

豪雪地帯を対象とした大径間屋根構造とケーブルによる静的応答制御

信州大学工学部 正会員 吉澤孝和 学生員 宮澤 圭
○学生員 矢口大輔

1. はじめに

豪雪地帯に競技場等の広大な空間を確保することを目的として、大径間の屋根構造を考案した。この系は Fig.1 に示すように、トラスの上弦材節点をひとつの放物線上に配置したもので、図示のように上弦材と平行に配置した各ケーブルに適当な張力を導入することにより、ケーブルが接する各節点を上方に引き上げる効果を得る。これにより、種々の豪雪荷重に対して屋根のたわみが0に近い状態をつくり出す。

屋根の変形を制御する目的は、防水と安全性の確保にある。またこの構造方式は、広大な屋根上の積雪をケーブルの作用を利用してそのまま保持し、除雪費を省くとともに雪の資源的な利用という副次的なメリットも有する。

本文では図示のような構造系について数値解析による検討と、それに対する考察を述べる。

2. ケーブルの引き上げ効果

Fig.1 に示すトラスとケーブルで構成される系の両端は上下の支点にピン結合され、全支点は不動である。各ケーブルは上部支点を經由して緊張装置につながる。ケーブルは各節点で屈曲するが、節点に配置された滑車により節点上で摩擦を生じない。よって個々のケーブルにはその全長にわたり一定の張力が伝達する。トラス部材の断面積はすべて 100cm^2 とし、ケーブルは必要な緊張力に応じて使用本数を定める。

以上の条件のもとで節点荷重0の状態で各ケーブルを単独に100tで緊張した場合におけるトラスの上部節点の鉛直変位を求めた。その結果をFig.2 に示す。

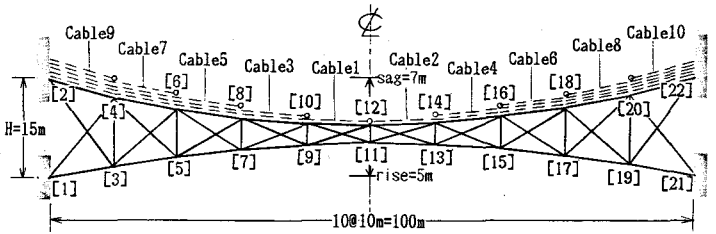


Fig.1 Long Span Roof Truss Equipped with Control Cables

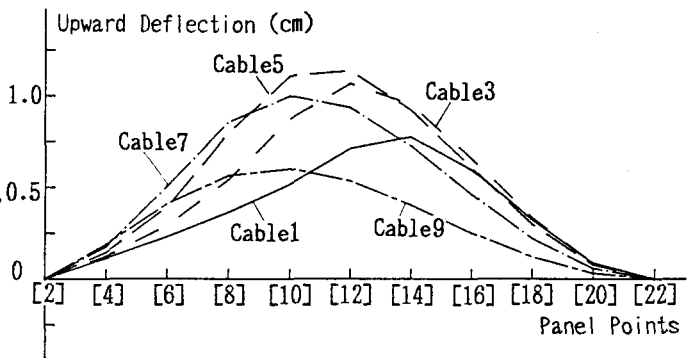


Fig.2 Uplift effect by Cable Tension

3. 解析例と考察

屋根上の積雪荷重は降雪時の風向、融雪時の日照などの条件により様々である。この解析例では、トラスの上部節点に作用する雪荷重の強度は自動的に計測され、制御すべき情報が得られるものとする。解析例に用いた荷重条件を Fig.3 a), b), c) に示す。

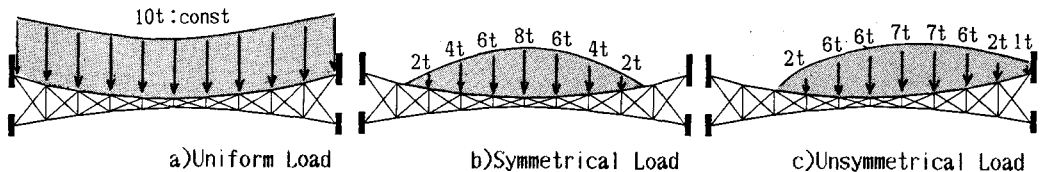


Fig.3 Loading Condition by Snow Load on Roof

本文ではこの応答制御解析を

(雪荷重によって生ずるある点のたわみ)

+ $\sum$ (各ケーブルの緊張によって生ずるその節点の引き上げ効果) = 0

という条件の下で (各ケーブルの緊張力の総和) が最小となるような線形計画問題として各ケーブルの張力の最適解を求めた。

解析結果をTable 1 とFig.2 に示す。Table 1 のAreaは制御後に残存するたわみ面積 (Fig.4 の横軸と点線 (after control) で囲まれる面積) である。残存たわみ面積が小さいものほど制御効果大きい。

Table 1 では制御効果はb)が最も良く、b),c),a)の順となる。また制御に必要なケーブル張力の合計は、b),c),a)の順に高くなる。要するに駆動するケーブル張力の合計が少ないほど制御効果は大きい。これを裏返せば、制御すべき面積 (Fig.4 の横軸と破線(before control)で囲まれる面積) の大きい場合ほど制御効果が低下することを意味する。

本文に示した構造系については、さらに次の2点についての検討が必要である。

- 1) ケーブル張力の上限の設定: ケーブルの緊張は張力導入装置を考えた場合、上限を設定する必要がある。
- 2) 多段階制御方式の検討: 制御すべきたわみ面積がかなり大きくなるような荷重条件に対しては、第一段階として特定のケーブルの緊張でたわみ面積をある程度まで減少させた後、線形計画問題としての最適解を求める必要がある。

Table 1 Deflection Control by Cables

	a) Uniform-Load				b) Symmetrical-Load				c) Unsymmetrical-Load			
Cable Tension (t)	Cable 7 — 231.5 Cable 8 — 231.5				Cable 6 — 29.9 Cable 7 — 127.5 Cable 8 — 110.5				Cable 7 — 108.6 Cable 8 — 170.1			
Area (cm ²)	-1115.67				-18.63				-100.91			
Support	LEFT		RIGHT		LEFT		RIGHT		LEFT		RIGHT	
Reaction(t)	UPPER	LOWER	UPPER	LOWER	UPPER	LOWER	UPPER	LOWER	UPPER	LOWER	UPPER	LOWER
Horizontal	-147.8	55.9	147.8	-55.9	-100.4	29.7	83.8	-38.1	-137.1	20.3	48.8	-51.4
Vertical	51.4	27.4	51.4	27.4	28.3	13.4	23.3	14.6	37.7	10.8	15.9	20.2

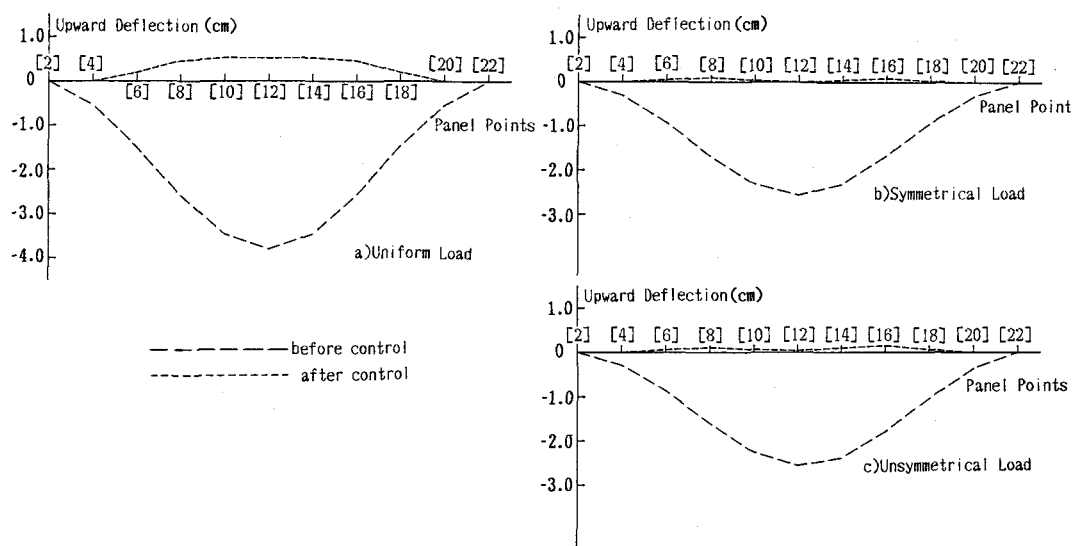


Fig.4 Deflection of Upper Panel Points
(Before and After Control)