第 6 章

電力系統解析および運用

第6章　電力系統解析および運用

6.1　系統検討の基本的考え方

電力系統は発電から配電に至る各設備を有機的な一体として形成し，需要の実態に適合すると共に所要のサービスレベルを確保することが必要である。

1983年運転開始を目途に建設計画が進められている Tongi ～ Ishuldi 変電所経由 Bheramara 発電所に至る 230 KV 東西連系線と相まって，本プロジェクトによる Bheramara ～ Faridpur ～ Barisal 間の西部地域における東回線が完成すれば，既設西回線と連系されてループ系統が構成され系統は一段と強化されることになる。

しかしながら，当系統は特に次の点に留意して検討を行なう必要がある。

a. 需要増加に伴って低力率の負荷に供給する無効電力が不足する。

b. 長距離送電線のため需要増加に伴って電圧降下が大となる。これを勘案し電圧降下，電力損失の軽減と増加する負荷に適合した需給バランスを確保するよう適切な電源配置，調相設備の設置等を検討する。

c. 東西連系線は長距離送電線を使用しているため，1回線事故を想定して運用する必要がある。

d. 東西連系線により東西系統が連系され，かつ西部地域にてループ系統となるため，電力系統全体を含めた総合的検討が必要である。

6.2　潮流解析

本プロジェクトの Bheramara ～ Faridpur ～ Barisal 間の送電線が完成すると，既設の Bheramara，Goalpara，Barisal の西回線と連系され，西部地区の環状グリッドが形成される。このグリッド系統における平常時，事故時の潮流状態および電圧状況を調査するため，コンピュータによる潮流解析を行なった。

6.2.1　検討条件

(1) 系統構成

a. 西部グリッド地域系統構成は Fig. 6-1 に示す系統とし，ループ系統として検討する。

b. 本プロジェクトによる Bheramara ～ Faridpur ～ Barisal 間送電線の運転開始は 1985/86 年とする。

(2) 母線電圧

a. 各変電所の母線電圧は 33 KV 負荷側で

平常時　95 %以上

事故時　90 %以上

継持することを目標とする。

b. LRTタップは±10 %とするが，コンピュータ入力条件としては，中間タップ固定として計算する。

(3) 力率およびインピーダンス

a. 主たる負荷はかんがい用ポンプであり現在の負荷実態も堪案して各変電所の負荷力率は 80 %とする。

b. 線路インピーダンスは既設送電線のACSR 477 MCMと同値とする。(Table 6－1)

c. 各変電所の変圧器容量は，需要増加に対応して増容量し，%インピーダンスは 10 MUA ベースで 10 %として計算する。

(既設変圧器は 10 MUA で平均 10 %である)

(4) 発電所出力

a. 1986 年以降のグリッド系統内の各発電所出力は次の通りとする。

Bheramara	60 MW
Goalpara	180.4 MW
Barisal	25.5 MW
計	265.9 MW

b. Ishirdi 経由の東西系統からの供給電力は次の通りとする。

電線サイズ	ACSR 795 MCM
回線数	2 回線
電流容量	835 A
回路電圧	132 KV (1989 年まで)
	230 KV (1990 年以降)

従って1回線の送電容量は，力率 80 %として，

1989 年まで	153 MW	(132 KV にて)
1990 年以降	266 MW	(230 KV にて)

(5) 需要並びに検討年度

各変電所の負荷は，西部地域グリッド系統の長期需要想定による。

検討年度は，東回線運開予定の1986年並に1990年，1992年および1995年の4ケースについて行う。

(6) 線路容量

グリッド系統の送電容量は，既設，新設ともすべて，ACSR 477 MCM，108 MWとする。

(7) 検討内容

a. 平常時の潮流並びに電圧

b. 1回線停止時の潮流並びに電圧

停止区間は最も厳しい条件となる区間を選ぶ。

6.2.2 1986年潮流（運転開始年度）Annex Ⅱ－1

(1) 需　　給

東回線運転開始予定の1986年はグリット系内の需要は218MWである。これに対して発電機出力は266MWあり負荷に対しては十分な供給力を有している。

(2) 潮　　流

最大潮流はGoalpara－Jessore 間で327MWであり，1回線が停止しても他回線が過負荷となることはない。

(3) 電　　圧

各変電所の33 KV 側母線電圧は，平均約93％以上であり，Jhenidaでは最低の87.2％に低下するが，ＬＲＴにより昇圧すれば95％以上は維持される。

6.2.3 1990年潮流 Annex Ⅱ－2，Ⅱ－3

(1) 需　　給

1990年の需要は395MWとなり発電機出力は266MWでありこの差は約130MWとなる。この不足電力分は東西連系線より供給されるものとする。

(2) 常　　時 Annex Ⅱ－2

a. 潮　　流

最大潮流は，Bheramara－Bottail 間の666MWであるので問題はない。

b. 電　　圧

33 KV 側母線電圧の最低はBottailの84％であるが，ＬＲＴによる10％昇圧を考えればほとんど問題はない。

(3) 事 故 時 Annex Ⅱ－3

Bheramara－Rajbari 間 off

a. 潮　　流

最大潮流はBheramara－Bottari 間の84.7MWであり問題はない。

b. 電　　圧

Rajbari，Faridpur，Modaripurの変電所は西回線のGoalpara，Barisal経由で電力が供給されるため電圧は75％～77.8％に低下する。たとえＬＲＴにより10％昇圧しても，なお目標値を維持することはできない。

(4) 対　　策

電圧対策としてRajbari，Faridpur，Madaripurの各変電所に約6MVar

程度の調相設備を設置する。

6.2.4　1992年潮流　Annex Ⅱ－4，Ⅱ－5

(1) 計算前提条件

a. Rajbari，Faridpur，Madaripurの各変電所に6M Vavの調相設備が設置されたものとする。

b. Goalpara発電所発電機の無効電力補償用として，同所に50M Var の調相設備を設置する。

(2) 需　給

1992年の需要は486MWと増加してくるため東西連系線より約220～230MW供給されることになる。

(3) 常　時　Annex Ⅱ－4

a. 潮　流

最大潮流はBheramara－Bottail間の104MWであり，これは送電容量以内である。

b. 電　圧

Jessore，Jhenidaの変電所では79.9％～83％に電圧低下し，LRTで昇圧しても目標値に達しない。

(4) 事　故　時　Annex Ⅱ－5

Bheramara－Rajbari間off

a. 潮　流

Bheramara 1号線は137MW，2号線は98MWとなり，両回線に負荷を均等に配分しても（137＋98）÷2＝118MWとなり，送電容量を若干超過する。

b. 電　圧

Rajbari，Faridpur，Madaripur，Jessore の各変電所は約67％～77％に電圧低下しLRTで昇圧しても目標値に達しない。

(5) 対　策

a. 潮流対策

需要密度の最も高いKhulna地区に供給するためにGoalpara発電所の発電設備を100MW程度増容量し，線路潮流の減少をはかる。

b. 電圧対策

1) Jessore に 10 M Vor 程度の調相設備を設置する。

2) 無効電力補償用として Goalpara 発電所に 50 M Vor の調相設備を設置する。

3) 東回線を 2 回線化する。

Rajbari, Faridpur, Madaripur の各変電所にはそれぞれ 6 M Vor の調相設備が設置されたことになっているが，Bheramara ～ Rajbari 間の事故時は西回線から Barisal 経由にて送電されるため，2 回線化なしには電圧を規定値に維持できない。

6.2.5 1995 年潮流 Annex II－6

(1) 計算前提条件

a. 1995 年までには，次の対策が実施されているものとする。

- 東回線は 2 回線
- Goalpara 発電所に 50 M Var，Rajbari，Faridpur，Madaripur に 6 M Var，Jessore に 10 M Var の調相設備を設置する。
- Goalpara 発電所を 100 MW 増容量し，出力 280 MW とする。

(2) 需　給

1995 年は需要増加著しくグリッド系内の総需要は 665 MW にも達し，発電機出力 366 MW との差，約 300 MW 以上が東西連系線より供給されることになる。

(3) 常　時 Annex II－6

a. 潮　流

Bheramara 1 号線 123 MW，2 号線 69.3 MW となり両回線の負荷を均等に配分すると（123 + 69.3）÷ 2 ＝ 96.2 MW となる。これは送電容量以内である。

東西連系線には 320 MW 流れる。東西連系線の送電容量は 1 回線 266 MW であるから，1 回線事故時は 120 %の過負荷となる。

b. 電　圧

Jessore，Jhenida では電圧が 75 %に低下し，他の変電所もほとんど 77 %～ 82 %となり，LRT で昇圧しても目標値に達しない。

(4) 事　故　時 Annex II－7

Bheramara － Goalpara 間 off

a. 潮　流

Bheramara 1号線は180MW流れ，線路容量に対して160％の過負荷になる。

b. 電　　圧

Jessore，Jhenida では電圧が68％に低下し他の変電所もすべて71～76％に電圧降下する。

(5) 対　　策

a. 潮流対策

Goalpara 発電所を100MW増容量し，出力を380MWとする。

b. 電圧対策

○ Goalpara 発電所に50MVarの調相設備を増設し，合計100MVarとする。

○ Bagerhat，Jhenida，Bottail の各変電所に10MVarの調相設備を設置する。

6.2.6 上記6.2.5(5)の対策実施後の潮流

(1) 常　　時　Annex Ⅱ－8

a. 潮　　流

○ 最大潮流で Bheramara 1号線81MW，2号線23MWとなり，東西連系線も206MWとなり問題ない。

b. 電　　圧

Jessore 81％，Jhenida 83.5％，Faridpur 82.2％と電圧は若干低目であるが，他の変電所は85％以上となり，ＬＲＴにて昇圧すればほぼ目標値が達成される。

(2) 事　故　時　Annex Ⅱ－9，Ⅱ－10

Bheramara － Goalpara 間 off

Bheramara － Barisal 間 off

a. 潮　　流

Bheramara 2号線が事故時，Bheramara 1号線が最大潮流となり，95.5MW流れるが線路容量的に問題はない。

b. 電　　圧

Jessore で電圧が78％と低下するが，他の変電所は総て80％以上あり，ＬＲＴにて昇圧すれば目標値に達する。

上記検討結果，電圧対策としてJessore Jhenida，Faridpurでの調相設備を更に5MVar程度増設すれば，潮流，電圧ともに常時，事故時を含めてすべて満足される。

6.2.7 潮流解析結果

(1) 特記事項

a. 負荷力率が80%の場合は，長距離送電線による電圧降下対策及び電源設備に対する無効分補償のため各所に大量の調相設備を設置する必要がある。

b. 本プロジェクトの送電線における電圧降下対策としては上記調相設備に加えて将来（1992年頃）2回線化が必要になると思われる。

c. 需要増加に対応じて，将来（1992年～1995年）西部地区に100MW×2程度の電源増設が必要になると思われる。

d. なお将来計画の実施にあたっては，各時点において需要動向，系統および電源計画，その他の関連事項を十分調査検討のうえ，実施規模，運転開始時期等を決定する必要がある。

(2) 潮流解析結果集約

年　度	系統状態	問題点	対　策
1986 (運開)	東回線は一回線 (1) 常　時 (2) 事故時	 なし なし	
1990	東回線は一回線 (1) 常　時 (2) 事故時 Bheramara－Rajbari 間停止	 なし Rajbari, Faridpur, Madaripur が電圧降下する	 左記各変電所に6MVar程度の調相設備を設置する
1992	◦東回線は一回線 ◦Rajbari, Faridpur, Madaripur に6MVor の調相装置設置 (1) 常　時 (2) 事故時 a. 西回線の Bheramara 1号線又は2号線停止 b. 東回線の Bheramara～Rajbari 間停止	 Jessore が電圧降下する。 残りの他回線は約150%過負荷する。 Rajbari, Faridpur Madaripur が電圧降下する。	 ◦Goalpara P/S に50MVar, Jessore に10MVar程度の調相設備を設置する。 Goalpara P/S に発電設備100MW増設する。 東回線を2回線化し1号線事故時は2号線より供給する。

年　度	系統状態	問題点	対策
1995	∘ Goalpara 発電所の出力　280 MW ∘ 東回線は 2 回線 ∘ 調相装置 Goalpara　50 MVor Jessare　10　〃 Rajbari　6　〃 Faridpur　6　〃 Madaripur　6　〃		
	(1) 常　時	(1) Bheramara -1, 2 号線の負荷を均平化すると線路容量以内である (2) 東西連系線 1 回線事故時残り回線は 120 % の過負荷となる (3) 各変電所の電圧大巾に電圧降下する。	Goalpara 発電所を更に 100 MW増設し，出力を 380 MWとする 次の個所に調相設備を新増設する。 Goalpara 発電所に50MVar　増設 Jessore，Faridpur に 5 MVar 増設 Jhenida に 15 MVar Bagerhat，Bottail に 10 MVar 新設
	(2) 事故時 Bheramara 1 号線又は 2 号線停止時	残りの他回線は約160 % の過負荷となる。	同上の対策で可

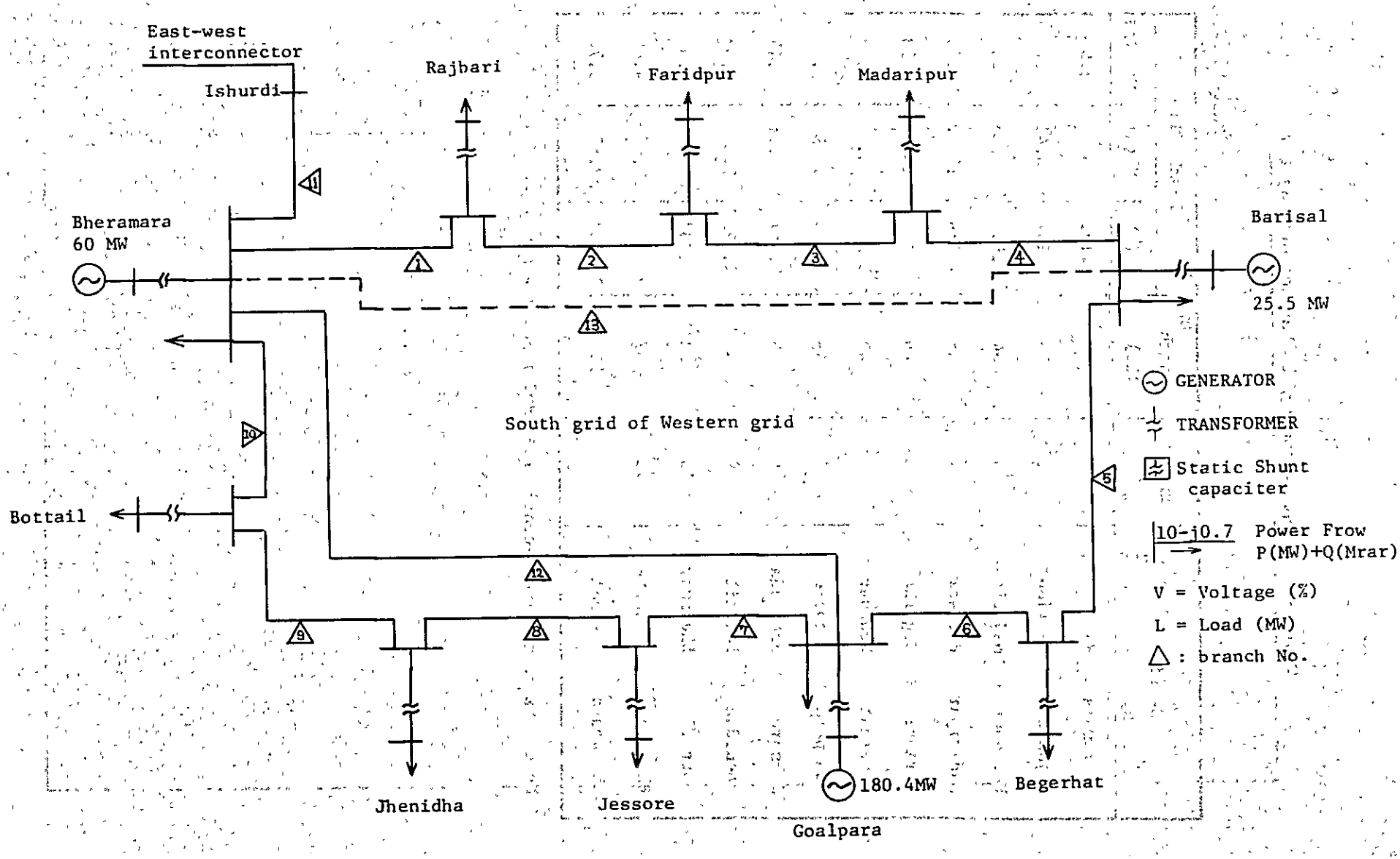
Table 6-1 Transmission System Data of Grid System

Base 132kV

Section		Branch No.	Length (km)	100MVA Base		
				R (%)	X (%)	Y/2 (%)
Bheramara	Rajbari	1	80	6.192	18.32	2.0
Rajbari	Faridpur	2	28	2.167	6.41	0.7
Faridpur	Madaripur	3	64	4.953	14.65	1.6
Madaripur	Barisal	4	58	4.489	13.28	1.45
Barisal	Bagerhat	5	66	5.12	16.28	1.53
Bagerhat	Goalpara	6	43	3.34	10.6	0.99
Goalpara	Jessore	7	49	3.715	10.99	1.2
Jessore	Jhenidha	8	48	3.467	10.26	1.12
Jhenidha	Bottail	9	43	3.343	9.89	1.08
Bottail	Bheramara	10	22	1.733	5.13	0.56
Bheramara	Goalpara	12	162	12.538	37.09	4.05
Bheramara	Barisal	13	230	17,802	52.67	5.76

Note: Existing lines accord with BPDB impedance map.

Fig. 6-1 Power System at Power Flow Analysis



6.3 過渡安定度計算

6.3.1 検討条件

(1) 検討年度は1992年の系統にて計算した。

(2) 系統構成はFig.6−2の系統とし，ループ運用中とした。

(3) 機器定数はTable 6−2の如く想定した。

(4) 故障発生条件

a. 故障相　　3LG

b. 故障継続時間　　5サイクル

(5) 故障発生個所（Fig.6−2参照）

ケース1.　Bheramara ～ Rajbari 間　（Branch No.1 ）

ケース2.　〃　～ Bottail 間（〃　No.10）

ケース3.　〃　～ Goalpara 間（〃　No.12）

ケース4.　Jessore ～ 〃（〃　No.7）

6.3.2 計算結果

各ケース毎に電源至近端における1回線短絡地絡事故の故障条件で計算した結果はAnnex Ⅲ−1～Ⅲ−4のとおりですべて安定である。

集約表

ケース	故障点	故障種類 時間	故障前潮流	計算結果	備考
1	Bheramara−Rajbari	1回線 3LG～0 0～0.1 sec	51.6＋j 3.3	良	Annex Ⅲ−1
2	Bheramara−Bottail	〃	103.8＋j 38.8	良	Annex Ⅲ−2
3	Bheramara−Goalpara	〃	64.4＋j 5.1	良	Annex Ⅲ−3
4	Jessore − Goalpara	〃	24.2 − j 41	良	Annex Ⅲ−4

Table 6-2 Generator Constants for Calculation

		MVA	MW	P.F (%)	Unit inertia constant M (sec)	%xd' (Own base)	%xd' (100MVA base)
Bheramara P/S	No. 1	32	25.6	80	7	21.5	67.2
	No. 2	32	25.6	80	7	21.5	67.2
	No. 3	32	25.6	80	7	21.5	67.2
Goalpara P/S	No. 1	75	60	80	7	21.9	29.2
	No. 2	75	60	80	7	21.9	29.2
	No. 3	75	60	80	7	21.9	29.2
Barisal P/A	No. 1	32	25.6	80	7	21.5	67.2
Ishurdi		625	500	80	7	21.5	67.2

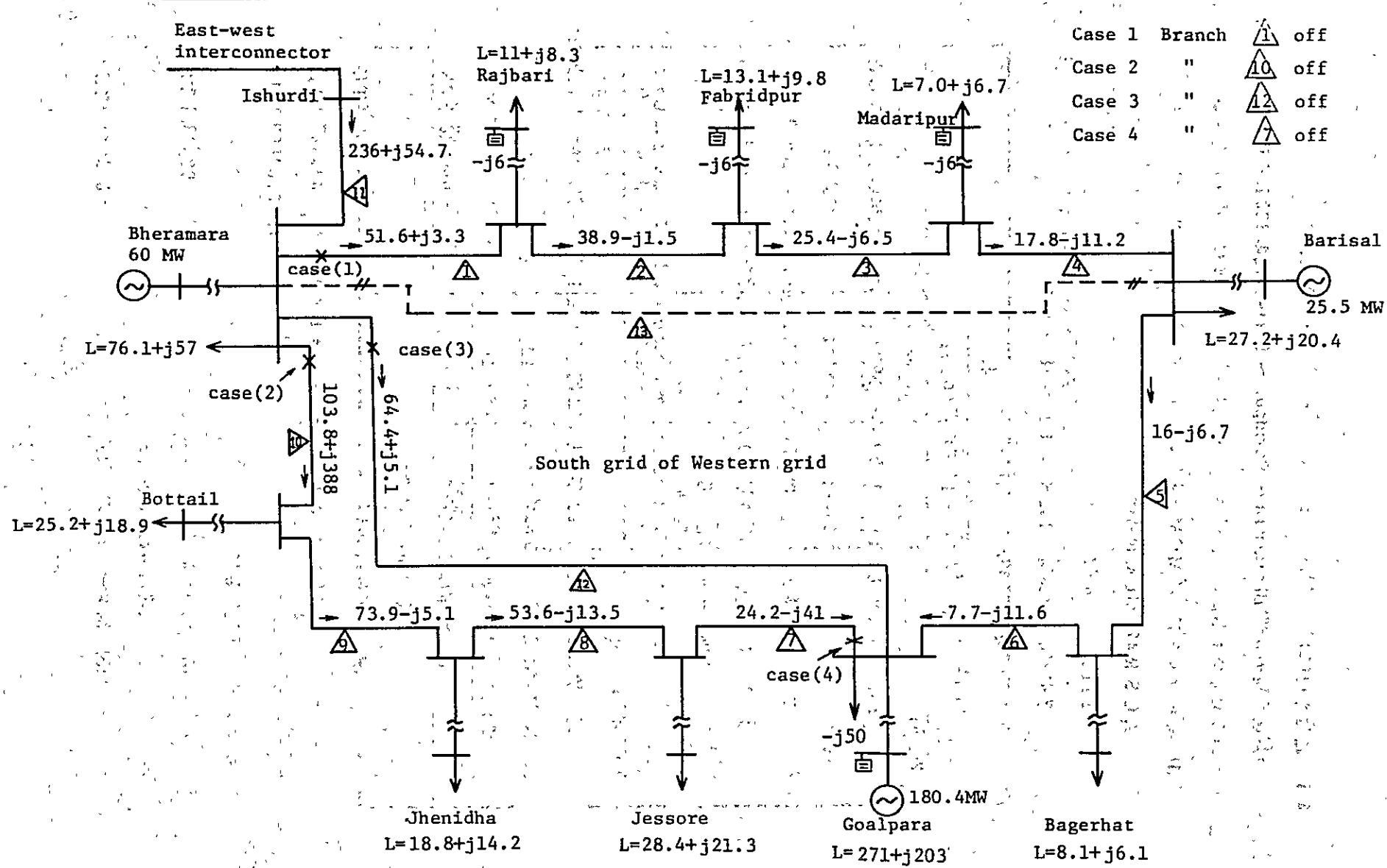
Notes: (1) The %xd' value for Bheramara P/S and Goalpara P/S are obtained from BPDB data.

(2) The %xd' value for Barisal P/S is assumed to be equivalent to that of Bheramara P/S.

(3) The constant of inertia M conforms to the standard value of generators in Japan.

(4) A 500MW power generator is assumed to be connected at Ishurdi, because the constants of the east-west interconnector line are unknown.

Fig. 6-2 Power Flow at Transient Stability Study in 1992



6.4 送電線規模

系統検討の結果 Bheramara ～ Faridpur ～ Barisal 間の 132 KV 送電線の規模は次のうおりである。

(1) 電線サイズは 477 MCM とする。

ACSR 477 MCM の特性，

TYPE　26/7

送電容量（回路電圧 132 KV，PF＝0.8 として）

連　続	595 A	108 MW
短時間	670 A	122 MW

(2) 回線数

1986 年建設当初は 1 回線 1992 年～1995 年には 2 回線化が必要になると思われる。

（1 案）建設時 2 回線鉄塔に 1 回線架線とし，将来，同鉄塔に 1 回線増設する。

（2 案）建設時，1 回線鉄塔，1 回線架線の送電線を建設し，将来，同種送電線を別ルートに建設する。

これについて，経済比較を行なった結果第 1 案によることにした。

(3) 経済比較

送電線の 2 回線化は 1992 年とし，2 回線鉄塔と 1 回線鉄塔について経済比較する。なお，割引率は 15 %/年とする。

第 1 案　2 回線鉄塔

(A) 送電線総建設費（建設中利子は除く）	365,840 千TK
(B) 1 回線増架費	84,930 千TK
現在価値（1986 年ベース）A＋B×0.3269	393,427 千TK
	(約 5,230,000 千円)

第 2 案　1 回線鉄塔

(A) 送電線総建設費（建設中利子は除く）	302,943 千TK
(B) 別ルート 1 回線建設費	302,943 千TK

現在価値（1986年ベース）A＋B×0.4323　401,975千TK

（約5,346,000千円）

従って第1案の1992年に1回線増架する案が有利である。

送電線建設費の内訳は次に示すとおりである。

（第1案）

(1) 送電線建設費（2回線鉄塔1回線架線）

項　目	外貨		内貨	計
	円（1000）	TK（1000）	TK（1000）	TK（1000）
送電線	1,922,616	144,557	156,767	301,324
資材	1,779,732	133,814	40,144	173,958
工具及び車輌	142,884	10,743	3,223	13,966
工事費	—	—	113,400	113,400
土地補償費	—	—	1,150	1,150
調査測量費	—	144,557	2,721	2,721
(1) 直接工事費計	1,922,616	—	160,638	305,195
現場管理及び一般管理費（7%）	—		11,245	11,245
予備費　10%	192,261	14,456	16,064	30,520
エンジニヤリングフィー	201,250	15,130	3,750	18,880
(2) 間接工事費計	393,512	29,586	31,059	60,645
(1)+(2) 合計	2,316,128	174,143	191,697	365,840

建設中利子含まず

(2) 送電線1回線増架費

項　目	外貨		内貨	計
	円 (1000)	TK (1000)	TK (1000)	TK (1000)
材　料　費	704,862	52,997	15,899	68,896
工　事　費	—	—	3,168	3,168
(1) 直接工事費　計	704,862	52,997	19,067	72,064
現場管理費及一般管理費 (7%)	—	—	1,335	1,335
予　備　費 (10%)	70,486	5,300	1,907	7,207
エンジニヤリングフィー	46,005	3,459	865	4,324
(2) 間接工事費　計	116,491	8,759	4,107	12,866
(1)+(2) 合　計	821,353	61,756	23,174	84,930

建設中利子含まず

(第2案)

送電線建設費（1回線鉄塔）

項　目	外貨		内貨	計
	円 (1000)	TK (1000)	TK (1000)	TK (1000)
送　電　線	1,797,543	135,153	114,963	250,116
資　材	1,654,659	124,410	37,323	161,733
工具及び車輛	142,884	10,743	3,223	13,966
工　事　費	—	—	74,417	74,417
土地補償費	—	—	1,150	1,150
調査測量費	—	—	2,721	2,721
(1) 直接工事費　計	1,797,543	135,153	118,834	253,987
現場管理及び一般管理費 (7%)	—	—	8,318	8,318
予　備　費 (10%)	179,754	13,515	11,883	25,398
エンジニヤリシグフィー	162,140	12,191	3,048	15,239
(2) 間接工事費　計	341,894	25,706	23,250	48,956
(1) + (2)	2,139,437	160,859	142,084	302,943

建設中利子含まず

6.5 系統運用

6.5.1 運用上の基本的考え方

(1) 1986年西部グリッド系統運転開始当初は需要も少なく十分な供給予備力を有しているため，無停電供給並びに電圧対策上からもループ運用が有利である。

(2) しかしながら，ループ系統が重負荷，重潮流となってくると次のような問題点がある。

平常時のループ系統は連系が強く，安定度も高く有利であるが，一旦事故が発生すると事故時の電力潮流が複雑な変化を示す欠点があり，しゃ断失敗，その他過酷な事故を考えた場合は事故が波及しやすく，うまく保護しないと重大事故に発展する恐れがある。

(3) 一方放射状系統の場合は連系は弱くなるが，保護も単純で事故の極限化が容易であるため，部分的な負荷や電源の脱落で済むことが多い。

したがって当系統の運用にあたっては供給予備力の関連を十分検討する必要がある。特に重負荷，重潮流が予想される1992年以降は，保護装置の点検整備の強化を計ることは勿論のこと，1部の連系線の停止によって，その潮流が他の連系線に移行する結果，つぎつぎと連鎖的な過負荷となって停電を拡大することのないよう，系統の一部を開放して放射状系統として運用するか，あるいはグリッド系統内の供給予備力を十分増強することが必要である。

6.5.2 調相設備の運用

(1) 送電線の有効電力が一定であっても，負荷力率が変化すれば線路中の電圧降下は当然変化する。線路が長距離化するに従って線路中の電圧降下は大きくなり，重負荷時には，使用に耐えない程，電圧低下する。

この対策としてＬＲＴにより母線電圧を基準電圧に保つよう調整するが，重負荷，重潮流となるとＬＲＴのみによる基準電圧維持は困難となってくる。

従って電圧調整の方法として，電力用コンデンサーとＬＲＴを並用し，重負荷になるに従ってコンデンサーを投入してゆく方式が最も経済的であると考える。

コンデンサーの設置時期，容量は各変電所の需要の特性に応じて個々に検討し，適切な時期に小刻みに増設してゆくことが望ましい。

(2) Khulna 地区の需要はグリッド系統内で最大であり，1986年では既にGoalpara 発電所の発電機出力を上回ることになる。このKhulna 地区の有効電力，

無効電力を東西連系線により Bheramara 発電所経由で送電するのであるが，重負荷，重潮流になるに従って著しく電圧降下してくる。

この対策として，Goalpara 発電所に Khulna 地区の無効電力供給源として，1990年～1995年にかけて，50 MVar～100 MVar の調相設備が必要になると思われる。電力用コンデンサーを使用する場合，電圧調整の段階を適切にするために，コンデンサーを数地点に分け，需要の増加に従って順次投入してゆく方式が好ましい。

6.5.3 フェランチ効果（Ferranti effect）

無負荷送電線に電圧を加えれば，線路の静電容量に応じた充電々流が流れる。この進み電流により受電端電圧が送電端より高くなる。

Bheramara より Rajbari，Faridpur，Madaripur 経由 Barisal まで無負荷送電した場合の受電端電圧は次のとおりである。

送電線 長　230 km

$r = 0.135$　Ω / km

$x = 0.3991$　Ω / km

$y = 2.876 \times 10^{-6}$　Ω / km

$$V_S = (\cosh\sqrt{Z \cdot Y})\ V_R$$

V_S ；送電端電圧

V_R ；受電端電圧

$\dot{Z} = 31.05 + j\,91.793$　(Ω)

$\dot{Y} = j\,0.66148 \times 10^{-3}$　$(\mho)$

$\dot{Z} \cdot \dot{Y} = -0.0607 + j\,0.0205$

$(\dot{Z} \cdot \dot{Y})^2 = 0.00326 - j\,0.0025$

$$\cosh\sqrt{\dot{Z} \cdot \dot{Y}} = 1 + \frac{\dot{Z} \cdot \dot{Y}}{2} + \frac{(\dot{Z} \cdot \dot{Y})^2}{24}$$

$$= 1 + \frac{-0.0607 + j\,0.0205}{2} + \frac{0.00326 - j\,0.0025}{24}$$

$$= 1 - 0.03035 + 0.000136 + j\,0.01025 - j\,0.0001$$

$$= 0.96951 + j\,0.01015$$

$$= 0.9695$$

$$\therefore\ V_S = 0.9695\ V_R$$

受電端電圧は送電端圧の103%に上昇する。

6.5.4 無負荷送電線の充電容量

Bheramara ～ Barisal間230kmの送電線を1台の発電機（Bheramara G/T）で自己励磁を起さずに充電できるかを検討する。

発電機が自己励磁を起さずにV′の電圧で充電できるためには，発電機の短絡比Ks が次式に示すKs より大きければよい。

$$Ks \geqq \frac{Q'}{Q}\left(\frac{V}{V'}\right)^2(1+\delta)$$

V′；充電々圧　　Ferranti effectを考慮して，

132KV×09695＝128KV

V ；発電機の定格電圧　132KV

Q ；発電機の定格出力　25MVA

Q′；充電電圧V′に対する送電線の充電容量

Ks；短　絡　比　0.6（BPDB資料）

δ ；発電機の飽和率　0.1と仮定する。

$$Q' = 3\times 2\pi f c E^2$$

$$= 3\times 2\pi\times 50\times 0.00915\times\left(\frac{128}{\sqrt{3}}\right)^2\times 230\times 10^{-3}$$

$$= 10.8 \quad (MVA)$$

$$Ks \geqq \frac{10.8}{25}\times\left(\frac{132}{128}\right)^2\times(1+0.1)$$

$$0.6 \geqq 0.505$$

計算結果，発電機の短絡比 0.6 に対して計算値は 0.5 であり，Bheramara 発電所の発電機1台による充電は可能である。

6.6 保護継電方式（ANNEX Ⅶ Fig−8003）

132KV 送電線，変圧器並びに母線の保護方式は次による。

6.6.1 132KV送電線

Bheramara ～ Faridpur ～ Barisal に至る 132 KV 送電線が完成すると既設の Bheramara ～ Goalpara ～ Barisal 間の西回線と連系されてループ送電方式が可能となる。

従って，ループ送電可能な保護方式で且つ，既設設備との協調も堪案して次の保護方式とする。

(1) 主 保 護

距離方向比較保護継電方式

(2) 後 備 保 護

短 絡　過電流継電器

地 絡　地絡過電流継電器

(3) 伝 送 回 路

電力線搬送回線

(4) 再閉路方式

中速 3 相再閉路方式

6.6.2 変 圧 器

(1) 主 保 護

比率差動継電器

(2) 後 備 保 護

過電流継電器

地絡過電流継電器

6.6.3 母 線 保 護

比率差動継電器

低電圧継電器

第 7 章

送電線建設

第7章 送電線建設

7.1 送電線ルートの選定

Bheramara ～ Faridpur～Barisal 間の送電線ルート選定に当っては，机上における地図上の検討，次にセスナ機による空中査察およびジープによるルート踏査を行った。

その結果は次の通りである。

7.1.1 Faridpur～Madaripur～Barisal 間

この区間の約143km（ただし道路距離）には幅員約6mの舗装道路が走っているので，この道路沿いに近接してルートを選定することとした。

なお，この区間には，河川横断が3箇所あり，最大川幅で約320mであるが，いずれの河川横断に当っても施工上特に問題はない。

7.1.2 Faridpur～Bheramara 間

この区間のルート選定に当っては，道路，鉄道，既設送電線および河川横断等の現地状況を勘案して次の5案を策定して比較検討を行った。（Fig.7－1参照）

Plan 1. Bheramara－Kushtia－Rajbari－Faridpur
（約106km）

Plan 2. Bheramara－Jhenida ：既設送電線を利用する。
（約5.7km）

Jhenida－Faridpur ：送電線を新設する。
（約7.5km）

Plan 3. Bheramara－Jhenida－Faridpur
（約132km）

Plan 4. Bheramara－Kushtia－Pangsha－Bauakandi－Ⓐ※点－Faridpur
（約112km）

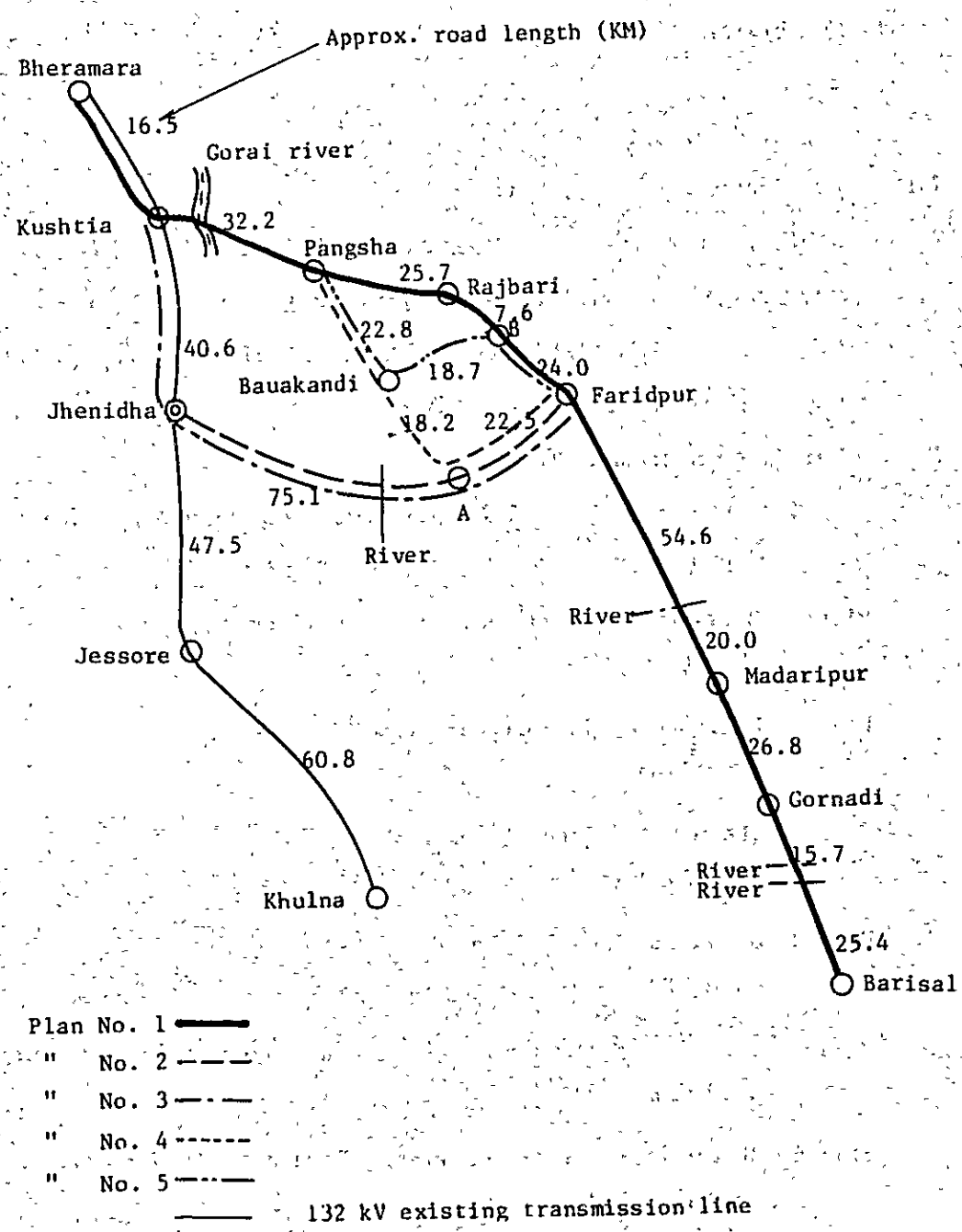
Plan 5. Bheramara－Kushtia－Pangsha－Bauakandi－Ⓑ※点－Faridpur
（約114km）

※ ⒶおよびⒷ点はFig.7－1に示す地点を指す。

(1) 各案比較

Plan 1.：この区間のうち，Pangsha－Rajbari の間の約26kmには道路がな

Fig. 7-1 Plans of Transmission Line Route



いが，鉄道が走っているので，資材，工具等の搬入にはこの鉄道を主として利用することになる。

Plan 2 ：新設線路が5案のうちで最も短い。しかし，Bheramara－Jhenida間既設線路の利用は，既設線路の送電容量上に余裕がないため難しい。

Plan 3 ：この区間は全長，舗装道路に沿っており施工上に問題はないが，他案に比し，新設線路延長が20～28kmと長く，しかも将来Rajbari地区に変電所を建設する場合には更に30km程度の追加送電線の建設が必要となり，経済的ではない。

Plan 4 ：ルートの全区間が道路に沿っているが，Ⓐ点～Bauakandi－Pangshaの間約66kmの道路は未舗装であり，かつ路面状況が極めて悪いため，資材，工具等の搬入に当って，大巾な路面改修が必要となる。

Plan 5 ：ルート全区間が道路に沿っているが，Ⓑ点～Bauakandi－Pangsha間約64kmはPlan 4と同様，路面の大巾な改修が必要となる。

(2) 検討結果

前記5案の検討の結果，本プロジェクトの送電線路はPlan 1を採用することとする。Plan 2は既設系統の送電容量に問題があり，Plan 3は経済的に不適当である。またPlan 3・4は一部，道路の状態が悪く大巾な路面改修が必要となり，かつPlan 1に比し線路距離も6～8km長く経済的でない。Plan 1は区間途中26kmにわたり道路がないが鉄道を利用することにより施工が可能である。以上5案のうち経済性，施工難易度等，総合的見地から判断してPlan 1が他案に比し，最も優れている。

7.1.3 送電線ルートの特記事項

(1) ルートの設定

本プロジェクトの送電線ルートは，Barisalから Bheramaraに向って，道路（一部鉄道）の左側に近接して設定した。

これは道路および鉄道の路盤が周辺地面より高いためJamuna河のはんらんに対する提防効果をもたらすことになるのでルートはJamuna河より遠い側にとることとした。

(2) Gorai 河の横断

Kushtia と Pangsha 間で Gorai 河を横断するが，渡河地点の径間長は約420 mであり，施工上，特に問題はない。

なお，渡河地点は鉄橋に沿った既設通信線から約330m離れた地点を選定した。（BPDBの内規による）

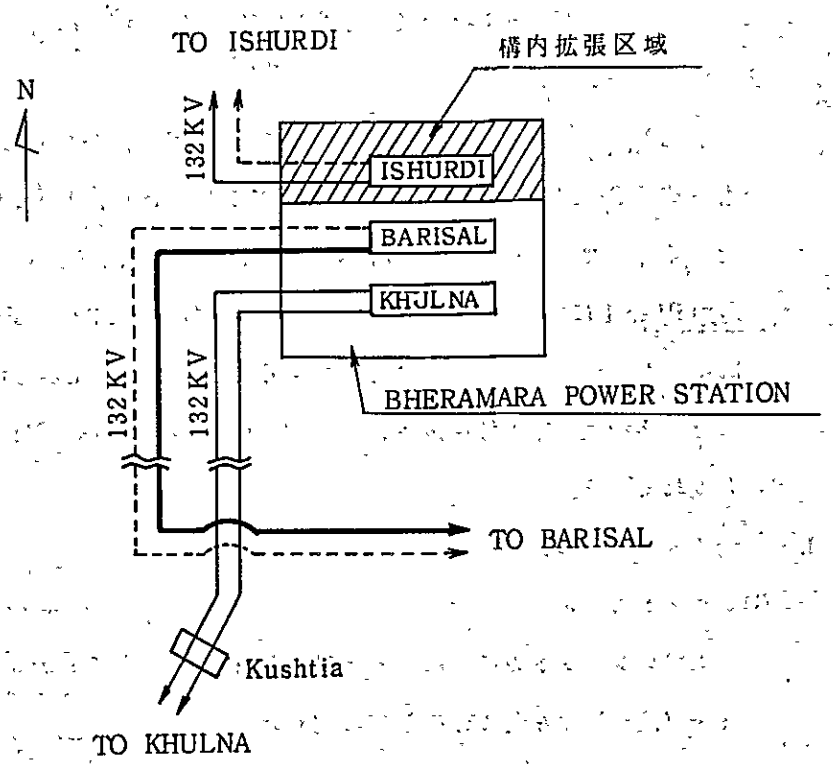
(3) Bheramara－Kushtia 間ルート

a. Bheramara－Kushtia 間については既設 132 KV送電線（Bheramara－Khulua）との関連から次の2案について検討を行った。

〔第 1 案〕

既設132 KV送電線の西側にルートを選定し（注1），下図の通り Kushtia までの間で既設線の上を横断する。

なお，Bheramara 発電所の送電線引出口で Ishurdi線を北側に移設する。これに伴い同発電所構内の拡張が必要となる。

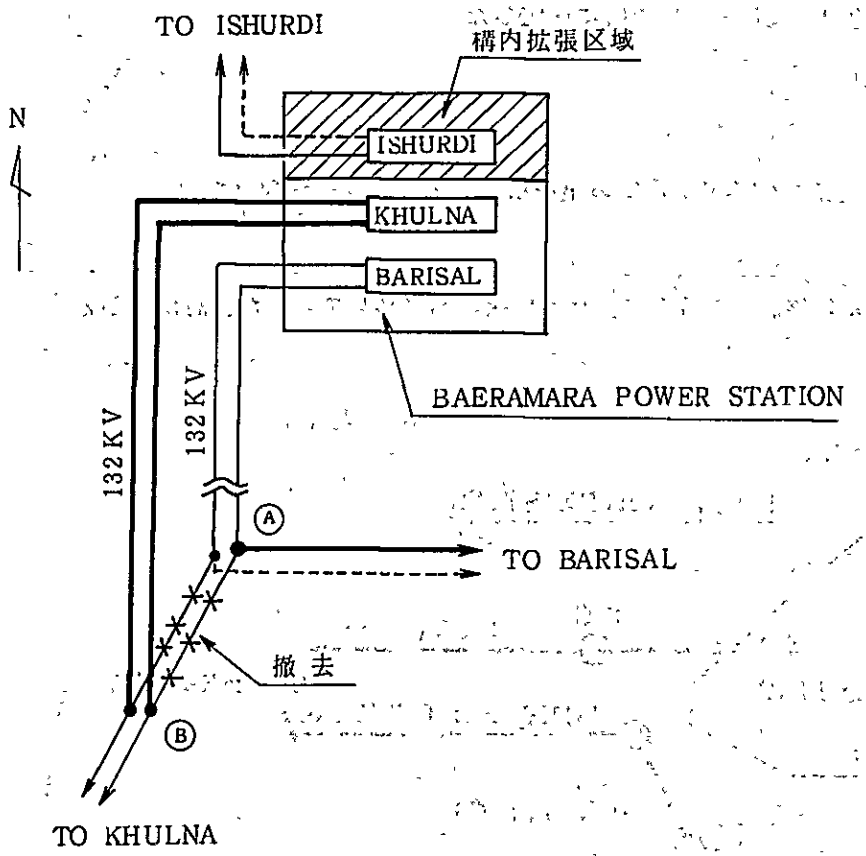


〔第 2 案〕

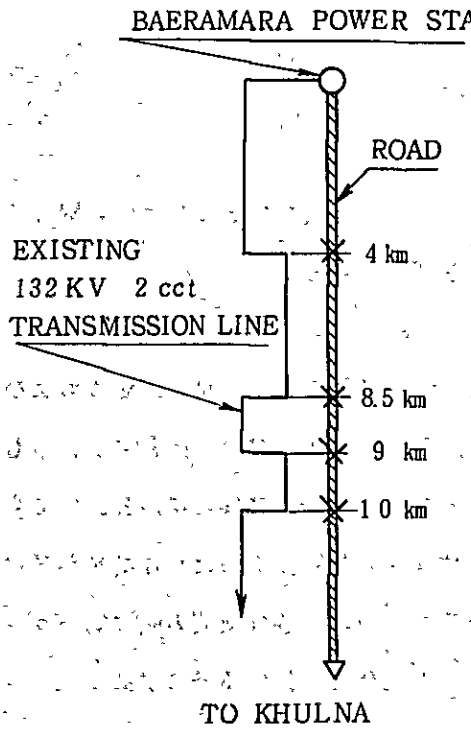
Bheramara より新設送電線を既設送電線に接ぎ込み（B点），Ⓐ，Ⓑ点間を切り離し Bheramara－Ⓐ点間の既設線路を本プロジェクト送電線とし

て使用する。

これに伴い Bheramara 発電所での送電線引出しは左図の通りとなる。



(注1)



左図の通り Bheramara から Kushtia に向う道路の Bheramara より 4 km地点から亘長 4.5 km，同じく 9 km地点から亘長 1 kmにわたり既設線路が道路に接近している。この道路と既設線が接近している区間に更に新設送電線が割って入り込むことは不可能である。

また道路の右側は冠水地帯であり送電線ルートとしては不適当であるため，新

設送電線は既設送電線の西側に選定した。

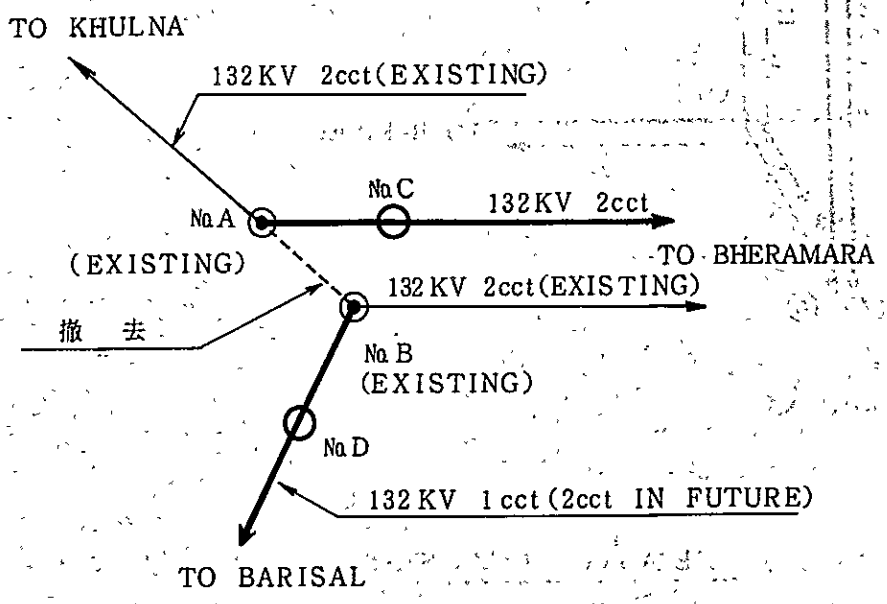
b. 比較検討

第1案

途中で既設132KV送電線の上を横断するが施工上問題はない。

第2案

既設送電線路設備を活用するために次の点について詳細な検討が必要となる。



㋑ 既設鉄塔の強度の検討

架線条件の変更に伴ない，既設鉄塔No.A及びNo.Bの強度の詳細な検討を行ない，強度不足の場合は建替えを必要とする。

㋺ 切替作業方法の検討

切替作業は先ずNo.AおよびNo.B鉄塔に仮支線を取付け，No.AおよびNo.B鉄塔間の既設電線を上線より順次張力を低下させながら撤去するとともにNo.A及びNo.C鉄塔間の電線をNo.A鉄塔で緊線する。又同時にNo.B鉄塔でもNo.B，No.D鉄塔間の電線を緊線しなければならない。このため作業量が多いのみならず，仮支線が取付けられているとはいえ，各作業間の張力的バランスが保持されないとNo.AおよびNo.B鉄塔の腕金を折損する恐れがある。

C. 検討結果

以上の通り第2案は既設鉄塔の強度の詳細検討が必要であり，かつ架線工法が複雑で安全上問題があることから，施工が簡単で容易な第1案を採用する。

7.2 地　質

7.2.1 バングラデシュの地質はおよそ①第3紀丘陵地堆積物 ②隆起段丘堆積土 ③沖積はんらん原と山ろく付近の沖積堆積物の3つに分けられる。同国の平担地の約70%は沖積堆積物より成立っている。

今回調査した Ganges 河に沿った Bheramara－Faridpur－Barisal 間は Ganges, Jamuna，および Meghna 河川のはんらん原であり，その地質はこれらの河によって運ばれた第4紀の新しい堆積物で主として砂，シルト，粘土等から構成されている。

7.2.2 現地調査時に入手した地質資料並びにボーリングデータ（AnnexV）に基き検討した結果次の通り計画ルートを5つのブロックに分類することとした。（Fig.7-2参照）

No.1ブロック：Bheramara－Kushtia

No.2ブロック：Kushtia－Rajbari

No.3ブロック：Rajbari－Bansagari

No.4ブロック：Bansagari－Gaurnadi

No.5ブロック：Gaurnadi－Barisal

以上各ブロック別の地質構成を示す。

(1) No.1ブロック

地表から深さ30mまでの層序は，表土が黒色の腐植土，続いて雲母の細片を含む細砂層，次がかつ色の砂質ないしシルト質のローム層，その下に灰色の塑性の比較的高いシルトと粘土層があり最後に灰色のシルト質の砂層となっている。

標準貫入試験によるN値は地表から8m付近までは3～7程度で，それ以深は漸増し最大58となっている。

以上よりNo.1ブロックの土質定数の代表値は粘着力0.6 t／cm²内部摩擦角25度単位体積重量1.5 t／m³と想定する。

(2) No.2ブロック

地表から深さ50mの間において，表上がかっ色～灰色の固いシルトで細砂を持ち，続いて淡褐色のシルト質細砂となる。最下部は厚さ41mの一様なかっ色で僅かにシルトを有している。N値は地表から5m付近までは6～12程度でそれ以深は漸増し最大39になっている。

以上よりNo.2ブロックの土質定数の代表値は，粘着力0.6 t／m²，内部摩擦角27度，単位体積重量1.6 t／m³と想定する。

(3) No.3ブロック

地表から深さ50 mの間においては表土が淡かっ色のルーズなシルトと砂で，その下は厚さ45 mにわたって一様な細砂～中砂でわずかなシルトを含み，色調は灰色である。N値は地表から5 m付近までは9ないし11でそれ以深は漸増し最大は61となっている。

以上よりNo.3ブロックの土質定数の代表値は粘着力0.6 t／m²，内部摩擦角27度，単位体積重量1.6 t／m³と想定する。

(4) No.4ブロック

地表から深さ30 mの間においては表土が灰色のシルト質細砂又は砂質シルトあるいはかっ色の粘土である。続いて灰色のシルト質粘土で場所によって細砂を含んでいる。

次は灰色のシルトで粘土と細砂を持っている。その下は細～中砂が存在し少量のシルトを混じて色調は灰色である。最下部は細～中砂でシルトと雲母の砂片を混じて色調は灰色である。N値は地表から9 m付近までは3～15程度，20 m付近で21程度，それ以深は漸増して最大は63となっている。

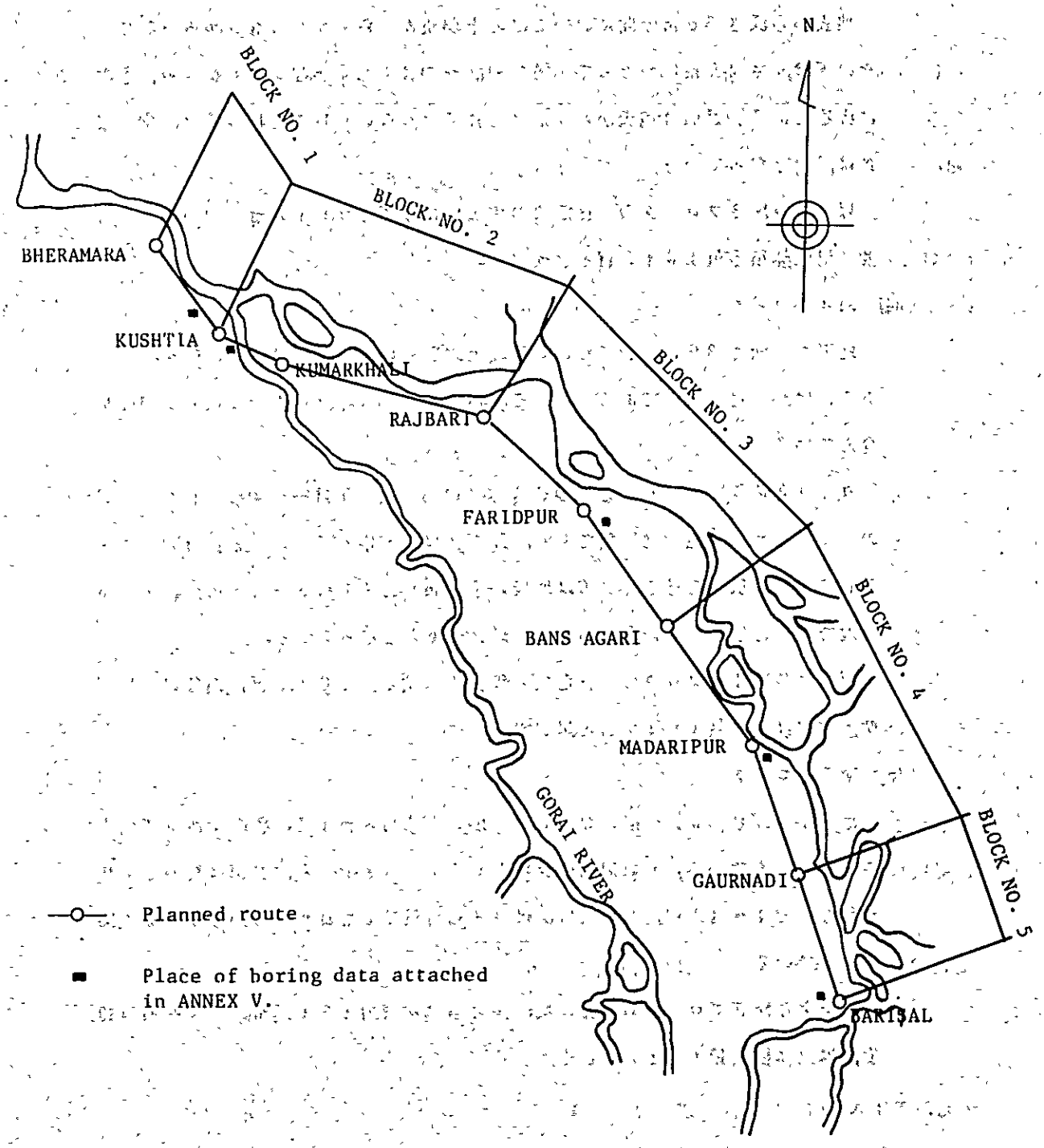
以上よりNo.4ブロックの土質定数の代表値は粘着力1.0 t／m²，内部摩擦角15度，単位体積重量1.6 t／m³と想定する。

(5) No.5ブロック

地表から深さ30 mの間においては，地表から18 mまで灰色のシルトで粘土や細砂を含んでいる。それ以深は灰色のシルトと細砂である。N値は地表から15 m付近まで4～11程度でそれ以深は18 m付近で5程度があるが漸増し最大30となっている。

以上よりNo.5ブロックの土質定数の代表値は粘着力1.5 t／m²，内部摩擦角10度，単位体積重量1.6 t／m³と想定する。

Fig. 7-2 Regional blocks for Geological study



7.3 設計条件

7.3.1 鉄塔設計

(1) 設計方針

現地気象状況，BPDBの設計指針，既設および建設中送電線の設計条件，並びに日本の設計基準を加味し，鉄塔設計条件を定める。

(2) 設計条件

a. 導体

送電線導体はASTM B 232による鋼心アルミより線477 MCM(26／7)とする。本導体はバングラデシュ国内で標準品として広く使用されており，本送電線の所要送電容量とともに，事故時，補修時の付属品の互換性も併せ考慮した。

架空地線はJIS G－3537で承認され，同国でもはん用性のある亜鉛めっき鋼より線9.6mm（7／32mm）とする。

b がいしの選定

BS－137によるボールソケット型250mm懸垂がいしとする。当がいしはバングラデシュ国内で標準品として使用されている。個数はBPDB設計指針に従い懸垂状に使用する場合は15,000 lb（6,800kg）系列のもの10個，耐張状に使用する場合は25,000 lb（11,400kg）のもの11個とした。

なお，磁器材質としては従来のがいしに比べ耐アーク性に優れかつ，機械的な衝撃荷重にも優れているアルミナ含有磁器を使用する。

c 鉄塔設計

鉄塔風圧，安全率など基本的事項は同国の考え方，既設，建設中送電線の設計条件によったが，これ以外の細部の設計方法についてはJEC 127により行う。特に，本プロジェクトと系統連系されるGoalpara－Barisal間132KV送電線（建設中のもの）の設計内容をも十分調査してこれとの協調をはかった。

(イ) 鉄塔型および回線数

近い将来2回線化が見込まれるため，2回線設計とする。

鉄塔型はA型（3度まで），B型（15度まで），C型（30度まで），D型（60度まで，または引留め）の4種類とする。A型は懸垂型，その他は耐張型である。

なお，Gorai河横断は約420mの長経間で，鉄塔高が60m近くになるため，風圧値を340kg／m²に増やして強度検討を行い，B型鉄塔を懸垂型鉄塔（BA型と呼称）として使用することとする。

(ロ) 風圧重荷

本計画送電線ルートに隣接して建設中のGoalpara～Barisal間送電線と協調をとり，サイクロンの襲来も考慮し，平均最大風速は100 mph(44.4m/s)を想定，鉄塔風圧300kg／m²，導体，地線，がいし連125kg／cm²とする。

なお，鉄塔の安全率は，常時2.0，異状時（断線時）1.2とし，電線及び地線の安全率は夫々2.0及び，2.3以上とする。

(ハ) 電線地上高

BPDBの設計指針に従い，一般地は6.71m（電線温度65.6℃時）以上保つこととする。また本プロジェクト地域は雨期に例年1m程度冠水するので，船による通行および仮橋等による通行を充分考慮に入れた。

Table 7－1　送電線の基本設計

項　目	設　計　方　針	備　考
区　間	Bheramara～Barisal 約230㎞ （Faridpur，Madaripur 経由）	
電　圧	132KV	
電　線	477 MCM　26／7，ACSR（コード名 HAWK）	既設線と同じ
回線数	1 回 線	将来2回線化
架　空 地　線	亜鉛メッキ鋼より線55㎟（2種） 2条（ただし今回1条架線）	IKL60雷多発地 既設線と同一
がいし	ボールソケット型　250㎜懸垂がいし （アルミナ含有磁器） 10ケ（15,000 lb－6800 kg系列） 懸垂状に使用する場合 11ケ（25,000 lb－11,400 kg系列） 耐張状に使用する場合	◦現在建設中の Goalpara－Barisal間送電線と同一 ◦BPDB設計指針による。 安全率 2.3(懸垂) 2.7(耐張)
付属品	径間接続：圧縮型直線スリーブ 電線補修用：圧縮型補修スリーブ 雷害対策：アークホーン（棒状双端タイプ） 架渉線振動防止： 電　線　ダブルトーショナルダンパー12号 地　線　〃　〃　13号 径間長　150～300 m　2個所 300～350 m　4個所 懸垂接続部：プレホームドアーマロッド	ただし地線吊がいし部は取り付けない。

項　目	設　計　方　針	備　考
付属品	クランプ： 耐　張：圧縮型（導体） 亜鉛メッキボルト締付型（地線） 懸　垂：アルミ合金懸垂クランプ（導体） 亜鉛メッキ懸垂クランプ（地線）	
その他	昇降用ステップ：対角状2脚取付 接　地　棒：4脚独立基礎について長さ1.5mの鉄棒またはアンプル材打込み 昇塔禁止装置：地上約3mの鉄塔部材に有刺鉄線を巡らし，かつ保守員が昇れるように錠付開閉装置を設置 アクセサリー：危険標示札，センス札，番号札，線名札 洪水対策：G．Lより1.5mまで鉄塔材に防錆塗装	危険標示札：住民道路付近 センス札：発変電所，分岐，住宅，道路付近 番号，線名札 浸水による鉄塔材の腐食防止

Table 7－2　鉄塔設計条件

項　目	設　計　方　針	備　考
回線数	2回線のうち今回は1回線架線	
鉄塔型	A，B，C，Dの4型で最下アームより地上迄の長さで12m～30mまで3mきざみで設計。なおGorai川横断用としてB型を懸垂用として使用（BA型と呼称）	増架工事が容易にできるように片回線垂直架線とする A型：水平角度 3°まで B型：〃 15°まで C型：〃 30°まで D型：〃 60°まで または 0°(引留)

項目	設計方針	備考
風圧荷重	導体，地線，がいし連：125kg／㎡ 鉄塔：300kg／㎡	平均最大風速 100 mph 44.4 m／s ただしBA型は340kg／㎡でチェックしB型鉄塔を懸垂型として使用
風圧径間	300m	ただしBA型は450mでチェックし，B型鉄塔を懸垂型として使用。
最大使用張力	電線：4,200kg 架空地線：1,950kg	安全率 2.09 〃 2.39
架空地線のしゃへい角	＋15度	
クリアランス設計（絶縁間隔）	(1) 懸垂鉄塔 無風時：145cm 20°横振れ時：145cm 40° 〃：115cm 60° 〃：85cm (2) 耐張鉄塔 ジャンパー離隔：200cm 無風時：160cm 15°横振れ時：160cm 40° 〃：85cm	
鉄塔材の安全率	常時：降状点応力に対し安全率2.0 異常時：〃 〃 1.2 （断線時）	
鉄塔材型状	等辺山形鋼	
材質	鉄塔材：SS41 50 55 ボールトナット：SS41 50 SCR4	JIS，G3101 JIS，G4104

項　目	設　計　方　針	備　考
電線地上高	電線最低地上高　：　6.71 m（65.6℃時） 工作物との最低必要離隔 道　路　：　7.93 m（74℃時） 河川（一　般）：　7.62 m（　〃　） 〃（Gorai）：　15.2 m（　〃　） 鉄　道　：　3.81 m（　〃　） 人　家　：　原則的に横過禁止，ただし止むを得ない場合，横過可能で離隔5.18 m（74℃時）	ＢＰＤＢ設計指針 当地域は雨期に洪水となり船による航行も考えられるため地上高は洪水面をベースに考える。 洪水レベルは＋1 mとする。

d　鉄塔設計結果

前述の鉄塔設計条件にもとづき設計した結果は次のTable 7−3 のとおりである。

尚鉄塔構造図は Annex VIに示す。

Table 7 − 3 鉄塔重量基礎反力一覧表 (単位＝kg)

鉄塔型	設計条件	継脚＋3.0（地上高7.7m.）※2					継脚＋60（地上高10.4m）※3				
		鉄塔重量 ※1	基礎反力 ※5				鉄塔重量 ※1	基礎反力			
			圧縮力	引揚力	水平力	腹材水平力		圧縮力	引揚力	水平力	腹材水平力
A	風圧径間300m水平角度3° 鉄塔風圧300kg／㎡ （B～D型共通）	5,929	22,650	18,960	2,980	※6 920	6,739	23,680	19,620	3,140	※6 930
B	風圧径間 300m 水平角度 15	8,273	34,960	30,080	4,710	※6 1,130	9,299	35,870	30,510	4,880	※6 1,130
C	風圧径間 300m 水平角度 15°	8,910	46,590	41,320	6,750	※6 1,230	10,195	47,920	42,050	6,940	※6 1,230
D	風圧径間 300m 水平角度 60°または 水平角度 0°（引留）	12,344	64,400	57,450	10,660	2,330	14,396	66,160	58,260	10,900	2,260
※4 BA	風圧径間 450m 水平角度 3° 鉄塔風圧 340kg／㎡	継脚＋24m（必要離隔15.2m）									
		17,788	42,720	33,430	6,040	1,150					

※1. 基礎材の重量含む。
※2. 電線地上高はBPDB設計指針により 6.71（at 65.6℃）に洪水時の没水分1mを加えた。
※3. 道路，中河川 電力線 通信線などの横断用鉄塔を考慮。一般に横断機会の多い道路を例にして決定した。〔盛土道路高約 2.5m 指針による必要離隔 7.93m（at 74℃）〕
※4 Gorai 河を対象に設計
※5. 基礎応力は上部からの実応力で無印は常時
※6. 異常時の応力

7.3.2 基礎設計

(1) 設計方針

設計に当り，次の点に留意する。

a．本プロジェクト計画ルートが雨期には完全に水をかぶる。

b．杭を使用する基礎については鋼材が高価なため，国内製コンクリートを使用する。

c．工事期間は乾期に限定される。

(2) 設計基準

次の基準に準拠する。

① 送電用鉄塔設計標（JEC 127）

② 電気協同研究第25巻第2号

③ 電気協同研究第30巻第2号

(3) 土質常数

7.2項に基き，次の数値を採用する。

項目		単位	1 BLOCK	2 BLOCK	3 BLOCK	4 BLOCK	5 BLOCK
内部摩擦角		度	25	27	27	15	10
粘着力		ton／m²	0.6	0.6	0.6	1.0	1.5
単位体積重量	通常	ton／m³	1.5	1.6	1.6	1.6	1.6
	水中	ton／m³	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6

(4) 材料

a）コンクリート

鉄筋コンクリートの重量　通常　2.4 ton／m³

水中　1.4 ton／m³

コンクリートの設計基準強度　180 kg／cm²

b）杭

コンクリート杭設計基準強度　240 kg／cm²

場所打コンクリート杭設計基準強度　300 kg／cm²

c) 鉄　筋

普通棒鋼（SK25）　引　張　　1,600kg／cm²

(5) 安全率　　常　時　　2.0以上

異常時　　1.33以上

(6) 設計公式

a. 直接基礎

降伏圧緒支持力（qcy）

$$qcy = \frac{1}{1.5}(\alpha \cdot C \cdot Nc + \beta \cdot \gamma_{S_1} \cdot B \cdot Nr \cdot \gamma_{S_2} \cdot Df \cdot Nq)$$

ここに　α：床板の形状係数　1.3

β：　〃　0.4

C：床板底面下の土の粘着力（ton／m²）

γ_{S_1}：床板底面下の土の平均単位体積重量（ton／m²）

（地下水面下の部分は水中単位体積重量を使用する）

γ_{S_2}：基礎底板面上の土の平均単位体積重量（ton／m²）

（地下水面下の部分は水中単位体積重量を使用する）

Df：地表より床板底面までの根入深さ（m）

Nc，Nr・Nq：土の内部摩擦角ϕによって定まる支持力係数

b. 降伏引揚支持力（qry）

$$q_{TY} = Wc + Ws + \frac{1}{1.5} \cdot L \cdot Df \left(C + \frac{1}{2} \cdot \gamma_{S_2} \cdot Df \frac{\tan\phi}{1 + \sin\phi}\right)$$

ここに　L：床板の周辺長（＝4B）

C：床板上面上の土の平均粘着力（ton／m²）

ϕ：床板上面上の土の内部摩擦角（度）

Wc：基礎体の重量（ton）

（地下水面下の部分は浮力を考慮する）

Ws：床板上面上の土の重量（ton）

（地下水面下の部分は浮力を考慮する）

(7) くい基礎

a. 降伏圧縮支持力

(i) 単ぐいの圧縮支持力

① 打込みぐい

$$Qcy=\frac{1}{1.5}\{30\eta\cdot\bar{N}\cdot Ap+(\frac{\bar{N}s\cdot\ell s}{5}+\frac{q_u\cdot\ell c}{2})\pi\cdot D\}-2Wp$$

② 場所打ちぐい

$$Qcy=\frac{1}{1.5}\{15\bar{N}\cdot Ap+(\frac{\bar{N}s\cdot\ell s}{5}+\frac{q_u\cdot\ell c}{2})\pi\cdot D\}-2Wp$$

ここに　Qcy：　単ぐい又は群ぐいとしての降伏圧縮支持力（ton／本）

η　：　くい先端の閉そく効率

$\bar{N}$　：くい先端の設計N値$=\frac{N_1+N_2}{2}$

N_1：　くい先端から下方へ1D（D：くいの外径）の範囲の平均N値

N_2：　くい先端から上方へ4Dの範囲の平均N値

Ap：　くい先端面積　（m²）

D　：　くい径　（m）

$\bar{N}s$：　砂質土の平均N値（≦15）

q_u：　粘性土の一軸圧縮強度

ℓs：　砂質土の層厚　（m）

ℓc：　粘性土の層厚　（m）

Wp：　くいの自重　（ton／本）

降伏引揚支持力

(i) 打込みぐい及び場所打ぐい

① 単ぐいの引揚支持力

$$QTy=\frac{1}{1.5}\{(\frac{Ns\cdot ls}{5}+\frac{q\cdot lc}{2})\pi\cdot D+1.5Wp\}$$

(8) 設計結果

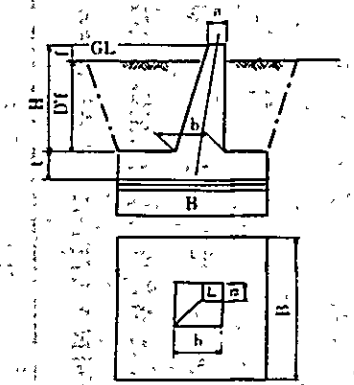
前述の(1)～(7)の条件に基き，基礎設計を行なった結果は表7－4のとおりである。直接基礎，563基（80％），杭基礎，142基（20％）であり，杭基礎のうち139基は既製コンクリート杭，3基は場所打コンクリート杭となる。

Table 7-4
List of Transmission tower Foundation

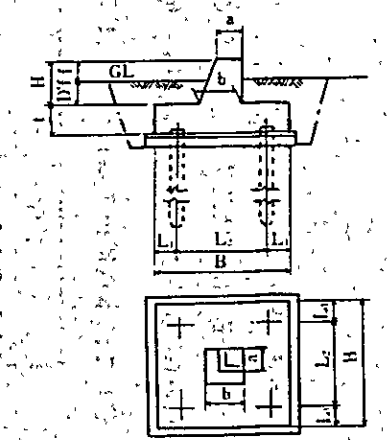
Note: Type of foundation S :Spread foundations P: Pile foundetion
Kind of pile C·P :Cast-in-place concrete pile P·P: Present pile

Regional block		Block No.1				Block No.2				Block No.3				Block No.4				Block No.5		
Type of tower		A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	D
Number in each tower		42	12	2	5	134	38	2	12	134	25	6	8	159	19	6	4	82	12	3
Type of foundation		S	S	P	P	S	S	P	P	S	S	P	P	S	S	P	P	P	P	P
Coefficient of soil condition	Cohesion C (t/m²)	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	1.00	1.00	1.00	1.00	1.50	1.50	1.50
	Internal friction angle φ (°)	25°	25°	25°	25°	27°	27°	27°	27°	27°	27°	27°	27°	15°	15°	15°	15°	10°	10°	10°
	Unit weight by volume γ (t/m³)	1.5	1.5	1.5	1.5	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
Loading condition	Compression load (t)	23.68	35.87	47.92	66.16	23.68	35.87	47.92	66.16	23.68	35.87	47.92	66.16	23.68	35.87	47.92	66.16	23.68	35.87	66.16
	Tensile load (t)	19.62	30.51	42.05	58.26	19.62	30.51	42.05	58.26	19.62	30.51	42.05	58.26	19.62	30.51	42.05	58.26	19.62	30.51	58.26
	Horizontal load (t)	1.80	2.20	2.40	4.47	1.80	2.20	2.40	4.47	1.80	2.20	2.40	4.47	1.80	2.20	2.40	4.47	1.80	2.20	4.47
Dimension	a (m)	0.50	0.50	0.50	0.55	0.50	0.50	0.50	0.55	0.50	0.50	0.50	0.55	0.50	0.50	0.50	0.55	0.50	0.50	0.55
	b (m)	1.16	1.35	0.77	0.90	1.13	1.35	0.77	0.90	1.13	1.35	0.77	0.90	1.13	1.40	0.77	0.90	0.74	0.77	0.90
	f (m)	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
	H (m)	2.65	3.05	0.95	0.95	2.55	3.05	0.95	0.95	2.55	3.05	0.95	0.95	2.55	3.05	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
	D'f (m)	2.20	2.60	0.50	0.50	2.10	2.60	0.50	0.50	2.10	2.60	0.50	0.50	2.10	2.60	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
	B (m)	3.80	4.10	3.50	4.00	3.60	4.10	3.50	4.00	3.60	4.10	3.50	4.00	3.50	3.80	3.50	4.00	1.80	2.10	3.20
	t (m)	0.70	0.80	1.00	1.10	0.70	0.80	1.00	1.00	0.70	0.80	1.00	1.00	0.60	0.80	1.00	1.00	0.60	0.60	1.00
	L_1 (m)	—	—	0.50	0.50	—	—	0.50	0.50	—	—	0.50	0.50	—	—	0.50	0.50	0.50	0.50	0.80
	L_2 (m)	—	—	2.50	3.00	—	—	2.50	3.00	—	—	2.50	3.00	—	—	2.50	3.00	0.80	1.10	1.60
	Sectional area of pile (ft×ft×ft)	—	—	1×1×45	1×1×45	—	—	1×1×45	1×1×45	—	—	1×1×45	1×1×45	—	—	1×1×45	1×1×45	1×1×45	1×1×45	60×23.5
	Number of pile	—	—	16	20	—	—	16	20	—	—	16	20	—	—	16	20	16	20	16
	Nature of pile	—	—	P·P	P·P	—	—	P·P	P·P	—	—	P·P	P·P	—	—	P·P	P·P	P·P	P·P	C·P
Quantity	Excavation (m³)	234	324	184	237	204	324	184	222	204	324	184	222	189	284	184	222	59	70	180
	Back filling (m³)	169	239	116	142	145	239	116	133	145	239	116	133	138	209	116	133	44	51	122
	Excavated soil (m³)	65	85	68	95	59	85	68	89	59	85	68	89	51	75	68	89	15	19	58
	Gravel filling (m³)	12	14	12	16	11	14	12	16	11	14	12	16	10	12	12	16	4	5	11
	Concrete (m³)	48	65	51	75	44	65	51	66	44	65	51	66	37	58	51	66	9	12	43
	Lean concrete (m³)	6	7	6	8	5	7	6	8	5	7	6	8	5	6	6	8	2	3	5
	Forming work (m²)	36	46	66	82	34	46	66	76	34	46	66	76	34	48	66	76	27	30	63
	Reinforcing bar (kg)	3534	4048	2868	3638	3259	4048	2868	3534	3259	4048	2868	3534	3096	3868	2868	3534	931	1036	2467
	Length of pile (ft)	—	—	720	900	—	—	720	900	—	—	720	900	—	—	720	900	720	900	376

Spread foundation



Pile foundation



7.4 架線工法

現在 BPDB は延線作業については人力および牛車により施工しているが，電線の損傷防止ならびに他工作物に対する保安対策，さらには効率的な工事工程の面等を考慮して，本送電線工事については「ワイヤー引抜き工法」による延長作業を推奨する。

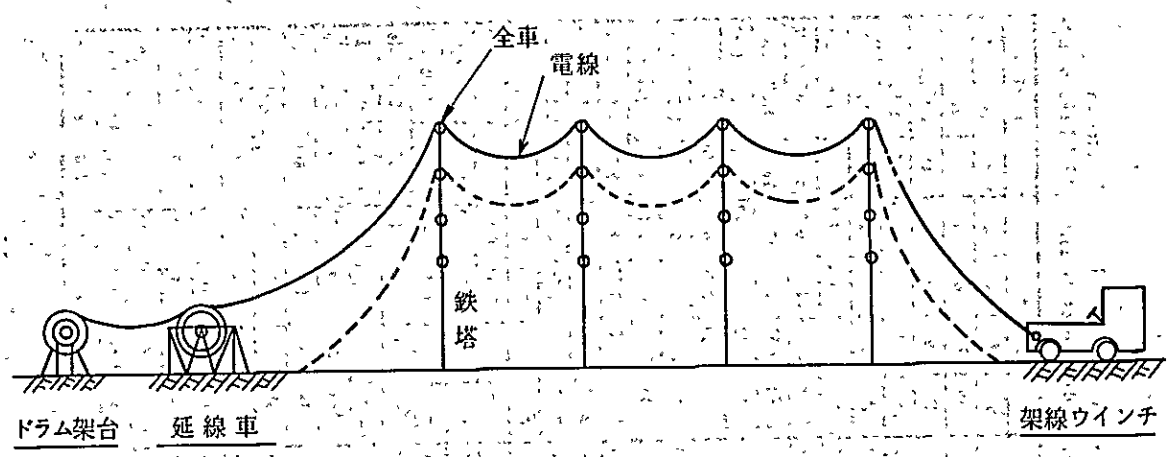


Fig. 7.3 延線工法

7.5 所要資材

7.5.1 主要資材

選定ルート並びに設計条件から，送電線主要資材を算定した結果は次の通りである。

品名	仕様	単位	総数量
鉄塔		ton	4,800
電線	ACSR 477 MCM	km	712
地線	GSC55㎟ 2種	〃	236
がいし及び金具	一連懸垂 クランプホーン付	組	1,840
〃	一連耐張 〃	〃	948
地線用金具	懸垂，クランプ付	〃	570
〃	耐張，クランプ・クリップ付	〃	320
直線スリーブ	ACSR 477 MCM	本	360
〃	GSC 55㎟	〃	120
ジャンパースリーブ	ACSR 477 MCM	〃	60
〃	GSC55㎟	〃	20
電線補修スリーブ	ACSR 477 MCM	〃	20
プレホームドアーマロッド	ACSR 477 MCM	組	1,700
ダブルトージョナルダンパー	〃 12号	個	4,320
〃	GSC 55㎟ 3号	〃	1,440

7.5.2 工具および車輌

建設工法および保守面を考慮し，所要架線工具を選定し供給する。また工事監理および保守に使用する車輌を供給する。

(1) 架線工具

a. 数量の算定方針

まず1延線に使用する工具を算定し，次にそれをもとに必要となる全工具数量（12業者分）を算出する。ただし，

① 1延線は5km，鉄塔15基（懸垂12基，耐張3基）とする。

km	乾期	業者	
230	÷4	÷12	＝5km

② 1延線分の工具は期間的に余裕があるので2業者で共用するものとする。

1延長5kmの架線所要日数は約40日とする。

また，BPDBは現在施工中のプロジェクトで工具を調達して所有しており，これらを全工具数量から差し引いたものを本プロジェクトで用意する数量とする。

b. 所要数量

工具数量算定表のとおりである。

Fig. 7 − 5　工具数量算定表

品名	仕様	単位	1延線分の数量	㊧×6	BPDB所有	予備	用意する工具数量	備考
延線車	1.2 m	台	2	12	4	2	10	
架線ウインチ		台	2	12	4	2	10	
油圧機及び付属品	100t	組	2	12	10	4	6	
延線クランプ及び付属品	電線用	組	6	36	20	6	22	
カムアロング及び付属品	3号電線用	組	12	72	40	12	44	
〃	2号地線用	組	4	24	20	6	10	
スイーベル		ケ	2	12	−	6	12	
カウンターウエイト	自動通過型	組	2	12	−	2	14	
ワイヤーコネクター	両引用	ケ	130	780	300	20	500	
架線金車	ウレタン張300Ø	ケ	45	270	200	30	100	
〃	プレス200Ø	ケ	15	90	130	−	−	
スナッチ金車	5t1連150‰Ø	ケ	20	120	70	10	60	
ジョイントプロテクター	電線用	組	4	24	15	6	15	
ドラムジャッキ		組	4	24	8	2	18	
ハンドウインチ	1ton	台	4	24	10	6	20	
吊上げフック		ケ	3	18	15	3	6	
がいし交換器	254‰用	台	2	12	−	3	15	
ターンバックル	3号	ケ	8	48	20	12	40	
〃	2号	ケ	6	36	20	6	22	
レバーホイスト	1.5t〜3t	台	3	18	30	−	−	

(2) 車　輌

工事監理と保守に使用するため次の車輌を供給する。

a.	トラック	6トン車	2台
b.	ライトバン	1200～1300cc	4台
c.	ジープ		2台
d.	マイクロバス		1台

7.6 資材輸送方法

西部地域は，東部地域に比較して鉄道網，道路網の整備が遅れているため，船(バージ）を主体とする輸送が発達している。

このため，本プロジェクトのための資材はバージによる輸送が有利であり，陸上げ港は Chalna 港が最適と考える。

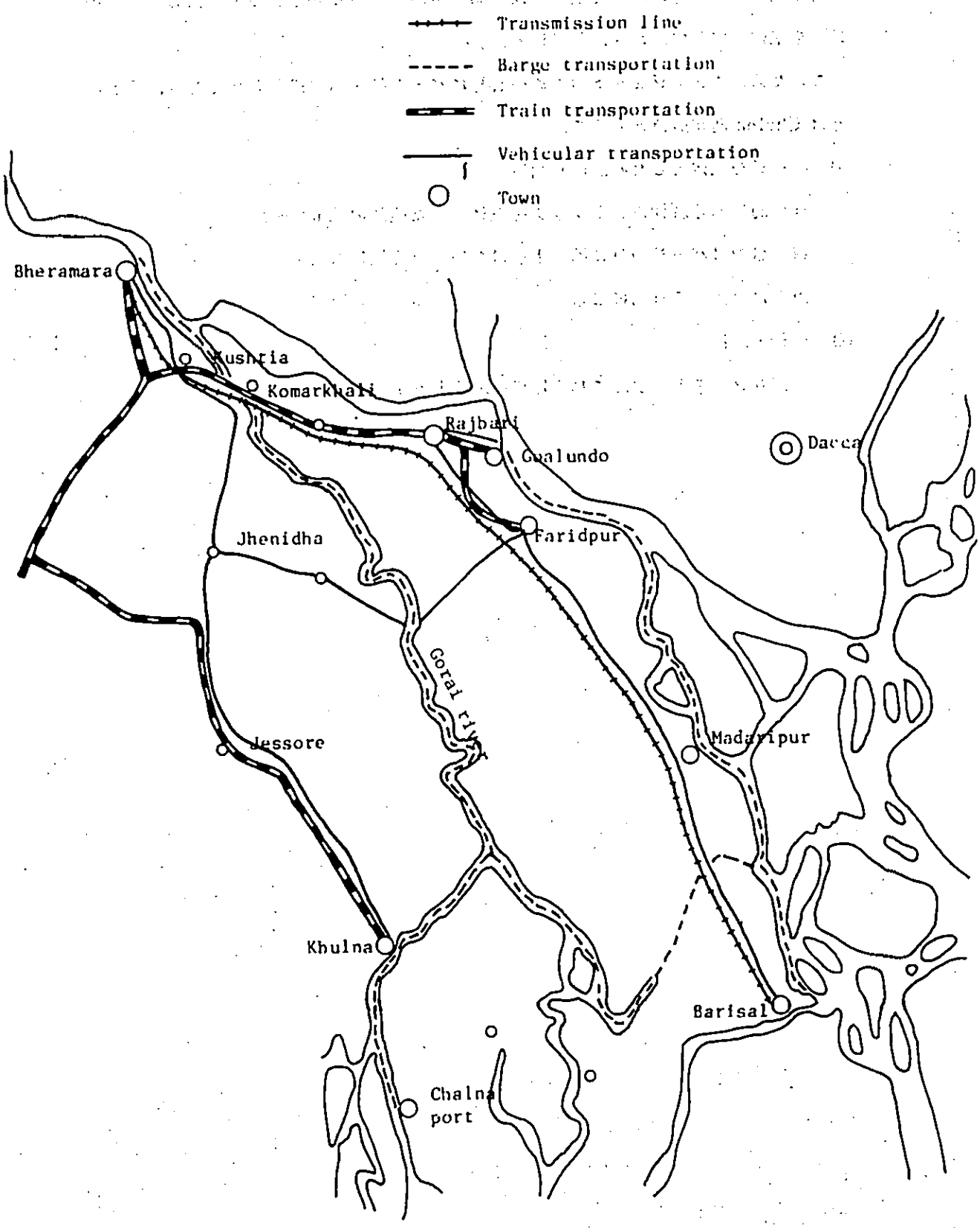
(1) バージを主体とした輸送の有利性

- 経済的である。(鉄道とトラックを主体とした輸送の約60%)
- 超重量物はバージの外に輸送手段はない。（変圧器など）
- 雨季はかえって有利になる。

(2) 輸送経路

当プロジェクトの予想される輸送経路をFig.7－4に示す。

Fig. 7-4 Transportation Route



第 8 章

変電所建設

第8章 変電所建設

8.1 変電所の設置

本132KV送電線のルート選定については第5章で述べた通りである。送電線建設に伴って次のような変電所の設置計画が立てられ当該地区の需要に対処するものである。

8.1.1 Bheramara 変電所

当変電所は本プロジェクトの132KV送電線の引出口であるため，既設132KV変電所の引出口を2 Bay増設すると共に既設送電線の引出口の変更を行う必要がある。

8.1.2 Faridpur 変電所

当変電所はFaridpur近郊の132KV送電線ルート上に新設する。

変電所容量は当面当地区の需要が少いためRajbari地区の需要も含め10/13MVA，変圧器1台新設する。しかしながら1988年頃には1バング（10/13MVA）の増設が必要となり，更に1990年頃にはRajbari周辺に変電所を新設する必要がある。

8.1.3 Barisal 変電所

当変電所は既設132KV送電線引出口を1 Bay増設し本送電線を連絡するものである。

8.1.4 Madaripur 変電所

(1) 設置場所の比較

当変電所は変圧器（10/13MVA）1台新設する。

将来1955年頃までは増容量する必要ない。

尚，変電所の設置場所に当っては次の3つの案を比較検討する。

Plan 1. 132KV送電線を図のように送電線ルート上から直角に既設変電所に継ぎ込む。

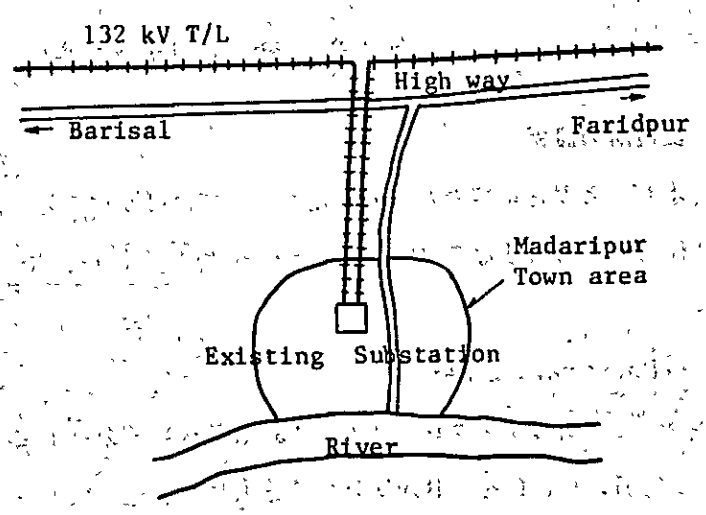
従って，ルート上から変電所までの132KV送電線と既設変電所の増設が必要となる。

Plan 2. 132KV送電線のほぼルート上の道路添いに132KV変電所を新設する。

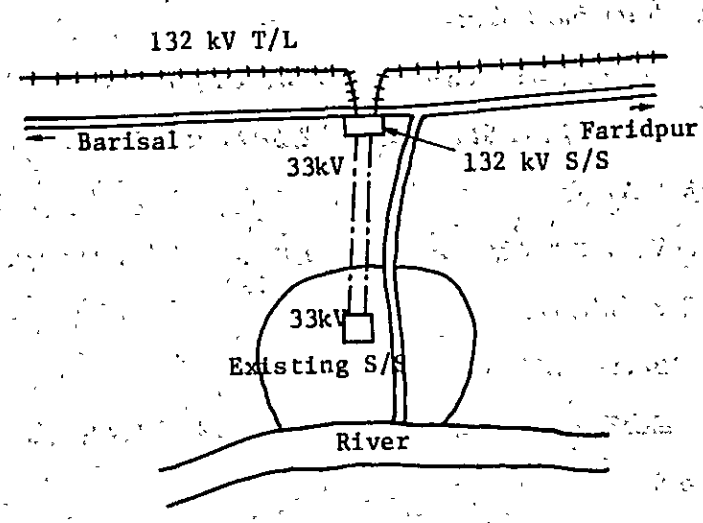
従って33KV送電線2回線を既設変電所まで新設する必要がある。

Three (3) Plans

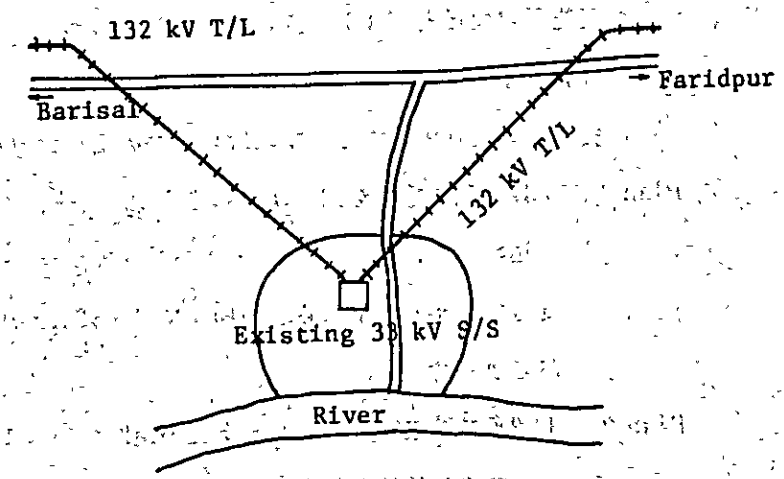
Plan 1



Plan 2



Plan 3



Plan 3. 132KV送電線ルート上からなめらかな角度で既設変電所に継ぎ込み既設変電所を増設する。

(2) 3案の比較検討

Plan 3は，132KV送電線ルートからなめらかな角度で変電所に直接継ぎ込むため，余分な132KV送電線は必要なく，建設費も他の案に比較すれば安価なように考えられるが，道路から離れていること，住宅が他に比べて比較的密集していること，ルート上に小さな河川もあること等から施工上困難性があり，工程的にも他に比べると遅れることが考えられるため，実施可能な案としてはPlan 1とPlan 2にしぼりその2案を比較して決定するものとする。

(3) Plan 1とPlan 2の経済比較

新設132KV変電所と既設33KV変電所間の距離は8kmとし，共通部分（事務所制御室，水タンク，社宅等）は除外し単なる比較を示す。

	Plan 1	Plan 2
132KV，2回線送電線	132,940千円	0千円
33KV，2回線送電線	0	73,440
132KV，送電線下補償費	530	0
変電所用地（5エーカー）	0	7,900
計	133,470千円	81,340千円

従ってPlan 2はPlan 1に比較して約52,000千円（133,470−81,340千円）の建設費が安くなり，経済的である。今回建設する既設変電所までの33KV送電線は将来当地区に負荷が増加した場合でも配電線として利用できる利点もある。またMadaripurの町の中心は，現在Jamuna河の大きな支流に面しており，将来町の発展はFaridpurとBarisalを結ぶ道路側に進展していくものと思われる。将来は負荷の中心に近い配電線にて電力を供給でき経済的にも，将来計画のためにもPlan 2の案が最適と考える。

8.2 変電所規模

8.2.1 Bheramara 変電所

当変電所に設置される主要機器は次に示す通りである。

- ○しゃ断器 (3台) 132KV, 3500MVA, 3φ, 屋外型, BCT付
- ○断路器 (8台) 132KV, 1200A, 3φ, 屋外水平2点切 内1台接地装置付
- ○避雷器 (6台) 132KV屋外自立型
- ○電力線搬送装置 (1式) 132KV, CCPD, WT共
- ○事務所, 制御室, 社宅等は今回増設の必要はない。

尚, 単線結線図及び機器配置平, 断面図についてはAnnex VII Fig.8002, Fig.8006を参照のこと。

8.2.1 Faridpur 変電所

当変電所に設置される主要機器及び主要設備は次に示す通りである。

- ○132KV変圧器 (1台) 132KV/33KV, 10/13.3MWA, 3φ 屋外油入自冷/風冷式
- ○しゃ断器 (4台) 132KV, 3,500MVA, 3φ, 屋外型, CT付
- ○断路器 (13台) 132KV, 1200A, 3φ, 屋外水平2点切 内4台, 接地装置付
- ○避雷器 (9台) 132KV屋外自立型
- ○電力線搬送装置 (1式) 132KV, CCPD, WT共
- ○33KV変圧器 (1台) 33KV/11KV, 5MVA, 3φ 屋外油入自冷型
- ○33KV断路器 (4台) 33KV, 1,500MVA, 3φ, 屋外型, CT付

○ 33KV断路器　　33KV，800A，屋外水平2点切
（8台）　　内3台接地装置付

○事務所　　3000SFT

○制御室　　1

○土地　　8エーカー

○住宅　　33戸

尚，単線結線図及び機器配置平，断面図についてはAnnex Ⅶ Fig.8003，Fig.8007を参照のこと。

8.2.3　Madaripur変電所

新設される132KV変電所及び既設33KVに設置される主要機器及び主要設備は次に示す通りである。

○変圧器　　132KV/33KV，10/13.3MVA，3φ
（1台）　　屋外送油自冷/風冷型

○しゃ断器　　132KV，3,500MVA，3φ，屋外型，CT付
（　台）

○断路器　　132KV，1,200A，3φ，屋外水平2点切
（13台）　　内4台，接地装置付

○避雷器　　132KV屋外自立型
（9台）

○電力線搬送装置　　132KV，CCPD，WT共
（1式）

○33KV遮断器　　33KV，1,500MVA，3φ，屋外型，CT付
（4台）

○33KV断路器　　33KV，800A，3φ，屋外水平2点切
（8台）　　内4台，接地装置付

○33KV送電線　　33KV，2回線　8km

○事務所　　3000SFT

制御室　　1

土地　　5エーカー

住宅　　25戸

尚，単線結線図及び機器配置平，断面図についてはAnnex Ⅶ，Fig.8004，Fig.8008

を参照のこと。

8.2.4 Barisal 変電所

当変電所に設置される主要機器及び主要設備は次に示す通りである。

- ○しゃ断器 (1台) 132KV, 3,500MVA, 3φ, 屋外型, CT付
- ○断路器 (3台) 132KV, 1,200A, 3φ, 屋外水平2点切 内1台, 接地装置付
- ○避雷器 (3台) 132KV, 屋外自立型
- ○電力線搬送装置 (1式) 132KV, CCPD, WT共
- ○事務所, 制御室, 社宅等の増設は今回必要ない。

尚, 単線結線図及び機器配置平, 断面図についてはAnnex Ⅶ Fig.8005, Fig.8009を参照のこと。

8.3 変電所の母線構成

8.3.1 Bheramara 変電所

当変電所の母線構成は既設に順じて下記の通り2重母線方式（$1\frac{1}{2}$しゃ断器方式）を採用する。

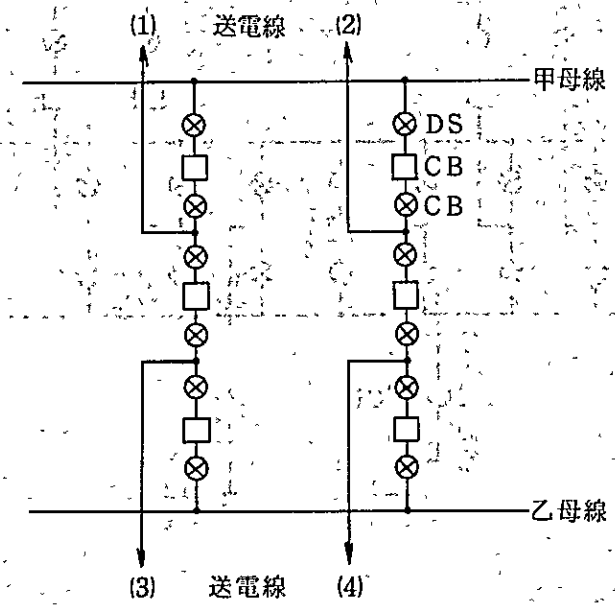


図8－1　$1\frac{1}{2}$しゃ断器方式

8.3.2 Faridpur, Madaripur 変電所

ＢＰＤＢは変電所母線方式について54年3月～5月，全面的な検討を行っておりこの結果，今後新設する132ＫＶ変電所の母線は，最重要変電所は"$1\frac{1}{2}$しゃ断器方式"その他は"複母線方式"を標準母線とすることとしている。

132ＫＶは同国にとっては最重要の基幹系統であり，これに接続される133ＫＶ／33ＫＶ変電所も極めて重要な電源変電所であること（日本に例えれば275ＫＶ～500ＫＶ変電所に相当する），機器，母線等に事故が発生した場合の取替，修理が現地の状況からみて，容易でないこと，標準の母線方式にできるだけ合わせてゆくことは，系統全体の運用上重要な要素であること，等の考察からＢＰＤＢが標準とした複母線方式を採用することとする。

Faridpur と Madaripur 変電所は次図のような単線結線図となるが，当面変圧器1バンクのため次図のようにバイパス回路を設け，しゃ断器の点検が容易なようにす

る。

2バンクになった時点でバイパス回路は撤去する。

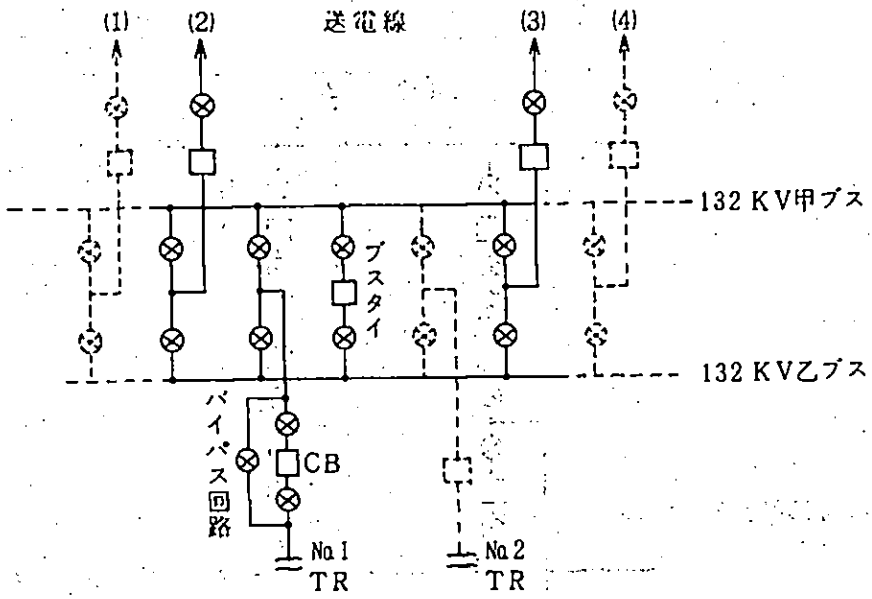


図8－2　2重母線方式

第 9 章

建 設 工 程

第9章 建 設 工 程

9.1 総合工程

ＢＰＤＢは本プロジェクトをバングラデシュ国第２次５ケ年計画（1980/81 ～ 1984 / 85 ）のなかで完成させ，Faridpur地区の電力不足を早期に解消したい強い要望があり，検討の結果ＢＰＤＢ側で実施する測量，ボーリング等の準備作業を1980年１月に着手し現地工事着工1981年10月，工事期間４年間で1985年６月（第２次５ケ年計画最終月）に竣工することとした。

9.2 送電線建設工程

本プロジェクトの送電線ルートは前述の如く第１案とし，鉄塔基数705基，延長230kmである。

工事着工後４年間で施工するためには次のような施工体制を敷く必要がある。

調査団はPirojpur，Barisal間約50km，132KV，１回線，鉄塔基数145基の送電線工事の施工体制を調査した結果，１業者が１乾期に18基建設し，架線することが妥当と判断する。

１乾期とは 12月～５月までの６ケ月を示し，その他の雨期（モンスーン期）には用地は冠水するため工事は全面的に不可能である。この実態を基に705基を４年間(4乾期）で完成するためには705基÷４乾期÷ 18 基＝ 10 業者で対応できるがGarai河を始め各河川の横断鉄塔の施工，Pangsha － Rajbari 周辺の場所打抗基礎の施工等は何れも施工難度が高いものと予想されるので12業者が必要と考える。

9.3 変電所建設工程

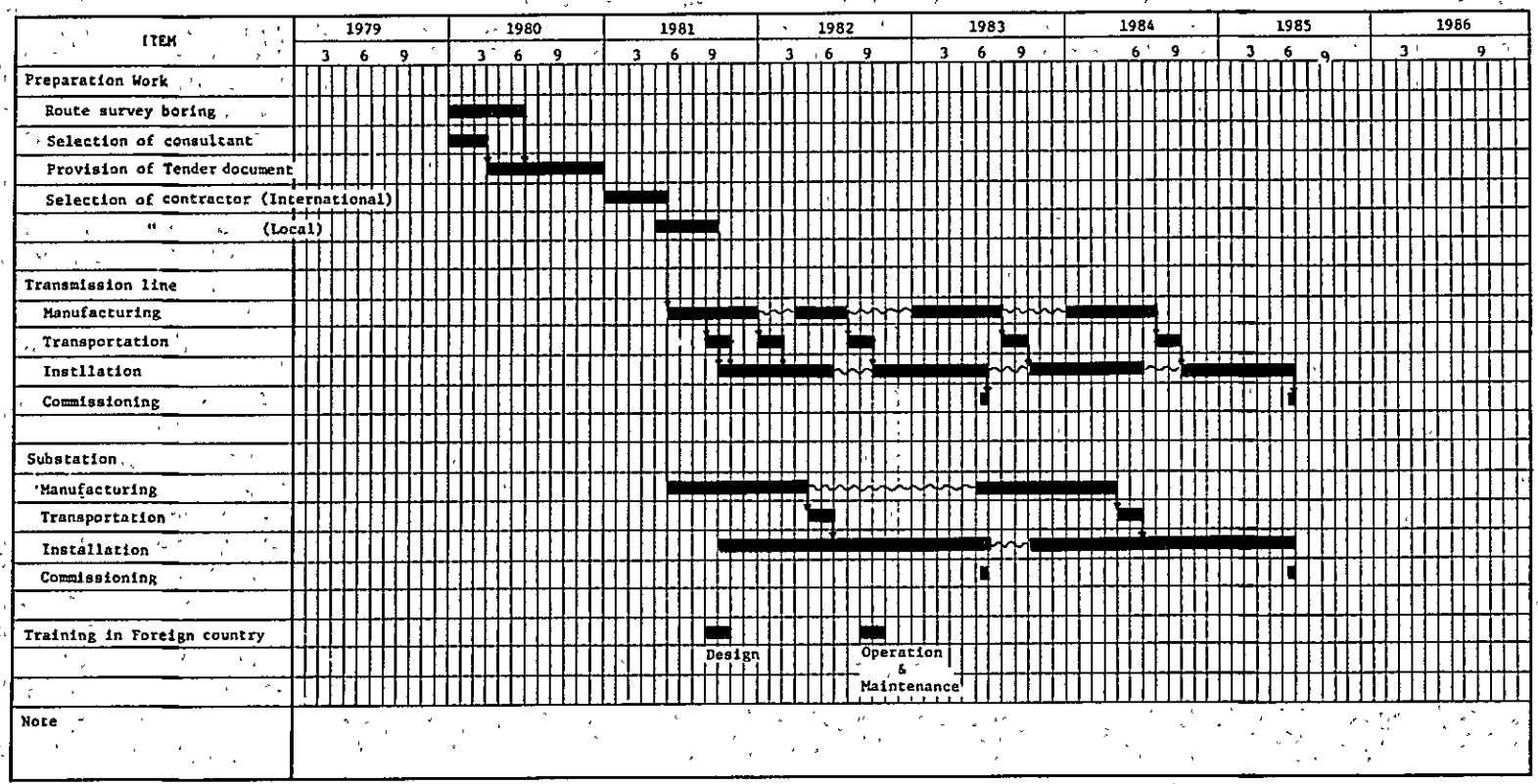
変電所の建設に当っては，全送電線工事が完成する 1985年６月までに４ケ所の変電所の増設及び新設工事を完成する必要がある。

送電線工事はBheramare 側から着工されるとすれば２乾期後の 1983年６月には少なくともFaridpur までは完成されていると思われるので，Bheramara 変電所の増設工事とFaridpur 変電所の新設工事を２乾期で1983年６月に完成させる。

残りのMadaripur，Barisal変電所の工事は 1985年６月を完成目標とし，送電線工事の完成時期と合わせる。

特に変電所工事は雨期でもある程度工事が進められ，送電線工事よりも多少ゆとりのある工程と思われる。

SCHEDULE OF BHERAMARA-FARIDPUR-BARISAL
132KV TRANSMISSION LINE WORK



第 10 章

総所要資金と資金計画

第 10 章　総所要資金と資金計画

10.1 建設費算定条件

10.1.1 資　材

現地調達可能な主要資材はセメント，砂利，砂および鉄筋であり，これ以外の資材は輸入により供給する。

なお，エスカレーション率は輸入資材は年 7 %現地調達資材は年 9 %とする。

(1) 輸入資材

a. 各種資材の仕様，数量については，設計およびルート選定結果から算定した。

b. 価格については，入札時（1981/82）までのエスカレーションを見込んだ。

c. 輸入税および内陸輸送費

バングラデッシュ国政府による" PROJECT PROFORMA "（1978年 6 月）に基づき，次によることとする。

- Duties and taxes ： CIF価格の 20 %
- Landing Charge ： 〃 1 %
- Storing Charge ： 〃 1 %
- Handlnig ： 〃 1 %
- Transportatian ： 〃 7 %

(2) 現地調達資材

a. 現地調達資材についての主な情報収集箇所は下記の通りである。

- BPDBの本社および現場
- 現地メーカー（Chittagong 製鋼所，鉱物調査開発公社他）
- 民間施工業者
- その他 Dacca 市内

b. セメント

生産地は Chittagong（原料を輸入して生産）と Sylhet （バングラデッシュ国北部，一貫生産）であり，2 工場で国内需要の80%をまかなっている。残り20%は輸入しているが政府の価格統制品となっており，国産品，輸入品とも同一価格である。

又供給面では政府関係のプロジェクトは優先的に供給が受けられる。

c. 砂利，砂

産地は Sylhet 地方に限られており，一部はインドから輸入されているが，一般的に品薄傾向にあり高価である。したがって強度に関係のない"栗石"や"ならしコンクリート"には，豊富にあり比較的価格の安いレンガを代用品として使用することとした。

d. 鉄　筋

鉄筋など鉄鋼製品は，現地唯一の Chittagong 製鋼所で生産され，国内需要の3分の1をまかなっている。残り3分の2は各国から鋼材として輸入され各主要都市の加工専門工場で製品化している。

価格はセメントと同じで政府統制のもとにあり，政府関係プロジェクトは優先的に供給を受けられる。

e. 主要資材の必要量

a セメント　約 11,000 ton

b 砂　約 11,000 m³

c 砂　利　約 31,000 m³

d 鉄　筋　約 2,700 ton

f. 現地調達資材単価

Table 10－1 の通りである。

Table 10-1 Local Materials

Unit: TK

Name of Materials and Specification	Unit	Unit Price
Portland cement	ton	1,430
Ballast 20 - 40 dia m/m	m^3	360
Sand	"	360
Cobble stone 10 - 20 dia cm	"	360
Wooden plate	"	6,300
Wooden log 5 - 10 dia cm	"	3,000
Bamboo 4 - 5m	-	30
Steel bar 13 - 30 dia m/m	ton	12,000
Wire rope 10 dia mm	m	50
" 12 "	"	65
" 14 "	"	70
Gasoline	ℓ	5
Diesel fuel	"	2.4
Wooden sheet pile	m^3	5,300
Wooden log for excavation 15 - 20 dia cm	"	2,100
Clamp for wooden log	kg	24
Steel plate	ton	12,000
Stone 30 - 40 dia cm	m^3	360
Steel angle	ton	13,000
Bolt and nut 12 - 24 dia mm	kg	80
" (plated) 12 - 24 dia mm	"	140
Turf	m^2	300
Barricade wire	hw/300m	800
Brick	m^3	300
Brick chips	"	330
Paint	kg	30

10.1.2 労働力

(1) 労務賃金

a. 現地労働者の賃金については，下記の箇所で情報収集を行った。

・BPDBおよび現場

・民間施工業者

・その他各都市および Dacca 市内

その結果，単純労働者は現地で確保し得るが技能労働者は都市に集中しているため，地方の現場に投入する場合は手当が必要である。手当は基本賃金の約30%である。

なおエスカレーションは年率9%とする。

b. 労働力供給および技能程度

4乾季に230kmの建設を行うためには1日に1200人～1500人ぐらいの労働者を投入する必要があると思われる。

単純労働者は人口過密国であるため確保できると考えられるが，農閑期と農繁期で人員の増減が予想され，工程管理上注意を要する。

技能面では何人かで協力して行う作業が得意であり"鉄筋組立"や"掘削"は仕上がりに見るべきものがある。しかし若年労働者が相当数含まれているため，作業能率は低い。

(2) 労務者賃金単価

Table 10－2のとおりである。

Table 10-2 Labor Cost

TK/Man

Job Classification	Base Rate	Magnification by Field Allowance	Unit Labor Cost
Unskilled labor	15 (Juvenile 10)	(Note 1) 0.93	14
Skilled labor	24	*1 1.15	27
Linesman	35	*2 1.24	44
Surveyor	37	1.3	48
Foreman for clearing	35	1.24	44
" foundation	35	1.24	44
" tower erection	35	1.24	44
" stringing	35	1.24	44
Bulldozer operator	35	1.24	44
Excavator	35	1.24	44
Piledriver	35	1.24	44
Welder	30	1.15	34
Driver	30	1.15	34
Cook	14	1.0	14
Guardman	14	1.0	14
House boy	14	1.0	14
Sweeper	14	1.0	14
Laundryman	14	1.0	14
Typist	25	1.0	25
Management	1,130/month	1.24	1,400/month
Engineer	1,500/month	1.24	1,800/month

Note 1: Only locally hired Adult 70% Juvenil 30%

Note 2: Field allowance (30% of the basic wage payable to those hired other than locally) is calculated as follows:

*1 When the ratio of locally hired is 50% (for job classifications that do not require much specialized skill):
1.3 x 0.5 + 1.0 x 0.5 = 1.15

*2 When the ratio of locally hired is 20% (for job classifications that require relatively high levels of skill):
1.3 x 0.8 + 1.0 x 0.2 = 1.24

10.1.3　土地および補償費

土地および補償費については BPDB と協議の結果1981/82 年の単価を次の通りとした。

(1) 送電線線下補償費　Tk 8000/マイル

(2) 変電所用地費　Tk 120,000/エーカー

Faridpur ：8エーカー

Madaripur：5エーカー

※Rajbari ：3エーカー

※Rajbari は今回は変電所を建設しないが送電線保守員用社宅を建設するため，3エーカーを取得する。

10.1.4　建築工事費

変電所用建物および保守員用住宅は変電所規模，保守員数等を勘案し，BPDB と協議の結果1981/82 年の単価を次の通りとした。

(1) 変電所事務所および制御室

a. 事務所…… Tk 130/sqft, 3000 sqft/変電所

b. 制御室……　4000 sqft/変電所

c. その他…… Tk 1,100,000/変電所

(2) 住　宅

a. Faridpur

住宅タイプ	面　積	単　価	戸　数
A	1200 sqft	Tk 160	1
B	1000 〃	〃	1
C	858 〃	〃	1
D	550 〃	〃	14
E and F	450 〃	〃	16

b. Madaripur

C	858 sqft	Tk 160	1
D	550 〃	〃	8
E and F	450 〃	〃	16

c. Rajbari

C　　858 sqft　Tk 160　1

D　　550 〃　〃　8

E and F　450 〃　〃　16

10.1.5 準備作業

(1) 測　量

送電線ルートの平，断面測量を行う。

1981/82年の単価はTk，1900/kmとする。

(2) ボーリング

a. 平均して送電塔5基について1基の割合で実施する。

b. ボーリングの深さ……30m/基

c. ボーリングの全長

705基÷5基×30m＝4230m

d. ボーリングの単価

1981/82年の単価は540Tk/mとする。

10.1.6 エンジニヤリング

本プロジェクトは約230kmにわたる基幹送電線を建設する極めて重要なものであり，工事を円滑かつ適確に推進するため，外国コンサルタントによるエンジニヤリングの実施を行うこととした。

(1) コンサルタントの必要性

a. 準備作業を含めると，約6年間の長期にわたるため（工事実施期間4年），総合的な工程管理を適切に行う必要がある。

b. 実質工期が乾期に限られ，4年間で工事をしゅん工するためには多数の工事業者を長い間にわたって投入することとなる。このため各業者間の調整，施工方法，工程進ちょく等について，適確な管理を必要とする。

c. 工事を円滑に進める上で工事工程に見合った資材調達は極めて重要であり，適切な資材調達，管理が必要である。

d. 全般的に軟弱地盤であり河川横断も多く基礎設計にあたり，現場の実態に即した技術的検討を十分行う必要がある。

また同時に基礎工法に対する管理も必要である。

e. 架線工法の改善等，施工技術の指導が必要である。

(2) コンサルタントの主たる業務

a. 実施設計のための現地調査

b. 実施設計

c. 購入仕様書の作成

① 機械購入仕様書（海外）

② 据付工事仕様書（国内）

d. 入札書類評価

e. 主要機械の検査立合い

f. 総合工程管理

g. 現地試験の指導

h. 工事管理

i. 技術指導

(3) エンジニヤリング費用

a. 現地　158 man/month

b. 国内　22 〃

計　180 〃

10.1.8 その他

(1) 現場管理費 ： 内貨直接工事費の2％

工事管理用事務所，その他工事管理のための現地における費用。

(2) 一般管理費 ： 内貨直接工事費の5％

(3) フイジカルコンテインジエンシー：直接工事費の10％

(4) プライスコンテインジエンシー：内貨についてのみ1982/83年以降毎年9％のエスカレーションをみて算出

(5) 訓練費

BPDB 技術者を我が国に招き電力計画および設計，保守運転の訓練を行う。

8名の技術者をそれぞれ2ケ月間訓練する。

(6) 建設中利子

外貨に対して　：5％／年

内貨の½に対して：5％／年

（内貨の½は Equity）

すべて内貨建てとした。

(7) 交換率

Tk＝13.3円とする。

注 (1),(2),(6)はバングラデシュ政府 PROJECT PROFORMA（1978年6月）による。

10.2 所要資金

本プロジェクトに関する総所要資金は次の通りである。

総所要資金	563,063	千TAKA（約7,489,000千円）
内 外貨分	258,582	千TAKA（約3,439,145千円）
内貨分	304,481	千TAKA（約4,050,000千円）

(1) 総所要資金総括表　Table 10－3の通り

(2) 送電線建設費内訳　Table 10－4　〃

(3) 変電所建設費総括表　Table 10－5　〃

(4) 変電所建設費内訳　Table 10－6　〃

Table 10-3 Summary of Total Investment Costs

Item	Foreign currency		Local Currency	Total
	Yen (1000)	TK(1000)	TK(1000)	TK(1000)
Transmission Line construction costs	1,922,616	144,557	156,767	301,324
Equipment	1,779,732	133,814	40,144	173,958
Tools and vehicles	142,884	10,743	3,223	13,966
Consrruction work	-	-	113,400	113,400
Substation construction costs	894,298	67,241	30,857	98,098
Equipment	894,298	67,241	20,171	87,412
Construction work	-	-	10,686	10,686
Land purchasing cost and compensation for right-of-way	-	-	3,070	3,070
Land purchase (for SS)	-	-	1,920	1,920
Compensation for right-of-way (for T/L)	-	-	1,150	1,150
Building costs	-	-	9,720	9,720
House for employee	-	-	6,860	6,860
Office, Control Room	-	-	1,580	1,580
Others (tank, road, etc.)	-	-	1,280	1,280
Route survey costs	-	-	2,721	2,721
Total Direct Costs	2,816,914	211,798	203,135	414,933
Field establishment	-	-	4,063	4,063
Overhead costs	-	-	10,156	10,156
Physical contingency	281,691	21,180	20,314	41,494
Price contingency	-	-	27,758	27,758
Engineering fee	319,840	24,048	5,352	29,400
Training fee	20,700	1,556		1,556
Total Indirect Cost	622,231	46,784	67,643	114,427
Total Cost	3,439,145	258,582	270,778	529,360
Interest during construction period	-	-	33,703	33,703
Total investment cost	3,439,145	258,582	304,481	563,063

Table 10-4 Schedule of Transmission Line Construction Costs

Item	Description	Foreign Currency		Local Currency	Total
		Yen(1000)	TK(1000)	TK(1000)	TK(1000)
1. Equipment					
Towers	4,764 ton	1,074,870	80,817	-	80,817
Conductor	ACSR477MCM 712 KM	421,929	31,724	-	31,724
Ground Wire	GSC 55mm^2 236 KM	29,385	2,209	-	2,209
Insulator, hardware	132KV, 1788 stringings	199,107	14,970	-	14,970
Miscellaneous	Fittings for ground wire, sleeves, armor rod, dampers	54,441	4,093	-	4,093
	Sub-total(CIF)	1,779,732	133,814	-	133,814
Import duties	20% to CIF	-	-	26,763	26,763
Landing and warehouse charge	2% "	-	-	4,014	4,014
Transportation to site	7% "	-	-	9,367	9,367
	Sub-total			40,144	40,144
Total	(CIF at site)	1,779,732	133,813	40,144	173,958
2. Tools, Vehicles Stringing Tools	Shoe chain tentionner, etc.	126,756	9,530	-	9,530
Vehicles	8 Truck, Light Van others	16,128	1,213	-	1,213
	Sub-total(CIF)	142,884	10,743	-	10,743
Import duties	20% of CIF	-	-	2,149	2,149
Landing and Warehouse charge	3% of CIF	-	-	322	322
Transportation to site	7% of CIF	-	-	752	752
	Sub-total	-	-	3,223	3,223
Total	(CIF at site)	142,884	10,743	3,223	13,966

Table 10-4 (cont'd)

Item	Description	Foreign Currency		Local Currency	Total
		Yen(1000)	TK(1000)	TK(1000)	TK(1000)
3. Construction Work Costs					
Foundation Works	Excavation, Piling Concrete, Reinforcing	-	-	106,191	106,191
Assembling of Steel Towers	4,764 ton	-	-	1,715	1,715
Stringing	230 KM	-	-	3,165	3,165
Miscellaneous	Fence, Turf, Painting, Anti climbing device	-	-	2,329	2,329
Total		-	-	113,400	113,400
Grand Total		1,922,616	144,557	156,767	301,324

Table 10-5 Summary of Substation Construction Costs

Item	Name of S.S.	Foreign Currency		Local Currency	Total
		Yen(1000)	TK(1000)	TK(1000)	TK(1000)
Equipment and Material	Bhermara	157,600	11,850	3,554	15,404
	Faridpur	323,896	24,353	7,307	31,660
	Madaripur	342,802	25,775	7,731	33,506
	Barisal	70,000	5,263	1,579	6,842
	Sub-total (CIF at site)	894,298	67,241	20,171	87,412
Installation Work	Bheramara	-	-	628	628
	Faridpur	-	-	4,335	4,335
	Madaripur	-	-	5,653	5,653
	Barisal			70	70
Total	Sub-total	894,298	67,241	30,857	98,098

Table 10-6 Schedule of Substation Construction Costs

1. Bheramars Substation

Item	Description	Foreign Currency		Local Currency	Total
		Yen (1,000)	TK (1,000)	TK (1,000)	TK (1,000)
1. Equipment					
Equipment	Transformer, Circuit Breaker, Disconnecting Switch, Auxiliaries	118,800	8,932	-	8,932
Material	Steel Structure, Cable, Conductor, etc.	38,800	2,918	-	2,918
	Sub-total (CIF)	157,600	11,850	-	11,850
Import duties	20% of CIF	-	-	2,370	2,370
Landing & warehouse charges	3% of CIF	-	-	355	355
Transport to site	7% of CIF	-	-	829	829
	Sub-total	-	-	3,554	3,554
Total	(CIF at site)	157,600	11,850	3,554	15,404
2. Installation Work					
Foundation		-	-	586	586
Instal-lation		-	-	42	42
Total		-	-	628	628
Grand Total		157,600	11,850	4,182	16,032

Table 10-6 (cont'd)

2. Faridpur Substation

Item	Description	Foreign Currency		Local Currency	Total
		Yen(1000)	TK(1000)	TK(1000)	TK(1000)
1. Equipment					
Equipment (132 kV)	Transformer, Circuit Breaker, Disconnecting Switch, Auxiliaries	207,500	15,602	-	15,602
Materials (132 kV)	Cable, Conductor, etc.	63,500	4,774	-	4,774
	Sub-total (CIF)	271,000	20,376	-	20,376
Equipment (33 kV)	Transformer, Circuit Breaker, Disconnecting Switch, Auxiliaries	34,080	2,562	-	2,562
Materials (33 kV)	Steel structure Conductor, etc.	18,816	1,415	-	1,415
	Sub-total (CIF)	52,896	3,977	-	3,977
	CIF Total	323,896	24,353	-	24,353
Import duties	20% of CIF	-	-	4,871	4,871
Landing & warehouse charges	3% of CIF	-	-	731	731
Transport to site	7% of CIF	-	-	1,705	1,705
	Sub-total	-	-	7,307	7,307
Total	(CIF at site)	323,896	24,353	7,307	31,660
2. Installation Work					
Foundation		-	-	4,217	4,217
Installation		-	-	118	118
Total		-	-	4,335	4,335
Grand Total		323,896	24,353	11,642	35,995

Table 10-6 (cont'd)

3. Madaripur Substation

Item	Description	Foreign Currency		Local Currency	Total
		YEN(1,000)	TK(1,000)	TK(1,000)	TK(1,000)
1. Equipment					
Equipment (132 kV)	Transformer, Circuit Breaker, Disconnecting switch, Current Transformer, Auxiliaries	207,500	15,602	-	15,602
Material (132 kV)	Steel Structure, Cables, Conductor, etc.	63,500	4,774	-	4,774
	Sub-total (CIF)	271,000	20,376	-	20,376
Equipment (33 kV)	Circuit breaker, Disconnecting Switch, Auxiliaries	22,040	1,657	-	1,657
Material (33 kV)	Steel structure	11,608	873	-	873
Distribution Line (33 kV)	Material for 8 km	38,154	2,869	-	2,869
	Sub-total (CIF)	71,802	5,399	-	5,399
	CIF-total	342,802	25,775		25,775
Import duties	20% of CIF	-	-	5,155	5,155
Landing & werehouse charges	3% of CIF	-	-	773	773
Transport to site	7% of CIF	-	-	1,803	1,803
	Sub-total	-	-	7,731	7,731
Total	(CIF at site)	342,802	25,775	7,731	33,506
2. Installation Work					
Foundation		-	-	3,745	3,745
Installation		-	-	118	118
Erection of Distribution Line		-	-	1,790	1,790
Total		-	-	5,653	5,653
Grand Total		342,802	25,775	13,384	39,159

Table 10-6 (cont'd)

4. Barisal Substation

Item	Description	Foreign Currency		Local Currency	Total
		Yen(1,000)	TK(1,000)	TK(1,000)	TK(1,000)
1. Equipment					
Equipment	Circuit Breaker, Disconnecting Switch, Current Transformer, etc.	45,500	3,421	-	3,421
Material	Steel Structure, Cables, Conductor, etc.	24,500	1,842	-	1,842
	Sub-total (CIF)	70,000	5,263	-	5,263
Import duties	20% of CIF	-	-	1,053	1,053
Landing & warehouse charges	3% of CIF	-	-	158	158
Transport to site	7% of CIF	-	-	368	368
	Sub-total			1,579	1,579
Total (CIF at site)		70,000	5,263	1,579	6,842
2. Works					
Foundation		-	-	52	52
Instal-lation		-	-	18	18
Total		-	-	70	70
Grand total		70,000	5,263	1,649	6,912

10.3 資金計画

(1) 工事工程及び総所要資金に基づき検討の結果資金計画は次の通りになる。その内訳は Table 10－8 の通りである。

表10－7

資金＼年度		1979/80	1980/81	1981/82	1982/83	1983/84	1984/85	計
外貨	円 (1000)	29,100	61,041	1,228,037	564,460	1,005,442	551,065	3,439,145
外貨	TK (1000)	2,188	4,590	92,334	42,441	75,598	41,431	258,582
内貨 TK (1000)		4,075	5,120	62,420	68,363	76,059	88,444	304,481
計 TK (1000)		6,263	9,710	154,754	110,804	151,657	129,875	563,063

Table 10-8 Annual Disbursement Schedule

Year	1979/80				1980/81				1981/82			
Investment	Foreign Currency		Local Currency	Total	Foreign Currency		Local Currency	Total	Foreign Currency		Local Currency	Total
Unit	Yen (1000)	TK (1000)	TK (1000)	TK (1000)	Yen (1000)	TK (1000)	TK (1000)	TK (1000)	Yen (1000)	TK (1000)	TK (1000)	TK (1000)
Route Survey			2,721	2,721								
Land purchasing and compensation of right-of-way							3,070	3,070				
Stringing tools and vehicles					16,128	1,213		1,213	126,756	9,531		9,531
Import duties and transportation fee to site for above							364	364			2,859	2,859
Equipment of T/L									445,000	33,459		33,459
Import duties and transportation fee to site for above											10,036	10,036
Construction work for T/L											28,350	28,350
Bheramara SS equipments									157,600	11,850		11,850
Import duties and transportation fee to site for above											3,554	3,554
Faridpur SS equipments									323,896	24,353		24,353
Import duties and transportation fee to site for above											7,307	7,307
Madaripur SS equipments												
Import duties and transportation fee to site for above												
Barisal SS equipments												
Import duties and transportation fee to site for above												
Bheramara SS construction work												
Faridpur SS construction work												
Madaripur SS construction work												
Barisal SS construction work												
Construction cost for buildings												
Total direct cost for construction			2,721	2,721	16,128	1,213	3,434	4,647	1,053,252	79,193	52,106	131,299
Field establishment and overhead expenses			190	190			240	240			3,647	3,647
Physical contingency			272	272	1,613	121	343	464	105,325	7,917	5,211	13,130
Price contingency												
Engineering fee	29,100	2,188	892	3,080	43,300	3,256	892	4,148	61,860	4,651	892	5,543
Training fee									7,600	571		571
Total indirect cost for construction	29,100	2,188	1,354	3,542	44,913	3,377	1,475	4,852	174,785	13,141	9,750	22,891
Sub-total	29,100	2,188	4,075	6,263	61,041	4,590	4,909	9,499	1,228,037	92,334	61,856	154,190
Sun up of loan till previous year					(29,100)	(2,188)	(4,075)	(6,263)	(90,141)	(6,778)	(8,984)	(15,762)
Interest during construction							211	211			564	564
Grand total	29,100	2,188	4,075	6,263	61,041	4,590	5,120	9,710	1,228,037	92,334	62,420	154,754

Year	1982/83				1983/84				1984/85				Total			
Investment	Foreign Currency		Local Currency	Total	Foreign Currency		Local Currency	Total	Foreign Currency		Local Currency	Total	Foreign Currency		Local Currency	Total
Unit	Yen (1000)	TK (1000)	TK (1000)	TK (1000)	Yen (1000)	TK (1000)	TK (1000)	TK (1000)	Yen (1000)	TK (1000)	TK (1000)	TK (1000)	Yen (1000)	TK (1000)	TK (1000)	TK (1000)
Route Survey															2,721	2,721
Land purchasing and compensation of right-of-way															3,070	3,070
Stringing tools and vehicles													142,884	10,743		10,743
Import duties and transportation fee to site for above															3,223	3,223
Equipment of T/L	445,000	33,459		33,459	445,000	33,459		33,459	444,732	33,436		33,436	1,779,732	133,814		133,814
Import duties and transportation fee to site for above			10,036	10,036			10,036	10,036			10,036	10,036			40,144	40,144
Construction work for T/L			28,350	28,350			28,350	28,350			28,350	28,350			113,400	113,400
Bheramara SS equipments													157,600	11,850		11,850
Import duties and transportation fee to site for above															3,554	3,554
Faridpur SS equipments													323,896	24,353		25,775
Import duties and transportation fee to site for above															7,307	7,307
Madaripur SS equipments					342,802	25,775		25,775					342,802	25,775		35,775
Import duties and transportation fee to site for above							7,731	7,731							7,731	7,731
Barisal SS equipments					70,000	5,263		5,263					70,000	5,263		5,263
Import duties and transportation fee to site for above							1,579	1,579							1,579	1,579
Bheramara SS construction work			628	628											628	628
Faridpur SS construction work			4,335	4,335											4,335	4,335
Madaripur SS construction work											5,653	5,653			5,653	5,653
Barisal SS construction work											70	70			70	70
Construction cost for buildings			4,860	4,860							4,860	4,860			9,720	9,720
Total direct cost for construction	445,000	33,459	48,209	81,668	857,802	64,497	47,696	112,193	444,732	33,436	48,969	82,405	2,816,914	211,798	203,135	414,933
Field establishment and overhead expenses			3,375	3,375			3,339	3,339			3,428	3,428			14,219	14,219
Physical contingency	44,500	3,346	4,821	8,167	85,780	6,450	4,770	11,220	44,473	3,344	4,897	8,241	281,691	21,180	20,314	41,494
Price contingency			4,339	4,339			8,972	8,972			14,447	14,447			27,758	27,758
Engineering fee	111,860	4,651	892	5,543	61,860	4,651	892	5,543	61,860	4,651	892	5,543	319,840	24,048	5,352	29,400
Training fee	13,100	985		985									20,700	1,556		1,556
Total indirect cost for construction	119,460	8,982	13,427	22,409	147,640	11,101	17,973	29,074	106,333	7,995	23,664	31,659	622,231	46,784	67,643	114,427
Sub-total	564,460	42,441	61,636	104,077	1,005,442	75,598	65,669	141,267	551,065	41,431	72,633	114,064	3,439,145	258,582	270,773	529,360
Sun up of loan till previous year	(1,318,178)	(99,111)	(70,840)	(169,951)	1,882,638)	(141,552)	(132,476)	(274,028)	(2,888,080)	(217,150)	(198,145)	(415,295)				
Interest during construction			6,727	6,727			10,390	10,390			15,811	15,811			33,703	33,703
Grand total	564,460	42,441	68,363	110,804	1,005,442	75,598	76,059	151,657	551,065	41,431	88,444	129,875	3,439,145	258,582	304,481	563,063

149