

I - B38

斜張橋用近接一体型ケーブルの空力特性

九州大学大学院 学生員 ○浜崎大輔

(研究当時 九州工業大学工学部)

九州工業大学工学部 正会員 久保喜延

宇部興産株式会社 正会員 前田 博

九州工業大学大学院 学生員 由井陸粹

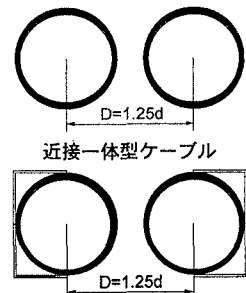
1. まえがき

近年の架橋技術の発達に伴う橋梁技術の進歩により、橋梁の長径間化には目覚ましいものがある。その中でも、優れた構造特性、優美な景観を備え持つ斜張橋は、長スパン化、建設件数の増加が望まれる橋梁の一つである。しかし、スパンの長大化に伴う複数本ケーブルの使用は、ウェイクギャロッピングと呼ばれる風による振動を引き起こす可能性があり、制振対策の確立が望まれている。そこで、本研究では、最も採用例の多い2本ケーブルの制振対策として検討されてきている近接一体型ケーブルについて、2自由度応答実験を行い、準定常理論を用いた応答解析による検討を加えた。

2. 実験概要

既往の研究¹⁾より、近接一体型ケーブルにおいて、空力特性および施工性が良好なケーブル中心間隔は $D=1.25d$ (d : ケーブル中心間隔) とされている。そこで、近接一体型ケーブルの応答特性を把握するため、 $D=1.25d$ を対象とした2自由度応答実験を実施した。

実験には、空力弾性試験用風洞 (1070mm×1070mm) を用いた。模型は、直径 $d=50$ mm のアルミパイプを中心間隔 $D=1.25d$ に固定したものを使用し、上下、ねじれの2自由度振動が可能となるようにコイルバネで支持した。ま



D型対向断面近接一体型ケーブル

た、物体後流側に隅角部を持たせることによりギャロッピングを抑制できるという報告²⁾があり、近接一体型ケーブルにもこれを適用し、D型対向断面近接一体型ケーブルを考案し、これによる実験も行った。なお、実験はそれぞれ迎角 $\alpha=0^\circ$ および 4° について行った。

3. 実験結果

1) 近接一体型ケーブルの上下振動応答図を図1に示す。迎角 $\alpha=0^\circ$ においては、まず、換算風速 $V_r=60$ 付近からねじれ振動が発生し、 $V_r=90$ 付近から上下振動へと変化した。ここでのねじれ振動についての空力減衰率は $\delta_a \approx -0.0025$ と極めて小さく、実橋で発生する可能性は低いと考えられる。しかし、高風速域で発生したギャロッピングについての空力減衰率は、 $\delta_a \approx -0.01$ となっており、実橋においてはダンパーを付加することで振動を抑制できると考えられる。 $\alpha=4^\circ$ については、強制加振を与えることで、ねじれ散散振動が発生したが、それ以外の振動は発生しなかった。

2) D型対向断面近接一体型ケーブルのねじれ振動応答図を図2に示す。 $\alpha=0^\circ$ において $V_r=40$ 付近から、ねじれ振動

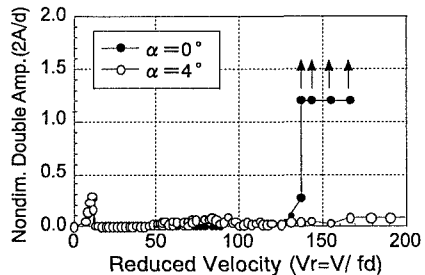


図1 近接一体型ケーブルの応答図 (上下振動)

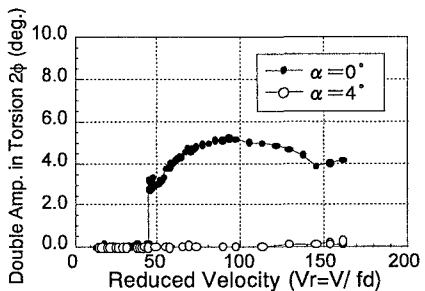


図2 D型対向断面の応答図 (ねじれ振動)

キーワード：ウェイクギャロッピング、斜張橋用ケーブル、応答推定

住所：〒804 北九州市戸畑区仙水町1-1 TEL 093-884-3109 FAX 093-884-3100

が発生したが、励振力は極めて弱いと考えられる。その他は、発散振動と思われる振動は発生しておらず、D型対向断面とすることにより空力特性は改善されたと考えられる。

4. 応答解析方法と結果

風洞実験に対応した、上下、ねじれ2自由度の解析を行った。

三分力係数の測定値に基づき静的空気力を用いた定式化を行った。すなわち空気力は、上下振動、ねじれ振動による相対迎角およびねじれ角、迎角の関数となる。振動方程式の時間積分にはニューマークβ法を用い、時間刻みは0.01秒で行った。無風時つりあい位置から、上下方向に1mm、ねじれ角に0.1°の初期変位を与え、初期状態から出発して、応答が定常となったときの応答振幅を求めた。まず、ねじれによる相対迎角の導入が解析結果に与える影響を検討するため、3種類のねじれ相対迎角により応答解析を行った。なお、ねじれによる相対迎角は、模型前縁で決まるという仮定のもとで行った。表1に解析ケースおよび解析結果を示す。Case2とCase3による応答図はほぼ同じものとなった。このことより、ねじれ角が相対迎角に与える影響は小さいといえる。しかし、ねじれ角を考慮している点から、Case3による解析が良い近似を与えると考えられるため、Case3について実験結果と比較し、ねじれによる相対迎角の有効性について検討する。応答解析結果を実験結果とともに図4、図5に示す。近接一体型、 $\alpha=0^\circ$ については、実験で発生した応答をうまく再現できなかった。これは、静的空気力の測定角度以外の補完、解析時における静的空気力の補正による誤差等も関連していると考えられる。その他については、Case3におけるねじれ相対迎角を導入することで、実験での現象がほぼ再現できた。このことより、ケーブルどうしを近接、剛結した、近接一体型ケーブルにおける応答については、準定常理論を用いた応答解析法にある程度の結果が期待できると考えられる。

表1 応答推定結果

	近接一体型ケーブル				D型対向断面近接一体型ケーブル			
	$\alpha=0^\circ$		$\alpha=4^\circ$		$\alpha=0^\circ$		$\alpha=4^\circ$	
	上下	ねじれ	上下	ねじれ	上下	ねじれ	上下	ねじれ
Case1	×	△	△	△	○	△	○	○
Case2	×	×	○	△	○	○	○	○
Case3	×	×	○	△	○	○	○	○

Case1：ねじれによる相対迎角を考えない。 ○：実験結果とほぼ一致
Case2：相対迎角をねじれ角速度の関数とする。 △：傾向は実験結果と一致する
Case3：相対迎角はねじれ角、角速度の関数。 ×：明らかに実験結果と異なる

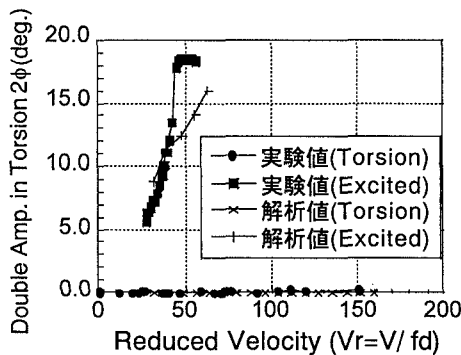


図3 近接一体型のねじれ応答推定図($\alpha=4^\circ$)

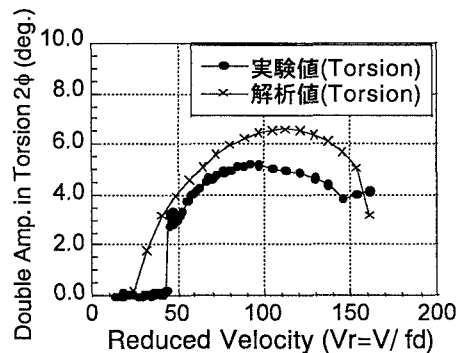


図4 D型対向断面のねじれ応答推定図($\alpha=0^\circ$)

5. まとめ

近接一体型ケーブルおよびD型対向断面近接一体型ケーブルを用いた2自由度応答実験および準定常理論を用いた応答解析を行った結果、D型対向断面とすることで空力特性の改善が見られた。このことより、物体後流側隅各部の形状がウェイクギャロッピング発生の有無に大きく関わっているといえる。また、静的空気力を用いた応答解析においては、ねじれ角が相対迎角に与える影響は小さく、ねじれ角速度が相対迎角決定の重要な要素となっていることが判明した。

<参考文献>

- 1) 前田他：構造工学論文集，Vol.42A，pp.775-784，1996.
- 2) 久保他：構造工学論文集，Vol.41A，pp.823-828，1995.