

ケニア共和国

新ニヤリ橋・新ムトワパ橋改修計画

基本設計調査報告書

平成 12 年 8 月

国際協力事業団
株式会社 オリエンタルコンサルタンツ

序 文

日本国政府はケニア共和国政府の要請に基づき、同国の新ニヤリ橋・新ムトワパ橋改修計画に関わる基本設計調査を行うことを決定し、国際協力事業団がこの調査を実施しました。

当事業団は、平成 12 年 1 月 23 日から 3 月 7 日まで基本設計調査団を現地に派遣し、ケニア政府関係者と協議を行うとともに、計画対象地域における現地調査を実施しました。

帰国後の国内作業の後、平成 12 年 5 月 21 日から 6 月 1 日まで実施された基本設計概要書の現地説明を経て、ここに本報告書完成の運びとなりました。

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

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

平成 12 年 8 月

国際協力事業団
総裁 藤田 公 郎

伝 達 状

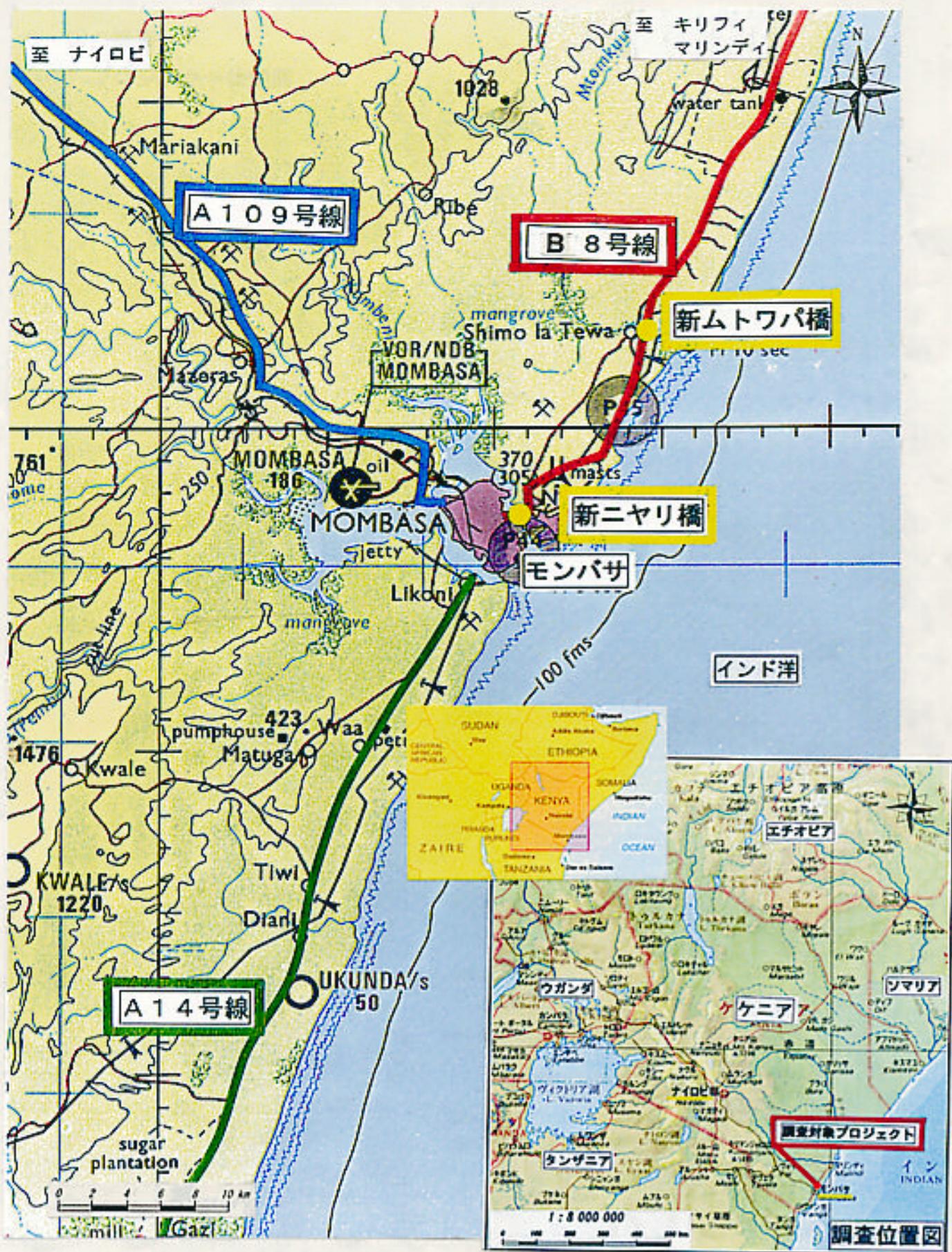
今般、ケニア共和国における新ニヤリ橋・新ムトワパ橋改修計画基本設計調査が終了いたしましたので、ここに最終報告書を提出いたします。

本調査は、貴事業団との契約に基づき株式会社オリエンタルコンサルタンツが、平成12年1月20日から平成12年8月9日までの6.5ヶ月にわたり実施いたしてまいりました。今回の調査に際しましては、ケニア共和国の現状を十分に踏まえ、本計画の妥当性を検証するとともに、日本の無償資金協力の枠組みに最も適した計画の策定に努めてまいりました。

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

平成12年8月

株式会社オリエンタルコンサルタンツ
ケニア共和国
新ニヤリ橋・新ムトワパ橋改修計画
基本設計調査団
業務主任 今野 啓悟



対象橋梁位置図



新ニヤリ橋



新ムトワバ橋



①ミニッツ協議
(MORPW：道路公共事業省)



②現地調査状況
(MORPW 調査同行)



③モンバサ市街の交通状況
(モンバサ島中心部)



④モンバサ港フェリー渡河状況
(リキオニフェリー乗場)



⑤モンバサ港周辺工業地帯
(重車輛の並ぶウェアハウス一帯)



⑥国道 B8 号沿いの大手セメント会社
(バンプリセメント)



⑦国道 A109 号線の交通状況
(モンバサ～ナイロビ道路)



⑧国道 A14 号線の交通状況
(コースト州モンバサ以南)

現地写真集-(1)
基本設計調査ミニッツ締結状況
調査地域周辺状況



①新ニヤリ橋全景



②新ニヤリ橋損傷状況
(箱桁ウェブに生じたひび割れ)



③新ニヤリ橋損傷状況
(箱桁ウェブに生じた遊離石灰)



④新ニヤリ橋の損傷状況
(箱桁下床版に生じたひび割れ)



⑤新ニヤリ橋の損傷状況
(橋脚に生じたコンクリートの浮き)



⑥新ニヤリ橋の損傷状況
(杓部の錆)



⑦新ニヤリ橋の損傷状況
(排水の目づまり)



⑧新ニヤリ橋の損傷状況
(高欄、ガードレールの破損)

現地写真集-(2)

調査対象橋梁 新ニヤリ橋損傷状況



①新ムトワバ橋全景



②旧ムトワバ・フェリー渡河位置
(新ムトワバ橋架橋前)



③新ムトワバ橋/橋面状況
(たわみの状況)



④新ムトワバ橋損傷状況
(ウェブを貫通した斜めひび割れ)



⑤新ムトワバ橋損傷状況
(ウェブを貫通した斜めひび割れ)



⑥新ムトワバ橋損傷状況
(底床版に生じた橋軸方向ひび割れ)



⑦新ムトワバ橋損傷状況
(排水管からの雨水の飛散による桁の汚れ)



⑧新ムトワバ橋損傷状況
(杵座の損傷)



①国道 88 号線 新ニヤリ橋付近交通状況



②国道 88 号線 新ムトワバ橋付近交通状況



③国道 88 号線支線の交通状況 (ムトワバ近郊のパンプリセメント石灰石採石場付近)



④国道 88 号線 インボゴロ橋全景 (キリフィ郡)



⑤国道 88 号線 キリフィ橋全景 (有償資金協力事業)



⑥国道 88 号線 キリフィ橋舗装損傷状況



⑦国道 88 号線 サバキ橋全景 (無償資金協力事業)



⑧国道 88 号線 北部道路状況 (整備の済んだマリンディ〜ガルゼン間道路)

現地写真集-(4)
国道 88 号線概況写真集

略語表

A Authorities and Agencies

ADB	African Development Bank (アフリカ開発銀行)
COMESA	Common Market for Eastern and Southern Africa (東部南部アフリカ共同市場)
DAC	Development Assistance Committee (国際援助委員会、OECDの一委員会)
DANIDA	Danish International Development Authority (デンマーク国際開発機関)
EC	European Communities (欧州共同体、欧州連合EUの前身)
EEC	European Economic Community (欧州経済共同体)
EU	European Union (欧州連合)
OECD	Organization for Economic Cooperation and Development (経済協力開発機構)
OECF	The Overseas Economic Cooperation Fund (海外経済協力基金、JBICの前身)
GNP	Gross National Product (国民総生産)
IMF	International Monetary Fund (国際通貨基金)
IDA	International Development Association (国際開発協会)
JBIC	Japan Bank for International Cooperation (国際協力銀行)
JICA	Japan International Cooperation Agency (国際協力事業団)
JRA	Japan Road Association (日本道路協会)
MORPW	Ministry of Roads and Public Works (道路公共事業省)
NIES	Newly Industrializing Economies (新興工業経済地域)
PWO	Provincial Work Office (道路公共事業省 州事務所)
RD	Road Department (道路局)
RMI	Road Maintenance Initiative (道路維持管理制度)
SADC	Southern African Development Community (南アフリカ開発共同体)
SIDA	Swedish International Development Agency (スウェーデン国際開発庁)
UNHCR	United Nations High Commissioner for Refugees (国連難民高等弁務官事務所)

B Other Abbreviations

A	Area (流域面積)
AADT	Annual average daily traffic (年平均日交通量)
@	At the rate (当たり)
B	B (活荷重名称)
B/D	Basic Design (基本設計)
BS	British Standard (英国基準)
CBR	California Bearing Ratio (CBR値)
C.L	Center Line (中心線)
cm	Centimeter (センチメートル)
cm ²	Square centimeter (平方センチメートル)
D/F	Draft Final Report (最終報告書のドラフト)
DIN	Deutsche Industrie Normen (独工業基準)
\$	Dollar (ドル)
Ec	Young's modulus of concrete (コンクリートのヤング率)
Es	Young's modulus of steel (鋼材のヤング率)
Esp	Modules of elasticity (弾性係数)
Ex	Existing (既存の)

El	Elevation (標高)
H	Height (高さ)
HB	HB (BS5400の活荷重名称)
HWL	High water level (高水位)
I	Coefficient of impact (衝撃係数)
Kgf/cm ²	Kilogram force per square centimeter (キログラム重/平方センチメートル)
Kgf/cm ³	Kilogram force per cubic meter (キログラム重/立方メートル)
Kgf/m ²	Kilogram force per square millimeter (キログラム重/平方ミリメートル)
Ksh	Kenya shilling (ケニアシリング : ケニア国の貨幣単価 1 US\$ 74Ksh)
K£	Kenya Pound (ケニアポンド : 「ケ」国の準貨幣単価 1K£ 20Ksh)
Km	Kilometer (キロメートル)
Km ²	Square kilometer (平方キロメートル)
Km/h	Kilometer per hour (キロメートル/時)
KS	Kenya standard (ケニア国基準)
L	Length (支間または径間長)
l	Length (長さ)
LWL	Low water level (低水位)
m	Meter (メートル)
M	Million (百万)
m ²	Square meter (平方メートル)
m ³	Cubic meter (立方メートル)
m ³ /s	Cubic meter per Second (立方メートル / 秒)
MSL	Mean sea level (平均海面)
N	N-value or Number of wheel load application (N値または累積 5 トン換算輪数)
n	Number of Ratio of Es to Ec (コンクリートと鉄筋のヤング率の比)
N/mm ²	Newton force per square millimeter (ニュートン/平方ミリメートル)
KN/mm ²	Kilo Newton force per square millimeter (キロニュートン/平方ミリメートル)
%	Percent (パーセント)
	Diameter (直径)
PC	Prestressed concrete (プレストレストコンクリート)
RC	Reinforced concrete (鉄筋コンクリート)
S	Scale (縮尺)
SD	Deformed Steel (異形棒鋼)
ck	Allowable stress of concrete (コンクリートの許容応力度)
sa	Allowable stress of steel bar (鉄筋の許容応力度)
t	Ton or Thickness (トンもしくは厚さ)
W	Width (幅)
W.L	Water level (水位)

要 約

ケニア国（以下、「ケ」国という）の道路総延長は 150,600km であり、区分道路（Classified Road）と未区分道路（Unclassified Road）に仕分けされている。区分道路は国際幹線道路が 3,610km、国内幹線道路を加えると 63,940km となる。道路網は比較的発達しているが、舗装率は全体の 15% と僅かである。また、これらの道路は路面状態が悪く、道路排水施設の整備が立ち遅れているため、降雨時には道路への冠水が頻繁に発生している。道路総延長の推移は、過去 3 年間でほとんど変化がない。この理由は、現存する道路網の整備状況が悪く、その維持管理ならびに改修のみを最優先として実施しているためである。また、都市間幹線国道でも都市内および近郊ではいたる所に損傷等が見られ、中には路盤や路床まで露出し、安全な走行を脅かすばかりか事故の大きな要因ともなっている。このため、「ケ」国は、既存道路の維持・管理並びに補修を最優先課題として取り上げている。

「ケ」国の橋梁はほとんどが建造後 30 年以上を経過し老朽化している。小規模な橋梁については、自助努力により改修および架け替えを行っているが、規模の大きいものに関しては、予算的・技術的制約によりその作業が進んでおらず、実際に改修または架け替えられている橋梁は、現在建設中の橋梁も含めて、過去 5 年で 6 橋のみである。残りの橋梁はかなりの損傷を受け、架け替えまたは補修の必要性が高まっている。

今回対象橋梁が位置する国道 B8 号線は、東アフリカ最大の貿易港をもつ「ケ」国の第 2 の都市モンバサから、主要都市のマリンディへ通じる道路である。さらに、「ケ」国最大の観光開発、北部タナ河の農業開発を含め、すべての開発計画が国道 B8 号線の安定を前提に計画が予定されている。このため、この国道 B8 号線の整備による円滑な交通の確保は、コースト地域一体の社会開発の重要課題であった。この道路のほとんどは、自動車（重車輦を含む）、自転車、荷車、歩行者などが混じって通行する「混合交通」となっており、また新ニヤリ橋付近は交通量が 1 日 2 万台を越える重交通路線であり、住民の移動、物流の両面から国道 B8 号線の適切な維持管理の必要性は高い。

しかし、維持管理が容易な道路路肩補修やポットホールの補修等は実施されているが、橋梁の維持管理（付属物、添加物を含む）については、財政事情の悪化もあり、具体的な維持管理が欠落しており、桁のひびわれや橋脚の損傷など多くの損傷があり、橋梁の寿命を短くしている。国道 B8 号線上の新ニヤリ橋、新ムトワパ橋は 1980 年に完成した PC コンクリート橋である。また、同様の PC コンクリート橋のキリフィ橋は 1991 年に完成しており、両橋共に日本の有償資金協力によって建設されている。これによりモンバサ～マリンディ間のクリーク箇所の渋滞等、ボトルネックは解消した。さらにマリンディ北部 8km に位置するサバキ橋は 1997 年に日本の無償資金協力で架け替えが実施された。しかし、これらの橋梁についても前述したとおり維持管理不足によって、橋梁本体や橋梁付属物の機能が損なわれているのが現状であり、これらの損傷を補修し、コースト州の交通を担う生命線である国道 B8 号線の安定した交通の確保が要求されている。

このような状況に鑑み、「ケ」国政府は、国道 B8 号線上の橋梁を長期的に健全な状態を保つことを目的として新ニヤリ橋、新ムトワパ橋およびキリフィ橋の 3 橋梁の改修に必要な資金につき、日本国政府に対して無償資金協力を要請してきた。これに対して、日本国政府は 1998 年 11 月に予備調査団を「ケ」国に派遣し、現地調査及び「ケ」国との協議を経て、3 橋梁の改修の内、日交通量が多く、橋梁の改修が地域経済の発展に大きく寄与することが期待され、かつ損傷の著しい新ニヤリ橋と新ムトワパ橋を早期改修の必要性があると確認されたため、本格調査の実施を決定した。な

お、キリフィ橋については、損傷は舗装のみであり、ケニア側独自の対応が可能と判断されたため、本格的調査の対象からは除外された。

基本設計調査団は、2000年1月23日から同年3月7日まで現地に派遣され、「ケ」国政府関係者と要請内容について協議するとともに、対象橋梁の調査および資料収集を行った。また、橋梁本体や付属施設に発生している損傷の箇所、内容、程度、支障物、道路幾何構造の特徴、土地収用範囲等を検討し、「ケ」国政府とこれらの内容を協議するとともに、「ケ」国政府による負担の範囲を明確にした。帰国後、調査団は現地調査結果を踏まえて、橋梁各部の損傷に対する損傷原因の明確化、補修方法・補強方法についてさらに検討を加え、補修・補強の基本設計、概略工事数量の算出、施工計画の策定、概算事業費の積算を実施し、2000年5月27日から6月1日まで「ケ」国にて基本設計の概要説明を行い、最終的にこれらの結果を基本設計調査報告書にとりまとめた。

両橋の損傷調査結果概要は、以下に示すとおりである。

新ニヤリ橋

竣工日	1980年7月 - OECF(現JBIC)円借款により建設	
設計・施工	設計：H.P.GAUFF社(ドイツ) 施工：住友建設	
構造	橋長：392m、幅員：26m 上部工：3径間連続PC箱桁橋+3径間連続RC桁橋 下部工：逆T形橋台、壁式橋脚、円柱式橋脚	
損傷内容	主桁	・中央スパンにクリープの影響と考えられるたわみが11cm。 ・ひびわれ：幅0.2mm以上総長約150m、幅0.2mm未満約120m
	橋台・橋脚	・ひびわれ：幅0.2mm以上総長約30m、幅0.2mm未満約120m 橋脚下部にひびわれが多く発生している。
	支承	・錆により、鋼製ローラー沓の本来の動きが出来ていない。
	伸縮装置	・本体(マウラー式伸縮装置)のビームが曲がり、ボルトの欠損。
	排水装置	・土や草などにより、目づまりが生じている。
	舗装	・舗装のはがれ、ひびわれが発生している。
	ガードレール	・本体の曲がり、ボルトの欠損、

新ムトワバ橋

竣工日	1980年10月 - OECF(現JBIC)円借款により建設	
設計・施工	設計：H.P.GAUFF社(ドイツ) 施工：住友建設	
構造	橋長：192m、幅員：12m 上部工：3径間連続PC箱桁橋 下部工：逆T形橋台、壁式橋脚	
損傷内容	主桁	・中央スパンにクリープの影響と考えられるたわみが22cm。 ・ひびわれ：幅0.2mm以上総長約600m、幅0.2mm未満約350m ウェブ部に側径間、中央径間共にせん断力の影響と思われるひびわれが多く発生している。
	橋台・橋脚	・ひびわれ：幅0.2mm以上総長約45m、幅0.2mm未満約15m 橋脚下部にひびわれが多く発生している。
	支承	・錆が発生している。
	伸縮装置	・本体(マウラー式伸縮装置)のビームが曲がり、ボルトの欠損。
	排水装置	・排水管からの汚水が桁へ飛散している。
	舗装	・舗装のはがれ、ひびわれが発生している。

上記の損傷を考慮し、現場静的載荷試験、コンクリートコアによる強度試験、中性化試験および塩分濃度測定試験、鉄筋腐食度調査、また当初設計との整合性を図るために構造解析を行った。そ

の結果をもとに、以下に示す補修・補強工法を選定した。

新ニヤリ橋補修内容

主 桁	:	エポキシ樹脂注入・防蝕塗装塗布（ひびわれ部）
橋台・橋脚	:	エポキシ樹脂注入・防蝕塗装塗布（ひびわれ部）、モルタル充填（剥離部）
伸縮装置	:	取替え
支 承	:	錆落とし、塗装
排水装置	:	排水管の設置
高 欄	:	損傷部の取替え
舗 装	:	打ち替え

新ムトワパ橋補修内容

主 桁	:	エポキシ樹脂注入・防蝕塗装塗布（ひびわれ部） 外ケーブル併用鋼板接着補強工法
橋台・橋脚	:	エポキシ樹脂注入・防蝕塗装塗布（ひびわれ部）、モルタル充填（剥離部）
伸縮装置	:	取替え
支 承	:	錆落とし、塗装
排水装置	:	排水管の設置
舗 装	:	打ち替え

本計画を無償資金協力として実施する場合、実施工程としては、日本国政府と「ケ」国政府との交換公文終結後、コンサルタント契約の締結、実施設計、入札図書作成、入札審査、工事契約締結を経て建設工事が実施される。実施設計期間が3ヶ月、工事期間が14ヶ月を予定している。

概算工事費は、総額571百万円（日本側負担：100%、ケニア側負担：0%）と見込まれる。

なお、本計画実施後に両橋の維持管理に要する年間費用は、約772千ケニアシリングであり、コースト州の4橋維持管理費(4,000千ケニアシリング/年)に占める割合の約19%である。従って、これらの維持管理費は、「ケ」国側により負担可能と判断される。

本計画の実施により、期待される効果を列記する。

新ニヤリ橋と新ムトワパ橋の損傷箇所を補修および補強することによって、両橋を通行する1日約38,000台の車両および地域住民約50万人の安全で、かつ円滑な交通を確保する。

両橋における損傷箇所を現段階で補修することによって将来生じうる更に大きな損傷を予防することができる。

東アフリカ最大の取扱量の貿易港があるモンバサと、「ケ」国沿岸部の主要都市であるマリンディを結ぶ重要幹線の国道B8号線上の安全かつ円滑な交通が確保されるとともに、コースト地域（約200万人）の経済発展へ寄与する。

本プロジェクト実施の過程において、橋梁補修技術を実際の作業及びセミナー、現場見学会の開催等を通じ、「ケ」国実施機関に対し技術移転することによって、「ケ」国における同様の橋梁の補修が可能になる。

本計画の実施により、上述のように多大な効果が期待されることから、本計画を無償資金協力で実施することは妥当であると判断される。

目次

序文	
伝達状	
位置図 / 透視図 / 写真	
略語集	
要約	
第1章 要請の背景	1-1
第2章 プロジェクトの周辺状況	2-1
2-1 当該セクターの開発計画	2-1
2-1-1 上位計画	2-1
2-1-2 財政事情	2-6
2-2 他の援助国、国際機関等の計画	2-12
2-3 我が国の援助実施状況	2-13
2-4 プロジェクト・サイトの状況	2-14
2-4-1 自然条件	2-14
2-4-2 社会基盤整備状況	2-16
2-4-3 既存施設の現状	2-20
2-5 環境への影響	2-42
第3章 プロジェクトの内容	3-1
3-1 プロジェクトの目的	3-1
3-2 プロジェクトの基本構想	3-2
3-3 基本設計	3-2
3-3-1 設計方針	3-2
3-3-2 基本計画	3-7
3-4 プロジェクトの実施体制	3-21
3-4-1 組織	3-21
3-4-2 予算	3-25
3-4-3 要員・技術レベル	3-26
第4章 事業計画	4-1
4-1 施工計画	4-1
4-1-1 施工方針	4-1
4-1-2 施工上の留意事項	4-2
4-1-3 施工区分	4-3
4-1-4 施工監理計画	4-4
4-1-5 資機材調達計画	4-18
4-1-6 実施工程	4-24

4-1-7	相手国側負担事項	4-26
4-2	概算事業費	4-26
4-2-1	概算事業費	4-26
4-2-2	運営維持・管理費	4-27
第5章	プロジェクトの評価と提言	5-1
5-1	妥当性に係る実証・裨益効果	5-1
5-2	技術協力・他ドナーとの連携	5-2
5-3	課題	5-2

[資料編]

1.	調査団員氏名・所属	A-1
2.	調査日程表	A-2
2-1	基本設計調査	A-2
2-2	基本設計調査概要書（DFR）説明	A-3
3.	相手国関係者リスト	A-4
4.	ケニア国の社会・経済事情	A-5
5.	参考資料リスト	A-7

[現地調査結果資料]

1.	シュミットハンマー試験実施結果	B-1
2.	圧縮強度試験実施結果	B-5
3.	中性化試験実施結果	B-10
4.	鉄筋腐食度試験実施結果	B-40
5.	可溶性塩分測定結果	B-56
6.	振動試験結果	B-60

第 1 章 要請の背景

第1章 要請の背景

ケニア国（以下「ケ」国と言う）は、1963年独立後、教育水準の高さやインド洋に面した地理的条件を生かして高度経済成長を遂げた。しかし、80年代より主力輸出産物のコーヒー等の輸出価格の低迷から貿易赤字が拡大し、経済困難が表面化してきた。これらを解決するため国家開発計画を第7次まで実施してきたが、経済成長は達成できず、過去の国家開発計画を一新した第8次国家開発計画を新たに策定した。この開発計画は農業依存を中心とした過去の開発計画から、2020年の新興工業経済地域 (NIES) への参入を目指し農業と工業の両立を目指すとともに、政策目標を貯蓄の増進、投資拡大、民間部門への投資環境整備に力点を置いてきた。さらに国家開発計画を支援する基礎インフラストラクチャー、特に道路網に関する整備を充実させ、物流を円滑にし、国家経済を活性化させることを重要な課題としてきた。

このため道路公共事業省では、道路部門の戦略計画を1997年に策定した。過去の大型の道路セクター計画は、1979年から83年迄の道路建設、維持管理、交通安全を主体とした第1期と組織強化および建設関連事業の育成を中心とした1984年から89年迄の第2期に分かれる。90年代に入り国家開発計画の目標を達成するためにも、農・工業製品の流通を円滑にし、経済に活力を与えるために、より効果的な道路網整備計画が必要とされた。そのため第3次道路計画が提案(Proposal for Funding of Kenya's Third Highway Sector Program)され1992～2000年に渡っての計画を策定し、既存道路の維持管理・補修、地域開発計画を促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、の3項目が最優先実行項目として掲げられた。

「ケ」国の国道 B8 号線は、東アフリカ最大取扱量の貿易港のあるモンバサと「ケ」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 B8 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 B8 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となっている。

国道 B8 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」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、新ムトワパ橋及びキリフィ橋の建設に対して我が国に有償資金協力を要請し、それぞれ 1975 年、1977 年および 1984 年に交換公文が締結された。前者 2 橋は 1980 年に、キリフィ橋は 1991 年に完成した。3 橋は全て PC 橋であり、新ニヤリ橋は 330m の 6 車線橋、新ムトワパ橋は 192m の 2 車線橋、キリフィ橋は 420m の 2 車線橋である。

3 橋梁の完成により、国道 B8 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/日にまで増大している。特に 1982 年以降はトラックの交通量が大きく増大しており（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。

しかしながら、これら 3 橋梁に対する「ケ」国側の維持管理は、財政事情の悪化等もあり、必ずしも、十分だったとは言い難く、1997 年 7 月に実施された O E C F（現 JBIC）特別事後管理調査

では、著しい損傷が報告されている。特に新ニヤリ橋および新ムトワパ橋は、完成から 20 年近くが経過しており、新ニヤリ橋においては桁および橋脚の損傷、支承の腐食、中央径間のたわみ、伸縮装置の損傷並びに舗装のひび割れが発生し、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、および支承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 92 年時の点検においても確認されていたが、その後数年で損傷は更に拡大している。キリフィ橋については完成から比較的日子が浅いが、舗装の剥離が確認されている。

このような状況のもと、「ケ」国政府は上記 O E C F（現 JBIC）特別事後監理調査の結果を踏まえ、コースト州における主要幹線である国道 B8 号線を長期的に健全な状態に保つことを目的として、3 橋梁の改修に必要な資金につき、我が国に対し無償資金協力を要請してきたものである。

我が国は、この要請を受け、1998 年 11 月に予備調査を実施した。予備調査では、新ニヤリ橋、新ムトワパ橋、キリフィ橋それぞれの架橋地点での交通量が日量約 17,000 台及び約 3,700 台まで増大し、3 橋梁の建設が地域経済の発展に大きく寄与していることを再確認するとともに、3 橋梁の現状および損傷原因を踏まえた上で、新ニヤリ橋および新ムトワパ橋の早期改修を提言している。

尚、キリフィ橋については、舗装の損傷のみであり、ケニヤ側による修復が十分可能であると提言されている。本調査は、この予備調査の結果を踏まえ、新ニヤリ橋および新ムトワパ橋を調査対象とし、実施したものである。

第2章 プロジェクトの周辺状況

第2章 プロジェクトの周辺状況

2-1 当該セクターの開発計画

2-1-1 上位計画

1) 国家開発計画

「ケ」国は、1963年独立後、その教育水準の高さ及び地理的条件を生かし高度経済成長を遂げた。しかし80年代より主力輸出産物のコーヒー、紅茶等の輸出価格の低迷から貿易赤字が拡大し、さらに国家目標である経済・産業の「ケ」国独自による成長も進まない等、経済困難が表面化してきた。これらを解決するため国家開発計画を第7次まで実施してきたが、経済成長は達成できず、過去の国家開発計画を一新した第8次国家開発計画を新たに策定した。この開発計画は農業依存を中心とした過去の開発計画から2020年の新興工業経済地域 (NIES) への2020年参入を目指し農業と工業の両立を目指すとともに、政策目標を貯蓄の増進、投資拡大、民間部門への投資環境整備に力点を置いたものであった。道路部門についての政策は本計画の中で以下の通り策定されている。

現状の道路機能の維持管理を優先し、新規投資は開発のネックとなっているもの及び極めて収益性の高いものに限定し、優先付けを実施

道路維持管理のための財源確保を優先(1994年に COMESA 共同宣言で採用・決定され施工された燃料税導入等の割当て)

道路維持管理組織の運営体制、技術・政策策定機能の強化(公共事業住宅省から道路公共事業省へ機構改革、維持管理部門・トレーニング部門、維持管理情報部門の強化)

労働集約的技術を用いることにより、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(民間企業の活用)

2) 道路・橋梁建設(維持管理)計画

a) Road Maintenance Initiative (RMI)

「ケ」国ではRoad Maintenance Initiative を策定し、道路局が「ケ」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」国のみならず、アフリカ諸国で広く採用されている。その基本的な方針は以下のとおりである。

持続可能な開発のための道路整備最優先
燃料税を徴収し、道路整備賃金を確保
道路維持管理組織の運営体制、技術の強化
道路リハビリテーションを最優先
労働集約型整備の優先(雇用促進)
民間業者の活用・育成

b) 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「ケ」国では、1991年の世銀との共同開催によるRMIセミナーの機会により具体化され、現在はフェーズ に当たる。本計画の目標は「道路補修に重点を置く」ことであり、RMIのもと「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。

本計画の主要目標を以下に示す。

農村地域の農業・社会開発を達成するために、全天候型道路を確保
 労働集約型道路整備事業による雇用機会の増大
 民間企業による道路整備の促進
 小規模ローカル建設会社の育成と活用の促進
 道路行政の効率化

上記目標達成にあたり2000年2月のレビュー時においては、特に「十分な道路の現状評価と持続可能な維持管理」が重要であり国内一律にローカル資材と人材によって道路網が維持管理されるためには以下の事項がキーポイントとされている。

予算確保
 適正な労働力調達
 適切、経済的な維持管理システムの開発
 民間活用
 トレーニングの充足

本計画への出資は以下のとおり予定されている。

表- 2 . 1 . 1 The Roads 2000 Maintenance Programme におけるドナー出資計画

ドナー	予算	支出状況	期間
SIDA (スウェーデン)	35 百万 SEK (270 百万 Ksh)	実施中	1997-2000
EC	700 百万 Ksh	実施中	1998-2001
KfW of Germany (ドイツ)	15 百万 DM (550 百万 Ksh)	準備中	2000-2005
DANIDA (デンマーク)	81.6 百万 DKK (776 百万 Ksh)	実施中	1999-2004
世銀	30 百万 US\$ (20,000 百万 Ksh)	評価・ コンサルタント調達中	2001-2005
ADB	10.7 百万 UA (870 百万 Ksh)	評価中	2001-2005
US AID	800 百万 Ksh	コンサルタント調達中	2000-2004

出典 ROAD2000 Maintenance Strategy (A Brief on the Strategy)

2000年2月現在

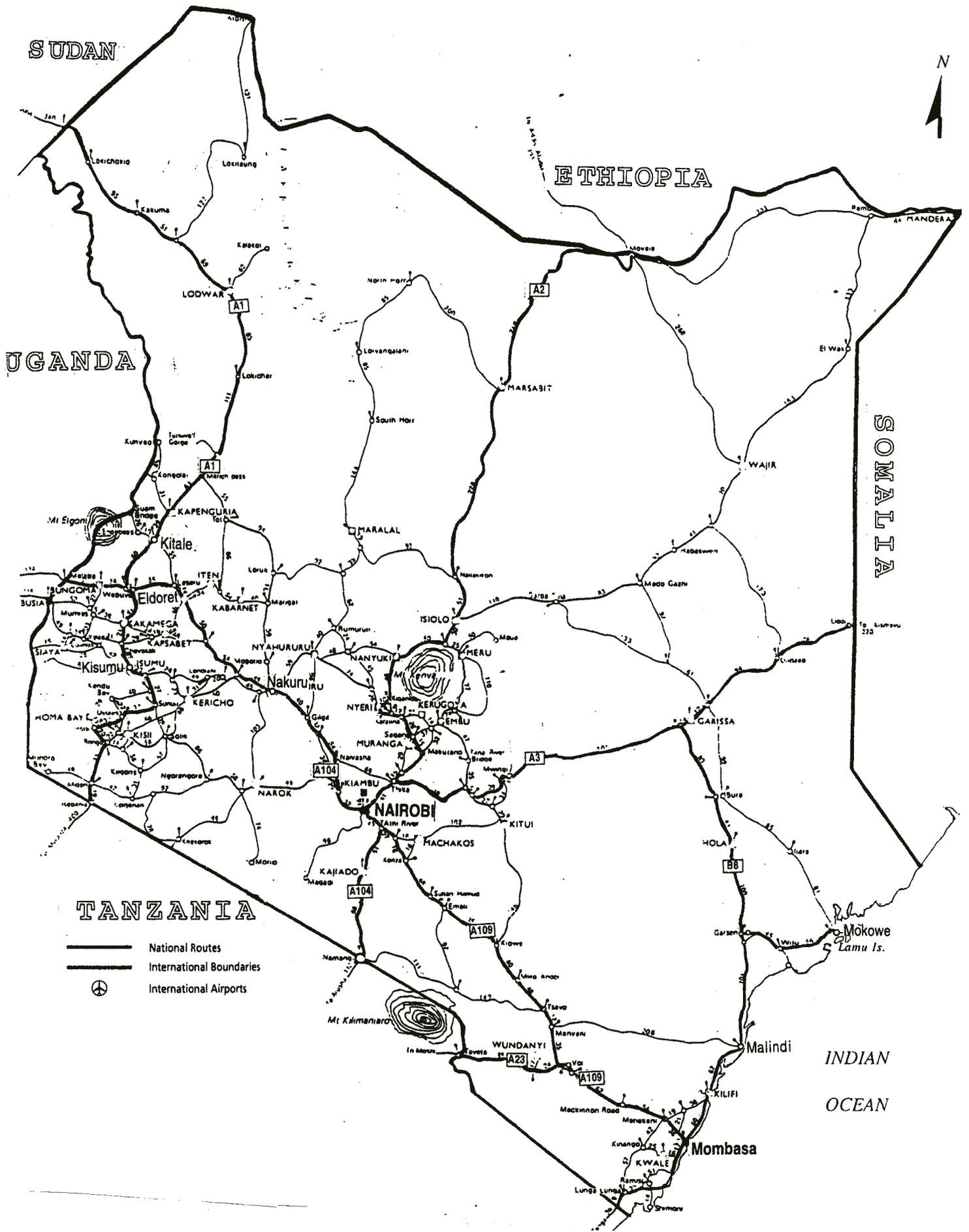


图-2. 1. 1 「ケ」国主要道路網

3) 道路・橋梁の現状

a) 道路現況

「ケ」国の道路は、区分道路（Classified Road）と未区分道路（Unclsdified Road）に区分され、総延長150,600kmの道路網である。全国道路網の内、3,610.9kmが国際幹線道路、2,670.9kmの国内幹線道路を加え63,941.9kmが区分道路である。道路網は比較的発達しているが、舗装率は全体の15%と僅かである（1997年現在）。

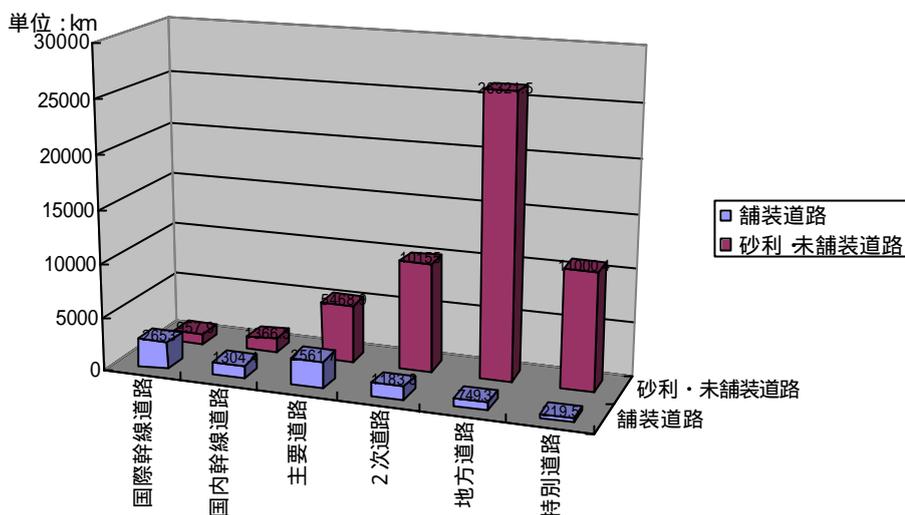


図-2.1.2 道路分類・舗装別道路延長 (1997年度)

表-2.1.2 道路種別および表層タイプ別の延長(Km) 出典 MORPW資料

道路区分	1990		1991		1992		1993		1994		1995~1997	
	As舗装	砂利未舗装	As舗装	砂利未舗装								
国際幹線道路	2607.9	971.0	2607.9	971.0	2667.1	1023.8	2667.1	1023.8	2697.2	957.9	2653.0	957.9
国内幹線道路	1307.6	1442.9	1364.2	1377.7	1403.3	1344.8	1403.3	1344.8	1403.3	1344.8	1304.4	1366.5
主要道路	2293.4	5476.4	2424.6	5402.5	2502.9	5452.5	2502.9	5452.5	2590.0	5568.4	2561.7	5468.9
2次道路	1041.4	10066.7	1148.4	10006.8	1170.5	10049.6	1170.5	10058.4	1187.0	10905.6	1183.8	10155.0
地方道路	512.4	25756.6	593.4	25816.2	665.3	25848.9	665.3	25956.5	712.7	25993.6	749.3	26321.5
特別道路	180.5	10627.7	184.9	10674.9	212.3	10779.2	212.3	10872.9	213.5	10905.2	219.5	11000.4
合計	7943.2	54341.3	8323.4	54249.1	8621.4	54498.8	8621.4	54708.9	8803.7	55675.5	8671.7	55270.2

主要道路の一部を除き、道路状態は悪く、特に道路排水施設の整備が立ち遅れているため、降雨時には冠水が頻繁に発生している。また舗装された道路の維持管理は悪く、都市間幹線国道でも都市内および付近ではいたる所にポットホール、亀裂、わだち等が見られ、中には路盤や路床まで露出し、安全な走行を脅かすばかりか事故の大きな要因となっている。

維持管理が損傷に追いついていない理由には予算不足もさることながら、1997年発生したエル・ニーニョ洪水による被害状況が多いこともあげられる。道路公共事業省は当時実施した調査によると約3,344百万Kshの出費が見積もられており、これは98/99年度道路セクターの全予算の約25%にも相当した。その被害が現在にも影響している。下記に「ケ」国道路・橋梁セクターにおける問題点を大別すると以下の事項が挙げられる。

表- 2 . 1 . 3 「ケ」国道路・橋梁セクターにおける問題点

重車両による道路損傷 道路排水施設の未整備 低劣な交通マナー 「ケ」国政府の財政困難に起因した不十分な道路維持管理
--

一方、「ケ」国の道路総延長の推移を過去1995～1997年の3年間についてみるとほとんど変化がない。これは現存する道路網の整備状況が極めて悪く本来の機能を果たせないことから、各種援助機関の支援により既存道路の維持・管理並びに補修を最優先課題として実施されているためである(エル・ニーニョ洪水被害の復旧も含む)。

b) 橋梁現況

「ケ」国の橋梁はほとんどが建造後30年以上を経過し老朽化している小規模橋梁である。しかし、予算的・技術的制約により実際に改修または架け替えられている橋梁は数カ所に留まっている。

この国の河川の多くが雨期の増水期に氾濫する小中規模模河川であるため、橋梁の多くは橋長が数十メートル程度のものである。道路局の橋梁部により5m～15mスパンの橋梁が架け替えられた実績があり、小規模橋梁については、予算はともかく技術的には「ケ」国で対応可能である。

橋長が数十メートル以上のものも散在するがベイリー橋(仮設鉄骨トラス橋)が主体であり、海外援助を待って補修または架け替えをする予定を組んでいるのが実情である。また予算・技術的な制約からベイリー橋さえも永久橋とみなし架け替えている場合すらある。既存の橋梁形式は、多種にわたっているが、近年建造されたもの以外はいずれも老朽化が進んでいる。いずれの橋梁も建設時に現時点ならびに将来の交通需要と荷重基準を満たす設計とはなっていないため、いずれも交通のボトルネックとなりつつあるのが現状である。過去5年間に建設された「ケ」国の橋梁の実状を下表に示す。

表- 2 . 1 . 4 過去5年間に建設(架け替え)された「ケ」国の橋梁 出典: MORPW資料

橋梁名	ルート	橋梁形式	橋長	備考
サバキ橋	B8	PC橋	171.0m	日本無償資金協力
ツイバ橋	D511	RC橋	88.4m	(建設中)
ムイタシャノ橋	D511	RC橋	80.0m	(建設中)
アティバレー橋	B7	ベイリー橋	100.0m	仮設橋
アダムソン橋	テアホ N.P. 道路	ベイリー橋	138.0m	永久橋
コンベ橋	モリキハンチャ道路	RC橋	80.0m	ニャンザ州橋梁部直営

4) 緊急に改善すべき事項

今回、調査対象橋梁が位置する国道 B8 号線は、「ケ」国の第 2 の都市であり、東アフリカ最大の貿易港をもつ、モンバサから北上する主要都市のマリンディへ通じる道路であるとともに、「ケ」国最大の観光開発、北部タナ河の農業開発を含め、すべての開発計画が国道 B8 号線の安定を前提に成り立っている。この道路のほとんどは、自動車（重車輦を含む）、自転車、荷車、歩行者などが混じって通行する「混合交通」となっており、また新ニヤリ橋付近においては交通量が 1 日 2 万台を越える重交通路線であり住民の移動、物流の両面ともに国道 B8 号の安定の必要性は高い。しかし、維持管理においては、これまで財政が常に安定しなかったことで、長期的展望にたつて綿密な計画を立案することがあっても、実施段階で先送りされることが多かった。また維持管理が簡易な道路路肩補修やポットホールのパッチング等実施されているが、橋梁の維持管理（付属物、添加物を含む）についての方策に乏しく具体的な維持管理ノウハウが欠落している。

今回対象の新ニヤリ橋、新ムトワパ橋は上述したとおり、コースト州の交通を担う生命線国道 B8 号線の主要ポイントであり、安定した交通の確保のためにも対象橋梁の補修の必要性は明確であるが、補修とともに、今後の橋梁の維持管理に関する指針が必要である。

5) MORPW に対する基本設計調査の位置づけ

MORPW では橋梁や道路の設計は、道路局の橋梁部門（Bridge Saperintending Engineer）を通じ、設計部門が実施している。技術力としては、小規模橋梁やカルバートにおいてはコンクリート橋にて対応しているが、ある程度の長さの橋梁にはベイリー橋を永久橋として扱うなど、一定のレベルで留まっている。我が国より専門家が派遣されていた実績もあり、技術力や維持管理の改善に積極的につとめているが、これまで「ケ」国において実施されてきた道路・橋梁に関する計画・設計成果に関しては、融資国もしくは外国の技術主導による設計・施工が多く「ケ」国独自技術においては経験不足の感はまぬがれない。

今回対象の橋梁に関しては、「ケ」国がもっとも力を入れようとしている維持管理部門を充実させるうえで大いに役立つような提言が可能となる補修関係の事業であるため、基本調査設計に当たっては、その結果を十分に検証し、橋梁部門、維持管理部門関係者への技術移転を図る。

2-1-2 財政事情

1) 経済・産業

「ケ」国の経済は独立移行の 10 年間は GDP 成長率 8% を達成し、紅茶、コーヒー等の農業部門の成長と輸入代替政策による工業化により順調な発展を遂げた。しかしながら、それ以降 80 年にかけては 73 年、79 年の 2 度のオイル・ショックによる石油輸入支払負担の増大、77 年のコーヒーブームに便乗した積極財政政策による財政支出の圧迫、過度の国内産業保護による国内産業の競争力低下などの問題が噴出し、80 年代の構造調整期を迎えた。

80 年代に入って、「ケ」国の経済は 82 年から 84 年までの GDP がマイナス成長となったほか、貿易・財政赤字の拡大、インフレの高進も顕著で、国際支出の赤字増大から深刻な外貨不足に直面し、対外債務返済が困難な状況に至った。このような事態を打開するため、「ケ」国政府は世銀と IMF に援助を要請し、構造調整計画が開始された。

80 年代後半には構造調整計画の効果もあり、平均 5% の成長達成をした「ケ」国経済は 91 年、92 年の干ばつの影響を大きく受け 91 年 2.1%、92 年 0.5%、93 年 0.2% と超低成長を続け、ようやく 94 年に 3.0% までに回復した。93 年には「ケ」国は再び本格的な構造調整を開始し、経済自由化、公社・公団・公営企業の改革、財政赤字削減、金融引き締め等に本腰を入れた取り組みがみられた。95 年以降は GDP の成長率が 4.8%、96 年 4.6% と回復基調となっており、インフレ率、貿易収支、

通貨価値等のマクロ指標も改善している。

「ケ」国は、アフリカにあっては比較的工業化が進んでいるが、基本的には農業依存の経済構造から脱却していない。人口の約8割が農業に依存し、GDPの約3割、輸出の約6割を占めている。工業部門は輸入代替政策によって1960年代から70年代の前半までは、製造業を中心に著しい成長を遂げたが、それ以降は足踏み傾向が続いている。

「ケ」国の工業の中で製造部門の主要製品は食品加工、繊維製品、一部の金属加工製品などの付加価値の低い製品が中心となっており、機械、自動車などの輸送機械、化学製品、電機製品などの付加価値製品への移行、高度化に至っていない。

1997年世界経済は拡大が続いた。OECD地域は安定したインフレーションのもとで、強力なビジネスセンターの財政的地位と商品市場における安定ならびに有利な外貨交換レートにより、精力的なまま維持を続けた。世界の貿易は9.2%も増加し、苦境を抜け出した欧州、南米各国などは強力な回復を続けた。

しかし、「ケ」国経済は前年に記録したGDP成長率4.6%に比較して、2.3%の低レベルを記録し、むしろ大変厳しい状態であった。この低成長は主要なセクターの経済活動の悪化が主原因である。この中には、前年4.4%が1997年1.2%の成長率に止まった農業、3.7%から1.9%に落ちた製造業、収入が11.6%減少した観光業の影響が大きい。さらに建築、建設業の低迷、輸出の減少、投資の低減、ドナー支援の減少などが大きな課題である。

1993-1997における現在価格によるGDPの推移を表2.1.5に示す。産業構造別では農業・林業・漁業・鉱業が30%を占め産業の重要な地位を担い、19%の商業・レストラン・ホテル、12%の金融・保険・不動産、10%の製造業と続く。1993年から1997年の産業構造の変化としては公共サービスと農業等の一次産業が低下して商業、金融等の三次産業が肩代わりしている。

将来のGDP拡大、貿易収支の赤字解消、雇用の促進を図るためには、何と云っても製造業の生産拡大を推進することが重要な課題となる。

表 2.1.5 GDP実績 (1993-1997) : 現在価格 K£ million(%)

	項目	1993	1994	1995	1996	1997
1	農業・林業・漁業・鉱業	4,425(31)	5,581	6,080	6,562	7,372(29)
2	製造業	1,420(10)	1,808	1,946	2,282	2,592(10)
3	建設業	655(5)	743	799	879	938(4)
4	電気・水	127(1)	164	191	220	233(1)
5	商業・レストラン・ホテル	1,921(14)	2,401	3,238	4,145	4,974(19)
6	輸送・通信	992(7)	1,263	1,516	1,774	1,901(7)
7	金融・保険・不動産他	1,398(10)	2,016	2,356	2,806	3,173(12)
8	住居所有他民間サービス	1,195(8)	1,343	1,508	1,755	2,047(8)
9	公共サービス他	2,075(15)	2,223	2,698	2,895	3,485(13)
10	GDP	14,185(100)	16,903	19,706	22,446	25,750(100)

(出所 : Statistical Abstract 1998)

2) 主要な社会・経済指標

「ケ」国における1993年から1997年までの主要な社会・経済指標を表2.1.6に、同じく主要な指標における1982年との対比を表2.1.7に示す。

表 2.1.6 主要な社会 経済指標 (1993-1997)

	項目	単位	1994	1995	1996	1997	1998
1	人口	百万人	26.8	27.5	28.3	29.0	30.0
2	GDP 成長率	%	3.0	4.8	4.6	2.3	1.8
3	GDP	K £ mn	20,034	23,204	26,331	31,047	34,948
4	貿易収支	K £ mn	-1,472	-2,891	-2,514	-3,511	-3,830
5	Money Supply	K £ mn	10,291	11,554	13,391	14,703	15,187
6	対外債務	K £ mn	10,180	12,437	13,606	15,7737	17,012
7	Coffee 生産量	千 ton	82	96	103	68	51
8	Tea 生産量	千 ton	209	245	257	221	294
9	Maize 生産量	千 ton	316	401	296	205	218
10	Wheat 生産量	千 ton	105	126	130	124	177
11	Sugar-cane 生産量	千 ton	3,569	3,826	3,870	4,278	4,661
12	製造業生産高	K £ mn	19,428	28,820	28,820	33,762	38,836
13	建設業生産高	K £ mn	1,456	1,591	1,611	1,657	1,983
14	Cement 消費量	千 ton	859	1,065	1,162	1,137	1,072
15	石油消費量	千 ton	2,009	2,067	2,231	2,175	2,199
16	電力消費量	mn kwh	3,205	3,289	3,478	3,625	3,721
17	観光業収入	K £ mn	1,405	1,250	1,280	1,132	875
18	新車登録	台	17,928	22,224	28,664	29,893	31,718
19	鉄道輸送量	mn ton-Km	1,172	1,456	1,219	1,068	1,111
20	航空機利用者	千人	2,773	2,675	2,691	2,835	2,873
21	給料雇用者数	千人	1,505	1,557	1,619	1,647	1,665
22	GDP Per capita	K £	632	715	792	919	1,013

(出所 Economic Survey 1999)

表 2.1.7 主要経済指標の 1982 年対比と年間変化率(1993 ~ 1997)

	1994	1995	1996	1997	1998	1994-1998 間の年間 変化率(%)
輸出量	167	175	200	174	173	0.9
輸入量	144	168	167	177	179	5.6
貿易価格	101	95	93	102	100	-0.2
消費財価格	468	474	517	575	613	7.0
実質賃金	92	120	113	108	112	5.0
農業貿易価格	87	88	88	107	107	5.3

(出所 Economic Survey 1998)

3) 主要な社会・経済指標

「ケ」国における主要な輸出品は紅茶とコーヒーであり、その後に石油精製品、化学品、果物類と続く。一次産業の加工品が大半を占める農業主導型の輸出構造である。1993 ~ 1997 年の変化としては紅茶が減り、化学品が増えている。輸出対象国としてはウガンダ、タンザニア、ルワンダ等のアフリカ周辺国が半分近くを占め、次にはイギリス、ドイツ、オランダ、フランス、イタリアその他の欧州各国が多い。1993 ~ 1997 年の変化としてはイギリスが減り、アフリカ周辺国が増えている。

主要な輸入品は乗用車、航空機を含む機械、電気品が 30% 近くを占め、次に原油類、化学品、鉄鋼などの加工品と続く。1993 ~ 1997 年の変化としては機械、電気品が大幅に増えている。輸入対象国としてはイギリス、石油供給国である UAE とサウジアラビア、機械、乗用車を主体とした日本などである。

輸出総額と輸入総額との差が国際貿易収支であり、毎年大幅な赤字が発生する輸入偏重の産業構造となっている。

表 2.1.8 に主要な輸出品と輸出額、表 2.1.9 に主要な輸出国と輸出額、表 2.1.10 に主要な輸入品と輸入額、表 2.1.11 に主要な輸入国と輸入額を示す。

表 2.1.8 主要な輸出品と輸出額 (単位: 1,000K £)

	1993		1994		1995		1996		1997	
[食料・飲料・タバコ]	2,008,220	55%	2,124,963	2,456,271	3,118,075	3,046,129	53%			
紅茶	933,659	26	844,069	899,473	1,135,228	1,206,295	21			
コーヒー	551,510	15	652,897	722,132	821,360	842,802	15			
果物・野菜	269,580	7	277,002	327,192	448,553	434,420	8			
魚	86,393	2	95,309	84,444	164,661	153,780	3			
パインアップル缶詰	96,753	2	84,723	123,923	192,580	131,024	2			
[基礎材料・鉱物燃料]	654,791	18	696,803	777,651	1,023,891	1,115,222	19			
石油製品	335,722	9	253,432	219,061	350,910	513,381	9			
動物油	36,374	1	70,329	96,734	98,764	109,844	2			
除虫菊I入り	49,606	1	78,330	66,369	79,960	68,552	1			
シル織維	36,281	1	33,120	29,414	40,713	36,154	1			
[加工製品]	919,298	25	1,345,939	1,420,005	1,583,082	1,539,509	27			
化学品	223,931	6	297,777	367,539	424,992	441,260	8			
セメント	65,030	2	81,656	80,870	127,215	114,467	2			
織物	52,649	2	79,091	88,637	100,351	103,863	2			
紙製品	29,182	1	43,372	63,617	70,824	69,756	1			
靴	22,351	1	36,299	32,627	41,194	56,756	1			
[輸出合計]	3,625,106	100	4,170,724	4,656,184	5,696,299	5,722,973	100			

(出所: Statistical Abstract 1998)

表 2.1.9 主要な輸出国と輸出額 (単位: 1,000K £)

	1993		1994		1995		1996		1997	
ウガンダ	325,976	9%	510,014	700,833	875,033	817,068	14%			
タンザニア	254,185	7	425,709	550,438	682,679	696,778	12			
イギリス	590,028	16	495,828	485,931	616,360	693,918	12			
ドイツ	266,760	7	332,616	368,673	440,988	382,528	7			
オランダ	145,650	4	182,013	214,228	31,998	284,089	5			
パキスタン	255,513	7	296,068	317,733	261,601	257,325	4			
ルワンダ	66,114	1	240,243	150,744	101,186	172,706	3			
USA	136,501	4	146,753	131,624	158,691	168,741	3			
フランス	72,882	1	81,790	91,841	98,997	128,473	2			
イタリー	66,108	1	78,454	78,690	102,500	111,576	2			

(出所: Statistical Abstract 1998)

表 2.1.10 主要な輸入品と輸入額 (単位: 1,000K £)

	1993		1994		1995		1996		1997	
[食料・生動物]	300,940	6%	833,760	309,267	571,258	1,160,529	12%			
トウモロコシ	11,292	0	292,423	6,374	3,637	630,941	7			
小麦	153	0	125,882	116,971	318,883	210,223	2			
[原材料(合成繊維等)]	147,784	3	143,143	188,453	187,859	221,201	2			
[原油類]	1,275,799	25	942,421	1,035,868	1,381,819	1,528,363	16			
原油	946,534	19	720,383	579,629	675,200	841,253	9			
灯油	90,400	2	80,958	142,267	256,403	242,631	2			
ガス油・ディーゼル油	59,990	1	43,735	124,237	199,279	185,562	2			
[動物油・植物油]	190,762	4	263,029	377,367	417,215	385,038	4			

[化学品]	994,049	20	898,586	1,364,842	1,427,008	1,435,557	15%
合成プラスチック	194,600	4	213,240	462,805	364,070	366,845	4
医薬品	273,555	5	173,627	237,377	257,839	278,152	3
肥料	166,600	3	170,605	120,563	241,373	218,942	2
一般化学品	160,045	3	155,074	274,208	245,658	212,824	2
[加工品]	735,976	15	759,576	1,356,634	1,320,668	1,365,318	14
鉄鋼	300,931	6	310,583	513,104	481,678	537,938	6
鉄板	154,273	3	157,040	282,814	228,895	306,444	3
一般鉄製品	33,670	1	49,866	170,986	106,732	186,515	2
紙・紙製品	57,894	1	67,959	119,934	204,964	127,818	1
[機械・輸送機・電機品]	1,167,374	23	1,595,070	2,747,110	2,647,157	2,874,168	30
一般輸送機器・部品	278,219	5	338,856	562,859	638,752	546,130	6
一般機械	87,167	2	105,931	220,028	186,804	413,474	4
道路輸送機/部品	187,995	4	323,053	606,742	578,818	398,109	4
乗用車	85,731	2	156,015	294,837	218,854	313,138	3
航空機	34,721	1	48,331	77,735	63,756	301,652	3
[輸入合計]	5,056,419	100	5,753,988	7,758,424	8,424,308	9,533,676	100

(出所 :Statistical Abstract 1998)

表 2.1.11 主要な輸入国と輸入額 (単位 :1,000K £)

	1993		1994	1995	1996	1997	
イギリス	602,384	12%	757,631	980,512	1,113,226	1,077,845	11%
UAE	759,067	16%	643,634	520,327	693,016	950,607	10%
日本	383,005	8%	496,773	852,926	625,412	718,012	8%
ドイツ	361,515	7%	357,574	528,616	512,276	636,395	7%
サウジアラビア	233,846	5%	136,461	282,233	423,489	510,803	5%
インド	136,475	3%	217,067	416,138	480,643	410,465	4%
フランス	212,450	4%	232,224	348,717	412,895	355,504	4%
オランダ	123,160	3%	163,933	222,064	239,211	237,965	2%
イタリア	228,089	4%	175,326	456,990	274,685	231,748	2%
中国	68,689	1%	76,401	159,613	145,298	185,868	2%

(出所 :Statistical Abstract 1998)

4) コースト州の概要

a) 地理・地勢・道路

コースト州 (Coast Province) は南から Taita、Kwale、Mombasa、Kikifi、Tana River、Lamu の 6 県 (District) で構成され、殆どの地域が内陸に存在する Taita と Tana River を除き、4 県はインド洋に面する沿海域に位置する。内陸側は一部丘陵地帯があるが多くは平地で、内陸部を除きほぼ同じ高温多湿の気候を示す。南の国境から Malindi の先当たりまで、メイズの生産やココナッツ、パイナップル、キャッシュナッツの生産に適す。Kilifi には大規模のサイサル生産農場が開発されている。北部のタナ川に沿って灌漑が行われ、稲作その他の農業が試みられている。沿海域は殆どが遠浅の海岸であり、観光ホテルや海上スポーツに適する立地条件を提供している。

Mombasa から Nairobi に至る国際幹線道路の A109 号線、Mombasa の Likoni から Lunga Lunga に至る国際幹線道路の A14 号線、さらに Mombasa の Kikifi と Malindi を経由してタナ川に沿って北上する国内幹線道路 B8 号線の 3 本がコースト州における主要な幹線道路である。これらの幹線道路は 2 車線の舗装道路であるが、一部では維持管理不備で舗装の損傷が著しく、円滑な自動車交通の妨げとなっている箇所もある。

コースト州内にはその他に C 級 (Primary Road)、D 級 (Secondary Road) の地方道が多く存在するがその殆どが未舗装であり、傷みが激しく、雨期などは相当厳しい交通運行を余儀なくされ

ている。

b) 社会経済的位置づけ

「ケ」国におけるコースト州の社会経済的位置づけを表 - 2.1.12 に示す。コースト州の面積、農地面積ともに「ケ」国全体の 14% を占めるが、人口は 8%、道路延長は 9% である。道路密度は 70km/k m² であり、「ケ」国全体からも見ても道路整備はかなり遅れている。

1989 年の国勢調査によるコースト州各県の人口と人口密度を表 - 2.1.13 に示す。これによると港湾設備や道路交通が充実し、歴史的に都市としての蓄積がある Mombasa は人口密度が大変高いが、その他は人口密度が低いことがこの州の特徴である。コースト州における各県の将来人口予測を表 - 2.1.14 に示す。

表 - 2.1.12 州別社会経済、道路状況

	面積 (千 km ²)		人口 (千人)		農地面積 (km ²)		道路延長(km)	道路密度 (k m/k m ²)
Coast	84.1	14.4%	1,882	8.5%	83.0	14.6%	5,859	70
North Eastern	126.2	21.7	382	1.7	126.9	22.3	4,852	38
Eastern	154.3	26.5	3,878	17.6	155.7	27.4	12,991	84
Central	13.2	2.3	3,207	14.5	13.1	2.3	7,736	586
Nairobi	0.6	0.1	1,363	6.2	0.7	0.1	385	642
Rift Valley	182.4	31.4	5,126	23.2	168.8	29.7	20,055	110
Nyanza	12.5	2.1	3,609	16.3	12.5	2.2	7,200	576
West	8.3	1.4	2,618	11.9	8.2	1.4	4,049	488
Kenya Total	581.8	100.0	22,067	100.0	568.9	100.0	63,127	108

(出所 :Statistical Abstract 1998)

表 - 2.1.13 1989 年人口による人口密度

District	Land Area (km ²)	Population in 1989	Density (per km ²)
Kilifi	13,006	619,546	47
Kwale	8,260	395,118	48
Lamu	6,818	58,571	9
Mombasa	282	471,858	1,673
Taita	16,965	213,801	13
Tana River	38,782	132,471	3
Sub Total	84,113	1,882,365	22

(出所 :Statistical Abstract 1998)

表 - 2.1.14 Coast Province における District の将来人口予想

District	1989	1995	2000	2005	2010
Kilifi	619,546	712,302	795,439	842,451	875,938
Kwale	395,118	454,189	501,795	562,328	542,472
Lamu	58,571	67,644	74,987	78,893	81,532
Mombasa	471,858	544,674	603,584	740,480	898,599
Taita	213,801	251,921	283,353	302,003	315,936
Tana River	132,471	155,373	174,177	185,117	193,086
Sub Total	1,882,365	2,186,103	2,433,334	2,675,332	2,907,569

(出所 :JICA Road Network Development M/P Study in Kenya ,1995)

2-2 他の援助国、国際機関等の計画

1) 概要

「ケ」国向け援助は、減少傾向を示しており、ドナー側のいわゆる「援助疲れ」が伺える。DAC 諸国による二国間政府開発援助は1997年支払い純額ベースで総額301百万ドルが供与されている。主要援助国割合(1997年実績)は以下の通り計上されている。

総額301百万ドルのうち(1)日本68.8百万ドル(22.9%)が最も多く、次いで(2)英国46.6百万ドル(15.5%)、(3)ドイツ43.7百万ドル(14.5%)、(4)オランダ31.7百万ドル(10.5%)、(5)イタリア18.3百万ドル(6.1%)等である。「ケ」国に二国間援助を行っている国は、DAC 諸国中19ヶ国及びサウジアラビア、クウェート等のアラブ諸国であり、世銀(IDA)、アフリカ開発銀行(ADB)、UNHCRなど約15の国際機関が有償・無償の援助を行っている。援助調整については、1980年よりCG会議(Consultative Group for Kenya)の他、現地での援助機関会議が月1回開催されている。その他セクター別でも多数会議がもたれている。

2) 道路セクターに関わる援助

他の援助機関として1979年に始まる第一次道路セクター計画より世界銀行グループを中心として援助が開始された。またフランス、ドイツ等の二国間援助やアフリカ開発銀行(ADB)、アラブ銀行等の融資も実施されてきた。1997年度の異常気象(エル・ニーニョ)により「ケ」国内の道路・橋梁は大打撃を受け、「ケ」国被害総額は33.5億円ケニアシリングと見積られる。参考までに1998年時点までの主要ドナー国からの援助累計は次表の通りである。

表 2.2.1 他機関の援助状況 (1998年 新規 継続案件) 出典:MORPW資料

援助機関	プロジェクト名	実施予算累計額(Ksh)
ADB	ナルク-マウナロク間道路改修	848,959,000
ADB	ジワ-キタレ間道路修復	1,575,434,000
ADB	ロディコパニ-カルング間道路改修	1,090,000,000
ADB	ブシア-ムシアス間道路改修	1,120,641,000
ウヅン基金	カソガコナー - ラガハリス間道路改修	1,167,644,000
クエート/OPEC	カツマニ-ウォーテ間道路改修	869,761,000
中国	ガンボギ-セレン間道路改修	314,083,000
IDA	ムティト-アンデイ-ボイ間道路改修	1,536,314,000
IDA	ボイ-バチュマ間道路改修	868,433,000
西独 KFW	ナロク-アマラリバー間道路改修他	1,666,102,000

表-2.2.2 他機関の援助 (1998年 完了案件) 出典:MORPW資料

援助機関	プロジェクト名	実施額(Ksh)
ADB	ティカ-マクタノ間道路改修	556,502,750
U.K	モロ-オレングヌロア間道路改修	448,644,000
EEC(EU)	ケリチョ-ソティク間道路改修	346,644,000
イタリア	リロニ-マイマフィウ間道路改修	252,574,000
EEC(EU)	ムクブ-イセバニア間道路改修	519,602,000
U.K	ボメット-リテイン間道路改修	220,000,000
EEC(EU)	カベテ-リムル間道路改修	583,757,000
EEC(EU)	ウベボ-マラバ間道路改修	504,589,000
ウヅン基金	カソガコナー - ラガハリス間道路改修	520,588,000
西独 KFW	ティンボロア-エルドレット間道路改修	642,545,000
西独 KFW	タナデルタ横断道路改修	224,643,000

2-3 我が国の援助実施状況

1) 概要

我が国の「ケ」国に対する援助は、従来から有償、無償や技術協力、専門家派遣と多岐にわたる。援助実施時期は独立翌年の 1964 年と古く、なおかつジュモ・ケニヤッタ工科大学等の大型プロジェクトも実施されてきた。その他にも農業開発や道路建設機械整備事業などで援助がおこなわれている。94 年には 人材育成 農業開発 経済インフラの整備 人口、エイズ対策 環境保全の 5 つが重点分野として支援強化されている。また 95 年には同分野の継続援助とともに

貧困層に直接裨益効果のある援助

政治・経済改革支援の援助

域内協力推進の支援の援助

以上の 3 つの基本方針視点が合意され、この方針に基づく援助が強化、実施されている。

我が国の ODA 実績

有償資金協力 1,736.25 億円 (1998 年まで EN ベース)

無償資金協力 706.69 億円 (1998 年まで EN ベース)

技術協力実績 621.07 億円 (1998 年まで EN ベース)

2) 道路セクターに関わる援助

道路整備計画のうち、無償や円借款（今次対象 2 橋梁を含む）による道路維持事業は多数実施されている。ただし補修を目的としたリハビリ無償案件は今次調査が初めてである。このため、今次調査を通じて技術移転を働きかけ、道路、橋梁に関する維持管理や自主運営を主として行わせることが重要である。

表 - 2 . 3 . 1 近年の我が国による道路セクター関連援助

援助内容	プロジェクト名	供与額 (E/N ベース: 億円)	実施年
無償資金協力	農業道路補修計画（機材援助）	6.00	昭和 59 年度
〃	農業道路補修計画（機材援助）	5.96	昭和 63 年度
〃	道路橋梁機材補修計画（機材援助）	5.47	平成 5 年度
〃	サバキ橋掛け替え計画	18.40	平成 6 年度
有償資金協力	タナ河流域道路整備計画	61.00	昭和 57 年度
〃	キリフィ橋建設計画	78.50	昭和 61 年度
〃	タナ河流域道路整備計画（2）	65.23	平成 2 年度

2-4 プロジェクト・サイトの状況

2-4-1 自然条件

1) 概況

コースト州は南から北に向けて海岸線に沿う、Kwale, Mombasa, Kilifi, Tana River, Lamu の 5 県で構成される。新ニヤリ橋は Mombasa 県内の Mombasa Harbour に、新ムトワパ橋は Mombasa 県と Kilifi 県の境界に存在する Mtwapa Creek に架かっている。

Mombasa 県の地区の構成と面積は表 2.4.1 のとおりであり、Mombasa Island は面積 21 km² で最小であるが、歴史的並びに港湾等の理由から最も開発が進み、全島で建設が殆ど済んでいる。Kisauni は今回対象となる新ニヤリ橋～新ムトワパ橋区間の国内幹線道 B8 号線が存在し、面積は 126 km² で最も広く、将来開発の可能性が高い。

表 2.4.1 Mombasa 県の構成

地区	面積 (km ²)
Mombasa Island	21
Kisauni	126
Likoni	64
Changamwe	71
合計	282

2) 地形

Mombasa 県は東から西に向けて海拔 8m から 100m 程度まで地形が盛り上がっており、広範囲の平坦地による沿岸低地を形成している。最高地は海拔 123m で本土側北部の Kisauni 地区に位置する Nguu Tatu Hills である。

地勢的に 3 層のベルトでできあがっている。最初は幅約 6km で、Mombasa Island、本土の Kisauni、南部の Mtongwe を含む平坦な沿岸平地である。次は Changamwe を含み、砂質高原である。最後は Kisauni で見られる砂岩の起伏のある高原である。

海岸に接近して、珊瑚礁が見られ、素晴らしい建設石材を提供し、良質の地盤と最高の透水性を有している。珊瑚礁の石灰石は 100m の深さに達する。国内幹線道 B8 号線の北西側 (Bamburi) に存在する石灰石の大規模な埋蔵はこの地域のセメント工業の基盤となっている。

一方、Mombasa Island は険しい絶壁を有する多くのクリークで囲まれている。これらの険しい絶壁は島と本土間の連絡を困難とし、Nyali 橋、Mtwapa 橋、Makupa 舗装道路、Kepevu 舗装道路 による高価な橋梁と舗装道路の建設によって連絡が可能となっている。また Mombasa Island と南側の Likoni との間は国際幹線道 A14 号線がフェリーの運行により接続可能となっている。しかしながら、別の面で、険しい絶壁は東アフリカにおける最も重要な港湾である Kilindini 港を中心に自然の良港を提供し、水深が大で、大型船舶の通行を可能としている。

Mombasa 県はインド洋に面する海岸に沿っており、多くの観光ホテルが建設され、国内外の観光客に観光目的地を提供する責任も果たしている。

当地には自然の河川は存在しないが、岩石構造のため水位が高く、ボーリングにより地下水を汲み上げることにより良質で豊富な飲料水を提供している。

3) 気候

低緯度と沿岸地域のため、当地は内陸地域とは異なった気候を呈している。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。

降雨の形がはっきりとした 2 種類の季節を示し、大雨期は 60%の確度で 3 月から 6 月に発生し、

平均年間降雨量は 1,100mm に達し、最高降雨量を 5 月から 6 月に記録している。5 月には平均月間降雨量が 375mm を記録し、6 月には徐々に少なくなる。小雨期は 10 月の終わりから始まり、12 月から 1 月には終わる。季節的な降雨の他に、陸風海風による普通の降雨も地域的に存在する。農業活動は不安定な降雨で大きな影響を被っているが、一方で観光産業は素晴らしい太陽光と乾燥気候により、大変な利益を得ている。

Mombasa の年間気温を表 - 2 . 4 . 2 に、相対湿度を表 - 2 . 4 . 3 に、日照時間を表 - 2 . 4 . 4 に示す。

表 - 2 . 4 . 2 Mombasa の年間気温

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
'90 平均最高	31.6	32.6	32.0	31.1	28.7	28.2	-	27.6	28.7	29.5	30.0	31.1
'91 平均最高	32.0	33.0	32.8	32.6	28.1	28.4	27.9	27.4	28.6	29.9	30.6	31.3
'92 平均最高	32.1	33.2	32.5	31.7	29.4	26.8	27.1	27.2	28.1	29.7	30.5	24.3
'93 平均最高	31.1	32.6	32.7	31.6	30.1	28.2	27.6	27.3	28.1	29.5	31.3	31.6
'94 平均最高	33.5	33.5	33.1	30.2	28.4	28.4	27.1	28.0	27.1	29.8	29.7	30.9
'90 平均最低	23.7	24.0	24.6	23.8	22.2	21.2	20.8	20.2	21.1	22.7	23.1	23.4
'91 平均最低	23.0	23.0	23.9	24.4	22.7	21.1	20.7	19.8	19.3	21.0	22.8	23.1
'92 平均最低	22.7	23.2	23.3	23.8	22.2	20.8	19.4	19.0	20.2	21.1	22.0	16.0
'93 平均最低	22.3	21.8	22.8	23.3	22.2	20.6	19.3	19.2	19.4	21.3	22.1	22.5
'94 平均最低	22.7	22.5	23.3	22.6	21.3	20.1	19.2	19.2	19.8	21.5	21.1	21.4

(出所 : Statistical Abstract 1998)

表 - 2 . 4 . 3 Mombasa の相対湿度 (12 時 平均 %)

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1991	62	55	59	59	77	64	69	69	63	64	67	69
1992	58	56	59	67	71	67	69	68	67	62	67	69
1993	69	58	59	65	68	70	65	66	64	68	63	64
1994	57	56	58	64	77	64	69	67	70	71	75	76
1995	68	53	55	66	72	66	-	62	60	68	70	67

(出所 : Statistical Abstract 1998)

表 - 2 . 4 . 4 Mombasa の日照時間 (1 日平均時間)

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1991	9.0	10.0	9.5	10.3	4.6	6.8	5.9	6.5	8.4	7.3	8.2	-
1992	8.8	8.1	8.4	6.3	6.9	7.2	5.7	6.9	6.5	7.9	8.7	7.6
1993	5.8	8.9	9.1	9.5	7.1	6.0	7.5	7.6	8.4	7.8	8.9	8.2
1994	9.5	8.8	9.3	7.6	4.4	7.1	7.1	8.6	7.2	-	-	-
1995	8.4	8.6	8.6	7.9	5.2	8.0	-	-	8.0	8.9	-	-

(出所 : Statistical Abstract 1998)

4) 地質・土質

当地域における支配的な土質は透水性の優れた粘土と砂の混合物である。一部の地域では土質はやや塩分を含んでいる。沿岸平地の土質は濃赤から赤が強い褐色を呈し、ローム質砂の表土を有する砂質粘土ロームか砂質粘土で、塩水湖堆積物を有する珊瑚礁の混合物である。これらは、Kisauni, Bamburi, Mwakirunge, Utange の地域と Likoni 地区の一部で見受けられる。

高度な塩水湖堆積物 (Kilindini Sand) が発達した土質は多様な透水性、条件、色彩、組織、塩分含有率の複合体を形成する。これらの土質は Mtongwe, Mbuta 地域における Likoni 地区と Kisauni 地区の一部で見受けられる。

マングローブ沼地の土質は透水性が殆どなく、普段から高い塩分含有率を示す。粘土に水分を含んだロームが Mwakirunge と Jomvu 地域で見受けられる。

5) 潮位

Kilindini 港における本年各月の高潮位、低潮位、干満差は表 - 2 . 4 . 5 に示す通りである。新ニヤリ橋、新ムトワパ橋ともに Kilindini 港と接近しておりこの潮位を適用できる。

表 - 2 . 4 . 5 Kilindini 港における本年各月の高潮位、低潮位、干満差

	高潮位			低潮位			干満差
	日(曜日)	時刻	潮位	日(曜日)	時刻	潮位	
1月	22(土)	4:59	3.81m	22(土)	11:10	-0.05m	3.82m
2月	20(日)	4:50	3.76m	21(月)	11:28	-0.03m	3.81m
3月	21(火)	17:28	3.73m	21(火)	11:04	0.08m	3.65m
4月	5(火)	17:37	3.83m	6(木)	11:14	0.11m	3.72m
5月	5(金)	17:13	3.92m	5(金)	23:24	0.11m	3.81m
6月	3(土)	16:56	3.89m	3(土)	23:11	0.08m	3.81m
7月	2(日)	16:45	3.84m	2(日)	23:00	0.08m	3.78m
8月	1(火)	17:20	3.84m	30(水)	23:06	-0.01m	3.85m
9月	29(金)	5:03	3.78m	29(金)	11:00	0.07m	3.71m
10月	28(土)	4:38	3.80m	27(金)	10:10	0.11m	3.70m
11月	14(火)	5:21	3.82m	13(月)	11:00	0.02m	3.80m
12月	12(火)	5:13	3.81m	12(火)	10:50	0.01m	3.80m

2-4-2 社会基盤整備状況

1) 地勢・道路

コースト州 (Coast Province) は南から Taita、Kwale、Mombasa、Kikifi、Tana River、Lamu の 6 県 (District) で構成され、殆どの地域が内陸に存在する Taita と Tana River を除き、4 県はインド洋に面する沿海域に位置する。内陸側は一部丘陵地帯があるが多くは平地で、内陸部を除きほぼ同じ高温多湿の気候を示す。南の国境から Malindi の先当たりまで、メイズの生産やココナッツ、パイナップル、キャッシュナッツの生産に適す。Kilifi には大規模のサイサル生産農場が開発されている。北部のタナ川に沿って灌漑が行われ、稲作その他の農業が試みられている。沿海域は殆どが遠浅の海岸であり、観光ホテルや海上スポーツに適する立地条件を提供している。

Mombasa から Nairobi に至る国際幹線道路の A109 号線、Mombasa の Likoni から Lunga Lunga に至る国際幹線道路の A14 号線、さらに Mombasa の Kikifi と Malindi を経由してタナ川に沿って北上する国内幹線道路 B8 号線の 3 本がコースト州における主要な幹線道路である。これらの幹線道路は 2 車線の舗装道路であるが、一部では維持管理不備で舗装の損傷が著しく、円滑な自動車交通の妨げとなっている箇所もある。

コースト州内にはその他に C 級 (Primary Road)、D 級 (Secondary Road) の地方道が多く存在するがその殆どが未舗装であり、傷みが激しく、雨期などは相当厳しい交通運行を余儀なくされている。

2) 社会・経済

ケニアにおけるコースト州の社会経済的位置づけを表 - 2 . 4 . 6 に示す。コースト州の面積、農地面積ともにケニア全体の 14% を占めるが、人口は 8%、道路延長は 9% である。道路密度は 70km/k m² であり、ケニア全体からも見ても道路整備はかなり遅れている。

1989 年の国勢調査によるコースト州各県の人口と人口密度を表 - 2 . 4 . 7 に示す。これによると港湾設備や道路交通が充実し、歴史的に都市としての蓄積がある Mombasa は人口密度が大変高いが、その他は人口密度が低いことがこの州の特徴である。コースト州における各県の将

来人口予測を表 2.4.8 に示す。

表 2.4.6 州別社会経済、道路状況

	面積 (千 km ²)		人口 (千人)		農地面積 (km ²)		道路延 長(km)	道路密度 (km/km ²)
	84.1	14.4	1,882	8.5	83.0	14.6	5,859	70
Coast	84.1	14.4	1,882	8.5	83.0	14.6	5,859	70
North Eastern	126.2	21.7	382	1.7	126.9	22.3	4,852	38
Eastern	154.3	26.5	3,878	17.6	155.7	27.4	12,991	84
Central	13.2	2.3	3,207	14.5	13.1	2.3	7,736	586
Nairobi	0.6	0.1	1,363	6.2	0.7	0.1	385	642
Rift Valley	182.4	31.4	5,126	23.2	168.8	29.7	20,055	110
Nyanza	12.5	2.1	3,609	16.3	12.5	2.2	7,200	576
West	8.3	1.4	2,618	11.9	8.2	1.4	4,049	488
Kenya Total	581.8	100.0	22,067	100.0	568.9	100.0	63,127	108

(出所 :Statistical Abstract 1998)

表 2.4.7 1989年人口によるの人口密度

District	Land Area (km ²)	Population in 1989	Density (per km ²)
Kilifi	13,006	619,546	47
Kwale	8,260	395,118	48
Lamu	6,818	58,571	9
Mombasa	282	471,858	1,673
Taita	16,965	213,801	13
Tana River	38,782	132,471	3
Sub Total	84,113	1,882,365	22

(出所 :Statistical Abstract 1998)

表 2.4.8 Coast Province における District の将来人口予想

District	1989	1995	2000	2005	2010
Kilifi	619,546	712,302	795,439	842,451	875,938
Kwale	395,118	454,189	501,795	562,328	542,472
Lamu	58,571	67,644	74,987	78,893	81,532
Mombasa	471,858	544,674	603,584	740,480	898,599
Taita	213,801	251,921	283,353	302,003	315,936
Tana River	132,471	155,373	174,177	185,117	193,086
Sub Total	1,882,365	2,186,103	2,433,334	2,675,332	2,907,569

(出所 :JICA Road Network Development M/P Study in Kenya ,1995)

3) 調査対象橋梁のあるモンバサ県の概要

a) 位置と面積

Mombasa 県は南緯 3°0' ~ 4°10'、経度 39°0' ~ 39°40' に位置する。Mombasa 県を構成する地区と面積は、表 - 2.4.1 に示すとおりである。Mombasa Island は面積 21 km² で最小であるが、最も開発が進み、全島で都市建設が殆ど済んでいる。Kisauni は今回対象となる新ニヤリ橋 ~ 新ムトワバ橋区間の国道 B8 号線が存在し、面積は 126 km² で最も広く、将来発展が期待される地区である。

b) 人口計画

1989 年に行われた人口センサスに基づく、2001 年までの各地区の人口計画を表 - 2 . 4 . 9 に、人口密度計画を表 - 2 . 4 . 1 0 に示す。当計画においては人口の伸び率を 5%/年とし、各地区に対する人口配分は一律としており、地区の地勢、自然条件、雇用基盤、都市基盤、インフラ整備等の条件で濃淡をつけてはいない。

表 - 2 . 4 . 9 Mombasa 県の人口計画 (単位：人)

地区	1989	1997	1999	2001
Mombasa Island	127,720	162,064	173,404	183,065
Kisauni	153,324	194,541	208,711	219,005
Likoni	67,240	85,479	91,765	96,377
Changamwe	113,469	144,247	154,167	162,638
合計	461,753	586,331	628,047	661,085

(出所 Mombasa District Development Plan 1997-2001)

表 - 2 . 4 . 1 0 Mombasa 県の人口密度計画 (単位：人/ km²)

地区	1989	1997	1999	2001
Mombasa Island	6,028	7,732	8,210	8,717
Kisauni	1,217	1,547	1,643	1,744
Likoni	1,050	1,336	1,418	1,506
Changamwe	1,589	2,032	2,157	2,291
合計	1,637	2,082	2,210	2,347

(出所 Mombasa District Development Plan 1997-2001)

c) 産業

Mombasa 県における代表的な産業は果実加工、カサバ加工、製菓、野菜油加工、織物、革加工である。その他にセメント製品、塗料、化粧品、ガラス、タイル、鉄板、機械部品などの加工と石油精製がある。これらは、Mombasa Island, Changamwe, Kisauni 地区で生産される。Linkoni 地区は交通が不便で加工産業は少ない。多くの産業が水と電力の安定供給の問題から、現存の潜在能力を十分に発揮していない。魚、観光、セメント製品並びに豊富な人的資源の他には当地で確保できる資源に乏しいことも問題である。

Banburi Cement 工場では豊富に埋蔵する石灰石を活用し、12,000ton/年生産し、国内消費はもとより多くを輸出している。漁業は現在のところ浅瀬における従来の漁法が主体であるが、将来は深海におけるトローリングによる大規模漁業を展開し、漁業と魚加工産業を伸ばすとしている。

観光産業は当地の重要な基幹産業である。歴史的な遺産もあり、美しい砂浜には最高級の設備とサービスを提供できるホテルが多く進出している。海上スポーツ特にスキューバ・ダイビング、セーリング、深海漁釣りなどを盛んにする。これらのホテルは農産物及び土産物の主要な消費地として外貨獲得において貢献している。

d) 交通

道路：主要な幹線道路は Nairobi-Mombasa 道路(A109 号線)、Mombasa- Malindi 道路(B8 号線)、Mombasa-Lunga Lunga 道路(A14 号線)であり、全長で 109.6km の距離を有し、MOPWH が維持管理している。その他の C 級、D 級クラスの道路は Mombasa 地方局の管轄となっている。これらの道路は Mombasa 港を中心とした輸出輸入物資の輸送における多量な大型車の交通で多くの損傷を受けており、大規模な補修作業が必要である。交通事故の削減、輸送コスト低減のため、道路補修と拡張が欠かせない状態にある。C 級、D 級の多く

の道路が未舗装のままで、全天候型に改善すべきである。工業立地・住宅地として開発が必要な Kisauni 地区の北部、Likoni 地区の西部をはじめ道路網の充実が必要である。

鉄道：当地には内陸の隣国であるウガンダへの主要な鉄道輸送駅があり、この施設を長年維持してきた。これは Mombasa 港とウガンダをはじめ多くの東アフリカ諸国を結び輸出・輸入物資を輸送する主要鉄道である。この物資には肥料、工業原材料、工業製品などが含まれ、東アフリカにおける各国の協力により輸出輸入を拡大するために、効率的で信頼性のある鉄道輸送が望まれている。

航空：Mombasa には最近開業した国際空港がある。空港の拡大は大型輸送機の乗り入れを可能とし、観光客の受入と園芸作物を中心とする物資の輸送を伸ばすのに大いに貢献し、Mombasa の工業化に対する主要な役割を果たすと期待されている。

港湾：Mombasa には Kilindini 港と旧港がある。Kilindini 港は東アフリカ最大で最も近代的な港湾設備を有しており、豊富な資源を有するウガンダ、ルワンダ、ブルンジ、ザイール、スーダンなど後背地と世界各国をつなぐ貿易手段として東中アフリカの重要な役割を果たしている。

4) 調査対象路線 (国道 B 8 号線) の概要

ケニアの国内幹線道路 B8 号線は東アフリカ最大の取扱量を誇る貿易港が存在する Mombasa とケニア沿岸部の主要観光都市である Malindi を結ぶ重要な道路である。Mombasa ~ Kilifi ~ Malindi とつながる B8 号線の海岸線は数 10km にわたる砂浜が続く同国最大の観光開発地域であり、B8 号線の整備による円滑な道路交通の確保はインド洋一帯の社会経済開発の重要な課題でもあった。

B8 号線は Mombasa ~ Malindi 間で幾つかのクリークが存在し、その橋梁が不備で交通のボトルネックとなっていたが、1980 年に新ニヤリ橋と新ムトワバ橋が完成し、続いて 1991 年にはキリフィー橋が完成した。さらに 1995 年には Malindi から約 8km 北側に位置するサバキ橋の架け替えも終了した。

Mombasa の新ニヤリ橋から Malindi のサバキ橋までは約 110km の距離がある。全線を通して 2 車線のアスファルト舗装が完備し、両都市間を 2 時間以内で結ぶことが可能であり、コースト州の幹線道路として十分な役割を果たしていると言える。ただし、キリフィー橋の橋面舗装の損傷を含み、多くの箇所においてアスファルト舗装の破損が見受けられたため、大規模な損傷にならない前に早期の補修対策が望まれる。

2-4-3 既設施設の現状

1) 概況

今次調査対象橋梁である新ニヤリ橋はモンバサ本島北東部からクリークをまたぐ部分に、新ムトワパ橋はモンバサ中心部から約 13 km のクリーク上の国道 B8 号線上に位置している。

通過する交通量は 2000 年 2 月の実測データで、新ニヤリ橋で約 38,000 台（うち重車両約 4 台）新ムトワパ橋で 8,200 台（うち重車両約 260 台）である。

損傷の激しい新ムトワパ橋については 1992 年の日平均交通量 3,400 台（うち重車両約 70 台）に比べ約 240% の増（大型車両で 500% の増）である。その他「マタトゥー」と呼ばれる乗り合いバスの増加が目立つ。

これらの橋梁は、もともとコースト州全般の開発のボトルネックとなっていたクリーク部の交通遮断を解消する目的で建設されたため、交通量の増加は、その橋梁の裨益効果の一現象と考えられる。

ただし急激な交通量、特に重車両の増加が著しいため橋梁に及ぼす影響は甚大である。橋梁の損傷拡大により将来交通障害が生じた場合、迂回路は近郊に存在しないため、周辺住民の生活基盤を始め、通商としての機能、一大観光拠点のすべてに大混乱を来すことは予想に難しくない。したがって、道路としての機能を有効に利用するためにも新ニヤリ橋、新ムトワパ橋の改修計画は、非常に重要性が高いことを意味する。

対象橋梁の状況を一覧表にまとめると表 2.4.11 の通りである。

表 2.4.11 対象橋梁事項一覧表

橋 梁 名	州名 地域名	現車道幅員 (歩道幅員)	現橋長 構造形式	改修前概要
新ニヤリ橋 1980 年開通	コースト州 モンバサ県 モンバサ	総幅 26m	392m 3 径間連続 PC 箱桁橋 +3 径間連続 RC 桁橋	ニヤリ橋 モンバサ本島旧市街からニヤリビーチ方面に架かっていた幅員 5.5m の鋼製浮橋。架橋位置は新橋とやや異なっていたが、老朽化のため、新橋開通時に撤去。
新ムトワパ橋 1980 年開通	コースト州 モンバサ県 シモラテワ	総幅 12m	192m 3 径間連続 PC 箱桁橋	ムトワパ橋 & フェリー ムトワパクリーク部の国道上にベイリー桁を補剛桁として使用した 1 車線上の吊り橋。一般車両は 500m 上流のフェリーで渡河していた。 現交通量 8,275 台 / 日 (2000 年) に対して 当時の交通量は 1,511 台 / 日 (1978 年)

2) 橋梁の現状

現地調査から得られた橋梁の現状について述べるとともに、今次プロジェクトの設計条件の元となる損傷や各種試験結果を整理する。

(1) 構造諸元

a) 新ニヤリ橋

1977年2月からOECF(現JBIC)の円借款によりコンサルタントH.P.GAUFF社(ドイツ)の設計および施工管理により日本の住友建設(株)が建設を行い1980年7月に完成した。橋梁諸元は下記に示すとおりである。

橋長	391.65m
幅員	25.89m(車道幅9.5m×2(6車線)+歩道・地覆2.695m×2+中央分離帯1.5m)
形式	上部工：3径間連続PC箱桁橋(90m+150m+90m) 3径間連続RC桁橋(21.65m+20m+20m) 下部工：橋台 逆T式橋台2基 橋脚 壁式橋脚5基 基礎工：鉄筋コンクリート杭(2000, 1200) 付帯工：支承 鋼製ローラ支承(モンバサ側橋台・橋脚、掛違橋脚) 鋼製ロッカー支承(マリンディ側橋台・橋脚) ゴム支承(橋台部を除くRC桁部全て) 伸縮装置 マウラージョイント 防護柵 車道側(中央分離帯側含む) ガードレール 歩道部 アルミ高欄
施工方法	3径間連続PC箱桁橋 張り出し施工 3径間連続RC桁橋 支保工施工
活荷重	class60(DIN), BS153のHAとHBの25unit
使用材料	コンクリート 3径間連続PC箱桁橋と橋脚の上部 class45(BS) その他 class30(BS) 鉄筋 BS1144 PC鋼材 85/105(ディビダーク鋼棒)

b) 新ムトワバ橋

1978年10月からOECF(現JBIC)の円借款によりコンサルタントH.P.GAUFF社(ドイツ)の設計および施工管理により日本の住友建設(株)が建設を行い1980年10月に完成

した。橋梁諸元は下記に示すとおりである。

橋長	192m
幅員	12m (車道幅 7.5m (2車線) + 歩道・地覆 2.25m)
形式	上部工：3径間連続PC箱桁橋 (40m+112m+40m) 下部工：橋台 逆T式橋台2基 橋脚 壁式橋脚2基 基礎工：鉄筋コンクリート杭 (2000) 付帯工：支承 鋼製ベアリング支承 (橋台) 鋼製ピン支承 (マリンディ側橋脚) 鋼製ローラー支承 (モンバサ側橋脚) 伸縮装置 トランスフレックス 防護柵 鋼製高欄 (溶融亜鉛メッキ)
施工方法	3径間連続PC箱桁橋 中央径間：張り出し施工 側径間：支保工施工
活荷重	BS153のHAのフル載荷とHBの45unit
使用材料	コンクリート 3径間連続PC箱桁橋と橋脚 class 30(BS) 橋台 class 25(BS) 鉄筋 BS 1144 PC鋼材 85/105 (ディビダーク鋼棒)

(2) 調査結果の整理

a) 外観目視調査結果

) 新ニヤリ橋

新ニヤリ橋の損傷について整理した内容を表 2.4.12 に示す。

表 2.4.12 新ニヤリ橋損傷状況

発生部位	主な損傷内容	判定ランク	補修対応
主桁	ひびわれ、遊離石灰、劣化	B	必要
橋脚	ひびわれ、剥離、鉄筋露出	A	必要
橋台	ひびわれ	C	必要
舗装	陥没、ひびわれ、轍掘れ	A	必要
支承	さび、油漏れ	C	必要
伸縮接手	本体変形、騒音発生	A	必要
排水装置	配水管の不良	B	必要
高欄	部材損失、支柱の変形	A	必要

判定ランク内容は、表 2.4.14 に示す。

< マリンディ側橋台 >

ひびわれによる損傷のみが発生している。

収縮の影響によるひびわれが、壁面前面に顕著に発生している。発生箇所は、壁面の1/2、1/4、1/8位置である。ひびわれ幅の最大は1.0mmで、1/2位置に発生している。この箇所は壁面がフーチングによって膨張を拘束されるため、収縮量がもっとも大きくなる位置である。他の箇所は、0.6mm~0.05mmで変化している。側面には、東西面いずれも損傷は発生していない。これらのひびわれに対しては補修が必要である。

< モンバサ側橋台 >

損傷の発生は、なし。

< マリンディ側取付部橋脚 >

損傷の発生は、なし。

< マリンディ側中間橋脚 >

ひびわれによる損傷のみが発生している。

マリンディ側は、東面から1/6、1/3、1/2、2/3地点に発生している。いずれもひびわれ幅は0.1mm~0.3mmで、地盤面から立ち上がっている。モンバサ側も、ほぼ同じ箇所に発生しており、ひびわれ幅は0.05mm~0.5mmである。これらのひびわれに対しては補修が必要である。

< マリンディ側主橋脚 >

損傷内容は、コンクリートの浮き、はがれ、鉄筋の露出、鉄筋の錆、ひびわれである。

コンクリートの浮き、はがれ、鉄筋の露出、鉄筋の錆は、北面、西面および南面に発生している。発生場所は、いずれも橋脚下端部であり、応力が一番大きな箇所である。

ひびわれは、北南東西面のいずれにも発生している。北面は1/8から7/8まで一様に発生しており、ひびわれ幅は0.1mm~0.3mmである。西面は開口部下端の左側に0.1mm~0.25mmのひびわれ幅で発生している。南面は、ほぼ北面と同じ箇所に発生している。ひびわれ幅は0.1mm~0.3mmである。東面は開口部の上部および下部に0.2mm~0.25mmの範囲で発生している。フーチング上面は、西面、南面に多くのひびわれが発生している。ひびわれ幅は0.1mm~0.5mmの範囲である。これらのひびわれに対しては補修が必要である。

< モンバサ側主橋脚 >

損傷内容は、コンクリートの浮き、はがれ、ひびわれである。

コンクリートの浮き、はがれは、南面の東側から東面に発生しているが、範囲は小さい。

ひびわれは、北南東西面のいずれにも発生している。南面は1/8～7/8の範囲で一様にあり、ひびわれ幅は0.05mm～0.3mmである。北面も1/8～7/8の範囲で一様にあり、ひびわれ幅は0.05mm～0.4mmであり、南面よりもやや多めである。東面は南面寄りに0.5mm～1.0mmのひびわれ幅が発生している。西面は開口部右下および右上に0.5mm～0.1mmで発生している。フーチング上面は、北面に一様に発生しており、ひびわれ幅は0.1mm～0.3mm程度である。これらのひびわれに対しては補修が必要である。

< PC 上部構造 主桁のたわみ >

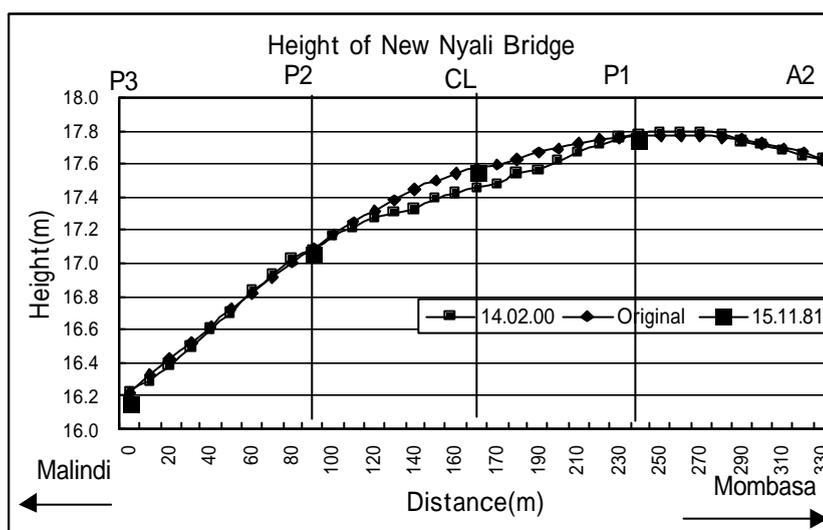


図 - 2 . 4 . 1 支間中央部桁たわみ

図 - 2 . 4 . 1 から分かるようにセンタースパンにおいて原設計の縦断線形よりやや垂れ下がり傾向にあり、センタースパンの中央では原設計より11cm下がっている結果になっている。1981年11月にH.B. GAUFFが行った測量結果によると原設計より2.5cm下がって記録がある。上げ越し量が定かではないが現状は原設計より明らかに下がっているが、原因はひびわれ等の発生が非常に少なく構造的な欠陥ではなく、クリープの影響と考えられる。この橋梁の縦断設計は拝み勾配になっているが前後の縦断勾配が0.4%と1.0%と非常に緩いため施工時に計算上の上げ越しができなかったと思われる。側径間部はほぼ設計に近い値になっている。

< PC 上部構造 ひびわれ等 >

東側箱内の上下部床版の損傷は、ひびわれだけである。発生数は少なく、また、ひびわれ幅は0.1mm～0.2mmである。

西側箱内の上下部床版の損傷は、ひびわれだけである。しかし、上床版に発生が多く、建設当時の部分的な補修跡が多く見られる。ひびわれ幅は0.1mm～0.2mmである。

東側箱内のウェブ損傷はひびわれのみである。しかし、東面にほとんど発生している。西側箱内のウェブ損傷もひびわれのみである。しかし、中央壁側に0.1mm～0.2mmのひびわれ

幅が全長をとおして見られる。

外面はほとんど損傷が見られない。しかし、コンクリートコア採取時にモンバサ側の東面で水が漏るのを確認しており、目に見えないひびわれが発生している。外面はほとんど損傷が見られない。しかし、コンクリートコア採取時にモンバサ側の東面で水が漏るのを確認しており、目に見えないひびわれが発生している。これらのひびわれに対しては補修が必要である。

< 伸縮装置 >

マウラー型の伸縮装置を主橋梁に使用している。しかし、両側とも、本体の曲がり、ボルトの欠損、車両通過時の前後の段差による衝撃発生音、等損傷が著しい。早急な取り替えが必要である。取付高架橋部は、切削目地を使用しているが、舗装表面の割れも著しい。

< 支承 >

ローラー沓を用いているモンバサ側は、表面がさびており、本来の働きができない状態である。また、マリンディ側沓は固定沓であるにもかかわらず錆が進行している。同様のことが他の橋脚に言える。

いずれも錆が発生しており機能を果たしていないため、錆の除去と錆の発生を抑制する塗装等の補修が必要と考える。

< 排水施設 >

排水ますへの堆砂、ゴミたまりが多く見受けられる。さらに、路肩部への堆砂が多い。排水管は、すべてが短く設置されており、排水時の垂れやしびきが、直接コンクリート桁に飛散する状態である。このため、特に配水管を桁下まで伸ばす等の処理が必要である。

< 高欄 >

自動車防護柵は、曲がり、ボルト欠損、棧の欠損等が多い。これらは、中央分離帯も同様である。高欄は、縦棧の欠損、曲がり、などが見られる。

なお、損傷箇所は取り替える等の処理が必要である。

< 舗装 >

舗装のはがれ、ポットホール、割れ、沈みなど、ほとんどの損傷が発生している。舗装は車をスムーズに通過させる目的と構造物を保護する目的があるが、これらの損傷があると桁に対して有害な振動や雨水の桁への侵入等が考えられるので補修等が必要である。

) 新ムトワパ橋

新ムトワパ橋の損傷について整理した内容を表 2.4.13 に示す。

表 2.4.13 新ムトワパ橋損傷状況

発生部位	主な損傷内容	判定ランク	補修対応
主桁	ひびわれ、遊離石灰、劣化、たわみ	A	必要
橋脚	ひびわれ、剥離、鉄筋露出	C	必要
橋台	ひびわれ	A	必要
舗装	陥没、ひびわれ、轍掘れ	A	必要
支承	油漏れ	C	必要
伸縮接手	本体変形、騒音発生	A	必要
排水装置	配水管の不良	B	必要
高欄	部材損失、支柱の変形	A	必要

判定ランク内容は、表 2.4.14 に示す。

< マリンディ側橋台 >

西面および東面にひびわれによる損傷が発生している。ひびわれ幅は、0.1mm～0.3mmである。このひびわれは、上面にも発生しており、連続した形になっている。

< モンバサ側橋台 >

西面および東面にわずかにひびわれが発生している。しかし、これらのひびわれも上面に発生しており、ひびわれ幅は0.1mmから一部0.5mm(東面)のものもある。

< マリンディ側橋脚 >

開口部上部に0.1mm程度のひびわれが発生している。

< モンバサ側橋脚 >

損傷は見られない。

表 2.4.14(a) 判定表

判定ランク		A	B	C	D
主要コンクリート部材	ひびわれ	コンクリートのはく離などがあり、交通への安全または第三者への支障をきたす恐れがあると考えられる場合	最大幅がRCは0.3mm、PCは0.2mm以上で、深さがひびわれ方向の断面寸法の2/3以上である場合 最大幅が0.3mm以上で、ひびわれ間隔が50cm以下である場合 最大幅が0.3mm以上で、鉄筋に錆が発生している場合	最大幅がRCは0.2mm、PCは0.1mm程度で、深さがひびわれ方向の断面寸法の1/2以上、しかもひびわれ間隔が50cm以下の場合	最大幅がRCは0.2mm、PCは0.1mm未満の場合又はひびわれがない場合
	はく離および鋼材の露出	同上	鉄筋、PC鋼材およびPC用シースが露出している場合PC鋼材の定着体が露出している場合 鋼材の腐蝕がある場合	はく離はあるが鉄筋が露出していない場合	はく離および鉄筋の露出がない場合
	劣化、変色	同上	鉄筋の発錆またはそれによるコンクリートのはく離の恐れがある場合 シュミットハンマー等による強度不足がある場合	劣化はあるが強度不足がない場合	劣化がない場合
	空洞、豆板	同上	鉄筋、PC鋼材およびPC用シースが露出している場合 PC鋼材定着部付近に発生している場合	空洞はあるが鋼材の露出していない場合	空洞、豆板がない場合
	漏水	第三者への支障をきたす恐れがあると考えられる場合	ひびわれ部またはコンクリート打継目部からの漏水がある場合	漏水があるが鋼材の腐蝕の恐れがない場合	漏水がない場合
高欄コンクリート	鉄筋露出はく離	-	鉄筋露出、はく離等が1スパン当たり25%以上ある場合	鉄筋露出、はく離等があるが1スパン当たり25%に満たない場合	軽微な損傷または損傷がない場合
鋼製高欄	塗膜の劣化	塗装の劣化が著しい場合	-	-	-
排水施設	部材損傷	落下のおそれのあるもの著しい漏水	管の損傷、泥づまり、取付金具の損傷等がある場合	-	-
跳水防止板目かくし板 遮光防止柵防音壁 落下物防止フェンス	部材損傷	著しい変形、腐蝕がある場合	板および網の腐蝕変形 ボルトのはずれ、ゆるみがある場合	-	-
落橋防止装置	部材損傷	著しい変形、腐蝕がある場合	若干の変形、腐蝕がある場合	-	-
車高制限装置		著しい部材の欠落	部材の欠落	部材のゆるみ	軽微な損傷または、損傷がない場合
点検用通路		通路障害	取付けアンカーボルトの腐蝕、損傷滞水	同上	同上
標識		落下のおそれがあるもの	反射シートのはがれ、しわ、ブラウンスポットよごれなどがあり、視認性を阻害しているもの 標識板の曲り、破れのため、視認性を阻害しているもの支柱梁の変形、われ、腐蝕 塗装の錆、ハガレ、フクレ等が30%以上のもの 基礎コンクリートのこわれボルトのピンのはずれ	同上	同上
切削目地等		本体の破壊のようにその損傷状態が交通の安全確保または第三者への支障をきたす恐れがあると考えられ緊急に補修等の必要がある場合異常音	突き合せ部周辺のくぼみ D 20mm L 1,000mm W 50mm 突き合せの段差 D 10mm シール材の脱落 L 1,000mm	損傷があるがB以下で、記録にとどめる場合	軽微な損傷または損傷がない場合
ゴム継手		同上	アンカー部材の欠損 伸縮継手本体のくぼみおよび盛り上がり D 5mm H 10mm 後打コンクリート部分のはく離 D 20mm L 300mm W 100mm ゴムのはく離 L 200mm ボルトホール充填物のはく離 舗装と後打コンクリートのすき間 L 3,000mm W 5mm ゴムの接続部からの漏水 アンカーボルトの弛み	同上	同上

表 2.4.14 (b) 判定表

判定ランク		A	B	C	D
項目					
鋼継手			伸縮継手の作動状態の異状 アンカー部材の欠損 フェースプレートの溶接部の損傷 著しい排水樋の土砂詰りおよび損傷 フィンガー部の欠損 フィンガー部の段差 D 10mm 後打コンクリート部分のくぼみ D 20mm L 300mm W 100mm 舗装と後打コンクリートとのすき間 L 300mm W 5mm	同上	同上
支承 (全体)		咨本体が動くゴム支承の ゴムの破壊第三者への支 障をきたす恐れがあり緊 急補修の必要がある場合	支承全体の腐蝕が著しい ゴム支承のゴムの劣化	ゴム支承の補強板の発錆	軽微な損傷または損傷が ない場合
支承 (ベアリングプレート)		破断われ	軽微なわれ	錆が確認される	同上
支承 (下咨)		破断われ	軽微なわれ	同上	同上
支承 (ピン)		破断われ	軽微なわれ ころがり面のさびつき	泥づまり	同上
支承 (ローラー)		破折われ	浮上り 軽微なわれ ナットのはずれ ころがり面のさびつき	泥づまり	同上
支承 (ソールプレート)		破断われ	軽微なわれ 変形	錆が確認される	同上
支承 (サイドブロックピン チプレート)		同上	軽微なわれ ボルトの欠損 破断 われ	間隔の余裕がないボルト のゆるみ	同上
セットボルト		破折われ	さびつき 脱落 欠損	ボルトのゆるみ	軽微の損傷または損傷が ない場合
アンカーボルト		脱落切断ナットのゆるみボ ルトが短い	座金の欠損 ボルトの傾斜	同上	同上
咨座コンクリートおよ び咨座モルタル		圧壊重度のわれ	軽微なわれ 咨座コンクリートの空隙の可能性有	軽度のわれモルタルグラ ウトの不良	同上
咨溶接部		破断われ	著しい発錆	軽微な発錆	同上
掘り量 平均わだち		著しいわだち	20mm以上	20mm未満～15mm以上	15mm未満
ひびわれ率累計		著しいひびわれ	20%以上	20%未満～15%以上	15%未満
コルゲーション および段差		著しい段差	10mm以上	10mm未満～5mm以上	5mm未満

< P C 上部構造 桁のたわみ >

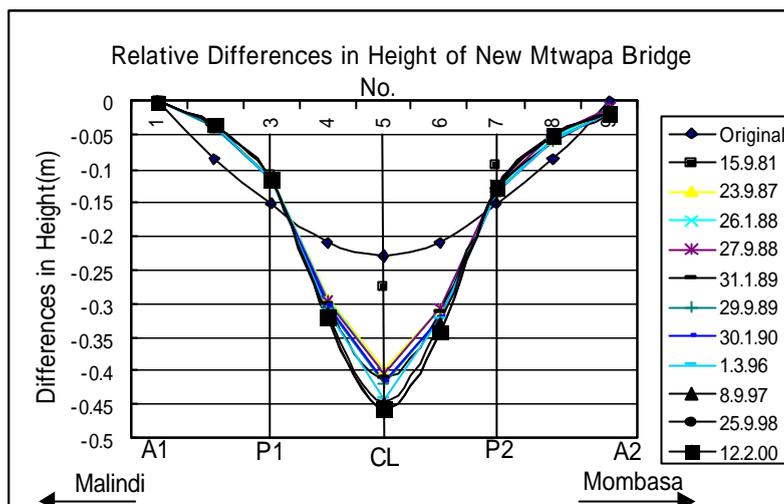


図 - 2 . 4 . 2 支間中央部桁たわみ

支間中央部時系列たわみ

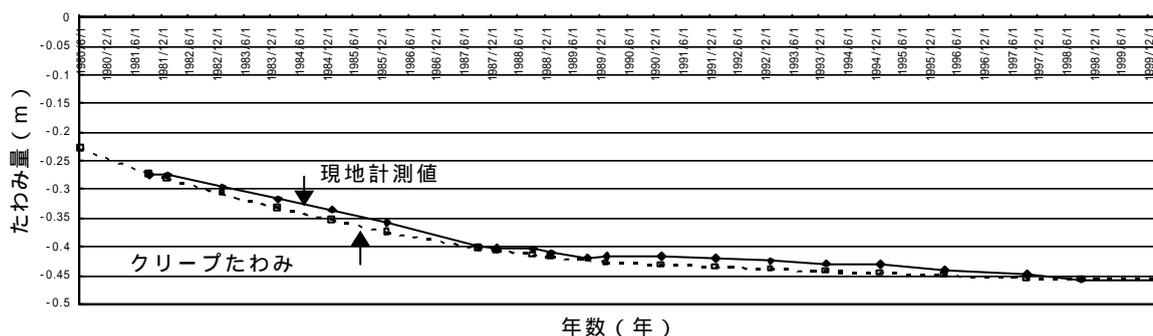


図 - 2 . 4 . 3 時系列の桁たわみ

図 - 2 . 4 . 2、2 . 4 . 3 から分かるように支間中央部において原設計の縦断線形より 22 cm 下がっている結果になっている。1981年11月に H.B. GAUFF が行った測量結果によると原設計より 4.4cm 下がった記録がある。この橋梁については1987年から1990年1月まで毎年1回～2回、1996年1月からは毎年測量が行われている。1987年9月の結果を見ると既に原設計の縦断線形より 17 cm 垂れ下がっており、それ以降の12年間で約 5 cm であり7年間の間で今までの全たわみのうち77%が発生していることになる。しかし、路面の縦断は支間中央部が凹型の線形であり、さらにコンクリート特有のクリープの影響によって主桁縦断が沈んだ傾向を示しており、また、今次現地調査中に静的載荷によりたわみ量を測定した結果、計算上とほぼ合致するのでこの桁の剛性低下は考えられない。さらに、たわみ量は今次調査結果の値と2年前の値がほとんど同じ値であるため収束に向かっており、今後たわみが進行することはないと考えられる。

なお、この橋梁は経済性を追求することから (H.P. GAUFF のコメント) 次の2項目について特殊

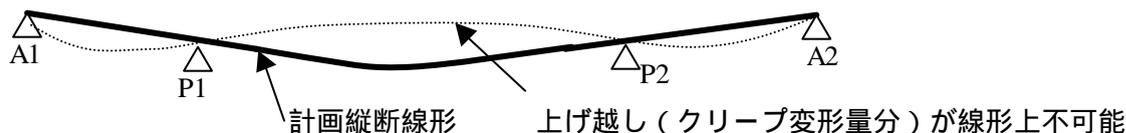
な設計を行っている。

周辺地形に縦断線形を合わせたため、サグが中央径間部にある。

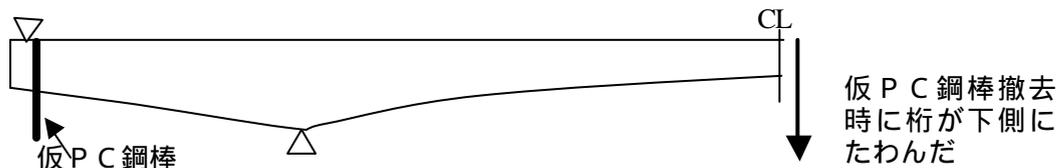
中央径間と側径間のスパン比が1 : 0.36となっている。

上記に示した2項目が桁のたわみに大きく影響している。

については一般的な設計ではクリープたわみ量は施工時に上げ越を行うが、縦断線形上、上げ越ができなかったためにクリープたわみ量が計画縦断より下がってしまった。



については施工順序として側径間を支保工施工後、中央径間を張り出し施工している。この理由として、側径間が極端に短いため張り出し中に橋台部の支点に上揚力が生じるためPC鋼棒で橋台に仮固定し、中央径間閉合後撤去した。その際、PC鋼棒の仮固定部を橋台の支承部に盛り換えたために中央径間が下側にたわんでようである(H.P. GAUFFのコメント)。このたわみ量はほぼ当初計測した値と思われる。



なお、このたわみを計画縦断まで戻すことは桁の応力状態が一変してしまうため、現状のままとして、耐久性を高める補修や補強を施すことが有効である。

< ひびわれ等 >

損傷のほとんどはひびわれである。主桁ウェブは、側径間、中央径間ともに多くのひびわれが発生している。側径間は、1/3、2/3位置、中央径間は1/4～中央部位置にかけてが最もひびわれの発生が多い。ひびわれ幅は、側径間で0.1mm～0.4mm、中央径間で0.1mm～0.3mmである。これらの特徴は、せん断ひびわれの影響によるものが多い。

桁外面は、遊離石灰による影響が多く見られる。また、内面に多く発生していたひびわれが外面さらには下面にも見られる。特に、外面に発生しているひびわれは、内面から貫通しているのが濃厚であると判断する。

内面床版は、上部に遊離石灰や曲げ応力に相当するひびわれが見られる。

以上より、主桁に発生しているひびわれは、発生方向からせん断ひびわれが第一要因である。このため、ひびわれの完全な補修の他に、今後のひびわれ拡大を防ぐための補強工が必要である。

< 伸縮装置 >

マウラー型の伸縮装置を使用している。しかし、両側とも、本体の曲がり、ボルトの欠損、車両通過時の前後の段差による衝撃発生音、等損傷が著しい。構造的に大きな付加を与えているため、全面的な取り替え等の処置が必要と考える。

< 支承 >

橋台側の沓は、取り替えが困難な位置に設置してある。内部の様子は、ボルトが欠損状態にあたり、抜け寸前のボルトが曲がっていたりしている。また、ボルトの錆も確認できる。

橋脚部は、モンバサ側で油漏れがある。これらの損傷は、日常管理の中で改善していくことが必要になる。

< 排水施設 >

排水ますそのものは、当初から設置されていない。配水管が、直接床版に埋め込まれているが、路肩部への堆砂や排水管の長さ不足による雨水の桁への排水飛散がある。

この雨水が桁にかかるとひびわれ部から雨水が侵入して鉄筋の錆を発生させコンクリートの剝離に進行するので、リード管を設け桁に直接配水管からの雨水がかからないように、桁下まで伸ばすなどの処理が必要となる。

< 高欄 >

部分的に部材欠損がある。また、支柱の曲がり、ボルト欠損もある。主桁たわみによって高欄のたわみが発生している。このため、部材の取り替えが必要となる。

< 舗装 >

舗装のはがれ、ポットホール、割れ、沈みなど、ほとんどの損傷が発生している。舗装は車をスムーズに通過させる目的と構造物を保護する目的があるが、これらの損傷があると桁に対して有害な振動や雨水の桁への侵入等が考えられるので補修等が必要である。

b) コンクリートコア採取による圧縮強度、弾性係数試験結果

) コンクリートコア採取箇所

コンクリートコア採取箇所は、図 2.4.4、表 2.4.15 のとおりである。なお、コンクリートコアは箱桁を 75 mm、橋台および橋脚を 100 mm のボーリング径で採取した。なお、シュミットハンマーによる非破壊検査も同じ箇所を実施した。特に、新ニヤリ橋は P 4 橋脚および P 5 橋脚を追加して同検査を実施した。

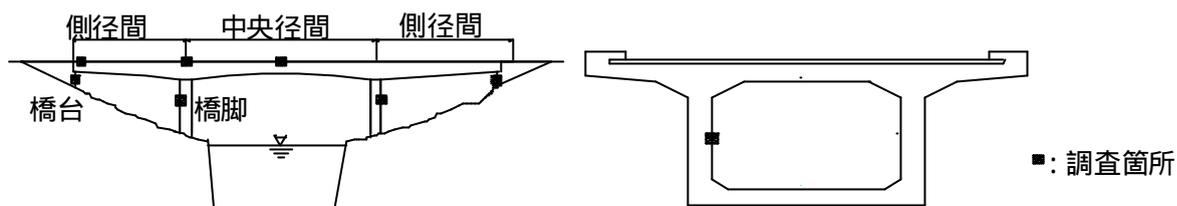


図 2.4.4 コンクリートコア採取箇所および調査箇所

表 2.4.15 コンクリートコア採取箇所 / 調査箇所 単位：個

		東側	西側	南側	北側	計
新ニヤリ橋	A1 橋台					2
	P1 橋脚					
	P2 橋脚					
	P3 橋脚					2
	P4 橋脚					
	P5 橋脚					
	A2 橋台					2
	箱桁					6
	小計	6		4	2	12
新ムトワバ橋	A1 橋台					2
	P1 橋脚					2
	P2 橋脚					2
	A2 橋台					2
	箱桁					6
	小計	6		4	4	14
計	12		8	6	26	

) シュミットハンマーによる非破壊検査

試験結果を巻末の資料編に添付するが、コンクリート圧縮強度はシュミットハンマーによる非破壊検査結果では、特に上部工で所定の70%程度であった。この理由として、上部工のコンクリート面の汚れが強度反発度に影響したと思われる。なお、下部工の圧縮強度はほぼ所定の強度が発現されていた。

) 室内試験による圧縮強度試験 / 弾性係数試験

コンクリート圧縮強度は所定の強度を超えており、満足できる結果となった。しかし、弾性係数試験の結果は所定より低い結果となった。コンクリート標準仕様書・規準編（土木学会：1991年版）に基づき試験を実施した結果、今次採取したコンクリートコア高さと同程度で

あるため、補正を行った弾性係数の値は精度が劣り、所定より低い結果になっている。しかし、コンクリート圧縮強度が所定値を超えていること、等を勘案するとコンクリートの品質は現在でも確保されていると判断する。

c) 中性化試験

コンクリートの中性化を確認するために、フェノールフタレイン溶液を用いて現場にて試験を行った。試験用コンクリート供試体は、圧縮強度試験のために採取したコンクリートを用いた。中性化深さは表 2.4.16 に試験結果を示すが、新ニヤリ橋および新ムトワパ橋とも上部工橋脚支点箇所には深さ 11 ~ 12 mm 程度の深さで発生している。しかし、他の箇所はまったく発生しておらず、コンクリートコア採取時になんらかの影響でアルカリ成分が発散したものと考えられる。後述される鉄筋腐食度試験においても特に錆の進行が見られないことから、大きな問題になることはない。なお、各採取箇所での試験状況結果を巻末の資料編に示す。

d) 鉄筋腐食度調査

コンクリート内の鉄筋腐食を確認するために、自然電位法による方法で現場にて調査を行った。調査はコンクリートコアを採取した箇所および新ニヤリ橋のクリーク内橋脚を追加して行った。腐食度ランクは表 2.4.17 に試験結果を示すが、新ニヤリ橋および新ムトワパ橋ともに腐食度ランク 0 が卓越しており、鉄筋表面にわずかな点錆あるいは鉄筋表面に薄い浮き錆が発生している程度である。新ニヤリ橋の P4 橋脚および新ムトワパ橋のマリンディ側上部工側径間に腐食度ランク 1 が発生している。特に、新ニヤリ橋は橋脚コンクリートの剥がれ部分から鉄筋が露出しているため、損傷部分のコンクリートをはつり、鉄筋の錆落としなどの補修が必要である。新ムトワパ橋の側径間部はわずかな発生であることから、ひびわれへの十分な補修剤など、鉄筋の錆を防ぐ処理が必要である。

e) コンクリート塩分濃度測定結果

コンクリート中の塩分濃度を確認するために、可溶性塩分測定をコンクリートコアの一部を試料として日本に持ち帰って実施した。試験方法は「硬化コンクリート中に含まれる塩分の分析方法」JCI SC4 (日本コンクリート協会) および建設省土木研究所資料「コンクリート橋の塩害対策に関する暴露試験調査(1)(1982年7月)」を参考にした。

試験方法は、試料を 50 g に温め、50 ml の温水を加えて保温し、30 分間浸透して可溶性塩分を抽出する。保温して静かに置いた後、溶液をろ過する。その後、ろ過の一部を分取りし、硝酸溶液(2N)を加えて酸性にしてから塩化物イオン選択性電極を用いた電位差滴定装置に設置し、N/200 硝酸銀標準溶液で電位差滴定する。なお、試料は3回抽出した。

塩分測定の結果、コンクリート中に含まれる塩分量は表 2.4.18 に示されるように、ごく少量であり、橋梁構造物に影響を与えることは皆無である。

表 2.4.16 中性化深さ試験結果

New Nyali Bridge

	コア番号	部 位	測 点 (mm)				平均中性化深さ
			A	B	C	D	
上部工	N-SP-SS-E	箱桁内部 側径間端部	0	0	0	0	0
	N-SP-SS-E	箱桁内部 側径間端部	0	0	0	0	0
	N-SP-SP-E	箱桁内部 橋脚支点部	7	11	8	9	9
	N-SP-SP-E	箱桁内部 橋脚支点部	12	13	9	11	11
	N-SP-CP-E	箱桁内部 中央径間部	0	0	0	0	0
	N-SP-CP-E	箱桁内部 中央径間部	0	0	0	0	0
	N-SP-CP-E	箱桁内部 中央径間部	0	0	0	0	0
下部工	N-SB-A1-N	A 1 橋台	0	0	0	0	0
	N-SB-A1-N	A 1 橋台	0	0	0	0	0
	N-SB-A2-S	A 2 橋台	0	0	0	0	0
	N-SB-A2-S	A 2 橋台	0	0	0	0	0
	N-SB-P3-S	P 3 橋脚	0	0	0	0	0
	N-SB-P3-S	P 3 橋脚	0	0	0	0	0

New Mtwapa Bridge

	コア番号	部 位	測 点 (mm)				平均中性化深さ
			A	B	C	D	
上部工	M-SP-SS-E	箱桁内部 側径間端部	0	0	0	0	0
	M-SP-SS-E	箱桁内部 側径間端部	0	0	0	0	0
	M-SP-SP-E	箱桁内部 橋脚支点部	12	14	13	10	12
	M-SP-SP-E	箱桁内部 橋脚支点部	10	13	12	13	12
	M-SP-CP-E	箱桁内部 中央径間部	0	0	0	0	0
	M-SP-CP-E	箱桁内部 中央径間部	0	0	0	0	0
下部工	M-SB-A1-S	A 1 橋台	0	0	0	0	0
	M-SB-A1-S	A 1 橋台	0	0	0	0	0
	M-SB-A2-N	A 2 橋台	0	0	0	0	0
	M-SB-A2-N	A 2 橋台	0	0	0	0	0
	M-SB-P1-S	P 1 橋脚	0	0	0	0	0
	M-SB-P1-S	P 1 橋脚	0	0	0	0	0
	M-SB-P2-N	P 2 橋脚	0	0	0	0	0
	M-SB-P2-N	P 2 橋脚	0	0	0	0	0

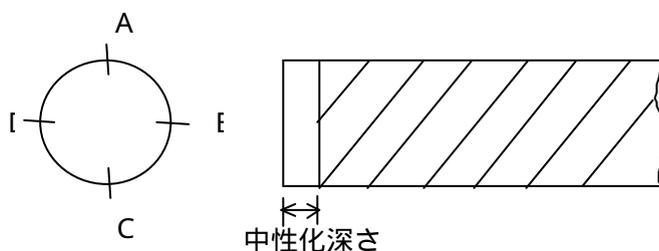


表 2.4.17 鉄筋腐食度調査結果（自然電位法）

New Nyali Bridge

	測定 No .	測定位置	自然電位 E (m V)	腐食度 ランク
上部工	N - No . 1	主桁内部 側径間	-250 E > -350 -350 E > -450	.
	N - No . 2	主桁内部 橋脚支点部	-250 E > -350 -350 E > -450	.
	N - No . 3	主桁内部 中央径間	-250 E > -350	.
下部工	N - No . 4	A 1 橋台	-250 < E -250 E > -350	.
	N - No . 5	A 2 橋台	-250 E > -350 -350 E > -450	.
	N - No . 6	P 3 橋脚	-250 E > -350 -350 E > -450	.
	N - No . 7	P 4 橋脚	-350 E > -450 E -450	.

New Mtwapa Bridge

	測定 No .	測定位置	自然電位 E (m V)	腐食度 ランク
上部工	M - No . 1	主桁内部 側径間	-250 < E E -450	.
	M - No . 2	主桁内部 橋脚支点部	-250 E > -350 -350 E > -450	.
	M - No . 3	主桁内部 中央径間	-250 E > -350 -350 E > -450	.
下部工	M - No . 4	A 1 橋台	-250 E > -350 -350 E > -450	.
	M - No . 5	A 2 橋台	-250 < E -250 E > -350	.
	M - No . 6	P 3 橋脚	-250 E > -350	.
	M - No . 7	P 4 橋脚	-350 E > -450	.

鉄筋腐食度評価基準

自然電位 E (m V)	腐食状態	腐食度 ランク
-250 < E	腐食がなく、黒皮の状態	
-350 < E -250	鉄筋表面にわずかな点錆が生じている状態	
-450 < E -350	鉄筋表面に薄い浮き錆が拡がって生じており、コンクリートに錆が付着している状態	
E -450	やや厚みがある膨張性の錆が生じているが、断面欠損は比較的少ない状態	
E -450	鉄筋全体にわたって著しい膨張性の錆が生じており、断面欠損がある状態	

表 2.4.18 可溶性塩分測定結果

単位： $\text{cl}^- \text{kg/m}^3$

コアサイズ (mm)	コアNo	抽出回数			合計
		1回目	2回目	3回目	
50	2	0.035	0.021	0.013	0.069
50	3	0.040	0.016	0.010	0.066
50	5	0.026	0.014	0.009	0.049
50	7	0.029	0.014	0.008	0.051
50	10	0.025	0.015	0.009	0.050
50	12	0.038	0.010	0.006	0.054
100	1	0.065	0.034	0.021	0.121
100	3	0.019	0.018	0.011	0.048
100	5	0.027	0.016	0.010	0.053
100	7	0.026	0.014	0.009	0.049
100	9	0.022	0.016	0.010	0.049
100	11	0.026	0.009	0.006	0.041
100	13	0.021	0.021	0.013	0.055

f) 実橋振動試験結果

本振動試験は、新ムトワパ橋の現状の損傷状態を把握するとともに、今後の補修・補強工事および維持管理のための基礎データを得ることを目的として行った。

なお、無載荷時における微振動を計測する常時微動計測、車両を踏み台から落下させ、橋体を衝撃加振する車両落下試験、車両を走行させた時の振動を計測する車両走行試験を行い、固有振動数などの振動特性の把握を行った。試験の流れを図 2.4.5 に示す。

振動試験より得られた固有振動数およびコンクリートの弾性係数をパラメータとした解析の結果を表 2.4.19 に示す。解析は、全断面有効とし、弾性係数 (E_c) は、コンクリートコアによる弾性係数試験から得られた値 ($E_c=23\text{kN/mm}^2$)、設計値 ($E_c=28\text{kN/mm}^2$)、実際に打設されたコンクリート強度 51N/mm^2 より推定される値 ($E_c=33\text{kN/mm}^2$) の3ケースについて比較検討した。試験値と解析値の関係を図 2.4.6 に示す。解析の結果、たわみ方向の固有振動数は、弾性係数試験値を用いた解析値と設計値を用いた解析値の間に収まっていることが分かる。以上より、振動試験結果から推定される範囲内では、様々な仮定を考慮しなければ、顕著な剛性低下は生じていないものと判断する。

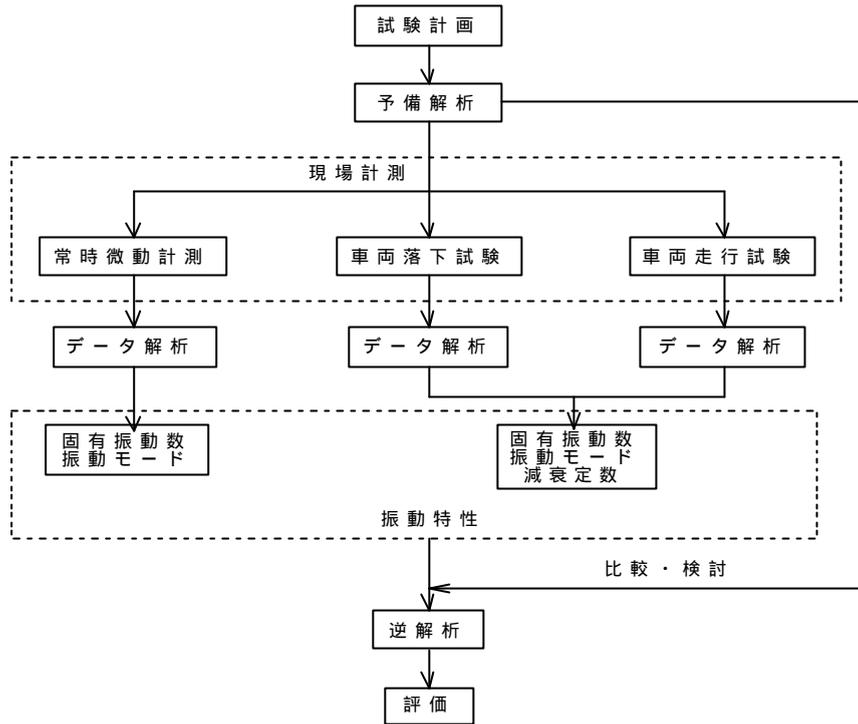


図 2.4.5 試験の流れ

表 2.4.19 振動試験比較検討結果

振動モード	固有振動数(Hz)			
	試験値	解析値		
		$E_c=23\text{kN/mm}^2$	$E_c=28\text{kN/mm}^2$	$E_c=33\text{kN/mm}^2$
たわみ対称 1 次モード	1.30	1.19	1.31	1.43
たわみ逆対称 1 次モード	2.86	2.76	3.04	3.31
水平対称 1 次モード	1.91	2.00	2.21	2.40

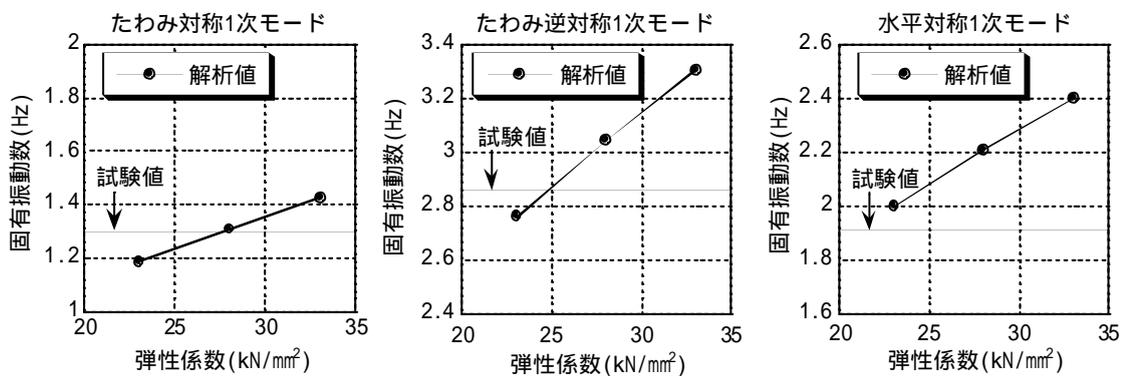


図 2.4.6 試験値と解析値の関係

g) 交通量

交通量の調査結果より、新ニヤリ橋および新ムトワパ橋の通過交通量は年々増大する傾向にある。交通量調査結果の概要は次のとおりである。

新ニヤリ橋における1日の両側交通量は乗用車とミニバスの占める割合が81%であり、歩行者、自転車、荷車による利用度も高い。昼間の交通量は比率が70%~75%と高いが、重車輛混入率は3.6%と低い。

朝方のピークは7:00~9:00の時間帯に Kilifi Mombasa の方向に、夕方のピークは17:00~19:00の時間帯に Mombasa Kilifi の方向に発生している。Mombasa Island 地区が勤務地、Kisauni 地区 (Nyali 地区、B8 号線と E949 号線周辺) が住宅地としての機能が高い。

新ニヤリ橋、新ムトワパ橋間の距離は11kmと少ないが、一日の両側交通量は新ニヤリ橋で38,263台、新ムトワパ橋で8,275台と大きな差異がある。以上より、Mombasa の生活圏は新ムトワパ橋迄である。

表 2.4.20 に示すとおり、新ムトワパ橋における今次調査結果と過去のデータを比較すると、近年相当な早さで交通量が伸びていることがうかがえる。特にミニバス(マトゥー)、乗用車、重貨物車においてその傾向が大である。

表 2.4.20 新ムトワパ橋における交通量の推移(1日両側交通量)

	乗用車	軽貨物車	中貨物車	重貨物車	バス	合計
1984 *	1,027	859	383	68	173	2,510
1988 *	824	1,375	272	60	162	2,693
1992 *	1,001	1,802	344	73	197	3,417
2000	2,701	4,967	197	264	125	8,275

(出典: * 予備調査報告書)

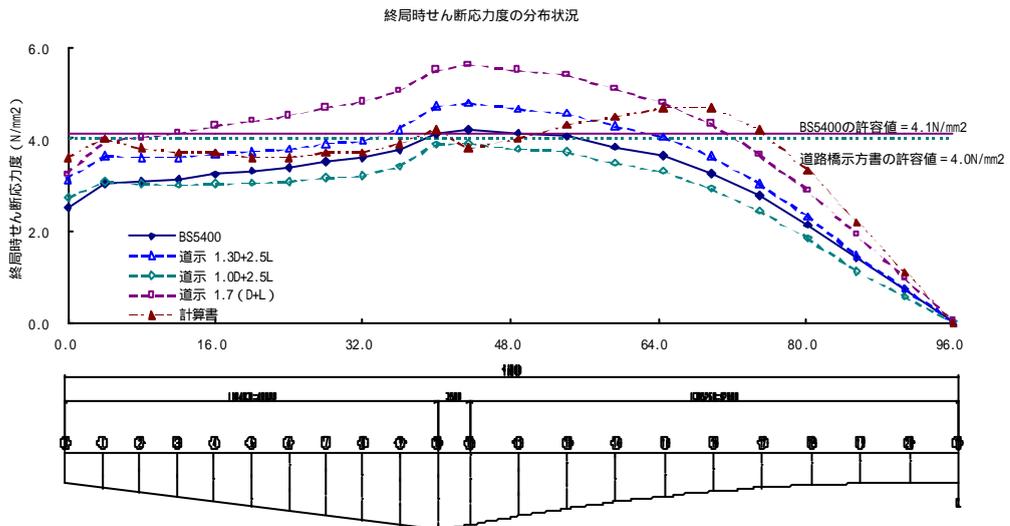
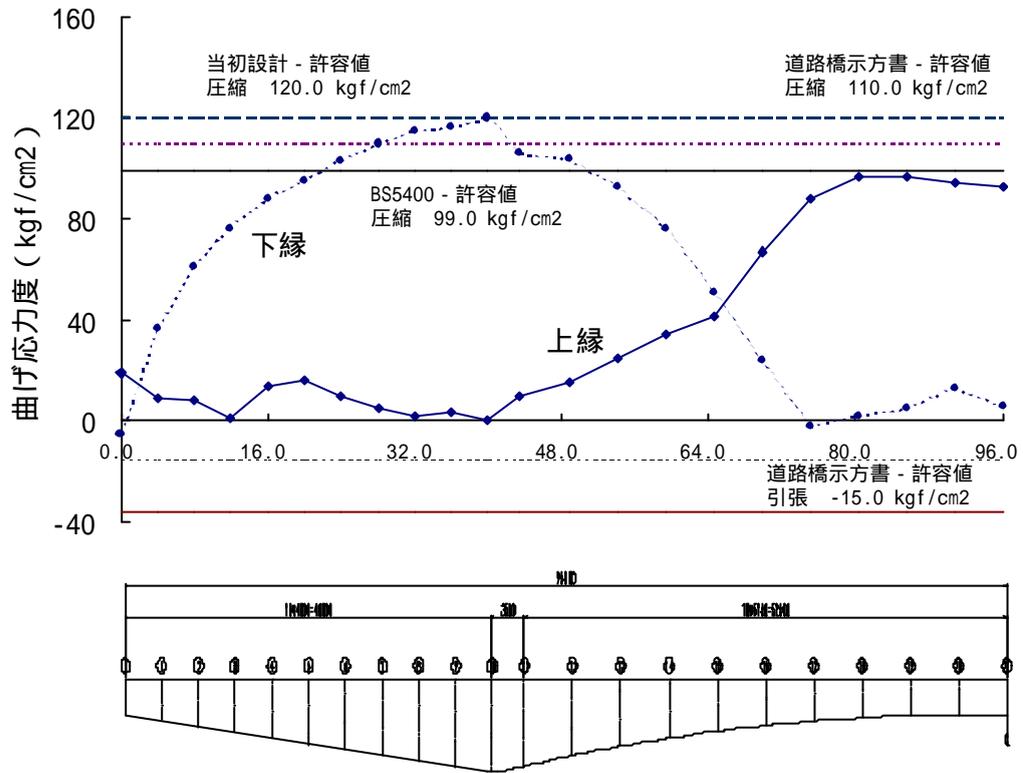
(3) 設計・施工経緯

a) 設計基準および発生応力度

当初、有償資金で計画、実施された橋梁は新ニヤリ橋であった。その後、急遽新ムトワパ橋を追加した経緯がある。このため、コンクリート強度および活荷重の考え方が、新ニヤリ橋と新ムトワパ橋では若干異なっている。なお、原設計は1976年5月~1977年3月頃に実施されている。設計基準は、活荷重に対して英国基準(以下、「BS」という。)を用いているが、断面を決定する材料の許容値は新ニヤリが独基準(以下、「DIN」という。)新ムトワパ橋はBSを用いていると判断される。特に、新ムトワパ橋で発生している多くのひびわれは、発生せん断応力度に対して設計当時は許容値が規定されていなかったため、現行で規定されている許容値よりもはるかに大きな値であることが原因である。しかし、曲げ応力度および斜引張応力度は設計計算書で規定している許容値を満足しているため、当時の設計そのものには問題はない(図2-4-7)。現行のBS基準(BS5400:1978)および日本の基準と比較した場合、当時の計算結果がせん断応力度、曲げ応力度、斜引張応力度のいずれもが許容値を超える箇所があるため、

この箇所については補強が必要になる。特に、せん断ひびわれはこのまま放置すれば、脆性的に突如破壊することが予想され、本橋にとって致命的となるため、せん断補強を必ずおこなう必要がある。下図に2橋梁の応力分布と現行の許容値を示す。

曲げ応力度集計 - 設計荷重時



斜引張応力度 - 設計荷重時

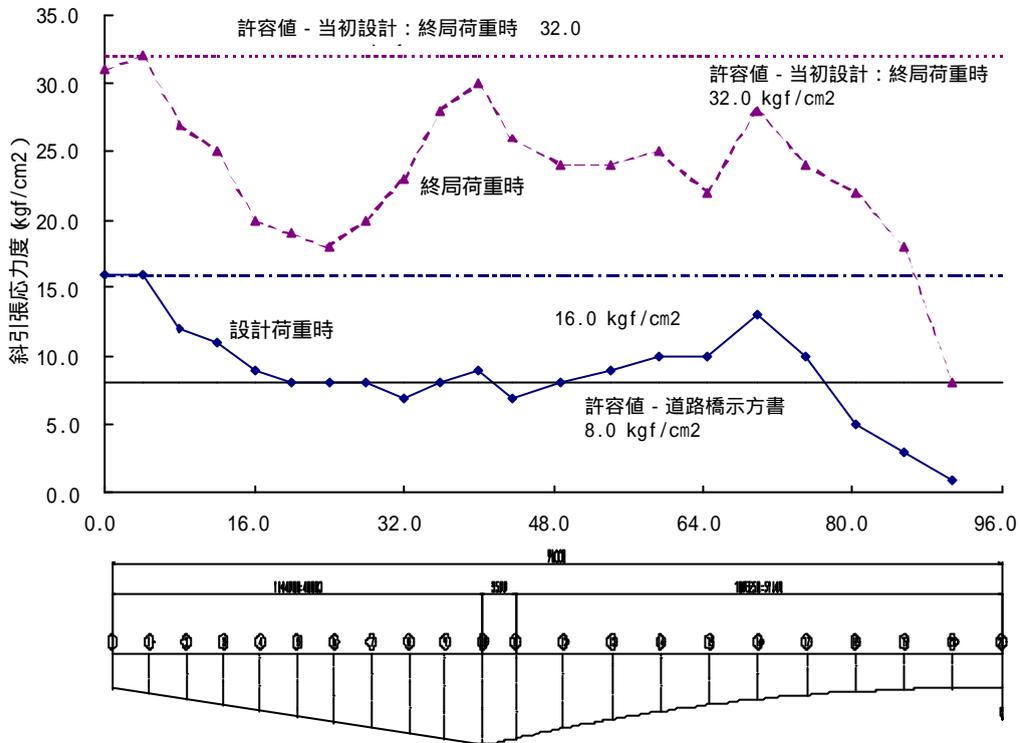


図 2.4.7 各種応力度分布状況と許容値

b) 主桁のたわみ

新ムトワバ橋の路面縦断は支間中央部が凹型の線形である。このため、コンクリート特有のクリープの影響によって主桁縦断がさらに沈む傾向になる。しかし、クリープは20年以上進行するが、図 2.4.3 に示されるように、たわみ量は今次調査結果で2年前とほとんど同じ値であり、収束に向かっている。この結果より、主桁のたわみは設計上、施工上の問題がなかったと言える。

c) 活荷重

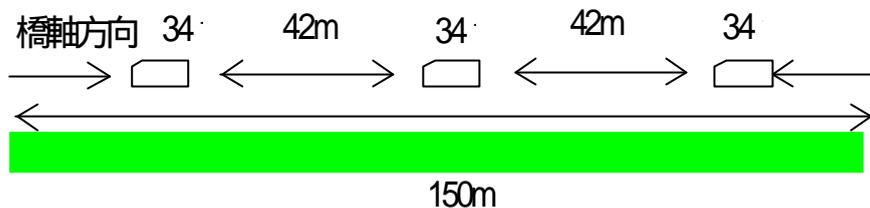
「ケ」国が運用している現在の国道利用車の法定活荷重は54トンである。また、最大軸重は8トンおよび10トンである。この活荷重は原設計の荷重を超過していることはないため、設計上の問題はなかったと判断できる。

対象橋梁を利用する現況活荷重についての考え方は、今次現地調査実施前から様々な情報があった。つまり、原設計の活荷重は日本の規準にあるTL-20が載荷されている、という情報があった。しかし、現地の入手資料で設計上の活荷重が確認できた。なお、現行通行車両の過積載が橋梁本体に影響を与えていることが懸念されたため、活荷重比較を行った。

新ニヤリ橋の活荷重載荷方法は、表 2.4.21 に示されるように車輛荷重を主径間に法定荷重で規定している活荷重最大の 54 トンを載荷した場合は車輛長さが長いため、時速 60km/h の制動距離 42m を考慮すると、34 トン車両を 3 台載荷させ、車線横断方向に 16 トンを載荷することにより原設計荷重とほぼ同じ程度の載荷荷重となる。

表 2.4.21 新ニヤリ橋 活荷重比較

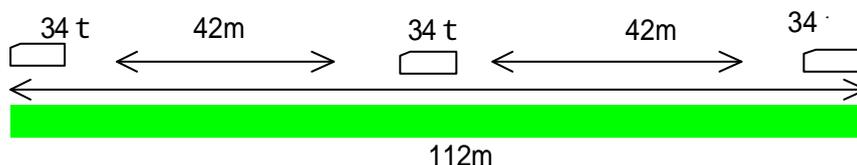
活 重	採用団体	最大輪荷重 (ton)	150m 主径間上 最大載荷荷重	設計荷重 との比率
BS(25)	新ニヤリ橋設計時採用荷重	6.25	346	1.00
TL-20	OECF (現JBIC) 調査報告荷重	8	588	1.70
34ton	MORPW法定荷重	5	342	0.99
A活荷重	現日本の荷重	8	528	1.53



新ムトワパ橋についても、表 2.4.22 に示されるように法定最大荷重の 54 トンを載荷した場合より、34 トンと 16 トンを 2 車線に載荷した場合が大きくなるため、この値を比較対象とした。

表 2.4.22 新ムトワパ橋 活荷重比較

活 重	採用団体	最大輪荷重 (ton)	112m 主径間上 最大載荷荷重	設計荷重 との比率
BS(45)	新ムトワパ橋設計時採用荷重	11.25	299	1.00
TL-20	OECF (現JBIC) 調査報告荷重	8	264	0.88
34ton	MORPW法定荷重	5	150	0.50
A活荷重	現日本の荷重	8	278	0.93



以上より、「ケ」国で運用している車両荷重は新ムトワパ橋で原設計に対して約 50% の荷重比率となる。また、OECF (現JBIC) 調査時に考えられていた TL-20 荷重に対しても原設計に対して約 90% の荷重比率となっている。このことから、原設計活荷重に対して現行で運用している「ケ」国の法定荷重に異常荷重はないものと判断する。

(4) 橋梁損傷の原因

今次対象橋梁の損傷原因は、現地調査および各種試験結果から、以下に示されるように、「ケ」国側の維持管理不足にある。このため、「ケ」国側は計画的な維持管理を励行しなければならない。

路面点検不足によるアスファルト路面の割れ、わだち、はがれ、などの発生
排水枘内の清掃不備による枘の目つまり、およびゴミの散乱、堆砂、などの発生
沓の錆発生への放置に伴う橋梁本体の伸縮機能の低下による沓座コンクリートの割れ
伸縮装置の損傷放置による橋台、上部構造、下部構造のコンクリート劣化増進
高欄、自動車防護柵への車輻衝突による損傷放置
雨水浸透によるコンクリートひびわれの拡大
過積載車輻通過の黙認による主桁コンクリートひびわれの拡大

2-5 環境への影響

1) 自然環境への影響

本計画においては、既設する橋梁の補修および補強工事であるため、動植物を含む自然環境への影響はほぼ無いと言える。

2) 社会・生活環境への影響

本計画の実施による住民の移転および電線・水道管等の埋設物の移設は生じない。舗装及び伸縮装置工事時に、橋上において片側通行を行う必要があるが、短期間（約5日間）であるため、問題は発生しない。

第3章 プロジェクトの内容

第3章 プロジェクトの内容

3 1 プロジェクトの目的

「ケ」国は、1963年独立後、教育水準の高さや地理的条件を生かして高度経済成長を遂げた。しかし、80年代より主力輸出産物のコーヒー、紅茶等の輸出価格の低迷から貿易赤字が拡大し、さらに国家目標である経済・産業の「ケ」国独自による成長も進まない等、経済困難が表面化してきた。これらを解決するため国家開発計画を第7次まで実施してきたが、経済成長は達成できず、過去の国家開発計画を一新した第8次国家開発計画を新たに策定した。この開発計画は農業依存を中心とした過去の開発計画から2020年の新興工業経済地域 (NIES) への2020年参入を目指し農業と工業の両立を目指すとともに、政策目標を貯蓄の増進、投資拡大、民間部門への投資環境整備に力点を置いてきた。さらに、国家開発計画を支援する基礎インフラストラクチャー、特に道路網に関する整備を充実させ、物流を円滑にし、国家経済を活性化させることを重要な課題としてきた。

このため道路公共事業省では、道路部門の戦略計画を1997年に策定した。過去大型の道路セクター計画は1979年から83年迄の道路建設、維持管理、交通安全を主体とした第1期と、組織強化と建設関連事業の育成を中心とした1984年から89年迄の第2期にわかれる。90年代に入り国家開発計画の目標を達成するためにも、農・工業製品の流通を円滑にし、経済に活力を与えるためにより効果的な道路網整備計画が必要とされた。そのため第3次道路計画が提案(Proposal for Funding of Kenya's Third Highway Sector Program)され1992～2000年に渡っての計画を策定し、既存道路の維持管理・補修、地域開発計画を促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の3項目が最優先実行項目として掲げられた。

しかし、「ケ」国の橋梁はほとんどが建造後30年以上を経過し老朽化している。また、予算的・技術的制約により実際に改修または架け替えられている橋梁は数カ所に留まっている。残りの橋梁はかなりの損傷を受け、架け替えまたは補修の必要性が高まっている

このような状況の下、調査対象橋梁が位置する国道 B8 号線は、「ケ」国の第2の都市であり、東アフリカ最大の貿易港をもつモンバサから北上する主要都市のマリンディへ通じる道路であるとともに、「ケ」国最大の観光開発、北部タナ河の農業開発を含め、すべての開発計画が国道 B8 号線の安定を前提に成り立っている。この道路のほとんどは、自動車(重車輦を含む)、自転車、荷車、歩行者などが混じって通行する「混合交通」となっており、また新ニヤリ橋付近においては交通量が1日4万台弱を越える重交通路線であり住民の移動、物流の両面ともに国道 B8 号の安定の必要性は高い状況にある。しかし、維持管理においては、これまで財政が常に安定しなかったことで、長期的展望にたって綿密な計画を立案することがあっても、実施段階で先送りされることが多かった。また維持管理が簡易な道路路肩補修やポットホールの補修等は実施されているが、橋梁の維持管理(付属物、添加物を含む)についての方策に乏しく具体的な維持管理ノウハウが欠落している。

今回対象の新ニヤリ橋、新ムトワパ橋は上述したとおり、コースト州の交通を担う生命線国道 B8 号線の主要箇所に位置しており、安定した交通の確保のためにも対象橋梁の補修の必要性は明確であ

るが、補修とともに今後の橋梁の維持管理に関する指針が必要である。

本プロジェクトは、対象橋梁の施工性や維持管理の難しさの観点から2橋梁の改修計画についてケニア国政府が日本政府に対して無償資金協力の要請をしてきたものである。本計画はコンクリート特有の劣化や老朽化などで損傷が進むとともに交通容量が大幅に伸びている2橋梁の補修を行うことにより、橋上の安全かつ円滑な交通を確保することを目的とするものである。

3 - 2 プロジェクトの基本構想

原設計は、ドイツのコンサルタントが実施しているが、活荷重に対して英国基準(BS)を用いるが許容値の設計基準は明確でない。このため、活荷重および設計値について検討した結果、日本の基準で行った場合と近似している傾向にあった。したがって、補修や補強に対する設計基準は日本の基準を用いることとし、損傷の発生している各部位の補修や補強に対しては構造の耐久性、安全性さらには経済性、維持管理面の観点から比較検討し、最適案とする考え方とする。

以上の検討の結果、本プロジェクトの基本構想は、新ニヤリ橋と新ムトワパ橋において、損傷箇所を補修および補強することによって、安全で、かつ円滑な交通を確保するとともに対象地域での安定した陸上輸送を保証し、また地域間の経済をさらに活性化しようとするものである。

3 - 3 基本設計

3 3 1 設計方針

1)基本設計において考慮すべき事項

本基本設計は、リハビリ無償資金協力援助のスキームに準拠し、「ケ」国の社会・経済、自然環境、法律、その他建設事情を十分に考慮し、もっとも適切と考えられる内容で実施した。次に、基本的に考慮した項目を示す。

損傷原因の明確化とその除去への提言

今次調査結果より、新ニヤリ橋および新ムトワパ橋の各部位の損傷原因は、「ケ」国側の維持管理不足によるところが大半である。このため、本計画は既存橋梁の補修を主として、損傷の原因が何によるものなのかをさらに明確にし、そして「ケ」国内の他の橋梁にも同様の損傷が今後発生することも考えられるので、原因の除去等についての提案を行う。

費用対効果の明確化

補修を行うことにより費用対効果があるかを明確にする。補修を行っても耐用年数が短く費用対効果の観点から低いと判断される場合や、補修後も定期的な大規模補修等が必要で実用化が低いと判断される場合、等でありこれらを明確にし基本設計を行う。

活荷重の制限強化

対象橋梁の原設計活荷重は、BS153によるHAフル載荷荷重とHB荷重のユニット25(新ニヤリ橋)およびユニット45(新ムトワパ橋)が使用されていた。このため、「ケ」国で制定している法定荷重(全荷重:最大54トン、軸重:最大8トンおよび10トン)が、原設計活荷重を超えないように制限しなければならない。特に、「ケ」国には固定式軸重計が4台、移動式軸重計が13台導入されているものの、このうちの固定式軸重計は全てA級道路に設置されている。今回対象橋梁のある国道B8号線(B級道路)については、コースト地域及びモンバサ~ナイロビ道路を含めて、広範囲な地域を1台の移動式軸重計だけで対応している。「ケ」国は過積載車輛の取り締まり体制の強化の重要性・必要性について十分認識し、早期にモンバサ~マリンディ間専用に移動式軸重計を1台割り当てることを提言する。

雨期および潮位への配慮

施工に際しては雨期の影響を考慮した工程を計画するものとする。対象橋梁位置は低緯度と沿岸地域のため、内陸地域とは異なった気候を呈している。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。

雨期ははっきりとした季節特徴を示しており、平均年間降雨量で1,100mmに達する。大雨期は60%の確度で3月から6月に発生し、最高降雨量も5月から6月に記録している。5月には平均月間降雨量が375mmを記録し、6月には徐々に少なくなる。小雨期は10月の終わりから始まり、12月から1月には終わる。

このため、補修工事で使用する接着剤などは、湿気に対して敏感であるため、湿度管理に十分配慮した補修を行うなどの措置を講じることが重要である。

潮位は干満差で約3.9mあるため、クレーン内にある橋脚(新ニヤリ橋)の補修には配慮しなければならない。特に、潮位は補修材料の搬入、仮設足場の搬入搬出、等に影響を及ぼすため、干満差の発生時間を把握しておくことが重要である。

現状及び将来の道路利用状況を考慮した規格の設定

当該道路は国道の中でも交通量の多い幹線道路である。今次調査結果では新ニヤリ橋で約38千台/日を超える交通量である。新ムトワパ橋は約8千台/日を超えており、年々増大している。特に、過積載車両の通過も多く、1980年に建設された2橋梁にはその影響によると思われるひびわれがコンクリート主桁に発生している。道路公共事業省(MORPW)による維持管理状況も決して良いとはいえず、損傷の補修がされていない現状である

現地資機材の有効利用

「ケ」国の建設資機材のうち、セメント、砂利等のコンクリート関係は自国産である。特に、新ムトワパ橋近くにはセメント工場があり、供給は十分可能である。建設機械は政府保有の機械と民間企業の保有する機械があるがクレーン等の重機にしてもその数が限られており、工事の輻輳によってはリースが難しいが、現地で調査した利用可能な機材は出来るだけ使用する方向で検討を進める。

現地技術者の技術レベルの考慮

現地技術者は、MORPWの道路局（RD）を中心に橋梁部が全国の橋梁の管理全般を受け持っている。さらにRDの配下にある州建設事務所（PWO）が機械類を含めた道路全般の維持管理を直接行っている。技術者への研修・講習は多数あり、部長クラスやチーフクラスは若い時代に他国で業務を行って技術の研鑽をしている。日本で行っているカウンターパート研修への参加者も多く、外国での技術習得率も高い。しかし、維持管理面については適した材料の入手が困難なケースや、また維持管理全般に渡っての技術の不足、等もあり、まだまだ先進諸国との間にギャップが多いことは否めない。これらを勘案すると今次プロジェクトに関しては、既設コンクリート橋梁の本体や付属物への補修や補強について十分な技術移転を行いながら習得させるものとする。ただし、工事については多くの工種もあり、わが国の優秀な技術者を「ケ」国に派遣することとする。

維持管理の容易な補修方法を採用

国道B8線上にある日本の援助による4橋について特別に4橋のみの維持管理費を毎年計上しているが、1998/1999年度のように実際にはこの4橋の維持管理費には使われずエル・ニーニョ現象による被害のために流用される等、十分に維持管理費が行きとどいているとは言い難い。そこで補修方法については今後出来る限り維持管理費を低減できる方法・構造・材料等を検討する。ただし、費用対効果を十分考慮する。

工事費の低減・工期の短縮

我が国のリハビリ無償資金協力に合致するように、可能な限り工事費が低減でき、工期も短くなる工事内容を検討する。

2) 設計基準

a) 適用基準

橋梁設計基準とその適用方針については、現在「ケ」国に基準はあるものの、すべてBSをそのまま準用している。しかし、前述してあるように、新ニヤリ橋および新ムトワバ橋の設計は活荷重の載荷をBSによって行われていたが、コンクリート応力度照査は不明であった。活荷重を組み合わせたコンクリートの応力度および許容設定値は、日本の基準で設計を行った場合とかなり近似した傾向を示している。

これらを勘案して、今次基本設計調査における適用基準は日本の基準を用いることとする。したがって、設計のための示方書は、下記基準を準用する。

・「プレストレストコンクリート工法設計施工指針」	平成3年3月	土木学会
・「コンクリート標準示方書」	平成8年3月	土木学会
・「道路橋示方書・同解説」	平成8年12月	社団法人日本道路協会
・「コンクリート道路橋設計便覧」	平成6年2月	社団法人日本道路協会
・「コンクリート道路橋施工便覧」	平成6年2月	社団法人日本道路協会

b) 荷重条件

橋梁補修設計に用いる荷重は、荷重作用の仕方、載荷頻度、橋梁に与える影響から主荷重、従荷重そして特殊荷重に区分されている。各荷重の特徴は、次のとおりである。

) 主荷重

死荷重

死荷重は、橋梁の自重および添架物重量の合計であり、表 - 3 . 3 . 1 示す単位体積重量に基づき算定される。

表 - 3 . 3 . 1 材料の単位体積重量

材 料	単位体積重量 (kgf/m ³)	材 料	単位体積重量 (kgf/m ³)
鉄、鋳鋼	7,850	無筋コンクリート	2,350
鋳鉄	7,250	セメントモルタル	2,150
アルミニウム	2,800	アスファルトコンクリート	2,300
鉄筋コンクリート	2,500	木材	800
プレストレストコンクリート	2,500		

活荷重

3 . 3 . 1 項に記述されているが、原設計は B S 規準をもとに、H A 荷重および H B 荷重（新ニヤリ橋：ユニット 2 5、新ムトワパ橋：ユニット 4 5）を用いている。活荷重比較を行った結果、H A および H B に対する荷重割合で計算上の処理が可能であるため、基本荷重は B 荷重を用いて設計を行う。

衝撃

プレストレストコンクリート橋に対する衝撃係数 i は、以下に示す式で計算される。

床版設計に対して： $i = 20 / (50 + \text{支間長})$

主桁設計に対して： $i = 10 / (25 + \text{支間長})$

プレストレスカ

コンクリートのクリープの影響

コンクリートの乾燥収縮

) 従荷重

荷重の組み合わせにおいて、必ず考慮しなければならない荷重である。

風荷重

今次設計では、影響が少ないため考慮しない。

温度変化の影響（「ケ」国の気温変動による）

コンクリート：15 ～ 40

地震の影響

今次設計では考慮しない。

）特殊荷重

本プロジェクトの橋種、構造形式、架橋地点の状況などの条件によって、特に考慮する必要のある荷重である。

施工時荷重

支点移動の影響

c) 使用材料

コンクリート

表 3.3.2 コンクリート強度

設計基準強度	応力度	適用
Grade 45	45 N/mm ²	新ニリ橋上部工
Grade 30	30 N/mm ²	新ニリ橋下部工、新トワ橋上部工
Grade 25	25 N/mm ²	新トワ橋橋台

表 3.3.3 鋼材強度

材料	設計基準強度	降伏点応力度	適用
鉄筋	SD295 SD345	295 N/mm ² 345 N/mm ²	新ニリ橋上下部工、新トワ橋上下部工
P C 鋼材	SBPC 85/105 19S15.2	85 N/mm ² 160 N/mm ²	新ニリ橋、新トワ橋 新トワ橋
鋼板	SM490Y	315 N/mm ²	新トワ橋
アンカーボルト	SM490Y	315 N/mm ²	新トワ橋

d) 上部構造設計条件

表 - 3 . 3 . 4 (1) 上部構造設計条件

	新ニヤリ橋	新ムトワパ橋
橋梁形式	3 径間連続 P C 箱桁橋 3 径間連続 R C 桁橋	3 径間連続 P C 箱桁橋
幅員	車道幅 9.5m×2 (3 車線×2) 歩道・地覆 2.695m×2 中央分離帯 1.5m	車道幅 7.5m (2 車線) 歩道・地覆 2.25m
活荷重	B 活荷重 (HA,HB 換算)	B 活荷重 (HA,HB 換算)
平面線形		
横断勾配	2.5%	2.5%
橋面舗装	アスファルト舗装 55mm	アスファルト舗装 55mm
添加物	水道管 1000	水道管 200mm
仮設方法	主橋梁：張出工法 取付橋梁：支保工施工	中央径間：張出工法 側径間：支保工施工

e) 下部構造設計条件

表 - 3 . 3 . 4 (2) 下部構造設計条件

	新ニヤリ橋	新ムトワパ橋
橋台形式	逆 T 式橋台 2 基	逆 T 式橋台 2 基
橋脚形式	壁式橋脚 5 基	壁式橋脚 2 基
基礎形式	鉄筋コンクリート杭 (2000, 1200)	鉄筋コンクリート杭 (2000)

3 - 3 - 2 基本計画

1) コンクリート構造補修計画

a) 補修方法

新ニヤリ橋および新ムトワパ橋の損傷状況調査結果から、橋梁の耐久性を保持させることを目的として補修工法を選定することとする。補修工法を選定に当たっては、「コンクリートのひびわれ調査、補修、補強指針」(日本コンクリート工学協会)第5章 補修方法を参考とし、現地で採用可能な工法を検討する。表 3.3.5、表 3.3.6 に各損傷に対する補修方法を示す。

表 3.3.5 損傷補修方法

損 傷	補 修 方 法 の 概 要
ひびわれ	<ul style="list-style-type: none"> ひびわれ幅によって以下の補修方法を選定する。 ひび割れ幅 0.2mm以下 - 表面処理工法（防蝕塗装塗布） 0.2mm 以上 - 注入工法 充填工法
剥 離	<ul style="list-style-type: none"> コンクリートの浮き部を除去後、断面修復する。
鉄筋露出	<ul style="list-style-type: none"> 鉄筋腐食部周辺のコンクリートを除去し、鉄筋の防錆処理後、断面修復する。
漏 水	<ul style="list-style-type: none"> 漏水箇所を確認後、注入工法等により止水する。
劣化（変色）	<ul style="list-style-type: none"> 特に補修を必要としないが、景観的には表面塗装等を施す事が望ましい。
空 洞	<ul style="list-style-type: none"> 空洞の大きさ、深度を確認後、断面修復、注入工法により補修する。
遊離石灰	<ul style="list-style-type: none"> 水分の供給部分を確認し、止水後に表面を清浄する。
角 欠 け	<ul style="list-style-type: none"> 角欠けの程度が大きい場合は、断面修復する。

表 3.3.6 ひびわれに応ずる補修工法の分類表

「コンクリートのひび割れ調査；補修・補強指針」（日本コンクリート工学協会）P90より抜粋

補修目的	ひび割れの現象・原因		ひび割れ幅 ⁺ (mm)	補修工法 ^{**}					対象となるひび割れ部位
				表面処理工法	注入工法	充填工法	その他の工法		
							浸透性防水剤の塗布工	その他	
防 水 性	鉄筋が腐食していない場合	ひび割れ幅の変動 小	0.2以下						
		ひび割れ幅の変動 大	0.2～1						
		ひび割れ幅の変動 大	0.2～1						
耐 久 性	鉄筋が腐食していない場合	ひび割れ幅の変動 小	0.2以下						主桁ひび割れ (0.2mm以下)
		ひび割れ幅の変動 小	0.2～1						主桁ひび割れ (0.2～1mm)
		ひび割れ幅の変動 小	1以上						ユールドジョイント、打継目
		ひび割れ幅の変動 大	1以上						
	鉄筋腐食		-						発錆部、浮き部、ジャンカ部
	塩 害		-						
	反応性骨材		-						

* ひび割れ幅3.0mm以上のひび割れは、構造的な欠陥を伴うことが多いので、ここで表示している補修工法だけでなく、構造耐力の補強を含めて実施されるのが普通である。

** 印 適当と考えられる工法、 印 条件によっては適当と考えられる工法

印 研究段階の工法

b) 補修工法

本橋では、ひびわれ幅や状況に応じて、以下の工法を採用する。

表面処理工法(防蝕塗装塗布)

微細なひびわれ(幅 0.2mm 以下)は注入が困難であることから、ひびわれ面に塗膜を構成させて防水性、耐久性を向上させる。

注入工法

ひびわれ幅 0.2mm 以上の場合に樹脂性あるいはセメント系の材料を注入して防水性、耐久性を向上させる工法。一般に、ひびわれへの注入性や接着性に優れた樹脂系の材料を選定し、その中でも使用実績が多く要求性能に優れたエポキシ樹脂の採用が多い。

表 3.3.7 に樹脂と性能の一覧を示す。

表 3.3.7 樹脂と性能の一覧表

	エポキシ系	ポリエステル系	ポリウレタン系	ゴム、アスファルト系
接 着 性				
可 撓 性				
耐 久 性				×
作 業 性				
耐 水 性				
耐アルカリ性		×		
収 縮 (ヤセ)	無	大	小	大
経 済 性				

(注) 優 良 可 ×不可

「コンクリートのひび割れ調査・補修・補強指針」(日本コンクリート工学協会 P97より抜粋)

充填工法

0.5 mm 以上で比較的大きな幅のひびわれの補修に適する工法で、ひびわれに沿ってコンクリートをカットし、その部分に補修材を充填する方法である。この工法は鉄筋が腐食していない場合と鉄筋が腐食している場合とで補修の方法が異なる。

< 鉄筋が腐食していない場合 >

図 3.3.7 に示すようにひびわれに沿って約 10 mm の幅でコンクリートをUカットまたはVカットした後、このカットした部分にシーリング材・可撓性エポキシ樹脂およびセメント系の材料などを充填し、ひびわれを補修する。本工事では比較的大きなひびわれ幅部の処理に採用する。

また、内面のひびわれ部は、ひびわれ幅は大きくないものの、外側からの注入時に材料漏れを防止するため、Vカットによる充填を施す。



図 3.3.1 鉄筋が腐食していない場合の充填工法

<鉄筋が腐食している場合>

図 3.3.2 に示すように鉄筋の発錆腐食している部分を十分に処置できる程度にコンクリートをはつり取り、鉄筋の錆落としを行い、鉄筋の防錆処理、コンクリートへのプライマーの塗布を行った後にポリマーセメントモルタルやエポキシ樹脂などの材料を充填する方法で行う。標準的な方法では、図 3.3.3 のように発錆部のみ防錆処理を行うが、本橋では発錆部の裏側も含め 100 mm 以上コンクリートをはつり、鉄筋の防錆効果を向上させている。

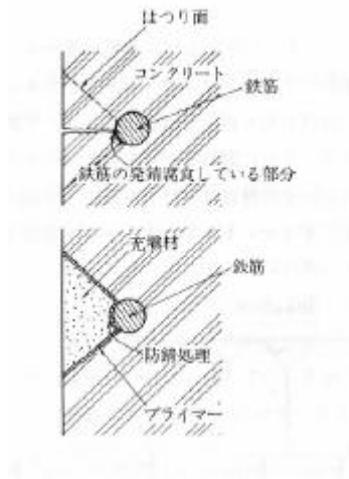


図 - 3.3.2 鉄筋が腐食している場合の充填工法

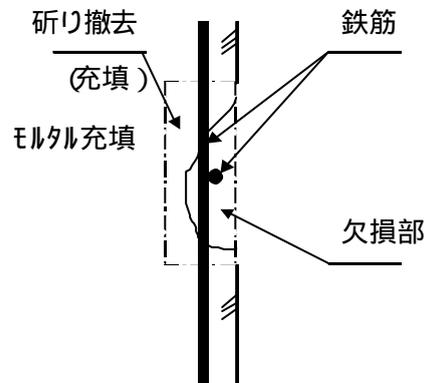


図 3.3.3 本橋の充填方法（新ニヤリ橋橋脚）

2) 補強工法

a) 補強工法の選定

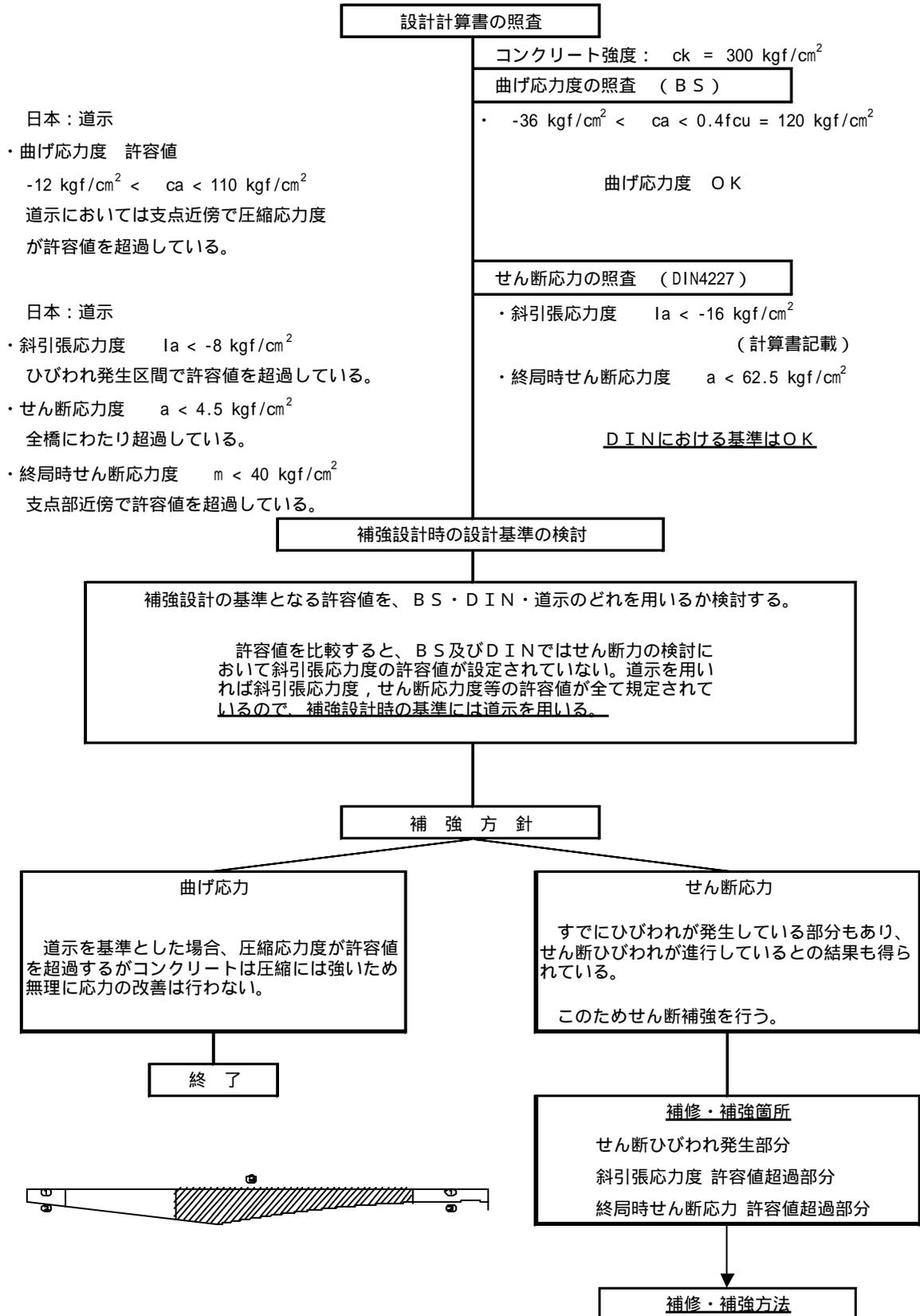
新ムトワパ橋の主桁に発生しているひびわれは、前項「2-4-3. 2」.(3)設計・施工経緯 2-38 頁」に述べてあるように、せん断耐力の不足によって発生しており、このまま放置しておけば脆性的に突如として破壊することが予想される。このため、ひびわれに対して樹脂等の注入や充填だけでは不十分であるため、他の補強工法も併用して、ひびわれの拡大を防ぐためのせん断補強を行うものとする。新ムトワパ橋のせん断補強工法を表 3.3.8 に示す。

表 3.3.8 せん断補強工法

	概要図	工法概要	工事の特徴	適応性
炭素繊維補強		炭素繊維シートを珪酸系接着剤で含浸させながら既設コンクリートに接着させ、既設コンクリートとの一体化によって、せん断耐力の向上を図る。	<ul style="list-style-type: none"> 重量増がない 表面保護が必要である 単価が高い 定期的な管理要する 	(検討対象)
コンクリート増圧補強		既設主桁の内側に新たなコンクリートを増圧し、既設コンクリートとの一体化によって、せん断耐力の向上を図る。	<ul style="list-style-type: none"> 重量増となる 桁のたわみを増大させる 施工中の交通規制が必要 	× (適応外)
鋼板接着補強		既設主桁に鋼板をアンカーボルトで固定し、コンクリート部の隙間を珪酸系接着剤で充填し、既設コンクリートとの一体化によって、せん断耐力の向上を図る。	<ul style="list-style-type: none"> 若干の重量増 鋼材の防錆処理が必要 定期的な管理要する 	(検討対象)
外ケーブル補強		既設主桁にPC鋼材を橋軸方向に配置し、プレストレスを導入することによって、せん断耐力の向上を図る。しかし、すべてケーブルで補強する場合は断面が不足する。	<ul style="list-style-type: none"> 重量増が少ない ひびわれ拡大を防止する 	(検討対象)
鉄骨トラス補強		既設主桁内に鉄骨トラスを配置し、既設コンクリートとの一体化によって、せん断耐力の向上を図る。	<ul style="list-style-type: none"> 若干の重量増 応力伝達機構が不明である 鋼材の防錆処理が必要 	× (適応外)
せん断鋼材補強		既設主桁にPC鋼材を縦方向に配置し、プレストレスを導入することによって、せん断耐力の向上を図る。	<ul style="list-style-type: none"> 重量増が少ない 既設PCケーブル等へ配慮が難しい 	× (適応外)

b) ひびわれ補強に対する検討

表 3.3.8 によって選定された各補強工法に対する配置可能な補強数量を算出する。なお、不足するせん断力の検討は図 2.4.7 に示された結果をもとに以下の図 3.3.4 の要領で行う。



について

クラック発生箇所はエポキシ樹脂注入により躯体を一体化し耐力の低下を防ぐ。

について

斜引張応力が許容値を超過している箇所については、外力の導入が必要である。このため考えられる工法としては、

- a) 外ケーブルによる軸圧縮力の導入
- b) せん断鋼棒の設置

がある。

しかし、せん断鋼棒が物理的に配置が困難であるため、外ケーブルによる軸圧縮力の導入を行う。

外ケーブルも主桁コンクリートの圧縮応力が増加するため、4本以上の配置は困難であるため斜引張応力度の超過応力を全て打ち消すことは不可能であるが、ひびわれ補修箇所に圧縮力を導入することが可能であり、応力の改善には有効である。

について

部分の応力改善に使用した外ケーブルは、部分にも鉛直分力が作用し、せん断力の低減に有効である。しかし鉛直分力はわずかであり、これだけでは終局荷重時せん断力によるせん断耐力は不足している。

このため不足せん断耐力については、炭素繊維または鋼板接着工法により補強を行い、せん断耐力の向上を図る。

せん断補強量の決定
終局荷重時の荷重組合せは道示を使用するがその組合せ係数はBS5400の組合せと同等である 1.1×死荷重 + 2.5×活荷重 時の組合せを使用する。

不足せん断耐力 = $S_u - S_c - S_s - S_p$

S_u : 終局荷重時せん断力 (1.3D + 2.5L)

S_c : コンクリートの負担するせん断力

S_s : 鉄筋の負担するせん断力

S_p : 外ケーブルによる鉛直分力

図 3.3.4 ひびわれ補強に対する検討流れ図

なお、主桁コンクリートはせん断ひびわれが発生した場合、抵抗断面としては考慮することができないため、これを無視した補強数量を算出する。

) 不足せん断力の算出

検討断面としては 断面とし、検討ケースは終局荷重時 道路橋示方書 1.1D+2.5Lとする。また計算に用いる許容値等は道路橋示方書による。

検討断面	桁高 (m)	ウェブ厚 (m)	桁高×ウェブ厚	作用せん断力
断面	6.092	0.4	4.874	2199.6

コンクリートの負担するせん断力

算出式: $S_c = k \cdot c \cdot b_w \cdot d$
 $c = 4.5 \text{ kgf/cm}^2$

スタ-ラップの負担するせん断力

算出式: $S_h' = \{ A_w \cdot s \cdot d \cdot (\sin \theta + \cos \theta) \} / (1.15 \cdot a)$

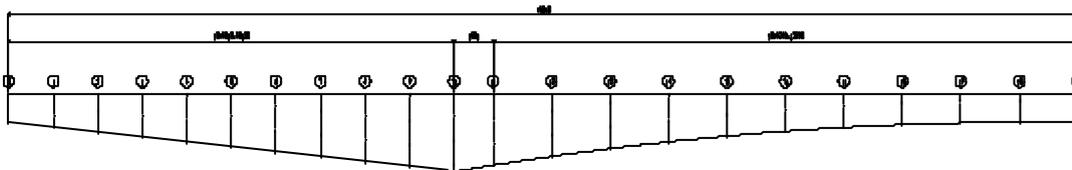
A_w : 斜引張鉄筋の断面積 (cm²)

s : 終局時の場合は斜引張鉄筋の降伏点

a : 斜引張鉄筋の配置間隔 (cm)

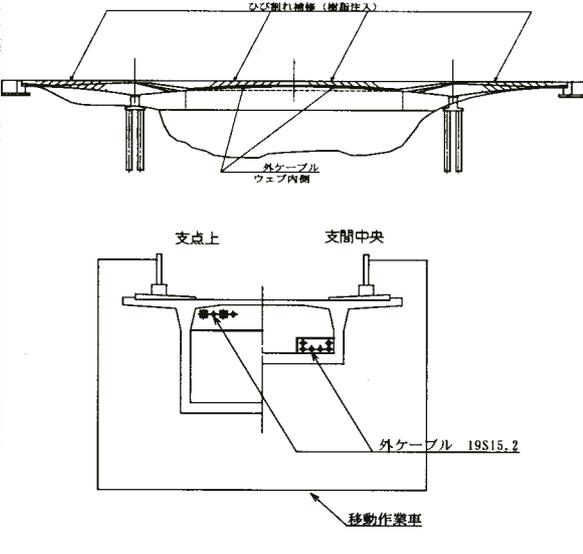
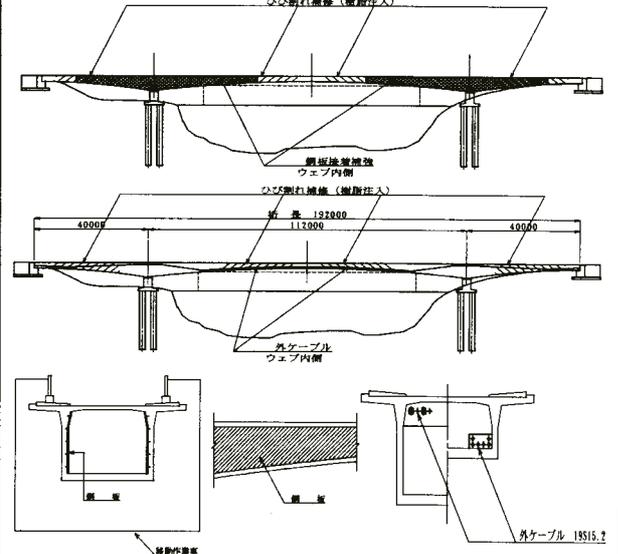
検討断面	桁高 (m)	ウェブ厚 (m)	桁高×ウェブ厚	作用せん断力 (kgf)	コンクリートの負担するせん断力 (kgf)	スタ-ラップの負担するせん断力 (kgf)	不足せん断力 (kgf)
断面	6.092	0.4	4.874	2199560	0	315619	1883941

不足せん断力に対し、それぞれ補強数量を算出する。



) 補強方法

表 3.3.9 に外ケーブル + 鋼板接着補強工法の決定内容を示す。

外ケーブル補強工法	外ケーブル+鋼板接着補強工法										
 <p>ひび割れ補修（樹脂注入）</p> <p>外ケーブル ウェブ内側</p> <p>支点上 支間中央</p> <p>移動作業車</p> <p>外ケーブル 19S15.2</p>	 <p>ひび割れ補修（樹脂注入）</p> <p>鋼板接着補強 ウェブ内側</p> <p>ひび割れ補修（樹脂注入）</p> <p>長さ 19200 11200 4000</p> <p>外ケーブル ウェブ内側</p> <p>移動作業車</p> <p>外ケーブル 19S15.2</p>										
<p>外ケーブル補強工法は、コンクリート部材にP C鋼材を配置してプレストレスを導入することにより、コンクリート部材の応力状態を改善し、せん断耐力の向上を図る工法である。</p>	<p>外ケーブル+鋼板接着補強工法は、P C鋼材によってプレストレスを導入することにより既設構造物の応力状態を改善し、さらに鋼板をエポキシ樹脂で接着して、既設部材と一体化させることにより、せん断耐力の向上を図る工法である。</p>										
<ul style="list-style-type: none"> 外ケーブルにより軸方向圧縮力を増加させ、吊上げ効果により作用せん断力を減少させることにより、既存コンクリート中の斜引張応力を減少できる。せん断耐力の改善のためには相当数の外ケーブル配置が必要であり、事実上配置は困難である。 定着体設置にφ32P C鋼棒を大量に必要とするため削孔しなければならず既設構造物を傷める。 防錆型の外ケーブルを使用すれば、耐久性は高い。 外ケーブルにより圧縮応力が増加するため、既にコンクリート圧縮応力が大きい場合は配置本数に制限を受ける。 	<ul style="list-style-type: none"> 外ケーブルにより軸方向圧縮力を増加させ、吊上げ効果により作用せん断力を減少させることにより、既存コンクリート中の斜引張応力を減少できる。 鋼板を取付けるため、ウェブにアンカー削孔が必要である。 補強量が多くなると鉄板厚が厚くなり、桁内作業の場合は鋼板を細かく分割する必要がある。このため溶接作業が増加する。 										
<table border="0"> <tr> <td>外ケーブルP C鋼材 (19S15.2)</td> <td>760 m ←全長配置分</td> </tr> <tr> <td></td> <td>512 m ←せん断補強用 80本</td> </tr> <tr> <td>定着部用P C鋼棒 φ32</td> <td>1600本 外ケーブル1本当たりφ32鋼棒が20本必要</td> </tr> </table>	外ケーブルP C鋼材 (19S15.2)	760 m ←全長配置分		512 m ←せん断補強用 80本	定着部用P C鋼棒 φ32	1600本 外ケーブル1本当たりφ32鋼棒が20本必要	<table border="0"> <tr> <td>鋼板貼付面積</td> <td>1100 m²</td> </tr> <tr> <td>鋼板重量</td> <td>52 ton</td> </tr> </table> <p>* 鋼板は厚さ6.0mmのものを短冊状に使用する。 * 鋼板設置個所は、桁の内側及び外側のいずれも可能である。</p> <p>外ケーブルP C鋼材 (19S15.2) 760.0 m ←全長配置分</p>	鋼板貼付面積	1100 m ²	鋼板重量	52 ton
外ケーブルP C鋼材 (19S15.2)	760 m ←全長配置分										
	512 m ←せん断補強用 80本										
定着部用P C鋼棒 φ32	1600本 外ケーブル1本当たりφ32鋼棒が20本必要										
鋼板貼付面積	1100 m ²										
鋼板重量	52 ton										
<ul style="list-style-type: none"> 桁内作業が生じるが、大がかりな設備は必要としない。 	<ul style="list-style-type: none"> 重量が重いため作業性に劣る。 雨天時での施工も可能である。 										
<ul style="list-style-type: none"> 施工時の交通規制を必要としない。 	<ul style="list-style-type: none"> 施工時に車両の交通規制を必要としない。 										
<p>1.40</p>	<p>1.30</p>										
<p>ひび割れ補修後の状況確認が可能である。</p>	<ul style="list-style-type: none"> 鋼板の防錆処理と定期的なメンテナンスが必要となる。 										
<ul style="list-style-type: none"> 八潮越谷線 相生陸橋跨線橋、 国道354号 五料橋、 他多数有り 	<ul style="list-style-type: none"> 八潮越谷線 相生陸橋跨線橋、等 										
<p>外ケーブルの鉛直分力によりせん断力を減少させることができ、補強工法としては有効であるが、19S15.2相当のP C鋼材が80本必要となり実際に桁内に配置することは不可能である。また定着体の設置に相当数のP C鋼棒が必要となる。したがって、外ケーブルのみの補強には適した工法ではない。</p> <p>△</p>	<p>外ケーブルはひびわれ補修後の開きを抑える役目を果たし、また鋼板は新たに作用する活荷重に抵抗する役目をするため、使用材料の特性を十分に活かすことが出来、もっとも効果的な工法である。</p> <p>◎</p>										

4) 補修内容

a) 新ニヤリ橋

新ニヤリ橋の補修方法を表 3.3.10 に示す。

表 3.3.10 新ニヤリ橋補修方法

補修箇所	補修方法
上部工主桁	樹脂注入、防蝕塗装塗布
橋脚	樹脂注入、防蝕塗装塗布、モルタル充填
橋台	樹脂注入、防蝕塗装塗布
伸縮装置	取り替え
沓	錆落とし、塗装
排水装置	配水管の設置
高欄・ガードレール	損傷部の取り替え
舗装	打ち替え

b) 新ムトワパ橋

新ムトワパ橋の補修方法を表 3.3.11 に示す。

表 3.3.11 新ムトワパ橋補修方法

補修箇所	補修方法
上部工主桁	樹脂注入、防蝕塗装塗布、 外ケーブル・鋼板接着併用補強
橋脚	樹脂注入、防蝕塗装塗布、モルタル充填
橋台	樹脂注入、防蝕塗装塗布
伸縮装置	取り替え
沓	油注入
排水装置	配水管の設置
舗装	打ち替え

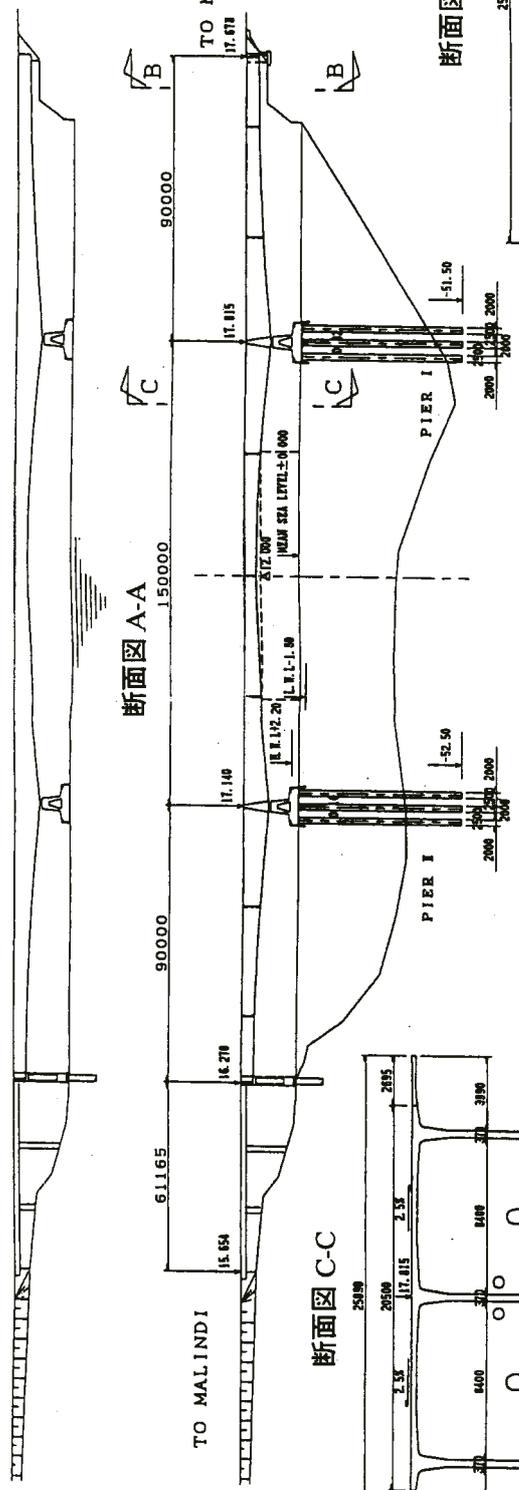
5) 基本設計図

新ニヤリ橋の一般図を示すとともに、上部工主桁に補強が必要な新ムトワパ橋について、以下に示す。

TO MOMBASA

側面図

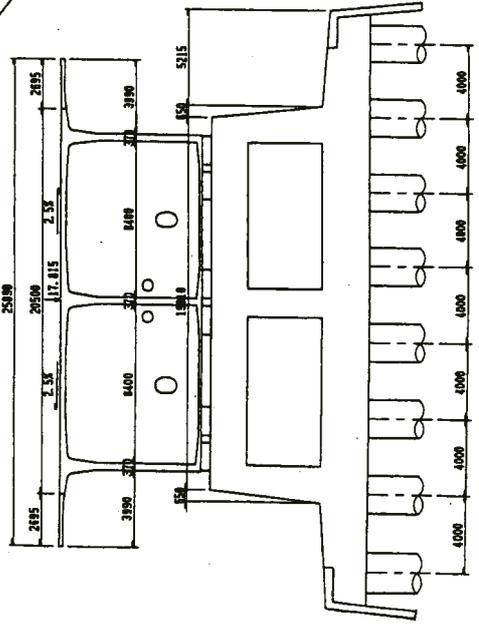
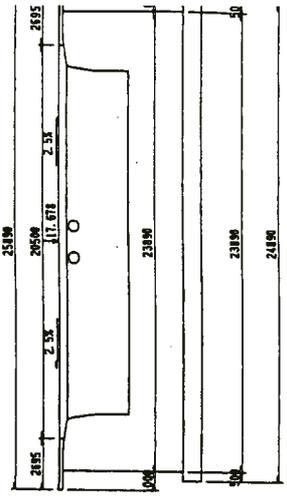
TO MALINDI



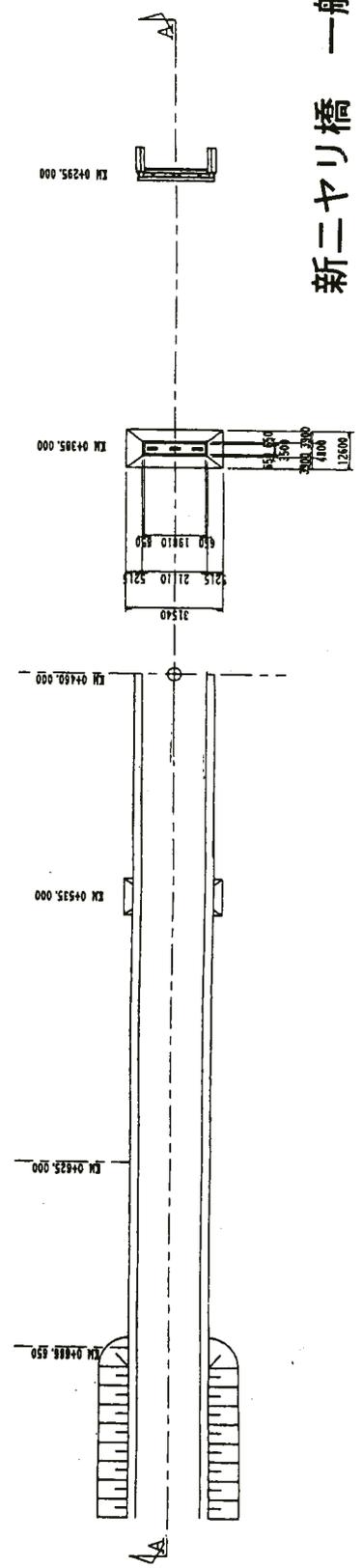
断面図 A-A

断面図 B-B

断面図 C-C

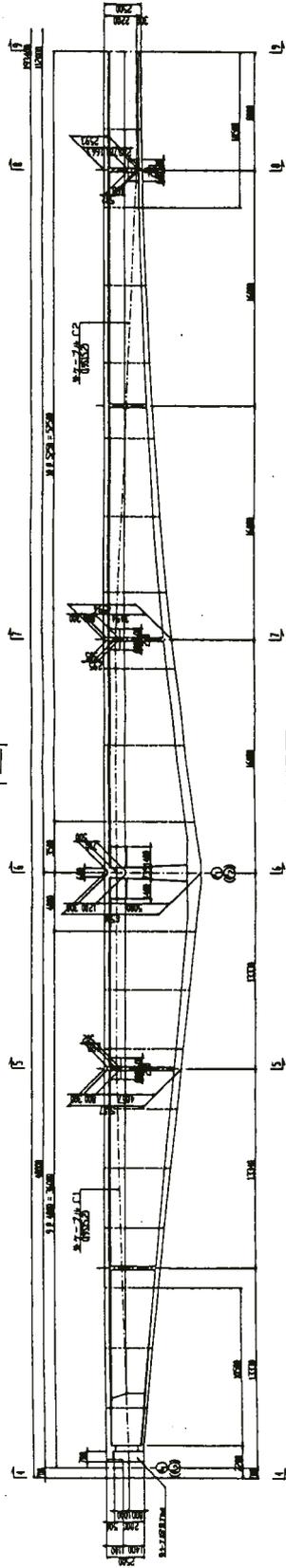


平面図

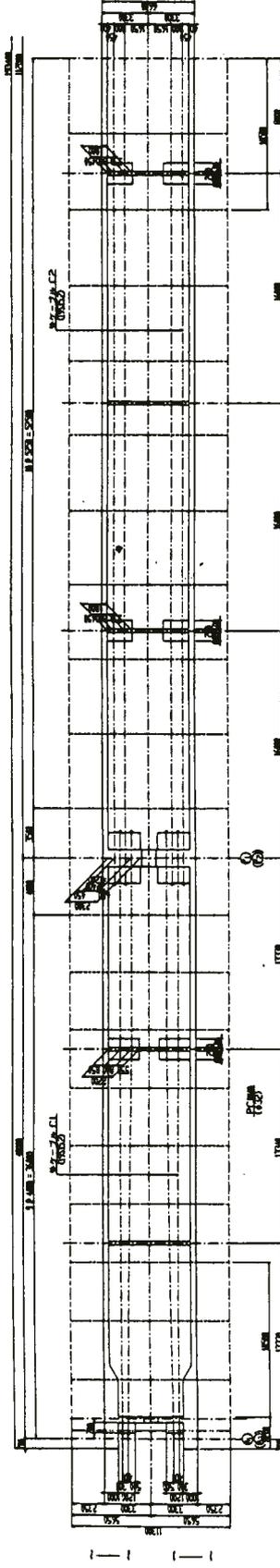


新ニヤリ橋 一般図

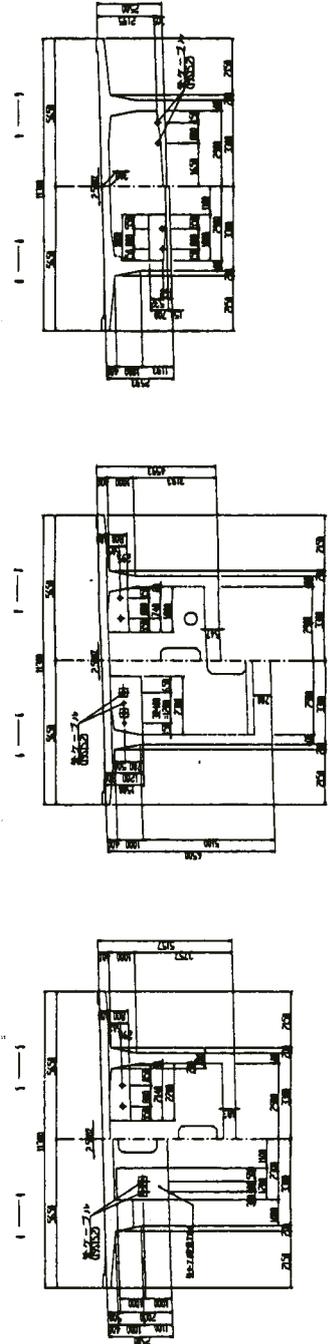
側面図



平面図



断面図



新ムトワパ橋 外ケール配置計画図

6) 主要工事数量

a) 新ニヤリ橋

工 事	工 種	種 別	細 別	規 格	単 位	施 工 数 量
橋梁下部 補修工	橋脚補修工	樹脂注入工	クラック幅 0.2mm以上		m	92
		防蝕塗装工	脚部全面塗装		m ²	630
	橋脚部防護 コンクリート工	コンクリート		配合	m ³	3.6
橋梁上部 補修工	桁クラック補修工	桁内面樹脂注入工	クラック幅 0.2mm以上		m	73.5
		桁内面防蝕塗装工	クラック幅 0.2mm未満		m ²	5.8
(橋梁上部 補修工)	(桁クラック 補修工)	桁外面樹脂注入工	クラック幅 0.2mm以上		m	73.5
		桁外面防蝕塗装工	ウェブ面		m ²	3,156

b) 新ムトワパ橋

工 事	工 種	種 別	細 別	規 格	単 位	施 工 数 量
橋梁下部 補修工	橋脚・橋台補修工	樹脂注入工	クラック幅 0.2mm以上		m	46
		防蝕塗装工	クラック幅 0.2mm未満	クラック部分のみ	m	14
橋梁上部 補修工	桁ひびわれ補修工	桁内面樹脂注入工	クラック幅 0.2mm以上		m	294
		桁外面樹脂注入工	クラック幅 0.2mm以上		m	294
		桁内面防蝕塗装工	クラック幅 0.2mm未満		m ²	17
		桁外面防蝕塗装工	全面塗装		m ²	3,864
		外ケーブル工	外ケーブルPC鋼材 19S15.2用		ton	17
		鋼板接着工			t	52

3 - 4 プロジェクトの実施体制

3 - 4 - 1 組織

1) 道路公共事業省 (MORPW)

本プロジェクトの監督官庁は、道路公共事業省 (MORPW) である。MORPWは、図 3.4.1 に示されるように同省は大臣以下、副大臣3名、次官、次官配下に総括エンジニア1名、4 総局長 (材料局、道路局、機材・運輸局、建築局) が配置され、道路局下には8部体制および各州群事務所により構成されている。業務管轄として、公共事業全般はもちろんのこと、全国の道路網の企画・計画、統計、建設、保守や補修、などを含めた維持管理を実施している。従来は公共事業住宅省(MOPWH)として住宅部門もすべて統括していたが、1999年2月の機構改革により住宅部門の多くは Ministry of Land 管轄へ移行されている。本計画対象2橋梁に対する責任機関は道路局 (Road Department) であり、その維持管理には橋梁部(Bridge Branch)が担当することになる。また実際の日常点検は (コースト) 州事務所 (PWO : Provincial Works Officer) 及びモンバサ県事務所が実施している。

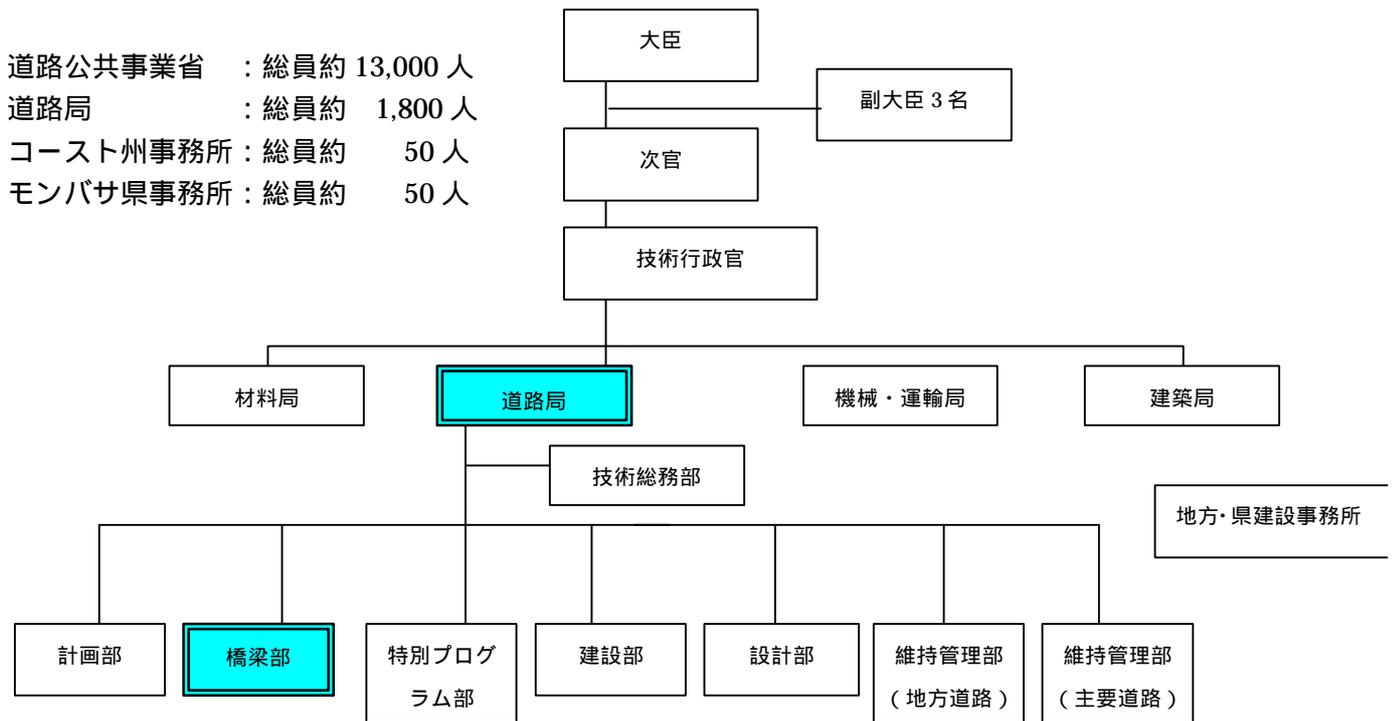


図 3.4.1 道路公共事業省 組織図

2) 道路局 (R D : Road Department)

a) 組織

道路局は、図 3.4.2 に示すように MORPW 内にある材料、道路、機材・運輸、ビルディングの 4 総局のうち、道路総局下の組織にあり、今次調査を実施する直接のカウンターパート機関である。この RD は道路総局長とともに次官を直接的に補佐し、道路公共事業通大臣の基本方針のもと、道路部門の開発計画を策定している。

RD はさらに、1 橋梁部、2 設計部、3 技術総務部、4 維持管理部 (主要国道管轄) 5 建設部、6 特別プログラム部、7 維持管理部 (地方道路管轄) 8 計画部、の 8 部門から構成されている。その他、道路関係の関係施設として中央試験場等があるが道路部局直轄ではなく、材料局配下に設置されている。以下に今次調査における直接担当部門である橋梁部と州建設事務所の主な業務処理内容を述べる。

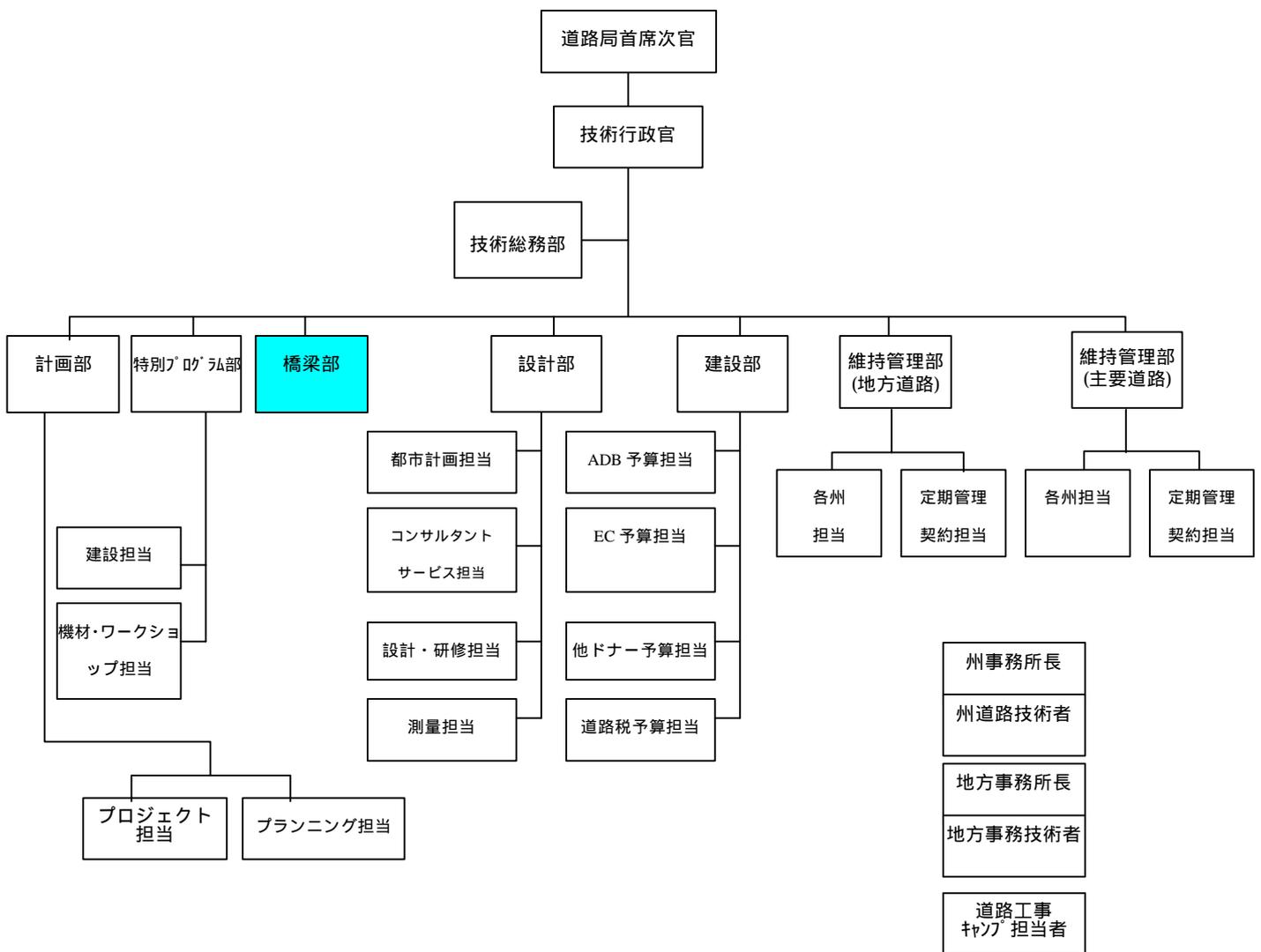


図 3.4.2 道路局 組織図

）橋梁部

本プロジェクトの直接の担当部であり、全国の橋梁の管理全般をうけもつとともに、橋梁関係の援助に対する協議機関である。従来配下にコンサルタントの設計の調達する部門と直営設計部門とがあったが、機構改革後は特に明確な分担はない。主要構成メンバーとして橋梁部長（Chief Superintending Engineer）の配下、1名のシニアエンジニア（Senior Superintending Engineer: 現在欠員）と各2名の上級エンジニア（Superintending Engineer）橋梁エンジニア、アシスタントエンジニアからなる。その配下に多くの一般職員によって構成されている。我が国からの技術専門家が従来直接指導を実施しているが、前任者は任期満了に伴い帰国した。現在も「ケ」国側としては要請中とのことであった。

）州建設事務所（PWO：PROVINCIAL WORKS OFFICER）

PWOはナイロビ、セントラル、リフトバレー、コースト、イースト、ノースイースト、ウエスト、ニャンザの8つの各州毎に設置されており、本プロジェクトはコースト州事務所及び配下のモンバサ県事務所が管轄する。図 3.4.3 に示されるように州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。今次案件の対応はPWO配下の道路エンジニアに所属する橋梁テクニシャンエンジニア及び橋梁インスペクターが担当している。

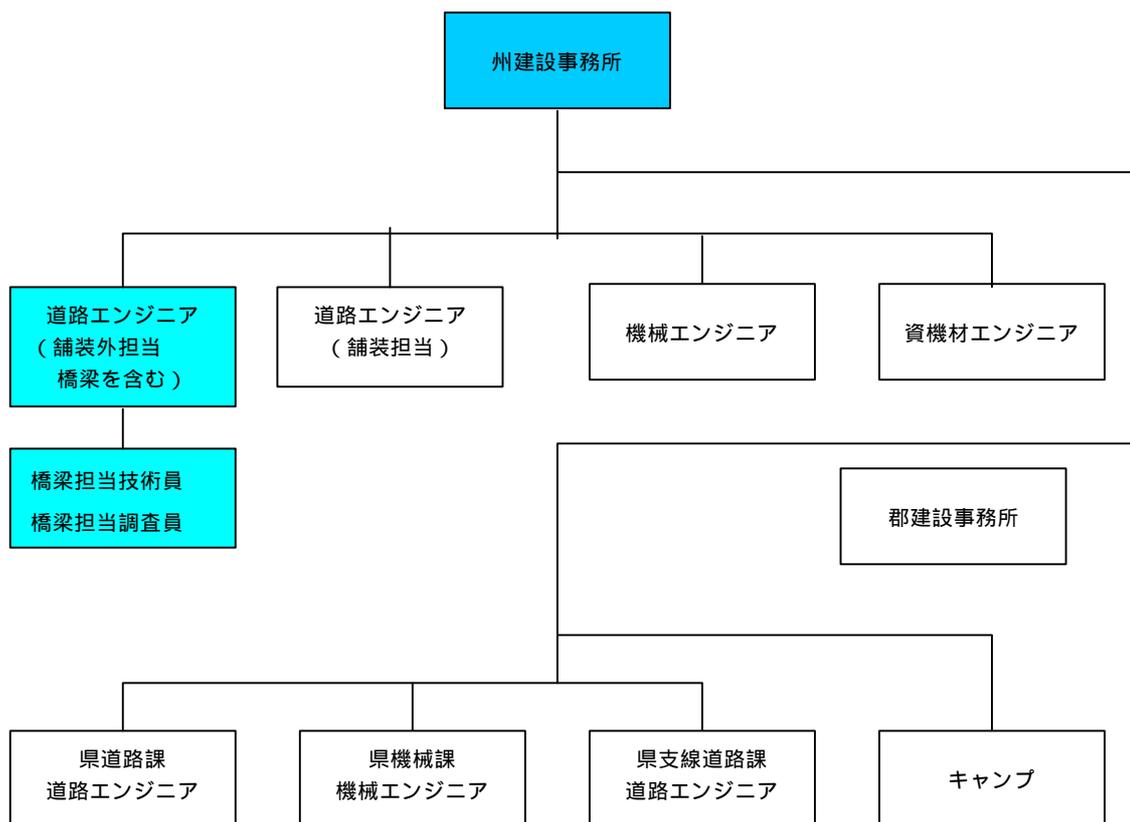


図 3.4.3 州建設事務所 組織図

b) 人員配置

対象 2 橋梁の総括機関である道路局の 1999/2000 年度時点の道路局職員総数は、表 3.4.1 に示されるように 1,769 人である。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県の県事務所職員は各 50 人、52 人である。

表 3.4.1 人員配置

単位 : 人

部署	人員数						
	1993/94	94/95	95/96	96/97	97/98	98/99	99/2000
道路局	3,205	3,050	2,466	2,430	2,124	1,814	1,769
コースト州	111	111	109	105	87	58	50
モンバサ県	150	151	122	105	90	87	52

道路局のみならず、直接維持管理を担当するコースト州事務所およびモンバサ県の事務所の地方職員定員も年々減少してきており、組織改革により人件費も減少している。

c) 人材育成

) 新任技術者教育

MORPW での新任技術者を対象にした教育は特別には行われていない。このため、技術系の大学を卒業しても机上での知識が多く、実務経験に乏しい。しかし我が国などからも技術専門家が派遣されており、彼らの経験や実績を道路局の職員に継承している。

) 研修および講習

技術者への研修は多数あり、このため、部長クラスやチーフクラスは若い時代に他国で業務を行って技術の研鑽をしている技術者も少なくない。日本で行っている各種研修への参加技術者も多く、外国での技術習得への熱意が強く感じられる。またジンバブエ等アフリカ諸国への研修プログラムも多く、上位技術者には比較的、海外の教育・研修の機会が恵まれている。また一般職員にも部門別に研修機会が多数設けられている。

) 資格

「ケ」国では自国の技術者に対し登録制度を行っている。運輸セクターには Engineers と Technician Engineers の 2 つの登録資格がある（建設部門の Architecture と Quantity Surveyor を含むと 4 つの登録資格がある）。Engineers は大学（工学部門）卒業後、最低 3 年の実務経験を経たのち受験資格が与えられる。ケニア国内の大学のうち、対象となる工学部門を要する大学はナイロビ大学、モイ大学、エガトン大学（但し農業工学のみ）、ジョモ・ケニヤッタ大学の 4 校である。第 1 次試験は筆記試験で従事したプロジェクトに対するレポートを Kenyan Institute of Engineers に送付し、書類審査を通過したものが後の口答審問を受け、合格後にエンジニアとして登録される。Technician Engineers には工学系の短大及び専門学校卒者に同 3 年の実務経験をもって受験資格が与えられる。また大学院卒資格者には自動的にエンジニア資格が与えられる。「ケ」国では大学進学率が極めて低いため、エンジニアの資格を有するものはごく少人数である。

3 - 4 - 2 予算

「ケ」国予算の形態として租税を中心とした歳入により、表 3.4.2 に示されるように使用目的が人件費やランニングコスト中心の一般会計(RECURRENT)と各国ドナーからの援助等が主体で成り立った開発関係予算(DEVELOPMENT)に大別できる。その他、94/95 年度から燃料税制度を導入に伴い、道路整備・維持管理特別枠予算の確保等を通じて、道路の維持管理予算確保に努めている。

表 3.4.2 道路公共事業省および道路局予算（燃料税分を除く）の推移

予算年度	一般会計 (Kshs)		開発予算 (Kshs)	
	MORPW	RD	MORPW	RD
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	3,906,892,600	3,366,985,600
1999/2000	9,023,594,300	6,862,747,600	6,510,397,200	6,022,185,800

年度予算は増加傾向を示している。特に 95/96 年度予算（燃料税枠予算）から、今次対象 2 橋梁を含む日本援助による 4 橋梁分について、維持・管理用に特別予算枠を設けて対処している。しかし、98/99 年度ではエルニーニョ対策に流用されたため、実際の支出はゼロとなっている。燃料税枠予算の RD 内における予算状況は表 3.4.3 に示すとおりである。98/99 年度は例外として、毎年、維持・管理用に予算が割り当てられて、実際に維持管理されている。よって、通常の維持管理業務は、十分に「ケ」国で対応可能である。

表 3.4.3 新ニヤリ橋、新ムトワパ橋、キリフィ橋、サバキ橋に対する維持管理予算(Ksh)

予算年度	燃料税枠予算	4 橋対象 維持管理予算	支出状況	備考
1995/96	3,645,025,900	2,000,000	1,500,000	
1996/97	4,180,073,780	3,000,000	2,000,000	
1997/98	4,605,277,180	3,500,000	1,000,000	
1998/99	5,296,068,740	4,000,000	*注 3) 3,000,000	*注) エルニーニョ被害緊急対策に転用されたため対象橋維持管理費は 98/99 の実質支出はゼロ
1999/2000	6,090,479,080	4,000,000	実施中	

3 - 4 - 3 要員・技術レベル

1) 運営・維持管理体制

a) ハイウェイマネジメントシステム

運営/維持管理体制は全国の道路、橋梁等の情報をデータベース化することにより、効率的な運営・管理を行うことを目的として 1997 年から「ハイウェイマネジメントシステム」の導入に取り組んでおり、現在の進捗状況は約 50%である。開発の内容は次に示す項目である。

-) Road Inventory and Condition Survey System
-) Traffic Management System
-) Axle Load Control and Management System
-) Highway Maintenance Management System
-) Equipment Management System
-) Project Monitoring/Management System
-) Road Safety Management System
-) Pavement Management System
-) Bridge Maintenance Management System
-) Contractors/Consultants Registration System

その他に下記に示す 2 項目についても上記に沿って開発されるとされている。

Personnel Management System

Financial Flow Management System

上記中、Road Inventory と Highway Maintenance Management System については既に入力が完了しており、現在はアップデート中である。データの輸入は 1999 年度中には完了の予定である。このシステムの開発にはガソリン税が使われている。なお、維持管理体制強化策の一貫として、維持管理を民間に委託するためのノウハウや、道路管理マニュアルの作成の手法を獲得すること等を目的として Western Australia 社（オーストラリアの公社）と契約交渉中である。併せて試験的に 3 国道（C 級道路）を選択して民間と維持管理の契約の締結を試みている。

b) その他橋梁に関する運営/維持管理について

) 橋梁の管理について

橋梁の桁には維持管理用のマンホールがついており扉に鍵がかけられているが、時々扉の鍵を壊し桁内に不法侵入する者がいること、居住や火の使用の形跡が窺えられること、火の使用は構造物に悪影響を及ぼすこと、等のため日常点検を含め強化が必要である。

) 荷重制限について

本橋の設計活荷重は B S 1 5 3 による H A フル載荷と H B の unit25 および unit45 が使用されており現実的にこのような載荷状態になることは考えにくい。しかしながら過積載による軸重が制限荷重を超えると構造物に悪影響があることは否めない。なお、「ケ」国における法定荷重は、現在 5 4 トンと設定されており、また軸重も規定されているため、過積載につ

いてのチェック体制の強化が必要である。

2) 技術レベル

「ケ」国では幹線道路や橋梁建設等の技術は、ほとんどが国外の技術に頼っている状態である。特に、ほとんどの大型公共工事が外国援助機関の援助のもとに行われており、このための設計業務や入札図書作成など一連の仕様書などが外国のコンサルタントに一任している状況である。

しかし、前述したように、各技術者は海外での技術トレーニングを受ける機会も多く、これまでにトレーニングを日本で行ったものも少なくない。また地方道路や小規模橋梁に限っては「ケ」国の独自技術で十分対応している。また地元の建設業者も下請けとして、大型プロジェクトに参画している経験があるため、基礎的な施工技術力はすでに保持していると考えられる。

今後「ケ」国では道路・橋梁の維持管理を民間企業を活用し委託していく方針であるため、今次計画における関係技術者への技術移転が重要な課題である。その点、既設橋梁の改修計画である本計画の実施は、今後「ケ」国の維持管理部門の育成に大いに寄与するものと思われる。

第4章 事業計画

第4章 事業計画

4 1 施工計画

本計画は、本報告書に基づいて日本国政府機関による審査を経た後に閣議決定を経て実施が決定され、両国政府の間で事業実施に係る交換公文（E/N）が締結された後に実施される。事業実施に関し、設計・監理については日本法人コンサルタントが、工事については日本法人建設業者が「ケ」国政府との間で各々契約を締結し行うことになる。これら契約は日本国政府の認証により有効となる。

本計画の実施機関は道路公共事業省の道路局である。2国間で合意した無償資金協力に関わる業務調整、準備および技術的な管理、監督、維持管理は道路局が所管する。

「ケ」政府と契約した日本法人コンサルタントは、無償資金協力事業におけるコンサルタントの役割を十分理解し、以下の役務を遂行する。

入札書類の作成を含む詳細設計

入札業者事前資格審査および入札・契約に関わる補助業務

施工監理

無償資金協力の制度に従って選定された日本法人建設業者は、効率的かつ適切に資機材を調達し、作業工程に従って計画施設の建設を行うものとする。

4 - 1 - 1 施工方針

本計画は日本国の無償資金協力の枠組みで実施されることを想定して、施工方針として下記事項を考慮する。

雇用機会の創出、技術移転の促進、地域経済の活性化に資するため現地における労務者、資機材を最大限活用する。

本計画ができるだけ円滑に運ぶように、「ケ」国政府、コンサルタント、建設業者間に緊密な連絡体制を確立する。

現場の降雨形態、資機材調達に必要な期間、適切な施工方法の採用等を考慮し現実的な施工計画を立案する。

「ケ」国の環境基準に準拠した仮設構造物の計画、施工方法の採用および適切な環境対策に配慮する。

現行の交通を極力遮断せずに、不都合が生じないような現場作業工程を立案する。

4 - 1 - 2 施工上の留意事項

1) 労働基準の尊重

建設業者は「ケ」国の現行建設関連法規に準拠し、雇用に伴う適切な労働条件や制約を尊重し、労働者との紛争を防止するとともに安全を確保するものとする。

2) 通関事情

日本あるいは第三国から輸入される建設資機材はモンバサ港で荷下ろしされる。本計画を円滑に進めるために、荷下ろしおよび通関の際には「ケ」政府の協力が不可欠である。

3) 調達事情

「ケ」国で調達可能な資機材は、セメント、コンクリート用骨材、鉄筋、軽油、ガソリン、木材、建設重機、等である。ひびわれ充填材、PC鋼材、鋼板等の鋼材、伸縮継手、高欄部材、等は日本からの輸入となる。セメント会社は対象橋梁近くにバンブリセメントがあり、生産や品質に関しても十分信頼がおける。

4) 現地業者の能力

「ケ」国ではMORPWに登録された建設に関わる優良企業が5社ほどあり、過去日本の無償案件や有償案件に下請けとして参加している。現地請負業者は建設機械を自社保有機械として所有している会社もあり、建設機械のリースを民間企業間で行われることもある。このため、一般的な建設機械は民間企業からの調達も可能である。したがって、日本法人の建設業者の監督・指導の下に、サブコンとして参画する機会を与えることにより、同国の建設技術の向上に資することになる。

5) 日本からの技術者派遣

特別な技術または完成後の品質に大きな影響を与える工種については、日本から技術者を派遣する。即ち、ひびわれ補修技術に関わる特殊な技能工、PC緊張工、鋼板製作工、鋼板接着工、などが該当する工種である。

6) 用地の確保

補修、補強工事に必要な工事ヤードの確保は「ケ」国政府の負担事項とする。新ニヤリ橋および新ムトワパ橋は、補修工事のための十分な施工ヤードを確保する必要がある。これら

の施工ヤードの提供は「ケ」国の負担事項であるため、工事着手に遅れないよう確保されることが必要である。考えられる候補用地及び用途を表 - 4 . 1 . 1 に示す。

表 - 4 . 1 . 1 工事用仮設用地

場 所	候補地	用 途
新 ニ ア リ 橋	既設橋梁の左岸側	切り回し道路及び仮設事務所
新 ム ト ワ パ 橋	既設橋梁の手前の 国有地	建設資材、機械の保管用地、プラント用地、 進入路

7) 障害物の移設

移設が生じる場合は、MORPWに連絡し、協議し方針を決定する必要があるが、本調査結果、水道管・電線等の移設は発生しない。

8) 現場の厳重な警備の必要性

本計画の実施に関わる要員の安全および資機材の盗難防止を確実なものにするために、「ケ」政府による特別警備の提供を求める。

9) 交通規制の実施

作業の効率性、工程短縮、工事品質の確保、等を確実に実施するために仮設吊り足場を対象2橋梁に設置する必要がある。この場合、一時的な交通規制が行われるが、安全面に配慮しつつ作業を行い、極力交通の妨げにならないよう実施する。また、これらに先立ち「ケ」国政府には予め交通規制等の対処ができるよう要請する。

4 - 1 - 3 施工区分

本計画実施に関する日本およびケニア両国政府の負担工事区分の概要は以下のとおりである。

1) 日本側負担工事

作業ヤードの設置、撤去

現場事務所、倉庫、資材置き場、材料加工場等の作業ヤードの設営

日本および第三国からの資機材の輸送

ひびわれ補修、ひびわれ補強（新ムトワパ橋）工事

伸縮継手、高欄、配水管、等の橋梁付属物の取り替え工事
橋梁区間の舗装打ち替え

2) ケニア側負担工事

工事用作業ヤードの確保(国有地)
橋梁区間以外の舗装工事、等

4 - 1 - 4 施工監理計画

1) コンサルタント業務の内容

「ケ」国側の実施機関であるMORPWと日本法人コンサルタントの間でコンサルタント業務契約を結ぶ。コンサルタント業務契約に含まれる主な業務内容は以下のとおりである。

a) 詳細設計段階

コンサルタントは本基本設計調査の結果決まる計画概要に従い、橋梁補修の詳細設計を実施し、入札図書一式を作成する。

b) 建設業者選定段階

コンサルタントは、日本の建設業者の選定に係る次の役務に関し、MORPWを補佐する。

入札公示

事前資格審査

入札説明会および現場説明

入札評価

契約交渉

c) 施工監理段階

コンサルタントは、MORPWから建設業者に発行される工事着工命令を受けて、施工監理業務に着手する。施工監理業務では、作業進捗、品質、安全に係る管理を行うとともに、建設業者への支払手続きに関し、MORPWを補佐する。また、工事進捗状況を、MORPW、日本大使館、国際協力事業団（JICA）へ報告する。

2) 実施体制

a) 詳細設計の実施体制

コンサルタントによる詳細設計と入札図書の作成には、表 4.1.2 に示す日本人技術者が必要である。

表 4.1.2 詳細設計要員

専門家名	担当業務
業務主任	補修計画、入札書類作成、入札に係る業務全体の総括
橋梁補修計画	補修計画、実施設計、図面作成、数量計算
橋梁技師（上部工）	補修計画、実施設計、図面作成、数量計算
積算/入札図書	価格調査、積算、入札書類の作成

b) 施工監理の要員計画

コンサルタントによる施工監理体制は、表 4.1.3 に示す技術者が必要である。

表 4.1.3 施工監理要員

専門家名	担当業務
業務主任	常駐技師の指導、総括
常駐技師	現場業務の総括、品質、進捗、支払い、安全管理、支払手続き、ケニア側との協議・交渉および報告
橋梁技師（補修担当）	補修工事の品質確保

3) 施工実施計画

a) 仮設工事（2橋梁共通）

MORPWから着工命令が出された後、建設業者は直ちに「ケ」国に乗り込み、主事務所をモンバサに開設する。また、工事に用いる資機材、現地下請業者の調達を開始するとともに、新ムトワパ橋の右岸側に工事ヤードを設置する。ヤードには以下の仮設施設を建設する。なお、工事箇所での必要なヤード面積は約3,000m²と想定される。

コンサルタント現場事務所
建設会社（元請）現場事務所
現地下請会社事務所

労務者休憩施設
 倉庫
 資機材置き場
 材料加工場
 ガードマン詰所

b) 新ニヤリ橋

) 施工流れ図

橋梁の補修工事を図 4.1.1 に示す順序で行う。

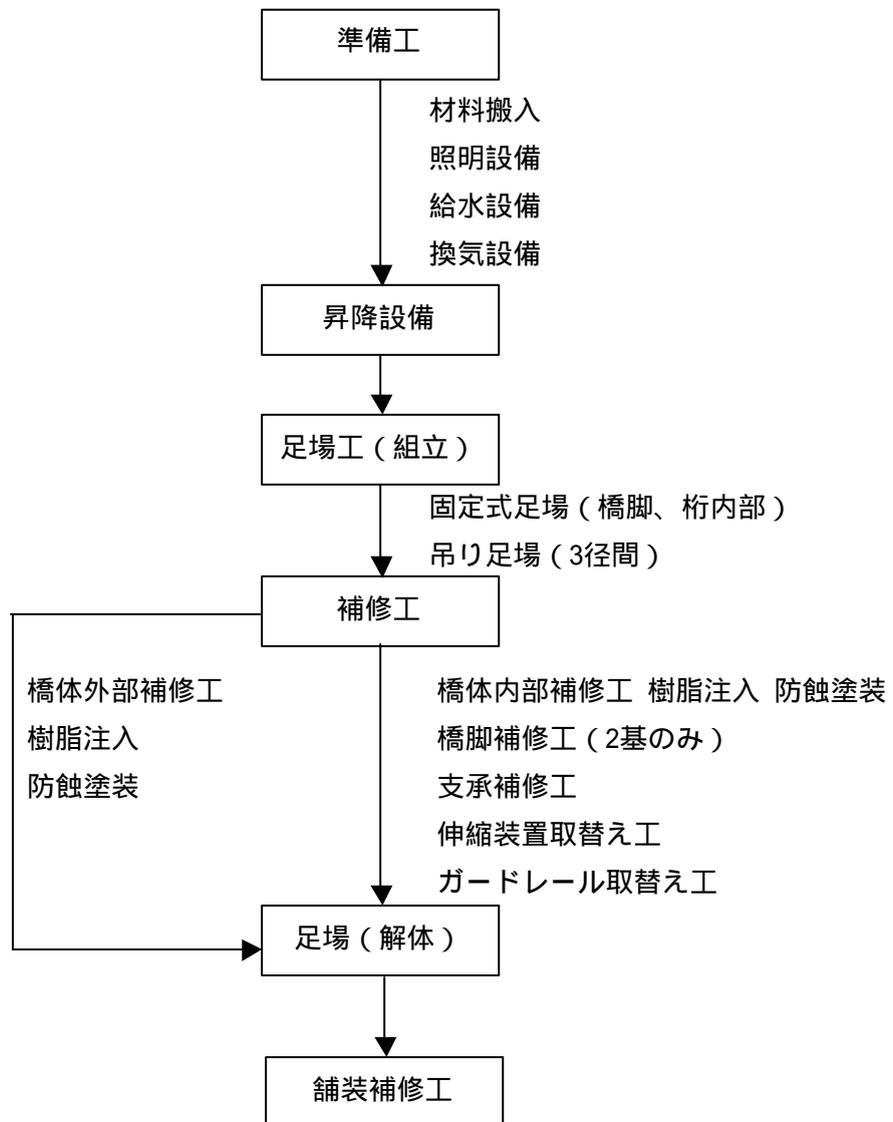


図 4.1.1 新ニヤリ橋 施工順序図

なお、施工に際しては、次の事項に留意する必要がある。

使用中の道路を規制して行う作業が多いので、綿密な計画を立て実施すること。

補修工の大部分が高所の海上作業となるので、安全設備には万全を期すこと。

国立公園内の橋梁改修工事であり、水質の汚染など環境に留意した設備、計画にすること。

）足場工

固定式足場は枠組足場を使用し、傾斜地の場合は単管足場を併用する。仮設吊足場は、上部工3径間部の補修作業に使用する。

）補修工

橋脚コンクリートの亀甲状クラック（図 4.1.2）

コンクリート劣化部分は鉄筋裏側の健全な部分までハツリ取る。

型枠は鉄筋に溶接したセパレーターとスペーサーで固定し、橋面に設置したポンプ車を使用してコンクリートを打設する。

所定の養生期間後にコンクリート表面全体をポリマーセメントモルタルで保護する。

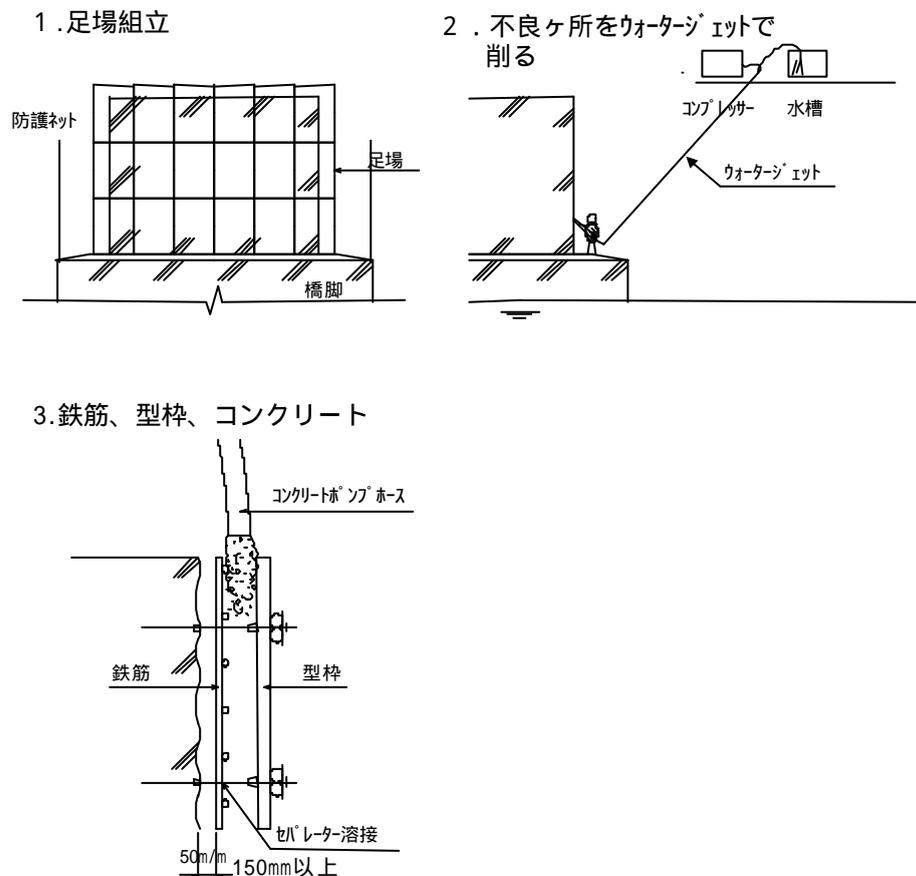


図 4.1.2 橋脚補修工

桁のひびわれ

補修用仮設吊足場（補修用ゴンドラ）でひびわれ部の再調査を行い、ひびわれ部にエポキシ樹脂を注入して補修する（図 4.1.3）。

施工中は車両通行域を確保して、交通誘導員を配置し交通遮断が極力発生しないよう注意する。

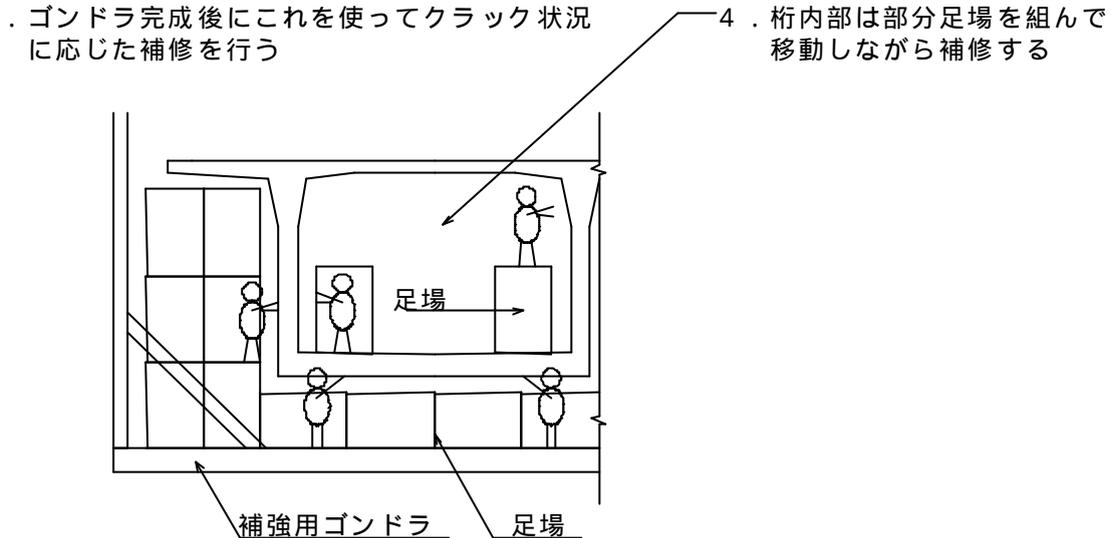


図 4.1.3 桁のひびわれ補修

支承

仮設足場を組立て、支承の腐食部位を薬液、ワイヤーブラシを用いて錆の除去を行い防錆塗装を施す。

伸縮装置

現在の伸縮継ぎ手を撤去して、非排水型フィンガージョイントを設置する。

排水管・枿

排水枿内のゴミ及び桁側面の清掃を行い、ポリマーセメントモルタルで補修する。

鋼製排水パイプを桁下まで延長する。

排水管の取付け金具は溶融亜鉛メッキ塗装とする。

高欄、ガードレール

破損した高欄およびガードレール部材を交換する。

舗装

道路規制を行い作業帯を設置し、舗装の打ち替えを行う。

c) 新ムトワパ橋

) 施工流れ図

橋梁の補修工事を図 4.1.4 に示す順序で行う。

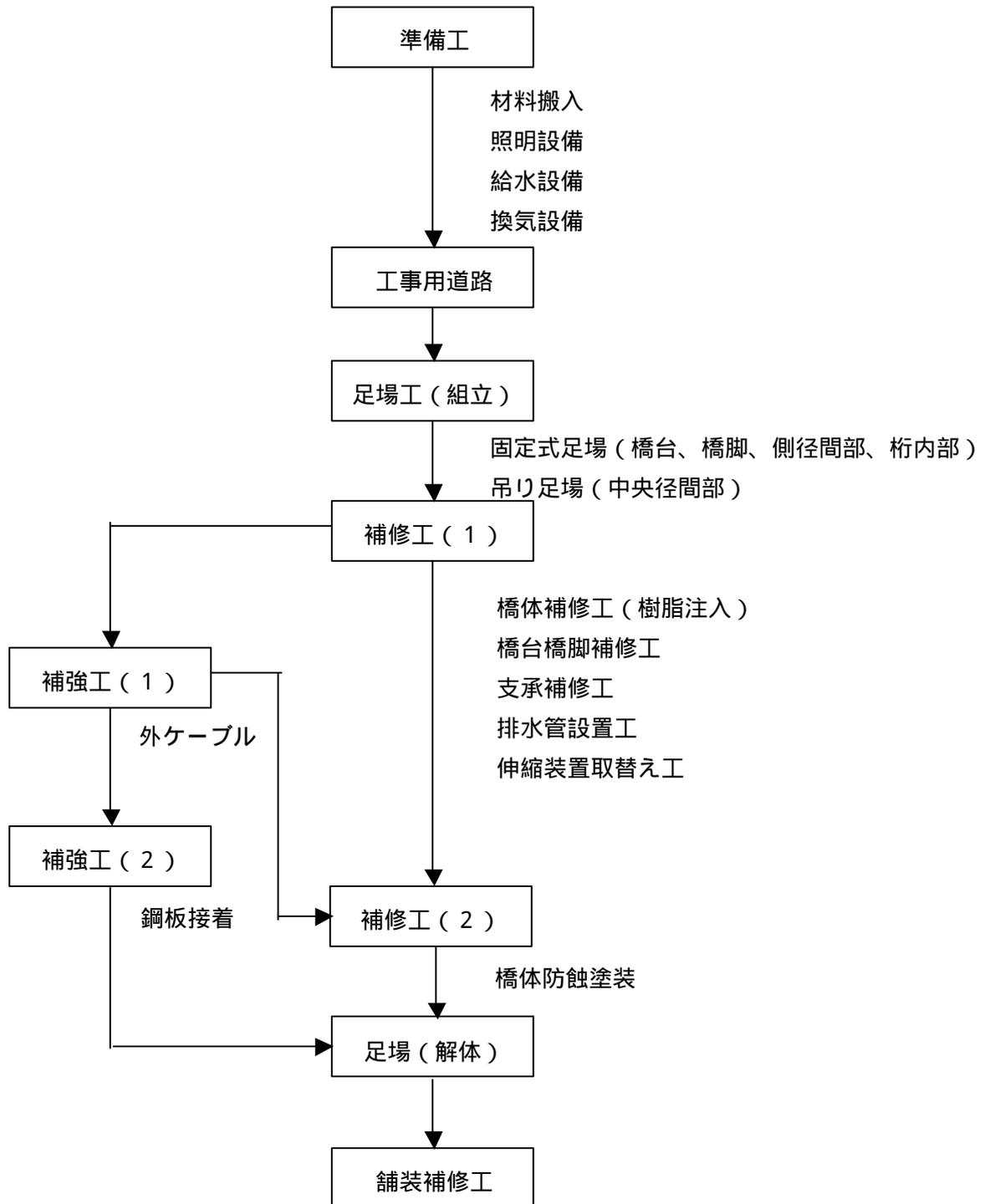


図 4.1.4 新ムトワパ橋 施工順序図

なお、施工に際しては、次の事項に留意する必要がある。

使用中の道路を規制して行う作業が多いので、綿密な計画を立て実施すること。
補修・補強の大部分が高所の海上作業になるので、安全設備には万全を期すこと。
国立公園内の橋梁改修工事であり、水質の汚染など環境に留意した設備、計画にすること。

) 足場工

固定式足場は枠組足場を使用し、傾斜地で単管足場を併用する。
補修用ゴンドラは、新ニヤリ橋と同様の考え方で製作し、中央径間のみの使用として桁高の変化に対応できる構造とする。

) 補修工

橋台外面翼壁のひびわれ

補修用足場組み立て、エポキシ樹脂をひびわれへ注入して補修を行う。

桁のひびわれ

桁のひびわれの補修は、新ニヤリ橋と同様の施工法で補修用ゴンドラを使用して実施する。

<クラック幅0.2mm以上の場合>

図 4.1.5 に示されるように、特殊エポキシ樹脂材を低圧、低速、長時間によりクラックの奥深くまで充填し、橋体を一体化する。

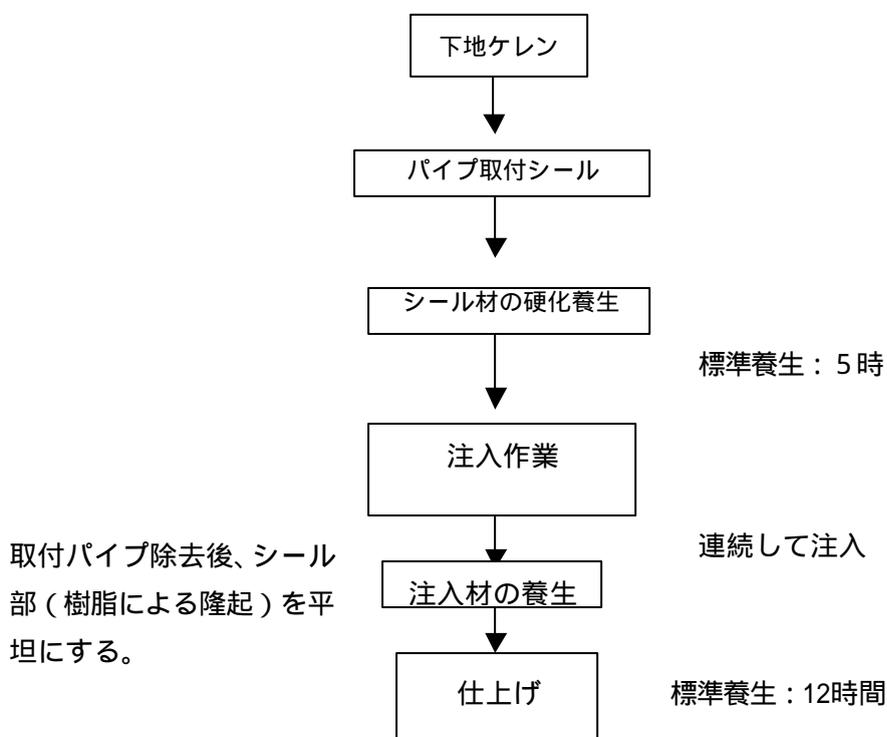


図 4.1.5 樹脂注入要領

<クラック幅0.2mm未満の場合>

0.2mm未満のクラックについてはコンクリートの劣化損傷防止のために、図 4.1.6 に示すようにコンクリート表面の保護を行う。

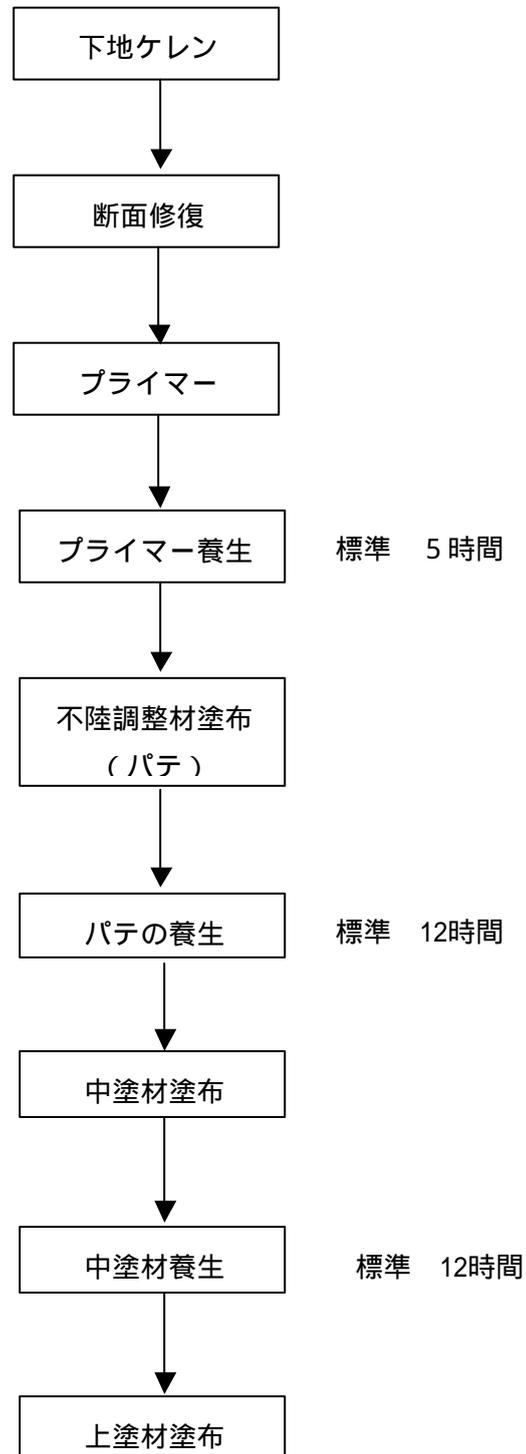


図 4.1.6 防腐塗装塗布要領

支承

沓の錆を落とし防蝕塗装する。

排水管・柵

排水柵内のゴミ及び柵側面の清掃を行い、ポリマーセメントモルタルで補修する。

鋼製排水パイプを柵下まで延長する。

排水管の取付け金具は溶融亜鉛メッキ塗装とする。

伸縮装置

既設の伸縮継ぎ手を撤去し、新品に交換する。

高欄

破損した高欄部材を交換する。

舗装

道路規制を行い作業帯を設置し、舗装の打ち替えを行う。

) 補強工

外ケーブルと鋼板接着による橋体補強を行う。

< 外ケーブル工 >

外ケーブルを設置して補修したひびわれの開きを抑制する。

外ケーブルの配置

既設横桁のケーブル定着及び偏向部に補強材を設置する。また、ケーブルを通すための削孔を既設横桁に行く(図 4.1.7、図 4.1.8)。

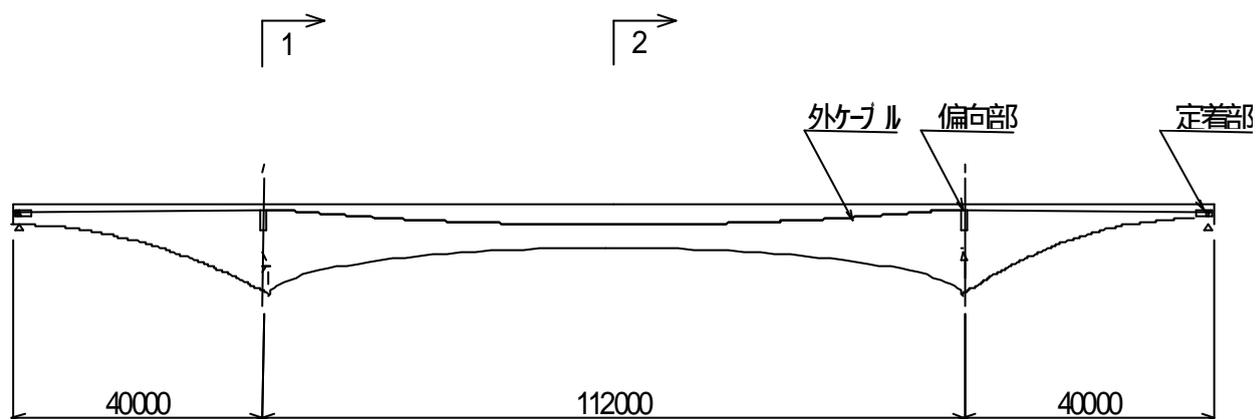


図 4.1.7 外ケーブル配置図(側面図)

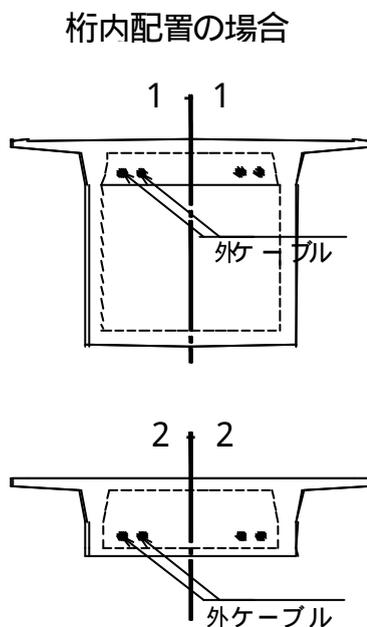


図 4.1.8 外ケーブル配置図(断面方向)

外ケーブル施工順序図

外ケーブル施工順序図を図 4.1.9 に示す。

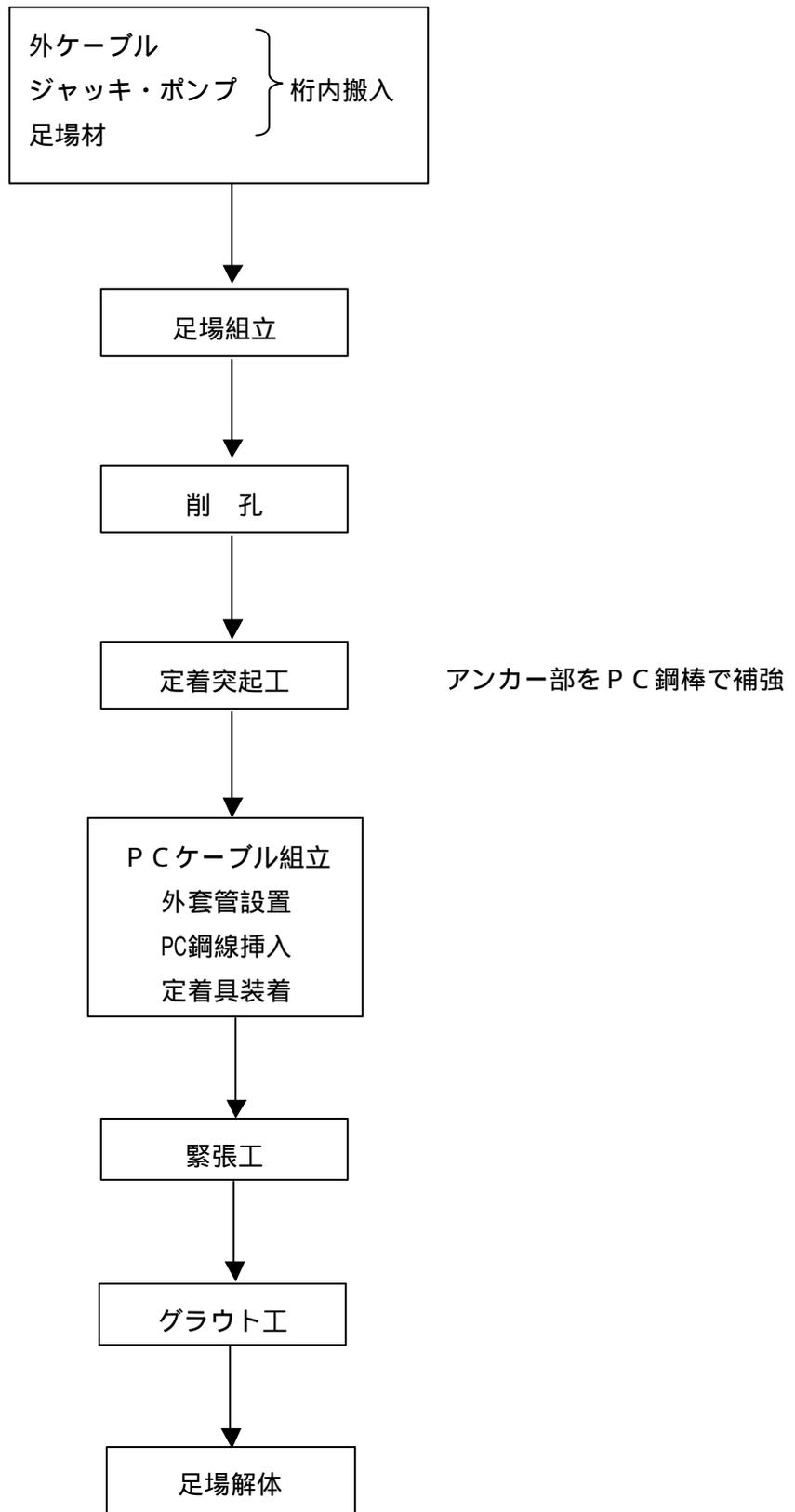


図 4.1.9 外ケーブル施工順序図

<桁ウェブのせん断補強>

せん断補強を下記の要領で行う。施工用足場は桁内部のみとし、簡易用足場を使用する。

せん断補強の施工方法

図 4.1.10 に示すように、ウェブの内面に鋼板を接着させる。

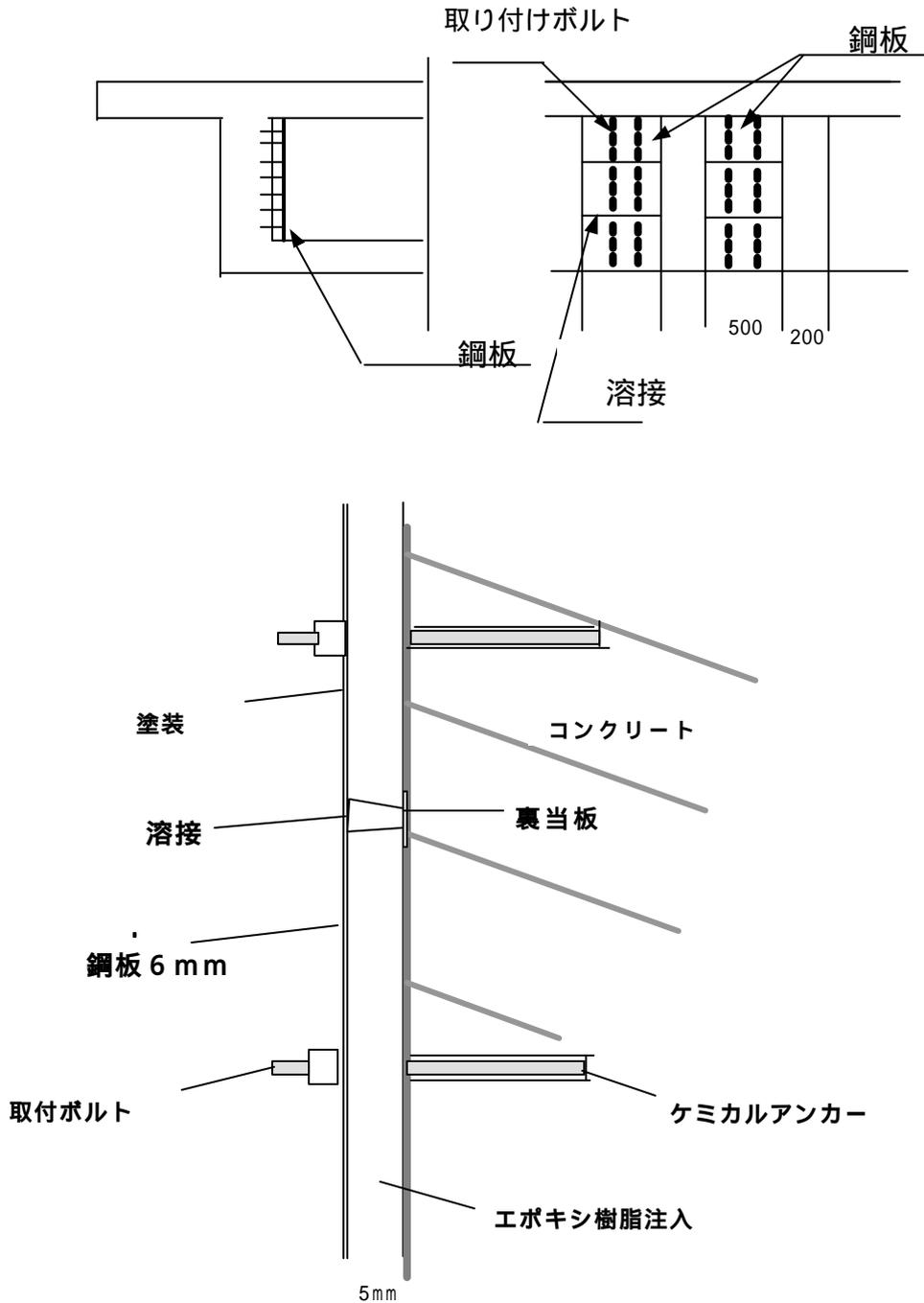


図 4.1.10 鋼板接着要領

鋼板接着施工手順図

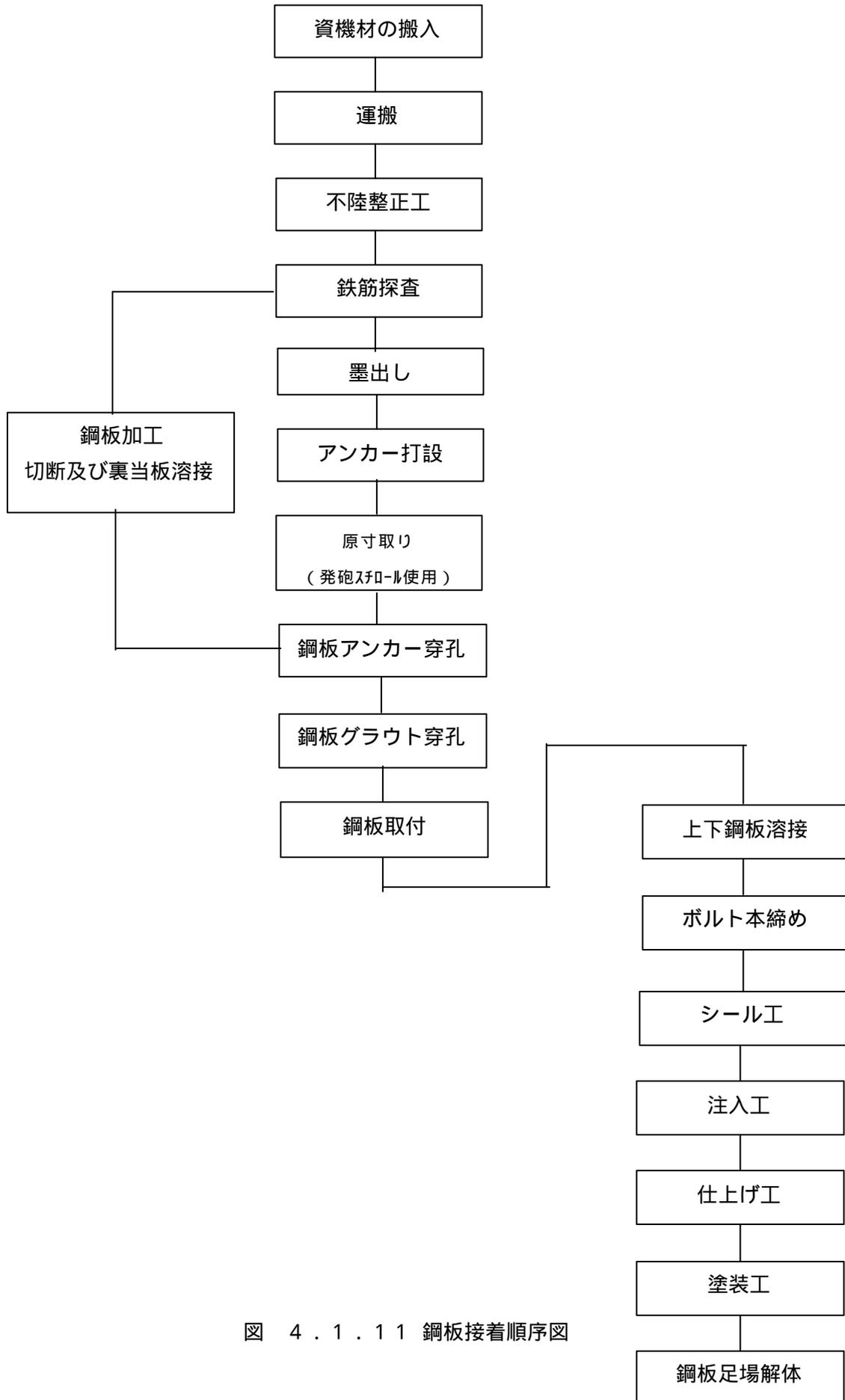


図 4.1.1.1 鋼板接着順序図

施工方法

不陸整正工

鋼板取付に先立ち床板下面と鋼板の接着を強化すると共に、鋼板と床板との間隔を出来るだけ均一化するため、ケレン及び不陸整正を行う。

鉄筋探査

アンカー打設の障害となる鉄筋の位置を調査する。

鉄板加工

発砲スチロールの原寸を使用し、加工を行う。（アンカー、空気抜き）

アンカー打設

アンカー打設位置をマーキングし、削工した穴に樹脂系アンカーを設置する。

鋼板取付工

鋼板取付の際、鋼板と床板下面の隙間を確保する為、アンカー付近にスペーサーを設置する。添接板の取付は、補強鋼板と添接板の隙間を確保する為、ワッシャー等で締付ける。

シール工

シール材樹脂充填は鋼板下面を、フラットに仕上げる。

注人工

シール材を養生した後、床板と鋼板の隙間にエポキシ樹脂を注入する。
注入状態の良否の確認は、点検ハンマーにて行う。

仕上げ工

養生後、注入パイプ及びエア抜キパイプを切断後、サンダーにて仕上げる。

塗装工

塗装面を清掃後、気象条件に注意してハケ塗り。

4 - 1 - 5 資機材調達計画

1) 労務状況

「ケ」国では諸外国・機関からの経済援助が遅延し、更に近年の治安の悪化を嫌い一部外国資本も海外へ流出するなど経済活動が停滞している。このような経済事情のもと、労働市場においては労働力の供給過剰傾向にあり、非熟練工・熟練工及び建設技術者共比較的容易に確保できると思われる。建設技術者の内、エンジニア級の技術者は、ナイロビ大学とジョモケニヤッタ農工大学の2校からの卒業生である。卒業生の内、土木工事技術者は、毎年約90人程度である。「ケ」国では、非熟練工・熟練工とも労働力の供給過剰傾向にあり基本的に第3国労務者は必要としない。また、第3国労務者に対する労働許可証の受給も困難である。

2) 建設機械

建設機械には、政府機関保有の機械と民間企業の保有する機械がある。建設会社は一般的に自社で機械を保有して工事を行っている。建設機械のリースは民間企業間で行われる。

スベアパ-ツについては「ケ」国内での調達は困難であり、工期及び工程を勘案して必要数量を事前に第3国より調達するなどの考慮が必要である。

a) 政府機関保有の建設機械、プラント

「ケ」国の政府機関が保有している建設機械は表 4.1.4 に示すとおりである。一般の建設業者がリースすることはできない。例外として担当官庁の工事についてはリースすることが出来る場合があるが、原則としては民間建設業者がリース使用することはできない。

表 4.1.4 政府機関保有の建設機械

機械名	型式・仕様・能力	台数
BULL DOZER	D6	10
	D7	7
	D8	2
MOTOR GRADER	3.1M	20
	3.7M	10
WHEEL LOADER	1.5M3	10
DUMP TRUCK	5-10 TON	30

*台数・保有機械には、若干の違いはある。

b) 国内で調達可能な建設機械、プラント

「ケ」国内では、一般的な建設機械は、ほぼ調達可能ではあるが、台数に制限が有り、また稼働率も非常に悪い。施工期間中に時間的余裕のない工事に関しては、国外より機械を持

ち込み、また交換部品も十分に調達して行う必要がある。

「ケ」国にて調達可能な建設機械は表 4.1.5 のとおりである。

表 - 4.1.5 国内調達可能な建設機械リスト

機械名	型式・仕様・能力	各社保有台数			
		CRESCENT	ASSOCIATED	BAINS	SPENCON
BACK HOE	0.5M ³	1	1	2	6
BACK WHEELED	1.0M ³		1	1	10
BULL DOZER	D5		1		
	D6	1	2	1	6
	D7		1	1(D9)	5
	D8	1	2	2	2
MOTOR GRADER	3.1M		4	2	5
	3.7M		1	2	2
WHEEL LOADER	1.5M ³		1	1	5
	1.5-2.5M ³		2	2	2
	>2.5M ³	1	2	1	2
TRAILER	40 TON	1	20		2
	50 TON				
COMPRESSOR	175 C.F.M		4		10
	175-350 C.F.M	1	1		16
DUMP TRUCK	5 TON			5	
	4-9 TON		10		32
	10-15 TON		10		
	16 TON	5	10	7	
CONC. MIXER CAR	3-6M ³	1	2		
VIBRATION ROLLER	5 TON	2	2	1	6(8 TON)
	12 TON		5	1	6(10 TON)
TYRE ROLLER	8-20 TON	2	4		6
MALADAM ROLLER	10 TON		2		10
ASPHALT PLANT	100 TON-200 TON/H	1	1		2
DISTRIBUTOR	2000	1			
	6000		1		4 (5000)
TRUCK CRANE	10 TON		1		2
CRAWLER CRANE	40 TON		1		
STONE CRUSHING PLANT	50 TON/H	2			2(10 T/HR)
GENERATOR	100 TON/H		1		
GENERATOR	50 KVA	1	2		
	60-100 KVA		1		6
	200 KVA				6

c) 外国資本業者の保有建機（ユーゴ、イスラエル、英国）

外国業社（ユーゴ、イスラエル、英国）の保有する主要機械を表 4.1.6 に示す(2000年1月現在)。ただし、ほとんどがプロジェクト単位に保有し、プロジェクト終了後は再輸出を条件とする機械で国外へ搬出する機械である。

表 4.1.6 外国建設業社の保有建設機械

	業社名	機械名	仕様 / 能力
1. ユーゴ企業	PUT SARAJEVO	バックホー コンクリートプラント ダンプトラック モーターグレーダー 振動ローラ - クローラクレーン マカダムローラー ブルドーザー ホイールローダー コンプレッサー 発電機 ダンプトラック コンクリートプラント アスファルトプラント	0.5M3/1.0M3 0.5M3/H 15/21TON 4.3m 30/60TON 10-20Ton 8-14Ton 30TON/35TON 2.1 M3 8-12M3/mini 75, 125, 175, 25 0KVA 10, 15Ton 50M3/Hr 80Ton/hr
2. イスラエル企業	ZAKHEM	ダンプトラック バックホー クローラクレーン ブルドーザー ホイールローダー モーターグレーダー 発電機 アスファルトフィニシャ アスファルトプラント	10.0, 16TON 0.5, 1.0M3 40, 80TON 25, 35TON 1.5, 2.5M3 3.7M 100KVA/50KVA 3.0m - 4.0m 120Ton/H
3. 英国企業	MOWLEM	バックホー 発電機 コンプレッサー コンクリート運搬車	0.6M3/ 50, 125KVA 6.0m3 12M3/mini 6.0M3

d) 「ケ」国外で調達を計画しなければならない建設機械

建設用特殊機械の調達は、国内での調達は困難であり、工事を円滑に遂行する為に国外より建設機械の調達が必要である。表 - 4.1.7 に「ケ」国外より搬入しなければならない機械を示す。

表 - 4 . 1 . 7 輸入必要機械

建設機械名	仕様 / 能力
グラウトミキサー & ポンプ ウォータージェット 緊張ジャッキ & ポンプ	1 m ³ max2,000Kgf/cm ² 200Tonクラス

e) 建設機械の維持管理

建設機械の維持管理は非常に重要であり、工事の成否に関わる大きな要因の一つである。燃料・油脂の原料は「ケ」国では全て輸入しているが、燃料自体は需要に対して供給は十分にある。油脂は機械によって、特殊油脂を使用する場合があるため、機械を選定した時点であらかじめ輸入する計画が必要である。機械部品に関しては、契約した地元業者所有の機械、または他国からの持ち込みリースで長期間自社にて管理使用する機械であっても、事前に機種を確認してからサイトに確保しておく必要がある。

3) 建設資材

建設資材、特に橋梁建設に必要な資材はあらかじめ「ケ」国にて調達出来るもの、輸入せざるを得ないものを確認しておく必要がある。

a) セメント

主要な「ケ」国産のセメント工場はバンブリセメント（モンバサ）とEAPC（ナイロビ）の2社である。いずれもBS及びKS基準に準じたセメントを生産することが可能であり、品質にも信頼がおける。

b) コンクリート

コースト州においてレディーミクストコンクリートを生産し、供給できる会社はない。施工にあたってはコンクリートプラントを第3国より調達することも検討しなければならない。

c) アスファルト合材

アスファルト合材を生産し供給できる企業は、表 - 4 . 1 . 8 に示す。いずれも今回の建設サイトまでの距離は20Km以内であり、供給に関し問題はない。

表 - 4 . 1 . 8 アスファルト生産会社と生産能力

アスファルト生産会社名と生産能力	プラント所在地
Crescent Construction Co., Ltd. 20 Ton /h & 16 Ton /h	Militini
S.S.Metha Construction Co., Ltd. 50ton/h & 40 Ton /h(Mobile)	Kokotni (Near Mazeras)

d) 鋼材 (鉄筋、鋼材)

鉄筋は「ケ」国内で生産可能であり、モンバサではKUSCO社がBS449基準による長さ12m、直径8～32mmの鉄筋を生産し、品質証明書の取得も可能である。

しかしながら、特殊鋼材、大型鋼材は国内にて入手が不可能であり、橋梁建設にて使用するPC鋼材、山留め材及び鋼矢板は第3国からの輸入する必要がある。

e) コンクリート骨材及び道路用盛り土材、路盤材

コンクリート骨材は、「ケ」国にて調達可能である。今回の建設サイトから80kmの圏内にKD社、KV社、ジャリブニ社の3社が骨材採取場を保有しており、量及び品質共に問題ない。

f) 舗装材料 (れき青材)

Eres Co.Ltd. Special Bitumens Ltd. Shell等の各社が生産供給しており、量及び品質共に問題ない。建設サイトへの輸送手段も各社保有しており、バルク車及びドラム缶での供給が可能である。

g) 木材

「ケ」国にて、ほぼ全ての木材の入手が可能である。型枠用合板12mm及び15mm厚の入手は容易であり、材質も比較的良質で橋梁建設には十分使用可能である。しかしながら、耐水性塗料された型枠材は「ケ」国内では調達出来ず第3国から輸入する必要がある。

h) その他建設資材

コンクリートブロック、PVCパイプ等は国内にて十分な供給量があるが、その他、特に橋梁建設に必要なPC鋼材等の特殊資材は全て輸入する必要がある。表 - 4 . 1 . 9 に主要建設資材の調達先を示す。

表 - 4 . 1 . 9 主要建設資材調達先

建設資材名	現地調達	日本調達	第三国調達	備 考
セメント	*			
コンクリート混和材		*	*	
鉄筋	*		*	
構造用鋼材		*	*	
PC 鋼線、PC 鋼棒		*	*	
れき青材料	*			
砕石、砂	*			
一般木材	*			
型枠（合板）	*		*	
支保工・足場材	*		*	
伸縮継ぎ手（ゴム系）		*		
支承（ゴム系）		*		
コンクリートパイプ		*	*	

4) 現地建設業者

a) 現地業者（政府系、民間）

橋梁建設工事に携わる業者は、民間企業に測量・調査会社、設計会社、施工会社等の業者がある。下記に記載した企業は、公共事業省（MORPW）に登録された優良企業である。

) 建設会社

.民間企業

- (1) Associated Construction Co., Ltd.
(Elgon Road, Nairobi)
- (2) Tm-Am Construction Co., Ltd.
(Enterprise Road, Nairobi)
- (3) Spencon Construction Co., Ltd.
(Mpaka Road, Nairobi)
- (4) Crescent Construction Co., Ltd.
(Militni, Mombasa)
- (5) S.S.Metha Construction Co.,Ltd.
(Haile Selassie Road, Mombasa)

) コンサルタント会社

・ 国営企業

(1) MOPWH

(Ngong Road, Nairobi)

・ 民間企業

(1) H. P. Gauff

(Church Road, Nairobi)

(2) Otieno Odongo & Partners

(Ngong Road, Nairobi)

(3) Howard Humphreys

(Waiyaki Way, Nairobi)

b) 「ケ」国の外国建設会社

現在、「ケ」国において活動している外国の建設業社を表 4.1.10 に示す。

表 - 4.1.10 外国の建設業社

建設業社名	住 所
Skanska International Civil Engineering (スウェーデン)	Baba Dogo Road, Nairobi
Strabag A-G Lima Ltd. (ドイツ)	Kasarani Road, Nairobi
Stiring Civil Engineering (イタリア)	Ngong Road, Nairobi

4 - 1 - 6 実施工程

本計画は交換公文 (Exchange of Note) 締結後、次に示すプロセスで実施される。

1) 実施設計

コンサルタント契約後、実施設計を行い、設計図書、入札図書などを作成する。

2) 入札・建設業者契約

工事契約「ケ」国政府と日本の建設業者との間の契約、すなわち直接方式である。日本の建設業者の選定方式は日本の業者を対象にした一般競争入札を原則としている。

事前に審査項目を JICA と協議し、承認を受けた後に日本の建設業者の事前資格審査を行う。事前資格審査は、「ケ」国政府の実施機関から委任を受けてコンサルタントが行う。

事前資格審査に合格した業者が入札書類の提出を求められる。開札はコンサルタント、「ケ」国政府職員、入札参加者が出席し、JICA担当者の立ち会いで行う。入札審査および落札業者の決定後、工事契約となる。

「ケ」国政府は、工事契約の締結と平行して日本の外国為替公認銀行との間で銀行取り決め早急に締結する。銀行取り決めは、援助資金を日本国政府から受け入れ、かつ契約業者の前払金の受け取り、輸出承認を通産省より取得するための申請書に必要な支払い授權書（A/P）を「ケ」国政府が発給する根拠となるものであり、契約締結と同時に工事実施に入るために必要なものである。

次に契約の認証が必要である。契約の認証とはこれまでに書かれた契約が、当該無償資金協力の援助（贈与）の対象としての的確であることを日本政府が確認することであり、契約発効の条件である。

3) 建設工事

工事は準備工から始まり、材料運搬、ひびわれ補修工、橋梁主桁補強工、橋梁付属物補修工および舗装工からなる。「ケ」国の現地付近は3月から6月の大雨期と10月から12月または1月までの小雨期であるため、この間の補修工事は限定される。

本計画の実施工程を表 4.1.11 に示す。本計画の実施は単年度扱いとなり、設計・建設を行う計画とする。設計期間は3ヶ月、工事期間は14ヶ月と見込まれる。

表 4.1.11 実施工程

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14				
実施設計	□ (現地調査)			■ (国内作業)														
				■ (現地確認)														
新ニヤリ橋			■ (準備工)							■ (橋台・橋脚補修工)						■ (上部工補修工)		
									■ (付属物補修工)									
												■ (舗装工)						
													■ (片付工)					
新ムトワバ橋										■ (橋台・橋脚補修工)						■ (上部工補修工)		
										■ (付属物補修工)								
												■ (舗装工)						
												■ (片付工)						

4 - 1 - 7 相手国側負担事項

本計画の実施にあたって「ケ」国側の負担区分は以下のとおりである。

計画の実施に必要な作業ヤード用地等（国有地）の確保
プロジェクトの実施に必要な許認可の取得

なお、日本の銀行での口座開設費用等一般的な事項を除き、特に「ケ」国側負担金額は発生しない。

4 - 2 概算事業費

4 - 2 - 1 概算事業費

本計画を日本の無償資金協力により実施する場合に必要な事業費総額は、約5.7億円となり、先に述べた日本と「ケ」国との負担区分に基づく双方の経費内訳は、下記に示す積算条件によれば、次の通り見積もられる。

1) 日本側負担経費

(億円)

事業費区分	合計
(1) 建設費	5.0
ア. 直接工事費	(3.5)
イ. 現場経費	(1.2)
ウ. 共通仮設費等	(0.3)
(2) 機材費	-
(3) 設計・監理費	0.7
合計(億円)	5.7

2) 「ケ」国負担経費

・工事用道路/作業ヤード用地の確保(国有地)

3) 積算条件

積算時点 平成12年3月(本基本設計の現地調査は、平成12年1月23日から3月7日の間に実施された。)

為替交換レート 1US\$ = 106.99円
1US\$ = 73.88ケニアシリング(平成12年2月より過去6

ケ月間の平均レート、東京三菱銀行のTTSレートによる)
1ケニアシリング = 1.448円

施工期間	単年度による工事とし、実施設計、工事期間は、施工工程に示したとおり。
その他	本計画は、日本国政府の無償資金協力の制度に従い、実施されるものとする。

4 - 2 - 2 維持・管理計画

本計画完了後、補修・補強された橋梁の維持管理は「ケ」国政府が担当することになる。

1) 維持管理方法

「ケ」国の限られた予算を有効に活用するために、損傷の早期発見、早期対処を目標とした日常及び定期点検を主体とした維持管理方法を採用し、橋梁本体や橋梁付属物、等の重大な損傷を未然に防ぐこととする。

日常点検

1回 / 月程度の間隔で対象路線に点検車両を走らせ、主桁内部点検を含めた橋梁本体および橋梁付属物の外観目視による点検を実施し、状況を記録用紙に記録し、エンジニアに報告する。人員配置は、1車両当たり点検者、記録者、運転手の3名体制とする。

定期点検

雨期の降雨時期など、ゴミ等による排水枡や配水管の詰まりが多くなる。このため、本計画で実施される補修箇所についても定期的に点検確認を行うものとする。点検者はエンジニアが行うものとし、損傷の有無に関わらず点検状況を所属長に報告するものとする。損傷状況により補修計画を立案する。

これらの点検をもとに、エンジニアおよびその所属長が補修の必要性を判断し、必要な場合は早急に補修を行い損傷の悪化を防ぐ。

損傷の種類による各補修・補強工法の選定表を表 4 . 2 . 1 に示す。

表 4.2.1 補修・補強対策工法

損 傷		対 策 工 法													
		補修工法							補強工法						
種 類	原 因	表面 処理工 法	樹脂 注入工 法	充填 工法	モルタル 吹付工 法	F R P 接着工 法	コンクリ ート部 分打換 工法	中性化 防食工 法	塩化 防食工 法	コンクリ ート打 足し工 法	鋼板 接着工 法	プレ ストレ ス導 入工 法	重 ね部 材工 法	桁 増設 工法	柱 増設 工法
ひび割れ	鉄筋量不足、定着長不足	×	×	×		×	×	×	×						
	プレストレス不足	×	×	×	×	×	×	×	×						
	コンクリートの品質不良、強度不足	×	×	×	×	×	×	×	×						
	施工不良(締固め、養生等の不良)	×	×	×	×	×	×	×	×						
	交通量の増大、過大な軸荷重	×	×	×		×	×	×	×						
	車輪接触等	×		×	×	×	×	×	×	×		×	×	×	×
不明															
遊離石灰 漏 水	鉄筋量不足、定着長不足	×	×	×		×	×	×	×						
	プレストレス不足	×	×	×	×	×	×	×	×						
	コンクリートの品質不良、強度不足	×	×	×	×	×	×	×	×						
	施工不良(締固め、養生等の不良)	×	×	×	×	×	×	×	×						
	交通量の増大、過大な軸荷重	×	×	×		×	×	×	×						
	車輪接触等	×		×	×	×	×	×	×	×		×	×	×	×
不明															
豆板空洞	施工不良(締固め、養生等の不良)		×			×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
	かぶり厚の不足		×	×			×	×	×		×	×	×	×	×
剥離、鉄筋 PC鋼材の 露出・腐食	ひび割れの発達						×								
	コンクリートの品質不良、強度不足	×	×	×	×	×	×	×	×						
	中性化、凍害、塩害等						×						×	×	×
	不明														
異常たわみ	剛性不足	×	×	×	×	×	×	×	×						
	死荷重の増加(オーバーレイ、添加物等)	×	×	×	×	×	×	×	×						
	PC鋼材の疲労	×	×	×	×	×	×	×	×						
不明	×	×	×	×	×	×	×	×							

: 多くの実績があり、効果が確実であると考えられる工法
 : 効果があると考えられる工法
 : 実績があるが、採用にあたっては検討が必要な工法
 × : 効果がないと考えられる工法

2) 維持管理費と運営費

本計画完了後10年間に予想される維持管理業務の内容及び費用は、表-4.2.2のとおりである。

表-4.2.2 維持管理業務の内容と費用

期 間	業 務 内 容	費 用 (1000千セリング)
毎年	排水桝・排水管の清掃	271
	沓回りの清掃	110
	小 計	381
5年毎	橋体の補修	998
	伸縮装置の補修	101
	高欄の補修	858
	小 計	1,957
10年間の費用		7,724

1年間に必要な費用は以下のように見積もられる。

7,724千セリング /10年 772千セリング /年

この金額のコースト州の4橋維持管理費(4,000千セリング/年)に占める割合は約19%である。よって、「ケ」国側により負担可能と判断される。

第5章 プロジェクトの評価と提言

第5章 プロジェクトの評価と提言

5-1 妥当性に係る実証・裨益効果

本プロジェクト対象橋梁が位置する国道B8号線は、東アフリカ最大の貿易港をもつ「ケ」国第2の都市モンバサから、主要都市のマリンディへ通じる道路である。さらに、「ケ」国最大の観光開発、北部タナ河の農業開発を含めすべての開発計画が国道B8号線の安定を前提に成り立っている。

本計画は、重要路線である国道B8号線の主要箇所位置し、コンクリート劣化等による損傷により、早急に補修が必要な新ニヤリ橋および新ムトワパ橋の補修をすることにより、落橋等による物的、人的被害と、これによる交通遮断が引き起こす地域社会活動および行政機能の停滞を回避することを目標とする。

本計画の効果を列挙すると下表のようになる。

現状と問題点	本計画での対策	計画の効果・改善程度
対象橋梁は、コンクリートの劣化等により、早急に補修・補強が必要な状態にある。	コンクリートのひびわれについては、表面処理工法および注入工法にて補修する。ムトワパ橋主桁に生じているひびわれについては、せん断力による影響が大であるため外ケーブル併用鋼板接着工法にて補強する。	両橋を通行する1日約38,000台の車両および地域住民約50万人の安全でかつ円滑な交通が確保されると共に、コース地域(約200万人)の経済発展へ寄与する。また、現段階で損傷箇所を補修することによって、将来生じうる更に大きな損傷を予防することができる。
現在「ケ」国では、大規模な橋梁補修は技術的に不可能である。	本計画実施過程において、補修・補強の実作業を通じ、セミナー、現場見学会等を開催する。	「ケ」国の橋梁技術者に対し技術移転が行える。

裨益人口は橋梁が位置するモンバサ県のみでも約50万人、コースト州では約200万人に達する。

さらに本計画対象橋梁に対する「ケ」国の維持管理ための予算処置、および担当部署の技術力・運営能力を検討した結果、無償資金協力による実施が妥当であると判断できる。

5-2 技術協力・他ドナーとの連携

本計画と関連した技術協力、他のドナーによるプロジェクトは、現在、計画されていない。

5-3 課題

前述したように、本計画実施により多大な効果が期待されると同時に、本計画が広く住民のBHNの向上に寄与するものであることから、本計画を無償資金協力で実施することの妥当性が確認される。

現在、本計画対象橋梁について、「ケ」国政府によりその維持管理予算は確保されているが、1998年のエルニーニョによる災害時にはその被害緊急対策費として本計画橋梁の予算が使われたことがあるため、十分な維持管理体制の更なる向上や適切な予算枠の確保と消化の課題がある。

資料編

1. 調査団員氏名・所属	A-1
2. 調査日程表	
2-1 基本設計調査	A-2
2-2 基本設計概要書（DFR）説明	A-3
3. 相手国関係者リスト	A-4
4. ケニア国の社会・経済事情	A-5
5. 参考資料リスト	A-7

資料 1 調査団員氏名、所属

ケニア共和国

新ニヤリ橋・新ムトワパ橋改修計画基本設計調査

1-1 本格調査時

氏名	担当	所属
1 岩井淳武	総括	国際協力事業団 無償資金協力部
2 徳永剛平	技術参与	本州四国連絡橋公団 第三管理局
3 今野啓悟	業務主任 / 改修計画	(株)オリエンタルコンサルタンツ
4 久保谷伸博	橋梁設計 (改修設計)	(株)オリエンタルコンサルタンツ
5 研谷明義 *	橋梁設計 (破損調査)	(株)オリエンタルコンサルタンツ
6 小島次郎	施工計画 / 積算	(株)オリエンタルコンサルタンツ

* : (株)広建コンサルタンツより補強

1-2 基本設計概要説明時

氏名	担当	所属
1 中村 明	総括	国際協力事業団 無償資金協力部
2 今野啓悟	業務主任 / 改修計画	(株)オリエンタルコンサルタンツ
3 久保谷伸博	橋梁設計 (改修計画)	(株)オリエンタルコンサルタンツ

資料 2-1 ケニア国新ニヤリ橋ムトワバ橋改修計画 基本設計調査現地調査行程

日 順	官団員			コンサルタント団員			備考
	徳永	岩井	今野	久保谷	研谷	小島	
1	23	日	12:40 成田 (BA008) 16:35 ロンドンヒースル、 22:25 ロンドンガトワック (BA2069)				
2	24	月	10:00 ナイロビ 13:30 EOJ 14:30 JICA事務所 15:30 MORPW 各表敬訪問			12:40 成田 (BA008) 16:35 ロンドン 22:25 ロンドン G (BA2070)	
3	25	火	IC/R説明・協議、ミツ協議、C/P要請、関係省庁挨拶			10:01 ナイロビ	
4	26	水	ミツ協議			9:00 ナイロビ (KQ604) 10:01 エンバサ	
5	27	木	10:30 ナイロビ (KQ490) 11:30 エンバサ、 州事務所表敬訪問、新ニヤリ橋調査			新ニヤリ橋調査	
6	28	金	新ムトワバ橋調査、国道8号線視察、キリハ橋視察			新ムトワバ橋調査	
7	29	土	資料整理			調達関連調査	
8	30	日	15:00 エンバサ (KQ609) 16:00 ナイロビ、資料整理			12:40 成田 (BA008) 16:35 ロンドン、22:25 ロンドン G (BA2069)	現地調査準備
9	31	月	ミツ協議			10:00 ナイロビ	新ムトワバ橋外観調査
10	2月 1	火	ミツ協議			9:00 ナイロビ (KQ604) 10:00 エンバサ	新ムトワバ橋外観調査
11	2	水	ミツ協議、ミツ調印			新ムトワバ橋強度試験 (ジャシトハス-試験)	新ムトワバ橋外観調査
12	3	木	EOJ、JICA報告 23:00 ナイロビ (BA2068)	EOJ、JICA 報告		新ムトワバ橋外観調査	新ムトワバ橋外観調査
13	4	金	04:55 ロンドン、 12:00 ロンドン (BA005)	資料収集		新ニヤリ橋外観検査	新ニヤリ橋外観検査
14	5	土	08:40 成田	9:00 ナイロビ (KQ604)	10:00 エンバサムトワバ移動	新ニヤリ橋強度試験 (ジャシトハス-試験)	新ニヤリ橋外観検査
15	6	日	団内協議				
16	7	月	振動実橋実験準備			新ニヤリ外観検査	新ニヤリ外観検査
17	8	火	振動実橋実験			新ニヤリ外観検査	新ニヤリ橋周辺 公共施設調査
18	9	水	振動実橋実験			新ムトワバ橋外観調査	新ムトワバ橋周辺 公共施設調査
19	10	木	新ニヤリ橋配筋調査 コンクリート採取 中性化試験	新ニヤリ外観検査		新ニヤリ外観検査	新ニヤリ外観検査
20	11	金	新ニヤリ橋配筋調査 コンクリート採取 中性化試験	新ニヤリ外観検査		新ニヤリ外観検査	新ニヤリ外観検査
21	12	土	新ニヤリ橋配筋調査 コンクリート採取 中性化試験	新ニヤリ外観検査		新ニヤリ外観検査	新ニヤリ外観検査
22	13	日	団内協議				
23	14	月	新ムトワバ橋配筋調査 コンクリート採取・中性化試験		新ムトワバ橋外観調査	新ニヤリ外観検査	交通量調査4
24	15	火	新ムトワバ橋配筋調査 コンクリート採取・中性化試験		新ムトワバ橋外観調査	新ニヤリ外観検査	交通量調査5
25	16	水	新ムトワバ橋外観調査		新ムトワバ橋外観調査	新ニヤリ外観検査	交通量調査6
26	17	木	関係者ヒアリング		新ムトワバ橋外観調査	新ムトワバ橋外観調査	交通量調査7
27	18	金	関係者ヒアリング		交通量調査集計・整理	新ムトワバ橋外観調査	
28	19	土	損傷調査レビュー				
29	20	日	15:00 エンバサ (KQ609) 16:00 ナイロビ、資料整理			調査資料収集整理	15:00 エンバサ (KQ609) 16:00 ナイロビ
30	21	月	MORPWへの経過説明 関係者ヒアリング			自然条件・環境調査	MORPWへの経過説明 資料整理
31	22	火	9:00 ナイロビ (KQ604) 10:00 エンバサ、資料整理			自然条件・環境調査	9:00 ナイロビ (KQ604) 10:00 エンバサ、 資料整理
32	23	水	設計資料整理			国道維持管理 状況調査	資材・サイト 調達関連調査
33	24	木	関係者ヒアリング	設計資料整理	調査資料収集整理	関係者ヒアリング	
34	25	金	関係者ヒアリング	設計資料整理	調査資料収集整理	関係者ヒアリング	
35	26	土	国道維持管理 状況調査レビュー	設計資料整理	調査資料収集整理	資材・サイト 調達関連調査	
36	27	日	団内協議				
37	28	月	15:00 エンバサ (KQ609) 16:00 ナイロビ				
38	29	火	MORPW、JICAへの経過説明				
39	3月 1	水	関係者ヒアリング・コンクリート強度試験			23:00 ナイロビ (BA2068)	
40	2	木	関係者ヒアリング			04:55 ロンドン、 14:10 ロンドン (BA007)	
41	3	金	関係者ヒアリング			11:00 成田	
42	4	土	MORPWへの経過説明				
43	5	日	23:00 ナイロビ (BA2068)				
44	6	月	04:55 ロンドン、 14:10 ロンドン (BA007)				
45	7	火	11:00 成田				

資料 2-2 ケニア国新ニヤリ橋ムトワパ橋改修計画 基本設計概要説明調査行程

日 順				官団員		コンサルタント団員		備考
				中村		今野	久保谷	
1	5月	21	日	13:05 成田 (BA008) 17:35 ロンドンヒース、 22:15 ロンドンガトウィック (BA2069)				
2		22	月	8:40 ナイロビ 14:00 JICA事務所、15:00 日本大使館表敬訪問				
3		23	火	9:00 MORPW表敬訪問、設計概要書説明 協議				
4		24	水	9:00 MORPWにて設計概要書説明 協議、ミニッツ協議 17:00ナイロビ(KQ612) 18:00モンバサ				
5		25	木	8:00 コースト州局長表敬訪問、9:00 州事務所表敬訪問、 9:30 新ニヤリ橋調査、11:30 新ムトワパ橋調査、 15:00 設計概要書説明 協議				
6		26	金	国道B8号線視察、キリヤ橋視察、サハキ橋視察				
7		27	土	13:00モンバサ(KQ609) 14:00ナイロビ 資料整理				
8		28	日	資料整理				
9		29	月	9:00 MORPW ミニッツ協議				
10		30	火	10:00 ミニッツ調印、 11:00 JICA事務所、14:00 日本大使館報告、15:30 JBIC 挨拶、 22:25ナイロビ (BA2068)				
11		31	水	05:15 ロンドン、 15:45 ロンドン(BA007)				
12	6月	1	木	11:30 成田				

資料 3 相手国関係者リスト

Ministry of Roads and Public Works

- | | |
|---------------------------|--|
| 1. Eng. E.K. Mwongera | Permanent Secretary |
| 2. Eng. J.H.G. Wambura | Engineer in Chief |
| 3. Eng. M.O. Kidenda | Chief Engineer Roads |
| 4. Eng. M.O.A. Bajaber | Chief Superintending Engineer (Bridge) |
| 5. Eng. P. Wakori | Chief Superintending Engineer (Planning) |
| 6. Eng. J.N. Nkadayo | Chief Superintending Engineer (T/A) |
| 7. Eng. H. Kiragu | Superintending Engineer (Bridge) |
| 8. Dr. Eng. F.N. Nyangaga | Senior Superintending Engineer (Bridge) |
| 9. Eng. D.W. Mugambi | Chief Engineer Material |
| 10. Eng. J.Z. Ruwa | Former Provincial Works officer Coast |
| 11. Eng. W. Nambafu | Present Provincial Works officer Coast |
| 12. Mr. M. Ontomwa | Provincial Roads Engineering Coast |
| 13. Mr. E. Kabue | Provincial Bridge Officer |

Ministry of Finance

- | | |
|---------------|-----------------|
| 1.C.T. Gituai | Deputy Director |
|---------------|-----------------|

在ケニア大使館

- | | |
|---------|-------|
| 1. 松宮洋介 | 二等書記官 |
|---------|-------|

在ケニア J I C A 事務所

- | | |
|-------------------|-----|
| 1. 橋本栄治 | 所長 |
| 2. 松本淳 | 副所長 |
| 3. 吉徳光男 | 所員 |
| 4. Mr. J.M. Sabai | 所員 |

在ケニア日本協力銀行

- | |
|----------|
| 1. 篠原 俊永 |
| 2. 澤井 克紀 |
| 3. 花澤 昭博 |

Gauff Ingenieure

- | | |
|-------------------|--|
| 1. Mr. J. Pfeffer | General Manager in Kenya |
| 2. Mr. B. Streit | Resident Engineer Rufji Bridge Project |

資料4 ケニア国の社会・経済事情

1998.10 1/2

国名	ケニア共和国
	Republic of Kenya

一般指標					
政体	共和制	*1	首都	ナイロビ	*1
元首	President Daniel T. arap MOI	*1	主要都市名	モバサ、キスム、ナクル	*1
独立年月日	1963年12月12日	*1	経済活動可人口	13,000千人 (1995年)	*4
人種(部族)構成	キコ族22%、ルハ族14%、ルア族13%、他	*1	義務教育年数	8年間 (1997年)	*5
			初等教育就学率	% (年)	*5
言語・公用語	スワヒリ語、英語	*1	初等教育終了率	% (年)	*6
宗教	カトリック28%、プロテスタント38%、地域信仰	*1	識字率	78.1% (1995年)	*7
国連加盟	1963年12月	*2	人口密度	49.50人/Km ² (1996年)	*1
世銀加盟	1964年02月	*3	人口増加率	2.3% (1996年)	*1
IMF加盟	1994年06月	*3	平均寿命	平均55.61 男55.53 女55.69	*1
面積	582.65千Km ²	*1	5歳児未満死亡率	90/1000 (1996年)	*7
人口	28,176,686千人(1996年)	*1	カロリー供給量	1,980.0 cal/日/人(1995年)	*7

経済指標					
通貨単位	ケニア・シリング	*1	貿易量	(1997年)	*8
為替(1US\$)	1US\$=59.71 (1998年04月)	*8	輸入	3,237.0百万ドル	*8
会計年度	7月~6月	*1	輸出	2,054.0百万ドル	*8
国家予算	(1994年)	*9	輸入カバー率	2.5月 (1996年)	*10
歳入	1,609.4百万ドル	*9	主要輸出品目	茶、コーヒー、石油製品 (1994年)	*1
歳出	2,028.9百万ドル	*9	主要輸入品目	機械、輸送機器、鉄鋼 (1994年)	*1
国際収支	296.60百万ドル(1996年)	*9	日本への輸出	24.0百万ドル(1997年)	*11
ODA受取額	606.00百万ドル(1996年)	*7	日本からの輸入	180.2百万ドル(1997年)	*11
国内総生産(GDP)	9,095.00百万ドル(1995年)	*4			
一人当たりGNP	280.0ドル (1995年)	*4	外貨準備総額	665.1百万ドル(1998年6月)	*8
GDP産業別構成	農業 29.0% (1995年)	*4	対外債務残高	840.0百万ドル(1996年)	*10
	鉱工業 17.0% (1995年)		対外債務返済率	27.5% (1996年)	*10
	サービス業 54.0% (1995年)		インフレ率	8.0% (1995年)	*7
産業別雇用	農業 80.0% (1990年)	*7			
	鉱工業 7.0% (1990年)				
	サービス業 13.0% (1990年)		国家開発計画		*12
経済成長率	1.4% (1995年)	*4			

気象(1961~1990年平均)		場所:Nairobi												(標高 1,820 m)	
月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	平均 / 計		
最高気温	25.0	26.0	25.0	24.0	22.0	21.0	21.0	21.0	24.0	24.0	23.0	23.0	23.3℃	*13	
最低気温	12.0	13.0	14.0	14.0	13.0	12.0	11.0	11.0	11.0	13.0	13.0	13.0	12.5℃	*13	
平均気温	19.3	20.1	20.5	20.2	19.1	17.7	16.9	17.2	18.5	19.7	19.3	19.1	19.0℃	*14	
降水量	38	64	125	211	158	46	15	23	31	53	109	86	959 mm	*13	
雨期乾期															

*1 CIA World Fact Book 1997-1998

*2 Member States of United Nations

*3 The World Bank Public Information Center, International Financial Statistics Yearbook 1998

*4 World Development Report 1997

*5 UNESCO Statistical Yearbook 1997

*6 Status and Trends 1997

*7 Human Development Report 1998

*8 International Financial Statistics August 1998

*9 International Financial Statistics Yearbook 1997

*10 Global Development Finance 1998

*11 世界の国一覽表 1998年版

*12 最新世界各国要覽 98年版

*13 The Times Book World Weather Guide, Update Edition

*14 理科年表, 国立天文台(1997)

国名	ケニア共和国
	Republic of Kenya

1998.10 2/2

*15

項目	年度	1993	1994	1995	1996
技術協力		2,892.93	3,087.67	3,256.28	3,461.48
無償資金協力		2,244.22	2,456.48	2,796.65	2,606.79
有償資金協力		3,939.97	4,352.21	3,878.11	3,025.02
総額		9,077.12	9,896.36	9,931.04	9,093.29

*15

項目	年度	1993	1994	1995	1996
技術協力		33.31	37.94	46.05	35.18
無償資金協力		23.75	40.15	47.72	40.94
有償資金協力		84.59	50.84	104.66	16.70
総額		141.65	128.93	198.43	92.82

*16

	贈与 (1)	有償資金協力 (2)	政府開発援助 (ODA) (1)+(2)=(3)	その他政府資金 及び 民間資金 (4)	経済協力総額 (3)-(4)
二国間援助 (主要供与国)	330.20	15.50	345.70		345.70
1. 日本	76.10	16.70	92.80		92.80
2. ドイツ	50.90	2.60	53.50		53.50
3. イギリス	45.10	-1.30	43.80		43.80
4. オランダ	48.90	-9.00	39.90		39.90
多国間援助 (主要援助機関)	69.70	193.30	263.00		263.00
1. IDA					
2. CEC					
その他	0.60	-3.30	-2.70		-2.70
合計	400.50	205.50	606.00		606.00

*17

技術	関係各省庁→経済企画省→大蔵省
無償	
協力隊	

*15 Japan's ODA Annual Report 1997

*16 Geographical Distribution of Financial Flows to Aid Recipients 1992-1996

*17 国別協力情報(JICA)

資料 5 参考資料リスト

No.	資料名	発行年	発行元	単位	数量	種別	装丁	規格	頁数	入手先	入手日付	返却日付	備考
開発計画 統計資料													
1	statistical abstract	1998	Ministry of finance and planning	冊	1		オリジナル	A4	334	MORPW	1/31/00		
2	economic survey	1999	Ministry of finance and planning	冊	1		オリジナル	A4	188	MORPW	1/31/00		
3	Estimates of Recurrent Expenditure 1999/2000	1999	Ministry of finance and planning	枚	50		コピー	A4	50	MORPW	1/31/00		
4	Development Estimates 1999/2000	1999	Ministry of finance and planning	枚	50		コピー	A4	50	MORPW	1/31/00		
5	Development Estimates 1998/1999	1998	Ministry of finance and planning	枚	50		コピー	A4	50	MORPW	1/31/00		
6	Letter of Sectoral Policy	1999	MORPW	冊	1		コピー	A4	14	MORPW	1/31/00		
7	Road 200.0 Maintenance Strategy	2001	Road Department	冊	1		コピー	A4	11	MORPW	1/31/00		
8	Rainfall Frequency Atlas		Ministry of Water Development	冊	1		コピー製本	A4	117	MORPW	1/31/00		
9	Tide Tables	2000	Kenya Port Authority	冊	1		オリジナル	手帳	50	MORPW	1/31/00		
技術仕様書類													
1													
地図類													
1	Road Map MR564		Road Department	枚	1		コピー	変形	1	MORPW			
2				枚	1		コピー	変形	1	MORPW			
図面類													
1	As built drawings of New Nyali Bridge		MORPW	枚			コピー	B1		MORPW	2/22/00		
2	As built drawings of New Mtwapa Bridge		MORPW	枚			コピー	B1		MORPW	2/22/00		
技術(建設、調査)資料類													
1	Final construction report(New Nyali Bridge)	1981	MOTC	冊	1		コピー	A4	84	MORPW	1/25/00	1/26/00	Appendices.28枚
2	Final construction report(New Mtwapa Bridge)	1981	MOTC	冊	1		コピー	A4	44	MORPW	1/25/00	1/26/00	Appendices.18枚
3	Nyali Bridge-Mombasa Inspection Report A	1992	JBSI/H.P.Gauff	冊	1		コピー	A4	26	MORPW	1/25/00	1/25/00	
4	Nyali Bridge-Mombasa Inspection Report B	1992	JBSI/H.P.Gauff	冊	1		コピー	A4	61	MORPW	1/25/00	1/25/00	
5	Mtwapa Bridge-Mombasa Inspection Report A	1992	JBSI/H.P.Gauff	冊	1		コピー	A4	17	MORPW	1/25/00	1/25/00	
6	Mtwapa Bridge-Mombasa Inspection Report B	1992	JBSI/H.P.Gauff	冊	1		コピー	A4	25	MORPW	1/25/00	1/25/00	
7	Follow-up Assistance on Three Constructed Bridges	1997	OECEC	冊	1		コピー	A4	55	MORPW	1/25/00	1/25/00	
8	Follow-up Assistance on Three Constructed Bridges : B (Inspection report)	1997	OECEC	冊	1		コピー	A4	64	MORPW	1/25/00	1/25/00	Recommendation を含む
9	Maximum Legal Axle Loads			枚	3		コピー	A4	3	MORPW	1/31/00	-	
10	Bridge Inspection report	1998	MOPWH	冊	1		コピー	A4	43	MORPW	1/31/00		
11	Letter of sectoral policy	1999	MORPW	冊	1		コピー	A4	14	MORPW	1/31/00		
12	Implementation of the Request & recommendation made to MORPW by JICA Mission 1998	1998	MORPW	部	1		コピー	A4	2	MORPW	2/2/00		
13	Data related to the Project	2000	MORPW	部	1		コピー	A4	1	MORPW	2/2/00		
14	New mtwapa Bridge Part 1 Statistical Analysis Vol.1	1978	MOW	部	1		コピー	A4	281	MORPW	2/22/00	2/29/00	
15	New mtwapa Bridge Part 1 Statistical Analysis Vol.2	1978	MOW	部	1		コピー	A4	296	MORPW	2/22/00	2/29/00	
16	New mtwapa Bridge Part 1 Statistical Analysis Vol.3	1978	MOW	部	1		コピー	A4	332	MORPW	2/22/00	2/29/00	
17	New mtwapa Bridge Part 1 Statistical Analysis Vol.4	1978	MOW	部	1		コピー	A4	1	MORPW	2/22/00	2/29/00	
18	New mtwapa Bridge 検討書	1979	住友建設	部	1		コピー	A4	89	MORPW	2/22/00	2/29/00	
19	New mtwapa Bridge Drawing		H.P. Gouff	部	1		コピー	A4	63	MORPW	2/22/00	2/29/00	
20	New Nyali Bridge Structural Analysis 6.1 Section A		H.P. Gouff	部	1		コピー	A4		MORPW	1/03/00	3/03/00	
21	New Nyali Bridge Structural Analysis 6.2 Section B		H.P. Gouff	部	1		コピー	A4		MORPW	1/03/00	3/03/00	
22	New Nyali Bridge Structural Analysis 6.3 Section C		H.P. Gouff	部	1		コピー	A4		MORPW	1/03/00	3/03/00	
23	New Nyali Bridge Structural Analysis 6.4 Section D		H.P. Gouff	部	1		コピー	A4		MORPW	1/03/00	3/03/00	
24	New Nyali Bridge Structural Analysis 6.5 Section E		H.P. Gouff	部	1		コピー	A4		MORPW	1/03/00	3/03/00	
25	New Nyali Bridge Structural Analysis 6.5Section E		H.P. Gouff	部	1		コピー	A4		MORPW	1/03/00	3/03/00	
26	New Nyali Bridge Structural Analysis 6.5Section E		H.P. Gouff	部	1		コピー	A4		MORPW	1/03/00	3/03/00	
27	New Nyali Bridge Structural Analysis 6.6 Section F.G.H		H.P. Gouff	部	1		コピー	A4		MORPW	1/03/00	3/03/00	
28	New Nyali Bridge Structural Analysis 6.7 Section I, K.L.M		H.P. Gouff	部	1		コピー	A4		MORPW	1/03/00	3/03/00	
29	New Nyali Bridge Structural Analysis 6.8Section M		H.P. Gouff	部	1		コピー	A4		MORPW	1/03/00	3/03/00	
30	New Nyali Bridge Structural Analysis 6.9Section M		H.P. Gouff	部	1		コピー	A4		MORPW	1/03/00	3/03/00	
31	New Nyali Bridge Structural Analysis 6.10Section M		H.P. Gouff	部	1		コピー	A4		MORPW	1/03/00	3/03/00	
32	New Nyali Bridge Structural Analysis 6.11Section O		H.P. Gouff	部	1		コピー	A4		MORPW	1/03/00	3/03/00	
33	Materials Report		H.P. Gouff	部	1		コピー	A4		MORPW	1/03/00	3/03/00	
34	Tender Document Part4		H.P. Gouff	部	1		コピー	A4		MORPW	1/03/00	3/03/00	
35	Foundation Report 5.1 Part5		H.P. Gouff	部	1		コピー	A4		MORPW	1/03/00	3/03/00	
36	Foundation Report 5.2, 5.3Part6		H.P. Gouff	部	1		コピー	A4		MORPW	1/03/00	3/03/00	
名簿類													
1	Organization Chart of Road Department		Road Department	枚	1		青焼き	A1		MORPW	1/03/00	3/03/00	
2													
その他													
1													
別添資料													
1													

現地調査結果資料

1. シュミットハンマー試験実施結果	B- 1
2. 圧縮強度試験実施結果	B- 5
3. 中性化試験実施結果	B-10
4. 鉄筋腐食度試験実施結果	B-40
5. 可溶性塩分測定結果	B-56
6. 振動試験結果	B-60

1. シュミットハンマー試験実施結果

新ニヤリ橋シュミットハンマーテスト 試験結果 (下部工・東側箱桁) その1

部位	場所	構造物力所	位置	Ro		R	R	C	Cz	fc	Remark
下部工	P3橋脚	P3	西側	54.4	0	0	54.4	523.2	329.6	32.3	
			モンバサ側	60.1	0	0	60.1	597.3	376.3	36.9	
			東側	54.9	0	0	54.9	529.7	333.7	32.7	
			マリンディ側	56.4	0	0	56.4	549.2	346.0	33.9	
下部工	P4 ,P5橋脚 (海中部)	P4	マリンディ側	58.8	0	0	58.8	580.4	365.7	35.9	
			モンバサ側	57.7	0	0	57.7	566.1	356.6	35.0	
		P5	マリンディ側	45.0	0	0	45.0	401.0	252.6	24.8	
			モンバサ側	51.1	0	0	51.1	480.3	302.6	29.7	
下部工	A1 ,A2橋台	A1	東側	52.8	0	0	52.8	502.4	316.5	31.0	
			マリンディ側	47.0	0	0	47.0	427.0	269.0	26.4	
			西側	47.0	0	0	47.0	427.0	269.0	26.4	
		A2	西側	48.9	0	0	48.9	451.7	284.6	27.9	
			モンバサ側	55.5	0	0	55.5	537.5	338.6	33.2	
			東側	47.8	0	0	47.8	437.4	275.6	27.0	
上部工	上部工東側箱桁 / マリンディ側径間端部	箱桁 / (NO.1)内	東側ウェブ	53.0	0	0	53.0	505.0	318.2	31.2	
			下床版	33.8	-90	2.9	36.7	293.1	184.7	18.1	
			西側ウェブ	52.7	0	0	52.7	501.1	315.7	31.0	
			マリンディ側横桁	43.8	0	0	43.8	385.4	242.8	23.8	
上部工	上部工東側箱桁 / P4橋脚支点上部箱桁	箱桁 / (NO.4)内	東側ウェブ	55.4	0	0	55.4	536.2	337.8	33.1	
			下床版	38.3	-90	2.8	41.1	350.3	220.7	21.6	
			西側ウェブ	49.8	0	0	49.8	463.4	291.9	28.6	
			マリンディ側横桁 (P4脚部)	52.8	0	0	52.8	502.4	316.5	31.0	
上部工	上部工東側箱桁 / 中央径間箱桁内	箱桁 / (NO.5)内	東側ウェブ	53.2	0	0	53.2	507.6	319.8	31.4	
			下床版	35.8	-90	2.9	38.7	319.1	201.0	19.7	
			西側ウェブ	50.2	0	0	50.2	468.6	295.2	28.9	
			モンバサ側横桁	55.4	0	0	55.4	536.2	337.8	33.1	
上部工	上部工東側箱桁 / 中央径間箱桁内	箱桁 / (NO.6)内	東側ウェブ	51.1	0	0	51.1	480.3	302.6	29.7	
			下床版	36.5	-90	2.8	39.3	326.9	205.9	20.2	
			西側ウェブ	45.7	0	0	45.7	410.1	258.4	25.3	
			マリンディ側横桁	53.2	0	0	53.2	507.6	319.8	31.4	
上部工	上部工東側箱桁 / P5橋脚支点上部箱桁	箱桁 / (NO.7)内	東側ウェブ	51.7	0	0	51.7	488.1	307.5	30.2	
			下床版	29.4	-90	3.1	32.5	238.5	150.3	14.7	
			西側ウェブ	46.3	0	0	46.3	417.9	263.3	25.8	
			モンバサ側横桁 (P5脚部)	52.4	0	0	52.4	497.2	313.2	30.7	
上部工	上部工東側箱桁 / モンバサ側径間端部	箱桁 / (NO.10)内	東側ウェブ	44.1	0	0	44.1	389.3	245.3	24.1	
			下床版	37.5	-90	2.8	40.3	339.9	214.1	21.0	
			西側ウェブ	45.0	0	0	45.0	401.0	252.6	24.8	
			モンバサ側横桁	50.0	0	0	50.0	466.0	293.6	28.8	
				Ro	= Average Rebound Value						
					= Impact Angle (deg.) 0 +90 -90						
				R	= Adjusting Value in						
				R	= Standard Value						
				C	= Copressive Strength at Present (Kg/cm ²) C = (-184 + 13 R)						
				CZ	= Copressive Strength after carcuration Age revision coefficient (Kg/cm ²) CZ = C × 0.63						
				fc	= Copressive Strength at Present (N/mm ²) fC = CZ × 9.8/100						
				Remark	= Designed strength						

新ニヤリ橋シュミットハンマーテスト 試験結果 (西側箱桁) その2

部位	場所	構造物力所	位置	Ro		R	R	C	Cz	fc	Remark	
上部工	上部工西側箱桁 / マリンディ側径間端部	箱桁 / (NO.1)内	東側ウエブ	46.9	0	0	46.9	425.7	268.2	26.3		
			下床版	33.4	-90	3.0	36.4	289.2	182.2	17.9		
			西側ウエブ	50.1	0	0	50.1	467.3	294.4	28.9		
			マリンディ側横桁	49.4	0	0	49.4	458.2	288.7	28.3		
上部工	上部工西側箱桁 / P4橋脚支点上部箱桁	箱桁 / (NO.4)内	東側ウエブ	53.6	0	0	53.6	512.8	323.1	31.7		
			下床版	37.4	-90	2.8	40.2	338.6	213.3	20.9		
			西側ウエブ	54.8	0	0	54.8	528.4	332.9	32.6		
			マリンディ側横桁 (P4脚部)	52.9	0	0	52.9	503.7	317.3	31.1		
上部工	上部工西側箱桁 / 中央径間箱桁内	箱桁 / (NO.5)内	東側ウエブ	51.3	0	0	51.3	482.9	304.2	29.8		
			下床版	23.8	-90	3.3	27.1	168.3	106.0	10.4		
			西側ウエブ	51.6	0	0	51.6	486.8	306.7	30.1		
			モンバサ側横桁	54.9	0	0	54.9	529.7	333.7	32.7		
上部工	上部工西側箱桁 / 中央径間箱桁内	箱桁 / (NO.6)内	東側ウエブ	45.8	0	0	45.8	411.4	259.2	25.4		
			下床版	35.9	-90	2.9	38.8	320.4	201.9	19.8		
			西側ウエブ	51.0	0	0	51.0	479.0	301.8	29.6		
			マリンディ側横桁	53.8	0	0	53.8	515.4	324.7	31.8		
上部工	上部工西側箱桁 / P5橋脚支点上部箱桁	箱桁 / (NO.7)内	東側ウエブ	53.1	0	0	53.1	506.3	319.0	31.3		
			下床版	35.7	-90	2.9	38.6	317.8	200.2	19.6		
			西側ウエブ	51.8	0	0	51.8	489.4	308.3	30.2		
			モンバサ側横桁 (P5脚部)	53.7	0	0	53.7	514.1	323.9	31.8		
上部工	上部工西側箱桁 / モンバサ側径間端部	箱桁 / (NO.10)内	東側ウエブ	51.0	0	0	51.0	479.0	301.8	29.6		
			下床版	35.2	-90	2.9	38.1	311.3	196.1	19.2		
			西側ウエブ	49.7	0	0	49.7	462.1	291.1	28.5		
			モンバサ側横桁	52.1	0	0	52.1	493.3	310.8	30.5		
				Ro	= Average Rebound Value							
					= Impact Angle (deg.) 0 +90 -90							
				R	= Adjusting Value in							
				R	= Standard Value							
				C	= Copressive Strength at Present (Kg/cm ²)							
					C = (-184 + 13 R)							
				CZ	= Copressive Strength after							
					carcuration Age revision coefficient (Kg/cm ²)							
					CZ = C × 0.63							
				fc	= Copressive Strength at Present (N/mm ²)							
					fC = CZ × 9.8/100							
				Remark	= Designed strength							

新ムトワパ橋シュミットハンマーテスト試験結果

部位	場所	構造物番号	位置	Ro		R	R	C	Cz	fc	Remark	
下部工	P1, P2橋脚	P1	マリンディ側	48.4	0	0	48.4	445.2	280.5	27.5		
			モンバサ側	52.1	0	0	52.1	493.3	310.8	30.5		
		P2	マリンディ側	57.9	0	0	57.9	568.7	358.3	35.1		
			モンバサ側	54.6	0	0	54.6	525.8	331.3	32.5		
下部工	A1, A2橋台	A1	西側	49.8	0	0	49.8	463.4	291.9	28.6		
			モンバサ向面側	49.5	0	0	49.5	459.5	289.5	28.4		
			東側	46.8	0	0	46.8	424.4	267.4	26.2		
		A2	西側	45.0	0	0	45.0	401.0	252.6	24.8		
			マリンディ向面側	41.8	0	0	41.8	359.4	226.4	22.2		
			東側	44.1	0	0	44.1	389.3	245.3	24.1		
上部工	マリンディ側 側径間端部	箱桁 / (NO.1)	東側ウェブ	55.6	0	0	55.6	538.8	339.4	33.3		
			下床版	45.1	-90	2.4	47.5	433.5	273.1	26.8		
			西側ウェブ	57.1	0	0	57.1	558.3	351.7	34.5		
			上床版	57.0	+90	-2.5	54.5	524.5	330.4	32.4		
上部工	マリンディ側 橋脚 P1支点 上部	箱桁 / (NO.4)	東側ウェブ	53.0	0	0	53.0	505.0	318.2	31.2		
			下床版	39.9	-90	2.7	42.6	369.8	233.0	22.8		
			西側ウェブ	51.4	0	0	51.4	484.2	305.0	29.9		
			マリンディ側横桁	49.2	0	0	49.2	455.6	287.0	28.1		
上部工	中央支間 マリンディ側	(NO. 7) 内	東側ウェブ	58.2	0	0	58.2	572.6	360.7	35.4		
			下床版	33.6	-90	3.0	36.6	291.8	183.8	18.0		
			西側ウェブ	56.5	0	0	56.5	550.5	346.8	34.0		
			上床版	59.6	+90	-2.3	57.3	560.9	353.4	34.7		
上部工	中央支間 モンバサ側	箱桁 / (NO. 7)	東側ウェブ	55.6	0	0	55.6	538.8	339.4	33.3		
			下床版	36.9	-90	2.8	39.7	332.1	209.2	20.5		
			西側ウェブ	55.2	0	0	55.2	533.6	336.2	33.0		
			上床版	58.3	+90	-2.4	55.9	542.7	341.9	33.5		
上部工	モンバサ側 橋脚 P2支点 部 上部	箱桁 / (NO.10) 内	東側ウェブ	55.2	0	0	55.2	533.6	336.2	33.0		
			下床版	36.7	-90	2.8	39.5	329.5	207.6	20.4		
			西側ウェブ	51.8	0	0	51.8	489.4	308.3	30.2		
			モンバサ側横桁	51.0	0	0	51.0	479.0	301.8	29.6		
上部工	モンバサ側 径間端部	箱桁 / (NO.13) 内	東側ウェブ	53.5	0	0	53.5	511.5	322.2	31.6		
			下床版	37	-90	2.8	39.8	333.4	210.0	20.6		
			西側ウェブ	55.4	0	0	55.4	536.2	337.8	33.1		
			上床版	55	+90	-2.7	52.3	495.9	312.4	30.6		
				Ro	= Average Rebound Value							
					= Impact Angle (deg.) 0 +90 -90							
				R	= Adjusting Value in							
				R	= Standard Value							
				C	= Copressive Strength at Present (Kg/cm ²)							
					C = (-184 + 13 R)							
				CZ	= Copressive Strength after							
					carcuration Age revision							
					coefficient (Kg/cm ²)							
					CZ = C × 0.63							
				fc	= Copressive Strength at Present (N/mm ²)							
					fC = CZ × 9.8/100							
				Remark	= Designed strength							

2. 圧縮強度試験実施結果

強度試験その1

1) 直径10cmテストピース採取箇所一覧表
No.1からNo.14まで下部工(No.15のみ上部工)

No.	橋梁名	記号	採取位置
1	新ムトワパ	A1-1	マリンデイレ側の アバット
2	新ムトワパ	A1-2	マリンデイレ側の アバット
3	新ムトワパ	P1-1	マリンデイレ側の ピア
4	新ムトワパ	P1-2	マリンデイレ側の ピア
5	新ムトワパ	P2-1	モンバサ側の ピア
6	新ムトワパ	P2-2	モンバサ側の ピア
7	新ムトワパ	A2-1	モンバサ側の アバット
8	新ムトワパ	A2-2	モンバサ側の アバット
9	新ニヤリ	A1-1	マリンデイレ側の アバット
10	新ニヤリ	A1-2	マリンデイレ側の アバット
11	新ニヤリ	P3-1	マリンデイレ側の ピア
12	新ニヤリ	P3-2	マリンデイレ側の ピア
13	新ニヤリ	A2-1	モンバサ側の アバット
14	新ニヤリ	A2-2	モンバサ側の アバット
15			

2) 直径5cmテストピース採取箇所一覧表
上部工のみ

No	橋梁名	記号	採取位置
1	新ムトワパ	SS-E1	上部工
2	新ムトワパ	SS-E2	マリンデイレ側の 側径間端部
3	新ムトワパ	SP-E1	マリンデイレ側の ピア上の箱桁
4	新ムトワパ	SP-E2	マリンデイレ側の ピア上の箱桁
5	新ムトワパ	CP-E1	中央径間の 中央部の箱桁
6	新ムトワパ	CP-E1	中央径間の 中央部の箱桁
7	新ニヤリ	SS-E1	モンバサ側の 側径間端部
8	新ニヤリ	SS-E2	モンバサ側の 側径間端部
9	新ニヤリ	SP-E1	モンバサ側の ピア上の箱桁
10	新ニヤリ	SP-E2	モンバサ側の ピア上の箱桁
11	新ニヤリ	CP-E1	中央径間の 中央部の箱桁
12	新ニヤリ	CP-E2	中央径間の 中央部の箱桁

圧縮強度および弾性係数試験結果(φ100)

橋梁名	新ムトワバ									
	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	平均値	
供試体No.	101.8	101.6	101.6	101.7	101.8	101.3	101.7	101.7		
直径d(mm)	94.4	125.7	95.7	98.5	116.2	98.8	93.5	112.9		
高さh(mm)	0.93	1.24	0.94	0.97	1.14	0.98	0.92	1.11		
h/d	1.73	2.282	1.776	1.830	2.212	1.866	1.700	2.049		
重量(kg)	587.4	532.7	450.5	447.1	356.3	485.5	446.3	340.7		
最大荷重(kN)	0.879	0.927	0.881	0.886	0.913	0.887	0.877	0.908		
補正係数	63.4	60.9	49.0	48.7	40.0	53.4	48.2	38.1	46.3	
1/3最大荷重(N/mm ²)	195.8	177.6	150.2	149.0	118.8	161.8	148.8	113.6		
上記の応力(N/mm ²)	24.06	21.90	18.52	18.35	14.59	20.08	18.31	13.98		
縦ひずみ50×E-6の荷重(kN)	16.70	13.70	21.28	6.18	7.26	17.85	5.10	11.87		
上記の応力(N/mm ²)	2.05	1.69	2.62	0.76	0.89	2.21	0.63	1.46		
1/3最大荷重の縦ひずみ	1.00E-03	9.71E-04	6.76E-04	9.08E-04	7.91E-04	6.68E-04	1.04E-03	7.12E-04		
弾性係数	2.20E+04	2.09E+04	2.54E+04	1.95E+04	1.74E+04	2.69E+04	1.71E+04	1.77E+04	1.87E+04	

注1) 補正係数は、 $h/d=1.00\sim 2.00$ の補正係数に関する2次の回帰式(1)を求め、

全ての範囲の h/d に関して回帰式を適用した。

$$\text{回帰式(1)} \quad \text{補正係数} C = 0.66857 + 0.27943 \times h/d - 0.057143 \times (h/d)^2$$

注2) ひずみゲージのゲージ長は30mmを基本とし、供試体高さが小さく貼り付けが困難な場合は、ゲージ長10mmとした。
 コンクリート標準示方書・規程編 (pp.443) によれば、ひずみ測定器具の検長は、粗骨材最大寸法の3倍かつ、
 供試体高さが1/2以下となっており、本試験はこの規程に沿っていないため、弾性係数の値は精度は劣り、
 経験値に譲ることも考慮する必要がある。

注3) 平均値は、 $h/d > 1.0$ の供試体に関して算出した。

橋梁名		新二ヤリ												
供試体No.	No. 9	No. 10	No. 11	No. 12	No. 13	No. 14	No. 15	平均値						
直径d (mm)	101.5	101.4	101.4	101	101.2	101.3	101.8							
高さh (mm)	148.9	172.3	122.9	176.3	88.8	150.1	103.1							
h/d	1.47	1.70	1.21	1.75	0.88	1.48	1.01							
重量(kg)	2.808	3.235	2.347	3.368	1.681	2.818	1.949							
最大荷重(kN)	441.2	409.1	410.5	356.5	529.4	416.1	504.7							
補正係数	0.956	0.978	0.923	0.982	0.870	0.957	0.893							
圧縮強度(N/mm ²)	52.1	49.6	46.9	43.7	57.2	49.4	55.4	49.5						
1/3最大荷重(kN)	147.1	136.4	136.8	118.8	176.5	138.7	168.2							
上記の応力(N/mm ²)	18.18	16.89	16.94	14.83	21.94	17.21	20.67							
縮ひすみ50×E-6の荷重(kN)	10.40	14.22	6.96	10.98	4.60	9.61	8.24							
上記の応力(N/mm ²)	1.29	1.76	0.86	1.37	0.57	1.19	1.01							
1/3最大荷重の縮ひすみ	6.71E-04	8.08E-04	7.72E-04	6.44E-04	8.10E-04	6.63E-04	9.80E-04							
弾性係数	2.54E+04	1.88E+04	2.10E+04	2.11E+04	2.65E+04	2.43E+04	2.18E+04							

圧縮強度および弾性係数試験結果(φ50)

橋梁名	新ムトワバ						新ニヤリ						
	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	平均値	No.7	No.8	No.9	No.10	No.11	No.12	平均値
供試体No.	49.9	49.9	50	49.7	49.8		49.8	49.9	49.9	49.7	49.9	49.8	
直径d (mm)	47.2	67.2	55.9	62.2	37.8		75.7	55.2	38.4	46	36.8	47	
高さh (mm)	0.95	1.35	1.12	1.25	0.76		1.52	1.11	0.77	0.93	0.74	0.94	
h/d	0.205	0.300	0.249	0.297	0.162		0.359	0.255	0.171	0.193	0.164	0.212	
最大荷重 (kN)	89.1	102.8	101.5	139.3	76.5		103.6	146.7	118.2	78.6	103.1	123	
補正係数	0.882	0.941	0.910	0.929	0.848		0.961	0.908	0.850	0.878	0.844	0.881	
圧縮強度 (N/mm ²)	40.2	49.5	47.0	66.7	33.3	54.4	51.1	68.1	51.4	35.6	44.5	55.7	59.6
1/3最大荷重 (kN)	29.7	34.3	33.8	46.4	25.5		34.5	48.9	39.4	26.2			
上記の応力 (N/mm ²)	15.19	17.52	17.23	23.93	13.09		17.73	25.00	20.15	13.51			
縦ひずみ50×E-6の荷重 (kN)	0.70	2.60	2.70	2.20	1.30		2.80	4.60	3.90	2.30			
上記の応力 (N/mm ²)	0.36	1.33	1.38	1.13	0.67		1.44	2.35	1.99	1.19			
1/3最大荷重の縦ひずみ	8.77E-04	7.93E-04	7.06E-04	9.56E-04	6.96E-04		6.81E-04	9.86E-04	4.93E-04	8.89E-04			
弾性係数 (N/mm ²)	1.70E+04	2.18E+04	2.26E+04	2.40E+04	1.80E+04	2.28E+04	2.41E+04	2.31E+04	3.72E+04	1.39E+04	計測不能	計測不能	2.36E+04

注1) 補正係数は、 $h/d=1.00\sim 2.00$ の補正係数に関する2次の回帰式(1)を求め、全ての範囲の h/d に関して回帰式を適用した。
 回帰式(1) 補正係数 $C=0.66857+0.27943\times h/d-0.057143\times (h/d)^2$

注2) ひずみゲージのゲージ長は30mmを基本とし、供試体高さが小さく貼り付けが困難な場合は、ゲージ長10mmとした。
 コンクリート標準示方書・規準編 (pp.443) によれば、ひずみ測定器具の検長は、粗骨材最大寸法の3倍かつ
 供試体高さの1/2以下となっており、本試験はこの規準に沿っていないため、弾性係数の値は精度は劣り、経験値に譲ることも考慮する必要がある。

注3) 平均値は、 $h/d>1.0$ の供試体に関して算出した。

3. 中性化試験実施結果

中性化深さ試験結果一覧表

Bridge Name : New Nyali Bridge

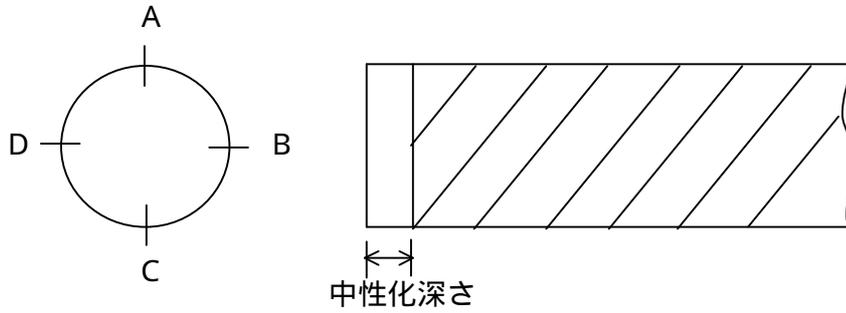
	コア番号	部 位	測 点(mm)				平均中性化深さ
			A	B	C	D	
上部工	N-SP-SS-E I	箱桁内部 側径間端部	0	0	0	0	0
	N-SP-SS-E II	箱桁内部 側径間端部	0	0	0	0	0
	N-SP-SP-E I	箱桁内部 橋脚支点部	7	11	8	9	9
	N-SP-SP-E II	箱桁内部 橋脚支点部	12	13	9	11	11
	N-SP-CP-E I	箱桁内部 中央径間部	0	0	0	0	0
	N-SP-CP-E II	箱桁内部 中央径間部	0	0	0	0	0
	N-SP-CP-E III	箱桁内部 中央径間部	0	0	0	0	0
下部工	N-SB-A1-N I	A1橋台	0	0	0	0	0
	N-SB-A1-N II	A1橋台	0	0	0	0	0
	N-SB-A2-S I	A2橋台	0	0	0	0	0
	N-SB-A2-S II	A2橋台	0	0	0	0	0
	N-SB-P3-S I	P3橋脚	0	0	0	0	0
	N-SB-P3-S II	P3橋脚	0	0	0	0	0

Bridge Name : New Mtwapa Bridge

	コア番号	部 位	測 点(mm)				平均中性化深さ
			A	B	C	D	
上部工	M-SP-SS-E I	箱桁内部 側径間端部	0	0	0	0	0
	M-SP-SS-E II	箱桁内部 側径間端部	0	0	0	0	0
	M-SP-SP-E I	箱桁内部 橋脚支点部	12	14	13	10	12
	M-SP-SP-E II	箱桁内部 橋脚支点部	10	13	12	13	12
	M-SP-CP-E I	箱桁内部 中央径間部	0	0	0	0	0
	M-SP-CP-E II	箱桁内部 中央径間部	0	0	0	0	0
下部工	M-SB-A1-S I	A1橋台	0	0	0	0	0
	M-SB-A1-S II	A1橋台	0	0	0	0	0
	M-SB-A2-N I	A2橋台	0	0	0	0	0
	M-SB-A2-N II	A2橋台	0	0	0	0	0
	M-SB-P1-S I	P1橋脚	0	0	0	0	0
	M-SB-P1-S II	P1橋脚	0	0	0	0	0
	M-SB-P2-N I	P2橋脚	0	0	0	0	0
	M-SB-P2-N II	P2橋脚	0	0	0	0	0
	M-SB-P2-N III	P2橋脚	0	0	0	0	0

中性化深さ試験結果

Bridge Name	測定	測定部位
New Nyali Bridge	N-SP-SS-E	箱桁内部 側径間 (ボックス 10)



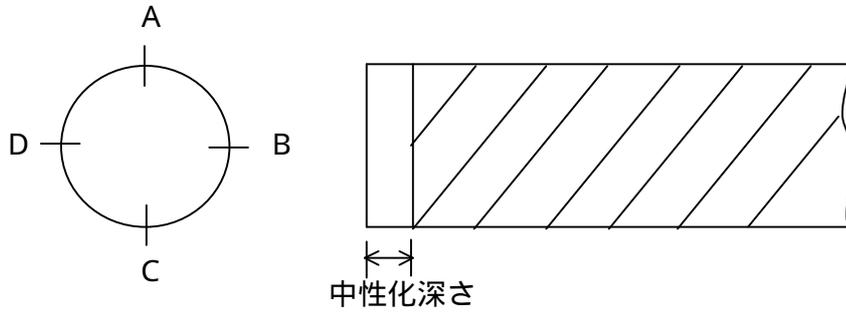
A	B	C	D	平均中性化深さ
0mm	0mm	0mm	0mm	0mm

中性化深さ試験状況写真



中性化深さ試験結果

Bridge Name	測定	測定部位
New Nyali Bridge	N-SP-SS-E	箱桁内部 側径間 (ボックス 10)



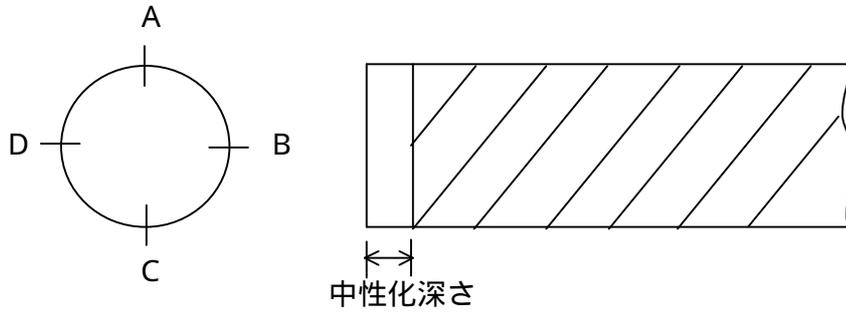
A	B	C	D	平均中性化深さ
0mm	0mm	0mm	0mm	0mm

中性化深さ試験状況写真



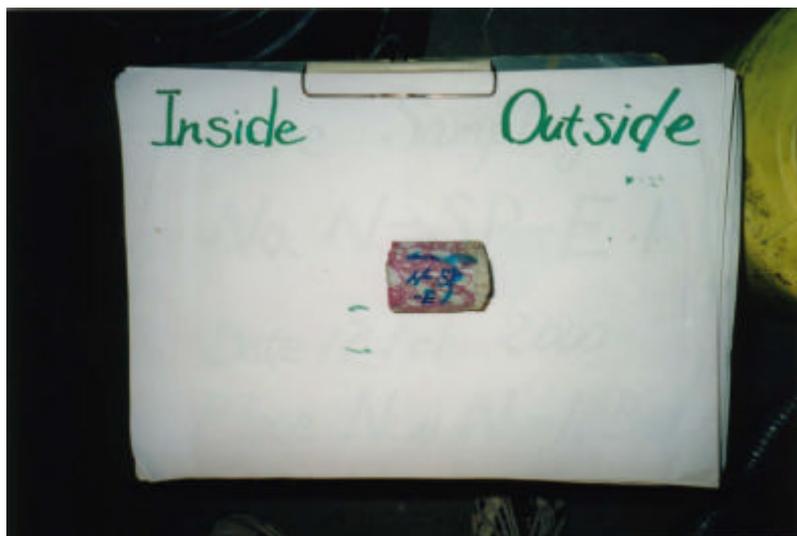
中性化深さ試験結果

Bridge Name	測定	測定部位
New Nyali Bridge	N-SP-SP-E	箱桁内部 橋脚支点部 (ボックス 7)



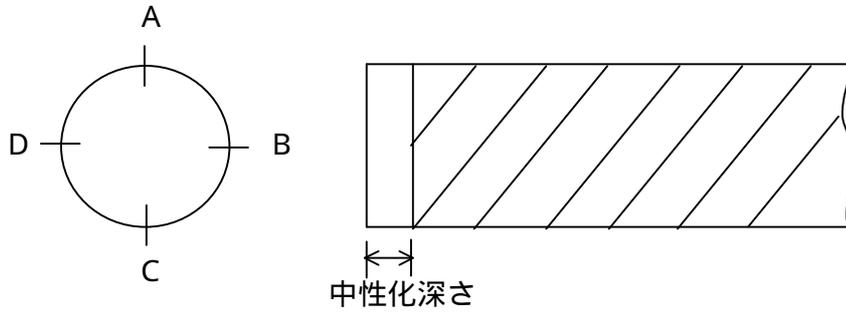
A	B	C	D	平均中性化深さ
7mm	11mm	8mm	9mm	9mm

中性化深さ試験状況写真



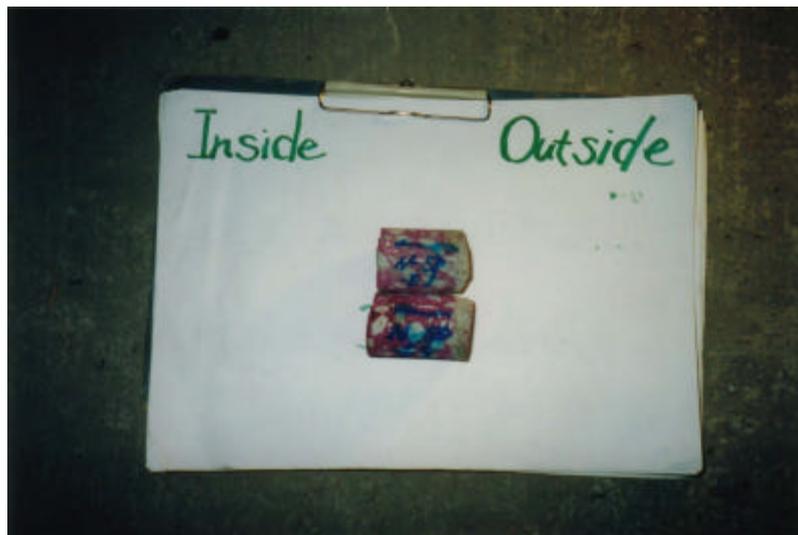
中性化深さ試験結果

Bridge Name	測定	測定部位
New Nyali Bridge	N-SP-SP-E	箱桁内部 橋脚支点部 (ボックス 7)



A	B	C	D	平均中性化深さ
12mm	13mm	9mm	11mm	11mm

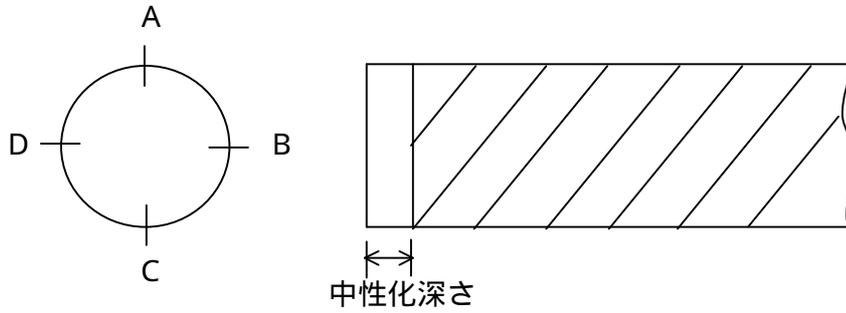
中性化深さ試験状況写真



←
N-SP-SP-E

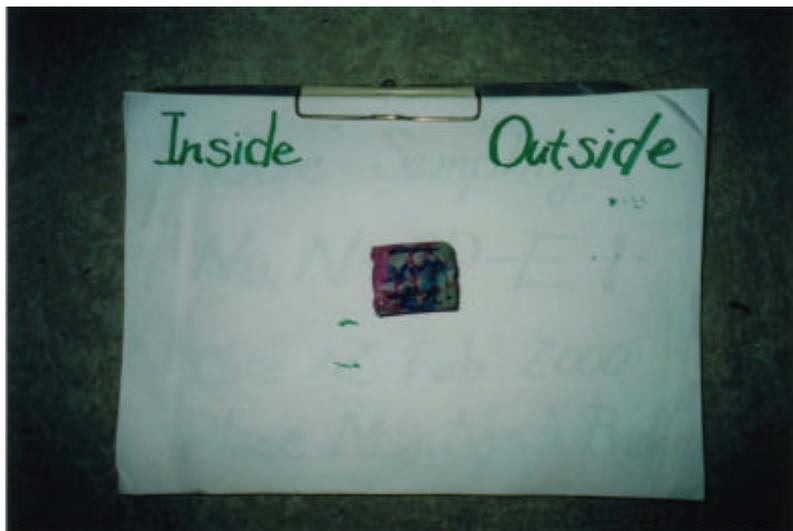
中性化深さ試験結果

Bridge Name	測定	測定部位
New Nyali Bridge	N-SP-CP-E	箱桁内部 中央径間 (ボックス 6)



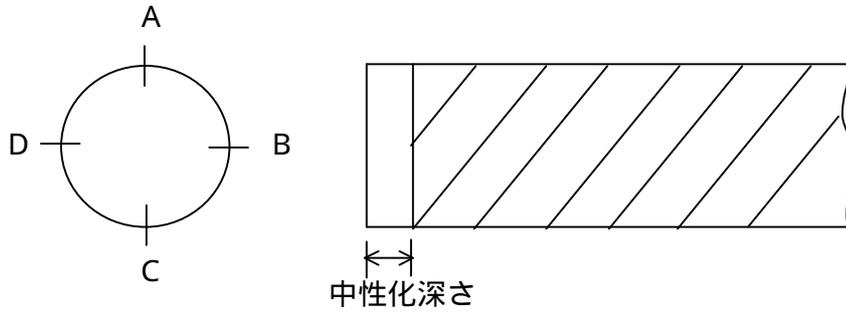
A	B	C	D	平均中性化深さ
0mm	0mm	0mm	0mm	0mm

中性化深さ試験状況写真



中性化深さ試験結果

Bridge Name	測定	測定部位
New Nyali Bridge	N-SP-CP-E	箱桁内部 中央径間 (ボックス 6)



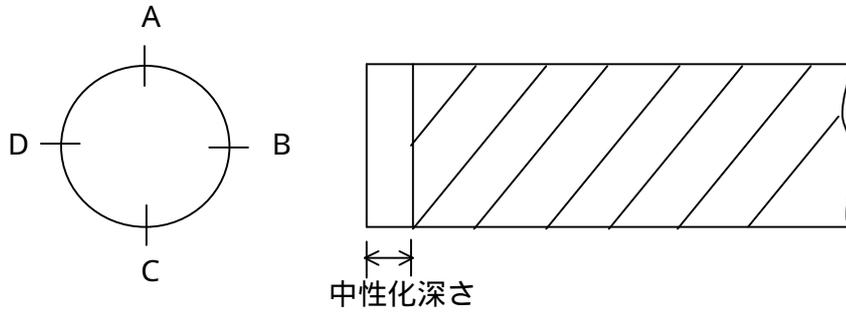
A	B	C	D	平均中性化深さ
0mm	0mm	0mm	0mm	0mm

中性化深さ試験状況写真



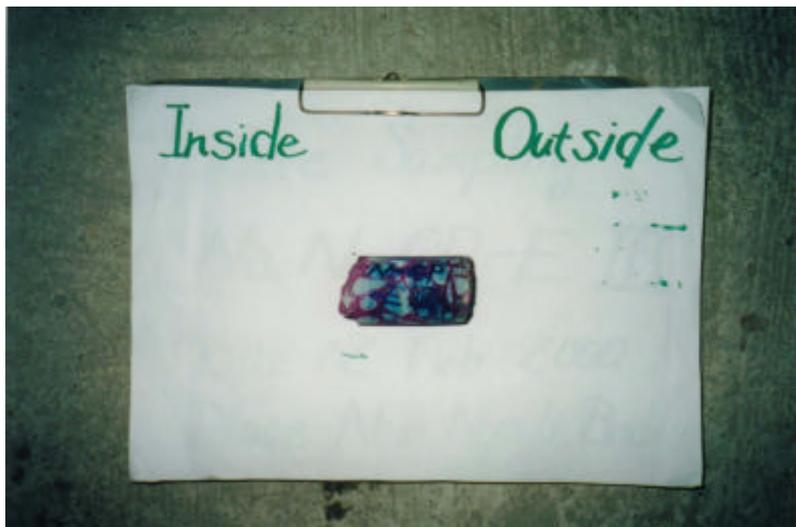
中性化深さ試験結果

Bridge Name	測定	測定部位
New Nyali Bridge	N-SP-CP-E	箱桁内部 中央径間 (ボックス 6)



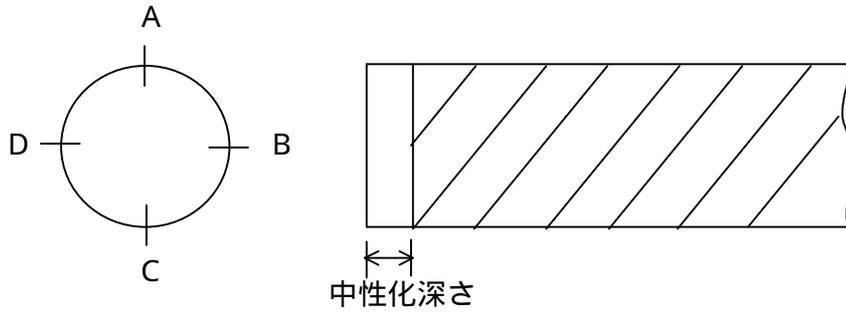
A	B	C	D	平均中性化深さ
0mm	0mm	0mm	0mm	0mm

中性化深さ試験状況写真



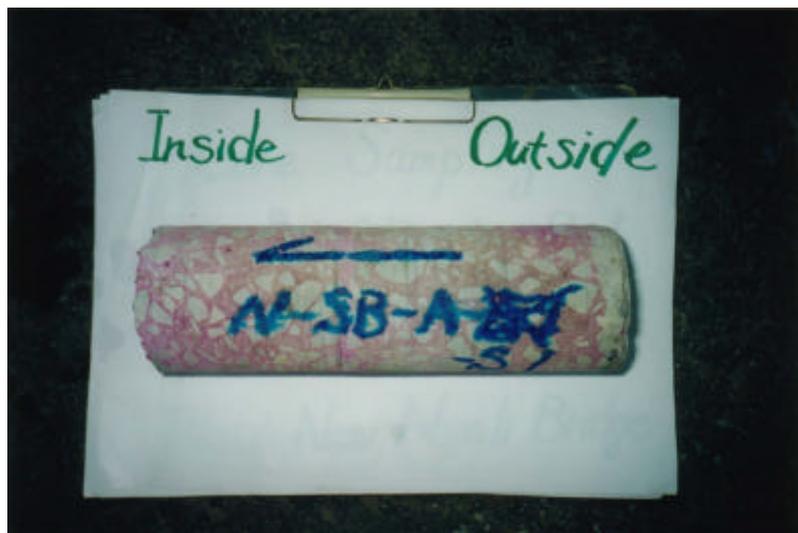
中性化深さ試験結果

Bridge Name	測定	測定部位
New Nyali Bridge	N-SB-A1-N	A1橋台



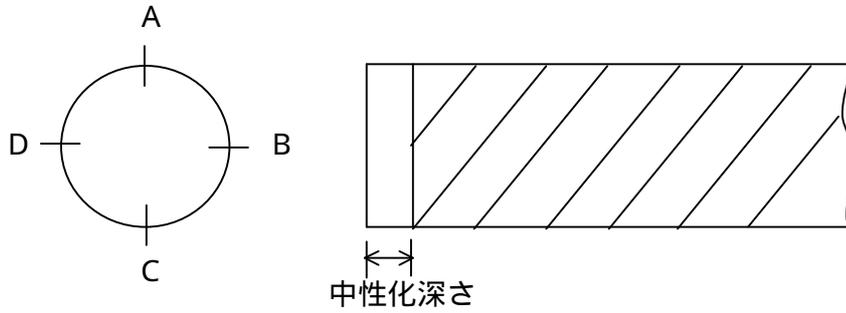
A	B	C	D	平均中性化深さ
0mm	0mm	0mm	0mm	0mm

中性化深さ試験状況写真



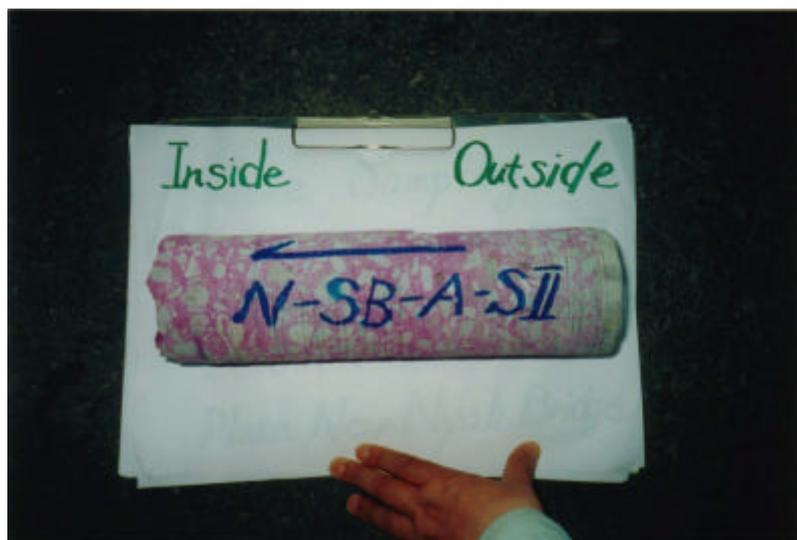
中性化深さ試験結果

Bridge Name	測定	測定部位
New Nyali Bridge	N-SB-A1-N	A1橋台



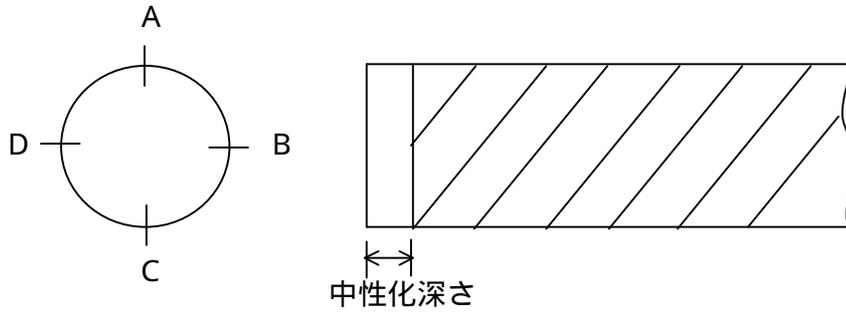
A	B	C	D	平均中性化深さ
0mm	0mm	0mm	0mm	0mm

中性化深さ試験状況写真



中性化深さ試験結果

Bridge Name	測定	測定部位
New Nyali Bridge	N-SB-A2-S	A2橋台



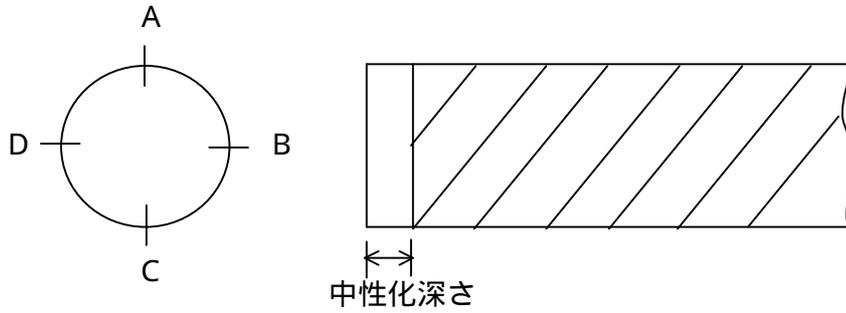
A	B	C	D	平均中性化深さ
0mm	0mm	0mm	0mm	0mm

中性化深さ試験状況写真



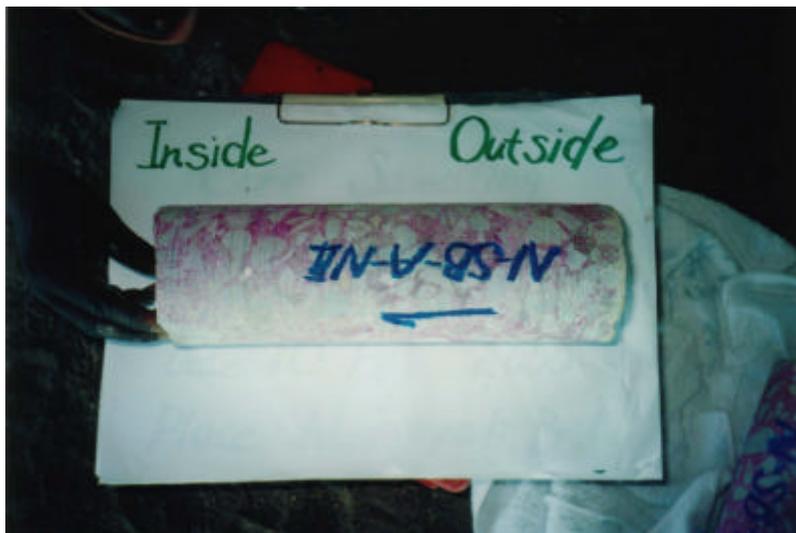
中性化深さ試験結果

Bridge Name	測定	測定部位
New Nyali Bridge	N-SB-A2-S	A2橋台



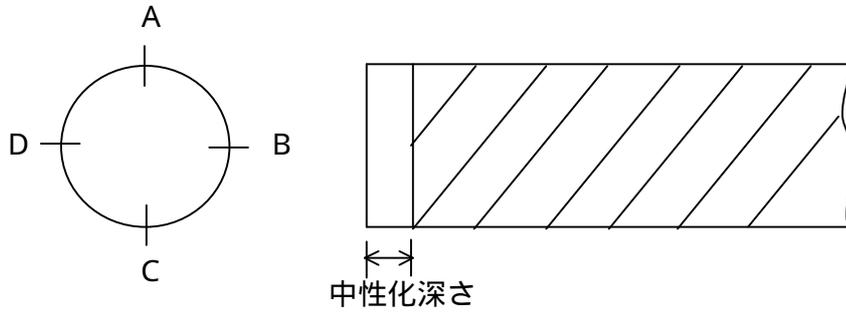
A	B	C	D	平均中性化深さ
0mm	0mm	0mm	0mm	0mm

中性化深さ試験状況写真



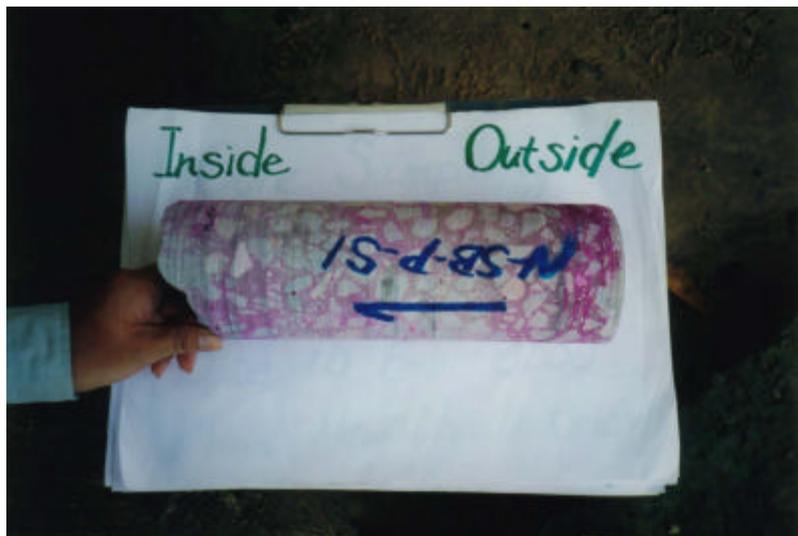
中性化深さ試験結果

Bridge Name	測定	測定部位
New Nyali Bridge	N-SB-P3-S	P3橋脚 (モンバサ側面)



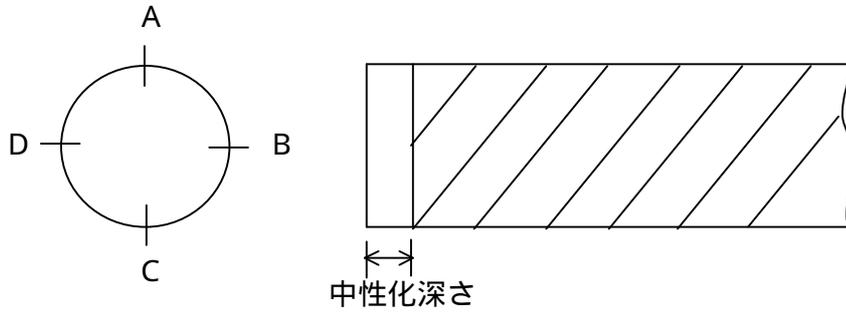
A	B	C	D	平均中和化深さ
0mm	0mm	0mm	0mm	0mm

中和化深さ試験状況写真



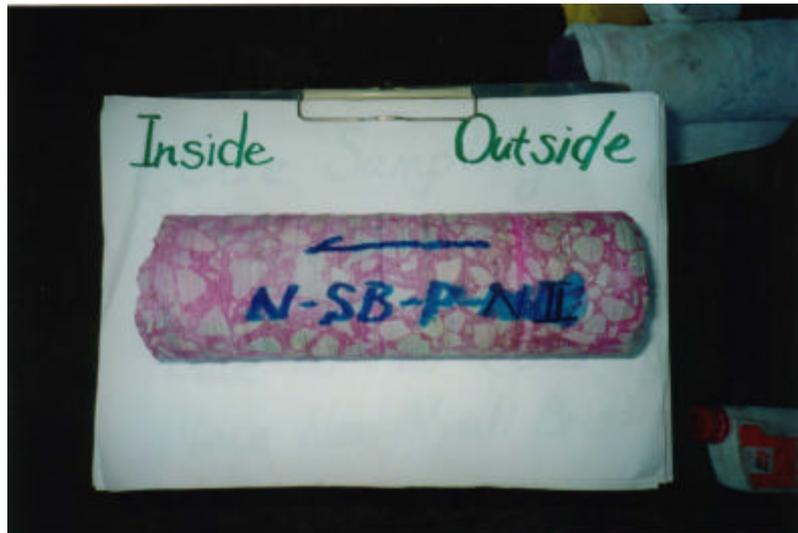
中性化深さ試験結果

Bridge Name	測定	測定部位
New Nyali Bridge	N-SB-P3-S	P3橋脚 (モンバサ側面)



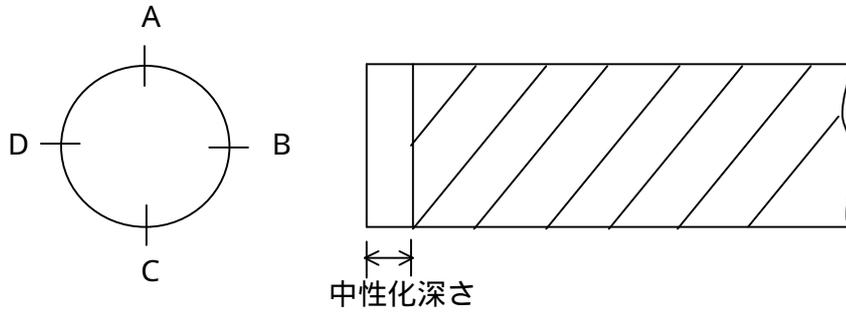
A	B	C	D	平均中性化深さ
0mm	0mm	0mm	0mm	0mm

中性化深さ試験状況写真



中性化深さ試験結果

Bridge Name	測定	測定部位
New M twapa Bridge	M-SP-SS-E	箱桁内部 側径間 (ボックス 1)



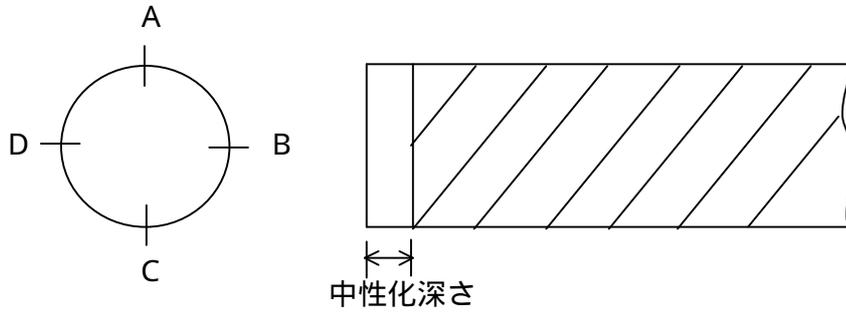
A	B	C	D	平均中性化深さ
0mm	0mm	0mm	0mm	0mm

中性化深さ試験状況写真



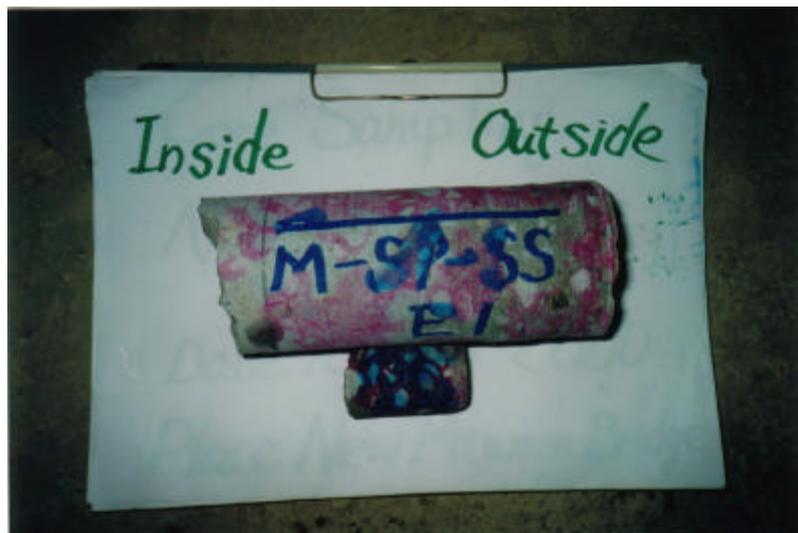
中性化深さ試験結果

Bridge Name	測定	測定部位
New M twapa Bridge	M-SP-SS-E	箱桁内部 側径間 (ボックス 1)



A	B	C	D	平均中性化深さ
0mm	0mm	0mm	0mm	0mm

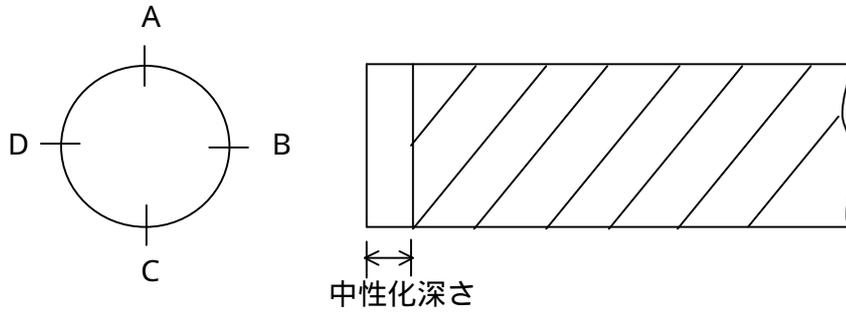
中性化深さ試験状況写真



←
M-SP-SS-E

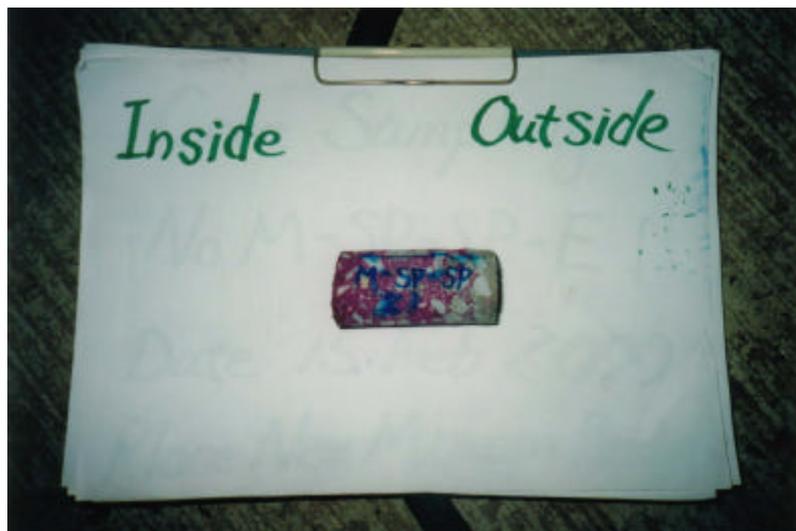
中性化深さ試験結果

Bridge Name	測定	測定部位
New Mtwapa Bridge	M-SP-SP-E	箱桁内部 橋脚支点部 (ボックス 4)



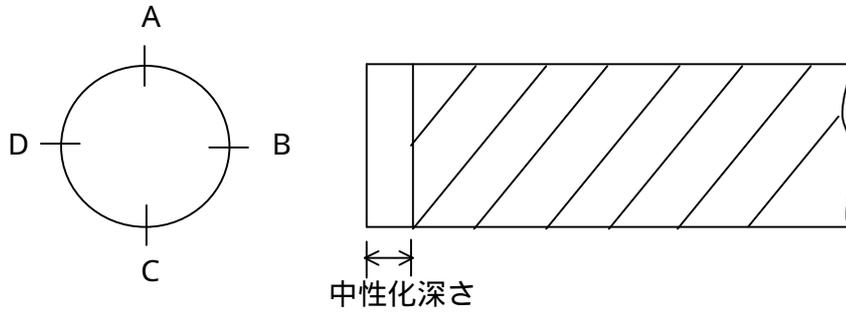
A	B	C	D	平均中性化深さ
12mm	14mm	13mm	10mm	12mm

中性化深さ試験状況写真



中性化深さ試験結果

Bridge Name	測定	測定部位
New M twapa Bridge	M-SP-SP-E	箱桁内部 橋脚支点部 (ボックス 4)



A	B	C	D	平均中性化深さ
10mm	13mm	12mm	13mm	12mm

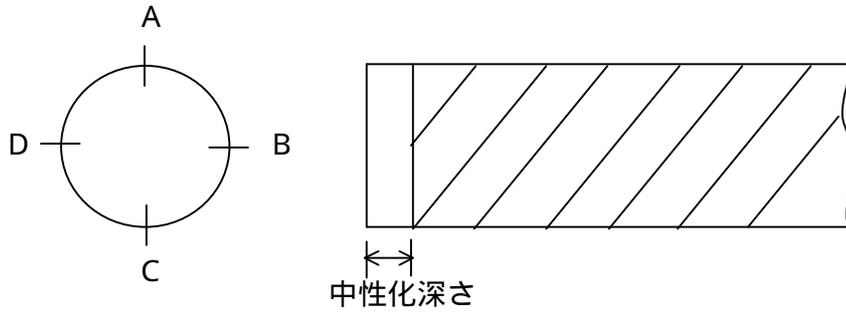
中性化深さ試験状況写真



←
M-SP-SP-E

中性化深さ試験結果

Bridge Name	測定	測定部位
New M twapa Bridge	M-SP-CP-E	箱桁内部 中央径間 (ボックス 7)



A	B	C	D	平均中性化深さ
0mm	0mm	0mm	0mm	0mm

中性化深さ試験状況写真

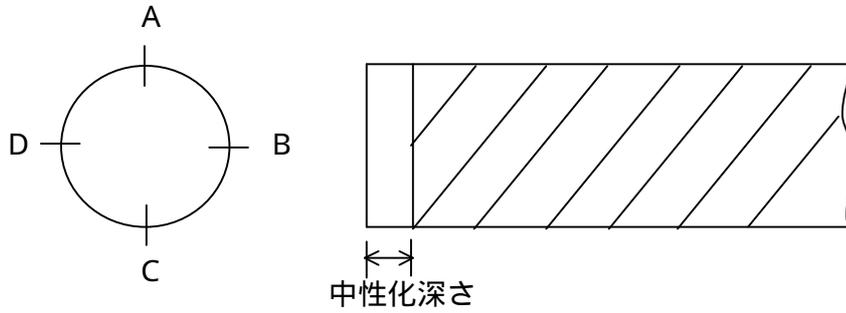


M-SP-CP-E



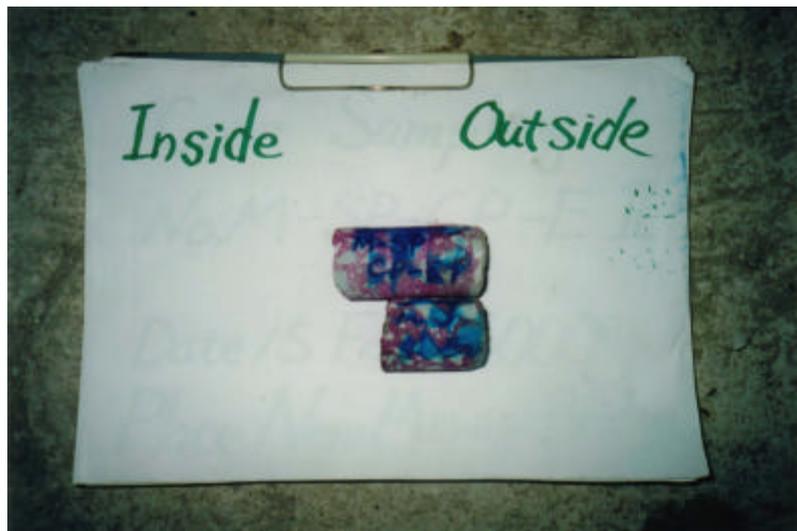
中性化深さ試験結果

Bridge Name	測定	測定部位
New M twapa Bridge	M-SP-CP-E	箱桁内部 中央径間 (ボックス 7)



A	B	C	D	平均中性化深さ
0mm	0mm	0mm	0mm	0mm

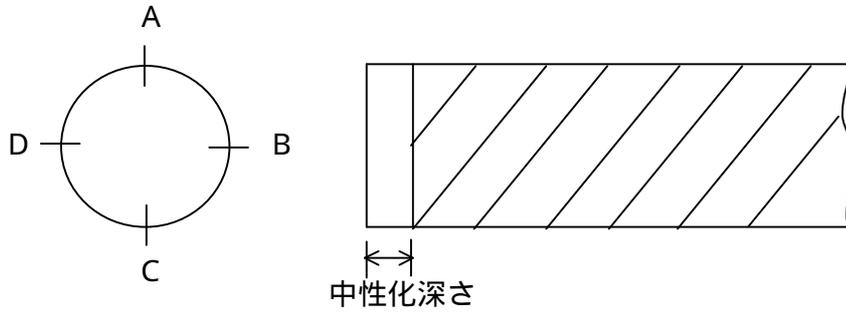
中性化深さ試験状況写真



←
M-SP-CP-E

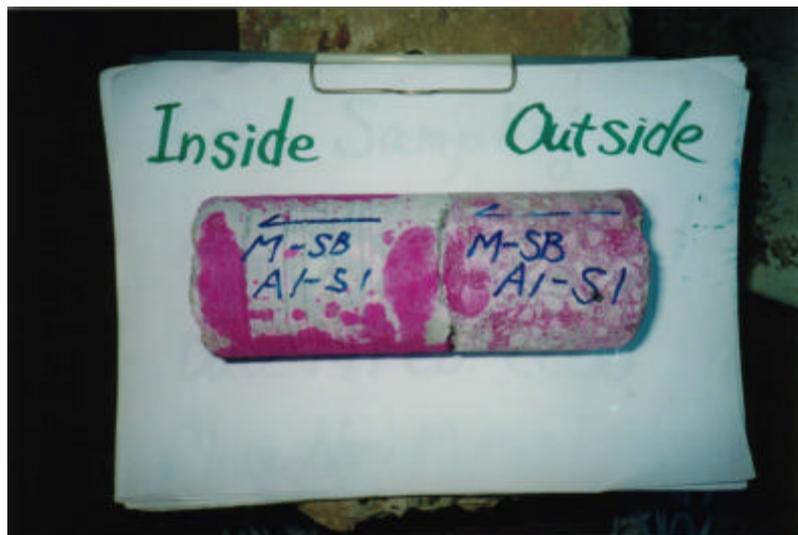
中性化深さ試験結果

Bridge Name	測定	測定部位
New Mtwapa Bridge	M-SB-A1-S	A1橋台



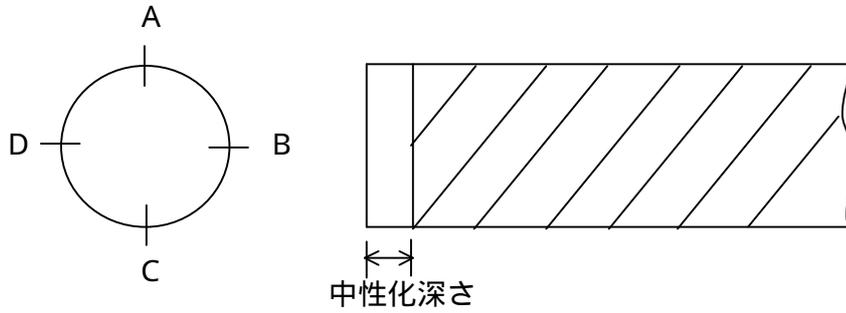
A	B	C	D	平均中性化深さ
0mm	0mm	0mm	0mm	0mm

中性化深さ試験状況写真



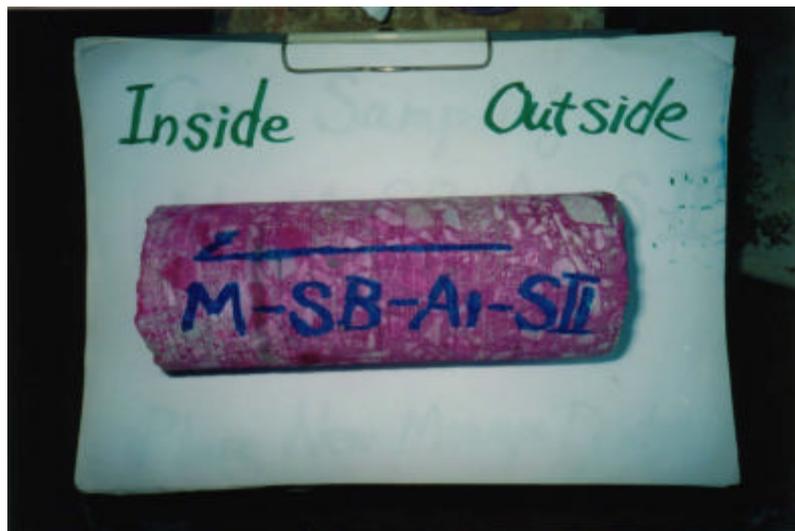
中性化深さ試験結果

Bridge Name	測定	測定部位
New Mtwapa Bridge	M-SB-A1-S	A1橋台



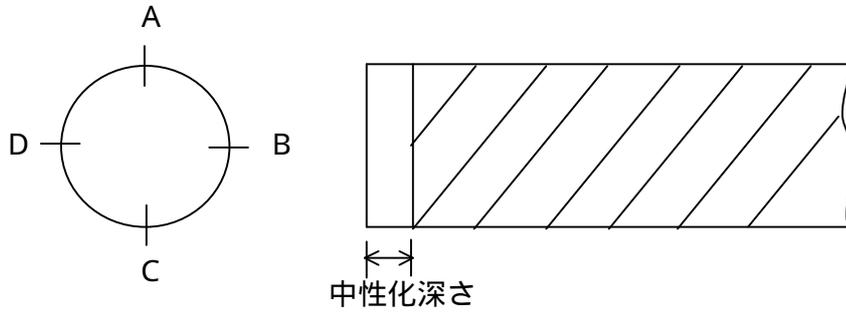
A	B	C	D	平均中性化深さ
0mm	0mm	0mm	0mm	0mm

中性化深さ試験状況写真



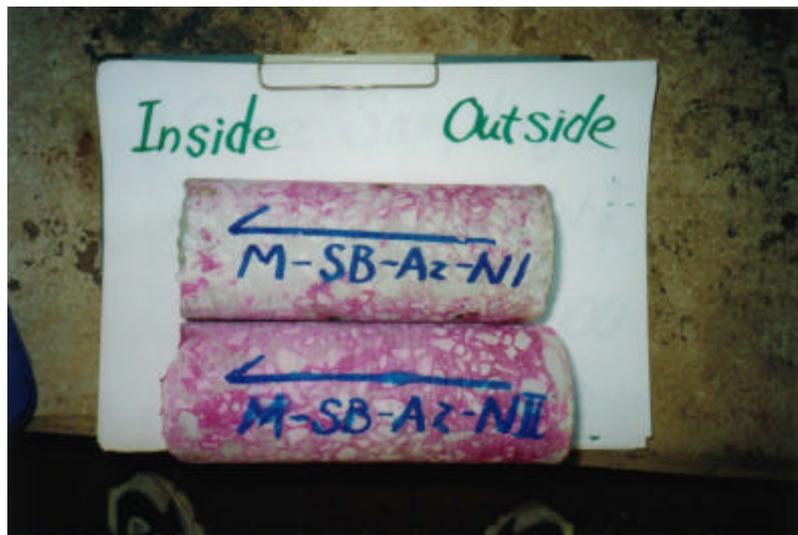
中性化深さ試験結果

Bridge Name	測定	測定部位
New M twapa Bridge	M-SB-A2-N	A2橋台



A	B	C	D	平均中性化深さ
0mm	0mm	0mm	0mm	0mm

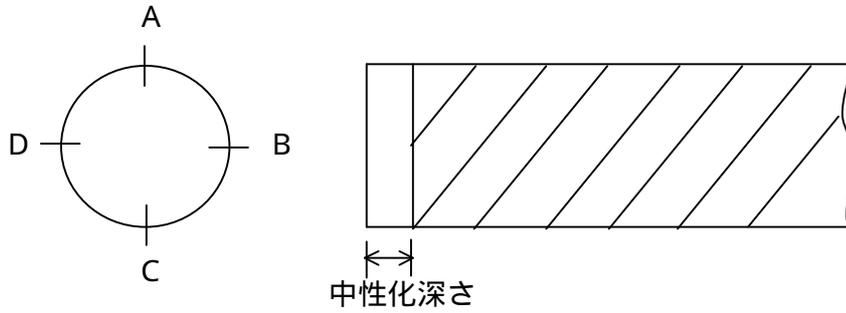
中性化深さ試験状況写真



←
M-SB-A2-N

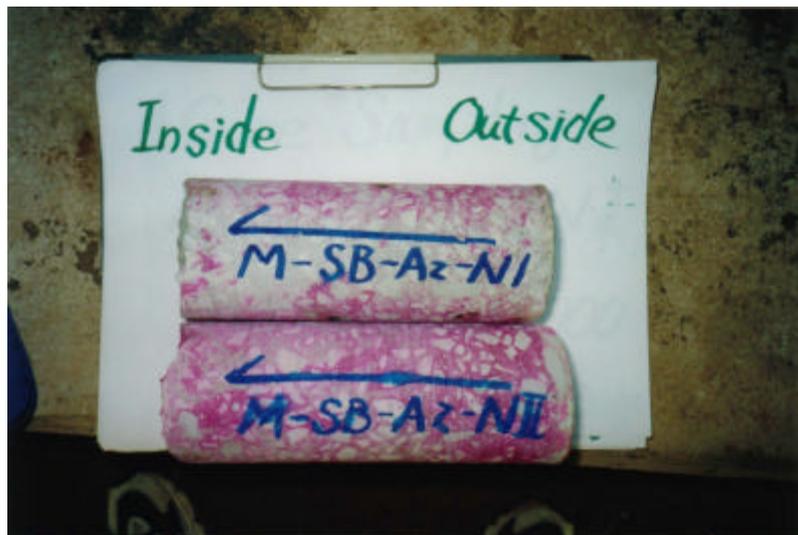
中性化深さ試験結果

Bridge Name	測定	測定部位
New M twapa Bridge	M-SB-A2-N	A2橋台



A	B	C	D	平均中性化深さ
0mm	0mm	0mm	0mm	0mm

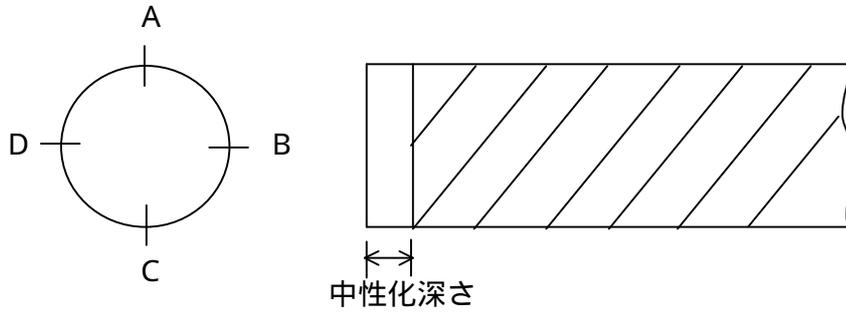
中性化深さ試験状況写真



←
M-SB-A2-N

中性化深さ試験結果

Bridge Name	測定	測定部位
New M twapa Bridge	M-SB-P1-S	P1橋脚 (モンバサ側面)



A	B	C	D	平均中性化深さ
0mm	0mm	0mm	0mm	0mm

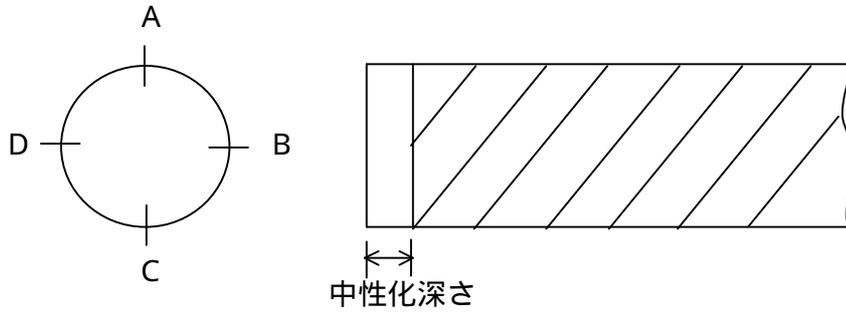
中性化深さ試験状況写真



←
M-SB-P1-S

中性化深さ試験結果

Bridge Name	測定	測定部位
New M twapa Bridge	M-SB-P1-S	P1橋脚 (モンバサ側面)



A	B	C	D	平均中性化深さ
0mm	0mm	0mm	0mm	0mm

中性化深さ試験状況写真

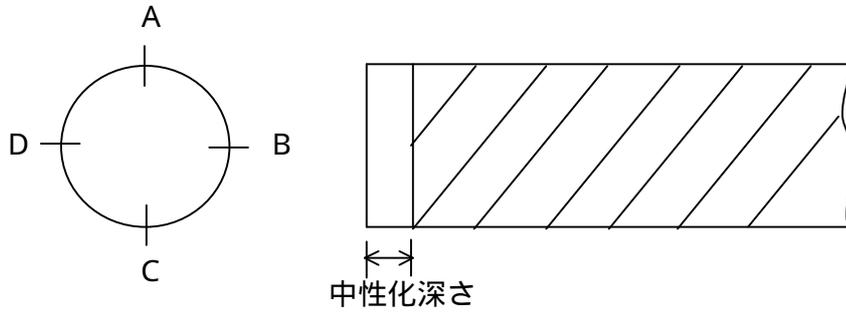


M-SB-P1-S



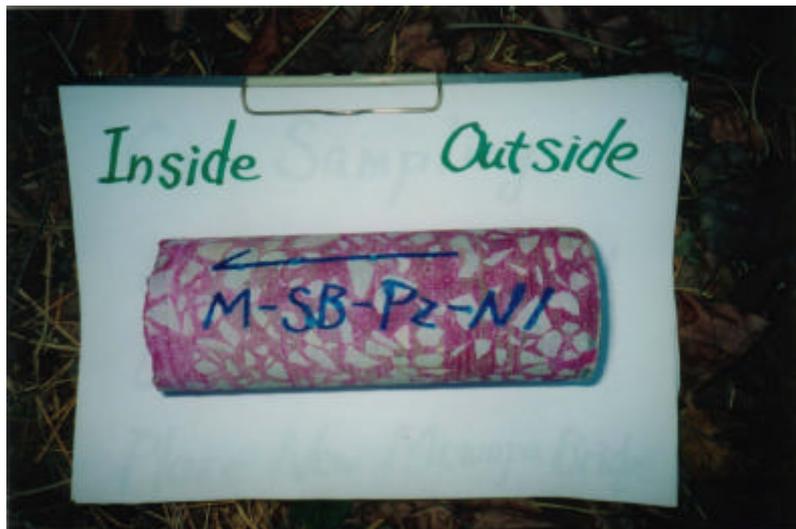
中性化深さ試験結果

Bridge Name	測定	測定部位
New Mtapa Bridge	M-SB-P2-N	P2橋脚 (マリンディー側面)



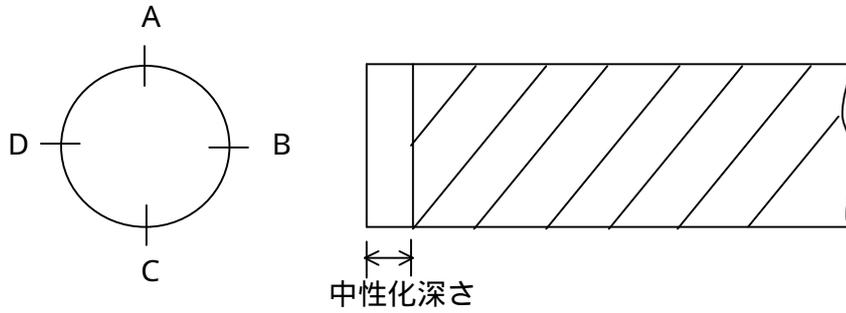
A	B	C	D	平均中性化深さ
0mm	0mm	0mm	0mm	0mm

中性化深さ試験状況写真



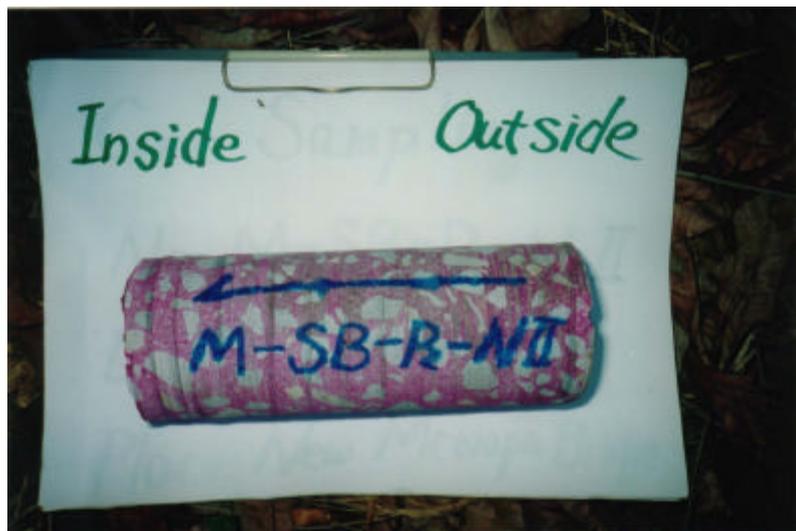
中性化深さ試験結果

Bridge Name	測定	測定部位
New Mtwapa Bridge	M-SB-P2-N	P2橋脚 (マリンディー側面)



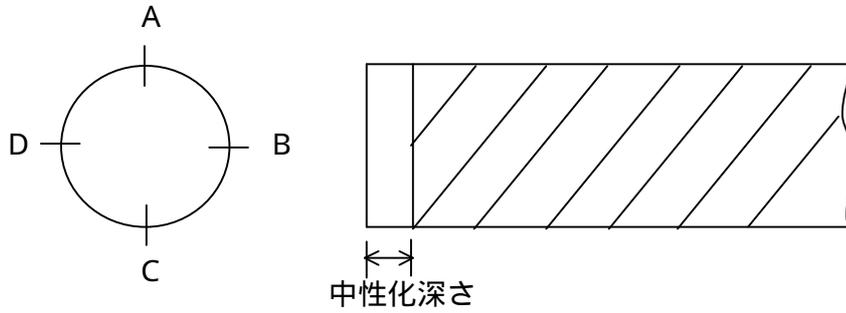
A	B	C	D	平均中性化深さ
0mm	0mm	0mm	0mm	0mm

中性化深さ試験状況写真



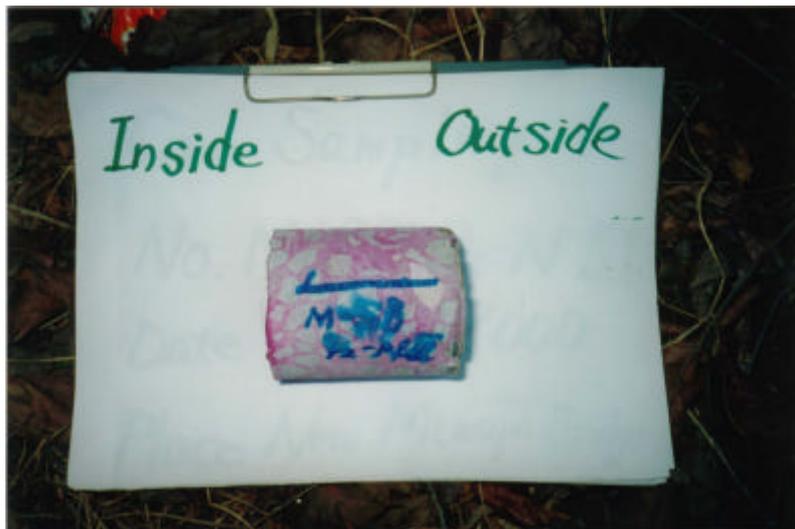
中性化深さ試験結果

Bridge Name	測定	測定部位
New Mtwapa Bridge	M-SB-P2-N	P2橋脚 (マリンディー側面)



A	B	C	D	平均中性化深さ
0mm	0mm	0mm	0mm	0mm

中性化深さ試験状況写真



4. 鉄筋腐食度試験実施結果

鉄筋腐食度調査(自然電位法)結果一覧表

Bridge Name : New Nyali Bridge

	測定No.	測定位置	自然電位E(mV)	腐食度 ランク
上部工	N-No.1	箱桁内部 側径間	$-250 \geq E > -350$ $-350 \geq E > -450$	II・III
	N-No.2	箱桁内部 橋脚支点部	$-250 \geq E > -350$	II
	N-No.3	箱桁内部 中央径間	$-250 \geq E > -350$	II
下部工	N-No.4	A1橋脚	$-250 < E$ $-250 \geq E > -350$	I・II
	N-No.5	A2橋脚	$-250 \geq E > -350$ $-350 \geq E > -450$	II・III
	N-No.6	P3橋脚	$-250 \geq E > -350$ $-350 \geq E > -450$	II・III
	N-No.7	P4橋脚	$-350 \geq E > -450$ $E \leq -450$	II・III

Bridge Name : New Mtwapa Bridge

	測定No.	測定位置	自然電位E(mV)	腐食度 ランク
上部工	M-No.1	箱桁内部 側径間	$-250 < E$ $E \leq -450$	I・IV
	M-No.2	箱桁内部 橋脚支点部	$-250 \geq E > -350$ $-350 \geq E > -450$	II・III
	M-No.3	箱桁内部 中央径間	$-250 \geq E > -350$ $-350 \geq E > -450$	II・III
下部工	M-No.4	A1橋脚	$-250 \geq E > -350$ $-350 \geq E > -450$	II・III
	M-No.5	A2橋脚	$-250 < E$ $-250 \geq E > -350$	I・II
	M-No.6	P1橋脚	$-250 \geq E > -350$	II
	M-No.7	P2橋脚	$-350 \geq E > -450$	III

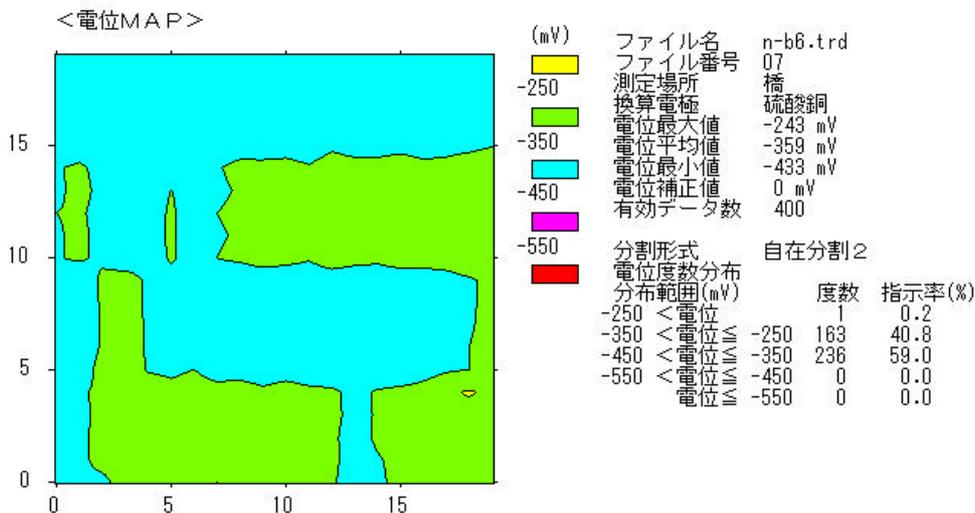
鉄筋腐食度評価基準

腐食度 ランク	腐食状態	自然電位 E(mV)
I	腐食がなく黒皮の状態	$-250 < E$
II	鉄筋表面に僅かな点錆が生じている状態	$-350 < E \leq -250$
III	鉄筋表面に薄い浮き錆が拡がって生じており、コンクリートに錆が付着している状態	$-450 < E \leq -350$
IV	やや厚みがある膨張性の錆が生じているが、断面欠損は比較的少ない状態	$E \leq -450$
V	鉄筋全体にわたって著しい膨張性の錆が生じており、断面欠損がある状態	$E \leq -450$

鉄筋腐食度調査 (自然電位法)

Bridge Name	測定	測定部位
New NyaliB ridge	N - 1	箱桁内部 中央径間 (ボックス 6)

電位マップ及び測定データ



腐食度評価	腐食状態	自然電位 E (mV)
	腐食がなく黒皮の状態	- 250 < E
	鉄筋表面に僅かな点錆が生じている状態	- 350 < E - 250
	鉄筋表面に薄い浮き錆が拡がって生じており、コンクリートに錆が付着している状態	- 450 < E - 350
	やや厚みがある膨張性の錆が生じているが、断面欠損は比較的少ない状態	E - 450
	鉄筋全体にわたって著しい膨張性の錆が生じており、断面欠損がある状態	E - 450

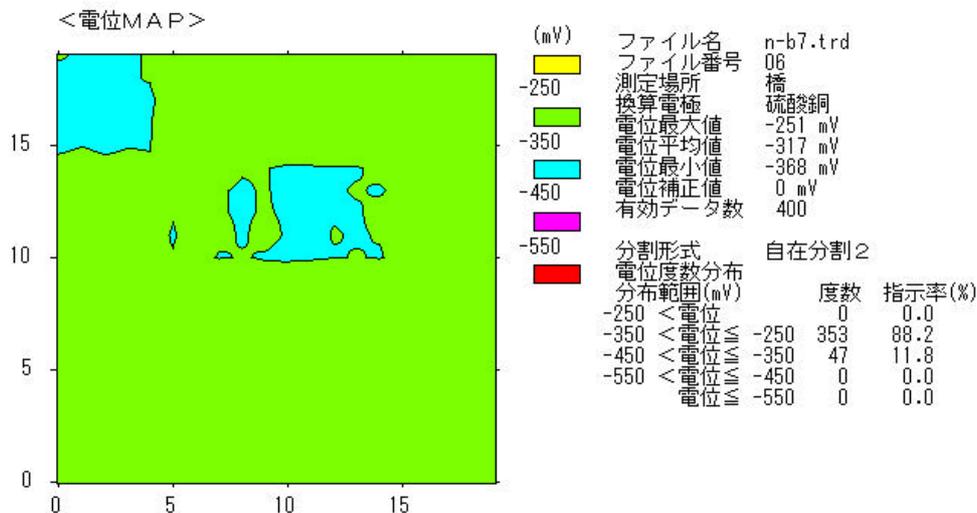
アース鉄筋状況写真



鉄筋腐食度調査 (自然電位法)

Bridge Name	測定	測定部位
New NyaliB ridge	N - 2	箱桁内部 橋脚支点部 (ボックス 7)

電位マップ及び測定データ



腐食度評価	腐食状態	自然電位 E (mV)
	腐食がなく黒皮の状態	- 250 < E
	鉄筋表面に僅かな点錆が生じている状態	- 350 < E - 250
	鉄筋表面に薄い浮き錆が拡がって生じており、コンクリートに錆が付着している状態	- 450 < E - 350
	やや厚みがある膨張性の錆が生じているが、断面欠損は比較的少ない状態	E - 450
	鉄筋全体にわたって著しい膨張性の錆が生じており、断面欠損がある状態	E - 450

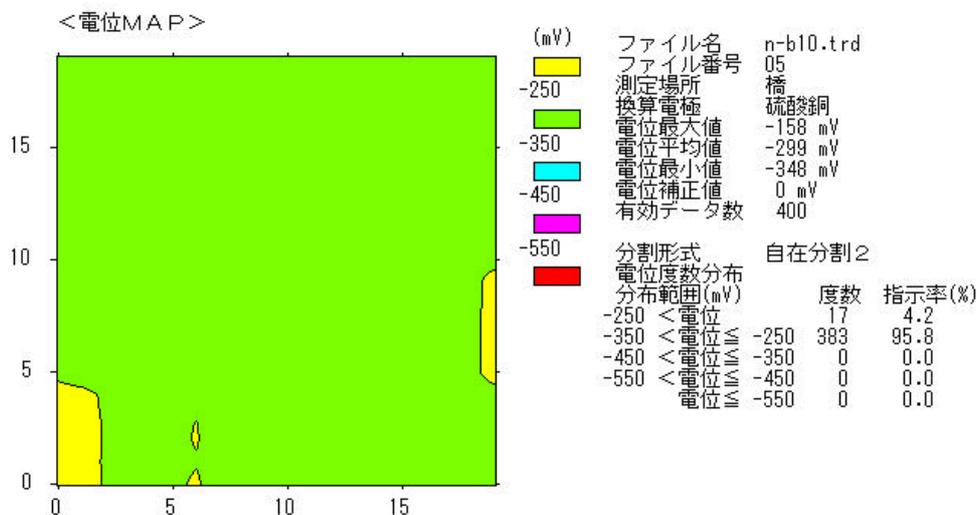
アース鉄筋状況写真



鉄筋腐食度調査 (自然電位法)

Bridge Name	測定	測定部位
New NyaliB ridge	N - 3	箱桁内部 側径間 (ボックス 10)

電位マップ及び測定データ



腐食度評価	腐食状態	自然電位 E (mV)
	腐食がなく黒皮の状態	- 250 < E
	鉄筋表面に僅かな点錆が生じている状態	- 350 < E - 250
	鉄筋表面に薄い浮き錆が拡がって生じており、コンクリートに錆が付着している状態	- 450 < E - 350
	やや厚みがある膨張性の錆が生じているが、断面欠損は比較的少ない状態	E - 450
	鉄筋全体にわたって著しい膨張性の錆が生じており、断面欠損がある状態	E - 450

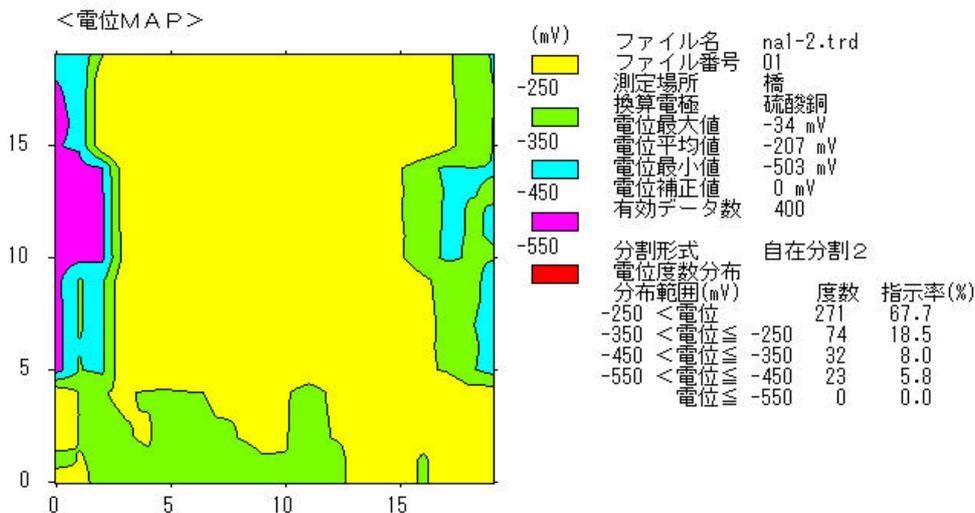
アース鉄筋状況写真



鉄筋腐食度調査 (自然電位法)

Bridge Name	測定	測定部位
New Nyali Bridge	N - 4	A1橋台

電位マップ及び測定データ



腐食度評価	腐食状態	自然電位 E (mV)
	腐食がなく黒皮の状態	- 250 < E
	鉄筋表面に僅かな点錆が生じている状態	- 350 < E - 250
	鉄筋表面に薄い浮き錆が拡がって生じており、コンクリートに錆が付着している状態	- 450 < E - 350
	やや厚みがある膨張性の錆が生じているが、断面欠損は比較的少ない状態	E - 450
	鉄筋全体にわたって著しい膨張性の錆が生じており、断面欠損がある状態	E - 450

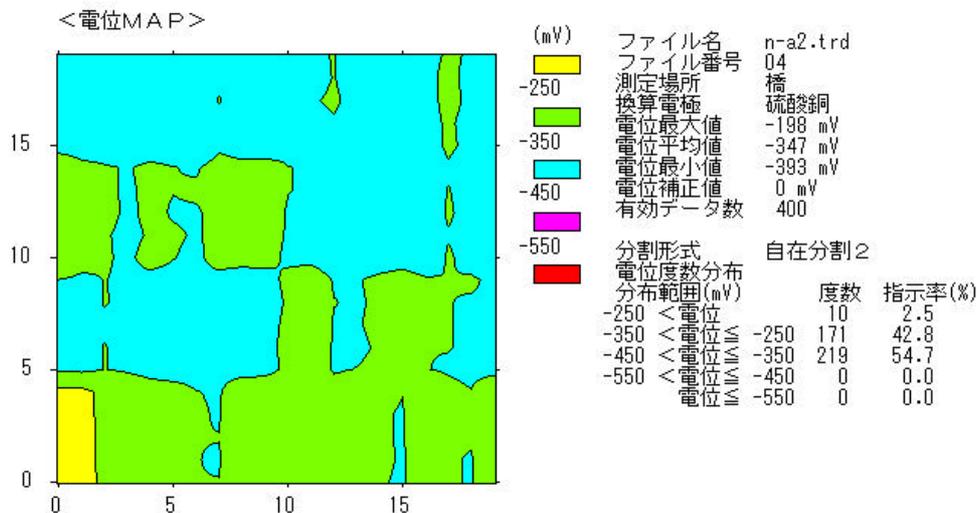
アース鉄筋状況写真



鉄筋腐食度調査 (自然電位法)

Bridge Name	測定	測定部位
New Nyali Bridge	N - 5	A2橋台

電位マップ及び測定データ



腐食度評価	腐食状態	自然電位 E (mV)
	腐食がなく黒皮の状態	- 250 < E
	鉄筋表面に僅かな点錆が生じている状態	- 350 < E - 250
	鉄筋表面に薄い浮き錆が拡がって生じており、コンクリートに錆が付着している状態	- 450 < E - 350
	やや厚みがある膨張性の錆が生じているが、断面欠損は比較的少ない状態	E - 450
	鉄筋全体にわたって著しい膨張性の錆が生じており、断面欠損がある状態	E - 450

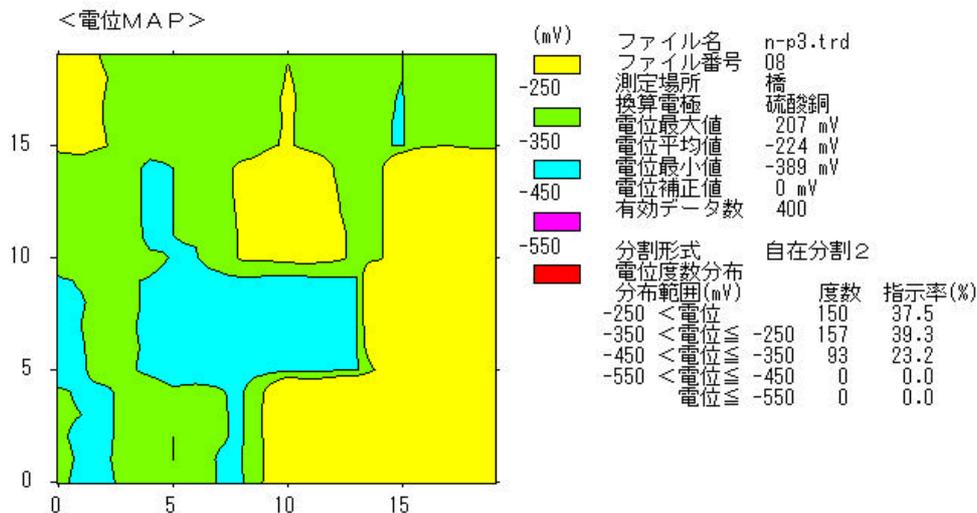
アース鉄筋状況写真



鉄筋腐食度調査 (自然電位法)

Bridge Name	測定	測定部位
New NyaliB ridge	N - 6	P3橋脚 (モンバサ側面)

電位マップ及び測定データ



腐食度評価	腐食状態	自然電位 E (mV)
	腐食がなく黒皮の状態	- 250 < E
	鉄筋表面に僅かな点錆が生じている状態	- 350 < E - 250
	鉄筋表面に薄い浮き錆が拡がって生じており、コンクリートに錆が付着している状態	- 450 < E - 350
	やや厚みがある膨張性の錆が生じているが、断面欠損は比較的少ない状態	E - 450
	鉄筋全体にわたって著しい膨張性の錆が生じており、断面欠損がある状態	E - 450

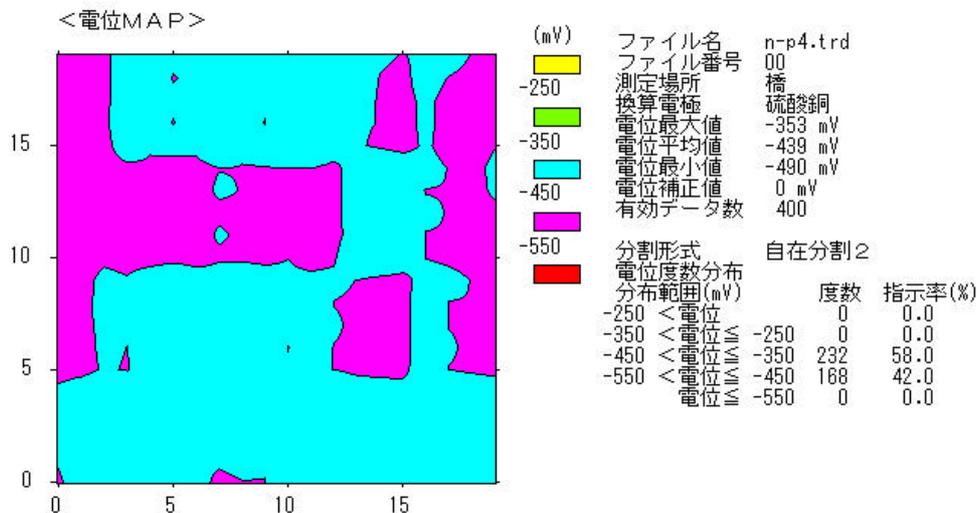
アース鉄筋状況写真



鉄筋腐食度調査 (自然電位法)

Bridge Name	測定	測定部位
New Nyali Bridge	N - 7	P4橋脚 (マリンディー側面)

電位マップ及び測定データ



腐食度評価	腐食状態	自然電位 E (mV)
	腐食がなく黒皮の状態	- 250 < E
	鉄筋表面に僅かな点錆が生じている状態	- 350 < E - 250
	鉄筋表面に薄い浮き錆が拡がって生じており、コンクリートに錆が付着している状態	- 450 < E - 350
	やや厚みがある膨張性の錆が生じているが、断面欠損は比較的少ない状態	E - 450
	鉄筋全体にわたって著しい膨張性の錆が生じており、断面欠損がある状態	E - 450

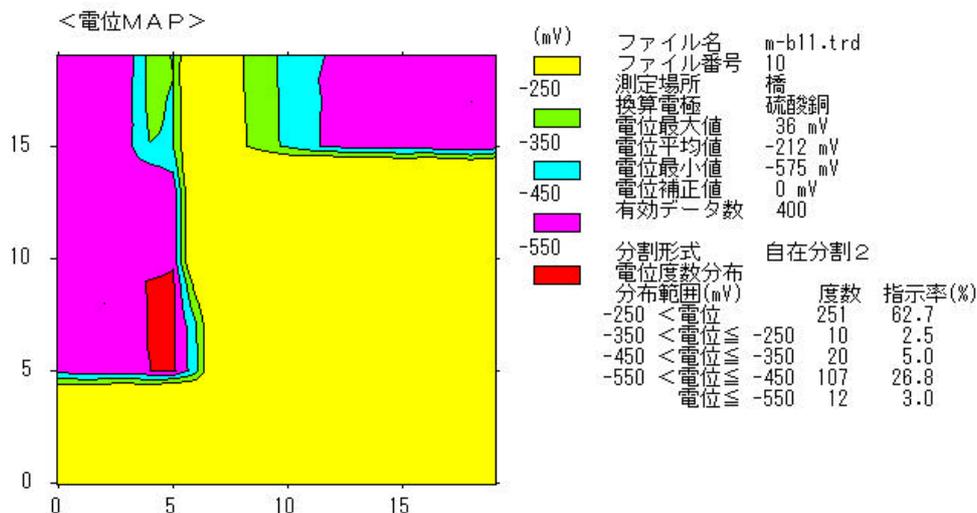
アース鉄筋状況写真



鉄筋腐食度調査 (自然電位法)

Bridge Name	測定	測定部位
New M twapa Bridge	M - 1	箱桁内部 側径間 (ボックス 1)

電位マップ及び測定データ



腐食度評価	腐食状態	自然電位 E (mV)
	腐食がなく黒皮の状態	- 250 < E
	鉄筋表面に僅かな点錆が生じている状態	- 350 < E - 250
	鉄筋表面に薄い浮き錆が拡がって生じており、コンクリートに錆が付着している状態	- 450 < E - 350
	やや厚みがある膨張性の錆が生じているが、断面欠損は比較的少ない状態	E - 450
	鉄筋全体にわたって著しい膨張性の錆が生じており、断面欠損がある状態	E - 450

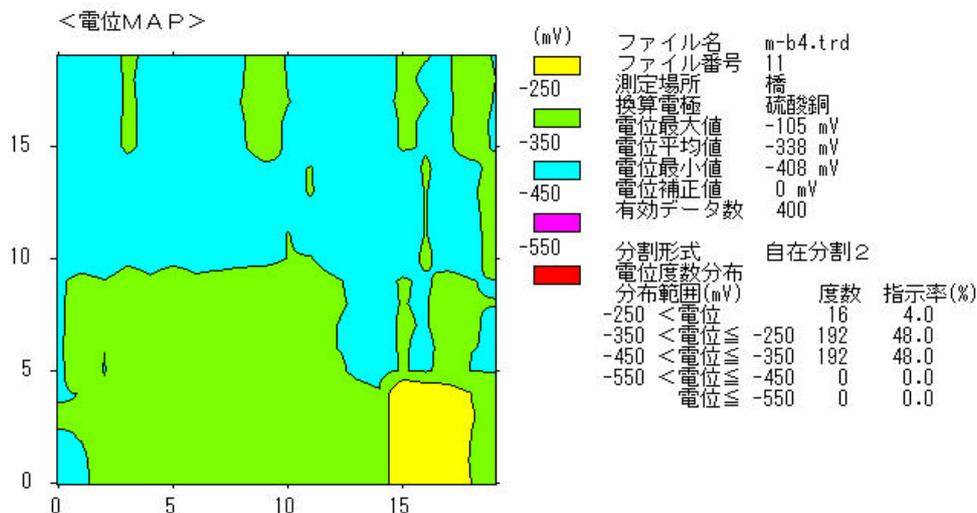
アース鉄筋状況写真



鉄筋腐食度調査 (自然電位法)

Bridge Name	測定	測定部位
New M twapa B ridge	M - 2	箱桁内部 橋脚支点部 (ボックス 4)

電位マップ及び測定データ



腐食度評価	腐食状態	自然電位 E (mV)
	腐食がなく黒皮の状態	- 250 < E
	鉄筋表面に僅かな点錆が生じている状態	- 350 < E - 250
	鉄筋表面に薄い浮き錆が拡がって生じており、コンクリートに錆が付着している状態	- 450 < E - 350
	やや厚みがある膨張性の錆が生じているが、断面欠損は比較的少ない状態	E - 450
	鉄筋全体にわたって著しい膨張性の錆が生じており、断面欠損がある状態	E - 450

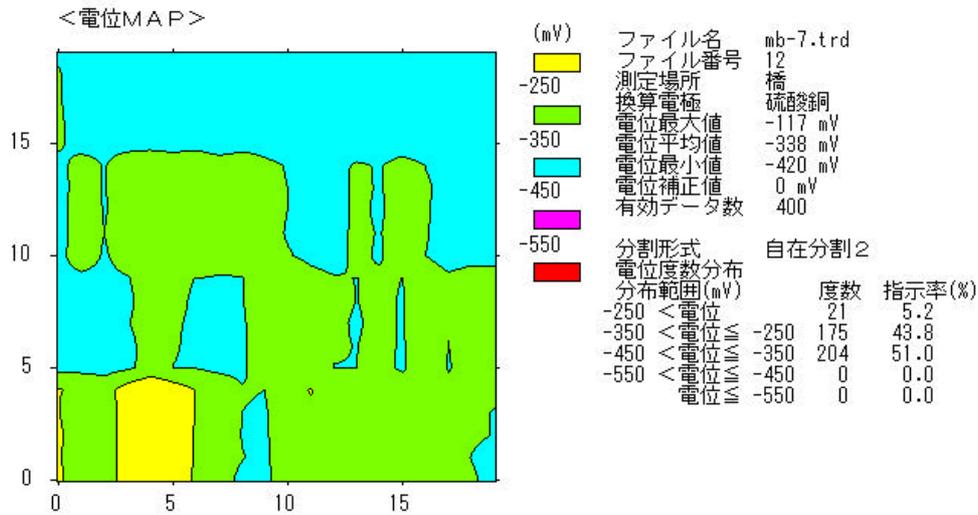
アース鉄筋状況写真



鉄筋腐食度調査 (自然電位法)

Bridge Name	測定	測定部位
New M twapa B ridge	M - 3	箱桁内部 中央径間 (ボックス 4)

電位マップ及び測定データ



腐食度評価	腐食状態	自然電位 E (mV)
	腐食がなく黒皮の状態	- 250 < E
	鉄筋表面に僅かな点錆が生じている状態	- 350 < E - 250
	鉄筋表面に薄い浮き錆が拡がって生じており、コンクリートに錆が付着している状態	- 450 < E - 350
	やや厚みがある膨張性の錆が生じているが、断面欠損は比較的少ない状態	E - 450
	鉄筋全体にわたって著しい膨張性の錆が生じており、断面欠損がある状態	E - 450

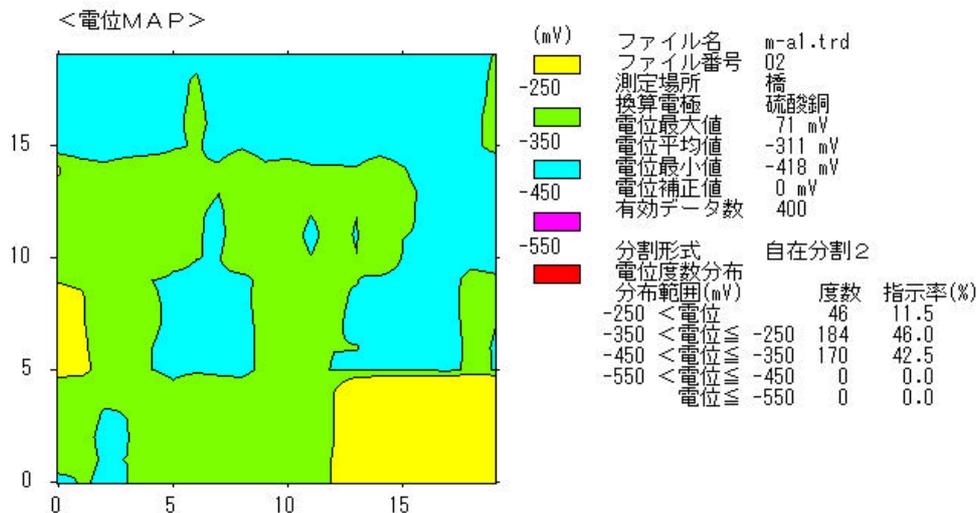
アース鉄筋状況写真



鉄筋腐食度調査 (自然電位法)

Bridge Name	測定	測定部位
New M twapa B ridge	M - 4	A1橋台

電位マップ及び測定データ



腐食度評価	腐食状態	自然電位 E (mV)
	腐食がなく黒皮の状態	- 250 < E
	鉄筋表面に僅かな点錆が生じている状態	- 350 < E - 250
	鉄筋表面に薄い浮き錆が拡がって生じており、コンクリートに錆が付着している状態	- 450 < E - 350
	やや厚みがある膨張性の錆が生じているが、断面欠損は比較的少ない状態	E - 450
	鉄筋全体にわたって著しい膨張性の錆が生じており、断面欠損がある状態	E - 450

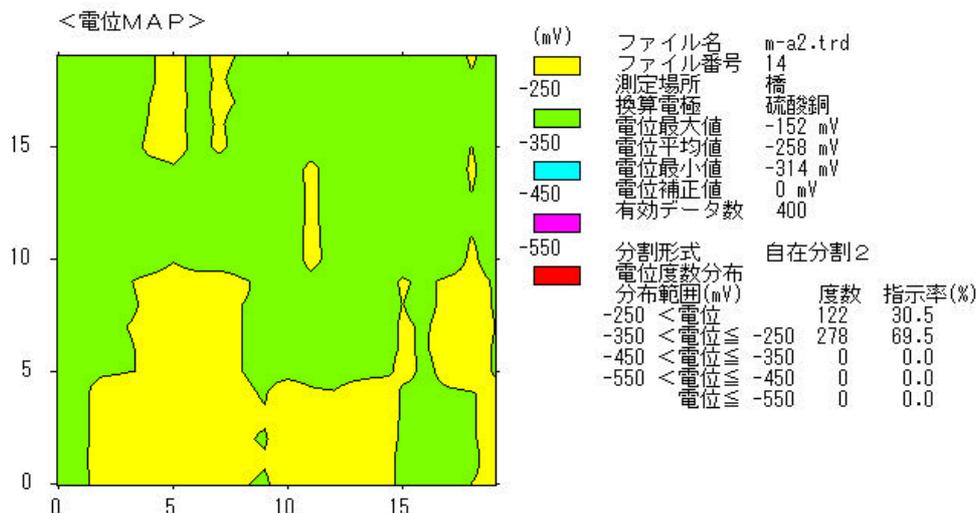
アース鉄筋状況写真



鉄筋腐食度調査 (自然電位法)

Bridge Name	測定	測定部位
New M twapa Bridge	M - 5	A2橋台

電位マップ及び測定データ



腐食度評価	腐食状態	自然電位 E (mV)
	腐食がなく黒皮の状態	- 250 < E
	鉄筋表面に僅かな点錆が生じている状態	- 350 < E - 250
	鉄筋表面に薄い浮き錆が拡がって生じており、コンクリートに錆が付着している状態	- 450 < E - 350
	やや厚みがある膨張性の錆が生じているが、断面欠損は比較的少ない状態	E - 450
	鉄筋全体にわたって著しい膨張性の錆が生じており、断面欠損がある状態	E - 450

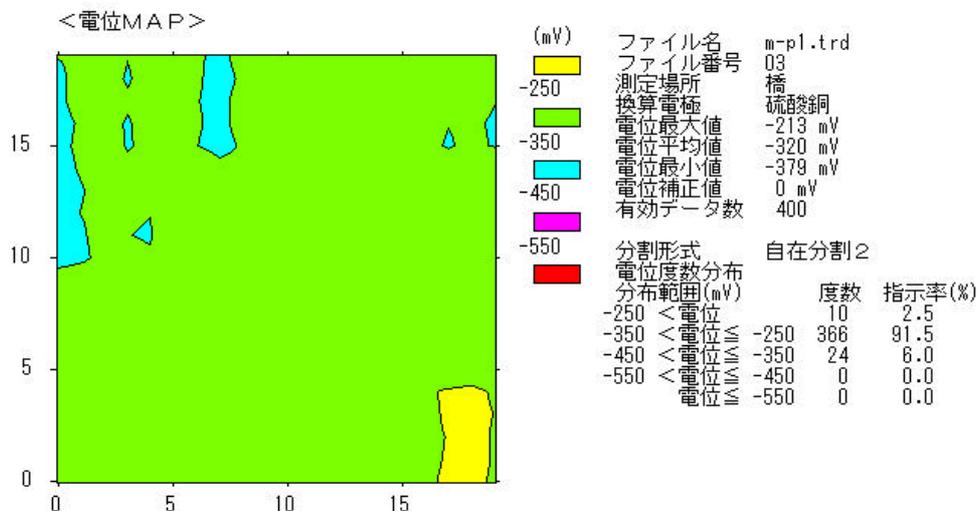
アース鉄筋状況写真



鉄筋腐食度調査 (自然電位法)

Bridge Name	測定	測定部位
New M twapa Bridge	M - 6	P1橋脚 (モンバサ側面)

電位マップ及び測定データ



腐食度評価	腐食状態	自然電位 E (mV)
	腐食がなく黒皮の状態	- 250 < E
	鉄筋表面に僅かな点錆が生じている状態	- 350 < E - 250
	鉄筋表面に薄い浮き錆が拡がって生じており、コンクリートに錆が付着している状態	- 450 < E - 350
	やや厚みがある膨張性の錆が生じているが、断面欠損は比較的少ない状態	E - 450
	鉄筋全体にわたって著しい膨張性の錆が生じており、断面欠損がある状態	E - 450

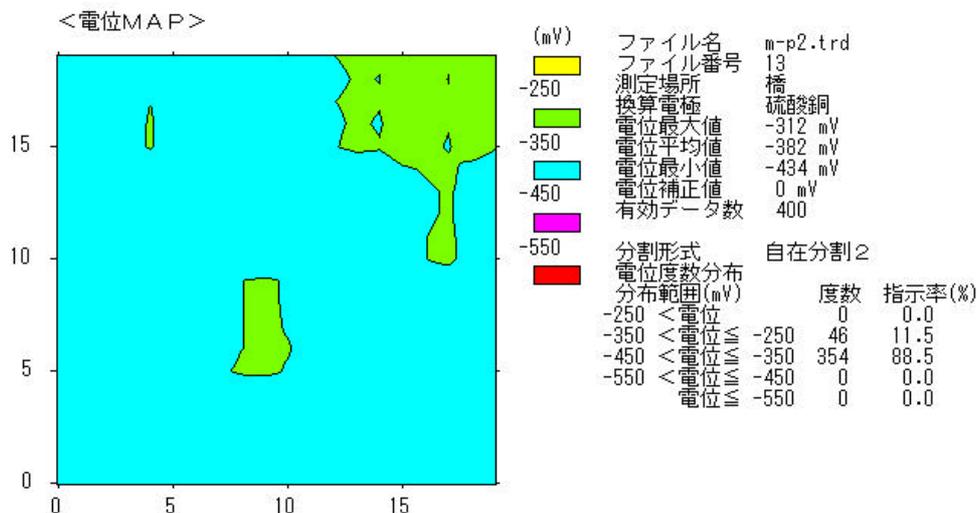
アース鉄筋状況写真



鉄筋腐食度調査 (自然電位法)

Bridge Name	測定	測定部位
New M twapa B ridge	M - 7	P2橋脚 (マリンディー側面)

電位マップ及び測定データ



腐食度評価	腐食状態	自然電位 E (mV)
	腐食がなく黒皮の状態	- 250 < E
	鉄筋表面に僅かな点錆が生じている状態	- 350 < E - 250
	鉄筋表面に薄い浮き錆が拡がって生じており、コンクリートに錆が付着している状態	- 450 < E - 350
	やや厚みがある膨張性の錆が生じているが、断面欠損は比較的少ない状態	E - 450
	鉄筋全体にわたって著しい膨張性の錆が生じており、断面欠損がある状態	E - 450

アース鉄筋状況写真



5. 可溶性塩分測定結果

1. 調査内容

アフリカ・ケニアの実構造物から採取したコンクリートコア13体（表-1）について可溶性塩分量を測定した。

表-1 コンクリートコアNo

φサイズ(mm)	コアNo
50	2
50	3
50	5
50	7
50	10
50	12
100	1
100	3
100	5
100	7
100	9
100	11
100	13

2. 調査方法

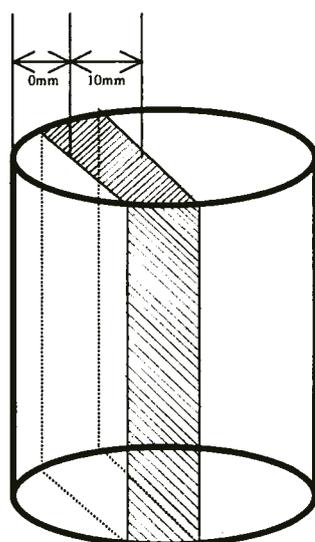
2.1 試料の採取方法

(1) φ50mm のコンクリートコア

コアの全てを粉砕し、サンプルとした。

(2) φ100mm のコンクリートコア

コアを軸方向にカットし、図-1の  部分をカットしサンプルとした。



: サンプルとした部分

図-1 φ100mm コアのサンプリング位置

2.2 試験方法

(1) 試験方法

試験方法は、「硬化コンクリート中に含まれる塩分の分析方法」JCI - SC4 および土木研究所資料『コンクリート橋の塩害対策に関する暴露試験調査() (昭和57年7月)』を参考にした。

試験方法の概要は、試料を 50 に温め、50 の温水を加えて保温し、30 分間しんとうして可溶性塩分を抽出する。保温して静置した後、溶液をろ過する。ろ液の一部を分取し、硝酸溶液(2N)を加えて酸性にしてから、塩化物イオン選択性電極を用いた電位差滴定装置にセットし、N/200 硝酸銀標準溶液で電位差滴定する。なお、抽出は3回行った。

(2) 計算式

1) コンクリート中の NaCl wt %

$$S \% = \frac{V_0 \times 0.000292 \times F}{W} \times \frac{R}{X} \times I \times 100$$

ここに、 V_0 : N / 200 硝酸銀標準溶液の使用量 (ml)

F : N / 200 硝酸銀標準溶液のファクター

W : 試料のはかり取り量 (g)

X : 試料溶液の分取量(ml)

I : 希釈倍率

R : 100

2) コンクリート 1 m³ 中の塩化物含有量への換算

コンクリート 1 m³ 当たりの単位重量を 2350kg/m³ として計算すると、

1 m³ 中の NaCl(kg/m³)

$$1 \text{ m}^3 \text{ 中の NaCl } B = 2350 \times \frac{A}{100}$$

1 m³ 中の cl⁻ (kg/m³)

1 m³ 中の cl⁻ $C = B \times 0.607$

0.607 : NaCl / cl⁻

3 . 試験結果

単位 : cl-kg/m³

コアサイズ (mm)	コアNo	抽出回数			合計
		1 回目	2 回目	3 回目	
50	2	0.035	0.021	0.013	0.069
50	3	0.040	0.016	0.010	0.066
50	5	0.026	0.014	0.009	0.049
50	7	0.029	0.014	0.008	0.051
50	10	0.025	0.015	0.009	0.050
50	12	0.038	0.010	0.006	0.054
100	1	0.065	0.034	0.021	0.121
100	3	0.019	0.018	0.011	0.048
100	5	0.027	0.016	0.010	0.053
100	7	0.026	0.014	0.009	0.049
100	9	0.022	0.016	0.010	0.049
100	11	0.026	0.009	0.006	0.041
100	13	0.021	0.021	0.013	0.055

6. 振動試験結果

目次

1. 振動試験
 - 1.1 概要
 - 1.1.1 目的
 - 1.1.2 方法
 - 1.1.3 結果
 - 1.2 試験方法
 - 1.2.1 試験項目
 - 1.2.2 試験方法
 - (1)常時微動計測
 - (2)車両落下試験
 - (3)車両走行試験
 - 1.2.3 計測方法
 - (1)計測機器の設置
 - (2)計測方法
 - 1.3 試験結果
 - 1.3.1 常時微動計測結果
 - (1)固有振動数および振動モード
 - 1.3.2 車両落下試験結果
 - (1)固有振動数および振動モード
 - (2)モード減衰
 - (3)最大応答値
 - 1.3.3 車両走行試験結果
 - (1)固有振動数および振動モード
 - (2)モード減衰
 - (3)最大応答値
 - 1.4 逆解析
 - 1.4.1 解析モデル
 - 1.4.2 解析条件
 - 1.4.3 解析結果
 - (1)固有振動数
 - (2)振動モード
 - 1.5 まとめ

1 振動試験

1.1 概要

1.1.1 目的

一般に構造物は、クラックの発生や材料の劣化によりその剛性が低下する。一方、構造物の固有振動数は剛性低下とともに低下する。したがって、理論的には固有振動数や応答値を測定することにより、剛性の経年変化を非破壊的に評価することが可能である。その一例として、現在、(財)鉄道総合研究所では、JR 各社の橋脚など下部工の健全度評価を、固有振動数の変化を用いて行っている³⁾。本振動試験は、現状の損傷状態を把握するとともに、今後の補修・補強工事および維持管理のための基礎データを得ることを目的として行った。

1.1.2 方法

無載荷時における微振動を計測する常時微動計測、車両を踏み台から落下させ、橋体を衝撃加振する車両落下試験、車両を走行させた時の振動を計測する車両走行試験を行い、固有振動数などの振動特性の把握を行った。試験の流れを図-1-1 に示す。

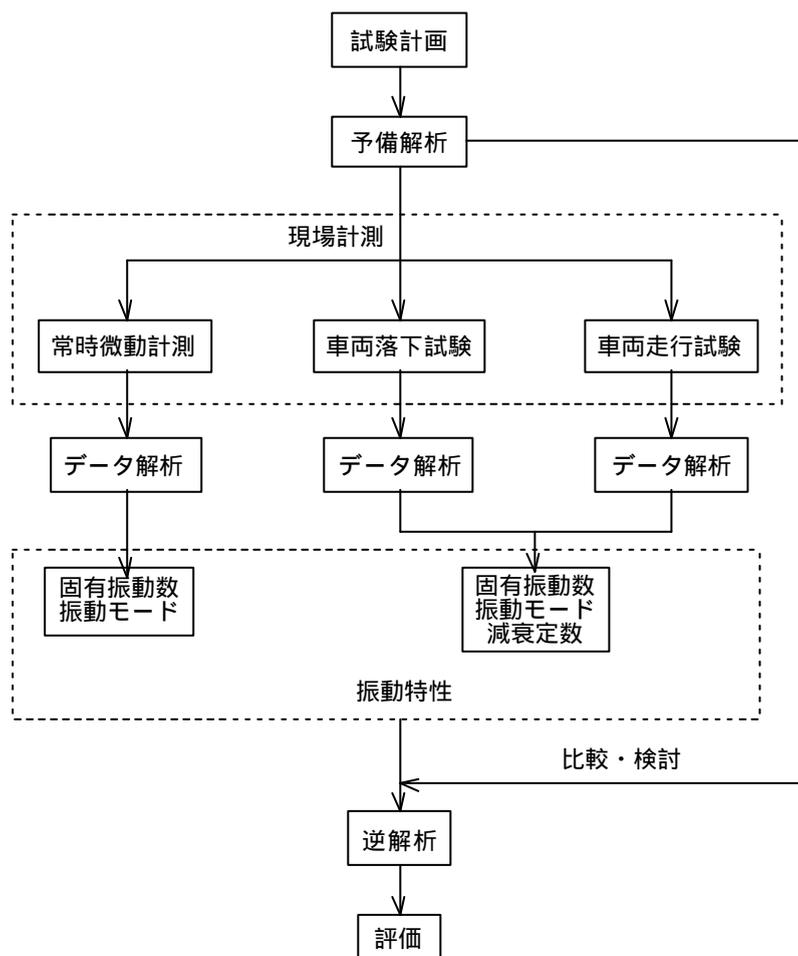


図-1-1 試験の流れ

1.1.3 結果

振動試験より得られた固有振動数およびコンクリートの弾性係数をパラメータとした解析の結果を表-1-1 に示す。解析は、全断面有効とし、弾性係数 E_c は、コンクリートコアーによる弾性係数試験から得られた値 ($E_c=23\text{kN/mm}^2$)、設計値 ($E_c=28\text{kN/mm}^2$)、コンクリート強度 51N/mm^2 より推定される値 ($E_c=33\text{kN/mm}^2$) として行った。試験値と解析値の関係を図-1-2 に示す。たわみ方向の固有振動数は、弾性係数試験値を用いた解析値と設計値を用いた解析値の間に収まっていることが分かる。以上より、振動試験結果から推定される範囲内では、顕著な剛性低下は生じていないものと思われる。

表-1-1 結果

振動モード	固有振動数(Hz)			
	試験値	解析値		
		$E_c=23\text{kN/mm}^2$	$E_c=28\text{kN/mm}^2$	$E_c=33\text{kN/mm}^2$
たわみ対称 1 次モード	1.30	1.19	1.31	1.43
たわみ逆対称 1 次モード	2.86	2.76	3.04	3.31
水平対称 1 次モード	1.91	2.00	2.21	2.40

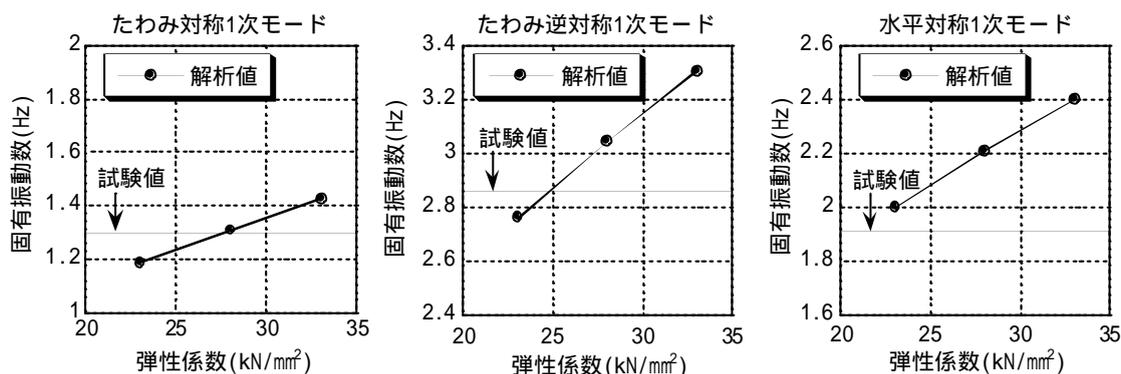


図-1-2 試験値と解析値の関係

1.2 試験方法

1.2.1 試験項目

本試験は、上部構造の振動特性の把握を目的として、常時微動計測、車両落下試験、車両走行試験を行った。

表-1-2 試験項目

試験項目	振動方向	加振力	目的
常時微動計測	鉛直	なし	固有振動数、振動モード
車両落下試験	鉛直 ねじれ	ダンプロック (総重量 19.92tf)	固有振動数、振動モード、 モード減衰
車両走行試験	鉛直		

1) 固有振動数

応答の大きい計測点を基準計測点とし、基準計測点における信号データを式(1)に当てはめる。振動数 f を少しずつ変化させ、式(1)の誤差項 (t) の二乗和が最小となる時の f を固有振動数 f_r とした。

$$F(t) = A \cdot \cos(2\pi f \cdot t) + B \cdot \sin(2\pi f \cdot t) + C + (t) \quad (1)$$

ここに、 $F(t)$: 時系列データ A, B, C : 係数
 (t) : 誤差項 f : 振動数
 t : 時間

また、この時の係数 A および B を用いて、式(2)より基準計測点の位相 θ_0 を求める。

$$\theta_0 = \tan^{-1}(A/B) \quad (2)$$

2) 振動モード

(1)で求めた固有振動数 f_r と各計測点の信号データを式(1)に代入し、 f_r の成分である係数 A および B を求める。式(3)および(4)より、各計測点の振幅 X および位相差 θ を求め、これらをプロットし、振動モード図を得た。本試験では、一部の試験ケースで橋脚上の応答を計測した。これより、各モードの橋脚上の応答は、最大応答値を示す計測点の 1/100 程度であったため、橋台および橋脚上の点は不動点と仮定し、モード図を作成した。

$$X = \sqrt{A^2 + B^2} \quad (3)$$

$$\theta = \tan^{-1}(A/B) - \theta_0 \quad (4)$$

3) モード減衰

計測データを、振動モードごとにモード分解して得られた各モードの自由減衰波形から、自由減衰法により対数減衰率および減衰定数を求め、これをモード減衰とした。

$$\text{対数減衰率} = \frac{1}{n} \ln \left(\frac{X_i}{X_{i+n}} \right) \quad (5)$$

$$\text{減衰定数} \quad h \approx \frac{1}{2} \quad (6)$$

1.2.2 試験方法

各試験は、以下の方法により実施した。

(1) 常時微動計測

橋梁周辺の加振源によって引き起こされる地盤振動や、波、風など自然界のエネルギーが大地の微動となって生じる振動が常時微動であり、これにより橋体に生じる微振動を計測した。車両走行が全くない時に連続して 30 秒間の計測を行った。

(2) 車両落下試験

試験車（15tf トラッククレーン）の前輪を踏み台の上に乗上げておき、踏み台から落下させた時の衝撃振動および減衰自由振動を計測した。試験状況を写真-1 に示す。試験車の落下位置を幅員中央とすることでたわみ方向の振動を励起させ、海側車線中央とすることでねじれ振動および水平振動を励起させた。落下地点を図-1-3 に示す。たわみ方向（落下位置 および ）およびねじれ・水平方向（落下位置 および ）で各 2 ケ所、計 4 ケ所で行った。試験水準を表-1-3 に示す。また、落下高さは 150mm とし、落下位置には足場板を置き、落下時に局所的な荷重が作用しないようにした（図-1-4）。なお、試験車は総重量、前軸重、中・後軸重の各重量と固有振動数を計測した（表-1-4）。試験車の固有振動数の計測は、橋梁の固有振動数の影響を受けないよう堅固な地盤上において実施した。試験車に加速度計を取り付け、踏み台から落下させ、この時の加速度応答を計測し、5 秒以降の波形についてスペクトル解析を行うことで試験車の固有振動数を得た。



写真-1 車両落下試験状況

表-1-3 車両落下試験水準

落下位置			加速度計 配置	計測 回数
ケース	橋軸方向（中央径間）	幅員方向		
	スパン中央	幅員中央	鉛直方向	5
	Malindi 側橋脚から 20m			5
	スパン中央	海側車線中央	水平方向	5
	Malindi 側橋脚から 40m			5

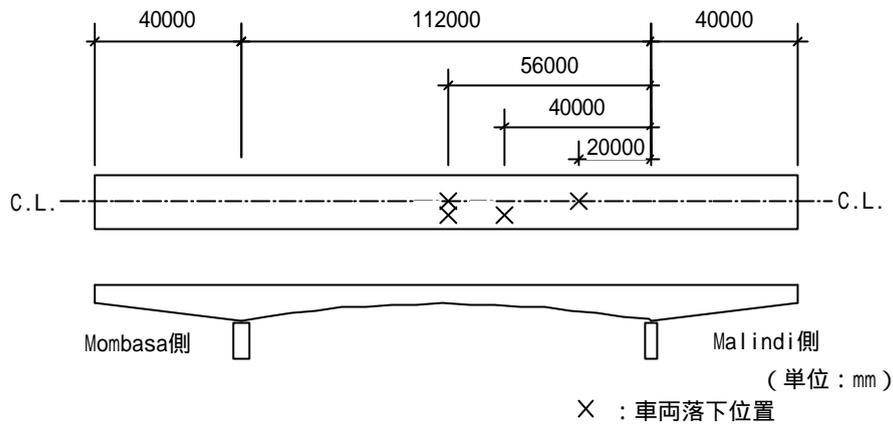


図-1-3 車両落下位置

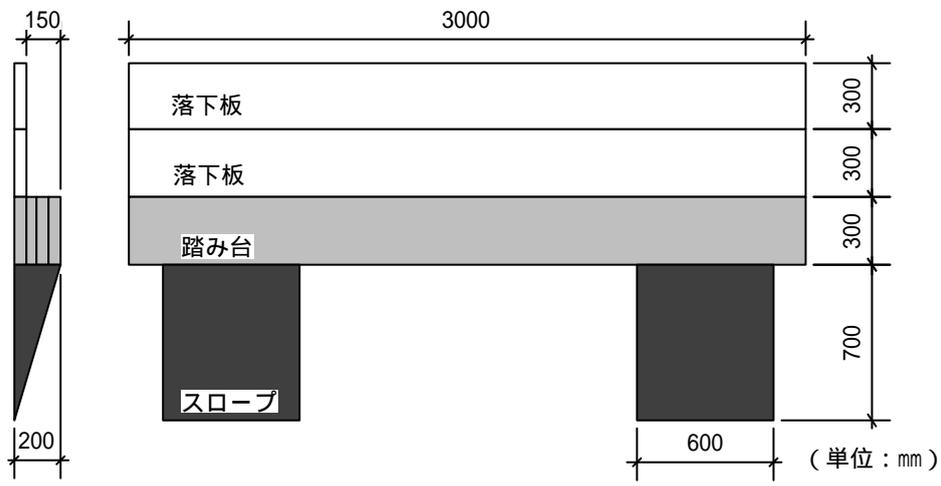


図-1-4 踏み台の形状

表-1-4 車両の諸元

車両の形式	大型 3 軸 (後タンデム) 15tf トラッククレーン
総重量	19.92tf
前軸重量	4.88tf
中・後軸重量	15.04tf
バネ上固有振動数	1.39Hz
バネ下固有振動数	3.23Hz

(3) 車両走行試験

試験車を 1 台、幅員中央または各車線中央を走行させ、この時の振動を計測した。試験車の走行速度は橋梁内ではほぼ一定とし、目標速度は 20、40、60km/h の 3 水準とした (表-1-5)。試験車の実走行速度は、橋梁の通過に要した時間をストップウォッチで計測し、橋長を 192m とし、平均時速として算出した。

表-1-5 車両走行試験水準

加速度計配置	走行位置	車両速度	計測回数
鉛直方向 ねじれ方向	幅員中央 車線中央	20km/h	3
		40km/h	3
		60km/h	3

1.2.3 計測方法

(1)計測機器の設置

計測には、サーボ型加速度計（(株)共和電業製 ASQ-1CA）を用いた。加速度計の仕様を表-1-6 に示す。加速度計の設置は、計測対象とする振動モードにより 2 通りの方法で実施した（図-1-5）。1 つ目は、たわみ振動モードを計測対象とした(a)鉛直方向であり、2 つ目は、ねじれ振動モードおよび水平振動モードを計測対象とした(b)ねじれ方向である。

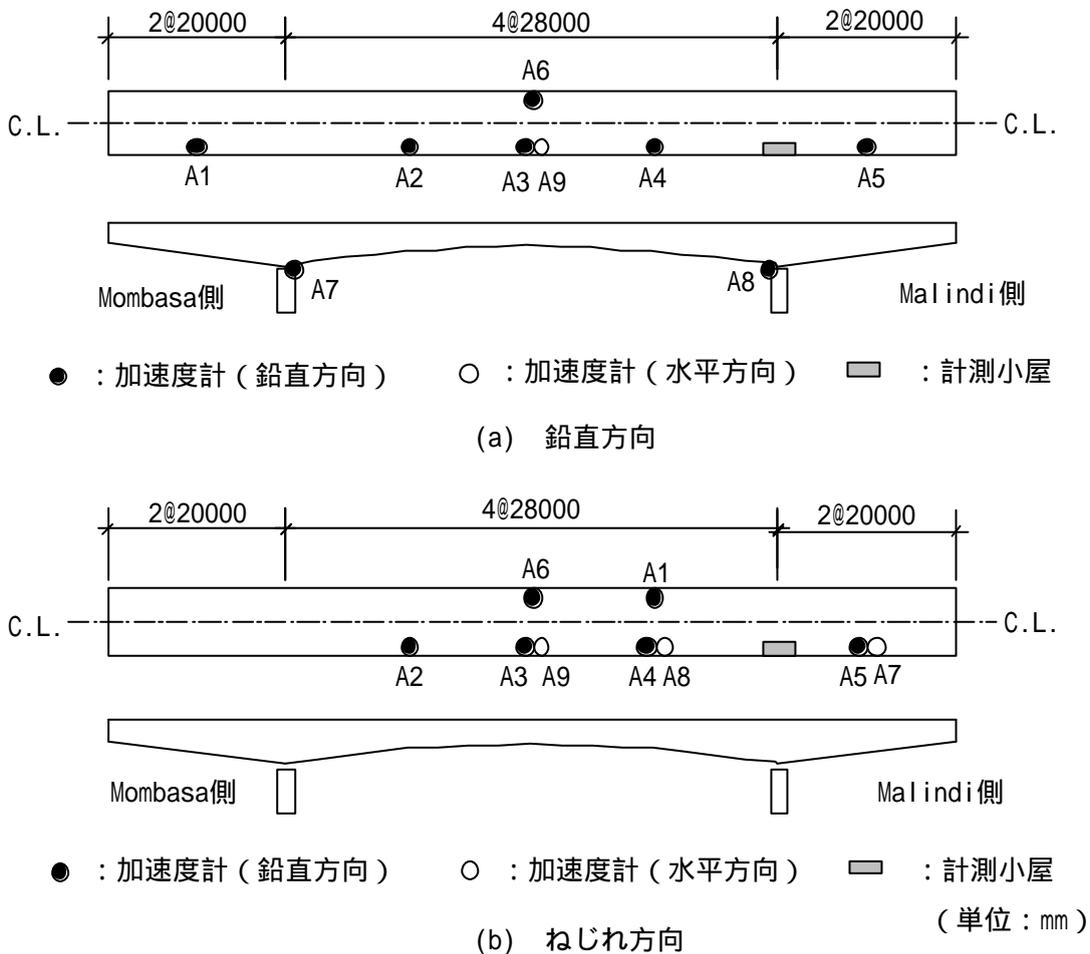


図-1-5 加速度計の設置位置

表-1-6 加速度計の仕様

定格容量	±1G	定格出力	5V ± 5%
応答周波数範囲	DC ~ 100Hz	横感度	横感度
非直線性	±0.03%RO	ヒステリシス	±0.05%RO
温度補償範囲	-10 ~ 60	質量	約 240 g

(2)計測方法

計測システムを図-1-6 に示す。計測は、加速度レンジとし、サンプリング間隔 $t=1\text{msec}$ で、30Hz のローパスフィルターをかけて行った。加速度計で計測された信号データは、専用アンプで増幅し、A/D 変換器でデジタルデータに変換後、パソコンのハードディスクに収録した。データレコーダは、バックアップ用の記録器として使用した。また、現場ではパソコン画面にリアルタイムで波形を出力し、データのチェックを行うと同時に、スペクトル解析を行い、大凡の固有振動数および振動モードのチェックを行った。

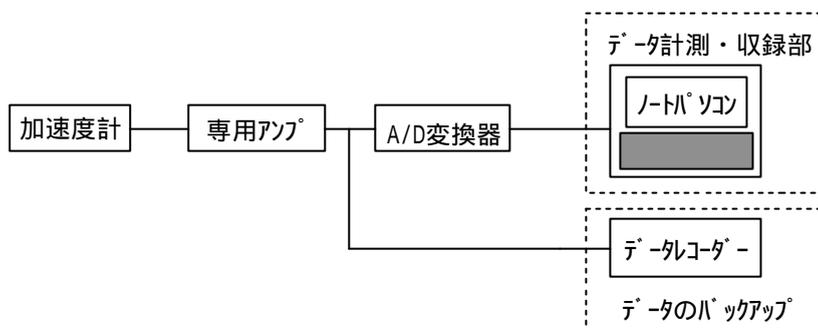


図-1-6 計測システム

1.3 試験結果

1.3.1 常時微動計測結果

(1)固有振動数および振動モード

常時微動計測より得られた加速度波形およびスペクトル図の一例を図-1-7 に示す。たわみ振動では、約 1.3Hz および約 2.9Hz に、水平振動では約 1.9Hz に卓越振動数が認められた。これらはそれぞれ、たわみ対称 1 次モード、たわみ逆対称 1 次モード、水平対称 1 次モードであると確認された。試験結果を表-1-7 に、振動モードを図-1-8 に示す。なお、水平モードは、センサー数の関係で半径間を対象に計測を行ったため、モード形状として図-1-8 のような結果が得られたが、本橋は特異な構造ではないことから、常識的に水平対称 1 次モードと判定した。

表-1-7 常時微動計測結果

固有振動数 (Hz)	たわみ振動		水平振動
	対称 1 次モード	逆対称 1 次モード	対称 1 次モード
平均値	1.30	2.86	1.91

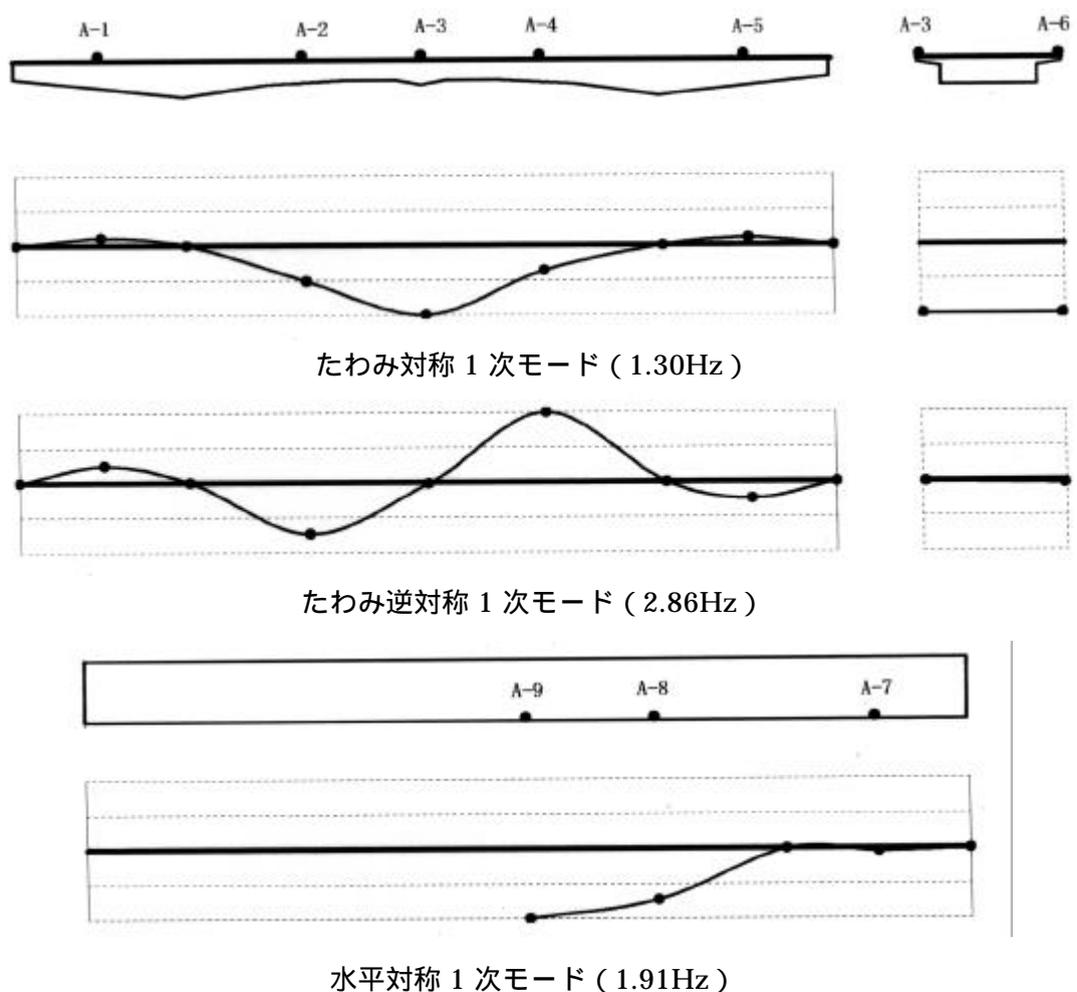


図-1-8 振動モード図 (常時微動計測)

1.3.2 車両落下試験結果

(1)固有振動数および振動モード

車両落下試験より得られた加速度波形およびスペクトル図の一例を図-1-9 に示す。たわみ振動では、約 1.4Hz および約 2.9Hz に、水平振動では約 2.0Hz に卓越振動数が認められた。これらはそれぞれ、たわみ対称 1 次モード、たわみ逆対称 1 次モード、水平対称 1 次モードと確認された。試験結果を表-1-8 に、振動モード図を図-1-10 に示す。

振動モードは、常時微動計測結果とほぼ一致している。

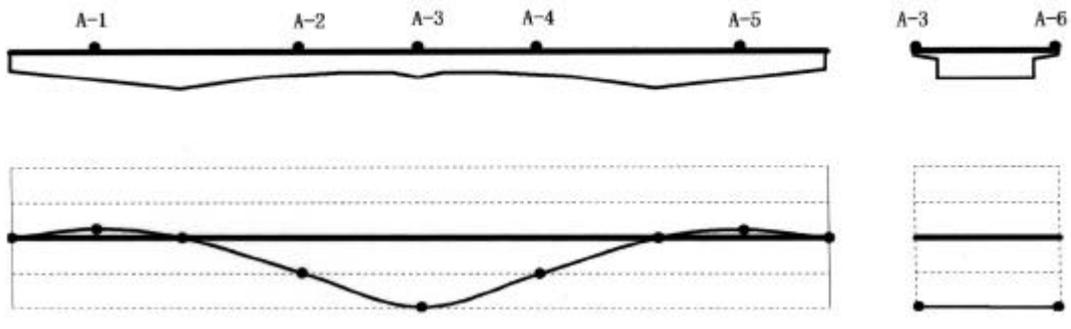
固有振動数は、たわみ対称 1 次モードおよび水平対称 1 次モードで、常時微動計測結果に比べやや高い値となっている。車両落下試験のたわみ対称 1 次モードでは、水平方向の計測点において、対称 1 次モードとほぼ同じ振動数が卓越して現れている。このことから、車両落下試験のたわみ対称 1 次モードは、面外方向の振動成分を伴ったため、固有振動数がわずかに変化したと考えられる。同じく、水平対称 1 次モードの振動数の変化も、加振力が鉛直方向であるため、面内方向の振動成分の影響によると推測される。

車両落下試験は車両落下時の衝撃による強制振動であり、落下地点のわずかな偏心でねじれ振動が励起される上、および のケースでは、水平・ねじれ方向の振動特性を観察するため、故意に偏心載荷としているので、固有振動数の多少変動は否めない。

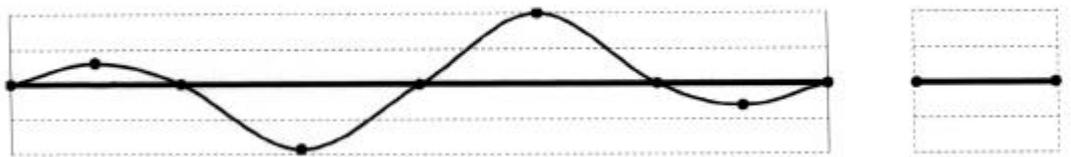
表-1-8 車両落下試験結果

固有振動数 (Hz)	たわみ振動		水平振動
	対称 1 次モード	逆対称 1 次モード	対称 1 次モード
平均 値	1.37	2.86	1.97
	1.39	2.85	1.95
	1.37	2.86	1.97
	1.38	2.81	1.97
平均値	1.38 (1.30)	2.85 (2.86)	1.97 (1.91)

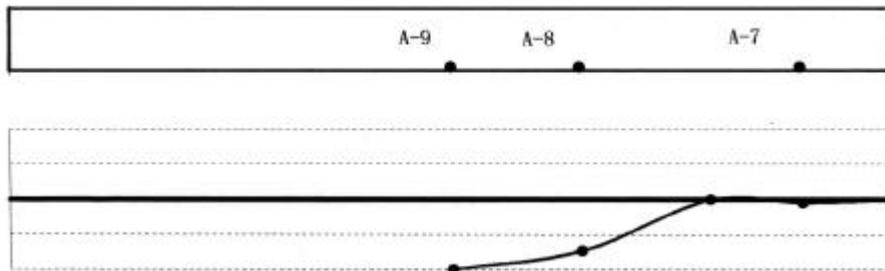
注) 最下欄の () 内の数値は、常時微動計測結果を示す。



たわみ対称 1 次モード (1.38Hz)



たわみ逆対称 1 次モード (2.85Hz)



水平対称 1 次モード (1.97Hz)

図-1-10 振動モード図 (車両落下試験)

(2)モード減衰

車両落下試験後の減衰自由振動波形より、各モードについてモード分解をし、自由減衰法により減衰定数を求めた。減衰定数の評価は、各モードの最も応答が大きい計測点で行った。モード減衰を表-1-9 に示す。

表-1-9 モード減衰

(a)たわみ対称 1 次モード

A3 基準	固有振動数(Hz)	対数減衰率	減衰定数
平均値	1.37	0.039	0.006
	1.39	0.033	0.005
	1.37	0.041	0.007
	1.38	0.038	0.006
全平均値	1.38	0.038	0.006

(b)たわみ逆対称 1 次モード

A2 基準		固有振動数(Hz)	対数減衰率	減衰定数
平均値		2.86	0.037	0.006
		2.85	0.039	0.005
		2.86	0.036	0.007
		2.82	0.044	0.006
全平均値		2.85	0.039	0.006

(c)水平対称 1 次モード

A9 基準		固有振動数(Hz)	対数減衰率	減衰定数
平均値		1.97	0.054	0.009
		1.95	0.028	0.004
		1.97	0.052	0.008
		1.97	0.048	0.008
全平均値		1.97	0.046	0.007

以上より、本橋の減衰率は、たわみ振動および水平振動ともにモードに関わらず、対数減衰率で約 4～5%、減衰定数で約 0.6～7%であることが分かった。減衰率は、上部工主材の種類、構造形式、支間長、床版の種類の影響を大きく受ける。また、損傷が進むと減衰定数は一般に大きくなるといわれるため、他橋との比較は難しい。しかしながら、本橋と比較的構造の似ている 3 径間連続 PC 箱桁橋の由比港橋（スパン：30+70+30m）では、たわみ対称 1 次モードの減衰定数は 0.005（固有振動数 1.7Hz）¹⁾と報告されている。これより、本橋は PC 箱桁橋として一般的な減衰率を有していると推測される。

(3)最大応答値

各計測点の最大応答値を表-1-10 にまとめる。変位応答値は、加速度データを 2 階積分して求めた。

表-1-10 最大応答値（車両落下試験）

応答	ケース	鉛直・橋面						鉛直・橋脚		水平		水平	
		A1	A2	A3	A6	A4	A5	A7	A8	A9	A7	A8	
加速度 (gal)		4.38	8.32	11.04	11.15	7.82	3.96	0.28	0.70	3.77			
		4.70	10.19	8.60	10.60	19.89	5.27	0.28	0.61	2.94			
		9.81	9.17	13.27	12.99	9.02	5.46			2.08	1.36	1.72	
		13.42	11.98	11.72	12.21	12.03	5.57			2.34	1.39	2.39	
変位 (mm)		0.155	0.582	1.125	1.119	0.588	0.136	0.004	0.012	0.270			
		0.117	0.462	0.872	0.874	0.498	0.118	0.003	0.010	0.127			
		0.845	0.844	1.664	1.633	0.845	0.190			0.088	0.011	0.062	
		0.741	0.727	1.235	1.200	0.727	0.174			0.159	0.018	0.117	

表-1-10 より、橋脚上の応答は、橋面の最大応答値に対して加速度応答で 1/5 程度の微振動のレベルであり、車両落下の衝撃により、橋脚の沈下などは生じていないと推測される。

1.3.3 車両走行試験結果

(1)固有振動数および振動モード

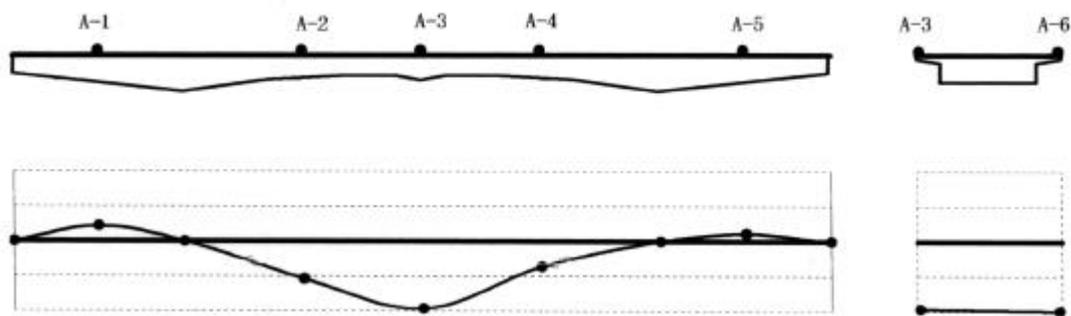
車両走行試験より得られた加速度波形およびスペクトル図の一例を図-1-11 に示す。たわみ振動では、約 1.3Hz および約 2.9Hz に、水平振動では約 1.9Hz に卓越振動数が認められる。これらはそれぞれ、たわみ対称 1 次モード、たわみ逆対称 1 次モード、水平対称 1 次モードと確認された。試験結果を表-1-11 に、振動モード図を図-1-12 に示す。振動モードは、他の 2 試験とほぼ一致している。固有振動数に関して常時微動計測結果と比較すると、たわみ対称 1 次モードおよび水平対称 1 次モードではほぼ同じ値であるが、たわみ逆対称 1 次モードでは、やや低めの値となっている。たわみ逆対称 1 次モードでは、水平方向の加速度計においても、ほぼ同じ振動数が卓越して現れていることから、ねじれ振動成分を含んだモードとなり、固有振動数が変動したと思われる。車両落下試験と同じく、載荷荷重が幅員に対して偏心していたことが原因と推定され、試験の性格上やむを得ない誤差である。なお、ねじれ・水平振動を励起させることを目的とした、車両落下試験のケースでも、たわみ逆対称 1 次モードの固有振動数は 2.81Hz と観測されている。

常時微動計測に対する固有振動数の変動は、車両落下試験ではたわみ対称 1 次モードに、車両走行試験ではたわみ逆対称 1 次モードに現れている。これらは、各試験方法で卓越するモードと一致していることから、加振力の偏心に起因する誤差は、各試験における支配的なモードに大きな影響を与えるといえる。

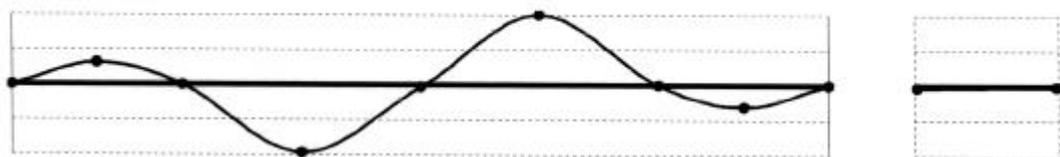
表-1-11 車両走行試験結果

固有振動数 (Hz)	たわみ振動		水平振動
	対称 1 次モード	逆対称 1 次モード	対称 1 次モード
平均値			
20km/h	1.30	2.81	1.91
40km/h	1.30	2.80	1.91
60km/h	1.29	2.82	1.91
平均値	1.30 (1.30)	2.81 (2.86)	1.91 (1.91)

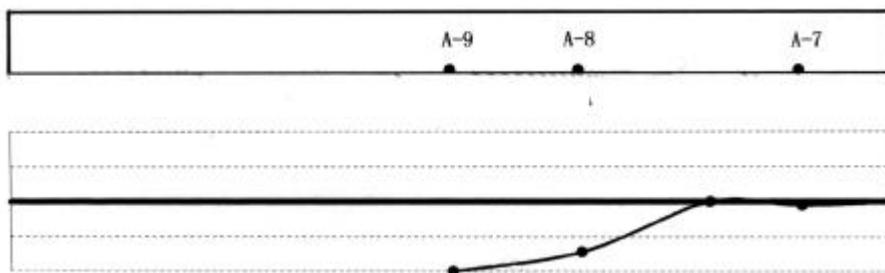
注) 最下欄の () 内の数値は、常時微動計測結果を示す。



たわみ対称 1 次モード (1.30Hz)



たわみ逆対称 1 次モード (2.81Hz)



水平対称 1 次モード (1.91Hz)

図-1-12 振動モード図 (車両走行試験)

(2)モード減衰

車両走行試験で得られた減衰波形より、車両落下試験と同様の方法で各振動モードについて評価した。モード減衰を表-1-12 に示す。

表-1-12 モード減衰

(a)たわみ対称 1 次モード

A3 基準		固有振動数(Hz)	対数減衰率	減衰定数
平均値	20km/h	1.37	0.027	0.004
	40km/h	1.39	0.028	0.005
	60km/h	1.39	0.031	0.005
全平均値		1.38	0.029	0.005

(b)たわみ逆対称 1 次モード

A2 基準		固有振動数(Hz)	対数減衰率	減衰定数
平均値	20km/h	2.84	0.034	0.005
	40km/h	2.85	0.037	0.006
	60km/h	2.85	0.041	0.006
全平均値		2.85	0.037	0.006

(c)水平対称 1 次モード

A9 基準		固有振動数(Hz)	対数減衰率	減衰定数
平均値	20km/h	1.96	0.028	0.004
	40km/h	1.95	0.030	0.005
	60km/h	1.95	0.032	0.005
全平均値		1.95	0.030	0.005

車両走行試験より得られた減衰率は、対数減衰率で約 3～4%、減衰定数で約 0.5～0.6% であり、車両落下試験と同程度の値である。また、走行速度が速いほど、減衰率は大きくなる傾向が認められる。走行速度が速いほど応答は大きくなる（(3)最大応答値参照）ので、一般に言われる減衰の振幅依存性の現れと見なせる。

(3)最大応答値

各計測点の最大応答値について、鉛直方向計測を表-1-13 に、ねじれ方向計測を表-1-14 にまとめる。速度応答値および変位応答値は、それぞれ加速度データを 1 階および 2 階積分をして求めた。

表-1-13 車両走行試験最大応答値（鉛直方向）

応答	ケース (km/h)	鉛直・橋面						鉛直・橋脚		水平
		A1	A2	A3	A6	A4	A5	A7	A8	A9
加速度 (gal)	20	9.81	14.28	10.01	8.61	14.27	11.09	0.28	0.65	1.14
	40	19.63	28.41	11.21	13.24	16.52	16.33	0.87	1.24	3.48
	60	26.03	38.38	24.96	23.44	34.66	26.70	0.94	1.43	5.21
速度 (cm/s)	20	0.246	0.680	0.291	0.308	0.695	0.228	0.008	0.017	0.061
	40	0.238	0.534	0.266	0.280	0.545	0.279	0.009	0.014	0.135
	60	0.375	1.095	0.715	0.530	1.331	0.416	0.011	0.022	0.188
変位 (mm)	20	0.116	0.370	0.178	0.176	0.369	0.124	0.004	0.007	0.055
	40	0.108	0.328	0.237	0.217	0.340	0.100	0.003	0.007	0.120
	60	0.202	0.599	0.464	0.351	0.713	0.197	0.005	0.012	0.157

表-1-13 より、橋脚上の応答は、車両落下試験と同じく橋面の応答値に対して非常に小さく、車両の走行による橋脚のたわみなどは生じていないと推測される。

表-1-14 車両走行試験最大応答値（ねじれ方向計測）

応答	ケース (km/h)	鉛直・橋面						水平		
		A5	A1	A4	A3	A6	A2	A7	A8	A9
加速度 (gal)	20	10.72	15.23	15.40	7.71	13.96	16.64	2.65	2.38	1.48
	40	21.23	14.38	16.46	10.75	11.51	17.02	5.02	4.52	3.31
	60	38.39	20.69	22.39	10.93	16.31	22.13	7.22	4.48	3.31
速度 (cm/s)	20	0.267	0.781	0.793	0.265	0.470	0.753	0.076	0.113	0.066
	40	0.312	0.683	0.679	0.382	0.448	0.688	0.061	0.102	0.129
	60	0.453	1.096	1.068	0.472	0.438	1.156	1.156	0.118	0.097
変位 (mm)	20	0.135	0.402	0.405	0.165	0.226	0.400	0.027	0.057	0.059
	40	0.120	0.394	0.393	0.233	0.256	0.392	0.020	0.069	0.092
	60	0.222	0.681	0.650	0.381	0.408	0.686	0.019	0.074	0.084

図-1-13 に車両走行速度と、最大応答値の関係を示す。横軸は実走行速度、縦軸は加速度、速度、変位の各最大応答値を表している。

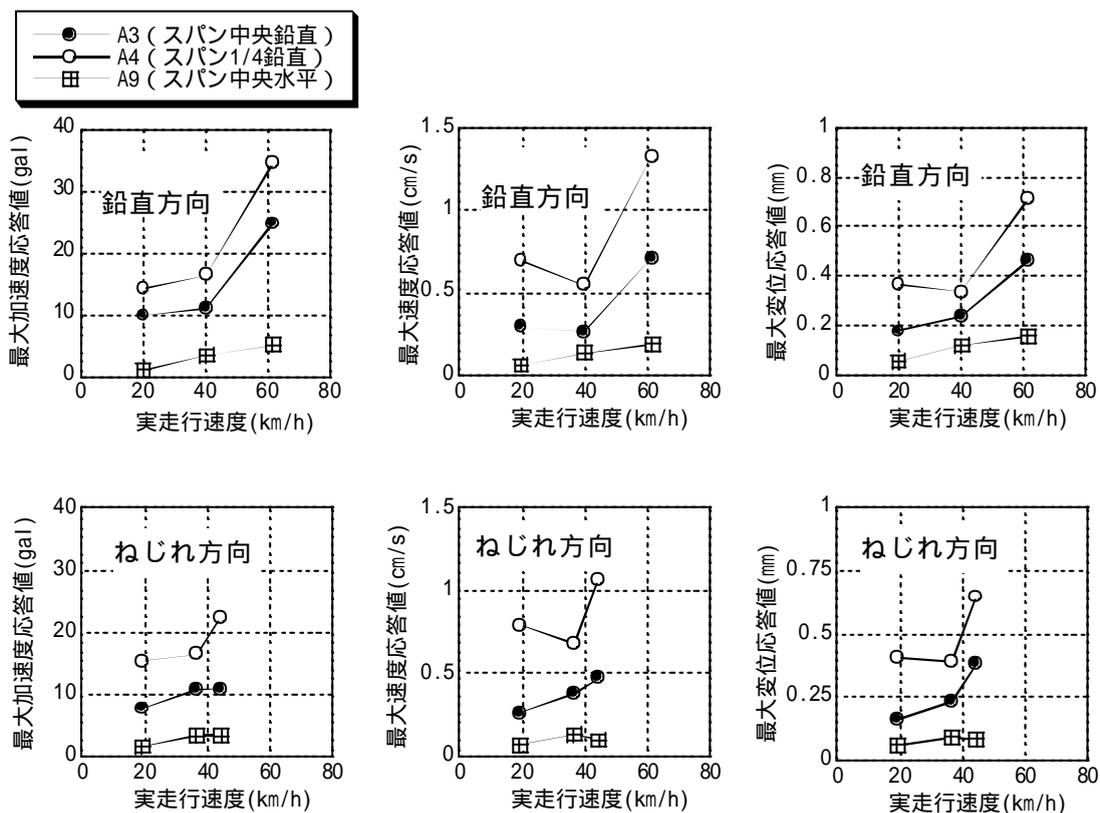


図-1-13 車両走行速度と最大応答値の関係

図-1-13 より、走行速度が速くなるに従い、たわみ振動、水平振動ともに応答値は大きくなる傾向にあることが分かる。また、たわみ振動では、スパン中央よりもスパン 1/4 点の方が応答値は大きく、本橋は使用状態、即ち車両走行時において、たわみ対称 1 次振動よりもたわみ逆対称 1 次モードの方が励起しやすいことがわかる。これは、たわみ逆対称 1 次

モードの固有振動数は約 2.9Hz であり、橋梁のたわみ振動に大きな影響を与えるといわれる車両のバネ下固有振動数が、試験車では約 3.2Hz であるため、橋体は共振しやすい状態となる。そのため、たわみ逆対称 1 次モードが励起されていると考えられる。スペクトル図においても、3Hz 程度に卓越振動数が多く認められている。これは、常時微動計測では、あまり認められていない傾向であり、試験車の走行による外力の振動数成分は、車両の固有振動数である約 3Hz の振動数成分を多く有するものであるといえる。

1.4 逆解析

1.4.1 解析モデル

本振動試験は、主に上部工のたわみ振動を対象としており、かつ、本橋の構造形式は、3径間連続 PC 箱桁橋であり、橋脚高も 7.2m と高くはない。一般的に、橋梁上部工、とりわけたわみ方向の振動特性は、上部工の主材、構造形式、剛性、重量の影響が大きく、橋脚や地盤バネなどの下部工の影響は小さいといわれる。よって、解析モデルは、図-1-14 のような上部工だけを取り出した 3 次元フレームモデルとした。ただし、橋軸方向の縦断線形および prestress は考慮していない。解析は、汎用 FEM プログラム「ADINA ver.6.1.3」による固有値解析とした。

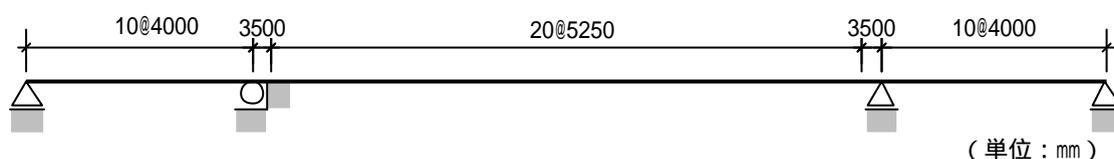


図-1-14 解析モデル

1.4.2 解析条件

1) 境界条件

橋台および橋脚の回転は拘束しないこととした。

2) 断面剛性

コンクリートは全断面有効とし、PC 鋼材はコンクリート換算断面で考慮し、鉄筋は無視した。各要素の剛性は、各節点の断面剛性の平均値とした。なお、高欄、地覆、舗装は考慮していない。

弾性係数 E_c は以下の 3 ケースの値を用いた。

- ・ case-1：今回の調査で実施された上部工より採取したコンクリートコアーによる弾性係数試験結果に基づく値 ($E_c=23\text{kN/mm}^2$)
- ・ case-2：設計値 ($E_c=28\text{kN/mm}^2$)
- ・ case-3：コンクリート強度より推定される値 ($E_c=33\text{kN/mm}^2$)

なお、ポアソン比は 0.17 とした。

3) 質量

質量は各節点における集中質量とし、単位重量 2.5t/m^3 として算出した。高欄、地覆、舗装の重量は考慮していない。

4) 解析方法

初期状態(時刻ゼロ)で線形化されたモデルに対して、サブ・スペース反復法により、固有振動数を求めた。

1.4.3 解析結果

(1)固有振動数

解析結果を表-1-15 に、試験値と解析値の比較を図-1-15 に示す。

表-1-15 解析結果

振動モード	固有振動数(Hz)			
	試験値	解析値		
		Ec=23kN/mm ²	Ec=28kN/mm ²	Ec=33kN/mm ²
たわみ対称 1 次モード	1.30	1.19	1.31	1.43
たわみ逆対称 1 次モード	2.86	2.76	3.04	3.31
水平対称 1 次モード	1.91	2.00	2.21	2.40

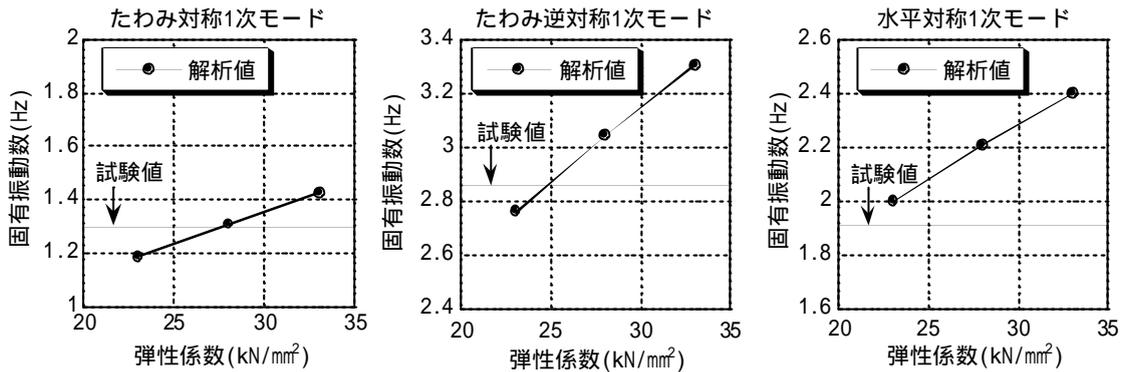


図-1-15 試験値と解析値の比較

図-1-15 より、たわみ振動の固有振動数は、弾性係数試験値に基づいた解析値と設計値の間に位置していることが分かる。水平振動の固有振動数は、いずれのケースの解析値も、試験値に比べ高めの値を示している。これは、解析モデルは下部工を考慮していないため、構造体が硬めに評価されたと推測される。

振動試験による橋梁の健全度評価は、現在、主に下部工を中心として行われている³⁾。上部工を対象とした試験例では、スパン 90m の 2 径間連続 PC 箱桁ラーメン道路橋における島田らの報告⁴⁾がある。この報告によれば、たわみ振動の固有振動数は、11 年経過後には 5 ~ 10% の低下を示したが、健全性には問題はなかったとされている。本橋は、初期状態（建設直後）の計測データがないため、固有振動数の経年変化は不明であるが、たわみ振動に関する試験値は、弾性係数を設計値とした場合の固有振動数に対して 1 ~ 6% の低下となる。試験値と解析値の比較、および前出の報告例より、振動試験結果から推定される範囲内では、本橋は、顕著な剛性低下には至っていないものと思われる。

(2)振動モード

解析で得られた振動モードを図-1-16 に示す。モード形状は試験値（図-1-8,10,12）と類似しており、解析モデルは概ね妥当であると判断できる。

水平方向

鉛直方向



たわみ対称 1 次モード

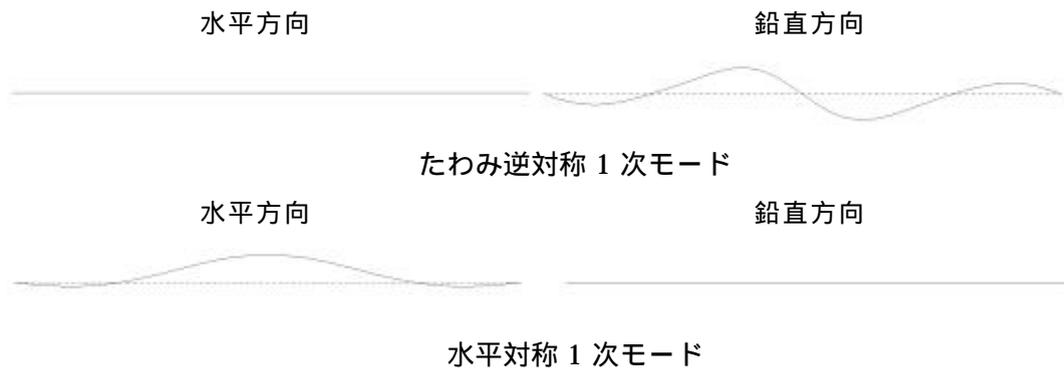


図-1-16 振動モード図（解析結果）

1.5 まとめ

振動試験より得られた知見を以下にまとめる。

本橋の固有振動数は、たわみ対称1次振動が1.30Hz、たわみ逆対称1次モードが2.86Hz、水平対称1次モードが1.91Hzであることが分かった。

本橋のモード減衰は、たわみ振動および水平振動とも振動モードに関わらず、減衰定数にして約0.6%となった。これは、他のPC箱桁橋で観測された値と同程度である。

弾性係数をパラメータとした固有値解析を行った結果、たわみ振動の固有振動数は、弾性係数試験値を用いた解析値と設計値を用いた解析値の間に収まった。

車両落下試験結果および車両走行試験結果より、橋脚の鉛直方向振動は、上部工の応答レベルに比べて非常に小さいことが分かった。

車両走行試験結果より、加速度、速度、変位の各応答は、車両走行速度が速くなるほど大きくなる傾向が認められた。

本橋は、建設時における固有振動数（初期値）が不明であるため、上部工コンクリートの弾性係数試験結果、設計値、コンクリート強度より推定される弾性係数を用いた解析値と試験値を比較することにより、本橋の現状における健全度を評価することを試みた。今後は、今回の計測データを基準データとし、補修・補強工事後、さらには維持管理の一環として適宜同水準の計測を行い、固有振動数および応答値の変化を捉えることで、補修・補強工事後の効果や経年劣化を評価できる可能性がある。

【参考文献】

- 1)土木学会：土木技術者のための振動便覧、1985.10、pp.101～104
- 2)橋梁振動研究会：橋梁振動の計測と解析、技報堂、1993.10
- 3)西村ら：衝撃振動試験による基礎構造物の健全度診断、土木施工、1992.2、pp.81～87
- 4)島田ら：コンクリート構造物の老朽化と振動性状の変化、コンクリート工学 Vol.20、No.7、1982.7、pp.24～31