

9.4 地質および材料

9.4.1 地質と地層概要

シンガポールの地形を概括すると、本島の大きさは東西約42 km、南北約22 km、面積約584 km²であり、最も高い標高のブキテマ丘陵で166mと国土全体がなだらかな地形からなっている。最も背の高い建築物でも約280mであり、ブキテマ丘陵よりも高いことから、なだらかな地形であることを裏付けている。

シンガポールの地質は次の4種類に大別することができる(図9.9参照)。

- ①島中央から北岸中央に分布する花崗岩層(通称ブキテマグラニット)
- ②島西部から西南海岸に分布する堆積岩層(通称ジュロン層)
- ③島東部に分布する洪積層(通称オールドアルビウム)
- ④島の東南部を中心に分布する沖積層(通称カラング層)

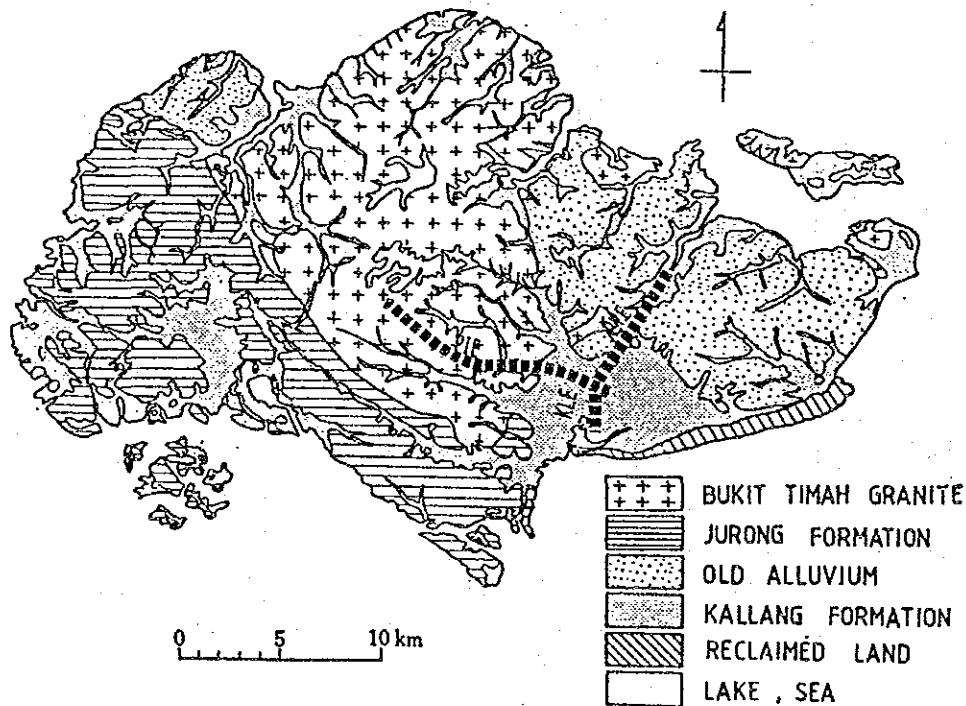


図9.9 シンガポール島の地質

調査対象路線に関連する地層の特徴を以下に概述する。

1) ブキテマグラニット

この地層はマレー半島からつながっており、花崗岩とその風化層より成る。マンダイ付近の丘陵には新鮮な露頭がみられ、良質な骨材として使われている。通常、地表面より20mから30mの深さまで風化しており、風化すると土砂化して礫混じり砂質粘土に分解してゆく。

2) ジュロン層

この地層は礫岩、砂岩、泥岩、頁岩、凝灰岩などの堆積岩とその風化層からなる。分布領域はジュロン地区からシンガポール市街にまで伸びている。これらの岩層は数cmから数mの厚さで重なりあい、岩質ごとに異なる度合で風化しており、複雑な褶曲作用のため地層が縦になっている場合すらみうけられる。岩質により強度に差があるため、また傾斜の度合が大きいことも重なり、支持層の深さが急変することがある。礫岩や砂岩の風化は比較的遅いが、泥岩、頁岩、凝灰岩は風化が進み強度は劣っている。

3) オールドアルピウム層

この地層は洪積層の礫、砂、粘土の互層からなり、カトンやチャンギ地区を含む東北部に広く分布している。よく締まった土質であり、標準貫入試験の打撃回数も砂で20~50回、粘土で10~20回をしめし、総体的に粒度配合が良好なため、埋立材料として利用されている。チャンギ空港やマリナーサウス、タンジョンルーの沖合い埋立地はこの洪積層土砂が使われている。この地層の平均厚さは100mあるといわれ、ボーリングでも50m以上あることが確認されている。

4) カラン層

カラン川を中心に市街東部の分布域が最も広いが、沖積世の堆積物はすべて該当するので全島に分布しているといえる。海岸付近では海成粘土が多く、内陸では川や沼沢による黒色腐植土、緩い砂層が堆積している。内陸部の層厚は5~10m程度であるが、沿岸では40m近くに達する地域が見られる。カラン層の海成粘土は東南アジア諸国で一般的に見られる軟弱で圧縮性が大きい問題の多い粘土である。表9.13に海成粘土の土質特性を要約する。

表 9.13 海成粘土の土質特性

	Upper Clay	Lower Clay
Natural moisture (%)	60-80	50-60
Specific gravity	2.60-2.75	2.60-2.72
Bulk density (tf/m ³)	1.49-1.65	1.65-1.84
Liquid limit (%)	80-95	60-80
Plastic index (%)	50-65	35-50
Undrained shear strength (tf/m ²)	1.0-3.0	4.0-7.0
Over consolidation ratio	1-2	1-2
Compression coefficient	0.7-1.3	0.5-1.0
Sensitivity ratio	5-10	6-12

Source: Japan Association of Soil Mechanics and Foundation Engineering

9.4.2 対象路線ごとの地質状況

1) PIE

PWDによって行われた地質調査結果（1990年4月～8月）にもとづいて地質状況を推定した。この調査はPIE/トムソンICからPIE/キムケIC間でおこなわれたものである。巻末9.2に地質縦断を示す。この区間はブキテマグラニットのエリアに入り、風化深度と表層堆積物が未知の要因であった。調査の結果、次のことが判明した。

- ①表層堆積物には腐植土や海成粘土が含まれていた。
- ②風化花崗岩は20～40mの深さにある。
- ③表層と風化花崗岩の間にジュロン層（風化堆積岩）が侵入している。

当初に予想していたより表層は厚く、しかもかなり軟弱な地層の含まれることがわかり、深い基礎構造の必要性が確認された。調査報告で花崗岩と報告されているコアは写真から判断すると頁岩かその他の堆積岩のように見える。調査結果の正否はともかく、この付近にブキテマグラニットとジュロン層の境界があるものと思われる。ジュロン層の領域とすると、地層の傾斜が急変するため、先端支持型の杭基礎では施工が困難なものとなる。

図9.10にKLEとPYEとともに地層構造の概念図を示す。

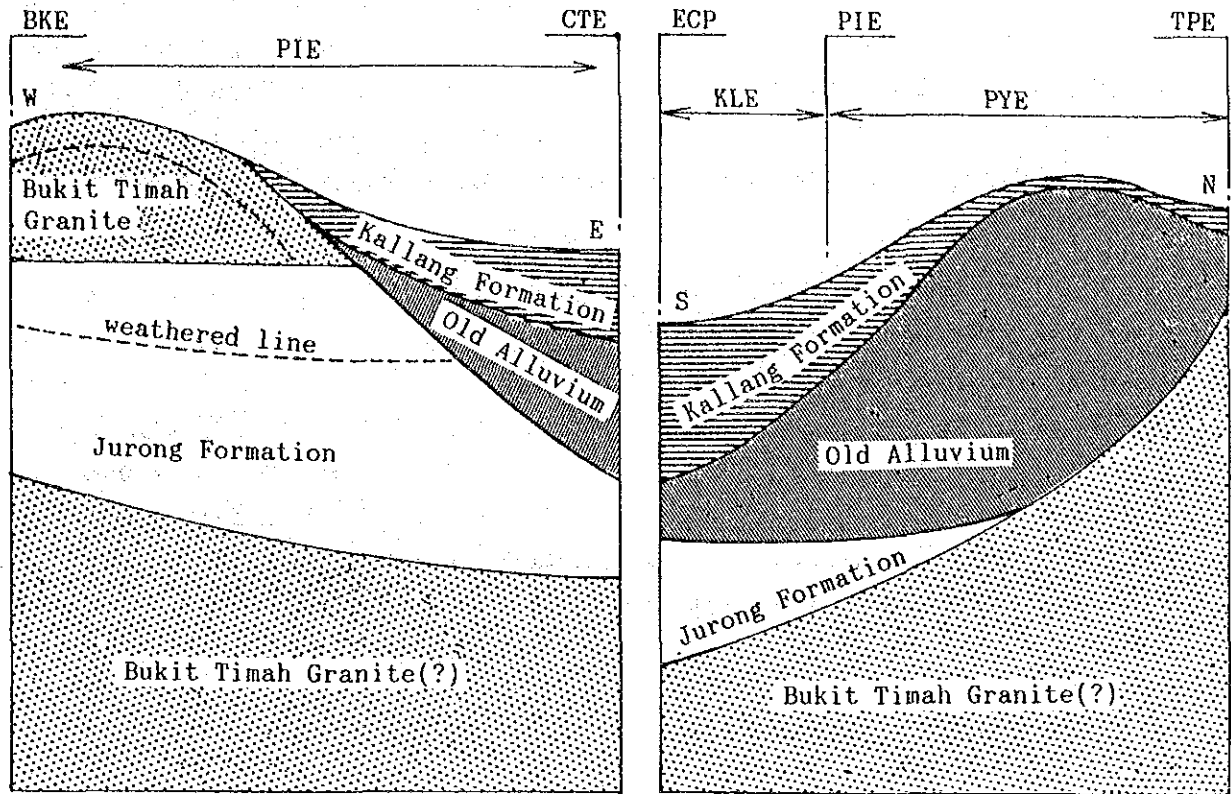


図 9.10 対象路線に沿った想定地質縦断

2) K L E

掘り所とした地質資料は次のとおりである。

- ① 1979年から開始されたシンガポール東海岸の第6・7期埋立工事中で調査されたもの
- ② ナショナルスタジアム スポーツコンプレックス工事で調査されたもの
- ③ PWDから提供されたペルトン水路沿いのボーリング調査記録

カラン層はオールダルビウムを削って堆積した河成土砂の上に海成粘土が堆積した地層である。削られたオールダルビウムの地層境界は海岸付近では深度20mから50mと激しい起伏をしめすため、その上に堆積する海成粘土の厚さも著しく変化する。この海成粘土層はほぼ水平に堆積する薄い硬質粘土層によって、上部海成粘土と下部海成粘土に分断されている。いずれも非常に軟弱な地層である。カラン公園付近の2本のボーリング柱状図では深度15mから17mにオールダルビウム層が上昇しているが、必ずしも水平に堆積しているとは限らない。ペルトン運河付近では深度が10mから15mに位置するオールダルビウム層が25mの深度に降下しているボーリング地点がある。

3) P Y E

ペルトン水路に沿って北上しパヤレバ道路に至るまでの区間ではK L Eと同様の地質状

況であり、カラン層は薄くなり、徐々にオールドアルビウム層が浅くなる。パヤレバ道路を越えるころからオールドアルビウム層の帯に入る。ここから先、北辺のPYE/タンピネス道路ICに至るまでのローカルな地質状況はデータがないため不明である。したがって、オールドアルビウム層の一般的な特徴とセラングーン河流域の湿地帯としての地形条件および調査団がおこなった現地踏査における露頭観察の結果を総合して地質状況を推定することとする。

空軍基地の地盤は良好な洪積層であるオールドアルビウム層でできている。この西側はセラングーン河の流域湿地帯であったが、現在は廃棄物の埋立地として利用されている。埋立地の外側には養魚池がたくさん残っている。河口付近で固結した赤味がかった黄褐色の地層の露頭が観察され、この層の上には腐植と暗褐色の軟弱な粘土が見られ、層状に堆積していたものと推測された。腐植層はまだ新しく土砂化していなかったことから、河川堆積物はカラン層ほど深いとは思われない。暗褐色の粘土は海成粘土とみられる。黄褐色の地層はブキテマ花崗岩の風化層と思われ、流域付近ではオールドアルビウム層が削り流されている可能性もある。以上の推測から沖積堆積層の厚さは10m以内であろうと判断される。

9.4.3 道路と高架の基礎構造

高架および橋梁の基礎構造は中規模の杭基礎が適当と考えられる。カラン層の海成粘土に支持力は期待できないので、20mから50mの深さにあるオールドアルビウム層の支持力を利用することとなる。カラン層地帯には厚い軟弱粘土層が堆積しているが、地盤沈下が発生していないので負の周面摩擦力を考慮する必要性は考えられない。

盛土区間で問題となる地点は現在も残っている湿地帯とその上に埋め立てた廃棄物の丘である。埋立土の高さは13mから15mはあると思われ、廃棄物の混ざった埋土と湿地堆積物の圧密沈下が予想される。湿地帯を埋立てた低盛土形式でこの一帯を通過する道路構造を想定しているが、詳細な地質調査を行い、事前に地盤改良をする必要がある。

9.4.4 建設工事用材料の選定

ジュロン層に豊富に存在する頁岩はCBR40%以上の良好な路盤材となる。

路床土にはCBRで5%以上の土質がPWDの仕様書で要求されているが、風化花崗岩やオールドアルビウムなどの材料はこの要求基準を満足していると考えられる。

セメントと鋼材以外はすべて自給材でまかなうことができると思われる。

9.5 排水工計画

シンガポールは国土面積が狭く四方を海に囲まれているため、河川の延長は短く流量規模は小さい。運河や水路がよく整備されているため洪水の被害も少ない。国土の最高の標高は166mと低く平坦な地形である。そのため海水位の影響を強く受ける。シンガポールの河川においては高潮位の統計記録に基づいて計画高水位が規定されている。

9.5.1 設計降雨強度

シンガポールではスコールと呼ばれる集中豪雨が時折見られ、この降雨強度で設計降雨強度が決定される。

設計降雨強度は巻末9.3に示すように、確率年ごとの継続時間に対する降雨強度が規定されている。排水施設の規模を設定するために適用される5年確率降雨強度は表9.14の通りである。

排水計画にあたっては一般に降雨強度のほか継続時間も重要な条件となる。シンガポール国では集水面積や地形条件、排水形式によって5分から30分の継続時間が使用される。

表9.14 設計降雨強度

継続時間(分)	5年確率降雨強度(mm/時)
5	220
10	170
20	135
30	110

9.5.2 関連河川の水文条件

対象域内の主要な河川はKLEのゲイラン河とPYEのセラングーン河とベルトン水路である。ゲイラン河の計画水位は101.75m(RL)であり、セラングーン河は102.05m(RL)と設定されている。計画高水位はこれらに0.75mの余裕を見込んだ高さである。ベルトン水路の計画高水位の規定は実施要綱にはないが、シンガポール南岸に流出することからゲイラン河と同じ水位を想定しておく。

9.5.3 排水施設の水力条件

側溝、パイプカルバートおよびボックスカルバートの平均流速と排水量はマンニングの公式により求める。ただし、平均流速は次の条件を満足しなければならない。

- ① コンクリート製の排水溝の平均流速は最小1m/sec以上、最大3m/sec以下にしなければならない。
- ② 素掘り側溝や張り芝側溝などの土工により造られた側溝は1.5m/sec以下にしなければならない。
- ③ 計算で得られた断面積に対して少なくとも20%の余裕をみておく。
- ④ 排水溝の水面と地盤までは排水溝としての必要深さの15%の高さを確保する。

9.5.4 地下施設の排水計画

半地下構造の排水施設はシンガポールのCP (Code of Practice) 3 表面排水規制の地下砂層中にある排水施設のポンプ利用条件を参照する。ここでは、このコードの主要な点だけを述べることにする。

- ①ポンプの能力は150mm/h以上の降雨量に対して満足するものを設置する。
- ②排水ダクトは少なくとも継続時間が3時間以上の降雨量に対して供給できる施設とする。降雨量は表9.15の通りである。

表9.15 降雨強度と継続時間

継続時間 h	3	4	5	6	12	24
降雨量 mm	151.4	210.6	253.4	281.9	376.7	533.2

9.6 構造物設計

9.6.1 PIEインターチェンジ構造物の拡幅

1) PIE/エングネオIC

PIE/エングネオIC付近の高速道路は直線区間であり、前後の土工区間の拡幅計画は両側1車線拡幅のため、本橋も両側1車線および取付ランプの拡幅量だけ現橋と同じ橋長20.6mのPC単純プレテンション桁形式で拡幅する。プレキャスト桁の形状寸法は現況とほぼ合わせ曲げ剛性が同じになるようにする。新・旧桁の間には縦目地を設けず直打継ぎによる剛結とし、車の走行性および安全性を確保する。主桁の材令差による既設桁への付加応力を軽減するため、主桁製作後一体化するまでに約6ヶ月の期間経過させる。

2) PIE/アダムIC

PIE/アダムIC付近は平面線形が良いことと両側に十分な用地がないことから、新たに4車線を別線を通すことが難しく、現況の高速道路の6車線を中央帯および路肩を縮小して8車線で運用することにし、一車線のONランプのみを既設構造の背面に通すことにする。構造形式としては幅員が狭いことからボックスカルバートとする。アダム道路は全面覆工し、覆工下でボックスカルバートを構築する(図9.11参照)。

3) PIE/マウントプレザントIC

現況の6車線高速道路を8車線に拡幅することは、幅員が不足するため既設IC橋の下では不可能である。本IC付近は高速道路の平面線形が特に悪く線形改良が望まれる。以上のことを考慮して、チャンギ方面本線を既設本線の北側に4車線の別線として計画する。RCのボックスカルバートでは部材が厚くなり不経済となるためPC構造を提案する。PC構造形式の内、既設IC橋のすぐ背面での施工と、マウントプレザント道路の現況車線数を確保した施工法を考えPCホロースラブ構造とする。施工上の留意点は以下の通りである。

- マウントプレザント道路はIC橋上では現在3+1車線で運用されている、しかし計画では2+2車線に変更する。
- マウントプレザント道路の機能を確保しながらの施工になるためマウントプレザント道路を全面覆工し、その下で基礎杭、橋台を構築する。基礎杭は空頭制限下での施工となるためリバース工法が望ましい。

4) PIE/トムソンIC

14径間連続のPC桁で構築されている現橋の北側に、同様の機能を持つチャンギ方面行き4車線高速道路および2車線ランプ高架橋を計画する。本インターチェンジ橋では景観性、施工性などを考慮してPCプレテンション桁構造とし、2柱式のクロスヘッド形式で

支持する構造とする。トムソン道路上を交差する箇所は支間の関係からPCボストテンション桁構造とした。計画および施工上の留意点は、次の通りである。

- 一現橋との構造上および景観上の整合に配慮して橋脚の位置を揃え、上部構造の形状をほぼ既設橋と同一とする。
- 一ループランプの撤去および構築時にはトムソン道路を北上してチャンギ方面に向かう車両に対しては信号処理により右折する形態となる。(図9.11、巻末9.4参照)

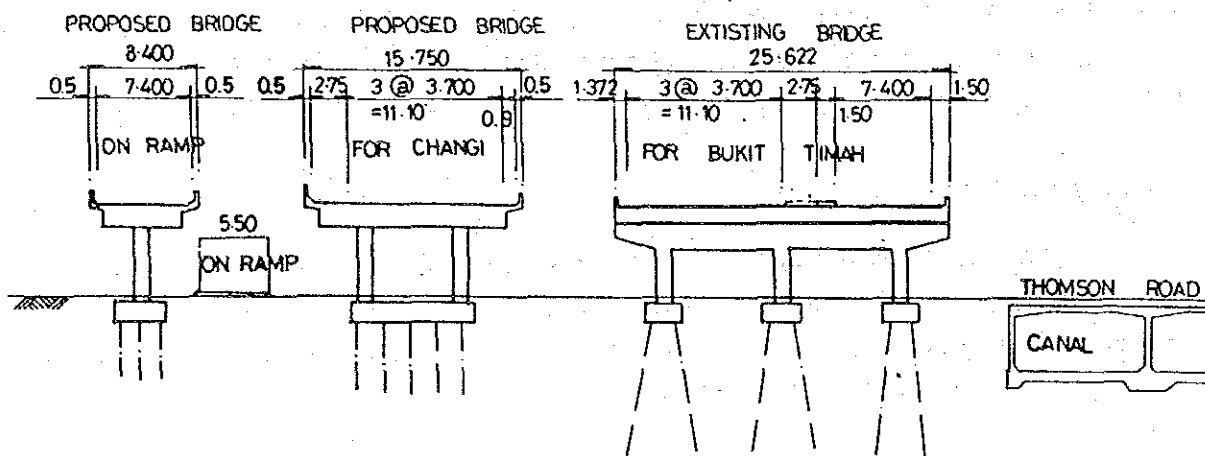


図9.11 PIE/トムソン I.C の高架橋拡巾計画

5) PIE/トアバヨ I.C

PIE/トアバヨ I.C 橋はジュロン方面行きの ON ランプおよび OFF ランプとして供用されているが、交通混雑の激しいトアバヨ ロータリーへの負担を軽減するため、OFF ランプを PIE/キムケ I.C に移設し、トアバヨ I.C 橋は ON ランプのみとする。既設 I.C 橋は高速道路の拡幅の際に撤去して新設橋を既設橋の外側に構築する。PIE を 1 径間で横過するとスパンが 57m となり桁高が高くなり縦断を上げる必要が生じ既設道路への取付が難しくなるので、PIE の中央帯に橋脚を設置し 2 径間で横過する計画とする。美観、経済性、施工性を考慮して PC プレキャスト桁構造とする。OFF ランプの撤去前に PIE/キムケ I.C の OFF ランプが完成していなければならない。(巻末 9.5 参照)

6) PIE/キムケ I.C

本橋はジュロン方面行の PIE/トアバヨ I.C OFF ランプを PIE/キムケ I.C に移設することにより、制約の厳しい中での建設を回避するとともに、交通混雑の激しいトアバヨ ロータリーへの負担の軽減を併せて図ろうというものである。本橋は線形上 PIE を斜めに横過する。曲線橋になるため、1 径間で跨ぐにはスパンが長くなりすぎ施工も非常に難しくなるので、PIE の中央帯に橋脚を設置して 2 径間で跨ぐ計画とした。構造形式は美観、

経済性、施工性を考慮してPCプレキャスト桁を使用したクロスベッド構造とした。ランプ橋の外側のサービス道路は水路に全面スラブを架け、その上を通す計画とした、その際スラブの基礎は水路の外側に設置し水路の機能の低下を避けた。(図9.12、巻末9.5参照)

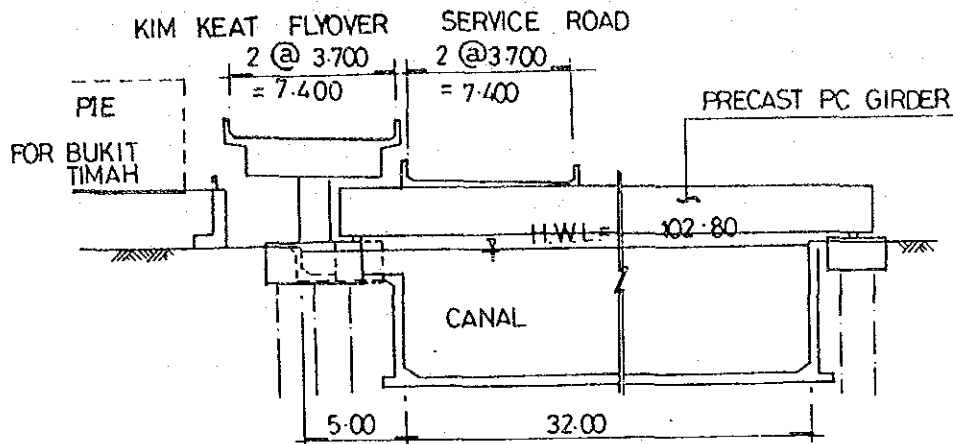


図9.12 PIE/キムケIC拡幅構造(現道嵩上げ、高架新設)

9.6.2 KLEとPYEの構造物

1) 標準高架形式の検討

(1) スパン長

スパン長は交差する道路、河川、土地利用状況、地盤条件、周辺地域の環境、経済性および施工性などから決定される。スパン長の決定は高架構造の構造形式や経済性に大きく影響を与えるので細心の注意を必要とする。

a) 標準高架形式の最適スパン長

PCプレキャスト桁は、一般に単純形式で最大50mのスパン長まで使用可能であるが、運搬、施工性、経済性の理由から25m~35mスパンがよく使われている。シンガポールにおいてはスパン長30m~35m程度のプレキャスト桁が高架橋によく使われている。本スタディでは標準高架形式の最適スパン長を経済性と景観性面から検討して決定することにした。経済性の観点からは支間長30m以下の工費に差はほとんどないが、30m以上になると工費の増加傾向が著しくなるので経済的支間長としては30m以下が望まれる。(巻末9.6参照)

景観面での評価は評価者の主観に依存するため、客観的に決定をすることができないが、本検討ではスパン長、桁下高、上部構造高の形状比率の関係から景観評価をした。

- ①上部構造の厚さとスパンの関係からは連続高架橋の場合、上部構造の厚さだけで重厚感が決まるため、スパンが短い方が桁高が低くなりスレンダーとなる。
- ②桁下高とスパンの関係からは地表から計画高までの標高差が10mから12.5mまでが経済スパン長にマッチしており、この計画高に適したスパン長は30mから35mである。
- ③上部構造の厚さ（h）と桁下空間高（H）の関係は（h/H）が0.4以下であれば圧迫感を軽減できる。地表面から計画高までの標高差が10mから12.5mとするとスパン30m以下が望ましい。
- ④以上を総合的に判断するとスパン30mが景観面では優れていると思われる。ただし高架橋を適用する場所における周辺景観との調和など他の要素も景観上重要になるので別項で各架橋位置で個々に検討する。

結論として、表9.16に示すように経済性と景観面を総合的に判断して最適スパン長を30mとした。最適支間長30mの標準高架橋の透視図を図9.13に示す。

表9.16 標準高架橋の最適スパン長総合判定

	スパン長 (m)			
	20	25	30	35
経 済 性	○	○	○	
景 観 性			○	
使 用 実 績			○	
総 合 判 定			○	

b) 交差部のスパン長

計画高速道路にはいくつかの道路、河川などが交差しており、標準スパン長が適用できない箇所がある。そのような箇所については次の方法により対応する。

- ①橋脚中心間隔が45m以下の場合
クロスヘッド部を長くすることにより、標準スパン長と同じPCプレキャスト桁の桁高、桁断面を使用する。
- ②橋脚中心間隔が50m以上の場合
経済性、施工性、桁輸送等からPCプレキャストの適用範囲を超えるため場所打桁を使用し、構造的なことから3径間連続桁形式とする。その時の支間割を表9.17のようにする。

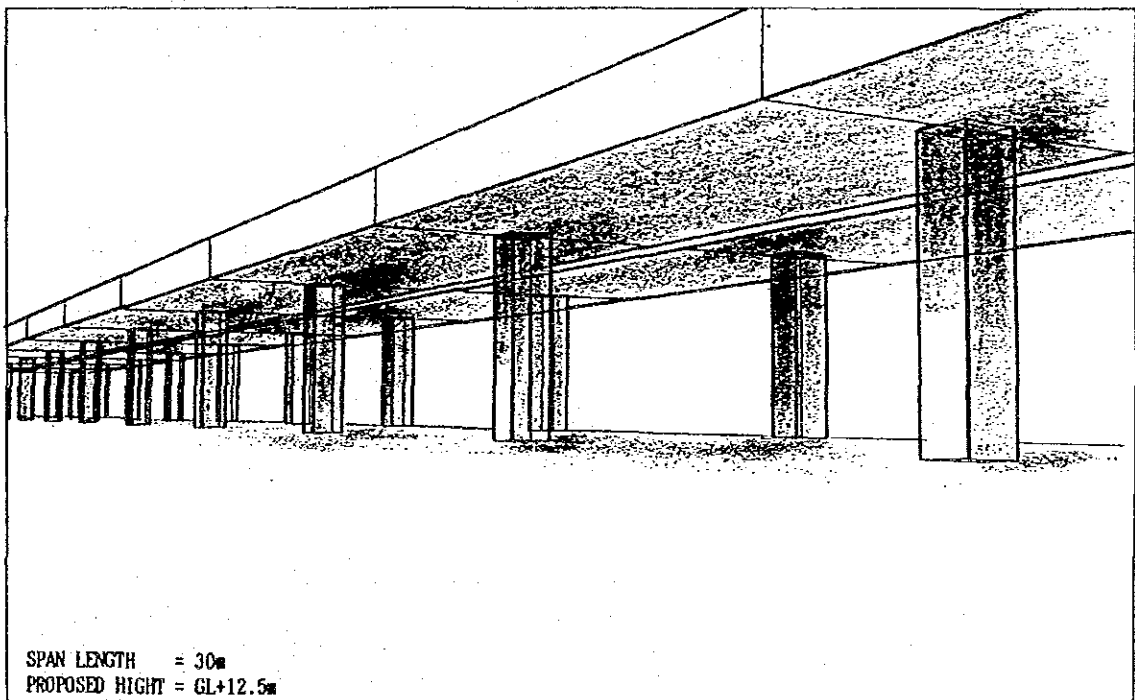
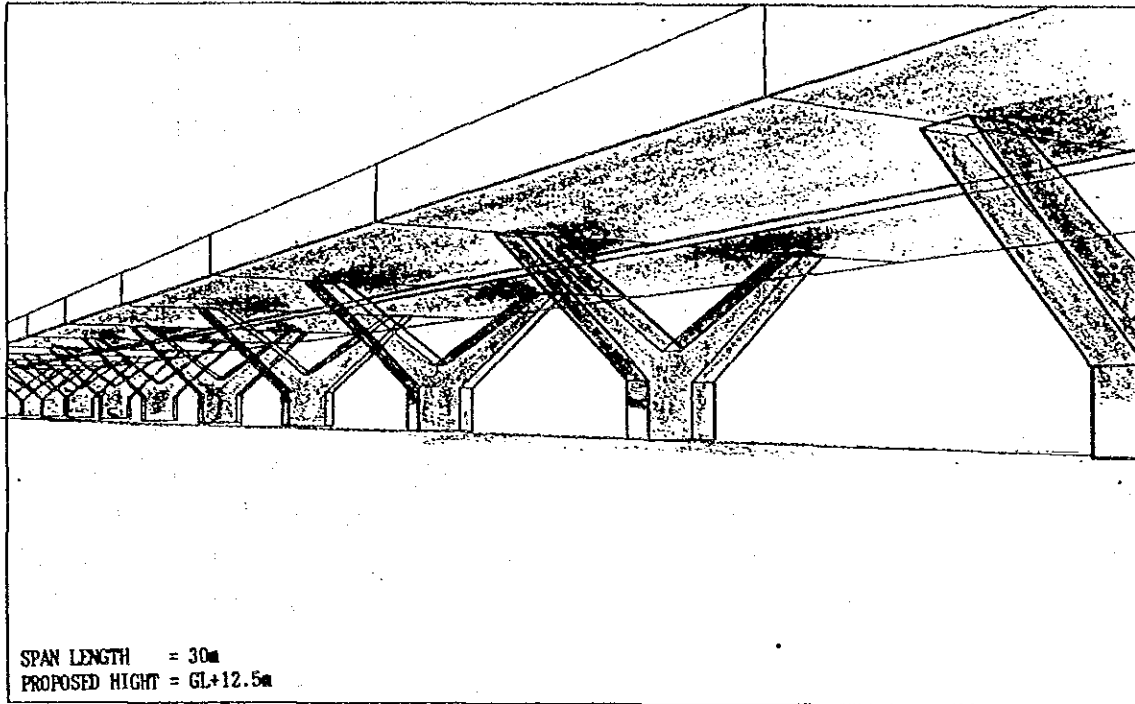


図 9.13 スパン長 30 m の標準高架

表 9.17 連続桁形式のスパン割 単位：m

	側径間	中央径間	側径間	橋 長
TYPE 1	3 5	5 0	3 5	1 2 0
TYPE 2	3 5	5 5	3 5	1 2 5
TYPE 3	4 0	6 0	4 0	1 4 0
TYPE 4	4 5	7 0	4 5	1 6 0
TYPE 5	5 0	8 0	5 0	1 8 0

(2) 桁形式の選定

標準スパン長30mの桁形式としてはT桁、I桁、U桁の3つの形式が比較対象となる。各桁の形式はそれぞれ固有の特徴を持っており、どの形式を選ぶかは現地の条件に負うところが大きい。ここでは標準形式としてI桁を採用した。その理由は、I桁は最も経済的で、架設が容易で、そして床版は橋面のねじれによく追随するためである。(表9.18)

表 9.18 PCプレキャスト桁の特徴

	Advantage	Disadvantage	Problem or Merit
T	Period for slab deck casting is short. Beam depth is the thinnest among all types.	Slab deck can not easily follow the twisted surface of bridge. Construction cost is transverse tendon needed in the slab deck.	Expensive. Many twists of bridge surface encountered in KLE and
I	Even in case of excessive twist of bridge surface, slab deck can easily follow the twisted surface. lowest, because slab deck need not transverse tendon and crane in ordinary scale for erection can be used. As beam weight is light, transportation and erection are easy.	Slab deck work takes longer time than T-beam. Beam depth is thicker. This type needs strutting support for stability during erection setting.	Economical. Easy handling. Adaptable to the twists of bridge
U	As numbers of beam is less than the other types the period of fabrication and Transportation can be reduced. Sectional stability can keep self-support during erection.	Slab deck can not easily follow the twisted surface of bridge. As beam weight is heavy, large trailer and crane are needed for erection. Transportation and erection are not easy.	Many twists of bridge surface encountered in KLE and PYE.

(3) 橋脚形状の選定

KLEやPYEの高架橋では、橋脚は桁に比べて歩行者やドライバーから身近に見られることが多いので、橋脚の形状、表面の処理などが景観上特に重要となる。橋脚形状の決定に際しては、当然、その機能、施工性、経済性および維持管理のし易さも考慮すべきであるが、本高架橋のように居住地域に建設される場合には、これに加えて景観性も十分配慮しておく必要がある。

a) 景観面

i) 橋脚の形

橋脚の材質は上部構造がコンクリートであり、比較的重いものを支えることと地震による影響がないため圧縮耐力に優れたコンクリートとする。コンクリートの場合、材料の特質上、矩形、円形などさまざまな断面形状や、Y型橋脚など種々の橋脚形態にすることが可能である。本高架橋では、上部構造の幅員や土地の有効利用などを考慮するとY型橋脚と多柱式橋脚が考えられる。

ii) 橋脚断面形状

橋脚断面形状の種類としては、矩形、多角形、円形、壁式などさまざまな形状が考えられるが、多柱式でも2本柱の断面は、活荷重が偏載した時の橋軸直角方向で決まり、比較的大きな断面になるので応力上有利な矩形断面とする。

平面線形上、ベルトン水路の中に橋脚を設置しなければならない箇所については、円形断面にして水の流れをスムーズにする。

iii) 橋脚構成

景観上、橋脚本数はより少ない方が桁下空間にも光がさし込み、望ましいことである。しかし、橋脚の本数、配置、形状はその橋脚の立つ場所の地形的条件や、上部工の形式、幅員、荷重などの構造的な条件からも決まるので、これらの条件を考慮しながら、前後の橋脚との景観的な連続性も含めて、橋脚の構成を検討した。Y型橋脚と多柱式橋脚の比較結果（巻末9.6参照）をふまえた結論は次の通りである。

- 景観上はY型橋脚はリズムカルであるが、多柱式は繁雑さが目につき、明らかにY型橋脚の方が優れている。
- 地表面と計画高の標高差が7.5m以下になるとY型橋脚の鉛直の柱部分が地中に隠れてしまい景観上好ましくない。Y型橋脚は最小限10mの標高差がほしい。
- 高架下に道路が平行して走る箇所（PYEのルートI、ルートIII）では2柱式にすると、構造上、高架下道路は柱と柱の間を通ることになるのでドライバーにとって圧迫感を受ける。

iv) 橋脚と桁のおさまり

上部構造とそれを支える橋脚の関係は橋の造形上の重要点である。特に本高架橋のよう

に見られる頻度の高いものでは、この関係が与える影響は大きい。本高架橋は上部構造としてPC単純プレキャスト桁を採用しているため、この形式の場合には直接柱で支えることはできない。そこでクロスヘッド構造を採用してできる限り梁を見えなし、上部工の伸縮継手は盲目地を採用して車の走行性を高めることにする。

b) 構造面

地震の影響を考慮する必要がないときには柱断面は小さくできるが、幅員が広く柱本数が少ないとは活荷重の偏載による直角方向の応力のため比較的大きな断面が必要となる。Y型橋脚の断面と2本柱の合計の断面はほぼ同じになり優劣はつけがたい。クロスヘッドの横梁と柱とを取り付ける位置はY型橋脚も2柱式もほぼ同じであるのでクロスヘッドの大きさも変わらない。

6車線高架橋にY型橋脚の適用は可能であるが、8車線道路では構造上多柱式とする。

c) 経済性

標準区間では多柱式がY型より5%ほど経済的である。これはY型橋脚の斜め材の施工性による差からきている。

ペルトン水路上の橋脚は、3柱式が施工中の水路での締切などの面でY型橋脚より約38%経済的になる。

d) その他

平面道路が高架橋と平行して走っている場合、Y型橋脚を中央分離帯に設置することにより、平面道路を上下線に分離でき、かつ幅の広い中央分離帯により平面道路の交通の安全性および機能性を向上できる。

土地の有効利用の面ではROWが同じであるので両者に差がないが、高架下の利用面を考えると使いやすさから柱本数の少ないY型橋脚が優れている。

e) 結論

多柱式橋脚、Y型橋脚それぞれ特徴があり、線形条件、地形条件、周辺の環境、現場の条件などによって優劣が変わるため、各々の路線代替案ごとに決めることにする。

(4) 基礎形式の選定

KLEの全線とPYEの南部地域の地質条件は良好とはいいがたく、深い根入れの杭基礎形式が推薦される。付近の工事実績を調べると、打ち込み工法によるPC角杭とH鋼杭が一般的のようである。設計で考慮すべき水平力は風荷重と車両による制動荷重であるため、杭に必要とされる水平耐力は低い。これらの条件を考慮すると、杭種の選定は上部構造の重量と軟弱な沖積粘土層の厚さを基に決めればよい。ガイラン河橋梁のような重量規模の大きい構造物には場所打ちコンクリート杭を適用し、標準桁区間には支持層深度が20mより浅い北寄りの高架でPC杭、それより深い南寄りの高架区間ではH鋼杭を使用する。

タンピネス道路より北側は支持層として期待しているオールダルピウム層が地層表面下10m以内にあるため、市街地に近く近接施工が予想される高架区間では短い長さの場所打ち杭を使用し、杭打工事が可能な区間では経済的なPC杭を用いる。重量規模の大きい橋梁は経済的なケーソン基礎形式の適用が推薦される。

2) トンネル計画

本プロジェクトではKLEの代替案に500mのトンネルとPYEの代替案に1.35kmのトンネルを提案している。トンネル計画で考慮すべき事項について以下に概述する。

(1) トンネル工法の選定とトンネル断面

適用すべきトンネル工法の種類は地質条件、立地条件、道路計画縦断の深度、道路の幾何条件、経済性を総合的に評価したうえで選定する。地質条件ではKLEのカランパークトンネル工事で軟弱な海成粘土地盤に若干の困難が生じるが、環境や交通も含めた立地条件の制約が少なく、経済性からも開削工法による箱形断面トンネルが最適な形式と考えられる。多車線の道路の幾何構造断面には交通標識も含め矩形が最も効率の良い断面形状である。開削工法で問題となるのは地下水位低下による沈下や床付け面の盤膨れにたいする対策工が必要となる場合があることである。地質調査に基づいた地盤改良や特殊な締切工を検討すべきである。一般部の開削工事に用いる土留工法は掘削深度から判断して断面の大きい鋼矢板による締切工が必要となる。カランパークトンネル工事ではさらに規模の大きい締切工が必要と思われ、柱列式ないしはRC壁式の地下連続壁工法の必要性が予想される。重要な交差道路の地下工事については、覆工板をかけて交通サービスを提供することとした。(巻末9.7参照)

(2) 地下埋設物の処理と近接施工

地下埋設物のうち若干の困難を伴う物件は排水溝であり、切り回しは不可能であり仮受けが必要となる。重要な隣接構造物の近接施工では地下連続壁工法による本体兼用の締切工とする。

(3) 坑口の位置

坑口の位置を決定するうえで留意すべきことは、坑口の外に急に現われるような曲線区間や急な縦断勾配区間を避けることである。暗がりから明りに出た直後は運転者の眼がすぐには明り道路に慣れず、急な変化に対応できないため事故につながりやすいからである。KLEのトンネルもPYEの空軍トンネルも一方の坑口が半径400mから600mの曲線とS字曲線にかかっており問題となる点である。この欠点をなくするためには坑口部の照明と視線誘導設備を充実させることが大切である。

(4) 換気施設の形式と容量

換気の設定計画ではトンネル延長、縦断勾配、交通量、自然風のほか大型車混入率、排出ガスの希釈濃度を考慮する必要がある。日本の実績ではトンネル延長(km)と交通量(台/時間)の積が2,000を越えるトンネルでは機械換気を導入している。カランパークトンネルでこの数値は約4,000、空軍トンネルでは約10,000となり、日本の基準から判断すれば機械換気が必要な場合に相当する。自然風の気象条件は日本と大差ないので、交通換気力と自然換気力だけで所要換気力をまかなう可能性は設計交通量の状態では低いと考えられ、機械換気設備が必要であろう。換気設備の形式と規模を設定するうえで問題となるのは換気方式の決定と車両の走行速度である。走行速度の遅い交通渋滞状態に対応する換気の規模は不経済であり、初期工費に加え維持管理費も増大するため、常設国際道路会議の提案する走行速度10km/時が妥当と思われ推薦する。そのほかの換気容量設定条件は大型車混入率を15%とし、交通量を2,120台/時とした。

換気方式としてはトンネル規模と経済性から縦流方式が推薦される。トンネル延長が短い1方向トンネルでは自然換気力と交通換気力を有効に利用でき、そのため経済性も向上するからである。縦流方式には火災時の排煙設備を装備しにくい欠点があるが、排煙設備を含む非常用防災施設については、換気方式とは別系統で計画しておくほうが現状の技術水準では賢明であろう。送風機の据付け位置は交通標識のための天井空間が兼用できるので、このためにトンネルの内空断面を広げる必要はない。

(5) 照明設備

トンネル構造が与える条件として、坑口前後の照明の連続性を図ることと曲線区間を含む坑口における視線誘導機能を補完することが照明設備に求められる。

(6) 非常用防災施設

非常用防災施設計画は閉鎖空間を利用するトンネル計画にとって非常に重要である。非常用防災施設は日本では交通量と延長から決まるトンネルの等級に応じて整備する施設の種類を規定している。カラントンネルも空軍トンネルもその5段階の2番目のA等級に相当する。トンネル内に曲線区間や急な縦断勾配のあることを考え、1番目のAA等級に準ずる施設配置計画が必要と思われる。主な施設を下記に示す。この中で構造に関わる施設としては排煙用立坑と避難通路、給水・排水設備である。

- ①通報・警報設備 : 火災や事故の発生を検知し、消防や警察に通報し、トンネル内外の運転者に周知させる。
- ②消火設備 : 初期消火に対応する不特定者が使用できる、持ち運び可能な大きさの消火器とホースを取り付けて使用するための水消火栓を備える。
- ③避難用設備 : 火災時に車両を捨てて歩行で避難する利用者を支援するための施設で、排煙設備と避難通路と避難誘導標識を備える。

- ④給水栓 : トンネル内で消防隊が行う本格消火に使用する。両坑口または避難連絡口に設置する。
- ⑤監視装置（I T V） : 平常時は交通管制に使用し、非常時には通報の確認、避難状況や消火活動を監視するための設備で、監視カメラを200mの間隔で設置する。
- ⑥排水ポンプ : 消火に使われた水を排水し、一時貯水するタンクも備える。

3) 擁壁構造の形式計画

橋梁やトンネル構造物の取付部は用地面積が制約されているので、切土や盛土による取付は行わず、擁壁構造によって取り付けるものとする。擁壁構造の形式には安価なものから順に次のような形式がある。

- タイプ-1 石積み擁壁
- タイプ-2 ブロック積み擁壁
- タイプ-3 重力式コンクリート擁壁
- タイプ-4 逆T形またはL形断面の鉄筋コンクリート擁壁
- タイプ-5 U形断面鉄筋コンクリート擁壁
- タイプ-6 補強土工法併用の鉄筋コンクリート版擁壁

K L EやP Y Eが高規格の高速道路であることと道路用地が限られていることから、タイプ-1とタイプ-2の形式は適していない。タイプ-3とタイプ-6は軟弱な基礎地盤の土地には不向きであり、擁壁構造区間が最も長いK L Eの地質は軟弱な地盤で成り立っており、タイプ-3とタイプ-6の適用性は低い。タイプ-4とタイプ-5が選定の対象となる。

タイプ-4とタイプ-5の擁壁形式の適用例を巻末9.8に示す。5種類の構造形式について説明する。

- タイプA : 橋梁への取付盛土区間に適用する。
- タイプB : トンネルまたは半地下構造への取付区間に適用する。地盤条件が比較的良好な工区には最も経済的な形式となる。
- タイプC : タイプBの改良形で、地盤条件の悪い工区に適用する。タイプBの2倍以上の工費が必要となるが、施工方法がこみいっているのが難点である。
- タイプD : トンネルへの取付区間に適用する。地盤条件の悪い工区に向いている。施工が容易であり、舗装面が基礎地盤の影響を受けずに平滑さを維持することが特徴。工費はタイプBの約2倍。地下水による浮力が床版の設計厚さを増加させるため、地下水の排水機構に工夫が必要である。
- タイプE : 半地下区間に適用する形式であり、地上道路のスペースを確保するため、壁天端から床版を張り出している。構造物の安定上、U形の掘削構造断面としている張り出し床版に載荷される荷重が増えるため、

U形擁壁の版厚が増える。

将来の維持管理に負担をかけず、高速道路としての走行性能を確保するためタイプDすなわちU形擁壁形式を推奨する。

KLEにおける擁壁区間は、盛土擁壁が約200m、掘割構造区間が約1,200mで、この内張り出し床版付の半地下構造が約800mである。U形擁壁の適用区間はゲイラン河橋梁から3%の縦断勾配で降下してトンネルに入る直前の150mから200mの曲線区間と、MRT高架の下をくぐり抜けてPIE交差の高架に2.9%の縦断勾配で取り付く手前までの約300mの長さの区間である。いずれも急勾配であり、一方はカーブ区間のため舗装面に与える走行抵抗は大きい。そのため耐久性があり、路床面のしっかりした舗装構造が必要となる。変状を生じた場合の修繕工事もこれらの区間では困難である。

4) インターチェンジ内の構造物計画

インターチェンジの構造物に求められる条件は次の4点である。

- ① インターチェンジの占有面積を広げるような大規模なものであってはならない。
- ② 走行車両の見通しを妨げない。
- ③ 曲線区間や分・合流のための車道幅の変化や勾配に対応できる。
- ④ 交差線形上の要請から桁高をできるかぎり薄くする必要がある。

①と②の条件を満足するための最も有効な方法は高架形式を適用して盛土や擁壁を少なくすることである。そのために工事費は増加するが、維持管理は高架のほうが楽となる。見通しを良くすることは走行性能を高め、交通事故の防止にもつながる重要なインターチェンジの機能である。高架区間をなるべく長くして視野を広くとり支間長を長くして橋脚本数を少なくする。橋脚形式は梁のない1本柱かY形がよく、柱の断面形も円形がよい。擁壁区間は原地整面との標高差が2mまでの計画高に適用し、それより高い計画高の区間は高架形式とする。

幅員の変化や縦断勾配と横断勾配の複雑な変化に対応するためには高架の上部構造を場所打ちコンクリート構造とすることが適当である。桁高を薄くするためプレストレスを導入し、なるべく連続桁形式とする。支間長が30mまでの上部工形式は中空床版とし、30mを越える上部工形式は箱桁とする(図9.14参照)。

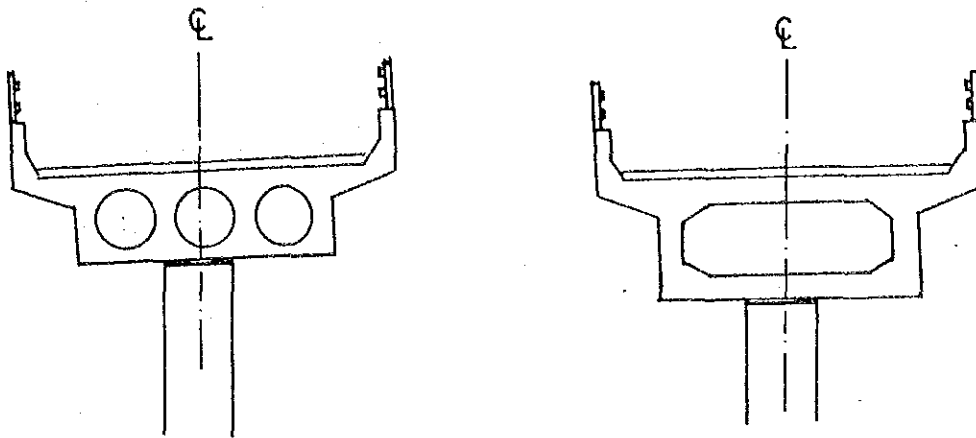


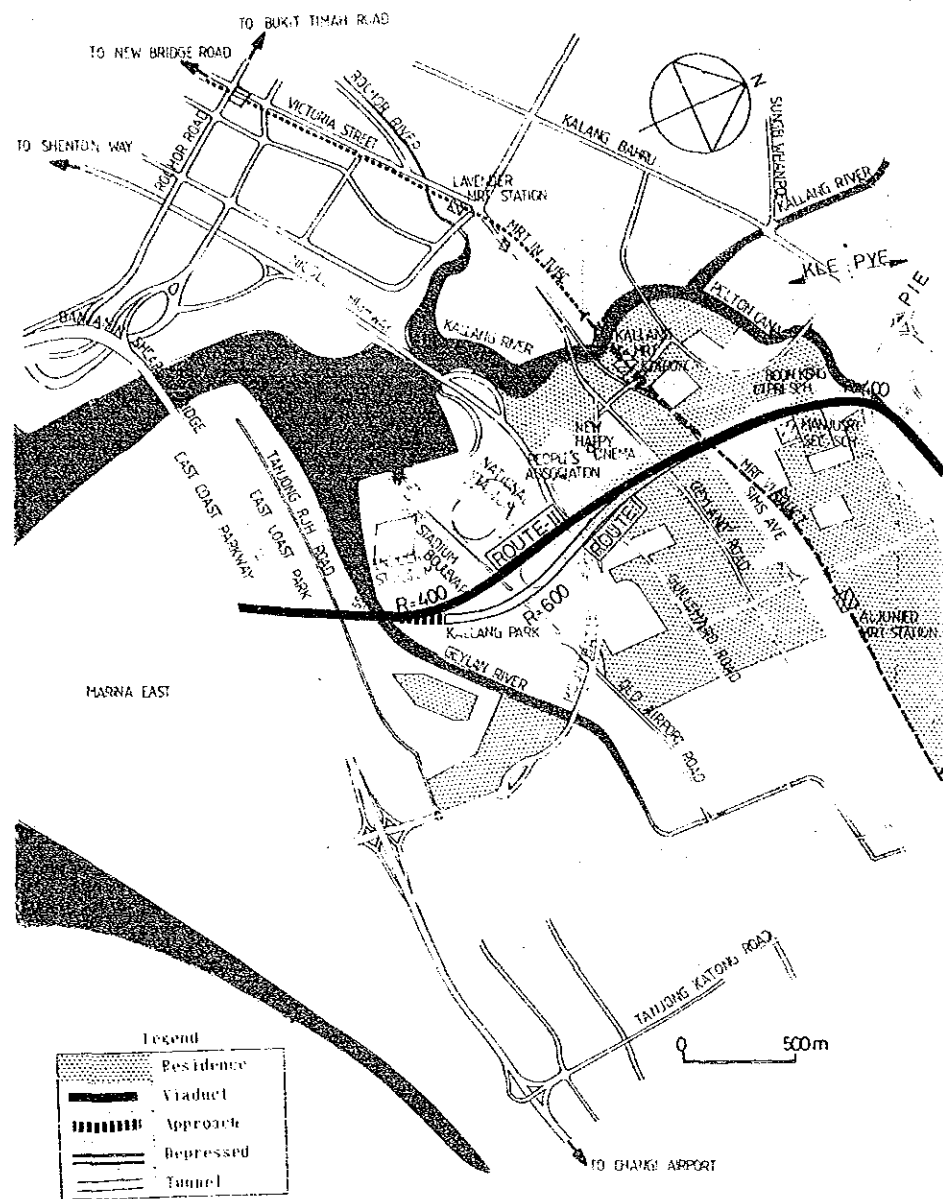
図9.14 ランプ高架の上部構造形式

9.6.3 カラン線の構造計画

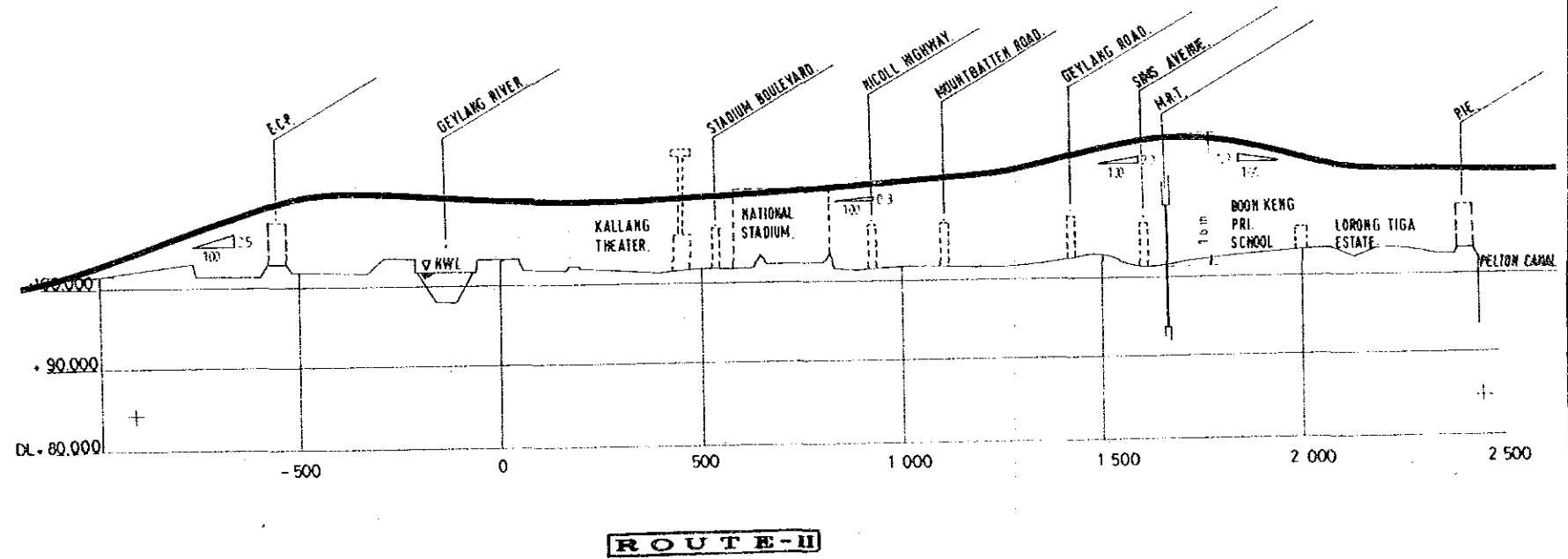
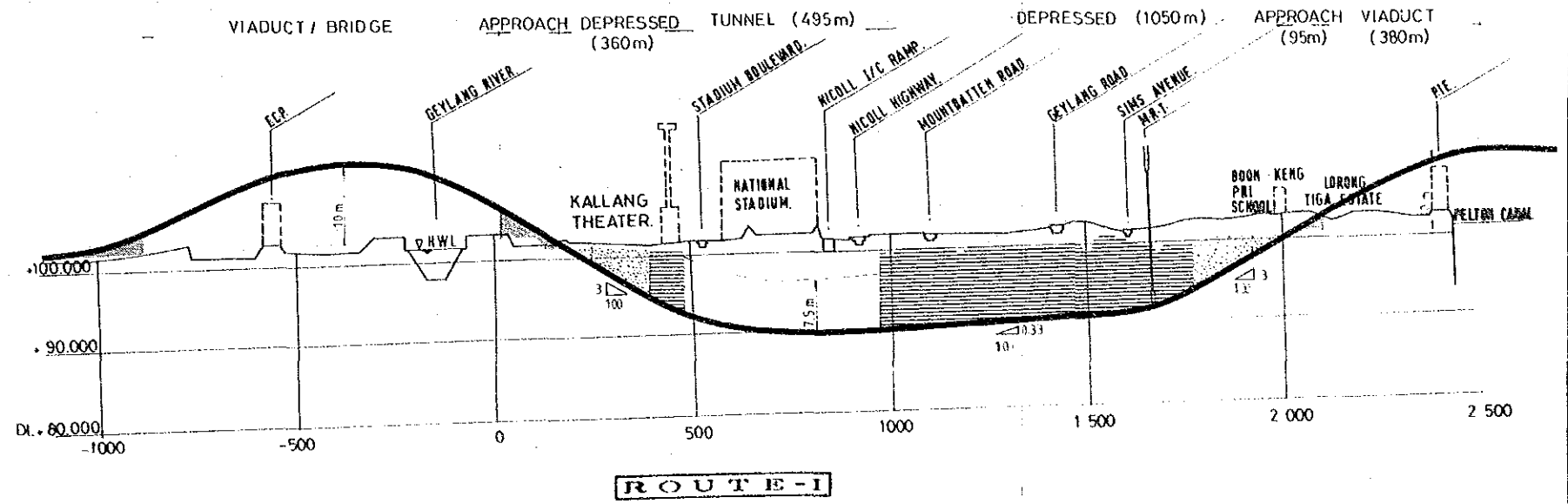
1) ルートI (トンネル案、図9.15参照)

- a. ECPとの交差に必要な支間長は60mとなる。ECPの中央分離帯にはチャンギ空港に至るまで橋脚は設置されていないので、KLEの交差橋も現状に従って橋脚は中央分離帯に立てないこととする。橋長140mの3径間連続のPC橋を想定する。理由は径間中央の桁高が薄く、継目間隔が長く、交差道路に影響を与えないという優れた構造特性を具備しているからである。桁下の施工余裕は十分である。架設工法は張り出し工法とする。下部構造は柱式の橋脚をフーチングで受ける。基礎構造は海成粘土の20mから50mという堆積層を貫通して洪積層のオールアルビウムに荷重を伝えるため杭基礎で支持させる。杭は構造物の重量規模と埋立地の塩分環境から判断すると最も一般的なH鋼杭では対応できないので、パヤレバ フライオーバーやベンジャミンシアーズ橋で実績のあるPC杭かあるいは鋼管ケーシングコンクリート杭が適用できる。
- b. ECPとゲイラン河の間のイーストコーストパークとタンジョンルー道路を通過する区間はゲイラン河橋梁に接続するため高架形式となる。交差物件の規模は小さく、自由な支間選択が可能のため、支間長30mの標準形式のPCプレキャスト桁構造として経済性を確保する。構造高は8mから9mとなり、景観上の理由から2本柱式の橋脚とする。重量規模から判断して基礎構造はPC角杭とする。
- c. 河幅90mのゲイラン河との交差は河川軸に50°の斜角となり、170mの橋長が必要となる。南側から3%の縦断勾配で降下するため、北側の護岸上で4mの構造高しか許されない。橋梁形式としては、側径間の桁端部が薄くできる連続桁形式かまたは斜張橋やトラス橋などの補剛桁形式から選択する必要がある。第7章の構造計画の基本方針に沿ってコンクリート橋として計画するため連続PC桁橋とする。河川断面の中央

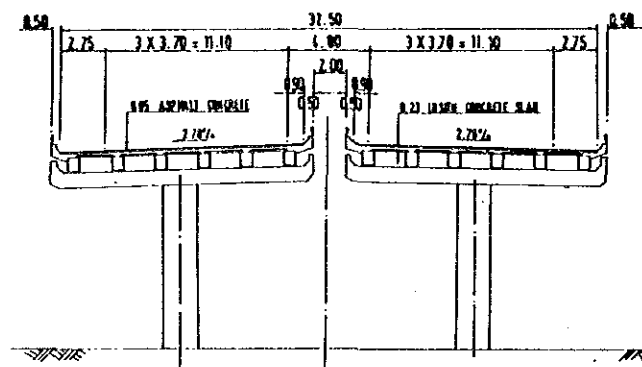
PLAN



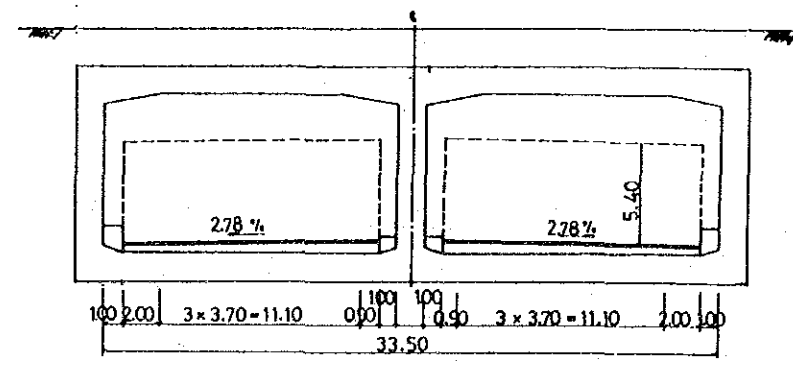
PROFILE



CROSS SECTION



VIADUCT SECTION



TUNNEL SECTION

LEGEND:

- EMBANKMENT RETAINING WALL
- TUNNEL
- U SHAPED TROUGH
- SEMI COVERED TROUGH

图 9.15 KLE の構造物計画

に橋脚を立てると洪水時の河道断面確保が施工時の締切のため困難となる。そこで、河川の内側法面の両面に橋脚を立てることにして、3径間連続桁形式とした。この方が桁高も薄くすることができる。河川断面を工事のため占拠することのないように張り出し工法で架設する。工事中の河川断面の占拠は橋脚の周りの二重締切の堤体と渡りのための仮栈橋だけにとどめ、2基の橋脚工事の工程をずらして洪水時の流路を確保する。基礎構造は橋梁の重量規模から判断して鋼管ケーシングコンクリート杭が適当であろう。ゲイラン河橋の形式比較を巻末9.9に示す。

- d. ゲイラン河を3%の縦断勾配で降下した後、KLEはカランパークに入ってゆく。計画高が現地盤より高い区間は盛土擁壁道路とし、さらに進んで堀割道路が300mほど続く。河川横のフィールドで擁壁による遮蔽度を緩和するため、標準桁形式の支間を挿入して擁壁区間を短くする。この区間は埋立地であり、新たな地表載荷によって圧密沈下を発生させるので、この意味でも擁壁区間を短くして擁壁高さを低くする必要がある。擁壁構造はL型とし、趾版を車道下に埋設することによって傾斜の生じにくい構造とする。堀割道路は沈下や傾斜の生じにくいU型擁壁とする。堀割道路区間の内、トンネル坑口につながる150mの堀割は車道上空に床版を張り出して地上に有効な空間を提供できる半地下構造とする。
- e. カランパークの中央からトンネルとなり、ニコルハイウェイの南側で半地下道路に移る。このトンネルの構築には開削工法が適用できるため、道路の建築限界を無駄なく囲むことのできる矩形断面が最も機能的で経済的である。土かぶりを2m確保するため、幅35mの鉄筋コンクリート製の床版構造が不可能となるので、6車線道路を中壁で仕切り、1方向3車線道路に分割した2セル箱型断面とした。約500mの延長となる。施工方法は安全かつ作業性のよい開削工法による構築を基本工法とし、工事期間中のパーク内のサービス道路は迂回路で確保する。
- f. ニコルハイウェイの南側から半地下道路となり、マウントバッテン道路やゲイラン道路、シムズ街路の下をくぐり、MRTの高架下も半地下形式でくぐりぬけブーンケン小学校の東側の平地で地上に上がる。沈下や傾斜の生じにくいU型擁壁とする。構築は開削工法による。交差道路の開削工事のさいには用地周辺を使って迂回路で代替させる方法を基本とし、周辺に余裕のない地点にかぎって覆工板で交通サービスを確保する。ゲイラン道路以外はすべて迂回路の確保が可能である。
- ニコルハイウェイからシムズ街路までの約700mの区間は張り出し床版をもつ半地下構造として地上に有効空間を提供する。半地下区間に交差する地上の主要な道路は標準の桁形式で受け、中壁のかわりにクロスヘッドの柱で支持させる構造とする。
- MRT高架の下をくぐる堀割構造区間ではMRTの柱が車道に近接し壁を構築するスペースがない。壁体に変位が生じないように杭基礎で床版から堀割構造を拘束し、壁体と柱を一体構造とする方法が推奨される。(巻末9.10参照)

g. ブーンケン小学校の東側から北に約50mの区間は盛土擁壁となり、3%の上り勾配で高架形式に続く。この付近の地盤もあまり良好とはいえないので、擁壁高さは2mより低く設計する。

h. KLEの最も北の区間では半径400mで湾曲しながらPIEを高架で交差し、PYEに接続する。この地点ではペルトン水路を橋で渡りPIEを越えるとともに、PIEにアクセスするランプが取り付くため複雑な高架構造となる。計画にあたり解決すべき問題は下記の通りである。

- ① 橋脚の設置位置
- ② 橋脚の重層構造化
- ③ 橋脚構造の簡略化

直線区間では本線もランプも高架形式はクレーン架設による標準桁形式とする。曲線区間でも本線は標準桁形式が可能である。PIEでは夜間のクレーン占拠が不可能なため、PIEを越える40m支間とペルトン水路に入る隣接35m支間の架設方法は架設桁による送り出し工法とする。架設桁による架設工法は1径間架設では不経済となり、それにPIEとPYEの渡りランプの架設のためにも都合がよいという理由でPYEに含まれる隣接径間も同時施工としている。

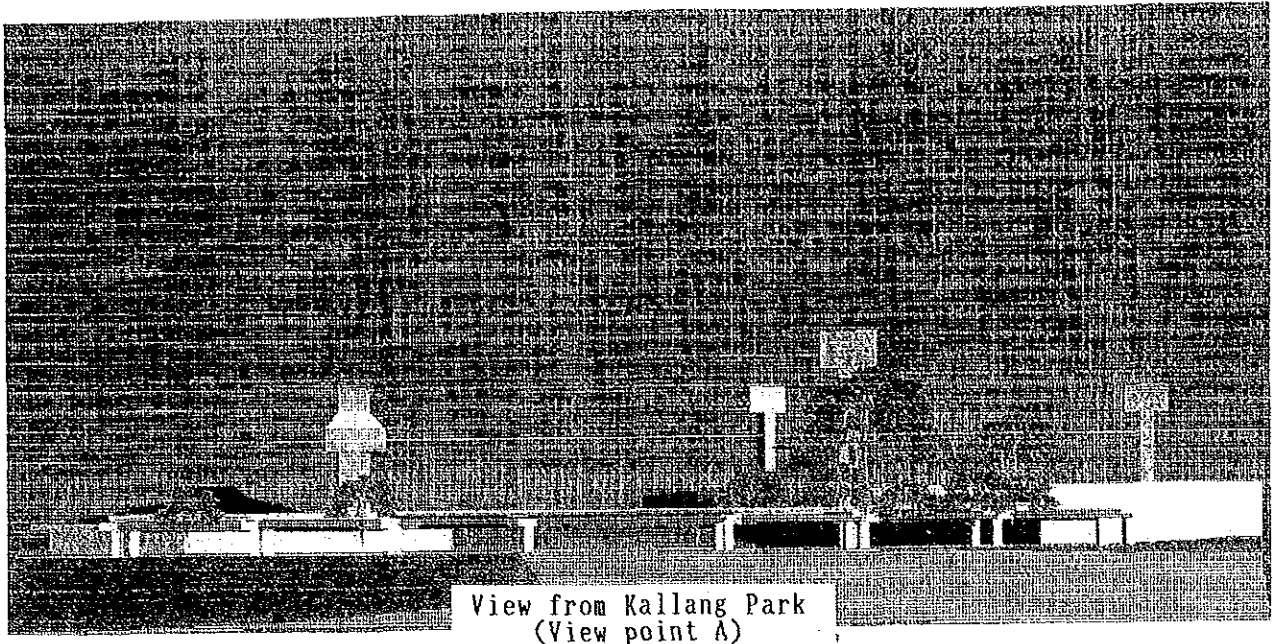
KLE本線の橋脚はランプが交差するため柱の配置を調整しやすい2本柱形式とする。ランプ橋は曲線半径が小さいので曲線桁とし、橋脚は1本柱形式とする。架設工法は張り出し工法によるPC連続箱桁構造とする。場所打ちコンクリート工法でもプレキャストブロック工法でも可能である。

複雑な高架構造をすっきりさせるため、本線橋とランプ橋の橋脚をなるべく兼用して柱本数を減らすような一体構造となるようにして、支間割にもこの点を考慮する。橋脚柱は同列に並ぶよう配置し、外観の見栄えをよくする。

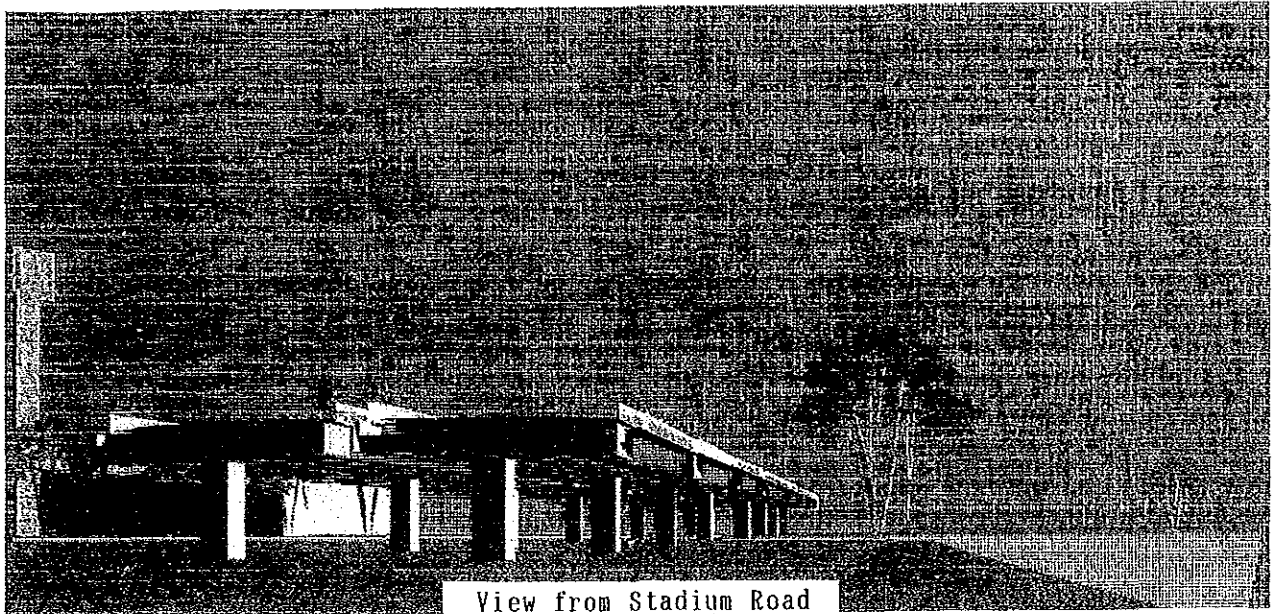
2) ルートII (全線高架案図9.15参照)

a. A案との相違点は、ゲイラン河を橋梁で越えたあと地下に入らず高架形式で2kmの区間をペルトン水路までゆくことである。重要な交差道路を除くと支間30mの標準桁形式の高架構造が適用可能である。支持地盤の起伏が予想されるため、また近接市街地への騒音対策のため場所打ちコンクリート杭を基礎構造とする。橋脚形状はシンプルな外観の2本柱形式とする。(図9.16参照) 橋脚形状の比較表は巻末9.11に掲載している。

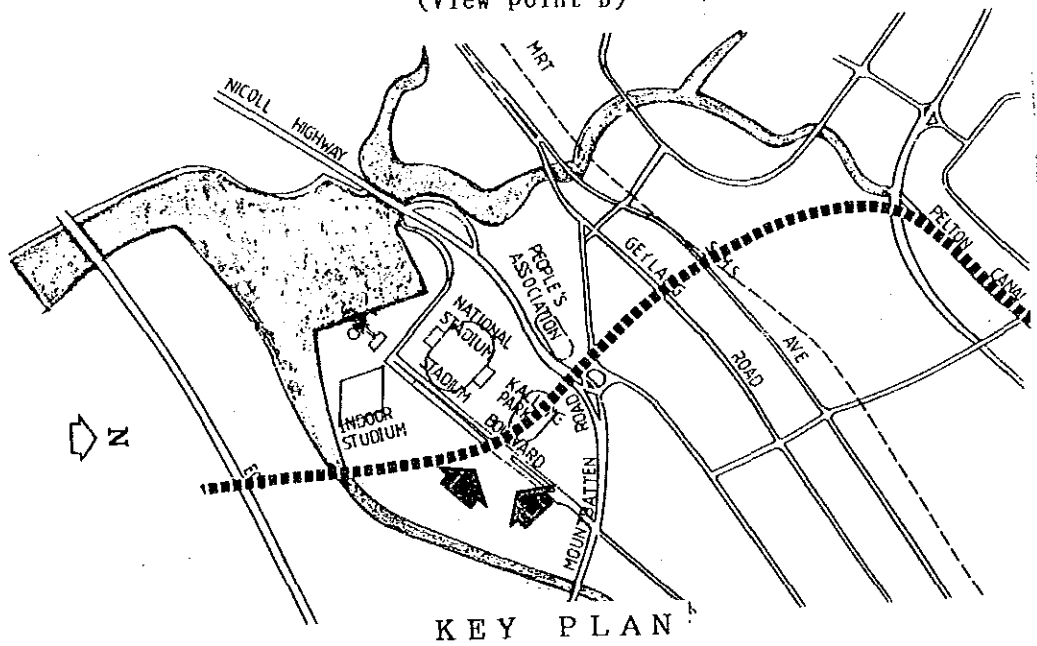
b. 主要交差道路上の架設ではカランパーク内の道路のように夜間交通量がほとんどないところでは夜間交通止めによるクレーン架設とし、ニゴルハイウェイでは夜間交通サービスを迂回路で確保してクレーン架設とする。上部工形式は支間長が標準桁より長くなるのでクロスヘッドの幅を広くとって桁長を調節する。



View from Kallang Park
(View point A)



View from Stadium Road
(View point B)



KEY PLAN

図 9.16 カラン公園高架の仮想図

c. マウントバッテン道路では交差支間に50mの長さが必要なため標準桁形式を適用できない。そこで側径間35mの3径間連続PC箱桁形式とする。架設工法は交差道路の交通に影響を与えない張り出し工法による。

d. MRTの上空施工についてはクレーンでは桁の架設が困難なため架設桁による送り出し架設工法とする。

3) ゲイラン河橋の橋梁計画

(1) 架橋地点の概要

本橋架設地点は、1985年のマスタープランによるとゲイラン河の兩岸は工業地帯となっている。しかしゲイラン河からマリーナベイにかけてこの一帯は若者のウォータースポーツの適地であり、また架橋地点から北に約250mの地点には、しばしば国家行事が催されるカランパークが広がっている。南に約300m行くとECPとの合流点となる。

架橋地点はゲイラン河の河口付近に位置しており川幅は地点で渡河で105m程度である。海に近いため水深は潮位に影響され、過去最大の潮位(101.75m)で3m程度である。流速は非常に遅い。

(2) 基本条件

a) 構造形式

上部構造の材質はコンクリートとする。この理由は、鋼構造に比較して明らかに経済的であること、架橋地点が海岸に近く、鋼橋の場合には潮風による塗装の劣化など維持管理の面でもコンクリート構造に劣ること、高速道路橋の実績としては全てコンクリート構造であることによる。

周辺景観との調和という面ではランドマーク的な形式により印象的な風景の創出も考えられるが、周辺は高い建物もなく上に飛び出したような形式(例えば斜張橋)は好ましくなく、シンプルでスマートさがここでは望まれる。コンクリート構造の内、次の3案を比較対象とした。

- ① 2径間連続PC箱桁 : ゲイラン河を2径間で横過する案。
- ② 3径間連続PC箱桁 : ゲイラン河を3径間で横過する案。
- ③ 単純PC合成桁 : ゲイラン河を標準スパン(30m)で横過する案。

下部構造形式は上部構造がPC箱桁形式の場合には河川の流心方向に壁式橋脚を設置する。PC合成桁の場合には2本柱の円形断面とする。

b) 線形

ECPとのインターチェンジによる曲線の影響がゲイラン河まで伸び、ランプの拡幅が本線に付加されている。縦断線形はルートI(トンネル案)が3%の勾配でカラン公園に

向かう下り勾配であり、ルートⅡ（高架案）が0.3%の勾配でカラン公園に向かう下り勾配である。ゲイラン河との交差角度は50°である。線形が景観に影響を与えるのは、ランプの拡幅により全体に幅員が広がると同時に縦断がルートⅠ案の場合に急なため、桁下空間が狭く暗くなるからである。

c) 経済性

上記3案の構造形式の工事費は次のように見積られている。

- ① 2径間連続PC箱桁 : S\$ 8,415,000(S\$56,100/m) 1.06
- ② 3径間連続PC箱桁 : S\$10,065,000(S\$67,100/m) 1.27
- ③ 単純PC合成桁 : S\$ 7,920,000(S\$52,800/m) 1.00

(3) 景観計画

構造物の全体形状の景観について下記の観点で計画する。

a) 環境との調和

ゲイラン河が若者のウォータースポーツの適地であること、すぐ南側に国家行事などが行われるカラン公園があることを考慮し、「周辺環境に調和し、印象的な風景を創り出す」ような構造形態とする。

b) スパン割

中央径間と側径間との寸法比によって美的バランスを確保する。

c) 連続性

- ① 桁高の連続性、標準高架橋との連続性を確保する。
- ② 桁断面構成上からの連続性：箱桁断面とI桁断面、床版の張り出し長さの差異は美観を損なう。
- ③ リズム感を出す。
- ④ 滑らかな桁側面が美的に優れている。

d) スレンダーネス

- ① 桁の断面形状 ; 箱桁を逆台形断面としたり床版の張り出し長さを大きくしスレンダーな外観とする。
- ② 上部構造の厚さ(h)とスパン(L)の関係 ; (h/L)の値が大きいと重厚、小さいとスレンダーな感じを与える。当地ではスレンダーが望まれる。

る。

- ③ 桁下高 (H) とスパン (L) の関係 ; 適当な (H/L) を確保する。
- ④ 上部構造の厚さ (h) と桁下高 (H) の関係 ; (h/H) を小さくして圧迫感を取り除く。

(4) 結論

3種の計画案を評価した結果(巻末9.9参照)、表9.19に示すように景観上は3径間連続桁が優れている。完成予想景観を図9.17に描いた。

表9.19 ゲイラン河橋の景観評価

評価着目点	2径間連続 PC箱桁橋	3径間連続 PC箱桁橋	単純PC 合成桁
- 環境との調和			
① 周辺環境に調和、印象的な風景の創出	△	◎	△
- スパン割			
① 中央径間と側径間の寸法比	○	◎	○
- 連続性			
① 桁高の連続性、標準高架橋との連続性	△	○	◎
② 桁断面構成上からの連続性	△	△	◎
③ リズム感	○	◎	△
④ 曲線に対する桁側面の連続性	◎	◎	△
- スレンダネス			
① 桁の断面形状	○	○	△
② 上部構造の厚さとスパンの関係	△	◎	○
③ 桁下高とスパンの関係	△	○	◎
④ 上部構造の厚さと桁下高の関係	△	○	◎

◎ : 相対的に優れている ○ : 問題なし △ : 多少問題あり

9.6.4 PYEの構造計画

1) ルートI (空軍トンネル案、図9.18参照)

a. PIEを高架形式で越えたあと、ペルトン水路に沿って二度反対向きに旋回してバヤレバ道路を上空交差する。ペルトン水路の上空を通過する高架形式は支間分割上の制約がないので標準桁形式とする。クレーン架設で桁を吊上げる。河道阻害を最小限にするため橋脚は3本柱形式とする。(図9.19、巻末9.12参照)海成粘土がこの付近にまで分布しており、基礎構造には深い基礎が必要となり、フーチング規模を節約するため場所打ちコンクリート杭形式を採用する。

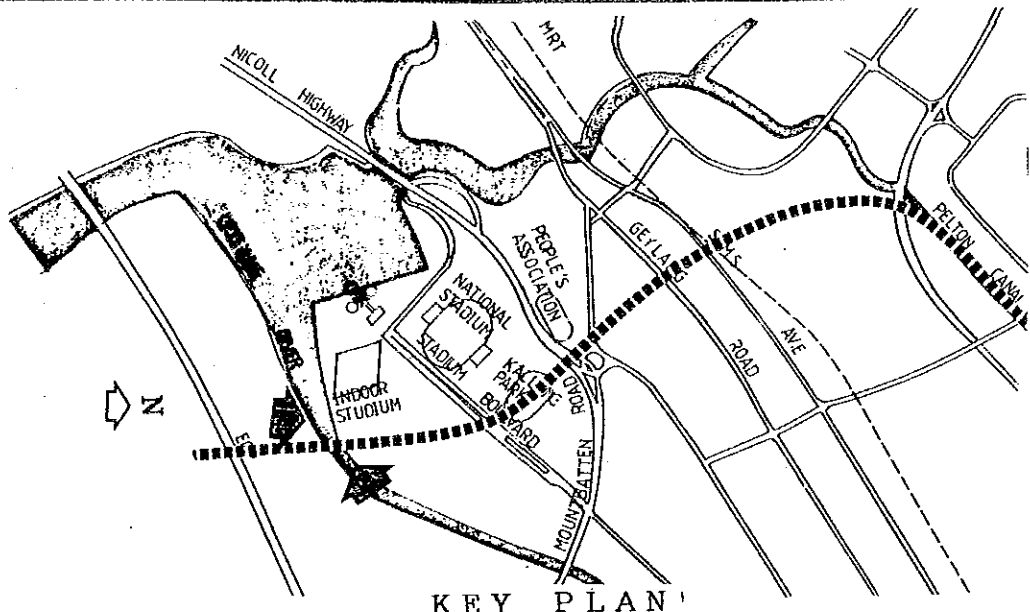
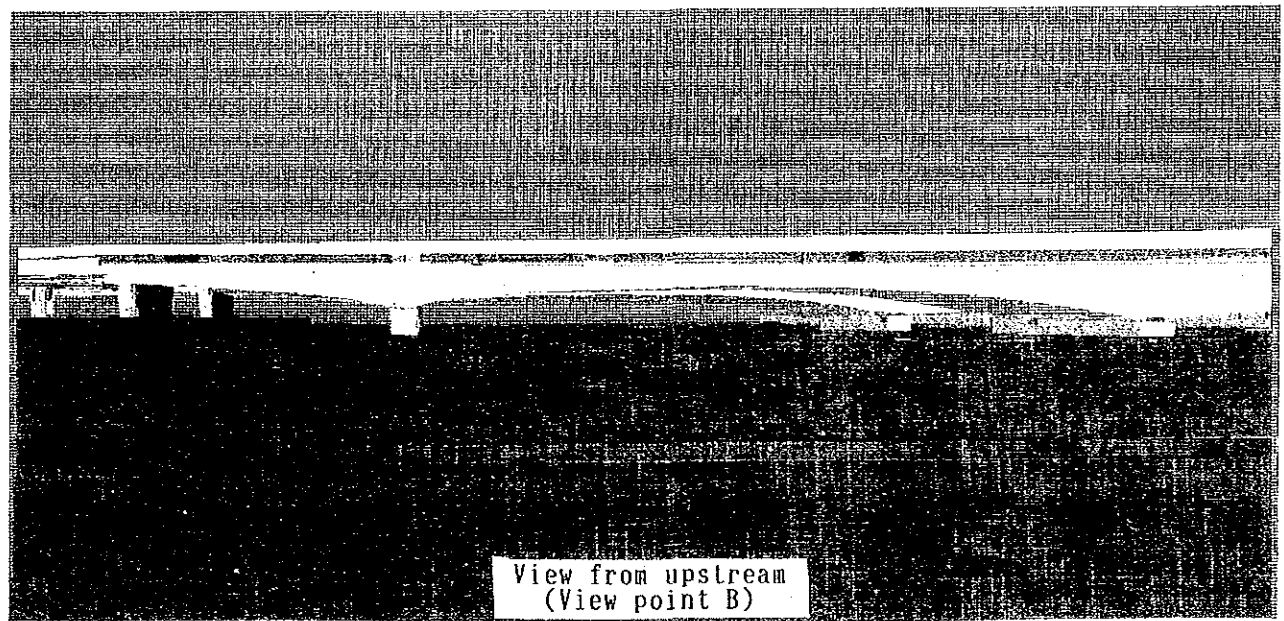
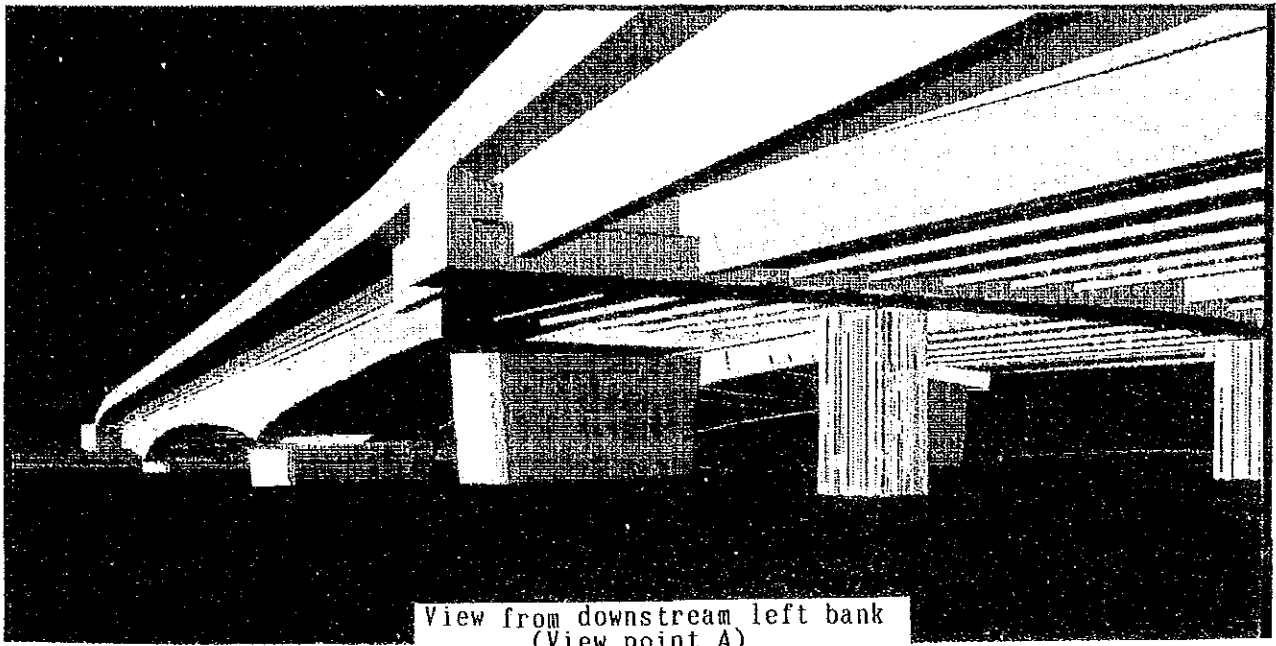
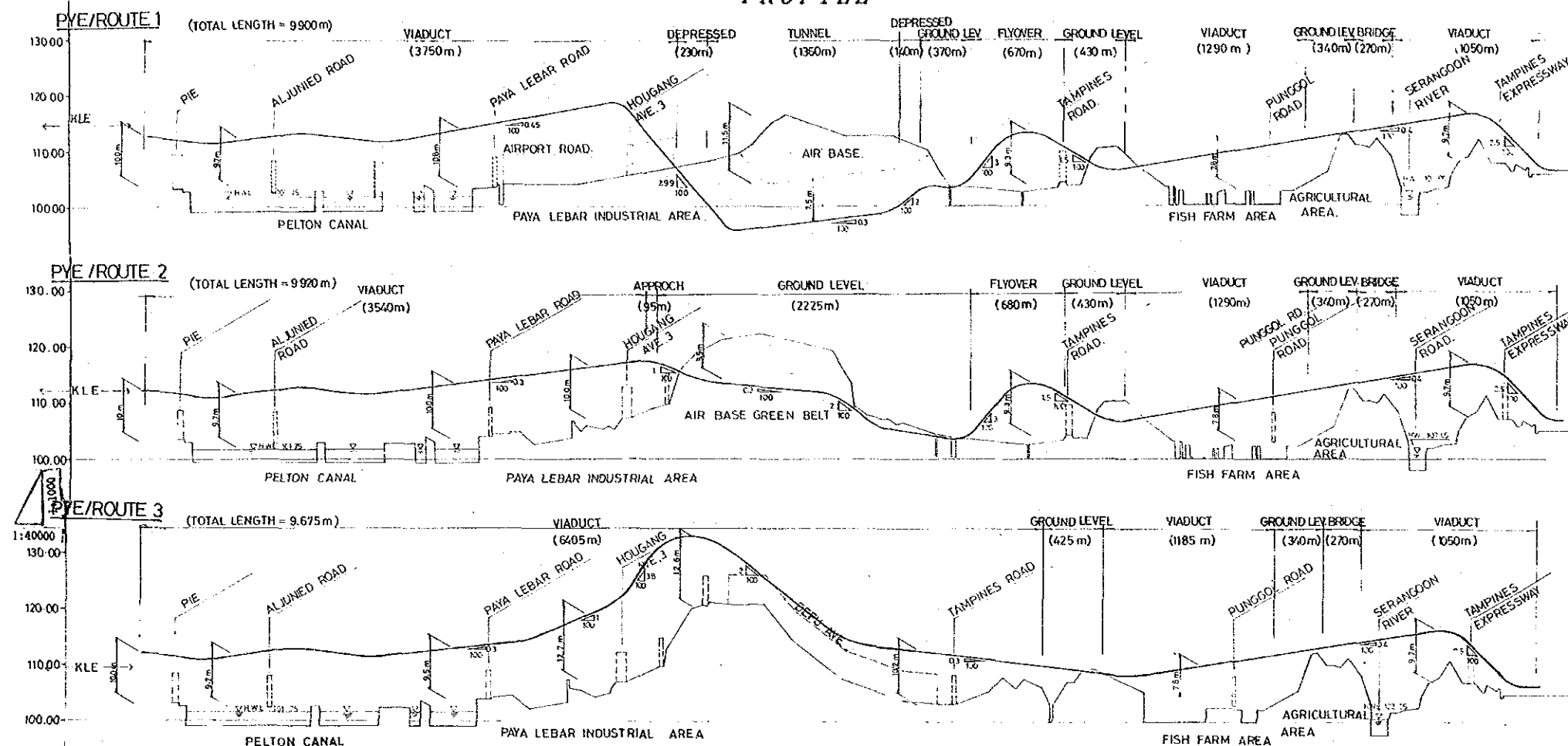
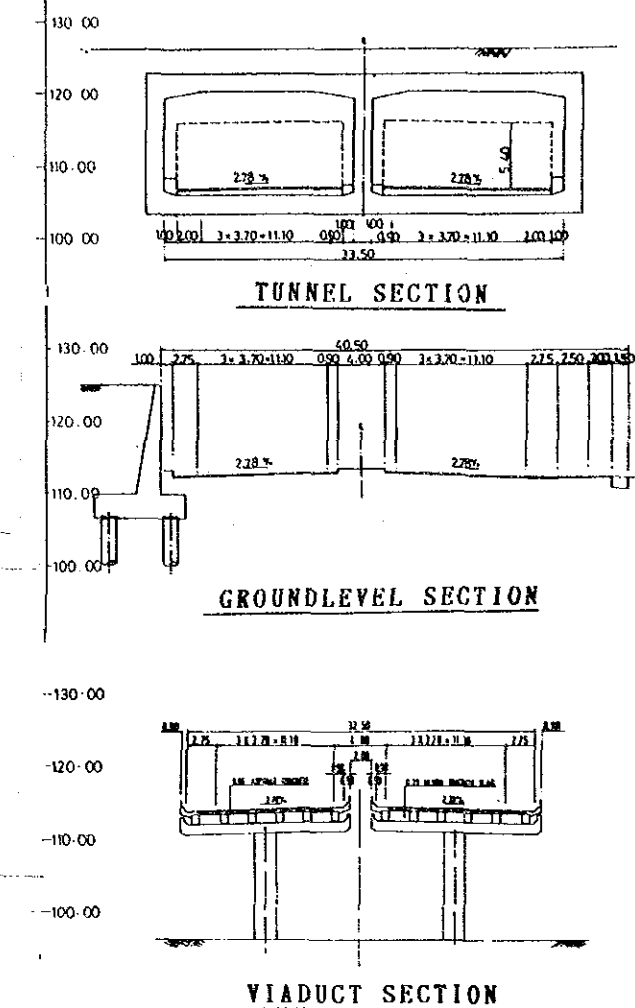


図 9.17 ゲイラン河橋の仮想図

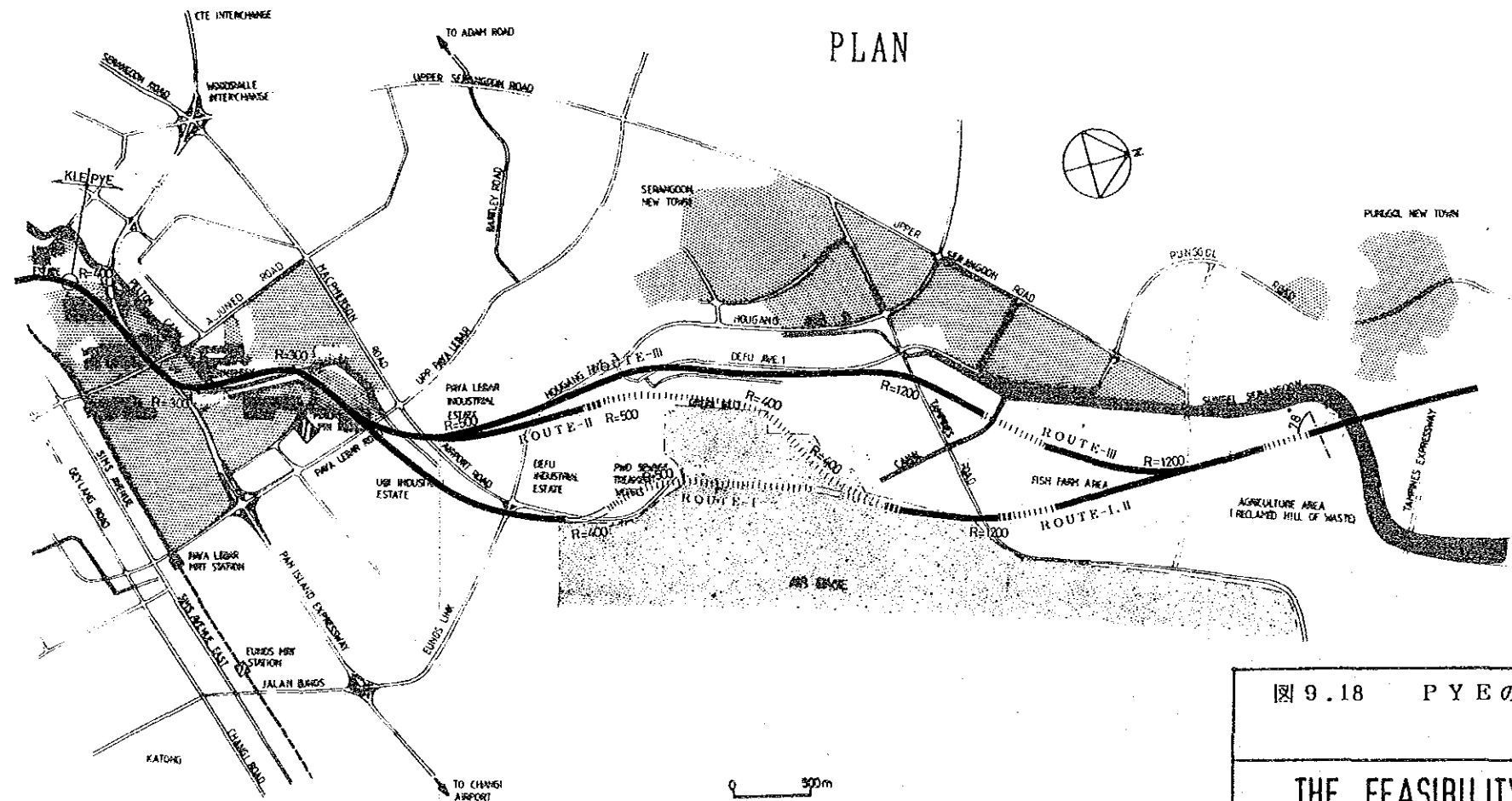
PROFILE



CROSS SECTION



PLAN



Legend	
	Residence
	Viaduct
	Approach
	Ground level
	Depressed
	Tunnel

図 9.18 PYE の構造物計画

THE FEASIBILITY STUDY OF SELECTED EXPRESSWAYS IN SINGAPORE

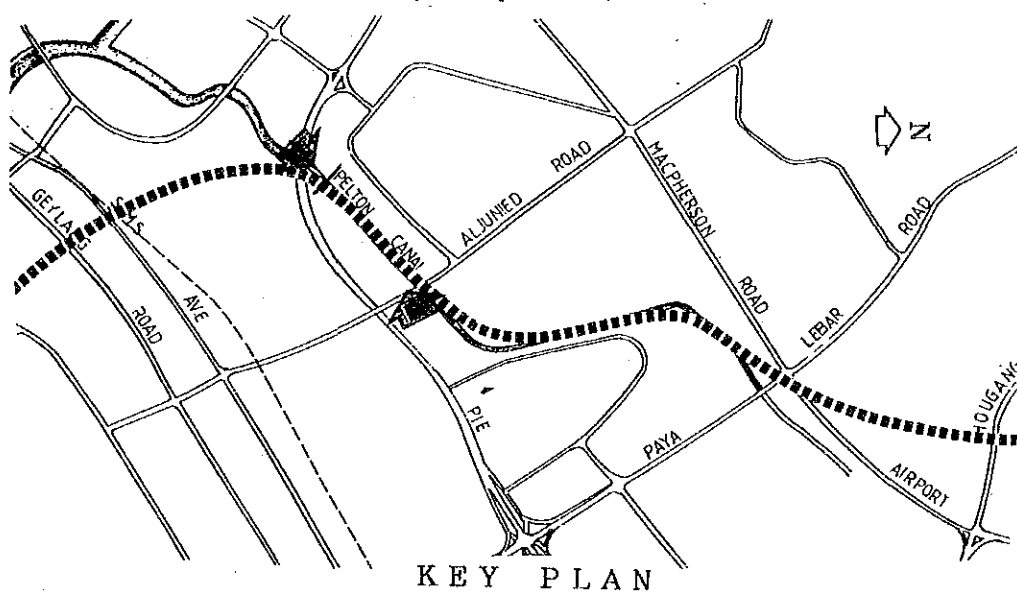
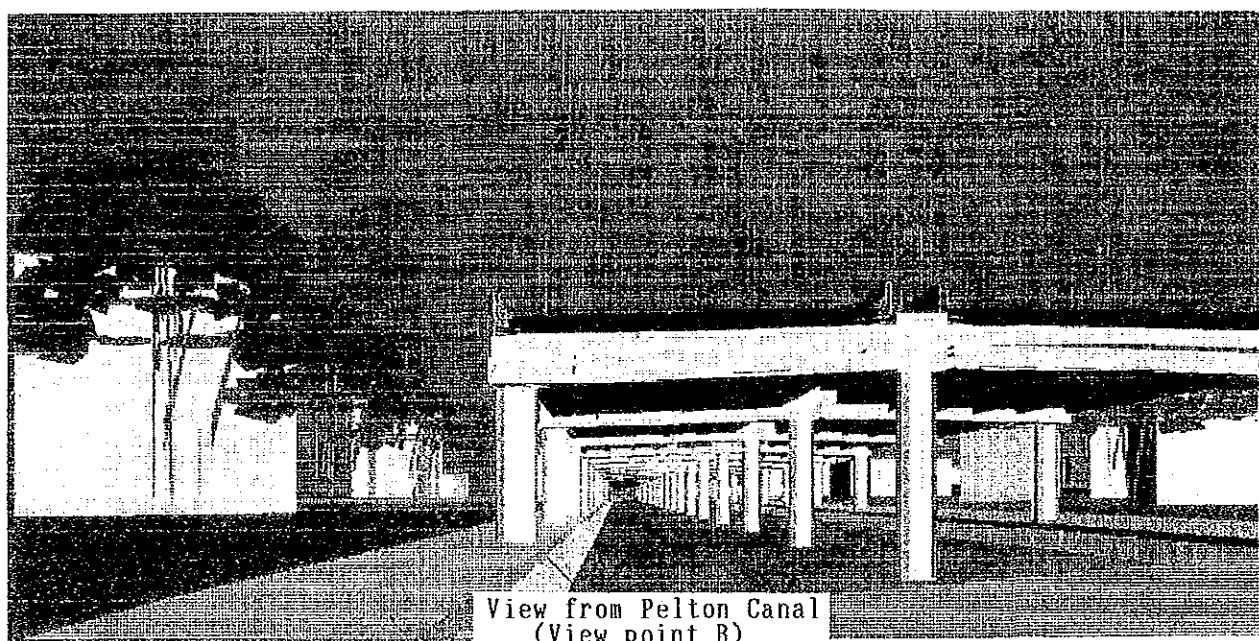
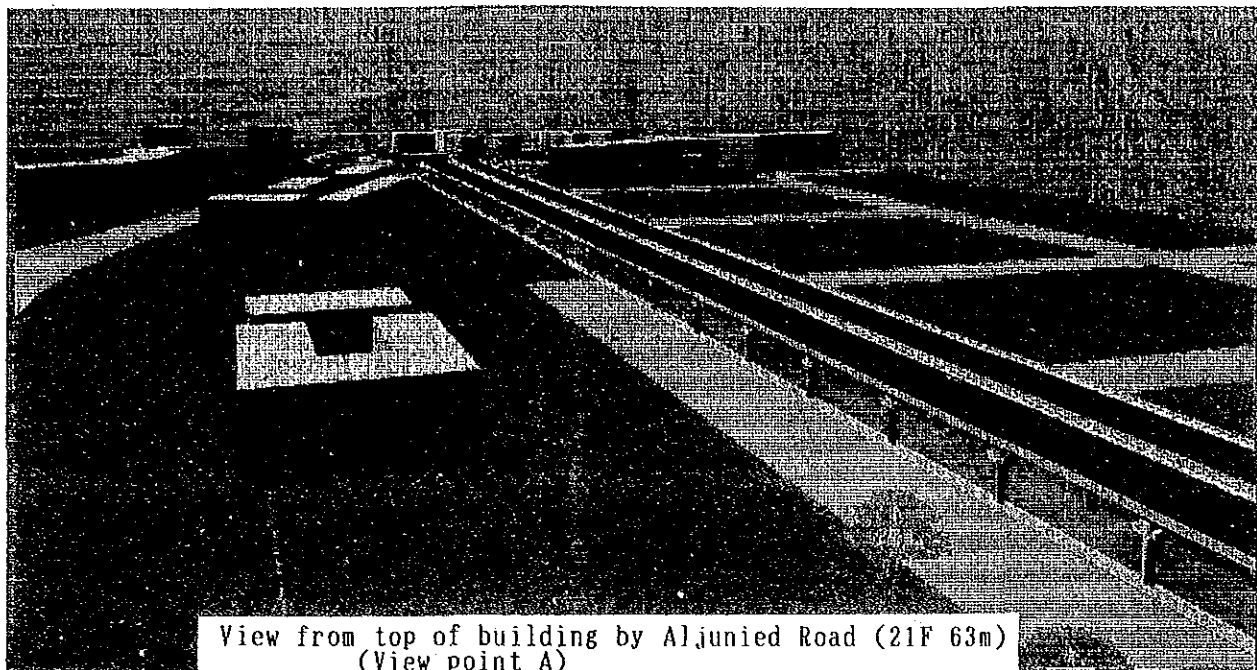


図 9.19 ペルトン水路高架の仮想図

この区間ではアルジュニー道路やパヤレバ道路を越える支間に40mが必要となるがクロスヘッドの幅を調節してプレキャスト桁とする。

- b. パヤレバ道路を越えたあと、高架形式のままエアポート道路に入り、ホーガン3街路を越え縦断勾配を下げゆく。エアポート道路の上空を通過する形式は標準桁形式が可能である。中央分離帯上に橋脚が設置できるので、Y形の橋脚形式を適用する。この付近の地盤はカラン層とオールドアルビウム層の境界に相当するので杭基礎形式を想定しておくほうが安全側の判断である。
- c. ホーガン3街路を越えたあと空軍地下トンネルに入るため縦断を下げ、キムチュアン下水処理場の前あたりで坑口に進入する。坑口がエアポート道路の中央に設置されるため、これを避けるためエアポート道路の車線を外側に回す必要がある。エアポート道路に接続するランプは中央寄りの車線から分岐するので高架区間の橋台より手前で外側に分かれる。このランプの半地下構造とトンネルおよび本線の半地下とトンネルがこの区間で重なり合う。(巻末9.13参照) ランプトンネルの坑口は高架区間の終点橋台の縦壁と一体構造とし、構造物が個々に変位しないようにする。接続する半地下構造も含めこの区間の基礎構造には杭基礎を用いて沈下を抑制する。
- d. P Y Eはエアポート道路のランプとともに空軍基地の下をトンネルでくぐる。トンネル延長は1.35kmである。基地内でのトンネル工事は開削工法により覆工版を架けて戦闘機の移動路を確保する。トンネルの内空は床版厚さを薄くするため車線を方向別に分け、縦壁で分割するので2連の箱形断面とする。

トンネル内の天井に交通標識を設置するため、建築限界5.4mの上に1.8mの余裕高さを確保する。舗装厚42cmと将来のオーバーレイ20cmも含め、内空高さは8mとなる。換気のためのファンは交通標識のための余裕高さのスペースに設置する。非常時の避難用脱出口がトンネル中央にあれば安全性を高めることができる。出口はエアポート道路の歩道につなぐ。換気方式が縦流式のため中央の隔壁は柱とすることはできない。
- e. 基地内の地下をトンネルで抜けたあと、150mの堀割道路形式で北側の工場地区に入る。この工場地区を約400mほど平面道路で横切ったあとタンピネス道路を越えるため3%の縦断勾配で上がり、100mほどの擁壁区間をへて高架形式に入る。
- f. タンピネス道路を越えるための高架橋は取り付け高架部に標準桁形式を適用し、交差部には3径間連続場所打ちコンクリートPC箱桁橋を架設する。ダイヤモンド形式のインターチェンジでは橋梁下の道路で信号処理による交差交通が重複するため、見通しをよくする必要がある。交差道路の中央分離帯や道路脇への橋脚設置を避けるため、主径間が70mほど必要となる。橋長は約160mとなる。地盤状態はオールドアルビウム層で良好と予想され、約10mほどの杭基礎で対応できる。タンピネス道路の交通切り回しは必要ない。

g. タンピネス道路を越え、養魚場のある一帯からセラングーン河橋の手前までが平面道路区間となる。タンピネス道路の北側の地盤標高が110mあるのに対して、さらに北へ400m入ると標高が100mに下がる。ここから1.1kmにわたって低地が続き、セラングーン河の旧河道の三日月形の沼が現在も残っている。セラングーン河の渡河地点の右岸は廃棄物で埋め立てられ、再び標高110mの台地状となっている。

h. セラングーン河右岸の埋立台地は河岸に向かって傾斜し、水平に70m行って8mほど標高が下がって管理用道路に出る。セラングーン河の河幅は120mであり、流路幅もほぼ110mある。セラングーン河を渡る橋梁形式は景観も考慮のうえ、下記の3点の理由によって河道中に設置した2基の橋脚で支持される3径間連続PC桁橋とした。

- ①河道中央に1基の橋脚を持つ2径間連続桁では橋脚施工時に雨期の洪水流路の切り回しが困難となる。
- ②河道内に4基の橋脚を持つ標準桁形式では河積阻害率が高くなり、安全な流路面積を確保できない。
- ③3径間連続桁形式では2基の橋脚を分割施工することによって河道の締切幅を最小に抑えることができる。

河岸の両側の地形は河を底とする谷状に落ち込んでいるので渡河橋梁の前後には取り付け高架橋が必要となる。南側の取り付けは約100mの高架構造が必要となる。

セラングーン橋の基礎構造についてはケーソン基礎形式が適当と思われる。

i. セラングーン河を渡り終えてTPEまでの約500mの区間は高架形式とする。平面道路のTPEを高架ランプで交差するインターチェンジとなり、PYEを高架構造にする必要がある。標準桁形式が適用でき、基礎構造は旧湿地帯地盤であるから杭形式が望ましい。

2) ルートII (空軍基地横緑地帯通過)

a. PIEを越えペルトン水路の上を高架で通過したあと、パヤレバ道路を交差して越えるところまではルートIと同じである。

b. パヤレバ道路とエアポート道路の交差点近くでパヤレバ道路を斜めに越えてすぐにエアポート道路も越える。北向きに800mほど高架形式のまま走りホーガン3街路を斜めに越えて合流するようにその東側に沿って400m並行する。SBSバス車庫の西側を斜めにかすめて、基地西側の緑地帯(グリーンベルト)に入る。

c. SBSバス車庫の西側に入る地点で高架橋の橋台を設置し、この橋台背面から北に約100mの長さにわたる盛土擁壁形式となる。この辺りから地盤は洪積層の良好な地層となるので逆T形断面の擁壁が適用できる。SBSバス車庫用地内に入ると縦断勾配が1%で降下する。SBSバス車庫用地とその北側に隣接する工場地区が20mの標高にあるため、この区間では掘割道路となる。道路計画面は基地の標高に合わせている

ので基地側との標高差はほとんどない。工場地区との間に切土または盛土の擁壁構造が必要になる。

- d. 基地の北側の排水溝を越えた辺りからタンピネス道路のインターチェンジに取り付く。ここから先はルートⅠ案と同じコースをとり同じ形式となる。

3) ルートⅢ (デフ1街路の高架案)

- a. P I Eを越えペルトン水路に沿って高架形式のままパヤレバ道路を交差するところまではルートⅠやルートⅡと共通である。パヤレバ道路とエアポート道路の交差点近くでエアポート道路を斜めに高架で越え、ホーガン1街路を越えてホーガン3街路の東側を並行するコースまではルートⅡと同じである。S B Sバス車庫用地の西北角をかすめたあと、ホーガン3街路から分岐しているデフ1街路に合流する。
- b. ホーガン3街路を斜めに越えたあとはルートⅡと異なり、S B Sバス車庫の高台を高架形式で越えるため3.8%の急勾配で上昇する。高架構造の計画高が12mから15mとなり、バス車庫用地内の橋脚占有面積を小さくするため橋脚形式はY形の1本柱とする。地盤は良好な洪積層のため施工スペースの小さいケーソン基礎がよい。
- c. S B Sバス車庫から始まる標高20mの高台を500mほど通過したあと、デフ1街路の中央に2%の下り勾配で降りてくる。上部構造を標準桁に近い支間長とするため橋脚は2本か3本の柱形式とする必要がある。デフ1街路に並行する区間は約1.5kmの延長となる。この区間の上部構造は支間長が30m、35m、あるいは40mの標準桁形式とする。デフ1街路の中央分離帯には橋脚の柱を設置することとなる。比較検討の結果(巻末9.14)をふまえY形橋脚とした。地盤条件が良好なため直接基礎で支持できる。
- d. タンピネス道路の交差点の手前でデフ1街路を離れ、タンピネス道路を高架構造のまま越える。タンピネス道路を越えたあと、セラングーン河の東、右岸側の草地に入る。この草地はセラングーン河の右岸に沿って河口まで続く。この草地は農業開拓用として活用される計画のため高架形式が推奨される。
- e. プンゴル道路とのインターチェンジから北の区間はルートⅠ、Ⅱ案と同様である。取り付け高架橋がきて、セラングーン河橋梁で渡り、高架形式でT P Eに接続する。

4) セラングーン河橋の橋梁計画

(1) 架橋地点の概要

本橋架設地点は、1985年のマスタープランによれば、セラングーン河の兩岸ともに農業用地となっているが、セラングーン河の左岸側に、約50万人を居住させる4つのニュータ

ウン建設が計画されている。

セラングーン河は川幅120mで兩岸ともに改修が行われており、架橋地点はほぼ完了している。架橋付近の計画地盤高は、まだ決定したものは無い。現況は右岸側は廃棄物により埋め立てられ地盤高110m程度まで盛られている。左岸側の地盤高は103m前後の高さになっている。

(2) 基本条件

a) 構造形式

上部構造の材質はコンクリートとする。この理由は鋼構造と比較して明らかに経済的であること、維持管理に優れていること、高速道路橋の実績としては全てコンクリート構造であることなどによる。周辺環境との調和という面ではランドマーク的な構造形式は好ましくなくシンプルな構造が望まれる。コンクリート構造の内、次の3案を比較対象とした。

- ① 2径間連続PC箱桁 ; セラングーン河を2径間で横過する案。
- ② 3径間連続PC箱桁 ; セラングーン河を3径間で横過する案。
- ③ 単純PC合成桁 ; セラングーン河を標準スパン(30m)で横過する案。

下部構造形式は上部構造がPC箱桁形式の場合には河川の流心方向に壁式橋脚を設置する。PC合成桁の場合には2本柱の円形断面とする。

b) 線形

本線の平面線形は直線であるが、TPEとの接続ランプが本橋まで影響している。縦断線形は0.5%の勾配でPYE/TPE IC方向に上り勾配となっている。橋梁の計画高と水面までは約13mの差がある。セラングーン河との交差角度は77°である。

c) 経済性

上記3案の構造形式の工事費は次のように見積られている。

① 2径間連続PC箱桁	180m	;	S\$10,944,000	(S\$60,800/m)	1.06
② 3径間連続PC箱桁	140m	;	S\$ 9,371,000	(S\$66,900/m)	1.29
③ 単純PC合成桁	140m	;	S\$ 7,749,000	(S\$51,700/m)	1.0

(3) 景観計画

構造物の全体形状の景観について下記の観点から計画する。

a) 環境との調和

周辺地域(農業用地またはニュータウン)を考慮の上、「周辺環境に調和し、印象的な風景を創り出す」ような構造形態とする。

b) スパン割

中央径間と側径間との寸法比によって美的バランスを確保する。

c) 連続性

- ① 桁高の連続性、標準高架橋との連続性の確保。
- ② 桁断面構成上からの連続性；箱桁断面とI断面、床版の張り出し長さの差異は美観を損なう。
- ③ リズム感を出す。
- ④ 滑らかな桁側面が美的に優れている。

d) スレンダーネス

- ① 桁の断面形状 ; 箱桁を逆台形断面としたり床版の張り出し長さを大きくしてスレンダーな外観とする。
- ② 上部構造の厚さ (h) とスパン (L) の関係 ; (h/L) の値が大きいと重厚、小さいとスレンダーな感じを与える。
- ③ 桁下高 (H) とスパン (L) の関係 ; 適当な (H/L) を確保する。
- ④ 上部構造の厚さ (h) と桁下高 (H) の関係 ; (h/H) を小さくして圧迫感を取り除く。

(4) 結論

3種の計画案を評価した結果(巻末9.15参照)、表9.20に示すように3径間連続箱桁が優れている。