

1. はじめに

豪雪地帯において長大屋根構造物を考える場合、屋根雪処理が重要な課題となる。本研究はトラスの上弦材節点をパラボラ曲線上に配置し、上弦材中に複数の制御用テンドン（ケーブル）を設置して、各種の積雪荷重に対して、構造系のたわみ及び部材力の制御を行う構造方式を提案する。つまり屋根上の積雪を除雪せず、積雪荷重をテンドンの高い引張力で支持するという構想である。これにより除雪費用を省く。また種々の積雪荷重に対してはテンドン張力を調整してトラスの負荷を軽減し、屋根材の変形を微量に制御することにより防水性と安全性を確保するものである。以下、この系の静力学特性に関する検討と考察を述べる。

2. 制御方式

基本構造系をFig. 1 に示す。静的に漸変する積雪荷重に対する制御方法として以下の2方式について検討する。

1) 制御方式I (Control System I)

Fig. 1 に示すように、複数のテンドンを支点部の緊張装置から上弦材を通

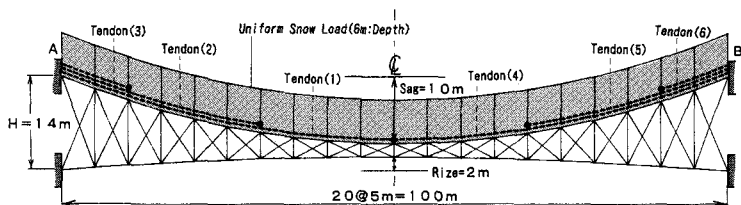


Fig. 1 Parabola Truss System Equipped with Control Tendons

して格点間を経由させ、所定の格点に結合させた制御方式である。ここで各種積雪荷重に対する制御に必要な各テンドンの張力は、以下の条件式と目的関数のもとに最適化理論を用いて決定する。

$$\text{条件式: } |\delta_i + \sum v_{ij}| \leq E \quad \text{目的関数: } \sum T_j \rightarrow \min.$$

δ_i : 荷重によって生ずる上部節点[i] のたわみ, v_{ij} : テンドン(j) の緊張によって生ずる節点[i] の引き上げ量, E : 許容誤差, T_j : テンドン(j) の緊張力

2) 制御方式II (Control System II)

Fig. 4. (a) に示すように上弦材の各パネルごとに個別に制御用テンドンを設置した系である。各パネル内のテンドンに発生させる張力は以下の手順で定める。

- ① テンドン張力を発生させない状態で積雪荷重に対するトラス上弦材の軸力を求める。
- ② 各上弦材に生ずる引張力を当該パネル内のテンドン張力に置換する。
- ③ 上記②のテンドン張力を発生させた状態で再び同一積雪荷重に対して上弦材の軸力を求める。
- ④ ②③を反復させ、上弦材の軸力が十分0に収束した時の張力を所定の制御力とする。

3. 構造特性の検討及び考察

トラスの部材配置方式と積雪荷重形態（最大深度6m）をFig. 2 に示す。以下の解析は図示の3タイプ（全支点不動）に上記の2つの制御方式を用いる。系の設計は等分布積雪荷重(Fig. 2(a), Uniform Load; UL)のみの場合と3種類積雪荷重(Fig. 2(a)(b)(c), Various Load; VL)の全てを考慮した場合についてTable 1 に示す10種類の条件の下に行った。この表には鋼重量の合計と、上弦材・下弦材・腹材別に部材種別1本当たり平均重量を示す。

Table 1 において等分布積雪荷重のみ(UL)の場合、制御方式Iでは、タイプBが他のトラスに比べ軽量となる。タイプAは、タイプBに比べテンドンの引き上げ効率が

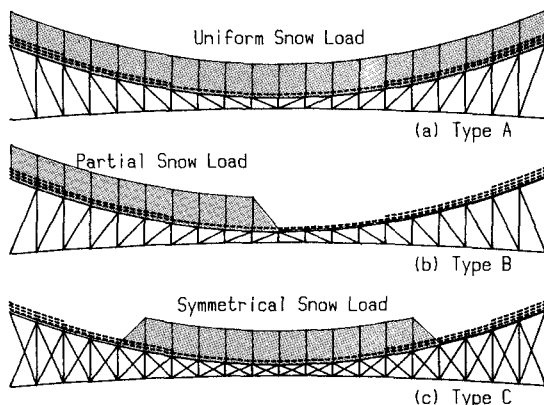


Fig. 2 Types of Truss and Snow Load

悪く、テンドン張力が増大し、上弦材の所要断面積が増す。しかしながら、制御方式ⅡではタイプAもタイプBも同程度となる。つまりこの制御方式は上弦材に軸力を生じさせないため、上弦材の所要断面積は両者とも同程度となる。

3種類積雪荷重(VL)による設計ではタイプCが良好である。すなわちこれはダブルワーレントラス方式(タイプC)が偏心荷重に対しては他形式よりも高い剛度を有することによる。

実際は日照、風雪等により片寄った荷重状態が多い。よってタイプCを採用し、荷重条件(VL)のもとで2つの制御方式について設計した構造系(Table 1のVL-I-C、及びVL-II-C)の偏心積雪荷重(Fig. 2(b))に対する制御前後の系の変動をFig. 3, Fig. 4に示す。たわみ図をみると制御方式Ⅰ、Ⅱとも一番厳しい偏心荷重状態で良好な制御が行われている。次に上弦材の軸力とテンドン張力の関係は、制御方式Ⅰでは上弦材にかなり軸力が発生して、無駄な力のやり取りが多いといえる。しかし制御方式Ⅱでは上弦材に軸力を生じおらず、このとき図に示すテンドン張力が最適の張力状態といえる。また制御方式Ⅰでは荷重条件が厳しくテンドン張力とのかねあいからサグを10mから16mと大きくとらなければならなかった。このことから、制御方式Ⅰではこの構造寸法及び積雪荷重状態が限界であると考えられる。またTable 1の各部材の平均重量より、この積雪荷重条件下において制御方式Ⅰでは上弦材で、制御方式Ⅱでは下弦材で形状維持に対する剛度をとっていると考えられる。

4. おわりに

実際は日照や風雪等により片寄った荷重状態が発生し易いため、タイプCが良好といえる。また制御方式Ⅰでは、Fig. 3. (c)に示すように上弦材とテンドンの間で無駄な力のやり取りが多いことが問題となる。しかし格点間ごとにテンドン張力を調整する制御方式Ⅱは、制御効率も含めて良好な構造系といえる。

Table 1 Total Weight of Structure and Averaged Weight of Truss Members (tf)

Load Type	Control System	Truss Type	Total Weight	A.W. of T.M.		
				U	L	W
UL	I	A	85	0.9	0.1	0.2
		B	77	0.5	0.1	0.2
		C	82	0.5	0.1	0.2
	II	A	67	0.5	0.1	0.2
		B	66	0.5	0.1	0.2
		C	71	0.5	0.1	0.2
VL	I	B	113	1.6	0.2	0.2
		C	119	1.5	0.2	0.3
	II	B	112	0.6	1.2	0.7
		C	104	0.6	0.8	0.4

U, L, W indicate the averaged weight of upper chord, lower chord, and web members, respectively.

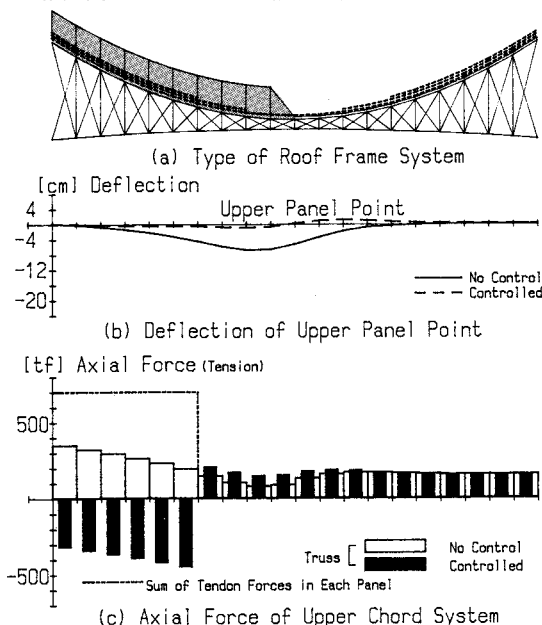


Fig.3 Structural Behavior by Control System 1

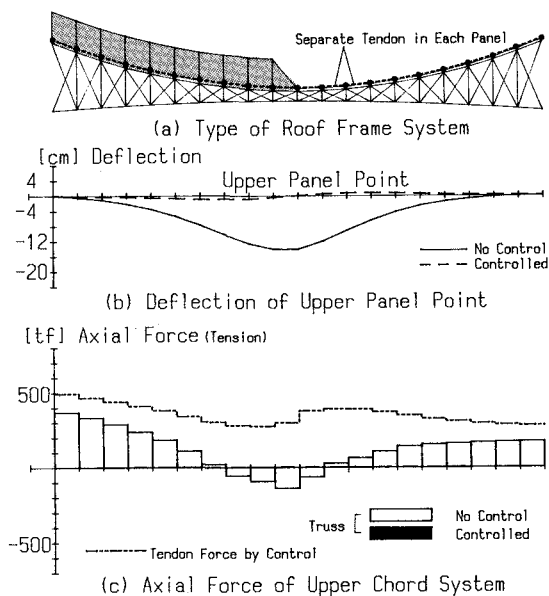


Fig.4 Structural Behavior by Control System 2