

I -368 仁保川水管橋（並列鋼管斜張橋）の設計および耐風実験について

東京大学 工学部 正員 伊藤 学
山口市 水道局 田坂猪之助
(株)日本構造物設計事務所 正員 ○永井博之

- 1) まえがき 本橋は、山口市の東部を南西に流れる仁保川に、昭和56年3月 架橋された上水道専用橋梁である。水道橋に、本格的斜張形式が採用されたのは我が国で初めてであり、経済的には（長大支間に対して）有利な形式と思われるが、吊構造のうえ鋼管構造固有の空気力学的特性など耐風性の問題が懸念されたので、その動的挙動に対する安全性の確認を行うとともに、この種の形式の耐風性に関する基礎資料を得ようと、風洞模型実験および現橋振動実験を行った。ここにその概要を報告しようとするものである。
- 2) 設計概要 本橋の形式選定は、河川管理条件、経済性、景観美などについて総合的に比較検討した結果、図-1および写真に示す一端を固定とした2径間連続非対称斜張補剛形式を採用した。

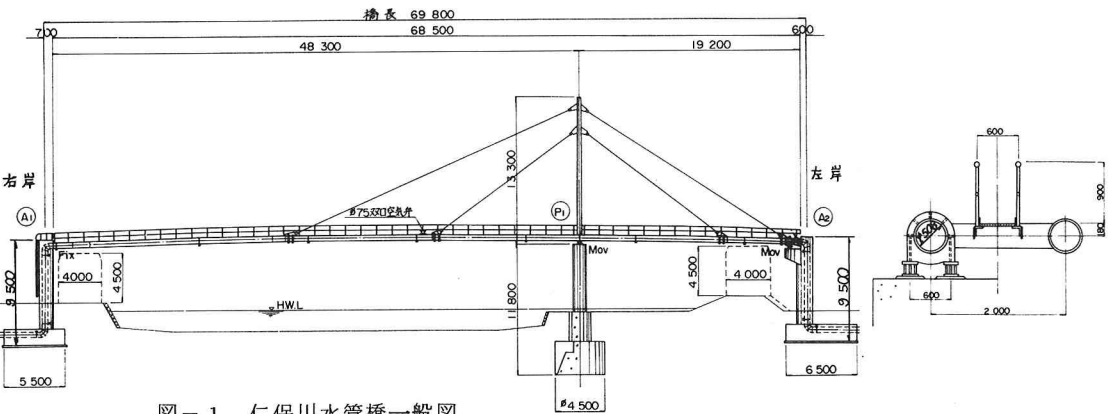


図-1 仁保川水管橋一般図

設計要旨	
管径	φ500×2条
設計内圧	静水圧 7.5 kg/cm ² 水衝圧 5.0 kg/cm ²
風荷重	円筒 200 kg/m ² 平板 300 kg/m ²
群集荷重	100 kg/m ²
温度変化	-10℃～+40℃ 但し、管とタワー、ロープとの温度差は、35℃
撓度	1/356 < 1/350
鋼重	40.262 t
主要材質	送水管 STPY41E タワー SM50Y、SS41 ロープ ロックドコイルC型
架設	ステージング工法

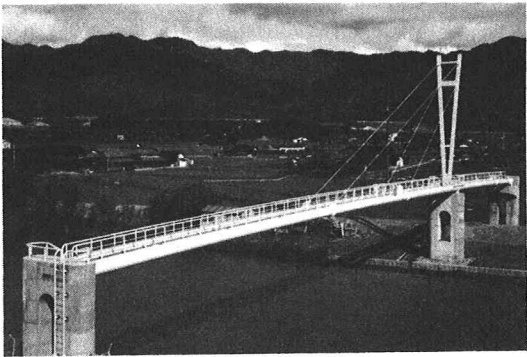


写真-1 仁保川水管橋全景

本橋の構造系は、並列円管をパイプで結んで一体としたフィーレンデル構造を斜張形式で補剛したもので、これを立体骨組構造として解析し、その支持条件は、主桁……一端固定の2径間連続桁（支間比2.52：1.0）タワー……下部工に固定され、主桁とは分離した単一柱。ロープ……タワーとの取付けはピン連結による固定、主桁側についても同一とし、短径間上段ロープは主桁支承と合致させている。

3) 風洞模型実験 模型は、バネ支持部分模型実験とし、原設計の吊構造部を1/8に縮尺した長さ90 cmの端板付き剛体部分模型(写真2)とした。方法は、空気弾性試験用風洞内に模型を8本のバネでねじれ、たわみの2自由度振動系に支持し、支持アーム両端には電磁ダンパーを取り付け、振動減衰を可変とする。しかる後、一様流にて仰角 $\pm 8^\circ$ 、 4° 、 0° 、及び乱流にて 0° の5ケースの風向について、模型に発生する振動振幅と風速の関係を測定した。(1例として図-2、3に示すが)その結果は 1) 構造減衰がきわめて小さい場合($\delta = 0.004$)には、たわみ、ねじれ共にかなり顕著な渦励振が比較的低風速で発生する。2) しかし構造減衰を、 $\delta = 0.02$ まで上げれば、振幅はほとんど問題とならない位に抑制される。3) 気流に乱れがある場合、振幅は多少減じるが、それ程顕著な効果はない。4) 正の仰角を与えると渦励振は水平風の場合と本質的に変わらないが、 $+8^\circ$ ではねじれフラッターと思われる現象が発生する。ただし、その発生風速は構造減衰の増加につれて高くなり、 $\delta = 0.04$ のもとでは実橋風速60m/secを上まわる。負の仰角は振動をいくらか減衰するように思われる。

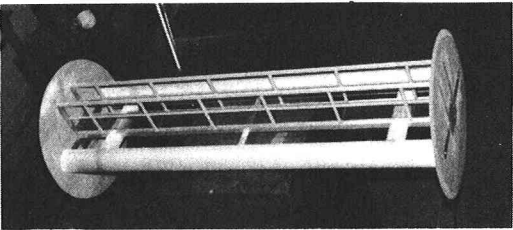


写真-2 部分模型

4) 現橋振動実験 振動実験は現橋を満水状態にしてたわみ1次振動に対し、並列した両弦に1t、又は0.5tのコンクリートブロックを吊り下げ、切断することにより加振し、長スパン中央及び短スパン中央部の4ケースについて行い、高周波渦電流損失を利用したギャップセンサー2台および電磁オシログラフ1台を用いて測定した。またたわみ2次およびねじれ1次振動に対しては、人間2〜3名の跳躍により加振、測定し、その結果振動数(回/秒)は、表-1の如くであった。対数減衰率も図-4の如く、たわみ1次に対しては、 $\delta = 0.03$ 以上、ねじれ1次モードの場合、 $\delta = 0.26$ と測定され、風洞実験により、きわめて小さい($\delta = 0.004$)場合に懸念された渦励振は問題がないことが判明し、たわみ剛度1/350程度の柔構造でも、耐風上安全であることが確認された。

5) おわりに 本橋のような形式は、今後更に実用に供されることも予想されるが、並列円管はその間隔を変えた場合に、円管の相互交渉により異なる挙動を示すことが考えられるので、この種の構造の設計に資するため、管中心間隔と管径の比を変えた風洞実験を並列して続行中である。

最後に現橋実験にあたり(株)栗本鉄工所の各位の協力を得たことを付記し、謝意を表します。

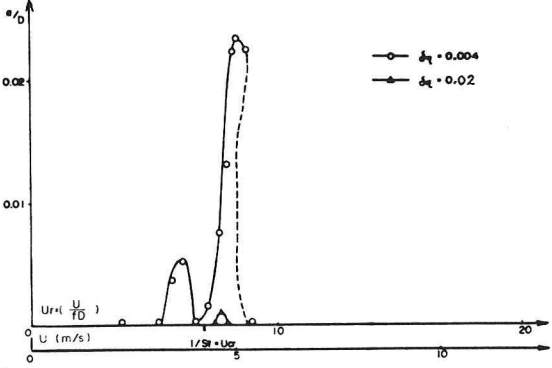


図-2 たわみの応答曲線 (仰角 = 0° 、一様流)

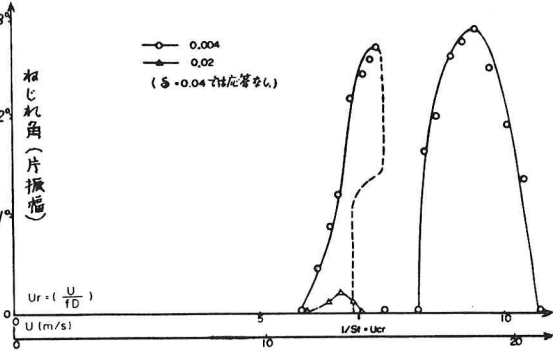


図-3 ねじれの応答曲線 (仰角 = 0° 、一様流)

表-1 振動数 (回/秒)

	たわみ1次	たわみ2次	ねじれ1次
計算値	1.50	2.47	4.89
実測値	1.70	2.72	5.07

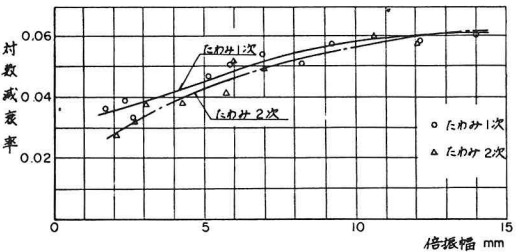


図-4 振動モードに対する対数減衰率