

## 8.9 道路用地幅

計画道路の必要用地幅は、前述した取付道路概略設計で実施した設計図を基に検討した。用地幅の内訳は道路本体の盛土構造幅、道路両側に設置されている側道幅、排水構造物の幅及び建設時に必要な建設資機材置場や管理施設等の場所を含むものである。

表 8.12 に各測点における必要用地幅を示す。この必要用地幅の距離は、左、右とも本線中心位置からの距離である。また表 8.12 のコメントを以下に示す。

- a) 本線測点 No. 1 から No. 14 区間の左側用地幅は軍施設のフェンスまでとする。
- b) 本線測点 No. 1 から No. 5 区間の右側用地幅は、将来の交差点改良（立体化）をも考慮して 50.0m と設定した。
- c) 本線測点 No. 20+50 から No. 23 区間の左右含めた用地幅は建設資機材置場のスペースをも考えそれぞれ 100m と設定した。
- d) 本線測点 No. 35 から No. 39 区間の左側用地幅は建設時の管理事務所設置スペースを考慮して 105.0m と設定した。

表 8.12 道 路 用 地 幅

R. O. W (m) Left Side (from Center)	No of Station	R. O. W (m) Right Side (from Center)	R. O. W (m) Left Side (from Center)	No of Station	R. O. W (m) Right Side (from Center)
45.0	No. 20	45.0	—	No. 40	40.0
45.0	No. 19	45.0	105.0	No. 39	40.0
45.0	No. 18	45.0	105.0	No. 38	40.0
45.0	No. 17	45.0	105.0	No. 37	40.0
45.0	No. 16	45.0	105.0	No. 36	40.0
45.0、33.0	No. 15+50	33.0、45.0	105.0、40.0	No. 35	40.0
33.0	No. 15	33.0	42.0	No. 34	40.0
Until Fence	No. 14	33.0	42.0	No. 33	40.0
"	No. 13	33.0	42.0	No. 32	42.0
"	No. 12	33.0	42.0	No. 31	42.0
"	No. 11	33.0	River	No. 30	River
"	No. 10	33.0	River	No. 29	River
"	No. 9	22.0、33.0	River	No. 28	River
"	No. 8	22.0	River	No. 27	River
"	No. 7	22.0	River	No. 26	River
"	No. 6	22.0	River	No. 25	River
"	No. 5	50.0	River	No. 24	River
"	No. 4	50.0	100.0	No. 23	100.0
"	No. 3	50.0	100.0	No. 22	100.0
"	No. 2	50.0	100.0	No. 21	100.0
Until Fence	No. 1	50.0	100.0、45.0	No. 20+50	45.0、100.0

## 8.10 工事数量

取付道路に係る工事数量は、前述した取付道路の概略設計図面を基に算出した。

主な工事数量を表8.13にとりまとめた。

表 8.13 取付道路の概略工事数量

Main Work Items	unit	Quantities
Road Embankment	CM	605,236
Road Excavation	CM	7,863
Surfase for Carriageway	SM	60,019
Base coarse for Carriageway	CM	17,557
Sub-Base coarse for Carriagewy	CM	14,478
Sidewalk Pavement	SM	30,340
Box Culvert	M	67
Pipe Culvert	M	206
Slope Protection	SM	41,769
Concrete Drainage	M	3,000
Central Reserve	M	3,053
Concrete Curb	M	7,191
Wave Protection	M	1,656
Guardrail	M	3,525
Road Lighting	NO	279



## 第9章 施 工 計 画



## 第 9 章 施 工 計 画

### 9.1 概 要

新白ナイル橋梁の施工計画は、Ⅶ章、Ⅷ章で提案された最適橋梁規模にもとづいて計画された。実施工程は詳細設計及び入札に必要とする期間、現場条件、最適施工法および建設機械の作業能力等の評価にもとづいて計画されている。建設工事は工事期間を最小限にするために機械化施工による総合建設業者が請負うものと仮定している。また本章では、建設資機材の調達や建設施設等の検討もしている。

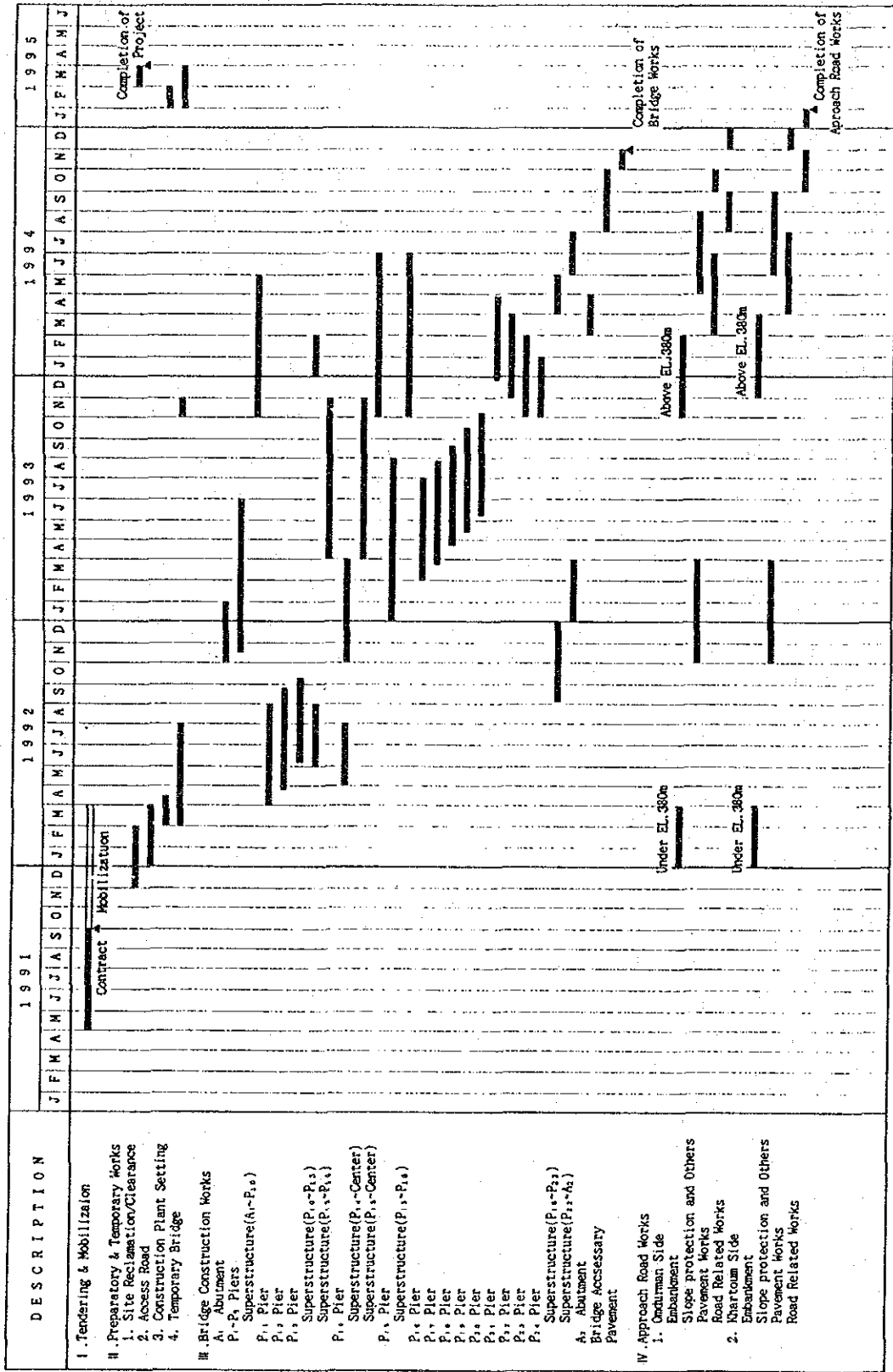
### 9.2 建設工程

建設期間は 500m を越える長大橋の施工難度、浸水期間（8月～10月）及び年間作業可能日等を考慮して 3.5 年（42ヶ月）に計画している。

建設工程は、以下の仮定をもとに設定している。

- a) 工事は 1991 年の洪水期後の 10 月初期に開始する。
- b) 現場設営や準備工は 7 ヶ月で完了させ、P<sub>14</sub> 橋脚の基礎工事を 1992 年 5 月初期に開始させる。
- c) 橋脚の基礎及び E.L 381 m 以下の躯体構造は洪水期前に完成させる。
- d) プレストレストコンクリート箱桁の建設は PC・I 桁の建設と平行して行い、RC 中空床版橋を続けて行う。
- e) 全ての橋梁建設は 1994 年 11 月末に完成させる（合計 32 ヶ月間）。
- f) 建設現場の撤去した後、建設事業は 1995 年 3 月末までに完了させる。

上記に仮定した条件に従って、建設の作業工程は図 9.1 に示すように作成している。



**THE FEASIBILITY STUDY ON THE CONSTRUCTION OF THE NEW WHITE NILE BRIDGE**

**Fig. 9.1**

新白ナイル橋建設の工程案

**JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY**



### 9.3 必要としている建設資材

建設資材調査は最初に政府関係の事務所及び試験所、現地の建設業者で聞きこみ調査を行い、その後でこれらの資材がスーダン国内で調達できるか、あるいは他国から輸入しなければならないのか検討した。主建設資材の必要数量は新白ナイル橋建設の概略設計の結果をもとに算出し、表9.1と表9.2に要約している。

表9.1 橋建設に必要な主要資材

No.	資 材 名	必 要 数 量	供 給 地
1	セメント	11,000 t	輸 入
2	鉄 筋	2,300 t	輸 入
3	混 和 材	330 t	輸 入
4	プレストレス鋼棒	15 t	輸 入
5	プレストレスト・スチール・ワイヤー	670 t	輸 入
6	P C アンカー	8,500 No.	輸 入
7	鋼 矢 板	780 t	輸 入
8	型 鋼	4,000 t	輸 入
9	粗 骨 材	58,000 Cu. m	国 内
10	細 骨 材 (砂)	85,000 Cu. m	国 内

表9.2 取付道路に必要な主要資材

No.	資 材 名	必 要 数 量	供 給 地
1	盛 土 材	510,000 m <sup>3</sup>	国 内
2	下 層 路 盤 材	14,500 m <sup>3</sup>	国 内
3	上 層 路 盤 材	17,500 m <sup>3</sup>	国 内
4	アスファルト	3,200 t	輸 入
5	法面保護用石材	9,000 m <sup>3</sup>	国 内
6	エンジンオイル	1,000,000 gal	国 内
7	潤 滑 油	5,000 gal	国 内

## 9.4 建設資機材の調達

### 9.4.1 輸入資機材

現地のセメント工場では、普通ポルトランドセメントをアトバラ（日産 400 t）とラバク（日産 160 t）で生産している。しかし、需要の増大から供給が追いつかず品不足になっている。現地産セメントの価格は1トン当たりLs 1,700であり、海上輸送費を含めた輸入セメント価格と比較しても割高となっている。従って、セメントは海外からの輸入を推薦する。骨材、砂・盛土材、石材、エンジンオイル、潤滑油以外の建設資材はスーダンの市場で入手できない。スーダン国で調達できない資材は日本から輸入すると仮定する。しかし、セメント、型鋼及び土工機械は以下の点を考慮すればイタリアから輸入する利点がある。

- a) 近隣国である。
- b) 国内需要を越えた生産能力がある。
- c) 海外及び陸上輸送費を含めても低価格である。
- d) 市況・経済状況が安定している。

建設資機材を建設現場に輸送する場合、購入、船積み、輸送に日本から4ヶ月、イタリアから2ヶ月を必要とする。

### 9.4.2 現地資材

#### (1) 粗骨材

粗骨材用原石は建設現場の南西約7kmの Jabal Torya に位置する採石場から採取する。この原石は玄武岩と砂岩で地表面下に分布している。この玄武岩と砂岩を採掘するためベンチ・カット工法による小発破が必要となる。穿孔は可搬式空気圧縮機で駆動するローラードリルで行う。爆薬はアンホーとダイナマイトを用いる。粗骨材の数量はおよそ58,000m<sup>3</sup>である。採石はダンプトラックで建設現場に運搬し、直接クラッシング・プラントに投入する。このプラントはコンクリート用骨材、アスファルト骨材及び法面工用石材を生産する。

粗骨材用の原石は建設現場の北東約37kmの Jabal Seletate にある採石場からも採取できる。運搬距離は40kmとなる。民間の採石業者が花崗岩の採石場のライセンスを取得し、時間60tの能力をもつクラッシング・プラントを据付けて、コンクリート骨材を生産している。この碎石は強度が高く、PC橋梁用骨材として使用できるが、碎石後の形状がへん平であるためコンクリートのワーカビリティは悪くなると考えられる。

Jabal Seletate 付近に体積している天然の砂利はコンクリート骨材用として使用できる。しかし、砂利と砂が4 : 6で混合している。砂利を選別するために採石場で一次ふるいを行う必要がある。この採石場は建設現場の北西40kmで運搬距離は50kmとなる。建設現場で行われる二次ふるいは砂利に含まれるシルト、粘土を洗い流すために行う。水中で砂利をかき回すスクラバを二次ふるいの後部に設置する。

上記3タイプの粗骨材の単価は表9.3に算出し、比較している。

表9.3 粗骨材の概略価格

No	種 別	場 所	運搬距離 (km)	価格 / m <sup>3</sup> (Ls)
1.	砕 石	Jabal Seletate	40	530
2.	天 然 の 砂 利	Jabal Seletate	50	340
3.	砕 石	Jabal Torya	7	250

Jabal Toryaから採取する砕石は、コンクリート用骨材及びアスファルト骨材に用いることを推薦する。しかし、ボーリング試験や材質試験といった詳細調査を詳細設計時に行わなければならない。

## (2) 細骨材 (砂)

細骨材の必要量は約85,000m<sup>3</sup>である。細骨材は粗骨材を生産するプラントの最後の工程にロットミルを据付けて生産する。原石場は粗骨材と同じ Jabal Toryaである。

細骨材 (砂) は建設現場の南西10kmに位置す砂ばくからもまた得られる ( Jabal Torya の西 4 km)、この砂ばくの砂は広域に分布しているが、その堆積層は薄い (約20~30cm)。この砂はシルトとふるい目 0.300mm (No.50ふるい) を通過するような細砂を含んでいる。この砂とシルトの混合比率は4 : 6と考えられる。従って、可搬式スクリーニング・プラント (一段ふるい) が0.15mm (No. 100ふるい) 以上の砂を選別するために必要である。砂ばくの砂の必要量は30 t / 日であるが、その量は不確実である。

上記の細砂の現場着での価格は見積もられ、表9.4に比較されている。

表 9. 4 細骨材の概略価格

No.	種 別	産 出 源	運搬距離	価格 / m <sup>3</sup> (Ls)
1.	自然の砂	砂 ば く	10	185
2.	砕 砂	Jabal Torya	7	260

粗骨材を生産する同じクラッシング・プラントから生産される砕砂をコンクリート用細骨材として使用することを推薦する。砂ばくから得られる天然の砂は数量と粒度分布に関して不利な点がある。

### (3) 盛土材

取付道路及び建設作業基地-1用の盛土材は現場から南約2kmの土取り場から採取する。この盛土材は風化した泥岩と砂岩が分解した土で道路の盛土材に使用でき、1.5~2.0mの厚さで堆積している。土取り場から採掘する数量は約152,000m<sup>3</sup>であり、60,000m<sup>3</sup>の土取り場用地が必要となる。

### (4) 法面保護用石

法面保護用石は Jabal Torya に位置する粗骨材と同じ採石場から得られる。

砕石場で発破した岩石のうち200mm以上は砕石機の砕石負担を軽減するため、グリズリー・フィダーで除去する。この除去された岩石は現場に仮置きし、法面保護用岩石として使用する。必要数量は約8,500m<sup>3</sup>である。

## 9.5 輸送手段

### 9.5.1 ポート・スーダンの施設

スーダン国の唯一の国際港であるポート・スーダンは主要岸壁、南岸壁という2つの岸壁がある。日本、イタリア又はその他の国から輸入する建設プラント・機械、資材は主要岸壁に荷揚げする。これらの岸壁の概要は表9.5に示す。

表9.5 ポート・スーダンの主要岸壁と南岸壁

No.	種 別	岸 壁	
		主 要	南 側
1.	棧 橋 数	11	5
2.	最 大 入 港 船 (t)	25,000	50,000
3.	最 大 水 深	9	12
4.	荷揚げクレーン (t)	5-75	—
5.	入 港 船 種	General Cargo	oil

5～75tonのレール式ガントリー・クレーンが主要岸壁に3～4機可動している。しかし、一日当たり荷揚げ量は一棧橋当たり750t～1000t程度と荷揚げ能力が小さい。建設プラント又は機械は十分な荷揚げ能力のあるクレーンをもつ荷物船で輸送することを推薦する。

### 9.5.2 内陸輸送

カルツーム～ポートスーダン道路は2車線でアスファルト舗装されており、以下の区間を除けばよい状態にある。

- ポート・スーダンとシンカット(120km)の山間部と通過する道路は勾配が7%を越える区間が7kmある。
- ハヤとカサラ間の路面には多数のポット・ホールがある。

カルツームやポート・スーダンには多数の輸送会社がある。このうち5～7社は大規模であり、スーダン国で実施された建設プロジェクトの内陸輸送・通関業務を請負っている。

ポート・スーダンとカルツーム間の輸送に使われる代表的車種は；

- 50 t 積み重トラック
- 60～80 t 積み低荷台トレーラー
- 5～10 t 積みクレーン付トラック

輸送可能な最大な荷物は 200 t（幅3.50m、長さ 22.00m）程度と考えられ、8軸の油圧式トレーラーを使用する。輸送長さに関しては、35.0mの鋼管パイプをポート・スーダンからカルツームに輸送したことがある。

### 9.6 建設施設

建設施設は図9.2に示すように、二つの建設基地に建設する。コンクリート・バッチング・プラント、クラッシング・プラントやPC・I-桁製作ヤード等の建設施設はオムドルマン側の白ナイル川付近に洪水位まで盛土した建設基地-1に建設する。技術者・業者用事務所や宿舍等の施設はカルツーム側の取付道路の終点付近に建設する。この地区は洪水時期に冠水しない。建設施設に必要な用地及び建物面積は表9.6と表9.7に算出している。

表9.6 建設施設ヤード-1

No	建設施設	必要用地 (m <sup>2</sup> )	必要建物面積 (m <sup>2</sup> )
1.	バッチング・プラント	1,000	—
2.	クラッシング・スクリーニングプラント	2,000	—
3.	プレキャストPC桁製作ヤード	3,000	1,000
4.	貯蔵ヤード(セメント)	2,000	1,000
5.	倉庫(部品)	1,500	500
6.	貯蔵ヤード(骨材・石材)	4,000	—
7.	貯蔵ヤード(鉄筋・H-鋼)	3,000	—
8.	建設機械置場	2,000	—
9.	修理工場	500	200
10.	取付道路・その他	10,500	—
合 計		19,000	2,700

表 9.7 建設施設ヤード - 2

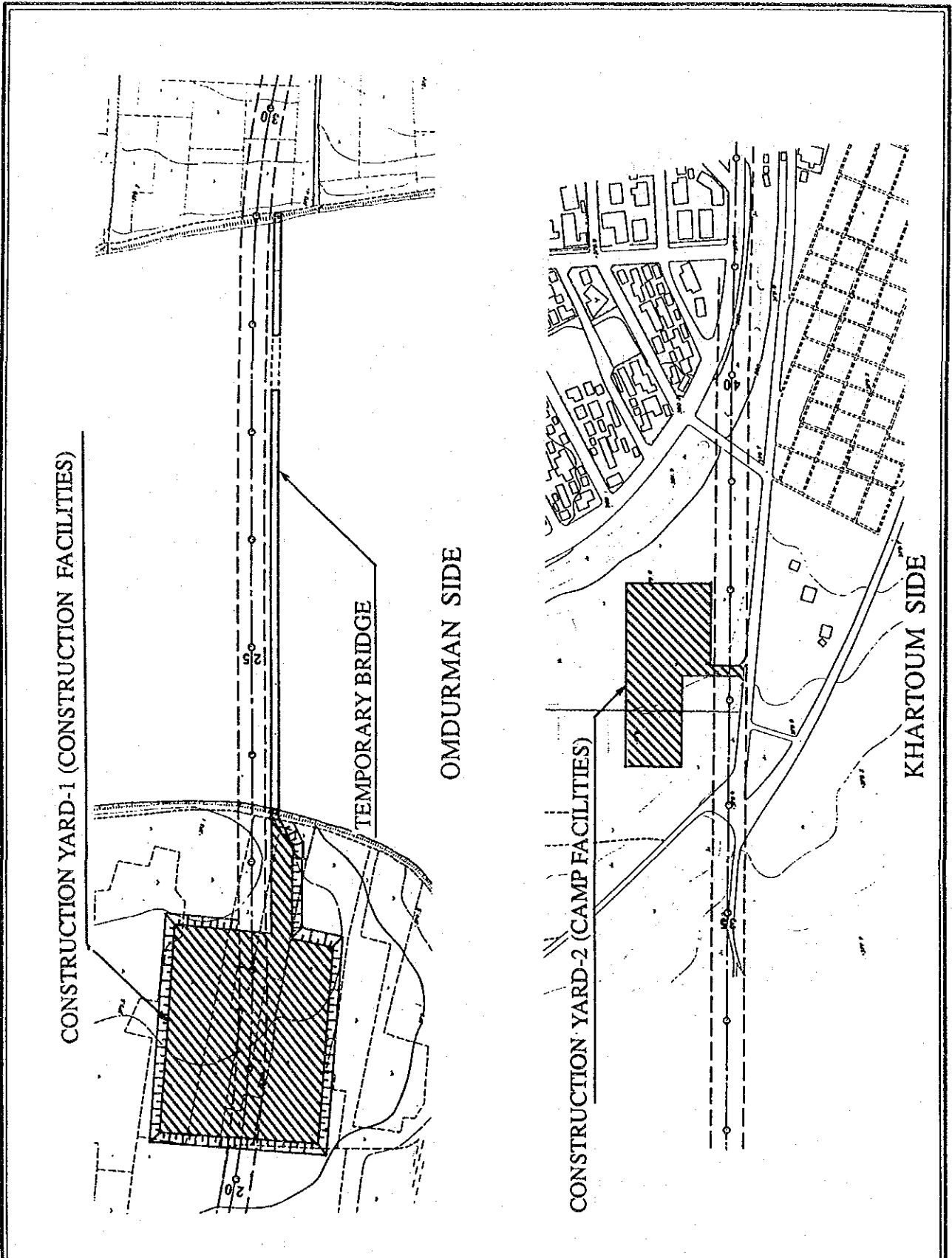
No.	建設施設	必要用地 (m <sup>2</sup> )	必要建物面積 (m <sup>2</sup> )
1.	技師事務所	800	250
2.	業者事務所	1,500	500
3.	業者宿舎	1,500	400
4.	労働者宿舎 (熟練労働者)	5,000	1,500
5.	試験室	200	50
6.	ガード・ハウス	200	50
合 計		9,200	2,750

#### 9.6.1 建設基地 - 1 の盛土

種々の建設プラントの設備を促進するため、建設基地 - 1 の盛土 (地盤高 380.0m、約 110,000m<sup>2</sup>) は、建設プラント及び機械が現地に到着する前の 3ヶ月間に行う必要がある。ブルドーザー、ダンプトラック、ホイローラー等の土工機械は現地市場又は業者から借用しなければならない。建設基地 - 1 の盛土と施工機械を十分所有している現地業者に下請することが望ましい。建設基地 - 1 は取付道路の盛土高が高くなるため、カウンター・ウェイトとしても利用される。

#### 9.6.2 建設基地 - 2

新白ナイル橋建設に 600から 800人の現地人労働者が雇われる。事務所・宿舎用地はカルツーム側取付道路の終点付近に建設する。そして、技師や業者用事務所、業者宿舎 (約20人用)、労働者宿舎 (約 300人用)、試験室やガード・ハウス用に使用される。労働者宿舎は必要人員の半分を準備し、残り半分の労働者はカルツーム市内より求人するものとする。



THE FEASIBILITY STUDY ON THE  
CONSTRUCTION OF THE NEW WHITE  
NILE BRIDGE

Fig.  
9.2

建設基地

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY



### 9.6.3 進入道路

土取り場への進入道路やカルツーム側とオムドルマン側から橋梁建設地への運搬道路は地盤高380 mで建設する。この運搬道路は橋梁への取付道路の一部に使用できるため、取付道路の路線と同じくする。

既存道路から Jabal Toryaの碎石場への進入道路はコンクリート骨材、アスファルト骨材や法面保護用石材の運搬路として建設する。必要とする進入道路は表9.1に示す。

表9.8 必要とする進入道路

No.	場 所	必要延長 (km)
1.	既存道路からカルツーム側建設現場	1.0
2.	既存道路からオムドルマン側建設現場	2.0
3.	土取り場からオムドルマン側の取付道路	2.0
4.	土取り場からカルツーム側の取付道路	1.0
5.	碎石場から既存道路	3.0
	合 計	9.0

### 9.6.4 工事用水

工事用水は白ナイル川から導水し、貯水タンクへポンプで給水する。浄水器で浄化する必要があり、また飲料の場合は塩素殺菌する必要がある。

コンクリート骨材の洗浄、コンクリート製造、一般作業用水等の工事用水は新白ナイル川から取水する。洪水期に白ナイル川が沈でん物を運んでくる場合は、河川水を使用前にろ過する必要がある。工事用水を冷却する設備をコンクリート・パッチング・プラント付近に設置することが望ましい。

### 9.6.5 工事用電力

国営電力公社（NEC）はスーダン国で電力を供給する政府機関である。NECは11,000ボルト、415ボルトと240ボルトの3種類の電圧を供給している。新白ナイル橋建設現場付近には、2つの変電所がある。一箇所はカルツーム側の水道公社近くで、11,000ボルトから415ボルトに電圧降下させている。もう一箇所はオムドルマン側の軍隊の基地付近にあり、415ボルトから240ボルトに電圧降下している。

電力使用単価は表9.9に示す。

表9.9 国営電力公社の電力供給

No	供給電力	単 位	単 価 (Ls)
1.	11,000	1 Kw. h	0.23
2.	415	1 Kw. h	0.26
3.	240	1 Kw. h	0.30

(1989年6月時点)

しかしながら、カルツーム首都圏では電力供給不足から、しばしば停電が起きている。建設業者は事務所、宿舎及び建設施設用に十分な電力を供給する発電機を設備する必要がある。

事務所・宿舎及び建設施設に必要な電力供給は表9.10に示す。

表9.10 必要な電力供給量

No	項 目	必要な電力供給量 (Kw)
1.	技 師 事 務 所	30
2.	建設業者事務所	30
3.	建設業者宿舎	50
4.	労働者宿舎	150
5.	コンクリート・バッチャー・プラント	75
6.	クラッシング・スクリーニング・プラント	100
7.	そ の 他	165
	合 計	600 Kw

## 9.7 作業条件

### 9.7.1 作業可能日数

各月ごとの作業可能日数はカルツーム首都圏の過去の雨量記録から算出した。年間作業可能日数は276日、月間平均作業可能日数は雨期で19日、乾期で24日となる。詳細な月別作業可能日数は表9.11に示す。

表9.11 作業可能日

月	日	金曜日・祝日	雨日・砂嵐日	作業可能日
1月	31	5	0	25
2月	28	4	0	24
3月	31	6	0	25
4月	30	5	0	25
5月	31	7	1	23
6月	30	5	2	23
7月	31	9	6	16
8月	31	5	7	19
9月	30	5	4	21
10月	31	6	1	24
11月	30	4	0	21
12月	31	6	0	25
	365	67	22	276

注：1) 雨日と砂嵐日は以下のように計算する。

$$\text{雨日} = (\text{10mm以上の雨日}) + (\text{10mm以下の雨日} \times 1/2)$$

$$\text{砂嵐日} = \text{総雨日} \times 1/2$$

### 9.7.2 夜間作業

日中の月間最高気温は、6月に47.7℃、1月に40.1℃ある。建設は一年を通して高気温の中で実施せざるをえない。コンクリートの品質を考えれば夜間のコンクリート打設を提案する。

### 9.7.3 河川水位と水深

モグランでの年間の水位記録をもとにした水位変動はAppendix 9.1に図解し、工事に関連する事項を以下に解説する。

- a) 年間の最高・最低水位差の最大は1964年に7.18mであり、平均は約4.8m（1978年～1987年）である。
- b) 最高水位は、1946年9月に記録した379.96m、最低は1945年5月に記録した372.62mである。仮栈橋及び建設ヤードのレベルは5年確立の最高水位に1mの余裕を見込んで381.0mで建設する。
- c) モグランでの平均水位は約373.30m、一方建設現場付近の河床高は約372.10m、従って、低水位時の水深は約1.2mであり、このような低水期間が乾期を通して9ヶ月続くため、仮栈橋は河川の両側より建設する。引船やバージは雨期（8月～11月）期間だけしか使用できない。

### 9.7.4 熟練工の技術レベル

表9.12にリストしたように約250人の熟練工が橋梁建設に雇われると期待されている。

表9.12 必要とする熟練工

No	種 別	人 員
1.	世 話 役	50
2.	オ ペ レ ー タ ー	40
3.	測 量 技 師	5
4.	機 械 工	5
5.	電 気 工	5
6.	鳶 工 (橋梁技師)	60
7.	鉄 筋 工	30
8.	溶 接 工	30
9.	大 工	35
10.	配 管 工	10
	合 計	250

熟練工はカルツーム首都圏で求人することができるが、以下の点は考慮すべきである。

- a) 熟練工は道路建設の経験はあるが、大規模な橋梁建設の経験が少ない。クレーン・オペレーター、発破オペレーター、橋梁工事世話役等の外国人専門家が現地熟練工のトレーニングのために必要である。
- b) カルツーム市内には50社ほどの建設会社が登録されている。このうち、5～6社は十分な熟練工を雇っており、道路・建築プロジェクトを請負っている。

## 9.8 建設施工法

### 9.8.1 下部工と基礎工の施工法

橋梁の下部工は河川内に13橋脚、浸水地域に11橋脚と2橋台がある。これらは直径1.2 mの場所打ち杭で支持されている。河川中のこれらの橋脚（P<sub>11</sub>～P<sub>23</sub>橋脚）の建設は鋼矢板を使った仮締切で施工する。建設ヤードからこれらの橋脚への建設資機材の運搬は仮栈橋を使って運搬する。施工方法及び手順は図-9.3に詳解する。

### 9.8.2 上部工の施工法

橋梁の上部工は、片持ち式架設によるPC箱桁橋、PC・I桁橋とコンクリート・フォロースラブ橋で構成されている。

#### a) PC箱桁橋

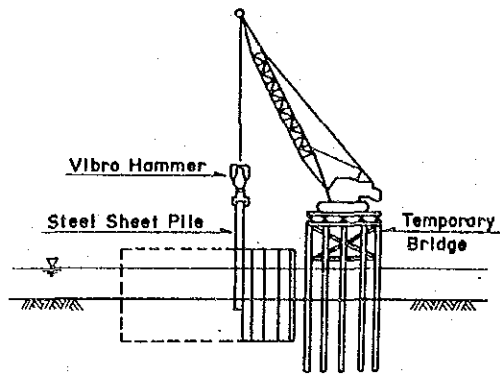
PC箱桁橋の建設は、施工法の点から4段階に割けて行う。1)橋脚柱頭部分、2)片持ち式張出し桁部分、3)桁端部分と、4)中央部の連結部分。施工方法及び手順は図9.4(A)と図9.4(B)に詳解する。

#### b) PC・I桁

PC・I桁はオムドルマン側の製作ヤードで製作する。これらのPC桁はトレーラーにより架設地点に運搬され、2台の100tクローラー・クレーンで橋脚上に架設する。

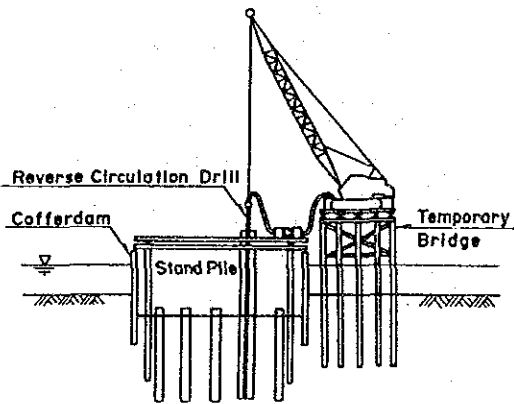
#### c) コンクリート・フォロースラブ橋

フォロースラブ橋は低水位時期にピティ支保工を使って施工される。



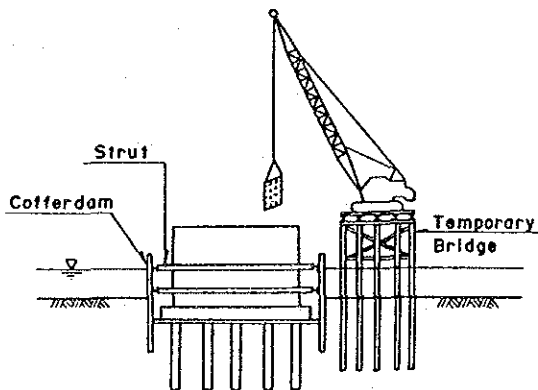
### 1. 鋼矢板による仮締切工

橋脚の工事は鋼矢板による仮締切で行う。鋼矢板は仮架橋上から50tクローラー・クレーンで打込む。仮締切は土圧・水圧の外力に抵抗するために2段の切ばりで補強する。



### 2. リバース・サーキュレーション・ドリル杭場所打ち杭の掘削

場所打ち杭の掘削はリバース・サーキュレーション・ドリルにより支持層まで行う。また掘削は仮締切内の作業台上からスタンド・パイプを用いて行う。鉄筋籠は50tクローラー・クレーンで設置し、トレミー管を使ってコンクリート打設する。



### 3. 橋脚の工事

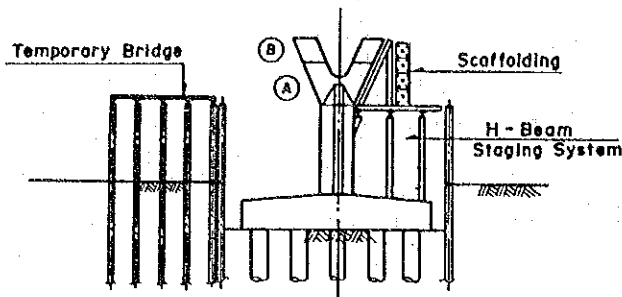
場所打ち杭の杭頭処理をした後で、フーチングと水位380m以下の橋脚躯体は乾期中に建設する。型枠と鉄筋はクローラー・クレーンで設置し、コンクリートはブーム付コンクリートポンプ車で直接打設する。

THE FEASIBILITY STUDY ON THE  
CONSTRUCTION OF THE NEW WHITE  
NILE BRIDGE

Fig.  
9.3

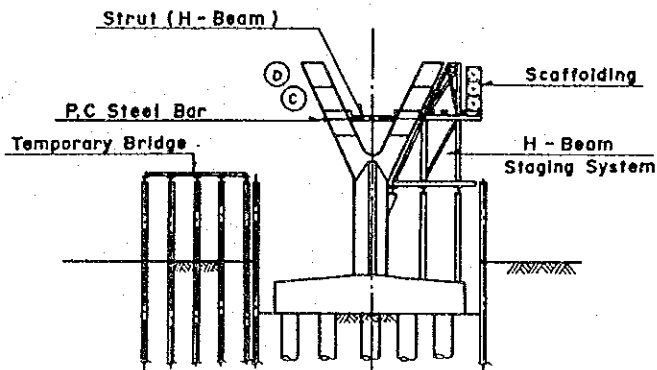
下部工と基礎工の建設

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY



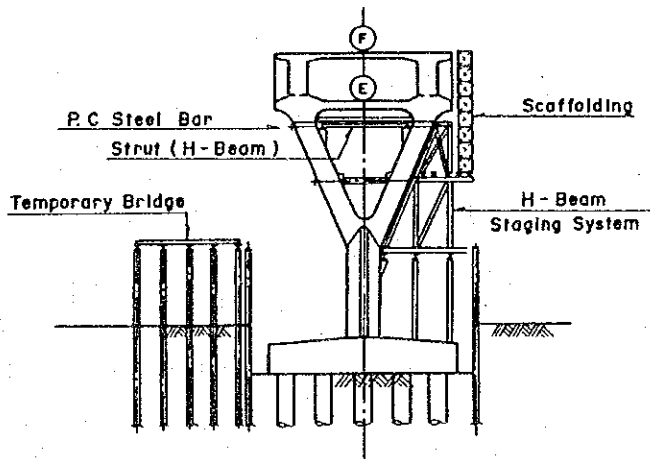
1. V橋脚のAとBブロック

V橋脚のAとBブロックの型枠はフーチング上面にアンカーされたH鋼の支保工によって支持する。コンクリートはブーム付コンクリートポンプ車で打設する。



2. V橋脚のCとDブロック

下段・ストラッドを取付け、ストラットの両側からプレストレスを加え、V橋脚内に生ずる応力増加に対処する。ブロックCとDはブロックAとBと同じ施工法で行う。



3. 橋脚柱頭部

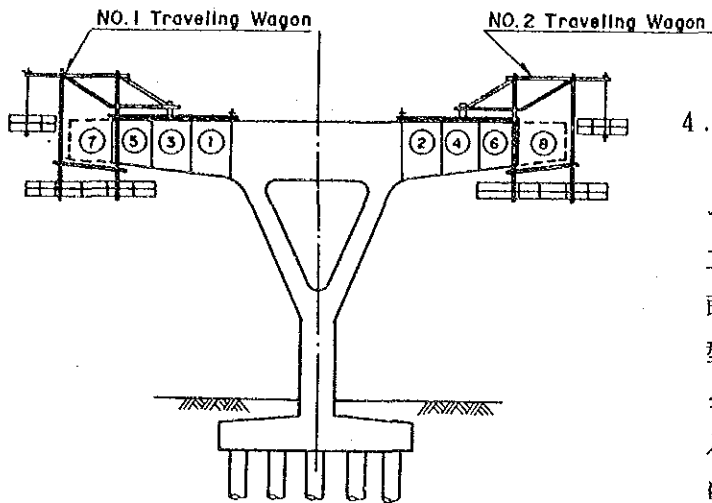
上段ストラッドを取付け、ストラットの両側からプレストレスを加える。次に下段ストラッドを撤去する。ブロックEはH-鋼で支持されたビティ支保工上で施工される。このH-鋼は完成したブロックCに取付けたブラケット上に配列する。

THE FEASIBILITY STUDY ON THE  
CONSTRUCTION OF THE NEW WHITE  
NILE BRIDGE

Fig.  
9.4 (A)

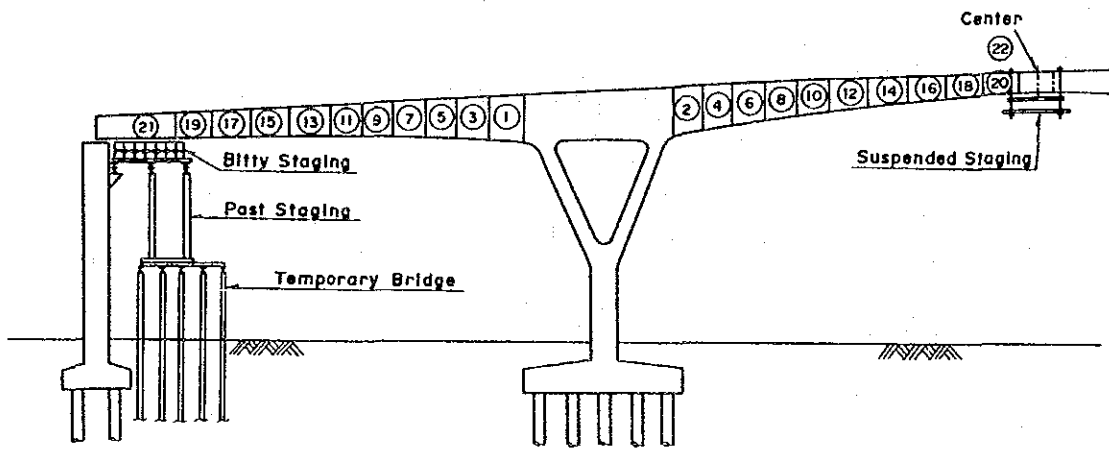
上部工の施工法

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY



#### 4. 片持式架設法

主橋梁の箱桁部は2台の移動架設ワーゲンを使用して片持式架設工法で施工する。No. 1とNo. 2ワーゲンはV橋脚頭部の両端に取付ける。ワーゲンは、型枠・鉄筋・PC鋼材を組立ててコンクリートを打設し、プレストレスを導入したのちNo. 1とNo. 2ワーゲンを交互に進ませる。



#### 5. 桁端部の施工

$P_{13}$ と $P_{16}$ 橋脚での主橋梁の箱桁端部の施工は支柱支保で支持されたビィティ支保工を使って行い、プレストレスを箱桁に導入する。

#### 6. 中央閉合工

隣り合った張出し桁先端は支間中央で吊支保工を用いて連結セグメントで連結する。連結セグメントのコンクリートが硬化後、連続構造を確実にするためプレストレスト・ケーブルでプレストレスを導入する。

THE FEASIBILITY STUDY ON THE  
CONSTRUCTION OF THE NEW WHITE  
NILE BRIDGE

Fig.  
9.4 (B)

上部工の施工法

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY



## 第10章 事業費積算

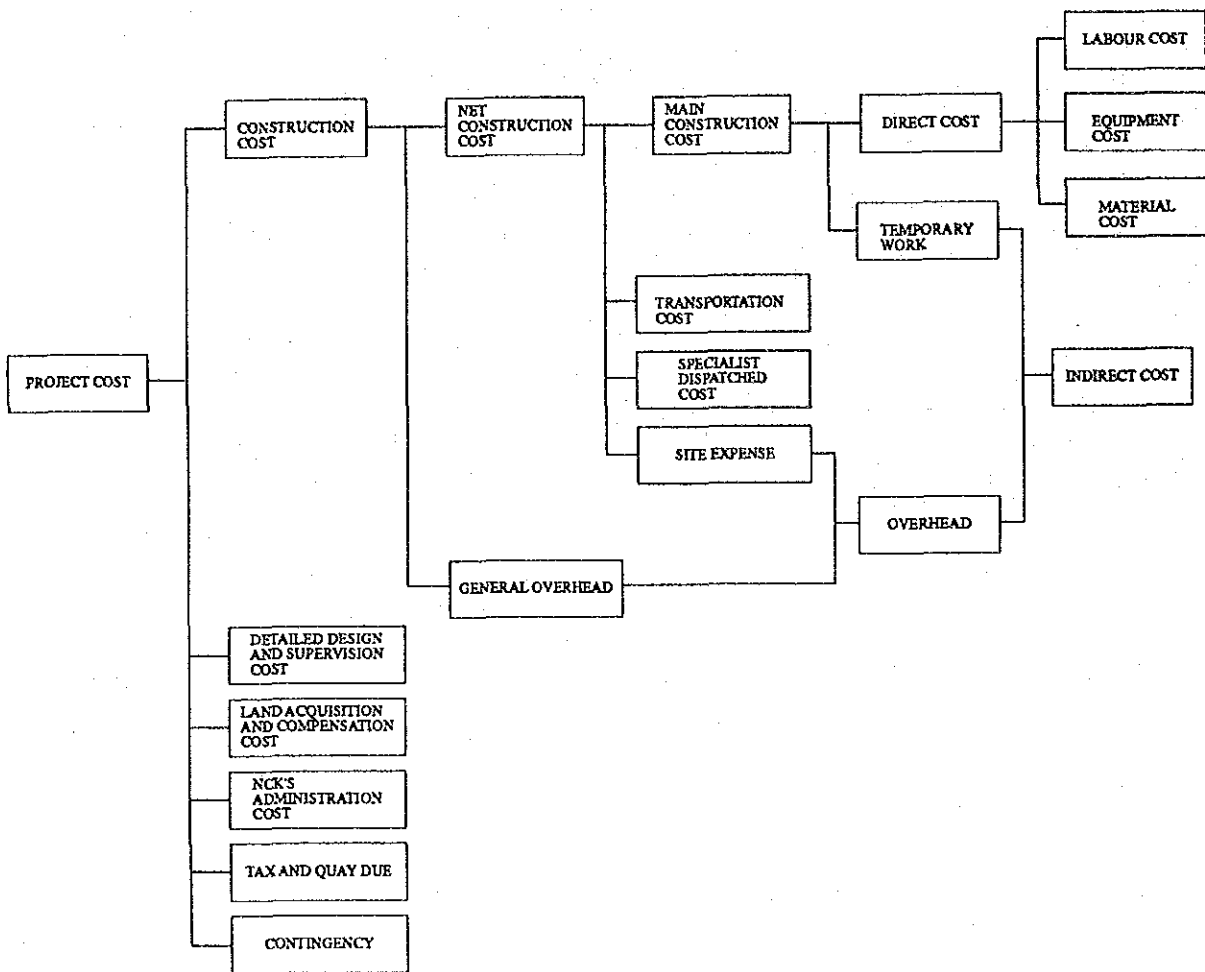


## 第 10 章 事業費積算

### 10.1 事業費積算の基本方針

事業費は工事費、用地費と補償費、技術管理費（詳細設計と施工管理費）、NCKの管理費税金と Quay Due 及び予備費から構成されている。事業費積算の基本的な体系は大規模な橋梁建設プロジェクトの性格及び以下の仮定を考慮して図-10.1に示している。

- a) 事業費は、1989年8月末の価格レベルをもとに積算している。
- b) 為替レートはUS\$ 1.0 = Ls4.5に仮定する。このレートはスーダン政府によって管理されている“Official Rate”にもとづいている。
- c) スーダンで調達できない資機材は日本及びイタリアから輸入すると仮定する。それらの単価は輸出国のF.O.B 価格を用いて積算し、輸送費は別途計上する。
- d) 建設は競争入札によって選定される日本国籍の建設業者が請負うものと仮定する。



THE FEASIBILITY STUDY ON THE  
CONSTRUCTION OF THE NEW WHITE  
NILE BRIDGE

Fig.  
10.1

事業費積算の体系図

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

## 10.2 工事費

工事費は直接工事費、間接工事費、輸送費、技術者派遣費、現場管理費及び一般管理費で構成されている。これらの工費は各項目ごとに積算される。純工事費は一般管理費除くすべての工事費であり、工事原価は直接工事費に間接工事費を加えた工事費である。

### (1) 直接工事費

直接工事費は各工事種目の中で労務費、機械費と資材費から成っている。

日当たり労務費はハルツーム市内の政府及び民間の建設業者に訪問し調査した。Appendix 10.1に労務単価をリストアップしている。

建設機械費は、日本で使用している損料比率を基本にして算出している。損料のうち維持・修理費は外貨分70%と内貨分30%と仮定している。Appendix 10.1に機械費の単価をリストアップしている。

スーダン国で調達できない資材は日本またはイタリアから輸入すると仮定する。その資材単価は輸入国のF.O.B 価格を採用する。輸送費は別途に積算する。主要建設資材の単価はAppendix 10.2にリストアップしている。

### (2) 間接工事費

間接工事費（準備工、キャンプ施設、フェンス、電力供給・工事水供給、現場設営等）は、現場条件を考慮して積算する。

### (3) 輸送費

輸送費は、海上輸送費及び内陸輸送費とも外貨分として積算する。海上輸送費は日本又はイタリアからポート・スーダンまでとする。輸送費は輸入資材と一般建設機械について片道分、100tクローラー・クレーン、片持式架設ワゴン、橋梁架設機械等の特種機械は往復分積算している。イタリアや日本から算出した輸送費はAppendix 10.3に示している。

### (4) 技術者派遣費

現地人熟練工は大規模橋梁建設の経験が少ないため、外国人の橋梁建設専門家（PC橋専門家、世話役、特種機械の専門家）を現地人熟練工のトレーニングのために派遣することが望ましい。この技術者派遣費は建設工程表にもとづいて、派遣人員数・期間を計画し積算する。18人の専門家が日本から派遣されることが期待されている。

(5) 管理費

管理費は、現場管理費と一般管理費に分けられる。建設業者職員の給料や事務所の運営・維持費等の現場管理費は日本の規準をもとにして各項目ごとに積算している。一般管理費は以下の公式を用いて算出している。

$$\text{一般管理費} = (\text{主要工事の直接工事費} + \text{間接工事費} + \text{技術者派遣費}) \times 10\%$$

1 0.3 用地費と補償費

取付道路と建設業者のキャンプ地に必要な用地をもとにした建設用地は、農民が農耕地として使用しているが、政府の所有地である。一部の住宅地は補償費の対象となっている。この補償費は以下の方法で行われる。

a) 農作地

政府は農民に同価格の政府所有の代替地を与え、また耕作地の作物については補償する。

b) 住宅地

政府は住民に同価格の政府所有の代替地を与える。土地委員会の協議のうえ算出した既存建物の価値は金銭により補償する。

従って、用地費は基本的に事業費の内では、市場の売買価格と等価格で積算し、一方、補償費は住宅建物の補償についてだけ積算する。等価格は下記の単価を使って積算している。

項	目	単	価 (Ls/m <sup>2</sup> )
1.	3等の住宅地		750
2.	農地		120

建物の補償費は過去の補償結果をもとにして、Ls200,000/1建物としている。

#### 1 0.4 技術管理費

技術管理費は、日本国のコンサルタントチームによって行われる詳細設計と施工管理費であり、入札書類の準備や建設業者が行った工事に証明書を与えたりする。この費用は建設工事工程にもとづいたコンサルタント職員の作業スケジュールから積出する。

#### 1 0.5 NCKの管理費

プロジェクトを推進させるために、NCKはクライアントとして他機関との連絡業務、調整業務、管理業務等を行う。現段階においてこのNCKの管理費は詳細設計及び施工管理費用の4%を計上する。

#### 1 0.6 税金とQuay Due

建設資機材の税金は、スーダン国に輸入された時のC.I.F 価格に課税される。この建設資機材の課税率はAppendix10.4にリストアップしている。

ポート・スーダンにおけるC.I.F 価格の2%で課徴されるQuay Dueは輸入資機材の全てに課税される。

#### 1 0.7 予備費

予備費は、フィジビリティ調査段階で判明している情報をもとに算出している。橋梁建設は3年後に開始すると仮定している。従って、予備費は以下のような予見できない要因について積算している。

- a) スーダン国、日本とイタリアにおける経済変化（為替レート、インフレーション等）
- b) 詳細設計で判明する地質状況による数量の変化
- c) 提案した採石場や土取場又は材料調達に関する仮定の変更

上記した要因を評価した結果、予備費は建設費の最大5%を仮定する。

## 1 0.8 総事業費

事業費は工事費、詳細設計・施工管理費、用地費、補償費、NCKの管理費、税金・Quay Dueと予備費で構成されている。これらの費用は、10.1節で述べられた手順で積算する。事業費は表10.1に要約している。

表10.1 事業費の概要

単位：Ls×10<sup>3</sup>

項 目	構 成 分 子		
	合 計	外貨分	内貨分
1. 工 事 費	288,640	179,760	108,880
2. 詳細設計と施工管理費	30,070	16,640	13,430
3. 用地費・補償費	104,600	—	104,600
4. NCKの管理費	2,340	—	2,340
5. 税金とQuay Due	42,610	—	42,610
6. 予 備 費	14,430	8,980	5,450
7. 合 計	482,690	205,380	277,310

( \$ 1.0 = Ls4.5 = Y140 )

建設費の分析はAppendix10.5に詳述している。



## 第11章 プロジェクトの評価



## 第 1 1 章 プロジェクトの評価

### 1 1.1 概 要

第5章の5.4.1では、5つの架橋ルートの代替案のなかから最も経済的なルートを選択するために、概略の経済評価が行われ、最も高い内部収益率を得たB1ルートが最も経済的なルートであることが示された。この経済評価の結果と技術評価とをあわせた総合判断にもとづき、最終的にこのB1ルートが最も実施可能性の高いルートであることが決定されたため、ここではこのB1ルートのみに対し抱括的な経済評価が行われている。

### 1 1.2 経済評価

#### (1) 経済費用

第10章で推計された建設費は税金、利子等の移転項目を含む財政費用である。この財政費用は経済分析を行う際に必要となる真の経済費用を表すものではない。従って、抱括的な経済分析を行うために、財政費用に以下の調整がなされた。

#### a) シャドー為替レート

現在、スーダンでは二とおりの為替レートが使用されている。ひとつは公定レートであり、もうひとつは実勢レート（parallelレートと呼ばれている）である。1989年現在、公定レートは1ドル=4.5スーダンポンド、実勢レートは1ドル=12.2スーダンポンドと決められている。前者は政府により決められた公定ルートであり、後者もまた政府の政策により決められたものである。しかし、現実にはこの両レートとも金融市場の不完全さのため、真の経済状況を反映したものではない。このため調査団によりシャドー為替レートが推計された。公定レートはそもそも経済の実態を反映せずに決められているレートであるから別問題として、ここでは実勢レートを真の経済実態を表すレートへと変換した。変換方法としては、信頼性の高い輸出入統計データが入手困難であったことから、以下のような単純な方法を適用した。政府の経済計画のレポートである「救済、復興及び開発のための4年計画」1988/89-1991/92（以下4年計画と呼ぶ）によると、最新年次（1988年）の輸出入統計は以下のように示されている。

	A	B	C	D
	金額	構成比	輸出入税	C/A
	(百万スーダンポンド)	(%)	(百万スーダンポンド)	
輸 入	1185	67.2	1600	0
輸 出	578	32.8	60	0.104

上記のデータを用いると、為替レートは輸入については 90.72% (67.2×1.35) の過大評価となっており、輸出については 3.4% (32.8×0.104) の過大評価となっている。従って、現行の為替レートは 87.31% (90.72% - 3.41%) だけ過大評価となる。この結果、シャドー為替レートは実勢レートを以下のように修正したものとなる。

$$\begin{aligned} 1 \text{ ドル} &= 12.2 \times 1.8731 \\ &= 22.85 \text{ (スーダンポンド)} \\ 1 \text{ 円} &= 0.087 \times 1.8731 \\ &= 0.163 \text{ (スーダンポンド)} \end{aligned}$$

#### b) 標準変換係数

過去10年間に於けるスーダンの経済は深刻な旱魃、長期にわたる南部との戦争、近隣諸国からの大量の難民の流入等の負の自然的、経済的要因により沈滞したままとなっている。このため生活必需品の極度の不足や国内経済の不活発は市場価格を大きくゆがめたものとなっている。従って、市場価格は公正で効率的な価格を形成しているとは言いがたい。それゆえに、スーダン国内の財・サービスの価格は第5章の5.4.2において推定された0.53という係数を乗ずることにより公正かつ効率的な価格へと変換を行った。

#### c) 未熟練労働者に対するシャドー賃金率

公式の雇用統計をみると、スーダン国内経済の停滞にもかかわらず、現行の失業率は決して高くない。しかしながら、経済の実態を考えると、多くの潜在失業者の存在がハルツーム市内においてみい出される。このような経済のもとに於ては、未熟練労働者の一般的な賃金率は真の賃金率を表さないものとなっている。従って、建設コストを積算する際に推定された未熟練労働者の賃金率は機会費用に変換する必要がある。調査団はこの変換係数をもとめるために調査を行った（調査結果の要約は Appendix 11.1に示されている）。この調査結果より未熟練労働者の真の機会費用、つまりシャドー賃金率は1日当たり17スーダンポンドと推定された。現行の未熟練労働者の賃金率は1日当たり25スーダンポンドであるゆえに、シャドー賃金率は以下の式より0.68の変換係数をもって計算される。

$$\text{変換係数} = \frac{\text{シャドー賃金率}}{\text{一般的な賃金率}} = \frac{17}{25} = 0.68$$

これまで述べてきた3種類の変換係数を用い、財政費用は経済費用へと変換されることになる。

(A) 建設費

表10.1に示されている財政的建設費は上記の変換係数を用いて表11.1に示す経済費用へと変換された。変換をおこなう時に、表10.1の詳細設計及び施工管理費用は建設資材費、未熟練労働費、熟練労働費の三つの部分に、それぞれ17%、71%及び12%の比率をもちいて分割された。これらの比率は費用の積算過程において計算された値である。

表11.1 経済的建設費

( Unit : Ls 1,000 )

Item		1991	1992	1993	1994	1995	Total
Detailed Design	FC	30344	0	0	0	0	30344
	LC	647	0	0	0	0	647
Land Acquisition & Compensation	FC	0	0	0	0	0	0
	LC	27719	27719	0	0	0	55438
NCK's Administration	FC	0	0	0	0	0	0
	LC	371	159	233	260	217	1240
Tender Assistance & Supervision	FC	0	12081	13992	15341	12756	54170
	LC	0	588	1882	2131	1871	6471
Construction	FC	0	214133	244065	232714	214751	905663
	LC	0	1447	2556	2730	3077	9810
	Unskilled Labor	0	4109	7259	7753	8738	27861
	Skilled Labor	0	1021	1804	1927	2172	6925
	Sub-Total	LC	0	6578	11620	12410	13987
Contingency (Const. Cost x 5%)	FC	0	10714	12194	11632	10733	45273
	LC	0	424	753	806	906	2889
Total (Foreign) (Local)	FC	30344	236928	270251	259687	238240	1035450
	LC	28737	35468	14487	15606	16982	111280
Grand Total		59081	272397	284738	275293	255221	1146730

(B) 維持費

維持費は橋梁とアプローチ道路に分けて求められた。

(a) 橋 梁

橋梁におけるアスファルト舗装は橋梁の完成以降7年に一度再舗装が必要であるという仮定のもとに求められた。従って、7年に1度必要となる維持費は次式で求められる。

	アスファルト舗装の 財政費用	経済費用 <sup>*</sup> (1,000 スーダンポンド)
外貨分	18,728 (1,000 円)	3,053
内貨分	250 (1,000 スーダンポンド)	1.33
合計		3,186

$$* \quad 3,035 = 18,728 \times 0.163$$

$$133 = 250 \times 0.53$$

(b) アプローチ道路

アプローチ道路の維持費は、舗装面修理、ハブーブ等による泥・砂の除去、街燈や街路樹の保守、レーンマークのペイントのぬりかえ等から構成されている。従って、アプローチ道路の維持費は次の二つの部分、すなわち、毎年必要とされる維持費と5年に一度必要となる維持費とに分けられる。前者及び後者はそれぞれアプローチ道路の建設費の1%及び5%と仮定された。以下はアプローチ道路の建設費及び維持費である。

アプローチ道路の経済的費用

	アプローチ道路の 財政費用	経済費用 <sup>*</sup> (1,000 スーダンポンド)
外貨分	774,731 (1,000円)	126,281
内貨分	27,249 (1,000 スーダンポンド)	14,442
計		140,723

$$* \quad 126,281 = 774,731 \times 0.163$$

$$14,442 = 27,249 \times 0.53$$

5年に1度必要な維持費

$$140,723 \times 0.05 = 7,036 \text{ (1,000 スーダンポンド)}$$

毎年必要な維持費

$$140,723 \times 0.01 = 1,407 \text{ (1,000 スーダンポンド)}$$

(c) 残存価値

本経済分析においては、経済指標算出のための計算対象期間は25年と仮定されている。この計算対象期間がすぎても橋梁や道路の施設は利用可能である。このことは計算対象期間の終了時において、橋梁や道路施設は残存価値をもつことになる。従って、この残存価値は計算対象期間の最終年においてマイナスの費用として取扱われることになる。本分析においては橋梁の上部工と下部工のみが残存価値をもつものとし、アプローチ道路の残存価値は考えないものとした。橋梁の上部工と下部工の耐用年数は50年と想定されるため、この残存価値は建設費の50%である。橋梁の上部工と下部工の費用は次のとおりとなる。

	橋梁上部及構及び 下部構の財政費用	橋梁上部構及び 下部構の経済費用 <sup>*</sup>
外貨分	1,747,673 (1,000円)	284,871 (1,000ポンド)
内貨分	49,674 (1,000ポンド)	26,327 (1,000ポンド)
計		311,198 (1,000ポンド)

$$\begin{aligned} * \quad 284,871 &= 1,747,673 \times 0.163 \\ 26,327 &= 49,674 \times 0.53 \end{aligned}$$

以上より橋梁の下部工と上部工をあわせた残存価値は以下のようにして求められる。

$$311,198 \times 25(\text{年}) / 50(\text{年}) = 155,599 \text{ (1,000ポンド)}$$

(2) 経済便益

本プロジェクトから得られる数量的に把握可能な経済便益は、

- 走行費用の節約便益
- 時間費用の節約便益
- 現在の白ナイル橋の維持費用の節約による便益

から構成されている。それぞれの便益は以下のようにして求められる。

(a) 走行費用節約便益

第5章の5.5.2(1)において説明されているように、走行費用節約便益は次のとおりである。

年	走行費用の節約便益 (1,000 ポンド)
1995	11,805
2005	4,945
2015	3,370

(b) 時間節約便益

時間節約便益もまた第5章5.5.2の(2)に示めされているが、スーダン政府によって予測されている将来の経済見通しを考慮すれば、スーダン国民の時間価値は経済成長とともに実質的に増加すると期待される。従って、「4年計画」に示されたデータを用い、将来の時間価値は以下の伸び率で増加するものと予測された。

経済成長率	年5.0%
人口成長率	年2.8%

時間価値の成長率は以下の式により求められる。

$$\text{伸び率} = \frac{(1.05)^{\text{Year}}}{(1.028)^{\text{Year}}}$$

この時間価値の伸び率を適用すれば、将来の時間価値の節約額は次のとおりとなる。

年	
1995	68,341 × 1.1355 = 77,599
2005	241,380 × 1.4033 = 338,720
2015	1,245,480 × 1.7342 = 2,159,919

(c) 維持費の節約便益

新白ナイル橋の建設が将来なされないならば、より多くの交通が現在の白ナイル橋を利用することになり、この結果、現在の橋に対する損傷が一層ひどくなるであろう。従って、新白ナイル橋が建設されない場合、現在の白ナイル橋のより一層の損傷をさけるためには、かなりの程度の維持費が将来にわたって必要となってくるだろう。また、イギリスのコンサルタントによって示唆されているように、現在の橋の構造のある部分については修復が必要となる場合もでてくるだろう。従って、ここに含まれる便益として以下の3つが推定された。



## 修復費節約費用

現況の白ナイル橋の部分的修復には、技術的見地から10億円要するものと推定された。新白ナイル橋の上部構と下部構の内貨分と外貨分の割合を適用すれば、現在の白ナイル橋の修復費のうち75%は外貨分、25%が内貨分となるゆえ、この節約便益は以下のようにして計算される。

	修復節約費用	
	財政費用 (1,000 円)	経済費用 (1,000 スーダンポンド) *
外貨分	750,000	122,250
内貨分	250,000	11,528
計	1,000,000	133,778

$$\begin{aligned} * \quad 122,250 &= 750,000 \times 0.163 \\ 11,528 &= 250,000 \times 0.087 \times 0.53 \end{aligned}$$

本調査においては、現況の橋の部分修復は2000年に4ヶ月間の期間でなされると仮定されている。

### 修復期間中における時間費用の節約

現在の白ナイル橋を修復するとなれば、その修復期間中には交通は遮断され、他の橋への迂回を余儀なくされる。従って、この間には、オムドルマンとハルツーム間を行き来する交通はより多くの時間を要することになる。もし、このとき新白ナイル橋が完成しているならば、上述の迂回による余分な時間が節約されることになる。交通量配分の結果、この節約便益は2000年には94百万スーダンポンドと推定された。

### 既存白ナイル橋の維持費用の節約

新白ナイル橋が建設されない場合、現況の白ナイル橋を通る交通量は飛躍的に増加すると予測されるが、新白ナイル橋が建設されると交通量の増加は微少にとどまる。この交通量の違いは維持費に相違をもたらす。NCKからの資料によれば、現況の橋の路面の修復費として7年ごとに1,524,500スーダンポンドかかるものとされている。この場合、この費用の86.7%が外貨分、13.3%が内貨分とすれば、節約便益は以下のように推定される。

	財政費用 (1,000円)	経済費用* (1,000 スーダンポンド)
外貨分	1,310	213
内貨分	205	10
合計		223

$$* \quad 213 = 1,310 \times 0.163$$

$$10 = 205 \times 0.087 \times 0.053$$

この節約費用は交通量に依存するゆえに、現況の交通量 58,000 PCUを考えると、1台当たり 3,800スーダンポンドが7年ごとに必要となることになる。交通量の配分結果から、節約額は以下のように推定された。

維持費用の節約 (1,000 スーダンポンド)	
1995	158
2005	184
2015	192

### (3) 経済評価指標

経済評価指標は上記の費用と便益を用いて計算された。表11.2には各年の経済費用と便益が示されている。これらの各年の費用と便益とから、以下の三つの経済評価指標が計算された。

#### (a) 費用便益比 (B/C)

B/Cは割引後の便益と費用との比として示される。

$$B/C = \frac{\sum_{t=1}^T B_t / (1+i)^t}{\sum_{t=1}^T C_t / (1+i)^t}$$

ここで、  
 B : 便益  
 C : 費用  
 i : 割引率  
 t : 年  
 T : 計算期間

(b) 純現在価値額 (NPV)

NPVは便益の総現在価値額から費用の総現在価値額を差し引いたものとして定義される。

$$NPV = \sum_{t=1}^T B_t / (1+i)^t - \sum_{t=1}^T C_t / (1+i)^t$$

(c) 内部収益率 (IRR)

IRRは純現在価値額を0とする割引率として定義される。

$$IRR = i \text{ such that } \sum_{t=1}^T (B_t - C_t) / (1+i)^t = 0$$

表13.3には割引率を12%とした場合の費用と便益の各年の値を示したものである。この値を用いて計算された経済評価指標の値は次のとおりである。

費用便益比 (B/C)	1.985
純現在価値 (NPV)	782,154,000 スーダンポンド
内部収益率 (IRR)	17.7%

B/Cは1より大で、NPVは正であるので、提案されたプロジェクトは経済的に実施可能であると判断できる。しかも、IRRの値が17.7%で、発展途上国の大規模なインフラ整備プロジェクトとしてはかなり高い値であること、世銀等の国際貸出機関の貸出利率(12%)を上まわっていることを考えると、本プロジェクトの実施可能性は非常に高いと言える。

上記の計算はジャドール為替レートを用いて計算したものであるが、参考として公式レートと実勢レートを用いたIRRの結果を示すと、前者の場合は31.3%、後者の場合は23.2%と計算された。これらの値はいずれも17.7%よりもかなり高い値を示しているが、厳密な意味で真の経済評価を表したものでないことに注意する必要がある。上記の両ケースの結果は Appendix 11.2及び11.3に示される。

表11.2 項目別經濟費用と便益

( Unit : Ls 1,000 )

Year	Const- ruction Cost	Maintenance Cost Road	Bridge	Sulvage Value	Total Cost	Time Saving	VOC Saving	Mainte- nance Saving	Reconst- ruction Saving	Avoid- ing Detour Cost	Total Benefit
1991	60688				60688						0
1992	273995				273995						0
1993	289129				289129						0
1994	280707				280707						0
1995	259601				259601						0
1996		1407			1407	89920	10821				100741
1997		1407			1407	104197	9919				114116
1998		1407			1407	120740	9093				129833
1999		1407			1407	139910	8335				148245
2000		7036			7036	162124	7640		133778	94003	397546
2001		1407			1407	187866	7004				194869
2002		1407	3186		4593	217694	6420	173			224287
2003		1407			1407	252257	5885				258142
2004		1407			1407	292309	5395				297704
2005		7036			7036	338720	4945				343665
2006		1407			1407	407662	4759				412421
2007		1407			1407	490637	4580				495217
2008		1407			1407	590500	4408				594908
2009		1407	3186		4593	710689	4242	187			715118
2010		7036			7036	855340	4082				859423
2011		1407			1407	1029435	3929				1033363
2012		1407			1407	1238963	3781				1242744
2013		1407			1407	1491139	3639				1494778
2014		1407			1407	1794642	3502				1798144
2015		7036		-155599	-148563	2159919	3370				2163289

表11.3 経済費用と便益のまとめ

( Unit : Ls 1,000)

Year	Benefit	Cost	Benefit (Discounted by 12%)	Cost
1991	0	59081	0	52751
1992	0	272397	0	217153
1993	0	284738	0	202671
1994	0	275293	0	174954
1995	0	255221	0	144819
1996	100741	1407	51038	713
1997	114116	1407	51620	636
1998	129833	1407	52437	568
1999	148245	1407	53459	507
2000	397546	7036	127999	2265
2001	194869	1407	56020	404
2002	224287	4593	57569	1179
2003	258142	1407	59160	322
2004	297704	1407	60916	288
2005	343665	7036	62786	1285
2006	412421	1407	67275	230
2007	495217	1407	72126	205
2008	594908	1407	77362	183
2009	715118	4593	83030	533
2010	859423	7036	89094	729
2011	1033363	1407	95648	130
2012	1242744	1407	102703	116
2013	1494778	1407	110297	104
2014	1798144	1407	118465	93
2015	2163289	-148563	127252	-8739
<b>Total</b>	<b>13018552</b>	<b>1048159</b>	<b>1576255</b>	<b>794101</b>

#### (4) 経済評価

上記の三つの経済評価指標から本計画は十分実行可能性が高いと言えるが、また、それ以外に本計画は以下のような計量化できない便益をももたらす。

##### (a) 計画期間中の便益

###### ー デモンストレーション効果

本タイプのような大規模プロジェクトはスーダン国民の精神や国家の威厳の高揚に役立つ。

###### ー 経済的・教育的効果

本計画のために行われる種々の調査は、公共のみならず民間の開発や投資に対し、経済的・教育的なインセンティブを与えることになる。また、調査の過程における外国コンサルタントの技術や経験は、スーダンの技術者達へ移転されることも期待される。

##### (b) 建設期間中

###### ー 建設資機材に対する需要効果

建設期間中には現地での建設資材に対する需要の増加が期待される。

###### ー 雇用に対する需要効果

多くの熟練及び非未熟練労働者の雇用が期待されるため、失業者や不完全失業者数が減少する。

###### ー 技術移転効果

建設作業に関する技術移転が期待される。

###### ー 資源開発効果

いくつかの資源が建設現場付近で調達される場合、開発可能性の高い地域で資源の開発が促進される。

##### (c) プロジェクトの完成以降

###### ー 存在効果

新白ナイル橋はハルツーム市のシンボルとなるであろうし、また、都市内の道路ネットワークの主要な一部を構成することになる。

一 利用者効果

本計画の完成は利用者の快適性を向上させるほか、混雑の減少により定時性の確保も可能とする。

一 エネルギー節約効果

スムーズな車の流れにより、ガソリン使用が節約されることになる。

### 1.1.3 感度分析

上記では三つの経済評価指標の値が計算されたが、これらの値には交通量の予測誤差、自然的条件及び政治的状況の予期せぬ変化、世界経済の変動等予測不能の不確実性が含まれている。これらの不確実性が生起する確率は一般的にはプロジェクト開始前には予測することは不可能である。従って、感度分析ではプロジェクトの費用が5%、10%、15%、20%と上昇し、反対にプロジェクトの便益は5%、10%、15%、20%と減少する場合のプロジェクトの実行可能性を検討した。表11.4はこの感度分析の結果を示している。この感度分析から最も悲観的なケースにおいてさえ、すなわち、費用は20%増加し、便益が20%減少するケースでもIRRが12.1%と国際貸出機関の貸出利率12.0%よりも高い値を示すことが得られた。このことから、新白ナイル橋の建設はかなりのマイナスの不測事態のもとでもフィージブルであると言える。

表11.4 感 度 分 析

Benefit		Cost	0%	5%	10%	15%	20%
0%	B/C		1.985	1.890	1.726	1.527	1.323
	NPV		782154	742449	663039	543923	385103
	IRR		17.7	17.2	16.4	15.2	14.0
-5%	B/C		1.886	1.796	1.640	1.451	1.257
	NPV		703341	663636	584226	465111	306290
	IRR		17.2	16.7	15.9	14.8	13.5
-10%	B/C		1.786	1.701	1.553	1.374	1.191
	NPV		624528	584823	505413	386298	227477
	IRR		16.7	16.2	15.4	14.3	13.1
-15%	B/C		1.687	1.607	1.467	1.298	1.125
	NPV		545716	506010	426600	307485	148665
	IRR		16.2	15.7	14.9	13.8	12.6
-20%	B/C		1.588	1.512	1.381	1.222	1.059
	NPV		466903	427198	347788	228672	69852
	IRR		15.6	15.2	14.4	13.3	12.1

Unit : B/C ratio  
 NPV Ls 1,000  
 IRR %

#### 1.1.4 環境に対する考察

環境影響に対する考察を行ったが、これによって本プロジェクトの基本計画や設計内容を変更するものではない。この作業では、本プロジェクトが環境に対して重要なインパクトを及ぼすか否か、この様なインパクトが社会経済的、文化的、そして技術的観点から許容出来るものであるか否か、もしも許容出来ない場合には、現状の環境を保全する上で如何なる対策方法が必要となるかを検討する。

##### 11.4.1 影響地域の定義

この調査では、次の様な影響地域を考えた。

- a) 橋梁とか取付道路とか交差点の様な永久構造物のために取得する土地
- b) 建設ヤードとか採石場、土取場等の様に仮設用として取得若しくは借地する土地
- c) 将来、本プロジェクトの完成に伴って定住とか開発等の土地利用の変化の予測される本プロジェクトの計画道路の周辺の地域
- d) 将来、本プロジェクトの完成に伴って内陸水運をはじめ水利管理、農業等の変化が起きる場合の地域

##### 11.4.2 工事中の環境影響

###### (1) 騒音公害

工事に伴う通常の騒音問題はあるけれども、これ以外には工事期間約40カ月の間に特別な環境影響は考えられない。

工事用の機械やプラント類は、通常、騒音公害を引き起こす。特に石を割って組骨材を生産する“インパクト・クラッシャー”が騒音を出す。インパクト・クラッシャーは、そのプラントの位置で90～95dB(A)の音を発生させるもので、これがオムドルマン側の住宅地から1km以上離れた建設ヤードに設置される。理論的にはこのプラントからの騒音は、オムドルマン側の住宅地の最もプラントに隣接する場所では35～59dB(A)に減衰し、この値は日本の騒音規制法の85dB(A)を可成り下回る。この事から、工事用の機械やプラントから発生する騒音は無視出来る程度のものと言う事が出来る。



## (2) 水質汚濁

基礎の工事中、ベントナイトを用いて掘削孔を安定化する。このベントナイトは、架橋地点より下流の白ナイル川の水質汚濁を引き起こすであろう。しかし、河床材料が粘土質であるためベントナイトの使用量が僅かでも掘削孔が安定すると思われる。この事から、ひどい水質汚濁を引き起こすとは予想出来ない。

## (3) 大気汚染

取付道路の盛土工事や路盤工事にダストが発生し、これが大気を汚染する。この様なダストの発生は如何なる道路工事でも必ず起きるものである。インパクト・クラッシャーについていえば、ここから発生するダスト量は盛土工事や路盤工事のものよりも少ないと思われている。これらの事から、大気汚染は通常の道路工事の大気汚染の範囲内と言える。

## (4) 輸 送

工事着手時のモービラリゼーションとか採石場からの材料輸送に伴うダストや騒音は通常の土木工事における公害の一つである。主たる問題は採石場から工事現場までの石材輸送に関するものである。しかし、工事中には車両の過密地域で無く、空地を通れる。この事から、この様な工事中の環境公害は低減可能である。

### 11. 4. 3 完成後の環境影響

#### (1) 歩行者への影響

ハルツームとオムドルマンを結ぶ既存の白ナイル橋の歩道は90cmしか無く、歩行者は非常に歩き難い。このため、ハルツームとオムドルマンを往来する人の殆どは車両を用い、歩行者は現状では僅かである。

仮に、歩道2mを有する新橋が出来たとすれば、このハルツームとオムドルマンの間を往来する人々にとっては非常に有益である。

#### (2) 既存橋梁の補修

既存の新白ナイル橋は1920年の完成以来多量の車両通交に供して来ている。1987年～1988年に Coode Blizard Ltd 社が実施した "Assessment, Inspection and Rehabilitation of the White Nile Khartoum-Omdurman Bridge" の調査によると、現在既存橋は以下に示す様な多くの問題を抱えている。

- 上部工では、車両の衝撃のため多くの主要部材の損傷が著しい。
- 固定橋の滑り支承は錆付いて動かなくなっており、取り換えが必要である。
- 旋回橋のウェッジは、もはや上部工を適切に支持出来なくなっており、取り換えが必要である。
- 河川内の橋脚の腐食はひどく、外側に新しく鋼板保護材を巻く必要がある。

上記の損傷箇所を補修する上で、既存橋上を通航している車両を別のルートに転換しなければならない。このためにも、新白ナイル橋の完成は非常に重要である。

### (3) 土地利用と開発の変化

本プロジェクトが完成すれば、オムドルマン側取付道路に隣接するアル・フィタイハブ町の土地利用形態は急速に変化するであろう。短期的に見た社会影響としては、3rdクラス住宅地が1stクラス住宅地に移行する事が挙げられる。この様な土地は約10ヘクタールであり、仮りに何ら規制が設けられなければ、商業用とか高級宅地として急激に地価上昇を招くであろう。

仮りに規制が適宜とられなければ、長期的には無秩序な都市化が環境公害や交通混雑を誘発する。この様な事例はハルツーム首都圏の主要幹線道路へのアクセス出来る場所でも無数に見受けられる。

このため、本プロジェクトの完成前にタウン・プランを作成し将来の開発に備えるべきである。

### (4) 水利管理の阻害

#### A) 架橋地点上流部の冠水地域

第6章で記述したが、白ナイル川の流量はジベル・アウリア・ダムにより適当に調節されている。このため、1年を通じての変化量は465~1,046 cnd/秒である。洪水期には、川岸の農地は2~3mの水で覆われるけども、流速は殆ど無い。取付道路はこの冠水域内に建設される事になるが、この取付道路の盛土体による上流側へのバック・ウォーターは皆無であろう。そして、上流側への阻害は無視出来る程度のものであろう。

## B) 内陸水運

内陸水運の阻害による経済損失は全く無いものと考えられる。理由は、新橋は既存橋梁より大きな航路空間を確保して建設されるためである。更に、現在の既存白ナイル橋はその旋回橋としての旋回機能を失っており船舶の航行をさまたげているが、新橋が出来れば通交車両を肩替りすることでこの既存橋の補修が可能となる。

この観点より、何ら悪い影響は無いものと予想される。

### (4) 仮設用地の将来利用

工事期間中、オムドルマン側の冠水域に建設ヤードが計画高水位高さまで埋め立てられる。この土地は、将来、公園とかサッカー場とか他の公共レジャーの目的に利用出来る。

ハルツーム側に土取場を設けるが、これはスント・ウッドの中で盛土材を取った後に約6ヘクタールの乾期の貯水池として残る。これによって、スント・ウッドは農耕地としても将来使用出来るし、又、既存の苗木仕立場の拡張も出来る。

これらの事から、本プロジェクトの完成前に建設ヤードの将来利用計画や土取場に出来る池の利用計画を作成する事が推奨される。



## 第12章 実行計画



## 第 1 2 章 実行計画

### 1 2.1 概 要

新白ナイル橋並びにその取付道路と交差点の工事が1995年3月迄に完成されるという条件で実行計画が検討された。この工事開始に先立って、土質調査、詳細設計、用地買収、資金手当等の建設に関する作業を終らせておく必要がある。

### 1 2.2 計画概要

新白ナイル橋建設計画は、次のもので構成される。

#### (1) 橋 梁

a) 架橋地点 : 既存の白ナイル橋上流部で、川の右岸（ハルツーム側）に 1,100m  
川の左岸（オムドルマン側）に 1,400m 既存橋より離れた所。

b) 橋梁幅員 : 22.75 m  
車 道 = 両方向に8.75m ずつ  
歩 道 = 両側に2.00m ずつ  
中央分離帯 = 1.25 m

c) 橋 長 : 757.2 m  
主径間橋梁 = 172.0 m  
側径間橋梁（ハルツーム側） = 326.2 m  
側径間橋梁（オムドルマン側） = 108.6 m  
オムドルマン側高架橋 = 150.4 m

d) 主径間橋梁  
形 式 : V橋脚付プレストレスト・コンクリート連続箱桁橋  
支 間 割 : 46.0m + 80.0m + 46.0m

e) ハルツーム側の側径間橋梁  
形 式 : プレストレスト・コンクリート活荷重合成 I - 桁橋  
支 間 割 : 9 @ 36.2 m  
(鉄筋コンクリート床版は3径間連続構造とする。)

f) オムドルマン側の側径間橋梁

形式 : プレストレスト・コンクリート活荷重合成I-桁橋  
支間割 : 3 @ 36.2 m  
(鉄筋コンクリート床版は3径間連続構造とする。)

g) オムドルマン側高架橋

形式 : 鉄筋コンクリート連続中空床版橋  
支間割 : 3 @ 15.0 m + 3 @ 15.0 m + (3 @ 15.0 m + 15.4 m)

(2) 取付道路

a) 道路幅員 : 30 m

車道 : 両方向に9.5 mずつ

歩道 : 両側に4.5 mずつ

中央分離帯 : 2.0 m

b) 取付道路延長 : 3,642 m

オムドルマン側 : 2,285 m

ハルツーム側 : 1,357 m

c) 計画路面高 : (最低部で) R L + 382.100 m

(3) 交差点

a) 位置 : 2箇所 ; オムドルマン側の始点部とハルツーム側の終点部

b) 形式 : 平面交差点

オムドルマン側 : T形式で分離右左折車線付。

ハルツーム側 : ブランチ形で分離右左折車線付



### 1 2.3 事業費

概略設計、建設費、建設スケジュール等の検討結果にもとづき、本プロジェクトの初期投資額をまとめると次表になる。

表12.1 初期投資額

(単位：百万スーダンポンド)

主 項 目	フィナンシャル・コスト		
	外 貨 分	内 貨 分	合 計
建 設 費	179.7(62.3%)	108.9(37.7%)	288.6(100%)
詳細設計・施行管理費	16.6(55.3%)	13.4(44.7%)	30.0(100%)
用地買収費	—	104.6(100%)	104.6(100%)
NCKの運営費	—	2.3(100%)	2.3(100%)
輸入税と港湾税	—	42.6(100%)	42.6(100%)
予 備 費	9.0(62.5%)	5.4(37.5%)	14.4(100%)
合 計	205.4(42.5%)	277.3(57.7%)	482.7(100%)

### 1 2.4 実施スケジュール

新白ナイル橋建設の供用開始を1995年3月とする。実施スケジュールと所要資金を図12.1に示す。

NCKが本プロジェクトとスーダン側の実施機関となるが、このNCKの組織及び権能等については Appendix 12.2に示す通りである。

Year	Calendar	1990	1991	1992	1993	1994	1995
	Fiscal	1989	1990	1991	1992	1993	1994
<i>Detailed Design</i>			(6 months)				
<i>Land Acquisition &amp; Compensation</i>			(14 months)				
<i>Tender Assistance &amp; Construction Supervision</i>					(44 months)		
<i>Construction</i>					(42 months)		
<b>FUND REQUIREMENT</b>		<b>Total Cost (Unit: 1,000 Sudanese Pounds)</b>					
Detailed Design Cost	FC	5,970	5,970				
	LC	1,220	1,220				
Land Acquisition & Compensation Cost	FC						
	LC	104,600	52,300	52,300			
NCK's Administration Cost	FC						
	LC	2,340	700	300	440	490	410
Tender Assistance & Construction Supervision Cost	FC	10,670		2,380	2,760	3,020	2,510
	LC	12,210		1,110	3,550	4,020	3,530
Construction Cost	FC	179,760		42,200	48,940	46,210	42,410
	LC	108,880		16,060	28,370	30,300	34,150
Tax and Quay Due	FC						
	LC	42,610		29,830	4,260	4,260	4,260
Contingency (5% of Construction Cost)	FC	8,980		2,110	2,450	2,310	2,110
	LC	5,450		800	1,420	1,520	1,710
TOTAL	FC	205,380	5,970	46,690	54,150	51,540	47,030
	LC	277,310	54,220	100,400	38,040	40,590	44,060
<b>Grand Total</b>		482,690	60,190	147,090	92,190	92,130	91,090
<b>(1,000 US Dollars)</b>		<b>(107,264)</b>	<b>(13,375)</b>	<b>(32,687)</b>	<b>(20,487)</b>	<b>(20,473)</b>	<b>(20,242)</b>

Notes: (1) Cost estimate was made based on August 1989 prices and exchange rate US\$1.0=LS4.5=Y140.

(2) Land acquisition and compensation costs include value of land already owned by the Government of Sudan.

THE FEASIBILITY STUDY ON THE  
CONSTRUCTION OF THE NEW WHITE  
NILE BRIDGE

Fig.  
12.1

実施スケジュールと所要資金

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

## 第13章 結 論



### 第 1 3 章 結 論

調査団の実施した広範囲にわたった技術調査と経済調査の結果より結論は以下の様になる。

1. 1982年に実施した交通調査の結果によれば、既存の白ナイル橋上では現在約 60,000 P C U 台/日の交通量があり、朝方と午后のピーク時間帯には深刻な交通渋滞が起きている。この既存の橋梁の西暦2015年の将来交通量は 104,000 P C U 台/日と推計され、これは4車線の交通量をはるかにオーバーし、一層深刻な交通渋滞が既設橋並びにその接続道路に発生するであろう。
2. これら交通ボトルネックを緩和するために、アル・フィタイハブとスント・ウッド近くのアル・ジャバ道路を結ぶバイパス路線（B-1ルートで、既存橋梁から南側の右岸側1.1 km、左岸側1.4 km離れた所）が最も適切な路線として考えられる。

この新橋が完成したとすれば、ハルツームとオムドルマン間の交通容量が効果的に拡大出来る。この場合、2015年の将来交通量に着目すれば、既存橋梁は現在の通過交通量とほぼ同じ約56,000 P C U 台/日の交通量が、そして新橋には約90,000 P C U /台日の交通量が載って来るであろう。更に、接続道路の交通混雑も緩和出来るであろう。

3. 技術検討と概略設計の結果として、オムドルマン側のアル・フィタイハブのアブ・サイド道路の変化点から始まってハルツーム側のスント・ウッド近くのアル・ジャバ道路に至るバイパス路線上に橋長 757.2mで4車線橋梁を建設する事が提案された。

橋梁形式としては、航路上には橋長 172mのプレストレスト・コンクリート箱桁橋、側径間部には合計で 326.2mのプレストレスト・コンクリートI桁橋、そしてオムドルマン側の高架橋には鉄筋コンクリート中空床版橋の3つから成る新橋を提案した。

4. この新白ナイル橋の建設は内部収益率が17.7%が得られ非常に熟度の高い案件であると判断された。
5. 若し新白ナイル橋の建設が完了した場合には、将来における交通改善を図るのみでなく、次のものが期待される。

— 短期的には、オムドルマン地区のアル・フィタイハブの都市開発に役立つ。

- 既存の白ナイル橋では主構の主要部材の損傷とか、旋回橋のウェッジの摩耗で上部工を十分支持出来ない状態になっているとか、河川内の橋脚の腐食が激しい等々の損傷の兆候が顕著である。新橋が出来れば、既存橋と新橋の交通分担により既存橋梁の損傷箇所の補修工事が実施出来る。

更に、その他社会的に有意義なもので定量化出来無い便益が本プロジェクトの結果として得られる。

調査団は、既設橋の白ナイル橋より上流側左岸側に1.4 kmそして右岸側に1.1 km離れたものでハルツーム地区とオムドルマン地区を結ぶ新橋を建設する事が技術的かつ経済的に適切なものであると結論づける次第である。したがって、調査団はこの新橋の建設を早急に実施する事を勧告致します。



JICA