

3.4 需要予測

3.4.1 需要予測の基本的考え方

1983年度にピンカシム火力発電所1, 2号機が運転され、K E S Cの供給力は大きく改善されたが、その後、年と共に需給の余力は減少してきており、近い将来の実際の需要は、既設及び現在建設中の電源設備による最大電源容量により規制されるであろう。

前述のとおり、過去のK E S Cの需給記録によると、新電源が運転されると、需要が急激に上昇しており、それを抑えられていたものを補い、長期的には、平均増加率がある適当な値に収まっている。

この傾向は、K E S Cの系統が需要増加に円滑に対応できるような十分な電源を備えるまで、今後も続くものと考え。それ故、K E S Cの電源計画のための需要想定に当っては、長期的観点に立ち、年度によっては電源容量不足による制限があるとしてもこれを無視し、需要は均等に増加すると仮定し算定する方式が適切と考える。

WAPDAに対し、K E S Cは従来同様、電源に余裕があるときのみ、送電すると考えるが、送電量及び送電時期は不安定であり予測は非常に困難である。従ってこの需要予測ではWAPDA関連のものは含まないこととする。

3.4.2 販売電力量の予測

販売電力量の過去の記録によると、WAPDA分を除いた年平均増加率は、1979年度～1986年度で8.9%、1980年度～1986年度で10.8%である。1983年度にピンカシム発電所1, 2号機が運転し、負荷制限の全くなかった1984年度から1986年度間の平均増加率は11.3%を示している。(Table 1.3-(2) 参照)

1990年代も、電力需給状況が1980年代と大きな変りはないものと予想され、過去の伸び率からみて、販売電力量の将来10年間の年平均増加率は、最大11%、最小9%の範囲に入るものと考え。

3.4.3 最大電力予測

3.1.2項(3)に述べたとおり、系統損失は少しずつ減少してゆく見通しである。最大電力の予測に当り、全損失は今後10年間に亘り、年平均0.5%ずつ減少(1986年:23.4% → 1996年:18.4%)するものとし、一方負荷率は1986年の値(63%)と同水準を維持するものとする。

以上の想定及び前項3.4.2の販売電力量予測に基づき、最大電力は年平均増加率、最高10.5%(11%-0.5%)、最低8.5%(9%-0.5%)と予測される。

3.4.4 K E S Cの予測値への評価

K E S Cによる販売電力量及び最大電力の予測は Table 3.11に示すとおりである。これは Electrowatt 及び Fichtner による1982年のK E S Cの発電及び送電系統に関するF/S調査結果とその見直しに基づき算定したもので、概要は次のとおりである。

	販売電力量		最大電力	
	GWh	年平均増加率 (%)	MW	年平均増加率 (%)
1985 (実記録)	3,589	> 10.5	872	> 10.4
1990	5,910	> 8.7	1,429	> 8.5
1994	8,244		1,981	> 7.3
1997	—		2,449	
全体	$\left(\begin{smallmatrix} 1985 \\ 5 \\ 1994 \end{smallmatrix}\right)$	9.7%	$\left(\begin{smallmatrix} 1985 \\ 5 \\ 1997 \end{smallmatrix}\right)$	9.0%

前項 3.4.2及び 3.4.3の予測範囲とK E S Cの予測値の比較は Fig. 3.4 (販売電力量) 及び Fig. 3.5 (最大電力) に示すとおりである。

販売電力量による、K E S Cの予測値は、調査団の予測範囲のほぼ中央値にあり、よく一致している。

一方、K E S Cの最大電力予測値は、将来10年間の後半で、低めの伸び率をとっているが、調査団の予測範囲には入っている。

需給の非常に厳しい状況及び電源開発計画が全体的に遅れ勝ちな傾向からみて、最大電力に関するK E S Cの予測値は現実的であり、適切なものと判断する。

Table 3.11 KESC's Forecast for Sales Energy and Peak Demand

Year	Sales (GWh)	Peak demand (MW)	
1985	(3,589)	(872)	(Actual)
86	4,074	991	
87	4,489	1,086	
88	4,920	1,190	
89	5,392	1,304	
1990	5,910	1,429	
91	6,477	1,558	
92	7,099	1,698	
93	7,667	1,834	
94	8,244	1,981	
95		2,139	
96		2,289	
1997		2,449	

Fig. 3.4 Sales Energy Forecast (Gwh)

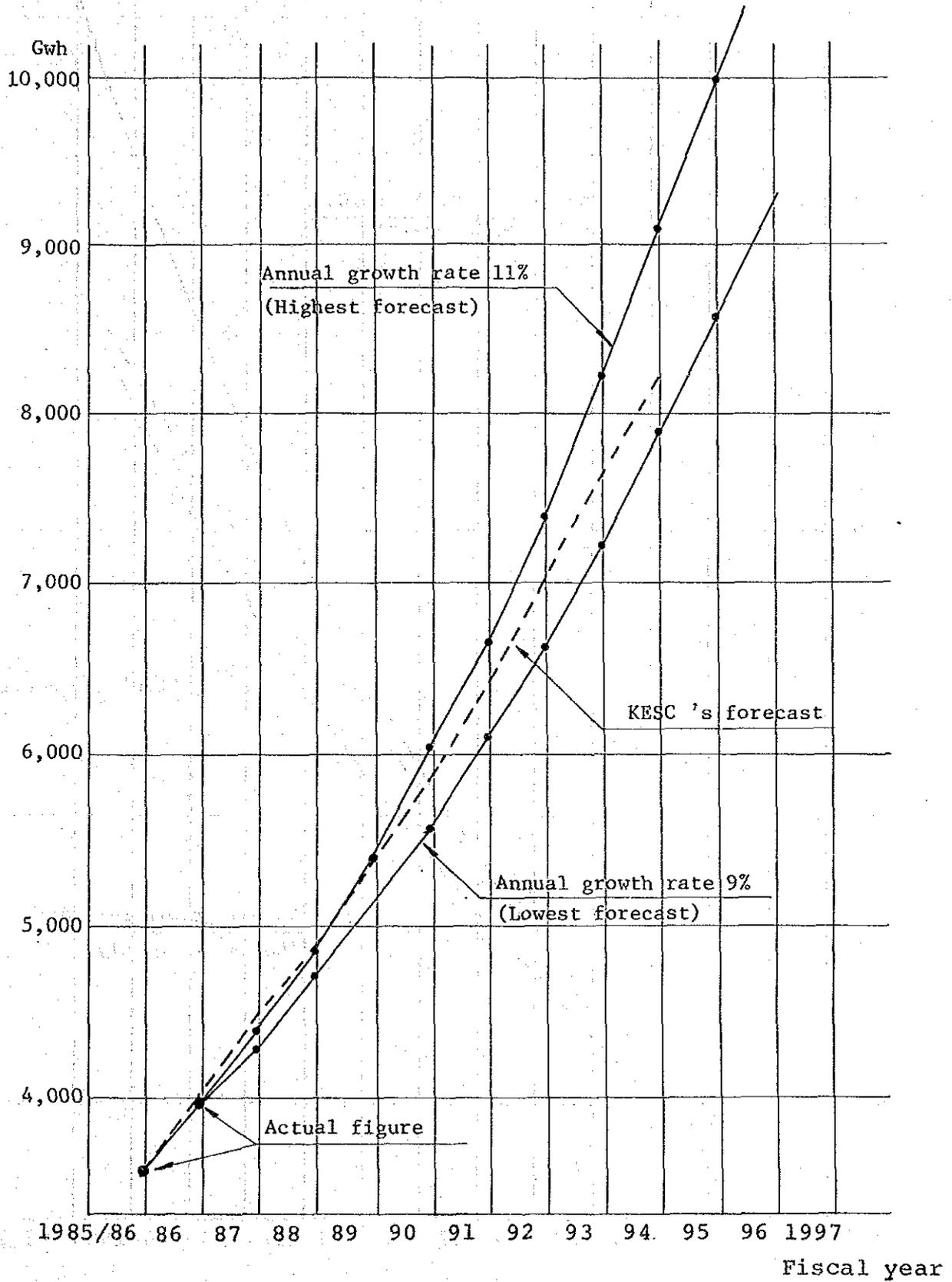
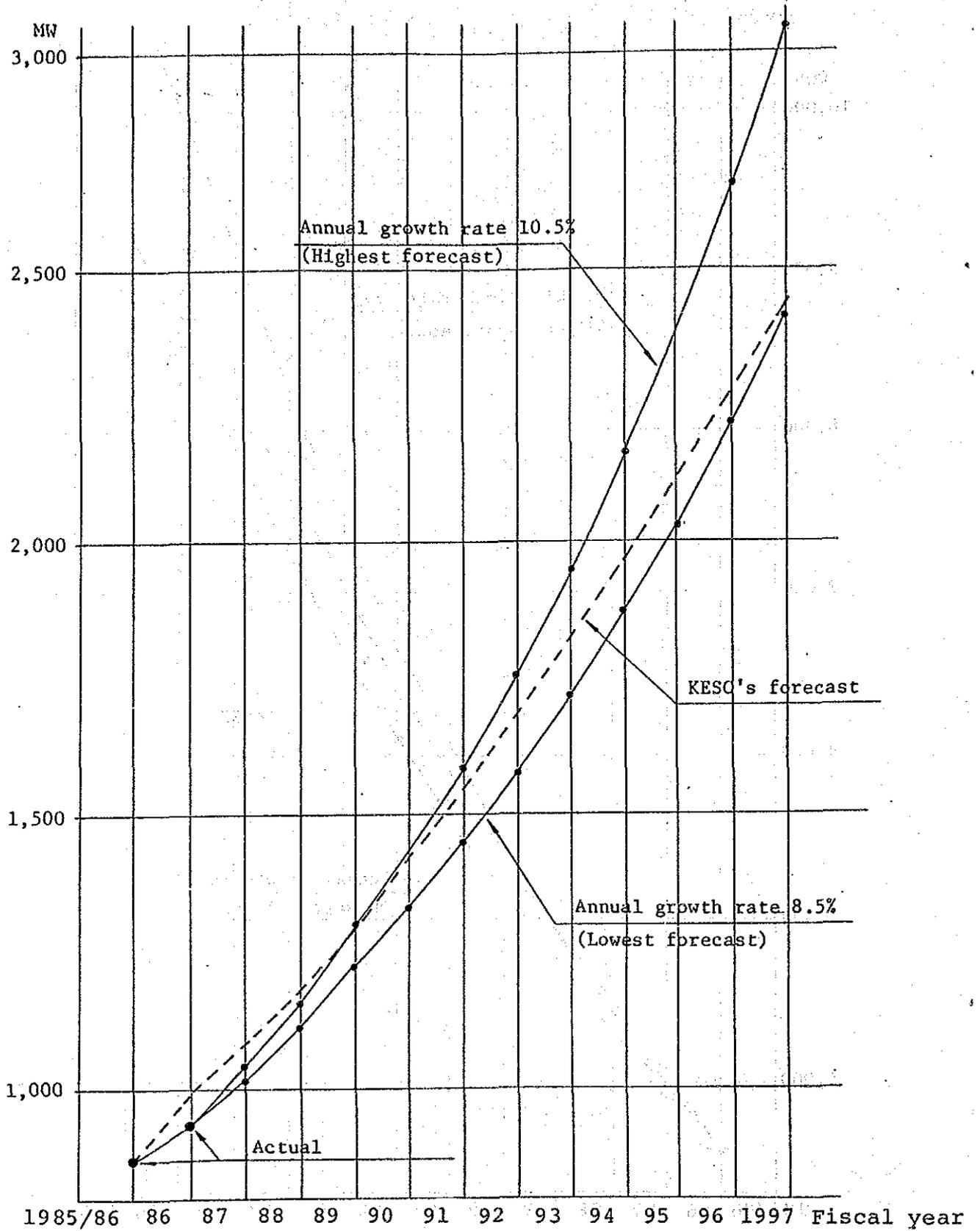


Fig. 3.5 Peak Demand Forecast (MW)



第4章 電 源 開 発 計 画

4.1 電源開発計画

ビンカシム火力発電所 (Bin Qasim P.P.) 3号機及び4号機 (各 210MW) の増設工事が現在進行中であり、当初各1989年6月及び10月に竣工予定であったが、現在の進捗状況から見て、3号機は1989年10月、4号機は1990年2月頃に運転開始になるものと予想される。

ビンカシム火力発電所5号機 (210MW) は近く契約の見通しであり、1991年6月に運転開始の予定である。

ウエストワフ火力発電所の更新 (200MW機2基新設) 及びビンカシム火力発電所6号機増設が5号機に引続き進められることになるが、1990年代前半に予想される厳しい電力需給状況からみて、これらの電源開発は出来るだけ早急に進めなければならない。

一方、系統運用の点から見て、ウエストワフ火力発電所はビンカシム火力発電所と比べて位置的に優れている。ウエストワフ火力発電所がないと、K E S C の供給区域からみて、電源が東側に片寄りすぎることになり、系統運用上好ましくない。ウエストワフ火力発電所は西側に位置し、ビンカシム火力発電所と協調して、K E S C 電力系統を適切に運用することが出来る。

このため、ウエストワフ火力発電所1,2号機を優先的に建設することが望まれる。

しかし、ウエストワフ火力発電所の既設 " B X " 発電設備の早期廃止が難かしいため、ビンカシム火力発電所5号機運転開始後の電源開発順序は次のとおりとなるであろう。

順位	プロジェクト名	運転開始予定
1	ウエストワフ火力発電所 1号機 (200MW)	1992年10月
2	ビンカシム火力発電所 6号機 (210MW)	1993年10月
3	ウエストワフ火力発電所 2号機 (200MW)	1994年10月

但し、ウエストワフ火力発電所既設 " B X " 発電設備は、Baldia 変電所からウエストワフ火力発電所までの 220kV送電線が竣工する予定の1992年1月に廃止できるものとする。

4.2 需給バランス

前述(4.1)の電源開発計画及び最大電力予測値に基づいた需給バランスは Table 4.1 及び Fig. 4.1に示すとおりである。

これら表及び図に示すとおり、電源開発計画が予定通り進んだとしても需給状況は非

常に厳しい情勢にある。特にビンカシム3,4号機が運転される迄の1988、1989年度には、1980年代初めに経験したような対応策、即ちピーク時に於ける負荷制限、負荷の軽負荷時間帯への移行、或いは新規需要の抑制などが必要となろう。

また、最大容量機(200MW級)停止時の供給力を考慮すると、電力需要予測値に対する供給力が不足する状況となる。

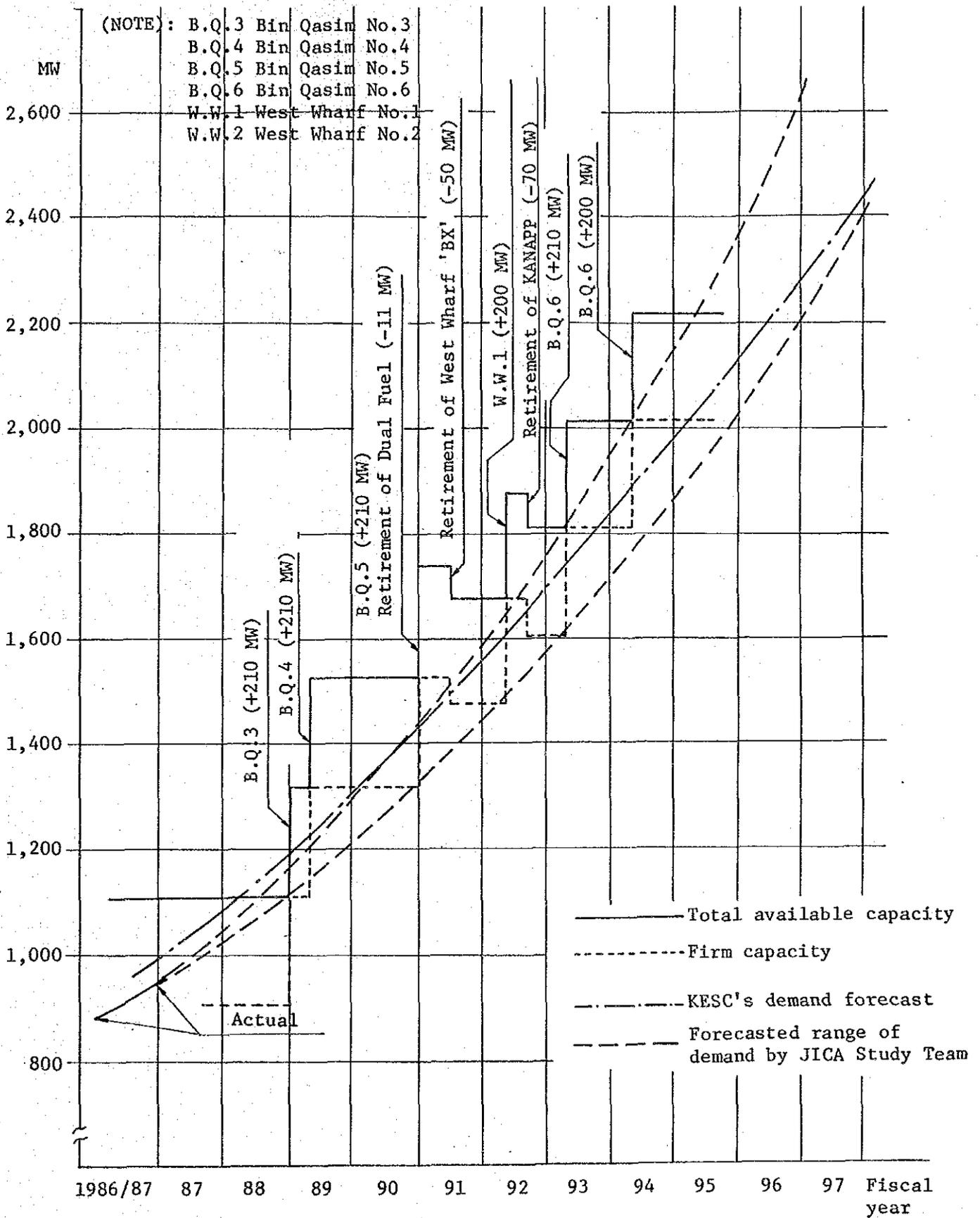
ウエスト・フーフ発電所2基目が運転開始される1994年度以降に於ても、KESCは需要増に対応して新規電源の開発を進めなければならない。

Table 4.1 Balance between Demand and Supply

Year	KESC generation		Import KANAPP & PASMIC (MW)	Total available capacity (MW)	Reserve capacity (MW)	Firm capacity (MW)	Peak demand excluding WAPDA (MW)	Balance of demand and supply (Firm cap.) (MW)	Remarks
	Installed capacity (MW)	Actual capacity (MW)							
1	2	3	4	5(3+4)	6	7(5-6)	8	9(7-8)	
"Actual" 1986	1,108	1,039	70	1,109	200	909	945	(-) 36	(-) West Wharf: 'B' * (30/24 MW) retirement
87	1,108	1,039	70	1,109	200	909	1,086	(-) 177	
88	1,108	1,039	70	1,109	200	909	1,190	(-) 281	
89	1,528	1,459	70	1,529	200	1,329	1,304	(+) 25	(+) Bin Qasim: Units 3 & 4 (210 MW x 2)
90	1,723	1,658	70	1,728	200	1,528	1,429	(+) 99	(+) Bin Qasim: Unit 5 (210 MW) (-) Dual Fuel: *(15/11 MW) retirement
91	1,657	1,608	70	1,678	200	1,478	1,558	(-) 80	(-) West Wharf: 'BX' * (66/50 MW) retirement
92	1,857	1,808	-	1,808	200	1,608	1,698	(-) 90	(+) West Wharf: Unit 1 (200 MW) (-) KANAPP: (70 MW) retirement
93	2,057	2,018	-	2,018	200	1,818	1,834	(-) 16	(+) Bin Qasim: Unit 6 (210 MW)
94	2,257	2,218	-	2,218	200	2,018	1,981	(+) 37	(+) West Wharf: Unit 2 (200 MW)
95	2,257	2,218	-	2,218	200	2,018	2,139	(-) 121	
96	2,257	2,218	-	2,218	200	2,018	2,289	(-) 271	
1997	2,257	2,218	-	2,218	200	2,018	2,449	(-) 431	

* (Installed capacity/Actual capacity)

Fig. 4.1 Balance of Demand and Supply



第5章 最適案決定の為の代替案の立案と比較検討

5.1 基本構想

本計画における最適開発案策定の基本的な構想として、従来の開発プロジェクトと違い、発電所の再開発であることに留意した。

すなわち、既設小容量発電設備を新鋭大容量火力発電設備に更新するため、建設用地の制限、既設設備との係わり、建設のための諸条件等を明確にし、それに適応できる開発計画の策定を行うこととした。

開発案は、いくつかの代替案を立案し、それらの経済比較検討を実施し、更に、技術的判断要素を加味して最適案を選定する。

5.2 発電設備容量，機種，台数の選定

5.2.1 主要検討事項

ウエストワフ火力発電所開発計画では既設発電設備を撤去して200～400MW容量の新鋭発電設備を建設するのが目的であるが、発電設備容量，機種，台数を決定するため、下記事項を検討した。

- (1) 建設用地（約 37,000m²と狭隘である）
- (2) 冷却水の確保。
- (3) 燃料安定供給
- (4) 環境へのインパクト

これらの事項についての調査検討結果を以下に記載する。

(1) 建設用地

本プロジェクトに利用できる用地は、既設ウエストワフ火力発電所の跡地のみで他に利用できるものはない。

既設発電所の敷地はほぼ長方形で、各辺の長さが約 120×310mであり、極めて狭隘である。しかし、燃料貯蔵設備は隣接したカルテックス (CALTEX) に依存でき、また地形がほぼ長方形であるため発電所の配置を工夫することによって、200MW級発電設備2基を設置することが可能であることが判明した。

この過程で、予備設計として発電設備200～400MWを想定し、いくつかの配置計画を実施したが、2基設置の場合は、200MW機，単機設置の場合は 350MW機程度の設置が可能であることが判った。

(2) 冷却水の確保

冷却水取水は、発電所東側に隣接したカラチ港湾局 (Karachi Port Trust…KPT) の敷地内に埋設されている既存の冷却水路を利用することで計画した。この理由は、KPTの敷地内に新水路を建設することはKPTの活動を阻害し、埠頭の改造、水路が埠頭を東西に横切るなど、施工上高度な技術を要し、多大な困難が予想されるためである。したがって、既存の冷却水路の容量を検討し、設置可能な発電設備の機種、容量を検討した。

既設の水路は、1.5mφコンクリートパイプ3条と3m×3m角コンクリートカルバート1連がある。

このうち、1.5mφコンクリートパイプ3条は現在使用中であり、3台の循環水ポンプで“BX”発電所への冷却水をカラチ湾より取水している。

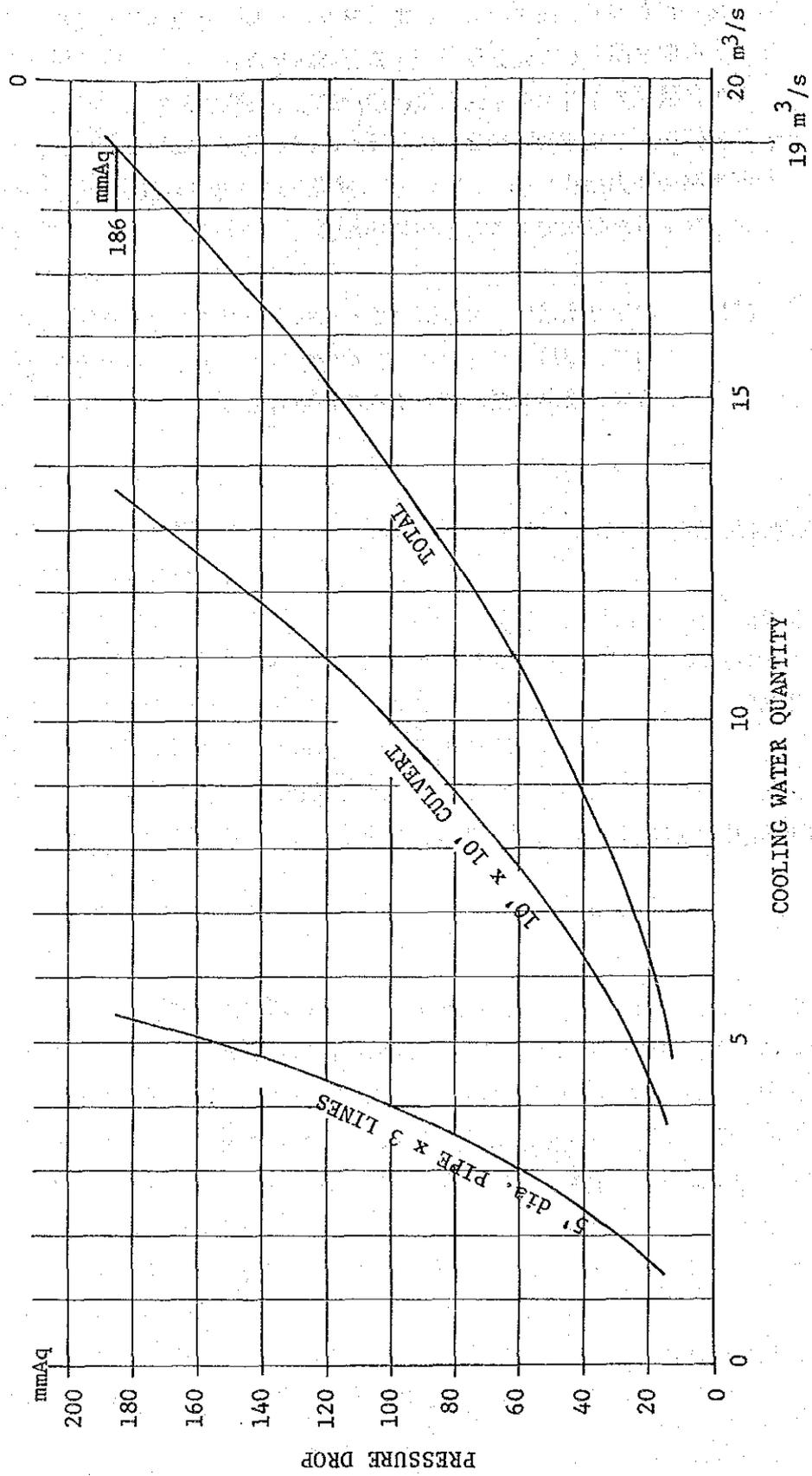
3m×3m角コンクリートカルバートはKESCが将来の増設計画を見込んで建設してあったもので、発電所近くにあるマンホールより点検した結果では、本プロジェクトの取水路として充分使用できると判断された。

この2種類の冷却水取水路容量の検討結果を Fig. 5.2-1に示す。

この結果により 200MW機2基に必要な冷却水量を $19\text{m}^3/\text{sec}$ ^{註1}と仮定して算出した取水路の圧力損失は約 186mm水柱と妥当な値であり、200MW機2基の冷却水として十分な水量が確保できることが判った。

註1. この冷却水量は、復水器による冷却水の温度上昇を7℃に仮定して算出しており、環境へのインパクトを考慮して、より高い温度上昇を許容できるならば、冷却水量を減少することができる。

Fig. 5.2-1 EXISTING COOLING WATER INTAKE LINES CAPACITY



(3) 燃料の安定供給

ウエストワープ火力発電所に隣接して存在するカルテックス (CALTEX) の石油基地には、既設として 19,689kℓ の貯油タンク 1 基と 6,351kℓ のものが 1 基あり、この等の貯油タンクを K E S C のために使用することが CALTEX と K E S C との間で合意された。

また、この石油基地は東埠頭 (Keamari) 地区にある CALTEX の大石油基地よりパイプラインで直接結ばれており、約 120m³/h の送油能力を有している。

200MW機 2 基の場合、全負荷運転での燃料油消費量は約 100m³/h であり、一応十分な送油能力を有すると判断できる。しかし、本貯油設備及び輸送設備については、送油パイプラインの強化策等燃料の安定供給についての検討が必要である。

補助燃料としては、現在、本サイトに天然ガスの供給ラインが来ている。現在の供給量は 10MMCFD (10×10⁶ ft³/day) であり、200MW発電設備の補助燃料 (起動および低負荷用燃料) として充分である。

ただし、この供給量は、天然ガスを主燃料としたコンバインド・サイクル設備には不十分な量である。

現在、国からの K E S C への天然ガスの割当量は 74×10⁶ ft³/day である。天然ガスは既開発ガス田のガス圧が減少し始めてきているとも言われ、政府としては、新規天然ガス焼き発電所の認可を認めない方針であり K E S C への割当量が増える可能性は極めて少く、ガス焼きコンバインドサイクルは実現できないことが判明した。

(4) 環境へのインパクト

ウエストワープ地区 200MW～400MW容量の発電設備を建設した場合の環境へのインパクトを検討した。

火力発電所設備が周辺の環境に与えるインパクトとして排煙、排水等が考えられるが、本計画では使用燃料中に含まれるS分(3.5%)が高いことから、硫黄酸化物の影響について検討を進めた。

硫黄酸化物の最大着地濃度については目標値 0.04ppm(1時間値、日本環境基準値)と定め、必要煙突高さをコンピューター解析により行い、200MW発電設備2基の設置に支障がないかについて検討した。

その結果、煙突高さ 140mで上記規制値を満足することが判った。

5.2.2 代替案の経済比較

経済検討は、各案について純現在価値 (NPV) 法により、割引率 (Discount Rate) に対する純現在価値を算出し、最も大きいものを選び、更に、政策的、技術的要因を加味して最適開発案を選定することとした。

検討案は、前節 (5.2.1) 主要検討事項における結果を反映し、次の4案を策定した。

第1案：200MW油焚き火力発電設備2基

敷地の制限から、この敷地に設置出来る最大容量発電設備は、200MW級2基である。又、同型機2基を設置することは建設単価も安く、プラント運用上も好しいことから 200MW機2基を第1案とした。

第2案：300MW油焚き火力発電設備1基

大容量機はコストパフォーマンス (Scale merit) の点で有利であり、300MW機1基を第2案とした。

第3案：300MWコンバインド・サイクル設備1基

コンバインドサイクル設備は、その効率が高いこと、また、本プロジェクトの予備設計の段階で 90MWのコンバインドサイクルと、200MW油焚き火力発電設備との組合せ案が候補に上ったので、これらの案を代表するものとして、第3案とした。

第4案：200MW油焚き火力発電設備1基

この案は単に比較検討用であり、第1案との経済比較のために選定した。

上記4案を検討の結果、第1案と第2案が経済比較では有利であった。

しかし、第2案は大容量機1基のため、定検または予定外等で停止することを考えると、電力系統運用上好ましくなく推奨できない。

また、第3案は経済的にメリットがないこと、並びに、次の理由で不採用とした。パキスタン政府の現在の方針では、天然ガスは民生用および工業用へ優先的に割当てられた発電用としては使用しない。

現在KE SC全体への天然ガスの割当量は、74MMCFDであり、そのうち 10MMCFDがウエスト・ワープに引当てられている。この量は計画したコンバインドサイクル設備に対して不足である。

また、コンバインドサイクルと通常火力を組合せた設備では、ガスタービン、排熱回収ボイラー、容量の異なる蒸気タービン等、種々の設備が混在するプラントとなり、運転・保守が複雑となり推奨できない。

以上の検討結果、第1案である 200MW火力発電設備2基を最適案として選定した。

参考：経済検討の算定条件を Table 5.2-1 に、その結果を Fig. 5.2-2 に示し、その説明を以下に記載する。

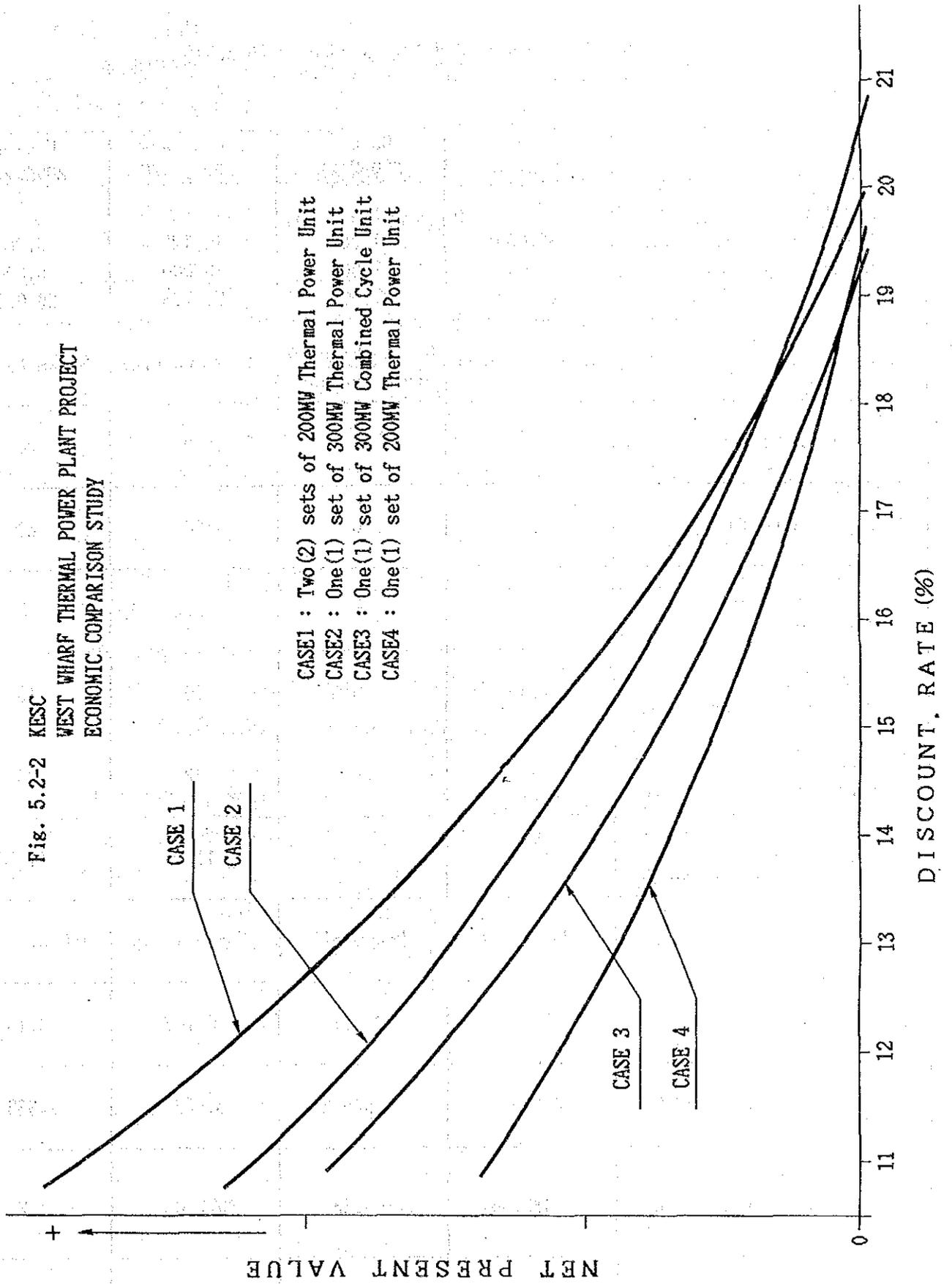
(1) 各案の内部収益率 (IRR 純現在価値が0となる割引率) の順位は、第2案、第1案、第3案、第4案の順序であるが、割引率 12%近辺では第1案、第2案、第3案、第4案の順であり、第1案 (200MW火力発電設備2基案) が最も優位である。

(注：KESCと調査団の協議によりパキスタンに於ける資本機会費用は 11%とした。)

(2) コンバインドサイクル設備は効率が良い (発電端で約 42%) にも拘らず、あまり経済的でない。

これは、燃料 (天然ガス) の価格が高く設定されているためである。

Fig. 5.2-2 KESC
 WEST WHARF THERMAL POWER PLANT PROJECT
 ECONOMIC COMPARISON STUDY



CASE1 : Two (2) sets of 200MW Thermal Power Unit
 CASE2 : One (1) set of 300MW Thermal Power Unit
 CASE3 : One (1) set of 300MW Combined Cycle Unit
 CASE4 : One (1) set of 200MW Thermal Power Unit

Table 5.2-1 ECONOMIC COMPARISON ASSUMPTION BASIS

	Case 1 200MW×2	Case 2 300MW×1	Case 3 300MW C/C	Case 4 200MW×1
1. Construction cost×10 ⁶ ¥				
Power plant equipments	30,000	21,000	19,125	15,000
Civil & erection	10,000	7,500	10,000	5,000
Total	40,000	27,500	29,125	20,000
2. Prime mover	Steam turbines	Gas turbines & steam turbines	Steam turbine	Steam turbine
3. Service life years	20	20	20	20
4. Annal plant factor	60	60	60	60
5. Auxiliary power consumption %	5	5	2.5	5
6. Transmission & distribution loss %	16	16	16	16
7. Thermal efficiency generator end %	38	38	42	38
8. Selling rate ¥/kwh	11.25	11.25	11.25	11.25
9. Type of fuel	Heavy oil	Heavy oil	Natural gas	Heavy oil
10. Fuel cost Rs/1000kcal	0.131	0.131	0.162	0.131
11. Annal fuel cost×10 ⁶ ¥	4,673.6	3,505.2	3,922.8	2,336.8
12. Annal expenditure Operating & maintenance fee, etc.	3,482.36	2,709.23	3079.05	1,872.3
13. IRR %	19.79	20.45	19.18	19.37

5.3 開発手順

最適開発案は 200MW 油焚き火力発電設備 2 基を選定したが、開発手順は下記のち 2 案について検討した。

<A 案>

"BX" 発電設備を稼働したまま、200MW 油焚き火力発電設備 1 基を建設する。
1 号機運開後 "BX" 発電設備を廃止、撤去し、その跡地に同容量の 2 号機を建設する。

A 案の留意事項

- (1) 1 号機の建設工事は "BX" 発電設備を運転したまま実施する。
- (2) しかし、1 号機の建設工事は "BX" 発電設備の稼働に影響を与えず、制約のある敷地内で実施する必要がある。
- (3) 新発電所の冷却水放水路は、既設放水路が使用中であり、別ルートに建設する必要がある。この場合放水口も新しい場所に建設する必要がある。

<B 案>

"BX" 発電設備を廃止、撤去し、200MW 油焚き火力発電設備 2 基を同時に着工建設する。

B 案の留意事項

- (1) ウエストワープ地区に外部から代替電源を確保し、1989 年末頃までに "BX" 発電設備を停止する必要がある。

以上 2 案の開発案について検討の結果、"BX" 発電設備を停止するには、外部からの電力供給が必要であり、ウエストワープ地域に関連する電力システムの強化が必要であるが、KESC の電力システムの現状では早期な対策をとることが困難であり "BX" 発電設備を停止することが困難であると判断されたため、"BX" 発電設備の運転をしたまま 1 号機を建設する A 案で本計画調査を進めた。

5.4 冷却水路

(1) 取水路の検討

現存する既設の復水器冷却取水路は、1.5mφ(コンクリートパイプ)、延長 200m×3条および3m×3m角(ボックスカルバート)、延長 155m×1連である。このうち、コンクリートパイプは現在"BX"発電設備用に使用されている。

また、ボックスカルバートは将来の増設にそなえて1970年ごろ建設されたもので、両端盲蓋が取付けてあり現在まで使用されていない。これらの取水路は、パキスタン国唯一の国際貿易港であるカラチ港に面し、発電所東側に隣接するカラチ港湾局(税関)の岸壁に設けられた2ヶ所の取水口からおのおの別ルートで税関敷地の地下を通過して、発電所敷地に至っている。この岸壁は、10,000DWT級の船舶が停泊できる能力を持っている。

税関敷地全体は、積荷の集積値となっており鉄道の引き込み用の線路も敷設されている。

このような現状のもとに、新設発電設備の復水器冷却取水路を計画するに際して、まず考えられるのは、現存する取水路設備の有効利用である。このうち、構内の取水路設備(ポンプ室および取水路等)は新設発電設備の全体レイアウトが大幅に変わるため有効活用は不可能であるが、構外の取水路部分については有効活用できる可能性がある。構外部分の既設取水路が、新設発電設備の取水路として有効利用できるか否かは、下記の条件を満たしているかによる。

- ① 最適開発全体計画との整合性が計られていること。
- ② 十分な通水能力を有していること。
- ③ 取水路設備の劣化の程度は、著しくなく、今後とも相当の期間に亘って使用が可能であること。

以下に、これらの検討を行う。

a. 最適開発全体計画との整合性の検討

本プロジェクトの最適開発計画案は、まず、"BX"発電設備を稼働させながら"BX"発電設備の南側に1号機(200MW)を新設し、"BX"発電設備を廃止後、2号機(200MW)を新設する計画となっている。そこで全体計画案との整合をはかるため、次のような取水路の開発手順が考えられる。

- ① "BX"発電設備は現状の通り、コンクリートパイプ 1.5mφ×3条から取水し、新設1号機用の取水路は、既設のボックスカルバート 3m×3m角×1連の取水路を単独で利用しながら、それ以後の冷却水取水ポンプ室と取水路のみ新設する。

② 2号機建設時点には、既設"BX"発電設備用冷却水取水ポンプ室までの取水路をそのまま有効利用することにし、ポンプ室ならびにポンプ室以後の取水路を撤去し、新たに新設2号機用のポンプ室ならびに取水路を新設する。なお、この際、通水断面積の異なる既設の2系統の水路（コンクリートパイプとボックスカルバート）を流れる流量を均等化する目的で連絡水路を設ける。

以上の1, 2号機完成時点でのサイト計画図を Fig. A・1 に示す。これにより既設の取水路を最大限に有効利用しながら最適開発全体計画にそった取水路計画が可能である。

b. 通水能力の検討

既設の取水路の通水能力について検討する。検討結果を Table 5.4.1 に示す。これによれば、現状（"BX"発電設備のみの稼働時）でのコンクリートパイプ内の平均流速は 2.1m/sec に対して、新設1号機完成時点でのボックスカルバート内の平均流速は 1.2m/sec、さらに、新設2号機完成時点における最大平均流速はボックスカルバートで 1.7m/sec となり、いずれの時点においても、現状"BX"発電設備稼働時の流速より小さくなることがわかる。また、これにともない損失水頭も小さくなることが示されている。

以上から既設の取水路（コンクリートパイプおよびボックスカルバート）は、将来の2号機建設まで対応しうる十分な通水能力を有していると言える。

Table 5.4-1 取水路の通水能力の検討結果一覧表

	現 状 "BX発電設備"	1号機 (200MW) 建 設 時 点	2号機 (200MW) 建設 時点 (1, 2号機 計 400MW対応)
利 用 水 路	既設コンクリートパイプ 1.5mφ×3条	既設ボックスカルバート 3m×3m角×1連	既設コンクリートパイプ 1.5mφ×3条 既設ボックスカルバート 3m×3m角×1連
所要冷却水量 [m ³ /sec]	4.2m ³ /sec/unit ×2units =8.4m ³ /sec	9.5m ³ /sec/unit ×1unit =9.5m ³ /sec	9.5m ³ /sec/unit ×2units =19.0m ³ /set
全有効通水断面積 [m ²] (貝代10cm考慮)	4.0m ²	7.8m ²	11.8m ²
平 均 流 速 [m/sec]	2.1m/sec	1.2m/sec	コンクリートパイプ 1.4m/sec ボックスカルバート 1.7m/sec
損 失 水 頭 [m]	0.864m	0.120m	コンクリートパイプ 0.186m ボックスカルバート 0.185m

c. 既設取水路の健全度の検討

今回、現地において既設コンクリート構造物の目視による健全度調査を実施した。このうち、既設の取水路の健全度については、対象とする取水路の大部分が地下埋設されていることと、現在通水稼働中（コンクリートパイプ）、または、両端に盲蓋がある（ボックスカルバート）などの制約があり、直接その健全度を把握することはできなかったが、構内の他の構造物や取水口のうち地表に露出したコンクリートの外観は、ほぼ良好な健全度を示しており、著しい劣化はほとんどみられなかった。このことから類推すると、既設の水路も同等の健全度を有しているものと推察され、今後とも数10年間にわたり水路として十分に活用できると判断される。

しかし、既設取水路は建設されてから20～30年の年月が経過していることと、今回の調査では種々の制約があり、直接健全度を調べることはできなかったことを勘案すると、現時点では、既設水路の清掃費や損傷、劣化箇所の補修費をある程度見込んでおく必要がある。

以上から、取水路のうち、構外部分については既設の取水路（コンクリートパイプおよびボックスカルバート）を新設 200MW 2 基の取水路として有効活用することは可能であると判断される。一方、構外部分についても新設する案については、既設取水路を有効活用する案に比べ、明らかに経済的に不利であるばかりではなく、カラチ港湾局敷地内での新設工事は港湾局の荷役機能を著しく阻害し、許可されない可能性が高く現実的な案とはいえない。すなわち、本開発計画は構外部分に関する限り、既設の水路を有効活用することがほとんど前提となっている。

以上から、本開発計画の取水路は、構外部分については既設の取水路を有効活用し、構内部分のみ新設する計画とする。

(2) 放水路の検討

既設放水路の現況は、本館建屋から発電所西側の Dockyard Road を横断し、カラチ造船所 (Karachi Shipyard) の敷地の地下を通過し、同造船所の係船岸壁に設けられた放水口に至っている。すなわち、本発電所の冷却取放水路は西埠頭の東側から取水して、西側に放水することによって、温排水の再循環に対して、設計上配慮する必要がないという、地形的利点を生かした理想的なレイアウトとなっている。

既設の放水路は、発電所構内よりカラチ造船所構内に設けられた合流ます (Weir Chamber) までは 1.5mφ×2 条および 1.2mφ×2 条の各コンクリート製パイプからなっており、合流ますから放水口までは 1.8mφ×2 条のコンクリート製パイプとなっている。

放水口が設置されている係船岸壁は鋼矢板式構造であり、放水口上には 30t ガントリークレーンのレールが敷設されている。放水口は造船所ドライドックの入口に隣接した位置にあり、放水口前面海域はカラチ造船所の泊地および船舶の航路となっている。

このような現況を踏まえ、新設発電設備の復水器冷却放水路の計画を以下に行う。

a. 既設放水路の有効利用の可能性検討

i) 既設放水路

開発計画案との整合を計りながら、既設放水路を極力有効に活用するには、次の 2 案が考えられる。

- ① "BX" 発電設備の運転中、既設放水路を流水稼働状態のままで既設の水路に合流ますを設け、新規開発号機の放水路を接続する案。

② 220kV 送電線が完成し、受電後、“BX”発電設備の停止・撤去開始から運
開までの約5ヶ月間に合流ますと合流ますまでの新規放水路の設置工事を行う
案。

① 案の場合、カラチ造船所構内に設けられた既設の合流ます (Weir Chamber)
を何らかの方法で改造するほかはないが、既設水路を稼働状態のまま、この
Weir Chamber を改造すること自体がきわめて困難である。その上、既設 Weir
Chamber までの水路用地はカラチ造船所構内の工場建屋とアセチレンガス会社の
境界ブロックベいにはさまれた幅約 17.4mの極めて狭隘な用地にあり、この限ら
れた用地の幅の中で、運転稼働中の既設水路に悪影響を及ぼさないよう新設発電
設備の放水路を新設することはきわめて困難である。以上から、既設水路を活用
するには ① 案は現実的ではなく、“BX”発電設備停止後、合流ますの設置工
事を行う ② 案について以下に検討する。

② 案の場合、新しい合流ますを設ける位置としては Fig. 5.4-1 にます A,
B, C の3ケースが考えられ、それぞれ利用できる既設水路の延長が異なる。そ
こで、各ケースごとに各区間における既設水路内の流速を算出し、結果を Table
5.4-2 に示す。

これによれば、A, B, C いずれの位置にあっても新設 1, 2号機用全冷却水
量を放流した場合には、放水路内の流速は 3.0m/sec以上と相当早くなるため、
事実上、既設水路を新設 1, 2号機用共用水路として利用するには無理がある。

Table 5.4-2 合流ますの位置と既設放水路内流速

項目	新設合流ますの位置 の位置 対応基数	新規開発計画		
		A案	B案	C案
利用水路	新ます ～既ます	1基 2基	1基 2基	1基 2基
	既ます ～放水口	1.5mφ×2条	1.5mφ×2条	—
全有効 断面積 (m ²)	新ます ～既ます	3.53m ²	5.80m ²	—
	既ます ～放水口	5.09m ²	5.09m ²	5.09m ²
流速 (m/sec)	新ます ～既ます	9.5 m ³ /sec	9.5 m ³ /sec	9.5 m ³ /sec
	既ます ～放水口	2.7 m/sec	1.6 m/sec	— m/sec
使用水量(m ³ /sec)	新ます ～既ます	5.4 m ³ /sec	3.3 m ³ /sec	— m ³ /sec
	既ます ～放水口	1.9 m ³ /sec	3.7 m ³ /sec	1.9 m ³ /sec

新ます：新設合流ます

既ます：既設合流ます

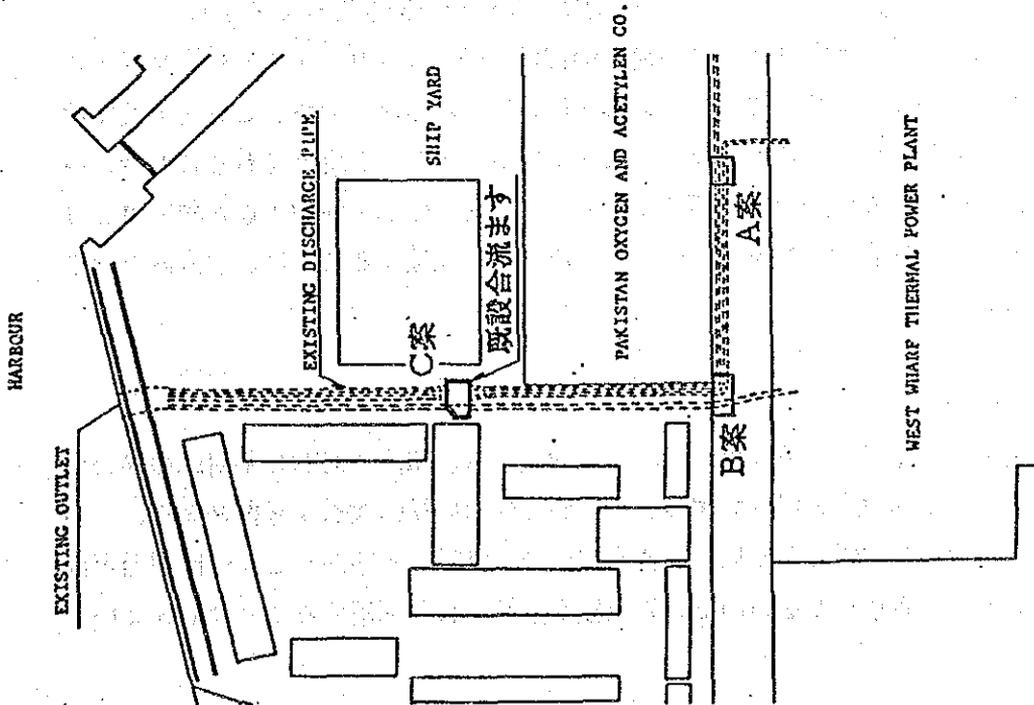


Fig. 5.4-1 新設合流ますの位置

ii) 放水口

既設の放水口はカラチ造船所のドライドックに隣接し、前面海域は泊地あるいは航路となっていること、放水口取付岸壁そのものが係船岸として現在も頻繁に利用されているので、放流流速が速くなると船舶の接岸操船に著しく支障をきたすおそれがある。本調査期間中実測した現状の表面放流流速は約 0.2~0.3m/secであったこと、日本では泊地や航路に面した箇所など船舶に影響を及ぼすおそれがある箇所における放水口の流速は 0.3~0.5m/sec程度としていることを考慮して、この場合許容放流流速は 0.3m/sec以内とすべきであると考えられる。既設の放水口をそのまま新設発電設備の放水口として利用した場合の放水口放流流速は Table 5.4-3 の通りである。

Table 5.4-3 放水口における放流流速

	1基	2基
使用水量 (m^3/sec)	9.5 m^3/sec	19.0 m^3/sec
放水口開口面積 (m^2)	16.38 m^2	
放流流速 (m/sec)	0.6 m/sec	1.2 m/sec

したがって、新設発電設備1基分の冷却水量を放流した場合でも、放水口の流速は 0.3m/sec以上となり、流速を低減するための改造を行う必要がある。

しかし、既設放水口はカラチ造船所の稼働中のガントリー・クレーン基礎下に設けられている上、放水口岸壁自体の接岸利用頻度も高いので、これを大幅に改造することはカラチ造船所の操業に大きな支障をきたすと考えられることや、改造自体も既設の岸壁の構造が極めて複雑で、締切・撤去・新設工事が難工事となることなどを総合的に勘案すると、この放水口を改造することは、現実的ではないと考えられる。

iii) まとめ

以上の検討結果、既設放水口は流速の観点から、新設 200MW2基対応の場合ももとより、1基対応の場合ですら、現実的ではない拡張改造が必要となり、この放水口の改造が困難である以上、放水口に至る既設放水路がたとえ一部利用可能であるとしても意味がないので、既設放水設備を有効利用することはできないと判断される。

b. 放水路新設

上記の検討結果を踏まえ、本プロジェクトにおける放水路は1, 2号機とも、カラチ造船所構内の南側境界付近の空き地を利用して、Fig. 5.4-2 に示すルートで新設する計画とする。この付近はカラチ造船所の岸壁から離れており、カラチ造船所の操業に支障なく工事が行えるという利点がある。

なお、1号機建設時点には、原則として1号機用放水路のみ建設し、将来2号機用放水路の増設が可能な構造としておくが、放水口については、2号機用として将来増設すると、その時点で締切工事を伴う等、難工事となることが予想されるので、1号機建設時点で2号機用放水口も先行して建設しておくものとする。

(3) 温排水再循環に関する検討

一般に温排水の再循環の恐れのない取・放水口間の水面上の最短距離は、一応の目安として次式によって求められる。

$$L = 20Q$$

ここに L ; 取・放水口間の水面上の最短距離 (m)

Q ; 冷却水量 (m^3/sec)

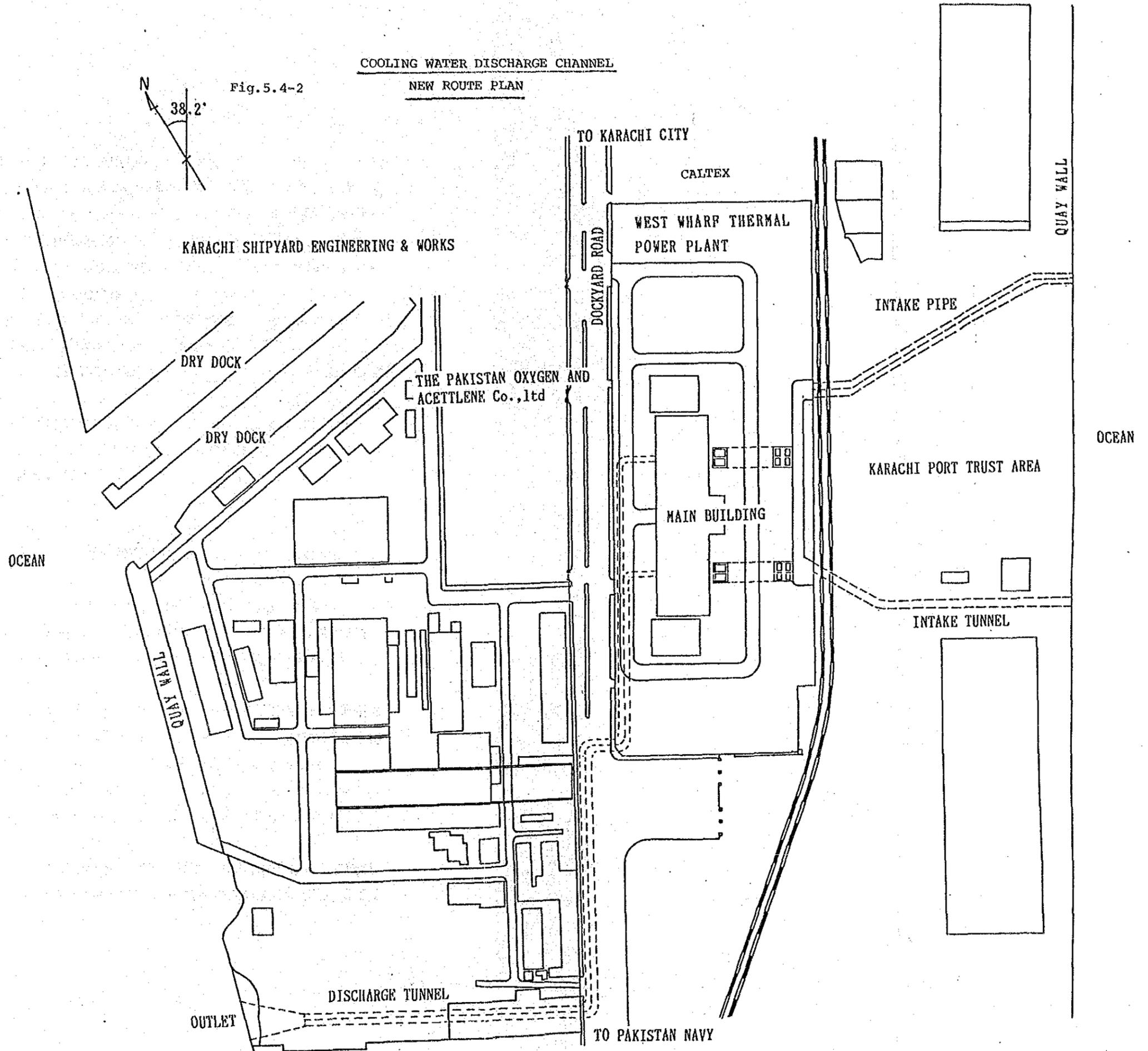
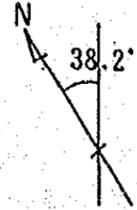
$$Q = 9.5\text{m}^3/\text{s} \times 2 = 19.0\text{m}^3/\text{s}$$

$$L = 20 \times 19.0\text{m}^3/\text{sec} = 380\text{m}$$

一方、ウエスト・ワープ火力発電所の新設発電設備の取・放水口間の距離は約1,500mあり、十分離れているので温排水の再循環の恐れはないと判断される。

COOLING WATER DISCHARGE CHANNEL
NEW ROUTE PLAN

Fig. 5.4-2



5.5 関連送変電設備

5.5.1 系統構成

(1) 現在の系統構成

現在のK E S Cの送電系統は、カラチ市東方約 35kmにあるビンカシム火力発電所 (Bin Qasim P.P) を起点とする 220kV送電線により、カラチ市の外輪を取り巻くように、市の北西部バルデア グリッド・ステーション (G/S) まで延長されている。この送電線から3ヶ所の 220/132kVグリッド・ステーション (G/S)、(Pipri West, KDA-33, Baldia) によって、カラチ市内の 132kV及び 66kV送電網に接続され、132kV系統に連なるコランギ火力発電所、コランギ ガスタービン、サイトガスタービン発電所及び、66kV系統のウエストワーフ火力発電所の発電力を合せて、カラチ市内及びその周辺に電力を供給している。(Fig. 5.5-1 参照)

また、KDA-33 (G/S) と約 130km離れたジャムショロを結ぶ 220kV送電線によりWAPDAと連系している。

K E S Cのこの系統は、東側に主要な電源が片寄っており、西側のカラチ市中心街への送電、が極度に片寄った姿になってきている。本計画調査では、K E S C系統の将来構想を描きながら検討を進めた。

(2) 系統構成の検討

今回ウエストワーフに、200MW機2基を設置するものとして、その系統のあり方について検討を進めた。

カラチ市を取り囲む形でバルデア G/Sまで進めてきた 220kV系統をウエストワーフ火力発電所まで延長し、ビンカシム火力発電所と相互の電源を 220kVで連系して、系統の安定運用をはかり、WAPDAとの相互融通にも適切な対応をはかり易くすることにした。

また、負荷密度の高いカラチ市中心街が、ウエストワーフ火力発電所から近距離にあることから同所の発電力は、220kV系統に送電するとともに、220/132kV連絡変圧器を介して、これらの地域へも供給するシステムを構成することとした。

市内中心部への電力の供給について、次の2案 (Plan Aと Plan B) を考え、その経済性、運用上の問題点、施工の難易等を比較した結果、Plan Aを採用することとした。

Plan A : ウエストワーフ火力発電所に 220、132、11kVの設備を備えて既設の負荷と合せて 132kVで市内中心部の負荷に供給する。(Fig. 5.5-2 参照)

Plan B : ウェストワープ火力発電所に多種類の電圧集中を避け、マリプール G/Sに 220/132kVバンクおよび 132/66kVバンクを配置し、市内中心部の負荷はこのG/Sから供給する。(Fig. 5.5-3 参照)

Plan Bでは、ウェストワープ火力発電所の設備は簡素化される。又、周辺道路への 132kVケーブルの集中は避けられるが、マリプールから市内中心部への距離が遠いこと、途中に Layari 河があり横断が必要なこと、並びに変電設備を2ヶ所に分散しなければならないこと、220kV遮断器の数が増えるなど、建設コストおよび運用面で Plan Aに比べて劣っている。

一方、市街地中心への供給対策として、拡充されつつある 132kV系統へウェストワープ火力発電所を直接接続する方法についても検討したが、この場合は、132kV系統内で、クィーンズロードG/S、ユランギ火力発電所などで短絡容量が 5,000MVAを超過する個所が散見され、この対策が必要となることが明らかになった。

(3) 電力潮流計算

ウェストワープ発電所1号機 200MWおよび2号機の運開時期である、1922年と1994年における K E S C管内の電力潮流計算を実施した。この結果、220kV送電線の重要性が認識でき早期完成が望まれる。

a. Power Flow Study Diagram in 1992

(a) Fig. 5.5-4

設備状況

ウェストワープ火力発電所 (1×200MW) が運転中で、220kV送電線 (バルデアG/S～ウェストワープP.P.) 2回線使用の場合

潮流

バランスしている。

(b) Fig. 5.5-5

設備状況

ウェストワープ火力発電所 (1×200MW) が停止中で、220kV送電線 (バルデアG/S～ウェストワープP.P.) 2回線使用の場合

潮流

ユランギガスタービン発電所～Baluch Colony G/S 間の送電線が送電容量 103MVAに対し 151.4MVAと過負荷となる。

(c) Fig. 5.5-6

設備状況

ウエストワーフ火力発電所 (1×200MW) が停止中で、220kV送電線 (バルデアG/S～ウエストワーフ P.P.) がない場合

潮流

次の送電線が送電容量に対し過負荷となる

コランギ火力発電所～クインロード G/S : 260MVA に対し 293.4MVA

Korangi West G/S～Gizri G/S : 103MVA に対し 114.7MVA

Korangi G/S～Baluch Colangi G/S : 103MVA に対し 151.4MVA

b. Power Flow Study Diagram in 1994

Fig. 5.5.7

設備状況

ウエストワーフ火力発電所 (2×200MW) 計 400MWが運転中で 220kV送電線 (バルデアG/S～ウエストワーフP.P.) 2回線使用の場合

潮流

ウエストワーフ火力発電所の発生電力は、同所に設置される 220/132kVバンクを経て約 300MWの電力がカラチ市中心部へ送電される。

また、コランギ火力発電所と Korangi West G/S間の送電線 (1回線) が送電容量 (165MVA) に対して 214MVAと過負荷となるため、今後の地域別負荷の伸びの動向を注目して、送電線の強化策を立てる必要があると思われる。

1994年に於ける系統構成のケーススタディについては、添付資料A1、"K E S C送電系統の系統連系と信頼向上"を参照。

なお、これらの潮流図 (Fig. 5.5-4～Fig. 5.5-7 参照) の作成では、本プロジェクトの最終計画に従って、ウエストワーフ火力発電所には 66kVの設備を設置しないものとして検討した。

5.5.2 ウエストワーフ火力発電所とバルデアG/S間の 220kV送電線

(a) 送電線ルート

上記の系統構成の方針に沿って 220kV送電線をウエストワーフ火力発電所からバルデアG/S間に新設することを計画した。

調査団は、この計画に基づき、ウエストワーフ火力発電所からはバルデアG/Sまでの送電線ルートを選定するための調査を実施した。

このうち、ウエストワーフ火力発電所からマリプールG/S付近までのルートは市街地を通過するため、新たな架空線の建設は困難であり、埋設ケーブルを布設せざるを得ない区間などがあり、数案（添付資料 A-2-1 参照）を検討する必要があった。

マリプールG/S付近からバルデアG/S間でのルートは、空軍基地を迂回し、土漠地帯を通過するルートが可能であり、新たな架空線の建設が容易であると判断した。

調査団は、ウエストワーフ火力発電所からマリプールG/Sまでの最適なルートを選定するため、数案について検討した結果、埋設ケーブルの亘長が長くなると、架空線に比べ大巾に工事費が嵩むため、可能な限り、その亘長を少なくすることとし、埋設ケーブルはウエストワーフ発電所付近の約 1.2kmに限定し、それ以降は既設 66kV架空線との共架により既設ルートの有効利用を計かり、その後は下河口の土漠地帯を横断してマリプールG/S付近までを架空送電線として建設するルートを選定することとした。（添付資料 A-2-1 のC案）

ただし、鉄塔基礎のための地盤の強度、線下地の地権等については、詳細設計の段階でさらに調査する必要がある。

220kVケーブル布設ルートについては、ウエストワーフ発電所周辺に 132kVケーブルの布設計画があるので、これとの協調をはかった設計とすることが大切である。

Fig.5.5-1 Existing Transmission System around West Wharf Power Plant

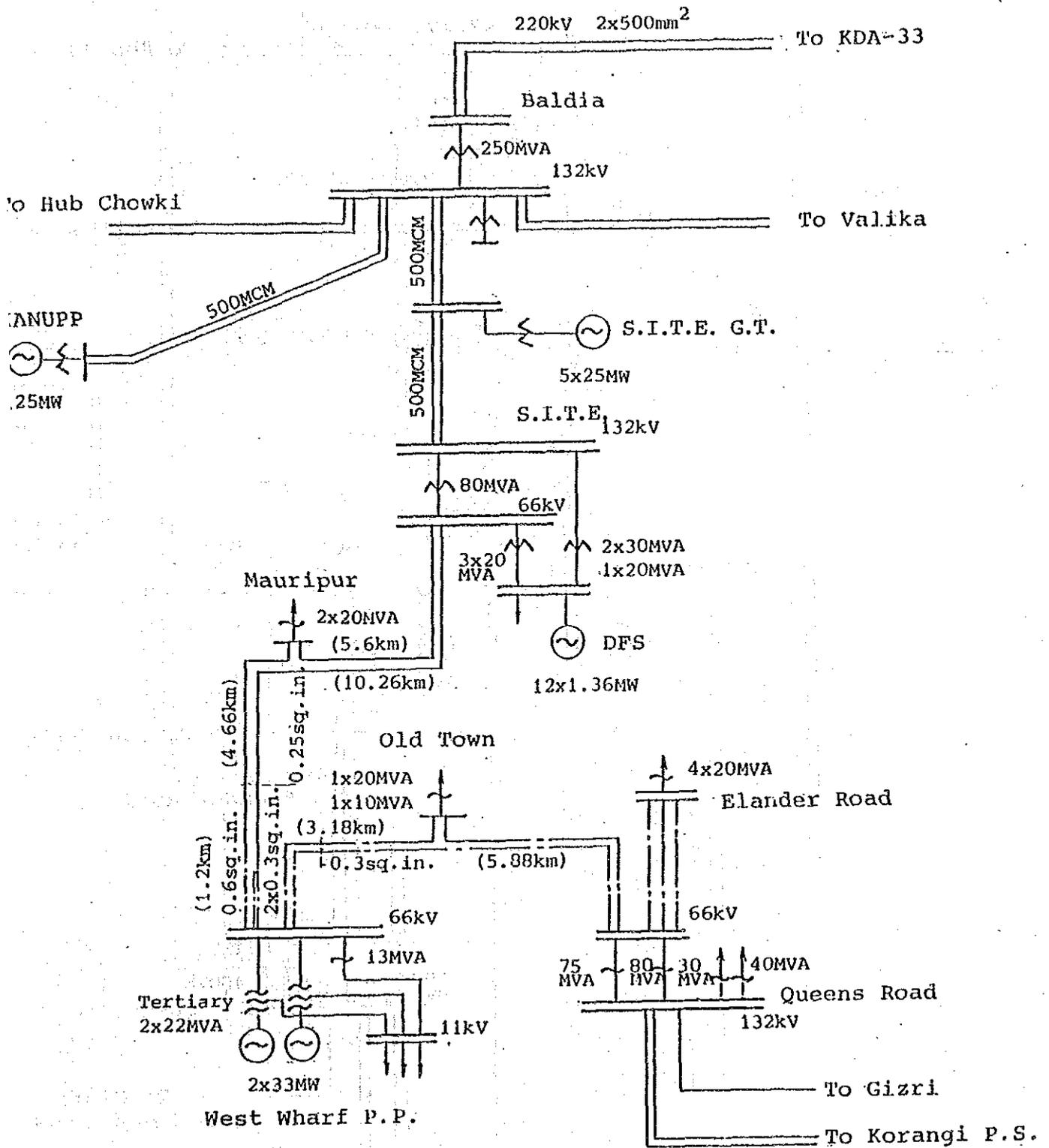


Fig.5.5-2 Transmission System Plan for West Wharf Power Plant

(Plan A)

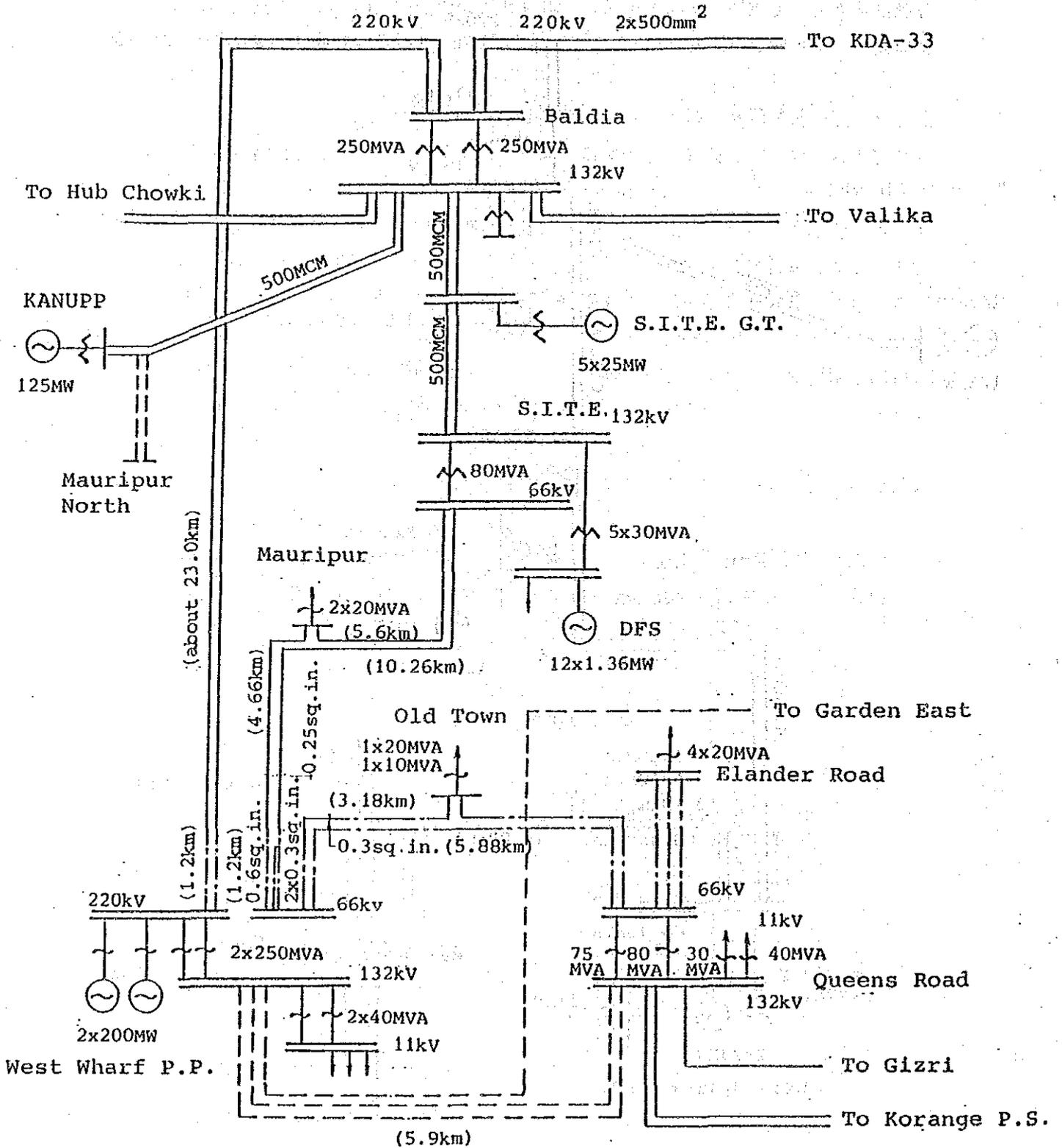


Fig.5.5-3 Transmission System Plan for West Wharf Power Plant
(Plan B)

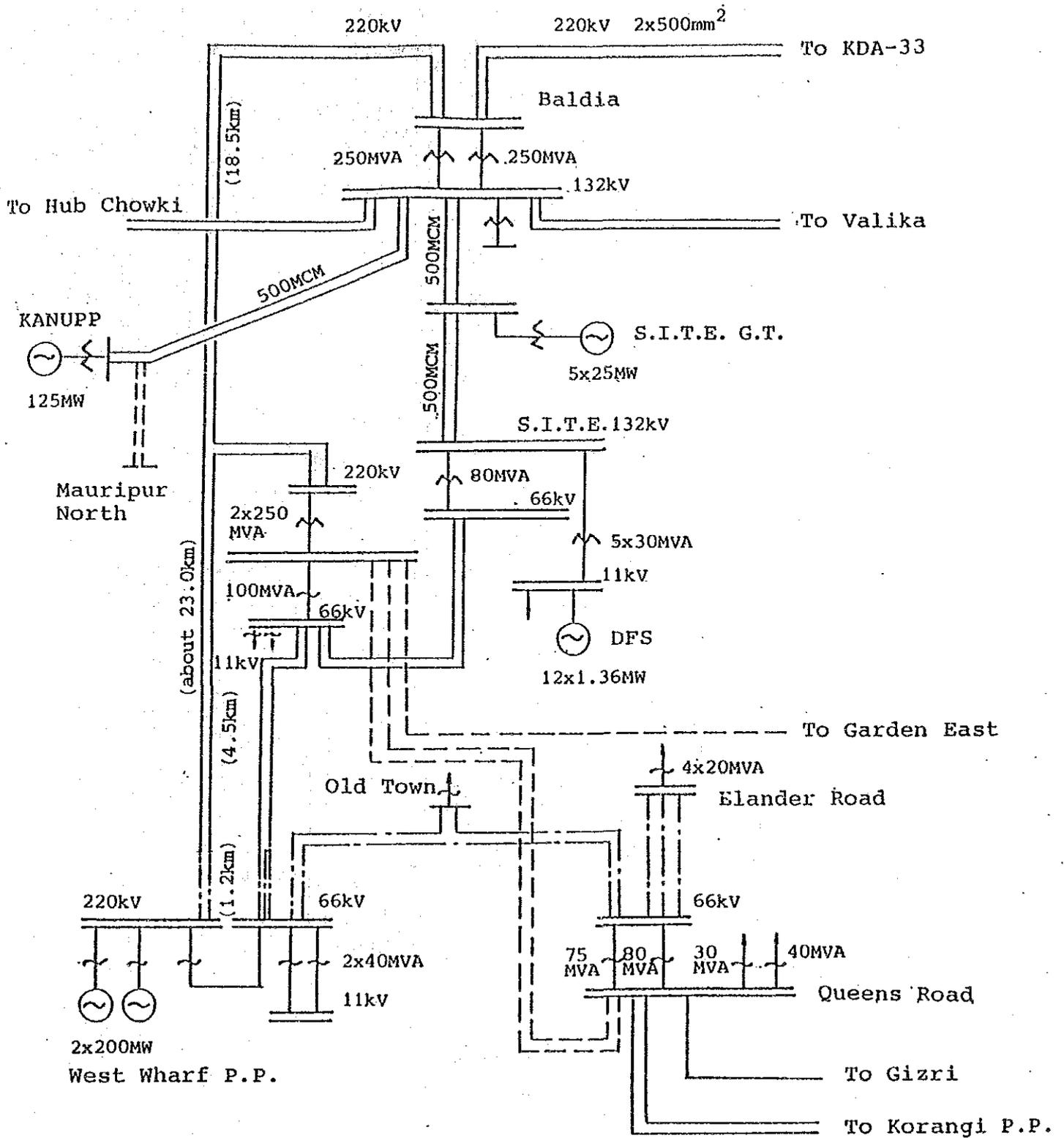


Fig. 5.5-4 Power Flow Study Diagram in 1992

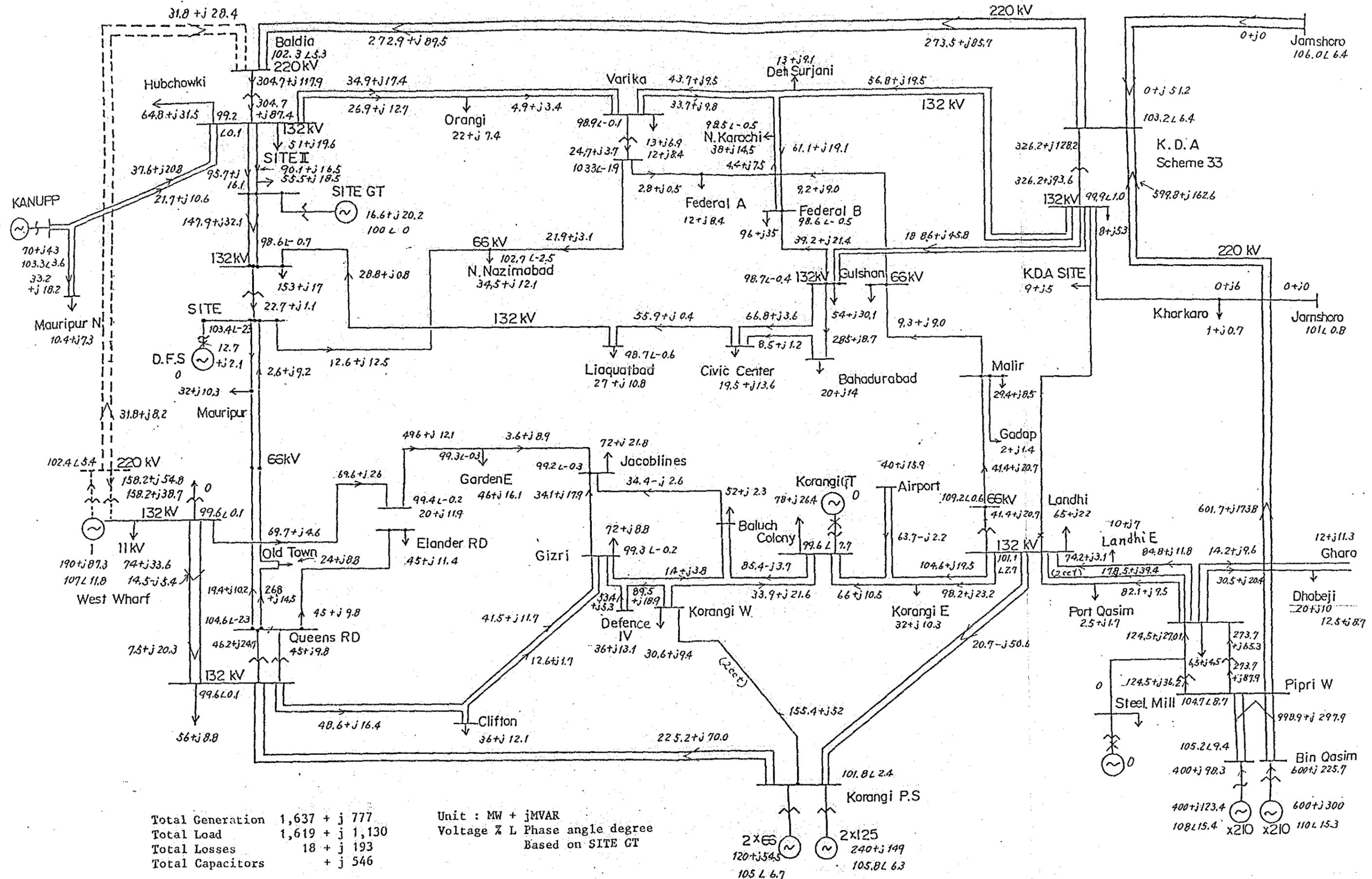
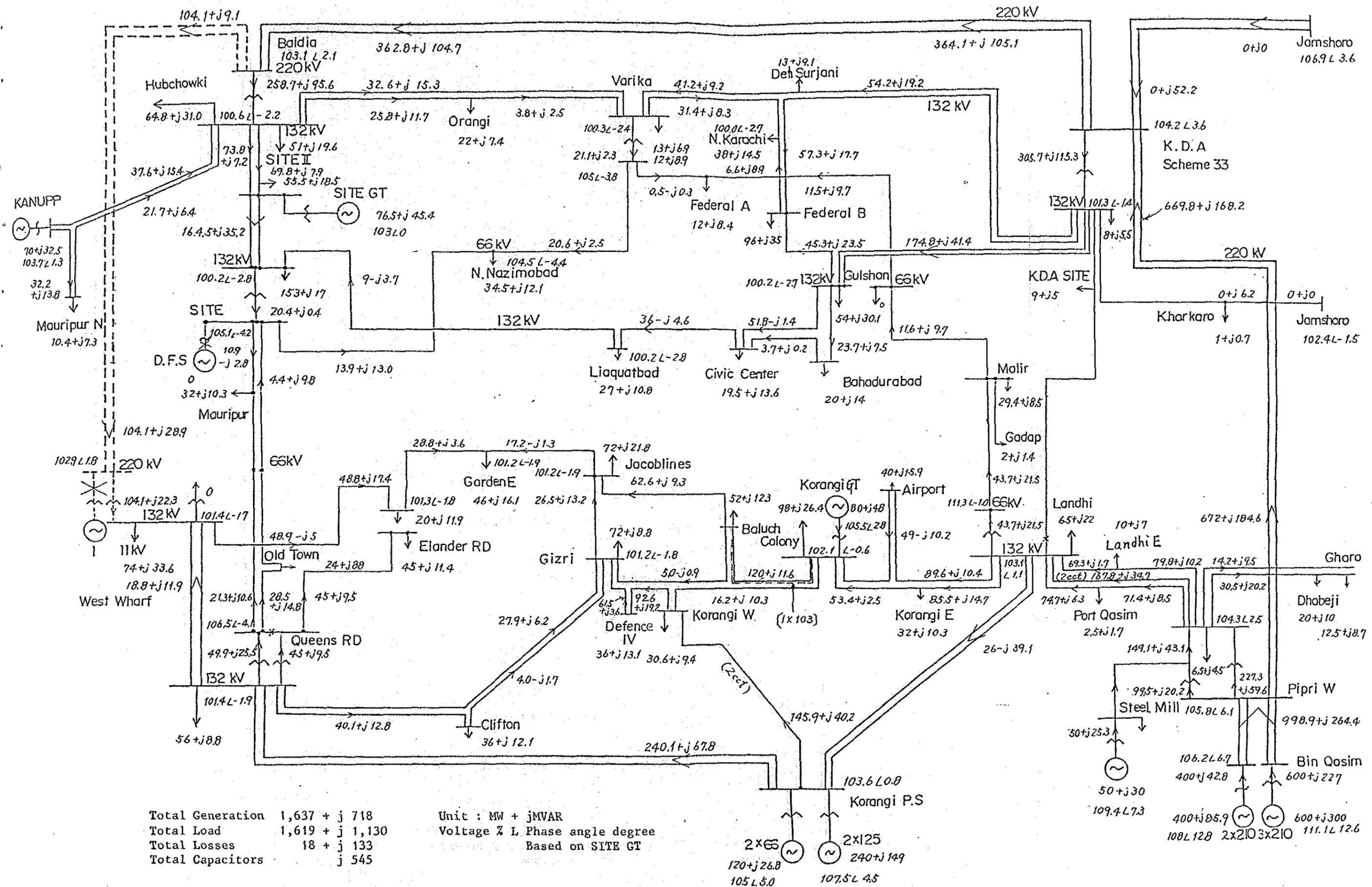


Fig. 5.5-5 Power Flow Study Diagram in 1992

(Outage of generator at West Wharf P.P.)



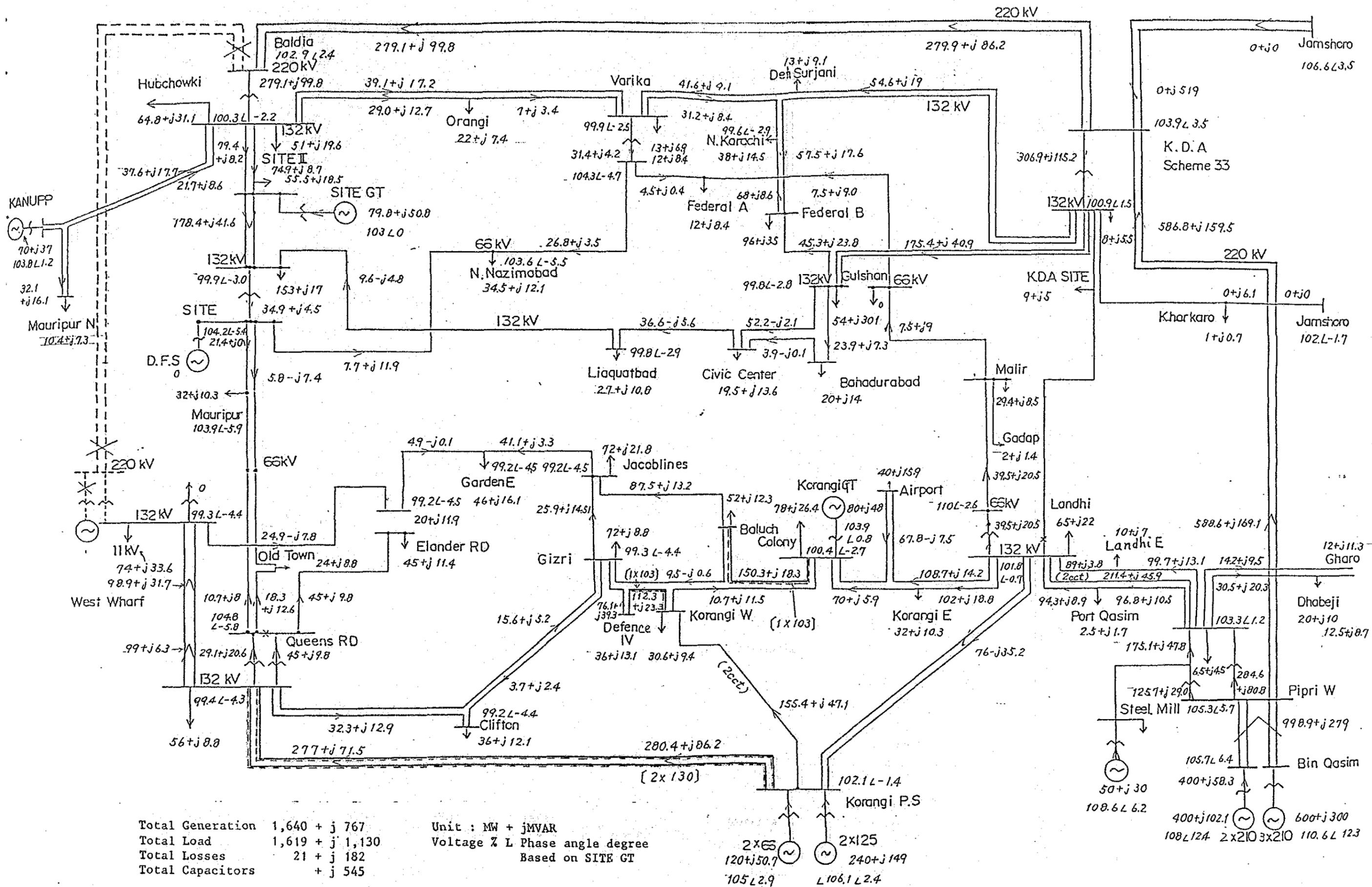
Total Generation 1,637 + j 718
 Total Load 1,619 + j 1,130
 Total Losses 18 + j 133
 Total Capacitors j 545

Unit : MW + jMVAR
 Voltage % L Phase angle degree
 Based on SITE GT

2x66 120+j26.8 105 L 5.0
 2x125 240+j149 107.5 L 4.5

Fig. 5.5-6 Power Flow Study Diagram in 1992

(There is no 220 kV line between West Wharf-Baldia) (Outage of generator at West Wharf P.P.)

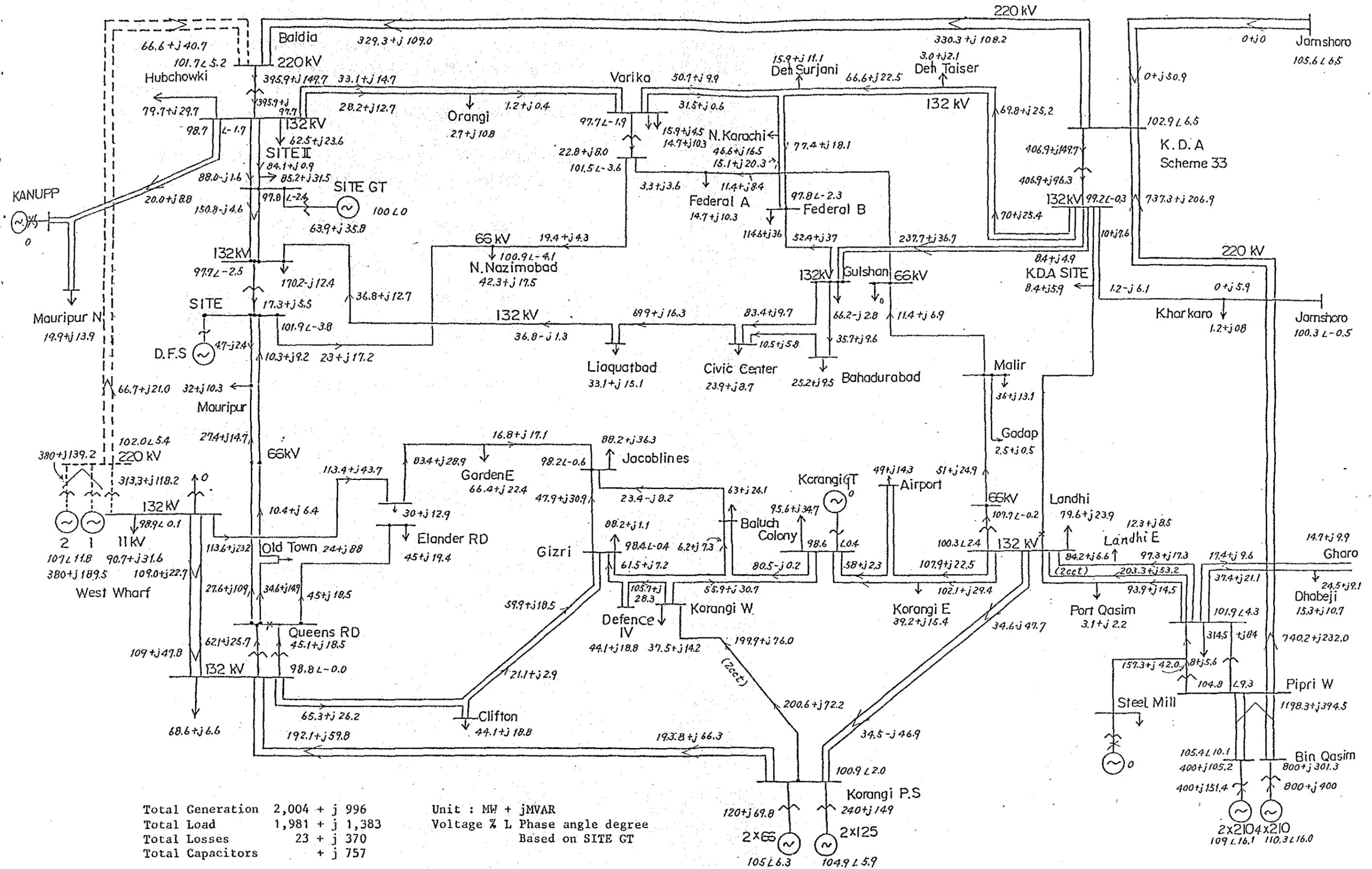


Total Generation 1,640 + j 767
 Total Load 1,619 + j 1,130
 Total Losses 21 + j 182
 Total Capacitors + j 545

Unit : MW + jMVAR
 Voltage % L Phase angle degree
 Based on SITE GT

Fig. 5.5-7 Power Flow Study Diagram in 1994

(There is no 132/66 kV bank at West Wharf P.P.)



(b) 電線サイズの選定

発電電力の大部分が、132kVを通過して市街地へ流入することになるが、ウエストワーフ火力発電所が高効率であるため、軽負荷時でもフル運転をすることを考えておく必要がある。このため、すくなくとも1回線で1台分の発電電力は送電できる容量を確保することとして、ウエストワーフ火力発電所付近の送電線太きを選定する。

また、マリプール付近からバルデアまでは、将来の変化に対応してKE SC220kV系統の増強ができるように考えて、既設系統の送電容量と同じ容量が確保できるようにする。

この考え方で次のような電線サイズを選定した。(Fig. 5.5-8 参照)

ウエストワーフ火力発電所 ~ ケーブル部分

220kV OFケーブル 1000mm² 単心 2回線 約 1.2km
(送電容量約 237MVA/cct)

ケーブル立上り地点 ~ マリプール付近

220kV 架空 ACSR/AS 240mm² 複導体 2回線 約 4.5km
(送電容量約 413MVA/cct)

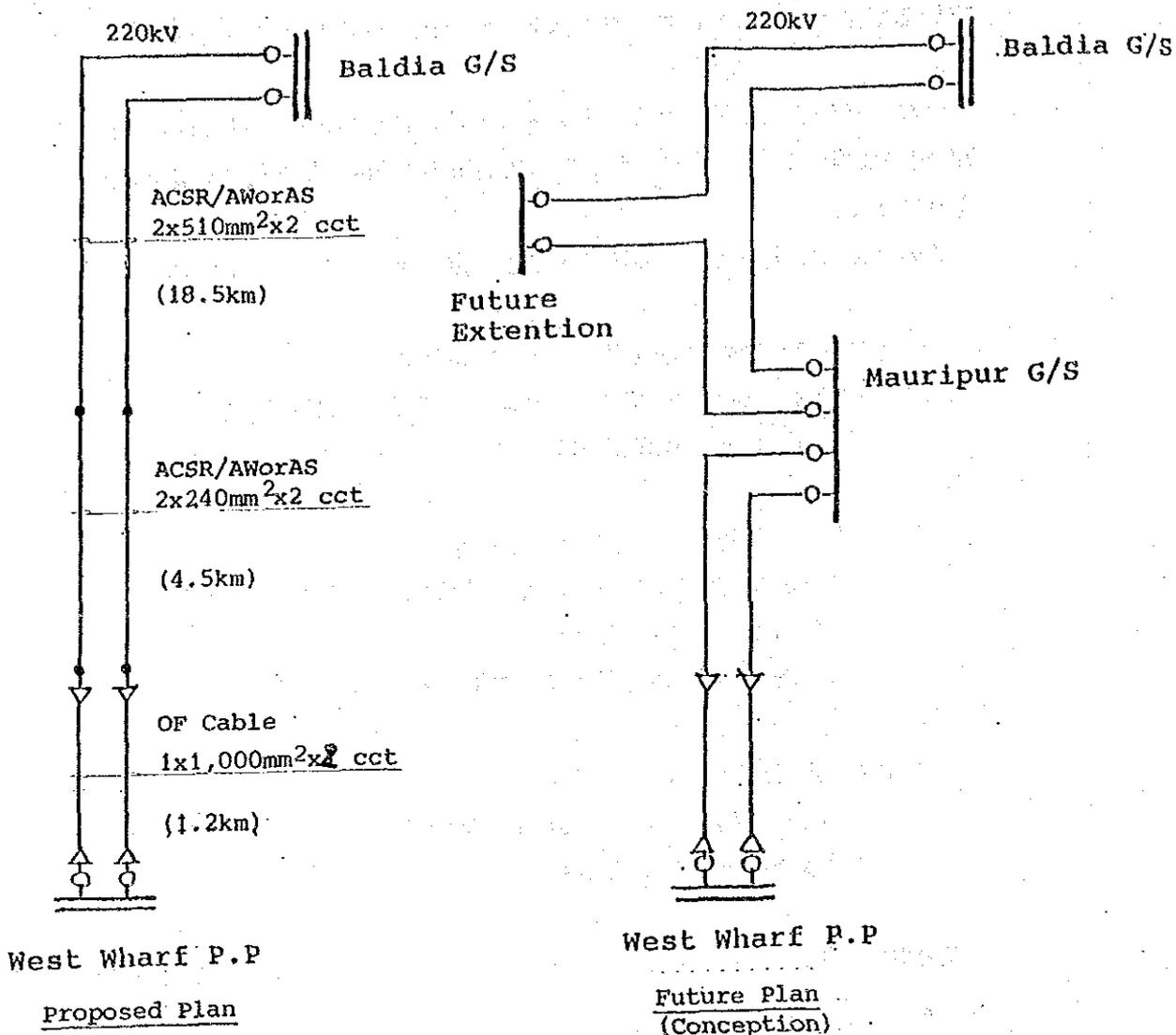
うち約1kmは 66kV架空線と共架する。

マリプール付近 ~ バルデアG/S間

220kV 架空 ACSR/AS 510mm² 複導体 2回線 約 18.5km
(送電容量約 630MVA/cct)

架空電線は腐食に強いアルミニウムクラッドスチールワイヤを使用することとした。

Fig.5.5-8 Size of 220kV Transmission Line



LEGEND

- ACSR/AWorAS : Aluminum Conductor, Steel Reinforced, using aluminum clad steel wire
- OF Cable : Oil Filled Cable

(c) バルデアG/Sへの引込口増設

220kV延長に伴い、バルデアG/Sに220kV送電線の引込口を増設する。

その仕様は、既設の220kV F S。ガス絶縁開閉装置(GIS)に合せたものを使用する。

バルデアG/S — ウェストワーフP.P. 間は、既設系統と同じPLC (パワライオンキャリア) による送電線保護方式とする。

5.5.3 K E S C送電系統の系統連係と信頼度向上の検討

(ウェスト・ワーフ火力発電所と132kV系統のあり方)

132kV以下の送電・変電系統の検討はK E S Cが主体となって実施するが、ウェストワーフ火力発電所開発に関係するものは、本計画調査の対象として検討した。

132kVおよび66kVの種々の案についてのケース・スタディを添付資料A1として巻末に添付する。

5.6 電気設備と所内電源

5.6.1 電気設備の開発計画

ウェストワーフ火力発電開発計画の基本構想に従って、電気設備の検討を下記の方針で実施した。

(1) 200MW 火力発電2基の発電電力は主変圧器で220kVに昇圧し、新設開閉所を経由して220kV送電線2回線でバルデアG/Sまで送電する。

(2) 発電所構内には220kVと132kVの開閉所を設置し、両者を連絡変圧器2台で結合する。

(3) ウェストワーフ火力発電所11kV変電所の電源は220kV送電線より受電後に132kV開閉所より変圧器(2台)を介して確保する。

それまでは、" B X " 発電設備(8号, 9号機)の出力、66kV開閉所よりの電力を" B X " 発電設備(8号, 9号機)の主変圧器の3次巻線から供給する。

- (4) 220kVおよび 132kV開閉所の設置場所は、既設 66kV開閉所の位置の付近とする。
- (5) 11kV変電所は当面移設せず、現状のままとする。
- (6) 既設 66kVは新設 220kVおよび 132kV開閉所と接続しない。
- (7) 220kVおよび 132kV開閉所の新設に伴い、運転中の 66kV開閉所等の切替工事を実施する。

5.6.2 電気回路

ウエストワープ火力発電所に新設される 200MW機2基の発電出力は主変圧器で昇圧し、K E S C の基幹系統である 220kV送電線に新設 220kV開閉所を介して送電する。また、132kV開閉所を設置し、132kV送電線4回線、11kV変電所および起動変圧器へ送電する。

電気回路は高信頼度で運転・保守の容易なものを計画する。(Fig. 5.6-1)

(1) 開閉所回路

開閉所は電圧 220kVおよび 132kVの回路で構成し、この間には2台の連絡変圧器を設置する。

(2) 発電機主回路

発電機主回路はユニット・システムとして、主変圧器には相分離母線 (IPB) で直接接続し、所内変圧器、励磁変圧器および P T, S A に分岐する。

発電機並列用遮断器は主変圧器高圧側 220kV側に設置する。

(3) 補機電源回路

所内電源回路は信頼性を重視してユニット・システムを採用する。

起動時には、132kVラインに接続された起動変圧器より受電し、タービンを起動し、発電機並列後発電機回路に接続された所内変圧器より給電する。

補機電源は次の構成とする。

高圧回路 : 6.6kV

低圧回路 : 400V, 220V, 110VおよびDC 110V

これらの電圧構成は K E S C の他発電所と同一である。

補機電源回路の短絡容量は詳細設計により、所内変圧器、起動変圧器のインピーダンス、補機モータの仕様、および変圧器の電圧変動値を考慮に決定する。

また、補機電源回路構成は、詳細設計の段階で補機仕様の決定した時に決定する。

(4) 非常用電源回路

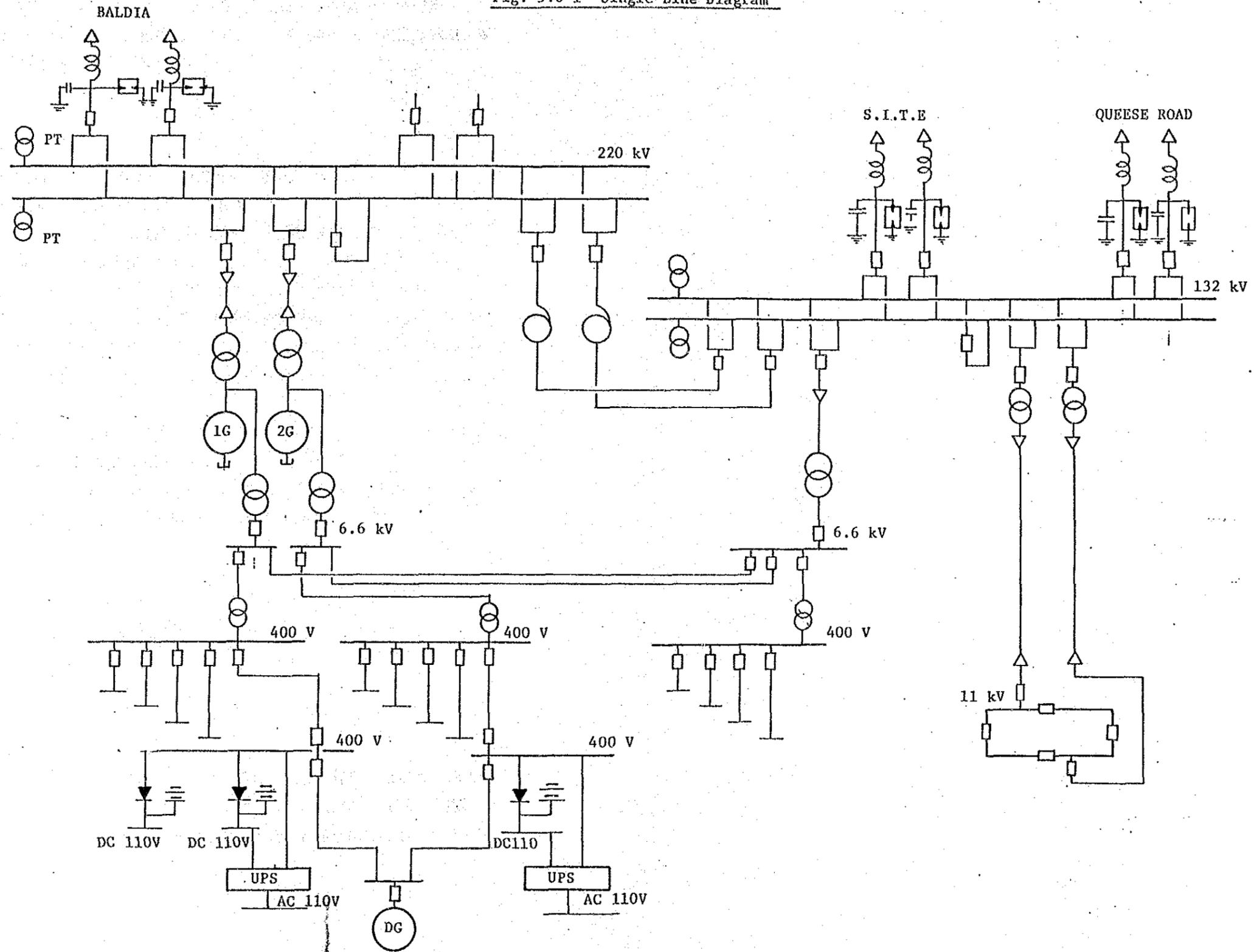
非常用電源回路はタービン発電機が異常停止した場合でも、安全に停止できるように設置する。

この電源は上記の目的以外に非常用補機モータ、照明、通信システム、および制御回路に使用される。

非常用電源としてはディーゼル・エンジン駆動の発電機を1、2号機共通として設置する。

この設備は、ブラックアウト時、すなわち発電所内部および外部よりの電源がすべて消滅した場合でも、タービン発電機が安全に停止できるようにするのが目的である。

Fig. 5.6-1 Single Line Diagram



(5) 無停電電源

CVCF (Constant Voltage and Constant Frequency) 装置を設置し、コンピュータ、自動バーナーシステム、ボイラー制御装置の電源として使用する。

CVCFはACとDCの2回線を有し、インバータ回路により定常な電圧、周波数のAC電源を供給する装置である。

5.6.3 開閉所

1. 開閉所の構成

既設開閉所は 66kVの屋外式および屋内式設備で構成されている。

新設開閉所は 220kVと 132kVとを組合せた設備になる。

新設火力の大出力は新設する 220kV開閉所を経て 220kV送電系統で送電する。

一方、132kVの開閉所は新設発電所の起動変圧器、11kVの変電設備に接続する。

これら新設開閉所は、SF₆ガス絶縁開閉装置 (GIS) を使用し屋内設置とする。

この形式のGISの採用により、従来形式の設備に比較して占有空間の減少の他、高信頼度、運転・保守の容易性、安全性および建設工事の簡素化、工期短縮等の利点があり、ウエストワープ地区の周囲環境と調和のとれた設備とすることが可能である。

開閉所の配置は、発電所構内配置の観点の他、特に送電線引出しおよび各変圧器との位置関係、"BX"発電設備との関連を考慮して検討した。

特に既存 66kV送電線に接続される開閉所設備は既存送電線 (ケーブル) の埋設位置、方法等と深く関係があり、その関連性と対策も検討する。

2. 開閉所の配置

新開閉所は既設 66kV開閉所の敷地を利用して設置する。

既設開閉所の敷地面積は約 2,250m² (90m×25m) である。

新設開閉所および設備の大きさは概略下記の通りである。

(1) 220kV開閉所	37.6m × 12.0m
(2) 132kV開閉所	21.0m × 8.4m
(3) 連絡変圧器	10.0m × 8.0m

これらの配置と3案について検討した結果、建設、運転、保守および最終的な発電所レイアウトとの調和を考慮し、プランCが望ましい。(Fig. 5.6-2 参照)

これら新設開閉所は新発電所に 220kV送電線が接続される前に竣工してはならない。

したがって、これら開閉所設備の建設は"BX"発電設備の運転中に、また既設66kV開閉所を使用したまま実施する必要がある。

また、既設の66kV開閉所はできる限り移設、改造を少なくするのが好ましく、新開閉所の配置を充分検討する必要がある。

また、既設66kV開閉所は送電線(4回線)、発電機("BX"8号,9号)および11kV配電所への送電線から構成されており、新発電所建設中これらの運転を継続する必要がある、本プロジェクトに伴う改造、切替工事は一回路ごとに実施する必要がある。切替工事については、5.6.5項で詳述する。

5.6.4 11kV系統の電力供給確保

"BX"発電所の停止に関係なしに、ウエストワーフ火力発電所より11kV配電系統への電力安定供給を確保するためには、ウエストワーフ火力発電所への外部からの送電能力を強化する必要がある。

この対策として次の4案が考えられた。

ケース1. 近辺の変電所を強化して、既存の66kV送電系統を通じて送電する。

ケース2. 220kV変電設備を新設する。

ケース3. 132kV変電設備を新設する。

ケース4. 電源として、ガスタービン(2基)を設置する。

各ケースの概要

<ケース1>

ウエストワーフ地区へ近辺の変電所を強化して電力を供給し、既設66kV送電系統により給電する。

時期としては、ピンカシム3号機が完成し電力供給に余裕の時期が良い。

現在、ウエストワーフ火力発電所周囲の電力潮流は、クイーンズロード、Oid Town 変電所からウエストワーフ火力発電所へ流入(受電)し、マリプール、サイト変電所へは流出(送電)している。

以上より、マリプール変電所に他の送電系統を接続し、逆にウエストワーフ地区に送電すれば、現在ある合計4本の66kV送電線(サイト、マリプールG/Sから2回線、クイーンズロード、Oid Town から2回線)でウエストワーフ地区に送電できる。

これにより、送電線の1回線事故の場合でも給電が確保できる。

<ケース2>

ウエストワーフ火力発電所に 220kV送電線を導入し、220kVおよび 132kV開閉所、連絡変圧器を設置して、132kV開閉所より 132/11kV変圧器を介して供給する。

<ケース3>

ウエストワーフ火力発電所に 132kV送電線を導入し、132kV遮断器、結合変圧器を設置して、既存 66kV系統へ給電する。

ケース1と3の場合、実際の工事は下記の通り、2段階に分けて実施し、最終的な設備を完成する。

第1段階

- (1) 既存の 66kV送電系統を強化する
- (2) " B X " 発電設備の8号, 9号機を停止する
- (3) 既存 11kVにより給電する

第2段階

- (1) 新 66kV開閉所を設置する
- (2) 66/11kV変圧器を新設する
- (3) 11kV配電系統へ新設備より給電
- (4) " B X " 発電所の撤去

上記に関し、次の項目について更に検討する。

- (1) 具体的実施計画
- (2) 既存設備の撤去方法
- (3) 新設 66kV開閉所の設置場所および配置

<ケース4>

11kVの給電確保のため、" B X " 発電設備8号, 9号機とほぼ同出力のガスタービン発電機を2基設置する。このガスタービンを一時的な設備とするか、或いはコンバインド発電設備に改造して永久設備とするか、案が考えられる。

上記4案を検討した結果、ケース4は、コンバインド・サイクル案の不採用により除外、ケース1, およびケース3は現在のK E S Cの系統状況ではむづかしいと判断され、ケース2が最適案となった。

5.6.5 既設 66kV開閉所の改造

現在ウエストワーフ"BX"発電設備は 66kVおよび 11kV送・配電線により周辺の重要施設およびカラチ市に給電しているが、新発電所建設期間中にも供給支障を生じないように、既設 66kVの改造工事は慎重に実施する必要がある。このため、11kV G/S電源切替工事は、バルデアG/Sからウエストワーフ火力発電所までの 220kV送電線が完成し、外部から本地区への給電が確立した時点で実施する。

また、最終的には、ウエストワーフ地区から 66kVの設備を無くし、電圧の種類を少くし設備の簡素化を計るので、既設 11kV配電所への送電は 66kV系統から新設の 220/132kV開閉所に切替える。この新設 220/132kV開閉所は 220kVの送電線と結合するので、この送電線の竣工前に完成させておく必要がある。

このため、既設 66kV開閉所を再配置し、屋外部分を撤去し、新開閉所のためのスペースを確保する必要がある。

其の他の注意事項

(1) 保護リレー盤

既設送電線用保護リレー盤は発電所の管理棟の中にある。

この保護システムはキャリアー型であり、改造は既設の仕様を充分検討して実施する必要がある。

調査必要事項（下記）

単線結線図

盤内配線図

リレーの仕様

盤外形図

基盤設定図

(2) OF（油入）ケーブル

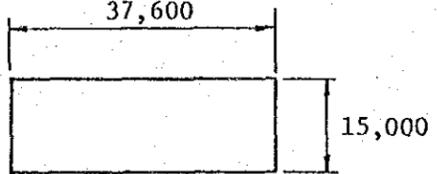
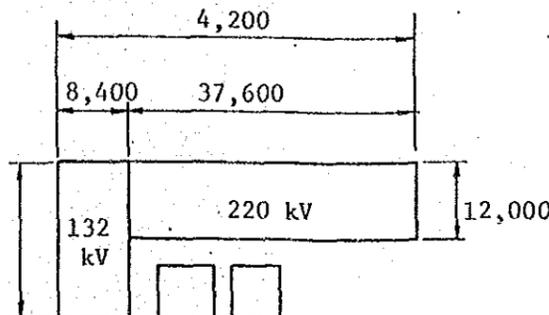
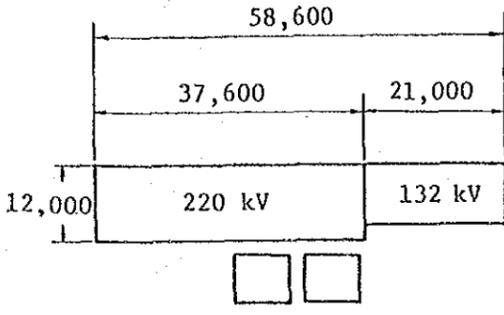
既設OFケーブルの引き直しに際しては、下記の点に留意する必要がある。

ケーブルの詳細仕様

ケーブル布設図

ケーブルの余長

Fig. 5.6-2 Switchyard Arrangement Plan

		PLAN A	PLAN B	PLAN C
Necessary space of switchyard excluding tie transformer		 <p>2 storied building 220 kV : Ground floor 132 kV : 1st floor</p>		
Existing 66 kV switchyard	Outdoor	To be dismantled	To be dismantled	To be dismantled
	Indoor	Remained	Remained	To be dismantled
Existing 66 kV switchyard modification work due to outdoor switchyard to be dismantled.		1. 66 kV switchyard [Line bay x 2] to be newly installed	1. 66 kV switchyard [Line bay x 2] to be newly installed	1. 66 kV switchyard [Line bay x 2] to be newly installed

5.6.6 ウェストワープ地区周辺の 66kV送電線

最適開発案では、ウェストワープ地区周辺の 66kV送電線は下記のように改造し、最終的には本発電所内に 66kVの設備は設置しない。(Fig. 5.6-3 参照)

改造計画案

現 状	変 更 後
(1) W.W.P.P. ～ マリナル G/S	サイト G/S ～ マリナル G/S
(2) W.W.P.P. ～ サイト G/S	同上
(3) W.W.P.P. ～ Old Town G/S	クインズロード ～ Old Town G/S
(4) W.W.P.P. ～ クインズロード G/S	同上

上記変更の理由は、現在ウェストワープ火力発電所に接続されている4本の 66kV送電線は過渡的に残しておいても、将来 11kVへの送電が既設"BX"発電設備から新設の 220/132kV開閉所からの送電に切替えるので、設備の簡素化が好ましいからである。*

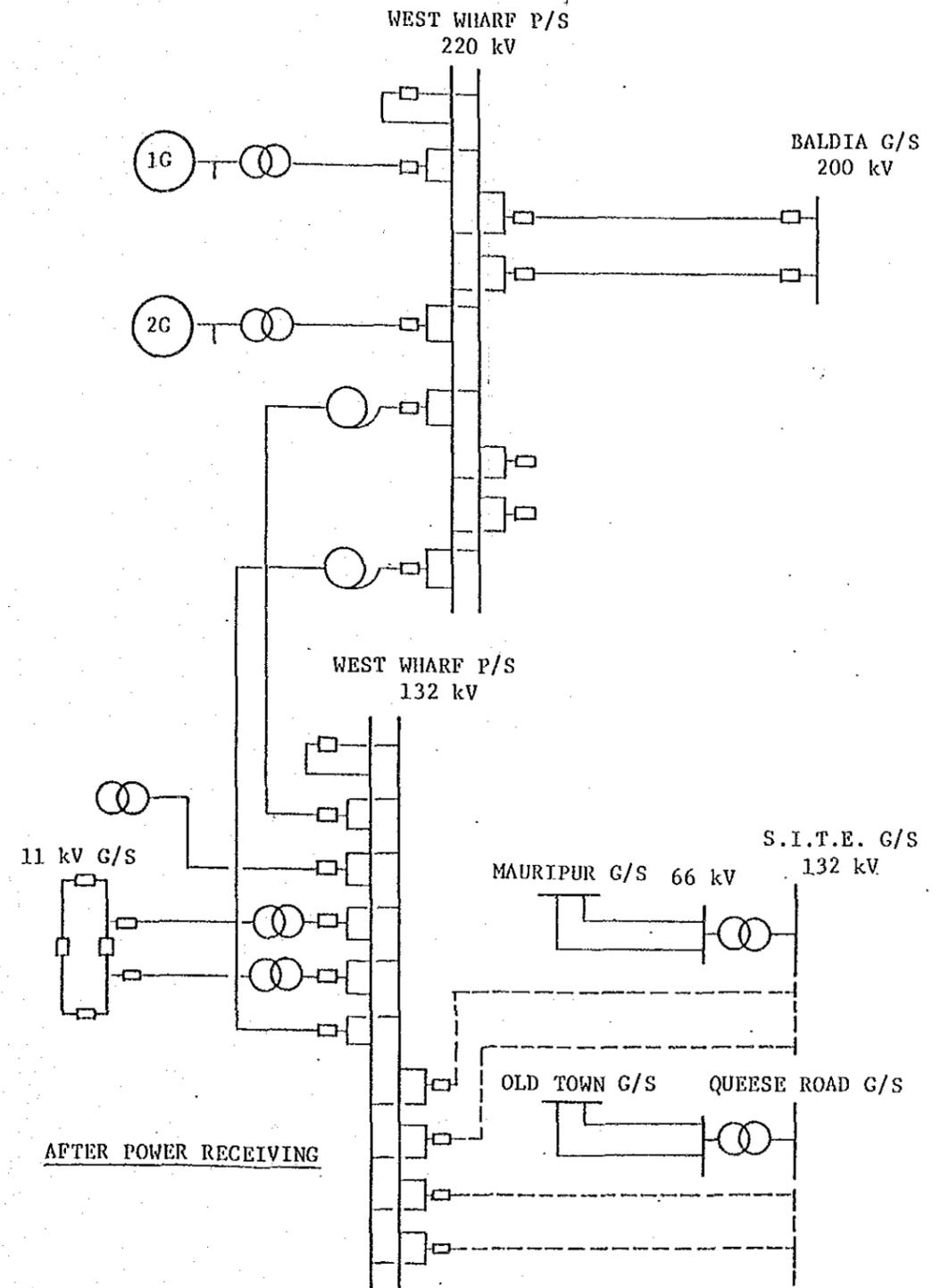
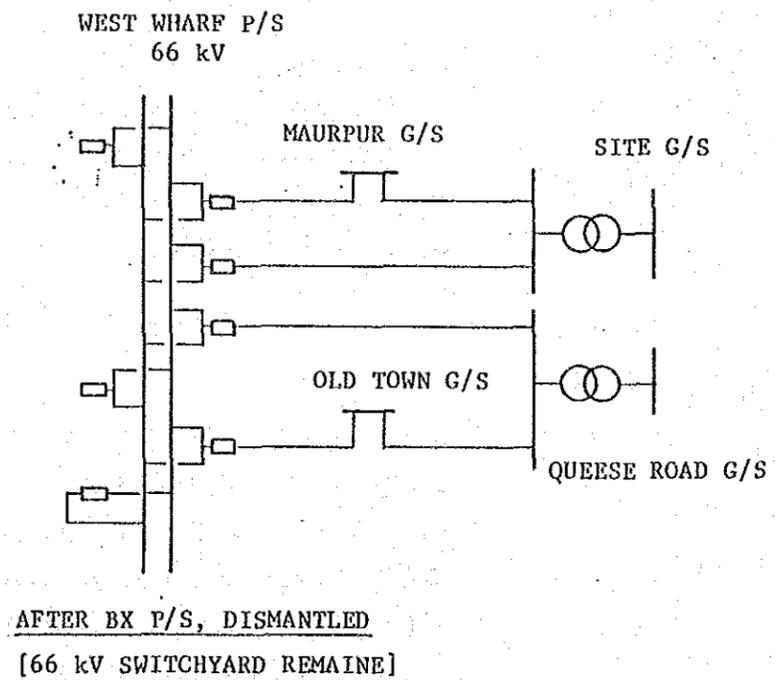
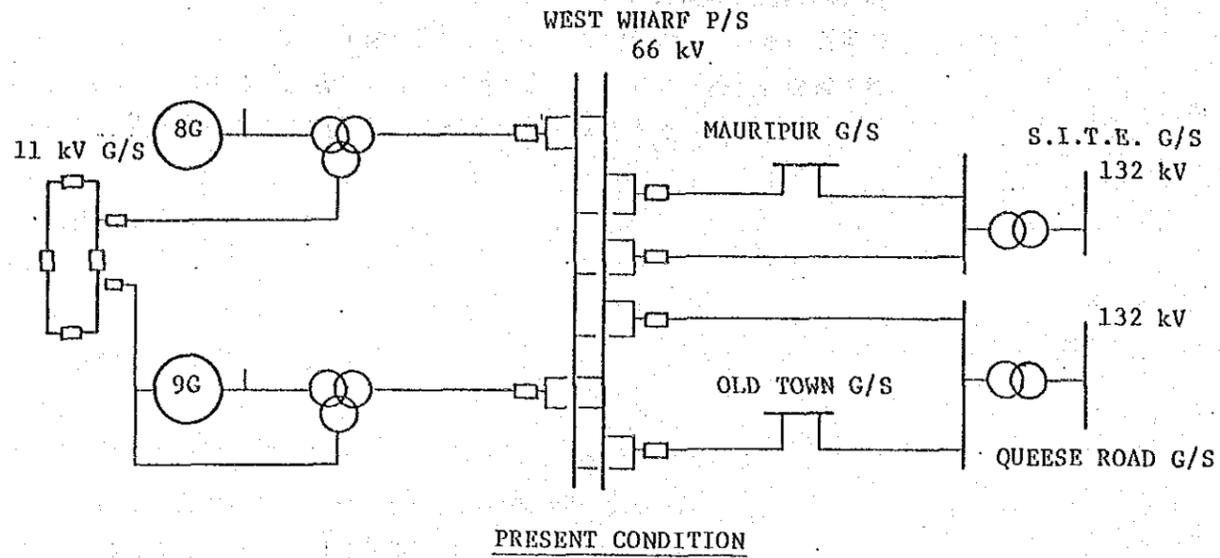
* 註

66kV開閉所を存続することは、この設備の制御・保護システムを残す必要があり、またこの為の建屋も考慮する必要がある。

現在、下記の施設がウェストワープ火力発電所内に設置してある。

	設置場所
(1) 制御盤	発電所管理棟
(2) 保護リレー盤	同上
(3) バッテリー室	"BX"発電設備
(4) コンプレッサー用電源	同上
(5) 制御ケーブル	開閉所 ～ 管理棟 開閉所 ～ "BX"発電設備

Fig. 5.6-3 Single Line Diagram of 66 kV Circuit
before and after Modification



5.7 土木（現地調査結果）

既設火力発電所の解体撤去工事、新設火力発電所平面計画および基礎の構造計画、取放水口付近の水深の検討などのために、下記の調査を計画、実施した。これらの調査のうち、地盤調査、地形測量（杭基礎調査）および深淺測量については、特記仕様書を作成のうえ、KESCに依頼して調査を実施した。調査実施工程を表 5.7-1に示す。

1. 地盤調査
2. 地形測量（杭基礎調査）
3. 深淺測量
4. 構造物調査
4. コンクリート強度試験
5. 騒音実態調査

地盤調査と地形測量の調査報告書はKESCに提出済みである。深淺測量については許可が得られず、海軍の協力のもとで実施したため、詳細な調査報告書はない。

これらの調査結果の概要について以下に簡単に述べる。

5.7.1 地盤調査結果の概要

(1) 調査ボーリングと標準貫入試験

地盤調査ボーリングは全部で5本行なわれ、パイロットボーリングとして 30mを1本、20mを4本掘削した。ボーリング位置を図 5.7-1に示す。ボーリングに際しては、構造物の配置や地下に埋設されている電線管路やケーブルの配置を考慮してボーリング位置を決定した。ボーリングに伴い、標準貫入試験を実施し、地盤の強度、変形特性に関する概略の資料を収集した。ボーリング位置図に示すA、B地盤断面図を図 5.7-2と図 5.7-3に示した。

(2) 地盤概要

この地盤は中央部を除いて上部に層厚1から4メートルの埋立て層があり、その下に層厚20メートル程度の砂層が続いている。砂層は一様でなく、ほとんどがシルト質の砂でその粒径も細かいものから粗いものまでさまざまである。シルト質以外ではBステーションの北側で砂層が出てくるし、Aステーションの南側では砂質礫層が出てくる。これらの砂層の下には固結した粘性土が現れる。この土層は南から北にかけて緩やかな傾斜を示している。この土層は強度的に安定しているとみられ、敷地全体に分布していると考えられるため、発電所の共通支持地盤とすることができる。その厚さは8メートル程度と予想される。固結粘度層の下には、さらに

砂層が連続しているようである。杭基礎の支持地盤としては固結粘度層が適当であるが、実施設計時にはもっと詳細な地盤調査が必要である。地下水位は地盤面下 1m程度で、掘削工事に伴う排水工事や山止め工事を十分に行なう必要がある。

(3) 室内試験

室内試験結果の概要を表 5.7-2に示す。本地盤は砂層が卓越しており、掘削工事では排水工事と山止め工事を十分に行なわねばならない。しかし粘度分布から透水係数を推定すると、 $2 \times 10^{-3} \text{cm/s}$ 程度であり、施工時の排水量はそれほど大きくなりえないものと判断される。また礫分については 3.6%と少なく、杭工事には支障がないものと思われる。

固結した粘性土の一軸圧縮試験結果から、その強度は 4ton/ft^2 以上で非常に硬く、支持地盤として十分な強度を有していることがわかる。

全体の砂層の内部摩擦角は 30以下と小さく、ゆるい砂であるため、矢板による山止め工事は慎重に計画しなければならない。

5.7.2 地形測量（杭基礎調査）結果の概要

地形測量では、主に発電所構内の地盤高さや構造物の配置およびその関係を明確にした。測量結果を図 5.7-4に示す。本プロジェクトでは既設火力発電所の撤去工事が必要であるが、図面が一切存在しないため、杭基礎に関する調査についても実施した。杭基礎の調査は“A”発電設備のNo.7ボイラー基礎付近で実施した。その結果を図 5.7-5に示す。土間コンをはつり、土砂を掘削し、ボイラー基礎の下端を確認しようとしたところ、ボイラー基礎の下部にコンクリートのマットスラブにあたった。マットスラブを撤去するには機器が必要となるため、調査はこの段階で終了としたため、杭の確認はできなかった。このマット基礎は広く分布しているものと考えられ、杭を打設しない直接基礎の可能性も考えられる。

5.7.3 深浅測量結果の概要

深浅測量は、取放水口付近の水深を調査し、200MW機2基の火力発電所の新設に伴う冷却水の供給増に問題がないかどうかを検討する資料とするために行なった。調査地点がKESCの敷地外のため、KPTとKSYさらには海軍の承認を必要とし、調査は難航した。最終的には取水口側については海軍が昨年調査した結果を参照し、放水口側について海軍に依頼して深浅測量を実施した。図 5.7-6 a, bにその結果を示す。測量の結果、取水口付近、放水口付近とともに十分な水深があり、新設火力発電所設備に対する十分な冷却水容量を確保できることが明らかになった。

5.7.4 構造物調査結果

撤去解体作業に必要な資料を収集するために、発電所構内の既存構造物の規模と構造種別を調査した。構造物に関する図面が一切保存されていないため、解体に関わる概略の数量を把握する目的で実施したが、基礎関係の調査は現実的に無理なため実施できなかった。よってマット基礎や基礎梁、杭についての撤去数量については推定で算出することとした。調査結果の一覧表を表 5.7-3 a,b,c に、各構造物の配置図を図 5.7-7に示す。

5.7.5 コンクリート強度試験結果

基礎コンクリートの強度をシュミットハンマーを用いた非破壊試験により調査した。調査ヶ所はAステーションのボイラー基礎とタービン基礎である。その結果を表 5.7-4に示す。

本試験はシュミットハンマーでコンクリートの表面に打撃エネルギーをあたえ、反発度 (R) を測定し、コンクリート圧縮強度を推定するものである。測定はひとつの基礎あたり1ヶ所とし、1ヶ所につき20点を対象とした。測定された反発度 (R) からコンクリートの圧縮度を推定する方法として式 5.7-1を採用した。

$$F = 13R - 184 \quad \dots\dots\dots \text{式 5.7-1}$$

F : 推定圧縮強度

R : 反発度

このデータから、解体すべき基礎コンクリートの強度はボイラー基礎では 200kg/cm² 程度、タービン基礎では 400kg/cm² 程度であることが明らかになった。このことから解体時におけるはつりの作業が容易ではないこと、そして機械による解体が必要であることがわかった。

5.7.6 騒音実態調査

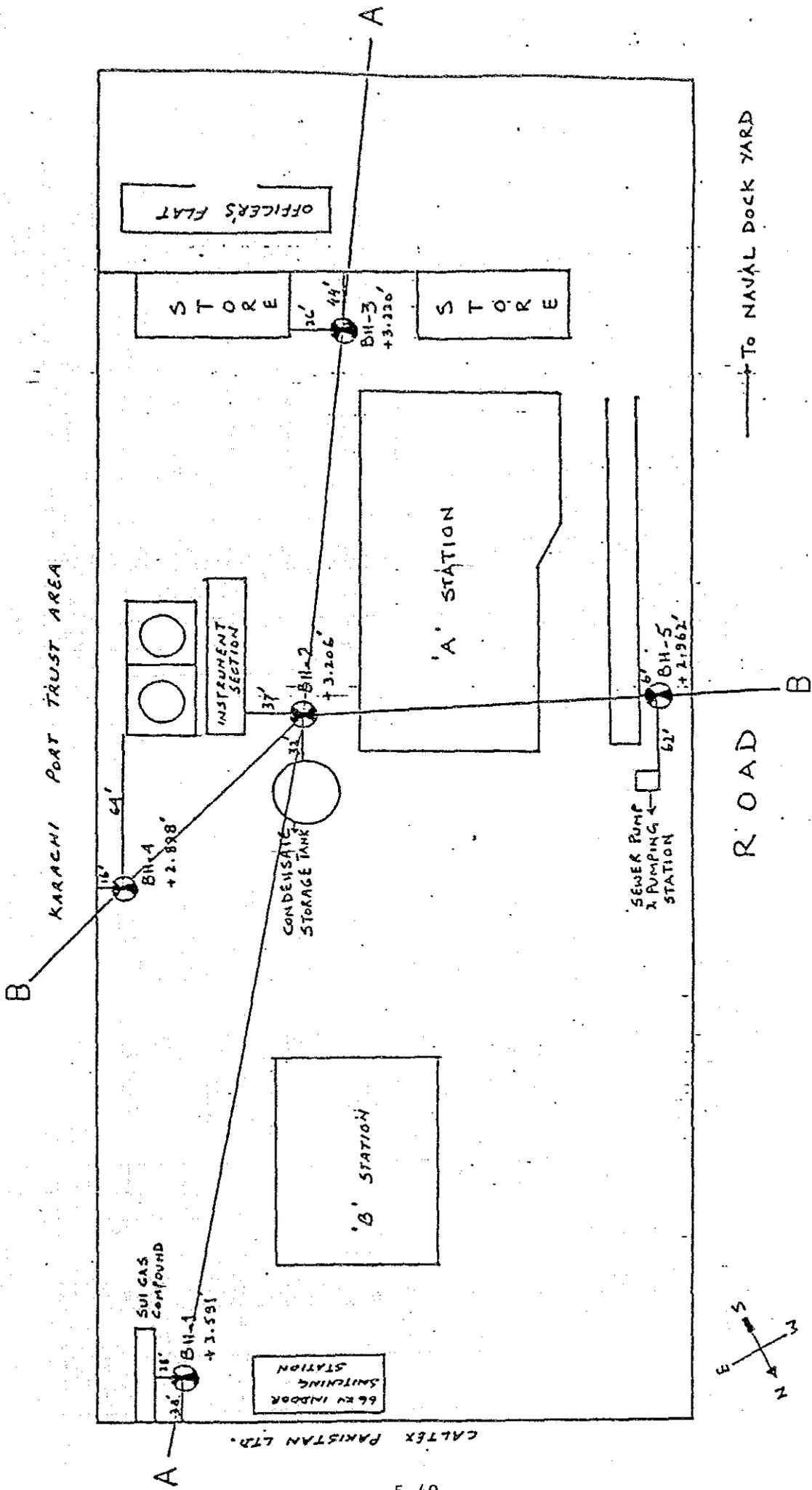
騒音計を用いてウエスト・ワーフ火力発電所の騒音の実態を調査した。測定は発電所構内の4ヶ所を対象にし、午前11時および午後3時の2回実施した。測定位置を図 5.7-8に、その調査結果を表 5.7-5に示す。曜日による差異は各地点ともみられないが、一般的に午前より午後の方が騒音が大きい。またKPTとKSY側の騒音が大きいことがわかったが、これは稼働中の"BX"発電設備に近いためであると考えられる。騒音に関しては隣地KPTとKSYであるため、特に問題は生じないものと考えられるが、新設火力発電所が運開後に同様な測定をすれば、騒音の増減が把握できるものと考えられる。

Table 5.7-1 ACTUAL SCHEDULE OF SURVEY AND INVESTIGATION FOR WEST WHARF POWER PLANT PROJECT

ITEM	1987 DEC						1988 JAN						REMARKS	
	19	25	26	1	2		8	9	15	16	22	23		29
1. SOIL SURVEY	19											22		F & W Management Group
2. TOPOGRAPHIC SURVEY (PILE SURVEY)			23				9					21	25	G.R.Mirza & Co.
3. SEA WATER DEPTH							9				17			Pakistan Navy
4. STRUCTURE SURVEY	19				30									JICA Study Team
5. CONCRETE STRENGTH			23-24											JICA Study Team
6. NOISE SURVEY			23		30									JICA Study Team

FIG. 5.7-1 LOCATION OF BORING

Fig.5.7-1 LOCATION OF BORING



① BORING LOCATIONS

→ To NAVAL DOCK YARD

→ SHIP YARD →

FIG. 5.7-2 A SECTION

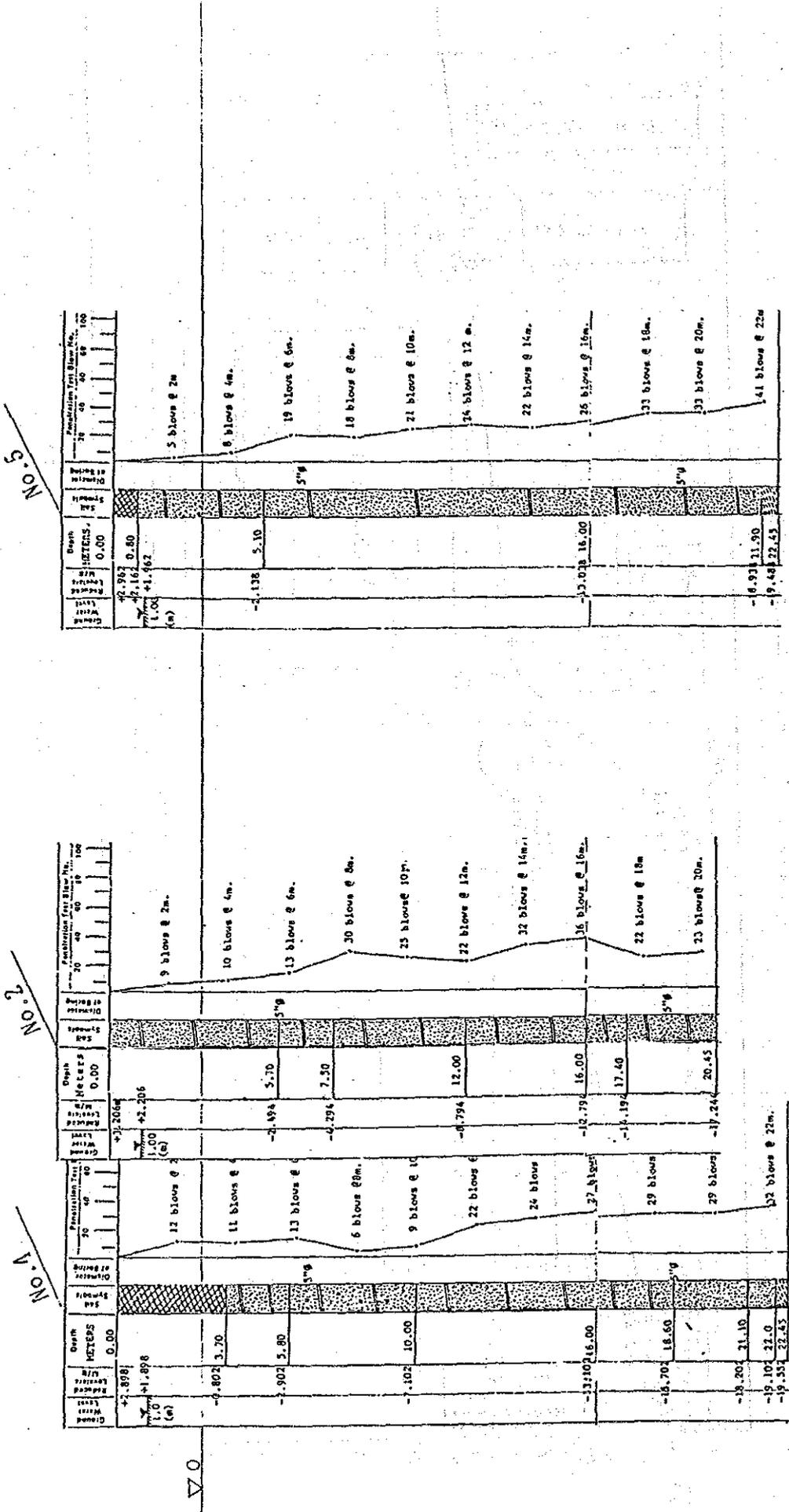


FIG. 5.7-3 B SECTION

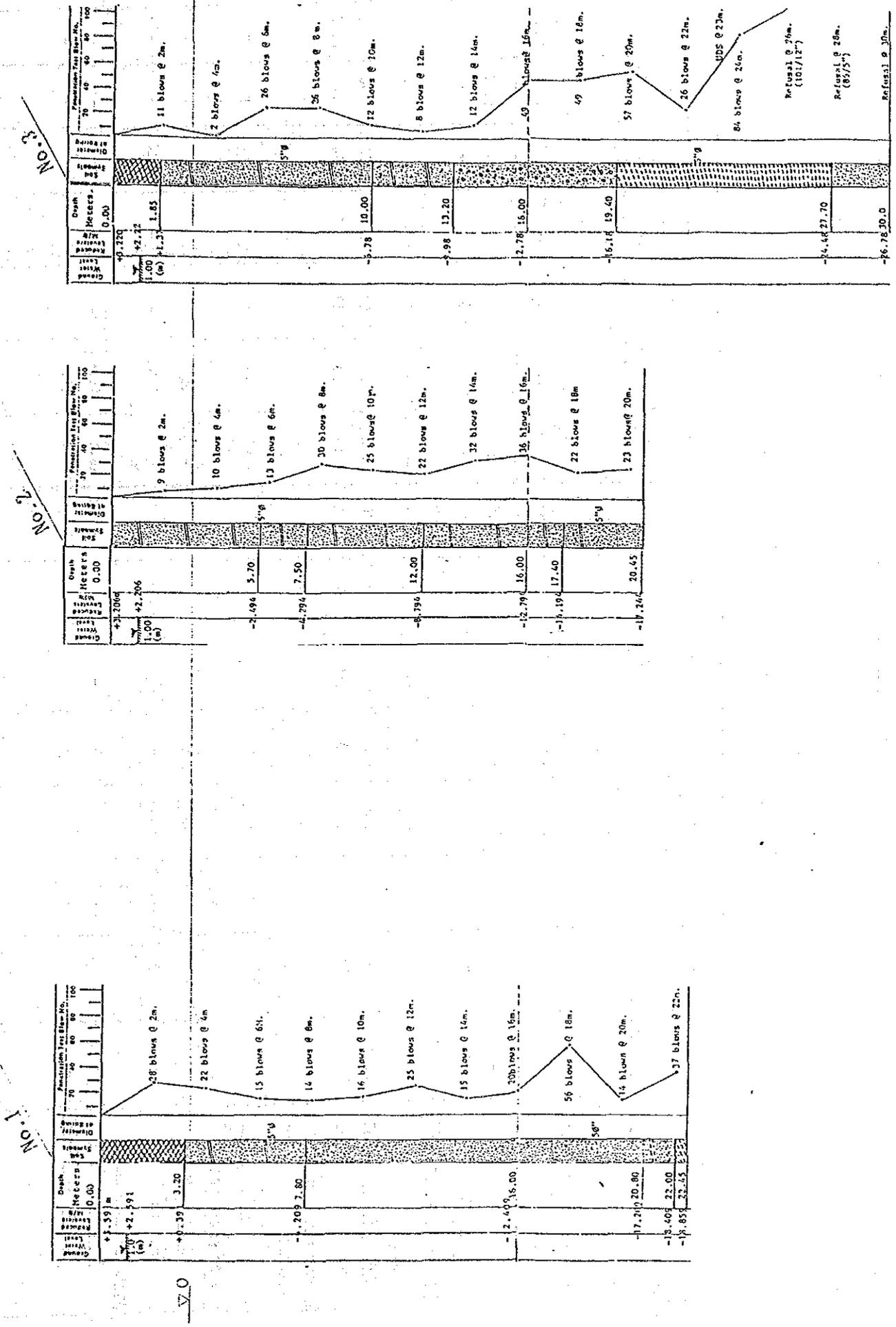
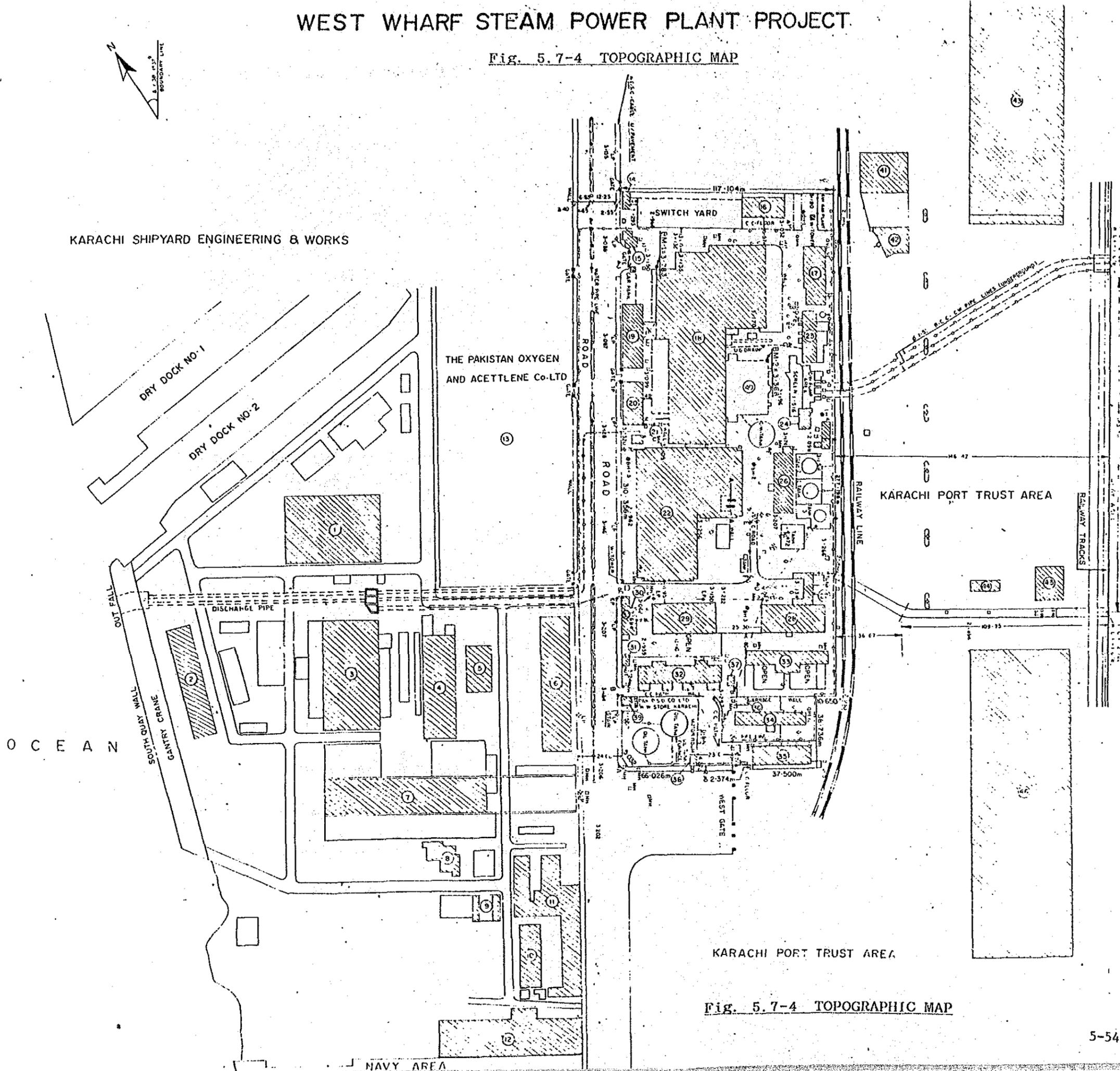


Table 5.7-2 ABSTRACT OF LABORATORY TESTS

S.NO	SOIL TEST	BH - 1		BH - 2		BH - 3		BH - 4		BH - 5					
		DS 4.00 m.	DS 12.00m.	DS 4.00 m.	DS 12.00 m	DS 4.00m.	DS 20.00m.	DS 6.00m.	DS 20.00m.	DS 14.00m.	DS 20.00m	DS 4.00m.	DS 16.00.	ES 22.0m	
1.	<u>PARTICLE SIZE ANALYSIS</u>														
	<u>SAND%</u>	67.7	95.3	80.7	95.3	91.6	88.2	3.4	3.2	86.8	95.1	97.6	88.0	93.8	7.0
	<u>CLAY%</u>	-	-	54.0	-	-	-	55.4	58.0	-	-	-	-	-	51.9
	<u>SILT%</u>	32.3	4.7	19.3	4.7	8.4	11.8	41.2	38.8	9.6	4.9	2.4	12.0	6.2	41.1
	<u>GRAVELS%</u>	-	-	-	-	-	-	-	-	3.6	-	-	-	-	-
2.	<u>NATURAL MOISTURE CONTENT (%)</u>	17.8	21.3	24.4	20.3	22.2	28.9	22.4	24.9	6.7	9.8	6.7	10.3	22.8	26.8
3.	<u>DENSITY</u>														
	<u>BULK DENSITY gm/cc.</u>	2.03	2.04	1.85	1.80	1.88	1.86	1.88	1.91	2.00	1.60	1.68	1.90	1.82	1.98
	<u>DRY DENSITY gm/cc.</u>	1.72	1.68	1.49	1.50	1.54	1.44	1.54	1.53	1.87	1.45	1.58	1.72	1.48	1.48
4.	<u>UNCONFINED COMPRESSIVE STRENGTH:</u>														
	<u>q_u tons/ft².</u>	-	-	-	-	-	-	2.85	4.18	-	-	-	-	-	-
5.	<u>DIRECT SHEAR TEST</u>														
	<u>Ø DEGREES</u>	-	24	28	-	-	-	-	15	-	-	27	-	-	16
	<u>C kb/m²</u>	-	0.12	0.15	-	-	-	-	0.32	-	-	0.10	-	-	0.31
6.	<u>ATTERBERG LIMITS</u>														
	<u>LIQUID LIMIT %</u>	-	-	-	-	-	-	48.6	48.9	-	-	NP	-	-	-
	<u>PLASTICITY INDEX</u>	-	-	-	-	-	-	23.7	24.3	-	-	NP	-	-	-

WEST WHARF STEAM POWER PLANT PROJECT

Fig. 5.7-4 TOPOGRAPHIC MAP



LIST OF BUILDINGS

S.No	DESCRIPTION
1	ACETYLENE GENERATOR HOUSE
2	SHIPREPAIRS OFFICES
3	STEEL FOUNDRY
4	H.F. FOUNDRY
5	FOUNDRY OFFICE
6	GALVANIZING SHOP
7	C.I. FOUNDRY
8	FOUNDRY OFFICE
9	WORKSHOP
10	TRAINING OFFICE
11	A.T.C SECURITY OFFICE
12	STORES
13	THE PAKISTAN OXYGEN AND ACETYLENE CO.LTD
14	PRESSURE TANK
15	DISPENSARY
16	66 KV INDOOR SWITCH
17	MACHINE SHOP & STORE
18	MAIN PLANT
19	ADMINISTRATION BLOCK
20	11KV WEST WHARF GRID STATION
21	SEVEN SUMP & PUMPING STATION
22	HALL DISUSED
23	ELECTRIC SHOP, RAW WATER SERVICE PUMP etc
24	SWITCH ROOM
25	SANITARY BLOCK
26	INSTRUMENTATION AND CONTROL
27	BLACK SMITH SHOP
28	STORE SHED
29	STORE SHED
30	CANTEEN
31	DRAWING OFFICE
32	SHIFT ENGINEERS FLATS
33	OFFICERS FLATS
34	ENGINEERS FLATS
35	LABOUR QUARTERS
36	GARRAGE
37	GARRAGE
38	MOTOR ROOM
39	OFFICE
40	BOILER NO-15 & 16
41	CANTEEN
42	MOSQUE
43	TRANSIT SHED NO-21
44	TOILET
45	SUB-STATION
46	TRANSIT SHED NO 23

LEGEND

S.No	SIGNS AND SYMBOLS
1	BUILDING
2	ELECTRIC LINE
3	WATER PIPE LINE
4	MAN HOLE
5	TRAVERSE POINT
6	SPOT LEVEL
7	BENCH MARK
8	ROAD
9	FENCING
10	SHED
11	GATE
12	BORE HOLE
13	LIGHT POLE
14	TREE
15	OIL TANK

KARACHI ELECTRIC SUPPLY CORPORATION

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY
TOKYO JAPAN

TOPOGRAPHIC MAP OF WEST WHARF THERMAL POWER PLANT
KARACHI PAKISTAN

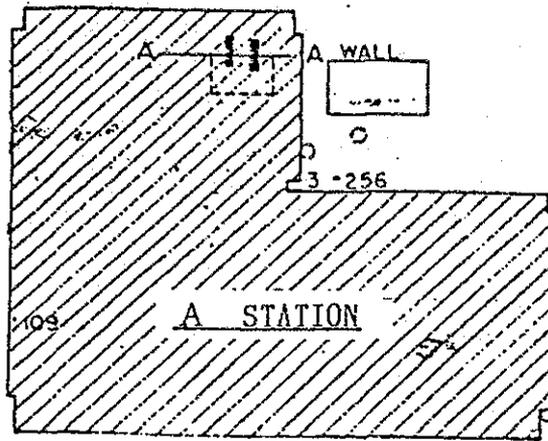
SCALE: 1:1000

G. R. MIRZA & Co.

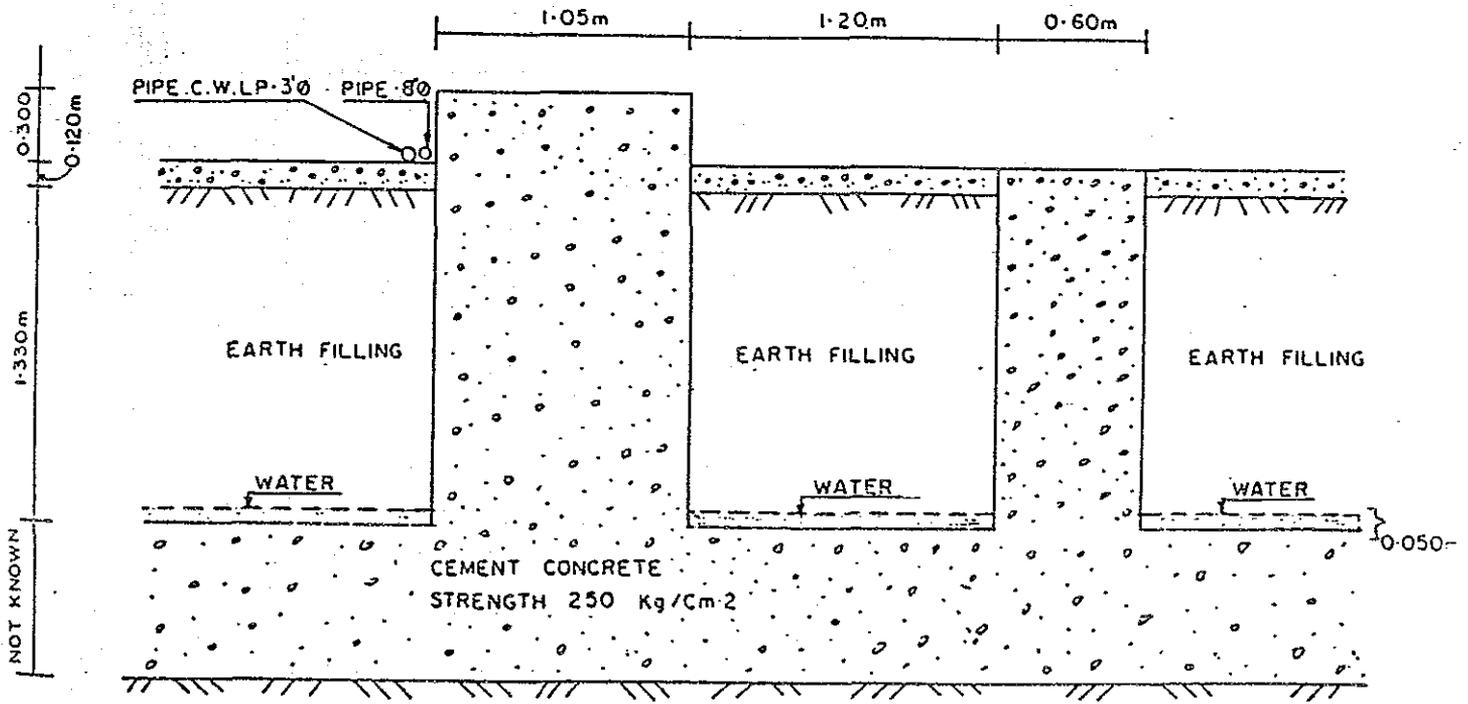
CIVIL ENGINEERING SURVEYORS
B-65, NORTH BAYVIEW, KARACHI - 33

Fig. 5.7-4 TOPOGRAPHIC MAP

Fig. 5.7-5 SECTION OF FOUNDATION



SECTION OF FOUNDATION
BOILER NO.7
A-A



SCALE 1:30

Fig. 5.7-6 (a) SEA WATER DEPTH (1/2)

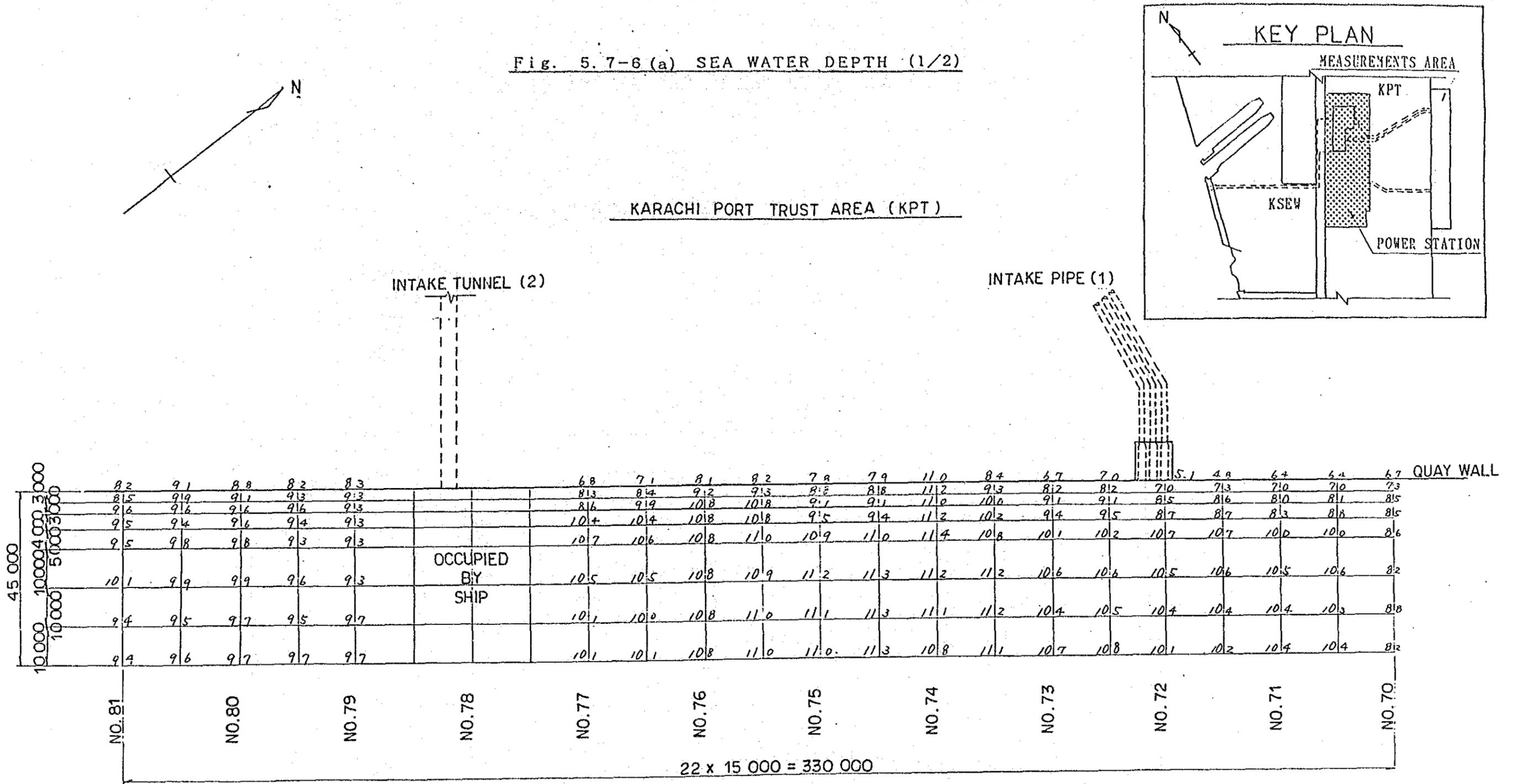


Fig. 5.7-6 (b) SEA WATER DEPTH (2/2)

KARACHI SHIPYARD ENGINEERING AND WORKS (KSEW)

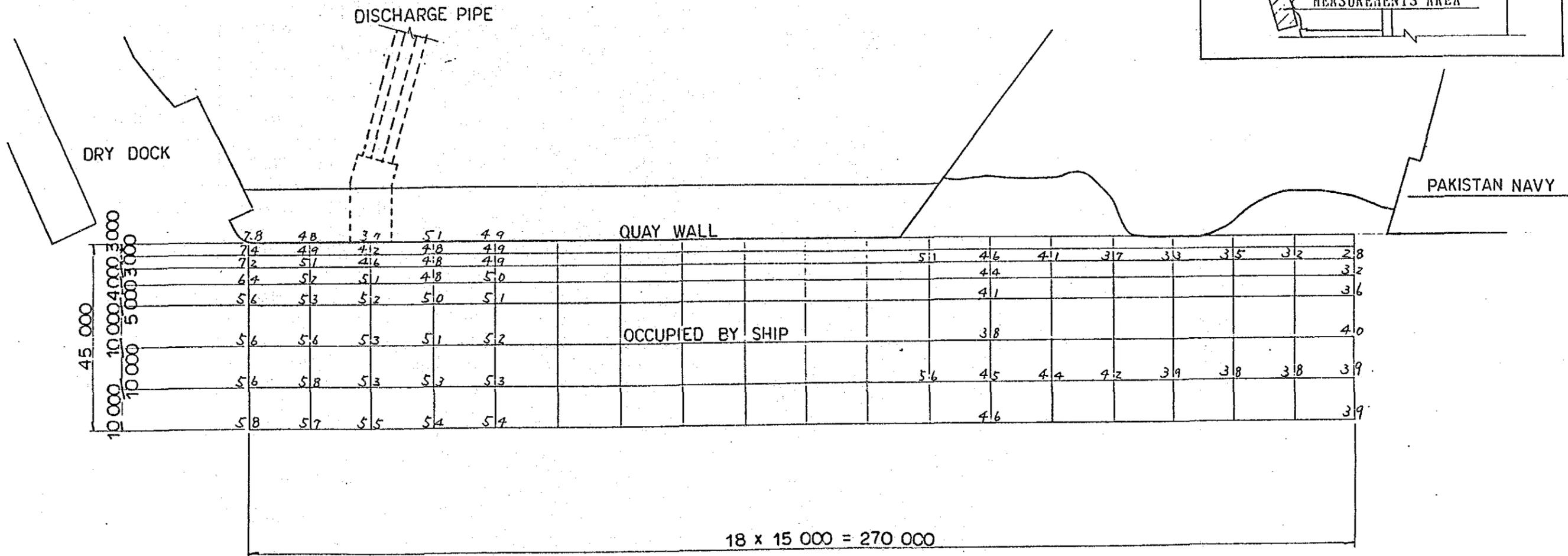
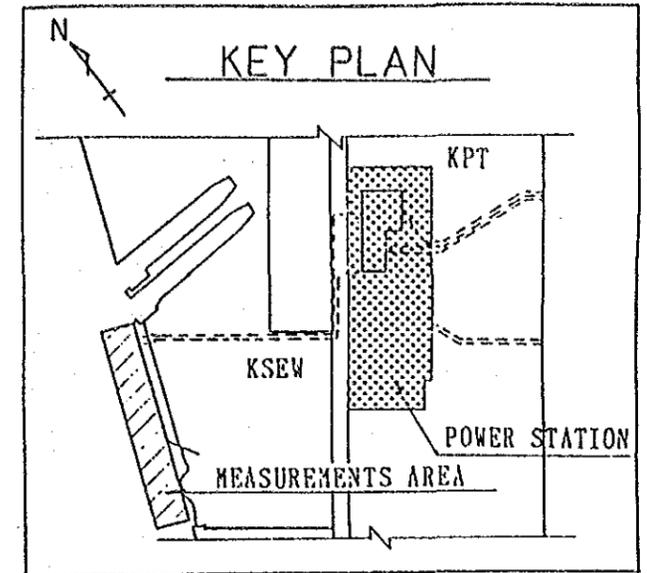


Table 5.7-3 (a) INVESTIGATION OF FACILITIES

No.	NAME OF STRUCTURE	CLASSIFIC. OF STRUCT.	NUMBER OF STORIES	DIMENSION OF STRUCTURE	
				B(m) × D(m)	H(m)
1	A STATION	STL. CONC.	2 STORIES	35.6 × 88.2	15.0
2	B STATION	STL. CONC.	2 STORIES	60.0 × 51.6	22.0
3	BX STATION	STL. CONC.	2 STORIES	31.0 × 56.0	22.0
4	ADMIN. BLDG.	CONC.	3 STORIES	10.0 × 35.0	15.0
5	No.15 BOILER	STEEL	-	13.6 × 7.2	22.0
6	No.16 BOILER	STEEL	-	13.6 × 7.2	22.0
7	CHIMNEY OF B ST.	CONC.	-	DIA. 3.4	38.6
8	CHIMNEY OF BX ST.	STEEL	-	DIA. 3.4	40.0
9	11KV SWITCHGEAR	CONC.	1 STORY	11.0 × 23.5	5.2
10	66KV SWITCH ST.	CONC.	1 STORY	23.3 × 11.0	8.0
11	66KV SWITCH ST.	CONC.	-	56.6 × 19.7	1.0
12	INLET PIPE	CONC.	-	DIA. 1.5	L=200.0
13	INTAKE CULVERT	CONC.	-	DIA. 3.0	L=155.0
14	PUMP HOUSE No.2	CONC.	2 STORIES	25.0 × 50.0	5.0
15	INTAKE PIPE A	STEEL	-	DIA. 0.6	L=100.0
16	INTAKE PIPE B	STEEL	-	DIA. 1.3	L=130.0
17	INTAKE PIPE BX	STEEL	-	DIA. 2- 1.3	L= 30.0
18	DISCHARGE PIPE A	CONC.	-	DIA. 1.2	L=150.0
19	DISCHARGE PIPE B	CONC.	-	DIA. 1.5	L=433.0
20	DISCHARGE PIPEBX	CONC.	-	DIA. 1.5	L=327.0

Table 5.7-3 (b) INVESTIGATION OF FACILITIES

No.	NAME OF STRUCTURE	CLASSIFIC. OF STRUCT.	NUMBER OF STORIES	DIMENSION OF STRUCTURE	
				B(m) × D(m)	H(m)
21	OUTFALL	STL. CONC.	-	19.0 × 9.4	8.8
22	SUI GAS COMPOUND	CONC.	-	8.9 × 20.3	2.0
23	MACHINE SHOP	CONC.	1 STORY	11.9 × 22.5	4.5
24	FUEL OIL PUMP	CONC.	1 STORY	10.5 × 9.6	6.0
25	RAW WATER PUMP	STEEL	1 STORY	9.0 × 28.0	6.0
26	SWITCH ROOM	CONC.	1 STORY	7.8 × 35.7	5.0
27	SANITARY BLOCK	CONC.	1 STORY	4.3 × 8.5	4.0
28	SEWAGE PUMP	CONC.	1 STORY	3.8 × 2.9	3.0
29	STORAGE TANK	CONC.	-	DIA. 9.5	5.0
30	OIL TANK No.1	STEEL	-	DIA. 7.5	8.0
31	OIL TANK No.2	STEEL	-	DIA. 7.5	8.0
32	OIL TANK No.3	STEEL	-	DIA. 7.5	8.0
33	OIL DIKE	CONC.	-	1.0 × 146.6	1.0
34	INSTRUMENT SEC.	CONC.	1 STORY	10.4 × 33.0	4.0
35	GROUND RESERVOIR	CONC.	-	13.9 × 13.9	2.0
36	PUMP HOUSE No.1	CONC.	2 STORIES	4.8 × 21.0	5.0
37	UNDERGROUND TANK	CONC.	-	4.1 × 8.0	2.0
38	STORE No.1	CONC. STL.	1 STORY	34.1 × 15.8	11.2
39	STORE No.2	CONC. STL.	1 STORY	34.1 × 15.8	11.2
40	OFFICER'S FLAT	CONC.	2 STORIES	55.0 × 11.2	10.0

Table 5.7-3 (c) INVESTIGATION OF FACILITIES

No.	NAME OF STRUCTURE	CLASSIFIC. OF STRUCT.	NUMBER OF STORIES	DIMENSION OF STRUCTURE	
				B(m) × D(m)	H(m)
41	SHIFT ENG. FLAT	CONC.	3 STORIES	45.0 × 14.0	15.0
42	ENGINEER'S FLAT	CONC.	2 STORIES	40.0 × 7.0	10.0
43	DRAWING OFFICE	CONC.	2 STORIES	8.5 × 17.7	8.0
44	GARAGE FOR ENG.	CONC.	-	3.5 × 5.6	2.5
45	CHOWKIDOR ROOM	CONC.	1 STORY	3.0 × 3.0	3.0
46	DISPENSARY	CONC.	1 STORY	6.0 × 5.1	4.0
47	PRESSURE TANK	CONC.	-	4.4 × 8.7	3.0
48	ROAD & ENTRANCE	CONC.	-	7,500m ²	t= 200mm
49					
50					

Table 5.7-4 COMPRESSIVE STRENGTH OF CONCRETE

NAME OF FOUNDATION	A STATION No.7 BOILER	A STATION No.1 TURBINE
REBOUND VALUE (R)	29	46
	24	49
	24	53
	27	43
	27	49
	25	44
	25	52
	26	41
	24	48
	28	36
	32	53
	30	49
	29	48
	26	48
	32	50
	36	50
	37	42
	35	50
	33	46
	45	43
AVERAGE (R)	29.7	47.0
ATANDARD DEV.	5.3	4.3
COMPRESSIVE STRENGTH	202 (kg/cm ²)	427 (kg/cm ²)

Table 5.7-5 NOISE INVESTIGATION (UNIT:dB)

TIME	DATE	No.1	No.2	No.3	No.4
11:00	DEC. 23	64	50	70	54
	DEC. 24	64	48	70	54
	DEC. 26	64	50	68	54
	DEC. 28	63	50	68	52
	DEC. 29	64	46	69	52
	DEC. 30	61	48	67	58
	AVERAGE	63.3	48.7	68.7	54.0
15:00	DEC. 23	66	48	70	54
	DEC. 24	64	48	70	54
	DEC. 26	65	50	70	54
	DEC. 28	66	52	66	53
	DEC. 29	65	50	70	53
	DEC. 30	64	54	68	57
	AVERAGE	65.0	50.3	69.0	54.2

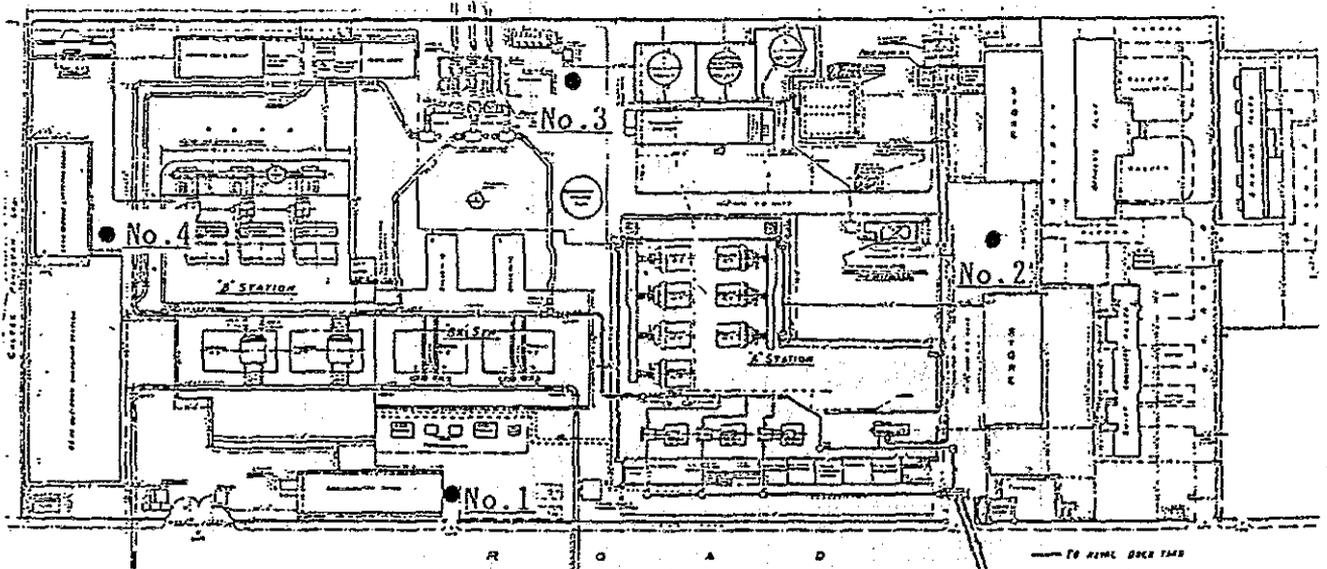


Fig. 5.7-8 LOCATION OF NOISE INVESTIGATION POINTS

第6章 最適開発案の計画設計

6.1 計画概要

K E S Cが建設するウエストワーフ火力発電所1, 2号機の範囲は下記とする。

- (1) 200MW 油焼き火力発電設備2基及び附帯設備。
- (2) ウェストワーフ火力発電所とバルデアG/S間 220kV送電線2回線及び附帯設備。
- (3) 既設発電所の撤去工事をこの更新工事に含むものとし、上記 220kV送電線の完成しだい実施されるものとする。

本プロジェクトの完成目標は、1992年の10月に第1号機、そして2年後(1994年)に2号機の完成を目標とする。

6.2 計画の特徴

調査団は、最適な発電所仕様を決定するために、日本の発電所の過去の実績及び K E S C の発電所設備等を勘案して検討した。

6.2.1 主要機器仕様

(1) ボイラの型式

ボイラの型式は、ドラム型ボイラと貫流型ボイラがあり、ドラム型ボイラには強制循環型と自然循環型がある。いずれのタイプも現在多数製作され、広く使われている。

一般的には、400MW以上の出力を超える場合には貫流型ボイラが採用されることが多く、高い発電効率を目標に採用される。しかし、貫流型のボイラの場合、常に高い効率を維持するために厳しい水質規制を行い、ボイラチューブ内部の腐食の促進を防ぐことが必要である。

一方、ドラム型ボイラで 200MW級自然循環型または強制循環型は、多くの発電所に採用されており、特に 200MW級ドラム型ボイラは K E S C の大容量発電所にも採用されているので K E S C の技術者にとっても、保守、運転、運用面からみて最適なボイラ型式と考えられる。

(2) タービンの型式

タンデムコンバウンド複流型 (TCDF) タービンは、200MW級タービンとして一般に採用されている型式であり、K E S C ビンカシム火力発電所およびコランギ火力発電所のタービン型式と同じである。

この型式のタービンは多数の信頼のある製造会社によって製作されており、運転、保守上も優れている。

ウエストワフ火力発電所 1, 2号機としてこの型式を選定した。

(3) 発電機および電機設備

発電機は蒸気タービン直結型で、横型、3相同期式水素冷却式である。

回転数は 3,000rpm, 周波数 50Hz, 定格容量は 248MVA, パワーファクターはカチの系統の電圧と V A R 制御を考慮して 0.85とした。

定格電圧は、製造会社により若干異なる。

励磁方式は静止型とし、発電機母線に直結した電力トランスを動力源として使用する。

本励磁方式は、電圧自動制御、検出器、増幅器、励磁電力制御から構成されている。

このシステムでは、低励磁制御器、高励磁制御器、リアクティブパワー制御器、電力安定器等が組込まれ、系統の静的および動的安定度の向上を計っている。

6.2.2 発電所用水

6.2.2.1 使用量

発電所の用水計画は非常に重要であり、次の点に留意して計画した。

(1) 試運転時、および定期検査時の必要量を考慮した最大使用量。

(2) 通常運転時の最小使用量

特に(1)の最大使用量の確保は、発電所の運営に重要である。

6.2.2.2 計画方針

発電所用水設備は、下記の理由で1, 2号機同時に建設する。

(1) 建設工事

1号機と2号機の設備は同一敷地内に計画しており、1号機分を先に建設し、2号機分を後で建設することは、工事上のスペース、資材の搬入1号機分との干渉等があり困難である。

(2) 試運転時の用水確保

用水設備は1, 2号機共通で計画しており、1号機建設時1号機のみを建設すると、試運転時に用水が不足する。

(3) 経済性

1, 2号機用用水設備を同時に建設すれば、建設コストを減少できる。

6.2.3 プラントの運転、制御

ウエストワーフ火力発電所はカラチ電力系統のベース・ロード発電所となるものであり、プラント機器のみでなく、制御装置も信頼性の高いものが必要であり、システム上に若干の不具合が生じて、安定運転のできるものであることが望ましい。

調査団はこの観点から、次の事項に留意して制御装置の計画を実施した。

(1) 制御装置は単純で、制御性、保守性、操作性および経済性に優れたもの。

(2) ボイラおよびタービンの主制御装置は電子式とし、コンピュータ・システムへの情報の入力が容易なもの。

- (3) コンピュータの導入により、運転状況の把握 (monitoring) および運転員との会話 (相互連絡) が可能なもの。

6.2.4 環境保護

環境保護の問題は各国に於いて重要な問題であり、特に工業の発展地区に対しては、長期的な開発計画を基礎とした環境対策計画が必要である。

本計画調査ではウェスト・ワーフ火力発電所設備が環境に与える影響を最低にすることを考慮して、機器を計画した。

6.2.4.1 大気汚染

(1) SO_x

煙突高さは、SO₂ の地上最高濃度が、1時間値の1日平均値が 0.04ppm以下でありかつ、1時間値が 0.1ppm以下であるように計画した。(大気汚染に係る環境規準) 計算の結果、煙突の高さは1, 2号機用として、140mが妥当である。

(2) NO_x

(a) ボイラより排出されるNO_x 量は最大 180ppmとする。

(b) 1, 2号機のボイラより排出されるNO_x 値を 180ppmにするために、詳細設計段階でボイラのNO_x 排出量に留意して設計する。

すなわち、低NO_x バーナの使用に適した炉寸法、形状の設定、オーバー・エアポート、排ガス混合ファンの採用等を検討する。

(3) ばいじん

現時点では電気集塵装置の設置は考慮しないが、将来ばいじんに対する規制が厳しくなった場合に、ボイラから煙突に至る煙道間に電気集塵器が設置できるスペースを考慮する。

6.2.4.2 排水汚染

火力発電所からは、多種の汚染水が排出される。主なものは、水処理装置の再生排水および空気予熱器洗浄水、炉洗浄水、化学洗浄排水等の高濁度水等である。

これらの排水が直接海に放出されると、周囲の海域を有害な物質で汚染することになる。

これに対処して汚染物質を効果的に除去し、海水汚染を防止するために、凝固沈澱槽、フィルター装置、中和装置等を1, 2号機の排水処理装置として設置する。

6.2.5 塩素処理装置

冷却用海水設備たとえば、取水装置、海水装置、冷却水熱交換器等に付着、成長する海生物に対する防御対策は非常に重要である。

最も効果的な対策は塩素処理法であるが、次の3種類の方法がある。

- (1) 塩素ガス注入方式
- (2) 次亜塩素酸ソーダ注入方式
- (3) 海水電気分解方式

ウエスト・ワープ火力発電所に設置する塩素処理装置は経済的で、運転容易な、効果的で安全な、電気分解方式を採用する。

6.2.6 コンピュータの導入

プラントの運転支援のためにコンピュータを導入し、電力の安定供給を計る。

コンピュータ採用の目的は運転の単純化（容易化）と誤操作防止である。

また、コンピュータはユニットの運転状態を把握して、時々刻々ユニットの運転状態を最適、最効率とし、結果的にエネルギーの節約を計る。

6.2.7 熱効率の改善

運転、保守の容易な実績のある機器を採用するとともに、タービン入口の蒸気条件を改善して効率向上を計り、燃料の節減を計る。

6.2.10 環境対策

環境対策を考慮して、機器の設計は世銀推奨値を基準とし、日本国環境基準、およびその他環境保護規制等を参考として実施する。

6.3 発電所概要

6.3.1 発電所配置

発電所配置を Attachment Fig A-1 PLOT PLAN に示す。

(1) 埠頭

資材の積み降しはKPT管轄の西埠頭を使用する。

(2) 復水器冷却水水路

復水器用冷却水は海水とし、既存の2種類の水路を一部改造して使用する。

循環水ポンプには外部からの異物の流入を防ぐために、十分な能力を持つスクリーン装置を設置する。

また、構内の取水路はボックスカルバートによる自然流入方式とする。

(3) 燃料貯蔵タンク

燃料貯蔵タンクは隣接の“CALTEX”用地内にある、既存 20,000kℓおよび 6,000kℓのタンクを使用する。

また、燃料の確保の為にタンクの増設、燃料受入れ、搬出設備の新設を考慮する。

6.3.2 プラント仕様

プラント仕様は下記の通り

- | | |
|------------|------------------|
| (1) プラント出力 | 200MW (発電機端) |
| (2) 燃料 | 重油および天然ガス (補助燃料) |
| (3) 稼働率 | 75% |
| (4) 補機動力 | 5% |
| (5) プラント効率 | 約38% (発電機端) |

6.3.3 主要機器仕様

- | | |
|------------|--|
| (1) ボイラ | 屋外式, 再熱, 炉内加圧式
重油および天然ガス(補助燃料), 上部支持吊下げ型 |
| (2) 蒸気タービン | 再熱, 復水式
串型, 低圧複流型 (TCDF) |
| 定格出力 | 200MW (真空 65mmHg.abs. 補給水O) |
| 蒸気条件 | 主蒸気圧力 169kg/cm ² g
主蒸気/再熱温度 538/538℃ |

(3) 發電機	橫型, 水素冷却式 (固定子水冷式)
定 格	248MVA
力 率	0.85
周 波 数	50Hz
回 轉 数	3,000rpm

6.4 其他重要項目

6.4.1 関連送変電設備

ウエストワフ火力発電所からバルデアG/Sまで 220kV送電線2回線を布設する。

この送電線の長さは延べ長さ約 24kmで、発電所の付近約 1 kmは埋設線、他の 23kmは、架空線とする。

6.4.2 サイト用地

現在のウエストワフ火力発電所は、カラチ湾に突出した西埠頭に建設されている。敷地面積は約 37,000m²で"A", "B", "BX"発電設備があったが、"A"はすでに廃止され撤去されている。

本プロジェクトによる第1号機は"A"発電設備跡に残っている建物および基礎等を完全に撤去し、その用地に建設する。

第2号機は"B", "BX"発電設備を撤去し、その跡地に建設する。

6.4.3 発電所地盤高さ

カラチ湾の最高潮位 (H.H.W.L) は基準点+3.2mであり、余裕 1.6mを考慮して発電所地盤高さを+4.8mとする。

この高さは、現在の発電所地盤高さと同じである。

6.4.4 建設用用地

建設期間中の資材置場および作業スペースが必要である。特に本プロジェクトでは用地が極めて狭隘で限定されており、また、搬入される機器、資材量も多いので建設用地の近くの外部に十分な建設用用地の確保が必要である。

6.4.5 道路

(1) 建設期間の資材搬入の為に搬入道路を建設する。

(2) 発電所の周囲には、建設用および保守用道路を建設する。

その他、建設に必要な道路はすべて建設する。

6.4.6 発電所構内の仕上

発電所構内およびその周辺は周囲との景観の調和を考慮して、計画、設計および建設を実施する。

6.5 機器仕様

以下に記載する機器台数は、200MW火力発電設備 1 基分を示す。

6.5.1 Steam generator and auxiliary equipment

(1) Boiler and accessories

Type and accessories	Outdoor, drum type preheat, pressurized furnace dual firing natural gas and furnace oil, top support, natural or forced circulating
Number	One (1)
Capacity	700 ton/H (tentative)
Outlet steam condition	174 kg/cm ² g, 541/541°C (Tentative)

(2) Forced draft fan

Type	Motor driven, double suction air foil type, inlet vane control
Number	Two (2)
Capacity	50% each

(3) Gas recirculation fan

Type	Motor driven, double suction air foil type, inlet vane control
Number	Two (2)
Capacity	50% each

(4) Air preheater

Type	Rotary regenerating type, electric motor and air motor driven
Number	Two (2)

- | | |
|--------------------------|---|
| Capacity | 50% each |
| (5) Steam air preheater | |
| Type | Tube type |
| Number | Two (2) |
| Capacity | 50% each |
| (6) Seal air booster fan | |
| Type | Motor driven, turbo vane type |
| Number | One (1) |
| Capacity | 100% |
| (7) Soot blower | |
| Type | Motor driven, steam blowing type,
automatic remote control |
| Number | To be decided by manufacturer |
| (8) Fuel oil burner | |
| Type | Steam atomizing |
| Number | To be decided by manufacturer |
| Kind of oil | Furnace oil |
| Operation | Automatic control system |
| (9) Warm up burner | |
| Type | Air atomizing |
| Number | To be decided by manufacture |
| Kind of fuel | Natural gas |
| Operation | Remote/manual |
| (10) Fuel oil heater | |
| Type | Horizontal, U tube type |
| Number | Two (2) (one (1) for stand-by) |
| Capacity | 100% each |

- (11) Fuel oil pump
- | | |
|----------|---|
| Type | Motor driven, screw or centrifugal type |
| Number | Two (2), (one (1) for stand-by) |
| Capacity | 100% each |
- (12) Furnace oil service tank
- | | |
|----------|----------------------|
| Type | Steel cone roof type |
| Number | One (1) |
| Capacity | To be decided later |
- (13) Instrument air compressor
- | | |
|----------|---|
| Type | Motor driven, reciprocating type, oilless |
| Number | Two (2), (one (1) for stand-by) |
| Capacity | 100% each |
- (14) Instrument air dryer
- | | |
|----------|--------------------------------|
| Type | Refrigerative type |
| Number | One (1) |
| Capacity | 200% of actual air consumption |
- (15) Service air compressor
- | | |
|----------|---|
| Type | Motor driven, reciprocating type, lubricated type |
| Number | Two (2) |
| Capacity | 100% each |
- (16) Chemical feed equipment
- a. Diluted hydrazine tank
- | | |
|----------|---------------------------|
| Type | Vertical cylindrical type |
| Number | One (1) |
| Capacity | 100% |

- b. Concentrated hydrazine tank
- | | |
|----------|---------------------------------|
| Type | Vertical cylindrical type |
| Number | One (1) |
| Capacity | 100% (Three (3) times start-up) |
- c. Hydrazine pump
- | | |
|----------|--|
| Type | Motor driven, metric pump |
| Number | Two (2) (one (1) for stand-by) |
| Capacity | 100% each (for normal operation consumption) |
- d. Ammonia solution tank with automatic dissolving equipment
- | | |
|----------|---------------------------|
| Type | Vertical cylindrical type |
| Number | One (1) |
| Capacity | 100% |
- e. Ammonia pump
- | | |
|----------|--------------------------------|
| Type | Motor driven, metric pump |
| Number | Two (2) (one (1) for stand-by) |
| Capacity | 100% each |
- f. Phosphate tank with agitator
- | | |
|----------|---------------------------|
| Type | Vertical cylindrical type |
| Number | One (1) |
| Capacity | 100% |
- g. Phosphate pump
- | | |
|----------|--------------------------------|
| Type | Vertical cylindrical type |
| Number | Two (2) (one (1) for stand-by) |
| Capacity | 100% each |
- (17) Flame detector and flame viewing television cooling air fan
- | | |
|------|-------------------------------|
| Type | Motor driven, centrifugal fan |
|------|-------------------------------|

Number	Two (2) one (1) AC motor driven, the other, DC motor driven
Capacity	100% each
(18) Boiler control system	
Type	Electronic, automatic boiler control system
Number	One (1) set
(19) Instrumentation	
Type	Electronic
Number	One (1) set
(20) Local control system	
Type	Electronic or pneumatic
Number	One (1) set
(21) Burner control system	
Type	Electronic, automatic control system
Number	One (1) set
(22) Flame viewing television system	
Type	Color
Number	One (1) set
(23) Sampling rack	
Type	Open, self-supporting steel frame type, one side mounting
Number	One (1) set
(24) Thermo-probe	
Type	Retractable type
Number	One (1) set

6.5.2 Steam turbine and auxiliary equipment

(1) Steam turbine

Type	Reheat-condensing tandem compound double flow turbine (TCDF)
Number	One (1) set
Rated output	200 MW (at 65 mmHg.abs. 0% make up)
Steam condition	169 kg/cm ² g, 538/538°C (at turbine inlet)
Exhaust pressure	Normal 65 mmHg.abs. Maximum 90 mmHg.abs.
Speed	3,000 rpm
Governing system	Low pressure type EHC
Extraction	Eight (8) stages

(2) Hydraulic and lubrication oil equipment

a. Turbine oil storage tank

Type	Steel plate tank (Separated for clean and dirty oils)
Number	One (1)

b. Turbine oil transfer pump

Type	Motor driven, rotary gear pump
Number	Two (2)

c. Main oil tank

Type	Steel plate, box type
Number	One (1)

d. Oil cooler

Type	Vertical, surface cooling type
Number	Two (2) (one (1) for stand-by)
Capacity	100% each

e. Main oil pump		
Type		Turbine shaft driven centrifugal pump
Number		One (1)
f. Auxiliary oil pump		
Type		Motor driven, vertical centrifugal pump
Number		Two (2) (one (1) for stand-by)
g. Turning gear oil pump		
Type		Motor driven, vertical centrifugal pump
Number		One (1)
h. Emergency oil pump		
Type		DC motor driven, vertical centrifugal pump
Number		One (1)
i. Oil conditioner		
Number		One (1)
j. Oil filter circulating pump		
Type		Motor driven, rotary gear pump
Number		One (1)
(3) Condenser		
Type		Horizontal surface cooling, divided water boxes
Number		One (1)
Design pressure		65 mmHg.abs. (Cooling water temp. at 30°C)
Cathodic protection		Electrical anti-corrosion device
Tube cleaning equipment		Ball cleaning

- Sea water leakage detecting equipment One (1) set
- (4) Unit make up water tank
- | | |
|----------|--------------------------------------|
| Type | Steel cone roof, inner floating type |
| Number | One (1) |
| Capacity | To be decided by manufacturer |
- (5) Make up pump
- | | |
|--------|---------------------------------------|
| Type | Motor driven, horizontal, centrifugal |
| Number | One (1) |
- (6) Air ejector
- a. Steam jet air ejector
- | | |
|-----------|--|
| Type | Twin elements, two stage steam jet air ejector |
| Number | One (1) |
| Condenser | Condensate water cooling |
- b. Starting air ejector
- | | |
|--------|------------------------------|
| Type | Single stage, steam jet type |
| Number | One (1) |
- (7) Gland steam condenser
- a. Condenser
- | | |
|--------|----------------------------------|
| Type | Horizontal, surface cooling type |
| Number | One (1) |
- b. Exhaust blower
- | | |
|------|---------------------------------------|
| Type | Motor driven, centrifugal blower type |
|------|---------------------------------------|

	Number	Two (2) (one (1) for stand-by)
	Capacity	50% each
(8)	Circulating water pump	
	Type	Motor driven, vertical mixed flow-type
	Number	One (1)
(9)	Priming vacuum pump	
	Type	Motor driven, rotary, water sealed, positive displacement type
	Number	One (1)
(10)	Condensate pump	
	Type	Motor driven, vertical multi-stage turbine pump
	Number	Two (2) (one (1) for stand-by)
	Capacity	100% each
(11)	Feed water	
	a. LP - 1 heater	
	Type	Closed U-tube, horizontal, surface cooling type (with condenser neck)
	Number	One (1)
	b. LP - 2 heater	
	Type	Closed U-tube, horizontal, surface cooling type
	Number	One (1)

- c. LP - 3 heater
 Type Closed U-tube, horizontal,
 surface cooling type
 Number One (1)
- d. LP - 4 heater
 Type Closed U-tube, horizontal,
 surface cooling type
 Number One (1)
- e. Deaerator
 Type Horizontal, cylindrical, direct
 contact tray type
 Number One (1)
 Storage tank Horizontal type
- f. HP - 6 heater
 Type Closed U-tube, horizontal,
 surface cooling type
 Number One (1)
- g. HP - 7 heater
 Type Closed U-tube, horizontal,
 surface cooling type
 Number One (1)
- h. HP - 8 heater
 Type Closed U-tube, horizontal,
 surface cooling type
 Number One (1)
- i. LP heater drain pump
 Type Motor driven, horizontal,
 centrifugal type
 Number One (1)

- (12) Boiler feed pump
- | | |
|----------|---|
| Type | Motor driven, horizontal multi-stage, centrifugal, barrel type injection seal |
| Number | Three (3) (one (1) for stand-by) |
| Capacity | 50% each |
| Speed | 6,000 rpm (with step-up gear) |
- (13) Booster pump
- | | |
|----------|--|
| Type | Horizontal, single suction volute type |
| Number | Three (3) |
| Capacity | 50% each |
- (14) Cooling water equipment
- a. Cooling water heat exchanger
- | | |
|----------|---------------------------------|
| Type | Horizontal, shell and tube type |
| Number | Two (2) (one (1) for stand-by) |
| Capacity | 100% each |
- b. Cooling water pump
- | | |
|----------|--|
| Type | Motor driven, horizontal, centrifugal pump |
| Number | Two (2) (one (1) for stand-by) |
| Capacity | 100% each |
- c. Cooling water stand pipe
- | | |
|----------|----------------------------|
| Type | Steel plate, vertical type |
| Number | One (1) |
| Capacity | Appropriate size |
- d. Chemical injection
- | | |
|--------|----------------------------|
| Type | Solution injection |
| Number | One (1) for units III & IV |

- | | |
|-------------|---|
| Pump | Motor driven, horizontal,
variable capacity plunger pump |
| Pump number | Two (2) for units III & IV |
| Capacity | 100% each |
| Tank | Vertical type One (1) set |
- (15) Instrumentation system
- | | |
|--------|-----------------|
| Type | Electronic type |
| Number | One (1) set |
- (16) Local control system
- | | |
|--------|----------------|
| Type | Pneumatic type |
| Number | One (1) set |
- (17) Computer system
- | | |
|-------------------|--|
| Type | Digital type, main memory; IC
memory, auxiliary memory;
magnetic disk
Auto restart system |
| Number | One (1) set |
| CPU memory | 128 KB (Tentative) |
| Bulk memory | 2 MB (Tentative) |
| Peripheral device | One (1) set |
- (18) EHC panel
- | | |
|--------|-----------------------------|
| Type | Vertical self-standing type |
| Number | One (1) set |
- (19) Sump pump
- | | |
|--------|---|
| Type | Motor driven, vertical,
centrifugal pump |
| Number | Four (4) sets |
- (20) Turbine supervisory instrument cabinet
- | | |
|------|------------------------------|
| Type | Vertical, self-standing type |
|------|------------------------------|

Number

One (1) set

(21) Ferrous ion injection system

Type

Sodium sulfate (FeSO_4)
injection system

6.5.3 Common Auxiliary Equipment

- | | |
|---------------------------------|---|
| (1) Turbine room overhead crane | |
| Type | Overhead travelling crane |
| Number | One (1) for Units 1 and 2 |
| Capacity | Capacity to be decided at detail design stage. |
| (2) Raw water tank | |
| Type | Steel cone, roof type |
| Number | Two (2) for Units 1 and 2
1,500 m3 each (Tentative). |
| (3) Water treatment system | |
| Type | Two bed three tower with mixed bed polisher type |
| Number | Two (2) sets for Units 1 and 2 |
| Capacity | Capacity to be decided at detail design stage. |
| (4) Make up water tank | |
| Type | Steel cone roof air seal type |
| Number | Two (2) for Units 1 and 2 |
| Capacity | Capacity to be decided at detail design stage. |
| (5) Furnace oil storage tank | |
| Type | Steel cone roof type |
| Number | One (1) |
| Capacity | Capacity to be decided at detail design stage. |
| (6) Furnace oil suction heater | |
| Type | Horizontal tube type |

- (7) Furnace oil transfer pump
- | | |
|----------|----------------------------------|
| Type | Motor driven, screw or gear type |
| Number | Two (2) (one (1) for stand-by) |
| Capacity | 100% each |
- (8) Waste water treatment system with necessary equipment
- | | |
|----------|--|
| Type | Coagulation-sedimentation, neutralization type |
| Capacity | Capacity to be decided at detail design stage. |
- (9) Screen
- a. Bar screen
- | | |
|--------|-------------------------------------|
| Type | Inclined bar with motor driven rake |
| Number | Two (2) |
- b. Travelling screen
- | | |
|--------|----------------------------|
| Type | Vertical, front spray type |
| Number | Two (2) |
- c. Wash pump
- | | |
|--------|--|
| Type | Vertical, centrifugal pump |
| Number | Two (2) (one (1) for stand-by) for Units 1 and 2 |
- (10) Chlorination equipment (including sea water feed pumps)
- | | |
|----------|--|
| Type | Sea water electrolysis type |
| Number | Three (3) (one (1) for stand-by) for Units 1 and 2 |
| Capacity | Capacity to be decided at detail design stage. |
- (11) Fire protection system

- a. Furnace oil tank area
 - Type Air foam, pressure proportional type (with sea water spray for furnace oil service tank)
- b. For turbine lubricating oil and burner
 - Type Dry chemical
 - Number One (1) set
- c. For main building and boiler
 - Type Fresh water hydrant
 - Number One (1) set
- e. Fire protection panel
 - Type Vertical, self-standing type
 - Number One (1) set (the panel will be installed in the central control room)

(12) Laboratory equipment (including instrument laboratory)

6.5.4 Generator and Electrical Equipment with Accessories

- (1) Generator (1 set)
 - Type Horizontal type, totally enclosed synchronous machine
 - Cooling method Stator: Water cooled
Rotor : H2 gas cooled
 - H2 gas pressure Decided by manufacturer
 - Rated capacity 248 MVA
 - Power factor 0.85
 - Rated voltage Decided by manufacturer
 - Frequency 50 Hz
 - Speed 3,000 rpm
 - Excitation system Static excitation

Short circuit ratio	Not less than 0.5 at rated condition
Insulation class	B
(2) Excitation cubicle (1 set)	
Type	Indoor self standing static excitation system with AVR equipment
(3) H2 gas generating plant	
(4) PT and SA cubicle (1 set)	
Type	Indoor used in self standing panel with PT and SA
(5) NGR cubicle and resistance (1 set)	
Type	Indoor, self standing panel with grounding transformer
(6) Excitation transformer (1 set)	
Type	Indoor self standing
Rated voltage	()
Capacity	() kVA Capacity to be decided later
(7) Isolated phase bus duct (1 set)	
Location	Gen. - main, aux. transf., PT & SA and Ex. transf.
Type	Natural air cooled
Rated voltage	Generator rated voltage

6.5.5 Transformers

Note; (): decided later

- (1) Main transformer (1 set)
- | | |
|----------------------|---|
| Type | Outdoor, three phase three wire, OFAF (Oil forced and air forced) |
| Rated capacity | () MVA |
| Low tension voltage | Generator voltage |
| High tension voltage | 220 kV |
- (2) Auxiliary transformer (1 set)
- | | |
|----------------------|---------------------------------|
| Type | Outdoor, three phase three wire |
| Rated capacity | () MVA |
| High tension voltage | Generator voltage |
| Low tension voltage | 6.6 kV |
- (3) Starting transformer (1 set for Units 1 & 2)
- | | |
|----------------------|---|
| Type | Outdoor, three phase three wire three winding, ONAN, ONAF |
| Rated capacity | () MVA |
| High tension voltage | 132 kV |
| Low tension voltage | 6.6 kV |
- (4) Tie transformer (2 sets)
- | | |
|----------------------|---|
| Type | Outdoor, three phase three wire, OFAF (Oil forced and air forced), Auto transformer |
| Rated capacity | () MVA |
| Low tension voltage | 132 kV |
| High tension voltage | 220 kV |
- (5) Grid station transformer (2 sets)
- | | |
|----------------------|---------------------------------|
| Type | Outdoor, three phase three wire |
| Rated capacity | () MVA |
| High tension voltage | 132 kV |
| Low tension voltage | 11 kV |

6.5.6 Other electrical equipment and facilities

(1) Metal clad switch gear (MCSG)

a. Unit MCSG (1 set)

Type	Indoor, self standing
Rated voltage	6.6 kV

b. Common MCSG (1 set for Units 1 & 2)

Type	Indoor, self standing
Rated voltage	6.6 kV

(2) Power center

a. Unit power center (1 set)

Type	Indoor, self standing with transformer
Rated voltage	400 V

b. Common power center

Type	Indoor, self standing
Rated voltage	400 V

(3) Control center

Number	()
--------	-----

(4) Panel and board

a. BTG board

Type	()
Number	One (1) set

b. Bus and line control panel

Number	To be decided after detail design
--------	-----------------------------------

- c. Bus and line relay panel
 For 220 kV and 132 switchyard
 Number To be decided after detail design
- d. Auxiliary control panel
 Number One (1) set
- e. Auxiliary relay panel
 Number One (1) set
- f. Distribution panel
 Number To be decided after detail design

(5) UPS (2 sets)

(6) Emergency diesel engine generator (1 set for Units 1 & 2)

(7) Battery and charger

Number	One (1) set	for unit
	One (1) set	switchyard

(8) Communication system

- a. Paging system
- b. Telephone system
- c. Clock system

(9) Lighting system

(10) Erection materials

6.5.7 220 kV switchyard equipment

6.5.8 Switchyard equipment

(1) 220 kV switchyard

Type

Indoor, SF6 gas insulation
switchgear (GIS)

Bus system

Double bus

(2) 132 kV switchyard

Type

Indoor, SF6 gas insulation
switchgear (GIS)

Bus system

Double bus