

第7章 予備設計

第7章 予備設計

本 Leyte-Mindanao 送電計画は、Luzon-Leyte 送電計画と一体にした直流 3 端子送電とすることにより Luzon-Mindanao 電力系統間約 800 km が直流送電線により一気に連系されることになり、フィリピン国の主要系統である Luzon-Mindanao 電力系統間の経済的、効率的な電力融通が行えることになる。

7.1 予備設計の考え方

本直流 3 端子系統をシステム的に見れば、Luzon-Leyte 送電計画の Jaro 変換所を共通とした Luzon-Leyte 間直流 2 端子系統および Leyte-Mindanao 間直流 2 端子系統の 2 つの直流 2 端子が組み合わさった 3 端子システムと見ることができる。

ここで、Luzon-Leyte 間直流 2 端子送電システムは既に Luzon-Leyte 送電計画調査報告書 (JICA, 1982 年, 3 月) で報告されているように Luzon 電力系統内の主要な電源として、その増設計画に対しては供給信頼度を優先したシステム構成をしたのに対し、Leyte-Mindanao 間直流送電システムは電源送電線として機能しているにもかかわらずむしろその内容、開発規模から言って、Luzon-Mindanao 両電力系統間の効率的な電力融通を行うための連系線としての性格が強くなっている。

以上から、Leyte-Mindanao 送電計画はその増設計画に対して供給信頼度を考慮しつつもむしろ、経済性、保守性を重視した増設計画とした方が妥当である。

従って、第 5 章 送電計画を整理すると、

一 経 済 性

片極増設とした方が、コストの低減が図れる。

一 保 守 性

電極保守軽減のため導体帰路方式とし、12 相運転とすることにより、単純化した制御・保護システムを構成して保守性のみならず 3 端子システムの信頼度向上をはかる。

一 供給信頼度

架空線、海底ケーブルは将来設備分も先行して建設し、第 2 期相当分を帰路回路として使用すれば、長期間の停止を伴うケーブル事故に対して、ケーブル修理期間中は他ケーブルを利用して海水帰路送電とすることにより、供給信頼度の向上が図れる。

7.1.1 第 1 期、第 2 期の工事施行範囲

(1) 直流架空線、海底ケーブル、電極および電極線

第 1 期は単極導体帰路方式とするため架空線、海底ケーブルは第 1 期で全て施行する。

また、電極および電極線はケーブル事故等による海水帰路送電が行えるよう、第1期で施行する。

(2) 変換所

a) 第1期

単極構成とするに必要な変換装置（サイリスタ・バルブ、変換器用変圧器、直流リアクトル、交流および直流フィルタ、制御・保護装置等）、調相設備および開閉装置等を設置する。

b) 第2期

第1期と同様な変換装置、調相設備および開閉装置等を設置する。

(3) 通信装置

第1期に第2期を考慮した通信装置を設置する。

7.1.2 HVDCシステムの運転形態

本プロジェクトのHVDCシステムは先に建設される Luzon-Leyte HVDC システムと十分協調を図り、3端子システム全体で信頼度の高いシステム運用を考慮した運転形態とする。

なお、本プロジェクトの具体的な運転形態は最終的な Luzon-Leyte HVDC システムの運転形態を把握した上で検討すべきである。

7.1.3 HVDCシステムの運転

(1) 送電方向

Mindanao 電力系統の Butuan 変換所は順変換器（Mindanao → Luzon）および逆変換器（Luzon → Mindanao）運転の双方が行えることとする。

なお、3端子運転時における1変換所の潮流反転は2端子と異なり、主回路に対してバルブ電流方向を切り替えて行うので、バルブ出力側に極性切り替えスイッチを設置する。

また、2群12相構成となるサイリスタ・バルブは順および逆変換器運転を行う関係上、両群共直流350kV回路に接続されるので、これに協調を取った絶縁レベルとしなければならない。

(2) 直流定格出力

直流定格出力は直流リアクトルの線路側を基準とする。

(3) 最少直流連続出力

定格出力の10%を目標とする。

(4) 基本制御方式

a) Luzon-Leyte HVDC システム（Jaro および Naga 変換所）の基本制御は2端子、3端子運転共、同一制御方式とするが、3端子システムの信頼度確保につながる。

Luzon-Leyte 送電計画は受電端である Naga 変換所が定電圧制御（AVR：Constant

Voltage Control)により直流系統の電圧を一定に制御し、送電端であるJaro変換所が発電機出力と協調を図るため変換所母線周波数を一定にする電力設定値で運転を行う。

一般に、多端子系統の基本制御は1変換所が直流系統の電圧を一定に制御し、残りの変換所が定電流制御(ACR: Constant Current Control)により各変換所の電流を一定に制御することで安定な運転が行える。

このため、3端子システムにおける各変換所の基本制御は以下となる。

Jaro HVDC $\frac{5}{8}$; ACR (AFC)

Naga HVDC $\frac{5}{8}$; AVR

Butuan HVDC $\frac{5}{8}$; ACR (APR)

- b) 3端子間の電力設定値協調を十分図ると同時に通信回線“断”，1変換所の瞬時ブロックに対しても全変換所が停止に至らない様考慮する必要がある。
- c) 各種事故時の保護方式は、保護信頼性に対し通信回線依存度の低減，3端子の重要度から見た保護優先順位等，3端子システムとして総合的な保護方式を直流しゃ断器の適用も含めて検討する必要がある。
- d) 本3端子システムはJaro-Naga間HVDCシステムおよびJaro-Butuan間HVDCシステムが結合した分散型3端子システムを構成している。

このため、個々のシステムはそれぞれで起動・停止等の操作機能を具備するが、常時の運用はLuzon-Leyte送電計画と同様にJaro変換所を主制御所として運転するほうが統一がとれ、かつ効率的な運用が行える。

7.1.4 Luzon-Leyte送電計画に対する要望事項

Luzon-Leyte送電計画の施行に当たっては、将来の3端子化に備えて、3端子連系時にJaroおよびNaga変換所の工事および装置変更期間を短縮する必要性から、現状で考えられる処置を行っておく必要がある。

具体的には、以下が考えられる。

- 3端子化を考慮した制御・保護装置の設計、製作。
- Jaro変換所制御室内にLeyte-Mindanao連系を考慮した、操作監視盤、線路保護盤、情報伝送装置の設置スペース確保。
- Jaro変換所は直流しゃ断器適用に備えて設置スペース、主回路引き回しに対する考慮。

7.2 架空送電線

7.2.1 気象条件

フィリピン諸島は、低緯度に位置しているため熱帯気候の特色を示し、年間の温度変化に乏

しく、高温、多湿である。更に季節風の影響を受け降雨量も一般に多い。台風の襲来頻度も多く、年平均 20 の台風がフィリピンの影響圏に入っている。本計画地域の気象観測データなどから送電線の設計に採用する風速、気温、雷雨日数などについて検討した。その概要は以下のとおりである。

(1) 風 速

本計画に伴う送電線はレイテ島北部 Jaro より同島中央部を南へ縦断し東方に隣接する Dinagat 島を經過してミンダナオ島北部の Butuan に至る全長約 340 km で、この中、架空線部分が約 290 km の長距離送電線である。この經過地の中、ミンダナオ島の Surigao 以北では強風の発生頻度が多く高い値の風速が観測されている。

高信頼度が要求される重要送電線では少なくとも設計風速として再現期間 50 年の風速を考慮するのが、一般的であり、本プロジェクトでも基本的にこの考え方とする。このため、近傍観測地点の過去の年間最大風速データから、再現期間 50 年の風速を推定すると送電線が耐えるべき最大風速は、52 m/s (185 kph) 程度と推定される。

(2) 気 温

本計画地域の最高、最低気温はそれぞれ観測地点 Surigao で 37.2℃、Tacloban で 17.8℃、また、平均気温は 27℃である。ルート of 地域差標高差等を考慮すると、この地域の最高気温は 40℃、最低気温は 10℃程度と考えられる。一方、NAPOCOR の設計標準では最高温度 48.9℃、最低温度 7.2℃としており本プロジェクトの設計もこれに合わせ最高 48.9℃、最低温度 7.2℃を採用する。

(3) 雷 雨 日 数

雷雨日数は Tacloban 市 70 日、Surigao 市 83 日であり本プロジェクトには IKL 80 日を採用する。

注) 巻末に Appendix “計画地域の気象と設計風速” を添付した。

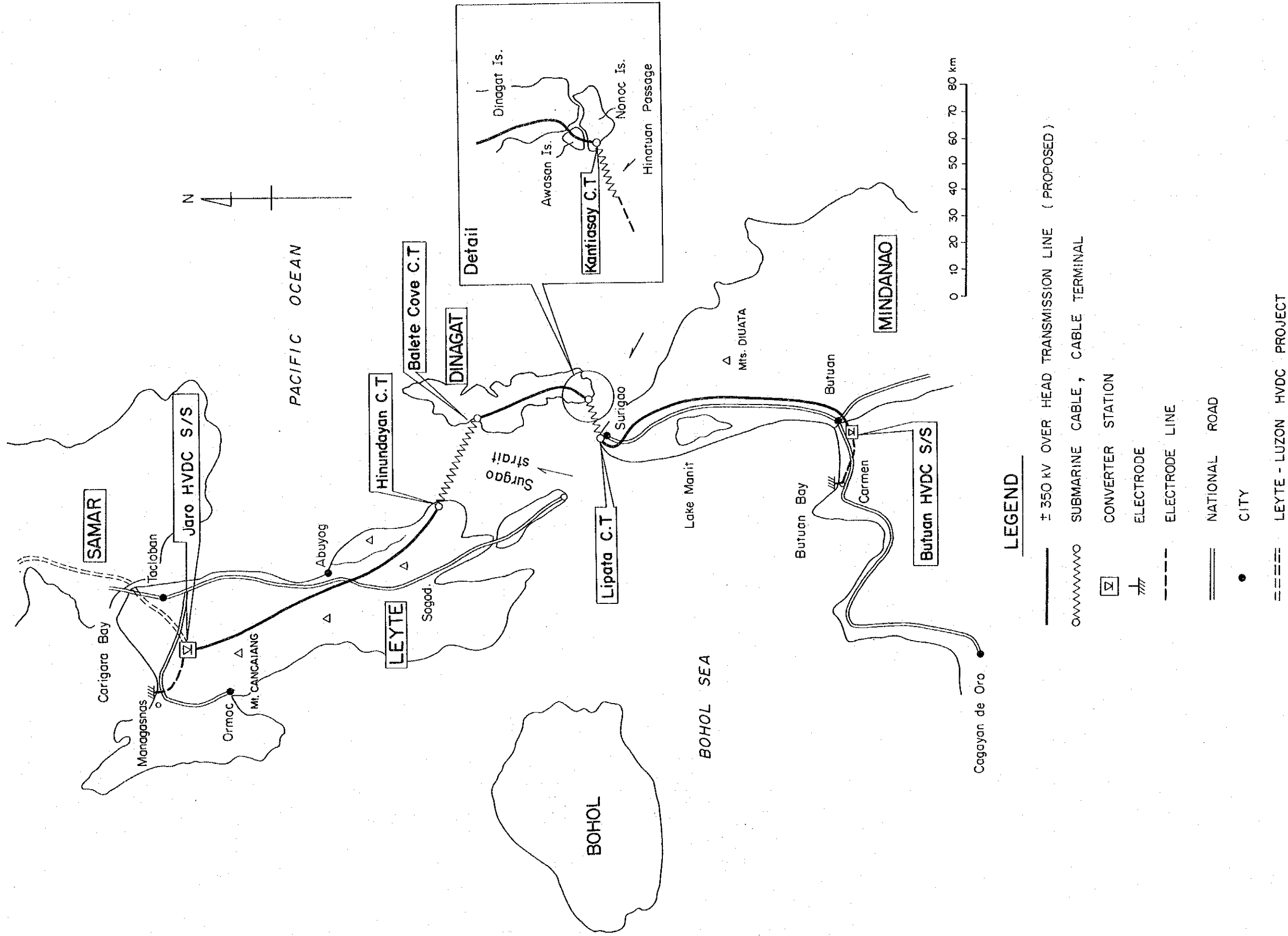
7.2.2 直流架空送電線

(1) 架空送電線のルート

本 Leyte-Mindanao 送電計画はレイテ島北部に位置する Jaro 変換所から、レイテ島中央部を南へ縦断し隣接する Dinagat および Nonoc 島を經由してミンダナオ島に至り同島北部に位置する Butuan 変換所へ達する全長 340 km の超高圧直流送電線である。送電線の調査ルートは Fig 7-1 に示すとおりである。

これより判る通り本送電線は各島内の陸上部を經過する他、Surigao 海峡 (レイテ島～Dinagat 島) および Hinatuan 水道 (Nonoc 島～ミンダナオ島) をケーブルに依り横断することとなり送電線の形態としては、陸上の架空線部分および海底ケーブル部分より構成されるものである。

Fig. 7-1 Transmission Line Route



LEGEND

- ± 350 kV OVER HEAD TRANSMISSION LINE (PROPOSED)
- ~~~~~ SUBMARINE CABLE, CABLE TERMINAL
- ☐ CONVERTER STATION
- ⚡ ELECTRODE
- ELECTRODE LINE
- == NATIONAL ROAD
- CITY
- ==== LEYTE - LUZON HVDC PROJECT

a) レイテ島内送電線ルート

Jaro 変換所より Abuyog 周辺に至る区間は、レイテ中央山麓の広大な東斜面を通過するルートとなる。

この地区では、ココナツ林が広範囲に広がっている外、一部水田地帯が含まれる。

Abuyog 西方より Hinundayan へ至る区間は東方よりの Higasaan River 沿のルートが全体的に起伏が少なく、アクセス道路もあり送電線の建設、保守の面で有利である。

一方、代替ルートとして、国道1号線に並行して Sogod に至りこれより Hinundayan へ至るルートが考えられるが全般に地形的に起伏が激しく、Sogod 東側で標高700m以上の山脈を起える必要があること、Sogod 北側で小規模な地崩れがいくつか見られること、巨長が若干長くなること等から前述の東よりルートが有利である。なお中央部山稜の一部に地質断層のあることが地質図より推定されるがこの地区で送電線予定ルート上に鉄塔設置位置を選定するにあたってはこれら地質断層を避けることが望ましい。

選定した Hinundayan ケーブル・ターミナル近くの送電線の碍子は強風時に海塩に依って汚損されその絶縁低下が予想される。これは送電線の信頼度の面から極めて重要な事なので現地において碍子汚損条件を調査、測定し、そのデータに基づいて設計する必要がある。Jaro 変換所よりケーブル・ターミナルに至るレイテ島内のルート巨長は115 kmである。

b) Dinagat, Awasan および Nonoc 島内送電線ルート

Dinagat 島の Surigao 海峡側 Balete Cove ケーブル・ターミナルより Awasan 島經由 Nonoc 島西端の Kantiasay ケーブル・ターミナルに至るルートは、標高200m以下の比較的起伏の少ない丘陵地を通過する。

送電線用建設資材の輸送には、ルート周辺にいくつかある港を利用する事が可能である。

Dinagat 島、南端では、Dinagat ~ Awasan 島および Awasan ~ Nonoc 島のルートは中小の水路越えとなる。Dinagat, Awasan, Nonoc 島内のルート巨長は55 kmとなる。

また、Awasan 島および Nonoc 島内のルート設定に当っては、現在 Nonoc 島で操業中のニッケル鉱山会社(M.M.I.C.)がこれらの島々に鉱区計画を有している為これと協調する必要がある。

c) ミンダナオ島内送電線ルート

Surigao 市西部に位置する Lipata ケーブル・ターミナルより Butuan 変換所に至るルートは NAPOCOR の既設 66 kV の送電線および現在工事計画中の 138 kV 送電線 (Butuan - Surigao), 更に国道1号線に並行したルートで平坦なココナツ植林および水田を通過するので送電線の建設、保守に有利である。この区間の巨長は123 kmである。

(2) 予備設計の概要

a) 電圧および電線

電圧および電線は第 5.3 項に述べた通り直流電圧±350kVとし電線ACSR 610mm² 2 導体とする。この電線サイズは上記電圧でコロナ障害を配慮した最少サイズである。

電線の架線条件は常時(気温 15℃, 無風)の電線張力を電線材質の振動疲労の面より破断強度の 22%以下とし且つ, 台風時を対象とした最悪条件時(気温 7.2℃, 185kPa 風圧, 風速低減率 0.6)でも, 安全率 2.5 以上確保するものとする。この結果最大水平張力は 6,500kg 程度となる。

また, 電線の微風振動の防止対策として電線支持点にはダンパー並びにアーマードを取付けることとする。

b) 碍子

本送電線の経過地は, 一部で海岸線に接近するが, この様な区間では, 海面から吹く汐風に依って碍子が汚損し, その絶縁性能が低下することが考えられるのでこの影響を考慮して碍子個数を決定する必要がある。

一般に直流送電線の場合, 碍子の汚損物付着量は直流課電に依る集塵作用により海からの直接的な影響がない内陸部でも交流方式に比して大きくなる。

この汚損量は, 地形, 気象条件により異なるので, 今後, 送電線予定ルートの数地点に於いて汚損物付着量の測定を実施し, 碍子汚損状況を正確に把握し, それに基づく碍子個数を決める必要があるが, 本プロジェクトに於ける塩分付着量を NAPOCOR の既設線の設計ならびに運転実績を参考とすると海岸付近で 0.12mg/cm² 程度, 海岸付近以外の一般地区で 0.03mg/cm² 程度と推定すれば, この汚損条件に対して常規電圧 350kV に耐える必要な碍子個数は海岸地域で 250mmφ 耐霧碍子 46 個, 一般地域で同型碍子 29 個となる。

なお, 直流送電線では課電時に碍子のピンが漏洩電流により電蝕を受け碍子の機械的強度が低下することが考えられるので, この対策として亜鉛スリーブ付のピンを採用することとする。

c) クリアランス

直流送電線のクリアランス検討は所要の絶縁強度は内部異常電圧を対象として決定し, 雷に対しては, 事故の発生を, ある程度許容することとする。

所要クリアランスの検討に当っては下記の条件を想定した。

- 内部異常電圧の大きさは 1 極事故時の健全極に発生する過電圧を 1.7 PU とする。
- 地絡電流が交流系統に比し小さく, 碍子の耐アーク性で充分カバー出来る為碍子連にアーキングホーンは不要である。
- 碍子連長は汚損設計の為長大なものとなる。この為通常状態では絶縁強度が非常

に高く鉄塔に対する気中キャップと碍子連との絶縁協調を計ることは著しく不経済となる。従って、雷に対しては運用上支障のない程度の事故を許容し、経済的な絶縁間隔を確保するものとする。

線路の最高許容電圧を 350 kV とし上記の諸条件を考慮してクリアランスを検討した結果、所要クリアランスは、標準絶縁間隔 320 cm，最少絶縁間隔 185 cm となる。

d) 耐雷設計

本プロジェクト地域での年間雷雨日数は 80 日前後であり多雷地域と云える。送電線への雷撃は 100 km 当り年間 130 回にも達することが予想されるので雷害対策は、重要なポイントである。

架空地線として 70° GSC 2 条を電線に対する遮蔽角 25° 以下になる様に架設して、雷撃から電線を遮蔽するものとする。

鉄塔または架空地線へ雷撃があった時、電線への逆閃絡事故の発生を出来るだけ少なくする為、鉄塔塔脚の接地抵抗は 20 Ω 以下を目標とする。

以上の耐雷設計により雷事故率を推定すると 100 km 当り年間 3 件程度になると予想される。

e) 支持物

本送電線は連系基幹送電線として高い信頼度が要求されること、台風の襲撃を受ける地域であること等を考慮し、支持物には信頼性の高い鉄塔を使用することとする、鉄塔の代表的な形状を Fig 7-2 に示す。

鉄塔の基礎は、床板を有するコンクリート基礎とする。水田地帯、湿地帯に対しては地質調査のデータに基づき、必要なら杭等による補強が必要である。

鉄塔の設計風速は、第 7.2.1 項で述べたとおり 52 m/s (185 k pH) をベースに考えるものとする。

(3) 直流架空線の概要

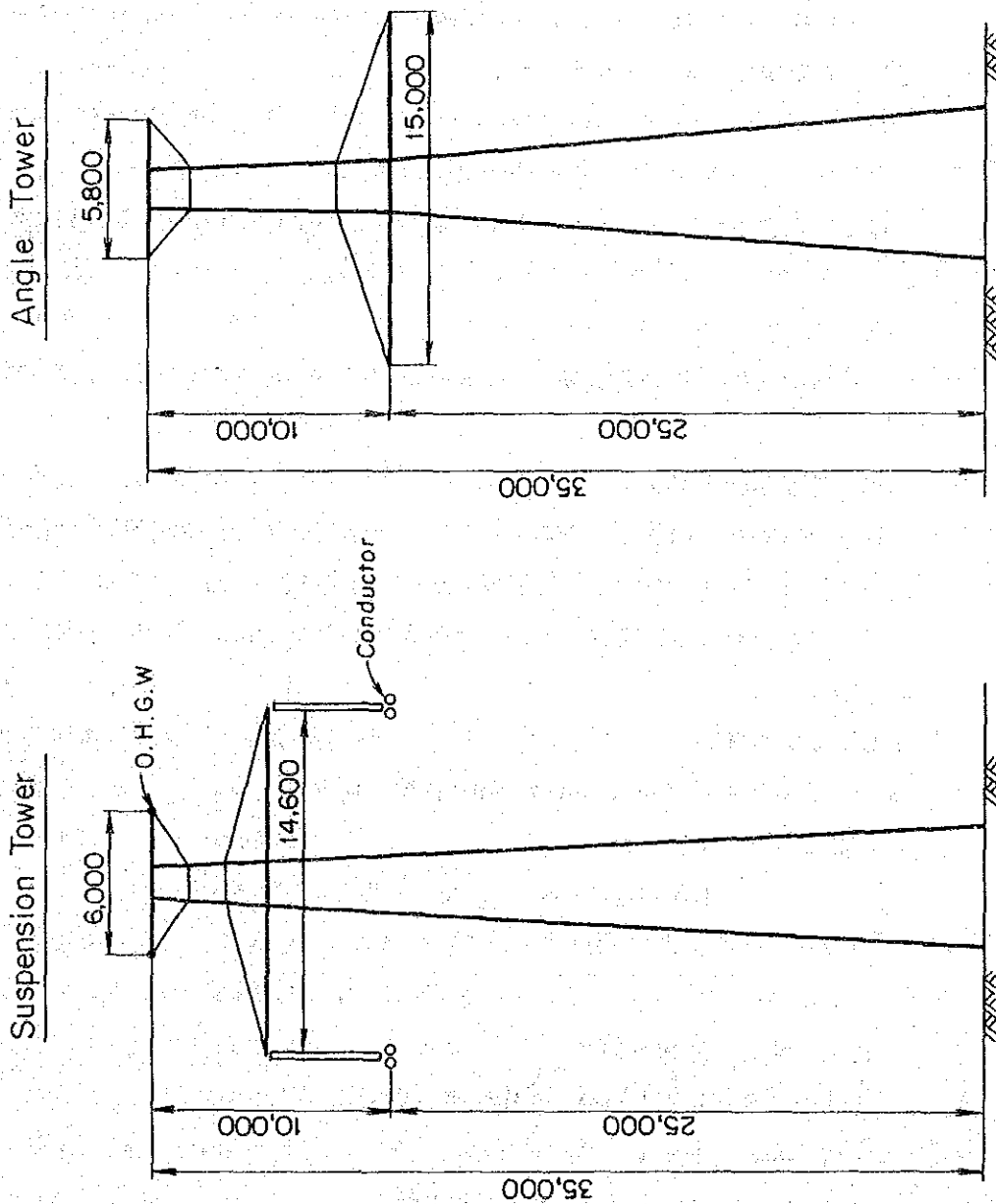
本プロジェクトの直流架空線の概要は次のとおりである。

合計亘長	レイテ島	115 km
	Dinagat, Awasan, Nonoc 島	55 km
	ミンダナオ島	123 km
	計	293 km

電 圧	± 350 kV
電気方式	双極 1 回線方式中性点両側接地
回線数	1 cct
電 線	610 mm ² ACSR, 2 導体
架空地線	70 mm ² GSC, 2 条

Fig. 7-2 Conductor Configuration and Principal Dimension of Tower

(Unit : mm)



Note

1. Dimensions are shown for the standard design. (Not for costal area)
2. Conductor sag 14 m (at 60 °C, no wind, span 400m)
3. Conductor height 11 m

碍子	250mmφ Fogタイプ	29および46ヶ連
支持物	鉄塔	
基礎	コンクリート基礎	

7.2.3 交流 138 kV 送電線

Butuan 変換所の交流 138 kV 側と、既設の Butuan 変電所の 138 kV 屋外変電所を結ぶために、交流 138 kV の 2 回線送電線が必要である。この送電線の概略は下記のとおりである。

(1) 架空送電線ルート

この送電線のルートは、変換所と既設変電所間の地盤の比較的良い、平坦な丘陵地にあり全長は 1 km である。ルートは変換所建設のための取付道路にも近く、樹木の無い草原地帯であるため建設は容易である。

(2) 予備設計の概要

a) 導体

この送電線の最大送電電力は 400 MW であるが、重要送電線なので、1 回線停止の 1 回線運転時でも全電力を送電できるように、1 回線の電流容量を全電力相当分とした。送電電力 400 MW、力率 0.95 とすると線電流は 1,760 A となる。この電流を安全に流すことのできる導体として、直流架空送電線と同じサイズの ACSR 610 mm² 2 導体が適当である。このサイズの ACSR の連続通電容量は 1,100 A、2 導体で 2,200 A である。

架線張力は原則的に下記の条件を考慮に入れて決定される。

- i) 平常時 (27℃, 無風) の張力 (EDS) ……電線強度の 22% 以内
- ii) 最悪条件時 (7.2℃, 風速 185 KPH) の張力 ……電線強度の 40% 以内

電線の最大張力の 6,000 kg 程度が適当であると考えられるが、合計 4 基程度の短距離送電線なので、詳細設計時に、鉄塔位置および経間長を選定後決定すればよい。

b) 絶縁設計

対象地域は熱帯地域で、塩害は余り問題にならないものとする。

この 138 kV 送電線は、中性点直接接地方式なので、開閉サージ電圧は常規電圧の 2.8 倍以内でこの電圧に耐えるのに必要な碍子連の連結個数は 7 個である。連として、1 個の予備を考慮に入れて 8 個あれば開閉サージに対しては十分な絶縁強度を有することになる。

対象地域は襲雷頻度が高いこと (IKL = 80 程度) を考慮して、多少絶縁を上げておくことが望ましい。その観点から、一連当りの碍子個数はフィリピンの一般的慣行に従い、懸垂連 10 個、耐張連 11 個とする。

c) 耐雷設計

この地域は雷の多い所なので (IKL = 80 程度) 送電線の設計に当っては耐雷設計を

十分に考慮に入れる必要がある。考えられる対策は下記のとおりである。

- i) 碍子連の碍子連結個数を最少限の8個連から懸垂連10個連、耐張連11個連に上げている。絶縁強度が上っただけ雷撃による閃絡の確率は減る。
- ii) 架空地線は70mm²亜鉛鍍金鋼線2条として遮蔽角は0°とする。これにより直撃雷は殆んど100%避けることができる。
- iii) 鉄塔の接地抵抗は、接地アングルおよび埋設地線を必要なだけ設置することにより、20オームを目標値としてできるだけ下げるものとする。
- iv) 碍子連はジャンパー用の懸垂連を除き閃絡時の碍子破損を防ぐためにアーキング・ホーンを取り付けるものとする。

この送電線は全長僅か1.0 km 程度なので雷害事故発生の確率は非常に低いはずである。

d) 支持物

この送電線は使用導体がACSR 610mm² 2導体と非常に大きく、最大400 MWを送電する重要送電線であることから、支持物は当然鉄塔となる。鉄塔は標準的な垂直配列の2回線構造とする。

経過地は平地で継脚等の必要はないと思われる。

地耐力は比較的あると考えられるので、基礎は通常の逆T字形を適用するものとする。

e) 送電線の概要

設計条件の主なものは下記のとおりとする。

- i) 温度
年間平均気温 27℃
最大気温 48.9℃
最低気温 7.2℃
- ii) 最大風速 185 KPH
- iii) 年間雷鳴日数 (IKL) 80 (日/年)

送電設備の概要は下記のとおりとする。

巨 長 : 1.0 km
電 圧 : 交流 138 kV
電気方式 : 3相 3線式 60 Hz
電 線 : ACSR 610mm², 2導体
架空地線 : GSC 70mm², 2条
碍子連 : 254mm ϕ 懸垂碍子 懸垂連……1連当り10個
耐張連……1連当り11個
支持物 : 垂直配列型, 2回線鉄塔

7.3 直流海底ケーブル

7.3.1 海底ケーブル・ルートおよびケーブル・揚陸地点の選定

(1) 選定の原則

海底ケーブル・ルートおよびケーブル揚陸地点の選定は、経済性（建設費ができる限り安いこと）および安全性（ケーブルの経済寿命期間中に重大な損傷を発生しないこと）を主眼として行われなければならない。

海底ケーブル・ルート選定に際しては下記のような事項を考慮しなければならない。

- a) ケーブル・ルートの巨長ができる限り短いこと。
- b) ケーブル外傷の原因となる投錨，漁撈のないこと。
- c) 海の深さが適当であること。海の深さそのものは，余り決定的な要素ではないが，深すぎると布設工事が困難になる。また，岸に近い浅い個所はケーブルを埋設するが，浅いルートが長いと，埋設費が高くなる。
- d) 海底はできる限り平らで起伏が少ないこと。起伏の最大傾斜角は 16 度程度以内とすることが望ましい。
- e) 海底の土質は砂質であることが一番望ましい。泥質の場合は埋設するとケーブルの発生熱の放散が悪くなる。岩またはサンゴのような堅い物質の個所は，ケーブルがブリッジするので，できるだけ避けなければならない。
- f) 海流は遅い方が望ましい。

ケーブル揚陸地点の選定に当っては，下記の事項を考慮に入れる必要がある。

- g) 現場までの架空送電線の建設および接ぎ込みが便利なこと。および材料の搬入が容易なこと。
- h) 揚陸地点は，高浪，波浪等の影響を受けないこと。
- i) ケーブル終端設備および架空送電線の建設に必要な用地が容易に確保できること。
- j) 揚陸地点は現存または計画中の棧橋，防波堤およびその他の港湾設備から十分な距離をとること。

(2) 海底調査，ケーブル・ルートおよび揚陸地点の選定

送電線路の踏査により，架空送電線との接続も考慮に入れて，ケーブル終端地点を概略決定し，海図も参照して，ケーブルの概略ルートを決める。

このルートを中心にして幅数 km の広い範囲に亘って海底調査を実施した。この調査項目は下記のようなものであった。

- ケーブル長
- 深さ
- 海底地形（漂砂による地形の変形等も含む）

- 一 海底土質（特に岩質物・暗礁等）および熱伝導度（特に泥質につき）
- 一 表面及び海底上の潮流速度
- 一 水温，水質および水中微生物
- 一 気象条件（気温，風速，風向等）
- 一 波高，その頻度，発生時等
- 一 沈下物（既設ケーブル，沈船，魚礁等）
- 一 通過船舶および投錨の実態
- 一 漁撈の方法および器具
- 一 揚陸地点およびケーブル終端装置

地形，用地，地質，海岸線からの距離，碇子汚損，取付け送電線ルート，電力供給用配電線

水深測定および海底地形の把握には音響測深器を使用し，調査船の位置の確認は，地上の従局 2 点からの距離を電波測距儀により測定することにより行った。海底の表面土質の確認は，円筒式採泥器により行った。なお，これらの調査だけで技術的フィージビリティが確認出来なかった区域は，更にサイド・スキャン・ソナー及び海底流速測定器を使用して補足調査を行った。

第 2 回目の補足調査で，北及び南方面に調査区域を拡げて最終的には両端部で 10 km 余り，中央部で 20 km 余りの海域で調査を行った。

今回の調査は，フィージビリティ・スタディのための予備調査であるから，実施のためには最終的に，詳細調査を詳細設計の際に行う必要がある。

Leyte - Dinagat 間

第 1 回の海底調査では，予備踏査で選定されたケーブル揚陸地点のレイテ島側の Hinundayan 南と Dinagat 島の Balete Cove 間で Surigao 海峡を横断して約 6 km の幅（両側 3 km）で音響測深器を使用して行った。この地域の地殻構造線は南北に Surigao 海峡と平行に走っており，西から東に向けて布設するケーブル・ルートの海底の状態は調査区間の北から南まで，殆んど同じようになっている。大体の傾向は下記のとおりである。

- a) 船舶の航行は少ない。大型船の航行はせいぜい 1 日数隻程度でこの附近に港湾は無く投錨する可能性は殆んど無いと考えて良い。
- b) この地域の漁法は原始的な方法のみで，ケーブルに損傷を与えるような漁法は行われていない。
- c) レイテ島の Hinundayan 側から約 10 km の間は多少の起伏はあるが，比較的平坦で海峡の中央部に向かって深くなり，最深部で約 170 m 程度である。調査地域の北側及び南端付近に一部急傾斜の箇所もあるが，ルートはその部分を避けた方が良い。

海底物質は貝殻およびサンゴ混りの砂質でケーブル布設に障害は無い。

- d) 海峡中央部の深度約 200 m の最深部のところに幅 3 ~ 5 km に亘って岩質で起伏の多い海底面になっていて、1 部サンゴが生えているところがある。全体的に起伏が多く、ケーブル布設の際にブリッジになる可能性が大いにある。補足調査の結果、予定ルートより約 5 km 南に岩質の海底ではあるが、比較的起伏の少ないルートが見付かった。
- e) 予定線上で Himundayan から約 17 km の所に急傾斜の段差がある。高低差は 10 ~ 40 m 傾斜角は 10 ~ 40 度である。南へよせるとこの傾斜は次第にゆるくなり、選定されたルート上では問題にするほどのものではない。
- f) そこから Dinagat 島に向けては、深度約 100 m の平坦な海底で、Dinagat 島近くで漸次浅くなっている。海底物質は、貝殻、サンゴ混りの砂質で、ケーブル布設に問題は無い。北寄りには一部層状の段差のある岩が折出しており、この地域は避ける必要がある。
- g) この海峡で観測された最大海底流速は 1.0 m/sec 余であった。
- h) ケーブル揚陸地点はレイテ島側は、Hinundayan 南約 5,000 m の海岸線沿いの砂浜とし、ケーブル終端設備設置個所は、海岸線から約 200 m 離れたヤン林の中に選定した。近くに 11 kV の配電線があるが、信頼性が高い電源とは云えない。Dinagat 島側は、Balet Cove 南側とし、ケーブル終端設備は、海岸線から約 300 m 入った岡の上とし、頻度の多い北ないし北東の強風に対しては北側の屋根の蔭になっている。近くに利用可能な電源は無い。音響測深の結果による海底地形図および調査結果により選定されたケーブル・ルートは Fig 7-11 に示すとおりである。ケーブル亘長は約 33 km である。

Nonoc - Mindanao 間

Nonoc 島からミンダナオ島の Surigao 附近への最短ルートは Nonoc の南端から Surigao の東北を結ぶルートであるが、ここは Hinatuan Passage の最狭部で、海流が非常に速く渦を巻いて流れている。1979 年の予備測量の結果によると、海底の状態も起伏が激しく、ケーブル布設は無理である。

予備踏査の際に選定されたケーブル・ルートは Hanigad 西海岸と Surigao の東の Bilan Bilan を結ぶルートであった。このルートは比較的距離も短かくまた、架空送電線との接続も容易である。ただし、Bilan Bilan から真直ぐ Hanigad へ向うルートは Surigao 港の投錨地域にかかるために、条件の良くない東寄りにルートを変える必要があり、ケーブル埋設の距離も長くなる。

Hanigad - Bilan Bilan の代替ルートとしては Nonoc - Lipata 間が選定された。Surigao 市部の西では市部の将来拡張、湿地帯の介在で、Lipata までの間にケーブル揚陸、終端設備設置の適地は無い。このケーブル・ルートは Hanigad - Bilan Bilan と比較して約 2 km 長くなる。

Hanigad - Bilan Bilan および Nonoc - Lipata 間で合計 36 ルートにつき音響測深を行い、また船舶航行についても調査した。第 2 回目の補足調査では、中央部の岩の多い区域をサ

イド・スキャン・ソナーによる海底面の探査を行ない、海底流速の測定は海流が一番速い地点で行った。結果は下記のとおりである。

- a) この地域を通過する比較的大型の船舶の数は1日数隻である。また、Surigao港附近には常時2～6隻程度の船舶が投錨している。調査期間中に一例ではあるが、大型船が1隻投錨地域外に投錨していた例がある。Lipataには新設のフェリー・ターミナルがある。ここでの投錨は考えられてないとのことであるが、安全の為、その近くは避けた方が良いと考えられる。
- b) 漁法は原始的方法だけで、ケーブルに傷害を与えるような可能性は考えられない。
- c) HanigadとBilan Bilanを結ぶルートは、Nonoc西側の半島南半分の沖およびBilan Bilan近くの海底は起伏が激しくまたその中間にサンド・ウェーブ地帯がある。このルートはケーブル布設には適当でないと判断される。
- d) 広い地域に亘る調査の結果、Nonoc島のKantiasayとLipataを結ぶルートで狭い地域ではあるが、比較的良好ルートがあることがわかった。このルートの概要は下記のとおりである。

— Lipataから約7 kmまでの区間は、平坦な海底で、貝殻、サンゴ混りの砂質の土質で、深度は最大70 m程度である。

— Lipataから7～9 kmの約2 km幅の地帯は海底は岩質基盤の上に砂が堆積した海底で表面は比較的平坦であり、所々に岩が折出しているが、特に大きな傾斜は無い。この岩質の海底は西北から東南へ、地殻構造線の方向に走っており、Nonoc島とミンダナオ島を結ぶ場合避けることはできない。選定ルートを外れた地域は海流の関係で堆砂が無く、起伏の激しい海底になっている。この区間は全ルート中一番深く、深さ約80 mである。ケーブル布設に当ってはブリッジしないように注意する必要がある。また、布設後に布設状態をチェックする必要がある。

— Lipataより9 kmからKantiasayにかけては海底は比較的平坦で、貝殻およびサンゴ混りの砂からなっている。

- e) ルートの南寄りのNonoc島南部は海底状態が悪く、また、北寄りもHikdop島に近くなると悪くなり、選定ルート以外のルートは考えられない。
- f) 選定されたルートで海流の流速が最大になるのはHanigadとHikdop間の速い海流が流れる地域であり、この地域で測定された最大表面流速は1.3 m/secであった。ただし、海図によると3～4 knotsとなっている。このルートで観測された海底流速は0.9 m/secで特に問題になる流速ではない。ルート中間の海峡が広がっている所での表面流速は1 m/sec以内であった。
- g) Nonoc島側のケーブル揚陸地点はKantiasay近くの砂浜とし、ケーブル終端設備は、海岸線から約100 mの尾根の上とする。この地点へはNonoc島内の既設道路から1 km

余りの取付け道路を建設する必要がある。また、この地点には利用可能な電源は無い。

Surigao 側の Lipata 地点は、一番良いと思われる所にココナツの精製工場がある。北または南側が考えられるが、北側はフェリー・ターミナルと距離が近いので南側を選定した。南側は北側より遠浅でケーブル埋設距離は長くなるが、経過地が砂質土なので特に問題にはならないと思われる。揚陸地点の海岸沿いに村落があり、2軒程度立退きの必要がある。ケーブル終端設備は海岸線から約140m上った低い岡の上に選定した。この地点は道路から近く、また11kV配電線が近くにある。

音響測深器による海底地形測定結果およびケーブル・ルートはFig 7-12に示すとおりである。ケーブル亘長は約16kmである。

7.3.2 海底ケーブル

(1) 予備設計の概要

a) ケーブル種類の選定

本プロジェクトに採用するケーブル種類として過去の実績よりソリッドケーブルおよびOFケーブルについて比較検討する。

ソリッドケーブルは、OFケーブルに比べて、絶縁層の油抜けの問題があり、電氣的信頼性の面で劣り、使用電圧は300kVが限度であると云われている。また、ソリッドケーブルは、深海になると海水の外圧による影響があり、導体を楕円構造にするなどの設計上の配慮が必要である。

一方、OFケーブルは、加圧給油することによって、絶縁特性が向上し、電氣的信頼度が高い。しかし、OFケーブルは給油装置を必要とし、これの保守点検を要する。

本プロジェクトでより条件の悪いSurigao海峡横断でも海底ケーブル亘長は約33km、最大水深約200mであり給油設計の面で大きな問題はなく、また静止型の給油装置を使用することが可能であると思われるので保守点検面の負担は大きくない。

なお、電力ケーブルとしてはこれらの外にGFケーブル、XLPEケーブル等がある。GFケーブルは電氣的信頼性の面でOFケーブルにはおよばないが、ソリッドケーブルより優れている。しかし特殊な製造技術を要する為、世界的にみても使用例は少ない。XLPEケーブルは直流高電圧ケーブルとしての性能を実証し得るものはまだなく、既設の直流用ケーブルとしての実績も皆無である。

本計画の送電線は、大容量連系線であり海底ケーブル事故時の停止による経済的損失は極めて大きく海底ケーブル自体高い信頼度を確保することが必要である。従って本プロジェクトではケーブルの電氣的信頼性の面で最も優れているOFケーブルを採用することとする。

b) ケーブルサイズおよび布設条数

ケーブル・ターミナルは、海岸線より約200mの範囲内に設置される。この為、海底ケーブルから、ケーブル・ターミナルまでの区間は、地中ケーブルで連結することとする。

ケーブルの電流容量は、布設される周囲の土壌の熱抵抗に依って支配されるが、送電電力400MW（第2期）に見合うものとして土壌の固有抵抗 100°C cm/W 以下であれば、 600mm^2 で充分である。しかし、今回は現地の固有熱抵抗が不明であるので最終設計では陸上部の地質調査によって固有熱抵抗を把握した後地中および海底ケーブルサイズを決定すべきである。

HVDCシステムの主回路構成は、双極1回線、中性点両端接地方式としたので、海底ケーブル1条が損傷しても、大地帰路方式に依り、健全極で送電容量の $\frac{1}{2}$ の電力を送

電することが可能である。この為、ケーブル条数は、2条とし、予備ケーブルは考えないものとする。

c) 絶縁設計

直流ケーブルの絶縁体の構成は、導体最高温度および絶縁体に定常運転電圧、極性反転電圧および異常電圧が加わった場合に絶縁体内に生ずる電位分布と電界分布にもとづいて設計される。

即ち、直流ケーブルの絶縁体内の電位分布は、絶縁抵抗によって定まるが、この絶縁抵抗は、温度ならびに電位分布そのものによって変化する。更に電位分布は、負荷条件に依って複雑に変化することを考慮する必要がある。ただし、直流ケーブルでは、誘電率(ϵ)、誘電正接($\tan \delta$)の大きさで決まる誘電体損失の発生がない為、高密度の絶縁紙を使用することが出来るので絶縁特性の向上が期待できる。

OFケーブルの場合、絶縁体の最大使用電位傾度は、おおよそ35 kV/mmであり、絶縁紙の厚さは、これに製造および布設上の裕度を見込むものとする。

本プロジェクトでは、海底ケーブルの定格電圧が350kVなので、絶縁厚さはおおよそ22.0mmとなる。

ケーブル・ターミナル地点は、海岸近く設置されるので、ケーブル終端接続部用がい管の海塩汚損による絶縁性能の低下が考えられる。このため、がい管には、耐汚損設計を考慮するとともに必要に応じて、洗浄することを考慮する。

本地域は、多雷地帯であることを考慮して、ケーブル両端のケーブル・ターミナルには、避雷器を取付け、雷撃時の侵入サージに対してケーブルを保護するものとする。

d) 給油設計および給油装置

OFケーブルの内部絶縁油は、負荷の投入しゃ断等に伴うケーブルの温度変化に依って、膨張、収縮する。この為、油量の増減や油圧の変化が生ずるので、これを補償し、油圧を常に一定範囲に維持する必要がある。

油圧および給油装置容量の設計は、ケーブル内の油圧変化に関係する油通路経と油の粘度を考慮して行い必要がある。

e) ケーブルの鎧装および防護方法

ケーブルには、漁具や錨に依る外傷防止並びに布設張力に対する機械的補強を目的として、鉄線の鎧装を施することとする。

海底ケーブルの断面構成をTable 7-1およびFig 7-3に示す。

海底ケーブルの防護の目的は、漁具や錨に依る外傷および波浪によるケーブルの損傷を回避することであり、その具体的方法は、海底地形や底質に応じて検討しなければならない。

本プロジェクトでは、次のとおり想定することとした。

海岸から水深 50m までの範囲のケーブルを主としてジェット埋設工法によって海底に埋設し、更にこの区間の中、海岸側の水深 20m より陸側の区間については、鑄鉄製防護管を取付けるものとする。なお、両海峡の浅海部では、一部サンゴ礁がつかっているが、ここではケーブル布設に先行して海中土木機械によりトレンチを掘っておき、その中にケーブルを布設した後に砂袋または、コンクリートに依って蔽う工法とする。

f) ケーブル・ターミナル

各ケーブル・ターミナルには、ケーブルの終端接続箱および架台、給油装置、引出送電線の為の鉄塔、ケーブル保護用避雷器等が設置される。また、通信回線が必要であり、これ等の電源として太陽電池又は配電線が引込まれる。

ケーブル・ターミナルのレイアウトの一例を Fig 7-4 に示す。

Table 7-1 Construction of OF Submarine Cable

Conductor	Nominal cross-sectional area	mm ²	600
	Outer diameter	mm	42.4
Hollow oil duct	Inner diameter	mm	25
	Steel tape thickness	mm	1.5
Inner-carbon black screen layer		mm	0.3
Insulation layer		mm	22.0
Outer-carbon black screen layer		mm	0.15
Lead sheath thickness		mm	4.5
Reinforcement layer		mm	1.0
Corrosion protection layer		mm	4.5
Outer-bedding layer		mm	1.5
Steel armor wire		mm	8.0
Outer covering jute		mm	4.75
Finished outer diameter		mm	142
Approximate weight		kg/m	57

Fig. 7-3 Cross Section of Submarine Cable
Leyte-Mindanao Power Transmission Project

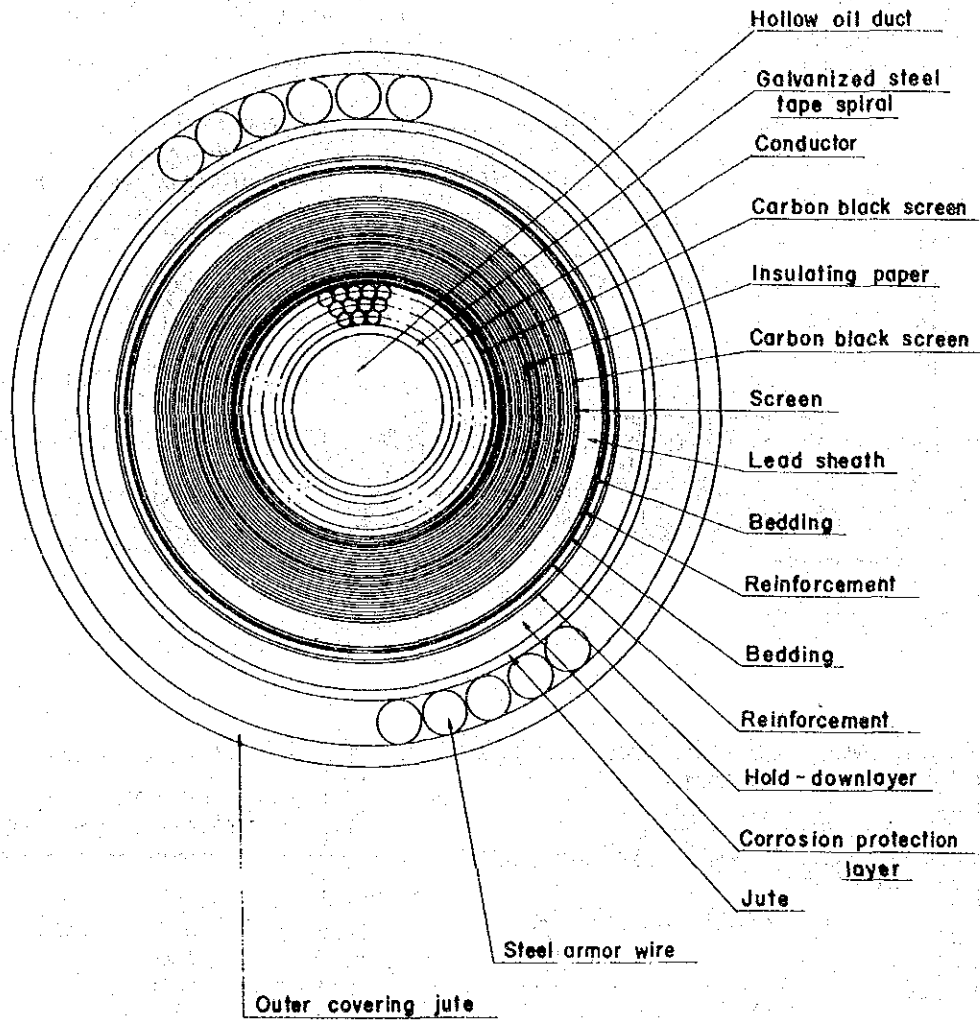
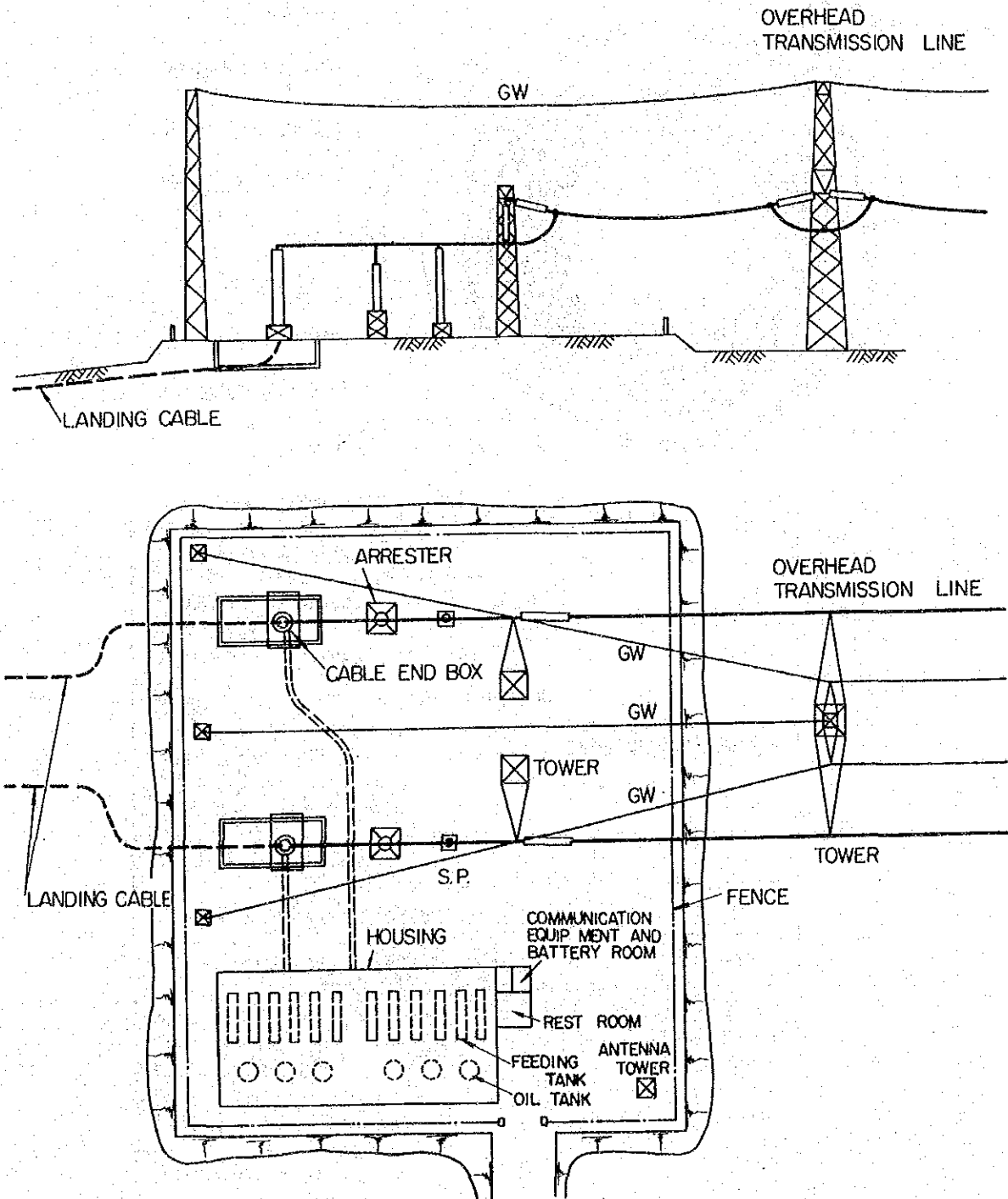


Fig. 7-4 Cable Terminal Arrangement

SCALE 1:500



g) ケーブル布設工事

海底ケーブル布設は、海象が最も安定している4～6月に実施することとし、これに先行して予備的土木工事、ケーブル・ターミナル関連工事を、また布設後にケーブル防護工事等をそれぞれ数ヶ月にわたって実施することとする。

(3) 海底ケーブルの設備概要

亘	長	Surigao 海峡	33 km (200 m)
(および最大水深)		Hinatuan Passage	16 km (70 m)
電	圧	DC±350 kV	
海 底 ケ ー ブ ル		600 mm ² 単心 OF ケーブル	
		(鉛被, 8 mm φ 鋼線一重鎧装)	
布 設 条 数		2 条	
防	護	海底埋設および防護管取付	
ケーブル・ターミナル		終端接続箱, 架台, 引出鉄塔, ケーブル保護用避雷器	

7.4 接地電極と接地電極線

7.4.1 大地帰路の検討事項

本プロジェクトの直流送電線は、基幹連系線であるため、その信頼度の面から主回路構成は、双極1回線送電、中性点両端接地方式を採用することは、既に第5.2.2項(直流送電パターン)で述べたとおりである。この方式は、送電線両端の変換所の近くに設置した中性点接地電極で接地するものであり、常時変換器用変圧器のインピーダンスや制御角のアンバランス等に依り、負荷電流の数%のアンバランス電流が大地に流れる可能性がある。

さらに、片極故障時には健全極を利用し大地帰路回路で $\frac{1}{2}$ の電力を送電することが出来るが、大地または、海水に流れる負荷電流に依る埋設金属体の電食、磁気コンパスおよび通信回線等に対する影響を検討する必要がある。

埋設金属体の電食、通信回線に対する影響は、接地電極設置地点の選定で十分配慮すべきである。

磁気コンパスに対する影響は、海底ケーブルに流れる直流電流に依り、磁気コンパスを使用している船舶のそれに対してコンパス誤差を生じる現象である。この大きさは、負荷電流の大きさ、ケーブル水深、布設方向、布設間隔に依り左右される。

Surigao 海峡, Hinatuan Passage について、負荷電流(590 A)に依り影響を受ける磁気コンパスの誤差は、概略検討に依ると、ケーブル布設間隔100 m, 水深100 mの場合、海面上で双極運転時、片極大地帰路運転時いずれの場合でも1°以内であり殆んど影響はないものと思われる。海底ケーブル・ルートおよび布設間隔の決定の際には、船舶の磁気コンパスの

使用状況についても十分調査すべきである。

7.4.2 接地電極および接地電極線

(1) 接地電極設置場所と接地電極線ルートを選定

a) 選定方針

接地電極は、陸上、海岸または、海中に設置することが考えられるが、経済性、施工性、設備管理面等を総合的に判断して決定するものとする。

海岸、または、海中に設置する場合は、大地または、海水に流れる電流の他施設に与える影響が少ないこと、狭い場所にコンパクトに設備することが可能である等の理由に依り、変換所が海に近い場合、一般に接地電極を海岸または、海中に設置することが多い。

接地電極の設置点決定に際して、調査すべき主要事項としては、大地固有抵抗、土壌の水分、埋設金属物、電話線、人畜接近の可能性、変換所からの距離と搬入道路等が挙げられる。

b) 接地電極設置場所と接地電極線ルート

接地電極設置点の調査は、地形図および海図に依って推定し、候補地点について踏査並びにヘリコプターに依る観察を行った。

本計画で変換所を予定している Jaro (レイテ島北部)、Butuan (ミンダナオ島北部) 地点は、両地点とも比較的、海に近い為、前項 a) 選定方針に依り、海岸に主眼を置いて調査した。Carigara 湾、Butuan 湾の調査地点を Fig 7-5 に示す。

i) Managnas 電極 (Jaro HVDC 5/8 側)

Carigara 湾の西岸部にある Managnas 附近を電極候補地点として選定した。この地点は、遠浅であり、しかも海岸線が地域住民の通路として使用されている状況であるため、これを考慮した電極を設計する必要がある。

ii) Carmen 電極 (Butuan HVDC 5/8 側)

Butuan 変換所側の電極候補地として、Butuan 湾西方の Carmen 地点を選定した。この地点も海底は遠浅である。

電極線ルートは、これらの電極設置地点より出来るだけ道路に沿って変換所へ至るルートとする。

現時点における電極設置地点は、以上のとおりであるが、海岸地形および周囲環境等について詳細調査を実施して最終的に決定すべきである。

(2) 接地電極および接地電極線の予備設計

a) 接地電極







海岸または、海中電極の場合、電極自身の耐食性、保守、交換の難易、漁業に対する

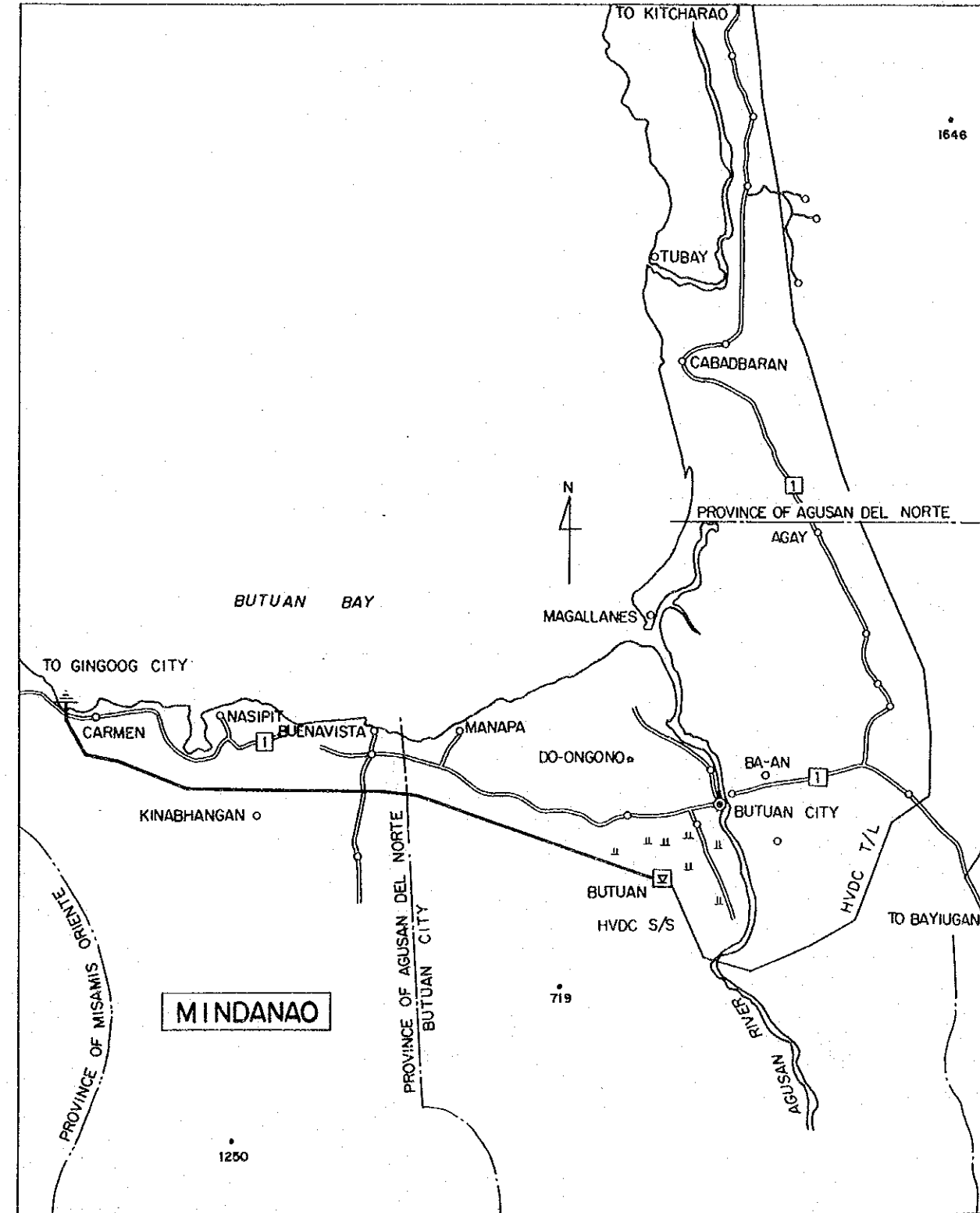
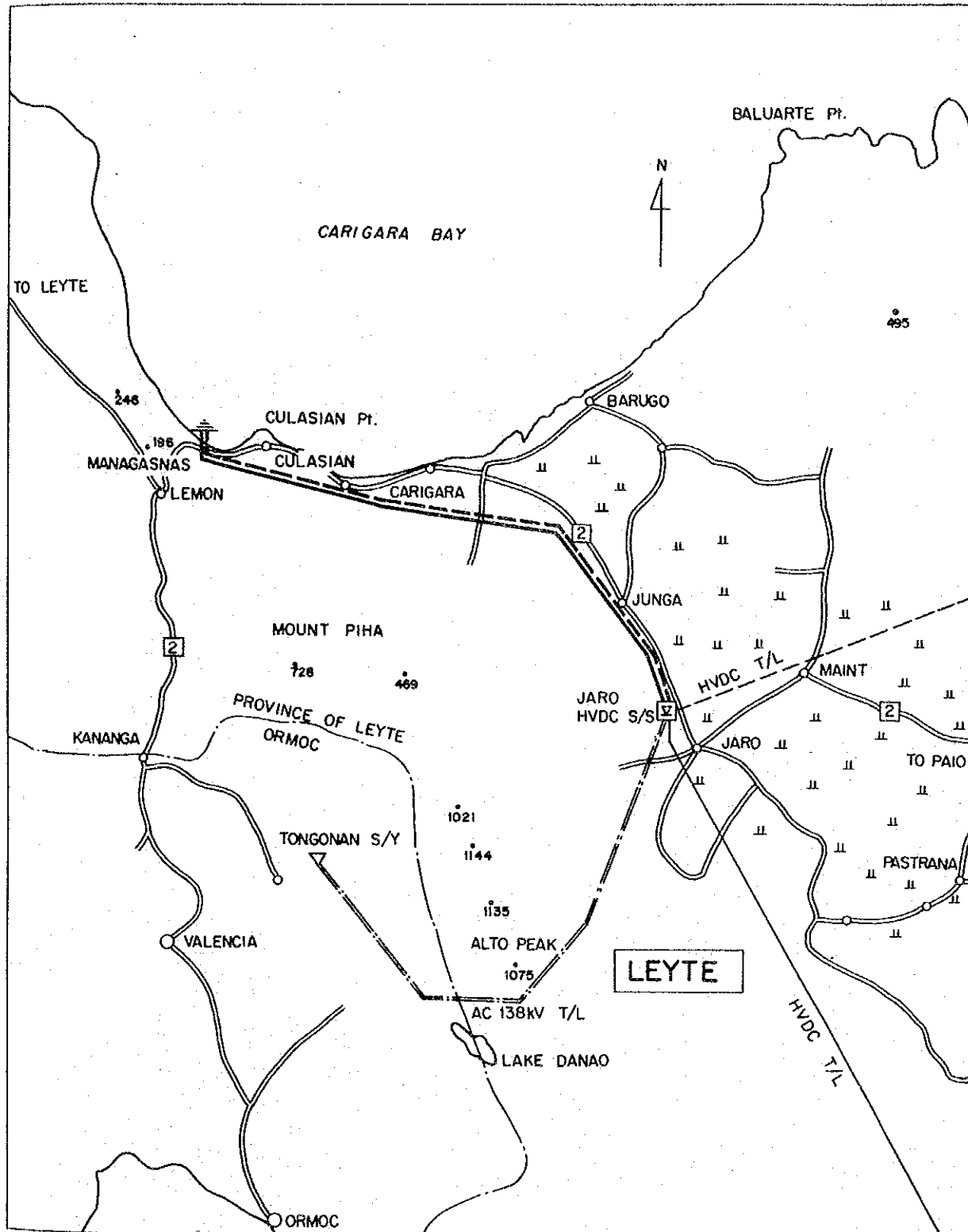
Fig. 7-5 Electrodes and Electrode Lines

SCALE 1:250,000

0 5 10 15 20 km

LEGEND

-  ELECTRODE (PROPOSED)
-  ELECTRODE LINE (PROPOSED)
-  HVDC TRANSMISSION LINE
-  ELECTRODE LINE (PROPOSED BY LEYTE PROJECT)
-  HVDC TRANSMISSION LINE (BY LEYTE PROJECT)
-  AC 138kV TRANSMISSION LINE (BY LEYTE PROJECT)



影響等が重要な課題となる。電極材料としては、耐食性が比較的良く、安価なグラファイトを使用するものとする。また電極形状は表面電流密度を考慮して約 10 cm (直径) × 約 2 m (長さ) の棒状の構造とし、これに 1 本当り 50 A の電流を通ずるものとして 1ヶ所の電極棒は 12 本 (負荷電流 570 A) で構成する。これらの電極の配置を Fig 7-6 に示す。

Jaro HVDC 側, Butuan HVDC 側電極とも渚部が付近の住民の交通路として、使用されており、且つ遠浅の海岸地形であるので、海岸から 300 m 程度沖合の水深約 4 m 程度の場所に電極を設置する。

電極を収納したコンクリート製ケースを電流分布が均一になるように円形状に配置する。電極と陸上の電極線ターミナルとの間は海底ケーブルで接続する。それぞれのコンクリート製ケースを波浪から防護する為、コンクリートブロックやテトラポットで埋設するが、海水が自由に出入できるような構造とする。また、電極周辺には、人や魚類の接近を防ぐ為にフェンスを張りめぐらす。

b) 接地電極線

電線は直流電流 570 A に見合うサイズとする他、電線断線時を考慮して ACSR 240 mm² 2 導体とする。

碍子連結個数は、250 mm 耐霧碍子 (亜鉛スリーブ付) 2 個連とする。

支持物は、鉄柱および木柱とし、接地電極から数 km の区間は、電蝕の面より木柱を使用する。

c) 接地電極および接地電極線の設備概要

接地電極地点	Jaro HVDC 側	: Managasnas (Carigara 湾)
	Butuan HVDC 側	: Carmen (Butuan 湾)
亘 長	Jaro HVDC 側 ~ Managasnas 電極	28 km
	Butuan HVDC 側 ~ Carmen 電極	30 km
電 線	240 mm ² ACSR 2 導体	
碍 子	250 mm 耐霧碍子 (亜鉛スリーブ付) 2 個連	
支 持 物	鉄柱および木柱	

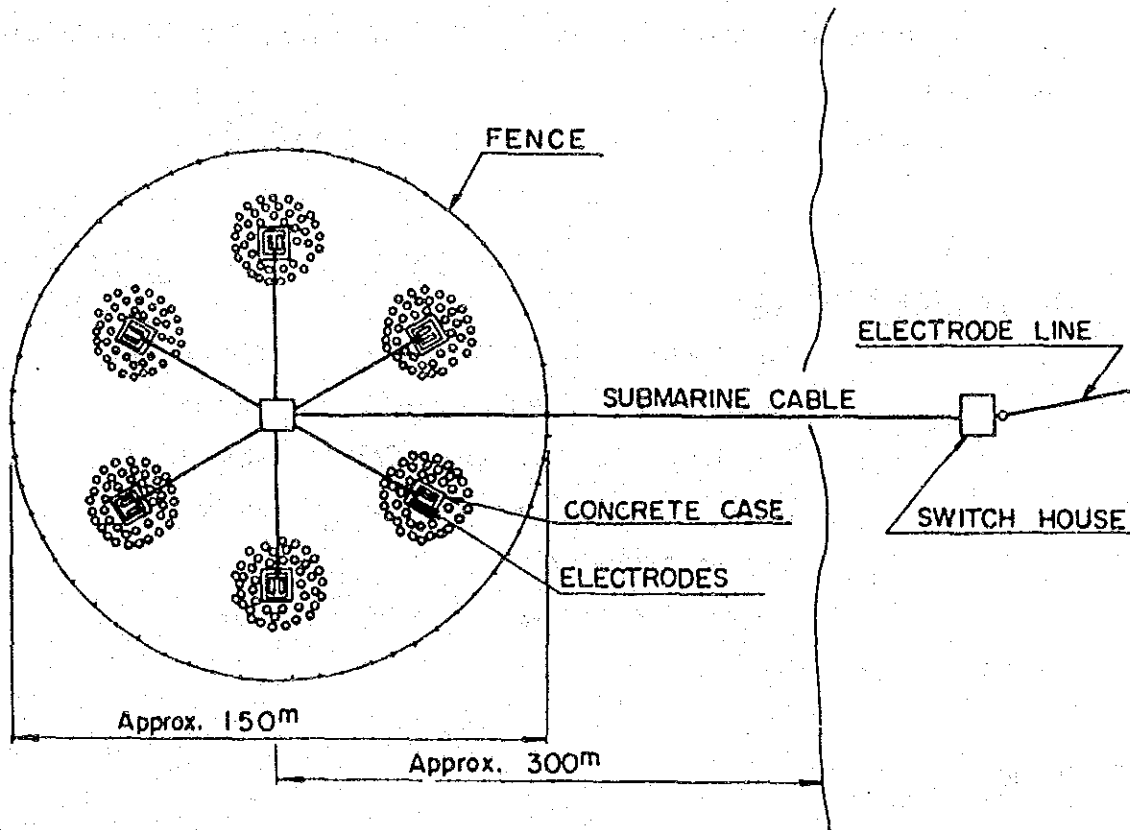
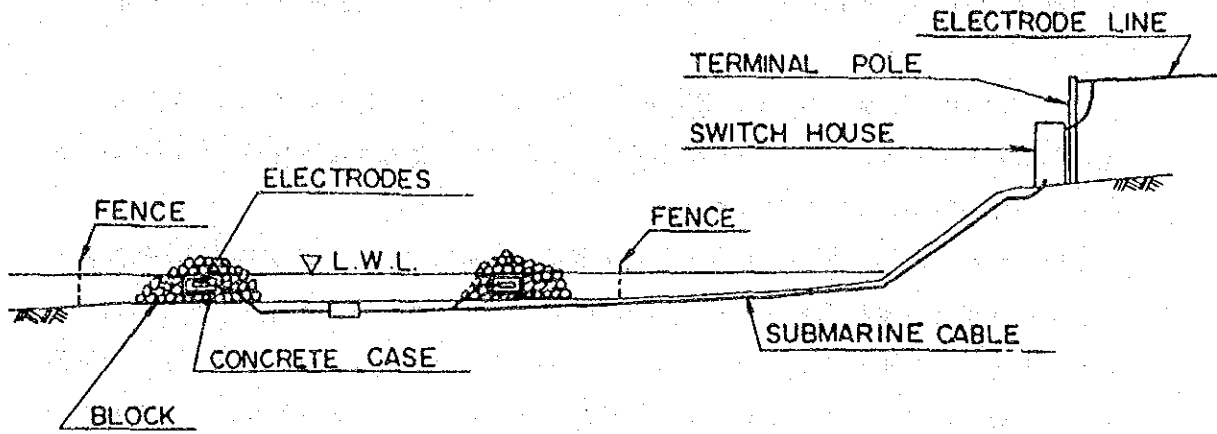
7.5 変換所

7.5.1 適用規格

交流機器 ; ANSI

直流機器 (サイリスタバルブ) ; IEC

Fig. 7-6 Electrode Arrangement



7.5.2 気象条件

	Butuan	Jaro
(1) 標高	1,000 m 未満	1,000 m 未満
(2) 最高気温	40°C	40°C
(3) 最大風速	40 m/sec	40 m/sec
(4) 大気清浄度	clean	clean
(5) 汚損	0.03 mg/cm ²	0.01 mg/cm ²
(6) 地震(加速度)	0.3 G	0.2 G

(サイリスタバルブは動的設計を行う)

7.5.3 信頼度目標値

Luzon-Leyte 送電計画の信頼度目標値に準拠する。

7.5.4 連系交流系統の系統条件(ButuanおよびJaro変換所地点)

(1) 周波数変動(目標値)

60 Hz ± 0.3 Hz 連続
- 1.5 Hz 1分間

(2) 変換所母線電圧変動(目標値)

138 kV ± 5%

7.5.5 変換所の概略設計

Luzon-Leyte-Mindanao 直流3端子システムの概略スケルトン(Butuan変換所のみ)を Fig 7-7 に示す。

(1) 設備定格

第1期 DC + 350 kV, 570 A (200 MW)

単極構成, 導体帰路方式

第2期 DC ± 350 kV, 570 A (400 MW)

双極構成

(2) 運転形態

12相運転とし, 順および逆変換器運転の双方を可能とする。このため, サイリスタ・バルブ出力側に極性切り替えスイッチを設備する。

(3) 基本制御方式

順および逆変換器運転の双方共定電流(定電力補償付き)制御とする。

(4) 主要設備

a) サイリスタ・バルブ

交流・直流変換を行うための主要機器

- 片極2群構成とする。
- 順および逆変換器運転を行うので、双方のバルブ群は直流350 kV回路に接続されることを考慮した絶縁レベルとなる。
- バルブは屋内型空気絶縁空気冷却方式を推奨する。

b) 変換器用変圧器

変圧器1次電圧をサイリスタバルブが定格直流電圧を発生するために必要な2次電圧に変換すると共に、交流・直流間を絶縁する役目もする。

- サイリスタバルブと同様片極2群構成となり、2次側をそれぞれ4およびスター結線とし30度の位相差を持たせることにより12相運転を行い高調波発生量の低減を図る。

- 2次側の絶縁は両群共 Full 絶縁とする必要がある。

- 2次定格電圧は2端子送電と異なり逆変換器運転時の値が採用される。

すなわち、Butuan HVDC $\frac{3}{8}$ は逆変換器運転時定電流制御を行うが、この時の制御角は常時の交流電圧変動および過渡時の直流・交流電圧変動に対して転流失敗に至らない値を選定する。この値は25度から30度程度か、場合によってはそれ以上の値になる為、定格付近の直流電圧を発生するには変圧器の2次定格電圧を順変換器運転時の定格電圧より高くして対処することになる。

2次定格電圧は変圧器定格容量ばかりでなく、バルブ絶縁、フィルタ、調相設備の設計にも影響を与えるので、2次電圧決定に際しては十分な検討が必要である。

c) 直流リアクトル

直流電流リップルの低減および事故電流を抑制するために設置される。

- 直流リアクトルの値は設備の最少連続運転電流、基本周波数近傍での共振、転流失敗電流の抑制等を勘案して選定される。

d) 交流・直流フィルタ

交流・直流変換に伴って発生する高調波電圧・電流を吸収するために設置される。

- 12相運転を行っているので交流側には11, 13, HP, 直流側にはHPフィルタが設置されている。
- 交流フィルタは基本波に対して、進相の無効電力供給源となる。

e) 調相設備

変換器が運転する際に消費する遅れの無効電力を供給するために設置される。

- 第1期は電力用コンデンサ、交流フィルタ、第2期はフィルタおよび安定運転のため

Fig. 7-7 Single Line Diagram (Preliminary)
 (Three Terminal HVDC Transmission)

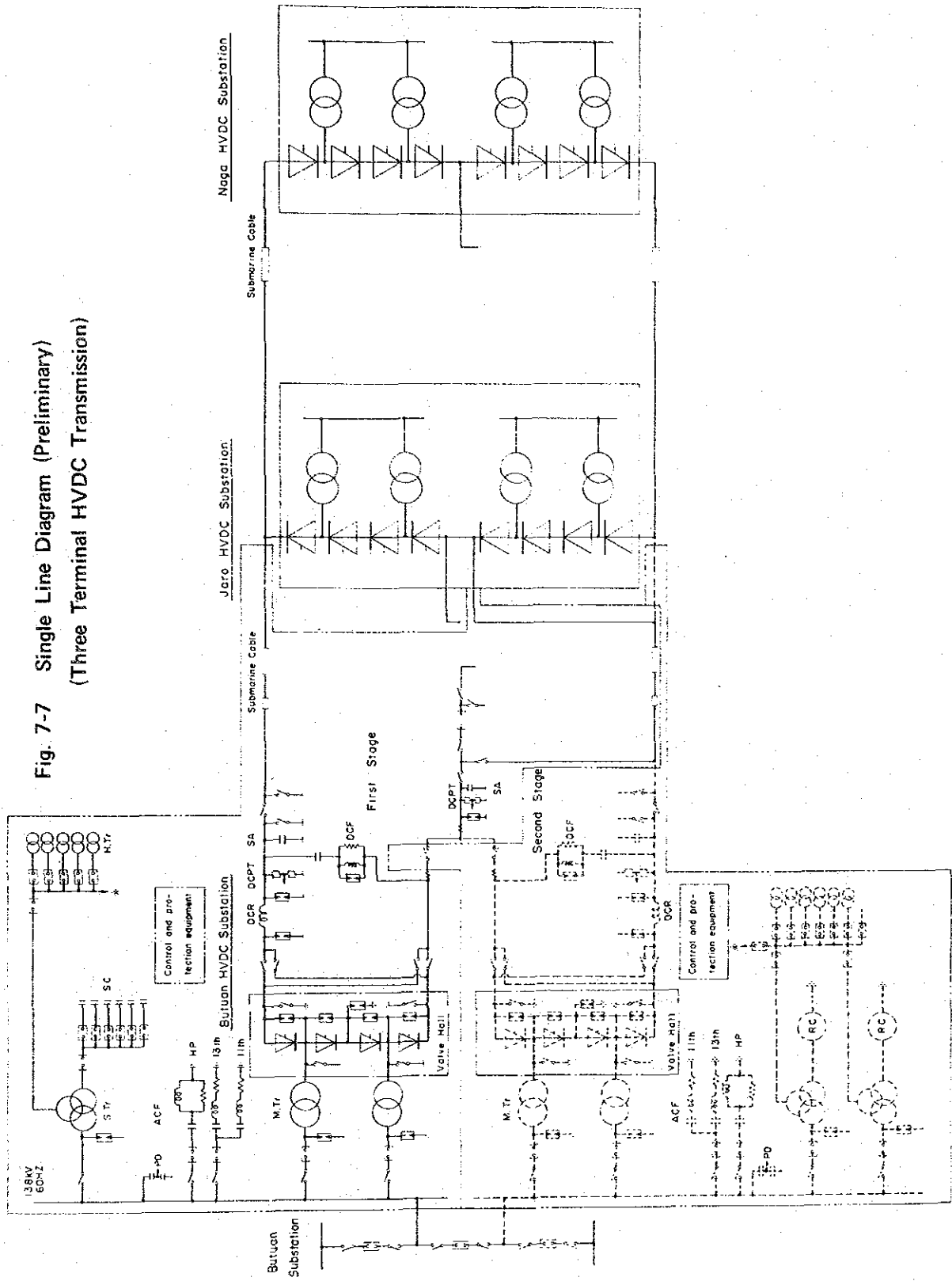


Fig. 7-8 Layout of Butuan HVDC Substation (Preliminary)

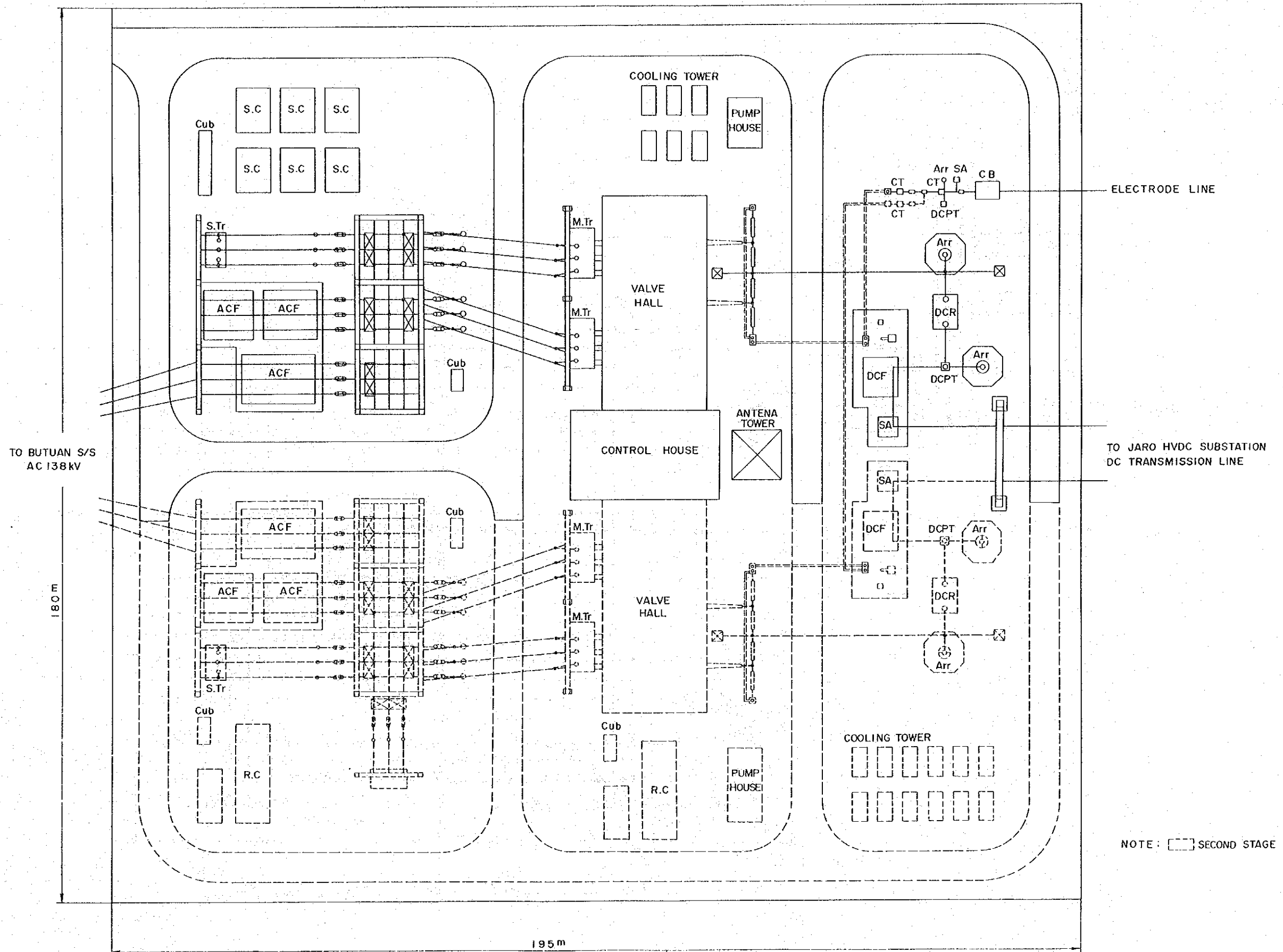
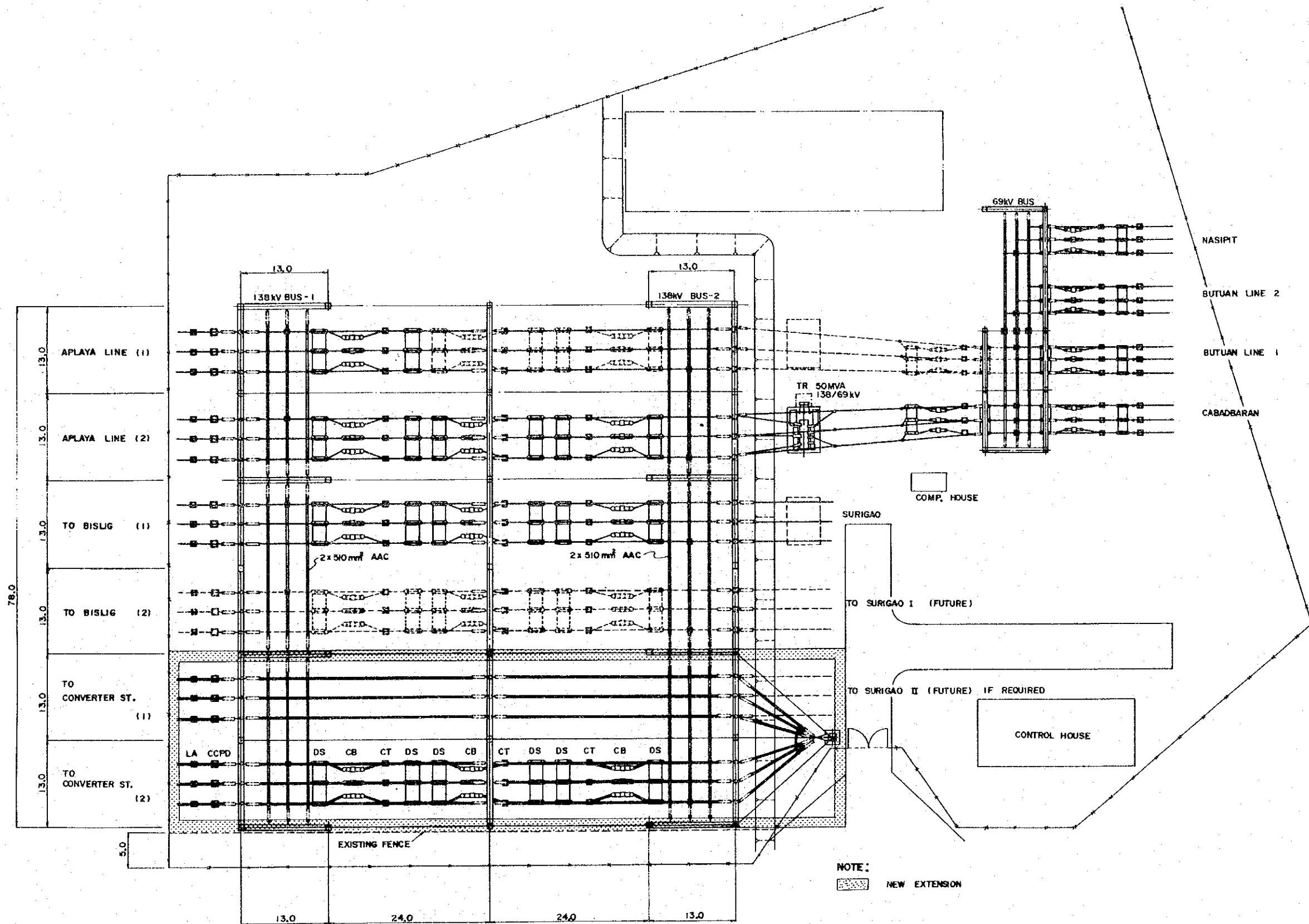


FIGURE 7-9 LAYOUT OF BUTUAN SUBSTATION (TENTATIVE)



めに設置する同期調相機または SVC により供給する。

7.5.6 変換所のレイアウト

Butuan 変換所のレイアウトを Fig 7-8 に示す。

第 2 期の (最終ステージ) の敷地面積は $180\text{m} \times 195\text{m} = 35,100\text{m}^2$ 必要であるが、一部盛り土を施せばこの面積は確保できる。

7.6 関連変電所

Butuan HVDC s/s で直流 $\pm 350\text{kV}$ から交流 138kV に変換された最大 400MW の電気は 138kV の交流 2 回線送電線を通して Butuan 変電所の 138kV 母線に送電される。

このために同変電所の 138kV 屋外開閉所は 2 ベイ分道路側方向に拡張する必要があり、同時に既設のコンクリート塀と既設側溝を最低 5m 道路側に寄せる必要がある。この関連の 138kV 機器の定格電流は 400MW の全電力の送電を考慮して $2,000\text{A}$ とする。

ブス導体として、現在、AAC 795 MCM 2 導体を使用しているが、これは電流容量の点から、AAC 510mm^2 2 導体と交換する必要がある。

又既設機器の定格容量の不足が充分考えられるので詳細設計時にこの点留意しなければならない。

レイテから電力を受電する時期までに、Butuan から Bislig を経由して Davao に至る送電線を 2 回線化する必要があるが、この案は NAPOCOR で既に計画中である。

Butuan s/s の拡張部分の配置は Fig 7-9 に示す。

7.7 通信システム

HVDC 送電システムは 1 期と 2 期に分けて建設されるが、通信設備の大部分は第 1 期、第 2 期の両 HVDC システムに共通した設備であるので、第 1 期に主要通信設備を完成させるものとする。

7.7.1 設計条件

本計画による通信設備は下記条件により設計する。

(i) マイクロ波無線設備

a) 使用周波数帯

使用周波数帯は、既設設備との関連および当地の気象条件等を考慮し、この予備設計では 2GHz 帯を前提として検討したが、最終的には Luzon - Leyte 送電計画で採用する周波数を使用するものとする。

b) 回線信頼度

マイクロ波回線に割当てられる回線信頼度 (不稼働率) は 5×10^{-5} 以下を目標とする。

c) ダイバシティ方式

海上または海岸線の伝はん路で、所要の伝はん路信頼度が得られない区間についてはスペースダイバシティ方式を採用する。

d) 伝送品質

長距離幹線マイクロ波回線の一部を構成することになるので、国際無線通信諮問委員会勧告の CCIR Rec. 393-2 の品質規格を満たすことを目標とする。

e) 伝送容量

将来の増設も見込んで、300 CH 容量とする。

f) 置局選定

予備設計では、地図上および概略の現地調査により中継局位置を選定しているが、実施設計時には詳細な現地調査を行った上で位置を決定する必要がある。

(2) 制御、保護用情報伝送装置

a) 伝送速度

HVDC システムの制御および保護用信号には高速度伝送が要求されるため 42 kb/s の伝送速度を採用する。

b) 冗長方式

本システムには高信頼性が要求されるため情報伝送装置を二重化する。

(3) 監視用情報伝送装置

HVDC $\frac{5}{8}$ 間の監視用情報伝送は高速度伝送の必要はないが、高信頼性が要求されるため、伝送速度は 1,200 b/s、伝送装置は二重化システムとする。Butuan HVDC $\frac{5}{8}$ ~ Butuan $\frac{5}{8}$ 間の情報伝送装置は 200 b/s の低速度とし、二重化は行なわない。

(4) 光通信装置 (Butuan HVDC $\frac{5}{8}$ 用)

伝送路の符号誤り率を 10^{-7} 以下、通話路数 6 CH、伝送速度 386 kb/s のデジタル光通信装置を設置する。

(5) ケーブルヘッド用通信設備

ケーブルヘッド局の保守用電話および監視用の回線は最も経済的な方式として、太陽電池で供給可能な簡易な無線システムを採用する。

周波数帯は 70 MHz 帯とし、通話方法はプレトークによる片通話方式とする。4 局のケーブルヘッド局に対する監視方式は親局 (Dinagat 局) からのポーリング方式とし、伝送速度は 50 ボーとする。

(6) HVDC 送電線故障点標定装置

標定方式はパルスレーダ式とし、標定区間は架空送電線の部分のみとする。ただし、Dinagat Awasan および Nonoc 島の架空送電線区間については、標定対象としない。

(7) 通信電源装置

a) HVDC 5% 用直流無停電電源装置

無線装置，情報伝送装置用として直流 24 V 自動交換機およびページング装置用として直流 48 V とする。停電時保持時間は 5 時間以上とする。

b) 中継局用太陽電池電源装置

最悪の日射条件においてもシステムを維持できるように設計する。蓄電池の保持時間は 20 日以上とする。

7.7.2 所要通信設備と仕様

本通信設備に必要とされる通信設備は Fig 7-10 および Table 7-2 のとおりである。これらの設備の概略仕様は以下のとおり。

(1) マイクロ波無線装置

- a) 周波数帯 : 2 GHz 帯
- b) 送信出力 : 0.1 W または 0.5 W
- c) 伝送容量 : 300 CH
- d) 伝送方式 : SSB-FM
- e) 冗長方式 : 送受信二重化方式
- f) 空中線形式 : パラボラ空中線

(2) 制御，保護用情報伝送装置

- a) 伝送速度 : 42 kb/s
- b) 信号方式 : 4 相 p s k

(3) 監視用情報伝送装置

- a) 伝送速度 : 1,200 b/s
- b) 信号方式 : F S

(4) 光通信装置

- a) 伝送方式 : デジタル (PCM) 方式
- b) 伝送速度 : 386 kb/s
- c) 伝送容量 : 6 CH
- d) 光ファイバ : 石英ガラス

(5) 電話装置

a) 保守用電話

Jaro HVDC 5% , Butuan HVDC 5% および Butuan 5% 間の保守用電話はトーンリング方式とする。

b) 給電連絡用電話

Jaro HVDC $\frac{S}{S}$ ~ Butuan HVDC $\frac{S}{S}$ および Butuan HVDC $\frac{S}{S}$ ~ Butuan $\frac{S}{S}$ 間の給電連絡電話は共電式とする。しかしながら、詳細設計段階で最終仕様を決定する。

c) 業務用電話

Butuan HVDC $\frac{S}{S}$ に 100 回線容量の自動交換機を設置する。

(6) ケーブルヘッド局用無線装置

a) 周波数帯 : 70 MHz 帯

b) 出力 : 1 W または 3 W

c) 通話方式 : プレストークによる片通話方式

d) 通話路数 : 1 通話路 (電話と監視で共用)

e) 監視方式 : ボーリング方式

(7) 送電線故障点標定装置

a) 標定方式 : パルスレーダ方式

b) 標定区間 : Jaro ~ Hinundayan C/H および Butuan ~ Lipata C/H

(8) HVDC $\frac{S}{S}$ 用電源装置

a) 24 V 電源装置

充電装置 : 24 V 100 A

蓄電池 : 24 V 700 AH

b) 48 V 電源装置

充電装置 : 48 V 30 A

蓄電池 : 48 V 210 AH

(9) 太陽電池電源装置

a) 太陽電池の種類 : シリコン単結晶または多結晶素子

b) 出力 : マイクロ波中継局 400 W

ケーブルヘッド局 50 W

c) 蓄電池の種類 : 鉛蓄電池或はアルカリ蓄電池

d) 蓄電池の電圧と容量

マイクロ波中継局 24 V 1,000 AH

ケーブルヘッド局 12 V 300 AH

(10) 送電線保守用移動無線電話

a) 使用周波数帯 : 150 MHz 帯

b) 送信出力 : 基地局 10 W

車載局 10 W

携帯送受信機 1 W

c) 通信方式 : プレストーク方式

(II) ベーシング装置

a) 方式 : 有線方式

b) 出力 : 200 W

Fig. 7-10 Telecommunication System Diagram

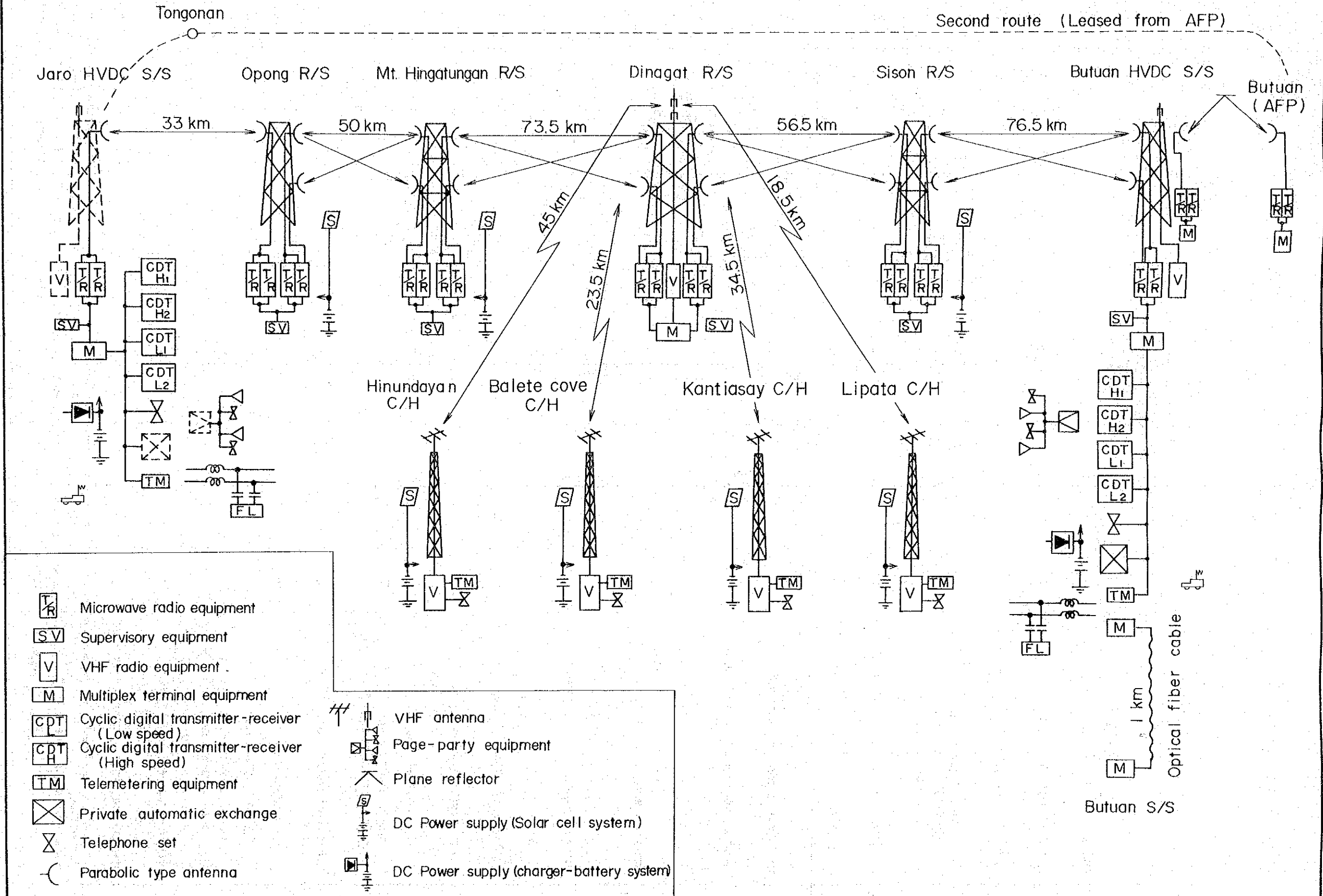


Table 7-2 Telecommunications Equipment List

Name of stations Telecommunications Equipment	Jaro HVDC S/S	Opong R/S	Mt. Hinga- Tungan R/S	Dinagat R/S	Hinunda- yan C/H	Balete Cove C/H	Lipata C/H	Kanti- asay C/H	Sison R/S	Butuan HVDC S/S	Butuan (AFP) R/S
Microwave radio equipment (2 T/R)	1	2	2	2					2	2	1
Multiplex terminal equipment	1			1						2	1
VHF radio equipment (Fixed station type)				1	1	1	1				
(Base station type)										1	
(Portable type)	10									10	
Supervisory equipment	1	1	1	1					1	1	1
Cyclid digital transmitter-receiver (High speed type)	2									2	
(Low speed type)	2									2	
Fault locator (Pulse radar type)	1									1	
Parabolic antenna (3m ϕ)	1	2	2	2					2	2	1
(4m ϕ)		1	2	2					2	1	
Antenna tower (20 m)					1	1	1				
(40 m)		1	1	1					1	1	
Repeater station building (4m x 4m)					1	1	1				
(4m x 6m)		1	1	1					1		
Passive reflector (6m x 8m)										1	
Automatic telephone exchange (100L)										1	
Line trap (500 μ H)	2									2	
Coupling capacitor (0.002 μ F)	2									2	
Page-party equipment											
Hand set 30										1	
Loud-speaker 30											
Telephone set for operation work	1									1	
Charger (DC48V, 200A)	1									1	
Battery (1000AH)	1	1	1	1						1	
(500AH)					1	1	1				
Solar battery (400W)		1	1	1							
(50W)					1	1	1				
Power distribution board	1										
Optical fiber terminal equipment											
Optical fiber cable											2
											1000m

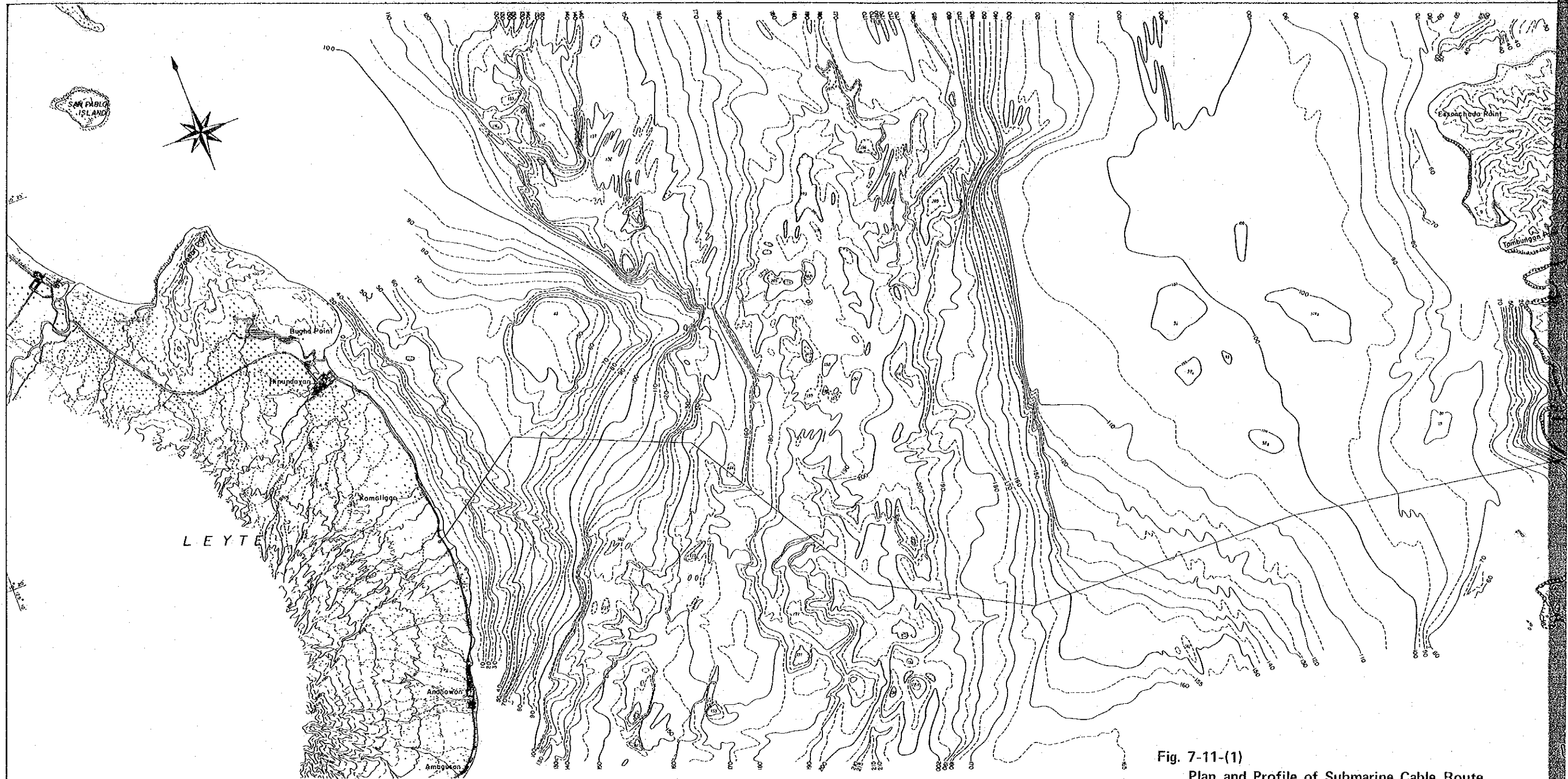
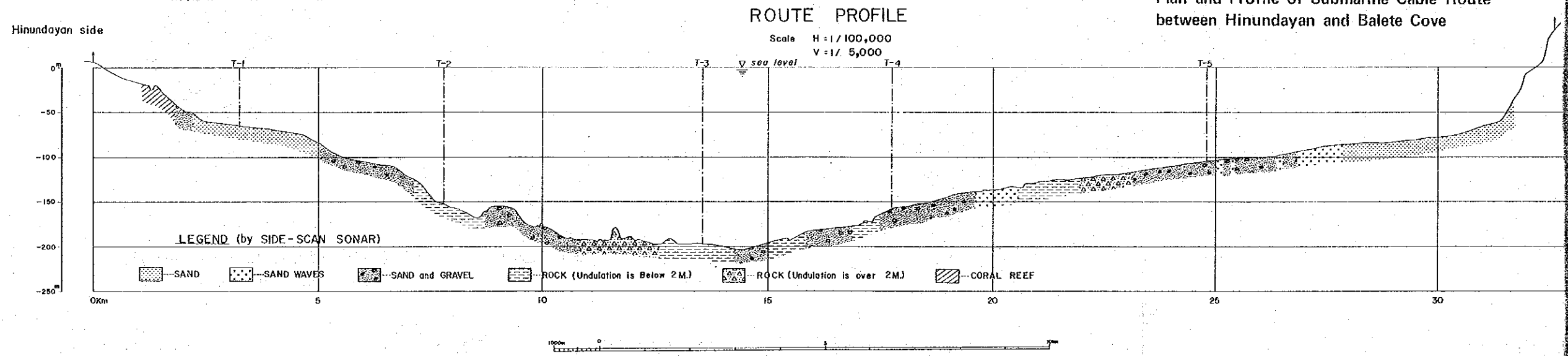


Fig. 7-11-(1)
Plan and Profile of Submarine Cable Route
between Hinundayan and Baleta Cove



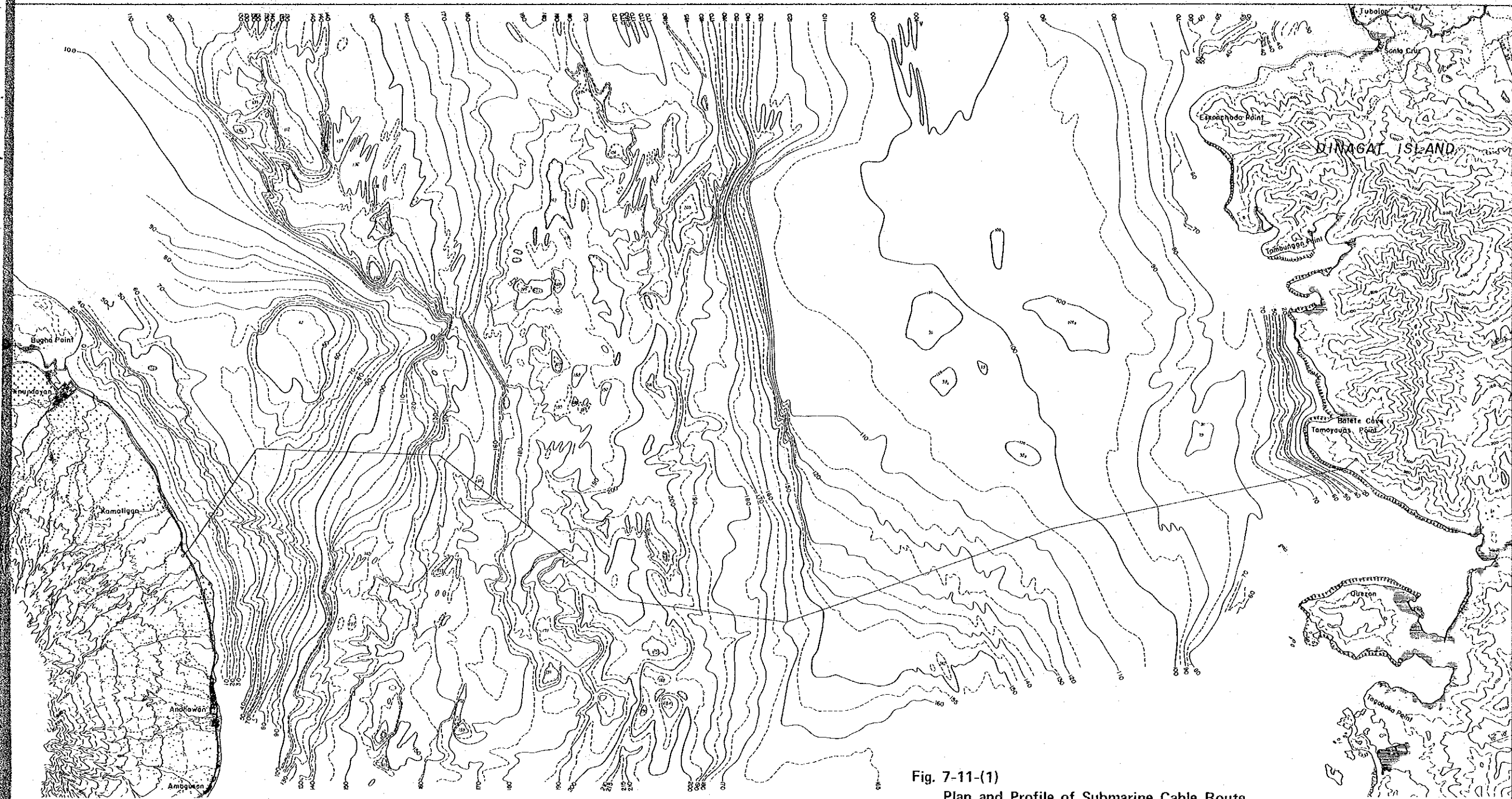
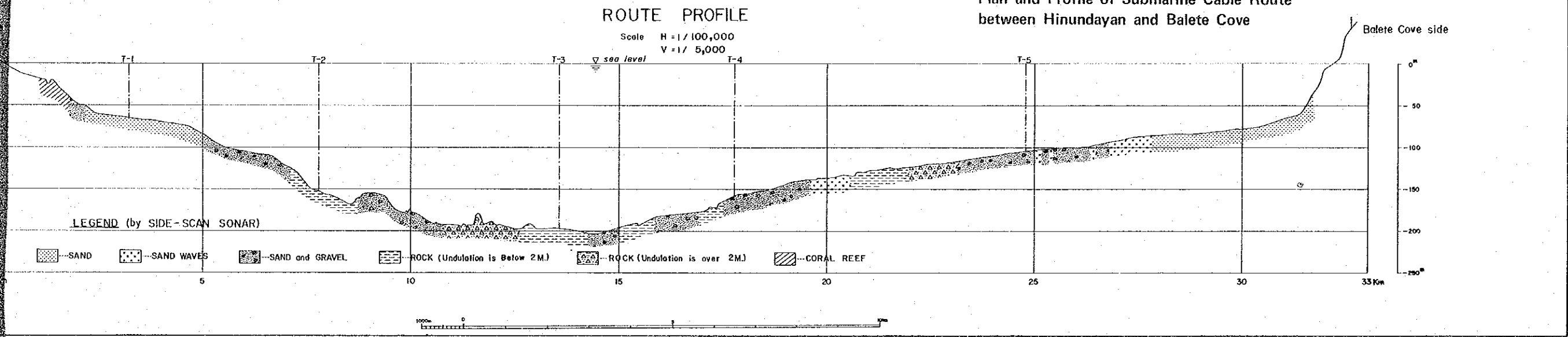
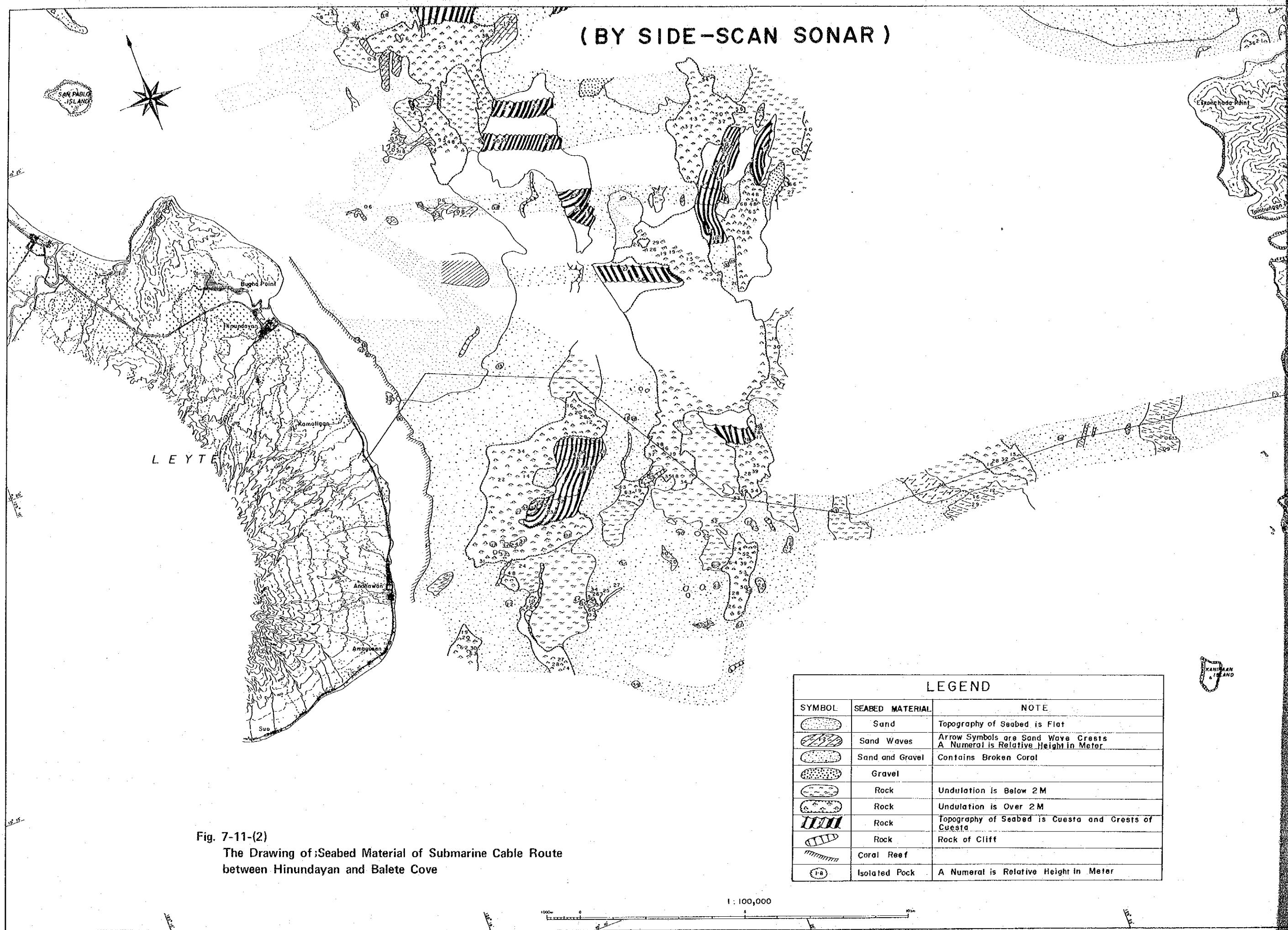


Fig. 7-11-(1)
Plan and Profile of Submarine Cable Route
between Hinundayan and Baleté Cove



(BY SIDE-SCAN SONAR)

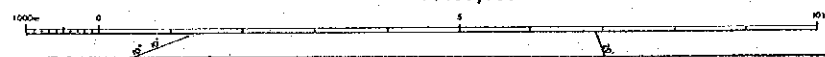


LEYTE

Fig. 7-11-(2)
The Drawing of Seabed Material of Submarine Cable Route
between Hinundayan and Baleta Cove

LEGEND		
SYMBOL	SEABED MATERIAL	NOTE
	Sand	Topography of Seabed is Flat
	Sand Waves	Arrow Symbols are Sand Wave Crests A Numeral is Relative Height in Meter
	Sand and Gravel	Contains Broken Coral
	Gravel	
	Rock	Undulation is Below 2M
	Rock	Undulation is Over 2M
	Rock	Topography of Seabed is Cuesta and Crests of Cuesta
	Rock	Rock of Cliff
	Coral Reef	
	Isolated Pock	A Numeral is Relative Height in Meter

1:100,000



(BY SIDE-SCAN SONAR)

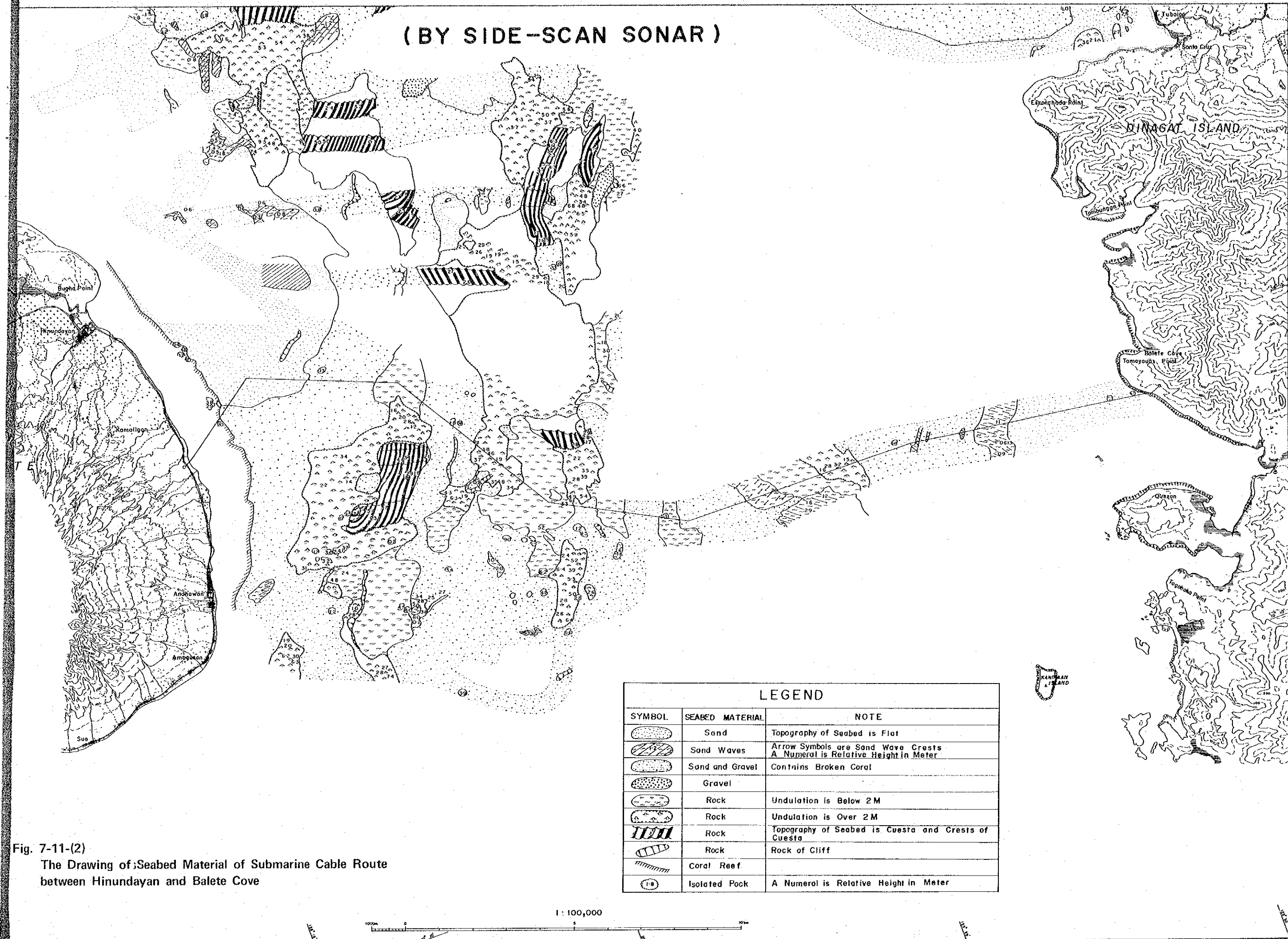


Fig. 7-11-(2)
The Drawing of Seabed Material of Submarine Cable Route
between Hinundayan and Baleta Cove

1:100,000



Fig. 7-11-(3)
Plan of Cable Landing Points and Cable Terminal Points
at Hinundayan and Balete Cove

LEYTE Is.
(Hinundayan)

DINAGAT Is.
(Balete Cove)

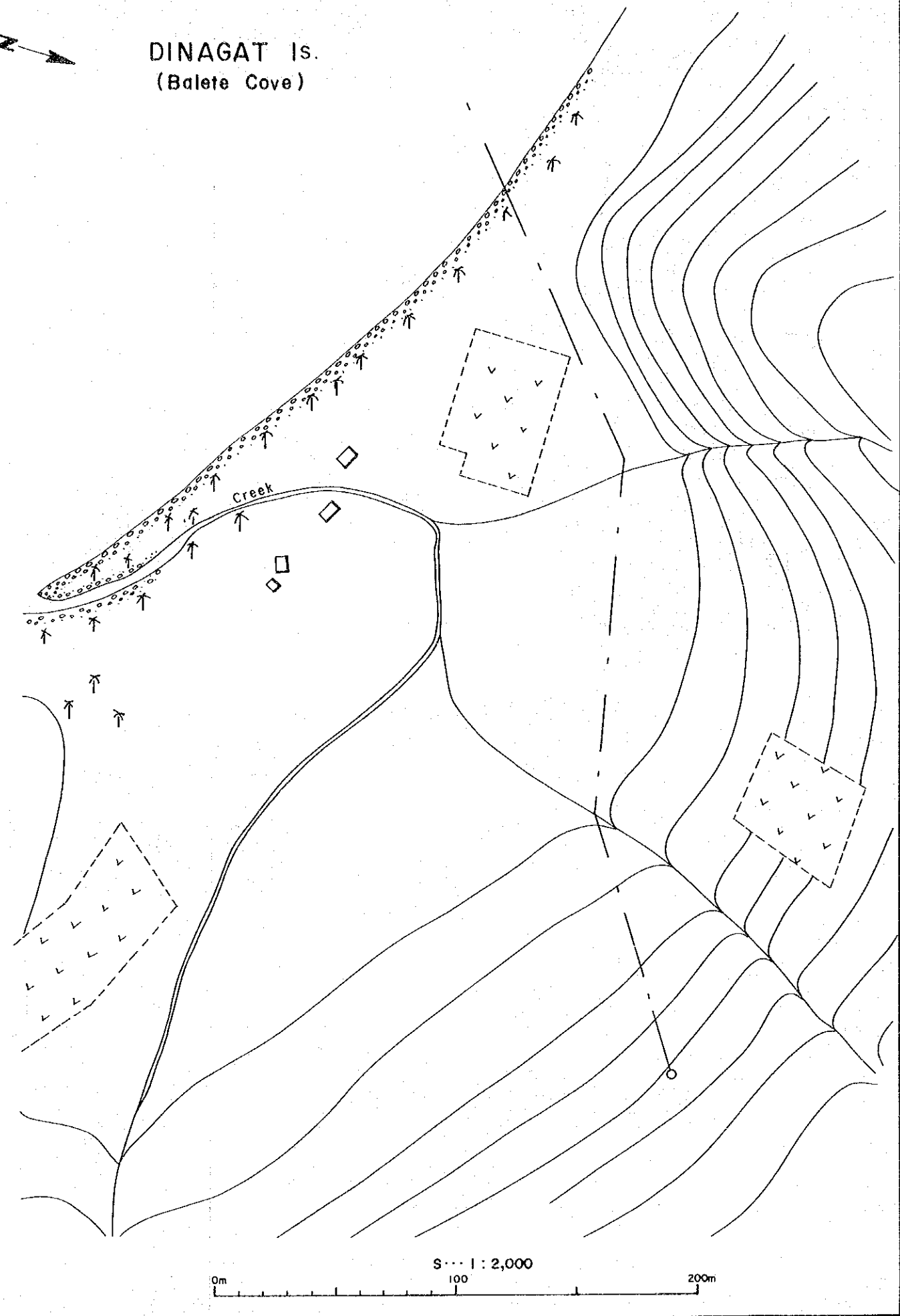
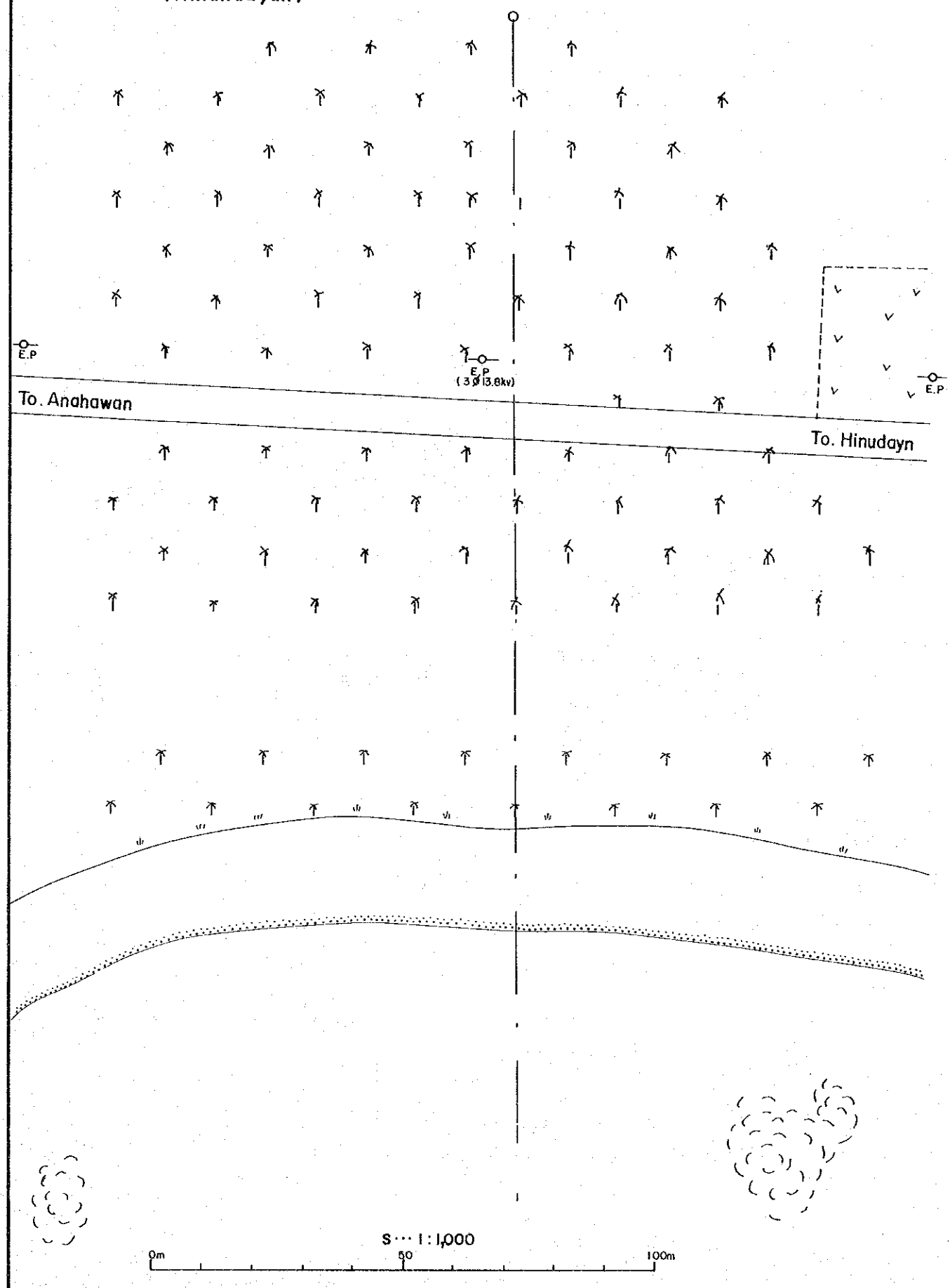


Fig. 7-12-(1)
Plan and Profile of Submarine Cable Route
between Kantiasay and Lipata

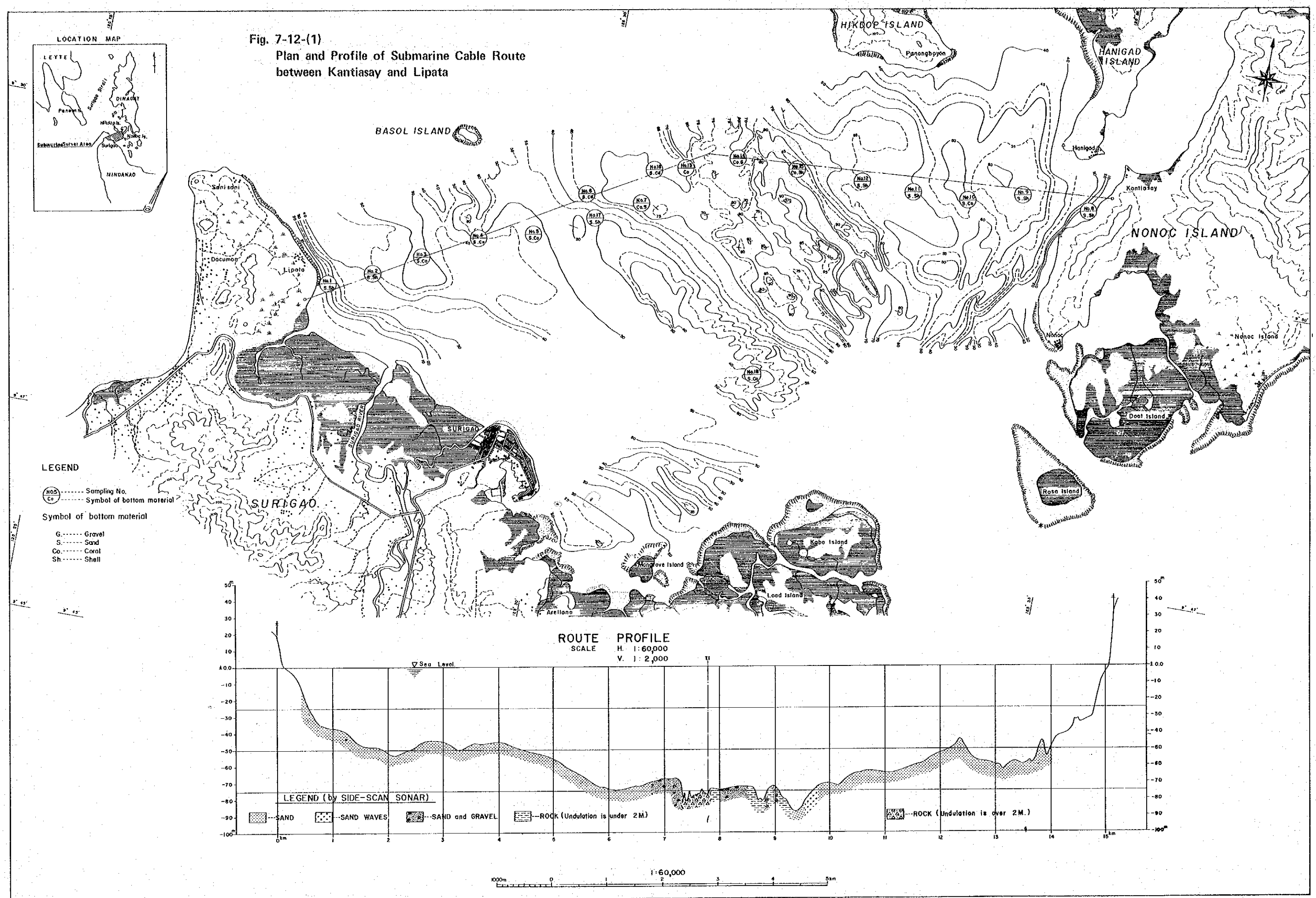
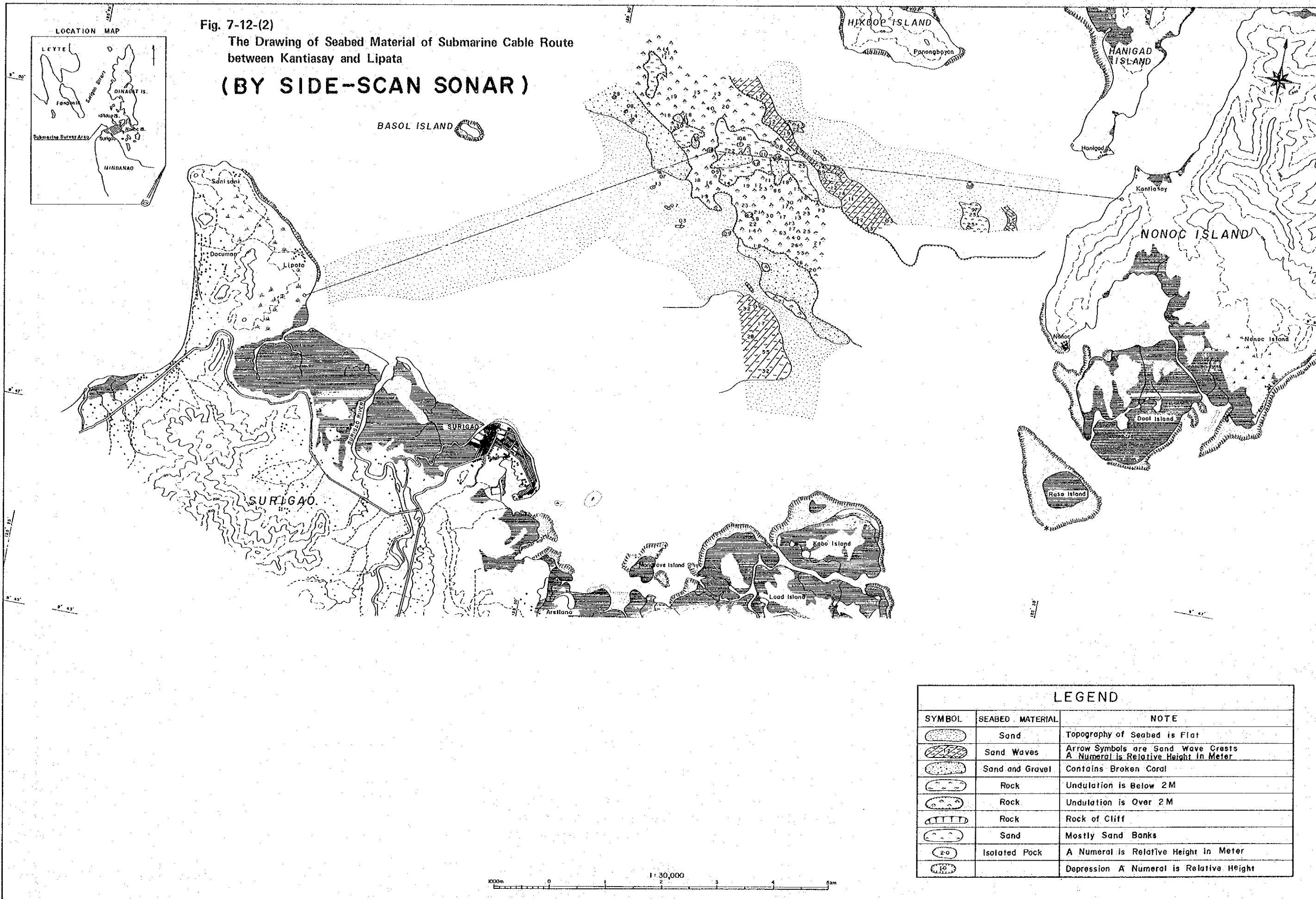


Fig. 7-12-(2)
 The Drawing of Seabed Material of Submarine Cable Route
 between Kantiasay and Lipata
 (BY SIDE-SCAN SONAR)



LEGEND		
SYMBOL	SEABED MATERIAL	NOTE
	Sand	Topography of Seabed is Flat
	Sand Waves	Arrow Symbols are Sand Wave Crests A Numeral is Relative Height in Meter
	Sand and Gravel	Contains Broken Coral
	Rock	Undulation is Below 2M
	Rock	Undulation is Over 2M
	Rock of Cliff	
	Sand	Mostly Sand Banks
	Isolated Pock	A Numeral is Relative Height in Meter
	Depression	A Numeral is Relative Height

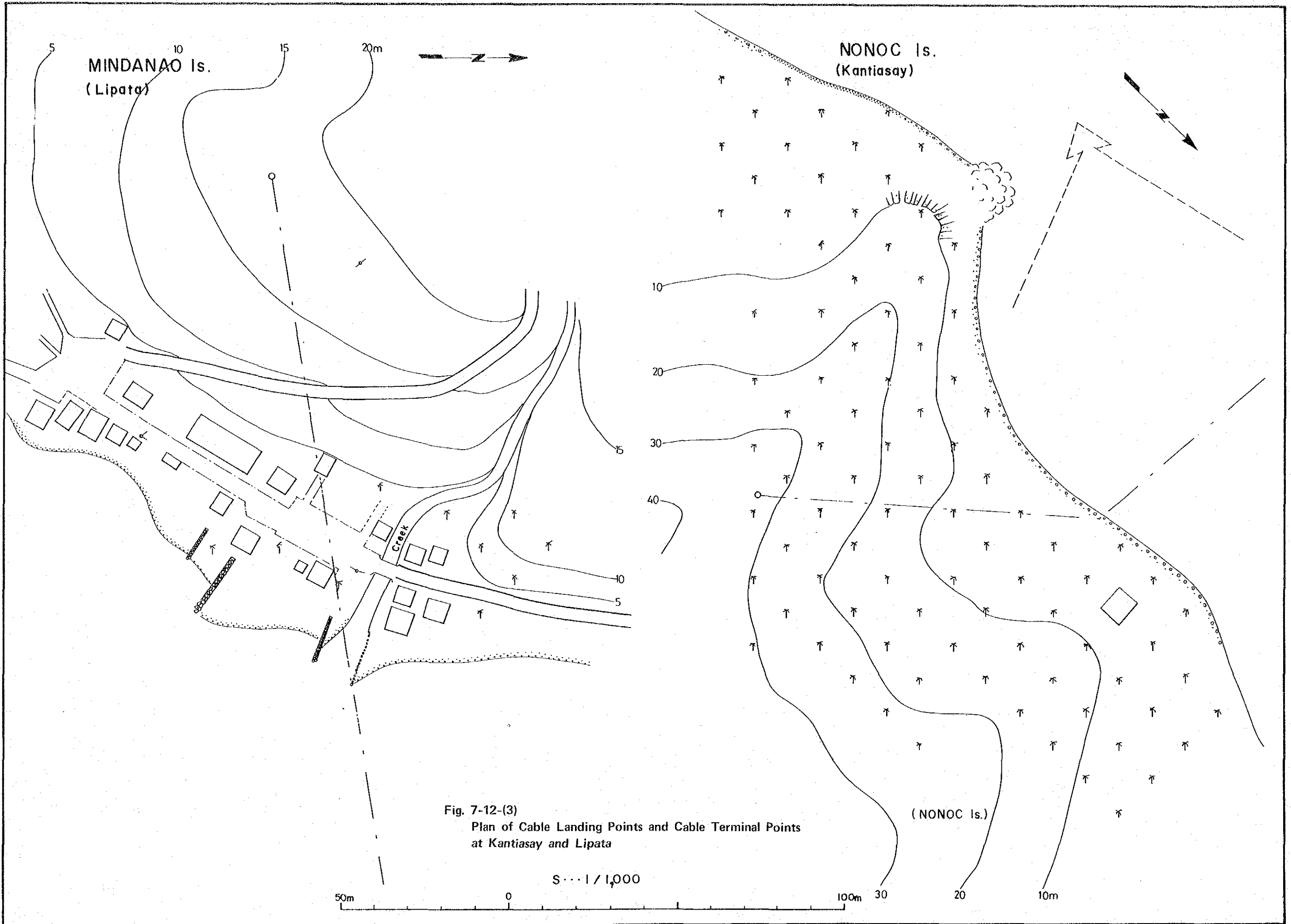


Fig. 7-12-(3)
 Plan of Cable Landing Points and Cable Terminal Points
 at Kantiasay and Lipata

S... 1 / 1,000

第8章 工事費と建設スケジュール

第 8 章 工事費と建設スケジュール

8.1 工 事 費

(1) 基本的条件

工事費の積算にあたっては、架空送電線、海底ケーブル、ケーブル・ターミナル、変換所予定地、電極地点および電極線、マイクロ中継局等の地形、気象、交通、環境等の条件を考慮して1983年3月時点の労務費、物価に基づき算定した。

工事費については、フィリピン国内で調達可能なものに要する費用を内貨とし、それ以外のものについては外貨に計上した。ただし、税金等の移転コストは含まない。

(2) 工事費の計上範囲

工事費の積算範囲は、次に示すとおりであり、これらを請負契約方式を考慮した直接費と本プロジェクト遂行に必要な間接費を計上した。

本プロジェクトは、第1期、第2期と分れて施行されるため、それぞれについて工事費を算定した。

a) 工事費の積算範囲

	第1期施行範囲	第2期施行範囲
DC ± 350 kV 架空送電線	293 km	—
DC ± 350 kV 海底ケーブル	49 km	—
変 換 所	Jaro HVDC $\frac{\%}{S}$ 引出設備 Butuan HVDC $\frac{\%}{S}$	Jaro HVDC $\frac{\%}{S}$ 引出設備 Butuan HVDC $\frac{\%}{S}$
AC 138 kV 架空送電線および Butuan 変電所引込工事	1 km	1 km
電 極	Managasnas 電極 Carmen 電極	
電 極 線	Managasnas 28 km Carmen 30 km	
通 信 設 備	マイクロ基地局 2 マイクロ中継局 4 VHF局 4	

b) 電気機器および送電線資材等の費用

サイリスタ・バルブ、変圧器、フィルタおよび開閉器等の変換所機器および通信機器と鉄塔、電線、碍子、海底ケーブル、電極等の送電線資材は、すべて外国において製作され供給されるものとして、これら輸入資材のCIF価格費用を外貨分に計上し、フィ

リピン国内での荷降費，陸上輸送費，現地で調達可能な資材および据付工事費等は内貨に計上した。海底ケーブル，変換所機器，電極および通信機器等は，据付調整渡しとし，これらの据付調整に必要な外国メーカーの技術員等の費用，特殊建築物（バルブ室，制御室）等の特殊資材等の費用は外貨に計上し，土地造成，基礎，建屋等にかかる費用は内貨に計上した。

c) 仮設備費

本プロジェクトの施工監理に要する仮建物，ストックヤードおよび車輛などの費用は内貨として計上した。

d) 技術費および管理費

本プロジェクトの実施設計（D/S）やコンサルタントによる施工管理（S/V）に要する費用を外貨分とし，NAPOCORによる建設工事の管理に必要な費用は内貨として計上した。

e) 研修費

NAPOCOR技術者に対する直流システムの運用，管理などの研修に必要な費用を外貨分として計上した。

f) 予備費

本プロジェクトのDC±350kV架空送電線，海底ケーブル，変換所，電極，電極線，通信設備，AC138kV架空送電線およびButuan 5/8引込設備機器等は外貨分に対し5%相当額を予備費として計上した。

g) 建設費のエスカレーション（財務分析においてのみ用いる）

本プロジェクトの建設スケジュールは，第1期工事分が1988年～1991年，第2期工事分が1994年～1996年であり，現時点より工事着工まで5年先，最終年の1996年までには13年も先である。この長期先のエスカレーションを現況の世界およびフィリピンの政治経済状況から正確に予測するのは困難である。しかし，NAPOCORから示めされた予測数値は次のとおりであり，これを検討し内貨分についてはこの数値をそのまま採用することにしたが，外貨分については，世界の最近のインフレーション傾向から1/2の数値を採用することにした。

年	NAPOCOR提示のエスカレーション		修正エスカレーション	
	外貨分(%)	内貨分(%)	外貨分(%)	内貨分(%)
1983	8.0	14.0	4.0	14.0
1984	7.5	24.0	3.75	24.0
1985	7.0	18.0	3.5	18.0
1986	6.0	12.0	3.0	12.0
1987	6.0	8.0	3.0	8.0
1988～1996	6.0	8.0	3.0	8.0

(3) 総建設費と年度別工事費

第1期および第2期の建設スケジュール，工事費の積算条件から求めた1983年価格の工事費は次のとおりである。ただし，エスカレーションおよび建設中利子を除く。

単位；千USドル

	外貨分	内貨分	計
第1期	122,637	33,498	156,135
第2期	32,677	7,636	40,313
計	155,314	41,134	196,448

本プロジェクトの建設期間は，第1期4年，第2期3年であり，各年度の所要資金はTable 8-1および8-2のとおりである。

外貨分および内貨分の支払条件を次の如く想定し，上述の総建設費に分配した。

単位；千USドル

外貨分	契約時	FOB時	到着時	竣工時
架空送電線および電極線用資材	10%	60%	30%	—
海底ケーブル，電極	10%	60%	—	30%
変換所機器，通信機器	10%	80%	—	10%
内貨分				
資材および労務費	出来高払い			

技術費・管理費，研修費および予備費からなる間接費は，第1期19,437千USドル，第2期5,879千USドル，総額25,316千USドルで直接工事費の総額に対する比率は12.9%である。

8.2 建設スケジュール

第1期，第2期の建設スケジュールをそれぞれFig 8-1，Fig 8-2に示す。

Mindanao Gridの開発計画および電力需要想定から本プロジェクトの竣工時期を第1期1991年，第2期1996年の2期に分けた。

建設工期は，第1期では，詳細設計および仕様書作成の期間が12ヶ月，入札期間が6ヶ月，請負負託から工事の竣工まで30ヶ月，計48ヶ月とした。直流架空送電線，海底ケーブル，電極，電極線および通信設備はこの第1期工事中に全施設を完了するものとした。

変換所工事を含めこれらの工事は，契約から据付完了まで27ヶ月を見込み，さらに試験期間を4ヶ月を採った。

建設工程は，下記の工事工程を考慮して決めた。

(1) 架空送電線工事工程

DC ± 350 kV 架空送電線 (293 km) と AC 138 kV 架空送電線 (1 km) の工事を第1

期に行われる。

a) 工事数量および建設工程

工事区間、工事数量は下記のとおり。

工 事 区 間	工事数量
DC ± 350 kV 架空送電線 (レイテ島内)	1 区間 115 km
DC ± 350 kV " (Dinagat, Awasan, Nonoc 島内)	1 区間 55 km
DC ± 350 kV " (ミンダナオ島内)	2 区間 123 km
AC 138 kV " (Butuan HVDC $\frac{5}{8}$ ~ Butuan $\frac{5}{8}$)	1 km

レイテ島の一部および Dinagat 島ではルート沿いに道路がない所があり、資材運搬に日数を要するが、これらの場所は標高 300m 以下の比較的起伏の少ない山岳地を通過するのでそれ程問題でないと思われる。

ミンダナオ島内の架空送電線は、大部分が水田を含む平坦な地形を通る。稲作の作業、雨季による鉄塔基礎工事時期およびこの区間亘長が一番長いことも考慮して、ミンダナオ島内の送電線は AC 138 kV 送電線を含めて 2 工事区間で施工する。工事期間は 18 ヶ月とした。

b) 資機材の輸送期間

鉄塔基礎に使用するセメント、鉄筋材等のほかは輸入するものとし、海上輸送と陸上輸送で 2 ヶ月を要する。

c) 鉄塔の製造能力

鉄塔製作には、受注してから製造開始までに約 3 ヶ月必要で、この間に設計、材料手配、モデル試験などを実施する。本プロジェクトの所要鋼材重量は約 9,000 ton と想定され、月平均約 1,000 ton の製作とすれば約 9 ヶ月を必要とし材料手配を含め 12 ヶ月を要する。

(2) 海底ケーブル建設工程

本プロジェクトの海底ケーブル区間は 2 区間である。海底ケーブルの布設ルート、布設工事工程、ケーブル・ターミナル地点の位置、ケーブルの種類等の基本事項については詳細調査の段階であらかじめ決定しておくものとする。

a) 現地調査と最終設計

海底ケーブルの布設工事は、ケーブル受注業者のフルターンキーベースとして施工するのがよいと考える。業者は受注したあと指示されたケーブルルート、ケーブル・ターミナル地点について補足調査を実施し、これによって布設工事の最終設計を行うものとする。

b) ケーブル製造工程

受注後、設計、材料手配、サンプル試験等に約 3 ヶ月必要である。ケーブルは 2,000

mを単位長として製造され、ケーブル布設区間の巨長に合わせて接続を行う。製造、接続に15ヶ月必要である。

c) ケーブル布設工事

ケーブル布設に先立って、ケーブルの陸上げ地点、陸上部ケーブル埋設ルート並びにケーブル・ターミナル地点の準備工事に約6ヶ月必要となる。ケーブルの布設作業は、気象および海象条件の良い月を選んで布設するものとする。

布設月はこの地域で、比較的台風の少ない4月と6月に行い、3月に最初に布設する区間のケーブルを積載し現地に運航、4月中の海象状況の良い日を選びケーブルを布設、ケーブル船は積荷港に帰りケーブル積載の上、再び残りの布設区間に引帰す、この間約1ヶ月を必要とする。残り区間のケーブル布設を、6月中に実施し、ケーブル布設後のターミナル工事その他残工事に3ヶ月を要する。

したがって、準備工事6ヶ月、布設工事6ヶ月、合計12ヶ月をケーブル布設工事期間とした。

(3) 電極および電極線の建設工程

電極地点は、詳細調査であらかじめ決定しておくものとする。電極および電極線工事は、送電線工事に合わせて竣工させる。

(4) 変換所の建設工事

整地工事、基礎工事、建築工事の土木関係工事と電気機器据付、調整工事に分れる。Butuan HVDC $\frac{5}{8}$ の予定地の地形は平原で両側が溪谷となっており一部その溪谷の沢が予定地内に入り込んでいるので、小高い裏山の山麓を一部掘削し、埋戻す必要があり整地工事に5ヶ月を要する。

屋外機器の基礎工事、サイリスタ・バルブや配電盤を収納する建物は機器が現地に到着するまでには収容出来るように工事しておく。

Jaro HVDC $\frac{5}{8}$ の工事は、サイリスタ・バルブ、交流側機器等なく、ミンダナオ島向けの直流引出設備と制御機器据付工事のみであり、これらはButuan HVDC $\frac{5}{8}$ の工事に合わせて竣工させる。

変換所機器の設計、製造、輸送、据付、試験の期間は概ね次のとおりである。

a) 設 計

受注後、サイリスタ・バルブ、変圧器、フィルタ類で4ヶ月、制御保護設備については10ヶ月を必要とする。

b) 製 造

サイリスタ・バルブの製造には12ヶ月を要し、変換器用変圧器、直流リアクトル等の機器で8～10ヶ月、配電盤開閉器類で8～12ヶ月を必要とする。

c) 輸送・据付

個々の機器についてそれぞれ据付工程に従い工程に遅れないように発送しなければならない。Butuan 変換所への重量物輸送については荷降港設備、荷降港から現地までの道路橋梁状態について事前調査のうえ計画的に実施することが望ましい。

海上輸送，陸上輸送に 2～3 ヶ月，据付工程には 3～5 ヶ月を見込んだ。

d) 現地試験

機器の据付後，各種の試験が行われる，個々の機器についての単独の試験を行い，変換所内の試験を終えたあと，直流送電設備全体の連系試験を行い，Naga, Jaro, Butuan 変換所の三端子運転の調整，設定を行い性能を確認する。この連系試験に 4 ヶ月を見込んでいる。

(5) 通信設備の建設工事

通信設備の設計製造，据付および試験は HVDC システムの第 1 期の建設工事に合わせて行い，1991 年に完成させる。

無線設備に関するフィリピン国内の認可手続き並びに第 2 ルートとしての他機関マイクロの借用手続き等は NAPOCOR の責任において行われるものとし，工事工程に充分間に合わせるものとする。また，中継所の位置についてはさらに調査を必要とし，中継所間の障害物の確認，反射点の状況，中継局舎および鉄塔の設置の可否等について，さらに詳しい測量が必要である。

Dinagat 島内の 3 ヶ所の無線局については，資材輸送，建設人員のアクセス等に困難が予想されるため，通信設備の据付工事期間を十分長くとり 14 ヶ月とした。

(6) 第 2 期工事の工事工程

1996 年竣工の予定としている第 2 期工事に於いては直流設備の単極増設であり，DC ± 350 kV，400 MW の最終設備となる。この工事に合わせて AC 138 kV Butuan 変換所の引込設備工事とこの間の連絡送電線の工事が行われる。

Table 8-1 Construction Cost at First Stage

Unit: US\$10³

Item	1988			1989			1990			1991			Construction cost		
	F.C.	D.C.	Total	F.C.	D.C.	Total	F.C.	D.C.	Total	F.C.	D.C.	Total	F.C.	D.C.	Total
A. HVDC Substation															
Butuan station															
DC equipment	—	—	—	1,722	0	1,722	13,774	0	13,774	1,722	0	1,722	17,218	0	17,218
AC equipment	—	—	—	271	0	271	2,171	0	2,171	271	0	271	2,713	0	2,713
Civil works & building	—	—	—	93	1,100	1,193	684	2,421	3,105	0	880	880	777	4,401	5,178
Installation & others	—	—	—	19	19	38	1,149	893	2,042	747	364	1,111	1,915	1,276	3,191
Jaro station															
DC equipment	—	—	—	70	0	70	560	0	560	70	0	70	700	0	700
Civil works	—	—	—	0	0	0	2	13	15	1	6	7	3	19	22
Installation & others	—	—	—	0	0	0	108	46	154	163	70	233	271	116	387
Butuan Substation expansion															
Switchyard equipment				39	0	39	274	18	292	78	26	104	391	44	435
Sub-total				2,214	1,119	3,333	18,722	3,391	22,113	3,052	1,346	4,398	23,988	5,856	29,844
B. Transmission lines															
DC line															
DC 350 kV overhead line															
Materials	—	—	—	4,877	0	4,877	17,068	0	17,068	2,438	0	2,438	24,383	0	24,383
Installation	—	—	—	282	1,624	1,906	989	11,371	12,360	141	3,249	3,390	1,412	16,244	17,656
DC 350 kV submarine cable															
Materials	—	—	—	4,780	0	4,780	28,684	0	28,684	14,343	0	14,343	47,807	0	47,807
Installation	—	—	—	624	219	843	2,810	988	3,798	2,809	987	3,796	6,243	2,194	8,437
AC 138 kV line	—	—	—	0	0	0	67	41	108	17	27	44	84	68	152
Electrode & electrode lines	—	—	—	356	0	356	1,246	909	2,155	178	489	667	1,780	1,398	3,178
Sub-total				10,919	1,843	12,762	50,864	13,309	64,173	19,926	4,752	24,678	81,709	19,904	101,613
C. Telecommunication facility	—	—	—	666	25	691	2,666	102	2,768	1,111	126	1,237	4,443	253	4,696
D. Temporary facility & others	—	—	—	0	190	190	0	190	190	0	165	165	0	545	545
Direct cost (A+B+C+D)	—	—	—	13,799	3,177	16,976	72,252	16,992	89,244	24,089	6,389	30,478	110,140	26,558	136,698
E. Contingency	—	—	—	690	477	1,167	3,613	2,549	6,162	1,204	958	2,162	5,507	3,984	9,491
F. Engineering & adm. cost	2,050	100	2,150	1,340	952	2,292	1,722	952	2,674	1,722	952	2,674	6,834	2,956	9,790
G. NPC's engineer educational cost	—	—	—	—	—	—	78	0	78	78	0	78	156	0	156
Sub-total (E+F+G)	2,050	100	2,150	2,030	1,429	3,459	5,413	3,501	8,914	3,004	1,910	4,914	12,497	6,940	19,437
Total	2,050	100	2,150	15,829	4,606	20,435	77,665	20,493	98,158	27,093	8,299	35,392	122,637	33,498	156,135

Table 8-2 Construction Cost at Second Stage

Unit: US\$10³

Item	1994			1995			1996			Construction Cost			Total (1st & 2nd)		
	F.C.	D.C.	Total	F.C.	D.C.	Total	F.C.	D.C.	Total	F.C.	D.C.	Total	F.C.	D.C.	Total
A. HVDC Substation															
Butuan station															
DC equipment	1,641	0	1,641	13,131	0	13,131	1,641	0	1,641	16,413	0	16,413	33,631	0	33,631
AC equipment	976	0	976	7,805	0	7,805	976	0	976	9,757	0	9,757	12,470	0	12,470
Civil works & building	18	67	85	855	2,020	2,875	0	157	157	873	2,244	3,117	1,650	6,645	8,295
Installation & others	45	80	125	534	2,003	2,537	311	588	899	890	2,671	3,561	2,805	3,947	6,752
Jaro station															
DC equipment	64	0	64	511	0	511	64	0	64	639	0	639	1,339	0	1,339
Civil works	0	1	1	0	12	12	0	0	0	0	13	13	3	32	35
Installation & others	5	7	12	63	182	245	37	54	91	105	243	348	376	359	735
Butuan substation expansion															
Switchyard equipment	39	0	39	274	18	292	78	26	104	391	44	435	782	88	870
Sub-total	2,788	155	2,943	23,173	4,235	27,408	3,107	825	3,932	29,068	5,215	34,283	53,056	11,071	64,127
B. Transmission lines															
DC line															
DC 350 kV overhead line															
Materials	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	24,383	0	24,383
Installation	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,412	16,244	17,656
DC 350 kV submarine cable															
Materials	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	47,807	0	47,807
Installation	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6,243	2,194	8,437
AC 138 kV line	—	—	—	6	0	6	49	10	59	55	10	65	139	78	217
Electrode & electrode lines	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,780	1,398	3,178
Sub-total	0	0	0	6	0	6	49	10	59	55	10	65	81,764	19,914	101,678
C. Telecommunication facility	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4,443	253	4,696
D. Temporary facility & others	—	—	—	0	43	43	0	43	43	0	86	86	0	631	631
Direct cost (+B+C+D)	2,788	155	2,943	23,179	4,278	27,457	3,156	878	4,034	29,123	5,311	34,434	139,263	31,869	171,132
E. Contingency	139	23	162	1,159	642	1,801	158	132	290	1,456	797	2,253	6,963	4,781	11,744
F. Engineering & adm. cost	721	576	1,297	729	476	1,205	596	476	1,072	2,046	1,528	3,574	8,880	4,484	13,364
G. NPC's engineer educational cost	—	—	—	26	0	26	26	0	26	52	0	52	208	0	208
Sub-total (E+F+G)	860	599	1,459	1,914	1,118	3,032	780	608	1,388	3,554	2,325	5,879	16,051	9,265	25,316
Total	3,648	754	4,402	25,093	5,396	30,489	3,936	1,486	5,422	32,677	7,636	40,313	155,314	41,134	196,448

Fig. 8-1 Construction Schedule of Leyte-Mindanao Power Transmission Project (First Stage)

