

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
川崎製鉄株式会社 正 員 中村 聖三

1. はじめに

我が国の新しい形式の水管橋として、無補剛吊形式の水管橋が注目されている。この形式の水管橋は吊形式のため剛性が小さく、風による振動が問題とされているが、国内において、その耐風安定性を検討した例は数少ないようである。筆者らはこれまでに、図1に示すType1とType2の断面を有する水管橋の耐風安定性を検討してきた。そこで、本研究では、施工法との関連から取り付けの可能性の高いパイプ固定用ケーブルを剥離点制御に利用することにより、Type1の耐風性を向上することをType2は歩廊高さを変化させることにより耐風性を向上することを試みた。

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た自由振動実験を行った。剥離点制御用固定ケーブルは、固定ケーブル径を a として $a/D = 0.04, 0.06, 0.08$ の3種類を用意した。実験ケースは以下のとおりである。
1) TypeU；固定ケーブルをType1の上側に2本配置したタイプで、歩廊高さは $h = 0.02D$ である。

2) TypeL；固定ケーブルをType1の下側に2本配置したタイプである。固定ケーブル径 $a/D = 0.04, 0.08$ については歩廊高さ $h = 0.2D$ で実験を行った。固定ケーブル径 $a/D = 0.06$ については、歩廊高さが $h = 0, 0.05D, 0.1D, 0.2D$ の4とおりの実験を行い、また $h = 0.05D$ の場合は迎角を $-6^\circ \leq \alpha \leq 6^\circ$ の範囲で変化させた。

3) TypeW；固定ケーブルをType1の上側と下側にそれぞれ2本ずつ配置したタイプで、歩廊高さは $h = 0.2D$ である。

4) Type2；歩廊高さ 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。

なお、模型振動諸元は表1のとおりであり、固定ケーブル取り付けによる変化はほとんどなかった。

3. 実験結果

まず、Type1の改良型についてみる。すべてのTypeで実験を行った歩廊高さ $h = 0.2D$ 、迎角 $\alpha = 0^\circ$ の場合についてみると、換算風速 $Vr = 5 \sim 9$ で渦励振が発生している。渦励振の最大振幅をType別にまとめたものが表2である。この表によると、TypeU, TypeL, TypeWの順に渦励振の最大振幅が小さくなっており、また固定ケーブル径が $a/D = 0.06$ のものが振幅が最も小さくなっている。固定ケーブル径 $a/D = 0.06$ のTypeL, TypeWでは、固定ケーブルが無い場合の半分程度の振幅となっており、制振効果が大きいと言え

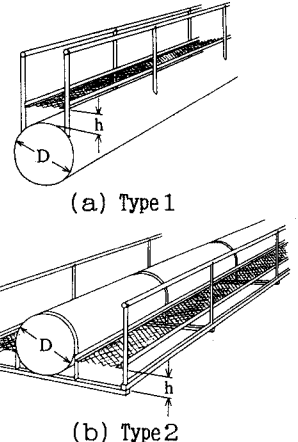


図1 吊形式水管橋断面

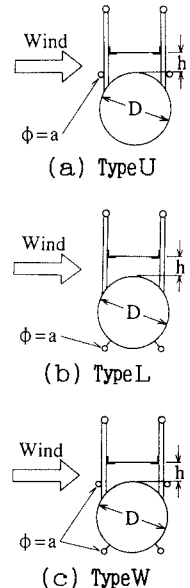


図2 Type1改良断面

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 ² /m]	0.288	0.291
振動数 f [Hz]	8.175	8.120
対数構造減衰率 δ	0.003	0.003

る。Type L に比べて Type U の制振効果が小さいのは、歩廊の存在によって Type L と同様な効果が現れなかったためであると考えられる。

制振効果の大きかった Type L の固定ケーブル径 $a/D = 0.06$ について、歩廊高さ h を変化させた場合についてみる。図3は歩廊高さ h と渦励振の最大振幅の関係を示しているが、歩廊高さ h が小さいほど渦励振の最大振幅が小さくなっている。 $h = 0$ と $h = 0.05D$ では、渦励振の最大振幅は無次元倍振幅でそれぞれ $2A/D = 0.012$ と $2A/D = 0.014$ で大差無いが、 $h = 0$ では $Vr = 12$ から発散的な振動が発生した。

図4は振幅の小さかった Type L, 固定ケーブル径 $a/D = 0.06$, 歩廊高さ $h = 0.05D$ の迎角を $-6^\circ \leq \alpha \leq 6^\circ$ で変化させた場合の応答について、迎角と渦励振の最大振幅との関係を示している。この図によると、迎角が $0^\circ \leq \alpha \leq 2^\circ$ の範囲では渦励振の振幅を無次元倍振幅で $2A/D = 0.1$ 以下に抑えることが可能である。しかしながら、迎角が $\alpha \leq -2^\circ$, $4^\circ \leq \alpha$ では無次元倍振幅が $2A/D = 0.4D$ 程度まで大きくなり、迎角が大きな場合は渦励振を抑制することは困難である。

つぎに、Type 2 についてみる。図5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 $Vr = 6$ 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6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 $2A/D = 0.18$ であり、大きな振動は発生していない。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 の渦励振対策として、Type L (固定ケーブル径 $a/D = 0.06$, 歩廊高さ $h = 0.05D$) を用いると迎角が小さな場合には、渦励振を無次元倍振幅で $2A/D = 0.1$ 以下に抑制することができる。
- 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

- (1) 久保, 加藤, 金尾 : 「直列二本円柱の空力弾性挙動と振動抑制に関する一考察」, 土木構造・材料論文集 第4号 (1989.1)
- (2) 中原, 久保, 落田, 中村 : 「吊形式水管橋断面の二次元モデルによる耐風性の検討」, 土木学会西部支部研究発表会概要集, (1991.3)

表2 Type 1 改良断面の渦励振応答振幅

	$a/D = 0.04$	$a/D = 0.06$	$a/D = 0.08$
Type U	$Vr = 6.12$ $2A/D = 0.489$	$Vr = 6.61$ $2A/D = 0.431$	$Vr = 6.36$ $2A/D = 0.494$
Type L	$Vr = 6.85$ $2A/D = 0.447$	$Vr = 6.36$ $2A/D = 0.319$	$Vr = 6.61$ $2A/D = 0.460$
Type W	$Vr = 6.36$ $2A/D = 0.402$	$Vr = 6.85$ $2A/D = 0.299$	$Vr = 6.61$ $2A/D = 0.360$
Type 1	$Vr = 6.61$ $2A/D = 0.636$		

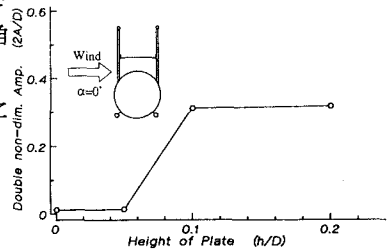


図3 Type L の歩廊高さ-最大振幅の関係 ($2a/D = 0.06, \alpha = 0^\circ$)

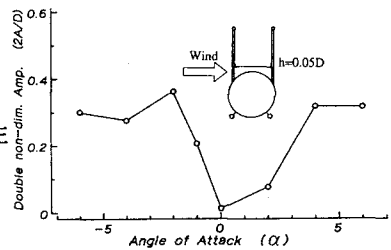


図4 Type L の迎角-最大振幅の関係 ($2a/D = 0.06, h = 0.05D$)

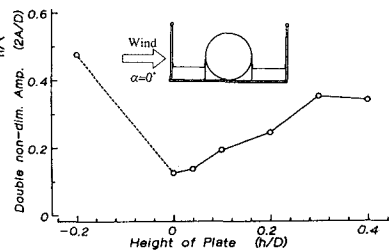


図5 Type 2 の歩廊高さ-最大振幅の関係 ($\alpha = 0^\circ$)

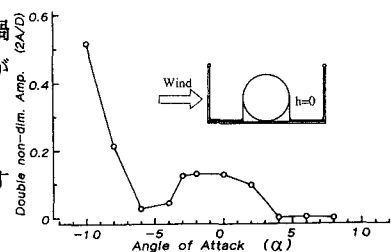


図6 Type 2 の迎角-最大振幅の関係 ($h = 0$)