

大阪湾岸道路西伸部技術検討委員会

中間とりまとめ（Ⅱ）

令和元年 1 2 月

大阪湾岸道路西伸部技術検討委員会

目 次

1. はじめに	1
2. 委員名簿	1
3. 事業概要	2
4. 委員会検討経緯	6
5. 橋梁形式の選定	8
6. 新技術の活用	41
7. 今後の予定	47

目次

1. はじめに	1
2. 委員名簿	1
3. 事業概要	2
(1) 計画概要	2
(2) 地形・地質条件	4
(3) 航路条件	5
4. 委員会検討経緯	6
5. 橋梁形式の選定	8
5.1 橋梁形式選定に係る基本的な考え方	8
(1) 計画コンセプト（案）	8
(2) 景観整備方針（案）	10
1) 景観に関する意見聴取	11
2) 景観整備方針（案）（概要）	14
(3) 橋梁形式選定の方法	15
5.2 海上部長大橋の橋梁形式	17
(1) 新港・灘浜航路部	17
1) 橋梁形式比較検討案の抽出	17
2) 橋梁形式選定に係る課題の検討	19
3) 橋梁形式の選定	25
(2) 神戸西航路部	28
1) 橋梁形式比較検討案の抽出	28
2) 橋梁形式選定に係る課題の検討	30
3) 橋梁形式の選定	34
5.3 陸上高架橋の橋梁形式	37
(1) 高架橋の橋梁形式選定の方法	37
(2) 景観上特に配慮すべき箇所	38
1) 六甲アイランド地区	38
2) ポートアイランド地区	39
3) 和田岬地区	40
6. 新技術の活用	41
6.1 はじめに	41
6.2 新技術の評価	41
(1) UFC床版（ワッフル型）	41
1) 概要	41
2) 評価	42
3) 今後の検討の着目点	43
(2) 鋼管集成橋脚	44

1) 概要	44
2) 評価	45
3) 今後の検討の着目点	45
6.3 まとめ	46
7. 今後の予定	47

1. はじめに

大阪湾岸道路西伸部技術検討委員会は、大阪湾岸道路西伸部（六甲アイランド北～駒栄：延長 14.5km）の一連の高架橋部および長大橋部について、高度な技術力と多岐にわたる専門知識を必要とする設計・施工、ならびに新たな発想による新技術の活用を検討するにあたり、これらの課題に対する助言を行うことを目的に、学識経験者等からなる委員により設立された。平成 29 年 9 月の設立以来、これまで 3 回の本委員会ならびに延べ 21 回の小委員会を開催し、最適な橋梁形式選定と橋梁・構造計画のための議論を重ねてきた。

平成 30 年 12 月に公表した中間とりまとめから、委員会での議論を深め、長大橋の橋梁形式の選定等に関して一定の整理がされたことから、橋梁形式の選定結果を中間とりまとめ（Ⅱ）としてここに公表する。

2. 委員名簿

大阪湾岸道路西伸部技術検討委員会

(敬称略)

	氏名	所 属 ・ 役 職
委員長	藤野 陽三	横浜国立大学 上席特別教授 東京大学 名誉教授
副委員長	宮川 豊章	京都大学 特任教授 京都大学 名誉教授
委員	井上 晋	大阪工業大学 教授
委員	運上 茂樹	東北大学 大学院 教授
委員	川崎 雅史	京都大学 大学院 教授
委員	木村 亮	京都大学 大学院 教授
委員	清野 純史	京都大学 大学院 教授
委員	清宮 理	早稲田大学 名誉教授
委員	佐々木 葉	早稲田大学 大学院 教授
委員	杉浦 邦征	京都大学 大学院 教授
委員	長井 正嗣	長岡技術科学大学 名誉教授
委員	西川 和廣	国立研究開発法人 土木研究所 理事長
委員	二羽淳一郎	東京工業大学 教授
委員	八木 知己	京都大学 大学院 教授
委員	山田 均	横浜国立大学 大学院 教授

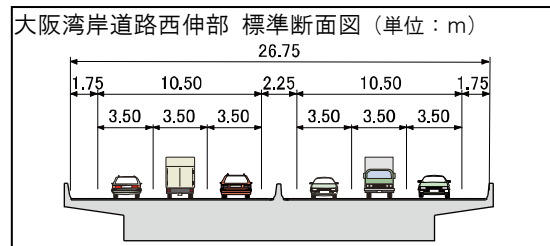
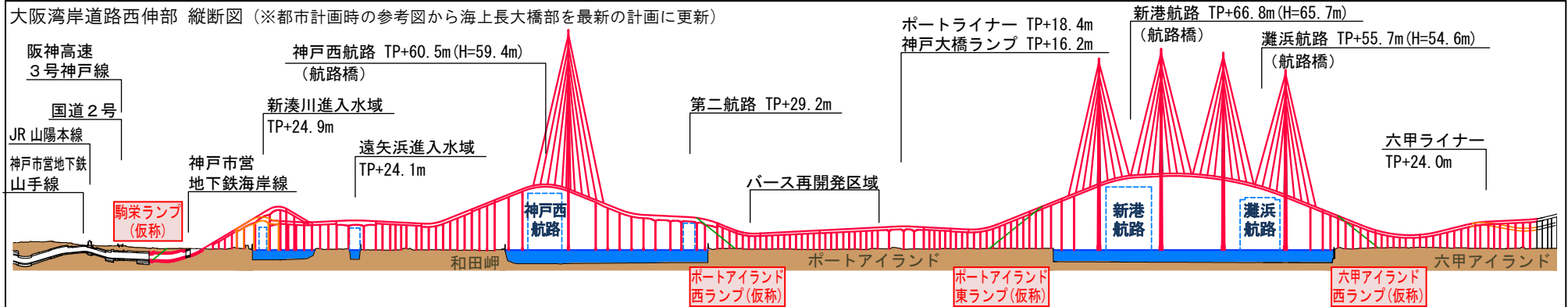
3. 事業概要

(1) 計画概要

大阪湾岸道路西伸部（六甲アイランド北～駒栄）は、大阪湾岸道路の一部を構成する道路で、神戸市東灘区から長田区に至る延長 14.5km のバイパス事業である。

本事業は、阪神臨海地域の交通渋滞や沿道環境などの交通課題の緩和を図ることにより、物流が効率化し、国際戦略港湾である阪神港の機能強化に資するとともに、災害や事故などの緊急時の代替機能確保等を目的として、平成 28 年度に公共事業として事業化された。平成 29 年度には公共事業と有料道路事業との合併施行方式が導入され、平成 30 年度には、海上橋の基礎や西伸部事業に伴う航路移設関連工といった海上工事の効率化を図るために直轄港湾事業の参画がなされており、早期開通に向けて事業を進めているところである。





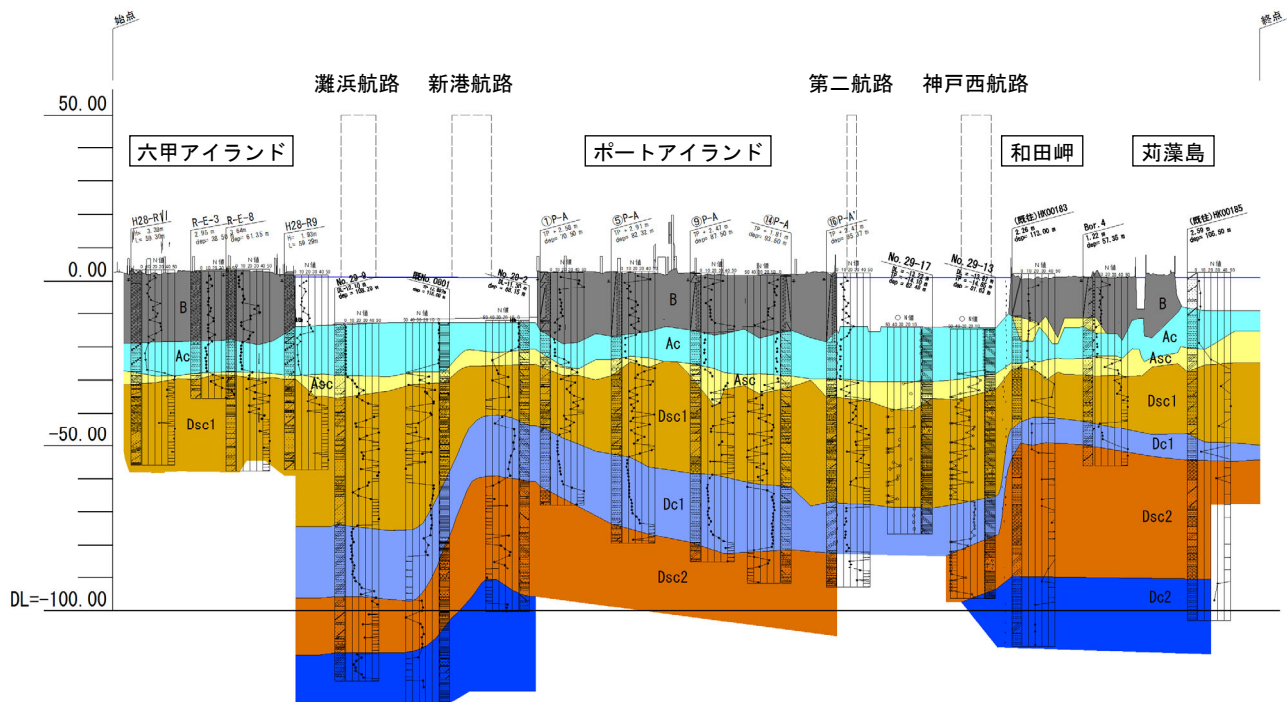
(2) 地形・地質条件

大阪湾沿岸部は「大阪堆積盆地」と呼ばれ、新生代の地層群で構成された軟弱地盤地域である。

この地域の地層は、最上部の埋立土を含む砂および粘土の互層からなる沖積層（B、Ac、Asc）が全域に分布しており、その下位に砂礫層に富み粘土を挟在する砂泥互層（Dsc1、Dc1、Dsc2、・・・）が分布する。六甲山系の基盤岩である花崗岩は、厚い被覆層に覆われて地下1km以上の深部に位置する。海上部基礎の支持層にはDsc1もしくはDsc2が考えられるが、Dc1層は圧密が懸念されている。

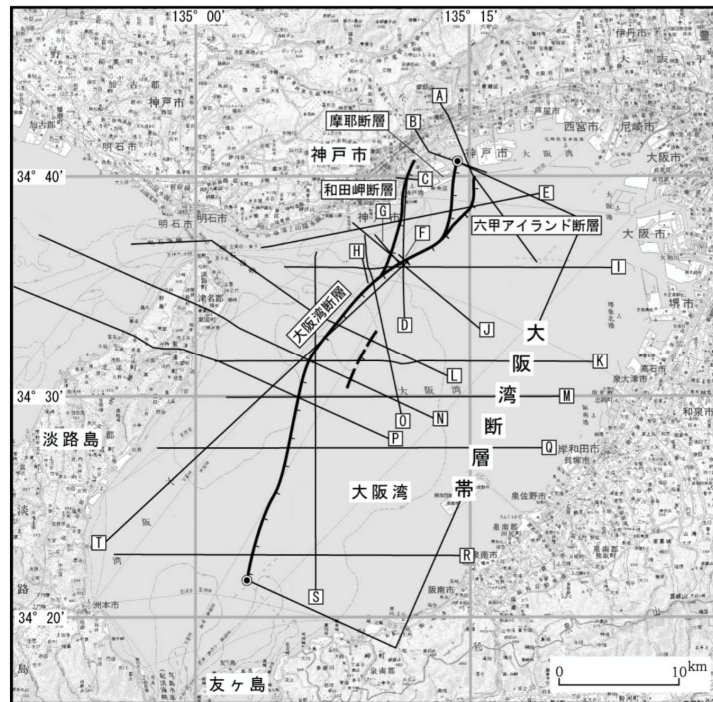
地層区分と土質

時代	層名	記号	主な土質	
—	埋土層	B	・巨礫混じりの砂礫主体で、N値は7～10程度 ・縮まり度合いは緩い～中程度	
第四紀	完新世 沖積層	沖積粘性土層	Ac	・沖積粘性土層で、N値は2～5と非常に軟弱 ・埋立荷重により圧密沈下が生じる
		沖積互層	Asc	・砂質土が主体で、N値は、8～15程度
	更新世 洪積層	第1洪積互層	Dsc1	・砂質土が主体で、N値は平均30程度で支持層に適用 ・ただし、部分的に粘性土が介在
		第1洪積粘性土層	Dc1	・大阪層群のMa12層に相当し、N値は20以下 ・埋立荷重により圧密沈下が生じる
	第2洪積互層	Dsc2	・粘性土と砂質土の薄層互層	



地質縦断面図

新港・灘浜航路部及び神戸西航路部付近において、摩耶断層と和田岬断層がルートを横切るが、深い断層であり、明確に地表面に断層位置が現れていない。



※「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

(3) 航路条件

航路条件については、大阪湾岸道路（神戸港地区）検討委員会〔有識者・海事関連事業者・関係官公庁（神戸市：平成 2 年～平成 6 年）〕にて決定された。その後、近年の大型クルーズ船の通航に対応するため、新港航路の航路高が見直された（航路高 59.0m→65.7m）。見直し後の全ての航路幅及び高さが、第 64 回港湾分科会資料・神戸港港湾計画書・一部変更〔平成 28 年 7 月、神戸港港湾管理者、神戸市〕にて確認・決定されている。

航路条件

		灘浜航路		新港航路※2	第二航路	神戸西航路 (第一航路)	遠矢浜 進入水域	新湊川 進入水域
		主航路	副航路					
航路幅		300m	50m	400m (水深 13m)	120m	300m (水深 12m)	110m	70m
航路 高さ	航路高※1	+54.6m	+52.4m	+65.7m	+28.1m	+59.4m	+23.0m	+23.8m
	T.P.	+55.7m	+53.5m	+66.8m	+29.2m	+60.5m	+24.1m	+24.9m
対象 船舶	船名	大八州丸	摩耶山丸	Freedom of the seas	第一芙蓉丸	BATIS	第 3 光鳳丸	八幡丸
	規格	鉱石船 77,730GT L=260.4m	鉱石/石炭船 58,691GT	客船 154,407GT L=338m	貨物船 487GT L=77m	鉱油船 77,624GT L=289.0m	油送船 499GT	貨物船 499GT
	マスト高	52.6m	50.4m	63.7m	26.1m	57.4m	21.0m	21.8m
航路端と橋脚 との離隔	東側	—	30m	30m	16m	40m	—	—
	西側	—	30m	30m	16m	30m		

注) 上記の航路条件は、「大阪湾岸道路（神戸港地区）検討委員会」（有識者、海事関連事業者、関係官公庁、H2～H6）の決定に基づき、以下※2 以降の変更内容を反映した条件を示す。

※1：航路高=マスト高+2m T.P.表示：N.H.H.W.L(T.P.+1.003m)を加えたもの

※2：神戸市からの要請にもとづき、対象船舶と航路高を見直し「大阪湾岸道路西伸部の計画変更にかかる桁下高について」（平成 25 年 12 月 10 日、神戸市みなと振興部）

4. 委員会検討経緯

大阪湾岸道路西伸部に関して、当委員会は以下の検討を行った。

- ① 計画コンセプトの設定について
- ② 長大橋の橋梁形式比較案の選定について
- ③ 海上部長大橋の橋梁形式について
- ④ 陸上部高架橋の橋梁形式について
- ⑤ 新技術の活用について

第1回技術検討委員会：平成29年9月1日

議題

- ・設立趣意、委員会規約、事業概要の説明
- ・これまでの検討経緯、今後の検討内容

議事概要

- ・委員長・副委員長選任、設立趣意書・委員会規約、検討方針・検討体制がそれぞれ了承された。
- ・これまでの検討経緯や審議内容、今後の検討内容について確認された。
- ・個別の技術課題の議論に先立ち、路線全体の計画コンセプトや設計方針等の方向性を決めたいと、具体的な検討を進める必要があることが確認された。
- ・構造に係る検討が先行すると景観に係る検討余地が少なくなるため、構造及び景観については並行して検討を進めていく必要があることが確認された。
- ・景観検討に際しては、陸上高架橋の桁下空間の利用などの街づくりの観点も見据えながら検討を進めていく必要があることが確認された。

〔この間、構造、耐震、耐風、景観の観点から小委員会で細部について議論（延べ7回）〕

第2回技術検討委員会：平成30年12月3日

議題

- ・大阪湾岸道路西伸部の計画コンセプト（案）
- ・長大橋の橋梁形式比較案の選定
- ・中間とりまとめ（案）

議事概要

- ・新港・灘浜航路部および神戸西航路部における、橋梁形式比較案選定について確認された。
- ・今後、それぞれの航路部での橋梁形式の決定に向け、橋梁形式検討で残された課題等について検討する必要があることが確認された。

中間とりまとめ（今後の橋梁形式決定に向けた方向性）を公表：平成30年12月14日

〔この間、主に構造、耐震、耐風、景観の観点から小委員会で細部について議論（延べ14回）〕

第3回技術検討委員会：令和元年11月28日

議題

- ・新港・灘浜航路部の橋梁形式
- ・神戸西航路部の橋梁形式
- ・景観整備方針（案）
- ・新技術の適用
- ・中間とりまとめ（Ⅱ）（案）

議事概要

- ・新港・灘浜航路部の橋梁形式について、とう曲帯内に主塔を配置することによる橋への影響について、詳細な検討と対策を行うことで安全性を確保することを前提に、4本主塔の連続斜張橋形式が基本案として選定された。
- ・神戸西航路部の橋梁形式について、平面線形の改善ととう曲リスクを比較衡量した結果、とう曲リスクを相対的に最も小さくできる、東側（ポートアイランド側）に主塔が位置する1主塔斜張橋が選定された。

5. 橋梁形式の選定

5.1 橋梁形式選定に係る基本的な考え方

当該道路は、陸上部、海上部ともほぼ橋梁構造であり、そのうち、神戸港の航路を跨ぐ区間では、主径間長約 600m などの長大橋を計画している。設計・施工にあたっては、高度な技術力と多岐にわたる専門知識が必要とされ、コスト縮減の観点や、橋梁の長寿命化に資する有効な手法を検討するとともに、阪神・淡路大震災の被災地からの教訓も踏まえた災害に強いインフラ整備、「みなと神戸」にふさわしい世界に誇れる景観を創出するインフラ整備が求められており、これらを最適化させることが重要である。

本委員会では、このような当該事業の置かれた状況を念頭に置き、当該道路の位置づけと役割、路線が位置する神戸市域の環境や地域の開発計画を踏まえ、大阪湾岸道路西伸部の全体計画にかかる計画コンセプトを検討した。

長大橋の橋梁形式選定においては、計画コンセプトに適合する性能と経済性を総合的に勘案し、本路線に最適な橋梁形式を選定することを基本方針とした。また、高架橋の橋梁形式選定においても、計画コンセプトに基づく評価項目により最適形式を選定するものとした。

(1) 計画コンセプト（案）

大阪湾岸道路西伸部の計画コンセプトは、広域および地域の道路ネットワークにおける当該道路の位置づけや役割、地域の防災計画、路線交通の特性、被災地からの教訓、神戸市域および港湾の開発計画や自然環境、地元の要望、道路の維持管理のあり方などを踏まえて、次頁のとおり設定した。これらのコンセプトを事業者が共有すべき認識事項とし、今後の検討を進めるものとしている。

なお、今後の検討により、計画コンセプトを見直すことが考えられるため、コンセプトは（案）のままとし、必要に応じて見直すものとしている。

■大阪湾岸道路西伸部の計画コンセプト（案）

<事業の目的>

- 阪神臨海地域の耐災害性を高め、交通渋滞の緩和による人流・物流の効率化を図るとともに、同地域の魅力を高め、将来の関西圏の飛躍を通じた国土の成長に貢献する

<本路線計画に求められる要件>

- 未来を見据えた使いやすく安全・安心な道路づくり
 - ・ 将来にわたって健全な状態を維持し、効率的な人流・物流の実現に寄与し続ける道路
 - ・ 国際戦略港湾「阪神港」の機能強化を支援する物流道路
 - ・ 阪神・淡路大震災をはじめ、我が国の震災の経験を活かした災害に強い道路
- 挑戦・進化を続ける「みなと神戸」の新たな価値を創造する道路づくり
 - ・ 「みなと神戸」の将来構想の実現に向けた新たな価値
 - ・ 神戸に住み・学び・働く人の生活の質を高める新たな価値
 - ・ 観光資源としての新たな価値
- 未来へつなぐ先進的な技術を創造する道路づくり
 - ・ これまでの橋梁技術の蓄積や知見を踏まえた先進的な技術
 - ・ 次世代に継承し、海外展開につなげうる世界に誇れる橋梁技術

<計画コンセプト案>

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

- 設計の想定と異なる状況に対しても、致命的な状態になりにくいこと
- 非常時においても、地域の道路ネットワークとして速やかに機能すること
- これまでの橋梁技術の知見の蓄積に、先進的な技術を組み合わせ、より効率的に性能を確保できる構造とすること

「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

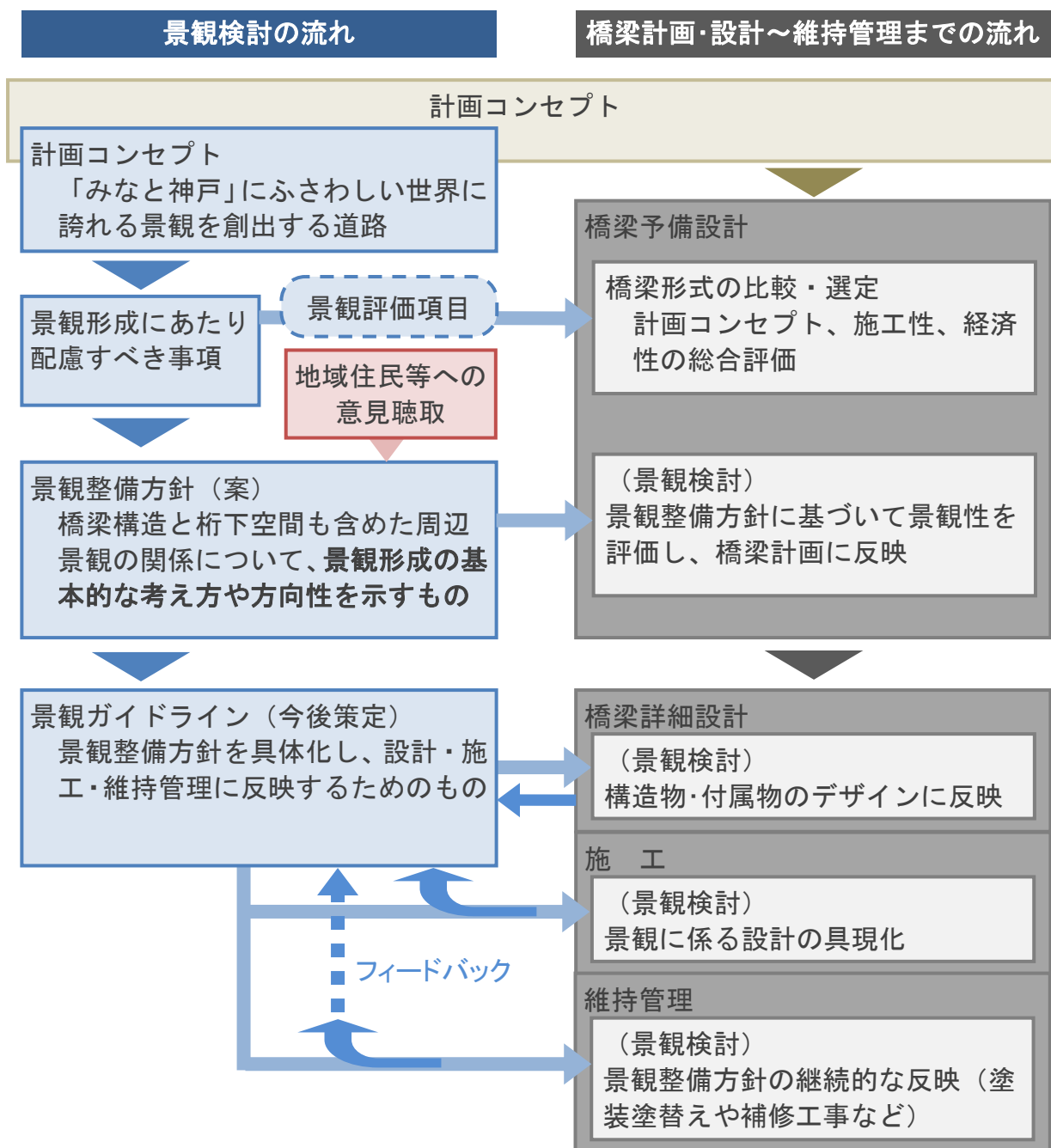
- 地域をつなぐ線としての連続性を意識し、「みなと神戸」にふさわしく、まちの魅力づくりに貢献できること
- 百年先の土地利用の変化も考慮されたものであること
- 社会環境や自然環境と調和すること

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

- 百年、さらにその先においても、健全で快適な状態を維持しやすいこと
- 将来の社会環境の変化にも対応が容易な構造とすること
- 維持管理しやすい構造であるとともに、先進的な技術の活用により、高度化及び効率化が図られた構造とすること

(2) 景観整備方針（案）

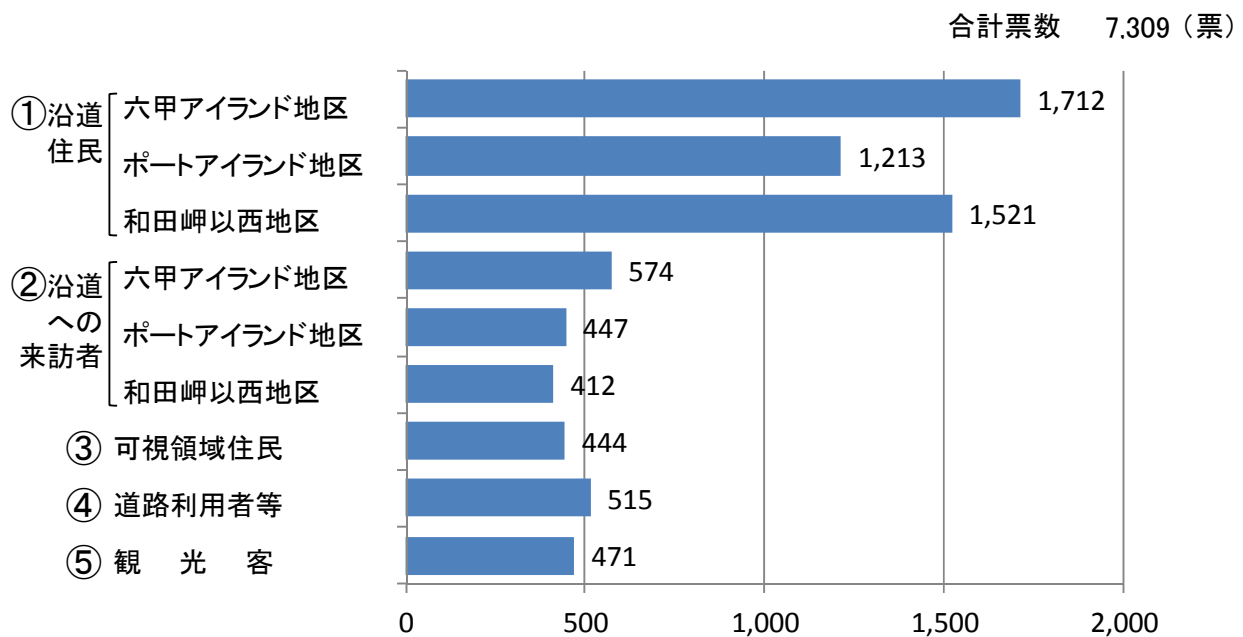
大阪湾岸道路西伸部の事業においては、計画コンセプト（案）に基づいて海上部および陸上部の橋梁計画を進めるものとしている。橋梁の整備によって新たな景観が形成されることになるため、大阪湾岸道路西伸部における景観整備の基本方針を策定した。これに基づいて、橋梁設計から施工・維持管理の各段階で景観検討を実施し、景観形成に反映させていくものとした。



1) 景観に関する意見聴取

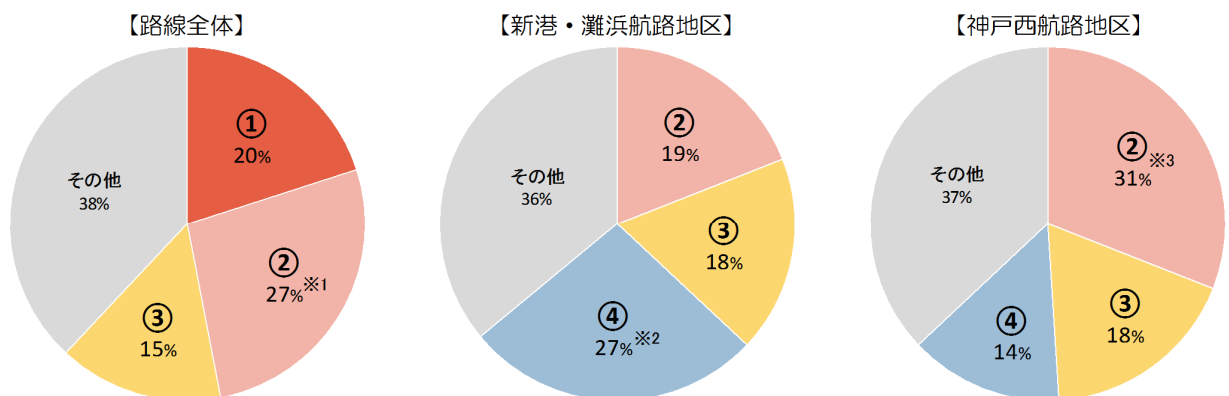
大阪湾岸道路西神部において、地域の特色を踏まえた景観形成を進めていくにあたり、地域住民等がもつ景観イメージを景観整備の方針に反映させることを目的に、意見聴取を実施した。

意見聴取は、①沿道住民、②沿道への来訪者、③可視領域住民、④道路利用者等、⑤観光客を対象に、全戸配布アンケートやWEBアンケート、インタビュー等により、路線全体としてだけでなく、海上部エリア・陸上部エリアでの景観を考えたときに、重視すべきことについて調査した。アンケートの総数は下図のとおりであった。



(路線全体および海上部の景観に関する傾向)

- 各地区とも、聴取対象による回答の傾向に大きな差はみられなかった。
- 路線全体としては、日常生活の眺望を損なわず、橋が神戸の街並みや山・海と調和することを重視する傾向がみられた。
- 新港・灘浜航路地区、神戸西航路地区では、橋と周辺景観が調和するとともに、長大橋のスケールを生かしたシンボル性を有する景観を重視する傾向がみられた。
- また、神戸港の将来的な変化への配慮を重視する傾向もみられた。



集計対象：全属性

① 日常生活で眺める景観を損なわない	③ 神戸港の将来的な変化にも配慮している
② 橋のデザインが神戸の街並みや山・海と調和する	④ 神戸に新たな魅力を付加するシンボル性がある

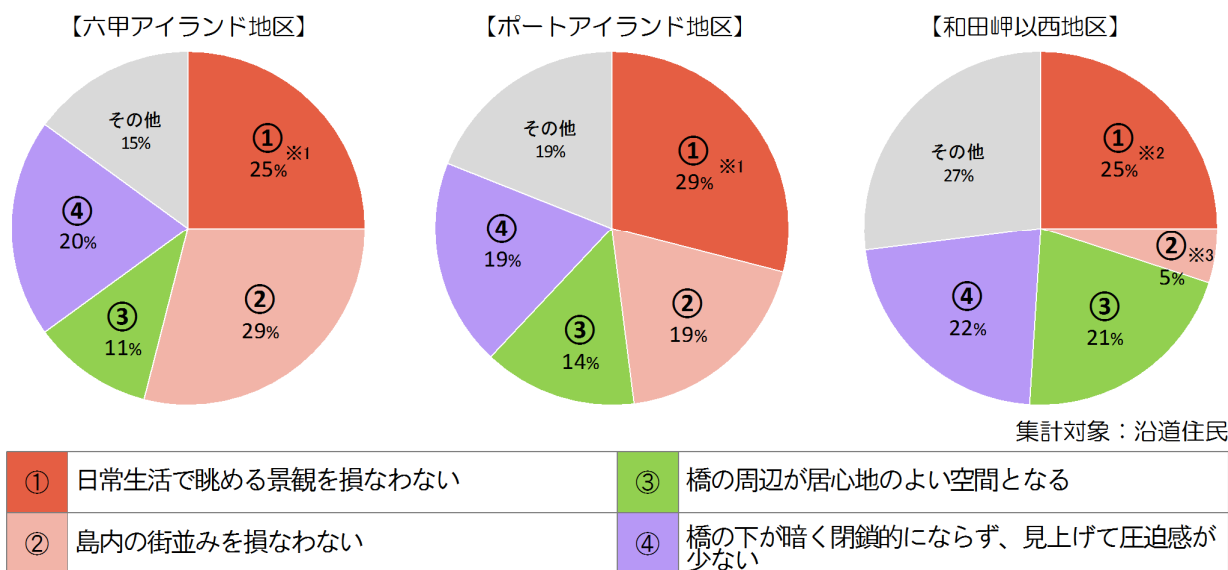
自由意見

- 決して橋が目立つ必要はなく神戸港の一施設的な調和が重要（路線全体）
- 神戸の町にふさわしい山と海の素晴らしさを表現するような橋になると良い（新港・灘浜航路地区）
- 将来にわたって神戸のシンボルとなるようなデザイン・夜間景観となる橋として欲しい（神戸西航路地区）
など

注) ※1「道路として街並みに馴染む」、※2「神戸港の玄関口となり得るゲート性」、※3「神戸港の特徴的な建物と調和する」を含む

(陸上部の景観に関する傾向)

- 各地区とも、日常生活で眺められる六甲山系などの景観を損なわないことや、橋が街並みに調和することを重視する傾向がみられた。
- また、桁下の圧迫感に対して配慮することを重視する意見もみられた。
- 沿道からの来訪者の意見は、夜間景観や走行する車からの内部景観を重視する傾向がみられた。



自由意見

- 騒音、夜間の橋の照明や車のヘッドライトが住居に入らないようにしてほしい（六甲アイランド地区）
- 住居からのハーバーランド方面の眺望が高架道路で阻害されないか不安（ポートアイランド地区）
- 神戸空港や、その他海の見える景色を守ってほしい（和田岬以西地区）

など

注) ※1「居住空間から六甲山系を見て、橋が目立ちすぎない」、※2「まちから海を見たときに、橋が目立ちすぎない」、※3「観光客船からみて山並みや街並みに馴染む」を含む

大阪湾岸道路西伸部(六甲アイランド北～駒栄) 景観整備方針(案)【概要】

関連計画

- 神戸市景観形成基本計画
- 第5次神戸市基本計画 神戸づくりの指針
- 神戸市都市計画マスタープラン
- 「港都神戸」ランドデザイン
- 神戸2020ビジョン
- 神戸港将来構想

全体コンセプト: 「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

一古くから港の発展とともに歩んできた神戸。大阪湾岸道路西伸部は、神戸港の発展の象徴でもある六甲アイランド、ポートアイランド、和田岬を繋ぎ、神戸のランドマークである六甲山の東西軸に並行して、海上部に新たな認識軸となる東西軸を創出する。
 一新港灘浜航路橋は、国内外のクルーズ船を迎えるゲートブリッジでもあり、また神戸西航路橋は、周辺のランドマークを一体的に繋ぐパノラマ景観が期待されており、挑戦・進化を続ける「みなと神戸」を象徴する、世界に誇れる景観の創出を目指す。

地域条件、土地利用状況、歴史性

- 神戸は緑豊かな六甲の山々を背にし、穏やかな瀬戸内の碧い海を目前に有する類いまれな景観特性を有する。
- 神戸港は和田岬を起点として発展をはじめ、ポートアイランド、六甲アイランドの建設と発展を続けながら現在の姿が出来上がってきた。



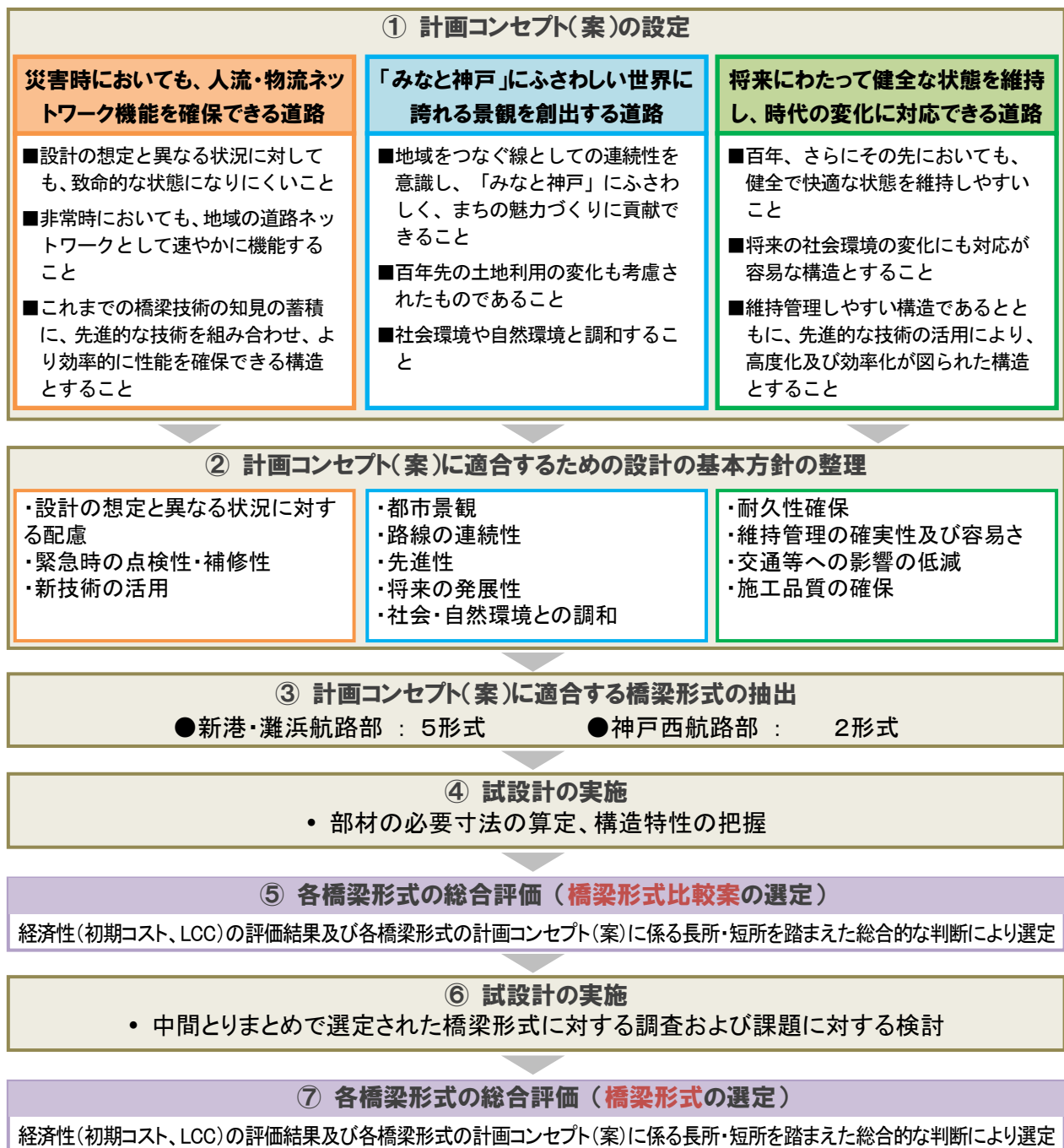
【景観コンセプトと景観形成の目標像】

<p>和田岬以西</p> <p>みずぎわのまちの風景と調和した景観を創出する道路</p> <p>神戸中心部から少し離れた、産業と生活の景づくまちであり、広がりのある風景と調和した景観を創出する道路を目指す。</p>	<p>神戸西航路部</p> <p>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</p> <p>ポートアイランドと和田岬をつなぎ、新たな価値をもたらすシンボルとなる橋とする。また、モニュメンタルな構造物の中に溶け込み、開かれた空と海を演出する橋を目指す。</p>	<p>ポートアイランド</p> <p>にぎわいのあるまちと調和する道路</p> <p>常に新陳代謝を繰り返しながら、時代をリードする「にぎわい」を持つまちであることから、にぎわいのあるまちと調和する道路を目指す。</p>	<p>新港・灘浜航路部</p> <p>「みなと神戸」の2つの島を結ぶシンボルゲート</p> <p>六甲アイランドとポートアイランドをつなぐ道路として、まちのシンボルとなる橋とするとともに、麗人なスケール感を活かし、存在感を持つ橋を目指す。</p>	<p>六甲アイランド</p> <p>うみ・まち・みどり調和する道路</p> <p>「住む人を主役」とした洗練されたデザインの建物が多いセブタンなまち並みの北側を、道路が通過するため、これらのまち並みと調和した景観を目指す。</p>
--	---	---	--	--

(3) 橋梁形式選定の方法

橋梁形式の選定は、大阪湾岸道路西伸部の路線計画に求められる要件を基に設定した計画コンセプト（案）に適合する性能と経済性を総合的に勘案し、本路線に最適な橋梁形式を選定することを基本方針とした。

具体的には、大阪湾岸道路西伸部の路線計画に求められる要件及び計画コンセプト（案）を設定したうえで、これに適合するためのより具体的な指標となる「設計の基本方針」を整理した。そして、計画コンセプト（案）に適合する橋梁形式を数案抽出し、経済性（コスト）も含めた総合評価を行うことにより段階的に橋梁形式を絞り込み、最終的に1案を選定した。



○ 計画コンセプト(案) に適合するための設計の基本方針の整理
 本路線の計画コンセプト(案) に適合するための橋梁を設計するための基本方針について整理
 した。

計画コンセプト(案)	計画コンセプト(案)に適合するための設計の基本方針	橋梁形式選定において考慮する項目
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		
設計の想定と異なる状況に対しても、致命的な状態になりにくいこと	・設計基準等で求められる状況(交通、地形、地質、気象等)と異なる状況に対しても影響を受けにくい又は橋が落橋等の致命的な状態になりにくくするための配慮を適切に設計に反映	<ul style="list-style-type: none"> 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橋梁形式 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が小さい橋梁形式 ①-3【津波】津波に対してより影響の小さい橋梁形式 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橋梁形式 ①-5【火災】火災に対してより影響の小さい橋梁形式 ①-6【落雷】落雷に対してより影響の小さい橋梁形式
非常時においても、地域の道路ネットワークとして速やかに機能すること	<ul style="list-style-type: none"> 緊急時の点検性 緊急時の修復性 	<ul style="list-style-type: none"> ①-7【緊急時の点検性】緊急時に点検のしやすい橋梁形式 ①-8【緊急時の修復性】緊急時に修復のしやすい橋梁形式
これまでの橋梁技術の知見の蓄積に、先進的な技術を組み合わせ、より効率的に性能を確保できる構造とすること	・国内外におけるこれまでの長大橋の設計で活用された技術を反映するとともに、効率的な性能の確保のため適用可能な新技術についても設計に反映	—
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		
地域をつなぐ線としての連続性を意識し、「みなと神戸」にふさわしく、まちの魅力づくりに貢献できること	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よう設計に反映
	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となるため、一本の線と感ずる連続性を有した橋となるよう設計に反映
百年先の土地利用の変化も考慮されたものであること	先進性	・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橋となるよう設計に反映
	将来の発展性	・現在だけでなく、百年先の土地利用状況の可能性を考慮した橋となるよう設計に反映
社会環境や自然環境と調和すること	社会・自然環境との調和	・社会環境や自然環境と調和した橋となるよう設計に反映
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		
百年、さらにその先においても、健全で快適な状態を維持しやすいこと	耐久性確保	・交通や気象等による経年的な劣化を考慮し、十分な耐久性が確保されるよう設計に反映
	維持管理の確実性及び容易さ	・計画的な維持管理や橋の状態を評価するために行う調査が確実かつ容易に行えるよう設計に反映 ・部材の更新や補修などが確実かつ適切な手法で行えるよう設計に反映
将来の社会環境の変化にも対応が容易な構造とすること	交通等への影響の低減	・通行規制をともなう維持管理を最小化できるよう設計に反映 ・損傷の発生が通行車両や第三者に影響を及ぼさないよう設計に反映
	施工品質の確保	・施工及び検査等の品質管理(施工管理)が確実に行えるよう設計に反映
維持管理しやすい構造であるとともに、先進的な技術の活用により、高度化及び効率化が図られた構造とすること	・交通特性等の社会環境の変化にも対応が容易となるよう設計に反映	<ul style="list-style-type: none"> 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橋梁形式 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橋梁形式 ③-4【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橋梁形式 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橋梁形式 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橋梁形式 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橋梁形式 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橋梁形式 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橋梁形式 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橋梁形式 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橋梁形式 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橋梁形式 ③-10【周辺環境の変化】将来の港湾運用上の支障となりにくい橋梁形式

5.2 海上部長大橋の橋梁形式

(1) 新港・灘浜航路部

1) 橋梁形式比較検討案の抽出

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実現可能性があり、計画コンセプト（案）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計画コンセプト（案）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。

次に、各橋梁形式について部材形式を仮設定したうえで、概略試設計を行い構造特性と経済性の評価を行った。その結果、連続斜張橋、連続吊橋については活荷重たわみが大きくなるが、次項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。

各橋梁形式の総合評価（新港・灘浜航路部）

		側面図・構造概要	経済性 (コスト)	特徴 (①、②、③は計画コンセプトの番号に対応)
単独斜張橋	(a) 基本案	<p>【立案趣旨】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</p>	初期コスト 1.0 LCC 1.0	① これまで実績のある橋梁形式と規模であり、構造上の課題は少ない ② △中間橋脚の存在により、景観や将来の発展性に劣る ③ △弱点となる桁端部、伸縮装置、海上橋脚などが多く、維持管理面で相対的に劣る
	(b) 不等径間案	<p>【立案趣旨】塔位置を基本案に同じとし不等径間で割り付け、塔高に変化をもたらす案</p>	初期コスト 1.1 LCC 1.0	△ (c) 連続斜張橋（等径間）より特に優れる性能がない ③ △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
多径間連続斜張橋	(c) 等径間案	<p>【立案趣旨】各主径間を均等割にする案で、(a)に比べて構造が若干大型化する(最大支間長 600m→650m) 均等化により桁の重量がバランスするため、中央の海中橋脚をなくすることができる</p>	初期コスト 1.0 LCC 1.0	②、③ ①単独斜張橋案と比較し、景観面で連続性やゲート性・ランドマーク性等に優れるとともに、連続化により桁端部も少なくて、維持管理面でも有利となる ③ △活荷重たわみが大きい
	(d) 5径間案	<p>【立案趣旨】各主径間を均等割にする案で、(a)に比べて構造が若干大型化する(最大支間長 600m→650m)</p>	初期コスト 1.2 LCC 1.1	① △桁のねじり振動数が小さい(発散振動が生じやすい) ① △アンカレージの沈下リスクがある ② △陸上部のアンカレージ設置に伴う土地改変による影響が大きい
多径間連続吊橋	(e) 4径間案	<p>【立案趣旨】(d)案の中央塔2基を1基とし4径間とした案(最大支間長 650m→975m)</p>	初期コスト 1.4 LCC 1.2	②、③ ①単独斜張橋案と比較し、景観面で連続性やゲート性・ランドマーク性等に優れるとともに、連続化により桁端部も少なくて、維持管理面でも有利となる ③ △活荷重たわみが大きい

■ 橋梁形式比較案の選定

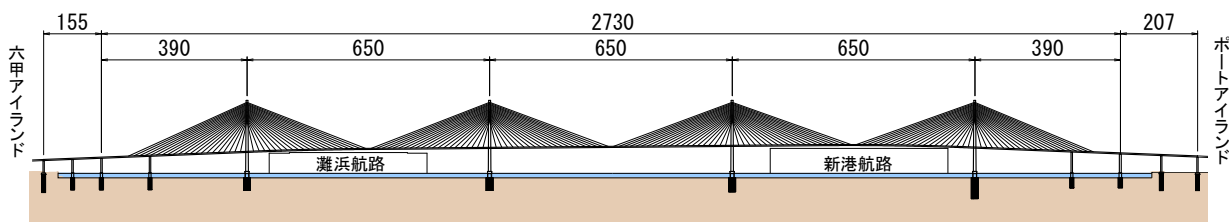
計画コンセプト（案）に適合する5案について、経済性及び性能（計画コンセプト（案）に対する適合度合い）を比較した。他案に対して優位性が小さいと判断される「連続吊橋（5径間、4径間）」及び「連続斜張橋（不等径間）」を比較対象外とし、残る2案を橋梁形式2次比較案に選定した。

比較対象外とする橋梁形式とその理由

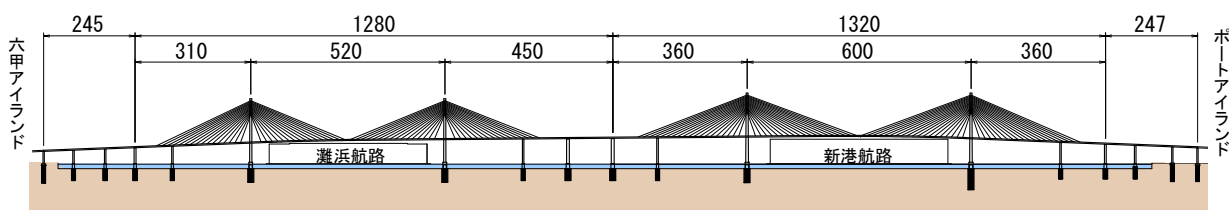
(d)連続吊橋(5径間)	連続吊橋は、斜張橋案より経済性に劣り、アンカレイジの沈下リスク等の課題がある ・本橋梁の架橋位置は比較的緩い埋立て地盤であり、アンカレイジの構築のコストが大きくなり、連続吊橋の2案は、斜張橋の3案に対して経済性に劣る。 ・架橋地点の堆積層は1km以上と厚く、アンカレイジの沈下リスク等の課題がある
(e)連続吊橋(4径間)	
(b)連続斜張橋 (不等径間案)	連続斜張橋(等径間)と同等のコストであるが、等径間より特に優れる性能がない ・側塔の上段ケーブルの移動活荷重による張力変動が非常に大きく課題がある ・海上高架橋が長く海上橋脚の基数が多いため、景観性、社会環境(海上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

■ 新港・灘浜航路部の橋梁形式比較案（2次比較案）

橋梁形式比較案(1)：連続斜張橋（等径間）



橋梁形式比較案(2)：単独斜張橋

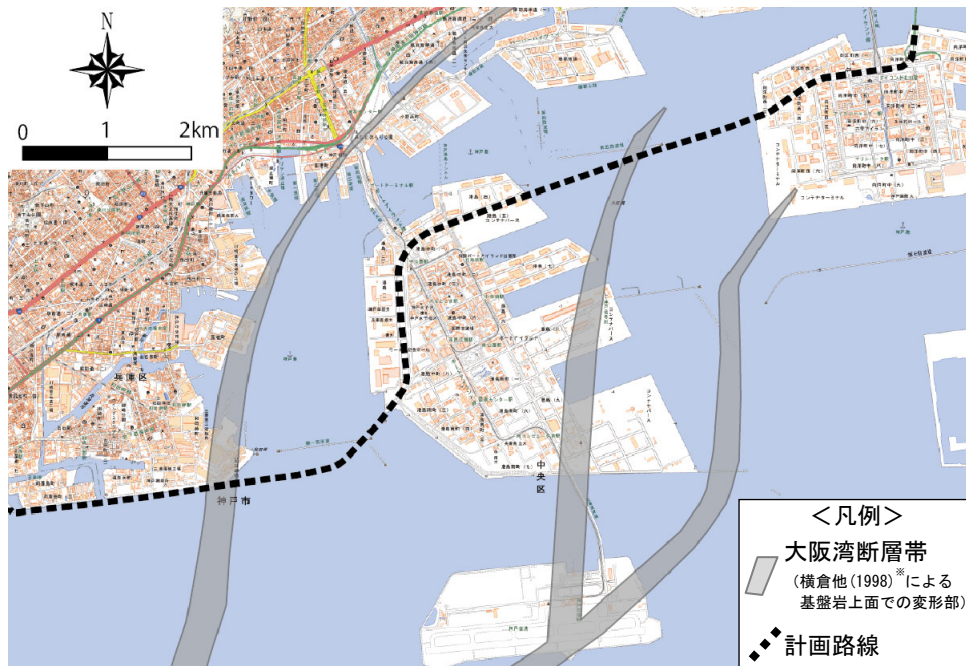
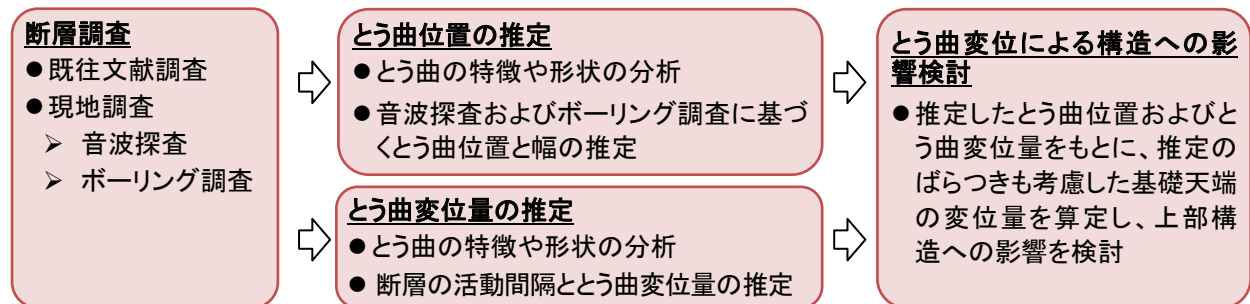


2) 橋梁形式選定に係る課題の検討

① 断層の影響

本事業の計画区間には大阪湾断層帯の北端部にある和田岬断層と摩耶断層がある。断層は、深さ 2,000mに渡り堆積した地層にとう曲として現出するが、その位置や特性に不明な点が多い。橋梁の計画・設計においては、これらの断層（とう曲）の影響を適切に考慮する必要があることから、調査によるとう曲位置および変位量の推定と、構造への影響検討を行った。

〔検討フロー〕



※ 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

計画区間における断層位置

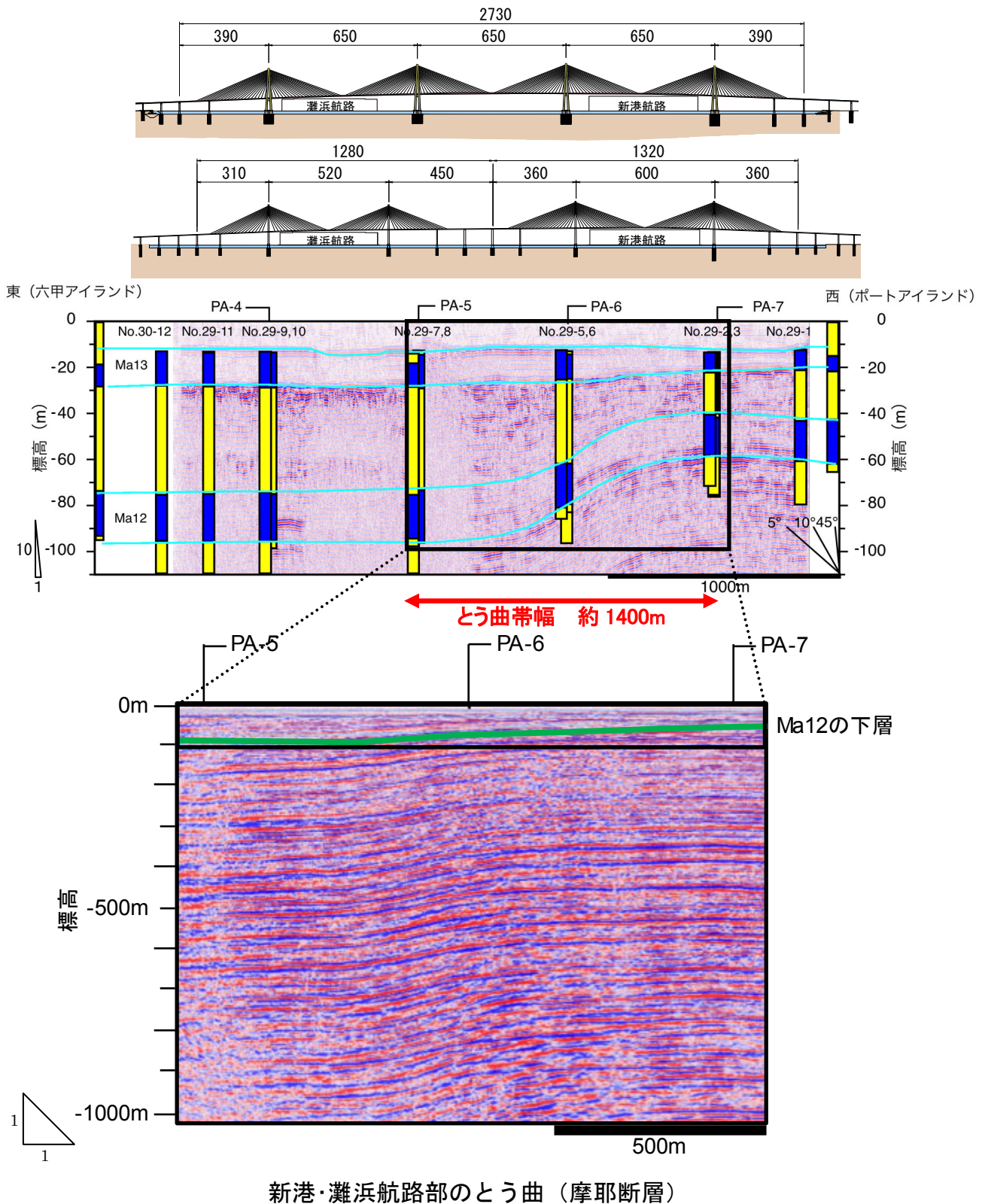
〔主な検討結果〕

検討により得られた主な結果は、以下の通りである。

- 摩耶断層（新港・灘浜航路部）は、計画ルート上に幅約 1,400mのとう曲帯が現出する。
- 断層の活動間隔の推定に基づき、とう曲変位量を推定した。
- 推定されたとう曲変位量による上部構造への影響は、安全性に影響を与える程度ではない。

○現地調査結果に基づくとう曲帯の推定

単独斜張橋および連続斜張橋の両案とも、主塔の一部がとう曲帯に位置することを確認した。とう曲変位による上部構造への影響は、安全性に影響を与える程度ではないことを確認したものの、不測の事態（とう曲位置や変位量の不確定性等）に対するリスクも考慮した上で、橋梁形式を選定することとした。



○断層（とう曲）に対する橋梁形式選定の方針

道路橋示方書では、断層の影響を受けないように架橋位置又は橋の形式の選定を行うこととされている。このため、断層上の堆積層に見られるとう曲についても、影響を受けないように、とう曲を避けた架橋位置又は橋の形式の選定を行うことが望ましい。

これは、2つの橋梁形式に共通の課題である。

しかしながら、本橋梁区間にある摩耶断層のとう曲は、新港航路部の東側において幅約1,400mにわたり現出し、とう曲帯が広範囲であるため、「とう曲を避けた架橋位置又は橋の形式の選定を行うこと」とすることは現実的には難しい。

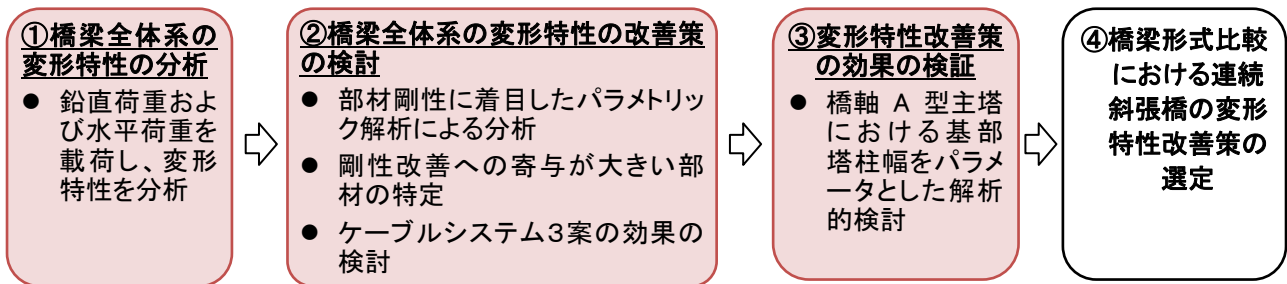
このため、とう曲帯内に主塔を配置する橋梁形式を基本とするが、とう曲による橋への影響について、詳細な検討と対策を行うことで安全性を確保する方針とした。

② 連続斜張橋の変形特性の改善

新港・灘浜航路部の橋梁形式案の一つである連続斜張橋は、支間長が大きく、この支間長では世界にも類をみない連続径間数となることから、その構造的特徴について明らかにした。

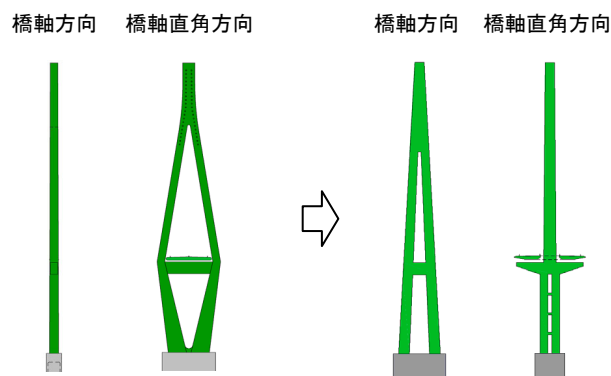
その上で、連続化により顕著な影響が現れる橋梁全体系の変形特性の改善策を比較検討し、これまでの知見の延長で技術的な解決が図れる見通しがあることを確認した。

〔検討フロー〕



〔主な検討結果〕

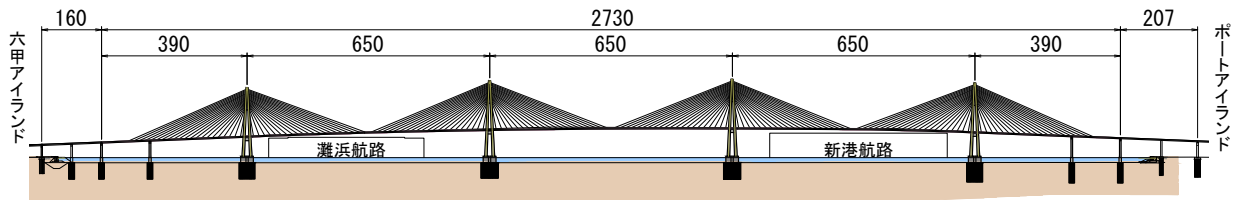
- 連続斜張橋の構造特性として、端橋脚および中間橋脚による拘束効果がないため、中央主塔の見かけの剛性が小さく、鉛直荷重が橋軸方向に偏って載荷されると斜張橋全体の変形が大きくなる。
- 主桁、主塔（主塔基礎含む）の剛性見直しや、追加ケーブルによる変形特性の改善を検討し、一般的な長大橋と比較して、これまでの知見の延長で技術的な解決が図れる見通しがあることを確認した。このうち、主塔剛性を形状により向上させる対策が最も効果的であり、特に橋軸 A 型主塔が効果的であることを確認した。
- 以上から、橋梁形式の選定段階における連続斜張橋の主塔形式は橋軸 A 型を基本として選定し、単独斜張橋との比較を実施した。



連続斜張橋の主塔形状の変更

○連続斜張橋の変形特性に関する検討と対応

変形特性を改善できる見通しが得られたことを受けて、橋梁形式の比較においては、連続斜張橋の主塔形状を橋軸 A 型に変更した。この変更に伴い、主桁形式は中央に開口を設けた構造とした。

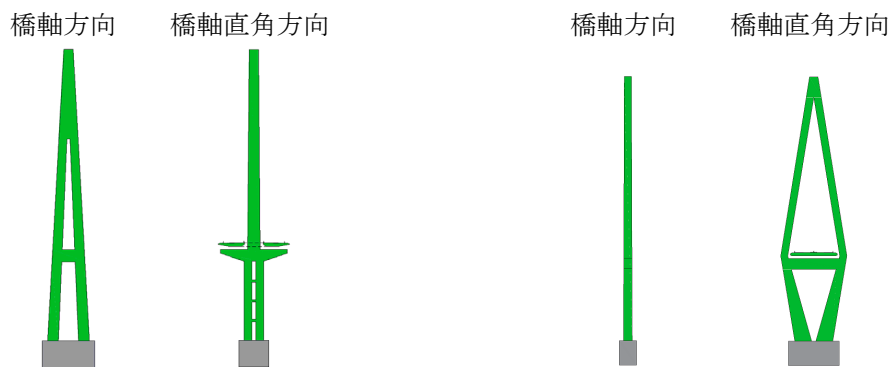


橋軸 A 形主塔案

③ 各部材形式に関する検討

○主塔形状

連続斜張橋では上述の検討から、橋軸 A 型主塔を基本とし、単独斜張橋では、種々の主塔形状を比較した結果、経済性および計画コンセプトへの適合性の観点からダイヤ型主塔を基本とした。



連続斜張橋の主塔形状

単独斜張橋の主塔形状

○主塔材料

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 年に改定された道路橋示方書に基づくと、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^2 を想定した。

○主桁形式

連続斜張橋では主桁中央に開口を有する鋼 2 箱桁および鋼 4 箱桁を比較した結果、経済性および計画コンセプトへの適合性の観点から鋼 2 箱桁とした。単独斜張橋では鋼 1 箱桁および鋼 2 箱桁の 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 1 箱桁とした。



連続斜張橋の主桁形状



単独斜張橋の主桁形状

○主塔基礎形式

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。

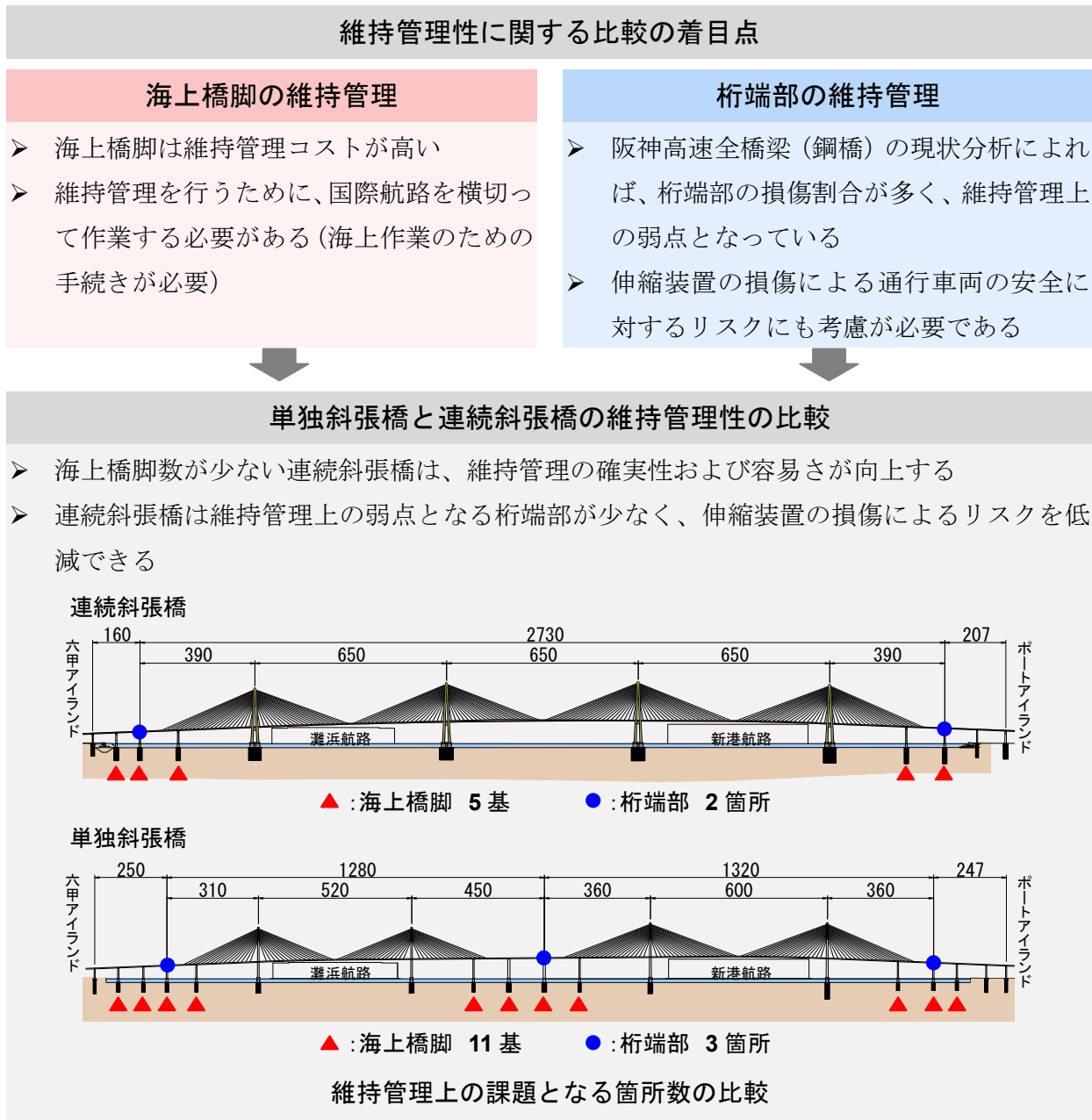
3) 橋梁形式の選定

長大橋の形式選定に関わる個々の課題検討の結果を踏まえ、橋の変形特性の改善を行った4本主塔の連続斜張橋と2本主塔の単独斜張橋を比較した。

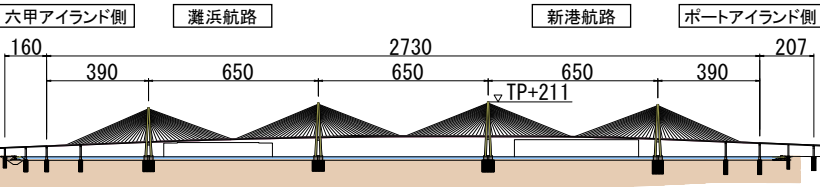
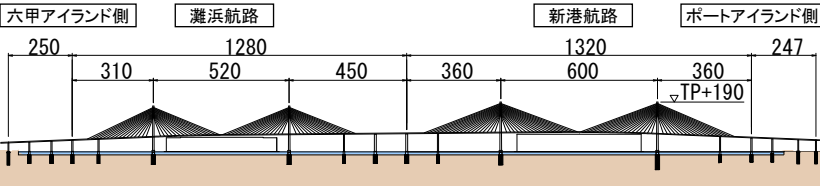
単独斜張橋と比較して、連続斜張橋はコスト（初期建設費，LCC）が若干大きいものの、維持管理や景観、地震動や地盤変位に対する橋の冗長性および点検性・修復性が高いなど、総合的に優れると評価した。よって、とう曲帯内に主塔を配置することによる橋への影響について、詳細な検討と対策を行うことで安全性を確保することを前提に、4本主塔の連続斜張橋形式を基本案として選定した。

○ 維持管理に関する比較

維持管理に関する現状の課題等を踏まえ、各橋梁形式の維持管理性を比較した結果、連続斜張橋が優位であることを確認した。



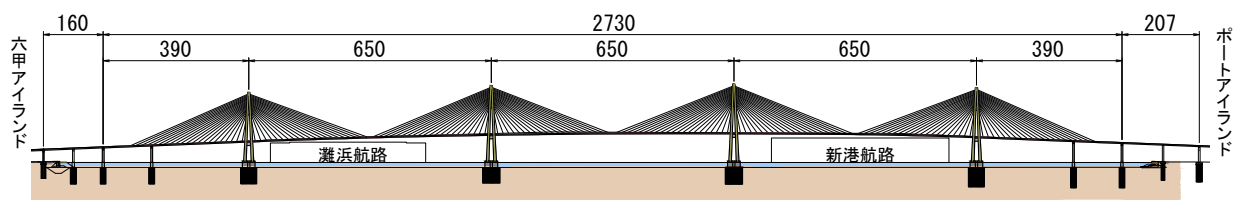
各橋梁形式の総合評価（新港・灘浜航路部）

計画案	計画コンセプトに係る各案の特徴						
<p>【第1案】連続斜張橋 鋼桁 鋼製主塔（橋軸 A 型を基本） 鋼管矢板基礎</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <table border="1" style="margin-right: 20px;"> <tr><td>初期コスト</td><td>1.10</td></tr> <tr><td>LCC</td><td>1.04</td></tr> </table>  </div>	初期コスト	1.10	LCC	1.04	<p>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</p>	<p>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</p>	<p>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>
初期コスト	1.10						
LCC	1.04						
<p>【第2案】単独斜張橋 鋼桁 鋼製主塔（ダイヤ型を基本） 鋼管矢板基礎</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <table border="1" style="margin-right: 20px;"> <tr><td>初期コスト</td><td>1.00</td></tr> <tr><td>LCC</td><td>1.00</td></tr> </table>  </div>	初期コスト	1.00	LCC	1.00	<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>【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>【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いため、想定しない変形や振動が生じにくい。</p>
初期コスト	1.00						
LCC	1.00						

長所 短所

選定した橋梁形式：連続斜張橋（等径間）

- 中央径間を均等割にした5径間連続斜張橋（4本主塔）
- 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
- 最大支間長が650mで、連続斜張橋としては、世界最大規模



連続斜張橋（等径間）

- 主 桁：鋼桁
- 主 塔：鋼製主塔（橋軸A型を基本）
- 主塔基礎：鋼管矢板基礎

(2) 神戸西航路部

1) 橋梁形式比較検討案の抽出

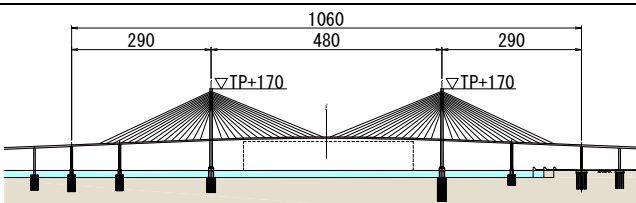
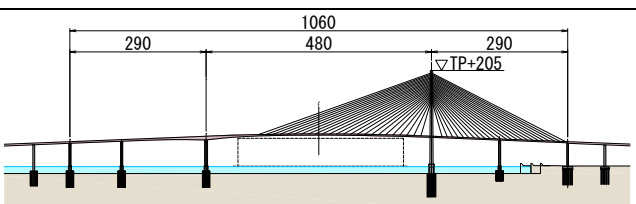
計画コンセプト（案）に適合する橋梁形式として、1主塔斜張橋案と2主塔斜張橋案の2案立案した。

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実現可能性があり、計画コンセプト（案）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計画コンセプト（案）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計画コンセプト（案）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。

各橋梁形式の総合評価（神戸西航路部）

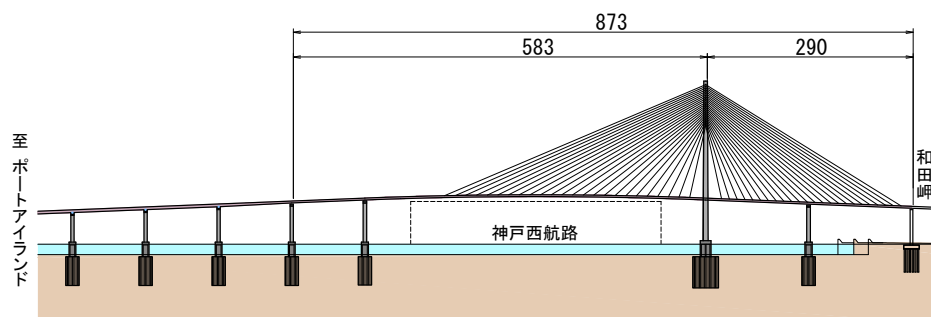
	側面図・構造概要	経済性 (コスト)	特徴 (①、②、③は計画コンセプトの番号に対応)
単独斜張橋	<p>(a) 2主塔案</p>  <p>【立案趣旨】 航路幅より決定される最小支間とし、2主塔でケーブルを配した斜張橋案</p>	<p>初期コスト 1.0</p> <p>LCC 1.0</p>	<p>◎ これまで実績のある橋梁形式と規模であり、構造上の課題は少ない</p>
	<p>(b) 1主塔案</p>  <p>【立案趣旨】 航路幅より決定される最小支間とし、1主塔でケーブルを配した斜張橋案</p>	<p>初期コスト 1.0</p> <p>LCC 0.9</p>	<p>② ◎ 海上部の非対称な橋梁配置に馴染むデザインとなるなど景観面で優れる</p> <p>② ◎ 平面線形が緩くでき、走行快適性の面で有利となる</p> <p>③ △ 活荷重たわみ大きい</p> <p>③ ◎ 一般的に点検が困難な主塔が1基少なく維持管理面で有利となる</p>

■ 橋梁形式比較案の選定

1 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。

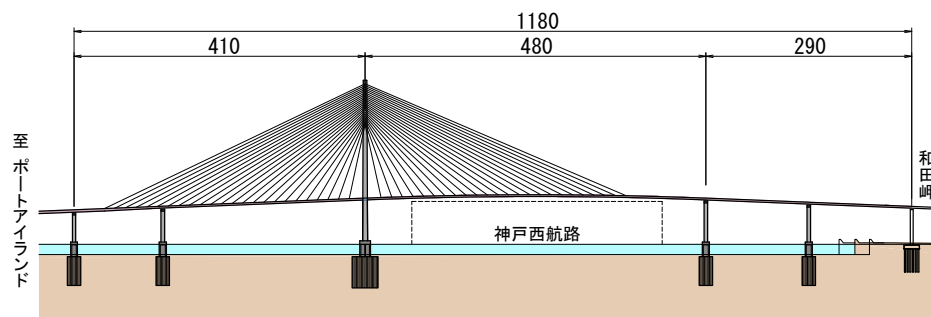
■ 神戸西航路部の橋梁形式比較案（2次比較案）

橋梁形式比較案（1）：1主塔斜張橋（和田岬側）



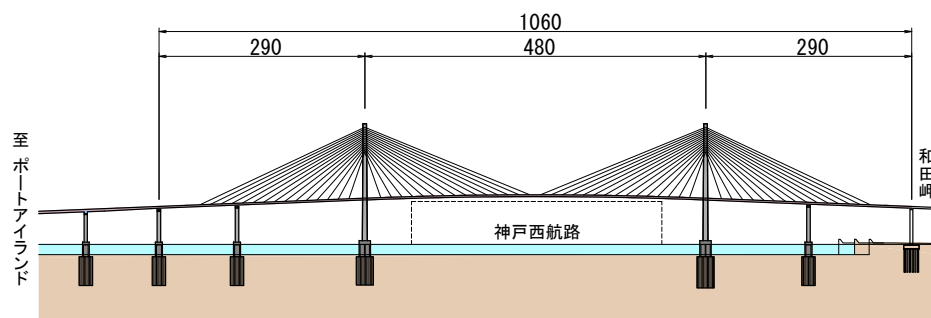
1 主塔斜張橋（和田岬側）

橋梁形式比較案（2）：1主塔斜張橋（ポートアイランド側）



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



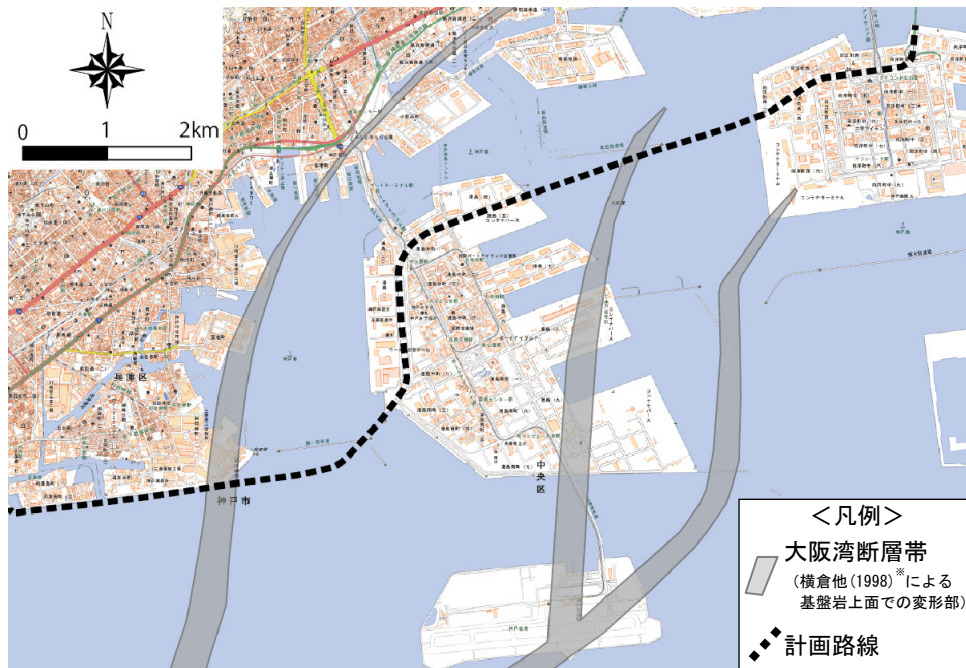
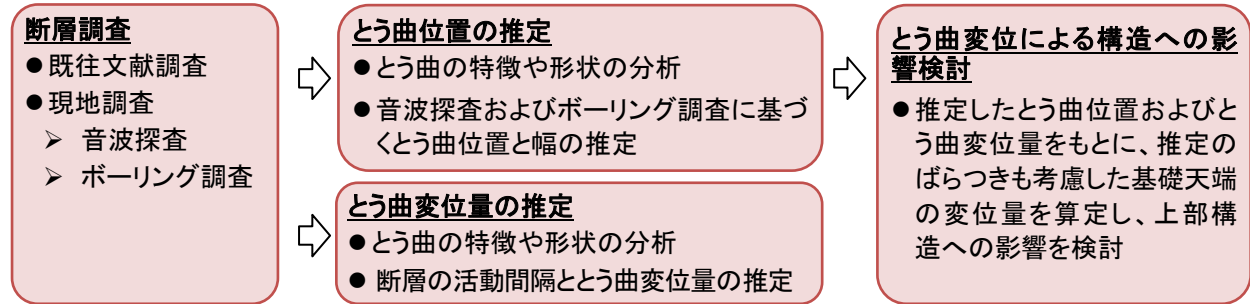
2 主塔斜張橋

2) 橋梁形式選定に係る課題の検討

① 断層の影響

本事業の計画区間には大阪湾断層帯の北端部にある和田岬断層と摩耶断層がある。断層は、深さ 2,000mに渡り堆積した地層にとう曲として現出するが、その位置や特性に不明な点が多い。橋梁の計画・設計においては、これらの断層（とう曲）の影響を適切に考慮する必要があることから、調査によるとう曲位置および変位量の推定と、構造への影響検討を行った。

〔検討フロー〕



※ 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

計画区間における断層位置

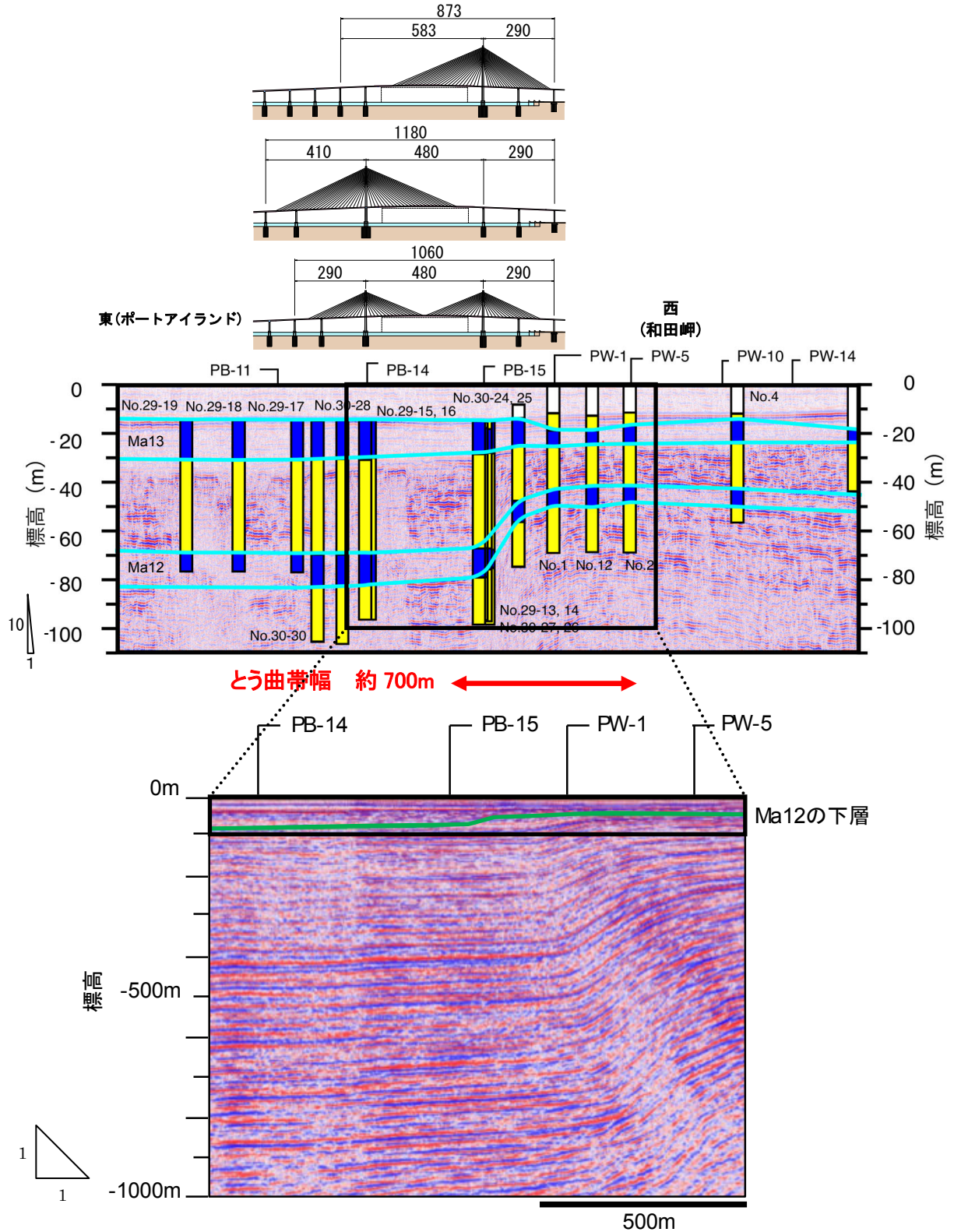
〔主な検討結果〕

検討により得られた主な結果は、以下の通りである。

- 和田岬断層（神戸西航路部）は、計画ルート上に幅約 700mのとう曲帯が現出する。
- 断層の活動間隔の推定に基づき、とう曲変位量を推定した。
- 推定されたとう曲変位量による上部構造への影響は、安全性に影響を与える程度ではない。

○現地調査結果に基づくとう曲帯の推定

1 主塔斜張橋（和田岬側）および2 主塔斜張橋において、主塔の一部がとう曲帯に位置することを確認した。とう曲変位による上部構造への影響は、安全性に影響を与える程度ではないことを確認したものの、不測の事態（とう曲位置や変位量の不確定性等）に対するリスクも考慮した上で、橋梁形式を選定することとした。



神戸西航路部のとう曲（和田岬断層）

○断層（とう曲）に対する橋梁形式選定の方針

道路橋示方書では、断層の影響を受けないように架橋位置又は橋の形式の選定を行うこととされている。このため、断層上の堆積層に見られるとう曲についても、影響を受けないように、とう曲を避けた架橋位置又は橋の形式の選定を行うことが望ましい。

本橋梁区間にある和田岬断層のとう曲は、神戸西航路の西側の幅約 700mに地層傾斜として現出する。このため、神戸西航路を跨ぐ長大橋はとう曲による地層傾斜のない航路の東側（ポートアイランド側）に主塔が位置する 1 主塔斜張橋の形式を選定することで対応が可能である。よって、本案も比較案として選定した。

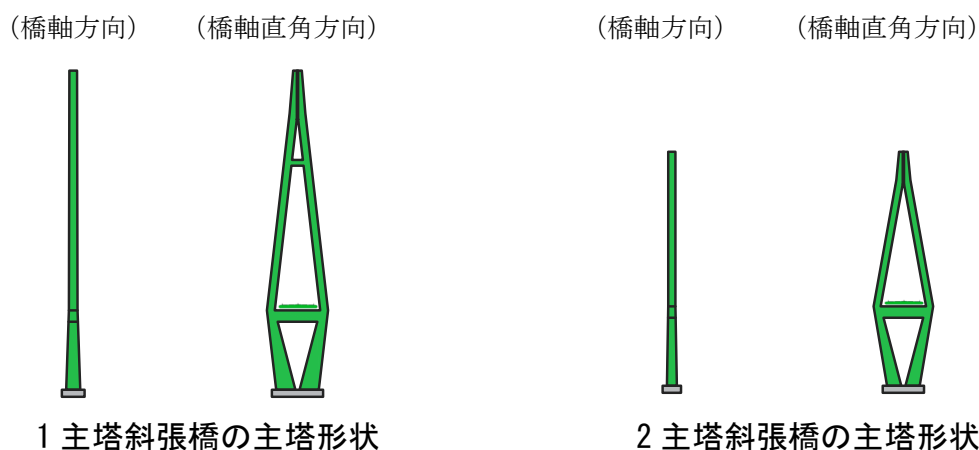
② 橋の剛性確保に関する検討

1 主塔斜張橋では、橋の剛性が小さくなる傾向にあるが、構造の最適化により必要な剛性が確保された。

③ 各部材形式に関する検討

○主塔形状

種々の主塔形状を比較した結果、経済性および計画コンセプトへの適合性の観点から橋梁形式比較案3案ともダイヤ型主塔を基本とした。



○主塔材料

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。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年に改定された道路橋示方書に基づくと、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/mm²を想定した。

○主桁形式

鋼1箱桁および鋼2箱桁の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1箱桁とした。



主桁形状

○主塔基礎形式

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。

3) 橋梁形式の選定

長大橋の形式選定に関わる個々の課題検討の結果を踏まえ、橋梁形式比較案 3 案を比較した。

比較 3 案の初期建設費、及びライフサイクルコスト (LCC) はほぼ同等である。2 主塔斜張橋に対して、1 主塔斜張橋の両案はいずれも景観性に優れると評価した。2 つの 1 主塔斜張橋のうち、1 主塔斜張橋 (和田岬側) は、平面線形にも優れるものの、とう曲の不確定性に対してリスクを抱える課題が残る。1 主塔斜張橋 (ポートアイランド側) は、斜張橋の最も重要な部材のひとつである主塔へのとう曲の影響を相対的に最も小さくできる。

この課題に対して、技術検討委員会において議論を重ね、平面線形の改善ととう曲リスクを比較衡量した結果、とう曲リスクを相対的に最も小さくできる、東側 (ポートアイランド側) に主塔が位置する 1 主塔斜張橋を選定した。

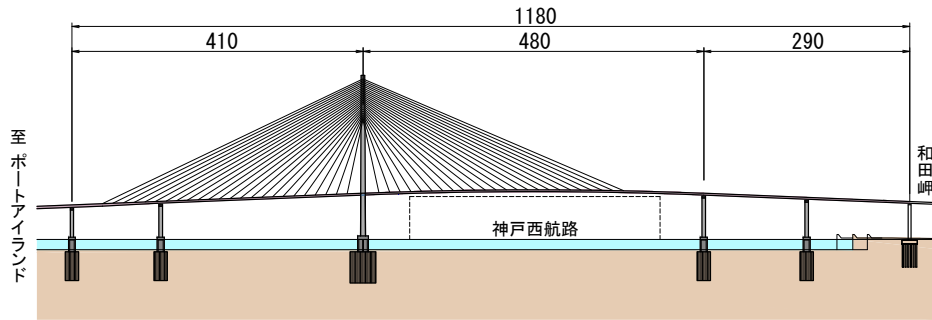
各橋梁形式の総合評価（神戸西航路部）

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>【第1案】 1主塔斜張橋（和田岬側）</p> <p>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 0.99 LCC 0.99</p> <p>【走行性】海上高架橋部の線形改善が可能</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>【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>	
<p>【第2案】 1主塔斜張橋（ポートアイランド側）</p> <p>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 1.01 LCC 0.99</p>	<p>【地盤変位】とう曲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>
<p>【第3案】 2主塔斜張橋</p> <p>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 1.00 LCC 1.00</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>【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主塔斜張橋と比べて、活荷重たわみが小さく固有振動数が大きいため、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>

長所 短所

選定した橋梁形式：1主塔斜張橋（ポートアイランド側）

- 航路幅より決定される支間長を設定し、1主塔でケーブルを配した斜張橋
- 主塔は神戸西航路の東側（ポートアイランド側）に配置
- 最大支間長が480mで1本主塔の斜張橋としては、世界最大規模



1主塔斜張橋（ポートアイランド側）

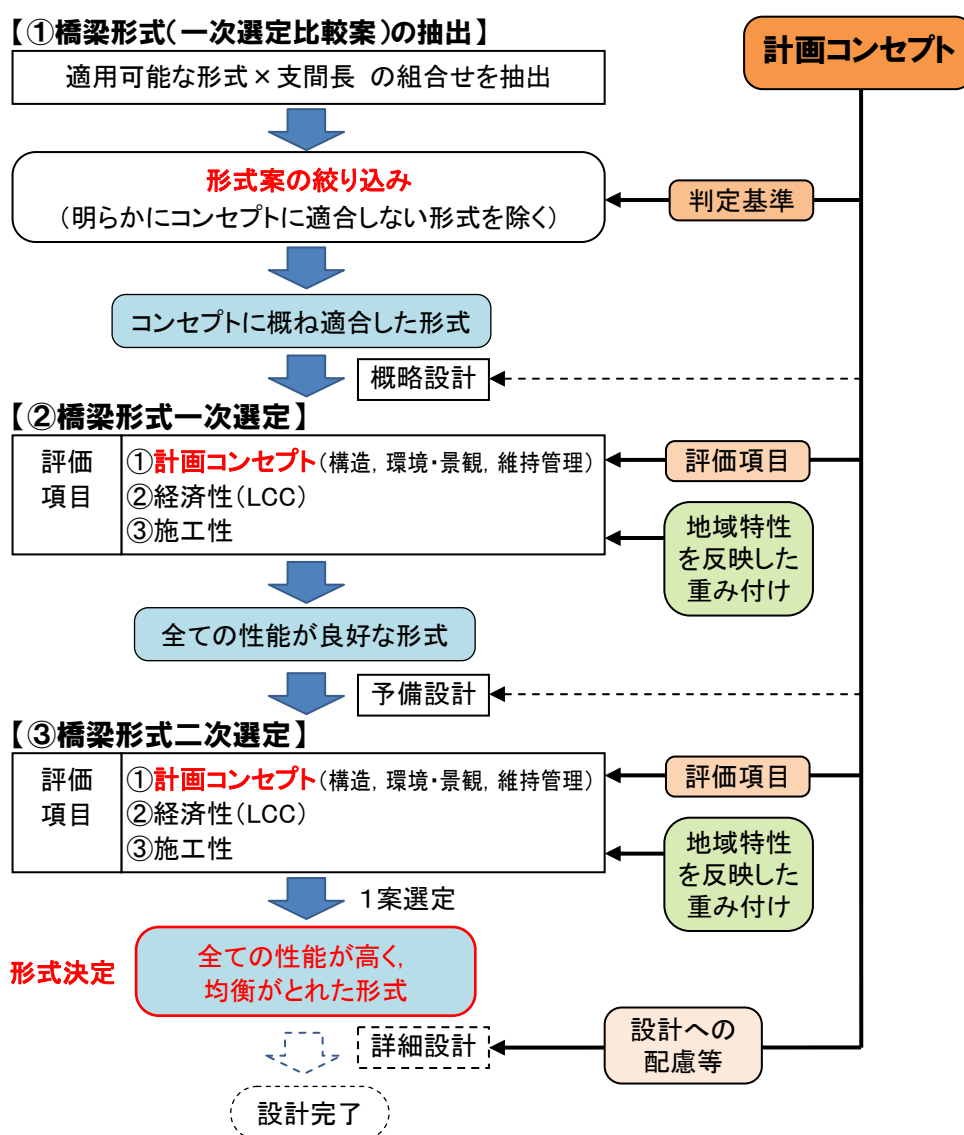
- 主 桁：鋼桁
- 主 塔：鋼製主塔（ダイヤ型を基本）
- 主塔基礎：鋼管矢板基礎

5.3 陸上高架橋の橋梁形式

(1) 高架橋の橋梁形式選定の方法

陸上部高架橋の橋梁形式の選定にあたっては、計画コンセプト（案）に適合することを基本に、施工性、経済性（ライフサイクルコスト）にも配慮して、最適な橋梁形式を選定する。

具体的には、橋梁形式の比較における各段階において、計画コンセプト（案）に基づく形式案の絞り込み、および評価を行う。特に景観の観点から、3つの陸上部区間（六甲アイランド島内、ポートアイランド島内、和田岬以西）の地域特性を踏まえ、海上部長大橋を含めた全線での連続性にも配慮した形式を選定する。



なお、各地域において重要となる視点場を「景観上特に配慮すべき箇所」として選定し、橋梁形式比較では、整備前後を比較し景観への影響を確認するものとした。

(2) 景観上特に配慮すべき箇所

各地域における景観上特に配慮すべき箇所（視点）を以下の通り選定した。

1) 六甲アイランド地区

新たな道路が、六甲連山やまちなみと調和することを目指し、住民が日常生活のなかで頻繁に目にする視点からの眺めを重視し、海上橋梁と連続した景観となる視点を加えた7箇所を選定した。現在、計画コンセプト（案）と地域特性を踏まえた比較評価に基づいて橋梁形式を選定し、景観整備方針（案）に基づき維持管理性にも配慮した構造形式及び細部構造の検討を進めている。



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	新港灘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 <u>圧迫感が感じられる視点</u> である。また既存高架橋との <u>接続部を近視点で視認</u> 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 <u>圧迫感が感じられる視点</u> 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、 <u>近景視点でゾーン内の大部分の高架橋を視認可能</u> である。また高架橋に近接し <u>橋梁の圧迫感が感じられる視点</u> 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異なる橋脚形式が同時に視認されるため、 <u>煩雑な印象となりやすい視点</u> 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異なる橋脚形式が同時に視認される視点である。

視点③：アイランド北口駅



視点⑥：六甲大橋南交差点



※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。

六甲アイランドの景観上特に配慮すべき視点の例

2) ポートアイランド地区

新たな道路が、にぎわいのあるまちと調和することを目指し、大学前など人々が集まる西側のエリアを中心に、海上橋梁と連続した景観となる視点を加えた6箇所を選定した。今後、選定した箇所からの景観に特に配慮し、橋梁形式等を選定する予定である。



視距離	視点場	分類	高架橋の見え方
中景	陸域 ①高層集合住宅 (三宮地区)	住民の 視点場	陸側の住民からの視点で、 <u>ゾーン全体および新港灘浜航路橋との接続部</u> を視認できる視点である。
	海域 ②クルーズ船 (第三航路)	移動交通体	六甲連山、市街地を背景として、 <u>新港灘浜航路橋とポートアイランド地区高架橋の接続部</u> を視認できる視点である。
近景	近隣 陸域	③ポートライナー	新交通/住民の視点場 ポートライナーを長支間で跨ぐ橋梁が存在し、 <u>住民の近景視点で橋梁の圧迫感</u> が感じられる視点である。また <u>神戸大橋ランプ部、ポートライナー、西伸部高架橋が錯綜し煩雑な印象</u> となりやすい視点である。
		④大学前歩道橋	住民の視点場 開放的な周辺状況の中で、 <u>大学等低層施設を背景に高架橋が認識</u> できる。 <u>公園に向かう住民や大学に向かう学生等の歩行者の往来が多く頻繁に高架橋が視認</u> される。
	⑤近隣高層集合住宅	住民の視点場 開放的な周辺状況の中で、 <u>大学等低層施設、六甲連山を背景に、大学前高架橋のほぼ全域を視認</u> できる。 <u>橋梁の圧迫感が感じられる視点</u> でもある。	
	沿道	⑥大学前歩道橋下	交差点 人通りが多い箇所であり、 <u>周辺での土地利用の可能性もあり桁下の圧迫感に特に留意する区間</u> からの視点である。

視点⑥：大学前歩道橋下



視点④：大学前歩道橋



ポートアイランドの景観上特に配慮すべき視点の例

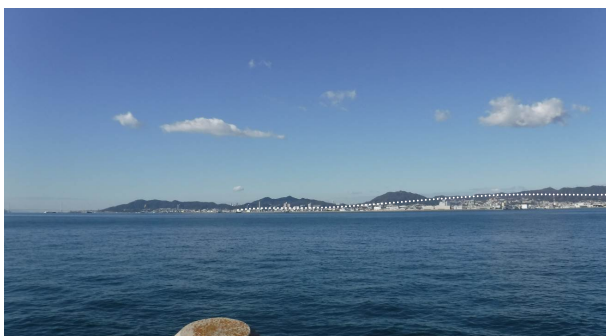
3) 和田岬地区

新たな道路が、みずぎわの広がりのある風景と調和することを目指し、海や山を背景に高い位置にある高架橋が生み出す眺めを評価する観点から5箇所を選定した。今後、選定した箇所からの景観に特に配慮し、橋梁形式等を選定する予定である。



視距離		視点場	分類	高架橋の見え方
中景	海域	①空港島西緑地	公園緑地	六甲連山、市街地を背景として、 <u>神戸西航路部も含めて西伸部の高架橋を連続的に視認</u> できる視点である。
		②クルーズ船	交通移動体	観光クルーズ船の航路にあたり、六甲連山、市街地を背景として、 <u>和田岬以西～ポートアイランドにかけて連続的に視認</u> できる視点である。
近景	近隣	③近隣高層集合住宅	住民の視点場	高層の建物から海を背景として、 <u>住民からの視点でゾーン内高架橋全線および神戸西航路橋との接続部が視認</u> できる視点である。
		④吉田町周辺	住民の視点場	手前の運河から続く海を背景とした <u>伸びやかな風景の中にかかる高架橋を居住地から連続的に見られる</u> 視点である。
	沿道	⑤遠矢浜公園	住民の視点場	地域の公園として住民利用がある視点場から橋の桁下、橋脚が視認できる視点である。

視点①：空港島西緑地



視点⑤：遠矢浜公園



和田岬の景観上特に配慮すべき視点の例

6. 新技術の活用

6.1 はじめに

新たな技術開発は、我が国のインフラの長寿命化における安全性向上やコスト削減、さらには建設技術の国際競争力向上の観点からも極めて重要であり、事業者である国土交通省、阪神高速道路㈱としても、積極的に取り組むべき課題である。

本委員会では、鋼床版の疲労亀裂損傷の問題に対応すべく開発された、高耐久かつ軽量のUFC（超高強度繊維補強コンクリート）床版、ならびに、大地震に対して致命的な状態に至らず復旧を容易に行えるよう、損傷制御の考え方を導入した鋼管集成橋脚の二つの新技術の活用について検討を行った。

6.2 新技術の評価

(1) UFC床版（ワッフル型）

1) 概要

- 材料に超高強度繊維補強コンクリート（UFC）を採用した、超軽量のプレキャストPC床版。
- 土木学会「超高強度繊維補強コンクリートの設計・施工指針（案）」が整備。
- ワッフル型については従来の鋼床版に対応した形式として開発。

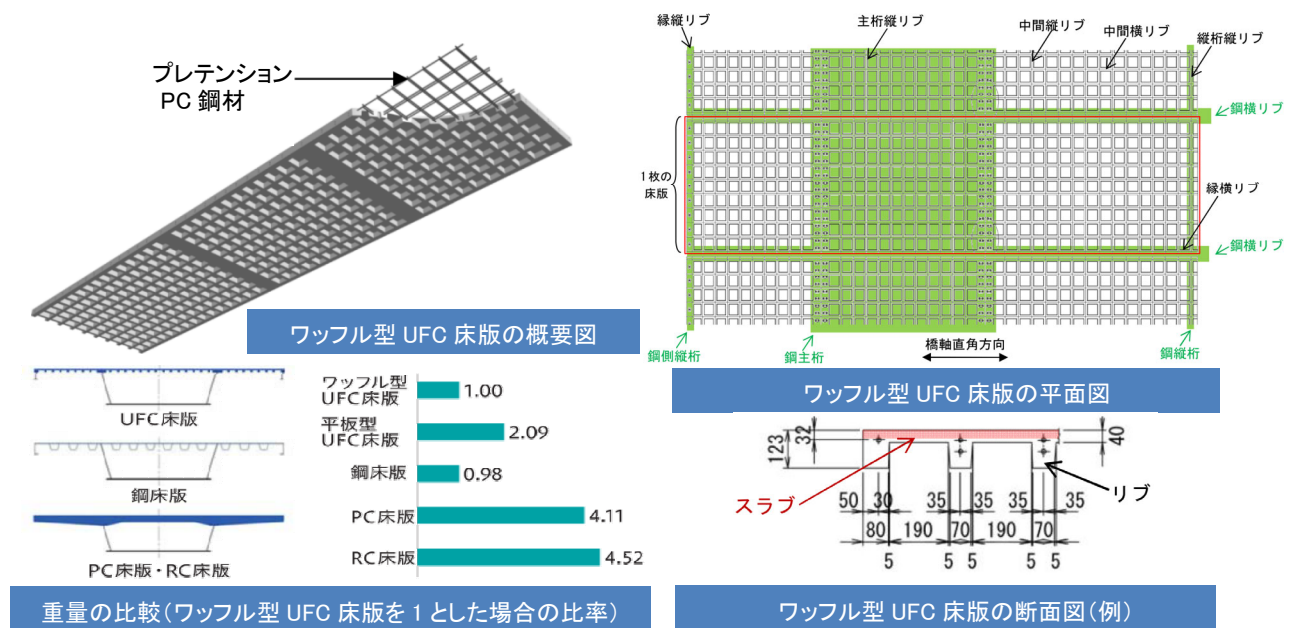
UFC の材料特性と施工性		
材料特性	圧縮強度	180 N/mm ²
	ひび割れ発生強度	8.0 N/mm ²
	引張強度	8.8 N/mm ²
	ヤング係数	4.6 × 10 ⁴ N/mm ²
	単位体積重量	24.5 kN/m ³
施工性	モルタルフロー	23～27 cm
	養生方法	蒸気養生(85℃で約1日)



鋼繊維（補強鋼材）

○ 構造的特徴

- 橋軸・橋軸直角の2方向にPC鋼材を配置し、強度を確保。
- UFC（鋼繊維を含む）およびPC鋼材が引張に抵抗し、鉄筋は配置されない。
- 部材厚を薄くでき、軽量化が可能。
- UFCは緻密なセメント質複合材であり、かつ、使用時にひび割れを許容しないため、物質浸透に対する抵抗性が極めて高いため、塩害環境下でも耐久性が高い。
- 床版同士の接合はPC鋼棒で接合される。



○ 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。

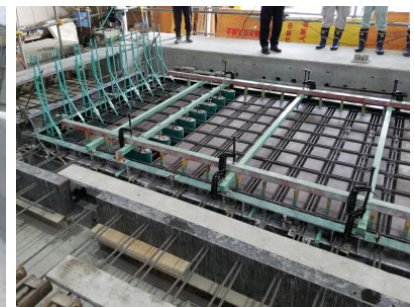
- 阪神高速 15 号堺線玉出入口の床版取替え (2018 年施工完了：平板型 UFC 床版)
- 阪神高速 1 号環状線信濃橋入口の新設工事 (2019 年施工中：ワッフル型 UFC 床版)



平板型 UFC 床版の架設



玉出施工完了



ワッフル型 UFC 床版の製作

2) 評価

この技術の評価するに当たって、各小委員会での議論に加え外部有識者からヒアリングを行った。その結果、当委員会の考える評価は以下の通りである。

- 顕在化している鋼床版の疲労亀裂の問題に対応する技術として有用性が高く、将来的には海上部橋梁を含め、広く適用されることも想定される。
- 維持管理、LCCの観点からもメリットが大きい。
- 適切な床版厚や接合部の施工方法などについては、設計条件に即した更なる分析・検討を要する。

このため、詳細設計段階で更なる分析・検討を進め、本事業においても積極的に活用することを検討すべきである。

3) 今後の検討の着目点

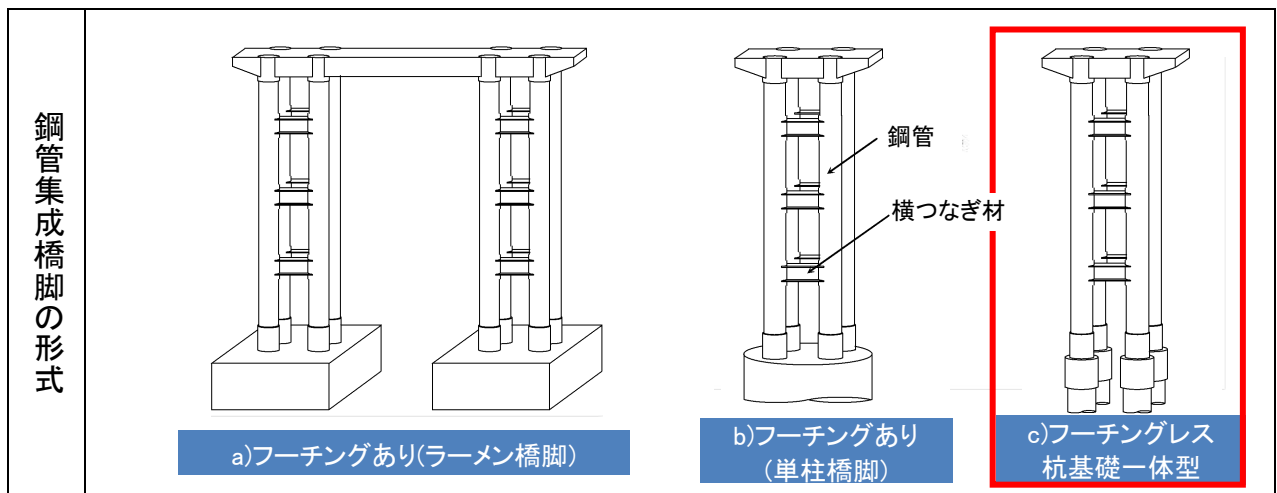
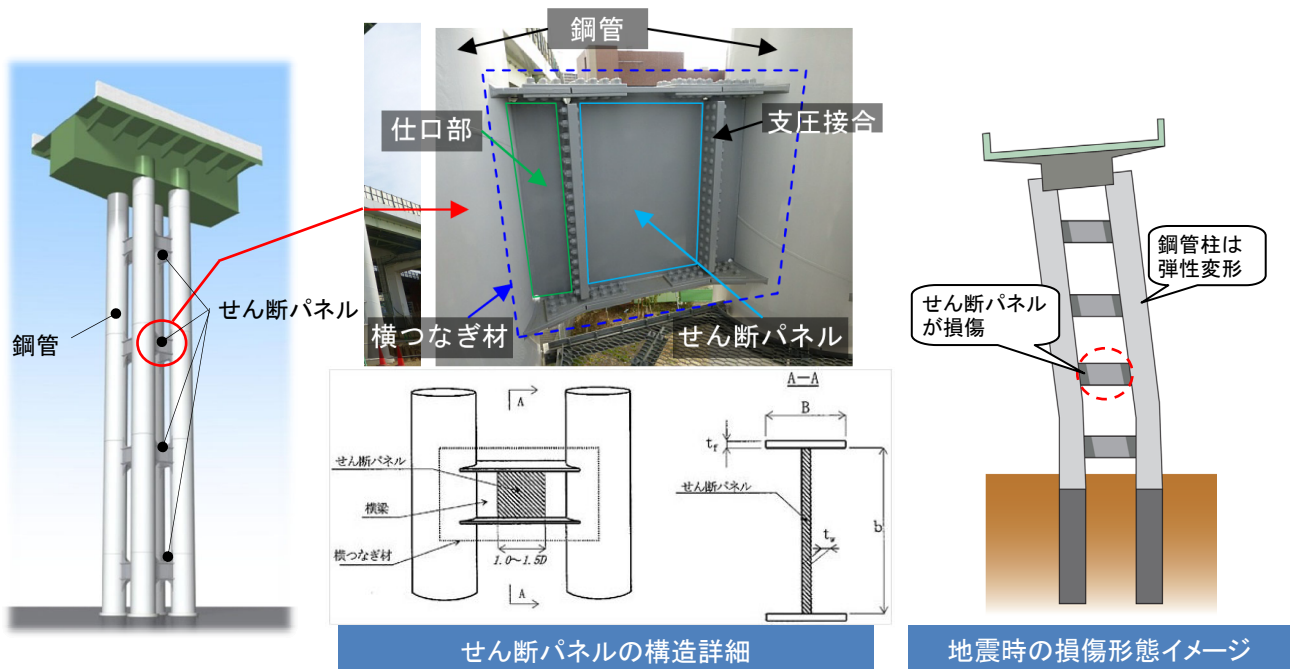
今後、床版として性能や接合部の性能、維持管理手法などについて、他の施工箇所でのモニタリング等により影響を明らかにすることが望まれ、検討の着目点をまとめた。

項 目	着 目 点
床版としての性能について	<ul style="list-style-type: none">• 床版厚（床版たわみへの対応）• 耐火性能の確認• 疲労に対する破壊形態の把握
接合部の性能について	<ul style="list-style-type: none">• 疲労に対する破壊形態の把握
設計について	<ul style="list-style-type: none">• 制限値（安全率）の設定• 曲げ圧縮領域の設定
施工について	<ul style="list-style-type: none">• 鋼繊維の配向性に配慮した製作方法の確立• 接合部の現場施工方法の確立
維持管理について	<ul style="list-style-type: none">• 維持管理計画の策定

(2) 鋼管集成橋脚

1) 概要

- 損傷制御設計の思想により、橋脚としての耐震性能の向上を目的とした鋼製橋脚。
- 複数本の既製鋼管を、履歴型ダンパー機能を有する複数段の横つなぎ材（低降伏点鋼を用いたせん断パネル）で連結して橋脚とした構造。
- 死荷重や活荷重などの鉛直荷重を主部材である鋼管柱で受け持ち、地震力などの水平荷重に対しては鋼管柱と横つなぎ材（せん断パネル）が抵抗する。



○ 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 $H=20\text{m}\sim 40\text{m}$ の橋脚に適用が可能。

○ 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)

2) 評価

この技術の評価するに当たって、各小委員会での議論に加え外部有識者からヒアリングを行った。その結果、当委員会の考える評価は以下の通りである。

- 損傷制御設計の考え方は、耐震上の効果大きい
- 鋼管集成橋脚は、今後、都市部など用地制約を受ける箇所でも有用性が高い技術であり、実用化に向けた検討を進めていかなければならない。
- ただし、現時点では、解析・実験データと現地実測データの整合性分析が乏しいため、現地データの収集・分析を進める必要がある。

このため、特にフーチングレス（杭基礎一体型）について、施工箇所での現地データの収集・分析を進めるため、これまでに実績のある耐震デバイスではなく、本事業における本格構造として採用することを検討すべきである。

3) 今後の検討の着目点

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

6.3 まとめ

今回評価した2技術について、本事業における適用箇所、規模を事業者において適切に検討するとともに、これらに限らず、他の新技術も積極的に採用を検討すべきである。

個別のプロジェクトで採用されることを通じて個々の技術が実用化・汎用化されていくことにより、新たな競争環境が生まれ、従来技術に対しても開発・改良のイノベーションが期待できる。

7. 今後の予定

本委員会では、大阪湾岸道路西伸部の一連の高架橋部および長大橋部について、事業の目的や計画コンセプトに合致する形式について検討してきた。これまでの検討で、新港・灘浜航路部および神戸西航路部において、今後に詳細を検討していくための橋梁形式が選定され、ここにとりまとめることができた。

今後は、それぞれの航路部での部材等の基本構造の詳細検討において、残された課題（とう曲による橋への影響について、詳細な検討と対策、風洞試験による耐風性の検証など）に対する検討を行っていくとともに、新技術の適用に向けて、現場条件への適合性や施工性に係る留意点等について検討を進める必要がある。さらに、路線全体の課題の議論を進めていく。

以 上