

フィリピン共和国  
ダルトン・パス・トンネル計画調査  
(フェーズI)

表層地質調査報告書

昭和56年7月

国際協力事業団

JICA LIBRARY



1076850(5)

20521

フィリピン共和国  
ダルトン・パス・トンネル計画調査  
(フェーズ I)

——表層地質調査報告書——

昭和 56 年 7 月

国際協力事業団

国際協力事業団

20521

# 目 次

I 調査団派遣の概要 .....	1
I-1. ま え が き .....	1
I-2. 調 査 目 的 .....	1
I-3. 調査団の構成および派遣期間 .....	1
I-4. 現地調査の日程 .....	2
II 調査地域概要 .....	3
II-1. 地勢・気象 .....	3
II-2. 地質概要 .....	11
III 調査結果 .....	15
III-1. 基盤地質 .....	15
1) 火成岩類 .....	15
2) 堆積岩類 .....	16
3) 変質岩類 .....	17
III-2. 表層地質 .....	34
1) 崖錐堆積物 .....	34
2) 氾濫原堆積物 .....	34
3) 河床堆積物 .....	34
III-3. 災害地形 .....	34
1) 地 す べ り .....	34
2) 崩 壊 .....	35
3) 線 状 模 様 .....	45
IV 土木地質上の所見 .....	48
IV-1. Dalton Pass 付近の地質 .....	48
IV-2. Dalton Pass 付近の弱線 .....	50

付 図

1. 表 層 地 質 図 ( 1 : 10,000 )
2. リニアメント分布図 ( 1 : 10,000 )
3. ルートマップ ( 1 : 10,000 )

## I 調査団派遣の概要

### I-1. ま え が き

フィリピン共和国、国道5号のダルトン・パス付近はとくに道路災害の多発地域となっており、上記国道が幹線道路であるだけに、その物心両面にわたる被害ははかり知れないものがある。したがって、この付近の災害対策および交通確保を恒久的なものとするには、フィリピン共和国政府にとっても重要な課題となっており、現在この付近にトンネル計画を含めた抜本的な道路改良が計画されている。

本報告書は、上記計画に基づいて、ダルトン・パス付近を中心に行なわれた表層地質調査の結果をとりまとめたものである。

### I-2. 調 査 目 的

本調査は上記計画に基づき、調査地域の表層地質の状況を明らかにするとともに、とくに地質工学的な調査も行い、今後引き続き実施されるトンネル計画調査のフィージビリティ・スタディに対する基礎資料とすることを目的としている。

### I-3. 調査団の構成および派遣期間

団 員	専門分野	調査実施機関
1. 中 村 真 人 (理学博士)	火山地質学	東洋航空事業(株)
2. 鶴 飼 昭 一	応用地質学	東洋航空事業(株)

#### 派遣期間

(自)昭和56年4月27日 (至)昭和56年5月26日 30日間

1-4. 現地調査の日程

日順	年 月 日	曜日	日 程
1	S. 56. 4. 27	月	東京～マニラ
2	4. 28	火	Ministry of Public Highways
3	4. 29	水	Bureau of Mine
4	4. 30	木	F.F.CRUZ 社にて空中写真判読
5	5. 1	金	" "
6	5. 2	土	" "
7	5. 3	日	マニラ → ダルトン・バス
8	5. 4	月	ダルトン・バスにて現地調査(調査地南部)
9	5. 5	火	" "
10	5. 6	水	" "
11	5. 7	木	" "
12	5. 8	金	ダルトン・バスにて現地調査(調査地中央部)
13	5. 9	土	" "
14	5. 10	日	現地調査資料整理
15	5. 11	月	ダルトン・バスにて現地調査(調査地中央部)
16	5. 12	火	" "
17	5. 13	水	" "
18	5. 14	木	ダルトン・バスにて現地調査(調査地北部)
19	5. 15	金	" "
20	5. 16	土	" "
21	5. 17	日	現地調査資料整理
22	5. 18	月	ダルトン・バスにて現地調査(調査地全域問題点洗い出し)
23	5. 19	火	" " "
24	5. 20	水	" " "
25	5. 21	木	ダルトン・バス → マニラ
26	5. 22	金	Ministry of Public Highways & Bureau of Mine
27	5. 23	土	現地調査資料整理
28	5. 24	日	休み
29	5. 25	月	Ministry of Public Highways に於て委員会出席
30	5. 26	火	マニラ → 東京



## II 調査地域概要

### II-1. 地勢・気象

調査地域は、Luzon 島北部の中央部付近で、Manila の北約 180 km Baguio の南東約 40 km に位置し、国道 5 号沿いに南北方向に延びる山岳地帯である（写真 1）。本地域北端付近には Santa Fe（標高約 550 m）、南端に Capintalan（標高約 500 m）の集落があり、中央部に Dalton（Balete）Pass の峠（標高 881 m）がある。

国道の両側には標高 1,000 ~ 1,500 m の山地がほぼ南北方向に連なり、同方向およびそれに斜交または直交する多数の河川が谷をつくっている。これらの河川の中で Dalton Pass 付近のものは、北部ではほぼ南北方向、南部では北北西—南南東および、北東—南西方向の方位に流れるものが多く、河川沿いにはいたる所で水田が作られている（図 1、写真 2）。なお河川の流量は、雨期前の 5 月上旬で大きい河川で概算 5,000 ㎥/分程度であった。

本地域では 1 ~ 5 月が乾期で 6 ~ 12 月が雨期に相当するようで、雨期には台風に伴う豪雨が多く、そのため災害が生じやすい。最近の例として、本地域北部には、昨年（1980 年 9 月）の台風来襲時に発生した崩壊や土石流の跡が多く、調査地域の北、Santa Fe 北約 4 km にあった Ingeron の集落では当時発生した土石流により、多数の死者を伴う被害があったといわれる（写真 3）。また、Dalton Pass 付近においては国道が被災している（写真 4）。なお、今回の調査期間中にも、5 月中旬に入ると午後数時間の推定時間雨量 30 ~ 50 mm 以上の強い降雨（Shower）があり、とくに下旬にかけては短時間に斜面上の土砂が流出したり、河川の水量が増大したりする現象が見られた。ちなみに、本地域北北東 250 km および南 180 km に位置する Aparri および Manila における年降水量はそれぞれ 2312 mm（1931 - 1960 年平均）と 1791 mm（1951 - 1960 年平均）<sup>\*1</sup>であり、24 時間最大降水量の世界的記録としては Baguio における 1,168 mm（1911 年 7 月 14 - 15 日）<sup>\*2</sup>が知られている。

本地域一帯には、標高 10 ~ 20 m の常緑高木を主とする植生が繁茂し、Bayocan や White

\*1 東京天文台（1980）：理科年表、丸善株式会社

\*2 南洋地理大系 2：ダイヤモンド社、1942

Lavan などの建築材に利用されている。木ノ実から採油できる Petroleum Tree が特徴的である（写真 5、6、7）。また、谷部には特徴的な板根や支柱根をもつ大木やシダ類などが密生する亜熱帯性原生林が残っているが、尾根部と緩傾斜面はしばしば焼畑などに利用されたり草原となっている（写真 8、9、10）。

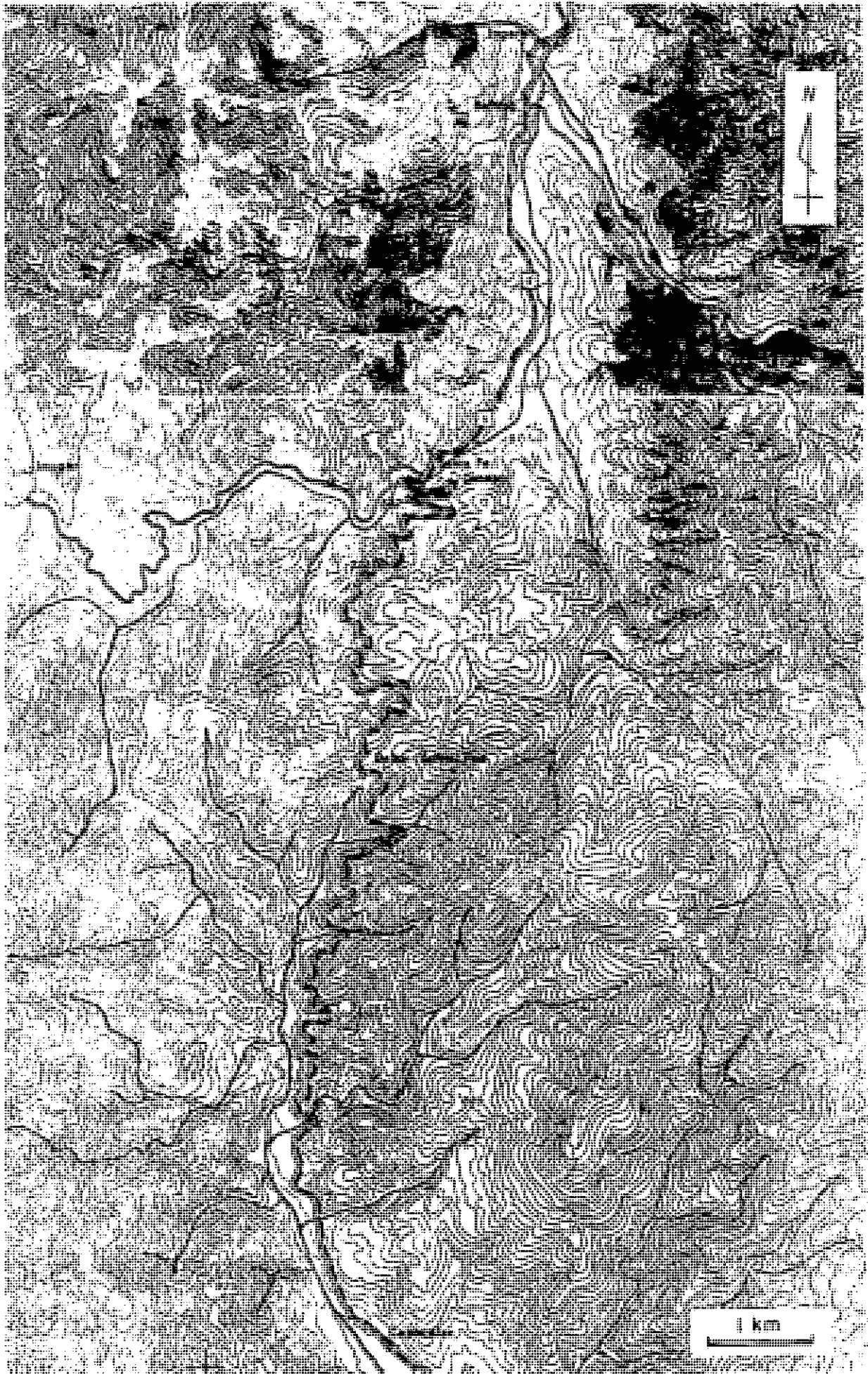


図1 Dalton Pass 周辺の主要な水系



写真 1

Dalton Pass 付近の山岳地帯、国道沿いに大規模な切取り法面が多い (Dalton Pass 南側)



写真 2.

Santa Fe 付近の河川沿いに作られている水田 (対岸に Imgan に通じる道路が走る)。



写真3

1980年9月の台風に伴う豪雨により発生した土石流の末端部。



写真4

Santa Fe 南の国道に生じた崩壊、ガケ崩れの痕跡。



写真 5

Dalton Pass 西部山地に多い高木 Tecleg (中央、黄色)



写真 6

Dalton Pass 北東尾  
根付近に群生し、樹  
高20~30mに達する  
Bayocan



写真7

Petroleum Tree と  
採油の対象となる実



写真8

Dalton Pass 西側尾根の草原、桃色の Hanceybe Flower  
の花が美しい。



写真 9

Capintalan 橋の溪  
流沿いに広がる亜熱  
帯性原生林に見られ  
る支柱根



写真 10

Dallon Pass 南東  
山地の密林を構成  
する亜熱帯性原生  
林。



## II-2. 地 質 概 要

本地域を含むルソン北部地区の地質に関する近年の国際協力事業団、金属鉱業事業団による広域にわたる調査結果報告<sup>\*1</sup>によれば、対象地域である Caraballo Mountains の地質層序および地史は表 1 に示すようであり、地形的および地質的特徴に基づく、Luzon 北部は図 2 に示すほぼ南北に延びる 4 帯からなる。なお、今回の調査地域は Cordillera Central 帯の南端付近にあたる。Cordillera Central 帯は、東海岸を構成する Sierra Madre 帯と同様の隆起部で、白亜紀～古第三紀始新世の火山岩類火山碎屑岩類、漸新世の火山岩類、火山碎屑岩類などで示される火成活動が活発だった地帯である。また新第三紀中新世には石英閃緑岩類（“アグノパソリス”、貫入年代 1800 万年前）からなる火成活動、その後には構造弱線に沿って貫入岩が各所に岩株、岩脈をなして活動した。そしてこれらの断層系や貫入岩構造に支配されて斑銅鉱床が形成されている。<sup>\*2</sup> 今回の調査地域付近においては、これらの地質を伴って最下位の白亜紀～始新世（7,400 万年前）のトナール岩（閃緑岩の 1 種）から最上位の中新世の石灰岩までが分布する（図 3、4）。また、上記の広域における地質構造線には NE-SE 系、NNW-SSE 系、NNE（～N）-SSW（～S）系、E-W 系および NW-SE 系の 5 つの方位があり、これらの中 NW-SE 系の断層は本地域南方に存在するもっとも新しい時代に生じたフィリピン断層と一致する。アーツ衛星写真による巨視的観察結果では、いくつかの線状模様が認められており、とくに卓越する NE-SW 系とこれを切る NNW-SSE 系のものがあり、両者を切って E-W 系と N-S 系が互いに切りつ切られつしており、さらにこれらすべての線状模様（リエアメント）を切ってフィリピン断層の NW-SE 系線状模様が分布するという。フィリピン断層は Allen (1962)<sup>\*3</sup> によれば、左横ずれ変位を示す大規模な水平断層であり、現在でも活動中の世界的な大断層の 1 つである。

\*1 国際協力事業団、金属鉱業事業団（1976）：フィリピン共和国ルソン北部地区鉱物資源開発基礎調査報告書（第 2 年次）。および同（1977）：同・基礎調査総合報告書。

\*2 石原舜三（1977）：斑銅鉱床。現代鉱床学の基礎、P. 203 - 214、東京大学出版会

\*3 Allen, Clarence R. (1962) : Circum - Pacific Faulting in the Philippines - Taiwan Region. Journal of Geophysical Research, vol. 67, 頁 12。

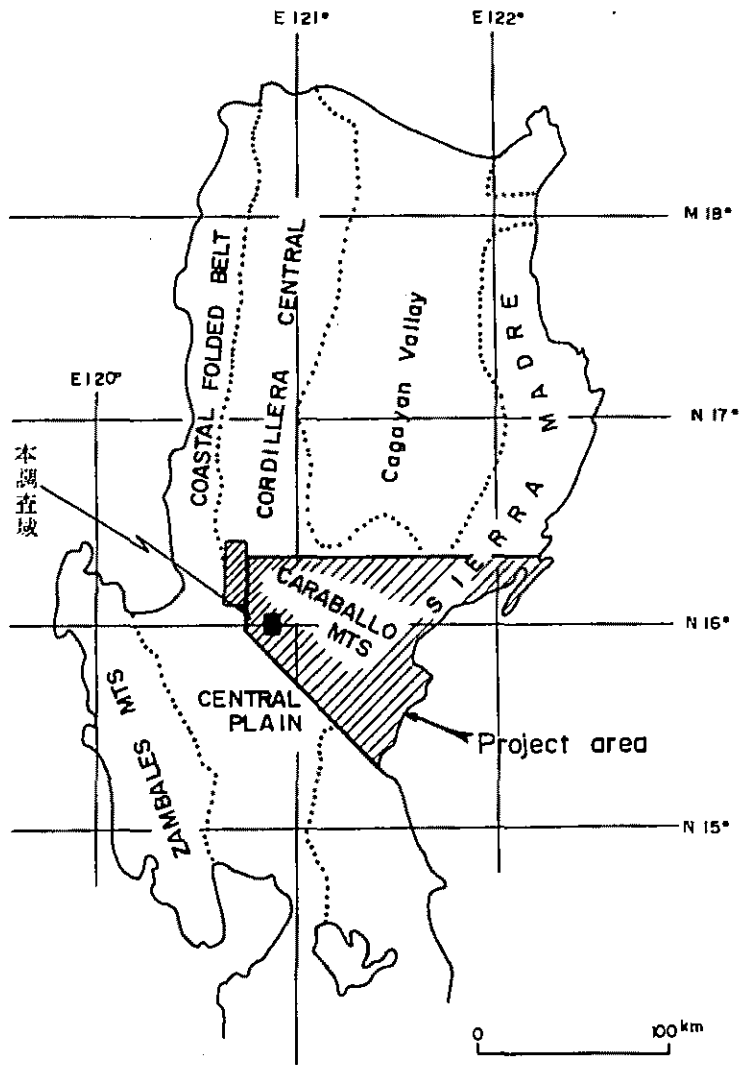


図2 国際協力事業団ほかによる広域調査範囲



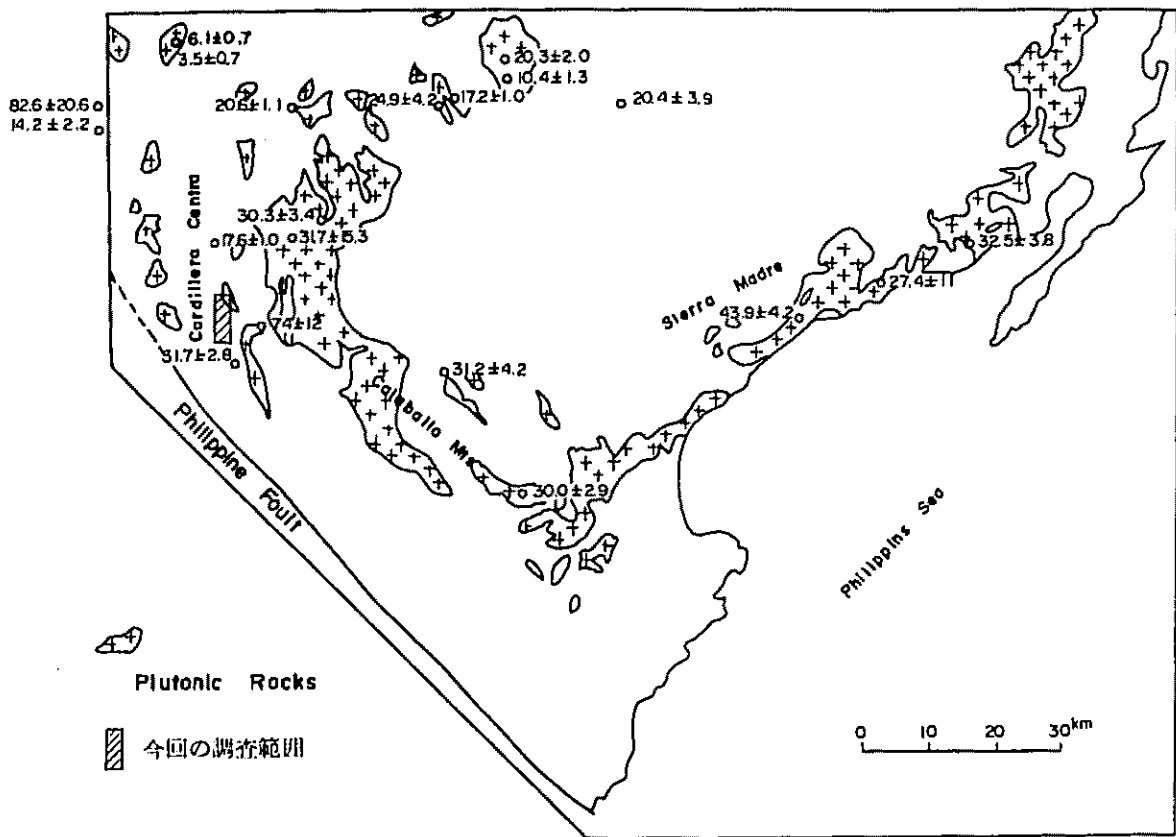


図3 深成岩類のK-Ar年代値(m.y.) (国際協力事業団ほか, 1976)

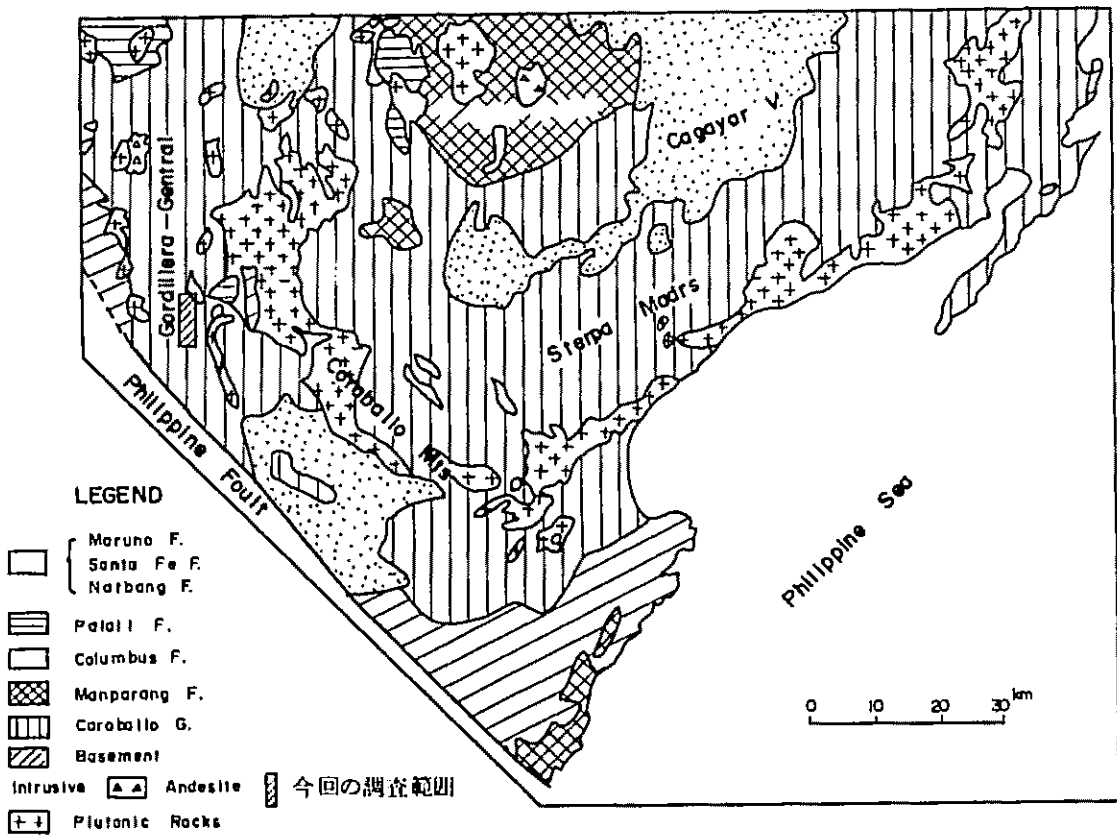


図4 主要な地層の分布 (国際協力事業団ほか, 1976)

### III 調査結果

#### III-1. 基盤地質

本地域の基盤は、大部分が花崗岩類・輝緑岩類・はんれい岩・安山岩類などの火成岩類および火山性物質に由来する火山砕屑岩類などで、一部に砂岩泥岩・石灰岩などの堆積岩類が分布する。これらの岩石は河床部付近に露出するもの以外は一般に開口した亀裂一節理が発達している。また、これらの岩石は所によっては強く変質して母岩とは異なる性質を帯びている。

以下に、野外における各岩石の特徴と分布状態について記す。なお、岩石のあるものについては変質などの影響で母岩の岩種の識別が困難であるが、各岩石名は露頭における岩相および産状に基づいてつけたものである。

##### 1) 火成岩類

###### a. 花崗岩類(写真11、12)

石英および正長石に富む完晶質優白色の中粒の岩石(花崗閃緑岩、石英閃緑岩、トナール岩など)、斜長石および輝石の斑晶に富み、ゴマシオ状を呈する細粒～中粒の岩石(閃緑岩)などがある。前者はとくに北部 Santa Fe 付近に広く分布し、表面は砂状に風化してマサ化している。本岩はしばしば暗色の輝緑岩により貫入されている。また、後者は主として南部の Capintalan 周辺に分布し、マサ化はしていないが変質していることがある。

###### b. 輝緑岩類(写真13、14)

一般に暗緑～黒灰色細粒の岩石で、黒色の輝石の斑晶が認められることもある。所により、発達した節理と風化による Onion Structure が見られる。中央東部、Dalton Pass 南東の山地には完晶質の黒色の輝緑岩が広く分布するが、本岩はきわめて緻密堅硬な岩石で、本地域内に分布する岩盤の中でもっとも硬質である。Santa Fe 付近では閃緑岩類中に貫入しており、逆に、Capintalan 東では閃緑岩類中に Xenolith としてとり込まれたり、閃緑岩質岩脈に貫入されている。

###### c. はんれい岩

斜長石と輝石からなる完晶質粗粒の岩石で、Santa Fe 西に部分的に南北方向に延びて分布する。

d. 安山岩類 (写真 15、16、17、18、19、20)

一般的なものは、淡紫色の石基中に多量の斜長石斑晶が含まれる Porphyritic texture で特徴づけられる溶岩流または貫入岩体をなす安山岩で中央部、Dalton Pass 付近およびその西側の山地を構成して広く分布する。板状節理がよく発達するが、ときに細かい柱状節理が発達する。所により変質作用のため白緑-緑色に変色していることがある。また、部分的に同色の凝灰岩を挟んだり、凝灰角礫岩~火山角礫岩に変わったり、あるいは auto-brecciated Lava 状を呈したりすることがある。強風化部では onion structure がみられることもある。小規模に分布する大型の斜長石斑晶が特徴的な矽岩の岩脈は、多量の大型の斜長石斑晶、ときに輝石斑晶を含み、幅数  $m$  ~10 $m$  程度の規模で他の安山岩や火山砕屑岩中に貫入している。

2) 堆積岩類

a. 火山砕屑岩類 (写真21)

紫色の凝灰岩や汚暗紫色を呈する火山角礫~凝灰角礫岩などからなる火山砕屑岩類は、西縁部に砂岩・泥岩層と接して分布したり北部で緑色凝灰岩あるいは輝緑岩に伴って分布する。全体に本地域の大きな地質構造に一致して、ほぼ南北に延びた帯状の分布をなす。

b. 砂岩・泥岩 (写真22)

成層する細粒~中粒の灰色砂岩と暗灰色の泥岩からなる。主として本地域西縁部に分布し、全体としては、ほぼ南北に近い走向とほぼ垂直に近い傾斜で、南北方向に延びた分布をなす。Santa Fe 南西で小規模に分布するものは、安山岩質の貫入岩体と接している。

c. 石灰岩 (写真 23、24、25、26)

白色の硬い石灰岩で、大きな露頭では亀裂が発達し角礫の集合体のようになる。また地表部では小規模な Karren が発達して、カルスト地形をなしたり、縁辺部が垂直崖をつくっていることがある。なお、一部では大型有孔虫の化石が含まれている。国道東側の丘陵~山地の頂部に基盤を覆って分布することが多く、とくに Santa Fe 東~南東では広がりのある石灰岩台地を構成している。Dalton Pass 東の尾根上にも所々に薄く分布する石灰岩が見られる。

### 3) 変質岩類 (写真 27、28、29、30、31、32、33、34、35、36)

本地域では、しばしば母岩が強度に珪化(白色、ガラス質)したり、グリーンタフ化(白緑～緑色、有色鉱物が緑泥石化)したり、あるいは黄～黄褐色に変質している。これらのいわゆる変質作用は、ある幅をもって母岩中に生じていることが多く、そのような個所に一致して沢や崩壊が生じていることも多い。変質個所はかならずしも脆弱ではないが、破砕されていたり、粘土化していたりすることもあり、地質上の弱線となりやすい。

本地域におけるこのような変質岩類の特性を知るために、変質の程度の異なる岩石試料20個についてX線回析法による変質鉱物鑑定を実施したところ、表2に示す結果を得た。すなわち、肉眼的に変質岩とみなされる岩石はすべて変質生成した石英を多量に含んでいたりと、モンモリナイト-緑泥石を含んでいたりする型で、それ以外の岩石の場合でも、これら変質鉱物を含んでいる例が多く、全体として大部分の母岩は程度の差はあるが変質しているとみなされる。変質の程度については、地熱地帯における熱水変質に関する林(1979)<sup>\*1</sup>の変質分帯法(表3)によれば、変質生成したシリカ鉱物が50%(重量)以上含まれる最強変質型(I型)である場合もあるが、一般にはモンモリナイト-緑泥石・雲母およびそれらの混合層粘土鉱物を含み、沸石、長石を欠く弱変質型(IV型)となるようである。

\*1 林正雄(1979):地熱井コア、スライムの定量的記載。日本地熱学会誌. vol 1

表2 X線回析法による岩石の変質度解析結果

試料番号 (岩石)	変質による発生した鉱物*						もとの 鉱物*	変質分帯 (林、1979)	
	I		II	III	IV	V			Others
	tridymite cristobalite quartz		alunite Kaolin pyrophyllite	montmorillonite chl. = mont. mica = mont. mica mont. chlorite mica	heulandite jaramontite waikakite Na-feldspar K-feldspar actinolite	gypsum anhydrite calcite pyrite epidote			
410 (安山岩)	11			3	1		12	V	
501 (珪化変質岩)	58			2				I	
504 (変質安山岩)	14				3		10	IV	
506 (輝緑岩)	11			1			12	IV	
601 (珪化変質岩)	11				10		9	IV	
704 (珪化変質岩)	37				4		15	IV	
705 (珪化変質岩)	57						13	I	
706 (凝灰岩)	32						12	-	
707 (安山岩)	11			1			42	V	
712 (安山岩)	17						24	V	
713 (変質安山岩)	50						3	I	



表2 X線回折法による岩石の変質度解析結果(つづき)

試料番号 (岩石)	変質により生じた鉱物*						もとの 鉱物*	変質分帯 (林、1979)
	Others							
	I	II	III	IV	V	Others		
802 (変質岩)	tridymite cristobalite quartz	alunite	kaolin pyrophyllite	monterillinite Chl. Mont. mica Mont. mica Mont. chlorite Mica	heulandite laumontite waikite Na-feldspar K-feldspar albite	gypsum anhydrite calcite pyrite epidote	feldspar pyroxene hornblende	IV
1103 (輝緑岩)	32	5		3 1			6	IV
1203 (輝緑岩)	9			2			13 11	IV
1304 (玢岩)	18			3			26	IV
1305 (変質安山岩)	5			5		5	13	IV
1407 (輝緑岩)	9			1		5	9	IV
1501 (安山岩)						X	17	-
1802 (輝緑岩)	12			4			10	IV
2008 (輝緑岩)	17						12	-

\*1 各鉱物についての数字は、その鉱物の最強X線強度  $I_m$  を、同じ実験条件下で測定した純粋な石英の最強X線強度  $I_q$  の百分率である石英指数  $QI$  (林、1979) で示してある。  $QI = \frac{I_m}{I_q} \times 100(\%)$  (  $QI$  値は各試料の同一鉱物についてののみ比較でき、異なる鉱物間では比較できない。)

表3 熱水変質の分類(林、1979)

Alteration Type	Alteration Degree	Acting Fluid	Characteristic Mineral
I Silica mineral type	strongest	acidic -alkaline	tridymite cristobalite quartz
II Hexagonal sulfate type	strong	sulfuric acid	alunite
III Aluminum silicate type	intermediate	acidic	kaolin pyrophyllite
IV Sheet aluminosilicate type	weak	weakly acidic	montmorillonite chlorite mica
V Framework silicate type	very weak	neutral -alkaline	zeolite feldspar
VI Partially altered type	very weak	acidic -alkaline	—
VII Unaltered type	—	—	—



写真 11

Santa Fe 南に分布  
するトナル岩のマ  
サ状風化とリルの発  
達



写真 12

Santa Fe 付近で輝緑岩（左側、黒色）に貫かれている  
花崗閃緑岩（右側、白色）。



写真 13

Capintalan 北東部に広く分布する輝緑岩。



写真 14

閃緑岩（白色）中にとり込まれた輝緑岩（黒色）の捕獲岩片。前者が後者より新しいという時代関係を示す。



写真 15

Dalton Pass 付近の  
溪流に見られる板状  
節理の発達した安山  
岩。



写真 16

Dalton Pass 付近の  
国道沿いの安山岩の  
細い柱状節理（人物  
の頭上に節理の断面  
が見える）



写真 17

Dalton Pass 西側の尾根を構成する弱く変質した安山岩の板状節理と表層部の風化土壌。



写真 18

Dalton Pass 西側の尾根に生じている強変質帯、緑泥石化されて全体に青緑色を呈し、脆い。



写真 19

Dalton Pass 尾根近  
くの溪流に見られる  
auto - brecciated  
lava 状安山岩。



写真 20

強風化した安山岩の  
Onion Structure は  
ほぼ方形に発達してい  
る節理と亀裂に沿っ  
て風化が進行したた  
め、玉ねぎ状に岩塊  
の表面が剥離してい  
る。



写真 21

1 cm～数 cm 大の礫  
(黒色、斑状)に  
富む火山礫凝灰岩。



写真 22

Dalton Pass 北西の溪流に見られる砂岩(左側、明色)  
と安山岩(右側、暗色)の接触部。





写真 23

Santa Fe 東～南東  
に分布する石灰岩。  
表面は小塊状に割れ  
ている。



写真 24

Santa Fe 東に分布する石灰岩の丘。  
地表には白い小規模な Karren が発達する。



写真 25

Santa Fe 南東の溪流沿いの石灰岩中に見出された大型有孔虫の化石（直径 1 cm 前後の円～扁円形の模様）



写真 26

Santa Fe 南東～Dalton Pass 北に広がる石灰岩台地と校辺の急崖（中央右、国道上側）。



写真 27

Dalton Pass 南の溪流右岸に見られる、安山岩を切る断層  
( NS、 $73^{\circ}$  W ) と珪化した破砕帯 ( 中央右、白色 )



写真 28

Dalton Pass 南西の溪流の珪化された安山岩。  
小塊状に砕かれる。



写真 29

新しいガリ-頂部に  
露出した変質帯



写真 30

Capintalan 北、国  
道沿いに分布する変  
質帯。小断層群 (N  
30° W 方向) の断層  
面は粘土化している。



写真 31

Capintalan 橋東の輝緑岩の変質珪化した破碎帯

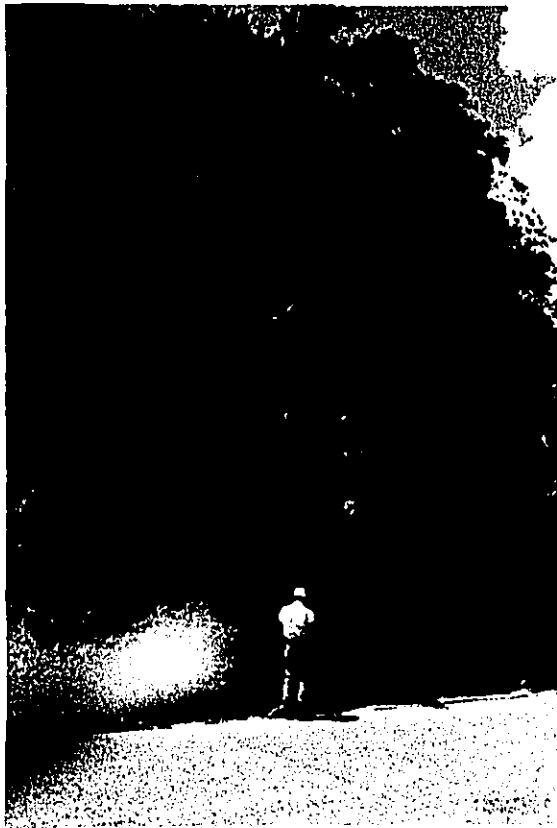


写真 32

小断層群に切られて  
いる変質帯 (Capin-  
talan 橋)



写真 33

Dalton Pass 南の溪流南岸に生じている粘土化帯。流水により徐々に流出している。



写真 34

Dalton Pass 南々西の溪流に生じている安山岩中の変質粘土化帯。

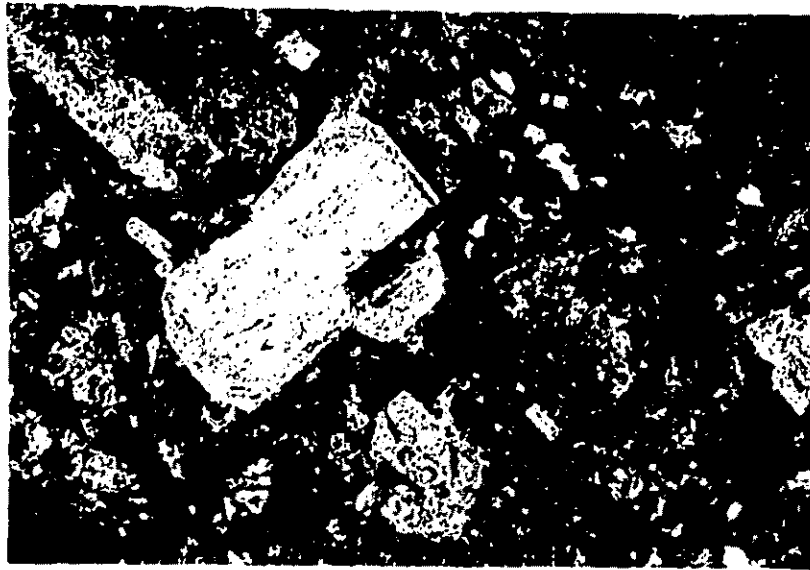


写真 35

変質した安山岩（試料504）の偏光顕微鏡写真。斜長石（白色長方形）。緑泥石（赤、緑色、不定形）などがある。



写真 36

変質した安山岩（試料1103）の偏光顕微鏡写真。斜長石（白、黒、長方形）、石英（黄、白、桃色扁円形）などがある。

### III-2. 表層地質

地表付近には、一般に基盤をなす母岩が風化して生じた成帯性土壌である赤色土およびラテライト性赤色土が分布し、草原では腐植帯の発達した黄褐色土が見られることがある（写真37、38）。二次堆積物としては、崖錐、段丘、氾濫原、河床などに分布する次の礫質の堆積物がある。

#### 1) 崖錐堆積物（写真39、40）

直径数10cm、ときに1m大の岩塊をも含むことがある、礫に富む茶色の緩い崩壊土である。河川沿いおよび山腹の緩傾斜面に分布し、しばしば5~10mの厚層をなす。谷の出口に扇状地状に分布するものは、古い土石流堆あるいは沖積錐のようである。

#### 2) 氾濫原堆積物（写真41、42、43）

一般に直径数10cm~数m大の円礫と砂からなる層厚数m~10mの堆積物で、比較的大きな主要河川に沿って層厚と同じ高さの氾濫原を構成する。山麓付近では、ときに比高の大きい段丘面を構成し、1m大の角礫を含む崩積土混じりの堆積物として分布することがあり、古い土石流による堆積物である疑いがある。

#### 3) 河床堆積物（写真44）

現在の各河川の流路に分布する砂礫層で、強い降雨による増水で容易に水面下に没する。山地部では、数m大の巨礫をも含む礫がちの堆積物となる。

### III-3. 災害地形

本地域の地質構造発達史と土地条件の現況に基づくと、降雨や地震を誘因とする地すべり、崩壊、土石流などの発生頻度は比較的高いことが予測される。本地域で著しい災害地形は、去年（1980年）発生した真新しい崩壊地であり、現在（1981年）でも崩壊地の直下には崩土あるいは落石が見られる。

#### 1) 地すべり

比較的急傾斜の弧状の滑落崖とその内側に比較的厚い崩積土からなる地すべり土塊を伴うのが特徴であり、空中写真の判読により Santa Fe 東、Dalton Pass 北北西、Dalton Pass 東および Capintalan 南東に見出される。規模は、滑落崖の長径が約300m、地すべり土塊の延長が200~600m程度のものである。

ただし、どれも地形的にはやや不明瞭であることから、かなり古い時期に形成され、



現在ではほとんどあるいはまったく滑動していないと推定される。

## 2) 崩 壊 ( 写真 45~50 )

大部分が約半年前の台風に伴う降雨により生じた、と推定される新しい露面をもつ崩壊地は本地域の北半部に多く、とくに表層部がマサ化しやすい花崗岩類の分布域には集中的に多発している。

崩壊地は、次のような地点に生じている例が観察される。

- a. 厚い風化部
- b. 強い変質部
- c. 地層の境界付近
- d. 線状模様の上

とくに粘土化した部分を伴う崩壊地は、上記 b、c および d のどれかまたはいくつかの組み合わせによる場合が大部分である。

本地域の崩壊地の分布状況は、図 5 に示す単位面積あたりの崩壊地の分布密度で明らかのように、地域北西部でもっとも多く 1 km<sup>2</sup>あたり約 100 個に達し、次いで西半部で多く 30~50 個 / km<sup>2</sup> である。また、トンネルを含む計画路線が予定されている Dalton Pass 付近における、崩壊多発域である Dalton Pass 西部に関して、崩壊規模の頻度分布をみると図 6 に示すように、地域差の影響はあるが、崩壊面積 50~200 m<sup>2</sup> 程度の小規模なものが全体の半分以上を占める。

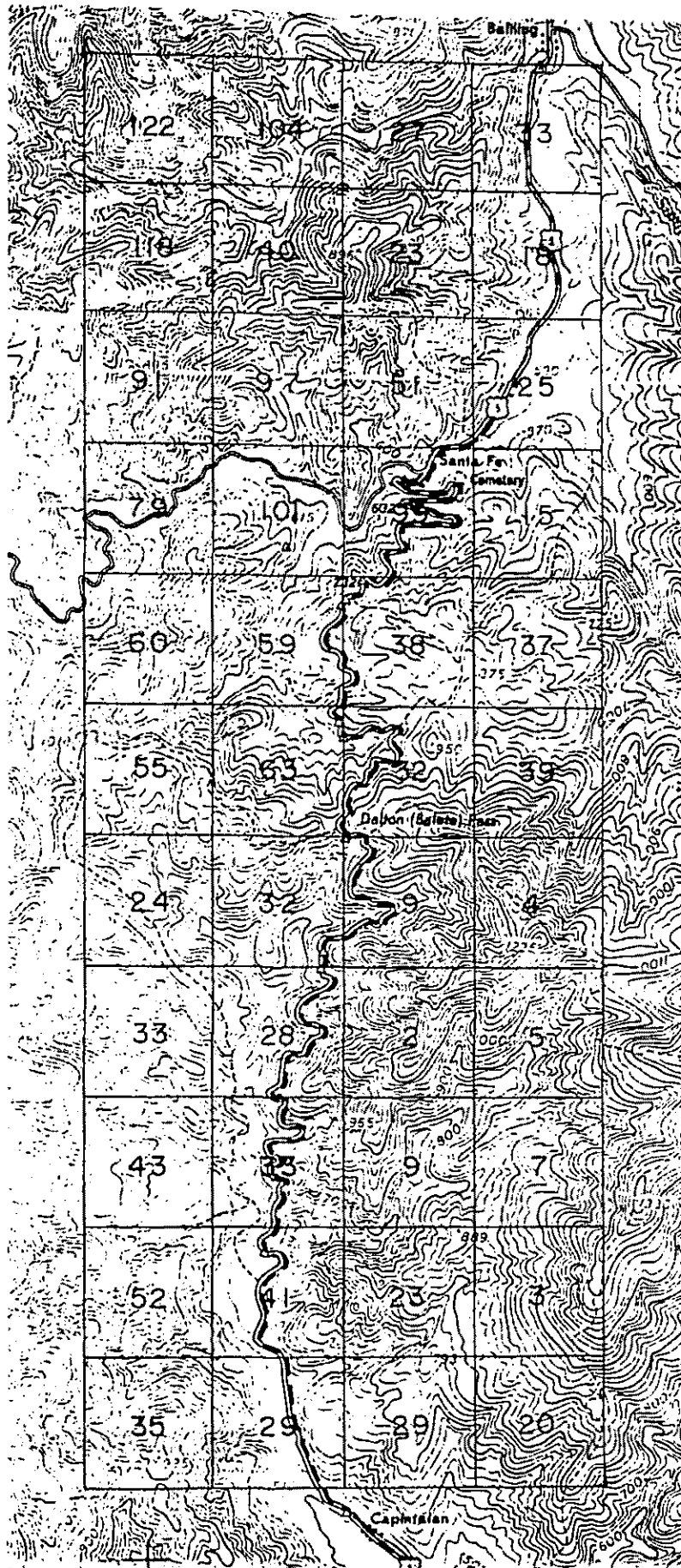


図5 単位面積（1 km<sup>2</sup>）あたり崩壊地分布密度（数字は崩壊地個数）

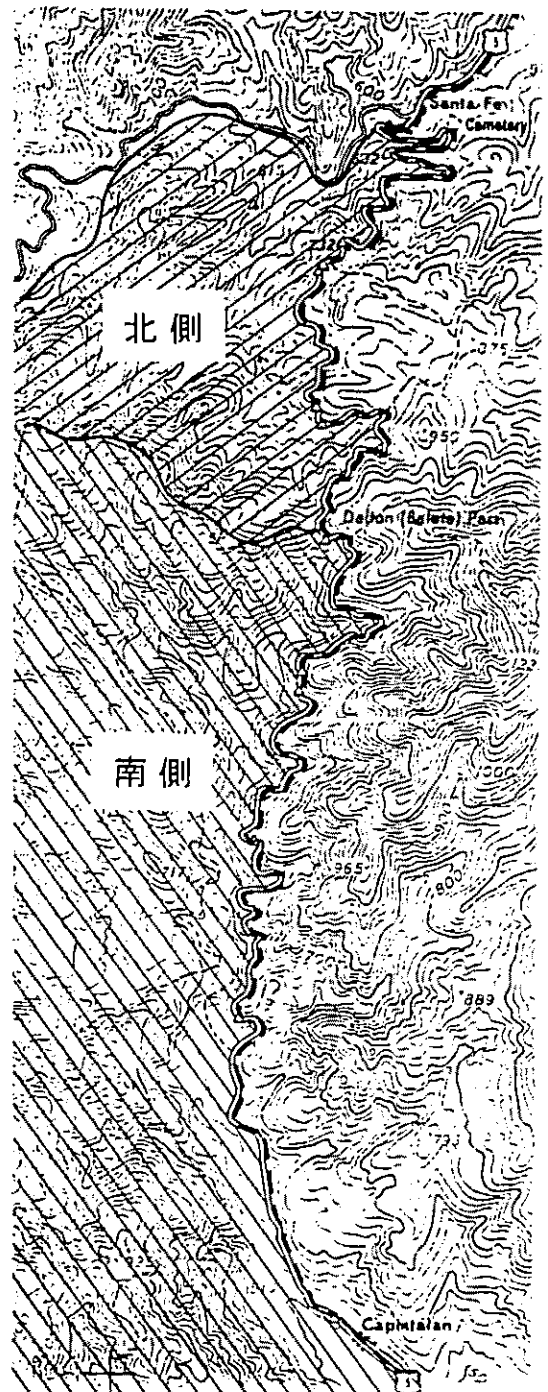
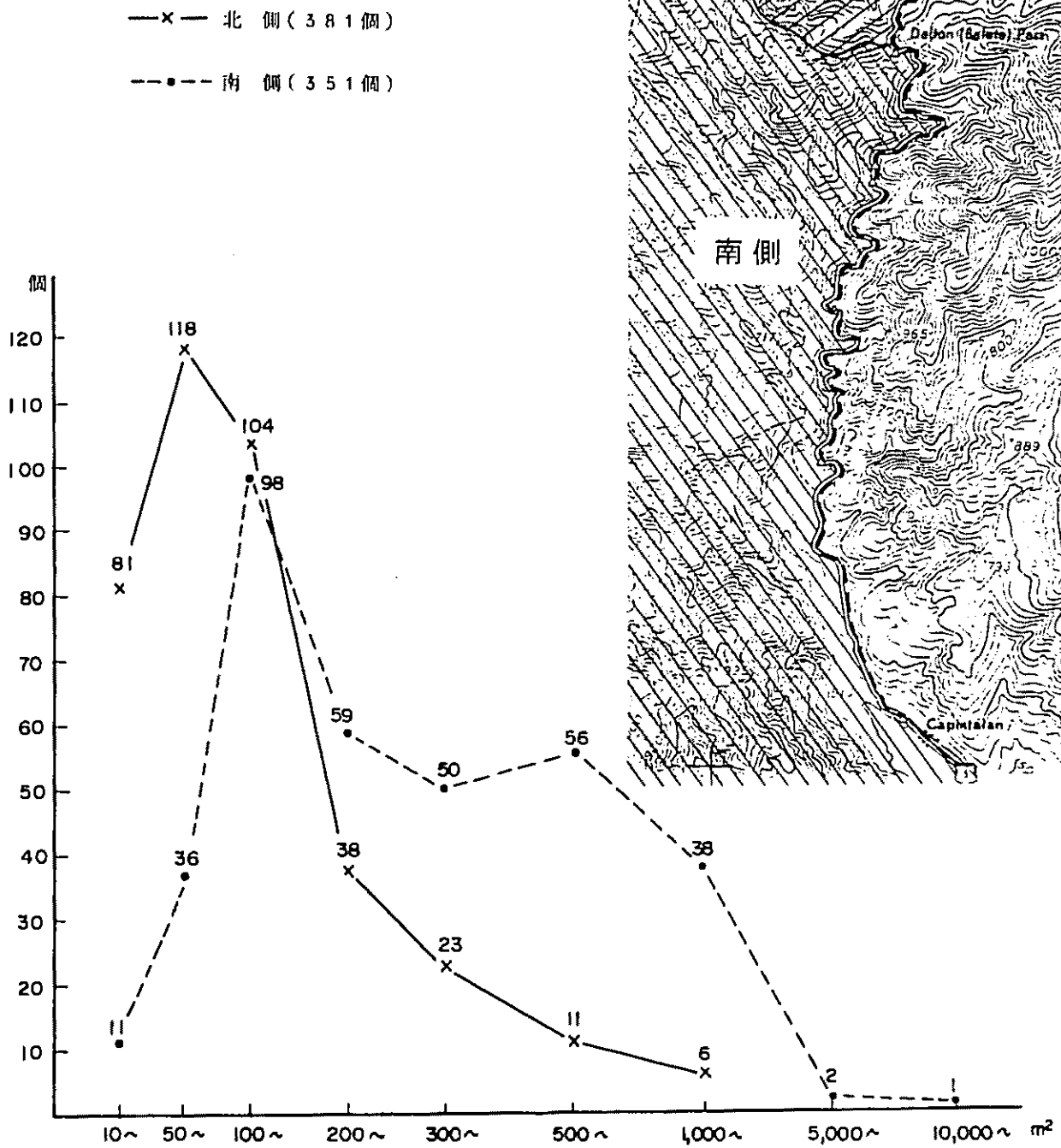


図6 Dalton Pass 西部における崩壊規模と発生頻度



写真 37

山麓部における安山岩  
の風化状況。風化岩の  
上部は赤色土化してい  
る ( Santa Fe 北 )



写真 38

草原をなす緩傾斜面の  
土壌断面。黄褐色土の  
表層部は腐植帯が発達  
している ( Santa Fe  
西 )

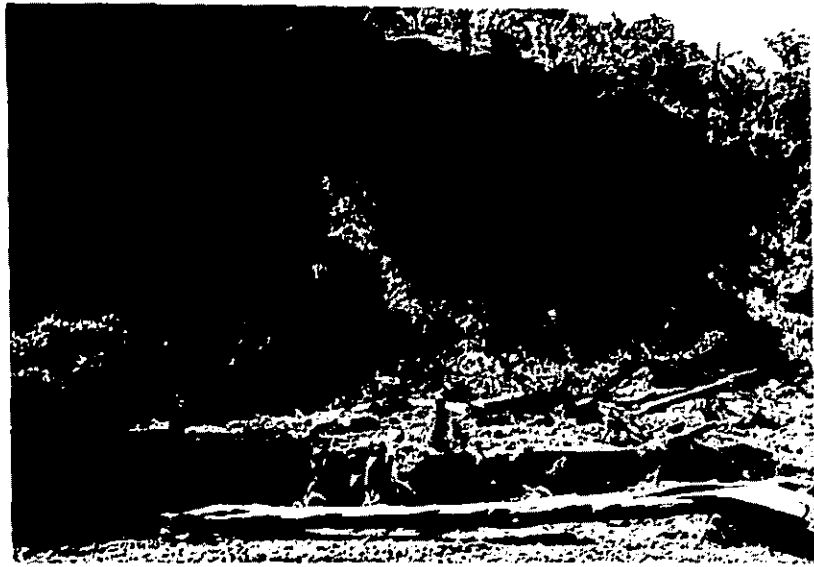


写真 39

Dalton Pass 南西の溪流に分布する崖錐堆積物。

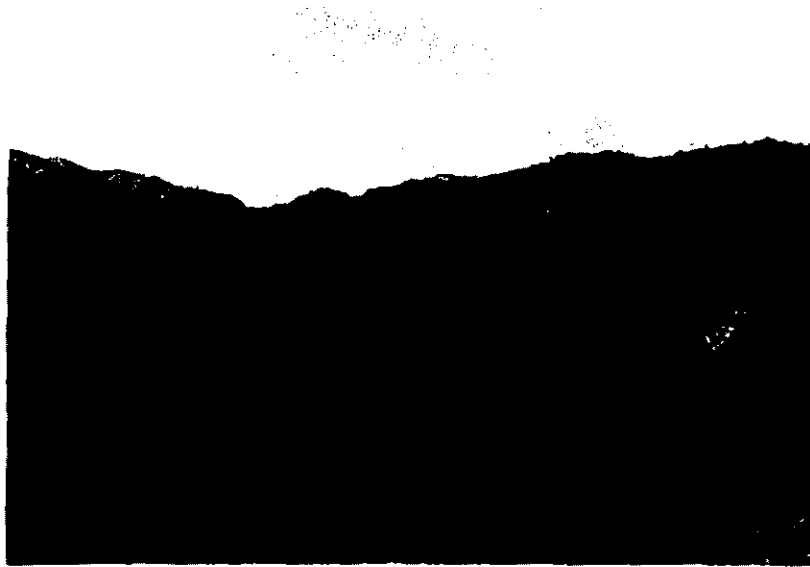


写真 40

Dalton Pass 北々西の谷に広がる崖錐（中央左の鞍部が Dalton Pass）



写真 41

風化の進んだ段丘堆積物  
( Santa Fe 南西 )



写真 42

現河川流域に広がる氾濫原とそれを構成する砂礫質堆積物 ( Santa Fe 東 )。

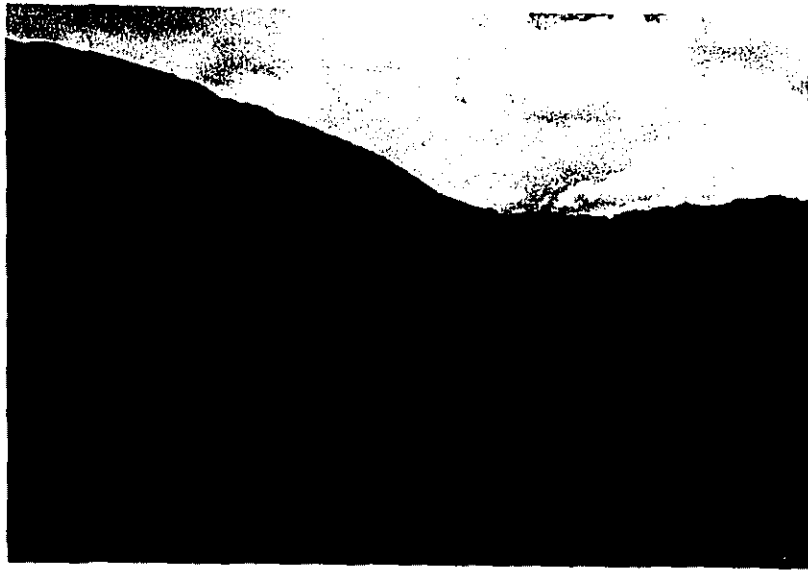


写真 43

角礫混じりの礫質土から構成されている段丘面  
(Capintalan 西)



写真 44

Dalton Pass 北の溪流を埋める、安山岩巨礫からなる  
河床堆積物。



写真 45

花崗岩質の山地におけるマサの表層滑落型崩壊群  
( Santa Fe 東 )



写真 46

比較的規模の大きい  
変質岩表層部の崩壊  
( Santa Fe 西 )



写真 47

変質帯に生じた比較的深い新旧の岩盤崩壊  
(Capintalan 西)

写真 48

安山岩をえぐった比較的深い崩壊と崩土。  
崩壊地中部に粘土帯  
(白黄色)が生じて  
いる (Dalton Pass  
南)。



写真 49

安山岩の変質帯に生じた大規模な岩盤崩壊。崩壊地は空中写真の線状模様（リニアメント）上にのり、両者の密接な関係が推定される。



写真 50

Dalton Pass 南々西の溪岸崩壊。

### 3) 線状模様 ( フォト・リニアメント )

今回調査では縮尺 1 : 15,000 の空中写真によりフォト・リニアメントの判読を行い、リニアメント分布図を作成した。

作成するにあたって、とくに地形の急変部の連続性や直線的な谷あるいはケルンコル、ケルンバットの存在等を目安に判読を行い、ある程度の連続性が認められるもののみをリニアメントとして判定した。

判読結果について概略的には次のような特徴が認められる。

- 1) N-S系、NNW-SSE系、NE-SW系のリニアメントが卓越している。
- 2) とくにN-S系、NNW-SSE系のリニアメントは連続性が強く、非常に大きな構造を反映していると考えられる。
- 3) 三者の方向の中ではN-S系のリニアメントが他の二者のリニアメントを切っており、NNW-SSE系とNE-SW系との間では両者は互に切りつ、切られつしているが、前者が後者を切っている例が多い。
- 4) リニアメントの分布状況と地質から見ると、地域的には図7に示すようにA、B、C、Dの4地域に区分される。
- 5) 各A、B、C、D、4地域の特徴的な事柄は次のとおりである。

#### A 地域

この地域ではN-S系のリニアメントが卓越しており、それに斜交してNW-SE系のリニアメントが、N-S系のものに切られて存在する。また、数は少ないがWWS-NNE系のものであるいはE-W系のもも存在し、他地域と比較するとE-W系方向寄りのもが目立つ。

しかしながらこの地域の地質構造は上記N-S系のリニアメントに反映される様に巨視的に見るとN-S系の構造に支配されていると考えられる。

#### B 地域

この地域でもN-S系のリニアメントが長い連続性を有し、また、これとは別にNNW-ESE系のリニアメントも構造谷沿いに、長く伸びている。また、連続性は強くはないがこれら2方向のリニアメントに斜交するNW-SE系のもものと、そのリニアメントに直交するSW-NE系のもものが存在し、いわゆる格子状に配列しているのが特徴である。この格子状のリニアメントの分布状況と基盤の花崗岩類の分布状況とはよく

一致していることがわかる。また、リニアメントの分布密度は比較的多いと言える。

#### C 地域

この地域ではもっとも優勢なリニアメントはNNW-SSE系のものであり、また、長い連続性も有しており、この方向での大構造を反映していると考えられる。また、NNE-SSW系のものも上記NNW-SSE系のものに切られて存在している。一方N-S系のリニアメントはこの地域では数が少ないが、長い連続性を有している。なお、リニアメントの分布密度は比較的多いと言え、この地域での崩壊地はリニアメントに沿って剥落しているものが多く見受けられる。

#### D 地域

この地域でもN-S系のリニアメントが優勢であり、かつ最も長い連続性を有している。なお、この地域ではSW-NE系のものも発達も認められ、この方向のものは基盤をなす閃緑岩の岩体の構造に支配されているものと考えられる。リニアメントの分布密度は比較的少ない。

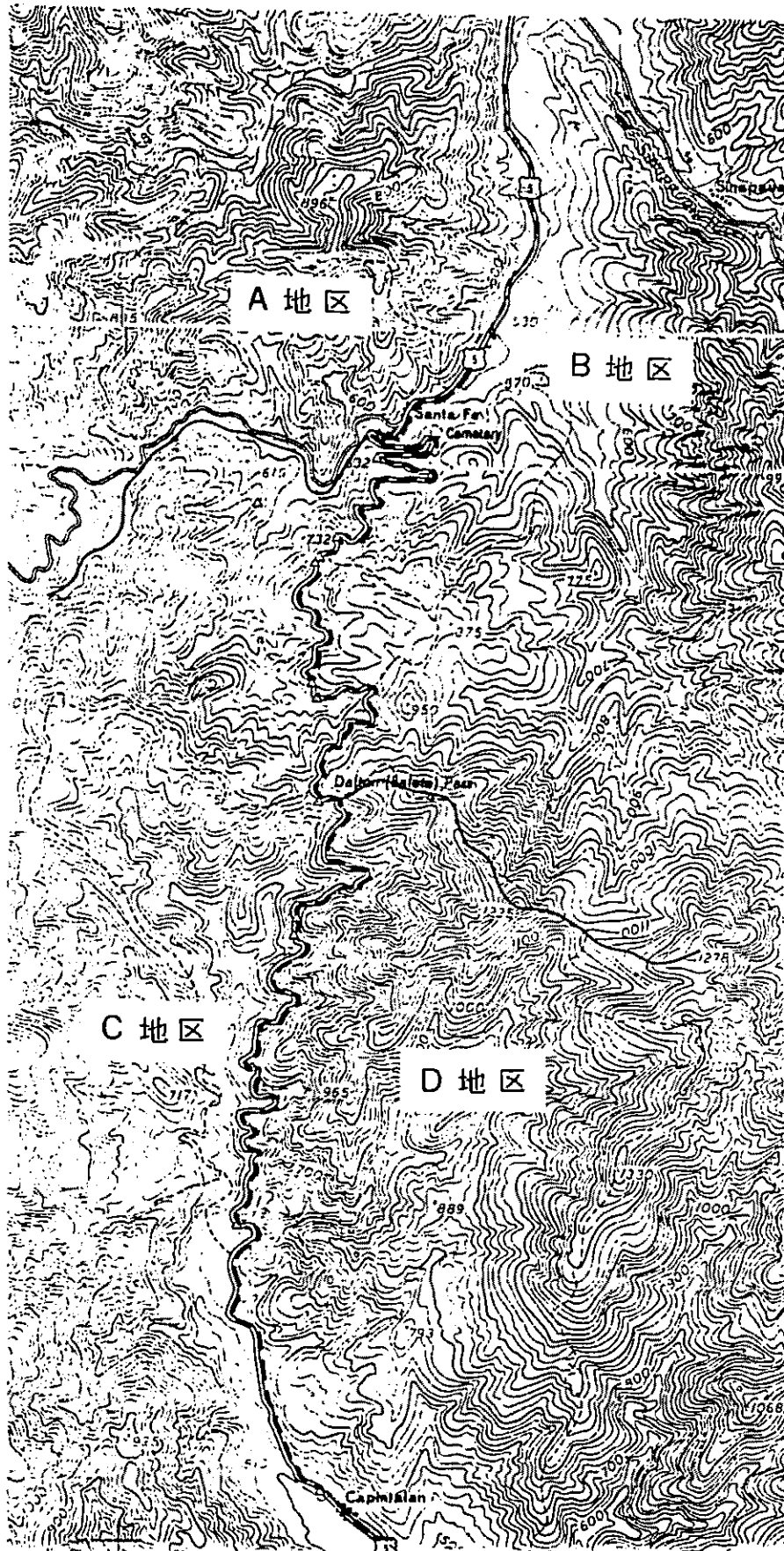


図7 地形・地質の特徴に基づく調査地域の区分

## IV 土木地質上の所見

### IV-1. Dalton Pass 付近の地質

Dalton Pass を挟んでその東西に延びる尾根部は、西側約 2 km、東側約 1 km までは、一般に比較的新鮮な安山岩が分布する。同区間では谷部においても同じ安山岩が見られ、また、峠北西約 1.5 km 付近では砂岩・泥岩の層理を切って安山岩が貫入している。これらのことから、同地区における、安山岩は水平的にも垂直的にも岩体としての広がりをもつものと推定される。

ただし、峠の西側約 2 km 以西にはグリーンタフ状を呈する変質安山岩が、また、峠東側約 1 km 以东にはグリーンタフ状岩を挟んで輝緑岩が分布するが、これらの変質岩は強度的にやや弱い。一方、峠東方の輝緑岩体は緻密できわめて硬い。

とくに、トンネル区間が最短となる峠西部については、トンネル部の地質は 5 ~ 20 cm 間隔の節理の発達する安山岩であり、尾根近くで同岩質の火山角礫岩～凝灰角礫岩を伴う。優勢な節理の方位としては走向 N 60° W または N 60° E 前後で、約 60° 北傾斜のものが顕著である。節理は、風化の進んだ部分では約 1 cm 間隔で板状に発達し、数 mm ~ 数 cm の幅で開口する。表 4 に示す岩質区分基準（建設省土木研究所）では、本地区の岩質は大部分が B II a（やや良好）に相当することになる。

なお、これらの安山岩の表層部は、3 ~ 5 m の深土まで風化のためハンマーで容易に崩せる程度に軟弱化しており、最上部は土壌化している。また、節理に沿って進行した風化作用のために、岩盤が直径 1 cm 大の Onion structure を呈していることがある。

さらに、後述のように、しばしば安山岩体には変質帯が発達し、部分的にきわめて脆弱化していることがある。

表4 岩質区分表 (岡本・安江、1966)

分類	組合せ	分類	組合せ	区 分
良 好	A1a	や や 不 良	A1c	1. 割れ目間隔 I 50cm以上 II 50~15cm III 15cm以下
	A1b		C1b	
	B1a		C1c	
	B1b		C11a	
や や 良 好	A1c	不 良	C11b	2. 岩 質 A 堅 硬 B 一部堅硬・一部軟質 全体にやや軟質 C 軟 質
	A11a		残 り の 組 合 せ	
	A11b			
	B1c			
	B11a			
	B11b			
C1c	3. 割れ目の状態 a 開口状 b 粘土はさむ c 密着した			

註) 下笠ダムの花崗岩・安山岩

#### IV-2. Dalton Pass 付近の弱線

Dalton Pass 付近では、とくに安山岩の強い変質作用が見られ、母岩は本来の紫灰色から白～白緑色に変色して、しばしば珪化、グリーンタフ化あるいは粘土化している（写真27～34参照）。

峠の東側では、とくに南に下る国道沿いの山地が広い範囲にわたりグリーンタフ化しているよりである。峠西側では、幅数 $m \sim 20m$ の変質帯が安山岩中に形成されており、その分布密度は $1 km^2$ ごとに1個所以上の頻度であり、所によってはそれ以上の分布密度となっているものと思われる。

変質帯のあるものは断層破砕帯と一致しており、Dalton Pass 付近では、峠の南西800 $m$ の谷右岸においてNS、 $73^{\circ}W$ の方位をもつ幅70 $cm$ の断層破砕帯の部分が珪化されている例が見られる（写真27参照）。これらの変質帯は、断層・破砕帯に沿って地下深部にまで面状に広がっている可能性がある。

ところで、本地域は、比較的新しい地質時代である第三紀の Philippines における活発な地殻変動地帯に属するため、断層あるいは破砕帯の存在が予測され、これらの地質構造上の弱線に沿って熱水が上昇し、変質帯を形成したと考えられる。空中写真によれば多数の線状模様が見出され、これらの線状模様は特定の方位をもついくつかの線状模様群に区分することができる。とくに Dalton Pass 付近においては、峠西側の山地を切るほぼ南北方向の線状模様群が顕著で、多くが数100 $m$ 間隔、 $2 \sim 3 km$ の長さで分布し、長いものは約10 $km$ の延長がある。線状模様が断層や破砕帯などの、弱線の地表での反映である可能性を重視すると、Dalton Pass 付近では、南北方向に延びる変質帯をはじめとして多数の地質構造上の弱線が発達していると推定される。



EHK

1779

1780

1781

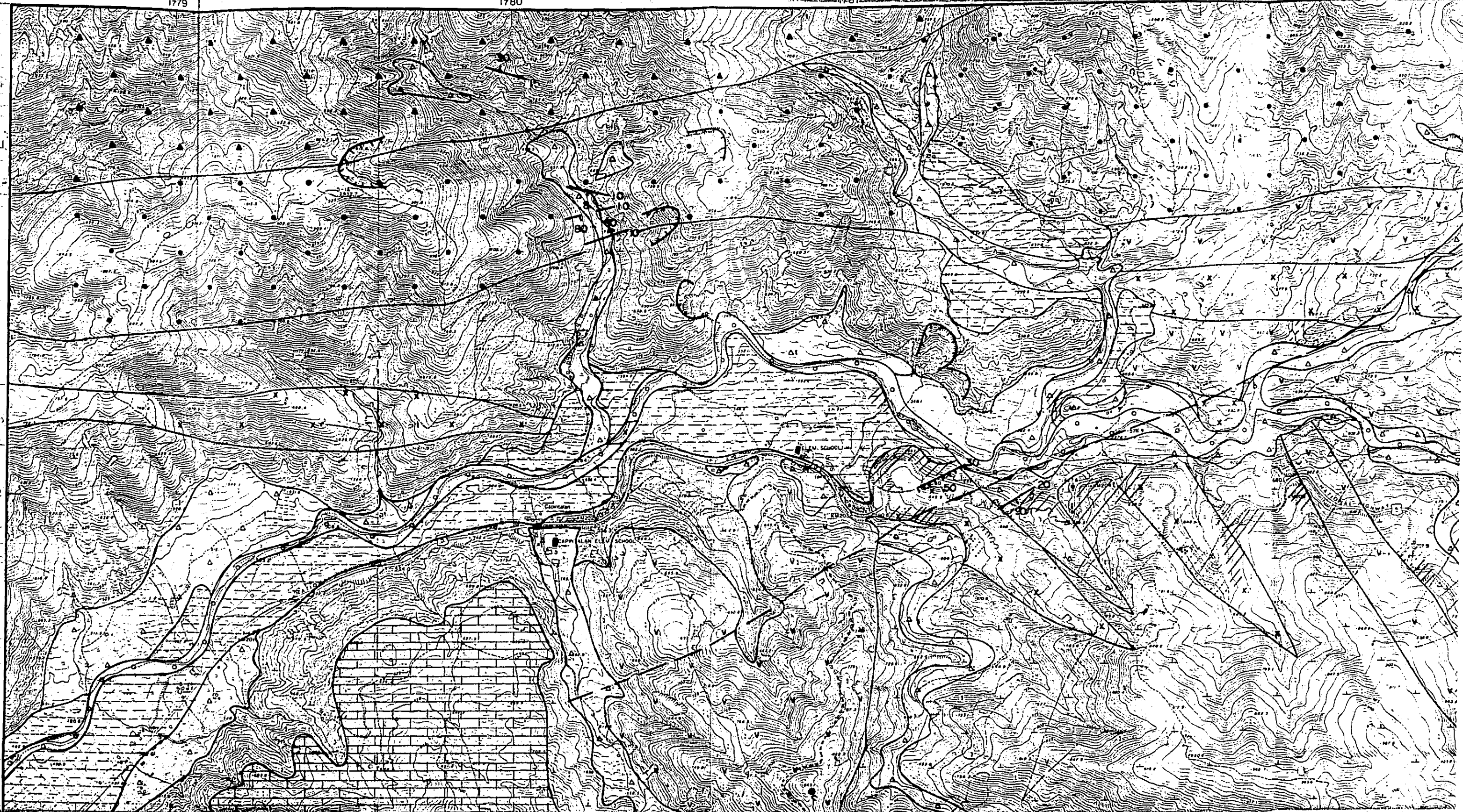
EB

1782

SB

491

492





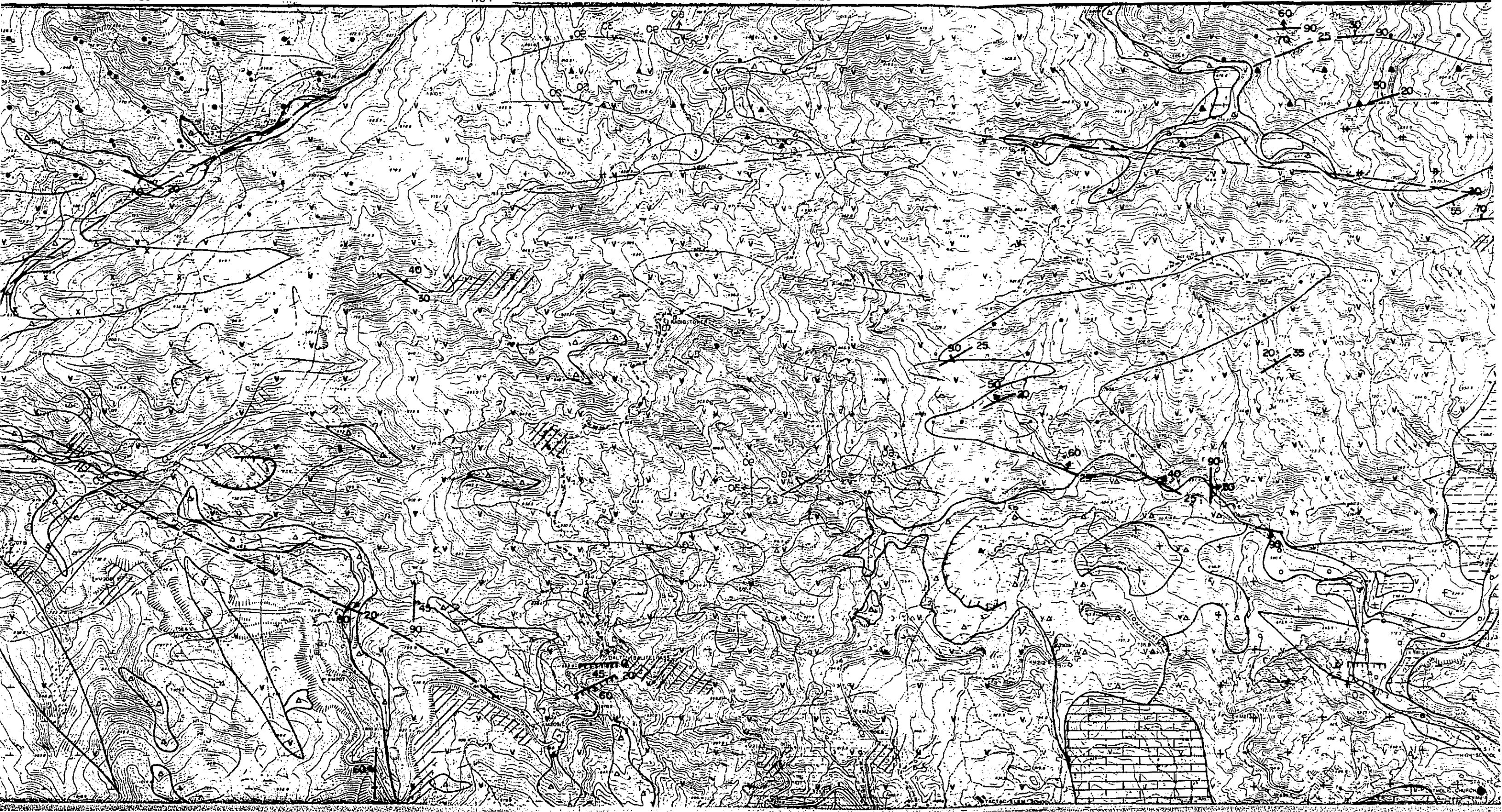
1783

1784

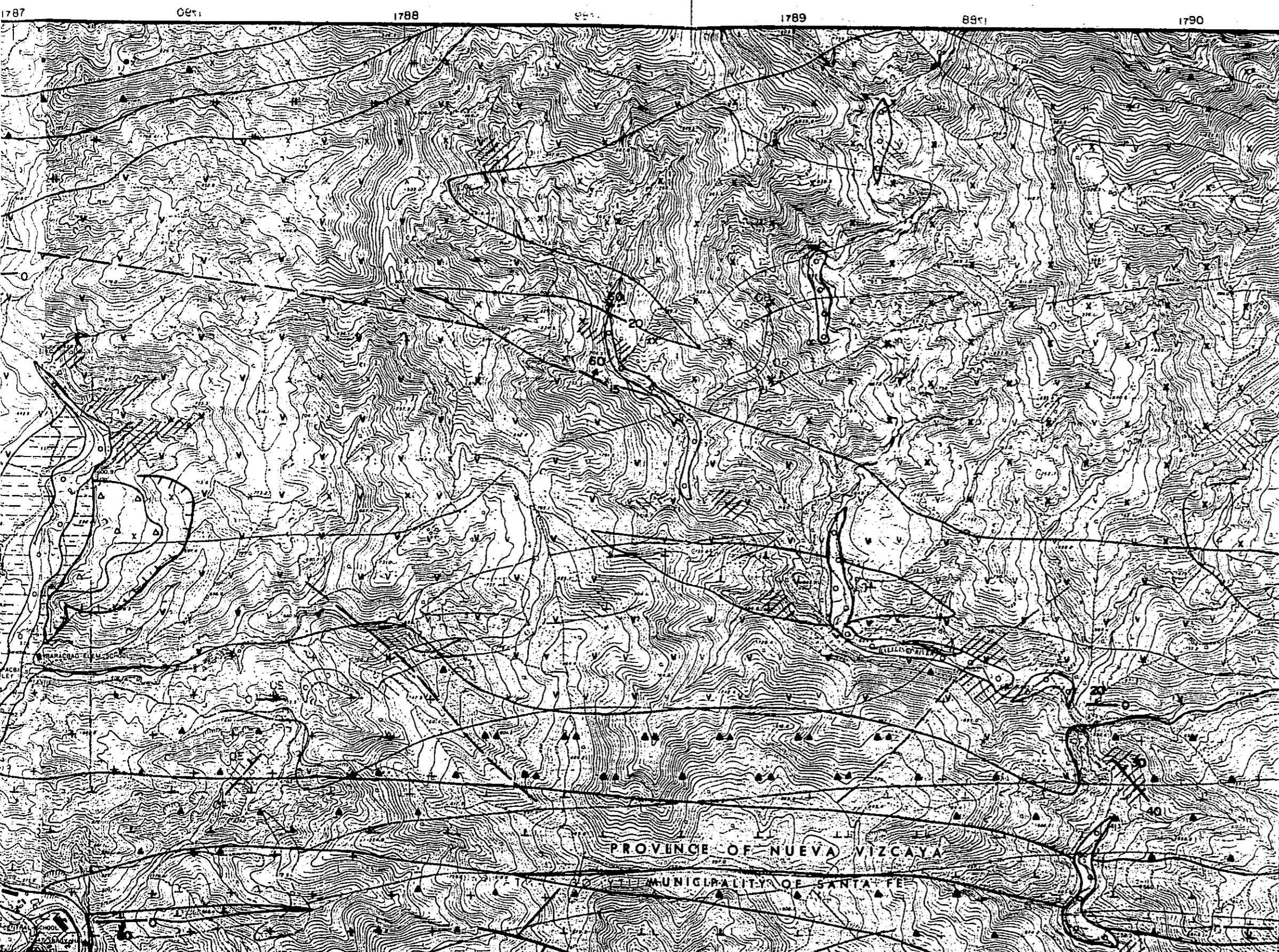
1785

1786

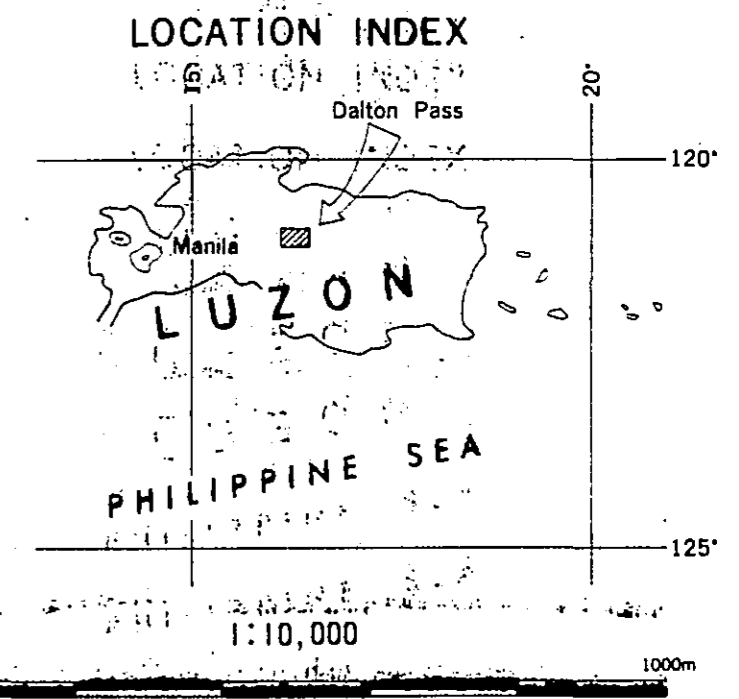
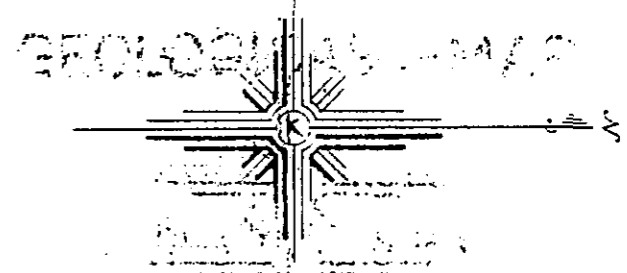
17





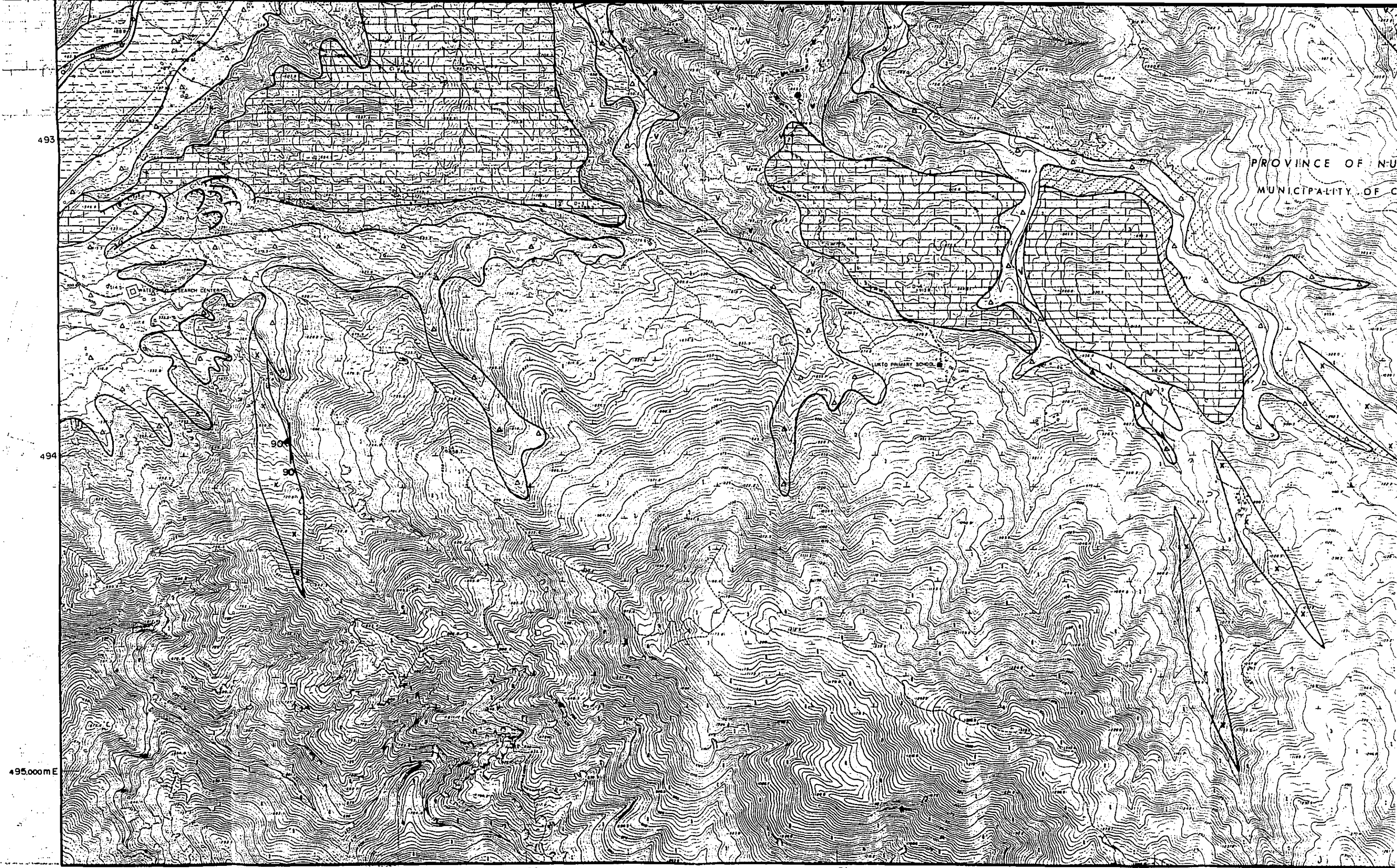


THE  
DALTON PASS TUNNEL PROJECT  
(PHASE I)  
GEOLOGICAL MAP



MINISTRY OF PUBLIC HIGHWAYS  
(PHILIPPINES)  
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY  
JUNE 1981





493

494

495.000m E

1779.000m N

1780

1781

1782

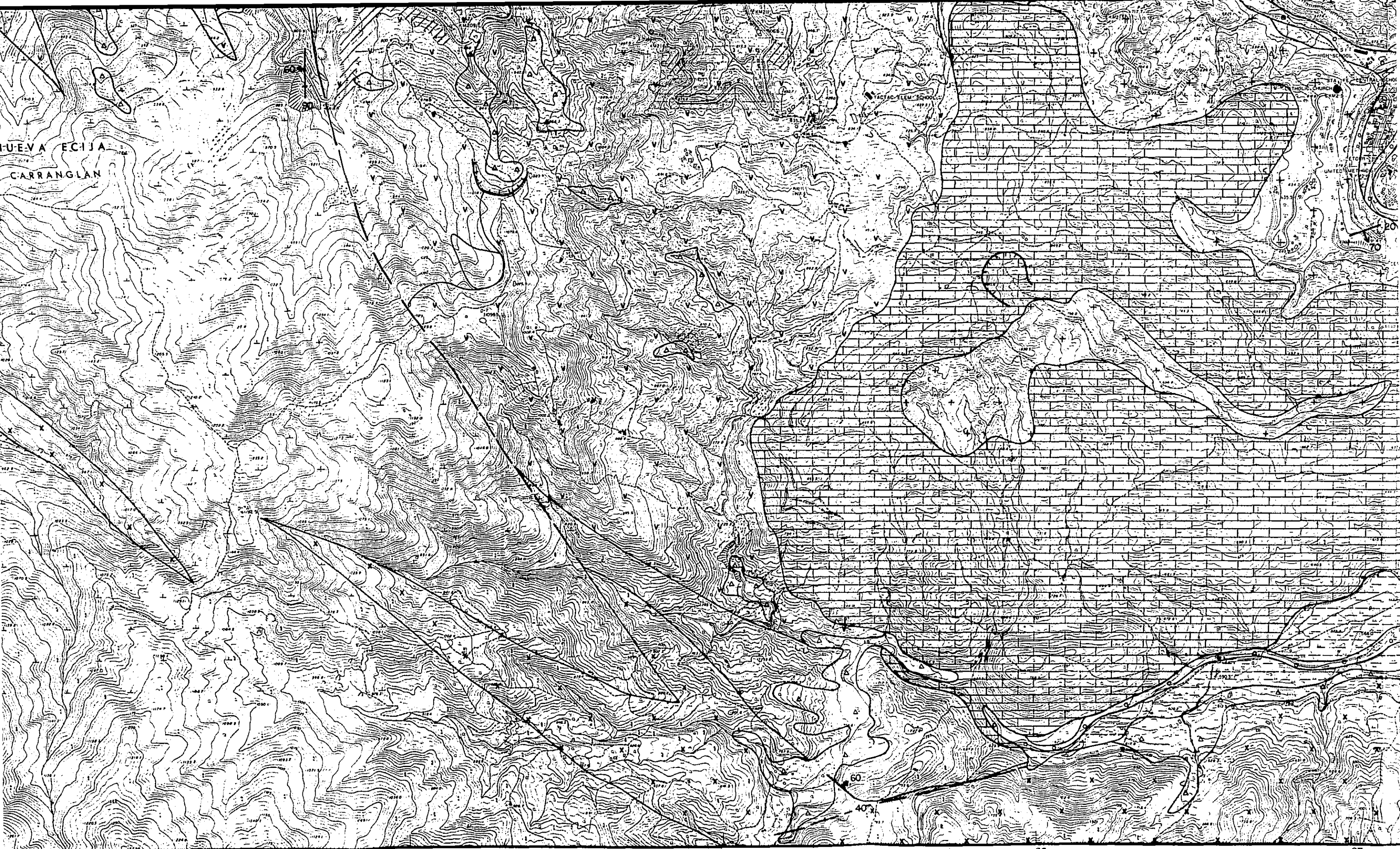
PROVINCE OF NU  
MUNICIPALITY OF C

RESEARCH CENTER

LUKTO PRIMARY SCHOOL

Scale bar and other small text at the bottom center.





NUEVA ECUIJA  
CARRANGLAN

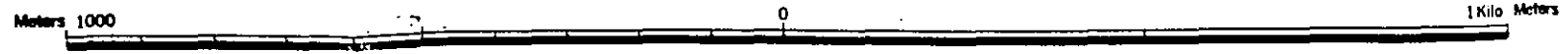
STAGYAC ELEM. SCHOOL

HIGH SCHOOL  
ST. PETER'S CHURCH  
UNITED METHODIST CHURCH

1783 1784 1785 1786 1787

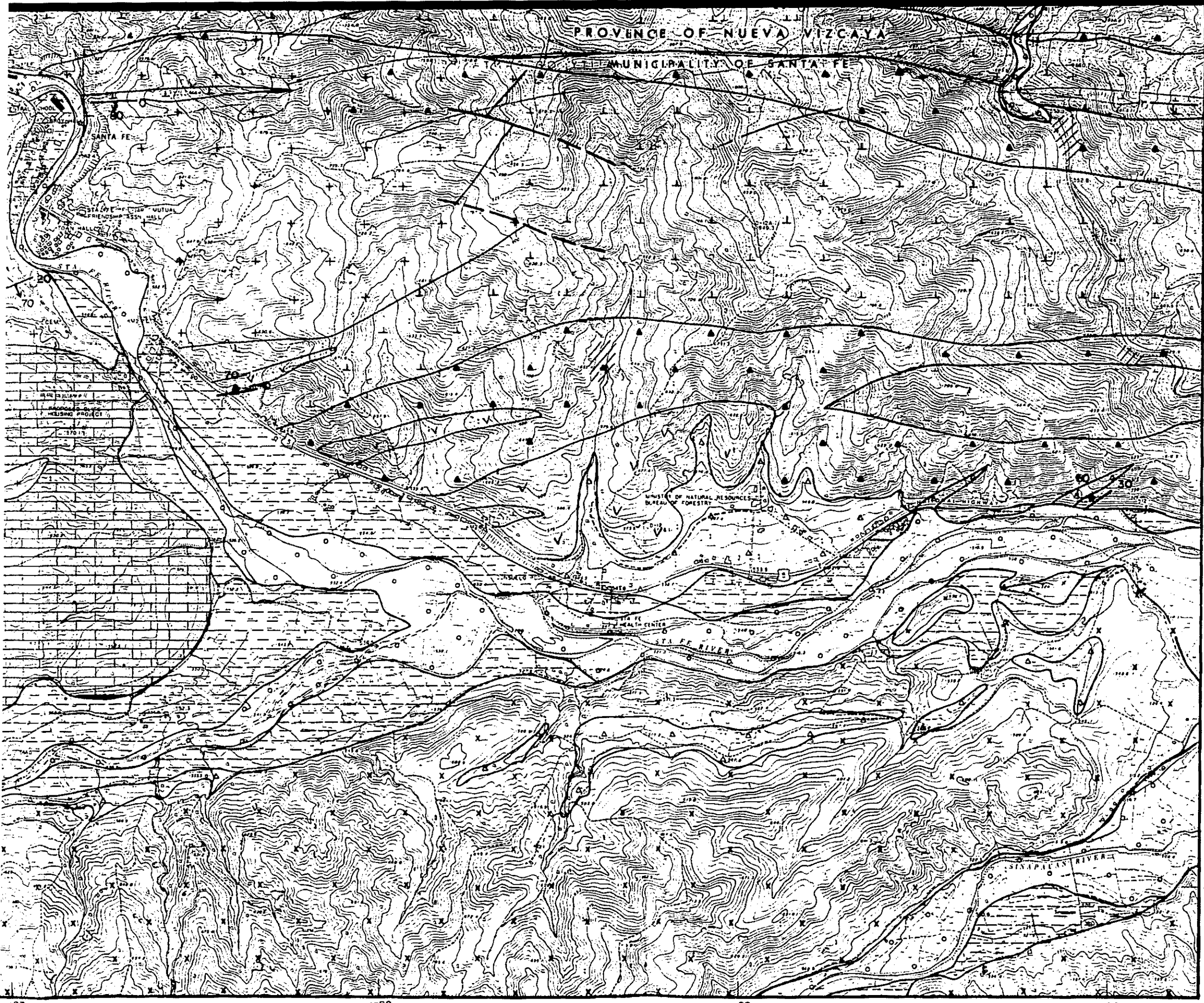
SCALE 1:10,000

Meters 1000



1 Kilo Meter





LEGEND

- |  |                          |                   |       |
|--|--------------------------|-------------------|-------|
|  | River deposit            | } Surface deposit |       |
|  | Talus deposit            |                   |       |
|  | Flood plain deposit      |                   |       |
|  | Limestone                |                   |       |
|  | Andesite                 |                   |       |
|  | Porphyrite               |                   |       |
|  | Diabase                  |                   |       |
|  | Gabbro                   |                   |       |
|  | Diorite                  |                   |       |
|  | Tonalite, Quartz diorite |                   |       |
|  | Sandstone, Mudstone      |                   |       |
|  | Altered Pyroclastics     |                   |       |
|  | Altered rock             | } Altered zone    |       |
|  | Chloritized rock         |                   |       |
|  | Silicified rock          |                   |       |
|  | Bedding                  |                   | Joint |
|  | Fault                    |                   |       |
|  | Presumed fault           |                   |       |
|  | Landslide                |                   |       |

1779

1780

1781

1782

491

492





# THE DALTON PASS TUNNEL PROJECT

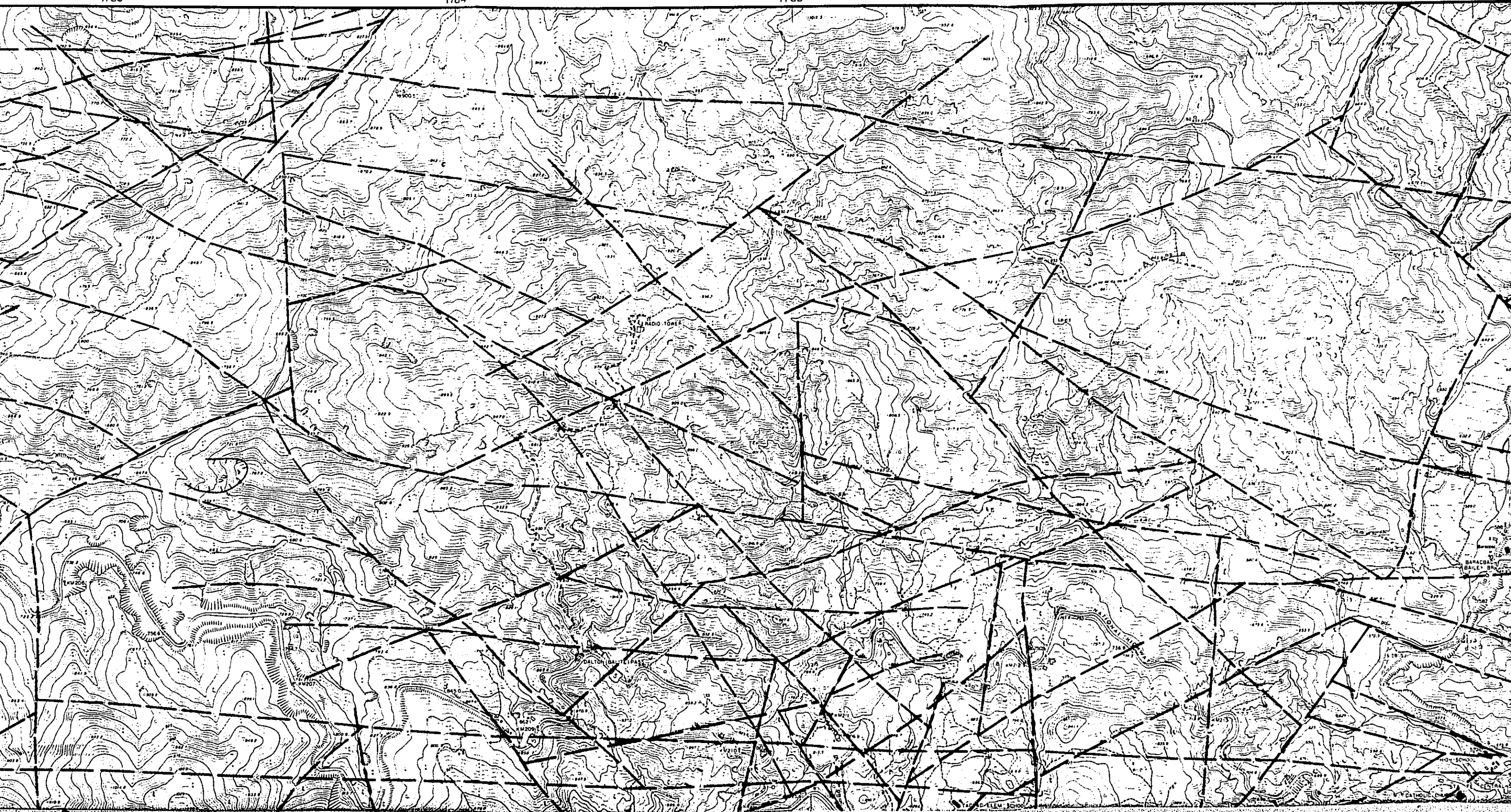
1783

1784

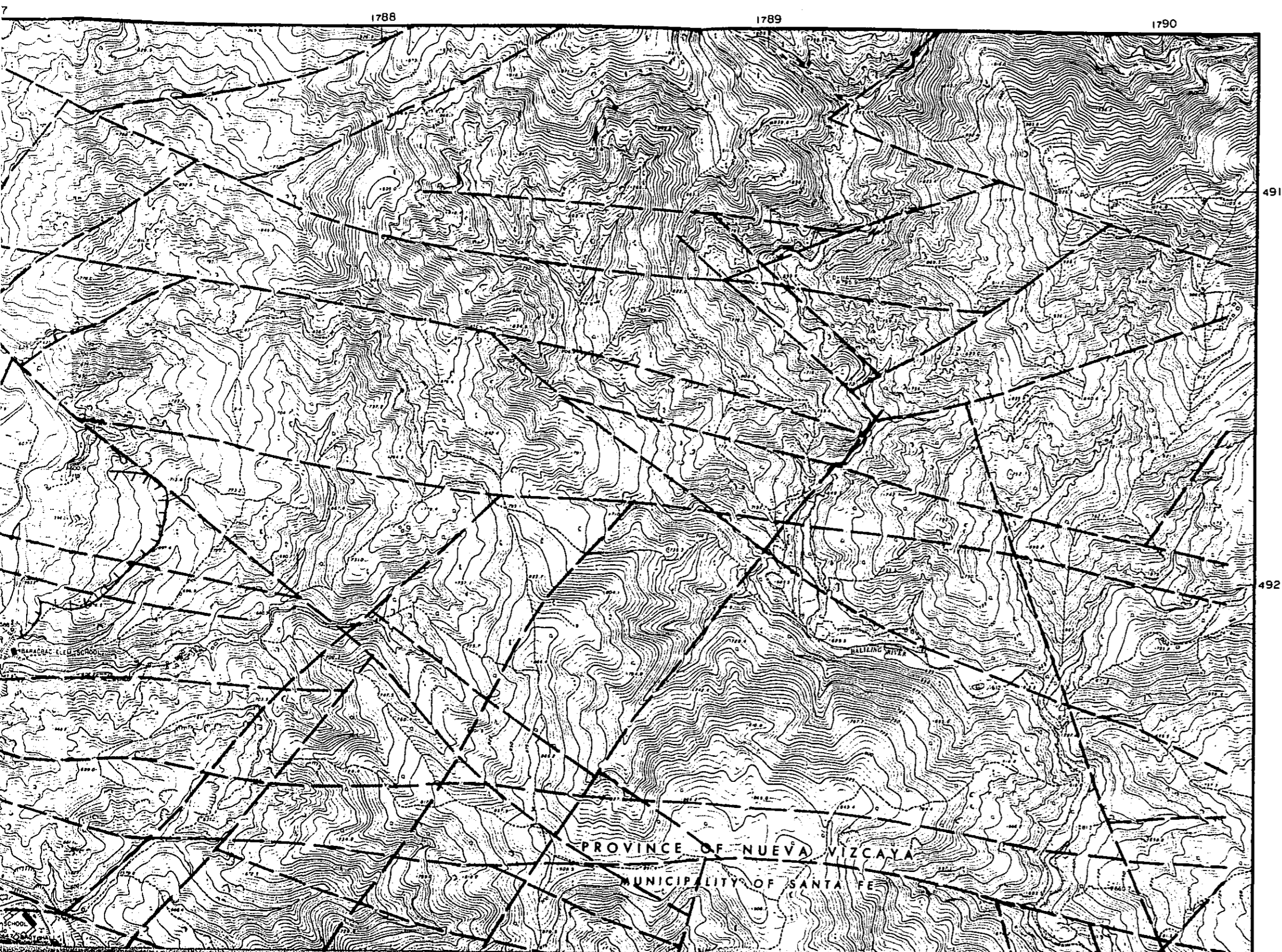
1785

1786

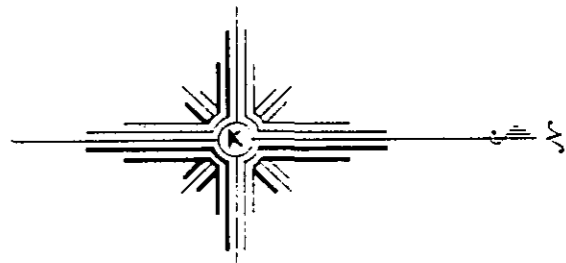
1787



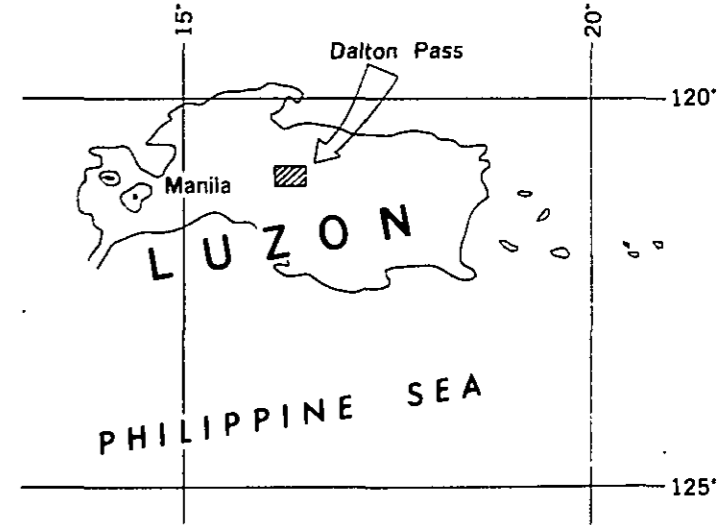




THE  
DALTON PASS TUNNEL PROJECT  
(PHASE I)  
PHOTO LINEATION MAP



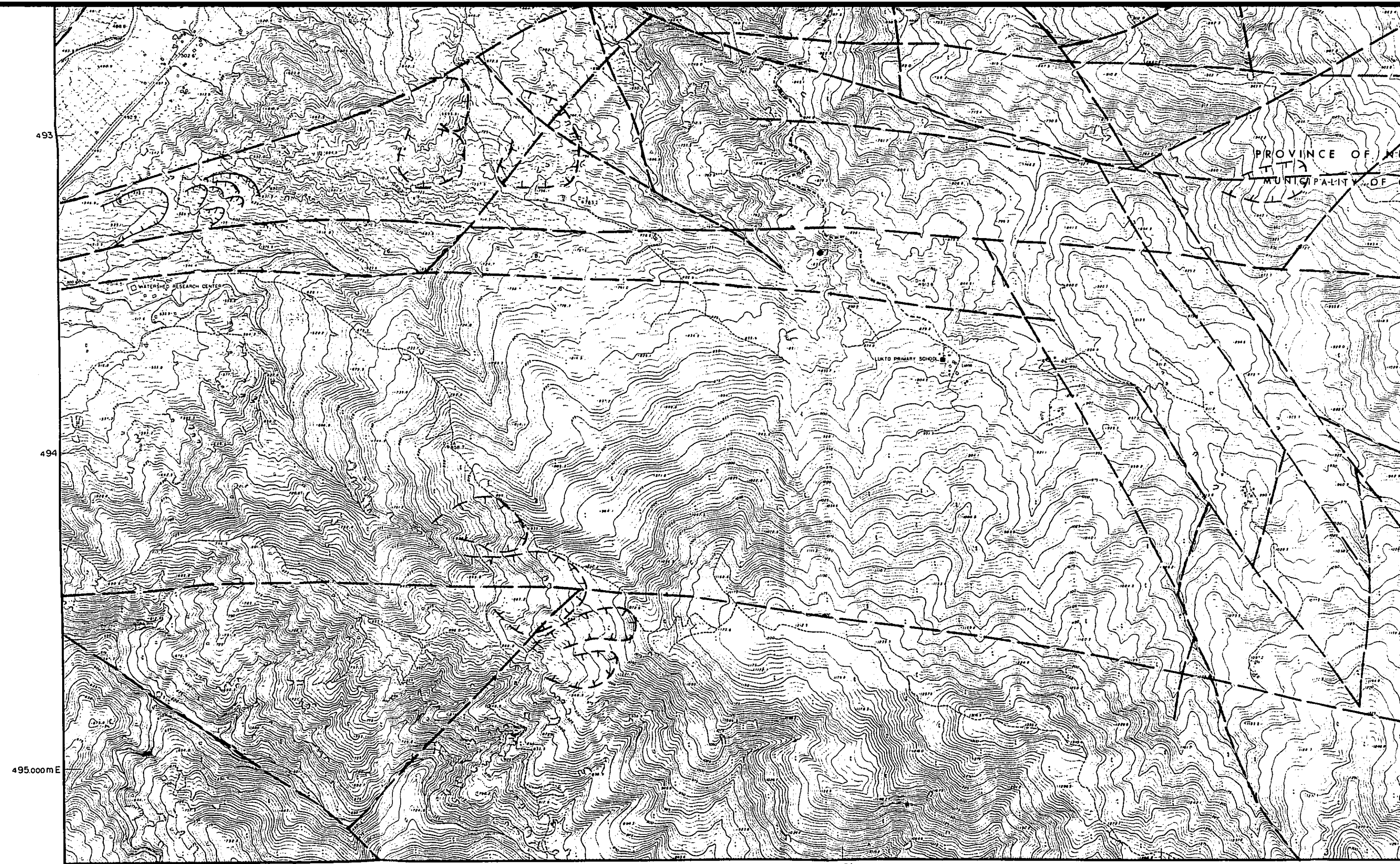
LOCATION INDEX



1:10,000



MINISTRY OF PUBLIC HIGHWAYS  
(PHILIPPINES)  
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY  
JUNE 1981



493

494

495.000m E

PROVINCE OF...  
MUNICIPALITY OF...

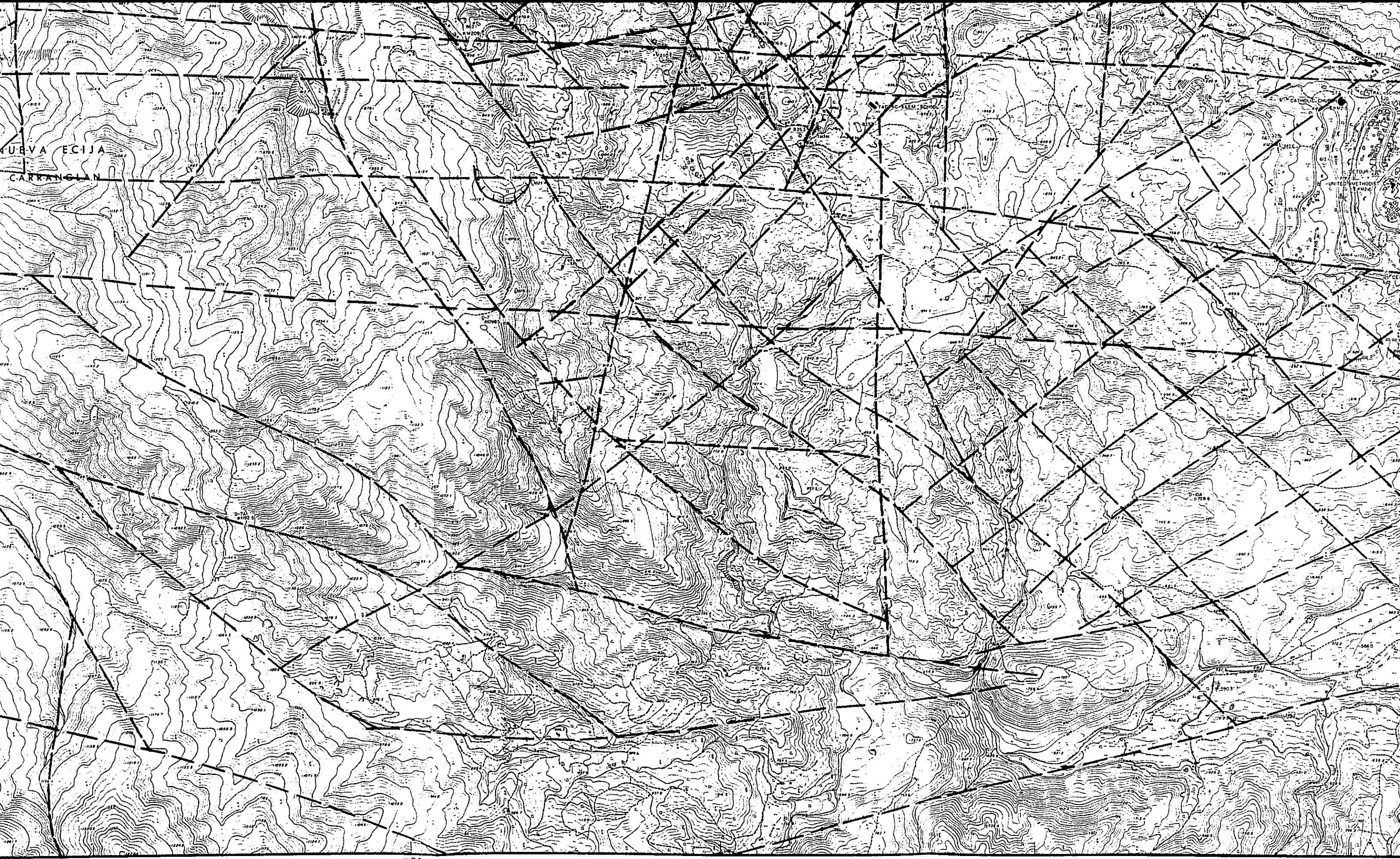
1779.000m N

1780

1781

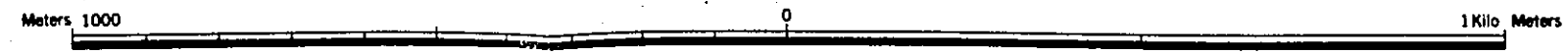
1782

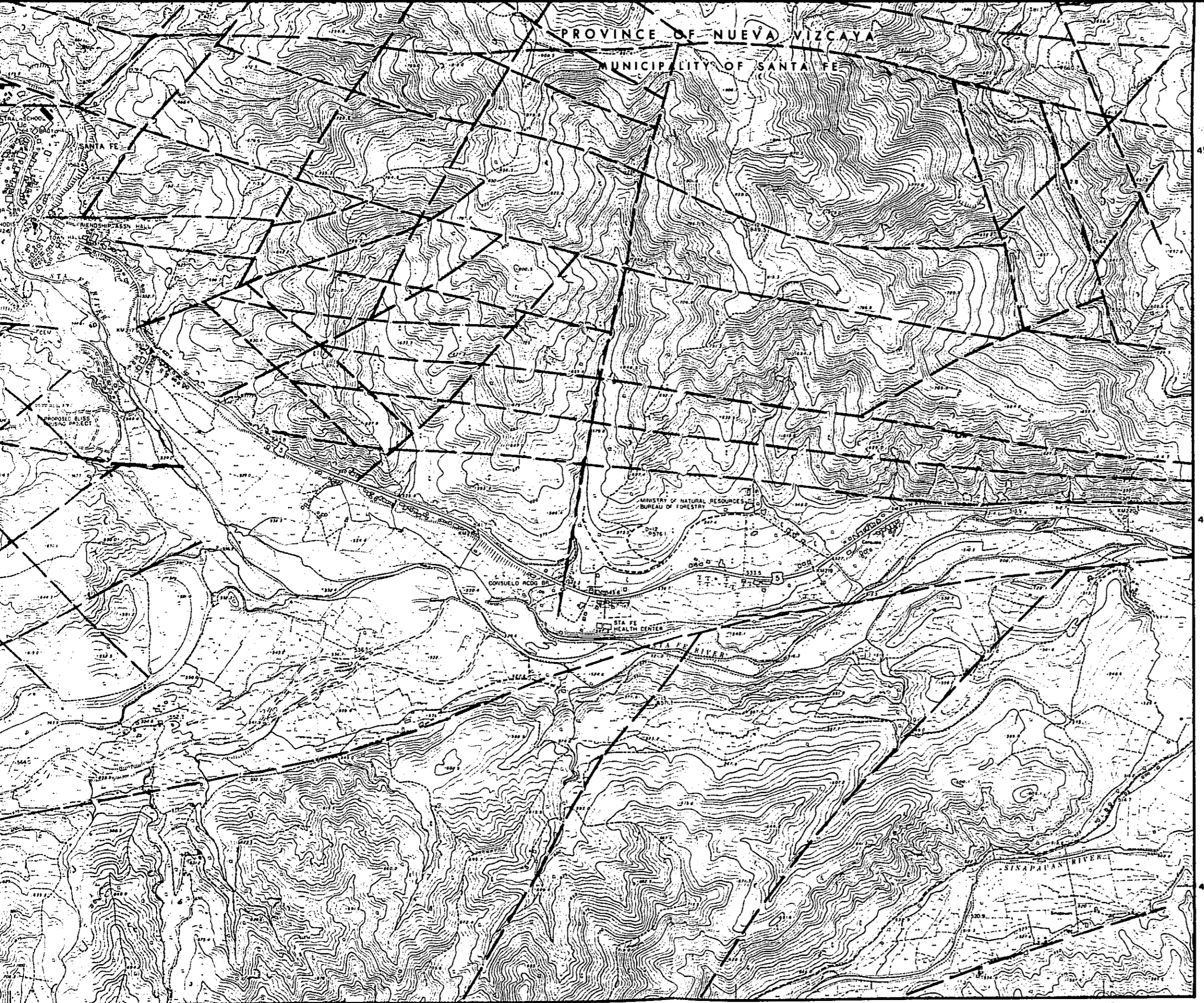






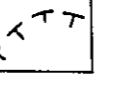
1783  
1784  
1785  
1786  
1787

SCALE 1:10,000





**LEGEND**

	Photo Lination
	Landslide
	Old Landslide

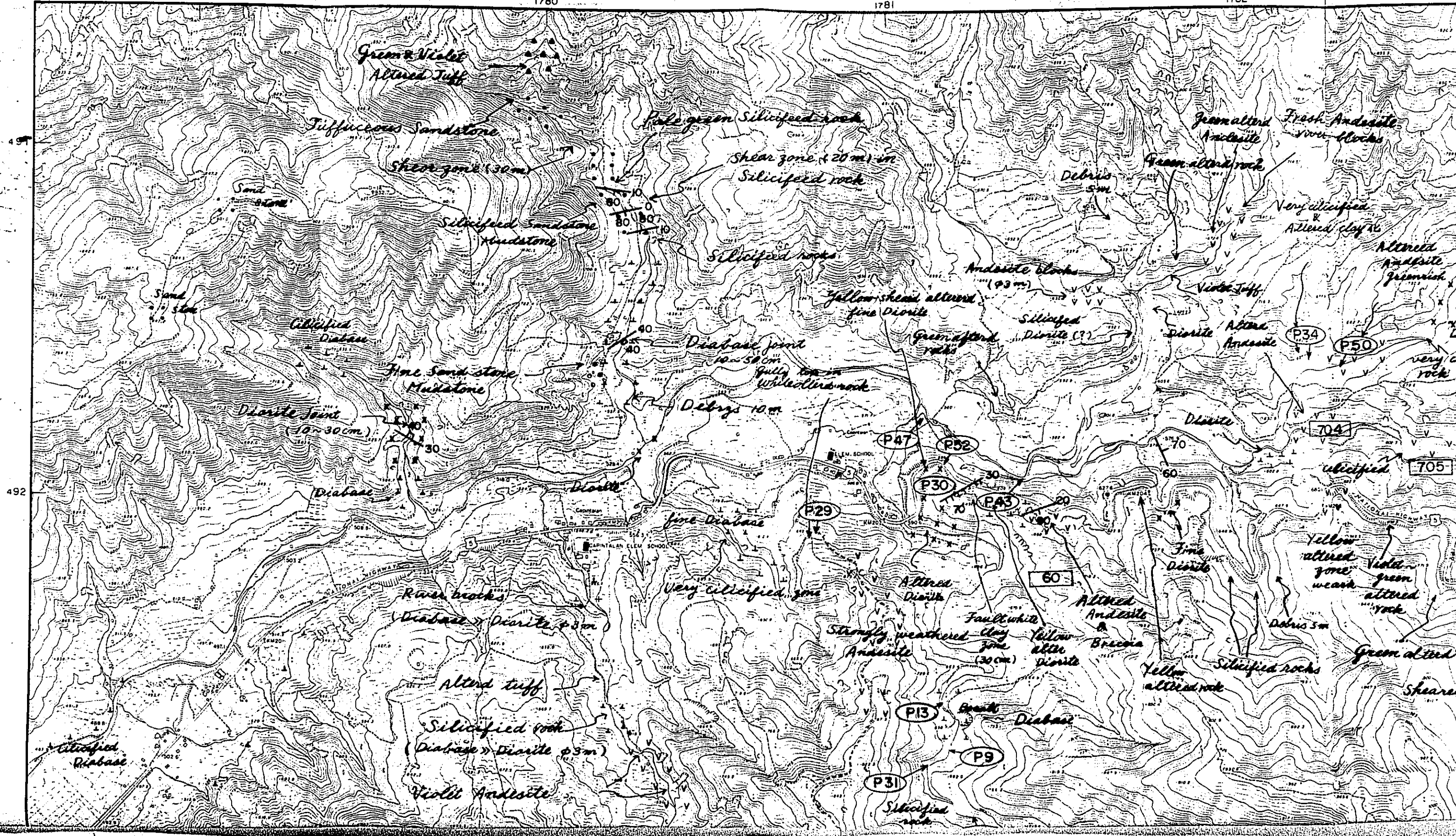


1779

1780

1781

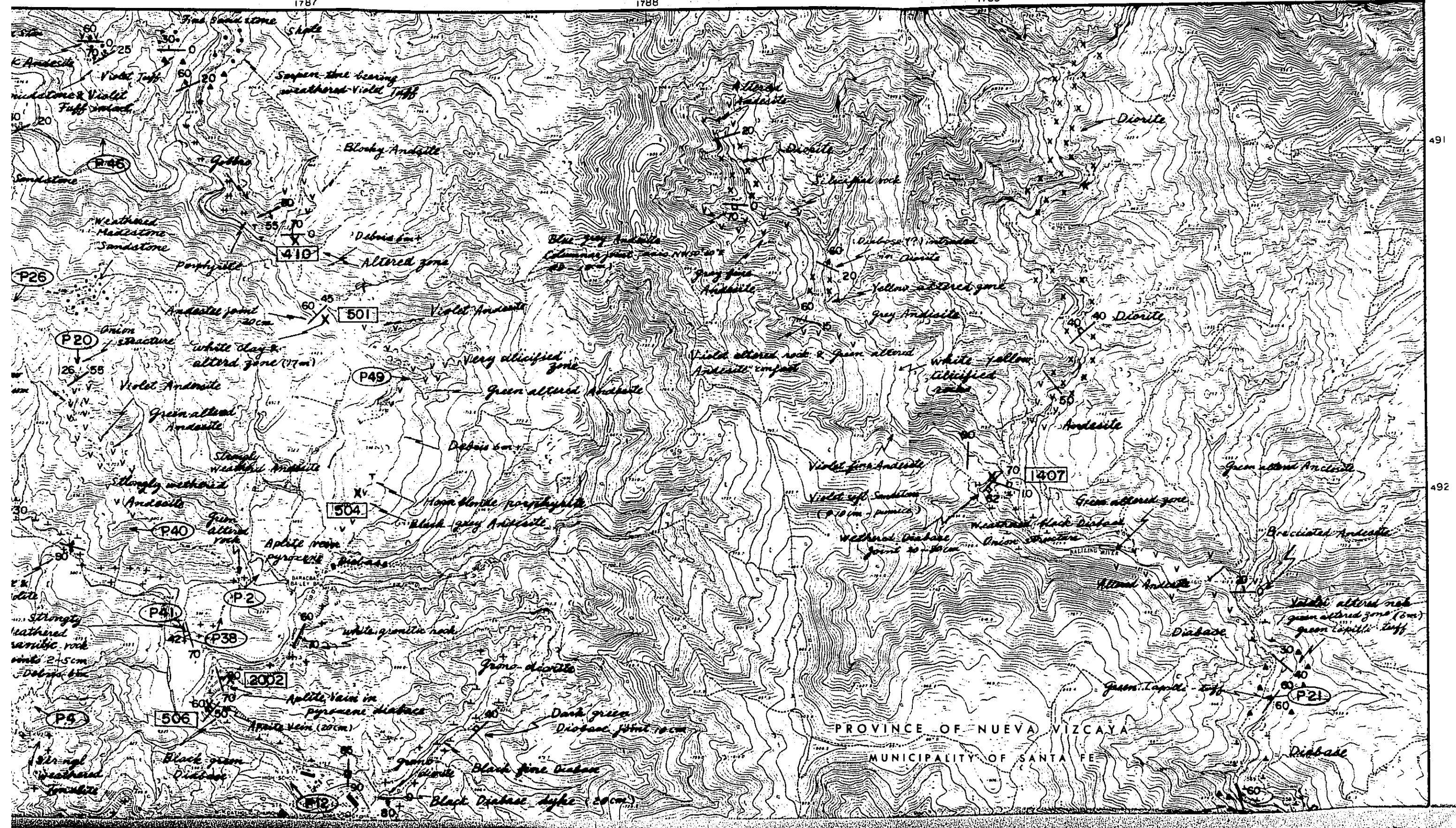
1782



492





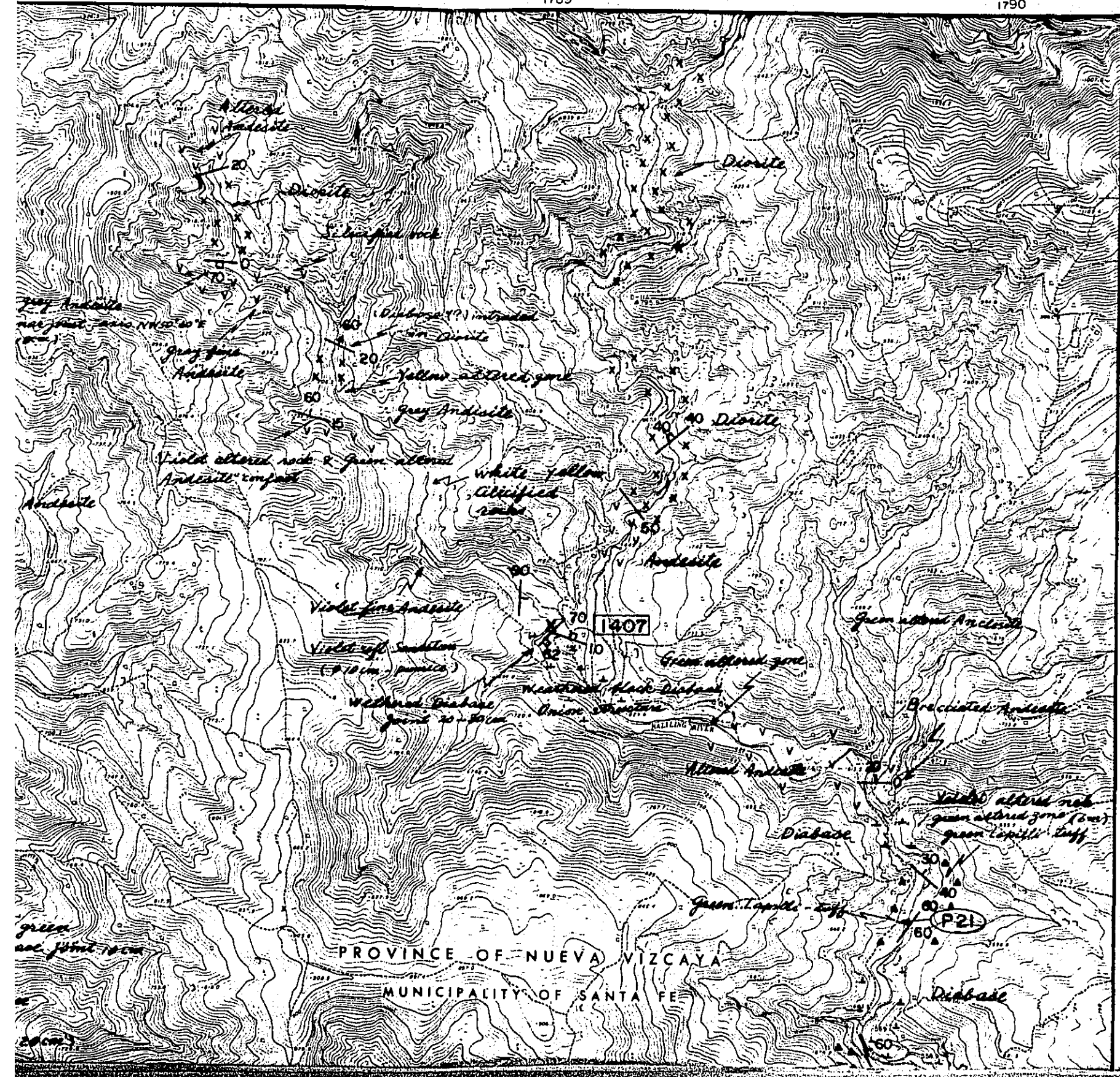


PROVINCE OF NUEVA VIZCAYA  
 MUNICIPALITY OF SANTA FE

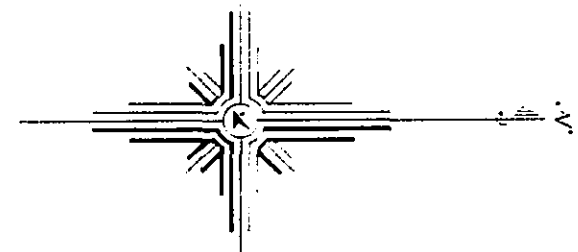
1788

1789

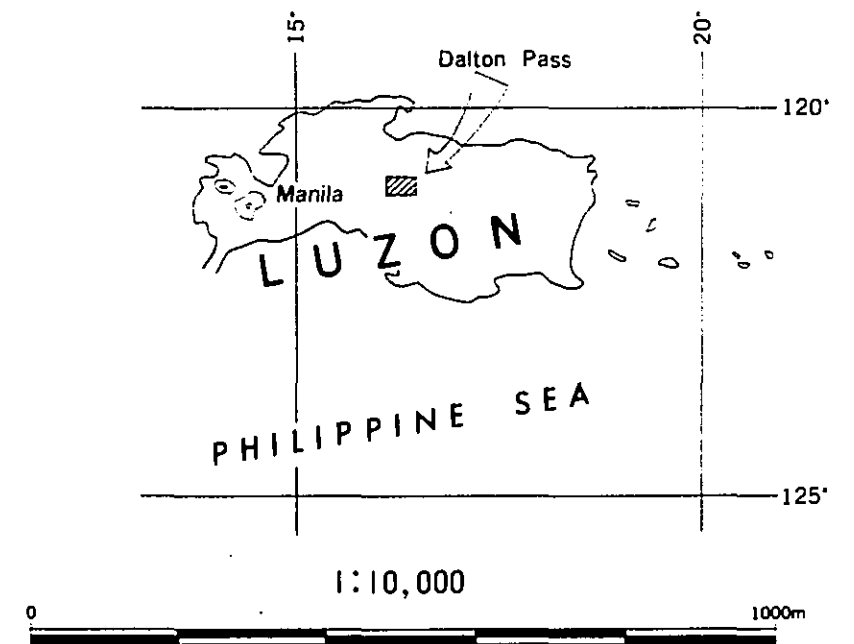
1790



# THE DALTON PASS TUNNEL PROJECT (PHASE I) ROUTE MAP



## LOCATION INDEX



MINISTRY OF PUBLIC HIGHWAYS  
(PHILIPPINES)  
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY  
JUNE 1981











