

I-43

ラーメン形式吊橋主塔の耐荷力

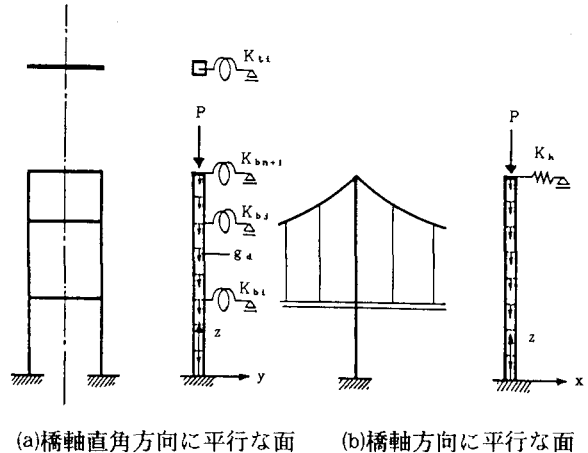
首都高速道路公団 正会員○田中 充夫
 東京都立大学 正会員 野上 邦栄
 東京都立大学 正会員 伊藤 文人

1. はじめに 近年、橋梁の環境への適合性が訴えられているが、とりわけ長大吊橋の主塔はその規模が大きいため景観上の配慮が必要になってきている。本州四国連絡橋公団の吊橋主塔設計要領（案）・同解説¹⁾では主塔自体の強度を中心に、このような条件を備えた規程にまとめられている。特にラーメン形式主塔の場合、従来のものに比べて経済的な設計が出来るよう改訂されている。しかし、この規程にもなお検討の余地が残されている。本報告は、ラーメン形式吊橋主塔の耐荷力に及ぼす水平材剛性の影響および2軸曲げの影響による耐荷力の低下を防ぐ限界に関して検討をおこなった。

2. 吊橋主塔のモデル化 本解析では、①塔基部は固定とし、橋軸方向にはフレキシブルタワー形式とする。②橋軸直角方向の平面構造は対称性を有する。③橋軸直角方向面内座屈は非対称座屈モードである。④2本の塔柱がケーブルを介して塔頂に受ける軸圧縮力および強制変位は互いに大きさおよび方向が等しい。という基本仮定に基づき、吊橋主塔を図1のようなバネ系構造にモデル化することにする。塔柱は有限剛体要素モデル²⁾を用いたバネ系により、また水平材は通常のはり理論に従う曲げバネ K_{bi} 、 K_{ti} により、同様に主ケーブルは伸縮バネ K_h によりモデル化する。具体的な水平材およびケーブルのバネ定数は

$$K_{bi} = \frac{6EI_{bi}}{L_{bi}}, \quad K_{ti} = \frac{6EI_{ti}}{L_{ti}}, \quad K_h = \frac{EI_{yy}}{h^3\beta}$$

である。ここに、 EI_{bi} 、 EI_{ti} 、 L_{bi} 、 EI_{yy} 、 h および β はそれぞれ水平材の x 、 y 軸回りの曲げ剛性、部材長、塔柱の y 軸回りの曲げ剛性、塔高および任意の定数(0.002)である。



(a)橋軸直角方向に平行な面 (b)橋軸方向に平行な面

図1. 主塔のモデル化

3. 解析対象および解析条件 解析対象として本州四国連絡橋の下津井瀬戸大橋の主塔を採り上げた。この主塔を基本値として橋軸直角方向、橋軸方向面内の弾性解析および耐荷力解析、さらに軸力と2軸曲げを考慮した耐荷力解析をおこなった。

塔柱の断面は基本値（3室箱型断面）に等価な箱型断面に変換した値を用いている。水平材剛性の変化は $I_{bi} = f I_{bi0}$ により表されるパラメータ f を用い（ I_{bi0} は設計水平材剛性）、また塔柱の曲げ剛性は橋軸直角方向の曲げ剛性のみを変化させた。

初期不整は、塔頂に塔高の1/2000の振幅を持つ1/4正弦波を導入した。また、塔柱は完全弾塑性体とし、残留応力を図2のように与えた。なお、水平材は常に弾性状態を保つとしている。

橋軸直角方向の面内耐荷力はNewton-Raphson法における変位増分法により求め、橋軸方向面内解析および立体解析は塔頂に一般的な軸力-強制変位関係（いわゆる $P-\delta$ 関係³⁾を与え、これを満足するように荷重増分法によりおこなった。

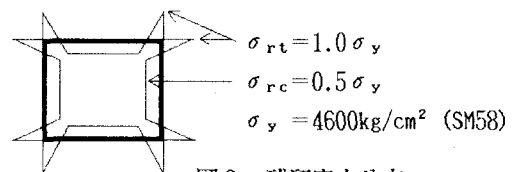


図2. 残留応力分布

4. 橋軸直角方向面内解析 図3は水平材剛性の耐荷力に及ぼす影響について、本モデルによる計算結果、本四規程および弾性固有値計算結果を比較している。本四規程は柱の基準耐荷力曲線を用いた非弾性固有値解析から耐荷力および有効座屈長を計算する有効接線弾性係数法である。この図より有効座屈長は、本解析結果に比べて本四規程において最大30%、弾性固有値解では50%も安全側の値を与えている。また、ある限度以上($f > 0.3$)の水平材剛性を持つ場合、その剛性は耐荷力に影響しないことが明らかである。

5. 立体解析 図4および図5はそれぞれ水平材剛性の变化、橋軸直角方向の曲げ剛性の变化が塔柱の耐荷力に与える影響について解析した結果である。これらの図により、水平材剛性を現在の規程よりさらに40%低下させても2軸曲げによる耐荷力に低下は見られず、また橋軸直角方向の曲げ剛性を変化させた場合も同様の結果を得た。

参考文献 1) 土木学会：吊橋主塔設計要領(案)・同解説, 1980 2) 吉川・野上・伊藤：土木学会年次学術講演会, 第41回, 1986 3) 福本・大森：土木学会論文報告集, 第224号, 1974

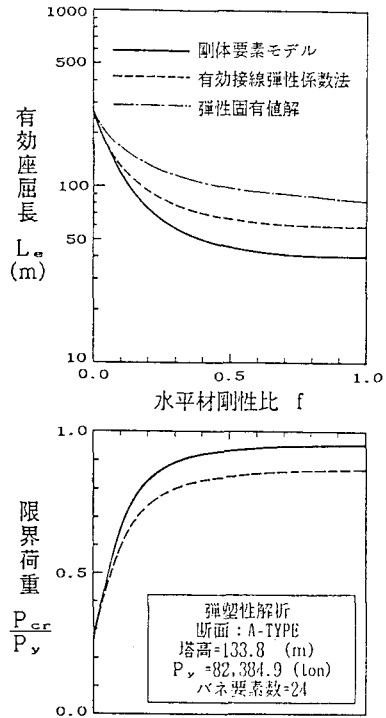


図3. 橋軸直角方向の耐荷力

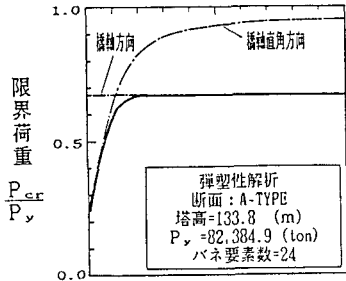
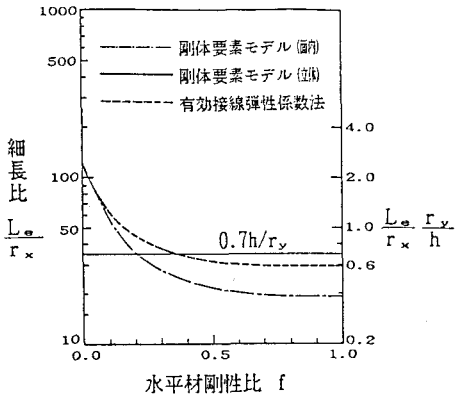


図4. 水平材剛性の塔柱耐荷力に及ぼす影響

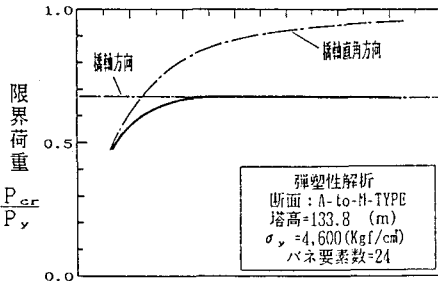
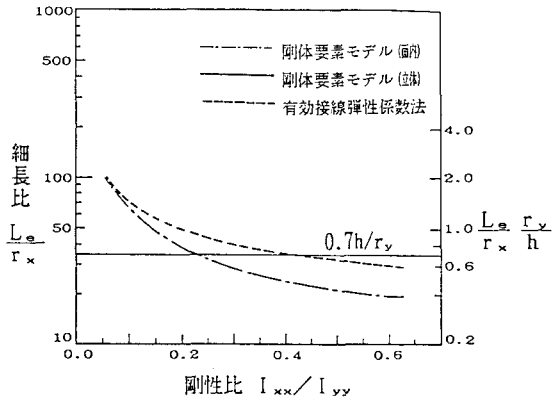


図5. 塔柱橋軸直角方向曲げ剛性の塔柱耐荷力に及ぼす影響