

1999 年コロンビア・キンディオ地震 被害調査報告

橋本隆雄¹・宮島昌克²

¹正会員 (株) 千代田コンサルタント 都市計画部 (〒102-0072 東京都千代田区飯田橋 3-3-7)

²正会員 工博 金沢大学助教授 工学部土木建設工学科 (〒920-8667 石川県金沢市小立野 2-40-20)

1999 年 1 月 25 日にコロンビアのキンディオ県を襲った、マグニチュード 6.2 の直下型地震による現地被害調査を行った。この地震による死者は 1,000 名以上に上る。現地で収集した資料をもとに、まず、地震および地震動や被害の概要を報告する。また、被害の最も大きかった人口約 28 万人のアルメニア市に注目して、建物の被害分布を市街地の変遷との関係で整理し、考察するとともに、上水道被害を中心にライフライン被害と復旧状況について報告する。

Key Words : 1999 Quindio earthquake, earthquake damage, lifeline, ground motion, water supply pipeline, residential land

1. はじめに

阪神・淡路大震災から 4 年が経った 1999 年 1 月 25 日午後 1 時 19 分 (現地時間) に、南米コロンビアのアルメニア市近辺でマグニチュード 6.2 の地震が発生し、1,000 人以上の犠牲者が出た。コロンビアは世界第 2 のコーヒー輸出国であり、今回の地震はコロンビアのコーヒー三角地帯と呼ばれる地域の一角をなすアルメニア市を直撃した。この地域はアンデス中央山脈の西のすそ野に位置し、火山灰質の肥沃な土壌に恵まれている。赤道に近いものの、標高が 1,200m から 1,600m であるので、コーヒーに適した気候となっている。今回の地震で、コーヒーの輸出が 3 割程度減少するのではないかと心配されている。

土木学会耐震工学委員会地震被害調査小委員会では、この地震被害の調査のため、橋本隆雄、宮島昌克の 2 名からなる調査団を、3 月 3 日から 15 日までの 13 日間現地に派遣した。現地では文部省科学研究費補助金・突発災害調査団 (団長 鏡味洋史北海道大学教授) と行動をとにした。本文では現地で収集した資料をもとに、調査結果の概要を報告する。

2. 地震と地震動の概要

1999 年 1 月 25 日午後 1 時 19 分 (現地時間) に

コロンビアのキンディオ県 (図-1) で発生したマグニチュード 6.2 の地震は、キンディオ地震と現地では呼ばれている。コロンビアは国の西部がアンデス山脈の高地、東部はアマゾン上流域の低地である。アンデス山脈は南米プレートの下に太平洋側のナスカプレートが沈み込んでいく過程で形成されたものである。コロンビア西部における地震、火山活動は非常に活発である。

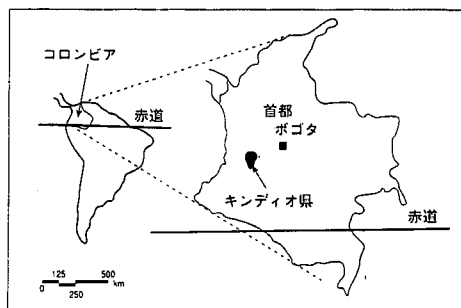


図-1 コロンビア・キンディオ県の位置図

キンディオ地震の震源要素を表-1 に示す。本震の震源はキンディオ県の中心都市である人口約 28 万人のアルメニア市の南約 17km であり、北緯 4.41°、西経 75.72°、深さが 10km 以内である。地震断層は北北西-南南東方向の左横ずれ断層である。図-2 は、コロンビア地質鉱山研究所 (INGEOMINAS) が決

表-1 地震の諸元

	本 震	余 震
日 付	1999. 1. 25	1999. 1. 25
時 分	13時19分 (18:19UT)	17時40分 (22:19UT)
緯 度	4. 41N	4. 39N
経 度	75. 72W	75. 72W
深 度	+/-10km	+/-10km
マグニチュード	6. 2	5. 8
モーメント	1. 8 E18Nm	—

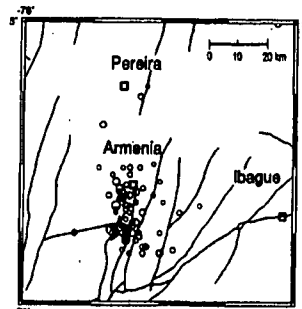


図-2 本震(★印)及び余震(○印)の分布

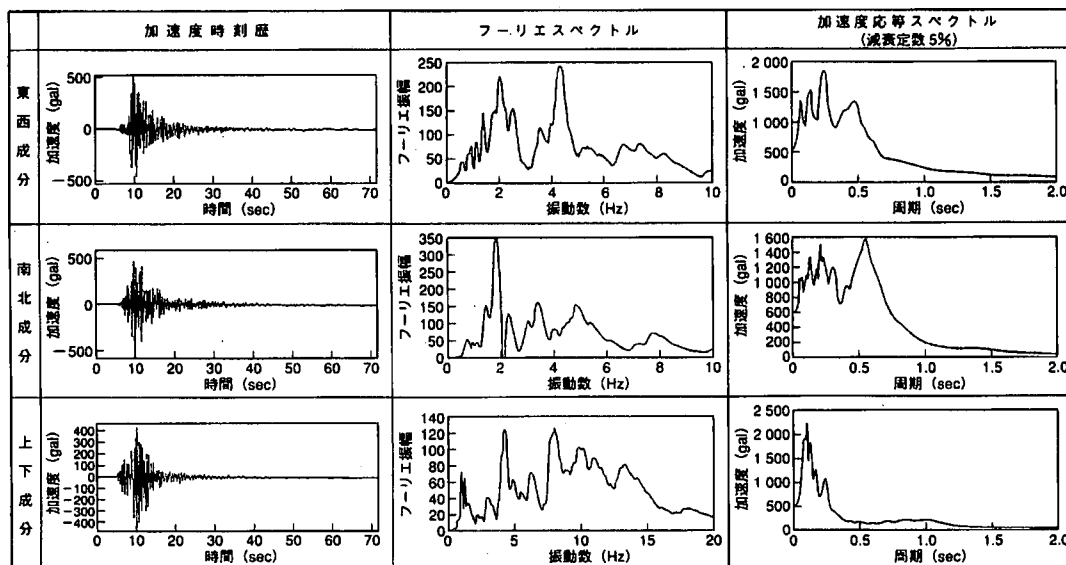


図-3 本震の加速度時刻歴とフーリエスペクトル、応答スペクトル(アルメニア市)¹⁾

定した本震の震央と、本震直後から約2週間の余震分布を示している。同図より、余震の大部分が本震より北に広がっていることがわかる。このことより、破壊は南で始まり北へ、すなわちアルメニア市の方
向へ向かって進行したと考えられる。したがって、いわゆるドップラー効果により地震波の周期は短く、振幅は大きくなることにより、アルメニア市における地震被害が大きくなったと推測することもできる。

最も大きな被害が生じたアルメニア市の北部にあるキンディオ大学では強震観測が行われており、本震の水平最大加速度は南北方向が 580.0gal、東西方向が 518.1gal、上下方向のそれは 446.7gal であった。加速度の時刻歴とフーリエスペクトル、応答スペクトルを図-3に示す。上下方向の最大加速度が水平動の約8割と大きいことが特徴的である。この他にも 11 点の岩盤、9 点の表層土で強震記録が得られている^{1), 2)}。最大加速度と震央距離の関係を図-4に示す。震央距離が 50 km以下である震源付近では4地点でしか記録が得られていないが、中程

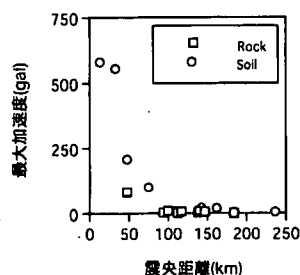


図-4 最大加速度と震央距離との関係

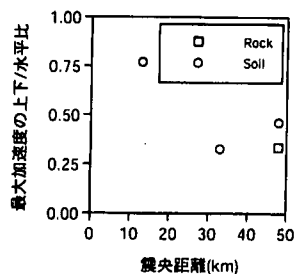


図-5 最大加速度の上下/水平比と震央距離との関係

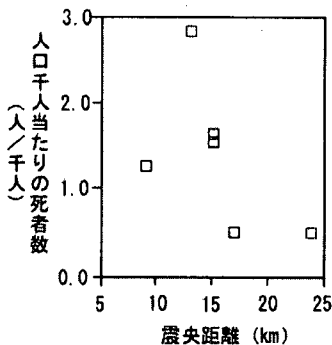


図-6 人口千人当たりの死者数と震央距離との関係

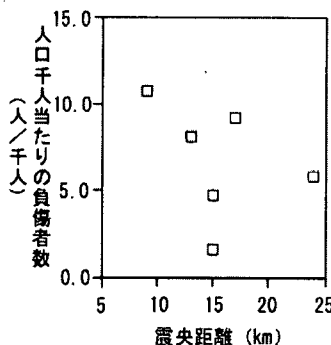


図-7 人口千人当たりの負傷者数と震央距離との関係

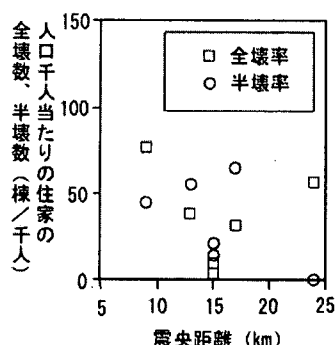


図-8 人口千人当たりの住家の全壊数、半壊数と震央距離との関係

度の地震の震源付近の記録という観点からは興味深い。また、最大加速度の上下／水平比を震央距離50km以内のものについて図-5にまとめたが、上下動が顕著なのは前述したアルメニア市だけであることが明らかである。

3. 地形・地質の概要

アルメニア市をはじめとする震源に近い地域は、火山灰および火山性堆積物に厚く被われた盆地状の地形である。火山灰および火山性堆積物は厚いところで100m以上に及んでいる。アルメニア市はアンデス中央山脈の裾野に続く傾斜の緩やかな台地上にあり、この台地の両側にはそれぞれ南西に流れるキンディオ川とエスペホ川がある。台地にはさらに無数の小河川が南西方向に流れており、台地を削る細長い谷地を形成している。近年、街の発展に伴って谷地を盛土して宅地化されてきているが、盛土に際しては必ずしも十分な締め固めが行われていない。

4. 被害の統計

3月3日現在の内務省のレポート³⁾によれば、死者の総数は1,171名、負傷者4,795名となっている(表-2)。この統計には行方不明者は含まれていないが700名以上であるという情報もあり、瓦礫の撤去に伴い死者数はさらに増えるものと思われる。主な市、村別の死者数を図-6に示す。ここでは、人口1,000人当たりの死者数を死者率として示した。前述したように被害の最も激しかったアルメニア市で死者率が高く、2.8人/千人となっている。これは阪神・淡路大震災の東灘区、灘区、長田区(いずれも5.0人/千人以上)よりも小さいが、兵庫区とほぼ同じ値である。また、全体的傾向としては、震央から離れるほど死者率も低減している。同様に負傷者数についても整理し、図-7にまとめた。

表-2 主な都市の死者、負傷者、死者率³⁾

都市名	震央距離(km)	人口(人)	死者(人)	負傷者(人)	死者率(人口1000人あたり)
アルメニア	13	283,842	800	2,300	2.8
ガラルカ	15	71,149	116	334	1.6
カイセドニア	15	50,534	48	80	1.5
ペレイラ	48	434,267	50	650	0.1
ラ・テバイダ	9	26,078	33	280	1.3
モンテネグロ	17	38,133	19	350	0.5
シルカシア	24	24,459	12	142	0.5
全体			1,171	4,795	

家屋の被害は、全壊または大破したものが45,000棟以上でありアルメニア市の全壊建物数は10,000棟以上である。現地で多く見られる建物の構造形式としては、竹筋泥壁工法、焼成煉瓦による無補強組積工法、煉瓦先積みによる低層枠組組積工法、中低層RC骨組み煉瓦壁後積み工法などである。建物総数に関する統計資料が得られていないので、主な被害地の人口で全壊、半壊住家数を除して人口千人当たりの全壊数、半壊数を求め、震央距離との関係を図-8に示した。なお、全壊とは倒壊を免れても、居住には耐えられず、撤去が必要な被害程度全てを指している。全体的に見れば、震央距離が大きくなるにしたがって全壊率、半壊率ともに減少している。

5. 建物被害および被害分布と市街地の変遷との関係

(1) 建物の被害

コロンビアの耐震規定は米国のATC-3の影響を強く受けたもので、1984年に作成されたが、法的な強制力がなかったため、ほとんど守られてこなかった。しかし、1998年にこれが改訂され、法律としての耐震規定が初めて制定された。これによれば、設計に用いる地盤面での水平震度は、被害が激甚であったアルメニア市では0.25である⁴⁾。

竹筋泥壁工法、焼成煉瓦による無補強組積工法による建物においては、壁同士が構造的に緊結されてお



写真-1 竹筋泥壁工法、焼成煉瓦による無補強組積工法による建物(提供 E.Rodriguez grandos)



写真-2 独立柱化した細長い柱が座屈した建物
(提供:E.Rodriguez grandos)

らず、地震時にそれぞれの壁が面外方向に容易に剥離、離脱して、建物の全体崩壊あるいは部分崩壊に至っているケースが多く見られた(写真-1)。一方、煉瓦先積みによる低層枠組組積工法、中低層RC骨組み煉瓦壁後積み工法による建物では、壁体部分がRC柱や梁、床部分本体とほとんど一体的に緊結されておらず、地震時には面外方向に容易に剥離、離脱した(写真-2)。そのために、独立柱化した細長い柱が座屈して建物の全体崩壊を招いているケースも見られた(写真-3)。さらに、RC柱の断面が小さいもの、施工面の問題からRC柱の断面が欠損しているものなども見られた⁵⁾。

(2) 市街地の変遷と建物被害分布との関係

アルメニア市内の土層は、フィンガー状に派生した丘陵地の間に軟弱地盤を挟んだ、入り組んだ地形をなしている。図-9にアルメニア市における北部と中央部の住宅被害数²⁾の比較を示す。北部は、1984年の建築基準によって建てられているものが多く、倒壊住宅が8棟と少なかった。中央部は、古い建物に被害が多く、県庁舎、市庁舎、病院、消防本部の建物、警察本部の建物、商店街も倒壊した。中央部

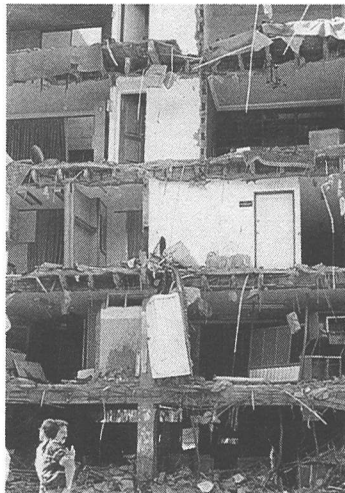


写真-3 中低層RC骨組み煉瓦壁後積み工法による建物(提供:E.Rodriguez grandos)



写真-4 大被害を受けたアルメニア市街地のブラジリア地区(提供:E.Rodriguez grandos)

での被害区分は倒壊が1割、倒壊は免れたが損傷が激しく全面撤去となるものが4割、中程度が3割、軽微なものが2割に及んだ。その西側には、アルメニア断層が北北東から南南西に横切っており、断層は直接動かなかったものの、地盤の悪い断層線の西側に被害が集中した。南部は、低所得者層が集中し、建物が古く、地盤が悪いため最も被害が多く、その区域の建物の全壊率は40~70%に及んでいた。そのほとんどが煉瓦造りの低層建物で、自分たちで建築したことが多い。しかし、中にはグアドゥアと呼ばれる太い竹を編んでつくられた、低コストである竹筋泥壁工法の平屋建てのものが、軽量であるためか被害が軽微なものもあった。ちなみに、北部のプロビデンシア地区では全壊率が30%であるが、中央部のセントロ地区では90%、南部のブラジリア地区では95%であった(写真-4)。

図-10は、地震により被害が最も大きかった市中心部の地形、および市街地の動向について1948年

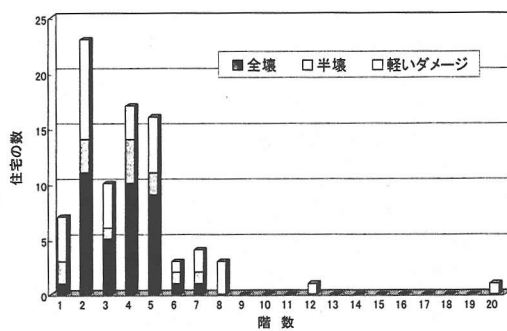
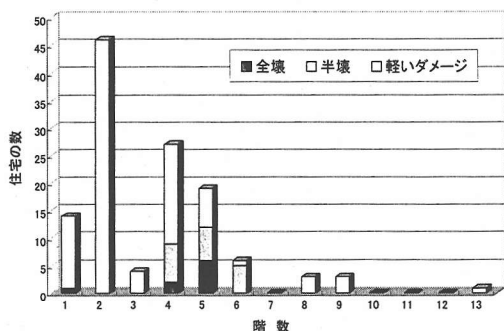


図-9 アルメニア市北部と中央部の住宅被害戸数²⁾

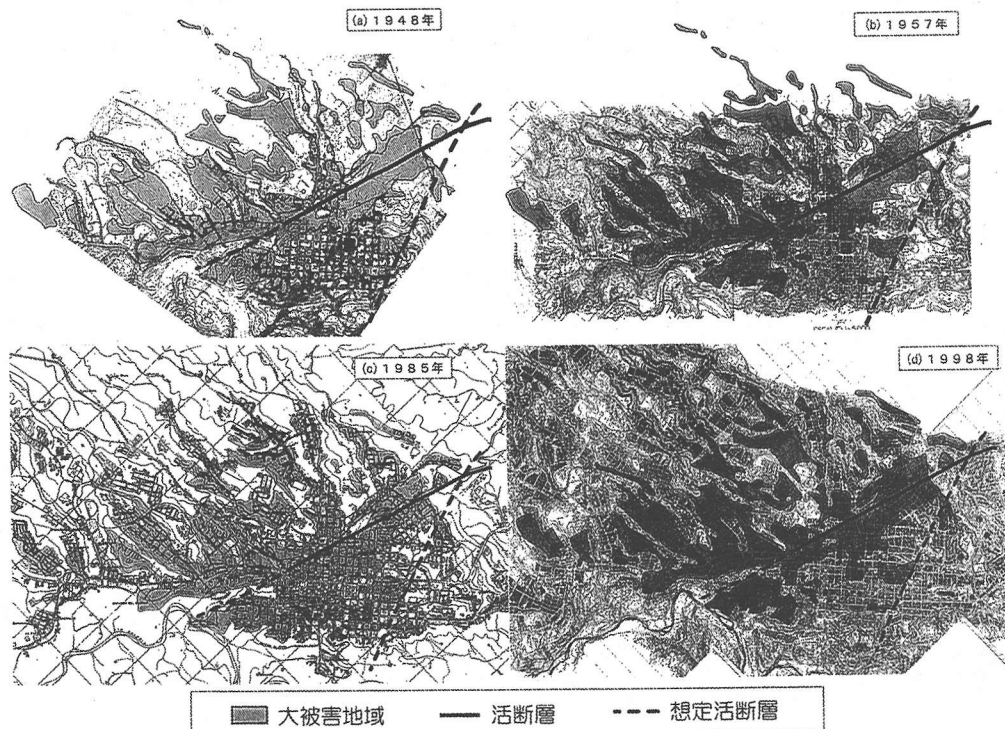


図-10 アルメニア市の1948年～1998年に至る市街化状況図の変遷

～1998年までを比較検討したものである。図-10における大被害地域とは、参考文献²⁾の付図において建物の被災レベルを4ランクに区分し、全壊地域として示されている地域であり、定量的な定義は明らかではない。1948年の市街地は小高い台地上に造られ、被害が非常に少なかった地域と対応していることがわかる。1957年と1985年の地図を見ると、1998年に至る中間でスプロールが発生している。中でも1957年の市街地は、急速なスプロール化に伴って崖斜面や軟弱地盤帯にまで広がってきている。また、1985年の市街地は、1957年とほぼ同様であるが、枝葉状にスプロールしている。この間にスプロールした市街地が、今回の地震で特に被害

が集中している地域と一致している。その後、市街地は南西方向の丘に広がったため、ここでの被害はむしろ少なかった。アルメニア市中心部および南部においては、盛土地区の配置と被害の分布がよい相関を示した。この様な盛土には大きな被害が見られ、全壊した消防署などもこの部分に立地していた。

以上のように、当初の市街地は安全な丘の上に造られたが、その後のスプロールで無計画に広がったがけ斜面およびその上下部では被害が大きく、さらにその後、南西方向に広がった新市街地は、安全な丘の上のみに留まっていたため、被害は少なかった。今後、南西方向の新市街地がスプロールする可能性があるとすれば、再び同様の被害を生じることが考

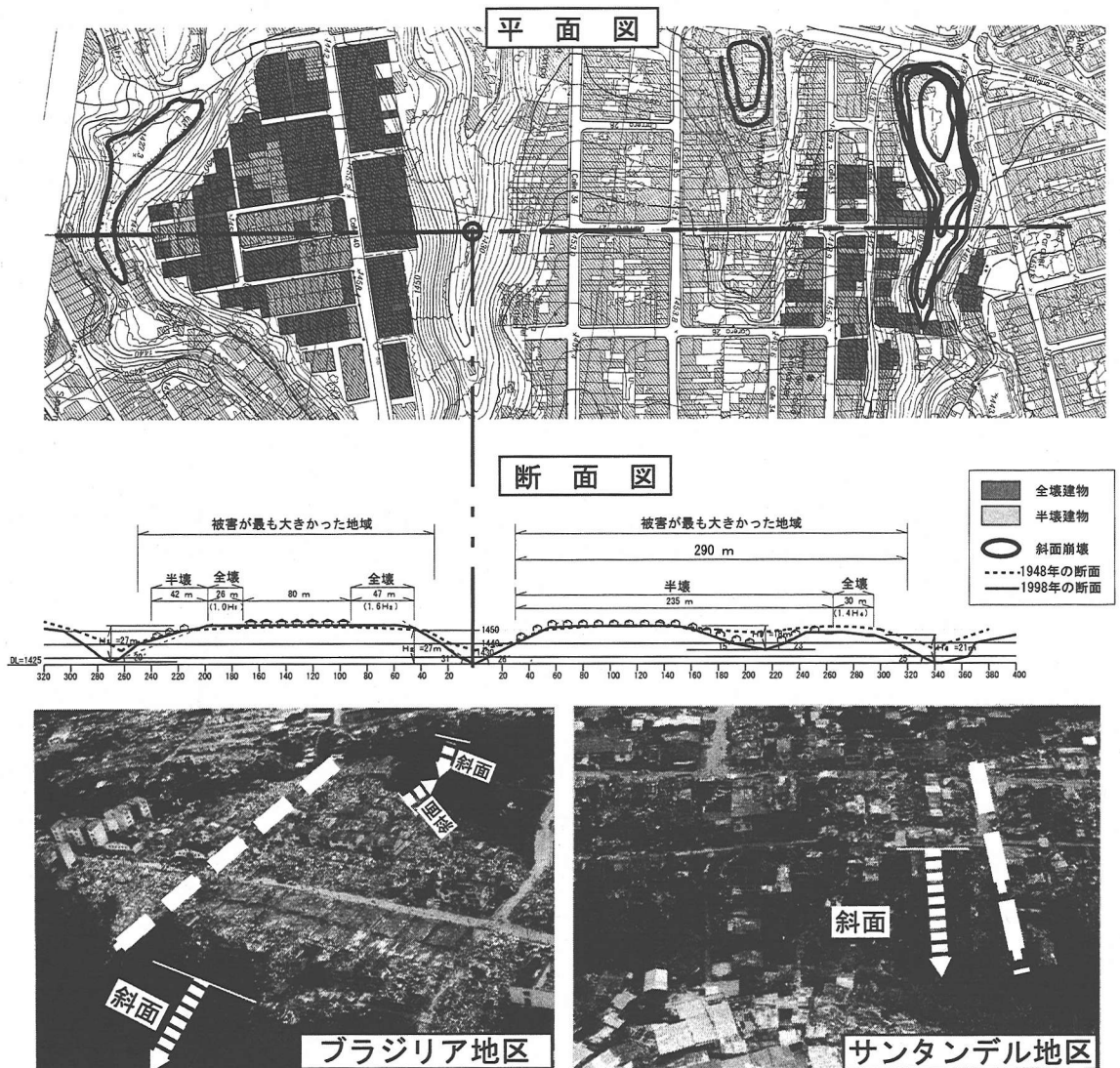


図-11 アルメニア市南部の大被害地域の被害分布と地形との関係

えられるので注意を要する。

図-11 は、被害が甚大であったブラジリア地区とサンタンデル地区の地形断面図と建物被害の分布を示したものである。同図より、ブラジリア地区およびサンタンデル地区の建物は、がけ上端から高さの1.0～1.5 倍程度離れた所まで全壊していることがわかる。特にブラジリア地区では、斜面部の建物が崩壊し、中高層の建物および堅固な戸建て住宅を除き、中心部だけしか建物が残っていない。また、1948 年と 1998 年の市街化状況図によれば、谷部における火山灰および火山性堆積物が厚くなっていることから、雨水による侵食を受け、幾重もの斜面崩壊が生じていることが明らかとなった。

わが国の場合、全国各地に見られる台地端の急崖

のがけ崩れに対しては、がけ上端から高さの 0.5～1.0 倍程度離れた所、およびそのがけ下から 2.0～3.0 倍を「急傾斜地崩壊危険地域」や「がけ条例」などで建物の規制を行っている。これには地震の影響が考慮されていないが、アルメニア市の事例に見られるように、地震時においては地盤の増幅特性により斜面部への影響がさらに大きくなることも予想される。したがって、今後斜面部への法規制が重要になってくると考えられる。

6. 道路及び橋梁の被害

(1) 被害概要

コロンビア・キンディオ県の県都アルメニア市を

中心とし、北はペレイラ市、南はピハオ市、東はカハマルカ市そして西はモンテネグロ市に至る広範囲の地域で斜面崩壊などによる道路被害が発生した。しかし、橋梁施設については重大な被害は発生しなかった（図-12 参照）。

被災地の中心であるアルメニア市はペレイラ市やマニサレス市とともにコーヒーを中心産業とする経済構造の地域である。特に、アルメニアーペレイラーマニサレスを結ぶ道路やアルメニア市に向かう周辺道路は産業道路として重要な役割を果たしている。アルメニア市からは、東に向かってカラルカを経由してトリマ県の県都・イバグエ市に至る道路、南へはピハオ、西へはモンテネグロ市に向かう道路が走っている。これらの道路は標高 1500m 以上の地域に位置する山岳道路である。

被害は斜面を構成する火山灰質土（粘土）が崩壊・堆積することによる道路閉鎖が主な特徴で、1984 年の長野県西部地震の際に見られた道路の崩壊や流出のような甚大な被害ではなかった。したがって、道路の復旧は比較的簡単に行われた。

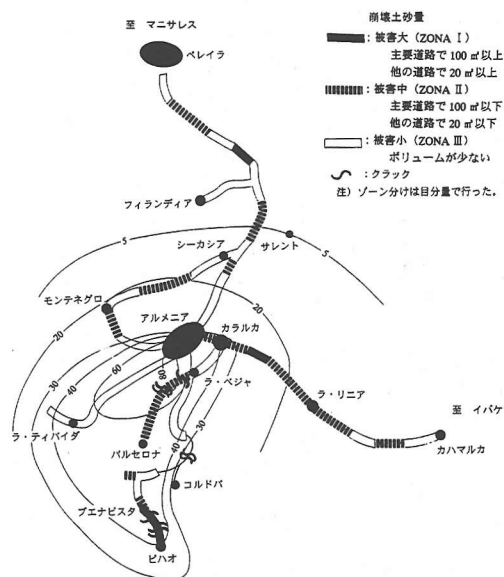


図-12 崩壊土砂量による道路被害の概略ゾーネーション

表-3 路線ごとのがけ崩れによる土砂量²⁾

被害箇所	0-20 m ³	21-100 m ³	101- 500m ³	501- 2000m ³	2001m ³ 以上	計
ラ・リネアーアルメニア	40	27	13	5	1	86
ラ・リネアーカハマルカ	13	4	0	1	0	18
サレントへの分岐点	20	3	4	0	0	27
フィランディアへの分岐点	8	1	0	0	0	9
ペレイラーアルメニア	20	11	1	0	0	32
アルメニアーモンテネグロ	4	4	1	0	0	9
カハマルカーモンテネグロ	4	1	0	0	0	5
テバイダーモンテネグロ	1	2	1	1	0	5
テバイダーカリ	1	0	0	0	0	1
カラルカーバルセロナ	2	3	1	0	0	6
計	113	56	21	7	1	198

(2) 道路被害（写真-5、表-3、図-13 参照）

①ペレイラーマニサレス間

この区間では2箇所所で斜面崩壊が発生した。

②カハマルカーイバグエ間

カハマルカで被害が発生したことやカハマルカの橋梁の点検で地震当日は閉鎖されたが翌日には開通した。2月7日の余震で発生したがけ崩れでも片側通行で通行は可能であった。

③ペレイラーアルメニア間

32 箇所でがけ崩れが発生したがその多くは小規模な崩壊（土砂量：100m³以下）がほとんどであった。

④アルメニアーラ・リネアーカハマルカ間

この道路はアルメニアからキンディオ川を渡り西へ向かう道路である。途中、キンディオ川に架かる橋梁があるが被害は発生していなかった。この区間では合計 104 箇所所で斜面崩壊が発生した。その内訳は、アルメニアーラ・リネア間で 86 箇所（20m³以下の崩壊は 40 箇所、21-100m³以下は 27 箇所、100m³以上は 19 箇所）、ラ・リネアーカハマルカ間で 27 箇所（20m³以下の崩壊は 13 箇所、21-100m³以下は 4 箇所、100m³以上は 1 箇所）が崩壊した。

⑤その他

アルメニアーブエナビスタ間、ブエナビスターピハオ間、アルメニアーコルドバ間、アルメニアーカハマルカ間の道路4本が寸断された。

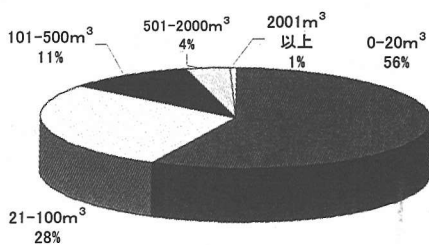


図-13 全体がけ崩れ箇所の土砂量比率²⁾



写真-5 斜面崩壊による崩土が道路を覆った現場
(提供:E.Rodriguez grandos)

寸断された主な原因はがけ崩れによる道路閉鎖であった。特に、バルセロナービハオ間のアクセス道路は、延長 14 km間に 103 箇所のがけ崩れが発生し、その内 20 箇所は完全に遮断された。¹⁾

(3) 橋梁被害

橋梁被害については、落橋にいたるような重大な被害は皆無であったが、橋台と道路の取り付け部で段差が出来るなどの被害は生じていた。ペレイラ周辺（ペレイラードス・ケベラスタス間）には新築の斜長橋があったが全く被害は発生していなかった。

また、アルメニアからカラルカへのアクセス道路に架かっている橋梁（トラスアーチ形式）についても全く被害は見られなかった。

7. ライフラインの被害

(1) アルメニア市の下水道被害

アルメニア市の上水は、市の北部約 10km の位置のキンディオ川から取水され、33 インチのコンクリート管で沈殿地に運ばれ、その後、12 の素掘りのトンネルとそれらを結ぶコンクリートボックスが約 6.5 km 続き、さらに 33 インチおよび 36 インチのコンクリート管で浄水場に運ばれる。トンネルの大きさは 1.8m×1.6m の矩形であり、長さはそれぞれ異なっている。浄水場からは 16 インチおよび 18 インチの鋼管で市内の北部と西部にある 2 つの配水池に結ばれている。市街地域の拡大に伴って、現在さらに 3 つの配水池を建設、あるいは計画中である。

配水管の敷設延長は約 333km であり、用いられている管種の構成は図-14 に示す通りである。同図における ACP は石綿セメント管、VP は塩化ビニル管、DIP はダクタイル鋳鉄管、GIP は電気メッキ鋼管、CIP は鋳鉄管、CP は鋼管で外装補強されたコンクリート管をそれぞれ示している。約 67% が石綿セメント管であり、約 30% が塩化ビニル管からなっている。石綿セメント管は 15 年前以前に埋設されたものであり、新たに埋設するものには用いられていないということであった。また管径の構成は図-15 に示す通りであり、約 58% が 3 インチ管であり、4 インチ(約 100mm)以下の小口径管路が全体の約 76% を占めている。

地震発生時には漏水によるものと考えられる流量の急増があったが、取水口から配水池までは無被害であり、配水池への流入水量の減少がなかったため、配水を遮断することはしなかった。住民からの報告や現地調査により漏水が認められる地点から修理が

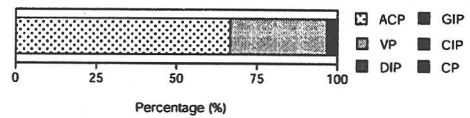


図-14 アルメニア市上水道管路の管種構成割合

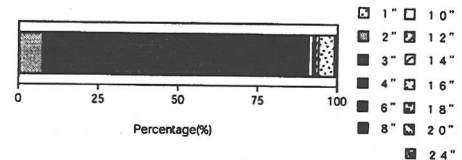


図-15 アルメニア市上水道管路の管径構成割合

行われた。約 1 ヶ月が経った 2 月 19 日からは超音波探査機も用いて被害箇所の発見に努めた。2 月 25 日現在までに発見された被害状況を以下に示す。

2 月 25 日までに発見、修理された被害箇所数は 237 箇所であり、これを敷設延長距離で除して被害率を求めると 0.71 箇所/km となる。しかし、2 月 25 日現在では、建物被害が最も大きかった市の中心部では全壊家屋の撤去作業が行われており、水道管の破壊状況を調査するには至っていないので、全被害箇所数はさらに大きくなると考えられる。

図-16 に管種別の被害箇所数を示す。全体の 80% 近くが石綿セメント管であり、残りのほとんどが塩化ビニル管の被害である。また、図-17 に管径別の

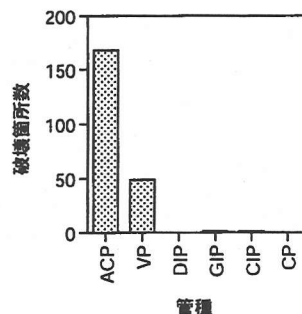


図-16 アルメニア市上水道管路の管種別被害箇所数
(2月25日現在)

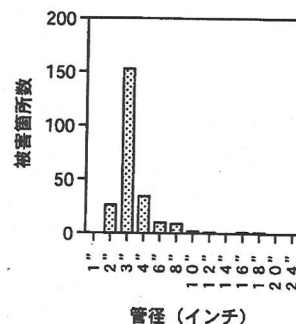


図-17 アルメニア市上水道管路の管径別被害箇所数
(2月25日現在)

被害箇所数を示す。4 インチ（約 100mm）以下の小口径管の被害が全体の約 90%を占めている。

以上より、上水道管路の被害の特徴としては小口径管の石綿セメント管の被害が顕著であるということであり、わが国の地震被害^{6)・7)}と共通していることが明らかとなった。

(2) その他のライフライン被害

キンディオ県には 4 つの小規模な水力発電所（2.28MW が 1 つ、2.0MW が 3 つ）があるが、いずれも被害の報告はない。レキビト変電所（1960 年建築）とスル変電所（1982 年建築）では変圧器やサーキットブレーカの移動や落下、制御室の機器の移動などの被害が生じた。また、市内の配電線は主として建物の倒壊によって切断されたが、比較的早期に復旧された⁸⁾。

アルメニア市の下水道についてはまだ調査が行われていない状態であったが、機能障害の報告はなく地震後も地震前と同じように使用されているとのことであった。なおアルメニア市の下水施設には終末処理場はなく、河川にそのまま放出されている。

ガスについては、ガス供給管路網が計画され、一部建設中とのことであったが、ほとんどの家屋では電気とプロパンガスが熱源として用いられているとのことであった。

(3) 復旧過程

地震直後からのライフラインの復旧過程を示す資料はまだ得られていない。しかし、全壊家屋の集中している地域やダウンタウンの立ち入り制限地域（写真-6）のライフライン被害については全く復旧作業が行われていないか、非常に遅れているものと想像できる。地震から 1 カ月半が経った時点で、信号が点灯せずに警察官が交通整理をしている交差点や、電柱の付け換え作業、舗道脇の漏水箇所から水



写真-6 ダウンタウンの立ち入り制限地域

を汲む人達などを目にしたことから復旧の遅れを知ることができる。なお、道路の復旧活動は、アルメニア市場へのコーヒー生産品を輸送するため、早急に行われた。

8. 緊急対応、避難所及び仮設住宅、 復旧・活動

(1) 緊急対応

初期緊急対応（72 時間）は、道路寸断に伴う交通渋滞、通信の不能、消防本部、警察本部の崩壊により困難となった。アルメニア市は、全国ガイドラインに伴う危機管理システムを有していたが、消防本部や警察本部の支援が急減したため、実際には機能しなかった。また、危機管理組織としては、COLPAD という組織があり、関連自治体、防衛組織、ボランティア、赤十字社の代表者から構成されている。しかし、通信網の寸断に伴い、各組織との連絡が不可能となった。また、アルメニア市役所施設は構造的に危険度が高かったため、職員を避難させ、他の建物を間借りして職務を遂行させた。被害発生 3 日後に、臨時緊急対策センターが設置され、関連組織と連絡を取った。

初期段階の救助活動は、被害地区の住民により行われ、様々の分野の国内エキスパートにより継続された。また、この活動は、日本、ヨーロッパ、アメリカ、メキシコ等からの国際チームにより支援された。

発災直後には略奪行為が発生したため、大統領により軍隊チームが派遣され、中心地を含む商業活動の多い地区の安全を守った。

(2) 避難所及び仮設住宅

避難所及び仮設住宅はアルメニア市で大きな問題となった。約 5 万人を超える避難者の避難所は計画的でなく、被害者により歩行車道、公園、所有地周辺に設置された。

仮設住宅設置に伴う大きな問題として、施設監督官の不足が目立ち、被害の状況が速やかに把握できなかったことが挙げられる。このため、計画部局が緊急対策センターに設置され、避難した住民からの被害申請を受け付けた。

土地や住宅の非所有者に関しては、再配置が実施されており、7 箇所における仮設住宅が設置された。この仮設住宅は 2 種類（軍隊タイプ 10～30 人用、キャンプタイプ 5～7 人用）であり、6 ヶ月間居住可能となるよう、基本ライフラインが確保されたものであった。

ペレイラ市ではアルメニア市と異なり、このよう

な無計画的な避難所の設置を防止する活動が実施されている。

(3) 復旧活動

コロンビアの大統領は復旧活動を実施するため、各関連自治体や市長などの代表者から構成されている復旧対策実施委員会の設置を指令した。活動費用としては約1億ドルが与えられた。

初期段階の復旧方針は、最近認可された都市計画に基づき、地震が発生しやすい地区や軟弱地盤である盛土地区の再配置を参考に、設定されている。

9. まとめ

地震の前日まで、アルメニア市議会では市街地総合土地利用計画 (PORTE-Plan de Ordenamiento Territorial) が審議されてきており、何度かの徹夜審議を経てようやく策定期限である1月24日をわずかにすぎた1月25日、すなわち地震当日の午前1時頃に承認された。この土地利用計画策定のための調査において都心部に活断層、深い谷を埋め立てた地域があることが明らかとなり、この土地利用計画では、地震時を想定して断層を挟む幅400mの区域と、埋立地の一部の家屋を全部排除し、防災緑地帯を設けるという衝撃的な内容となっていた。今回の地震で、この活断層が動いた形跡は見られないが、甚大な被害が生じ多くの犠牲者を出した地域と防災緑地帯にしようとしていた地域が良く対応していた。

以上のことから、災害に強い街づくりのためには、都市計画及び地形・地盤を考慮した宅地防災がきわめて重要であることが改めて認識された。

謝辞: 最後に、調査にご協力いただきました文部省科学研究費補助金・突発災害調査団 (団長 鏡味洋史北海道大学教授) はじめ在コロンビア日本国大使館、コロンビア地質鉱山研究所、アルメニア市、ペレイラ市などの関係各位に厚くお礼申し上げます。

なお、調査の全費用は、土木学会「岡本・国府基金」から賄われています。記して深謝申し上げます。

参考文献

- 1) INGEOMINAS: TERREMOTO DEL QUINDIO (ENERO 25 DE 1999), INFORME TECNICO PRELIMINAR, 1999. 2.
- 2) INGEOMINAS: TERREMOTO DEL QUINDIO (ENERO 25 DE 1999), INFORME TECNICO PRELIMINAR No. 2 ARMENIA-QUINDIO, 1999. 3.
- 3) MINISTERIO DEL INTERIOR, INFORME CONSOLIDADO No. 16 DE EVALUACION DE DANOS DE INFRAESTRUCTURE, 1999. 3.
- 4) 石山祐二: 1999年コロンビア・キンディオ地震 建物被害と耐震規定, 1999年コロンビア中西部地震 (キンディオ地震) の災害調査速報会資料, 1999. 5.
- 5) 吉村浩二, タニア・クロストン: 1999年コロンビア・キンディオ地震によるアルメニア市における建物被害概要, 1999年コロンビア中西部地震 (キンディオ地震) の災害調査速報会資料, 1999. 5.
- 6) 1993年地震災害調査委員会: 10. ライフライン・産業施設の被害, 1993年北海道南西沖地震災害調査報告書, (社)地盤工学会, pp. 359-379, 1997. 11.
- 7) 北海道東方沖地震災害調査委員会: 10. ライフラインの被害, 1994年北海道東方沖地震災害調査報告書, (社)地盤工学会, pp. 221-233, 1998. 4.
- 8) EERI: Learning from Earthquakes, The Quindio, Colombia, Earthquake of January 25, 1999, EERI Special Earthquake Report, 1999. 3.

(1999. 1. 15 受付)

RECONNAISSANCE REPORT OF THE 1999 COLOMBIA QUINDIO EARTHQUAKE

Takao HASHIMOTO and Masakatsu MIYAJIMA

A reconnaissance survey was conducted to Colombia after the 1999 Colombia Quindio Earthquake of magnitude 6.2. Outlines of earthquake and ground motion are given. The peak ground acceleration in Armenia City was relatively large in the modest earthquake of magnitude and the damage in Armenia City was hardest. The damage to buildings is described and the relation between distribution of damaged buildings and history of development of the city is investigated. The damage to lifeline facilities, especially water supply system, and its restorations are given.