

## 吊形式水管橋断面の二次元模型による耐風性の検討

九州工業大学工学部 学生員 ○中原 智法  
 九州工業大学工学部 正 員 久保 喜延  
 九州工業大学工学部 学生員 落田健太郎  
 川崎製鉄株式会社 正 員 中村 聖三

## 1. はじめに

現在、我が国において水管橋といえば、一般に水管をトラスで補剛した構造のものが多い。しかし、支間が長くなるにつれ、その構造は複雑かつ大型化し、経済性などが大きな問題となる。この問題を解決する構造として、カナダで施工されている図1のような吊形式の水管橋が考えられる。この形式は、ケーブルにより水管を支持しているので、支間を長くすることができる反面、剛性が小さいので風による振動が大きな問題となることが予測される。この吊形式の水管橋の断面が円形であれば、その耐風安定性はこれまでに数多く研究されてきたが、水管に点検用歩廊などの付属物が取り付けられるため、その耐風安定性は不明瞭な点が多い。そこで本研究では、我が国において吊形式の水管橋を設計・施工する場合、どのような断面が耐風安定上好ましいかを二次元模型実験により検討した。

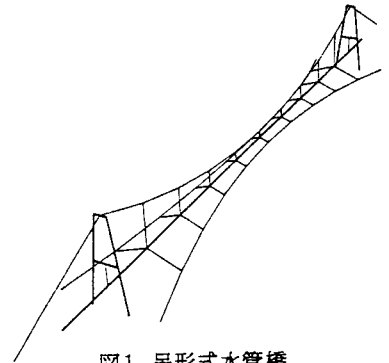
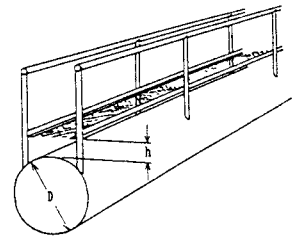


図1 吊形式水管橋

## 2. 実験概要

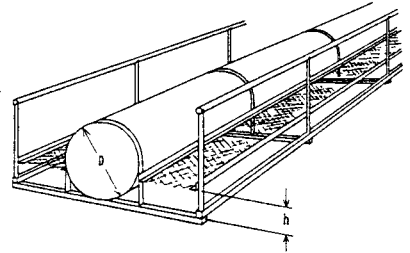
実験には、九州工業大学建設工学教室付属の空力弾性試験用風洞（測定断面1070×1070mm）を用いた。この風洞内に模型（水管：アルミパイプ製、歩廊：木製）を鉛直曲げ1自由度振動系にコイルバネで支持して、自由振動実験を行った。実験ケースは以下のとおりである。



(a) Type 1

1) Type 1 ; 図2(a)に示すように、水管上部に点検用歩廊を取り付けたタイプで、水管上部から歩廊までの高さ $h$ を変化させて耐風性を検討した。

2) Type 2 ; 図2(b)に示すように、水管の左右両側に点検用歩廊を取り付けたタイプで、水管下部から歩廊までの高さ $h$ を変化させて耐風性を検討した。また、耐風安定性の良い歩廊高さ $h$ については、迎角の変化による耐風性も検討した。



(b) Type 2

図2 実験ケース

なお、各ケースにおける振動諸元は表1に示すとおりである。

## 3. 実験結果

1) Type 1 について ; 図3は迎角 $\alpha = 0^\circ$ 、歩廊高さ $h = 0.2D$ の応答を図示したものである。この応答は、換算風速 $V_r = 6$ あたりから振動が発生し、 $V_r = 6.5$ 程度で最大振幅となり、 $V_r = 10$ あたりで振動が止まるという単独円柱と同様な渦励振の発生が認められる。図4は迎角 $\alpha = 0^\circ$ における渦励振域での最大振幅と歩廊高さ $h$ との関係を示している。（ここで $h = 0$ は、通常 $\sqcap$ 向きに取り付けられる歩廊を $\sqcap$ 向きに取り付けた場合であり、 $h = 0$ と $h = 0$ では歩廊の取り付け

表1 模型の振動諸元

|                                | Type 1 | Type 2 |
|--------------------------------|--------|--------|
| 長さ $L$ [m]                     | 0.950  | 0.950  |
| 水管直径 $D$ [m]                   | 0.050  | 0.050  |
| 質量 $m$ [kgf·s <sup>2</sup> /m] | 0.288  | 0.291  |
| 振動数 $f$ [Hz]                   | 8.175  | 8.120  |
| 対数構造減衰率 $\delta$               | 0.003  | 0.003  |

向きが逆である。) この関係によれば、 $h$ が小さいほど渦励振域での応答振幅が小さくなっている。しかしながら、応答振幅が最も小さい $h=0$ の場合でも、応答振幅は無次元倍振幅で $2A/D=0.45$ と大きい。また、このときの変動空気力係数は $C_{F1}=0.42$ であり、これは単独円柱の変動空気力係数 $C_{F1}=0.4\sim0.6$ と同じである。よって、この断面では風作用下での渦励振の発生は免れないと考えられる。

2) Type 2 について ; 図 5 は迎角 $\alpha=0^\circ$ 、歩廊高さ $h=0.2D$ の応答である。この応答にも Type 1 の場合と同様に、換算風速 $V_r=5$ あたりから振動が発生し、 $V_r=6$ 程度で最大振幅となり、 $V_r=7$ あたりで振動が止まるという典型的な渦励振が発生している。図 6 は迎角 $\alpha=0^\circ$ における歩廊高さ $h$ と渦励振域での最大振幅との関係を示している。この図によると、 $h$ を小さくするほど振動振幅は小さくなり、 $h=0$ のとき無次元倍振幅 $2A/D=0.17$ で最小となる。しかしながら、 $h=-0.2D$  (歩廊を歩廊取り付け用溝型鋼の下部に取り付けた場合。) とすると、渦励振の最大振幅は $2A/D=0.47$ と大きくなり、かつ $V_r=6$ あたりからギャロッピングが発生している。次に耐風安定性が最も良い $h=0$ について、迎角を変化させたときの応答振幅の変化を図 7 に示す。この結果によると、迎角が比較的小さい $-6^\circ \leq \alpha \leq 8^\circ$ の範囲においては、最大振幅は $\alpha=-2^\circ$ の場合の $2A/D=0.18$ であり、大きな振動は発生していない。また、このときの空気力係数も $C_{F1}=0.18$ で小さかった。一方、負の迎角が大きい $\alpha=-10^\circ$ の場合には、 $2A/D=0.55$ にも達する大きな振動が発生している。しかし、一般的に設計において考えられる迎角は $-6^\circ \leq \alpha \leq 6^\circ$ の範囲であるので、この断面は実用的な断面であると考えられる。

#### 4. まとめ

- ① Type 1 の断面は、渦励振の最大振幅が最も小さな場合でも、無次元倍振幅で $2A/D=0.45$ と大きく、実用化するには何らかの方法で耐風性を向上する必要がある。
- ② Type 2 の断面は歩廊高さ $h=0$ の場合の耐風安定性がよく、この断面は実用的であると言える。
- ③ Type 1, Type 2 どちらの断面においても、歩廊高さ $h$ の違いにより渦励振の応答振幅に大きな差があり、また $h$ によってはギャロッピングが発生するので、歩廊位置の決定には細心の注意が必要である。

#### ※参考文献

加藤九州男ほか : 「吊形式水管橋の三次元模型による耐風性の検討」, 西部支部講演概要集, (1991.3)

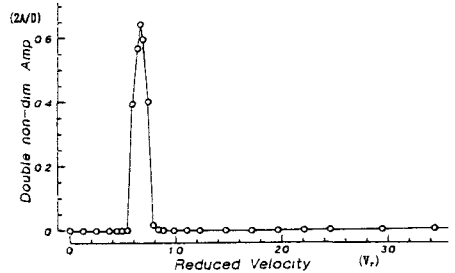


図3 Type 1 の応答例 ( $\alpha=0^\circ, h=0.2D$ )

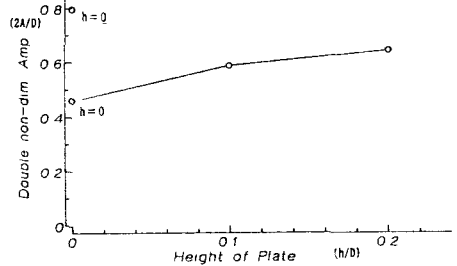


図4 Type 1 の歩廊高さ-最大振幅の関係 ( $\alpha=0^\circ$ )

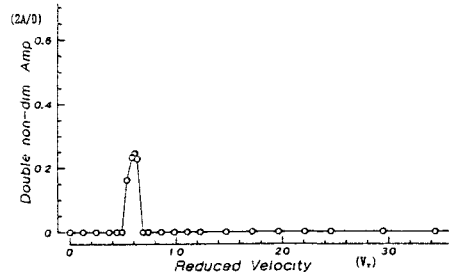


図5 Type 2 の応答例 ( $\alpha=0^\circ, h=0.2D$ )

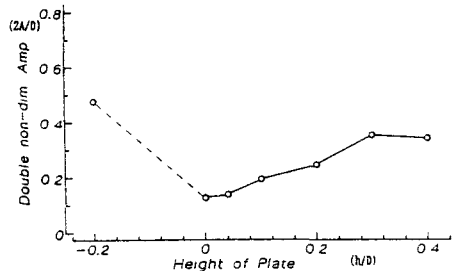


図6 Type 2 の歩廊高さ-最大振幅の関係 ( $\alpha=0^\circ$ )

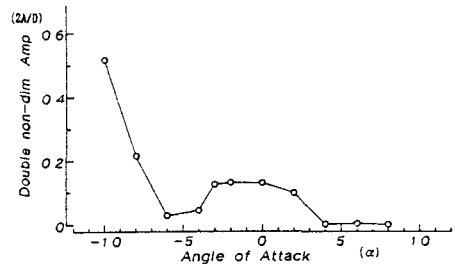


図7 Type 2 の迎角-最大振幅の関係 ( $h=0$ )