

多 span 變斷面柱 山形架構의 實用解에 관한 研究

A Study on Simplified Design Stress Analysis of Multi-span Gable Frame Structures with Crane Supports.

咸 性 權

ABSTRACT

The aim of this study is the introduction of simplified method for the design stress analysis of multi-span gable frame structures with crane supports.

Under the author's assumptions made previously for the same structures of single span, simplified stress analysis and exact computer analysis are executed for some multi-span sample structures.

Comparing the results of both stress analysis and with some modifications, a feasible simplified method for the design stress analysis of multi-span gable frame structures with crane supports is established.

(1) 序

本論文은 이 研究에 先行한, 本人이 調査研究한 아래의 變斷面柱 單 span 山形架構의 實用解法(本學會誌 18卷 57號(1974.3-4))이 變斷面柱 多 span 山形架構의 實用解에도 適用되는가를 研究한 論文이다.

1. 實用解의 適用範圍.

建物の 立地가 最大降雪深 30cm, 最大風速 45m/sec 程度의 非多雪 非暴風 非地震地帶에 屬하고, 運搬荷重 5t~100t 程度의 天障走行크레인을 支持하는 變斷面柱와 지붕물매 0.2~0.35 程度의 지붕山形架構를 가지는 I形 또는 H形鋼으로 된 一般工場建物の 鐵骨造 變斷面柱 單 span 山形架構의 實用的應力解에 쓰일 수 있다.

2. 實用解法.

a. 기동變斷面點을 假想的鉸點으로 보고 各部材의 設計用應力을 靜定力學的으로 求한다.

b. 기동變斷面點부터 위의 地붕山形架構部分의 各部材에 對한 設計用應力은 雪短期荷重 즉 DL+SL에 의하여 求한다. 이 때 柱假想鉸點에 對한 剪斷力값으로는 地붕全荷重에 아래 表의 m_u 값을 곱한 값을 쓴다.

c. 기동變斷面點부터 아래의 下部柱에 對한 設計用應力은 固定荷重과 크레인荷重에 의한 長期荷重으로 求한다. 이 때 柱假想鉸點에 對한 剪斷力값으로는 크레인의 建物 span 方向 全水平荷重值에다 地붕全荷重에 아래 表의 m_l 값을 곱한 것을 合한 값을 쓴다. 그리고 鉛直荷重들의 柱斷面中心에 對한 偏心에서 오는 모멘트와, 柱軸力에 對한 크레인水平荷重의 影響은 無視한다.

大韓建築學會, 副會長, 漢陽大教授, 工博.

建物span	13m內外	19m內外	25m內外	備 考
m_u	0.25	0.3	0.35	기타 建物 span에 대해서는 中間補間.
m_l	0.35	0.3	0.25	다만 항상 $\Sigma m = 0.6$
Σm	0.6	0.6	0.6	

(2) Sample 建物

本研究에 對한 Sample 建物로는 그림 1의 4種을 擇하였고 各部構造치수와 荷重假定은 표 1을 參

照기로 한다.

크레인荷重에 의한 기동直壓力 P_c 와 橫力 H_c 는 아래의式에 의하여 표 2와 같이 되며 이값이 표 1에 記入되어 있다.

車輪 2個때(C10, C25, C50):

$$P_c = 1.2W_c \left(2 - \frac{a}{s}\right) \quad H_c = 0.1W_c \left(2 - \frac{a}{s}\right)$$

車輪 4個때(C80):

$$P_c = 1.2W_c \left(4 - 2\frac{a}{s} + 2\frac{b}{s}\right)$$

$$H_c = 0.1W_c \left(4 - 2\frac{a}{s} + 2\frac{b}{s}\right)$$

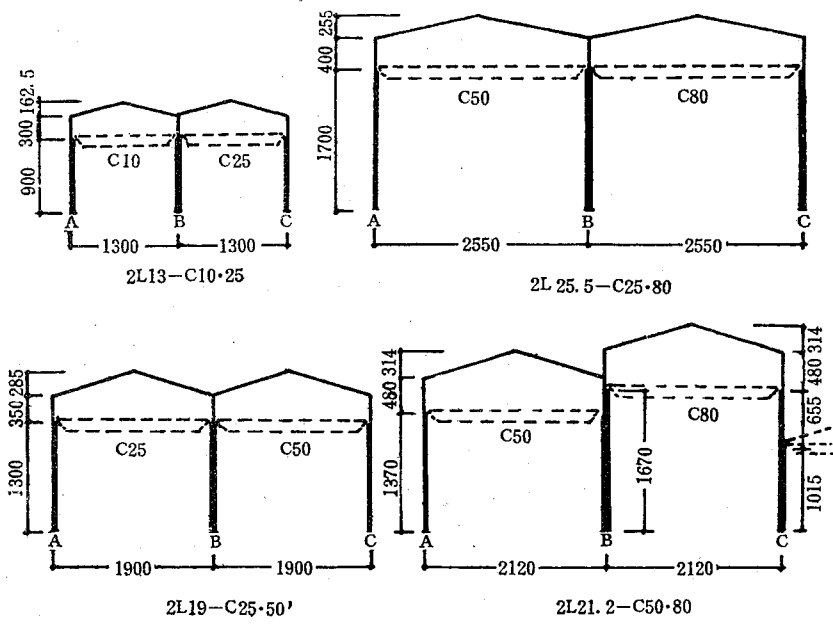


그림 1

표 1

單位 t, m

Sample 建物	2L13-C10.25			2L19-C25.50			2L25.5-C50.80			2L21.2-C50.80		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
L		13			19			25.5			21.2	
s		6			8			10			12*	
n		2			2			3			3	
h ₁		9			13			17		13.7	13.7-16.7	10.15-16.7
h ₂		3			3.5			4			4.8	
tan θ		0.25			0.3			0.2			0.3	
w _{rD}		0.06			0.065			0.07			0.07	
w _{r,s}		0.06			0.06			0.06			0.06	
w _w		0.04			0.04			0.04			0.04	
w _{c1}		0.15			0.2			0.4		0.4	0.45	0.4
w _{c2}		0.05			0.1			0.15			0.15	
w _c		0.2			0.35			0.45		0.5	1.1	1.0
P _c		16.1-28.7			35.75-60.36			70.41-122.8		72.7	72.7-107.8	107.8-29.3
H _c		1.34-2.39			2.98-5.03			5.87-10.24		6.05	6.05-10.0	10.0-2.5
m _w		0.25			0.3			0.35			0.32	
m _l		0.35			0.3			0.25			0.28	

s: 架構의 間隔 n: 架構間隔의 間柱 및 sub-beam에 의한 分割數 * 14m, 10m의 平均
 θ: 起重 傾斜角
 w_{c2}: 上部柱 自重
 w_{rD}: 水平面當 起重 單位固定荷重 w_{r,s}: 水平面當 起重 單位雪荷重 w_w: 水 單位 固定荷重
 P_c: 起重 鉛直荷重 H_c: 起重 的 建物 span 方向 水 平荷重

표 2. 起重 荷重 P_c, H_c 單位: t, m

Sample 建物	l _c	W _c	s	a	b	P _c	H _c
L13-C10	12	8.75	6	2.8	—	16.1	1.34
L13-C25	12	18.4	6	4.2	—	28.7	2.39
L19-C25	18	20.2	8	4.2	—	35.75	2.98
L19-C50	18	35.3	8	4.6	—	60.36	5.03
L25.5-C50	24	38.1	10	4.6	—	70.41	5.87
L25.5-C80	24	31.4	10	4.9	1.2	122.84	10.24
L21.2-C15	20	14.0	10	3.6	—	29.3	2.5
L21.2-C50	20	36.2	10	4.6	—	72.7	6.05
L21.2-C80	20	29.7	10	4.9	1.2	107.8	10.0

※ L21.2 는 s=14m, 10m에 대하여 별도 계산된 값
 l_c: 起重 的 span
 W_c: 最大車輪壓
 a, b: 車輪間隔

(3) 實用解

各 Sample 建物에 대한, 實用解에 따른 設計用應力은 표 4 에서 보는바와 같다. 이 實用解는 앞에서 紹介한 變斷面柱 單 span 山形架構에 대한 實用解法에 따른 아래의 式들에 의한 것이며 (다만 2L21.2-C50.80 Sample 建物의 B, C 列에 대해서는 實用解의 方針에 따라 別途計算된 것) 아래에서 w_r 은 w_{rD} + w_{r,s} 를 表示한 것이다. 그리고 實用解法에 있어서의 各 Sample 建物에 대한 m_w, m_l 값은 표 1 에 記入되어 있다.

지붕傾斜部材 :

휨모멘트 ${}_1M = m_u w_r L s h_2 / 1.5$

剪斷力 ${}_1S = w_r L s (0.5 \cos \theta - m_u \sin \theta) / 1.5$

또는 $m_u w_r L s \sin \theta / 1.5$ 中 큰 값

軸力 ${}_1N = w_r L s (0.5 \sin \theta + m_u \cos \theta) / 1.5$

또는 $m_u w_r L s \cos \theta / 1.5$ 中 큰 값

A, C 列 上部柱 :

휨모멘트 ${}_2M = {}_1M$

剪斷力 ${}_2S = m_u w_r L s / 1.5$

軸力 ${}_2N = w_r L s / 3$

A, C 列 下部柱 :

휨모멘트 ${}_1M' = (m_l w_{r,b} L s + H_c) h_1$

剪斷力 ${}_1S = m_l w_{r,b} L s + H_c$

軸力 ${}_1N = (w_{r,b} L s / 2 + w_{w,s} h_2 / n + w_{c,2} h_2) + (w_{w,s} h_1 / n + w_{c,1} h_1 + w_{c,s}) + P_c$

B 列 上部柱 :

휨모멘트 ${}_2M' = 0$ 剪斷力 ${}_2S' = 0$

軸力 ${}_2N' = \Sigma({}_2N)$

B 列 下部柱 :

휨모멘트 ${}_1M' = \Sigma H_c h_1$ 剪斷力 ${}_1S' = \Sigma H_c$

軸力 ${}_1N' = \Sigma({}_1N)$

표 3. 部材斷面

Sample 建物	列	지붕部材	上部柱	中間柱	下部柱	type a의 m (cm)	type a의 m (cm)		
2L13-C10.25	A	I-346·174·6·9	I-300·150·6.5·9	—	I-606·201·12·20	90			
	B				2 I-300·150·6.5·9 ^a				
	C								
2L19-C25.50	A	I-496·199·9·14	I-340·250·9·14	—	I-792·300·14·22	105			
	B				2 I-500·200·10·16 ^a				
	C				I-808·302·16·30				
2L25.5-C50.80	A	I-582·300·12·17	I-402·303·13·22	—	2 I-700·300·13·24 ^a	85			
	B				2 I-602·304·16·27 ^a				
	C				2 I-808·302·16·30 ^a				
2L21.2-C50.80	A	I-596·199·10·15	I-396·302·12·19	(I-396·302·12·19 ^b I-708·302·15·18 ^b I-396·302·12·19 ^b I-602·304·16·27 ^b)	2 I-602·304·16·27 ^a	65			
	B				2 I-708·303·15·28 ^a			120	60
	C				2 I-602·304·16·27 ^a				

표 4. 精算과 實用解의 比較

單位 : t, m

Sample 建物	算法	지붕部材			上部柱						下部柱								
					A C 列			B 列			A 列			B 列			C 列		
		N	S	M	N	S	M	N	S	M	N	S	M	N	S	M	N	S	M
2L13-C10.25	精算	2.24	2.66	6.85	3.22	1.74	4.1	7.06	1.62	3.7	22.6	3.3	22.4	54.5	4.2	36.2	35.2	3.9	25.8
	實用解	2.27	2.65	4.68	3.12	1.56	4.68	6.24	0	0	22.6	2.98	2.68	57.8	3.73	33.6	35.2	4.03	36.3
	修正			7.02					2.65	4.68						39.3			
2L19-C25.50	精算	4.85	5.26	20	6.15	3.6	11.9	14.3	3.3	9.2	48.7	6.09	57	117	9	108	73.3	7.9	77.4
	實用解	5.46	4.97	13.3	6.33	3.8	13.3	12.7	0	0	49.15	5.94	77.3	123	8.01	104.1	73.7	80	104
	修正			20					4.97	13.3						117			
2L25.5-C50.80	精算	8.45	9.14	47.7	11	7	29.3	24.5	5.2	20	94.2	11.3	157	233	17.6	261	146	15.8	211
	實用解	9.74	9.33	30.9	11.1	7.74	30.9	22.2	0	0	94	10.3	176	241	16.1	274	147	14.7	250
	修正			46.4					9.33	30.9						305.5			
2L21.2-C50.80	精算	8	8.03	31.2	12	5.8	28.7	26	6.8	29	99.5	11.8	144	230	17.5	277	189	16	253
	實用解	9.93	8.53	33.9	11	7.06	33.9	22	0	0	96.8	11	151	230	16.1	250	185	17.5	276
	修正								8.53	33.9						271.1			
2L21.2-C50.80																			
	精算																		
實用解																			
修正																			

(4) 精算

各 Sample 建物の 주어진 荷重에 대한 應力精算은 IBM STRESS program 에 의하였고 그 結果的 設計用 應力 값들은 표 4에 記載된바와 같다. 이 精算值는 먼저行한 實用解의 設計用 應力에 의하여 決定된 표 3의 部材斷面에 따라 電算된것이고 荷重組合은 DL, SL, WL, CL (Crane) 에 대하여 빠짐없이 組合된것이고 材料의 短期荷重에 대한 許容應力度는 長期의 1.5 倍로 한 것이다.

※日本製品規格



(5) 精算과 實用解의 比較

精算과 實用解를 比較한 표 4를 볼때 다음과 같은 事實들이 알려진다.

- a. 實用解의 結果는 아래의 事項들을 除外하고 모두 實用解의 數值를 나타내고 있다.
- b. 各 Sample 建物에서 中央柱인 B列의 上部柱에 대한 設計用 剪斷力 S와 휨모멘트 M은 側柱인 A, C列의 값을 쓰면 된다는 것이 알려진다.
- c. 實用解에 의한 지붕傾斜部材의 設計用 휨모멘트는 B列上의 連續端에서 精算에 대하여 상당한 危險側誤差를 보이고 있다.
- d. 各 Sample 建物에서 實用解의 휨모멘트는 A, C列 즉 側柱에 있어 上部柱 中間柱 下部柱나 모두 安全側誤差가 있고 一部 下部柱에서 安全側誤差가 40%에 達한것이 있다. 그러나 이것은 實用解라는 意味와 全體建物の 材料消費量에 미치는 影響이 크지 않다는 見地에서 許容되는 것이라고 볼 수 있다.
- e. 各 Sample 建物에서 實用解의 휨모멘트는 B列 즉 中央柱의 中間柱와 下部柱에서 危險側誤差가 있다.

(6) 實用解의 補足

위에서 行한 精算과 實用解의 比較에 따라 지금 多 span 變斷面柱 山形架構의 實用解法에 대한 補足を 위의 項들中의 危險側應力에 대하여 試圖하여 보면 아래와 같다.

1. 지붕傾斜部材의 連續端 設計用 휨모멘트에 대하여 :

표 4에서 볼때 지붕部材의 精算에 의한 휨모멘트가 實用解에 대하여 특히 增大되는 部分은 지붕部材가 直接 連續되는 2L13, 2L19, 2L25.5 Sa-

mple 建物の B列點의 左右部分이며 이것은 一般 連續보가 連續端에서 휨모멘트가 增大되는 것과 同一한 現象이라고 보여짐으로 本研究에서는 이것을 調査하기 위하여 各 2L13, 2L19, 2L25.5 Sample 建物에서 下部柱를 分離한 連續지붕山形 架構部分(柱脚鉸點)에 대하여 지붕 DL+SL에 대한 IBM program 에 의한 應力精算을 하여 그 結果를 精算值와 比較한 結果 兩者의 값이 近似하다는 事實에 따라 2L13, 2L19, 2L25.5 Sample 建物과 같이 2個 同一 span의 경우에는 표 4의 修正值欄에서 보는바와같이 지붕部材의 이와같은 部分의 實用解의 設計用 휨모멘트값으로는 2等 span 等分布荷重 連續보의 連續端 휨모멘트 增大率인 1.5를 實用解의 휨모멘트에 곱한 값을 쓸 수 있다는 것이 알려졌다.

2. 中央柱의 設計用 휨모멘트에 대하여 :

위에서 精算과 實用解의 比較때에 指摘한, Sample 建物들의 中央柱의 中間柱部分과 下部柱部分의 實用解에 의한 設計用 휨모멘트의 危險側誤差는 IBM program 에 의한 精算過程을 檢討하여 볼때 주로 荷重값이 他荷重보다 큰 크레인鉛直荷重의 柱中心에 대한 偏心모멘트에 의한 것이라고 分析되었다.

따라서 지금 이와같은 見解에 따라 各 Sample 建物마다 中央柱의 中間柱部分이나 下部柱部分의 實用解에 의한 모멘트에 크레인鉛直荷重에 의한 偏心휨모멘트를 加算할때 그값은 표 4의 修正值欄에서 보는바와같이 되어 精算值와 잘 一致한다.

(7) 結 論

以上の 調査에 따라 本人이 發表한바 있는 變斷面柱 單 span 山形架構에 대한 實用解法은 다음과 같은 補足を 하면 多 span 變斷面柱 山形架構의 實用解에도 適用된다는 것이 結論된다.

3. 多 span 變斷面柱 山形架構에 대한 適用. 이 實用解法을 多 span 變斷面柱 山形架構에 適用할때에는 아래 事項을 別途로 考慮한다.

a. 지붕山形架構의 支脚의 設計用 剪斷力과 휨모멘트는 中央柱部分것도 側柱것과 同一히 한다.

b. 지붕部材가 서로 連續되는 部分의 지붕部材의 設計用 휨모멘트는 實用解에 따른 設計用 휨모멘트값에 그 連續性을 考慮한 増率을 곱하며 이 増率は 等分布荷重을 받는 連續보의 増率에 準한다.

c. 中央柱의 中間柱部分 또는 下部柱部分에 대한 設計用 휨모멘트에는 크레인鉛直荷重에 의한 偏心모멘트를 別途로 加算한다.