

上部壁	木造ボード張
窓	アルミ製ガラスルーバー窓 一部アルミ製内倒シガラス窓
扉	合板製フラッシュ扉 OP

この工法の特徴は、横力（地震、ハリケーン）及び工期を勘案して鉄骨フレームを使用したことである。地震及び台風を強く重視した日本の設計規準では、現地のブロック造耐力壁+木造トラス方式には若干の問題がある。また工期を考慮して鉄骨フレームを建上げて、屋根を葺き、のち雨に関係なく、永い工期の必要なブロック壁を積上げるという方式を採用した。

鉄筋の防錆については、下部はコンクリート被覆をし、上部鉄骨は経済性のゆるすかぎりの防錆をする。

壁を構成する材料は前項にのべた諸事情により、現地生産のコンクリートブロックを採用することが最も妥当である。

又虫害のおそれの少ない上部にのみ木材の使用を制限した。

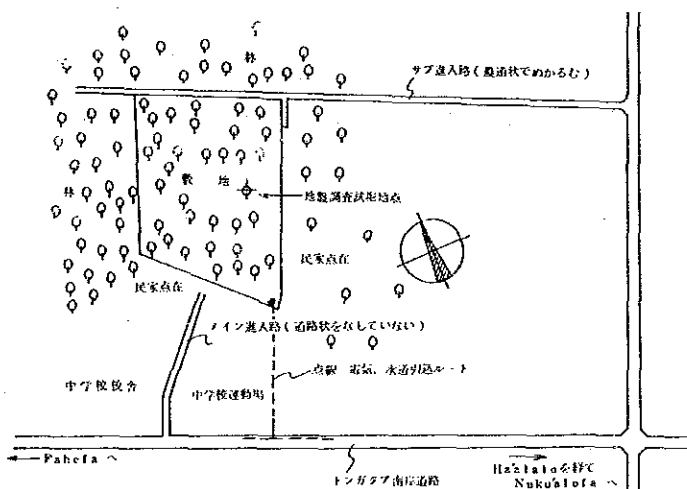
屋根は経済的理由と天水の利用上から、亜鉛メッキ鉄板葺とする。波型スレートも考えられるが、これは苔が生えて天水の利用上問題がある。

窓の主開口部は現地に定着している方式のガラスルーバー窓とすべきである。又多少のコスト高ではあるが、塩害を考慮してアルミ製とすべきである。

3-5 敷地条件

3-5-1 Houma 小学校敷地

敷地は村の中央北西寄りに位置する。敷地の北側及び西側は雑木林である。下草が繁っていて人の進入は困難である。東側の林の中に民家が点在する。南側には中学校の運動場と民家をへだてて中学校の校舎がある。運動場と民家との間の道路は明確な道路状をなしていない。

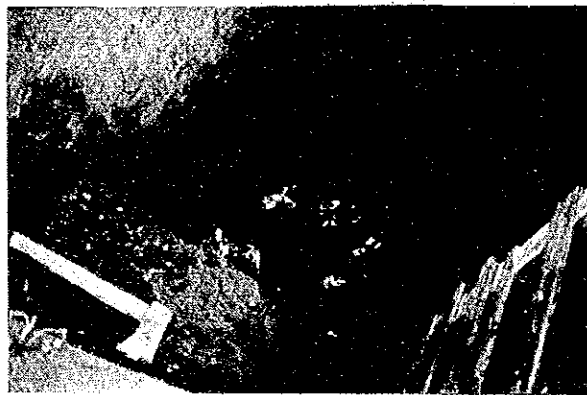


Houma 小学校 敷地周辺図

敷地内の状況は現在はココナツヤシ、マンゴーの樹、パンの木、その他の雑木林である。北側の一部の Training Farm になる部分をのこして整地される予定である。敷地はおおむね平担であるが、南側はわずかに高く北側に向けてゆるやかに傾斜しているが、歩いていても感じない程の傾斜である。

インフラストラクチャーは前頁の図に記載したとおりである。

地盤の状況は試掘地点では 200 mm 程度の腐しよく土をへて厚さ 2,500 mm のローム層があり、その下はサンゴ礁石灰岩である。但し現地の話では、このサンゴ礁の深さは場所により深さが異なり、波をうっているとのことであった。



試掘坑

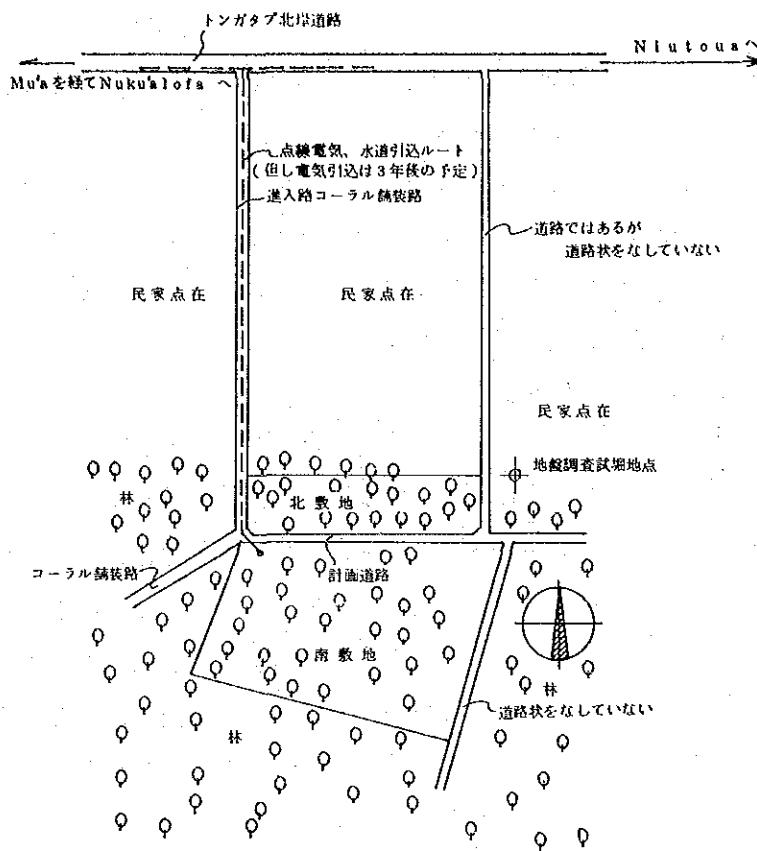
敷地の伐採及び整地、電気及び水道の敷地端までの引込はローカルコストにおいておこなわれる。敷地内の通路もローカルコストにてサンゴ礁(コーラル)砕石舗装がなされる予定であるが、建物施工後になされるため、工事中は進入路をふくめて、雨後のぬかるみに対する対策を考慮する必要がある。

3-5-2 Kolonga 小学校 敷地

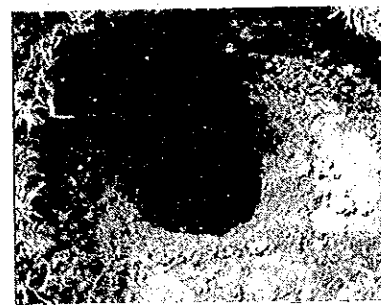
敷地は村の中央南寄りに位置する。敷地の北側及び北東には芝生状の草のはえた敷地の中に民家がまばらに点在するがそれ以外の場所は雑木林で人の進入は困難である。敷地は計画道路にて2つに分断される。現況は林であるが建設時点では道路状に整地されるはずである。建設予定地は南側の敷地である。

敷地は雑木林でおおわれ伐採しないと進入が困難であるが、おおむね平担である。建物予定地ではないが、敷地の中に小さな沼があった。建物予定地部分については確認が出来なかったが、伐採された時点で同様な沼の有無の確認が必要である。

地盤は試掘地点で腐しよく土の表土が 600 mm あり、厚さ 1,100 mm のローム層をへてサンゴ礁石灰岩が出る。この深さについても Houma と同様な事情がある。



Kolonga 小学校 敷地周辺図



試掘坑

ローカルコストにておこなわれる事情は Houma と同様である。既存の進入路はコーラル舗装がされていて問題はないが、計画道路の新設部分は、工事中のぬかるみ対策が必要である。

インフラストラクチャーは上図に記載した通りである。

3-6 基本設計概要

3-6-1 配置計画

建物及び運動場の他に農園 (training farm) が必要である。運動場は日本の様な運動施設はなく、大きさ、形状についての規準も特にないが、全校児童が一同に民族舞踊をおこなえる広い芝生が必要である。

建物の棟の方向は風向に対する配慮を最優先として配置した。年間の最多風向は、両敷地共、70%の頻度で東及び東南の方向から吹く。便所の位置もこの風向の関係において配置した。

ジュニア(インファント)及びシニアの棟を分け、その生活テリトリーを分ける事は日本の小学校の場合と同様であるが、トンガではジュニアは1~3年でシ

ニアは4～6年である。

(1) Houma 小学校の配置計画

アプローチ道路(敷地周辺図参照)は南と北の2方向からあり、2つの入口が必要である。南側が主入口となる。

農園は敷地周辺の開発状況から判断して北側に配置し、運動場は南側に隣接する中学校の運動場との関連において東南側にとり、合せて大きな空間を構成するよう配置する。建物はできるだけ南西の隅に配置し、メインゲートに面して前庭を造成する余地をのこした。

(2) Kolonga 小学校の配置計画

敷地は計画道路をはさんで2つに分れている。当初北側の敷地に校舎を配置する希望があった。しかしこの敷地は、運動場を併設するには狭く、そのため道路をへだてて運動場をつくることになり、また東西に細長いため建物の棟が分断されて棟数がふえ、渡り廊下がふえ工事費が嵩む等の難点があった。一方計画道路をこの部分だけこの敷地の北側に変更する案も考えられたが、既に接続する道路の整備も進んでおり、計画の優先順位から考えると問題が大きく、最終的には南側の敷地を使用することになった。北側敷地は農園として使用することになる。

南の敷地における建物の位置は舗装されたアプローチ道路に近い西寄りが良い。また計画道路の一部をローカルコストにおいて舗装する必要がある。

建物の配置にあたってはHouma同様ゲートに面して前庭を造成する余地をとった。

3-6-2 建築計画

要求のあった室とその機能は次の通りである。

クラスルーム: 7,200×9,600の広さが要求された。日本の従来の方式と異なり、3人掛の机で、配置は教科内容に合わせて自由に配列する様である。1教室当り児童数は30人で日本に比較して少人数編成である。人数に比して要求面積が若干広いのは、将来の増員を見込んでの事と思われる。職員室が無く教師はクラスルームに所属する。黒板の他に大きな掲示スペースが必要である。各教室に教師の手づくりの教材がところせましと掲示されている。本等の教材は共有で家庭には持ちかえられないため、教室に教材用の棚が必要である。

教師トレーニング室(Classroom for In-Service Training of Teachers): クラスルームの一室を教師訓練の用に共する。将来その目的をた

った後はクラスルームに転用するため、その仕様は一般の教室とそろえる必要がある。この室の位置はできるだけ静かな位置がのぞまれ、高学年棟に併設すべきである。映写のための電源が必要である。

集会室： 4室のクラスルーム間の壁を移動してとりはらい、大空間をつくる。これを低学年棟にとるか高学年棟にとるかについては意見の分れる所であるが、現地で在来おこなわれている様に、低学年棟を使用する考え方を本計画では採用した。壁を移動するための現地での方式は、フラッシュパネルの簡単な、折たたみ式吊戸である。メンテナンス上、現地工法と大きく異なった方法をとらない方が良いと思われる。ここにも映写の為の電源が必要である。

校長室 (Principal's Office) : 要求の広さは $3,600 \times 3,600$ である。唯一の職員室で書棚が必要である。又これは要求にはなかった事項であるが、標準設計にあるもので、General Office というものがある。校長室に隣接して設けられ、職員の打合せや面接のスペースとして利用される。

倉庫： 各クラスルームに附属する教材庫として $2,400 \times 1,800$ の広さが要求された。中に書棚 Cupboard が必要である。

便所： 男女の入口を出来るだけはなすことを原則とする。また入口に扉をもうけ施錠の要求があった。これは断水時の配慮と水を外部の人に使われない為の処置と考えられる。通風および採光を考慮して、壁上部を吹抜けとし、屋根には天窗をもうけることは有効である。

その他水呑器 (Drink Fountains) と掃除具入 (Cleaners' Closets) および教師用の便所の要望があった。

体育館および音楽室等の要求はないが、これらの機能はクラスルームの中で考慮されなければならない。

以上は要求の室及びその機能である。

平面計画上のパターンとしては、配置計画で述べた如く、高学年及び低学年のテリトリーを分けるものとし、自然条件と経済性の上から必然的に吹放しの片廊下形式を採用することとなった。教室の形態は風が東から西にスムーズに吹きぬける形が要求される。便所は低高学年各々に附属させるべきであり、その位置は風の流れを考慮して配置した。校長室は建物の中央で校内を見わたす位置に配置することが望まれる。

断面計画にあたっては、自然条件に対していかに対応するかということが最も重要な点である。これについては建築様式の項 (3-4-1) で述べたので重複はさける。二重天井は施工しない方針とする。窓はガラスルーバー窓を採

用し、通風・採光上腰高はつとめて低くとした。

立面計画すなわち外観意匠の上からは軒先の出の深い、入母屋あるいは切妻の屋根で、全体的に水平線を協調させた外観が、現地のココナツヤシの林によくマッチする。全体的に陰影の多い建物の雰囲気の基本になる。

外壁はコンクリートブロックの化粧積としたが、現地の風土の中に比較的良好とけこみ、また現地生産の材料なので経済的である。

廊下の独立柱のデザインは外観上強調されるため特に意をもちいた。

3-6-3 構造計画

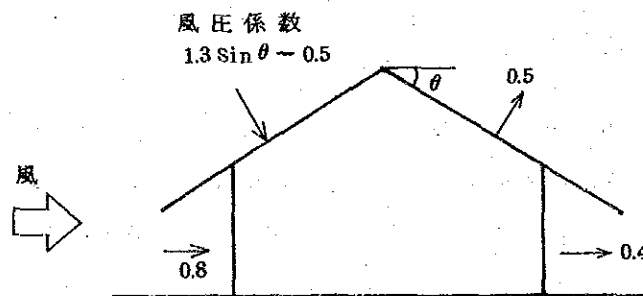
現地には、構造設計に関する法規及び規準がない。従って、ここでは日本の建築基準法及び日本建築学会の諸規準を、現地の実情に合わせて適用するのが妥当であると考えた。

(1) 架構計画 この架構の特徴は、桁行方向の横力を鉄骨フレームで、またスパン方向の横力を間仕切壁である補強コンクリートブロック壁で負担させていることである。これは、(3-4-2)で詳述した通り、工期及び施工的な要求もさることながら、構造的に見ても、当建築に純補強コンクリートブロック造を採用する事は、日本の規準にも合わず、地震に対して安全な建物とはいえない。ここで問題として残る点は、方向に依り挙動(Movement)の異なる異種の構造を用いている事である。この問題を解決する手段として、鉄骨柱にコンクリートを巻き、コンクリートブロックのアンカー鉄筋を通して鉄骨とコンクリートブロックとを一体化する方法をとった。この方法はまた鉄骨柱の耐候性を高める役割をもはたしている。

(2) 荷重等

a) 風圧力 $q = 120 \text{ Kg/m}^2$

(42.7 m/sec)



b) 地震力 $k = 0.2$

c) 許容地耐力度 $f_e = 5.0 \text{ t/m}^2$ (長期)

3-6-4 設備計画

設備内容は、維持経費が村民負担となる現地の事情を考慮し、又在来校との格差をなくするためにも必要最少限にとどめる事を原則とした。

(1) 給水計画 村には水道施設があり、敷地端部にまでローカルコストにて敷設される。しかし、この水道は諸般の事情のため断水がちである。これをおぎなう意味で天水を利用する。使用水量及び乾季の月平均降雨量と頻度を考慮して、水槽を地上に敷設する。水圧を得るために高架水をもうけ、これには手動のポンプにて汲み上げる。高架水槽をもうけない方法はないかと種々検討をかさねたが、色々と問題があり、わずらわしいが手動ポンプにて汲み上げる方法が妥当であると判断した。

(2) 便所計画 水洗式である。両校共下記の器具を高学年、低学年棟に半数づつふりわける。

男子便所：大便器 4 個 小便器 6 人分 手洗器 4 個

女子便所：大便器 8 個 手洗器 6 個

上記の他に教師の為の便所を 2 ヶ所もうけ、大便器及び手洗器を設置する。又男子便所には掃除の為の流しをつける。

便器個数は若干少ないが、これは現地の要求をみたすものであり、維持コストを考慮したものであろうと推測される。

(3) 水呑器と雑用水 ウォーターセクションの近くの廊下に面して、水呑器と、手足洗い及び掃除用のための地流しを 2 ヶ所に設置する。

(4) 排水施設は現地にはなく、すべて浸透式である。浄化槽は現地方式の浄化槽を設計する。(現地規準は資料篇Ⅱ-3 資料-5 参照)

(5) 照明及びコンセント 照明は倉庫をのぞく各室に一灯づつ設置する。コンセントは、教師トレーニング室、校長室に各 1 個、集会室に使用する低学年室に 2 個、それぞれ設ける。電圧が 240V である為、危険を考慮して、教室に設ける分は倉庫側にもうけるべきであると考え。

3-6-5 家具計画

ミニッツにて合意した Basic Equipment は次表のものとする。

児童用机、椅子は若干の予備を見込む。

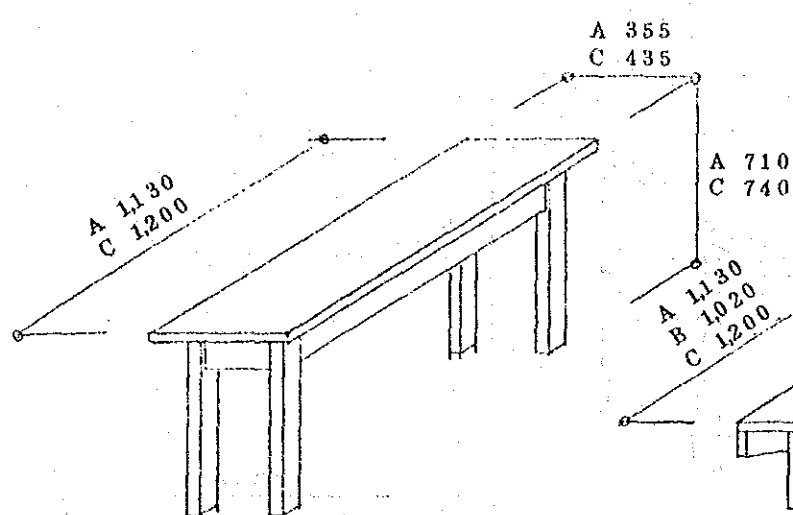
教師トレーニング室の机、椅子はのち改造して児童用に転用できるものとする。特記なきかぎり材料は木製とし仕上はクリヤーラッカー仕上とする。

掲示板は造付とし、建物工事に含むものとする。

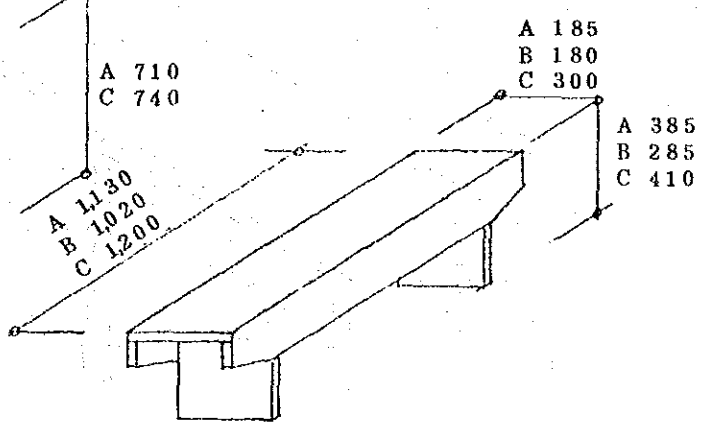
表3-1 所要家具備品表

名 称	仕 様	個 数		
		Houma	Kolonga	合計
高学年児童用机	3人掛	69	78	147
低学年児童用机	"	46	58	104
高学年児童用椅子	"	69	78	147
低学年児童用椅子	"	46	58	104
教師トレーニング室机	2人掛	10	10	20
同 上	2人掛	10	10	20
教師用 机		11	13	24
同 上 椅子		11	13	24
校長用 机		1	1	2
同 上 椅子		1	1	2
造付黒板	W H (下記以外) 3600×1200 木製	9	11	20
移動黒板	(低学年の移動壁部分) 2700×1200 木製	2	2	4
教室脇棚		11	13	24
書棚 (Cupboard)		12	14	26

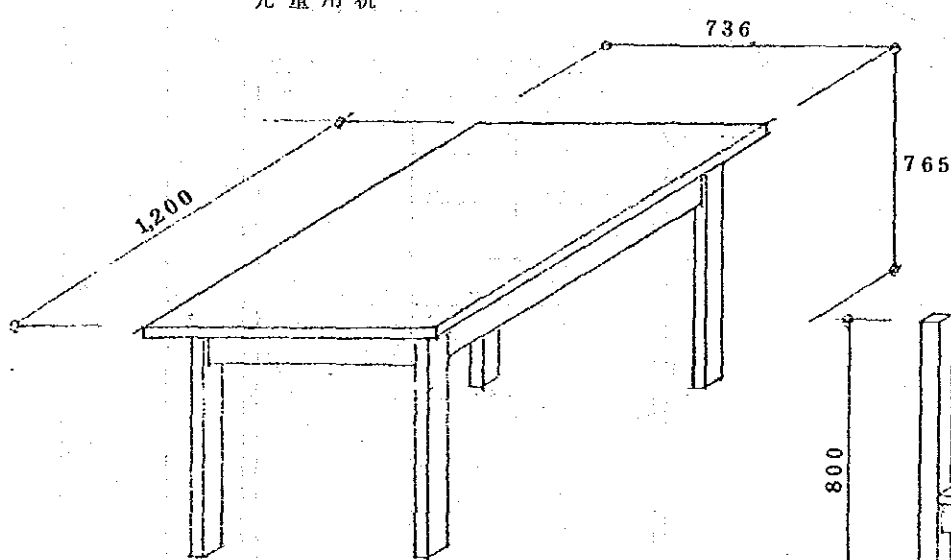
註：A 高学年用
 B 低学年用
 C 教師トレーニング室用



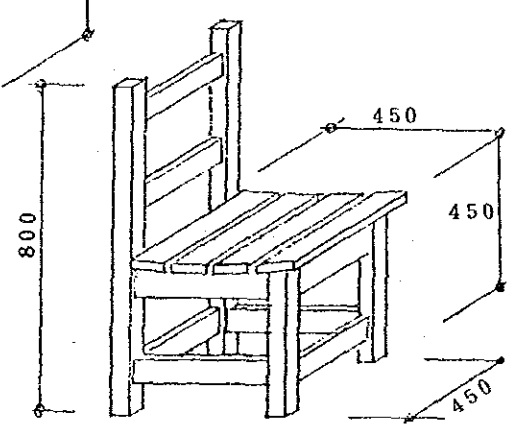
児童用机



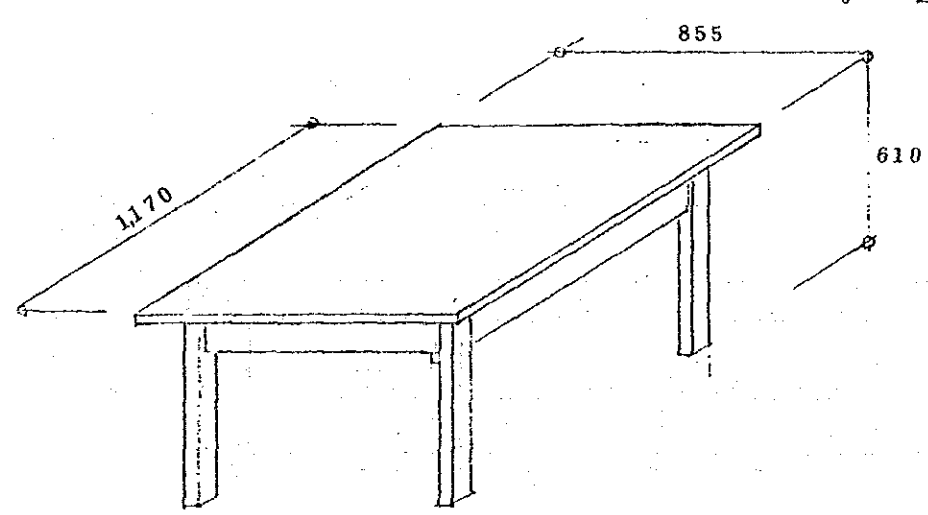
児童用椅子



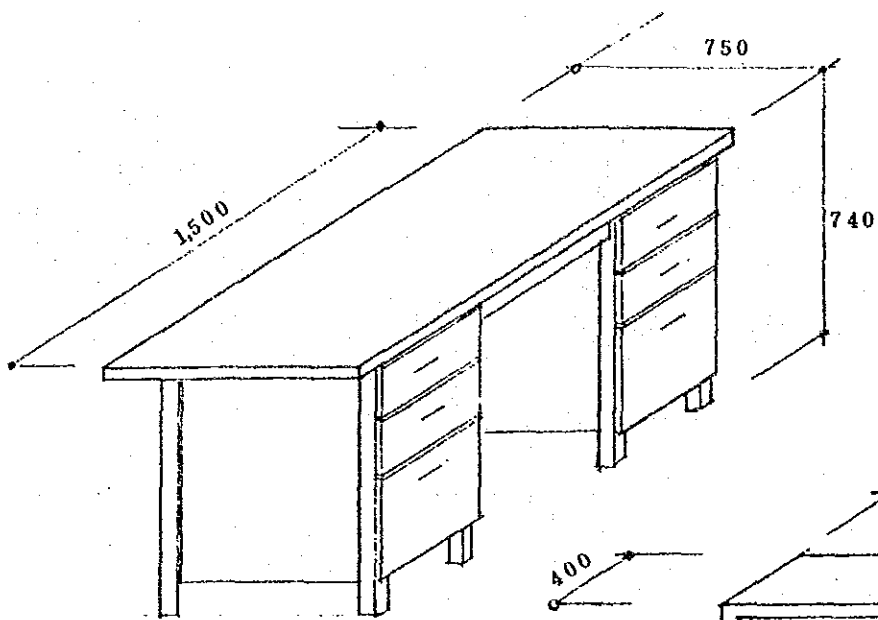
教師用机



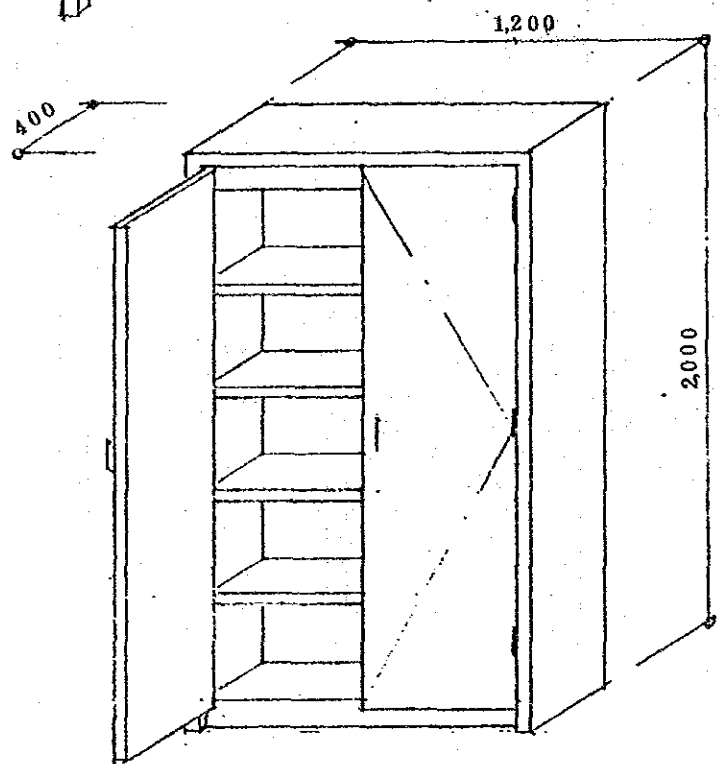
教師用) 椅子
 校長用



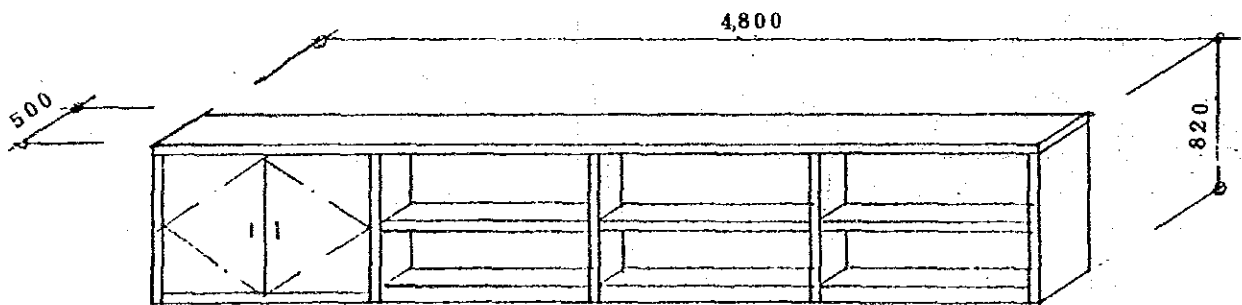
児童机 (低学年用)



校長用机



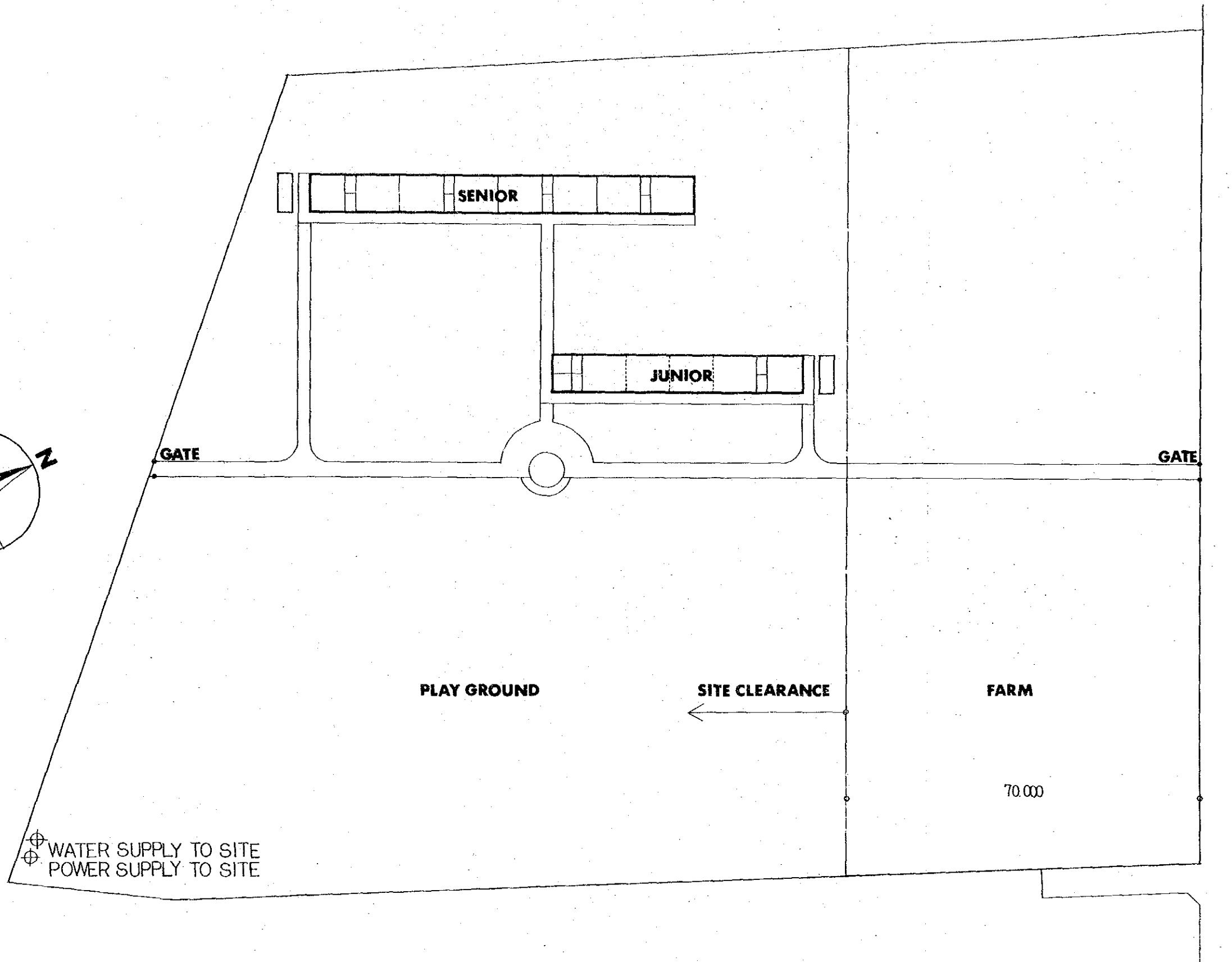
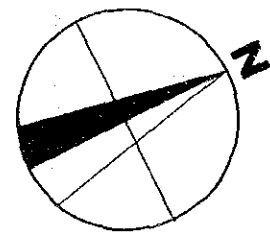
書棚



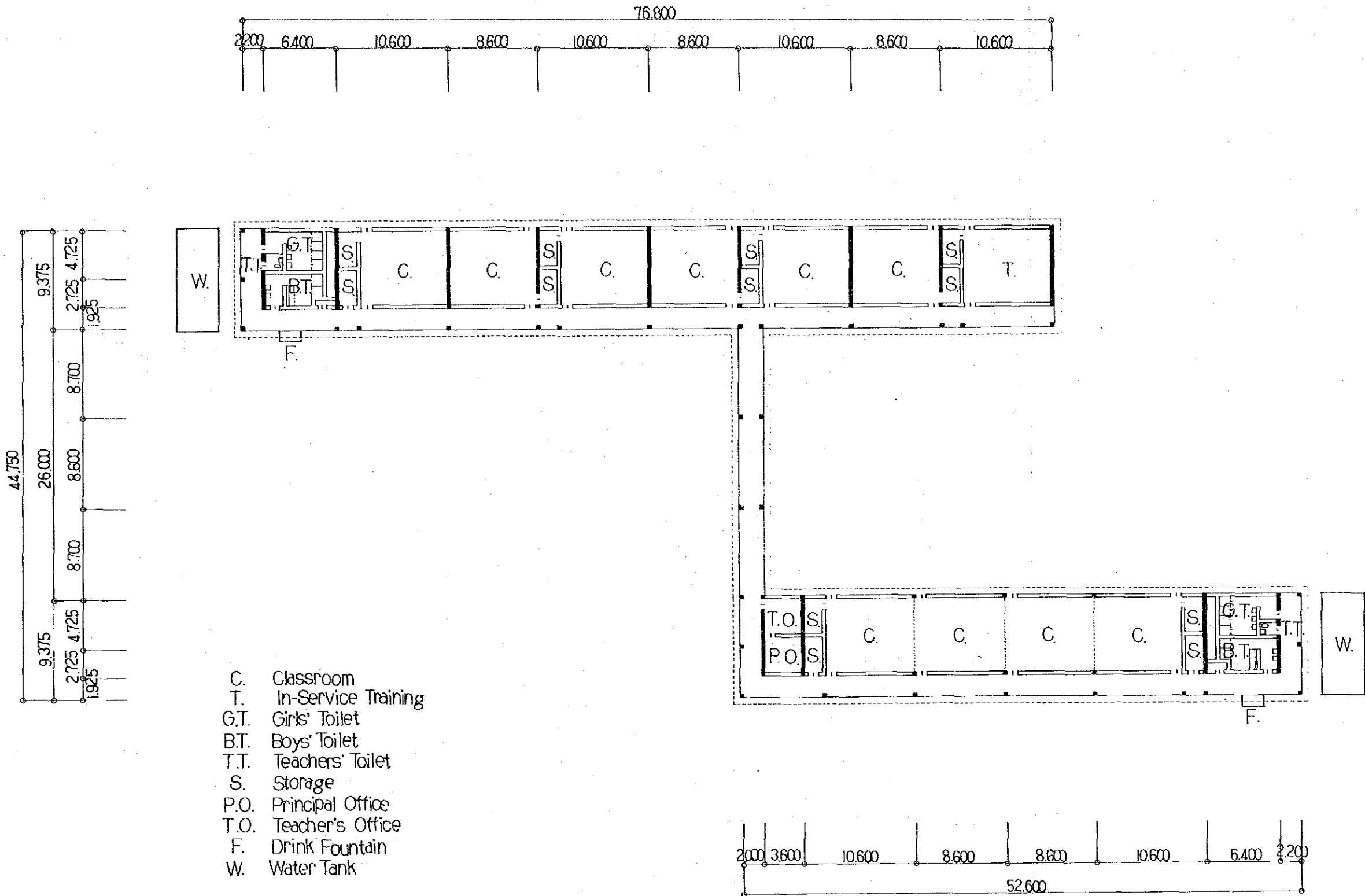
教室脇棚

3-7 基本設計図

- | | |
|---------------------------|-----------------------|
| 1. HOUMA PRIMARY SCHOOL | - Site Plan |
| 2. " | - Floor Plan |
| 3. " | - Elevation & Section |
| 4. KOLONGA PRIMARY SCHOOL | - Site Plan |
| 5. " | - Floor Plan |
| 6. " | - Elevation & Section |



HOUMA PRIMARY SCHOOL-SITE PLAN s. 1:800



HOUMA PRIMARY SCHOOL - FLOOR PLAN s. 1:400



EAST ELEVATION

4.535
2.100
300 2.135



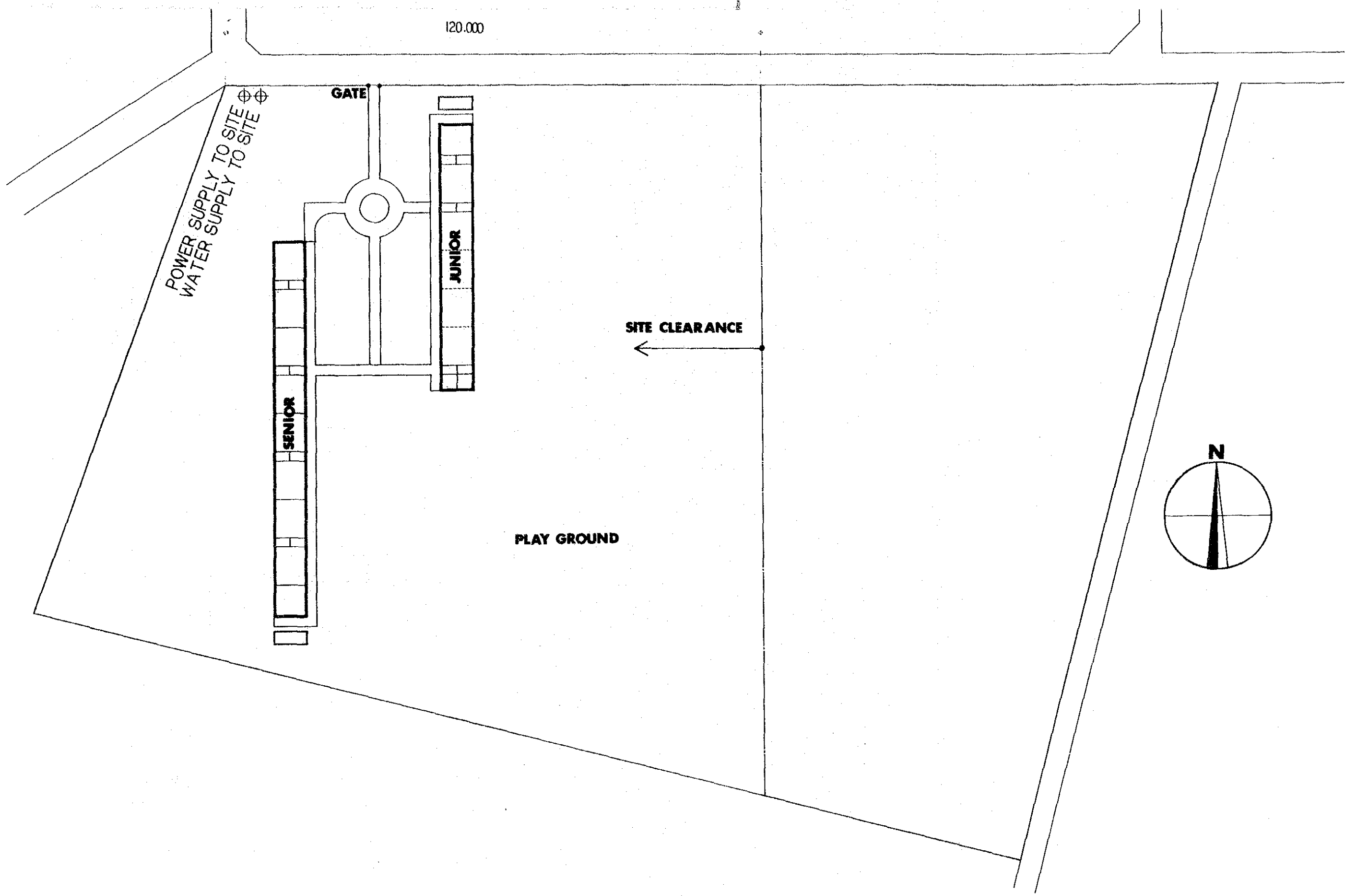
SECTION



SOUTH ELEVATION

HOUMA PRIMARY SCHOOL-ELEVATION&SECTION S. 1:400

120.000



SITE CLEARANCE

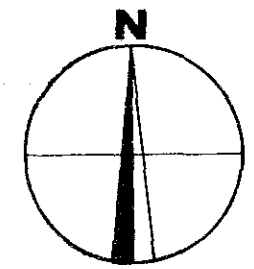
SENIOR

JUNIOR

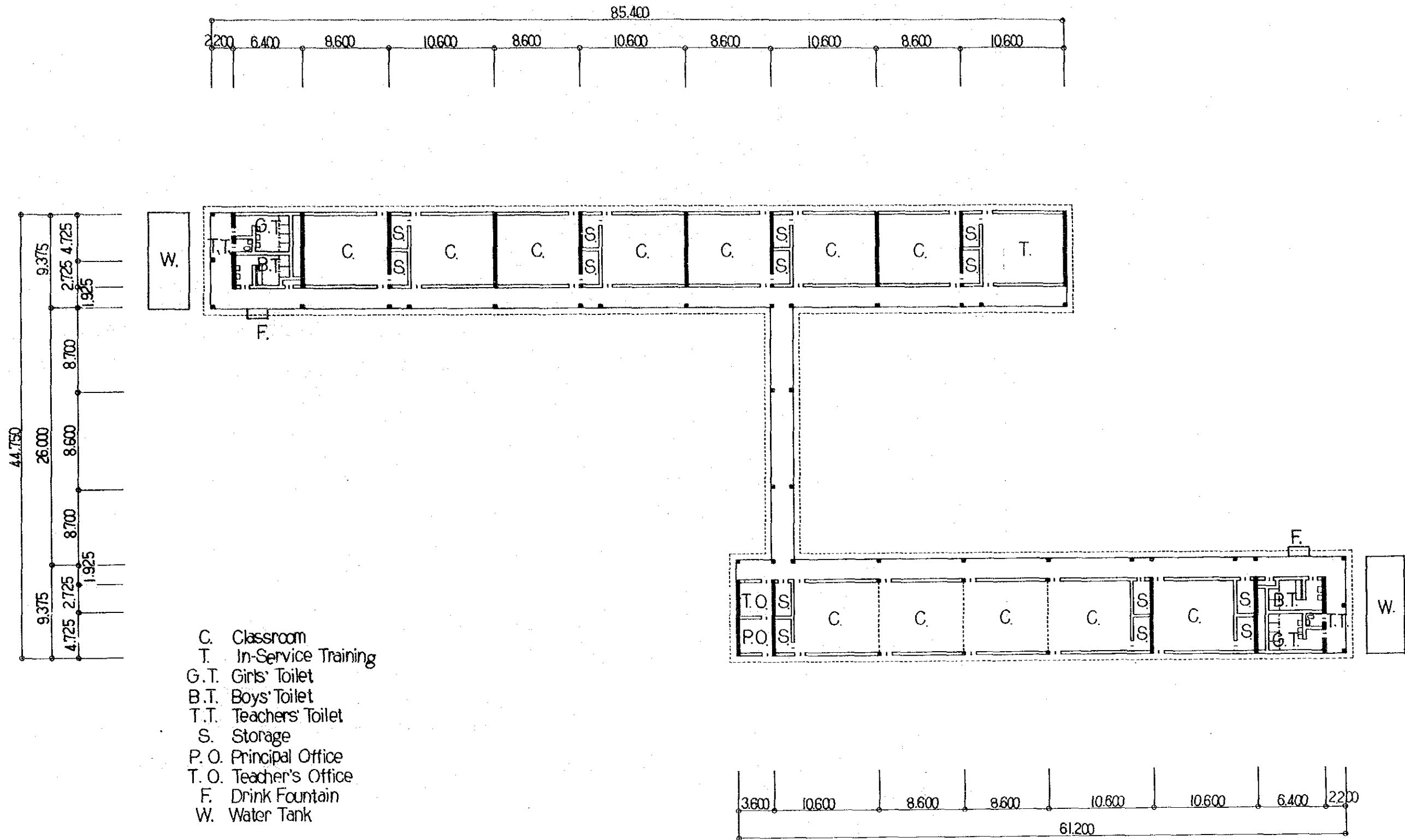
GATE

POWER SUPPLY TO SITE
WATER SUPPLY TO SITE

PLAY GROUND



KOLONGA PRIMARY SCHOOL-SITE PLAN s. 1: 800



- C. Classroom
- T. In-Service Training
- G.T. Girls' Toilet
- B.T. Boys' Toilet
- T.T. Teachers' Toilet
- S. Storage
- P.O. Principal Office
- T.O. Teacher's Office
- F. Drink Fountain
- W. Water Tank

KOLONGA PRIMARY SCHOOL-FLOOR PLAN s. 1:400

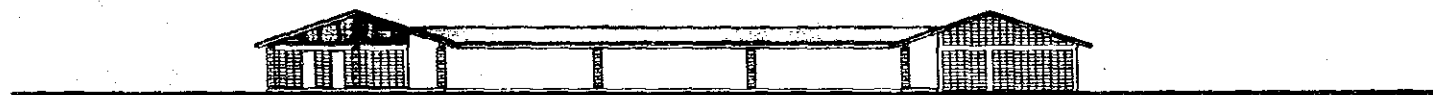


EAST ELEVATION

4.535
2.100
300 2.135



SECTION



SOUTH ELEVATION

KOLONGA PRIMARY SCHOOL - ELEVATION & SECTION s. 1:400

3-8 建設計画

3-8-1 概算建設費

(1) 工事費	¥ 159,000,000
内 訳 Houma小学校	
建物工事費	¥ 70,800,000
機材費	¥ 4,500,000
計	¥ 75,300,000
Kolonga小学校	
建物工事費	¥ 78,300,000
機材費	¥ 5,400,000
計	¥ 83,700,000
(2) 設計監理費	¥ 25,000,000
(3) 予備費	¥ 16,000,000
合	¥ 200,000,000

註記 上記概算工事費は下記の条件のもとに見積られた。

1) トンガ王国政府の協力

1980年4月11日のミニッツに基づき、トンガ王国政府は、本事業推進のため、有効な具体的措置を講ずるものとする。

2) 見積時点

1980年6月10日

3) 為替レート

1TS (トンガ・ドル) = ¥300

3-8-2 資材および労務

(1) 主要資材量

表3-2 主要資材表

名 称	単 位	数 量		
		Houma	Kolonga	合 計
地業用コーラル砕石	m ³	234	264	498
コーラル砕石粗骨材	m ³	301	339	640
砂	m ³	172	194	366
セメント	ton	87	97	184
鉄 筋	ton	153	173	326
鉄 骨	ton	369	416	785
コンクリートブロック (厚200 ~ 100)	個	11300	12600	23900
亜鉛メッキ鉄板(屋根面積)	m ²	1690	1890	3580
ハードボード 1,000×2,000	枚	246	287	533
木 材 構造材	m ³	65	73	138
〃 造作材	m ³	63	71	134
塗 料 油性調合ペイント	Kg	590	660	1250
〃 マリーンペイント	Kg	740	840	1580
アルミルーバー窓 (8葉 W750×H1,140)	個	209	243	452
同上用 ガラス(750×165)		1672	1944	3616
アルミ内倒窓(W250×H450)	個	9	11	20
木製フラッシュ扉 (W900×H2,000)	本	56	62	118
木製フラッシュ折タタミ扉 (W920×H2,000×7本建)	カ所	3	3	6
ビニールフィルム	m ²	940	1080	2020
大便器	個	11	11	22
手洗器		9	9	18
電 線	m	480	380	860
照明器具	個	18	20	38

家具数量については家具計画(3-6-5)参照

(2) 資材調達

この Project に必要な資材で、現地にて生産されている建設資材は、地業用砕石、コンクリート用骨材、コンクリートブロックおよび仮設用木材のみである。他の資材は輸入しなければならない。輸入の方法としては次の4通りの方法が可能である。

- 1) General Contractor が日本にて調達し輸送する方法
- 2) General Contractor が直接ニュージーランド、フィジー等から輸入する方法
- 3) 政府機関である Ministry of Works および Commodities Board に輸入業務を委託し調達する方法
- 4) 現地の Sub-contractor に輸入業務を委託し調達する方法

これらの方法のうちいずれが適切であるかは、資材の仕様、資材コストおよびその調達経費、調達に要する期間および工期との関係等を考慮し決定されなければならない。

前述の工法の決定にあたっては、使用する建設資材の種類を制限して計画した結果、日本にて調達することが必要不可欠な資材は少なく、それは鉄骨および鉄骨用の塗料のみである。前者は工期上、後者は仕様上の理由による。

一方仕様上の理由で日本にて調達が妥当でない資材は、電気器具、亜鉛メッキ鉄板、アルミルーバー窓枠である。

その他の資材についていずれの輸入方法をとるかは、前述のコスト、経費、調達期間等を考慮し、又輸入業務の適確さおよび便宜等を配慮して決定される。

調査の結果では、1)の方法はコスト的に不利であり、2) 3) 4)の方法には調達期間に不安定さがある。

(3) 輸送方法

定期便として日本からフィジー島スバ (Suva) まで月1本、月末出発の便がある。スバからトンガタプ (Tongatapu) までは別便にて輸送する。これに要する日数は、積みかえ待ちを入れて15～20日を要する。(資料篇Ⅱ-3 資料-6)。上記輸送契約は日本において日本からトンガタプまでどうして一括契約が可能である。

荷の状況によっては日本からの定期便がトンガタプに直接寄港することも可能である。

埠頭の状況については、荷揚施設はないが、大型船の着岸に支障はない。なお、鉄骨は輸送にあたっての損傷を配慮して、そのおさまりに工夫が必要である。

(4) 労務調達

労務調達には2通りの方法がある。

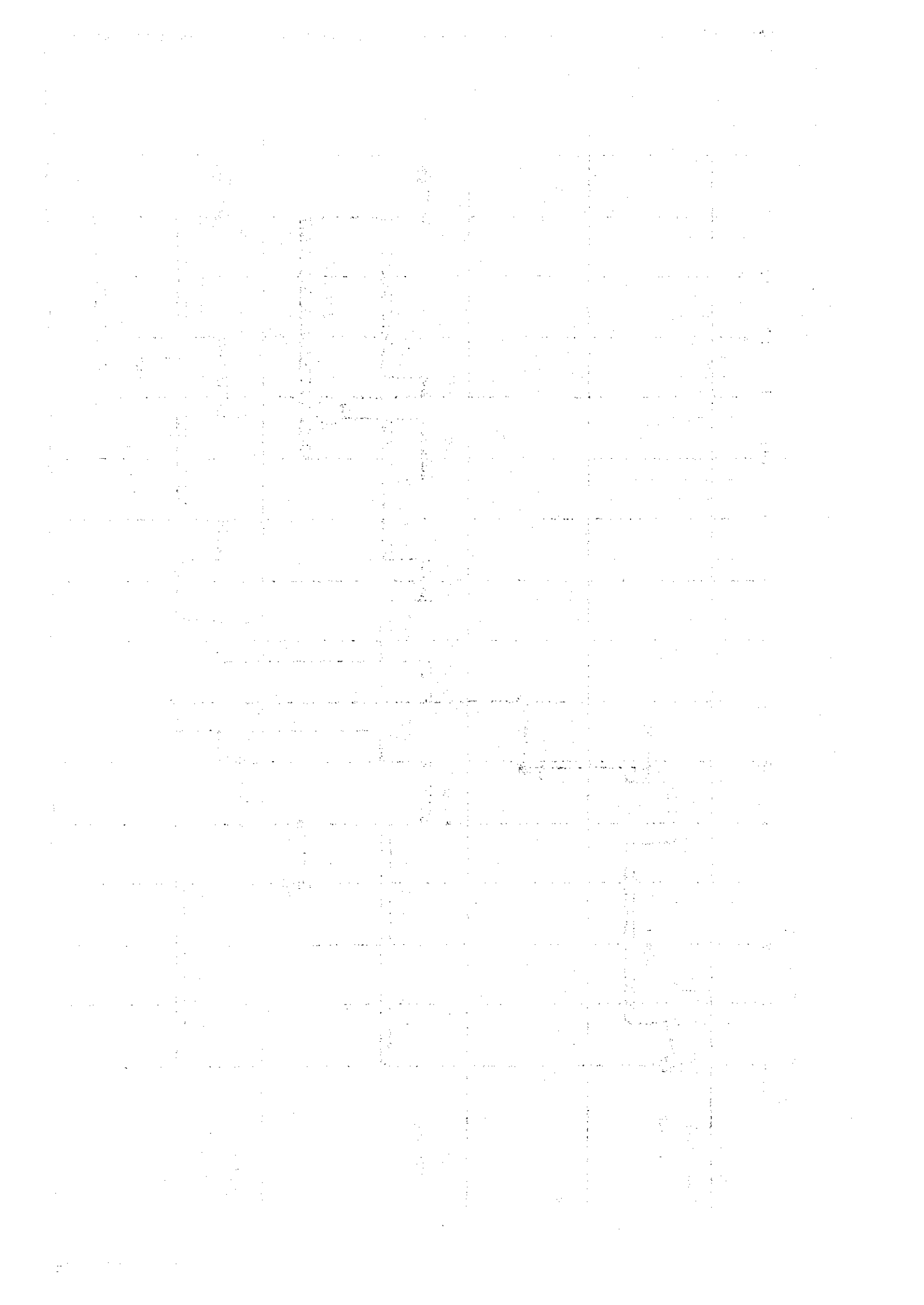
- 1) 現地の民間の建設会社をつうじて調達する方法。現地での大手会社は3社ある。(資料篇Ⅱ-3)特にそのうちの1社は日系である。
- 2) 日本とは事情の異なる所であるが、政府の機関である Ministry of Works が直接職入をかかえて直営で政府関係の工事をおこなっている。この機関と契約して調達することも可能である。
(資料篇Ⅱ-3 資料-1、-2、-3、-4)

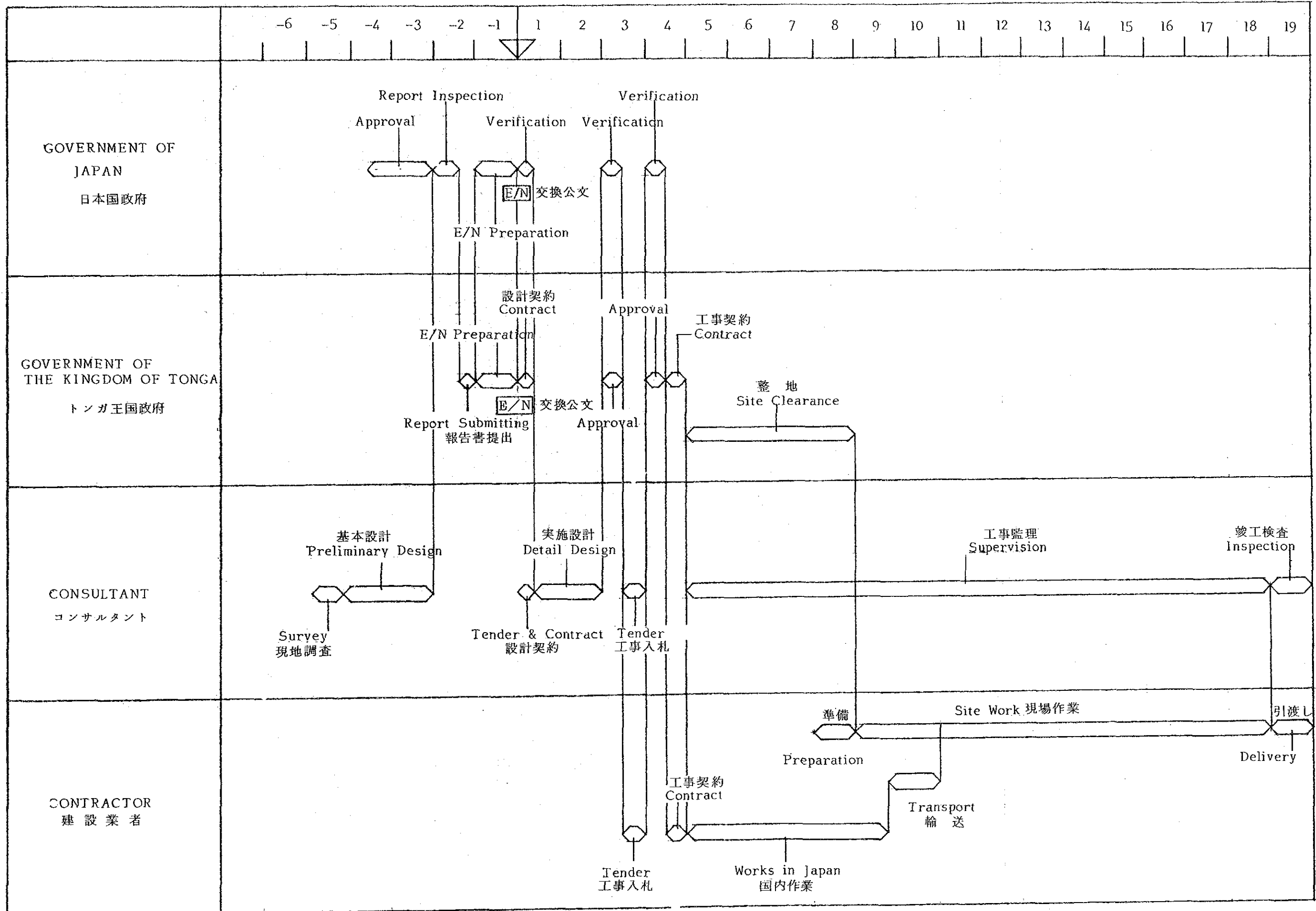
3-8-3 施工計画上の問題点と施工工程

電話はヌクアロファ周辺の一部をのぞいて利用出来ない。又郵便は私書函を利用しなければならない為不便である。これらの通信事情と現場が2カ所にまたがることを考え合せると、現場事務所はヌクアロファに設営せざるをえない。またヌクアロファから現場まで車で40分~1時間を要するため、小資材および職人の緊急輸送をかねて、1~2 ton 程度の小型トラックを持込むことは有効である。又現場間及び事務所との連絡方法として、無線機を使用することの可能性の検討も必要である。

現場における施工順序の想定は工程表に記した通りである。この工程表の要点は最初に鉄骨を建て屋根を葺き、のち内外壁のブロック積をおこなうことにより、雨にわずらわされることなく工期を安定させることにある。又土間コンクリート打は、コンクリートこて仕上であることにかんがみ、工事中のよごれを考慮して、ブロック積の後におこなうべきである。二つの現場の工程を若干ずらせておこなうのは、これにより現地 foreman が効率的に働くことができ、また職人の現場における教育を効率的におこなうことができるためである。

なお敷地内及びその周辺のコーラル舗装がなされていない部分は雨のあとは必ずぬかるむため、仮設道路を必要とする。





第4章 本計画の必要性および評価

4-1 本計画の必要性

トンガ王国は南太平洋の独立島嶼国のなかでもミッシヨナリーの布教以来、教育の点ではいち早く目覚めた国で、政府も教育に重点をおき、就学率は、100%に近い。近時は家族計画が普及してきたが、未だに宗教上及び伝統的な大家族制度の中で人口の自然増は大きく、人口構成は若年層が多くて底辺の広い形をしており、初等教育適齢期の人口は約30%を占める。

従来ミッシヨナリーの経営が過半を占めていた初等教育からミッシヨナリーが全般的に撤退した1970年代の半ばに、同じ頃教育基本法も制定され、初等教育が完全に義務制となり、小学校への就学児童が急増したこともあって、トンガの小学校は極端に老朽・過密の様相を呈しており、特に人口の集中度合の高いトンガタブにおいて甚しい。

国の産業としてはコプラの輸出がほとんど唯一のもので、ほかに労働力として海外への出稼によって外貨を獲得するほかは、自給自足の食料品のほかは総て外国からの輸入に依存している。これは教育関係の諸施設、機材、また人材としての教員についても同様で、ニュージーランドなどの外国の援助と近隣の村民の協力によってこの国の小学校の多くが建設され維持されてきたのである。

トンガは今年の7月から第4次開発計画(1980~1985)に入る。小学校の建設計画としては一定の基準を定めて、5年間に新設12校、増設12校、改造1校を計画し、133教室を確保しようとするもので、その総予算に1,240,540T\$を計上している。

今回日本の資金協力を求めている Houma および Kolonga の各小学校は第4次開発計画の初年度の第1、第2順位に挙げられているものであり、トンガタブ島における立地条件等からみても、また既設校の現状からみてもこの2校の改築は緊急を要するものである。

またこれらの2校には In-service の教室があり日本およびアメリカの平和部隊から指導教官の派遣が予定されていることもあわせて考えると、日本の資金援助によるこの2校の建設が、トンガの初等教育に及ぼす物・心両面の役割は甚だ高く、ここに本計画の必要性があるのである。

4-2 本計画の評価

トンガ王国側関係者と当調査団との間の学校建設計画に関する協議、検討にもとずいて、第4次開発計画のうちで最も優先順位の高い2つの政府小学校が今回の無償資金援助の対象に選ばれた。

この国の小学校には、ミッシヨナリーによって運営されてきたとはいえ、100年以上の長い年月に醸成されてきた伝統のようなものがある。これは気候などの自然条件もあるが、それ以上に小学校を支えているものが村民（Villager）であるという意識が感じられることである。乏しい水資源を小学校に供給しているのも村民であるし、また労力を出し合って一年がかりで教室を建設したP.T.A.もある。施設の負担はそのまま村民の負担になるのである。

教育関係者との協議において、日本からの援助による小学校が従来校との間につとめて格差の生じないよう要望されたが、これは以上のような事情によるものである。

これらの特殊事情を考慮において、維持管理費を少なくすることを第一義として現地で調達可能な資材と建設労務者の技術能力を考えた上で、第3章に詳述したような建築の様式と工法を採用することとした。

すなわち平家建で深い軒の出を持つ勾配屋根とし、片側に吹抜廊下を持つスタイルである。これはトンガの伝統的な家屋の様式とは異なり、ニュージーランドあたりから持ち込まれたもので、今は何の抵抗もなく現地の風土に定着している様式である。

東および東南からの風を取り入れるため建物を南北軸にとり、屋根面への日射による輻射熱は高い屋根裏空間で逃げ、便所の位置を風向によって定めること、低・高学年の棟を分離し、低学年棟は移動間仕切で大部屋にすることなどを基本設計の前提とした。地下水と雨水を利用し、便所を水洗式とすることなどもすべて従来のものになった。

今回提案する構法と従来構法との唯一つの相異点は鉄骨を架構に用いたことである。この理由としては、1) 建物の耐震性 2) 施工工期の2点である。

第1の点については第3章で述べたようにトンガの地勢が日本のそれと酷似していて、日本に劣らず地震国であり、また熱帯性サイクロンも襲来するため従来用いてきたニュージーランドの建築法規よりもきびしい日本の建築基準法の諸基準を適用することによって地震等に対し、より安全性の高い構造としたことである。

第2の工期の問題については建築に着工する時期と雨期の関係、建物の定成と新学年の開始のことなどを考えて、日本における鉄骨の加工、輸送を雨期の間におこない、雨期の末期（81年3月）から現地作業に入り、まず鉄骨建方から屋根葺を完了した上で、壁のブロック積みなどを天候に関係のない屋内工事として工期を短縮しようとするものである。

鉄骨およびごく一部の材料を除きすべての資材は現地調達であるが、そのうち現地生産品はコンクリートブロックと骨材位のもので大半はニュージーラン

ド、フィジーなどからの輸入品であり、資材のコストはそれほど安くはない。しかし鉄骨を架構とすることで現地生産のコンクリートブロックを多く使用できることはこの国にとっては一つのメリットであろう。

労務事情については熟練技能者が少なく、労賃が安いかわりに施工能力も低い。かつ多くの職種を兼ねる形の労務者（例えば大工兼屋根職）が多い。トンガでは今回の工事と併行して行われる大規模の建設工事の予定はないが、30 km離れた2つの現場で同時に併行して工事が行われるため労力の確保には多少の問題がある。しかし従来のやり馴れた工法で、資材の種類も少なくおさえたのでその労務者集めは不可能のことではない。輸入資材に対する免税、現地建設資材の確保、建設労務者の確保については、トンガ側の協力を要請したい。

これまでトンガに援助を行ってきたニュージーランドなどについて、今回の日本の援助は競合の心配があったが、現にニュージーランドの援助による工事が、資金面で一時中止の形になっていることなどをみても、日本の援助による学校建設については何の問題もないと考える。

以上述べてきたように、教育に熱心なトンガにとって、しかも海外からの援助をまだ暫くは必要とするこの国にとって、初等教育の場としての小学校の困窮した現状が日本の援助によって幾らかでも緩和されることは、かつ地震先進国の構造技術を加味した新しい小学校を提供できることは、トンガ王国とわが国との友好のきづなをいっそう深める点で重要な意味を持つものとなる。

資 料 篇

資料編 I 一般資料

資料-1	Proposal from the Government of Tonga	61
資料-2	調査日程及び調査概要	65
資料-3	関係者一覧	68
資料-4	Minutes	69

II 建設基盤条件調査

II-1	国土概要 (*1, *4)	79
II-1-1	国土の位置	79
II-1-2	面積	79
II-1-3	地勢	79
II-1-4	人口	80
II-1-5	民族	80
II-1-6	気象	80
資料-1	INSET MAP OF SEA FLOOR (*1)	82
資料-2	POPULATION OF TONGA (*2)	83
資料-3	PUBLIC FINANCE (*2)	86
資料-4	SEASONAL CLIMATE (*1)	87
資料-5	THE FORMATION OF TONGA (*1)	88
資料-6	THE TONGA EARTHQUAKE OF 23 JUNE, 1977	89
資料-7	METEOROLOGICAL DATA (*2)	100
資料-8	Q & A (Meteorological)	103
II-2	教育概要	108
資料-1	教育行政組織図	109
資料-2	EDUCATION SYSTEM	110
資料-3	STATISTICS ON EDUCATION (*2)	111
資料-4	TIME-TABLE CLASSES 1~6	117
資料-5	PRIMARY SCHOOLS AND THE VILLAGES	123
資料-6	SCHOOL ENROLMENT (*3)	128
資料-7	GOVERNMENT PRIMARY SCHOOLS AND MISSION SCHOOLS (ENROLMENT ENDING 1979)	142
資料-8	PRIMARY BUILDING PROJECT D. P. IV, JULY 1980 - JULY 1985	152
II-3	建設工事の実態	154
資料-1	Q & A (Information on construction)	155

資料-2	BUILDING MATERIAL LIST	157
資料-3	MAXIMUM WAGE RATES FOR DAILY PAID WORKERS	160
資料-4	PRICES FOR FURNITURES	162
資料-5	浄化槽規準図	165
資料-6	船 賃	167

Ⅲ 参 考 資 料

参考文献	169
地 図	169

* 印は資料はⅢ参考資料より引用した

I 一般資料

HOUMA PRIMARY SCHOOL

Location : Houma Village, Hihifo District, Tongatapu

Roll : February 1980 - 309.

No. of pupils

Background

Many of the Church education systems have been phasing out their primary schools to concentrate their resources on Secondary education. The Catholic Church, for example, has completely phased out its primary schools in the last five years, which means that the government has to assume responsibility for a significant number of new schools within the last five years. It had meant the provision of new buildings and new teachers.

Houma Primary School was originally one of the Catholic Schools. To facilitate the transfer, the Catholic Church agreed to rent the school buildings to the government for about five years. In the meantime, the government was expected to construct a new School to which the pupils would be transferred. Because of financial constraints the government has been unable to comply with the agreement. The five years have ended and the Catholic Church is now urging the recovery of the use of the school buildings and grounds. It is now more urgent than ever for the government to construct a new school at Houma as soon as possible.

13 teachers

Building Needs

Estimates based on the rates of 30 pupils per classroom.

11 Classrooms
(10 general plus 1 for In-Service Training of Teachers)

Storage (one between every two-classrooms)

Principal's Office

Toilet Facilities

Each classroom approximately 7200 x 8600, each with small store-room approximately 2400 x 1800.

Principal's Office approximately 3600 x 3600.

Toilets: f - 5 wc 5 lb
m - 5 wc 5 uv - 5 lb

Drink fountains

Cleaners' Closets

workbench wood closet

KOLONGA PRIMARY SCHOOL

Location : Kolonga Village, Hahake District, Tongatapu

Roll : February 1980 - 357. *v/o. of pupils*

Background

Many of the Church education systems have been phasing out their primary schools to concentrate their resources on Secondary education. The Catholic Church, for example, has completely phased out its primary schools in the last five years, which means that the government has to assume responsibility for a significant number of new schools within the last five years. It had meant the provision of new buildings and new teachers.

Kolonga Primary School was originally one of the Catholic Schools. To facilitate the transfer, the Catholic Church agreed to rent the school buildings to the government for about five years. In the meantime, the government was expected to construct a new School to which the pupils would be transferred. Because of financial constraints the government has been unable to comply with the agreement. The five years have ended and the Catholic Church is now urging the recovery of the use of the school buildings and grounds. It is now more urgent than ever for the government to construct a new school at Kolonga as soon as possible.

Building Needs

Estimates based on the rates of 30 pupils per classroom.

13 Classrooms *Connect (2x41. (711'2))*
(12 general plus 1 for In-Service Training of Teachers)

Storage (one between every two-classrooms)

Principal's Office

Toilet Facilities

Each classroom approximately 7200 x 8600, each with small store-room approximately 2400 x 1800.

Principal's Office approximately 3600 x 3600.

Toilets: f - 5 wc 5 lb
m - 5 wc 5 uv - 5 lb

Drink fountains

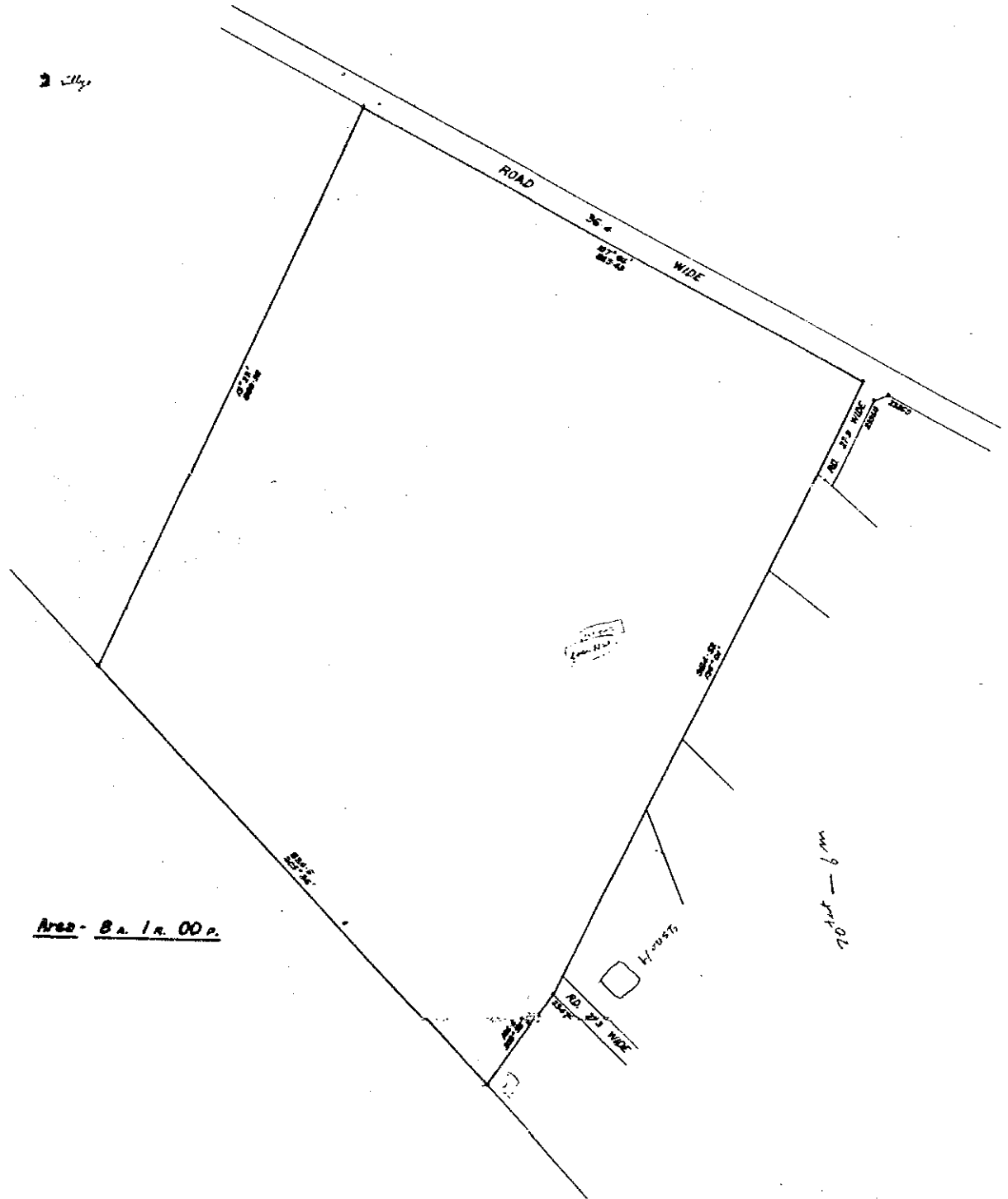
Cleaners' Closets

GOVERNMENT PRIMARY SCHOOL (lease) AT HOUMA

66 Feet = 1 inch

SCALE ONE INCH TO AN INCH
(All measurements in feet)

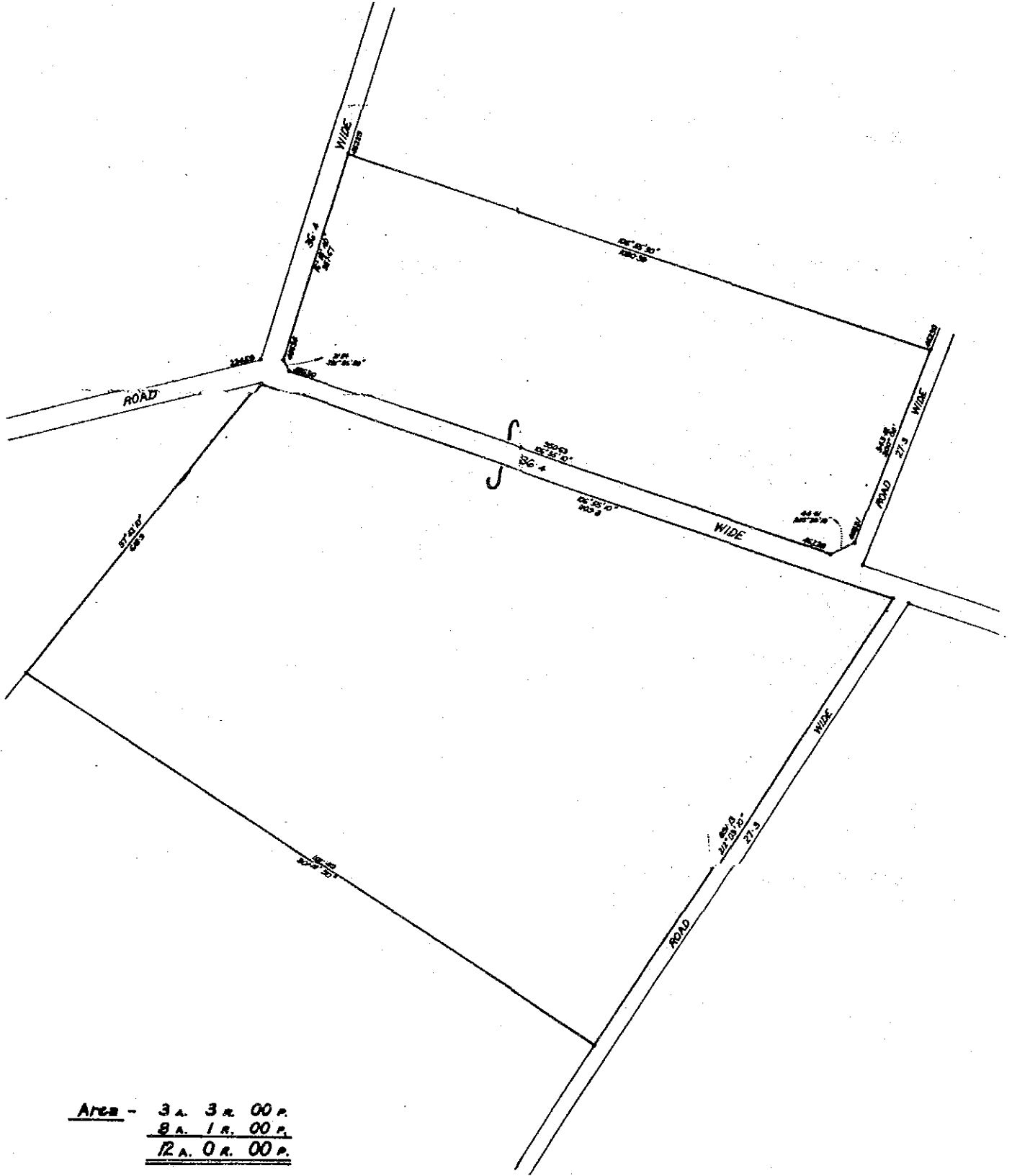
1 in = 8'



Area - 8 A. 1 R. 00 P.

GOVERNMENT PRIMARY SCHOOL (lease) AT KOLONGA

SCALE: ONE CHAIN TO AN INCH
 (All measurements in link)



Area - 3 A. 3 R. 00 P.
8 A. 1 R. 00 P.
12 A. 0 R. 00 P.

調査日程及び調査概要

月 日	業 務 内 容	宿 泊 地
1980 4/5 土	8:00 pm 成田発 (QF022) →	機 中
6 日	Sydney 経由 2:50 pm Auckland 着 (QF051) 日本領事館 山下総領事訪問	Auckland
7 月	12:00 am Auckland 発 (FJ425)、3:05 pm Tongatapu 着	Nuku'alofa
8 火	2:00 pm 文部省 (Ministry of Education) に Fiefia 局長 (Director of Education, Mr. Sione Na'a Fiefia) 訪問、打合せ 1) 調査目的説明 2) 無償資金供与の仕組説明 3) クェスチョニアー及び便宜供与要望書提出 4) 先方より今回の無償供与の対象と考える小学校は HOUMA PRIMARY SCHOOL KOLONGA PRIMARY SCHOOL の2校である旨説明あり 5) ミニッツ案提示 6) 調査日程の修正	"
9 水	10:30 am、総理府 (Prime Minister's Office) に Taumoepeau 外務次官 (Secretary, Foreign Affairs, Mr. Tu'a Taumoepeau) 訪問 2:00 pm 総理府に Tufui 長官 (Secretary to Government, Mr. Taniela Tufui) を表敬訪問 3:00 pm HOUMA PRIMARY SCHOOL の計画敷地 の視察	"
10 木	9:30 am 平和部隊事務局 (Peace Corps Office) に Mc Crossen 局長 (Director, Peace Corps Tonga, Mr. P. McCrossen) 訪問 11:00 am 中央計画局 (Central Planning Office) に Cooker 局長 (Chief Planning Officer, Mr Cecil Cooker) 訪問 2:00 pm KOLONGA PRIMARY SCHOOL の計画 敷地の視察	"

月 日	業 務 内 容	宿 泊 地
4/11金	9:00 am 建設省 (Ministry of Works) に Keith 局長 (Director of Works, Mr. D. Keith) 訪問 11:00 am 文部省にてミニッツ (案) の検討 2:30 pm ミニッツのサイン (Fiefia 局長と伊神団長)	Nuku'alofa
12土	伊神団長 スバ経由西サモアへ	"
13日	資料整理と内部打合せ	"
14月	Lapaha, Mu'a, Ngele'ia, Havelu 各小学校 (G. P. S.) 見学、需品局 (Commodities Board) に Hurrell 局長 (Director, Mr. Sebastian Hurrell) 訪問、資料収集・調査	"
15火	Fahefa, Fanga, 'Atele 各小学校見学 J. H. Nakao & Son (建設会社) 訪問、建設事情調査	"
16水	HOUMA PRIMARY SCHOOL 計画敷地踏査、立地条件、 環境条件、土質等調査	"
17木	KOLONGA PRIMARY SCHOOL 計画敷地踏査、 全上の調査	"
18金	9:30 am 文部省にて Fiefia 局長に計画用地の土地利用計 画の概要説明、クエスチョニアアの回答受領、打合せ 2:00 pm 建設省再度訪問、打合せ 大蔵省及び印刷局で資料入手	"
19土	資料整理・検討、建築計画立案	"
20日	建築計画立案	"
21月	9:30 am 文部省にて Fiefia 局長に 1) HOUMA, KOLONGA 両小学校の site plan, plot plan の提出 (ミニッツ、ANNEX II). 2) 調査報告書の概要の説明 3) 無償資金供与の仕組の再確認 4) 今後のスケジュールの説明 をなし、最終打合せを行った。	"
22火	Nuku'alofa 市内において、補足資料の収集	"
23水	全上 資料の整理	"
24木	10:15 am Tongatapu 発 Auckland へ (FJ422) (藪前・福田)	5:35 pm Tongatapu 発 Suva へ (FJ423) (矢部・斎藤) Suva

月 日	業 務 内 容		宿 泊 地
4/25 金	資料収集	8:30 am 日本大使館に 大鷹大使表敬訪問 松実一等書記官に調査概略説明、 今後のスケジュール打合せ 2:20 pm Suva 発 Aucklandへ (FJ434)	Auckland
26 土	4:30 pm Auckland 発 (QF044) Sydney 経由 日本へ		機 中
27 日	6:30 am 成田着 (JAL 772)		

關係者一覽 (List of Persons Concerned)

Taniela Tufui	Secretary to Government
Tu'a Taumoepeau	Secretary, Foreign Affairs
'Akosita Fineanganofa	Assist/Sect. " "
Afu'alo Matoto	Secretary for Finance
Cecil Cocker	Chief Planning Officer
P. McCrossen	Director, Peace Corps Tonga
Sione Na'a Fiefia	Director of Education
'Ana M. Taufelungaki	Senior Education Officer (Curriculum)
Tuna Fielakepa	Liaison Officer, Ministry of Education
Peni Tupouniua	Senior Education Officer (Secondary)
Paula Tu'ivailala	School Inspector, Primary Division
Paula Afe Havea	Head Teacher, Houma Primary School
Vokona Ve'a	Head Teacher, Kolonga Primary School
D. Keith	Director of Works
Sebastian Hurrell	Director, Commodities Board
Bruce Wardell	Government Architect
Jim Burt	Government Architect
	* * *
Hiroshi Ohtaka	Ambassador Extraordinary and Plenipotentiary of Japan (SUVA)
Fumihiko Matsumi	First Secretary Embassy of Japan (SUVA)
Keisaburo Yamashita	Consul, Consulate-general of Japan (Auckland)
Toshiaki Ikeda	Consulate-general of Japan (Auckland)
Susumu Kawakami	Fisheries Technical Officer Agriculture and Fisheries Dept. Government of Tonga (Nuku'alofa)

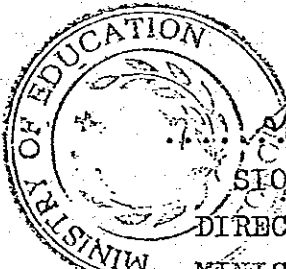
AGREED MINUTES OF DISCUSSION

In response to the request made by the Government of the Kingdom of Tonga for the Primary School Construction Project of the Kingdom of Tonga (hereinafter referred to as "the Project"), the Government of Japan has sent, through the Japan International Cooperation Agency (hereinafter referred to as "JICA"), a team headed by Mr OSAMU IGAMI, Ministry of Foreign Affairs to conduct a basic design survey for 23 days from April 5, 1980. The team had a series of discussions and exchange views with the Ministry of Education, Ministry of Foreign Affairs, Ministry of Works and the Central Planning Department of the Kingdom of Tonga.

As a result of the survey, both parties have agreed to recommend to their respective Governments to take necessary measures toward the realization of the Project.

11 APRIL 1980

...*Osamu Igami*...
 OSAMU IGAMI
 TEAM LEADER
 THE JAPANESE SURVEY TEAM

Stone Na'a Fiefia
The seal of the Ministry of Education of Tonga is circular, featuring a central emblem with a sun and a star, surrounded by the text "MINISTRY OF EDUCATION" and "TONGA".
 STONE NA'A FIEFIA
 DIRECTOR OF EDUCATION
 MINISTRY OF EDUCATION

MINUTES

1. The proposed sites of the Project will be in the village of Houma of Hihifo District and in the village of Kolonga of Mahake District in the Kingdom of Tonga (Hereinafter referred to as "the Project Sites").
2. The objectives of the Project is to provide necessary buildings, facilities and equipment for the primary schools at the Project Sites (Hereinafter referred to as "Primary Schools").
3. The Government of Japan will take necessary measures to cooperate in establishing Primary Schools and related facilities as listed in Annex I. The layout plans of Primary Schools are shown in Annex II.
4. The Government of the Kingdom of Tonga will take necessary measures:
 - a) to provide data and information necessary for the construction including topographic survey and other geological survey reports
 - b) to secure lands necessary for the construction
 - c) to clear and level the Project Sites before the start of the construction
 - d) to construct roads to the Project Sites before the start of the construction, and to provide other items listed in Annex III
 - e) to ensure prompt unloading and customs clearance in the Kingdom of Tonga of imported materials and equipment for the construction and also to facilitate the internal transportation of them
 - f) to exempt Japanese nationals concerned from customs duties, internal taxes and other fiscal levies which may be imposed in the Kingdom of Tonga on the occasion of the supply of goods and services for construction
 - g) to provide and accord necessary permissions, licences and other authorization required for carrying out the Project

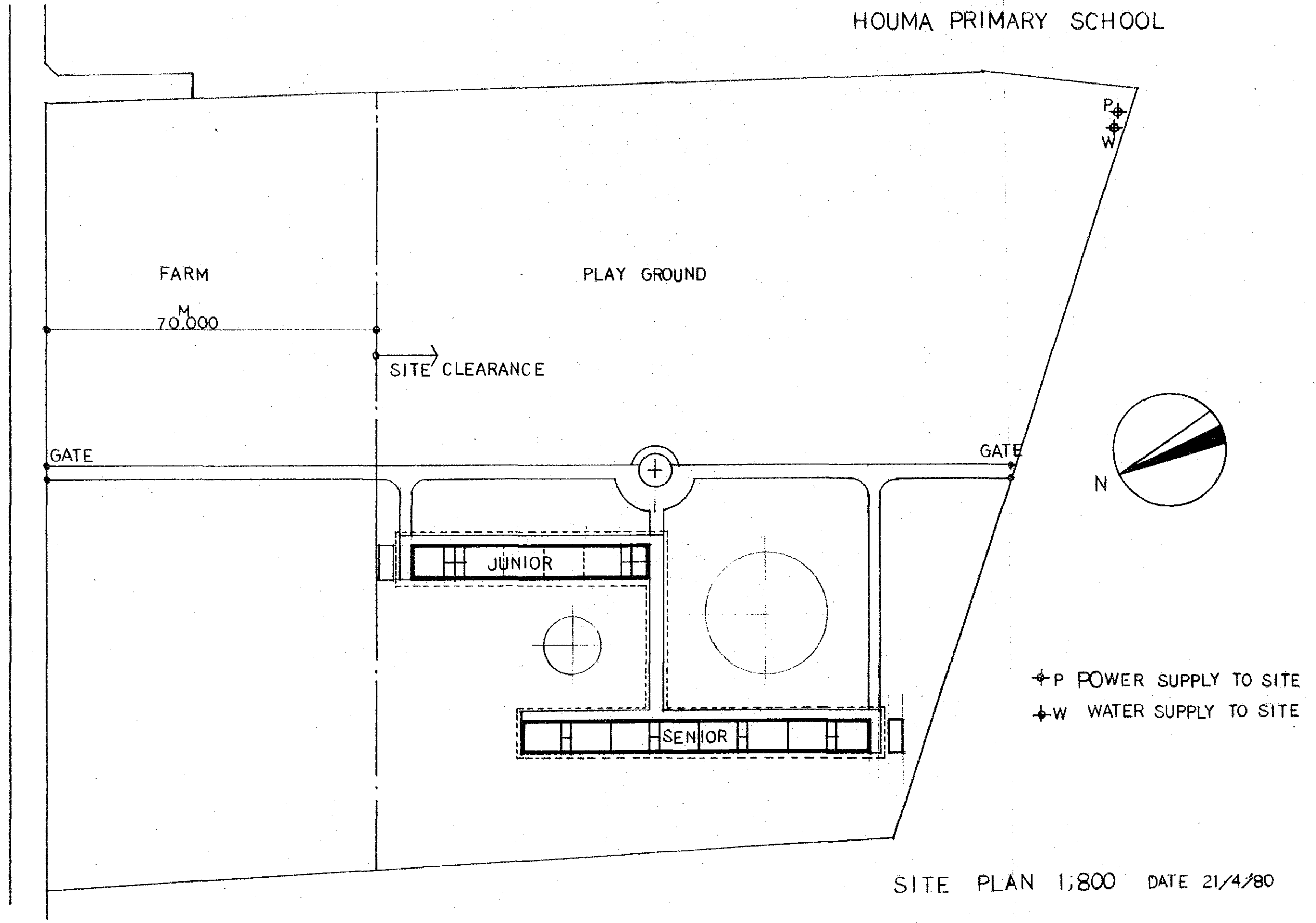
ANNEX I

1) Buildings

Houma Primary School
Kolonga Primary School

2) Basic Equipment such as desks and chairs to be used
at Primary Schools

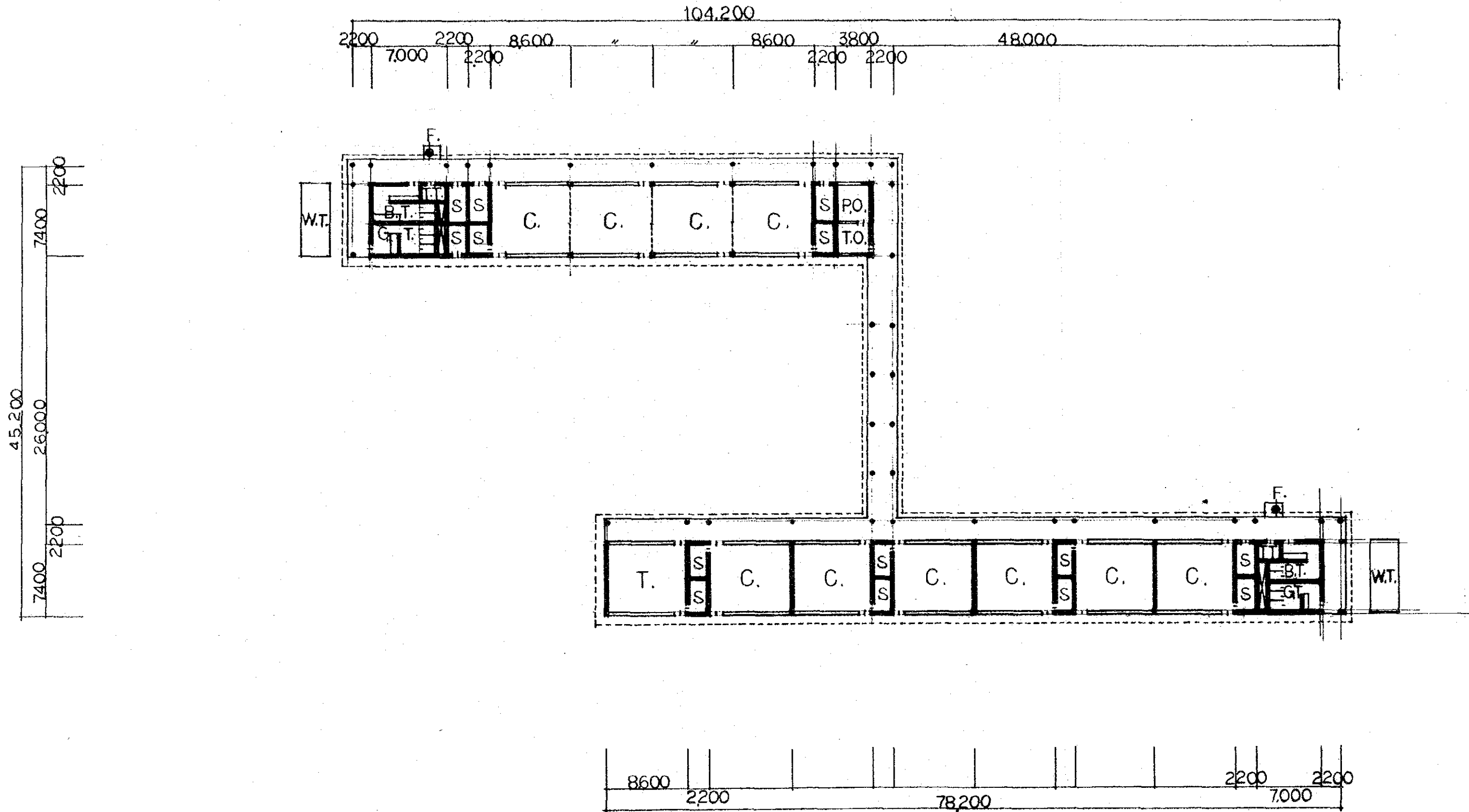
HOUMA PRIMARY SCHOOL



⊕ P POWER SUPPLY TO SITE
⊕ W WATER SUPPLY TO SITE

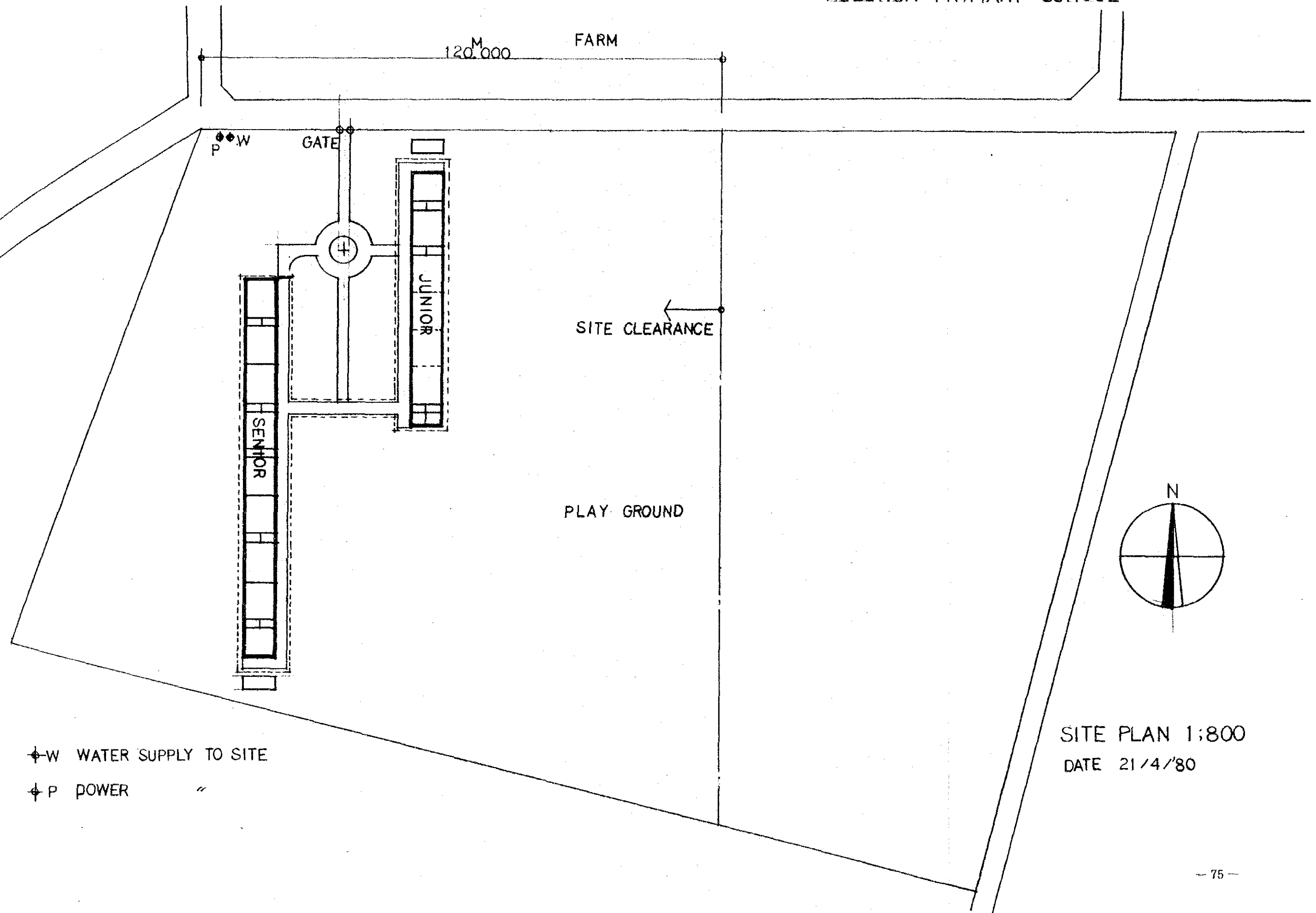
SITE PLAN 1:800 DATE 21/4/80

HOUMA PRIMARY SCHOOL



PLAN 1:400 · DATE 21/4/80

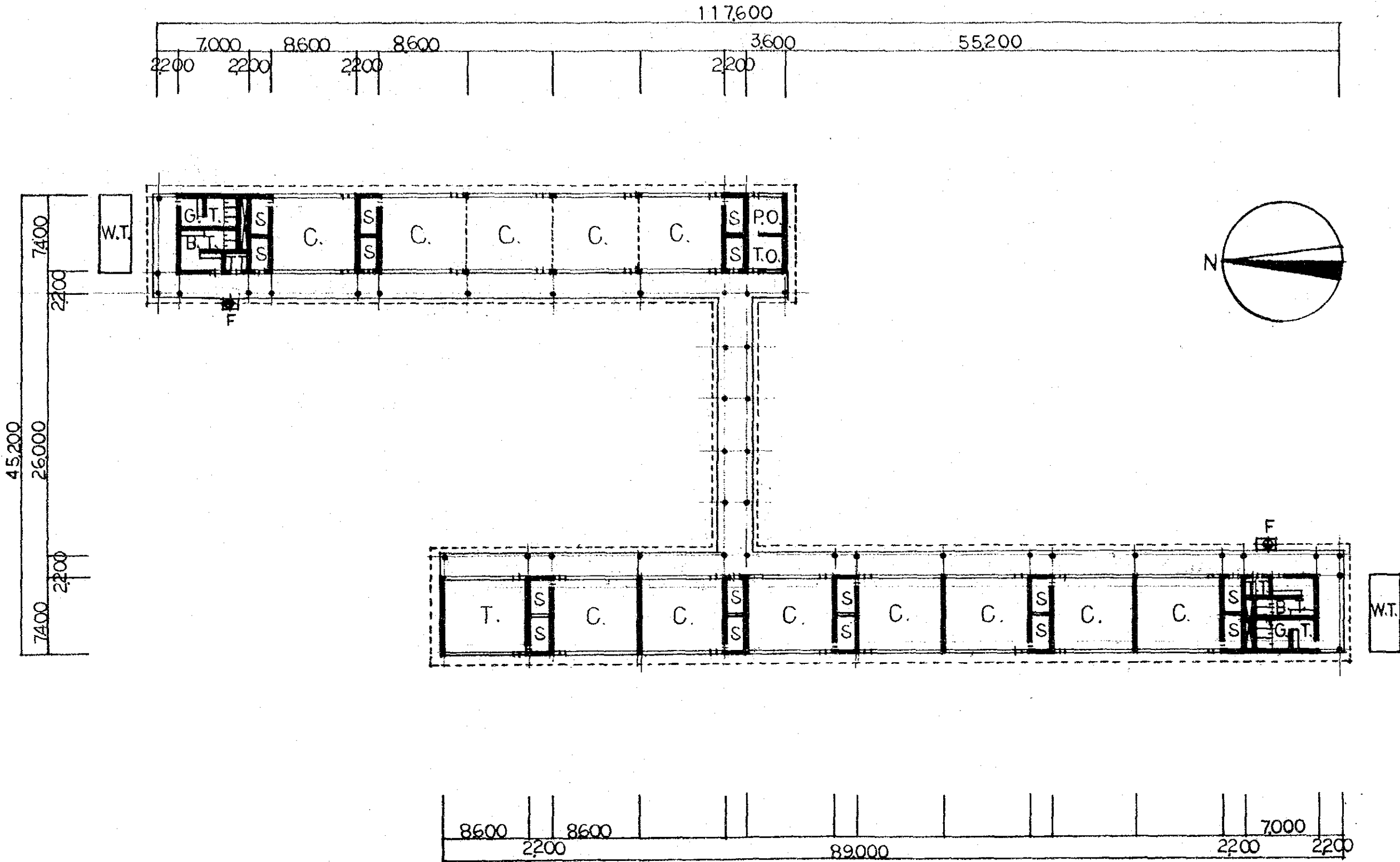
KOLONGA PRIMARY SCHOOL



⊕ W WATER SUPPLY TO SITE
⊕ P POWER

SITE PLAN 1:800
DATE 21/4/80

KOLONGA PRIMARY SCHOOL



PLAN 1:400 DATE 21/4/80

ANNEX III

Items whose cost should be born by the Government of the Kingdom of Tonga.

Infra-Structure and others

- (a) Water supply mains to the Project Sites
- (b) Electrical power main line to the Project Sites, when completed the construction of electricity
- (c) Outdoor Facilities & Landscaping
- (d) Provision of space necessary for such construction as temporary office, working area, stock yards, etc.

II 建設基盤条件調査

II-1 国土概要

II-1-1 国土の位置

トンガ王国は南太平洋上西経 $173^{\circ}\sim 177^{\circ}$ 、南緯 $15^{\circ}\sim 23^{\circ}30'$ の広い海域には南北に浮ぶ162の島よりなり、その中に3つの群島がある。南方のトンガタプ群島 (Tongatapu Group)、中央のハアパイ群島 (Ha'apai Group)、北方のババウ群島 (Vava'u Group) である。ババウの更に180海哩の北方にはニウアトプタブ (Niua Toputapu) とニウアフォオウ (Niua Fo'ou) の2島がある。

II-1-2 面積

全島の合計面積は750平方Kmで、トンガタプ群島の主島であるトンガタプ島 (Tongatapu I.) はトンガ全島中最大の島で、面積は260平方Km、ババウ群島の主島であるババウ島 (Vava'u I.) はトンガ全島中で2番目に大きく、面積90平方Kmである。50,000平方Km以上に及ぶ広い海域に対して陸地面積は僅に1.5%に過ぎない。

II-1-3 地勢

地形的には北々東より南々西に西側にトファ隆起 (Tofua Ridge)、中央にトンガ隆起 (Tonga Ridge)、東側にトンガ海溝 (Tonga Trench) がある。中央のトンガ隆起にある島は大部分が偏平な隆起珊瑚の島で、トンガタプ島の最高地点で標高65m、ハアパイ島で45m、最も高いババウ島で約210mである。

西側のトファ隆起は火山帯で、中央の平坦な珊瑚島とは対照的に高く聳え、トファ島 (Tofua I.) は標高1,014mである。東側のトンガ海溝は世界第2の海溝で深さ1,0882mに達する。

人口の大部分の居住する中央の隆起珊瑚島はコーラル石灰岩の上にシルト粘土質ローム (Silty-clay Loams) あるいは稠密粘土 (Heavy clays) が堆積しているが、前者は西側の火山島群に近い方に後者は東側のトンガ海溝に近い方に堆積している。

トンガタプ島では前者はファヘファ層 (Fahefa Soils) 後者はラパハ層 (Lapaha Soils) と呼ばれ、約1~1.2m位の厚みとなっている。

地下水は硬質であるが比較的良質の水が得られる。このローム層は非常に水はけが悪い。

Ⅱ-1-4 人 口

162島のうち人の住む島は36島、残りの126島は無人島である。総人口は1974年に97,157人、うち男子49,939人、女子47,218人となっている。このうち約60%は首都のあるトンガタブ島に集中している。人口の年増加率(1966~1976)は2.4%であるが、海外出稼ぎと国連機関、ニュージーランドの協力で実施された家族計画で低下の傾向を示している。

Ⅱ-1-5 民 族

トンガ人はサモアン、マオリス、タヒチアン、ハワイアンなど、中部大太平洋地域の人々と同じポリネシア系と考えられる。その先祖については諸説もあるが、言語、習慣、物語、身体の特徴などからポリネシア人は太古にアジアの何処かに住んでいて、それが東印度諸島からミクロネシアを経て中部太平洋の諸島に辿りついたと考えられ、フィジー、ソロモンなどのメラネシア系とは異種民族とみられる。

宗教は古くは多神教で、万物あらゆるものが神であったが、18世紀に入るとキリスト教の熱心な布教が開始され、異教徒の間に抗争が続いたがタウファアハウ(ジョージ ツポウ I 世)(Taufa'ahau, George Tupou I)が統一王国を築くに及んで、キリスト教王国が確立した。

言語は公用語としてトンガ語のほか英語が用いられている。

Ⅱ-1-6 気 象

トンガは南回帰線の北方に位置するため、太陽は年2回直上を通過することになる。太陽が黄道上を北から南へ赤緯をかえその赤緯がトンガの緯度と等しくなる時、すなわち11月下旬頃が第1回目、再び南から北に移動しはじめて約2カ月後の1月中旬頃が第2回目で、いわゆる盛夏が2回あるわけである。

1年は2つのシーズンに大別される。12月~4月が夏で雨期で平均気温は25°~26.2°C、特に1月~3月には月間250mmの降雨量があり正午の関係湿度は75%に達する。

5月~12月は冬で乾期で、平均気温21.7°~24°C、月間降雨量は130mm位、正午における関係湿度は67%に下る。年によっては10月、11月に乾ばつを見るが、4~6週間以上は続かない。北の諸島では赤道に近くなるため首都のヌクアロファ(Nuku'alofa)と比べると3°Cは高温で、年間降雨量も2213mmに達する。これはヌクアロファの1733mmに比べ480mmも多い。極値としてヌクアロファで夏季に31.9°C、冬季に10.6°C、降雨量は年間2440mmに達したことがある。

一般的に言ってトンガの気候は亜熱帯性で、南東季節風が涼風を送りつづける海洋型で、一年を通じて過ごし易い気候といえよう。

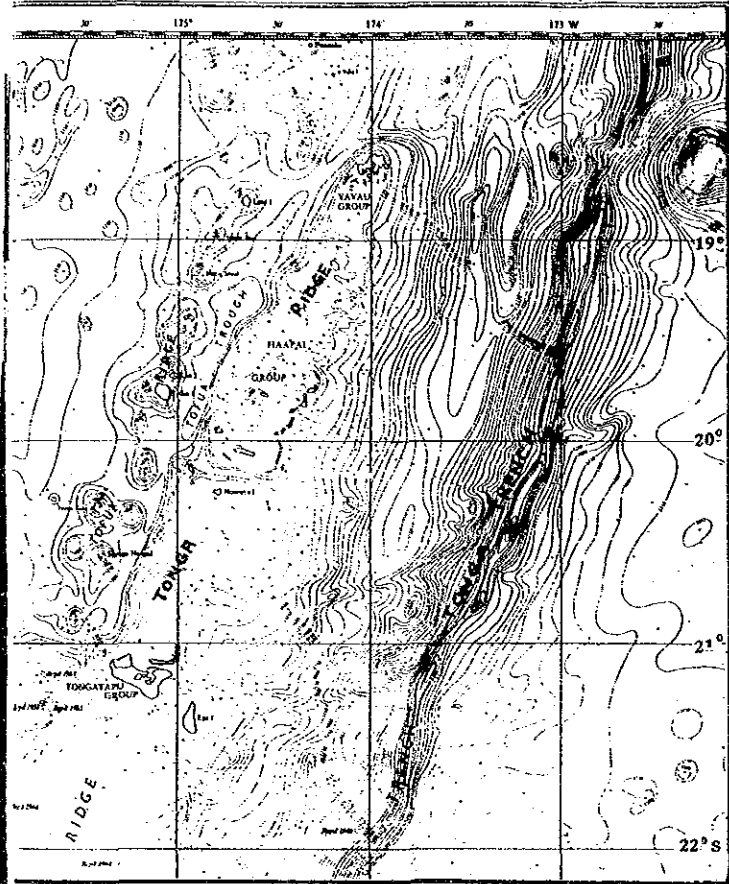
夏季の10月～4月にはまた熱帯性サイクロンおよびハリケーンが赤道付近で発生し、西北方から東南方向へと急速に移動する。

Ⅱ-1-3 地勢の項で述べたようにトンガの諸島は北々西から南々西に走る2つの海底隆起の上であり、この2つの隆起の間は狭くて巾約50 Kmである。西の隆起に沿って多くの火山島があり、大半は休火山であるが、なお活動中のものもある。東の隆起に沿って珊瑚島があり、その東に3,000 Kmの長さ、100 Kmの巾、深さ10,000 m以上のトンガ海溝があって、サモアからニュージーランドの南東部に達している。

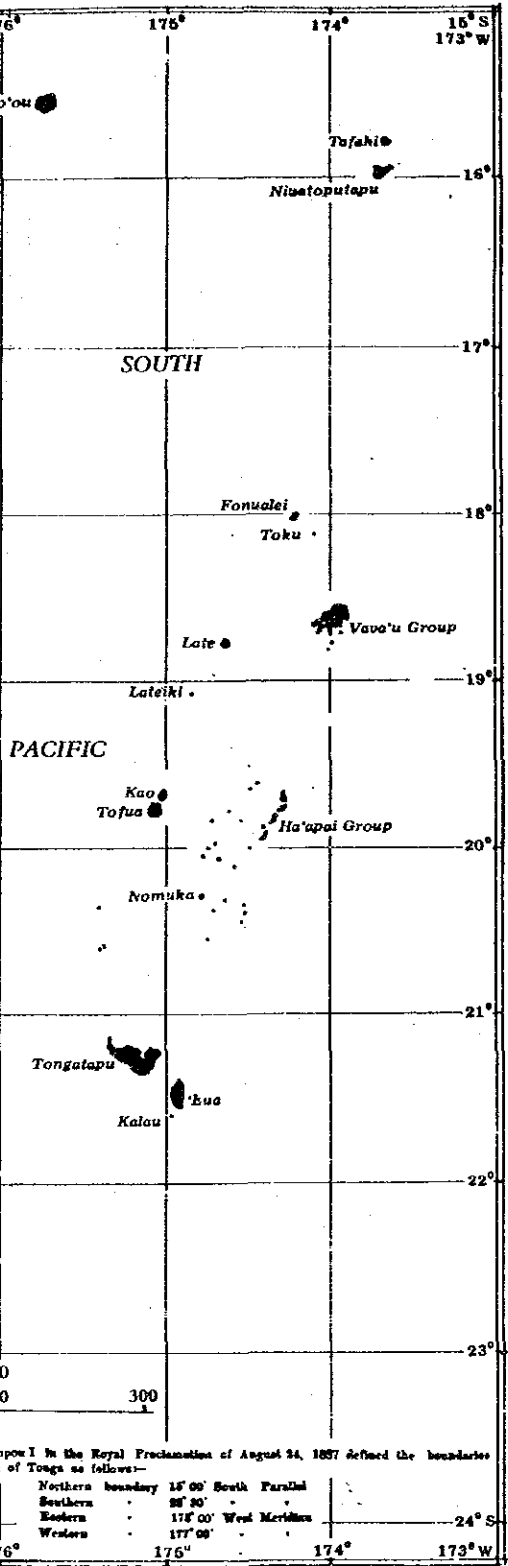
この地形はプレートテクトニクス理論 (Theory of plate tectonics) からいえばトンガ海溝の深部で太平洋プレートがアジア-オーストラリアプレートの下へもぐり込む形となって、こゝに地震が発生し、また火山となってエネルギーを発散することとなる。日本列島のおかれている状況と全く同じで、ニュージーランドと共にトンガは地震国である。トンガタプ島を襲った最近での大地震は1977年6月のものである。今回の調査期間の直前と期間中にも各1回かなりの地震が発生している。

The KINGDOM of TONGA

INSET MAP OF SEA FLOOR



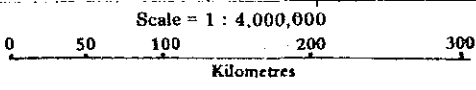
This map shows the islands of Tonga and the shape of the seafloor surrounding them. It clearly shows the NNE-SSW direction of the Tofua Ridge (volcanoes), the Tofua Trough, the Tonga Ridge (coral islands), and the Tonga Trench. The isobaths (contours below sea-level) are 250 metres apart. The depths are measured in two ways. The dots are "spot soundings", the old method of measuring a weighted line dropped to the ocean floor. The fine straight lines show the route of a survey ship with "echo sounding" equipment, which graphs and measures the time sound waves take to echo back from the ocean floor.



Minerva Reef
Proclaimed as part of Tonga
by King Taufa'ahau Tupou IV
June 1972

○ Teleki Tokelau

○ Teleki Tonga



NOTE: King George Tupou I in the Royal Proclamation of August 24, 1887 defined the boundaries of the Kingdom of Tonga as follows:-

Northern boundary	15° 00' South Parallel
Southern	24° 30' "
Eastern	175° 00' West Meridian
Western	177° 00' "

POPULATION AND HOUSING

SECTION 1 : POPULATION AND HOUSING

TABLE 1 : POPULATION OF TONGA, BY SEX

YEAR	TOTAL BOTH SEXES	MALES	FEMALES	% SHARE OF MALES
1911	23,017	11,951	11,066	51.9
1921	24,935	12,980	11,955	52.0
1931	28,839	14,089	14,750	48.8
1932	29,454	14,343	15,111	48.5
1933	30,693	15,003	15,690	48.8
1934	31,589	15,057	16,532	47.6
1935	31,873	16,250	15,623	50.9
1936	32,790	16,842	15,948	51.3
1937	32,861	16,675	16,186	50.7
1938	33,785	17,628	16,157	52.1
1939	34,130	17,617	16,513	51.6
1956 Census 28 Sept.	56,838	28,938	27,900	50.9
1966 Census 30 Nov.	77,429	39,837	37,592	51.4
1966 (Dec.)	276	160	116	58.0
31 Dec. 1966 ^{2/}	77,705	39,997	37,708	51.5
" 1967 ^{4/}	80,236	41,256	38,980	51.4
" 1968	82,966	42,660	40,306	51.4
" 1969	85,768	44,071	41,697	51.3
" 1970	88,260	45,332	42,928	51.3
" 1971	90,811	46,681	44,130	51.4
" 1972	92,985	47,777	45,208	51.3
" 1973	95,118	48,856	46,262	51.3
" 1974	97,157	49,939	47,218	51.4
" 1975 ^{2/}	100,105	51,501	48,604	51.4

- SOURCE :**
- 1/ Data from 1911 to 1939 is based on various governments counts and published in Government Gazettes in 1912, 1921, 1932, 1933, 1934, 1936, 1937 and 1938.
 - 2/ Figures for 1956 (28 September) and 1966 (30 November) are based on population censuses conducted in those years on the dates indicated. Census results published in Population Census Reports for 1956 and 1966.
 - 3/ Total for the year adjusted for net natural increase for the month of December 1966.
 - 4/ Figures from 1967 to 1974 are based on registered vital events and net natural increase as given in Table 2.
 - 2/ Estimate.
- NOTE :** Figures for the years 1970 to 1974 are expected to be revised for post registration of vital events expected through affidavits.

TABLE 5 : POPULATION OF TONGA BY BROAD AGE GROUPS

AGE GROUPS	1956 CENSUS				1966 CENSUS			
	MALES	FEMALES	TOTAL	%	MALES	FEMALES	TOTAL	%
0	1,074	953	2,027	3.6	1,523	1,452	2,975	3.8
1	1,023	958	1,981	3.5	1,593	1,400	2,993	3.9
2	1,065	978	2,043	3.6	1,437	1,296	2,733	3.5
3	1,058	984	2,042	3.6	1,502	1,396	2,898	3.8
4	985	953	1,938	3.4	1,412	1,315	2,727	3.5
05 - 09	4,130	3,960	8,090	14.2	5,985	5,561	11,546	14.9
10 - 14	3,519	3,324	6,843	12.0	5,157	4,716	9,873	12.8
15 - 19	3,141	2,904	6,045	10.6	4,001	3,824	7,825	10.1
20 - 24	2,486	2,482	4,968	8.8	3,118	3,101	6,219	8.0
25 - 29	2,127	2,289	4,416	7.8	2,749	2,692	5,441	7.0
30 - 34	1,823	1,714	3,537	6.2	2,284	2,258	4,542	5.9
35 - 39	1,473	1,423	2,896	5.1	2,106	2,048	4,154	5.4
40 - 44	1,173	1,083	2,256	4.0	1,736	1,585	3,321	4.3
45 - 49	957	825	1,782	3.1	1,427	1,284	2,711	3.5
50 - 54	800	806	1,606	2.8	1,088	976	2,064	2.7
55 - 59	676	603	1,279	2.3	773	711	1,484	1.9
60 - 64	469	496	965	1.7	671	671	1,342	1.7
65 - 69	303	331	634	1.1	472	488	960	1.2
70 - 74	256	320	576	1.0	327	318	645	0.8
75 - 79	175	197	372	0.6	152	163	315	0.4
80 ⁺	225	317	542	1.0	324	337	661	0.9
T O T A L	28,938	27,900	56,838	100.0	39,837	37,592	77,429	100.0
FOR SPECIFIC AGE GROUPS								
Under 14	12,854	12,110	24,964	43.92	18,609	17,136	35,745	46.16
15 - 64	15,125	14,625	29,750	52.34	19,953	19,150	39,103	50.56
65 ⁺	959	1,165	2,124	3.74	1,275	1,306	2,581	3.34

SOURCE : Census Reports 1956 and 1966

TABLE 6 : POPULATION, AREA AND DENSITY OF POPULATION : 1956, 1966, 1975
(31 DECEMBER) BY CENSUS DISTRICTS AS ADOPTED IN 1966
AND ISLANDS THEREIN

NAME OF ISLAND	POPULATION		ESTIMATED TOTAL POPULATION AT 31 DEC. 1975	AREA IN SQUARE MILES	POPULATION DENSITY PER SQUARE MILE		
	1956	1966			1956	1966	1975
TONGATAFU DISTRICT	31,264	47,920	67,576		480	(313)	
'Atata	107	146	201	0.20	730	(535)	1,005
'Eueiki	105	128	155	0.41	312	(256)	378
Tongatapu	31,052	47,606	67,220	99.24	480	(313)	677
HA'APAI DISTRICT	9,918	10,591	11,144		523	(490)	
Poa	1,374	1,617	1,906	5.17	313	(266)	369
Fonoifua	72	96	128	0.15	565	(424)	853
Potuha'a	167	167	167	0.44	451	(451)	379
Ha'afeva	531	533	541	0.70	683	(681)	773
Ha'ano	1,248	1,196	1,151	2.54	471	(491)	453
Kotu	154	169	185	0.13	1056	(962)	1,423
Lifuka	3,220	3,161	3,105	4.41	717	(730)	704
Lofanga	317	357	399	0.56	638	(566)	712
Mango	119	129	138	0.25	416	(384)	552
Hatuku	104	138	184	0.13	1062	(800)	1,415
Mo'unga'one	278	273	268	0.45	525	(535)	595
Nomuka	753	872	1,004	2.75	423	(366)	365
'O'ua	244	248	253	0.38	653	(642)	665
Tungua	341	444	579	0.59	705	(541)	981
'Uiha	996	1,068	1,136	2.07	516	(481)	548
Tofua	-	-	-	21.48	-	-	-
VAVA'U DISTRICT	12,477	13,533	14,735		304	(281)	
Ofu	212	270	353	0.48	563	(442)	735
'Olo'ua	78	108	154	0.19	720	(520)	810
Okoa	144	174	208	0.13	1024	(847)	1,600
Ovaka	179	145	122	0.50	264	(325)	244
'Utungake	408	354	313	0.36	472	(544)	869
Runga	370	344	323	1.81	190	(204)	178
Kapa	677	623	578	2.30	271	(294)	251
Koloa	200	246	302	0.87	346	(282)	347
Lape	41	47	54	0.15	313	(273)	360
Hoopapu	349	292	251	1.03	283	(339)	243
Pangaimotu	549	531	513	3.42	181	(187)	150
Taunga	112	118	124	0.14	472	(448)	885
Vava'u (Mainland)	9,158	10,281	11,440	34.65	310	(276)	330
NIUATOPUTAPU DISTRICT	1,254	1,395	6,650				
Tafahi	60	101	182	1.32	77	(45)	138
Niuatoputapu (Mainland)	1,194	1,294	1,388	6.95	217	(200)	199
Niuafu'ou	-	-	660	19.41	-	-	34
IEVA DISTRICT	1,925	3,391	4,420	33.76	100	(57)	131
TOTAL	56,838	77,429	100,105	288.55	197	268	347

NOTE : The total area includes 30.33 sq. miles of lakes in various islands given below:

1. Nomuka Lake = .69 sq. mile
2. Tofua Lake = 3.44 sq. mile
3. Vava'u Lake = 1.31 sq. mile
4. Niuafu'ou Lake = 6.00 sq. mile
5. Telekitokelau & Telekitonga Lake = 18.89 sq. mile
- Total Area Lakes = 30.33 sq. miles

SECTION 3 : PUBLIC FINANCE

TABLE 32 : RECURRENT REVENUE AND EXPENDITURE OF TONGA

YEAR	REVENUE	EXPENDITURE	T\$ (000)	
			SURPLUS (+)	DEFICIT (-)
1966/67	2,125.8	1,798.1	+ 327.7	
1967/68	2,618.2	1,930.9	+ 687.3	
1968/69	2,608.4	2,182.5	+ 425.9	
1969/70	2,714.4	2,628.8	- 85.6	
1970/71	2,731.7	3,001.9	- 270.2	
1971/72	3,142.7	3,162.3	- 19.6	
1972/73	3,357.2	3,256.0	+ 101.2	
1973/74	4,473.1	3,718.0	+ 755.1	
1974/75 (RE)	4,792.8	4,298.5	+ 494.3	
1975/76 (R)	5,256.6	5,896.4	- 639.8	

TABLE 33 : DEVELOPMENT RECEIPTS AND EXPENDITURE OF TONGA

YEAR	RECEIPTS	EXPENDITURE	T\$ (000)	
			SURPLUS (+)	DEFICIT (-)
1966/67	1,083.4	1,035.9	+ 47.5	
1967/68	991.7	1,235.5	- 243.8	
1968/69	1,300.7	800.7	+ 500.0	
1969/70	754.6	748.6	+ 6.0	
1970/71	916.8	1,121.4	- 204.6	
1971/72	559.2	1,125.4	- 566.2	
1972/73	670.3	849.0	- 178.7	
1973/74	608.6	530.8	+ 77.8	
1974/75 (RE)	2,100.0	1,972.2	+ 127.8	
1975/76 (R)	2,615.9	2,740.1	- 124.2	

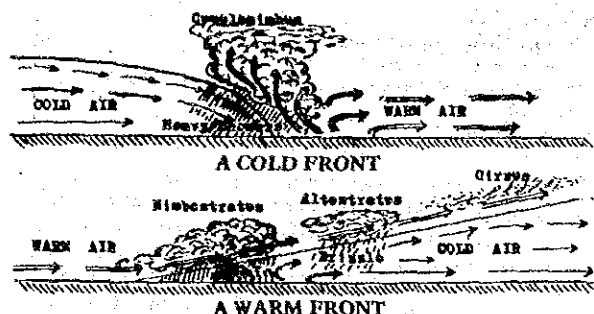
TABLE 34 : CONSOLIDATED RECURRENT AND DEVELOPMENT REVENUE AND RECURRENT AND DEVELOPMENT EXPENDITURE AND NET POSITION BY YEAR

YEAR	T\$ (000)						NET POSITION
	RR (1)	DR (2)	TOTAL R 3 = 1+2	RE (4)	DE (5)	TOTAL EX 6 = 4 + 5	
1966/67	2,125.8	1,083.4	3,209.2	1,798.1	1,035.9	2,834.0	+ 375.2
1967/68	2,618.2	991.7	3,609.9	1,930.9	1,235.5	3,166.4	+ 443.5
1968/69	2,608.4	1,300.7	3,909.1	2,182.5	800.7	2,983.2	+ 925.9
1969/70	2,714.4	754.6	3,469.0	2,628.8	748.6	3,377.4	+ 91.6
1970/71	2,731.7	916.8	3,648.5	3,001.9	1,121.4	4,123.3	- 474.8
1971/72	3,142.7	559.2	3,701.9	3,162.3	1,125.4	4,287.7	- 585.8
1972/73	3,357.2	670.3	4,027.5	3,256.0	849.0	4,105.0	- 77.5
1973/74	4,473.1	608.6	5,081.7	3,718.0	530.8	4,248.8	+ 832.9
1974/75 (RE)	4,792.8	2,100.0	6,892.8	4,298.5	1,972.2	6,270.7	+ 622.1
1975/76 (R)	5,256.6	2,615.9	7,872.5	5,896.4	2,740.1	8,636.5	- 764.0

NOTES : RE : Revised Estimates E : Estimate RR : Recurrent Revenue
 DR : Development Revenue RE : Recurrent Expenditure
 DE : Development Expenditure Net Position : Different between Total Revenue and total expenditure

SOURCE : Ministry of Finance.

+ Net Surplus
- Net Deficit



3. Cyclonic Rain: Heavy rain will always come with tropical cyclones and hurricanes moving rapidly from equatorial latitudes.

But cyclonic rain will also develop when masses of cold air from the southern oceans meet warm tropical air masses. If the cold air is moving faster than the warm air a **cold front** is formed. The heavier cold air forces its way under the warm air causing it to rise rapidly. Cumulonimbus clouds form from which heavy **cold-front rain** falls, sometimes in thunder-storms. But if the warm air is moving faster than the cold, a **warm front** is formed. The lighter warm air rises gradually over the cold air. At first nimbo-stratus clouds form and **warm front rain** falls, but as the warm air rises higher, the clouds thin out to high stratus or feathery cirrus clouds and fine weather soon develops.

SEASONAL CLIMATE

The climate graph of Nuku'alofa shows that the climate can be divided into two seasons.

The months December to April are the **hot wet season**. The average temperature is high, ranging from 25°C to 26.2°C. These are the wettest months, particularly January February and March which each receive up to 250 mm (10 ins) of rain. The humidity of the air is high - 75% at midday - and this, rather than the high temperatures, often makes the days and nights uncomfortable.

The months May to November are the **cool dry season**. The average temperatures range from 21.7° - 24°C. Rainfall is less, with each of the seven months having a rainfall below 130 mm (5 ins). In some years droughts occur, usually in October November, but they seldom last longer than 4-6 weeks. With the humidity lowered to 67% at midday, the days and nights become pleasant and cool.

The climates of northern Tonga differ slightly from this general pattern. Because of the increased temperature and evaporation near the equator, average temperatures at Niuatoputapu are 3°C hotter than those at Nuku'alofa, and the average annual rainfall of 2213 mm is 480 mm wetter than the 1733 mm of Nuku'alofa.

These records are for average temperature and rainfall. Climate is variable, however, and there have been times in the hot season when the temperature in Nuku'alofa reached 31.9°C and in the cool season fell to 10.6°C. In one year Nuku'alofa had a rainfall of 2440 mm, but in another year only 980 mm.

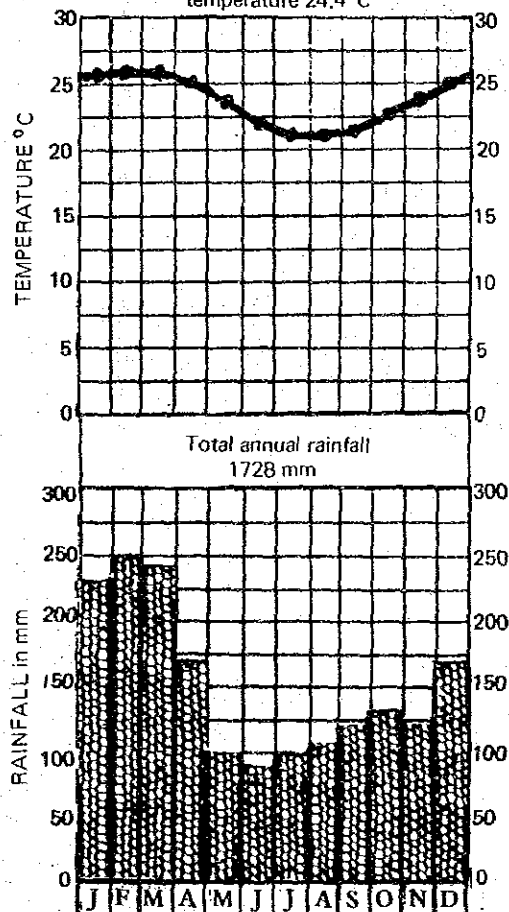
Generally, Tonga's climate can be described as mild to warm, humid and moderately wet.



Cumulo-Nimbus clouds form as warm air from the north meets cold air from the south, over Nuku'alofa. Clouds continued to gather and warm-front rain fell.

CLIMOGRAPH: NUKU'ALOFA
AVERAGE CLIMATE: 1945-1970

Mean monthly temperature 24.4°C



EXERCISES ON THE SEA

1. What are (a) the advantages and (b) the disadvantages, of the sea to the people of Tonga?
2. (a) What are the boundaries of Tonga? (b) What is the area of the sea, and the land?
3. Work out the distances, and the time taken to travel by both sea and by air between: (a) Tongatapu, Lifuka, Vava'u and Niuatoputapu (b) Tonga and Fiji, New Zealand, Japan, and USA.
4. Explain why if a plane leaves Tonga at 1 p.m. Thursday it arrives in Samoa at 3 p.m. Wednesday.

THE FORMATION OF TONGA

The islands of Tonga have formed on the tops of two parallel submarine ridges lying NNE-SSW. Between the two ridges is the shallow Tofua Trough, 50 km wide. Along the western ridge are many volcanoes, most dormant but some active today, and along the eastern ridge many coral islands have been formed. The ocean west of these ridges is 3 km deep, but the ocean to the east is over 8 km deep. This deep water is known as the Tonga Trench, 3,000 km long and 100 km wide, extending from Samoa to the South-East of New Zealand. At one point it descends to 10,793 m, the second lowest depth in the Pacific Ocean.

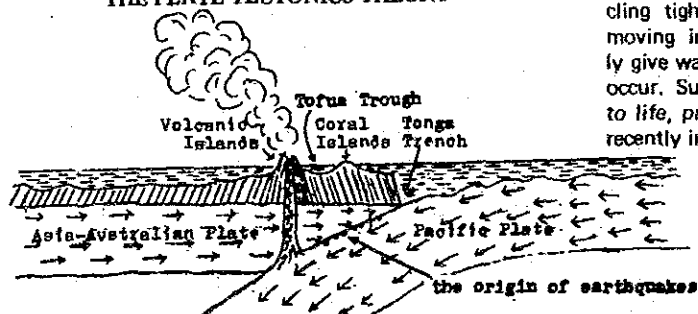
Earth scientists believe that as the earth cooled after being whirled out of the sun millions of years ago, its surface cracked into gigantic, irregular-shaped areas they called **plates**, which shift a few centimetres each year. When these plates collide under the ocean they form ridges and deep trenches.

This theory of plate tectonics provides a convincing explanation of the formation of Tonga's volcanic islands, its deep eastern seas, its severe earthquakes, and the up-lifting of the large coral islands. It is thought that the plate carrying Asia - Australia is riding over the edge of the giant Pacific plate. The movement of the Asia - Australia plate to the east is forcing the Pacific plate, which is moving westwards, to bend downwards and push its way at a low angle deep into the earth's mantle.

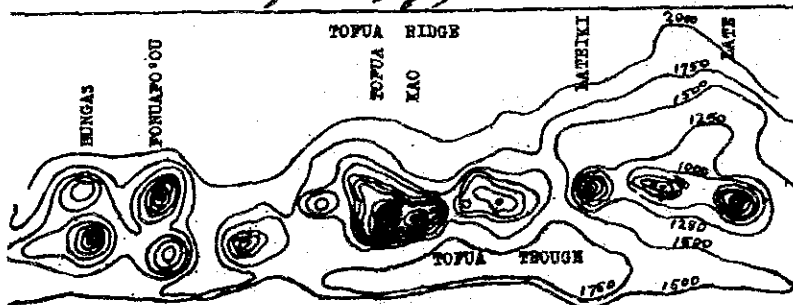
These contrary movements force up a ridge on the edge of the Asia - Australia plate (the coral islands of Tonga) and push down a deep V-shaped trough (the Tonga Trench) where the Pacific plate begins to dip. As the Pacific plate moves downwards, its rocks melt at a depth of 100 - 160 km. Tremendous forces push this molten material (**magma**) up, and some of it pours out as fiery lava erupting from volcanoes, while some is pushed up like toothpaste through cracks in the surface. As a result, the submarine ridge from Samoa through Tonga to New Zealand has become a 'fiery arc' of volcanoes, mostly dormant but liable to burst out afresh at any time.

Earthquakes occur when rocks under great pressure move suddenly to relieve the strain. As the hard rocks of the Pacific plate move slowly downwards, at first they cling tightly to the edge of the Asia - Australia plate moving in the opposite direction, but when they finally give way under the terrific pressure, violent earthquakes occur. Such severe earthquakes have done great damage to life, property and landscape in New Zealand and more recently in Tonga in 1977.

THE PLATE TECTONICS THEORY



The Catholic Church at Kolovai, Tongatapu shattered by the earthquake in June, 1977. (NZ Herald)



The structure of part of Tonga's western volcanic ridge extending from the Hungas to Late. The contour lines drawn are 'isobaths', i.e. lines joining all places of the same height below sealevel. The contour interval is 250 metres. The map shows that there are many volcanoes on the summit of the ridge which, while they probably erupted up to the surface in times past, are at present dormant beneath the sea.



THE TONGA EARTHQUAKE OF 23 JUNE, 1977

SOME INITIAL OBSERVATIONS

M. D. Campbell*, G. R. McKay*, R. L. Williams**

ABSTRACT

Following the 23 June, 1977 Tonga earthquake, the authors were made available by the New Zealand Ministry of Works and Development (through the Ministry of Foreign Affairs Bi-lateral Aid Programme) to the Tongan Government to help survey building damage and to recommend repairs and strengthening necessary to protect the structures from future earthquakes. The authors were also required to supervise government reconstruction teams.

Recommendations are at present being prepared for structural design requirements for future building work in the Kingdom.

INTRODUCTION

The main shock of the earthquake of 22 June, 1977 caused damage on the islands of 'Eua and Tongatapu in the Tongan Group. The preliminary epicentre as issued by the United States Geological Survey is:

Time: 12.08.28.3 on 22 June, 1977
Universal Time. (1.08 a.m. on
23 June, 1977 local time.)
Magnitude: Richter 7.2
Location: 23.19S 175.92W
Depth: 33 km.

This places the epicentre approximately 242 km SEW of the main islands (Fig. 1).

Tonga lies in the circum-pacific belt and is no stranger to earthquakes, but events of the intensity of the 23 June, 1977 shock have not been felt for 30 years. According to Gutenberg and Richter⁽¹⁾ shallow earthquakes of magnitude 7 or more occurred within the same epicentral distance of Tongatapu in 1913, 1917, 1943 and 1948 together with some 25 shallow events greater than magnitude 6.0 and 10 intermediate and 4 deep events greater than magnitude 7.0 (Fig. 1). Figure 1 also includes earthquakes for the region listed by J. P. Rothé⁽²⁾.

The main shock, which some reports described as heavy east west motion followed by a "churning motion together with a strong vertical component", was reputedly felt for up to 3 minutes. There were numerous after-shocks of a much lower intensity with a few still being felt weeks after the main shock. The felt intensity was assessed at MM VI and VII on Tongatapu, VII and VIII on 'Eua, and less than MM V on the northern islands of Palapai and Vava'u. There is no obvious geological reason for the difference in felt intensity between the main islands of Tongatapu and 'Eua which are equidistant from the preliminary epicentre, fig. 1 (pers. comm. B. R. Paterson, N.Z. Geol. Survey,

Christchurch). The generally low standard of construction, weak materials and the absence of earthquake resistant design contributed to the extent of the damage and it was surprising that no life was lost and that there were few serious injuries. Had the earthquake occurred during the day the damage to the building housing the Prime Minister's offices and to the primary schools would have almost certainly caused loss of life.

It was apparent that the ground shaking was not exceptionally severe as statues in the Royal cemetery shifted but were not toppled and numerous buildings on long piles (precast or in-situ concrete supports above the ground for domestic dwellings - fig. 2) and underground services were undamaged except in the area of the mud flats. There was no reported slipping of natural slopes but permanent ground movement occurred on filled ground, notably at Vuna Wharf, Queen Salote Wharf and around the lagoon. The fairly extensive structural damage must therefore be attributed to lack of any building codes, standards or permit requirements.

GENERAL OBSERVATIONSHorizontal Motion

During the strong phase the horizontal motion appears to have been relatively harmonic with no single dominant pulse, e.g. there was no movement of statues or headstone in one direction. Nor were distinct directional failures observed in the standard school buildings which are widely distributed throughout the islands.

Differential Movements

Buildings without bond beams, and particularly those made of solid coral block with little mortar e.g. Prime Minister's building, Fig. 3, and St. John's College chapel exhibited severe vertical cracking as the various parts moved in different directions. Towers on churches moving out of phase with the main building generally caused separation, with some cracking up to 75mm wide or failure of the tower, fig. 25,

* Ministry of Works and Development, Head Office, Wellington.

** Ministry of Works and Development, Hamilton.

and/or collapse of the end walls, figs. 23 and 24.

Hammering

Where portions of structures were not adequately separated, some hammering was apparent. Evidence of this could be seen at the Tonga High School between the tower and main block and to a lesser extent between the main block and the library. The use of a hardboard as a gap filler rendered the separation seismically ineffective. Despite provision of a 40mm gap, hammering between the main part of the Date-line Hotel and the adjacent bedroom block was also apparent due to the lack of stiffness of the main block (ground floor frame with very flexible columns in that direction).

Liquefaction, Filled Ground

No sand boils were observed. Lateral movement of filled ground, however, was quite marked. Construction on poorly consolidated fill is obviously likely to be damaged however well it is designed or constructed.

Settlement of Buildings

The most marked evidence of failure due to settlement occurred at the new three storey Government Administration Block. The foundation settled into the coral sand from 75 to 150mm causing both the ground floor slab and the terrace slab to arch up as much as 100mm, i.e. the slab was dragged down by the foundations. Settlement was also apparent on several other structures on soft ground, e.g. the classroom floors at St. John's College and Reulah College dropped up to 50mm relative to the outside walls. The underlying fill in these cases may have previously settled away from the slab with the earthquake dropping the floor back onto the fill.

BUILDING STRUCTURES

These are predominantly single storey. Apart from Nuku'alofa where there are several two and few three storey buildings the only substantial structures are churches. Churches are found in almost every other block in all villages and in many cases have walls up to 6 metres high and towers approaching 15 metres in height. Horizontal seismic loads do not appear to be considered in their design and there is only nominal tying down of trusses. Damage to two churches is illustrated in figures 23, 24 and 25.

HOUSING

Approximately half the houses are conventional weatherboard timber dwellings, with the remainder being either traditional fales (see Fig. 15) or of concrete masonry block. Timber houses suffered little damage except for a few that fell off their "piles" (short timber or pre-cast concrete piers), figs. 4, 5. Timber is mainly imported and must be treated to resist decay and insect attack. Faes are framed from saplings and covered with coconut palms and, not unexpectedly, suffered little damage.

There has been an increasing trend

towards the use of "concrete block" houses, costing about \$3,000 each, as these have advantages with regard to thermal insulation, hygiene and permanence, and they constitute at present roughly 10-15 percent of new house construction. Since most Tongans earn less than \$3 per day in Tonga (and they could only obtain the necessary capital to build these houses by working overseas, usually New Zealand) to re-build or even repair a house like this, is obviously beyond their means. Blockwork houses are usually partially reinforced with a concrete bond beam and vertical bars at wall intersections and sometimes openings, fig. 19. This form of construction was apparently adopted from New Zealand practice but the reinforcement is often inadequate and laps and grouting are particularly poor. Nevertheless the provision of even this minimal reinforcement undoubtedly saved many buildings from total collapse. On 'Eua (population 6,000) there were approximately 90 concrete block houses; 30 collapsed or were abandoned as unsafe (figs. 6, 7, 8); 30 were damaged, some badly, but are still occupied, and 30 apparently undamaged. Very little repair work was being carried out as the owners, in the absence of an insurance scheme comparable to that of the New Zealand Earthquake and War Damage Commission, could not afford to do so.

Reinforced Concrete Frame Buildings

There were very few reinforced concrete frame buildings which did not include at least a few block walls. However, one building without blockwalls, the Tailulu College used by 650 pupils, was damaged and left in a seriously weakened condition. This building is a two-way reinforced concrete frame eight bays by four bays each of 4.25m, being two storeys high with provision for a third storey (fig. 9). All ground floor columns showed severe cracking or spalling at the top and bottom of the windows (figs. 10, 11) and the structure was close to collapse during the earthquake. The failure mode of the 300 x 300mm columns was flexural due to the very light and poorly placed steel (fig. 12). The extent of movement was particularly apparent at the stairs which were extensively damaged where they joined the slabs but in this instance the diagonal bracing effect of these stairs was fortuitous and may well have saved the building. The recommended minimum strengthening provides for two infill concrete shear panels on each face of the building. In several other buildings the presence of non structural unreinforced blockwork or other rigid elements caused cracking away from the ends of the column (fig. 11) - a type of damage easily predicted by theoretical considerations, i.e. attracting seismic shears due to increase in frame stiffness and altered behaviour of the column itself. Examples of this cracking were also found at the Viola Hospital, the new Government Administration Building and a new classroom block at Queen Salote College. In a stronger earthquake this effect could have led to serious failures.

"Shear Wall" Buildings

In many of these buildings, designed as frames, unreinforced or lightly reinforced walls acted as shear panels (fig. 13). A

number of these were undamaged indicating that they remained essentially elastic and this considering their weak construction confirmed that the earthquake was not intense. Where the walls were more highly stressed severe X cracking occurred. The main block of the Dateline Hotel exhibited this type of cracking in the masonry infill walls at ground level (fig. 14). It was also significant that in this case the cracking continued right through the column. Simple theoretical considerations indicate that virtually the whole seismic shear of the building was attracted to the columns at the ends of the infill walls (fig. 14). In many instances infill walls were not tied to the surrounding columns and beams. This was particularly so where the infill was constructed after the frame and many walls fell out or were left so weak that they could be swayed by hand.

Some General Comment on Masonry Construction

In recent years hollow blockwork has become very popular in Tonga, but the blocks are generally extremely weak, often only about 5 MPa. The use of knock-in, bond beam or other special blocks is virtually unknown. Blocks are usually 18" x 8" x 6" exclusive of mortar joint width but are also 4" and 9" thick. Mortar is variable in quality and tends to lack cohesion. Grout is usually mortar and placed as such. Consequently it is poorly compacted and fails to bond to the reinforcement (figs. 15, 16). Reinforcement is frequently poorly placed or missing altogether. Laps are often only a few inches long. The use of plain reinforcement instead of deformed compounds (the poor bond characteristics of the grout (fig. 15)). Joint reinforcement of the "blocklok" type is used on many government jobs and while it could not be considered to be reinforcement in the generally accepted sense of the word it appeared to have effectively acted as "basketing" and improved the performance and generally kept the walls intact. Walls of decorative screen-blocks using "blocklok" only suffered minor damage. In view of the poor construction procedures and materials for blockwork it has been recommended that except for work that is closely supervised reinforcing should not be placed in the cells of blocks but instead only in insitu structural elements, e.g. small columns, pilasters, beams, etc. and that where possible these elements be poured after and against the blockwork (see differences between figs. 6 and 7).

Non-structural Elements

Once again an earthquake has shown the hazard created by not adequately supporting the top of masonry walls by dropping gable walls (figs. 15 and 17), and unreinforced partitions, fig. 18. Damage to stairs in relatively flexible storeys was also prevalent as no allowances had been made for interstorey drift (figs. 20 and 21).

CIVIL ENGINEERING STRUCTURES

The water supply dam on 'Eua was undamaged and the bridge on 'Eua had minor damage to the holding down bolts. A section of the Vuna wharf concrete deck, which collapsed, was fairly heavily loaded at the time and with the reinforcement in a severely corroded state. Both wharves

are perched on the edge of the reef and movement of the coral itself may have been a contributing factor. Slumping and spreading of the fill and overturning of rock retaining walls was particularly severe on the Vuna Wharf mole (fig. 22). There were few other civil structures on the islands.

CONCLUSIONS

While in its present state of economic development the Kingdom obviously cannot afford in general a level of earthquake resistant construction comparable to that in countries such as New Zealand, Japan or U.S.A., it also cannot risk a recurrence or even worse disruption of its infrastructure as caused by the recent earthquake.

Earthquakes of intensity comparable to that of June 1977 must be expected to have recurrence periods of perhaps 20 to 30 years and under less fortuitous circumstances heavy loss of life might result in addition to the economy disruption. Lack of confidence in the safety of Tongan buildings might even be detrimental to its developing tourist industry.

In our opinion, significant improvements to the seismic resistance of many structural forms common to Tonga can be achieved with comparative ease and at little expense. But no amount of money will be effective unless the public and building industry are educated in the basic principles that lead to effective earthquake resistant structures.

Not only is there a need for effectively enforced bylaws and construction standards on codes of practice but, and this is equally important, there is a need for education of tradesmen in building construction and housing through a technical institute and by training within government departments.

Preliminary recommendations have been made to the Tongan Government with respect to minimum seismic standards that should be applied to all major buildings particularly those of two storeys or more supported by typical details for reinforced hollow masonry construction. Some recommendations have also been made with regard to low cost housing in reinforced hollow masonry.

Better earthquake resistant construction in the case of heavier buildings and building components will automatically ensure better performance in hurricanes.

In most other countries in seismic regions the effect of a destructive earthquake was required to alter established construction practices and to jolt public and administration into action with regard to code changes. Hopefully the 23 June shock will do the same for Tonga. To this effect an earthquake that causes no loss of life is perhaps a fortunate event.

REFERENCES

1. B. Gutenberg and C. F. Richter. "Seismicity of the Earth and Associated Phenomena", Princeton University Press, 1949.
2. J. P. Rothé, "Seismicity of the Earth 1953-1965". UNESCO 1969.

Paper received 24 November, 1977.

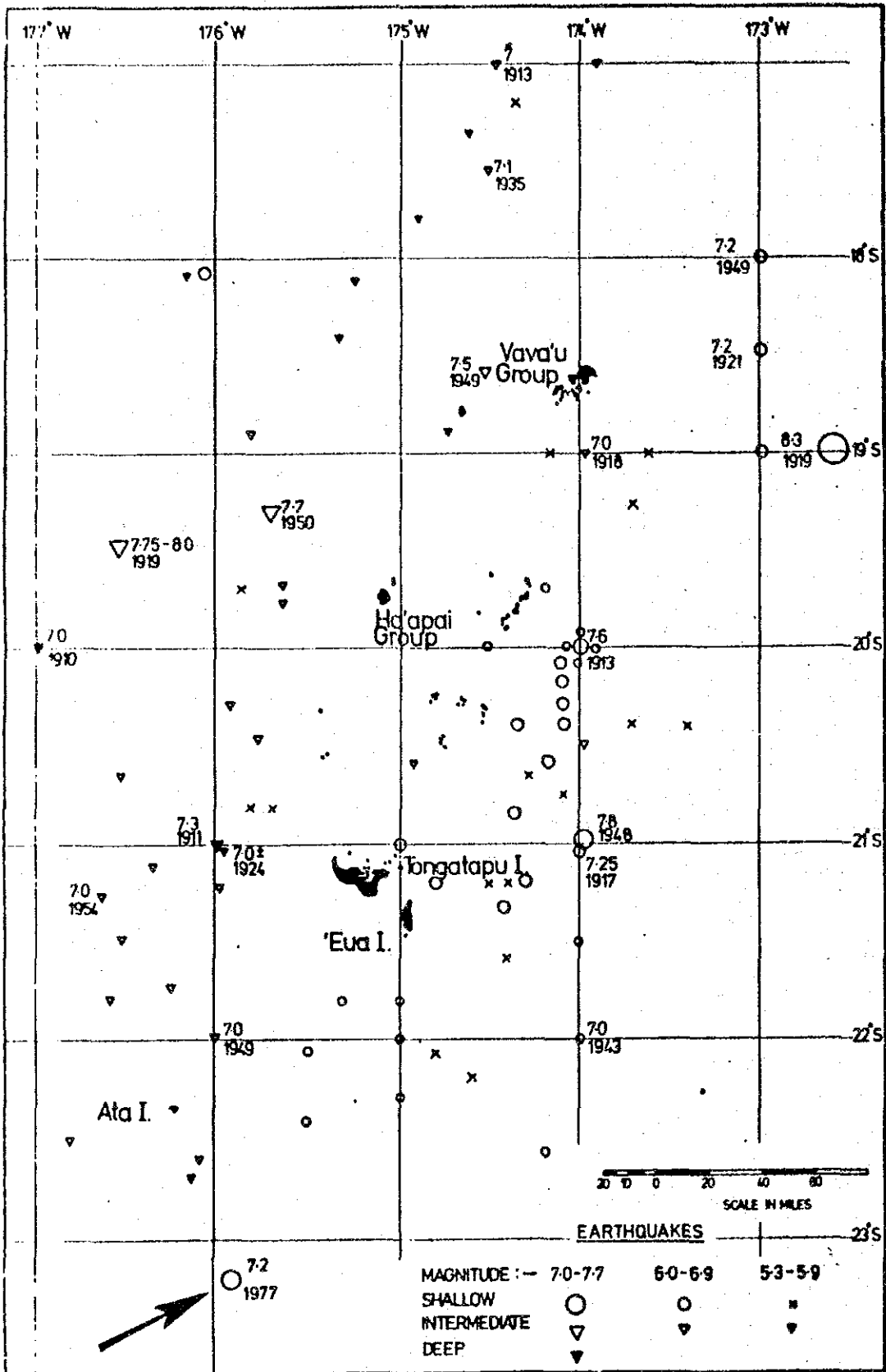


FIGURE 1. LOCATION OF TONGA EARTHQUAKE JUNE, 1977 AND RECORDED EVENTS BEFORE 1968

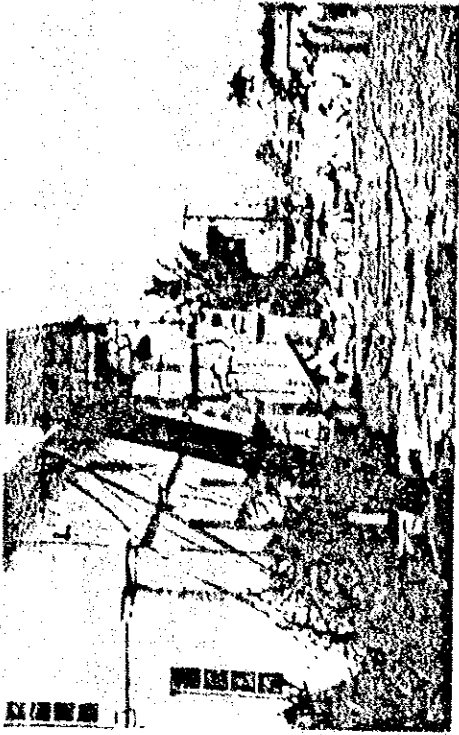


FIGURE 3: PRIME MINISTER'S BUILDING, NUKU'ALOFA. NOTE POWER LINES.

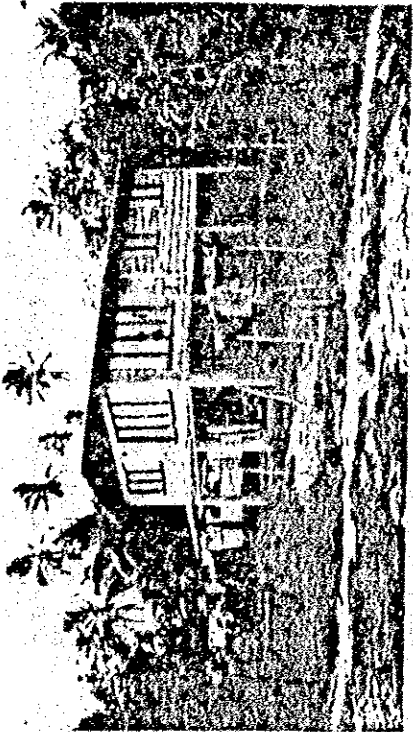


FIGURE 2: HOUSE ON LONG PILES

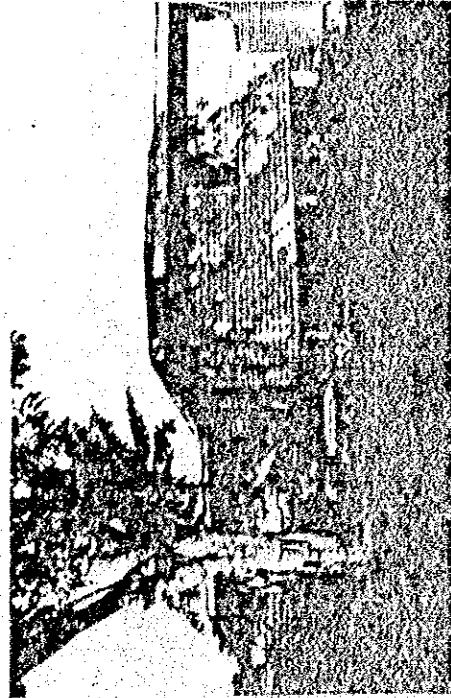


FIGURE 4: TIMBER HOUSE ON PRECAST PILES - SAVED BY CONCRETE STEPS

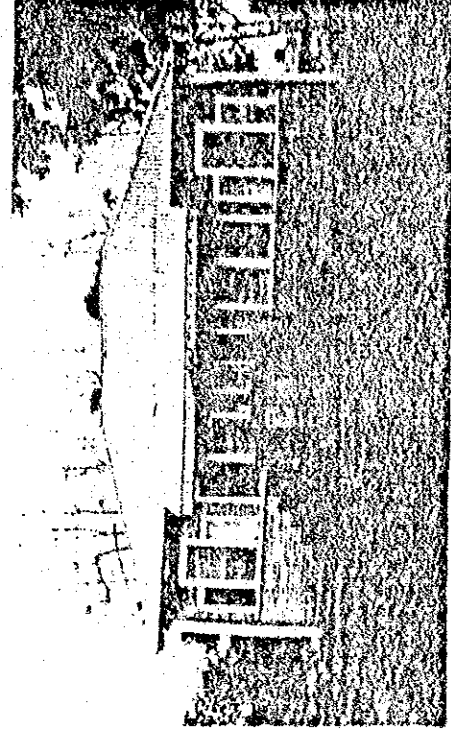


FIGURE 5: TIMBER HOUSE OFF PILES - FRONT STEPS NOW REDUNDANT

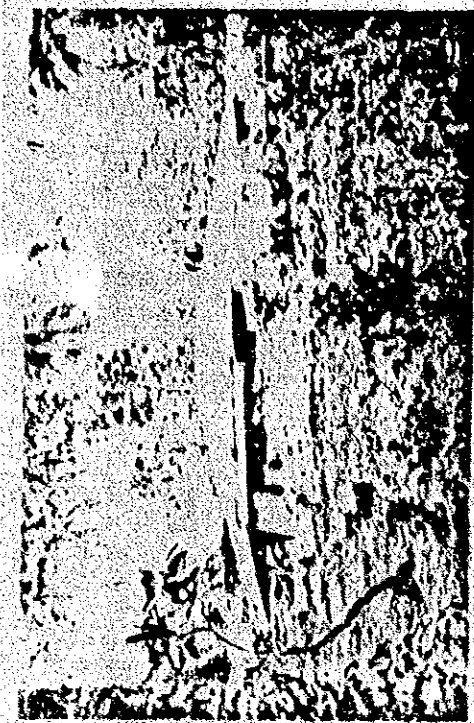


FIGURE 7: COMPLETE COLLAPSE OF MASONRY HOUSE 'EUA

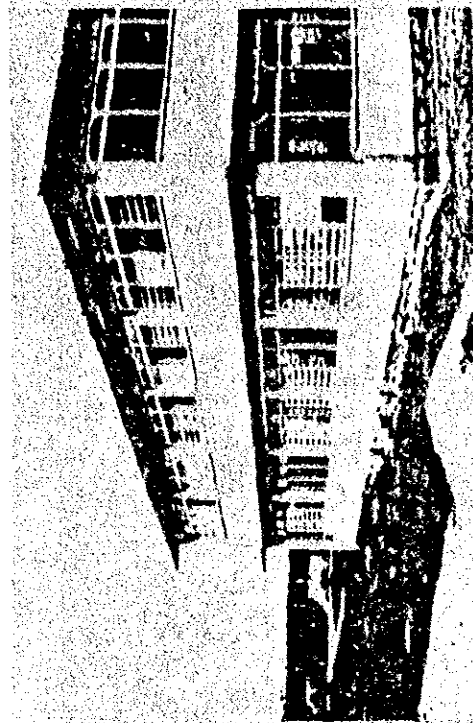


FIGURE 9: TAILULU COLLEGE, NUKU'ALOFA

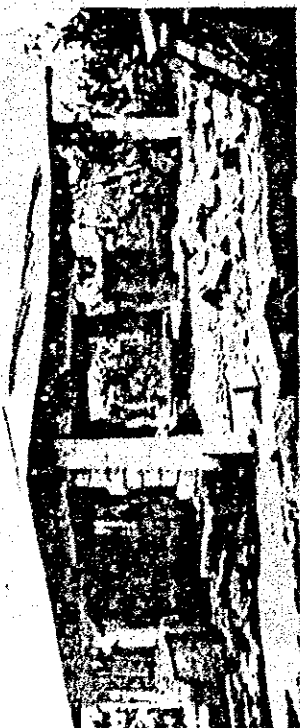


FIGURE 6: MASONRY HOUSE 'EUA - RC CORNER COLUMNS PREVENTED ROOF COLLAPSE



FIGURE 8: MASONRY HOUSE 'EUA - INTERNAL TIMBER PARTITIONS PREVENTED COMPLETE COLLAPSE

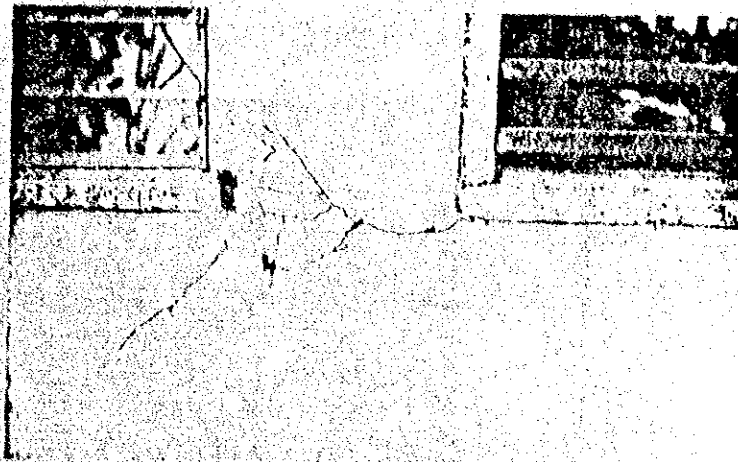


FIGURE 10: EXTERNAL COLUMN AND UNREINFORCED MASONRY INFILL - TAILULU COLLEGE

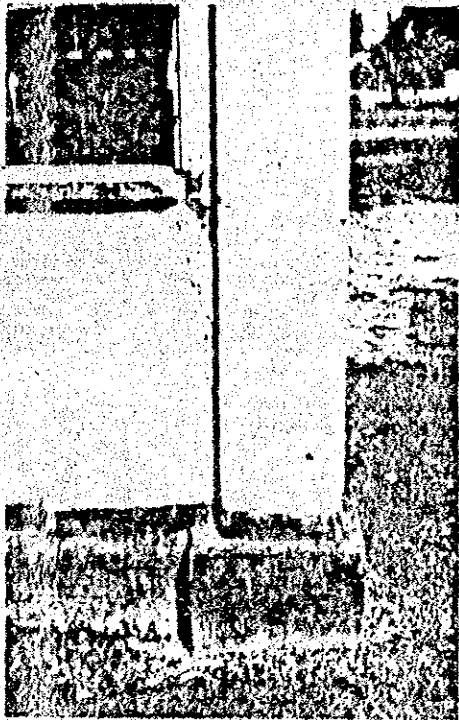


FIGURE 11: CORNER COLUMN SHOWING CRACKING AT BOTTOM AND SILL LEVEL AT TAILULU COLLEGE



FIGURE 12: CORNER COLUMN UNDER REPAIR TAILULU COLLEGE

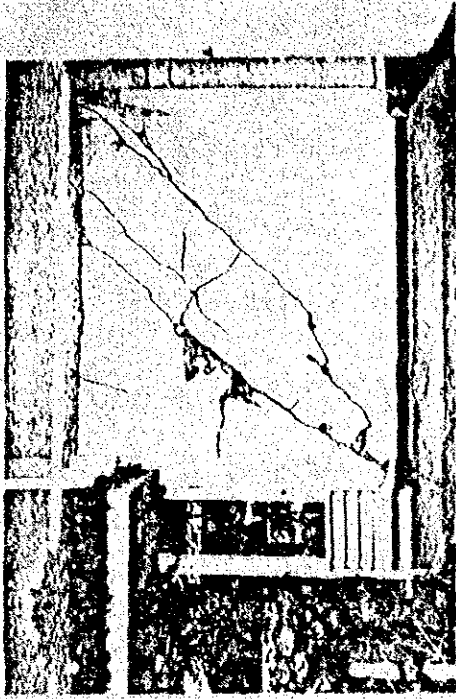


FIGURE 14: INTERNATIONAL DATELINE HOTEL
CRACK THROUGH COLUMNS AND MASONRY
INFILL PANEL

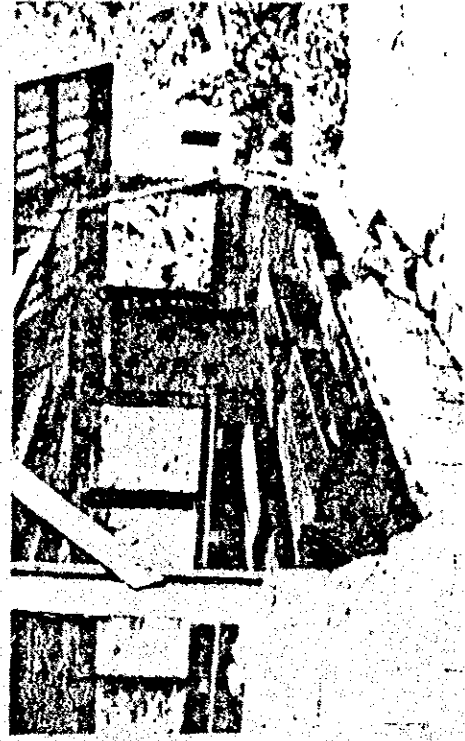


FIGURE 15: COLLAPSED MASONRY END WALL
SHOWING LACK OF REINFORCEMENT

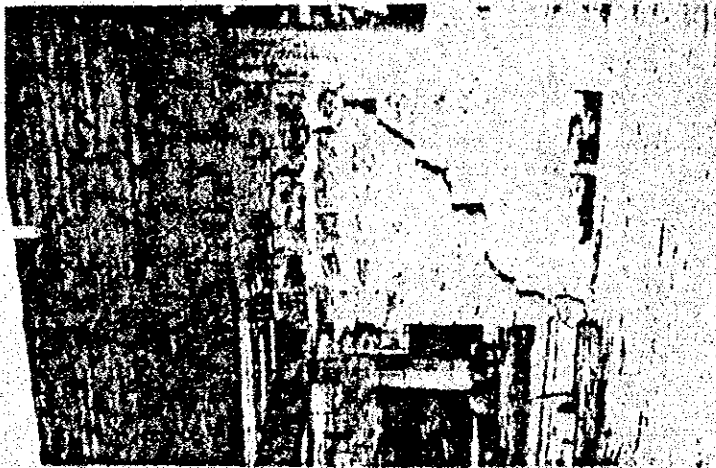


FIGURE 13: UNREINFORCED SHEAR
PANEL FAILURE IN UNFINISHED
2 STOREY HOUSE, NUKUNUKU

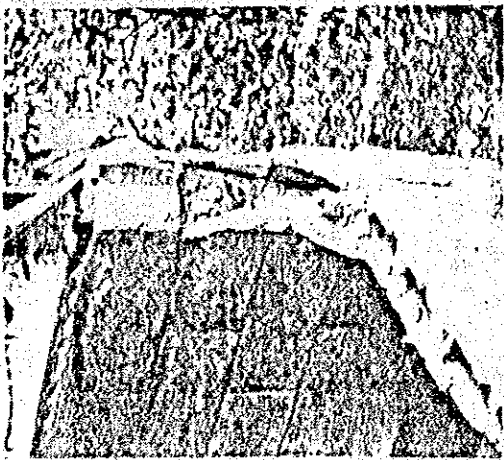


FIGURE 16: CLOSE UP OF WALL
IN FIG 14 SHOWING LACK OF
GROUT AND REINFORCEMENT



FIGURE 18: COLLAPSED UNREINFORCED
MASONRY PARTITIONS, EUA HOSPITAL

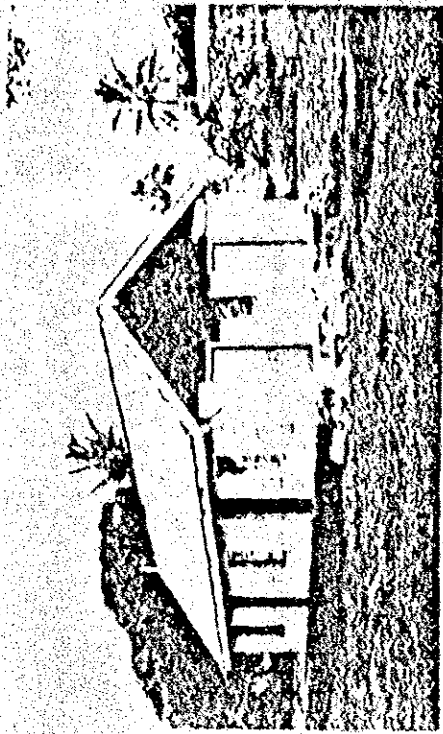


FIGURE 17: TYPICAL FAILURE OF MASONRY GABLE
NOTE TRADITIONAL FALE ON RIGHT



FIGURE 19: HOUSE UNDER CONSTRUCTION
AFTER E.Q.

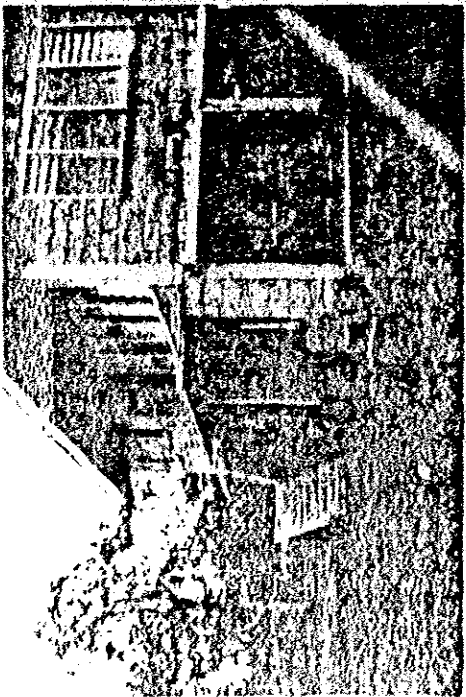


FIGURE 20: HOUSE, NUKUNUKU
SHOWING DAMAGE TO STAIRS



FIGURE 21: CLOSE UP OF STAIRS
SHOWN IN FIGURE 20

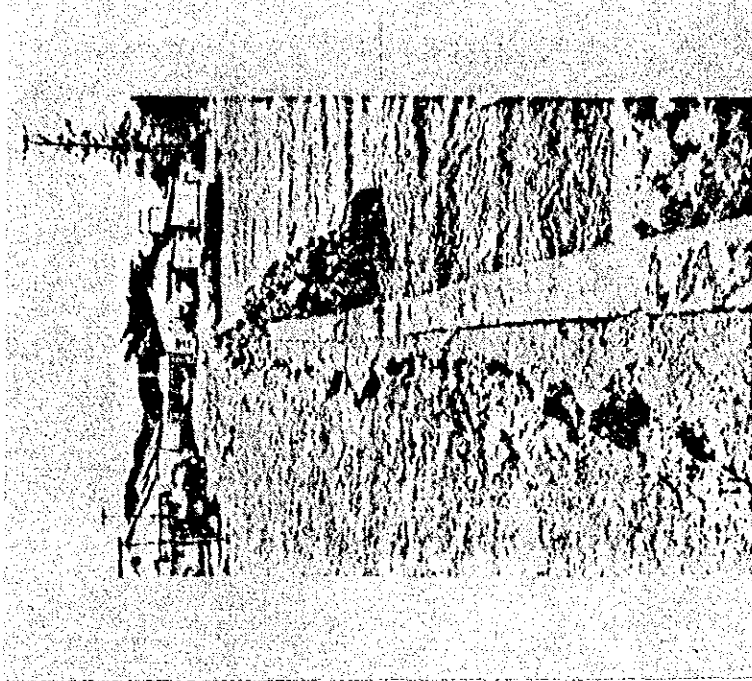


FIGURE 22: VUNA WHARF MOLE, NUKU'ALOFA

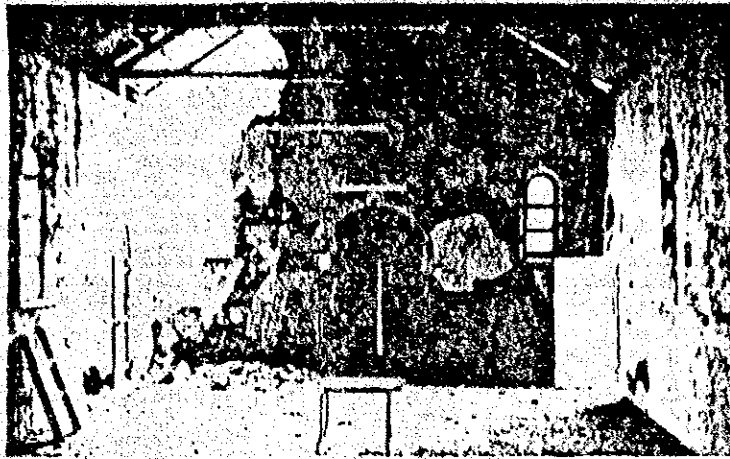


FIGURE 23: END WALL SUPPORTING TOWER -
 ROMAN CATHOLIC CHURCH, KOLOVAI, TONGATAPU.
 WALLS OF WEAK MASS CORAL CONCRETE



FIGURE 24: WALL COLLAPSE CAUSED
 BY TOWER MOVING OUT OF PHASE WITH
 CHURCH. OTHER SIDE NEAR COLLAPSE.
 SEE FIGURE 23



FIGURE 25:
 COLUMNS SUPPORTING TOWER
 FREE WESLEYAN CHURCH,
 PETANI, 'EUA

SECTION 14 : METEOROLOGICAL DATATABLE 167 : ANNUAL RAINFALL BY MAIN ISLANDS

YEAR	Inches			
	TONGATAFU	HA'APAI	YAVA'U	NIUATOPUTAPU
1967	49.38	57.93	116.35	119.36
1968	70.89	56.26	70.42	84.07
1969	53.66	63.07	73.37	75.33
1970	77.59	84.98	83.83	98.09
1971	104.74	96.27	104.72	96.25
1972	93.54	99.05	68.18	117.37
1973	79.84	78.88	114.78	122.33
1974	101.20	80.74	91.24	92.50

TABLE 167a : MONTHLY RAINFALL BY MAIN ISLANDS

MONTH	Inches							
	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974
January	7.43	20.76	6.95	7.06	7.36	7.68	1.38	9.58
February	4.14	9.60	11.67	14.70	8.26	6.32	10.06	18.17
March	9.57	11.67	13.00	5.41	9.77	12.71	8.06	10.98
April	8.00	3.76	3.33	4.35	6.92	4.85	11.94	13.60
May	2.17	2.33	0.88	3.78	7.39	6.49	1.45	3.08
June	1.00	3.35	1.70	3.26	1.41	5.87	4.06	4.54
July	2.48	1.06	5.37	2.47	0.71	6.24	4.27	2.63
August	1.25	8.04	0.65	2.23	4.40	8.14	0.98	3.55
September	5.97	3.63	5.21	1.63	7.80	13.32	8.16	7.71
October	5.78	3.66	1.96	14.67	5.14	13.26	4.42	17.80
November	1.00	1.01	2.04	4.16	14.77	1.28	13.50	6.64
December	0.59	2.02	0.90	13.87	30.81	6.52	11.57	2.93

HA'APAI

MONTH	Inches							
	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974
January	4.84	13.25	10.77	7.21	7.82	6.62	3.48	5.96
February	6.63	3.74	5.28	11.93	6.56	5.51	12.22	15.85
March	12.96	9.77	19.53	8.43	9.50	18.58	9.06	4.35
April	7.49	3.03	4.36	12.82	8.01	12.93	13.05	9.99
May	5.75	2.07	0.54	8.81	6.10	11.08	1.15	6.56
June	0.72	2.04	0.72	4.18	1.88	4.27	4.56	4.79
July	2.05	0.84	5.81	0.77	2.31	3.98	6.99	5.42
August	0.48	4.56	0.23	0.52	3.41	8.81	2.46	2.86
September	0.94	2.41	2.28	0.84	3.70	11.02	8.95	6.41
October	11.59	5.69	3.50	3.59	2.79	1.34	4.48	7.81
November	1.90	3.23	7.83	13.80	20.04	1.28	8.90	4.71
December	2.58	5.63	2.22	12.08	24.15	1.73	3.59	6.01

METEOROLOGICAL DATA

TABLE 167a : MONTHLY RAINFALL BY MAIN ISLANDS
(Cont'd) V A V A ' U

MONTH	Inches							
	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974
January	39.72	21.50	15.19	4.79	6.79	11.42	6.24	6.99
February	12.25	2.92	9.75	8.28	16.32	6.72	17.42	5.58
March	8.40	6.88	11.20	7.88	7.64	10.01	15.47	9.03
April	11.34	4.09	10.52	10.49	9.86	5.30	11.98	14.28
May	8.46	5.89	0.29	4.80	14.55	4.06	1.22	16.72
June	3.65	4.03	0.62	7.85	1.93	1.46	2.24	6.40
July	2.40	1.33	3.08	2.12	3.13	6.21	18.38	2.80
August	1.73	4.48	0.47	2.45	4.92	6.07	4.27	4.26
September	3.18	4.21	6.21	1.99	6.85	6.49	7.74	3.14
October	12.37	4.31	7.54	2.08	8.10	6.35	4.51	3.26
November	3.50	5.97	1.51	12.97	6.69	1.73	13.11	12.32
December	2.57	4.81	6.99	18.13	17.94	1.72	12.19	6.45

NIUATOPUTAPU

MONTH	Inches							
	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974
January	12.76	17.64	8.09	2.82	7.76	11.65	5.97	11.43
February	10.49	18.79	8.06	6.13	12.94	7.96	10.93	16.96
March	8.89	4.46	7.42	16.41	5.75	17.33	7.59	11.34
April	21.92	8.68	22.71	14.64	12.51	7.47	16.18	3.36
May	8.51	5.51	0.53	4.22	12.83	6.32	11.03	7.43
June	5.49	3.04	1.03	4.44	1.93	7.27	1.46	4.46
July	7.32	1.35	2.99	5.41	3.63	2.30	21.32	1.07
August	5.44	5.65	3.27	3.17	0.85	1.73	5.46	2.12
September	7.99	4.63	5.89	1.78	8.52	15.44	7.09	4.90
October	16.28	10.15	2.65	5.23	6.16	16.06	11.61	7.84
November	4.81	2.31	7.16	8.20	3.62	10.31	17.16	12.72
December	9.46	1.86	5.53	25.64	19.75	14.36	6.52	8.86

SOURCE : Meteorological Section of the Department of Telephone and Telegraph.

METEOROLOGICAL DATA

TABLE 168 : MEAN MAXIMUM TEMPERATURE FOR TONGATAFU

MONTH	C° : Centigrade							
	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974
January	28.4	28.6	28.2	29.3	28.7	28.8	29.3	30.3
February	29.3	30.1	29.6	29.3	28.6	29.3	30.2	29.4
March	29.1	28.8	29.2	29.2	29.4	28.9	29.7	29.4
April	27.4	28.3	28.3	28.6	29.1	28.3	28.1	27.8
May	25.5	26.9	26.1	27.2	26.6	26.3	26.7	26.4
June	24.3	27.0	25.7	25.9	26.0	25.0	27.2	26.0
July	23.8	25.8	22.6	25.1	24.9	23.6	25.5	25.7
August	24.6	25.0	23.7	24.5	25.2	24.2	25.6	...
September	25.5	24.4	25.3	25.4	25.8	23.9	26.1	...
October	24.9	25.4	25.2	26.0	26.8	24.8	26.3	...
November	27.0	27.2	25.9	27.0	27.9	26.7	27.4	...
December	28.7	28.4	27.9	27.4	27.8	28.0	29.3	...

TABLE 169 : MEAN MINIMUM TEMPERATURE FOR TONGATAFU

MONTH	C° : Centigrade							
	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974
January	22.7	22.7	21.7	22.7	23.2	22.1	24.0	24.4
February	24.0	23.7	23.9	23.6	22.9	22.6	23.8	23.4
March	23.3	23.8	23.4	23.3	24.1	23.4	22.8	23.3
April	22.5	19.5	20.9	22.2	22.6	21.8	22.1	20.9
May	18.8	18.7	18.5	20.3	19.6	20.3	20.8	20.9
June	17.0	21.2	18.2	20.1	20.5	18.3	20.8	20.0
July	16.9	19.4	16.2	18.8	18.3	17.0	18.9	18.6
August	19.8	17.5	17.1	17.9	19.2	18.0	19.2	...
September	20.2	17.8	18.0	19.4	19.2	19.4	19.5	...
October	19.6	19.1	18.9	20.3	20.8	19.0	20.6	...
November	20.4	19.3	19.8	20.9	22.2	20.7	22.4	...
December	21.2	21.4	20.4	22.3	22.7	22.4	23.7	...

SOURCE : Meteorological Section of the Department of Telephone and Telegraph.

ISHIMOTO ARCHITECTURAL & ENGINEERING FIRM, INC.

4-6-12, KUDAN-MINAMI, CHIYODA-KU, TOKYO, JAPAN 102 TEL 03-262-7161
BRANCHES: OSAKA, SAPPORO, NAGOYA, FUKUOKA, SENDAI

IV. Meteorological (Tongatapu Island and Ha'apai Island)

Q. : 5. Earthquake (past records of earthquake and its intensity).

A. : Mild to moderate earthquakes are often experienced with force of 1.2 R/scale. The most significant and destructive one occurred in June 1977 with force of 7.3 R/scale.

Q. : 7. Possibility of flooding.

A. : Very mild despite the fact that we are often alerted with tidal waves warning.

Q. : 8. Soil conditions (soil exploration data, if possible)

A. : —

Q. : 9. Remarkable meteorological features of Tongatapu Island and Ha'apai Island.

A. : Besides the information given above. There is no significant differences in meteorological features between Tongatapu and Ha'apai Island.

IV METEOROLOGICAL

TEMPERATURE OF

TONGATAFU AND HA'APAI ISLAND

	JAN.	FEB.	MARCH	APRIL	MAY	JUNE	JULY	AUG.	SEPT.	OCT.	NOV.	DEC.	YEAR
MEAN TEMP.	77.9	78.9	78.5	76.9	73.7	72.4	70.2	70.2	71.1	72.3	74.6	76.6	74.6
MEAN MAX.	83.5	84.5	83.9	82.6	79.8	78.3	76.2	76.2	76.8	78.2	80.2	82.5	80.2
MEAN MIN.	72.3	73.3	73.2	71.2	67.9	66.9	64.3	64.3	65.4	66.4	68.9	71.0	68.7
R/H AT 10 AM	77%	78%	79%	77%	74%	75%	73%	71%	72%	71%	71%	73%	74%
RAINFALL IN INCHES	8.67	9.77	9.46	6.37	3.53	3.40	3.93	4.10	4.52	5.02	4.17	5.42	68.36
RAINY DAYS	17	17	18	15	14	12	12	12	12	11	11	14	167 DAYS

Wind Direction Summary (<03 Kts)
Percentage Occurrence

Wind Speed Summary (Kts)

Nuku'alofa (01 07 13 19 hrs) combined.

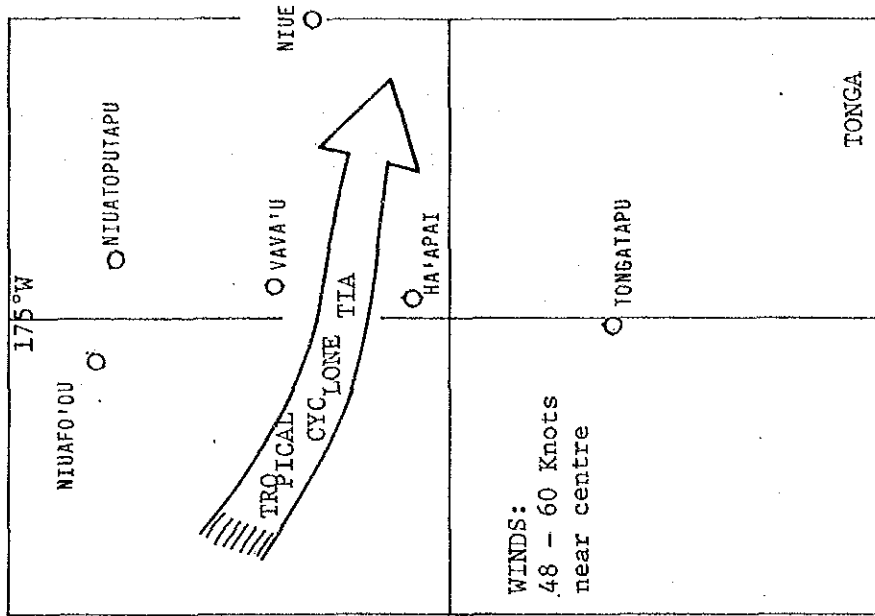
(01 07 13 19 hrs) combined mean

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	or Year Mean	Notes
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Prevail- ing Direction	Perce- ntage 00 - 03	Occur- ance 04 - 16	17 - 33	34-47	847
Jan	1.7	5.2	73.0	19.2	0.9	.	.	.	E	7.3	81.5	11.2	.	11.8
Feb	12.5	10.0	15.0	47.4	12.5	1.3	.	1.3	SE	27.9	70.3	1.8	.	7.1
Mar	0.9	7.6	29.2	47.2	4.7	3.8	5.7	0.9	SE	14.5	79.8	5.7	.	9.1
Apr	7.5	10.0	25.0	12.5	30.0	5.0	7.5	2.5	S	66.6	33.3	.	.	3.4
May	7.9	14.5	26.3	30.4	11.8	3.9	1.3	3.9	SE	38.7	61.3	.	.	6.1
Jun	13.3	14.4	16.7	23.3	8.9	11.1	6.7	5.6	SE	25.0	69.2	5.8	.	8.1
Jul	11.4	13.9	15.2	20.2	17.7	8.9	8.9	3.8	SE	36.3	54.8	8.9	.	7.1
Aug	2.6	5.2	13.0	49.3	14.3	2.6	3.9	9.1	SE	37.9	57.3	4.8	.	7.2
Sep	5.0	13.8	12.5	23.8	40.0	1.2	1.2	2.5	S	33.3	65.0	1.7	.	6.7
Oct	5.8	13.6	35.9	31.1	7.8	1.9	2.9	1.0	E	16.1	80.6	3.3	.	8.9
Nov		0.9	46.7	33.7	18.7	.	.	.	E	10.8	88.4	0.8	.	10.0
Dec	6.9	16.7	56.8	5.9	7.8	2.0	.	3.9	E	16.1	79.0	4.9	.	7.9
	6.3	10.15	30.4	28.6	14.6	3.5	3.2	2.9	SE	27.5	68.4	41.1	.	7.6

Wind Speed Knots
means

	0100	0400	0700	1000	1300	1600	1900	Means
Jan	10.8	9.3	9.8	13.0	13.9	12.2	12.6	11.8
Feb	4.8	4.1	5.1	8.3	9.5	10.1	7.9	7.1
Mar	6.8	6.5	7.7	10.6	11.1	11.4	9.5	9.1
Apr	1.3	1.3	2.4	4.7	5.7	5.6	3.0	3.4
May	5.2	4.0	4.6	6.7	8.2	8.4	5.3	6.1
Jun	6.7	6.1	6.6	9.4	10.5	9.7	7.5	8.1
Jul	5.7	5.2	5.9	7.2	9.4	9.4	6.8	7.1
Aug	5.7	4.8	5.7	8.5	9.5	9.3	6.8	7.2
Sep	4.1	3.7	4.6	8.8	9.2	9.6	7.2	6.7
Oct	7.6	7.0	7.4	9.8	10.4	10.9	9.1	8.9
Nov	7.9	6.2	8.3	11.0	12.7	12.4	11.9	10.0
Dec	6.4	3.5	7.0	10.5	7.0	11.3	9.3	7.9
	5.9	5.0	6.1	8.9	9.5	9.9	7.7	7.6

TROPICAL CYCLONE TIA
24 - 25 MARCH, 1980



TROPICAL CYCLONE VAL
27 - 28 MARCH '80

