

No. 1

ケニア共和国  
モンバサ地区三橋梁改修計画  
予備調査報告書

平成10年11月

JICA LIBRARY



J1148306(2)

国際協力事業団

調無二  
CR (5)  
98-208

ケニア共和国  
モンバサ地区三橋梁改修計画  
予備調査報告書

平成10年11月

国際協力

07  
JICA  
LIBRARY







ケニヤ共和国  
モンバサ地区三橋梁改修計画  
予備調査報告書

平成10年11月

国際協力事業団



1148306 (2)

## 序文

日本国政府はケニア共和国政府の要請に基づき、同国のモンバサ地区三橋梁改修計画にかかる予備調査を行うことを決定し、国際協力事業団が財団法人日本国際協力システムとの契約により実施いたしました。

当事業団は、平成10年9月27日から10月21日まで予備調査団を現地に派遣いたしました。

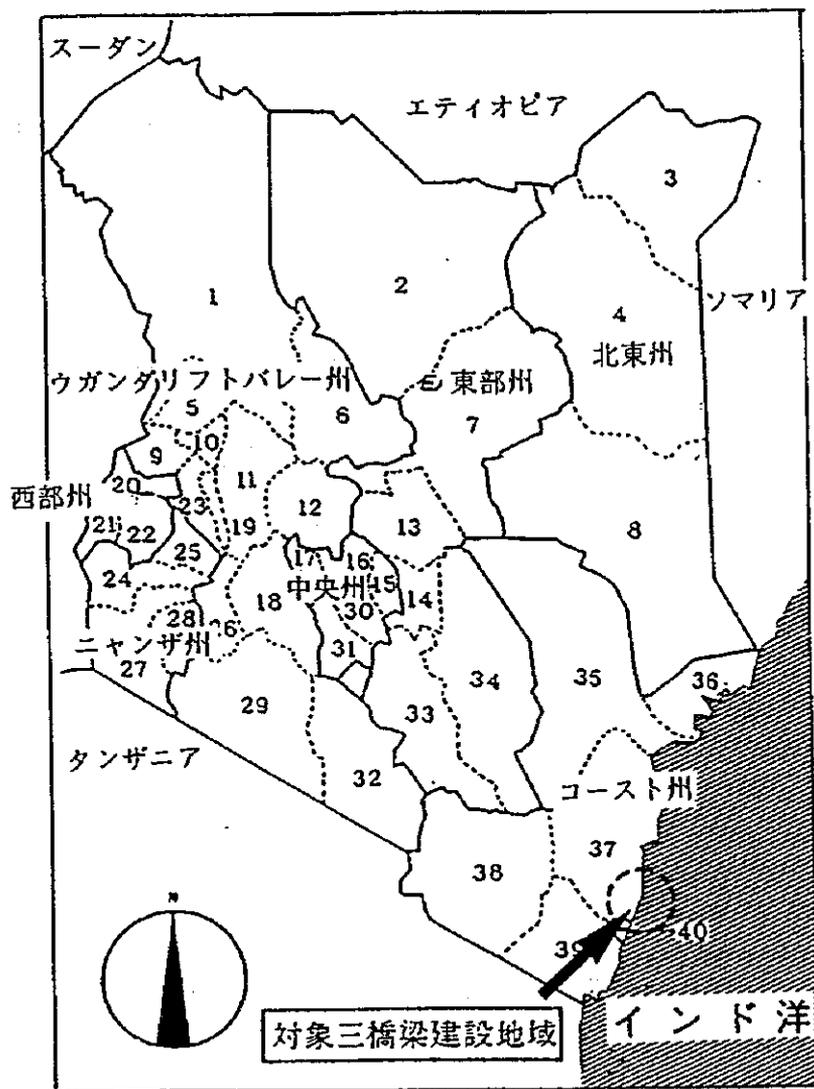
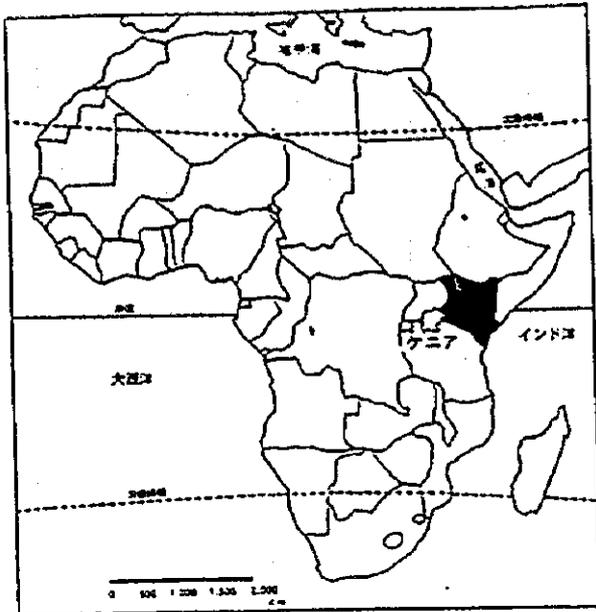
この報告書が、今後予定されている基本設計調査の実施、その他関係者の参考として活用されれば幸いです。

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

平成10年11月

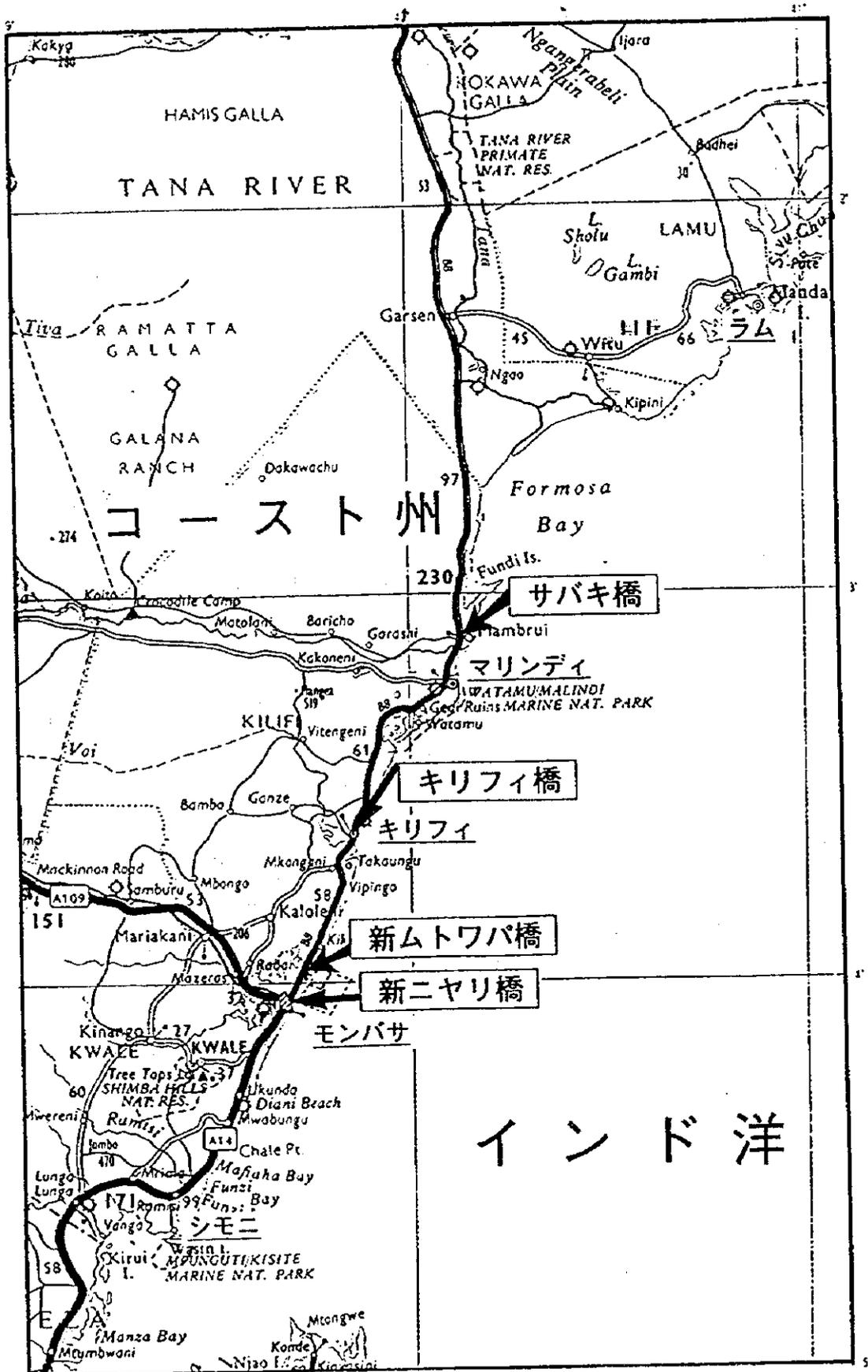
国際協力事業団  
理事 木谷 隆





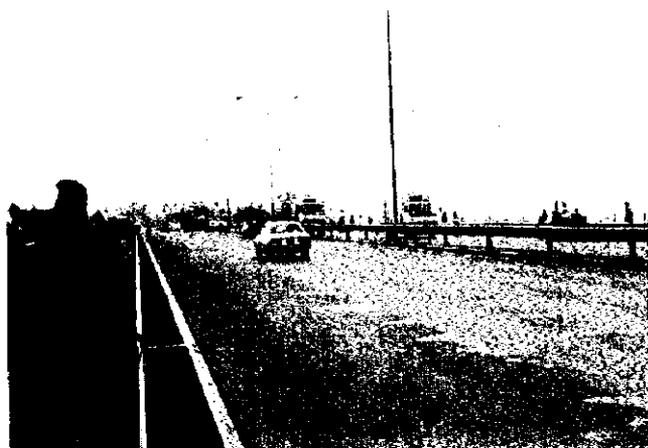
- 1 Turkana
- 2 Marsabit
- 3 Mandera
- 4 Wajir
- 5 West Pokot
- 6 Samburu
- 7 Isiolo
- 8 Garissa
- 9 Trans Nzoia
- 10 E. Marakwet
- 11 Baringo
- 12 Laikipia
- 13 Meru
- 14 Embu
- 15 Kirinyaga
- 16 Nyeri
- 17 Nyandarua
- 18 Nakuru
- 19 Uasin Gishu
- 20 Bungoma
- 21 Busia
- 22 Kakamega
- 23 Nandi
- 24 Siaya
- 25 Kisumu
- 26 Kericho
- 27 South Nyanza
- 28 Kisii
- 29 Narok
- 30 Muranga
- 31 Kiambu
- 32 Kajiado
- 33 Machakos
- 34 Kitui
- 35 Tana River
- 36 Lamu
- 37 Kilifi
- 38 Kaita
- 39 Kwale
- 40 Mombasa

# ケニア共和国



計画対象地位地図

# 新ニアリ橋



モンバサ)

写真-A1 新ニアリ橋 全景 (マリンディー→)

写真-A2 橋面の状況

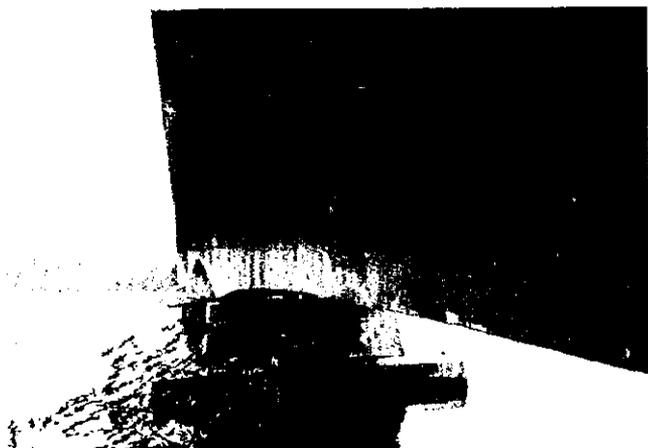


写真-A3 山側ウェブの状況

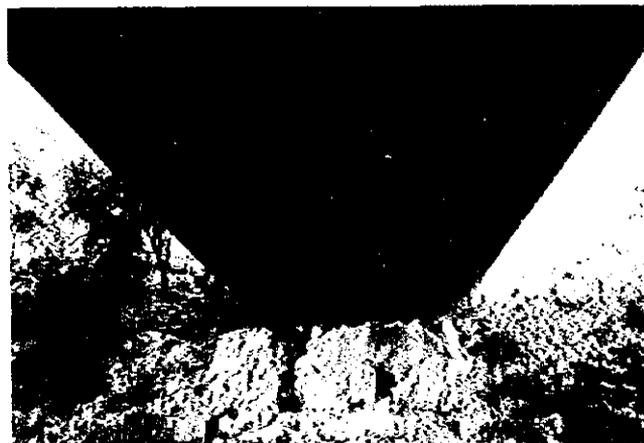


写真-A4 主桁底部部に補修跡(施工事)が見える。



写真-A5 P1 可動沓の状況で潮風により錆が浮き出ている。



写真-A6 P2 橋脚部



写真-A7 主桁内部で施工中に追加されたリブが見える。

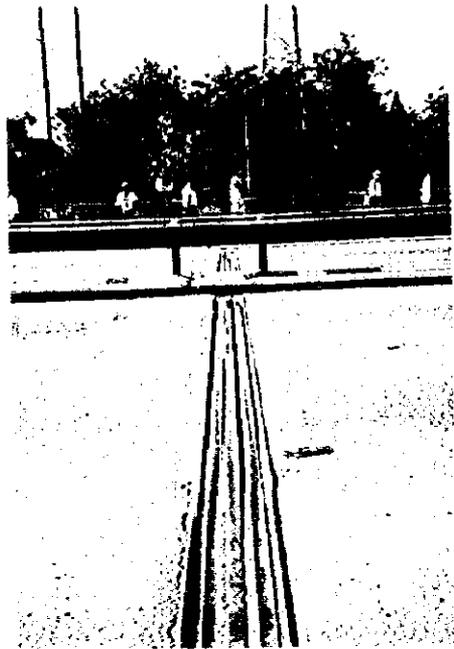


写真-A8 A1側伸縮装置（3～5mm程度落ちている）

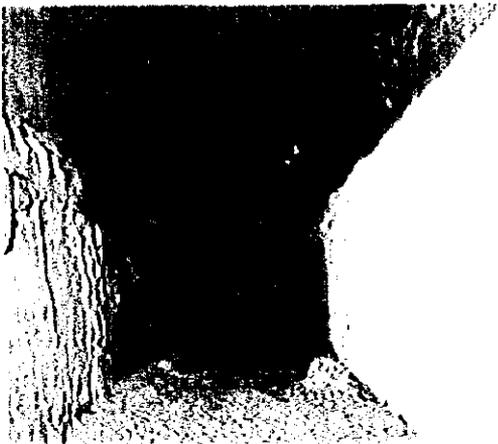


写真-A9 A1側伸縮装置下面



写真-A10 P2橋脚柱  
亀甲状のクラックコンクリートの浮きが見える。



写真-A11 P2橋脚柱  
亀甲状のひび割れ及びコンクリート浮き箇所をハツリ、鉄筋の腐食が発見された。

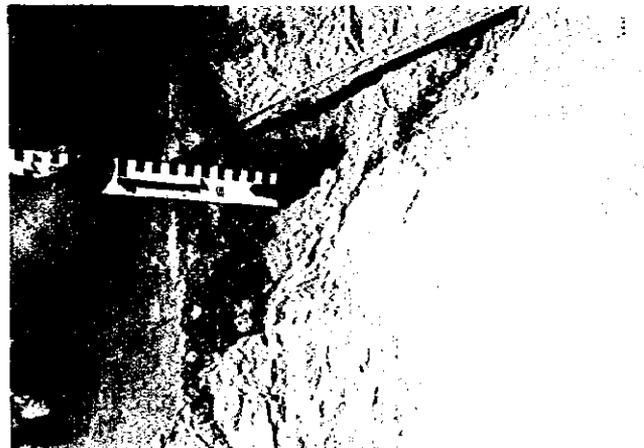


写真-A12 写真-A11と同所で、コンクリートの割りが60mmであることが確認された。

# 新ムトワバ橋



(←モンパサ) 写真-B1 新ムトワバ橋 全景 (マリンディー→)



写真-B2 橋面  
中央支間中央部の桁のタワミが目立つ。

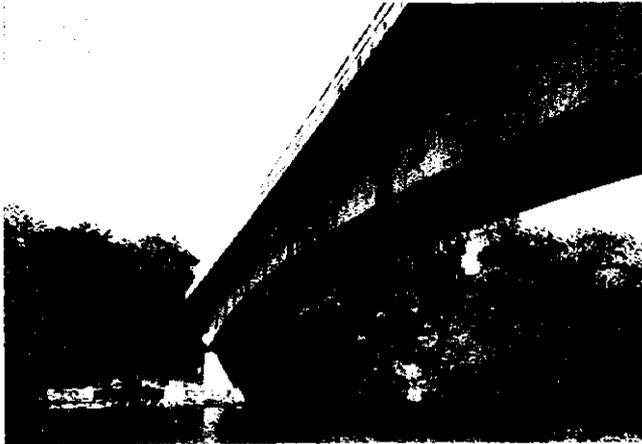


写真-B3 海側ウェブに排水跡が目立つ。



写真-B4 P2 側可動支番部で、中の油が漏れ出している。

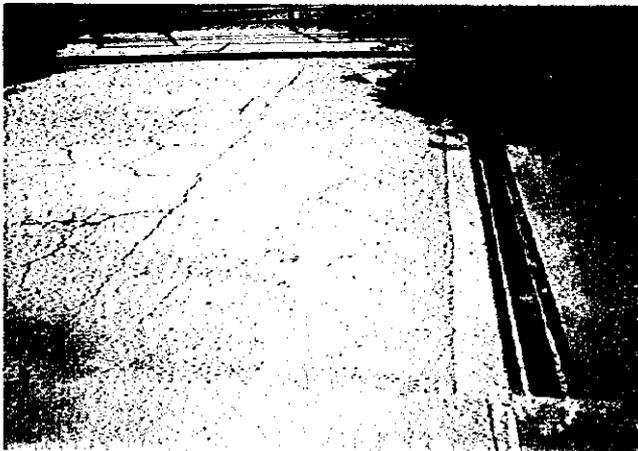


写真-B5 A2 橋台背面の舗装の亀裂



写真-B6 橋台側面 (ウイング部) のクラック

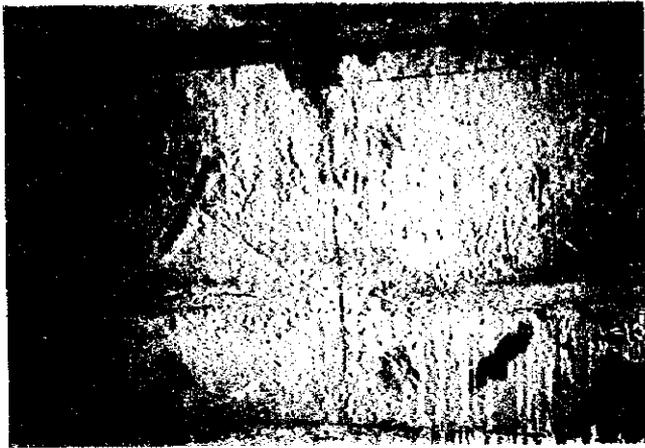


写真-B7 桁内部のせん断クラック (1)



写真-B8 桁内部のせん断クラック (2)

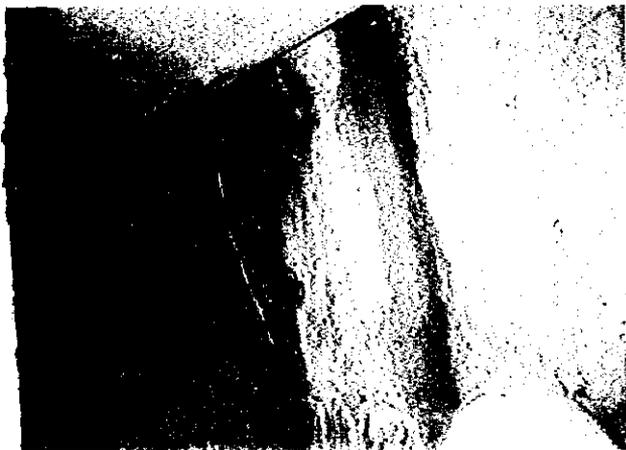


写真-B9 A2橋台クラック (主桁) (橋台)



写真-B10 桁橋部及びA2橋台クラック



写真-B11 P2橋脚 沓座のクラック (海側)

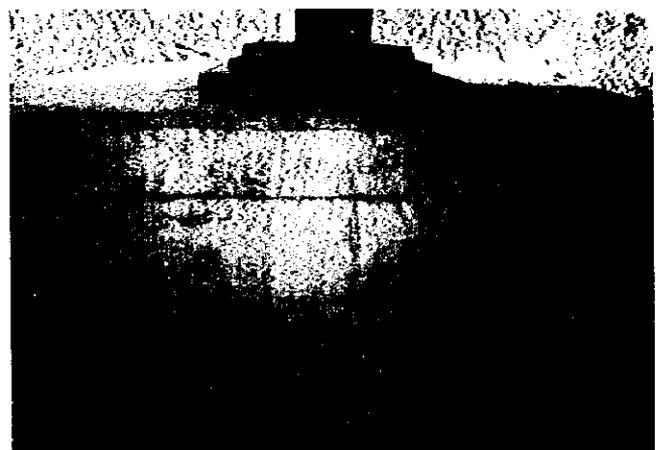


写真-B12 P2橋脚 沓座のクラック (山側)

## キリフィ橋

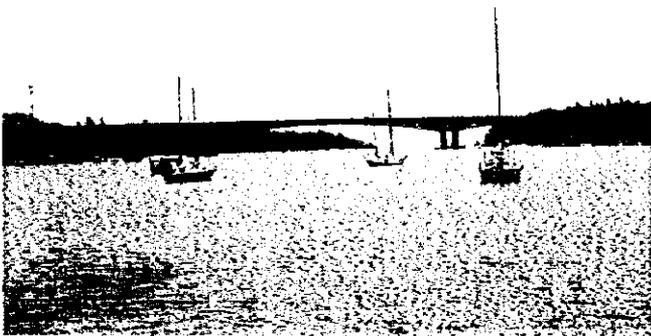


写真-C1 キリフィ橋 全景



写真-C2 主指外面の状況で、排水溝に工夫が見られるため雨水跡がない。

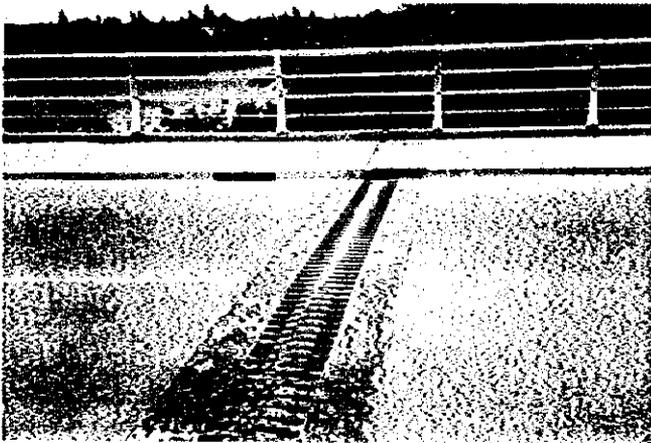


写真-C3 伸縮装置は良好である。

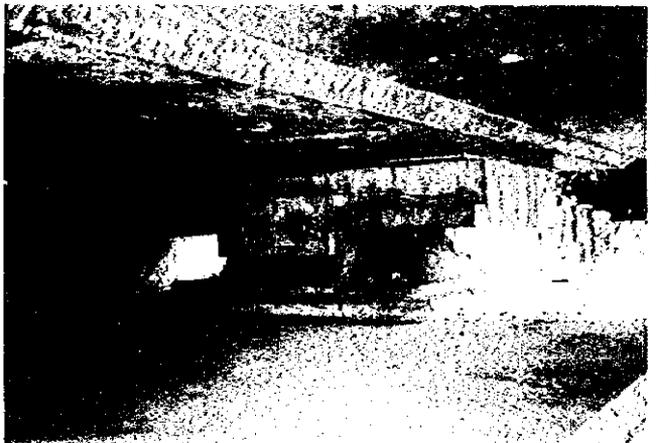


写真-C4 可動沓も良好である。

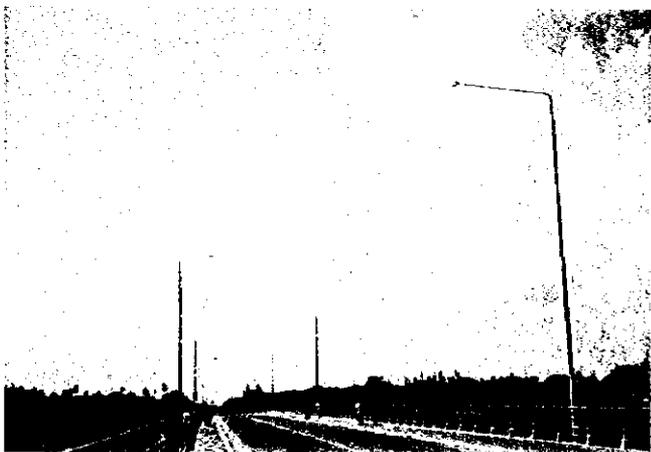


写真-C5 照明灯は盗まれてしまっている。

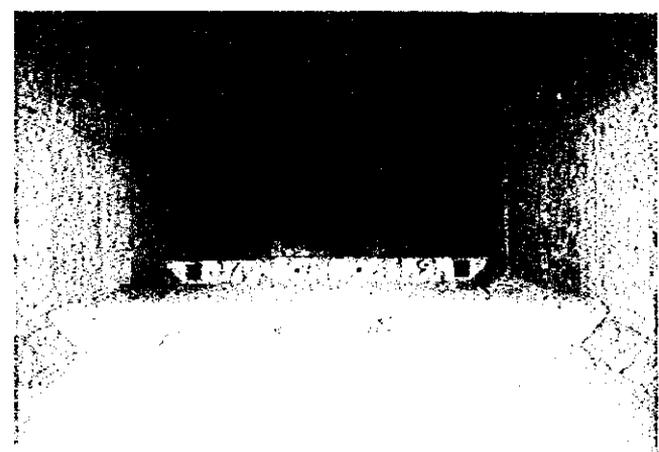


写真-C6 桁内部の状況



写真-C7 桁内部のクラックで遊離石炭が発生している。

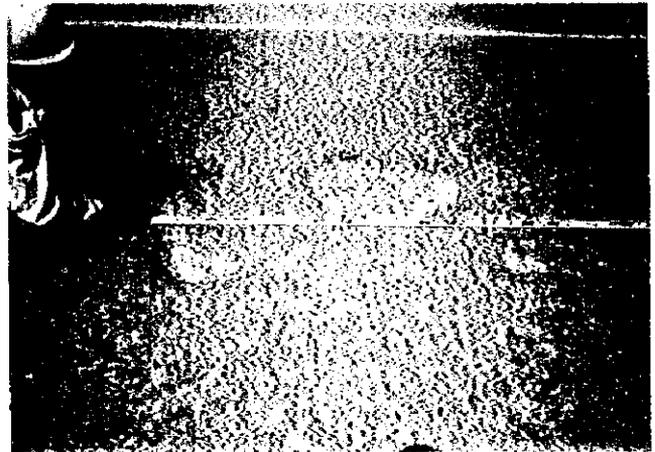


写真-C8 車道部の舗装ポットホールで床版が露出している。

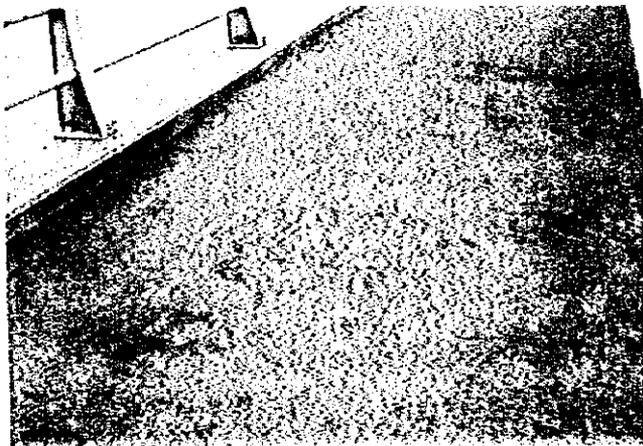


写真-C9 歩道部の舗装ポットホール

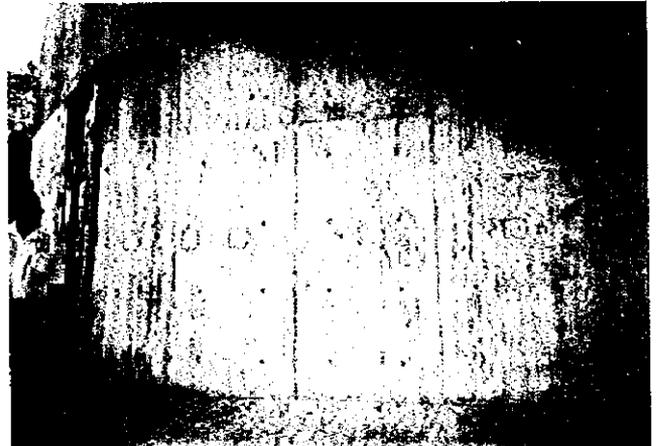


写真-C10 AI橋台に発生している全面クラック

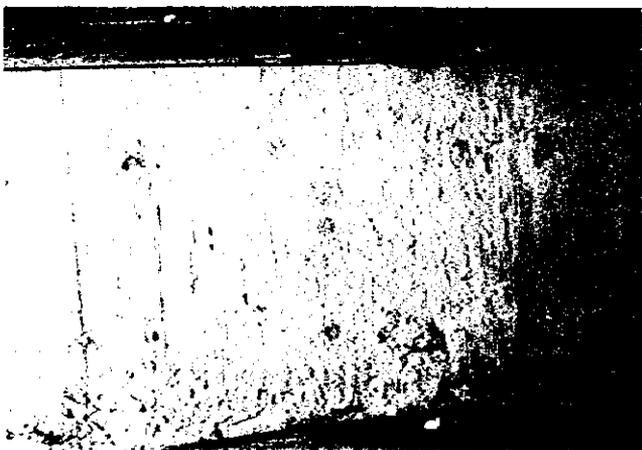


写真-C11 AI橋台部のパラペットに発生しているクラック



写真-C12 ムトワバ～キリファイ間の舗装状況で、キリファイ橋約2km手前地点より損傷が激しい。

## サバキ橋



写真-C1 無償資金協力により1997年に完成した。



写真-C2 可動脊で良好である。

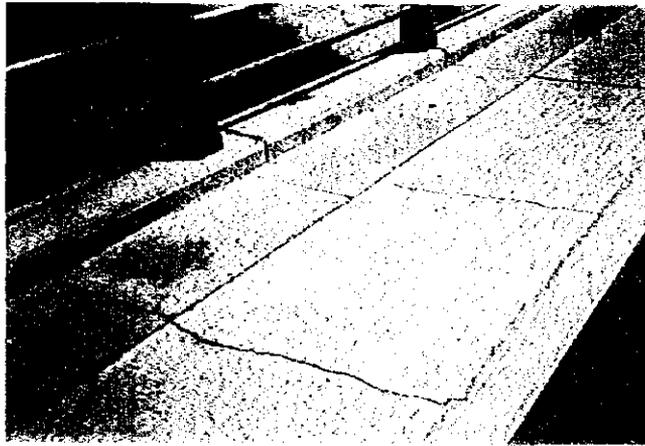


写真-C3 歩道部（コンクリート）に発生したクラック

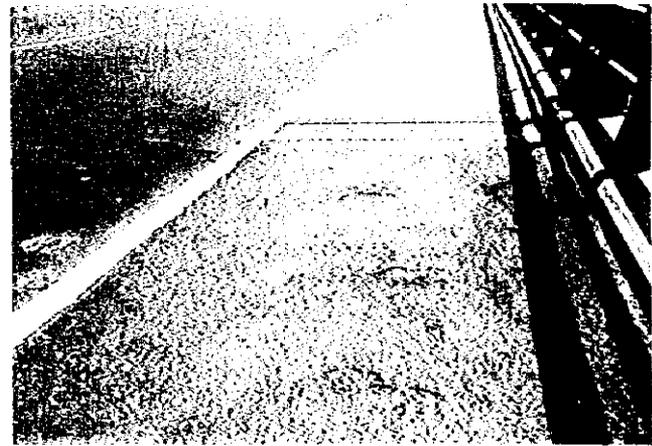


写真-C4 橋梁と取り付け道路の境目（アスファルト部）に発生したポットホール。



写真-C5 歩道アスファルト部の波打ち状況

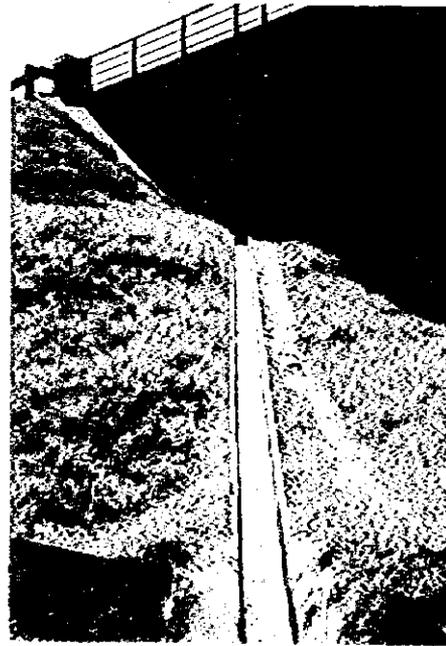


写真-C6 橋台廻りの排水溝

## 目 次

位置図  
写真資料

	ページ
1 要請の背景・経緯.....	1
2 プロジェクトの概要.....	2
2-1 当該セクターの概要.....	2
2-1-1 運輸セクターの現状.....	2
2-1-2 上位及び関連開発計画.....	6
2-1-3 国際機関等の援助動向.....	10
2-1-4 我が国の援助動向.....	15
2-2 本計画の概要・目標.....	17
2-2-1 目的.....	17
2-2-2 対象.....	17
2-2-3 コンポーネント.....	18
2-2-4 計画実施における前提条件.....	18
2-2-5 計画実施における留意事項.....	18
2-3 本計画の実施体制.....	19
2-3-1 組織.....	19
2-3-2 予算.....	22
2-3-3 要員および技術水準.....	24
2-4 プロジェクトサイトの状況.....	25
2-4-1 位置.....	25
2-4-2 自然条件.....	27
2-4-3 サイト状況.....	27
2-4-4 対象三橋梁の現状.....	37
3 損傷の程度及び原因の評価.....	46
3-1 損傷箇所及びその推定原因.....	46
3-2 各損傷の程度.....	46
3-3 原因の評価.....	46
4 本格調査実施の方向性.....	47
4-1 今後の対応策.....	47
4-2 調査の工程.....	52
4-3 調査団の構成.....	54
資料	
1 調査団員構成.....	56
2 調査日程表.....	57
3 主要面談者リスト.....	58
4 関連資料.....	60
4-1 モンバサーキリフィ B8 国道交通量データ.....	60
4-2 損傷箇所と推定される原因の総括表.....	61
4-3 道路・橋梁用建設資機材調達会社一覧表.....	62
4-4 建設会社、コンサルタント、調査・探査・測量会社一覧表.....	65
4-5 建設資機材価格一覧表.....	67
4-6 橋梁損傷比較図.....	68
4-7 無償資金協力により調達された道路・橋梁用維持管理機材の現況.....	75
4-8 道路局による対象三橋梁修理費用見積額.....	76
5 収集資料リスト.....	85

## 1 要請の背景・経緯

ケニアの国道8号線(B8)は東アフリカ最大の取扱量の貿易港のあるモンバサとケニア国沿岸部の主要都市であるマリンディとを結ぶ幹線道路である。国道8号線が走るモンバサ北部インド洋沿岸は数十キロにわたる砂浜が続く同国最大の観光開発地域であり、国道8号線の整備による円滑な交通の確保は、インド洋沿岸地域一帯の社会経済開発の重要課題であった。

国道8号線はモンバサ～マリンディ間で幾つかのクリークを通過しており、そこが交通のボトルネックとなっていた。ケニア国政府は円滑な交通の確保を目的として、特に渋滞の著しい新ニヤリ橋、新ムトワパ橋の建設に対する我が国無償資金協力を要請し、それぞれ1975年、1977年及び1984年に交換公文が締結された。前者二橋は1980年に、キリフィ橋は1991年に完成した。三橋は全てPC橋であり、新ニヤリ橋は451.55mの6車線橋、新ムトワパ橋は192mの二車線橋、キリフィ橋は420mの二車線橋である。

三橋梁の完成により、国道8号線上(ムトワパ橋地点)の交通量は1978年の1,511台/日が1992年には3,417台/日にまで増大している。特に1982年以降はトラックの通行量が大きく増加しており(1978年756台/日、1982年1,525台/日、1992年2,219台/日)、物資輸送能力増強によりコースト地域の社会経済開発に寄与している。

他方、新ニヤリ橋及び新ムトワパ橋は完成から20年近くが経過し、新ニヤリ橋においては桁及び橋脚の損傷、支沓の腐食、中央径間のたわみ(100mm)、伸縮装置の損傷並びに舗装のひび割れが発生しており、また新ムトワパ橋においては桁のひび割れ、中央径間のたわみ(130mm)及び支沓の損傷が生じており、早急な補修が必要となっている。これらの損傷は1992年の点検において確認されていたが、その後損傷は拡大している。キリフィ橋については、完成から比較的に日が浅いが、舗装の剥離が確認されている。

こうした状況の下、ケニア国政府よりコースト州における重要幹線である国道8号線が長期的に健全な状態に保たれることを目的とした三橋梁の改修に必要な資金に対する我が国無償資金協力が要請された。

## 2 プロジェクトの概要

### 2-1 当該セクターの概要

#### 2-1-1 運輸セクターの現状

ケニアにおける運輸部門は伝統的に国家開発を推進する上で2つの重要な役割を果たしてきた。1つは国家開発の基盤であり、他の1つは隣国へ直結した重要な輸送機関としての役割である。運輸部門は、道路、鉄道、水/海運、航空とパイプラインの5つのサブセクターで構成されている。1997年の運輸部門の全生産額は72,718百万ケニアシリングと予想されており、前年度(68,516百万ケニアシリング)と比較すると6.1%の伸率に留まっており、1996年の伸率12.8%と比較すると約半分の数字となっている。この数字は過去数年間と比較しても、大変な落ち込みである。この原因は高いインフレ率、外貨不足等、上記国内経済の疲弊である。この運輸部門の中で、道路サブセクターは40%弱を占め、ケニアの発展の基盤となる最重要部門である。

ケニアの運輸部門の生産額を表2-1に示す。

表 2-1 ケニア共和国の運輸部門の生産額

単位：百万 Kshs (1 Kshs = 約 2.5 円)

	1993	1994	1995	1996	1997*
道路	14,386	15,244	16,214	18,528	19,490
鉄道	3,064	3,710	4,500	3,672	3,344
水運	3,654	5,014	7,446	7,346	7,860
航空	7,772	8,176	9,422	10,812	12,004
関連サービス	1,886	2,368	3,076	3,622	3,730
パイプライン	1,572	2,872	3,956	4,614	4,796
通信	10,958	13,676	16,102	19,922	21,494
合計	43,292	51,060	60,716	68,516	72,718

\* 予測値

#### (1) 道路

ケニアの道路は区分道路 (Classified Road) と未区分道路 (Unclassified Road) に大別され、総延長 150,600km である。区分道路は国際幹線道路 3,610.9km 及び国内幹線道路 2,670.9km を加えて計 63,941.9km (1995年) の総延長を有する。これは6つの道路種別に分けられており、対象三橋が架かる B-8 号線は国内幹線道路に位置付けされる。これらの道路種別の延長を表 2-2 に示す。

表 2-2 道路種別および表層タイプ別の延長 (単位: km)

	1990		1991		1992		1993		1994		1995	
	アスファルト 道路	砂利/ 未舗装道路										
国際幹線道路	2,607.9	971.0	2,607.9	971.0	2,667.1	1,023.8	2,667.1	1,023.8	2,697.2	957.9	2,653.0	957.9
国内幹線道路	1,307.6	1,442.9	1,364.2	1,377.7	1,403.3	1,344.8	1,403.3	1,344.8	1,403.3	1,344.8	1,304.4	1,366.5
主要道路	2,293.4	5,476.4	2,424.6	5,402.5	2,502.9	5,452.5	2,502.9	5,452.5	2,590.0	5,568.4	2,561.7	5,468.9
2次道路	1,041.4	10,066.7	1,148.4	10,006.8	1,170.5	10,049.6	1,170.5	10,058.4	1,187.0	10,905.6	1,183.8	10,155.0
地方道路	512.4	25,756.6	593.4	25,816.2	665.3	25,848.9	665.3	25,956.5	712.7	25,993.6	749.3	26,321.5
特別道路	180.5	10,627.7	184.9	10,674.9	212.3	10,779.2	212.3	10,872.9	213.5	10,905.2	219.5	11,000.4
合計	7,943.2	54,341.3	8,323.4	54,249.1	8,621.4	54,498.8	8,621.4	54,708.9	8,803.7	55,675.5	8,671.7	55,270.2

初期の道路開発計画においては道路使用者へ安定したサービスを供給することに力点が置かれ、主に幹線および主要道路の建設が実施された。その後は、地方開発の促進政策に従い、地方の低規格道路の改修が重点的に実施された。現在は第6次5ヶ年計画の枠組みに沿い、既設道路の維持・修繕が優先的に実施されている。

道路延長の低い伸び率に対し、新規車両登録台数は表 2-3 に示すように過去 5 年間で年平均 5.2% の伸び率を示している。この中で伸び率の高い車両はバスと乗用車であり、これらの多くは商用と自家用の 2 つの目的に使用されている。過去のデータを長期的に見ると、トラックはその他の車両に比べて比較的低い伸び率であるが、トレーラーはトラック以上の勢いで増えており、車両の大型化が進んでいるといえる。

表 2-3 新規車両登録台数の変化 (単位: 台)

車 種	1993	1994	1995	1996	1997*
乗用車	4,542	7,031	6,519	8,625	8,995
ステーション・ワゴン	1,828	2,699	3,260	4,069	4,259
バン、ピックアップ	2,510	3,380	5,778	7,711	7,544
ローリー、トラック	750	1,315	1,778	2,222	2,732
バス	519	390	743	888	931
ミニバス	295	427	813	946	927
特殊車輛	20	19	32	38	35
トレーラー	291	541	444	674	680
ローラー、グレーダー、クレーン車	55	53	89	104	102
ホイール・トラクター	474	578	977	1,047	1,263
クローラー・トラクター	2	6	11	9	6
オートバイ	1,133	1,488	1,778	2,328	2,415
三輪車	1	1	2	3	4
合計	12,420	17,928	22,224	28,664	29,893

\* 予測値

ケニアはアフリカ諸国の中では比較的良く整備された道路網を有している。しかし、政

府の道路予算不足による維持・修繕の不足、過積載車両の通行等のため、道路の路面状態はその大半が非常に悪く、既設構造物の劣化が著しい。その結果、車両走行の安全性の低下を含む低いサービス水準を招いている。

## (2) 鉄道

ケニアの鉄道はケニア鉄道公団 (Kenya Railways Corporation) によって運行されている。その延長は 1,919km (1995) におよぶが、1985 年よりほとんど変化していない (表 2-4 参照)。過去 5 年間の鉄道貨物および旅客輸送量を表 2-5 に示すが、貨物・旅客とも近年減少している。

表 2-4 ケニア国内における鉄道営業キロ数 (単位: km)

	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995*
公共鉄道										
主線	1,083	1,083	1,083	1,083	1,083	1,083	1,083	1,083	1,083	1,083
幹線	345	345	345	345	346	346	346	346	346	346
支線	490	490	490	490	490	490	490	490	490	490
合計	1,918	1,918	1,918	1,918	1,919	1,919	1,919	1,919	1,919	1,919
民間鉄道、待避線	815	815	825	825	839	821	821	821	851	859
Total	2,733	2,733	2,743	2,743	2,758	2,740	2,740	2,740	2,770	2,778

出典: Kenya Railways Corporation

\*予測値

表 2-5 鉄道輸送 (1988-1992)

	単位	1993	1994	1995	1996	1997*
貨物:						
トン	千	2,310.0	1,901.0	2,090.1	2,059.7	1,620.6
トン・km	百万	1,312.0	1,172.0	1,456.1	1,308.5	1,068.2
収入	百万ケニア・ポンド	146.1	152.0	171.3	156.7	142.4
収入/トン・km	セント	221.0	259.0	235.0	240.0	267.0
旅客:						
旅客数	千	2,426.0	1,910.6	1,624.1	2,378.9	2,386.4
旅客・km	百万	464.0	408.0	363.0	371.2	339.0
収入	百万ケニア・ポンド	14.4	15.2	14.5	14.6	14.9
収入/旅客・km	セント	62.0	75.0	80.0	78.6	87.8

\* 予測値

## (3) 水/海運

ケニアの海岸線の延長は約 400km あり、大部分の海岸に珊瑚礁が発達している。この 400km にモンバサ、マリンディ、ラム、キリフィ、シモニの 5 つの港があり、対象となる三橋が架かる B8 号線も海岸線に沿って走っている。マリンディ港を除いた 4 港は入り江の穏やかな場所に位置しており、海象条件に恵まれているが、潮位差は比較的大きく約 3.6m

である。これら 5 港を出入船舶数および登録トン数で比べると、ほとんど 100%がモンバサ港に集中している。モンバサ港における過去 5 年間の貨物取扱量を表 2-6 に示す。

表 2-6 モンバサ港の貨物取扱量

単位：千トン

	1993	1994	1995	1996	1997*
輸出貨物：					
ドライ・カーゴ	2,088	1,446	1,752	2,103	1,647
タンカー買い	685	213	181	273	183
小計	2,773	1,659	1,933	2,376	1,830
輸入貨物：					
ドライ・カーゴ	2,773	3,930	3,397	3,538	5,087
タンカー買い	2,371	2,680	2,643	2,780	1,493
小計	5,144	6,610	6,040	6,318	6,580
総合計	7,917	8,269	7,973	8,694	8,410

\* 予測値

#### (4) 航空

ケニアには、ナイロビにあるジョモケニアッタ国際空港とモンバサのモイ国際空港の 2 大国際空港のほかに、12 の主要空港がある。しかし、航空旅客・貨物の 97%をこの 2 大空港で取り扱っている。これら 2 大空港の過去 5 年間の取扱量を表 2-7 に示すが、旅客・貨物量ともに世界的な景気後退、国内経済の疲弊を反映して低迷している。

表 2-7 二大空港の旅客・貨物取扱量

	1993	1994	1995	1996	1997*
旅客 (千人)					
入国	1,193.7	1,187.4	1,104.8	1,137.2	1,259.6
出国	1,190.4	1,214.4	1,186.4	1,158.0	1,275.1
トランジット	336.6	370.8	383.5	395.8	300.5
合計	2,720.7	2,772.6	2,674.7	2,691.0	2,835.2
貨物 (千トン)					
カーゴ： 搬入	17.9	23.0	22.2	23.8	23.9
搬出	45.4	59.2	49.1	40.2	41.7
郵便： 搬入	1.3	1.2	1.1	1.0	1.1
搬出	0.8	0.8	0.5	0.5	0.5
合計	65.4	84.2	72.9	65.5	67.2

#### (5) パイプライン

ケニアは非産油国であるため原油は全て中近東諸国を中心とする産油国から輸入される。輸入原油はモンバサで精製され、1978 年に完成した延長 425km のパイプラインでナイロビをはじめとする内陸諸都市へ輸送されている。表 2-8 に過去 5 年間の石油輸送量を示すが、

総量の変動はほとんどない。

表 2-8 石油輸送量

単位：千立方メートル

種 別	1988年	1989年	1990年	1991年	1992年
ガソリン	607.3	618.0	623.7	584.8	577.1
ケロシン	187.6	237.3	235.1	218.3	213.1
軽油	677.8	684.3	692.9	661.8	640.0
ジェット燃料	325.4	337.3	431.7	366.2	430.1
合 計	1,798.1	1,876.9	1,983.4	1,831.1	1,860.3

(出典：Economic Survey 1993)

## 2-1-2 上位及び関連開発計画

### (1) 国家開発計画

ケニア共和国は 1963 年独立後、1970 年代には東アフリカの要所という地理的条件、その当時比較的整備されたインフラ、高い教育水準をベースに高度成長をとげた。しかし、80 年代に入り主力の輸出商品であるコーヒー、紅茶等の価格低迷から財政赤字が拡大し、さらに国家目標である経済・産業のケニア化も遅々として進まない等、経済困難が表面化してきた。これらを解決すべく国家開発計画を第 7 次 (1994~1996) まで実施してきたが、経済成長は期待された程進展が見られないため、過去の国家開発計画の内容を一新した第 8 次国家開発計画 (1997~2001) を新たに策定した。過去の計画は主に農業に依存した経済活動を目標としていたが、新たな開発計画は、新興工業経済地域 (NIES) への 2020 年までの仲間入りをめざし、農業と工業の両面の発展に重点を置いたものである。また、過去の開発計画は開発指針を示したものにすぎなかったが、第 8 次国家開発計画は、よりセクター別の目標を掲げ、各セクターの開発重点項目を述べている。

第 8 次国家開発計画の中で策定されている道路部門の政策は以下の通りである。

- 現状の道路機能の維持管理を最優先し、新規投資は開発のネックとなっているもの、あるいは極めて高い収益が見込めるものに限定する (第 7 次計画から継続)。
- 道路の維持管理のための財源確保を最優先させる。
  - ・ 1994 年に COMESA (Common Market for Eastern and Southern Africa) 共同宣言で採用決定され、施行された燃料税の割当
- 道路維持管理組織 (公共事業住宅省、運輸通信省) の運営体制を強化する。
- 公共事業住宅省と運輸通信省の技術・政策策定機能を強化する。
- 労働集約的技術を用いる事により、道路部門の建設及び維持管理工事要員の雇用機会を確保する。

### (2) 第 3 次道路セクター計画 (1992/93~1999/2000)

国家開発計画を支援する基礎インフラストラクチャーの整備、なかでも道路網の整備は、

農・工業製品の流通を円滑にし、国家経済に活力を与えるものとして最も重要な役割を担っている。このような道路網及び道路整備の実行機関である公共事業住宅省では、効果的に目標を達成させるため第6次5ヶ年計画を踏まえて1999年に第3次道路セクター計画(1992/93~1999/2000)を立案した。この計画の主要課題は以下のとおりである。

- 現状幹線道路網の保持
- 劣化した道路の補修
- 道路網必要部分の改良
- 全国に均等にいきわたる生活道路の建設
- 行政機構の改善
- 交通の安全

これらのなかでも特に次の三項目を最優先実行項目としている。

- 既存道路の維持管理、補修 (第1プライオリティ)
- 地域開発計画を推進するための道路建設
- 農業振興地域住民の生活向上に役立つ生活道路の建設

次に第3次道路セクター計画実施に必要な資金計画を表2-9に示す。

表 2-9 第3次道路セクター計画に係る資金計画

単位：百万 Kshs (1 Kshs=約 2.5 円)

	92/93	93/94	94/95	95/96	96/97	97/98	98/99	99/2000	計
復旧・改良事業	3,000	3,980	3,580	4,120	4,840	5,320	4,840	4,440	34,120
継続事業	2,760	2,920	2,240	1,440	1,280	900	300	180	12,020
新規事業	240	1,060	1,340	2,680	3,560	4,420	4,540	4,260	22,100
維持管理案件	2,240	2,340	2,460	2,360	2,060	1,720	1,520	1,460	16,160
継続事業	900	920	1,000	1,020	1,080	1,100	1,160	1,200	8,380
新規事業	1,340	1,420	1,460	1,340	980	620	360	260	7,780
計	5,240	6,320	6,040	6,480	6,900	7,040	6,360	5,900	50,280

出典：Proposal for Funding of Kenya's Third Highway Sector Programme 1992-2000

### (3) Road Maintenance Initiative (RMI)

本 RMI は、道路局がケニア国内の道路網を整備するときの指針というべきもので、1987年より世銀の指導の下に開始した。RMI はケニア国のみならず、サブ・サハラ・アフリカ地域において広く用いられている政策である。その特徴を纏めると以下の通りとなる。

- 持続可能な開発のための道路整備に重点を置く。
- 燃料税を徴収し、道路整備資金を確保する。
- 道路整備体制を強化する。

- 道路新設より道路リハビリに重点を置く。
- 機械による道路整備ではなく、人力による労働集約型整備を優先する（雇用促進）。
- 民間業者を育成するために外注を促進すると同時に、民間にも人力に力をおいた整備事業を提唱する。

#### (4) The Roads 2000 Maintenance Programme

本計画は前述 RMI を基に策定されたもので 1990 年 9 月より検討され、パイロットプロジェクトが各地で実施されてきた。1997 年より本格的に開始された政策で、現在はフェーズ V にあたる。本計画の目標は「道路補修に重点を置く」ことであり、これも RMI と同様に「労働集約型の道路整備」に力を入れ、雇用拡大をねらっている。

現在は地方部における区分道路の整備事業（特にポット・ホールの補修）を開始しており、数多くのドナーの協力の下に実施している。将来的には、地方部のみならず都市部にも拡大の予定である。民間企業へも Roads 2000 に参加を促進しており、特に中小の建設会社に対しては機械化による道路整備ではなく、労務者を使った道路整備を推奨し、建設業者の育成にも力を入れている。

数多くの援助機関が本計画の推進に賛同しており、下表にその援助状況を示す。

表 2-10 Roads 2000 計画に対する援助状況

援助機関	予算	Status	期間	実施郡名
SIDA (スウェーデン)	3,500 万 スウェーデン・クローナ (約450万米・ドル)	実施中	1997-2000	Nyeri, Kirinyaga
EC	7億 ケニア・シリング (約1,180万米・ドル)	実施中	1998-2001	Meru North, Meru Central, Meru South, Tharaka, Embu, Mbeere, Machakos, Makueni
KFW (クワート基金)	1,500 万 ドイツ・マルク (約890万米・ドル)	コンサルタント 選定中	1998-2003	Nakuru, Nandi, Kericho, Bomet, Nyamira
DANIDA (デンマーク)	8,000 万 デンマーク・クローネ (約1,250万米・ドル)	評価中	1998-2003	Kilifi, Malindi, Kwale, Taita Taveta, Mombasa, Lamu, Tana River
IDA (世銀)	3,000 万 米・ドル	評価中	1998-2003	Nyandarua, Baringo, Koibatek, Kisii, Gucha, Home Bay, Kuria, Migori, Suba, Rachuonyo, Laikipia, Samburu, Muranga, Kisumu, Nyando, Maragwa
ADB (アフリカ開発銀行)	協議中	計画中	1999-2003	Kajiado, Trans Mara, Trans Nzoia, Uasin Gishu, West Pokot, Keiyo, Marakwet, Turkana
USAID (米国)	協議中	計画中	1999-2003	Kiambu, Thika, Siaya, Bondo, Kakamega, Busia, Bungoma, Vihiga, Mt. Elgon, Teso, Lugari, Mumias

各ドナーの援助総額は 9.45 億 US\$ が予定されている (1997 年～2000 年)  
本計画の協力範囲は、全国 62 郡の内 58 郡を対象としている。

### 2-1-3 国際機関等の援助動向

ケニア政府の道路開発・整備に関する援助は主として1979年より世銀グループを中心として下記に示す。

- 1979～1983、第1次道路セクター計画  
道路建設、道路維持管理、交通関係法規施行及び交通安全対策
- 1984～1989、第2次道路セクター計画  
第1次の継続事項、組織体制の強化、建設関連事業の育成
- 1992/93～1999/2000、第3次道路セクター計画  
既存道路の維持管理、労働集約型の道路維持の推進、建設関連事業の育成

他にもフランス、ドイツ、日本をはじめとする二国間援助、アフリカ開発銀行、アラブ銀行等の銀行からの融資を受け、世銀を含めた1981年から1984年までの援助合計は約2,400億ケニアポンドに達した。その後1991年11月より世銀からの援助は中断しているが、第3次道路セクター計画（1992～2000）から再開された。

また、1997年度の異常気象（エル・ニーニョ）によりケニア国内の道路・橋梁網は大打撃を受け、修復の必要性に迫られている。ケニア各地での被害総額は約33.5億ケニアシリングと見積もられており、世銀が中心となって対策計画を推進中である（表2-11参照）。

ちなみに、道路セクターに対する各援助機関／国の過去の援助実績を表2-12に示す。ただし、1995/96年の実績は入手することができなかった。

表 2-11 エル・ニーニョ被害による道路・橋梁補修必要額

郡名	計画必要額 (Kshs)
Taita Taveta	36,620,000
Kwale	129,461,000
Mombasa	11,190,000
Kilifi	61,600,000
Malindi	131,209,350
Tana River	851,630,000
Lamu	106,440,000
Mandera	257,980,000
Wajir	313,270,000
Garissa	273,514,000
Moyale	71,550,000
Marsabit	380,740,000
Isiolo	23,168,000
Mwingi	25,723,000
Makueni	110,629,000
Baringo	32,508,000
Samburu	41,481,000
Keiyo	52,576,000
Marakwet	267,094,000
Kisumu	34,450,000
Rachuonyo	27,478,000
Suba	53,038,000
Busia	50,473,000
総計	3,343,822,350

(1Kshs=約2.5円)

表2-12 道路セクターに対する援助実績

(1 Kshs = 約 2.5 円)

援助機関名	プロジェクト名	1994/95年 (千Kshs)		1996/97年 (千Kshs)		1997/98年 (千Kshs)	
		ローン額	無償額	ローン額	無償額	ローン額	無償額
アフリカ開発銀行	R.R. Upgrading Rodi Kopany-Karungu Road	130,000		135,000		100,000	
	R.R. Upgrading Busia-Mumias Road	124,000		72,000		71,200	
	R.R. Upgrading Narok-Mau Narok Road	120,000		90,000		90,000	
カナダ	Minor Roads Project					5,823	3,047
デンマーク	Minor Roads Programme Roads 2000 Programme		96,000		133,620		131,000 90,000
IDA	Third Highway Sector Nairobi Mombasa Road Rehabilitation Project	26,000		400,000		40,000 600,000	
イタリア	Limuru-Naivasha Road Mai Mahiu-Naivasha Road	80,000	10,000			96,000	
日本	Chepkosa Footbridge (Bomet) CPF Tarakabei Footbridge (Bomet) CPF Syokimau-Katani (15 km) (Machakos) CPF Kapsowar-Arror (10 km) (Marakwet) CPF Stand Khisa-Khumusalaba Road Sabaki Bridge Construction						2,000 1,500 15,700 30,000 100,000
オランダ	Minor Roads Programme A.S.A.L - Kajiado (Roads) A.S.A.L - West Pokot Forest Development		96,094 1,700 1,200				87,200 1,000 960
スウェーデン	Minor Roads Programme		41,000				
スイス	Minor Roads Improvement Programme (Training) Minor Roads Improvement Programme (Laikipia)		32,000		101,400 4,800		
英国	Molo Olenguruone and Bomet Lirein Roads Project		43,262				
アメリカ合衆国	Kenya Marketing Development Programme		200,000				

表2-12 道路セクターに対する援助実績

(1 Kshs = 約 2.5 円)

援助機関名	プロジェクト名	1994/95年 (千Kshs)		1996/97年 (千Kshs)		1997/98年 (千Kshs)	
		ローン額	無償額	ローン額	無償額	ローン額	無償額
ドイツ	Road Graveling Project and Pothole Unit		40,000		19,000		
	Mai Mahiu Road Project	174,000	100,000	200,000	50,000	140,000	119,000
	Slum Rehabilitation Mathare Valley	80,000		240,000		200,000	
	Road Maintenance						
	Amala River-Narok Road						
EC	Nairobi Mombasa Road Emergency Repair and Supervisory				148,600		6,000
	Changamwe Mariakani Road Study				4,500		439,950
	Northern Corridor Rehabilitation				75,000		20,000
	8th EDF Road Study				500,000		
	Sultan Hamud-Mito-Andei Road Construction and Supervisory				33,750		160,000
	Roads Sector Institutional Study		23,940		92,550		20,000
	St. Austin/Kabete/Limuru Road		15,200		19,507		20,000
	Mai Mahiu-Naivasha-Lanet Road Study		41,250		46,823		20,000
	Sultan Hamud-Mito-Andei Road Study		7,234		117,578		84,000
	Kericho/Sotik Road				1,301		
	Turbo-webuye Road				8,500		
	Road Sector Donor Co-ordination				2,000		
	Isiolo/Moyale Road (Study)				140,000		40,000
	Mukuyu-Isebania Road				350,000		
	Agricultural Access Road (Coffee/Tea Roads)						369,320
	Agricultural Access Roads/Road 2000 (Coffee/Tea Roads)						2,000
	Weigh in Motion System				45,000		
District Roads Institutional Studies				4,500			
ベルギー	Telecommunications Project	60,000					
国際農業開発基金	Coast ASAL Development Project			659			
アフリカ開発基金	Rumuruti-Marala Road Development Project				74,000		
	Thika Makutano Road	100,000		20,000			
	R.R. Upgrading - Rodi Kopany/Karungu Road	86,000		86,400			
	R.R. Upgrading - Busia/Mumias Road	12,000		200,000			
	R.R. Upgrading - Narok/Mau Narok Road	64,000		90,000			
	Ziwa/Kitale Road	40,000		270,000			
Emali-Oloitokitok Road Project							

表2-12 道路セクターに対する援助実績

(1 Kshs = 約 2.5 円)

援助機関名	プロジェクト名	1994/95年 (千Kshs)		1996/97年 (千Kshs)		1997/98年 (千Kshs)	
		ローン額	無償額	ローン額	無償額	ローン額	無償額
アフリカ開発基金	Road Maintenance and Rehabilitation Project Rehabilitation of Nairobi Roads Project			400,000 150,000			
中国	Gambogi Serem Jeprok Road			70,000			
サウジアラビア	Thika-Garissa Road	40,000		240,000			

#### 2-1-4 我が国の援助動向

過去、ケニア国道路・橋梁セクターに対する日本の無償資金協力の概要は以下の通りである。

##### (1) 農業道路補修計画（無償資金協力）

一年	度	昭和 59 年度	
一金	額	6.0 億円	
—E/N署名日		昭和 59 年 12 月	
—内	容	モーターグレーダー	30 台
		トラック	20 台
		タンクローリー	10 台
		コンクリートミキサー	25 台
		歩道用小型振動ローラ	40 台
		ワゴン車	10 台
		ピックアップトラック	20 台

##### (2) 農業道路補修計画（無償資金協力）

一年	度	昭和 63 年度	
一金	額	5.96 億円	
—E/N署名日		昭和 63 年 11 月	
—内	容	モーターグレーダー	40 台
		タンクローリー	24 台
		ピックアップトラック	40 台

##### (3) 道路橋梁機材整備計画（無償資金協力）

一年	度	平成 5 年度	
一金	額	5.47 億円	
—E/N署名日		平成 5 年 6 月	
—内	容	トラック	34 台
		ダンプトラック	48 台
		小型トラック	34 台
		機械維持サービス車	13 台
		締固め機材	42 台
		コンクリート機材	54 台
		コンプレッサー	2 台
		ハンドブレーカー	4 台

##### —現 状

平成 5 年度に日本の無償資金協力により、ケニア国全体に道路・維持管理用機材が

調達されたが、その一部がコースト州全般に配備されており、その状況を資料 5-7 に示す。表中に故障待機中と記入しているものは、現在部品待ちの状態であるが、資金不足や交換部品の入手の困難さにより、稼働していない。修理工等の作業員は十分な配置がされているとのことであるが、資金不足のため十分に稼働していない状況である。

ただし、毎日のルーチン・メンテナンス（橋梁排水工部の清掃等）は行われており、本調査中もキリフィ橋の清掃が確認された。

#### (4) サバキ橋架け替え計画（無償資金協力）

- 年 度 平成 6 年度
- 金 額 3.48 億円
- E/N 署名日 平成 6 年 8 月
- 橋梁 上部工
  - 橋長 : 171.4m
  - 形式 : PC 箱桁 T 型ラーメン橋 + PC 単純箱桁橋
  - 支間 : 2@64.5m + 40.0m
  - 総幅員 : 11.3m (車道 7.5m、歩道 2@1.5m)
- 下部工
  - 逆 T 式橋台 2 基、円柱式橋脚 2 基
- 基礎工
  - 場所打ち杭および直接基礎
- 取付道路 延長
  - 右岸側 : 170m、左岸側 : 200m
- 総幅員
  - 10.9m
- 現 状

本橋梁は、日本の無償資金協力により 1997（平成 9 年）年架け替えが完了したものである。サバキ橋の架け替えにより、国道 B8 号線上の主要な橋梁は日本の援助により整備され、コースト州の経済発展、特にタナ河流域の開発促進に寄与している。本橋梁は、建設されてから日が浅いこともあり、損傷は殆ど見られなかった。橋台部にクラックが見られるが、コンクリートの乾燥収縮によるものと考えられ、強度的に問題になるものではないと思われる。

公共事業住宅省の説明によると、1997 年のエル・ニーニョによる異常降雨のため、上流右岸部の堤防が一部決壊したとのことであったが、現在のところ橋梁本体に問題は起きていない。しかしながら、異常水量により川の流れが変動しているとの報告があるため、河道を一定させるための護岸工事（蛇籠の設置等）の必要性もあるだろう。

#### (5) 地方道路計画（有償資金協力）

- 年 度 昭和 53 年度
- 金 額 33.61 億円
- E/N 署名日 昭和 53 年 6 月

(6) 地方道路計画 (有償資金協力)

- 一年 度 昭和 57 年度
- 一金 額 61.0 億円
- E/N署名日 昭和 57 年 4 月

2-2 本計画の概要・目標

2-2-1 目的

ケニア国より要請のあった「ケニア国モンバサ地区三橋梁改修計画」の目的は、コースト州における重要幹線である国道 8 号線を長期的に健全な状態に保つことである。モンバサより北部地区へつながる幹線道路・国道 B8 号線の整備拡充の一環として交通上のネックとなっていた河川横断部に建設された新ニヤリ橋、新ムトワバ橋およびキリフィ橋の損傷が報告されているため、これらを改修することにより国道 8 号線上の安全かつ円滑な交通が確保され、ひいてはコースト地方の地域社会の経済発展及び民生の向上が期待されている。

2-2-2 対象

本計画の対象となる三橋梁は新ニヤリ橋、新ムトワバ橋およびキリフィ橋である。これら三橋は全て日本の円借款により建設されたものであり、その概要は以下の通りである。

キリフィ橋に関しては、1983 年に開発調査 (F/S) が JICA/セントラルコンサルタントによって行われているが、F/S で提案された斜張橋に対して日本構造橋梁/H.P.Gauff によって PC 橋への設計変更が行われた。新ムトワバ橋梁の詳細設計に関しては OECF/千代田コンサルタントによって照査されており、設計瑕疵は無いとされている。

なお、三橋梁は、それぞれ、モンバサ市郊外、モンバサ市から北へ 7km 及びモンバサ市から北へ 70km の地点に位置しており、いずれも国道 B8 号線上にある。

表 2-13 対象三橋梁の概要

橋梁	橋長等	E/N年	E/N額	完成年	設計	施工	設計基準
新ニヤリ	390m 6車線 PC橋	1975年度	49.0億円	1980年	H.P.Gauff	住友建設	独基準 (*BS cross-check)
新ムトワバ	192m 2車線 PC橋	1977年度	7.5億円	1980年	H.P.Gauff	住友建設	英基準 (**DIN cross-check)
キフィリ	420m 2車線 PC橋	1984年度	78.5億円	1991年	日本構造橋梁、 H.P.Gauff	住友建設	英基準 (日本基準 cross-check)

\*BS : 英国基準

\*\*DIN : ドイツ工業規格

### 2-2-3 コンポーネント

本計画で実施が計画されている三橋の施工対象コンポーネントは以下の通りである。ただし、全ての工事は補修工事であって、新設工事は含まない。

#### (1) 新ニヤリ橋

上部工	ひび割れ対策工 たわみ対策工
下部工 (橋脚)	ひび割れ対策工
橋梁付属物	
伸縮装置	損傷対策工
支承	腐食対策工

#### (2) 新ムトワバ橋

上部工	ひび割れ対策工 たわみ対策工
下部工	
橋台ウイング	ひび割れ対策工
橋脚支承台座部	ひび割れ対策工
橋梁付属物	
伸縮装置	ゴム劣化対策工
支承	油漏れ対策工

#### (3) キリファイ橋

路面	舗装 (車道・歩道) の損傷対策工
上部工・下部工	ひび割れ・たわみ対策
橋梁付属物	支承取付ボルトの欠損

### 2-2-4 計画実施における前提条件

本計画の実施にあたっては、相手国実施機関の日常維持管理体制が整備されていることが前提条件となる。したがって、公共事業住宅省は今後定期点検を確実にを行う必要がある。

### 2-2-5 計画実施における留意事項

三橋梁に関し現在必要とされている補修工事を日本側とケニア側で分担する場合は、双方の責任の範囲を明確にする必要がある。

## 2-3 本計画の実施体制

### 2-3-1 組織

ケニアにおける公共事業行政を総括する機関は公共事業住宅省であり、同省は本案件の実施機関である道路局を含む8局・3部体制および各州郡事務所より構成されている。公共事業住宅省の組織図を図2-1に示す。

対象三橋梁の責任機関は前述した通り道路局であり、その維持管理に関しては橋梁部が管轄することになっている。また、実際に毎日の橋梁日常点検はコースト州事務所およびモンバサ郡事務所が実施している。

道路局の組織図を図2-2に、また、州・郡建設事務所の組織図を図2-3にそれぞれ示す。

地方及び県建設事務所とも、事務所長は、主席技官から任命されているが、管轄下にある技官は、道路技官は道路局より、機材技官は機械運輸局より、材料技官は材料調達局から派遣されている。

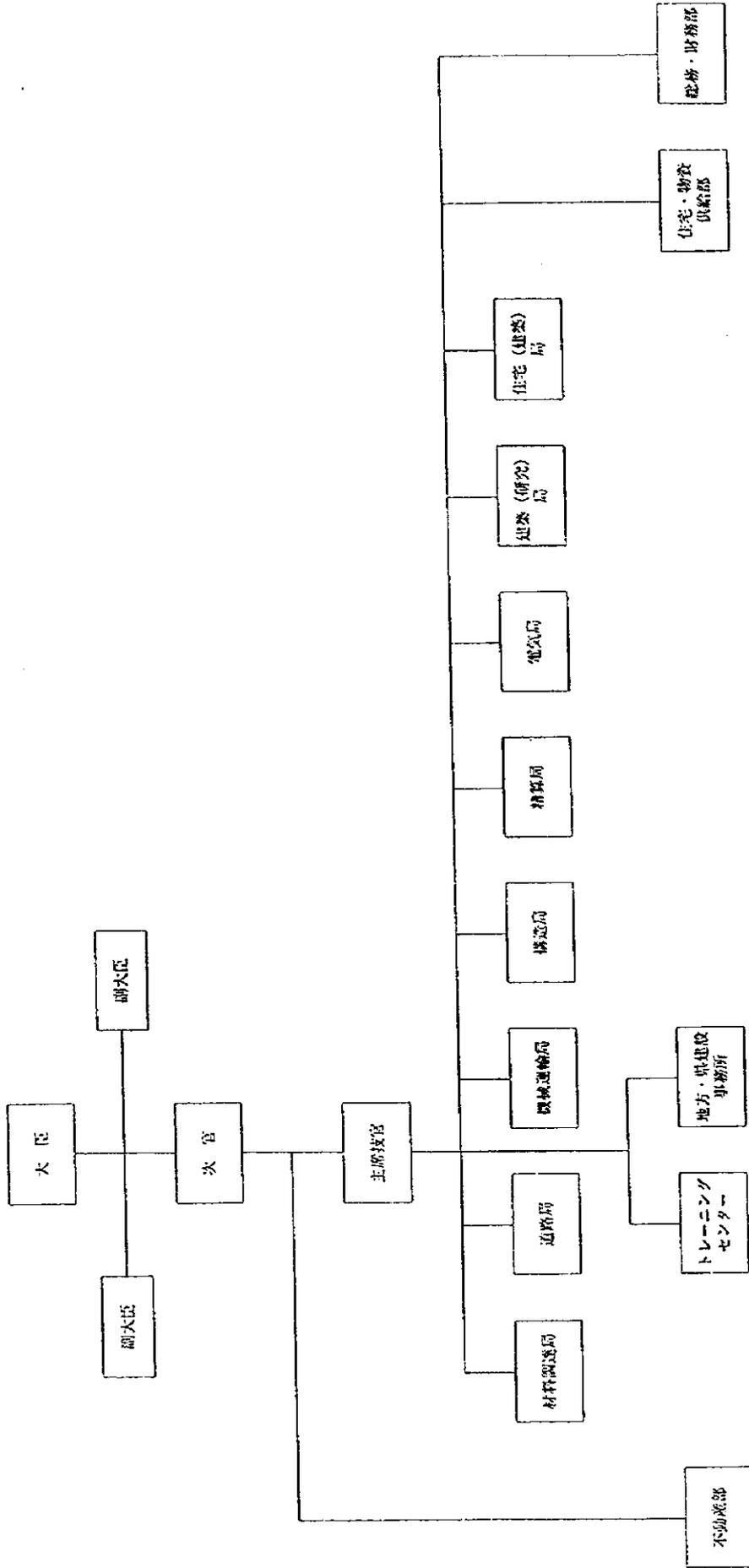


図2-1 公共事業住宅省の組織



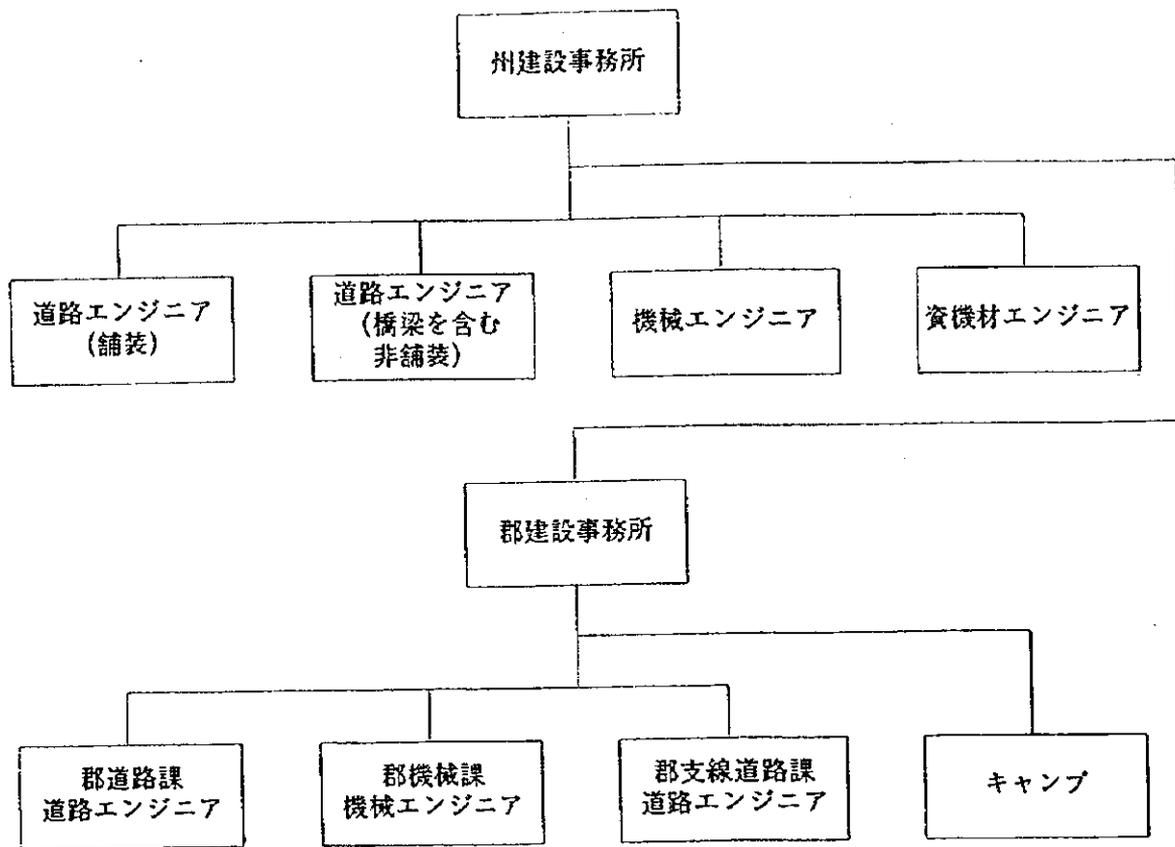


図 2-3 州建設事務所組織図

### 2-3-2 予算

公共事業住宅省及び道路局の予算推移を表 2-14 に示す。

表 2-14 公共事業住宅省及び道路局予算の推移 (1994/95～1998/99)

	一般会計予算 (Kshs)		建設予算 (Kshs)	
	公共事業住宅省	道路局	公共事業住宅省	道路局
1994/95	4,083,623,760	2,551,379,480	3,383,333,800	2,778,341,640
1995/96	5,647,537,060	3,971,418,980	5,450,217,500	4,919,525,120
1996/97	6,517,960,340	4,878,988,780	6,732,278,800	6,291,200,860
1997/98	7,637,278,460	5,759,877,620	6,670,293,200	6,242,385,360
1998/99	7,383,078,780	5,558,857,940	3,986,892,600	3,366,985,600

三橋を含んだケニア国における道路・橋梁の維持管理にかかる予算は 1994/95 年度 (ケニア国の財政年度は 7.1～6.30) より徴税が開始された燃料税を財源としている。1998/99 年における予算配分は以下の通りである。

機材維持管理予算 (全国)	140,000,000 Kshs
機材維持管理予算 (沿岸州)	16,191,410 Kshs
橋梁用維持管理予算 (全国)	349,000,000 Kshs
橋梁用維持管理予算 (コースト州)	14,200,000 Kshs
対象橋梁用維持管理予算 (かき橋を含む)	3,000,000 Kshs
	(1 Kshs=約 2.5 円)

以上のようにケニア国政府としては、道路・橋梁の維持管理体制強化のために 1994/95 年度から燃料税制度を導入し、予算確保に努力しており、毎年予算は増加の傾向を示しているようである。特に対象となっている新ニヤリ、新ムトワパ及びキリフィ橋にサバキ橋（我が国無償資金協力により 1997 年 8 月完成）を含んだ四橋に対しては維持・管理用に特別枠を設けて対処しており、努力がうかがえる。四橋梁用に用意されている 3,000,000 Kshs の中から、2,000,000 Kshs が今回の対象三橋の維持管理用に充てられる予定であり、ある程度の補修は予算的には十分可能であると思われる。但し、構造に問題のある部分の修理に関しては技術的にも予算的にも対応不可能であろう。

特に対象橋梁に関してはその維持管理費用は年々のびており、ケニア側の努力も伺える（表 2-15 参照）。

日常の補修に必要となる建設機械に関しては、道路局が有しているが、それらの機材の保守・管理は同じ公共事業住宅省内のセントラル・ワークショップに、地方事務所に配備されている建設機械に関しては、同じく支局になる地方事務所ワークショップに依頼し、通常の補修作業に対処している。

セントラル・ワークショップの稼働状況は、他のケニア国と同水準の開発途上国と比較して非常に停滞しているといえる。

表 2-15 対象橋梁に対する維持管理予算の推移 (1995/96～1998/99)

年 度	維持管理予算 (Kshs)
1995/96	500,000
1996/97	700,000
1997/98	1,000,000
1998/99	3,000,000
合 計	5,200,000

(1Kshs=約 2.5 円)

道路局は資料 5-8 に示すように対象橋梁の修理費用を見積もり、予算確保に努力しているが、国全体の予算不足により、全額確保には至らない状況である。

また、道路の補修に関しては、コースト州内の各郡に対して対象道路別に修理予算を確保している（表 2-16 参照）。

表 2-16 コースト州道路維持管理予算 (1998/99)

郡	道路番号	ポットホール・パッチング		路肩補修	労務者雇用費		合計
		距離	予算 (Kshs)	予算 (Kshs)	人/日	予算 (Kshs)	予算 (Kshs)
タイタ・タベタ	A23, C104, C105	41.5	2,790,300	1,431,600	6,976	593,700	4,815,600
タナ河	C112	18.0	1,044,400	607,900	14,771	1,257,100	2,909,400
クワレ	C106, A14, D544, E955, E965, E965	135.2	2,611,500		14,705	1,251,500	3,863,000
キリフィ	B8, C111, E921, D559	121.3	2,839,100		5,086	432,900	3,272,000
ラム							
モンバサ	B8, A14, C114, E982, E949, C109	146.0	3,491,100	1,814,000	36,730	2,526,000	7,831,100
マリンディ	B8, C103, E897, E973, E899, E900	52.7	1,508,600	303,900	10,056	847,800	2,660,300
州事務所経費						1,000,000	1,000,000
合計		514.7	14,285,000	4,157,400	88,324	7,909,000	26,351,400

(1 Kshs=約 2.5 円)

### 2-3-3 要員および技術水準

#### (1) 要員

対象三橋梁の総括機関である道路局、毎日の日常点検を実施するコースト州事務所およびモンバサ郡、キリフィ郡の郡事務所員の定員は年々減少してきており、組織改革により人件費のきりつめが行われている (表 2-17 参照)。

表 2-17 対象橋梁実施機関における人員数の推移

	人 員 数					
	1993/94	1994/95	1995/96	1996/97	1997/98	1998/99
道路局	3,205	3,050	2,446	2,430	2,124	1,841
コースト州	111	111	109	105	87	58
モンバサ郡	150	151	122	105	90	87
キリフィ郡	283	239	185	146	131	92

#### (2) 技術水準

道路局の技術者及びケニア国内の建設業者の技術水準に関しては、それほど高いものとは言いがたい。ケニア国内の長大橋や幹線道路は国際機関の援助を受けて外国の建設業者により施工されたものがほとんどであり、ケニア国独自の技術力により施工されたものは、橋長の短い橋梁や地方道路に限られる。対象三橋梁に関しても、設計・施工は全て外国のコンサルタント、建設業者である。ただし、建設下請けとして地元の業者も参加している

ため、単純な施工技術力は養われていると考えられる。

また、道路橋梁関連の技術マニュアルとしては、道路局作成の下記の基準を採用することになっているが、その内容は単なる指針というものであって具体的な設計計算を行えるものではなく、計算についてはBS等を使用するなどの記述がなされている。したがって、実際の設計に用いることができるケニア側の基準・マニュアルは無いに等しい。

—道路設計指針	1編	幾何構造
—道路設計指針	3編	舗装設計
—道路設計指針	4編	橋梁設計
—橋梁設計指針（素案）		
—橋梁設計のための技術資料	1編	水文編
—橋梁設計のための技術資料	2編	気象編
—橋梁設計のための技術資料	3編	土質／地震編
—道路・橋梁標準仕様書		

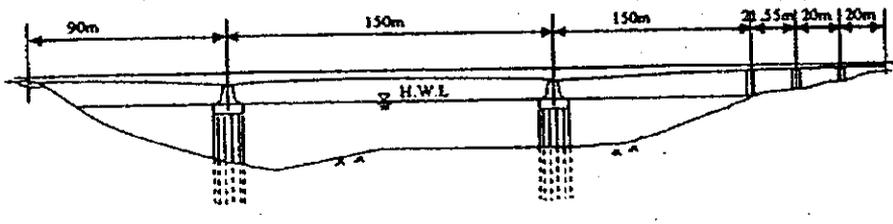
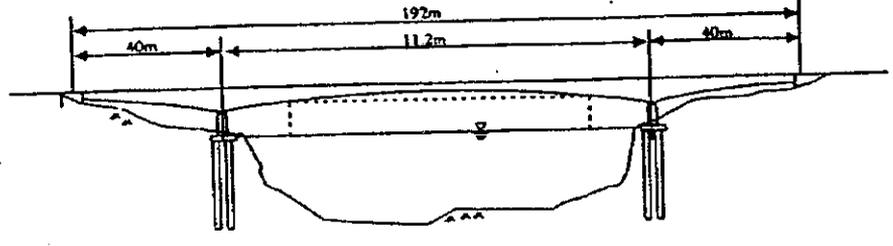
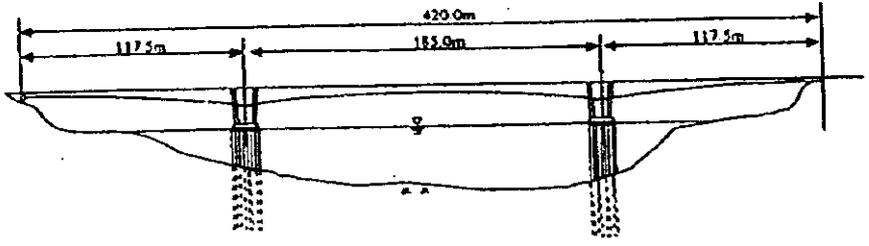
## 2-4 プロジェクトサイトの状況

### 2-4-1 位置

対象三橋梁はケニア国モンバサ（南緯 4°、東経 39.5°）より北部地方へつながる幹線道路 B8 号線沿いに位置し、キリファイ（南緯 3.5°、東経 40°）までの約 70km の範囲に建設された。

対象三橋梁の橋梁形式及び諸元を表 2-18 に示す。

表 2-18 対象三橋梁の各種諸元

橋名	橋梁形式及び寸法諸元
<p>新 ニ ヤ リ 橋</p> <p>1980年</p>	 <p>形 式：3径間連続PC箱桁</p> <p>竣 工 総幅員：26.4m＝歩道・地覆 2.95m×2＋車道 9.50m×2（4車線）＋中央分離帯 1.5m</p> <p>工 期：36ヶ月</p> <p>位 置：モンバサ近郊</p>
<p>新 ム ト ア バ 橋</p> <p>1981年</p>	 <p>形 式：3径間連続PC箱桁</p> <p>竣 工 総幅員：12.0m＝歩道・地覆 2.250m×2＋車道 7.50m×2 車線</p> <p>工 期：24ヶ月</p> <p>位 置：モンバサより7km</p>
<p>キ リ フ イ 橋</p> <p>1990年</p>	 <p>形 式：3径間連続PC箱桁</p> <p>竣 工 総幅員：12.9m＝歩道・地覆 2.45m×2＋車道 8.0m×2 車線</p> <p>工 期：36ヶ月</p> <p>位 置：モンバサより70km</p>

## 2-4-2 自然条件

対象三橋の建設されたケニア国コースト州は地形的には海岸沿いの平坦地に属し、その地質は洪積世の珊瑚礁から構成され、良質の地盤と最高の透水性を有している。珊瑚礁の石灰岩による地層は地中 100m におよぶ深さにまで達している。

モンバサは周囲をクリーク（水路）に囲まれた面積約 13 km<sup>2</sup>の小さな島で、クリークと接する部分は険しい断崖となっており、周囲と隔絶されている。そのクリーク上に建設されたのが新ニヤリ橋で、モンバサ島から北部地方へ抜ける国道 B8 号線をつなぐ重要な施設である。また、国道 B8 号線は海岸線に沿って走っているため、コースト州第 2 の都市であるマリンディまでに 2ヶ所の大きなクリークがあり、その部分で交通が遮断されていた。この 2ヶ所のクリーク上に建設されたのが、新ムトワバ橋とキリフィ橋である。

モンバサ市は周囲をクリーク（水路）に囲まれた面積約 13 km<sup>2</sup>の小さな島で、クリークと接する部分は険しい断崖となっており、周囲と隔絶されている。本土との間は、いくつかのフェリーによって結ばれている。

気候の特徴は年間を通じて高温多湿であり、年間の最高気温平均は 30.2℃、最低気温平均は 20.7℃で、相対湿度の平均は午前 9 時で 82%、正午で 65%を示している。降雨については、4～6 月の大雨期と 10～12 月の小雨期がある。5 月が最も降雨量の多い月で、年によって異なるが月間 200～400mm の雨量を記録している。この雨は果物を主とする農作物の生成に大きく貢献している。モンバサ市の気象条件は表 2-19 の通りである。

表 2-19 モンバサ市における気象条件

月	月平均気温 (℃)		月雨量合計 (mm)	相対湿度 (午前 9 時)	相対湿度 (正午)	雨天日数
	最高気温平均	最低気温平均				
1 月	31.9	21.4	2.5	82	62	1
2 月	32.9	21.9	微量	77	61	0
3 月	32.4	22.5	47.0	80	65	2
4 月	31.6	22.5	158.8	82	69	9
5 月	30.0	21.0	330.1	86	73	18
6 月	29.0	19.5	4.1	85	62	3
7 月	28.2	19.1	69.4	86	69	12
8 月	26.9	19.2	180.1	87	71	10
9 月	28.6	19.2	44.6	84	68	11
10 月	29.5	20.1	154.1	83	67	12
11 月	29.9	20.8	98.0	82	70	8
12 月	31.7	21.3	32.9	80	67	6

## 2-4-3 サイト状況

### (1) 交通量

B8 道路（モンバサ～マリンディ道路）は東アフリカ最大の取扱量を誇る貿易港のあるモ

ンバサとケニア北部の主要都市であるマリンディとを結ぶ幹線道路であり、かつ、B8 道路が走るモンバサ北部インド洋沿岸線は数十キロに亘砂浜が続くケニア最大の観光開発地域であり、B8 道路の整備及び円滑な交通確保は、ケニア沿岸地域一帯の社会・経済・観光開発の重要課題であった。

3 橋梁の完成により、国道 8 号線上（新ムトワパ橋地点）の交通量は 1978 年の 1,511 台／日が 1992 年には 3,417 台／日と増加の一途をたどっており、物資輸送能力増強によりコースト地域の社会経済開発に寄与している（表 2-20 参照）。

表 2-20 新ムトワパ橋における交通量の推移（単位：台）

年	乗用車	貨物 (軽)	貨物 (中)	貨物 (重)	バス	合計
1978	677	486	260	10	78	1,511
1980	933	790	357	23	125	2,228
1982	703	1,000	414	111	75	2,303
1984	1,027	859	383	68	173	2,510
1986	1,010	994	133	62	172	2,371
1988	824	1,375	272	60	162	2,693
1990	908	1,574	306	66	179	3,033
1992	1,001	1,802	344	73	197	3,417

また、データの収集日は異なるが、道路局実施による交通量調査によれば、新ニヤリ橋、新ムトワパ橋及びキリフィ橋それぞれの架橋地点での現在の交通量は、日量約 17,000 台、約 7,500 台及び約 3,700 台であり、建設後、増大し続けており、大きく三橋梁の建設が地域経済の発展に大きく寄与していると判断される。

### (2) 対象三橋梁のタワミ測定

本予備調査中に対象三橋の「定点における撓み水準測定」を実施した。三橋とも 1997 年に実施した OECF 調査と同様な結果が得られた。OECF 調査結果でも述べられているが、撓みに関しては終局に向かっていていると思われるが、今後も定期的な測量を行うことが望まれる。

表 2-21～23 に対象三橋の施工以降の定点における水準測量の結果を示す。

### (3) コンクリート強度試験

本予備調査中に対象三橋の「各部材のコンクリート非破壊強度試験」をシュミット・ハンマーを用いて測定した。

対象三橋の設計図書で規定されている強度を表 2-24 に示す。また、今回のシュミット・ハンマーテスト結果を表 2-25 に示す。この結果からもわかるように、コンクリート強度に関しては設計強度は得られている結果がでた（サバキ橋を含む：表 2-25 参照）。ただし、シュミット・ハンマーによるコンクリート強度試験はあくまでも簡易強度試験法であるため、バラツキが多く、コア抜き試験結果と比較すると大きく値が異なることが一般的であるため、設計強度が得られているかの目安として実施した。従って、基本設計調査を実施する場合は、コア抜き試験を実施することが望まれる。

表2-21 新二アリ橋測量結果

測点	1992年		1997年		1998年		比高差 (1997年)	比高差 (1992年)	比高差 (施工時)	水準高	比高差 (施工時)	比高差 (1992年)	比高差 (1997年)
	水準高	比高差	水準高	比高差 (施工時)	水準高	比高差 (施工時)							
1	17.852	2	17.854	2	17.852	0	-2	0	17.852	0	0	-2	-2
2	17.555	7	17.562	7	17.565	0	3	10	17.565	10	10	3	3
3	17.857	2	17.857	0	17.853	-2	-4	-4	17.853	-4	-4	-6	-4
4	17.560	2	17.561	1	17.559	-1	-3	-1	17.559	-1	-1	-3	-2
5	17.986	-3	17.982	-4	17.978	-1	-5	-8	17.978	-8	-8	-5	-4
6	17.730	5	17.730	0	17.721	-5	-9	-9	17.721	-9	-9	-14	-9
7	18.019	2	18.018	-1	18.018	-3	-3	-1	18.018	-1	-1	-3	0
8	17.736	3	17.728	-8	17.735	-11	-4	-1	17.735	-1	-1	-4	7
9	17.947	-55	17.864	-83	17.857	-28	-35	-90	17.857	-90	-90	-35	-7
10	17.540	-95	17.445	-139	17.405	-44	-40	-135	17.405	-135	-135	-40	4
11	18.120	-98	17.979	-141	17.986	-43	-36	-134	17.986	-134	-134	-36	7
12	17.541	-92	17.411	-130	17.410	-38	-39	-131	17.410	-131	-131	-39	-1
13	17.611	-64	17.520	-91	17.525	-27	-22	-86	17.525	-86	-86	-22	5
14	17.049	2	17.045	-4	17.046	-6	-5	-3	17.046	-3	-3	-5	1
15	17.349	-3	17.340	-9	17.349	-6	3	0	17.349	0	0	3	9
16	17.058	3	17.061	3	17.056	0	-5	-2	17.056	-2	-2	-5	-5
17	16.910	-4	16.896	-14	16.900	-10	-6	-10	16.900	-10	-10	-6	4
18	16.145	4	16.148	3	16.145	-1	-4	0	16.145	0	0	-4	-3
19	16.439	1	16.438	-1	16.438	-2	-2	-1	16.438	-1	-1	-2	0
20	16.147	-2	16.144	-3	16.147	-1	2	0	16.147	0	0	2	3
21	16.125	4	16.129	4									
22	16.423	-3	16.420	-3									
23	16.129	0	16.129	0									
24	15.927	2	15.929	2									
25	16.224	-3	16.221	-3									
26	15.941	-1	15.940	-1									
27	15.731	-5	15.726	-5									
28	16.016	-4	16.012	-4									
29	15.732	-4	15.728	-4									
30	15.496	-8	15.488	-8									
31	15.775	-4	15.771	-4									
32	15.498	-12	15.486	-12									

表2-22 新ムトワバ橋測量結果

測点	1985年		1992年		1997年		1998年						
	水準高	比高差	水準高	比高差(施工時)	水準高	比高差(施工時)	水準高	比高差(施工時)	比高差(1985年)	比高差(1992年)	比高差(1997年)	比高差(1998年)	
	(1981年)												
1	14.521	14.517	14.517	-4	14.517	-4	14.517	0	0	14.520	-1	3	3
2	14.706	14.707	14.706	0	14.706	1	14.707	0	0	14.706	0	-1	0
3	14.534	14.533	14.534	0	14.534	-1	14.533	0	0	14.533	-1	0	0
4	14.713	14.716	14.713	0	14.713	3	14.716	0	0	14.713	0	-3	0
5	14.412	14.410	14.410	-2	14.410	-4	14.408	-2	-2	14.407	-5	-3	-1
6	14.600	14.599	14.600	0	14.600	-3	14.597	-2	-2	14.596	-4	-3	-1
7	14.247	14.181	14.115	-132	14.115	-142	14.105	-76	-76	14.102	-145	-79	-3
8	14.442	14.376	14.314	-128	14.293	-149	14.293	-83	-83	14.302	-140	-74	9
9	14.425	14.423	14.425	0	14.422	-3	14.422	-1	-1	14.426	1	3	4
10	14.601	14.600	14.599	-2	14.602	1	14.602	2	2	14.602	1	2	0
11	14.556	14.554	14.556	0	14.554	-2	14.554	0	0	14.553	-3	-1	-1
12	14.737	14.738	14.736	-1	14.736	2	14.739	1	1	14.736	-1	-2	-3
13	14.551	14.550	14.549	-2	14.549	-2	14.549	-1	-1	14.551	0	1	2
14	14.731	14.731	14.729	-2	14.730	-1	14.730	-1	-1	14.730	-1	-1	0

表2-23 キリフイ橋測量結果

測点	施工時						1997年						1998年													
	水準高		水準高		水準高		水準高		水準高		水準高		水準高		水準高		水準高		比高差 (施工時)		比高差 (1997年)					
	山側	海側	内側	外側	内側	外側	山側	海側	内側	外側	内側	外側	山側	海側	内側	外側	山側	海側	内側	外側	山側	海側	内側	外側		
1	24,209		24,207	24,196	24,199	-13						-8	24,207	24,206	-2	-1	24,206	24,206			-1	11			7	
2	24,309		24,316	24,309	24,304	0						-12	24,306	24,306	-3	-10	24,306	24,306			-10	-3			2	
3	24,331		24,328	24,313	24,317	-18						-11	24,314	24,312	-17	-16	24,312	24,312			-16	1			-5	
4	24,806	24,661	24,662	24,777	24,638	24,641	-29					-24	24,782	24,781	-24	-24	24,781	24,781			-24	5			0	
5	25,209	25,068	25,072	25,187	25,051	25,044	-22					-26	25,189	25,190	-20	-20	25,190	25,190			-20	2			6	
6	25,552		25,553	25,533	25,534	25,534	-19					-19	25,550	25,549	-2	-4	25,549	25,549			-4	17			15	
7	25,606	25,474	25,474	25,602	25,454	25,454	-4					-20	25,604	25,605	-2	-18	25,605	25,605			-18	2			22	
8	25,660		25,666	25,649	25,636	25,636	-11					-30	25,649	25,651	-11	-15	25,651	25,651			-15	0			15	
9	25,893		25,892	25,847	25,849	25,849	-46					-43	25,840	25,839	-53	-53	25,839	25,839			-53	-7			-10	
10	25,997	25,860	25,861	25,934	25,795	25,795	-63					-65	25,930	25,928	-67	-68	25,928	25,928			-68	-4			-6	
11	26,028	25,900	25,898	25,962	25,835	25,835	-66					-65	25,954	25,952	-74	-77	25,952	25,952			-77	-8			-9	
12	25,981	25,856	25,857	25,925	25,795	25,795	-56					-61	25,921	25,920	-55	-66	25,920	25,920			-66	1			-1	
13	25,862		25,864	25,872	25,817	25,817	-40					-47	25,826	25,828	-36	-36	25,828	25,828			-36	4			11	
14	25,618		25,619	25,600	25,599	25,599	-18					-20	25,601	25,602	-17	-17	25,602	25,602			-17	1			3	
15	25,564	25,431	25,429	25,565	25,412	25,415	-15					-19	25,548	25,552	-13	-13	25,552	25,552			-13	2			4	
16	25,512		25,508	25,493	25,494	25,494	-19					-14	25,498	25,493	-14	-15	25,493	25,493			-15	5			-1	
17	25,164	25,021	25,022	25,161	25,001	25,001	-26					-20	25,142	25,143	-22	-18	25,143	25,143			-18	4			2	
18	24,749	24,618	24,618	24,747	24,588	24,588	-31					-30	24,720	24,727	-22	-20	24,727	24,727			-20	9			7	
19	24,412		24,408	24,399	24,399	24,399	-13					-9	24,407	24,407	-5	-1	24,407	24,407			-1	8			8	
20	24,397		24,401	24,398	24,397	24,397	1					-4	24,398	24,398	1	-3	24,398	24,398			-3	0			1	
21	24,344		24,345	24,343	24,341	24,341	-1					-4														

表 2-24 設計図書に示されるコンクリート強度

部 材	新ニヤリ橋	新ムトワバ橋	キリフィ橋
上部工	Grade 45	Grade 30	Grade 45
パイル	Grade 30	Grade 30	Grade 30
パイル・キャップ	Grade 30	Grade 30	Grade 30
パイル・キャップ (プレキャスト部材)	Grade 45		
橋脚	Grade 30	Grade 30	Grade 30
橋台	Grade 30	Grade 25	Grade 30

表 2-25 シュミット・ハンマー試験結果

SER No.	Route No.	Bridge Name	Year of Completion	Date of Survey								
I	B2	New Nyali Br.	1975	12-10-1998								
No.	Rebound Value					R	$\alpha$	$\Delta R$	R0	$\sigma c$	fc	Remark
P1 山側 →	49	44	50	50	50	46	0	0	46	414	48	30
	<del>52</del>	44	<del>42</del>	46	46							
	44	44	46	46	44							
	44	44	44	45	44							
	45	45	45	<del>44</del>	<del>44</del>							
P1 A1側 →	44	49	45	<del>50</del>	<del>50</del>	46	0	0	46	414	48	30
	43	46	42	45	<del>41</del>							
	43	<del>42</del>	50	46	50							
	43	43	45	50	48							
	<del>42</del>	45	50	43	45							
P2 A1側 →	<del>52</del>	56	56	54	56	55	0	0	55	531	61	30
	56	52	57	<del>52</del>	55							
	<del>52</del>	52	57	57	56							
	56	56	52	55	55							
	57	55	56	<del>57</del>	<del>57</del>							
主桁 (内面) (中間 横桁) →	51	51	52	53	50	53	0	0	53	505	58	45
	<del>47</del>	53	<del>60</del>	53	54							
	52	52	56	54	56							
	54	<del>46</del>	<del>47</del>	55	50							
	<del>56</del>	50	51	53	51							
主桁 (内面) (支点上 横桁) →	50	50	50	42	46	48	0	0	48	440	51	45
	<del>53</del>	<del>40</del>	<del>40</del>	42	52							
	48	42	48	52	46							
	50	43	50	48	53							
	<del>40</del>	50	48	50	<del>54</del>							
R =Average Rebound Value $\alpha$ =Impact Angle (deg.)→0 ↑ +90 ↓ -90 $\Delta R$ =Adjusting Value in $\alpha$ R0 =Standard Value $\sigma c$ =Compressive Strength at Present (kg/cm <sup>2</sup> ) $\sigma c = (-184 + 13 R0)$ fc =Compressive Strength at Present (N/mm <sup>2</sup> ) $fc = \sigma c \times 9.8 / 100 / 0.85$ Remarks =Designed Strength												

SER No.	Route No.	Bridge Name	Year of Completion	Date of Survey								
2	B2	Mtwapa Br.	1977	13-10-1998								
No.	Rebound Value					R	$\alpha$	$\Delta R$	R0	$\sigma c$	$f_c$	Remark
主桁 (内面) (支点上 横桁) →	52	52	45	59	52	53	0	0	53	505	58	30
	50	54	46	54	50							
	49	55	58	46	57							
	48	52	48	60	48							
	54	44	57	62	55							
主桁 (内面) (ひび割れ 箇所) →	42	34	50	48	44	44	0	0	44	388	45	30
	42	42	42	41	44							
	42	44	43	40	45							
	45	50	44	46	44							
	51	42	52	44	40							
主桁 (内面) →	46	52	55	52	54	51	0	0	51	479	55	30
	54	47	53	52	49							
	50	46	49	50	52							
	56	50	52	48	46							
	56	52	52	51	41							
A2 (山側) →	52	50	55	46	44	49	0	0	49	453	52	25
	48	48	54	50	50							
	47	51	45	40	46							
	53	52	52	48	46							
	48	44	50	51	50							
P2 A2側 →	45	46	53	55	49	48	0	0	48	440	51	30
	50	53	44	54	54							
	49	43	52	49	47							
	44	47	53	45	46							
	46	40	44	53	52							
R =Average Rebound Value $\alpha$ =Impact Angle (deg.)→0 ↑+90 ↓-90 $\Delta R$ =Adjusting Value in $\alpha$ R0 =Standard Value $\sigma c$ =Compressive Strength at Present (kg/cm <sup>2</sup> ) $\sigma =(-184+13 R0)$ $f_c$ =Compressive Strength at Present (N/mm <sup>2</sup> ) $f_c = \sigma c \times 9.8/100/0.85$ Remarks =Designed Strength												





#### 2-4-4 対象三橋梁の現状

##### (1) 新ニヤリ橋

橋梁上部工本体の損傷については一部 PC アンカー定着金具背後のコンクリートの割れが観察されたが、ほとんどは一般的に見られるヘアークラック程度であり、施工上の品質管理において許される範囲の軽度な損傷である。したがって、設計上の問題はないものと考えられる。

下部工では、海中基礎上に建設された小判型橋脚の両側壁に7、8本の0.3~0.5 mm幅の割れが鉛直方向に、ほぼ等間隔に発生している。しかし、その裏側の空洞になった内壁の相当箇所には割れは見当たらないし、脚柱を支えるフーチングにも伝達されていない。すなわち、ひび割れ箇所が外壁のみに限定されたものである。

従って、その原因とする処は構造的な理由に基くものではなく、乾燥の環境条件にある箇所によく見られる通常のひび割れと思われる。

またモンバサ側橋脚の管理口周りのコンクリートの剥れ及びもう一方のマリンディ側橋脚の側壁に発生している2箇所のコンクリート表面の浮きは、鉄筋腐食とその膨張に伴う被り部のコンクリートの剥れである。海水の影響を強く受ける橋脚の下端部において被りの不足など施工上の誤差があると欠陥が顕在化する事の一例である。

これらの割れ及び剥れに対してはエポキシ樹脂の注入、塗装、劣化コンクリートの除去、モルタル充填等で容易に補修が可能である。

現在、伸縮装置の走行表面が凹凸化してその大きな衝撃が問題となっている。ここに使用されているマウラー型伸縮装置はドイツの特許製品であり、日本鑄造(株)のライセンス生産によりここに納められている。この伸縮装置は伸縮装置の機能をうまく材料の使い分けで対処している。すなわち、車輪荷重を圧延ビームで受けて下部構造に伝達し、ビーム間の伸縮をゴムで受けてシーリング機能を持たせている。世界中で使用されている実績の多い伸縮装置である。

伸縮装置部は元々最も過酷に輪荷重の影響を受ける箇所であり、製品の頑丈さは勿論のこと、正確な据付とコンクリートのまわし込み等、入念な施工を要する箇所である。少しの制作・施工誤差でも損傷にいたることは国内でも実証済みである。本伸縮装置は据付後、既に20年近く経過したものである。従って、この経年劣化並びに交通量の増大及び車両の大型化を考えると、ゴムを使用する伸縮装置の場合現在取り替えの時期にあると思われる。

橋桁を支える支承部は上部工反力を支えその力を下部工に伝達するもので、橋としては伸縮装置と共に機械部品的な部分である。重量の大きな上部工反力を纏足的な小さな部分で支えようとすれば強度の高い特殊鋼を使うことになる。これにはレアメタルを

含有しているためある程度の防食作用は期待できるが、海塩粒子の影響を受ける箇所など腐食条件の厳しいところではその防食効果は小さい。元々鋼材表面の塗装膜及び金属メッキでは表面が弱く、反力を支えることが出来ないため、鋼材を裸で使用せざるを得ない箇所である。そのため、支承周りの防食問題はメンテナンスフリーが必要な箇所であるが、防護無しの普通の支承の場合は、解決の難しい箇所となっている。

このため、定期点検・掃除・グリース塗り等の補修は避けられないものであり、点検通路の追加的な設置は今後の保守・点検作業の便宜のために極めて大切である。

以上の通り、伸縮装置の取替え工事以外は強度上そう差し迫ったものではないが、他の橋の補修と同時に行えば経済的である。

## (2) 新ムトワバ橋

本橋の縦断線形は、アプローチ道路の切盛で線形を橋梁に合わせるべきところを、B8道路の全体線形に合わせて橋梁を設計したため、橋にとっては好ましくない線形になっている。すなわち、アプローチ道路との全体線形の関係から中央支間の丁度真中で一番高さの低い凹方の形状をなしている。これは橋の美観、排水計画及び構造計画に於いて、極めて橋の特性を無視した線形であるといえる。

そのため、通常はコンクリートの材料特性であるクリープ変形を見越して上向きの反りを付けるが、工事完了の時点で支間中央点で凸に成るのを嫌って将来沈下が予想される分だけの逆反りが付けられていなかった。さらに架設時点の垂れ下がり側の誤差が加わって、結果的に計画道路面より約 220 mm 強の垂れ下がった側面形状となっている。

橋は重量に抵抗することで機能する構造物であるため設計・施工の誤差を上へ逃げる方向に持っていく、最終の納まり形状を安定感のあるアーチ状に持っていくのが普通である。この場合は逆であり、最後に不安感のある垂れ下がり形に持って行ったものと相成っている。

撓みそのものは理論的に説明できるため、構造上の安全率には無関係であるが、安定感の在るアーチ“嗜好”の人間の心理は古代の橋の原型から観察しても古くから育まれたものであり、この心理は簡単には消し難く、何時までも抵抗感は続くものと考えられるため、何らかの橋面の見かけ改善のため、高欄のみによる高さの修正、軽量舗装によるオーバーレイ等、各種アイデアによる検討が残されている。

次に、橋本体のコンクリートの割れている箇所に着目すれば、構造的な安全率を左右する大切な箇所に割れが発生している。

すなわち、連続桁において曲げモーメントがマイナスからプラスに変化する点である中央支間長の4分の1点から中央側に向かって斜め引っ張り割れと思われる無数の割れが発生している（関連資料 4-6 橋梁損傷比較図 4/7 参照）。これらの割れは引っ張りの働いている下側のみでなく床版のなかまで達しているものもある。

この範囲は支点から離れてハンチの影響が無くなり、桁高さが低く、しかも支点に向

かって徐々にせん断が大きくなっており、すなわち腹材にとって一番斜め応力度が最大になる点が4分の1点近傍である。

これに対し、本橋の腹材の斜め応力に対する抵抗は、設計上40 cm厚のコンクリートの引っ張り抵抗と上下の鉄筋をつなぐスターラップ筋のみとなっている。

原因の追求のためには、ひび割れ発生時期について明確にする必要があるが、今となっては架設時期が完成後かを特定し区分することは難しく、いずれにせよ抵抗力が作用力に負けた結果となって多くの斜め割れが発生しており、構造上の機能・耐久性を減少させることになっている。

このように重要な構成要素部材では、本来材料としてバラツキの大きいコンクリートの引っ張り強度に期待した考え方ではなく、むしろ、諸基準に記述されているいないを別にして、品質的に信頼性の高い鉄筋もしくはPC鋼棒に期待した設計手法が採られるべきでなかったかと思われる。

箱桁の内面観察では、無数に近い防食上有害と言われている0.2 mm幅以上の割れが多数観察されているため、理屈上から言えば腹板内に相当深く割れは浸透し、さらに、コンクリートの劣化に対し環境条件の悪い箱桁外面の方がより多くの割れがあるものと思われる。

箱桁の内面は水の供給が無いいため鉄筋の錆に伴うコンクリート表面の浮きは殆ど無く、遊離石灰跡も少ない。他方正確な外面観察は30 cm程度の距離まで肉眼を接近させなければ特定は難しいが、双眼鏡で外面観察を行ったところ、それらしきものは数カ所認められた。

特に路面排水用の孔が在る箇所腹板側面は、ガイド用の筒が無いいため水の垂れ跡が著しい。雨期には絶えず水が当たりコンクリートが劣化するとともに、鉄筋錆の防止には最も悪い条件である乾湿が繰り返されているものと思われる。

これらの割れは通常の乾燥収縮によるものではなく、作用応力が原因と思われる割れであり、作用応力の特性を考えると相当深く浸透しているものと思われる。実測値でも10cm以上が計測されていることを考慮すると、すでに鉄筋まで達しており、今後コンクリートの浮き・剥がれが同時期に全面に発生する恐れがある。現在、被りのコンクリート強度が鉄筋錆の膨張強度より勝り、表面のコンクリートの浮きを押さええているが、錆が進むと、いずれ浮き・剥がれとして顕著化するものと思われるため、早期の補修が望まれる。

現段階では、せん断力に対しは腹材のコンクリートの強度にのみ全面的に耐力を期待するのは無理であり、用心鉄筋として2次的に使用されているスターラップと共同してある程度の耐力を有し、外力と釣り合っていると考えられるが、今後鉄筋の腐食が進むと益々耐力の低下を来すことになり、極めて安全度が低下し、現在のバランスが崩れる

ことが予想される。

補修に当たっては、コンクリートの割れに伴う強度の低下を補う補強と錆の発生と進行をとめる補修を同時に計画することが重要である。また箱桁内のアウトケーブルの設置も補強の選択技の一つであるが、クリープによる変形が生じ、しかも端支点のジャッキ・アップによる応力調整を行った後で、コンクリートの余剰耐力と応力の分布形状の推定をはたして高い精度で行えるか、箱桁内配置では上下の間隔の制約があり極めて勾配の少ないケーブル配置と成るため、対荷力増しとせん断抵抗に効果があるのか、また増加しつつある交通量を考慮して将来の設計交通車両は何に採るか、補修・補強により付加される荷重にいかに対応するか等、今後の補修設計に当たっては検討課題が多い。

その他注意すべき割れとしては、桁端掛け違い部のコーナー部の割れ、上揚力押さえブロックのコーナー部の割れ及び橋脚天端の支承下面デッキの斜め割れ等がある。

掛け違い部（下図参照）は腹板の数と同じ4箇所あるが、その内の1箇所のコーナーにヘアークラックが発生している。鋭利なコーナー部は元々応力集中部であり容易にひび割れの発生する箇所である。しかし強度の安全性より考えると、この掛け違い部のコーナー部の内側は、設計上斜めに PC 鋼棒が配置されており、掛け違いの梁内の鉄筋と隅角部を形成しているため、問題は少ないと思われる。設計上は同じ反力を有するため、1箇所においてのみひび割れは発生しないはずであるが、今回の割れは反力のアンバランスにより4箇所の内1箇所に割れが発生したものと推定される。

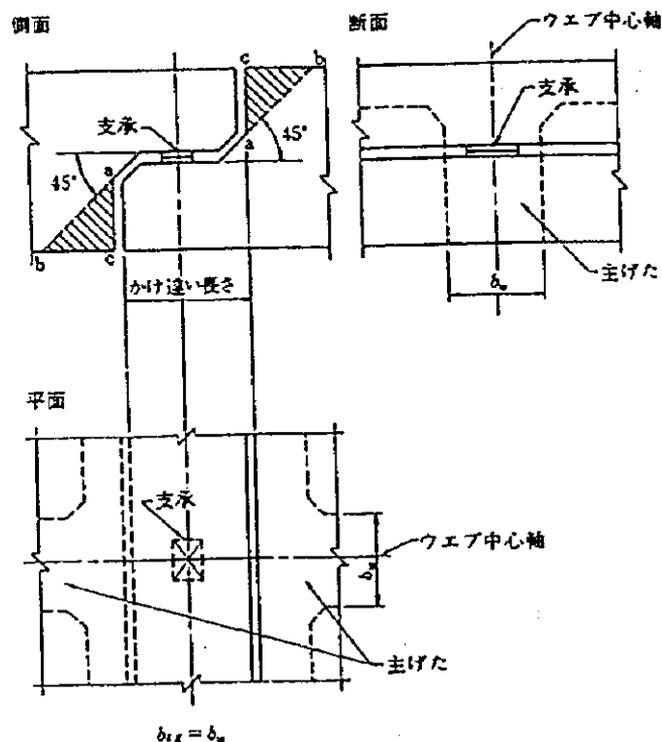


図 2-4 掛け違い部概念図

次に、アバット部の割れの問題について考察する。桁より作用される上揚力に対しては、アバットの重量がカウンターウエイトの役を果たしている。すなわち、アバット上部に桁端部を支える凹型になった開口部に桁端を差込み、上側についている沓を通じて上側の押さえのデッキに伝達され、次いでアバット全体に反力は伝達される。

この開口部の上側コーナー部の割れは、作用断面力の大きい支承に近い側のコーナー部（アバット側面に近い側）に割れが発生せず、遠い側に発生している。この傾向は4箇所の開口部とも同様である。開口部の周りは1 m以上の厚さの鉄筋で補強されたマスコンクリートでしっかり囲まれており、その箇所での割れの理由はわかりにくい。コンクリートの打設順序と硬化、乾燥収縮等が複雑に影響したものと思われる。いずれにしても、現在の所、構造的な安全上の問題は少ないと考えられる。

上述にある掛け違い部のコーナー部、開口部のコーナー部等は応力集中箇所であり、設計の段階で鋭利な外形を避けてハンチを付けておくべきであったかと思われる。後述する支承部の床版を含めて、これらの割れは構造的に大切な箇所であるため、至急に防錆の為の補修がなされなければならない。

なお、アバット外面の鉛直割れ及びその割れに連動すると思われる舗装の橋軸直角方向割れは位置的に開口部の厚いコンクリートと控え壁の境界位置と思われるため、アバット開口部のアンカー機能とは関係の薄いものである。また舗装部の割れは、アプローチスラブが設けられていないために生じた埋め戻し土との境界に生じたものである。

橋脚天端の支承下面デッキに斜め方向の割れが発生している箇所は、橋体の全重量にさらにアバット上揚力を加えて支えなければならない、大切な場所である。今後の補強設計に伴い追加される荷重及び将来の交通量の増加に対応する反力に抵抗しなければならず、割れ部の補修のみならず、同時に下から支える補強が望まれる箇所である。

本来、構造物はそれを構成する全部材に渡り、バランスのある、ほぼ同じ安全率を有するものとして設計されてきたため、アンバランス部が一部に生じると連鎖反応的に数カ所で歪みが生じる性格を持っている。本橋の場合は上部工と、その反力を支える直接的部材等の構造安全上大切な箇所の割れが同時に発生し、顕著化している。

これら構造的な弱点が発生することになった遠因としては、設計計画の段階で建設現場工事を難しくするような計画になっていたことが挙げられる。すなわち、第一に、線形計画において橋梁には望ましくない形状を要求していること。第二に、支間割において、下部工の位置を陸上施工とし、経済性を追求するあまり、上部工の支間割りにアンバランスを来らし、橋台に上揚力を持たせていること。第三に、腹板に作用する力に対し、コンクリートおよびスターラップ筋のみで抵抗することを前提としていること等がある。このように全体的に経済的側面を追求するあまり、品質管理を犠牲にしている面

が見られる。

さらに品質管理が徹底されなかった遠因として考えられることは、1) 海上橋であり塩分の影響を受けやすい立地条件、2) アフリカ沿岸地方の高温・多湿の厳しい自然条件、3) 海外工事経験の不足しているエンジニアと不慣れな現地労働者、4) 購買の迅速さと品質に制約のある資機材調達、5) 先進国での施工条件を前提にした特定国の設計基準の機械的適用等である。

### (3) キリファイ橋

完成後7年であり比較的新しい橋であるため、橋面の一部をなす舗装の品質劣化と高欄の一部の欠損を除いて、美しく保たれている。舗装の表面の劣化が早過ぎるのは材料・施工上の条件の不適切さに起因するものと思われるので、早期にオーバーレイその他で補修することが望まれる。

舗装の劣化に関しては、後述するように原因としては3点が考えられる。施工担当者の説明によると、骨材の一部（フィラー）に問題があったとのことである。B8号線の他の区間の舗装については、産地が違う骨材を用いた場所は同じ配合設計でも、何の問題もなく機能しているとのことである。橋梁建設に伴い、前後2km取り付け道路も同時施工しているが、この取り付け道路の舗装も傷んでいるが、それに続く道路の舗装部分は比較的よく、橋梁および取り付け道路の舗装に問題があったことは否めない。とくに、橋梁の歩道部の舗装に関しては、重量物が通行する場所でもないのに、波打ちしている状態である。

OECD レポートでは、雨期における湿潤状態に起因するとしているが、それはキリファイ橋のみに限定した原因ではない。しかも歩道舗装の不良状態に対する説明にはならない。

原因は明らかに施工時にある。考えられる原因は次の通りである。

- 1) アスファルト合材混合時のオーバーヒート
- 2) 転圧時の合材温度低下による締め固め密度不足
- 3) 配合設計自体の不良

以上、対象三橋梁の現在まで実施された調査において指摘された現象、原因と対策をまとめると表2-26の通りとなる。

