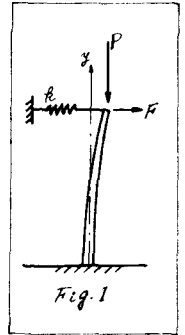


まとめ 吊橋のタワーの設計の考え方一つに、上端自由の柱の弾性座屈耐力を基準として剛度を決定しているが、主ケーブルの拘束度が大なることを考えるとあまりにも不経済であろうと思われる。タワーの崩壊形式を考えると、断面性能その他により柱としての全体的な変形が支配的な場合と、タワーを構成する板の局部的な変形が支配的な場合がある。ここでは全体的な変形のために注目して、タワーを Beam-column の弾塑性解析的な立場から見たときの荷重-変形特性および塑性域の振がりなどについて基礎的な検討を加えることを目的とする。

荷重状態は、風荷重その他を考えると、いろいろな組み合わせの場合が考えられるが、まずタワーが死荷重によるつり合い位置から活荷重や温度変化によりケーブル張力の水平分力は差が生じて横方向に変形する場合について検討し、また主ケーブルからの拘束力と塔頂変位との間に線形性を仮定するならば、底部で完全固定、頂部で横方向に弾性ばねで支持された変断面柱が解析の対象となる。

解析法 実在のタワーは多室断面型が用いられるが、ここでは図1のようなモデルでH型、もしくは、箱型断面をもつ変断面柱について検討しよう。



計算方法としては、柱を軸方向(図1)に n 等分して差分法を用い、非弾性域における塑性域の振がりは、増分解析手法を用いて荷重-変形曲線を書きつけて計算している。分割数は10、または20、とし、増分量は $\Delta\delta$ を変位増分量、 δ_c を弾性限塔頂変位量とすると、 $\Delta\delta/\delta_c = 1/40 \sim 1/100$ の範囲で計算している。なお断面の残留応力分布、ひずみ硬化および初期たわみについては考慮していない。

計算例 数値計算は柱の高さを一定($h=15m$)にして、断面形状、変断面形状、ばね定数(k)および、荷重状態をいろいろに変えて行ったが、その一例を図2および図3に示す。

図2は変断面柱(変断面定数 $d=0.0$)の場合で、鉛直力(P)を一定としたときの塔頂の水平力(F)と水平変位(δ_T)との関係を示す。同図(a)および図(b)の実線群はそれぞれ P/P_{cr} を下端固定、上端自由の境界条件をもつ柱の弾性座屈荷重とすると、 $P/P_{cr}=0.552$ および 0.920 の場合の F と δ_T の関係を、 k をいろいろ変えて計算した結果を示す。

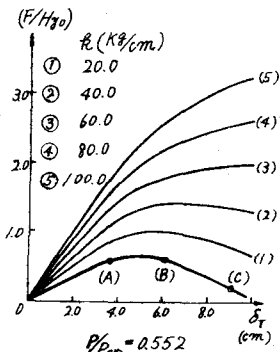


Fig. 2. (a)

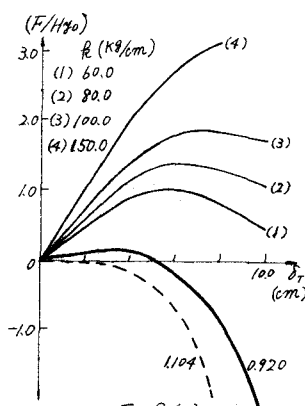


Fig. 2. (b)

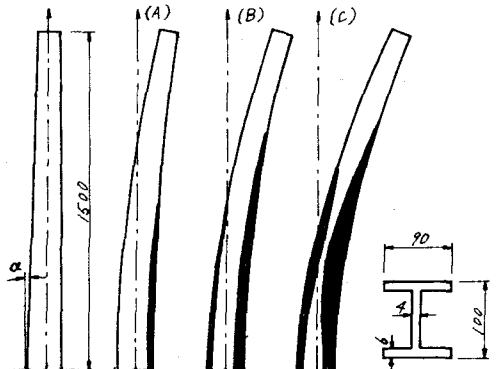


Fig. 2. (c)

また H/g_0 は $P=0$ 、 $g=0$ の場合は基部断面を降伏せしめるに必要な水平力である。太実験は、タワーに実際に作用する相対水平力 (H) と g の関係を示すものである。図 2.(c) は (a) の場合の代表的な点における柱の塑性域の分布と基部の断面形を示す。 H と g の曲線が下降領域に入っても、ばねによる拘束のたわみ曲線は上昇し耐荷力は増大する。また図 2.(c) から分かるように、ばね拘束により水平力 (F) が上昇中でもモーメント除荷現象が生じ、塑性域の拡がり最大の点が基部から上部へ移動する。図 2.(b) の破線は P/per が 10 より大きい場合、 H が初めから負になることを示す。従来のタワー設計の考え方には、このように H が初めから負になる場合は考えないことになっているが、ケーブルによる拘束を考慮に入れると、この場合も考えられる。

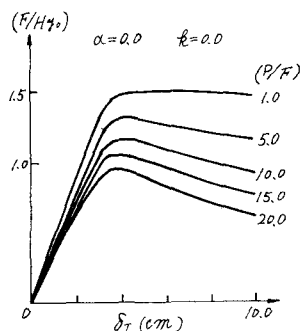


Fig. 3.(a)

図 3 は P と F が比例的に載荷された場合で、(a) は拘束の無い場合 ($g=0.0$) において、 P/F をいろいろ変えたときの F と g の関係、(b) は $P/F=10.0$ で g を変えたときの F と g の関係を示す。柱は等断面柱で断面形状は図 2.(c) と同じである。

実験 図 4 のような構造系で実験を行ない、ケーブルで拘束されたタワーの挙動を知ることを目的とした。ケーブルとしては、パラレルワイヤーストラッドを使用し、引張ジャッキ (最大容量: 30 ton) を使、ケーブルを通じて柱に荷重を与え、一方リガンスクリューにより、変位を与えた。そして一定方向の塔頂水平変位ごとに柱のひずみ、変位などを測定した。ケーブル張力は引張ジャッキの荷重計と直径 5mm のケーブル素線に貼り付けたひずみゲージにより測定した。

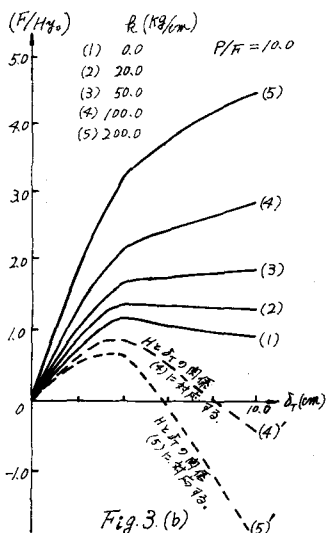
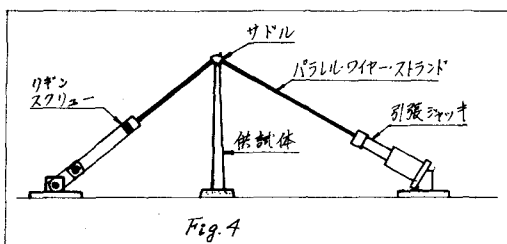


Fig. 3.(b)

まとめ タワーの荷重変形性状を基本的に理解するために、

ケーブルで拘束された柱の弾塑性域における挙動について解析法と計算例を示し、実験について簡単に紹介した。タワーの挙動についてさらに詳しく知るためには図 1 のようなモデルの弾塑性解析が必要であり、さらに上に述べたような解析法を実在のタワーに適用するためには、タワーの崩壊に対する安全性を検討しなければならない。またタワーの合理的設計の問題点については現在検討中である。



なお、本実験には日本鉄道建設公団からの委託研究費の一部を蒙った。関係各位に感謝する次第である。

参考文献

- (1) Birdsall, B., Trans. ASCE, vol. 107, 1942.
- (2) 深沢泰晴, 第 23 回土木学会講演概要集 昭和 43 年.
- (3) Klöppel, K., Der Stahlbau, Heft. 12, 1965.
- (4) 日本鉄道建設公団 本州四国連絡鉄道吊橋技術調査委員会 中間報告書 昭和 45 年 6 月.