

端板の有無による傾斜円柱の対風応答特性に関する研究

九州工業大学 学生員○藤田 基記 非会員 安藤 貴彦
九州工業大学 正会員 久保喜延, 木村吉郎, 加藤九州男

1. はじめに

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り、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なかった。この理由として、既往の研究で用い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たため、風洞外から風洞内へ風が流れ込むことにより軸方向流が生じ、模型に影響を及ぼしたためと考えられる。

そこで、端板を設置した状態での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を本研究の目的とする。

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(ゲッチンゲン型: 測定断面 1780mm, 910mm)を用いた。本研究は供試模型の直径(50mm)の4倍の長さの端板を模型に設置した状態において、既往の研究で総合的に良好な空力特性を示したヘリカルストランドの巻き角 $\theta=60^\circ$ で設置した場合と設置しない場合で1自由度応答実験を行った。また、風が供試模型に直行する状態(水平偏角 $=0^\circ$)を基準に水平偏角 β を $0^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 25^\circ, 35^\circ$ と変化させて実験を行った。模型断面およびヘリカルストランドの設置状況を図1に示す。

3. 実験結果および考察

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

図2によると端板を設置しない場合、偏角 $\beta=0^\circ$ では $V_r=5$ 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。これは模型に端板を設置していないため、風洞外から風洞内へ風が流れ込み、模型前面および背面に軸方向流が生じ、その軸方向流が後流渦の振動に影響を与えてロックイン現象を妨げたためであると考えられる。しかし、端板を設置した場合は風洞外から風洞内への風の流れ込みを防ぎ、軸方向流が発生しないためロックイン現象が起り、全ての偏角において渦励振が発生している。また、端板を設置しない場合、偏角 $\beta=10^\circ$ 以外において $V_r=30$ 付近からギャロッピングが発生している。この振動の発生メカニズムは、傾斜円柱について、次のように説明されている。傾斜円柱では、軸方向流が強まると、それが空気の壁となり上面側と下面側の剥離せん断層の流力的干渉が阻害される。そして円

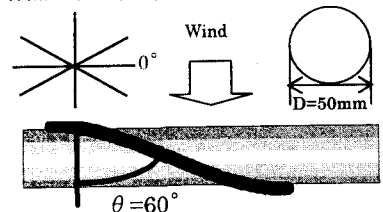
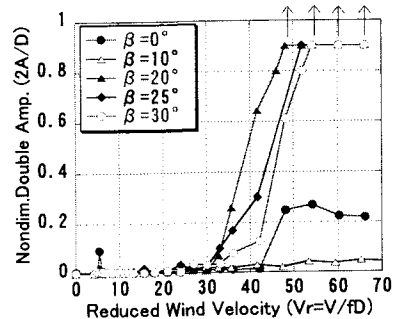
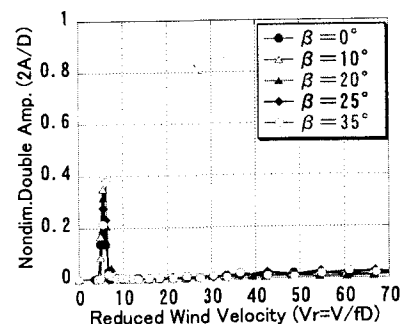


図1 ヘリカルストランド設置状況



(a) 端板なし



(b) 端板あり

図2 ヘリカルなしの応答図

柱の振動により、サイズの小さい方の剥離バブル内に局所循環流が形成され、そこは低圧領域になる。一方、反対の面では圧力が回復し、この上下面の圧力差が励振力となって振動が発生する。¹⁾しかし、端板を設置した状態では軸方向流が生じないため、このような現象は起きず、ギャロッピングは発生しないものと考えられる。

図3の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では水平偏角 $\beta=35^\circ$ 以外の偏角においてヘリカルストランドを設置していない場合に見られたギャロッピングは発生していない。これはヘリカルストランドの設置により、先ほど説明したギャロッピングを起こす原因となっている軸方向流を乱すためであると考えられる。また、端板を設置した状態ではヘリカルストランドを設置していない場合と同様に軸方向流が流れないため、ロックイン現象が起こり、全ての偏角において渦励振は発生している。

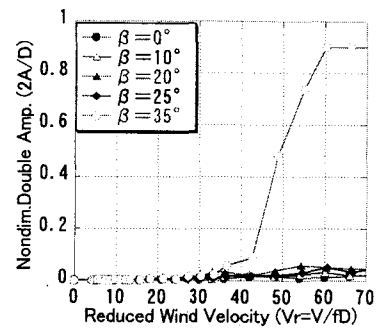
4. 剛体模型実験と弾性模型実験による空力減衰率の比較

本研究の剛体模型実験と既往の研究の弾性模型実験において、ヘリカルストランド設置前後における空力特性の違いが顕著であった偏角 $\beta=25^\circ$ の空力減衰図の比較を図4に示す。剛体模型実験において端板を設置しない場合、模型が軸方向流の影響を受けることにより、ヘリカルストランドを設置しない方が設置した場合に比べ、明らかに空力減衰率は小さくなっており不安定化している。しかし、端板を設置した場合、軸方向流の影響を受けないため、ヘリカルストランドの設置に関わらず、空力減衰率はほぼ同程度となっている。このことから、ヘリカルストランドはギャロッピングを起こす原因となっている軸方向流を乱す役割があると考えられる。また、弾性模型実験においては、ヘリカルストランドを設置した場合と設置しない場合とも、空力減衰率はほぼ同程度となっており、剛体模型実験において端板を設置した場合と同じ傾向となっている。弾性模型実験は実際の斜張橋ケーブルに近い状態にあるため、剛体模型実験においては端板を設置した場合の方が実橋に近い状態を再現していると考えられる。このことから、軸方向流が発生しない場合、ヘリカルストランドの有効性は期待できないと考えられる。

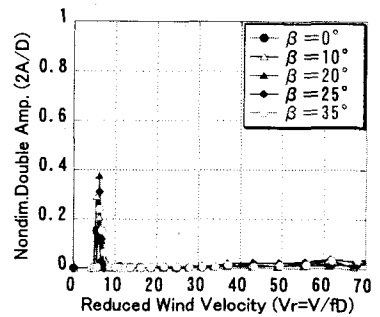
5. まとめ

(1)端版の有無についてみると、円柱剛体模型における端板を設置しない場合、風洞外から風洞内へ風が流れ込むことにより軸方向流が生じ、ギャロッピングが発生する。しかし、端板を設置した場合、風の流れ込みを防ぐことによって渦励振は発生するがギャロッピングは発生しない。

(2)ヘリカルストランドの有効性についてみると、軸方向流が発生する場合はヘリカルストランドが軸方向流を乱すことにより、空力不安定振動を抑制すると考えられる。しかし、軸方向流が発生しない場合、実際の斜張橋ケーブルはヘリカルストランドの有効性は期待できないと考えられる。

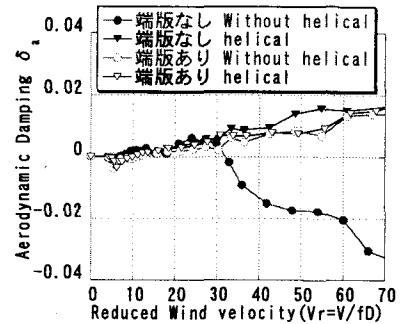


(a) 端板なし

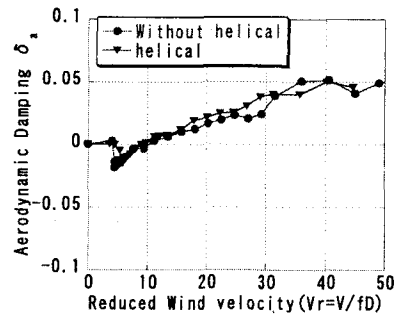


(b) 端板あり

図3 ヘリカルありの応答図



(a) 剛体模型実験



(b) 弾性模型実験

図4 偏角 $\beta=25^\circ$ の空力減衰図