

本州四国連絡橋公団 正員 藤原 亨 日立造船 正員 植田利夫  
 中沢 啓 加道博章 正員 小林義和

1. まえがき 生口橋は図1に示すように両側径間がPC箱桁(支間150m),中央径間が鋼箱桁(支間490m)の複合主桁構造を有する世界最大規模の斜張橋である。本橋では、架設段階から風によるケーブルの振動がしばしば発生し、何らかの制振対策が必要であった。一方、本橋のケーブルには活荷重によるケーブル割断部の二次応力緩和のため、ケーブル取付部に角折れ緩衝材としてポリブタジエン系ゴムを注入する構造となっており、この緩衝材によるケーブルの減衰付加効果が期待された。そこで、まず、架設の途中段階で実橋ケーブルに緩衝材を試験施工し、施工前後の自由減衰振動実験から減衰付加効果を明らかにした。さらに、緩衝材ありとなしのケーブルの両者の対風応答観測結果から緩衝材の

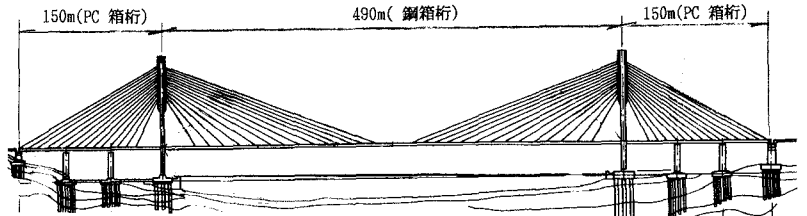


図1 生口橋の概要

観測結果から緩衝材の制振効果を確認した。この結果、角折れ緩衝材をケーブルの制振対策として活用することとした。表1に本橋ケーブルの諸元を示す。

表1 ケーブル諸元

形式	マルチタイプファン形式(2面)
ケーブル本数	112本(14段)
使用ケーブル	索線径φ7mm平行線ケーブル(重船メッキ鋼線)
ケーブル構成	φ7mm×151~241本
防錆処理方法	ノングラウトタイプ(PE被覆)
ケーブル無応力長	53.419~246.013m
ケーブル質量	3.2~18.2t/本

2. 実験内容 (1) 緩衝材試験施工による付加減衰調査 :

側径間のケーブル3本にそれぞれ注入長を変えて緩衝材を桁側定着部に試験施工した。(図2参照,第7段西側20cm,東側30cm,第8段西側40cm)。施工時期は中央径間閉合前で側径間・中央径間共に14段中10段までの架設状態である。自由減衰振動実験はほぼ無風時にワイプを介して人力加振し、桁側定着鋼管上部より2mの位置に取付けたサボ型加速度計により面内方向振動を検出した。緩衝材を取付けない状態での実験は、これら3本の他、側径間東側第8段及び西側第1・10段,中央径間第7・8段の計8本のケーブルについて実施した。

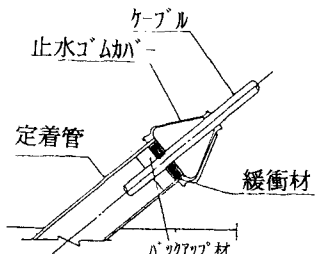


図2 緩衝材の設置概要

(2) ケーブルの対風応答観測 : (1)により緩衝材の減衰付加効果が認められたため、その制振効果を調査するため、12段ケーブル架設完了後から桁閉合直前までの約2か月間自動計測による対風応答観測を行なった。この間、全14段ケーブル架設完了後からは桁振動も同時に計測した。風観測は橋面上6mの位置に設置したギル型風速計によった。観測ケーブルは、緩衝材を試験施工した側径間西側第7・8段及び緩衝材を取付けていない側径間東側第7・8段,中央径間第7・8段の計6本のケーブルとした。

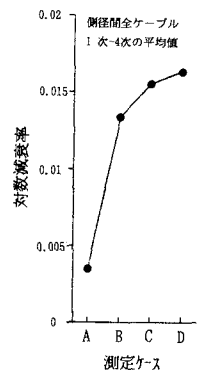


図3 対数減衰率

(3) 緩衝材本施工後の付加減衰の確認実験 : (2)の結果より緩衝材付ケーブルでは振動はほとんど発生せず制振効果が確認された。また、インバインションについてはケーブル架設開始後から対風応答観測終了まで目視あるいは自動計測で全くみられなかったことから、制振対策として角折れ緩衝材を活用することとして本施工がなされ、その後、止水ゴムかを設置された。本施工の緩衝材長さは桁側20cm(中央径間)・10cm(側径間),塔側10cmである。自由減衰振動実験は両緩衝材施工後及び止水ゴムか施工後についても実施して付加減衰量を確認した。

**3. 実験結果** (1) 緩衝材による減衰付加効果 : 緩衝材の取付状態に応じて、取付前をケースA、桁側のみ試験施工後をケースB、桁側、塔側本施工後をケースC、さらに止水ゴム加へ施工後をケースDとして、自由減衰振動実験結果による対数減衰率の変化の一例を図3に示す。ケースAの場合各モードとも対数減衰率は小さく、大半のデータが0.001 ~ 0.005である。減衰率はケースAとケースBの間での変化が著しく、ケースBの場合0.01 ~ 0.018である。ケースBからケースDの間ではそれほど顕著な変化はないが、減衰が付加される傾向が認められた。最終状態であるケースDの対数減衰率は0.01~0.03で、平均的には0.015程度であった。

(2) 緩衝材による制振効果 : 図4(a)~(f)に各ケーブルの振動振幅と風速の関係を示す。側径間ケーブルで緩衝材のない東側第8段(C7E)、7段(C8E)と緩衝材付の西側8段(C7W)、7段(C8W)を比較すると、後者では振動振幅が極めて小さく制振効果は明確である。また、緩衝材未施工の中央径間ケーブルは側径間ケーブルに比べて振動が小さい傾向である。

架設先端の桁の振動と風速の関係は図5のとおりで平均風速4~6m/sで振動加速度が大きくなる傾向であり、ケーブル振動により惹起されている。

図6に緩衝材未施工のケーブル振動のモードと振動数の関係、図7に平均風速と卓越振動数の関係を示す。両結果からケーブルの振動はカマソ渦励振であることがわかる。

**4. あとがき**

本橋架設中に頻繁に発生したケーブルの風による振動は渦励振で、角折れ緩衝材による付加減衰効果により制振されることが確認された。緩衝材施工後のケーブルのケーブル完成状態の対数減衰率の平均値は0.015程度であり、レインバグレーションの抑制には若干不足すると考えられるが、観測期間中及びその後の目視観察においてもレインバグレーションは発生しておらず、他の対策は行なわないことにした。

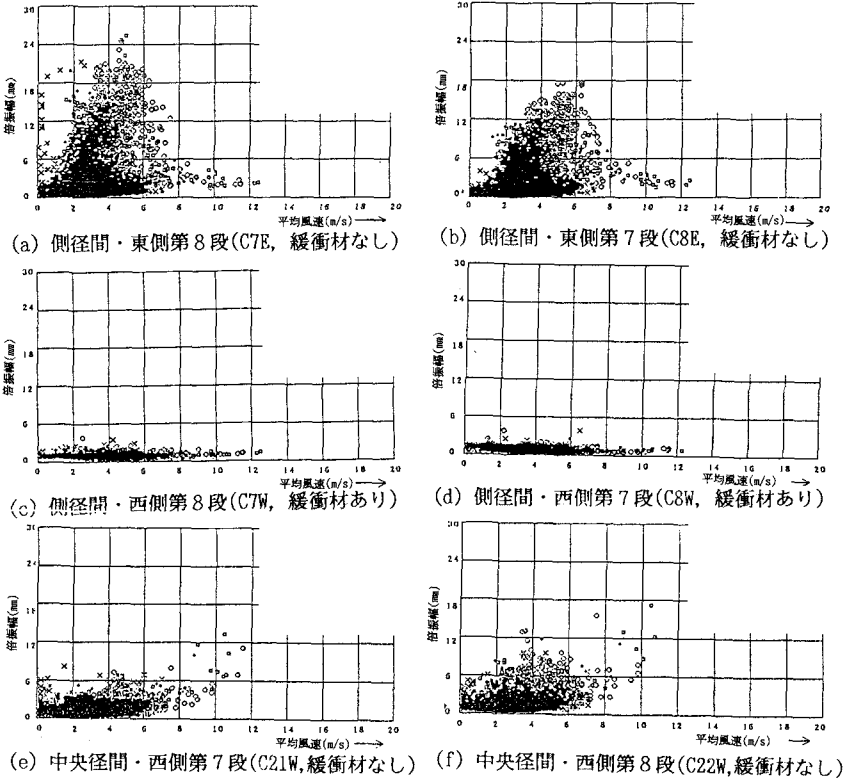


図4 風によるケーブルの振動変位

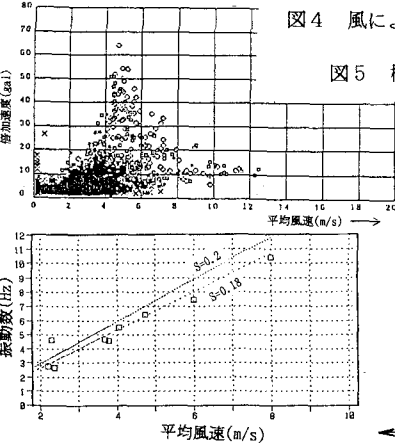


図5 桁(架設先端)の振動加速度

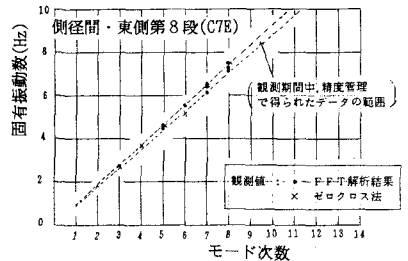


図6 ケーブル振動のモードと振動数

← 図7 ケーブル振動の卓越振動数と平均風速