

端板の有無による傾斜円柱の空力弾性応答特性の比較

九州工業大学大学院 学生員 ○安藤 貴彦 東 秀明 (株)奥村組 藤田 基記
九州工業大学 正会員 久保 喜延 木村 吉郎 加藤 九州男

1. はじめ

斜張橋ケーブルにおいては、ポリエチレン管被覆ケーブルの普及と斜張橋の長径間化に伴うケーブルの長大化によって、渦励振やレインパイプレーションなどの風による振動の発生が問題となっている。そこで、断面形状を変化させることによる空力的な制振効果と経済性が見込めるマルチストランドケーブルおよびヘリカルストランドが提案され、その検討により剛体模型実験においてヘリカルストランドの制振効果が確認されてきた。しかし、弾性模型実験においては、ヘリカルストランドの制振効果が確認されず、空力応答特性も双方の実験において異なったものとなった。その異なった理由として、既往の研究で行った剛体模型実験においては端板を設置しない状態で実験を行っており、そのことで風洞外から風洞内へ風が流れ込み、空力応答特性に何らかの影響をしたものと考えられる。

そこで、本研究の目的は、端板を設置した状態で円柱剛体模型実験を行い、端板の有無による空力応答特性の比較・検討を行うこととする。

2. 実験概要

実験には、九州工業大学の空力弾性試験用風洞(ゲッチングン型：測定断面1780mm×910mm)を用いた。また、実験で用いた供試模型(D=50mm)を図1に示す。剛体模型実験では、縦横が直径の4倍の長さの端板を設置した状態と端板を設置しない状態で行うこととし、各々の状態においてヘリカルストランドを設置角 $\theta = 60^\circ$ で設置した場合と設置しない場合とで1自由度応答実験を行った。また、実験ケースとして水平偏角 β が $0^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 25^\circ, 35^\circ$ の5ケースを行った。

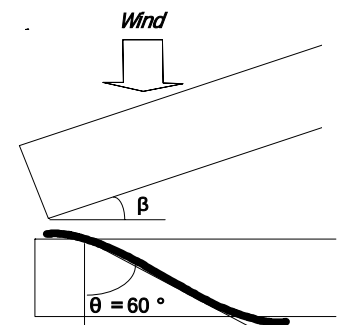


図1 供試模型

3. 実験結果および考察

ヘリカルストランドを設置しない場合において、端板を設置しない状態と設置した状態の応答図を図2に示す。また、ヘリカルストランドを設置した場合において、端板を設置しない状態と設置した状態の応答図を図3に示す。

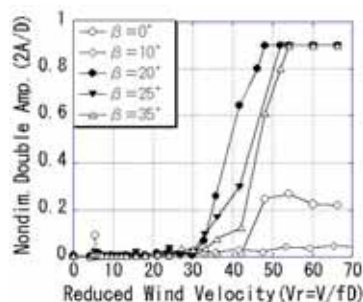
図2によると、端板を設置しない場合、偏角 $\beta = 0^\circ$ では $V_r=5.0$ 付近でわずかではあるが渦励振が発生している。しかし、偏角をつけると渦励振は発生しなくなった。渦励振は円柱の後流渦の振動数が円柱の固有振動数に等しくなるロックイン現象が生じるために発生する。偏角をつけると渦励振が発生しないのは、風洞外から流れ込む風が渦励振の起因となる後流渦を乱すためであると考えられる。これに対して、端板を設置した場合では、風洞外から風洞内への風の流れ込みを防ぐためロックイン現象が生じ、すべての偏角で渦励振が発生している。また、端板を設置しない場合、偏角 $\beta = 10^\circ$ を除くすべての偏角において、 $V_r=30$ 付近からギャロッピングと考えられる発散振動が発生している。一方、端板を設置した場合、風洞外からの風は流れ込まず、ギャロッピングは発生していない。

次に図3より、ヘリカルストランドを設置した場合において、端板を設置しない場合、偏角 $\beta = 35^\circ$ でギャロッピングが発生していることを除けば、他のすべての偏角で渦励振もギャロッピングも完全に抑制されている。また、端板を設置した場合、偏角によってはやや抑制された場合もあるが、設置しない場合と同様にすべての偏角において渦励振は発生しており、ヘリカルストランドを設置した場合でも端板の有無によって、空力応答特性に違いが見られた。

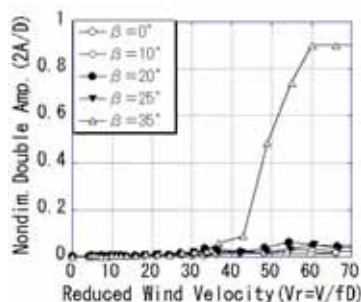
キーワード：斜張橋ケーブル，風洞実験，端板，空力応答特性，渦励振，ギャロッピング

連絡先：〒804-8550 北九州市戸畑区仙水町 1-1 (093) 884-3466 Fax. (093) 884-3100

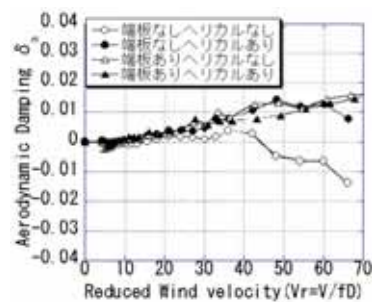
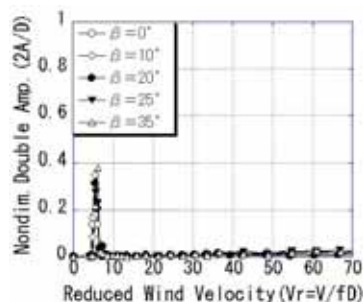
また、端板の設置有無において空力特性に違いが顕著に見られた偏角 $\beta = 0^\circ, 25^\circ$ の空力減衰図（図4）を比較・検討していく。空力減衰図において正の値が大きくなるほど空力的に安定となり、負の値が大きくなるほど空力的に不安定となる。この空力減衰率は測定した見かけの空力減衰率から構造減衰率を引いたものである。図4よりヘリカルストランドを設置しない場合において、端板を設置しない場合、高風速域において空力的に不安定となっているが、端板を設置した場合、高風速域においても空力的に安定となっており、端板の有無により空力応答特性に大きく違いが見られた。一方、ヘリカルストランドを設置した場合において、高風速域に関しては、端板の有無に関わらず空力的に安定している。



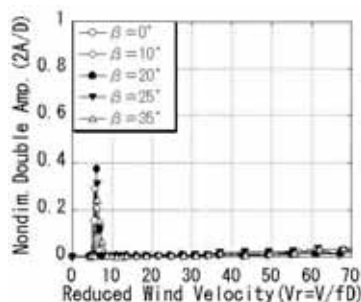
(a)端板なし



(a)端板なし

(a)偏角 $\beta = 0^\circ$ の場合

(b)端板あり



(b)端板あり

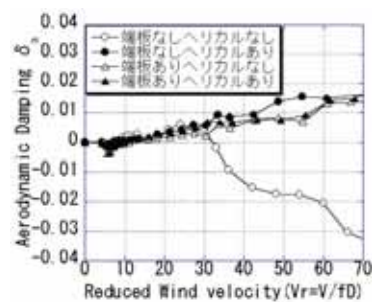
(b)偏角 $\beta = 25^\circ$ の場合

図2 ヘリカルなしの応答図

図3 ヘリカルありの応答図

図4 空力減衰図

4. 結論

ヘリカルストランドを設置しない状態において、端板を設置しない場合、渦励振は発生せず、高風速域においてギャロッピングが発生し、端板を設置した場合、渦励振が発生し、ギャロッピングは発生していない。またヘリカルストランドを設置した状態において、端板を設置しない場合、偏角 $\beta = 35^\circ$ 以外の偏角ではギャロッピングが完全に抑制されている。一方、端板を設置した場合、ヘリカルストランドを設置しない場合と同様に渦励振は発生し、ギャロッピングは発生していない。以上のことから、ヘリカルストランドの設置時、不設置時共に端板の有無によって空力応答特性に大きく違いが見られた。このことから風洞外から風洞内に流れ込む風が空力応答特性に大きく影響していると考えられる。また、本研究の端板を設置した場合の剛体模型実験の空力応答特性が、実ケーブルにより近い状態で行われた弾性模型実験の空力応答特性と同程度の結果になったことも確認できた。よって、ケーブルの模型実験における端板の設置については慎重に検討を行って、実験を行う必要がある。

5. 今後の課題

本研究における端板の有無による空力応答特性の違いから、風洞外から風洞内に流れ込む風が空力応答特性に大きく影響していることがわかった。実験を行う際、現場で実際に起きていることにより近い状態で実験を行うことが望ましいことは明らかである。よって、今後の課題としては、実際ケーブルにどのように風が作用しているのかを詳細に知ることが重要であり、それを基に実験を行う際の端板の必要性についても検討していき、制振対策についても考えていく必要がある。