

I - B 250

多々羅大橋のケーブル渦励振対策

本州四国連絡橋公団	正員	○森山 彰	本州四国連絡橋公団	真辺 保仁
本州四国連絡橋公団	正員	山口 和範	三菱重工業	正員 重留 正治*
			三菱重工業	正員 渡部 剛賢

1. はじめに

多々羅大橋は、橋長1480m、中央径間長890m、側径間の一部にP C桁を有する3径間連続複合斜張橋である（図-1）。本橋では計画段階からレインパイプレーションによるケーブル振動が懸念されたが、風洞実験等に基づき空力的な制振対策として表面のポリエチレン管にディンプル加工を施した結果、レインパイプレーションによる振動は発現していない。しかしながら、渦励振によるケーブル振動は架設中から生じ、舗装完了後も渦励振は観測された。この渦励振による振動は構造的な問題が起こりうる振幅レベルではないが、供用後に歩行者及び通行者が不安感を感じる恐れがあり、制振対策を施す必要が生じた。

ケーブルの制振対策として本四架橋尾道～今治ルートを生口橋において、弾性シール材（ポリブタジエン系ゴム）を定着鋼管に施工しており、その制振効果については加振実験により確認済みである。本橋においても側径間ケーブル全段と、中央径間では生口橋の最上段ケーブル（ $L=246\text{m}$ ）と同等な長さの10段目までのケーブルに対し、弾性シール材をケーブル定着鋼管内に充填した。しかしながら、本橋の最長ケーブル長は460mとなり弾性シール材では付加減衰の低下が懸念された。そこで弾性シール材を上回る減衰付加性能を有し、簡素な構造で耐久性にも優れ、また景観上の配慮から定着鋼管内に施工可能な高減衰ゴムシートを使用した制振対策を考案した。その制振効果を確認するために中央径間のC38、C47ケーブル（上段より5段目 $L=382\text{m}$ ）に数種の高減衰ゴムタイプの制振対策を試作し、加振振動実験を実施した。本稿ではその実験結果について報告する。

2. 実験概要

- 1) 制振対策概要：弾性シール材は図-2に示す様に定着管から200mmの範囲に充填した。高減衰ゴムは図-3の様に2分割した厚さ9mmのゴムシートを貫通ボルトの位置を変えて重ねステンレスプレートでとじ合わせた。また、高減衰ゴムの使用量をできるだけ押さえるためにゴムの外径を ケーブル径+200mm とし、周囲に樹脂モルタルを注入して定着鋼管に取り付けた。高減衰ゴムによる制振対策ではゴムの最適バネ定数を選定することにより最大付加減衰が得られることが知られている。しかし、このような構造のゴムのバネ定数を計算で求めることが困難であるため、ここではゴムプレートの枚数を変えた実験を行い、最適バネを評価した。なお、高減衰ゴムは硬度70（JIS K 6253）のものを使用した。
- 2) 計測方法：油圧・サーボ加振機によりケーブル振動が定常共振状態になるまで面内（鉛直）加振し、自由振動波形をサーボ型加速度計により計測し面内の振動特性を求めた。

3. 実験結果

- 1) ケーブルの基本特性：ケーブルの基本特性を把握するために、制振対策を施していないC38ケーブルに対して加振振動実験を行った。図-4に1次～4次モードにおける対数減衰率を示す。対数減衰率は1次で $\delta=0.01$ 程度であるが、高次になると急減しており、渦励振対策として特に高次モードに対する減衰付加が重要であることがわかる。なお、ケーブルの減衰については風速の影響が懸念されたため、風速との関係も調べたが今回計測した10m/s以下程度の風速域では、風速が対数減衰率に及ぼす影響は小さい結果となっている。
 - 2) 制振対策確認試験：表-1に高減衰ゴムシートの枚数を変化させたときの対数減衰率、表-2には高減衰ゴムシート、無対策ケーブル、弾性シール材の対数減衰率を示す。実験結果を要約すると以下である。
- ① 高減衰ゴムシートの枚数を4、7、14枚と変化させ比較した場合、実験した振動モードにおいて7枚の対数減衰率が高い結果となった。10次において、4枚の対数減衰率は7枚の約96%、14枚は7枚の54%である。

キーワード：斜張橋、ケーブル振動、渦励振、制振、高減衰ゴム

連絡先*：〒730-8642 広島市中区江波沖町5-1 Tel 082-292-3124 Fax 082-294-1428

- ② 無対策ケーブルの対数減衰率と、弾性シール材、高減衰ゴムシートとの対数減衰率を比較すると、弾性シール材、高減衰ゴムにより減衰が付加されていることがわかる。また、最適枚数であるシート枚数7枚の高減衰ゴムによる減衰付加は弾性シール材による値を上回っている。

4. まとめ

代表ケーブル数本について加振実験を行い、弾性シール材・高減衰ゴムによる制振対策の振動特性及び効果確認を行った。この結果、弾性シール材及び今回試作した高減衰ゴムタイプの対策によって減衰が付加される事、及び適切なゴムシート枚数による高減衰ゴムタイプの対策は弾性シール材に比べて減衰効果が大きい結果を得、高減衰ゴムシートを用いた制振対策の有効性を確認することができた。

なお本結果に基づき、本橋の中央径間の上段ケーブルに対して高減衰ゴムシートを7枚とした制振対策を施した。

参考文献

- 1) 藤原、森山；多々羅大橋ケーブル制振対策、本四技報 Vol20. No79 '96.7

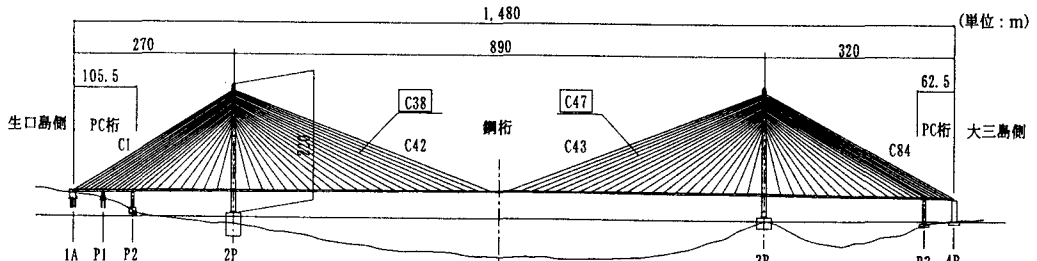


図-1 多々羅大橋一般図

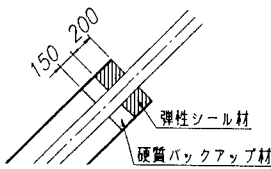


図-2 弾性シール材による制振対策

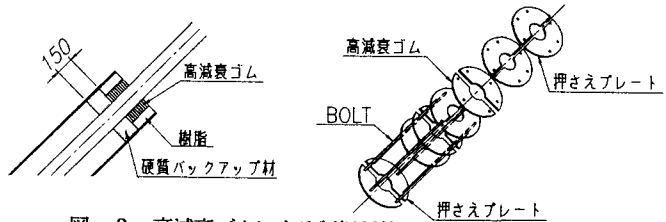


図-3 高減衰ゴムによる制振対策

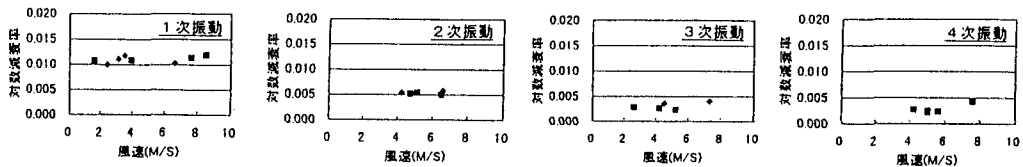


図-4 C38ケーブルにおける対数減衰率

表-1 シート枚数による対数減衰率計測結果

高減衰ゴムシート枚数	ケーブルの対数減衰率 δ		
	5次	10次	20次
4枚	0.0081 (0.0084, 0.0066) <0.98>	0.0065 (0.0060, 0.0061) <0.96>	0.0061 (0.0060, 0.0061) <1.03>
7枚	0.0083 (0.0076, 0.0091) <1.00>	0.0068 (0.0066, 0.0069) <1.00>	0.0059 (0.0054, 0.0061) <1.00>
14枚	0.0057 (0.0054, 0.0061) <0.69>	0.0037 (0.0034, 0.0041) <0.54>	0.0025 (0.0023, 0.0027) <0.42>

注) ()内数値は繰り返し試験結果の範囲を示す
< >内数値はシート枚数7枚の対数減衰率に対する比率を示す

表-2 各対策における対数減衰計測結果

対策	ケーブルの対数減衰率 δ		
	5次	10次	20次
無対策	0.0046 (0.0043, 0.0049) <1.00>	0.0030 (0.0029, 0.0030) <1.00>	0.0022 (0.0021, 0.0022) <1.00>
弾性シール材	0.0045 (0.004~0.005) <0.98>	0.0046 (0.0045~0.005) <1.53>	0.0044 (0.0045~0.005) <2.00>
高減衰ゴムシート7枚	0.0083 (0.0076, 0.0091) <1.80>	0.0068 (0.0066, 0.0069) <2.27>	0.0059 (0.0054, 0.0061) <2.68>

注) ()内数値は繰り返し試験結果の範囲を示す
< >内数値は無対策の対数減衰率に対する比率を示す