

## 中間とりまとめ（Ⅱ）参考資料

令和元年 12 月

国土交通省近畿地方整備局  
阪神高速道路株式会社

※本資料に掲載されている図及びイメージパースにおける、構造やデザインは現時点の計画であり、今後変更される可能性があります

## 中間とりまとめ（Ⅱ） 参考資料

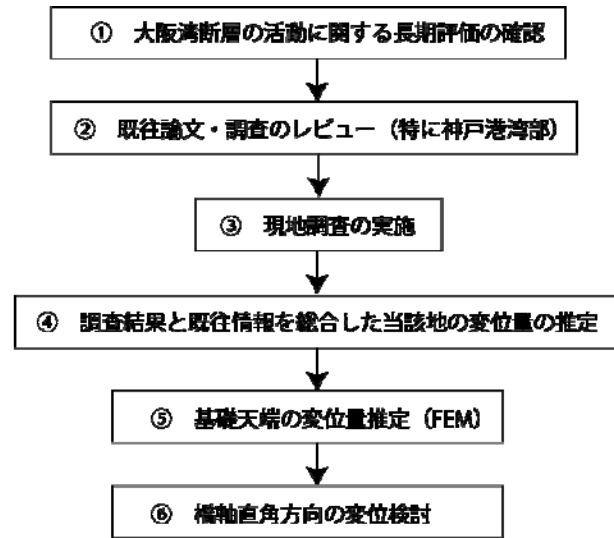
### 目 次

1. 断層の影響について.....	1	3.1.3 各橋梁形式の総合評価.....	14
1.1 検討概要.....	1	3.1.4 橋梁形式の比較案の選定.....	15
1.1 大阪湾断層の活動に関する長期評価の確認と文献調査.....	1	3.2 長大橋の橋梁形式の比較（2次比較）.....	15
1.1.1 断層分布と特徴.....	1	3.2.1 橋梁形式橋梁比較における基本条件.....	15
1.1.2 既往論文・調査のレビュー（特に神戸港湾部）.....	2	3.2.2 試設計結果.....	16
1.1.3 既往文献まとめ.....	2	3.2.3 総合評価.....	18
1.2 現地調査.....	3	3.2.4 橋梁形式選定に係る補足資料.....	19
1.2.1 調査の目的と内容.....	3	4. 神戸西航路部の橋梁形式について.....	24
1.2.2 海上音波探査.....	3	4.1 計画コンセプト（案）に適合する橋梁形式案の抽出.....	24
1.2.3 地質分析.....	3	4.1.1 比較対象とする橋梁形式の抽出.....	24
1.3 摩耶断層（新港・灘浜航路部）に関する検討.....	4	4.1.2 試設計の実施.....	25
1.3.1 地質調査結果を踏まえたとう曲変位の検討.....	4	4.1.3 各橋梁形式の総合評価.....	25
1.3.2 静的解析によるとう曲変位の不確定性を加味した構造安全性の検討.....	4	4.1.4 橋梁形式比較案の選定.....	26
1.3.3 漸増変位解析による橋梁の冗長性の検討.....	6	4.2 長大橋の橋梁形式の比較（2次比較）.....	26
1.3.4 漸増変位解析による橋梁の冗長性の検討.....	6	4.2.1 橋梁形式比較における基本条件.....	26
1.4 和田岬断層（神戸西航路部）に関する検討.....	7	4.2.2 試設計結果.....	28
1.4.1 地質調査結果を踏まえたとう曲変位の検討.....	7	4.2.3 総合評価.....	30
1.4.2 静的解析によるとう曲変位の不確定性を加味した構造安全性の検討.....	7	4.2.4 橋梁形式選定に係る補足資料.....	31
1.4.3 漸増変位解析による橋梁の冗長性の検討.....	8	5. 陸上高架橋（六甲アイランド地区）の橋梁計画について.....	35
1.4.4 検討結果まとめ.....	9	5.1 路線の概況（六甲アイランド）.....	35
2. 連続斜張橋の変形性能に関する検討.....	10	5.2 橋梁計画条件（ゾーンの特性）.....	37
2.1.1 連続斜張橋の構造的特徴の整理.....	10	5.3 景観等に配慮した橋脚形状の検討.....	38
2.1.2 連続斜張橋の構造的特徴.....	10	5.4 景観上特に配慮すべき箇所からの橋梁計画イメージ.....	40
2.1.3 橋梁全体系の変形特性の改善策の検討.....	11	6. 新技術の活用.....	43
2.1.4 主塔剛性向上策の効果の検証.....	12	6.1 はじめに.....	43
2.1.5 検討結果のまとめ.....	12	6.2 新技術に関する検討.....	43
3. 新港・灘浜航路部の橋梁形式について.....	13	6.2.1 UFC床版（ワッフル型）.....	43
3.1 計画コンセプト（案）に適合する橋梁形式案の抽出.....	13	6.2.2 鋼管集成橋脚.....	44
3.1.1 比較対象とする橋梁形式の抽出.....	13		
3.1.2 試設計の実施.....	14		

# 1. 断層の影響について

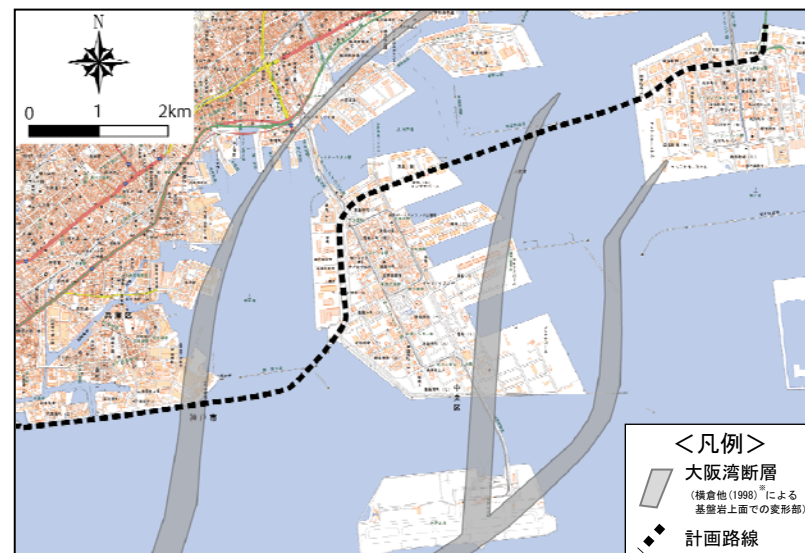
## 1.1 検討概要

本検討は、大阪湾岸道路西伸部に交差する活断層（大阪湾断層）の変位量の推定を適切に行い、断層運動に伴う永久変位に対しての構造検討に資する情報を取りまとめることを目的としている。



断層変位量の推定フロー

まず最初に、①では大阪湾断層の活動に関する、文部科学省地震調査推進本部（以下；推本）が取りまとめた、活断層の長期評価について、内容の確認を行い、②で、不十分な部分を補うために既往文献や調査のレビューを行ない、③では、現位置で直接調査を行うことで、地点の変位量評価を実施できる情報を収集し、④にて、すべてのデータを総合して、当該地の変位量の推定や次の構造設計に必要なパラメータを求める。以上の理学的な検討が終了することで、得られたパラメータを用いて、⑤では基礎天端の変位量を地盤モデル化したFEM解析にて推定し、最後に⑥で橋軸直角方向の変位の検討を実施する。



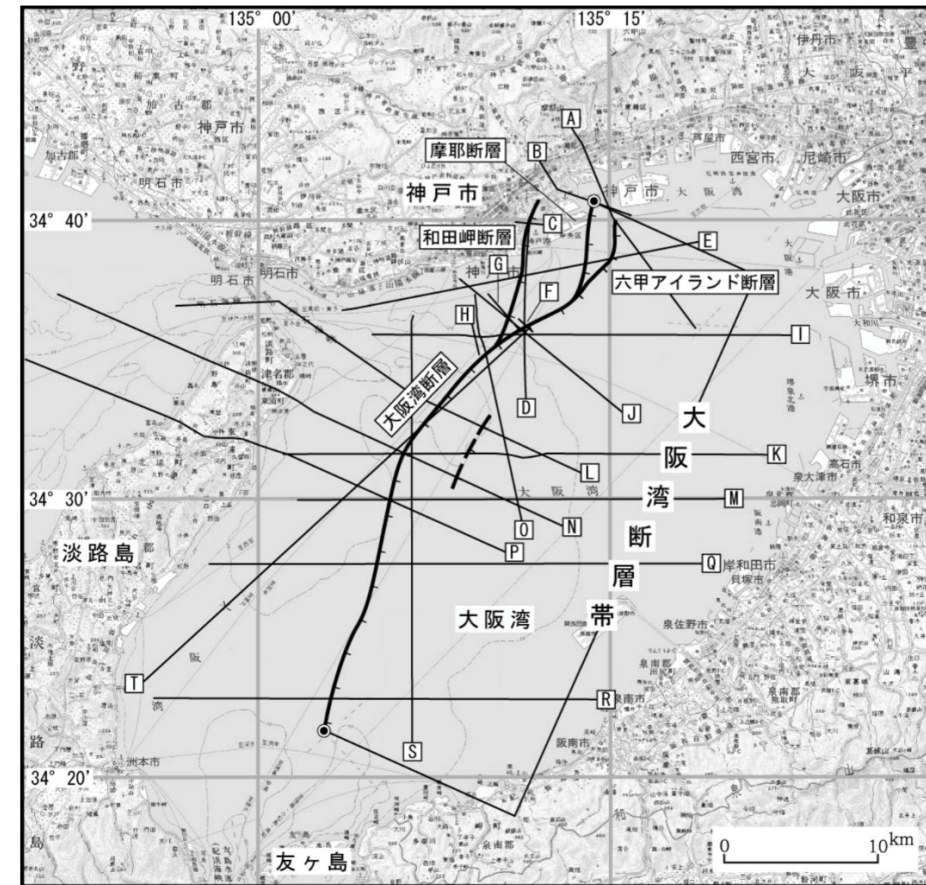
※ 横倉隆信・加藤直巳・山口和雄・宮崎光旗・井川猛・太田陽一・川中卓・阿部進(1998)：大阪湾における反射法深部構造調査。地質調査所月報、49、571-590

## 1.1 大阪湾断層の活動に関する長期評価の確認と文献調査

推本では、1995年兵庫県南部地震以降、全国の主要な活断層について、調査あるいは既存論文情報を用いてその活動性について取りまとめを行い、断層毎に長期評価を平成17年に行っており、大阪湾断層については、2005年までに公表された論文のデータをもとに長期評価を行っている。以下に長期評価の内容を簡単に取りまとめる。

### 1.1.1 断層分布と特徴

大阪湾断層は大阪湾の西側に南北方向に分布する活断層であり、海底に存在するため、断層の分布状況は反射法地震探査測線の断面解析から得られる情報で決定されている。1995年兵庫県南部地震後に海上保安庁水路部、地質調査所（現：産業技術総合研究所）によって行われた調査成果（横倉他1998、岩淵他2000など）より、大阪湾の西側には淡路島に沿って大阪湾断層が分布することが明らかになった。その北部は神戸港湾域に分布し、六甲アイランドからポートアイランド間には摩耶断層、ポートアイランドから和田岬には和田岬断層が推定されている（下図）。全体として長さは約39kmで、北東-南西方向に延びており、断層帯の西側が東側に対して相対的に隆起する逆断層が卓越する（右横ずれ成分も含む）断層である。ほぼ直線状に分布する連続した断層から、全体が1区間として活動すると考えられている。



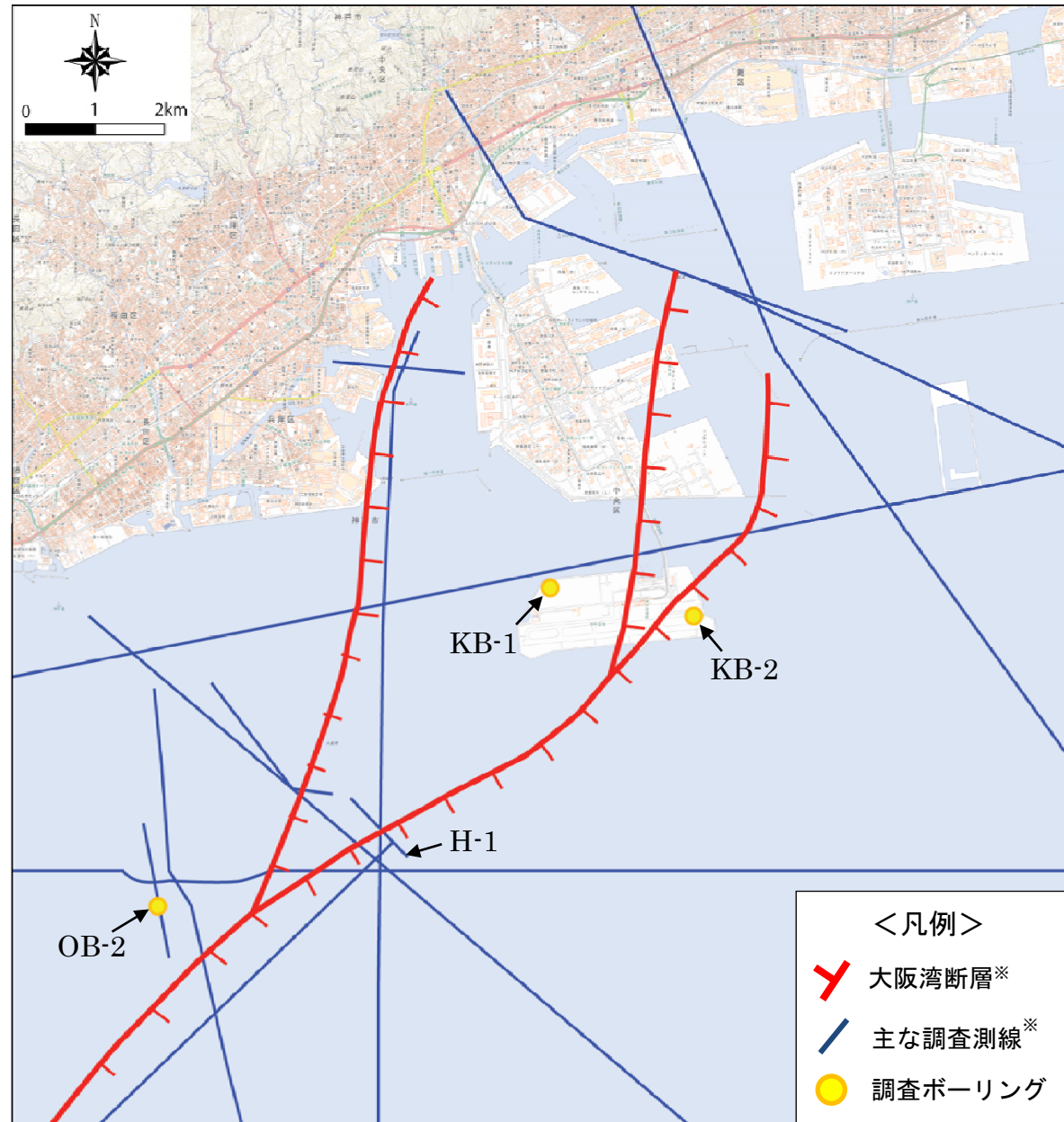
※「大阪湾断層帯の長期評価について」  
（平成17年1月12日地震調査研究推進本部地震調査委員会）より

推定断層位置図



### 1.1.2 既往論文・調査のレビュー（特に神戸港湾部）

大阪湾断層に関する論文では、神戸港湾部で実施された七山・他（2000）が多くの情報を提供している。また、その他の大阪湾断層の調査としては、神戸空港建設時の各種調査が該当するが、当時理学系学会誌に論文化されていなかったため、推本の長期評価の際には、調査結果は反映されていない。これらの調査位置を下図に示す。



※「大阪湾断層帯の長期評価について」  
（平成 17 年 1 月 12 日地震調査研究推進本部地震調査委員会）より

既往調査位置図

### 1.1.3 既往文献まとめ

これらの調査成果を推本の取りまとめ結果に併記し、神戸港湾地域の活動評価を下表に示す。

既往調査結果を推本の結果に加味した大阪湾断層の評価

項目	推本	七山他(2000)	神戸市・佐藤他(2005)
平均的なずれの速度	大阪湾断層の中部において 0.5~0.7m/千年, 和田岬断層において 0.2m/千年（上下成分）,		
	反射法探査断面からの読み取り		
過去の活動時期	9世紀以降（最新活動）	1)約 900~1,200 年前 2)約 8,500~9,500 年前	1)1,900~ 2,700 年前, 2)5,900~ 6,300 年前, 3)7,800~8,700 年前
	七山他(2000)の一部を採用	音波探査（H-1）の断面からイベントを読み取り、1本のボーリングコア（OB-2）から推定しているが、音波探査とボーリング位置は離れている。	2本のボーリングコア試料の詳細な分析と対比作業から求めている。
平均活動間隔	約 3000 年~7000 年	7,300 年~8,600 年	約 1,500 年~4,400 年となり、平均すると約 3,000 年周期程度。
	1回のずれ量（約 2~3.5m）と平均的なずれの速度からの計算値	過去の活動時期から算定	過去の活動時期から算定



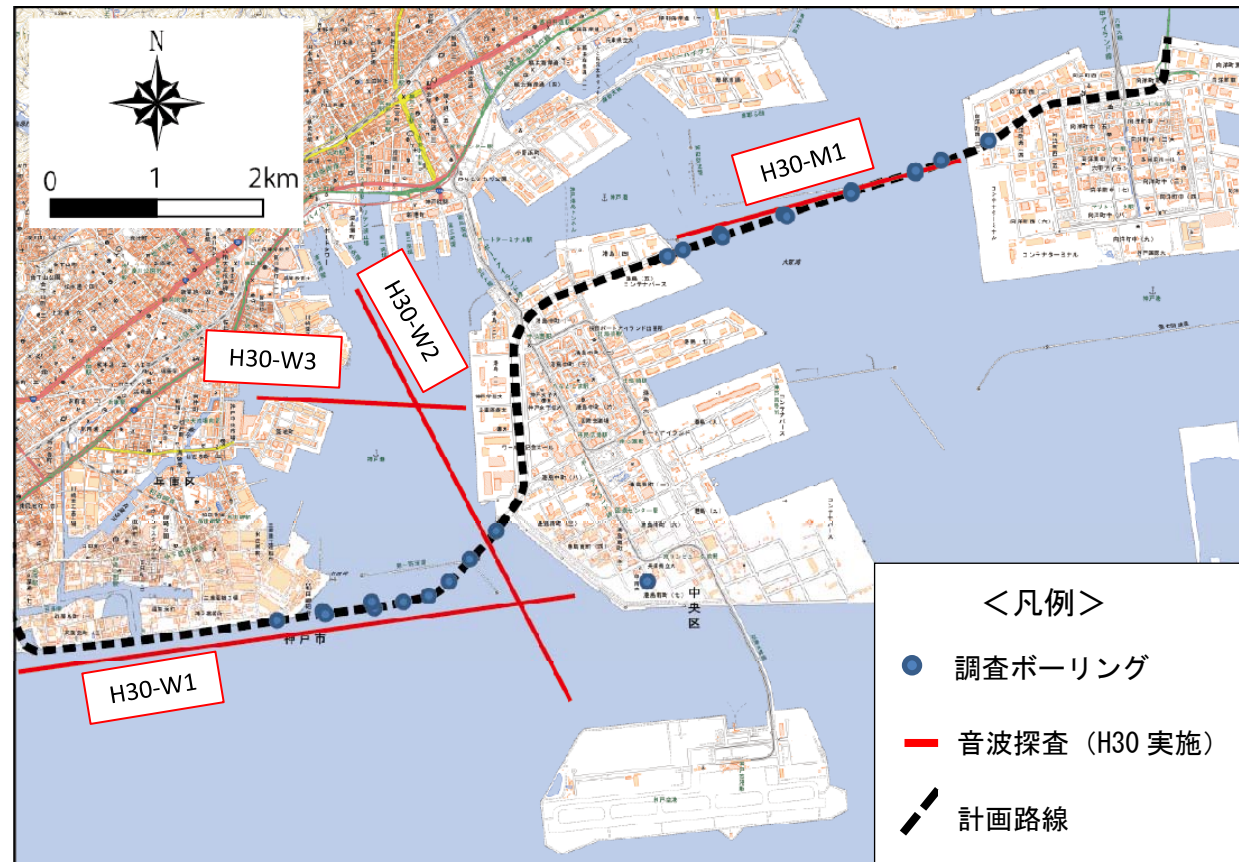
## 1.2 現地調査

### 1.2.1 調査の目的と内容

断層の位置や特性を精度よく確認・推定するために、以下の現地調査を行った。

#### (1) 架橋地点周辺の断層分布の把握

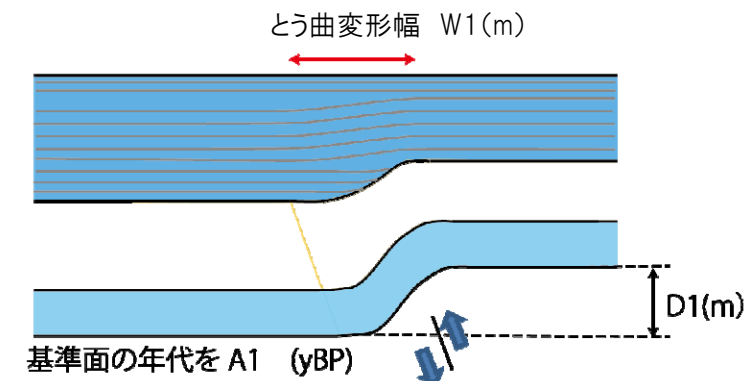
ボーリングや音波探査断面等で地層が変形している箇所を明らかにする。ここでは、過去の断層運動により地層が変形を受けていると思われる場所をとう曲帯と考え、その分布を検討する。下図に今回実施した調査位置図を示す。



音波探査およびボーリング掘削地点

#### (2) 断層変位量の推定

本調査では、ボーリングコア試料による各堆積層の地層境界の標高情報と反射法探査の結果断面図を組み合わせて、断層変形量ととう曲変形幅を求める。



とう曲変形幅  $W1(m)$ は、反射法探査結果断面より判読する方が良い。  
断層変形量  $D1(m)$ は、ボーリング調査結果から標高差を求めるのが良い。  
平均的なずれ速度は  $D1 \div A1 \times 1000(m/千年)$

#### 変位量の検討に必要な各種の情報

#### 1.2.2 海上音波探査

調査海域には摩耶断層、和田岬断層の各断層帯が存在することが、既往の文献等で示されているこれらのとう曲の形態を把握しておく目的で、海上音波探査を実施した。

#### 1.2.3 地質分析

ボーリングコア試料を用いて、火山灰分析等による堆積時間面の把握とボーリングコア間の地層の対比を基に、断層による変形の有無や変形量の把握を行う。

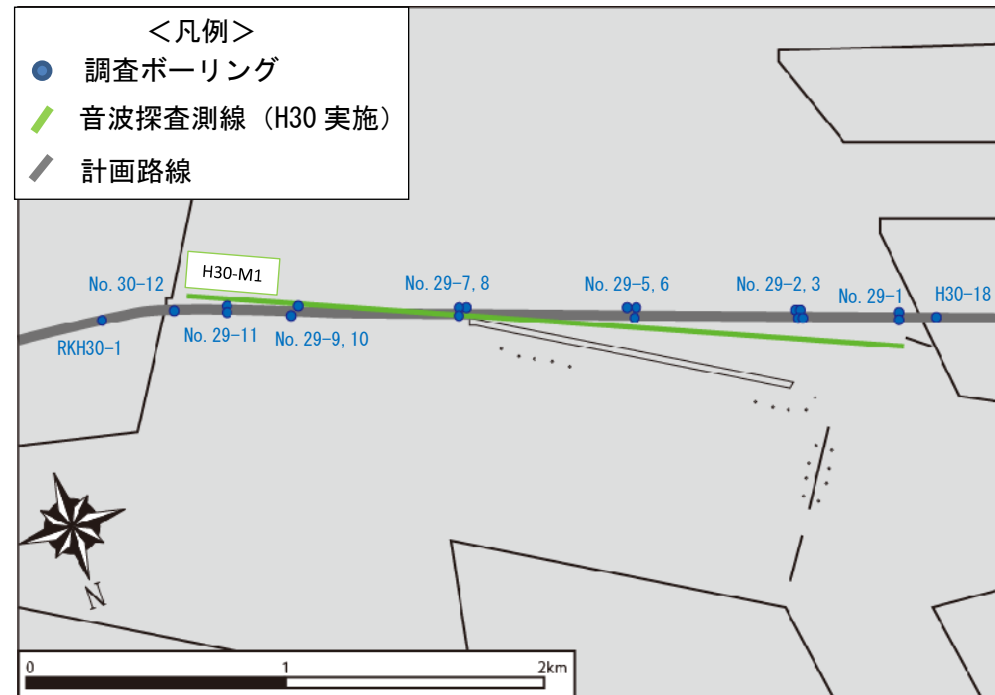
現地調査の結果は、次項以降に示す。

### 1.3 摩耶断層（新港・灘浜航路部）に関する検討

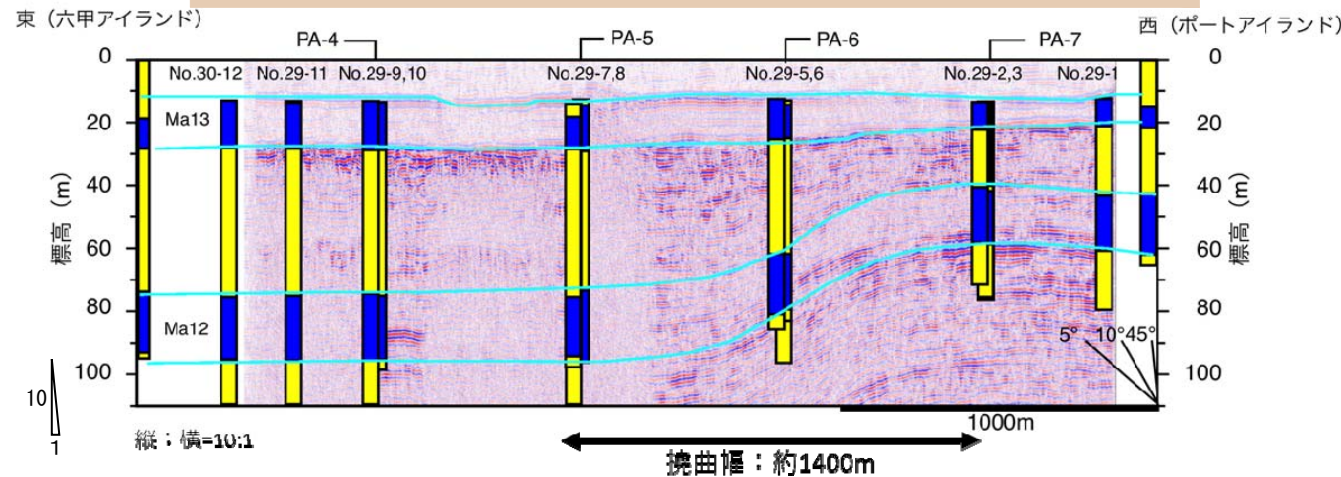
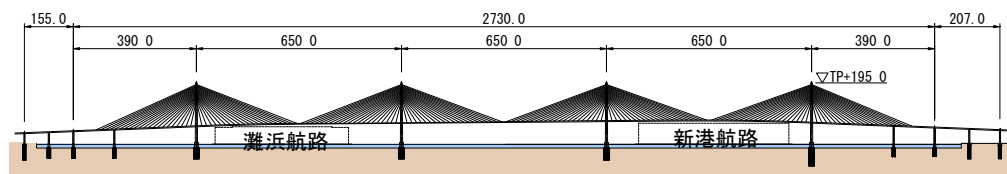
#### 1.3.1 地質調査結果を踏まえたとう曲変位の検討

新港・灘浜航路部においては、平成 29 年度と平成 30 年度の地質調査として、音波探査およびボーリング調査が実施され、架橋部での地層連続状況やとう曲変形の形状が詳細に把握することができた（下図上）。

調査結果を踏まえて、とう曲位置およびとう曲変位量の検討を行った結果、新港・灘浜航路部については、とう曲幅が約 1400m と評価し、とう曲帯の急変部が 3P 付近にあることが判明した（下図下）。また、地質調査結果を踏まえたとう曲変位量（Ma12 層下面）は、平均活動間隔 5000 年、1 回あたりの変位量は 1.47m と推定される。



新港・灘浜航路部（摩耶断層）のボーリングデータ位置図



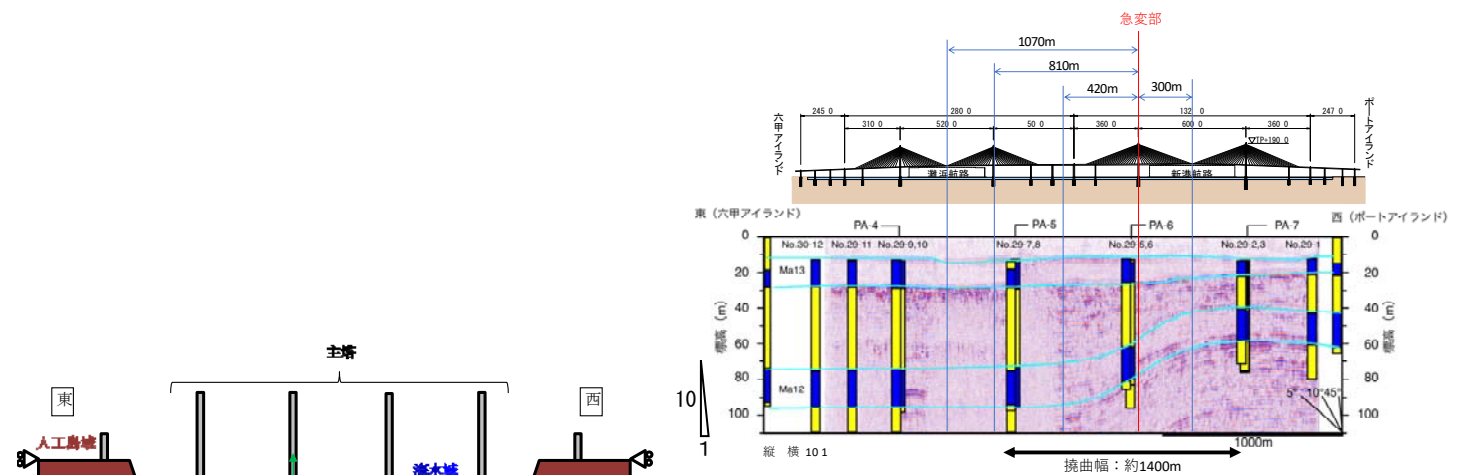
新港・灘浜航路部のボーリング情報と反射法探査結果を合わせた断面図

#### 1.3.2 静的解析によるとう曲変位の不確定性を加味した構造安全性の検討

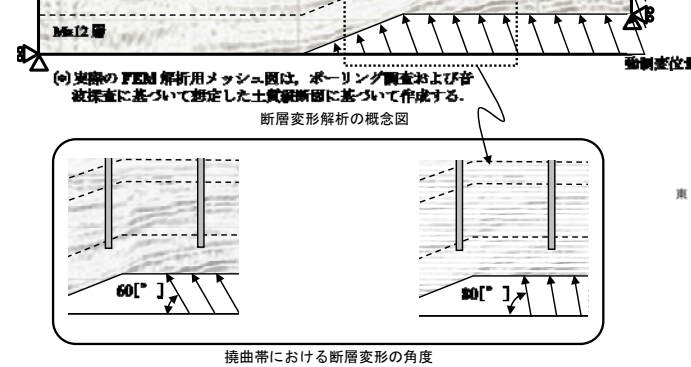
新港・灘浜航路橋のとう曲変位による構造安全性の検討として、ここでは下表にあるとう曲変位の不確定性を考慮する。とう曲変位の角度としては、地質調査結果に基づく FEM 解析によって求められた  $\theta = 60^\circ, 80^\circ$  を基本とし、水平成分の大きな  $45^\circ$  を追加した。とう曲変位量としては、5000 年/回 ( $\alpha = 1.0$ ) を基本として 7000 年/回 ( $\alpha = 1.40$ )、11900 年/回 ( $\alpha = 2.38$ ) についても検討した。とう曲位置としては、調査結果に基づく位置から西側にずれた場合の 1 ケースと東側にずれた場合の 3 ケースの計 4 ケースを追加し冗長性を検討する。

不確定性を考慮したとう曲変位のパラメータ

	角度	変位量		断層(撓曲)位置		
				単独斜張橋	連続斜張橋	
新港・灘浜	45°	1倍	5,000年/回	1.47m/回	調査結果の位置	
	60°	1.4倍	7,000年/回	2.058m/回	西側に300m移動 (3P位置の変位が3P-4P間で出るイメージ)	西側に325m移動 (3P位置の変位が2P-3P間で出るイメージ)
	80°	2.38倍	11,900年/回	3.50m/回	東側に420m移動 (3P位置の変位が2P-3P間で出るイメージ)	東側に325m移動 (3P位置の変位が2Pで出るイメージ)
					東側に810m移動 (3P位置の変位が2Pで出るイメージ)	東側に650m移動 (3P位置の変位が1P-2P間で出るイメージ)
					東側に1070m移動 (3P位置の変位が1P-2P間で出るイメージ)	東側に975m移動 (3P位置の変位が1P-2P間で出るイメージ)



(a) 単独斜張橋



(b) 連続斜張橋

とう曲変位入カイメージ

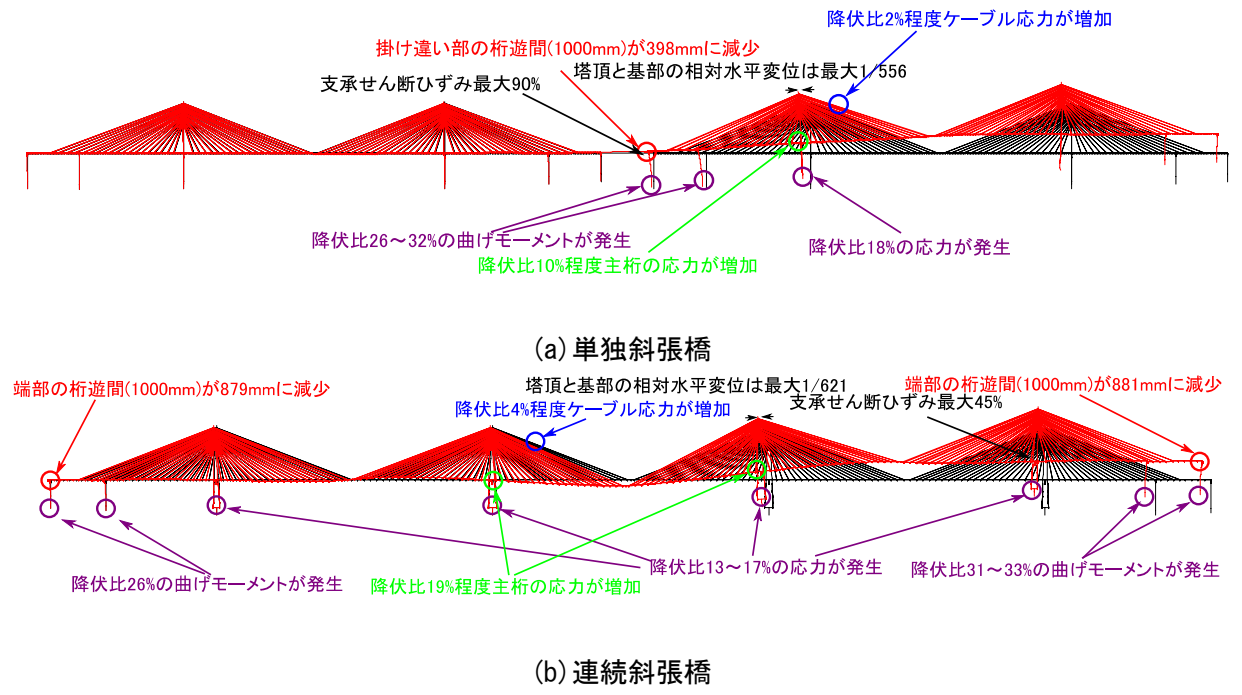
とう曲位置の検討イメージ



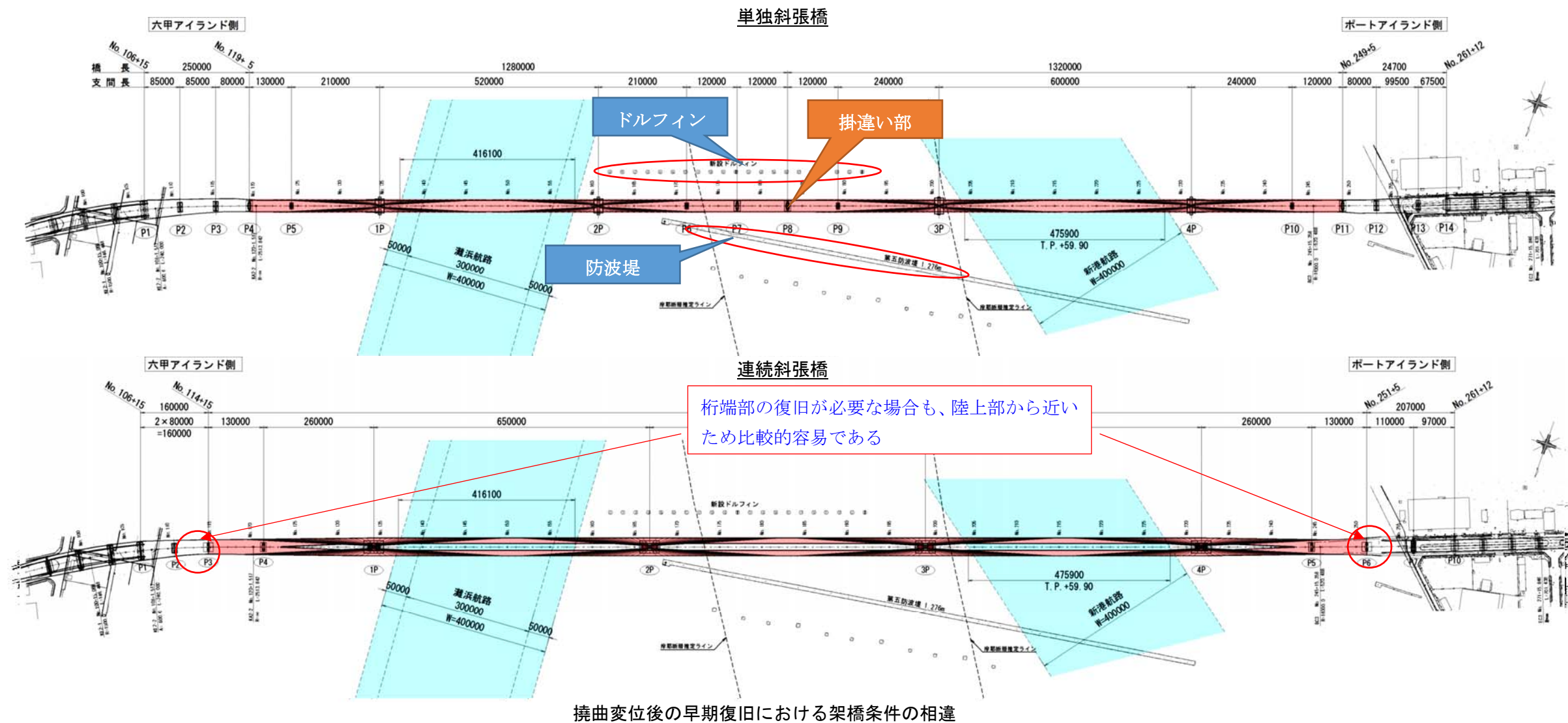
単独斜張橋、連続斜張橋について上記の検討を行った結果、いずれの場合も主塔、橋脚、主桁、ケーブルの各部材について、応答値が弾性範囲内であり安全性に問題ないことを確認した。変位倍率  $\alpha = 1.0$  倍の解析結果の概略を右図に示す。

とう曲変位後の修復性については、支承の更替およびケーブル張力の調整を行うことで、各部材の応力（曲げモーメント）と主桁の残留変位は緩和ないし解消することができる。

さらに、とう曲変位後の点検、補修あるいは復旧が必要と考えられる主要箇所は、桁端部、主塔および支承である。桁端部に関しては、単独斜張橋における P8 橋脚の掛違い部は、桁衝突の可能性が想定されるが、2つの航路に挟まれており、かつ防波堤やドルフィンが設置される狭隘空間であるため、緊急時の点検性や早期の復旧性が低いと考えられる。一方、連続斜張橋の桁端部は陸上部から近く、復旧が必要な場合も比較的容易である。その他の箇所に関しては、単独斜張橋と連続斜張橋とで解析上明確な差はみられず、点検性、修復性は同程度と考えられる。以上より、総合的には連続斜張橋の方が緊急時の点検性および修復性に優れていると考えられる。



とう曲変位の影響（とう曲 60°、変位倍率  $\alpha = 1.0$ ） ※変形は 30 倍に誇張



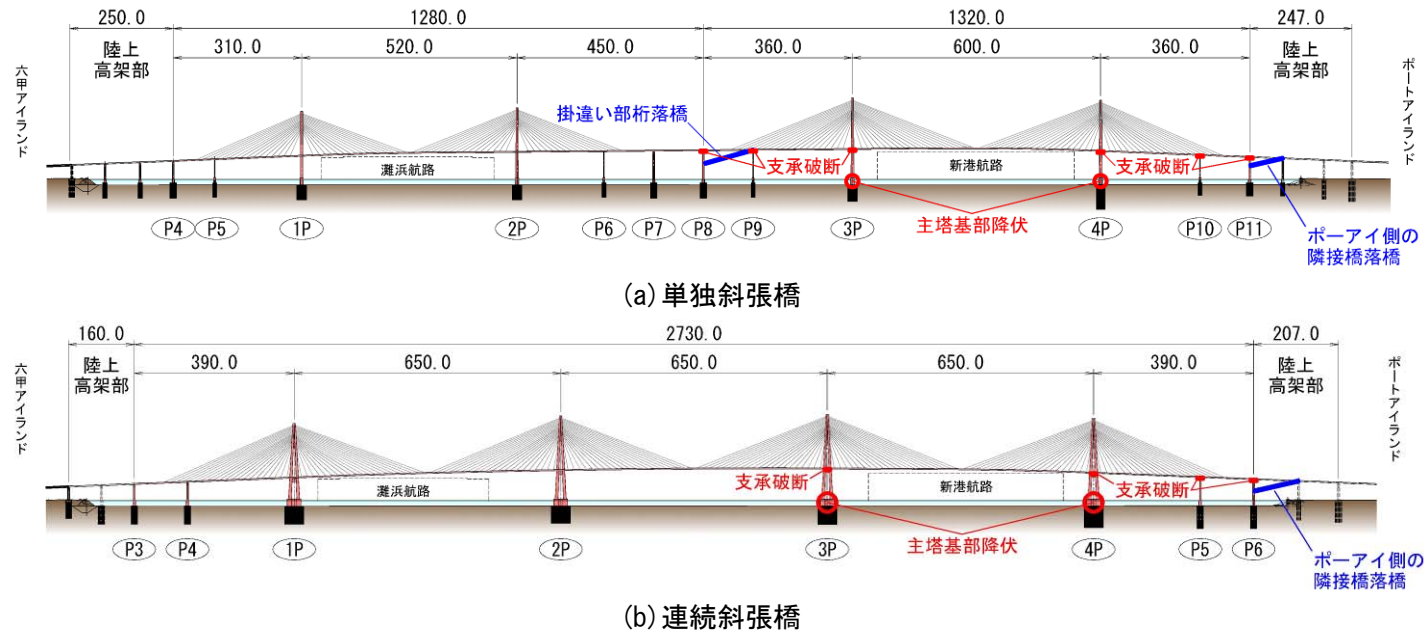


### 1.4.3 漸増変位解析による橋梁の冗長性の検討

橋梁全体系の冗長性の検討として、とう曲変位量（とう曲角度  $\theta=60^\circ$ 、調査結果位置）を漸増させ、単独斜張橋と連続斜張橋の各部の損傷順序を整理した表を右表に示す。また、変位倍率 20 倍の時の発生イベントを模式化した図を下図に示す。

その結果、単独斜張橋において掛違い部の桁衝突が 1.6 倍で発生しており、さらに斜張橋の安全性に最も重要な主塔の降伏についても連続斜張橋に比べて小さな変位倍率で生じる。したがって、連続斜張橋がとう曲変位に対する冗長性が最も高いと考えられる。

なお両形式とも、荷重倍率 7~9 程度でポートアイランド側の高架橋の主桁が橋脚の桁かかりから落橋する。



とう曲変位の影響（とう曲  $60^\circ$ 、変位倍率  $\alpha=20$  倍の場合）

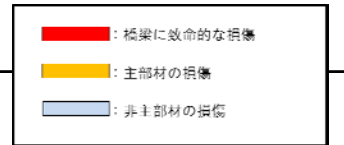
### 1.3.3 検討結果まとめ

摩耶断層（新港・灘浜航路部）に関する検討結果をまとめると、以下の通りである。

- H30 年度の断層調査により、3P 主塔の近傍に摩耶断層のとう曲が位置することを確認した。
- 橋梁形式比較 2 案について、とう曲変位による構造安全性に対する検討を行った。その結果、いずれの案も安全性に問題ないことを確認した。
- 単独斜張橋は、掛け違い部では桁遊間が狭くなる上、桁衝突による損傷の可能性もあるが、航路や係留施設等に囲まれた海上部に位置するため、緊急時の点検性や早期の復旧性が低い。
- 連続斜張橋は掛け違い部が始点側と終点側の端部のみであり、桁遊間の変化量は小さい。仮に、桁端部が損傷したとしても、陸上部に近い緊急時の点検性や早期の復旧性が高い。
- 漸増変異解析による橋梁の冗長性に関する検討を行った結果、連続斜張橋の方が致命的な損傷の発生する時期が相対的に遅く、冗長性を有している。
- ただし、断層上の堆積層に見られる地層の傾斜（とう曲）範囲に位置する 3P 主塔基礎については、今後、詳細な検討により安全性を確認する。

漸増変位解析による部材の損傷順序

変位倍率	発生期間 (年/回)	断層最大鉛直変位 (m)	単独斜張橋		連続斜張橋	
			変位倍率	発生イベント	変位倍率	発生イベント
1	5,000	1.47				
			1.60	P8 掛け違い部桁衝突		
2	10,000	2.94				
3	15,000	4.41				
4	20,000	5.88				
5	25,000	7.35	5.20	ホーアイ側桁衝突		
			5.32	P11 橋脚支承破断		
			5.34	P10 橋脚支承破断		
			5.36	4P 主塔支承破断		
			5.36	3P 主塔柱基部降伏		
			5.38	3P 主塔支承破断		
6	30,000	8.82			6.46	4P 主塔支承破断
					6.60	ホーアイ側桁衝突
					6.74	3P 主塔支承破断
					6.80	4P 主塔柱部降伏
					7.08	3P 主塔柱部降伏
7	35,000	10.29				
			7.68	ホーアイ側隣接橋落橋		
8	40,000	11.76				
			8.44	4P 主塔柱基部降伏		
					8.94	P5 橋脚支承破断
					8.96	P6 橋脚支承破断
9	45,000	13.23			9.00	ホーアイ側隣接橋落橋
10	50,000	14.70				
			10.52	P9 橋脚支承破断		
11	55,000	16.17				
12	60,000	17.64				
			12.96	P8 橋脚六甲側支承破断		
13	65,000	19.11				
⋮						
20	100,000	29.40	20.16	P8 橋脚ホーアイ側支承破断		
			20.18	掛け違い部桁落橋		

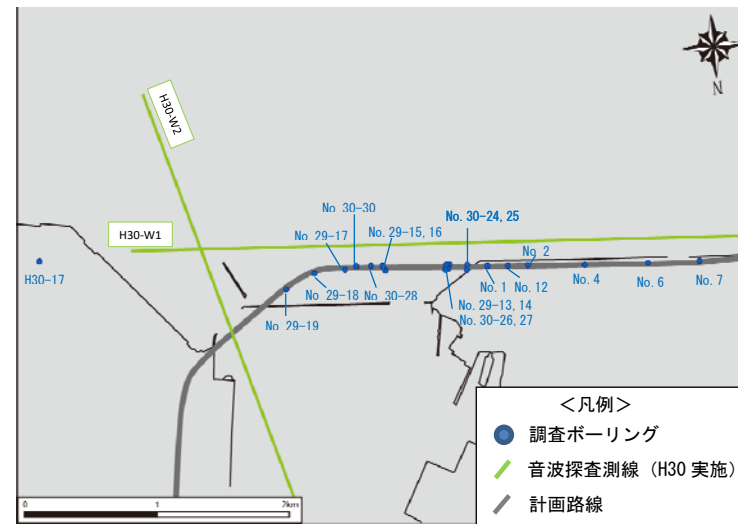


## 1.4 和田岬断層（神戸西航路部）に関する検討

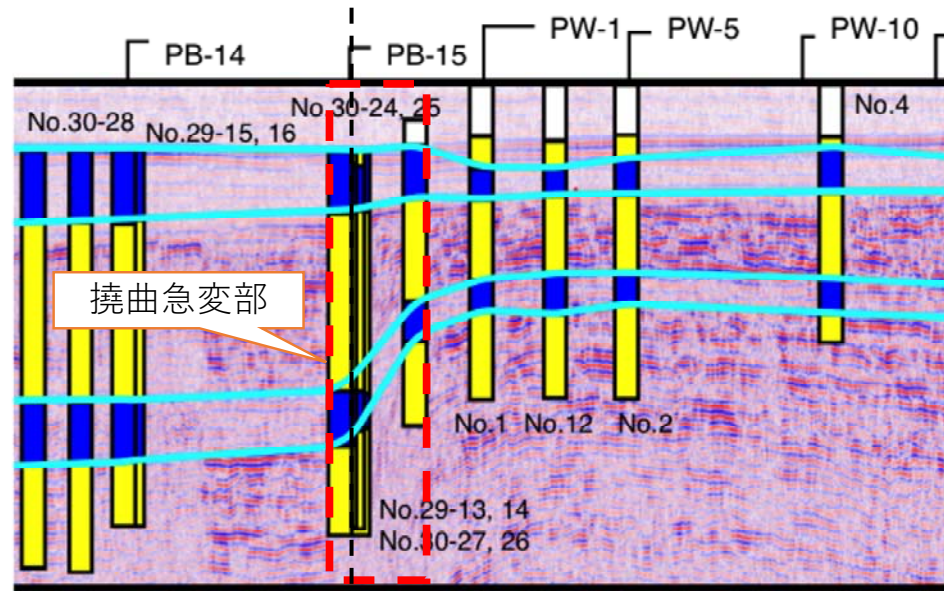
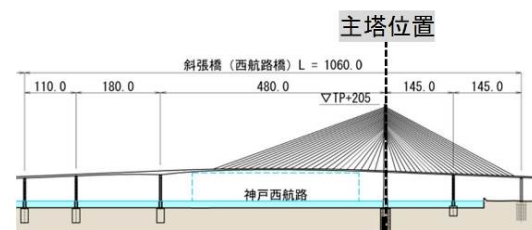
### 1.4.1 地質調査結果を踏まえたとう曲変位の検討

神戸西航路部においては、平成 29 年度と 30 年度の地質調査として、音波探査およびボーリング調査が実施され、架橋部での地層連続状況やとう曲変位の状態が詳細に把握することができた（下図上）。

過年度調査と平成 30 年度調査結果を踏まえて、とう曲位置およびとう曲変位量の検討を行った結果、神戸西航路部については、とう曲幅が約 700m と評価し、とう曲帯の急変帯が PB-15 付近にあることが判明した（下図下）。また、平成 30 年度の地質調査結果を踏まえたとう曲変位量（Ma12 層下面）は、平均活動間隔 5000 年、1 回あたりの変位量は 1.23m と推定した。



神戸西航路部（和田岬断層）のボーリングデータ位置図



縦：横=10:1

撓曲幅：約700m

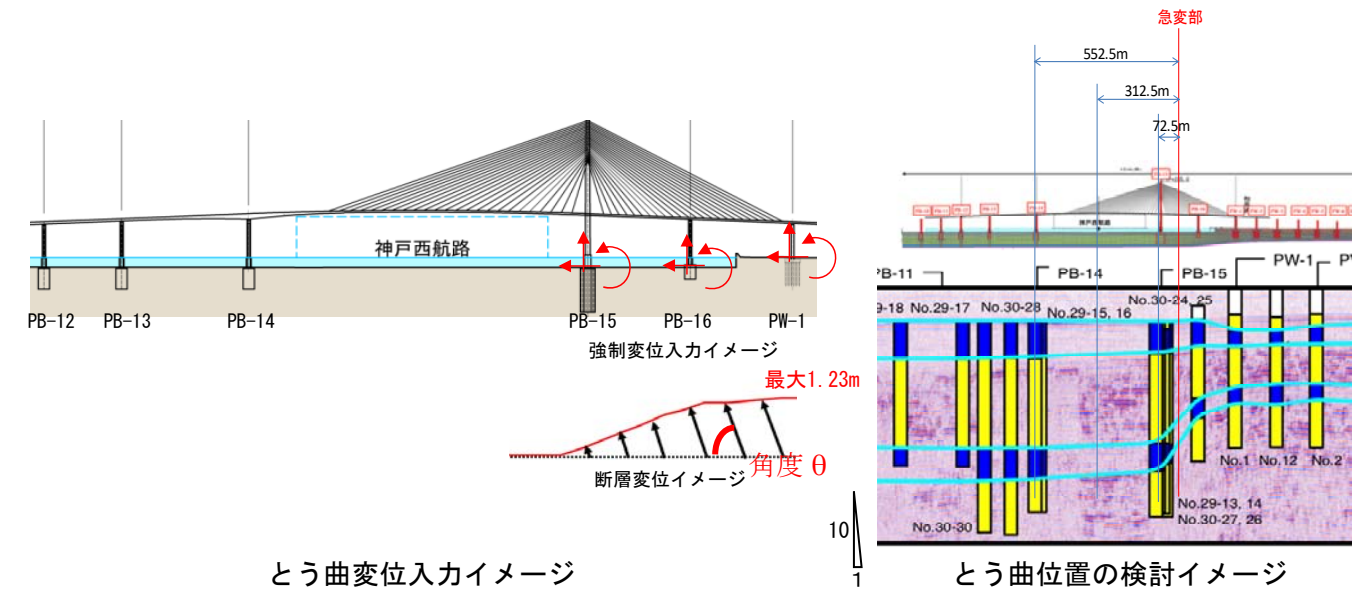
神戸西航路部（和田岬断層）断面図

### 1.4.2 静的解析によるとう曲変位の不確定性を加味した構造安全性の検討

神戸西航路橋のとう曲変位による構造安全性の検討として、ここでは下表にあるとう曲変位の不確定性を考慮する。とう曲変位の角度としては、地質調査結果に基づく FEM 解析によって求められた  $\theta=60^\circ, 80^\circ$  を基本とし、水平成分の大きな  $45^\circ$  を追加した。とう曲変位量としては、5000 年/回 ( $\alpha=1.0$ ) を基本として 7000 年/回 ( $\alpha=1.40$ )、14250 年/回 ( $\alpha=2.85$ ) についても検討した。とう曲位置としては、調査結果に基づく位置から東側にずれた場合の冗長性として 3 ケースを追加して検討する。

不確定性を考慮したとう曲変位のパラメータ

	角度	変位量		断層(撓曲)位置	
				1主塔・2主塔	調査結果の位置
神戸西	45°	1倍	5,000年/回	1.23m/回	東側に72.5m移動 (PB15-PB16間の変形がPB15で出るイメージ)
	60°	1.4倍	7,000年/回	1.722m/回	東側に312.5m移動 (PB15-PB16間の変形がPB14-PB15間で出るイメージ)
	80°	2.85倍	14,250年/回	3.5m/回	東側に552.5m移動 (PB15-PB16間の変形がPB14で出るイメージ)



2 主塔斜張橋、1 主塔斜張橋（和田岬側）、1 主塔斜張橋（PI 側）について上記の検討を行った結果、いずれの場合も主塔、橋脚、主桁、ケーブルの各部材について、応答値が弾性範囲内であり安全性に問題ないことを確認した。

とう曲変位後の修復性については、支承の更替およびケーブル張力の調整を行うことで、各部材の応力（曲げモーメント）と主桁の残留変位は緩和ないし解消することができる。ただし、とう曲変位による主塔の傾斜は残留するため、とう曲位置から最も主塔が離れている 1 主塔斜張橋（PI 側）が、修復性の観点からは優れている。なお、この傾向はとう曲変位量が増大した場合でも顕著に示される。

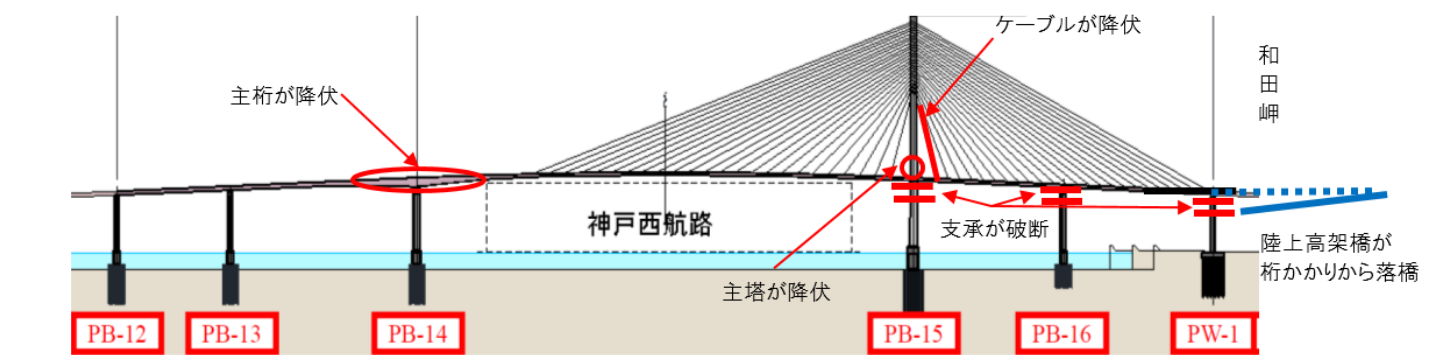


### 1.4.3 漸増変位解析による橋梁の冗長性の検討

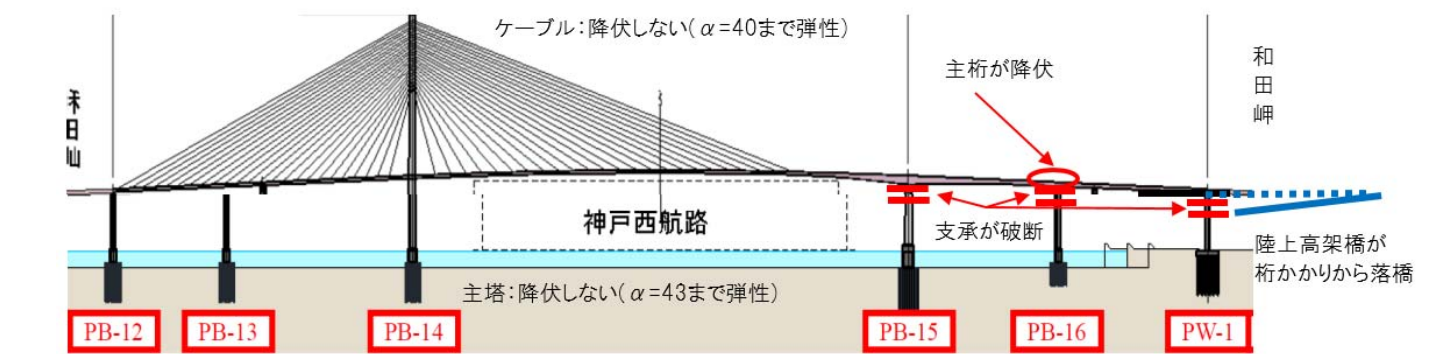
橋梁全体系の冗長性の検討として、とう曲変位量（とう曲角度  $\theta = 60^\circ$  , 地質調査位置）を漸増させ、橋梁の各部材の損傷イベントを整理した（次頁表）。また、1主塔斜張橋（和田岬側）と1主塔斜張橋（PI側）について、荷重倍率10倍の時の発生イベントを下図に示す。

その結果、斜張橋の安全性に最も重要な主塔の降伏については1主塔斜張橋（和田岬側）で最も小さな変位倍率で生じ、1主塔斜張橋（PI側）が最も大きな変位倍率で生じる。したがって、1主塔斜張橋（PI側）がとう曲変位に対する冗長性が最も高いと考えられる。

なお2主塔斜張橋・和田岬1主塔斜張橋・PI1主塔斜張橋の3形式とも、荷重倍率3~4程度で和田岬陸上高架橋の主桁が橋脚の桁かかりから落橋する。一方、PI側掛け違いでの衝突または落橋イベントは生じない。

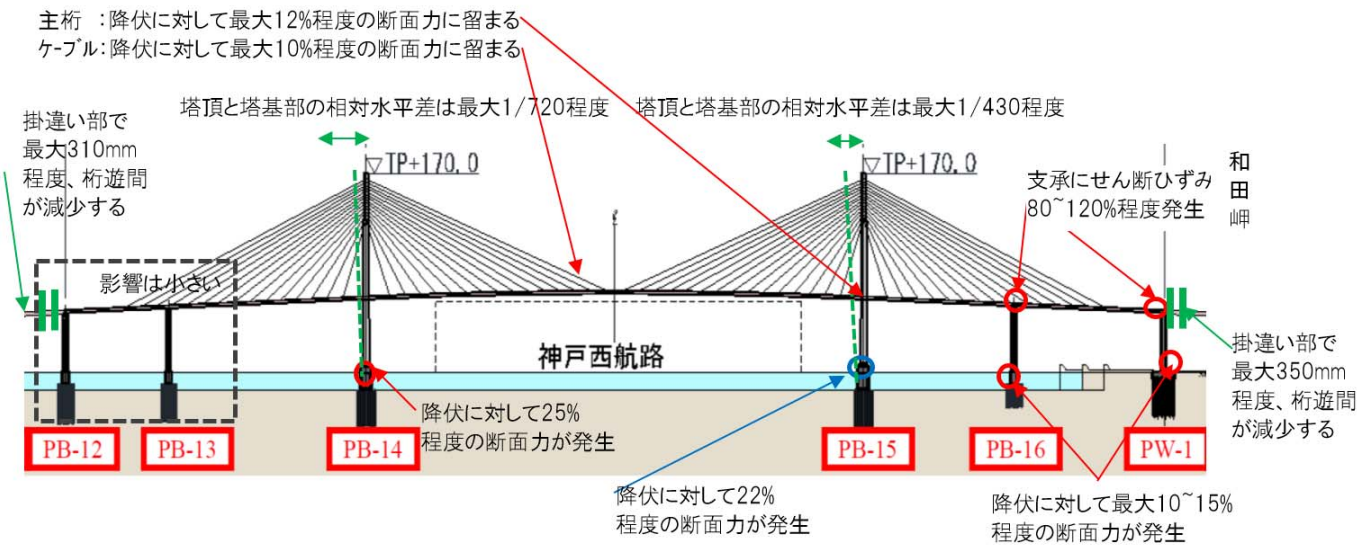


1主塔斜張橋（和田岬側）

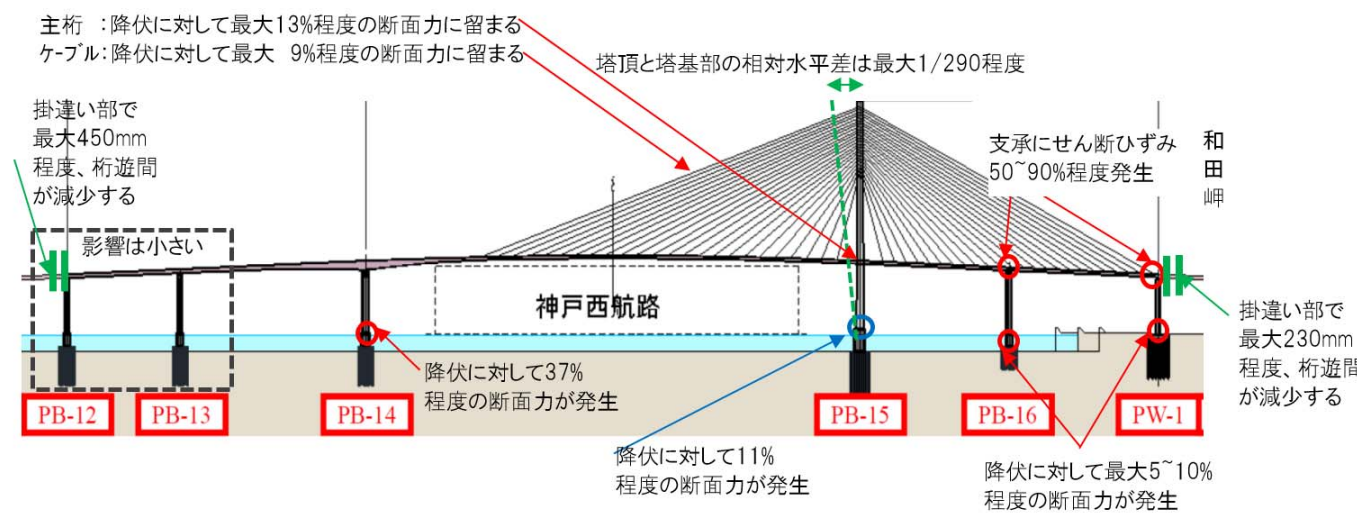


1主塔斜張橋（PI側）

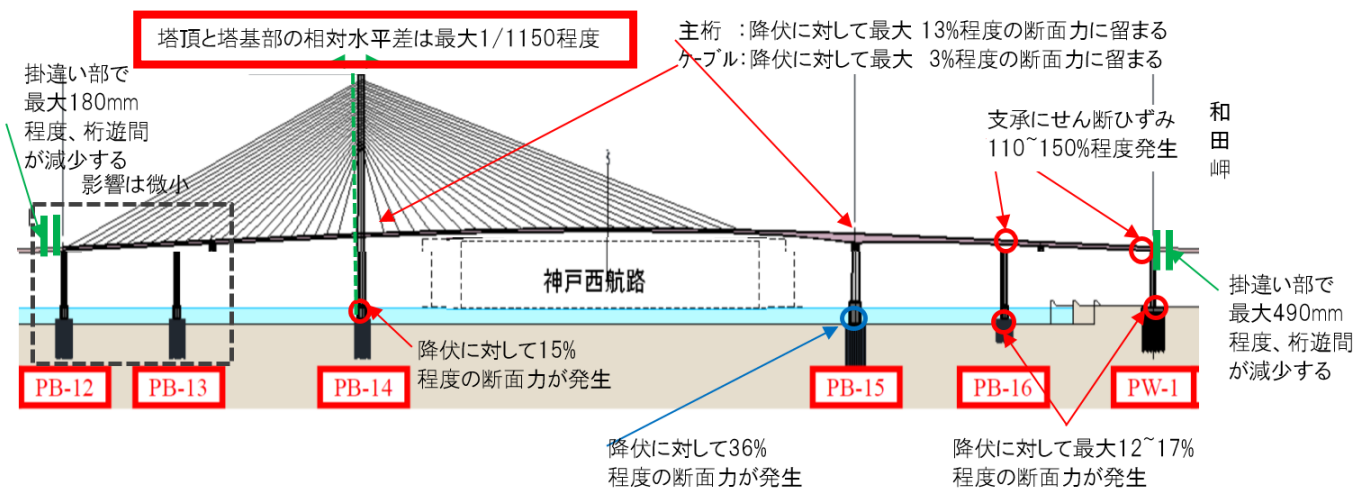
とう曲変位の影響（とう曲傾斜角  $\theta = 60^\circ$  , 変位倍率  $\alpha = 10$  倍の場合）



(a) 2主塔斜張橋



(b) 1主塔斜張橋（和田岬側）



(c) 1主塔斜張橋（PI側）

とう曲変位の影響（とう曲傾斜角  $\theta = 60^\circ$  , 変位倍率  $\alpha = 1$  倍の場合）



漸増変位解析による部材の損傷順序

荷重倍率	発生期間 (年/回)	撓曲最大鉛直変位 (m)	2主塔斜張橋		1主塔斜張橋(和田岬側)		1主塔斜張橋(PI側)		
			変位倍率	発生イベント	変位倍率	発生イベント	変位倍率	発生イベント	
1	5,000	1.23							
2	10,000	2.46					2.00	PW1桁端衝突	
							2.03	支承PB16破断	
							2.43	支承PW1破断	
3	15,000	3.69	2.95	支承PB16破断	2.82	支承PB16破断			
			3.26	PW1桁端衝突	3.28	PW1桁端衝突			
4	20,000	4.92					3.67	支承PW1破断	
							3.75	PW1高架橋が落橋	
							3.95	支承PB15破断	
5	25,000	6.15	4.00	支承PW1破断	4.12	PW1高架橋が落橋			
			4.05	PW1高架橋が落橋	4.63	支承PB15破断			
			5.14	支承PB15破断					
6	30,000	7.38					5.55	主塔PB15降伏	
							6.30	主桁降伏	
7	35,000	8.61							
8	40,000	9.84							
			8.65	ケーブル降伏			8.65	主桁降伏	
9	45,000	11.07							
			9.55	主桁降伏	9.83	ケーブル降伏			
10	50,000	12.30							
			10.35	主塔PB15降伏					
⋮									
24	120,000	29.52	24.15	主塔PB14降伏					
⋮									
40	200,000	49.20						40.15	ケーブル降伏
⋮									
43	215,000	52.89							
							43.50	主塔PB14降伏	

     : 橋梁に致命的な損傷  
     : 主部材の損傷  
     : 非主部材の損傷

1.4.4 検討結果まとめ

摩耶断層（新港・灘浜航路部）に関する検討結果をまとめると、以下の通りである。

- H30年度の断層調査により、主塔（和田岬側）の近傍に和田岬断層のとう曲が位置することを確認した。そこで、中間とりまとめで橋梁形式比較案として選定した「1主塔斜張橋（和田岬側）」と「2主塔斜張橋」に加えて、ポートアイランド側に主塔を設置した「1主塔斜張橋（PI側）」を立案した。
- これら橋梁形式比較3案について、とう曲変位による構造安全性に対する検討を行った。いずれの橋梁形式においても構造安全性に問題ないことを確認した。ただし、とう曲変位の推定および地震動との関係における不確定性、および設計の想定と異なる状況に対する漸増解析結果を鑑み、1主塔斜張橋（PI側）が、とう曲変位に対してリスクが低い橋梁形式と言えることを確認した。
- 1主塔斜張橋（PI側）は、耐震設計と構造計画の双方の観点から、様々な不確定性に対応できる形式案と言える。

【参考文献】

- 1) 横倉隆信・加藤直巳・山口和雄・宮崎光旗・井川猛・太田陽一・川中卓・阿部進（1998）：大阪湾における反射法深部構造探査. 地質調査所月報, 49, 571-590
- 2) 岩淵 洋・西川 公・野田直樹・雪松隆夫・田賀 傑・宮野正美・酒井建治・深沢 満（2000）：反射法音波探査に基づく大阪湾の基盤と活構造. 海上保安庁水路部研究報告, 36, 1-23.
- 3) 七山 太・杉山雄一・北田奈緒子・竹村恵二・岩淵 洋（2000）：大阪湾断層及び和田岬断層の完新世活動性調査. 地質調査所速報, no.EQ/00/2（平成11年度活断層古地震研究調査概要報告書）, 179-193.
- 4) 佐藤忠信・竹村恵二・吉井真・香川敬生・高橋嘉樹・南部光広（2005）：神戸空港建設プロジェクトにおける護岸と滑走路の耐震安全性の検討. 土木学会論文集 F Vol.62 No.3,502-512,2006.7

## 2. 連続斜張橋の変形性能に関する検討

### 2.1.1 連続斜張橋の構造的特徴の整理

#### (1) 連続斜張橋の技術動向

近年の斜張橋は、以下に示すように技術の進展とともに長支間化が進んでいる。また、多径間連続斜張橋についても同様に長支間化が進んでおり、海外では支間長 600m クラスの連続斜張橋も建設されている。

#### ◆世界斜張橋ランキング

順位	橋梁名	所在地	種類	主径間長 (m)	完成年	備考
1位	ルースキー島橋	ロシア	複合	1104	2012	
2位	蘇通長江公路大橋	中国	複合	1088	2008	
3位	ストーンカットーズ橋	中国	複合	1018	2009	
4位	鄂東長江大橋	中国	複合	926	2010	
5位	多々羅大橋	日本	複合	890	1999	
6位	Normandie橋	フランス	複合	856	1995	
7位	九江長江公路大橋	中国	複合	818	2013	
8位	荊岳長江大橋	中国	複合	816	2010	
9位	仁川国際空港第二連絡橋	韓国	複合	800	2009	
10位	ザラトイ橋	所在地	複合	737	2012	

#### ◆国内斜張橋ランキング

順位	橋梁名	所在地	種類	主径間長 (m)	完成年	備考
1位	多々羅大橋	広島・愛媛	複合	890	1999	
2位	名港中央大橋	愛知	鋼	590	1998	
3位	鶴見つばさ橋	神奈川	鋼	510	1994	
4位	生口橋	広島	複合	490	1991	
5位	東神戸大橋	兵庫	鋼	485	1993	ダブルデッキ
6位	女神大橋	長崎	鋼	480	2005	
7位	横浜ベイブリッジ	神奈川	鋼	460	1989	ダブルデッキ
8位	檀石島橋	香川	鋼	420	1988	鉄道併用橋
9位	岩黒島橋	香川	鋼	420	1988	鉄道併用橋
10位	名港東大橋	愛知	鋼	410	1998	

新港灘浜航路橋の支間長 650m は国内第 2 位となり特別な規模ではない

新港灘浜航路橋は支間長 650m、主塔本数 4 本の連続斜張橋

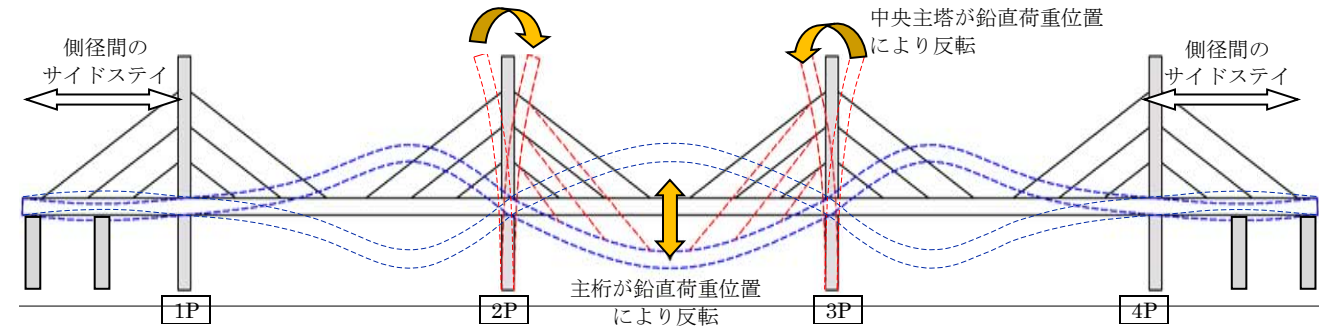
#### ◆連続斜張橋ランキング

順位	橋梁名	所在地	種類	主径間長 (m)	主塔本数 (本)	主塔形状 (材質)	完成年	備考 (剛性向上策)
1位	Queensferry Crossing	イギリス	鋼・コン	650	3	独立1本柱(RC)	2017	ケーブルクロス
2位	Erqi Yangtze River	中国	鋼	616	3	ダイヤモンド型(RC)	2011	主塔形状
3位	Rion-Antirion Bridge	ギリシャ	鋼・コン	560	4	ピラミッド型(RC)	2004	主塔形状
4位	Ting Kau Bridge	中国	鋼・コン	475	3	独立1本柱(RC)	1998	塔頂ケーブル連結
5位	Jiashao Bridge(嘉紹大橋)	中国	鋼	428	6	独立1本柱(RC)	2013	サポートケーブル
6位	Chishi Bridge(赤石大橋)	中国	PC	380	4	H型(RC)	2016	
7位	Yiling Yangtze River Bridge	中国	PC	348	3	逆Y型(RC)	2001	
8位	Millau Viaduct	フランス	鋼	342	7	独立1本柱(RC)	2004	
9位	Mersey Gateway Bridge	イギリス	PC	318	3	独立1本柱(RC)	2017	
10位	Mezcala Viaduct	メキシコ	鋼	312	3	H型(RC)	2016	

新港・灘浜航路橋を連続斜張橋とした場合、Queensferry Crossing (イギリス) の 4 径間連続斜張橋を 1 径間 (1 主塔) 上回る連続斜張橋となる。

### 2.1.2 連続斜張橋の構造的特徴

連続斜張橋の構造特性として、端橋脚及び中間橋脚による拘束効果が小さい中央主塔の変形が大きく、鉛直荷重の対する、主桁、主塔などの鋼製部材の変形が反転し、その程度が大きくなることを確認した。



連続斜張橋における鉛直荷重載荷時の変形模式図

### 2.1.3 橋梁全体系の変形特性の改善策の検討

橋梁全体系の変形特性の改善策として、以下の2つの対策について検討し、効果を確認した。

ケーブルシステム3案の効果の検討



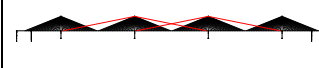
橋軸 A 型主塔における基部塔柱幅をパラメータとした解析的検討

#### (1) ケーブルシステムによる改善効果の検証

以下の3案を立案・比較したが、求める性能が十分に得られない結果であった。

- 改善効果が期待できるケーブルシステム3案を検証した
- 効果が期待できる対策はタワーサポートケーブルであるが、景観性、維持管理性、船舶航行上のリスクに課題がある

ケーブルシステムによる橋の剛性の改善効果

対策案	タワーサポートケーブル案	ケーブルクロス案	塔頂主桁ケーブル連結案
構造概要			
鉛直変位 *1	0.46 ○剛性改善大	0.71 △剛性改善小	0.40 ○剛性改善大
経済性 *2	1.07 ○コスト小	1.24 △コスト大	1.23 △コスト大
評価	効果的だが、景観、維持管理性、船舶航行リスクに課題 △	鉛直変位の改善効果が小さい ×	構造性に課題（ケーブル振動） ×

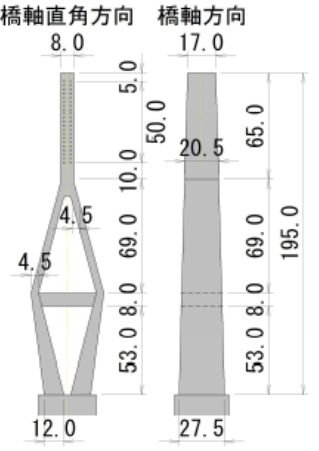
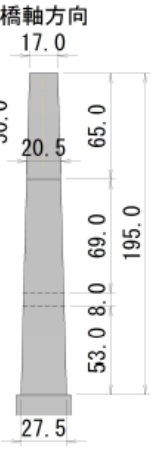
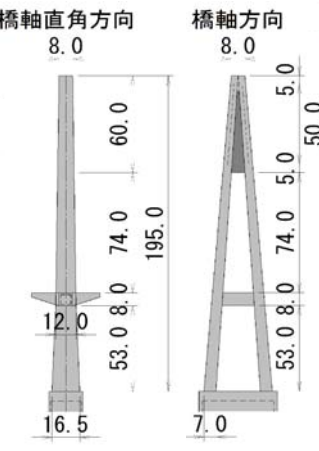
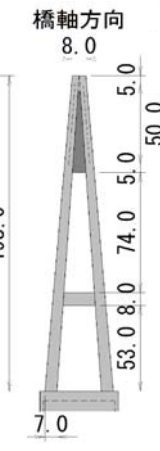
\*1: 活荷重による主径間中央部の主桁の鉛直変位。無対策時を 1.00 とした比率

\*2: 無対策時を 1.00 としたケーブル工の初期コスト

#### (2) 主塔剛性による改善効果の検証

##### ① 断面増大による対策と主塔形状による対策の比較検討

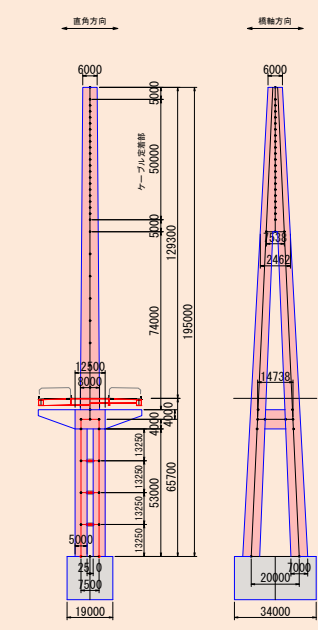
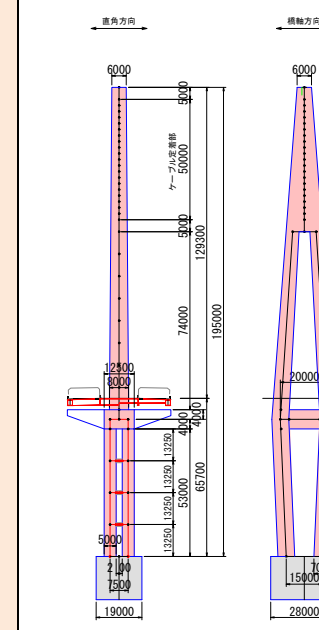
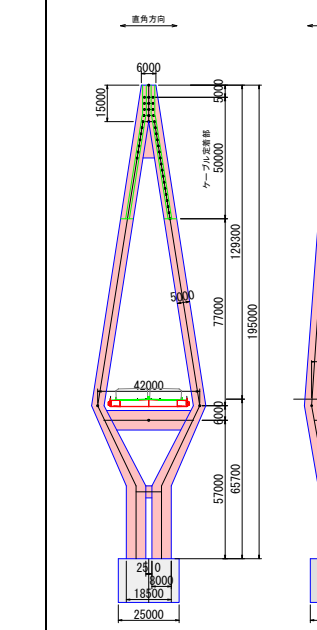
主塔剛性を向上させる案として、塔柱部材の断面を増大し曲げ剛性を向上させる案と、主塔形状を A 形などに変更することによって幾何学的に主塔剛性を向上させる案が考えられるが、両案を比較した結果、主塔形状を変更することによる剛性向上が現実的かつ効果的であったため、これを対象に検討を行った。

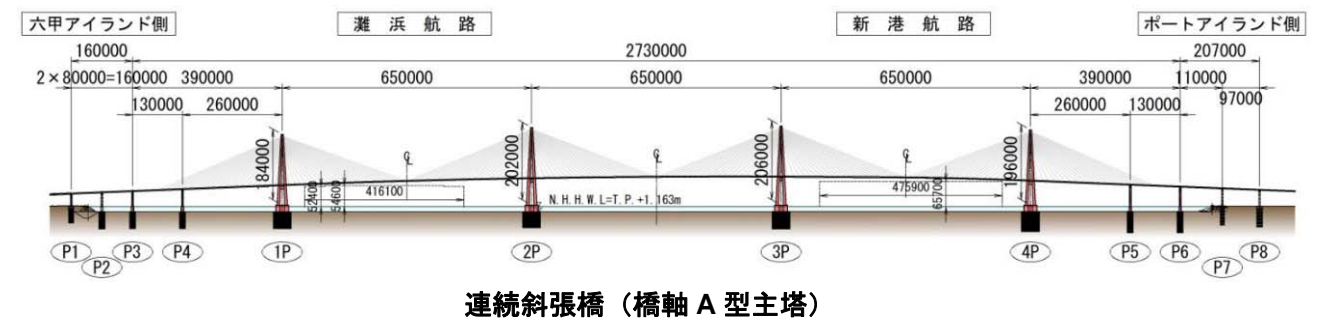
	断面増大による対策		主塔形状による対策	
	橋軸直角方向	橋軸方向	橋軸直角方向	橋軸方向
主塔形状				
コスト比率	1.42		1.00	

断面増大と主塔形状による剛性改善の比較

##### ② 主塔形状の違いによる剛性向上策の検討

主塔形状の比較による幾何学的な剛性改善効果の比較を行う。コスト比較を行った結果、最も費用対効果が高い橋軸 A 型主塔を基本とした。

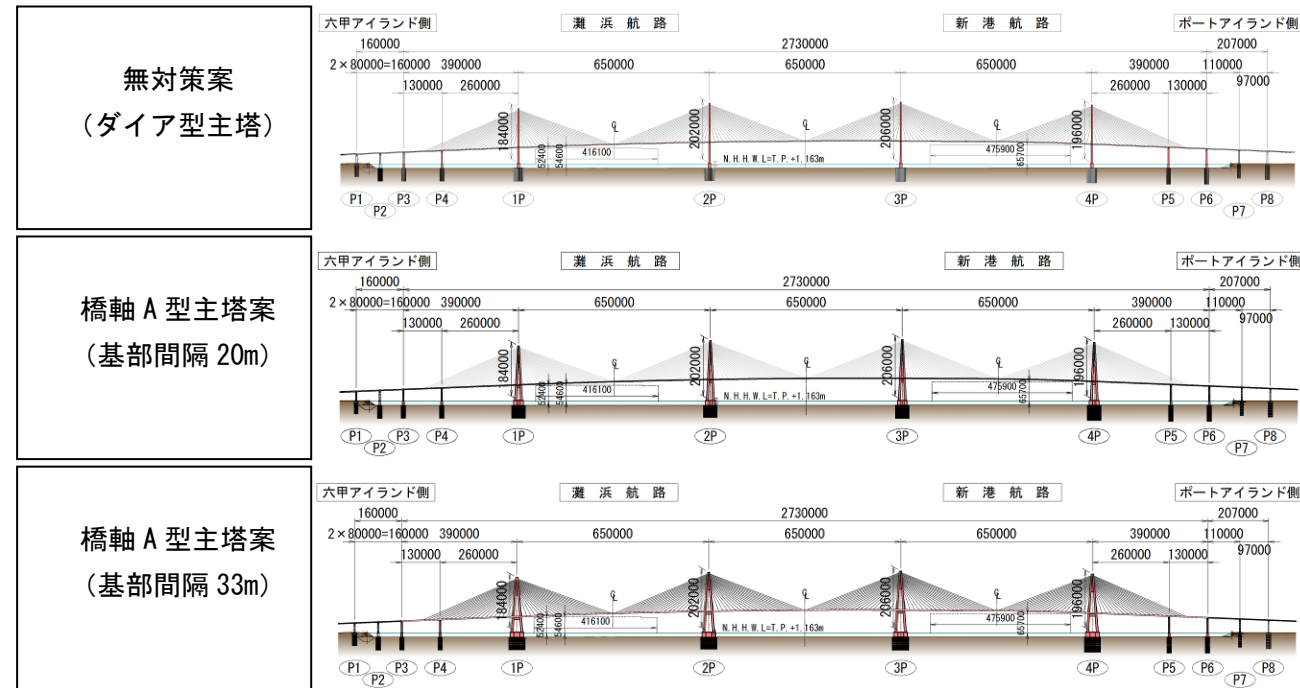
	橋軸 A 型	橋軸ダイア型	ピラミッド型
構造概要	橋軸方向に股を広げることで主塔剛性を向上させた案。	桁上を橋軸 A 型とすることで主塔剛性を確保しつつ、桁下を絞ることで基礎のコスト削減を図った案。	橋軸・直角共に桁上を A 型とすることで橋軸方向の主塔剛性を確保しつつ、上下線一桁を採用することで主桁のコスト削減を図った案。
主塔形状			
コスト比率	1.00	1.01	1.12





### 2.1.4 主塔剛性向上策の効果の検証

連続斜張橋の構造的特徴を緩和させる効果を主塔剛性の違いにより検証を行う。比較検討案は、無対策案（ダイヤ型主塔）と橋軸 A 型主塔案とし、橋軸 A 型主塔は基部間隔をパラメータ（基部間隔 20m、33m）として主塔剛性を变化させた 2 つの案に対して検証を行う。各案の試設計においては影響線に基づく鉛直荷重の載荷を行っており、最も厳しい載荷状態に対して各部材の設計を行っている。

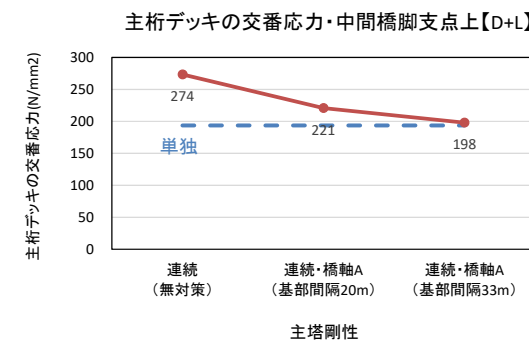
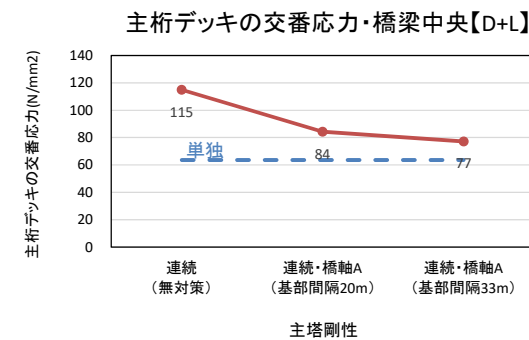


＜連続斜張橋の構造的な優位性を見極める上での着目点（鉛直荷重を対象）＞

- ・主桁及び主塔の交番応力、主ケーブルの張力変動の程度
- ・主桁の鉛直変位及び主塔の水平変位の程度
- ・主桁のねじれによる変形及び主塔のねじれによる影響の程度

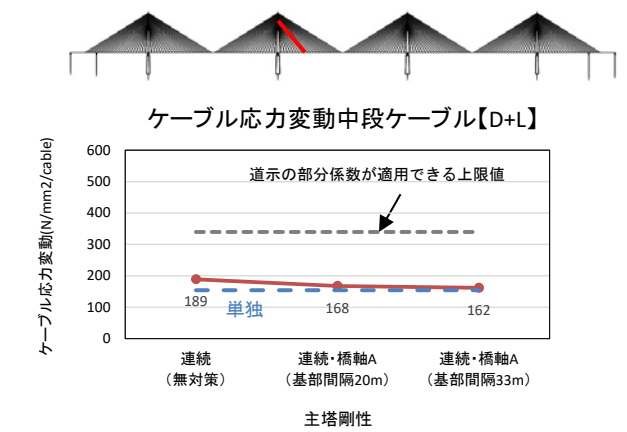
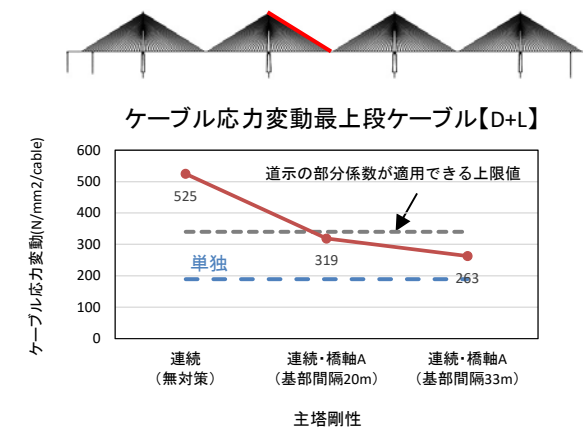
#### 1) 交番応力

- ・主桁デッキの交番応力・橋梁中央【D+L】：橋軸 A 型とすることで、応力は 27%低減する。さらに剛性を上げることでさらに 6%低減するが、その効果は鈍化する。
- ・主桁デッキの交番応力・中間橋脚支点上【D+L】：橋軸 A 型とすることで、応力は 19%低減する。さらに剛性を上げることでさらに 10%低減するが、その効果は鈍化する。



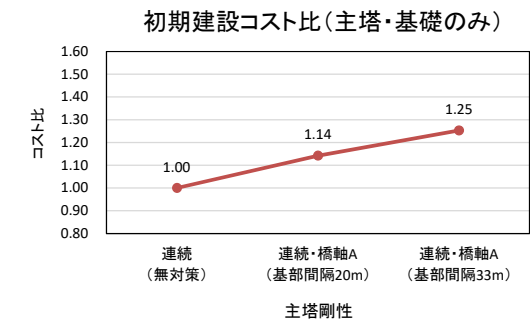
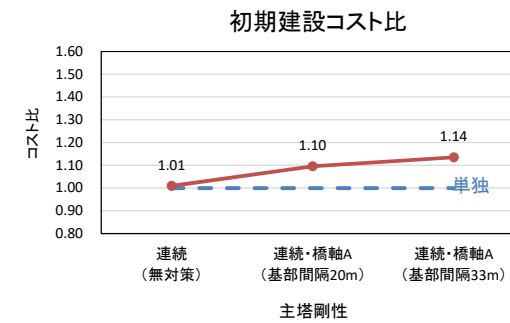
#### 2) ケーブルの張力変動

- ・ケーブル応力変動最上段ケーブル【D+L】  
無対策に比べ、橋軸 A 型とすることで、張力変動は 39%低減する。さらに剛性を上げることでさらに 11%低減するが、その効果は鈍化している。
- ・ケーブル応力変動中段ケーブル【D+L】  
無対策に比べ、橋軸 A 型とすることで、張力変動は 11%低減する。さらに剛性を上げることでさらに 3%低減するが、その効果は鈍化している。



#### 3) 初期建設コスト比較

橋軸 A 型とすることで建設費は増加し、さらに剛性を上げることで比例してコストが増加する。



### 2.1.5 検討結果のまとめ

連続斜張橋の変形特性に関する検討結果をまとめると、以下の通りである。

- ・橋軸 A 型主塔（基部間隔 20m）とすることで、従来の長大橋と比較して、遜色ない構造特性に改善することが可能であり、これまでの知見の延長で技術的な課題が図れる見通しがたつことを確認した。
- ・基部間隔が広いほど改善効果は高いが、基部間隔を広げる事による高架は鈍化する一方で、経済性は比例することから、基部間隔は 20m が最適である。

### 3. 新港・灘浜航路部の橋梁形式について

#### 3.1 計画コンセプト（案）に適合する橋梁形式案の抽出

##### 3.1.1 比較対象とする橋梁形式の抽出

計画コンセプト（案）に適合する橋梁形式として、単独斜張橋、連続斜張橋、連続吊橋の3形式を軸に、航路条件等から考えられる支間割りのバリエーションも踏まえて5案立案した。

支間長は650mとなるが、近年の技術動向を踏まえると多径間連続長大橋構造も十分に可能性があり、計画コンセプトへの適合性も高い多径間連続の斜張橋形式（連続斜張橋）及び吊橋形式（連続吊橋）も比較案に含めた。トラス橋やアーチ橋といった他の形式については、支間長600mクラスでは一般的な適用範囲を超えること、耐震性や維持管理の観点から設計コンセプトへの適合性が低いと考えられるため、比較対象に選定していない。

橋梁形式比較案（5案）及び計画コンセプトに関する各案の特徴

計画案	概略構造	計画コンセプトに係る各案の特徴			
		① 災害時においても、人流・物流ネットワーク機能を確保できる道路	② 「みなと神戸」にふさわしい世界に誇れる景観を創出する道路	③ 将来にわたって健全な状態を維持し、時代の変化に対応できる道路	
単独斜張橋	(a) 単独斜張橋案(基本案) 2つの航路幅より決定される最小支間を設定した2連の斜張橋		【風】桁のねじり振動数は大きい(発散振動が生じにくい)	【都市景観】中間橋脚の存在によりゲート性や周辺景観との一体性に劣る。 【路線の連続性】中間橋脚の存在により一本の橋としての連続性が劣る。 【将来の発展性】海上区間の中央部に橋脚があり、将来の港湾計画の自由度は劣る 【社会・自然環境との調和】土地改変への影響は小さい	【通行規制】更新時に通行規制が必要となる伸縮装置が多い 【変形・振動】活荷重たわみは小さい 【腐食・塩害・点検・更新】弱点となる桁端部、伸縮装置、海上橋脚などが多い
	(b) 不等径間案 塔位置を(a)案と同じとし不等径間で割り付ける案 塔を挟んで左右対称のケーブル配置とし、中央の810mの径間から順にケーブルを割り付けると、塔高に強弱(親子塔)を生じる		【風】桁のねじり振動数は大きい(発散振動が生じにくい)	【都市景観】塔高の変化と海上橋脚が多く、周辺景観との一体性に劣る。 【路線の連続性】塔高の変化により一本の橋としての連続性が劣る。 【将来の発展性】既存の航路空間を確保しつつ、中央支間部にも空間ができるため、将来の港湾計画変更の自由度は大きい。 【社会・自然環境との調和】土地改変への影響は小さい	【通行規制】更新時に通行規制が必要となる伸縮装置が少ない 【変形・振動】活荷重たわみが大きい 【腐食・塩害・点検・更新】弱点となる桁端部、伸縮装置、海上橋脚などが多い
多径間連続斜張橋	(c) 等径間案 各主径間を均等割にする案 (a)案に比べて構造が若干大型化する(最大支間長600m→650m)		【風】桁のねじり振動数は大きい(発散振動が生じにくい)	【都市景観】ゲート性、ランドマーク性、周辺景観との一体性に優れる。 【路線の連続性】等支間で連続するため、1本の線としての連続性が生まれる。 【将来の発展性】既存の航路空間を確保しつつ、中央支間部にも空間ができるため、将来の港湾計画変更の自由度は大きい。 【社会・自然環境との調和】土地改変への影響は小さい	【通行規制】更新時に通行規制が必要となる伸縮装置が少ない 【変形・振動】活荷重たわみが大きい 【腐食・塩害・点検・更新】弱点となる桁端部、伸縮装置、海上橋脚などが少ない
	(d) 5径間案 (c)案と同じ塔位置として、多径間吊橋で計画する案 アンカレイジは、高価な海中アンカレイジを避けて陸上部に配置		【風】桁のねじり振動数が小さい(発散振動が生じやすい) 【地盤変位】軟弱地盤上に設置するアンカレイジの沈下リスクがある	【都市景観】ゲート性、ランドマーク性、周辺景観との一体性に優れる。 【路線の連続性】等支間で連続するため、1本の線としての連続性が生まれる。 【将来の発展性】既存の航路空間を確保しつつ、中央支間部にも空間ができるため、将来の港湾計画変更の自由度は大きい。 【社会・自然環境との調和】陸上部のアンカレイジ配置に伴う土地改変による影響が大きい	【通行規制】更新時に通行規制が必要となる伸縮装置が少ない 【変形・振動】活荷重たわみが大きい 【腐食・塩害・点検・更新】弱点となる桁端部、伸縮装置、海上橋脚などが少ない
多径間連続吊橋	(e) 4径間案 吊橋の最適支間を探るための検討案 構造が大型化することで、活荷重に対する鋭敏性(活荷重たわみ・中央塔曲げの低減)の緩和が期待される				

※1 (e)案の径間割りとした4径間連続斜張橋は、明らかに経済性に劣ると考えられるため検討案に含めていない

※2 (b)案に相当する不等径間の連続吊橋は、吊橋の特性から最大支間(810m)で決定された主ケーブル断面が全長に渡って必要で、かつアンカレイジも大型化することから、同じ径間数の(d)案より経済的に不利と考え検討案に含めていない



### 3.1.2 試設計の実施

過去の検討結果等を踏まえて部材形式を以下の通り仮設定したうえで、概略試設計を行い構造特性と経済性の評価を行った。なお、連続斜張橋、連続吊橋について活荷重たわみが大きくなるが、これについては今後の検討課題とするものとし、構造的な対策等によるたわみの抑制策が必要となった場合の費用についてはここでは考慮していない。

部材	部材形式の設定
桁	斜張橋・吊橋：鋼床版一桁（過年度検討結果に基づき設定）
ケーブル	斜張橋：2面吊りファン形式（長大斜張橋の一般的な形式） 吊橋：サグ比 1/8(5径間), 1/10(4径間)（過年度検討結果に基づき設定）
主塔	斜張橋：逆Y形，吊橋：門形（過年度の検討結果に基づき設定）
基礎	塔基礎：鋼管矢板基礎形式，アンカレイジ：地中連続壁基礎（過年度の検討結果に基づき設定）

### 維持管理費の主な算出条件

工種	項目	周期	対象数量
共通	点検	定期点検	5年 橋数(橋)
		主塔塔内エレベータ	1年 基数(基)
	塗替塗装	主桁	30年 塗装面積(m <sup>2</sup> )
		主塔・橋脚	30年 全表面積の10%(m <sup>2</sup> )
	付属物更新	部分補修(断面修復等)	30年 全表面積(m <sup>2</sup> )
		主塔	30年 全表面積(m <sup>2</sup> )
		橋脚	30年 全表面積(m <sup>2</sup> )
	設備更新	伸縮装置	30年 基数(基)
		緩衝工・防衝工(主塔基礎、橋脚基礎)	30年 基数(基)
		桁外面作業車	30年 作業車数(基)
接続高架塗替塗装	エレベータ	30年 基数(基)	
	上部工	30年 塗装面積(m <sup>2</sup> )	
	ケーブル	30年 塗装面積(m <sup>2</sup> )	
吊橋	アンカレイジ	30年 全表面積の10%(m <sup>2</sup> )	
	部分補修(断面修復等)	30年 全表面積(m <sup>2</sup> )	
	表面被覆	30年 全表面積(m <sup>2</sup> )	
斜張橋	ケーブル・アンカレイジ	15年 基数(基)	
	制振装置更新	30年 橋数(橋)	

### 試設計結果（新港・灘浜航路部）

	側面図・構造概要	経済性 (コスト)	今後の検討課題
<b>(a) 単独斜張橋</b>		<p>経済性(コスト)</p> <p>高架橋 5% 塔基礎 11% 塔 9% ケーブル 5% 桁 28% 維持管理設備等 2% 維持管理費 31%</p> <p>橋脚 7%</p> <p>初期コスト (1.00) LCC (1.00)</p>	<p>初期コスト 1.0</p> <p>LCC 1.0</p>
<b>(b) 多径間連続斜張橋 不等径間案</b>		<p>経済性(コスト)</p> <p>高架橋 14% 塔基礎 12% 塔 10% ケーブル 8% 桁 23% 維持管理設備等 2% 維持管理費 29%</p> <p>橋脚 1%</p> <p>初期コスト (1.05) LCC (1.02)</p>	<p>初期コスト 1.1</p> <p>LCC 1.0</p> <p>・活荷重偏載時の活荷重たわみは大きい ・活荷重偏載時の側塔最上段ケーブルの張力抜けが大きく、カウンターウエイト設置等による対策について検討が必要。また、張力変動が非常に大きく疲労に対する検討が必要</p>
<b>(c) 多径間連続斜張橋 等径間案</b>		<p>経済性(コスト)</p> <p>高架橋 3% 塔基礎 13% 塔 11% ケーブル 9% 桁 30% 維持管理設備等 1% 維持管理費 28%</p> <p>橋脚 5%</p> <p>初期コスト (1.04) LCC (0.99)</p>	<p>初期コスト 1.0</p> <p>LCC 1.0</p> <p>・活荷重偏載時の活荷重たわみは大きい (δ 3.50m, δ/L= 1/190)</p>
<b>(d) 多径間連続吊橋 5径間案</b>		<p>経済性(コスト)</p> <p>高架橋 8% アンカレイジ 2% 塔基礎 10% 塔 13% ケーブル 8% 桁 12% 維持管理設備等 22% 維持管理費 2%</p> <p>橋脚 1%</p> <p>初期コスト (1.23) LCC (1.10)</p>	<p>初期コスト 1.2</p> <p>LCC 1.1</p> <p>・活荷重偏載時の活荷重たわみは大きい (δ 5.32m, δ/L= 1/120) ・斜張橋に比べると主桁のねじり振動数は小さい ・軟弱地盤上に設置するアンカレイジの沈下リスクがある</p>
<b>(e) 多径間連続吊橋 4径間案</b>		<p>経済性(コスト)</p> <p>高架橋 5% アンカレイジ 1% 塔基礎 14% 塔 10% ケーブル 6% 桁 21% 維持管理設備等 23% 維持管理費 1%</p> <p>橋脚 1%</p> <p>初期コスト (1.36) LCC (1.17)</p>	<p>初期コスト 1.4</p> <p>LCC 1.2</p> <p>・活荷重偏載時の活荷重たわみは大きい ・斜張橋に比べると主桁のねじり振動数は小さい ・軟弱地盤上に設置するアンカレイジの沈下リスクがある</p>

### 3.1.3 各橋梁形式の総合評価

#### 橋梁形式比較案の選定(絞込み)

計画コンセプト(案)に適合する5案について、経済性及び性能を比較し、他案に対して優位性が小さいと判断される3形式を比較対象外とした

<b>(d),(e)連続吊橋(5径間, 4径間)について</b>	連続吊橋は斜張橋案より経済性に劣り、アンカレイジの沈下リスク等の課題がある 本橋梁の架橋位置は比較的緩い埋立て地盤であり、アンカレイジの構築のコストが大きくなり、連続吊橋の2案は、斜張橋の3案に対して経済性に劣る。 架橋地点の堆積層は1km以上と厚く、アンカレイジの沈下リスク等の課題がある。
<b>(b)連続斜張橋(不等径間案)について</b>	連続斜張橋(等径間)と同等のコストであるが、等径間より特に優れる性能がない 側塔の上段ケーブルの張力変動が非常に大きく課題がある 海上高架橋が長く海上橋脚の基数が多いため、景観性、社会環境(海上交通)への影響、維持管理の面で比較的劣る

**(c) 連続斜張橋(等径間案)を最も優位と評価する**  
**(a) 単独斜張橋は、今後の課題解決が困難な場合も想定し、次点候補とする**

#### 今後の検討課題

選定された2形式についてより詳細な検討を行い、最終案を決定する

連続斜張橋は、単独斜張橋と比較して景観や維持管理の観点で優れるが、活荷重たわみが大きいことが課題である。  
連続斜張橋のより詳細な構造特性を把握するため、海外の技術動向も踏まえ設計レベルをあげるとともに、国内の既存技術で対応可能な単独斜張橋との優劣を見極める。  
【活荷重たわみ】長大橋の構造特性を考慮し、たわみやすい構造に起因する構造安全性や使用性に対して検討する。また、構造的な対策等によるたわみの抑制策も検討し、連続斜張橋の適用の可否を判断する



### 3.1.4 橋梁形式の比較案の選定

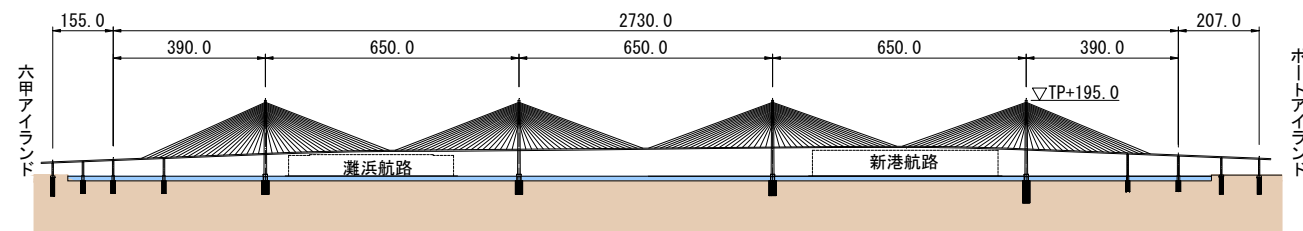
#### (1) 橋梁形式比較案

計画コンセプト（案）に適合する5案について、経済性及び性能（計画コンセプト（案）に対する適合度合い）を比較した。他案に対して優位性が小さいと判断される「連続吊橋（5径間、4径間）」及び「連続斜張橋（不等径間）」を比較対象外とし、残る2案を橋梁形式2次比較案に選定した。

比較対象外とする橋梁形式とその理由	
(d)連続吊橋(5径間)	連続吊橋は、斜張橋案より経済性に劣り、アンカレイジの沈下リスク等の課題がある 本橋梁の架橋位置は比較的緩い埋立て地盤であり、アンカレイジの構築のコストが大きくなり、連続吊橋の2案は、斜張橋の3案に対して経済性に劣る。 架橋地点の堆積層は1km以上と厚く、アンカレイジの沈下リスク等の課題がある
(e)連続吊橋(4径間)	
(b)連続斜張橋(不等径間案)	連続斜張橋(等径間)と同等のコストであるが、等径間より特に優れる性能がない 側塔の上段ケーブルの移動活荷重による張力変動が非常に大きく課題がある 海上高架橋が長く海上橋脚の基数が多いため、景観性、社会環境(海上交通)への影響、維持管理の面で相対的に劣る

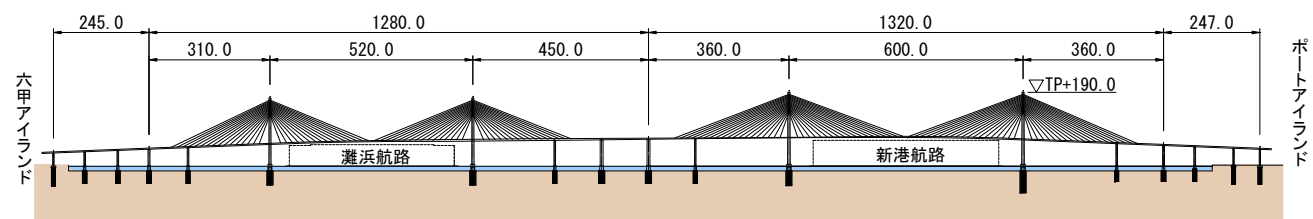
#### 橋梁形式比較案(1)：連続斜張橋案(等径間)

- 各主径間を均等割りにした連続斜張橋案
- 塔は大型化するが、均等化により桁の重量がバランスし、中央部の海上橋脚が不要となる
- 支間長650mは国内外の実績より普通規模だが、同支間長の4主塔は連続斜張橋として実績最大規模



#### 橋梁形式比較案(2)：単独斜張橋案

- 2つの航路幅により決定される最小支間を設定した2連の斜張橋案
- 支間長は最小となるが中間部に橋脚が必要

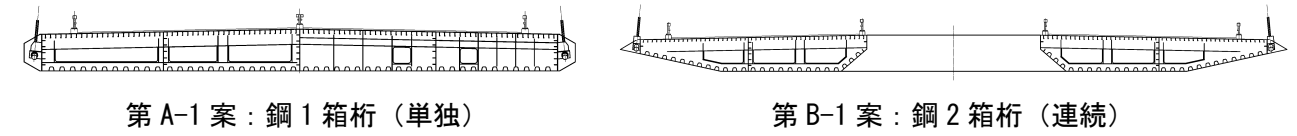


### 3.2 長大橋の橋梁形式の比較(2次比較)

#### 3.2.1 橋梁形式比較における基本条件

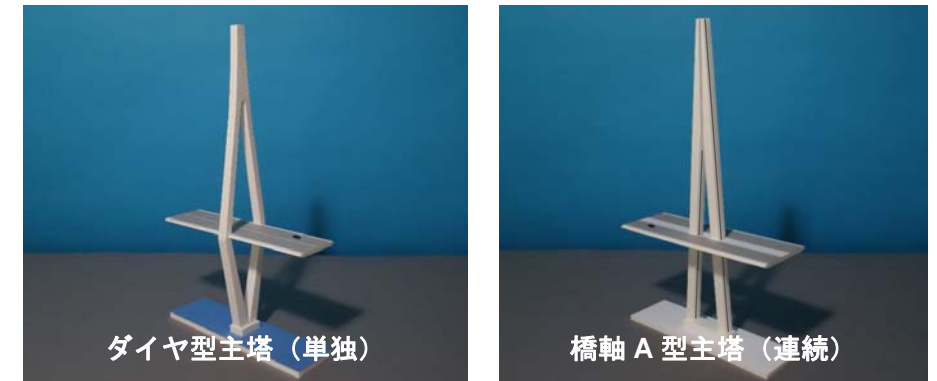
##### (1) 主桁形式

経済性および計画コンセプトへの適合性の観点から以下のとおりとする。



##### (2) 主塔形式

連続斜張橋の主塔は変形特性の改善を図るために橋軸 A 型(鋼)とする。単独斜張橋は経済性および計画コンセプトへの適合性の観点からダイヤ型(鋼)とする。

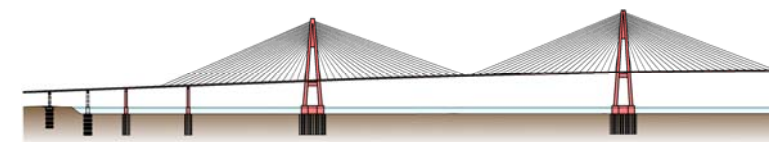


##### (3) 基礎形式

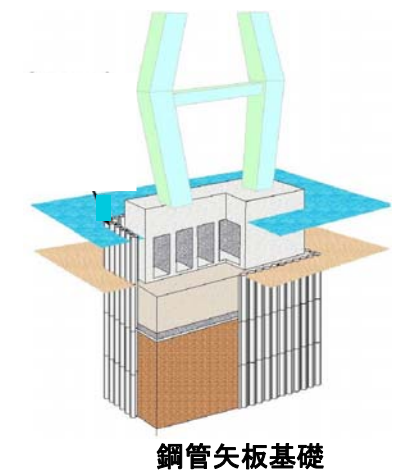
経済性および計画コンセプトへの適合性の観点から鋼管矢板基礎とする。

##### (4) ケーブル形式

鉛直荷重に対して力学特性に優れ、主桁への軸力作用の小さいファン形式とする。



ケーブル形式：ファン形式



鋼管矢板基礎

##### (5) 支承形式

支承は、一般的な「超高減衰ゴム支承」を仮設定し、その諸元は以下のように設定し検討を実施する。

- レベル2地震時の主桁の応答変位(絶対変位1.5m程度)を抑えることを目標とする。
- 所要のばね剛性を確保したうえで、レベル2地震時の支承部ひずみを250%程度以下に抑えることのできる平面寸法と支承の個数、および高さを設定する。

3.2.2 試設計結果

基本条件を踏まえた試設計結果の比較 (新港・灘浜航路部)

		単独斜張橋 【第1案】ダイヤ型(鋼製)	連続斜張橋 【第2案】橋軸A型(鋼製)
外観・外形			
構造特性	主桁	決定要因	側径間非吊区間は、常時(D+L) 中間橋脚支点上は、常時(D+L)及びL2地震【橋軸】(D+EQ)、その他の区間は、L2地震【直角】(D+EQ)により決定される。
	ケーブル	本数	灘浜航路側:16段×8面=128本 新港航路側:19段×8面=152本 全体 280
		決定要因	ケーブル断面は、常時(D+L)が支配的である。
	主塔	決定要因	主塔上部(桁上)は、L2地震【橋軸】(D+EQ)、主塔下部(桁下)は、L2地震【直角】(D+EQ)により決定される。
基礎	決定要因	基礎寸法は、永続作用時変位制限照査(D+L), L1地震時支持力照査により決定される。	
経済性(LCC)			



計画コンセプト(案)への適合性 (新港・灘浜航路部)

計画 コンセプト	計画コンセプトへの適合性指標 及び 評価に係る項目	単独斜張橋				連続斜張橋			
		評価	評価点	合計	配点	評価	評価点	合計	配点
災害時においても、人流・物流ネットワーク機能を確保できる道路	①-1【大地震】 設計想定と異なる地震動に対して構造全体として致命的な状態になりにくい形式	○	1	7 14	10 20	◎	2	12 14	17.1 20
	①-2【地盤変位】 設計想定と異なる地盤変位に対してより影響の小さい形式	△	0			◎	2		
	①-3【津波】 津波に対してより影響の小さい形式	○	1			◎	2		
	①-4【強風】 設計想定と異なる強風に対して発散振動が生じにくい形式	◎	2			○	1		
	①-5【火災】 火災に対してより影響の小さい形式	○	1			○	1		
	①-6【落雷】 落雷に対してより影響の小さい形式	—	—			—	—		
	①-7【緊急時の点検性】 緊急時に点検のしやすい形式	○	1			◎	2		
	①-8【緊急時の修復性】 緊急時に必要な交通機能を確保、または迅速に復旧できる形式	○	1			◎	2		
「みなと神戸」にふさわしい世界に誇れる景観を創出する道路	②-1【都市景観】 海と山に囲まれ港の発展とともに栄えたまち「みなと神戸」にふさわしい景観を創出し、まちの魅力づくりに貢献できる形式	○	1	5 10	10 20	◎	2	10 10	20 20
	②-2【路線の連続性】 異なる気質を持った地域を本路線が結ぶことによるため、一本の線と感ずる連続性を有した形式	○	1			◎	2		
	②-3【先進技術】 進取の気性に富む神戸の性格を踏まえ、世界に誇れる先進的な技術を用いた形式	○	1			◎	2		
	②-4【将来の発展性】 現在だけでなく、100年先の土地利用状況の可能性を考慮した形式	○	1			◎	2		
	②-5【社会・自然環境との調和】 社会環境や自然環境と調和する形式	○	1			◎	2		
将来にわたって健全で快適な状態を維持し、時代の変化に対応できる道路	③-1【疲労】 都市高速の特性から疲労耐久性の観点となり得る部位が少ない形式	○	1	9 16	11.3 20	○	1	13 16	16.3 20
	③-2【腐食・塩害】 湾岸地域の特性から腐食や塩害を生じる可能性が高い部位が少ない形式	○	1			◎	2		
	③-3【通行規制】 維持管理において通行規制が必要となる部位が少ない形式	○	1			◎	2		
	③-4【使用性—変形・振動】 設計で想定しない変形や振動を生じる可能性がより小さい形式	◎	2			○	1		
	③-5【確実な点検】 点検が困難となる部位が少なく、また、より点検のしやすい形式	○	1			◎	2		
	③-6【更新—伸縮等】 更新することを想定する部材の更新が、確実にできるだけ容易に行いやすい形式	○	1			◎	2		
	③-7【更新—床版等】 劣化が懸念される部材について、将来の不測の事態に備えて更新が行いやすい形式	—	—			—	—		
	③-8【更新—主部材等】 全ての部材について、万が一の場合の各部材の補強や更新（機能回復）の実現性がより高い形式	○	1			○	1		
	③-9【施工品質】 適切な製作・施工品質により、設計で想定する耐久性が得られる形式	—	—			—	—		
	③-10【周辺環境の変化】 将来の港湾計画変更等の将来の周辺環境の変化に対応しやすい橋梁形式	○	1			◎	2		
性能評価	性能評価点（基礎点100点+適合性確認指標による評価）		131.3			153.4			
経済性	初期建設費（イニシャルコスト）	(比率)	1.000			1.10			
	維持管理費（ランニングコスト）	(比率)	1.000			0.95			
	LCC	(比率)	1.000			1.04			
	コスト評価点		100			104			
総合評価	総合評価点（P/C）		1.31			1.48			
	総合評価点による順位		第2位			第1位			

各橋梁形式の総合評価（新港灘浜航路部）

計画案	計画コンセプトに係る各案の特徴		
	① 災害時においても、人流・物流ネットワーク機能を確保できる道路	② 「みなと神戸」にふさわしい世界に誇れる景観を創出する道路	③ 将来にわたって健全な状態を維持し、時代の変化に対応できる道路
<p><b>【第1案】連続斜張橋</b> 鋼桁 鋼製主塔(橋軸A型を基本) 鋼管矢板基礎</p> <p>初期コスト <b>1.10</b> LCC <b>1.04</b></p>	<p>【大地震】地震時に損傷リスクの高い桁端部が相対的に少ない。</p> <p>【地盤変位】とう曲の不確定性に対するリスクは残るが、橋としての冗長性を有している。</p> <p>【津波】海上橋脚が少ない分、漂流船舶衝突のリスクは相対的に低い。</p> <p>【緊急時の点検性・修復性】地震時に損傷リスクの高い桁端部が少なく、陸上部に近い海上部に桁端部を有することから、緊急点検時にアクセスしやすく修復しやすい。</p> <p>【強風】ねじれ固有振動数は単独斜張橋より小さいが、主桁が2箱桁であるため、フラッターに対する耐風安全性を確保できる。</p>	<p>【都市景観】ゲート性、ランドマーク性、周辺景観との一体性がある。</p> <p>【路線の連続性】等支間で連続するため、1本の線としての連続性が生まれる。</p> <p>【先進性】国内外含めて最大規模の橋梁形式であり、高い橋梁技術を認識できる。</p> <p>【将来の発展性】将来の視点場からシンボル性を有する。</p> <p>【社会・自然環境との調和】海上橋脚が少なく、土地改変への影響は小さい。</p>	<p>【腐食・塩害】弱点となる桁端部、伸縮装置、海上橋脚などが少ない。</p> <p>【通行規制】伸縮装置が少ないことから、交通規制が最小限にできる。</p> <p>【確実な点検】連続化により海上橋脚が少ないため、伸縮装置や支承等の点検部材が少ないため、点検しやすい。</p> <p>【更新-伸縮等】更新が必要な伸縮装置、支承が少ない。</p> <p>【周辺環境の変化】既存の航路空間を確保しつつ、中央支間部にも空間ができるため、将来の港湾計画変更の自由度は大きい。</p>
<p><b>【第2案】単独斜張橋</b> 鋼桁 鋼製主塔(ダイヤ型を基本) 鋼管矢板基礎</p> <p>初期コスト <b>1.00</b> LCC <b>1.00</b></p>	<p>【地盤変位】とう曲の不確定性に対するリスクがある。</p> <p>【強風】ねじれ固有振動数が連続斜張橋より大きく、フラッター発現風速に対する余裕がある。</p>		<p>【使用性-変形・振動】単独斜張橋は、連続斜張橋に比べて、活荷重たわみが小さく、固有振動数が大きいと、想定しない変形や振動が生じにくい。</p>

長所 短所

総評

阪神淡路大震災では一時孤島となった人工島を結ぶ橋梁であり、これまでの大震災での教訓を生かし2度と同じことを繰り返さないよう「災害時においても、物流・人流ネットワーク機能を確保できる道路」を目指している。

連続斜張橋案は、設計想定内ではネットワーク機能を確保することはもちろんのこと、想定と異なる状況に対しても損傷リスクのある桁端部が少なく、かつ陸上部に近いため、復旧しやすい橋梁形式である。また、国際航路に位置する本橋はデザイン都市神戸の玄関口でもあり、「みなと神戸」にふさわしい世界に誇れる景観を創出する道路」とともに「みなと神戸」の2つの島を結ぶシンボルゲートを目指している。連続斜張橋における橋軸型主塔は他橋に例のない新規性があり、重要視点場から見た側面表情があるため、国際航路に対するゲート性やランドマーク性に優れる。また、橋の連続性により2つの島を1本の橋として結ぶとともに「みなと神戸」のシンボルとなる。さらには、維持管理面からは、「将来にわたって健全な状態を維持し、時代の変化に対応できる道路」を目指している。連続斜張橋案は海上橋梁、長大橋という特性から見た弱点となる部材が少ないため、将来にわたって健全な状態を維持しやすく、また、海上橋脚が少ないことから、みなと神戸の時代の変化に対する自由度が高い。LCCは単独斜張橋の方が安価となるが、その差は4%程度に留まる。以上のことから、**連続斜張橋が最も計画コンセプトに適合する結果となった。**

今後の検討課題

- ◆ 撓曲による橋の安全性検討  
撓曲による橋への影響について、詳細な検討と対策を行う。
- ◆ 設計に用いる作用と要求性能  
設計に用いる地震作用(地震動及び断層)やその他の作用について、橋梁の要求性能と合わせて検討を行う。
- ◆ 耐震性に関する検討  
撓曲上に主塔が配置されるため、撓曲変形による影響を慎重に検討するとともに、耐震設計の最適化を図っていく。
- ◆ 耐風性に関する検討  
主桁および主塔の最適な耐風対策の検討を行う。
- ◆ 景観性に関する検討  
神戸西航路部との連続性等に配慮しつつ、景観性に優れる形状の検討を行う。
- ◆ 各部材の最適構造の検討  
計画コンセプトへの適合性や上記課題の検討結果、さらには連続斜張橋の構造的特徴を踏まえ、各部材の最適化を図っていく。



### 3.2.4 橋梁形式選定に係る補足資料

#### (1) 維持管理性に関する整理

**概要**

- ・長大橋の維持管理に関する損傷事例を整理した。
- ・橋梁形式ごとの維持管理性について、連続斜張橋は単独斜張橋と比較して、桁端や海上橋脚が少なく、また、航路や係留施設に囲まれた狭隘部に中間橋脚が無いいため維持管理しやすい。

#### 1) 既設長大橋, 海上橋の損傷事例

これまでの既設長大橋, 海上橋の損傷事例を参照し、LCC を算定するにあたって必要となる、損傷が想定される部材について整理を行う。

##### ① 海上橋脚

海上橋脚の損傷事例(鋼製)



水上橋脚の足場設置事例



- ・海上部の塩分の影響等により海上橋脚の損傷事例が多い。
- ・補修にあたっては、海上施工による足場架設が必要となる。

##### ② 伸縮装置

斜張橋の伸縮装置の損傷事例(大和川橋梁のフィンガー)



- ・大和川橋梁(斜張橋)などの大型伸縮装置において損傷が発生し、取替えを行っている。
- ・大型伸縮装置であるため、補修は大規模となり、通行規制も必要となる。
- ・損傷の程度によっては通行車両への損害を与える可能性がある。

##### ③ 支承

ゴム支承の劣化(ゴムの割れ)



東日本大震災時の損傷(破断)



※国立研究開発法人 土木研究所 ホームページより



- ・一般橋梁ではゴム支承の劣化が確認されており、更新の必要性が生じている。
- ・過去の長大橋ではゴム支承が採用された事例は少ないが、近年では耐震性の観点からゴム支承が採用されている。
- ・形状が大きな支承であるため、更新が大規模となる。

##### ④ 桁端部

桁端部の損傷(東神戸大橋)



桁端部の損傷(大和川橋梁)



- ・伸縮装置の損傷により漏水し、桁端部の腐食損傷が著しい。
- ・桁端部を減らすことで重大な損傷リスクを低減。

2) 維持管理計画

前項を踏まえ、維持管理費試算の際に考慮する点検項目および更新・修繕計画について以下に示す。

①橋梁点検箇所とアプローチ方法

維持管理コストの算出時に想定している各橋梁形式の点検箇所、及びアプローチ方法を以下に示す。

点検箇所	橋梁点検計画(アプローチ方法)	
	点検種別	定期点検
	点検頻度	1回/5年
1. 主桁	桁内	路上→桁内徒歩
	外面	路上→桁下作業車
2. 主塔	路上から上部	外面: ロープアクセス 内面: 主塔EV・梯子
	路上から下部	外面: 路上→橋梁点検車、ロープアクセス 内面: 主塔EV・梯子
3. ケーブル	定着部(主塔側)	路上→主塔EV・梯子
	本体	路上→高所作業車
	定着部(主桁側)	路上→桁内徒歩
4. 支承	橋脚部	路上→下部工天端
	主塔部	路上→主塔横梁上
5. 橋脚	海上部	路上→下部工天端→ロープアクセス

部は交通規制を伴う点検

②更新・修繕計画

想定される更新・修繕の項目とサイクルを以下に示す。

更新計画		
	細目	サイクル(年)
主桁	桁下作業車	30
ケーブル	制振装置	30
主塔	エレベータ	30
	制振装置	30
主塔基礎	緩衝工	30
橋脚基礎	防衝工	30
伸縮装置	大伸縮対応形式	30
支承	主塔部	30
	橋脚部	30

修繕計画		
項目	細目	サイクル(年)
鋼部材	塗装塗替え	30
	桁端部重防食	30
	鋼床版補修	30
コンクリート部材	部分補修	30

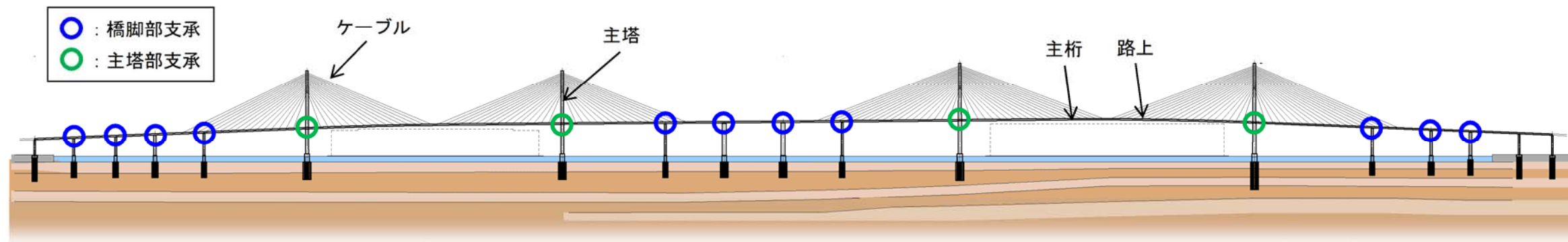


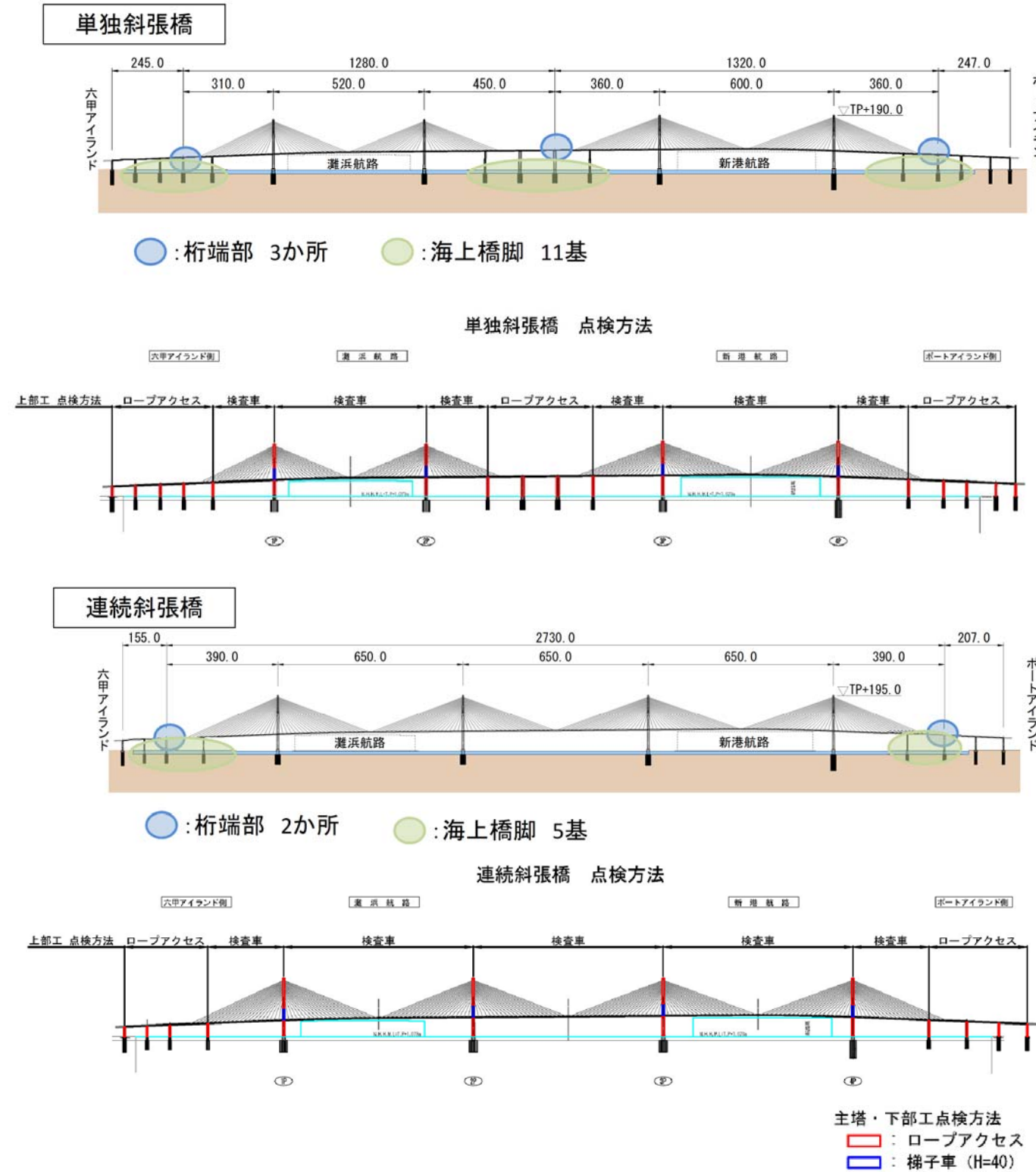
図 各比較案の定期点検箇所



### 3) 橋梁形式ごとの維持管理性比較

前述の既設長大橋、海上橋梁の損傷事例から、維持管理上桁端や海上構造物の少ない連続斜張橋の方が単独斜張橋に比べ優位性があるといえる。2形式の主だった特徴について以下に示す。

#### ① 橋梁形式による維持管理性の違い



#### ② 単独斜張橋の維持管理性

単独斜張橋については、中間橋脚が航路や係留施設に囲まれた狭隘部に配置されており、以下に示す項目から、連続斜張橋に比べて維持管理性に劣る。

- ・海上部の中間橋脚を補修する場合、足場の設置が必要となり、台船に大型クレーンを搭載し、施工する必要がある。
- ・60mを超える海上橋脚であるため、一般的な陸上部における足場架設に比べ、高価となる。
- ・中間橋脚近傍には係留施設があり、大型FC船などの係留が想定されることから、アクセスが困難である。
- ・中間橋脚は2つの航路に挟まれた箇所に位置することから、工事用船舶のアクセスが困難である。
- ・航路航行船舶や係留船舶に対する安全性の確保のため、海防審議や海事関係者との調整に多大な時間を要する。



係留されている大型作業船



台船を用いたクレーン作業

- ・損傷リスクの高い桁端，維持管理物の増える要素となる海上橋脚の数が連続斜張橋の方が少ないため、維持管理性に優れる。

(2) 主塔形式比較に関する整理

**概要** ・鋼製、鉄筋コンクリート製、鋼・コンクリート複合構造の3案を比較した。剛性確保の点で鉄筋コンクリート製が優位と考えられたが、詳細な地質調査に基づく基礎も含めた全体系の検討の結果、平成29年に改訂された道路橋方書に基づく、本地盤では主塔重量が基礎の規模に及ぼす影響が大きく、全体系の経済性の観点から鋼製とした。なお、コンクリート強度は60N/mm<sup>2</sup>を想定した。

1) 主塔形式の比較

計画コンセプト	評価項目	1. 橋軸A (RC)				2. 橋軸A (鋼)				3. 橋軸A (複合)				評価の概要 及び備考欄								
		評価	評価点	合計	配点	評価	評価点	合計	配点	評価	評価点	合計	配点									
① 災害時においても、人流・物流ネットワーク機能を確保できる道路	①-1【大地震】 設計想定と大きく異なる地震動に対して、構造全体として致命的な状態になりにくい形式	○	1	7	10.0	○	1	8	11.4	○	1	7	10.0	<ul style="list-style-type: none"> <li>基本スケルトンは同等であり、材料による優劣は無いものと評価した。</li> <li>RCは重量が大きいことから地盤沈下のリスクがある。</li> <li>各案で主塔形状（断面寸法）は異なるが、津波に対するリスクに影響を及ぼす大きな差異ではないと判断し、同等であると評価した。</li> <li>主桁のねじれ1次の固有振動数に有意な差異はないため、主桁のねじれフラッターに対する余裕は同等であると評価した。</li> <li>RC構造は、鋼構造に比べて耐火性が高いため、優位に評価した。</li> <li>基本スケルトンは同様であり、緊急時の点検性は同等であると評価した。</li> </ul>								
	①-2【地盤変位】 設計想定と異なる地盤変位に対してより影響の小さい形式	△	0			○	1			○	1											
	①-3【津波】 津波に対して影響の少ない形式	○	1			○	1			○	1											
	①-4【強風】 設計想定と異なる強風に対して発散振動が生じにくい形式	○	1			○	1			○	1											
	①-5【火災】 火災に対してより影響の少ない形式	◎	2			○	1			○	1											
	①-7【緊急時の点検性】 緊急時に点検のしやすい形式	○	1			○	1			○	1											
	①-8【緊急時の修復性】 緊急時に修復のしやすい形式	○	1			○	1			○	1											
	②-1【都市景観】 海と山に囲まれ港の発展とともに栄えたまち「みなと神戸」にふさわしい景観を創出し、まちの魅力づくりに貢献できる形式	-	-			13	10.8			-	-				13	10.8	-	-	13	10.8	<ul style="list-style-type: none"> <li>基本スケルトンは同等であり、景観に係る評価指標は同等であると評価した。</li> </ul>	
②-2【路線の連続性】 異なる気質を持った地域を本橋が結ぶことになるため、一本の線と感じる連続性を有した形式	-	-	-	-	-			-														
②-3【先進技術】 進取の気性に富む神戸の性格を踏まえ、世界に誇れる先進的な技術を用いた形式	-	-	-	-	-			-														
②-4【将来の発展性】 現在だけでなく、100年先の土地利用状況の可能性を考慮した形式	-	-	-	-	-			-														
②-5【社会・自然環境との調和】 社会環境や自然環境と調和する形式	-	-	/24	(20)	-			-	/24	(20)	-	-	/24	(20)								
③ 維持管理にわたって進化した状態で、健全な状態で道路変化に状態を	③-1【疲労】 都市高速の特性から疲労耐久性の弱点となり得る部位が少ない形式	○	1	7	10.0	○	1	8	11.4	○	1	6	8.6	<ul style="list-style-type: none"> <li>斜張橋の主塔に関して、活荷重に伴う疲労が問題となった事例がないことから、鋼構造とRC構造に優位な差異はないと判断し、同等であると評価した。</li> <li>湾岸線橋梁の損傷実績より、塩害への耐性は鋼材が劣るものと評価した。</li> <li>RCは剥落等の第三者被害による、通行規制が必要となるリスクがある。</li> <li>RCは他案に比べ主塔剛性が高く、他案に比べ活荷重鉛直たわみ量が小さく抑えられるため、優位に評価した。</li> <li>形状は同一であり、アクセス性においては各案で差異はない。</li> <li>部分補強や更新のしやすい鋼構造を優位に評価した。</li> </ul>								
	③-2【腐食・塩害】 湾岸地域の特性から腐食や塩害を生じる可能性が高い部位が少ない形式	○	1			△	0			○	1											
	③-3【通行規制】 維持管理において通行規制が必要となる部位が少ない形式	△	0			○	1			○	1											
	③-4【使用性-変形・振動】 設計で想定しない変形や振動を生じる可能性がより小さい形式	◎	2			○	1			○	1											
	③-5【確実な点検】 点検が困難となる部位が少なく、また、より点検のしやすい形式	○	1			○	1			○	1											
	③-8【更新-主部材等】 全ての部材について、万が一の場合の各部材の補強や更新(機能回復)の実現性がより高い形式	○	1			◎	2			○	1											
	③-9【施工品質】 適切な製作・施工品質により、設計で想定する耐久性が得られる形式	○	1			◎	2			△	0											
	④ 経済性 C(コスト評価点) 最大:130, 最小:100	イニシャルコスト [比率]	1.15				1.00				1.06				<p>LCC内訳 価格(割合)</p> <p>RC [1.11] 鋼 [1.00] 複合 [1.04]</p> <p>■ 主塔 ■ 塔基礎 ■ 維持管理費</p>							
	メンテナンスコスト* [比率]	1.00				1.01				1.01												
LCC [比率]	1.11				1.00				1.04													
コスト評価点	111				100				104													
P2(性能評価の加算)		Σ30.8				Σ33.7				Σ29.4												
(P1(基礎点)+P2(性能評価点))/C(コスト評価点)		131 / 111 → 1.18				134 / 100 → 1.34				129 / 104 → 1.24												
		(3位)				(1位)				(2位)												



(3) 基礎形式比較に関する整理

**概要** ・鋼管矢板基礎およびニューマチックケーソン基礎の2案を比較した結果、経済性および計画コンセプトへの適合性の観点から鋼管矢板基礎とした。

1) 基礎形式の比較

概要図		鋼管矢板基礎		ニューマチックケーソン基礎			
※配点：◎：満点加点、○：50%加点、△：加点無し							
評価項目		着目点		評価			
性能評価	確物災 保流害 でネ時 きるト お道ワ いても 道クも 機人 能的 を・	①-1 大地震	基礎の冗長性	既往の被災事例より、損傷事例はあるものの軽微であり冗長性が高いと評価	◎	既往の被災事例より、ケーソン基礎の損傷事例が比較的に見られることから冗長性を中位と評価	○
		①-2 地盤変位	地盤変位に対する影響度	根入れの深い基礎で周辺地盤の地盤抵抗を期待でき粘り強い基礎構造として地盤変位の影響を受け難い	○	根入れの深い基礎で周辺地盤の地盤抵抗を期待でき粘り強い基礎構造として地盤変位の影響を受け難い	○
		①-3 津波	耐津波性	水中に台座ブロックが位置するため、漂流物や船舶衝突に対する影響を比較的に受け難い	○	水中に台座ブロックが位置するため、漂流物や船舶衝突に対する影響を比較的に受け難い	○
		①-7 緊急時の点検性	緊急点検性	地中部の点検が困難	△	地中部の点検が困難	△
		①-8 緊急時の修復性	緊急修復性	地中部の補修が困難	△	地中部の補修が困難	△
	点数（20点満点）		8.0		6.0		
	を界に「 創にふみ 出誇さな すれわと るるし神 道景い」 路観世	②-3 先進性	先進技術の活用	従来形式の基礎構造	○	従来形式の基礎構造	○
		②-4 将来の発展性	基礎周辺の有効活用	海上・海中部の台座ブロック形状は同一のため、利用価値は同等	○	海上・海中部の台座ブロック形状は同一のため、利用価値は同等	○
		②-5 社会・自然環境との調和	交通機能への影響	陸上製作がないため、陸上交通機能への影響は小さい	◎	ケーソン工事の他、SCPジャケット状の海上工事が発生、地盤改良・コンタクトグラウトによる水質汚濁が生じる可能性あり	△
	点数（20点満点）		13.3		6.7		
る代な 道の状 路変態 化をわ に維持 対して で、健 き時全	③-2 腐食・塩害	耐腐食・耐塩害性	鋼部材のため、腐食への対応が必要	△	腐食・塩害の影響を比較的に受け難い基礎構造	○	
	③-5 確実な点検	日常点検の容易性	地中部の点検が困難	△	地中部の点検が困難	△	
	③-8 更新（主部材等）	部材更新の容易性	地中部の更新は困難	△	地中部の更新は困難	△	
	③-9 施工品質	品質確保の確実性	鋼管矢板、鋼管杭は工場製作のため、高品質である。導材とトランシットで鉛直精度を確保、支持層は根入れ深さで管理する。	○	栈橋（ジャケット式）を用いた高い精度での沈設が可能であり、支持層を直接確認すること可能	◎	
点数（20点満点）		2.5		7.5			
性能評価点（P）（100点+3×20点=160点満点）		124		120			
経済性評価	初期建設費比率		1.00	1.10			
	維持管理費比率		1.00	1.00			
	ライフサイクルコスト比率		1.00	1.10			
	コスト評価点（C）（LCC比率×100）		100	110			
総合評価	総合評価点（P/C）		1.24	1.09			

総評	鋼管矢板基礎	ニューマチックケーソン基礎
コンセプトへの適合性評価	①災害時におけるネットワークの確保に対する評価においては、鋼製基礎として冗長性が高いことから、他の形式より優れる評価となった。 ②「みなと神戸」にふさわしい基礎としての評価においては、国内で多く用いられている形式であり、また水質汚濁等の周辺環境への影響も小さいことから、他の形式より優れる評価となった。 ③将来の健全性確保の評価においては、鋼部材のため腐食への対応が必要のため、他の形式より劣る結果となった。	①災害時におけるネットワークの確保に対する評価においては、RC構造による靱性が鋼材より劣ることから、他の形式より劣る評価となった。 ②「みなと神戸」にふさわしい基礎としての評価においては、地盤改良時の水質汚濁の懸念から、他の形式より劣る評価となった。 ③将来の健全性確保の評価においては、施工精度が確保しやすいこと、支持層が直接確認できることから、他の形式より優れる評価となった。
現場条件を踏まえた施工性の観点	・鋼管矢板基礎は、作業船を利用した海上施工の実績もあり、本橋基礎としての適用性も高い。 ・課題は複雑な互層での打止め管理が挙げられる。 ・施工精度については、定規杭の先行打設やブロック毎の打設などの対策を実施することで精度を確保しており、鋼管矢板を継手管に沿わせて連続打設を行うため、比較的高い精度での杭の打設管理が可能。	・陸上ヤードで鋼殻を製作し、鋼殻の自沈防止のための地盤改良（SCP）と鋼殻設置と正確な掘削を行うために基礎周辺に仮栈橋が必要となる。 ・このように工種が多くなることで工期が最も長く、ケーソンの沈設時には大量の残土も発生する。
その他特記	・支持層の傾斜や中間層のレキ径の確認として、今後行われる追加地盤調査結果をもとに、三次元的に層の変化を把握し、適切な打設計画や杭長の設定を行う必要がある。	・当該地盤のように地盤構成が複雑な互層の場合には、本工法の地層の変化や支持層について目視で確認できるメリットがある。ただし、本橋は支持層が深いため他基礎形式より劣る結果となった。
総合評価	○	△

## 4. 神戸西航路部の橋梁形式について

### 4.1 計画コンセプト（案）に適合する橋梁形式案の抽出

#### 4.1.1 比較対象とする橋梁形式の抽出

計画コンセプト（案）に適合する橋梁形式として、斜張橋を選定し、1主塔案と2主塔案の2案立案した。

支間長は480mの1主塔斜張橋となると世界最大規模となるが、近年の技術動向を踏まえると十分に可能性があり、計画コンセプトへの適合性も高いため、1主塔斜張橋案も比較案に含めた。

トラス橋やアーチ橋といった他の形式については、支間長480mと規模が大きく、耐震性や維持管理の観点から設計コンセプトへの適合性が低いと考えられるため、比較対象に選定していない。

また、吊橋については、海中部にアンカレイジを設置することになり、土地改変による影響が大きいこと、維持管理の観点などから設計コンセプトへの適合性が低いと考えられるため、比較対象に選定していない。

なお、過去の委員会においては、経済性や維持管理性の観点から斜張橋案（2主塔）が基本案に選定されている。

橋梁形式比較案（2案）及び計画コンセプトに関する各案の特徴

計画案	概略構造	計画コンセプトに係る各案の特徴		
		① 災害時においても、人流・物流ネットワーク機能を確保できる道路	② 「みなと神戸」にふさわしい世界に誇れる景観を創出する道路	③ 将来にわたって健全な状態を維持し、時代の変化に対応できる道路
斜張橋 (2主塔) 航路幅より決定される最小支間とし、2主塔でケーブルを配した斜張橋案		—	<ul style="list-style-type: none"> <li>【都市景観】2本主塔のシルエットは海上部の非対称な橋梁配置と調和しない。</li> <li>【先進性】国内でも実績のある規模の斜張橋となる。</li> <li>【将来の発展性】将来の視点場からの景観においても2本主塔は非対称性が弱まる</li> <li>【社会・自然環境との調和】土地改変への影響が若干大きく、曲線緩和による景観への自由度が制限される。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>【使用性】活荷重たわみは小さい</li> <li>【確実な点検】一般的に点検が困難な海上主塔が1基多い。</li> </ul>
斜張橋 (1主塔) 航路幅より決定される最小支間とし、1主塔でケーブルを配した斜張橋案		—	<ul style="list-style-type: none"> <li>【都市景観】1本主塔のシルエットは海上部の非対称な橋梁配置に配慮されたデザインとなる。</li> <li>【先進性】世界最長の支間長を有する1主塔斜張橋として、先進性を有する。</li> <li>【将来の発展性】将来の視点場からの景観においても1本主塔は非対称性に配慮されたデザインとなる。</li> <li>【社会・自然環境との調和】土地改変への影響は小さく、曲線緩和による景観への自由度が増すとともに走行快適性も向上する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>【使用性】たわみやすい構造性から、大きな変形が生じやすい</li> <li>【確実な点検】一般的に点検が困難な海上主塔が1基少ない。</li> </ul>

長所

短所



#### 4.1.2 試設計の実施

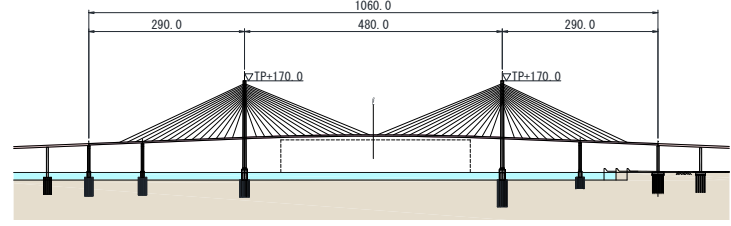
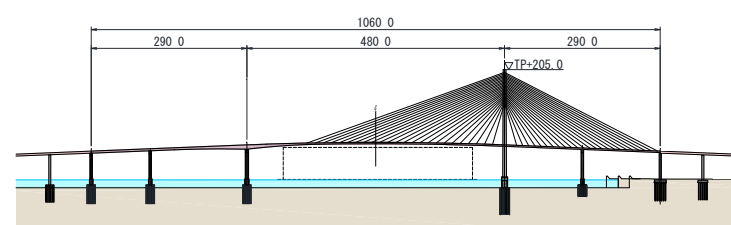
過去の検討結果等を踏まえて部材形式を以下の通り仮設定したうえで、概略試設計を行い構造特性と経済性の評価を行った。なお、1主塔斜張橋について活荷重たわみが大きくなるが、これについては今後の検討課題とするものとし、構造的な対策等によるたわみの抑制策が必要となった場合の費用についてはここでは考慮していない。

(1) 桁構造	鋼床版一箱桁（過年度検討結果に基づき設定）	
(2) ケーブル	長大斜張橋・吊橋の一般的な形式	
	形式	塔ファン形式（鉛直荷重に対する力学的特性に優れる。主桁への軸力作用が小さい）
	ケーブル材料	PWS, 引張強さ $\sigma_{tu} = 1570\text{N/mm}^2 (160\text{kgf/mm}^2)$
(3) 主塔構造	基本形状は過年度の検討結果に基づき設定	
	逆Y形	塔数量が最小となるため選定された。下絞り構造で、基礎の縮小も図れる
	塔高・柱間隔	最適化検討より設定
(4) 基礎構造	鋼管矢板基礎形式：従来構造より大型化・高強度化を図った矢板継手構造と、大口径鋼管杭（ $\phi 2.0\text{m}$ ）を採用し、基礎剛性の向上、施工数量の縮減を図ったもの。既往検討より構造的、施工性、および経済性に優れることを確認。海底面以深を鋼管矢板基礎で構築し、上部はRC構造とし、中空構造（海水充填）とする	

#### 維持管理費の主な算出条件

工種	項目	周期	対象数量	
共通	点検	定期点検	5年 橋数(橋)	
		主塔塔内エレベータ	1年 基数(基)	
	塗替塗装	主桁	30年 塗装面積( $\text{m}^2$ )	
	コンクリート補修	主塔・橋脚	部分補修(断面修復等)	30年 全表面積の10%( $\text{m}^2$ )
			表面被覆	30年 全表面積( $\text{m}^2$ )
	付属物更新	支承	30年 支承基数(基)	
		伸縮装置	30年 基数(基)	
		緩衝工・防衝工(主塔基礎、橋脚基礎)	30年 主塔・橋脚数(基)	
	設備更新	桁外面作業車	30年 作業車数(基)	
		エレベータ	30年 基数(基)	
接続高架塗替塗装	上部工	30年 塗装面積( $\text{m}^2$ )		
吊橋	塗替塗装	ケーブル	30年 塗装面積( $\text{m}^2$ )	
	コンクリート補修	アンカレイジ	部分補修(断面修復等)	30年 全表面積の10%( $\text{m}^2$ )
			表面被覆	30年 全表面積( $\text{m}^2$ )
設備更新	ケーブル・アンカレイジ	15年 基数(基)		
斜張橋	制振装置更新	ケーブル	30年 橋数(橋)	

#### 試設計結果（神戸西航路部）

	側面図・構造概要	経済性	今後の検討課題
単独斜張橋	(a) 2主塔案 	経済性 (コスト) 橋脚 6% 塔基礎 14% 塔 11% ケーブル 5% 桁 29% 維持管理設備等 2% 維持管理費 33% 初期コスト (1.00) LCC (1.00)	初期コスト 1.0 LCC 1.0
	(b) 1主塔案 	経済性 (コスト) 橋脚 10% 塔基礎 10% 塔 7% ケーブル 6% 桁 34% 維持管理設備等 2% 維持管理費 32% 初期コスト (0.96) LCC (0.94)	初期コスト 1.0 LCC 0.9

#### 4.1.3 各橋梁形式の総合評価

##### 橋梁形式比較案の選定(絞込み)

2主塔斜張橋と比較して同等以下のコストであり、景観性に優れる1主塔斜張橋が優位と考える。ただし、断層による橋梁への影響を検討する必要があるため、断層調査の結果が得られるまで、形式の決定を保留する。

1主塔斜張橋について	1主塔斜張橋は、景観性に優位と評価する(コストは2主塔と同等以下) 1主塔斜張橋の構造的な課題は小さく、十分実現可能と考えられる 2主塔斜張橋と比較して、景観の観点で優れる。コストやその他の性能についても、2主塔斜張橋と大差ないことを確認した 活荷重たわみが若干大きい点が課題として残される
------------	--

(b) 1主塔案を最も優位と評価する  
(a) 2主塔案は、今後の課題解決が困難な場合も想定し、次点候補とする

##### 今後の検討課題

1主塔斜張橋の課題について以下の検討を行い、橋梁形式および橋脚配置計画を確定する

1主塔斜張橋は、2主塔斜張橋と比較して、活荷重たわみが大きいことが課題となる。また、断層調査結果を受け断層による橋梁への影響を検討し、1主塔斜張橋の採用の可否を判断する

【活荷重たわみ】長大橋の構造特性を考慮し、たわみやすい構造に起因する構造安全性や使用性に対して検討する。また、構造的な対策等によるたわみの抑制策も検討し、1主塔案の適用の可否を判断する

【断層の評価】断層調査の結果を受けて断層による橋梁への影響を検討し、設計における考え方を整理する。その上で、主塔の配置を計画し、橋梁形式を確定する

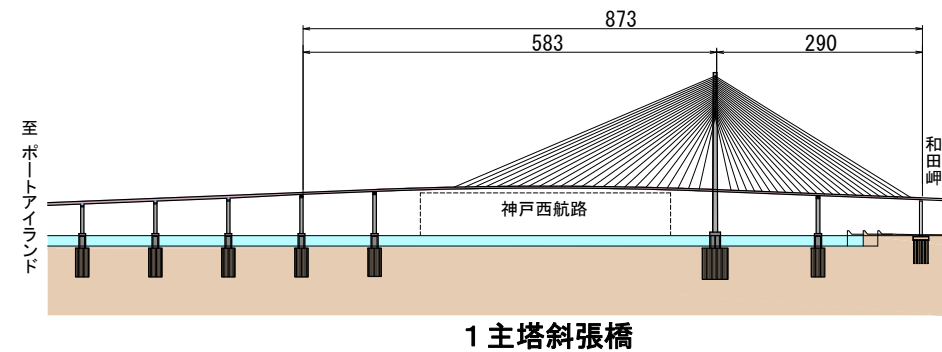
#### 4.1.4 橋梁形式比較案の選定

##### (1) 橋梁形式比較案

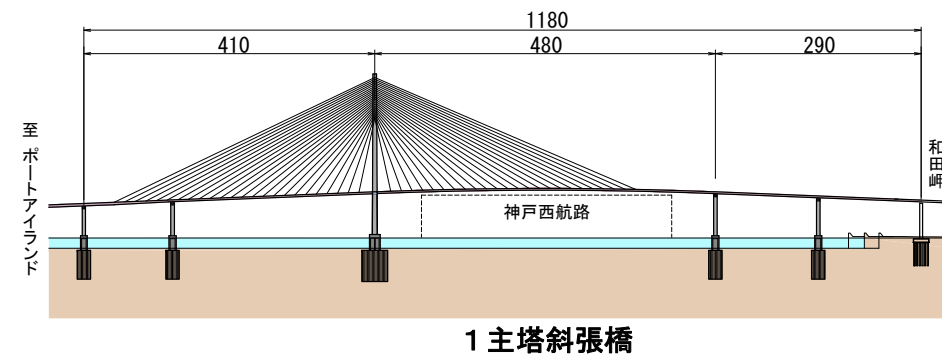
1本主塔斜張橋については、後述する断層（とう曲）の活動に対する橋梁形式選定の方針により、航路の東側（ポートアイランド側）に主塔が位置する1主塔斜張橋案を加え、橋梁形式比較案を3案とした。

##### ■神戸西航路部の橋梁形式比較案（2次比較案）

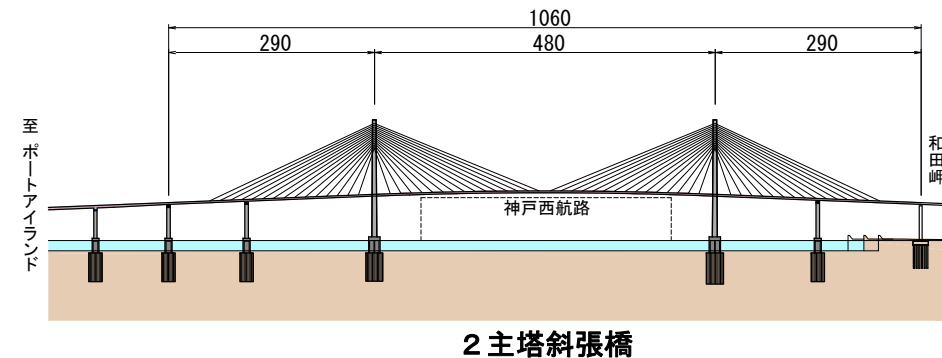
###### 橋梁形式比較案（1）：1主塔斜張橋（和田岬側）



###### 橋梁形式比較案（2）：1主塔斜張橋（ポートアイランド側）



###### 橋梁形式比較案（3）：2主塔斜張橋

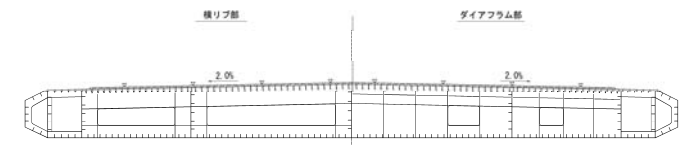


#### 4.2 長大橋の橋梁形式の比較（2次比較）

##### 4.2.1 橋梁形式比較における基本条件

###### (1) 主桁形式

経済性および計画コンセプトへの適合性の観点から鋼1箱桁とする。



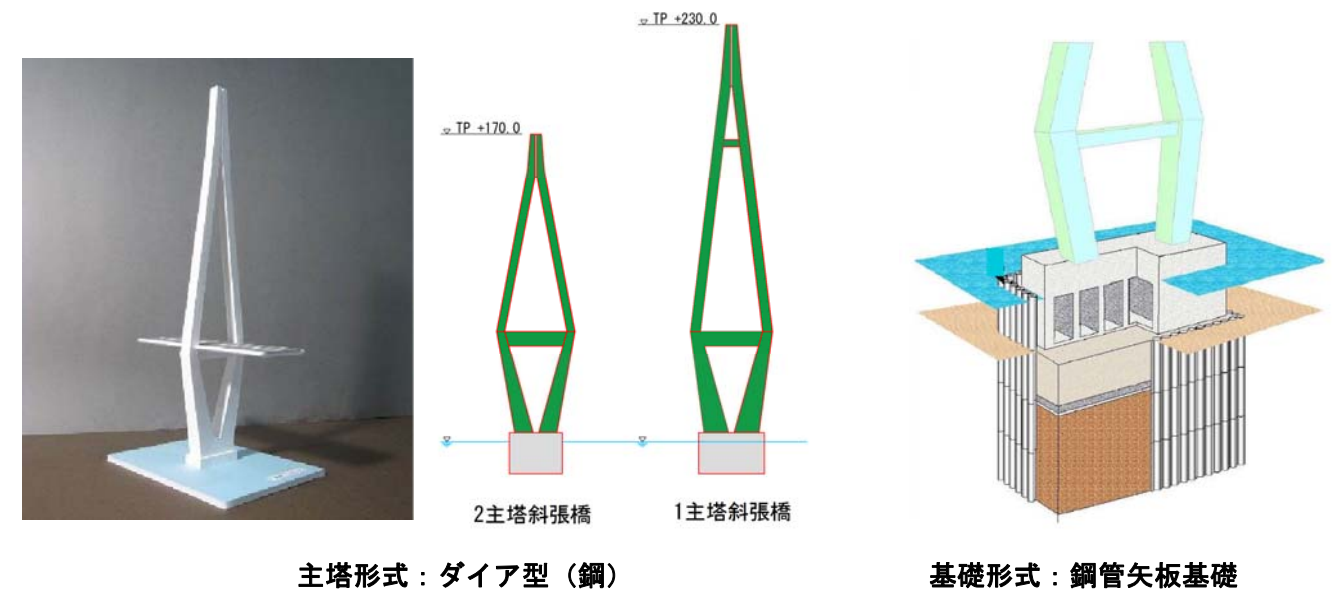
主桁形式：鋼1箱桁

###### (2) 主塔形式

経済性および計画コンセプトの適合性の観点からダイヤ型（鋼）とする。

###### (3) 基礎形式

経済性および計画コンセプトへの適合性の観点から鋼管矢板基礎とする。

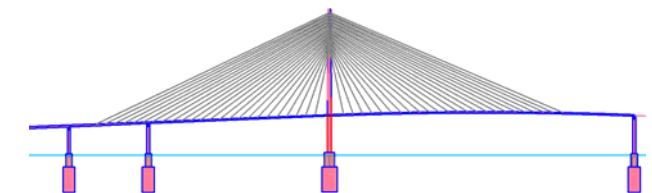


主塔形式：ダイヤ型（鋼）

基礎形式：鋼管矢板基礎

###### (4) ケーブル形式

鉛直荷重に対して力学特性に優れ、主桁への軸力作用の小さいファン形式とする。



ケーブル形式：ファン形式

###### (5) 支承形式

支承は、一般的な「超高減衰ゴム支承」を仮設定し、その諸元は以下のように設定し検討を実施する。

- ・レベル2地震時の主桁の応答変位（絶対変位 1.5m程度）を抑えることを目標とする。
- ・所要のばね剛性を確保したうえで、レベル2地震時の支承部ひずみを250%程度以下に抑えることのできる平面寸法と支承の個数、および高さを設定する。



(6) 平面線形

平面線形については都市計画時の線形を基本とし、1主塔斜張橋（和田岬側）は、斜張橋区間の短縮に伴い平面線形の改善を行うものとした。支間割は、各案で検討した最適支間割を示す。

橋梁形式比較	橋梁平面図
<p>2主塔斜張橋 (L=1060m)</p> <p>高架橋長：1266.8m 橋長：2326.8m</p> <p>平面線形：都市計画案 (R=500m)</p>	
<p>1主塔斜張橋（和田岬側） (L=873m)</p> <p>高架橋長：1423.6m 橋長：2296.6m</p> <p>平面線形：改善案 (R=4000m, 1000m)</p>	
<p>1主塔斜張橋（PI側） (L=1180m)</p> <p>高架橋長：1146.8m 橋長：2326.8m</p> <p>平面線形：都市計画案 (R=500m)</p>	

4.2.2 試設計結果

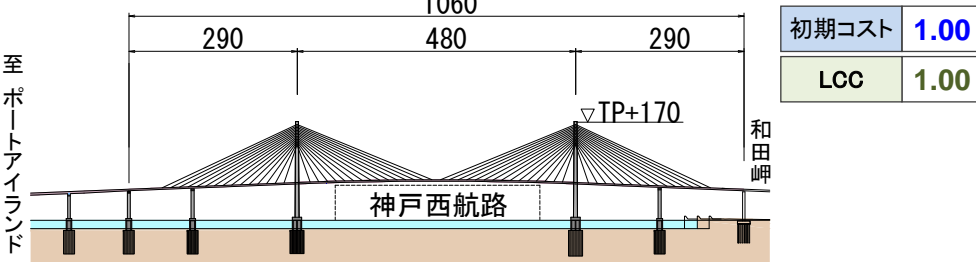
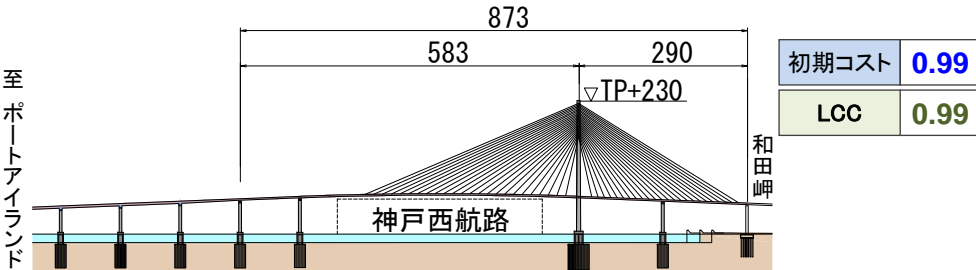
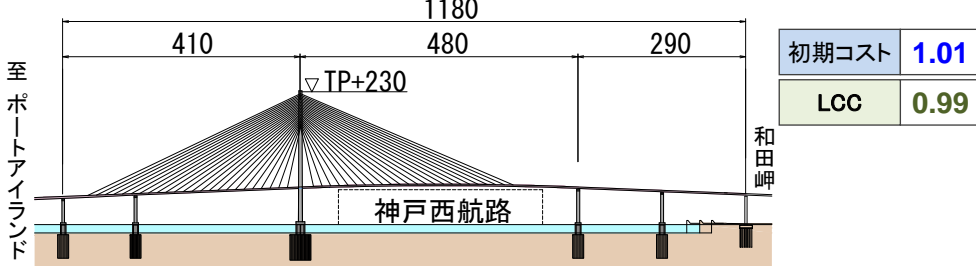
基本条件を踏まえた試設計結果の比較 (神戸西航路部)

			【第1案】2主塔斜張橋	【第2案】1主塔斜張橋 (和田岬側)	【第3案】1主塔斜張橋 (PI側)
外観・外形			<p>主塔外形</p> <p>主桁断面</p> <p>主塔基礎形状</p>	<p>主塔外形</p> <p>主桁断面</p> <p>主塔基礎形状</p>	<p>主塔外形</p> <p>主桁断面</p> <p>主塔基礎形状</p>
			<p>主塔基礎形状</p> <p>44</p> <p>23</p> <p>40(ポートアイランド)</p> <p>44(和田岬側)</p>	<p>主塔基礎形状</p> <p>47</p> <p>37</p> <p>44</p>	<p>主塔基礎形状</p> <p>47</p> <p>37</p> <p>40</p>
構造特性	主桁	決定要因	・主桁断面は、最小板厚により決定される。	・主桁断面は、吊区間の一般部では最小板厚で決定され、主塔付近では死活荷重時で断面決定される。非吊区間では死活荷重時で断面決定される。	・主桁断面は、吊区間の一般部では最小板厚で決定され、主塔付近では死活荷重時で断面決定される。非吊区間では死活荷重時で断面決定される。
	ケーブル	本数	・ケーブル段数：15段(2面吊) ・ケーブル配置は、構造合理性の高い対称配置とする。	・ケーブル段数：24段(2面吊) ・ケーブル配置は、不等支間の構造特性により非対称配置とする。	・ケーブル段数：24段(2面吊) ・ケーブル配置は、構造合理性の高い対称配置とする。
		決定要因	・ケーブル断面は、死活荷重時が支配的である。	・ケーブル断面は、死活荷重時が支配的である。	・ケーブル断面は、死活荷重時が支配的である。
	主塔	決定要因	・橋軸方向は、L2地震時により決定される。 ・直角方向は、L2地震時により決定される。	・橋軸方向は、L2地震時及び死活荷重時により決定される。 ・直角方向は、L2地震時及び風荷重時により決定される。	・橋軸方向は、L2地震時及び死活荷重時により決定される。 ・直角方向は、L2地震時及び風荷重時により決定される。
基礎	決定要因	・橋軸方向は、L1地震時により決定される。 ・直角方向は、L1地震時により決定される。	・橋軸方向は、L1地震時により決定される。 ・直角方向は、L1地震時及び風荷重時により決定される。	・橋軸方向は、L1地震時により決定される。 ・直角方向は、L1地震時及び風荷重時により決定される。	
経済性			<p>初期コスト (1.01)</p> <p>LCC (1.01)</p>	<p>初期コスト (1.00)</p> <p>LCC (1.00)</p>	<p>初期コスト (1.01)</p> <p>LCC (1.00)</p>



計画コンセプト(案)への適合性 (神戸西航路部)

計画 コンセプト	計画コンセプトへの適合性指標 及び 評価に係る項目	2主塔斜張橋				1主塔斜張橋(和田岬側)				1主塔斜張橋(PI側)			
		評価	評価点	合計	配点	評価	評価点	合計	配点	評価	評価点	合計	配点
災害時においても、人流・物流ネットワーク機能を確保できる道路	①-1【大地震】 設計想定と異なる地震動に対して構造全体として致命的な状態になりにくい形式	○	1	6	2.1	○	1	6	2.1	○	1	10	3.6
	①-2【地盤変位】 設計想定と異なる地盤変位に対してより影響の小さい形式	△	0			△	0			◎	2		
	①-3【津波】 津波に対してより影響の小さい形式	○	1			○	1			○	1		
	①-4【強風】 設計想定と異なる強風に対して発散振動が生じにくい形式	○	1			○	1			○	1		
	①-5【火災】 火災に対してより影響の小さい形式	○	1			○	1			○	1		
	①-6【落雷】 落雷に対してより影響の小さい形式	—	—			—	—			—	—		
	①-7【緊急時の点検性】 緊急時に点検のしやすい形式	○	1			○	1			◎	2		
	①-8【緊急時の修復性】 緊急時に必要な交通機能を確保、または迅速に復旧できる形式	○	1			○	1			◎	2		
「みなと神戸」にふさわしい世界に誇れる景観を創出する道路	②-1【都市景観】 海と山に囲まれ港の発展とともに栄えたまち「みなと神戸」にふさわしい景観を創出し、まちの魅力づくりに貢献できる形式	△	0	1	0.5	◎	2	8	4	○	1	8	4
	②-2【路線の連続性】 異なる気質を持った地域を本路線が結ぶことになるため、一本の線と感ずる連続性を有した形式	△	0			○	1			○	1		
	②-3【先進技術】 進取の気性に富む神戸の性格を踏まえ、世界に誇れる先進的な技術を用いた形式	○	1			◎	2			◎	2		
	②-4【将来の発展性】 現在だけでなく、100年先の土地利用状況の可能性を考慮した形式	△	0			◎	2			◎	2		
	②-5【社会・自然環境との調和】 社会環境や自然環境と調和する形式	△	0			○	1			◎	2		
将来にわたって健全で快適な状態を維持し、時代の変化に対応できる道路	③-1【疲労】 都市高速の特性から疲労耐久性の観点となり得る部位が少ない形式	○	1	8	2.5	○	1	8	2.5	○	1	10	3.1
	③-2【腐食・塩害】 湾岸地域の特性から腐食や塩害を生じる可能性が高い部位が少ない形式	○	1			○	1			◎	2		
	③-3【通行規制】 維持管理において通行規制が必要となる部位が少ない形式	○	1			○	1			○	1		
	③-4【使用性—変形・振動】 設計で想定しない変形や振動を生じる可能性がより小さい形式	◎	2			○	1			○	1		
	③-5【確実な点検】 点検が困難となる部位が少なく、また、より点検のしやすい形式	△	0			○	1			◎	2		
	③-6【更新—伸縮等】 更新することを想定する部材の更新が、確実かつできるだけ容易に行いやすい形式	○	1			○	1			○	1		
	③-7【更新—床版等】 劣化が懸念される部材について、将来の不測の事態に備えて更新が行いやすい形式	—	—			—	—			—	—		
	③-8【更新—主部材等】 全ての部材について、万が一の場合の各部材の補強や更新(機能回復)の実現性がより高い形式	○	1			○	1			○	1		
	③-9【施工品質】 適切な製作・施工品質により、設計で想定する耐久性が得られる形式	—	—			—	—			—	—		
	③-10【周辺環境の変化】 将来の港湾運営上の支障となりにくい形式	○	1			○	1			○	1		
性能評価	性能評価点(基礎点100点+適合性確認指標による評価)	105.1				108.6				110.7			
経済性	初期建設費(イニシャルコスト) (比率)	1.01				1.00				1.01			
	維持管理費(ランニングコスト) (比率)	1.04				1.01				1.00			
	LCC (比率)	1.01				1.00				1.00			
	コスト評価点	101.3				100.0				100.5			
総合評価	総合評価点(P/C)	1.04				1.09				1.10			
	総合評価点による順位	第3位				第2位				第1位			

計画案	概略構造	計画コンセプトに係る各案の特徴		
		① 災害時においても、人流・物流ネットワーク機能を確保できる道路	② 「みなと神戸」にふさわしい世界に誇れる景観を創出する道路	③ 将来にわたって健全な状態を維持し、時代の変化に対応できる道路
第1案 2主塔斜張橋		<p>【地盤変位】断層の不確定性に対するリスクがある</p>	<p>【都市景観】2本主塔のシルエットは海上部の開放感を阻害しやすい。</p> <p>【路線の連続性】2本の主塔が鉛直に存在するため、他案に比べて桁の連続性が低い。</p> <p>【先進性】国内でも実績のある規模の斜張橋であり、先進性は低い。</p> <p>【社会・自然環境との調和】構造規模の大きい主塔が2基あるため、土地改変への影響が若干大きい</p>	<p>【使用性－変形・振動】2主塔斜張橋は、1主塔斜張橋に比べて、活荷重たわみが小さく固有振動数が大きいと想定しない変形や振動を生じにくい。</p> <p>【確実な点検】一般的に点検が困難な海上主塔が1主塔斜張橋と比べて1基多い。</p>
第2案 1主塔斜張橋 (和田岬側)	 <p>【走行性】海上高架橋部の線形改善が可能</p>	<p>【地盤変位】断層の不確定性に対するリスクがある</p>	<p>【都市景観】1本主塔のシルエットは海上部の開けた海と空の開放感を演出する。また、主塔が海上部西端に位置し、和田岬を明示するシンボル性が高い。</p> <p>【先進性】世界最長の支間長と世界最大の主塔高を有する1主塔斜張橋として、先進性を有する。</p> <p>【将来の発展性】将来の視点場からの眺望において、よりデザイン性が高い</p>	
第3案 1主塔斜張橋 (PI側)		<p>【地盤変位】断層の不確定性に対するリスクが小さい</p> <p>【緊急時の点検性・修復性】アクセス困難な主塔や海上橋脚の基数が少ない</p>	<p>【先進性】世界最長の支間長と世界最大の主塔高を有する1主塔斜張橋として、先進性を有する。</p> <p>【将来の発展性】将来の視点場からの眺望において、よりデザイン性が高い</p> <p>【社会・自然環境との調和】構造規模の大きな主塔が1基であり、また、橋脚基数が他案に比べて少ないため、土地改変への影響は最も小さい。</p>	<p>【腐食・塩害】海面付近の塩害が課題となる橋脚の基数が少ないため、他案に比べて腐食・塩害に対するリスクが低い。</p> <p>【確実な点検】一般的に点検が困難な海上主塔が2主塔斜張橋と比べて1基少ない。さらに海上橋脚が1主塔斜張橋（和田岬側）と比べて2基少ない。</p>

総評

阪神淡路大震災では高速道路の倒壊により東西軸が寸断されたが、これまでの大震災での教訓を生かし2度と同じことを繰り返さないよう「災害時においても、物流・人流ネットワーク機能を確保できる道路」を目指している。1主塔斜張橋（PI側）は、設計想定内ではネットワーク機能を確保することはもちろんのこと、断層の不確定性に対するリスクが他案と比較して小さい橋梁形式である。

また、本橋は神戸観光の中心地である神戸ベイエリアの一区水域外周部に位置し、「みなと神戸」にふさわしい世界に誇れる景観を創出する道路」とともに「ウォーターフロントに新たな価値をもたらすシンボルブリッジ」を目指している。1主塔斜張橋（PI側）については観光地エリアからの視認性に優れ、今後の景観検討によって「みなと神戸」に新たな価値をもたらす景観の創出に寄与するものといえる。

さらには、維持管理面からは、「将来にわたって健全な状態を維持し、時代の変化に対応できる道路」を目指しており、1主塔斜張橋（PI側）は2主塔斜張橋や1主塔斜張橋（和田岬側）と比較して、維持管理が困難な主塔や橋脚が少ないため将来にわたって健全な状態を維持しやすい橋梁である。

以上のことから、**1主塔斜張橋（PI側）が最も計画コンセプトに適合する結果となった。**

今後の検討課題

- ◆設計に用いる作用と要求性能  
設計に用いる地震作用（地震動や断層）やその他の作用について、橋梁の要求性能と合わせた検討を行う。
- ◆耐震性に関する検討  
撓曲変位に対する配慮を含めた耐震設計の最適化を図っていく。
- ◆耐風性に関する検討  
主桁および主塔の最適な耐風対策の検討を行う。
- ◆景観性に関する検討  
新港・灘浜航路部や海上高架橋部との連続性等に配慮しつつ、各部材の景観検討を行う。
- ◆各部材の最適構造の検討  
計画コンセプトへの適合性や上記課題の検討結果を踏まえ、各部材の最適化を図っていく。



4.2.4 橋梁形式選定に係る補足資料

(1) 維持管理性に関する整理

概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>・長大橋の維持管理に関する損傷事例を整理した。</li> <li>・橋梁形式ごとの維持管理性について、1主塔斜張橋は2主塔斜張橋より主塔の基数が少ない。また、1主塔斜張橋(PI側)は1主塔斜張橋(和田岬側)より海上橋脚が2基少ないため、海上部における維持管理に優位な形式と言える。</li> </ul>
----	--

1) 既設長大橋、海上橋の損傷事例

新港・灘浜航路部における整理(3.2.4(1))と重複するため省略する。

2) 維持管理計画

(1)を踏まえ、維持管理費試算の際に考慮する点検項目及び更新・修繕計画について以下に示す。

橋梁点検箇所とアプローチ方法

維持管理コストの算出時に想定している各橋梁形式の点検箇所、及びアプローチ方法を以下に示す。

点検箇所	橋梁点検計画(アプローチ方法)	
	点検種別	定期点検
	点検頻度	1回/5年
1. 主桁	桁内	路上→桁内徒歩
	外面	路上→桁下作業車
2. 主塔	路上から上部	外面:ロープアクセス 内面:主塔EV・梯子
	路上から下部	外面:路上→橋梁点検車、ロープアクセス 内面:主塔EV・梯子
3. ケーブル	定着部(主塔側)	路上→主塔EV・梯子
	本体	路上→高所作業車
	定着部(主桁側)	路上→桁内徒歩
4. 支承	橋脚部	路上→下部工天端
	主塔部	路上→主塔横梁上
5. 橋脚	海上部	路上→下部工天端→ロープアクセス

部は交通規制を伴う点検

更新・修繕計画

想定される更新・修繕の項目とサイクルを以下に示す。

更新計画		
項目	細目	サイクル(年)
主桁	桁下作業車	30
	ケーブル	制振装置
主塔	エレベータ	30
		制振装置
主塔基礎	緩衝工	30
橋脚基礎	防衝工	30
伸縮装置	大伸縮対応形式	30
支承	主塔部	30
	橋脚部	30

修繕計画		
項目	細目	サイクル(年)
鋼部材	鋼床版補修	30
	塗装塗替え	30
	桁端部重防食	30
コンクリート部材	部分補修	30

- : 橋脚部支承
- : 主塔部支承

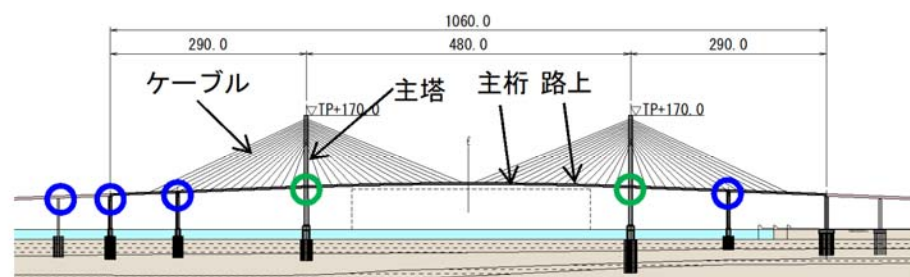


図 各比較案の定期点検箇所

3) 橋梁形式ごとの維持管理性比較

前述の既設長大橋、海上橋梁の損傷事例から維持管理上、海上橋脚（鋼製ラーメン）、鋼製主塔およびケーブルの基数（本数）が最も少ない1主塔斜張橋（PI側）が他の2案と比べ優位性がある。

橋梁形式比較	橋梁側面図
<p>2主塔斜張橋 (L=1060m)</p> <p>高架橋 : 1266.8m 橋長 : 2326.8m</p> <p>平面線形 : 都市計画案 (R=500m)</p>	<p>海上橋脚 : 13基、 鋼製主塔 : 2基、 ケーブル : 120本</p>
<p>1主塔斜張橋 (和田岬側) (L=873m)</p> <p>高架橋 : 1423.6m 橋長 : 2296.6m</p> <p>平面線形 : 改善案 (R=4000m, 1000m)</p>	<p>海上橋脚 : 14基、 鋼製主塔 : 1基、 ケーブル : 96本</p>
<p>1主塔斜張橋 (PI側) (L=1180m)</p> <p>高架橋 : 1146.8m 橋長 : 2326.8m</p> <p>平面線形 : 都市計画案 (R=500m)</p>	<p>海上橋脚 : 12基、 鋼製主塔 : 1基、 ケーブル : 96本</p>



(2) 主塔形式比較に関する整理

**概要**  
 ・鋼製、鉄筋コンクリート製、鋼・コンクリート複合構造の3案を比較した。剛性確保の点で鉄筋コンクリート製が優位と考えられたが、詳細な地質調査に基づく基礎も含めた全体の検討の結果、平成29年に改訂された道路橋示方書に基づく、本地盤では主塔重量が基礎の規模に及ぼす影響が大きく、全体の経済性の観点から鋼製とした。なお、コンクリート強度は60N/mm<sup>2</sup>を想定した。

1) 主塔形式の比較

計画コンセプト	計画コンセプトへの適合性指標 及び 評価に係る項目	第2-1案 ダイヤ型 (RC)				第2-2案 ダイヤ型 (鋼)				第2-3案 ダイヤ型 (複合)				評価結果の概要 及び 備考欄								
		評価	評価点	合計	配点	評価	評価点	合計	配点	評価	評価点	合計	配点									
防災 ネットワーク において 機能を 確保し 物流 道路	①-1【大地震】 設計想定と異なる地震動に対して構造全体として致命的な状態になりにくい形式	○	1	7	2.5	○	1	8	2.9	○	1	7	2.5	・基本スケルトンは同様であり、構造的冗長性は同等であると評価した。 ・主塔橋脚がRC構造である案は、重量が大きく地盤沈下のリスクが大きい。 ・各案で主塔形状（断面寸法）は異なるが、津波に対するリスクに影響を及ぼす大きな差異ではないと判断し、同等であると評価した。 ・主桁のねじれ1次の固有振動数に有意な差異はないため、主桁のねじれフラッターに対する余裕は同等であると評価した。 ・RC構造は、鋼構造に比べて耐火性が高いため、優位に評価した。 ・基本スケルトンは同様であり、緊急時の点検性は同等であると評価した。 ・基本スケルトンは同等であり、緊急時の修復性は同等であると評価した。								
	①-2【地盤変位】 設計想定と異なる地盤変位に対してより影響の小さい形式	△	0			◎	2			○	1											
	①-3【津波】 津波に対してより影響の小さい形式	○	1			○	1			○	1											
	①-4【強風】 設計想定と異なる強風に対して発散振動が生じにくい形式	○	1			○	1			○	1											
	①-5【火災】 火災に対してより影響の小さい形式	◎	2			○	1			○	1											
	①-7【緊急時の点検性】 緊急時に点検のしやすい形式	○	1			○	1			○	1											
	①-8【緊急時の修復性】 緊急時に必要な交通機能を確保、または迅速に復旧できる形式	○	1			○	1			○	1											
	①-9【緊急時の修復性】 緊急時に必要な交通機能を確保、または迅速に復旧できる形式	○	1			○	1			○	1											
道 路 境 界 に 誇 り 神 戸 景 観 に 寄 与 する	②-1【都市景観】 海と山に囲まれ港の発展とともに栄えたまち「みなと神戸」にふさわしい景観を創出し、まちの魅力づくりに貢献できる形式	—	6	14	2.9	—	6	14	2.9	—	6	14	2.9	・基本スケルトンは同等であり、景観性に係る評価指標は同等であると評価した。								
	②-2【路線の連続性】 異なる気質を持った地域を本路線が結ぶことになるため、一本の線と感ずる連続性を有した形式	—	2			—	2			—	2											
	②-3【先進技術】 進取の気性に富む神戸の性格を踏まえ、世界に誇れる先進的な技術を用いた形式	○	1			○	1			○	1											
	②-4【将来の発展性】 現在だけでなく、100年先の土地利用状況の可能性を考慮した形式	◎	2			◎	2			◎	2											
	②-5【社会・自然環境との調和】 社会環境や自然環境と調和する形式	—	3			—	3			—	3											
維 持 性 時 代 の 変 化 に 対 応 可 能 な 形 式	③-1【疲労】 都市高速の特性から疲労耐久性の観点となり得る部位が少ない形式	○	1	6	2.1	○	1	8	2.9	○	1	6	2.1	・斜張橋の主塔に関して、活荷重に伴う疲労が問題となった事例がないことから、鋼構造とRC構造に有意な差異はないと判断し、同等であると評価した。 ・湾岸線橋梁の損傷実績より、塩害への耐性は鋼材が劣るものと評価した。 ・RC構造（主塔上部）は、コンクリート片落下の懸念があるため、鋼構造に比べて劣ると評価した。 ・活荷重たわみ、主桁振動特性（たわみ1次固有振動数で評価）に有意な差異はないため、同等であると評価した。 ・主塔形状は同様であり、アクセス性において各案に差異はない。 ・補強や更新のしやすい鋼構造を優位に評価した。 ・複合構造は、接合部の補強・更新が困難であるため、更新の確実性や容易さに劣ると評価した。 ・工場製作で品質管理のしやすい鋼構造を優位に評価した。 ・複合構造は、接合部の品質管理が困難であるため、品質確保の確実性や容易さに劣ると評価した。								
	③-2【腐食・塩害】 湾岸地域の特性から腐食や塩害を生じる可能性が高い部位が少ない形式	○	1			△	0			○	1											
	③-3【通行規制】 維持管理において通行規制が必要となる部位が少ない形式	△	0			○	1			○	1											
	③-4【使用性-変形・振動】 設計で想定しない変形や振動を生じる可能性がより小さい形式	○	1			○	1			○	1											
	③-5【確実な点検】 点検が困難となる部位が少なく、また、より点検のしやすい形式	○	1			○	1			○	1											
	③-8【更新-主部材等】 全ての部材について、万が一の場合の各部材の補強や更新（機能回復）の実現性がより高い形式	○	1			◎	2			○	1											
	③-9【施工品質】 適切な製作・施工品質により、設計で想定する耐久性が得られる形式	○	1			◎	2			△	0											
	性能評価	性能評価点（基礎点100点+適合性確認指標による評価）	107.5				108.7				107.5				P = 100~115 / 基礎点：100点、適合性確認指標による評価点：3×5点 = 15点満点 の合計							
	経 済 性	初期建設費（イニシャルコスト） （比率）	1.23				1.00				1.05				主塔、主塔基礎、維持管理設備 設計供用期間100年							
維持管理費（ランニングコスト） （比率）		1.00				1.05				1.08												
LCC （比率）		1.15				1.00				1.05												
LCC内訳																						
コスト評価点	115.3				100.0				104.7				C = LCC によるコスト比率×100 (点)									
総 合 評 価	総合評価点 (P/C)	0.93				1.09				1.03												
	総合評価点による順位	第3位				第1位				第2位												

注記) 適合性指標「②-1」「②-2」「②-5」は複数の指標で評価しているため、評価記号は「—」として複数の指標による合計点のみを示した。

(3) 基礎形式比較に関する整理

**概要** ・鋼管矢板基礎およびニューマチックケーソン基礎の2案を比較した結果、経済性および計画コンセプトへの適合性の観点から鋼管矢板基礎とした。

1) 基礎形式の比較

		鋼管矢板基礎		ニューマチックケーソン基礎		
概要図						
※配点：◎：満点加、○：50%加、△：加無し						
評価項目	着目点	評価				
性能評価	①-1 大地震	基礎の冗長性	既往の被災事例より、損傷事例はあるものの軽微であり冗長性が高いと評価	◎	既往の被災事例より、ケーソン基礎の損傷事例が比較的に見られることから冗長性を中位と評価	○
	①-2 地盤変位	地盤変位に対する影響度	根入れの深い基礎で周辺地盤の地盤抵抗を期待でき粘り強い基礎構造として地盤変位の影響を受け難い	○	根入れの深い基礎で周辺地盤の地盤抵抗を期待でき粘り強い基礎構造として地盤変位の影響を受け難い	○
	①-3 津波	耐津波性	水中に台座ブロックが位置するため、漂流物や船舶衝突に対する影響を比較的に受け難い	○	水中に台座ブロックが位置するため、漂流物や船舶衝突に対する影響を比較的に受け難い	○
	①-7 緊急時の点検性	緊急点検性	地中部の点検が困難	△	地中部の点検が困難	△
	①-8 緊急時の修復性	緊急補修性	地中部の補修が困難	△	地中部の補修が困難	△
	点数 (5点満点)		2.0		1.5	
	②-3 先進性	先進技術の活用	従来形式の基礎構造	○	従来形式の基礎構造	○
	②-4 将来の発展性	周辺の有効活用	海上・海中部の阻害率が中位の基礎構造	○	海上・海中部の阻害率が中位の基礎構造	○
	②-5 社会・自然環境との調和	交通機能への影響	残土処理が比較的に少なく、陸上製作もないことから交通機能への影響も小さい	◎	残土処理が多く、ケーソンの曳航による海上交通への影響も大きい	△
	点数 (5点満点)		3.3		1.7	
経路観世	③-2 腐食・塩害	耐腐食・耐塩害性	洗堀時の防食が課題	△	腐食・塩害の影響を比較的に受け難い基礎構造	○
	③-5 確実な点検	日常点検の容易性	地中部の点検が困難	△	地中部の点検が困難	△
	③-8 更新(主部材等)	部材更新の容易性	地中部の更新は困難	△	地中部の更新は困難	△
	③-9 施工品質	品質確保の確実性	鋼管矢板を継手管に沿わせて打設するため、比較的高い精度による施工が可能	○	栈橋(ジャケット式)を用いた高い精度での沈設が可能であり、支持層を直接確認することも可能	◎
	点数 (5点満点)		0.6		1.9	
性能評価点(P) (100点+3×5点=115点満点)		106		105		
経済性評価	初期建設費比率	1.00		1.13		
	維持管理費比率	1.00		1.00		
	ライフサイクルコスト比率	1.00		1.12		
	コスト評価点(C) (LCC比率×100)	100		112		
総合評価	総合評価点(P/C)	1.06		0.93		

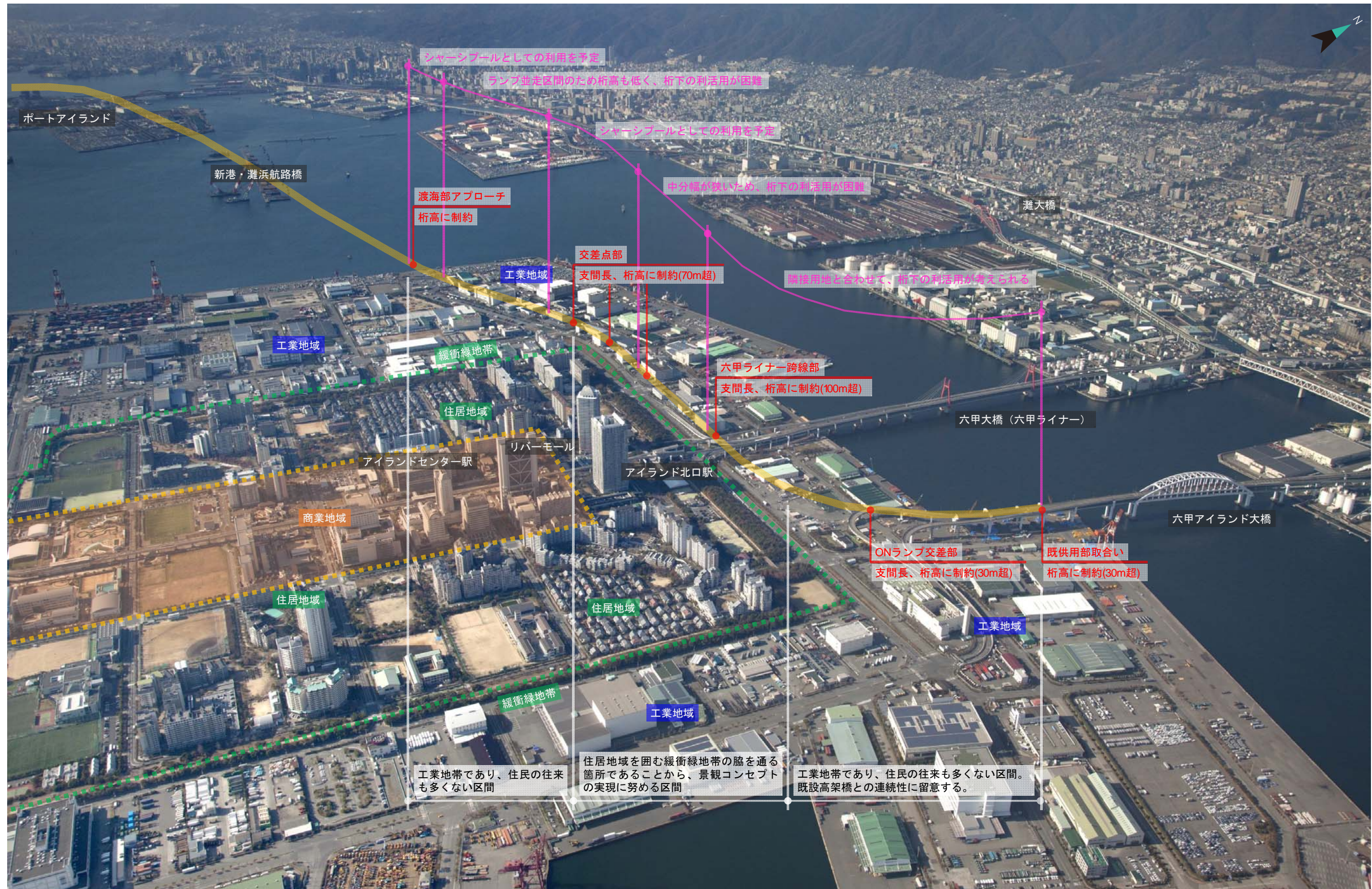
総評	鋼管矢板基礎	ニューマチックケーソン基礎
コンセプトへの適合性評価	<ul style="list-style-type: none"> <li>①「災害時におけるネットワークの確保」に対する評価においては、鋼製基礎として地震時の冗長性が高いことから、ケーソン基礎より優れる評価となった。</li> <li>②「みなと神戸にふさわしい」基礎としての評価においては、水質汚濁等の周辺環境への影響が小さいことから、ケーソン基礎より優れる評価となった。</li> <li>③「将来の健全性確保」の評価においては、鋼部材のため腐食への対応が必要なため、ケーソン基礎よりやや劣る結果となった。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>①「災害時におけるネットワークの確保」に対する評価においては、RC構造による靱性が鋼材より劣ることから、鋼管矢板基礎より劣る評価となった。</li> <li>②「みなと神戸にふさわしい」基礎としての評価においては、地盤改良や圧気による水質汚濁の懸念から、鋼管矢板基礎よりやや劣る評価となった。</li> <li>③「将来の健全性確保」の評価においては、施工精度が確保しやすいこと、支持層が直接確認できること</li> </ul>
現場条件を踏まえた施工性の観点	<ul style="list-style-type: none"> <li>西航路橋の主塔基礎は、航路と堤防に挟まれた範囲で施工を行う必要があるが、鋼管矢板基礎の施工は比較的に狭い範囲での施工が可能となるため、主橋基礎としての適性も高い。</li> <li>課題は複雑な互層での打止め管理が挙げられる。</li> <li>施工精度については、定規杭の先行打設やブロック毎の打設などの対策を実施することで精度を確保しており、鋼管矢板を継手管に沿わせて連続打設を行うため、比較的高い精度での杭の打設管理が可能である。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>陸上ヤードで鋼殻を製作し、その間に鋼殻の自沈防止のための地盤改良(SCP)と鋼殻設置と正確な掘削を行うために基礎周辺にジャケット工も必要となる。</li> <li>このように工種が多くなることで工期が長期化し、ケーソンの沈設時には大量の残土も発生する。</li> </ul>
その他特記	<ul style="list-style-type: none"> <li>支持層の傾斜や中間層のレキ径の確認として、今後に行われる地質調査結果より、三次元的に層の変化を把握し、適切な打設計画や杭長の設定を行う必要がある。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>当地盤のように地盤構成が複雑な互層の場合には、本工法は地層の変化や支持層について目視で確認できるメリットがある。但し、本橋は支持層が深いため鋼管矢板基礎より劣る結果となった。</li> </ul>
総合評価	○	△



## 5. 陸上高架橋（六甲アイランド地区）の橋梁計画について

### 5.1 路線の概況（六甲アイランド）

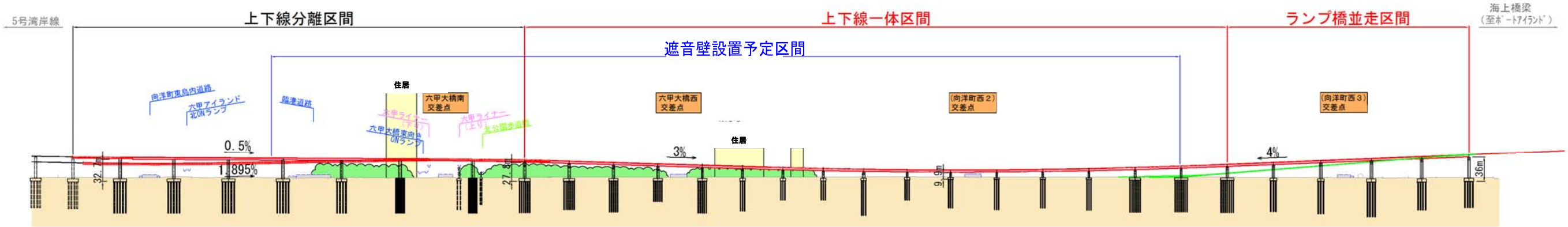
六甲アイランド地区の路線における制約条件と周辺環境を以下に示す。



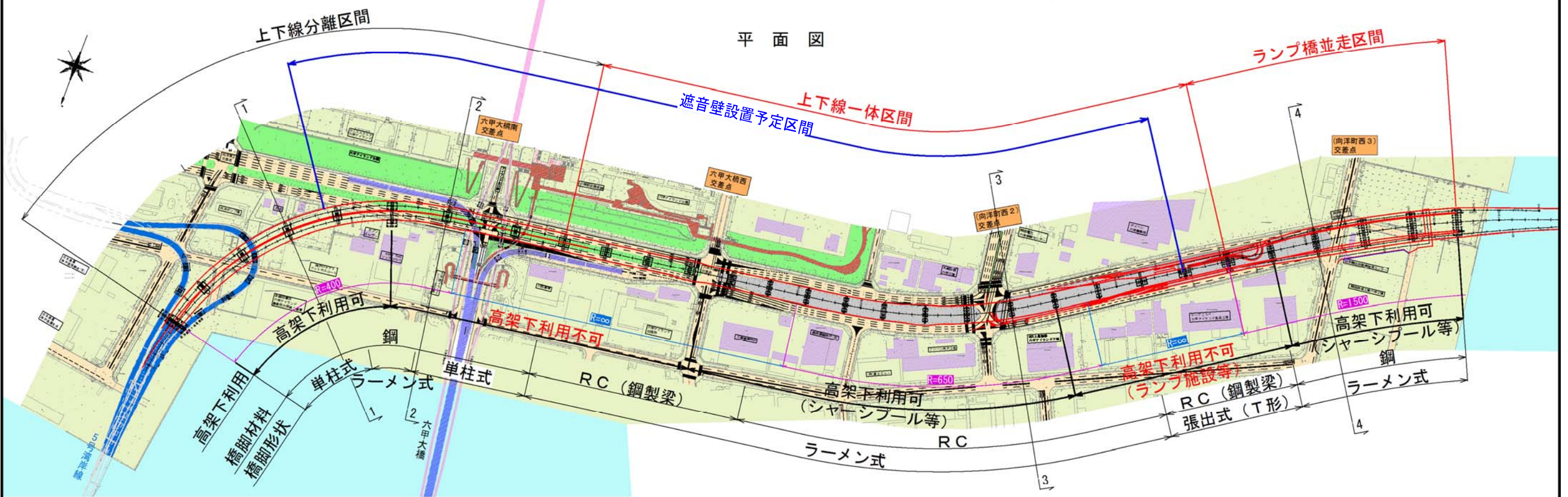


# 六甲アイランド島内の道路構造概要

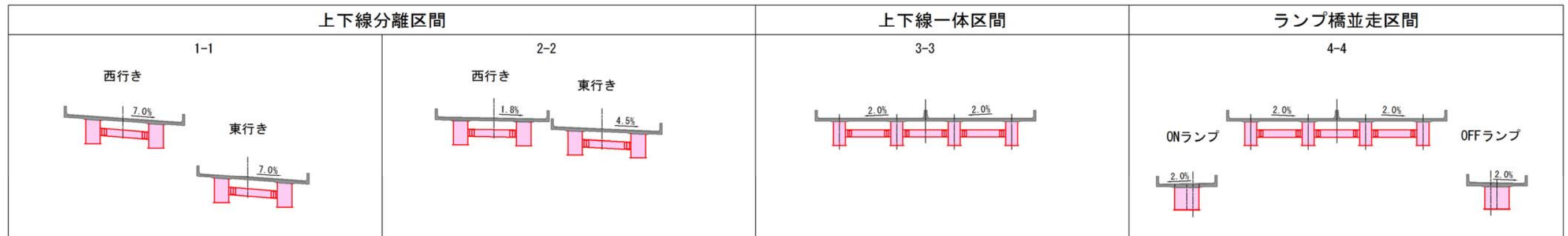
側面図



平面図



断面図





## 5.2 橋梁計画条件 (ゾーンの特性)

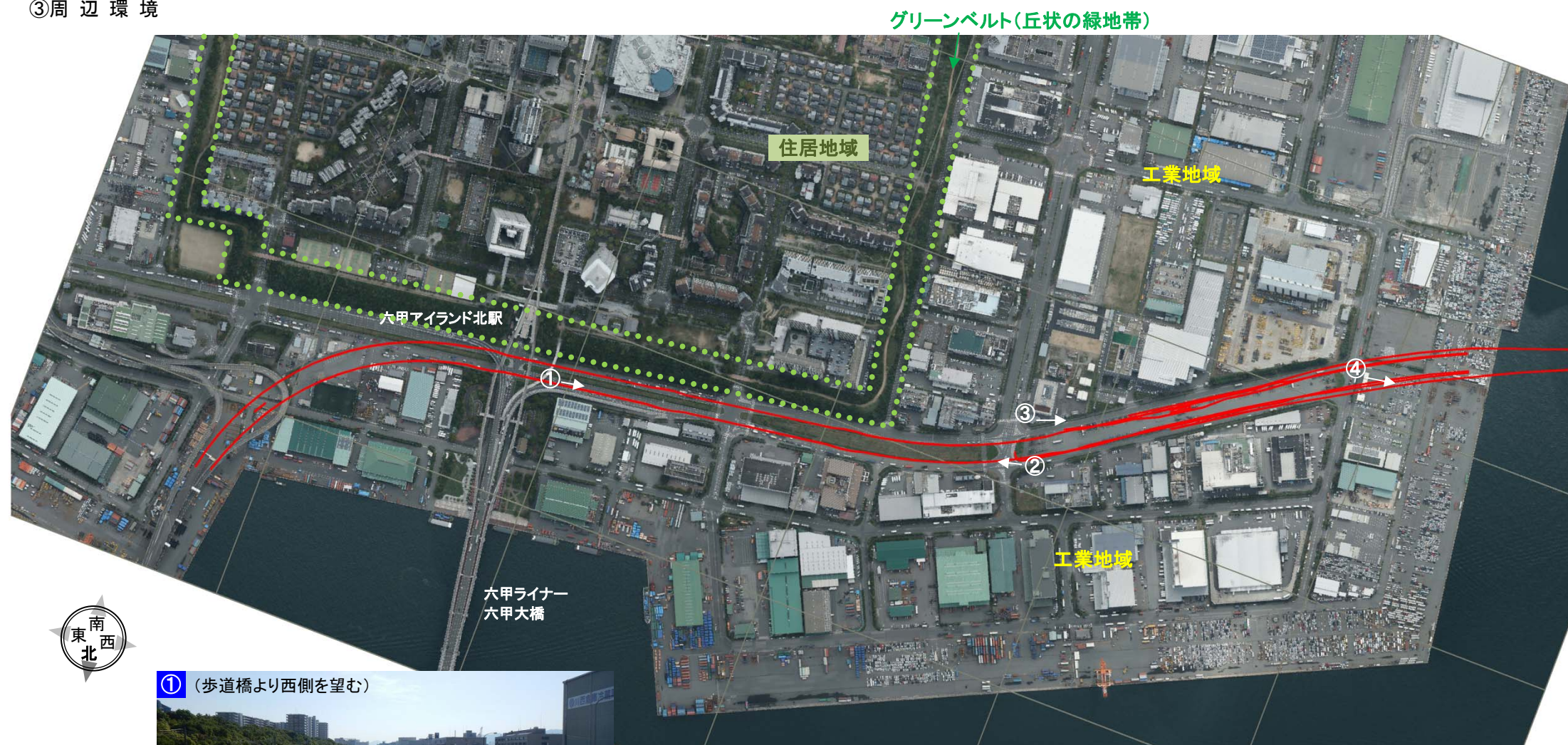
### ①関係者の要望

関係者	要望の観点	形式選定で留意すべき事項
道路管理者	維持管理への配慮	桁端部を減らすための多径間連続化 耐久性の高い床版形式 点検・補修が容易である形状(部材数が少ない)
地元住民	景観への配慮	圧迫感の軽減(桁高、橋脚数)、眺望を阻害しないシンプルな側面形状 支間割の規則性、橋脚形状の統一感
	騒音への配慮	遮音壁の設置、伸縮継手が少ない多径間連続化
臨港道路管理者 (神戸市)	高架下の利用	高架下のシャープールとしての利用
	施工時影響の軽減	島内主要道路の現場工期・交通規制の短縮、施工ヤードの縮小

### ②橋梁計画条件

橋梁計画条件		計画方針・橋梁計画への影響
道路条件	縦断を低く計画	走行性(縦断勾配)に配慮しつつ、経済性や住居からの眺望等から出来る限り低い縦断で計画
地盤条件	軟弱地盤上の基礎	基礎が大きくなることにより、長支間が有利な傾向にある
コントロール条件	3箇所の交差点	支間長に制約を受ける
	臨港道路の中央分離帯	橋脚形式(RC・鋼製梁、ラーメン形式)に制約を受ける 供用後のシャープール利用に配慮(桁下空間)
	ランプ並走区間	本線と上下線ランプの橋脚が輻輳(景観、桁下空間)

### ③周辺環境





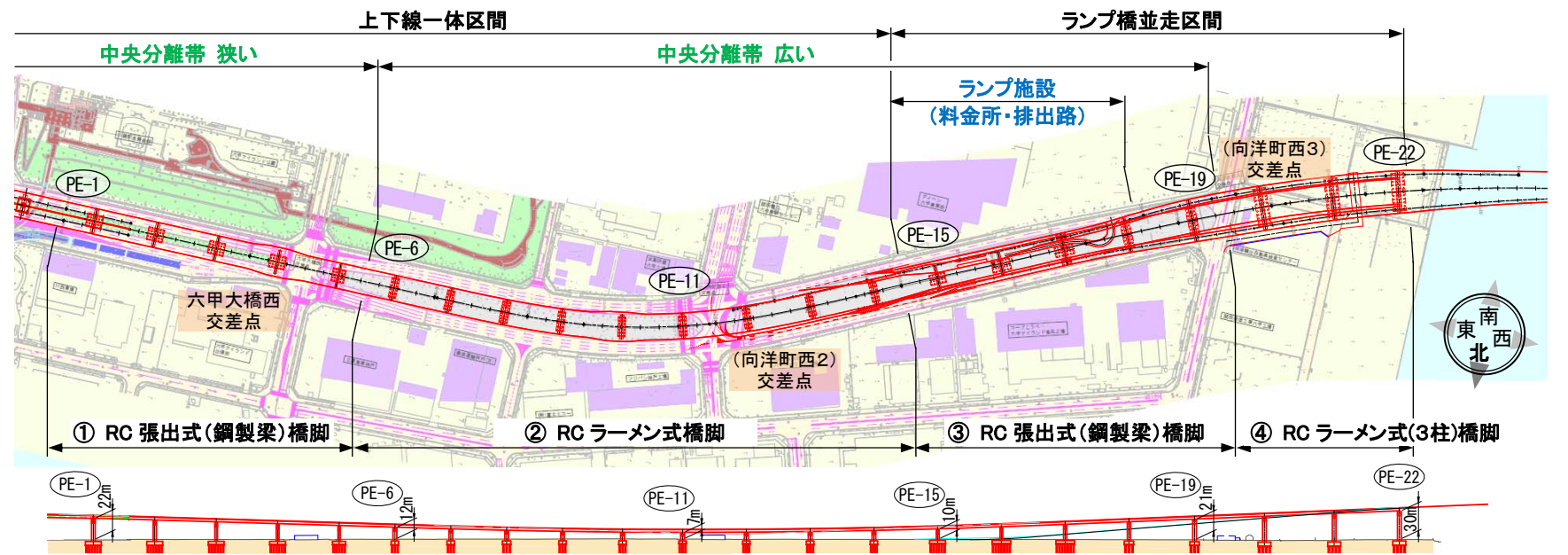
### 5.3 景観等に配慮した橋脚形状の検討

景観に配慮した高架橋構造を計画する上で、橋脚形状が景観に与える影響が大きいため、景観に配慮した橋脚形状を以下の通り検討した。

六甲アイランド島内の高架橋は、その整備形態（上下線一体区間、ランプ橋並走区間）や、橋脚を設置する臨港道路の制約条件（中央分離帯の幅）、および橋脚高さ等の橋脚形式を構造計画する上での条件が区間により異なる。その区間を右図の①～④のように区分し、それぞれの区間に対して、まず、経済性、構造的、施工性を比較検討し、標準的な形式といえる「基本案」を計画した。

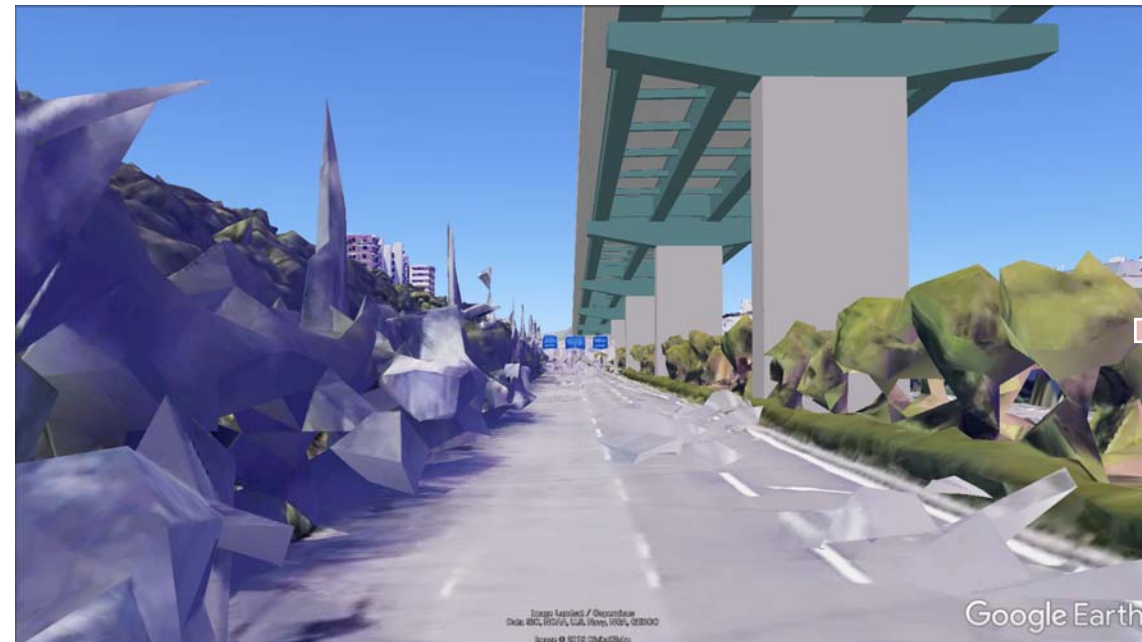
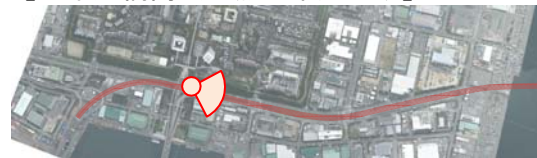
そして、各区間の基本案に対して、景観への配慮や桁下利用にも着目した上で「橋脚形式の比較案」を立案し、基本案との比較を行い、総合的な観点から、一部の橋脚形状を見直した。

以下に、景観等への配慮を踏まえた橋脚形状の見直しの状況を示す。



#### 区間 ①：RC張出式（鋼製梁）橋脚 → [検討後] RCラーメン式（鋼製梁）橋脚

【六甲大橋南交差点 車道より】



【六甲大橋南交差点 歩道橋より】





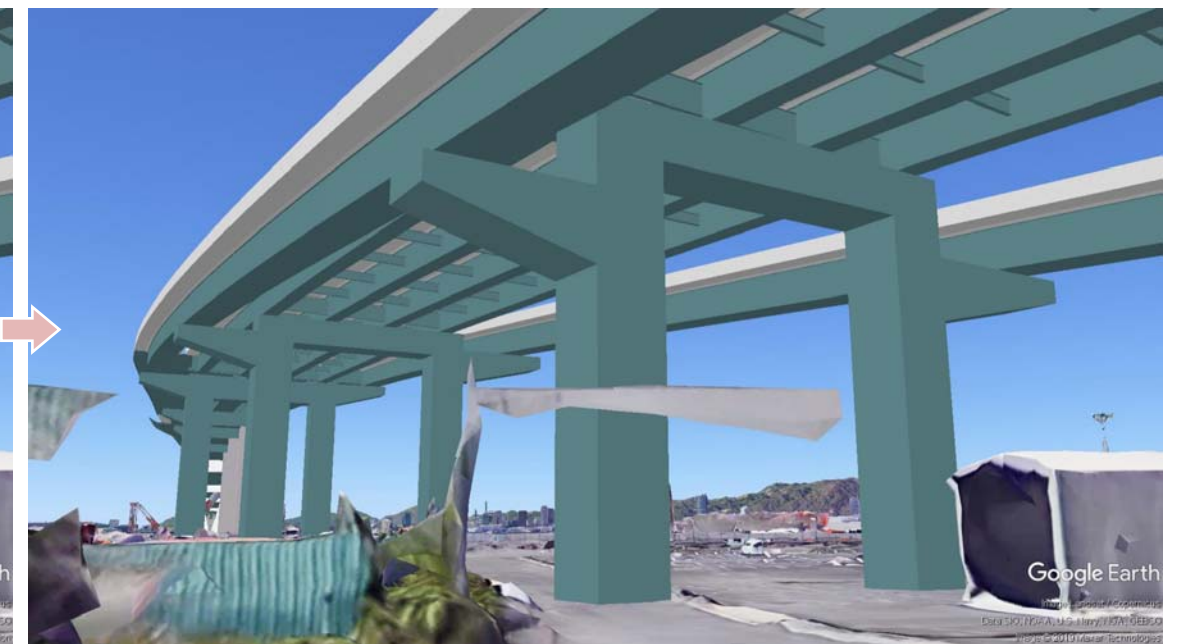
区間③：RC張出式（鋼製梁）橋脚（3柱、分離）→**〔検討後〕**鋼製ラーメン式橋脚

【向洋町西3交差点 車道より】



区間④：RCラーメン式（3柱）橋脚→**〔検討後〕**鋼製ラーメン式橋脚

【向洋町西3交差点 車道より】





### 5.4 景観上特に配慮すべき箇所からの橋梁計画イメージ

六甲アイランド地区における景観上特に配慮すべき箇所（視点）からの橋梁計画イメージを示す。



視距離	視点場	分類	高架橋の見え方
中景	海域	①クルーズ船	移動交通体 新港瀬浜航路橋と六甲アイランド地区高架橋の接続部を視認できる視点場である
		②六甲ライナー	新交通(移動交通体) 住民からの近視点で橋梁の <b>圧迫感が感じられる視点</b> である。また <b>既存高架橋との接続部を近視点で視認</b> できる視点である。
近景	陸域	③アイランド北口駅	主要駅/住民の視点場 住民の往来が多く頻繁に高架橋が視認され、近視点で <b>圧迫感が感じられる視点</b> でもある。
		④近隣高層集合住宅	住民の視点場 ゾーンのほぼ中間地点にある住宅で、 <b>近景視点</b> でゾーン内の大部分の高架橋を視認可能である。また高架橋に近接し <b>橋梁の圧迫感が感じられる視点</b> である。
		⑤向洋町東2交差点	交差点 六甲大橋ランプと六甲ライナー高架が同時に視認され、また臨港道路を跨ぐ区間で <b>異なる橋脚形式が同時に視認</b> されるため、 <b>煩雑な印象となりやすい視点</b> である。
	沿道	⑥六甲大橋南交差点	交差点 駅からも近く住民の往来が多く頻繁に高架橋が視認される視点である。
		⑦六甲大橋西交差点	交差点 臨港道路の中分幅の制約から <b>異なった橋脚形式が同時に視認</b> される視点である。

視点① クルーズ船



視点② 六甲ライナー (1)



視点② 六甲ライナー (2)

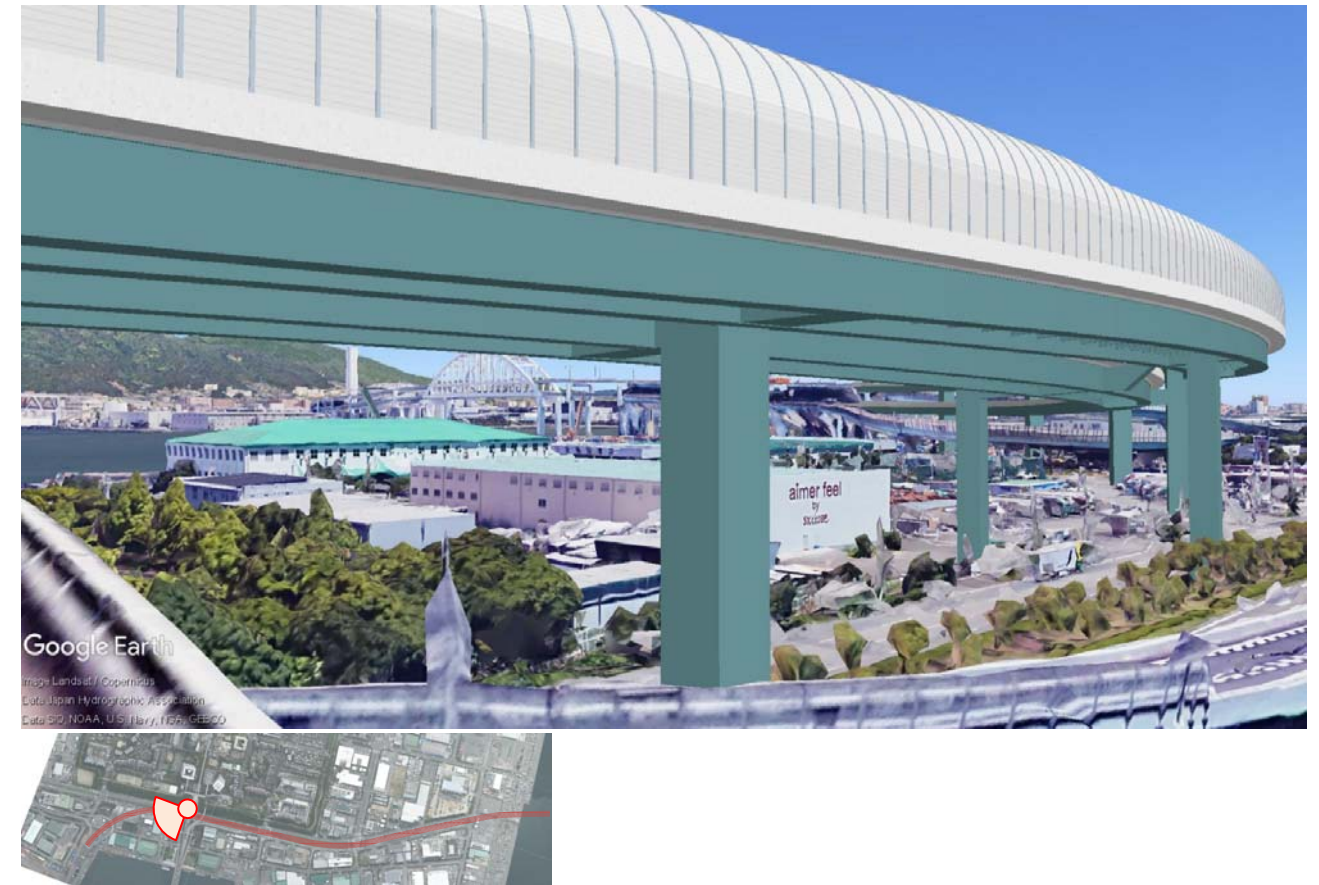




視点② 六甲ライナー (3)



視点③ アイランド北口駅 (2)



視点③ アイランド北口駅 (1)



視点④ 近隣高層集合住宅 (1)





視点④ 近隣高層集合住宅（2）



視点⑥ 六甲大橋南交差点



視点⑤ 向洋町東2交差点



視点⑦ 六甲大橋西交差点





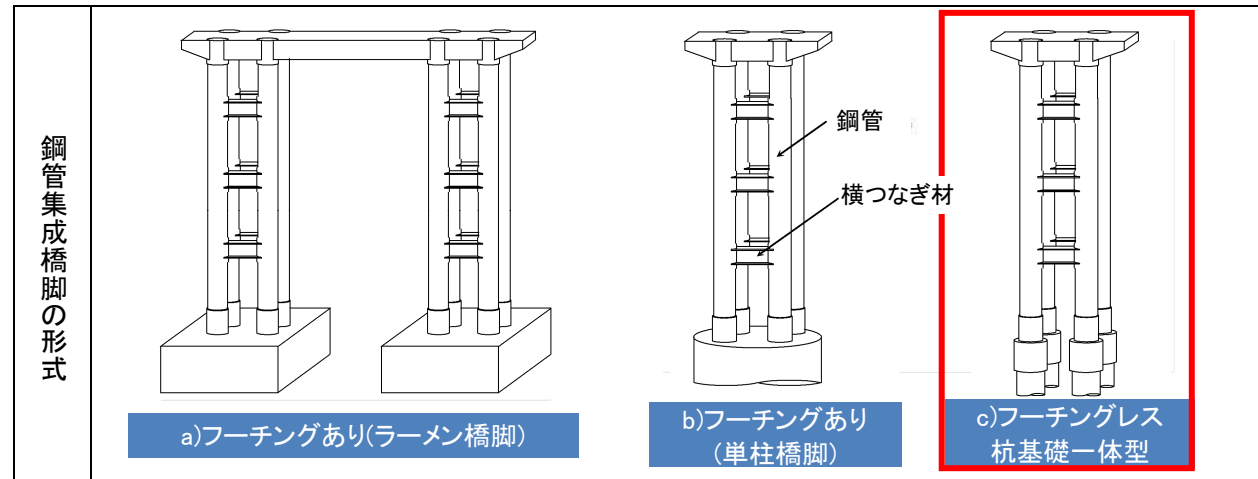






(3) 構造的特徴

- 地震時に、横つなぎ材（せん断パネル）の変形により地震のエネルギーを吸収する構造で横つなぎ材は取り替えが可能。
- 形式としてフーチング型とフーチングレス（杭基礎一体型）がある。
- 高さ H=20m~40m の橋脚に適用が可能。



(5) 検討の着目点

今後、本格構造としての採用に向け、橋脚としての性能や接合部の性能、維持管理手法などについて影響を明らかにすることが望まれ、検討の着目点をまとめた。

項目	着目点
橋脚としての性能について	<ul style="list-style-type: none"> <li>液状化時の対策</li> <li>実構造による地震時検証データの蓄積</li> </ul>
接合部の性能について	<ul style="list-style-type: none"> <li>広幅員（6車線）上部構造と鋼管集成橋脚の接合部の構造</li> </ul>
設計について	<ul style="list-style-type: none"> <li>地盤の不確実性への対応</li> </ul>
維持管理について	<ul style="list-style-type: none"> <li>せん断パネルの復旧計画</li> </ul>

(4) 実施状況

阪神高速道路において、以下の試験施工が実施されている。

- 阪神高速 淀川左岸線（1期）海老江ジャンクション  
(2012年に1基完成：フーチング(ケーソン)型)
- 阪神高速 大阪港線（西船場 JCT 改築）  
(2018年に12基完成※：杭基礎一体型9基、フーチング型3基)

※上部構造の拡幅に伴う地震時の慣性力増に対してのみ機能する対震橋脚（地震時の水平力に対して抵抗する橋脚<耐震デバイス>）として既設橋脚間に構築



海老江 JCT(2012)

大阪港線(西船場 JCT) (2018)