

吊橋の立体構造特性パラメーターについて

大阪大学工学部 正員 小松定夫

大阪大学工学部 正員 西村宜男

大阪大学大学院 学修員の西村春久

1. まえがき 吊橋は複雑な構造物であるので、代表的なパラメーターを用いて各種構造特性を一般的に表現しようとする試みははななり困難を伴うものと思われる。特に最近大きな偏心荷重を受ける道路鉄道併用橋など立体的な変形や応力の流れが卓越する形式の出現により、吊橋の設計計算に用いられる構造解析法としては、膜理論による平面解析のほかに、立体解析や有限変位変形法を導入したより厳密な方法が重要視されるようになった。このような場合、吊橋の立体的構造特性に關係する一次量が多数存在するので、それらを全て考慮してパラメーター解析を行なうには膨大な計算量を必要とする。ところで長大吊橋においては初期の計画設計、概略設計の段階で、経験的データと直観力による最適設計へのアプローチが行なわれる。この種の作業段階において適切な経験的データが蓄積されていることは最適設計へのアプローチを大幅に推進する原動力となる。そこで本研究においては、構造解析と次元解析の両面の立場から吊橋の構造特性を表わす適切なパラメーターを選ば、実在の長大吊橋のパラメーター値の分布、パラメーターの力学特性に与える影響などについて調べた。

2. 無次元パラメーター 吊橋の構造特性を表わす無次元パラメーターの数は20個以上存在し、これら全てが独立であると考えると上記の目的に副わなくなるから、力学的に有意なパラメーターの選抜を行う必要がある。ひとつの手段としては、既往の長大吊橋についてパラメーターの分布領域、あるいはパラメーター間の相関性を調べる方法がある。さらにパラメーターの変動領域の両極端の値を用いて構造解析を行ない、力学特性に与える影響度によって取捨選別する。鉛直荷重、ねじり荷重、および横荷重について分類した構造特性パラメーターは表1のようになる。こゝで使用している一次量は可能な限り、一般的に用いられている記号に統一したが、詳しくは参考文献2, 3)を参照されたい。またこれらのパラメーターのうち主要なものについて、実橋および計画中吊橋のパラメーター値の分布を中央径間長に対してプロットし図1に示す。このような整理によって各パラメーターの分布領域が明らかになる。(表2) またスパン1に対して一定の傾向を示すパラメーターについて、特殊なもの(図中の黒丸)を除き、直線式を最小二乗法を用いてあてはめて、次式を得た。

表1 つり橋の構造特性パラメーター

荷 重	無次元パラメーター	変位などの無次元表示
鉛直荷重	$\pi_1 = \sqrt{\frac{H_d}{EI_x}}, \pi_2 = \frac{l}{L}, \pi_3 = \frac{E_c F_c l^2}{L_e H_d l}, \pi_4 = \frac{P_y}{W_d}, \pi_5 = \frac{EI_x}{GA_y l^2}$	$v \frac{H_d}{P_y l^2}, M_x \frac{l^2}{P_y}$ etc.
ねじり荷重	$\pi_2, \pi_3, \pi_6 = \frac{GJ}{GJ + b_c^2 H/2}, \pi_7 = \sqrt{\frac{GJ}{a}}, \pi_8 = \sqrt{\frac{Y}{2GJ}}, \pi_9 = \frac{b_2}{b_1}, \pi_{10} = \frac{b}{h}$	$\psi \frac{GJ}{m_c l^2}, T \frac{1}{m_c l}$ etc.
横荷重(ねじれ変形など含む)	$\pi_2, \pi_3, \pi_6, \pi_7, \pi_8, \pi_9, \pi_{10}, \pi_{11} = \sqrt{\frac{H_d}{EI_y}}, \pi_{12} = \frac{l}{f}, \pi_{13} = \frac{\eta_c}{f}, \pi_{14} = \frac{m_s}{W_d}, \pi_{15} = \frac{EI_y}{GA_x l^2}, \pi_{16} = \frac{P_s}{p_c}$	$u_c \frac{H_d}{p_c l^2}, u_s \frac{EI_y}{p_s l^2}$ etc.

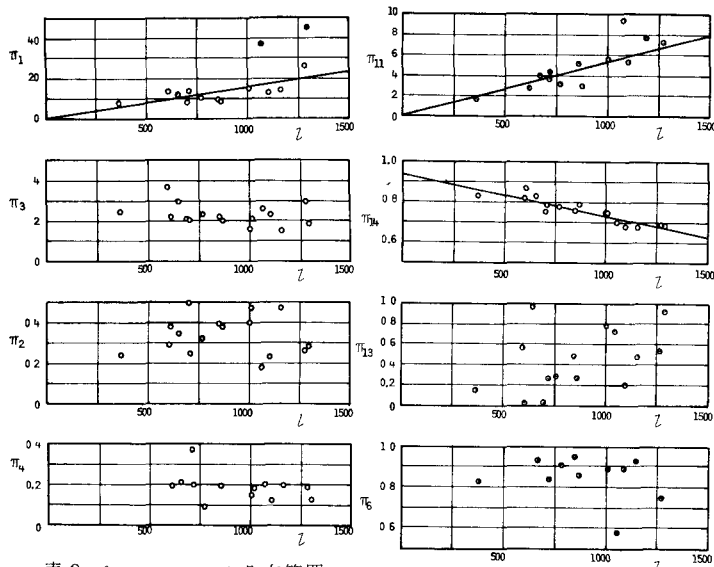


表2 パラメーターの分布範囲

π_2	0.2~0.5	π_9	0.4~0.9
π_3	1.5~3	π_{10}	2~5
π_4	0.1~0.4	π_{12}	9~11
π_5	$10^{-4} \sim 10^{-3}$	π_{13}	0~0.1
π_6	0.6~0.95	π_{15}	$10^{-3} \sim 10^{-2}$

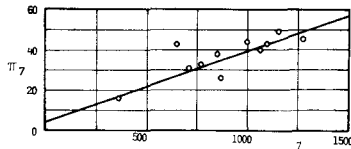


図1 実橋のパラメーター分布

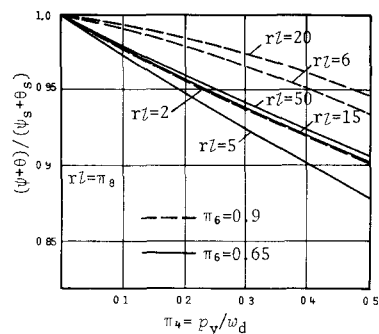


図2 偏心荷重による橋面傾斜角の連成解と非連成解の比較

$$\begin{aligned}\pi_1 &= 1.55 \times 10^{-2} l \\ \pi_7 &= 3.51 \times 10^{-2} l + 4.06 \\ \pi_{11} &= 5.23 \times 10^{-3} l \\ \pi_{14} &= 0.94 - 2.02 \times 10^{-4} l \\ &\quad (\text{しはメートル単位})\end{aligned}$$

3. パラメーターの影響

さらに構造解析によつて、各荷重状態のついでパラメーターの影響度を調べた。長と

吊橋を対象とした場合、鉛直荷重に対し $\pi_1 \sim \pi_4$ が重要なパラメーターである。連続吊橋の中間支点との断面力及び局所的な応力に対して π_5 が影響している。ねじり荷重に関しては π_2, π_3, π_6 が重要なパラメーターである。対傾構材部分の剛いなれば吊橋造の断面変形を生じ、その際は $\pi_7 \sim \pi_{10}$ が影響を与える。横荷重に関しては $\pi_2, \pi_3, \pi_6, \pi_{11}, \pi_{13}, \pi_{14}$ が重要なパラメーターである。 π_9, π_{16} は横構斜材力のみ大きな影響を与える。

例として、偏心鉛直荷重が作用したときの橋面傾斜角 $(\psi + \theta)$ について、連続とねじりの連成解と非連成解 $(\psi_s + \theta_s)$ の比較を図2に示す。また横荷重を受ける場合、吊橋造に作用するせん断力と工構構に均等配分する慣用的な方法と、付随的に生ずるねじれによる応力を考慮した場合の横構斜材力の差を図3に示す。吊橋を設計する際に、この種のデータを予備知識として蓄積しておくことは、合理的設計に貢献できると思われる。

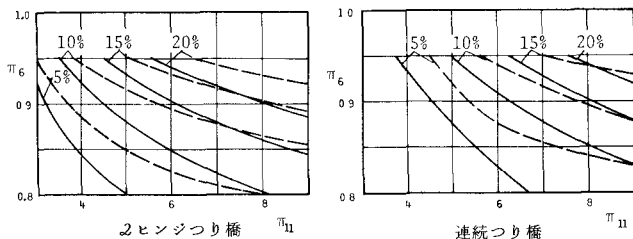


図3 横荷重による横構斜材力(慣用的解法との差)

参考文献 1)小西一郎、世界の長大吊橋の設計精説、昭和41年(神戸市編)

2)小松、西村：吊橋造の横断面変形を考慮した吊橋の二倍解法、論文報告年報橋中

3)小松、西村、西村(著)：横荷重を受ける吊橋の二倍解法、設計との問題点、支部講演会、49年