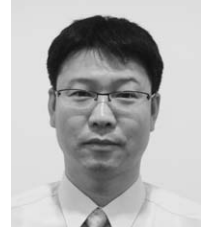


PEB SYSTEM에 대한 적용하중 및 하중 조합 검토



도병호
동부제강(주) 건설사업부
PEB설계실장

1. 서론

최근 국내에서 PEB SYSTEM에 대한 여러 가지 논의가 활발하게 일어나는 것은 PEB SYSTEM의 사용이 늘어나는 것에 대한 반증이지만 한편으로 PEB SYSTEM에 대한 우려의 목소리라고 생각된다. PEB SYSTEM의 구조해석상의 안전성, 폭두깨비, 또는 설계현황 등이 여러 논문이나 기고문에서 많은 발표가 되고 있다.

국내에서 사용하는 PEB SYSTEM용 설계프로그램(PEB전용 설계프로그램)이 미국 등의 외국에서 들어온 것임은 분명하지만 이를 사용하는 것은 국내 PEB구조설계자이며 적용되는 설계코드 또한 국내설계코드가 적용되고 있다. 주로 미국에서 개발된 프로그램인 PEB전용 설계프로그램은, 국내 구조설계와는 다르게, LOW RISE BUILDING(18m이하 건물)이라는 별도의 설계코드(MBMA)에 기반하여 설계하중이 적용된다.

따라서 MBMA(Metal Building Manufacturers Association) 설계코드에 의한 적용하중을 설명하고 국내 설계코드(KBC-S)와 미국 설계코드(MBMA)의 하중과 하중 조합에 대한 비교를 통하여 PEB구조설계의 안전한 하중조합 설계에 대한 방향을 제시하고자 한다.

2. 적용하중 종류

2-1. 고정 하중 (Dead Load)

1) Dead Load

- 고정하중은 지붕, 프레임, 외장재, 크레인거더, 중이층거더 등과 같이 PEB SYSTEM에 영구적인 작용되는 하중이며, PEB건물의 모든 무게

2) Collateral Load

- 부가하중은 스프링쿨러, 기계설비, 전기설비, 파티션, 천장 등과 같이 고정하중을 제외한 추가적인 영구 하중

2-2. 적재 하중 (Live Load)

1) Roof Live Load

- 지붕적재하중은 풍하중, 적설하중, 지진하중, 고정 하중을 제외한 것
- 사람, 장비, 자재 등에 의한 유지보수시의 발생하중과 건물의 일생 동안 움직이는 물체 등에 의해서 발생하는 하중
- 별도의 적용 기준 있음.

2) Floor Live Load

- 바닥적재하중은 건물의 사용과 용도에 의해서 발생하는 하중

2-3. 적설 하중 (Roof Snow Load)

- 지붕적설하중은 구조물의 지붕에 수평투영으로 작용하는 눈의 무게로 수직으로 작용하는 하중

2-4. 지진 하중 (Seismic Load)

- 지진 하중은 지진의 움직임에 의해서 구조체에 수평으로 작용하는 수평하중

2-5. 풍 하중 (Wind Load)

- 풍 하중은 수평으로 작용하는 바람에 의하여 생기는 하중

2-6. 추가 하중 (Auxiliary Load)

- 추가 하중은 크레인이나 이동물체에 의해서 발생하는 동적적재하중

3. 적용하중 비교

하중종류	KBC-S	MBMA	비고
고정하중	<ul style="list-style-type: none"> PEB 시스템을 구성하는 요소 영구적인 하중 부가하중이 포함됨 	<ul style="list-style-type: none"> PEB 시스템을 구성하는 요소 영구적인 하중 	
부가하중	-	<ul style="list-style-type: none"> 고정하중 이외의 영구 하중 기계, 전기, 소방 설비등 	<ul style="list-style-type: none"> 고정하중과 조합됨 풍하중에는 제외됨
적재하중 (지붕)	<ul style="list-style-type: none"> 국내에서는 기준 적용이 느슨 100, 60, 50kg/m² 등 개별적인 판단에 따르는 경우가 많음. 일부에서는 단기하중 취급함. 2000년의 경우 등분포 적재하중을 생략하고 집중하중으로 대체하기도 함. → 설계코드에서는 등분포하중과 집중하중중 큰 값으로 사용해야한다고 명기되어 있음. 	<ul style="list-style-type: none"> 지배면적에 따라 정확한 적용 일반적으로 MAIN FRAME은 60kg/m², SECONDARY는100kg/m²이 적용됨. 장기하중 취급함. 	<ul style="list-style-type: none"> MBMA기준에 따른 하중 적용이 필요함. 적재하중을 MBMA로 할 경우, 적설하중에 대한 이상기후시의 대비도 확보됨(일정범위내)
적설하중	<ul style="list-style-type: none"> 100년 재현주기이며 적설높이가 100cm미만은 단기하중, 그이상은 장기로 취급함. → 이상 기후등으로 장기하중으로 취급함이 타당함. 	<ul style="list-style-type: none"> 50년 재현주기이며 적설높이에 관계없이 모두 장기하중 취급함. 	<ul style="list-style-type: none"> 이상 기후가 발생하여 눈이 단기간에 녹지않는 현상이 발생함.
지진하중	<ul style="list-style-type: none"> 일반적으로 PEB SYSTEM이 많이 사용되는 창고, 공장등에서는 Governing Caserk 아님. 	<ul style="list-style-type: none"> 일반적으로 ASCE(ANSI) 기준을 따름 	<ul style="list-style-type: none"> 국내 지진 기준을 반영하고 있음.
풍하중	<ul style="list-style-type: none"> 풍속은 100년 재현주기이며 10분간 평균 풍속을 사용함 풍압계수는 저층, 고층에 관계없이 같이 사용함. 국내풍속과 MBMA풍압 계수를 사용하는 사례 발생 → 동시사용 금지 (하중 코드의 잘못된 사용임) 	<ul style="list-style-type: none"> 풍속은 50년 재현주기이며 3초간 평균풍속이며 MBMA사용함. 18m 미만 건물에만 적용함. 실험에 의하여 풍압계수와 가스트계수를 하나의 으로 표현함. 	<ul style="list-style-type: none"> 국내 풍속 및풍압계수를 사용함. 동시 사용시 적절한 계수로 보정 해야 함.
추가하중	<ul style="list-style-type: none"> 크레인 등의 동적하중을 정적하중으로 계산함. 단 크레인브라켓에서는 동적 효과를 고려함. 	<ul style="list-style-type: none"> 크레인 등의 동적하중을 정적하중으로 계산함. 단 크레인브라켓에서는 동적 효과를 고려함. 	

4. 하중조합 비교

2) 1988년, 2000년 [건축물의 구조기준 등에 관한 규칙] , 허용응력 설계법

4-1. 국내 철골구조 하중조합 변천사

1) 1982년 [건축물의 구조기준등에 관한 규칙], 허용응력 설계법

하중종류	하중 및 외력의 작용상태	일반지역	다설지역(적설 깊이 1m이상)	비고
장기	평상시	G+P	G+P+S	
단기	적설시	G+P+S	G+P+S+W	건축물의 기둥이 넘어져 뺏히는 등의 경우에는 P는 건축물의 상황에 따라 적재하중을 뺏값으로 한다.
	폭풍시	G+P+W	G+P+S+W	

G : 고정하중, P : 적재하중, S : 적설하중, W : 풍하중

*** NOTE : 1. 국내 단기하중에 대한 허용응력은 장기하중에 대한 허용응력에 1.5배를 곱한 값으로 한다.

하중종류	하중 및 외력의 작용상태	일반지역	다설지역(적설 깊이 1m이상)	비고
장기	평상시	D+L	D+L+S	
	적설시	D+L+S	D+L+S	
단기	폭풍시	D+L+W	D+L+W	건축물의 기둥이 넘어져 뺏히는 등의 경우에는 L은 건축물의 상황에 따라 적재하중을 뺏값으로 한다
			D+L+S+W	
	지진시	D+L+E	D+L+S+E	
		D+E	D+E	

D : 고정하중, L : 적재하중, S : 적설하중, W : 풍하중, E : 지진하중

3) 2003년 [허용응력설계법에 의한 강구조 설계기준], 허용응력 설계법

하중종류	하중 및 외력의 작용상태	하중 조합	-	-
장기	평상시	D+L	-	-
단기	적설시	D+L+S	-	-
	폭풍시	D+L+W	-	-
	지진시	D+L+E	-	-

D : 고정하중, L : 적재하중, S : 적설하중, W : 풍하중, E : 지진하중

4) 2005년 [KBC-S 강구조 한계상태 설계기준], 한계상태 설계법

하중 조합	비고
1.4D	f1, f2는 적재하중에 대한 계수
1.2D+1.6L+0.5 (Lr 또는 S)	
1.2D+1.6(Lr 또는 S)+1.0 (f1L 또는 0.8W)	
1.2D+1.6W+f1L+0.5 (Lr 또는 S)	
1.2D+1.0E+f1L+f2S	
0.9D+(1.0E 또는 1.6W)	

D : 고정하중, L : 적재하중, Lr : 지붕적재하중 S : 적설하중, W : 풍하중, E : 지진하중

4-2. 미국 철골구조 하중조합 변천사

1) 1982년 [ANSI, American National Standard Institute], 허용응력 설계법

하중종류	조합	비고
장기	D	W, E일 경우에만 단기하중임.
	D+L+(Lr or S or R)	
	0.75 [D+L+(Lr or S or R)+T]	
단기	D+(W or E)	
	D+L+(Lr or S or R)+(W or E)	
	0.75 [D+L+(Lr or S or R)+(W or E)]	
	0.75 [D+(W or E)+T]	
	0.66 [D+L+(Lr or S or R)+(W or E)+T]	

D : 고정하중, L : 적재하중, Lr : 지붕적재하중 S : 적설하중, W : 풍하중, E : 지진하중, T : 온도하중
 *** NOTE : 미국의 단기하중에 대한 허용응력은 장기하중에 대한 허용응력에 1.33배를 곱한 값으로 한다.

2) 1995년 [ASCE, American Society of Civil Engineers], 허용응력 설계법

하중종류	조합	비고
기본조합	D	W, E일 경우에도 단기하중에 대한 허용응력 증가 없음. 저감조합은 PEB
	D+L+F+H+T+(Lr or S or R)	
	D+(W or E)	
	D+L+(Lr or S or R)+(W or E)	
저감조합	D+0.75 [L+(Lr or S or R)]	SYSTEM에 적용하는 하중조합임
	D+0.75 [L+(Lr or S or R)+(W or E)]	

D : 고정하중, L : 적재하중, Lr : 지붕적재하중 S : 적설하중, W : 풍하중, E : 지진하중, T : 온도하중, F : 압력하중, H : 수압하중

3) 1998년 [ASCE, American Society of Civil Engineers], 허용응력 설계법

하중종류	조합	비고
기본조합	D	W, E일 경우에도 단기하중에 대한 허용응력 증가 없음. 저감조합은 PEB
	D+L+F+H+T+(Lr or S or R)	
	D+(W or 0.7E)+L+(Lr or S or R)	
	0.6D+W+H	
	0.6D+0.7E+H	
저감조합	D+0.75[L+(Lr or S or R)]	SYSTEM에 적용하는 하중조합임
	D+0.75[(W or 0.7E)+L+(Lr or S or R)]	

D : 고정하중, L : 적재하중, Lr : 지붕적재하중 S : 적설하중, W : 풍하중, E : 지진하중, T : 온도하중, F : 압력하중, H : 수압하중

4-3. 미국 MBMA 하중조합 변천사

1) 1986년 [MBMA, Metal Building Manufacturers Association], 허용응력 설계법

하중종류	조합	비고
장기	D+Lr (a)	W, E일 경우에만 단기하중임.
	D+S (b)	
	D+A (c)	
	D+S+A (d)	
단기	D+W (or E) (e)	
	D+S+E (f)	
	D+0.5W (or 1.0E)+A (g)	
	D+S+0.5W (h)	
	D+0.5S+W (i)	

D : 고정하중, L : 적재하중, Lr : 지붕적재하중 S : 적설하중, W : 풍하중, E : 지진하중, T : 온도하중, A : 추가하중(크레인하중)

- *** NOTE : 1. 미국의 단기하중에 대한 허용응력은 장기하중에 대한 허용응력에 1.33배를 곱한 값으로 한다.
 2. 바닥적재하중이 있을 경우, (a)에서 (i)까지 추가로 조합한다.
 3. (d)항에서 적설하중 63.5kgf/m^2 미만이면 0.0S, 63.5 이상 151.4kgf/m^2 미만이면 0.5S, 151.4kgf/m^2 이상이면 $S = 0.75S$
 4. (f)항에서 적설하중 151.4kgf/m^2 미만이면 0.0S, 151.4kgf/m^2 이상이면 0.25S
 5. (g)항 D+E+A 하중조합에서 A는 트롤리, 크레인브릿지 등의 모든 무개임

2) 1996년 [MBMA, Metal Building Manufacturers Association],
 허용응력 설계법

하중종류	조합	비고
장기	D+Lr (a)	
	D+S (b)	
	D+A (c)	
	D+S+A (d)	
단기	D+W (or E) (e)	W, E일 경우에만 단기하중임.
	D+S+E (f)	
	D+0.5W+A (g)	지진은 별도 하중조합 사용함
	D+S+0.5W (h)	
	D+0.5S+W (i)	

D : 고정하중, L : 적재하중, Lr : 지붕적재하중 S : 적설하중,
 W : 풍하중, E : 지진하중, T : 온도하중, A : 추가하중(크레인하중)

- *** NOTE : 1. 미국의 단기하중에 대한 허용응력은 장기하중에 대한 허용응력에 1.33배를 곱한 값으로 한다.
 2. 바닥적재하중이 있을 경우, (a)에서 (i)까지 추가로 조합한다.
 3. (d)항에서 적설하중 63.5kgf/m^2 미만이면 0.0S, 63.5 이상 151.4kgf/m^2 미만이면 0.5S, 151.4kgf/m^2 이상이면 $S = 0.75S$,
 4. (f)항에서 적설하중 151.4kgf/m^2 미만이면 0.0S, 151.4kgf/m^2 이상이면 0.25S
 5. (g)항 D+E+A 하중조합에서 A는 트롤리, 크레인브릿지 등의 모든 무개임

3) 2002년 [MBMA, Metal Building Manufacturers Association],
 허용응력 설계법

하중종류	조합	비고
기본조합	D	W, E일 경우에도 단기하중에 대한 허용응력 증가 없음. 저감조합은 PEB SYSTEM에 적용하는 하중조합임
	D+L+F+H+T+(Lr or S or R)	
	D+(W or 0.7E)+L+(Lr or S or R)	
	0.6D+W+H	
	0.6D+0.7E+H	
저감조합	D+0.75[L+(Lr or S or R)]	
	D+0.75[(W or 0.7E)+L+(Lr or S or R)]	

D : 고정하중, L : 적재하중, Lr : 지붕적재하중 S : 적설하중,
 W : 풍하중, E : 지진하중, T : 온도하중, F : 압력하중, H : 수압하중

*** NOTE : ASCE 1998년 하중조합과 같은 값 사용함.

5. 결론

상기 내용에서 알 수 있듯이 국내 하중조합은 구조물의 일반적인 하중조합을 나타내고 있는 것으로 변하여 왔고 최근에는 한계상태설계법의 계수하중을 사용하도록 하고 있지만 PEB SYSTEM과 같은 특수한 SYSTEM에 대한 하중조합은 별도의 언급이 없는 실정이다.

미국 MBMA에서는 PEB SYSTEM에 대하여 상세한 하중조합을 제시하여 만약에 일어날수도 있는 돌발상황에 대해서도 준비하고 있는 것을 확인 할 수 있다. 예를 들면 눈이 오고 바람이 불 경우에도 대비를 하는 것으로 우리나라 서해안이나 동해안의 경우에 해당된다고 볼 수 있다. 기상이후 등으로 눈이 녹지 않고 얼거나 눈이 많이 오고 있는 상태에서 바람이 불 경우 불리한 건물 형상이 있기에 이에 대한 안전성을 확보하기 위해서는 반드시 필요하다고 볼 수 있다.

따라서 PEB SYSTEM 연구(구조해석, 구조설계, 하중분석)에 선구적인 미국 MBMA의 허용응력 설계법상의 하중조합을 PEB설계의 하중조합 표준으로 제시하고자 한다.

*** 참고 문헌 ***

1. 대한건축학회, 구조계획, 1996
2. 대한건축학회, 건축물 하중기준 및 해설, 2000
3. 한국강구조학회, 강구조설계기준, 2003
4. 대한건축학회, 건축구조설계기준, 2005
5. American National Standard Institute, 1982
6. Metal Building Manufacturers Association, Low Rise Building System manual, 1986, 1996
7. American Society of Civil Engineers, Minimum Design Loads for Buildings and other Structures, 1995, ASCE 7-95, 98