

7. 臺灣に於ける震害と地盤に就て

地震研究所 齊田時太郎

(昭和10年6月18日發表—昭和11年2月3日受理)

目 次

- 1. 既往の臺灣震災
- 2. 臺灣地震の大きさ
- 3. 今回の地震動の強さ
- 4. 臺灣家屋構造と震害
- 5. 震害と地盤との關係

1. 既往の臺灣震災

領臺以後の多少なりとも、損害を與へた程度以上の地震を數ふれば、40を越え平均年一回災害を被つた割合となる。就中、明治37年11月6日及び同39年3月17日の嘉義地方を襲ひしものは、多大の被害を與へた。臺灣東部海底には屢々大規模の地震を發生するにもかゝらず、其被害を島内に見ざるは、震央遠きによるのである。これに反して、上記嘉義地方を襲ひしものゝ如く、島内に發するものは其の規模前者に比すれば、甚だ小なるに關はず災害の極めて著しきは、其の地盤と家屋構造との關係によるものと考へられる。今既往の震災の程度を、今回(昭和10年4月21日)のものと比較すると次の表の如くなる。

地 震	死 者	全潰家屋數	死者1人につ き全潰家屋數
明治37年4月24日 午後2時38分 嘉義地方	3	66	22.0
明治37年11月6日 午前4時25分 嘉義地方			
明治39年3月17日 午前6時43分 嘉義地方			
昭和10年4月21日 午前6時2分			

これに依つて見ると、今回の災害は39年のものゝ約3倍となり、未曾有のものであるが、死者1人に對する全潰家屋數の略々5なる一定の値を示すは注意すべきことである。37年11月のものが稍小なる値を示すは、時刻の關係によるものと考へられるから、臺灣地震に於ける死者1人につき、全潰家屋數は5を以て限度と推定される。

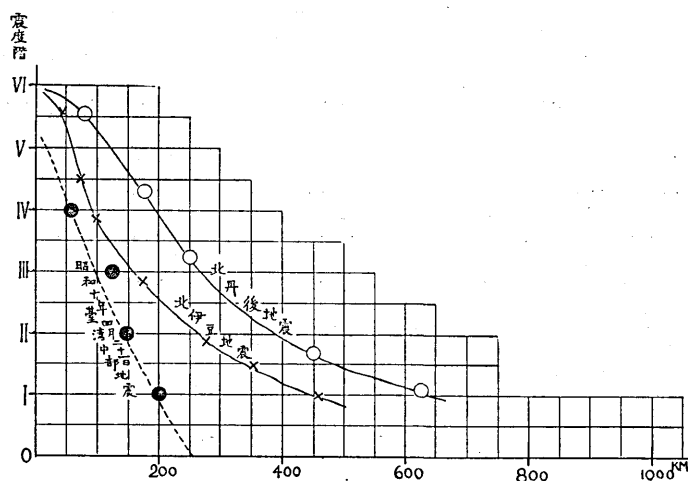
次の表に示す如く、内地の震災と比較すれば、其の災度の著しく大なるに驚く。

地 震	死 者	全潰家屋數	死者1人につ き全潰家屋數
明治 24 年 濃 美	7,273	80,000	11.0
明治 29 年 陸 羽	209	4,418	21.2
明治 42 年 姉 川	41	976	23.8
昭和 5 年 伊 豆	259	2,142	8.2
昭和 6 年 北武蔵	16	204	12.8

かくの如く災害の著しき相違は、臺灣家屋構造によるのであつて、地震の規模は寧ろ内地の最大のものに比して、略々2分の1程度に過ぎない。

2. 臺灣地震の大きさ

地震の大きさは、其の規模を言ふのであつて、其の有する勢力の量とも考へられる。今回の震源の深さは、極めて浅く約 10 軒位と認められてゐる。これと略々同程度の深さを有する、北丹後及び北伊豆地震と比較すれば第 1 圖の如くなる。これによ



第 1 圖

つて見ると、今回の地震は北丹後地震よりは遙に小さく、北伊豆地震よりも亦幾分小さいものと推察される。有感覺區域について、既往の臺灣地震と比較すれば次に示す如くである。

これ等の地震の震源の深さを略々同等であるとすれば、39 年のものが何れも其の規模著しく大きく、今回及び 37 年 11 月 6 日のもの等は比較にならぬ程小さい。か

地 震	有感覺區域の半徑	地 震	有感覺區域の半徑
明治 37 年 4 月 24 日	320 km	明治 39 年 4 月 14 日	1,000 km
" 37 年 11 月 6 日	160	昭和 10 年 4 月 21 日	250
" 39 年 3 月 17 日	1,000		

くの如く地震の規模に大なる差異あるに關らず、死者 1 人に對する全潰家屋數が、略々 5 と言ふ一定の數値を示すことは、臺灣家屋構造の耐震性に限度の存在すと考へるのが妥當であるが、一面には震源に起された波動によつて誘發される地表層の震動、即ち地震動の強さには、地質及び地形による土地固有の限度が存在するにあらずやとも推察される。

3. 今回の地震動の強さ

破壊力を有する地震動の強さを知ることは、構造物設計上重要なことの一である。震災地に於て其の値を示す適當な現象を見出すのは、頗る困難なことである。幸ひ或値を求め得たとしても、其れを以て該地の強さを示すものと定めるには、多少の疑問を残すものであるが、筆者は煉瓦造家屋のパラベットの墜落の多少によつて各地の強さを推定することにした。臺灣の建築施工の實情よりして、煉瓦とモルタルとの附着強度を、10 ポンド/吋²乃至 30 ポンド/吋²の間にあるものとし、假に或る部落に於て極めて少數のパラベットが墜落してゐるならば、10 ポンド附近の附着強度を幸うじて超過する震力が作用したと考へる。もし殆ど全戸のパラベットが墜落してゐるならば 30 ポンドを、又過半数が墜落してゐるならば、15 ポンドを超過する力が作用したと考へて、震力の最大加速度を算出して見ると、最も震害甚だしかりし内埔庄、三叉庄、峨眉庄等に於て 1,500 mm/sec²乃至 2,000 mm/sec²と考へられる。新竹市に於て 800 mm/sec²程度にて、昭和 6 年 9 月 21 日の北武藏地方の震災に際して、東京本郷に於て觀測された位であらうと想像される。

4. 臺灣家屋構造と震害

臺灣に於ける家屋構造は、内地のそれと著しく異つてゐるが、夫は大なる雨量と湿度、暑熱、颱風、蟻害及び本島人の民度低きによると考へられる。家屋構造については、先年谷口忠氏が調査せられ其の報文¹⁾もあることであるから、詳細の説明は略す。なほ、臺灣に於ける建築取締規則は、領臺以來保健の方面に重點を置き、保安の方面は殆ど顧慮せられず今日に至つたので、構造強度は現在も過去も殆ど大差なく、極め

1) 谷口忠 「臺灣に於ける地震と建築」建築雑誌, 44 (1930), 1733~1780.

て低下したものである。従つて佐野利器氏が嘉義地震に際してなされた調査研究²⁾にて構造と震害とに關する記述は、今回の震害にも妥當である。因つて筆者は構造と震害とにつき極めて概況を記述するに止む。

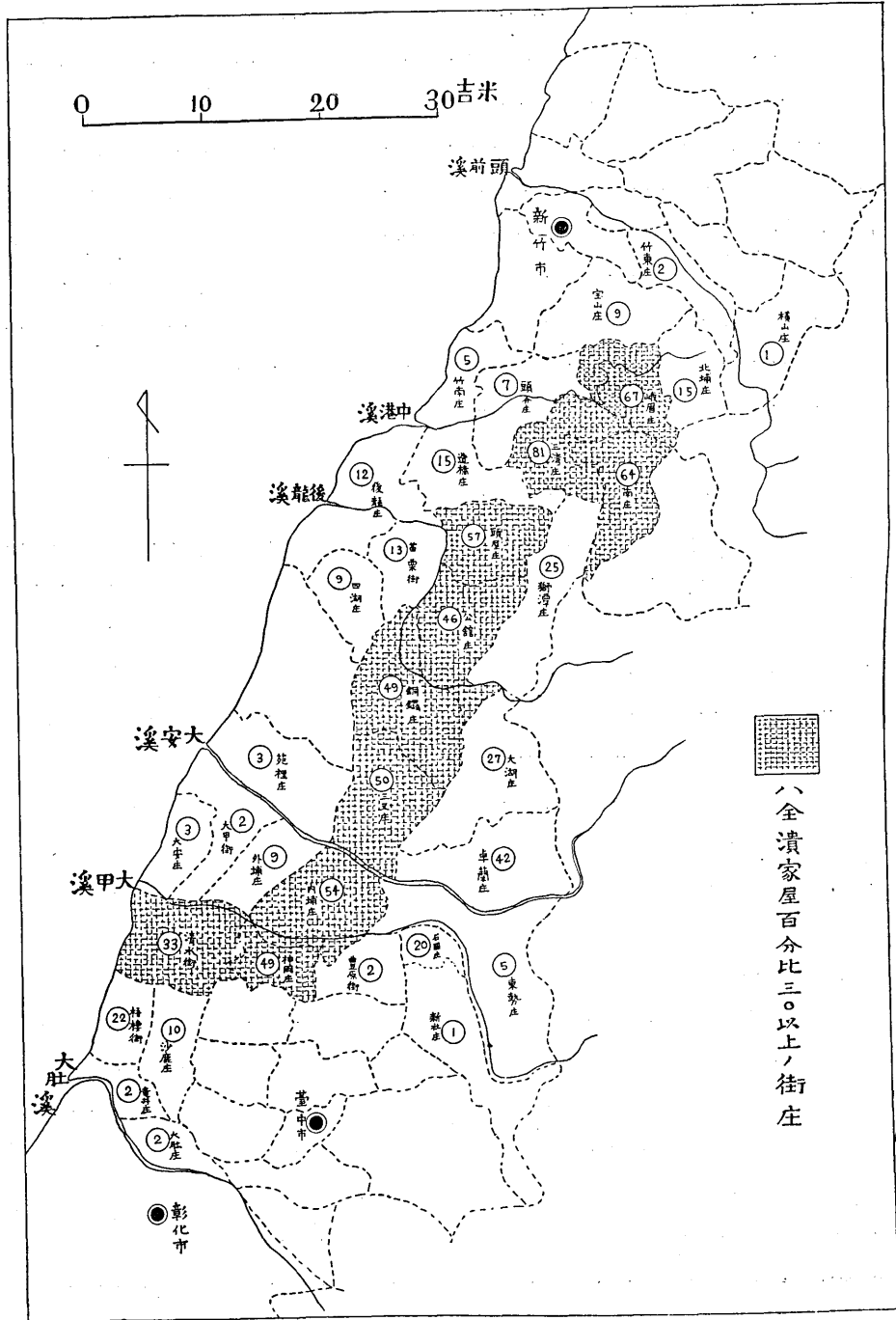
木造家屋は殆ど内地人の住家及び公共建物であつて、一般に腰積を煉瓦にて數尺の高さになして、白蟻を防ぐこととし、軸部には方杖、鐵物等を用ひて、耐風構造となしてゐるものを多く見る。今回の地震にて内地人の死傷を 10 名位に止めしは、かゝる木造家屋が今回の地震動の程度にて、耐震的なることを證明してゐる。しかし、木造家屋の普及を計るには先づ蟻害を防止することが必要である。今回の地震にて、倒潰した木造家屋の中には、蟻害に依つて其耐力を失へるに起因するものもあつた。

土埧構造は最も出費少くして、建築し得るもので本島人の大部分の住家はこの構造によつてゐる。現在臺灣各市に於て、全戸數に對して基隆市 3 割、臺北市 1 割、臺中市 3 割、臺南市 5 割、新竹市 7 割の土埧造が在ると言ふことである。土埧は粘土を 10 糎、20 糎、30 糎位の立方體に作り數日間乾燥せしめたもので、粘土或は石灰を接合劑として積んで、壁體を造り屋根を支持するに、壁體自體を以てするのと、木造軸部を内部に設けてこれにて支持するものとある。地震には勿論木造軸部を有するものがよかつた。

土埧造は普通極めて軒高の低い平家であるが、二階建を清水街にて見るに至つて驚かざるを得なかつた。土埧造は暑熱、颱風、白蟻に對しては有利なるも、粘土を接合劑として積んだのでは、殆ど水平震力に對して耐力がない。土埧造の被害を見ると、土埧自體が直接震力にて破壊せず、接合劑の強度不充分のため、土埧が個々別々に崩壊してゐる。土埧造は亦雨水及地中の水分を吸収し、保健上重大なる缺陷を有するものである。

煉瓦造も亦臺灣に於て最も多く見る構造であるが、其の構造の手法は多様であつて純然たる正規の煉瓦造は官廳、會社、工場等で、民家の大部分は煉瓦、木材、土埧、玉石の混用である。道路側より見れば煉瓦造なるも、内部は木材、土埧混用で、しかも木材を煉瓦壁又は煉瓦柱に埋込んで使用し、木材と木材との仕口は、簡單に釘、鏝等にて打付ける等、極めて粗末なる仕口によつてゐる。煉瓦は柱と壁體とを別々に積み、其の間にイモ目地を造つてあるもの多く、従て震力にて壁體が其形體のまゝ、道路に倒れるなど正規の煉瓦造に見ることを得ざる破壊状態を示すものもあつた。臺灣特有の亭仔脚は耐震力極めて少き構法になるもの多く、従つて上記の如き粗末なる木造の内部は、震害を免れてゐるのに亭仔脚のみ崩壊し室内を露出してゐるものを多

2) 佐野利器 「明治 37 年 11 月 6 日臺灣震災調査報告」震災豫防調査會報告、第 51 號。



第 2 圖 街庄別震害分布を示す

數字は全潰家屋數を百分比にて示す。數字の記入なきは百分比 1 以下とす。

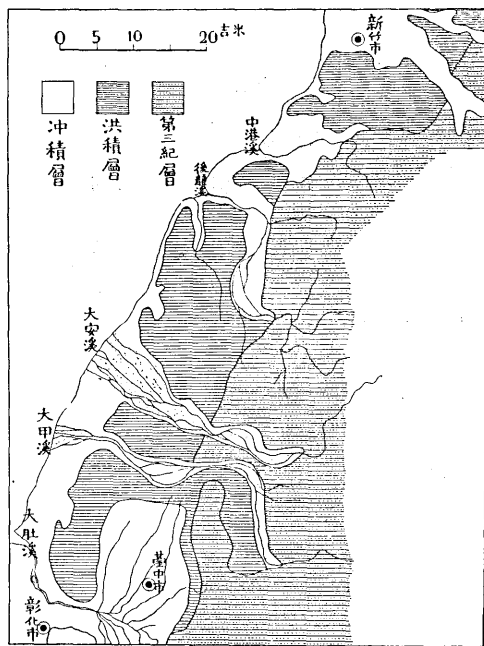
く見た。これを要するに、臺灣に於ける煉瓦積は技術上より見て、常規を逸したものと考へられる。これ等の震害の有様は寫眞に示してある。

鐵筋コンクリート造は、其數極めて少なかつたが、内埔庄屯子脚公學校の震害は注目すべきものであつた。この震害として著しきことは柱、梁、壁體とが各結合部にて離脱してゐることであつた。これは何れも、鐵筋の繼手の重合せ不充分であることに起因してゐる。コンクリートの配合比、鐵筋の數量及び配置等の不適當も考へられた。なほ、この學校より數百米隔りたる所にある、鐵筋コンクリート橋の脚が折損せるを見たが、其の施工も上記の學校と同程度と思はれたが、折損部の鐵筋が甚しく腐蝕し其の直徑の半分位の太さに減少してゐた。

5. 震害と地盤との關係

最近の研究³⁾によれば、地震動は地表層と基盤とにて著しく異なり、地表にて觀測される地震動は、直接震源に發する波動を記録するものでなくて、寧ろそれ等によつて誘發される、表面層の固有振動を多分に含むことが知られた。即ち表面層には場所場所に應じて、固有振動週期があり、これが地震波動中に卓越して表はれるのである。家屋の震害は家屋自體の固有振動週期と、その場所に於ける土地の固有振動周期とに關係するものと筆者⁴⁾は考へてゐる。こゝでも、そのやうな立場で今回及既往の臺灣震害を觀察して見ようと思ふ。

總督府發表の新竹、臺中兩州の被害調査より、全潰家屋數を百分率にて街庄別に記入せるが、第2圖である。



第3圖 震災地の地質圖

る。これを第3圖の地質圖と比較すると、所謂地盤のよい洪積層及び第三紀層に於て被害著しく、沖積層にて輕微であるのに氣付く。震害現象は上に述べた如く、表面層

3) 齊田時太郎、鈴木正治「丸の内に於て觀測された地上及地下の地震動に就て」地震研究所彙報 12 (1934), 517.

4) 齊田時太郎「耐震及び耐風家屋」, 防災科學「震災」岩波書店.

の性質に多大の関係があるから、例へば沖積層と單に言ふても、其の構成する土質、含水量、層の厚さ等に差異があり、従つてこれ等に多分に支配せられる地震動は場所場所で異なるはづである。

かゝる観点から、後龍溪下流の街庄内を更に細かく字別に調査するために、地震直後各役場で被害状況を尋ねた結果は、下の表の如くである。なほ、踏査した結果も亦この数字の示す如く感ぜられた。第4圖は20萬の1地質圖を基本として作つた地質圖に、全潰家屋數を百分率にて字別に記入したものである。

これ等の街庄に於ける家屋構造は、殆ど煉瓦造、土埴造のみで苗栗街、後龍街の一部には二階建を多く見るも、他は大概平家建である。被害分布圖によると洪積層、第

街 庄	字	戸 數	全 潰	半 潰	大 小 破
後 龍 街	水 尾 子	180	10	33	21
	外 埔	300	5	10	40
	公 司 寮	932	15	21	114
	後 龍 (大庄を含む)	864	488	213	163
	苦 答 脚 (大山脚を含む)	790	32	61	536
苗 栗 街	直 轄 一 區	324	25	85	200
	維 祥	222	91	45	103
	芒 埔	192	108	38	59
	上 南 勢	195	83	65	44
	下 南 勢	186	127	37	11
	社 寮 岡	310	122	63	104
	田 寮 寮	185	24	39	121
	嘉 盛 山	208	61	28	132
公 館 庄	西	203	113	66	41
	公 館	371	303	33	37
	中 小 義	122	44	16	62
	麻 齊 寮	120	86	30	4
	大 坑	154	87	29	38
	福 基	358	206	101	46
	石 圍 墻	139	139		
	出 礮 坑	265	117	49	98
	五 穀 岡	167	138	22	7
	鶴 子 岡	197	150	8	39
	尖 山	311	161	102	46
	南 河	109	55	24	30
	北 河	172	126	28	28

(次頁へ續く)

街庄	字	戸數	全潰	半潰	大小破
	銅鑼	591	527	34	20
	三厝厝	158	95	26	37
	樟樹林	66	33	25	8
	竹園	64	25	24	7
	芎蕉灣	77	34	25	12
	中心埔	113	38	22	50
	七十分	58	21	16	20
	老鷄隆	212	205	6	1
頭屋庄	頭屋	266	148	68	50
	外獅潭	174	83	49	35
	二岡坪	117	78	17	15
造橋庄	造橋	259	47	108	104
	潭內	105	16	60	29

三紀層上の部落の震害甚だしきことは、第2圖と全く同様であるが、沖積層上の部落にては、被害に輕重が表はれてゐる。被害の著しく輕微なるは、後龍溪河口の公司寮、水尾子、外埔附近と、嘉盛、田寮附近と、中小義、中心埔、七十分附近とであるが、五穀岡を中心とする南北の部落、殊に石圍塙は被害甚大である。

かく沖積層地盤に於て、震害の輕重を現はすのは、既に述べた如く其の土質、含水量、層の厚さ等の差異に因るものと考へられる。次に現地を調査した結果、其の差異のあるところを示さう。

後龍溪河口及海岸は一帶に粘土、砂の堆積よりなり、後龍附近にては粘土質砂に多量の砂利、玉石を混入せるを見た。中小義、中心埔、七十分附近は流線の形狀より考へて、砂利、玉石等の堆積せるところで、其の上部を粘土が覆ふてゐることを推定される。現地調査にても、これを確かめ得た。なほこの附近は噴水地帯で、地下水量の他に比して多いのを知つた。公館庄警察官の談によれば、渇水期に於て後龍溪の水量の大部分が、石圍塙北部にて地下に潜入し、其の下流には殆ど流水を見ないこともあるさうである。これは地下水となつて、この噴水部落を通過するものと考へられる。嘉盛、田寮附近も亦、流線の形狀が上記の部落附近と同様であるから、地盤も亦、類似の點が多いと推定される。五穀岡を中心として、南北に被害甚大なる部落の在る地盤は、地形上より觀察して其の東側の第三紀層の基盤の延長が、地下淺きところに存在し、従つてそれを覆ふ沖積層の厚さは薄いと考へられる。

なほ、後龍溪の流線は現今中心埔附近の屈曲部に於て、西方へ移動しつゝある事實より推察すれば、後龍溪はこの沖積層平野を東より西へと其の流線を移動せしものと

考へてよい。従つて地盤のできた年代は、東より西へ移るに従ひ新らしくなつてゐる。

以上に述べた地盤の差異は、震動の方面より観察すれば、次の如き差異となつて現はれる。第三紀及び洪積層地盤は沖積層地盤より一般に堅い。堅い地盤は軟い地盤よりも、震動周期は短い。沖積層に於ても、舊い年代に堆積した地盤は、新しく堆積した地盤よりも堅いのが常であるから、震動周期は舊い地盤の方が、新しい地盤より短い。沖積層の層の厚さの厚薄で比較すれば、厚い層のところは薄い層のところよりも、震動周期が長いことは當然想像されることであり、且今東京市の下町にて観測しつつある結果も、其の事實なることを示してゐる。含水量の多少で比較すれば、其の水量の多きところは少きところよりも、震動周期は長い。震動加速度は震央附近に於ては、堅い地盤の方が寧ろ軟い地盤よりも大なることのあるを、石本博士⁵⁾は指示された。

家屋震害の現象を理解するには、家屋の震動性質を知る必要がある。臺灣の家屋について直接測定したことはないが、従來の経験よりして煉瓦造、土埴造は固有の振動週期極めて短く、従つて地震動のために發生する家を振ふ力は、地震動の加速度をそのまゝ家の質量に乗じたものと考へられる。従つて家を振ふ力は所謂地盤のよいところの方が大きいことになる。又臺灣家屋構造強度は極めて低く、且つ脆い性質と考へて誤はない。

地盤と家の振動性質を、以上述べた如く考へれば、今回の震害に於て第三紀、洪積層地盤に在る街庄が、沖積層地盤に在る街庄よりも、家屋全潰率の大なるは當然と考へられる。沖積層地盤にても、堅軟の差のあるところは全くこれと同様である。前記の後龍溪沖積層平野に在る部落の震害の輕重も必然のことと考へられる。石圍牆部落の全潰率著しく大なるは、既に述べた如き地盤の關係にあるほか、家屋の構造が他と異つてゐることによる。この部落の家は何れも手近の河原より得られる玉石を粘土にて積んで、家の腰部を構築してゐるので、特に震力にて崩壊を容易ならしめたものと思はれる。

土埴造は各自住家の近くの土砂を以て造るのを常とする故、土埴造家屋の色彩がよく其の地盤の性質を現はしてゐるのに氣付く。沖積層の土砂は暗灰色で、洪積層の土砂は赤黄色であり、震害は既に述べた如く洪積層に於て甚だしく、沖積層にて輕いところが多いから、之を土埴造家屋の色彩と對應せしめて見ると、暗灰色の土埴造のものは震害比較的輕く、赤黄色のものは震害甚大であると云ふ興味ある觀察が下される。

5) 石本巳四雄「東京横濱市内 10 個所における地震動加速度観測 (2)」地震研究所彙報 13 (1935), 592~607.

最後に一言すべきは今回及び既往の震害區域が、何れも南北に互る長い形を現はしてゐる事實である。

この事實は既に述べた臺灣家屋の震動性質と、地質構造とを併せ考へれば、容易に理解されることである。

臺灣の地質構造は第5圖に示す如く、中央山脈に平行に各地層が存在してゐるので家屋震害區域は第6, 7, 8, 9, 10圖に示す如く南北に互る長い形となるのである。第6, 7, 9圖は大森博士⁶⁾の調査によつたものであるが、第8圖は臺灣總督府民政部總務局發行の嘉義地方震災誌によつたものである。こゝに注意すべきは、第8圖に示す嘉義地震の斷層は略々橢圓形をなす震害區域の長軸に、略々垂直になつてゐるのに今回の地震斷層は第10圖に示す如く、震害區域の東側で、長軸に平行になつてゐることである。震害は地盤の震動によるもので、斷層は直接震害には影響のないことが解る。

なほ、大森博士は前記調査論文⁷⁾に於てかくの如き南北に互る震害區域の現はれた事實を説明するに、直線狀の南北に長き震源帯を考へられたが、筆者の既に説明した通り臺灣の地質構造と家屋との特性とよりして、震源は通常考へる如く、適當の體積を有する點としても解釋のつくことである。

7. *On the Earthquake Damages and the Ground in Taiwan (Formosa).*

By Tokitaro SAITA,

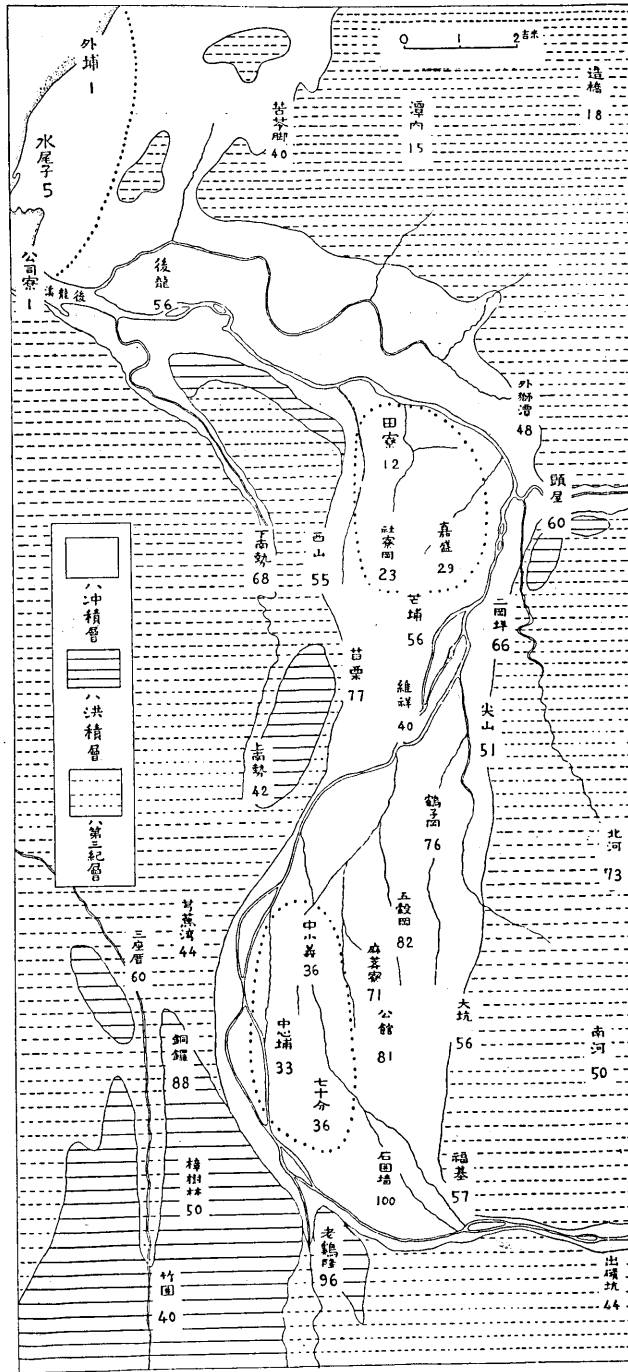
Earthquake Research Institute.

The writer of this paper states the following matters:

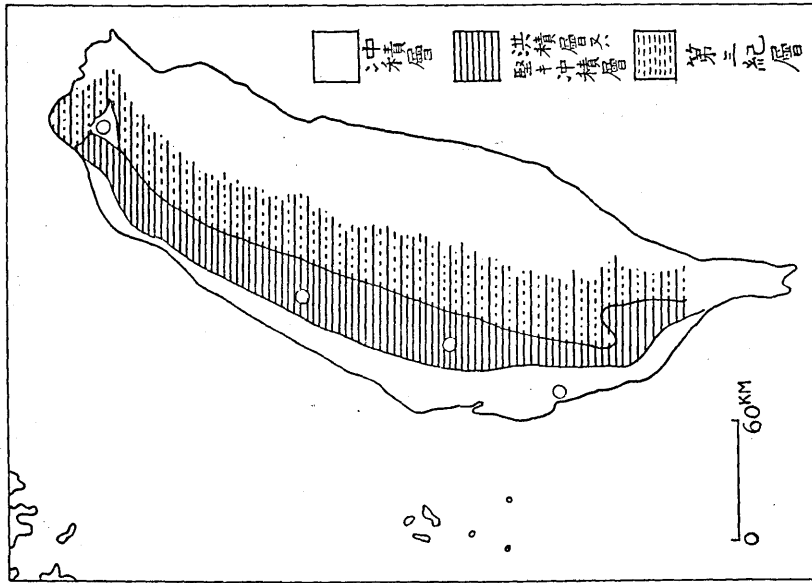
- (a) Existence of the limit in Formosa earthquake violency.
- (b) The scale of the earthquake of April 21st, 1935.
- (c) The acceleration of shocks in the earthquake of April 21st, 1935 may be 200 gal at most.
- (d) Earthquake damages and Formosa building construction.
- (e) Earthquake damages to building and the nature of the ground.

The writer pointed out the interesting fact that the zones of the present and the past earthquake damages respectively are parallel to the central mountain range and investigated them from the standpoint of the zonal difference of earthquake intensity due to the geological structure.

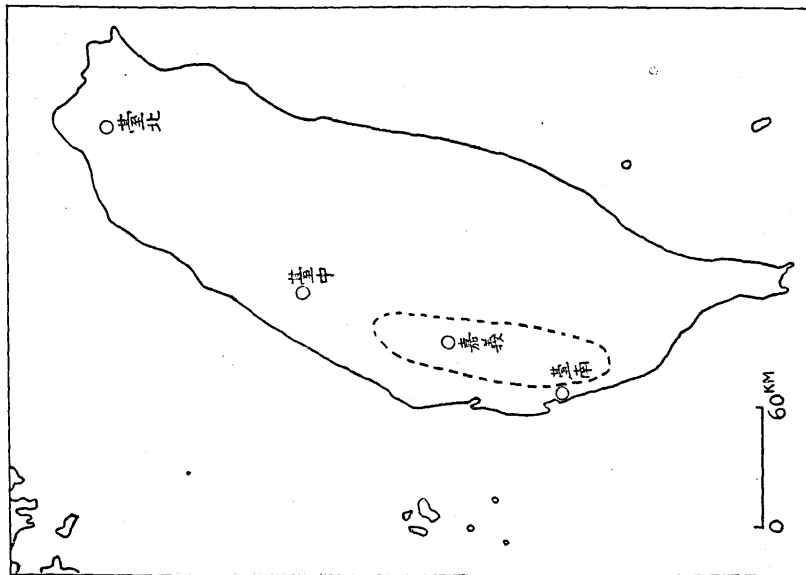
6), 7) 大森房吉 「臺灣地震調査一斑」 震災豫防調査會報告, 第 54 號。



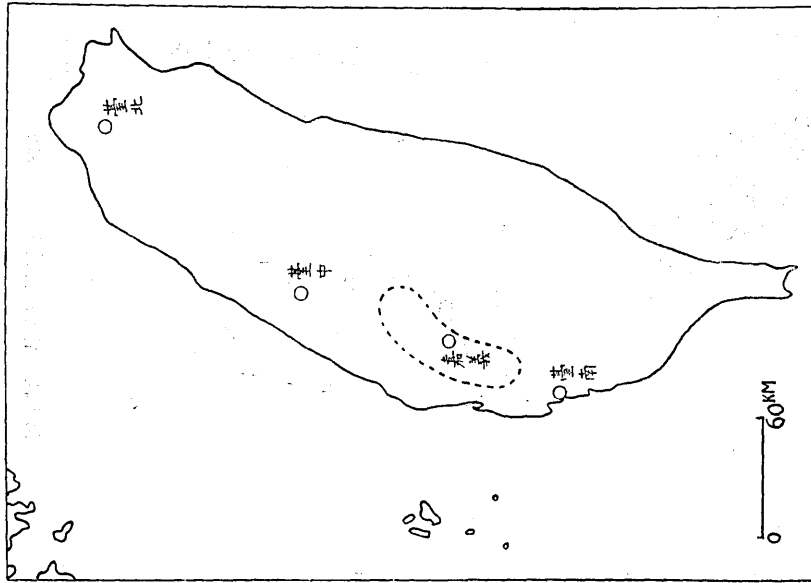
第4圖 後龍溪下流附近の地質及震害状況を字別に示す。
 (数字は全潰家屋数を百分比にて示したものである。)



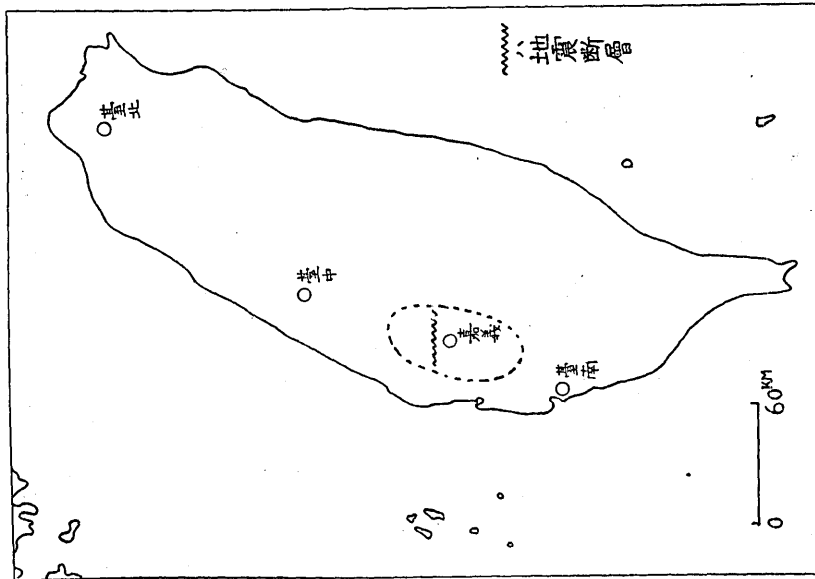
第5圖 臺灣西部地質構造の概観



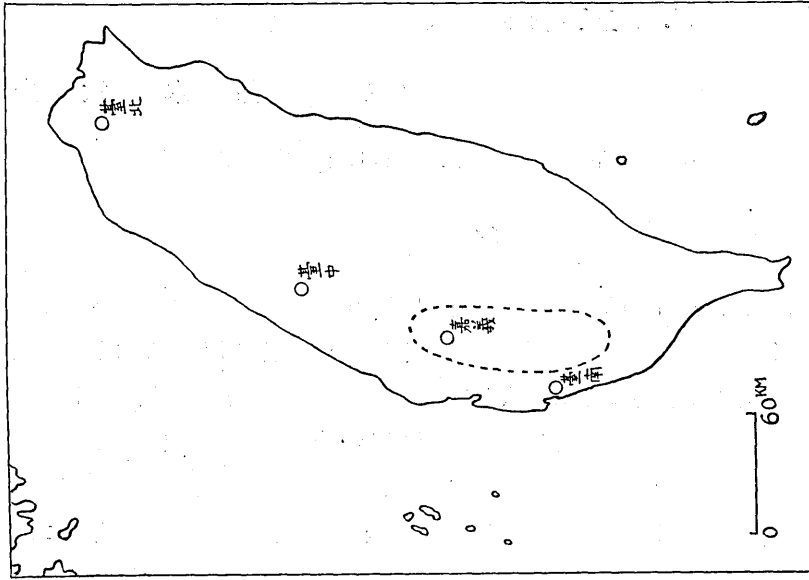
第6圖 明治37年4月24日地震被害區域



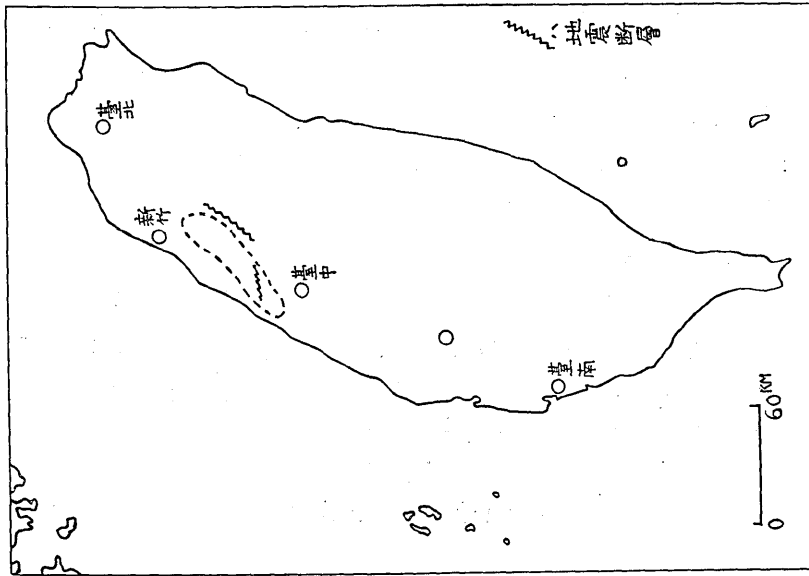
第7圖 明治37年11月6日地震被害區域「嘉義地方震災誌」は嘉義市西方海岸に在る下湖口、東石港北門岬の被害なきことを特記してゐる。



第8圖 明治39年3月17日地震被害區域



第9圖 明治39年4月14日地震被害區域



第10圖 昭和10年4月21日地震被害區域