

## ケニア共和国における橋梁の施工

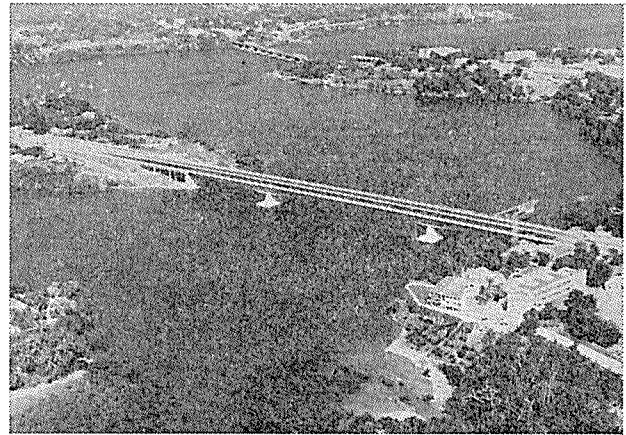
### —ディビダーク工法によるニューニアリー橋および ニュームトワパ橋の施工報告—

大 坪 功\*  
佐 藤 利 安\*\*

#### 1. ま え が き

1975年12月ケニア共和国と海外経済協力基金（OE-CF）との間に、総額1億4千万ケニアシリング（当時約49億円）の借款協定が締結され、翌1976年国際入札の結果、当社がニューニアリー橋工事を受注した。また約2年後ニューニアリー橋施工中に追加工事として、1978年ニュームトワパ橋工事を同様受注した。1980年10月の両工事の完成を機会に、プレストレストコンクリート橋の海外工事の例として報告する次第である。

この橋梁の施工を行ったケニア共和国は、アフリカ大陸東海岸にあり、インド洋に面しビクトリア湖に接した赤道直下の国で、北緯4度、南緯4度の間に位置し、面



写真—1 ニューニアリー橋



図—1 ケニア共和国位置図

\* 住友建設（株）海外事業本部

\*\* 住友建設（株）土木部

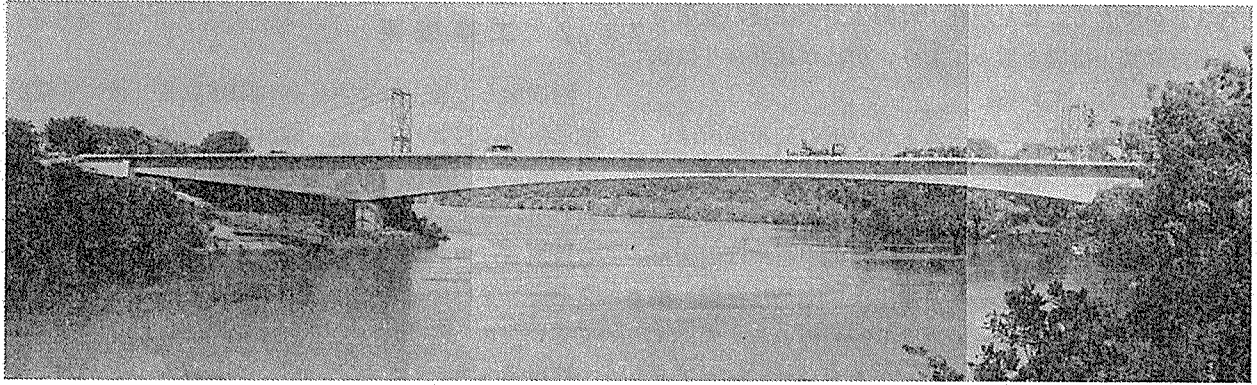


写真-2 ニュームトワバ橋

積はわが国の約1.5倍である。この国は1963年に英国の植民地から独立してケニア共和国となったが、独立後も概ね英国の制度を踏襲しており、他のアフリカ諸国に比較すると官庁組織、法制も整っており、堅実な国づくりが進められている。経済政策をみてもアフリカ諸国の中で最も健全な国の一つとされており、急激な社会主義政策をとらないで、民間資本を受け入れている。したがって、先進諸国の資本が以前から定着しており、アフリカ諸国の中では高い経済成長を誇っている。我が国にとって、経済、技術協力の面からみて、ケニア共和国はアフリカ諸国中最も関係の深い国の一つである。

この国の人口は約1千3百万人で、その人種の内訳は、主な部族数が52部族とされているアフリカ人が9割以上を占め、その他はインド人、パキスタン人、西欧人、アラビア人となっている。主要都市の人口は、首都ナイロビで約70万人、第2の都市モンバサで約35万人である。

またこの国は世界でも高い人口増加率を示しており、失業率も高い国である。当社が工事を開始した頃は、現場事務所の囲りに毎日2~3百人ほどの求職者が集まって我々を驚かせた。

言語は過去に英国の植民地であった影響もあり、公用語として英語と、現住民の主要部族語であるスワヒリ語が使用されている。

気候は赤道直下の熱帯であるが、海岸地帯と高原地帯とに大きく分けられる。海岸地帯（モンバサ市など）は高温多湿の熱帯性気候（年平均気温約28℃）であるが、高原地帯（ナイロビ市など）は温度は低く空気は乾燥し（年平均気温約15℃）快適であり、夏の軽井沢という表現がよくあてはまる。赤道直下の国なので日本のような四季はないが、雨期と乾期に分けられ、4~6月の大雨期と11月の小雨期、その他の月は乾期となっている。大雨期には熱帯地方特有のスコールがあるが、長くても半日ぐらしか続かず、すぐ青空が見え、作業を1日

休むようなことは少なかった。

またサファリ（スワヒリ語で“旅行”）という言葉でも有名なように、大自然の中で野生動物の大群を身近に

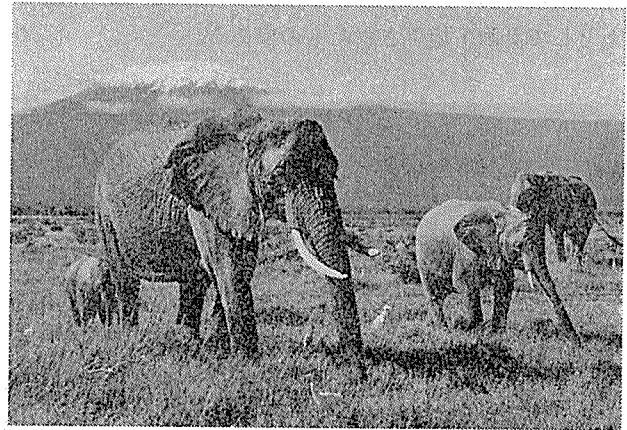


写真-3 野生動物

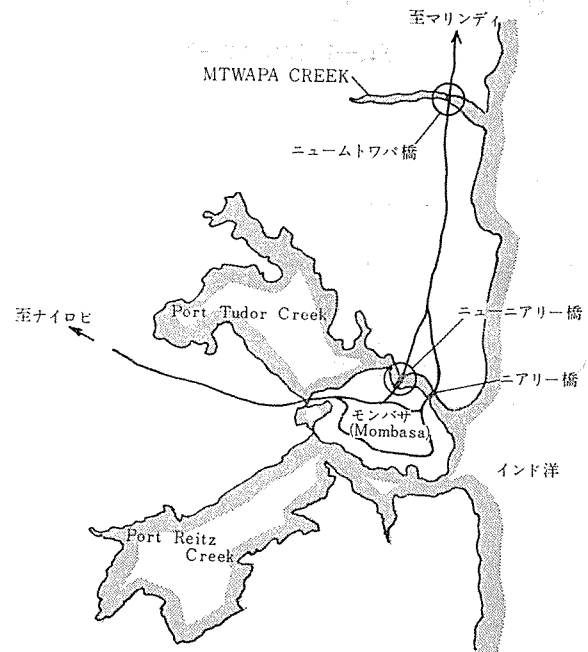
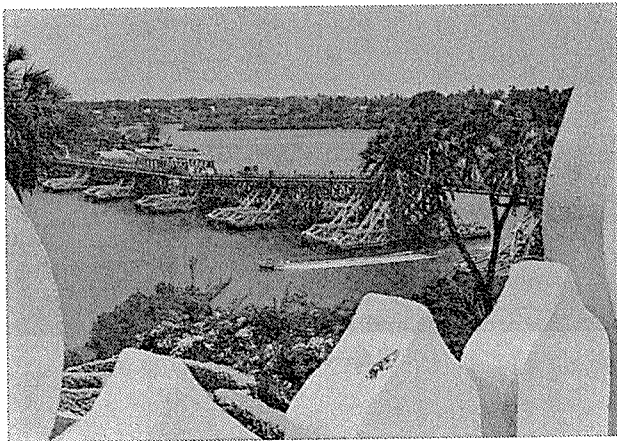


図-2 モンバサ周辺地図

見ることができる。ただ現在では野生動物保護の立場から全面狩猟禁止措置を取っており、勇壮な猛獣狩りは映画だけの話となっている。

ニューニアリー橋、ニュームトワパ橋の架設場所は、ケニア共和国第二の都市モンバサ市である。同市はケニア共和国の商工業の中心であり、また美しい自然の海岸を持つ国際的な保養地でもある。同市の中心地は周辺を入江に囲まれた島の中にあり、本土との交通は浮橋、築堤道路およびフェリーボートにより行っている。両橋梁はその名のように旧橋梁の架替えである。ニューニアリー橋は 1932 年に架設された鋼製浮橋（ニアリー橋）の老朽化および北部海岸地帯の工業化、観光資源開発に伴う道路交通の改善をはかるために計画・施工されたものであり、ニュームトワパ橋もまたモンバサ市の中心より約 20 km 北方ムトワパクリークに、ニューニアリー橋と同様の目的で、旧橋の鋼製吊橋（ムトワパ橋）の架替えとして計画・施工されたものである。



写真—4 旧ニアリー橋

## 2. 工事概要

両橋梁とも施主はケニア共和国建設省（後に管轄が運輸通信省に移管）であり、設計および施工管理は西ドイツの建設コンサルタントである、H.P. GAUFF 社が担当した。H.P. GAUFF 社はドイツ人およびイギリス人の技術者（エンジニア）とケニア人の監視員（インスペクター）を雇い、当工事の最高責任者にはドイツ人を当てていた。

適用示方書としては、設計コンサルタントが西ドイツであること、およびケニア共和国の規格が英国規格であることから、DIN（ドイツ基準）および BS（イギリス基準）が使用されている。この中で特筆すべきことは、モンバサ市では過去に地震の記録がないため、両橋の設計には地震の影響を考慮していないことである。

以下に、ニューニアリー橋およびニュームトワパ橋の工事概要を列記する。

### ニューニアリー橋

#### ○上部工

形式：3 径間連続箱桁橋（ディビダーク方式場所打ち片持梁工法）

橋長：331.4 m

支間：90.0+150.0+90.0 m

幅員：全幅 26.4 m（車道 9.5 m×2、歩道 2.5 m×2）

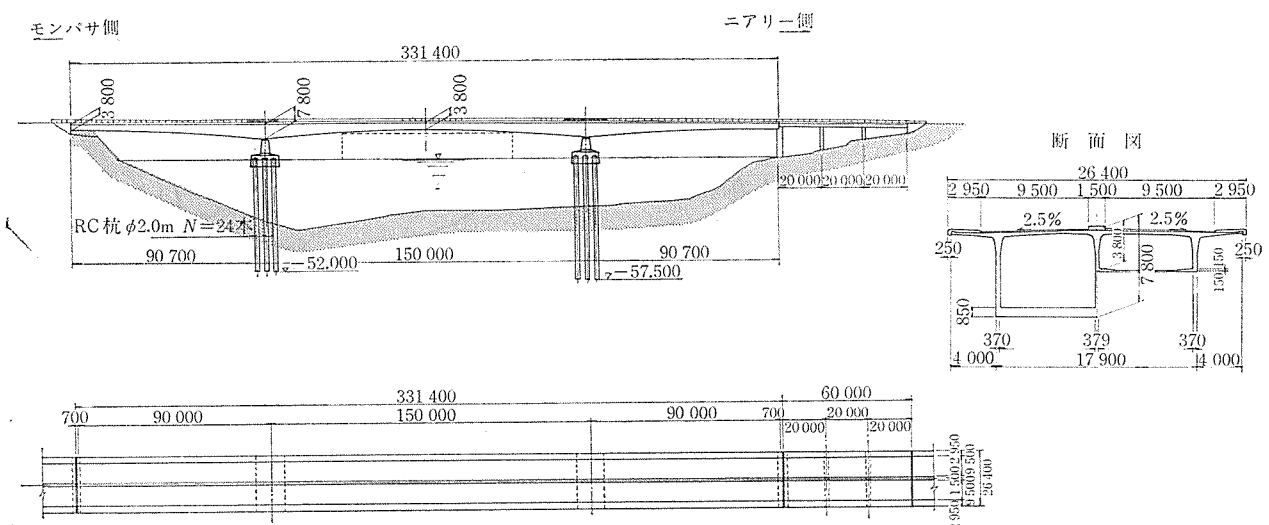
#### ○下部工

形式：多柱式基礎（RC 場所打ち杭；径 2.0 m）

#### ○主要材料

コンクリート：19 500 m<sup>3</sup>（上部  $\sigma_{ck}=450 \text{ kg/cm}^2$ 、下部  $\sigma_{ck}=300 \text{ kg/cm}^2$ ）

鉄筋：1 450 ton(h bar 41, 引張強度 41 kg/mm<sup>2</sup>, High



図—3 ニューニアリー橋一般図

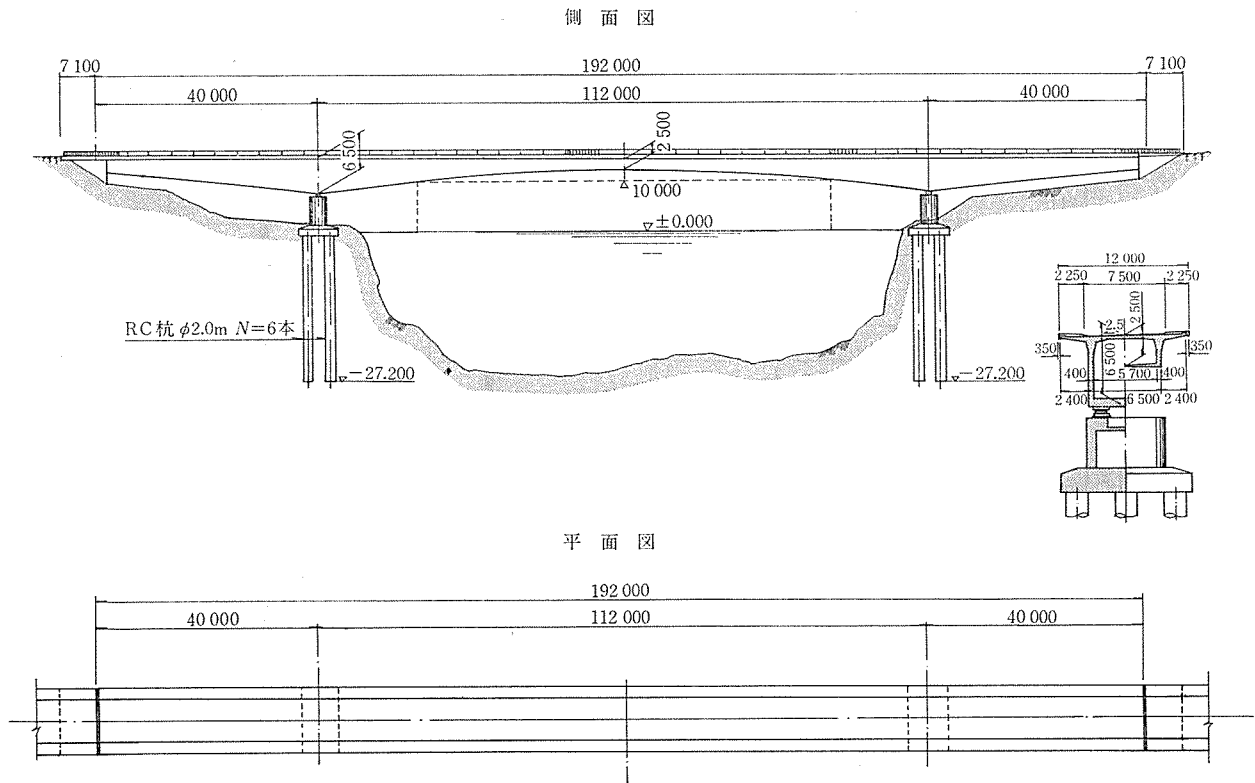


図-4 ニュームトワバ橋一般図

Tensile Twisted Bar)

PC材：900 ton (φ32 SBPR 95/120)

鋼管：1800 m (φ2.0 m, t=16 mm)

○工費：約 59.3 億円 (取付け橋梁および道路を含む)

○工期：1977 年 2 月～1980 年 7 月

中央径間 150 m の連続桁は、我が国の同種の橋梁形式の最大スパンをはるかに上回るものであり、また横方向は幅員 26.4 m を 2 室箱桁断面としている。このため片持架設用のフォルバワーゲンは、現在、我が国で規格化されている大型ワーゲンでは不十分であり、特殊ワーゲンを製作し使用した。

下部工は水深が 30 m 以上あり、海底より支持層まで 20 m 以上もあるため、海底までケーシング用の鋼管を

打ち込み、リバース工法により海底下を掘削し、コンクリートを打設し場所打ち杭とした (なおケーシング用の鋼管は水中の場所打ち杭の型枠として使用した)。

ニュームトワバ橋

○上部工

形式：3 径間連続箱桁橋 (ディビダーク方式場所打ち片持梁工法)

橋長：192.0 m

支間：40.0+112.0+40.0 m

幅員：全幅 12.0 m (車道 7.5 m, 歩道 2.0 m×2)

○下部工

形式：杭基礎 (RC 場所打ち杭; 径 2.0 m)

○主要材料

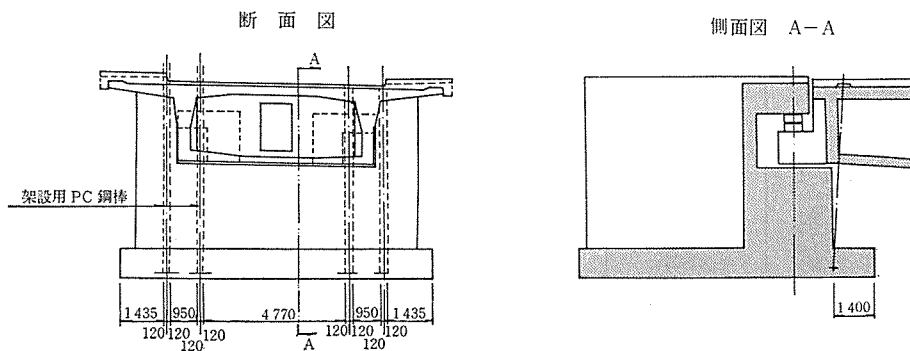
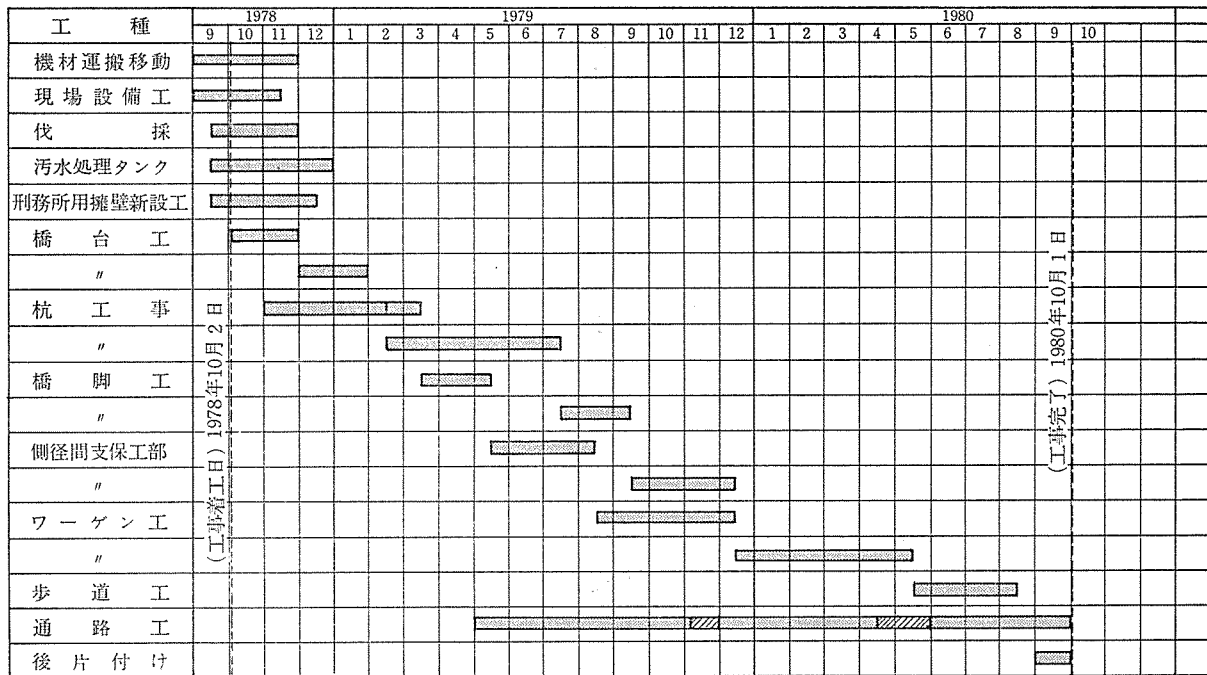


図-5 ニュームトワバ橋端支点図





図一七 ニュームトワパ橋工程表

コンクリート：4 600 m<sup>3</sup> (上部  $\sigma_{ck}=450 \text{ kg/cm}^2$ , 下部  $\sigma_{ck}=300 \text{ kg/cm}^2$ )

鉄 筋：270 ton (h bar 41, 引張強度 41 kg/mm<sup>2</sup>, High Tensile Twisted Bar)

PC材：160 ton ( $\phi 32$  ゲビンデスターブ ST 95/110)

○工費：約 11.0 億円

○工期：1978 年 10 月～1980 年 10 月

側径間と中央径間の比率が 1 : 3 と側径間が極端に短いため、端支点には負反力が生ずる。このため図一五に示すように負の反力を橋台に取らせる構造としている。施工は側径間を支保工で施工した後、フォルバウワーゲンにより中央径間を片持架設を行った。

本橋の特徴は、使用されている PC 鋼棒がすべてゲビンデスターブ鋼棒 (全ネジ鋼棒) であるということである。

### 3. 施 工

当社の受注したニューアアリー橋、ニュームトワパ橋工事は上、下部工事となっており、全体工程を図一六、図一七に示す。工事の作業員は、日本人世話役を現地へ配属し、労務者は現地で雇用した。

労務者のほとんどはユニオン (労働組合) に属しており、労務者間の団結は強く、法律的にも労働条件が明記されており、労務者の保護が比較的良く行き届いているようであった。労務者の職種は、

- Labouer (レーパー：土工)
- Carpenter (カーペンター：大工)

- Steel Fixer (スチールフィクサー：鉄筋工)

- Mason (マーソン：コンクリート工)

- Welder (ウェルダー：溶接工)

- Jackman (ジャッキマン：はつり工)

等に分かれており、大工、鉄筋工も資格をもっており、手元を 2～3 年経験してから資格を取るようであった。当初は大工の技量がわからず型枠工事の困難が予想されたが、世話役、職員の指導した成果もあり、精度の良い型枠をつくることができた。

基準の労働時間は朝 7 時より夕方 5 時まで、昼休みは 12 時から 1 時まで、土曜日は午前中となっていた。残業は通常 1.5 倍、日曜出勤の場合 2 倍、国民の祝祭日出勤の場合 3 倍の賃金支払いの規定がとられていた。我が国の盆休み、正月休みに当たる休暇は、4 月のイースター休暇と 12 月のクリスマス休暇であったが、国民の祝祭日日数は我が国に比べて少ないように思われた。当現場では隔週日曜日を休日としたが、現地人労務者は残業や休日の出勤をより多く賃金を得るため好んで行った。1 か月の賃金は土工で日本円約 21 000 円、大工で約 30 000 円であった。

現地人雇用者の数は、上記労務者のほか、機械オペレーター、ドライバー、テクニシャン (試験室用員)、事務員を含め 300 人以上にも達した。

本工事では基本的に資材は現地調達、仮設機械は日本より運搬し使用した。

<資 材>

鉄 筋：現地にて調達

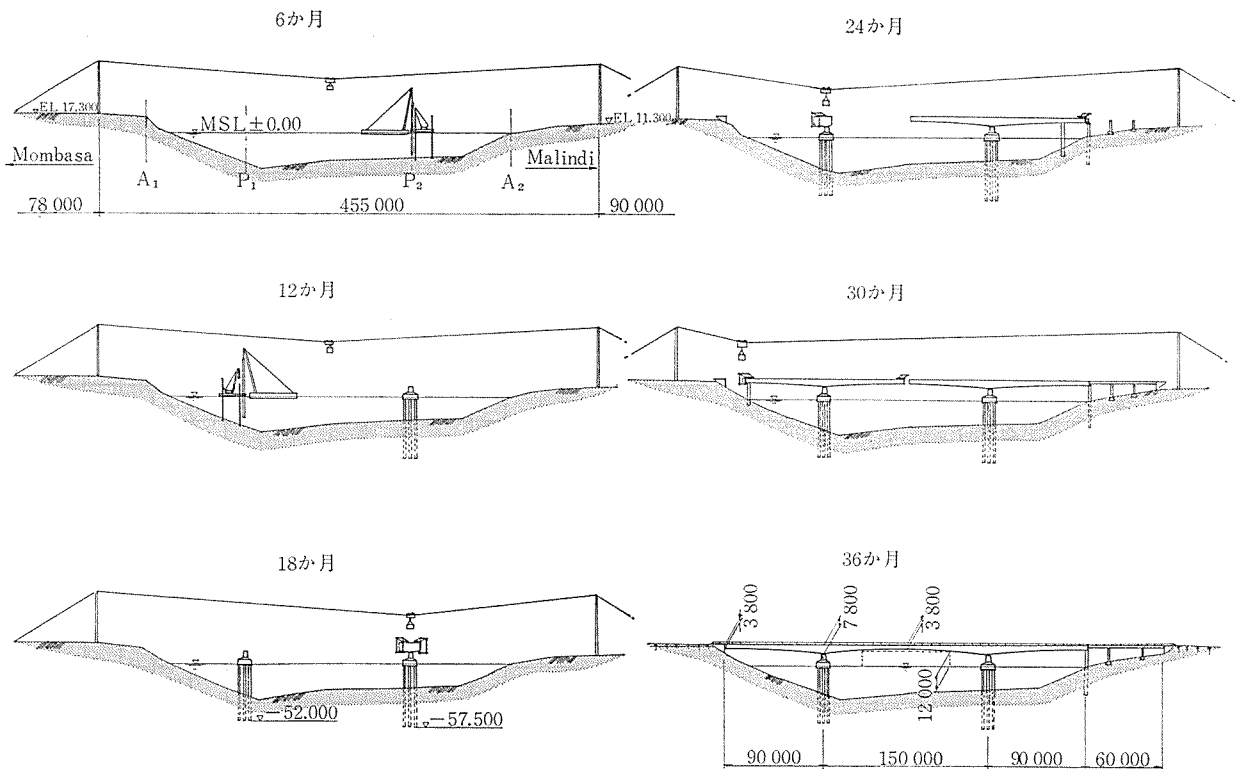


図-8 ニューニアリー橋作業工程表

- セメント：現地にて調達
- 骨材： ”
- 鋼管： ”
- 形鋼：日本より運搬
- 型枠：現地にて調達
- PC鋼棒：日本より加工運搬
- シー ス：日本より材料運搬，現地加工

<仮設機械>

- MINI-S.E.P. (自動昇降式海上掘削作業台)
- フローティングクレーン (120t 吊)
- コンクリートプラント (45 m<sup>3</sup>/h)
- クローラークレーン (35t 吊)
- パイプロハンマー
- ケーブルクレーン (7.5t 吊)
- フォルバウワーゲン (2セット)

掘削機

次に，下部工，上部工に分けて工事内容を特徴のある部分について述べる。

3.1 下部工

両橋梁の下部工工事を大別すると，

- 基礎杭工
- フーチング工
- 橋脚および橋台工

となるが，ここでは今回の工事で特に問題となったニューニアリー橋の基礎杭工事について述べる。



写真-5 基礎工全景

ニューニアリー橋の橋脚位置は最大水深 34m，最大潮位差 4.0m，最強潮流 2.0m/sec という条件であり，基礎杭の作業用に通常の栈橋等を架設することは無理なので，種々比較検討の結果，杭の支保工およびクローラークレーンの足場として，組立て式 MINI-S.E.P. を使用し，鋼管建込みなどの重作業としては 120t フローティングクレーンを使用した。

基礎杭はコンクリート場所打ち杭であり，掘削にあたり掘削機の選定は，

- 1) 海上作業である。
- 2) 杭長が長く，杭径が 2.0m と大口径である。
- 3) 転石層，堅い粘土層，砂れき層と土質の変化が著

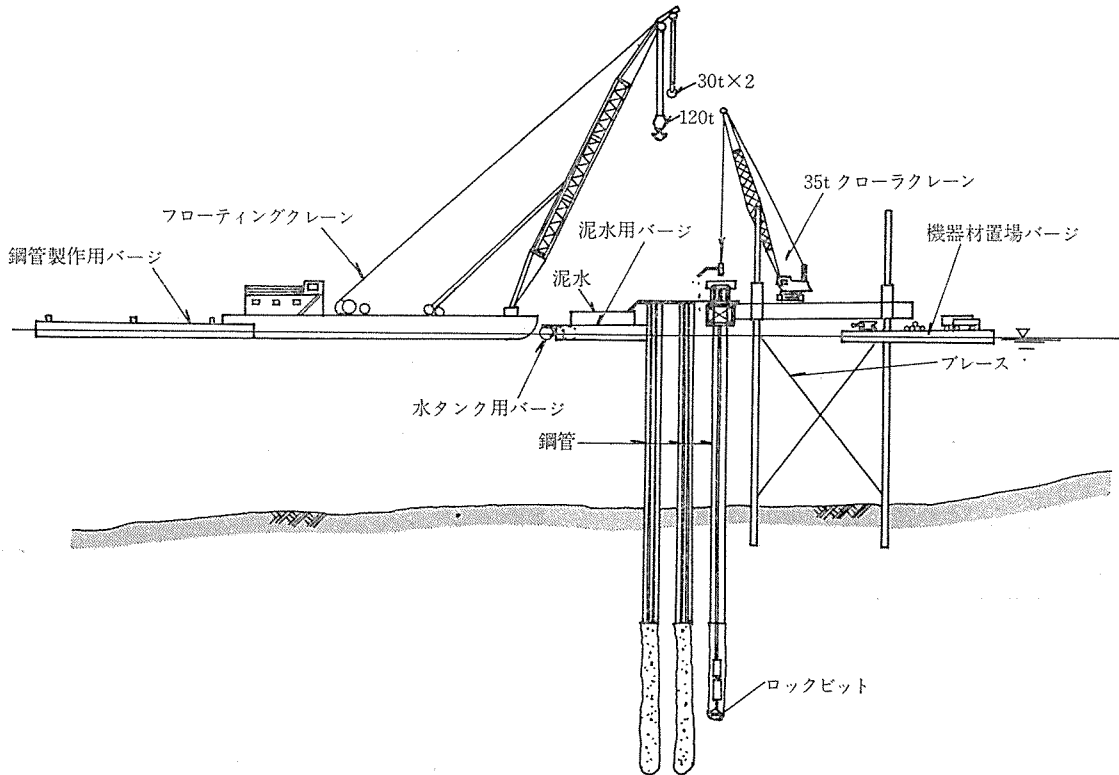


図-9 主要機器配置図

しい。

4) 現地での機器の維持、修理に問題がある。

以上の諸条件を考慮して、リバース工法を採用した。

施工は鋼管を海底下 15m までパイロハンマーで打ち込んだ後、鋼管内の掘削は泥水を使用せず、海水のまま掘削し、鋼管先端より下方は泥水を使用して掘削を行った。図-10, 11 に標準土質柱状図および杭断面図を示す。

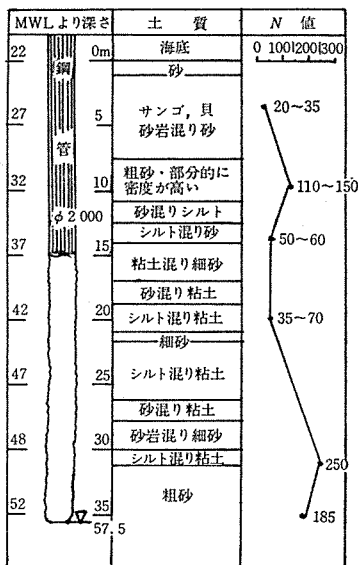


図-10 標準土質柱状図

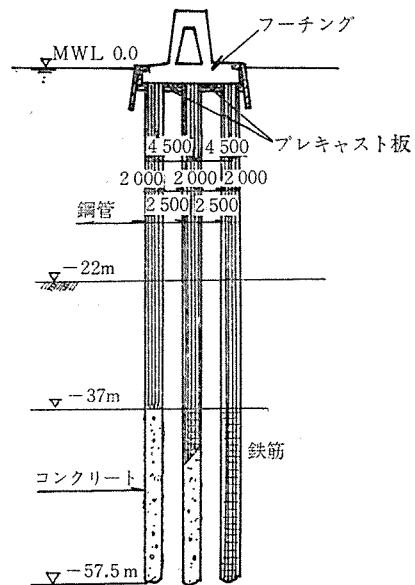


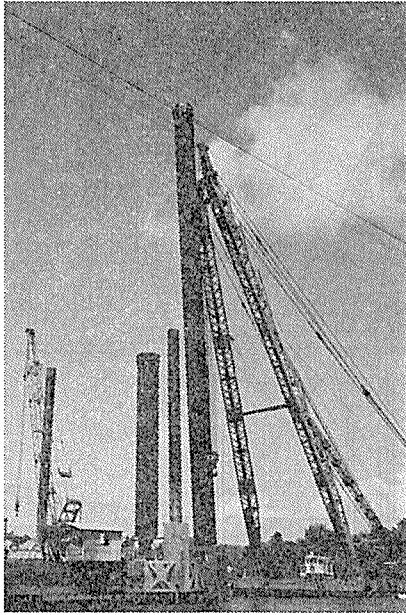
図-11 P<sub>2</sub> 杭断面図

基礎杭工事終了後、杭頭処理を行い、フーチング工事に取掛かった。フーチングは多柱式基礎であり、図-11 杭断面図に示すように、ほぼ水面下となっている。このため型枠の代りに、陸上でプレキャストブロックの底板と側板を製作し、杭に取り付け、内部にコンクリートを打設することによりフーチングを施工した。

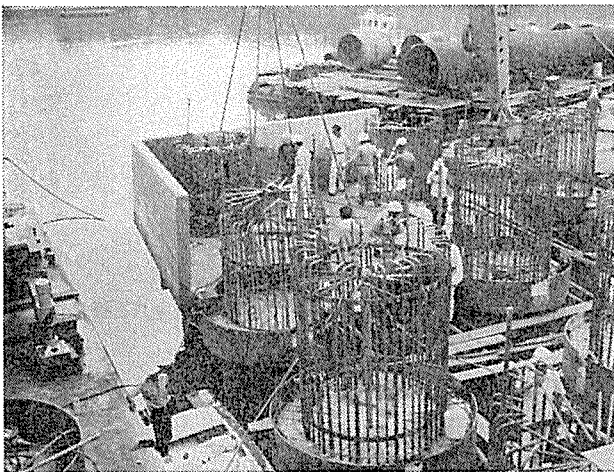
### 3.2 上部工

上部工の施工法は両橋ともディビダーク工法による片

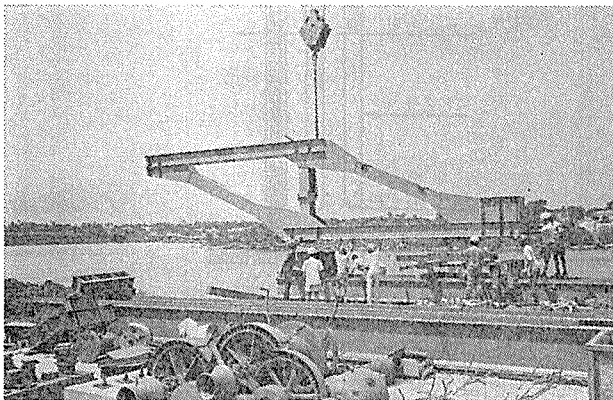




写真—6 鋼管建込み



写真—7 杭頭およびフーチング工



写真—8 ワーゲン組立て

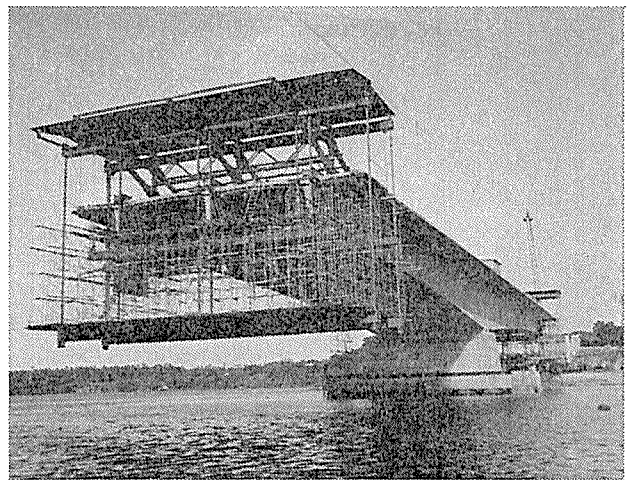
持梁施工であり、上部工工事を大別すると、

- 柱頭部
- ワーゲン工
- 仮支柱工

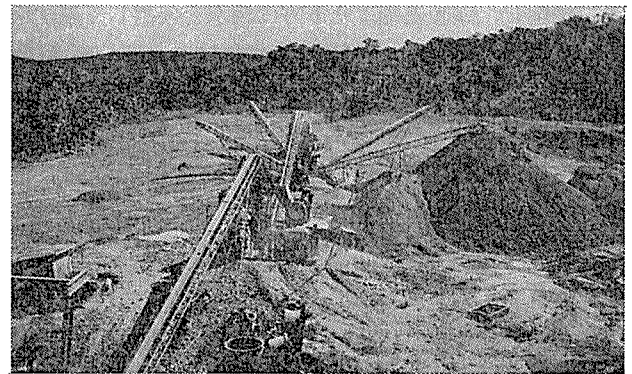
- 側径間支保工
- 中央部吊支保工
- 橋面工

となるが、ここではニューニアリー橋の大断面施工のために使用した、特殊フォルバウワーゲンおよび上部工施工を行うに当たり特に問題となったコンクリートについて述べる。

ニューニアリー橋は図—3 の一般図に示すように、大断面の2室箱桁であり、この断面を張出し施工するために、フォルバウワーゲン1組(3主桁)で約 900t・m の耐力が必要となる。このため総重量 250t 以上にもなるフォルバウワーゲンを製作し日本より運搬し使用した。



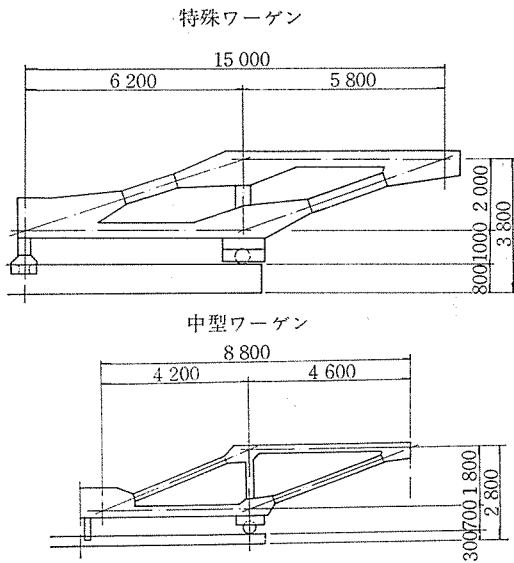
写真—9 ワーゲン施工中



写真—10 砕石場

ワーゲン施工部1ブロックのコンクリート体積は最大で 120m<sup>3</sup> あり、2室箱桁のため左右バランス良く打設する必要があるので、人員配置は下記のように行った。

- パイブレーターかけおよび天端ならし作業 12 人  
(左右ボックスに各々6人)
- コンクリート運搬作業 10 人  
(左右ボックスに各々5人)
- グラウンドホッパー開閉作業 2 人



図一12 特殊ワーゲンと中型ワーゲン比較図

コンクリートバケット (2.0 m <sup>3</sup> ) 受け作業 (グラウンドホッパー上)	3 人
トロッコ押し作業	7 人
コンクリートプラント (試験室用員, スクレーパー作業員を含む)	6 人
ケーブルクレーン (オペレーター 2 人, 手元 1 人)	3 人
機電工	2 人
合 計	45 人

下スラブコンクリートは中央ウェブより左右ボックスにバランスよく、外ウェブに向かって打設した。ウェブは両外ウェブ同時に打設し、次に中央ウェブを打設した。上スラブは両外側より打設し、中央ウェブ付近でコンクリートの打設を完了した。

コンクリート打設の所要時間はおよそ 10 m<sup>3</sup> 当り 1 時間ほどであった。

前に述べたように、上部工施工で一番問題となったことは、コンクリートであった。主桁コンクリート量はニューアリー橋で約 8 000 m<sup>3</sup>、ニュームトワパ橋で約 2 000 m<sup>3</sup> であり、しかも高強度 ( $\sigma_{ck}=450 \text{ kg/cm}^2$ ) で、材料の入手には非常に困難を要した。

ケニア共和国には我が国のような生コン業者がほとんどなく、一般に建設業者が現場でミキサーを使用し、コンクリート打設は多数の労務者が洗面器のような鋼製の容器にコンクリートを入れ、それを一人一人がコンクリート打設箇所まで運んでいるのが現状である。機械を使用するより人力を使用した方がコストが低いということであろう。

そこで、当現場では日本よりコンクリートプラントを運搬し、現場で生コンクリートを製造することにした

が、高品質でしかも早期強度が要求されるコンクリートの実施例がない国であるため、種々のトラブルが生じた。このことを材料別に示すと、

(1) セメント

モンバサ市近郊にはケニア共和国最大のセメント工場(年産 125 万トン)があり、セメントの供給には問題はなかった。しかしケニア共和国では早強セメントは生産されておらず、生産しているセメントの種類は、

1) 普通セメント

2) 耐硫酸塩セメント(海水の作用を受けるものに使われる。例えば杭等)

3) タイプ 2 セメント(中程度耐硫酸塩, 中庸熱)の 3 種類で、1), 2) は国内販売および輸出用で、3) は輸出用として生産を行っていた。

本橋梁の施工に際して、早期強度ならびに 28 日強度 ( $\sigma_{ck}=450 \text{ kg/cm}^2$ ) 以上を充分得るには普通セメントでは満足できず、上部構造についても耐硫酸塩セメントを使用した。

(2) 粗骨材

現場付近には採石業者が数社あったが、仕様書に適合する強度 (1 000 kg/cm<sup>2</sup>) の碎石を製造する業者は 1 業者のみであった。粗骨材はすべて碎石で岩質は石灰岩質であった。また碎石場には水洗設備が完備しておらず、碎石にダストが付着しておりコンクリートの品質に悪影響を及ぼすため、現場内プラントで碎石を洗浄する必要があった。

(3) 細骨材

モンバサ市付近では山砂、川砂とも採取されていた。しかし、山砂は年中産出するが粒度が細かく、表土を良く除去しないために泥や木の根等がよく混入していた。

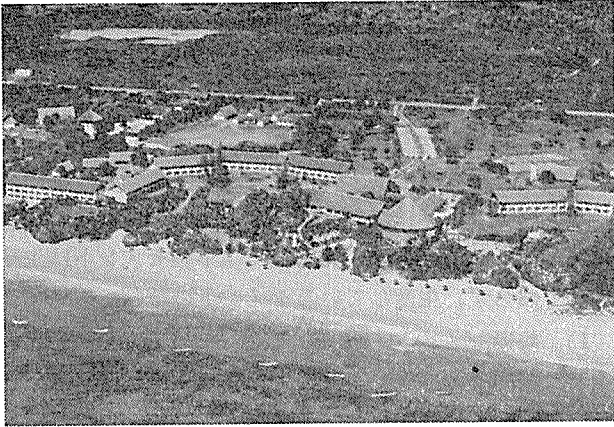
川砂は粒度分布も比較的良好で、当工事に適していたが、産出量が少なく、乾期中頃には採り尽くしてしまい、雨期まで待たないと採取できないという状態になることもあった。

このようにコンクリートの品質管理には多くの問題もあり、非常に苦労したわけであるが、このほか我が国と特に異なっているものに鉄筋があった。

鉄筋は異形鉄筋を使用した。これはモンバサ市にある KUSCO という製造会社より購入使用した。材質検査も製造会社の検査室で行われており、材質上の問題はなかった。異



図一13 鉄筋形状図



写真一11 ホテル（モンバサ市）

形鉄筋は、正方形の角柱で製造されたものをねじったものである。鉄筋の結束用工具として日本製のハッカーを用意したが、現地人鉄筋工はそれを使用せず、ペンチに似た工具を使用していた。

#### 4. あとがき

当社としてはアフリカ大陸での工事は初めてであり、予備知識に乏しく、計画と実施において異なる面も多々生じた。しかし気候風土の異なる土地で、現地の人たちと一致協力して、これらの橋梁をつくり上げたことは、途中の様々な苦勞を忘れて大きな喜びである。

ケニア人は一般的に温和で、万事に開放的、楽天的な傾向のようであった。またわれわれ日本人には親近感を持っており、当社社員も現地へ家族を滞同して、子供を現地の学校へ通学させるなど、余裕を持った生活を送ることができた。また前に述べたようにモンバサ市は国際



写真一12 開通式

的な保養地であり、西欧風の大きなホテルが多く、カジノなどの娯楽施設もあり、余暇を十分楽しむこともできた。

施工開始当時のケニア共和国の大統領は初代のケニヤッタであり、大統領自ら本橋梁工事に大きな期待をかけていた。しかし、工事途中に高齢のため病死され、当日は工事を中止して喪に服した。その後モイ副大統領が大統領の座についた。

ニューニアリー橋の開通式にはモイ大統領、齋木日本大使、当社より齋藤会長出席のもとに盛大に行われた。またモンバサの大統領公邸に招かれ、大統領より直接ねぎらいの言葉をたまわり、あらためて本工事完成の重要さを感じた。

そして、これら二つの橋梁が文字どおり、ケニア共和国と日本の架け橋となり、今後さらに両国の相互理解が深まることを祈ってやまない。

### 転勤（または転居）ご通知のお願い

勤務場所（会誌発送、その他通信宛先）の変更のご通知をお願いいたします。

会誌発送その他の場合、連絡先が変更になっていて、お知らせがないため郵便物の差しもどしをうけることがたびたびあります。不着の場合お互いに迷惑になるばかりでなく、当協会としても二重の手数と郵送料とを要することになりますので、変更の場合はハガキに新旧の宛先を記入のうえ、ただちにご一報下さるようお願いいたします。

ご転勤前後勤務先に送ったものがそのまま転送されないうえにご入手になれない場合は、当方として責任を負いかねますからご了承下さい。