

パラオ共和国
KB橋建設計画

基本設計調査報告書

平成10年12月

JICA LIBRARY



J1148327(8)

国際協力事業団
日本工営株式会社
オリエンタルコンサルタンツ株式会社

調無三
CR(4)
98-200

パラオ共和国
KB橋建設計画

基本設計調査報告書

平成10年12月

国際協力事業団
日本工営株式会社
オリエンタルコンサルタンツ株式会社



1148327 (8)

序文

日本国政府は、パラオ共和国政府の要請に基づき、同国の KB 橋建設計画にかかる基本設計調査を行うことを決定し、国際協力事業団がこの調査を実施いたしました。

当事業団は、平成 10 年 3 月 18 日から 4 月 16 日及び平成 10 年 7 月 5 日から 7 月 29 日まで基本設計調査団を現地に派遣いたしました。

調査団はパラオ政府関係者と協議を行うとともに、計画対象地域における現地調査を実施いたしました。帰国後の国内作業の後、平成 10 年 10 月 14 日から 10 月 23 日まで実施された基本設計概要書案の現地説明を経て、ここに本報告書完成の運びとなりました。

この報告書が、本計画の推進に寄与するとともに、両国の友好親善の一層の発展に役立つことを願うものです。

終わりに、調査にご協力と支援をいただいた関係各位に対し、心より感謝申し上げます。

平成 10 年 12 月

国際協力事業団
総裁 藤田 公 郎

伝 達 状

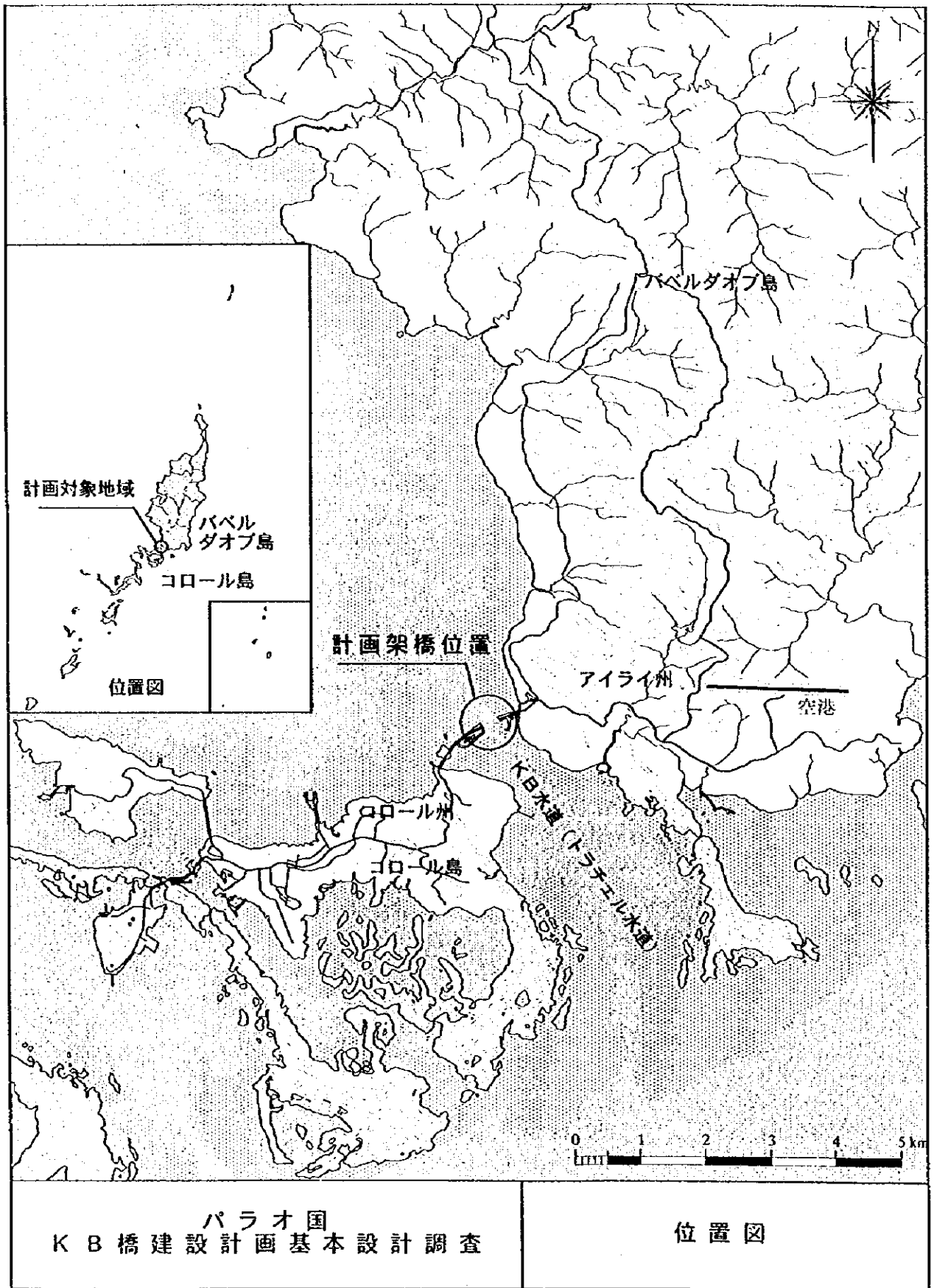
今般、パラオ共和国における KB 橋建設計画基本設計調査が終了いたしましたので、ここに最終報告書を提出いたします。

本調査は、貴事業団との契約に基づき日本工営株式会社及び株式会社オリエンタルコンサルタンツとの共同企業体が平成 10 年 3 月 2 日より平成 10 年 12 月 3 日までの 9.0 ヶ月にわたり実施してまいりました。今回の調査に際しましては、パラオの現状を十分に踏まえ、本計画の妥当性を検証するとともに、日本の無償資金協力の枠組みに最も適した計画の策定に努めてまいりました。

つきましては、本計画の推進に向けて、本報告書が活用されることを切望いたします。

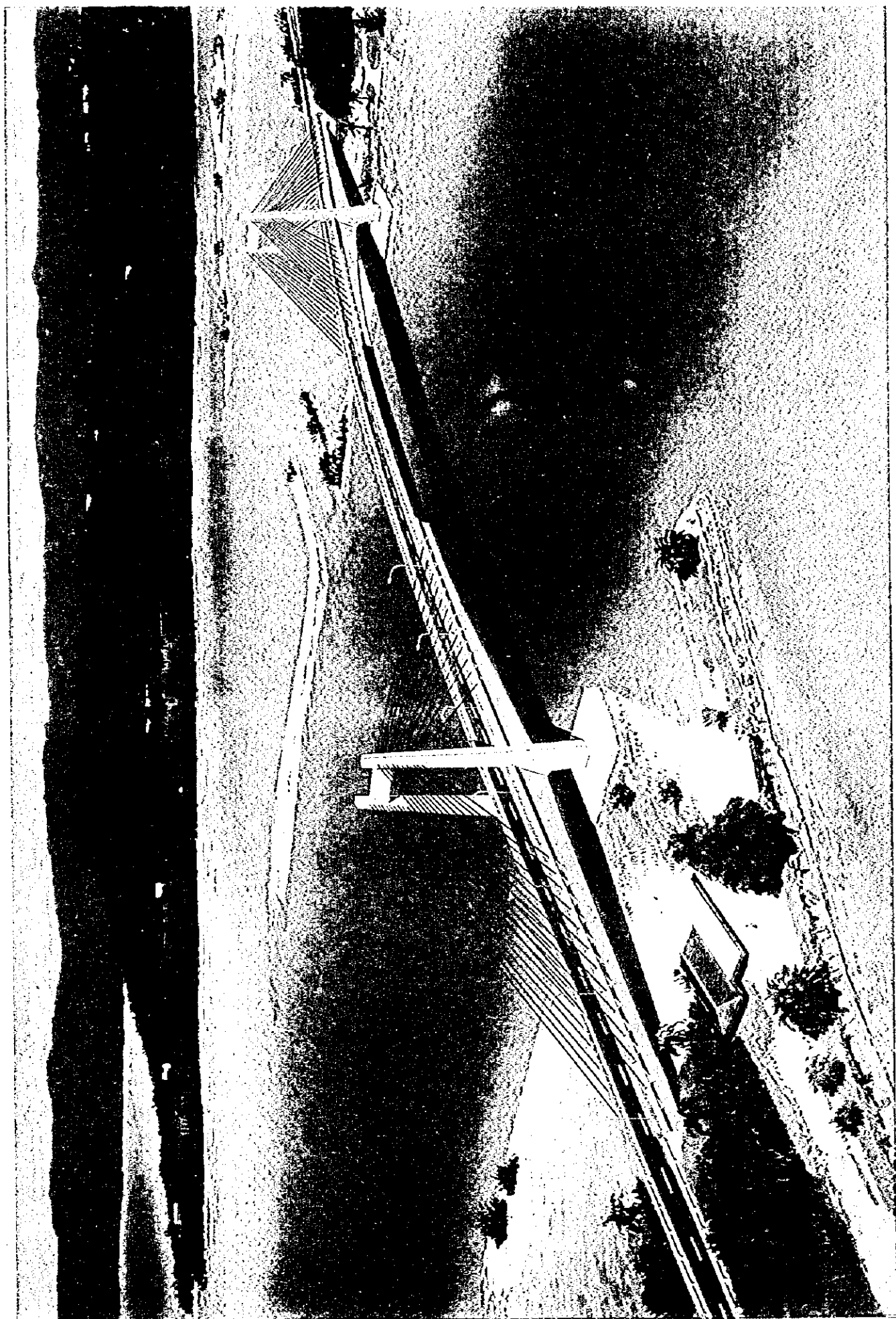
平成 10 年 12 月

日 本 工 営 株 式 会 社
株 式 会 社 オ リ エ ン タ ル コ ン サ ル タ ン ツ
共 同 企 業 体
パ ラ オ 国 K B 橋 建 設 計 画
基 本 設 計 調 査 団
業 務 主 任 大 鳥 久

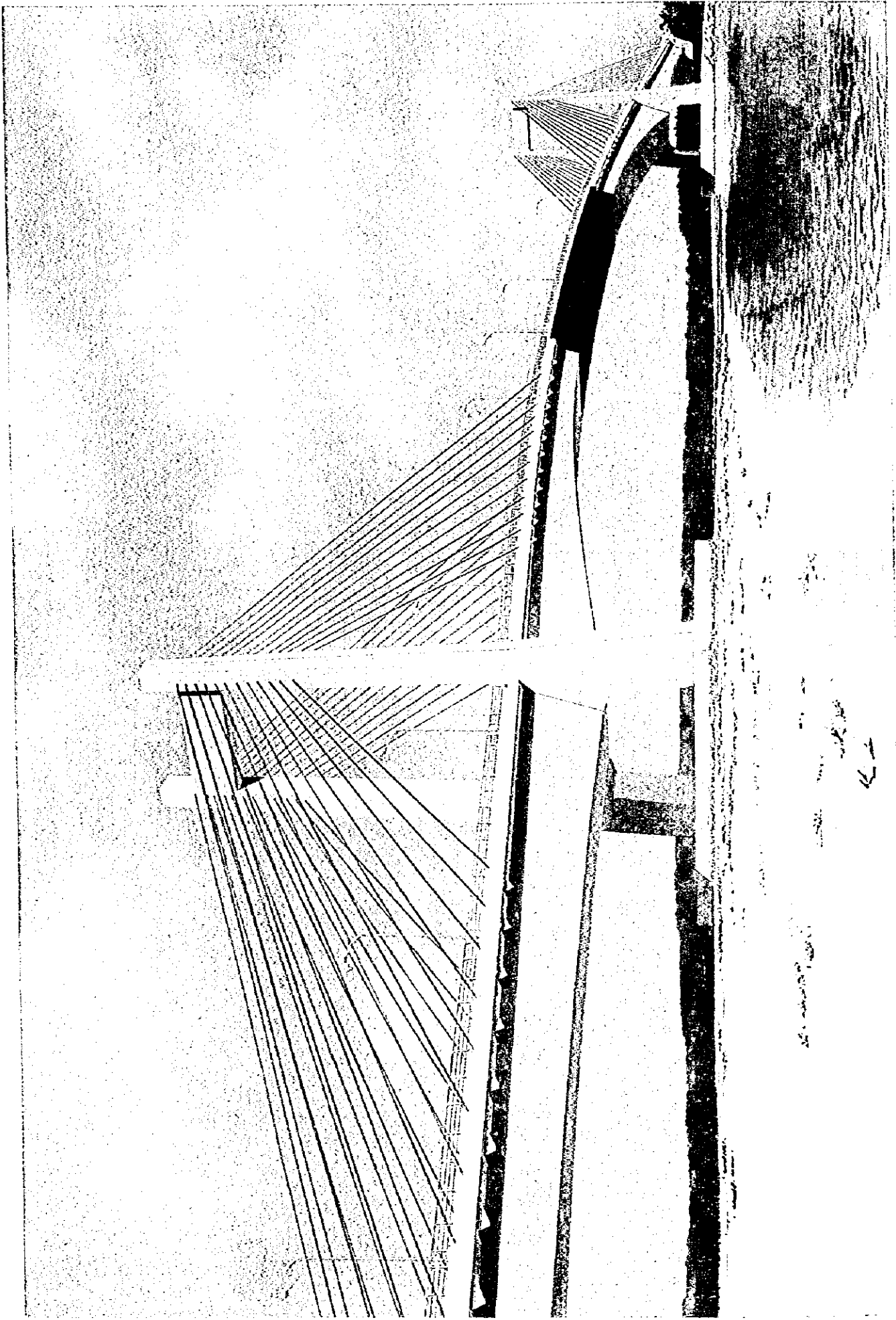


パラオ国
 K B 橋建設計画基本設計調査

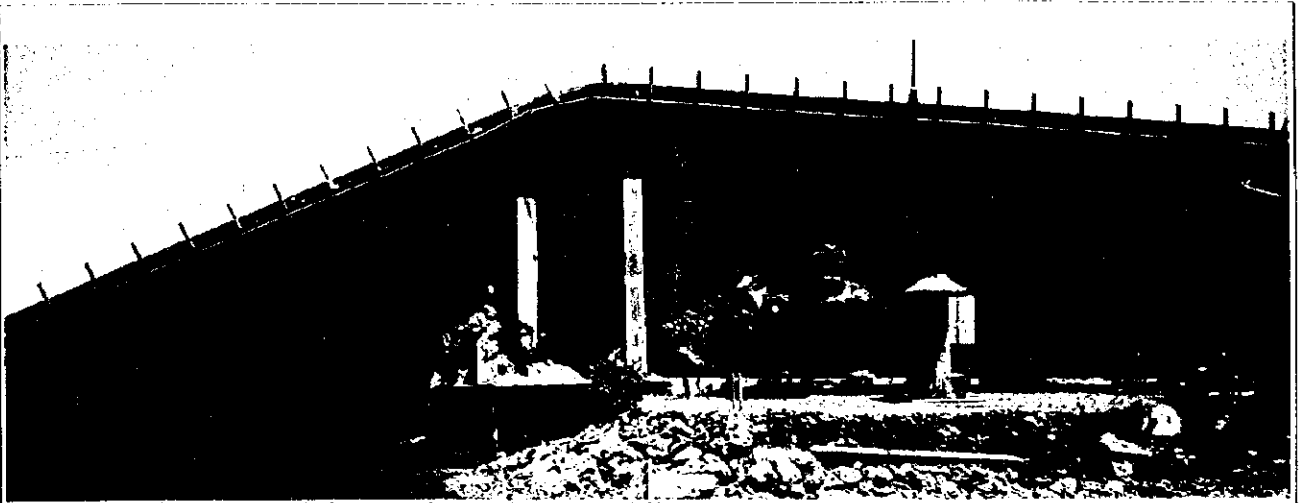
位置図



完成予想図 (1)



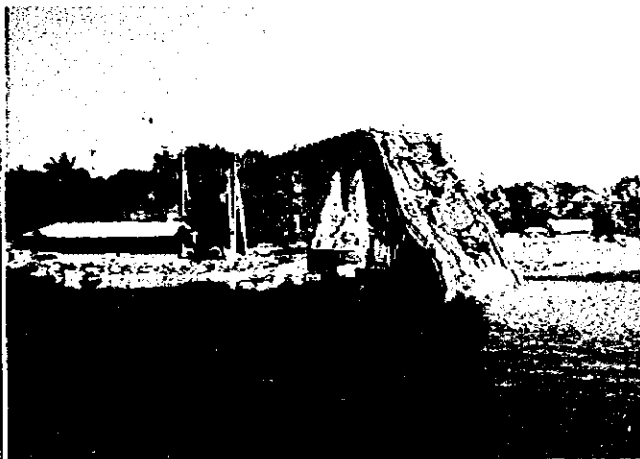
完成予想図 (2)



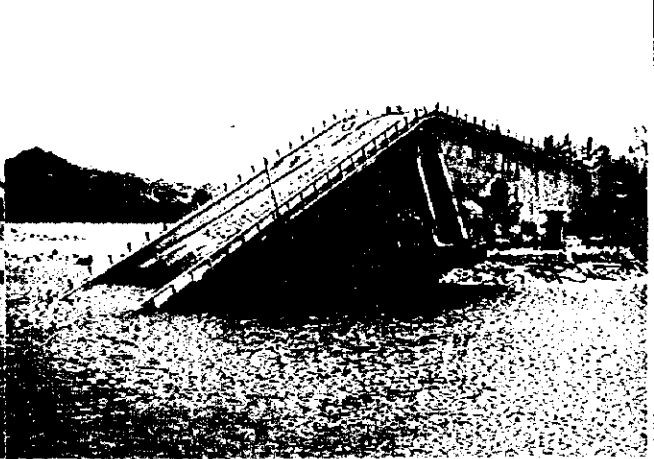
30-1側の支点上の剪断破壊による桁及び橋脚の崩壊状況
 コーレスジョイントや斜引張によるひび割れが観察されコンクリートの品質は悪い事が推察できる。



71-1側の桁及び橋脚の崩壊状況、30-1側と同様の損傷が観察できる。



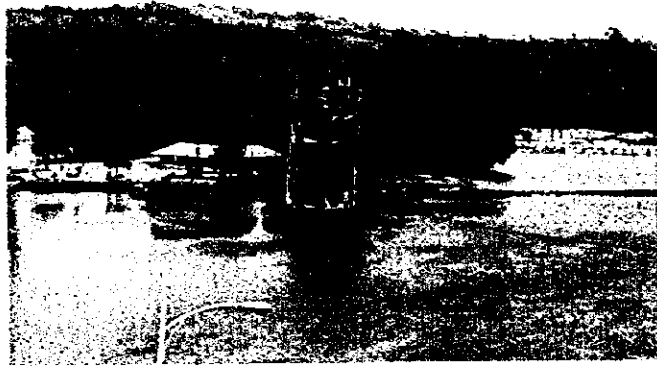
71-1側の残存した側径間の現況



30-1側の残存した側径間の現況



717側から見た30-側架橋位置の現況、旧橋右側に位置する慰霊碑の移設は不可欠である。



30-側から見た717側架橋位置の現況、旧橋右側の土地収用は難しく、左側の民家は新橋の架橋位置に拘わらず移転する必要がある。



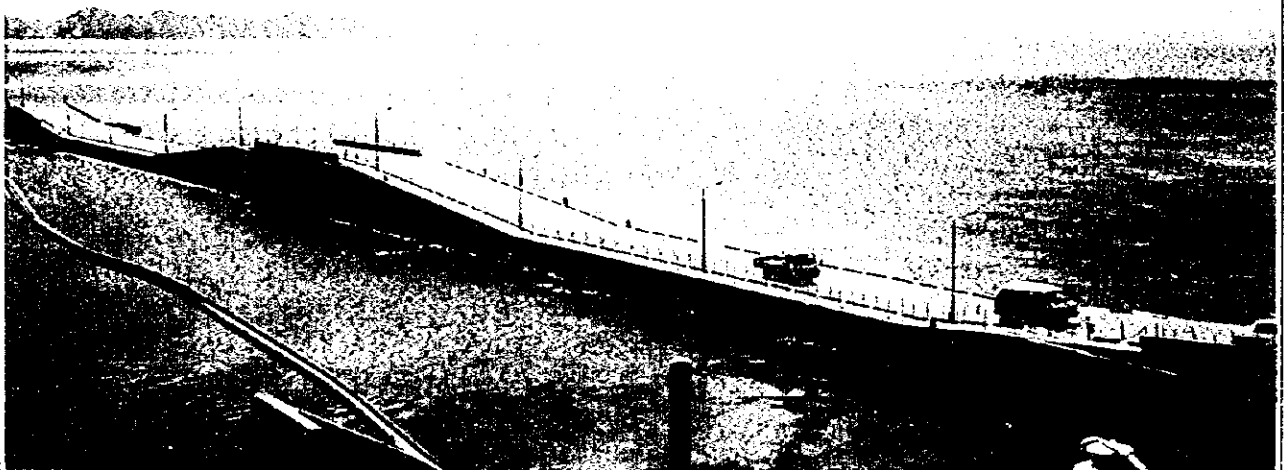
KB 橋崩壊に伴って発生したものと考えられる30-側「チカ」の上下方向に生じた最大幅 16mm の貫通クラック。従って基礎工の RC 杭も損傷を受けたものと考えられるので、基礎工の再利用は断念した。



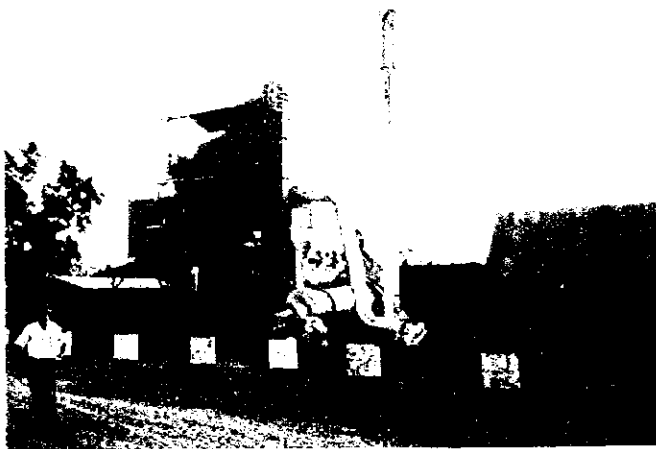
10-1側の橋梁部取付道路、現在使用されていないが路面状況は比較的良好であるので、出来るだけ再利用する計画である。



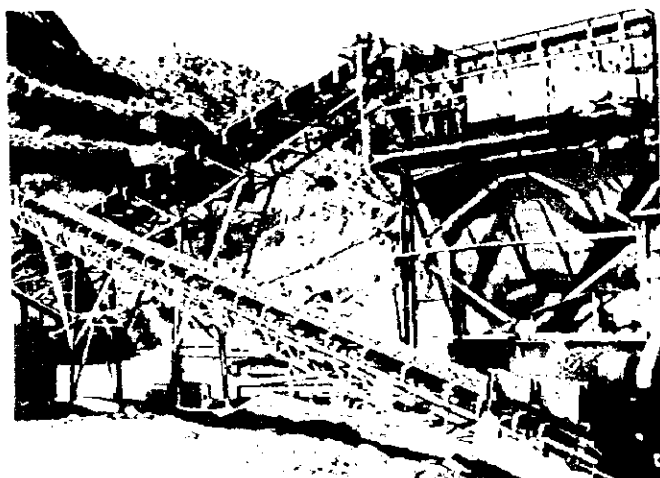
10-1側の橋梁部取付道路へ続くコースの現況



KB 橋崩壊後 1997 年 8 月に竣工した仮設浮橋、航路限界は 4.5m しかなく走行速度制限 (約 5km/h)、車輛重量制限(25ト)等の制約があり交通流の隘路となっている。且つ設計寿命は 5 年で、2002 年までである。



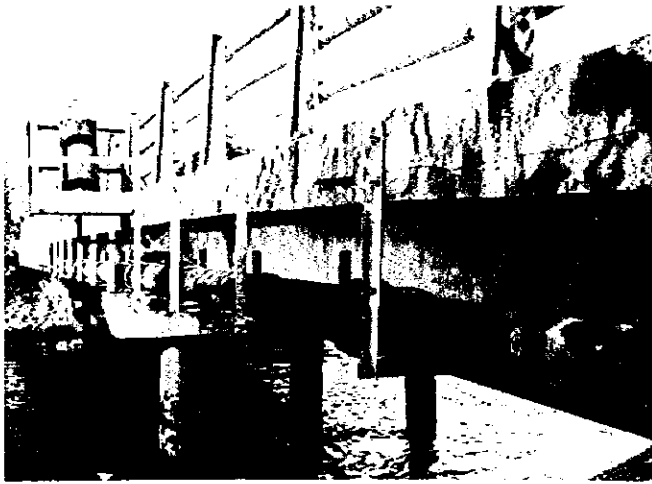
現地にあり使用可能なアスファルトパ
ャープラント。形式は新潟鉄工の
NP600Bで40ト/hの能力を有す。



マカ島にある現地業者所有の砕石
プラント、能力は30m³/hである。



パラオ国唯一の商業港であるマカ
港、岸壁延長155m、水深8.9mで
あるが荷役設備は無い。



コロン島とマカ島を結ぶコズウェー上に位置する港橋、上部工は健全であるが鋼管を使ったパイラント形式のパイルの腐食が進行しているため、資機材運搬時には注意を要する。



コロン州の水源であるバベルダグ島のアイライ州北部に位置する取水用ダム。



バベルダグ島のアイライ州に位置する既設道路の現況、現在は土道であるが1999年初頭よりアメリカの援助でアスファルト道路として改良される予定である。

略語集

AASHTO	:米国運輸道路技術協会
EIA	:環境影響評価書
EL	:標高
E/N	:交換文書
EQPB	:環境保全委員会
GOJ	:日本政府
GOP	:パラオ共和国政府
HHWL	:最高高潮面
ICTV	:パラオケーブルテレビ会社
JICA	:国際協力事業団
KB 橋	:コローラーハベルダ'オブ'橋
KN	:キロ-ニュートン
MHHWS	:大潮平均高潮面
MLLWS	:大潮平均低潮面
MOS	:内務省
MPa	:メガパスカル
MRD	:資源・開発省
MSL	:平均潮位
N	:ニュートン
LLWL	:最低低潮面
OPS	:計画・統計局
PC	:プレストレストコンクリート
PNCC	:パラオ通信公社
PNC	:パラオ国議会
PUC	:パラオ電力公社
PE	:ポリエチレン管
PVC	:ビニールパイプ
RC	:鉄筋コンクリート
ROP	:パラオ共和国
ROW	:道路用地幅
t	:部材厚さ
USA	:アメリカ合衆国

要約

パラオ共和国はカリン諸島の西端、北緯2度から8度、東経 131 度から 135 度に位置し、海域面積 312 万 km²、陸地面積 488 km²を有する島嶼国である。同国を構成する 343 の小島は火山性のものと珊瑚礁から成るものがあり、このうち有人島は9島である。最大の島は面積 397 km² のバベルダオブ島で、パラオの総面積の 80%以上を占める。同国の総人口は 1995 年実施された特別中間国勢調査に基づけば、17,225 人で、1990 年調査時の 15,122 人に比べ 13.9%の増加で、年平均伸び率は 2.64%である。州別の人口分布ではコロール州が 12,299 人(71.4%)と圧倒的に多く、首都コロール周辺(コロール島、アラカベサン島、マラカル島)の人口密度の高さが伺える。

パラオ国の陸上輸送は車によるものだけで、他の交通手段はない。1997 年時点の車両のほとんどがコロール州及びバベルダオブ島南端ののアライ州で登録されている。1996 年におけるパラオ国道総延長は約 300km で、その内 32.8km が舗装道路でその大半はコロール州に位置している。同国唯一の商業港は、コロール州にあるマラカル港で、1996 年の貨物取扱量は約 10 万トン(輸入 9.6 万トン、輸出 0.7 万トン)であるがその規模は小さく、荷役設備はない。観光立国であるパラオ国唯一の国際空港はアライ州にある。その他の主要な社会基盤施設としてバベルダオブ島に発電所、取水ダム、浄水場があり、マラカル島には発電所がある。

コロール島とバベルダオブ島を結ぶ旧コロール-バベルダオブ橋(旧KB橋)は当時最長支間を有する3径間連続 PC 箱桁橋として 1977 年 4 月に米国の資金により米国系の建設会社により建設された。同橋はパラオ共和国の人口、行政、経済の中心であるコロール島と国土総面積の 80%を有し且つ天然資源の宝庫であり更に重要施設があるバベルダオブ島を結ぶものであった。しかし、1996 年 9 月 26 日、突然旧KB橋が崩壊し、この落橋によって交通遮断のみならずバベルダオブ島からコロール島に供給されていた主要な給水管、送電線、通信線、TV ケーブルをも寸断するに到った。仮設浮橋が完成した現在に至っても、仮設浮橋の維持管理の増大、輸送時間の延長、走行費用の増大、交通事故の増加、医療・教育施設への不便性、生産・輸送計画の不安定及びバベルダオブ島の開発の停滞等、パラオの社会・経済に負の影響を広範囲に及ぼしている。

上記状況を勘案して、パラオ政府は 1996 年12月日本政府に対して新 KB 橋の建設、給水管等の付帯施設の添架・移設及びリーフロートのフィージビリティスタディに対して無償資金協力を要請した。本プロジェクトの目的は旧KB橋に代わって、安全であり耐久性に優れた新 KB 橋を建設するものであり、それによりコロール島-バベルダオブ島間の安定した輸送システムを提供することにある。

パラオ政府の要請に基づき、日本国政府は同国の KB 橋建設計画に関わる基本設計調査を行うことを決定し、国際協力事業団(JICA)が同調査を実施した。

JICAは1998年3月18日から4月16日まで第1次基本設計調査団を現地に派遣し、調査団はパラオ政府関係者と協議を行うと共に、プロジェクトの背景、目的、内容等に係わる調査、パラオ側の実施体制・実施能力に係わる調査、調査対象地域における自然条件調査、交通量調査等を実施した。帰国後国内でプロジェクトの基本構想の検討、自然条件調査結果の解析を踏まえた橋梁代替案の作成及び最適計画案の予備選定等の作業を実施後、中間報告書を作成した。その後更に JICA は1998年7月5日から7月29日まで第2次現地調査を実施し、調査団は中間報告書の説明・協議を行うと共に施工関連調査及び調達事情調査等を実施した。帰国後国内で先方との協議を踏まえた最適橋種を含めた最適計画案を決定、基本設計、事業実施計画、積算等の作業実施後、1998年10月14日から10月23日まで基本設計概要書の現地説明を行った。

調査結果を踏まえて、パラオ国の要請内容に対して、本計画の協力範囲はパラオ国の交通の生命線である新 KB 橋建設のみを対象とし、付帯施設の添架・移設及びリーフロードのフィニッシュ・ステディは対象外とする事にした。

本計画の基本構想の骨子は次の通りとする。

- 新 KB 橋の規模は旧橋のそれと同等なものを原則とするが、新橋は架橋位置の種々な自然条件に耐え得るものとする。
- 旧橋はコンクリートが低品質である事に起因して構造物の健全度・信頼性が低く、旧橋崩壊によって損傷の可能性が大きいので旧橋部位の再利用はしないものとする。
- 水道管、電力線等の付帯施設に関しては、本計画では付帯施設の設置スペースと荷重のみを考慮するものとし、添架・移設はパラオ側の負担とする。
- 旧橋の取付道路は出来るだけ新橋に利用する。
- 新橋の耐用年数は50年とする。

最適計画案を構成する橋梁上部工形式、基礎工形式、架橋位置は次のように選定された。

橋梁上部工形式は架橋位置の地形を考慮すると、中央支間長は約 240m 前後が必要となり、一般的な適用支間長とその橋梁形式の関連を参考に、9の代替案を経済性、施工性、構造特性、工期、維持管理の観点から評価した結果、複合エクストラード橋を最適案として選定した。

基礎工形式は架橋位置の地質条件と上部工の反力規模を考慮すると、オープンケソンとオルケイシング工法による場所打杭が代替案となる。経済性及び工期の2点で場所打杭がオープンケソン基礎より優れているので、オルケイシング工法による場所打杭(べん杭)を選定した。更に杭径 2.0 m と 1.5 m の比較を行い経済性と工期の観点から杭径 2.0 m 案を最適案として選定した。

架橋位置は、旧橋と並行に旧橋から北西側へ 25 m シフトする案、旧橋と同位置に新たに建設する案、そして旧橋と並行して旧橋から南東側へ 25 m シフトする案の3案を経済性、施工性、工期、維持管理、環境への影響、用地買収の難易度及び補償費などの観点から評価した結果、旧橋と同位置に新たに建設する案を最適計画案として採用した。

これら検討を踏まえて本計画の施設規模は下記のように決定された。

-架橋位置	: 新橋の中心線は旧橋のそれと同位置に建設する。
-プロジェクト全長	: 442.3 m
-橋長	: 412.3 m
-橋梁形式	: 3径間複合エクストラード橋
-支間長	: 82 m + 247 m + 82 m
-橋梁幅員	: 車道幅員 8m、歩道 1.2m(片側)
-主塔	: 高さ 40.684 m のH型 RC 構造
-斜材	: 12段、PC鋼線にセメントモルタル及びポリエチレン管で被覆した仕様
-塔の基礎(コロール側)	: オールケイシング工法による現場打 RC 杭(2.0 m 径、25.5 m 長)
-塔の基礎(アイライ側)	: オールケイシング工法による現場打 RC 杭(2.0 m 径、30 m 長)
-橋台(コロール側)	: 単杭(オールケイシング工法の場所打ち杭径 2.0m、長さ 30m)の基礎工で支持された盛零橋台(橋台高7m)
-橋台(アイライ側)	: 単杭(オールケイシング工法の場所打ち杭径 2.0m、長さ 36.5m)の基礎工で支持された盛零橋台(橋台高7m)
-取付道路長	: 15 m(コロール側)、15 m(アイライ側)
-道路幅員	: 車線数:2、車線幅:3.0m 路肩幅:1.2m(歩道無し)、0.6m(歩道有り) 歩道幅:1.2m

本計画の全体工期は実施設計を含め36ヶ月程度が必要とされる。

本計画を日本の無償資金協力により実施する場合に必要な事業費は日本側 32.2 億円、パオ側 3.9 億円と見積もられる。尚、相手側が負担すべき維持管理費は年間平均 26,940ドルであり、この金額は資源・開発省の96年度予算の 0.7%程度なので充分対処出来る範囲にある。本計画の実施機関は資源・開発省の公共事業局が行い、完成後の維持管理は資源・開発省の公共事業局・営繕部が担当する。

本計画によって建設される施設の点検・維持・管理作業内容は、橋梁及び取付道路の点検・維持を年1回、強風時の鋼桁及び斜材の点検、鋼桁の定期的補修を5年に1回並びに鋼桁の定期的修繕を10年に1回程度行うことが必要である。

本計画実施による効果は次の通りである。

現状と問題点	本計画での対策	計画実施による効果
1. 旧橋崩壊(1996年9月)後、仮設浮橋が建設(1997年8月竣工)され現在に至っている。しかし、仮設浮橋の設計寿命は5年即ち2002年まででその供用荷重は25トンと制限されている。従って、仮設浮橋は現通行車両重量に対して耐荷力不足であり且つ高い仮設浮橋流出の可能性があり危険である。	パラオ国の活荷重基準であるHS20-44を適用して近代的で設計寿命50年の橋梁に架け替える。	<ul style="list-style-type: none"> — 橋梁流出確率の極端な低減によりハベルダオブ島及びコロル州の社会・経済活動が安定する。 — 仮設浮橋は今後とも相当の維持修繕費用が必要になるが、新橋の架け替えによって比較的安い維持修繕費で済む。よってこれら差額を維持修繕費用の節約(年間16,000ドル程度)として見込む事が出来る。
2. 仮設浮橋を通行する車両は走行速度制限約5km/hを強いられ、円滑な交通流の隘路となっている。また車輛の転落、追突等の交通事故が多発している。	新橋には設計速度50km/h、旧橋幅員と同等の2車線、車道幅員8.0mを適用し、又縦断線形及び平面線形共にAASHTO幾何構造基準に準拠した設計を採用した。	<ul style="list-style-type: none"> — 速度制限が解消され、輸送時間の短縮、走行費用の節約が可能となる。 — 交通事故の減少、交通の快適性の確保が期待される。
3. 仮設浮橋は航路限界として幅17m、高さ4.5mしかないため、海上交通に対して航路閉塞状態を呈している。	新橋の航路限界は旧橋のそれと同等の幅70m、高さ17mを採用した。	— 海上交通の接近性が大幅に改善されその輸送時間の短縮、走行費用の節約が可能となる。

本計画の実施に際しては以下のようなパラオ側負担事項があり、新橋供用までに手続きが円滑に行われる必要がある。

— 旧橋撤去

パラオ議会は旧橋撤去の予算措置を承認した。今後入札を経て1999年3月より準備工に着手し同6月に撤去工事を開始し同10月には工事完了予定である。しかし、本工事完了の遅れは本工事の遅れに直接繋がるので本工事完了までパラオ側が順調に撤去を行う必要がある。

— 環境アセスメント

パラオ国では全ての建設工事着工前に事業実施機関が環境影響評価書(EIA)を作成し、環境保全委員会(EQPB)の環境許可の取得を義務付けている。本計画の場合、事業実施機関である資源・開発省が撤去工事及び本工事に係わるEIAを作成し撤去工事及び本工事着工前にEQPBの環境許可の取得する事で合意している。従って、EIA作成及び環境許可の取得が順調に実施される事が望まれる。更に、工事中は施工業者に対しても環境保全に係わる具体的対策の実施の監理が不可欠である。

— 仮設浮橋の維持管理と撤去

仮設浮橋は工事中唯一の渡海手段であり工事関連の最重要既存施設であるが、新KB橋完成後は新橋の安全を脅かす障害物と位置付けられる。従って、パラオ政府により、新橋完成までは仮設浮橋の十分な維持管理が必要であり、新橋完成後は速やかに撤去を行う必要がある。

ルワンダ共和国
K B橋建設計画基本設計調査
基本設計調査報告書
目次

序文

伝達状

位置図／透視図／写真

略語集

要約

第1章	要請の背景.....	1
第2章	プロジェクトの周辺状況.....	2
2-1	当該セクターの開発計画	2
2-1-1	上位計画	2
2-1-2	財政事情	2
2-2	他の援助国、国際機関等の計画.....	3
2-3	我が国の援助実施状況	3
2-3-1	技術協力との関係	3
2-3-2	過去の関連援助.....	4
2-4	プロジェクト・サイトの状況.....	4
2-4-1	自然条件	4
2-4-2	社会基盤整備状況	6
2-4-3	既存施設の現状.....	7
2-5	環境への影響	8
第3章	プロジェクトの内容	10
3-1	プロジェクトの目的	10
3-2	プロジェクトの基本構想.....	10
3-2-1	計画構築の基本条件	10
3-2-2	最適計画案の選定	12
3-2-3	最適橋梁型式の最適化.....	26
3-3	基本設計.....	30
3-3-1	設計方針	30
3-3-2	基本計画	36
3-4	プロジェクトの実施体制.....	47
3-4-1	組織	47
3-4-2	予算	48
3-4-3	要員・技術レベル	48
第4章	事業計画.....	49

4-1	施工計画.....	49
4-1-1	施工方針.....	49
4-1-2	施工上の留意事項.....	50
4-1-3	施工区分.....	51
4-1-4	施工監理計画.....	51
4-1-5	資機材調達計画.....	56
4-1-6	実施工程.....	58
4-1-7	相手国側負担事項.....	60
4-2	概算事業費.....	61
4-2-1	概算事業費.....	61
4-2-2	運営維持・管理計画.....	61
第5章	プロジェクトの評価と提案.....	63
5-1	妥当性にかかる実証・検証及び裨益効果.....	63
5-2	技術協力との連携.....	64
5-3	課題.....	64

[資料]

1. 調査団員氏名・所属.....	資-1
2. 調査日程.....	資-3
3. 相手国関係者者リスト.....	資-5
4. 相手国の社会・経済事情.....	資-6
5. 参考資料リスト.....	資-8

図表目次

図-1最適計画案選定の流れ図	13
図-2予備的ルート代替案	14
図-3計画代替案	24
表-1架橋位置代替案の予備選定	15
表-2上部工形式の予備選定	17
表-3最適基礎工形式の比較検討	19
表-4最適杭径の選定	20
表-5最適上部工形式の選定	21
表-6基礎工位置の検討	23
表-7計画代替案の選定	25
表-8業務実施工程表	59

第1章 要請の背景

パラオ共和国はカロリン諸島の西端、北緯 2 度から 8 度、東経 131 度から 135 度に位置し、海域面積 312 万 km²、陸地面積 488 km²を有する島嶼国である。同国を構成する 343 の小島は火山性のもと珊瑚礁から成るものがあり、このうち有人島は 9 島である。最大の島は面積 397 km² のバベルダオブ島で、パラオの総面積の 80%以上を占める。バベルダオブ島内には 10 の州があり、南端のアイライ州にはパラオ国際空港がある。政治・経済の中心は隣接のコロール島で、道路で結ばれたアラカベサン島とマラカル島の 3 島でコロール州を形成している。同国の総人口は 1995 年実施された特別中間国勢調査に基づけば、17,225 人で、1990 年調査時の 15,122 人に比べ 13.9%の増加で、年平均伸び率は 2.64%である。州別の人口分布ではコロール州が 12,299 人(71.4%)と圧倒的に多く、首都コロール周辺(コロール島、アラカベサン島、マラカル島)の人口密度の高さが伺える。

パラオ国の陸上輸送は車によるものだけで、他の交通手段はない。1997 年時点の登録車両台数は約 6,500 台で、その約 95%がコロール州及びアイライ州で登録されている。1996 年におけるパラオ国道路総延長は約 300km で、その内 32.8km が舗装道路でその大半はコロール州に位置している。同国唯一の商業港は、コロール州にあるマラカル港で、1996 年の貨物取扱量は約 10 万トン(輸入 9.6 万トン、輸出 0.7 万トン)であるが、その規模は小さく荷役設備はない。アイライ州にあるパラオ国唯一の国際空港は、既設滑走路と航空管制施設の改善及び老朽化したターミナルの改築が当面の課題となっているが、年間約 73,000 人の観光客を受け入れている。その他の主要な社会基盤施設としてバベルダオブ島に発電所、取水ダム、浄水場があり、コロール州に送水電している。

コロール島とバベルダオブ島を結ぶ旧コロールーバベルダオブ橋(旧KB橋)は 1977 年 4 月に米国系企業により建設され、同橋はパラオ共和国の人口、行政、経済の中心であるコロール島と、国土総面積の 80%を有し天然資源及び重要施設が存在するバベルダオブ島を結ぶ当時最長支間を有する 3 径間連続 PC 箱桁橋であった。しかし、1996 年 9 月 26 日、突然旧KB橋が崩壊し、この落橋によって交通遮断のみならずバベルダオブ島からコロール島に供給されていた主要な給水管、送電線、通信線、TV ケーブルをも寸断するに到った。仮設浮橋が完成した現在に至っても、仮設浮橋の維持管理の増大、輸送時間の延長、走行費用の増大、交通事故の増加、医療・教育施設への不便性、市場圏の縮小、生産・輸送計画の不安定及びバベルダオブ島の開発の停滞等、パラオの社会・経済に負の影響を広範囲に及ぼしている。

上記状況を勘案して、パラオ国政府は新 KB 橋建設の緊急性、優先度を勘案して同橋の建設に係わる無償資金協力を 1996 年 12 月日本政府に対して要請した。その内訳は下記の通りである。

- 新 KB 橋の建設に関わる設計/施工
- 付帯施設の添架・移設、電力ケーブル、水道管、電話・TV ケーブル
- 旧 KB 橋の撤去
- リーフ道路のファイナリティ・スタディ

第2章 プロジェクトの周辺状況

2-1 当該セクターの開発計画

2-1-1 上位計画

アメリカ合衆国との自由連合協定第 231 項(a)に基づき、協定発効に先立ってパラオ国政府は国家開発計画を策定し合衆国の合意を取り付ける必要があった。従って、パラオ国政府は 1994 年 10 月 1 日の協定実施に向けて、1995 年～1999 年を対象とした経済開発計画を策定し合衆国に 1994 年 6 月提出した。

現在パラオ政府の国家上位計画と位置付けられている“経済開発計画 1995-1999 年”には下記 3 項目の国家開発目標が掲げられている。

- 自由かつ活気に満ちた市場経済に基づき経済的自立達成に資する基盤の構築
- 環境と文化の保全の枠組みを踏まえたパラオの人材、自然、科学技術資源の開発、及び
- 各州毎に均衡が取れかつ持続的開発に向けて計測可能な発展の達成

この経済開発計画の中では、上記国家開発目標の達成のためには、社会基盤の整備、特に総合的道路システム、給配水施設、下水・汚水処理施設、発電及び通信システム及び教育・訓練施設の充実を最重要課題と位置付けている。

その後パラオ政府は、1996 年 4 月に“国家基本開発計画 パラオ 2020”を策定し、その基本目標として下記 3 項目を掲げている。

- 持続性を伴うパラオ国民個々の実質的な経済成長の達成、
- 経済成長に伴う利益の均等な配分、
- パラオ文化の醸成・育成とパラオ国民意識の向上及び自然環境の保全

これら目標達成に対しても社会基盤の整備が最重点課題であると位置付けられている。

2-1-2 財政事情

第2次世界大戦後の 1947 年にパラオは米国の信託統治領として国際連合に承認され、その後 1994 年 10 月にパラオは国連信託統治終了と同時に米国との自由連合に移行し共和国として独立した。1990 年代初頭の同国の主要産業は自給を主体にした小規模沿岸漁業や自給用として営まれているココナツ栽培を中心にした農業であったが、1996 年に入ると観光業が同国の GDP に占める割合は 18%と7年間で4倍の伸びを示している。しかし、生産部門の脆弱さが大部分の消費財を輸入に依存せざるを得ない状況を生んでいる。国家財政は米国との自由連合協定に基づき米国の経済援助によって支えられており、即ち国家歳入の約 6～7 割が米国からの協定金によって賄われている。パラオ国にとっては経済的自立が最大の課題となっている。

ハワイ銀行発行の1997年パラオ経済報告に基づけば、1990年における国内総生産(GDP)は7,690万ドルで、国民1人当りGDPは5,085ドルであったが、1997年のそれらは15,980万ドル、8,806ドルで、1990年から1997年までのGDP年平均成長率は約30.0%を示している。しかし、国家歳入の約6~7割が米国からの協定金によって賄われている事を勘案すれば、実質的な国民1人当りのGDPは約3,500ドルと推算される。

パラオ国の経済指標の推移

単位:百万ドル

項目	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
国家歳入	36.2	37.5	43.2	47.5	53.7	52.9	173.8	72.2	60.1	52.9
国家歳出	38.9	41.6	46.8	47.4	49.9	50.4	62.8	68.5	56.0	59.9
GDP	-	-	76.9	83.9	82.5	75.9	88.9	117.6	145.3	159.8
GDP/人(\$)	-	-	5,085	5,403	5,176	4,639	5,297	6,827	8,217	8,806

出典:パラオ経済報告、ハワイ銀行、1997年11月

2-2 他の援助国、国際機関等の計画

パラオ国へは国際機関からの援助は無く、パラオ国への援助は主に2国間援助でその主要援助国は米国、日本、オーストラリア、ニュージーランドである。米国は協定金(総額4億5,000万ドル)の形で1994年10月から2009年9月までの15年間に亘り経済援助を続ける。オーストラリアは小規模無償協力や各種研修奨学金プログラムを実施しており、1993年の援助実績は約22万A\$であった。ニュージーランドは小規模技術援助や各種研修プログラムを実施している。

1998年のパラオ国への外国援助の内容は次の通りである。

種別	案件名	援助機関	金額(千ドル)
無償資金協力	コンパ外道路建設計画	米国内務省	150,000
	小規模資機材供与	オーストラリア	169

2-3 我が国の援助実施状況

2-3-1 技術協力との関係

パラオ国への技術協力は、1997年度迄の専門家派遣の累計7名、1997年12月より新規水産養殖専門家1名の派遣、更に1997年度迄の累計で69名の研修員受入がある。尚1996年9月のKB橋崩壊直後には日本から緊急援助チームが派遣された。

2-3-2 過去の関連援助

我が国からパラオ国へ有償援助は無く、関連する援助は全て無償資金協力であり、実績は次の通りである。

年度	案件名	金額(百万円)	概要
94年度までの累計		5,259	
95年	北部地域小規模漁業振興計画	190	バベルダオブ島北部4州に対して製氷機、小型漁船、漁具、発電機、船外機等の供与
	配電網整備計画	188	バベルダオブ島のアルモグイ州に34.5kVの送電線11km、13.8kVの配電線10km及び変電所の2ヶ所の建設
96年	電力供給改善計画	1,171	マラカルに3.4MW2基のディーゼル発電機を有する発電所の建設、700kVAの変圧器の敷設及び取付道路の建設
	電力供給改善計画(送配電線の延長)	976	34.5kVの送電線30kmの建設、13.8kV配電線23kmの建設及び変圧器の2ヶ所敷設
	北部漁村施設整備計画	303	ガラト州及びガラスマウ州に於ける取付水路の浚渫、護岸工及び待合室の建設
97年	電力供給改善計画(A国債1/2)	519	

2-4 プロジェクト・サイトの状況

2-4-1 自然条件

(1) 地形

コロール島とバベルダオブ島との間は、トアゲル(TOAGEL)海峡を挟んで約1.5 km 離れているが、水際線から水深2~3 mの珊瑚礁の浅瀬が広がり、海峡の深い部分の幅は230 mほどである。架橋地点は両島から海峡にせり出した珊瑚礁の浅瀬を埋め立てたところであり、コロール島からは延長1 km 程のコースウェーにより小さな島(Ngetmeduch 島)を介して結ばれている。バベルダオブ島側も珊瑚礁の浅瀬部を300 mほど埋め立てたところに旧橋の取付道路の盛土が行われている。兩岸とも旧橋の取付道路の盛土部を除き、ほぼ平坦で、標高は1 m~2 mである。架橋位置での海峡の幅は約250 mあり、水深は浅瀬部より急激に落ち込み約30 mに達する。

(2) 地質

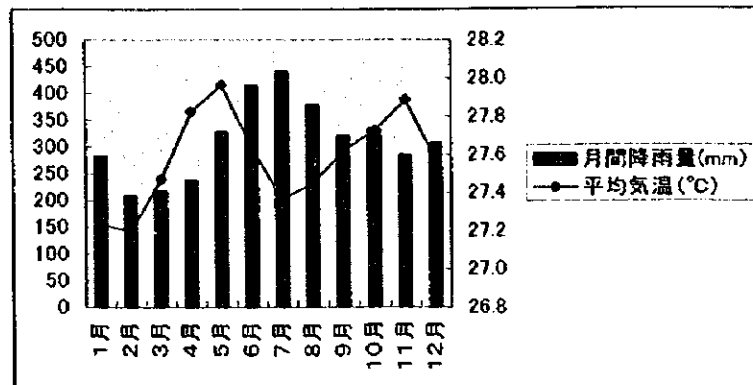
パラオ諸島は他の南太平洋の各諸島と同様、第4期の火山活動により本島部分が火山として生成し、その後2,000~3,000年前に海水位の上昇に伴い本島周りに珊瑚が生育し、珊瑚石灰岩が発達したものである。このため、コロール島やバベルダオブ島のような大きな島は火山岩から成り、ロックアイランドに見られる珊瑚礁内の多くの小さな島は石灰岩より構成されている。

架橋位置近傍の地質構成は、概ね砂礫による盛り土層の下、珊瑚礁石灰岩を挟みながら珊

珊瑚の砂層が地表面下 13mから 22m続き、この下に貝殻混じりの砂層、粘土層が続き、23mから 29mの深さで基盤となる火山性の安山岩層が現れる。

(3) 気象 (気温、降雨量、風速)

気候は海洋性熱帯気候で、平均気温は 27℃、平均湿度は 82%で一年を通じてほとんど変化はない。雨期は 3 月から 8 月、乾期は 9 月から 2 月と区別されていいるが、乾期でも雨が降ることは珍しくない。年間平均降雨量は 3,800mm である。45 年間記録の最大風速は 32.6m/s である。下記に月間平均気温及び降雨量を示す。



(4) 海象

1) 波高

一般にパラオ国は外環珊瑚礁によって取り囲まれており、外洋から進入してきた沖波は外環珊瑚礁で破砕し、内部リーフを進行するにつれて波高は減衰する特徴を有している。架橋位置も同様な傾向にあり、通年静穏度は非常に高い。

2) 潮流

架橋位置の潮流は 6 ノット (約 3m/s) と報告されており、橋脚を海峡内に設置した場合は基礎工の局部洗掘や工事中の資材運搬用台船の作業効率の低下が懸念される。

3) 潮位

架橋位置に近いマラカル港で潮位観測が実施されており、その結果に基づくと架橋位置近傍の潮位変動は最大 1.8m と報告されている。

(5) 地震

パラオ国は環太平洋地震ベルト地帯から外れた地域に位置しているため、日本、フィリピン、バブア・ニューギニアのような地震国ではない。1900 年以降における架橋地点から半径 500 km 以内かつマグニチュード 4 以上の地震の履歴データを下表に示す。

番号	日月、年	震央		震源までの距離 km	震源の深さ km	マグニチュード
		緯度	経度			
1	16/8,1911	7.00	137.00	281.09	25	8.1
2	29/9,1912	7.00	138.00	391.52	60	7.6
3	23/10,1914	6.00	132.50	269.35	60	7.9
4	11/12,1983	8.14	137.24	316.65	23	6.1
5	3/7,1988	8.92	137.90	415.58	14	6.0
6	4/18,1995	7.29	134.60	15.00	33	5.3

2-4-2 社会基盤整備状況

(1) 道路

パラオ国の陸上輸送は車によるものだけで、他の交通手段はない。1997年時点の登録車両台数は約6,500台で、その約95%がコロール州及びアイライ州で登録されている。車の登録台数は著しい増加率を示している。パラオ国の道路建設は1930年代に日本政府により開始され、当時約112km建設された。これら道路はコロール州内の道路網、即ちマラカル島～アラカベサン島～コロール島とバベルダオブ島内の主要道路を含み、大半は現在も使用されている。その後米軍とパラオ政府により道路改良、新規建設が行われ、1996年におけるパラオ国道路総延長は約300kmで、その内32.8kmの舗装道路の大半はコロール州に位置している。

(2) 港湾

海上輸送は、外国航路と国内航路がある。外国航路には3社が定期航路を運航している。唯一の商業港は、コロール州マラカル港で、岸壁延長155m、水深-8.9m、接近水路幅91.4m及び長さ5,850mの規模を有すが、荷役設備はない。

1996年のマラカル港の貨物取扱量は約10万トン(輸入9.6万トン、輸出0.7万トン)であり、前年に比べ約22%の伸びを示している。国内航路には州政府所有の連絡船が運航している。

(3) 航空

パラオ国にはアイライ州にパラオ国際空港1ヶ所とペリリュー州とアンガウル州に地方空港が2ヶ所ある。地方の2空港は州政府により運営されており、いずれも未舗装である。パラオ政府としては、既設パラオ国際空港の既設滑走路2,335m×150mと航空管制施設の改善及び老朽化したターミナルの改築が急務であり、B747級の離発着の為の滑走路拡張(2,500m)が当面の課題となっている。

(4) 上水施設

架橋位置近傍の給水システムは、バベルダオブ島のエデン、クメクメル川を上水道の水源とし、取水所からパイプラインでエデン川に沿ったギメル貯水池(貯水容量75,000 m³)に貯水し、そこ

からアイライ州の浄水場にパイプライン 2 本で接続している。水道の供給範囲はベルダオブ島のアイライ州とコロール州全域で、配備された 5ヶ所の給水タンクを利用し、需要家約 2,400 軒への供給を常時行っている。パラオ国における上下水道事業は資源開発省の公共事業局が管轄している。

(5) 電力施設

調査対象地域であるコロール州及びバベルダオブ島にはアイメリークとマラカル の 2ヶ所のディーゼル機関による発電所があり、合計発電容量は 28.5 MW (Mar. 1998)、最大需要は 12.6 MW (Mar. 1996) である。送配電設備は 34.5 kV 送電線 27.0 km、13.8 kV 配電線 52 km、3ヶ所の変電所及び柱上変圧器(13.8 kV/120-240V と 120-208V)で約 4,250 軒へ供給している。電力事業は、1994 年、設立されたパラオ電力公社(PUC)によって運営されている。

(6) 通信施設

パラオ国の通信事業は、1982 年 8 月に設立されたパラオ国通信公社(PNCC)によって運営されている。パラオ国内は光ファイバーケーブルを使用し(内訳：海底ケーブル 205 km、架空ケーブル 6.1 km)、電話-インターネットの接続件数は約 4,800 件である。PNCC 公社の本部はアイライ州にある。

一方、パラオ共和国の有線テレビ会社(ICTV)は PNCC とマイクロネシア開発会社の JV 企業で 1998 年に設立され、世界のテレビ局 20 社と契約し、TV 放送事業を行い、約 2,800 軒の需要家にアイライ州の本社から有線テレビ放送を行っている。

2-4-3 既存施設の現状

(1) 旧 KB 橋の現状

旧 KB 橋は 1977 年 4 月当時世界最長支間を有する 3 径間連続 PC 箱桁橋として完成した。1980 年代に入ると支間中心部の桁の垂下り現象が顕著になり、橋体全体にひび割れが観察され、1993 年 4 月パラオ政府は米国資金を使って補修工事の実施を決定し、1996 年 7 月に補修工事は完了した。補修工事完了の後、約 2ヶ月後の 1996 年 9 月 26 日午後 5 時 45 分頃旧 KB 橋は大音響とともに 6 名の死傷者を伴い崩壊し、支間長 241m の中央径間の大半は水没し、橋脚及び側径間部のみ地上に残っている。

旧 KB 橋崩壊後、1997 年 4 月パラオ政府は Thelen, Marrin, Johnson & Bridges, LLP 法律事務所を通じて、旧 KB 橋の補修工事・設計関係した 12 社を被告として、1 億ドルの損害賠償訴訟を起こした。本訴訟に対して 1998 年 6 月、被告団側から原告であるパラオ政府に対して 17.8 百万ドルの和解金を含む和解案の提示があり、パラオ政府はこの和解案を 1998 年 8 月に受諾した。従って、本訴訟が新 KB 橋建設に対して何等支障にならない事が確認されている。

(2) 仮設浮橋の現状

旧 KB 橋の崩壊後、パラオ政府は、緊急復旧工事として送水管及び送電線の仮敷設工事、通信ケーブルの仮設、フェリーの運航等の緊急復旧対策を直ちに実施し、その後政府資金から 380 万ドルを拠出して仮設浮橋(1997 年 8 月竣工)を建設し、現在に至っている。

仮設浮橋は現在下記に示す問題を有している。

- ・ 路面が鋼床版で滑りやすく、片側には高欄が無い場合、車両の落下・追突事故が多発している。
- ・ 維持管理に多額の費用が必要である。
- ・ 設計寿命が 5 年間で、2002 年までである。
- ・ 走行速度が 5Km/h と低速走行を強いられている。
- ・ 仮設浮橋は、十分な航路限界が確保されておらず、船舶航行の障害となっている。
- ・ 供用荷重は 25 トンと制限されている。

2-5 環境への影響

観光立国を目指し自然環境の保全を重要視しているパラオ国は、その環境保全を監視・監督する為に大統領府直轄の環境保全委員会を設けており、環境保全委員会制定の規定集(Regulations)に基づけば、各プロジェクトは着工前に環境許可の取得を義務付けられている。

従って、基本設計に際しては、環境保全委員会制定の

- Guide to Permits(許可手引書)
- Permit Application Form (許可申請書)
- Guide to Environmental Impact Assessment(環境影響評価手引書)
- Regulations(規定集)

等を考慮して調査を実施した。

本計画の中で環境に対して悪影響を及ぼす事が想定される工事項目と、その悪影響の防御・削減のために採用した具体的対策を下記に示す。

許可項目	適用条項	該当工事項目	採用防御・削減策
土運搬許可 (Earthmoving Permit)	2401-1	基礎工の残土	仮締切工の外側に汚濁防止フェンスを設置する。
		取付道路の施工	赤土ではなく大半が珊瑚礫或いは砂礫なので万一流出しても特別な問題ではないが、仮設側溝を設置する。
		碎石の搬入	動植物検疫を実施し、無害な材料のみ輸入を許可する。
浚渫・埋立許可 (Dredge and Fill Permit)	2401-1 2401-11	基礎工施工のためのフーチング周りの埋立	仮締切工の外側に汚濁防止フェンスを設置する。
マングローブの伐採・伐開許可 (Mangrove Cutting or Cleaning Permit)	2401-11	該当工事無し	
建物建設許可 (Building Construction Permit)	2401-1 2401-13 2401-31 2401-51	仮設キャンプヤード 仮設建設ヤード	表土流出防止柵の設置 汚水処理施設の設置 水質試験の定期的実施 生活廃棄物処理施設の設置
排水許可 (Discharge Permit)	2401-11	コンクリートキター洗浄水 仮設キャンプヤード	洗浄水はSS(150ppm以下)及びPH(5.8-8.6)に中和して排水する。 汚水処理施設の設置
公共配水施設からの受水許可 (Permit for Construction/Modification of Public Water Supply System)	2401-51	仮設キャンプヤード 仮設建設ヤード	水質試験の定期的実施
廃棄物処理の許可 (Solid Waste Management Permit)	2401-31	残土処理	大半が珊瑚礫或いは砂礫なので特別な問題ではない。
		生活廃棄物処理	生活廃棄物処理施設の設置
		建設廃棄物処理	建設廃材処理規程が現在無いのでパラオ側と協議して対処する。
定置型機械設置許可 (Permit to Construct or Operate Stationary Source of Air Pollution)	2401-71	コンクリートプラント 発電機	低騒音・低公害型の採用 低騒音・低公害型の採用

本計画は旧橋の架け替え計画であり新橋の架橋位置は旧橋と同一位置である。よって、社会環境へ与える負の影響は無いに等しく又自然環境に与える負の影響に対しては上記し示すように十分な低減策が組み込まれる予定である。従って本計画実施に起因する環境への負の影響は非常に小さいものと思慮される。

尚、パラオ側負担工事である旧橋撤去の実施に際しては、下記環境対策が不可欠と思慮される。

許可項目	適用条項	該当工事項目	採用防御・削減策
土運搬許可 (Earthmoving Permit)	2401-1	旧橋の解体	旧橋の外側に安全防護フェンスを設置する。
		コンクリート塊の運搬	防塵シートでコンクリート塊を覆う。
浚渫・埋立許可 (Dredge and Fill Permit)	2401-1 2401-11	コンクリート塊を使った埋立	埋立予定地域の外側に汚濁防止フェンスを設置する。
廃棄物処理の許可 (Solid Waste Management Permit)	2401-31	コンクリート塊の処理	特別な問題ではない。

第3章 プロジェクトの内容

3-1 プロジェクトの目的

現行の“経済開発計画 1995-1999 年”には全ての州が持続的経済活動を維持し得るよう社会基盤の整備を通じて国全体の調和のとれた経済成長に向かってパラオ国が動き出すことを目標としている。更にその開発計画には、パラオ国の社会基盤の拡充とは衛生的な飲料水及び汚水処理施設の確保、信頼できる電気通信システムの充実、適切な運輸・交通及び国の施設の拡充を具体的な目標として定義している。

これら社会基盤施設はパラオ国民の健康確保に必要であり、更にパラオ国民に経済活動の機会と利益をもたらす民間分野の開発を促進・創出するために不可欠なものである。

コロールーバベルダオブ橋(旧KB橋)は 1977 年 4 月に建設され、同橋はパラオ共和国の人口、行政、経済の中心であるコロール島と国土総面積の 90%を有し且つ天然資源の宝庫であり更にダム、発電所等の重要施設があるバベルダオブ島を結ぶものであった。しかし、1996年 9 月 26 日 5 時 45 分頃、突然KB橋が崩壊し、この落橋によって交通遮断のみならずバベルダオブ島からコロールに供給されていた主要な給水管、送電線、通信線、テレビケーブルをも寸断するに到った。

本プロジェクトの目的は旧KB橋に代わって、安全であり耐久性に優れた新 KB 橋を建設するものであり、それによりコロール島-バベルダオブ島間の安定した輸送システムを提供することにある。

3-2 プロジェクトの基本構想

3-2-1 計画構築の基本条件

(1) 基本構想

パラオ国の要請内容に対して、本計画ではパラオ国の交通の生命線である新 KB 橋建設のみを対象とし、付帯施設の添架・移設及びリーフロッドのフィーシビリティ・スタディは対象外とする。

本計画の基本構想の骨子は次の通りとする。

- 新 KB 橋の規模は旧橋のそれと同等なものを原則とするが、新橋は架橋位置の種々な自然条件には対処できるものとする。
- 旧橋はコンクリートが低品質である事に起因して構造物の健全度・信頼性が低く、旧橋崩壊によって損傷の可能性が大きいので旧橋部位の再利用はしないものとする。
- 水道管、電力線等の付帯施設に関しては、本計画では付帯施設の設置スペースと荷重のみを考慮するものとし、添架・移設はパラオ側の負担とする。
- 旧橋の取付道路は出来るだけ新橋に利用する。
- 新橋の耐用年数は 50 年とする。

(2) 適用設計条件

本調査の中で適用する設計基準類は下記の通りとする。

- 道路橋設計基準 : 日本の道路橋示方書(日本道路協会)、1996年
 道路幾何構造基準 : AASHTO、1994 幾何構造基準

パラオ国では一般的に道路・橋梁設計に対して AASHTO 基準に準拠して実施されている。従って、道路設計に対する適用基準は、AASHTO 幾何構造基準を使用するものとする。

橋梁設計に関しては、AASHTO 道路橋標準示方書は支間 152 m(500 ft)以下の通常形式の橋梁にのみ適用可能であり、本計画橋梁の支間は 240 m 程度であることを考慮すると本調査の橋梁設計基準として AASHTO は適用できない。しかし、日本の道路橋示方書は AASHTO に比べ適用可能橋梁形式の範囲の幅が広く、適用支間長も長いので、橋梁設計基準としては日本の道路橋示方書を本調査の橋梁設計適用基準とする。但し、地域特性に起因する設計条件即ち活荷重、温度変化、地震荷重、風加重等に対しては AASHTO 基準に準拠するものとする。

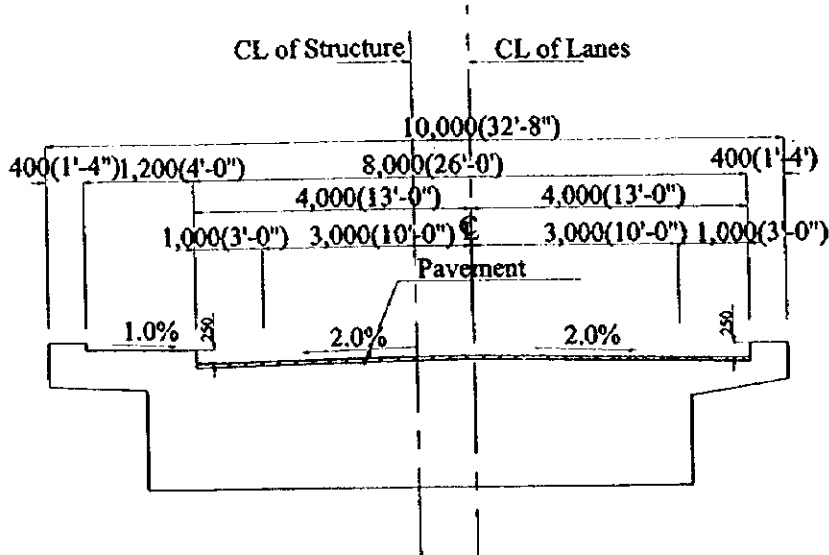
(3) 幅員構成

新橋の幅員は旧橋のそれと同程度のものとする。下表に既設及び新設の幅員構成を比較した。

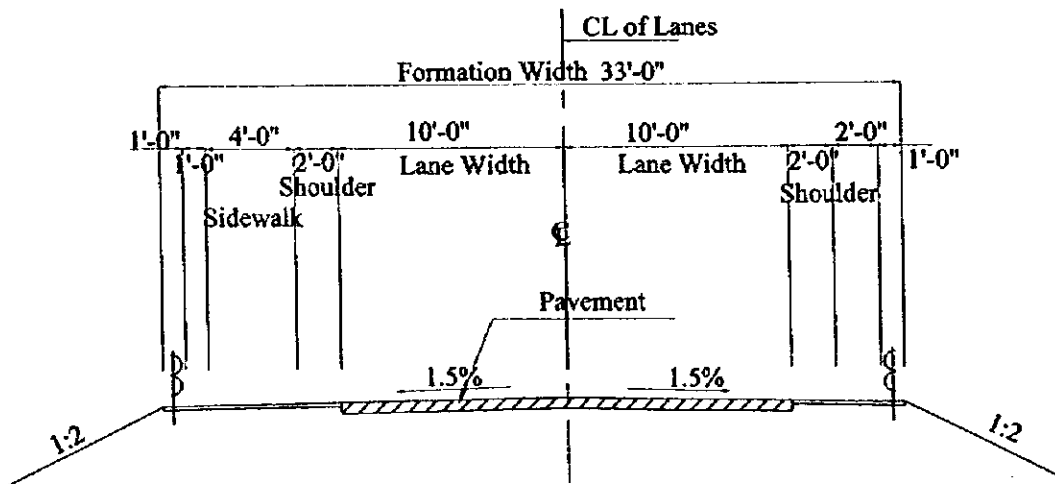
横断構成	既設	本計画
橋梁		
車道幅員	10'-0" (3.047m)	3.000m(10'-0")
車線数	2	2
路肩	2'-0" (0.609)両側	1.000m(3'-0")両側
歩道幅員	4'-0" (1.219m)片側のみ	1.20m(4'-0")片側のみ
総幅員	32'-7" (9.931m)	10.00m(32'-8")
取付道路		
車線数	2	2
車線幅	10'-0"(3.048m)	3.000m(10'-0")
路肩幅	2'-0" (0.608m)歩道側 4'-0" (1.216m)歩道の無い側	0.60m(2'-0")歩道側 1.200m(4'-0")歩道の無い側
歩道幅	4'-0" (1.216m)片側	1.200m(4'-0")片側
構成幅	33'-0"(10.058m)	10.030m(33'-0")

本計画で適用する幅員構成を下記に示す。

Unit : Millimeter



橋梁部幅員構成



取付道路部幅員構成

3-2-2 最適計画案の選定

(1) 最適計画案の選定手順

本 KB 橋建設計画においては架橋位置、上部工形式、基礎工形式、及び基礎工位置などの計画構成要素に対してそれぞれ数案の代替案が考えられる。従って考えられる全ての計画構成要素の代替案の検討を行い、本計画に適用可能と思われる案の予備選定を行う。これら予備選定結果を基に選定された架橋位置案、上部工形式案、基礎工形式案、基礎工位置案を組み合わせ、計画代替案を作成し、これらを建設費、耐久性、工期及び維持管理から検討評価を行い、最適計画案を選定する。図-1 に最適計画案の選定手順を示す。

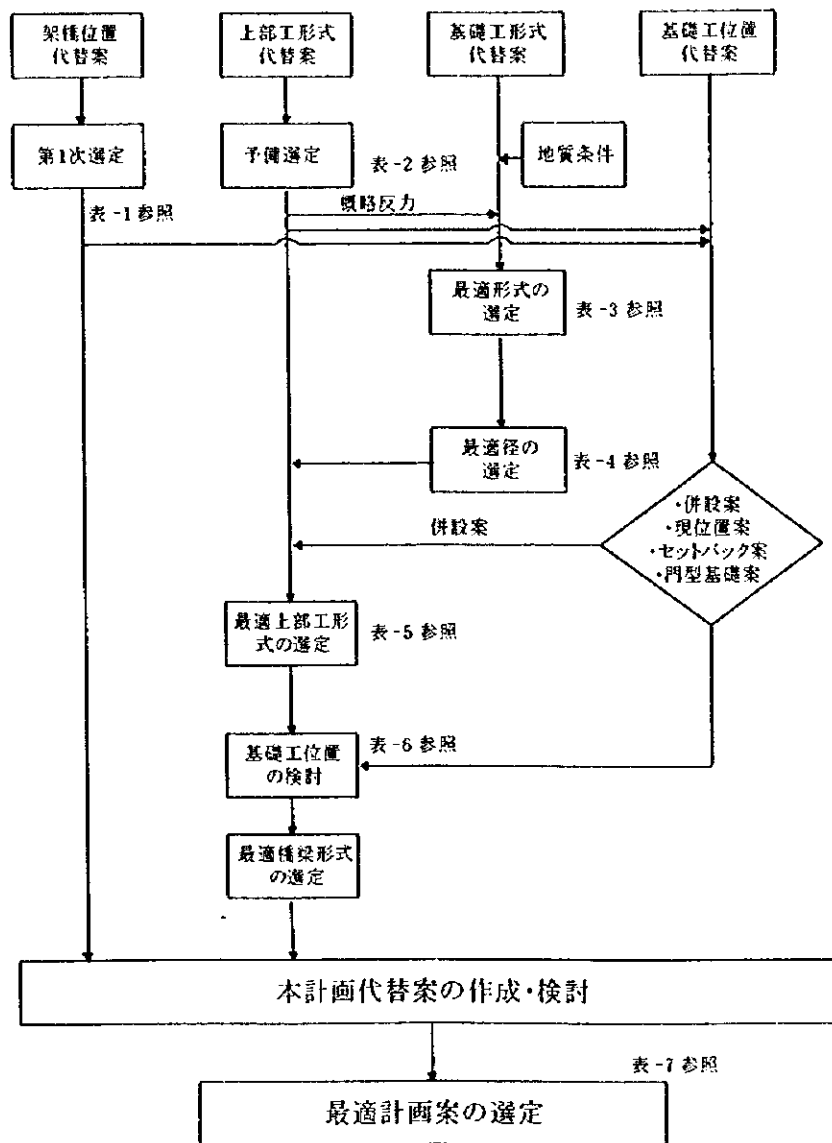


図-1 最適計画案選定の流れ図

(2) 架橋位置の予備選定

架橋位置の候補としては図-2 に示すような計 3 案が考えられ、旧橋と並行に旧橋から北西側へ 25 m シフトする案を第 1 案(北側シフト案)、旧橋と同位置に新たに計画する案を第 2 案(現橋位置案)、そして旧橋と並行して旧橋から南東側へ 25 m シフトする案を第 3 案(南側シフト案)とする。

各々の代替案は、経済性、施工性、工期、既存橋の取扱、維持管理、用地買収・補償の必要性や技術上などの視点から検討、評価された。表-1 にその比較検討結果を示す。

上記 3 案の中でアイライ側の用地買収が困難な第 3 案を除き、第 1 案(北側シフト案)と第 2 案(現橋位置案)の計 2 案を今後の検討対象案として選定する。

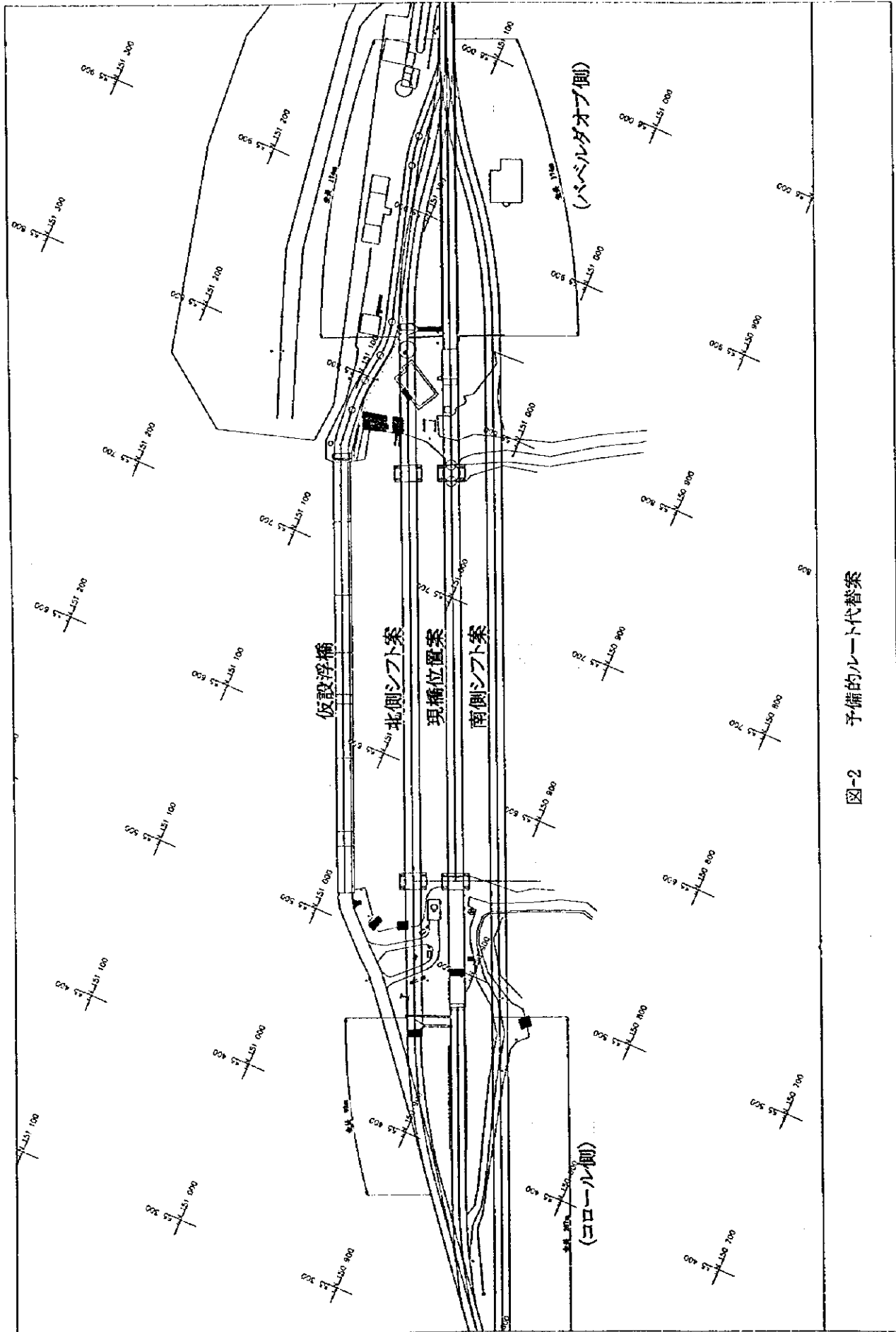


図-2 予備的ルート代替案

表-1 架橋位置代替案の予備選定

代替案	評価項目		評価	総合評価
北側シフト案	経済性	橋梁工	既設フーチング等障害物が無いため現橋位置案の橋梁工費に比べ割安である。但し、浮橋のアンカーが障害となり海中に橋脚を設置する案は適用できない。【O】	南側シフト案に比べて仮設迂回路が必要となるので割高ではあるが、比較的用地買収が容易である。よって、今後現橋位置案との比較検討を目的に本案を選定する。【△】
		取付道路・付帯工	左右岸に新規取付道路(L=266m)及び現交通流確保のため仮設迂回路が必要となる。更に橋脚周りの護岸工も必要であり現橋位置案に比べて割高である。【×】	
	施工性	橋梁工の工事は現橋位置案に比べ施工性はよいが、既設道路の仮設迂回路が必要であり3案の中で最も施工性は悪い。【×】		
	工期	橋梁工事は現橋位置案に比べ比較的短期で済むが取付道路、仮設迂回路、護岸工等が必要であり、3案の中で最も長い工期が必要である。【×】		
	旧橋の取扱	南側シフト案同様に旧橋の撤去を必要としない、即ち旧橋撤去工程に関係なく本計画を実施できる。【O】		
	維持管理	現橋位置案に比べて護岸工、新設取付道路に対して維持管理が必要となる。【×】		
	用地買収・補償	両岸共に用地買収が必要であるが、アイ州側は家屋補償も必要となる。但し、アイ州側の用地買収は南側案より容易である。【△】		
	その他	アイ州側の道路線形はS字カーブとなり好ましくない。【×】 左右岸の橋脚、護岸工、取付道路の北側法尻は珊瑚礁の棚に設置せざるを得ないので、掘削及び盛土による環境対策が必要である。【×】		
現橋位置案	経済性	橋梁工	既設フーチング等障害物が有るためシフト案の橋梁工費に比べ割高である。旧橋の残骸が障害となり海中に橋脚を設置する案は適用できない。【△】	工事着工前に旧橋を撤去しなければならないので本計画の実施が左右される。更にシフト案に比べて橋梁工費は多少割高となるが、その他の評価項目では全てシフト案に勝る。よって今後の比較対象とする。【O】
		取付道路・付帯工	既設取付道路が活用できシフト案に比べ数割割安である。【O】	
	施工性	旧橋撤去を除けば施工性は3案の中で最も良い。【O】		
	工期	旧橋撤去を除けば工期は3案の中で最も短い。【O】		
	旧橋の取扱	工事着工前に旧橋を撤去しなければならない。【×】		
	維持管理	本案は新規道路、護岸工等が必要ではないので3案中最も維持管理に優れている。【O】		
	用地買収・補償	用地買収、家屋補償は無い。【O】		
	その他	シフト案に比べて環境に係わる問題は無い。【O】 また道路線形もシフト案に比べ優れている。【O】		
南側シフト案	経済性	橋梁工	北側シフト案同様、既設フーチング等障害物が無いため現橋位置案の橋梁工費に比べ割安である。【O】	仮設迂回路が不要なため北側シフト案に比べ優れているが、アイ州側の用地買収が難しいので不採用とする。【×】
		取付道路・付帯工	左右岸に新規取付道路(L=441m)が必要となる。更に橋脚周りの護岸工も必要である。しかし、現交通流に対する仮設迂回路は不要である。【△】	
	施工性	北側シフト案同様、橋梁工工事は現橋位置案に比べ施工性は良い。しかし、取付道路、護岸工が必要となるが仮設迂回路は不要なので北側シフト案より良い。【△】		
	工期	橋梁工事は現橋位置案に比べ比較的短期で済むが取付道路、護岸工等が必要である。但し仮設迂回路は不要なので北側シフト案より良い。【△】		
	旧橋の取扱	北側シフト案同様に旧橋撤去を必要としない、即ち旧橋撤去工程に関係なく計画を実施できる。【O】		
	維持管理	北側シフト案同様に現橋位置案に比べて護岸工、新設取付道路に対して維持管理が必要となる。【×】		
	用地買収・補償	両岸共に用地買収が必要であり、特にアイ州側の用地買収は困難が予想され家屋補償も難しい。【×】		
	その他	アイ州側の道路線形はS字カーブとなり好ましくない。 左右岸橋脚、護岸工、取付道路の南側法尻は珊瑚礁の棚に設置せざるを得ないので、掘削及び盛土による環境対策が必要である。【×】		

凡例: O; 優、△; 良、×; 可

(3) 上部工形式の予備選定

一般に橋梁形式は構造形式を支配する支間長によって決定される。下表は適用支間長とその橋梁形式の関連を示す。

材質	橋梁形式	適用支間長							
		50	100	150	200	250	300	350	400
鋼	鋼I桁	■	■						
	鋼箱桁		■	■	■	■			
	ラーメン	■	■						
	トラス		■	■	■	■			
	アーチ		■	■	■	■			
	斜張橋			■	■	■	■	■	■
	吊橋				■	■	■	■	■
	コンクリート	PCI桁	■	■					
PC箱桁		■	■	■	■				
PCトラス	■	■							
PCエクストラード			■	■	■				
PC斜張橋				■	■	■	■	■	
複合	エクストラード				■	■	■		
	斜張橋					■	■	■	■

注) ■ 一般的な適用支間
 ■ 構造的に適用可能な支間長
 架橋位置の水道幅

架橋位置の地形を考慮すると、新 KB 橋の中央支間長は約 240m 前後が必要となる。上表を参考に本予備選定では計 9 案の橋梁代替案が考えられる。鋼斜張橋は構造的に死荷重のバランスを考慮すると橋長 480 m 程度必要になり不経済である。よって複合形式即ち側径間は PC 構造で中央径間は鋼構造とした複合斜張橋を採用することによって橋長の短縮が可能となり、結果的に複合斜張橋の支間割 80 m + 241 m + 80 m を代替案とした。

材料	上部工形式による橋梁代替案	支間割(m)
鋼橋	(1) 鋼床版 3 径間連続鋼箱桁橋	80+241+80
	(2) 中路式鋼バランスドアーチ橋	80+241+80
	(3) ニールセン式ローゼ橋+2 径間連続鋼桁橋	80+241+80
	(4) 単径間吊橋+2 径間連続鋼桁橋	80+241+80
コンクリート橋	(5) 5 径間連続 PC 箱桁橋	59.5+94+94+94+59.5
	(6) 3 径間連続 PC 箱桁橋	80+241+80
	(7) 3 径間連続 PC 斜張橋	80+241+80
複合橋	(8) 3 径間連続複合エクストラード橋	80+241+80
	(9) 3 径間連続複合斜張橋	80+241+80

各々の代替案は、経済性、施工性、構造特性、工期、維持管理の視点から検討、評価された。表-2 にその比較検討結果を示す。

この結果、工事費、維持管理費の 2 項目を重視し、第 2 案中路式鋼バランスドアーチ橋、第 6 案 3 径間連続 PC 箱桁橋、第 7 案 3 径間連続 PC 斜張橋、第 8 案 3 径間複合エクストラード橋、第 9 案 3 径間連続複合斜張橋の計 5 案を最適形式選定のための代替案として選定する。

表-2 上部工形式の予備選定

橋種	代替案	橋梁概念図	評価項目						総合評価
			経済性	施工性	構造特性	工期	維持管理	類似実績	
鋼橋	(1) 3径間連続箱桁橋		単位当たりの鋼重が約870kg/m ² (東京湾横断道路L240m*W23m830kg/m ² より推定)であり、鋼橋案の中では最も不経済である。建設費の比1.27[×]	架設は台船・エレクションノーズ併用の片持式架設となる。大型桁ブロックの搬入、取扱に難点がある。[×]	耐風安定性(フラッター現象の可能性)が劣り、対策工が必要となる。[×]	約20ヶ月。[◎]	塗装面積(約18m ² /t)が鋼橋4案の中で最も大きく、維持管理費は割高である。[×]	日本 海田大橋 S=250m, 1991, 広島県 尻無川新橋 S=250m 工事中、大阪 東京湾橋 S=240m, 1996, 千葉 世界 Costa E Silva S=300m, 1975 ブラジル Sava II S=261m, 1977, ユーゴ Zoo S=259m, 1966, ドイツ	不採用
	(2) 中路式ハーフアーチ橋		鋼重は約780kg/m ² (岸和田大橋L255m, W23m, 803kg/m ² より推定)で鋼橋案の中では比較的軽いので、総工費も経済的と想定される。建設費の比1.13[△]	側径間はベント併用トラスクレーンによる架設で、支間中央部はケーブルクレーンによる斜吊り式架設工法が選択されるが下路式構造であり施工性は悪い。[×]	耐震性、耐風安定性に共に優れている。[◎]	約22ヶ月。[◎]	塗装面積(約17m ² /t)は1案より優がコンクリート橋と比べると劣る。[×]	日本 新木津川大橋 S=305m, 1993, 大阪 岸和田大橋 S=255m, 1993 大阪 伊万里湾大橋 S=250m, 1997 佐賀 世界 Fremont L=382m, 1972, 米 Port Mann L=365m, 1961, 加 Roosevelt Lake L=329m, 1990, 米	継続検討
	(3) ニルン式ロゼ橋+2径間連続桁		鋼重は830kg/m ² (新浜寺大橋L254m *W20m 850kg/m ² より推定)で鋼橋案の中では比較的軽いので、経済的と想定される。建設費の比1.20[×]	支間中央部は台船を使った一括架設であり、短期施工可能であるが長距離海上運搬に問題がある。[△]	本橋、側径間橋共に安定性に富むが、床版の耐久性及び走行性に劣る。[△]	約18ヶ月で比較案の中では最も短期である。[◎]	塗装面積(平均約17m ² /t)は1案より優がコンクリート橋と比べると劣る。[×]	日本 新浜寺大橋 S=254m, 1991, 大阪 西宮港大橋 S=252m, 1993, 兵庫 音無瀬橋 S=236m, 1994, 京都 世界 Van Brieneoord L=287m, 1965, フランダース	不採用
	(4) 単径間吊橋+4径間連続桁		補剛桁350kg/m ² 、ケーブル、ハンガー420t(上吉野川橋L=254mより推定)で軽い、アンカレッジ等基礎工費の増大により全体工費は2案より割高である。建設費の比1.14[△]	メインケーブル、ハンガー、補剛桁の架設、アンカレッジ及びゲージン基礎工の施工等現場工種が多い。[×]	吊り橋部は振動、耐風性に劣り、疲労部位が多い。[×]	アンカレッジ及びその基礎工に約1年を要し全体で約28ヶ月。[△]	塗装面積は鋼橋中最も少ないが、ケーブルの重塗装は不可欠であり維持管理は劣る。[×]	日本 明石海峡大橋 S=1990m, 1998 兵庫 南備瀬瀬戸 S=1100m, 1988 香川 来島第三大橋 S=1030m, 1999 愛媛 世界 明石海峡大橋 S=1990m, 1998 Great Belt East S=1624m, 96 デンマーク Humber Bridge S=1410m, 1981, 英	不採用
コンクリート橋	(5) 5径間連続PC箱桁橋		上部工費は8案中最も経済的であるが、水深30m、最大流速6ノット下での下部工は大規模となる。その結果全体工費は割高となる。建設費の比1.13[△]	上部工はワーゲンをを使って片持式架設工法となる。海上部下部工は水深30mでの多柱式基礎なので大規模SEPをを使っての施工が難点となる。[×]	上部工の安定性は良いが、海中部の突出長30mの多柱式基礎の耐久性に問題が残る。[×]	下部工2基の工事進捗及び中央径間施工の資機材は海上輸送が必要で、海象の影響を直接受ける。約32ヶ月。[×]	9案中最も維持管理に優れている。[◎]	日本 浜名大橋 S=240m, 1976, 静岡 彦根大橋 S=236m, 1975, 山梨 浦戸大橋 S=230m, 1972, 高知 世界 Raftsundet S=296m, 1996 ノルウェー Gate Way S=260m, 1986 オーストラリア Varodd S=260m, 1991 ノルウェー	不採用
	(6) 3径間連続PC箱桁		旧橋と概ね同様のPC箱桁で計画した案である。建設費の比1.07[◎]	上部工は大型ワーゲンをを使って片持式架設工法となる。本形式では最大級のスパンとなり上越量の管理が重要となる。コンクリート工が比較案中最大規模となる。[△]	橋体の耐久性、安定性は優れているが、クレーンに因る垂下がり現象に注意を要する。[×]	約30ヶ月[×]	支間中央のヒンジ部の維持管理を除くと維持管理には優れている。[◎]	日本 浜名大橋 S=240m, 1976, 静岡 彦根大橋 S=236m, 1975, 山梨 浦戸大橋 S=230m, 1972, 高知 世界 Raftsundet S=296m, 1996 ノルウェー Gate Way S=260m, 1986 オーストラリア Varodd S=260m, 1991 ノルウェー	継続検討
	(7) 3径間連続PC斜張橋		斜張ケーブルを使用し全体工事量を減ずる。建設費の比1.13[△]	架設は標準的な架設で、中央径間はワーゲンをを使って片持式架設工法、側径間は支柱式支保工架設工法である。[△]	複合斜張橋案に比べて耐風安定性は改善される。[◎]	約32ヶ月必要となる。[×]	スライ及びアンカー部の維持管理が必要であるが、鋼桁部が無いので第8及び第9案より優れている。[△]	日本 伊豆大橋 S=260m, 1997 鹿児島 十勝大橋 S=251m, 1996 北海道 呼子大橋 S=250m, 1989 佐賀 世界 Skarnsundet S=530m, 1991 ノルウェー 第2重慶長江橋 S=411m, 1995, 中 Ingeniero Carlos S=410m, 1983 スペイン	継続検討
複合橋	(8) 3径間連続複合トラス橋		PCエクストラードス橋の適用支間限界に近いので支間中央部に鋼桁を採用し複合型式とする。建設費の比1.00。[◎]	架設は標準的な架設で、中央径間はワーゲンをを使って片持式架設工法、側径間は支柱式支保工架設工法である。中央部鋼桁は台船を使って一括架設とする。[△]	斜張橋に比べて桁の剛度が高いので耐風安定性は大幅に改善される。[◎]	コンクリート案の中では短い工期である約26ヶ月。[△]	スライ及びアンカー部及び鋼桁部の維持管理が必要となる。[△]	日本 木曾川橋 S=275m, 計画中、愛知 揖斐川橋 S=271m, 計画中、愛知 世界 無し	継続検討
	(9) 3径間連続複合PC斜張橋		斜張橋案の死荷重のアンバランスの解決するため中央径間部を鋼桁とした案である。建設費の比1.04。[◎]	コンクリート部の架設は第7案と同様である。中央部鋼桁は台船・エレクター併用の片持式架設となる。[△]	耐風安定性が劣り、対策工が必要となる。[×]	24ヶ月程度。[△]	スライ及びアンカー部及び鋼桁部の維持管理が必要で6案より劣る。[×]	日本 多々羅大橋 S=890m 工事中、広島 生口橋 S=490m, 1991 広島 十勝中央大橋 S=250m, 88 北海道 世界 多々羅大橋 S=890m 工事中、フランス Normandy S=856m, 1991, フランス 揚浦大橋 S=602m, 1993 中国	継続検討

凡例：◎：優、△：良、×：可、注記：建設費率は第7案を1.00とした比を示す。

(4) 基礎工代替案の検討

1) 最適形式の選定

架橋位置の地質条件(約 28-30m に位置する安山岩の基盤岩上に堆積している砂質粘性土と珊瑚の互層の上層部)と上部工の反力規模を考慮すると、基礎工形式の代替案はオープンケーソンと場所打ち杭(べ'ル杭)がその候補となる。上記の 2 案は、各々の経済性、施工性、工期、環境に及ぼす影響などの視点から検討、評価され、その比較検討結果を表-3 に示す。この結果、場所打ち杭を最適案として選定する。

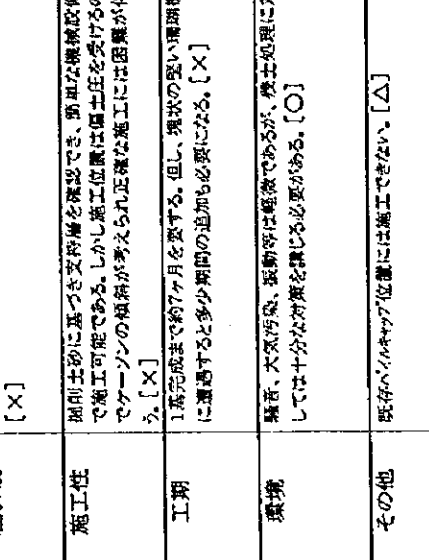
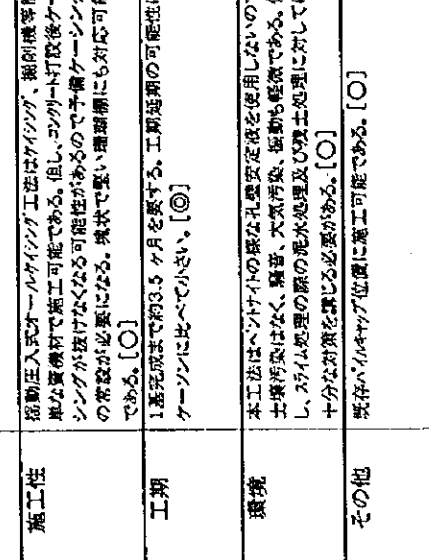
2) 最適杭径の選定

これまでの検討より、オールケーシング工法による場所打ち杭が最適基礎工形式として選定された。この結果を踏まえて、更に杭径 2.0 m と 1.5 m で比較検討を行った。その比較検討結果を表-4 に示す。この結果、経済性と工期の視点から杭径 2.0 m を最適案として選定する。

(5) 最適上部工形式の選定

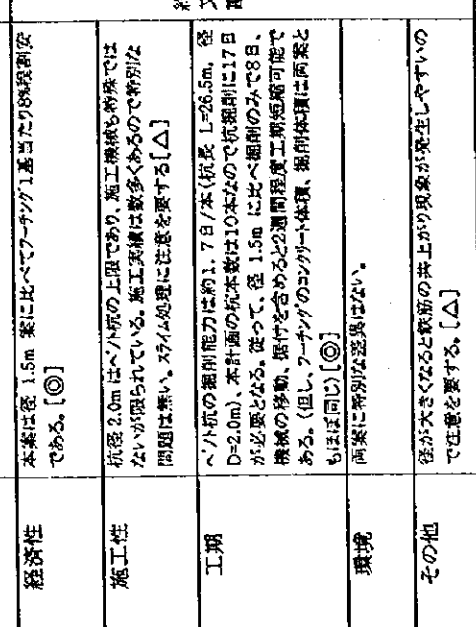
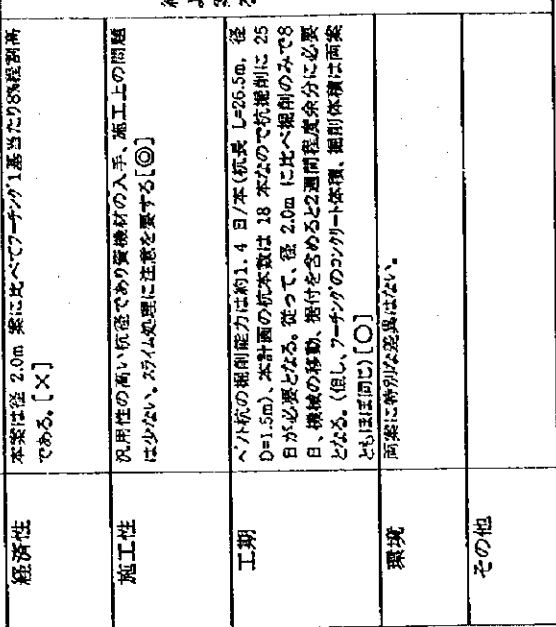
上部工形式の予備選定で選定された代替案は、建設費の算定、施工方法の検討、構造特性の検討、工期の検討、維持管理費の算定、維持管理技術水準の検討、環境に及ぼす影響評価などの面から、より詳細な検討が加えられた。表-5 にその検討結果を示す。その検討結果を踏まえて、第 4 案の複合エクストラードズド橋を最適案として選定する。

表-3 最適基礎形式の比較検討

代替案	形状寸法	評価項目	評価	総合評価
オープンケーシング案		<p>経済性</p> <p>施工性</p> <p>工期</p> <p>環境</p> <p>その他</p>	<p>本案は場所打ち杭案に比べて4割程度割高である。【×】</p> <p>掘削土砂に基づき支持層を確認でき、簡単な機械設備で施工可能である。しかし施工位置は掘削土圧を受けるのでケーシングの傾斜が考えられ正確な施工には困難が伴う。【×】</p> <p>1基完成まで約7ヶ月を要する。但し、現状の堅い埋戻土に遭遇すると多少期間の追加も必要になる。【×】</p> <p>騒音、大気汚染、振動等は軽微であるが、残土処理に対しては十分な対策を講じる必要がある。【○】</p> <p>既存パイルキャップ位置には施工できない。【△】</p>	<p>4割程度割高、施工性の難度及び長い工期を勘案し不採用とする</p>
(ホールディング工法) 場所打ち杭案		<p>経済性</p> <p>施工性</p> <p>工期</p> <p>環境</p> <p>その他</p>	<p>本案はケーシング案に比べて4割程度割高である。【◎】</p> <p>振動圧入式オールゲイジング工法はクイック、掘削機等簡単な重機材で施工可能である。但し、コンクリート打設後ケーシングが抜けなくなる可能性があるため予備ケーシングの常設が必要になる。現状で堅い埋戻土にも対応可能である。【○】</p> <p>1基完成まで約3.5ヶ月を要する。工期短縮の可能性はケーシングに比べて小さい。【◎】</p> <p>本工法はベントナイトの膨らみ安定剤を使用しないので土壌汚染はなく、騒音、大気汚染、振動も軽微である。但し、スライム処理の際の泥水処理及び残土処理に対しては十分な対策を講じる必要がある。【○】</p> <p>既存パイルキャップ位置に施工可能である。【○】</p>	<p>4割程度割高、施工の容易性及び短い工期を勘案し採用する</p>

凡例:【◎】:優、【○】:良、【△】:可、【×】:不可

表-4 最適杭径の比較検討

代替案	形状寸法	評価項目	評価	総合評価
<p>径2.0M案 オールケイシク工法場所打杭</p> 		<p>経済性 本案は径1.5m案に比べてフーチング1基当たり8%割高である。〔○〕</p> <p>施工性 杭径2.0mはベント杭の上限であり、施工機械も特殊ではないが限られている。施工実績は数多くあるので特別な問題は無い。スライム処理に注意を要する〔△〕</p> <p>工期 ベント杭の掘削能力は約1.7日/本(杭長L=26.5m, 径D=2.0m)、本計画の杭本数は10本なので杭掘削に17日が必要となる。従って、径1.5mに比べ掘削のみで8日、機械の移動、据付を含めると2週間程度工期短縮可能である。(但し、フーチングのコンクリート体積、掘削体積は両案ともほぼ同じ)〔○〕</p> <p>環境 両案に特別な差異はない。</p> <p>その他 径が大きくなると軟弱の井上がり現象が発生しやすいので注意を要する。〔△〕</p>	<p>約8%割高であり、より短い工期を要し不採用とする。</p>	
<p>径1.5M案 オールケイシク工法場所打杭</p> 		<p>経済性 本案は径2.0m案に比べてフーチング1基当たり8%割高である。〔×〕</p> <p>施工性 汎用性の高い杭径であり算機材の入手、施工上の問題は少ない。スライム処理に注意を要する〔○〕</p> <p>工期 ベント杭の掘削能力は約1.4日/本(杭長L=26.5m, 径D=1.5m)、本計画の杭本数は18本なので杭掘削に25日が必要となる。従って、径2.0mに比べ掘削のみで8日、機械の移動、据付を含めると2週間程度余裕分が必要となる。(但し、フーチングのコンクリート体積、掘削体積は両案ともほぼ同じ)〔○〕</p> <p>環境 両案に特別な差異はない。</p> <p>その他</p>	<p>約8%割高であり、より長い工期を要し不採用とする。</p>	

凡例:〔○〕:優、〔○〕:良、〔△〕:可、〔×〕:不可

表-5 最適上部工形式の選定

代替案	一般図	評価項目	評価	結果
第一案 アーチ橋 第一案 中路式鋼バランスド		建設費	5案中最も不経済で、第4案に比べて約13%割高である。【×】	不採用
		施工性	工場製作が大部分を占める為品質管理は容易である。【◎】	
		構造特性	不均衡な支間割りに起因したバランスの悪さや床板の2次施工による耐久性に劣る。【△】	
		工期	5案中最短で約22ヶ月が必要となる。【◎】	
		維持管理	鋼構造主体なので塗装を主とした維持管理に難点がある。(耐用年数50年の維持費約10億円)【×】	
		維持管理技術水準	再塗装が主な維持管理でありこれに対しては特別な技術は必要としない。【◎】	
		環境	工事中 特に問題なし 【×】 完成後 再塗装時に塗装塗膜の飛散があるので注意を要する。	
		総評	5案の中で最も建設費及び維持管理費が割高となる。	
第二案 箱桁橋 第二案 3径間有絞PC		建設費	4案に比べて約7%割高である。【△】	不採用
		施工性	コンクリート工が主体であり厳しい品質管理が要求される。【×】	
		構造特性	長期クリープに因る垂れ下がり現象に問題が残る。【×】	
		工期	約30ヶ月である。【×】	
		維持管理	5案中最も優れている。【◎】	
		維持管理技術水準	特別な問題は無い【◎】	
		環境	工事中 特に問題なし 【◎】 完成後 特に問題はない。	
		総評	第4案より建設費が約7%割高となるが、維持管理の点では最も優れている。本案の短所としては長期クリープによる支間中央部の垂れ下がり現象発現の可能性及び厳しいコンクリートの品質管理が要求される事である。	
第三案 PC斜張橋		建設費	4案に比べて約12%割高である。【×】	不採用
		施工性	コンクリート工が主体であるがスチールケーブルの緊張管理は正確に実施可能であり、2案に比べて比較的容易である。【×】	
		構造特性	アップリフト対策が必要になるが、橋体全体の構造性は良い。【○】	
		工期	5案中最長で約32ヶ月【××】	
		維持管理	ケーブル、アンカー等の維持管理は不可欠である。(耐用年数50年の維持費約3.3億円)【○】	
		維持管理技術水準	ケーブル本数及び制振装置が多く最新の点検技術が要求され、ケーブルの取り替え、制振装置の取り替えが必要となった場合には高度な技術が必要となる。【××】	
		環境	工事中 特に問題なし 【○】 完成後 特に問題はない。	
		総評	この形式は第4案より建設費が約12%割高であるが、第4案や第5案よりも維持管理費は安い。この案の短所は工期が長い事と、風によるケーブルの振動対策の必要性が挙げられる。高度な維持管理技術が要求され、ケーブルの制振対策装置の交換が必要と考えられる。	
第四案 複合 エクストラードセ橋		建設費	5案中最も経済的である。【◎】	採用
		施工性	斜張橋案に比べケーブル数が少なくコンクリート体積も少ないので品質管理はPC斜張橋案に比べて比較的良い。【△】	
		構造特性	主桁、橋体の剛性が高いので耐風安定性を含めて橋体の全体構造性は良い。【◎】	
		工期	約26ヶ月で比較5案中工期は第3位である。【△】	
		維持管理	鋼構造部材が少なく、ジョイントで比較的維持管理の問題は無い。(耐用年数50年の維持費約2億円)【○】	
		維持管理技術水準	第3案と同様の問題はありますが吊り構造の中ではケーブル本数が最も少なく比較的軽微で済む【○】	
		環境	工事中 特に問題なし 【△】 完成後 特に問題ない。	
		総評	この形式は最も経済的かつ工期も5案の中では短い。斜張橋に比べて耐風安定性に優れている。	
第五案 複合斜張橋		建設費	第4案に比べて約4%割高である。【○】	不採用
		施工性	吊り構造案の中では鋼桁部が多く、最も品質管理が容易であり、施工法は既に一般化しており多くの実績がある。【○】	
		構造特性	耐風安定性が悪く対策が必要となる。【×】	
		工期	約24ヶ月【○】	
		維持管理	鋼桁部材が多くコンクリート案の中では最も劣る。(耐用年数50年の維持費約5.3億円)【△】	
		維持管理技術水準	第3案と同様の問題が残る【×】	
		環境	工事中 特に問題なし。 【×】 完成後 鋼桁部が多く再塗装時に塗装塗膜の飛散があるので注意を要する。	
		総評	工期は第4案より短いですが、建設費及び維持管理費は割高となる。第3案と同様にケーブルの制振対策装置が必要となり、高度な維持管理技術が要求され、且つ制振対策装置の交換が必要である。	

凡例;◎:優、○:良、△:可、×:不可

(6) 基礎工位置の検討

計画架橋位置の代替案の中で現橋位置案の場合の橋脚設置位置には、3種類の代替案が考えられる。

第1案(既存パイルキャップ位置案)は、既設RC打込み杭(45×45 cm)が障害になるが、これを径 2.0 m の全回転式オールケーシング工法を使用し特殊掘削するものとし、既設基礎と同位置に場所打ち杭を打設する案である。

第2案(門型基礎工案)は既設基礎杭を橋軸直角方向側に避けた位置に通常の杭掘削機械を用いて場所打ち杭を打設し、2ヶ所に分離した基礎工をストラットで連結する案である。

第3案(セットバック案)は既設基礎杭を橋軸方向後方側に避けた位置に通常の杭掘削機械を用いて場所打ち杭を打設する案である。この案の上部工中央支間長は他の代替案より長くなる欠点を有する。

これら代替案を上下部工費含めた経済性、施工性、構造特性、工期、環境影響の観点から評価し、その結果を表-6 に示す。評価結果を踏まえて、第1案が最も経済性や工期の点で有利であると言えるので、架橋位置が現橋位置案の場合は新設パイルキャップを既存パイルキャップと同じ位置に施工するものとする。

(7) 最適計画案の選定

前節までの予備検討結果に加えて、取付道路工や仮設迂回道路工及び護岸工などの関連施設の必要性を加味して図-3 に示す2案の計画代替案が考えられる。これら2案の概要は下記のように要約される。

		計画代替案					
		計画構成要素			関連施設		
	架橋位置	上部工形式	基礎工位置	基礎工形式	取付道路	仮設迂回路	護岸工
第1案	北側シフト	3径間連続複合エクストラード橋	旧橋基礎に併設	場所打ち杭オールケーシング工法	新設の取付道路が必要	仮設迂回道路が必要	護岸工が必要
第2案	旧橋位置		既存パイルキャップ位置に設置	場所打ち杭全回転式オールケーシング工法	既存の取付道路の再利用	既存道路の利用	既設護岸工の再利用

これらの計画代替案に対して、経済性、施工性、維持管理、用地買収及び補償費などの観点から評価を行い、表-7 にその評価結果を示す。

表一-6 基礎工設置位置の比較検討

代替案	形状寸法	評価項目	評価	総合評価
第一案 現位置ハイルキツプ位置案	上部工一複合エキストラト一七橋、支間構成80m+241m+80m 	<p>経済性</p> <p>施工性</p> <p>構造特性</p> <p>工期</p> <p>環境</p> <p>その他</p>	<p>全体工費(上部及び下部工)は3案中最も経済的な案である。[◎]</p> <p>杭10本中6本は回転式オールケイン工法、残り4本は通常のペト工法で施工する。回転式オールケイン工法に既設杭、地中構造物の除去工法として日本にて多数実績有り特に問題はないが、特殊機械の搬入が必要となる。[△]</p> <p>1案と3案の構造特性上の大差は無い。[○]</p> <p>約26ヶ月で3案中最速である。[◎]</p> <p>騒音、大気汚染、振動も軽微である。但し、スライム処理の際の泥水処理及び残土処理に対しては十分な対策を講じる必要がある。1案と3案の環境上の問題で大差は無い。[○]</p> <p>1案と3案の景観上の大差は無い。[○]</p> <p>1案と3案の維持管理上の特別な問題はない。[○]</p>	<p>経済性及び工期が他の2案に比べて優れているので採用</p>
第二案 門型基礎工案 (既存ハイルキツプを廃く案)	上部工一複合エキストラト一七橋、支間構成80m+241m+80m 	<p>経済性</p> <p>施工性</p> <p>構造特性</p> <p>工期</p> <p>環境</p> <p>その他</p>	<p>全体工費は1案に比べて約7%増高となる。但し運搬工費を加えると比は12%に増える。[△]</p> <p>杭設置計画範囲の約半分は埋戻しがある為仮設めくりが必要となり、かつ施工位置が分割されているので施工性は非常に悪い。[×]</p> <p>既存ハイルキツプを削いで主塔の断面が計画されているので、常時水平力が生じる。[×]</p> <p>工事量が最も多く工期も最長である。[×]</p> <p>騒音、大気汚染、振動も軽微である。但し、スライム処理の際の泥水処理及び残土処理に対しては十分な対策を講じる必要がある。更に埋戻しの埋立を行い基礎工事を実施するので十分な圍護保全対策が必要となる。[×]</p> <p>既存ハイルキツプを削いで主塔の断面が計画されているので、景観上、直線的構造変化は失われている。[×]</p>	<p>不採用</p>
第三案 セットバック案 (既存ハイルキツプの後方)	上部工一複合エキストラト一七橋、支間構成90m+270m+90m 	<p>経済性</p> <p>施工性</p> <p>構造特性</p> <p>工期</p> <p>環境</p> <p>その他</p>	<p>本案の下部工費は1案のそれと比べると約11%増高となるが、上部工費が本案の場合1案に比べて23%増高である。従って、総工費も16%増高となる。[×]</p> <p>全て後上工事であり、既設側も通常のペト工法なので特別の問題はない。[◎]</p> <p>3案と1案の構造特性上の大差は無い。[○]</p> <p>1案の1.6割増、約28ヶ月を要し3案中中位である。[△]</p> <p>1案同様騒音、大気汚染、振動も軽微である。但し、スライム処理の際の泥水処理及び残土処理に対しては十分な対策を講じる必要がある。1案と3案の環境上の問題で大差は無い。[○]</p> <p>1案と3案の景観上の大差は無い。[○]</p> <p>1案と3案の維持管理上の特別な問題はない。[○]</p>	<p>不採用</p>

凡例:◎:優、○:良、△:可、×:不可

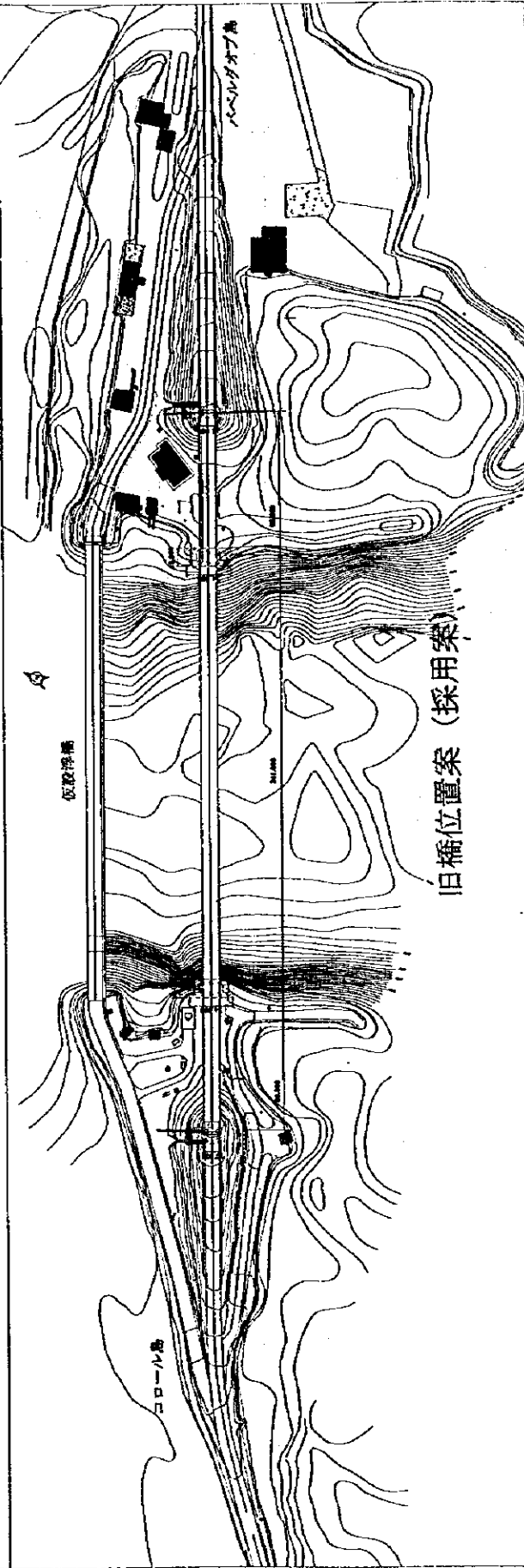
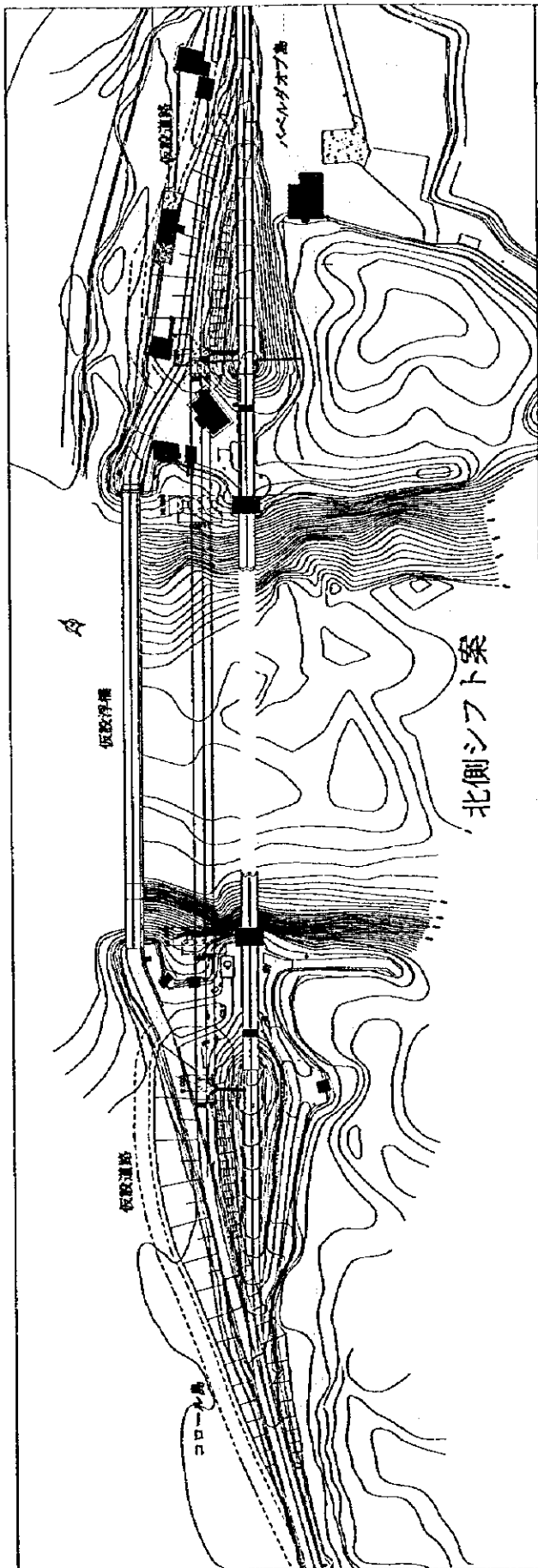


図-3 計画代替案

表-7 計画代替案の選定

代替案	評価項目		評価	総合評価
第一案：北側シフト案	経済性	橋梁工	上部工と下部工を合算した総橋体工費は本案が約1%割安となる。【◎】	橋梁工は第2案に比べて安いが取付道路、架設迂回路、護岸工が必要になり、全体建設費は約12%割高となる。更に施工性、工期、維持管理に劣るので不採用とする。【×】
		取付道路	必要となる。工費は本体工の約8%である。【×】	
		仮設迂回路	必要となる。工費は本体工の約3%である。【×】	
		護岸工	必要となる。工費は本体工の約1%である。【×】	
	施工性		珊瑚棚埋立て後の橋脚基礎の施工、既設道路の切回し後の取付道路の施工等第2案に比べて施工性は悪い。【×】	
	工期		架設迂回路、橋脚設置位置の埋立、取付道路、護岸工等追加工事の約31ヶ月の工期が必要。【×】	
	維持管理		両案の橋体工の維持管理に関して差はないが、本案は施工中架設迂回路の維持管理及び完成後の護岸・新設取付道路の維持管理が必要になる。【×】	
	景観		既設橋及び既設取付道路の路体撤去が実施されれば第2案と景観上の大差はない。【○】	
	その他	旧橋撤去	本計画の工程に影響を及ぼさない(景観上撤去が望ましい)。【○】	
		用地買収・家屋補償	約4,300m ² の用地買収と5軒の家屋補償が必要となる。【×】	
道路線形		取付道路はS字カーブで好ましくない。【×】		
第二案：旧橋位置案	経済性	橋梁工	上部工と下部工を合算した総橋体工費は本案が約1%割高となる。【○】	橋梁工は第1案に比べて多少割高であるが、取付道路、架設迂回路、護岸工が不要なため、建設費は第1案に比べて約12%割安となる。更に施工性、工期、維持管理共に優れているので採用する。【◎】
		取付道路	不要【◎】	
		仮設迂回路	不要【◎】	
		護岸工	不要【◎】	
	施工性		既存下部工位置における基礎工施工で特殊工法を用いるが、それを除き特に問題ない。【○】	
	工期		第1案に比べて架設迂回路、橋脚設置位置の埋立、取付道路、護岸工等がないので5ヶ月早く、工期約26ヶ月である。【○】	
	維持管理		第1案に比べて優れている。【○】	
	景観		第1案に比べて優れている。【○】	
	その他	旧橋撤去	計画着工前に撤去が必要で、本案は計画の着工時期に影響を及ぼす。【×】	
		用地買収・家屋補償	不要【◎】	
道路線形		既設線形であり特別の問題は無い。【○】		

凡例;◎:優、○:良、△:可、×:不可

上表で明らかなように、第2案旧橋位置案が旧橋の撤去の項目を除けば第1案北側シフト案より全ての評価項目に関して優っている。しかし、パラオ側が確実に旧橋を撤去すると考えれば、明らかに第2案旧橋位置案が望ましい。

よって、新KB橋建設計画の最適計画案は、旧橋位置に径2mの場所打ち杭による基礎工形式とし、上部工形式は複合エクストラード橋形式で既設取付道路を活用する案とする。

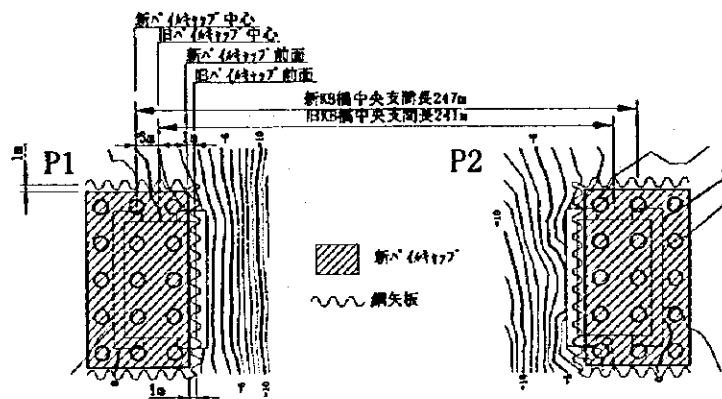
3-2-3 最適橋梁型式の最適化

本節では選定最適橋梁型式の基本設計を行うために、同橋梁に対して、即ち複合エクストラード橋の中央径間長、側径間長、鋼桁長、結合条件と斜材の防錆等に関する検討を行った。

(1) 中央径間長の検討

一般に支間長は、橋梁の建設コストを下げるためにはできる限り短くすべきである。新KB橋の中央支間長は、新しく建設するパイルキャップの橋軸方向の寸法や、パイルキャップ前面の急峻地形に建設する適切な仮締切工を考慮に入れて検討した。

前節で行った基礎工位置の検討結果に基づいて、既存のものと同じ位置に新しいパイルキャップの前面を合せた場合、締切工が大規模な構造物になること及びパイルキャップの前面が急峻地形であることから、設計変更の可能性と締切の崩壊という高い危険性があるといえる。従って、この代替案即ち、245 m の中央径間長の採用は廃し、第 2 案として新橋のパイルキャップを後方へ 1 m 後退させた案を選定した。この場合下記に示すように、締切は容易に鋼製シートパイルを使用して建設され、中央径間長は 247 m (旧橋支間長 241 m + 3 m (両側)) となる。



(2) 側径間長の検討

ここでは最適上部工形式の検討において、仮に 80m とした暫定的側径間長の検討を行った。

まず中央径間長を 247m とした時、側径間長との比を 1.0:2.5:1.0、1.0:3.0:1.0 及び 1.0:4.0:1.0 と変化させた計 3 案の代替案について検討した。下表にそれぞれの場合の側径間長の検討結果を示す。

		第1案	第2案	第3案
径間割	径間比	1.0:2.5:1.0	1.0:3.0:1.0	1.0:4.0:1.0
	径間長	98m + 247m + 98m	82m + 247m + 82m	61m + 247m + 61m
構造特性		<ul style="list-style-type: none"> - 側径間にカウンターウェイトを必要としない - 斜材の配置がアンバランスとなる 	<ul style="list-style-type: none"> - 桁端にアップリフトを生ぜしめないためカウンターウェイトが必要 - 斜材の配置はバランスがとれる 	<ul style="list-style-type: none"> - 側径間に莫大な量のカウンターウェイトが必要 - 斜材の配置がアンバランスとなる
建設費		全建設費は第2案より8%割高	最も建設費が安価である	全建設費は第2案より7%割高
総合評価		不採用	採用	不採用

上記検討結果により第2案である82 m + 247 m + 82 mの径間割(径間長比 1.0:3.0:1.0)が3案の中では構造的に適切かつ経済的であると判断される。

次に上記結果を踏まえて、径間割82 m + 247 m + 82 mの側径間を1ブロック長即ち±5 m変化させた計3案の代替案を作成し、構造特性、建設費を比較検討した。下表に検討結果を示す。

		第1案	第2案	第3案
径間割	径間比	1.0:2.8:1.0	1.0:3.0:1.0	1.0:3.2:1.0
	径間長	87m + 247m + 87m	82m + 247m + 82m	77m + 247m + 77m
構造特性		<ul style="list-style-type: none"> - 全コンクリート体積は第2案に比べて増加する。 - 斜材の配置はアンバランスでその数量は増加する。 	<ul style="list-style-type: none"> - コンクリートを含む全数量は3案の中で最も少ない - 斜材の配置はバランスが良い。 	<ul style="list-style-type: none"> - カウンターウェイトの重量は増加する。 - 斜材の配置はアンバランスでその数量は増加する。 - 主桁の横方向応力が厳しくなる。
建設費		建設費は約1.6%第2案より割高	最も経済的な案である	全建設費は約1.7%第2案より割高
総合評価		不採用	採用	不採用

上記比較検討結果に基づき径間割82 m + 247 m + 82 mが比較的経済的であり、斜材の配置バランス、主桁の横方向の耐荷力等構造的にも安定した最適案であると結論づけられる。

(3) 鋼桁長の検討




前節(1)中央径間長の検討と(2)側径間長の検討結果を踏まえて、適切かつ経済的な鋼桁長を選定するため鋼桁長を変化させ、計3案の代替案を作成し、構造特性、建設費を比較検討した。代替案は支間配置82 m + 247 m + 82 mを基本とし鋼桁長を72 mから92 mに10 m毎に変化させた。

	第1案	第2案	第3案
鋼桁長	92 m	82 m	72 m
径間割	82m + 247m + 82m	82m + 247m + 82m	82m + 247m + 82m
斜材の段数	11 段	12 段	12 段
側径間の カウンターウエイト	22 ton/m	24 ton/m	27 ton/m
構造特性	3案中鋼桁の耐風安定性は最も劣り、活荷重による斜材の応力変動量も2案のそれよりも大きく不利である。	鋼桁の耐風安定性は3案より劣るが対処可能な範囲であり、活荷重による斜材の応力変動量は3案中最も小さく優れている。	3案中耐風安定性は最も優れているが、活荷重による斜材の応力変動量が大きくなり2案より劣る案である。
建設費	建設費は第2案より約1%高価	最も経済的な案	全建設費は第2案より約2%高価
総合評価	不採用	採用	不採用

以上の検討結果を踏まえて、構造的、経済性の観点から第2案鋼桁長 82 m を最適案として選定した。

(4) 結合方法の代替案の検討

エクストラードズド橋は径間割、幅員構成、橋脚高により桁、塔と橋脚との結合方法に3案程度考えられる。これら可能な結合方法全てを本検討で考慮し、各案の検討結果を下記示す。

	第1案	第2案	第3案
結合方法	塔と桁 : 剛結 桁と橋脚 : 剛結 塔と橋脚 : 剛結	塔と桁 : 自由 桁と橋脚 : 自由 塔と橋脚 : 剛結	塔と桁 : 剛結 桁と橋脚 : 自由 塔と橋脚 : 自由
概要			
構造特性	<ul style="list-style-type: none"> - 活荷重による斜材の応力変動が小さい。 - 塔に大きな断面力が生じる - 高次不静定構造により耐震性に優れる。 - クリーブと乾燥収縮による下部工不静定力の影響が大きい 	<ul style="list-style-type: none"> - 活荷重による斜材の応力変動が大きい。 - 塔に大きな断面力が生じる。 - 上部工の地震力による下部工の影響は第1案と第3案の中間に位置する。 	<ul style="list-style-type: none"> - 活荷重による斜材の応力変動が大きい。 - 塔に作用する断面力が小さい。 - 上部工の地震力による下部工への影響は小さい。
支承とメンテナンス	- 支承が不必要で維持管理は不要である。	- 支承の維持管理が必要となる	- 大きな寸法の支承と定期的な維持管理が必要となる
過去の類似橋梁	小田原ブルーウェイブリッジ 衝原橋 屋代橋梁	奥山橋梁	蟹沢橋 木曾・揖斐川橋 土狩橋
総合評価	採用	不採用	不採用

第1案の構造解析結果を踏まえて、フレキシブルな杭基礎の採用により不静定力が基礎に与

える影響は小さい事が判明した。

従って、第1案の塔、桁及び橋脚全てを剛結合した案が建設費と維持管理の観点から優れているので最適案として選定した。

(5) 主桁断面の精査

橋梁横断面を考慮し、構造的、施工性および経済性の観点から最適な桁断面を選定するため計3案の代替案を作成し、比較検討結果を下記に示す。

断面	第1案 矩形断面の1室箱桁	第2案 台形断面の1室箱桁	第3案 台形断面の2室箱桁
概要			
構造特性	<ul style="list-style-type: none"> - 斜材のアンカーから腹版までの片持長が長く、複雑な力を伝達するため剛なブラケットを必要とする - ブラケット追加のため全死荷重が増加する 	<ul style="list-style-type: none"> - 他の案と比較してスムーズな力の伝達ができる - 斜材から力の伝達が合理的で補強を必要としない - 全死荷重は他案と比べて小さい 	<ul style="list-style-type: none"> - 上床版長が短すぎて有効ではない - 斜材とトラベラークレーンが交差し、複雑な架設となる - 死荷重は第2案より重い
評価	不採用	採用	不採用

構造的な利点と建設費の有利性から、第2案台形断面の1室箱桁を最適案として選定した。

(6) 斜材の検討

エクストラード橋の斜材は外套管、注入剤及びPC鋼より線から構成され、機能的には外ケーブルと同じであるが、斜材は雨や風といった自然条件にさらされている。従って、防錆対策が橋の寿命を大きく左右する。以下に斜材の各部材の比較検討を示す。

1) 外套管

一般的に斜材の外套管としてポリエチレンチューブパイプ、鋼管チューブ及びFRP管が用いられている。各材料の特徴を下表に示す。

評価項目	第1案	第2案	第3案
材料	ポリエチレンチューブパイプ	鋼管チューブ	FRP管
コスト	最も安価	中間	高価
施工性	良い	悪い	良い
耐久性	良い	悪い。防錆保護が必要	良い
維持管理	不要	定期的に塗り替えが必要	不要
適用実績	一番多い	数例	数例
評価結果	採用	不採用	不採用

以上の結果を踏まえて、外套管として第1案のポリエチレンチューブパイプを選定する。

2) 注入剤

一般的に注入剤として用いられているセメントグラウトとグリースの特徴を以下に示す。

評価項目	第1案	第2案
材料	セメントグラウト	グリース
コスト	安価	高価
施工性	搬入はインナーケーブルと同じで良い	施工現場での取扱が難しく悪い
耐久性	良い	余り良くない。暑い国ではグリースが漏れる可能性がある
維持管理	不要	定期的注入が必要
過去の例	多い	少ない
評価	採用	不採用

以上の結果を踏まえて注入剤として第2案のセメントグラウトを選定する。

3) PC鋼線

PC鋼線に対しては、2種類の適用がある。即ち、塗布無しとエポキシ樹脂塗布である。過去の実績では塗布無しのPC鋼線が用いられている例が圧倒的に多い。従って本橋では塗布無しのPC鋼線を用いることとした。

結論として、上記検討結果を踏まえて本橋では斜材に塗布無しのPC鋼線とセメントグラウトの注入剤及びポリエチレンチューブ管(PE管)による外套管を用いるものとする。

3-3 基本設計

3-3-1 設計方針

(1) 自然条件に対する方針

1) 地形

架橋位置の地形は、コロール側及びアイライ側共に旧橋の橋脚位置から海峡中央に向かい水深20m～27mまで急激に落ち込み、中央部の深さ25m～30mの海底が幅190m弱で続いている。

従って、支間中央部の架設はコンクリート桁には移動支保工による片持ち架設工法で、鋼桁の場合はエレクションノーズを使った一括架設工法が望ましい。

2) 地質

架橋位置近傍の地質構成は、概ね砂礫による盛土層の下、珊瑚の砂層が地表面下 13m~22m続き、この下に貝殻混じりの砂層、粘土層が続き、23m~29mの深さで基盤となる火山性の安山岩層が現れる。

各地層の特質について簡単に述べると、上層の砂層はN値2~16程度と固結度が低く、珊瑚砂が堆積したものである。珊瑚礁石灰岩は1mから5mの層厚で存在し、高いN値を示す硬いものではあるが概ね非常にもろく、すり減り易い。粘性土層は安山岩層の上に3mから8m堆積し、N値が10以下の柔らかなものである。これらの層は、火山岩より成る島の周りに珊瑚礁石灰岩が発達した後、これらに囲まれた礁湖に珊瑚や土砂が堆積したものである。

基層となるこの安山岩層は、均一な安山岩の部分と、均一でなく安山岩岩塊を含む凝灰岩層よりなる。島内の採石場及び露頭している岩石では安山岩層に安山岩質であるがもろい凝灰岩質の岩層を挟在している状況が見受けられる。これは、20cm~30cm程の安山岩の塊を火山灰質のモルタルで固めたように見える構造の岩石である。

従って、この安山岩を基盤とする杭基礎を採用した場合、杭の極限支持力の算定は構造物の経済性及び安全性を十分考慮し算定する必要がある。

3) 気象(気温、降雨量、風速)

1952年9月から約45年間の降雨、気温及び風などの気象データの要約を下記に示す。

1952 - 1996	気温(°C)		降雨量 (mm)	風速			
	最高	最低		平均		最速	
				方向	(m/S)	方向	(m/s)
1月	30.55	23.91	283.00	54.25	3.08	115.45	19.2
2月	30.54	23.86	208.56	55.49	3.27	73.32	13.4
3月	30.95	23.99	217.75	51.15	3.10	88.35	32.6
4月	31.32	24.33	237.45	67.49	2.60	122.04	26.8
5月	31.46	24.47	327.73	88.89	2.24	156.70	20.6
6月	31.07	24.20	414.60	146.32	2.21	190.95	17.9
7月	30.70	24.03	441.29	202.33	2.48	233.54	15.2
8月	30.64	24.26	379.31	198.54	2.66	203.54	15.2
9月	30.87	24.37	321.48	197.99	2.74	197.58	16.5
10月	31.09	24.36	334.33	207.13	2.69	225.50	16.1
11月	31.40	24.37	284.70	131.83	2.41	175.25	24.6
12月	30.97	24.17	307.66	66.96	2.74	132.75	22.3
	最高	最低	合計	平均		最速	
	31.46	23.86	3,757.86	-	2.7	-	32.6

従って、これら気象条件を踏まえて設計基準として温度変化量は±10°Cとし、最大風速

が大きいことを勘案して十分な耐風安定検討が望まれる。更に降雨量が多く平均気温が高いので排水設計、暑中下のコンクリートの打設等に留意する必要がある。

4) 海象(潮位、潮流、波高)

a) 架橋位置の波高

過去 46 年間の風データに基づいて、50 年再現確率での沖波波高は 8.9 m、沖波周期 11 秒と推算された。この沖波波高は浅瀬の影響や珊瑚礁の変化によって変動し、架橋位置に到達する。この沖波波高 8.9 m は、珊瑚礁群を通過後、架橋位置で 1.5 m の設計波高に減衰すると算定された。

通常台船は波高 0.6m まで作業可能と言われており、架橋位置に於ける設計波高 0.6m 以上の再現確率は年 12%なので、本架橋位置に於ける台船作業可能日数は台風時期(9 月～11 月)の数日を除けば年間を通じて大半の日数は作業が可能と言える。

b) 潮位

ハワイ大学が記録・所有しているマラカル港の潮位記録と架橋位置における潮位観測記録を基に架橋位置に於ける基準潮位は下表のように算定された。

潮位	略語	潮位ゲージ高 (cm)	地形測量標高 (cm)
最高高潮面	HHWL	226.69	59.09
大潮平均高潮面	MHHWS	210.11	42.51
測量基準高	BM Zero	167.60	0.00
平均潮位	MSL	137.34	-30.26
大潮平均低潮面	MLLWS	64.57	-103.03
最低低潮面	LLWL	47.99	-119.61

以上の基準潮位に基づき道路縦断及び仮締切工の天端高さを決定する。

c) 潮流

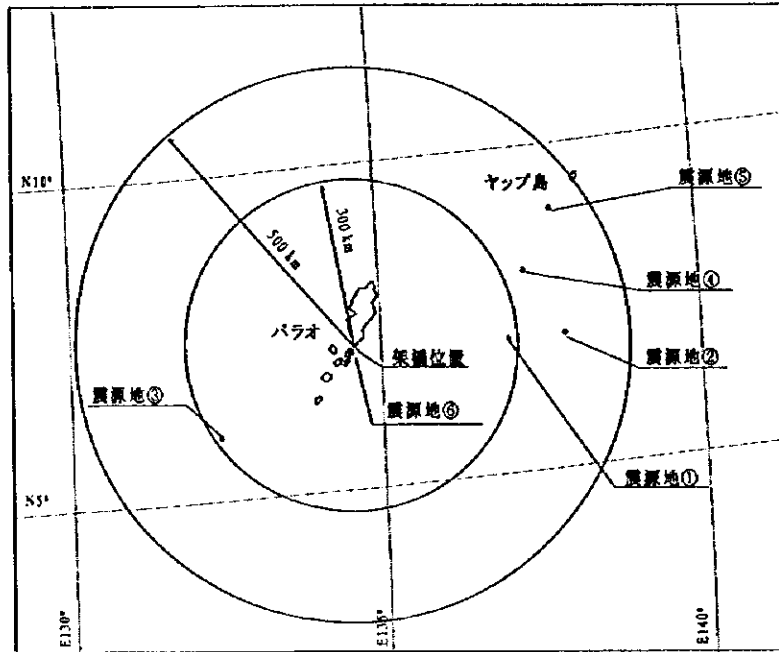
潮流調査結果から算定した潮流変化と潮位変化の相関関係に基づき、1 時間の最大変化量は 59 cm 及び最大流速は 1.62 m/s と推算された。但し、架橋位置の既往最大潮流は約 3m/s とされている。

台船稼働可能な潮流の上限は 1 時間の最大潮位変化量が 33 cm で 2 ノット以下と言われている。架橋位置に於いて 1 時間の最大変化量 33 cm を越える潮位差があるのは年間を通じては 11%でそれ以外は 33 cm よりも小さい。従って、大潮期を除けば、年間を通じて台船での作業は可能であると言える。

5) 地震

米国地質調査局から得た 1900 年以降における架橋地点から半径 500 km 以内かつマ

マグニチュード4以上の地震の震源地位置図を下記に示す。これらの履歴データを基に、日本の耐震設計基準に提示されている式を用いて、架橋位置における最大加速度は86 gal、水平震度は0.08と算定された。従ってパラオ国は日本のような地震国ではない為、厳しい耐震設計は必要としないと考えられる。



(2) 交通事情に対する方針

1) 陸上交通

KB 橋仮設浮橋より 24 時間の両方向交通、時間帯別、車種別及び歩行者数の交通量カウント調査を実施したところ、架橋位置の交通量は 4,400 台/日で、ピーク時は午前 7 時～8 時(380 台/時)と午後 5 時～6 時(383 台/時)の時間帯であった。車種別交通量で最も多かったのは、乗用車及び4WD で全交通量の 58%を占めていた。従って、新橋は旧橋と同等の2車線橋梁(許容日交通量約 16,000 台)で十分対応可能である。又仮設浮橋は施工時の渡海手段として利用する。

2) 海上交通

KB 水道上の旧橋落橋前の海上交通量に係わる統計は存在しないが、KB 水道を航行していたと思われる船舶及び将来航行すると想定される船舶は以下の通りである。

船舶名	タイプ	所属	総トン数 ton	重量 ton	全長 m	マスト高 m
KB Queen	フェリー	パラオ政府	97.77	50.05	28.7	11.7
M/V Sekang	客船	アングウ州	80.42	55.91		9.4
Vincennes II	漁船	ハトベイ州	49.2		21.21	13.8
ASL Bintang	タッグボート	民間	81.89	7.86	21.04	-
H.I. Remeliik	巡視艇	パラオ政府		165	31.5	17.0

上表に基づくと、最高マストヘッド高はパラオ国の巡視艇である H.I. Remelik の 17m である。従って新 KB 橋の航路限界は高さ 17.0 m 及び幅 70.0 m (船舶長の約 2 倍)と決定した。因みに旧 KB 橋の航路限界は 55 ft. (16.7 m)であった。

(3) 現地建設事情に対する方針

既存公共サービスや施設はできるだけ利用することが建設費を縮減するために必要である。電気、水道、通信サービスは新橋建設に利用可能である。既存マラカル港は本計画に利用する小さくて軽い建設資材の搬入には利用可能である。

橋梁建設に不可欠な熟練及び半熟練作業員は現地での調達は不可能である。従って、近隣国であるフィリピン、インドネシアや日本からこれらの作業員を雇用する必要がある。

更に、必要な建設プラントや機械の大半はパラオで調達出来ないので外国から輸入しなければならない。しかし、道路建設や建築工事に使用するような汎用性建設機械はパラオにもあるので本計画の中で賃貸契約を結び使用可能と考えられる。

建設仮設ヤードは橋梁建設作業に必要な仮設設備、即ち宿舍、事務所、プラント、機械修理場等の設置のため必要となる。この建設仮設ヤードの候補地としては、旧橋建設時の仮設ヤードであった Ngetmeduc 島の一部及び仮設浮橋のアイライ側の取付道路横の敷地とアイライ小学校の隣接地である。アイライ側の取付道路横の敷地に仮設ヤードを建設するためには撤去した旧橋のコンクリート塊を利用する計画としている。

(4) 現地業者及び現地資機材の活用についての方針

現在パラオには、約 30 の建設会社が活動している。これら 30 社の中で、わずか 6 社が土木業者で標準的な小規模な建設機材と少数の職員を有している。その他約 24 社は建築業者で規模は小さい。

新橋建設に必要な建設材料は 1)セメント、2)鉄筋、3)コンクリート骨材、4)支保工や固定支持材料、5)鋼材、6)PC 鋼棒と鋼線、7)アスファルトと 8)燃料等が挙げられる。

燃料及び重油はパラオで調達可能であるが、他の材料はパラオで調達不可能であり輸入しなければならない。

パラオで生産されている粗骨材は低品質のコンクリートのみ利用できる。しかし、品質重視の見地より大半の細、粗骨材は台湾、フィリピン、マレーシアやシンガポールから輸入せざるを得ない。コンクリート骨材の輸入にはパージの使用が経済的観点から望ましい。

(5) 実施機関の維持・管理能力に対する方針

資源・開発省 (MRD) はパラオ国の道路・橋梁を含む大半の社会基盤の実施及び維持管理を

所管しており、本計画のカウンターパート機関でもある。

現在の資源・開発省は維持・管理能力の習得に十分な受け入れ体制にあるので、本計画の実施を通じて現地技術者への維持・管理に資する技術移転更が望まれる。更に、現状の資源・開発省の維持管理に係わる予算及び能力を勘案し、本計画に対して可能な限りメンテナンスフリーな施設設計を行い且つ高度な維持管理技術が必要となる施設の採択は避ける方針とする。

(6) 工期に対する方針

本計画の建設工程は次の要素を考慮に入れて立案する。

- － 建設現場の降雨状況(乾期、雨期)
- － 資機材の第3国および日本からの調達に必要な期間
- － マラカル港の通関状況
- － 雨期における現場作業と適切な建設方法

建設工程は3年に亘る会計年度に分けられ、各年度の主要工事項目は以下に示す：

- 1) 初年度
 - － 準備工
 - － 締切工の設置
 - － 基礎の施工(橋脚1と2)
- 2) 2年度
 - － パイルキャップの建設と橋脚躯体の建設(橋脚1と2)
 - － 基礎工の建設(橋台1及び2)
 - － 側径間の建設(コロール側とアイライ側)
 - － 柱頭部の建設(橋脚1と2)
 - － 塔の建設(橋脚1と2)
 - － 中央支間の建設
 - － 鋼桁の工場製作
- 3) 3年度
 - － 中央支間の建設(継続)
 - － 鋼桁の工場製作(継続)
 - － 鋼桁の架設
 - － 現場塗装
 - － 床版工事
 - － 橋面舗装
 - － 付帯施設
 - － 取付道路の建設
 - － 後片付・機材返送

3-3-2 基本計画

(1) 全体計画

本計画の基本構想に基づき計画された施設の全体概要を下記に示す。

架橋位置	: 新橋の中心線は旧橋のそれと同位置に建設する。
プロジェクト全長	: 442.3 m
橋長	: 412.3 m
橋梁形式	: 3 径間連続複合エクストラード橋
径間構成	: 82 m + 247 m + 82 m
橋梁幅員	: 車道 8.0m、歩道 1.2m(片側)
塔	: 高さ 40.684 m のH型 RC 構造
塔の基礎(コロール側)	: オールケーシング工法による場所打ち RC 杭 (径 2 m、L=25.5 m)
塔の基礎(アイライ側)	: オールケーシング工法による場所打ち RC 杭 (径 2 m、L=30 m)
橋台(コロール側)	: 単杭(オールケーシング工法の場所打ち杭径 2.0m、長さ 30m)の基礎工で支持された盛零橋台(橋台高 7m)
橋台(アイライ側)	: 単杭(オールケーシング工法の場所打ち杭径 2.0m、長さ 36.5m)の基礎工で支持された盛零橋台(橋台高 7m)
取付道路長	: 15 m(コロール側) 15 m(アイライ側)
道路幅	: 車線数:2 車線幅:3.0m 路肩幅:1.2m(歩道の無い側)、0.6m(歩道の有る側) 歩道幅:1.2m

(2) 設計条件

1) 幾何構造基準

道路及び街路に関する AASHTO の幾何構造基準、1994 年の方針に基づき本調査で適用する幾何構造は以下の通りある。

項目	適用基準
道路分類	: 地方道路
設計速度	: 50 km/h (30 mph)
最大勾配	: 6%
横断勾配	: 2%
最小縦断曲線長	: 110 m

2) 橋梁設計基準

項目	適用基準
設計活荷重	: HS20-44 (AASHTO)
風荷重	: 合衆国建設コードに従って設計風速は 55 m/s(125 mph)
地震荷重	: 0.1 の水平地震係数を以下の理由により適用する。 — 旧橋に適用された水平地震係数は 0.1 である。 — 合衆国の建設コードはパラオでは 0.1 と規定している。 — 地震記録に基づき算定された係数は 0.08 と算定された。
温度変化	: 基準温度 28℃ ± 10℃

3) 杭先端極限支持力

下表に示す 3 つの異なる方法で算定した極限支持力の比較に基づき、本調査に適用する杭の先端極限支持力は 1,500 ton と決定した。

手法	杭の極限支持力
旧橋施工時実施した杭の載荷試験結果	2,000 ton
ボーリングから採取した基盤岩である安山岩の一軸圧縮試験結果	1,800 ton
AASHTO に規定された算定手法に基づいた算定値	1,500 ton

4) 杭頭許容変位

杭頭の許容変位は杭径の 1% で、日本の道路橋示方書に従って 20 mm とする。

5) 材料の単位体積重量

材料	単位重量
鋼材	: 7.85 t/m ³ (7850 kg/m ³)
プレストレスト/鉄筋コンクリート	: 2.5 t/m ³ (2,500 kg/m ³)
無筋コンクリート	: 2.1 t/m ³ (2,100 kg/m ³)
アスファルトコンクリート	: 2.3 t/m ³ (2,300 kg/m ³)

6) 材料強度

上部工及び下部工の各々の材料強度を下記に示す。

上部工の材料強度

材料	仕様	強度	降伏点または 0.2% 耐力
PC コンクリート	主桁	40 MPa (圧縮)	適用外
無筋コンクリート	ハラス	18 MPa (圧縮)	適用外
PC 鋼材	S15.2(SWPR7B)	261kN (引張)	222 kN
PC 鋼棒	SBPR 930/1180	1100N/mm ² (引張)	950 N/mm ²
鉄筋	SD295	440 N/mm ² (引張)	295~390 N/mm ²
	SD345	490 N/mm ² (引張)	345~440 N/mm ²
構造用鋼材	SS400(t < 16 mm)	400~510 N/mm ² (引張)	245 N/mm ²
	SS400(16 < t < 40mm)	400~510 N/mm ² (引張)	235 N/mm ²
	SM490Y(t < 16 mm)	490~610 N/mm ² (引張)	365 N/mm ²
	SM490Y(16 < t < 40mm)	490~610 N/mm ² (引張)	355 N/mm ²
	SM520(t < 16mm)	520~640 N/mm ² (引張)	365 N/mm ²
	SM520(16 < t < 40 mm)	520~640 N/mm ² (引張)	355 N/mm ²

下部工の材料強度

材料	仕様	強度	降伏点または 0.2% 耐力
コンクリート	Pylon	40 MPa (圧縮)	適用外
コンクリート	Pile Cap	24 MPa (圧縮)	適用外
コンクリート	Pile	30 MPa (圧縮)	適用外
鉄筋	SD295	440 N/mm ² (引張)	295~390 N/mm ²
	SD345	490 N/mm ² (引張)	345~440 N/mm ²

(3) 橋梁部位の基本設計

斜材の機能が外ケーブルに類似した「エクストラードズド」橋の概念は、ジャックマチバーによって1988年に紹介された。

この技術の導入後、数橋のPCエクストラードズド橋が日本ですでに建設されている。新KB橋は複合のエクストラードズドタイプであり、日本には木曾川、掛斐川橋に適用され現在建設中であり、世界で2番目の適用例となる。

本計画施設である橋梁の各部位の基本設計は以下の通りである。

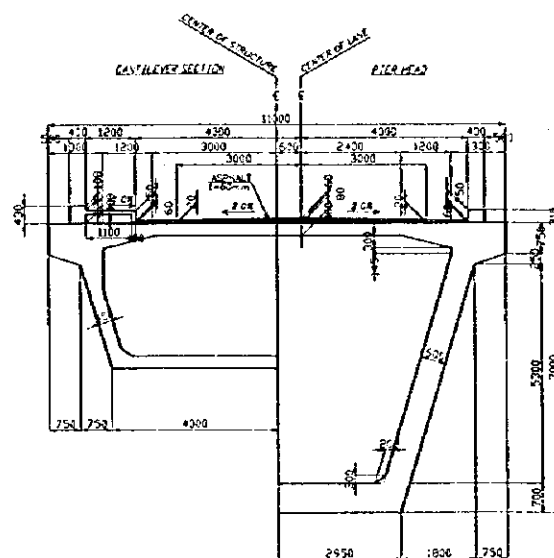
1) 主桁(PC桁、鋼桁、接合部)

エクストラードズド橋の経済的最適解は、斜材の活荷重による応力変動幅が許容以内であれば可能な限り塔を高くすることにより桁をスレンダーとする事であると報告されている。この概念を考慮して、桁を設計した。

本橋は複合橋であり、プレストレストコンクリート桁(PC桁)と鋼桁の2種類の桁が存在する。

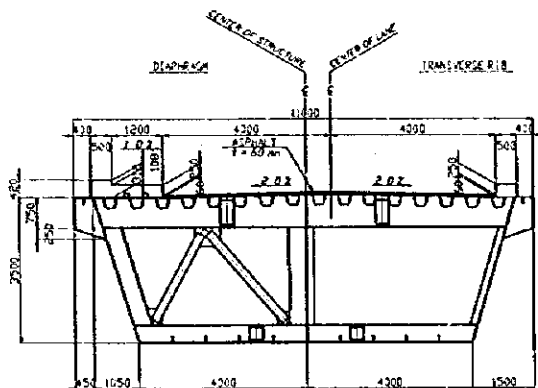
a) PC桁

桁はその死荷重の削減のため、従来の2室箱桁ではなく1室箱桁とし、結果的に床版の径間長は8.4mとなる。架設を効率的に進めるため、1ブロック長を最小3.5mから最大5.0mとし、この大ブロックに対応する大型ワーゲンで架設する工法を採用した。桁内PC鋼線は曲げモーメントに抵抗するため、また片持ち架設用に配置されるもので、主に12S15.2(SWPR7B)を使用し、4S15.2(SWPR7B)は床版の横絡に用いられている。



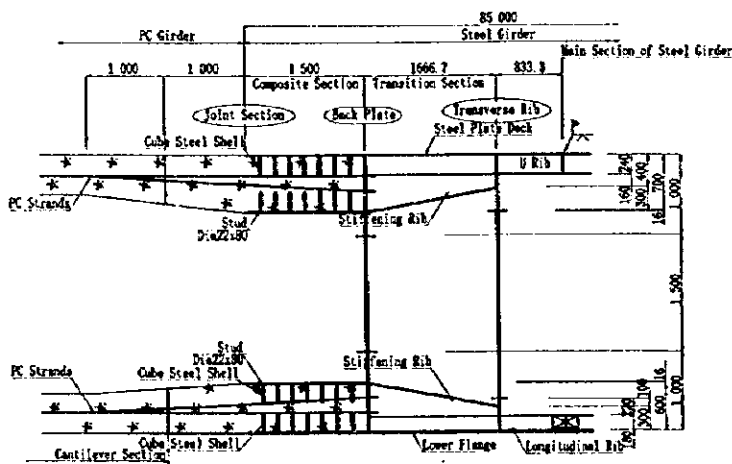
b) 鋼桁

鋼箱桁は PC 断面と同じ台形断面を採用した。また断面形状は U 型リブで補強された鋼床版の1室1箱桁である。鋼桁は第3国或いは日本にて工場製作され、その後パーツを使って海上輸送し、現場ではエレクションノーズを使用してパーツから一括架設する方法を採用した。



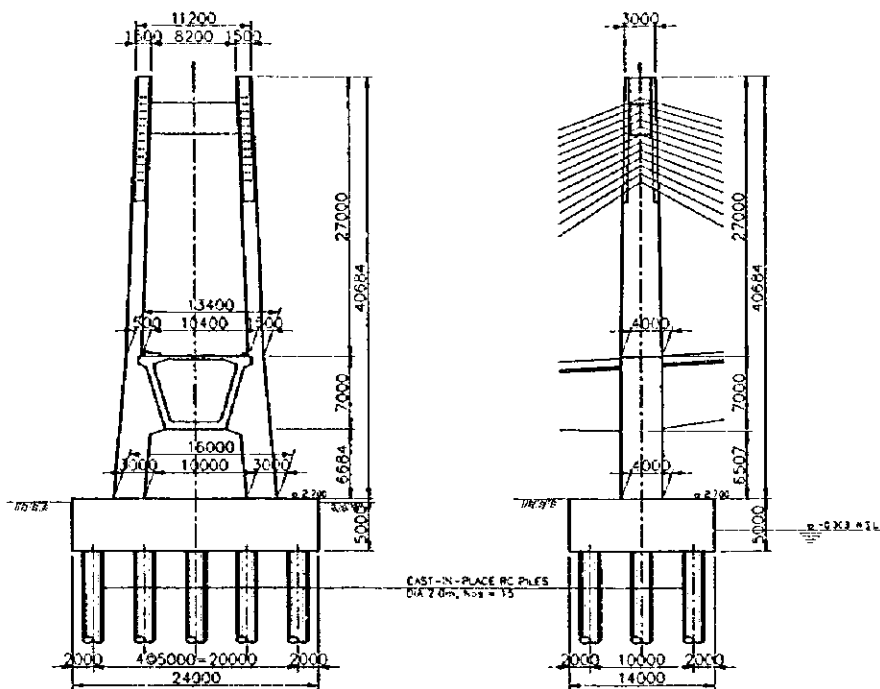
c) 接合部断面

接合部断面は斜張橋の井口橋、多々羅橋とサンマリン橋の実施例を参照し、さらに複合エクストラードタイプである施工中の木曾、揖斐橋の設計例を参考にして本橋の接合部断面の設計を実施した。その結果、採用した接合部断面はいわゆる後方プレート方式で死荷重低減のためコンクリートの横桁の無いものを採用した。



2) 塔

塔は桁で剛結されたH型であり、斜材張力は頂上から定着部へ流れる。塔を繋ぐ横梁は斜材の千鳥配置による捩れモーメントに抵抗するために必要となる。本橋はアンバランスな支間割りに起因して斜材に過大な張力差が生じるため、塔の頂上にはサドルを用いず定着方式を採用した。



3) 斜材

新 KB 橋の斜材は取替え可能な外ケーブルシステムを採用している。各斜材は径 15.2 mm の PC 鋼線 37~12 本から構成されておりノンブリーシングセメントグラウトとポリエチレンチューブパイプ(PE 管)により保護されている。

活荷重による斜材の応力変動の最大値は 7.6 kgf/mm^2 であるので、 0.45 fpu (fpu は斜材の引張強度)を斜材の許容引張応力度として採用した。従って斜張橋で用いられているような高価な耐疲労強度の定着具は必要としない。

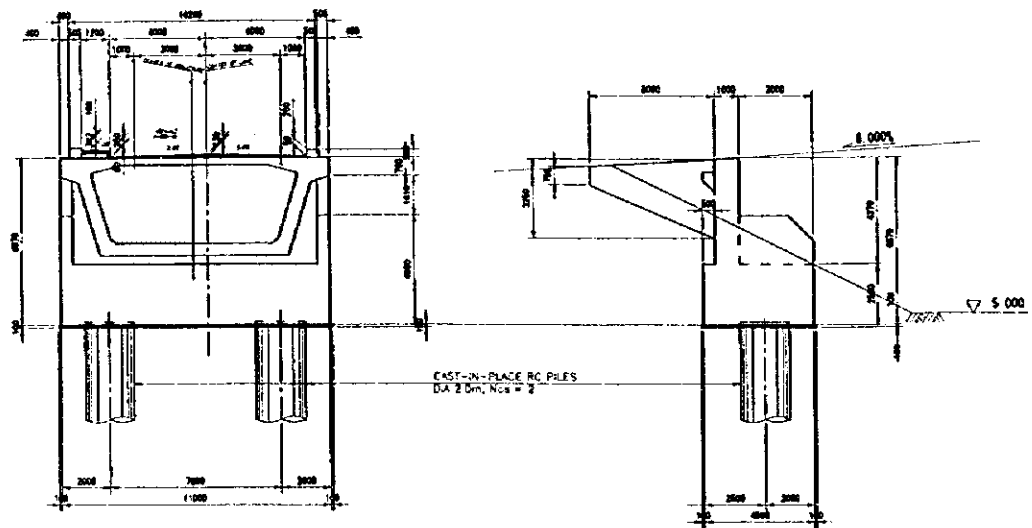
4) 下部工

a) 橋脚と基礎工

許容杭頭変位や杭の極限支持力及び土質定数等の設計条件を考慮し、橋脚基礎の設計を行った。その結果、杭配置は 5 列 3 行の全体で 15 本の杭が必要となり、実際の杭頭変位は許容値である 20mm 以内の 18.4 mm となった。パイルキャップは横方向 24 m、縦方向 14 m の矩形である。

b) 橋台と基礎工

橋台は単杭 2 本(径 2.0m の場所打ち杭)で支持された盛零橋台を経済的視点から選定した。上部工との結合条件は可動であり、杭頭の変位は許容変位 20 mm 以内の 18 mm であった。

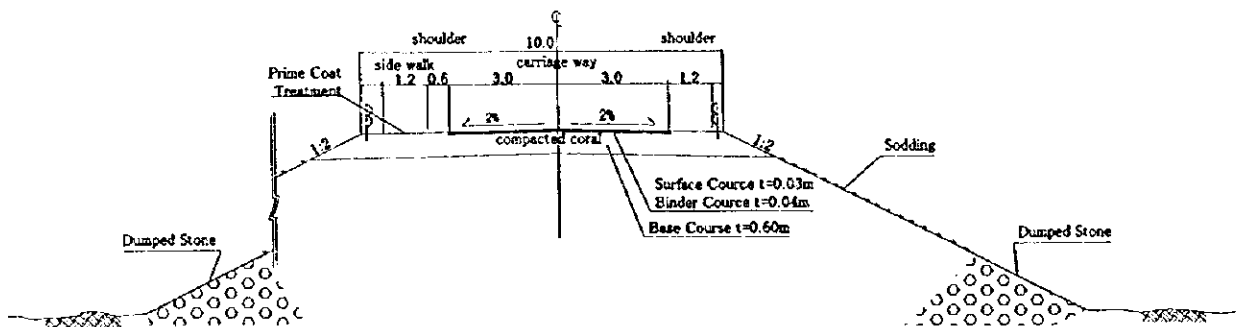


5) 護岸

鋼製矢板を用いた水密性のある仮締切が、基礎杭とパイルキャップの施工時に必要となる。これらの構造物完成後、残った仮締切はパイルキャップと矢板の間の隙間にシーリングコンクリートを打設し、護岸工として利用するものとする。

6) 取付道路

既存の取付道路の大半は新 KB 橋の取付道路として再利用するものとする。しかし、橋台建設により影響を受ける部分は復旧する必要がある、この復旧区間を本調査での取付道路と定義する。この区間は橋台の背面からプロジェクト起/終点までの各々延長 15 m である。本調査で適用される舗装構成は既設と同一のものとし、締固めたコーラル 60 cm 厚とアスファルト舗装 7 cm 厚である。



7) 付属物

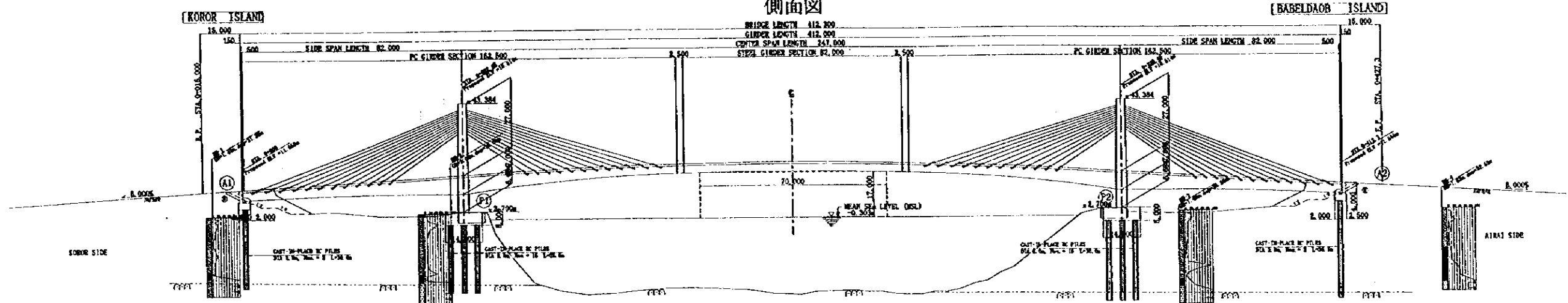
本計画で考慮した付属物を下表の通りである。

項目	仕様
排水施設	鋼製排水柵及びPVC鉛直パイプ
伸縮装置	鋼製フィンガー
高欄	亜鉛メッキ鋼製高欄
踏掛版	鉄筋コンクリート
支承	ゴム支承
進入防止フェンス	2 m 高のメッキワイヤーメッシュフェンス
照明装置	蛍光水銀ランプの街路照明柱
航路燈	橋梁添加型航路燈 6 基
避雷針	ロッド型避雷針 4ヶ所(6m/箇所)
親柱	石板付のコンクリート
ガードレール	梁タイプガードレール
橋名板	600 m×300 m の鑄造鋼板
交通標識	速度と荷重制限標識板

(4) 図面

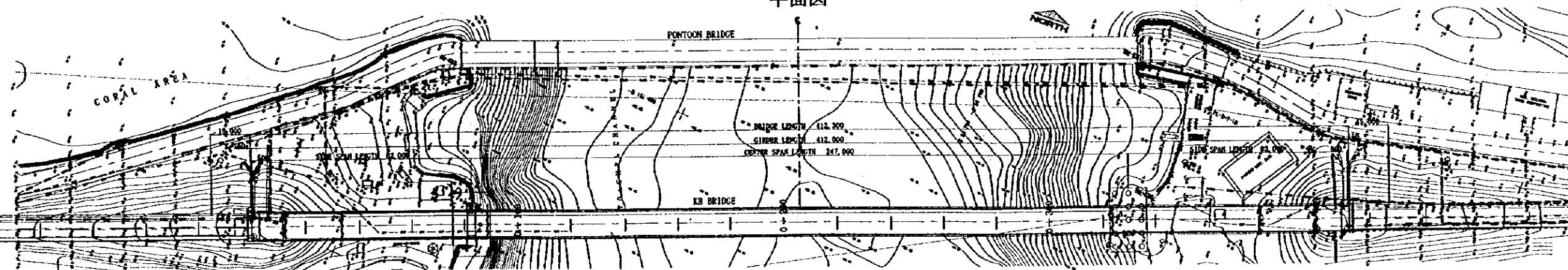
次頁に基本設計図面を示す。

側面図



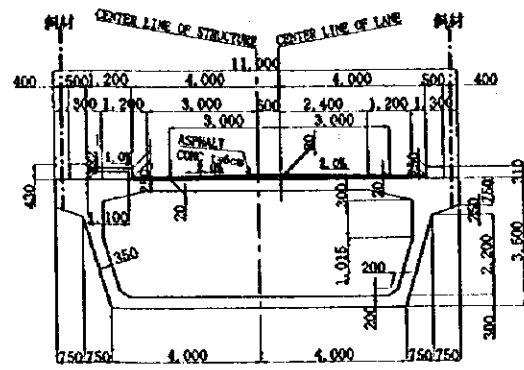
STATION	PROPOSED ELEVATION	EXISTING ELEVATION
1+000		
2+000		
3+000		
4+000		
5+000		
6+000		
7+000		
8+000		
9+000		
10+000		
11+000		
12+000		
13+000		
14+000		
15+000		
16+000		
17+000		
18+000		
19+000		
20+000		
21+000		
22+000		
23+000		
24+000		
25+000		
26+000		
27+000		
28+000		
29+000		
30+000		
31+000		
32+000		
33+000		
34+000		
35+000		
36+000		
37+000		
38+000		
39+000		
40+000		
41+000		
42+000		
43+000		
44+000		
45+000		
46+000		
47+000		
48+000		
49+000		
50+000		

平面図

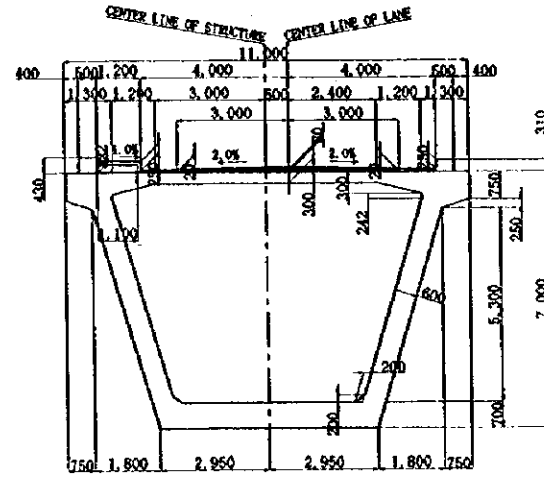


パラオ国 KB橋建設計画基本設計調査	国際協力事業団 日本工営株式会社 株式会社オリエンタルコンサルタンツ	DRAWING TITLE 一般図	SCALE 図示	DRAWING NO. 1
-----------------------	--	----------------------	-------------	------------------

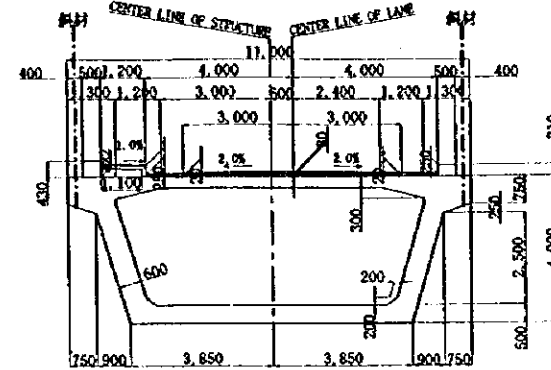
PC桁断面図 (中央径間) SCALE-1



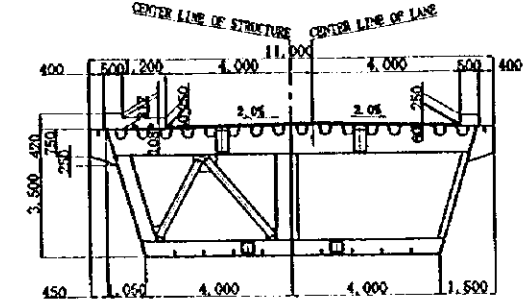
PC桁断面図 (柱頭部) SCALE-1



PC桁断面図 (側径間) SCALE-1

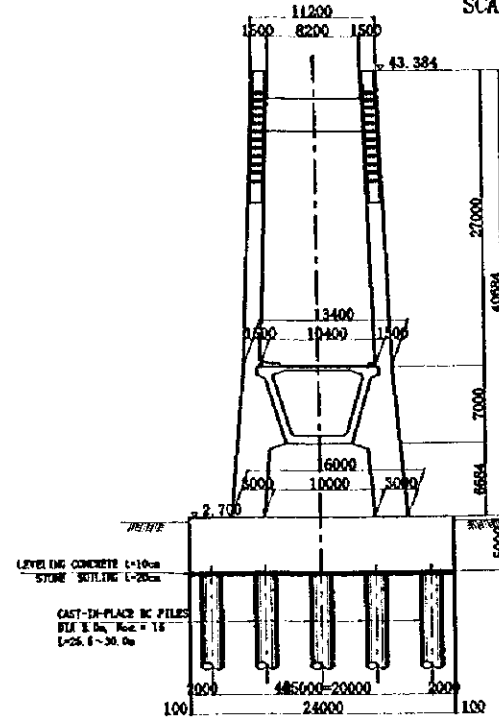


鋼桁断面図 (中央径間) SCALE-1

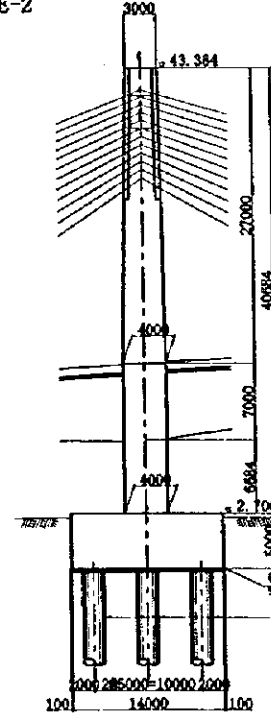


主塔正面図

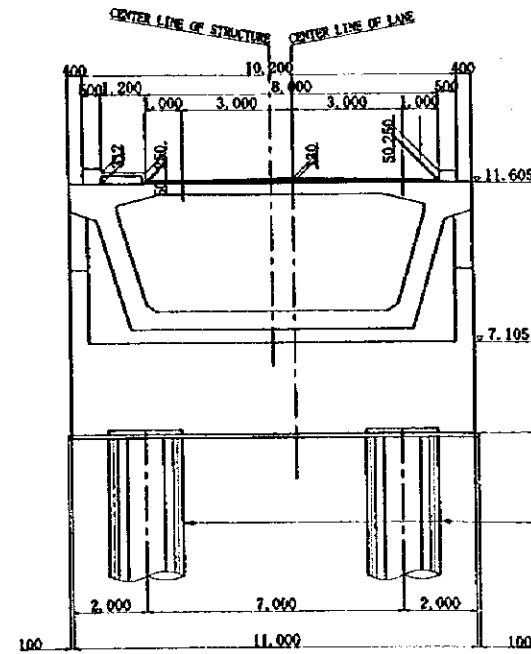
SCALE-2



主塔側面図

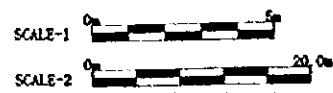
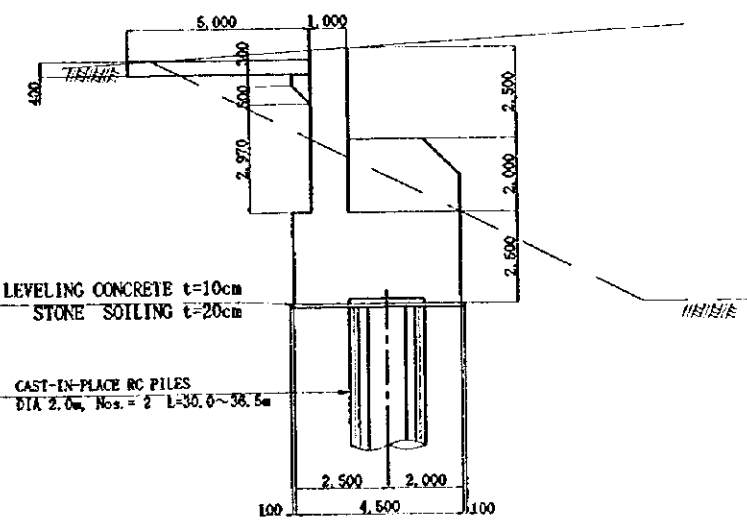


橋台正面図 SCALE-1



橋台側面図

SCALE-1



パラオ国
KB橋建設計画基本設計調査

国際協力事業団
日本工営株式会社
株式会社オリエンタルコンサルタンツ

DRAWING TITLE

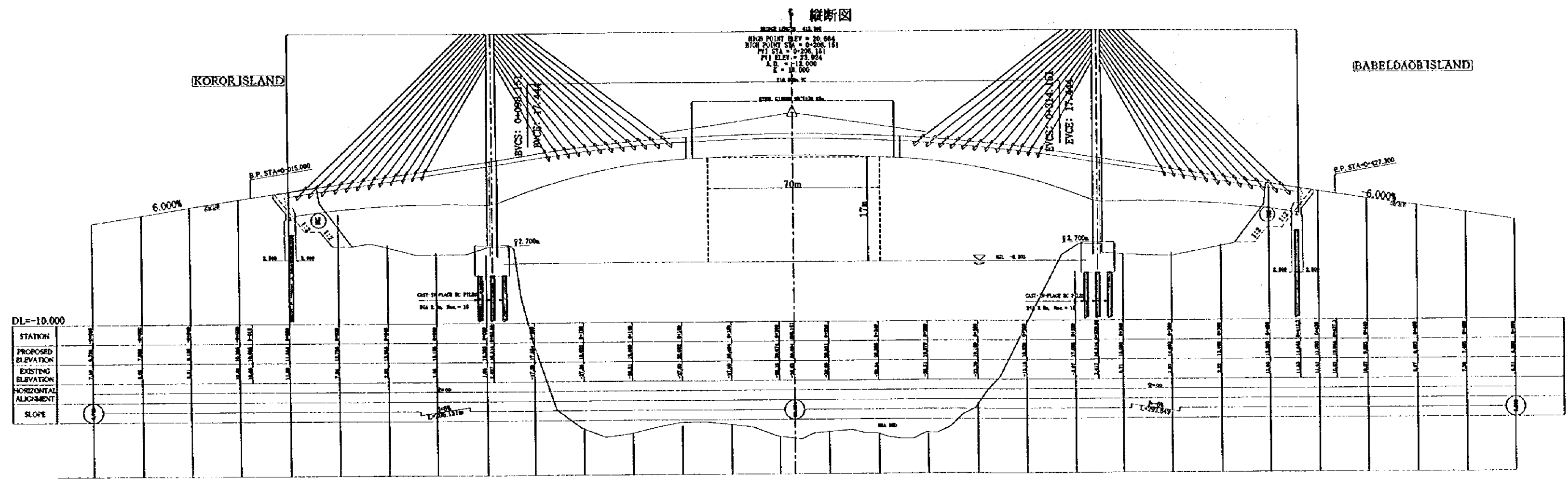
橋梁断面図

SCALE

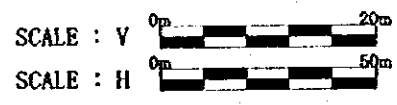
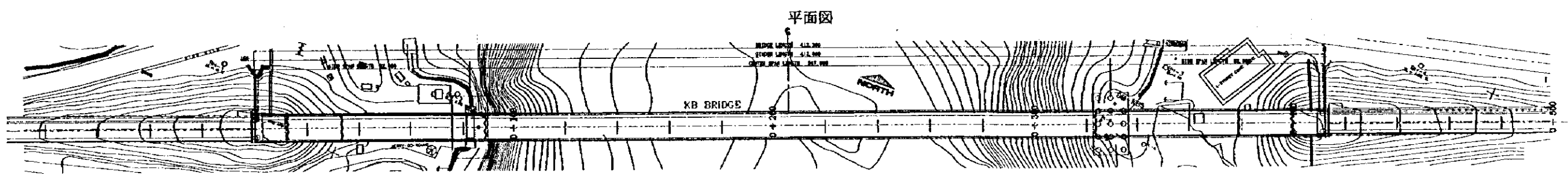
図示

FIG. NO.

2



DL=-10.000
STATION
PROPOSED ELEVATION
EXISTING ELEVATION
HORIZONTAL ALIGNMENT
SLOPE

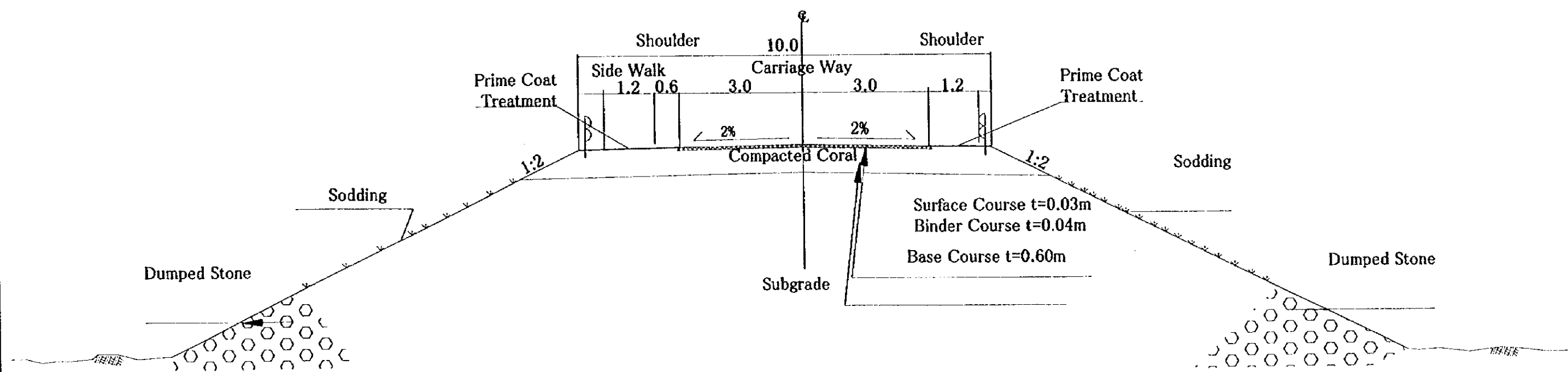


パラオ共和国
KB橋建設計画基本調査

国際協力事業団
日本工営株式会社
株式会社オリエンタルコンサルタンツ

DRAWING TITLE	SCALE	DWGNo.
平面縦断面図	図示	3

標準道路横断図



SCALE 0m 3m

パラオ共和国
KB橋設計画基本調査

国際協力事業団
日本工営株式会社
株式会社オリエンタルコンサルタンツ

DRAWING TITLE

道路横断図

SCALE

図示

DWG No.

4

