

4 橋梁影響検討

- ◇ 鹿児島～桜島間の橋梁形式は基礎的調査より斜張橋として検討。
- ◇ 鹿児島地方気象台の観測値から推計した 150 年再現期待値により算出した「鹿児島～桜島間」の橋梁の設計に係る風速（設計基準風速）は主桁部で 62.6m/s、主塔部で 66.9m/s。
- ◇ この風は、同種、同規模の橋梁で国内最大級の斜張橋である多々羅大橋（本州四国連絡道路：西瀬戸自動車道）の設計基準風速より、それぞれ約4割、約2割も大きい値。
- ◇ 鹿児島～桜島間における風況は、本橋のような大規模橋梁にとって厳しい条件であると考えられる。
- ◇ 橋梁に対する風が大きくなると主塔の横揺れ、主桁の縦ゆれやたわみ、ねじれが大きくなるなどの現象が予想される。
- ◇ また、主塔と桁を結ぶケーブルも風により振動し、その振動によりケーブルの取付部が破壊されるなどの現象が予想される。
- ◇ 現地観測などで風の状況を十分把握した上で、風洞実験や数値解析により、強風への対策を十分検討する必要がある。

4-1. 設計基準風速の算出

鹿児島地方気象台の最大風速の観測値から推計した 150 年再現期待値を用い、「道路橋耐風設計便覧」を基に地形状況による補正や高さの補正を行い、主塔部及び主桁部の設計基準風速を算出した。

また、同種、同規模の多々羅大橋については、文献を基に同様に設計基準風速等を算出した。

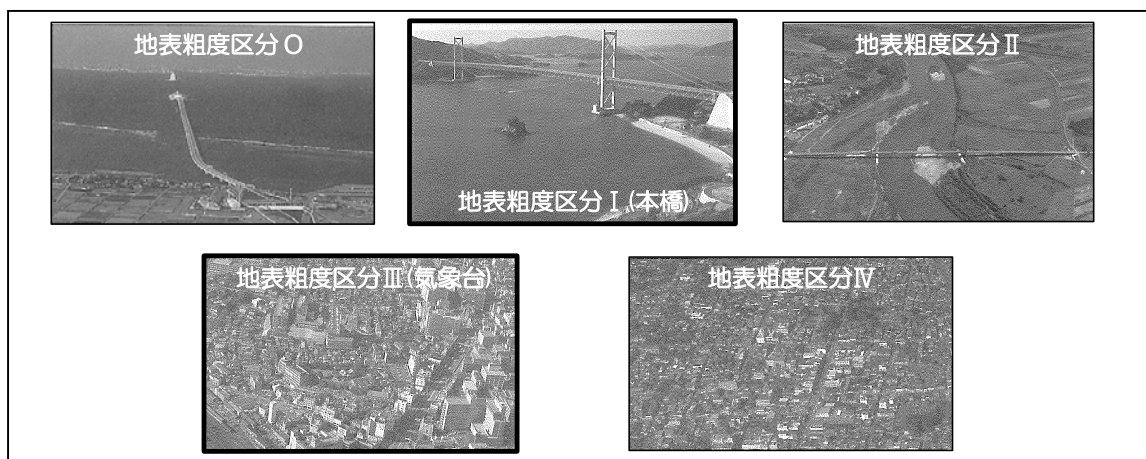
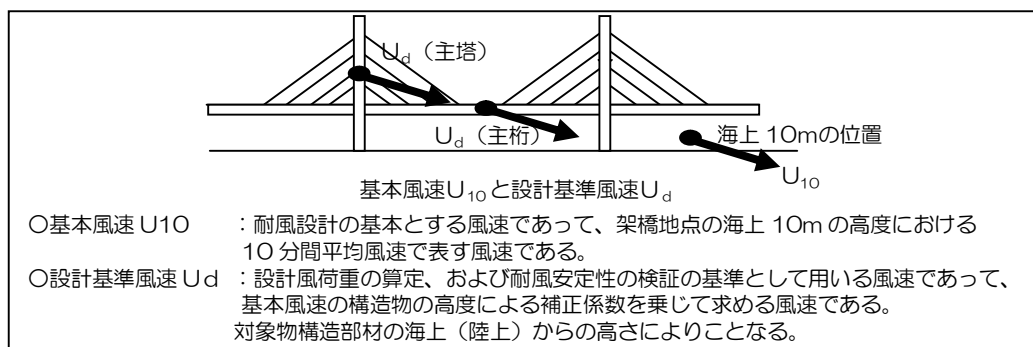


図 4-1 地形状況による補正区分

出典：道路橋耐風設計便覧（平成 19 年度改訂版）/（社）日本道路協会

4-2. 風に関する考察

同一の構造形式で支間長など同規模の国内最大級の斜張橋である多々羅大橋と、基本風速や設計基準風速の比較を行った。



写真 4-1 多々羅大橋

出典：本州四国連絡高速道路(株)HP

表 4-1 本橋と多々羅大橋の橋梁諸元の比較

	本橋	多々羅大橋	備考
構造形式	鋼3径間連続斜張橋	複合3径間連続斜張橋	
橋長	1400 m	1480 m	
最大支間長 L	700 m	890 m	
主塔高さ H	150 m	180.6 m	主桁(路面)からの高さ
L/H	4.7	4.9	L/H≒3~5
主桁高さ	250 m	270 m	

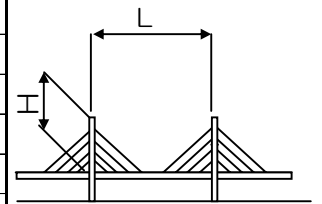


表 4-2 基本風速および設計基準風速の比較

		単位	本橋		多々羅大橋	差①-②	①÷②
			①観測値推計	(設計便覧推計)	②観測値推計		
基本風速	U_{10}	m/s	40.2	(45.0)	37.0	3.2	1.09
設計基準風速(主桁)	U_d	m/s	62.6	(69.8)	46.3	16.3	1.35
設計基準風速(主塔)	U_d	m/s	66.9	(74.3)	54.4	12.5	1.23

支間長が200m以下の道路橋を対象として、その設計の基本的な考え方や影響を考慮した方法を示した「道路橋耐風設計便覧」(H19.12 (財)日本道路協会)によると、鹿児島市域の基本風速は45m/sと設定されており、今回、気象台の観測値から推計した基本風速40.2m/sよりも1割以上大きな値となっている。

この耐風設計便覧の基本風速45m/sを用いて設計基準風速を推計すると、気象台の観測値から推計した設計基準風速(主桁:62.6m/s, 主塔:66.9m/s)よりも更に大きな風速となる。

このように、鹿児島～桜島間おける風況は、本橋のような大規模橋梁にとって厳しい条件であると考えられる。

4-3. 橋梁への影響

橋梁に対する風が大きくなると、主塔の横揺れが大きくなることや主桁の縦ゆれやたわみ、ねじれが大きくなることが予想される。

更に、主塔と桁を結び、桁の荷重を支えている斜張橋特有のケーブルも風による影響を受けやすく、風によってケーブルが振動し、その振動によりケーブルの取付け部が破壊されるなどの現象が予想される。

これらの風により生じる現象は、風の状況や橋梁の諸元などによって異なることから、風の状況を実際の橋梁位置での現地観測などで十分把握した上で、風洞実験や数値解析により、強風への対策を十分検討する必要がある。

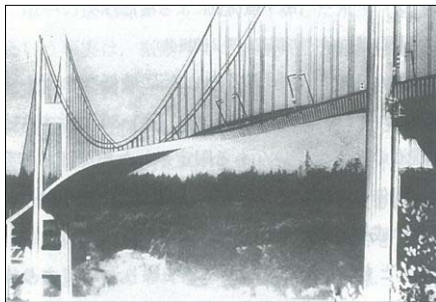


写真 4-2 Tacoma 橋
(風による桁のたわみ・ねじれ)



写真 4-3 Tacoma 橋 (道路面)

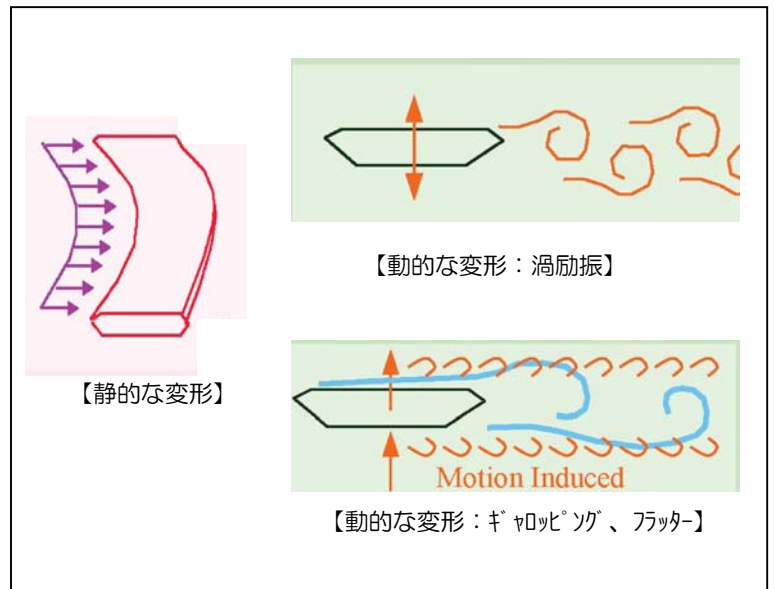


図 4-2 風によって橋梁に生じる現象 (主桁のイメージ)

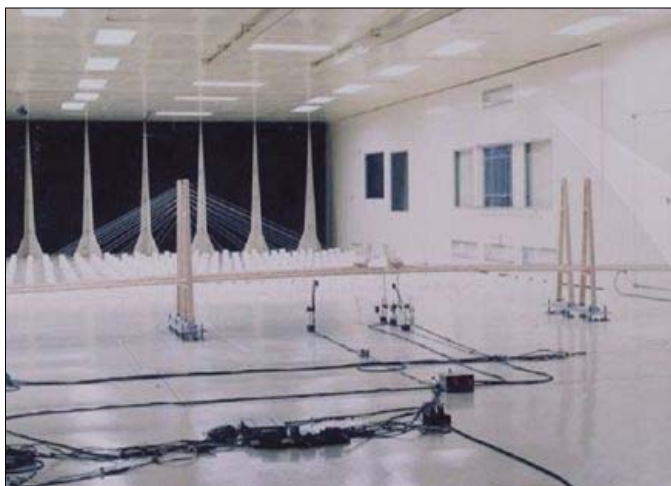


写真 4-4 全橋模型による風洞実験



写真 4-5 部分模型による風洞実験

出典：写真 4-2, 4-3、構造物の耐風工学/(社)日本鋼構造協会

図 4-2, 写真 4-4, 4-5、橋梁における風の問題と対策/(財)日本橋梁建設協会

- ◇ 鹿児島県では、市町村、県民、事業者などの多様な主体と連携して、本県の特徴を生かした景観の形成を図るため「鹿児島県景観条例」を制定しており、また、条例に基づき、総合的かつ広域的な施策の推進を図るための「鹿児島県景観形成基本方針」を策定するなど、景観形成に関する取り組みがなされている。
- ◇ 鹿児島市では、「鹿児島市景観条例」の制定や「鹿児島市景観計画」の策定がなされている。
- ◇ 鹿児島市の景観計画において、「城山展望台などからの錦江湾に浮かぶ桜島への眺望」等が「鹿児島らしい景観」として挙げられている。
- ◇ また、同計画では景観形成基準として城山展望台からの桜島への眺望等を確保するため、建築物、工作物の高さに制限がかけられている。
- ◇ 錦江湾(鹿児島～桜島間)は、国立公園や海中公園が広く分布し、現在錦江湾の湾奥部も国立公園として拡張指定する動きもある。
- ◇ 鹿児島市中心部は、雄大な桜島と錦江湾を挟んで対峙する鹿児島県の中心都市であり、そこからの景観は、県内観光資源として貴重な存在である。

(1) 景観の主な特徴・魅力 ～鹿児島らしい景観～

本市の景観の大きな魅力「鹿児島らしい景観」としては、少なくとも次の3つがあげられます。これらは、ほかでは見られない本市特有の景観であり、広く市民が大切に思い、観光客にも親しまれているものです。

【ほかでは見られない(全国的にあまり見られない)本市特有の景観】

■ 城山展望台などからの錦江湾に浮かぶ桜島への眺望

自然と市街地が一体となった雄大な眺望景観です。本市の発展を見守ってきた、歴史的・文化的価値をもった不変の都市景観として市民のふるさと意識を育んでいます。

■ 磯地区の歴史景観

磯地区は、島津氏別邸「仙巖園」のほか、幕末をしのばせる反射炉跡、旧集成館機械工場(現 尚古集成館)などの近代化遺産が豊富であり、我が国の近代化の始まりが感じられる、本市の誇りともいえる場所です。

■ 斜面緑地を背景とした、錦江湾・桜島からの市街地景観

錦江湾を隔てて歴史の発展や活力が感じられる市街地が見え、その背景には斜面緑地が控えています。見る場所によっては、斜面緑地の上部に住宅団地、さらにその奥に山並みを見渡すことができ、本市特有の地形の有様を感じることができます。



城山から桜島への眺望



歴史的建造物が残る磯地区



桜島フェリーから市街地への眺望

図 5-1 鹿児島らしい景観

出典：鹿児島市景観計画(平成 19 年 12 月)

【桜島への眺望確保範囲】

(図 1)



◆ 景観形成基準の考え方

眺望確保範囲における建築物、工作物の最高の高さは、できる限り現在見えている錦江湾を遮らないこととします。やむを得ない場合でも、基準線(「城山展望台の視点場から水平方向 2,400m の地点における標高 5m の点」と「城山展望台の視点場」を結ぶ直線)を越えないこととします。(P36 図4参照)

※ 市長が景観審議会の意見を聞き、眺望を阻害しないと認めるものは、この限りではありません。

図 5-2 桜島への眺望確保範囲

出典：鹿児島市景観計画(平成 19 年 12 月)



図 5-3 国立公園・海中公園分布状況

出典：鹿児島県自然環境情報図 第 4 回自然環境保全基礎調査

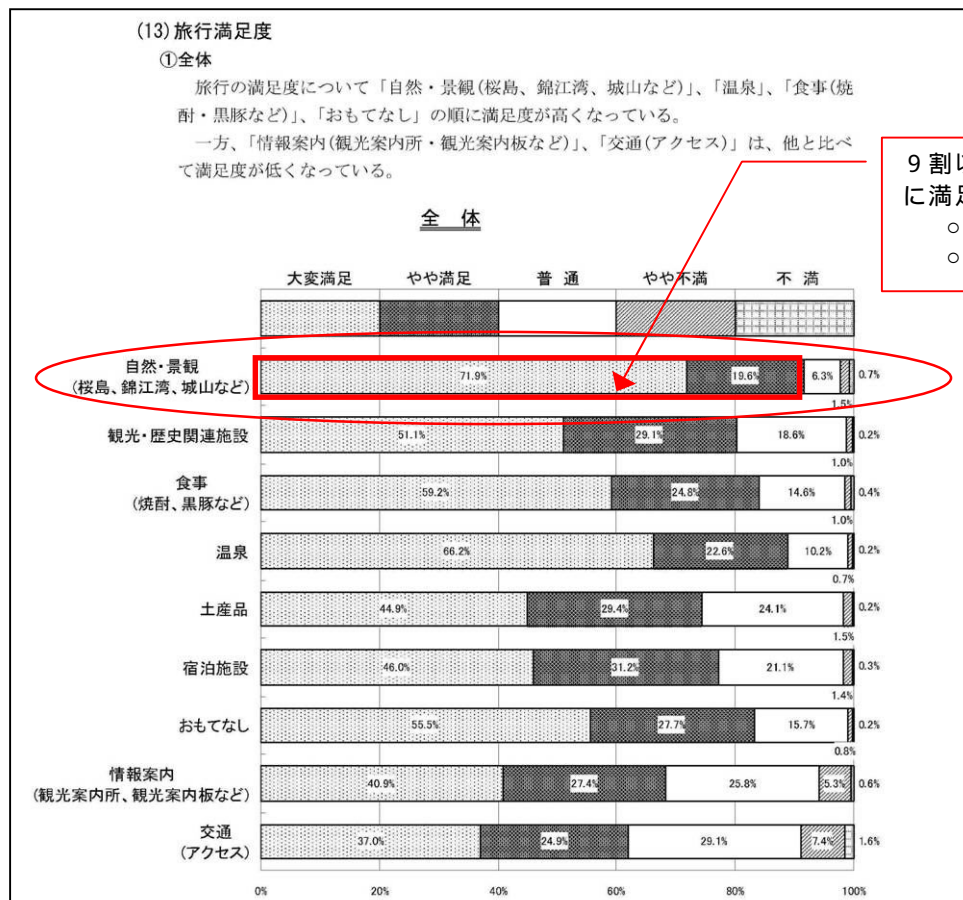


図 5-4 鹿児島市への観光客の旅行満足度

出典：鹿児島市観光動向調査報告書(H22年3月)

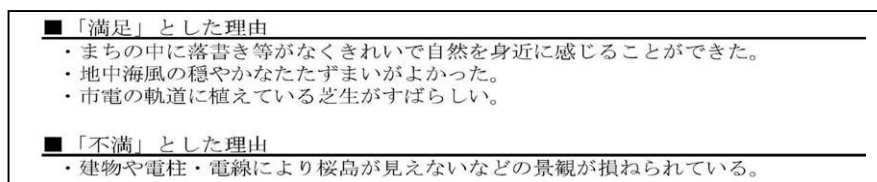


図 5-5 自然の景観への「満足」「不満」の理由

出典：鹿児島市観光動向調査報告書(H22年3月)

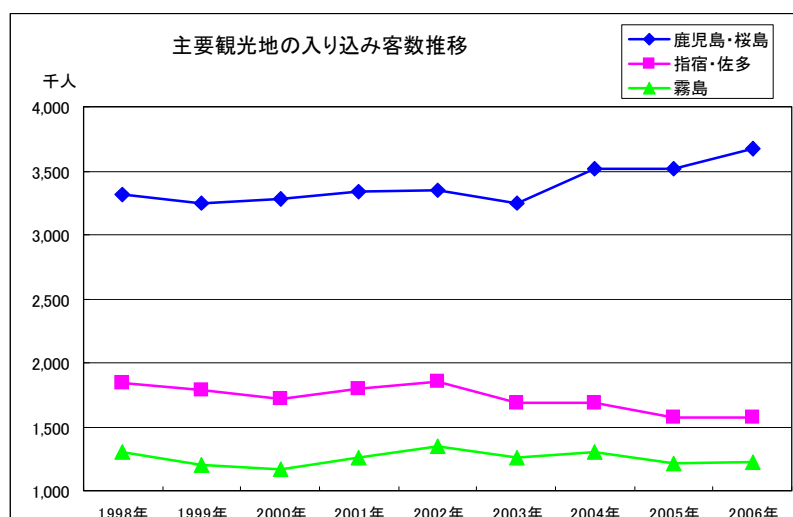


図 5-6 主要観光地の入り込み客数推移

6

フォトモンタージュの作成

- ◇ 鹿児島～桜島間に橋梁が整備された場合に、景観にどのような影響を与えるのか、視点場からの景観の写真にコンピューター上で描いた橋梁を合成したフォトモンタージュ(合成写真)を作成して把握する。
- ◇ 視点場は、観光客等多くの人が訪れる場所等を、その位置のバランスも考慮して選定。
- ◇ フォトモンタージュ作成のための橋梁の仮の位置は、「鹿児島～桜島間」の北側と南側(北部エリア、南部エリア)にそれぞれ便宜的に設定。

■ 視点場の選定

視点場は、鹿児島市の景観計画などの文献に視点場として記載されている箇所や、観光客等の不特定多数の人が訪れる場所を抽出。

その中から、鹿児島～桜島間の橋梁が視認出来る場所、視点場の位置(鹿児島市街地側の北部、中央部、南部、桜島側、海上)のバランス等を考慮して選定

■ 橋梁位置の仮設定

フォトモンタージュの作成にあたっては、「鹿児島～桜島間」の橋梁の大まかな位置を設定する必要がある。

本調査では、橋梁の位置を大まかに「鹿児島～桜島間」の北側付近(北部エリア)と南側付近(南部エリア)に仮に設定した。

■ フォトモンタージュの作成

選定した視点場から桜島などの景観の写真を撮影し、その上にコンピューターで描いた橋梁(斜張橋)を合成したフォトモンタージュ(合成写真)を作成し、景観の変化の状況や影響を把握した。

表 6-1 主な視点場一覧

分類			視 点 場 名
鹿児島市側	北部	1	石橋公園
		2	南洲墓地、南洲公園
	中央部	3	長島美術館
		4	城山展望台
		5	ドルフィンポート
	南部	6	鹿児島港（新港区）
		7	マリンポートかごしま
桜島側	8	湯之平展望所(桜島)	

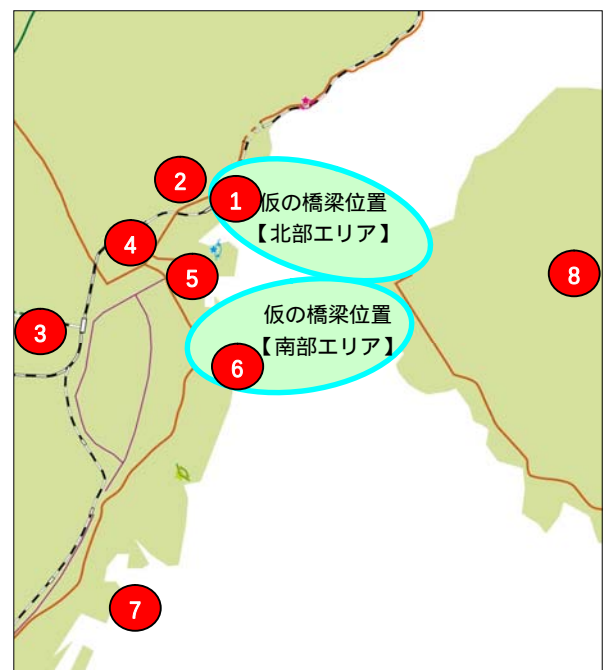


図 6-1 主な視点場位置図

7

景観に関する考察

- ◇ 橋梁の規模が大きいこともあり、視点場からの景観に対し、主塔やケーブルが桜島などの主眺望と重なり、また、桜島の稜線を分断するなどの影響を受けている視点場が多く見られる。
- ◇ 更に、近景になると主塔が桜島と同じ高さに見えるところもあり、自然の景観に人工構造物が大きく入り込む形となっている。
- ◇ このため、鹿児島市街地側からの景観の多くは、橋梁により影響を受け、特に、鹿児島～桜島間の北側(北部エリア)に橋梁が整備された場合、城山展望台など歴史的背景のある視点場からの景観は更なる影響を受けるものと考えられる。
- ◇ 一方、遠景で市街地などの人工構造物が背後にある場合は、違和感が少ない。

■ 景観への影響の把握

各視点場からの景観への影響について、①橋梁が主眺望(桜島など)とどの程度重なるか、②橋梁が主眺望の稜線を分断するか、③主眺望に対する橋梁の大きさはどの程度か、といった観点から「変化の程度」を把握した。

各視点場における景観の変化の程度

分 類			視点場名	主眺望	主眺望に対する変化の程度						備 考
					橋梁位置 【北部エリアの場合】			橋梁位置 【南部エリアの場合】			
					主眺望 との 重なり	稜線 の 分断	構造物 の 高さ比	主眺望 との 重なり	稜線 の 分断	構造物 の 高さ比	
鹿児島側	北部		石橋公園	石橋 桜島	重なる	分断 する	1.3	-	-	-	
			南洲墓地 南洲公園	桜島	重なる	分断 しない	0.8	-	-	-	
	中央部		長島美術館	桜島	重なる	分断 する	0.3	重なる	分断 しない	0.5	
			城山展望台	桜島	重なる	分断 する	0.5	重なる	分断 する	0.5	
			ドルフィンポート (歩道橋先端)	桜島	重なる	分断 する	0.8	一部 重なる	分断 しない	0.8	
	南部		鹿児島港(新港区)	桜島	-	-	-	重なる	分断 する	1.6	
			マリンポート かごしま	桜島	-	-	-	主眺望 と並列	分断 しない	0.3	
桜島側			湯之平展望所 (桜島)	鹿児島 市街	一部 重なる	-	0.5	一部 重なる	-	0.4	北部南部とも遠景であり、且つ 背景が市街地であるため、違和 感は少ない

表 7-1 主眺望に対する変化の程度

8 今後の課題

項 目	内 容
風向風速観測	○ 架橋地点（鹿児島市街地側、桜島側）における並行観測を行い、現地の風の状況を把握し、観測データが蓄積されている鹿児島地方気象台の観測値との相関性の確認を行うことが必要
橋梁構造検討	○ 架橋地点における風の状況を十分把握した上で、橋梁の耐風安定性に関する検討を行うことが必要 ・ 耐風安定性は、橋梁の完成型における検討はもちろんのこと、不安定な構造となる架設時における主塔や主桁に対しても検討が必要 ・ 全橋模型や部分模型による風洞実験の実施や耐風応答解析を実施することが必要
	○ 海上橋であることから橋梁部材の腐食対策の検討が必要
	○ 維持管理は長期に渡る負担となるため、維持管理コストの低減という観点からの検討も必要
景 観	○ 橋梁の施工可能性にも大きな影響を与える、橋脚等を設置する場所の地質の調査をはじめ、架橋に伴う自然環境面への影響、施工時における航行船舶や周辺への影響等の様々な観点からの検討が必要
	○ 自然景観は一度変化してしまうと復元は非常に困難であることから、本ネットワークで橋梁を検討する際には、利便性や経済性だけでなく、橋梁の整備によって変化する景観をどのように捕らえるかという観点から慎重かつ十分な検討が必要

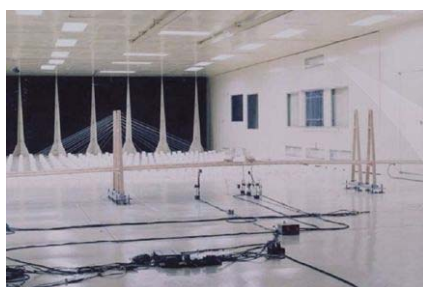


写真 8-1 全橋模型による風洞実験

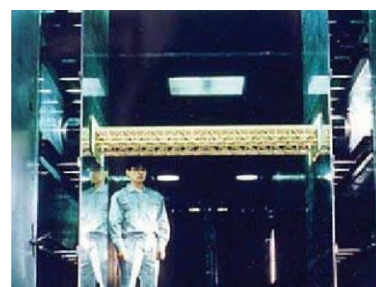


写真 8-2 部分模型による風洞実験

出典：写真 8-2, 8-3 橋梁における風の問題と対策 / (財)日本橋梁建設協会



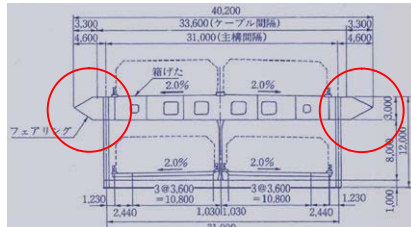
写真 8-3 城山展望台からの景観



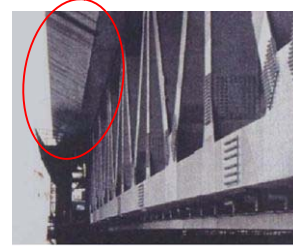
(参考) 耐風対策の事例

1) 空気力学的方法事例

空気力学的方法の検討は、風洞実験の実施や耐風応答解析によって検討されて、空気の流れを変えることで耐風安定性を向上させる対策である。この対策事例を以下に示す。



渦励振動対策（フェアリング）

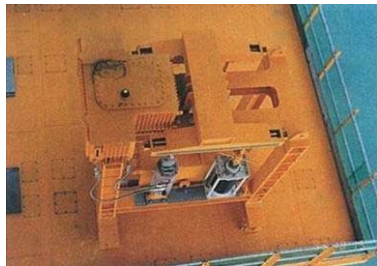


横浜ベイブリッジ

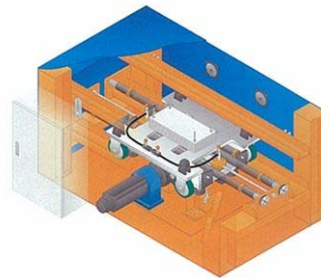
出典：橋梁における風の問題と対策/(財)日本橋梁建設協会

2) 構造力学的方法事例

構造力学的方法の検討は、耐風応答解析によって検討されて、構造部材の付加によって耐風安定性を向上させる対策である。この対策事例を以下に示す。



明石海峡大橋の塔外の制震装置



常吉大橋の塔内の制震装置

出典：新しい鋼橋/(財)日本橋梁建設協会

3) ケーブル振動対策事例

主桁や主塔の耐風対策の他に、吊橋や斜長橋のケーブルの風による振動に対する対策も必要となる。この対策事例を以下に示す。



鶴見つばさ橋のケーブル制震装置



多々羅大橋のケーブルの制震装置

出典：新しい鋼橋/(財)日本橋梁建設協会