

I-7

PCT橋の設計法に関する研究

九州工業大学 正員 出光 隆
 学生員 ○ 竹田 宣典
 学生員 大場 宗章

1. まえがき

PCT橋は、上主ケーブルの他に下側にも主ケーブルを配置し、上・下主ケーブルの間をハンガーで結び、プレテンションを導入することによって、主ケーブルの水平張力の増加をはかり吊橋としての剛性を持たせる無桁剛吊橋であり、山間部に架設される歩道橋として用いられている。従来、PCT橋のハンガーは鉛直に配置していたが、径間が長い場合、風による橋たわみが大きくなる。これを改善するために、ハンガーに角度をつけて、横剛性を高めることを検討した。解析は、PCT橋を3次元トラスとしてFEM解析を行った。構造物は、終局限界状態に対して安全であるとともに、通状の使用状態においても変形の生じにくいものでなくてはならないことから、終局および使用限界状態について検討を行った。

2. PCT橋の設計概要

① 形状・寸法

図-1にPCT橋の概略図を示す。ハンガーは2.5m間隔で99本とした。図-2に橋軸直内方向の断面図を示す。上主ケーブルが1本でA型にハンガーを組んだものと、上主ケーブルが2本でH型にハンガーを組んだもの2種類について検討した。

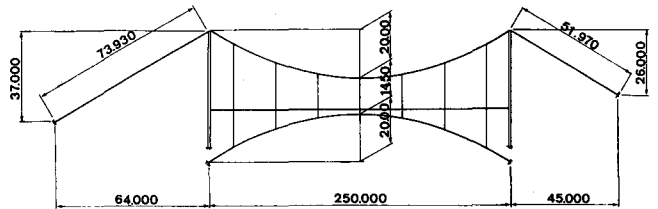


図-1 PCT橋の形状 (m)

② 設計荷重

活荷重として群集荷重 $L=350\text{ kg/m}^2$ （歩道橋設計指針）、ただし緊急時に、 $T-4$ が被荷される。設計風速 5 m/sec 、温度変化 $20^\circ\pm 30^\circ\text{C}$ とし、荷重はすべて上ハンガーと下ハンガーの節点にかかるものとした。

③ 導入プレテンション

PCT橋は、無桁剛吊橋であるために、風による橋座屈に対する安全性が充分であるように主ケーブルのプレテンションを求めた。ハンガー1本当りに導入するプレテンションは 1893 kg とした。⁽¹⁾

④ ケーブル、ハンガー、床版

主ケーブルには、同心鋼索(7×19)44φを10本(破断荷重 1300 t)を使用し、A型の上主ケーブルは2倍の断面積(破断荷重 2600 t)とする。ハンガーは、SS41φ22(許容応力 1400 kg/cm^2)を使用する。床版は厚さ 3 cm 、巾 50 cm のPC版を並べるものとする。

⑤ 解析方法

PCT橋を3次元トラスとして解析する場合、節点数が非常に多いため、部分構造解析法により、プレテンションを考慮した剛性マトリックスを作り、非線形有限変形法での線型解が収束するまで計算をくり返した。

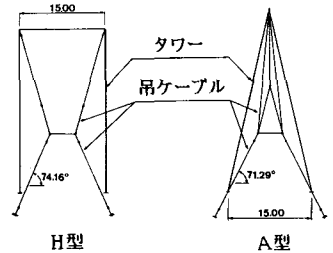


図-2 橋軸方向断面図

表-1 各載荷状態の最大変位及び張力

	最大変位 (cm)	バックスター張力 (ton)	ハンガー 応力 (kg/cm ²)
①	71.1	1074.0	829.4
②	74.4	548.0	847.5
③	160.4	822.0	795.3
④	157.1	419.7	818.9
⑤	198.0 *	798.5	1047.8
⑥	169.3 *	485.5	870.7
⑦	29.9	728.3	1064.3

* は、Y方向変位

3. 解析結果

(1) 終局限界状態

図-3に群集荷重 $L=350\text{kg/m}$ をスパン全体に等分布載荷した場合のたわみ図を示す。この状態のとき、バックステーケーブルは最も大きな張力をうけ、A型で 1074t 、H型で 548t となり、安全率はそれぞれ 2.47 、 2.37 である。表-1に、各載荷状態の活荷重による最大変位、バックステー張力、インガの応力の最大値を示す。「道路橋示方書」によれば、温度の影響と風荷重を考慮した組合わせ荷重の場合、主ケーブルの安全率は、割り出し係数で除して、 2.2 として良いことと主ケーブルの安全率は確保されている。

図-4は設計風速 55m の風荷重による橋たわみ図を示す。バックステー張力の安全率は、A型で 3.25 、H型で 2.67 であり、インガの張力も許容値以内である。

(2) 使用限界状態

図-5は群集荷重をスパン $1/2$ 点まで偏分布載荷した場合である。この状態のとき、たわみは最大となる。活荷重による最大たわみは、A型で $l/155$ 、H型で $l/159$ である。「道路橋示方書」では、床版の曲げ応力度を許容値以下とするために、活荷重による主桁のたわみ量を吊橋形式では、 $l/350$ 以下としているから、この規定を満足していないことになる。しかしながら、本橋は歩道にPC版を並べた形式の歩道橋であるので、歩行者に不安感を与えないことを使用時の検討条件として考えた方が適当と考えられる。「歩道橋設計指針」には、人にたわみ振動による不安感を与えない条件として、最大たわみが $l/600$ 以下であること、および固有振動数が 2Hz に近い範囲を避けることが規定されている。

そこで本橋では、使用時に考えられる範囲で、振動が生じ易い状態として、“人が 50cm 間隔で2列にスパン半分にはたまり並んだ場合”を想定し、このときのたわみ量を求めたところ、 $l/1600$ となった。固有振動数は、対称一次振動の場合、 0.23Hz 、逆対称一次の場合、 0.29Hz となった。

以上のことから使用状態において、歩行者が不安を覚えることは無いものと考えられる。

図-6は、T-14の東西荷重を載荷した場合のA型のたわみ図を示す。T-14による、たわみ量は、A型、H型ともに $l/800$ 以下である。

4. あとがき

A型とH型を比較した場合、A型のほうがタワーは高くなるが、施工性が良く、歩道が両側のハンガーで囲われる構造となっているので歩行者の安心感も増し、橋の形状もスマートなものになると思われる。

参考文献 (1) 出光, 本山; 「PC工の実橋への応用」 九州工業大学研究報告 No.25, 1972年6月

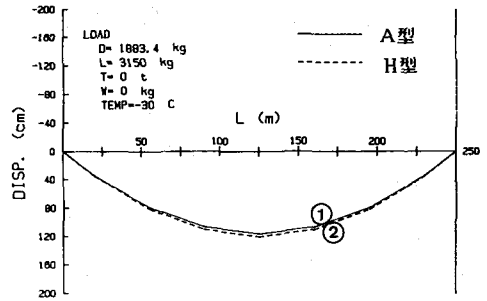


図-3 群集荷重（等分布）によるたわみ図

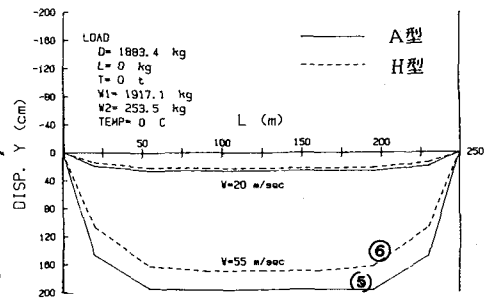


図-4 風荷重によるたわみ図

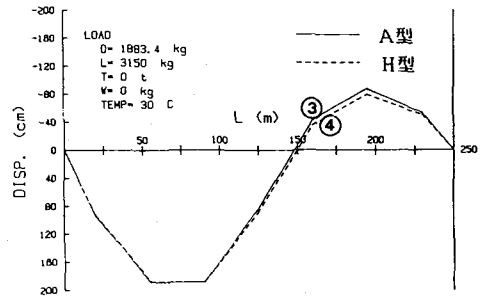


図-5 群集荷重（偏分布）によるたわみ図

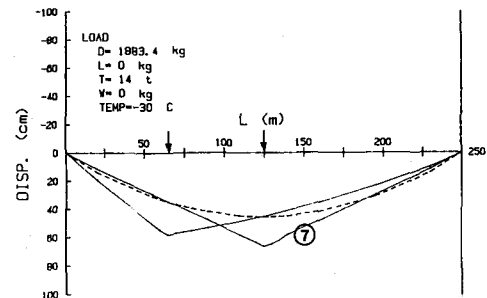


図-6 T荷重によるたわみ図 A型