

信州大学工学部 正会員 吉澤孝和 ○ 学生員 平山国弘

【Structural Control と V トラス橋】 高張力鋼材は近年における長大構造物の建設を可能にした。ところが高層建築物や長径間橋梁に対して、Structural Control という問題を考慮することが必要となってきた。すなわちこれらのフレキシブルな構造物は、力学的な安全性は具備していても使用性能上必ずしも十分といえない事例が指摘されこれを何らかの手段により向上させようという問題である。

Structural Control においては、航空機や船舶で用いられている計測制御理論を土木建築構造物に適用して種々の外力の作用に対する構造物の静的および動的応答を所定の限度内に制御することの可能性を検討する。これまでのいくつかの研究において、理論的には構造物をサーボ機構化すると制御効果のあがることが確かめられている。制御素子としては、可動質量、テンドン、ダンパー等が考えられる。

本研究は、計測制御機構を備えたトラス構造物を具体的に作り出すことを考える。制御素子のうちテンDONは最も実用的である。これをトラスの節点間に配置してその張力を調整することにより系の変形挙動を制御する。

図1に示すようなトラス系を【V トラス】と呼ぶ。これは上弦材が全体としてフラットなV字形を構成するためである。この系を見ると次のように感じられるだろう：【V トラス橋】＝【トラス橋】＋【つり橋】＋【斜張橋】すなわちこの橋梁は、これまでに行ってきたトラスおよびケーブルの極限状態に関する研究の成果と斜張橋の構造特性とを加え合わせた結果でき上がったものである。

V トラス橋においては次の諸条件を考慮している：

- (1) トラス構により系の剛度を保持する。この際、圧縮部材ができるだけ少くなるような構造系とする。
- (2) 万一制御機構が作動しなくなった場合には、上弦材によりケーブル機構を発生させて過大荷重を支持させる。

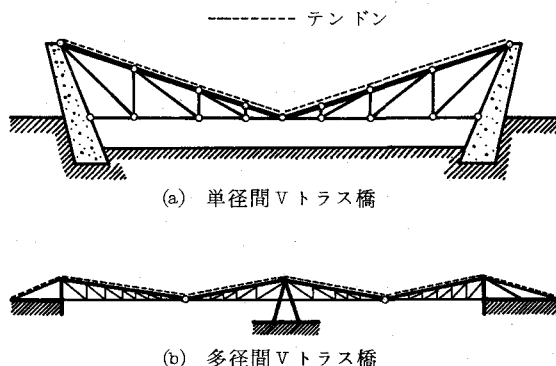


図1 V トラス橋の構造方式の例

- (3) 上弦材の中にテンDONを配置して緊張力を調整することにより、系の節点変位を制御し部材力を調整する。

テンDONの張力調整は、斜張橋のケーブルの張力調整と同様な効果をもたらすが、V トラスにおいてはテンDONの自重の影響を考慮する必要がない。それは、上弦材の断面中に適当な間隔で設けられたローラー式サドルによりテンDONが支持されるためである。

【本研究の目的】 構造物は設計荷重に対して十分な安全性を有するように設計される。Structural Controlが必要となるのは：(1) 建設後に使用してみると構造物の変形や振動が使用者に不安感や不快感を与えるような場合 (2) 過大な荷重の作用に対してねばり強さを付加する必要がある場合、等である。Structural Control の基本となるものは、制御素子によって構造物の応力状態と変形状態をどの程度まで調整できるかを検討することである。このような観点から本研究では図2に示すような単径間V トラス橋に対して、テンDONを用いて系の中の特定の節点間に緊張力を導入することにより、節点変位および部材応力をどの程度まで調整することができるかを検討するものである。

【単径間Vトラス橋の構造方式】 Vトラス橋の下弦材は水平に配置するのが合理的である。上部支点はタワー上にあるが、本報告ではタワーの変形は無視する。斜材と鉛直材の配置法による構造方式の例を図2に示す。

【N型と逆N型の構造特性の比較】 単径間Vトラスの部材力は、各方式を通じて表1のような特性を示す。

表1 単径間Vトラスの部材力の特徴

	上弦材	下弦材	鉛直材	斜材
支点付近	⊕大	⊖大	⊕⊖大	⊖⊕大
径間中央	⊕小	⊕大	⊕⊖小	⊖⊕小

すなわち、支点付近では部材力が大きく、径間中央部に近づくにつれてこれが減少する傾向を示すが、下弦材だけはその度合が著しく、圧縮力から引張力に転ずる。

ここで図3のような等傾角系のN型と逆N型について図示の諸条件の下で解析してみると表2のような結果が得られた。N型のほうが前記のVトラスの条件に適する。

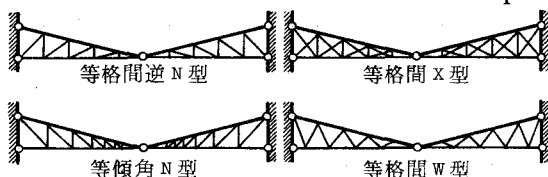


図2 単径間Vトラスの諸方式

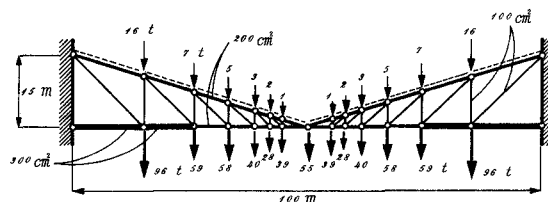


図3 等傾角N型トラスの解析条件

表2 等傾角N型と逆N型の構造特性の比較

	各部材の最大応力度 kg/cm^2				中央たわみcm
	上弦材	下弦材	鉛直材	斜材	
N型	+2860	-1150~-+1630	-1220	+3080	15.79
逆N型	+4000	-820~-+1050	+2010	-2660	21.96

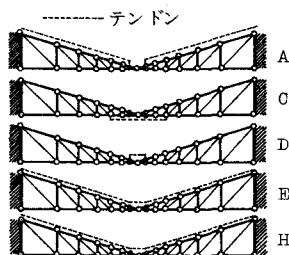


図4 テンドンの配置例

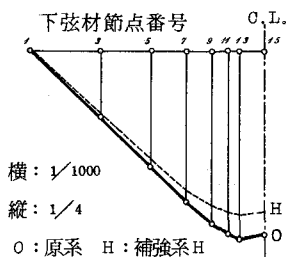


図5 Vトラスのたわみ

【テンドンによる静的応答制御について】 図3のような条件をもつ等傾角N型トラス橋の節点間にテンドンを配置して、その緊張力を調整することによりこの系の静的応答を制御する問題を考える。図4にテンドンの配置例の代表的なものを示す。表3はこの場合における下

表3 テンドンによるVトラスのたわみの制御効果 (%)

系	TR	UR 3	UR 5	UR 7	UR 9	UR 11	UR 13	UR 15
A	2.80	0.00	3.09	5.66	8.03	10.23	12.25	19.16
C	0.36	0.95	1.25	1.64	2.04	2.03	1.84	0.00
D	0.74	1.89	1.66	1.37	0.98	0.46	-0.21	-5.56
E	3.21	2.18	5.05	7.33	9.30	10.94	12.20	13.05
H	3.95	3.03	6.21	8.80	11.25	12.90	14.01	13.28

引き上げ率 UR (%) = $\frac{\text{テンドンによるたわみの減少量}}{\text{テンドンの無い系のたわみ}} \times 100$ とした。また表3の第

2列のTRはテンドン使用率、すなわち使用したテンドンの総重量と主構造部材の総重量との比を百分率であらわしたものである。A, E, H等の系はテンドンが有効に作用して、10%以上のたわみ制御が行われている。特に径間中央部に近づく

ほどその効果が大きくあらわれる。C, Dの補強系はたわみ制御にはあまり寄与しないが、圧縮部材の応力調整には効果を示す。Vトラスの下弦材は支点付近において大きな圧縮応力となる。これを径間中央部付近に配置した水平テンドンを緊張することにより軽減させることができる。さらに水平テンドンは次に述べるような、Vトラスの径間中央部における過剰引き上げを緩和する作用もなす。

図5は図3のVトラスの左半分における下弦材節点のたわみを示す。径間中央部で上弦材がV字形に交わり、これが大きな引き上げ作用をなすため、原トラスは図のOで示すようなたわみ状態となる。この折れ角は車両の走行上好ましくない。図4におけるA, C, Dの個々の系の特長を採用することにして、これらを組み合わせた補強系Hを考えると、図5のたわみ曲線Hとなる。この場合は主構造部材の応力度も大きく軽減している。