

표준축사 모델에서 PEB시스템의 적용 및 구조설계 개선방안

박만우 · 도병호 · 송준익*

동부제철(주) 건재사업부 엔지니어링팀

Solution for the Improvement in Structural Design & Application of PEB System for the Standard Livestock Housing (2008)

Man Woo Park, Byung Ho Do and Jun Ik Song*

Eng. Team/Pipe & Steel Structure Div., Dongbu Steel Co., Ltd., Seoul, Korea

Summary

PEB system is more economical when compared with structures commonly used Hot rolled and welded light H-beam was introduced in the Standard Livestock Housing. This study suggested more economical technology for structural design by the reduction of live load, relief of deflection limit and reduction of importance factor. And, when applying wind Load as a result of examination with Low Rise Building Systems Manual considering open model, we can know that when the wind load is big, enclosed model is more stable than open model. In short, Suggesting more economical model and providing the method to reduce natural disaster, by the application of PEB system and the development of technology for structural design, are considered to strengthen the competitive power of farmhouse.

(Key words : Standard livestock housing, Pre-engineered metal building, Welded light H-beam)

서 론

생산의 전문화를 통한 집약적 영농의 발전과 지속가능한 농업에 대한 개념의 도입으로 환경에 대한 관심이 높게 형성되고, 농촌시설 현대화 정책이 적극적으로 추진되면서 농업 그 자체보다는 환경시설적인 측면에 대한 중요성이 강조되는 추세이다. 이처럼 농촌시설의 현대화가 크게 진척되면서 축산시설의 자동화, 에너지, 환기 등의 개선에 대한 요구

와 함께 다양한 연구가 수행되었으며, 가축의 복지를 고려하면서도 자연과 조화되는 친환경 표준축사 모델의 개발이 '07년도부터 진행되고 있다.

현재까지 표준축사에 관한 개발은 환경적 측면에서의 개선이 주류를 이루어 왔다. 따라서 앞으로는 구조설계 기술, 시스템 측면에서의 개선을 통한 경제적인 모델의 보급화가 더욱 필요한 실정이다. 최근에는 장경간(Long-Span) 초경량(Light-Weighted) 철골구조

* 농촌진흥청 국립축산과학원 축산환경과(National Livestock Research Institute, R.D.A, Suwon, Korea)

Corresponding author : Man Woo Park, Dongbu Steel Co., Ltd., Address: Dongbu Financial Center, 891-10, Daechi-Dong, Gangnam-Gu, Seoul, Korea, 135-523

E-mail : imwpark@dongbu.co.kr

2009년 2월 27일 투고, 2009년 3월 13일 심사완료, 2009년 3월 20일 게재확정

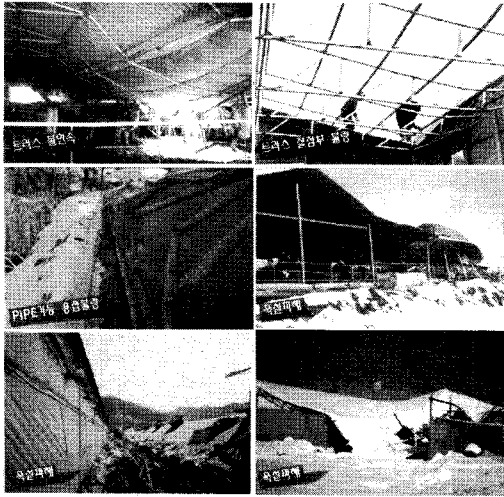


Fig. 1. 축사 붕괴 사례.

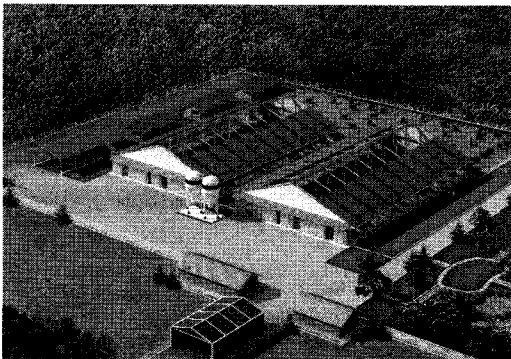


Fig. 2. '08년 표준축사 조감도.

농촌시설물 개발 연구단을 중심으로 설계, 풍해 및 폭우와 같은 기상이변의 자연재해로부터 시설물의 피해를 최소화하기 위한 연구개발이 활발히 추진되고 있다.

본 연구에서는 기존의 2008년형 표준축사 모델에 대한 구조설계 방법을 고찰하고, 더욱 효율적이고 경제적인 PEBS시스템을 도입하여 축사 구조설계 기술을 개선하고자 한다. PEBS(Pre-Engineered Metal Building)는 철골자재를 공장에서 미리 제작하여 설치하는 시스템이다. 또한 응력의 효율성 및 용접의 안전성을 고려하여 고강도강(SM490A)의 변단면 부재 사용을 기본으로 하며, 전용 프로그램에 의한 최적단면 설계방식을 도입하여

보다 효율적인 구조시스템을 구현할 수 있다. 그 결과 일반 H형강을 이용한 구조시스템 보다 약 30~40% 절감된 공사비로 신속하고 정확하게 설치할 있는 장점을 갖고 있다. 이러한 경제적인 PEBS시스템을 이용하여 구조설계 기술을 개선하기 위해 본 연구에서는 그림 3과 같이 적재하중 감소, 사용성 검토 기준 완화, 중요도 계수 완화 및 개방형 모델 검토를 통하여 철골 소요량을 비교하였다.

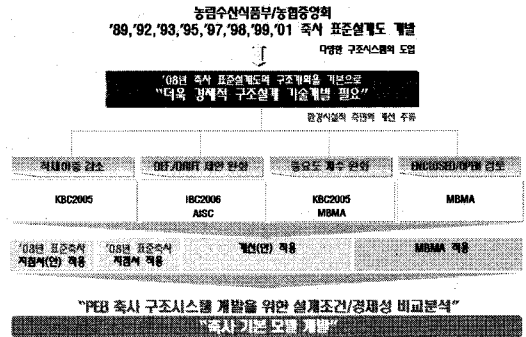


Fig. 3. 연구개요.

설계하중 및 조건 비교

2008년형 표준축사 설계지침서에서 설계하중은 표준형, 해안형, 산간형의 3가지로 구분하여 반영되었다. 표 1을 참조하여 각 기준에 대한 내용을 비교하면 다음과 같다.

1. '08년 표준축사 설계지침서(안) 및 설계지침서

최초 설계지침서(안)에서 적설하중 및 풍하중은 50년 재현주기를 적용하도록 되어 있었다. 그러나 일반적인 축사의 내구연한이 15년 정도임을 고려한다면 25년 재현주기로 감소시켜도 충분할 것으로 판단된다. 따라서 최종적인 설계지침서에서는 적설하중은 25년, 풍하중은 10년 이상의 재현주기를 반영, 농촌시설물에 적합한 중요도 계수를 적용하

Table 1. 설계하중 및 조건 비교

구 분			'08년 표준측사 설계지침서			개선(안)			MBMA		
			표준형	해안형	산간형	표준형	해안형	산간형	표준형	해안형	산간형
Snow Load	지상적설하중 (kgf/m ²)		50	80	300	50	80	300	50	80	300
	중요도계수(I)		0.8			0.8			0.8		
	경사도적설하중 (kgf/m ²)		31.50	45.50	189.50	31.50	45.50	189.50	28.0	44.8	168.0
Wind Load	기본풍속 (m/sec)		30	45	40	30	45	40	37.2	55.8	49.6
	중요도계수(I)		0.81			0.81			0.95	1.00	0.95
	노풍도		B	D	C	B	D	C	B	D	C
	풍속감증계수(K _z)		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	한: 0.45	한: 1.31	한: 0.91
	고도분포계수(K _z)		0.81	1.18	1.0	0.81	1.18	1.00	유: 0.44	유: 1.30	유: 0.90
	GC _{pe}	풍상	2.2 × (+)0.2	1.8 × (+)0.2	1.9 × (+)0.2	2.2 × (+)0.2	1.8 × (+)0.2	1.9 × (+)0.2	W1: (-)0.7, W2: (+)0.7, W3: (+)0.2 (-)0.7, (-)0.7, (-)0.9		
		풍하	2.2 × (-)0.7	1.8 × (-)0.7	1.9 × (-)0.7	2.2 × (-)0.7	1.8 × (-)0.7	1.9 × (-)0.7			
	WALL	풍상	2.2 × (+)0.8	1.8 × (+)0.8	1.9 × (+)0.8	2.2 × (+)0.8	1.8 × (+)0.8	1.9 × (+)0.8	*원치커튼 OPEN		
		풍하	2.2 × (-)0.5	1.8 × (-)0.5	1.9 × (-)0.5	2.2 × (-)0.5	1.8 × (-)0.5	1.9 × (-)0.5			
중방향		상동			상동			6.00×Solid Area of First Frame			
설계속도압 (kgf/m ²)		24.62	114.29	66.04	24.62	114.29	66.04	한: 35.16	한: 255.16	한: 126.41	
								유: 34.38	유: 253.21	유: 124.99	
Live Load			60 (kgf/m ²)			용마루 집중적재하중 1,000(kgf) *추는 지붕에 별도의 살가있는 경우 적용			100 (kgf/m ²), Reducible		
Load Combination			가)표준형, 해안형 1.0DL + 1.0LL : S.T 1.0DL + 1.0SL : S.T 1.0DL + 1.0WL : S.T 1.0DL + 0.5SL(LL) + 1.0WL : S.T			가)표준형, 해안형 1.0DL + 1.0LL : L.T 1.0DL + 1.0SL : S.T 1.0DL + 1.0WL : S.T 1.0DL + 0.5SL(LL) + 1.0WL : S.T			1.0DL + 1.0LL : L.T 1.0DL + 1.0SL : L.T 1.0DL + 1.0WL : S.T 1.0DL + 0.5SL + 1.0WL : S.T 1.0DL + 1.0SL + 0.5WL : S.T		
			나)산간형 1.0DL + 1.0LL : S.T 1.0DL + 1.0SL : L.T 1.0DL + 1.0WL : S.T 1.0DL + 0.5SL(LL) + 1.0WL : L.T			나)산간형 1.0DL + 1.0LL : L.T 1.0DL + 1.0SL : L.T 1.0DL + 1.0WL : S.T 1.0DL + 0.5SL(LL) + 1.0WL : S.T					
Deflection Limit.			L/200			IBC2006에 의함					
Drift Limit.			H/150			AISC에 의함					

¹ 한: 한우사, ² 유: 유우사, ³ S.T: 단기(Short - Term), ⁴ L.T: 장기(Long - Term)

도록 하였다.

국내 건축물의 구조기준 등에 관한 규칙에서는 지상 적설하중이 100 (kg/m²) 이상인 경우 장기하중으로 간주하도록 명시되어 있다. 그러나 최초 설계지침서(안)의 경우 이를 경시하고 단기하중으로 반영되어 있었는데, 이를 최종 설계지침서에서는 다시 장기하중으로 반영하였다. 또한 눈이 한쪽으로 치우치거나 지붕의 경사면에서 동반하는 풍하중에 의하여 풍상면의 눈이 미끄러져 없어지고 풍

하면에 눈이 남아있는 경우에 대비하여 불균형 적설하중에 대하여 고려하였다.

사용성 검토 기준의 경우, 일반적인 강구조 건축물의 구조설계시 많이 적용되는 L/200, H/150을 적용하도록 명시되어 있다.

2. 설계하중 개선(안)

최종 설계지침서의 내용과 비교할 때 우선 적재하중의 개선 방안을 고려하였다. 최종

설계지침서에서 적재하중은 일반적인 강구조 건축물 설계 시 적용되는 60 (kg/m²)을 적용하였다. 그러나 실제 축사에서는 지붕에 별도의 설비가 있는 경우가 적으며, 그 영향이 매우 적을 것으로 판단된다. 따라서 건축물의 구조기준 등에 관한 규칙에 근거하여 60(kg/m²) 대신 용마루 집중 적재하중으로 1,000 (kg)을 적용하였으며, 장기하중으로 간주하였다.

규칙에서는 사면이 개방된 구조물에 대한 기준이 없는 실정이다. '08년 표준축사 설계지침서에서는 사면이 닫힌 경우에 대해서 구조설계 하도록 되어 있다. 그러나 표준축사 모델을 적용하지 않은 실제 농가에서는 사면이 개방된 경우가 대부분이다. 축산농가의 이러한 현실을 반영하고자 개방형 구조물에 대한 설계기준이 명시된 MBMA (Metal Building Manufacturers Association)를 도입하여 '08년 표준축사 모델에서 윈치커튼을 모두 개방한 경우에 대해 비교분석 하였다.

3. MBMA

현재 국내 건축물의 구조기준 등에 관한

경사도 적설하중의 경우 MBMA 4.1.2절에 따라 경사도 계수를 고려하지 않았으며, 지

Table 2. 풍하중 비교

구분	설계지침서/개선(안)	MBMA
표준형	<p>Gcpe=1.8X0.2=0.36 Gcpe=1.8X0.7=1.26 Gcpe=1.8X0.3=0.54 Gcpe=1.8X0.8=1.44 내압을 고려하지 않음 (ENCLOSED)</p>	<p>W1, W2, W3 Gcpe=0.7 Gcpe=0.7 Gcpe=0.7 Gcpe=0.9 0.7 0.2 0.0 Gcpe=6.0xSolid Area of the First Frame 내압을 고려함 (OPEN)</p>
해안형	<p>Gcpe=2.2X0.2=0.44 Gcpe=2.2X0.7=1.54 Gcpe=2.2X0.3=0.66 Gcpe=2.2X0.8=1.76 내압을 고려하지 않음 (ENCLOSED)</p>	<p>W1, W2, W3 Gcpe=0.7 Gcpe=0.7 Gcpe=0.7 Gcpe=0.9 0.7 0.2 0.0 Gcpe=6.0xSolid Area of the First Frame 내압을 고려함 (OPEN)</p>
산간형	<p>Gcpe=1.9X0.2=0.36 Gcpe=1.9X0.7=1.33 Gcpe=1.9X0.3=0.57 Gcpe=1.9X0.8=1.52 내압을 고려하지 않음 (ENCLOSED)</p>	<p>W1, W2, W3 Gcpe=0.7 Gcpe=0.7 Gcpe=0.7 Gcpe=0.9 0.7 0.2 0.0 Gcpe=6.0xSolid Area of the First Frame 내압을 고려함 (OPEN)</p>

Table 3. 적설하중 비교

구분	설계지침서/개선(안)	MBMA
표준형	<p> $US=1.5Ss/Ce=236.2\text{kg/m}$ $Ss=157.5\text{kg/m}$ $Ss=Cs \times Sf$ $=Cs \times Cb \times Ce \times Ct \times Is \times Sp$ $=0.94 \times 0.7 \times 1.0 \times 1.0 \times 1.0 \times 1.0$ $=0.658 \text{ kg/m}^2$ 풍속도 계수를 고려함 $\times 5.0$ </p>	<p> $US=1.0Ss=139.9\text{kg/m}$ $Ss=139.9\text{kg/m}$ $Ss=0.7 \times 1 \times Sp$ $=0.7 \times 0.8 \times 50$ $=28.0 \text{ kg/m}^2$ 풍속도 계수를 고려하지 않음 [4.1.2] </p>
해안형	<p> $US=1.5Ss/Ce=362.9\text{kg/m}$ $Ss=227.4\text{kg/m}$ $Ss=Cs \times Sf$ $=Cs \times Cb \times Ce \times Ct \times Is \times Sp$ $=0.94 \times 0.7 \times 1.0 \times 1.0 \times 1.0 \times 1.0$ $=0.658 \text{ kg/m}^2$ 풍속도 계수를 고려함 $\times 8.0$ </p>	<p> $US=1.0Ss=224.0\text{kg/m}$ $Ss=224.0\text{kg/m}$ $Ss=0.7 \times 1 \times Sp$ $=0.7 \times 0.8 \times 80$ $=44.8 \text{ kg/m}^2$ 풍속도 계수를 고려하지 않음 [4.1.2] </p>
산간형	<p> $US=1.5Ss/Ce=1417.2\text{kg/m}$ $Ss=944.8\text{kg/m}$ $Ss=Cs \times Sf$ $=Cs \times Cb \times Ce \times Ct \times Is \times Sp$ $=0.94 \times 0.7 \times 1.0 \times 1.0 \times 1.0 \times 1.0$ $=0.658 \text{ kg/m}^2$ 풍속도 계수를 고려함 $\times 1.0$ </p>	<p> $US=1.0Ss=839.7\text{kg/m}$ $Ss=839.7\text{kg/m}$ $Ss=0.7 \times 1 \times Sp$ $=0.7 \times 0.8 \times 30$ $=16.8 \text{ kg/m}^2$ 풍속도 계수를 고려하지 않음 [4.1.2] </p>

상 적설하중에 0.7을 곱한 값을 적용하였다. 또한 풍하중의 중요도 계수는 MBMA에 근거하여 각각 0.95, 1.00을 적용하였다. 국내 건축물의 구조기준 등에 관한 규칙에서는 개방형의 경우에 대한 종방향 거스트 영향계수 (G) 및 풍압계수(Cpe)를 별도로 명시하고 있지 않지만, MBMA에서는 첫번째 골조 표면적의 6.0배에 해당하는 값을 적용하도록 하고 있다. 그리고 표 2에서와 같이 Wind1, Wind2, Wind3 각각의 경우에 대해서 검토하도록 되어 있다. MBMA에서는 하중조합을 중저층 건축물의 구조설계에 적합하게 제안

하고 있는데 이를 적용하여 비교하였다.

구조계획 및 시스템별 철골 소요량 비교

1. 시공성과 환경을 고려한 계획

건축물의 형태는 삼면(필요시 사면)이 실내의 조건에 따라 환기를 제어할 수 있는 방식으로 하고 벽면의 형태는 수동으로 개폐되는 윈치커튼, 접이문, 슬라이드 개폐식 창으로 설치하여 필요시 완전개방 또는 부분개방

으로 환기의 양을 조절할 수 있도록 계획되었다. 지붕의 경사도는 4/12를 적용하여 내부의 습기찬 공기를 배출할 수 있도록 하고 측벽의 높이는 높을수록 외부공기의 유입이 원활히 되나 건축비가 상승되므로 적정높이인 5(m)로 설계하여 외부의 신선한 공기가 유입될 수 있도록 계획되었다. 경사도 4/12는 약 18.4°로서 이는 15° 이상에 해당되어 불균형 적설하중을 고려하였다.

PEB는 부재력의 분포에 따라 철골 소요량을 최적화 할 수 있는 장점을 가진 시스템으로서, 본 연구에서 적용한 모델의 모멘트도를 살펴보면 그림 4와 같다. 기둥의 하단은 핀접합, 기둥과 보는 강접합으로 계획되었다. 또한 지붕의 용마루 부분에서는 모멘트가 그다지 많이 발생하지 않아 보의 춤을 250(mm) 이하로 설계가 가능하지만, 실제 시공시 용마루 부분에 발생하는 응력을 고려하여 보의 춤을 350(mm)로 설정하였다.

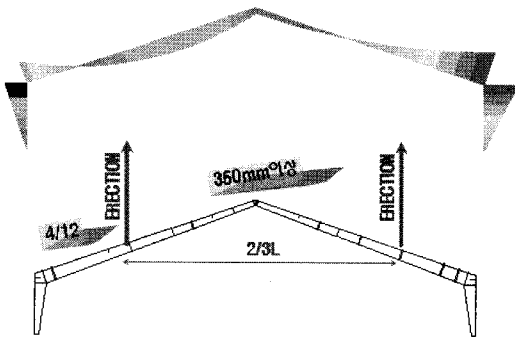


Fig. 4. 모멘트도 및 ERECTION 검토.

일반적으로 PEB는 특성상 횡방향에 대해서는 주골조가 저항하고, 종방향에 대해서는 가새가 저항하도록 설계한다. 따라서 그림 5와 같이 한우사에서는 4개 위치에 인장력 전담 가새가 배치되었다. 이때 벽체 가새의 최하단부 가새와 기둥 사이의 공간에서 소의 뿔이 끼이는 현상을 초래할 수 있다. 실제 축산농가에서는 이러한 틈에서 소의 뿔이 끼이는 현상이 발생할 수 있는데, 이를 방지하

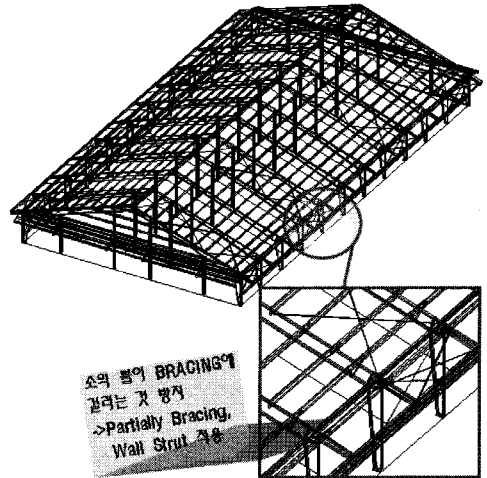


Fig. 5. Partially Bracing 적용.

고자 지표면에서 1.5(m) 상단부에 부분 가새(Partially Bracing)를 적용하였다.

2. 일반형강 대비 PEB의 철골 소요량 비교

경제적인 구조시스템을 도입하고, 이를 토대로 더욱 경제적인 구조설계 방법을 제안하고자 일반형강 구조시스템과 PEB 구조시스템을 비교하였다. 본 연구에서 적용한 일반형강 구조시스템은 압연H형강과 경량H형강으로 구성되었다. 경량H형강은 두께가 얇으면서도 우수한 단면성능을 보유하고 있어 동일한 단면성능의 타 형강 대비 약 20(%) 이상의 철골 소요량을 절감할 수 있는 장점이 있다. 이러한 일반형강 구조시스템과 PEB 구조시스템의 경제성을 비교하여 가장 최적의 모델을 제시하고자 한다.

그림 6은 한우사, 유우사 모델에서 일반형강 구조시스템 대비 PEB의 RF 구조시스템의 철골 소요량을 비교한 것이다. 한우사 및 유우사에서 처짐제한에 의해 부재의 크기가 결정되는 해안형의 경우 일반형강 구조시스템 대비 PEB 구조시스템의 철골 소요량이 매우

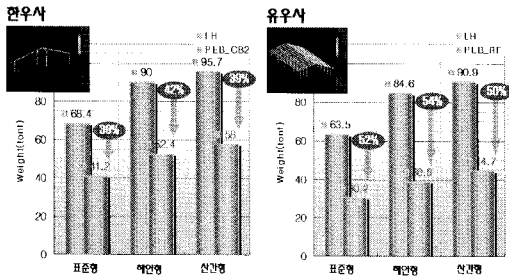


Fig. 6. 일반형강 대비 PEB 철골 소요량 비교.
크게 절감된다는 것을 알 수 있다.

3. RF 대비 CB2의 철골 소요량 비교

중앙 통로를 갖는 한우사의 경우 내부의 기둥을 구조재로 활용할 수 있으므로, 내부에 기둥이 없는 RF(Rigid Frame) 타입과 기둥이 있는 CB2(Continuous Beam2) 타입을 비교하였다. RF 대비 CB2의 철골 소요량을 비교한 결과를 살펴보면 표준형은 약 1~6(%) 증가하였으며, 해안형과 산간형은 약 7~15(%) 감소하였다. 이를 통해 CB2는 RF에 비해 하중이 큰 경우에 더욱 유리하다는 것을 알 수 있다.

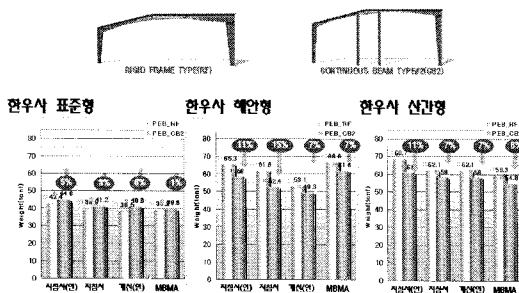


Fig. 7. 한우사 RF대비 CB2 철골 소요량 비교.

평면계획에 따른 구조설계 결과

1. 한우사

한우사의 평면계획을 살펴보면 폭 35.0 (m) × 기둥간격 5.0 (m)의 가변형으로서 축산농가의 사육두수에 따라 최소 3칸, 최대 13칸으

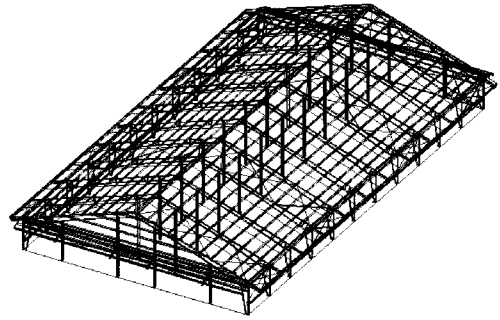


Fig. 8. 한우사 투시도.

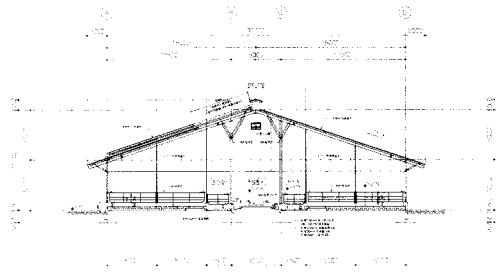


Fig. 9. 한우사 단면도.

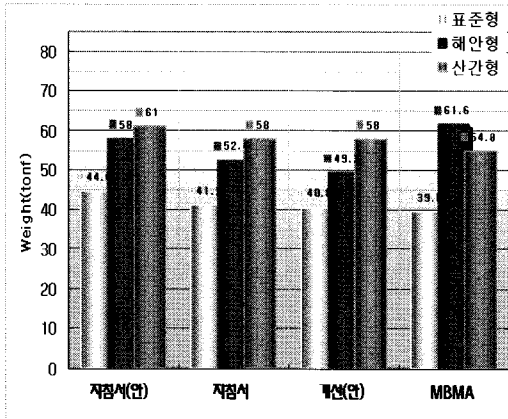
로 계획되어 있다. 또한 중앙에 사조 및 작업통로를 두어 내부 기둥은 구조재로서의 역할을 하도록 CB2 타입으로 구조계획 하였다.

한우사의 PEB 철골 소요량을 비교하면 그림 10에서와 같이 표준형 및 산간형의 경우 지침서(안), 지침서, 개선(안), MBMA 순으로서 개방형 모델을 적용한 MBMA가 가장 작게 나타났다. 그리고 풍하중이 우세한 해안형의 경우는 개선(안)이 가장 작게 나타났다.

PEB 및 보조재(STRUT)를 포함한 철골 소요량을 비교하면 개방형 모델을 적용한 MBMA의 해안형과 산간형은 단순 PEB 철골 소요량 보다 많이 증가한 것을 살펴볼 수 있다. 이는 종방향(Longitudinal Direction)에 대한 풍압계수(GCpe)값이 크기 때문에 나타난 결과이다.

2. 유우사

유우사의 건물의 형태 및 기본계획은 그림



PEB FRAME-SECONDARY BRACING				PEB STRUT			
구분	표준형	해안형	산간형	구분	표준형	해안형	산간형
자침서(안)	기준	기준	기준	자침서(안)	기준	기준	기준
자침서	▼ 8 %	▼ 10 %	▼ 5 %	자침서	▼ 8 %	▼ 10 %	▼ 5 %
개선(안)	▼ 9 %	▼ 15 %	▼ 5 %	개선(안)	▼ 9 %	▼ 15 %	▼ 5 %
MBMA	▼ 12 %	▼ 2 %	▼ 10 %	MBMA	▼ 12 %	▼ 6 %	▼ 10 %

Fig. 10. 한우사 설계결과.

11, 12와 같이 한우사와 동일하며, 평면계획을 살펴보면 폭 25.0(m)×기둥간격 5.0(m)의 가변형으로서 축산농가의 사육두수에 따라 최소 3칸, 최대 9칸으로 계획되어 있다. 또한 측면에 사조 및 작업통로를 두어 PEB 모델에서 내부 기둥이 없는 RF타입으로 구조계획 하였다.

유우사의 PEB 철골 소요량을 비교하면 그림 13에서와 같이 표준형의 경우 지침서(안), 지침서, MBMA, 개선(안) 순으로서 개선(안)이 가장 작게 나타났다. 해안형의 경우에도 개선(안)이 가장 작게 나타났으며, 산간형의

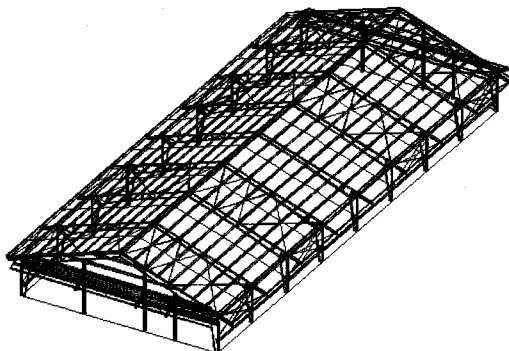


Fig. 11. 유우사 투시도.

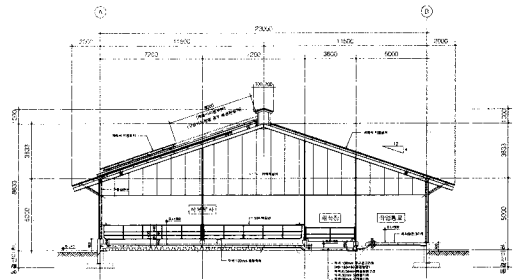
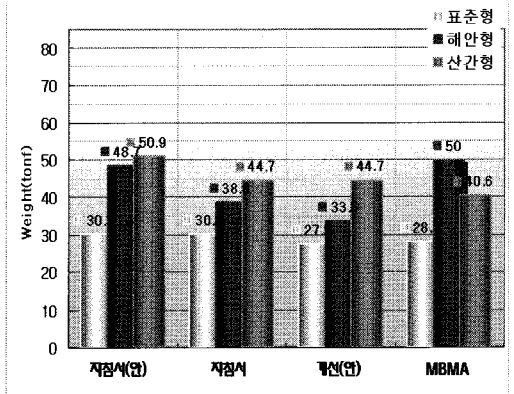


Fig. 12. 유우사 단면도.



PEB FRAME-SECONDARY BRACING				PEB STRUT			
구분	표준형	해안형	산간형	구분	표준형	해안형	산간형
자침서(안)	기준	기준	기준	자침서(안)	기준	기준	기준
자침서	▼ 0.4 %	▼ 10 %	▼ 13 %	자침서	▼ 0.3 %	▼ 20 %	▼ 12 %
개선(안)	▼ 10 %	▼ 25 %	▼ 13 %	개선(안)	▼ 8 %	▼ 21 %	▼ 12 %
MBMA	▼ 8 %	▼ 1 %	▼ 20 %	MBMA	▼ 7 %	▼ 3 %	▼ 20 %

Fig. 13. 유우사 설계결과.

경우에는 개방형 모델을 적용한 MBMA가 가장 작게 나타났다.

PEB 및 보조재 (STRUT)를 포함 강재량을 비교하면 증감추이는 단순 PEB 강재량과 비슷하지만, 해안형의 경우에는 다른 것을 알 수 있다. 이는 해안형의 경우 기준이 되는 지침서(안)을 적용한 모델의 철골 소요량에서 보조재 (STRUT) 물량이 추가되었기 때문이다. 개방형 모델을 적용한 MBMA의 해안형은 단순 PEB 철골 소요량 보다 많이 증가한 것을 살펴볼 수 있는데, 이는 한우사의 경우와 마찬가지로 종방향 (Longitudinal Direction)에 대한 풍압계수 (Cpe) 값이 크기 때문에 나타난 결과이다.

Table 4. 철골 소요량 비교

구분	표준형	해안형	산간형
한우	<p>Weight (ton)</p> <p>BRACING SECONDARY FRAME</p> <p>지점서(안) 지점서 편선(안) MBMA</p>	<p>Weight (ton)</p> <p>BRACING SECONDARY FRAME</p> <p>지점서(안) 지점서 편선(안) MBMA</p>	<p>Weight (ton)</p> <p>BRACING SECONDARY FRAME</p> <p>지점서(안) 지점서 편선(안) MBMA</p>
	<p>Weight (ton)</p> <p>ROOF STRUT WALL STRUT BRACING SECONDARY FRAME</p> <p>지점서(안) 지점서 편선(안) MBMA</p>	<p>Weight (ton)</p> <p>ROOF STRUT WALL STRUT BRACING SECONDARY FRAME</p> <p>지점서(안) 지점서 편선(안) MBMA</p>	<p>Weight (ton)</p> <p>ROOF STRUT WALL STRUT BRACING SECONDARY FRAME</p> <p>지점서(안) 지점서 편선(안) MBMA</p>
유우	<p>Weight (ton)</p> <p>BRACING SECONDARY FRAME</p> <p>지점서(안) 지점서 편선(안) MBMA</p>	<p>Weight (ton)</p> <p>BRACING SECONDARY FRAME</p> <p>지점서(안) 지점서 편선(안) MBMA</p>	<p>Weight (ton)</p> <p>BRACING SECONDARY FRAME</p> <p>지점서(안) 지점서 편선(안) MBMA</p>
	<p>Weight (ton)</p> <p>ROOF STRUT WALL STRUT BRACING SECONDARY FRAME</p> <p>지점서(안) 지점서 편선(안) MBMA</p>	<p>Weight (ton)</p> <p>ROOF STRUT WALL STRUT BRACING SECONDARY FRAME</p> <p>지점서(안) 지점서 편선(안) MBMA</p>	<p>Weight (ton)</p> <p>ROOF STRUT WALL STRUT BRACING SECONDARY FRAME</p> <p>지점서(안) 지점서 편선(안) MBMA</p>

3. 설계결과 요약

Table 5. 설계결과 요약

구 분		'08년 표준축사 설계지침서			
		표 준 형	해 안 형	산 간 형	
한 우 사	지침서	LCB	1.0D + 0.5L + 1.0W1>	1.0D + 0.5L + 1.0W1>	1.0D + 1.0CG + 1.0US*
		STRESS RATIO	0.40, 0.66, 0.77	0.54, 0.84, 0.97	0.77, 0.97, 0.80
		DEF. DRIFT	H/151 L/386	H/150 L/432	H/184 L/325
		철골량 (tonf)	41.2	52.4	58.0
	개선(안)	LCB	1.0D + 0.5S + 1.0W1>	1.0D + 0.5S + 1.0W1>	1.0D + 1.0CG + 1.0US*
		STRESS RATIO	0.40, 0.64, 0.80	0.82, 0.86, 0.86	0.75, 0.97, 0.80
		DEF. DRIFT	H/101 L/386	H/100 L/313	H/184 L/326
		철골량 (tonf)	40.8	49.3	58.0
	MBMA	LCB	1.0D + 1.0CG + 1.0L	1.0D + 0.5S + 1.0W2>	1.0D + 0.5S + 1.0W3>
		STRESS RATIO	0.52, 0.75, 0.78	0.88, 0.99, 0.99	0.92, 0.93, 0.99
		DEF. DRIFT	H/148 L/1140	H/101 L/2450	H/108 L/326
		철골량 (tonf)	39.6	61.6	54.8
유 우 사	지침서	LCB	1.0D + 1.0CG + 1.0L	1.0D + 0.5L + 1.0W1>	1.0D + 1.0CG + 1.0US*
		STRESS RATIO	0.55, 0.60	0.38, 0.57	0.93, 0.98
		DEF. DRIFT	H/151 L/532	H/150 L/766	H/208 L/496
		철골량 (tonf)	30.2	38.8	44.7
	개선(안)	LCB	1.0D + 0.5L + 1.0W1>	1.0D + 0.5S + 1.0W1>	1.0D + 1.0CG + 1.0US*
		STRESS RATIO	0.57, 0.77	0.77, 0.87	0.93, 0.98
		DEF. DRIFT	H/100, L/421	H/102, L/563	H/208, L/496
		철골량 (tonf)	27.5	33.5	44.7
	MBMA	LCB	1.0D + 1.0CG + 1.0L	1.0D + 0.5S + 1.0W2>	1.0D + 1.0CG + 1.0S
		STRESS RATIO	0.75, 0.96	0.96, 0.95	0.95, 0.99
		DEF. DRIFT	H/165 L/1145	H/100 L/2848	H/120 L/476
		철골량 (tonf)	34.3	50	40.6

결 론

본 연구에서는 '08년 표준축사 모델에서 일반형강을 이용한 구조시스템과 비교하여 더욱 경제적인 PEB 구조시스템을 도입하였다. 또한 설계하중 적용방법을 개선하여 더욱 경제적인 설계기술을 제안하였으며, 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) PEB의 경제적 우수성을 입증하였으며, 경제적인 구조시스템의 도입을 통한 축산농가의 경쟁력 강화에 크게 기여할 것으로 판단된다.

[일반형강 대비 PEB]

구 분	표준형	해안형	산간형
한우사(CB2)	▼ 39%	▼ 42%	▼ 39%
유우사(RF)	▼ 52%	▼ 54%	▼ 50%

(2) 한우사의 경우 RF (Rigid Frame) 대비 CB2 (Continuous Beam2)의 경제성을 비교 검토한 결과, 내부에 기둥이 있는 CB2를 적용시 표준형 보다 해안형 및 산간형에서 유리하다.

[RF 대비 CB2]

구 분	표준형	해안형	산간형
지침서(안)	▲ 5%	▼ 11%	▼ 11%
지 침 서	▲ 3%	▼ 15%	▼ 7%
개 선 (안)	▲ 6%	▼ 7%	▼ 7%
MBMA	▲ 1%	▼ 7%	▼ 8%

(3) 축사의 내구연한을 고려하여 적설하중 및 풍하중의 재현기간을 각각 25년, 10년 이상으로 감소시킴으로서 더욱 경제적인 모델을 제안할 수 있다.

[50년 대비 25년 재현주기]

구 분	표준형	해안형	산간형
한우사(CB2)	▼ 8%	▼ 10%	▼ 5%
유우사(RF)	▼ 0.4%	▼ 13%	▼ 13%

(4) 표준형 및 해안형의 경우 적재하중 감소, 사용성 검토 기준 완화에 따른 더욱 경제적인 모델을 제안할 수 있었다. 그러나 산간형의 경우 불균형 적설하중에 의한 영향이 지배적이기에 개선(안) 적용시 철골 소요량의 변화는 없었다.

[지침서 대비 개선(안)]

구 분	표준형	해안형	산간형
한우사(CB2)	▼ 1%	▼ 6%	0%
유우사(RF)	▼ 9%	▼ 14%	0%

(5) 지붕의 경사도가 10도 이상인 '08년 표준축사 모델 (18.4°)은 강한 바람 (45 m/sec 이상)이 예상되는 경우, 사면을 막은 밀폐형 (Enclosed) 모델이 개방형 (Open) 모델에 비해 더욱 안정적이다.

[Enclosed 대비 Open]

구 분	표준형	해안형	산간형
한우사(CB2)	▼ 4%	▲ 9%	▼ 14%
유우사(RF)	▼ 7%	▲ 13%	▼ 14%

(6) 현행 국내 기준에서 경사 지붕면 풍압계수 표에 대한 세분화가 필요할 것이며, 축사 및 창고의 설계에 적합한 풍압계수 등에 대한 고찰이 필요할 것이다.

(7) 부분 가새(Partially Bracing)에 의해 발생하는 기둥의 약축 모멘트에 대한 효율적인 저항시스템의 개발이 필요할 것이며, 보다 효율적인 자연재해 방지 대책의 수립과 함께 축사 설계지침서의 마련이 필요할 것으로 판단된다.

사 사

본 연구는 국토해양부 지역기술혁신사업의 연구비 지원 (과제번호 # '08지역기술혁신 B01-02)에 의해 수행되었습니다.

인 용 문 헌

1. Metal Building Manufacturers Association, Metal Building Systems Manual, 1986.
2. Metal Building Manufacturers Association, Metal Building Systems Manual, 2006.
3. American Institute of Steel Construction, Inc., Allowable Stress Design 9th, 1989.
4. American Institute of Steel Construction. Manual of Steel Construction for Structural Steel Buildings, 2nd Ed., 1994.
5. American Iron and Steel Institute, Cold-Formed Steel Design, 2002.
6. American Society of Civil Engineers, Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures, ASCE/SEI 7-05, 2005.
7. 대한건축학회, 강구조 계산규준 및 해설, 1983.
8. 대한건축학회, 건축물 하중기준 및 해설, 2000.
9. 한국강구조학회, 강구조설계기준, 2003.
10. 대한건축학회, 건축구조설계기준, 2005.
11. 동부제철주식회사, 경량 H형강 구조설계 편람, 2005.
12. 도병호, PEB SYSTEM 설계검토, 한국건축구조기술사회지, 2007. 3.
13. 농림수산식품부, 농협중앙회, '08년 축사 표준설계도, 국토해양부 공고 제2008-797 호, 2008. 12.