

# 「伏木富山港(新湊地区)臨港道路東西線(新湊大橋) の耐風対策について」

新潟港湾空港技術調査事務所

技術開発課 森越 健二



# 伏木富山港(新湊地区)臨港道路東西線の概要

## 課題

- ①富山市内からコンテナターミナルや海王丸パークへの陸上交通アクセスが悪く、港湾を利用する大型車により、国道415号において渋滞が生じている。
- ②航路によって新湊地域の東西が分断されているため、地域住民の利便性を妨げている。



## 対応

### 新湊地区臨港道路(東西線)整備事業

事業期間:平成14年度～平成25年度

事業費:約485億円

#### <整備効果>

- ・増大する港湾物流の円滑化及び効率化
- ・東西に分断された地域を結び、地域住民の利便性向上



供用開始後  
■陸上輸送コストの削減  
約105億円/年  
■CO2の削減  
約2,145トン/年

延長 3,600m

供用後のルート

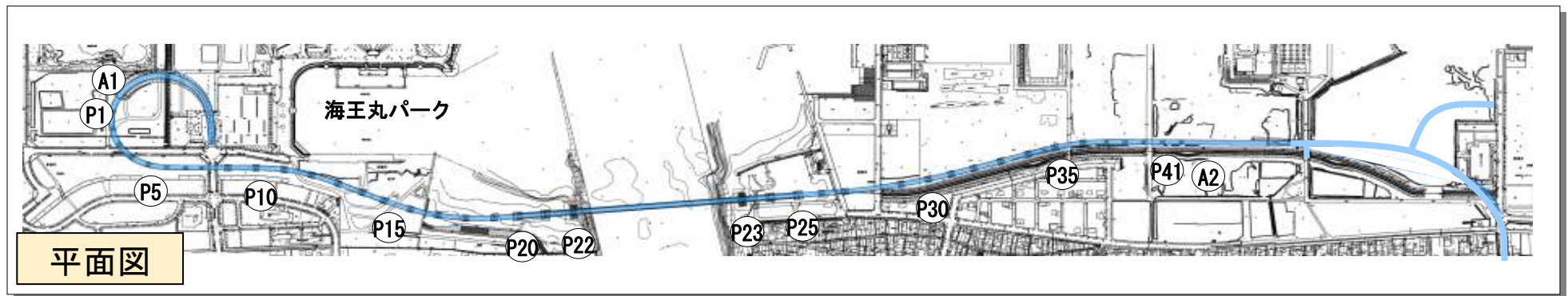
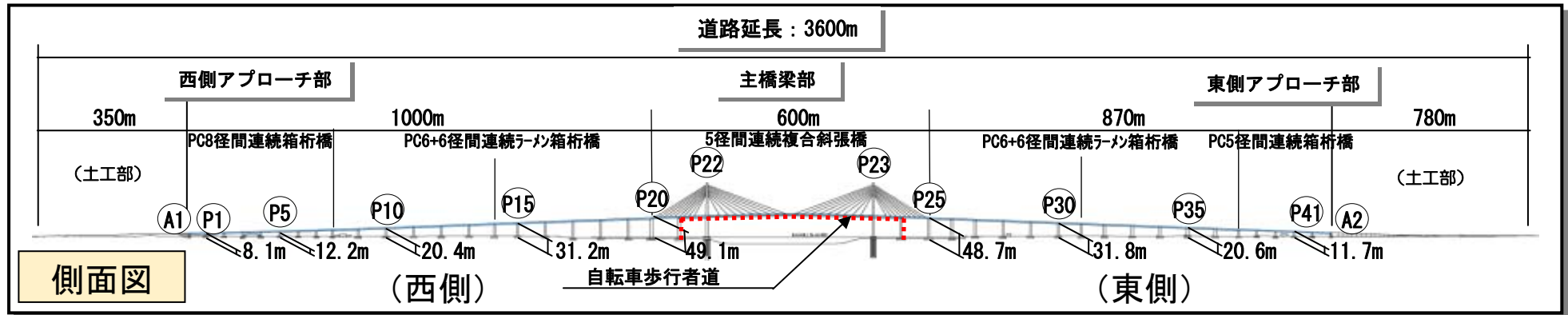
輸送時間短縮:5分

現在のルート

国道415号

至富山市

# 伏木富山港(新湊地区)臨港道路東西線 全体図・事業概要



## 事業概要

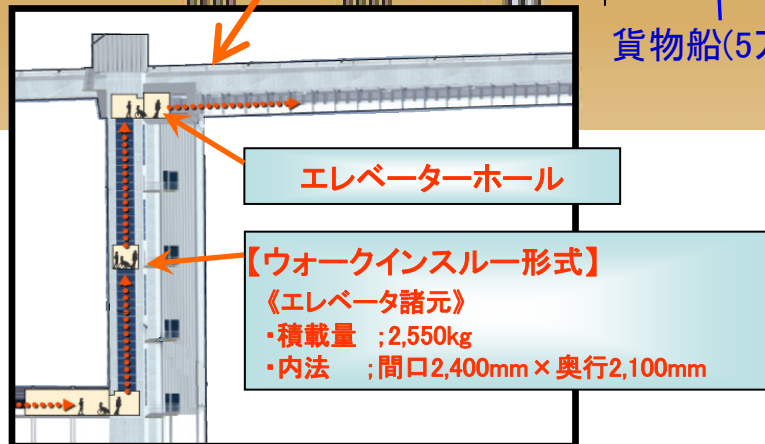
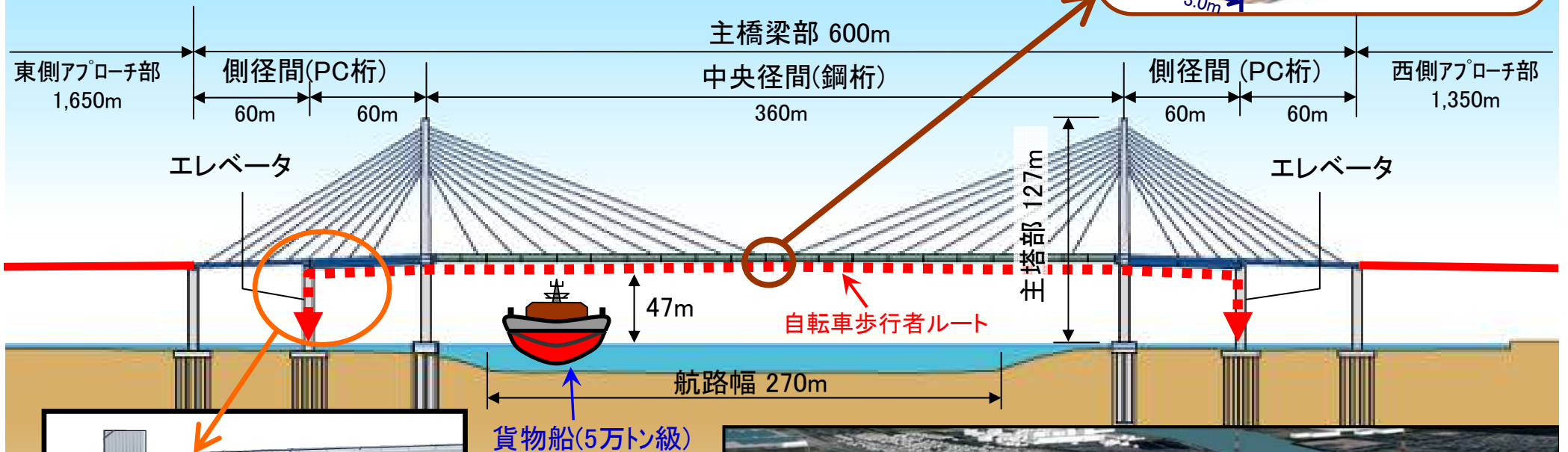
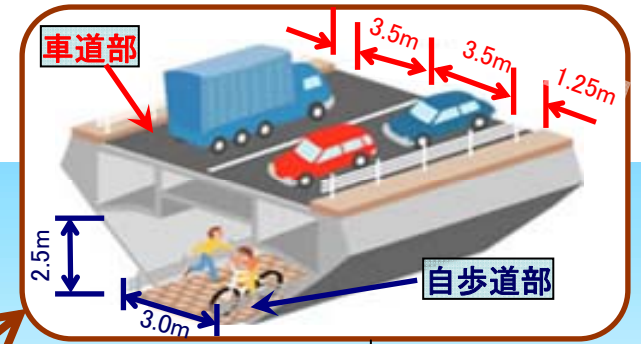
しんみなとおおはし

橋梁名称(主橋梁部):「新湊大橋」(桁下自転車歩行車道の名称:あいの風プロムナード)

- |         |                                  |          |                 |
|---------|----------------------------------|----------|-----------------|
| ・計画延長   | : 約 3,600m                       | ・桁下空間    | : 最高水面+47m      |
| ・車線数    | : 2車線(道路幅3.5m×2車線<br>/路肩の幅1.25m) | ・設計速度    | : 50km/h        |
| ・主橋梁部構造 | : 5径間連続複合斜張橋 600m                | ・最急縦断勾配  | : 4%以下          |
|         |                                  | ・供用日(車道) | : 平成24年9月23日(日) |

# 新湊大橋 (主橋梁部) の概要

- ・新湊大橋の主橋梁部は、中央径間を鋼桁、側径間をPC桁とする橋桁を主塔から設置した計72本のケーブルによって支える複合斜張橋という型式で、日本海側最大級の斜張橋。
- ・車道は2車線あり、その下には全天候型の自転車歩行者道を配置した2層構造となっている。



# 鋼桁部鉛直たわみ振動について

○平成23年11月30日15時頃

主径間鋼桁部中央が上下に振動(目視による振幅20~30cm)しているのを職員及び施工監理用カメラにて確認。

○平成23年から平成24年8月31日までの観測結果より

最大振幅は35cm(加速度計による計測)  
振動確認回数は28回 発生。

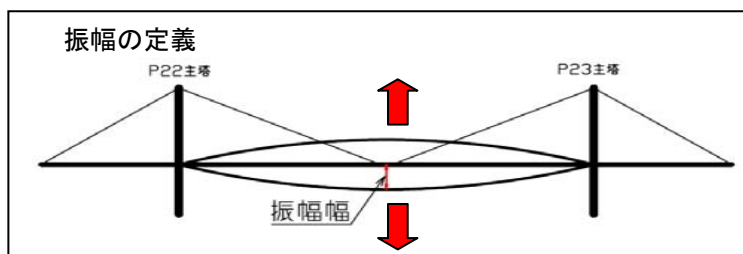
## 【発生時の気象条件】

橋面上風速が12~14m/s程度

風向が橋軸直角方向(北~北北東又は南~南南西)

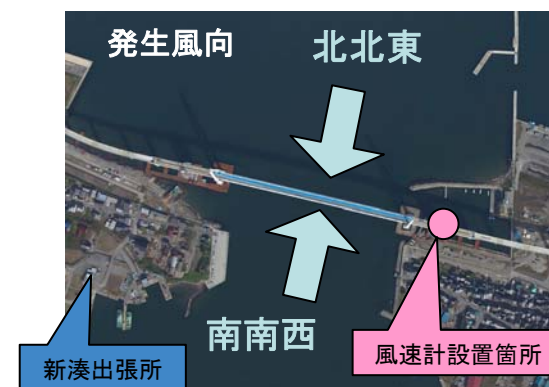
○平成23年11月30日以降10cm以上の振幅が確認された回数(平成24年8月31日現在)

年月	平成23年11月	平成23年12月	平成24年1月	平成24年2月	平成24年3月	平成24年4月	平成24年5月	平成24年6月	平成24年7月	平成24年8月	計
振動回数(回)	1	3	5	1	9	2	1	3	0	3	28



※ 回数について

1日の間で振動が観測され、振動が止まった後、再度振動が発生した場合は複数回分の振動回数をカウントしている。



# ケーブル制振装置損傷について

○平成23年9月20日朝

台風15号が接近し、橋面上の平均風速が10m/s以上を観測

ケーブル本体と防水ゴムカバーの振動を確認。

(台風最接近時(9月21日15時)、平均風速25.8m/s(北東)を観測)

○平成23年9月26日～10月5日

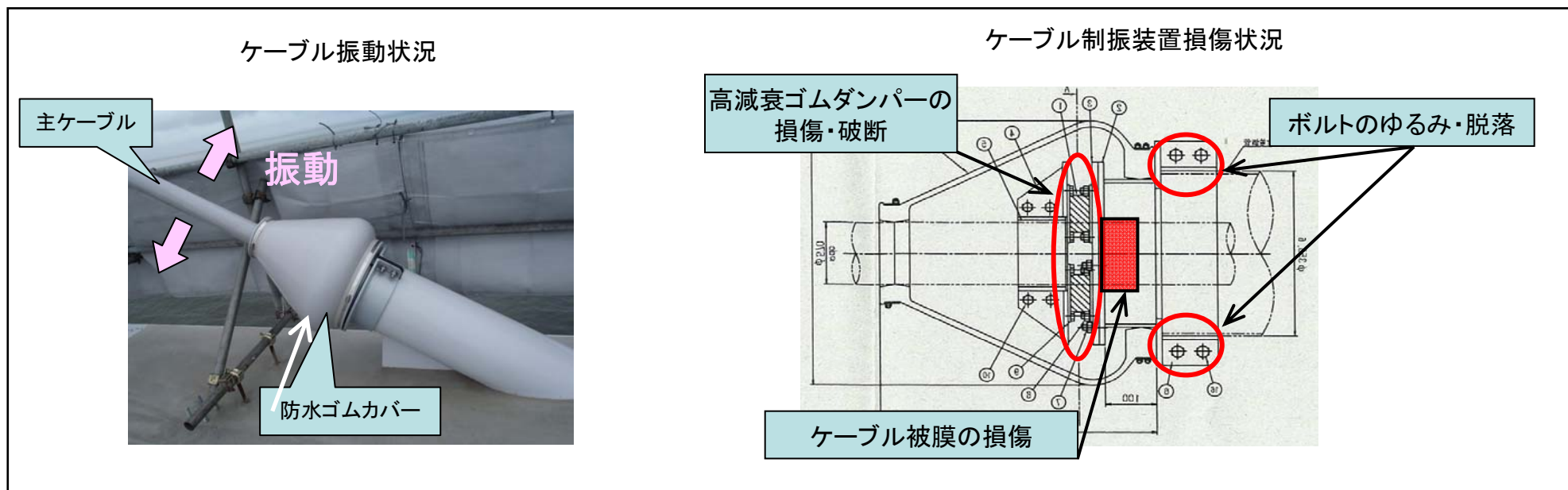
全ケーブル及び制振装置の点検を実施。

点検の結果、ケーブル被膜20箇所・高減衰ゴムダンパー21箇所に損傷を確認。

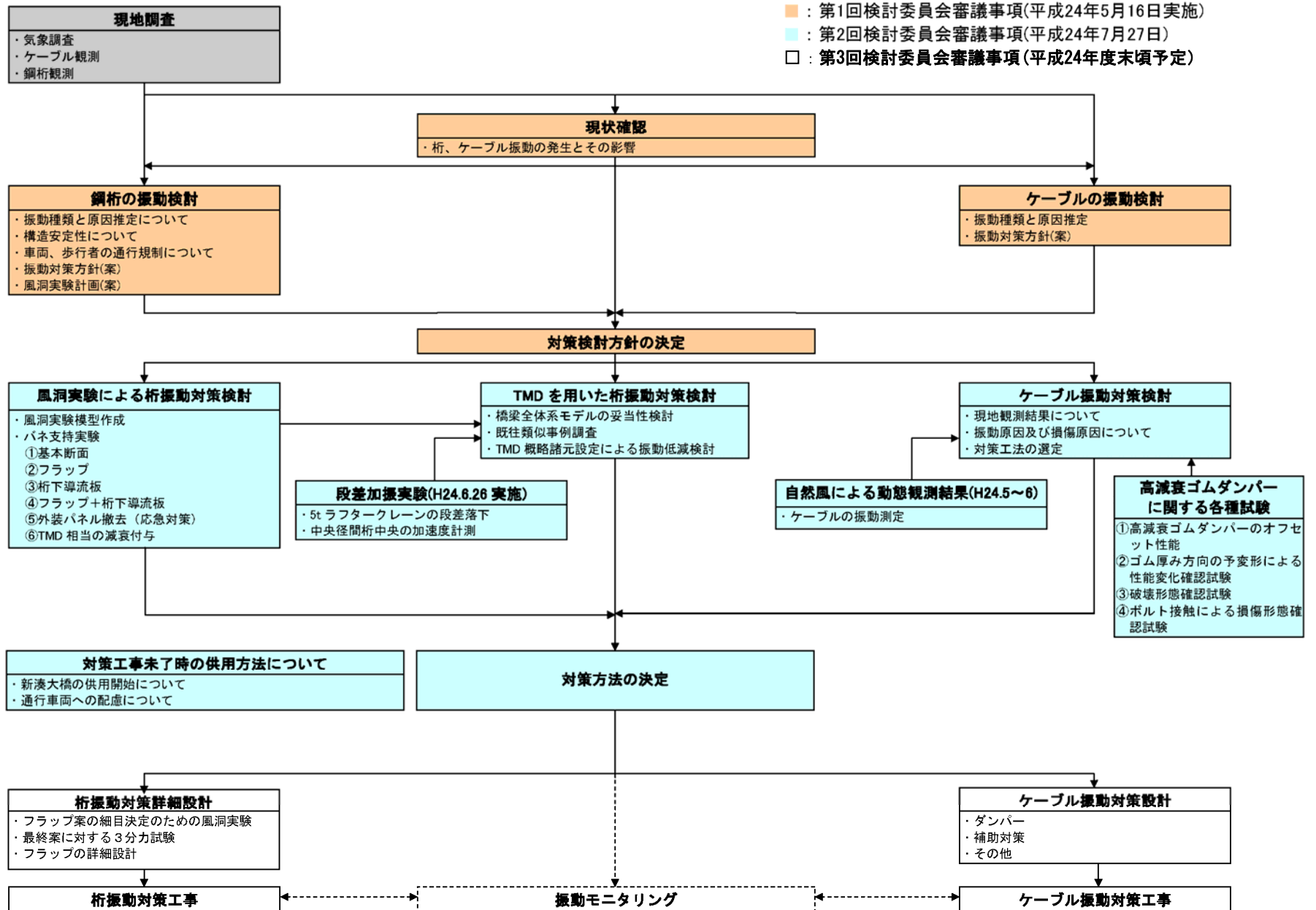
応急復旧(高減衰ゴムダンパー交換、ボルトの増し締め)を実施。

○平成23年12月27日～平成24年1月20日

ケーブル被膜損傷箇所の補修を実施。



# 伏木富山港(新湊地区)臨港道路東西線技術検討委員会 全体検討フロー



## 技術検討委員会の状況





# 第1回技術検討委員会結果(要旨)

## ①鋼桁及びケーブルの揺れの観測結果

- ・新湊大橋の鋼桁部(中央径間)において、振幅約35cmの揺れが観測された。比較的low風速時の限られた風速域での規則的な揺れであることから、原因は渦励振によるものと判断される。なお、渦励振については、当初設計時に振幅約10cmを想定していた。
- ・主ケーブルにも揺れが生じ、ケーブル端部の制振装置(高減衰ゴムダンパー)の一部に損傷が見られた。ケーブルの振動原因については、鋼桁の揺れとの関係が未解明であることから、レインバイブレーションも視野に入れ、今後、発生原因と対策を検討する。

## ②橋梁構造への影響

- ・揺れは限定的であり、ケーブル及び鋼桁の応力を確認した結果、仮に橋の上に大型車両が渋滞している荷重状態で揺れたとしても、構造上は問題はない。ただし、こうした揺れは利用者が不快・不安に感じる事が懸念されることから、制振対策を講じる必要がある。

## ③制振対策を検討するための風洞実験計画

- ・制振対策を検討するにあたっては、主橋梁鋼桁部の断面形状を再現した模型を作成し、風洞実験を行う。

## ④制振対策案

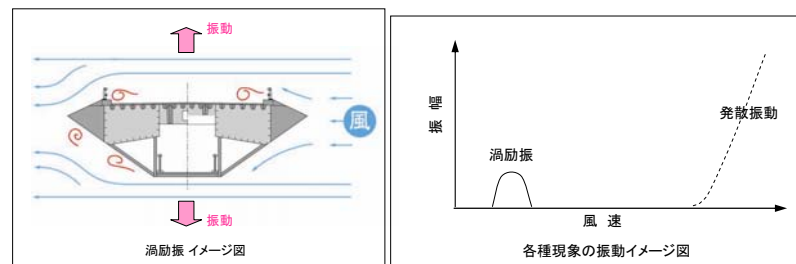
- ・制振対策案として導流板や同調系質量ダンパー(Tuned Mass Damper: TMD)等の設置を検討する。

# 語句の説明

うずれいしん

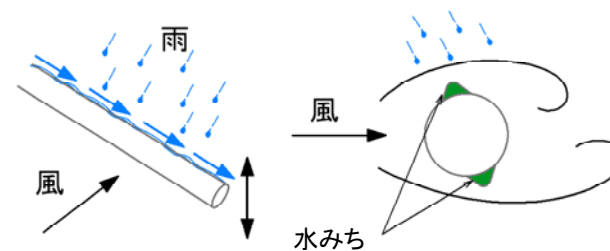
## 渦励振とは

構造物の周辺や背後に発生する気流の渦等に起因して起こる振動とされている。風と構造物が起こす一種の共振現象であり、桁橋やそれを構成する部材の揺れやすい振動数(固有振動数)と同期して規則的な振動をする。比較的低風速時の限られた風速域で発生し、ある振幅以上に発達しないとされている。なお、「渦励振」は、ある風速以上になると風速の増加とともに振動が急激に大きくなる「発散振動」とは異なるものである。



## レインバイブレーションとは

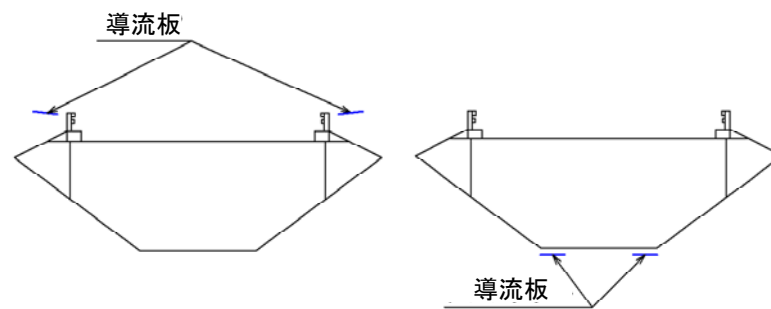
雨と風の相互作用によりある限定された風速域で生じるケーブルの振動現象。



どうりゅうばん

## 導流板とは

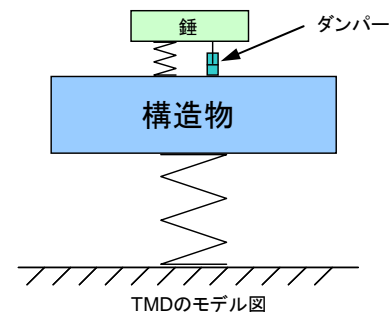
制振対策として、桁上部や桁下部の空気の流れを制御する目的で設置するもの。



どうちようけいしつりょう

## 同調系質量ダンパー(Tuned Mass Damper:TMD)とは

ダンパーと錘を構造物に取り付けることで、構造物に引き起こされる振動を抑制する装置。



# 風洞実験状況

## 第1章 鋼桁振動について

### § 1. 風洞実験結果

#### 1. 1 実験状況と実施フロー

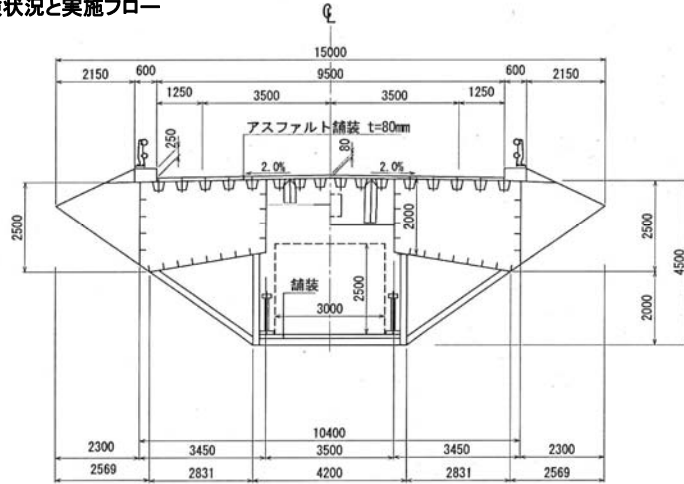
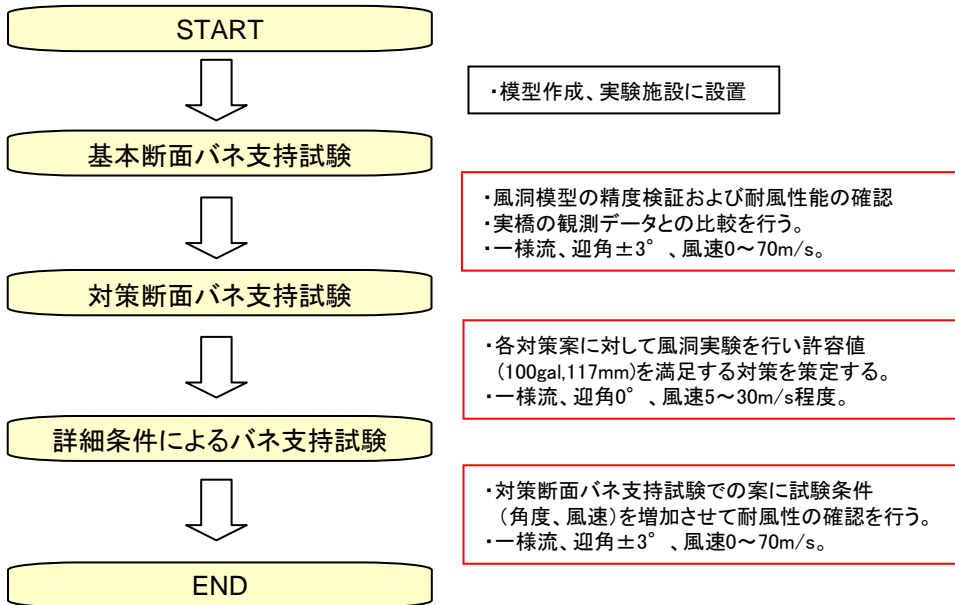


図-1.1.1 基本断面

#### ○風洞実験フロー

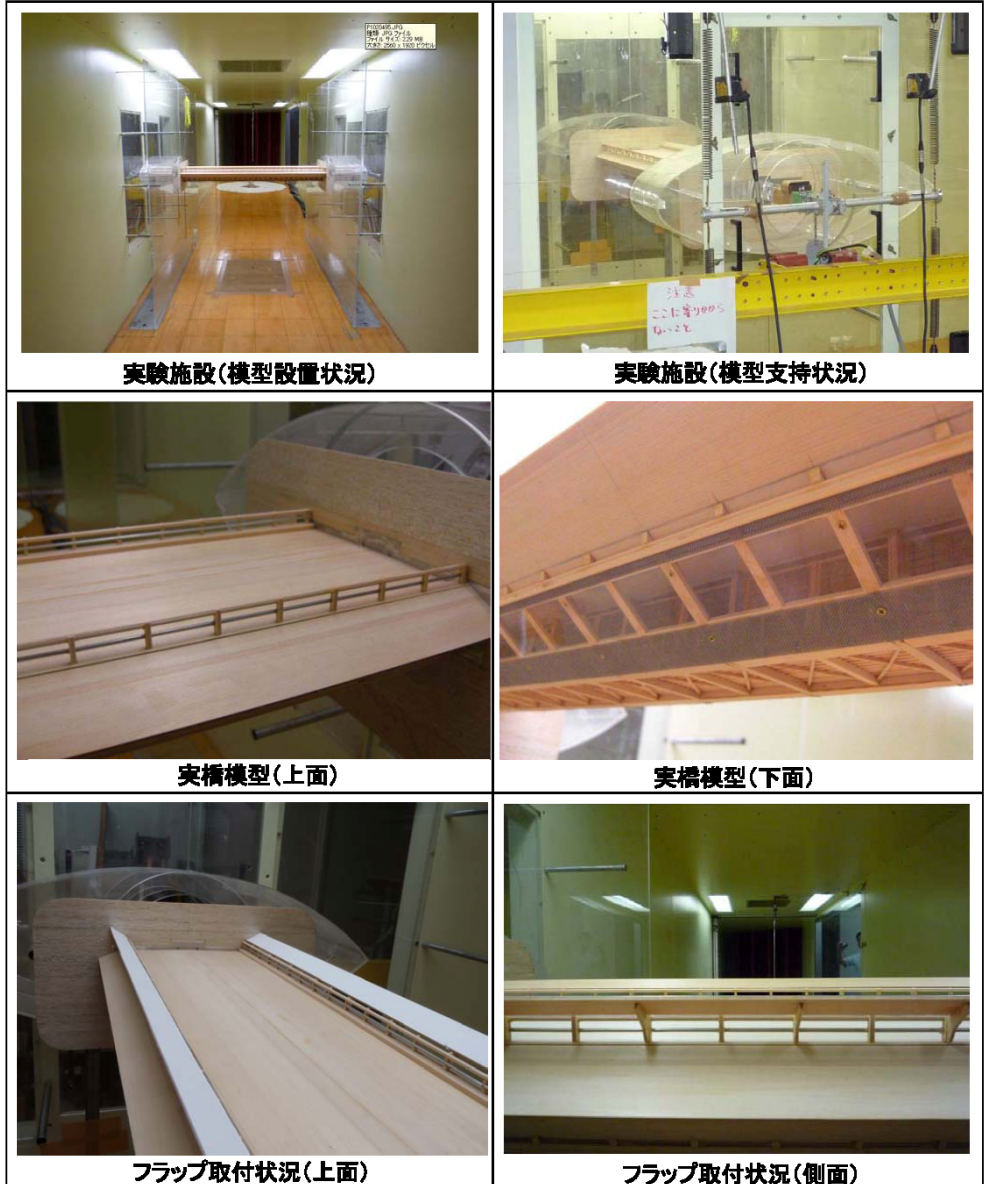


#### 【使用風洞施設の諸元】

風洞施設: 横浜国立大学 大学院環境情報研究院

諸元: 風洞高=1,800mm 模型長=1,250mm

写真 風洞実験模型詳細



# 基本断面結果(現況の再現)

## 1. 2 基本断面結果

(実橋で観測された振幅状況)  
 ・風速 12~14m/s 程度時に発生している。  
 ・最大片振幅は 35cm 程度である。

実橋の振幅状況を再現できている

※風洞実験の振幅状況は実況よりも大きいですが、架橋地点での風の特徴(風向、迎角、風の乱れ)等を考慮すれば、再現性に問題は無いと考える。

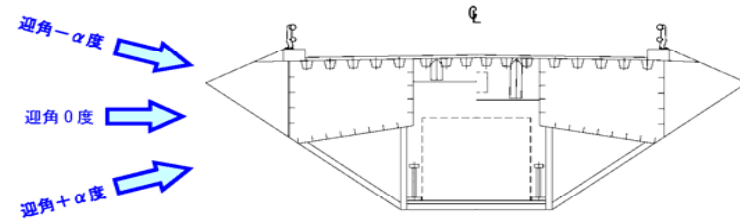


表-1.2.1 基本断面(現況断面)風洞実験結果

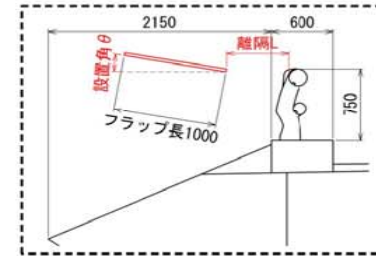
迎角	鉛直たわみ	ねじれ
-3度	<p>基本断面(迎角-3度)</p>	<p>基本断面(迎角-3度)</p>
0度	<p>基本断面(迎角0度)</p>	<p>基本断面(迎角0度)</p>
+3度	<p>基本断面(迎角+3度)</p>	<p>基本断面(迎角+3度)</p>

# 対策断面結果(フラップ(その1))

## 1. 3 対策断面結果

### (1) フラップのみ

- 耐風効果の目標値は耐風設計便覧を参考に 100gal (117mm) とした。
- 対策断面の比較検討実験は迎角 0 度で実施した。
- 「L : 防護柵の上段横梁からフラップまでの距離」、「 $\theta$  : フラップの設置角度」をパラメータとして実験結果を整理した。(右図を参照)
- フラップ長は 1.0m。但し、最も耐風性に優れる『離隔 800mm フラップ 30°』に対してはフラップ長 1.5m の場合も実施した。



『離隔 800mm、フラップ 30°、フラップ長 1.5m』の場合耐風性は良好になったため、  
 詳細な風洞実験を行った。

表-1.3.1 対策断面 (フラップのみ) 風洞実験結果 (その 1)

条件	離隔 L=150mm	離隔 L=600mm	離隔 L=800mm
$\theta=0^\circ$ フラップ 0°			
$\theta=10^\circ$ フラップ 10°			
$\theta=30^\circ$ フラップ 30°			

**【フラップ長 1.5m】**

離隔 800mm フラップ 30° (フラップ長 1.5m)

# 対策断面結果(フラップ(その2))

- 【ケース1】 防護柵からの離隔 800mm、フラップ角度 30°、フラップ長 1.5m  
→迎角 0 度で耐風性が良好であると確認されたケース (前頁の参照)
- 【ケース2】 ケース1のフラップ端を固定して、フラップ長を 1.0m に短縮
- 【ケース3】 防護柵からの離隔 800mm、フラップ角度 10°、フラップ長 1.5m
- 【ケース4】 ケース2のフラップ端を固定して、フラップ長を 1.0m に短縮

※迎角 0 度、±3 度の風に対して実験を実施。



【ケース2】で3迎角すべてに対して耐風性を満足している  
※但し、偏心量が大きいため、フラップ用の支柱を新設する必要がある。

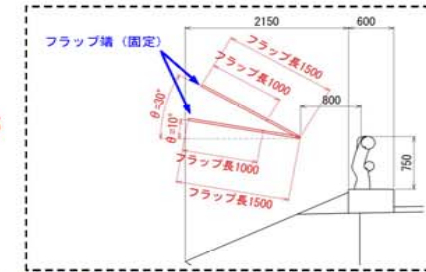


表-1.3.2 対策断面 (フラップのみ) 風洞実験結果 (その2)

条件	$\theta = \text{フラップ } 30^\circ$		$\theta = \text{フラップ } 10^\circ$	
	【ケース1】 フラップ長 1.5m	【ケース2】 フラップ長 1.0m	【ケース3】 フラップ長 1.5m	【ケース4】 フラップ長 1.0m
迎角 -3 度				
迎角 0 度				
迎角 +3 度				

# 対策断面結果(フラップ+桁下導流板)

## (3) フラップ+桁下導流板

- ・耐風効果の目標値は耐風設計便覧を参考に 100gal (117mm) とした。実験は迎角 0 度で実施した。
- ・「L : 防護柵の上段横梁からフラップまでの離隔」、「 $\theta$  : フラップの設置角度」をパラメータとして実験結果を整理した。
- ・フラップ長および桁下導流板長は 1.0m。但し、最も耐風性に優れる『離隔 150mm フラップ 30°』に対してはフラップ長または桁下導流板長を 1.5m とした場合も実施した。

※桁下導流板を 1.5m にした場合も振幅は目標値以下に抑えられるが、発現風速が低くなる。

『フラップ (離隔 150mm, フラップ 30°、フラップ長 1.0m) + 桁下導流板 (1.5m)』で耐風性を満足する

表-1.3.4 対策断面 (フラップ+桁下導流板) 風洞実験結果

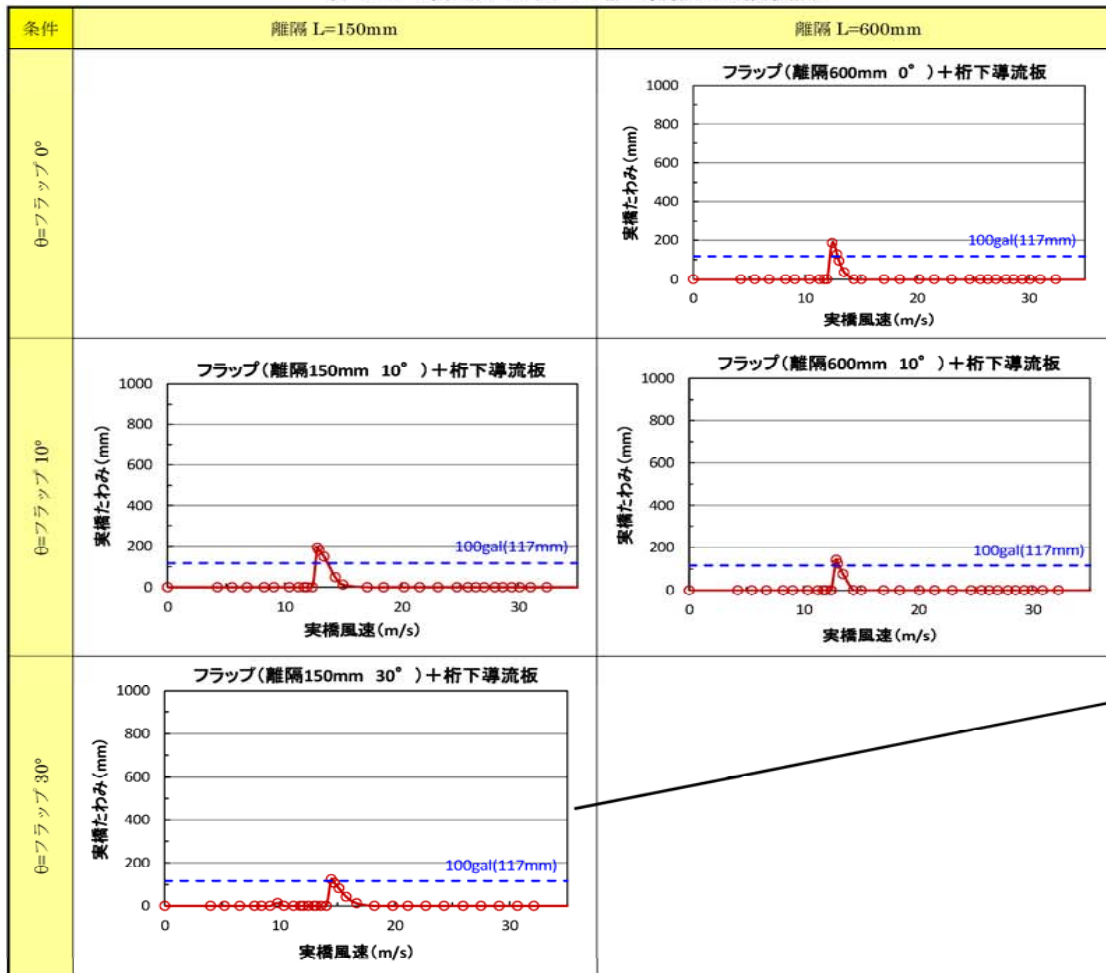
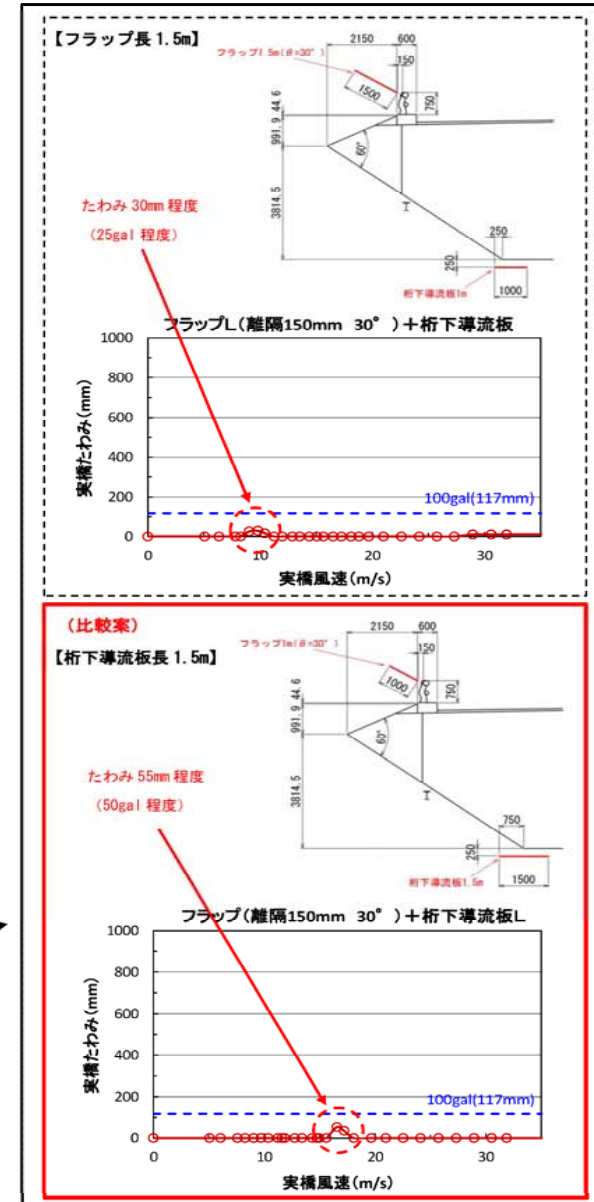


表-1.3.5 許容値を満足した対策断面風洞実験結果



# TMD(構造対策)での検討

## § 2. TMD 検討結果

### 2.1 検討概要

新湊大橋鋼桁部に発生した渦励振による振動の低減対策として、構造力学的対策 (TMD : Tuned Mass Damper) の有効性を把握するため、以下の想定状態について橋梁全体系の振動解析を実施した。

- ① 空気力学的対策を行わずに TMD 単独設置 (構造力学的対策) のみで振動対策を行った場合
- ② 空気力学的対策と TMD 設置 (構造力学的対策) を併用で振動対策を行った場合

なお、TMD の錘質量は、対象となる振動モードにおける桁の有効質量に対して質量比 0.5%~1.0%程度で設定するのが有効性と現実性の面から一般的である。

表-2.1 検討ケース

TMD 設置想定状態	TMD と鋼桁の質量比
TMD 単独設置状態を想定 (鋼桁変位 35cm)	1.0%
	0.5%
空力的対策と TMD 設置を併用 (鋼桁変位 15cm)	0.5%
	0.25%

### 2.2 検討モデル

(1) 橋梁全体系の解析モデル (図-2.1)

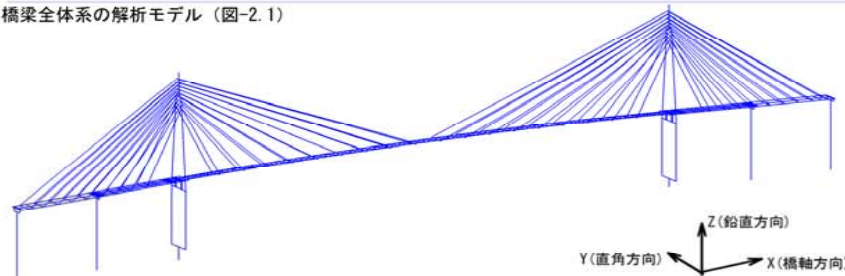


図-2.1 解析モデル

(2) 固有値解析による対象モード

解析による固有周期: 2.27 秒 (下図モードに対応)  
観測による卓越周期: 2.21 秒 (H24.6.26 時点)

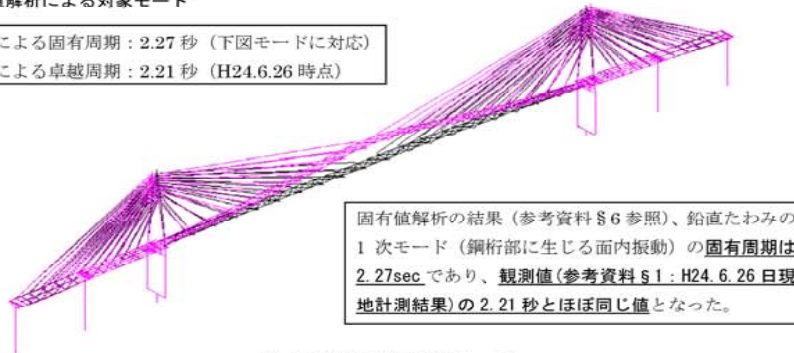
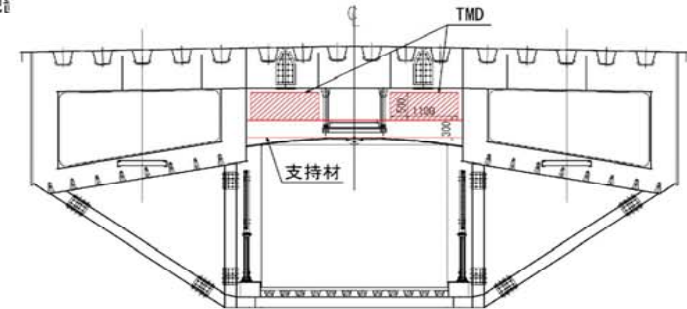


図-2.2 鋼桁の鉛直振動モード

### 2.3 数値解析による振動低減効果の把握

(1) TMD の配



実橋供用後は化粧板が設けられ、検査路や TMD は自歩道より見えなくなる

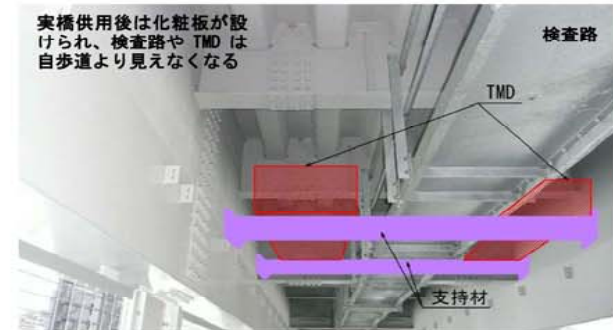


図-2.3 新湊大橋における TMD 配置イメージ



写真-2.1 TMD 設置例 (トラス橋)



# TMD(構造対策)の解析結果

(2) 解析結果

表-2.2 振動解析結果一覧

(比較案)

検討ケース	TMDと鋼桁の 質量比 $\mu$ (%)	TMDの対数 減衰率 $\delta$	TMD錘の 総質量 (t)	鋼桁変位 (cm)	鋼桁加速度 (gal)	TMD錘変位 (cm)	減衰に関する特記事項	
							全体系の見掛けの 対数減衰率 $\delta$	TMDに付与する減衰
鋼桁変位35cm(無対策)	1.00	0.38	22.8	1.2	9.3	10.0	0.21	対数減衰率が最適状態
		0.75	0.0	2.3	17.4	9.5		最適状態の2倍
		0.94	0.0	2.8	21.1	9.2		減衰定数h=15%相当
	0.50	0.27	11.4	1.7	12.8	19.3	0.15	対数減衰率が最適状態
		0.54	0.0	3.1	24.0	18.3		最適状態の2倍
		0.94	0.0	5.0	38.5	16.8		減衰定数h=15%相当
鋼桁変位15cm (空力対策で抑えた場合)	0.50	0.27	11.4	0.7	5.5	8.3	0.15	対数減衰率が最適状態
		0.54	0.0	1.3	10.3	7.8		最適状態の2倍
		0.94	0.0	2.2	16.5	7.2		減衰定数h=15%相当
	0.25	0.19	5.7	1.0	7.6	16.2	0.11	対数減衰率が最適状態
		0.39	0.0	1.8	14.1	15.1		最適状態の2倍
		0.94	0.0	3.8	28.9	12.6		減衰定数h=15%相当

解析結果を図-2.4 に示す。また、桁の風による振動対策で TMD を使用した事例を表-2.3 に示す。

- ・ TMD 単独で対策を実施する場合は、質量比 1.0% ではもちろんのこと、質量比 0.5% であっても TMD 対数減衰率が最適状態において桁の変位は 1.7cm、桁の応答加速度は 12.8gal に低減し、この場合の TMD 錘変位は 20cm 程度となり、効果は十分発揮されるとともに、TMD 製作が可能な範囲に収まる可能性が示された。なお、TMD の対数減衰率を大きくすると TMD 錘変位は若干小さくなるものの、桁変位は増大する傾向にある。
- ・ 空力学的対策の効果により鋼桁変位を 15cm に抑えた状態で TMD 対策を実施する場合は、質量比 0.5% はもちろんのこと、質量比 0.25% であっても対数減衰率が最適状態において桁の変位は 1.0cm、桁の応答加速度は 7.6gal に低減し、この場合の TMD 錘変位は 16cm 程度となり、効果は十分発揮されるとともに、TMD 製作が可能な範囲に収まる可能性が示された。
- ・ 表-2.3 より、既往事例の TMD 設置後の TMD 錘変位は 7.0~16.4cm、全体系での見かけの対数減衰率は 0.12~0.22 程度となっている。この傾向は、本検討の振動解析結果と一致している。

左記のことおよび風対策用 TMD メーカー等へのヒアリング結果から、本橋への構造力学的対策としての TMD の有効性および適用性については、下記のようにまとめられる。

- ① 本橋梁への適用に際しては、既往事例における TMD 設置スペースよりさらに厳しい制約を受けることから、TMD 錘変位が 10cm 程度以下（メーカーヒアリング）に留め置くことが現実的な TMD 製作における条件となるため、有効かつ適用可能性が高いのは、TMD 単独設置では質量比 1.0% の場合で、空力学的対策との併用では質量比 0.5% の場合となる。
- ② 本橋梁に発生する渦励振のような長周期振動に対する TMD を設計した既往事例が少ないこと、既往事例を見ても対象に応じた注文設計～製作となることや、そのためバネ等の新規製作に伴う装置自体の信頼性の検証を行う必要がある。



本橋へ適用する対策方法を選定する上で重要な要素となる時間的な制約を勘案すると、TMDの実現性は不確実である。

# 鋼桁振動対策工法の選定

## § 3. 対策工法の選定

表-3.1.1 鋼桁振動対策案比較表

対策案		第1案：『フラップ』案	第2案：『フラップ+桁下導流板』案	第3案：『TMD』案
概略図				
概要		桁上部に『フラップ』を設置して耐風性を向上させる案。	桁上部に『フラップ』、桁下部に『桁下導流板』を設置して耐風性を向上させる案。	中央径間センター付近の主桁（BOX 桁間）に『TMD』を設置することで構造減衰を付加させて、桁の振幅を抑える案。
安全性		<ul style="list-style-type: none"> <li>風洞実験において、たわみおよびねじれ渦励振は発生しないことが確認されている。</li> <li>風洞実験において、発散振動（ねじれフラッター、ギャロッピング）も発生しないことが確認されている。</li> <li>風荷重が増加するが、橋梁本体断面はL2 地震時で決定されているため、耐荷力には問題が生じない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>風洞実験において、許容値内のたわみ渦励振が 55mm 程度（50gal 程度&lt;100gal）発生することが確認されている。</li> <li>ねじれ渦励振および発散振動（ねじれフラッター、ギャロッピング）は発生しないことが確認されている。</li> <li>風荷重が増加するが、橋梁本体断面はL2 地震時で決定されているため、耐荷力には問題が生じない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>たわみ渦励振に対して、質量比（桁の有効質量に対する TMD 質量の比率）0.5%~1.0%程度を付与することで、桁の構造減衰が 0.15~0.2 程度に増加し、桁振動振幅は 5cm より小さくでき、桁加速度も 40 ガル以下となる可能性がある。</li> <li>同調振動数が固定となるため、ねじれ渦励振に対する効果は期待できない。</li> </ul>
施工性		<ul style="list-style-type: none"> <li>偏心量が大きくなるため、フラップを支えるための支柱を新たに設置する必要がある。</li> <li>支柱アンカー削孔時は地覆に設置されている散水管および鉄筋への配慮が必要。</li> <li>足場設置、支柱設置、フラップ設置期間（約 3 ヶ月）は片側交通規制が必要となる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>フラップは車両用防護柵の支柱に設置することが可能。</li> <li>足場設置、フラップ設置期間（約 2 ヶ月）は片側交通規制が必要となる。</li> <li>桁下導流板設置作業は移動式吊足場が必要となる。</li> <li>桁下導流板の機材・資材運搬時は歩道の規制が必要となる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>設置スペース（高さ、幅）が限られており、製作可能で効果を期待できる TMD の方式・大きさによっては、設置作業性を犠牲にせざるを得ず施工が厳しくなる（その場合は、維持管理性にも影響する）。</li> <li>設置は歩廊部から行うため、自歩道は 3 ヶ月程度使用規制が必要となる。</li> </ul>
経済性	初期費用 (比率)	1.00	1.37	1.20
	維持管理費 (比率)	橋梁本体を 100 年設計とし、フラップは 50 年に 1 度の塗装塗り替えを見込む。 1.00 注：定期点検は橋梁点検と同時にを行うため、増加費用は未考慮。	橋梁本体を 100 年設計とし、フラップ、桁下導流板とも 50 年に 1 度の塗装塗り替えを見込む。 1.60	橋梁本体を 100 年設計とし、5 年に 1 度 TMD の振動計測、30 年に 1 度のダンパー鋼管を見込む。 4.40 注：定期点検は橋梁点検と同時にを行うため、増加費用は未考慮。
	LCC(比率)	1.00	1.39	1.44
維持管理性		<ul style="list-style-type: none"> <li>定期点検 5 年に 1 度（橋梁点検時に、アルミ高欄と同様に破損等の確認を行う程度）</li> <li>状況確認は車道路面上から可能である。</li> <li>メンテナンス作業は片側交通規制が必要となる。</li> <li>フラップへの着雪の点検・維持管理が必要となる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>フラップに関しては第 1 案と同じである。</li> <li>桁下導流板の点検およびメンテナンス作業は検査車を利用して行う。但し、検査車が設置されていない場合は移動式吊足場が必要となる。</li> <li>フラップへの着雪の点検・維持管理が必要となる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>定期点検(5年に1度)に合わせてオイル漏れ等確認を行う。</li> <li>5年に1度の点検時に振動計測などを実施して効果を確認することをメーカーとしては、推奨している。</li> <li>異常があった場合には、部品交換が生じる。錘制御オイルダンパーの耐久性は明確でなく、30年取替えは目安である。</li> </ul>
総合評価		◎ (推奨案)	△	×

# ケーブルの現地観測結果

## §1. ケーブルの現地観測結果について

ケーブル振動の観測記録として、H23.9に確認された状況に加えて、今年4月～6月に確認された「自然風による動態観測結果」を以下に整理する。

表 1-1 観測結果一覧

イベント番号	対象年月日	時間帯	平均風速	風向	水平偏角	降雨	鋼桁振動	卓越振動数		C18高減衰ゴムダンパー変形量		備考
								ケーブル(C18東,西)	鋼桁	せん断方向	軸方向	
0	H23.9.21	11:30-16:00	16~25m/s	北北東~東北東	35~81.5度	有	無	3~4Hz(目視) (東)	—	記録なし	記録なし	H23台風12号動画の時間帯、RVと推定
1	H24.5.17	21:00-22:00	11.3m/s	南西	31.0度	無	無	20.90Hz (東)	0.45Hz	記録なし	記録なし	
2	H24.5.29	14:00-16:00	11.4m/s	北北東	81.5度	無	有	20.85Hz (東)	0.45Hz	1.17mm	1.40mm	
3	H24.6.19	18:00-20:00	13.8m/s	北	14.0度	無	有	0.45Hz (西)	0.45Hz	4.50mm	3.25mm	H24台風4号
4	H24.6.19	22:00-24:00	14.5m/s	北	14.0度	無	有	21.23Hz (西)	0.45Hz	4.21mm	3.01mm	H24台風4号
5	H24.6.20	8:00-9:00	14.3m/s	南西	31.0度	無	無	20.85Hz (東)	0.45Hz	0.92mm	0.73mm	H24台風4号
6	H24.6.22	4:00-5:00	12.6m/s	北北東	81.5度	有	有	0.45Hz (東)	0.45Hz	4.37mm	3.06mm	遠望動画有り、振動の視認は可能

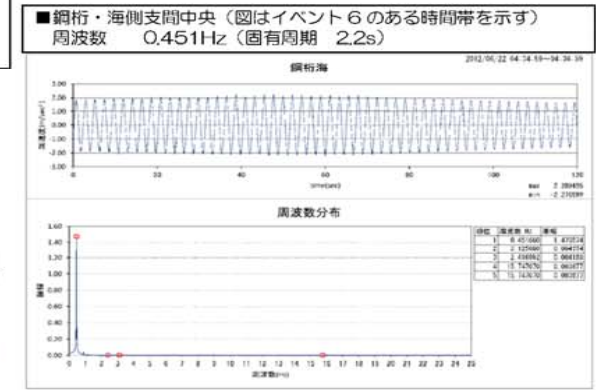
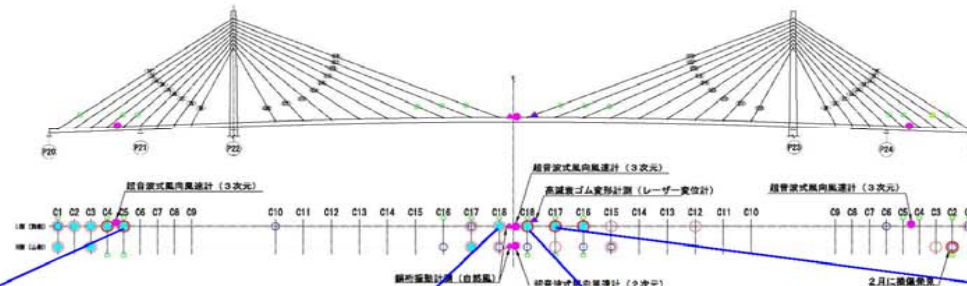
※イベント1～6の風速データは中央径間における計測値である。

※卓越振動数観測時刻は、ケーブルと鋼桁で異なる。

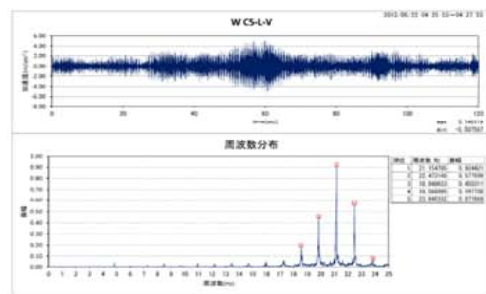
### ■計測結果より

- ・鋼桁の振動と同調してケーブルが低い振動数で振動している場合と、鋼桁が振動していてもケーブルは高次で振動している場合の2通りが見られる。
- ・レインバイブレーションであるひとつの目安である3Hz以下の振動は、鋼桁の振動の影響以外では生じていない。
- ・高減衰ゴムダンパーに設計変位を超える大きな変形は生じていない。

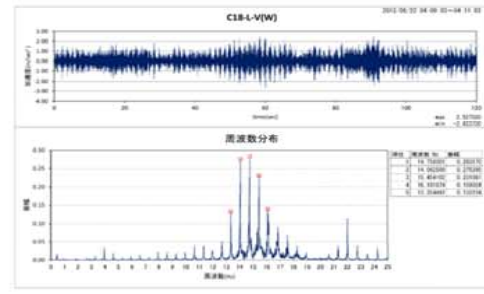
【イベント6 (H24.6.22 4:00-5:00)の計測結果】※以下の観測結果は同一時間帯でないことに留意（同一時間での整理は次頁）



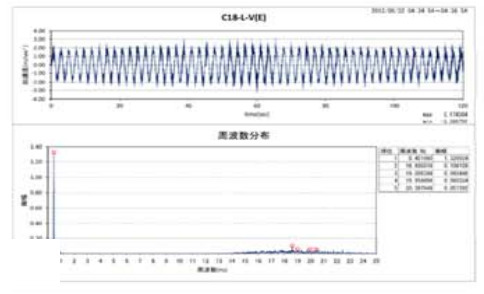
■西側 C5 海側ケーブル鉛直方向振動  
時間 2012/6/22 04:25~04:27  
周波数 21.2Hz (固有周期 0.0472s)



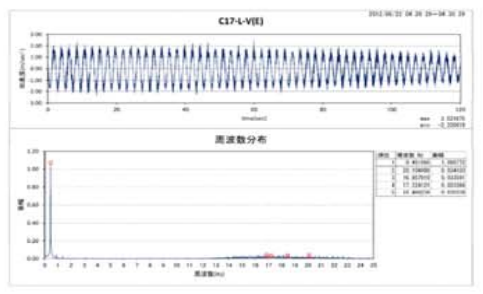
■西側 C18 海側ケーブル鉛直方向振動  
時間 2012/6/22 04:09~04:11  
周波数 14.8Hz (固有周期 0.0676s)



■東側 C18 海側ケーブル鉛直方向振動  
時間 2012/6/22 04:34~04:36  
周波数 0.451Hz (固有周期 2.22s)



■東側 C17 海側ケーブル鉛直方向振動  
時間 2012/6/22 04:28~04:30  
周波数 0.451Hz (固有周期 2.22s)



# ケーブルの振動原因と振動対策工法選定

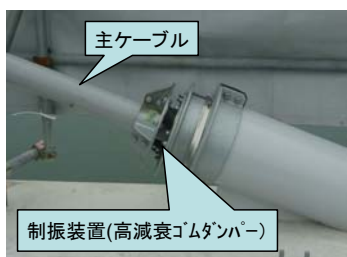
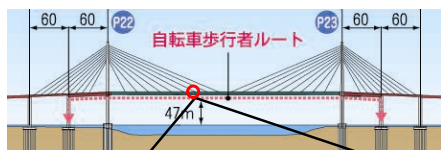
○第1回委員会ではレインバイブレーションによるケーブルの振動としていたが、今年の観測においてはレインバイブレーションが原因と見られる振動が発生しておらず、原因をはっきりと特定はできていない。

○平成23年の振動発生時と平成24年のケーブル振動発生時を比較すると、振動を抑制する高減衰ゴムダンパーの損傷や死荷重の増加におけるケーブル張力に差異が見られる。

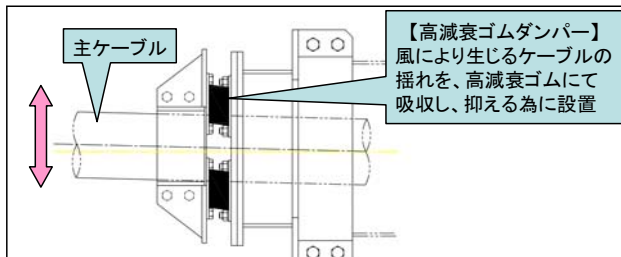
よって当面の対策として下記の2項目の対策を行ったうえで、ケーブル単体による振動が発生した場合は粘性ダンパーなどを新規設置し、更なる対策をおこなう。

対策1: 現在設置してある制振装置(高減衰ゴムダンパー)において、変形が生じている材料については新しい制振装置(高減衰ゴムダンパー)に取り替える。

対策2: ケーブルの振動が発生した場合においても、主ケーブルを損傷させないために制振装置取り付けフランジとの接触を防ぐために緩衝材を設置する。



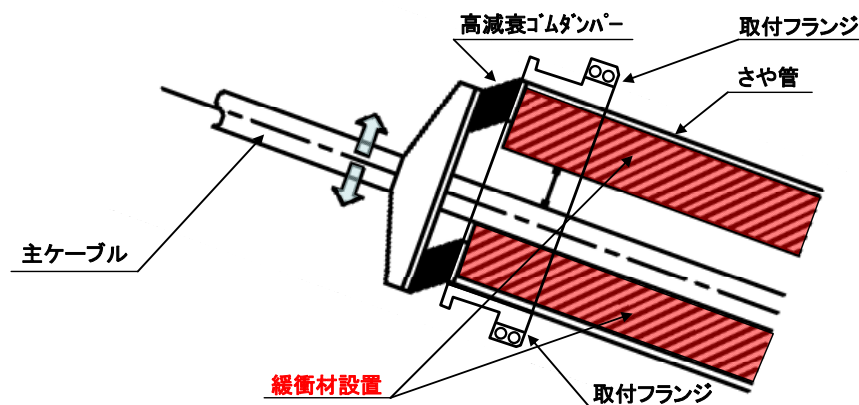
主ケーブルとケーブル制振装置



高減衰ゴムダンパー イメージ図

対策2の概要図

※ケーブル振動が発生しても緩衝材により主ケーブルの損傷を防ぐ



## 第2回技術検討委員会結果(要旨)

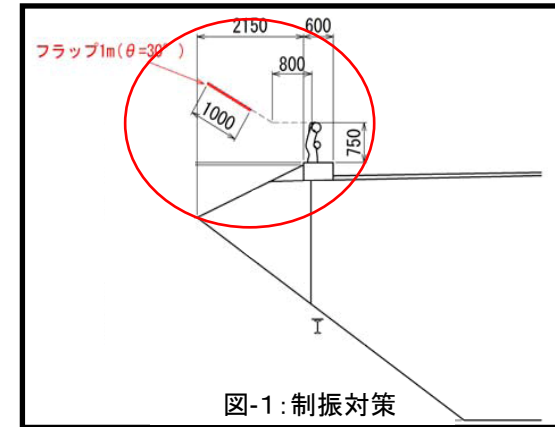
### 【検討事項】

#### ①風洞実験結果について

- ・風洞実験の結果、鋼桁部(中央径間)に吹く風を整流させるための導流板(フラップ)を取り付けることで、渦励振の発生を抑制できることが判明した。

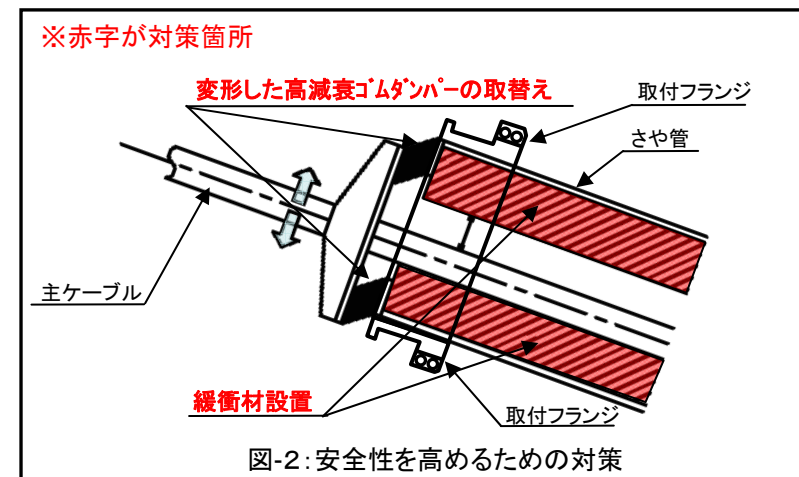
#### ②鋼桁の制振対策案について

- ・今後は、風洞実験結果を踏まえ、図-1に示す実橋に導流板(フラップ)を設置する制振対策工事を速やかに実施し、実橋での振動抑制効果を確認する。



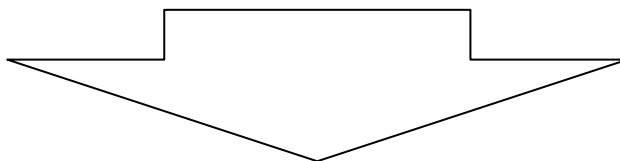
#### ③ケーブルの制振対策案について

- ・ケーブルについては、現地観測によりレインバイブレーションによる振動発生の確認はできなかったものの、今後の揺れ発生の可能性は否定できないことから、さらに安全性を高めるため対策(図-2)を施すこととする。



## 今後の予定

- 鋼桁振動対策工事(フラップ設置)はまもなく発注予定であり、速やかな効果発現に努めます。
- 臨港道路東西線は平成24年9月23日に予定どおり供用開始をした。  
ただし自転車歩行者道について、制振対策が未実施の状態では利用者が不快・不安に感じる事が懸念されるため、自転車歩行者道については振動対策実施後に供用を開始する予定。
- 鋼桁振動対策工事の完了後、鋼桁振動対策の効果の確認及びケーブル振動については原因がはっきりしていないことから経過観察を行う予定。
- 経過観察の結果、今年度中には第3回技術検討委員会にて対策工事の効果を確認する予定。



耐風対策の効果が確認でき、委員会で了承されると耐風対策の完了