

# フィリピン・ルソン島北部地震 (1990, 7, 16) における災害調査報告

徳広 育夫  
(受理 平成3年5月31日)

## A REPORT ON DAMAGES TO BUILDINGS DURING THE NORTH LUZON EARTHQUAKE, PHILIPPINES, OF JULY 16, 1990

Ikuo TOKUHIRO

The strong earthquake of 7.7 in magnitude with epicenter near the Cabanatuan City had shaken much of Luzon Island at 4:45 p.m. bringing about considerable damage to life and property especially to northern Luzon.

The six investigators who engage themselves in teaching and designing the building structures went to philippine on september 7, 1990 after about fifty days of the earthquake.

On some days of August, we had wanted to make a survey, but the bad political condition and the preferential of rescue extended for one month.

We reached MANILA on September 7, and next day visited Department of Civil Engineering, University of the Philippines.

We could hear about the casualties from the chairman and some reserchers of the Department who made the survey after ten days from the earthquake<sup>2)</sup>.

This report shows the survey of casualties due to the earthquake in DAGUPAN and BAGUIO caused much damages to the buildings.

### 1. 序

1976年8月17日現地時間0時12分 a.m. にフィリピンのミンダナオ島中西部にマグニチュード7.8の地震が発生したが、この地震による震域は、ミンダナオ全島及びルソン島の一部やボルネオ北部でも感じられたと報告している<sup>1)</sup>。それから14年過ぎ、1990年7月16日現地時間午後4時45分フィリピンルソン島北部にマグニチュード7.7の地震が発生し、ルソン全島で感じられたと報告している。今回の地震は、コルディレラ山脈に広がっているフィリピン断層及び支線断層のくずれによるものである<sup>5)</sup>。

この地震によりヌエパシハ州カバナツアン、パンガシアン州ダグupan及びベンゲット州バギオでは多くの災害が発生した。

日本の新聞、テレビも約1週間にわたって報道して

いた。これらの報道で、3000名程の死者の殆どが鉄筋コンクリート造のホテル、学校建築の倒壊によるものであることを知った。

鉄筋コンクリート構造の研究に従事している仲間及び建築設計事務所関係の6名で調査団を結成した。

九州大学・教授 崎野健治  
九州共立大学・教授 江崎文也  
琉球大学・助教授 山川哲雄  
広岡建築事務所 所長 広岡利貞  
同 所員 原 英基  
鹿児島大学・教授 徳広育夫

8月中に現地入りを望んだが、政情不安(クーデター、水野さん事件等)や悪い交通事情のために伸び伸びになり、やっと9月8日夜にマニラに到着した。空港には以前九州大学工学部水工土木学科の留学生であった Ph.D.R. Medina, 氏と彼の会社社員に出迎を受

け、Hotel Nikko Manila Garden まで送ってくれた。当夜はホテルで翌日からの調査行程等の打ち合わせをおこなった。

翌日は朝から R. Medina 氏の計らいで、地震直後現地調査を行っていたフィリッピン大学の Dept. of Civil Engineering の Asst. Professor and Chairman Juinio, Jr. の建築構造研究室を訪問し、教授他3名のスタッフから今度の災害状況をスライドを使って説明を受け、さらに現地までの交通状態について聞くことができた。

震源に近いカバナツァンは山越えが多く、かつ交通事情が悪いとのこと、また日程の都合で調査の重点をバギオにすることにした。

フィリッピンは5月から10月中旬までは雨期で、マニラから災害地バギオまでの飛行は1日1便で、それも飛行する確率は20%との事であった。一行は運転手付きレンタカーでR.Medina氏の会社に勤務しているピリピーノと英語の話せる Antonio 氏に同行してもらい地盤の液状化現象を起こしたダグーパン経由バギオへ翌日出発することをきめた。午後はレンタカーの手配をしてマニラ市内の見物をした。銀行やデパート

の前にはカービン銃を脇に持った兵士?が立っていて異様な雰囲気を感じた。

## 2. ダグーパンの災害状況

マニラから高速道路をレンタカーで順調に約1時間走った。まず最初に出会ったのは家・堤防が水没していた災害風景であった (Photo 1)。フィリッピン大学で聞いていたが、付近の住民に地震である建物は沈んだのか聞いたが分からないとのことであった。



Photo 1 Sunk house

そこから約30分走ると道路に車があふれ、交通遮断にあった。鉄橋の落下である (Photos 2(a), (b))。

昭和39年5月の新潟地震で昭和大橋の落下を見た時の光景を思い出した。鉄橋の落下、橋脚の傾斜・沈下で人々は向こう岸とこちらの岸を落下した鉄橋に沿って歩いて渡っていた。我々はレンタカー利用者であるため、仕方なく川に沿って田舎のこぼ道を書く速度で1時間程進んでサンカルロスまで行き、小休止した。

そこで目についたのは、フィリッピンで多分古風で、庭には大砲がある家であった (Photo 3)。1, 2階の壁は崩れ人が住める状態ではなかったが、骨組がしっかりしていたので、壁の修理をすれば充分使用できると判断した。実験室で壁の薄い耐震壁の実験終了時の試験体を見ているのと同じ状態であった。小休止後少し走ると、庭が凹凸になっていた学校が目についた (Photo 4)。

地盤の液状化現象によるもので、パンガシナン州の人口約20万<sup>3)</sup>のダグーパン (Chartered City) はもう近いことを感じさせた。

少し走ると河口の都市ダグーパンに着いた。そこは昭和39年5月の新潟地震後の街景と同じであった。

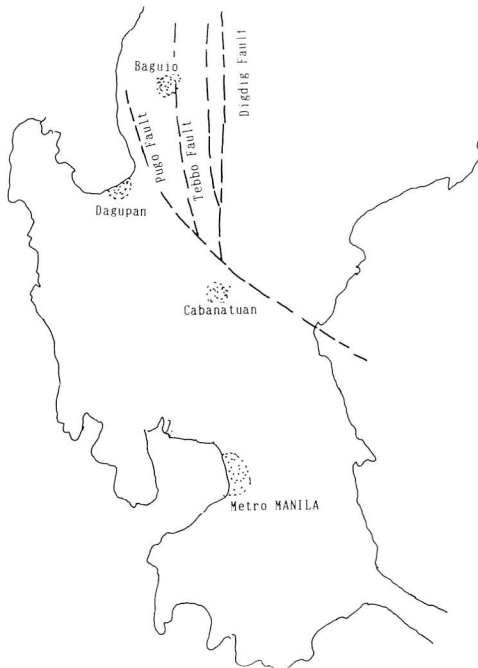


Fig. 1 Major Branches of the Philippine Fault, Northern Luzon



Photo 2 (a) Falldown bridge on the way from MANILA to DAGUPAN



Photo 4 Garden of school caused liquefaction due to the earthquake shaking

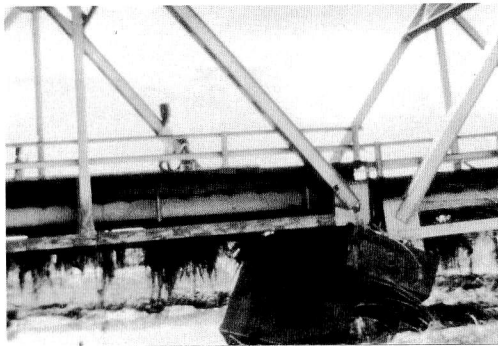


Photo 2 (b) Inclined foot of the bridge



Photo 3 Residential house on the way to Dagupan  
The earthquake caused much damage so that the house is not able to use.



Fig. 2 Pangasinan State  
LINGAYEN (Provincial Capital)  
DAGUPAN and SAN CARLOS (Chartered City)

地盤が液状化して街路はでこぼこ道で深い水たまりがあり、バス・トラック等は苦勞して運轉していた (Photos 6(a), (b), (c))。地中埋設の電線、電話線、給配水管の破断で都市が約1か月麻痺していたとのことであった<sup>5)</sup>。

地中のガソリタンクが地上に浮き上がっているのを見て、震動による地盤の液状化の恐しさを感じた (Photo 7)。

<木造建物>

1階に間仕切りのない商店等は、剛性が小さくかな



Photo 5 River near DAGUPAN

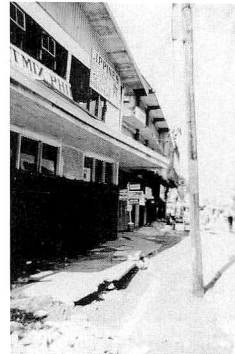


Photo 6 (c) Damaged roads in DAGUPAN



Photo 6 (a) Damaged roads in DAGUPAN



Photo 7 Gas. tank floated to the ground surface



Photo 6 (b) Damaged roads in DAGUPAN



Photo 8 (a) Inclined wooden house



Photo 8 (b) Inclined wooden house



Photo 9 (b) Inclined reinforced concrete building



Photo 8 (c) Inclined wooden house



Photo 9 (c) Inclined reinforced concrete building

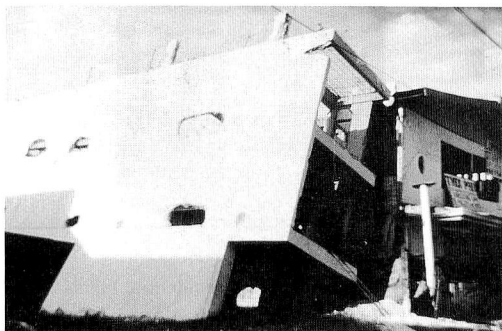


Photo 9 (a) Inclined reinforced concrete building



Photo 10 Unevenness of eaved of shopping house



Photo 11 Subsidence of residential house



Photo 12 (b) Subsidence of shopping house

り揺すられたらしく、今にも倒れそうであった (Photos 8(a), (b), (c))。

#### <鉄筋コンクリート造建物>

重量が重い鉄筋コンクリート造の建物の幾つかは、不同沈下により大きく傾いていた (Photos 9(a), (b), (c))。

沈下してない鉄筋コンクリート造建物がある。これらは地中に杭を打ち込んで基礎がしっかりしていたからであろう。住居のなかには約50cm沈んで出入りが地面より下にあるものもあり、不便を感じていることであろう (Photo 11)。

重い鉄筋コンクリート造の建物と軽い木造が混在する街並は不均等に沈下して、凹凸になっていた (Photo 10)。

沈下した商店の多くは周囲に水がたまり出入りが出来ないため、店の前に路店を出したり、床を上げて小さな橋をかけて商売をしていた (Photos 12(a)-(e))。

前に述べたように、震災に会ってから約50日過ぎ



Photo 12 (c) Subsidence of shopping house



Photo 12 (a) Subsidence of shopping house



Photo 12 (d) Subsidence of residential house

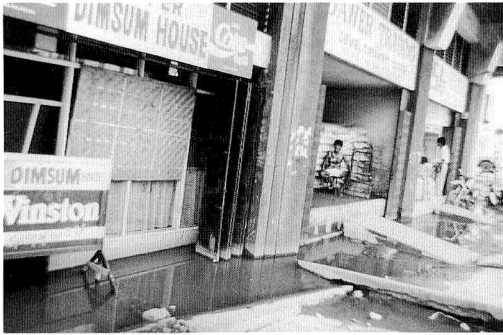


Photo 12 (e) Subsidence of residential house

を覚悟して日本からインスタントラーメン・缶づめを、更にマニラからエビアン(飲料水)を持参していた。

しかし、バギオでは古い4階建ての鉄筋コンクリートのホテルが残っていて何とか宿泊できた。

翌朝近くの中華料理店で朝食をとり、バギオ市役所(City Hall BAGUIO)の観光係で地震状況の説明を聞いた。

多くの住宅が被災し、住民は市役所近くの仮小屋住まいをしているとのことであった。市役所近くの交通案内で文献<sup>4)</sup>を購入し、次にバギオは金の鉱山が多いため設置されている地質研究所を訪ね文献<sup>5)</sup>を入手した。

バギオは断層が多く走っていて、地割れ・地滑り・沈下で大きな被害をうけたとの説明であった。



Photo 13 Whole view of BAGUIO city downtown

ていて、幾つかの建物は取り壊し中であったが、手もつけられない建物が多く、ダゲパンの復旧にはかなりの日数を要するものであろう。

### 3. バギオの災害状況

ダゲパンから海沿いの景色のよい西海岸道路をアゴオまで走った。アゴオで小休止した。ダゲパンの調査で疲れて、喉が乾いていた時、都合よく露店で椰子の実を売っていた。椰子をくなた>で切ってストローで中の水を飲んで元気がでた。またアゴオから地震で一面に崩れた山肌が見えた。バギオは地図で見ると近く、すぐ到着すると思った。しかし、アゴオから高低差が1000-1500mの高原都市バギオまでは時間がかり過ぎた。

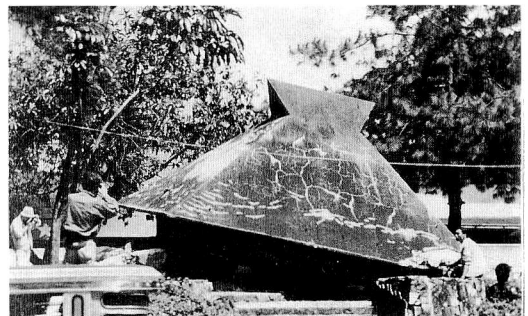
それは凹凸道で急カーブの多い道で、所々崖崩れがあり、その上スコールに会い、目の前が真っ暗くなった。

夜9時頃やっとホテルに着いた。ホテルの80%が被害をうけている事が、マニラの報道で知らされて(特に古い建物に被害集中：日本の新聞)いたので、無宿

#### <REST HOUSE IN PARK>

広々とした公園に約100m離れて4ヵ所のレストハウスがあった。皆同じ形であるが1ヵ所だけ倒壊していた(Photo 14)。

同じ形・構造の建物であるが、地盤の相違による事が考えられた。

Photo 14 Rest house in park  
Crushed four reinforced concrete columns

### <BAGUIO PARK HOTEL>

公園に面した地上6階までが鉄筋コンクリート造、7階が鉄骨造のホテルの倒壊で27名の死者をだした。1階の半分がエントランスホールで、他の半分は南側Photo 15 (a)から北側Photo 15 (b)へ通じる自動車寄せになっていた(取り壊し中の職人の話)。“自動車寄せに付けた時地震が起こった。すぐにバックしようとしたが、あまりに早く建物が壊れたので、その時間さえなかった。”(自動車の持ち主)<sup>4)</sup>。地震発生から数秒後には倒壊しているということは、この建物はくねばり>のないせん断破壊か、細い柱の圧縮破壊が原因であると思われた。



Photo 16 (a) HOTEL NEVADA before the earthquake



Photo 15 (a) BAGUIO PARK HOTEL (south side view)



Photo 16 (b) HOTEL NEVADA after the earthquake



Photo 15 (b) BAGUIO PARK HOTEL (north side view)



Photo 16 (c) HOTEL NEVADA after fifty days from the earthquake

Twenty seven persons were dead.



## &lt;HOTEL NEVADA&gt;

1階が落階していた。地震前のPhoto 16(a)から判断すると、1階の前面柱には腰壁が付き短柱になっている。

柱のせん断破壊により急激に落階したのであろう。

この建物の中で何人の死者が出たか分からないが、非常に多かった（取壊し中の職人の話）。

## &lt;SKY WORLD&gt;

1階の腰壁付き前面柱は完全にせん断破壊していた（Photo 17(b)）。また外壁全面に多くのひび割れが見え、3-9階のベランダ部分の雑壁の破壊が目についた。

腰壁はブロックであるが、この腰壁ブロックがかなり抵抗したことを示している。



Photo 17 (a) SKY WORLD (west side view)

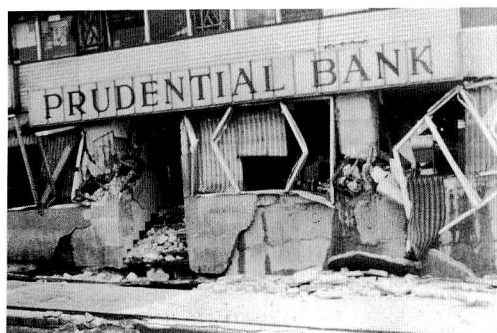


Photo 17 (b) SKY WORLD (front view)  
First story columns were collapsed.

## &lt;HYATT TERRACES HOTEL&gt;

国際会議が行われていたこのホテルの倒壊によって多くの死者が出た。日本の新聞・テレビでも今回の地震について報道される度に画面に出ていた。Photo 18(a)は地震前の状態で、その左側の倒壊の様子がPhoto 18(b)である。前面の柱が引きちぎられて後ろ向きに倒れている。また右側の搭状建物部分の倒壊がPhotos 18(c), (d)である。塔状建物全体の曲げによって引張側柱の柱脚のD38鉄筋が引き抜かれているPhotos 18(e), (f)。

倒れた瞬間の衝撃で上階柱の柱頭、柱脚が曲げ破壊したのであろう（Photo 18(g)）。倒壊を免れた建物も被害が大きく、1階下の立ち上がり短柱のせん断破壊Photo (h)、隅柱の割裂破壊Photo 18(i)、その他壁にはX型のせん断ひび割れが多く、個々の構造部材の破壊がひどく今後使用出来る状態ではなかった。

調査中に2人の死者が発見された。上階から順に床版を丁寧に取り除き死者が発見されると石膏で固めて本国に送り返すとのことであった。

ネバダホテル、ハイアットテラスホテルともに断層線上にあると報告されている<sup>5)</sup>。

## &lt;SIESTA INN and AMAPOLA&gt;

固有周期が異なる建物が接近し過ぎて、地震時にぶつかり合って壊れた<sup>5)</sup>（Photo 19）。

## &lt;BAGUIO HILLTOP HOTEL&gt;

傾斜地であるため南側から見ると8階建てであるが、北側から見ると7階である（Photos 20(a), (b)）。

1階は倉庫らしく荷物が積んであった。柱・梁は大きくて、頑状にみえた。その上に7階全体が倒壊し重なり合っていた（Photo 20(c)）。

断層の近くに建てられ、設計が貧弱（inferior）であると報告されている<sup>5)</sup>。

## &lt;ROYAL INN&gt;

2，3階は宿舎で小さい部屋の間仕切り壁があり、剛性が高くなっているのに、1階はホテルのロビー、商店等の広い空間があり、剛性が低く完全落階になったようだ（Photo 21）。

## &lt;FRB HOTEL&gt;

1・2階の柱が折れて倒壊した。3階から上部は円形で壁で囲まれ剛性強度ともに高そうだ。1・2階は柱梁だけでいわゆるピロティ型で、しかも細い柱で剛性の違い過ぎによるものであろう（Photos 22(a), (b)）。



Photo 18 (a) HYATT TERRACES HOTEL (front view) before the earthquake

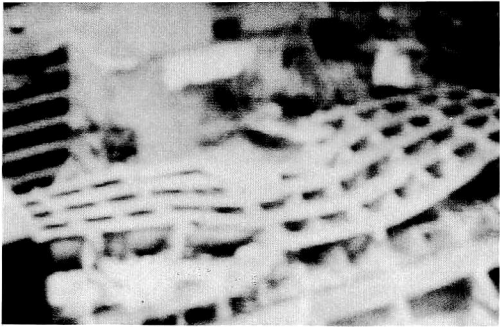


Photo 18 (b) HYATT TERRACES HOTEL (front view) after the earthquake



Photo 18 (c) HYATT TERRACES HOTEL  
Collapsed tower of hotel



Photo 18 (d) HYATT TERRACES HOTEL  
Collapsed tower of hotel

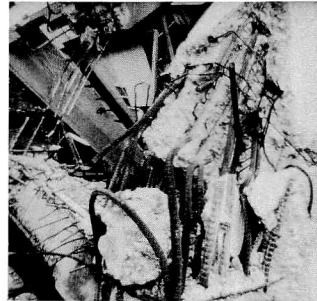


Photo 18 (e) HYATT TERRACES HOTEL  
Bottom of main column of the tower

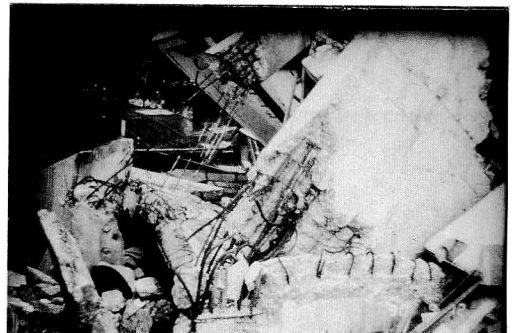


Photo 18 (f) HYATT TERRACES HOTEL  
Bottom of main column of the tower



Photo 18 (g) HYATT TERRACES HOTEL  
Lain down column



Photo 19 SIESTA INN and AMAPOLA

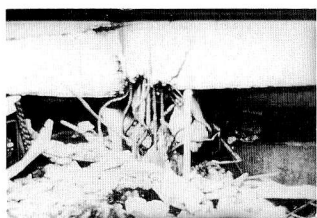


Photo 18 (h) HYATT TERRACES HOTEL  
Failure of short column

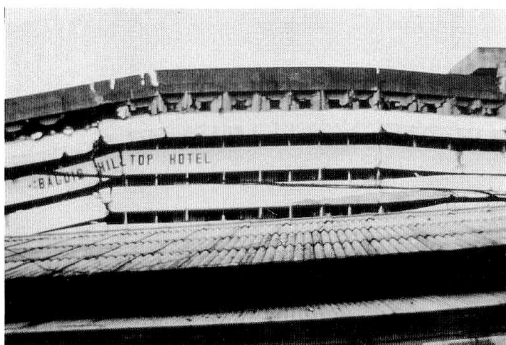


Photo 20 (a) BAGUIO HILLTOP HOTEL (south  
side view)  
Seven floors over the ground were failed.

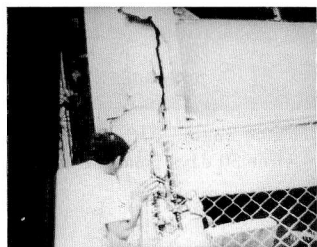


Photo 18 (i) HYATT TERRACES HOTEL  
Splitting failure of column



Photo 18 (j) HYATT TERRACES HOTEL  
Two dead men appeared on the bed

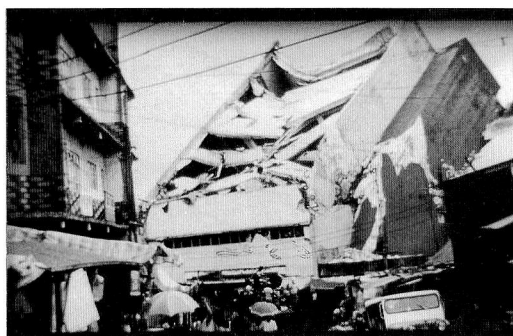


Photo 20 (b) BAGUIO HILLTOP HOTEL (north  
side view)  
Portion of Entrance

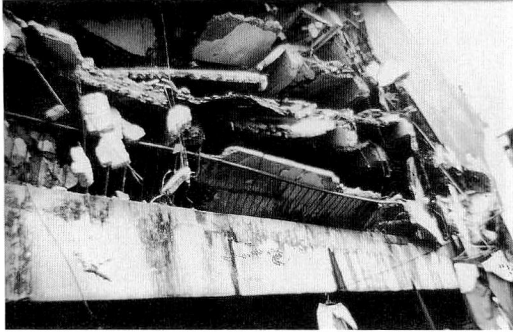


Photo 20 (c) BAGUIO HILLTOP HOTEL (west side view)  
Basement floor structures remained without collapse.



Photo 22 (a) FRB HOTEL  
After the earthquake



Photo 21 (a) ROYAL INN  
First story columns were collapsed.

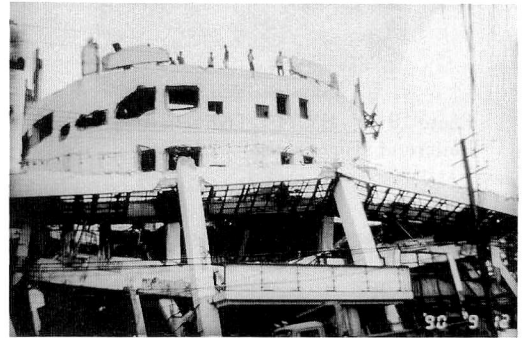


Photo 22 (b) FRB HOTEL  
After 50 days from the earthquake

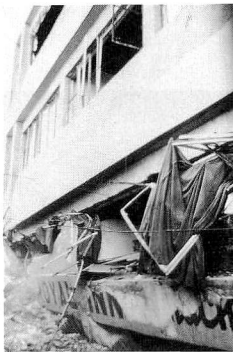


Photo 21 (b) ROYAL INN

<University of BAGUIO College of Commerce>

5階部分が落着して上下の床が重なり合っている(Photo 23(a))。この階の西面の柱は外に出て鉄筋でぶら下がっている(Photos 23(b), (c))。西面で見られる様に壁がない階で極端な剛性強度の差が原因で落着いたのであろう。

北面は壁梁柱に多くのひび割れが見え、仕上げモルタルがはげ落ちていた(Photos (d), (e))。教室内の仕切り壁はブロック造で日本の基準位配筋されてる。床にアンカーされているが、上の梁にアンカーされてなかった。このため急に倒れ(Photo 23 (f))多くの死者が出た<sup>2)</sup>。バギオ大学の付近には多くの木造住宅があった(Photo 23 (g))が、無被害か被害があっても軽微であった<sup>5)</sup>。

<Little Angeles Nursery School>

FRBホテルの向い側にある2階建ての学校である。



Photo 23 (a) University of BAGUIO College of Commerce (south and east view)  
Fifth story columns were collapsed



Photo 23 (b) University of BAGUIO College of Commerce (West side view)  
Fifth story columns have no framed wall.



Photo 23 (c) University of BAGUIO College of Commerce Column failed due to shear

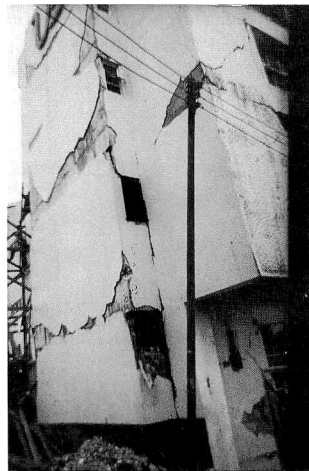


Photo 23 (d) University of BUGUIO College of Commerce North side view.  
Many cracks on the exterior wall

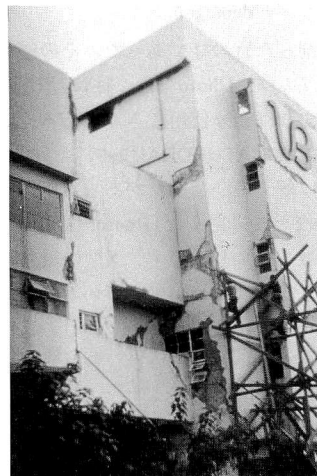


Photo 23 (e) University of BAGUIO College of Commerce North side view,  
Many cracks on the exterior wall



Photo 23 (f) University of BAGUIO College of Commerce (Some students were dead<sup>1)</sup> by falling of hollow concrete block wall.)



Photo 24 Little Angeles Nursery School near FRB HOTEL (Shear cracks of Bamboo and clay wall)

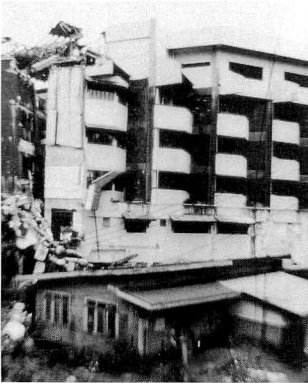


Photo 23 (g) University of BAGUIO College of Commerce Smaller buildings at Surroundings are negligibly or partially damaged.



Photo 25 (a) BAGUIO CATHEDRAL (East-south view)

壁は土と割った竹の様であった。その壁が大きくせん断破壊していた (Photo 24)。柱にひび割れが見えたが、修理すれば充分使用できるであろう。

#### <BAGUIO CATHEDRAL>

外壁には多くのひび割れがあったが、堂々とそびえいかにも強そうに見えた (Photos (a), (b))。しかし、聖堂内の数少ない柱のうち、X型の繰り返しせん断力による大きなひび割れが生じているのがあった。主筋は座屈しかかっていた (Photo 25(c))。また曲げによって圧壊を始め、小さな斜めひび割れが生じている柱もあった (Photo 25(d))。

内部に多くの支柱を立てて修理・補修をしていた。

#### <BAGUIO City Export Processing Zone>

工場用地内の建物は2棟であった。用地内の入り口の看板からみると、工場No.1には4社、工場No.2に



Photo 25 (b) BAGUIO CATHEDRAL (Entranse)  
Many small cracks were observed.

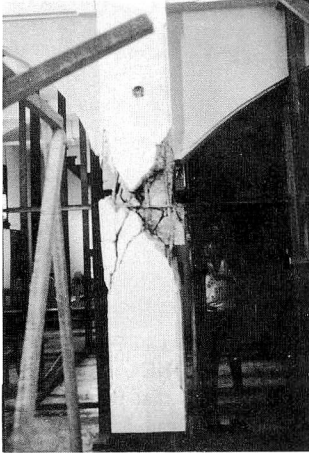


Photo 25 (c) BAGUIO CATHEDRAL  
Diagonal cracks in the inner column occurred due to shear.

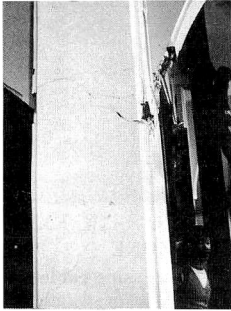


Photo 25 (d) BAGUIO CATHEDRAL  
Concrete crushing occurred due to bending.



Photo 26 (b) BAGUIO CITY EXPORT PROCES-  
SING ZONE  
(Factory No.1) Concrete cover of some columns fell  
down.

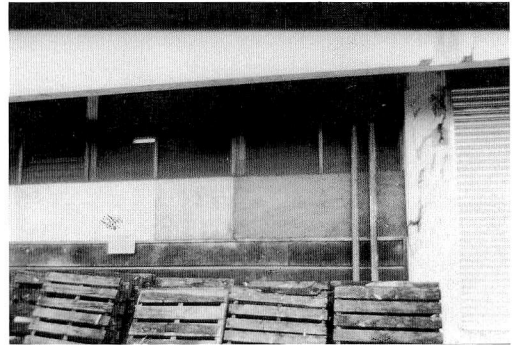


Photo 26 (c) BAGUIO CITY EXPORT PROCES-  
SING ZONE  
(Factory No.1) Vertical cracks due to splitting in  
several columns occurred.



Photo 26 (a) BAGUIO CITY EXPORT PROCES-  
SING ZONE  
East side view of Factory No.1

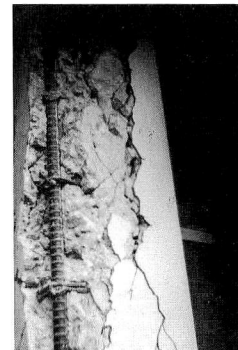


Photo 26 (d) BAGUIO CITY EXPORT PROCES-  
SING ZONE  
(Factory No.1) Vertical cracks due to splitting and  
concrete fell down.

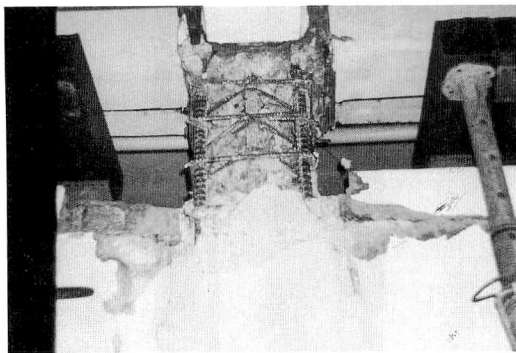


Photo 26 (e) BAGUIO CITY EXPORT PROCESSING ZONE

(Factory No.1) Short column with ordinal and diagonal tie bars

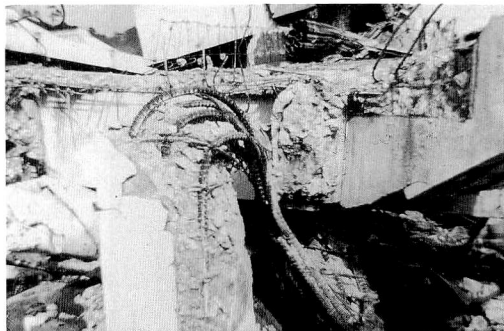


Photo 26 (h) BAGUIO CITY EXPORT PROCESSING ZONE

(Factory No.2) It seems that the column supported the pre-stressed concrete beam.



Photo 26 (f) BAGUIO CITY EXPORT PROCESSING ZONE

The earthquake ruined the factory No.2  
About 200 persons were dead.

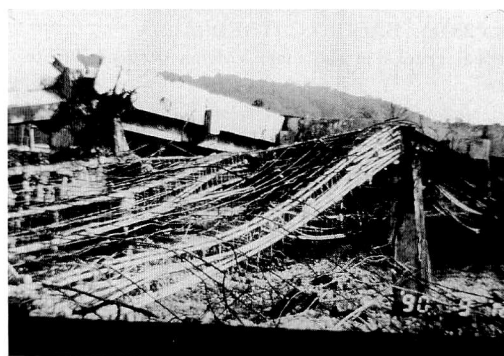


Photo 26 (i) BAGUIO CITY EXPORT PROCESSING ZONE

(Factory No.2) Pre-stressing cable



Photo 26 (g) BAGUIO CITY EXPORT PROCESSING ZONE

(Factory No.2)  
About fifty persons were dead by fire.

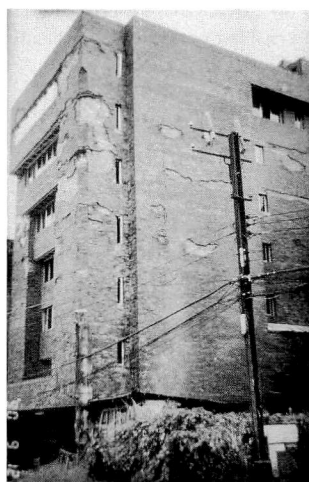


Photo 27 City trust and bank building  
Fall down of brick finish





Photo 28 (a) Inclined Wooden Houses due to Landslide

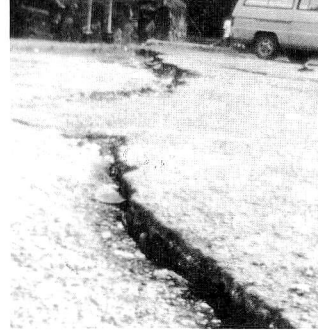


Photo 29 (a) Crack of ground

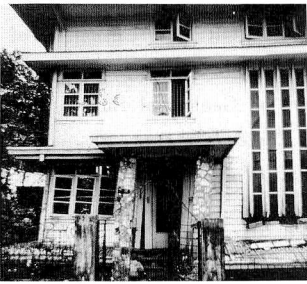


Photo 28 (b) Inclined Wooden House



Photo 29 (b) Crack in runway of air port



Photo 28 (c) Inclined Wooden House

は8社が操業していたらしい。工場No. 1 (Photo 26 (a))の各柱に何かのひび割れが生じていた。被覆コンクリートが落ちた柱(Photo 26 (b))， 割裂破壊寸前の柱(Photo 26 (c))， 被覆コンクリートが落ち， なお割裂破壊しかかっている柱(Photo 26 (d))， 被覆コンクリートが落ち， 帯鉄筋の間隔が小さく， かつ菱型の帯鉄筋が設けられコアのコンクリートで支えられている柱(Photo 26 (e))等種々の柱が混在していた。工場内は多くの鋼製の支柱が立てられていたが， 操業していた。

工場No. 2は地震で完全に廃虚になっていた(Photo 26 (f))。200人以上の死者を出したが， そのうちの50人位は火災によるものであった(Photo 26 (g))。未だ掘り出されてない死者があると云っていた。工場No. 2はP.Sコンクリート梁を用いた大スパンの建物で， その梁を支えていた柱(D38 鉄筋使用)が折れていた(Photo 26 (h))。P.S.のケーブルがきれいに残ってい

たが(Photo 26(ii)), P.S.コンクリート梁には高強度のコンクリートが使用されていて、落階と同時に粉々に散ってしまったのではないかと思われた。50日も過ぎていたので、コンクリートを救助のため剥したのかもしれない。

#### <City Trust and Bank>

街路に面した7階の建物である。階高が高いのか、バギオではかなり高い方の建物に見えた。外壁の仕上げ(多分煉瓦)の剥落が目についた。

#### <木造の建物>

木造建物に対してもかなりの被害があったらしいが、その現場を見ることができなかった(Photo 28, 写真店で購入)。

住居40000戸の調査では、倒壊したものが5%、部分被害25%であるが、険しい崖縁に建っていて地滑り、地盤沈下によるものが多い<sup>5)</sup>。Photos 28 (b), (c)はネバダホテルの近くの建物である。1階が傾き戸が閉まらない状態であった。

#### 4. おわりに

今回の地震災害調査はダグパンとバギオに限った。

地震発生後50日過ぎていたので、除去されていた建物が多く十分な調査記録とは云えないが、日本で幾つかの地震災害調査及び建物の構造設計をしたことのある自分に多くの研究資料と教訓を与えた。

最後になってしまったが、これだけの調査ができたのはR.Medina氏の助けによるものである。この上ない感謝の意を表したい。

#### REFERENCES

- 1) グアテマラ・北イタリア・ミンダナオ島・ルーマニア地震災害調査報告 1979.2.25, 日本建築学会
- 2) Explanation of Alfredo B. Juinio, Jr.(Asst. Prof. and Chairman, Department of Civil Engineering, University of the Philippines)
- 3) PANGASINAN Provincial Profile
- 4) The GOLD ORE A Chronicle of the July 16,1990
- 5) A Report on Geological Hazard survey, Baguio Geology Center
- 6) MIDWEEK Vol.5 No.35 Aug.22 1990