

豪雪荷重を考慮した大径間屋根構造に関する静的応答制御

信州大学工学部 正会員 吉澤孝和 ○学生員 山田貴男

1. はじめに

豪雪地帯における大径間屋根構造物に対するこれまでの研究では、制御用テンドンに有する上弦材をパラボラ型に配置したトラス構造を考え、テンドン張力を調整してたわみを0に制御する最適化問題を検討してきた。本研究では数値解析により種々の形態の積雪荷重を上弦材に直接作用させ、部材の曲げを考慮した場合の力学特性の検討、及び支点条件をこれまでの固定端から、端部支柱上の支点とした場合の端部支柱の設計及び全体の構造特性に関する検討を行う。

2. 構造形状に関する解析結果

Fig.1 に示すトラス構造の上弦材に制御用のテンドンを配置する。これを基本形状として、Table 1 に示す各構造系について解析を行う。解析に当り構造寸法はFig.1 に従い、テンドンを

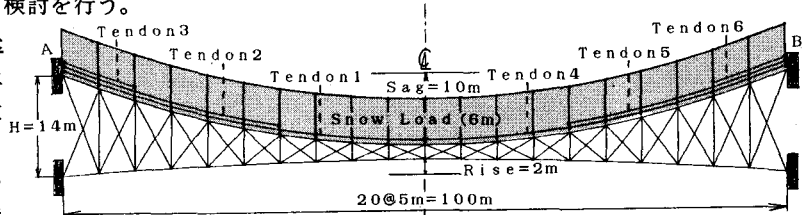


Fig.1 Parabola Truss System Equipped with Control Tendons

6本対称に配置し、最適化条件によりたわみを0に近づけるようなテンドンの張力を求める。深さ6mの等分布積雪荷重を極大荷重としてそれに耐えるように断面を設計した。また系の両端は上下共に不動の支点に固定されるものとする。この条件のもとでTable 1 に示すような8タイプの形状について解析した。まずタイプ①②を比較するとパネル長10mのタイプ②よりも5mのタイプ①の方が自重を軽減できる。また等格間タイプ①②では等分布雪荷重により生じた部材端モーメントが隣合う格間どうして打ち消されていたものが、斜材傾角を統一したタイプ③のように不等格間にするとうモーメントの打ち消しがなくなり、構造的には不利な結果を招く。また本研究の構造系においては、テンドン張力で吊り上げ効果を得ると上弦材の端部に大きな圧縮力を与える。このためタイプ④⑤のような斜材配置の場合、タイプ⑤のほうが上弦材の端部にかかる圧縮力を斜材に逃がすために自重が低く抑えられる。またタイプ⑦⑧のようにトラス機構を取り除くと、タイプ⑦のように形状維持に対する制御効果が極端に低下したり、タイプ⑧のように制御はできるものの形状維持のために断面が大きくなり自重が増大する。以上の検討より、等格間タイプのトラス構造で支付近の上弦材に発生する圧縮力を緩和し易いタイプ⑤の方式が良好な形状であると思われる。

Table 1 Comparison of Analytic Results in Each Structural Type

	Type of Roof Frame System	Dead Load (t)	Tension Total (t) Max. (t)	Relative Deflection (cm)	Support Reaction		
					Horizontal (t)	Vertical (t)	Moment (t·m)
①		81.8	738.9 626.3	0.024	U -649.51	261.79	11.19
					L 4.94	3.94	0.24
②		101.4	773.8 663.0	0.005	U -678.15	272.31	44.89
					L 4.98	3.52	0.81
③		86.1	754.9 633.0	0.034	U -647.73	264.51	58.38
					L 5.79	3.71	1.02
④		84.6	1255.3 654.0	0.282	U -646.70	266.69	27.27
					L 7.28	0.60	0.04
⑤		76.9	744.2 638.4	0.183	U -647.47	259.55	10.97
					L 4.53	3.98	0.23
⑥		97.3	872.7 628.0	0.044	U -671.73	273.19	46.24
					L 3.66	0.31	0.03
⑦		77.2	642.3 642.3	11.169	U -650.27	262.93	23.82
					L 0.78	0.62	1.76
⑧		161.7	6531.8 5587.8	0.310	U -680.91	305.83	194.38
					L -	-	-

Total: Tendon Force Summation at Support A Max.: Maximum Tension in Actuated Tendons
Relative Deflection = $|+\delta z_{\max}| + |-\delta z_{\max}|$ (δ =deflection after control)

3. 支柱の設計に関する解析結果

前節の検討では設計荷重を深さ6mの等分布積雪としたが、実際は片寄った積雪状態となる場合が多い。そこでTable 2 に示す3タイプの積雪（最大深度6m）を極大荷重として断面を設計し直す。系の形状は前節のタイプ⑤を用い、また荷重条件が厳しくなるので構造寸法をFig. 2 に変更する。ここで簡単のために屋根構造と支点構造を分けて力学的特性を検討する。

1) 屋根部の設計に関する検討

解析は支点部を弾性支承とし、 $H=20\text{m}$ 、バネ定数（水平 80000t/m、鉛直 240000t/m、曲げ $160000\text{t}\cdot\text{m}/0.01\text{rad}$ ）を与えて断面を決定した。

解析を行った結果、鉛直、曲げ

変位については影響はほとんどないが、水平変位が増加すると上弦材の断面が増加する傾向がでた。Table 2 は水平方向のバネ定数を変化させた時の自重と制御効果を示したものである。

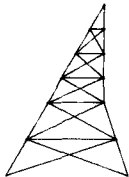
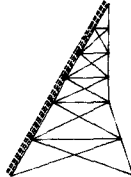
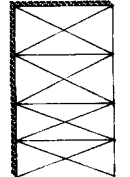
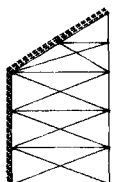
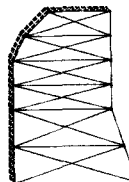
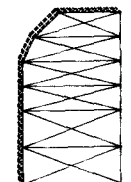
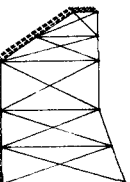
Table 2 Influence of Elastic Support (Horizontal Displacement of Upper Support, Weight of Structure, Relative Deflection after Control)

Modulus of Elastic Support (t/m)		80000	100000	130000	150000	180000
Type of Snow Loading	Dead Load (t)	137.6	123.8	118.5	117.7	115.0
	Relative Deflection (cm)	1.35	1.06	0.91	0.85	0.78
	Horizontal Displacement (cm)	0.54	0.43	0.33	0.29	0.24
	Relative Deflection (cm)	4.54	4.03	3.79	3.74	3.60
	Horizontal Displacement (cm)	0.44	0.34	0.26	0.23	0.19
	Relative Deflection (cm)	2.23	2.66	3.00	3.08	3.25
	Horizontal Displacement (cm)	0.47	0.37	0.28	0.24	0.20

2) 支柱部の設計に関する検討

上記1) の結果を考慮して、特に上部支点の水平変位を抑え得る支柱の方式を詮索する。設計における外力は、6mの等分布積雪荷重を受けるFig. 2 の屋根構造の支点反力（支点は固定とする）を支点となる支柱構造の節点に作用させる。

Table 3 Comparison of Analytic Results in Each Support Types

解析結果をTable 3 に示す。支柱上部の水平変位を減少させるには、テンダンの屈折で生ずる水平反力をできるだけ支柱下部で発生させる形状が良い。またタイプⅤとⅥから、支柱の脚部を内側に傾けるほど支柱上部の水平変位が減少することがわかる。以上の条件を満たす支柱形状はタイプⅦである。この形状を1) で解析した屋根と結合させて全体系とする。	Type	I	II	III
	Configuration of Supporting Truss			
	Dead Load (t)	334.0	267.6	244.0
	Horizontal Displacement(cm)	1.42	1.25	1.04
	IV	V	VI	VII
				
	196.3	255.7	268.7	182.3
	0.95	0.55	1.20	0.22

解析結果をTable 3 に示す。支柱上部の水平方向変位を減少させるには、テンドンの屈折で生ずる水平反力をできるだけ支柱下部で発生させる形状が良い。またタイプVとVIから、支柱の脚部を内側に傾けるほど支柱上部の水平変位が減少することがわかる。以上の条件を満たす支柱形状はタイプVIIである。この形状を1) で解析した屋根と結合させて全体系とする。