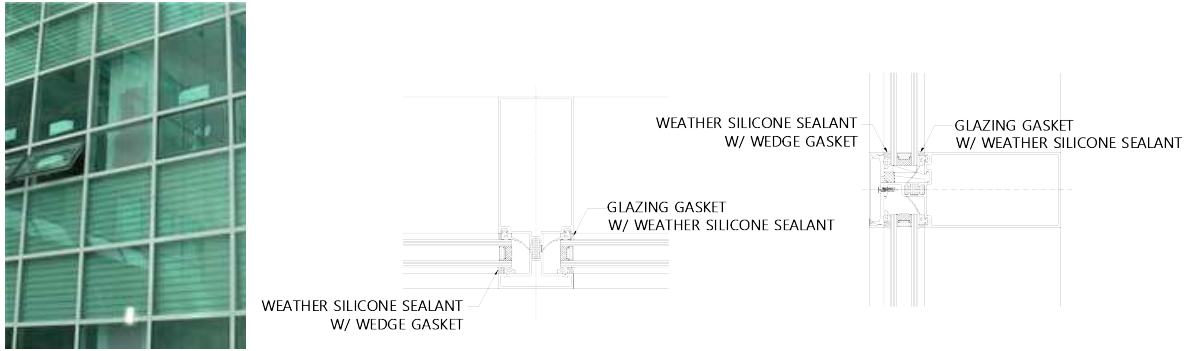
(a) 안전비드를 미적용한 SSG방식 커튼월 설계 예



(b) 안전비드를 적용한 SSG방식 커튼월 설계 예

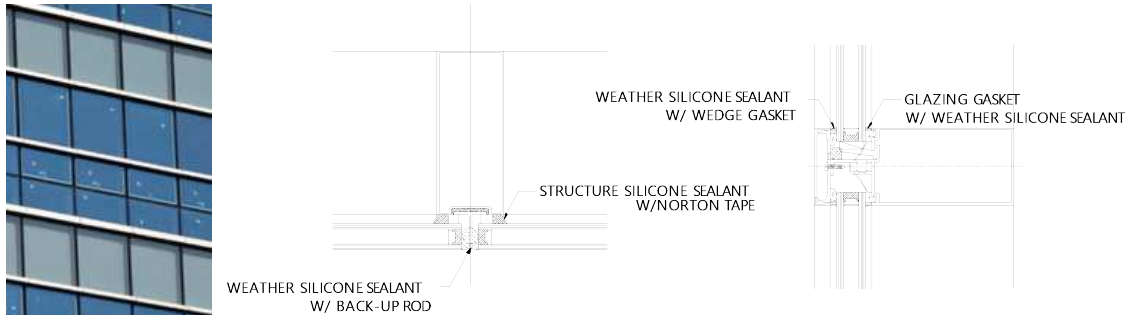
[그림 3.3-8] 외벽유리 탈락용 안전비드(Safety Bead) 적용 커튼월 설계 예

② 그림 3.3-9는 기계적 결합에 의해 유리를 프레임에 고정한 커튼월의 설계 예를 나타낸다. 커튼월 프레임에 유리 홈이 마련된 것으로 SSG방식에 비해서 기계적 원리로 유리가 고정되므로 유리 탈락위험 방지조치에 유리하다.

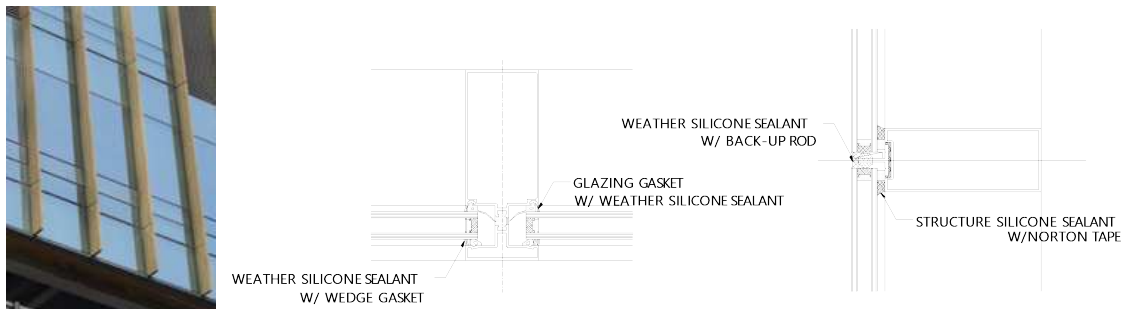


[그림 3.3-9] 기계적 결합에 의해 유리를 고정한 커튼월 설계 예

③ 그림 3.3-10은 SSG 방식과 기계적 고정을 절충한 것으로 수직, 수평면 중 한쪽에만 SSG 고정을 적용하고, 나머지 변은 기계적으로 결합한 커튼월의 설계 예를 나타낸다. 기계적 결합방식으로 유리의 두 변을 고정시키므로 강풍과, 실런트 노후에 의한 완전탈락의 위험이 줄어든다. 2-Side Capture type 커튼월 및 유리 홈 매입고정 프레임에 의해서 유리의 두 변이 고정된다. 두 변의 금속 기계적 유리 고정으로 완전탈락 방지가 가능하다.



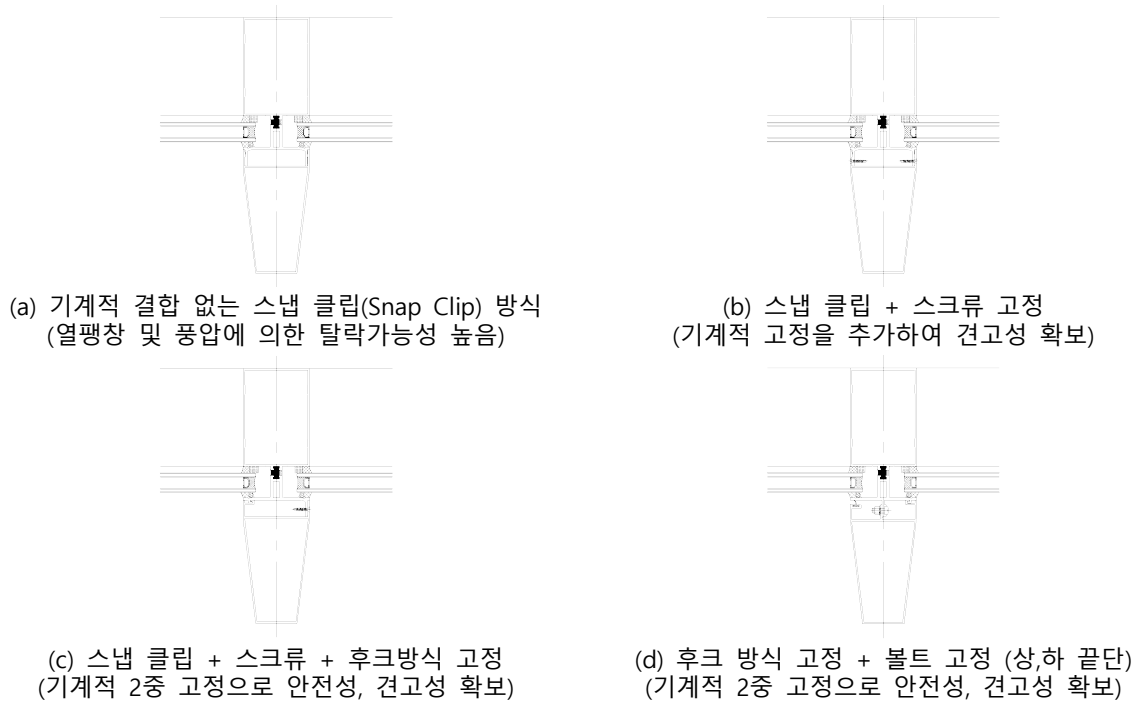
(a) 수직면 SSG방식 적용, 수평면 기계적 결합 적용 커튼월 설계 예



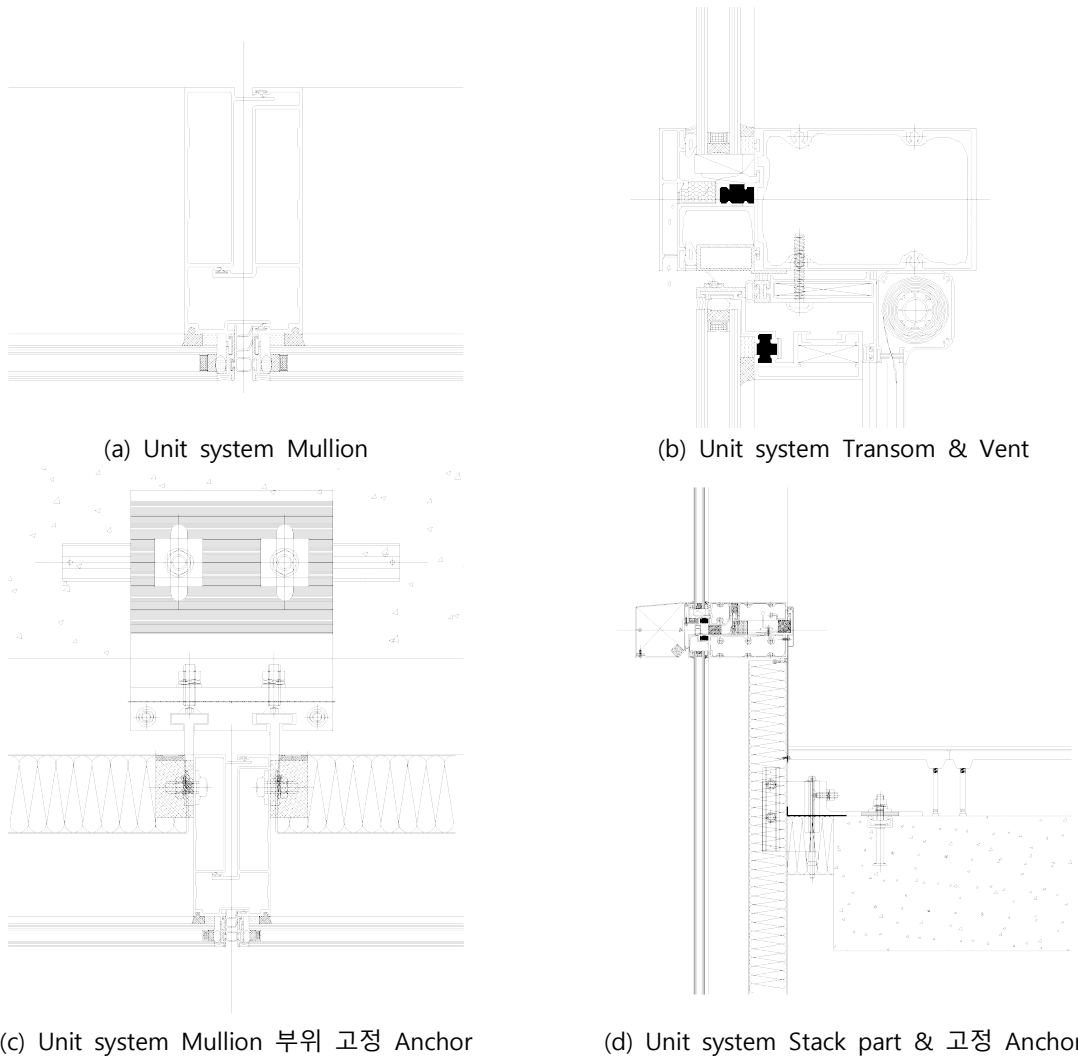
(a) 수평면 SSG방식 적용, 수직면 기계적 결합 적용 커튼월 설계 예

[그림 3.3-10] SSG방식과 기계적 결합을 혼용하여 유리를 고정한 커튼월 설계 예

⑤ 그림 3.3-11은 커튼월 장식의 고정 사례를 보여주며, 그림 3.3-12는 유닛 커튼월 설계 예시를 보여준다.



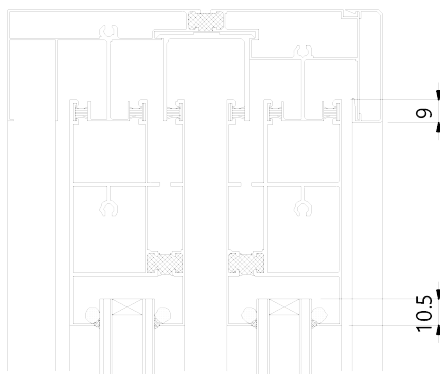
[그림 3.3-11] 커튼월 장식물 고정 설계 예시



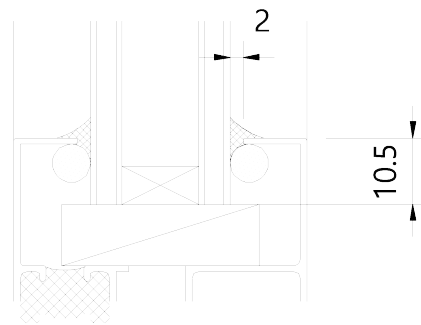
[그림 3.3-12] 유닛 커튼월 설계 예시

많은 알루미늄합금제 창호가 도면과 상이한 내용과 규격으로 제작, 시공되고 있는 실정이다. 골조의 시공오차 발생과 알루미늄 프레임의 압출생산시 새시(Sash)에 힘이 발생하기 쉽다. 그림 3.3-13은 알루미늄합금제 창호 설계 시 유의사항을 보여준다: ㉠ 새시 물림깊이 부족, ㉡ 유리 물림깊이 부족, ㉢ 유리 포켓부분 폭 부족. 그림 3.3-13에서 ㉠, ㉡, ㉢에서 나타난 세가지 문제점은 강풍시 창호 탈락, 유리 탈락, 유리 깨짐 등 파손 발생의 원인이 될 수 있다.

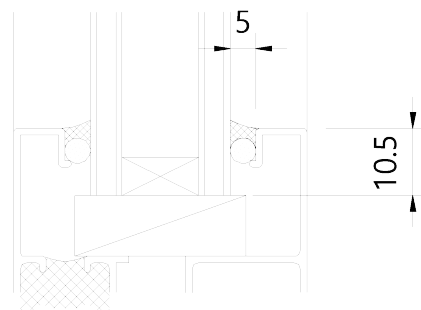
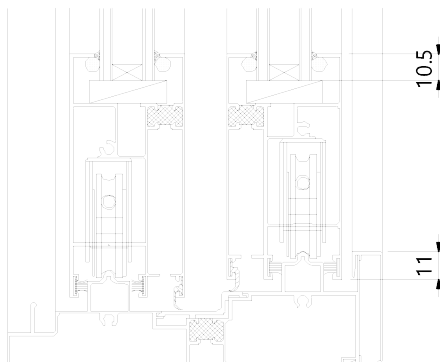
- ㉠: 새시 물림깊이는 시공도면에서 마련된 상부 9mm, 하부 11mm 의 물림깊이 준수 필요 (각 제작사별로 상세도 작성시에 제시되는 설계치수(물림깊이) 준수)
- ㉡: 유리 물림깊이는 유리 가장자리의 단부가 창호 유리홈에 안정적인 매입을 필요로 하며 적정 물림깊이는 최소 8mm 이상 최대 12mm를 추천함
- ㉢: 유리 홈 포켓의 폭과 형상은 유리취부 후 백업재의 정상적인 삽입, 고정이 가능하여야 하며, 약 5mm 가량의 이격틈새가 마련하여 실런트 충전폭이 확보되도록 함



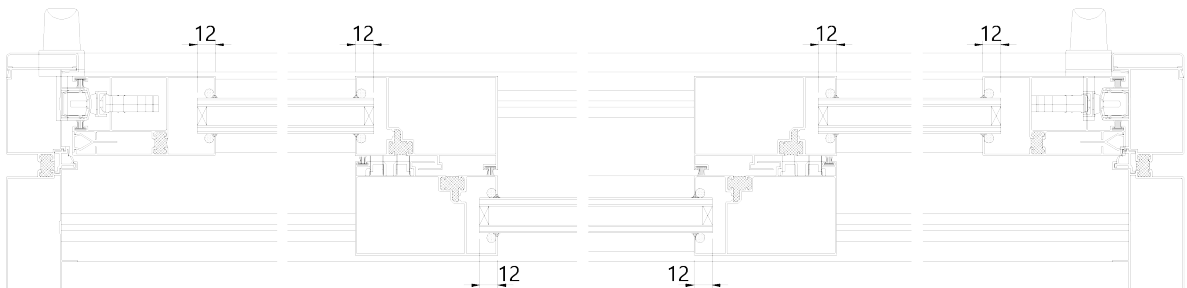
㉠새시 물림깊이(9 mm 및 11 mm) 확보,
㉡유리 물림깊이(10.5 mm) 확보



㉢유리 포켓 폭 부족(2 mm) : 백업재 삽입
및 실런트 접착면 확보 불가

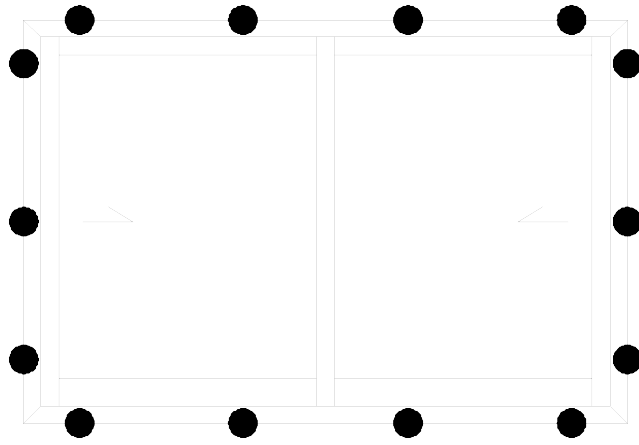


㉢유리 포켓 폭 확보(5 mm): 정상적인 백업재 삽입
및 실런트 접착면 확보



㉡유리 물림깊이(12 mm) 확보

[그림 3.3-13] 발코니 창호 설계 시 유의사항



[그림 3.3-14] 발코니 창호의 앵커 설치 위치 표시

3.4 직결볼트 접합 외장재(금속 패널, 샌드위치 패널 등)

3.4.1 적용 범위

직결볼트(또는 직결나사) 접합 외장재는 직결볼트(self drilling screw)를 이용해 구조체나 강재 트러스에 외장재를 직접 접합하여 고정하는 외장재를 지칭하는 것으로 정의한다. 일반적으로 금속패널, 샌드위치 패널 등이 이와 같은 방식으로 고정되나, 타소재의 외장재를 직결볼트를 이용해 접합하는 경우도 제작사에 의해 별도의 지침이 없는 경우, 본 가이드를 따르도록 한다.

직결볼트 접합 외장재를 다음과 같이 3가지 유형으로 분류한다.

- ① 금속제 외벽패널류와 같이 직결나사를 이용해 구조체나 강재 트러스에 접합되는 외장재로, 단일소재의 금속(아연도금 강판, 알루미늄합금강판, 스테인리스강판 등)원판을 사용하여 가공한 금속시트패널과, 두 개 이상의 금속원판과 심재를 접착제 또는 그 밖의 것으로 접합하여 제작된 원판을 사용하여 가공한 금속복합패널(KCS 41 54 02 금속커튼월공사 및 SPS-KMPC F 01-7176 금속제 외벽패널의 규정을 따름)
- ② 흔히 샌드위치 패널로 지칭하는 단열재와 외장재가 일체화된 조립식 패널로 직결나사를 이용해 구조체나 강재 트러스에 접합되는 외장재(KCS 41 54 04 조립식 패널 일반공사의 규정을 따름)
- ③ 세라믹 패널 등 비금속 외장재로 직결나사를 이용해 접합되는 외장재.

3.4.2 강풍에 의한 파손 원인 및 피해 사례

직결볼트 접합 외장재의 강풍에 의한 주요 피해 사례는 그림 3.4-1과 같다. 직결볼트 외장재의 강풍 피해 원인을 분석하면 다음과 같다.

- 구조설계 미실시에 따른 부적절한 지지구조 : 조립식 패널(샌드위치 패널)은 스패이 최대 10m 까지 적용되므로 강풍에 의해 국부적으로 높은 압력(정압 및 부압)이 발생할 수 있다. 구조설계에 따라 패널이 지지되는 강재 트러스(또는 보조 기둥)의 간격이 적절히 제공되지 않으면 조립식 패널에 과도한 변형이 발생하거나 탈락이 발생할 수 있다. 특히 건물의 모서리 부위에는 국지적으로 높은 부압이 발생하므로 모서리 부위나 창호 부위 등에서 조립식 패널의 탈락이 발생하기 쉽다.
- 직결볼트 규격 및 간격 미비 : 직결볼트 접합 외장재는 강풍에 의한 부압에 대해 직결볼트가 인장력에 저항하는 구조이다. 직결볼트의 강도 및 직경이 설계도서 및 시방서에서 요구하는 최소 기준에 미비하거나, 직결볼트의 간격이 적절하지 못한 경우 외장재의 탈락이 발생할 수 있다.
- 직결볼트 체결부의 연단거리 부족 : 그림 3.4-1에서 보는 바와 같이 금속패널 외장재의 패널 날개부(직결볼트를 이용해 지지구조에 접합되는 부위)의 폭이 충분하지 않은 경우, 직결볼트에 의한 구멍과 연단거리가 과도하게 짧아지는 경우, 부압 발생시 직결볼트에 의한 인장 저항력이 떨어지게 된다.
- 부식 발생 : 외장재의 접합부 구멍 주위 및 스크류 볼트 등에 부식이 발생하여 풍하중에 의한 부압에 저항하지 못하면 외장재의 탈락이 발생하게 된다.



기계식 주차장 조립식 패널 탈락 (포항지역, '20년 9월 태풍 마이삭, 출처: 경북일보)



금속제 외벽패널류의 직결볼트 체결부 연단거리 부족
[그림 3.4-1] 직결볼트 접합 외장재의 국내 피해사례

3.4.3 강풍피해 저감 방안 및 시공 지침

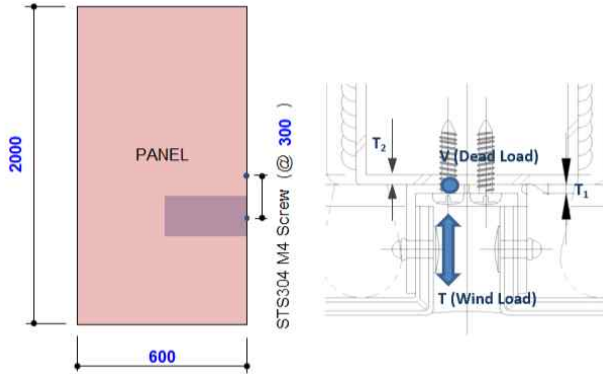
강풍에 의한 직결볼트 접합 외장재의 파손 및 탈락 방지를 위해서는 다음을 따르도록 한다.

직결볼트 접합 외장재 중 금속패널(금속시트 패널 및 금속복합패널) 외장재의 강풍피해 저감 시공은 다음을 따르도록 한다.

- 금속패널 외장재에 사용되는 자재(외장패널, 지지구조, 브라켓, 직결나사 등 부자재)는 한국산업 표준 또는 공인인정기관에서 성능인정 시 사용된 재료와 동일한 것이거나 담당원의 승인을 받은 것을 사용하여야 한다.
- 제조사가 건축물에 작용하는 풍하중에 대하여 구조적 안전성을 검증한 공법을 제시하는 경우 이를 따라 시공한다. 그림 3.4-2는 알루미늄 복합패널의 패널고정용 직결나사의 스크류 간격을 검토한 예시이다.
- 제조사가 구조성능을 검증한 별도의 공법을 제시하지 않는 경우 KCS 41 54 02(금속커튼월 공사)의 최소 기준을 만족하도록 하며, 다음의 조건을 따르도록 한다.
 - 1) 금속패널 외장재의 접합에 사용되는 직결볼트의 규격은 SPS-KMPC F 01-7176(금속제 외벽패널)의 규격을 만족하도록 하며, 직경 4mm이상의 직결볼트를 300mm이하의 간격으로 설치한다. 패널의 한 면에는 최소 2개 이상의 직결 볼트가 설치되도록 한다.
 - 2) 직결볼트가 설치되는 금속패널 외장재의 날개부는 직결볼트 접합 구멍 중심으로부터 연단까지의 거리가 직경의 1.5배 이상이 되도록 한다. 직결볼트 접합 구멍 중심으로부터 연단까지의 거리가 직경의 1.5배 미만인 경우에는 연단파괴에 대한 구조검토가 필요하다. 직결볼트 접합부에 그림 3.4-3과 같이 인접한 패널이 겹치거나 패널간 간격을 충분히 유지하거나 날개부를 교차하는 방식으로 설계할 수 있다.
 - 3) 외벽 패널을 설치하기 위해 지바(Z bar)를 그림 3.4-4과 같이 패널에 설치하는 경우, 별도의 연결재(Z bar)를 리벳으로 연결하는 등의 방식을 사용할 수 있다. 이 때 리벳은 AL-A1050V 또

는 동등 이상의 것을 사용하며, 리벳팅 간격은 300mm 이하가 되도록 한다.

Check for Screw Connections



Applied Load

Dead Load : 0.3 kN/m^2 (4mm 6063-T5 Al. Comp. Panel)

Wind Load : 1.6 kN/m^2

T (Wind Load) = $1.6 \times 0.3 \times 0.3 \times 10^3 = 144 \text{ N}$

V (Dead Load) = $0.3 \times 0.3 \times 0.3 \times 10^3 = 27 \text{ N}$

Connection Conditions

$D = 4.0 \text{ mm}$, $D_h = 7.0 \text{ mm}$, $A_e = 8.04 \text{ mm}^2$, $C = 1.0$

(STS304 $F_{tu} = 520 \text{ MPa}$, $F_{su} = 312 \text{ MPa}$)

$T_1 = 4.0 \text{ mm}$ (6063-T5, $F_{tu} = 145 \text{ MPa}$)

$T_2 = 2.0 \text{ mm}$ (SS275, $F_{tu} = 410 \text{ MPa}$)

1. Check for Shear Strength

$$a. 2\Phi_u \cdot F_{tu1} \cdot D \cdot T_1 = 2 \times 0.85 \times 145 \times 4 \times 4 = 3944.0 \text{ N}$$

$$b. 2\Phi_u \cdot F_{tu2} \cdot D \cdot T_2 = 2 \times 0.85 \times 410 \times 4 \times 2 = 5576.0 \text{ N}$$

$$c. 4.2(T_2^3 \cdot D)^{0.5} \Phi_{sc} \cdot F_{tu2} = 4.2 \times \sqrt{(8 \times 4)} \times 0.5 \times 410 = 4870.6 \text{ N}$$

$$d. \Phi_{sc} \cdot P_{ns} / 1.25 = 0.5 \times 2509.3 / 1.25 = 1003.7 \text{ N}$$

$$\Phi V_n = \min[a, b, c, d] = 1003.7 \text{ N}$$

$$> V_u = 1.4 \times 27 = 37.8 \text{ N} \quad \therefore \text{O.K.}$$

2. Check for Tensile Strength

$$a. \Phi_{sc} \cdot 0.85 \cdot F_{tu2} \cdot D \cdot T_c = 0.5 \times 0.85 \times 410 \times 4 \times 2 = 1394.0 \text{ N}$$

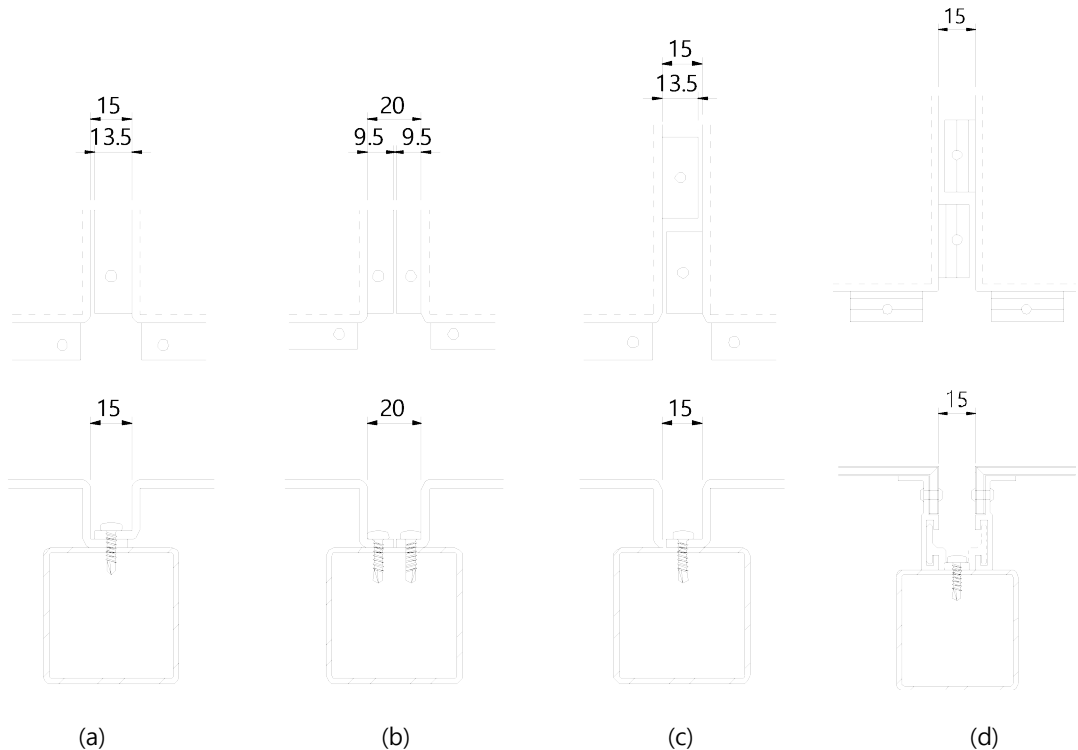
$$b. \Phi_{sc} \cdot C \cdot F_{tu1} \cdot (D_h - D) \cdot T_1 = 0.5 \times 1.0 \times 145 \times (7 - 4) \times 4 = 870.0 \text{ N}$$

$$c. \Phi_{sc} \cdot P_{nt} / 1.25 = 0.5 \times 4182.1 / 1.25 = 1672.8 \text{ N}$$

$$\Phi T_n = \min[a, b, c] = 870.0 \text{ N}$$

$$> T_u = 144 \text{ N} \quad \therefore \text{O.K.}$$

[그림 3.4-2] 알루미늄 복합패널 고정용 직결나사 구조검토 예시



(a)

(b)

(c)

(d)

[그림 3.4-3] 직결볼트 접합 외장재의 직결볼트 접합부 연단거리 확보 가능한 방식

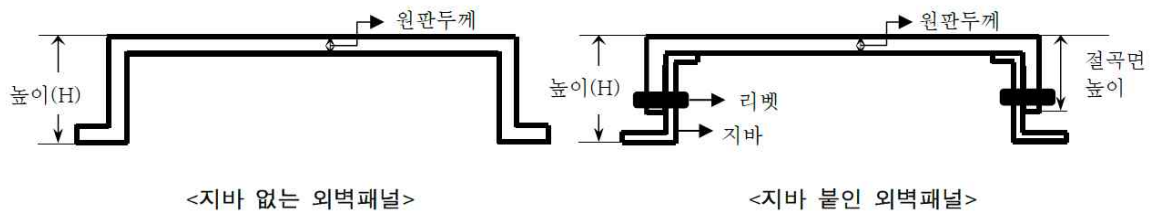
그림 3.4-3 (a): 패널 프렌지 겹치기방식 - 패널 줄눈 폭 15mm 기준시, 프렌지가 포개지는 방식으

로써 겹쳐지는 방식임. 약 13mm 프렌지 절곡시 좌우 높이 단차를 형성하여 절곡. (프렌지 13mm 끝단에서 8mm 지점에 $\phi 4$ Screw hole 타공후 약 6mm 의 잔여 모재살 확보)

그림 3.4-3 (b): 패널 시공줄눈 20mm 방식 - 프렌지 절곡치수 9mm 제작 (프렌지 9mm 끝단에서 5mm 지점에 $\phi 4$ Screw hole 타공후 약 3mm 의 잔여 모재살 확보)

그림 3.4-3 (c): 패널 프렌지 지그재그 방식 - 패널 줄눈 폭 15mm 기준시, 프렌지를 지그재그 방식으로 가공하여 약 14mm 의 프렌지 치수 확보(프렌지 14mm 끝단에서 9mm 지점에 $\phi 4$ Screw hole 타공후 약 7mm 의 잔여 모재살 확보)

그림 3.4-3 (d): 클립 프렌지 방식 - 패널 절곡 후 가장자리에 트랙이 형성된 지바를 취부하는데 이때 Screw 고정 전용클립을 지바에 삽입시켜 취부(Screw 고정 전용클립은 위 #3의 프렌지 형성내용과 동일함)



[그림 3.4-4] 지바를 이용한 외벽패널 고정 방식(출처 : SPS-KMPC F01-7176(금속제 외벽패널))

직결볼트 접합 외장재 중 조립식 패널(샌드위치 패널) 외장재의 강풍피해 저감 시공은 다음을 따르도록 한다.

- 조립식 패널 공사에 사용되는 자재는 한국산업표준 또는 공인인정기관에서 성능인정 시 사용된 재료와 동일한 것이거나 담당원의 승인을 받은 것을 사용하여야 한다.
- 조립식 패널이 설치되는 지지구조(강재 트러스 또는 중간기둥 등)의 간격 및 규격, 보강구조 등은 책임구조기술자에 의한 구조계산에 의해 결정한다.
- 제조사가 건축물에 작용하는 풍하중에 대하여 구조적 안전성을 검증한 공법을 제시하는 경우 이를 따라 시공한다.
- 제조사가 구조성능을 검증한 별도의 공법을 제시하지 않는 경우 KCS 41 54 04(조립식 패널 외벽공사)의 최소 기준을 만족하도록 하며, 다음의 조건을 따르도록 한다.
 - 1) 조립식 패널이 설치되는 중도리와 층도리가 철재인 경우 두께가 3.2 mm 이하임을 확인하고 이상인 경우 3.2 mm의 형강재를 50 mm 길이로 절단하여 구조체에 설치 후 직결볼트로 패널을 고정한다.
 - 2) 패널 설치에 필요한 철골 부재, 특히 개구부 보강, 패널이음 부위 보강, 행잉도어 레일설치 부분 직결볼트 체결 부위 등을 철골 체크리스트에 의거·확인한다.
 - 3) 사용 자재는 방청을 위하여 아연 도금한 것을 사용하거나 방청페인트로 도장한다.
 - 4) 종방향 조립식 패널 외장재 시공 시 외벽패널 고정은 직결볼트($\phi 6$ mm)를 횡방향으로 최소 0.5 m 이하의 간격, 종방향으로는 2 m 이하의 간격으로 층도리 등에 고정하며, 수평과 수직 상태를 유지해야 한다. 구조계산에 의해 검증되었을 경우, 횡방향 1 m 이하의 간격으로 설치할 수 있다.
 - 5) 종방향으로 설치된 외벽의 경우 파라펫 높이(외벽부 상단 직결나사 체결점에서 파라펫 최상단

까지의 패널 길이)가 0.7 m 초과할 경우와 모든 횡방향 설치 파라펫 부위에는 내부에 보강패널을 설치한다. 시공 방법은 외벽과 동일하며, 파라펫 후레싱으로 마감한다.

- 6) 횡방향 조립식 패널 외장재 시공 시 패널의 길이는 10 m 이하로 하며, 그 양단부는 직결볼트($\phi 6$ mm)에 의하여 주기둥에 고정되고 패널 연결부위 틈새는 백업재를 넣고 코킹 처리한 다음 후레싱 마감한다. 또한 보조기둥에는 직결볼트($\phi 6$ mm)를 체결하고 별도의 후레싱은 없다. 외벽패널 고정은 직결볼트(직경 $\phi 6$ mm)를 종방향으로 0.5 m 이하의 간격으로 보조기둥에 체결하며 수평과 수직의 상태를 유지해야 한다. 구조계산에 의해 검증되었을 경우, 종방향 1 m 이하의 간격으로 설치할 수 있다. 외벽패널 보강구조(앵글보강, 강선 등)를 책임기술자의 검토 및 확인 후 담당원의 승인을 득한 후 시공해야 한다.

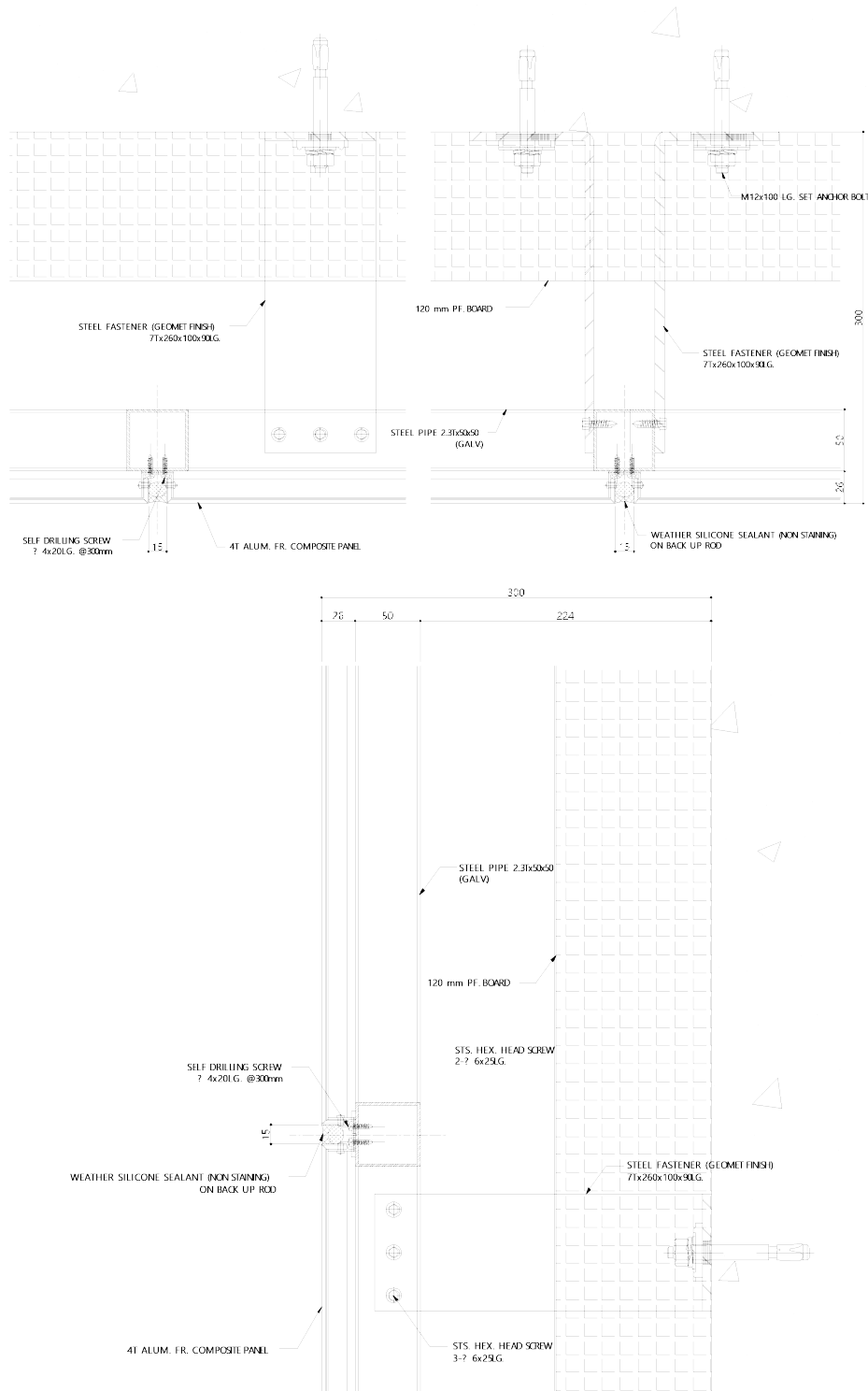
직결볼트 접합 외장재 중 세라믹 패널 등 기타 외장재의 강풍피해 저감 시공은 다음을 따르도록 한다.

- 외장재에 사용되는 자재(외장패널, 지지구조, 브라켓, 직결나사 등 부자재)는 한국산업표준 또는 공인인증기관에서 성능인정 시 사용된 재료와 동일한 것이거나 담당원의 승인을 받은 것을 사용하여야 한다.
- 제조사가 건축물에 작용하는 풍하중에 대하여 구조적 안전성을 검증한 공법을 제시하는 경우 이를 따라 시공한다.
- 제조사가 구조성능을 검증한 별도의 공법을 제시하지 않는 경우 KCS 41 54 02(금속커튼월 공사)의 최소 기준을 만족하도록 한다.

3.4.4 강풍피해 저감을 위한 외부마감 상세도 작성 가이드라인

직결볼트 접합 외장재 중 금속제 외벽패널류 설치 도면 작성 시 단위 입면도, 단면 상세도, 외장패널 지지구조의 규격과 간격, 외장패널 지지구조와 구조체와의 접합 방법, 외장패널과 지지구조의 접합과 긴결 방법, 긴결제의 규격과 간격, 부속제의 위치와 모양, 타 공사와의 연결에 대한 내용을 표기해야 한다.

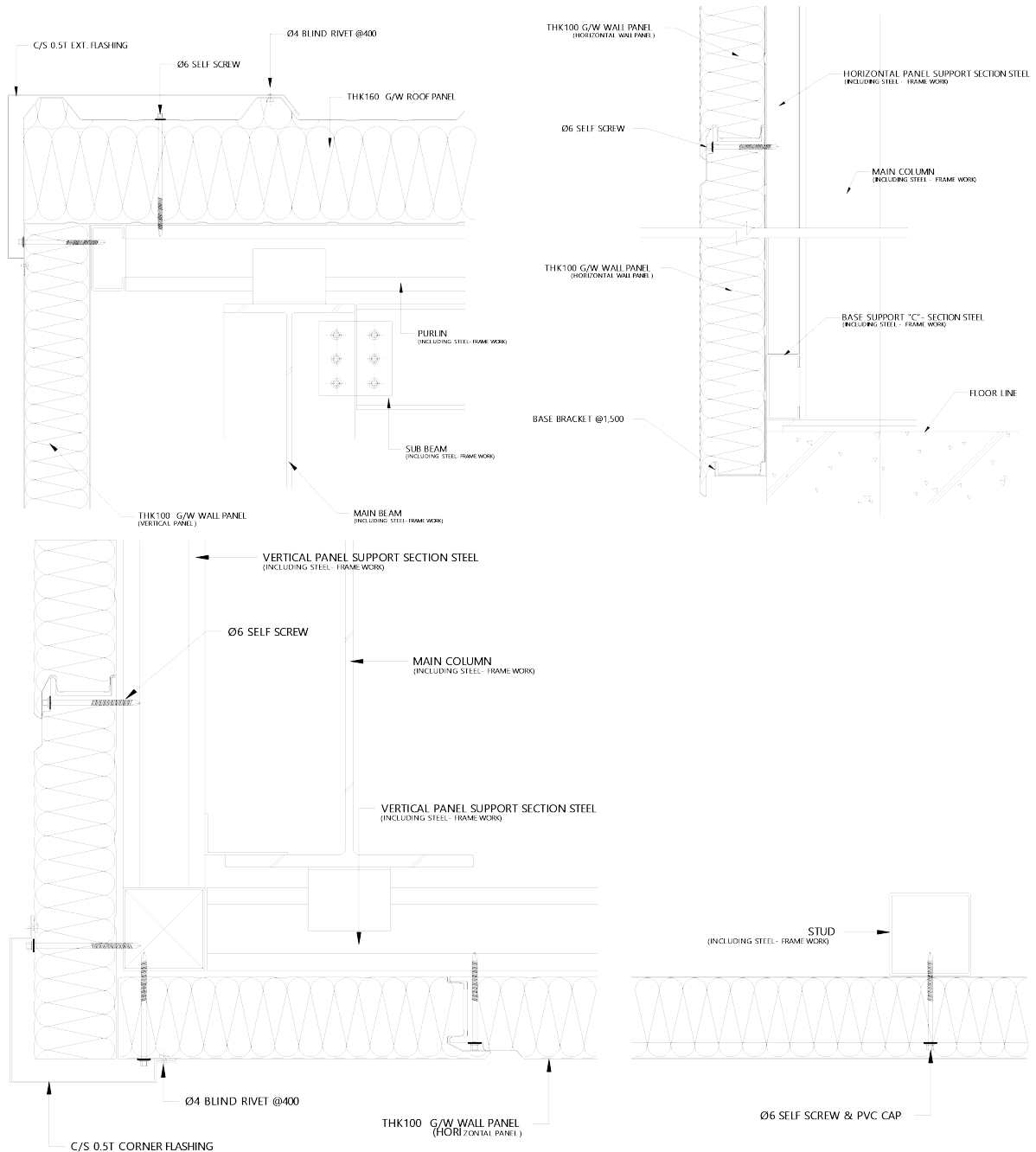
직결볼트 접합 외장재 중 금속제 외벽패널류의 도면 작성 예시는 그림 3.4-5와 같다.



[그림 3.4-5] 알루미늄 복합 패널 설계도서 예시

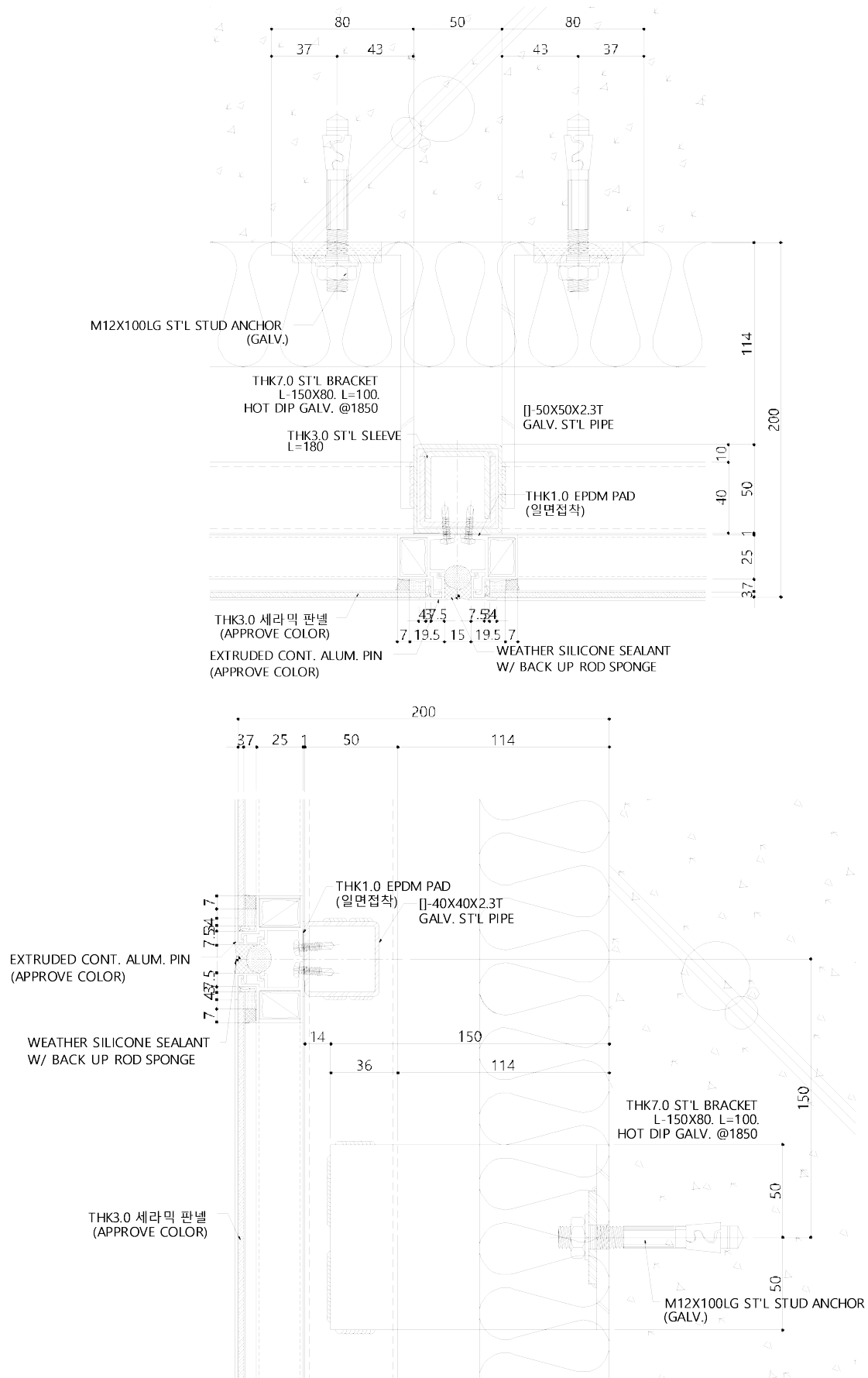
직결볼트 접합 외장재 중 조립식 패널(샌드위치 패널)의 설치 도면 작성 시 작성 시 단위 입면도, 단면 상세도, 외장패널 지지구조의 규격과 간격, 외장패널 지지구조와 구조체와의 접합 방법, 외장패널과 지지구조의 접합과 긴결 방법, 긴결재의 규격과 간격, 부속재의 위치와 모양, 타 공사와의 연결에 대한 내용을 표기해야 한다. 조립식 패널이 종방향으로 높이 0.7m 초과하여 파라펫으로 설치되는 경우(외벽 부 상단 직결나사 체결점에서 파라펫 최상단까지의 패널 길이 기준)와, 횡방향 설치 파라펫 부위에는 내부 보강패널을 표기한다.

직결볼트 접합 외장재 중 조립식 패널류의 도면 작성 예시는 그림 3.4-6과 같다.



[그림 3.4-6] 조립식 패널 설계도서 예시

직결볼트 접합 외장재 중 세라믹 패널 도면 작성 예시는 그림 3.4-7과 같다.



[그림 3.4-7] 세라믹 패널 설계도서 예시

4. 강풍 대응 외장재 탈락방지 체크리스트

본 장에서는 강풍에 의한 건축물 외장재 탈락방지를 위하여 외장재 시공과정에서 권장사항으로 활용할 수 있는 체크리스트를 제공한다.

본 체크리스트는 주로 시공자 및 감리자가 활용할 수 있도록 작성하였으며, 강풍에 의해 외장재의 탈락 위험이 큰 지역에 건설되는 건축물의 시공 과정에서 활용할 수 있다.

체크리스트의 주요 내용은 본 가이드의 3장에 기반하여 작성하였으며, 본 가이드에서 명시하지 않은 항목들은 건축공사 표준시방서(KCS 41)을 따른다.

체크리스트의 주요 사용된 주요 용어들은 다음과 같다.

- 1) 외장재 유형 : 시공되는 외장재의 재료 및 고정 방법에 따른 유형
- 2) 주요 위험 요인 : 본 가이드의 3장에서 분석한 외장재의 강풍에 의한 파손원인 및 피해 사례에 따른 주요 위험 요인
- 3) 가이드 목차 : 검사내용을 판정하기 위한 가이드의 본문의 목차
- 4) 판정 결과
 - 적합 : 검사 내용에 대해 강풍에 의한 탈락 위험이 적을 것으로 판정할 경우 체크함
 - 부적합 : 검사 내용에 대해 강풍에 의한 탈락 위험이 클 것으로 판정할 경우 체크함. 이 경우, 추가적인 조치가 필요함
 - 해당 없음 : 시공되는 외장재에 해당되는 검사 내용이 없을 경우 체크함
- 5) 검사 내용 : 시공되는 외장재의 강풍대응 외장재 위험 여부를 적합/부적합을 판정할 수 있도록 기술함
- 6) 최종 검사 결과 : 체크리스트의 내용을 종합하여 적합 또는 부적합으로 판정
- 7) 검사자 : 시공자 또는 감리자 등 체크리스트를 작성한 담당자의 성명과 소속, 직위를 작성함
- 8) 비고 : 체크리스트에 해당사항이 없는 주요 검사 내용이 있을 경우 기술함

4.1 외단열 미장 마감재

[표 4.1-1] 강풍에 의한 건축물 외장재 탈락방지를 위한 외단열 미장 마감재 시공 체크리스트

NO.	외장재 유형	주요 위험 요인	가이드 본문	판정 결과			검사 내용
				적합	부적합	해당 없음	
4.1.1	외단열 미장 마감재						
4.1.1.1		강풍에 의한 탈락	3.1.3				외단열 미장 마감재를 구성하는 단열재와 접착제 및 고정장치 등이 KS 및 시방서에 적합한가?
4.1.1.2		강풍에 의한 탈락	3.1.3				외장재 마감 외장재를 부착하는 구조체 외벽면이 단열재 부착에 지장이 없는 표면 마감 상태인가?
4.1.1.3		강풍에 의한 탈락	3.1.3				외장재(단열재) 규격이 600x1200mm 이하인가?
4.1.1.4		강풍에 의한 탈락	3.1.3				품질기준을 만족하는 접착제가 사용되었는가?
4.1.1.5		강풍에 의한 탈락	3.1.3				접착제에 의한 접착 면적이 단열재 면적의 40% 이상인가?
4.1.1.6		강풍에 의한 탈락	3.1.3				시방서 기준을 만족하는 기계적 고정장치(인슐레이션 파스너)가 단위 면적당 5군데 이상 시공되었는가?

최종 검사 결과 (적합/부적합)		검사자	성명	(서명)
			소속	
			직위	

비고
(체크리스트에
없는 주요 검사
내용 기술)

4.2 앵커 고정형 외장재

[표 4.2-1] 강풍에 의한 건축물 외장재 탈락방지를 위한 앵커 고정형 외장재 시공 체크리스트

NO.	외장재 유형	주요 위험 요인	가이드 본문	판정 결과			검사 내용
				적합	부적합	해당 없음	
4.2.1	치장벽돌 외장재						
4.2.1.1		강풍에 의한 탈락	3.2.3				치장벽돌 및 연결재 등 주요 자재가 KS 및 시방서에 적합한가?
4.2.1.2		강풍에 의한 탈락	3.2.3				연결철물이 수평거리 900 mm, 수직거리 400mm 이내로 적절하게 설치되었는가?
4.2.1.3		강풍에 의한 탈락	3.2.3				연결철물이 구조체에 적절하게 앵커링되었는가? (단열재가 있는 경우, 연결철물이 단열재를 관통하여 구조체에 앵커링되어야 함)
4.2.2	석재 외장재 및 PC패널형 외장재						
4.2.2.1		강풍에 의한 탈락	3.2.3				앵커 및 연결재 등 주요 자재가 KS 및 시방서에 적합하고 볼트 및 너트의 조임상태는 양호한가?
4.2.2.2		강풍에 의한 탈락	3.2.3				석재 등 외장재의 연직 하중이 브라켓을 통해 구조체로 적절히 전달되도록 시공되었는가?(상부석재 하중이 하부 석재로 전달되지 않도록 상부석재의 고정용 조정판에서 하부석재와의 간격이 1mm 이상 유지함)
4.2.2.3		강풍에 의한 탈락	3.2.3				꽃음축이 상하부 석재에 적절히 시공되어 풍하중에 의한 탈락 우려가 없는가?(또는 언더컷 방식의 앵커에 의해 적절히 부착되었는가?)
4.2.2.4		강풍에 의한 탈락 또는 변형 발생	3.2.3				석재가 지지철물(강재트러스 등)에 의해 고정되는 경우, 앵커와 지지철물의 규격 및 간격은 풍하중에 의한 구조안전성 및 사용성을 검토하였는가?
4.2.2.5	외장재 부착물	광고판 등 부착물의 탈락					광고판 등 부착물이 외장재에 설치된 경우, 광고판이 석재에 부착되지 않고, 석재외장재를 관통하여 구조체에 적절하게 앵커링되었는가?

최종 검사 결과 (적합/부적합)		검사자	성명	(서명)
			소속	
			직위	

비고
(체크리스트에
없는 주요 검사
내용 기술)

4.3 유리 커튼월 및 창호

[표 4.3-1] 강풍에 의한 건축물 외장재 탈락방지를 위한 커튼월 및 유리 시공 체크리스트

NO.	외장재 유형	주요 위험 요인	가이드 본문	판정 결과			검사 내용
				적합	부적합	해당 없음	
4.3.1	유리 커튼월						
4.3.1.1		강풍에 의한 탈락	3.3.3				유리 및 커튼월 프레임은 KS 및 시방서에 적합한가?
4.3.1.2		강풍에 의한 탈락 또는 변형 발생	3.3.3				구조계산 또는 실물시험(Mock-up test)에 의해 풍하중에 대한 안전성을 검토하였는가?
4.3.1.3	장식물	강풍에 의한 장식물의 탈락	3.3.3				커튼월 외부에 장식물이 설치되는 경우, 장식물은 스크류 등 기계적 장치에 의해 커튼월 프레임에 견고하게 고정되어야 한다
4.3.1.4		강풍에 의한 탈락	3.3.3				SSG(Structural Sealant Glazing)공법을 사용한 경우, 수직면과 수평면 중 최소 1개변은 기계적 결합 또는 안전 비드를 통해 유리를 프레임에 고정하였는가?
4.3.1.5		강풍에 의한 탈락	3.3.3				SSG(Structural Sealant Glazing)공법을 사용한 경우, 구조실런트의 재료 및 몰림 깊이, 시공공법 등이 시방서에 맞게 적용되었는가?
4.3.2	창호						
4.3.2.1		강풍에 의한 탈락	3.3.3				유리 및 창호 프레임, 앵커 등은 KS 및 시방서에 적합한가?
4.3.2.2		강풍에 의한 탈락	3.3.3				창호를 앵커철물을 이용해 구조체에 적절히 고정하였는가?(한 변의 길이가 1 m 이하일 때 양측 2개소, 1 m 초과 시 0.5 m 마다 1개씩 추가 부착)
4.3.2.3		강풍에 의한 탈락	3.3.3				앵커는 구조체(콘크리트 또는 철골)에 적절히 고정되었는가?
최종 검사 결과 (적합/부적합)				검사자	성명	(서명)	
					소속		
					직위		
비고 (체크리스트에 없는 주요 검사 내용 기술)							

4.4 직결볼트 접합 외장재(금속패널, 샌드위치 패널 등)

[표 4.4-1] 강풍에 의한 건축물 외장재 탈락방지를 위한 직결볼트 외장재 시공 체크리스트

NO.	외장재 유형	주요 위험 요인	가이드 본문	판정 결과			검사 내용
				적합	부적합	해당 없음	
4.4.1	금속패널						
4.4.1.1		강풍에 의한 탈락	3.4.3				외장패널, 지지구조, 브라켓, 직결나사 등의 주요 자재는 KS 및 시방서에 적합한가?
4.4.1.2		강풍에 의한 탈락 또는 변형 발생	3.4.3				금속패널이 지지철물(강재트러스 등)에 의해 고정되는 경우, 앵커와 지지철물의 규격 및 간격은 풍하중에 의한 구조 안전성 및 사용성을 검토하였는가?
4.4.1.3		강풍에 의한 탈락	3.4.3				직결볼트 체결부의 연단거리(볼트홀 중심에서 단부까지의 거리)가 직경의 1.5배 이상이거나 연단파괴에 대한 구조검토를 실시하였는가?
4.4.1.4		강풍에 의한 탈락	3.4.3				직결볼트간 간격이 300mm이하인가?
4.4.2	조립식 패널(샌드위치 패널)						
4.4.2.1		강풍에 의한 탈락	3.4.3				조립식 패널, 지지구조, 브라켓, 직결나사 등의 주요 자재는 KS 및 시방서에 적합한가?
4.4.2.2		강풍에 의한 탈락	3.4.3				조립식패널이 지지철물(강재트러스 등)에 의해 고정되는 경우, 앵커와 지지철물의 규격 및 간격은 풍하중에 의한 구조 안전성 및 사용성을 검토하였는가?
4.4.2.3		강풍에 의한 탈락	3.4.3				직결볼트 체결부의 연단거리(볼트홀 중심에서 단부까지의 거리)가 직경의 1.5배 이상인가?
4.4.2.4	종방향 패널	강풍에 의한 탈락	3.4.3				(종방향 외벽패널) 외벽패널의 고정직결볼트(φ 6 mm 이상)를 횡방향으로 0.5 m 이상, 종방향으로 2 m 이상의 간격으로 층도리에 고정되었는가?
4.4.2.5	종방향 패널	강풍에 의한 탈락	3.4.3				(종방향 외벽패널) 파라펫 높이가 0.7 m 초과하는 경우 모든 횡방향 설치 파라펫 부위 내부에 보강패널을 설치하였는가?
4.4.2.6	횡방향 패널	강풍에 의한 탈락	3.4.3				(횡방향 외벽패널) 패널의 길이가 10 m 이하이며, 패널이 직결볼트(φ 6 mm 이상)로 기둥 및 보조기둥에 종방향으로 0.5 m 이하 간격으로 고정되어 있는가?
4.4.3	비금속재 외벽패널						
4.4.3.1		강풍에 의한 탈락	3.4.3				외장패널, 지지구조, 브라켓, 직결나사 등의 주요 자재는 KS 및 시방서에 적합한가?
4.4.3.2		강풍에 의한 탈락	3.4.3				외벽패널이 지지철물(강재트러스 등)에 의해 고정되는 경우, 앵커와 지지철물의 규격 및 간격은 풍하중에 의한 구조 안전성 및 사용성을 검토하였는가?
최종 검사 결과 (적합/부적합)					검사자	성명	(서명)
						소속	
						직위	
비고 (체크리스트에 없는 주요 검사 내용 기술)							

5. 외장재 내풍 성능 평가 시험 규정

본 장에서는 외장재의 종류별 성능시험이 필요하다고 판단 시 적용가능한 시험 규정에 대하여 소개한다. 국내 기준이 있는 경우 국내 기준을 중심으로 설명하며 국내 기준이 없는 경우 해외 기준을 제시한다. 외장재의 종류별로 제시하고 있는 시험의 종류가 상의할 수 있다. 예를 들어 커튼월의 경우 Mock-up 시험에 관한 내용까지 다루고 있으나 타 외장재의 경우 부재의 성능 시험 정도만 다르다.

외장재의 내풍 요구성능은 설계 풍하중에 대하여 외장재 및 외장재를 구성하는 주요 부재의 변형이 관련 기준에 따른 허용치를 초과하지 않아야 하며, 또한 외장재와 구조체의 접합성능 또한 설계 풍하중에 대해 견딜 수 있어야 한다. 특히 유리 커튼월의 경우 비산물에 의한 충격으로부터의 안전성도 검토되어야 한다.

5.1 외단열 미장 마감재

외단열 미장 마감재의 내풍성능을 평가를 위한 방법과 직접적으로 관련된 국내 기준은 미비한 실정이다. 국내의 KS(Korea Industrial Standards) 기준 중 KS F 2221:2020(건축용 보드류의 충격 시험방법)이 외단열 미장 마감재의 성능시험과 관련이 있으며 이는 외장재의 내구성을 평가하기 위한 방법이다. 국외 규정으로는 유럽기술승인위원회(EOTA)의 외단열미장마감공법 중 ETAG 004에서 외단열미장마감시스템의 마감재 성능 기준을 다루고 있다. 또한 ETAG 014에서 외단열미장마감시스템에 사용되는 플라스틱 앵커 성능 기준을 제시하고 있다.

5.1.1 건축용 보드류의 충격 시험방법(KS F 2221 : 2020)

건축용 보드류의 충격 시험방법(KS F 2221:2020)에서는 건축용 보드류의 내구성을 확인하기 위한 충격 시험방법에 관한 내용을 다루고 있다. 접착제 이용 부착형 외장재가 대부분 이에 해당되며 비산물에 의한 파손에 대한 시험과 가장 연관성이 있는 시험방법이다.

시험 장치는 하중 추 및 지지장치로 구성된다. 시험 순서는 시험체를 지지장치로 지지하여 견고한 바닥 등의 위에 수평으로 놓고 추를 시험체의 거의 중앙의 연직 위에서 자유 낙하시킨 후, 파괴 상황 등을 관찰한다.

5.1.2 렌더링이 포함된 외부 단열 복합 시스템의 유럽 기술 승인을 위한 지침(ETAG 004)

ETAG 004는 건물 벽에 대한 외부 단열재로 사용하기 위한 렌더링이 포함된 외부 단열 복합 시스템(ETICS)를 다룬다. ETICS는 앵커, 프로파일, 특수 부품 등을 사용하여 기계적으로 고정된 조립식 단열 제품 또는 접착제와 기계적 고정의 조합으로 벽에 접착한다. 단열재의 내화성, 수밀성, 수분 흡수성, 내충격성 등에 대해 다루며 단열재 고정용 앵커의 고정강도, 접착제의 접착성능에 대한 내용도 포함한다.

5.2 앵커 고정형 외장재

앵커 고정형 외장재에 대한 국내의 내풍 성능 시험에 관한 규정은 없으며 해외 규정에서도 찾아보기 힘든 실정이다. 특히 치장벽돌의 경우 최근 국내에서 발생한 지진에 의한 피해를 방지하고자 설계 지침 및 시공방법에 관한 자료는 많으나 내풍 성능 평가 실험에 관한 내용은 없다. 석재패널 또한 내풍 성능 시험에 관한 규정은 존재하지 않으며 외벽용 인조석재(KS F 4061:2019)에서 충격강도 시험에 관한 내용을 다루고 있다.

충격강도 시험은 KS F 2221의 4호 시험체로서 모래 위 전면지지에 의한 W_1500 의 추를 사용하여 높이 500mm에서 자연 낙하시킨다. 이때 시험편은 KS F 2221의 표 1에서 규정하는 비중과 흡수율 기준 값 이상이어야 한다.

5.3 유리 커튼월 및 창호

국내의 국가건설기준 표준시방서의 금속커튼월 공사(KCS 41 54 02 : 2016)에서 1.4.1 금속 커튼월의 성능 시험관련에서 다음과 같이 설명하고 있다.

(1) 시험소 실물 모형 시험(mock up test)

실물 모형 시험을 통한 성능 시험 시행 여부, 규모, 시험 종목 및 판정 기준은 공사시방서에 정한 바를 따르고, 공사 시방서에 정한 바가 없을 때에는 다음의 사항을 따른다.

④ 시험종목: 시험종목 중 하기 가, 나, 다, 마항의 시험을 제외한 나머지 시험은 시험 여부의 선택이 가능한 시험 종목이다.

가. 예비시험 : 설계 풍압의 + 50%를 최소 10초간 가압하여 시험 장치에 설치된 시료의 상태를 일차적으로 점검하고, 시험실시 가능 여부를 판단한다. AAMA 501에 따른다.

나. 기밀시험 : 정압 하에서 내외의 압력차를 75 Pa부터 최대 299 Pa로 하여 시험체에서 발생하는 공기 누출량을 측정하고, 설계기준의 기밀성능을 만족하여야 한다. 누기량에 대한 허용치는 고정창 부분은 $0.0183 \text{ m}^3/\text{min} \cdot \text{m}^2$, 단위 면적당의 누기량으로 평가되고, 개폐창 부분은 $0.0232 \text{ m}^3/\text{min} \cdot \text{m}$, 단위 길이당의 누기량으로 평가된다. ASTM E283 및 AAMA 501에 따른다.

다. 정압수밀시험: 설계 풍압 중 정압의 20% 또는 30.4 kg/m^2 중 큰 값의 압력차에서 수행하며 최대 73.4 kg/m^2 를 넘지 않도록 한다. 살수는 $3.4 \text{ l/m}^2 \cdot \text{min}$ 의 분량으로 15분 동안 시행한다. 누수상태를 관찰하여 누수가 발생하지 않거나 통제가 불가능한 유입수가 없어야 하고, 15 ml 이하의 유입수의 경우 누수로 생각하지 않는다. ASTM E331 및 AAMA 501에 따른다.

라. 동압수밀시험: 정압수밀시험과 유사하나, 가압의 방식에 차이가 있으며, 설계 풍압 중 정압의 20% 또는 30.4 kg/m^2 중 큰 값의 압력으로 수행하며 최대 73.4 kg/m^2 를 넘지 않도록 한다. 가압 시에는 비행기 프로펠러나 팬 혹은 이에 상응하는 장치를 사용하여 시험한다. 살수는 $3.4 \text{ l/m}^2 \cdot \text{min}$ 의 분량으로 15분 동안 시행한다. 누수상태를 관찰하여 누수가 발생하지 않거나, 통제가 불가능한 유입수가 없어야 하고, 15 ml 이하의 유입수의 경우 누수로 생각하지 않는다. ASTM E331 및 AAMA 501, AAMA 501.1에 따른다.

마. 구조시험: 설계 풍압의 100%까지 단계별로 증감(대개 50%, 100%, - 50%, - 100%의 4단계로 구분)하여 설계 풍압의 $\pm 100\%$ 아래에서 구조재의 변위와 측정 유리의 파손 여부를 확인하고, 설계 기준 만족 여부를 확인한다. 그 이후, 설계 풍압의 $\pm 150\%$ 에 대해 실시하며, 잔류 변형량을 측정하기 위해 0 kg/m^2 로 압력제거 시 변위를 측정하며 허용치는 $2 \text{ L}/1000$ 이하이어야 한다. 여기에서 L은 지점 간의 거리이다. ASTM E330 및 AAMA 501, AAMA TIR A11에 따른다.

바. 1.6.1(1) ① 가.~마. 이외에 공사시방서에서 지정하여 수행할 수 있는 시험 항목에는 층간 변위 시험(AAMA 501.4), 열순환 시험(AAMA 501.5) 및 결로시험, 열전달 및 결로 저항시험(AAMA 1503) 등 지정된 추가 시험을 수행할 수 있다.

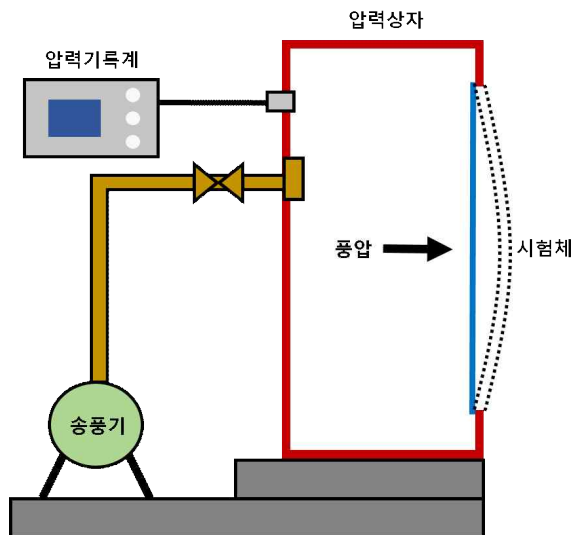
표 5.3-1에 커튼월 Mock-up test에 의한 성능평가 항목을 정리하여 나타내었다.

[표 5.3-1] 커튼월 Mock-up test에 의한 성능평가 항목

평가 항목	기준		비 고
	미국	EURO Code	
기밀성능 평가시험	ASTM E283	EN 12153	
수밀성능 평가시험	ASTM E331 AAMA 501.1	EN 12155	
구조시험(내풍압성능)	ASTM E330	EN 12179 EN 12600	
층간변위시험(지진에 대한 커튼월안전성 평가)	AAMA 501.4 AAMA 501.6	-	

5.3.1 구조시험-내풍압 성능 (ASTM E 330)

시험체가 설치된 압력상자의 내외부 압력차를 일정하게 유지하면서 주요 부재의 변위량을 측정하는 시험이다. 지정된 압력에 도달한 후 10초간 압력유지하여 구조성능 및 잔류변위를 평가한다.



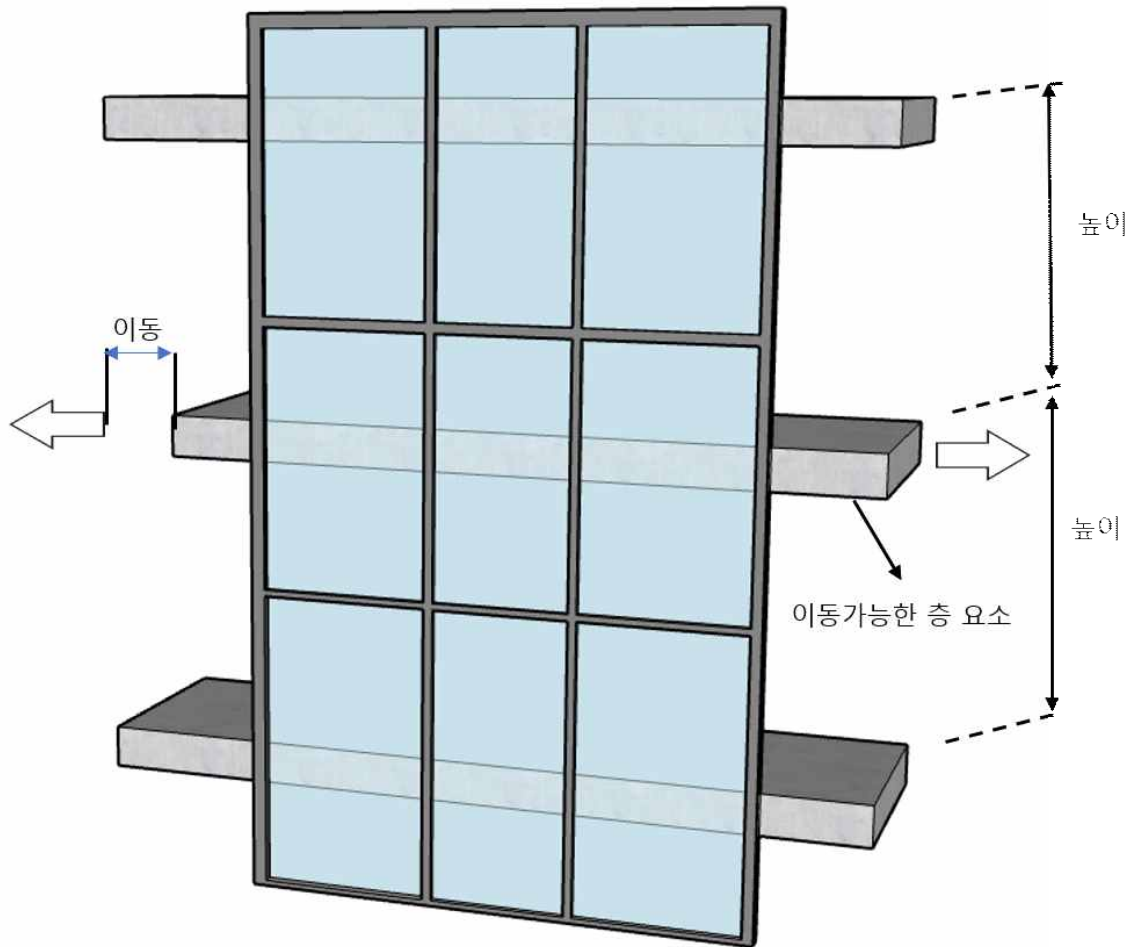
[그림 5.3-1] 내풍압 성능 시험 개요



[그림 5.3-2] 내풍압 성능 시험 예시

5.3.2 층간변위시험-내진/내풍 성능 (AAMA 501.4)

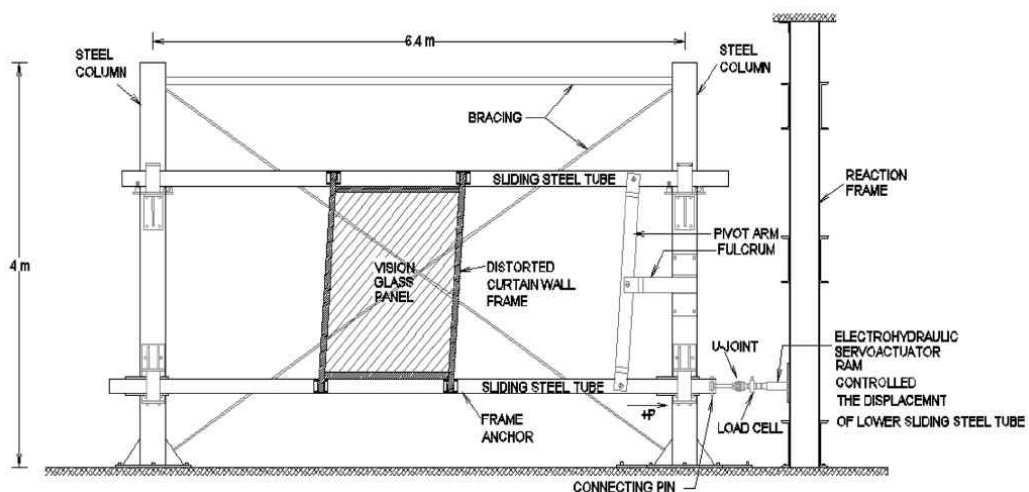
지진/바람에 의한 층간변위 능력 평가-건축물에 풍하중및 지진 등의 횡하중 발생시 외장재의 이상 유무를 점검하는 시험이다. 시방서에 규정된 변위량 또는 구조물의 설계시 확보된 변위량에 대하여 실험을 수행하며, 실험 결과 외장재의 파손 및 낙하물이 없어야 한다.



[그림 5.3-3] 층간 변위 시험 개요도

5.3.3 층간변위시험-내진성능 (AAMA 501.6)

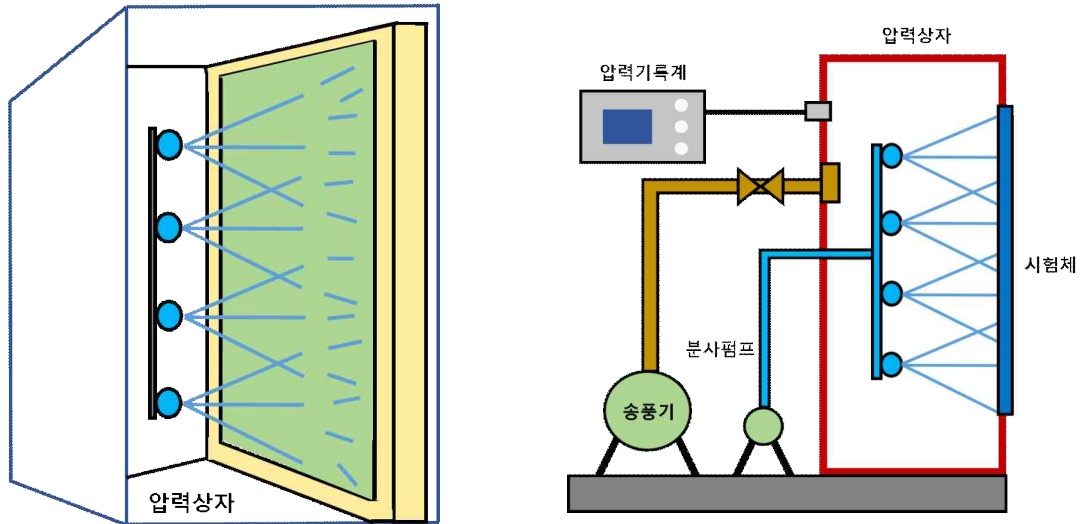
지진 발생시 유리가 떨어지는 최대 횡변위를 측정한다. Hydraulic Jack 등을 이용해 진폭이 점차 커지는 횡력을 가해서 유리가 떨어지는 변위를 계측한다.



[그림 5.3-4] 내진성능에 대한 층간변위시험 개요도

5.3.4 수밀성능 평가시험 (ASTM E 331)

일정한 압력하에서의 수밀성능을 평가하는 시험이다. 최대 설계풍압의 20% 압력에서 15분간 물을 뿌려 누수 여부를 평가한다.



[그림 5.3-5] 수밀 성능 시험 개요



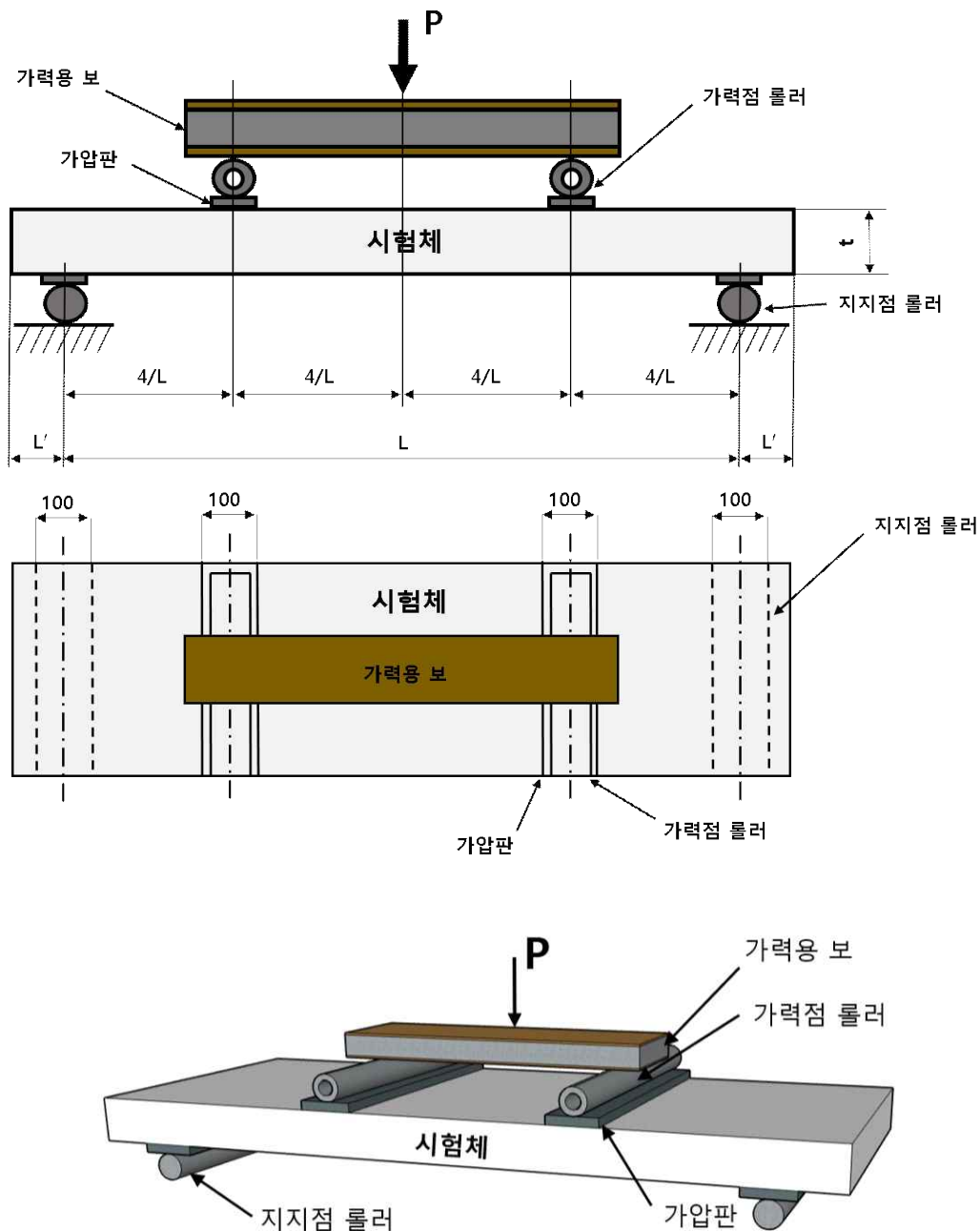
[그림 5.3-6] 수밀 성능 시험 예시

5.4 직결볼트 접합 외장재

직결볼트 접합 외장재의 내풍성능 평가를 위한 방법과 직접적으로 관련된 국내 기준은 미비한 실정이다. 국내의 KS(Korea Industrial Standards) 기준 중 KS F 2273:2020(조립용 판의 성능 시험방법)이 직결볼트 외장재의 성능시험과 관련이 있으며 이는 외장재의 휨응력을 평가하기 위한 방법이다.

5.4.1 조립용 판의 성능 시험방법(KS F 2273:2020)

조립용 판의 성능 시험방법(KS F 2273:2020)에서는 조립용 판의 내구성을 확인하기 위한 성능 시험 방법에 관한 내용을 다루고 있다. 최대하중까지 5단계 이상의 적당한 하중 단계를 선정하고, 무부하의 상태에서부터 증가하여 각 하중 단계에 도달할 때마다 한 번 하중을 제거하고, 다음의 하중 단계로 진행 하도록 힘을 가하여 실험을 수행한다.



[그림 5.4-1] 조립용 판의 구조성능시험

6. 참고 문헌

- ASTM E330, Standard Test Method for Structural Performance of Exterior Window, Doors, Skylights and Curtain Walls by Uniform Static Air Pressure Difference, 2014
- ASTM E331, Standard Test Method for Water penetration of Exterior Window, Skylights Doors, and Curtain Walls by Uniform Static Air Pressure Difference, 2016
- AAMA 501.4, Recommended Static Testing Method for Evaluating Curtain Wall and Storefront Systems Subjected to Seismic and Wind Induced Interstory Drifts, 2009
- AAMA 501.6, Recommended Dynamic Test Method for Determining the Seismic Drift Causing Glass Fallout From a Wall System, 2018
- ETAG 004, Guideline for European technical approval of external thermal insulation composite systems with rendering, 2011
- ETAG 014, Guideline for European technical approval of plastic anchors for fixing of external thermal insulation composite systems with rendering, 2011
- KCS 41 42 02 : 2021 외단열 공사
- KCS 41 34 01 : 2021 조적공사 일반
- KCS 41 34 02 : 2021 벽돌공사
- KCS 41 35 01 : 2021 석공사 일반
- KCS 41 35 06 : 2021 건식 석재공사
- KCS 41 54 02 : 2021 금속커튼월 공사
- KCS 41 54 04 : 2021 조립식 패널 외벽공사
- KCS 41 55 01 : 2021 창호공사 일반
- KCS 41 55 02 : 2021 알루미늄 합금제 창호공사
- KCS 41 55 03 : 2021 합성수지제 창호공사
- KCS 41 55 04 : 2021 복합소재 창호공사
- KCS 41 55 06 : 2021 강제 창호공사
- KCS 41 55 07 : 2021 스테인리스 스틸 창호공사
- KCS 41 55 09 : 2021 유리공사
- KDS 41 12 00 : 2022 건축물 설계하중
- KS F 2221 : 2020 건축용 보드류의 충격 시험 방법
- KS F 2273 : 2020 조립용 판의 성능시험 방법
- KS F 2296 : 2019 창호의 내풍압 시험 방법
- KS F 4061 : 2019 외벽용 인조 석재
- LHCS 41 34 05 : 2020 블록공사
- LHCS 41 35 01 10 : 2020 석재벽설치
- LHCS 41 42 00 15 : 2020 외단열

- SPS-KMPC F 01-7176 : 2020 금속제 외벽패널
- 강풍에 대비한 아파트 발코니창 안전 가이드, SPEC연구단 이상기후대비 안전관리 지침 시리즈
- 강풍/태풍대비 안전관리 지침(안), SPEC연구단 이상기후대비 안전관리 지침 시리즈
- 건축 마감재 안전점검 매뉴얼, 2021, 국토안전관리원
- 하영철, 건축물 내풍설계, 2021
- 하영철, 태풍영향권역에 있어서 설계기본풍속의 합리적 평가방법에 관한 연구, 한국풍공학회 학술 발표회, 1999
- 학교시설 외부 치장벽돌 보수·보강 안내서, 2020, 교육시설안전원