第７章　概略設計

第7章 概略設計

7.1 概　説

本章で当プロジェクト道路の工学的な解析検討と概略設計について記述する。

本調査に必要な測量及び土質調査は、ローカルの専門会社に委託して実施した。これらの調査と交通需要予測に基づいて、道路構造物の形式及び寸法諸元を決定し、プロジェクト道路の工事数量、建設費及び実施工程等を見積った。

7.2 土質調査と材料調査

7.2.1 概　要

これらの調査の目的は、道路の概略設計及び、構造物、盛土、舗装等の道路構造物の建設費を見積るために必要な資料を得ることである。

土質調査は、モンバサの土質会社 Geodrill Ltd. により、1983年7月から1983年8月に実施した。土質調査の現場作業及び室内試験は、調査団の指導監督の下で行なわれた。

7.2.2 地質特性と土質調査

1) 地質特性

調査地域の地質は、ケニアの地質調査所が1953に出版した"モンバサークワレ地域の地質"に述べられており、これを図7.2.1に示した。

調査地域の地質は、鮮新世、更新世及び近代等新生代の地質から構成されており、これらを以下に示す。

Recent		Alluvia. Oyester Beds
Pleistocene	Upper	Red wind-blown sands
		Kilindini sands
	Middle	North Mombasa Crag
		Raised coral feef
	Lower	Flat-bedded yellowish sands and clays
Pliocene	Upper	Magarini sands

又、1977年10月の"東アフリカ港湾開発調査、ケニア港"にモンバサとその周辺の生成過程等に関する重要な記述があるので、以下に略記する。

－モンバサ島の両側にあるモンバサ港及ぎキリンディニ港は、更新世及び近代に自港として形成された。これ以前の海岸線は、現況から3～4Km内陸にあった。旧い海岸線は、港の地質上顕著な境界を示している。この線の海側の土質は、砂、

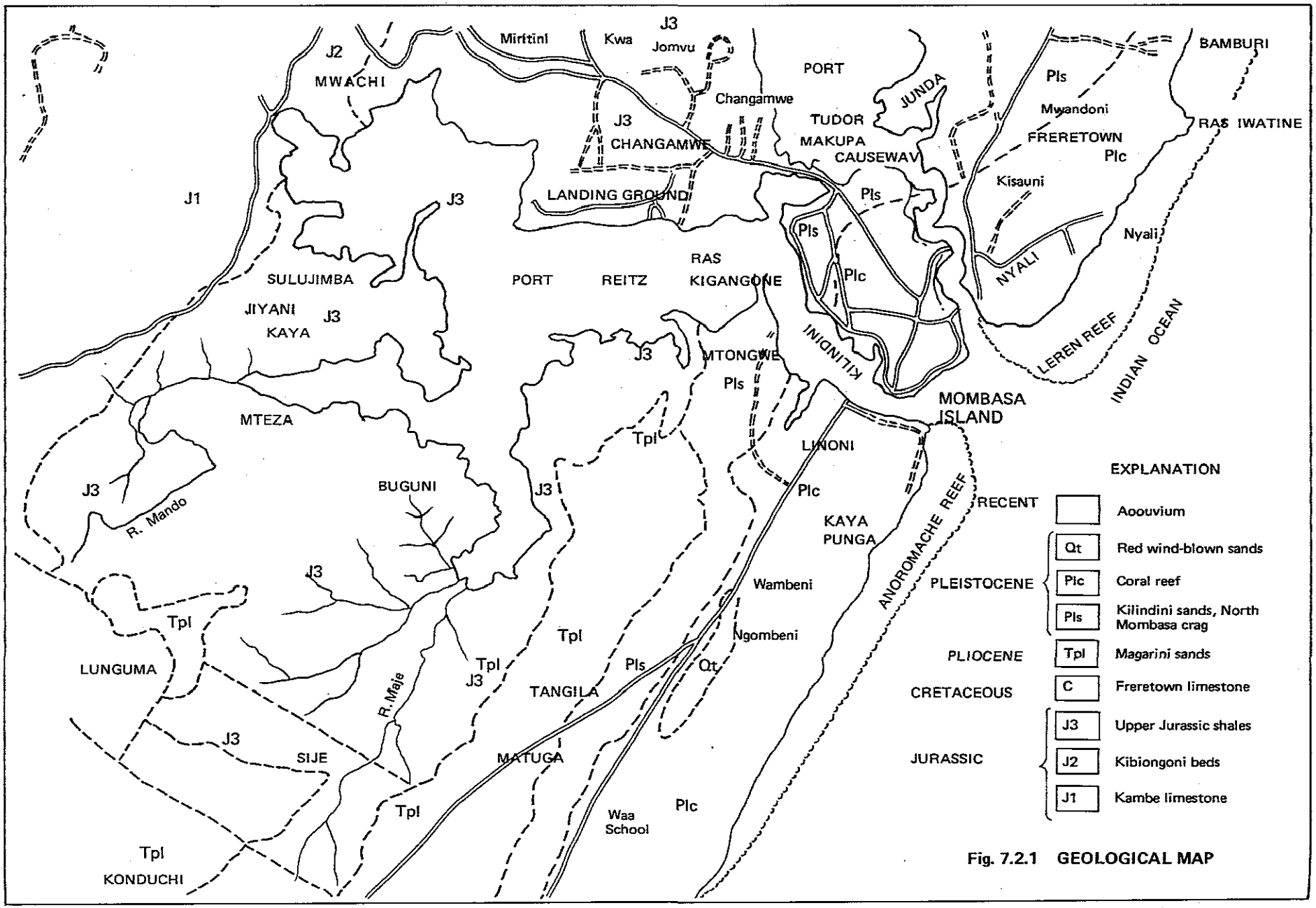


Fig. 7.2.1 GEOLOGICAL MAP

固結砂及びコーラルであり、良好な地盤となっている。基盤岩の斜きは、きわめて急で東南東に8°である。

－現在の海岸線の形状を決定した主要因は、更新世及び近代の大規模な氷河作用を伴った海面の上昇と下降によるものである。海図基準面上６０ｍから始まった海上の上昇及び、波により形成された海岸段丘の端部にサンゴ礁が成長した。サンゴ礁の成長に伴って、その背後に砂やサンゴ塊がたまっていった。サンゴ礁の最高は、基準面上３０ｍに達した。

引続き海面の低下が始まり、河川がよみがえり、コーラルや堆積土を洗掘し、今日の深い港を形成した。これらの海峡は、深さ５０ｍ以上に達している。

上記のような海面の上昇、下降及び堆積と洗堀が繰返された結果、堆積物は、その時代や内容において多様なものとなった。

プロジェクト橋梁は、キリンディーニ湾を中心にモンバサ島の南東端から南本土の北東端を横断する。海峡の地形は、きわめて急峻であり、いくつかの段丘が形成されている。

当地域の基盤岩は、ローカルの土質調査会社が実施した井戸ボーリングから地盤下約130ｍにあると報告されている。

2）土質調査

本調査では、図7.2.2に示す８本のボーリングを実施した。標準貫入試験は、いくつかのボーリング坑で２～４ｍの間隔で実施した。収集したサンプルは試験室に送られ、湿潤密度、粒度分析、含水比、一軸圧縮試験等の試験を行った。土質縦断図を図7.2.3に示した。

(1)　ＢＨ－１

土質は、地表面下０～７ｍで固いコーラル、７～２８ｍでコーラルと破砕コーラル、２８～５０ｍで黄色のシルト混り砂であり、Ｎ値は、比較的大きな値を示している。ボーリングの実施深さは、長大橋の基礎計画であることから当初予定の５０ｍを７０ｍに延長した。この結果５０～７０ｍの深さで黄茶色の破砕コーラルを含む固結した砂層が表われた。収集したサンプルは、半固結状態であり、その相対密度は、きわめて高かった。以下に各層を詳述する。

－表層部コーラル

表層部コーラルは、十分に固く、支持層として機能できるが、空隙が多く、一様でなくかつ砂層をかんでいるため、以下の点も含め、大規模基礎として不適当と判断した。

－コーラルは、雨水の浸入により風化が進んでおり、亀裂が多い。

Fig. 7.2.2 BOREHOLE LOCATION

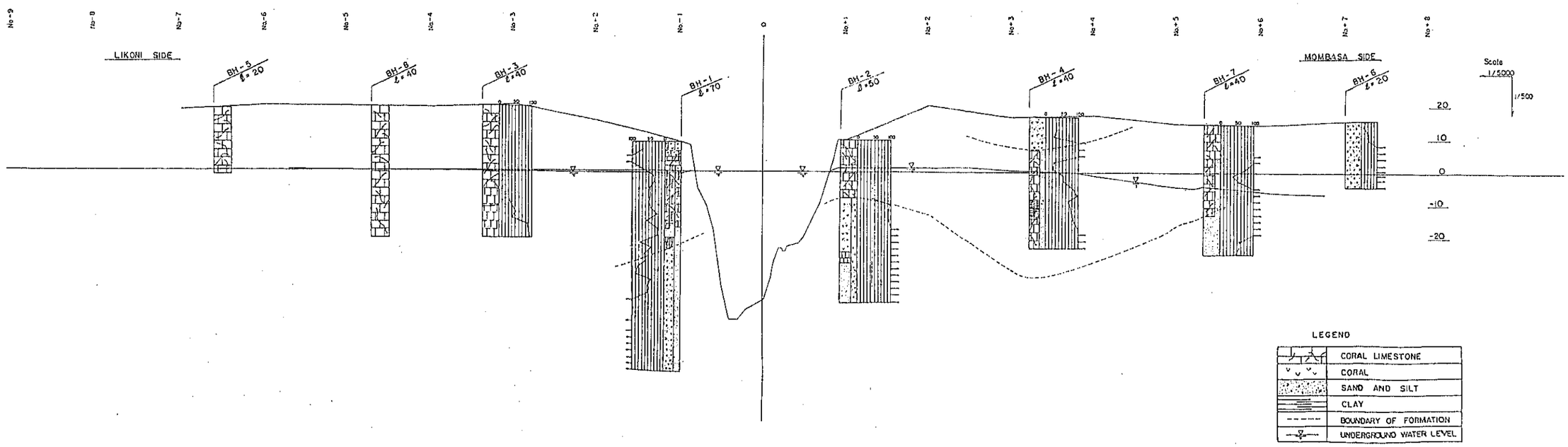


Fig. 7.2.3 GEOLOGICAL PROFILE

－基礎は、コーラル層以深（層厚７ｍ）の支持力の小さい層のために変形が生ずる。

－中間破砕コーラルとシルト混り砂層

中間層は、Ｎ値が３０程度あるが、固結度の高い層と柔かい層が粘土層も混り不均一に介在している。従って支力及び変形の面で問題があり、支持層とし　適当でない。

－深部のシルト混り砂層

この部分の土質は、柔かい層を混在する中間層と異なり、非常に固いシルト混り砂層である。サンプルは、水分を含むものの塊状を呈しており、又Ｎ値も５０以上であるため支持層として問題がないと判断される。

(2)　ＢＨ－２

表土が約１ｍ、その下に約１５ｍ厚のコーラル層がある。コーラル層は、さほど多孔質でないが、クラックが多数発達している。現場透水試験の結果、6×10^{-3} cm/sec と高い透水係数を示した。このコーラル層の下に約１４ｍ厚の細粒砂層があり、さらにその下に7.5ｍ厚の堅い砂層がある。この砂層の内、地表から約３５ｍでＮ値が５０以上でており、大規模基礎として問題がないと判断される。

(3)　ＢＨ－３，ＢＨ－５及びＢＨ－８

リコニ側で実施したこれら３本のボーリングは、ほとんどがコーラルであることが判明したが、深さにより風化の度合に大きな差があることもわかった。以下に一般的土質特性を記述する。

－これら３本のボーリングから、沿岸部に近いコーラルほど、風化の度合が高く、塊状を呈するものの比常に高い透水性を示している。

－風化度は、深さによっても変化し、地表に近いものほど塊状を呈し深い所ほど風化が激しく砂状を呈している。

－コーラルは、空洞があり、不均一であり、場所により小さなＮ値を示す。

コーラルの一軸圧縮強度は、qu＝１１～７５ Kg/cm² と高い値を示しているが、その工学的特性は、未だ不明な部分が多い。従って基礎の設計に当っては、以上の判明した条件を考慮して行うものとする。

(4)　ＢＨ－４，ＢＨ－６及びＢＨ－７

モンバサ島側の土質は、一般にコーラル石炭岩とシルト混り砂から構成されているが、縦断方向の変化は、非常に複雑である。合計４本のボーリングを実施したがその全貌を明らかにするのは、困難である。以下に基礎形式選定の基本事項を述べる。

－土質の支持力は、得られたＮ値に基づき判断する。

－４本のボーリング杭から得られたコーラル石灰岩は、リコニ側に比べ空隙が少いとはいえ、場所により非常に柔かい。これは、風化の程度にるものと判断される。又、粘性土の存在も判明しており、大きな荷重による沈下が懸念される。

3）関連土質データ

ケニア港湾局が実施したキリンディーニ港の土質データを以下に述べる。

(1) キリンデイーニ港の海底土質

１９７７年にケニア港湾局は、港の開発に関連し、当プロジェクトに近い所で５本のボーリングを実施した。これらのボーリングは、海底より２５ｍと比較的浅いものであった。

調査結果によると、湾のＮ値は、一般に湾口近辺で高く、内湾に向うほど低い値を示している。土質は、内湾で粘土及びシルト質（粘土混り砂、砂質粘土等を含む）であり、湾口は、砂及び砂岩等堅い土質から構成されている。プロジェクトに近い所の土質例を以下に示す。

ＢＨ－１２（リコニターミナルの西側）

海底からの深さ	土質特性
０～５ｍ	貝がら、コーラル片を含む非常に緩い暗灰色の砂質シルト、Ｎ値＝０～３９
５～８	貝がらや所々コーラル塊を含む固堅した灰色砂又は、粗砂及び貝がらを含む破砕コーラル塊　Ｎ値＝３０～４２
８～１８	所々に堅いコーラルを含む低固結度の砂、　Ｎ値＝１７～６５
１８～２５	所々に青色粘土を含み、固結した白色石灰質砂岩又は、コーラル塊を所々に含む低固結度の明黄色砂　Ｎ値＝５０～５８

(2) ムバラキバース拡張工事で実施したボーリング

１９７６年８月に、ケニア港湾局は、ムバラキバースの拡張工事のために１５本のボーリングと６ケ所のサウンディングを実施した。この内２本のボーリング（Ｂ－１１４とＢ－１１５）がムバラキクリークに接する所で行なわれた。

これら２本のボーリング調査から、海底地盤は主に植物や砂利を含むシルト質砂及び砂層であることが判明した。Ｎ値は、深さで変化し、海底面近くでＮ＝１０から２９ｍ深さ（固結砂層）のＮ＝７０と変化している。さらに深い層は、固結砂であるがＮ値は、さらに高く１２０～１５０となっている。

7.2.3　材料調査

調査に当って、運輸通信省モンバサ建設局及び環境資源局の鉱物地質局等と打合せ、土木材料の情報を収集した。これに基づき又、地形図や地質図を参考にしながら現地踏

査を行った。

1）粗骨材と細骨材

図 7. 2. 4 に分布図を又、表 7. 2. 1 にそれらの調査結果を示している。採石物は、カンベ、カエデー、マブジ、ダンジャル等にあり、モンバサに近い、国道ナイロビーモンバサ道路（A109）沿に立地している。

採石場は、マリアカーニとタルを除き質及び量に満足できる。

砂は 4 ケ所調査した、その結果を以下に述べる。

－テイビ周辺

テイビ周辺には、陸砂と川砂の 2 種類がある。陸砂は、ルンガルンガ道路の西側に存賦している。この砂は、人力で採取されているが、有機物やシルト分を含むため骨材として不適である。

上記の西に位置するマブ川は、1. 5 m ほどの川巾であるが、骨材として最適の粒度である。ここも人力掘削され、トラックにより搬出されているが運搬道路は非常に悪い。

テイビの南、ムアチエマ地区は、やはり川砂であるが川巾は、１０ m と広く、砂質も良好である。しかし未だ採取されていない。

－キタンガニ

ここは、キリフィの北西約１５ m にあり、更新世又は洪積層の採取場であるが、シルト分が多く粒形も小さい。

－ティンボニ

ティンボニは、マリンデイの北２０Km に位置し、海岸部から採取している。貝がらを含み、シルト分が少いが粒度が粗い。

7. 3　道路の概略設計

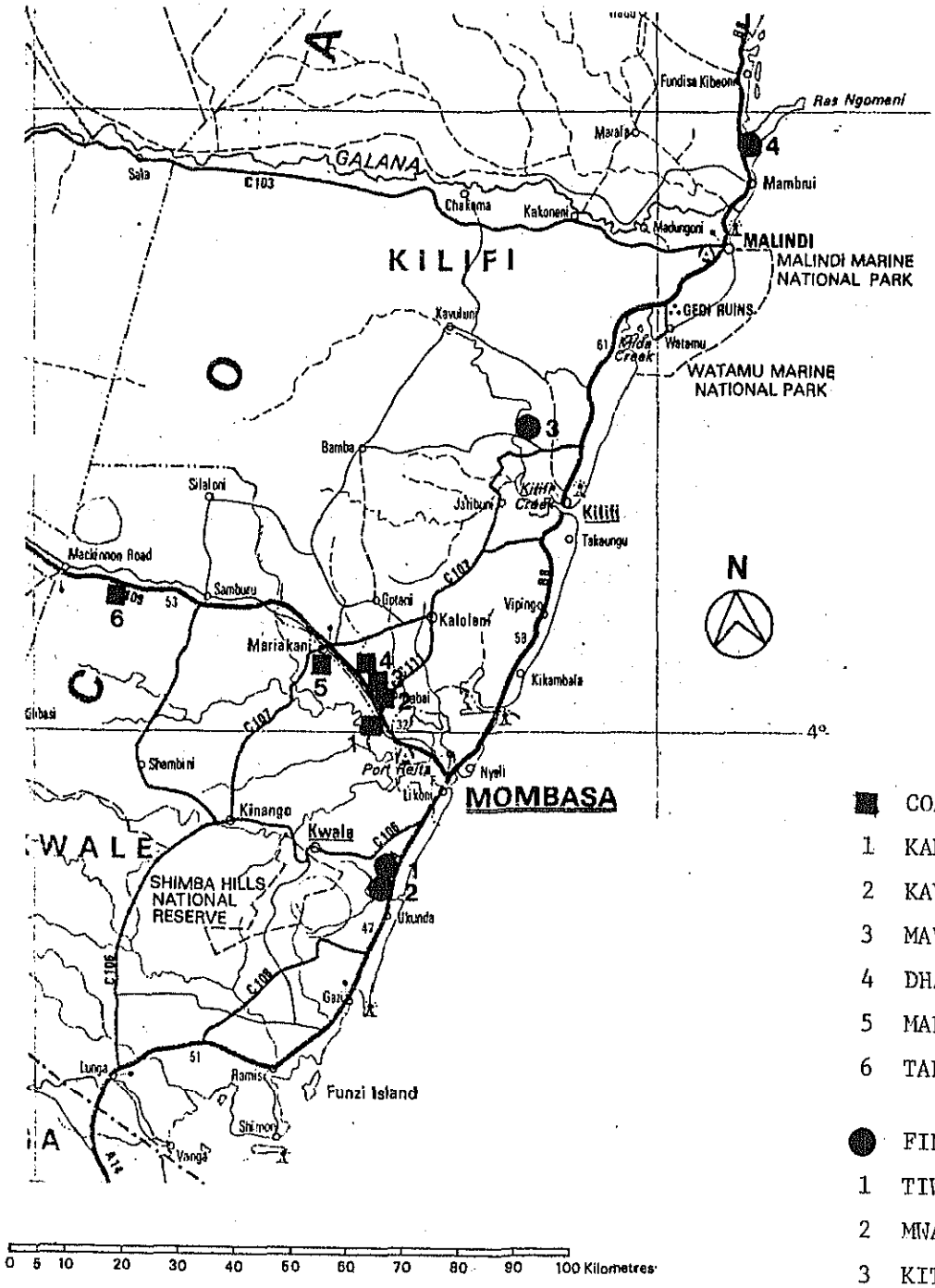
7. 3. 1　本　　線

1）プロジェクト道路の概要

航路クリアランスを考慮して決定したプロジェクト道路は、第 6 章 6. 3 に述べている。以下に、道路の概要をリコニ側とモンバサ島側に分け説明する。

(1)　リコニ地区

この地区の地形は、コーラルと石灰岩からなり、平坦である。内陸部及びキリンデイーニ湾沿は、集落として、又インド洋側の沿岸部は、リゾートと高級住宅地に利用されている。最近プロジェクト道路沿の内陸部は、民間会社により住宅地として開発されている。



COARSE AGGREGATE
1 KAMBE
2 KAYDEE
3 MAVJI
4 DHANJAL
5 MARIAKANI
6 TARU

FINE AGGREGATE
1 TIWI
2 MWACHEMA
3 KITANGANI
4 MBONI

Fig. 7.2.4 LOCATION OF QUARRY SITES

Table 7.2.1 DESCRIPTION OF QUARRY SITES

(1) COARSE AGGREGATE

Quarry	Formation	Kind of Rock	Operation
Kambe	Kambe Limestone	Sandy Limestone	Under operation
Kaydee	Mazeras Sandstone	Calcareous Sandstone	Under operation
Movji	Mazeras Sandstone	Calcareous Sandstone	Under operation
Dhanjal	Mazeras Sandstone	Calcareous Sandstone	Produced by Rod Mill
Mariakani	Mariakani Sandstone	Sandstone	Shutdown
Taru	Mariakani Sandstone	Sandstone	Shutdown

(2) Sand

Location	Occurrence	Deposit Volume	Remarks
Tiwi (Pit Sand)	Diluvial deposit	Abundant	Fine grained with organic matter and silt
Tiwi (River Sand)	River Deposit	Not Abundant	Good quality
Mwachema	River Deposit	Not Abundant	Good quality, but mining not started
Shimba	Diluvial Deposit	Abundant	Fine grained with silt
Kitangeni	Riverq Deposit	Abundant	Fine grained with silt
Tinboni	Coast Terrace Deposit	Abundant	Very coarse

プロジェクト道路は、第一期施工時にルンガルンガ道路を起点とする第二期施工は、モンバサ交通マスタープランに合せ南へ延伸する。第一期施工の起点は、現況ルンガルンガ道路とムトンゲ道路との交差点とした。

プロジェクト道路は、リコニ地区を地域分断することなく、プロジェクト道路上の平面交差点を通じて、地域連絡が十分にできるようになっている。

(2) モンバサ島地区

この地区の地形は、コーラル、石灰岩及び砂からなり、平坦である。土地利用はプロジェクト道路の東側がリゾート及び高級住宅地として、又西側が工業及び住宅地として利用されている。

第一期施工で、プロジェクト道路は、航路クリアランス５５ｍ及び４５ｍの場合ニエレレ道路に、又73.2ｍの場合、ニエレレ道路とムバラキ道路の交差点に取付く計画となっている。第二期施工では、全てのクリアランス代替案が、ムバラキ道路に延伸する計画である。

2） 本線の所要車線数

交通解析に基づき、本線の施工段階別の所要車線数を以下に示した。

フェーズⅠ（第一期施工）

航路クリアランス

Ｈ＝７３.２ｍ　：１９９２年まで主橋梁を除き２車線

Ｈ＝５５,４５ｍ：１９９２年まで全線２車線

フェーズⅡ（第二期施工）

全ての代替案に対し、２００１年までに４車化し、ムバラキ道路へ延伸する。

3） 平面線形

プロジェクト道路の平面線形は、当プロジェクトで確立した幾何構造基準に従いかつ以下のコントロールポイントを考慮して決定した。

(1) リコニ側

－ルンガルンガ道路とムトンゲ道路の交差点

－モンバサ交通マスタープランに従う用地巾への延伸計画

－シェリービーチホテルへの道路

－キリンディーニ湾の最狭部の通過

－湾をクロスする電力ケーブル

(2) モンバサ島側

－湾をクロスする電力ケーブル

－ニエレレ道路とムバラキ道路の交差点（Ｈ＝７３.２ｍ）

－ニエレレ道路（H＝５５,４５ｍのフェーズⅠ）

－ムバラキ道路（全代替案、フェーズⅡ）

－アーチビショップマカリオス道路（H＝７３.２ｍ）

4）縦断線形

計画道路の縦断計画は、平面線形計画と同時に行った。以下に縦断計画上の基本事項を列記する。

－リコニ地区での最小盛土高を、路肩部で５０cmとした

－道路表面排水を考慮し、最小勾配を0.３０％とした

－アプローチ区間の最急勾配は、4.３％とした。

－平面線形と縦断線形の組合せに配慮した。

さらに、以下のコントロールポイントを考慮し、縦断線形を決定した。

(1) リコニ側

－ルンガルンガ道路との平面取付

－シエリービーチホテルへの道路クリアランス

(2) モンバサ島側

－ニエレレ道路とムバラキ道路の現況高さ及び隣接施設の出入口高さ

－ニエレレ道路とムバラキ道路の平面交差点

－ＳＴＡ １＋８２０の貨物線（H＝７３.２ｍ）

5）側道の計画

側道設置上の基本事項は、幾何構造基準に述べてある。本プロジェクトで設置した区間は、主に現況道路上に計画道路が計画された区間である。すなわちH＝５５,４５ｍに対しては、ニエレ道路とムバラキ道路の交差点からデダンキマテイ道路の交差点までと、全てのケースに対してムバラキ道路への延伸区間である。

一方、リコニ側では、現道と競合しないため側道を設置せず平面交差点で処理している。

6）橋台の高さ

橋梁の終点を決定するために、高架と盛土を比較した。その結果、７ｍの盛土高さは、高架橋に対し６０％安い結果となった。従ってリコニ側のアバットは、７ｍで決定した。一方、モンバサ側は、住宅地の環境に配慮し３ｍとした。

7）プロジェクトの工事範囲

(1) プロジェクトに必要な施設

工事に含まれる主要な施設を以下に示した。

Navigation Clearance \ Phase	Phase-I	Phase-II
73.2 M	Throughway: STA-3-586∿STA 1 + 780 L = 5,366 M Intersection: - Nyerere Ave. and Mbaraki Road - Lunga Lunga Road and Mtongwe Road	Throughway: STA-2-820∿STA 2 + 160 L = 4,980 M
55	Throughway: STA-3-582∿STA 1 + 708 L = 5,294 M Intersection: - Nyerere Ave. and Dedan Kimathi Ave. - Lunga Lunga Road and Mtongwe Road	Throughway: STA-2-820∿STA 1 + 520 L = 4,340 M
45	Throughway: STA-3-586∿STA 1 + 708 L = 5,294 M Intersection: - Nyerere Ave. and Dedan Kimathi Road - Lunga Lunga Road and Mtongwe Road	Throughway: STA-2-820∿STA 1 + 370 L = 4,190 M

これらは、第三編図面集の中で実線として表示した。

7.3.2 平面交差点計画

1) 概　　要

プロジェクト道路は、現況街路網と深い関係がある。特にプロジェクト道路関係の交差点は、交通の円滑処理に重要な機能をもっている。

都市街路の容量、速度及び安全性は、交差する街路の数、道路種別、及び間隔に支配される。平面交差点の構造や交通制御の方法は、幹線街路の交通安全と効率的な運用を企る上での基本条件である。交差点が都市道路交通の中できわめて重要な働きをするため、その設計と運用計画は、十分に検討されねばならない。

交通容量解析は、信号交差点の構造設計を支配する重要な手段である。本プロジェクト道路の関連交差点の解析手法は、日本の道路構造令に従って行った。以下に容量解析上の基本条件を列記する。解析目標年は、2000年と2010年である。

交差点解析基本条件

－車線容量 ＝ 直進車線 ＝ 緑1時間1,800台（乗用車）

左右折車線 ＝ 〃 1,200台（乗用車）

－その他　ピーク率 ＝ 11％

重方向率 ＝ 60％

2）平面交差点の概略設計

プロジェクト道路関連交差点を以下に列記する。

－ニエレレ道路とムバラキ道路交差点（H＝73.2 mに対し）

－ニエレレ道路とデダンキマテイ道路交差点（H＝55，45 mに対し）

－ルンガルンガ道路とムトンゲ道路交差点（全ケースに対し）

将来交通需要は、現況道路に改良計画のない場合（図5.2.10～5.2.10参照）を使用した。

解析の結果、全ての交差点は、"資料編B"に示すように信号により交通処理が可能である。以下に説明を加える。

(1) ニエレレ道路とムバラキ道路の交差点

2000年では、ある余裕をもって交通処理できる。2010年では、流入車線を増加することで処理できるが、都市中心地区及びニエレレ道路が既に混雑しているため、さらに交差点を改良せず計画道路をムバラキ道路へ延伸すべきである。

(2) ニエレレ道路とデダンキマテイ道路の交差点

2000年では、信号交差点として余裕をもって交通処理できる。2010年では、周辺の施設のため拡張が困難であるため、計画道路は、ムバラキ道路へ延伸するものとした。

(3) ルンガルンガ道路とムトンゲ道路の交差点

2000年では、信号交差点として交通処理可能である。2010年には、現道ルンガルンガ道路の容量（18,400台/日、乗用車換算台数）を越えるため、モンバサ交通マスタープランに沿って南へ延伸するものとする。

平面交差点計画図を第三編図面集に示した。

7.3.3 舗装設計

1）概　　要

舗装設計は、運輸通信省の設計基準に従って設計した。設計に使用した条件は、日交通量、路床土の支持力値及び気象条件である。

2）舗装設計

(1) 交通量区分

車両の平均等値換算係数は、1977年7月運輸通信省、材料試験場が実施したルンガルンガ道路の観測値と同省設計基準を基に以下に示すように決定した。

Factor \ Vah. Type	Buses	Medium Goods	Heavy Goods	Oil Tankers
Equivalent Factors	1.0	3.0	10.0	5.0

設計期間１０年の累加標準軸数は、供用初年度の軸数と将来交通需要から３７百万と計算した。この計算には、第１０章で考慮した、タンザニア国境の再開と中型トラックの大型トラックへの変換を考慮した。同マニュアルから交通量区分は、T_1と判定した。

(2) 気　　象

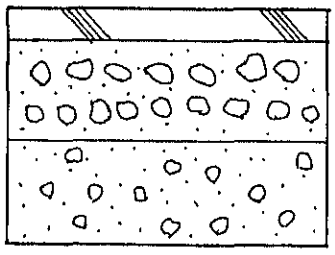
モンバサ地域の年平均降雨量は、1,073㎜である。同マニュアルから当地域は、湿潤熱帯地域に分類される。従ってアスファルト表層を適用する必要がある。

(3) 路　　床

土質調査によると、地域の地盤と路床に使用を予定した盛土材は、破砕コーラル又は、石灰岩である。これらの材料の路床支持力は、同基準から、クラスS_6に分類される。しかし実際の地盤は、不均一であり、又盛土材料の信頼性を考え設計に用いるクラスを１ランク落しS_5（CBR＝１５～３０）とした。

(4) 提案舗装構造

同マニュアルから２種類（タイプ１２と１５）の舗装構造が適用可能である。交通需要、路床、使用材料及び施工等の点から以下に示すタイプ１２を選んだ。



Surfacing t = 50 mm
(Asphalt concrete Type I)

Base Course t = 150 mm
(Dense Bitumen Macadam)

Sub-Base Course t = 175 mm
(Graded Crushed Stone,
Class A)

7.3.4 料金所計画

1）概　　要

当プロジェクト道路は、プロジェクトの建設費、維持管理費を料金設定の対象とする標準的な有料道路ではなく、それらの一部分を対象とした有料道路である。

ここでは、工学的見地より、料金所の位置、所要車線数等について検討する。

2）料金所の計画

(1) 位置の選定

料金所の位置は、交通の安全、用地取得、料金所要員の通勤の便及び工事費等か

ら決定される。

モンバサ島側では、プロジェクト道路周辺が高度に開発されていること、及び計画道路の構造がほとんど橋梁区間であるため、設置することが適当でない。従ってリコニ側に計画するものとした。

リコニ側の平面交差点の位置及びこれらの将来立体化の可能性及び線形条件（平面曲線半軽≧1,000M及び縦断勾配≦2％）等を考慮し測点－2－200に設置することとした。

(2) 料金システム

料金は、車種別均一料金とし、1ケ所の料金所で徴収するものとした。

(3) 料金所所要車線数

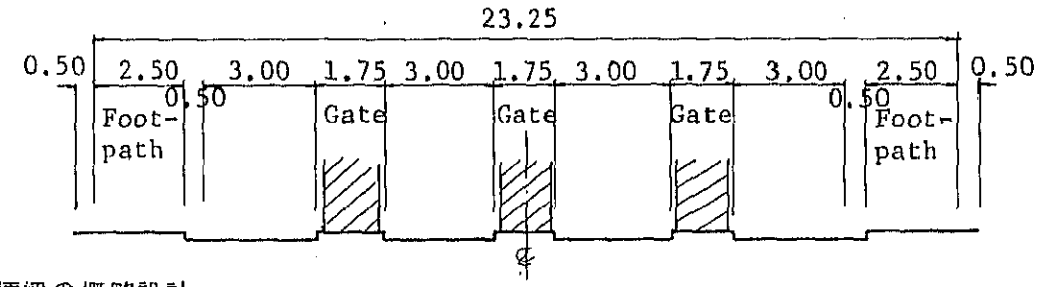
料金所の必要車線数は、交通量（到着間隔）、車両1台当りのサービス時間及びサービス水準（待車両の長さ）から決定される。

これらの要因は、日本の有料道路の設計基準により決定した。同基準によると、1台当りのサービス時間を5.5秒/台とすると1車線1時間当り650台処理できると算定される。

料金所の所要車線数は、上記処理能力を基に施工段階に応じ計算した。2001年では、両方向（出入車線）合計4車線、2010年には6車線必要である。一方料金ブースは、1ブースをリバーシブルにできるので2001年で3ブース、2010年で5ブース建設すればよい。

(4) 料金所の横断巾員構成

4車線の横断巾員構成を以下に示す。



7.4 橋梁の概略設計

7.4.1 概　　要

本章で行う概略設計は、後述の経済評価、及び将来の工事実施のための詳細設計に不都合を生じさせない程度に、設計思想や基本的な構造諸元を明確にするとともに、施工数量、工事費を算定することを目的としている。但し、主橋の設計上、最も基本的な、主スパン長については、既に、6.3.7「主橋梁の比較検討」で決定しているので、それを参照されたい。

尚、6.3.7では最適な主橋梁形式として斜張橋を提案しているが、プレストレストコ

ンクリート斜張橋か、鋼斜張橋かの結論を得るには至っていない。さらにクリアランスについても最終的な結論を得ておらず、H＝73.2m，55m，45mの3種類が検討ケースとして提案されているにとどまっている。

主橋梁830mを含めた各クリアランスH＝73.2m，55m，45mの橋梁総延長は、それぞれ、3,835m，2.415m，2,045mとなっている。

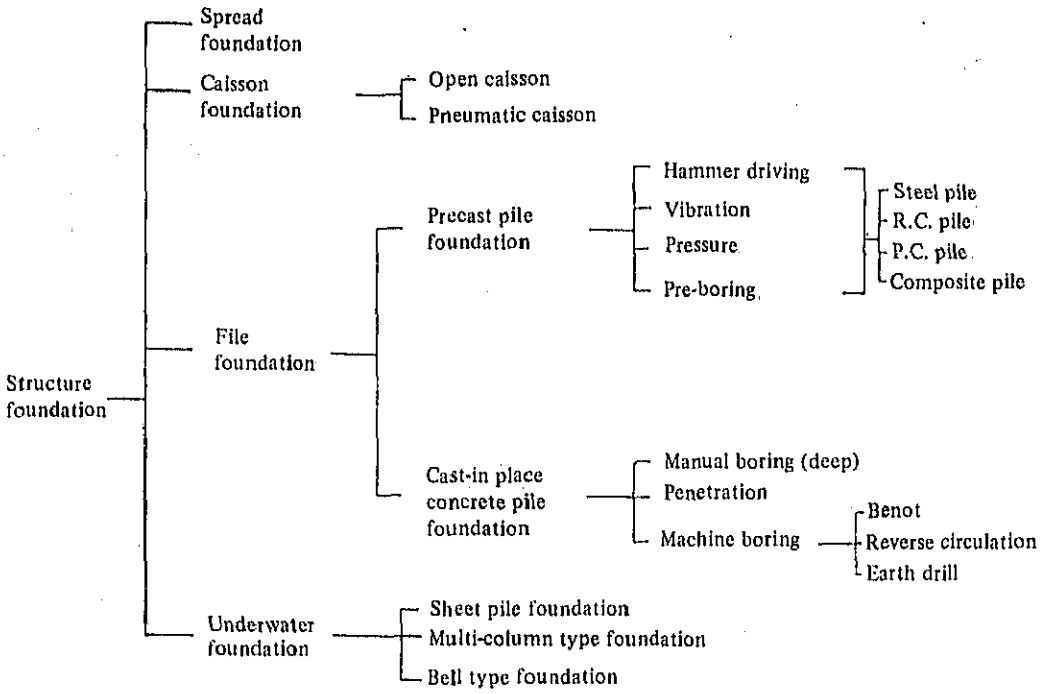
7.4.2 斜張橋タワー基礎形式の決定

1）概　要

一般的に、橋梁基礎形式は、直接基礎、ケーソン基礎、杭基礎の3種類に大別されそれは、施工方法や材料の違いによってさらに表7.4.1のように多くの種類に分類される。これらは、通常、地盤条件、構造特性、施工条件等に応じて使い分けられている。本節では、斜張橋基礎について基礎タイプ別に検討考察を行い、最適な形式を決定する。

尚、第7章、7.2節で述べているように、架橋地点の地質は主として、コーラルと砂質土で構成されているが、その強度、均一性はよいとは言えず、又地層の連続性も低い。コーラルについては、工学的に未解明な点（不均一性、多孔性、風化等）が多くその対応を難しくしている。

Table 7.4.1 CLASSIFICATION OF FOUNDATIONS BY TYPE



2）斜張橋のタワー基礎形式

斜張橋のタワー基礎は、巨大な荷重を支持しており、上部工はその不等沈下に対して影響を受ける。この観点から言えば、高い剛性を有し、安定した基礎形式が望ましい。

タワー基礎の計画のために実施されたＢＨ－１及びＢＨ－２のボーリング柱状図から判断すると、直接基礎、ケーソン基礎及び、大口径場所打ち杭の採用可能性がある。しかしながら、以下の理由で、前記２つの基礎形式は不適当である。

－直接基礎

この形式は、支持層の深さが５～１０ｍの場合は、経済的であるが、以下の理由で、当橋梁には適さない。

モンバサ島側には約１６ｍの厚いコーラル層がある。この層は、雨水により風化され、多孔質でクラックが発達しており、かつ非常に不均一である。実際モンバサ島において大規模基礎地盤をコーラルとするには問題のあることが報告されている。

リコニ側では、風化コーラル層の下位が砂層となっており、弱いシルト層が、複雑に混入している。このため、巨大荷重を支持するには、沈下の問題が考えられ確実な支持層としては地表面下５０ｍとなってしまう。

以上の理由で直接基礎は不適当である。

－ケーソン基礎

この形式は、一般に杭基礎と比較して、剛性、支持面積ともに大きい。さらに施工の信頼性が高く、大規模橋梁基礎としての実績が多い等の利点がある。しかしながら一方では、工事費が高い、工期が長い、さらに、工事の安全性に問題がある等の欠点も有している。

この形式は、以下のような問題があり、当橋梁基礎には適さない。

モンバサ島側では、直接基礎のところで述べたコーラル層への沈下作業が困難と思われる。又、モンバサ島側、リコニ側とも海岸に著しく近接しており、透水性の高い地盤でもあるため、ニューマチックケーソン工法の採用が必要となる。しかしながら、この基礎形式の支持地盤が水面下３５ｍ程度にあるため、空気圧の限界 3.0 Kg/cm² 以上の工事となり施工は困難である。

これらの理由で、ケーソン基礎は適さない。

巨大な荷重を支持する最も効果的方法は、未知の要素をもつコーラル層や、軟弱シルト層を含む砂質土層をさけて、固い砂層を支持層とすることである。この場合、当地質の条件では、場所打ち杭工法一中でも深礎杭工法とリバースーキュレーション工法が適している。

深礎杭工法は、一般に、杭径の１０倍が限度であり、孔内湧水量が５０ℓ/minを超えると困難である。一方、リバースサーキュレーション工法にもゆるい砂層や地下水流により孔壁の崩壊等の欠点がある。しかしながら、転石等がないとして、ベントナイト液による慎重な施工管理を行えば、対処できる。ちなみに、類似土質条件下にある新ニアリ橋でもこの工法が採用された。

以上の考察より、リバースサーキュレーション工法が最も適していると判断した。

7.4.3 斜張橋の計画及び設計

1）はじめに

主径間長460ｍの斜張橋は、世界でも最大規模のものであり、その計画に当っては、十分な技術的検討を行う必要があった。特に、クリアランス高Ｈ＝５５ｍ案及びＨ＝４５ｍ案の場合には、段階施工を考えて、２車線の非常に細長い橋梁として計画されることになった。このため、耐風安定性や、架橋時の構造安定性等が問題となったが、現時点では、その実現可能性について、理論的確証を得るに至っている。但し、今後、詳細設計の段階へと進む場合には、風洞実験等による検証は必要と考えられる。

斜長橋の計画に当っては、径間割り、塔高、桁高等の基本寸法相互の関連性の他、ケーブル配置、主塔形式、支承条件等に多くの選択可能性があり、最適構造系を決定することは容易ではない。

本書では、種々の検討考察を経て、現時点では最良と判断される構造系で概略設計を行ったが、今後の技術進歩やより詳細な技術的検討を反映させた場合の若干の変更余地は残されている。

2）斜長橋の計画及び概略設計

(1) 径間割り

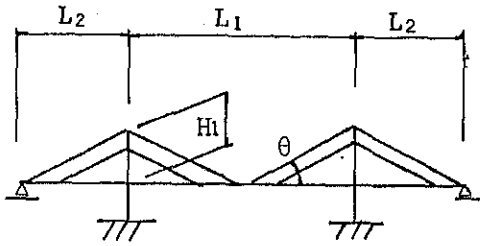
斜張橋の主径間長は既に6.3.7で述べたように460ｍと決定されている。側径間を含めた斜張橋全体の径間割りは、下記理由で橋長830ｍの５径間連続斜張橋（９３ｍ＋９２ｍ＋４６０ｍ＋９２ｍ＋９３ｍ）として計画した。

－側径間長（の合計）の主径間長に対する比は、L_2/L_1＝0.4～0.5程度が経済的である。平面線形上からは、曲線の始点をできるだけ主橋側へ近づけた方が好ましいものの、一方構造上、曲線が斜張橋内に入ることは好ましくない。この点を配慮して、できるだけ側径間長を短く、その比を0.4とした。

－この場合、側径間部に、アップリフトが発生するし、張出し架設時、主塔に大きな曲げモーメントを発生させることとなる。これを避けるため、側径間中央に橋脚を設け、鉛直方向の変形を拘束することとした。これによって、５径間連続構造となる。

(2) 主塔の寸法及び形式

一般に、主塔の高さは、ケーブルの張力効果との関連性が高く、主張径間長との比及び、斜材ケーブルの主桁との取付角度によって決められ、下図のような関係にある。



$$\frac{H_1}{L_1} = 0.16 \sim 0.25$$

$$\theta = 22 \sim 25°$$

ここでは、上段ケーブルの効果を有効に働らかせるため$H_1/L_1 = 0.25$となるよう主塔高さを決定した。

主塔形状は、図 7. 4. 1 で示すように、各種の形式があるが、ここでは下記理由により、A型主塔を採用した。

－横方向に対し、ねじり剛性が高く、最も安定した構造系である。

－2車線の場合、単柱式や、一面ケーブルシステムは、適用しにくい。

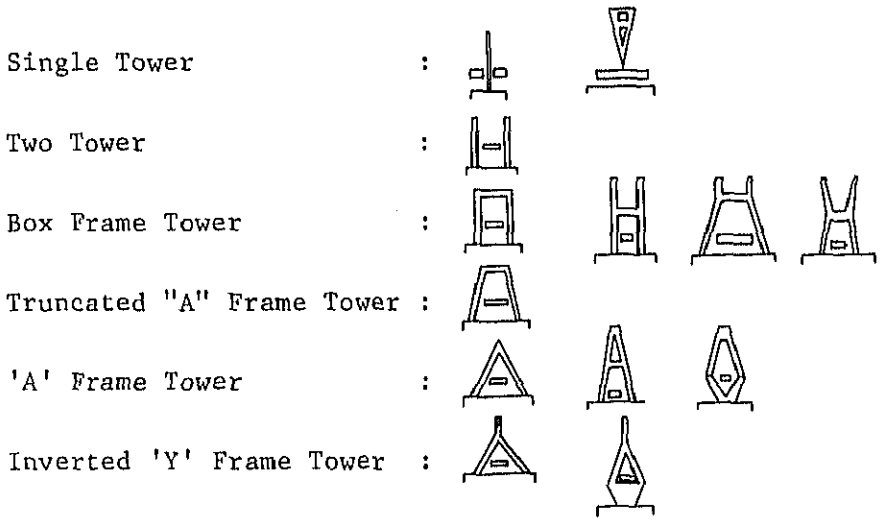


Fig. 7.4.1 SHAPE OF TOWER

(3) 斜材ケーブルの配置及びピッチ

斜張橋では、ケーブルの配置方法に種々の方法がある。長大橋の場合は、多段ケーブル方式となるが、その方法として、側面からみた場合、主にラジアル型、ファン型、ハープ型の3種類があり、立体的にみた場合、一面吊り方式、又は二面吊り

方式の2種類がある。

本斜張橋では、下記理由により、ファン型の二面吊り方式を採用した。

－主径間長が長い割に、主桁高を小さくすることができ、架設や、動的特性に対しても優れている。

－ラジアル型の場合、主塔の頂部で多段のケーブルを集中して取付けることは困難である。

－ファン型は、経済性の面で、ハープ型よりも秀れている。

－二面ケーブルは耐風安定性の面で、一面ケーブルより秀れており、又当然二面ケーブの方がケーブル径が小さくなり、施工はし易い。

ケーブルピッチは、桁高との関係及び架設工事におけるサイクルタイムを考慮して、プレストレストコンクリート斜張橋の場合8m、鋼斜張橋の場合18mとした。

(4) 主桁形状

主桁高と、主径間長との比は $d/L_1 = 1/180$ の範囲で採用できるが、主桁高を小さくすると、アプローチ延長が短くなり、経済的となる。この点を配慮して、桁高を3.0m（$d/L_1 = 1/153$）と決定した。

プレストレストコンクリート斜張橋の場合、主桁形状は、耐風安定性、ねじり剛性及びケーブル定着の容易性を考慮して逆梯形箱桁断面とした。但し、ケーブルの主桁への定着位置は、別冊図面集で示すように、H＝73.2mとH＝55m（45m）とでは異なっている。

鋼斜張橋の主桁形状も、耐風安定性を考慮して、逆梯形箱桁断面を採用した。主桁間長460m、桁高3.0mの場合、高いねじり剛度が必要であり、過去の風洞実験の実績を反映した形状としている。4車線断面の断面形状は、2車線橋桁断面にブラケットのみを取付けたものとほぼ同じである。

(5) 境界条件

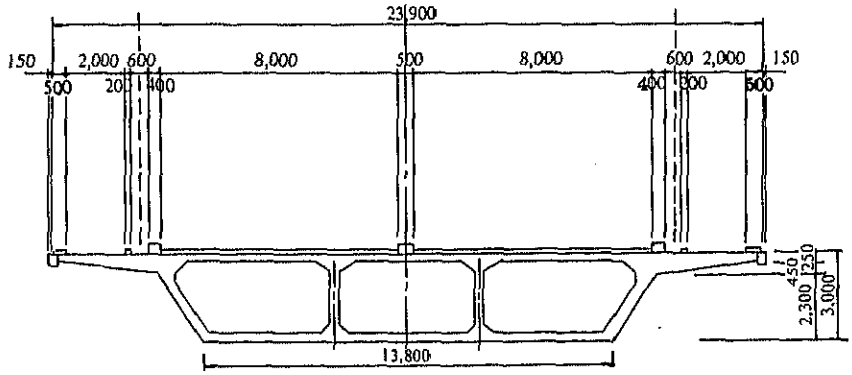
境界条件には、主塔と橋脚が一体構造か分離構造か、主塔とケーブルの定着構造が固定か可動か等の他に、主桁を連続構造とするか、主径間中央にヒンジを設ける構造とするか等の選択項目がある。

これらの方式にはそれぞれ長所、短所があるが、ここでは、主塔と橋脚とは一体構造とし、主桁は主塔とは分離構造とし、且つヒンジを設けない連続構造とした。選択理由は次のとおりである。

－端支点に生ずる上揚力を減らし、横方向剛性、滑らかな走行路面を確保するために、連続主桁構造とする。

－温度変化の影響や地震力を分散させ、桁端の大きな移動量の処理を容易にするた

(1) 4-LANE



(2) 2-LANE

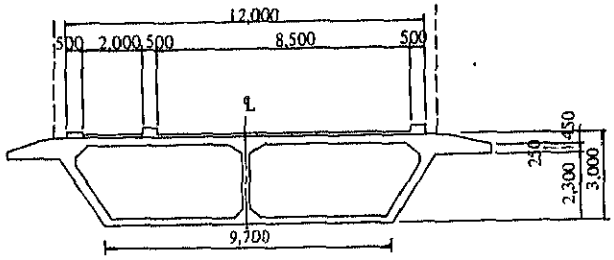
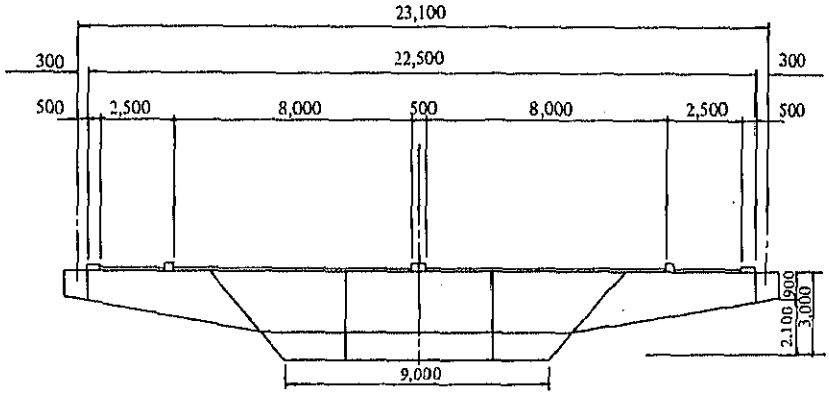


Fig. 7.4.2 CORSS SECTION OF P.C. GIRDER

(1) 4-LANE



(2) 2-LANE

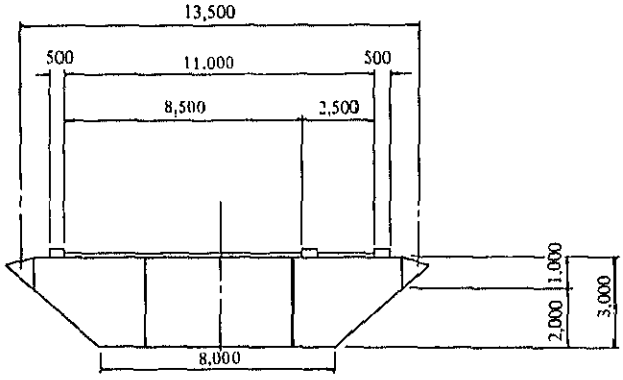


Fig. 7.4.3 CROSS SECTION OF STEEL GIRDER

めに、主桁中間支点に「フローティング」支持を採用する。

－斜材の取付けが容易であるため、ケーブルの主塔への定着は固定する。

(6) 解析方法

構造解析は、完成系についてのみならず、架設途上の系についても行った。斜張橋の構造系は、高次不静定構造であるため、電算を用いて解析した。

解析方法には、微小変形理論及び有限変形理論等があるが、そのどちらを適用するかは、要求される精度と、構造系の剛性によって判断するべきである。

本検討では、次の理由によりプレストレストコンクリート斜張橋と、鋼斜張橋とは別々の解析を行った。

－プレストレストコンクリート斜張橋は、微小変形理論により解析する。それは、微小変形理論による場合と大変形理論による場合とで、結果の差が殆んどないからである。

－鋼斜張橋は、構造自体が軽量で、フレキシブルであることからサグの影響を無視できず、有限変形理論により解析した。

計算結果を表 7. 4. 2 に示す。

7. 4. 4 アプローチ橋梁の計画及び概略設計

1) 概　　要

アプローチ橋梁は、クリアランス 3 種類について、モンバサ島側とリコニ側とがあり、それぞれ、上、下線が分離している。モンバサ島側は、上下線の縦断、平面線形が異なっている上に、ニーレレ道路への取付けランプもあり、計画ボリームは非常に多い。

ここでは、各クリアランスの詳細な記述はさけ、計画、設計上の基本的な考え方を中心に述べるものとする。

2) アプローチ橋梁の基礎及び下部工躯体形式選定

アプローチ橋梁の基礎形式を選定する場合、橋梁規模、上部工形式との関連で考慮すべき点は、下記のとおりである。

－アプローチ橋梁とは言え、本橋接続部は、高橋脚で、上部工反力は大きい。

－上部工形式が、連続桁橋形式の場合、不等沈下への配慮が必要である。

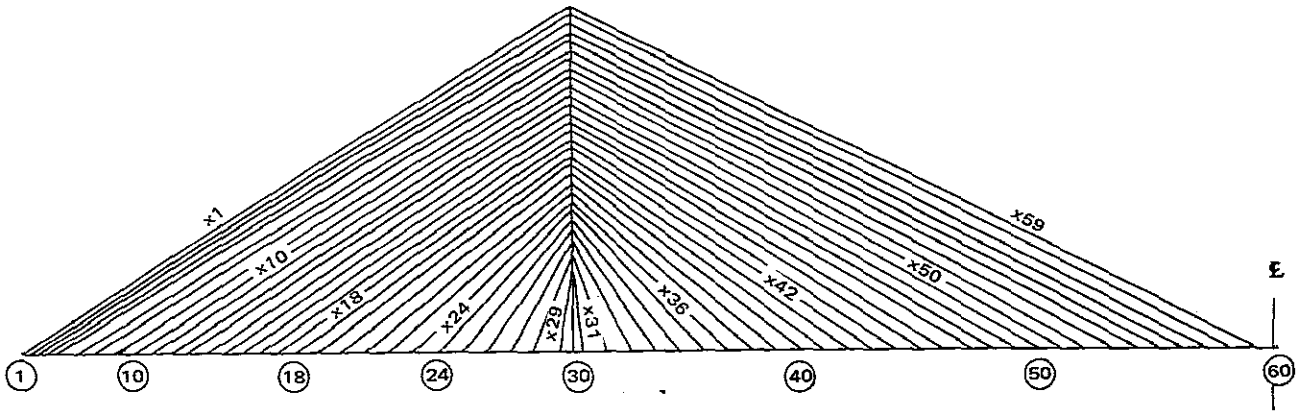
いっぽう、当地盤には、下記のような問題点があり、基礎形式の選定が難しい。

－縦断方向の地層の連続性が複雑である。

－コーラル層は、場所により、大巾な風化程度の差が認められ、非常に多孔質である。コーラルの骨格自体は、一軸圧縮強度にして 70 Kgf/cm² を超すものから、砂状に風化したものまであり、不均一性が著しい。

Table 7.4.2 RESULTS OF ANALYSIS

(1) P.C CABLE-STAYED BRIDGE (73.2^{M}, 4-lane)



CABLE

	Tensile force (Ton)	Number of Strands
x 1	901	88
x 10	840	80
x 18	826	80
x 24	693	68
x 29	430	44
x 31	444	44
x 36	606	60
x 42	748	72
x 50	850	80
x 59	837	80

(Strand: 15.2 mm)

MAIN GIRDER

				10	18	24	30	40	50	60
Bending Moment and Axial Force	Ordinary Case	Bending Moment (Max.)	M (t.m)	6,642	7,664	5,224	2,231	1,877	4,066	4,867
			N (t)	6,657	12,793	14,382	15,512	13,509	7,085	261
		Bending Moment (Min.)	M (t.m)	-5,789	-9,079	-3,360	-1,580	-3,300	-1,711	-2,215
			N (t)	7,367	11,499	16,143	17,237	14,446	7,460	-10
	Seismic Case		M (t.m)	±4,876	±11,081	±14,198	±1,912	±4,424	±3,255	±55
			N (t)	∓ 622	∓298	∓272	∓652	∓952	∓567	∓25
Thickness	Upper Slab		(m)	0.30	0.30	0.30	0.70	0.30	0.30	0.30
	Lower Slab		(m)	0.25	0.25	0.25	0.70	0.25	0.25	0.25
	Outer Web		(m)	0.355	0.355	0.355	0.827	0.355	0.355	0.355
	Innter Web		(m)	0.25	0.25	0.25	0.70	0.25	0.25	0.25

CROSS SECTION OF MAIN GIRDER

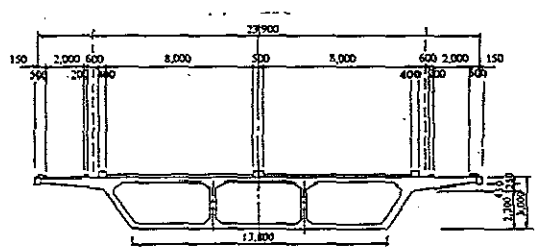
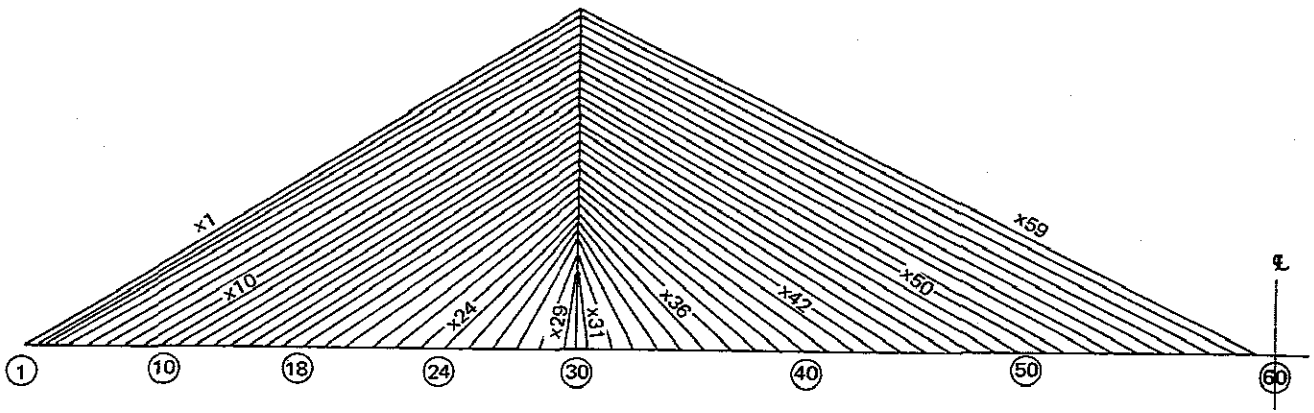


Table 7.4.2 RESULTS OF ANALYSIS

(2) P.C CABLE-STAYED BRIDGE (55 M, 45 M, 2-lane)



CABLE

	Tensile force (Ton)	Number of Strands
x 1	650	64
x 10	563	56
x 18	560	56
x 24	518	52
x 29	331	32
x 31	344	36
x 36	450	44
x 42	528	52
x 50	584	56
x 59	597	60

(Strand: 15.2 mm)

MAIN GIRDER

				10	18	24	30	40	50	60
Bending Moment and Axial Force	Ordinary Case	Bending Moment (Max.)	M (t.m)	-2,765	8,272	4,291	-314	-282	2,414	3,246
			N (t)	4,640	8,736	10,338	10,952	9,076	4,947	192
		Bending Moment (Min.)	M (t.m)	-8,915	-1,097	-585	-2,464	-3,998	-1,777	-1,172
			N (t)	5,106	7,875	10,876	11,993	9,613	5,183	31
	Seismic Case		M (t.m)	±3,564	±7,017	±10,753	±1,098	±3,070	±2,531	0
			N (t)	∓350	∓224	∓51	∓417	∓681	∓360	0
Thickness	Upper Slab		(m)	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
	Lower Slab		(m)	0.40	0.70	0.40	0.70	0.40	0.25	0.25
	Outer Web		(m)	0.40	0.80	0.40	0.80	0.40	0.30	0.30
	Inner Web		(m)	0.40	0.80	0.40	0.80	0.40	0.25	0.25

CROSS SECTION OF MAIN GIRDER

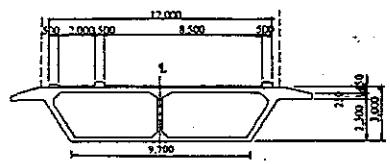
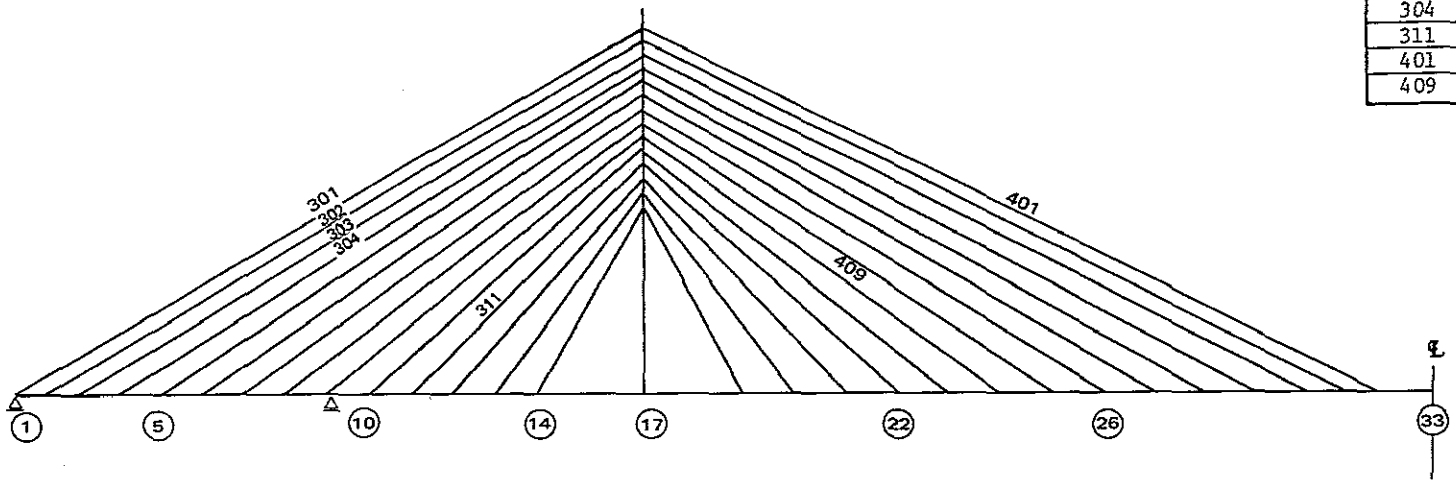


Table 7.4.2 RESULTS OF ANALYSIS

(3) STEEL CABLE-STAYED BRIDGE (73.2^{M}, 4-lane)

CABLE

	Tensile force	Number of Wires
301	439 t	PWS 349
302	430	" 341
303	421	" 335
304	411	" 331
311	308	" 271
401	407	" 331
409	323	" 271



			5	10	14	17	22	26	33
Bending Moment and Axial Force	Ordinary Case	M (t.m)	-5,651	-6,748	-4,135	+2,003	-3,347	-2,767	+4,951
		N (t)	-3,547	-5,299	-7,818	-7,819	-6,725	-4,757	+81
	Seismic Case	M (t.m)	-5,404	-7,942	-10,125	-3,976	-5,482	-3,372	+3,064
		N (t)	-3,140	-5,527	-7,272	-7,609	-5,260	-4,355	+51
Thickness	Upper Flange	(mm)	12	12	12	16	12	12	12
	Lower Flange	(mm)	12	12	12	14	12	12	12
	Outer Web	(mm)	12	12	12	12	12	12	12
	Inner Weg	(mm)	12	12	12	12	12	12	12

CROSS SECTION
OF MAIN GIRDER

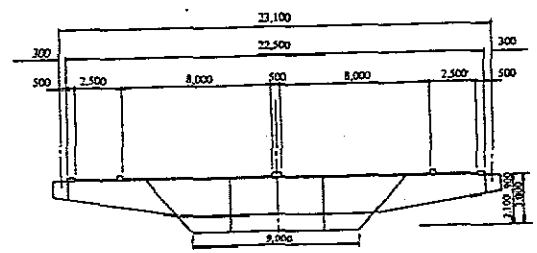
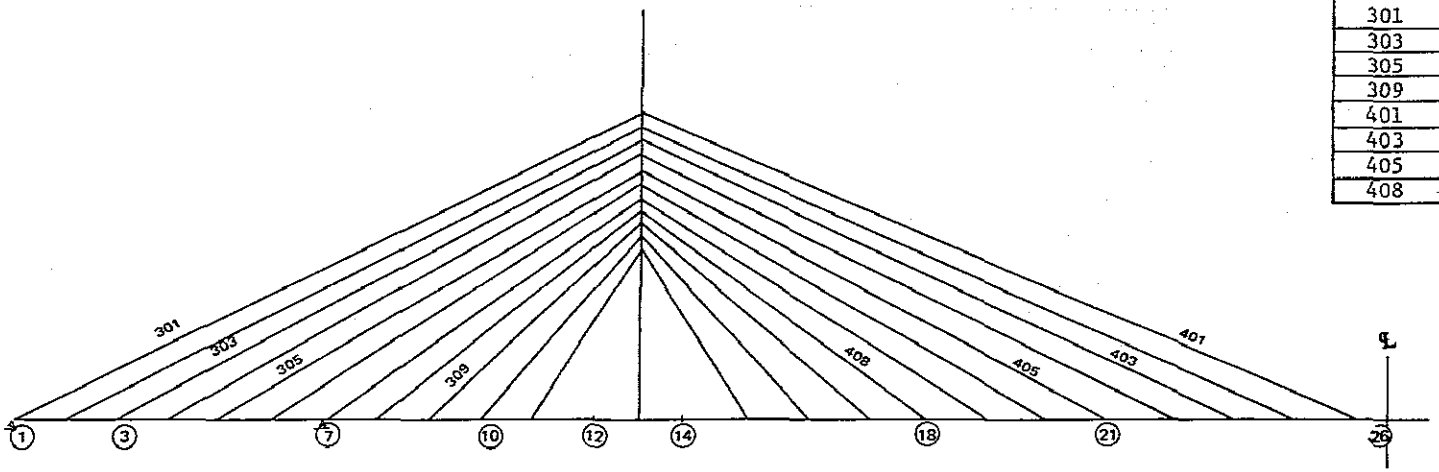


Table 7.4.2 RESULTS OF ANALYSIS

(4) STEEL CABLE-STAYED BRIDGE (55 M, 45 M, 2-lane)



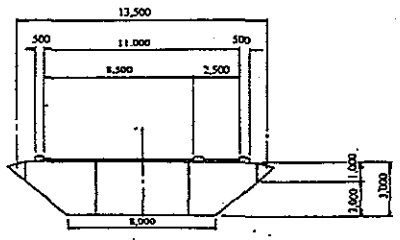
CABLE

	Tensile force (Ton)	Number of Wires
301	411	PWS 331
303	314	" 271
305	271	" 217
309	201	" 169
401	387	" 331
403	314	" 271
405	267	" 217
408	204	" 169

MAIN GIRDER

			3	7	10	12	18	21	26
Bending Moment and Axial Force	Ordinary Case	M (t.m)	-3,239	-3,511	-1,452	+1,681	-1,278	-1,395	+4,948
		N (t)	-1,950	-3,019	-4,554	-3,809	-4,005	-2,901	+27
	Seismic Case	M (t.m)	-2,927	-3,583	-5,144	+2,353	-2,124	-399	+3,405
		N (t)	-2,074	-3,420	-3,896	-3,953	-3,033	-1,950	+22
Thickness	Upper Flange	(mm)	12	12	12	14	12	12	12
	Lower Flange	(mm)	12	12	12	14	12	12	12
	Outer Web	(mm)	12	12	12	14	12	12	12
	Inner Web	(mm)	12	12	12	12	12	12	12

CROSS SECTION
OF MAIN GIRDER



－さらに、現在、岩状を呈していても、キレツの発達、多孔質で、大きな空洞の存在可能性もあり、雨水等により風化が進行すれば、沈下、陥没等の心配もある。現に、文献「ASCE. GEOTECHNICAL JOURNAL (August 1975)……Failures in Limestones in Humid Subtropics by. George. F. Sowers. F. ASCE」でも、直接基礎とした場合の事故例が報告されており、長期に亘っての支持力が、どの程度、保障されるか不明である。今後の調査・研究が必要である。

－砂層中に介在する非常に軟らかいシルト層は、大きな反力に対し、沈下の原因ともなる。

上記で述べたように、当地盤の不確定要素は消し難いものの、これらを考慮した上で、アプローチ橋梁形式を次のように計画した。

(1) 本橋に接続する比較的高橋脚部の上部工は、キャンティレバー工法プレストレストコンクリート連続桁橋が提案されており、橋梁規模も比較的大きい。そこで、BH－3の厚いコーラル層やBH－4の10m深付近の硬質砂層を支持層とせずに、その下位にある硬質砂層を支持層とする杭基礎形式を採用する。杭種はリバースサーキュレション工法場所打ち杭で概略設計によりφ3.0m、φ2.5m、φ2.0mの3種類を採用した。

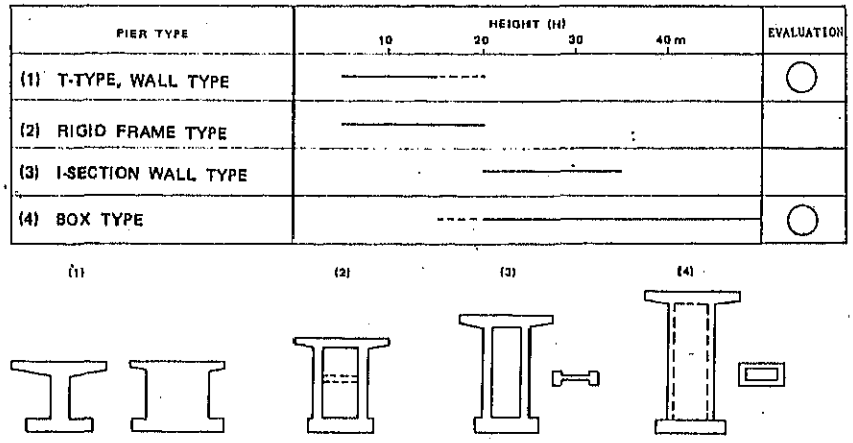
(2) アプローチ橋梁終点側は、上部工反力が比較的小さく、若干の不等沈下に対処すれば、経済的な直接基礎形式の採用が可能である。但し、地盤の局部的不良を考慮して、許容地耐力を常時20 t/m²程度に抑えた。ちなみに、架橋付近の中・高層ビルの基礎を調査した結果、地中梁形式直接基礎が用いられており、特別な問題は発生していないことが確認されている。

下部工軀体形式は、以下の理由で、壁式又は、箱形式を採用した。

(1) 高橋脚を有するラーメン橋梁は、中空箱形式が適切である。

(2) 既成市街地での計画であるため、視覚的乱立感を与えない配慮が必要である。このため、ラーメン橋梁以外は、壁式（T形式）で統一した。

Fig. 7.4.4 TYPES OF PIER AND ITS APPLICABLE HEIGHT



3）上部工の構造形式選定方針

最適な上部工形式は、スパン長や、種々の条件を考慮して選定する必要がある。当橋梁の場合は、下記考察及び表7.4.3を参照して、3種の橋梁形式（鉄筋コンクリートホロースラブ、プレストレストコンクリート－T桁、プレストレストコンクリート連続箱桁ラーメン）を採用した。

－地震荷重が比較的小さく、地盤も比較的良好なため、過去の実績から判断して、鋼橋は不経済である。又異なった種類の橋梁を組み合せて用いることは施工性、経済性で劣るばかりか、美観的にも好ましくない。

－桁下空間の比較的小さい（15m程度）短小スパン橋（15m標準）については経済性の面で秀れているステージング工法鉄筋コンクリートホロー桁が適している。

－桁下空間15～25m程度で、スパン長25～40m程度の橋梁では、経済性、施工性を考慮してポストテンション方式、プレストレストコンクリート－T桁橋が好ましい。

－高橋脚を有し、スパン長50mを超える場合は、張出し工法によるプレストレストコンクリート箱桁ラーメン橋形式が好ましい。

尚、鉄筋コンクリートホロースラブ桁橋及び、プレストレストコンクリート－T桁については、一応単純桁を考えているが、今後の地質調査の結果をみて、できるだけ伸縮継手の少い連続桁形式とするのがよい。

Table 7.4.3 COMPARATIVE EVALUATION FOR TYPE OF SUPERSTRUCTURE AND ITS APPLICABLE SPAN LENGTH

	Type of Superstructure	Standard Applicable Span: Bridge Span (m) 10 20 30 40 50 60 70	Comparative Evaluation: Ride quality	Appearance: Side Elevation	Appearance: Soffit Appearance	Execution & Maintenance: Availability of Materials	Execution & Maintenance: Control of Quality	Execution & Maintenance: Construction Period	Execution & Maintenance: Disturbance to Traffic during construction	Execution & Maintenance: Ease of Construction	Execution & Maintenance: Maintainability	Application to Special Types of Bridge: Curved Bridge of small radius	Application to Special Types of Bridge: High Piers	Application to Special Types of Bridge: Tapered Decks	Economy in Construction (Including substructure)	Total Evaluation
RC	R.C. Simple Girder		B	B	C	A	B	B	C	B	A				A	
RC	R.C. Hollow Slab		A	A	A	A	B	B	C	B	A	○		○	A	○
RC	R.C. Rigid Frame		A	C	C	A	B	B	C	B	A				A	
PC	P.C. Hollow Slab		A	A	A	B	B	B	C	B	A	○			B	
PC	P.C. Simple Composite Girder		B	B	C	B	B	A	A	B	A				B	
PC	P.C. Simple T. Girder		B	B	C	B	B	A	A	B	A				B	○
PC	P.C. Simple Box Girder		B	B	A	B	B	C	C	C	A				B	
PC	P.C. Continuous Box Birder (In-situ)		A	A	A	B	B	C	C	C	A	○			B	
PC	P.C. Box Girder (Incremental Launching)		A	A	A	B	B	C	C	C	A	○	○			
PC	P.C. Continuous Box Girder (Cantilever)		A	A	A	B	B	C	C	C	A	○	○		B	○
Steel	Steel Simple Composite Girder		B	B	C	C	A	A	A	A	C		○	○	C	
Steel	Steel Simple Box Girder		B	B	B	C	A	A	A	A	C		○		C	
Steel	Steel Continuous Box Girder		A	A	B	C	A	A	A	A	C	○	○		C	

Note: A: Excelent
B: Normal
C: Inferior

4) スパン割りの決定及び概略設計

橋梁のスパン割り計画は、橋梁全体計画の中で最も重要かつ経済性に与える影響が大きい。ここでは、下記のような諸条件の吟味、及び技術的考察を行いスパン割りを決定した。

(1) 既存街路等の条件

－モンバサ島のニエレレ道路、ムバラキ道路、ムバラキバース道路及びリコニ側のシエリービーチホテルへの道路については、現在の道路巾及び、所定のクリアランスを確保する。

－ニエレレ道路とムバラキ道路との交差点については、7.3 で述べた交差点計画に従う。

－H＝73.2 m の場合については、貨物用鉄道引込み線のためのクリアランスを確保する。

(2) 橋脚高さ（H）とスパン（L）との関係は、ラーメン橋の場合、L/H≒1.5 程度が経済的であり、中、短スパン橋はその比が 1.0 程度が経済的である。しかしながら 4.3 で述べてあるように、できるだけ形式をそろえる方が好ましい。

(3) ラーメン橋の場合主径間長（L_1）と側径間長（L_2）との比（L_2/L_1）は、0.5～0.8 程度が構造上、施工上好ましい。

(4) 上下線分離の橋脚は、美観的配慮から、できるだけ、横方向をそろえるように配置する。

(5) 平面線形上のノーズ位置には、橋脚を設け、上部工には伸縮継手を設ける。

概略設計による結果及び基礎（杭）の種類は表 7.4.4 及び 7.4.5 のとおりである。

Table 7.4.4 PROJECT BRIDGE LENGTH

(Unit: Metre)

	Navigation Clearance		
	73.2 M	55 M	45 M
Main Bridge (Cable-Stayed Bridge)	830 x 2 =1,660	1,660	1,660
Approach Bridge			
Likoni Side			
In-Bound	940	505	285
Out-Bound	940	505	285
Island Side			
In-Bound	1,545	695	635
Out-Bound	1,545	815	650
Access in Phase-I	1,040	650	575
Total Length	7,670	4,830	4,090

Note: The above figures indicate the length of 2-lane bridge.

Table 7.4.5 LIST OF APPROACH BRIDGES

(1) 73.2M

	Station (Km)	Type	Width (m)	Length (m)	Span Arrangements (m)	Foundation (m)
Likoni "Out"	-0.415 ∿ -0.860	PC Rigid Frame	11.0	445	60 + 5@65 + 60	Pile (RCD, ϕ = 2.0, 2.5)
"	-0.860 ∿ -1.130	PC T-Beam	11.0	270	30 x 9 spans	Spread Footing
"	-1.110 ∿ -1.355	RC Hollow	11.0	225	15 x 15 spans	"
Likoni "In"	-0.415 ∿ -0.860	PC Rigid Frame	10.5	445	60 + 5@65 + 60	Pile (RCD, ϕ = 2.0, 2.5)
"	-0.860 ∿ -1.130	PC T-Beam	10.5	270	30 x 9 spans	Spread Footing
"	-1.130 ∿ -1.355	RC Hollow	10.5	225	15 x 15 spans	"
Mombasa "Out"	0.415 ∿ 0.775	PC Rigid Frame	10.5	360	75 + 2@105 + 75	Pile (RCD ϕ = 3.0)
"	0.775 ∿ 1.065	"	10.5	290	2@50 + 2@65 + 60	Pile (RCD, ϕ = 2.0, 2.5)
"	1.065 ∿ 1.395	PC T-Beam	10.5	330	30 x 11 spans	Spread Footing
"	1.395 ∿ 1.800	RC Hollow	10.5	405	15 x 27 spans	"
"	1.800 ∿ 1.840	PC T-Beam	10.5	40	40 x 1 span	"
"	1.840 ∿ 1.960	RC Hollow	10.5	120	15 x 8 spans	"
Mombasa "In"	1.415 ∿ 1.775	PC Rigid Frame	10.5	360	75 + 2@105 + 75	Pile (RCD, ϕ = 2.5, 3.0)
"	1.775 ∿ 1.155	"	10.5	380	60 + 4@65 + 60	Pile (RCD, ϕ = 2.0, 2.5)
"	1.155 ∿ 1.395	"	10.5	240	4@60	Spread Footing
"	1.395 ∿ 1.605	PC T-Beam	10.5	210	30 x 7 spans	"
"	1.605 ∿ 1.800	RC Hollow	10.5	195	15 x 13 spans	"
"	1.800 ∿ 1.840	PC T-Beam	10.5	40	40 x 1 span	"
"	1.840 ∿ 1.960	RC Hollow	10.5	120	15 x 8 spans	"

Note: 1) The location of STA 0+00 is in the middle of the existing channel.
2) The plus stations (length) are forward the Mombasa Island from STA 0+00
3) The minus stations (length) are forward the South Mainland from STA 0+00

Table 7.4.5 LIST OF APPROACH BRIDGES

(2) 73.2M

	Station (Km)	Type	Width (m)	Length (m)	Span Arrangements (m)	Foundation (m)
Railway Cross, Frontage Road	1.650 ∿ 1.800	RC Hollow	11.75	150	15 x 10 spans	Spread Footing
"	1.800 ∿ 1.840	PC T-Beam	11.75	40	40 x 1 span	"
"	1.840 ∿ 1.960	RC Hollow	11.75	120	15 x 8 spans	"
"	1.650 ∿ 1.800	RC Hollow	11.75	150	15 x 10 spans	"
"	1.800 ∿ 1.840	PC T-Beam	11.75	40	40 x 1 span	"
"	1.840 ∿ 1.960	RC Hollow	11.75	120	15 x 8 spans	"
Access to the Nyerere Ave.	0.415 ∿ 0.755	PC Rigid Frame	12.0	340	70 + 2@100 + 70	Pile (RCD, ϕ = 3.0)
"	0.755 ∿ 1.095	"	12.0	340	70 + 2@100 + 70	Pile (RCD, ϕ = 2.5, 3.0)
"	1.095 ∿ 1.215	PC T-Beam	12.0	120	40 x 3 spans	Spread Footing
"	1.215 ∿ 1.335	"	12.0	120	30 x 4 spans	"
"	1.335 ∿ 1.455	RC Hollow	12.0	120	15 x 8 spans	"

Table 7.4.5 LIST OF APPROACH BRIDGES

(3) 55^{M}

	Station (Km)	Type	Width (m)	Length (m)	Span Arrangements (m)	Foundation (m)
Likoni "Out"	-0.415 ∿ -0.605	PC Rigid Frame	11.0	190	60 + 70 + 60	Pile (RCD, ϕ = 2.0, 2.5)
"	-0.605 ∿ -0.845	PC T-Beam	11.0	240	30 x 8 spans	Spread Footing
"	-0.845 ∿ -0.920	RC Hollow	11.0	75	15 x 5 spans	"
Likoni "In"	-0.415 ∿ -0.605	PC Rigid Frame	10.5	190	60 + 70 + 60	Pile (RCD, ϕ = 2.0, 2.5)
"	-0.605 ∿ -0.845	PC T-Beam	10.5	240	30 x 8 spans	Spread Footing
"	-0.845 ∿ -0.920	PC Hollow	10.5	75	15 x 5 spans	"
Mombasa "Out"	0.415 ∿ 0.580	PC Rigid Frame	11.0 ∿ 21.5	165	50 + 65 + 50	Pile (RCD, ϕ 2.0, ϕ 2.5)
"	0.580 ∿ 0.760	PC T-Beam	10.5	180	30 x 6 spans	Spread Footing
"	0.760 ∿ 1.020	PC Rigid Frame	10.5	260	40 + 3@60 + 40	Pile (RCD, ϕ 2,0, ϕ 2.5)
Mombasa "Out"	1.020 ∿ 1.080	PC T-Beam	10.5	60	30 x 2 spans	Spread Footing
"	1.080 ∿ 1.395	RC Hollow	10.5	315	15 x 21 spans	"
Mombasa "In"	0.415 ∿ 0.580	PC Rigid Frame	10.5	165	50 + 65 + 50	Pile (RCD, ϕ2,0, ϕ2.5)
"	0.580 ∿ 0.730	PC T-Beam	10.5 ∿ 16.75	150	30 x 5 spans	Spread Footing
"	0.730 ∿ 0.820	"	10.5	90	30 x 3 spans	"
"	0.820 ∿ 0.870	"	10.5	50	25 x 2 spans	"
"	0.870 ∿ 0.900	"	10.5	30	30 x 1 span	"
"	0.900 ∿ 0.110	RC Hollow	10.5	210	15 x 14 spans	"
Access to the Nyerere Ave.	0.580 ∿ 0.730	PC T-Beam	11.0	150	30 x 5 spans	"
"	0.730 ∿ 0.820	"	17.25 ∿ 11.0	90	30 x 3 spans	"
"	0.820 ∿ 0.900	"	11.0	80	40 x 2 spans	"
"	0.900 ∿ 1.065	RC Hollow	11.0	165	15 x 11 spans	"

Table 7.4.5 LIST OF APPROACH BRIDGES

(4) 45^{M}

	Station (Km)	Type	Width (m)	Length (m)	Span Arrangements (m)	Foundation (m)
Likoni "Out"	-0.415 ∿ -0.595	PC T-Beam	11.0	180	30 x 6 spans	Spread Footing
"	-0.595 ∿ -0.700	RC Hollow	11.0	105	15 x 7 spans	"
Likoni "In"	-0.415 ∿ -0.595	PC T-Beam	10.5	180	30 x 6 spans	"
"	-0.595 ∿ -0.700	RC Hollow	10.5	105	15 x 7 spans	"
Mombasa "Out"	0.415 ∿ 0.580	PC T-Beam	11.0 ∿ 21.5	165	33 x 5 spans	"
"	0.580 ∿ 0.760	PC T-Beam	10.5	180	30 x 6 spans	"
"	0.760 ∿ 1.020	PC Rigid Frame	10.5	260	40 + 3@60 + 40	Pile (RCD, ϕ = 2,0, 3.0)
"	1.020 ∿ 1.230	RC Hollow	10.5	210	15 x 14 spans	Spread Footing
Mombasa "In"	0 415 ∿ 0.580	PC T-Beam	10.5	165	33 x 5 spans	"
"	0.580 ∿ 0.730	"	10.5 ∿ 16.75	150	30 x 5 spans	"
"	0.730 ∿ 0.820	"	10.5	90	30 x 3 spans	"
"	0.820 ∿ 0.870	"	10.5	50	25 x 2 spans	"
"	0.870 ∿ 0.900	"	10.5	30	30 x 1 span	"
"	0.900 ∿ 1.050	RC Hollow	10.5	150	15 x 10 spans	"
Access to the Nyerere Ave.	0.580 ∿ 0.730	PC T-Beam	11.0	150	30 x 5 spans	"
"	0.730 ∿ 0.820	"	11.0 ∿ 17.25	90	30 x 3 spans	"
"	0.820 ∿ 0.900	"	11.0	80	40 x 2 spans	"
"	0.900 ∿ 0.990	"	11.0	90	15 x 6 spans	"

7.4.5　施工計画

1）はじめに

ここでは、プレストレストコンクリート斜張橋、鋼斜張橋及びアプローチ橋の施工に関する基本的考え方について述べるが、次の事項については、今後の調整が必要である。

－現存のフェリーを施工時、どの程度利用できるか（以下の計画では原則として、資，機材の運搬手段に、専用船を考えている。）

－資機材のストックヤード、及びバッチャープラントは、海峡の両サイドに設けるものとする。

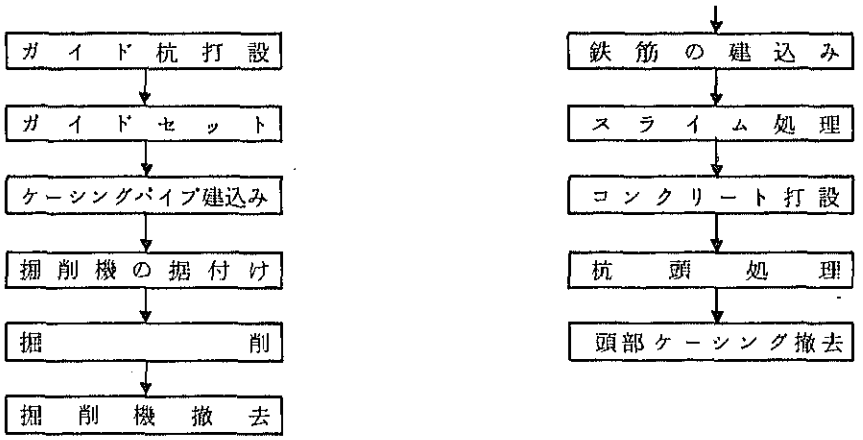
なお、言うまでもなく、主橋梁の施工計画に当っては、海底ケーブル、航路標識、クリアランスの確保等の航路障害に対する配慮を前提としている。

2）プレストレストコンクリート斜張橋の施工

プレストレストコンクリート斜張橋の施工は、概略図 7.4.5 の流れに従って施工するものとし、リコニ側、モンバサ側とも平行作業とする。

(1)　基 礎 工

フーチング下面まで掘削が行われた後、杭の施工を行う。杭の掘削は、リバースサーキュレーション工法によって行う。この工法は、孔壁の安定を計るため、ベントナイト泥水の比重及び、ケーシングパイプ内泥水面レベルの管理が特に重要である。施工順序は、以下のとおりである。



掘削機械は、リコニ側、モンバサ側それぞれ 1 台とし、主橋タワー基礎杭完了後側径間部へ転用する。尚、リバースサーキュレーション工法の透水性の高いコーラル層への対応については、不確定な問題があり、試験施工が必要となろう。

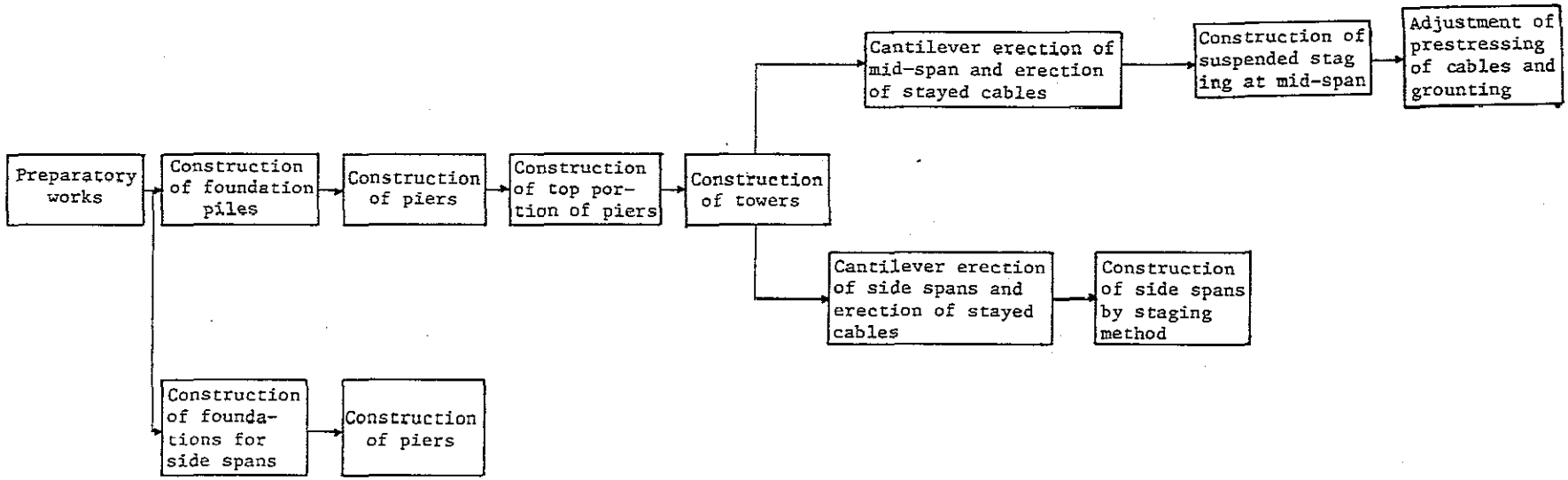


Fig. 7.4.5 WORK FLOW CHART OF P.C CABLE STAYED BRIDGE

(2) 橋脚及び柱頭部の施工

橋脚部は、支保工施工とするが、2本柱となる位置より上方は、ジャンピングフォーム工法により施工する。横梁は、型鋼を組立て、これを利用した吊支保工上でコンクリート打設を行う。側径間橋脚は、総足場を組み、大型パネルを用いて施工する。ジャンピングフォーム工法、大型パネル工法ともに、1ロッドの標準長は5mとし、コンクリートの打設はポンプ圧送による。

柱頭部は、横梁及び橋脚にアンカーしたブラケット上に支保工を組み、主桁を施工する。このとき、ワーグンによる張出し架設時の安定を確保するため、仮固定を行うと同時に、タワーとの間にテフロン沓を設置する。

(3) タワーの施工

タワーは、ジャンピングフォーム工法により施工する。資機材運搬にはタワークレーンを用いる。

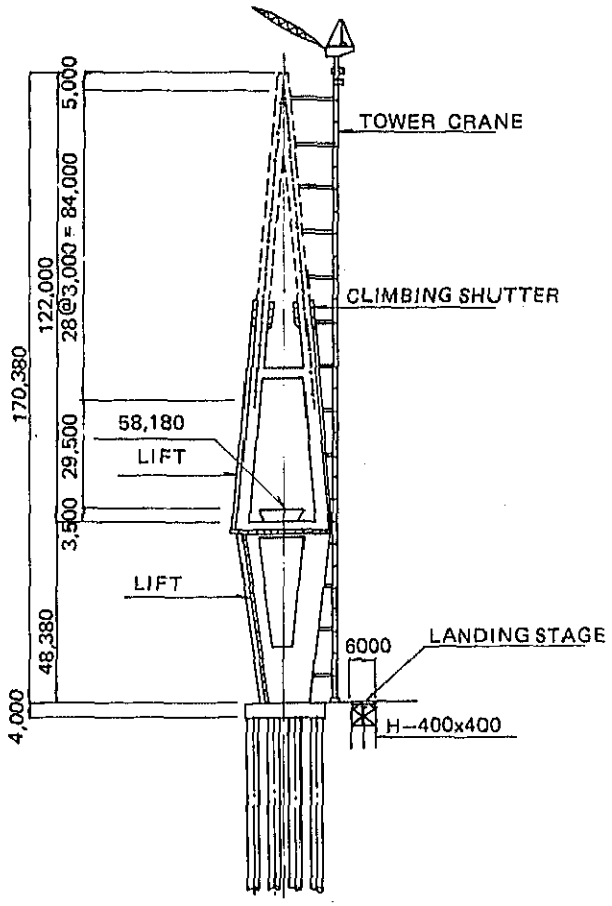


Fig. 7.4.6 CONSTRUCTION OF TOWER

(4) 主桁の施工

柱頭部側径間に中型ワーゲンを組立て、1ブロック施工後、中央径間側にも同様にワーゲンを組立てる。中央径間側を1ブロック施工後は、両サイド平行してバランスを保ちながら張出し施工する。施工ブロックは、ワーゲンの能力より4 mを標準とするが、側径間は中央橋脚に到達後3 mとする。

ワーゲンによる1サイクルの施工要領は以下のとおりである。

－ワーゲン移動、据付け

－型枠組立て

－鉄筋、プレストレストコンクリート鋼材組立て

－コンクリート打設、養生

－プレストレストケーブル鋼材の緊張、脱型

－斜材配置、緊張

主桁の張出し架設が終了し、ワーゲンを撤去した後、側径間最端部、及び、中央スパン中心部を吊支保工により施工する。

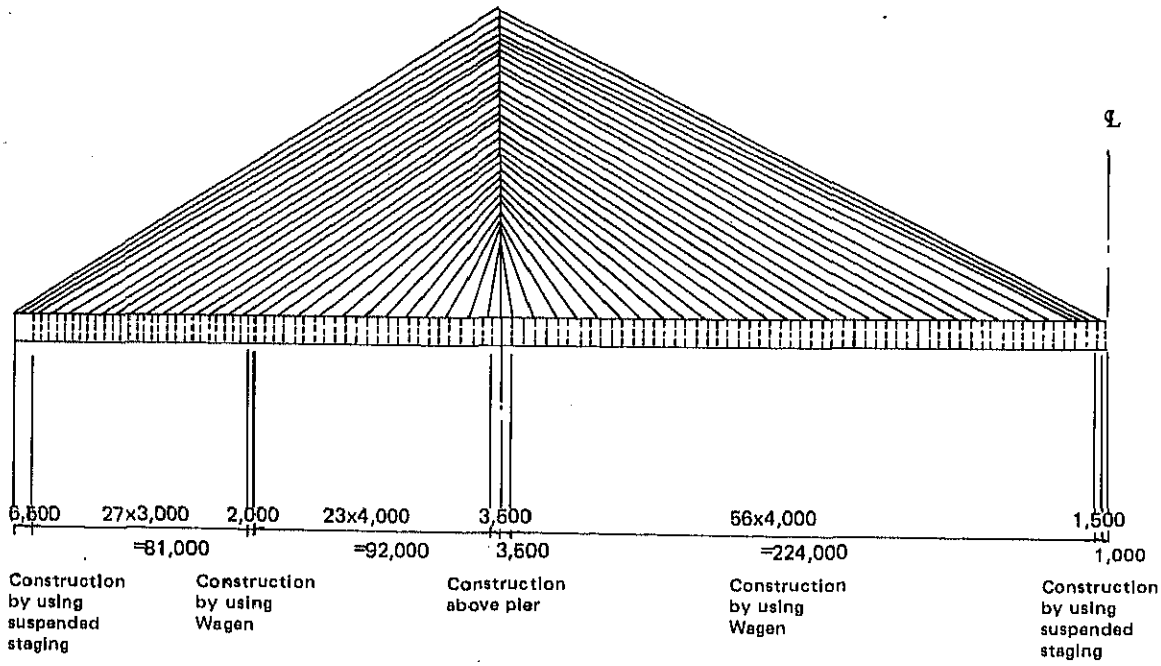


Fig. 7.4.7 CONSTRUCTION OF MAIN GIRDER

(5) 斜 材 工

ポリエチレン管をタワー部に予め取付けてある継手チューブまで吊上げ接続する。その中に1本づつストランドを挿入する。斜材の緊張は、原則として設置直後及び主桁施工中の2回行い、完成後応力チェックを行う。この後、グラウト注入を行う。

3) 鋼斜張橋の施工

橋脚の基礎工や躯体工の施工はプレストレストコンクリート斜張橋の場合と同じである。ここでは、主塔及び主桁の架設について述べる。

(1) 輸　　送

工場製作を完了した橋梁部材は、架設工程に従って船で輸送される。1回の船便で輸送できる部材重量は、およそ3,000～6,000トンで、この輸送専用にチャーターされた重デリック付貨物船（6,000～20,000トン、デリック容量約40トン）により輸送される。

このように運ばれてきた部材は、キリンディーニ港埠頭で直接トレーラートラックに移され、部材貯蔵場まで輸送される。貯蔵場に着くと、トラッククレーン又はクローラークレーンによって部材は荷おろしされる。リコニ側への運搬には専用船が使われる。

(2) 架設（上部工の施工）

全体的な作業の流れを図7.4.8に示す。

(8) 側径間の架設（図7.4.9）

上部工の側径間は、クローラークレーンにより架設される。鋼部材の最大重量は40トン程度で計画してあり、架設高さも地上60mと高い。従ってこれに対処するため吊上げ最大許容荷重約300トンの大型クローラークレーンが必要となる。

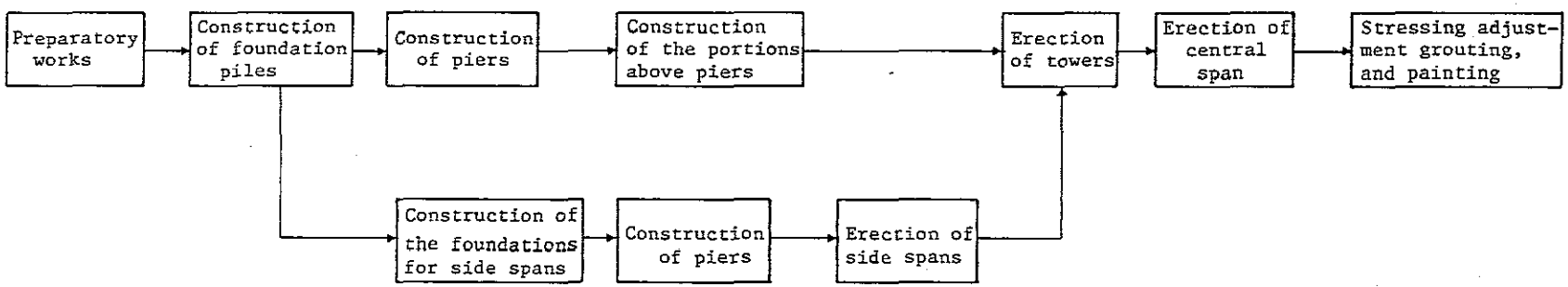


Fig. 7.4.8 WORK FLOW CHART OF STEEL CABLE-STAYED BRIDGE

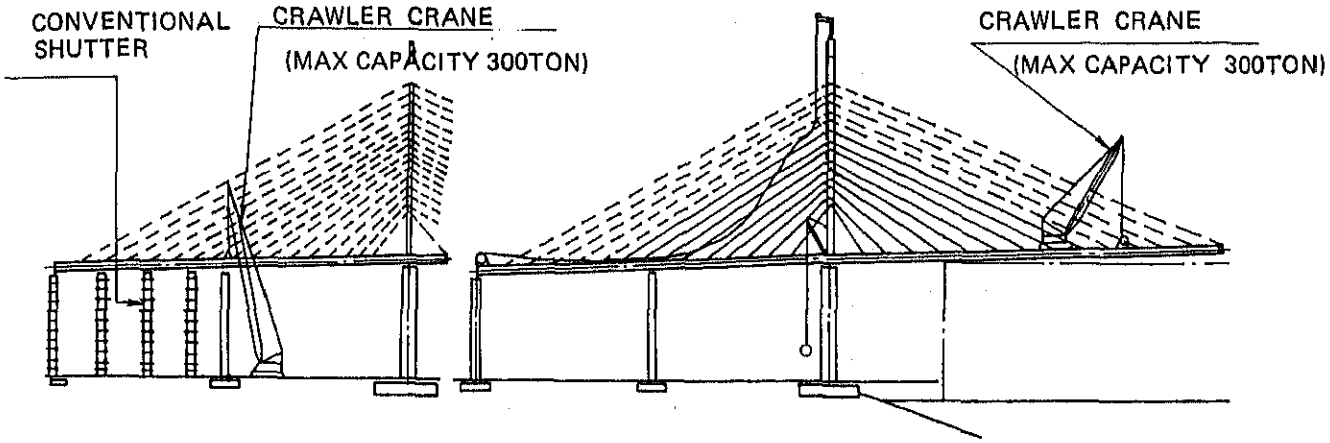


Fig. 7.4.9 ERECTION OF SIDE SPAN

(4) 主塔の架設

側径間の架設が完了すると、クローラークレーンはいったん解体され、主塔を架設するために、既に架設された側径間上部工の上で再び組立てられる。

クローラークレーンの解体や再組立は、地上で稼動している127トントラッククレーンによって行われる。重量物の曳上げには、127トントラッククレーン2台による相い吊りが必要である。この場合、対岸に設置されている127トンクレーンはその必要に応じて、一時的に反対側に移動されるものとする。

主塔部材の最大重量は40トンにもなるため、300トンクローラークレーンでは橋面上約90mのケーブルソケット定着位置までしか吊り上げることができない。

主塔はA形をしているため、二本足の部分は架設中一時的に支材により支持される。90m以上の頂部は、全旋回ジブクレーンにより架設される。

ジブクレーンの能力は20トンで、主桁に取りつけられた電動ウインチにより自在に昇ることが出来る。このジブクレーンは又、ケーブルソケットをソケットアンカー部に取付けたり、附属品を主塔に装置したりするのにも使用することができる。

主塔のアンカーフレームは、橋脚の天端コンクリートを打設する前に据付けておかねばならない。アンカーフレームの据付には、そのレベルと位置に関して、極めて高い精度が要求される。主塔の下端部は、アンカーフレームのベースプレート上に据付けられ、アンカーボルトで固定される。

(5) 中央径間の架設

中央径間は、片持部先端に設けられたクローラークレーンを使用して、逐一片持工法で架設されケーブルが固定されていく。

鋼部材の最大重量は主塔の場合と同じように40トンに制限されており、主塔の

架設に使われたクローラークレーンが引きつづき使用される。架設部材は、側径間の下方周辺の貯蔵場（部材置場）で、127トントラッククレーンを使用して（架設ブロックに）予め組み立てられる。

地組後、架設ブロックは、塔付ジブクレーン（吊上げ能力40トン）により、側径間橋面上に曳き上げられる。そして、ひき上げられた架設ブロックは、レール上の台車（能力40トン）に載せて、片持部先端まで運ばれる。

上記の片持工法架設は、中央径間の両端から同時に行われ、最終的には、中央径間中央で閉合される。

片持ち長が大きく、クローラークレーンが重いことから、鋼桁は通常、架設中の一時的な応力に対し補強を要する。

(6) ケーブルの定着、調整及び張力導入

ケーブルは、リールに巻かれた状態で船輸送され、材料置場に保管される。巻かれたケーブルは、巻元し機にセットされ、ローラーを通して、橋面上にひきのばされる。

ケーブルを、先ず最初に、主塔のソケット受けに引き込み、その後主桁のソケット受けにセットする。

主塔と主桁のソケット受けへは、ジブクレーンとクローラークレーンでそれぞれ一時的にケーブルが仮受けされる。仮受け後、主桁のソケット受けにセットされたジャッキによりケーブルにプレストレスが導入される。

ジャッキは、テンションジャッキとラムチェアから成り、プレストレス導入はオイルゲージにより管理することができる。

支間中央で閉合された中央径間上部工は、キャンバーと実際に作用しているケーブル張力とをチェックした結果により再びケーブルプレストレスを調整する。

(7) 残 作 業

中央径間の閉合後、ケーブルへのグラウトと現場継手部の塗装が行われる。

(8) 2車線と4車線の断面構成比較

7.4.3で述べたように、2車線、4車線ともに断面構成では、同じ逆梯形箱桁である。更に箱桁の最大寸法も又、ほぼ同じとなる。その上、支間長が変らないので主塔の高さも変らない。

これは、2車線、4車線のどちらの場合でも、（架設用の）附帯設備や仮設備は殆んど変らないことを示す。逆に2車線の場合の幅が制限されすぎて、橋面上の作業の進ちょくがスムーズに行われず、従って4車線の場合に比較して作業能率が悪いことを示している。

第８章　建設費、維持管理費及び運営費

第8章　建設費、維持管理費及び運営費

8.1　概　　要

工事単価は、労力、材料、機械器具等の単価を使って工事項目ごとに積算した。積算に当って以下に示す条件に従った。

(1) 工事は、国際入札により選ばれた建設業者によって施工されるものとした。

(2) 工事単価は、１９８３年７月の単価をもとに積算した。

(3) 単価は、全ての代替案に対して算定され、外貨分（ケニアシリング表示）と内貨分（ケニツシリング表示）に分けた。

内外貨の区分は、以下に示す単価項目の分類に従った。

外貨分

－輸入機械器具、材料等

－輸入した国内材の一部分

－国外技術者の給料

－国外建設業者の経費及び利益

内貨分

－輸出用国内材の一部分

－国内の人件費

－国内建設業者の経費及び利益

－諸　　税

(4) 工種別単価は、労力、機械器具、材料等の単価を積上げて算定し、最近ケニアで行なわれた工事単価と比較した。

(5) 主要材料（燃料、鉄筋、プレストレスケーブル、構造用鋼、細骨材、粗骨材、セメント、アスファルト及び鋼管杭等）は、材料別に分類し、単価を算定した。

(6) 輸入資機材に課かる税金及び関税も別々に算定した。但し、関税は、ケニアでの最近の類似プロジェクトにならい課らないものとした。

(7) 用地及び補償費は、モンバサ市から収集した単価をもとに算定した。

(8) 予備費は、工事費と用地及び補償費の１０％とした。

(9) 詳細設計、工事管理費及び政府経費は、工事費の１０％とした。

その内訳を以下に示す。

－詳細設計費　　＝５％

－工事管理費、政府経費　　＝５％

ケニアシリング、日本円及び米国ドル間の貨幣換算レートは、

K. Shs　13.06 = L/S $ 1.00 = Yen 241 とした。

8.2 単　価

8.2.1 材料単価

材料単価を調査した。輸入材の単価は、CIFモンバサ価格を基本とし、国内材は、モンバサにおける市場価格を基準に算定した。主要材料を表8.2.1と8.2.2に示した。

Table 8.2.1 UNIT COSTS OF DOMESTIC MATERIALS

(Unit: K.Shs)

Major Material	Description	Unit	Unit Cost
Fuel Gasoline		Lit	7.5
Diesel		Lit	5.5
Engine Oil		Lit	21.5
Sand		CU.M	58
Crushed Stone	Crusher dust	CU.M	31
	1/4"	CU.M	93
	1/2" ∿ 2"	CU.M	97
	Boulder 6" x 9"	CU.M	70
Cement	Standard	Ton	1,143
	Portland	Ton	1,213
	Sulphate resisting	Ton	1,285.3
Timber	Cypress	CU.M	1,550
	Cedar	CU.M	1,720
	Hardwood	CU.M	6,360
Paint	Road marking paint	Lit	80
	Paint for metal	Lit	60
Asphalt	60-80, straight	Ton	2,866
	Emulsion	Lit	4.1
Concrete Block	5" x 10" x 36"	No.	30
Concrete Pipe	ϕ400	L.M	210
	ϕ600	L.M	400
	ϕ1,000	L.M	780

Table 8.2.2 UNIT COSTS OF FOREIGN MATERIALS (1)

(Unit: K.Shs)

Material	Description	Unit	Unit Cost
Steel Deformed Bar	JIS G3112 SD30	Ton	4,150
Steel Plate	JIS G3101 SS41	Ton	6,300
	JIS G3106 SM50Y	Ton	7,400
	JIS G3106 SM58	Ton	9,500
High Strength Bolt (HTB)	JIS B1186 F10T	Ton	13,500
Bearing Shoe	Tefron	Ton	38,000
	Roller	Ton	105,600
	B.P	Ton	8,800
	Rubber	L.M	19,500
Expansion Joint	Demag	L.M	184,900
	Rubber	L.M	16,500
P.C Stranded Cable	JIS G3536 SWPR	Ton	18,700
P.C Rod Bar	JIS G3109 SBPR 95/120	Ton	17,600
Guard Rail	Steel (Post ctc 4.0m)	L.M	268
Hand Rail	Steel (For Embankment)	L.M	2,400
	(For Bridges)	L.M	3,000
Street Lighting	Steel Taper Pole (H=12m) (For Embankment)	No.	11,000
	Ditto (For Bridges)	No.	13,000
Traffic Sign	Type A (1,000x2,000)	No.	4,500
	Type B (ϕ600)	No.	650
Chatter Bar	L=300 (ctc 1,000)	No.	400
Back-hoe	0.3 m^3	No.	641,700
Tire-dozer	2.3 m^3 (530B)	No.	164,800
Dozer-shovel	D50S	No.	498,400
Reverse Circulation Drill	S-320	No.	1,794,100
Clamshell Bucket	2 ton (CH-1,000)	No.	4,105,400
Three-wing Bit	ϕ2.0 m ∿ ϕ3.0 m	No.	65,400
	ϕ2.0 m ∿ ϕ2.4 m	No.	64,200
Vibro Pile Hammer	60 Km	No.	520,800
Hoist	KME, PM-500	No.	778,700
Climbing Shutter		L.S	2,429,900
Crawler Crane	300 ton	No.	19,250,000

Table 8.2.2 UNIT COSTS OF FOREIGN MATERIALS (2)

(Unit: K.Shs)

Material	Description	Unit	Unit Cost
Crawler Crane	80 ton	No.	5,918,200
Truck Crane	127 ton	No.	8,890,000
	50 ton	No.	5,556,900
	35 ton	No.	2,610,200
Climbing Tower-Crane	192 t-m H=190 m	No.	5,382,400
	100 t-m H=80 m	No.	2,261,400
Climbing Crane (Universally operatable)	Cap. 20 ton	No.	2,490,000
Tower Jib Crane	Cap. 40 ton	No.	2,803,000
Portal Crane	Cap. 100 ton	No.	2,055,800
Flat-Bed Trailer Truck	Cap. 40 ton	No.	1,246,000
	Cap. 20 ton	No.	748,000
Truck	Cap. 10 ∿ 11 ton	No.	424,900
Dump truck	Cap. 10 ∿ 11 ton	No.	477,200
Reefer truck	Cap. 4 ton	No.	623,000
Cargo truck	Cap. 4 ton	No.	343,000
Micro Bus	26 persons	No.	353,000
Wagon		No.	137,000
Sedan		No.	112,000
Jeep		No.	342,000
Fork-Lift Truck	Cap. 4 ton	No.	273,200
	Cap. 3 ton	No.	240,000
Trolley	Cap. 40 ton	No.	93,400
Rail	30 kg/m	Ton	6,850
Deck-Barge	Cap. 500 ton	No.	1,856,400
Tug-Boat	180 PS	No.	2,261,400
Winch	35 KW		105,000
	50 H.P		374,000
	30 H.P		218,000
Concrete Plant	$3.0m^3$x2 No. (360 m^3/hr)	No.	4,678,500
Crusher	50 ∿ 115 ton/hr	No.	485,900
Aggregate Screen	30 m^3/hr	No.	623,000
Grout Mixer		No.	21,800

Table 8.2.2 UNIT COSTS OF FOREIGN MATERIALS (3)

(Unit: K.Shs)

Material	Description	Unit	Unit Cost
Grout Pump		No.	48,300
Vibrator	ϕ60, 1.2 Kw	No.	8,400
Concrete Bucket	1.5 m^3	No.	39,800
Generator	300 KVA	No.	735,100
	125 KVA	No.	521,000
	100 KVA	No.	238,000
	40 KVA	No.	200,000
Cubicle	50 ∿ 100 KVA	No.	169,400
Engine Compressor	50 H.P	No.	284,400
Cantilever Carriage	600 t-m	No.	3,344,500
	400 t-m	No.	2,455,300
	300 t-m	No.	2,010,600
	200 t-m	No.	1,566,000
Launching Girder	L = 100 m, Cap. 100 ton	No.	2,018,400
Electric Arc Welder	500A	No.	18,200
	300A	No.	12,500
Engine Welder	150A	No.	49,800
Impact Wrench		No.	8,940
Torque Wrench		No.	6,230
Nut Rummer		No.	21,800
Calibrator		No.	28,000
Freyssinet Jack	12ϕ 7 m/m E	No.	87,800
Dywidag Jack	Cap. 70 ton	No.	46,500
	Cap. 50 ton	No.	39,600
Oil Jack	Cap. 500 ton	No.	224,000
	Cap. 200 ton	No.	62,300
	Cap. 100 ton (Stroke 1,500 mm)	No.	93,400
	Cap. 50 ton	No.	18,700
Tension Jack (Cable)	Cap. 500 ton	No.	487,500
Pump for Tension Jack		No.	438,800
Electric-Motor Pump for Jack	0.75	No.	39,500

Table 8.2.2 UNIT COSTS OF FOREIGN MATERIALS (4)

(Unit: K.Shs)

Material	Description	Unit	Unit Cost
Electric-Motor Pump Unit		L.S	209,000
Hand-Pump Unit		No.	40,500
Bar Bender		No.	49,100
Lever Block	Cap. 3 ∿ 5 ton	No.	520
Dynamometer	Cap. 100 ton	No.	44,800
Cable Stranded Reel Set		L.S	872,000
Staging System		L.S	9,970,000
Stiffening Materials		L.S	868,000
Road Mat		L.S	1,760
Travelling Staging	(Under Main Girders)	L.S	623,000
Scaffolding Pipe	L = 6.0 m	No.	120
	L = 3.0 m	No.	60
Scaffolding Board		No.	180
Surveying Instrument		L.S	324,000

8.2.2 労力単価

労力単価は、モンバサ及びナイロビにおける標準単価を使用した。労働者分類別の単価を3つに分け以下に示した。

Class－I

Foreman, Heavy Equipment Operator　　12.5Shs/hr(100Shs/8hr)

Class－II

Carpenter, Steel worker, Mason, Truck driver　　8.5Shs/hr(68Shs/8hr)

Class－III

Commo　labour　　5.68Shs/hr(45.5Shs/8hr)

8.2.3 機械使用料

時間当り機械使用料は、本プロジェクトの建設に使用されると考えられるものについて算定し、時間単価を表8.2.3に示した。

時間当り直接使用料は、モンバサ港におけるCIF価格と、モンバサにおける市場価格にもとづく油脂費（燃料、潤滑油等）から構成される。

8.3 工種別単価

工事の工種別単価は、モンバサにおける地域経済状況を考慮し、材料費、労力費、機械使用料等から積算した。積算した結果を工種別に表8.3.1、8.3.2及び資料編Dに示した。

8.4 工種別数量

工種別の数量は、第7章概略設計に基づきアプローチ道路（土工区間）と橋梁（主橋梁とアプローチ橋梁）に分け各々算出した。数量は、航路クリアランス及び主橋梁型式（プレストレスコンクリートタイプと鋼タイプ）等を含む全ての代替案に対して算定した。

表8.4.1にアプローチ道路の数量を、又表8.4.2及び資料編Dにプレストレストコンクリート主橋梁（H＝55m）を示した。

Table 8.2.3 EQUIPMENT DIRECT COST PER HOUR

Equipment	P.S/Weight (Ton)	Purchase Price	Economical Life /Hours(days) used per Year		Depreciation Rate and cost		Fuel/Oil Consumption per Hour (day)	Local Portion	Foreign Portion
		K.Shs.	Year	Hours/days	$x10^{-6}$	K.Shs	K.Shs	K.Shs	K.Shs
Bulldozer 15 t	141/14.6	920,000	6	1,100	352	324	116	62	377
Bulldozer 21 t	211/22.1	1,406,000	6	1,100	352	495	145	78	562
Bulldozer with ripper 21 t	160/5.2	239,000	6	1,100	359	675	169	91	753
Convertible Excavator 0.7 m^3	130/22.1	1,195,000	5	1,300	308	368	75	40	403
Dump Truck 6 t	160/5.2	239,000	4	1,500	367	88	42	23	107
Flat Bed Truck 6 t	170/4.6	211,000	4	1,500	367	78	36	19	95
Flat Bed Truck with 2t crane	85/2.7	154,600	4	1,300	365	57	30	16	71
Semi-Trailar Truck 32t	320/20.5	901,000	5	1,200	342	308	181	98	391
Concrete Mixer Truck 3.2 m^3	195/7.5	326,700	5	1,000	360	118	50	27	141
Concrete Pump Truck 45 m^3	145/73	833,300	4	1,300	419	349	43	23	369
Water Tank Truck 5,500 lit	160/11	313,000	5	1,200	333	104	86	45	145
Motor Grader 3.7 m	126/12	753,900	6	1,000	353	266	71	30	307
Tandem Roller 8~10t	58/8	400,000	7	800	391	156	37	20	173
Macadam Roller 8~10t	58/8	391/000	7	900	348	136	37	20	153
Macadam Roller 12t	89/10.1	364,900	7	900	348	127	37	20	144
Typr Roller 8~20t	85/8	472,800	7	900	348	165	31	17	179
Vibration Roller	49/6.7	491,300	6	750	471	231	37	20	248
Mechanical Broom	160/5.6	741,000	5	1,000	360	267	86	45	308
Rammer 60~100 Kg	4/0.078	15,590	3	140 day	4,167 day	65 day	5 day	3 day	67 day
Stone Crushing Plant Cone Crusher ϕ1,500	150/42	3,245,600	9	5,000	185	600	173	93	680
Concrete Plant 3 m^3 x 2 No,,360m^3/hr	74 kw/230	5,427,800	8	6,500	154.6	839	113	61	891
Rod Vibrator 60~75 mm	1.2 kw/0.044	9,600	3	120 day	3,889	37	1	1	37
Asphalt Plant 50 t/hr	159 kw/40	4,312,500	6	1,000	362	1,561	137	74	1,624
Asphalt Distributor 1,500 lit	84/3.5	245,000	6	600	533	131	176	95	212
Asphalt Finisher 3~6m	78 kw/14	1,322,500	6	750	471	623	122	66	679
Asphalt Kettle 6,000ℓ	12.0	60,700	4	100 day	3,350 day	203	10	5	208
Electric Generator 150 kw	150kw/1.45	355,000	11	170 day	1,016	361	133	72	422
Portable Belt Conveyer 7 m	3/0.23	1,710	1.5	125 day	8,667	15	5	3	17
Air Compresor 2 m^3/min	28/0.67	82,500	6	140 day	2,500	206	39	21	224
Line Marker	/0.12	38,350	4	840	417	16	5	3	18

Table 8.3.1 UNIT COST FOR WORK ITEMS (APPROACH ROAD)

(Unit: K.Shs)

Work Item	Description	Unit	Unit Cost		
			L.C	F.C	Total
Clearing & Grubbing (A)	Common field	HA	2,180	8,220	10,400
(B)	Demolish of house	No.	4	14	18
Removal of Old Pavement		SQ.M	7	29	36
Removal of Street Lighting Post		No.	510	1,110	1,620
Embankment with Borrow Material	Class-S2	CU.M	17	52	69
Excavation & Disposal	L=5km	CU.M	15	51	66
Top Soil for Slope Protection	t=0.2 m	L.M.	74	298	372
Earth Drain	0.5 x 0.5 m	L.M.	37	148	185
R.C Pipe Culvert	D=400	L.M.	510	75	585
Catch Basin W/cover	600x600x600	EACH	1,870	430	2,300
Concrete Curb	5"x10"x36"	L.M	53	5	58
Concrete Curb & Gutter	W=500	L.M.	81	19	100
Subgrade Preparation		SQ.M	20	5	25
Sub-base Course	t=175	CU.M	189	51	240
Base Course	t=150	CU.M	290	185	475
Asphalt Surface Course	t=50	TON	350	330	680
	t=80	TON	560	530	1,090
	Foot path t=30	TON	210	200	410
Bituminous Prime Coat		SQ.M	3.5	4.5	8.0
Chatter Bar	L=300	No.	12	15	27
Retaining Wall	H=2m	L.M.	21,700	960	22,660
Stone Masonry		SQ.M	520	230	750
Strip Sodding		SQ.M	8	2	10
Guard Rail		L.M.	58	342	400
Road Sign Type A	ϕ600	No.	120	970	1,080
B	2,000x1,000	No.	190	4,670	4,860
Road Marking	w=150	SQ.M	134	33	167
Road Lighting: (A) Earth	H=12m	No.	1,800	14,200	16,000
(B) Bridge	H=12m	No.	1,900	28,600	30,500
Hand rail	H=1,500	L.M.	10	4,050	4,060
Traffic Signal		No.	500	88,900	89,400

Table 8.3.2 UNIT COST FOR WORK ITEMS

(1) P.C MAIN BRIDGE H=55M, PHASE-I

	Work Item	Sub-Item	Class	Unit	Unit Cost (K.Shs.)		
					L.C	F.C	Total
Superstructure	Main Girder	Concrete	$\delta ck=350kg/cm^2$	CU.M	930	750	1,680
		Form	Steel	SQ.M	68	232	300
		Reinforce-ment	SD30	Ton	2,387	11,833	14,220
		P.C. Rod	SBPR 95/120	Ton	7,386	57,114	64,500
		P.C. Cable	SWPR	Ton	12,883	97,117	110,000
	Stayed Cable	P.C. Cable	SWPR	Ton	16,150	122,550	138,700
	Erection & Equipment	-	-	L.S.	3,368,000	20,351,000	23,719,000
Tower	Tower	Concrete	$\delta ck=350kg/cm^2$	CU.M.	930	750	1,680
		Form	Steel	SQ.M.	80	270	350
		Reinforce-ment	SD30	Ton	2,387	11,833	14,220
	Erection & Equipment	-	-	L.S.	1,050,000	6,150,000	7,200,000
Substructure & Footing	Body & Footin Footing	Concrete	$\delta ck=300kg/cm^2$	CU.M.	960	690	1,650
			$\delta ck=240kg/cm^2$	CU.M.	900	650	1,550
		Form	Steel	SQ.M.	80	270	350
		Reinforce-ment	SD30	Ton	2,387	11,833	14,220
	Pile Founda-tion	Cast-in-place Pile	R.C.D ϕ3.0m	L.M.	13,800	53,900	67,700
	Shoe	Tefron	800x800x150	No.	14,000	56,000	70,000
		Roller		Ton	12,377	95,923	108,300
	Expansion Joint	Demag		L.M.	37,900	151,700	189,600
	Temporary & Other Work			L.S.	17,007,000	96,373,000	113,380,000

(2) APPROACH BRIDGE H=55M, PHASE-I

	Work Item	Sub-Item	Class	Unit	Unit Cost (K.Shs.)		
					L.C	F.C	Total
Superstructure	R.C. Hollow	Concrete	$\delta ck=240kg/cm^2$	CU.M.	900	650	1,550
		Form	Steel	SQ.M.	80	270	350
		Reinforcement	SD30	Ton	2,387	11,833	14,220
	Post Tension T-Girder	Concrete	$\delta ck=350kg/cm^2$	CU.M.	930	750	1,680
		Form	Steel	SQ.M.	75	245	320
		Reinforcement	SD30	Ton	2,387	11,833	14,220
		PC Cable	SWPR	Ton	12,883	97,117	110,000
	P.C Rigid Frame	Concrete	$\delta ck=350kg/cm^2$	CU.M.	930	750	1,680
		Form	Steel	SQ.M.	68	232	300
		Reinforcement	SD30	Ton	2,387	11,833	14,220
		P.C Rod	SBPR 95/120	Ton	7,386	57,114	64,500
	Erection & Equipment			L.S.	4,040,000	22,899,000	26,939,000
Substructure	Body & Footing	Concrete	$\delta ck=240kg/cm^2$	CU.M.	900	650	1,550
		Form	Steel	SQ.M.	80	270	350
		Reinforcement	SD30	Ton	2,387	11,833	14,220
	Pile Foundation	Cast-in-place pile	R.C.D $\phi 3.0$	L.M.	13,800	53,900	67,700
			$\phi 2.5$	L.M.	11,800	46,200	58,000
			$\phi 2.0$	L.M.	9,860	38,540	48,400
	Shoe	BP		Ton	3,250	13,001	16,251
		Rubber	R75	No.	1,480	5,920	7,400
			R65	No.	1,400	5,600	7,000
			R55	No.	1,280	5,120	6,400
			R45	No.	1,160	4,640	5,800
	Expansion Joint	Rubber		L.M.	2,840	11,360	14,200
	Temporary & Other Work			L.S.	10,808,000	61,246,000	72,054,000

(3) APPROACH BRIDGE H=55 M, PHASE-II

	Work Item	Sub-Item	Class	Unit	Unit Cost (K.Shs.)		
					L.C	F.C	Total
Superstructure	R.C. Hollow	Concrete	$\delta ck=240kg/cm^2$	CU.M.	900	650	1,550
		Form	Steel	SQ.M.	80	270	350
		Reinforce-ment	SD30	Ton	2,387	11,833	14,220
	Post Tension T-Girder	Concrete	$\delta ck=350kg/cm^2$	CU.M.	930	750	1,680
		Form	Steel	SQ.M.	75	245	320
		Reinforce-ment	SD30	Ton	2,387	11,833	14,220
		P.C Cable	SWPR	Ton	12,883	97,117	110,000
	P.C Rigid Frame	Concrete	$\delta ck=350kg/cm^2$	CU.M.	930	750	1,680
		Form	Steel	SQ.M.	68	232	300
		Reinforce-ment	SD30	Ton	2,387	11,833	14,220
		P.C Rod	SBPR 95/120	Ton	7,386	57,114	64,500
	Erection & Equipment			L.S.	3,922,000	22,228,000	26,150,000
Substructure	Body & Foot-ing	Concrete	$\delta ck=240kg/cm^2$	CU.M.	900	650	1,550
		Form	Steel	SQ.M.	80	270	350
		Reinforce-ment	SD30	Ton	2,387	11,833	14,220
	Pile Founda-tion	Cast-in--place pile	R.C.D ϕ3.0	L.M.	13,800	53,900	67,700
			ϕ2.5	L.M.	11,800	46,200	58,000
			ϕ2.0	L.M.	9,860	38,540	48,400
	Shoe	BP		Ton	3,250	13,001	16,251
		Rubber	R75	No.	1,480	5,920	7,400
			R65	No.	1,400	5,600	7,000
			R55	No.	1,280	5,120	6,400
			R45	No.	1,160	4,640	5,800
	Expansion Joint	Rubber		L.M.	2,840	11,360	14,200
	Temporary & Other work			L.S.	17,917	101,533	119,450

Table 8.4.1 QUANTITIES FOR ROAD CONSTRUCTION

Work Item	Unit	Quantities					
		H=73.2 m		H=55 m		H=45 m	
		Phase-I	Phase-II	Phase-I	Phase-II	Phase-I	Phase-II
Clearing & Grubbing (A)	HA	6.6	2.0	8.1	1.4	8.8	1.1
(B)	No.	10	40	11	15	11	9
Removal of Old Pavement	SQ.M	114	644	1,362	375	1,362	488
Removal of Street Lighting Post	EACH	62	6	44	4	44	4
Embankment with Borrow Material	CU.M.	37,671	25,037	25,898	19,126	28,557	18,673
Excavation & Disposal	CU.M.	-	3,740	2,925	3,712	2,925	2,896
Top Soil for Slope Protection	CU.M.	1,372	1,187	1,531	1,347	1,562	1,377
Earth Drain	L.M.	5,080	300	5,310	300	5,750	300
R.C. Pipe Culvert	L.M.	341	424	389	294	417	311
Catch Basin W/Cover	No.	54	78	92	108	99	110
Concrete Curb	L.M.	4,420	9,980	4,251	9,120	3,956	9,705
Concrete Curb & Gutter	L.M.	2,660	3,870	4,761	5,317	4,981	5,442
Subgrade Preparation	SQ.M.	39,750	39,200	52,160	34,980	52,160	31,800
Sub-base Course	CU.M.	6,148	6,228	8,298	5,565	8,298	5,060
Base Course	CU.M.	5,220	5,160	6,863	4,611	6,863	4,190
Asphalt Surface Course t = 50	TON	6,447 (4,872)	7,233 (7,233)	6,607 (5,795)	5,566 (4,802)	6,533 (5,723)	5,049 (4,285)
t = 80	TON	(3,131)	-	(1,603)	(1,527)	(1,603)	(1,527)
t = 30	TON	1,342 (1,113)	1,371 (1,371)	1,040 (925)	980 (866)	1,010 (895)	895 (780)
Bituminous Prime Coat	SQ.M.	56,057	62,895	57,449	48,400	56,812	43,905
Chatter Bar	No.	1,777	-	-	-	-	-
Retaining Wall	L.M.	-	440	240	520	180	500
Stone Masonry	SQ.M.	180	60	60	60	60	60
Strip Sodding	SQ.M.	6,861	5,933	7,654	6,736	7,812	6,884
Guard Rail	L.M.	1,000	540	1,490	750	1,490	750
Road Sign (A)	No.	4	-	2	-	2	-
(B)	No.	4	4	4	4	4	4
Road Marking	SQ.M.	2,022	2,353	1,549	1,477	1,549	1,388
Road Lighting (A)	No.	70	152	124	64	124	61
(B)	No.	71	91	57	83	57	78
Hand rail	L.M.	3,640	4,650	1,985	2,845	1,690	2,400
Traffic Signal	No.	7	3	7	3	7	3

Note: Figures in the blacket are the quantities for the main bridge in case of steel.

Table 8.4.2 QUANTITIES FOR BRIDGE CONSTRUCTION

(1) P.C. MAIN BRIDGE, H = 55, PHASE I & II

	Item	Sub-Item	Class	Unit	Quantities
Superstructure	Main Girder	Concrete	$\delta ck=350$ kg/cm^2	CU.M.	11,286
		Form	Steel	SQ.M.	39,743
		Reinforcement	SD30	Ton	1,354
		P.C Rod	SBPR 95/120	Ton	225
		P.C Cable	SWPR	Ton	151
	Stayed Cable	P.C Cable	SWPR	Ton	966
	Erection & Equipment		-	L.S.	1
Tower	Tower	Concrete	$\delta ck=350$ kg/cm^2	CU.M.	5,558
		Form	Steel	SQ.M.	6,380
		Reinforcement	SD30	Ton	389
	Erection & Equipment		-	L.S.	1
Substructure & Footing	Body & Footing	Concrete	$\delta ck=300$ kg/cm^2	CU.M.	10,104
			$\delta ck=240$ kg/cm^2	CU.M.	5,552
		Form	Steel	SQ.M.	13,994
		Reinforcement	SD30	Ton	1,607
	Pile Foundation	Cast-in-place Pile	R.C.D ϕ3.0 m	L.M.	1,920
	Shoe	Tefron	800x800x150	No.	8
		Roller	12 Nos.	Ton	23.2
	Expansion joint		Demag	L.M.	22
Temporary & Other Work				L.S	1

(2) APPROACH BRIDGE, H=55M, PHASE I & II

	Item	Sub-Item	Class	Unit	Quantities	
					Phase-I	Phase-II
Superstructure	R.C Hollow	Concrecte	$\delta ck=240 kg/cm^2$	CU.M.	3,031	5,063
		Form	Steel	SQ.M.	6,864	11,467
		Reinforcement	SD30	Ton	561	937
	Post Tension T-Girder	Concrete	$\delta ck=350 kg/cm^2$	CU.M	3,648	4,690
		Form	Steel	SQ.M.	21,158	26,673
		Reinforcement	SD30	Ton	421	563
		P.C Cable	SWPR	Ton	183	246
	P.C Rigid Frame	Concrete	$\delta ck=350 kg/cm^2$	CU.M.	4,511	6,032
		Form	Steel	SQ.M	15,268	20,661
		Reinforcement	SD30	Ton	539	720
		P.C Rod	SBPR 95/120	Ton	324	423
	Erection & Equipment			L.S	1	1
Substructure	Body & Footing	Concrete	$\delta ck=240 kg/cm^2$	CU.M	11,544	20,798
		Form	Steel	SQ.M.	13,597	24,273
		Reinforcement	SD30	Ton	1,159	1,571
	Pile Foundation	Cast-in-place pile	R.C.D ϕ3.0	L.M.	0	0
			" ϕ2.5	L.M.	280	210
			" ϕ2.6	L.M.	420	840
	Shoe	BP		Ton	15.6	9.6
		rubber	R75t	No.	0	60
			R65t	No.	192	300
			R55t	No.	0	24
			R45t	No.	192	480
	Expansion joint	Rubber		L.M.	396	748
Temporary & Other Work				L.S	1	1

8.5 用地及び補償費

用地及び補償費は、モンバサ市から得られた資料に基づいて算定し、以下に示した。

1) Land Price (Unit: Shs/M²)

Location	Residential	Commercial
(1) Mombasa Island		
Kizingo Area		
1st Beach Row	200 – 250	–
2nd Beach Row	175 – 220	Ave. 250
3rd Beach Row	150 – 200	–
Ganjoni Area	Ave. 125	Ave. 250
(2) South Mainland		
Inland Area incl. the area of A-14	25 – 45	

2) Compensation Cost (Unit: Shs/M²)

	Island	South Mainland
(1) Swahili House with electricity but no water service	–	1,400 Shs/M²
(2) Same above with Makuti roof	–	1,000
(3) Permanent House with electricity and water services,		
Single Storey	2,000 Shs/M²	1,800
Double Storey	2,250	2,100
Multi Storey	2,350	2,200

8.6 建設費の積算

建設費は、代替案別に概略設計で算出された数量及び工種別単価から算出した。費用は、各々外貨分と内貨分に分けた。

ここで算出した建設費は、以下の工事項目について積算した。

- 現況フェリーターミナルの拡張に対する建設費
- トンネル建設費（沈埋トンネル案、T_2ルート）
- 橋梁建設費（航路クリアランス　H＝73.2、55及び45 m）
- 料金所建設費

以上の内、始めの2つの建設費は、資料編G及びIで積算した。

8.6.2 事業費

1) 事業費

航路クリアランス別、主橋梁タイプ（プレストレストコンクリートと鋼）及び段階施工別の事業費を表8.6.1及び8.6.2に示した。これらの総括を表8.6.3に示した。

Table 8.6.3 TOTAL PROJECT COST

(Unit: 1,000 K.Shs)

	Phase I	Phase II	Total
P.C. Case			
H = 73.2M	1,810,671	1,372,298	3,182,969
H = 55	1,076,958	1,248,819	2,325,777
H = 45	925,513	1,056,972	1,982,485
Steel Case			
H = 73.2M	1,844,710	1,372,298	3,217,008
H = 55	1,231,133	1,402,933	2,634,066
H = 45	1,088,065	1,219,462	2,307,527

主橋梁の橋種別建設費を資料編Fで比較した。これを表8.6.4に示した。

アプローチ橋梁及びI期、II期の工事費を含む鋼主橋梁の建設費は、プレストレスコンクリート主橋梁に比べて、航路クリアランス73.2mで1.4%、55mで14%、45mで17%いずれも高かった。

Table 8.6.4 BRIDGE CONSTRUCTION COST COMPARISON (P.C and Steel)

(Unit: 1,000 K. Shs.)

Navi. Clear-ance	P.C Case			Steel Case		
	Main Bridge	Approach Bridge	Total	Main Bridge	Approach Bridge	Total
73.2M	861,376	1,643,987	2,505,363	896,260	1,643,987	2,540,247
55	1,133,802	686,132	1,819,934	1,386,340	686,132	2,072,472
45	1,102,708	450,433	1,553,141	1,369,092	450,433	1,819,525

Note: The figures above are the total of currency portion and phasing of the Project.

Table 8.6.1 PROJECT COST (P.C. MAIN BRIDGE)

(Unit: 1,000 K.Shs)

Navigation Clearance / Phase / Portion / Item	73.2M				55M				45M			
	Phase-I		Phase-II		Phase-I		Phase-II		Phase-I		Phase-II	
	L.C.	F.C.	L.C.	F.C.	L.C.	F.C.	L.C.	F.C.	L.C.	F.C.	L.C.	F.C.
(1) Bridge	288,700	1,163,800	212,373	849,490	168,949	675,796	195,038	780,151	144,377	577,508	166,251	665,005
(2) Approach Road	8,707	26,396	18,763	31,123	15,109	20,567	19,091	21,356	13,866	19,508	18,167	18,971
(3) Construction Cost (1)+(2)	297,407	1,190,196	231,136	880,613	184,058	696,363	214,129	801,507	158,243	597,016	184,418	683,976
(4) Engineering Fee (3)x10%	29,741	119,020	23,114	88,061	18,406	69,636	21,413	80,151	15,824	59,702	18,442	68,398
(5) Land Aquisition & Compensation	9,700	-	24,620	-	10,590	-	18,090	-	10,590	-	5,650	-
(6) Sub-Total (3)+(4)+(5)	336,848	1,309,216	278,870	968,674	213,054	765,999	253,632	881,658	184,657	656,718	208,510	752,374
(7) Contingency (6)x10%	33,685	130,922	27,887	96,867	21,305	76,600	25,363	88,166	18,466	65,672	20,851	75,237
(8) Sub-Total of Currency Portion	370,533	1,440,138	306,757	1,065,541	234,359	842,599	278,995	969,824	203,123	722,390	229,361	827,611
Phase (6)+(7)	1,810,671		1,372,298		1,076,958		1,248,819		925,513		1,056,972	
Total Project Cost	3,182,969				2,325,777				1,982,485			

Table 8.6.2 PROJECT COST (STEEL MAIN BRIDGE)

(Unit: 1,000 K.Shs)

Item \ Navigation Clearance / Phase / Portion	73.2M				55M				45M			
	Phase-I		Phase-II		Phase-I		Phase-II		Phase-I		Phase-II	
	L.C.	F.C.	L.C.	F.C.	L.C.	F.C.	L.C.	F.C.	L.C.	F.C.	L.C.	F.C.
(1) Bridge	295,677	1,182,707	212,373	849,490	194,202	776,812	220,292	881,166	171,016	684,061	192,889	771,559
(2) Approach Road	9,861	27,490	18,763	31,123	15,698	21,126	19,655	21,890	14,456	20,067	18,731	19,505
(3) Construction Cost (1)+(2)	305,538	1,210,197	231,136	880,613	209,900	797,938	239,947	903,056	185,472	704,128	211,620	791,064
(4) Engineering Fee (3)x10%	30,554	121,020	23,114	88,061	20,990	79,794	23,995	90,306	18,547	70,413	21,162	79,106
(5) Land Acquisition & Compensation	9,700	-	24,620	-	10,590	-	18,090	-	10,590	-	5,650	-
(6) Sub-Total (3)+(4)+(5)	345,792	1,331,217	278,870	968,674	241,480	877,732	282,032	993,362	214,609	774,541	238,432	870,170
(7) Contingency (6)x10%	34,579	133,122	27,887	96,867	24,148	87,773	28,203	99,336	21,461	77,454	23,843	87,017
(8) Sub-Total of Currency Portion	380,371	1,464,339	306,757	1,065,541	265,628	965,505	310,235	1,092,698	236,070	851,995	262,275	957,187
Phase (6)+(7)	1,844,710		1,372,298		1,231,133		1,402,933		1,088,065		1,219,462	
Total Project Cost	3,217,008				2,634,066				2,307,527			

さらに、主橋梁を航路クリアランス別に比較したものが表8.6.5である。

鋼主橋梁は、プレストレストコンクリート主橋梁に比べクリアランス73.2 mで4%、55 mで22%、45 mで24%いずれも高い。

Table 8.6.5 MAIN BRIDGE COST BY BRIDGE TYPE (PHASE-I COST)

(Unit: Million K.Shs.)

Type & Clearance / Major Work	P.C Bridge			Steel Bridge		
	73.2^M	55^M	45^M	73.2^M	55^M	45^M
Superstructure	345	246.2	244.6	405.4	324.9	324.9
Tower	36.6	24.3	23.8	100.6	89.0	89.0
Substructure	328.3	183.0	172.6	211.0	140.6	133.7
Temporary & Other Works	151.4	113.4	110.3	179.3	138.6	136.9
Total	861.3	566.9	551.3	896.3	693.2	684.5

Note: The total construction cost for 55 and 45 m must be doubled by adding the cost in Phase-II.

2) 料金所の建設費

料金所の計画は、第7章に詳述した。有料道路の料金は、プロジェクトの建設費、運営費等をもとに決定する必要がある。

I期工事では、舗装等の追加工事は、不要であり、料金所の建設費のみ計上した。II期工事は、900 m²の追加舗装、料金収受ブース2つ、縁石等について追加工事が必要である。各期別の料金所関連工事費を表8.6.6に示した。

Table 8.6.6 TOLLGATE CONSTRUCTION COST

(Unit: 1,000 K.Shs)

Phase	LC	FC	Total
Phase - I	210	210	420
Phase - II	325	264	589

8.7 維持管理費及び運営費

8.7.1 維持管理費

維持管理は、車線、路肩、構造物及び諸施設等の道路施設をできるだけ建設した状態又は、その後の改良工事の状態に保全し、道路の運用と相俟って交通の安全と円滑

に資するものである。

本プロジェクトは、有料道路である点を考慮して、維持管理費と運営費に分けて算出した。維持管理費は、以下の項目ごとに算定した。

- 道路維持管理費
  - 維持費
    - 電気料 (1)
    - 清掃費 (2)
  - 修理費 —— 修繕費 (3)

(1) 電 気 料

道路の照明、信号機、橋梁タワー内のエレベーター（鋼主橋梁）等の諸施設の電気料である。電気料は、各施設に必要な所要電力消費量をもとに算定した。

(2) 清 掃 費

路面、排水施設及び安全施設と照明器具、建物、衛生設備等の清掃費であり、ケニアにデータがないため、日本のデータを修正して見積った。

(3) 修 繕 費

修繕費には、路面、舗装、橋縁塗装、ガードレール、構造物の点検、伸縮継手、照明、交通制御機器等の修繕、取換え等を含む。

舗装のオーバーレイは、5年に1回とした。鋼橋の塗装は、永久塗装としたが諸外国の例（サンフランシスコ湾橋）をも参考に再塗装を20年後とした。又20年以後は、現場塗装となるため5年に1回とした。

以上の諸条件から、橋梁代替案別に維持管理費を算出し、表8.7.1に示した。

Table 8.7.1 MAINTENANCE COST

(Unit: 1,000 K.Shs./year)

Cost \ Clearance	73.2 M	55 M	45 M
1) Electricity Cost	1,490.6	1,636.2	1,536.2
2) Cleaning Cost	1,670.0	1,832.5	1,720.5
3) Repair Cost	8,563.0 (11,223.0)	6,533.0 (9,743.0)	6,014.0 (9,224.0)
Total	11,723.6 (14,383.6)	10,001.7 (13,211.7)	9,270.7 (12,480.7)

Note: The figures in brackets show the cost for steel main bridge case.

8.7.2 運 営 費

料金所の要員は、第7章の料金所計画に従って計画した。ここで算出する運営費は、

別節で算定した維持管理に含まない料金収受要員と施設の維持管理費を計上した。

運営費は、料金所ブース1ケ所当り収受員3人/日（8時間、3交代）とし又監督員は、料金所当り1人とし料金収受員と同じ労働条件で見積った。料金所の全体運営費は、電気料や施設修繕費を含んで算定し、表8.7.2に示した。

Table 8.7.2 OPERATION COST FOR TOLLGATE

(Unit: K.Shs/Year)

Phase I	265,680
Phase II	356,400

第９章　実施計画

第9章　実施計画

9.1　概　　要

運輸通信省（ＭＯＴＣ）が、本プロジェクトの実施主体である。ケニア政府は、プロジェクトの遂行のために、建設業者を国際入札によって選定するものと考えられる。プロジェクトは、段階的（フェーズーⅠとⅡ）に整備されるものと考えている。

9.2　実施計画

9.2.1　段階施工

プロジェクト道路の建設は、高い航路クリアランスが要請されていることから、莫大な投資が必要である。一般にこのような大規模プロジェクトでは、交通需要に対応して段階的に整備することが望ましい。

整備の方法として、全体一括施工と２期に分けた段階施工の２つのケースについて、第１０章で比較した。その結果、段階施工が高い投資効率を示し好ましい方法である。又、プロジェクトの投資規模は、国際金融機関が適用する借款の大きさにも制限を受ける。

従って、本プロジェクトは、段階施工方式を適用し、上下線を段階的に整備するものとした。これらを代替案別に図 9. 2. 1 及び 9. 2. 2 に示した。

1）Ⅰ期工事

Ⅰ期工事は、リコニ側で、全ての代替案がルンガルンガ道路を起点とし、モンバサ島側は、航路クリアランス７３.２ｍを除き、ニエレレ道路に連絡する。クリアランス７３.２ｍ案は、ニエレレ道路とムバラキ道路の交差点に取付く計画である。

2）Ⅱ期工事

モンバサ島側では、全ての代替案が４車線でムバラキ道路へ延伸する。航路クリアランス５５ｍ及び４５ｍでは、上り２車線を建設する。

クリアランス７３.２ｍ案では、主橋梁を除く２車線のアプローチ道路を建設する。

リコニ側での南への延伸計画及びモンバサ島での将来の幹線道路の整備計画は、モンバサ交通マスタープラン又は、本調査（第６章）に従って策定されるべきである。

航路クリアランス５５ｍ及び４５ｍ案のニエレレ道路とデダンキマテイ道路の

Fig. 9.2.1 CONSTRUCTION PHASE (H = 73.2 M)

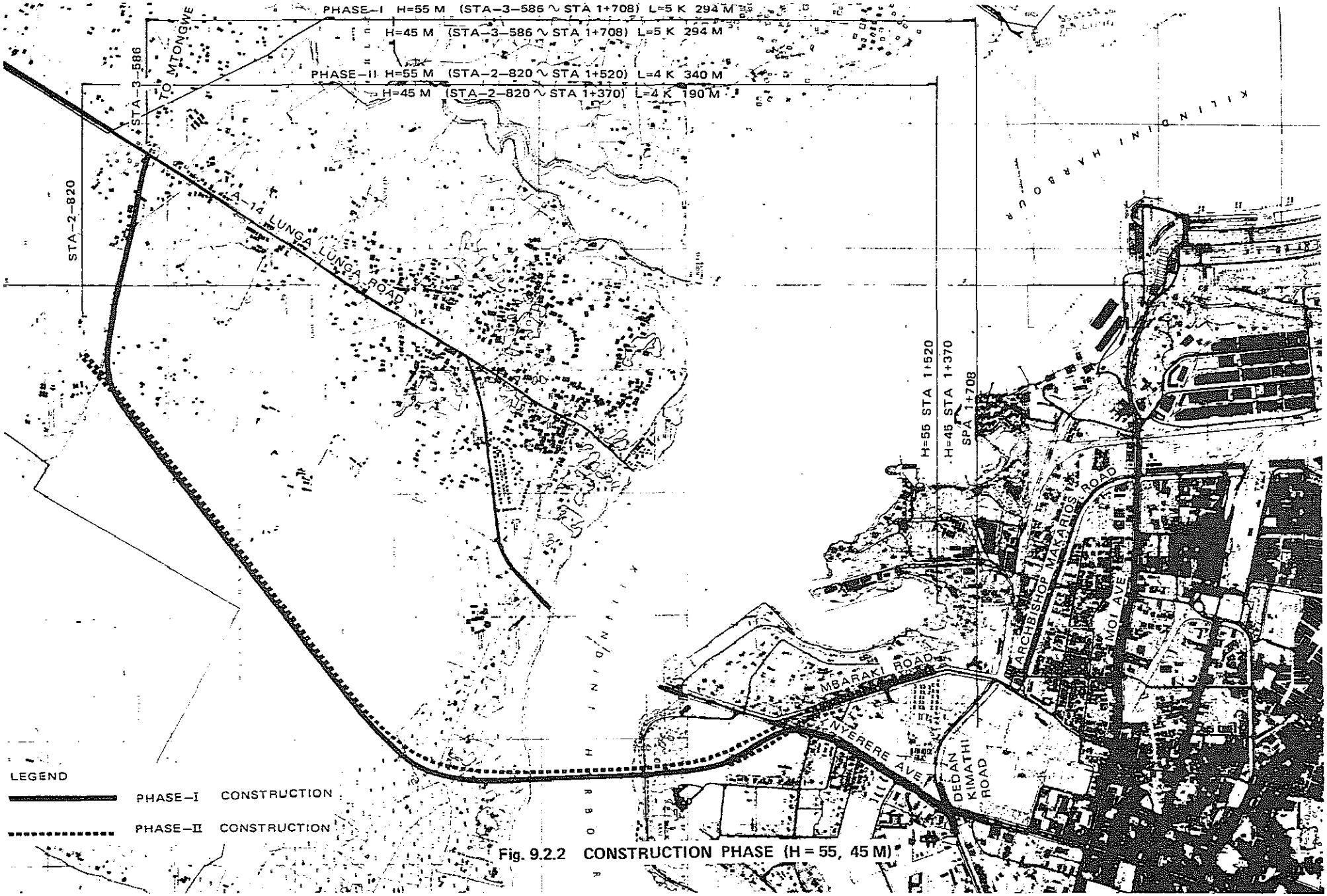


Fig. 9.2.2 CONSTRUCTION PHASE (H = 55, 45 M)

交差点は、当プロジェクト期間中平面交差として残るものとした。

9.2.2 実施計画

プロジェクト道路の建設に先立って、風洞実験、地形測量、土質調査、詳細設計、用地取得及び資金調達等の準備作業が必要である。この準備作業の所要期間は、代替案に無関係に最少4年を見込んだ。

風洞実験等を含む詳細設計は、2.5年必要である。用地買収が完了するまでに、資金調達交渉を完了し、工事契約を締結する。この過程には、1年必要である。

橋梁工事が当プロジェクト建設期間の主要部分を占める。各代替案の建設期間は、年平均実働日数と、各工事項目の平均作業速度を詳細に検討して見積った。主橋タイプ（プレストレストコンクリート及び鋼）代替案の建設期間は、資料編Hで詳細に検討し、実施計画として図9.2.3及び9.2.4に示した。鋼主橋梁案の建設期間は、プレストレストコンクリート主橋梁案に比べ表9.2.1に示すように1年短かい。

Table 9.2.1 CONSTRUCTION PERIOD

Navigation clearance	P.C Bridge		Steel Bridge	
	Phase-I	Phase-II	Phase-I	Phase-II
73.2M	5	4	4	4
55	4	4	3	3
45	4	4	3	3

又、供用開始年は、代替案別に表9.2.2に示した。但し、Ⅱ期工事は、交通の情況を見て実施することが望ましい。

Table 9.2.2 OPENING YEAR OF PROJECT ROAD

Navigation clearance	P.C Case		Steel Case	
	Phase-I	Phase-II	Phase-I	Phase-II
73.2M	1993	2002	1992	2002
55	1992	2002	1991	2002
45	1992	2002	1991	2002

Fig. 9.2.3 IMPLEMENTATION SCHEDULE (P.C MAIN BRIDGE CASE)

Navigation Clearance: 73.2^{M}

Phase / Item	Phase–I									Phase–II						
	'84	'85	'86	'87	'88	'89	'90	'91	'92	'95	'96	'97	'98	'99	2000	2001
Loan Negotiation																
Detailed Design																
Land Acquisition																
Construction & Supervision																
Loan Negotiation Land Acquisition																
Construction & Supervision																

Navigation Clearance: 55^{M}

Phase / Item	Phase–I									Phase–II						
	'84	'85	'86	'87	'88	'89	'90	'91	'92	'95	'96	'97	'98	'99	2000	2001
Loan Negotiation																
Detailed Design																
Land Acquisition																
Construction & Supervision																
Loan Negotiation Land Acquisition																
Construction & Supervision																

Navigation Clearance: 45^{M}

Phase / Item	Phase–I									Phase–II						
	'84	'85	'86	'87	'88	'89	'90	'91	'92	'95	'96	'97	'98	'99	2000	2001
Loan Negotiation																
Detailed Design																
Land Acquisition																
Construction & Supervision																
Loan Negotiation Land Acquisition																
Construction & Supervision																

Fig. 9.2.4 IMPLEMENTATION SCHEDULE (STEEL MAIN BRIDGE CASE)

Navigation Clearance: 73.2^{M}

Item \ Phase	Phase–I									Phase–II						
	'84	'85	'86	'87	'88	'89	'90	'91	'92	'95	'96	'97	'98	'99	2000	2001
Loan Negotiation	■															
Detailed Design		■	■	■												
Land Acquisition				■												
Construction & Supervision					■	■	■	■								
Loan Negotiation Land Acquisition												■				
Construction & Supervision													■	■	■	■

Navigation Clearance: 55^{M}

Item \ Phase	Phase–I									Phase–II						
	'84	'85	'86	'87	'88	'89	'90	'91	'92	'95	'96	'97	'98	'99	2000	2001
Loan Negotiation	■															
Detailed Design		■	■	■												
Land Acquisition				■												
Construction & Supervision					■	■	■									
Loan Negotiation Land Acquisition													■			
Construction & Supervision														■	■	■

Navigation Clearance: 45^{M}

Item \ Phase	Phase–I									Phase–II						
	'84	'85	'86	'87	'88	'89	'90	'91	'92	'95	'96	'97	'98	'99	2000	2001
Loan Negotiation	■															
Detailed Design		■	■	■												
Land Acquisition				■												
Construction & Supervision					■	■	■									
Loan Negotiation Land Acquisition													■			
Construction & Supervision														■	■	■

第10章　経済評価と財務分析

第１０章　経済評価と財務分析

10.1 概　　要

経済評価は、本プロジェクトがケニアの国民経済に如何に寄与するかを、その費用と便益を比較検討し、評価するものである。プロジェクトの費用は、プロジェクトの実施により、資源（労働力も含む）の投入、消費を意味するものであるが、税金のような移転費用は、含まない。なぜなら、この要素は、経済的属性というよりも、むしろ制度的な属性だからである。移転費用の効果は、１０.１１節で取扱う財務費用の検討で考慮した。経済評価の作業プロセスを図１０.１.１に示した。

10.1.1 代 替 案

経済評価は、表１０.１.１に示すように整備の方法（フェーズ）を含め合計１１（橋梁案－プレストレストコンクリートと鋼主橋案及び沈埋トンネル案）の代替案に対して行った。

Table 10.1.1 ALTERNATIVES FOR ECONOMIC EVALUATION

Phasing \ Alternative		Bridge Clearance 73.2M	Bridge Clearance 55M	Bridge Clearance 45M	Tunnel
Single Construction	PC	0	0	0	0
	Steel	-	-	-	
Staged Construction	PC	0	0	0	0
	Steel	0	0	0	

Note : Mark "0" means the alternative evaluated in the study.

財務分析は（外貨分の借款、有料道路の採算について）、プレストレストコンクリート主橋梁クリアランス５５ｍ案に対して、１０.１１節で行った。

10.1.2 便益の内容

プロジェクトが生むすべての便益を金銭的に定量化することは、不可能である。

本調査においては、次の５つの便益について定量化を行った。

(1) 利用者便益（走行費と時間費の節約）

(2) フェリーが廃止されるために節約される費用

(3) プロジェクト投資に伴うフロー効果

(4) 建設施設の残存価値

(5) 地域開発による便益

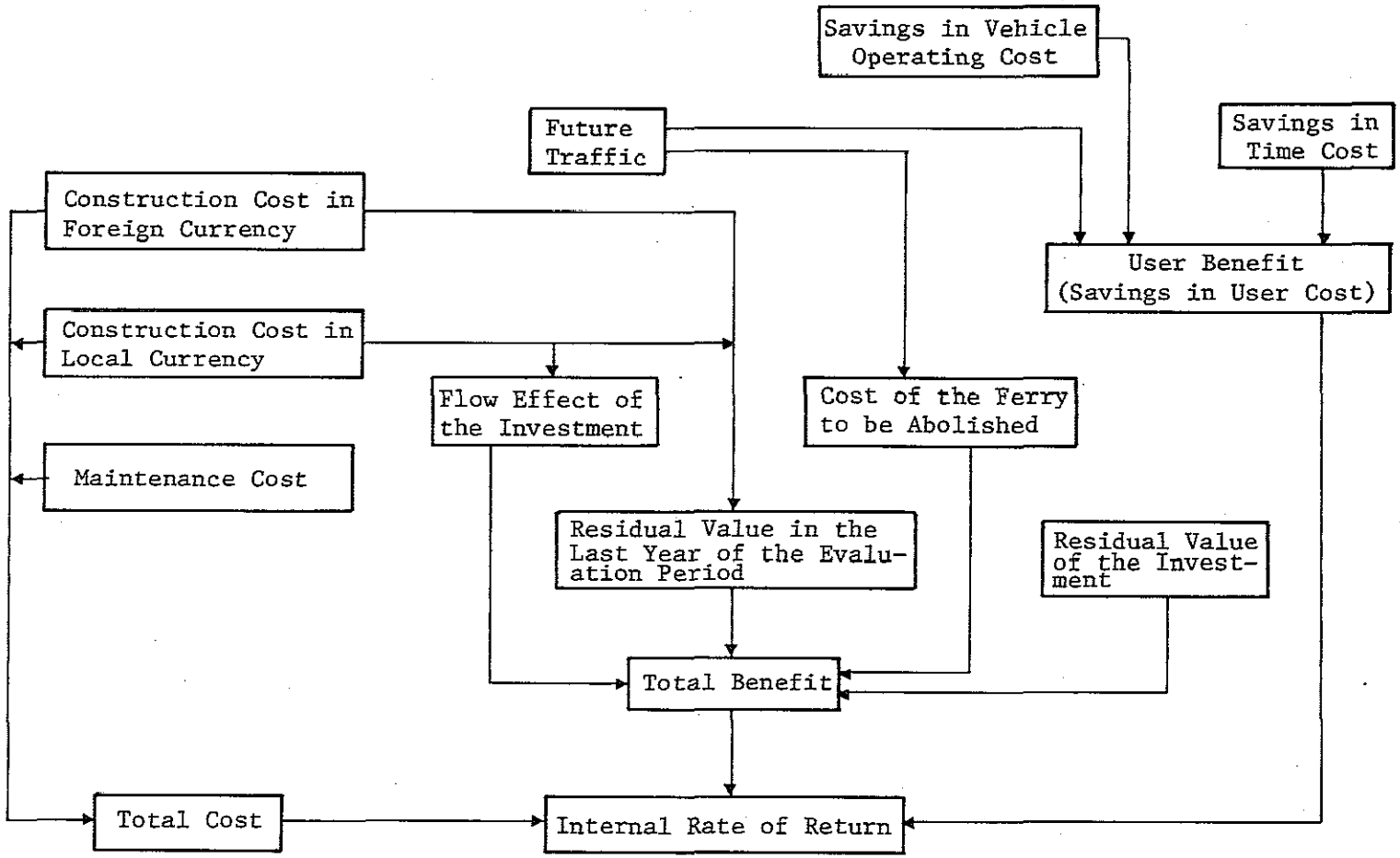


Fig. 10.1.1 WORK FLOW CHART OF ECONOMIC EVALUATION

最後の地域開発による便益は、定量化に不確実性が伴うため、感度分析の対象とした。

プロジェクトには、その供用に伴って上記以外の便益が考えられる。それらは、快適性、利便性、確実性の増大及び安全性の向上、橋の観光資源性、等である。、いずれも定量化に困難が伴うので当プロジェクトの便益の対象外とした。

10.2 変換係数

プロジェクトコスト及び利用者コストは、財務コストで表現される。しかし経済評価のためには、全て移転項目を含まない経済コストに変換されねばならない。

本調査で用いた変換係数を表10.2.1に示した。又、建設費の外貨分の変換係数は、コスト積算から約0.8と見積られた。

Table 10.2.1 CONVERSION FACTORS

Standard Conversion Factor (SCF)		0.92
Conversion Factor for Consumer Goods (CFC)		0.935
Conversion Factor for Domestic Procurement	Unskilled Labor Cost	0.935
	Local Materials	0.834
	Local Fuel Cost	0.167
	Local Other Cost	0.644
	Land Acquisition	0.920
	Compensation	0.920
	Local Engineering Fee	0.935
	Local Part of Contingency	0.676

Note: Detailed calculation of the above factors to be described in Appendix J.

10.3 プロジェクトコスト

プロジェクトコストは、第8章で見積られており、建設費、用地及び補償費、詳細設計及び施工管理費と予備費からなる。各費用は、内外貨に区分されており、移転項目も含まれている。

表10.3.1～10.3.3に航路クリアランス55m案に対し、各費目別、年次別に投資コストを示した。又その他の案に対しては、資料編Jに示してある。合計11の代替案の移転項目をまとめて表1.0.3.4に示した。

Table 10.3.1 PROJECT COST

1. Navigation Clearance = 55 Meters
2. PC Bridge
3. Stage Construction

(Unit : 1,000 Shs.)

Value	Year	Bridge		Approach Road		Engineering & Supervision		Land Acquisition	Contingency		Total Project Cost	
		Local Currency Portion	Local Currency Portion + Foreign Currency Portion	Local Currency Portion	Local Currency Portion + Foreign Currency Portion	Local Currency Portion	Local Currency Portion + Foreign Currency Portion		Local Currency Portion	Local Currency Portion + Foreign Currency Portion	Local Currency Portion	Local Currency Portion + Foreign Currency Portion
Financial Value	1985	0	0	0	0	6636	31601	0	664	3160	7300	34761
	1986	0	0	0	0	6636	31601	0	664	3160	7300	34761
	1987	0	0	0	0	6636	31601	10590	1723	4219	18949	46410
	1988	58456	292282	7555	17838	2489	11850	0	6850	32197	75349	354167
	1989	56091	280455	0	0	2489	11850	0	5858	29231	64438	321536
	1990	34972	174862	0	0	2489	11850	0	3746	18671	41207	205384
	1991	19429	97146	7555	17838	2489	11850	0	2947	12683	32420	139517
	1997	0	0	0	0	0	0	18090	1809	1809	19899	19899
	1998	55391	276954	9546	20224	2489	11850	0	6742	30903	74167	339930
	1999	70409	352043	0	0	2489	11850	0	7290	36389	80187	400283
	2000	48369	241847	0	0	2489	11850	0	5086	25370	55944	279067
	2001	20869	104345	9546	20224	2489	11850	0	3290	13642	36194	150061
	Total	363987	1819934	34200	76123	39819	189606	28680	46669	211434	513354	2325777
Economic Value	385	0	0	0	0	5004	24975	0	500	2498	5504	27473
	1986	0	0	0	0	5004	24975	0	500	2498	5504	27473
	1987	0	0	0	0	5004	24975	7985	1299	3296	14288	36256
	1988	44076	231136	5696	13923	1876	9366	0	5165	25443	56814	279868
	1989	42293	221784	0	0	1876	9366	0	4417	23115	48586	254265
	1990	26369	138281	0	0	1876	9366	0	2825	14765	31070	162412
	1991	14650	76823	5696	13923	1876	9366	0	2222	10011	24444	110123
	1997	0	0	0	0	0	0	13640	1364	1364	15004	15004
	1998	41765	219015	7197	15740	1876	9366	0	5084	24412	55922	268533
	1999	53088	278396	0	0	1876	9366	0	5496	28776	60461	316538
	2000	36471	191253	0	0	1876	9366	0	3835	20062	42182	220680
	2001	15735	82516	7197	15740	1876	9366	0	2481	10762	27290	118384
	Total	274446	1439204	25787	59325	30023	149853	21625	35188	167001	387069	1837007

Table 10.3.2 PROJECT COST

1. Navigation Clearance = 55 Meters
2. PC Bridge
3. Non-stage Construction

(Unit : 1,000 Shs.)

Value	Year	Bridge		Approach Road		Engineering & Supervision		Land Acquisition	Contingency		Total Project Cost	
		Local Currency Portion	Local Currency Portion + Foreign Currency Portion	Local Currency Portion	Local Currency Portion + Foreign Currency Portion	Local Currency Portion	Local Currency Portion + Foreign Currency Portion		Local Currency Portion	Local Currency Portion + Foreign Currency Portion	Local Currency Portion	Local Currency Portion + Foreign Currency Portion
Financial Value	1985	0	0	0	0	5516	26001	0	552	2600	6068	28601
	1986	0	0	0	0	5516	26001	0	552	2600	6068	28601
	1987	0	0	0	0	5516	26001	28680	3420	5468	37616	60149
	1988	68557	342784	17100	38062	3310	15600	0	8897	39645	97863	436090
	1989	122571	612856	0	0	3310	15600	0	12588	62846	138469	691302
	1990	67073	335364	0	0	3310	15600	0	7038	35096	77421	386061
	1991	26710	133552	0	0	3310	15600	0	3002	14915	33022	164068
	1992	11871	59356	17100	38062	3310	15600	0	3228	11302	35509	124320
	Total	296782	1483912	34200	76123	33098	156003	28680	39276	174472	432037	1919190
Economic Value	1985	0	0	0	0	4155	20526	0	416	2053	4571	22579
	1986	0	0	0	0	4155	20526	0	416	2053	4571	22579
	1987	0	0	0	0	4155	20526	21625	2578	4215	28358	46366
	1988	51692	271073	12893	29663	2493	12316	0	6708	31305	73786	344357
	1989	92419	484646	0	0	2493	12316	0	9491	49696	104403	546658
	1990	50573	265206	0	0	2493	12316	0	5307	27752	58373	305274
	1991	20140	105613	0	0	2493	12316	0	2263	11793	24896	129722
	1992	8951	46939	12893	29663	2493	12316	0	2434	8892	26771	97809
	Total	223774	1173478	25787	59325	24931	123157	21625	29612	137758	325728	1515343

Table 10.3.3 PROJECT COST

1. Navigation Clearance = 55 Meters
2. Steel Bridge
3. Stage Construction

(Unit : 1,000 Shs.)

Value	Year	Bridge		Approach Road		Engineering & Supervision		Land Acquisition	Contingency		Total Project Cost	
		Local Currency Portion	Local Currency Portion + Foreign Currency Portion	Local Currency Portion	Local Currency Portion + Foreign Currency Portion	Local Currency Portion	Local Currency Portion + Foreign Currency Portion		Local Currency Portion	Local Currency Portion + Foreign Currency Portion	Local Currency Portion	Local Currency Portion + Foreign Currency Portion
Financial Value	1985	0	0	0	0	7497	35847	0	750	3585	8247	39432
	1986	0	0	0	0	7497	35847	0	750	3585	8247	39432
	1987	0	0	0	0	7497	35847	10590	1809	4644	19896	51081
	1988	75350	376753	7849	18412	3749	17924	0	8695	41309	95643	454398
	1989	80341	401708	0	0	3749	17924	0	8409	41963	92499	461595
	1990	38510	192552	7849	18412	3749	17924	0	5011	22889	55119	251776
	1998	0	0	0	0	0	0	18090	1809	1809	19899	19899
	1999	74943	374716	9828	20773	3749	17924	0	8852	41341	97372	454753
	2000	93888	469441	0	0	3749	17924	0	9764	48737	107401	536102
	2001	51460	257301	9828	20773	3749	17924	0	6504	29600	71540	325596
	Total	414494	2072472	35353	78369	44985	215084	28680	52351	239460	575863	2634066
Economic Value	1985	0	0	0	0	5653	28333	0	565	2833	6218	31166
	1986	0	0	0	0	5653	28333	0	565	2833	6218	31166
	1987	0	0	0	0	5653	28333	7985	1364	3632	15002	39950
	1988	56814	297937	5918	14369	2827	14166	0	6556	32647	72115	359119
	1989	60577	317671	0	0	2827	14166	0	6340	33184	69744	365021
	1990	29037	152270	5918	14369	2827	14166	0	3778	18081	41560	198886
	1998	0	0	0	0	0	0	13640	1364	1364	15004	15004
	1999	56507	296325	7410	16166	2827	14166	0	6674	32666	73418	359324
	2000	70792	371234	0	0	2827	14166	0	7362	38540	80980	423941
	2001	38801	203473	7410	16166	2827	14166	0	4904	23381	53941	257186
	Total	312529	1638911	26656	61069	33918	169998	21625	39473	189160	434201	2080763

Table 10.3.4 AMOUNT OF TRANSFER PORTION

(Unit: 1,000 K.Shs.)

Phasing \ Alternative		Bridge Clearance 73.2M	55M	45M	Tunnel
Single Construction	P.C	667,749	403,847	333,657	921,383
	Steel	-	-	-	
Staged Construction	P.C	667,749	488,770	416,391	1,130,976
	Steel	675,009	553,303	484,430	

10.4 維持管理費

第8章で見積った維持管理費も経済コストに変換し、表10.4.1に示す。

Table 10.4.1 MAINTENANCE COSTS

(Unit: 1,000 Shs. 1983 Price)

Alternative \ Value \ Phase			Phase-I Financial	Phase-I Economic	Phase-II Financial	Phase-II Economic
Bridge Clearance	73.2M	P.C	3,452	3,176	8,272	7,610
		Steel	4,782	4,399	9,602	8,834
	55M	P.C	3,205	2,949	6,797	6,253
		Steel	4,275	3,933	8,937	8,222
	45M	P.C	3,085	2,838	6,186	5,691
		Steel	4,154	3,822	8,326	7,660
Tunnel			10,500	9,660	16,000	14,720

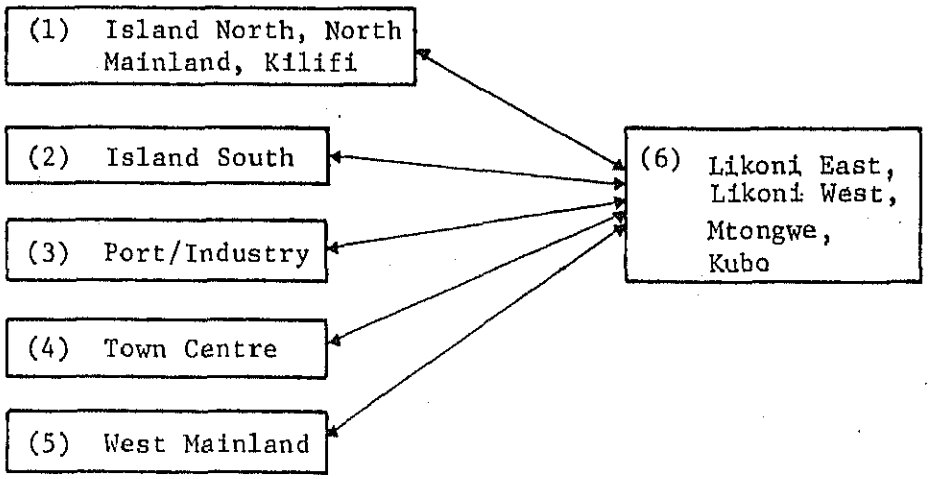
Note: The conversion factor of 0.92 (SCF) to be used.

10.5 利用者便益

10.5.1 利用者便益算定のための諸前提

1) ゾーニング

第5章交通需要推計では、29ゾーンを設定したが、便益計算には海峡を横切るゾーンペアだけを対象にすれば、十分であることから、次の6ゾーンと5ゾーンペアに収約し、分析した。



2) 大型車交通量の修正

１９８３年４月の交通量調査によれば、中型トラック（自重1.5トン以上）以上の中に占める大型トラック（三軸以上）の割合は、ほとんどゼロに近い。しかしながら、橋あるいは、トンネルができれば、大型トラックの割合は、増加する。

タンザニア国境は、本調査の実施中に再開されたが、閉鎖直前の１９７６年に、２５トントラックが１日平均６０台観測されていた。

建設資材の輸送会社、ケナトコ（KENATOKO）等にインタビーした結果、橋梁ができれば、大型トラックへ買換える意向を表明した。

しかし、大型トラックの割合が結果としてどの位になるかは、予測困難である。結局マクッパコーズウエイの比率を参考として、中型以上の４５％が大型になるものと仮定した。

利用者便益算定のための交通需要は、第５章の交通量を基礎に大型車を修正し、表１０.５.１に示した。

3) リンクネットワーク

利用者便益算定のために用いたリンクネットワークとリンク条件を資料編Ｊに示した。

4) ルートリサーチ

ルートリサーチは、最短距離原則に基づいて行った。表１０.５.２にゾーンペアごとに、現行フェリー経由の場合の距離と、新ルート経由の場合の距離を比較した。

Table 10.5.1 ESTIMATED TRAFFIC (AADT)

Traffic	Zonal Pair \ Vehicle \ Year	1993 Car & Light	1993 Small Bus	1993 Big Bus	1993 Medium Truck	1993 Big Truck	1993 Total	2002 Car & Light	2002 Small Bus	2002 Big Bus	2002 Medium Truck	2002 Big Truck	2002 Total	2010 Car & Light	2010 Small Bus	2010 Big Bus	2010 Medium Truck	2010 Big Truck	2010 Total
Normal Traffic	1 - 6	680	154	278	74	43	1230	937	214	378	103	60	1692	1196	275	488	130	76	2165
	2 - 6	100	23	40	10	6	178	136	30	56	14	9	246	186	40	75	20	12	333
	3 - 6	838	194	340	91	54	1517	1180	270	480	129	76	2135	1591	364	649	175	102	2881
	4 - 6	1171	268	476	127	75	2116	1642	373	668	179	104	2966	2201	500	894	241	141	3977
	5 - 6	458	106	185	49	29	826	640	147	259	69	40	1155	854	193	348	92	54	1541
	Total	3246	744	1318	352	206	5867	4535	1034	1842	494	289	8194	6028	1372	2454	658	385	10897
Induced Traffic	1 - 6	222	38	83	34	5	381	344	48	131	45	13	582	510	66	190	63	22	852
	2 - 6	17	3	7	4	1	32	37	6	14	6	2	64	58	8	21	7	3	98
	3 - 6	208	30	80	27	9	355	357	47	132	44	17	597	560	69	207	65	28	929
	4 - 6	239	35	90	32	9	405	424	55	155	51	21	706	670	82	247	75	34	1108
	5 - 6	105	13	39	14	4	175	179	22	66	22	8	297	281	35	103	33	14	465
	Total	791	119	300	111	28	1348	1340	178	499	168	62	2246	2079	260	768	244	101	3452
Developed Traffic	1 - 6	0	0	0	0	0	0	397	55	151	51	16	669	869	113	324	108	39	1454
	2 - 6	0	0	0	0	0	0	43	6	16	6	2	73	99	13	37	12	4	165
	3 - 6	0	0	0	0	0	0	417	55	154	51	19	696	954	119	352	110	48	1583
	4 - 6	0	0	0	0	0	0	495	64	182	58	25	824	1140	140	420	128	58	1886
	5 - 6	0	0	0	0	0	0	209	26	78	26	9	347	476	60	176	55	23	792
	Total	0	0	0	0	0	0	1560	206	580	192	70	2609	3538	446	1310	413	172	5879
Total	1 - 6	902	192	360	108	48	1611	1677	318	660	199	89	2943	2575	455	1002	301	137	4470
	2 - 6	117	26	47	14	7	210	217	42	86	26	13	383	343	61	133	39	19	596
	3 - 6	1046	223	420	119	63	1872	1953	372	766	225	112	3428	3105	553	1208	350	177	5393
	4 - 6	1409	303	566	159	84	2521	2560	491	1006	288	150	4496	4012	721	1561	444	233	6971
	5 - 6	562	118	224	63	33	1001	1028	194	403	117	57	1799	1611	288	627	180	92	2798
	Total	4037	862	1618	463	234	7215	7436	1417	2921	854	421	13049	11645	2078	4532	1315	658	20228

Table 10.5.2 SAVINGS IN DISTANCE

(Unit: Kilometers)

Zonal Pair			①-⑥	②-⑥	③-⑥	④-⑥	⑤-⑥
Distance via Existing Ferry			7.6	5.1	7.0	5.0	8.3
Distance via Proposed Crossing	H = 73.2M	Phase I	10.2	7.7	9.6	7.6	10.9
		Phase II	8.8	7.7	8.2	7.6	9.5
	H = 55M	Phase I	9.0	8.0	8.9	6.4	9.9
		Phase II	9.0	8.0	8.6	6.4	9.9
	H = 45M	Phase I	9.0	8.0	8.9	6.4	9.9
		Phase II	9.0	8.0	8.5	6.4	9.8
	Tunnel		7.4	8.5	6.7	6.9	8.0
Saving in Distance	H = 73.2M	Phase I	-2.6	-2.6	-2.6	-2.6	-2.6
		Phase II	-1.2	-2.6	-1.2	-2.6	-1.2
	H = 55M	Phase I	-1.4	-2.9	-1.9	-1.4	-1.6
		Phase II	-1.4	-2.9	-1.6	-1.4	-1.6
	H = 45M	Phase I	-1.4	-2.9	-1.9	-1.4	-1.6
		Phase II	-1.4	-2.9	-1.5	-1.4	-1.5
	Tunnel		0.2	-3.4	0.3	-1.9	0.3

10.5.2 車両走行費

車両走行費は、項目ごとに資料編Jで見積った。見積の結果を表10.5.3に示した。

中型及び大型トラックの走行費4.7 km/shs及び12.6 shs/kmの中には、各々0.442 シリング/km及び2.070 シリング/kmの金利が含まれておらない。従ってこれらは、それぞれの時間比の中に含めた。

車両走行費とその節約額を表10.5.4に示す。同表は、走行距離と表10.5.2に示す走行費から求めた。走行費の節約が全てマイナスとなっているが、これは表10.5.2に示す距離がプロジェクト道路の場合、現行フェリーの場合より遠くなるためである。

Table 10.5.3 VEHICLE OPERATING COST (1983 price, Economic Value)

(Unit: Shs/vehicle/km)

	Vehicle	Car	Light Truck	Small Bus	Big Bus	Medium Truck	Big Truck
Variable Cost	Fuel	0.686	0.979	0.979	1.603	1.640	3.055
	Oil	0.024	0.037	0.037	0.078	0.067	0.084
	Repair	0.191	0.381	0.381	0.852	0.577	1.050
	Sub Total	1.149*		1.397	2.533	2.284	4.189
Fixed Cost	Depreciation	0.411	0.958	0.958	4.559	0.695	3.489
	Interest	0.258	0.271	0.271	0.966	(0.442)	(2.070)
	Crew	-	-	0.594	0.701	0.818	1.164
	General Ad.	-	-	-	0.758	0.584	1.168
	Insurance	0.215	0.225	0.225	0.802	0.368	2.588
	Sub Total	1.169*		2.048	7.786	2.907	10.479
Grand Total		2.318*		3.445	10.319	4.749	12.598

Note: * indicates the average value of car and light truck.

Table 10.5.4 VEHICLE OPERATING COST AND THEIR SAVINGS

(Unit: Shs/vehicle, Economic cost, 1983 price)

		Zonal Pair	Phase-I Car & Light	Phase-I Small Bus	Phase-I Big Bus	Phase-I Medium Truck	Phase-I Big Truck	Phase-II Car & Light	Phase-II Small Bus	Phase-II Big Bus	Phase-II Medium Truck	Phase-II Big Truck
Without Project		①∿③	18.2	25.8	78.3	35.7	95.8	Same as Phase I				
		②∿⑥	12.2	17.3	52.5	24.0	64.3					
		③∿⑥	16.8	23.8	72.1	32.9	88.2					
		④∿⑥	12.0	17.0	51.5	23.5	63.0					
		⑤∿⑥	19.9	28.2	85.5	39.0	104.6					
With Project	H = 73.2M	①∿⑥	24.5	34.7	105.1	47.9	128.5	21.1	29.9	90.6	41.4	110.9
		②∿⑥	18.5	26.2	79.3	36.2	97.0	18.5	26.2	79.3	36.2	97.0
		③∿⑥	23.0	32.6	98.9	45.1	121.0	19.7	27.9	84.5	38.5	103.3
		④∿⑥	18.2	25.8	78.3	35.7	95.8	18.2	25.8	78.3	35.7	95.8
		⑤∿⑥	26.2	37.1	112.3	51.2	137.3	22.8	32.3	97.8	44.7	119.7
	H = 55M	①∿⑥	21.6	30.6	92.7	42.3	113.4	21.6	30.6	92.7	42.3	113.4
		②∿⑥	19.2	27.2	82.4	37.6	100.8	19.2	27.2	82.4	37.6	100.8
		③∿⑥	21.4	30.3	91.7	41.8	112.1	20.6	29.2	88.6	40.4	108.4
		④∿⑥	15.4	21.8	65.9	30.1	80.6	15.4	21.8	65.9	30.1	80.6
		⑤∿⑥	23.8	33.7	102.0	46.5	124.7	23.8	33.7	102.0	46.5	124.7
	H = 45M	①∿⑥	Same as H = 55M					21.6	30.6	92.7	42.3	113.4
		②∿⑥						19.2	27.2	82.4	37.6	100.8
		③∿⑥						20.4	28.9	87.5	40.6	107.1
		④∿⑥						15.4	21.8	65.9	30.1	80.6
		⑤∿⑥						23.5	33.3	100.9	46.1	123.6
	Tunnel	①∿⑥						17.8	25.2	76.2	34.8	93.2
		②∿⑥						20.4	28.9	87.6	39.9	107.1
		③∿⑥						16.1	22.8	69.0	31.5	84.4
		④∿⑥						16.6	23.5	71.1	32.4	86.9
		⑤∿⑥						19.2	27.2	82.4	37.6	100.8
Saving in * V.O.C (H = 55M)		①∿⑥	-3.4	-4.8	-14.4	-6.6	-17.6	-3.4	-4.8	-14.4	-6.6	-17.6
		②∿⑥	-7.0	-9.9	-29.9	-13.6	-36.5	-7.0	-9.9	-29.9	-13.6	-36.5
		③∿⑥	-4.6	-6.5	-19.6	-8.9	-23.9	-3.8	-5.4	-16.5	-7.5	-20.2
		④∿⑥	-3.4	-4.8	-14.4	-6.6	-17.6	-3.4	-4.8	-14.4	-6.6	-17.6
		⑤∿⑥	-3.8	-5.4	-16.5	-7.5	-20.2	-3.8	-5.4	-16.5	-7.5	-20.2

Note: * The other case of 73.2, 45 m and tunnel were also calculated.

10.5.3 時間費の節約

1) 時間と時間節約

ゾーンペアごとの所要時間とその節約時間を代替案別に計算し、表10.5.5に示した。表中プロジェクト無しの所要時間とは、現行フェリーを利用した場合の所要時間である。現行フェリーの所要時間は、待時間、横断時間及び上下船時間の合計であり、これらを表10.5.6に示した。

Table 10.5.5 TIME AND TIME SAVINGS

(Unit: Minutes/Vehicle)

		Zonal Pair	Phase-I Car & Light	Phase-I Small Bus	Phase-I Big Bus	Phase-I Medium Truck	Phase-I Big Truck	Phase-II Car & Light	Phase-II Small Bus	Phase-II Big Bus	Phase-II Medium Truck	Phase-II Big Truck
Trip Time Without Project		①∿⑥	33.10			55.60	57.93	Same as Phase I				
		②∿⑥	28.10			50.60	51.93					
		③∿⑥	31.90			54.40	56.49					
		④∿⑥	27.90			50.40	51.69					
		⑤∿⑥	34.50			57.00	59.61					
Trip Time With Project	H = 73.2M	①∿⑥	14.70				18.40	11.60				14.72
		②∿⑥	9.70				12.40	9.70				12.40
		③∿⑥	13.50				16.96	10.40				13.28
		④∿⑥	9.50				12.16	9.20				11.84
		⑤∿⑥	16.10				20.08	13.00				16.40
	H = 55M	①∿⑥	12.68				16.06	12.68				16.06
		②∿⑥	10.68				13.66	10.68				13.66
		③∿⑥	12.48				15.82	11.80				14.88
		④∿⑥	7.48				9.82	7.48				9.82
		⑤∿⑥	14.48				18.22	14.48				18.22
	H = 45M	①∿⑥	12.77				16.06	12.77				16.06
		②∿⑥	10.77				13.66	10.77				13.66
		③∿⑥	12.57				15.82	11.70				14.75
		④∿⑥	7.57				9.82	7.57				9.82
		⑤∿⑥	14.57				18.22	14.30				17.87
	Tunnel	①∿⑥						9.70				12.32
		②∿⑥						11.90				14.96
		③∿⑥						8.30				10.64
		④∿⑥						8.70				11.12
		⑤∿⑥						10.90				13.76
Saving in Trip Time (H = 55M)		①∿⑥	20.42			42.92	41.88	20.42			42.92	41.88
		②∿⑥	17.42			39.92	38.28	17.42			39.92	38.28
		③∿⑥	19.42			41.92	40.68	20.10			42.60	41.61
		④∿⑥	20.42			42.92	41.88	20.42			42.92	41.88
		⑤∿⑥	42.52			42.52	41.40	20.02			42.52	41.40

Table 10.5.6 ESTIMATED TOTAL CROSSING TIME

Vehicle Type	Crossing Time
Car and light vehicle	20 minutes/unit
Small bus	20
Big bus	20
Medium truck	40
Big truck	40

現行フェリーの所要横断時間は、コンピューターシミュレーションで求めた。シミュレーションモデルの外生変数としては、表１０.５.７に示す時間帯別交通量、表3.2.2のフェリーの標準運行スケジュール及び表3.2.5の実例データを用いた。表１０.５.８にこれらの結果を示した。

2)　時間費の節約

時間評価値は、資料編Ｊで計算し、表１０.５.９に示す。時間費の節約は、表１０.５.５（所要時間と節約時間）と表１０.５.９（時間評価値）を乗じて求め、表１０.５.１０に示した。

Table 10.5.9 TIME VALUE

(Unit: Shs/hour; Economic Value, 1983 Price)

Year \ Type of Veh.	Car & Light	Small Bus	Big Bus	Medium Truck	Big Truck
1983 Before Adjustment	83	71	166	40	150
After Adjustment	53	42	106	40	150
1990	63.0	49.9	126.0	40	150
2000	80.6	63.9	161.3	40	150
2010	103.3	81.8	206.5	40	150

Note: The annual growth rate of time value is assumed 2.5% except trucks. The 2.5% rate is referred to the rate of the national income per capita in the period 1970.

１０.５.４　利用者便益

利用者便益の総額は、交通需要（表１０.５.１）に利用者費用の節約額（表１０.５.１１.）を乗じて求めた。その結果を、クリアランス５５ｍ案に対して表１０.５.１２に示した。

誘致交通の便益は、図１０.５.１に示すように、通常交通の便益の５０％と見なすのが一般的である。

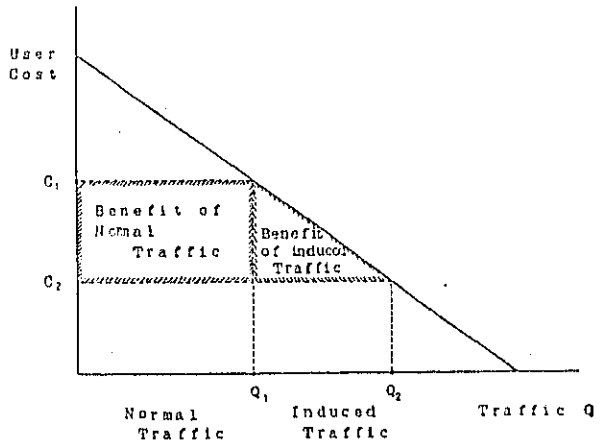


Fig. 10.5.1 CONCEPTION OF BENEFITS FROM NORMAL AND INDUCED TRAFFIC

Table 10.5.7 TRAFFIC VOLUME THROUGH LIKONI FERRY BY TIME BAND AND VEHICLE TYPE

From Mbaraki to Likoni					Time Band	From Likoni to Mbaraki				
Car, Light, Matatu	Truck	Bus	Heavy Truck	Total		Car, Light, Matatu	Truck	Bus	Heavy Truck	Total
7	0	0	0	7	0-1	18	0	0	0	18
6	0	0	0	6	1-2	7	0	0	0	7
8	0	0	0	8	2-3	2	0	0	0	2
5	0	0	0	5	3-4	3	0	0	0	3
8	0	1	0	9	4-5	10	0	1	0	11
7	0	7	0	14	5-6	16	2	2	0	20
15	7	2	0	24	6-7	32	6	0	0	38
26	19	0	0	45	7-8	78	16	2	0	96
72	28	5	0	105	8-9	83	13	2	0	98
54	18	0	0	72	9-10	126	20	0	0	146
39	10	0	0	49	10-11	117	16	2	0	135
105	28	1	0	134	11-12	89	18	2	0	109
113	14	4	0	131	12-13	48	17	0	0	65
42	20	10	0	72	13-14	62	24	0	0	86
48	15	0	0	63	14-15	25	4	0	0	29
57	16	0	0	73	15-16	68	21	1	0	90
95	14	1	2	112	16-17	75	13	0	0	88
101	9	2	0	112	17-18	51	18	1	0	70
57	2	0	0	59	18-19	51	6	1	1	59
39	0	0	0	39	19-20	45	0	5	0	50
42	2	2	0	46	20-21	38	0	6	0	44
28	0	0	0	28	21-22	21	0	1	0	22
21	0	0	0	21	22-23	19	0	0	0	19
21	0	0	0	21	23-24	12	0	0	0	12
1016	202	35	2	1255	Total	1096	194	26	1	1317

Table 10.5.8 SIMULATED QUEUING VEHICLES FROM LIKONI AND MBARAKI

No. of Ferry Trip	Vehicles Actually Carried by the Ferry	Vehicles Waiting for the Ferry	Vehicles Left Over	Vehicles Incoming after the preceding Ferry has started	No. of Ferry Trip	Vehicles Actually Carried by the Ferry	Vehicles Waiting for the Ferry	Vehicles Left Over	Vehicles Incoming after the preceding Ferry has started	No. of Ferry Trip	Vehicles Actually Carried by the Ferry	Vehicles Waiting for the Ferry	Vehicles Left Over	Vehicles Incoming after the preceding Ferry has started
1	9	9	0	9	31	31	61	30	29	61	25	33	7	19
2	13	13	0	13	32	21	59	38	29	62	18	26	8	19
3	5	5	0	5	33	31	67	36	29	63	26	27	1	19
4	3	3	0	3	34	20	64	44	28	64	19	19	0	18
5	4	4	0	4	35	29	71	42	27	65	13	13	0	13
6	6	6	0	6	36	20	71	51	29	66	13	13	0	13
7	8	8	0	8	37	29	80	51	29	67	13	13	0	13
8	10	10	0	10	38	26	80	54	29	68	13	13	0	13
9	6	6	0	6	39	18	68	50	14	69	11	11	0	11
10	8	8	0	8	40	26	64	38	14	70	11	11	0	11
11	8	8	0	8	41	18	52	34	14	71	11	11	0	11
12	8	8	0	8	42	26	48	22	14	72	11	11	0	11
13	8	8	0	8	43	26	37	11	15	73	11	11	0	11
14	10	10	0	10	44	18	30	12	19	74	23	23	0	23
15	20	21	1	20	45	26	31	5	19	75	23	23	0	23
16	22	21	0	22	46	18	24	6	19	76	8	8	0	8
17	20	21	1	20	47	25	25	0	19	77	8	8	0	8
18	22	21	0	22	48	17	17	0	17	78	7	7	0	7
19	21	21	0	21	49	7	7	0	7	79	10	10	0	10
20	21	21	0	21	50	8	8	0	8	80	9	9	0	9
21	21	21	0	21	51	8	8	0	8	81	7	7	0	7
22	21	21	0	21	52	10	10	0	10	82	6	6	0	6
23	21	21	0	21	53	19	20	1	20					
24	23	23	0	23	54	21	21	0	20					
25	21	32	11	32	55	19	20	1	20					
26	31	43	12	32	56	21	21	0	20					
27	21	44	23	32	57	30	33	3	33					
28	31	55	24	32	58	30	34	4	31					
29	31	55	24	31	59	30	35	5	31					
30	21	53	32	29	60	18	32	14	27					

Table 10.5.10 TIME COST AND ITS SAVINGS FOR 55M CLEARANCE

(Unit ; shs/vehicle, economic cost, 1983 price)

Year	Zonal Pair	1992					2002					2010				
Vehicle Type		Car and Light	Small Bus	Big Bus	Medium Truck	Big Truck	Car and Light	Small Bus	Big Bus	Medium Truck	Big Truck	Car and Light	Small Bus	Big Bus	Medium Truck	Big Truck
Time Cost without Project	1 - 6	37	29	73	37	145	47	37	93	37	145	57	45	114	37	145
	2 - 6	31	25	62	34	130	40	31	79	34	130	48	38	97	34	130
	3 - 6	35	28	70	36	141	45	36	90	36	141	55	43	110	36	141
	4 - 6	31	24	62	34	129	39	31	79	34	129	48	38	96	34	129
	5 - 6	38	30	76	38	149	49	39	97	38	149	59	47	119	38	149
Time Cost with Project	1 - 6	14	11	28	8	40	18	14	36	8	40	22	17	44	8	40
	2 - 6	12	9	24	7	34	15	12	30	7	34	18	15	37	7	34
	3 - 6	14	11	28	8	40	17	13	33	8	37	20	16	41	8	37
	4 - 6	8	7	17	5	25	11	8	21	5	25	13	10	26	5	25
	5 - 6	16	13	32	10	46	20	16	41	10	46	25	20	50	10	46
Saving in Time Cost	1 - 6	23	18	45	29	105	29	23	58	29	105	35	28	70	29	105
	2 - 6	19	15	38	27	96	25	19	49	27	96	30	24	60	27	96
	3 - 6	21	17	43	28	102	28	22	57	28	104	35	27	69	28	104
	4 - 6	23	18	45	29	105	29	23	58	29	105	35	28	70	29	105
	5 - 6	22	18	44	28	103	28	22	57	28	103	34	27	69	28	103

Table 10.5.11 USERS' COST AND BENEFIT FOR 55M CLEARANCE

(Unit : Shs/Vehicle, economic cost, 1983 price)

	Year	1992					2002					2010				
	Vehicle Type / Zonal Pair	Car and Light	Small Bus	Big Bus	Medium Truck	Big Truck	Car and Light	Small Bus	Big Bus	Medium Truck	Big Truck	Car and Light	Small Bus	Big Bus	Medium Truck	Big Truck
User Cost without Project	1 - 6	55	55	151	73	241	65	63	172	73	241	75	71	192	73	241
	2 - 6	43	42	115	58	194	52	49	132	58	194	61	56	149	58	194
	3 - 6	52	52	142	69	229	62	59	162	69	229	72	67	182	69	229
	4 - 6	43	41	113	57	192	51	48	130	57	192	60	55	148	57	192
	5 - 6	58	58	162	77	254	69	67	183	77	254	79	75	204	77	254
User Cost with Project	1 - 6	36	42	121	51	154	40	45	129	51	154	43	48	136	51	154
	2 - 6	31	37	106	45	135	34	39	113	45	135	38	42	119	45	135
	3 - 6	35	41	119	50	152	37	42	122	48	146	41	45	129	48	146
	4 - 6	24	28	82	35	105	26	30	87	35	105	28	32	92	35	105
	5 - 6	40	46	134	56	170	44	50	143	56	170	49	53	152	56	170
User Benefit (Savings in User Cost)	1 - 6	19	13	31	22	87	25	18	43	22	87	32	23	56	22	87
	2 - 6	12	5	9	13	59	18	10	19	13	59	23	14	30	13	59
	3 - 6	17	11	23	19	78	25	17	40	21	84	31	22	53	21	84
	4 - 6	19	13	31	22	87	25	18	43	22	87	32	23	56	22	87
	5 - 6	18	12	28	21	83	24	17	40	21	83	31	22	52	21	83

Table 10.5.12 TOTAL AMOUNT OF USERS' BENEFIT : H = 55 Meters (Stage Construction)

(Unit : 1,000 Ksh, economic value, 1983 prices)

Year	Zonal Pair	1992						2002						2010					
Vehicle Type		Car & Light	Small Bus	Big Bus	Medium Truck	Big Truck	Total	Car & Light	Small Bus	Big Bus	Medium Truck	Big Truck	Total	Car & Light	Small Bus	Big Bus	Medium Truck	Big Truck	Total
Normal Traffic	1 - 6	4567	706	2986	573	1322	10153	8711	1414	5974	827	1806	18833	13871	2317	9948	1046	2415	29596
	2 - 6	430	44	119	46	121	760	878	107	394	68	190	1637	1562	203	823	95	259	2942
	3 - 6	4950	714	2770	508	1459	10501	10569	1678	7061	986	2314	22609	17853	2918	12481	1334	3123	37708
	4 - 6	7861	1228	5099	983	2281	17452	15267	2462	10552	1436	3311	33029	25527	4213	18224	1938	4480	54382
	5 - 6	2924	446	1797	357	833	6358	5711	908	3790	523	1229	12161	9540	1540	6658	699	1643	20080
	Total	20731	3139	12771	2567	6016	45224	41137	6569	27772	3841	8951	88269	68354	11190	48134	5112	11919	144709
Developed Traffic	1 - 6	0	0	0	0	0	0	3698	365	2377	410	506	7345	10079	954	6612	870	1232	19746
	2 - 6	0	0	0	0	0	0	280	21	115	27	35	478	831	67	403	59	88	1448
	3 - 6	0	0	0	0	0	0	3734	342	2259	392	593	7319	10702	957	6767	840	1468	20733
	4 - 6	0	0	0	0	0	0	4602	422	2873	468	784	9149	13226	1177	8567	1025	1847	25843
	5 - 6	0	0	0	0	0	0	1861	160	1137	195	267	3620	5321	480	3376	419	714	10310
	Total	0	0	0	0	0	0	14164	1310	8760	1492	2185	27912	40159	3635	25725	3211	5348	78079
Induced Traffic	1 - 6	736	89	436	131	62	1454	1597	160	1034	182	214	3187	2957	279	1934	254	357	5781
	2 - 6	34	3	10	8	4	60	119	10	50	13	24	216	244	21	118	17	33	432
	3 - 6	598	54	322	89	122	1184	1598	147	970	168	259	3143	3142	278	1991	249	422	6081
	4 - 6	773	79	472	121	123	1569	1970	181	1227	205	340	3923	3886	344	2516	304	535	7584
	5 - 6	325	26	186	52	56	645	800	67	485	84	118	1553	1567	138	985	124	217	3032
	Total	2467	251	1425	402	367	4911	6084	564	3766	652	956	12022	11796	1060	7544	948	1563	22911
Total	1 - 6	5303	795	3421	704	1383	11607	13996	1939	9385	1419	2626	29365	26907	3550	18494	2169	4003	55124
	2 - 6	464	46	130	55	125	820	1277	138	559	108	249	2331	2638	291	1344	170	380	4822
	3 - 6	5548	768	3091	697	1580	11685	15901	2167	10291	1546	3167	33072	31697	4153	21239	2422	5012	64522
	4 - 6	8634	1308	5571	1104	2405	19021	21839	3064	14652	2109	4436	46100	42639	5734	29307	3267	6862	87809
	5 - 6	3249	472	1983	409	889	7003	8371	1135	5412	802	1614	17334	16429	2158	11019	1242	2573	33421
	Total	23198	3390	14196	2969	6383	50135	61385	8443	40298	5984	12091	128202	120309	15886	81402	9270	18831	245698

10.6 フェリーの廃止に伴う節約便益

橋が実現すれば、現況フェリーは不要となる。従って、フェリーの運営費、将来必要となるであろう追加フェリーの購入費並びに追加バースの建設費は、節約できるため、当プロジェクトの便益と考えられる。

10.6.1 フェリーの増強計画（橋梁が建設されない場合）

現行フェリーは、第5章で推定された交通需要に応じて、その施設を増強する必要がある。

フェリーの増強は、現行フェリーのサービス水準を将来共一定として計画した。仮に10年ごとに新規フェリー（サフィーナクラス）を1隻購入し、1バース追加建設すると、表10.6.1に示すようにサービス水準を一定に保てることがわかる。

Table 10.6.1 FERRY SERVICE LEVEL

Year	Name of Ferry	No. of Ferry	No. of Trips per Day (2 way)	Capacity per day (PCU)	ADT in PCU	ADT/ Capacity
1983	Sofina	1	75	3450	-	-
	Movita	1	72	2304	-	-
	St. Michael	1	17	374	-	-
	Total	3	164	6128	3804	0.62
1990	Sofina	2	150	6900	-	-
	Movita	1	72	2304	-	-
	St. Michael	1	17	374	-	-
	Total	4		9578	4939	0.52
2000	Sofina	3	225	10350	-	-
	Movita	1	72	2304	-	-
	St. Michael	1	17	374	-	-
	Total	5		13028	7171	0.55
2010	Sofina	4	300	13800	-	-
	Movita	1	72	2304	-	-
	St. Michael	1	17	374	-	-
	Total	6		16478	10410	0.63

10.6.2 フェリーの費用

フェリーバースの建設コストは第8章で見積った。追加フェリーの購入コストは、ケニアバスサービス会社より入手した。これら2つのコストは、標準変換係数を用いて経済コストに変換した。

フェリーの運営費は、次式で算定し、表10.6.2に示した。

Table 10.6.2 FERRY COST SAVED BY THE PROJECT

Year	ADT (PCU, without Project)	Cost of Ferry (economic cost, 1,000 shs)			
		Operational Cost	Construction Cost of New Ferry	Construction Cost of Additional Berths	Total
1990	4,939	9,481	13,500	6,992	29,973
1991	5,120	9,795	0	0	9,795
1992	5,321	10,142	0	0	10,142
1993	5,523	10,490	0	0	10,490
1994	5,733	10,855	0	0	10,855
1995	5,951	11,232	0	0	11,232
1996	6,177	11,623	0	0	11,623
1997	6,412	12,030	0	0	12,030
1998	6,656	12,452	0	0	12,452
1999	6,909	12,890	0	0	12,890
2000	7,171	13,343	13,500	6,992	33,835
2001	7,444	13,815	0	0	13,815
2002	7,727	14,305	0	0	14,305
2003	8,020	14,812	0	0	14,812
2004	8,325	15,339	0	0	15,339
2005	8,641	15,886	0	0	15,886
2006	8,970	16,455	0	0	16,455
2007	9,311	17,045	0	0	17,045
2008	9,664	17,656	0	0	17,656
2009	10,032	18,292	0	0	18,292
2010	10,410	18,951	13,500	6,992	39,443
2011	10,810	19,643	0	0	19,643
2012	11,210	20,335	0	0	20,335
2013	11,610	21,027	0	0	21,027
2014	12,010	21,719	0	0	21,719
2015	12,410	22,411	0	0	22,411
2016	12,810	23,103	0	0	23,103

$TOCt = K_1 + K_2 \cdot ADTt$

上式において

$TOCt$ ＝ t 年の運営費

$ADTt$ ＝ t 年の交通量

$K_1 \cdot K_2$＝回帰係数（K_1＝９３７，K_2＝1.7 3，　決定係数 R^2＝0.8 7）

10.7 地域開発による便益

プロジェクトが実現した場合、一般に次のようなプロセスを通じて地域開発が進展する。

プロジェクトの実現→輸送費の低減→生産費の低減→需要の増大→生産の増大

→付加価値の増大

この過程を通じて、一方では開発交通量が発生し、他方においては、付加価値の増加があらわれる。このような付加価値の増加は、プロジェクトの最大の目的と考えられるが、如何なる部分がプロジェクトによる部分であるかを見積ることは大変困難である。

本調査においては、資料編Ｊに示すモデルを用いて付加価値を推計している。しかしこのモデルは、いくつかの仮定に基づいており、信頼性に欠ける面があるため、感度分析の対象とした。

モデルによって推定した地域開発による付加価値の増加部分を表１０.７.１に示す。

Table 10.7.1 NET INCREASE IN ADDED VALUE DUE TO REGIONAL DEVELOPMENT

(Unit: 1,000 Shs, 1983 Price)

Alternatives \ year		2002	2010
Bridge	H = 73.2M	34443	71564
	H = 55M	34835	72312
	H = 45M	34850	72324
Tunnel		34695	71367

10.8 フロー効果

公共投資の効果は、通常ストック効果とフロー効果の２つがある。前者は、社会資本ストックとしての効果であり、その典型は、利用者便益である。

フロー効果は、建設投資の波及効果であり、これは建設期間中にのみ発生するものである。又、この効果は、国内調達分についてのみ発生するものである。この効果を表１０.８.１に算定した。

Table 10.8.1 BENEFIT OF FLOW EFFECT

(Unit: 1,000 Shs, 1983 Price)

Year	Bridge Clearance						Tunnel
	H = 73.2 M		H = 55 M		H = 45 M		
	P.C	Steel	P.C	Steel	P.C	Steel	
1985	6,503	6,603	4,899	5,534	4,216	4,885	16,265
86	6,503	6,603	4,899	5,534	4,216	4,885	37,303
87	13,663	13,763	12,716	13,352	12,033	12,703	33,969
88	35,003	56,097	50,564	64,182	44,000	55,080	59,477
89	72,920	77,426	43,242	62,072	33,127	56,826	59,477
90	68,018	68,761	27,653	36,988	25,027	32,331	59,477
91	39,888	33,158	21,755		20,980		79,425
92	14,545						79,425
97	18,174	18,174	13,353	13,353	4,171		58,634
98	44,052	44,313	49,771	65,342	48,416	4,171	58,952
99	76,788	77,113	53,810	72,072	39,011	60,201	58,952
2000	43,397	43,674	37,542	48,008	29,561	62,927	78,359
2001	15,050	15,421	24,288		25,467	40,410	78,041

10.9 残存価値

橋梁の耐用年数を６０年と仮定した。従って耐用年数の終りでその残存価値はゼロとなる。一方、プロジェクトライフ（経済評価期間）を３０年としたので、プロジェクトライフ最終年では、まだ耐用年数が尽きていないため、減価償却額を直線法で推定した。

10.10 プロジェクトの費用と便益の比較

10.10.1 経済内部収益率

現在、ケニアの市場利子率は、約１６％である。しかしこれには、インフレーションヘッヂが含まれているので、これを除けば、実質金利は、１０％前後と見ることができる。従って、プロジェクトの経済的内部収益率が１０％を越えれば、ケニアの国民経済的に一応ペイできるものと見做してよいと考えられる。

内部収益率の算定は、次の諸前提に基づいて行った。

－計測期間は、建設工事開始（１９８８年）から３０年間、全線供用開始から１６年間とした。

－計測期間の最後の年度における残存価値を便益として計上した。

－地域開発から生ずる便益は、考慮しない（感度分析の一部分としこれを含めたケースは、資料編Ｊに示した）。

以上の前提で算定した経済内部収益率を表１０.１０.２、１０.１０.３及び資料編Ｊに

示した。又、これらをまとめたものが表１０.１０.１である。

Table 10.10.1 ECONOMIC INTERNAL RATE OF RETURN

(Economic IRR)

Alternative / Staging	Bridge			Tunnel
	H = 45 M	H = 55 M	H=73.2M	
Non-stage Construction	0.1025	0.0887	0.0585	0.0536
Staged Construction	0.1190	0.1055	0.0690	0.0561

Note : IRR of bridge alternatives are estimeted for P.C main bridges.

表１０.１０.１から橋梁（クリアランス５５ｍ及び４５ｍ）が内部収益率１０％以上を示し、好ましい案である。

10.10.2 感度分析

感度分析は、プロジェクトの経済的妥当次を検証するために行うもので、一般に将来の不確実な要素である、プロジェクトの経済コスト、便益及び評価期間を変化させて行う。

本調査では、航路クリアランス５５ｍのプレストレストコンクリート主橋梁案を対象に、次のケースについて感度分析を行った。

－建設費が１０％増加した場合

－便益が１０％減少した場合

－計測期間を延長した場合（全線供用開始から１６年に代えて２５年とした場合）

感度分析の結果を表１０.１０.４に示した。この結果、経済内部収益率は、ケースＢを除いて、いずれも１０％前後と良好な値を示している。ケースＢは、最悪の条件が重なった場合で、非常にまれなケースと考えられる。

Table 10.10.2 CASH FLOW (Unit: 1,000 Ksh, economic value, 1983 price)

1. Navigation Clearance = 55 Meters (PC Bridge)
2. Stage Construction
3. Excluding item (3)
4. Discount Rate (1) = I R R = 0.1055
5. Residual Value (2) is considered as benefit in the last year only.

Year	Investment	Maintenance Cost	Total Cost	User Benefit	Saved Ferry Cost	Net Increase in Added Value due to Regional Development (3)	Flow Effect	Residual Value (2)	Total Benefit	Cash Flow	Discounted and Accumulated Cash Flow (1)
1985	27473	0	27473	0	0	0	4899	27473	4899	-22574	-22574
1986	27473	0	27473	0	0	0	4899	54488	4899	-22574	-42994
1987	36256	0	36256	0	0	0	12716	89829	12716	-23540	-62256
1988	279868	0	279868	0	0	0	50564	368176	50564	-229304	-231977
1989	254265	0	254265	0	0	0	43242	616257	43242	-211023	-373261
1990	162412	0	162412	0	0	0	27653	768246	27653	-134759	-454875
1991	110123	0	110123	0	0	0	21755	865240	21755	-88367	-503286
1992	0	2949	2949	50135	29973	0	0	850275	80108	77159	-465049
1993	0	2949	2949	57646	10490	0	0	835311	68136	65187	-435829
1994	0	2949	2949	65156	10855	0	0	820346	76011	73062	-406203
1995	0	2949	2949	72667	11232	0	0	805382	83899	80950	-376512
1996	0	2949	2949	80177	11623	0	0	790417	91800	88851	-347032
1997	15004	2949	17952	87688	12023	0	13353	790457	113064	95111	-318488
1998	268533	2949	271481	95198	12452	0	49771	1043775	157421	-114060	-349453
1999	316538	2949	319486	102709	12890	0	53810	1340622	169409	-150078	-386307
2000	220680	2949	223629	110219	33835	0	37542	1536337	181596	-42033	-395644
2001	118384	2949	121332	117730	13815	0	24288	1626077	155833	34500	-388712
2002	0	6253	6253	128202	14305	0	0	1595460	142507	136254	-363946
2003	0	6253	6253	142889	14812	0	0	1564843	157701	151448	-339046
2004	0	6253	6253	157576	15339	0	0	1534226	172915	166662	-314259
2005	0	6253	6253	172263	15886	0	0	1503610	188149	181896	-289788
2006	0	6253	6253	186950	16455	0	0	1472993	203405	197152	-265796
2007	0	6253	6253	201637	17045	0	0	1442376	218682	212429	-242412
2008	0	6253	6253	216324	17656	0	0	1411759	233980	227727	-219736
2009	0	6253	6253	231011	18292	0	0	1381143	249303	243050	-197844
2010	0	6253	6253	245698	39443	0	0	1350526	285141	278888	-175122
2011	0	6253	6253	260385	19643	0	0	1319909	280028	273775	-154944
2012	0	6253	6253	275072	20335	0	0	1289292	295407	289154	-135667
2013	0	6253	6253	289759	21027	0	0	1258675	310786	304533	-117302
2014	0	6253	6253	304446	21719	0	0	1228059	326165	319912	-99851
2015	0	6253	6253	319133	22411	0	0	1197442	341544	335291	-83306
2016	0	6253	6253	333820	23103	0	0	1166825	356923	350670	-67654
2017	0	6253	6253	348507	23103	0	0	1136208	371610	365357	-52902
2018	0	6253	6253	363194	23103	0	0	1105591	1491888	1485635	1357

B/C= 1.001568 IRR= .1055

Table 10.10.3 CASH FLOW (Unit: 1,000 Ksh, economic value, 1983 price)

1. Navigation Clearance = 55 Meters (PC Bridge)
2. Non-stage Construction
3. Excluding item (3)
4. Discount Rate (1) = I R R = 0.0887
5. Residual Value (2) is considered as benefit in the last year only.

Year	Investment	Maintenance Cost	Total Cost	User Benefit	Saved Ferry Cost	Net Increase in Added Value due to Regional Development (3)	Flow Effect	Residual Value (2)	Total Benefit	Cash Flow	Discounted and Accumulated Cash Flow (1)
1985	22579	0	22579	0	0	0	4068	22579	4068	-18511	-18511
1986	22579	0	22579	0	0	0	4068	44781	4068	-18511	-35514
1987	46366	0	46366	0	0	0	25239	90395	25239	-21127	-53339
1988	344357	0	344357	0	0	0	65670	433226	65670	-278687	-269308
1989	546658	0	546658	0	0	0	92919	972620	92919	-453740	-592287
1990	305274	0	305274	0	0	0	51952	1261518	51952	-253322	-757914
1991	129722	0	129722	0	0	0	22157	1369776	22157	-107564	-822512
1992	97809	0	97809	0	0	0	23826	1443959	23826	-73983	-863322
1993	0	6253	6253	55319	29973	0	0	1418703	85292	79039	-823275
1994	0	6253	6253	63417	10855	0	0	1393448	74272	68019	-791619
1995	0	6253	6253	71515	11232	0	0	1368192	82747	76494	-758919
1996	0	6253	6253	79613	11623	0	0	1342936	91236	84983	-725550
1997	0	6253	6253	87711	12023	0	0	1317681	99734	93481	-691835
1998	0	6253	6253	95810	12452	0	0	1292425	108262	102008	-658042
1999	0	6253	6253	103908	12890	0	0	1267169	116798	110544	-624405
2000	0	6253	6253	112006	33835	0	0	1241913	145841	139588	-585390
2001	0	6253	6253	120104	13815	0	0	1216658	133919	127666	-552615
2002	0	6253	6253	128202	14305	0	0	1191402	142507	136254	-520486
2003	0	6253	6253	142889	14812	0	0	1166146	157701	151448	-487683
2004	0	6253	6253	157576	15339	0	0	1140891	172915	166662	-454525
2005	0	6253	6253	172263	15886	0	0	1115635	188149	181896	-421285
2006	0	6253	6253	186950	16455	0	0	1090379	203405	197152	-388193
2007	0	6253	6253	201637	17045	0	0	1065123	218682	212429	-355442
2008	0	6253	6253	216324	17656	0	0	1039868	233980	227727	-323192
2009	0	6253	6253	231011	18292	0	0	1014612	249303	243050	-291577
2010	0	6253	6253	245698	39443	0	0	989356	285141	278888	-258255
2011	0	6253	6253	260385	19643	0	0	964101	280028	273775	-228210
2012	0	6253	6253	275072	20335	0	0	938845	295407	289154	-199062
2013	0	6253	6253	289759	21027	0	0	913589	310786	304533	-170865
2014	0	6253	6253	304446	21719	0	0	888333	326165	319912	-143657
2015	0	6253	6253	319133	22411	0	0	863078	341544	335291	-117465
2016	0	6253	6253	333820	23103	0	0	837822	356923	350670	-92303
2017	0	6253	6253	348507	23103	0	0	812566	371610	365357	-68223
2018	0	6253	6253	363194	23103	0	0	787311	1173608	1167355	2446

B/C= 1.002215 IRR= 8.870001E-02

Table 10.10.4 SENSITIVITY ANALYSIS (EIRR)

Case	Cost +10%	Benefit −10%	Evaluation Period +9 Years	EIRR
A	O	–	–	0.098
B	O	O	–	0.088
C	–	–	O	0.112
D	O	–	O	0.104

Note: "O" means the case conducted for sensitivity analysis.

以上の分析から、橋梁案（クリアランス５５ｍ案）が、現況港湾条件を考え合わせると最も好ましい結果を示していると云える。

10.11 財務分析

10.11.1 資金調達

プロジェクトコストの約８０％（外貨部分）は、国際金融機関から調達することになろう。仮に、年利4.0％、据置期間１０年、償還期間２０年、元利合計均等償還とした場合、表10.11.1に示すように年間償還額は、２０１３年頃最高となり、１33.4百万シリングとなる。

10.11.2 プロジェクトの維持管理費を対象とした有料橋会計

一般的な有料道路は、プロジェクトの建設費をも対象とした場合であるが、ケニアでは、維持管理費のみ対象とした有料橋が一般的である。

参考として、５５ｍクリアランス案（プレストレストコンクリート主橋梁）を対象に、有料橋会計の財務状態を以下の条件で検討してみることとする。

(1) 通行料金は、一般に車種別の便益と道路に与える損傷度を勘案して決定するが、ここでは、次のように仮定した。

乗用車と小型トラック	：	１シリング
小 型 バ ス	：	1
大 型 バ ス	：	3
中型トラック	：	2
大型トラック	：	3

(2) 費用、便益比算定のための割引率、累積剰余金（欠損金）及び減価償却引当金に対する金利を１０％とした。

(3) 評価期間は、１９９１年から３０年とした。

(4) 料金所建設費は、第８章で１９９１年に４２0,０００シリング、2001年に６００,０００シリングと見積った。

料金所の建設費は、年利１６％、１年据置の１０年償還とし、耐用年数を３０年とし、３０年後の残存価値をゼロとした。

(5) 料金所の維持、運営費は第８章で見積り、以下の通りである。

－プロジェクト道路に対し

２００１年まで	3,２０5,０００シリング/年
２００２年から	6,７９7,０００

Table 10.11.1 ANNUAL AMORTIZATION FOR FOREIGN CURRENCY LOAN

(Unit: 1,000 Shs. 1983 Price, Financial Value)

YEAR	LOAN RESIDUAL	TOTAL LOAN RE-DEMPTION	LOAN INTEREST	TOTAL AMORTIZA-TION
1985	27461	0	0	0
1986	54922	0	1098	1098
1987	82383	0	2197	2197
1988	361201	0	3295	3295
1989	618299	0	14448	14448
1990	782476	0	24732	24732
1991	889573	0	31299	31299
1992	889573	0	35583	35583
1993	889573	0	35583	35583
1994	889573	0	35583	35583
1995	888651	922	35583	36505
1996	886770	1881	35546	37427
1997	883891	2879	35471	38349
1998	1137297	12357	35356	47713
1999	1435908	21485	45492	66977
2000	1631173	27858	57436	85294
2001	1712471	32569	65247	97816
2002	1678600	33871	68499	102370
2003	1643373	35226	67144	102370
2004	1606738	36635	65735	102370
2005	1568637	38101	64270	102370
2006	1529012	39625	62745	102370
2007	1487802	41210	61160	102370
2008	1436019	51783	59512	111295
2009	1371415	64604	57441	122045
2010	1296735	74681	54857	129537
2011	1215243	81492	51869	133361
2012	1130491	84752	48610	133361
2013	1042350	88142	45220	133361
2014	950683	91667	41694	133361
2015	857369	93313	38027	131341
2016	762344	95025	34295	129320
2017	665539	96806	30494	127299
2018	585377	80162	26622	106783
2019	520927	64451	23415	87866
2020	465979	54948	20837	75785
2021	416713	49266	18639	67905
2022	365476	51236	16669	67905
2023	312191	53286	14619	67905
2024	256773	55417	12488	67905
2025	199139	57634	10271	67905
2026	139200	59939	7966	67905
2027	76863	62337	5568	67905
2028	31589	45275	3075	48350
2029	8056	23533	1264	24796
2030	0	8056	322	8379
2031	0	0	0	0
2032	0	0	0	0
2033	0	0	0	0
2034	0	0	0	0

ー料金所に対し

2001年まで　　266,000シリング/年

2002年から　　356,000

(6) 所得税は、考慮しない。

(7) 料金徴収しても交通量は減少しないものとした。

(8) 累積余剰金およびそれに対する金利は、全て有料橋会計内に留保され、外部に流出しないものとした。

以上の前提に基づいて計算した結果表10.11.2に示すように、損益比率は、1.49と高率を示した。表10.11.3損益計算書から次のことが判る。

ー純利益は、供用開始（1992年）当初から発生する。

ー累積剰用金に対する金利が2014年に通行料収入を上回る。

貸借対象表（Table 10.11.4）は、料金所建設のためのローンをスケジュール通りに返済するに当って、つなぎ資金の導入を考える必要がないことを示している。

10.11.3 プロジェクトの内貨分を対象とした有料道路会計

前節10.11.2で維持費と料金徴収費を通行料金収入でまかなう場合について財務分析を行った。ここでは、さらに同じ55mクリアランス案に対して、建設費の内貨分、維持費及び料金徴収費を通行料金でまかなう場合に対して財務分析を行う、分析の前提条件は、以下の通りである。

(1) 車種別料金は、以下のように現行フェリー料金より安く設定した。

乗用車と小型トラック	:	5シリング
小型バス	:	5
大型バス	:	40
中型トラック	:	20
大型トラック	:	40

(2) 建設費の内貨分及び料金所の建設費を調達するためのローン条件は、年利8%、5年据置、20年の元利合計均等償還とした。この条件であれば、国際金融市場で資金調達する場合困難はないと考えられる。又、つなぎ資金の支払金利、累積剰余金及び減価償却引当金に対する受取金利等もまた、8%を仮定した。

(3) その他の条件（料金所の建設費、維持費、料金徴収費、所得税、交通需要の料金弾性値及び累積剰余金の内部留保等）は、前節10.11.2と同じとした。

分析の結果、表10.11.5に示すように財務的内部収益率は、13.8%と高率を示した。表10.11.6損益計算書によれば純益は、供用開始初年度から発生し、累積欠損は、1996年に消滅する。又、2019年には、受取利息が料金収入を越える。

Table 10.11.2 CASH FLOW FOR TOLL BRIDGE (H = 55 M, P.C Bridge)

(Unit : 1,000 shs., 1983 price, financial value)

Year	Investment	Maintenance and Administration Cost	Total Cost	Toll Revenue	Residual Value	Total Revenue	Cash Flow	Accumulated Cash Flow in Present Value
1991	420	0	420	0	420	0	-420	-420
1992	0	3471	3471	3968	406	3968	497	32
1993	0	3471	3471	4323	392	4323	852	736
1994	0	3471	3471	4677	378	4677	1206	1643
1995	0	3471	3471	5032	364	5032	1561	2709
1996	0	3471	3471	5387	350	5387	1916	3898
1997	0	3471	3471	5741	336	5741	2270	5180
1998	0	3471	3471	6096	322	6096	2625	6527
1999	0	3471	3471	6450	308	6450	2979	7917
2000	0	3471	3471	6805	294	6805	3334	9331
2001	600	3471	4071	7160	880	7160	3089	10521
2002	0	7153	7153	7514	846	7514	361	10648
2003	0	7153	7153	8031	812	8031	878	10928
2004	0	7153	7153	8549	778	8549	1395	11332
2005	0	7153	7153	9066	744	9066	1912	11835
2006	0	7153	7153	9583	710	9583	2430	12417
2007	0	7153	7153	10100	676	10100	2947	13058
2008	0	7153	7153	10617	642	10617	3464	13744
2009	0	7153	7153	11135	608	11135	3981	14460
2010	0	7153	7153	11652	574	11652	4498	15195
2011	0	7153	7153	12169	540	12169	5016	15941
2012	0	7153	7153	12686	506	12686	5533	16689
2013	0	7153	7153	13204	472	13204	6050	17432
2014	0	7153	7153	13721	438	13721	6567	18165
2015	0	7153	7153	14238	404	14238	7085	18885
2016	0	7153	7153	14755	370	14755	7602	19586
2017	0	7153	7153	15272	336	15272	8119	20267
2018	0	7153	7153	15790	302	15790	8636	20926
2019	0	7153	7153	16307	268	16307	9153	21561
2020	0	7153	7153	16824	234	17058	9905	22185

B/C = 1.492467 Discount Rate = 0.1

Table 10.11.3 ESTIMATED PROFIT AND LOSS STATEMENT FOR TOLL BRIDGE (H = 55 M, P.C Bridge)

(Unit : 1,000 shs., 1983 price, financial value)

Year	Toll Revenue	Salvage Value	Interest on Depreciation Allowance	Interest on Accumulated Surplus	Total Revenue	Interest Payable	Maintenance and Administration Cost	Depreciation Cost	Income Tax	Total Cost	Net Profit	Surplus	Accumulated Surplus
1991	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1992	3968	0	0	0	3968	67	3471	14	0	3552	416	396	396
1993	4323	0	1	40	4364	64	3471	14	0	3549	815	792	1188
1994	4677	0	3	119	4799	60	3471	14	0	3545	1254	1227	2416
1995	5032	0	4	242	5278	56	3471	14	0	3541	1737	1706	4122
1996	5387	0	6	412	5804	51	3471	14	0	3536	2268	2233	6354
1997	5741	0	7	635	6384	46	3471	14	0	3531	2853	2812	9166
1998	6096	0	8	917	7021	39	3471	14	0	3524	3497	3449	12615
1999	6450	0	10	1261	7722	31	3471	14	0	3516	4206	4150	16765
2000	6805	0	11	1676	8493	22	3471	14	0	3507	4985	4921	21685
2001	7160	0	13	2169	9341	12	3471	14	0	3497	5844	5769	27454
2002	7514	0	14	2745	10274	96	7153	34	0	7283	2990	2962	30417
2003	8031	0	17	3042	11091	91	7153	34	0	7279	3812	3779	34196
2004	8549	0	21	3420	11989	86	7153	34	0	7274	4715	4677	38873
2005	9066	0	24	3887	12977	80	7153	34	0	7268	5710	5666	44539
2006	9583	0	28	4454	14065	73	7153	34	0	7261	6804	6753	51292
2007	10100	0	31	5129	15260	65	7153	34	0	7252	8008	7949	59241
2008	10617	0	34	5924	16576	56	7153	34	0	7243	9333	9264	68505
2009	11135	0	38	6851	18023	45	7153	34	0	7232	10791	10711	79217
2010	11652	0	41	7922	19615	32	7153	34	0	7219	12395	12303	91520
2011	12169	0	45	9152	21366	17	7153	34	0	7205	14161	14054	105574
2012	12686	0	48	10557	23292	0	7153	34	0	7187	16104	16104	121678
2013	13204	0	51	12168	25423	0	7153	34	0	7187	18235	18235	139914
2014	13721	0	55	13991	27767	0	7153	34	0	7187	20579	20579	160493
2015	14238	0	58	16049	30345	0	7153	34	0	7187	23158	23158	183651
2016	14755	0	62	18365	33182	0	7153	34	0	7187	25994	25994	209646
2017	15272	0	65	20965	36302	0	7153	34	0	7187	29114	29114	238760
2018	15790	0	68	23876	39734	0	7153	34	0	7187	32547	32547	271307
2019	16307	0	72	27131	43509	0	7153	34	0	7187	36322	36322	307628
2020	16824	0	75	30763	47662	0	7153	34	0	7187	40475	40475	348103

Table 10.11.4 ESTIMATED BALANCE SHEET FOR TOLL BRIDGE (H = 55 M, P.C Bridge)

(Unit : 1,000 shs., 1983 price, financial value)

Year	Fixed Asset	Current Asset	Deficit of This Year	Debit Side Total	Long Term Debt	Depreciation Allowance	Short Term Debt	Capital Surplus	Net Profit of This Year	Credit side Total
1991	420	0	0	420	420	0	0	0	0	420
1992	406	821	0	1227	400	14	0	396	416	1227
1993	392	2017	0	2409	377	28	0	1188	815	2409
1994	378	3684	0	4062	351	42	0	2416	1254	4062
1995	364	5870	0	6234	320	56	0	4122	1737	6234
1996	350	8627	0	8977	285	70	0	6354	2268	8977
1997	336	12010	0	12346	243	84	0	9166	2853	12346
1998	322	16083	0	16405	195	98	0	12615	3497	16405
1999	308	20914	0	21222	139	112	0	16765	4206	21222
2000	294	26578	0	26872	75	126	0	21685	4985	26872
2001	880	33158	0	34038	600	140	0	27454	5844	34038
2002	846	33307	0	34153	572	174	0	30417	2990	34153
2003	812	37942	0	38754	539	208	0	34196	3812	38754
2004	778	43554	0	44332	501	242	0	38873	4715	44332
2005	744	50238	0	50982	457	276	0	44539	5710	50982
2006	710	58102	0	58812	406	310	0	51292	6804	58812
2007	676	67264	0	67940	347	344	0	59241	8008	67940
2008	642	77853	0	78495	279	378	0	68505	9333	78495
2009	608	90011	0	90619	199	412	0	79217	10791	90619
2010	574	103894	0	104468	107	446	0	91520	12395	104468
2011	540	119675	0	120215	0	480	0	105574	14161	120215
2012	506	137791	0	138297	0	514	0	121678	16104	138297
2013	472	158225	0	158697	0	548	0	139914	18235	158697
2014	438	181217	0	181655	0	582	0	160493	20579	181655
2015	404	207021	0	207425	0	616	0	183651	23158	207425
2016	370	235920	0	236290	0	650	0	209646	25994	236290
2017	336	268223	0	268559	0	684	0	238760	29114	268559
2018	302	304269	0	304571	0	718	0	271307	32547	304571
2019	268	344434	0	344702	0	752	0	307628	36322	344702
2020	234	389130	0	389364	0	786	0	348103	40475	389364

Table 10.11.5 CASH FLOW (H=55 M, P.C BRIDGE)

Year	Investment	Maintenance and Administration Cost	Total Cost	Toll Revenue	Residual Value	Total Revenue	Cash Flow	Accumulated Cash Flow in Present Value
1985	7300	0	7300	0	7300	0	-7300	-7300
1986	7300	0	7300	0	14478	0	-7300	-13714
1987	18949	0	18949	0	33184	0	-18949	-28344
1988	75349	0	75349	0	107974	0	-75349	-79457
1989	64438	0	64438	0	170597	0	-64438	-117865
1990	41207	0	41207	0	208915	0	-41207	-139446
1991	32820	0	32820	0	238159	0	-32820	-154549
1992	0	3471	3471	37591	234037	37591	34120	-140753
1993	0	3471	3471	40951	229914	40951	37480	-127437
1994	0	3471	3471	44310	225791	44310	40839	-114689
1995	0	3471	3471	47669	221668	47669	44198	-102566
1996	0	3471	3471	51028	217546	51028	47557	-91105
1997	19899	3471	23370	54388	233322	54388	31018	-84537
1998	74167	3471	77638	57747	303035	57747	-19891	-88238
1999	80187	3471	83658	61106	377531	61106	-22552	-91925
2000	55944	3471	59415	64466	426448	64466	5051	-91199
2001	36794	3471	40265	67825	455283	67825	27560	-87721
2002	0	7153	7153	71184	446710	71184	64031	-80620
2003	0	7153	7153	76088	438138	76088	68935	-73902
2004	0	7153	7153	80993	429565	80993	73839	-67580
2005	0	7153	7153	85897	420993	85897	78743	-61657
2006	0	7153	7153	90801	412420	90801	83648	-56127
2007	0	7153	7153	95705	403847	95705	88552	-50984
2008	0	7153	7153	100610	395275	100610	93456	-46215
2009	0	7153	7153	105514	386702	105514	98360	-41804
2010	0	7153	7153	110418	378130	110418	103265	-37736
2011	0	7153	7153	115322	369557	115322	108169	-33991
2012	0	7153	7153	120226	360985	120226	113073	-30552
2013	0	7153	7153	125131	352412	125131	117977	-27398
2014	0	7153	7153	130035	343840	130035	122881	-24513
2015	0	7153	7153	134939	335267	134939	127786	-21876
2016	0	7153	7153	139843	326694	139843	132690	-19470
2017	0	7153	7153	144748	318122	144748	137594	-17278
2018	0	7153	7153	149652	309549	149652	142498	-15284
2019	0	7153	7153	154556	300977	154556	147403	-13471
2020	0	7153	7153	159460	292404	159460	152307	-11825
2021	0	7153	7153	164365	283832	164365	157211	-10332
2022	0	7153	7153	169269	275259	169269	162115	-8980
2023	0	7153	7153	174173	266686	174173	167020	-7755
2024	0	7153	7153	179077	258114	179077	171924	-6648
2025	0	7153	7153	183981	249541	183981	176828	-5647
2026	0	7153	7153	188886	240969	188886	181732	-4743
2027	0	7153	7153	193790	232396	193790	186636	-3928
2028	0	7153	7153	198694	223824	198694	191541	-3193
2029	0	7153	7153	203598	215251	203598	196445	-2530
2030	0	7153	7153	208503	206679	208503	201349	-1933
2031	0	7153	7153	213407	198106	213407	206253	-1396
2032	0	7153	7153	218311	189533	218311	211158	-913
2033	0	7153	7153	223215	180961	223215	216062	-478
2034	0	7153	7153	228120	172388	400508	393354	217

B/C= 1.001016 IRR= .1381

Table 10.11.6 ESTIMATED PROFIT AND LOSS STATEMENT (H=55 M, P.C BRIDGE)

Year	Revenue	Salvage Value	Interest on Depreciation Allowance	Interest on Accumulated Surplus	Total Revenue	Interest Payable	Maintenance and Administration Cost	Depreciation Cost	Income Tax	Total Cost	Net Profit	Surplus	Accumulated Surplus
1985	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1986	0	0	0	0	0	584	0	122	0	706	-706	-706	-706
1987	0	0	10	-56	-47	1168	0	243	0	1411	-1458	-1458	-2164
1988	0	0	29	-173	-144	2684	0	559	0	3243	-3387	-3387	-5551
1989	0	0	74	-444	-370	8712	0	1815	0	10527	-10897	-10897	-16448
1990	0	0	219	-1315	-1097	13867	0	2889	0	16756	-17852	-18012	-34460
1991	0	0	450	-2757	-2307	17151	0	3576	0	20726	-23033	-23365	-57824
1992	37591	0	736	-4626	33702	19750	3471	4123	0	27343	6358	5586	-52239
1993	40951	0	1066	-4179	37838	19688	3471	4123	0	27282	10556	8075	-44163
1994	44310	0	1396	-3533	42173	19489	3471	4123	0	27083	15090	11002	-33161
1995	47669	0	1726	-2653	46742	19162	3471	4123	0	26756	19986	14671	-18490
1996	51028	0	2056	-1479	51605	18737	3471	4123	0	26331	25274	18817	327
1997	54388	0	2385	26	56799	18221	3471	4123	0	25814	30985	24011	24338
1998	57747	0	2715	1947	62409	19255	3471	4454	0	27180	35229	27697	52035
1999	61106	0	3072	4163	68341	24586	3471	5690	0	33747	34594	26459	78495
2000	64466	0	3527	6280	74272	30350	3471	7027	0	40848	33424	24639	103134
2001	67825	0	4089	8251	80165	34123	3471	7959	0	45553	34612	25124	128258
2002	71184	0	4726	10261	86170	36307	7153	8573	0	52033	34137	23456	151714
2003	76088	0	5412	12137	93637	35453	7153	8573	0	51178	42458	29302	181016
2004	80993	0	6097	14481	101571	34400	7153	8573	0	50126	51445	35484	216499
2005	85897	0	6783	17320	110000	33123	7153	8573	0	48849	61151	42690	259189
2006	90801	0	7469	20735	119005	31646	7153	8573	0	47372	71633	50891	310080
2007	95705	0	8155	24806	128666	29987	7153	8573	0	45713	82954	60552	370632
2008	100610	0	8841	29651	139101	28195	7153	8573	0	43921	95180	70987	441619
2009	105514	0	9526	35330	150370	26259	7153	8573	0	41985	108384	82256	523874
2010	110418	0	10212	41910	162540	24169	7153	8573	0	39895	122645	95170	619044
2011	115322	0	10898	49524	175744	21971	7153	8573	0	37697	138047	109117	728161
2012	120226	0	11584	58253	190063	19657	7153	8573	0	35382	154681	125366	853527
2013	125131	0	12270	68282	205682	17311	7153	8573	0	33037	172645	148660	1002187
2014	130035	0	12955	80175	223165	15393	7153	8573	0	31118	192047	172706	1174892
2015	134939	0	13641	93991	242572	13845	7153	8573	0	29571	213000	196309	1371202
2016	139843	0	14327	109696	263866	12510	7153	8573	0	28236	235631	220947	1592148
2017	144748	0	15013	127372	287132	11335	7153	8573	0	27061	260071	244213	1836361
2018	149652	0	15699	146909	312259	10067	7153	8573	0	25793	286467	269340	2105701
2019	154556	0	16384	168456	339397	8696	7153	8573	0	24422	314974	296477	2402178
2020	159460	0	17070	192174	368705	7217	7153	8573	0	22943	345762	325785	2727963
2021	164365	0	17756	218237	400358	5618	7153	8573	0	21344	379013	357438	3085401
2022	169269	0	18442	246832	434543	3892	7153	8573	0	19618	414924	393650	3479051
2023	174173	0	19128	278324	471625	2190	7153	8573	0	17916	453708	438286	3917337
2024	179077	0	19813	313387	512278	957	7153	8573	0	16683	495595	487106	4404443
2025	183981	0	20499	352355	556836	278	7153	8573	0	16004	540832	537363	4941805
2026	188886	0	21185	395344	605415	0	7153	8573	0	15726	589689	589689	5531494
2027	193790	0	21871	442520	658180	0	7153	8573	0	15726	642454	642454	6173948
2028	198694	0	22557	493916	715167	0	7153	8573	0	15726	699441	699441	6873389
2029	203598	0	23242	549871	776712	0	7153	8573	0	15726	760986	760986	7634375
2030	208503	0	23928	610750	843181	0	7153	8573	0	15726	827455	827455	8461829
2031	213407	0	24614	676946	914967	0	7153	8573	0	15726	899241	899241	9361070
2032	218311	0	25300	748886	992496	0	7153	8573	0	15726	976771	976771	10337840
2033	223215	0	25986	827027	1076228	0	7153	8573	0	15726	1060502	1060502	11398340
2034	228120	0	26671	911867	1166658	0	7153	8573	0	15726	1150932	1150932	12549270

表１０.１１.７償還計画は、初期を除く全計測期間を通じて、料金収入が支出（償還額、維持費及び料金徴収費）を上回ることを示している。つなぎ資金は表１０.１１.８に示すように、１９９５年まで必要であり、１９９１年に最大５７,８２４,０００シリングである。

以上、仮定に基づいて有料道路の財務状態を検討し、良好な結果を得たが、仮定条件が変更になる場合には、新しく設定された条件で再検討すべきである。

Table 10.11.7 AMORTIZATION SCHEDULE (H=55 M, P.C BRIDGE)

Year	Loan Residual	Total Loan Redemption	Loan Interest	Total Amortization	Maintenance Cost	Total Expenditure
1985	7300	0	0	0	0	0
1986	14600	0	584	584	0	584
1987	33549	0	1168	1168	0	1168
1988	108898	0	2684	2684	0	2684
1989	173336	0	8712	8712	0	8712
1990	214383	160	13867	14026	0	14026
1991	246872	332	17151	17482	0	17482
1992	246099	772	19750	20522	3471	23993
1993	243619	2481	19688	22169	3471	25640
1994	239531	4087	19489	23577	3471	27048
1995	234216	5315	19162	24477	3471	27948
1996	227759	6457	18737	25194	3471	28665
1997	240685	6974	18221	25194	3471	28665
1998	307320	7532	19255	26786	3471	30257
1999	379373	8134	24586	32720	3471	36191
2000	426532	8785	30350	39135	3471	42606
2001	453838	9488	34123	43610	3471	47081
2002	443157	10682	36307	46989	7153	54142
2003	430000	13157	35453	48609	7153	55763
2004	414038	15962	34400	50362	7153	57515
2005	395577	18461	33123	51584	7153	58737
2006	374835	20742	31646	52388	7153	59541
2007	352434	22401	29987	52388	7153	59541
2008	328241	24193	28195	52388	7153	59541
2009	302112	26129	26259	52388	7153	59541
2010	274636	27476	24169	51645	7153	58798
2011	245706	28930	21971	50901	7153	58054
2012	216392	29315	19657	48971	7153	56124
2013	192406	23985	17311	41297	7153	48450
2014	173065	19341	15393	34733	7153	41887
2015	156374	16691	13845	30536	7153	37690
2016	141690	14684	12510	27194	7153	34347
2017	125832	15858	11335	27194	7153	34347
2018	108705	17127	10067	27194	7153	34347
2019	90208	18497	8696	27194	7153	34347
2020	70231	19977	7217	27194	7153	34347
2021	48656	21575	5618	27194	7153	34347
2022	27381	21274	3892	25167	7153	32320
2023	11959	15422	2190	17613	7153	24766
2024	3470	8489	957	9446	7153	16599
2025	0	3470	278	3748	7153	10901
2026	0	0	0	0	7153	7153
2027	0	0	0	0	7153	7153
2028	0	0	0	0	7153	7153
2029	0	0	0	0	7153	7153
2030	0	0	0	0	7153	7153
2031	0	0	0	0	7153	7153
2032	0	0	0	0	7153	7153
2033	0	0	0	0	7153	7153
2034	0	0	0	0	7153	7153

Table 10.11.8 ESTIMATED BALANCE SHEET (H=55 M, P.C BRIDGE)

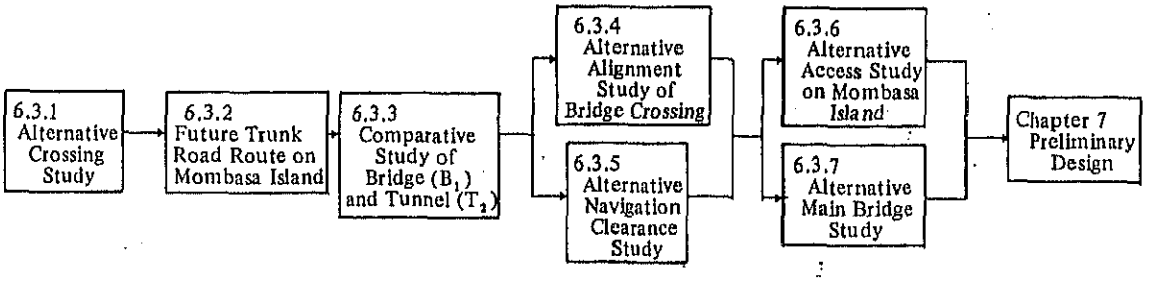
Year	Fixed Asset	Current Asset	Deficit of This Year	Debit Side Total	Long Term Debt	Depreciation Allowance	Short Term Debt	Capital Surplus	Net Profit of This Year	Credit Side Total
1985	7300	0	0	7300	7300	0	0	0	0	7300
1986	14478	243	706	15427	14600	122	706	0	0	15427
1987	33184	1436	1458	36078	33549	365	2164	0	0	36078
1988	107974	4012	3387	115373	108898	924	5551	0	0	115373
1989	170597	11029	10897	192523	173336	2739	16448	0	0	192523
1990	208915	27704	17852	254471	214383	5628	34460	0	0	254471
1991	238159	52708	23033	313900	246872	9204	57824	0	0	313900
1992	234037	83986	0	318023	246099	13326	52239	0	6358	318023
1993	229914	85873	0	315787	243619	17449	44163	0	10556	315787
1994	225791	83563	0	309354	239531	21572	33161	0	15090	309354
1995	221668	76718	0	298387	234216	25695	18490	0	19986	298387
1996	217546	65631	0	283177	227759	29817	0	327	25274	283177
1997	233322	96625	0	329947	240685	33940	0	24338	30985	329947
1998	303035	129944	0	432979	307320	38394	0	52035	35229	432979
1999	377531	159015	0	536546	379373	44085	0	78495	34594	536546
2000	426448	187754	0	614202	426532	51112	0	103134	33424	614202
2001	455283	220496	0	675779	453838	59071	0	128258	34612	675779
2002	446710	249941	0	696652	443157	67644	0	151714	34137	696652
2003	438138	291553	0	729690	430000	76216	0	181016	42458	729690
2004	429565	337206	0	766772	414038	84789	0	216499	51445	766772
2005	420993	388286	0	809279	395577	93361	0	259189	61151	809279
2006	412420	446062	0	858482	374835	101934	0	310080	71633	858482
2007	403847	512679	0	916527	352434	110507	0	370632	82954	916527
2008	395275	588844	0	984119	328241	119079	0	441619	95180	984119
2009	386702	675320	0	1062023	302112	127652	0	523874	108384	1062023
2010	378130	774420	0	1152550	274636	136224	0	619044	122645	1152550
2011	369557	887153	0	1256711	245706	144797	0	728161	138047	1256711
2012	360985	1016984	0	1377968	216392	153369	0	853527	154681	1377968
2013	352412	1176768	0	1529180	192406	161942	0	1002187	172645	1529180
2014	343840	1366680	0	1710519	173065	170515	0	1174892	192047	1710519
2015	335267	1584396	0	1919663	156374	179087	0	1371202	213000	1919663
2016	326694	1830435	0	2157129	141690	187660	0	1592148	235631	2157129
2017	318122	2100375	0	2418496	125832	196232	0	1836361	260071	2418496
2018	309549	2396128	0	2705677	108705	204805	0	2105701	286467	2705677
2019	300977	2719760	0	3020737	90208	213377	0	2402178	314974	3020737
2020	292404	3073502	0	3365906	70231	221950	0	2727963	345762	3365906
2021	283832	3459761	0	3743592	48656	230523	0	3085401	379013	3743592
2022	275259	3885192	0	4160451	27381	239095	0	3479051	414924	4160451
2023	266686	4363985	0	4630671	11959	247668	0	3917337	453708	4630671
2024	258114	4901634	0	5159748	3470	256240	0	4404443	495595	5159748
2025	249541	5497909	0	5747451	0	264813	0	4941805	540832	5747451
2026	240969	6153600	0	6394569	0	273385	0	5531494	589689	6394569
2027	232396	6865964	0	7098360	0	281958	0	6173948	642454	7098360
2028	223824	7639536	0	7863360	0	290531	0	6873389	699441	7863360
2029	215251	8479212	0	8694463	0	299103	0	7634375	760986	8694463
2030	206679	9390282	0	9596960	0	307676	0	8461829	827455	9596960
2031	198106	10378450	0	10576560	0	316248	0	9361070	899241	10576560
2032	189533	11449900	0	11639430	0	324821	0	10337840	976771	11639430
2033	180961	12611280	0	12792240	0	333393	0	11398340	1060502	12792240
2034	172388	13869780	0	14042170	0	341966	0	12549270	1150932	14042170

第11章　総合評価

第11章　総合評価

11.1　計画のプロセス

本プロジェクトで実施した調査プロセスを図1.1.1に示した。又、調査内容を本編末に添付してある。本調査で実施した代替案の検討は、多岐にわたっており、理解を容易にするためにフローチャートを図11.1.1に示した。



Note: The figures in the boxes indicate paragraph number in the Report.

Fig. 11.1.1　ALTERNATIVE STUDY PROCESS

各代替案の検討結果は、第6章に記述されているが、それらを要約して以下に列記する。

- モンバサ島上の将来幹線道路の路線は、ナイロビ～モンバサ鉄道敷を通過するルートを提案した。提案したルートの利点は、土地利用の境界（港湾、工業地区と住宅地区の境界）であり、かつマリンディへの幹線ネットワークの形成及び島ローカル幹線への交通分散に大きなメリットがあった。
- 山トンネル（T_2ルート）は、トンネルに不適な土質条件（シルト質砂及び固結砂）、モンバサ島への交通サービス、建設費及び環境への影響等の諸点で劣っており、代替案から除外した。
- 橋梁代替案（B_1）は、キリンディーニ湾の最狭部を通過するルートであるが、車両の走行コスト、地域（リゾート及び高級住宅地）への環境条件等の観点から好ましく、提言ルートとなった。
- 海峡を横断する主橋梁は、最も経済的であり、美観的に秀れている830mの斜張橋（スパン割92＋93＋460＋92＋93m）を提案した。
- プロジェクトの実施は、2つの段階からなる段階施工を提案した。取付け代替案は、航路クリアランスに対応し、3案検討した。フェーズⅠでは、交通の分散効果と道路計画の観点より、最高クリアランス案（H＝73.2m）は、ムバラキ道路とニエレレ道路の交差点に、又低いクリアランス案（H＝55m，45m）は、ニエレレ道路へ、各々取付く計画とした。フェーズⅡでは、全ての代替案がムバラ

キ道路（将来幹線道路の方向）に延伸する計画とした。

リコニ側では、フェーズⅠで、全ての代替案は、ルンガルンガ道路（A14）とムトンゲ道路の交差点を起点とし、フェーズⅡでモンバサ交通マスタープランに従って南へ延伸する計画とした。

11.2 総合評価

沈埋トンネル案及び橋梁案（プレストレストコンクリート及び鋼タイプ斜張橋）については、地域開発、交通分散、航路クリアランス、コスト及び経済評価等の観点から総合的に評価された。沈埋トンネルは、橋梁案と同じ計画条件（交通量、歩行者等）を用い、資料編Ⅰで詳細に検討した。

1）地域開発効果

過去のマスタープランで南本土の開発が最優先であると提言されている。最優先の開発地区として、ドンゴクンドウ地区（ムトンゲ含む）とインド洋沿の沿岸部の2つが提案されている。

これらの開発地区に対してトンネル案（T_2ルート、ルンガルンガ道路取付）と橋梁案（B_1，ルンガルンガ道路から東へ700m取付）を比較すると、沿岸部の開発に対し、トンネル案は、若干橋梁案に劣る。又、ドンゴクンドウ地区に対し、距離が各々6Km及び6.7Kmであり、両案とも大差はない。

2）交通分散

このテーマでは、南本土よりもモンバサ島への交通分散問題の方がより大きな課題である。橋梁代替案（航路クリアランスH＝55m及び45m）は、フェーズⅠでニエレレ道路へアクセスし、フェズⅡでムバラキ道路へ延伸する。これらの案は、交通分散上きわめて実情に則していると評価できる。

トンネル案（沈埋トンネル、T_2ルート）は、橋梁案に比べ長いアクセスが必要であり、アーチビショップマカリオス道路へ到達する。このため、フェーズⅠで都市中心への交通サービスの点で橋梁案に劣り、かつトンネル中の歩行者へのサービスに難点がある。

3）航路クリアランス

キリンディーニ湾の航路条件は、基本的に高さ73.2m（240フィート）、巾1100フィート及び水深45フィートである。プロジェクトの建設コスト低減のため、さらに低いクリアランス（H＝55m及び45m）についても検討を加えた。

トンネル案では、基本条件を十分に満足しており、問題はない。橋梁案（H=73.2m）は、全ての船舶の通行を許容するクリアランスであり、これも問題がない。

H＝５５ｍは、キリンデーニ港の商船及び客船を対象としたものであり、又H＝４５ｍは、商船のみを対象としたクリアランスである。

4）コスト

表１１.２.１に全ての代替案の用地及び補償費等を含むプロジェクトコストを示した。又、表１１.２.２に各々の維持管理費を示した。

両コスト積算の結果、トンネル案のコストは、代替案中最も高く、橋梁案（H＝４５ｍ）は、最も安かった。

主橋梁の材料別では、プレストレストコンクリート橋がプロジェクトコスト及び維持管理費の両方に対し最も安いものとなった。

Table 11.2.1 ALTERNATIVE PROJECT COSTS

(Unit: 1,000 K.Shs.)

Alternatives \ Phase & Currency Portion	Phase–I			Phase–II			Total
	L.C	F.C	Sub-total	L.C	F.C	Sub-total	
P.C Main Bridge							
73.2 M	370,533	1,440,138	1,810,671	306,757	1,065,541	1,372,298	3,182,969
55	234,359	842,599	1,076,958	278,995	969,824	1,248,819	2,325,777
45	203,123	722,390	925,513	229,361	827,611	1,056,972	1,982,485
Steel Main Bridge							
73.2 M	380,371	1,464,339	1,844,710	306,757	1,065,541	1,372,298	3,217,008
55	265,628	965,505	1,231,133	310,235	1,092,698	1,402,933	2,634,066
45	236,070	851,995	1,088,065	262,275	957,187	1,219,462	2,307,527
Tunnel (Immersed Tube Tunnel)	607,684	2,179,936	2,787,620	521,510	2,086,040	2,607,550	5,395,170

Table 11.2.2 MAINTENANCE COSTS

(Unit: 1,000 Shs, 1983 Price)

Alternative \ Phase		Value	Phase–I		Phase–II	
			Financial Cost	Economic Cost	Financial Cost	Economic Cost
Bridge Clearance	73.2M	P.C	3,452	3,176	8,272	7,610
		Steel	4,782	4,399	9,602	8,834
	55M	P.C	3,205	2,949	6,797	6,253
		Steel	4,275	3,933	8,937	8,222
	45M	P.C	3,085	2,838	6,186	5,691
		Steel	4,154	3,822	8,326	7,660
Tunnel			10,500	9,660	16,000	14,720

Note: The conversion factor of 0.92 (SCF) to be used.

5）運　　用

現況の交通状況を考えると、橋梁又は、トンネルのいずれのクロッシング型式に対しても、交通の安全と円滑を実現するためには、車両の十分な維持管理と交通規則の遵守が基本的要件である。特にトンネルにあっては、事故による、トンネル構造物への損傷や長期間の交通停止等への危険度が高い。

さらにトンネルでは、橋梁と異なり、多数の施設が設備され、日常の運用を保証している施設であるため、電力の安定供給が不可欠である。

6）経済評価

プロジェクトの経済評価は、実施計画、プロジェクトコスト及び便益により行った。便益には、車両の走行、時間便益、建設投資の波及効果、等を考慮したが、地域開発便益は無視した。

評価は、段階施工、航路クリアランスを含む橋梁及びトンネルからなる８つの代替案について評価した。感度分析は、クリアランス５５ｍのプレストレストコンクリート主橋梁代替案に対して、コスト、便益及びプロジェクト評価期間を変化させて行った。

現在、ケニアの市場利子率は、約１６％であり、これには、インフレーションが含まれている。従ってこれを除いた実質利子率は、約１０％とみることができる。

経済評価の結果を表１１.２.３及び１１.２.４に示した。表１１.２.４によれば、ケースＢは、殆んど起りえない条件での計算結果なので、これを考慮外とすれば、他のケースは全て１０％以上となっている。このため、当プロジェクトはフィージブルである。

Table 11.2.3　ECONOMIC INTERNAL RATE OF RETURN

(Economic IRR)

Alternative	Bridge Clearance			Tunnel
	H = 45 M	H = 55 M	H = 73.2 M	
Non-staged Construction	0.1025	0.0887	0.0585	0.0536
Staged Construction	0.1190	0.1055	0.0600	0.0561

Note : IRR of bridge alternatives are estimated for the cases of P.C main bridge.

Table 11.2.4　SENSITIVITY ANALYSIS FOR 55 M CLEARANCE, P.C MAIN BRIDGE

Case	Cost +10%	Benefit −10%	Evaluation Period + 9 Years	EIRR
A	O	–	–	0.098
B	O	O	–	0.088
C	–	–	O	0.112
D	O	–	O	0.104

Note: "O" means the case conducted for sensitivity analysis.

7）総合評価

以上の評価項目に対し、代替案を評価し、表１１.２.５に示した。評価は、A, B, C, D, により行った。

Table 11.2.5 TOTAL EVALUATION

Item \ Alternative	Bridge Alternative			Immersed Tube Tunnel
	H=73.2M	H=55M	H=45M	
1) Regional Development	A	A	A	A
2) Traffic Distribution	B	A	A	C
3) Navigation·Clearance	A	B	C	A
4) Cost	C	B	A	D
5) Operation	C	B	A	D
6) Economic Evaluation	D	B	A	D

Note: Mark "A" is evaluated as the highest value, and "D" the lowest.

評価の結果、橋梁案（航路クリアランス５５ｍ以下）が、平均的に好ましい結果を示した。但し、橋梁案の中では、ＰＣ橋案が鋼橋案に比較して、若干、安くなっているものの、その差は決定的なものではない。

11.3 提　言

1）航路クリアランス55m以下の斜張橋が、技術的にも経済的にもフィージブルである。

2）政府の財政事情を考慮し、有料制を積極的に導入すべきである。通行料金は、ケニア政府の決定に委ねられている。仮に通行料金をプロジェクトの内貨分及び維持管理費を対象に小型車5シリング、大型車40シリングとした場合、プロジェクトは、財務内部収益率13.8%を示し、財務的に健全であると言える。

3）プロジェクトの実施に際し、投資規模及び交通需要を考慮し、段階的に整備することを提案する。

4）本プロジェクト道路は、将来国際幹線道路及び国道の一部となるものである。円滑な交通流により地域活動を活発化させるためには、将来の幹線道路区間及び関連道路の整備が必要である。これらの整備には、幹線道路上の立体交差（モンバサ駅裏の立体道路を含む）や内環状線の建設が含まれるが、当プロジェクトとは別に実施することを提案する。

5）本プロジェクトの第一期工事として、2.0Kmの橋梁を含む全長5Kmの2車道路の建設が当面の課題である。第2期工事は、交通量の推移及び関連道路（幹線道路及び内環状線等）の進捗状況を見て実施することが望ましい。

11.4 今後の課題

当プロジェクトには、将来の港湾機能を制約するクリアランスの問題と、高度の技術的判断が要求される主橋梁の問題との、2つの特異でかつ大きな課題があった。本調査では、これらの課題についての最終的な結論を得るに至らなかったが、今後、当プロジェクトの具体化に際し、大前提となる問題であるため、詳細設計に先立って十分に検討する必要がある。

1）航路クリアランスの問題

本調査で港湾の将来見通しや過去に入港した船舶データを基に航路クリアランスについて検討を行った。航路クリアランスは、ケニア政府の政策に関わる問題であるため、十分な検討を行った上で決定される必要がある。

2）主橋梁に関する問題

本調査で提案した斜張橋は、世界で最長クラスにランクされ、技術的に高度である。従って、橋梁の材種（PC又は鋼）の決定に当っては、各々の、構造特性、耐風安定性（風洞実験に基づく）、経済性、信頼性、維持管理等について、さらに十分な検討を行う必要がある。

一方、主橋梁についての暫定施工の採否は、本来、交通需要と経済性によって決定すべきであるが、径間長の長い当主橋梁（特に鋼）の場合、その構造性、経済性に与える影響が非常に大きい。このため、主橋梁の材種（ＰＣ又は鋼）の決定に当っては、暫定施工についての再評価が必要となる。

付属資料

リコニクロッシング建設計画調査・参加者名簿

1) Ministry of Transport and Communications

1.	Mr. W.P. WAMBURA	Permanent Secretary
2.	Mr. J.K. KIRIKA	Engineer-in-Chief
3.	Mr. S.M. KIGURU	Chief Engineer (Roads & Aerodromes)
4.	Mr. S. ASFAW	Chief Engineer (Planning)
5.	Mr. D.M. MWASI	Chief Executive Engineer
6.	Mr. G. WABUKE	Chief Superintending Engineer (Construction)
7.	Mr. S.N. OTONGLO	Chief Superintending Engineer (Design)
8.	Mr. C.M. KAMAU	Provincial Engineer, Coast Province
9.	Mr. T. KAI	Senior Superintending Engineer (Bridges)
10.	Mr. T. KNOTTEN	Senior Superintending Engineer (Bridges)
11.	Mr. L. BLOM-BAKKE	Senior Superintending Engineer (Bridges)
12.	Mr. J.M. WANYOIKE	Senior Superintending Engineer (Design)
13.	Mr. Y. MAEKAWA	Superintending Engineer (Bridges)
14.	Mr. O. MOKRID	Superintending Engineer (Design)
15.	Mr. P.M. WAKORI	Superintending Engineer (Planning)
16.	Mr. M.E. AGALOCHIENG	O/ic Traffic Engineering Unit
17.	Mr. J.P. MURAGURI	Assistant Engineer (Counterpart Staff) (Bridges)
18.	Mr. F.D. KARANJA	Assistant Engineer (Planning)
19.	Mr. P.M. OJWAKA	Assistant Engineer (Bridges)
20.	Mr. V.B. OCHIENG	Assistant Engineer (Planning)
21.	Mr. KLEM	Material Branch

2) ケニア国鉄

1.	Mr. IKAMBA	Traffic Section
2.	Mr. M. ARSHAD	District Civil Engineer

3) ケニア港湾局

1.	Mr. B.A.O. ONGOLA	Chief Planning Officer
2.	Mr. A.O. ROGO	Chief Engineer
3.	Mr. A.P. BURNARD	Chief Engineer (Special duties)
4.	Mr. E.T. WAIYAKI	Secretary & Leagal Officer
5.	Mr. A.C. MUMBA	Principal Planning Officer
6.	Mr. E.A. KARANGA	Operations Manager
7.	Mr. A.J. KENTOYO	Senior Harbour Master

4) モンバサ空港

1.	Mr. E.N. NYARANGI	Airport Manager
2.	Mr. P.B. YATICHI	Airport Assistant Manager
3.	Mr. S. MAGALASIA	Senior Meteorological Officer

5) モンバサ市

1.	Mr. P.C. PATEL	Municipal Engineer
2.	Mr. KIAYE	Chief Planner
3.	Mr. T. MBOGHOLIO	Chief Evaluer
4.	Mr. H. SINGH	Road Engineer

6) 日本側参加者

(1) 監理委員会

1	委員長	中山武志	本州四国連絡橋公団　向島工事事務所　所長
2	委員	松浦　佐	建設省　計画局建設業課　建設専門官
3	〃	大志万和也	建設省　土木研究所構造橋梁部基礎研究室　室長
4	〃	熊谷恒一郎	建設省　道路局地方道課　課長補佐
5	〃	村岡憲司	日本道路公団　東京湾横断道路調査室　室長代理

(2) 日本大使館

萩尾隆吉　一等書記官

(3) 国際協力事業団

1	柳井　進	ナイロビ事務所長
2	長島俊一	ナイロビ事務所　次長
3	小松哲郎	社会開発協力部　開発調査第一課

(4) 調査団

1	団長	片岡儀一	総括	(株) パシィフィックコンサルタンツインターナショナル
2	団員	野村義信	交通計画	〃
3	〃	郡司　勇	交通調査	〃
4	〃	有川英夫	交通解析	〃
5	〃	小林八一	経済評価	〃
6	〃	野島秀太	道路計画	〃
7	〃	大賀康晴	橋梁計画	〃
8	〃	荻原武治	基礎構造	〃
9	〃	大井浩司	施設計画	〃
10	〃	伊藤昌介	土質調査	〃
11	〃	大和田正雄	トンネル計画	〃

MINUTES OF DISCUSSIONS BETWEEN MINISTRY OF TRANSPORT AND COMMUNICATIONS STAFF AND JAPANESE PRELIMINARY SURVEY TEAM CONCERNING THE PROPOSED KILIFI BRIDGE AND LIKONI CROSSING ~~SURVEY~~ IN KENYA

STUDIES

1. PREAMBLE

i) The Japanese Government, on the request of Kenyan Government dispatched a preliminary survey team to Kenya from October 31st to 12th November, 1982 through programme arranged by Japan International Cooperation Agency (JICA); in order to carry out preliminary survey for the planned study of KILIFI BRIDGE and LIKONI Crossing.

ii) The team carried out field surveys and had a series of discussions with the Kenyan Authorities concerned during their stay in the country. The main items on which understandings were reached by both sides were shown in the following paragraphs:

2. ITEMS CONCERNING THE SCOPE OF WORK:

i) Draft Scope of Work proposed by the Team was discussed in detail and agreed upon as attached herewith..

ii) The Japanese Government will dispatch two teams for the full scale studies. One team is for KILIFI Bridge and the other one is for LIKONI Crossing.

iii) Concerning article VI.3 of the attached scope of work, offices with telephone will be provided for each Study Team in NAIROBI and MOMBASA during the Teams' stay in Kenya.

iv) The Kenyan Team asked the Japanese Team to consider two alternatives for the Likoni Crossing feasibility study namely; a high level bridge with a clearance of 76.2m above high water tide and a tunnel. Both sides agreed upon this issue.

v) Kenyan Team and Japanese Team agreed that as the study progresses more attention will be focused on the alternative which appears to be technically and financially more feasible.

3. TRAINING OF ENGINEERS

On the request of the Kenyan Team the Japanese Team agreed to convey to the Japanese Authorities concerned to accept Kenyan counterparts in Japan for training scholarships on related courses.

4. LIST OF PARTICIPANTS

Japanese Team

1.	Mr. Takeshi NAKAYAMA	Leader Director of the Second Engineerir Division First Engineering Department Honshu Shikoku Bridge Authority
2.	Mr. Koichiro KUMAGAI	Road Planner Deputy Director of the Local Road Division Road Bureau Ministry of Construction
3.	Mr. Kenji MURAOKA	Bridge Planner Deputy Head of the Tokyo Crossing Bridge & Tunnel Planning Section Planning & Research Department Japan Highway Public Corporation
4.	Mr. Kimiaki YAMAGUCHI	Coordinator Japan International Cooperation Agency (JICA)
5.	Mr. Takayoshi HAGIO	First Secretary of Japanese Embassy
6.	Mr. Toshikazu NAGASHIMA	Deputy Resident Representative JICA NAIROBI OFFICE

Kenyan Team

1.	Mr. W.P.WAMBURA	Chief Engineer (Roads and Aerodro
2.	Mr. S.N. OTONGLO	Chief Superintending Engineer (Design)
3.	Mr. T. KNOTTEN	Senior Superintending Engineer (Bridges)
4.	Mr. T. KAI	Senior Superintending Engineer (Bridges)
5.	Mr. S. ASFAW	Chief Engineer (Planning)

5. ADOPTION OF MINUTES

The minutes were reviewed thoroughly after which they were adopted as reflecting the true record of the understandings reached by both sides.

Takeshi Nakayama

TAKESHI NAKAYAMA
Leader of Japanese
Preliminary Survey Team

Date. NOV. 11, 1982

W.P. WAMBURA
Chief Engineer (Roads and Aerodrom
Ministry of Transport& Communicati
Republic of Kenya.
Date. Nov. 11, 1982

SCOPE OF WORK

FOR

THE FEASIBILITY STUDY ON

PROPOSED KILIFI BRIDGE & LIKONI CROSSING

CONSTRUCTION PROJECT

IN

THE REPUBLIC OF KENYA

AGREED UPON

BETWEEN

MINISTRY OF TRANSPORT AND COMMUNICATIONS

AND

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

DATED : NOVEMBER 1982

S.J. MBUGUA
PERMANENT SECRETARY
MINISTRY OF TRANSPORT & COMMS.
P.O. BOX 52692
NAIROBI

TAKESHI NAKAYAMA
LEADER OF THE PRELIMINARY
STUDY TEAM

COUNTERSIGNED

PERMANENT SECRETARY
MINISTRY OF FINANCE
TREASURY
NAIROBI

I. INTRODUCTION

In response to the request of the Government of the Republic of Kenya, the Government of Japan has decided to conduct feasibility studies on the KILIFI BRIDGE AND LIKONI CROSSING CONSTRUCTION PROJECTS (hereinafter referred to as "the Studies"), in accordance with laws and regulations in force in Japan and Kenya. The Japan International Cooperation Agency (hereinafter referred to as "JICA") the official agency responsible for the implementation of the technical cooperation programs of the Government of Japan, will carry out the Studies in close cooperation with the Ministry of Transport and Communications (hereinafter referred to as MOTC) of the Republic of Kenya.

This Scope of Work was set forth in accordance with the results of the JICA's preliminary studies on the captioned projects in November 1982.

II. OBJECTIVE

The objective of the Studies are

To carry out feasibility studies for the construction of KILIFI BRIDGE and LIKONI CROSSING including their approaches and connecting roads.

III. SCOPE OF THE STUDIES

In order to achieve the above objective the JICA will carry out following studies taking alternatives into consideration.

1. Traffic and Socio-Economic Studies
   (a) Traffic data collection, traffic survey and analysis
   (b) Socio-economic data collection and analysis

(c) Review of population and socio-economic conditions

(d) Forecast of future traffic demand

2. Engineering Studies

(a) Topographic map collection

(b) Engineering data collection and analysis

b-1 soil and geological data

b-2 hydrological and hydrographic data

b-3 materials data

b-4 meteorological data

(c) Surveying

c-1 soil and geological surveying including drilling & testing.

c-2 Hydrographic surveying (cross-sectional surveying, etc.)

(d) Design criteria

d-1 geometric design standards

d-2 structural design standards

(e) Engineering works

e-1 design works

e-2 quantity estimation

(f) Construction Program

f-1 construction method

f-2 construction schedule

(g) Cost estimates

g-1 right-of-way aquisition cost

g-2 construction cost

g-3 maintenance cost

3. Economic Evaluation

(a) Estimates of benefit

(b) Estimates of NPV, IRR, and B/C

(c) Sensitivity analysis

4. Budgetal and Financial Studies

5. Implementation Program

An implementation program will be prepared based on the construction program and the study of budgetal and financial aspect.

V. STUDY SCHEDULE

The survey will be conducted according to the tentative schedule attached hereto as Appendix I, II.

VI. REPORTS

JICA will prepare and submit to the Government of Kenya the following reports in English.

1. Inception Report (30 copies)
   within one month after the outset of the study in Kenya
2. Progress Report (30 copies) every three months during course of the study in Kenya
3. Interim Report (30 copies) at the end of the study in Kenya
4. Draft Final Report (30 copies)
   within four months after presentation of Interim Report
5. Final Report (100 copies)
   within two months after receiving comments by the Government of Kenya on the said Draft Final Report.

VII. UNDERTAKINGS BY THE GOVERNMENT OF KENYA

1. To furnish the Study Team with available relevant data, information, materials and conveniences of availing data processing devices for execution of the Studies.

2. To exempt the Study Team from any taxation or duty on the income and any other emoluments as well as equipment, materials and personal effects which are to be brought into Kenya in connection with the Studies.

3. To provide the Study Team with appropriate office space, office equipment and clerical services for the Studies.

4. To appoint counterpart personnel for execution of the Studies well as effective transfer of expertise.

5. To secure the security of the Study Team when and as it is required.

6. To assist the Study Team in securing other facilities and conveniences which are deemed necessary for the accomplishment of the Studies.

7. To provide identification card to the members of the Japanese Study Team for the execution of their activities.

I. UNDERTAKINGS OF THE GOVERNMENT OF JAPAN

1. To delegate a full-scale Study Team to Kenya to conduct the Studies and to bear all expenses for the Studies.

2. To bear travel expenses and fares between Japan and Kenya and those necessary for moving in Kenya as well as charges of accommodation and living expenditure for the members of the Study Team.

3. To bear expenses necessary for the telecommunications between Japan and Kenya which stem from the Studies.

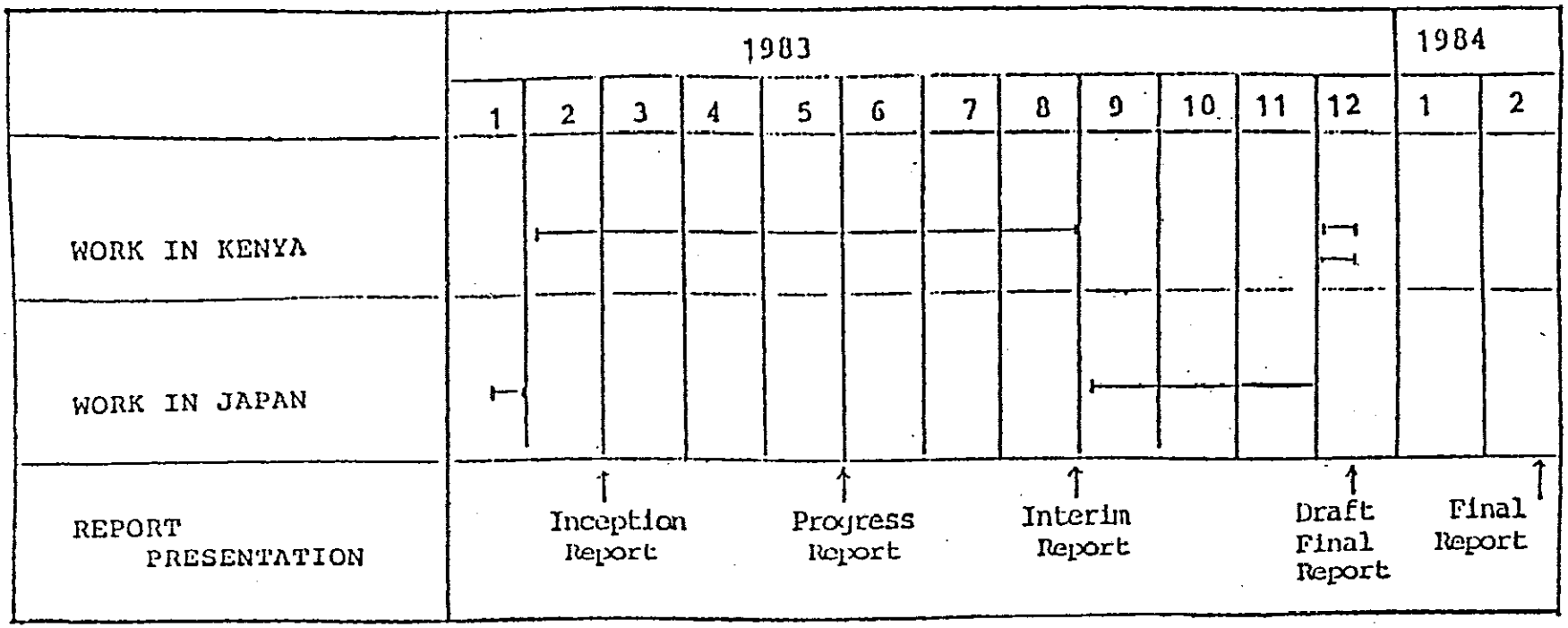
4. To transfer to Kenya counterpart personnel the technology and expertise related to the Studies.

5. To provide the Study Team with transport (vehicles & drivers).

TENTATIVE WORK SCHEDULE OF LIKONI BRIDGE

	1983												1984			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4
WORK IN KENYA																
WORK IN JAPAN																
REPORT PRESENTATION			Inception Report			Progress Report (I)			Progress Report (II)		Interim Report			Draft Final Report		Final Report

TENTATIVE WORK SCHEDULE OF KILIFI BRIDGE



JICA