

1976年8月のミンダナオ島南部の地震と津波について

中 村 重 久*

The Earthquake and Tsunami in Southern Mindanao, August, 1976

Shigehisa NAKAMURA

The southern part of Mindanao, the Philippines, was affected by an earthquake and tsunami on 17th August, 1976. In Japan, the earthquake was recorded by the Japan Meteorological Agency, but no effect were experienced. In the Philippines, a PAGASA (Philippines Atmospheric, Geophysical and Astronomical Services Administration) team commenced a survey just after the occurrence of the earthquake. Several private foreign teams also assisted, but there was no Japanese team. A preliminary report on the earthquake has been completed by Dr. Roman L. Kintanar, Administrator of PAGASA. Using this report, "The Moro Gulf Earthquake of August 17th, 1976," I will give the survey results. This is followed by a statistical analysis aimed at estimating the risk of tsunamis and obtaining criteria for countermeasures, referring to the detailed catalogs of tsunamis presented by Iida *et al.* (1967) and by Soloviev and Gao (1973).

ま え が き

1976年8月17日ミンダナオ島南部に地震と津波とがあった。日本ではこのことは気象庁によって通報されたが、その地震の日本への影響はなかった。フィリピンではPAGASA (Philippine Atmospheric, Geophysical and Astronomical Services Administration) が中心となって、地震後直ちにその実態と被害の調査をはじめ、そのほかにも外国からの調査隊の派遣があった。日本からの調査隊の派遣はみられなかったが、最近 PAGASA の Dr. Kintanar によってとりまとめられた Preliminary Report がとどいたので、これにもとづいて、標記の地震と津波とについてのこれまでの調査結果の要点を述べる。これによって、これまでに調査がどの範囲まで行なわれ、どのような検討がなされたか、また、今後何を検討すべきかについての情報が得られることになるであろう。この Report では "Moro 湾地震" となっているが、本文では気象庁や ITIC (International Tsunami Information Center) の表現を参考にして標題をえらんだ。なお、ITIC はその Newsletter にこの地震や津波による被害の現地調査に関する記事と写真とが掲載されている。今後この調査結果にもとづき地震や津波の予測や対策に関する検討が行なわれるであろう。とくに津波の資料として Iida らによるもの(1967)や Soloviev らによるもの

* 京都大学防災研究所

(1973)を利用して津波統計の研究が展開されることが望まれる。

なお、本稿を草するに当たって貴重な資料を御送りいただいた Dr. Roman L. Kintanar に感謝の意を表する次第である。また、地震と津波とによって被害を被ったミンダナオ南部の方々の一日も早い立ちなおりと復興とを祈るものである。

I 1976年8月の地震について

1. 概説

1976年8月17日12時12分頃、Rossi-Forel 震度階級VからⅦの強い地震が Mindanao と Sulu とを襲った。(Table 1 参照)。この地震は、北は Visayas や Luzon の南東端まで、南は Borneo までにわたって感知された。

主震は Richter のマグニチュード7~8であり、このために多くの人命が失われ、震央付近にかなりの被害があった。死者の多くは地震後数分のうちに来襲した津波によるものであった。

Table 1 Rossi-Forel の震度階級

I 不感地震	理想的条件のもとで、経験を積んだ観測者にのみ感じられる。
II 極微弱震	立ち止まっている人のうち少数を感じる。
III 微弱震	立ち止まっている人の何人かが感じる。持続時間と方向とがわかる、場合によってはめまいや吐き気をもよおす。
IV 弱震	屋内にいて感じられる。場合によっては戸外の少数の人が感じる。吊り下げたものは小さくゆれる。家の枠組にひびが入る。
V 中震	誰にも感じられる。吊り下げたものが左右にゆれる。背の高い花瓶や不安定なものは転倒する。浅い眠りの人は目を覚ます。
VI 小強震	睡眠中の人は目を覚ます。一部の人には驚いて家をとびだす。振り時計がとまる。懸燈がゆれる。古い家、壁やもろい構造物に小さな損傷ができる。丘や急斜面をもった堤防で地すべりが生じる。路面がひびわれる。
VII 強震	置きものは転倒する。誰も戸外にとびだす。耐震性のある家でも少しの損傷があらわれる。古い家、もろい構造物や古い壁などかなりの損傷がある。丘や堤防の急斜面では地すべりが生じる。路面にひびわれができる。
VIII 大強震	人々は混乱状態になる。樹木は強くゆさぶられる。泉や井戸では湧水量が変わる。砂や泥土が軟い地盤から噴き出す。各所に小さな地すべり。河川堤防の崩壊。
IX 極大強震	全般的に混乱状態。建造物は一部あるいは全部破壊される。地中からの土砂の噴出、地すべりや岩石の崩落。

2. 地震に関する資料

地震発生の数分後、Mindanao およびその他の地域の PAGASA 観測所は Quezon 市の PAGASA 本部へ地震に関する報告を送りはじめた。これらの報告を要約すると Table 2 のようになる。

Table 2 1976年8月17日の地震に関する資料

番号	地 名	震度	有感時間 (sec)	有感地震の方向
1	Cotabato City	Ⅶ	不 明	不 明
2	Jolo, Sulu	Ⅶ	30	N-S
3	Zamboanga City	Ⅶ	30	E-W
4	Basilan City	Ⅵ	不 明	不 明
5	Pagadian City	Ⅵ	不 明	不 明
6	Dipolog City	Ⅵ	37	NW-SE
7	Malaybalay, Bukidnon	Ⅵ	8	NW-SE
8	Cagayan de Oro City	V	40	NE-SW
9	Davao City	V	25	不 明
10	Gen. Santos City	V	27	NNE-SSW
11	Dumaguete City	Ⅳ	23	N-S
12	Hinatuan, Surigao del Sur	Ⅳ	20	ENE-WSW
13	Tagbilaran, Bohol	Ⅳ	8	N-S
14	Cebu City	Ⅳ	不 明	不 明
15	Surigao, Surigao del Norte	Ⅳ	不 明	不 明
16	Roxas City	Ⅱ	18	不 明
17	Iloilo City	Ⅱ	3	不 明
18	Tacloban City	Ⅱ	不 明	不 明
19	Legaspi City	Ⅱ	27	不 明
20	Palo, Leyte	Ⅱ	不 明	不 明
21	Cotbalogan, Samar	Ⅱ	不 明	不 明

3. 地震発生の日時

地震発生は PAGASA によると1976年8月16日16時11分44.2秒 GMT (1976年8月17日00時11分44.2秒 EMT) であり、等震度図は Fig. 1 のようになる。地震によって生じた表面波の記録の示すところによれば、震源は比較的浅いものであった。

4. 震央と地震のマグニチュード

Quezon 市の Diliman にある PAGASA 地球物理観測所や PAGASA の観測所の地震の記録を解折して震央が決定された。この解折に用いられた資料は P 波到達時刻に関してつぎのとおりである。すなわち、

Diliman (Quezon City)	16時13分24.2秒 GMT
Palo (Leyte)	16時12分21.0秒 GMT
Legaspi (Legaspi City)	16時12分41.3秒 GMT
Sto. Tomas (Benguet)	16時14分41.3秒 GMT

これらの観測所の地震の記録などから決定された震央は、6.3°N; 123.4°E であり、Cotabato City の南西約 140 Km, Moro 湾内である。地震のマグニチュードは、National Oceanographic

and Atmospheric Administration (N. O. A. A.), USA によって求められたところによれば, Richter 階級で7.8であった。

5. 前震

1976年8月17日の主震の約1カ月前, 主震の震央に近い Zamboanga City で2回微動が感知されたことが報じられている。しかし, この微動は Quezon City の地球物理観測所や観測所では記録にかかっていない。8月の地震の記録を解折してみると, 主震の震央付近を震央とする微動が, 8月主震が起こるまでに6回みられる。したがって, Moro 湾地震の前震として8回の微動があったことになる (Table 3 参照)。

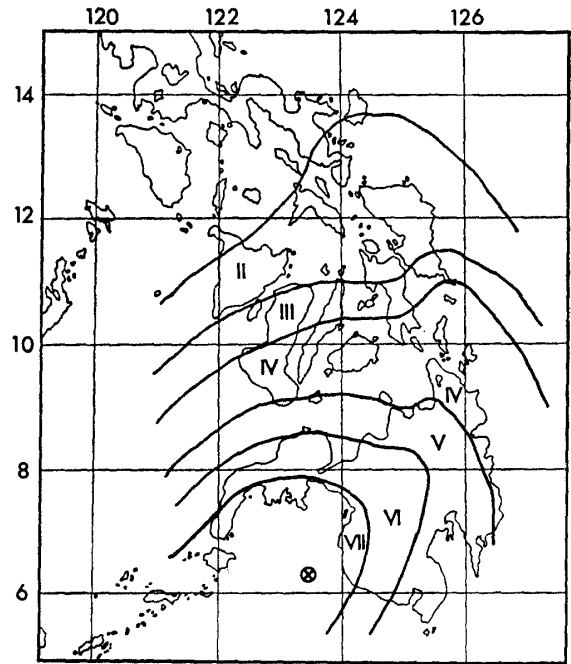


Fig. 1 震度分布図
(図中⊗印は震央位置)

Table 3 前震に関する資料

日 時	発震時刻	震 央	記 事
1976年7月20日	—	記録なし	有感: Zamboanga City— 震度 II
1976年7月21日	—	記録なし	有感: Zamboanga City— 震度 IV
1976年8月15日	17時03分00.8秒	6.3°N; 123.3°E	不感
	22時34分54.0秒	6.4°N; 123.5°E	不感
1976年8月16日	02時18分23.7秒	5.9°N; 124.7°E	不感
	09時20分03.2秒	8.0°N; 123.4°E	不感
	10時36分14.2秒	5.4°N; 124.6°E	不感
	16時10分56.2秒	5.3°N; 123.4°E	有感: Cagayan de Oro City— 震度 III

6. 余震

1976年10月6日までに, 8月17日の地震に関連して40回の微動が感じられたと報告されている (Table 4)。この余震のなかには, ごく局地的なもので PAGASA の地震観測所で何も記録されなかったものもある。また, 余震のいくつかは Leyte の Palo で記録され, その他の場所で感知されなかったものもある。Table 5 には, 余震のうち震央を決定できたものを表示した。しかし, 小さな余震の多くは PAGASA の地震計に記録されず, したがって, 震央を決定するにはいたらなかった。さらに, 表中の余震のいくつかは他の場所で感知されなかったものである。

中村：1976年8月のミンダナオ島南部の地震と津波について

Table 4 報告された余震

番号	年月日	起時	震度	持続時間 (sec)	有感地震の場所
1	1976. 8. 17	0時30分	I	18	Dipolog City
2			II	3	Cag. de Oro City
3		0 40	I	10	Dipolog City
4		1 30	I	4	Dipolog City
5		1 39	I	3	Dipolog City
6		1 46	I	3	Dipolog City
7		1 53	III	12	Dipolog City
8		1 57	I	4	Dipolog City
9		2 14	I	3	Dipolog City
10		2 27	I	2	Dipolog City
11		6 29	I	4	Dipolog City
12			II	6	Cag. de Oro City
13		6 51	II	18	Dipolog City
14			II	5	Cag. de Oro City
15			III	—	Zamboanga City
16		12 22	V	55	Jolo
17			IV	15	Cag. de Oro City
18			IV	—	Zamboanga City
19			III	15	Dipolog City
20			III	5	Iloilo City
21			III	20	Dumaguete City
22			II	2	General Santos
23			II	6	Palo, Leyte
24		13 25	III	20	General Santos
25		15 58	II	5	Dipolog City
26		16 58	II	8	Cag. de Oro City
27	1976. 8. 18	1 03	II	5	Cag. de Oro City
28		7 10	I	2	General Santos
29		7 22	III	10	General Santos
30		9 46	III	20	Cag. de Oro City
31		10 00	III	4	General Santos
32		10 35	I	8	Dipolog City
33		11 05	I	7	Dipolog City
34		11 08	II	15	Dipolog City
35		11 30	I	8	Dipolog City
36		11 35	I	5	Dipolog City
37	1976. 8. 19	4 29	有感*	—	Cotabato City
38	1976. 8. 20	2 09	III	—	Cotabato City
39		11 03	IV	7	Cotabato City
40		23 06	III	—	Cotabato City
41	1976. 8. 21	15 05	有感*	—	Cotabato City
42		15 31	有感*	—	Cotabato City
43	1976. 8. 23	11 42	IV	—	Cotabato City
44	1976. 8. 26	1 46	I	—	Cotabato City
45	1976. 8. 29	6 01	I	—	Dipolog City
46		7 48	III	—	Zamboanga City
47		20 36	IV	5	Malaybalay
48		22 55	IV	4	Malaybalay
49	1976. 8. 30	10 02	IV	—	Cotabato City
50	1976. 9. 06	8 10	II	—	Dipolog City

* 有感と報告されてはいるが震度は不明

Table 5 記録からみた余震

年 月 日	余震数	央 域	地震マグニ チュード	記 事
1976年 8月16日	28	5.4~8.3°N 122.6~124.1°E	3.7~5.1	内10余震が有感
17日	41	5.7~7.6°N 122.1~124.0°E	2.8~5.0	内 5余震が有感
18日	45	4.8~7.9°N 122.4~124.6°E	2.6~5.0	内 2余震が有感
20日	1	6.6°N 123.8°E	—	有感
21日	1			有感
23日	1	7.6°N 123.6°E	—	有感
29日	2	5.9~7.0°N 123.7~123.8°E	—	いづれも有感

7. 考 察

PAGASA の観測所における地震の記録の解析によって、つぎのようなことが明らかにされた。すなわち、

- (1) 主震の30秒前に顕着な前震の発生があり、そのために主震の地震記録象の解析を困難なものにした。
- (2) 余震のあるものはマグニチュードが非常に小さく、震央に最も近い地震観測所 Leyte の Palo では倍率225,000の地震計にさえも記録にかからなかった。
- (3) Mindanao 南部の沿岸域では、震央に近いために警報がまにあわず、地震の後数分のうちに津波が来襲し、相当数の人命を失うことになった。

II Mindanao の地震と津波による被害

1. 概 説

1976年8月16日夜半を数分過ぎた頃、暫時の微動(震度Ⅲ)に気象専門官 Alivier Makanas と地震研究主任 Rolando Valenzuela とは起こされた。彼らは Cagayan de Oro City の PAGASA 測候所の非番控室でやすんでいたところだった。彼らは、そのつぎのさらに強く長い微動(震度Ⅴ)が観測所の建物を40~45秒ゆり動かしたとき、はっきりと目が覚めた。2~3秒の振動周期の地震波は観測所に8月17日火曜日の午前12時13分頃に到達した。その25分後に PAGASA の下にある測候所ではラジオで地震通報がなされているのを耳にしている。Dipolog の観測所からは震度Ⅵと報告されたが、Dumaguete City の観測所からは震度Ⅳの微動が報告されている。これがそれまでに地震について得られた情報であった。早い朝食の直後、R. Valenzuela は Cagayan de Oro City へ行き市内での地震の影響についてさしあたっての情報を集めた。ほんのいくつかの構造物のみが損傷をうけ、それも微小であるとみえた。損傷としては、穴あき煉瓦積扉の崩壊や闘鶏場正面上部の補強されていないコンクリートの欠落の例もあった。近くの家に電柱が倒れかかっているという報告もあった。観測所にもどって受けとった

情報は、Mindanao 南の Moro 湾の沿岸で津波の来襲があり、多数の家々が流され、多くの人命が失われたということであった。

主震のあとにひきつづいて起こった余震は弱いものから強いものまでいろいろであった。しかし、感知されたのはあまりなかった。この余震に市内の人々は驚き、さらに大きな地震が来るといううわさのためにさらに状況は悪化した。R. Valenzuela と他の PAGASA の観測所員は人々の恐れを静めるのに手一杯であった。この地震や余震のために学校や官庁は一時閉鎖した。

8月19日、すなわち地震の2日後、R. Valenzuela の指示により調査隊を編成するため、Zenaida Damasco と Efren Uy とは Manila から現地へ到着した。この調査隊の目的は、地震による災害の範囲と人命の損失についての情報を収集し、その地方の被災グループの活動を援助し、また、地震によって生じた構造物の損傷を地震学および工学的見地から検討することであった。調査隊の対象とした範囲は Cotabato City, Maguindanao の沿岸域、Lanao, Zamboanga del Sur, Basilan, Jolo, Sultan Kudarat および Mindanao 南部であった。

Damasco が Cotabato City から戻った後も Uy は Zamboanga City での作業が終わるまで現地に留まり、Alfonso Ventirez が Uy と交替した。8月31日には Honolulu の ITIC 所長 Dr. George Pararas-Carayannis が調査隊に合流し、その翌日、U.S. Geological Survey の地震研究部門主任研究員 Dr. Robert E. Wallace もこのグループに参加した。この調査隊は9月3日に作業を終わって Manila へ戻った。

2. 地震の強さと地盤の動き

地震時に報告された震度の最大は Rossi-Forel 震度階級 (Table 1) で震度Ⅶであった。調査隊が目撃したところによると、この最大は主震によるもので、Cotabato City におけるものと考えるのが妥当である。Zamboanga City では、被害地の範囲からみて震度はⅥ以上と推定された。加うるに、Zamboanga City の古い建物の多くは何ら損傷が認められなかった。

Jolo City では目視による調査はしなかった。そこでの被害の報告がなかった当初、Jolo City の震度Ⅶは大きすぎると考えられていたが、Zamales グループの被害報告をみると、この被害は地震後まもなく海岸線に押しよせてきた津波によるものであろうと考えられる。

Moro 湾周辺の住民の報告では、地震による地盤の動きは水平方向であったという。この種の動きは Cagayan de Oro City で R. Valenzuela によっても観測されており、そこでの動きは北西—南東の方向であったと報じられている。

3. 地形変化

陸上、海上および空中からの目視による調査観測では、大きな断層などのような顕著な地盤の動きはみとめられなかったが、急斜面や堤防は場所によって地すべりや岩石の落下を起こしていた。その他の影響としては、道路のうめもどし部分、堤防、河川堤防などの小さなひびわれや平地でのずれがあった。Cotabato City から Tamontake 河の近くの Awang 空港へ至る

道路では、橋周辺のうめもどし部分の沈下、軽い座屈や路面舗装のひびわれがあり、その地盤の動きは道路断面に平行であった。Rio Grande de Mindanao の口にある Bongo Island からの報告や Zamboanga del Sur の Tabina からの報告によれば、地震直後に水の噴出があった。この水の噴出した場所はサンゴ礁を基礎としてかさあげしたところであり、地下の空洞ができていたことによるものであろう。

4. 地震によって生じた津波

Moro 湾地震は津波をともない、その高さは最大 14 feet にまでなった (Table 6 ではm単位換算表示)。ある報告によれば、地震の発生と津波の到達との間は5分もなかったということである。しかし、この報告にあまり信ぴょう性はなさそうである。

Table 6 津波の潮上高

番号	地名	潮上高	備考
1	Resa, Maguindanao	4.27 m (14 ft)	推定
2	Kinimi, Maguindanao	4.27 m (14 ft)	推定
3	Pinansaran, Maguindanao	4.27 m (14 ft)	推定
4	Lenek, Maguindanao	4.27 m (14 ft)	推定
5	San Pedro, Pagadian City	4.27 m (14 ft)	実測
6	Sta. Lucia, Pagadian City	4.27 m (14 ft)	実測
7	Bohelebong, Basilan	4.27 m (14 ft)	実測
8	Letayen, Bongo Island	4.27 m (14 ft)	実測
9	Alicia, Zamboanga del Sur	4.11 m (13.5 ft)	実測
10	Tuburan, Basilan	3.05 m (10 ft)	報告
11	Bolong, Zamboanga City	3.05 m (10 ft)	実測
12	Sacol, Zamboanga del Sur	3.05 m (10 ft)	推定
13	Lebak, Sultan Kudarat	3.35 m (11 ft)	実測
14	Tabina, Zamboanga del Sur	2.74 m (9 ft)	実測
15	Maluso, Basilan	2.13 m (7 ft)	実測

津波の侵入そ上は Moro 湾の沿岸一帯でみられた。Fig. 2 には調査隊によって得られた津波の実態が記されている。津波の被害が大きかったのは、湾の東部 Sultan Kudarat Province Kalamansigne から Basilan Province の Bololobong 西部にかけての沿岸域である。調査隊は Sulu 地区までは足をのばさなかったが、被害の報告によれば、津波がその地区にも及んでいることはうたがいが無い。その地区では、海岸線が津波の伝播方向に平行であったことと、島や岬が点在していたことによって、津波による被害もいくらか軽微であったようである。いずれにしても、津波の波源に面した湾や入江では、波が回折・侵入してかなりの被害をもたらした。

Maguindanao Province の Linek には広い海浜と道路とがあったが、底質をまきあげた海水は道路沿いに内陸へ 1 Km 以上までも侵入した。海水の到達範囲は沿岸地形の影響のため場

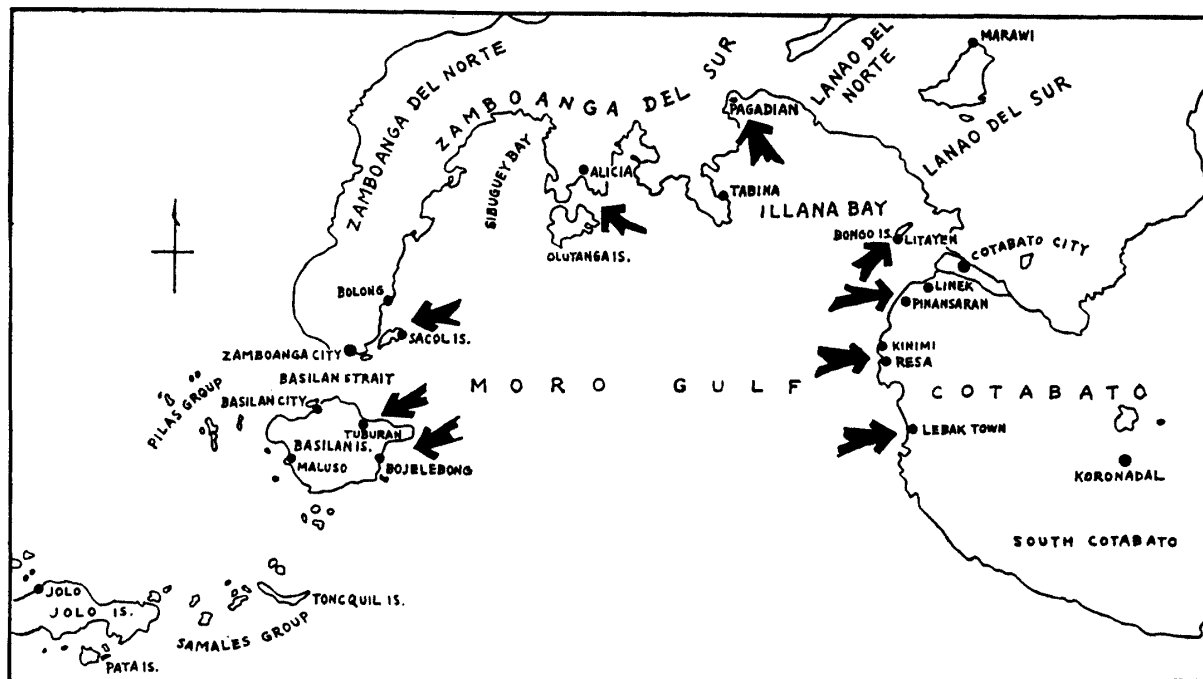


Fig. 2 津波被災状況（矢印は津波来襲の方向）

所によって異なっていた。

5. セイシュの形成

Sultan Kudaarat の Sebu Lake 地区からの報告によれば、地震によって生じた湖水の運動によって湖岸沿いにあった家が数軒被害を蒙り、人命の損失があったという。

Basilan Island の西側にある Maluso Bay の水の運動は津波というよりもセイシュと考えられる。それは湾の付近の小さな島によって湾水が閉じた系のようにになっているからである。

6. 人的損害

1976年9月1日現在で確認されたところによると、地震や津波による死者は3,564名、行方不明1,502名、負傷者8,256名であり、家を失ったのは12,183家族にのぼった。この資料は、Table 7 に示すように、Region IXとXIIの4市8郡を対象とし、Zamboanga City のSOUTH-COM 災害救助対策本部によって得られたものである。

7. 地震による被害地の範囲

地震の影響の及んだ地区の建造物には、ニッパ、竹、木材などによる簡単な家屋や、材木を骨組とした穴あきコンクリート・ブロック仕上げのGI屋根にしたものから、内部に一部材木や穴あきコンクリート・ブロックを使ったコンクリート建造物や外壁がコンクリート仕上げのものなどまでいろいろのものがあつた。とくに、Cotabato 市内と Zamboanga del Sur の Tabina では地震による被害が顕著であつた。Cotabato 市内では Manday 河と Matampay 河との合流点 Rio Grande de Mindanao (Fig. 3 参照) を中心としてごく限られた範囲に集中し

Table 7 地震による被災状況

被災地	被災者			地震によって失われた家屋(戸)
	死者(名)	行方不明(名)	負傷者(名)	
REGION IX				
Zamboanga City	153	15	151	97
Zamboanga del Sur	563	521	4,110	818
Zamboanga del Norte	—	—	—	—
Pagadian City	418	29	2,500	3,980
Basilan City	30	6	10	129
Sulu	89	107	15	25
REGION XII				
Lanao del Norte	80	162	2	1,488
Lanao del Sur	561	89	273	879
Maguindanao	1,198	429	645	2,761
Sultan Kudarat	305	51	106	1,081
North Cotabato	—	—	1	50
Cotabato City	167	93	443	879
TOTAL	3,564	1,502	8,256	12,183

て被害がみられた。そこでとくに被害が顕著となったのは新しい河川堆積物が原因と考えられ、これらの堆積物が地震による被害を大きくするような堆積状態にあったからであると考えられている。Tabina の町は Pagadian City から南へのびた半島のほとんど先端にあり、そこでの被害は町のなかでも水位の上昇のみられた場所に限られていた。Zamboanga City には多くの新旧ビルディングがあったが、比較的少数の建物が損害を蒙っただけで、完全に崩壊したものはなかった。他方、沿岸域での損害のほとんどは、地震によってひきおこされた津波によるものであり、若干の例外として、構造物の古いものや粗末なものに地震の被害がみられた。

8. 構造物、施設等の被害

Cotabato 市の構造物の被害をみると、ビルディングの全壊、一階の崩壊やビルディングの傾斜などの全数よりも、一階がつぶれた例のほうが多かった。構造上の損傷以外に、穴あきコンクリート・ブロックの傾斜、内壁や外壁の崩壊や壁面のひびわれなどがあった。またコンクリート板に引っ張りがかかったことによる損傷もあった。

地震によって被害を蒙った構造物の例をあげるとつぎのようになる。すなわち、

- (1) Rio Grande de Mindanao の Quirio 橋 3 スパンのうちひとつが橋脚から落ちた。橋脚には損傷はなく、その沈下や傾斜はみとめられなかった。これは不安定な地層状態によって地盤の振動が増幅されたことによるとみられ、落ちたスパンの一端をとめていたアンカー・ボルトは橋脚からひきちぎれたものと考えられる。
- (2) 午前4時30分頃の中震程度の余震あるいは主震後4時間以上後の余震によって Notre Dame

大学自然科学研究棟が崩壊した。この際、3階建のほとんどが火災をおこし破壊され、それにとりあった講義室も完全に崩壊してしまった。余震時の火災が電氣的な短絡によるものか研究室内でこぼれた薬品の化学反応によるものかは確認できなかった。

ここで注意しておくべきことは、いくつかのビルディングは損傷が著しく、あるものは完全に破壊されたにもかかわらず、それらと同じ地区の同様な地盤にあるビルディングの大多数はほとんど被害がなかったということである。この崩壊の形をとった損傷は、工学的技法上適当ではなかったことによるかあるいは構造

上の細部についての不注意にもとづくものようである。構造工学者によって編成された特別調査隊は、被害の原因や構造物の損傷の研究にもたずさわったが、これらの構造物を損傷や破壊に導いた因子について、この報告が Dr. Kintanar によってとりまとめられるまでには、はっきりした結論を出すにいたっていなかった。

沿岸域では構造物の損傷や破壊は主として津波によるものと考えられる。しかし、粗末な古い家は津波の来襲の前に崩れていた。Sultan Kudarat Province の Lebak や Maguindanao Province の Bo. Rosa, Upi での損傷は貯木池の存在のために大きくなった。丸太棒はくりかえし家につかり、そこに住んでいる人々の命を奪った。他方、Zamboanga del Sur の Tabina での津波による損害は軽微であった。観測によれば、地震時の実潮位から 9 feet だけのそ上のみられ、水位は地上 4 feet に達したにすぎない。海水の内陸への侵入は 50 feet 以下であった。現住民からの報告によれば、津波の作用はそれほど強くなかったということである。家の損傷

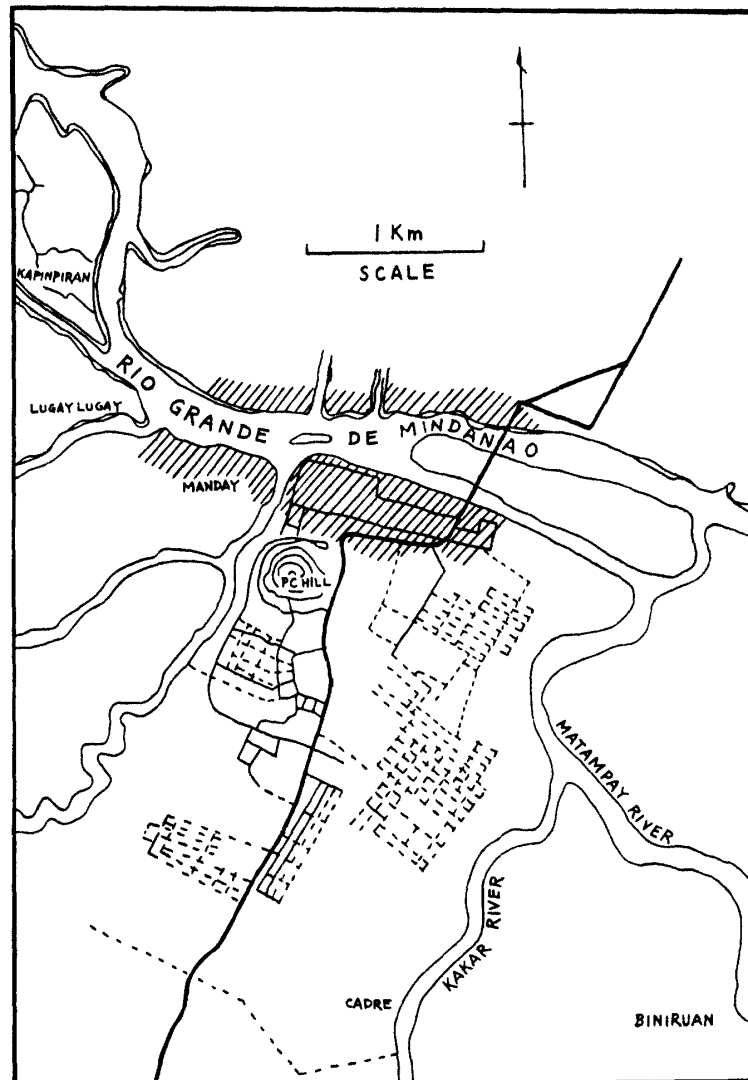


Fig. 3 Cotabato 市内の被害甚大な地区（図中斜線部）

はこの場合ほとんど地震によるものであった。いろいろの材料でつくられた構造物はGIニッパ屋根の木造家屋と同様にひどい損傷を蒙った。一般に、木造家屋は耐震性があるといわれているが、これらの構造物は微動によってこわれていた。この地区の人々によれば、地震は非常に強く、立っていることも、歩くことも、走ることもできないように感じられたと報告されている。

つぎに、Tabina で地震によって生じた損傷に関連のある因子をあげてみよう。

- (1) 軟弱地盤で増幅された地盤運動の強さ。
- (2) うめもどし部分の圧密による地盤沈下。このために海へ向かって2~3 inch の動きを示すひびわれができた。
- (3) 家屋の木造部の劣化としてあらわれた地面の湿気の影響。
- (4) 津波のくりかえし作用—微弱ではあったが。

9. 実態調査委員会の組織

PAGASA 調査隊が、災害地の地方官庁への勧告文書の中で提案したことは、各地方の実態調査委員会をつくること、また別に、主要官庁は被災建造物の詳細な調査を推進し、被害の程度と修復の可否とを明らかにすることであった。さらに、この委員会はこれらの構造物の損傷の原因を詳細に検討し、現在の建物を新しい耐震規準にあうように改造するよう勧告しなくてはならない。このような検討は災害地の構造物に限られるべきではなく、他の地域の主要建造物に耐震性があるかどうかを明らかにする上でも必要なことである。PAGASA 調査隊のこの勧告は関係官庁で採択された。

10. 地震後の活動

- (1) PAGASA 調査隊が Provincial Governor や Zamboanga del Sur の市民代表と共に開催した会議では、Sanggunian Bayan of Alicia and Tabina での被害激甚地区失業者対策の議案やこの地域の住民の移住に関する議案を可決決議した。
- (2) Sangguniang Pang-Lungsod of Pagadian City では、PAGASA 調査隊滞在中に、Alicia and Tabina におけると同様な議案を採択しようとしていた。適当な移住地の可能性や避難した家屋の管理などこれらの町の当面の問題が残されている。地震によって職を失った人々にとっては避難センターでの条件が不満であり、かつて住んでいた家に戻りたいという声が多かった。
- (3) PAGASA 調査隊は被災者に対して被災地における飲料水の欠乏による非衛生的状態、電力供給能力が不可能なこと、強い余震の可能性や津波来襲の可能性を周知させるよう努めた。

11. 総括

- (1) 人々は、責任ある立場の人や教育のある人も含めて、地震と津波の後のうわさにまどわされたため、混乱がいつそうひろがる結果となった。

- (2) 一部の人々は災害対策をしなかったため地震による損失を蒙った。すなわち、沿岸域で地震後直ちに避難をしなかったために多数の人々が津波に流され、命を失うことになってしまった。
- (3) それぞれの地区で出された警報を完全に無視するという例が、とくに大きな損傷をうけたビルディング内やその周辺の危険地帯にみられた。
- (4) 被災地の一部では、地震による被災者への救援物資の配布に混乱がみられた。
- (5) Cotabato City の顕著な損害は建造物の欠陥や設計上の不備によるものと考えられる。しかし、これについては構造工学者や設計関係者からなる地方委員会による研究調査をまわって確証を得る必要がある。その意味で、この委員会はとくに地震時の建造物の損傷の原因を究明することを目的として組織されるべきである。
- (6) 強い損傷をうけたビルディングの多くは地盤条件がよくなかったことによるものである。地盤のよいところの建造物は損傷も軽微であった。
- (7) 他のビルディングで損傷の小さかったのは耐震性を十分考慮に入れて設計されていたからであろう。
- (8) 沿岸域の一部は、津波が直接侵入したりまわりこんだりして、波高が高くなった。
- (9) 地震発生と津波到達との間の時間が短く、ほとんどの場合その時間は5分程度であったので、津波波源域は沿岸域のすぐ近くと推定される。
- (10) 危険地帯に指定された地区での規制が十分ゆきとどかなかったようである。

12. 勸告

今回の地震の経験から、地震を軽くみてはいけないことや適切な対処によって被害を小さくできることを学んだ。そして、適当な時期に適当な災害対策を施し、人々が地震の発生に即応できるようにしておくことが必要である。

PAGASA 調査隊の得た資料にもとづき、現在、つぎのような勸告がなされている。すなわち、

- (1) 現存の建築基準を再検討のうえ改訂し、さらに耐震性のあるものとする。
- (2) 沿岸域で津波の被害をうけそうな施設は移設すること。
- (3) 災害時の人命の損失や財産の損傷をできるだけ少なくするために、当面の危険が人々によくわかるように情報を流し、必要かつ適切な教育を行なう。
- (4) 国家事業として津波警報システムをつくり、その任務を遂行する。
- (5) 地震発生頻度図を作成し、構造工学者や設計関係者の利用に役立てる。

III 既往の地震および津波に関する資料

Dr. Kintanar は Preliminary Report において、既往の Moro 湾での地震についての年表

を引用したり、フィリピン周辺の地震の震央分布図を引用している。年表は Repetti (1946) より1589年から1899年までの地震が紹介されている。フィリピン周辺の地震の震央については、Gutenberg and Richter (1954) によるものは1904年から1952年まで、Minoza ら(1960) のものは1949年から1959年まで、Rothe (1969) によるものは1953年から1965年までであり、また、Damasco (1969) は Mindanao 付近の震央を1894年から1967年までの期間についてとりまとめている。

Dr. Kintanar は引用していないが、ソ連では世界的規模で津波カタログ（津波年表）を作成した (Soloviev and Gao, 1974)。そのなかには、フィリピン群島周辺についての詳細な記述や震央分布図も用意されている。フィリピン群島周辺については、Repetti の論文も参考にした上で1627年から1968年までの期間についての資料がとりまとめられているので役に立つものと考えられる。ただし、この津波カタログはロシア語で記述されている。

Soloviev and Gao (1974) にさきだって1967年に Iida らは太平洋における津波カタログ作成原稿をハワイ大学で用意した。記述は簡潔であるが、年表としてはソ連のものと同じ内容であるとみられる。

IV 今後検討すべき問題点—とくに津波について—

以上、1976年8月17日、ミンダナオ島南部に起こった地震と津波について、PAGASA による Preliminary Report を参考にしながら説明した。

著者が防災研究所で海岸災害に関する研究にたずさわっているところから、とくに津波に関連した今後の問題点を列挙しておきたい。

- (1) 津波の波源の推定・海底地殻の変動の推定とそれに基づく津波の数値計算あるいは逆伝播図などの図式解法。
- (2) 津波の危険度の予測。リターン・ペリオドの推定、周期分析あるいは時系列解析の応用。
- (3) 津波対策の防災上の効果の評価。
- (4) 津波対策における経済性の問題。
- (5) 津波対策の社会的効果。

しかし、これらの諸問題は簡単に答が得られるものではない。

ここでミンダナオ南部の地震と津波とをかえりみると、さしあたって必要なことは、このつぎはいつ頃、どこに、どの程度の規模の地震や津波が起こるかということである。これに対する答は(1)と(2)とから得られることであろう。そして、その答をもとにして(3)の効果的津波対策が検討されることになり、その対策の実施にあたっては、(4)経済性や(5)社会的効果も十分考慮しなくてはならないであろう。

参 考 文 献

- Bulletins of the Manila Central Observatory*, Weather Bureau, from 1900 to 1932.
- Damasco, Z. J. 1969. "Seismicity of the Philippines 1897-1967. Individual Study Report," *Bull. of IISEE*, Vol. 6, 1970.
- Gutenberg, B. and Richter, C. F. 1954. *Seismicity of the Earth and Related Phenomena*. Princeton Univ. Press, Princeton, N.J. 2nd Ed.
- Iida, K., Cox, D., and Pararas-Carayannis, G. 1967. *Preliminary Catalogs of Tsunamis in the Pacific*. Hawaii Institute of Geophysics, University of Hawaii, HIG-67-10, Data Report No. 5, a200 pp.
- ITIC 1976. Severe Earthquake and Tsunami Hit the Philippines, August 16, 1976. *ITIC Newsletter*, Vol. 9, No. 3, pp. 1-18.
- Kintanar, R. L. 1976. *On the Moro Gulf Earthquake of August 17, 1976*. Preliminary Report, NGAS, 13p. 7 Figs. and 7 Tables.
- Minoza, W. A., Ocamopo, A. T. and Bellosillo, S. 1960. "Significant Philippine Earthquakes 1949-1959," *Philippine Weather Bureau Scientific Paper*, 101.
- Repetti, W. C. 1946. "Catalogue of Philippine Earthquakes 1589-1899," *Bull. Seis. Society of America*, 36.
- Rothe, J. F. 1969. *La Seismicite du Globe, 1953-1965*. UNESCO, Paris.
- Soloviev, S. L. and Gao, Ch. N. 1974. *Catalogs of Tsunamis in Western Coast of the Pacific Ocean*. Akademii of Sciences USSR, Izdat Nauka, 310 pp.