14.2.3 送電線設備

発電所出力 443MWで、230kV変圧器が予定されており、この発生する電力を送電するため 230kV 1回線 ACSR 795MCM 複導体をBan Houaykongまで計画している。

送電線のルートは地形図と現地への既設道路上およびヘリコプターによる踏査により調査された。発電所からSekong川沿いの密林地帯の山地を通り、平らな高原地域を道路沿いに西に走って、山の間の狭い所を過ぎてBan Nonglomに達する。そして平原を道路沿いに通ってBan Houaykongへ入る。その距離は約70kmである。

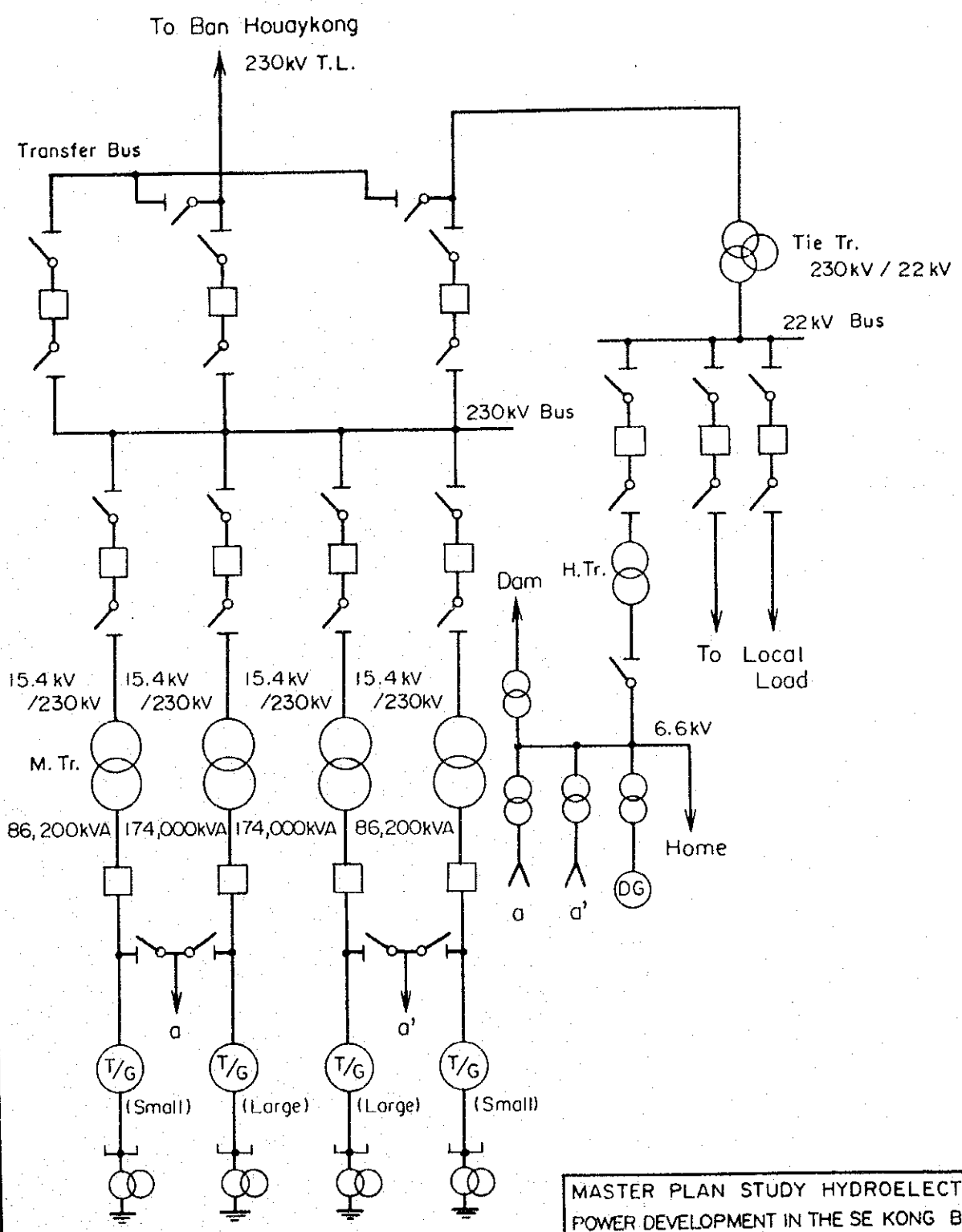
12.2.2 (3) で述べたようにタイ国境までの送電線について以下のような比較検討を行った。

Case-1 の送電線配分の場合は 230kV 1回線 140kmの送電線で送られた発電電力は Ban Houaykong 変電所へつながり、500kV に昇圧される。そして 500kV 2回線送電線はタイ国境まで 100kmである。

Case-2 の独立したそれぞれの送電線の場合はタイ国境まで ACSR 795 MCM 4導体2回線の 230kV送電線が必要である。亘長は約 150kmである。

Table 14.2-1 Project Outline of Se Kong No.4

Item		Unit	Description
Reservoir			
	Catchment Area	km^2	5,400
	Annual Inflow Volume	10^6 m^3	6,443
	Average Inflow	m^3/s	204
	High Water Level	m	290.00
	Low Water Level	m	275.40
	Gross Storage Capacity	10^6 m^3	7,776
	Effective Storage Capacity	10^6 m^3	1,692
Diversion Tunnel	Type		Circular Tunnel
	Internal Diameter	m	12.5
	Length	m	No.1 : 850
			No.2 : 745
Dam	Type		Concrete Face Rockfill Dam
	Height		164
	Crest Length	m	910
	Width of Dm Crest	m	8
	Dam Volume	10^3 m^3	14,400
Spillway	Type		Chute Type
	Width x Length	m	136 x 645
	Discharge Capacity	m^3/s	16,400
Intake	Inlet Capacity	m^3/s	369
Headrace Tunnel	Type		Circular Pressure Tunnel
	Diameter	m	6.2
	Length	m	No.1 : 315
			No.2 : 365
Penstock	Type		Exposed Type
	Diameter x Length x Number	m	5.4 x 440 x 2
Powerhouse	Type		Semi-underground Type
	Width x Length x Height	m	20 x 43 x 83



Small
Turbine : 71,500 kW
Generator : 86,200 kVA

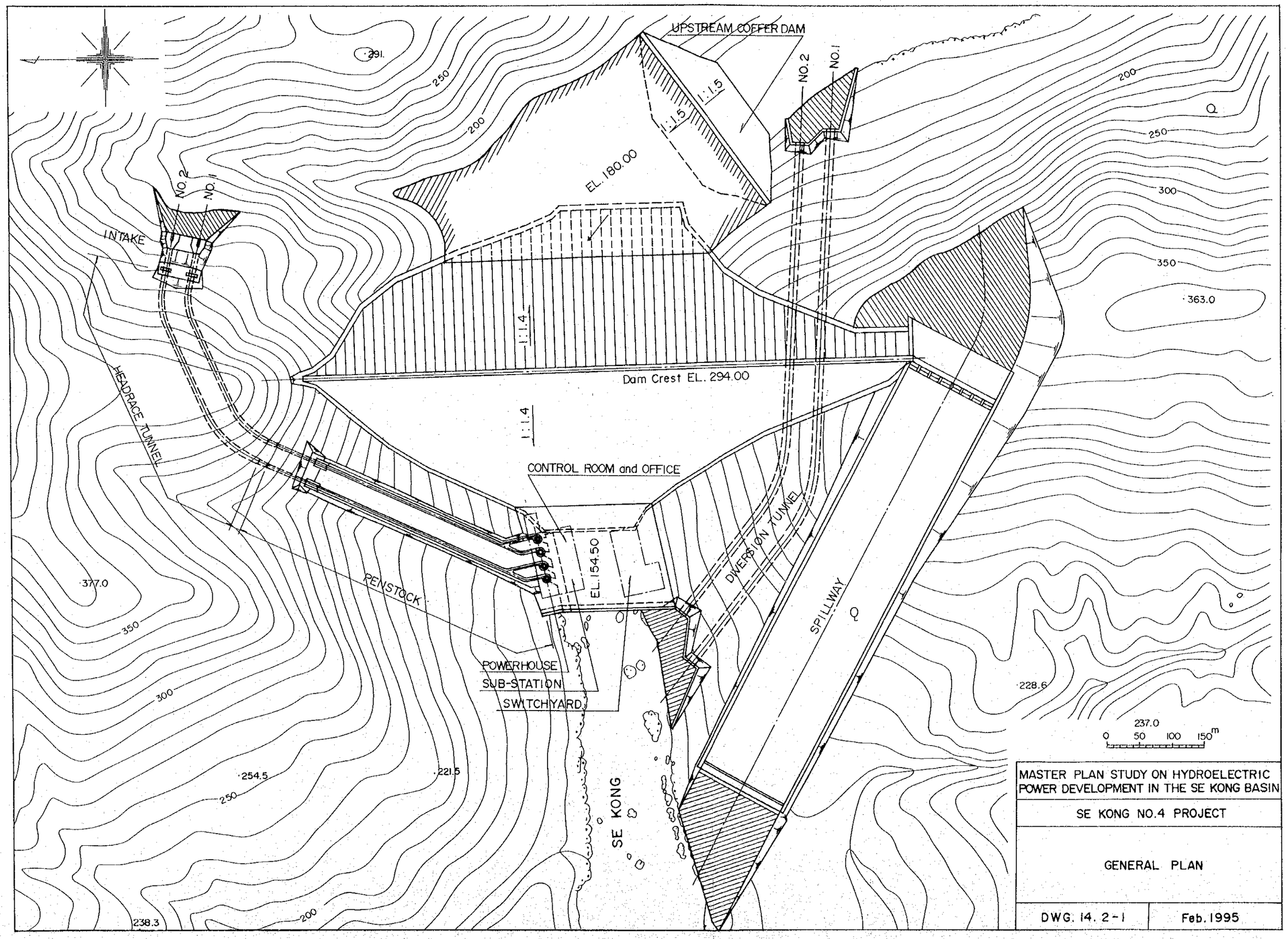
Large
Turbine : 150,000 kW
Generator : 174,000 kVA

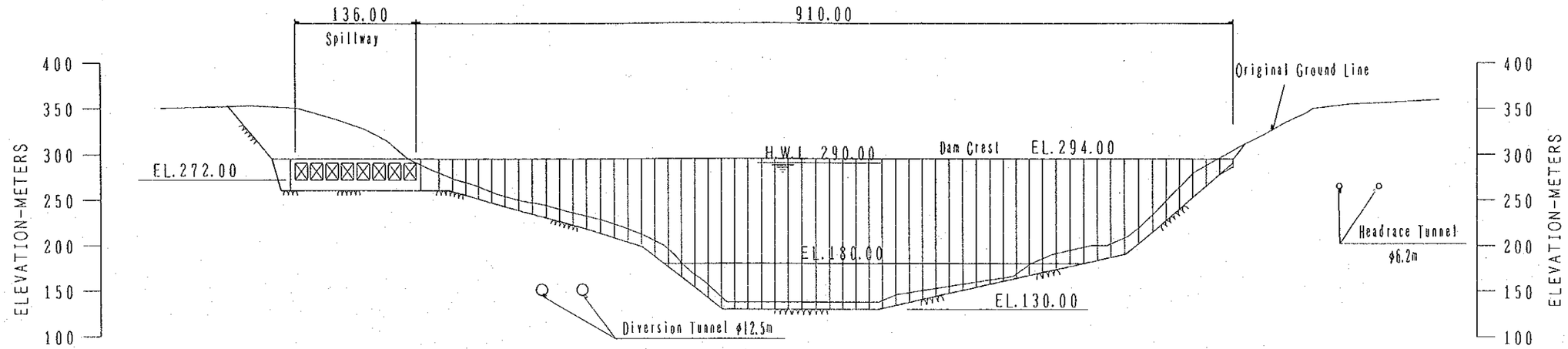
MASTER PLAN STUDY HYDROELECTRIC POWER DEVELOPMENT IN THE SE KONG BASIN

Se Kong No. 4

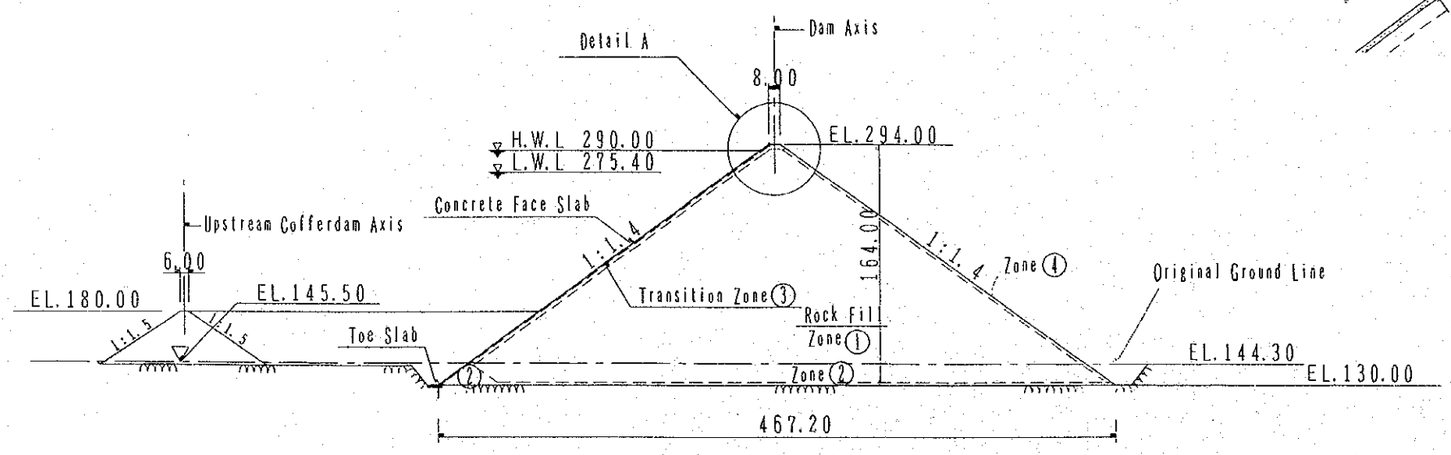
Single Line Diagram

Fig. 14.2-1 | Feb. 1995

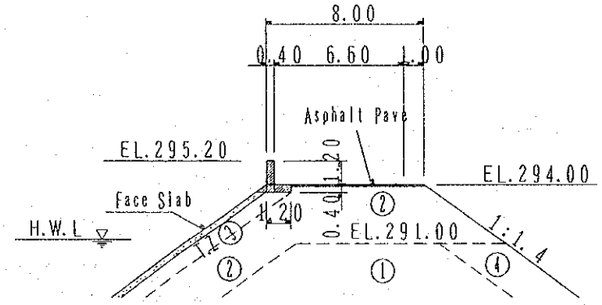

UPSTREAM COFFER DAM
NO.2
NO.1
1:1.5
1:1.5
EL. 180.00
INTAKE
NO. 2
NO. 1
1:1.4
Dam Crest EL. 294.00
1:1.4
HEADRACE TUNNEL
CONTROL ROOM and OFFICE
EL. 154.50
DIVERSION TUNNEL
SPILLWAY
PENSTOCK
POWERHOUSE
SUB-STATION
SWITCHYARD
SE KONG
Q
Q
291.
250
200
200
250
300
350
363.0
377.0
350
300
254.5
250
221.5
238.3
200
228.6
237.0
0 50 100 150m
MASTER PLAN STUDY ON HYDROELECTRIC POWER DEVELOPMENT IN THE SE KONG BASIN
SE KONG NO.4 PROJECT
GENERAL PLAN
DWG. 14. 2-1
Feb. 1995



ELEVATION ALONG DAM AXIS
SCALE (A)



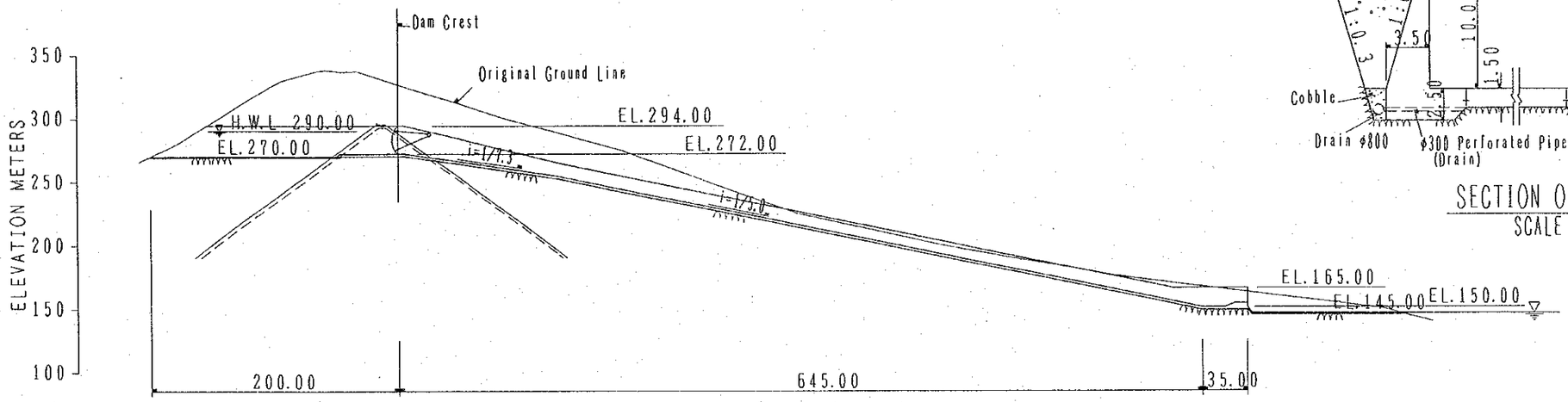
SECTION OF CONCRETE FACED ROCKFILL DAM
SCALE (B)



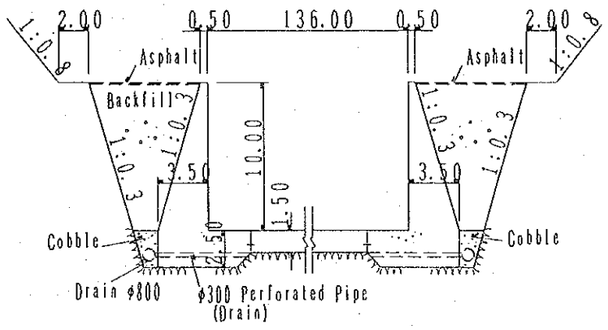
Detail A
SCALE (C)

SCALE(A) 0 50 100m
SCALE(B) 0 50 100m
SCALE(C) 0 5 10m

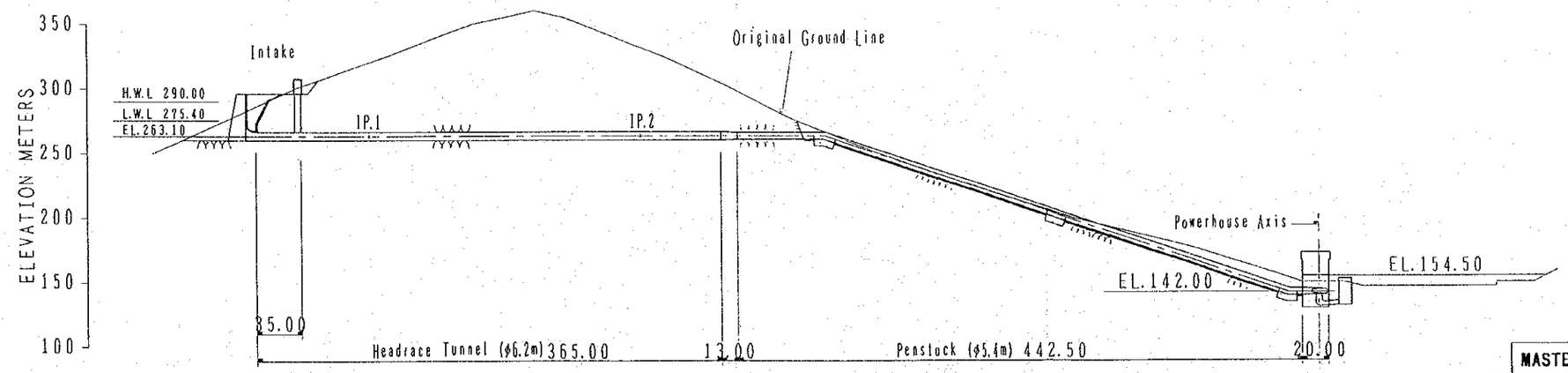
MASTER PLAN STUDY ON HYDROELECTRIC POWER DEVELOPMENT IN THE SE KONG BASIN	
SE KONG NO. 4 PROJECT	
DAM ELEVATION AND SECTIONS	
DWG. 14.2-2	Feb. 1995



PROFILE OF SPILLWAY
SCALE (A)



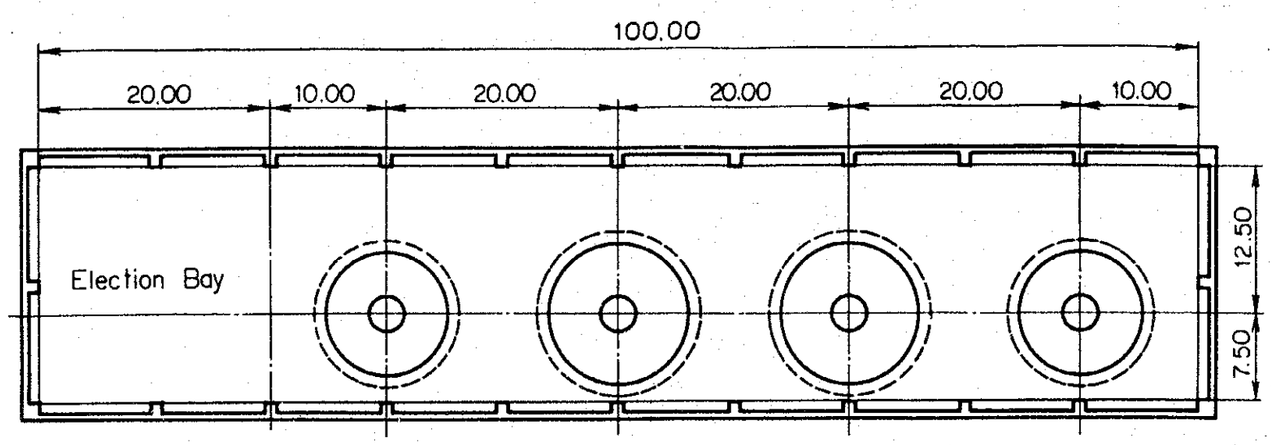
SECTION OF SPILLWAY
SCALE (B)



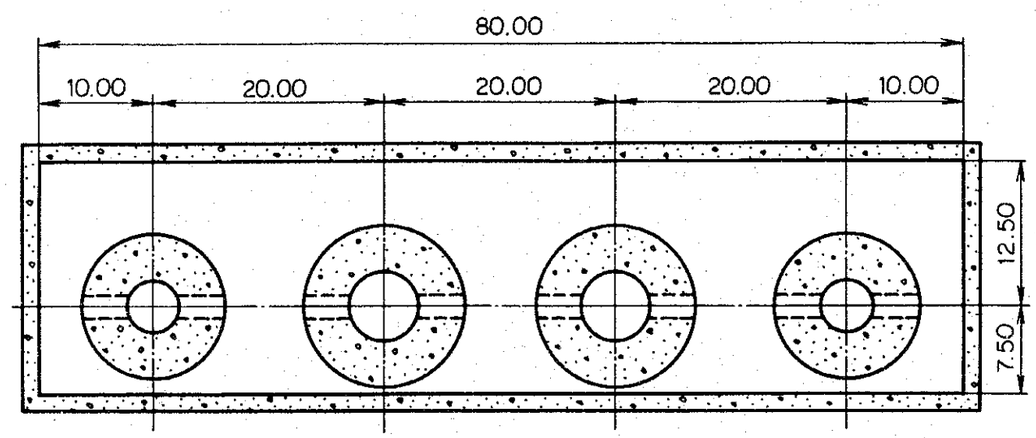
PROFILE OF WATERWAY NO.2
SCALE (A)

SCALE(A) 0 50 100m
SCALE(B) 0 5 10m

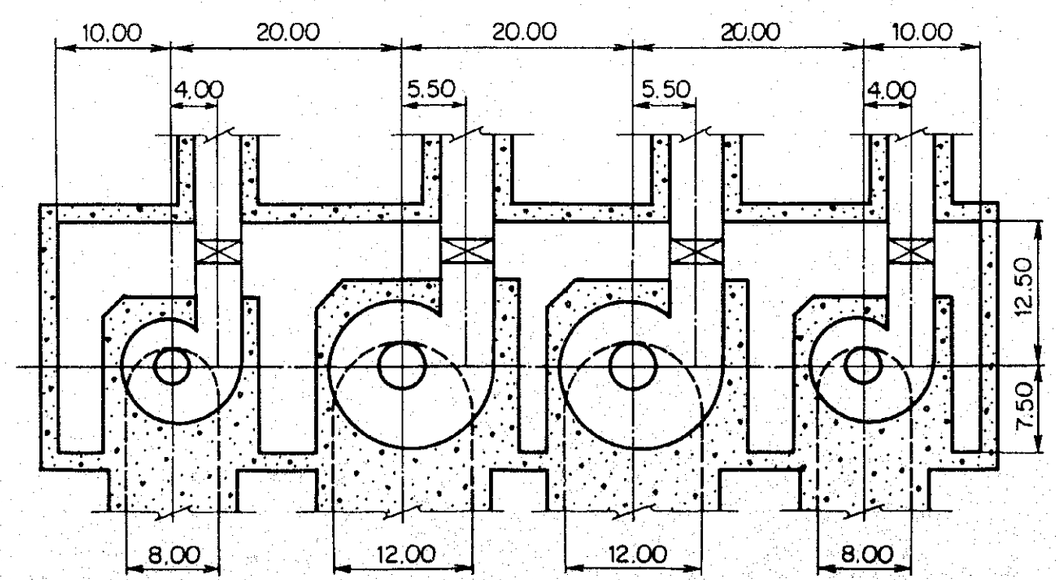
MASTER PLAN STUDY ON HYDROELECTRIC POWER DEVELOPMENT IN THE SE KONG BASIN
SE KONG NO. 4 PROJECT
SPILLWAY AND WATERWAY PROFILE
DWG. 14.2-3 Feb. 1995



EL. 154.50



EL. 148.50

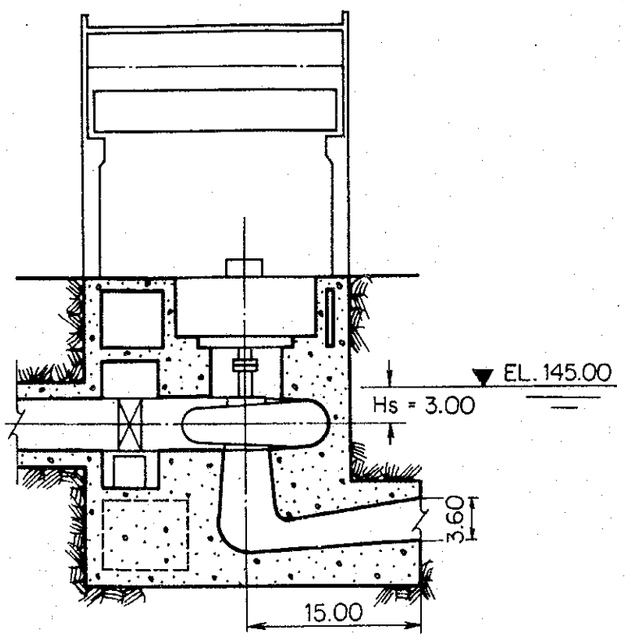


EL. 142.00

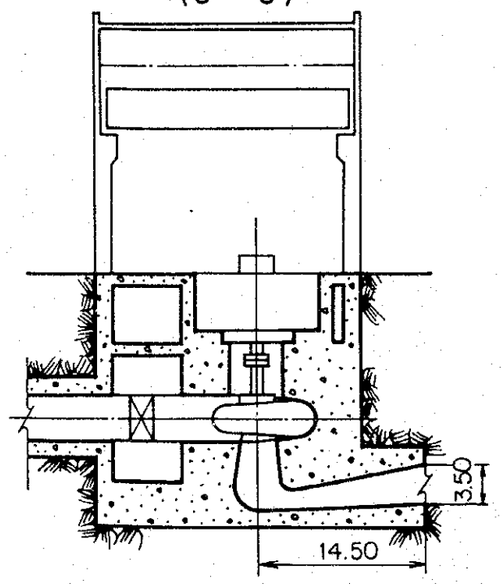
MASTER PLAN STUDY ON HYDROELECTRIC POWER DEVELOPMENT IN THE SE KONG BASIN
SE KONG No. 4
POWERHOUSE PLAN
DWG. 14.2 - 4 / Feb. 1995

TRANSVERSE SECTION

(B - B)

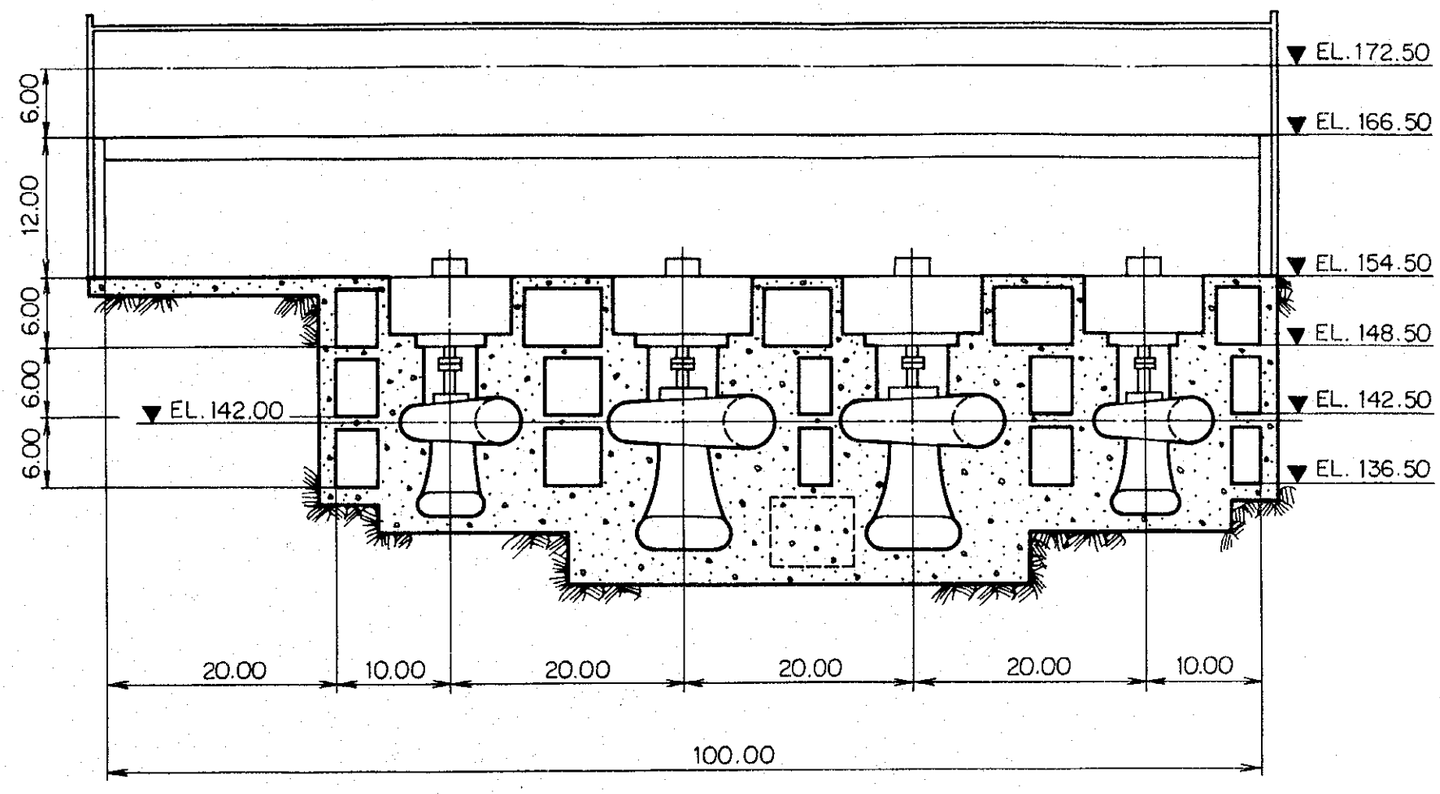


(C - C)

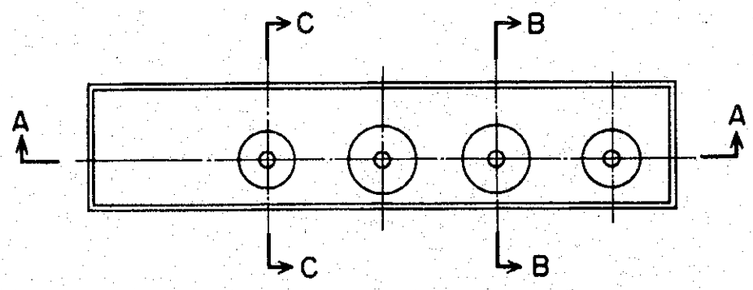


LONGITUDINAL SECTION

(A - A)



KEY PLAN



MASTER PLAN STUDY ON HYDROELECTRIC POWER DEVELOPMENT IN THE SE KONG BASIN

SE KONG No. 4

POWERHOUSE TRANSVERSE AND LONGITUDINAL SECTIONS

DWG. 14.2-5 | Feb. 1995

14.3 Xe Kaman No.1 計画

14.3.1 土木構造物

(1) 概 要

Xe Kaman No.1プロジェクト地点は、Xe Kaman川がSe Kong川と合流する地点から、約 50km上流に位置しており、また、Attapu市を中心とする平野部から山間部へ移り、最初に急峻な山岳を形成する地点にある。

本プロジェクトは、上記地点に高さ 143mのダムを築造し、ダム左岸に位置する取水口より取水し、ダム下流 500mに発電所を建設し、その間を水路で結び発電を行うものである。

Xe Kaman No.1において採用された構造物主要諸元は Table 14.3-1 に示される通りである。

以下これらの主要構造物についての予備設計について述べるものとする。

(2) ダ ム

ダム地点付近は、早瀬や小滝の連続で河床勾配は比較的急であると言える。河川両岸は傾斜 40 ～ 45 度の比較的急峻な斜面となっており、河床幅も60mと狭くダム地点としては適した地形である。しかしながら、ダム地点上流では、河川流路がS字に曲がっており、また、下流右岸には、比較的大きな支流が流入しており、ダム地点選定に当たっては、その選択形式とともにかなりの制約を受ける状況にある。一方、10章「地質」にも述べられているように今回の調査の範囲内では地質上は特に問題はないと判断される。

第13章「最適規模の選定」結果から、貯水池高水位が EL.260mと設定された。このことを基本としてダム中心軸を選定するものとした。ダム地点候補場所付近の地形から、EL.260mでの、ダム堤長は 440m程度になると見られる。これらの情報からはダム形式としては、フィル型式, コンクリート型式共に候補として揚げられた。

先に述べた地形上の制限に加えて、洪水量の大きさ（PMF 洪水量 14,321m^3/sec）から、洪水吐の規模を考慮してコンクリート型式が採用された。コンクリート型式を採用してもダム堤体容積が 1,600,000m^3にも及ぶ非常に大きなダムであることを考えると、現地の気象条件特に雨期の降雨量の大きさとそれによる施工への

影響を考慮に入れ、さらに、工事費を抑えることをも考えて型式選定を行う必要がある。そこで、最近世界各国で注目を集めている RCC ダム（ローラーコンパクテイドコンクリートダム）を選定した。RCC ダムはその打設方法から、工期が短縮され、降雨の影響も受けにくく、また工費も節約されると言われている。

選定されたダム中心軸は、DWG. 14.3-1 に見られる。地形図より、ダム基盤標高は EL.120mと判断し、ダム高さは、143mとなる。これには、余裕高として3ｍが含まれる。また、ダム堤長は 440mである。ダム標準断面は、上流側 1 : 0.12、下流側 1 : 0.7 とした。地震資料は、今回の調査では、ほとんど得られなかったが、ラオスにおける他のプロジェクトの報告書等から、この地域は比較的地質的に古い年代で地震への抵抗は高いと判断され、設計上の地震時の取り扱いは最小値とした場合を想定して形状決定に当たった。

ダム形状は、重力式の場合に考慮される項目に準じ検討され、また世界各地での RCC ダムの実績、設計を参考とした。

(3) 仮排水路トンネル

仮排水路の設計には、確率年洪水を推定する必要があるが、これは水文解析より求められ、以下の数値が推定されている。

確率年	洪水量
5	3,212 ㎥/sec
10	3,917 ㎥/sec
20	4,615 ㎥/sec
50	5,550 ㎥/sec
100	6,276 ㎥/sec
200	7,023 ㎥/sec

上記の数値から、採用数値の決定に当たっては、ダムの型式を考慮に入れることが必要である。

ここではコンクリート式ダムが採用されているので、その点を考慮して検討を行った。確率洪水年をどこに設定するかは、そのプロジェクトでの状況判断による

ものであり、施工時期，施工方法また、プロジェクトコストへの影響等をも検討に加える必要がある。

通常コンクリート式ダムの場合は、建設工期及びダム越流のリスクがフィル式より緩くとられるのでかなり短い年数が選ばれる。ここ、Xe Kaman No.1 プロジェクトではダム工事規模（工期）に較べて、その貯水池容量が非常に大きく、湛水に要する期間が長期となることが予想される。そのため、ダム工事完了後に湛水を開始すると湛水完了まで、電気機器の有水試験を実施することが出来ないため発電所の営業運転、即ち、工事資金の回収が遅れることとなり、これはプロジェクトにとって好ましいことではない。ここで、一般的には、中間湛水の考えが生まれるわけで、Xe Kaman プロジェクトにおいてもこの中間湛水を取り入れることとした。このことより、全体施工期間に対して、仮排水設備の有効利用期間が非常に短くなることが考えられる。このため、仮排水路トンネルを従来のような考え方を固守することは、経済的には得策でないと判断し、ダム施工期間いっぱいを確率洪水年と考えるものとし、5年確率洪水を採用した。これより、仮排水路の設計に用いた洪水量は、上表より、3,212㎥/secである。

この点は、今後の F/S 調査時点で、確率洪水量の見直しと共に慎重な再検討が必要であると思われる。

この洪水流量に対して必要なトンネル径は、13.5mが1本必要である。この算定に当たっては、仮締め切りダムの堤高を 45mと設定した。仮締め切りダムの天端標高は 165mとなる。仮排水路トンネルの配置は、 DWG 14.3-1 に示される。

(4) 洪水吐

Xe Kamanダムはコンクリートダムであり、ダム頂部よりの越流式洪水吐が最も普通の型式としてここでは採用された。配置形状は、 DWG 14.3-1 及び 14.3-2 に示される。

a）設計洪水量

洪水吐の設計に必要な設計洪水量は、水文解析より 14,321㎥/secの値が得られている。本来なら、ハイドログラフ等からピーク流量を求めて、洪水吐の規模能力等を決定するものであるが、今回水文資料としての洪水記録が得られていな

いので、また予備設計時点としては、過去の記録も十分にない状態でハイドログラフを推定してまでピーク流量を推定してもその精度と設計精度との釣り合いもあるので、今回は、設計洪水流量全量を処理できる洪水吐を考えておくものとした。

b）洪水吐形式

取水のための高水位、低水位を考慮して、この高水位状態で洪水処理出来るような構造とする。これら条件から越流部の流量能力計算を行った結果、幅 122m，越流水深 16.5mの構造が必要である。この洪水処理のため、ラジアルゲート幅 14.0m，高さ 16.5m，7門で処理するものとした。

(5) 取水口

a）取水方式の選定

本ダムの取水標高は、HWL.260mから LWL.253.2mで利用水深 6.8mとダム高さ 143mから見て小さいと言える。また、Xe Kaman川の堆砂について、第9章9.5「堆砂量の検討」から、100年後の堆砂体積 160×10^6 m^3でこれは、貯水池規模からみると、まったく取水口位置の選定に影響するものではない。また、下流側水路ルート及び発電所位置とを考え、1/10,000 地形図からの全体レイアウトの検討を行い、取水口位置としては、ダム左岸上流の小さな沢の斜面が選ばれた。これは DWG 14.3-1 に見られる通りである。

b）取水能力

Xe Kaman No.1 の発電に使用される最大流量は、228 m^3/secで、1門あたり、114 m^3/secでこれを取水できる規模が求められる。

(6) 水　路

水路ルートは、取水口より2条のトンネルで左岸山腹を通過し下流側斜面を水圧管路で発電所と繋ぐものとする。水路ルートについては、DWG 14.3-1 に示される。水路は、導水路トンネルと水圧管路から構成されている。

a）導水トンネル

取水口呑口敷よりトンネルとしトンネル本数は2本で、内径 4.8m、長さはそれぞれ 322mとなる。

b）水圧管路

トンネル出口より水圧管路になるが、出口部地山の表部の工事でのゆるみ等を考慮して地表より 30mを鉄管を延長して補強とする。鉄管はリングガーダー形式とし、コンクリートアンカーブロックとサドルで支持されるものとする。管路延長は 317mである。鉄管内径は、4.2mである。

(7) 発電所および開閉所

発電所の形式は、地形図から判断して発電機盤 EL.135.5m以下を地下式とする半地下式を採用した。発電所建屋規模は、電気機械の設計より奥行き 18m，長さ 82m，高さ 36mとなった。また、開閉所は、発電所に併設して設けるものと考えた。この配置は、DWG. 14.3-1 に、また、建物レイアウトは DWG 14.3-4 に示されている。

(8) 放水口

放水口は、ドラフトチューブ端部に設けられるゲート部から外側では、各ドラフトチューブ毎に導流壁で導流し、その後は放水庭で処理する。放水庭の規模は、幅 100m，長さ 15mとし、河川流路に直に放流するものとする。

(9) 工事用道路

Xe Kaman No.1 プロジェクトはAttapu県の県都AttapuからXe Kaman川を遡ること約50km上流に位置しており、Attapu市を離れてB. Pandengまでの約10kmは地方道があるが、それより先は、人道のみである。さらに、プロジェクト地点へは、旧ホーチミン道路が存在するが、戦乱で傷められており、工事実施のためには直接の使用は無理である。このため、プロジェクト実施のためには、これら道路の改修及び新設が必要である。現地調査の結果から、工事開始のためには、以下の道路及び橋梁の新設／改良が必要と判断している。

1）既存道路の改修　：23 km

2）新設道路　　：22 km

3）橋梁架設　　：セコン川橋梁，その他小橋梁数カ所

なお、道路仕様は、幅員 7 m，対向2車線、砂利舗装路盤とする。

14.3.2 発電機器

(1) 主機台数の決定

Xe Kaman No.1発電所出力は、256MWで計画されている。この出力を満たす主機台数の組み合わせは幾つか考えられるが、台数を少なくするほど、スケールメリットによる経済性の追求が可能となり、経済的には2台案もしくは3台案が最適と考えられる。

しかし、Xe Kaman No.1 発電所には河川維持流量 20㎥/secを24h確保する必要があり、この河川維持流量を、発電機を通して下流に放流するためには専用の水車・発電機を設置するか、主機が最低流量 20㎥/secまで運転が可能となるように主機の台数を決定する方法が考えられる。　河川維持流量用の水車・発電機を設置する案については、維持流量が 20㎥/secと比較的大きく出力も約20MW程度となり、事故時のバックアップ、発電所レイアウト、水圧鉄管および導水路などの設計が複雑となることから、今回は採用しなかった。

従って、スケールメリットは多少犠牲になるが、主機台数は4台とし、水車・発電機の最大使用水量を 57㎥/secとした。この有効落差で採用が可能な水車は、フランシス水車であるが、この水車は最大流量の約30～40%流量から運転が可能であり、河川維持流量は35%流量に相当し、キャビテーション、振動等の問題を起こすことなく運転可能と考えられる。

次のフィージビリティースタディーステージでは、河川維持流量の対応方法、水車・発電機の運用条件、輸送条件、および電気関係の機器代だけでなく土木工事費も考慮して最適な主機台数を再検討する必要がある。

以下のとおり、水車・発電機の出力を算出した。

$$\text{水車・発電機出力} = 9.8 \times He \times Q_{max} \times \eta T \times \eta G$$

$$= 9.8 \times 129.9\ \text{m} \times 57.0\ \text{㎥/sec} \times 0.908 \times 0.975$$

≒64,000 kW

(2) 主要機器の選定

使用水量および有効落差より水車は立軸フランシス水車が適当である。発電機はこれに直結する立軸3相交流同期発電機とし、発電機の定格力率は、負荷端から遠く遠距離送電となるため、系統の電圧制御に寄与させるために0.85とした。

発電機電圧から系統送電圧230kVに昇圧する主要変圧器は、それぞれのユニットに、輸送条件（最大30ton程度）を考慮して、屋外油入単相変圧器3台を採用した。

開閉所は、Nam Ngumなどで採用されている単母線と点検母線の組合せとし、従来形の開閉機器を採用した。開閉所敷地の削減、メンテナンス簡素化を考慮すればガス絶縁開閉装置（ＧＩＳ）の採用も考えられ、次のフィージビリティースタディーステージか、詳細設計ステージで検討する必要がある。開閉所にはローカル負荷に電力を供給するための22kV送電線のターミナル設備と230kVから22kVにステップダウンする連系変圧器を設置した。

また、重要な発電所になると考えられるため、所内電源確保のための非常用発電設備としてディーゼル発電機を設置する。Fig. 14.3-1 に単線結線図を示す。

以下に主要機器の定格事項を示す。

水　車		
	形　　式	立軸フランシス水車
	台　　数	4台
	基準有効落差	129.9 m
	使用水量	57 m³/sec
	基準出力	64,000 kW
	回転速度	250 rpm
発電機		
	形　　式	立軸三相交流同期発電機
	台　　数	4台
	出　　力	75,000 kVA
	力　　率	0.85 lag
	電　　圧	13.2 kV
	周波数	50 Hz
	回転速度	250 rpm
主要変圧器		
	形　　式	屋外送油風冷単相変圧器
	台　　数	4組（12台）
	容　　量	75,000 kVA

電　　圧		
	1次	13.2 kV
	2次	230 kV
結　　線		
	1次	デルタ
	2次	スター中性点直接接地
屋外開閉所		
母線構成		単母線＋点検母線
母　　線		アルミ母線
接続回線数		
	230 kV	1回線
	22 kV	2回線

14.3.3 送電線設備

発電所出力 256MWで、230kV変圧器が予定されており、この発生する電力を送電するため 230kV 1回線 ACSR 1,272MCM 単導体をBan Houaykongまで計画している。

送電線のルートは地形図と現地への既設道路上およびヘリコプターによる踏査により調査された。発電所からは山を越えて平地の密林地帯をXe Kaman川沿いに進み、さらにHouoy Toy Yun川沿いにBan Phonからの道路まできて、Se Kong No.4からの送電線と同じ地域を通ってBan Houaykongへ入る。その距離は約140kmである。

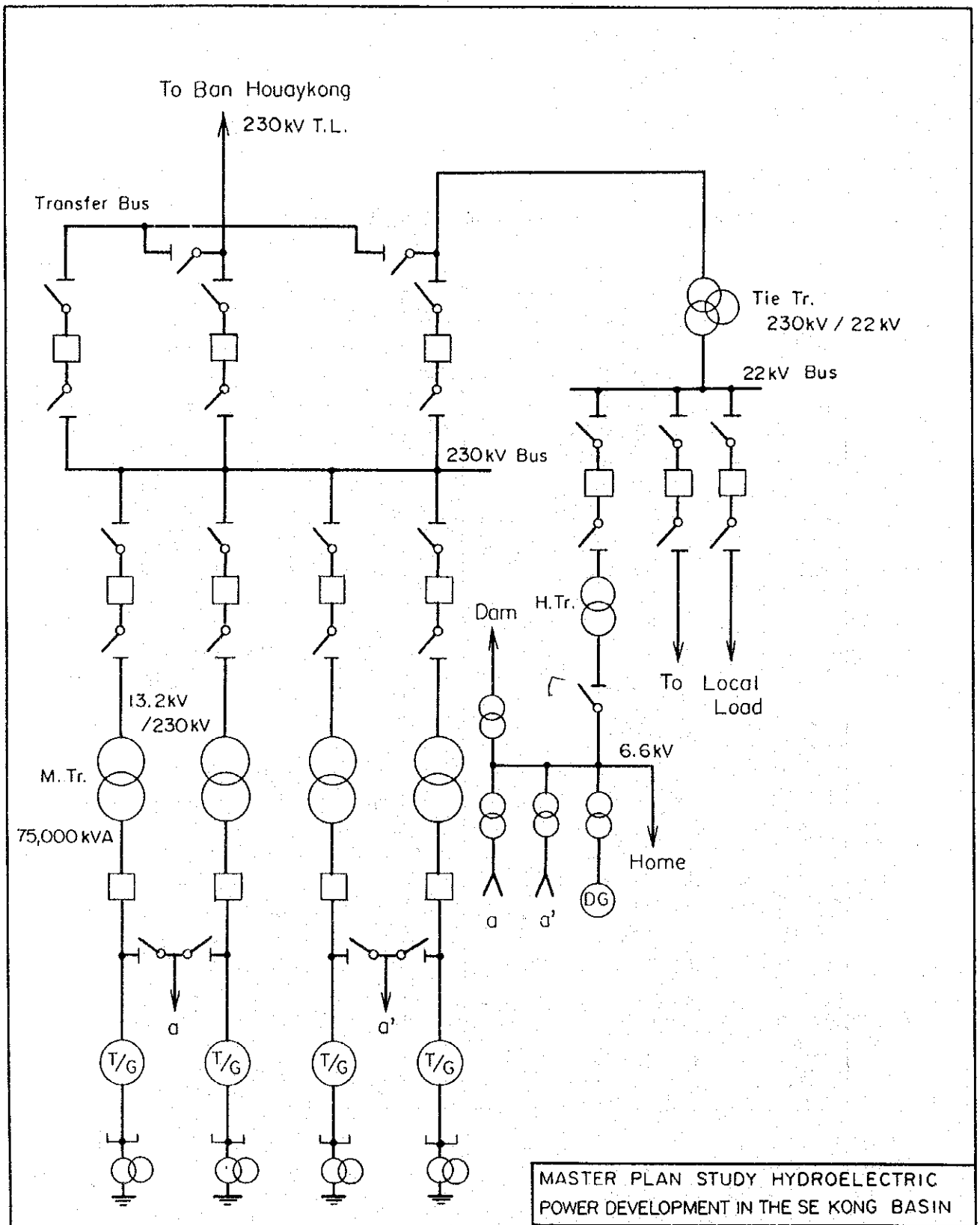
12.2.2 (3) で述べたようにタイ国境までの送電線について以下のような比較検討を行った。

Case-1 の送電線配分の場合は 230kV 1回線 140kmの送電線で送られた発電電力は Ban Houaykong 変電所へつながり、500kV に昇圧される。そして 500kV 2回線送電線はタイ国境まで 100kmである。

Case-2 の独立したそれぞれの送電線の場合はタイ国境まで ACSR 795 MCM 2導体2回線の 230kV送電線が必要である。亘長は約 210kmである。

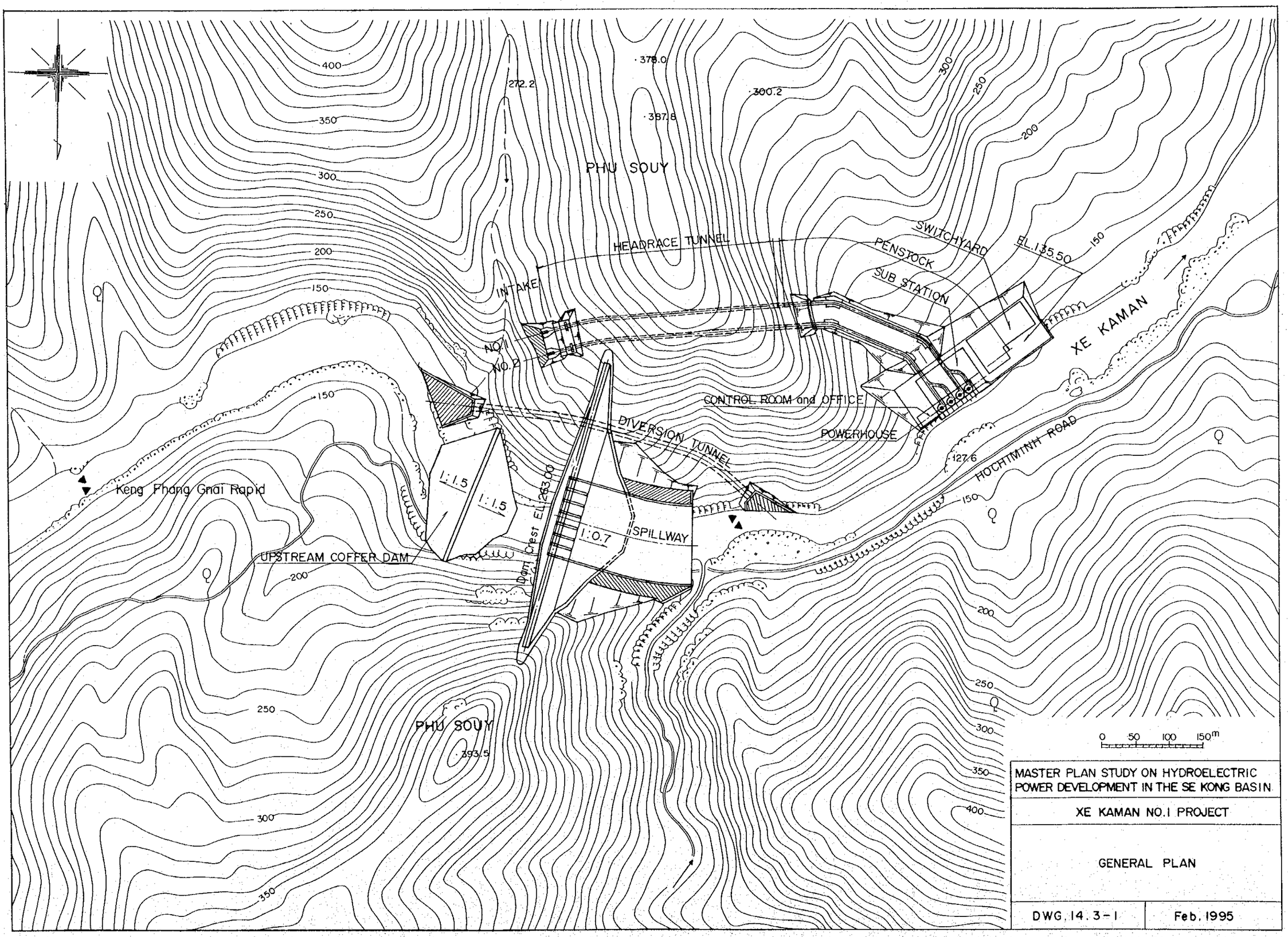
Table 14.3-1 Project Outline of Xe Kaman No.1

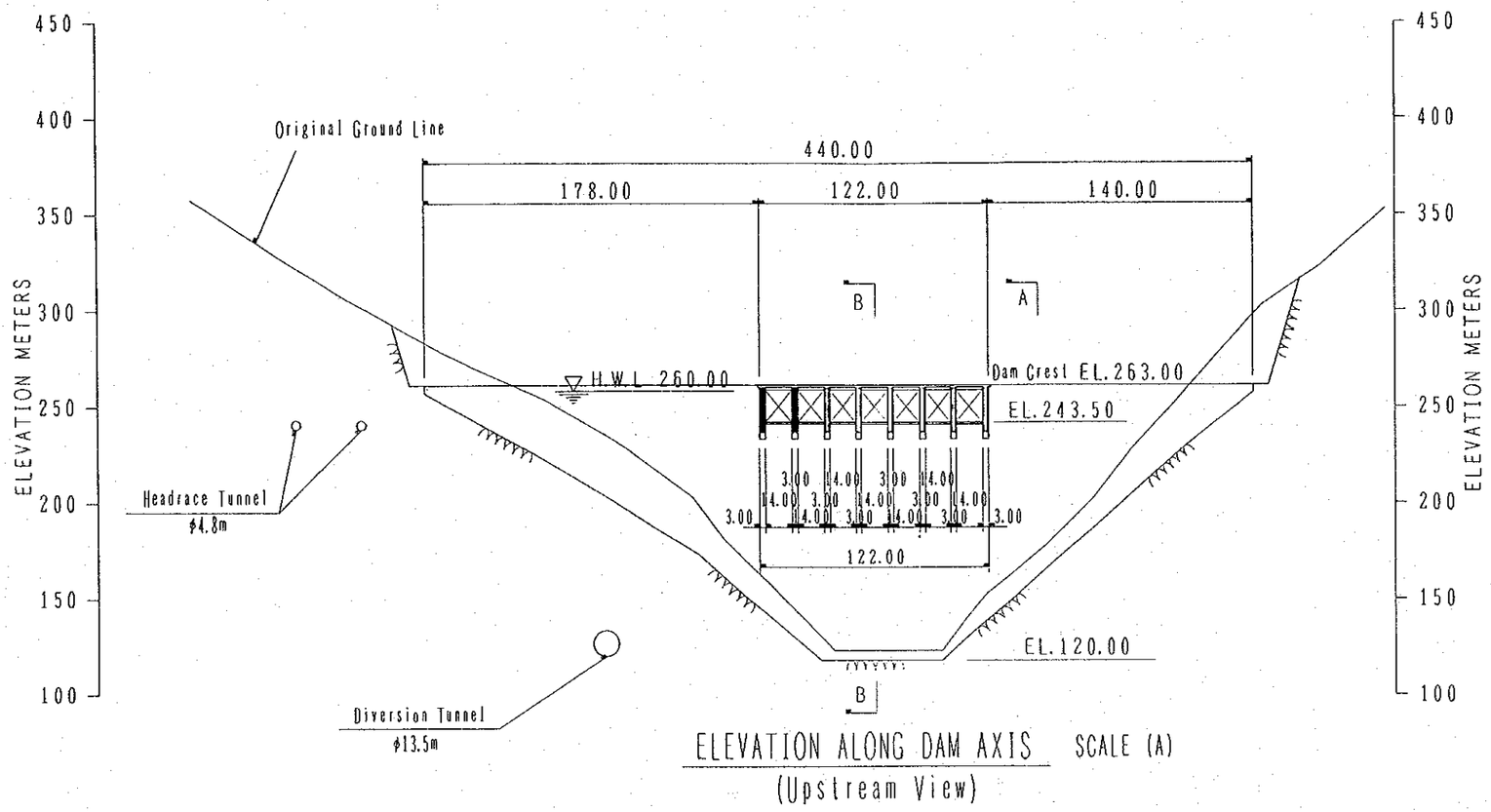
Item		Unit	Description
Reservoir			
	Catchment Area	km^2	3,800
	Annual Inflow Volume	10^6 m^3	4,177
	Average Inflow	m^3/s	132
	High Water Level	m	260.00
	Low Water Level	m	253.20
	Gross Storage Capacity	10^6 m^3	16,208
	Effective Storage Capacity	10^6 m^3	1,274
Diversion Tunnel	Type		Circular Tunnel
	Internal Diameter	m	13.5
	Length	m	435
Dam	Type		Roller Compacted Condrete Dam
	Height	m	143
	Crest Length	m	440
	Width of Dm Crest	m	10
	Dam Volume	10^3 m^3	1,670
Spillway	Type		Overflow Spillway
	Width x Height : Length	m	122 x 203
	Discharge Capacity	m^3/s	14,321
Intake	Capacity	m^3/s	228
Headrace Tunnel	Type		Circular Pressure Tunnel
	Diameter	m	4.8
	Length	m	No.1 : 322
			No.2 : 315
Penstock	Type		Exposed Type
	Diameter x Length x Number	m	4.2 x 317 x 2
Powerhouse	Type		Semi-underground Type
	Width x Length x Height	m	18 x 36 x 64



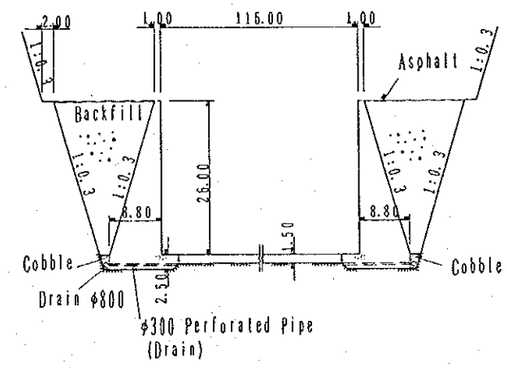
Turbine : 64,000kW
Generator : 75,000kVA

MASTER PLAN STUDY HYDROELECTRIC POWER DEVELOPMENT IN THE SE KONG BASIN	
Xe Kaman No. 1	
Single Line Diagram	
Fig. 14.3 – 1	Feb. 1995

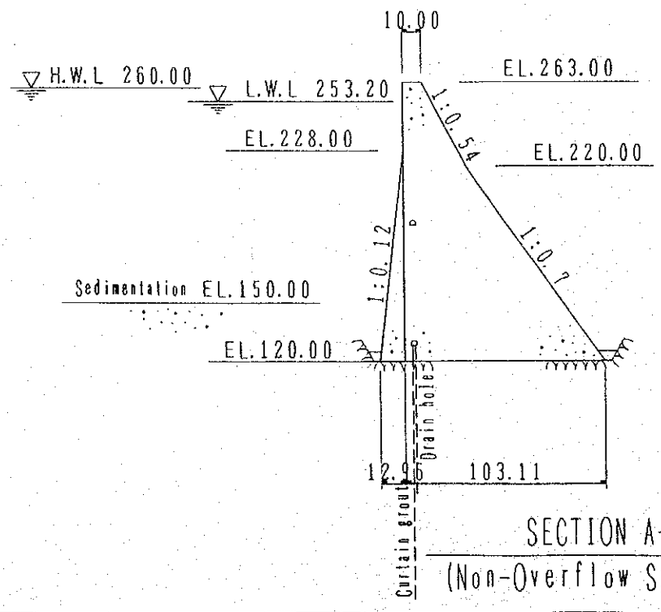

PHU SOUY
HEADRACE TUNNEL
INTAKE
NO.1
NO.2
SWITCHYARD
PENSTOCK
SUB STATION
EL.135.50
XE KAMAN
CONTROL ROOM and OFFICE
POWERHOUSE
DIVERSION TUNNEL
HOCHIMINH ROAD
Keng Phang Gnai Rapid
1:1.5
1:1.5
1:0.7
Dam Crest EL.283.00
SPILLWAY
UPSTREAM COFFER DAM
PHU SOUY
272.2
378.0
300.2
387.8
127.6
393.5
400
350
300
250
200
150
0 50 100 150m
MASTER PLAN STUDY ON HYDROELECTRIC POWER DEVELOPMENT IN THE SE KONG BASIN
XE KAMAN NO.1 PROJECT
GENERAL PLAN
DWG. 14.3-1
Feb. 1995



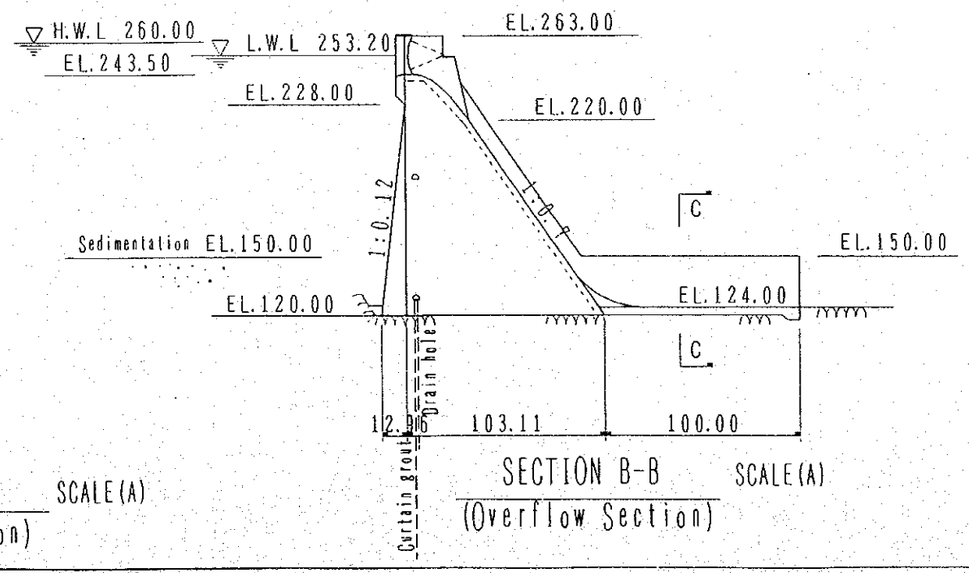
ELEVATION ALONG DAM AXIS SCALE (A)
(Upstream View)



SECTION C-C
SCALE(B)



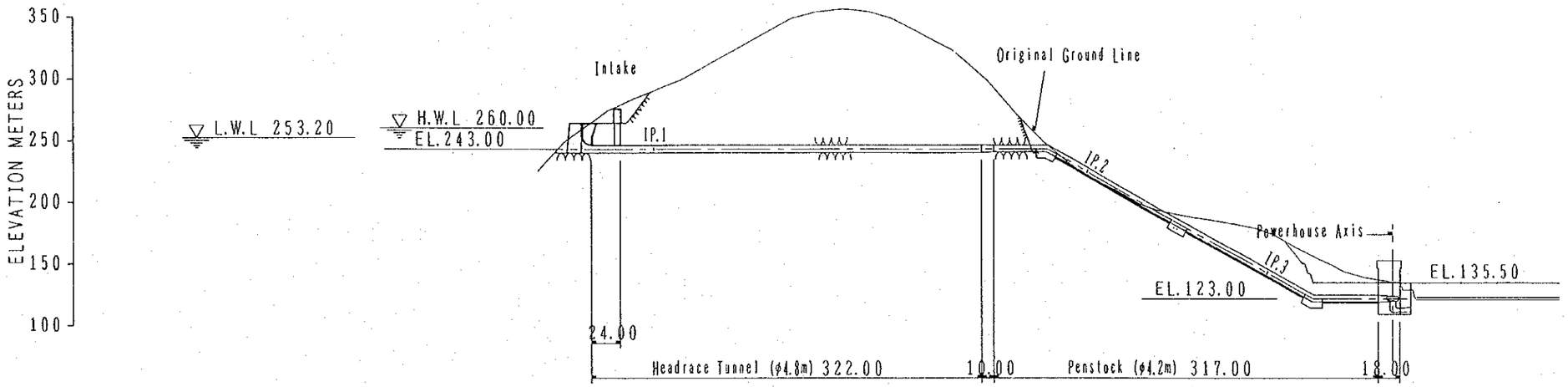
SECTION A-A SCALE(A)
(Non-Overflow Section)



SECTION B-B SCALE(A)
(Overflow Section)

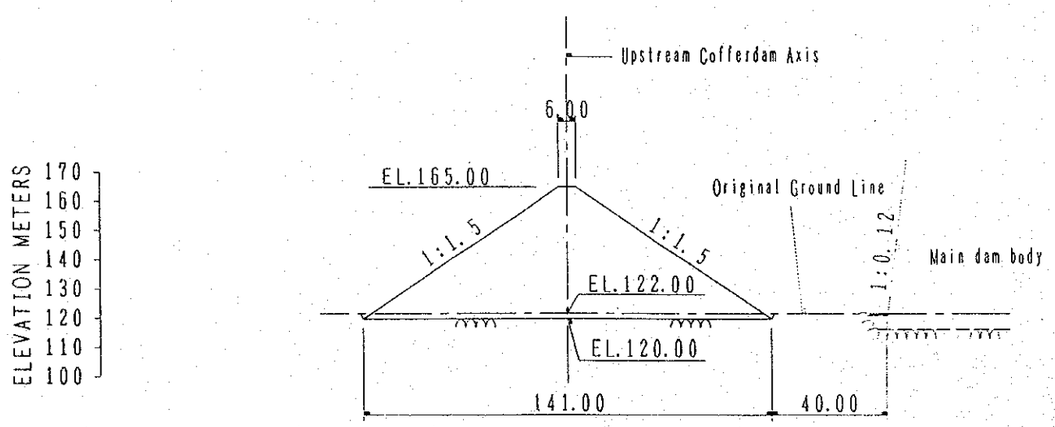
SCALE(A) 0 50 100 150m
SCALE(B) 0 25 50m

MASTER PLAN STUDY ON HYDROELECTRIC POWER DEVELOPMENT IN THE SE KONG BASIN	
XE KAMAN NO. 1 PROJECT	
DAM ELEVATION AND SECTIONS	
DWG. 14.3-2	Feb. 1995



PROFILE OF WATERWAY NO.1

SCALE (A)



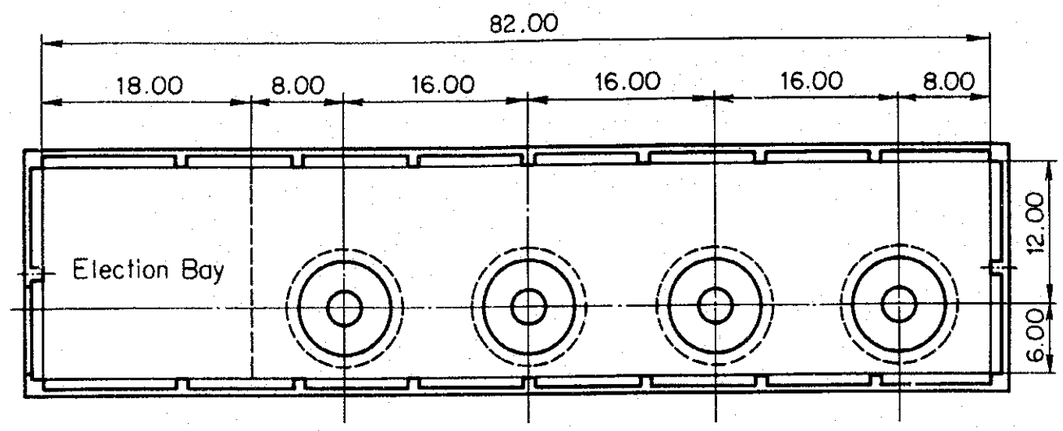
SECTION OF UPSTREAM COFFERDAM

SCALE(B)

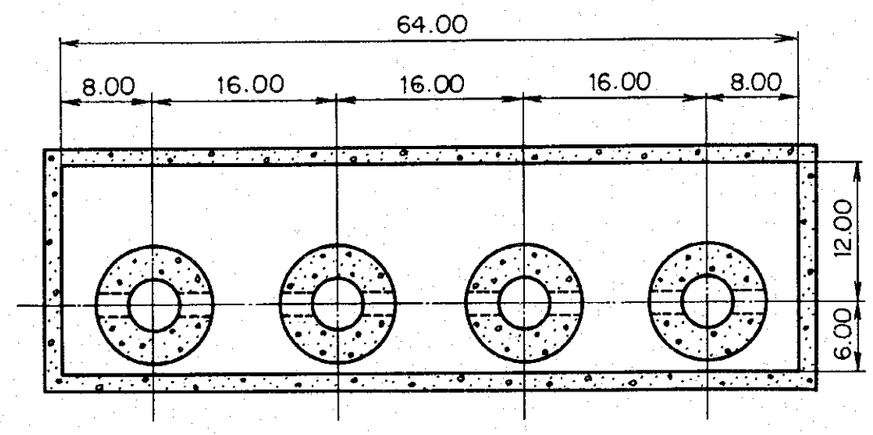
SCALE(A) 0 50 100m

SCALE(B) 0 25 50m

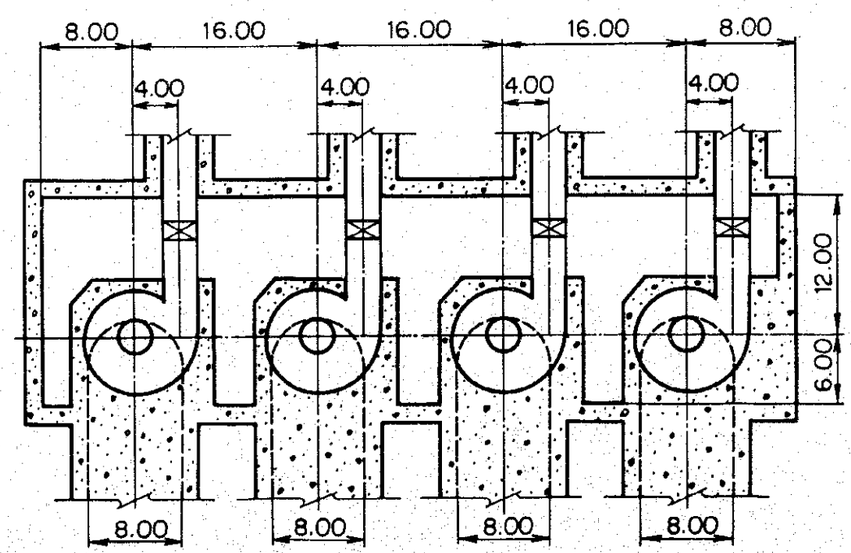
MASTER PLAN STUDY ON HYDROELECTRIC POWER DEVELOPMENT IN THE SE KONG BASIN
XE KAMAN NO. 1 PROJECT
COFFER DAM AND WATERWAY PROFILE AND SECTION
DWG. 14.3-3 | Feb. 1995



EL. 135.50



EL. 130.50



EL. 123.00

MASTER PLAN STUDY ON HYDROELECTRIC POWER DEVELOPMENT IN THE SE KONG BASIN

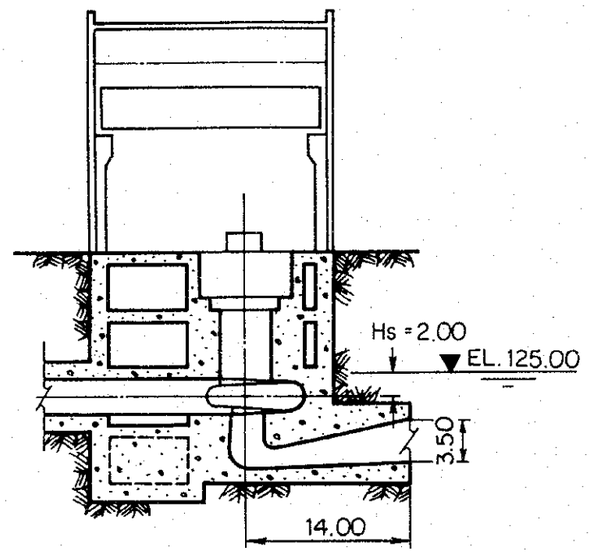
XE KAMAN No.1

POWERHOUSE PLAN

DWG. 14.3-4 | Feb. 1995

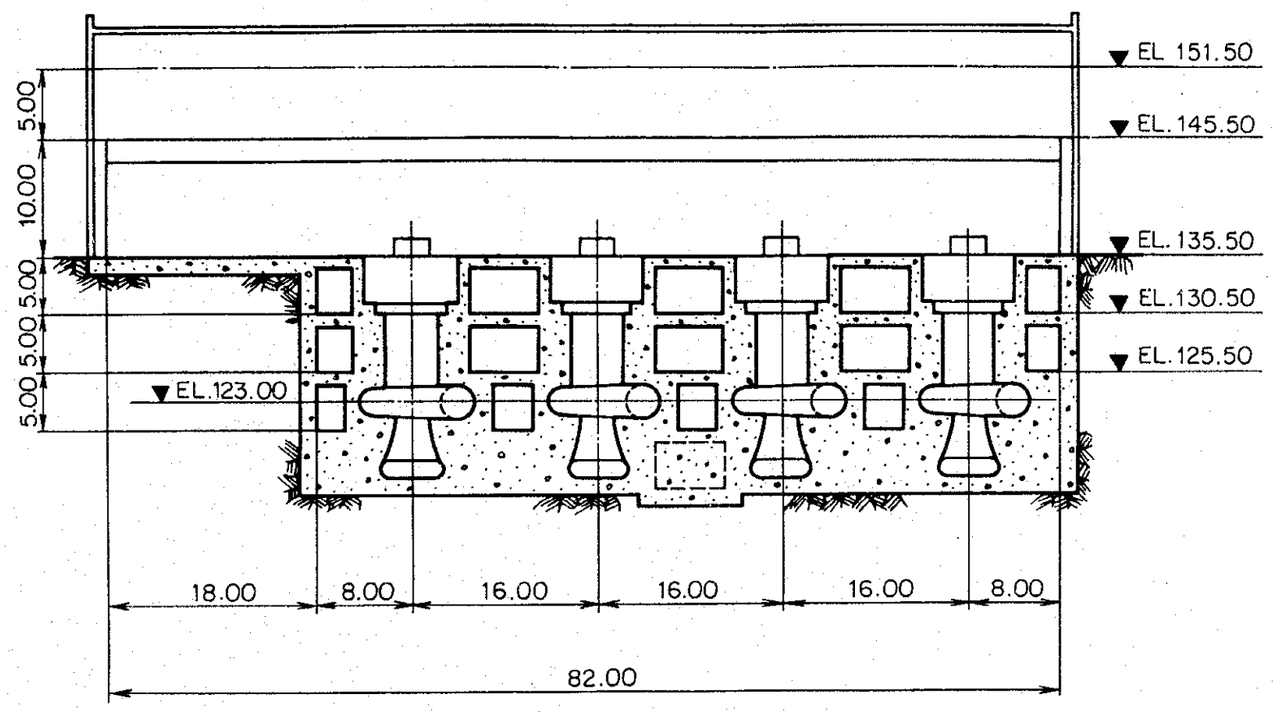
TRANSVERSE SECTION

(B - B)

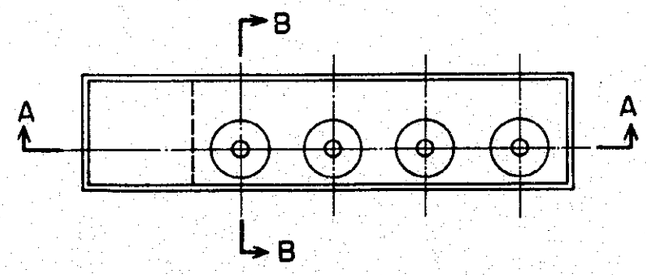


LONGITUDINAL SECTION

(A - A)



KEY PLAN



MASTER PLAN STUDY ON HYDROELECTRIC POWER DEVELOPMENT IN THE SE KONG BASIN
XE KAMAN No.1
POWERHOUSE TRANSVERSE AND LONGITUDINAL SECTIONS
DWG. 14.3 – 5 | Feb. 1995

14.4 Xe Namnoy 計画

14.4.1 土木構造物

(1) Xe Namnoy Midstream

(1.1) 概　要

Xe Namnoy Midstream プロジェクトは、Se Kong 本流と Xe Namnoy 川との合流点から約30km上流、Bolavan 高原の主要町 Paksong 町から東へ45km, B. Latisasing 村の上流約 1.5kmに位置している。

13章の「最適規模の選定」における検討結果から、ダム水路式として、Xe Namnoy 川下流約 10kmへ、導水し落差 450mを利用して発電を行うものである。

Xe Namnoy Midstream において採用された構造物の主要諸元は、Table 14.4-1 に示される通りである。

(1.2) ダ　ム

ダム地点は、 EL.750m付近で高原状態となり、それ以下は急峻な崖であり、河床標高 EL.710m, 河床幅 80mのU字渓谷を形成している。この約40mの高低差をダムとしてせき止め貯水し、発電用貯水量を生み出そうとするものである。予備設計の開始に当たり、現地調査工事を実施する時点では、ダム地点として、上流案と下流案が対象として考えられていた。今回の現地調査結果および環境調査の結果より、最終的に、上流案が採用された。その主な理由は、以下の点が上げられる。

1）地　形　：　下流ダム軸の場合、谷幅が広く堤頂長が長くなる。また特に左岸アバットの標高が低いため地質状況によっては、さらに堤頂長が長くなる恐れがあり、掘削量が増える可能性がある。

2）地　質　：　透水性の高い玄武岩が旧河床を覆っているが、この玄武岩は下流側から上流に向かって流れ込んでいるため、上流に向かって分布幅が狭くなり、また深さも浅くなってくる。上流案でもこの透水性の高い玄武岩への対策が問題として残る可能性があるが上流案の方がその可能性が少ないという点で有利である。

3）水没問題:　下流ダムの場合、Ban Latsasin 村のほとんどが水没する。また、Ban Latsasin 付近には平地が多くこれらが水没した場合、耕作

地の損失が大きい。一方、上流ダム軸案では、耕作地の損失は少なく有利である。また、工事用地確保の面からもBan Latsasin付近の平坦地が使える上流ダム軸案が有利である。

a）ダム形式

第13章「最適規模の選定」から、貯水池高水位が、EL.765mに選定された。この条件に対して、ダム中心軸位置や、ダム型式が検討された。ダム地点上流案として調査時点で選ばれた位置を、今回作成された 1/10,000 地形図に取って数種のレイアウトが検討されたが、河川流向と両岸へのダムアバットメント取り付け位置等の判断から、ダム軸はさらに約 200m上流へ移すこととした。

一方、ダム型式については、ダム高さ、ダム堤長、左右両岸形状等から重力式ダムとフィルダム型式の両案が対象となった。しかし、ここでもやはり、設計洪水量の大きさが問題となり、その規模の大きさから、工期への影響、工事費への影響が考慮され、最終的にフィルダム型式を採用した。ダム概要は、DWG 14.4-2に示される。

今後、次の F/S 調査時点では、この点については、洪水量の検討を含めて、地質調査等の追加調査を実施し、さらに詳細な比較検討が行われることが必要と思われる。

b）グラウト工（左岸透水性岩盤の対策）

Xe Namnoy Midstream 地点で実施された現地地質調査（ボーリング調査、透水試験）から、中流案地点の左岸側には、透水性の比較的高い玄武岩層が広がっていることが判明した。詳しくは第10章「地質」に述べられているが、現時点では、特に通常ダムの基盤改良の目的で実施されるグラウト工に加えて、左岸のダム基礎部分には、調査結果から推定される玄武岩層厚以上の深さに、カーテングラウトを実施するものとする。但し、この玄武岩の透水性については、玄武岩層の分布範囲の調査とともに次の F/S 調査時点では、詳細に調査されることが必要である。

(1.3) 仮排水路トンネル

仮排水路トンネル規模決定に必要とされる確率年洪水量は、水文解析により、次の数値が得られている。

確率年	洪水流量
5 年	594 m³/sec
10 年	758 m³/sec
20 年	927 m³/sec
50 年	1,162 m³/sec
100 年	1,351 m³/sec
200 年	1,551 m³/sec

Xe Namncy Midstream のダム型式は、フィル型式が採用されたので、洪水確率年は20年を採用し、洪水量 950m³/secを対象として設計を行った。

トンネル内径を決めるのに、仮締め切りダムでの水位との関係が、トンネル内の流量を左右する。ここでは、水位 735mで洪水量を処理するものと設定した。これより、内径 9.6m、トンネル条数1本が必要とされた。仮排水路トンネルの配置は、DWG 14.4-2 に示される。

(1.4) 洪水吐

フィル型式の採用でここでは、洪水吐はダムとは別位置に設置されるものとしてその位置形状等を検討した。DWG.14.4-2 に示されるように、洪水吐位置は、その処理能力の大きさ、ダム上流の河川流路形状、下流河川形状等から、左岸側にダム中心より約 300mに位置する小山ふもととさらに左側 400mにある高い山との間に設置するように選定した。この点は、また、地質調査結果からは、左岸に透水性の高い玄武岩が分布していることが分かっているので、かなりのグラウト工事が必要と予想される点からも工事の複雑さを避け、工期の短縮を考える点からも受け入れられる選定位置であると思われる。洪水吐の配置は、DWG 14.4-2 に示される。

a）設計洪水量

設計洪水量は、他の地点と同様に、水文解析より得られたＰＭＦ洪水流量6,000m³/secを用いる。

他の地点と同様に、現時点では、洪水記録が得られていないので、特にハイドログラを推定して洪水解析を行っての洪水吐能力の検討は行わず、貯水池高水位位置で洪水全量を処理する洪水吐を検討するものとし、さらに、経済的な洪水吐の検討は今後の調査時に実施されるものとする。

上述の条件より求められた洪水吐規模は、 DWG 14.4-3 に示されるように、幅 114 m 、越流水深 10 m、下流シュート部延長 550 m となった。また、上流導流部は EL. 750 m まで現地山を切り下げ洪水発生時に流入が洪水吐へ容易に行われるように配慮している。

(1.5) 取水口

取水口、導水路トンネル、ペンストックから構成される水路レイアウトは取水流量規模及び発電機台数との関連から、一条が選定された。

a) 取水方式の選定

取水方式は、水路式発電方式であることを考慮すれば、水路長を出来るだけ短くすることが損失水頭を少なくしプロジェクトとして有利になる。この点を主眼において、1/10,000 地形図から貯水池内でトンネルルート長が短くなる位置が選ばれた。その位置は、DWG 14.4-1 に示される。

取水標高が、HWL.765m及び LWL.747.7mであることを考えて、低水位時の取水でトンネル内への空気の吸い込みを防ぐことも考慮し、取水口敷高標高をEL.738.25mに設定した。

b) 取水能力

Xe Namnoy Midstreamの発電に使用される最大流量は、60m³/secである。これは発電機2台に対するものであり、水路レイアウト等から、取水口1門で処理するものとした。取水口断面は、 DWG 14.4-4 に示される。

(1.6) 水 路

水路ルートは、その平面配置は DWG 14.4-1 に、また、縦断が DWG 14.4-4 に示されているが、個々については以下に述べる。

a）導水路トンネル

導水路トンネルは、このプロジェクトの場合、最も設計全体を支配する構造物であり、そのルート選定に苦慮した点である。今回作成された 1/10,000 地形図を基に発電所位置、ペンストックルート、サージタンク位置との取り合いも勘案し、ルート選定が行われた。延長 9 kmにも及ぶ長いトンネルであるため、施工方法、工事工程等を考えた工事用横坑位置／数等も考慮しておく必要がある。

ダム取水低水位から取水口呑口敷高が決められ、必要な流量を流下させうる断面と勾配が決められるが、また、高落差 454mによるサージングの効果を考慮したサージング規模／形式によってもこれら構造物に影響を与える。また、最終的に採用したルートにおいてルート中間に深い谷が入り込んでおり、ここでの必要なトンネルかぶりの検討も加えて、トンネル全体のルート、縦断勾配、内径等が決められた。

結果として、トンネル内径 4.5m，延長 9,030mが得られた。

b）サージタンク

サージタンクの設計は、発電機の緊急負荷遮断時や運転再開時の水衝圧の吸収とサージタンクでの負荷変動による貯水池への水位上昇の影響を抑えることにある。

また、この場合、水車の閉鎖時間との関連もあり、一概に数値設定もできないのと、また、今回は、予備設計であるので、簡易式にて概略検討を行った。その結果、内径 16m、高さ 107mとなった。サージタンクは全て地中に配置されるものとし、シンプルな型式の単胴サージタンクを採用した。

c）水圧管路

Xe Namnoy Midstream のペンストックは、その地形上の特徴を生かして、サージタンクより下流高低差の約半分をトンネルとし、その後、地表式として斜面に沿って発電所背面へつなぐものとした。

Xe Namnoy Midstream の水路系における水圧鉄管の必要断面の検討は、静水圧、水衝圧等を考慮した概略計算を行い、決定した。

その結果、内径は、上部で 4.0mとし、分岐後は、単管当たり 3.5mとした。

(1.7) 発電所

発電所のレイアウトは、第13章「最適規模の選定」で得られた放水位を基本的に採用するものとし、また、電気／機械からの発電機器の配置等を考慮して、発電機盤 EL. 278 m 以下を地下構造とする半地下式を採用した。その位置、概略図面は、DWG 14.4-1 に示される。建物規模は、DWG 14.4-6 に示されるように、幅 18m, 長さ 82m, 高さ 35mとなる。

(1.8) 放水口

上述した発電所の位置から川岸まで離れているので放水口は、ドラフトゲートから前面は長さ 50mの導流壁による水路型式で河川へ放流する形式とした。

(1.9) 下流生活用維持用水放流

Xe Namnoy Midstream ダム地点下流から、発電所の間約 20kmには、河川流域に川の水を生活に使用している住民がかなり存在するものと思われる。ダム築造により洪水時以外は下流への放流がなくなるためこれらの人々への給水の問題が生じる。この点を解消するために、ダム下流への放流設備を設けることを検討した。第12章で述べられているが、ダムからの下流への放流量として 1.0m³/secを想定し、ダムにこのための放流管を埋設するものとする。この放流設備として、内径 500mm の鋳鉄管とし、ダム下流側にバルブを設けるものとする。

(1.10) 工事用道路

Xe Namnoy プロジェクト地点への進入は、Bolaven 高原の中心都市 Paksong から国道を経て、B.Houaykong へ入り、ここより B.Latsasin 村まで地方道を約16kmで可能となる。しかし、本プロジェクト実施に当たっては、これらの道路については以下の条件を考慮するものとする。

1）Paksong から B. Houaykong 村までの道路も幅員は十分あるが、路盤, 路面の状況が悪く、雨期にはほとんど通行出来ない状態である。しかし、本調査での現地調査時に一部道路改修工事が実施されていたので引き続きこの道路の改修工事は実施されるものと見なし本工事着工時には道路は整備されているものと仮定し、この区間の改良工事は本プロジェクトでは考えないものとする。

2）さらに、B.Houaykong 村から B.Latsasin 村までの約16kmは、路面，路盤，幅員，縦断勾配，橋梁の全てが、本工事実施のためにはその仕様がすべて不十分であり、大幅な改良工事が必要と思われる。この改良工事は、本工事に含むものとする。

3）また、B.Latsasin 村から先は、車両通行可能な道路はなく、ダム～水路ルート～サージタンクへの進入には、工事用道路の新設が不可避である。その延長は、約26kmと推定される。

4）一方、本プロジェクトの発電所、水圧管路の工事実施のためには、下流側からの進入が不可避と思われる。このため、Xe Namnoy川下流の国道16号線から分岐して、Xe Namnoy川に沿って上流へ発電所地点までの約15kmの道路の新設を本工事に含むものする。

道路仕様は、幅員 7m，対向２車線，砂利舗装とする。

(1.11) Xe Pian 分水工

ここではXe Namnoy川開発においてより有効な開発を考えて、Xe Namnoy上流域で隣接するXe Pian川から分水し、Xe Namnoy川に導流し年間貯水容量を増やして発電量の増加を期待するものである。

第13章「最適開発規模の選定」での検討により、Xe Pian川から分水できる流量は、20㎥/secが最適と求められた。ここでは、この流量をXe Pian川からXe Namnoy川へ分水するためのルートと構造物の設計について述べる。

この分水工に採用された構造物の主要諸元は Table 14.3-3 に示す通りである。

a）分水工のルート選定

Xe Pian 川 ～ Xe Namnoy 川分水導流ルートは、DWG 14.4-5 に示されるように、全長約９kmにわたる水路で、その構成は５つの主な構造からなる。それらは以下に示される。

(1) Xe Pian 川本流の堰堤工事

(2) Xe Pian 川 ～ H. Lieng 川への分水路工

(3) H. Lieng 川の河床盤下げ工

(4) H. Lieng 川の取水堰堤工事

(5)　H. Lieng 川から Xe Namnoy 川への用水路工

次にこれらの各概要を述べる。

b）Xe Pian 川本流堰堤工事

Xe Namnoyへの分水導流を可能にするためには、Xe Pian 本流での取水水位をWL. 775mとする必要がある。堰堤の地点は、DWG.14.4-5 に示される位置で、取水を目的としているので、堰堤クレストより余分な水は自然流下出来るように、堰堤構造は頭部越流型としている。なお、堰堤の高さは、地形図より、堰堤底部をBL. 758 m とみて、17mとする。また、堰堤堤長は 120m, コンクリート重力式とする。

c）Xe Pian 本流からH. Lieng 川分水路工

Xe Pian 本流での取水地点から、その東部に位置する H. Lieng 川への分水にはその地形と特性から、開水路（蓋渠）が適切と判断される。

その構造は、DWG 14.4-5 に示されるようにボックスカルバートで、幅 5m, 高さ 3m, 延長 530mである。

d）H. Lieng 川の河床盤下げ工

Xe Pian 川から H. Lieng 川に導水された水は、H. Lieng 川を使って下流へ流下させ、ここよりさらに人工水路を作って Xe Namnoy 川へ導流される。しかし、この H. Lieng 川の河床が地形図から見ると、Xe Pian 本流より導水された流量の水を流下させるには、河床高さが高いと判断されるので、この区間約3,100mに渡り、河床改良工事が必要となろう。このため、この区間は、河床を約１m程度下げるための河床掘削を行うものとする。

e）H. Lieng 川の取水堰堤

H. Lieng 川へ導流された河川水の水位は、WL.771mとなり、Xe Namnoy への導流を可能とするためには、さらに、この H. Lieng 川をもせき止める必要がある。その水位は、堰堤築造可能地点では WL.770mと推定される。この堰堤築造地点として選ばれた地点は、DWG 14.4-5 に示されるように、導水地点からさら

に下流約 800mの地点である。

この堰堤も、導水に必要な水を確保することが目的であるので頭部自由越流型のコンクリート製重力式ダムとする。その規模は、堰堤高さ 10m，堤長 500mである。

f）H. Lieng 川から Xe Namnoy 川への用水路工

H. Lieng 川から Xe Namnoy 川への用水路は、2つの部分に分けられる。即ち、

(a) H. Lieng 川分岐点から、Nong Lom池の下流約 1.0kmまでの約 4,100mの開水路

(b) 上記 (a) 地点から Xe Namnoy 川への分水嶺を越えてのトンネルである。

(a) の部分については、一部を新設の開水路とし、残る部分は、既存の池（Nong Lom）を使うことも考えられるが、この池は、乾期には水が枯れており、また地形図からもその底部標高が不明で、今回そのプロジェクトへの利用への精度が不安定であること、及び、この池からの水使用権等の問題もあると予想されるので、全長新設開水路として導水を考えた。また、(b) の部分は、Xe Namnoy 川の分水嶺に当たる場所で、トンネルでの貫通を考えた。

これらの、設計諸元は、DWG 14.4-5 に概略示されているが、開水路は、台形であり、底部幅 5m，高さ 3m，延長 4,100mまたトンネルは、無圧トンネルで、幅 4m，高さ 4mで上半円形、下半は矩形断面である。その延長は、900mである。

g）工事用道路

この分水路の施工のためには、現場が延長約 10kmに及ぶ範囲にあるにもかかわらず、現在現地には一部に地方道があるのみで、施工には使用できない。そこで、B. Hoauykong ～ B. Latsasin 間の道路（Xe Namnoy Midstreamで改良される）から分岐することで現場への進入を可能とする。この道路として、3ヵ所で総計 6 kmの数量を考えている。道路は幅員 7 m 対向2車線砂利舗装路盤を設定している。

(2) Xe Namnoy Downstream

(2.1) 概　要

本地点は、Xe Namnoy Midstream 発電所の下流約 20 km に位置する地点にダムを築造し、Xe Namnoy 川の残落差を有効に発電に使用しようとする考えに基づいている。先の第13章「最適開発規模の選定」で、述べられているように、Xe Namnoy Midstream 案の発電後の放水位が、WL.275mであり、すぐ下流にダムを設け、Xe Namnoy Midstream からの放水量と Xe Katam 川の流入量を年間調整することにより、水路でさらにこの水を運び、落差を得ることによって、Xe Namnoy Midstream 案での年間発電量に加えるに、332 GWh の追加の電力を確保することが可能となる。

Xe Namnoy Downstream において採用された構造物の主要諸元は、Table 14.3-2 に示される通りである。

また、この考えに基づき、プロジェクトのレイアウトを検討した結果が、DWG 14.4-7 に示されている。

このレイアウトについて以下に順次その概要を述べるものである。

(2.2) ダ　ム

ダム選定地点は、今回の現地調査では、実際に現地には入っておらず、ヘリコプターによる上空からの視察と今回新たに得られた地形図よりその位置選定を行った。地点は、Xe Namnoy 川支流 Xe Katam との合流点より 4km下流、また同支流の Hoauy Katak 川との合流点から 300m下流で、開発規模検討及び地形図より、高さ 33m, 堤長 350mのコンクリート重力式ダムが選定された。その概要は、DWG 14.4-8 に示される。

(2.3) 仮排水路トンネル

仮排水路の設計には、確率年洪水を推定する必要があるが、これは水文解析より求めることが出来る。Xe Namnoy Downstrem の場合、重力式コンクリートダムが採用されているので、確率洪水対象年としては、施工中のダム頂部からの越流のリスクもある程度許した条件で考えてもよい。ここでも、Xe Kaman No.1 プロジェクトの場合と同様に5年確率洪水を適用することとした。勿論、今後の F/S 調査段階での設計では、今後の洪水記録等の収集されるであろう水文資料の検討により数値

は見直されるべきであろう。

しかし、ダム高さ 33m，コンクリート容量 133,200m³のダム建設に対して5年確率洪水を採用しても内径 11.0mの仮排水路トンネルの規模は、ダム建設費において仮排水設備費の占める割合が大きいとここでは言える。仮排水路配置は、DWG 14.4-8 に示される。

(2.4) 洪水吐

この地点の洪水吐に対する設計洪水量は 9,602m³/sで、この洪水を処理するためには、ダム形式、地形等から、ダムクレストに設ける洪水吐から放流するのが最適と判断された。その形式および寸法は、幅 158m，高さ 14mでこれに対して、ゲートは、10門（幅 12.5m ，高さ 14.0m）が必要となる。洪水吐の概要は、DWG 14.4-9 に示される。

(2.5) 取水口

Xe Namnoy Downstream プロジェクトでの発電に利用される流量は、96m³/sでこの流量を取水する取水口形式としては、導水路により下流約4kmの発電所へ導流するために右岸に取水口を設け、すぐに導水トンネルへと繋げるレイアウトが考えられた。その概要は、DWG 14.4-10 に示される。

(2.6) 導水トンネル

導水トンネルは水路系全体の損失水頭の計算より、内径 5.8mの圧力トンネル1本で計画される。そのルートは、DWG. 14.4-7 に、また、縦断が DWG 14.4-10 に示される。

(2.7) サージタンク

Xe Namnoy Downstream でのサージタンクについても水路長 3,000m，有効落差 81mにおける急負荷遮断時及び負荷急増時のサージングを簡易式で計算し、サージタンク高さを求めた。タンク内径は、16mと想定し、全て地下に納めることを前提として検討を行った。また、型式は、現時点では、構造の簡単な単胴式を考えている。

(2.8) 水圧管路

このプロジェクトの水圧管路は、トンネル、サージタンク、発電所等の配置から地下式が有利と判断された。ペンストック鉄管径は、概略計算より、上部斜坑部は5.6m，下部水平部は、5.4 m，分岐後は 3.5mと計画された。

(2.9) 発電所および開閉所

発電所位置は、ダム地点より4km下流、Se Kong 本流との合流点から約11km上流の地点で、河床部右岸に少し開けた場所が見られることと、全体的なコストとの比較から、この地点が現時点での候補地点としてあげられた。発電所形式は、他の地点と同様で、半地下式としている。また開閉所は、発電所下流側に併設されるものとする。発電所位置は、DWG 14.4-7 に、また建物レイアウトはDWG 14.4-11 に示される。

(2.10) 放水口

放水口形式は、ドラフトチューブ端部に設けられるドラフトゲートから外側に導流壁により放水するものとする。その形状は、幅 30m×長さ 25mの規模になるものと思われる。

(2.11) 工事用道路

工事用道路は、Xe Namnoy Midstream プロジェクトの工事の中に全て含まれており、このプロジェクト開発には、これらの道路が使用できるものとする。

14.4.2 発電機器

(1) Xe Namnoy Midstream計画

(1.1) 主機台数の決定

Xe Namnoy Mid Stream発電所出力は、238MWで計画されている。この出力を満たす主機台数の組み合わせは幾つか考えられるが、台数を少なくするほど、スケールメリットによる経済性の追求が可能となる。河川維持流量運転の必要が無いため、最も経済的な1台案でも設計は可能であるが、現状では発電運用が明確でないこと、主機の事故などの発電所の信頼性、および輸送条件を考慮して他の地点も主機容量

を100MW程度としていることから、多少スケールメリットは犠牲になるが、2台案を最適と考え採用した。

次のフィージビリティースタディーステージでは、水車・発電機の運用条件、輸送条件、および電気関係の機器代だけでなく土木工事費も考慮して最適な主機台数を再確認するのが望ましい。

以下のとおり水車・発電機の出力を算出した。

水車・発電機出力＝9.8×He×Qmax×ηT×ηG

＝9.8×463 m×30 m³/sec ×0.889×0.980

≒119,000 kW

(1.2) 主要機器の選定

有効落差だけ考慮すれば、ペルトン水車の領域になる。しかし、流量が最大 60 m³/secと大きく、これをペルトン水車で設計する場合、水車・発電機は3台以上の台数が必要となる。また、ペルトン水車は最高効率が80%程度とフランシス水車と比較して低いため、今回は立軸フランシス水車を採用した。ただし、ペルトン水車は部分負荷効率がフランシス水車より良く、発電運転が部分負荷運転が多いと予想される場合は有利になる。このため、次のフィージビリティースタディーステージでは、この二つの形式の水車の内どちらが総合的に有利となるか、土木工事費も含めて詳細に検討する必要がある。

また、発電機は水車に直結する立軸3相交流同期発電機とし、発電機の定格力率は、負荷端から遠く遠距離送電となるため、系統の電圧制御に寄与させるために0.85とした。

発電機電圧から系統送電圧230kVに昇圧する主要変圧器は、それぞれのユニットに、輸送条件（最大30ton程度）を考慮して、屋外油入単相変圧器3台を採用した。

開閉所は、Nam Ngumなどで採用されている単母線と点検母線の組合せとし、従来形の開閉機器を採用した。開閉所敷地の削減、メンテナンス簡素化を考慮すればガス絶縁開閉装置（ＧＩＳ）の採用も考えられ、次のフィージビリティースタディーステージか、詳細設計ステージで検討する必要がある。開閉所にはXe Namnoy Down Stream発電所に連系する送電線とローカル負荷に電力を供給するための22 kV送

電線のターミナル設備と230 kVから22 kVにステップダウンする連系変圧器を設置した。

また、重要な発電所になると考えられるため、所内電源確保のための非常用発電設備としてディーゼル発電機を設置する。Fig. 14.4-1 に単線結線図を示す。

以下に主要機器の定格事項を示す。

水　車	
形　　式	立軸フランシス水車
台　　数	2台
基準有効落差	463.0 m
使用水量	30 m^3/sec
基準出力	119,000 kW
回転速度	429 rpm
発電機	
形　　式	立軸三相交流同期発電機
台　　数	2台
出　　力	140,000 kVA
力　　率	0.85 lag
電　　圧	15.4 kV
周波数	50 Hz
回転速度	429 rpm
主要変圧器	
形　　式	屋外送油風冷単相変圧器
台　　数	2組（6台）
容　　量	140,000 kVA
電　　圧	
1次	15.4 kV
2次	230 kV
結　　線	
1次	デルタ
2次	スター中性点直接接地
屋外開閉所	
母線構成	単母線＋点検母線
母　　線	アルミ母線
接続回線数	
230 kV	2回線
22 kV	2回線

(2) Xe Namnoy Downstream計画

(2.1) 主機台数の決定

Xe Namnoy Downstream 発電所出力は、67MWで計画されている。水車・発電機に河川維持流量運転の必要がないため、1台案でも設計が十分可能であり経済的であるが、現状では発電運用が明確でないこと、および主機の事故などの発電所の信頼性を考慮して、多少スケールメリットは犠牲になるが2台案を採用した。

また、有効落差が81mであり、運転範囲が広いデリア水車の採用も考えられる。次のフィージビリティースタディーステージでは、水車・発電機の形式、運用条件、輸送条件、および電気関係の機器代だけでなく土木工事費も考慮して最適な主機台数を再確認するのが望ましい。

以下のとおり、水車・発電機の出力を算出した。

$$
\begin{aligned}
\text{水車・発電機出力} &= 9.8 \times He \times Q_{max} \times \eta T \times \eta G \\
&= 9.8 \times 81.0\ \mathrm{m} \times 48.0\ \mathrm{m^3/sec} \times 0.908 \times 0.970 \\
&\fallingdotseq 33,500\ \mathrm{kW}
\end{aligned}
$$

(2.2) 主要機器の選定

今回は前述のように、フランシス水車・発電機を採用したが、デリア水車・発電機の採用も可能である。可動翼水車であるデリア水車は、運転範囲が最大使用水量の約25 %程度から運転が可能であり部分負荷効率もフランシス水車に比べて良好である。このため河川の流量変化およびダム水位変動による落差変動が大きい発電所に採用される例が多い。Xe Namnoy Downstream発電所については、落差変動は大きくないが、流れ込み式発電所であるため、流量変化が大きいと考えられる。フランシス水車ではこの運転範囲を満足するためには、2台案としなくてはならないが、デリア水車なら1台でも同等以上の運転条件が可能である。ただし、デリア水車は可動翼とするための機構が複雑なため、機器コストはフランシス水車よりも大きい。従って、次のフィージビリティースタディーステージでは、この二つの形式の水車の内どちらが総合的に有利となるか、土木工事費も含めて詳細に検討する必要がある。

また、発電機は水車に直結する立軸3相交流同期発電機とし、発電機の定格力率

は、負荷端から遠く遠距離送電となるため、系統の電圧制御に寄与させるために0.85とした。

発電機電圧から系統送電圧230kVに昇圧する主要変圧器は、それぞれのユニットに、輸送条件（最大30ton程度）を考慮して、屋外油入単相変圧器３台を採用した。

開閉所は、Nam Ngumなどで採用されている単母線と点検母線の組合せとし、従来形の開閉機器を採用した。開閉所敷地の削減、メンテナンス簡素化を考慮すればガス絶縁開閉装置（ＧＩＳ）の採用も考えられ、次のフィージビリティースタディーステージか、詳細設計ステージで検討する必要がある。開閉所にはローカル負荷への電力の供給は、Xe Namnoy Mid-stream発電所に設置した機器により行うと仮定したので、ローカル負荷に電力を供給するための22 kV送電線関連設備は設置しないこととした。

また、重要な発電所になると考えられるため、所内電源確保のための非常用発電設備としてディーゼル発電機を設置する。Fig. 14.4-2 に単線結線図を示す。

以下に主要機器の定格事項を示す。

水　車

形　　式	立軸フランシス水車
台　　数	２台
基準有効落差	81.0 m
使用水量	48.0 m^3/sec
基準出力	33,500 kW
回転速度	250 rpm

発電機

形　　式	立軸三相交流同期発電機
台　　数	２台
出　　力	39,500 kVA
力　　率	0.85 lag
電　　圧	11.0 kV
周波数	50 Hz
回転速度	250 rpm

主要変圧器

形　　式	屋外送油風冷単相変圧器
台　　数	２組（６台）
容　　量	39,500 kVA
電　　圧	
１次	11.0 kV
２次	230 kV

結　　線
　　1次　　デルタ
　　2次　　スター中性点直接接地
屋外開閉所
　　母線構成　　単母線＋点検母線
　　母　　線　　アルミ母線
　　接続回線数
　　230 kV　　1回線

14.4.3 送電線設備

(1) Xe Namnoy Midstream 計画

発電所出力 238MWで、230kV 変圧器が予定されており、この発生する電力を送電するため 230kV 1回線 ACSR 1,272MCM 単導体をBan Houaykongまで計画している。

送電線のルートは地形図と現地への既設道路上およびヘリコプター踏査により調査された。発電所からはXe Namnoy川沿いの密林地帯の山地を越えて、平らな高原地域を通りBan Houaykongに達する。その距離は約10kmである。

12.2.2 (3) で述べたようにタイ国境までの送電線について以下のような比較検討を行った。

Case-1 の送電線配分の場合は 230kV 1回線 140kmの送電線で送られた発電電力は Ban Houaykong 変電所へつながり、500kV に昇圧される。そして 500kV 2回線送電線はタイ国境まで 100kmである。

Case-2 の独立したそれぞれの送電線の場合はタイ国境まで ACSR 795 MCM 4導体2回線の 230kV送電線が必要である。亘長は約 110kmである。

(2) Xe Namnoy Midstream および Downstream 計画

発電出力 305MW (238MW+67MW) で 230kV 変圧器が予定されており、この下流計画発電所から発生する電力 (67MW) を送電するため 230kV 1回線 ACSR 795MCM 単導体を使用して、下流計画発電所から中流計画発電所を連系する。

送電線のルートは地形図と現地への既設道路上およびヘリコプター踏査により調査された。発電所からはXe Namnoy川沿いの密林地帯の山地を通って中流計画発電所と連系する。その距離は約10kmである。その後、Ban Houaykongまでは中流計画発電所への送電線と共有する。

Table 14.4-1 Project Outline of Xe Namnoy Midstream

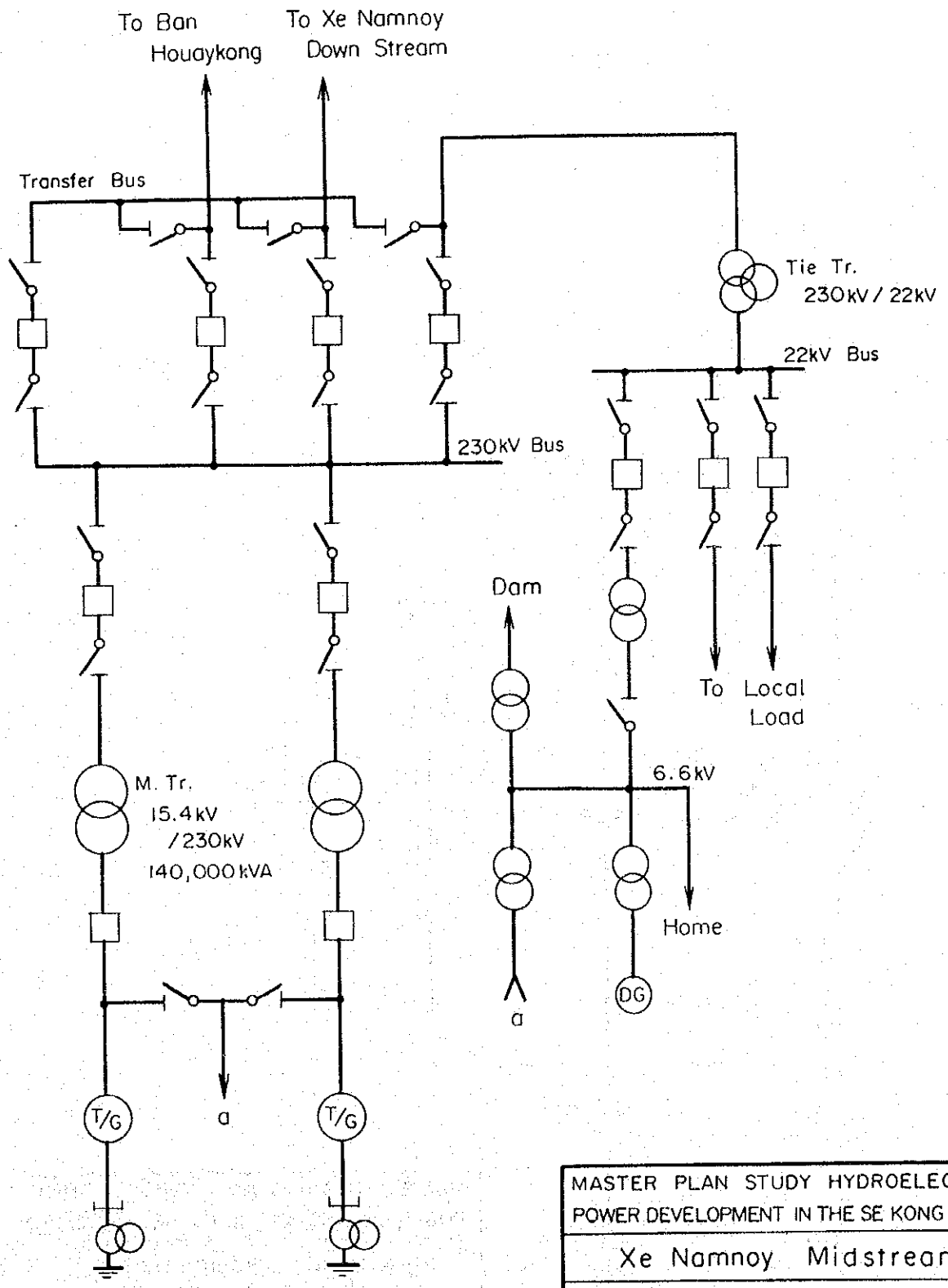
Item		Unit	Description
Reservoir			
	Catchment Area	km^2	749
	Annual Inflow Volume	$10^6 m^3$	1,151
	Average Inflow	m^3/s	24
	High Water Level	m	765.00
	Low Water Level	m	747.20
	Gross Storage Capacity	$10^6 m^3$	323
	Effective Storage Capacity	$10^6 m^3$	250
Diversion Tunnel	Type		Circular Tunnel
	Internal Diameter	m	9.6
	Length	m	340
Dam	Type		Center Core Rockfill Dam
	Height	m	69
	Crest Length	m	780
	Width of Dm Crest	m	8
	Dam Volume	$10^3 m^3$	1,253
Spillway	Type		Chute spillway
	Width x Length	m	114 x 550
	Discharge Capacity	m^3/s	6,012
Intake	Inlet Capacity	m^3/s	60
Headrace Tunnel	Type		Circular Pressure Tunnel
	Diameter	m	4.5
	Length	m	9,030
Surge Tank	Type		Underground, Circular Section
	Diameter	m	16
	Height	m	107
	Number		1
Penstock	Type		Underground & Exposed Type
	Diameter x Length x Number	m	4.0 - 3.5 x 1,520 x 1
Powerhouse	Type		Semi-underground Type
	Width x Length x Height	m	18 x 36 x 50

Table 14.4-2 Project Outline of Xe Namnoy Downstream

Item		Unit	Description
Reservoir			
	Catchment Area	km^2	1,273
	Annual Inflow Volume	10^6 m^3	2,209
	Average Inflow	m^3/s	70
	High Water Level	m	270.00
	Low Water Level	m	266.70
	Gross Storage Capacity	10^6 m^3	16
	Effective Storage Capacity	10^6 m^3	2
Diversion Tunnel	Type		Circular Tunnel
	Internal Diameter	m	11
	Length	m	570
Dam	Type		Concrete Gravity Dam
	Height	m	33
	Crest Length	m	350
	Width of Dm Crest	m	5
	Dam Volume	10^3 m^3	133
Spillway	Type		Overflow Spillway
	Width x Length	m	154 x 100
	Discharge Capacity	m^3/s	9,602
Intake	Inlet Capacity	m^3/s	96
Headrace Tunnel	Type		Circular Pressure Tunnel
	Diameter	m	5.8
	Length	m	3,670
Surge Tank	Type		Underground, Circular section
	Diameter	m	16
	Height	m	42
	Number		1
Penstock	Type		Underground Type
	Diameter x Length x Number	m	5.6 - 5.4 x 470 x 1
Powerhouse	Type		Semi-underground Type
	Width x Length x Height	m	18 x 36 x 50

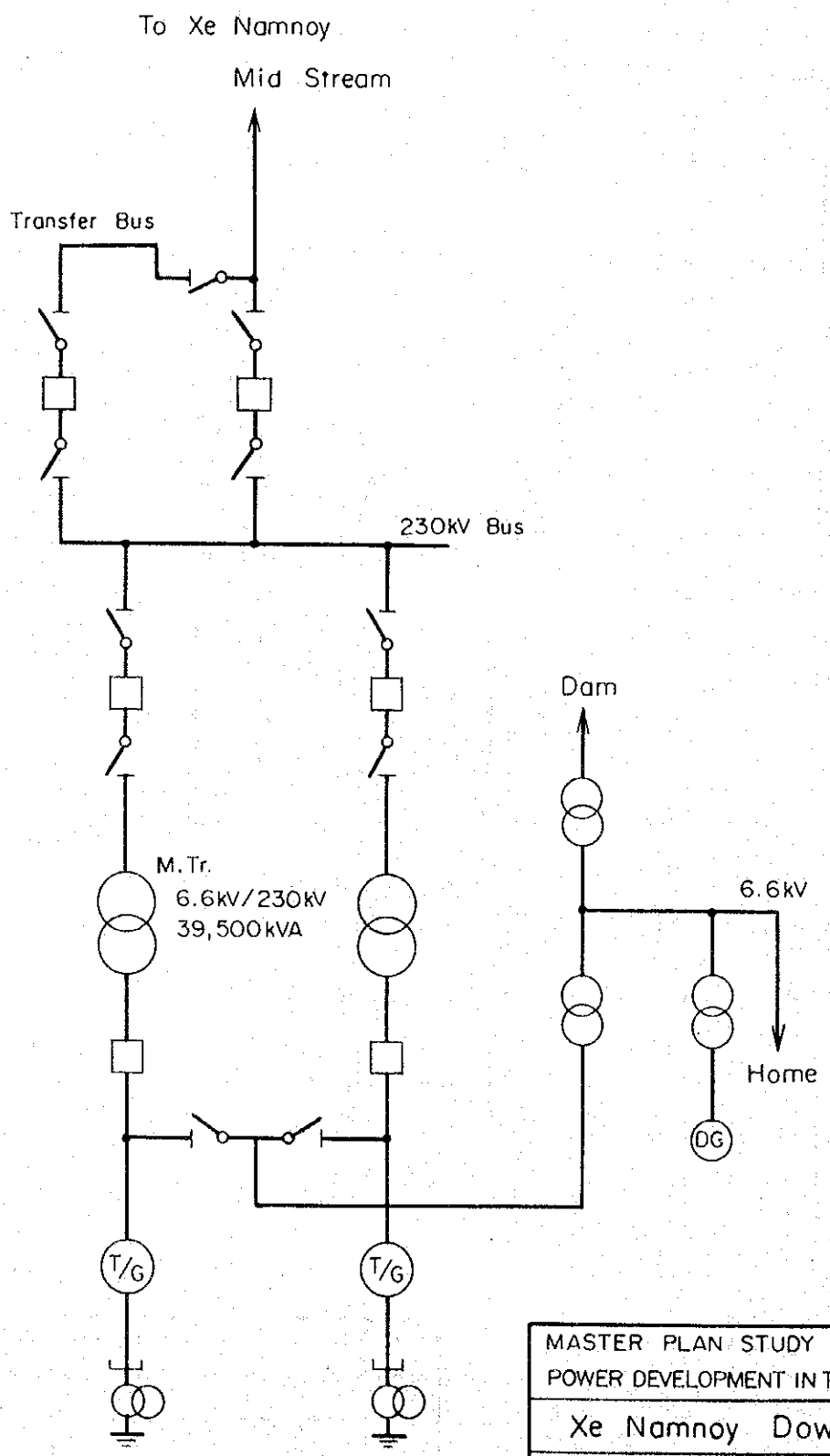
Table 14.4-3 Project Outline of Xe Pian River Diversion

I t e m	Unit	Description
Xe Pian Intake Weir		
Type		Concrete Gravity Type
Height	m	17
Length	m	120
Diversion Channel(Xe Pian - H. Lieng)		
Type		Box Culvert
Width x Height x Length	m	5 x 2.5 x 530
H. Lieng Intake Weir		
Type		Concrete Gravity Type
Height	m	10
Length	m	500
Open Channel Portion(H. Lieng - Xe Namnoy)		
Type		Open Channel, Concrete
Width x Height x Length	m	5 x 2.5 x 4,100
Tunnel Portion(H. Lieng - Xe Namnoy)		
Type		Upper Portion : Half Circular
		Lower Portion : Rectangle
Width x Height x Length	m	4 x 4 x 900



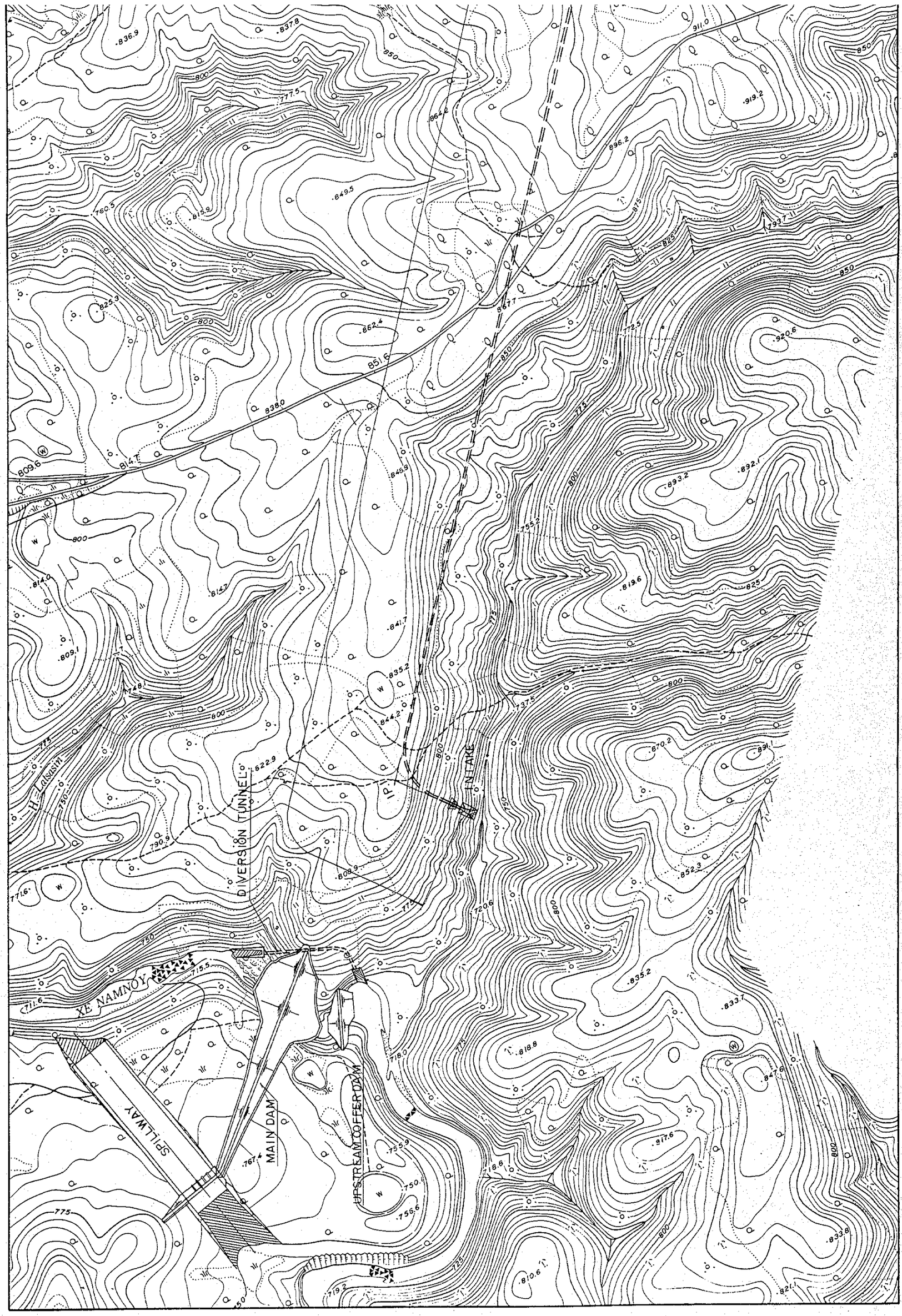
Turbine : 119,000 kW
Generator : 140,000 kVA

MASTER PLAN STUDY HYDROELECTRIC POWER DEVELOPMENT IN THE SE KONG BASIN	
Xe Namnoy Midstream	
Single Line Diagram	
Fig. 14.4-1	Feb. 1995

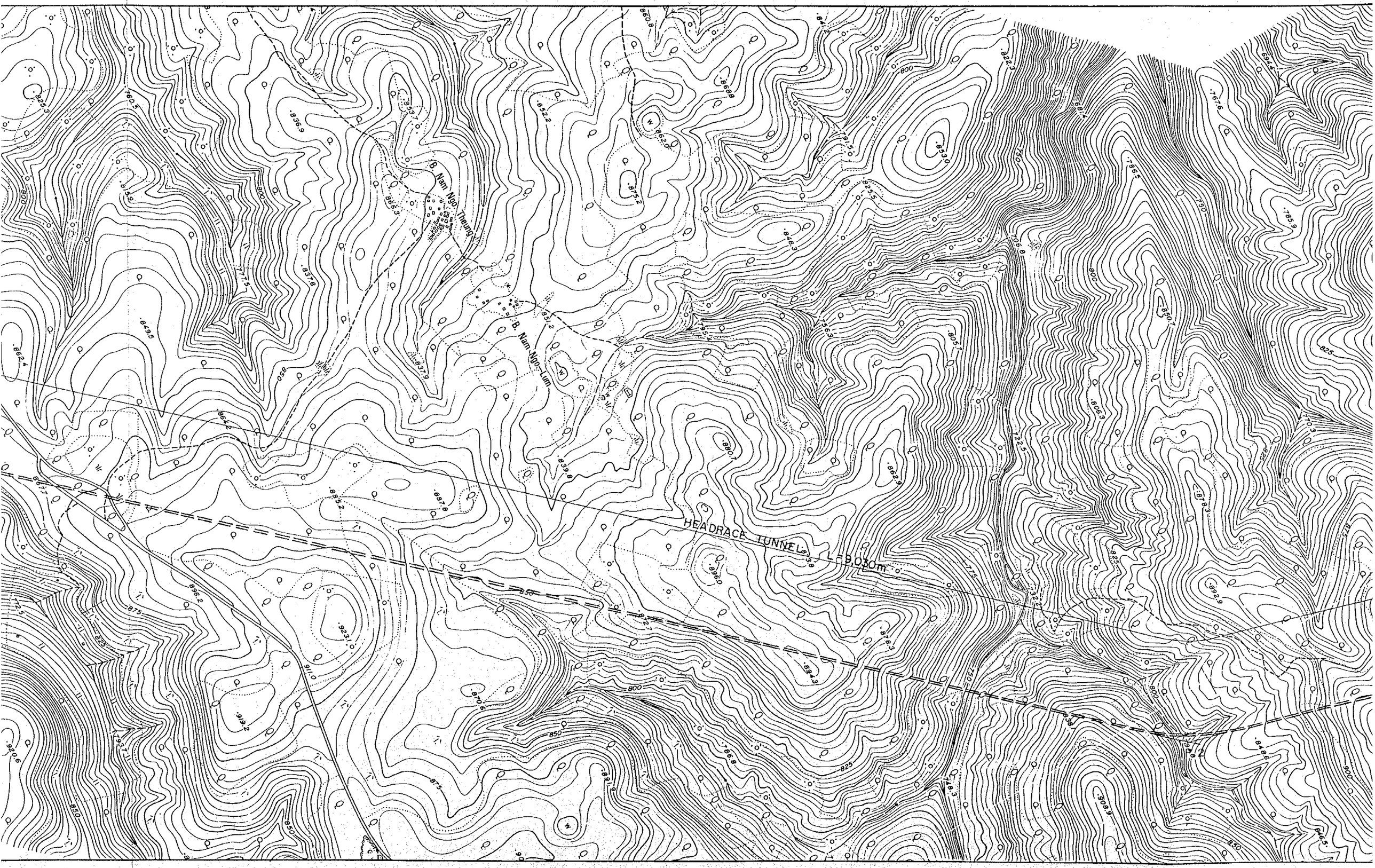


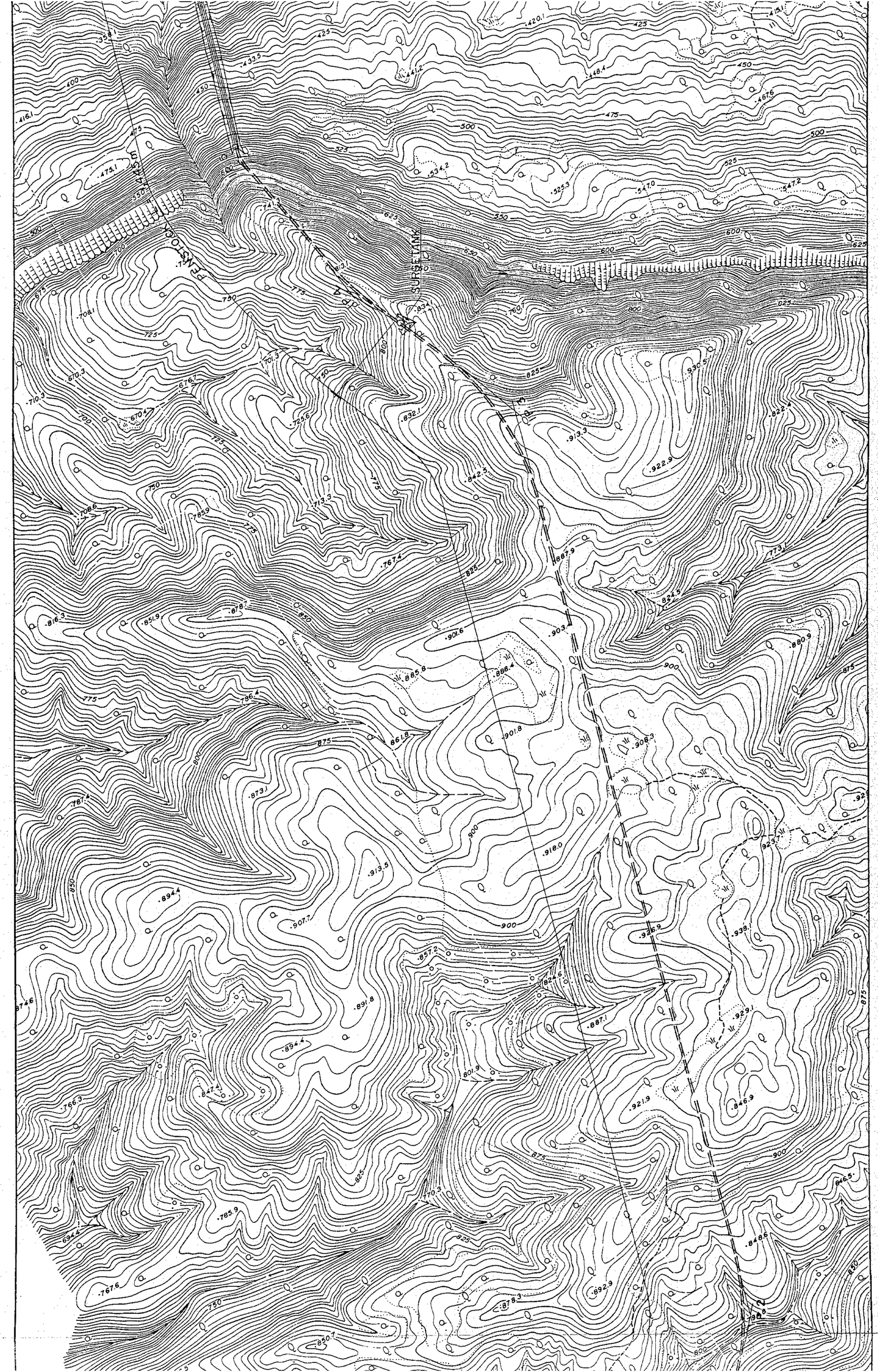
Turbine : 33,500kW
Generator : 39,500kVA

MASTER PLAN STUDY HYDROELECTRIC POWER DEVELOPMENT IN THE SE KONG BASIN	
Xe Namnoy Downstream	
Single Line Diagram	
Fig. 14. 4 – 2	Feb. 1995


DIVERSION TUNNEL
INTAKE
XE NAMNOY
SPILLWAY
MAIN DAM
UPSTREAM COFFER DAM
H. Lalsasin

和(東) 14-65


B. Nam Ngo Theung
B. Nam Ngo Lum
HEADRACE TUNNEL
L=9,050m


FENSTOCK
SURGE TANK