

I-177 ケーブル・ステイド・タワーに関する基礎的研究

名古屋大学・工学部

正員 橋本 晴士

川崎製鉄・鋼構造研究所

○正員 三好弘高

日本道路公団

正員 小林和正

まえがき 吊橋のタワーにはいろいろな形式があるが、長大吊橋タワーには、一般に下端が固定され、上端がケーブルで拘束された形式のものが多く、このようなタワーの崩壊形式を考えると、断面性能その他により、(1)柱としての変形が支配的な場合と、(2)タワーを構成する板の局部的な変形が支配的な場合とに分けられる。さらに荷重の種類も、活荷重、温度変化、風荷重、地震荷重などが数えられ、それらの組み合わせも多種にわたる。

本研究は、基礎的考察を目的としたため、まず主要素である活荷重や温度変化を取り上げ、これらの作用により、タワーが死荷重のみでつり合い位置から、ケーブル張力の水平分力の変化に基因して、柱として水平方向に変形する上述の崩壊形式(1)について考察したものである。すなわち、タワーに対する主ケーブルの拘束力と塔頂水平変位とは近似的に比例するものと仮定し、ケーブル拘束の効果を塔頂水平変位に対する弾性ばね（ばね定数 k とする）で置換したうえで、荷重—変形性状や耐荷力について Beam-Column の弾塑性解析的な立場から基礎的な考察を加えた。

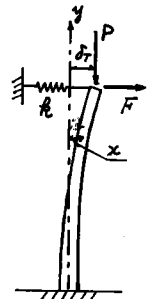


Fig. 1.

解析 1.に述べた理由から、解析の対象として Fig. 1. のモデルを選定する。実在タワーの断面は箱形や室断面が多用されるが、ここでは簡単なH形および箱形断面を有する変断面柱を取り扱うことにした。まず、解析における主な仮定としては、(i)タワーの鉛直変位は水平変位に比べて非常に小さい。(ii)せん断力の影響は無視する。(iii)曲率 $\kappa \neq 0$ と考える。(iv)材料は理想弾塑性体とする。などである。つぎに、計算法としては、(a)鉛直力 P が一定の場合と、(b) P が水平力 F と比例関係を保ちながら増減する場合とで果ててくる。まず、(a)の場合は、柱を n 等分して差分法を用い、非弾性域においては、増分法により、変位を微小に増加させつゝ、タワー各断面の塑性域の拡がりおよび剛性の低下率を求めながら荷重—変形関係や変形性状を追跡した。ついで(b)の場合は、簡便化のため、上記計算法(a)によって求められる種々の P に対する F — δ_T 曲線群から（ δ_T は塔頂水平変位）、 δ_T をパラメーターとして P と F の相関曲線を作成し、任意の P/F に対する

Table 1.

$R=117.43\text{ m}$ $D_1=275\text{ cm}$ $B_1=460\text{ cm}$ $\alpha_1=0.0$ $\alpha_2=0.00273$ $E=2.1 \times 10^6\text{ kg/cm}^2$ $\sigma_y=3000\text{ kg/cm}^2$ $n=20$				
n	$t_1(\text{cm})$	$t_2(\text{cm})$	R : タワーの高さ D_1 : 橋軸と垂直方向の基部断面の幅 B_1 : 橋軸方向基部断面の両端部材間幅 t_1 : 各断面における橋軸方向部材の板厚の和	
1~6	4.1	4.1		
7~12	3.8	3.8		
13~15	3.5	3.5		
16~18	3.2	3.2		
19~20	2.8	2.8		

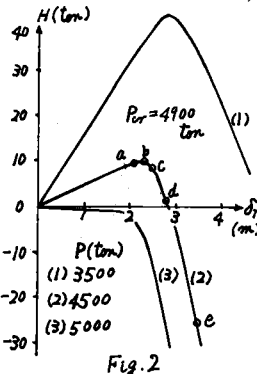


Fig. 2

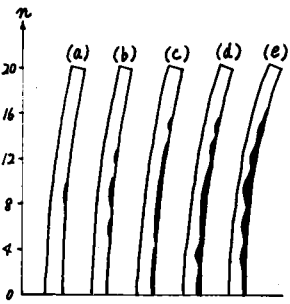


Fig. 3

るP-H- δ_T 曲線を求めた。ところで、一般に長大吊橋タワーにおける鉛直力は、死荷重成分が支配的で、Pを一定として計算することが多く、近似的には計算法(a)で充分であろう。

計算法(a)の一例を示せば以下のようであり、使用データの主なものをTable. 1.に示す。これはセバーン橋主塔のデータに基づいたものであるが、計算の簡便化のため、補剛材などは無視し、部材の板厚をセバーン橋主塔の板厚の約2倍としている。Fig. 2.はPを一定としたときの相対水平力 H と δ_T との関係を示す。この H が塔頂に作用する真の水平荷重であり、 $F=H+R \cdot \delta_T$ の関係がある。

R はタワーが下端固定で上端自由のときの弾性座屈荷重を意味する。Fig. 3.はFig. 2.における曲線②の主な点に対する変形状と塑性域の拡がりを示す。この例は、P、 δ_T が大きくなるにつれて H がしだいに減少する(負の方向に増加する)こと、変断面柱であることを基因して、タワー中央付近の剛性の低下が著しくなることを示している。また、 R が与えられれば F と δ_T の関係をも知ることができるとは、 R 値に関する適切な報告はあまりみあたらないようである。

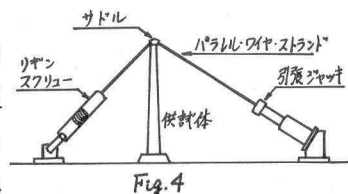


Fig. 4

実験と考察 ケーブルで上端を拘束され、下端固定のタワーの挙動をFig. 4.のような形で実験的に考察し、かつ数値計算による比較検討を行なった。まず、供試体にはウェウ高一定でフランジ幅が直線変化する高さ1.5mの溶接H形変断面柱を用い、ケーブルにはパラレルワイヤー・ストランドを使用した。また、柱の変位は、リヤンスフリューを用いて与え、引張ジャッキにより、ケーブルを通じて柱の弱軸まわりの曲げモーメントと中心圧縮力が作用するように載荷した。



Photo. 1.

この実験よりえた変形状の一例をFig. 5.に示す。Fig. 6.はP-H- δ_T 関係を○印で示したものである。(実線は計算値、最高荷重時は×印、図中の番号はFig. 5.の番号に対応する。)さらに最高荷重時の状態をPhoto. 1.に示す。以上より、Pが大きくなり、 H が δ_T と逆向きに大きくなるにつれてモーメント最大の点が柱の基部から上方へ移動し、最後はPと H の合力に対して不安定状態に達して崩壊に至るものと思われる。

つぎに、P-H- δ_T 関係について数値計算との比較検討を行なう。実験結果より、リヤンスフリュー側ケーブルの水平分力 T_1 と δ_T (T_1/δ_T が R に相当する)およびPと F が近似的に比例関係にあることが分かったので、このP/ F や R を用い、2.で述べた計算法(b)により実験結果に対する理論解をFig. 6.の実線のように求めることができる。

あとがき 本報告では、タワーに関する基礎的な考察を行ない、その数例を紹介したが、実在タワーの挙動をより正確に把握するためには、実際のタワーと同じ断面形状を有する柱の厳密な解析や、大型モデルの実験など多くの課題がある。なお、本研究は日本鉄道建設公団の名古屋大学への委託研究の一部として行なったものであり、関係各位に深く感謝します。

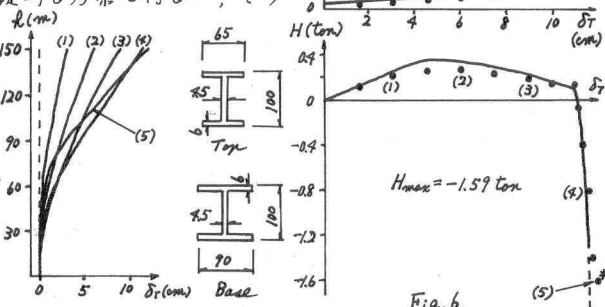


Fig. 5

Fig. 6.