

第4章 地 質

第4章 地 質

4.1	Nam Chon 地点	81
(1)	貯水池の地質	81
(2)	構造物基礎の地質	83
(3)	追加調査の勧告	85
4.2	Thi Khong 地点	86
(1)	調整池の地質	86
(2)	構造物基礎の地質	86

第 4 章 地 質

4.1 Nam Chon (ナムチョン) 地点

(1) 貯水池の地質

(a) 貯水池規模及び調査方法

アッパークアイヤイ計画の貯水池規模は下記の通りである。

ダ ム 高	185 m
常 時 満 水 位	370 m
流 域 面 積	4,908 km ²
湛 水 面 積	137 km ²

貯水池耐水性を確認するため実施した調査・研究手法は下記のとおりである。

- 航空写真地質判読 ($1/50,000$ 航空写真)
- 切峰面解析 ($1/50,000$ 地形図)
- 水系パターン解析 ($1/50,000$ 地形図)
- 地表地質調査
- 流水及び岩石の化学分析

なお、これら調査・研究のまとめは Fig.4-1, 2, 3 及び Table 4-1, 2 に示した。

(b) 地 形

地形は、大別して下記の 2 地区に分けることが出来る。

○ Quae Yai 河本流地区

この地区は Mae Chan 川との合流点付近を除く本流沿いを示す。左右兩岸の地形は極めて急峻で、全体として長い峡谷をなしている。満水面標高 370 m における平均谷幅は 420 m 以下である。河川勾配は約 $1/400$ で、河床には多くの急瀬が形成されている。

○ Mae Chan 川流域

ダム地点より約 28 km 上流右岸に合流する計画地域内最大の支川で、川幅も広く、全体になだらかな丘陵地形を示す。標高 370 m における最大貯水池幅は約 7 km である。

(c) 地 質

計画地域の一般地質層序は Table 4-1 に示されている。

Mae Chan 川流域を除いて、本貯水池内は河床堆積物、斜面表層堆積物及び地入り地形等は、顕著に見られないので、この報告書ではこれらについての記述は省略する。

分布する地層について、第三紀堆積層は砂礫、シルト等の未固結堆積物からなる Formation D は石灰岩、苦灰岩から、Formation C 及び B は石灰質砂岩、頁岩等から、Formation A は砂岩、頁岩、粘板岩等から各々構成されている。

これら堆積岩の他に変成岩や火成岩が東西両分水嶺付近に分布する。

分布する地層中で貯水池耐水性に関し最も注意されるべき地層は Formation D であり、他の各 Formation は支川の流水状況、岩石の化学分析結果等の資料から判断して、後述のごとくその耐水能力は保証される。

貯水池の地質及び地質構造の調査、検討の結果を APPENDIX 2 に、本貯水池の耐水性を保証した地質的理由を次項で述べる。

(d) 結 論

- 東両分水嶺の骨格をなす地層は非石灰質岩石からなる。これら岩石は、他流域への漏水に対し信頼出来るバリアーとなり得る。
- 漏水に対し問題のある岩石と見なされる Formation D は集水域北東部に広く分布している。しかし、その分布は、ダム地点左岸（東側）において徐々に幅をちぢめ、ダム地点左岸南方、標高約 700 m 地点において消滅している。したがって、この Formation D は全体として Formation A, B 及び C によって取り囲まれている。
- 上記以外の場所、とくにダム地点右岸に分布する Formation D は、その標高が満水位 370 m 以上である。さらに、ダム地点上流約 5 km 右岸に見られる Formation D は、貯水池面以下にまで連続しているが、Formation D の厚さは薄く、Formation D と下部の Formation B の境界は、現地地質調査の結果から満水面より高いと判断される。
- Formation D 以外の地層には Swallet は発見されておらず、また、Formation D 以外の地層を基盤にもつ主な沢には年間を通じて流水が認められる。このことは、Formation D 以外の地層がたとえ石灰質であっても、カルスト侵食に対して十分な抵抗力を持っていることと、全体として十分な耐水性を有することを示している。
- 各地層から採取した岩石試料の化学分析結果によると、Table 4-2 に示したように、Formation D の試料と他の地層の試料の CaCO_3 と MgCO_3 含有量にかなり大きな差がみられる。そして、この含有量の差は、Formation A, B 及び C が Formation D に比べカルスト侵食に対するより強い抵抗力を持っていることを示している。
- 岩石中の SiO_2 含有量を比較すると、Formation D の試料は、1 % 以下であるが、他の Formation からの試料は 5 % 以上含んでいる。 SiO_2 含有量の他に、岩石の顕微鏡鑑定によると、Formation B の石灰質砂岩には、 SiO_2 鉱物の厚さ数 mm の層状配列 (layer arrangement) が認められる。

そして、ボーリングの結果によると、ダム地点左岸の Formation B には、深部までカルスト侵食が進んでいない。この現象は、上述した SiO_2 含有量や鉱物配列 (mineral arrangement) がカルスト侵食に対し強い抵抗力を持っていることを示していると評価できる。

(2) 構造物基礎の地質

a) ダム地点の選定

ダム地点の選定に関しては、以下に述べるように詳細なる検討が preliminary ならびに pre-feasibility study の段階でなされ、開発計画の最適規模検討の対象地点として12ヶ所の候補地点から2ヶ地点（Na 6 地点とNa 9 A 地点）が選ばれた。

しかし、Na 5 地点とNa 6 地点は地形条件に関し非常に類似性を有している。

それ故に、両地点を比較するために、詳細なる地表地質調査を実施した結果、Na 6 地点（Nam Chon site）がNa 5 地点より優っていることが判明した。

Na 5 地点は APPENDIX 2 の Dam Site Selection に詳述しているとおり、地質的に非常に不明確な要素を有しているため棄却された。

本計画のダム予定地点については、Preliminary Report（Aug. 1978, EGAT）及び Prefeasibility Report（June, 1979, EGAT）の段階において Nam Chon 地点（Na 6 地点）と Na 9 A 地点の開発方式比較検討が行われた。その結果、Nam Chon 地点の優位性が両報告書に報告されている。今回のフィージビリティスタディにおいても両地点（Nam Chon 地点、Na 9 A 地点）の検討は第6章において行われており、Nam Chon 地点が当計画のダム地点として適当であろうとの結論が得られている。地質的な見地からも、Nam Chon 地点の方が解決されなければならない問題がすくないと云える。

(b) 地質概要

ダム地点に分布する表層堆積物は、全般に右岸に厚く、左岸に薄い。

右岸では、標高 360m 以高の高所に広く分布し、弾性波探査によると 4m から 10m の厚さを持つ。その他 Huai Tong Thai より約 600m 上流付近では、横坑 AP-1（標高約 206m）および AR-2（標高約 302m）によって、それぞれ水平厚さ約 9m と約 18m の崖錐が確認されている。坑内の地質状況から判断して、この付近はクリープゾーンとみなされる。

左岸では、河岸に近いボーリング L-6 において、厚さ約 12m の堆積物が確認されるが、他のすべてのボーリングでは、表層堆積は 1m 以下と薄い。

ダム及びその他構造物地点に分布する岩石は石灰岩、苦灰岩、礫岩及び石灰質砂岩である。

左岸では構造物が関係する範囲はすべて良好な石灰質砂岩からなる。

右岸では上述した 4 岩石が分布する。右岸における各岩石の層序関係及び岩質は下記のとおりである。

石灰岩・苦灰岩 — 西側（山側）へ 25° ~ 35° 傾斜

~~~~~ 不整合

礫 岩

~~~~~ 不整合

石灰質砂岩 — 西側（山側）へ 10° ~ 30° 傾斜，河岸付近に背斜軸

右岸の各岩石には全体に風化及び亀裂の発達が顕著である。とくに最上部の石灰岩及び苦灰岩にはカルスト侵食が著しく見られる。このカルスト性石灰岩分布標高は、ダム地点付近の下流部で低く、上流部で高い。すなわち、Huai Tong Thai 合流点付近では、河床部以高に、合流点より約 850m 上流では、同じ岩体が標高約 400m 以高に移る。このカルスト性石灰岩は Huai Tong Thai 及びさらに下流域に連続する岩体であり、岩体中には Sink hole や伏流も見られるので、ダム軸選定に当っては注意すべき重要な地質問題である。

礫岩は、表層付近では風化が著しく、劣化しているが、新鮮部では十分固結されている。しかし、礫岩中の礫はすべて石灰質岩石であるため、ボーリング R-5 で確認されているごとく、多孔質な部分が存在するため、ダム基礎の設計・施工に当っては注意されるべきである。

右岸最下部に位置する石灰質砂岩は、左岸のそれに比べ風化、亀裂が著しく、劣化している。

基盤の透水性及び地下水

左岸基盤の透水性は、全般に小さく、2 ないし 20 ルジオン以下を示す。地下水面は、地表より 60m 以浅 (Sept. 17, '79) に位置する。透水性、地下水位の資料からも左岸基盤は良好と判断出来る。

右岸基盤の透水性は、20 ルジオン以上を示し、地下水位は、50m ないし 85m と全般に深い。とくに、カルスト性石灰岩体中には、今までのところ、地下水は確認されていない。今後、追加調査により、右岸地下水を調査する必要がある。

当地点の断層は下記の如くとりまとめることが出来る。

- 右岸に実施した何本かのボーリングは、断層を確認しているが、これら断層は、表土の被覆のため地表での照合は未だなされていない。全般的に言って、右岸の断層は左岸のそれに比べ軟質で脆弱である。
- 左岸には、地形的に顕著な 2 つの急崖が形成されている。この急崖の裾には、傾斜 30° ~ 40° S (山側)、破碎帯巾 1 ~ 2m の断層が見られるが、破碎帯はよく締り、一部再固結しているところもある。

その他、ボーリングにより確認された断層でも、右岸の破碎帯に比べよく締っている。

- ボーリング R-1 及び L-4 により、河床に断層の存在することが確認された。断層破碎帯はよく締り、透水性は小さいが、周辺の亀裂帯の透水性は大きい。
- ボーリング PH-2, 3 及び 5 により、ダム地点左岸直下流の沢に断層が存在することが確認されている。

(e) 完了した地質調査工事

1978 年 4 月 ~ 1979 年 8 月間に実施した地質調査は下記のとおりである。

○ ダム及びその他構造物地点地表地質調査

1/1,000 地質図

| | | | |
|----------------------|--------|---------|-------------|
| ○原石山及び上質材料採取地点地表地質調査 | | | 1/5,000 地質図 |
| ○ボーリング調査 | | | |
| ダム地点 | 16本 | 1,199 m | ※ |
| 発電所地点 | 5 | 184 | ※ |
| 鉄管路地点 | 3 | 400 | ※ |
| 原石山(2地点) | 5 | 200 | |
| | 合計 29本 | 1,983 m | |

※ 透水試験を含む

○横坑調査

 ダム地点 3坑(左岸1, 右岸2) 90 m

○弾性波探査

 右岸高所崖錐堆積範囲 9測線 4.77 km

(d) 設計並びに工事に対する地質的考察

完了した地質調査工事によれば、堅硬、マッブな石灰質砂岩からなる左岸の基礎岩盤は、その透水性(2~20ルジオン)も小さく、また地下水分布も良好であるので、ダム取付部及びその他構造物基礎岩盤として問題ないと判断出来る。

左岸と同様な石灰質砂岩からなる当地点の河床には断層が存在するが、この河床の断層は十分な基礎処理を行うことによって対処できる。

右岸の基礎岩盤は、左岸及び河床に比べ複雑で、カルスト性石灰岩、苦灰岩、礫岩及び石灰質砂岩が見られる。

これら各岩石は、全般に風化及び亀裂の発達が著しく、透水性(20ルジオン以上)や地下水分布の見地から判断しても、左岸の基礎岩盤に比べ劣化していると云える。とくにダム軸予定範囲の下流寄りにはクリープゾーンが存在し、また同場所の標高約320m以上には、当地点直下流のHuai Tong Thaiに連続するカルスト性石灰岩が分布する。云うまでもなく、このような地質問題は多少深くなるが、不良部の掘削除去及び人念な基礎処理を施すことにより解決されると判断できる。しかし、ダム軸がFig.4-4に示す位置のように上流に選ばれた場合はこれらの地質問題をさけることが可能である。とくにHuai Tong Thaiに続くカルスト性石灰岩はここでは標高400m以上に分布し、ダム近傍の貯水池耐水性及びダム基礎処理の見地から好条件と云える。

なお、本章(3)に勧告している追加地質調査は詳細設計に必要であるので、早急の実施されるべきである。

(3) 追加地質調査の勧告

詳細設計が開始される以前に、Table 4-3及びFig.4-4に示す追加地質調査は完了され

るべきである。

原石山及びフィルター材料地点を含めた追加調査数量は下記のとおりである。

○ダム及びその他構造物地点

| | | |
|-------|-----|---------|
| ボーリング | 21本 | 1,930 m |
| 横坑 | 2 | 120 m |

○原石山及びフィルター材料地点

| | | |
|-------|-----|-------|
| ボーリング | 11本 | 750 m |
|-------|-----|-------|

合計

| | | |
|-------|-----|---------|
| ボーリング | 32本 | 2,680 m |
| 横坑 | 2本 | 120 m |

4.2 Thi Khong (チコン) 地点

(1) 調整池の地質

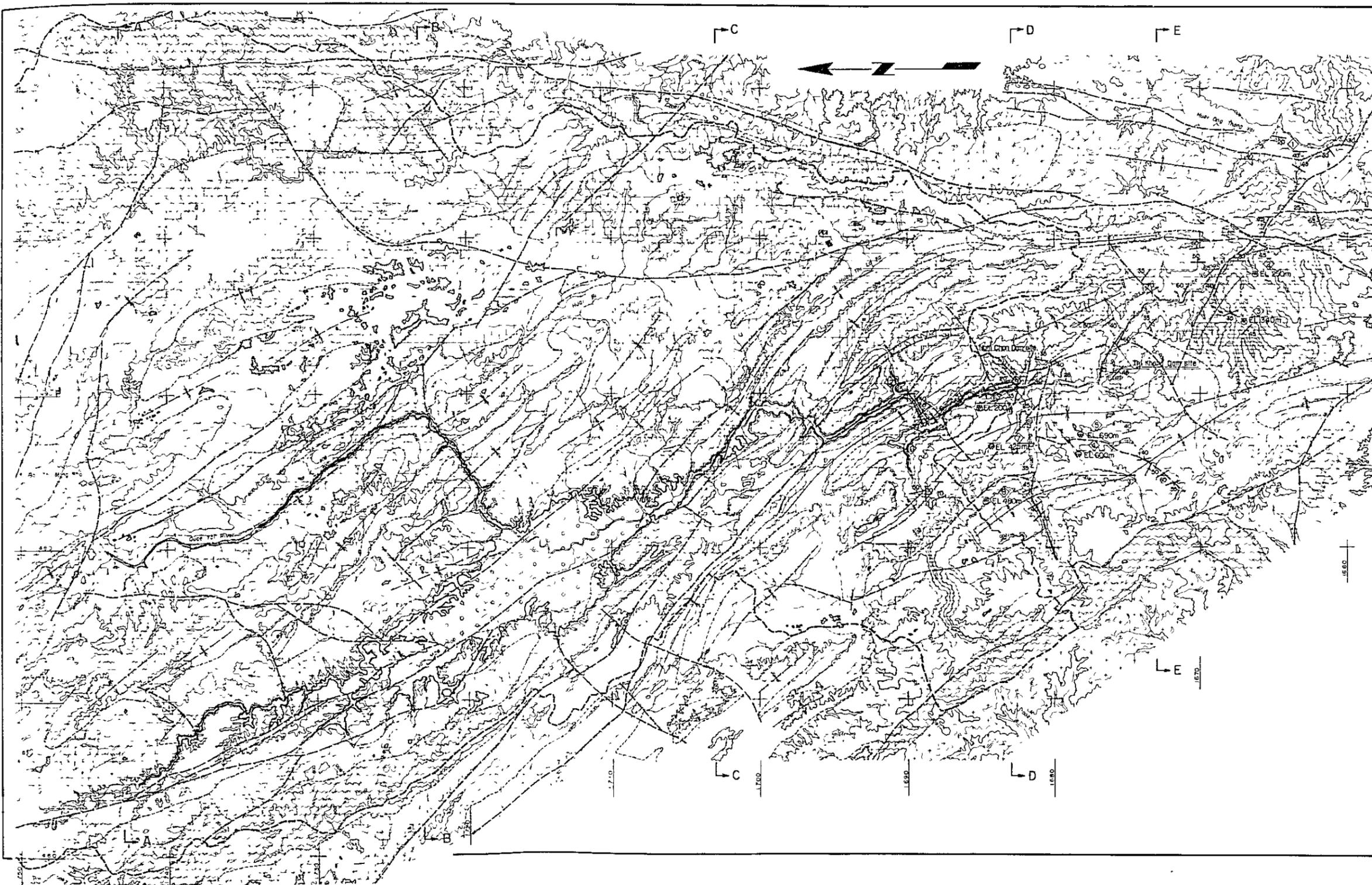
Thi Khong ダム地点は、Nam Chon の約 8km 下流に位置する。この間の地質は、ダム地点近傍を除いて高標高部は石灰岩からなる。したがって、河川に面する急崖の各処に空洞が形成されており、大規模貯水池の基礎としては問題である。しかし、本調整池の満水面は標高 197m で、現河水面より 10m 程度の水位上昇にすぎない。さらに、地表地質調査の結果、この区間の低標高部は主として苦灰岩よりなっていること、及び調整池内の各支沢には、苦灰岩の基盤として石灰岩や頁岩の露頭が確認されている。これらの地質条件から本調整池の耐水性は問題ないと判断している。

(2) 構造物基礎の地質

ダム地点の地形は、右岸側で約 25°、左岸側で約 30° の傾斜を示す。左岸は全体に一律な斜面であるが右岸では、河岸より約 200m 離れた位置に急崖が形成されている。ダム軸選定に当っては崩落を避けてできるだけこの急崖から遠ざかることに留意した。河床標高は 180 m、河床幅約 40m である。

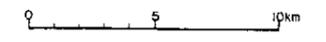
ダム地点は河床部の局所的な露頭を除いて全体に表層堆積物に覆われている。その厚さは右岸ダム軸で約 4 m、左岸ダム軸で約 8 m である。基盤岩石は赤色淡緑色石灰質シルト岩で、左右両岸に各々 2 本ずつ実施したボーリングの結果では非常に良好なコアが採取されており透水性は、右岸取付部深度 0 から 20m 間で 10~47 ルジオン、20~30 間で 5~19 ルジオン、同じく右岸取付部で 0~20m で 20~31 ルジオン、20~30 ルジオン、4~20 ルジオンを各々示す。この資料によると基盤の透水性は全般に大きいがボーリングコアはシームも少く良いコアが採取されており、グラウチングにより十分改良できる岩盤と判断できる。

ダム及び発電所基盤として地質的な問題はないがすでに勧告済の河床調査ボーリングは実施される必要がある。



LEGEND

| | | | |
|-----------|--|--------------------------|--|
| Cenozoic | | Tertiary system | Gravel, sand, silt and clay |
| Mesozoic | | Granite | |
| | | Formation D | Pure limestone, dolomite and dolomitic limestone, near base often red conglomerate, karst in some places |
| Paleozoic | | Formation C | Shale, sandstone, calcareous shale, calcareous sandstone, conglomerate and thin impure limestone, locally alteration |
| | | Formation B | Banded calcareous sandstone, banded sandy limestone and alternation of sandstone and shale |
| | | Formation A | Quartzite, sandstone, slate and schist |
| | | Metamorphic rocks | Schist and semischist |
| | | Strike and dip of strata | |
| | | Strike and dip of fault | |
| | | Fault (Assumed) | |
| | | Axis of anticline | |
| | | Axis of syncline | |
| | | Axis of fold (assumed) | |
| | | Geologic boundary | |
| | | Sink hole | |
| | | Swallet | |
| | | Spring | |
| | | Running water | (This mark shows the locality number in the table of the report) |

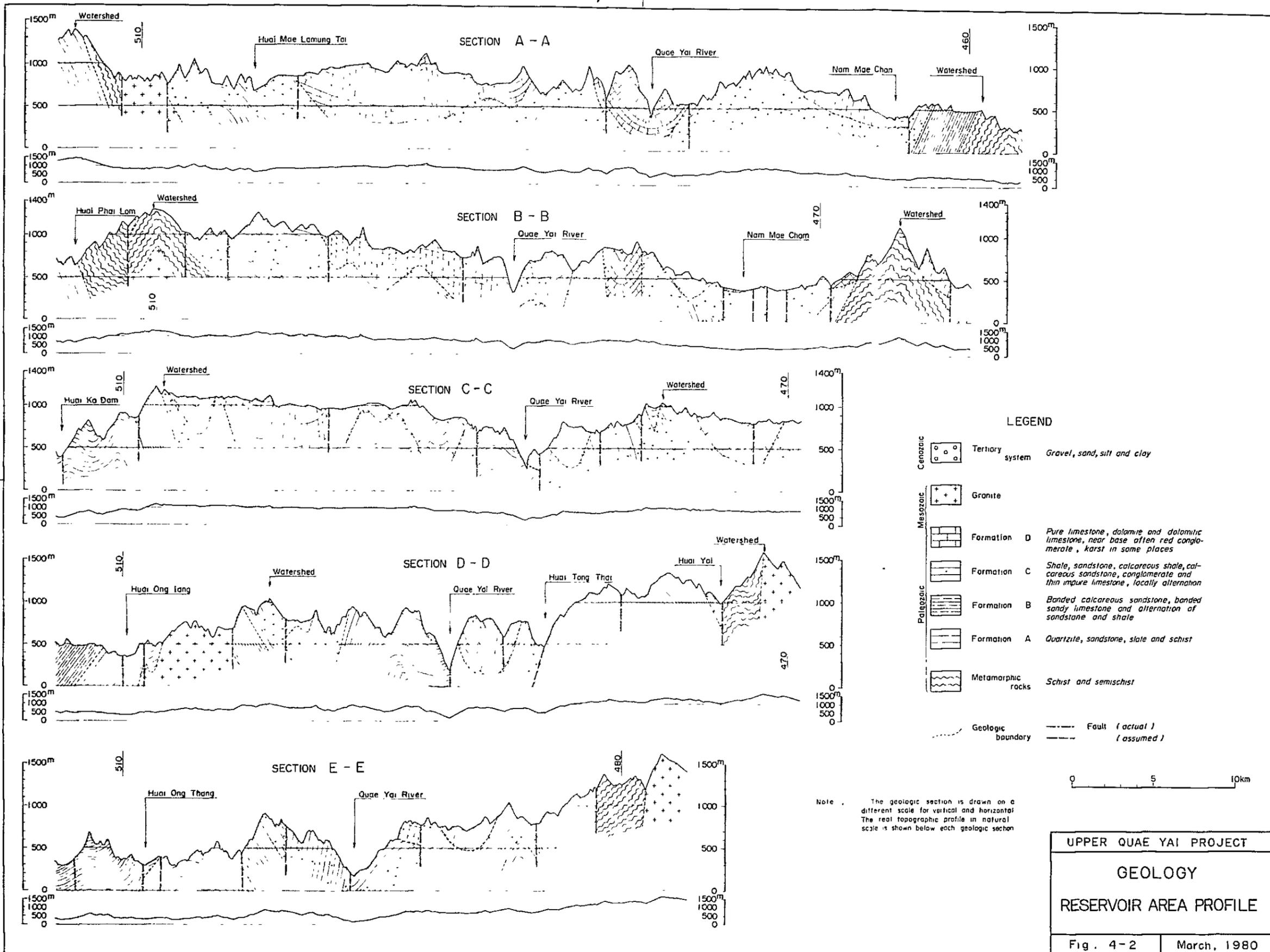


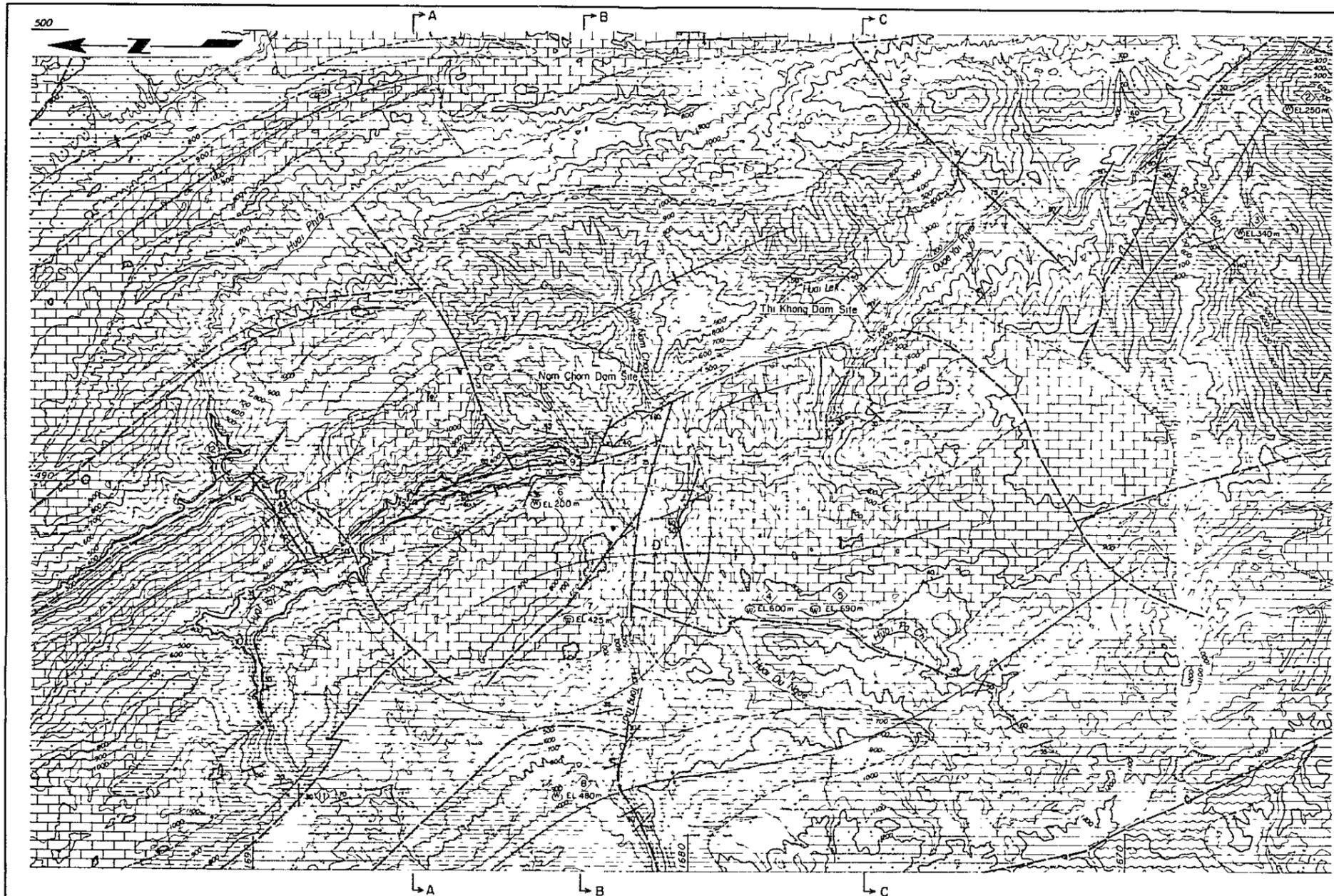
UPPER QUAE YAI PROJECT

GEOLOGY

RESERVOIR AREA PLAN

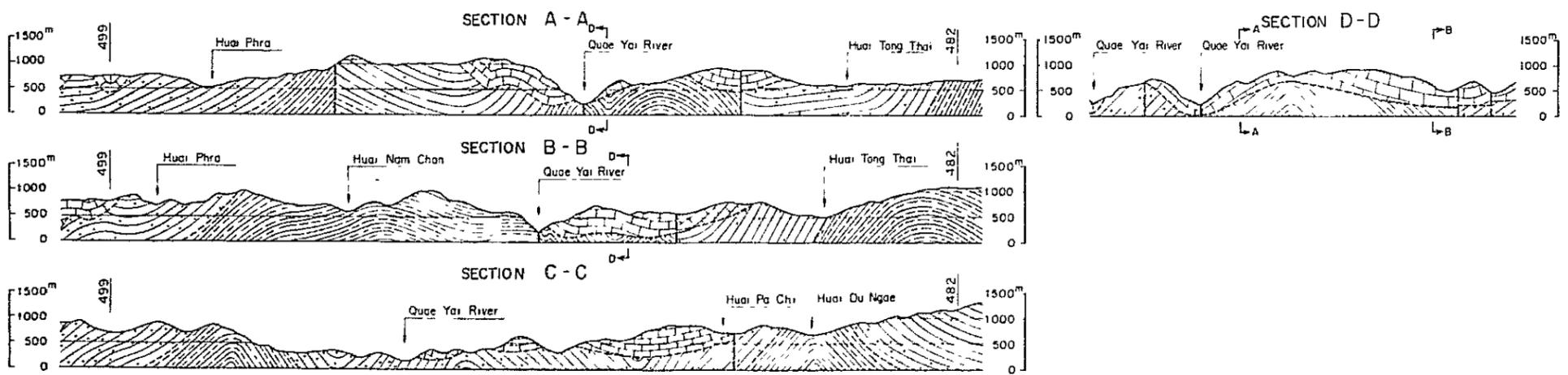
Fig 4 - 1 March, 1980





LEGEND

- | | | | |
|-----------|--|-------------------|--|
| Mesozoic | | Formation D | Pure limestone, dolomite and dolomitic limestone, near base often red conglomerate, karst in some places |
| | | Formation C | Shale, sandstone, calcareous shale, calcareous sandstone, conglomerate and thin impure limestone, locally alteration |
| | | Formation B | Banded calcareous sandstone, banded sandy limestone and alteration of sandstone and shale |
| Paleozoic | | Formation A | Quartzite, sandstone, slate and schist (This formation does not crop out in this mapped area) |
| | | Metamorphic rocks | Schist and semischist |
-
- Strike and dip of strata
 - Strike and dip of fault
 - Fault (assumed)
 - Axis of anticline
 - Axis of syncline
 - Axis of fold (assumed)
 - Geologic boundary
 - Sink hole
 - Swallet
 - Spring
 - Running water (This mark shows the locality number in the table of the report)
 - Formation D at the vicinity of Nam Chon dam site



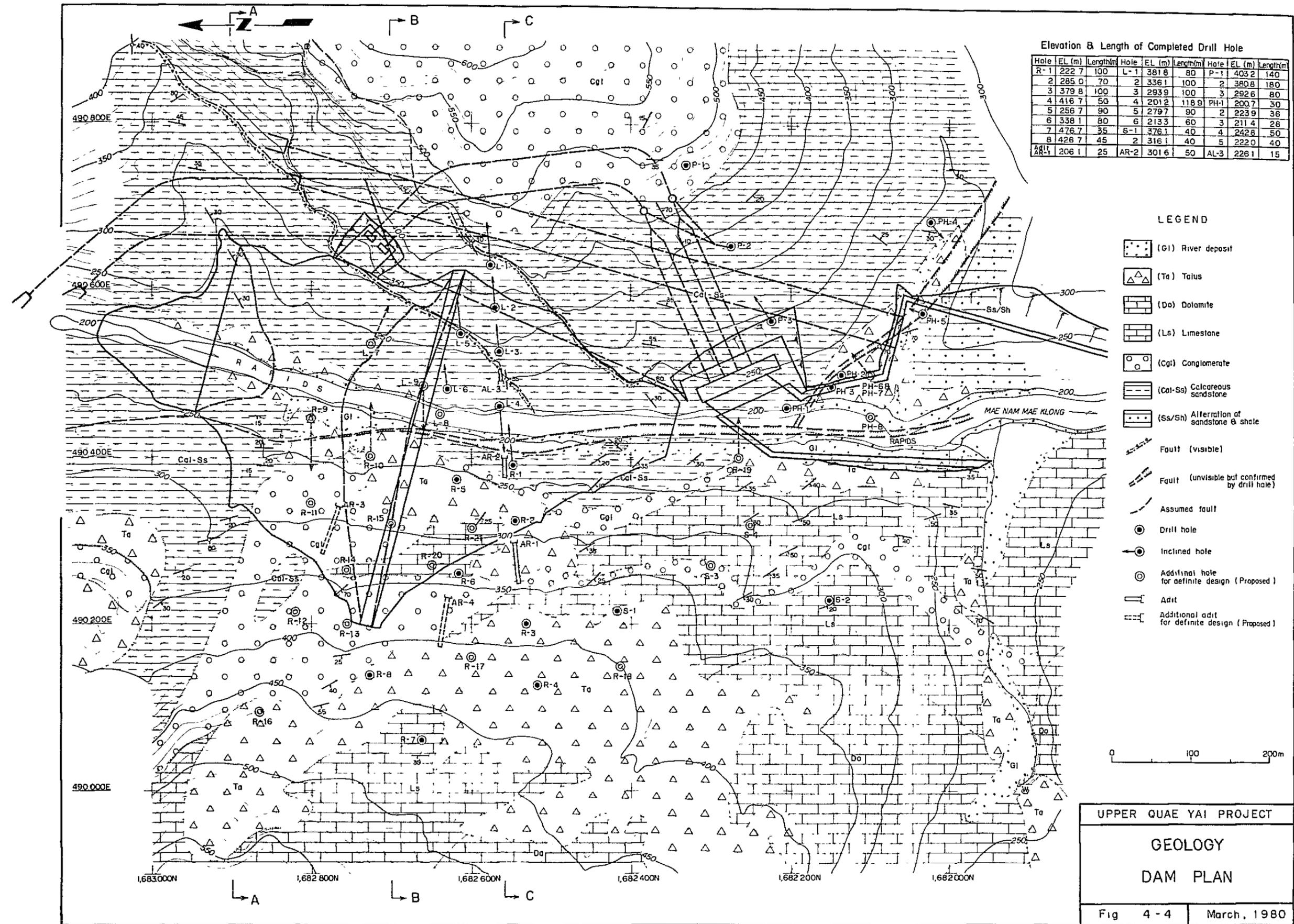
UPPER QUAE YAI PROJECT

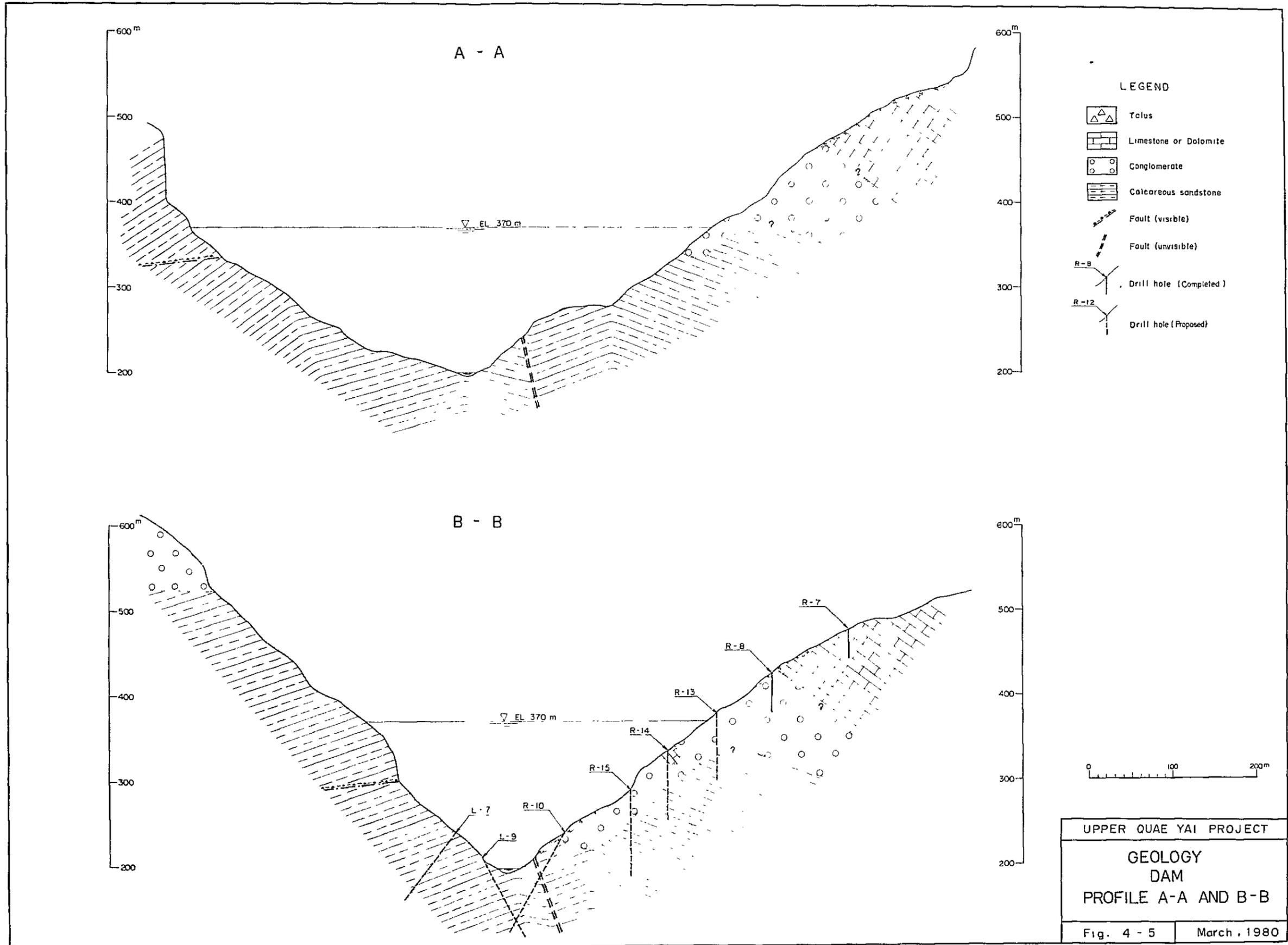
GEOLOGY

PLAN AND PROFILE

VICINITY OF DAMSITE

Fig. 4 - 3 March, 1980





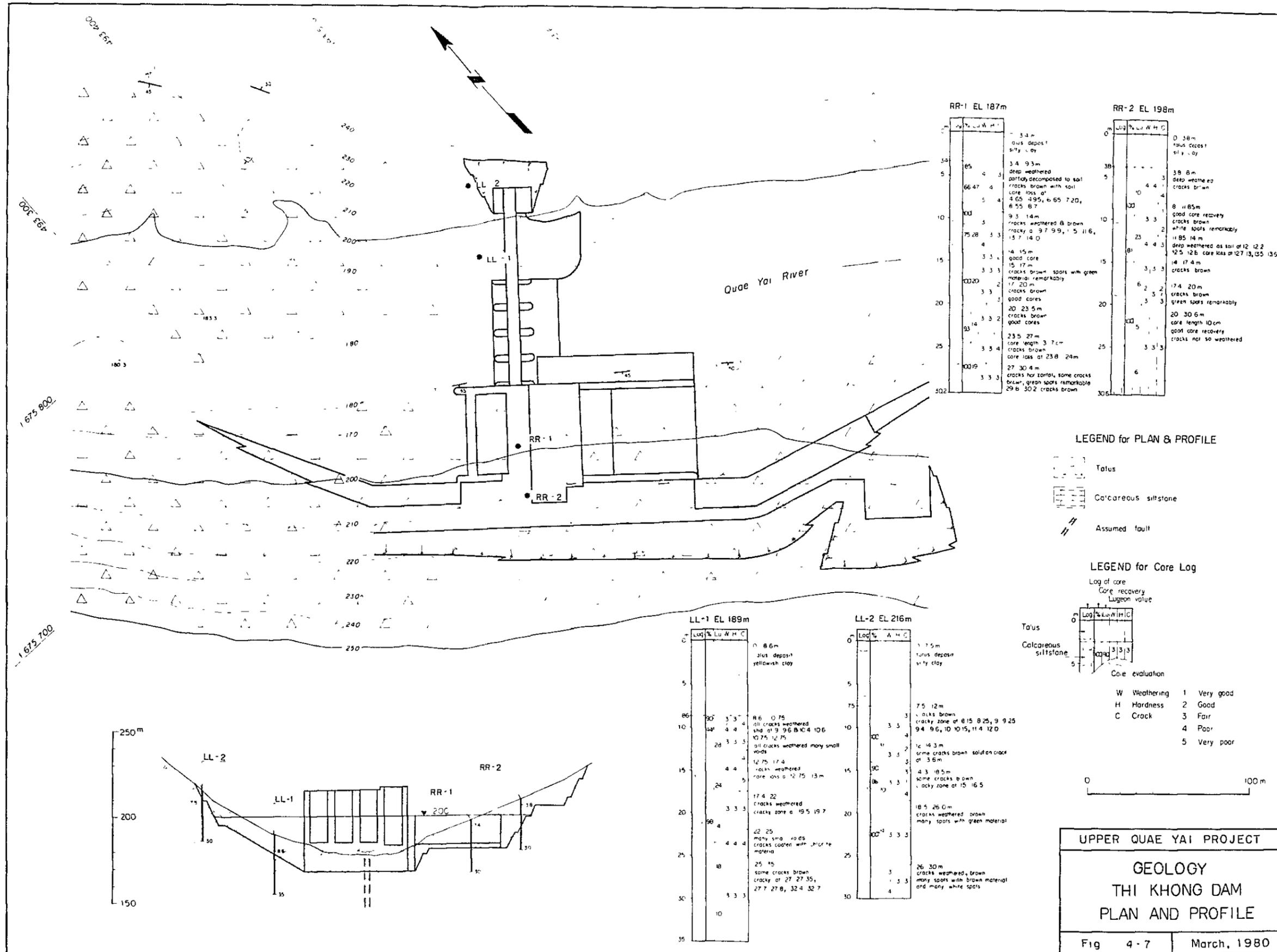


Table 4-1 General Geologic Sequence of Upper Quae Yai Project Area

| Era | Stratigraphic Unit | Rock | Main Distribution | Characteristic |
|------------|---|---|---|---|
| Cenozoic | Quaternary to Tertiary System
Unconformity | Gravel, Sand, Silt and Clay | Junction between Mae Chan & Quae Yai | Moderately consolidated, horizontal bedding |
| | Intrusive rock
Intrusion | Granite | at eastern & western divide | Medium to coarse biotite Granite |
| Palaeozoic | Formation D | Massive pure LS (locally bedded), cataclastic Dolomite, Dolomitic LS, near base often Red Conglomerate | Many places, especially eastern half of catchment area, except both divides | Remarkable karstic phenomena, folded |
| | Unconformity or Disconformity
Formation C | Shale, Sandstone, calcareous Sandstone, Conglomerate and thin impure LS. locally alternation | Whole project area | Thick deposit, folded |
| | Formation B | Banded calcareous Sandstone, banded sandy LS, alternation of Sandstone & Shale and locally lenticular LS. | Along main river including proposed dam-site and other many places | Massive, folded, partially strongly folded and rock like Schist locally |
| | Formation A | Quartzite, Sandstone, Slate and like Schist | Along eastern divide and continuously from Srinagarind reservoir area | Very hard, thick deposit |
| | Metamorphic rocks | Schist and semi Schist | At both divides and about 20 km downstream of damsite | Locally show gneissose structure |

Table 4-2 Quantitative Analysis of Calcareous Rock

| Locality No. | Locality | Rock Name | Result of analysis | | 1/ Result of norm calculation | | 2/ Result of norm calculation | | 4/ |
|--------------|---|---|--------------------------------|--------|-------------------------------|--------|---|--------|----|
| | | | Composition | % (wt) | Composition | % (wt) | Composition | % (wt) | |
| ① | Right bank near No. 8 site | Dolomite limestone
(Formation D) | CaO | 51.6 | CaCO ₃ | 92.0 | CaCO ₃ | 87.2 | 1 |
| | | | MgO | 2.4 | MgCO ₃ | 4.5 | CaMg(CO ₃) ₂ | 9.3 | |
| | | | SiO ₂ | 2.3 | --- | --- | SiO ₂ | 2.3 | |
| | | | Al ₂ O ₃ | 0.36 | --- | --- | Al ₂ O ₃ | 0.36 | |
| | | | Total | 56.66 | Total | 96.5 | Total | 99.16 | |
| ② | Sink hole at left bank of Hual Tong Thai
EL. 470m | Calcitic dolomite
(Formation D) | CaO | 35.1 | CaCO ₃ | 62.64 | CaCO ₃ | 19.93 | 2 |
| | | | MgO | 17.2 | MgCO ₃ | 35.98 | CaMg(CO ₃) ₂ | 78.69 | |
| | | | SiO ₂ | 0.2 | --- | --- | SiO ₂ | 0.2 | |
| | | | Total | 52.5 | Total | 98.62 | Total | 98.64 | |
| | | | CaO | 32.3 | CaCO ₃ | 57.64 | CaCO ₃ | 8.72 | |
| ③ | Right bank of Hual Tong Thai
EL. 250m | Dolomite
(Formation D) | MgO | 19.7 | MgCO ₃ | 41.21 | CaMg(CO ₃) ₂ | 90.13 | 3 |
| | | | SiO ₂ | 0.1 | --- | --- | SiO ₂ | 0.1 | |
| | | | Total | 51.6 | Total | 99.85 | Total | 98.86 | |
| | | | CaO | 30.9 | CaCO ₃ | 55.14 | CaCO ₃ | 2.75 | |
| | | | MgO | 21.1 | MgCO ₃ | 44.13 | CaMg(CO ₃) ₂ | 96.52 | |
| ④ | Right bank of Hual Tong Thai
EL. 430m | Dolomite
(Formation D) | SiO ₂ | 0.2 | --- | --- | SiO ₂ | 0.2 | 4 |
| | | | Total | 52.2 | Total | 99.27 | Total | 99.47 | |
| | | | CaO | 30.8 | CaCO ₃ | 55.0 | CaCO ₃ | 14.6 | |
| | | | MgO | 20.3 | MgCO ₃ | 38.1 | CaMg(CO ₃) ₂ | 78.5 | |
| | | | SiO ₂ | 1.3 | --- | --- | SiO ₂ | 1.32 | |
| ⑤ | Hual Du Ngae
EL. 590m | Calcitic dolomite
(Formation D) | Al ₂ O ₃ | 0.33 | --- | --- | Al ₂ O ₃ | 0.33 | 5 |
| | | | Total | 52.73 | Total | 93.1 | Total | 94.73 | |
| | | | CaO | 30.6 | CaCO ₃ | 54.61 | CaCO ₃ | 1.72 | |
| | | | MgO | 21.3 | MgCO ₃ | 44.55 | CaMg(CO ₃) ₂ | 97.44 | |
| | | | SiO ₂ | 0.1 | --- | --- | SiO ₂ | 0.1 | |
| ⑥ | Left bank near No. 2 site | Dolomite
(Formation D) | Total | 52.0 | Total | 99.16 | Total | 99.26 | 6 |
| | | | CaO | 2.2 | CaCO ₃ | 3.9 | | | |
| | | | MgO | 1.8 | MgCO ₃ | 3.4 | | | |
| | | | SiO ₂ | 58.6 | --- | --- | | | |
| | | | Al ₂ O ₃ | 19.20 | --- | --- | | | |
| ⑦ | Hual Pachi
EL. 790m | Calcareous shale
(Formation C) | Total | 92.0 | Total | 7.3 | | | 7 |
| | | | CaO | 39.3 | CaCO ₃ | 70.13 | CaCO ₃ | 65.42 | |
| | | | MgO | 1.9 | MgCO ₃ | 3.97 | CaMg(CO ₃) ₂ | 8.68 | |
| | | | SiO ₂ | 20.2 | --- | --- | SiO ₂ | 94.3 | |
| | | | Total | 61.4 | Total | 74.1 | Total | 94.3 | |
| ⑧ | Left bank at Nam Chon damsite | Banded sandy limestone
(Formation B) | CaO | 2.2 | CaCO ₃ | 84.6 | CaCO ₃ | 78.8 | 8 |
| | | | MgO | 1.2 | MgCO ₃ | 2.3 | CaMg(CO ₃) ₂ | 4.66 | |
| | | | SiO ₂ | 7.3 | --- | --- | SiO ₂ | 5.16 | |
| | | | Al ₂ O ₃ | 3.43 | --- | --- | 3/ CaAl ₂ Si ₂ O ₈ | 9.45 | |
| | | | Total | 59.33 | Total | 86.9 | Total | 98.07 | |
| ⑨ | Left bank near Nam Chon damsite | Banded sandy limestone
(Formation B) | CaO | 49.9 | CaCO ₃ | 69.1 | CaCO ₃ | 87.9 | 9 |
| | | | MgO | 0.6 | MgCO ₃ | 1.13 | CaMg(CO ₃) ₂ | 2.33 | |
| | | | SiO ₂ | 5.9 | --- | --- | SiO ₂ | 5.9 | |
| | | | Al ₂ O ₃ | 1.54 | --- | --- | Al ₂ O ₃ | 1.54 | |
| | | | Total | 57.94 | Total | 80.23 | Total | 97.67 | |
| ⑩ | Hual Tong Thai
EL. 480m | Banded sandy limestone
(Formation B) | CaO | 0.0 | | | | | 10 |
| | | | MgO | 0.6 | | | | | |
| | | | SiO ₂ | 89.1 | | | | | |
| | | | Al ₂ O ₃ | 4.44 | | | | | |
| | | | Total | 94.14 | | | | | |
| ⑪ | Hual Ong Thang Yai (downstream of Nam Chon damsite)
EL. 250m | Quartzite
(Formation A) | CaO | 0.0 | | | | | 11 |
| | | | MgO | 0.6 | | | | | |
| | | | SiO ₂ | 89.1 | | | | | |
| | | | Al ₂ O ₃ | 4.44 | | | | | |
| | | | Total | 94.14 | | | | | |

- 1/ All CaO are calculated as CaCO₃ and all MgO are calculated as MgCO₃.
 2/ All MgO are calculated as CaMg(CO₃)₂ and remaining CaO are calculated as CaCO₃.
 3/ Al₂O₃ is calculated as CaAl₂Si₂O₈ (Anorthite) by way of example.
 4/ Locality No. for micrograph of rock sample.

Quantitative Analysis of Limestone at Khao Laem Damsite (Quae Noi River)

| Locality | Rock Name | Result of analysis | | Result of norm calculation | | Result of norm calculation | |
|---------------------------------|----------------------------|--------------------|--------|----------------------------|--------|-------------------------------------|--------|
| | | Composition | % (wt) | Composition | % (wt) | Composition | % (wt) |
| Inside of gallery at right bank | Limestone
(Formation D) | CaO | 54.2 | CaCO ₃ | 96.72 | CaCO ₃ | 94.24 |
| | | MgO | 1.0 | MgCO ₃ | 2.09 | CaMg(CO ₃) ₂ | 4.57 |
| | | SiO ₂ | 0.2 | --- | --- | SiO ₂ | 0.2 |
| | | Total | 55.4 | Total | 98.81 | Total | 99.01 |
| | | | | | | | |

Table 4-3

Location of Additional Drill Hole

| Site | Hole No. | X | Y | EL ₁ (m) | Direction | Length(m) | |
|-------------------|----------|----------|----------|---------------------|-----------|-----------|------|
| Quarry | Q-4 | 487000E | 1681600N | 540 | 90° | 60 | |
| | Q-5 | 487600 | 1681600 | 510 | 90° | 60 | |
| | Q-6 | 488100 | 1681400 | 560 | 90° | 80 | |
| | NQ-1 | 489290 | 1681300 | 175 | 90° | 80 | |
| | NQ-2 | 489430 | 1681300 | 530 | 90° | 100 | |
| | NQ-3 | 489500 | 1681130 | 530 | 90° | 100 | |
| | NQ-4 | 489290 | 1681050 | 175 | 90° | 50 | |
| | NQ-5 | 489430 | 1680920 | 530 | 90° | 100 | |
| Sub-Total | 8 Holes | | | | | | 630m |
| Borrow | BB-1 | 485300E | 1682840N | 580 | 90° | 10 | |
| | BB-2 | 485200 | 1682300 | 560 | 90° | 40 | |
| | BB-3 | 485300 | 1681860 | 540 | 90° | 40 | |
| Sub-Total | 3 Holes | | | | | | 120m |
| Drill Holes Total | | 32 Holes | | | | 2,680m | |

* No permeability test hole

| Site | Adit No. | X | Y | EL ₁ (m) | Direction | Length(m) |
|------|-------------|--------|---------|---------------------|-----------|-----------|
| Dam | AR-3 | 490310 | 1682765 | 280 | N70° W | 60 |
| | AR-4 | 490230 | 1682630 | 360 | N80° W | 60 |
| | Adits Total | | | | | |

| Site | Hole No. | X | Y | EL ₁ (m) | Direction | Length(m) | |
|-----------|----------|---------|------------|---------------------|------------|-----------|--------|
| Dam | R-9 | 490445E | 1682800N | 220 | N90°W 50° | 100 | |
| | R-10 | 490400 | 1682725 | 240 | N90°E 160° | 130 | |
| | R-11 | 490345 | 1682800 | 280 | 90° | 80 | |
| | R-12 | 490215 | 1682820 | 380 | 90° | 80 | |
| | R-13 | 190200 | 1682755 | 380 | 90° | 80 | |
| | R-14 | 490265 | 1682755 | 335 | 90° | 80 | |
| | R-15 | 490320 | 1682700 | 290 | 90° | 100 | |
| | R-16 | 490095 | 1682865 | 470 | 90° | 150 | |
| | R-17 | 490160 | 1682600 | 410 | 90° | 130 | |
| | R-18 | 490150 | 1682415 | 400 | 90° | 100 | |
| | R-19 | 490400 | 1682265 | 200 | N90°E 60° | 100 | |
| | L-7 | 490535 | 1682725 | 240 | S65°E 50° | 100 | |
| | L-8 | 490450 | 1682640 | River bottom | 90° | 50 | |
| | R-20 | 490270 | 1682650 | 335 | 90° | 130 | |
| | R-21 | 490315 | 1682600 | 285 | 90° | 100 | |
| | L-9 | 490485 | 1682660 | 210 | N90°W 60° | 110 | |
| Sub-Total | 16 Holes | | | | | | 1,620m |
| | S-3 | 490270 | 1682650 | 335 | 90° | 130 | |
| | S-4 | 490320 | 1682250 | 290 | 90° | 60 | |
| | PH-6 * | 490500 | 1682100 | 220 | N50°E 45° | 50 | |
| | PH-7 * | | | | 90° | 40 | |
| PH-8 * | 490450 | 1682100 | River bank | 90° | 30 | | |
| Sub-Total | 5 Holes | | | | | | 310m |

第5章 材 料

第5章 材 料

| | | |
|-----|------------------|-----|
| 5.1 | Nam Chon ダムの材料 | 105 |
| (1) | 土質しゃ水壁材料 | 105 |
| (a) | 試験項目および試験数量 | 105 |
| (b) | 代表試料の選定 | 105 |
| (c) | 試験結果及び考察 | 106 |
| (d) | 推定採取可能量 | 106 |
| (2) | フィルター材料 | 106 |
| (3) | ロック材料 | 107 |
| (4) | コンクリート骨材 | 107 |
| (5) | 追加調査の勧告 | 107 |
| (a) | 土質しゃ水壁材料 | 107 |
| (b) | フィルター材料 | 108 |
| (c) | ロック材料およびコンクリート材料 | 108 |
| 5.2 | Thi Khong ダムの材料 | 108 |

第 5 章 材 料

5.1 Nam Chon ダムの材料

(1) 土質しゃ水壁材料

土質しゃ水壁材料採取地は、Nam Chonダム地点より約6km西のHuai Tong Thaiの両側に位置している。この地点の基盤は砂質石灰岩、頁岩、苦灰岩から成りたっている。土質材料調査は主として幅約2kmで南北方向に帯状に分布している頁岩層を対象に行われ深さ1～5mの調査タテ坑30坑が掘削された。調査タテ坑の位置をFig.5-1に示す。

地表踏査および調査タテ坑の観察の結果、この地点の材料は、地形、母岩および風化度によって風化頁岩、頁岩の崖錐堆積物、細粒土を多く含む段丘堆積物、粗粒土を多く含む段丘堆積物および苦灰岩質石灰岩の崖錐堆積物に大別される。

(a) 試験項目および試験数量

各調査タテ坑より1m毎に採取した試料及び粒度に基づいて分類した代表試料について行った試験項目および試験数量は次の通りである。

| | 1 m 毎の試料 | 代表試料 |
|---------------|----------|------|
| 到着時含水比 | 100 試料 | — |
| 比 重 | 11 | 9 試料 |
| 粒 度 | 97 | — |
| アッターベルグ限界 | 100 | 6 |
| 突固めASTMD698A法 | 10 | — |
| ASTMD698C法 | 22 | 6 |
| ASTMD1557法 | — | 6 |
| ” D法 | — | 3 |
| 透 水 | — | 9 |
| 3 軸 圧 縮 | — | 3 |
| 突固め後の粒度 | — | 6 |

(b) 代表試料の選定

各調査タテ坑より採取した1m毎試料の試験結果に基づいて本地点の材料を0.075mm以下の含有率によって次の通り分類した。

| | | |
|---------|---------------|--------|
| 細 粒 材 料 | —0.075 mmの含有率 | 30%以上 |
| 中 粒 材 料 | —0.075 の含有率 | 30～15% |
| 粗 粒 材 料 | —0.075 の含有率 | 15%以下 |

代表試料はこの地点に分布する風化頁岩、頁岩の崖錐堆積物及び細粒土を多く含む段丘

堆積物の中から選ばれた。

(c) 試験結果および考察

代表試料の試験結果を Table 5-1 に、各材料の分布状態を Fig.5-2 に示す。現地踏査および試験結果からこの地点の材料は次のように考察される。

- この地点の材料のしゃ水性は粒度試験および代表試料の透水試験結果より次のように考えられる。細粒材料、中粒材料の最適含水比時における透水係数は $1.3 \times 10^{-8} \sim 3.8 \times 10^{-8}$ cm/s である。またこの材料の 19.1mm ($\frac{3}{4}$ ") 以上の礫の含有率は 25% 以下であり十分なしゃ水性が得られるものと判断できる。粗粒材料の透水試験は 0.075mm 以下の含有率が 9% 以上の材料について行った。この結果透水係数は $2.0 \times 10^{-7} \sim 4.5 \times 10^{-8}$ cm/s の値を示している。しかし粗粒材料は 19.1mm ($\frac{3}{4}$ ") 以上の礫を 40% 以上含有する材料もあるので大型透水試験を行うことが望ましい。
- 土の強度定数は AIT で実施された 3 軸圧縮試験によると、有効応力解析で求めた内部マサツ角 ($\bar{\phi}$) は $20^\circ \sim 27^\circ$ または粘着力 (\bar{C}) は $0.8 \sim 1.3$ kg/cm² の値を示している。
- この地点の材料を諸試験の結果から判断すると風化頁岩および頁岩の崖錐堆積物は上部に比較的細粒な材料が分布し深くなるにしたがって粗くなる傾向を示している。しかしながら、礫も比較的風化しているので施工時の重機による破砕と採取時における上部の細粒土との混合を考慮するとかなりの深さまで使用可能と思われる。細粒土を多く含む段丘堆積物は 0.075mm 以下の含有率がほとんど 27~74% と細粒な材料であり、特に P-25 周辺は 54~74% もある。この細粒材料はその周辺に分布する粗粒な風化頁岩と混合し質の改善と施工性の良化をはかることが望ましい。
- 苦灰質石灰岩を母岩とする崖錐堆積物はシルト質土で乾燥密度も $1.35 \sim 1.45$ t/m³ と小さく他の材料と異った性質を示しており、しゃ水壁材料としては好ましくない。

(d) 堆定採取可能量

以上の結果を基にこの地点の堆定採取可能量は次の通りである。

| | |
|---------------|--------------------------|
| 風化頁岩 | 2,050,000 m ³ |
| 頁岩の崖錐堆積物 | 840,000 m ³ |
| 細粒土を多く含む段丘堆積物 | 1,560,000 m ³ |
| 計 | 4,450,000 m ³ |

となり土質しゃ水壁材料としての必要量 1,800,000 m³ を十分満している。

(2) フィルター材料

Nam Chon ダム地点の周辺には適当な粒径をもつ河床堆積物が見当たらないのでフィルター材料は原石山より人工的につくるかあるいはより経済的にダムを造るために適当な粒径が得られる材料を探する必要があろう。1つの候補地は A-1 地区であるが、土質材料採取地の深部についても調査することが望ましい。

(3) ロック材料

当初計画された原石山A-1地点はNam Chonダム地点より約2km西のHuai Tong Thaiの右岸である。この原石山に3本のボーリングが行われた。このボーリングコアによるとこの岩は圧碎質苦灰岩で容易に小片となり易い。

したがって大塊としては採取できないがロック材の1部あるいはトランジション材料として使用することが考えられる。

この観点からEGATは他の原石山候補地点としてダム地点より約1.8km下流のHuai Nam Chonに沿ったB地点に2本のボーリングを行った。この結果B地点は石灰質砂岩からなり極めて良質なコアが採取された。このコアと露頭調査の結果から判断すると、この地点はかなりすぐれたロック材料およびコンクリート骨材の採取候補地である。

しかし運搬道路等の条件を考慮するとFig.5-1に示すようにHuai Tong Thaiに沿ったA地区の調査の範囲を拡げるのが望ましい。

その他に発電所、洪水吐等構造物の掘削ズリは石灰質砂岩であり良好なロック材料と成り得る。

(4) コンクリート骨材

コンクリート骨材はこの付近に天然の材料が見当たらないので原石山から人工的に製造しなければならない。ロック材候補地A-1地区の材料は上述のようにコンクリート骨材として期待することはむずかしい。

Huai Nam Chon右岸のB地点は石灰質砂岩からなりボーリングの結果から良質な材料と判断されている。またB地点の露頭より採取された材料の試験結果をみても安定性は1.55%、スリヘリ減量は15.1%の値を示しており同地点はコンクリート骨材の採取地としてすぐれた地点と言える。

(5) 追加調査の勧告

(a) 土質しゃ水壁材料

これまでの調査結果に基づいて今後の詳細設計を行うために必要な調査は以下の通りである。

○調査タテ坑

22坑（位置はFig 5-1に示す）

○試験項目

各調査タテ坑の1m毎に採取する試料についての試験

到着時含水比

比重

粒度（フルサイズ）

アッターベルグ限界

代表試料についての試験

* 代表試料の選定

代表試料は地質的条件，粒度分布，材料の分布状態により次のように分類する。

風化頁岩

| | | |
|------|----------------|--------|
| 細粒材料 | 0.075 mm以下の含有率 | 30%以上 |
| 中粒材料 | 0.075 mm以下の含有率 | 15～30% |
| 粗粒材料 | 0.075 mm以下の含有率 | 15%以下 |

頁岩の崖錐堆積物

| | | |
|------|----------------|-------|
| 細粒材料 | 0.075 mm以下の含有率 | 20%以上 |
| 粗粒材料 | 0.075 mm以下の含有率 | 20%以下 |

細粒土を多く含む段丘堆積物

細粒度を多く含む段丘堆積物は，この地点の3ヶ所に分布している。

この3ヶ所よりそれぞれ1調査タテ坑，計3調査タテ坑を選定する。

* 試験項目と試験料数

選定された試料の試験項目と試験試料数はTable 5-2に示す。

(b) フィルター材料

フィルター材料の調査は第4章で述べたとおり土質材料採取地の頁岩層にボーリング3本を計画した。調査の結果フィルター材料として適すると判断されたならば横坑あるいはタテ坑を掘削してフィルター材料試験として必要な比重，粒度，透水及びセン断試験を行う。

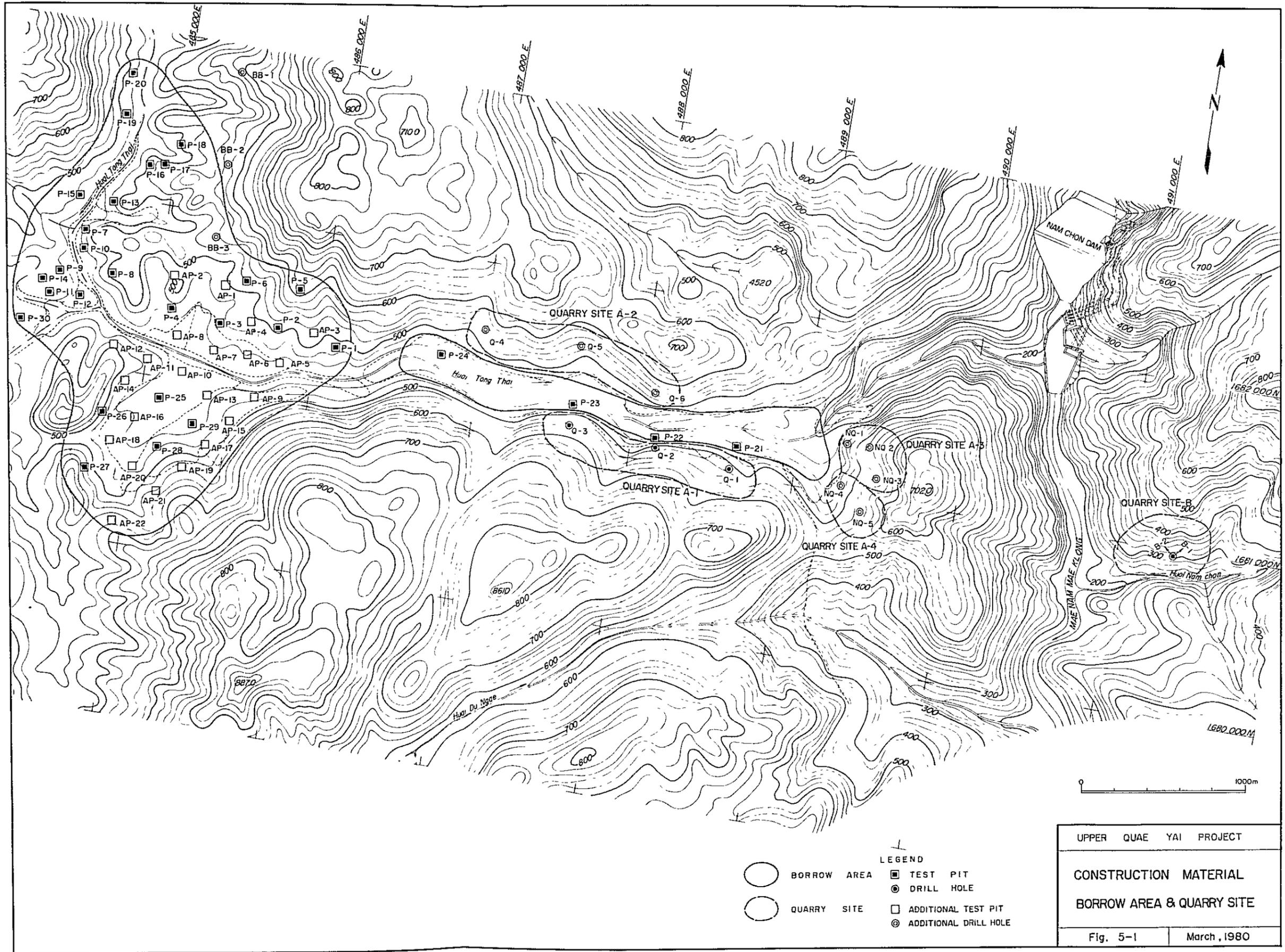
(c) ロック材料及びコンクリート骨材

現在までに調査されたA-1，B地点の他に第4章およびFig.5-1に示したHuai Tong Thai 沿のA-2，A-3およびA-4にボーリング8本を計画した。試験項目および試験数量は次の通りである。

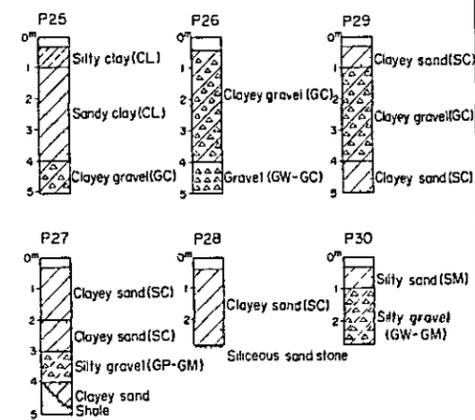
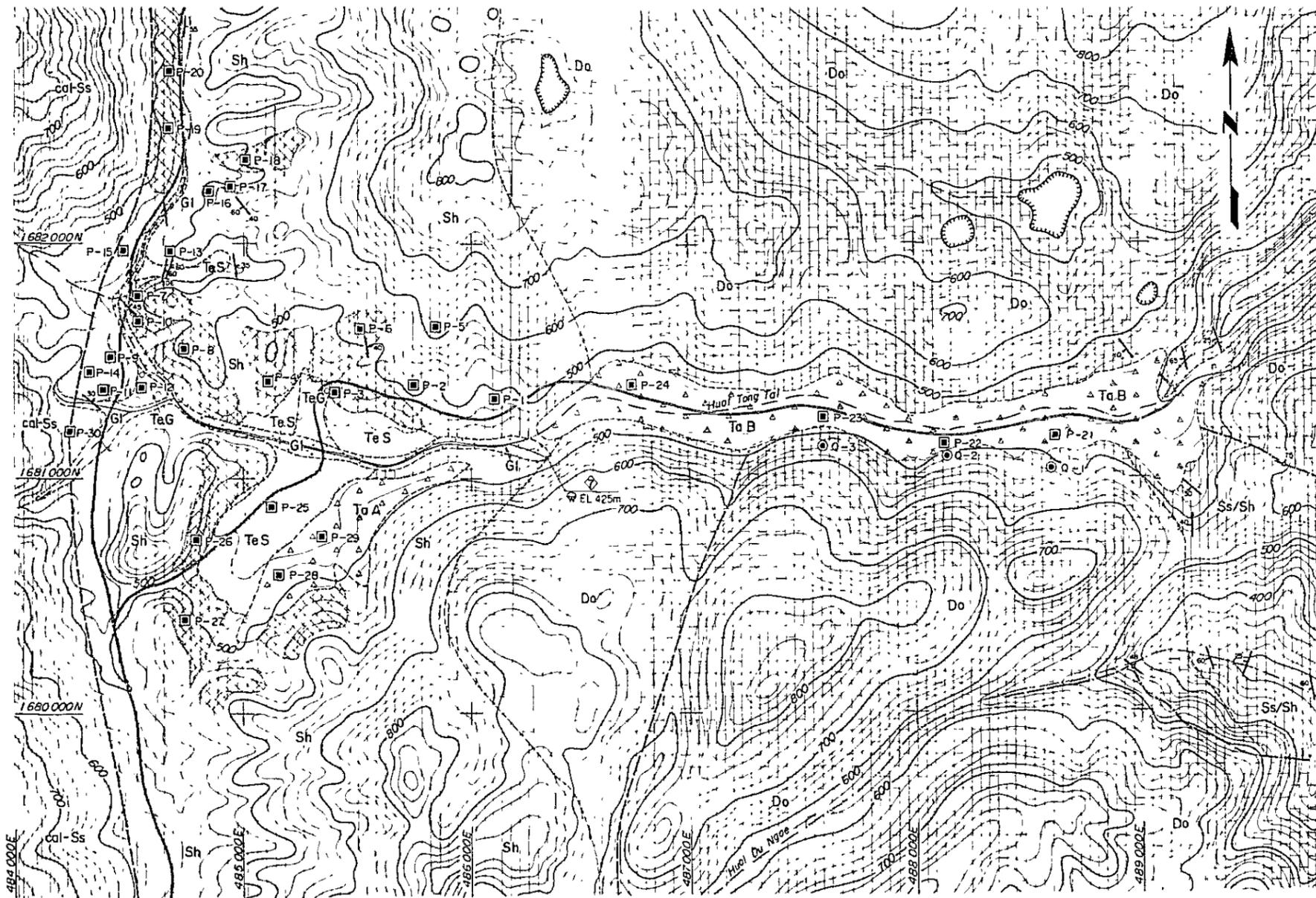
| 地点名 | A-1地点 | B地点 | A-2地点 | A-3地点 | A-4地点 |
|------|-------|-----|-------|-------|-------|
| 比重 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 安定性 | — | — | 1 | 1 | 1 |
| スリヘリ | — | — | 1 | 1 | 1 |
| 1軸圧縮 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |

5.2 Thi Khongダムの材料

Thi Khongダム周辺は石灰岩からなっている。露頭調査の結果，この石灰岩は堅硬なものでありコンクリート骨材として十分期待できるものである。

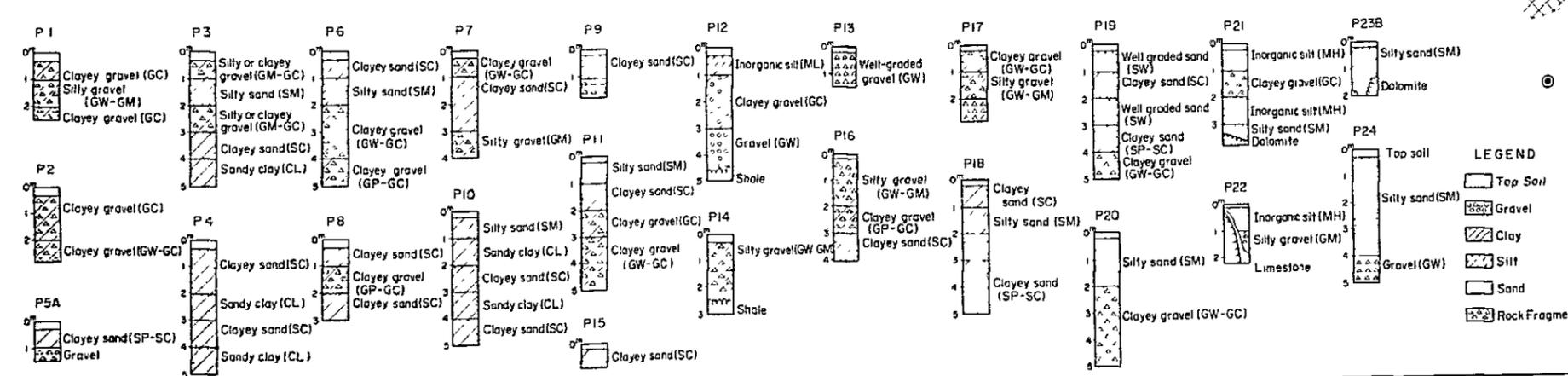


| | |
|---------------------------|-------------|
| UPPER QUAE YAI PROJECT | |
| CONSTRUCTION MATERIAL | |
| BORROW AREA & QUARRY SITE | |
| Fig. 5-1 | March, 1980 |



LEGEND

- Talus deposit (Source from shale)
- Talus deposit (Source from limestone)
- River deposit
- Terrace deposit (Silt and clay)
- Terrace deposit (Gravel and sand)
- Geologic boundary
- Strike and dip of strata
- Strike and dip of fault
- Fault (Assumed)
- Dolomite (Rat burr limestone)
- Alternation of calcareous sandstone and shale (Formation C)
- Shale, locally with thin sandstone (Formation C)
- Banded calcareous sandstone and banded sandy limestone (Formation B)
- Sink hole
- Swallet
- Perennial river
- Non perennial river
- Weathered shale



LEGEND

- Top Soil
- Gravel
- Clay
- Silt
- Sand
- Rock Fragment

UPPER QUAE YAI PROJECT

CONSTRUCTION MATERIAL BORROW AREA

Fig 5-2 March, 1980

Table 5-1 Results of Soil Tests for Representative Samples

| Area No. | Sample No. | Depth (m) | Soil Classification | | Water Content as received (%) | Specific Gravity | Atterberg Limits | | | Gradation | | | | | | Compaction*1 & Permeability (I) | | |
|----------------------|------------|-----------|---------------------|---------------------|-------------------------------|------------------|------------------|--------|------|----------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|---|---------------------------------------|
| | | | Unified System | Revised P.R. System | | | LL (%) | PL (%) | PI | -38.1 ^{mm} (1 1/2") (%) | -19.0 ^{mm} (3/4") (%) | -4.75 ^{mm} (No.4) (%) | -2.0 ^{mm} (No.10) (%) | -0.425 ^{mm} (No.40) (%) | -0.075 ^{mm} (No.200) (%) | Optimum Water Content (%) | Maximum Dry Density (t/m ³) | Coefficient of Permeability (cm/sec.) |
| (Fine Materials) | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | P - 10 | 2.5 | SC | A-7-6(2) | 14.5 | 2.71 | 42.2 | 23.2 | 19.0 | | 100 | 90 | 76 | 52 | 37 | 20.0 | 1.680 | 2.8x10 ⁻⁸ |
| | P - 25 | 3.0 | CL | A-6 (5) | 12.2 | 2.61 | 30.8 | 17.2 | 13.6 | 100 | 98 | 92 | 84 | 74 | 54 | 17.8 | 1.773 | 1.3x10 ⁻⁸ |
| | P - 27 | 1.5 | SC | A-7-6(3) | 14.8 | 2.64 | 40.6 | 22.8 | 17.8 | | 100 | 86 | 70 | 52 | 41 | - | - | - |
| (Medium Materials) | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | P - 19 | 1.5 | SC | A-2-6(1) | 9.9 | 2.67 | 36.2 | 22.1 | 14.1 | | 100 | 83 | 60 | 37 | 29 | 18.5 | 1.790 | 2.6x10 ⁻⁸ |
| | P - 26 | 2.5 | GC | A-2-6(0) | 7.2 | 2.70 | 34.2 | 20.8 | 13.4 | 100 | 89 | 49 | 31 | 24 | 21 | - | - | - |
| | P - 29 | 4.5 | SC | A-2-6(0) | 14.8 | 2.71 | 37.0 | 19.8 | 17.2 | 100 | 93 | 66 | 52 | 36 | 22 | 15.2 | 1.792 | 3.3x10 ⁻⁸ |
| (Coarse Materials) | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | P - 20 | 4.5 | GW-GC | A-2-6(0) | 10.4 | 2.77 | 36.4 | 21.5 | 14.9 | 100 | 56 | 29 | 19 | 13 | 10 | 17.2 | 1.753 | 4.5x10 ⁻⁸ |
| | P - 25 | 4.7 | GC | A-2-6(0) | 12.0 | 2.65 | 28.1 | 15.7 | 12.4 | 100 | 89 | 49 | 32 | 21 | 16 | 14.6 | 1.880 | 1.3x10 ⁻⁸ |
| | P - 27 | 3.7 | GP-GM | A-2-6(0) | 15.6 | 2.64 | 33.3 | 24.0 | 9.3 | | 100 | 42 | 27 | 15 | 9 | - | - | - |

| Sample | Compaction** & Permeability (II) | | | | Triaxial Compression Strength (CIU) *4 | | | |
|--------|----------------------------------|---|---------------------------------------|-------------------|--|----------|--------------------------|-----------|
| | Optimum Water Content (%) | Maximum Dry Density (t/m ³) | Coefficient of Permeability (cm/sec.) | Water Content (%) | Total Stress | | Effective Stress | |
| | | | | | C (kg/cm ²) | φ (deg.) | C̄ (kg/cm ²) | φ̄ (deg.) |
| P-10 | 17.5 | 1.812 *2 | - | - | - | - | - | - |
| P-25 | 14.0 | 1.910 *2 | - | - | - | - | - | - |
| P-27 | 12.2 | 1.923 *3 | 3.8x10 ⁻⁸ | 12.2 | 1.2 | 22.5 | 0.78 | 27.0 |
| P-19 | 14.0 | 1.904 *2 | - | - | - | - | - | - |
| P-26 | 11.2 | 2.010 *3 | 2.1x10 ⁻⁸ | 11.2 | 0.5 | 19.6 | 0.96 | 20.9 |
| P-29 | 12.4 | 1.910 *2 | - | - | - | - | - | - |
| P-20 | 13.6 | 1.910 *2 | - | - | - | - | - | - |
| P-25 | 12.2 | 1.968 *2 | - | - | - | - | - | - |
| P-27 | 11.3 | 1.952 *3 | 2.0x10 ⁻⁷ | 11.3 | 2.2 | 17.8 | 1.35 | 27.0 |

*1 ASTM D 698-70 METHOD C

*2 ASTM D 1557-70 METHOD C

*3 ASTM D 1557-70 METHOD B

*4 Specimens were compacted by ASTM D 1557-70 METHOD B and they were at optimum water content, maximum dry density.

In permeability tests, falling head permeability tests were performed on specimens compacted by ASTM D 698-70. METHOD C (*1) and constant head permeability tests were performed on specimens compacted by ASTM D 1557-70 METHOD B (*3).

Coefficient of permeability is at optimum water content.

Table 5-2 Items of Tests and Quantity of Test Samples

| Items of Tests | Weathered Shale | | | Talus Deposit of Weathered Shale | | Terrace Deposit | Total | Note |
|---------------------------------|---------------------------|--------|--------|----------------------------------|--------|-----------------|-------|------------|
| | Fine | Medium | Coarse | Fine | Coarse | | | |
| | Water Content as received | 3 | 3 | 3 | 2 | | | |
| Specific Gravity | | | | | | | | |
| Fine Particle | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 3 | 16 | ASTM D 854 |
| Coarse Particle | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 3 | 16 | ASTM C 127 |
| Gradation (Full Size) | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 3 | 16 | ASTM D 422 |
| Atterberg Limits | | | | | | | | |
| Liquid Limit | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 3 | 16 | ASTM D 423 |
| Plastic Limit | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 3 | 16 | ASTM D 424 |
| Compaction | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 3 | 16 | * 1 |
| Permeability | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 3 | 16 | * 2 |
| Triaxial Compression | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 6 | * 3 |
| Gradation after Compaction Test | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 3 | 16 | |

- * 1 ASTM D698-70 Method C Used specimens are not to be used.
- * 2 5 different water content specimens compacted by ASTM D698-70 Method C shall be tested from each sample. Large Permeability Test shall be applied for coarse samples.
- * 3 4 different confined pressure x 2 different water content (Wopt+2%) 8 specimens per sample.

第6章 開発計画

第6章 開発計画

| | | |
|-----|---------------------------|-----|
| 6.1 | 基本的事項 | 117 |
| 6.2 | 貯水池運用計画及び電力量計算手法 | 118 |
| (1) | 貯水池運用計画 | 118 |
| (2) | 電力量計算手法 | 118 |
| 6.3 | 開発計画の検討 | 119 |
| (1) | Nam Chon 地点における検討 | 119 |
| (2) | Thi Khong 地点における検討 | 121 |
| (3) | N ₉ A 地点における検討 | 122 |
| (4) | 最適開発計画 | 122 |

第6章 開発計画

6.1 基本的事項

Srinagarind (シーナカリン) 貯水池の上流部に残された未開発水力を有効に活用するためEGATはSrinagarind貯水池末端から上流約160kmの間について調査を実施した。これらの既往調査結果からクアイヤイ河上流地域において大規模貯水池の築造が可能と判断されるダム地点はSrinagarind発電所上流約141kmに位置するNam Chon (ナムチョン) 地点及び同地点よりさらに20km程度上流に位置するNa 9 A地点である。本章の検討はこれら2地点を比較検討し大規模貯水池として最適な地点を選定し、さらに選定された地点を中心とするクアイヤイ河上流最適開発計画案を策定する。

タイ国における貴重な国内資源であるとともに循環資源であるUpper Quae Yai (アッパークアイヤイ) の豊富な水量を有効に活用するため、本検討においてはSrinagarind貯水池との間に遊休落差が生じないように配慮することとする。

第2章に述べられているように、最近のタイ国の電力需要は着実に増加しており、特にピーク部分は尖鋭化の傾向にある。このためUpper Quae Yaiに設置される発電所は需要曲線のピーク部を分担する大規模なピーク発電所とする。

Nam Chon地点またはNa 9 A地点に設けられる主ダムは地形、地質条件ならびに経済性の許す範囲で大規模な貯水池を設ける。

貯水池満水位の検討において、新設される大貯水池の初期湛水にともない下流のSrinagarind発電所の発電力への影響を考慮の上適正な計画を策定する。

アッパークアイヤイ計画にともなう下流Srinagarind発電所の増加電力は本計画の付加価値として便益に加算する。

経済性の評価手法として、詳細な経済評価は第12章で行われるが、本章では将来のエスカレーションを考慮しない1980年時点工事費における経済性の評価を行い比較計画案から最適計画を選択する。このため耐用年数間における均等化された年間経費(C)及び便益(B)を求め、 B/C 及び $(B-C)$ による比較検討を行う。水力発電所の経費は金利、償却、修繕費及び運転維持費からなり、この計画の耐要年数を考慮して求められる均等化年間経費は建設費の11.586%と見込まれる。水力発電所の便益はその水力発電所の発電力と同等の能力を有する代替発電所に要する年間経費とする。本地点の代替電源としてはTable 12-3に示すガスタービン及び重油火力発電所を組合せた複数の電源とした。重油火力の燃料費は1979年12月Caracasで開催されたOPEC会議の最低価格であるバレル当り24ドルとした。

以上により求められたkWh及びkWh 価値はそれぞれ以下のとおりである。

| | |
|--------------------|-------------|
| Unit kWh 価格 : | 1,224 Bahts |
| Unit kWh 価格 : Firm | 1.013 Bahts |
| Secondary | 0.864 Bahts |

6.2 貯水池運用計画

(1) 貯水池運用計画

アンバークアイヤイ計画の中心となる Nam Chon 又は Na 9 A 貯水池の運用ルールは、次の諸点を考慮して作成する。

- 貯水池の運用は渇水年の保証流量を極力大きくするため豊水年の流量を貯留調整して渇水年に補給することとする。
- 年間においても貯水池運用は豊水期の流量を貯留調整して渇水期に補給することとする。
- 貯水池の運用は長期間にわたりできるだけ安定した電力を確保出来るようにする。
- 下流 Vajiralongkorn Diversion Dam 地点における必要利水は、Khao Laem 貯水池及び Srinagarind 貯水池との総合運用により確保することとする。

(2) 電力量計算

電力量の計算は以下に述べる諸条件と Fig.6-1 に示す手順により電算機により計算する。

- 季節相関法により求められる月別流量を使用し、貯水池表面からの蒸発を考慮の上 1952 年 4 月～1978 年 3 月までの 26 ケ年の計算を行う。
- 初期湛水に伴う下流の Srinagarind 発電所の減少電力量を求めるための計算は貯水池湛水開始を 1985 年 5 月からとする。また初期湛水期間の自然流入量は、3 ケ年合計流入量の平均値である 1964 年～1966 年の流入量を対応させる。
- 下流利水条件は Srinagarind 貯水池と Khao Laem 貯水池の総合運用により満足させる。
下流利水条件は初期湛水時の計算においては Table 6-1 の湛水期間に対応した値を用いる。発電所完成後の計算においては、2000 年以降の値を用いる。
- Srinagarind 発電所及び Khao Laem 発電所の運転方法は、下流利水が残流量で十分満足するような日においても Srinagarind 発電所の最小確保電力量として 1,440 MWh/day (60 MW) を確保することとする。Khao Laem 発電所については EGAT が実施した Upper Quae Yai の Pre-Feasibility Report の値 — 1,080 MWh/day (45 MW) — をそのまま使用することとした。
- 有効出力は限界最大出力と所要ピーク継続時間における等価出力とのいずれか小さい出力とする。
- 所要ピーク継続時間内に発生する電力量は Firm に、それ以上の時間に発生する電力量は Secondary とする。
- Srinagarind 発電所Ⅱ期工事(揚水)は EGAT の計画によれば 1985 年 10 月に完成する

予定である。したがって完成後の電力量計算においては Srinagarind 貯水池を多目的ダムとして有効活用させるため下流利水が Quae Noi および残流域流量で満足する場合には Srinagarind 発電所の最小確保電力量はⅡ期工事の揚水発電所によりまかなうこととする。初期湛水期間については、下流利水の要求量は比較的小さいため揚水発電所の運転は行わないこととした安全側の計算を行う。

- 初期湛水中の貯留は貯水池の水面上昇速度を配慮するとともに下流利水の要求量又は Srinagarind 発電所の最小確保電力量を満足する範囲で行うこととし、不足が生じた場合にはその不足量を下流へ放流することとする。

6.3 開発計画の検討

(1) Nam Chon Dam 地点における検討

(a) 有効貯水容量

1952年～1977年間の月別流入量により求めた Nam Chon Dam 地点のマス・カーブは Fig.6-2 に示すとおりである。

本地点の流量特性は第3章の「水文」で述べたように約10年の周期があり、マスカーブの山の部分より7ヶ年目に、最濁水年が発生している。

有効貯水容量の検討は前項の貯水池運用計画に述べたように濁水年の保証流量を極力大きくするため豊水年の水をキャリーオーバーすることとし、キャリーオーバーの年数を5年、7年ならびに本地点におけるほぼ最大開発である10年の3ケースについて検討することとした。

各ケースの保証流量はそれぞれ $81.8\text{m}^3/\text{s}$ 、 $87.9\text{m}^3/\text{s}$ および $93.4\text{m}^3/\text{s}$ である。

また、これらの保証流量を確保するために必要な貯水池有効容量はそれぞれ $1,670 \times 10^6\text{m}^3$ 、 $2,940 \times 10^6\text{m}^3$ および $4,100 \times 10^6\text{m}^3$ である。

検討の結果は Table 6-2、6-3 及び Fig 6-3 から分るように貯水池満水位が 365m 程度より低い場合は、有効容量を小さめにした方が若干有利であり、高い場合は有効容量を本地点におけるほぼ最大容量である $4,100 \times 10^6\text{m}^3$ にした案の方が有利である。このことは小規模のダムにおいては有効容量を確保するために大きな利用水深が必要となるためである。

有効容量と貯水池満水位との間には上述のような傾向はあるが、総合的に判断すると本ダム地点の流入量をほぼ完全に調整することが可能な有効容量 $4,100 \times 10^6\text{m}^3$ の案が最も有利であることが判明した。

なお本検討に用いた Nam Chon 貯水池の貯水容量曲線を Fig.6-4 に示す。

(b) 満水位

Nam Chon ダムの満水位はダムサイトの地形、地質ならびに湛水池内の地質条件を勘案

して標高 350m から 380m の間について検討することとした。

Nam Chon ダムは大規模貯水池を有する Srinagarind 発電所の上流に設けられるため、検討においては初期湛水に要する期間、湛水にともなう Srinagarind 発電所の減少電力量等水文ならびに経済性の両面から検討を行った。

まず水文上からの検討は、本計画の工事工程表 (Fig.10-1) に示す 1985 年 5 月から発電開始予定の 1987 年 10 月までの間の湛水の可能性について行った。すなわち 1952 年～1978 年までの流量資料を用いて確率統計的 (stochastic) 手法により所要湛水期間における貯留可能量を検討した結果、下流への影響を無視すれば約 $5,000 \times 10^6 \text{ m}^3$ 程度までは全く問題なく貯留することが判明した。(Fig.6-5 参照)

このため、比較検討は Table 6-2, 6-3 に示すように死水容量 $584 \times 10^6 \text{ m}^3$ から $5,769 \times 10^6 \text{ m}^3$ までの 13 ケースについて行うこととした。

経済評価を行うための湛水期間中の減少電力量は以下に述べる方法によることとした。湛水開始予定の 1985 年は Fig.3-5 に示したように水文周期的にはほぼ平水年に相当することから 3 ケ年の合計流入量の平均を計算の対象とした。

湛水に伴う減少電力については、需給バランス上十分な予備力があるため無視することとし、減少電力量については火力のたき増単価で評価し、工事費と同様の取扱いとした。

検討の結果は Table 6-2, 6-3 及び Fig.6-3 に示すとおりであり満水位 370m が最も有利であることが判明した。

(c) 最大使用水量

流入量と貯水池有効容量から保証流量が求められるがその保証流量に対して、需給バランスの面から要求される等価ピーク継続時間に見合った最大使用水量ならびに設備出力を決定する必要がある。

第 2 章で述べられているように需給面からの検討によればアンパークアイヤイ計画は日負荷曲線の 5 時間のピーク継続時間帯を分担するのが望ましい。

しかしながら、ここでは EGAT との打合せによりピーク継続時間 4 時間および 5 時間について比較検討することとした。

本検討においては出力の潜在は両案ともないものと仮定した。検討の結果は Table 6-4, 6-5 に示すように経済性の面からもピーク継続時間を 5 時間とした方が若干有利であることが判明した。

また、本検討では出力の潜在を無視したが、ピーク継続時間 4 時間の案は出力の潜在の可能性はより大きいものと考えられるため 4 時間案の経済性はさらに低下する恐れがある。

(d) 発電所位置

発電所の最適位置を選定するために、ダム式発電計画およびダム水路式発電計画 (2 ケース) として Nam Chon ダム直下から Srinagarind 背水端までの間について Fig.6-6,

Table 6-6 に示すケースについて比較検討を行った。

検討結果は Table 6-7 に示すとおりであり、Nam Chon ダム直下に発電所を設ける最大使用水量 $460 \text{ m}^3/\text{s}$ 、最大出力 580 MW のダム式発電計画が最も有利であることが判明した。

しかしながらダム式発電計画とすることにより、Srinagarind 貯水池との間に残存落差が発生するため、次項で説明するように 2 段階案等別の見地から検討する必要がある。

(2) Thi Khong (チコン) 地点における検討

前項で触れたようにダム式発電計画である Nam Chon 発電所の下流に残存する落差を有効に活用するため、Srinagarind 背水端付近の Thi Khong 地点に調整池を有するダム式発電所を設ける案について検討した。

(a) 調整池満水位

Thi Khong 調整池の満水位の決定において Thi Khong ダムの背水による影響が Nam Chon 発電所の放水水位に及ばない範囲で落差を最大限に活用することを前提に検討を行った。その結果 Nam Chon 発電所の最大使用水量 $460 \text{ m}^3/\text{s}$ に対応する Thi Khong 調整池の満水位は 197 m である。

(b) 最大使用水量

Thi Khong 発電所は Nam Chon 発電所の発電放流をそのまま受けて発電することからピーク継続時間を Nam Chon 発電所に合わせた 5 時間ピーク発電とする。

したがって最大使用水量は Nam Chon 発電所の最大使用水量 $460 \text{ m}^3/\text{s}$ に Thi Khong 地点の残流量を日間調整した流量を加えた $480 \text{ m}^3/\text{s}$ とした。

(c) 調整池容量

Thi Khong 地点の豊水期における残流量を有効に活用させるために平常運転時において Thi Khong 調整池に $0.3 \times 10^9 \text{ m}^3$ の有効容量を設定した。Fig. 6-7 に示す貯水池容量曲線から分るようこの有効容量を確保するための必要な利用水深は 0.2 m である。

なお、Thi Khong 発電所の機械台数は運転、製作、輸送など総合的に検討して 2 台と決定したが、このうち 1 台が故障等により長期にわたり運転が不可能となった場合でも Nam Chon 発電所の運転に支障を及ぼさないこと、および Thi Khong での無効越水を生じさせないため取水口、呑口敷を出来るだけ低く設けることとした。このような異常な状態における必要な調整容量は約 $4.3 \times 10^9 \text{ m}^3$ であり、Thi Khong 調整池の死水量 $157 \times 10^9 \text{ m}^3$ の中で十分対処しうるとともに発電機器の制作ならびに運転上も特に支障はないものと判断される。

経済性の検討結果は Table 6-7 に示すように最大出力 51 MW の Thi Khong 発電計画の経済性は十分得られるため、Nam Chon 発電所と Srinagarind 発電所との遊休落差を生じさせないために調整池に直結するダム式発電所を設けることが望ましい。

(3) Na 9 A 地点における検討

Na 9 A 地点は Nam Chon 地点の約 20km 上流に位置すること、この間の道路条件が悪いことから位置的条件は Nam Chon 地点よりも悪い。

しかしながらクアイヤイ河上流水力発電開発計画の最適計画案を策定するため Na 9 A 地点の大規模貯水池計画案について比較検討を行った。

a) Na 9 A ダム及び発電所計画

○満水位

満水位は本地点の地形・地質条件を勘案の上標高 370m～390m の間について比較検討した。

検討した計画案の諸元ならびに検討結果は Table 6-8, 6-9 及び Fig. 6-8 に示しておりであり、満水位標高 380m 案が最も有利である。

○有効貯水容量

Nam Chon 地点における検討の結果、貯水池流入量をほぼ平均化して放流出来るような計画が有利であることが判明した。このため Na 9 A 地点においても同様な考え方にもとづき、有効貯水容量 $3,860 \times 10^6 \text{ m}^3$ とした。使用した貯水容量曲線を Fig. 6-9 に示す。

○最大使用水量

最大使用水量は Nam Chon 発電所と同様にピーク継続時間を 5 時間として $430 \text{ m}^3/\text{s}$ とした。

○発電所位置

Na 9 A ダムに接続する発電所の最適位置を選定するため Fig. 6-10 に示すように Na 9 A ダム直下に設けるダム式発電計画および前項の Nam Chon 地点の発電所位置の検討結果を勘案し、発電所位置は Nam Chon 地点までの範囲までとし、同地点まで導水路により導水するダム水路式発電計画について比較検討した。検討諸元ならびに検討結果は Table 6-10 及び 6-11 に示す。これらの図表から分るように最大使用水量 $430 \text{ m}^3/\text{s}$ 、最大出力 380MW のダム式発電計画は、ダム水路式計画に比べて有利である。

しかしながら Na 9 A 地点の計画は Nam Chon 地点の計画に比べ大幅に経済性が悪いことが判明した。

(4) 最適開発計画

検討の結果クアイヤイ河上流水力発電の開発計画としては Nam Chon 地点に大規模な貯水池を築造してピーク需要に即応出来る大規模な発電所と Srinagarind 貯水池の上流端付近の Thi Khong 地点に調整池を設けるダム式発電所が最も有利である。

なお、最適計画の諸元を Table 6-12～Table 6-14 に示す。Nam Chon 貯水池の運用を Fig. 6-11, Fig. 6-12 に示す。

Fig. 6-1 Procedure of Calculation of Power, Energy and Water Requirement

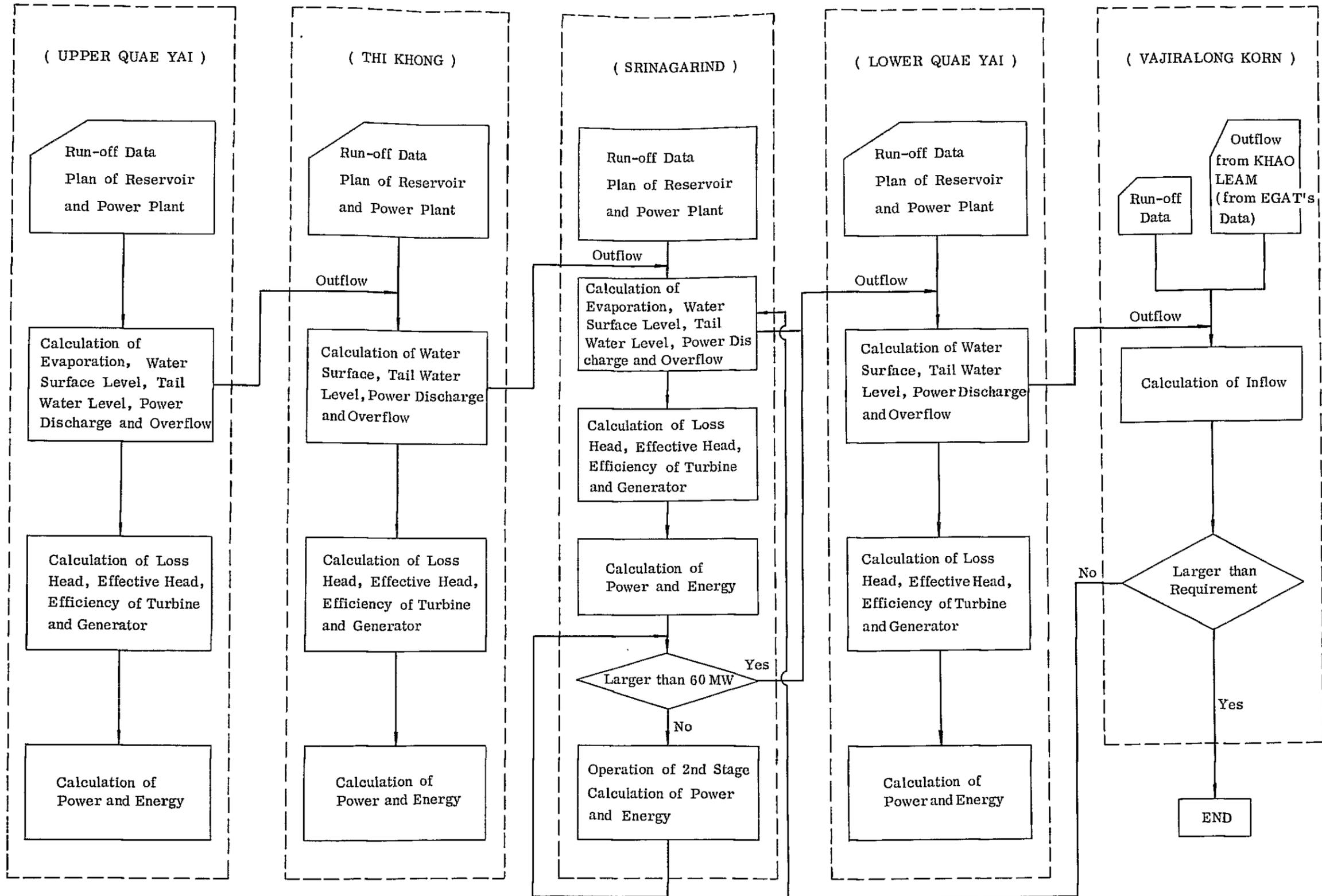


Fig 6-2 Mass Curve at Nam Chon Site

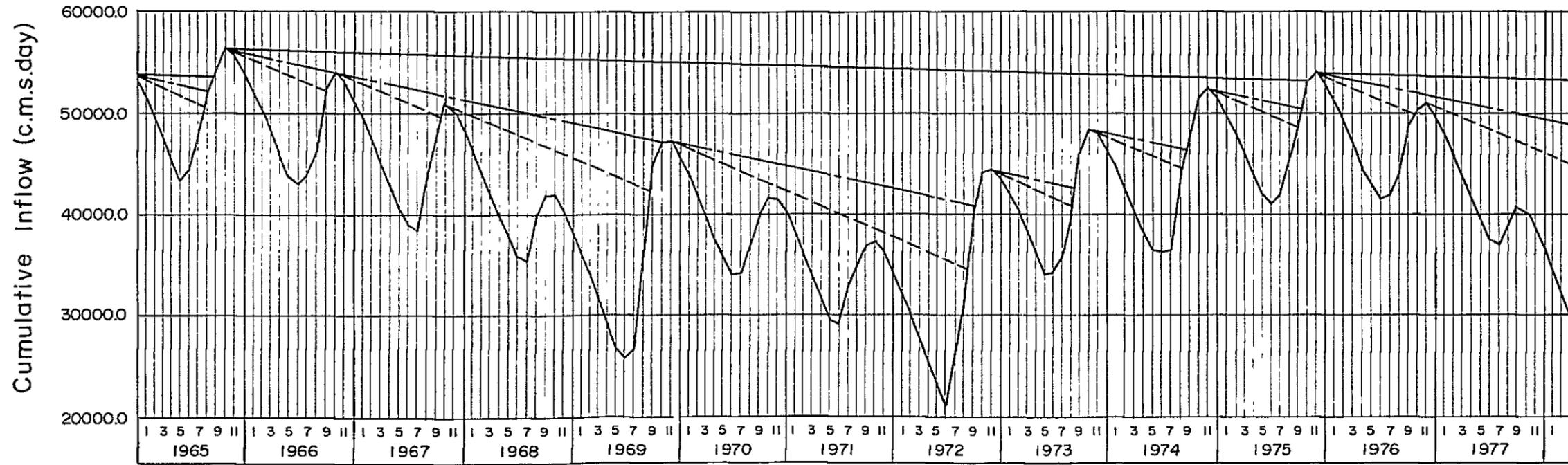
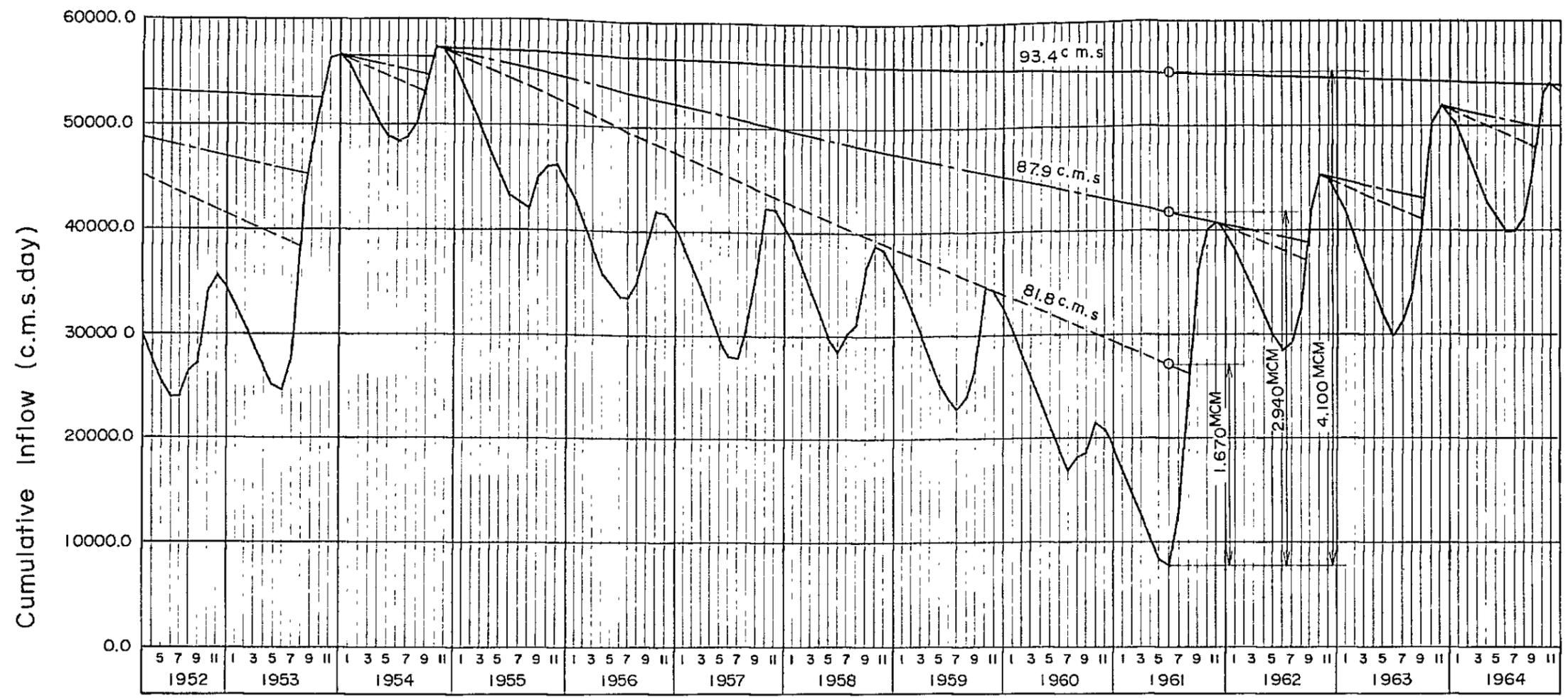


Fig.6-3 Comparison of H.W.L. and Effective Storage Capacity of Reservoir at Nam Chon Site

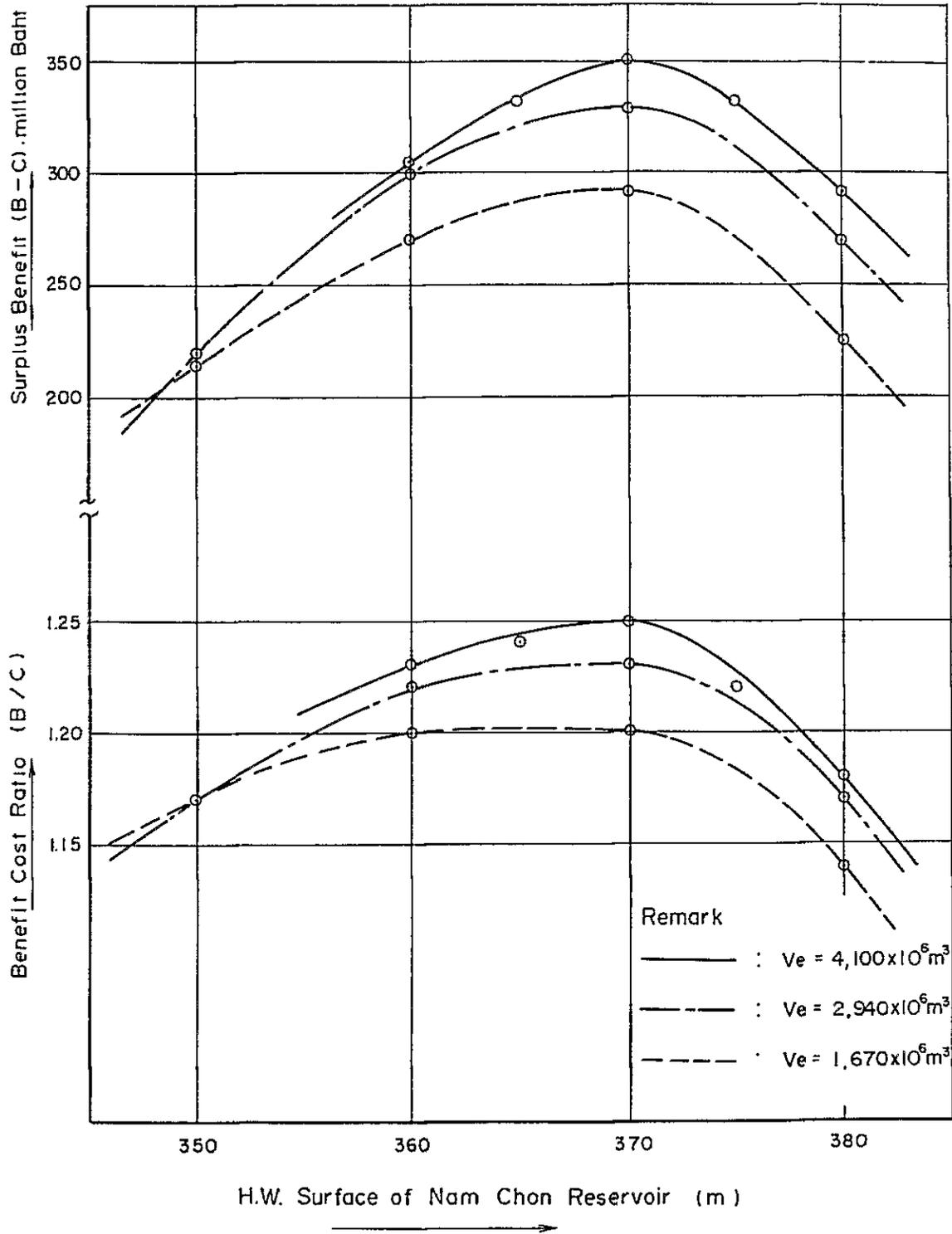


Fig. 6-4 Storage Capacity and Surface Area at Nam Chon Site

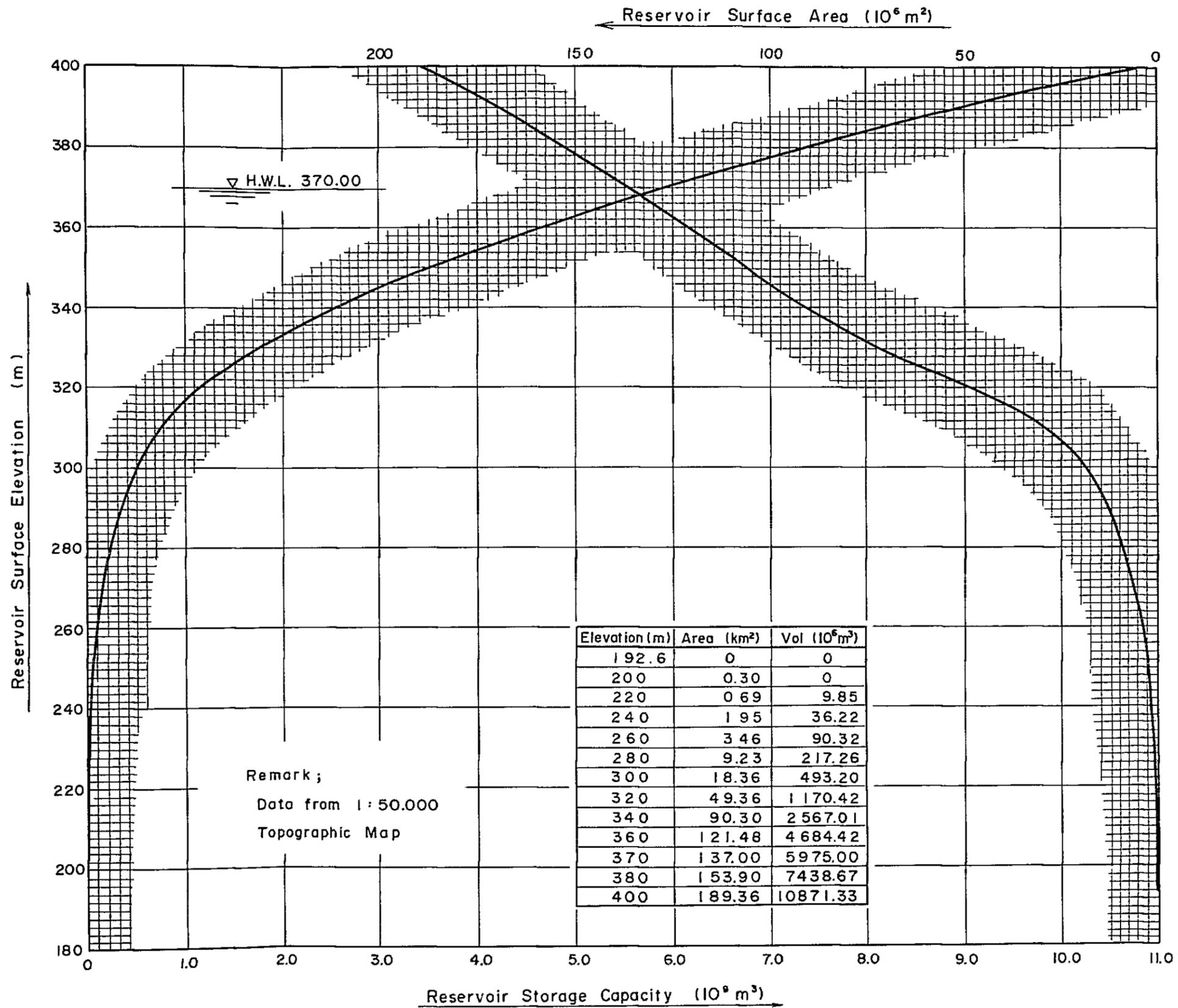


Fig.6-5 Relation between Fill - Up Volume and Probability of Exceedence at Nam Chon Site

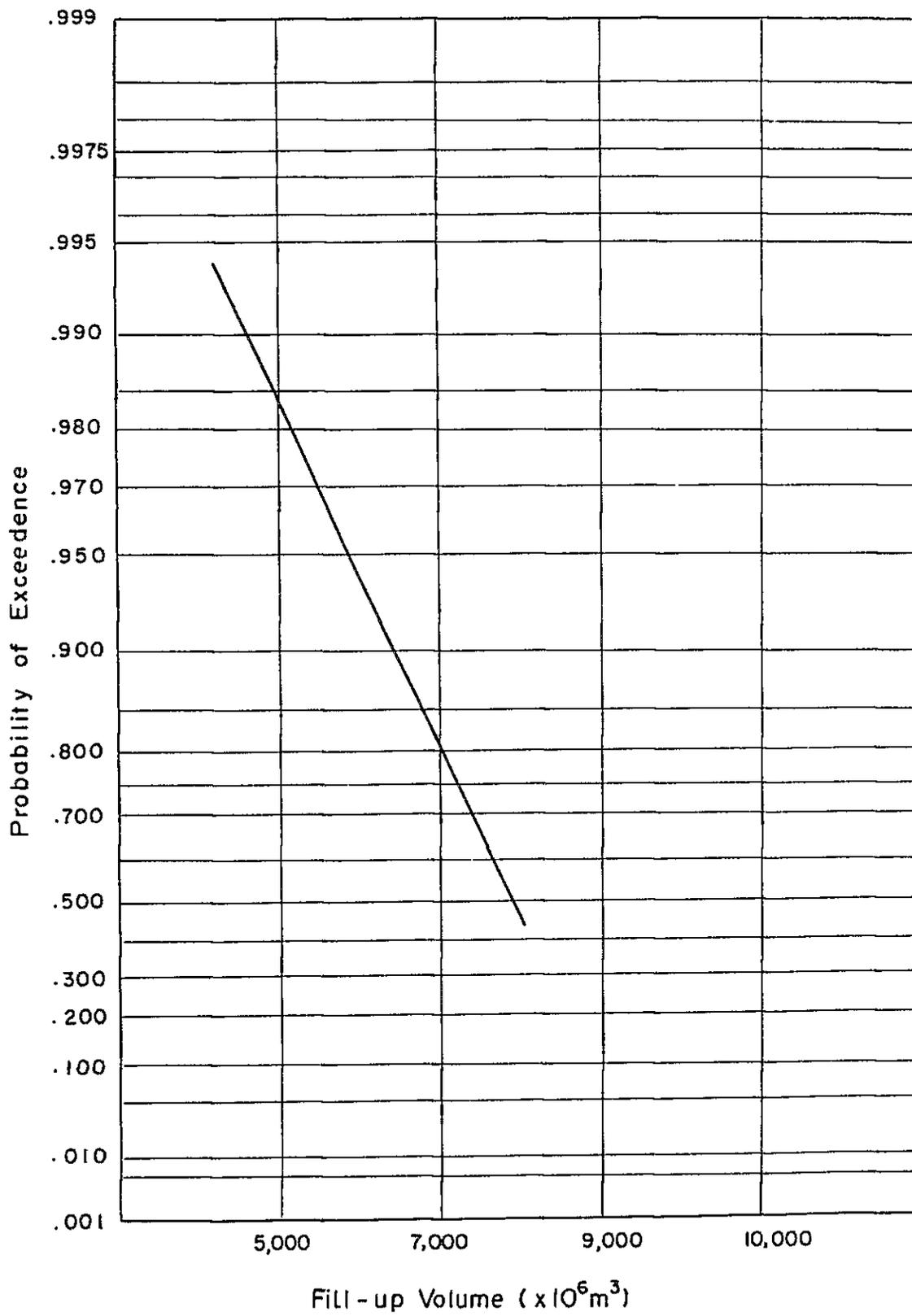


Fig.6-6 Alternative Location of Nam Chon Power Plant

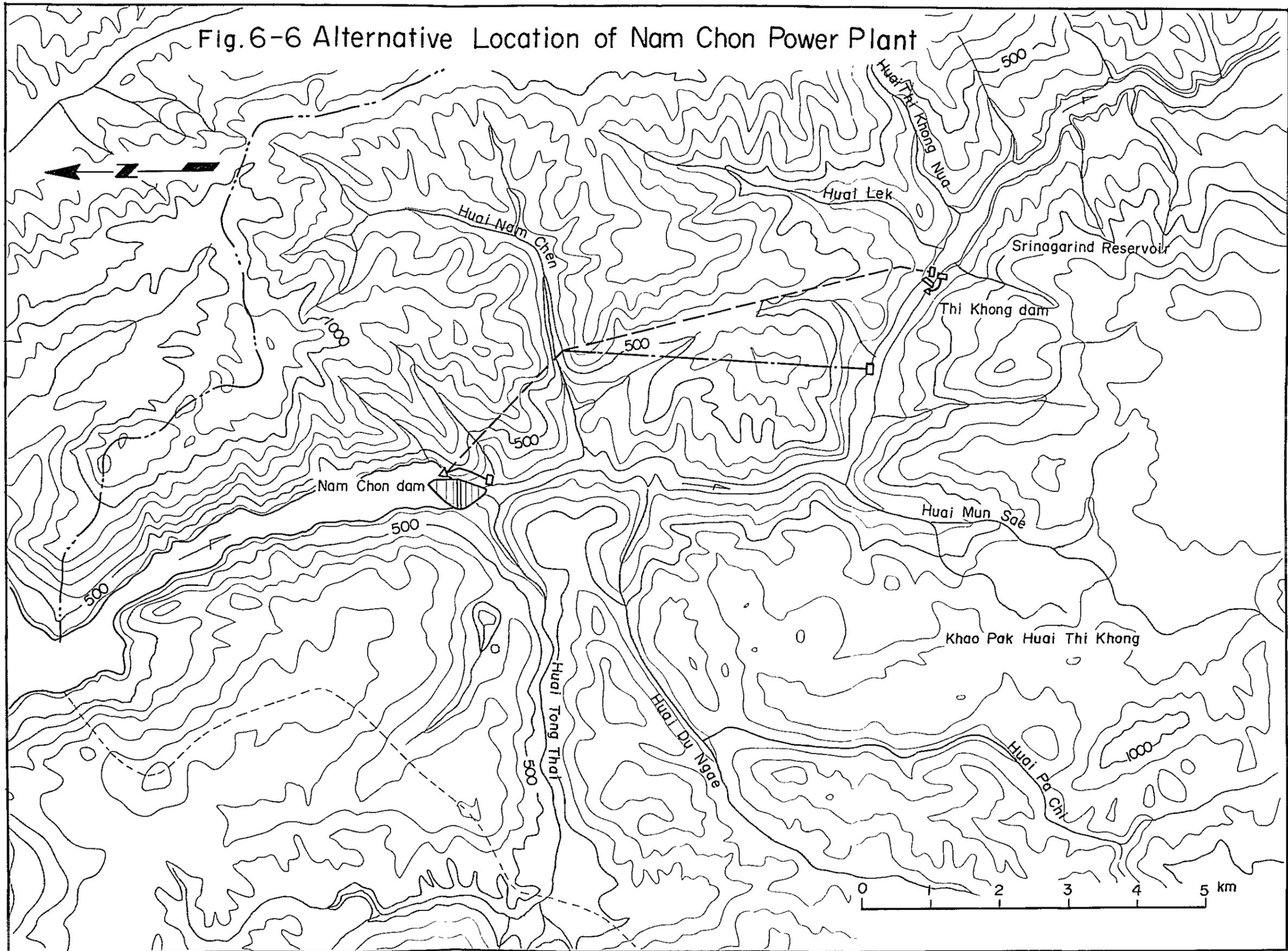


Fig. 6-7 Storage Capacity and Surface Area at Thi Khong Site

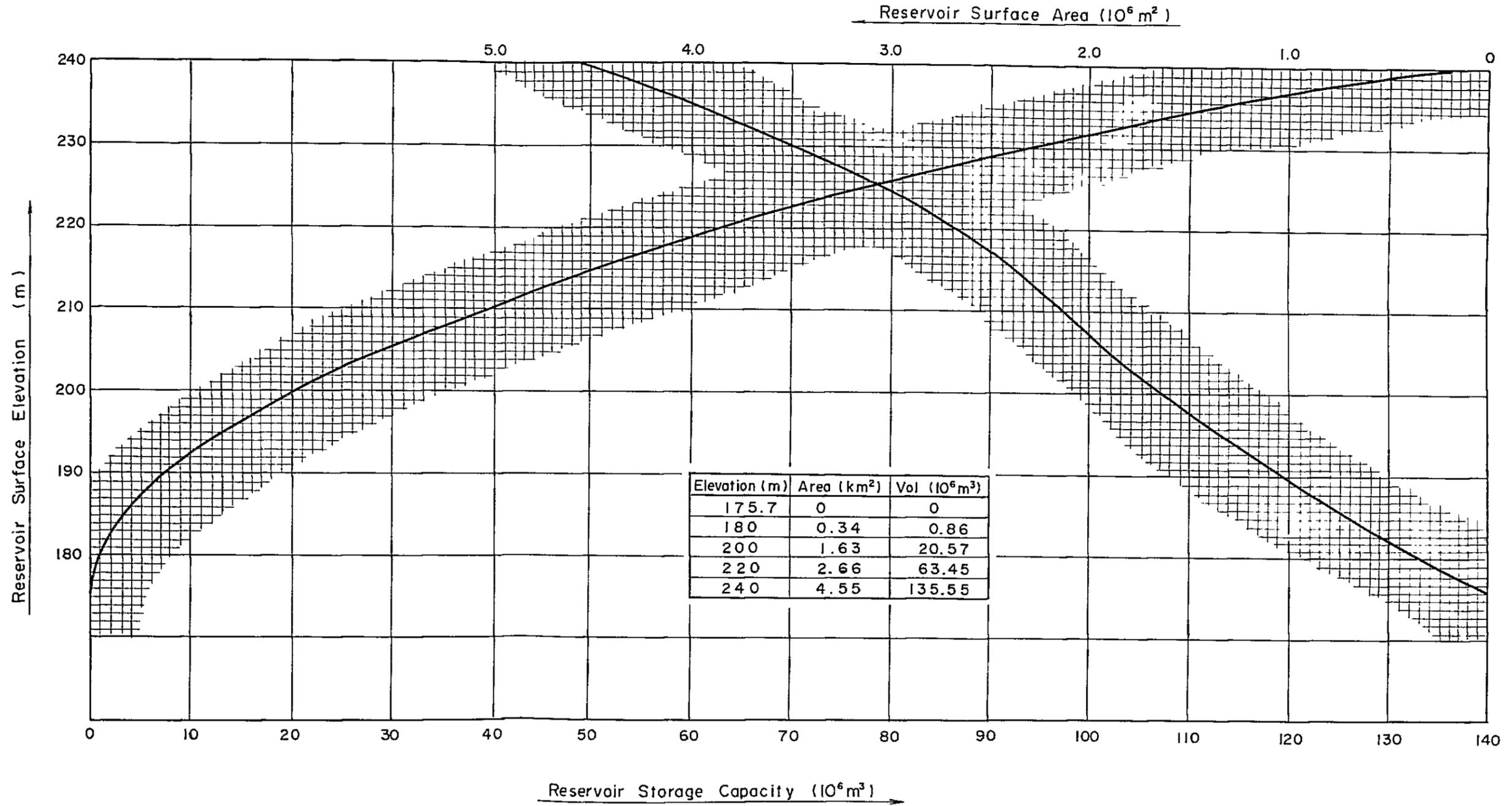


Fig. 6-8 Comparison of H.W.L. of Reservoir at No. 9A Site.

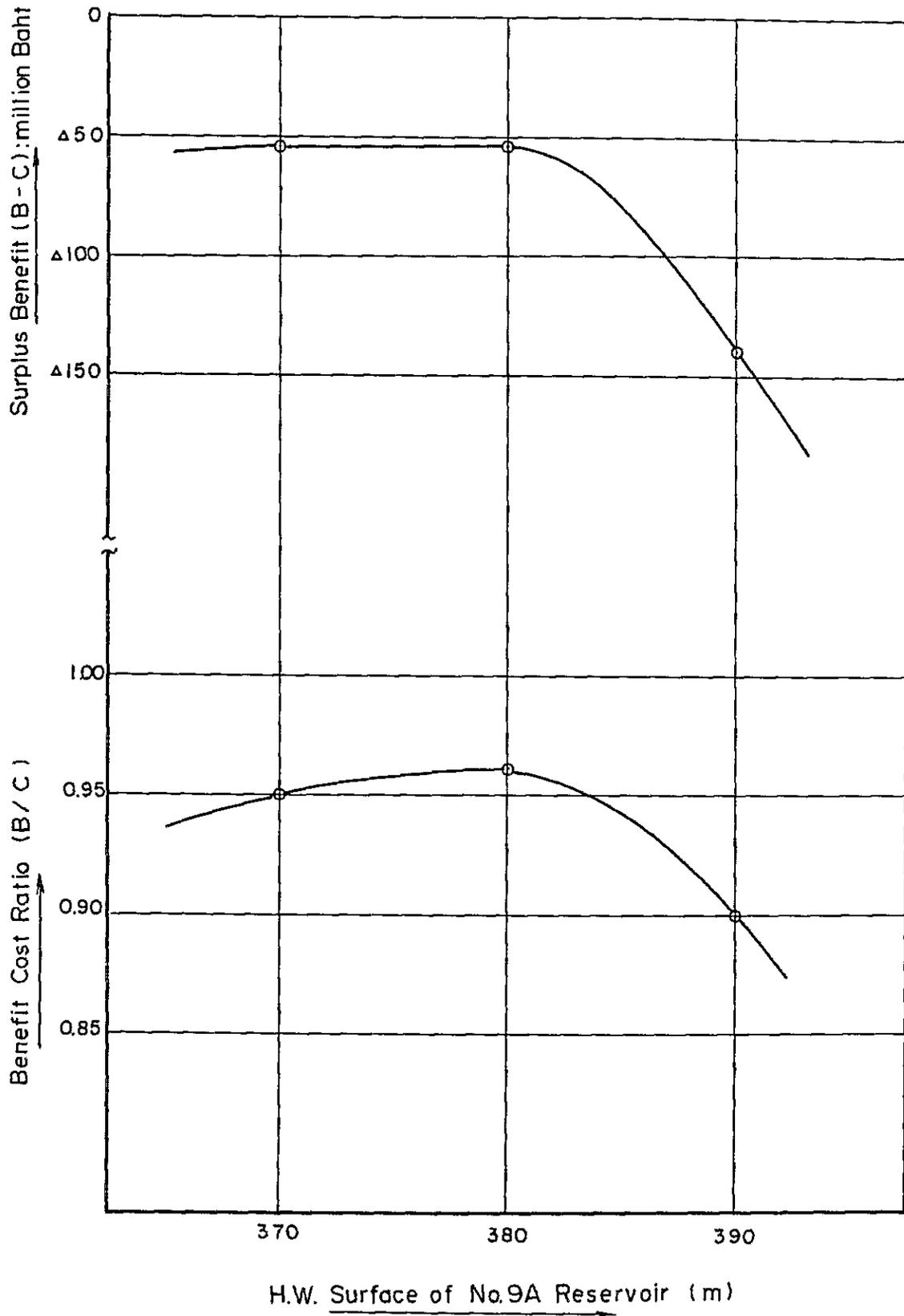


Fig.6- 9 Storage Capacity and Surface Area at No.9A Site

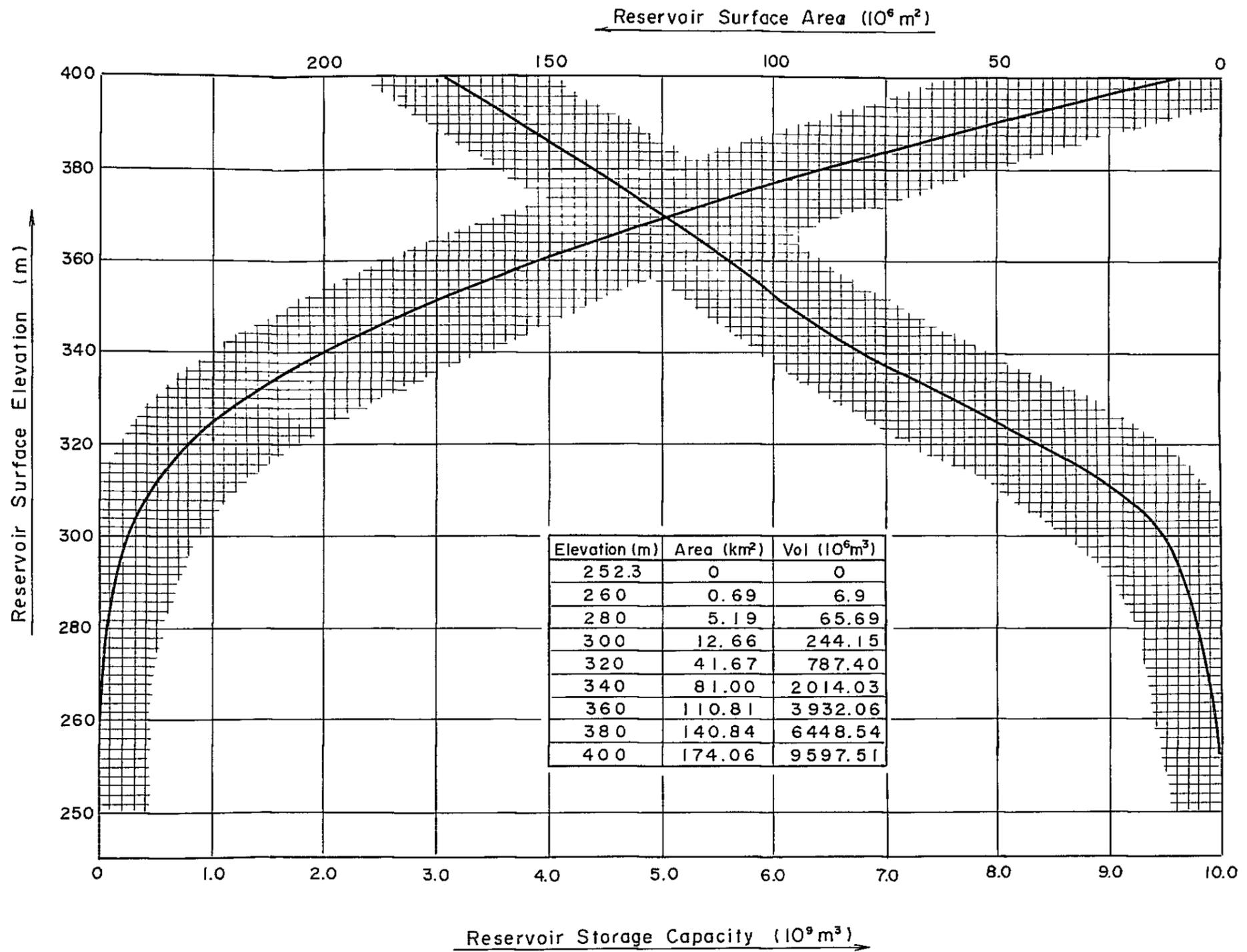


Fig.6-10 Alternative Location of NO.9A Power Plant

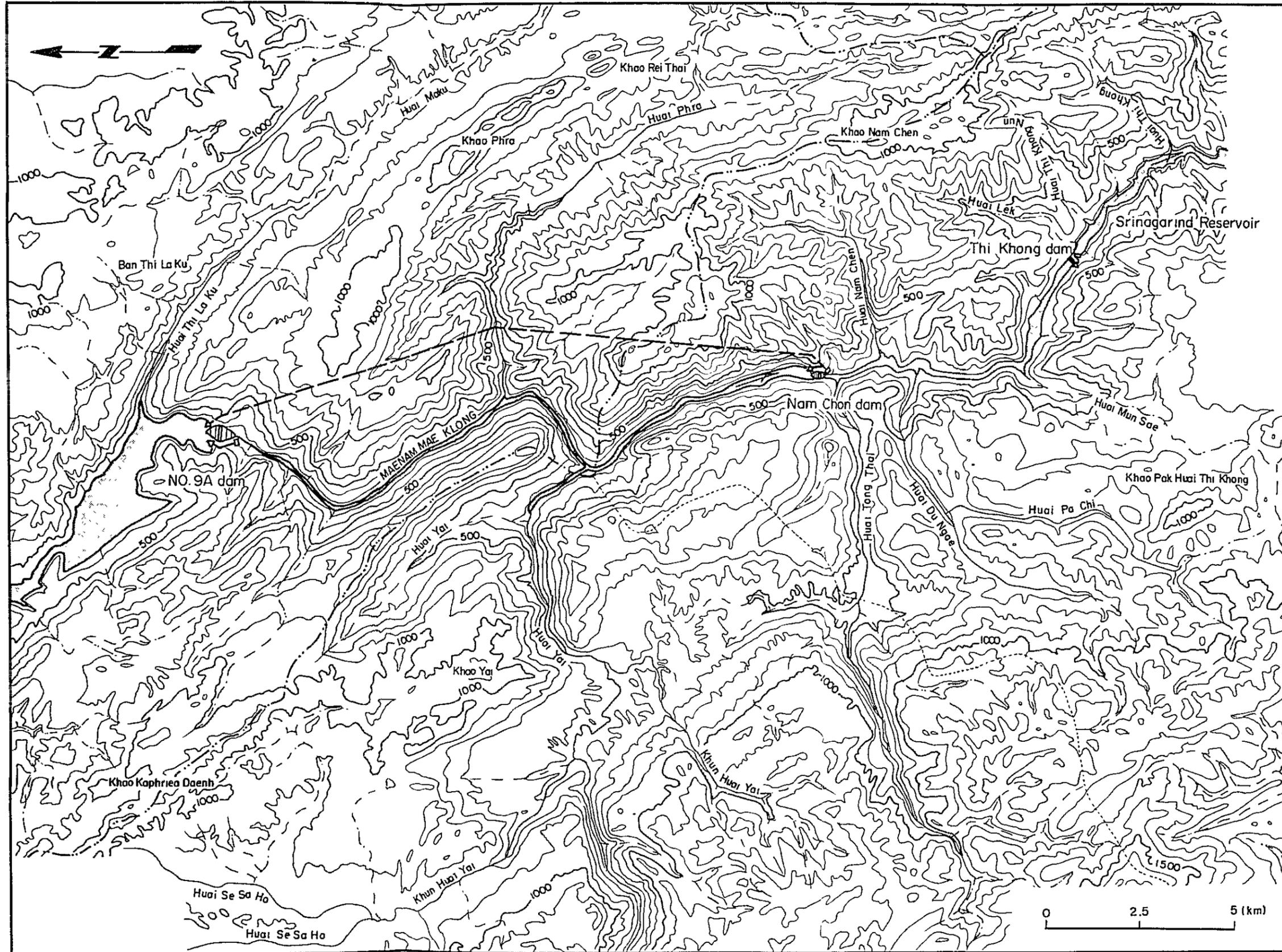


Fig. 6-11 Inflow, Power Discharge and Reservoir Water Surface at Nam Chon Power Station

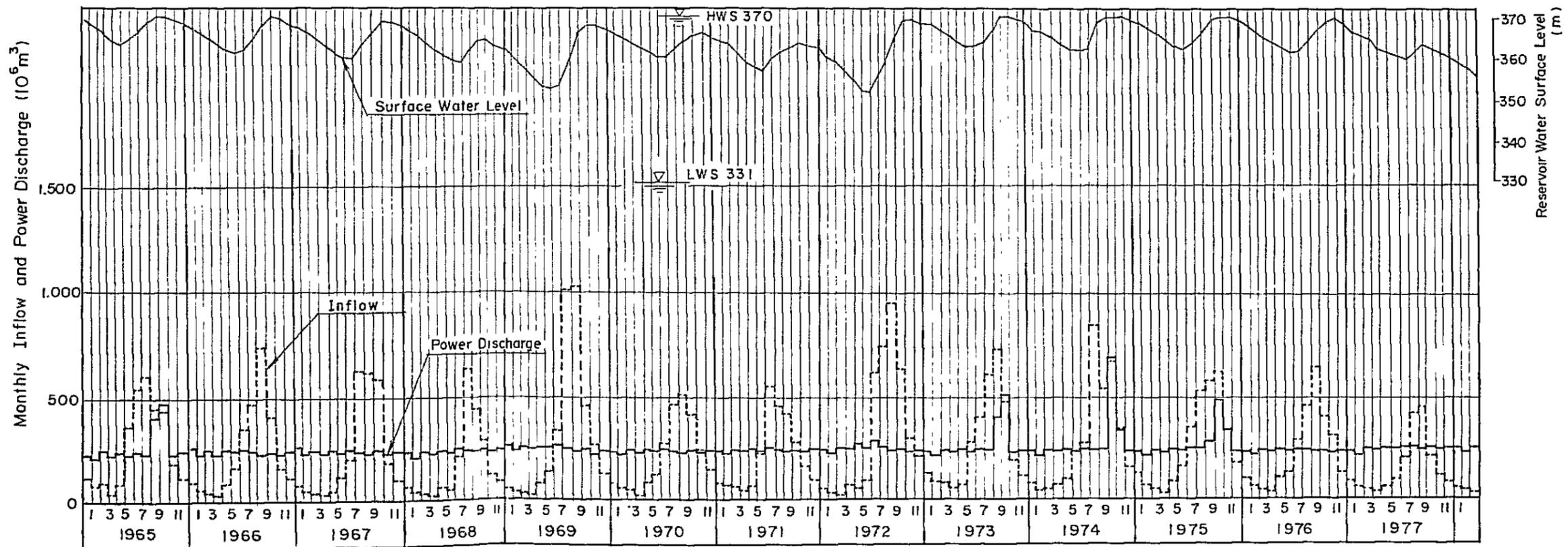
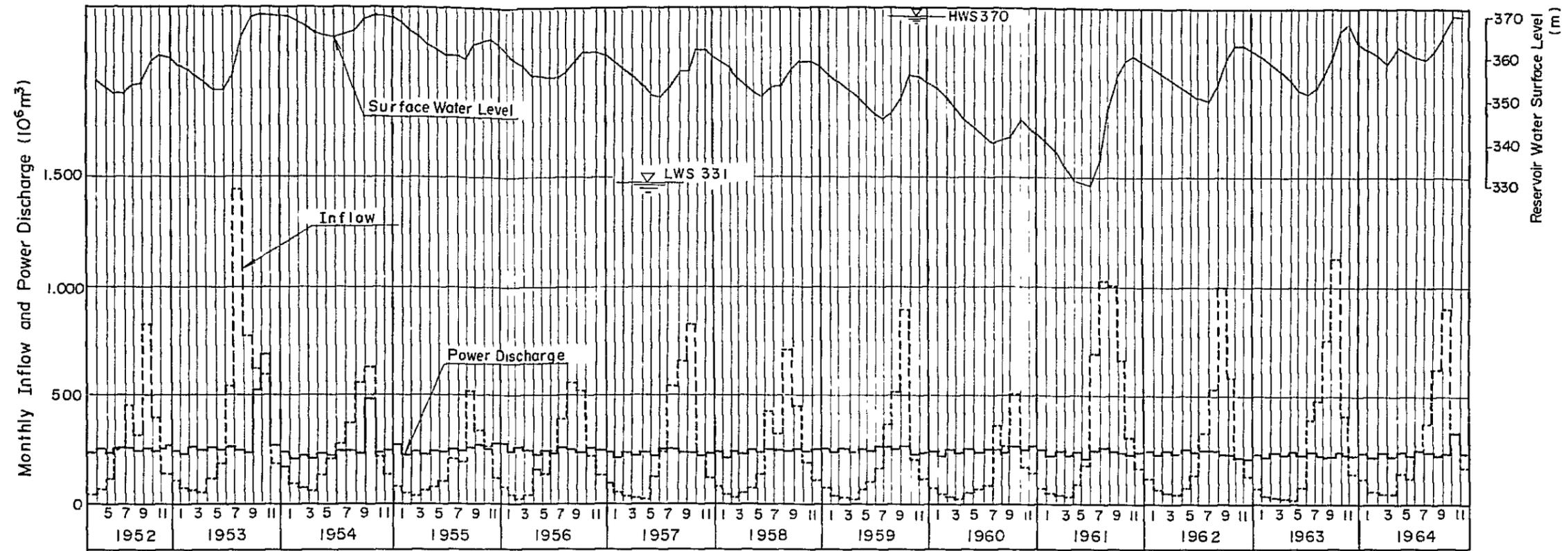
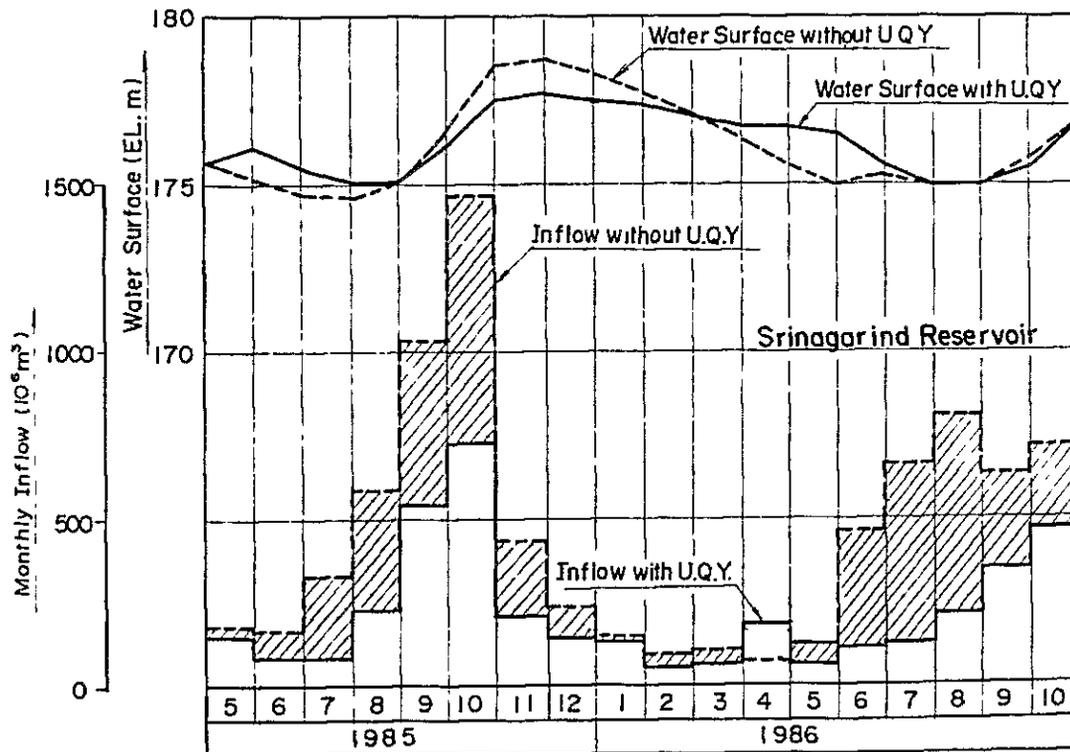
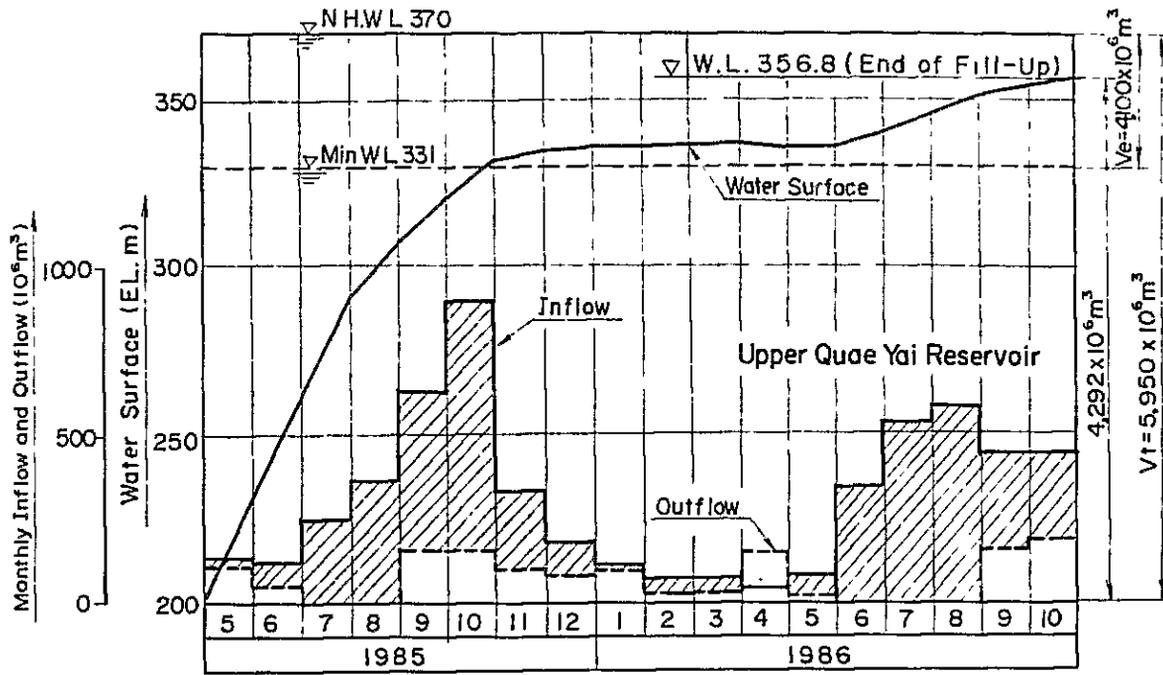


Fig.6-12 Reservoir Simulation during Fill-Up



Note : Inflow of average years (1964~1965) is adopted for the reservoir simulation during fill-up.

Table 6-1 Mae Klong Basin Stage of Water Requirements (Vajiralongkorn) (106m³)

| Year | Apr. | May | June | July | Aug. | Sep. | Oct. | Nov. | Dec. | Jan. | Feb. | Mar. | Total |
|----------------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|---------|---------|
| 1977 | 158.6 | 176.2 | 173.4 | 268.9 | 240.0 | 129.6 | 147.8 | 259.2 | 242.4 | 159.1 | 150.5 | 163.4 | 2,269.1 |
| 1978 | 168.2 | 182.9 | 176.5 | 282.6 | 252.3 | 129.6 | 150.0 | 273.2 | 256.6 | 167.4 | 160.4 | 173.3 | 2,373.0 |
| 1979 | 177.8 | 189.6 | 179.6 | 296.0 | 264.4 | 129.6 | 151.6 | 287.2 | 270.8 | 175.7 | 176.4 | 183.2 | 2,481.9 |
| 1980 | 187.4 | 196.3 | 182.7 | 309.6 | 276.7 | 129.6 | 153.7 | 300.9 | 284.7 | 184.0 | 180.2 | 193.1 | 2,578.9 |
| 1981 | 239.8 | 223.4 | 196.5 | 323.8 | 287.9 | 129.6 | 154.8 | 315.7 | 305.9 | 232.2 | 234.9 | 253.6 | 2,898.1 |
| 1982 | 292.1 | 250.2 | 210.5 | 338.3 | 299.2 | 129.6 | 156.2 | 330.7 | 326.8 | 280.4 | 289.6 | 314.4 | 3,218.0 |
| 1983 | 344.5 | 277.2 | 224.2 | 352.5 | 310.4 | 129.6 | 157.5 | 345.5 | 347.9 | 328.6 | 356.5 | 375.0 | 3,549.4 |
| 1984 | 376.1 | 331.9 | 246.2 | 378.7 | 339.4 | 129.6 | 162.6 | 373.2 | 361.6 | 420.5 | 450.5 | 488.0 | 4,058.3 |
| 1985 | 428.7 | 407.7 | 289.0 | 426.1 | 389.4 | 150.3 | 189.1 | 422.0 | 396.4 | 534.1 | 575.8 | 622.2 | 4,830.8 |
| 1986 | 460.3 | 462.3 | 311.0 | 452.1 | 418.1 | 150.3 | 194.2 | 450.0 | 410.1 | 625.9 | 682.0 | 735.0 | 5,351.3 |
| 1987 | 603.7 | 501.1 | 326.3 | 452.1 | 418.1 | 150.3 | 194.2 | 450.0 | 410.1 | 693.4 | 786.8 | 818.0 | 5,804.1 |
| 1988 | 746.8 | 540.0 | 341.6 | 452.1 | 418.1 | 150.3 | 194.2 | 450.0 | 410.1 | 760.7 | 837.0 | 901.0 | 6,201.9 |
| 1989 | 890.4 | 579.3 | 356.4 | 452.4 | 418.4 | 150.3 | 194.5 | 450.2 | 410.3 | 828.4 | 914.2 | 984.3 | 6,629.1 |
| 1990
~1994 | 991.2 | 636.1 | 396.3 | 499.3 | 460.1 | 176.3 | 221.2 | 493.3 | 463.1 | 917.4 | 1,008.3 | 1,089.0 | 7,351.6 |
| 1995
~1999 | 1,027.5 | 673.6 | 432.6 | 536.8 | 497.6 | 212.5 | 258.7 | 529.5 | 500.6 | 954.8 | 1,042.2 | 1,126.5 | 7,792.9 |
| 2000
Onward | 1,063.8 | 711.1 | 468.9 | 574.2 | 535.1 | 248.8 | 296.2 | 565.8 | 538.1 | 992.3 | 1,076.1 | 1,164.0 | 8,234.4 |

Table 6-2 Plan of the Alternative Schemes at Nam Chon Site

| Item | Unit | Ve = 4,100 x 10 ⁶ m ³ | | | | | Ve = 2,940 x 10 ⁶ m ³ | | | | | Ve = 1,670 x 10 ⁶ m ³ | | | |
|----------------------------------|--------------------------------|---|----------|----------|----------|----------|---|----------|----------|----------|----------|---|----------|----------|--|
| | | HWL 360 | HWL 365 | HWL 370 | HWL 375 | HWL 380 | HWL 350 | HWL 360 | HWL 370 | HWL 380 | HWL 350 | HWL 360 | HWL 370 | HWL 380 | |
| STREAM FLOW | | | | | | | | | | | | | | | |
| Catchment Area | km ² | 4,908 | 4,908 | 4,908 | 4,908 | 4,908 | 4,908 | 4,908 | 4,908 | 4,908 | 4,908 | 4,908 | 4,908 | 4,908 | |
| Average Annual Runoff | 10 ⁶ m ³ | 2,975 | 2,975 | 2,975 | 2,975 | 2,975 | 2,975 | 2,975 | 2,975 | 2,975 | 2,975 | 2,975 | 2,975 | 2,975 | |
| RESERVOIR | | | | | | | | | | | | | | | |
| Normal High Water Level | m | 360 | 365 | 370 | 375 | 380 | 350 | 360 | 370 | 380 | 350 | 360 | 370 | 380 | |
| Total Storage Capacity | 10 ⁶ m ³ | 4,684 | 5,260 | 5,950 | 6,700 | 7,439 | 3,550 | 4,684 | 5,950 | 7,439 | 3,550 | 4,684 | 5,950 | 7,439 | |
| Minimum Water Level | m | 303 | 320 | 331 | 341 | 348 | 305 | 330 | 345 | 359 | 332 | 345 | 357 | 369 | |
| Available Drawdown | m | 57 | 45 | 39 | 34 | 32 | 45 | 30 | 25 | 21 | 18 | 15 | 13 | 11 | |
| Inactive Storage Capacity | 10 ⁶ m ³ | 584 | 1,160 | 1,850 | 2,600 | 3,339 | 610 | 1,744 | 3,010 | 4,499 | 1,880 | 3,014 | 4,280 | 5,769 | |
| Effective Storage Capacity | 10 ⁶ m ³ | 4,100 | 4,100 | 4,100 | 4,100 | 4,100 | 2,940 | 2,940 | 2,940 | 2,940 | 1,670 | 1,670 | 1,670 | 1,670 | |
| DAM | | | | | | | | | | | | | | | |
| Type | | Rockfill | Rockfill | Rockfill | Rockfill | Rockfill | Rockfill | Rockfill | Rockfill | Rockfill | Rockfill | Rockfill | Rockfill | Rockfill | |
| Height | m | 175 | 180 | 185 | 190 | 195 | 165 | 175 | 185 | 195 | 165 | 175 | 185 | 195 | |
| Volume | 10 ⁶ m ³ | 10.7 | 11.8 | 12.7 | 14.1 | 16.1 | 9.0 | 10.7 | 12.7 | 16.1 | 9.0 | 10.7 | 12.7 | 16.1 | |
| HEADRACE | | | | | | | | | | | | | | | |
| Inner Diameter x Number of Lines | m | 7.9 x 2 | 7.9 x 2 | 7.9 x 2 | 7.9 x 2 | 7.9 x 2 | 7.6 x 2 | 7.6 x 2 | 7.6 x 2 | 7.6 x 2 | 7.2 x 2 | 7.2 x 2 | 7.2 x 2 | 7.2 x 2 | |
| Total Length | m | 840 | 830 | 820 | 817 | 815 | 880 | 840 | 820 | 815 | 880 | 840 | 820 | 815 | |
| PEN STOCK | | | | | | | | | | | | | | | |
| Inner Diameter x Number of Lines | m | 5.0 x 4 | 5.0 x 4 | 5.0 x 4 | 5.0 x 4 | 5.0 x 4 | 4.8 x 4 | 4.8 x 4 | 4.8 x 4 | 4.8 x 4 | 4.6 x 4 | 4.6 x 4 | 4.6 x 4 | 4.6 x 4 | |
| Total Length | m | 994 | 1,020 | 1,040 | 1,056 | 1,070 | 952 | 994 | 1,040 | 1,070 | 952 | 994 | 1,040 | 1,070 | |
| POWER GENERATING | | | | | | | | | | | | | | | |
| Normal Intake Level | m | 341 | 347 | 353 | 360 | 366 | 334 | 347 | 358 | 370 | 342 | 353 | 364 | 375 | |
| Tailwater Level | m | 200.5 | 200.5 | 200.5 | 200.5 | 200.5 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | |
| Normal Effective Head | m | 134.5 | 140.5 | 146.5 | 153.5 | 159.5 | 128 | 141 | 152 | 164 | 136 | 147 | 158 | 169 | |
| Maximum Discharge | m ³ /s | 460 | 460 | 460 | 460 | 460 | 430 | 430 | 430 | 430 | 385 | 385 | 385 | 385 | |
| Installed Capacity | MW | 530 | 560 | 580 | 610 | 630 | 470 | 520 | 560 | 610 | 450 | 490 | 520 | 560 | |
| Number of Units | | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | |

Table 6-3 Economic Evaluation of the Alternative Schemes at Nam Chon Site

| Item | Unit | Ve = 4,100 x 10 ⁶ m ³ | | | | Ve = 2,940 x 10 ⁶ m ³ | | | | Ve = 1,670 x 10 ⁶ m ³ | | | | |
|--|-------|---|-----------|-----------|-----------|---|---------|---------|----------|---|---------|---------|---------|-----------|
| | | HWL 360 | HWL 365 | HWL 370 | HWL 375 | HWL 380 | HWL 350 | HWL 360 | HWL 370 | HWL 380 | HWL 350 | HWL 360 | HWL 370 | HWL 380 |
| Dependable Capability | MW | 541(15) | 571(15) | 591(15) | 619(15) | 638(15) | 481(13) | 530(14) | 571(14) | 616(14) | 461(12) | 501(13) | 532(13) | 572(13) |
| Loss & Stopping | % | 3.5 | 3.5 | 3.5 | 3.5 | 3.5 | 3.5 | 3.5 | 3.5 | 3.5 | 3.5 | 3.5 | 3.5 | 3.5 |
| Effective Capability | MW | 522 | 551 | 570 | 597 | 616 | 464 | 511 | 551 | 594 | 445 | 483 | 513 | 552 |
| Value per kW | ₪/kW | 1,224 | 1,224 | 1,224 | 1,224 | 1,224 | 1,224 | 1,224 | 1,224 | 1,224 | 1,224 | 1,224 | 1,224 | 1,224 |
| Benefit of kW (B1) | ME | 639 | 674 | 698 | 731 | 754 | 568 | 625 | 674 | 727 | 545 | 591 | 628 | 676 |
| Annual Firm Energy | GWH | 975(14) | 1,024(18) | 1,075(23) | 1,124(29) | 1,173(35) | 850(5) | 945(2) | 1,019(2) | 1,107(8) | 802(17) | 873(18) | 928(20) | 1,001(19) |
| Loss & Stopping | % | 3.5 | 3.5 | 3.5 | 3.5 | 3.5 | 3.5 | 3.5 | 3.5 | 3.5 | 3.5 | 3.5 | 3.5 | 3.5 |
| Effective Firm Energy | GWH | 941 | 988 | 1,037 | 1,085 | 1,132 | 820 | 912 | 983 | 1,068 | 774 | 842 | 896 | 966 |
| Value per kWh | ₪/kWh | | 1.013 | 1.013 | 1.013 | 1.013 | 1.013 | 1.013 | 1.013 | 1.013 | 1.013 | 1.013 | 1.013 | 1.013 |
| Benefit of kWh (B2) | ME | 953 | 1,001 | 1,050 | 1,099 | 1,147 | 831 | 924 | 996 | 1,082 | 784 | 853 | 908 | 979 |
| Annual Secondary Energy | GWH | 72(1) | 41(5) | 33(10) | 6(16) | 2(23) | 142(19) | 113(11) | 109(9) | 85(1) | 206(33) | 196(28) | 209(27) | 221(30) |
| Loss & Stopping | % | 3.5 | 3.5 | 3.5 | 3.5 | 3.5 | 3.5 | 3.5 | 3.5 | 3.5 | 3.5 | 3.5 | 3.5 | 3.5 |
| Effective Secondary Energy | GWH | 69 | 40 | 32 | 6 | 2 | 137 | 109 | 105 | 82 | 199 | 189 | 202 | 213 |
| Value per kWh | ₪/kWh | 0.864 | 0.864 | 0.864 | 0.864 | 0.864 | 0.864 | 0.864 | 0.864 | 0.864 | 0.864 | 0.864 | 0.864 | 0.864 |
| Benefit of kWh (B3) | ME | 60 | 35 | 28 | 5 | 2 | 118 | 94 | 91 | 71 | 172 | 163 | 175 | 184 |
| Total Annual Benefit (B)
(B) = (B1) + (B2) + (B3) | ME | 1,652 | 1,710 | 1,776 | 1,835 | 1,899 | 1,517 | 1,643 | 1,761 | 1,880 | 1,501 | 1,607 | 1,711 | 1,839 |
| Construction Cost | ME | 10,833 | 10,997 | 11,244 | 11,724 | 12,256 | 10,570 | 10,745 | 11,242 | 12,207 | 10,464 | 10,682 | 11,038 | 12,050 |
| Decreased Energy Cost | " | 803 | 900 | 1,064 | 1,261 | 1,610 | 629 | 846 | 1,124 | 1,689 | 646 | 856 | 1,215 | 1,879 |
| Total Cost | " | 11,636 | 11,897 | 12,308 | 12,985 | 13,866 | 11,199 | 11,591 | 12,366 | 13,896 | 11,110 | 11,538 | 12,253 | 13,929 |
| Annual Cost (C) | " | 1,348 | 1,378 | 1,426 | 1,504 | 1,607 | 1,298 | 1,343 | 1,433 | 1,610 | 1,287 | 1,337 | 1,420 | 1,614 |
| Surplus Benefit (B - C) | ME | 304 | 332 | 350 | 331 | 292 | 219 | 300 | 328 | 270 | 214 | 270 | 291 | 225 |
| Benefit - Cost Ratio (B/C) | - | 1.23 | 1.24 | 1.25 | 1.22 | 1.18 | 1.17 | 1.22 | 1.23 | 1.17 | 1.17 | 1.20 | 1.20 | 1.14 |

Note: Values in parenthesis mean increased energy after completion for the down stream power plant

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

Table 6-4 Comparative Plan of Nam Chon Power Plant
(study of maximum discharge)

| Item | Unit | 5 hours Peak | 4 hours Peak |
|----------------------------------|--------------------------------|--------------|--------------|
| STREAM FLOW | | | |
| Catchment Area | km ² | 4,908 | 4,908 |
| Average Annual Runoff | 10 ⁶ m ³ | 2,975 | 2,975 |
| RESERVOIR | | | |
| Normal High Water Level | m | 370 | 370 |
| Total Storage Capacity | 10 ⁶ m ³ | 5,950 | 5,950 |
| Minimum Water Level | m | 331 | 331 |
| Available Drawdown | m | 39 | 39 |
| Inactive Storage Capacity | 10 ⁶ m ³ | 1,850 | 1,850 |
| Effective Storage Capacity | 10 ⁶ m ³ | 4,100 | 4,100 |
| DAM | | | |
| Type | | Rockfill | Rockfill |
| Height | m | 185 | 185 |
| Volume | 10 ⁶ m ³ | 12.7 | 12.7 |
| HEADRACE | | | |
| Inner Diameter x Number of Lines | m | 7.9 x 2 | 8.8 x 2 |
| Total Length | m | 820 | 820 |
| PEN STOCK | | | |
| Inner Diameter x Number of Lines | m | 5.0 x 4 | 5.6 x 4 |
| Total Length | m | 1,040 | 1,040 |
| POWER GENERATING | | | |
| Normal Intake Level | m | 353 | 353 |
| Tailwater Level | m | 200.5 | 201 |
| Normal Effective Head | m | 146.5 | 146 |
| Maximum Discharge | m ³ /s | 460 | 575 |
| Installed Capacity | MW | 580 | 730 |
| Number of Units | | 4 | 4 |

Table 6-5 Economic Evaluation of the Comparative Plan
(study of maximum discharge)

| Item | Unit | 5 Hours Peak | 4 Hours Peak |
|--|-------|--------------|--------------|
| Dependable Capability | MW | 591 (15) | 737 (15) |
| Loss & Stopping | % | 3.5 | 3.5 |
| Effective Capability | MW | 570 | 711 |
| Value per kW | ₪/kW | 1,224 | 1,224 |
| Benefit of kW (B1) | M₺ | 698 | 870 |
| Annual Firm Energy | GWH | 1,075 (23) | 1,078 (23) |
| Loss & Stopping | % | 3.5 | 3.5 |
| Effective Firm Energy | GWH | 1,037 | 1,040 |
| Value per kWh | ₺/kWh | 1.013 | 1.013 |
| Benefit of kWh (B2) | M₺ | 1,050 | 1,054 |
| Annual Secondary Energy | GWH | 33 (Δ10) | 23 (Δ10) |
| Loss & Stopping | % | 3.5 | 3.5 |
| Effective Secondary Energy | GWH | 32 | 22 |
| Value per kWh | ₺/kWh | 0.864 | 0.864 |
| Benefit of kWh (B3) | M₺ | 28 | 19 |
| Total Annual Benefit (B)
(B) = (B1) + (B2) + (B3) | M₺ | 1,776 | 1,943 |
| Construction Cost | M₺ | 11,244 | 12,896 |
| Decreased Energy Cost | " | 1,064 | 1,064 |
| Total Cost | " | 12,308 | 13,960 |
| Annual Cost (C) | " | 1,426 | 1,617 |
| Surplus Benefit (B - C) | M₺ | 350 | 326 |
| Benefit - Cost Ratio (B/C) | - | 1.25 | 1.20 |

Note: Values in parenthesis mean increased energy after completion for the down stream power plant

Table 6-6 Comparative Plan of the Nam Chon Power Plant (study of power plant location)

| Item | Unit | Dam-Type | | Water Way-Type | |
|----------------------------------|--------------------------------|----------|-------------|----------------|----------|
| | | Nam Chon | Thi Khong | (1) | (2) |
| STREAM FLOW | | | | | |
| Catchmen Area | km ² | 4,908 | 5,154 | 4,908 | 4,908 |
| Average Annual Runoff | 10 ⁶ m ³ | 2,975 | 3,090 | 2,975 | 2,975 |
| RESERVOIR | | | | | |
| Normal High Water Level | m | 370 | 197 | 370 | 370 |
| Total Storage Capacity | 10 ⁶ m ³ | 5,950 | 16 | 5,950 | 5,950 |
| Minimum Water Level | m | 331 | 196.8 | 331 | 331 |
| Available Drawdown | m | 39 | 0.2 (3.5) | 39 | 39 |
| Inactive Storage Capacity | 10 ⁶ m ³ | 1,850 | 15.7 (11.7) | 1,850 | 1,850 |
| Effective Storage Capacity | 10 ⁶ m ³ | 4,100 | 0.3 (4.3) | 4,100 | 4,100 |
| DAM | | | | | |
| Type | | Rockfill | Gravity | Rockfill | Rockfill |
| Height | m | 185 | 32 | 185 | 185 |
| Volume | 10 ⁶ m ³ | 12.7 | 0.046 | 12.7 | 12.7 |
| HEADRACE | | | | | |
| Inner Diameter x Number of Lines | m | 7.9 x 2 | — | 7.9 x 2 | 7.9 x 2 |
| Total Length | m | 820 | — | 14,960 | 12,900 |
| PEN STOCK | | | | | |
| Inner Diameter x Number of Lines | m | 5.0 x 4 | — | 5.0 x 4 | 5.0 x 4 |
| Total Length | m | 1,040 | — | 1,200 | 1,500 |
| POWER GENERATING | | | | | |
| Normal Intake Level | m | 353 | 197 | 353 | 353 |
| Tailwater Level | m | 200.5 | 183.5 | 183.5 | 184.5 |
| Normal Effective Head | m | 146.5 | 12.5 | 153.5 | 154 |
| Maximum Discharge | m ³ /s | 460 | 480 | 460 | 460 |
| Installed Capacity | MW | 580 | 51 | 610 | 610 |
| Number of Units | | 4 | 2 | 4 | 4 |

Note: Values in parenthesis mean in the case of urgent need

Table 6-7 Economic Evaluation of the Comparative Plan of Nam Chon Power Plant
(study of power plant location)

| Item | Unit | Dam-Type | | | Water Way-Type | |
|--|-------|------------|-----------|------------|----------------|------------|
| | | Nam Chon | Thi Khong | Total | (1) | (2) |
| Dependable Capability | MW | 591 (15) | 48 | 639 (15) | 621 (15) | 622 (15) |
| Loss & Stopping | % | 3.5 | 3.5 | — | 3.5 | 3.5 |
| Effective Capability | MW | 570 | 46 | 616 | 599 | 600 |
| Value per kW | ฿/kW | 1,224 | 1,224 | — | 1,224 | 1,224 |
| Benefit of kW (B1) | M฿ | 698 | 56 | 754 | 733 | 734 |
| Annual Firm Energy | GWH | 1,075 (23) | 89 | 1,164 (23) | 1,130 (23) | 1,131 (23) |
| Loss & Stopping | % | 3.5 | 3.5 | — | 3.5 | 3.5 |
| Effective Firm Energy | GWH | 1,037 | 86 | 1,123 | 1,090 | 1,091 |
| Value per kWh | ฿/kWh | 1.013 | 1.013 | — | 1.013 | 1.013 |
| Benefit of kWh (B2) | M฿ | 1,050 | 87 | 1,137 | 1,104 | 1,105 |
| Annual Secondary Energy | GWH | 33 (Δ10) | 4 | 37 (Δ10) | 37 (Δ10) | 39 (Δ10) |
| Loss & Stopping | % | 3.5 | 3.5 | — | 3.5 | 3.5 |
| Effective Secondary Energy | GWH | 32 | 4 | 36 | 36 | 38 |
| Value per kWh | ฿/kWh | 0.864 | 0.864 | — | 0.864 | 0.864 |
| Benefit of kWh (B3) | M฿ | 28 | 3 | 31 | 31 | 33 |
| Total Annual Benefit (B)
(B) = (B1) + (B2) + (B3) | M฿ | 1,776 | 146 | 1,922 | 1,868 | 1,872 |
| Construction Cost | M฿ | 11,244 | 1,103 | 12,347 | 15,066 | 14,615 |
| Decreased Energy Cost | " | 1,064 | — | 1,064 | 1,064 | 1,064 |
| Total Cost | " | 12,308 | 1,103 | 13,411 | 16,130 | 15,679 |
| Annual Cost (C) | " | 1,426 | 128 | 1,554 | 1,869 | 1,817 |
| Surplus Benefit (B - C) | M฿ | 350 | 18 | 368 | Δ1 | 55 |
| Benefit - Cost Ratio (B/C) | — | 1.25 | 1.14 | 1.24 | 1.00 | 1.03 |

Note: Values in parenthesis mean increased energy after completion for the down stream power plant

Table G-8 Plan of the Alternative Schemes at No. 9A Site

| Item | Unit | HWL 370 | HWL 380 | HWL 390 |
|----------------------------------|--------------------------------|----------|----------|----------|
| STREAM FLOW | | | | |
| Catchment Area | km ² | 4,524 | 4,524 | 4,524 |
| Average Annual Runoff | 10 ⁶ m ³ | 2,802 | 2,802 | 2,802 |
| RESERVOIR | | | | |
| Normal High Water Level | m | 370 | 380 | 390 |
| Total Storage Capacity | 10 ⁶ m ³ | 5,100 | 6,449 | 7,970 |
| Minimum Water Level | m | 330 | 347 | 362 |
| Available Drawdown | m | 40 | 33 | 28 |
| Inactive Storage Capacity | 10 ⁶ m ³ | 1,243 | 2,592 | 4,113 |
| Effective Storage Capacity | 10 ⁶ m ³ | 3,857 | 3,857 | 3,857 |
| DAM | | | | |
| Type | | Rockfill | Rockfill | Rockfill |
| Height | m | 125 | 135 | 145 |
| Volume | 10 ⁶ m ³ | 5.3 | 6.7 | 9.0 |
| HEADRACE | | | | |
| Inner Diameter x Number of Lines | m | 7.6 x 2 | 7.6 x 2 | 7.6 x 2 |
| Total Length | m | 635 | 615 | 600 |
| PEN STOCK | | | | |
| Inner Diameter x Number of Lines | m | 4.8 x 4 | 4.8 x 4 | 4.8 x 4 |
| Total Length | m | 1,520 | 1,600 | 1,680 |
| POWER GENERATING | | | | |
| Normal Intake Level | m | 353 | 365 | 337 |
| Tailwater Level | m | 257 | 257 | 257 |
| Normal Effective Head | m | 90 | 101 | 114 |
| Maximum Discharge | m ³ /s | 430 | 430 | 430 |
| Installed Capacity | MW | 330 | 380 | 420 |
| Number of Units | | 4 | 4 | 4 |

Table 6-9 Economic Evaluation of the Alternative Schemes at No. 9A Site

| Item | Unit | HWL 370 | HWL 380 | HWL 390 |
|--|-------|----------|----------|----------|
| Dependable Capability | MW | 344 (15) | 392 (15) | 430 (13) |
| Loss & Stopping | % | 3.5 | 3.5 | 3.5 |
| Effective Capability | MW | 332 | 378 | 415 |
| Value per kW | ₹/kW | 1,224 | 1,224 | 1,224 |
| Benefit of kW (B1) | ME | 406 | 463 | 508 |
| Annual Firm Energy | GWH | 620 (18) | 704 (16) | 758 (Δ4) |
| Loss & Stopping | % | 3.5 | 3.5 | 3.5 |
| Effective Firm Energy | GWH | 598 | 679 | 731 |
| Value per kWh | ₹/kWh | 1.013 | 1.013 | 1.013 |
| Benefit of kWh (B2) | ME | 606 | 688 | 741 |
| Annual Secondary Energy | GWH | 65 (Δ11) | 32 (Δ6) | 41 (9) |
| Loss & Stopping | % | 3.5 | 3.5 | 3.5 |
| Effective Secondary Energy | GWH | 63 | 31 | 40 |
| Value per kWh | ₹/kWh | 0.864 | 0.864 | 0.864 |
| Benefit of kWh (B3) | ME | 54 | 27 | 35 |
| Total Annual Benefit (B)
(B) = (B1) + (B2) + (B3) | ME | 1,066 | 1,178 | 1,284 |
| Construction Cost | ME | 8,753 | 9,323 | 10,305 |
| Decreased Energy Cost | " | 918 | 1,314 | 1,989 |
| Total Cost | " | 9,671 | 10,637 | 12,294 |
| Annual Cost (C) | " | 1,120 | 1,232 | 1,424 |
| Surplus Benefit (B - C) | ME | Δ54 | Δ54 | Δ140 |
| Benefit - Cost Ratio (B/C) | — | 0.95 | 0.95 | 0.90 |

Note: Values in parenthesis mean increased energy after completion for the down stream power plant.

Table 6-10 Comparative Plan of No. 9A Power Plant (study of power plant location)

| Item | Unit | Dam-Type | | | Water Way-Type | |
|----------------------------------|--------------------------------|----------|----------|-----------|----------------|-----------|
| | | No. 9A | Nam Chon | Thi Khong | No. 9A | Thi Khong |
| STREAM FLOW | | | | | | |
| Catchment Area | km ² | 4,524 | 4,908 | 5,154 | 4,524 | 5,154 |
| Average Annual Runoff | 10 ⁶ m ³ | 2,802 | 2,975 | 3,090 | 2,802 | 3,090 |
| RESERVOIR | | | | | | |
| Normal High Water Level | m | 380 | 252 | 197 | 380 | 197 |
| Total Storage Capacity | 10 ⁶ m ³ | 6,449 | 50 | 16 | 6,449 | 16 |
| Minimum Water Level | m | 347 | 251.9 | 196.5 | 347 | 196.5 |
| Available Drawdown | m | 33 | 0.1 | 0.5 | 33 | 0.5 |
| Inactive Storage Capacity | 10 ⁶ m ³ | 2,592 | 49.6 | 15.3 | 2,592 | 15.3 |
| Effective Storage Capacity | 10 ⁶ m ³ | 3,857 | 0.4 | 0.7 | 3,857 | 0.7 |
| DAM | | | | | | |
| Type | | Rockfill | Rockfill | Gravity | Rockfill | Gravity |
| Height | m | 135 | 62 | 32 | 135 | 32 |
| Volume | 10 ⁶ m ³ | 6.7 | 0.55 | 0.046 | 6.7 | 0.046 |
| HEADRACE | | | | | | |
| Inner Diameter x Number of Lines | m | 7.6 x 2 | 7.9 x 2 | — | 7.6 x 2 | — |
| Total Length | m | 800 | 885 | | 33,760 | |
| PEN STOCK | | | | | | |
| Inner Diameter x Number of Lines | m | 4.8 x 4 | 7.1 x 2 | — | 4.8 x 4 | — |
| Total Length | m | 1,600 | 320 | | 1,600 | — |
| POWER GENERATING | | | | | | |
| Normal Intake Level | m | 365 | 252 | 197 | 365 | 197 |
| Tailwater Level | m | 257 | 200.5 | 184 | 200.5 | 184 |
| Normal Effective Head | m | 102 | 46.5 | 12.5 | 137 | 12.5 |
| Maximum Discharge | m ³ /s | 430 | 460 | 480 | 430 | 480 |
| Installed Capacity | MW | 380 | 180 | 51 | 510 | 51 |
| Number of Units | | 4 | 2 | 2 | 4 | 2 |

Table 6-11 Economic Evaluation of the Comparative Plan of No. 9A Power Plant
(study of power plant location)

| Item | Unit | Dam-Type | | | | Water Way-Type | | |
|--|-------|----------|----------|-----------|------------|----------------|-----------|------------|
| | | No. 9A | Nam Chon | Thi Khong | Total | No 9A | Thi Khong | Total |
| Dependable Capability | MW | 392 (15) | 169 | 48 | 609 (15) | 523 (15) | 47 | 570 (15) |
| Loss & Stopping | % | 3.5 | 3.5 | 3.5 | | 3.5 | 3.5 | |
| Effective Capability | MW | 378 | 163 | 46 | 587 | 505 | 45 | 550 |
| Value per kW | ฿/kW | 1,224 | 1,224 | 1,224 | | 1,224 | 1,224 | |
| Benefit of kW (B1) | ME฿ | 463 | 200 | 56 | 719 | 618 | 55 | 673 |
| Annual Firm Energy | GWH | 704 (16) | 309 | 87 | 1,100 (16) | 944 (16) | 87 | 1,031 (16) |
| Loss & Stopping | % | 3.5 | 3.5 | 3.5 | | 3.5 | 3.5 | |
| Effective Firm Energy | GWH | 679 | 298 | 84 | 1,061 | 911 | 84 | 995 |
| Value per kWh | ฿/kWh | 1.013 | 1.013 | 1.013 | | 1.013 | 1.013 | |
| Benefit of kWh (B2) | ME฿ | 688 | 302 | 85 | 1,075 | 923 | 85 | 1,008 |
| Annual Secondary Energy | GWH | 32 (Δ6) | 17 | 5 | 54 (Δ6) | 61 (Δ6) | 6 | 67 (Δ6) |
| Loss & Stopping | % | 3.5 | 3.5 | 3.5 | | 3.5 | 3.5 | |
| Effective Secondary Energy | GWH | 31 | 16 | 5 | 52 | 59 | 6 | 65 |
| Value per kWh | ฿/kWh | 0.864 | 0.864 | 0.864 | | 0.864 | 0.864 | |
| Benefit of kWh (B3) | ME฿ | 27 | 14 | 4 | 45 | 51 | 5 | 56 |
| Total Annual Benefit (B)
(B) = (B1) + (B2) + (B3) | ME฿ | 1,178 | 516 | 145 | 1,839 | 1,592 | 145 | 1,737 |
| Construction Cost | ME฿ | 9,323 | 3,355 | 1,103 | 13,781 | 18,101 | 1,103 | 19,204 |
| Decreased Energy Cost | " | 1,314 | — | — | 1,314 | 1,314 | — | 1,314 |
| Total Cost | " | 10,637 | 3,355 | 1,103 | 15,095 | 19,415 | 1,103 | 20,518 |
| Annual Cost (C) | " | 1,232 | 389 | 128 | 1,749 | 2,249 | 128 | 2,377 |
| Surplus Benefit (B - C) | ME฿ | Δ54 | 127 | 17 | 90 | Δ657 | 17 | Δ640 |
| Benefit — Cost Ratio (B/C) | — | 0.96 | 1.33 | 1.13 | 1.05 | 0.71 | 1.13 | 0.73 |

Note: Values in parenthesis mean increased energy after completion
for the down stream power plant

Table 6-12 Plan of the Optimum Scheme

| Item | Unit | Nam Chon | Thi Khong |
|-------------------------------------|--------------------------------|-----------|-------------|
| STREAM FLOW | | | |
| Catchment Area | Km ² | 4,908 | 5,154 |
| Average Annual Runoff | 10 ⁶ m ³ | 2,975 | 3,090 |
| RESERVOIR | | | |
| Normal High Water Level | m | 370 | 197 |
| Total Storage Capacity | 10 ⁶ m ³ | 5,950 | 16 |
| Minimum Water Level | m | 331 | 196.8 |
| Available Drawdown | m | 39 | 0.2 (3.5) |
| Inactive Storage Capacity | 10 ⁶ m ³ | 1,850 | 15.7 (11.7) |
| Effective Storage Capacity | 10 ⁶ m ³ | 4,100 | 0.3 (4.3) |
| DAM | | | |
| Type | | Rock fill | Gravity |
| Height | m | 185 | 32 |
| Volume | 10 ⁶ m ³ | 12.7 | 0.046 |
| HEADRACE | | | |
| Inner Diameter x
Number of Lines | m | 7.9 x 2 | — |
| Total Length | m | 820 | — |
| PENSTOCK | | | |
| Inner Diameter x
Number of Lines | m | 5.0 x 4 | — |
| Total Length | m | 1,040 | — |
| POWER GENERATING | | | |
| Normal Intake Level | m | 353 | 197 |
| Tailwater Level | m | 200.5 | 183.5 |
| Normal Effective Head | m | 146.5 | 12.5 |
| Maximum Discharge | m ³ /S | 460 | 480 |
| Installed Capacity | MW | 580 | 51 |
| Number of Units | | 4 | 2 |

Note: Values in parenthesis mean in the case of urgent need.

Table 6-13 Construction Cost of the Optimum Scheme

| Item | Unit | Nam Chon | Thi Khong | Total |
|--|------|----------|-----------|--------|
| Preparation Works | MB | 1,227 | 65 | 1,292 |
| Civil Works | " | 4,507 | 430 | 4,937 |
| Hydraulic Equipment | " | 353 | 77 | 430 |
| Electric Equipment | " | 1,367 | 345 | 1,712 |
| Transmission Line and
Telecommunication | " | 1,164 | — | 1,164 |
| Engineering and Supervision | " | 414 | 47 | 461 |
| Total Direct Cost | " | 9,032 | 964 | 9,996 |
| Escalation Price | " | — | — | — |
| Import Duty and Taxes | " | 450 | 53 | 503 |
| Interest During Construction | " | 2,212 | 139 | 2,351 |
| Grand Total | " | 11,694 | 1,156 | 12,850 |

Remarks: Construction Cost was estimated at the 1980 Price level.

Import duty is

| | |
|---------------------------------------|-----------|
| Preparation Works | 5 percent |
| Civil Works | 10 " |
| Hydraulic Equipment | 20 " |
| Electric Equipment | 10 " |
| Transmission and
Telecommunication | 10 " |

Table 6-14 Estimation of Economic Evaluation

| Item | Unit | Nam Chon | Thi Khong | Total |
|--|-------|------------|-----------|------------|
| Dependable Capability | MW | 591 (15) | 48 | 639 (15) |
| Loss & Stopping | % | 3.5 | 3.5 | — |
| Effective Capability | MW | 570 | 46 | 616 |
| Value per kW | ฿/kW | 1,224 | 1,224 | — |
| Benefit of kW (B1) | MB | 698 | 56 | 754 |
| Annual Firm Energy | GWH | 1,075 (23) | 89 | 1,164 (23) |
| Loss & Stopping | % | 3.5 | 3.5 | — |
| Effective Firm Energy | GWH | 1,037 | 86 | 1,123 |
| Value per kWh | ฿/kWh | 1.013 | 1.013 | — |
| Benefit of kWh (B2) | MB | 1,050 | 87 | 1,137 |
| Annual Secondary Energy | GWH | 33 (Δ10) | 4 | 37 (Δ10) |
| Loss & Stopping | % | 3.5 | 3.5 | — |
| Effective Secondary Energy | GWH | 32 | 4 | 36 |
| Value per kWh | ฿/kWh | 0.864 | 0.864 | — |
| Benefit of kWh (B3) | MB | 28 | 3 | 31 |
| Total Annual Benefit (B)
(B) = (B1) + (B2) + (B3) | MB | 1,776 | 146 | 1,922 |
| Construction Cost | MB | 11,244 | 1,103 | 12,347 |
| Decreased Energy Cost | " | 1,064 | — | 1,064 |
| Total Cost | " | 12,308 | 1,103 | 13,411 |
| Annual Cost (C) | " | 1,426 | 128 | 1,554 |
| Surplus Benefit (B - C) | MB | 350 | 18 | 368 |
| Benefit - Cost Ratio (B/C) | — | 1.25 | 1.14 | 1.24 |

Note: Values in parenthesis mean increased energy after completion for the down stream power plant.

Construction cost is estimated without import duties and taxes.

