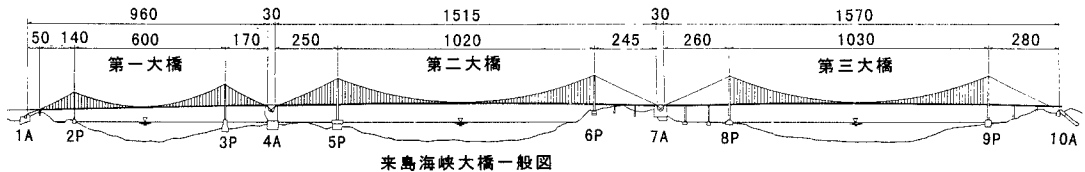


I - B 389 来島海峡大橋に生じたハンガーロープ振動現象とその対策

本州四国連絡橋公団 正員 玉越 隆史
本州四国連絡橋公団 正員 伊藤 進一郎

1. まえがき

来島海峡大橋では、建設中よりハンガーロープに振動が発現し、振動計測により現象が渦励振であることが確認された。さらに各種制振対策について検討を行い最終的に弾性シール材（ポリブタジエンゴム）を用いた減衰付加装置を設置した。ここでは、現象の特定から制振装置の選定までの経緯について報告する。

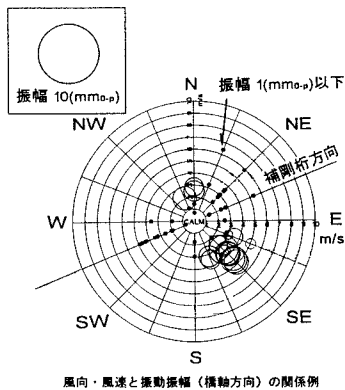


2. 振動現象の特定

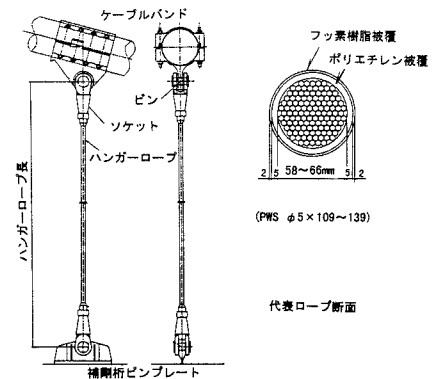
来島海峡大橋のハンガーロープは、被覆平行線ケーブルを採用しており、表面粗度が小さく断面が真円形に近いため、計画段階より渦励振の発現が予想されていたが、補剛桁架設後に振動が確認された。

そこで、1998年7月に現地で振動計測を行った結果、次の事から渦励振であると断定した。

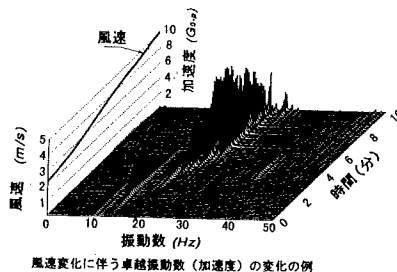
- 1) ハンガーロープの振動方向が、風向に対して直角方向である。
- 2) 低風速（概ね2m/s）から発振し、風速の増大とともに卓越振動数が増大する傾向がある。



風向・風速と振動振幅（振動方向）の関係例



代表ロープ断面



風速変化に伴う卓越振動数（加速度）の変化の例

3. 制振対策の検討

振動計測結果と既往の現地風観測記録から振動発現頻度が20%近くになると予測されたことで、併設されている原自歩道利用者等への心理的な影響や微振動が長期的に橋体等に及ぼす不測の影響等について総合的に判断して制振対策の実施を決定し、実橋で各種対策案の効果確認実験を行い以下の知見を得た。

- 1) 平行線ケーブルを用いたハンガーロープの対数減衰率は0.001~0.002程度である。
- 2) 対数減衰率が0.003以上（付加減衰率0.002程度）で渦励振は概ね抑制できる。

キーワード：吊橋、ハンガーロープ、渦励振、制振、減衰付加

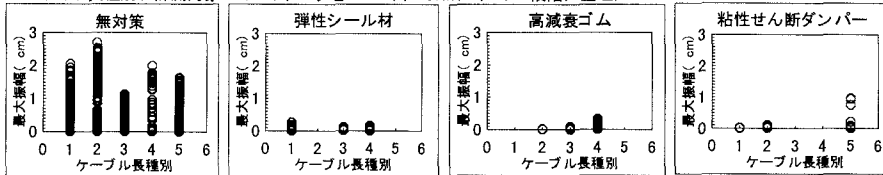
〒794-0072 愛媛県今治市山路7-5-1-2 TEL 0898-23-5952 FAX 0898-23-8708

強制加振実験結果（注1）		無対策	制振対策（減衰付加）		
			弾性シール材	高減衰ゴム	粘性せん断型
対数減衰率（5～15次振動）	実測値	0.001～0.002	0.003～0.005	0.005～0.009	0.003～0.004
	設計値	—	0.003～0.004	0.006～0.008	0.013～0.016

備考：注1）設置高さ $h/L=1\%$ 、(h :設置位置1m(ハンガー端部からの距離)、 L :ハンガー長104m)
 注2）粘性せん断型は構造等の問題で対数減衰率が設計値と大きく乖離したと考えられた。

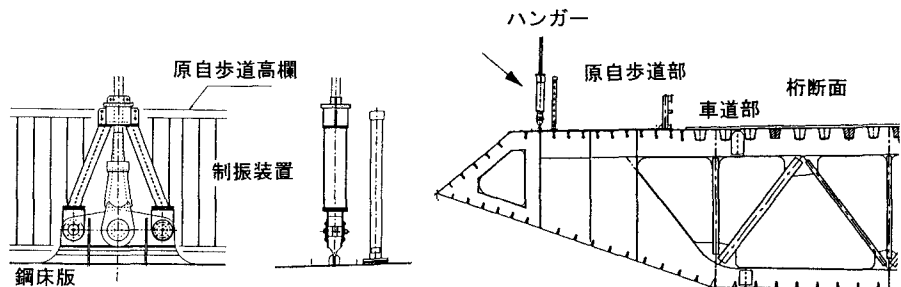
実験期間（約1ヶ月）中の振動振幅（卓越3成分の重ね合わせ、10分間平均値）

※ケーブル長種別（計測対象ハンガーのデータを104m(1)～85m(5)の5段階に整理）



減衰付加装置の概要		
弾性シール材	高減衰ゴム	粘性せん断ダンパー
100mm, 200mm ハンガー シール材 φ254mm - 主成分 ポリブタジエン - せん断弾性係数 $G=5\text{kg}/\text{cm}^2$ - シール材寸法 外径 φ254mm 高さ 100mm, 200mm	2個設置 φ80mm 40mm ハンガー 高減衰ゴム（単体） 4個設置 - 主成分 天然ゴム - せん断弾性係数 $G=16\text{kg}/\text{cm}^2$ - ゴム寸法（単体） 外径 φ80mm 高さ 40mm	10mm ハンガー φ135mm 粘性せん断ダンパー 粘弾性体 - 主成分 ブチレン系高分子材料 - せん断面積 $S=143\text{cm}^2$ - 粘弾性体高さ 10mm

以上より、必要な減衰性能が得られ、経済性等でも有利な弾性シール材（ポリブタジエンゴム）による減衰付加を選定実施した。対策範囲は実橋の共振頻度の観測から30m以上長さハンガーとした。現地施工は平成11年3月より行い、対策済みのハンガーロープから順次制振されていくことでその効果を確認した。



4. まとめ

来島海峡大橋ハンガーロープでの渦励振の発現とその対策検討を通じて次のことが明らかとなった。

- 平行線ケーブルのハンガーロープ自体の対数減衰率は0.002を下回る値である。
- 対数減衰率0.003（付加減衰率0.002程度）を確保することで渦励振は概ね抑制できる。

被覆平行線ケーブルは、強度効率、防食性に優れ、現場塗装の省略等利点も多く今後も吊橋ハンガーロープとして有力な選択肢となることが予想されるが、ここで得られた結果が検討の一助になれば幸いである。