

予告された殺人の記録

1999年コロンビア・キンディオ地震被害調査速報

宮島昌克

Masakatsu MIYAJIMA

正会員 工博 金沢大学助教授 工学部土木建設工学科

橋本隆雄

Takao HASHIMOTO

正会員 ㈱千代田コンサルタント 都市計画部設計二課長

事故・災害

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リヒターマグニチュード6.2の地震が発生し、1 000名以上の犠牲者が出た。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日をわずかに過ぎた地震当日25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で、都心部に活断層があること、深い谷をゆるく埋立てた地域があることが明らかとなった。これを受けて、土地利用計画の内容は、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から、家屋をすべて排除し、防災緑地帯を設けるという衝撃的なものとなった。今回の地震で、この活断層が動いた形跡はみられないが、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よく対応している。地震発生12時間前に承認された市街地総合土地利用計画において地震時の危険性が予告されていた場所で、実際に多くの犠牲者を出したという点で、まるでコロンビアのノーベル賞作家ガルシア・マルケスの小説「予告された殺人の記録」のタイトルが現実となったかのようである¹⁾。

コロンビアは世界第2位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裾野に位置し、火山灰質の肥沃な土壤に恵まれている。赤道に近いものの、標高が1 200～1 600mあるので、コーヒー栽培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。土木学会から派遣された、3月3日から15日までの13日間に行った地震被害の現地調査結果について、速報として以下に紹介する。

地震の概要

震源はキンディオ県（図-1）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°、深さは10km以内である。地震断層は、北北西-南南東方向圧縮の左横ずれ断層である。

もっとも大きな被害が生じたアルメニア市（写真-1）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-2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。このほかにも、11点の

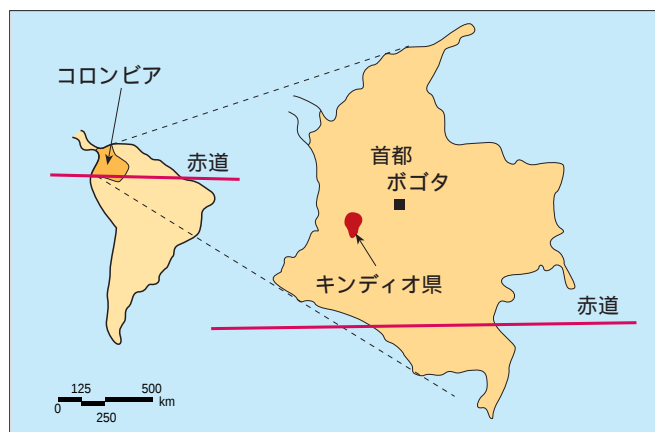


図-1 コロンビア・キンディオ県の位置図



写真-1 地震直後の被災地（提供：E. Rodriguez Grandos）

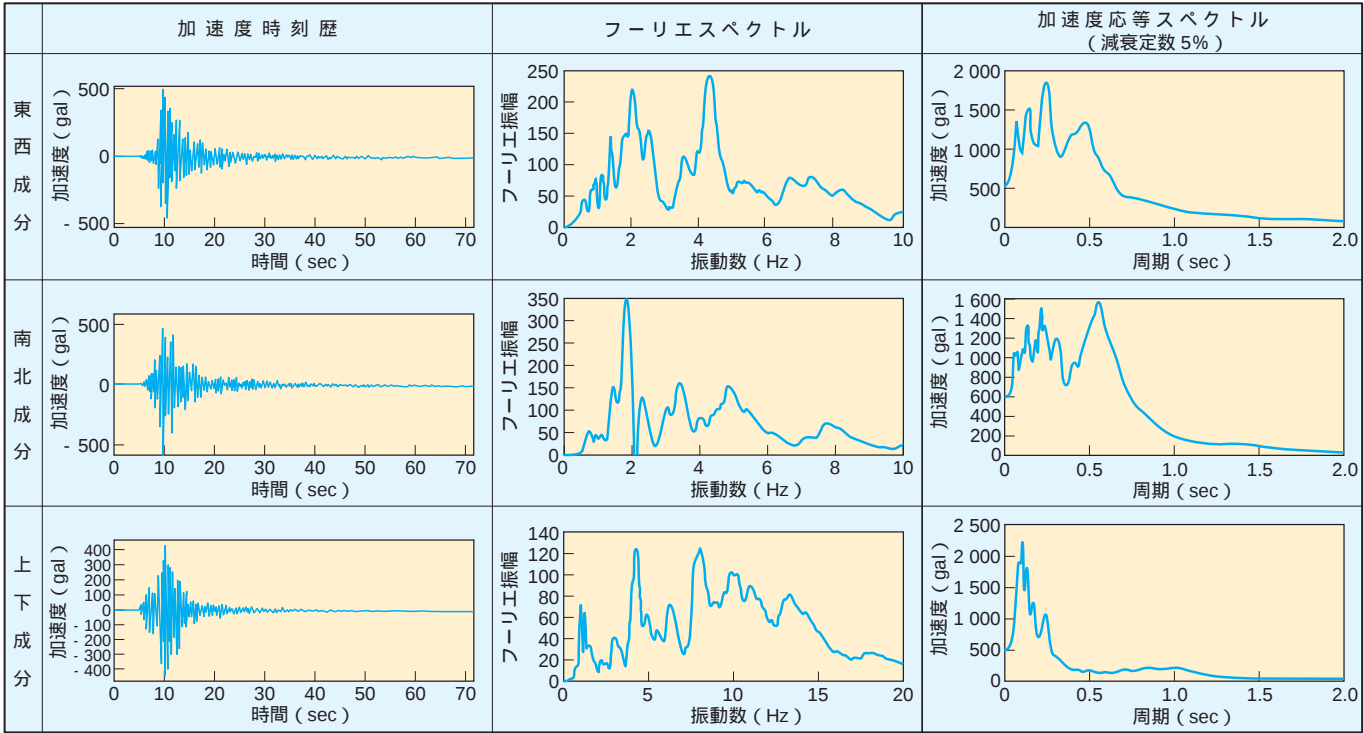


図-2 本震の加速度時刻歴，フーリエスペクトル，加速度応答スペクトル²⁾

岩盤，9点の表層土で強震記録が得られている^{2),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以上にも及んでいる．アルメニア市はアンデス中央山脈の裾野に続く傾斜のゆる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埋立てて宅地化しているが，埋立てに際しては必ずしも十分な締固めが行われていない．

表 主な都市の死者，負傷者，死者率⁴⁾

都市名	震央距離 (km)	人口 (人)	死者 (人)	負傷者 (人)	死者率(人口 1 000人あたり)
アルメニア	13	283 842	800	2 300	2.8
カラルカ	15	71 149	116	334	1.6
カイセドニア	15	50 534	48	80	1.5
ベレイラ	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	

被害の統計

3月3日現在の内務省のレポート⁴⁾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．この統計には行方不明者は含まれていないが，その数は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の数はさらに増えるものと思われる．人口1 000人あたりの死者数を死者率として整理すると，アルメニア市の死者率がもっとも高く，2.8人/1 000人であった．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/1 000人以上）の値よりは小さいが，兵庫区とほぼ同じ値である（表）。

道路および橋梁の被害

道路の路面および路肩が破損したものはあまりなかったが，斜面崩壊の崩土が道路を覆ってアルメニア・プエ



写真-2 斜面崩壊による崩土が道路を覆った現場（提供：E. Rodríguez Grandos）

ナビスタ間、ブエナビスタ - ビハオ間、アルメニア - コルドバ間、アルメニア - カハマルカ間の4路線が不通となった(写真-2)。さらに、崖崩れ、地滑りにより、3つの村が地震直後に孤立した。また、崩土のため、片側通行となったところが随所にあった。しかし、アルメニア市場へコーヒーの生産品を輸送するために、道路の復旧活動が早急に行われた。なお、橋梁については被害がなかった。

ライフラインの被害

地震から3日後の1月28日付け地元新聞エル・エスベクタドルによれば、アルメニア市の電気、水道、電話の稼働率はそれぞれ15%、10%、10%であった。

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。一方、レキビット変電所(1960年建築)とスル変電所(1982年建築)では被害が生じた。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である。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、比較的早期に復旧した⁵⁾。

アルメニア市の水道については、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被害がなく、配水池への流入水量の減少がなかった。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。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った。

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た。なお、アルメニア市の下水道施設には終末処理場はなく、下水は河川にそのまま放出されている。

電話については、電話局の建物の外壁などに被害が生じたものの、鉄塔を含む通信機器に大きな被害は生じなかった。地震直後の機能低下は、輻輳によるものと想像される。

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。

建築物および宅地の被害

建物の被害は、谷地を埋立てたところ、もともと軟弱な地盤、傾斜地などにおいて多くみられたが、地盤破壊そのものによるものよりも、地盤震動によるものが圧倒



写真-3 屋根と外壁が倒壊した住宅(提供: E. Rodriguez Grandos)

的に多いと思われる。

建物の多くは、鉄筋コンクリートで柱と梁を造り、その中に煉瓦あるいは穴開き煉瓦を積んで壁を造る枠組み組積造や無補強の組積造である。煉瓦の壁と柱、梁が鉄筋を用いずにモルタルのみで接合されている場合が多く、壁がそのまま倒れ落ちていた。また、煉瓦そのものの強度や煉瓦と煉瓦を接合するモルタルの強度が十分ではない場合には、壁に大きな亀裂が入り、崩れ落ちた。さらに、梁と柱との接合が不十分な場合には、枠組みごと崩れ落ち倒壊に至った。このようにして、多くの建物が被災した(写真-3)。

1984年に建築基準法が改正されており、アルメニア市北部はこの基準に沿って建てられた建物が多く、被害は限られたものであった。市の中央部は古い建物も多く、県庁舎、市庁舎、病院、消防本部、警察本部など防災拠点となる建物が軒並み全壊した。倒壊建物は全体の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割にも上っている。市の南部には低所得者層が集中しており、建物が古く、地盤が悪いため、もっとも被害が多かった。特に、台地の斜面、谷底低地、および崖地上端における建物の被害が多かった。

ちなみに、北部のプロビデンス地区では被害率が30%であったが、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。

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-3は、地震による被害がもっとも大きかった地形を表示するとともに、市街地の動向について、1948年と1996年とを比較検討したものである。1948年の市街地は、小高い台地上に造られ、被害が非常に少ないことがわかる。図中には入っていないが、1957年と1985年の地図をみると、1996年に至る過程でスプロールが発生している。中でも1957年の市街地は、急速なスプロールとと

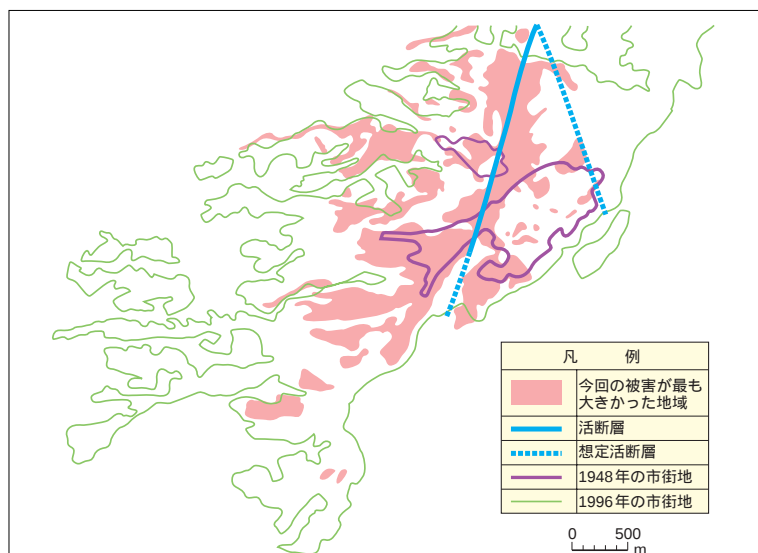


図-3 アルメニア市街地の発展状況と宅地被害との関連

もに、崖斜面や軟弱地盤帯にまで広がっている。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。この間のスプロールした市街地と、特に被害が集中している箇所とが一致している。



写真-4 アルメニア市街地総合土地利用計画において、防災緑地帯に定められた地域（赤色の帯の部分）

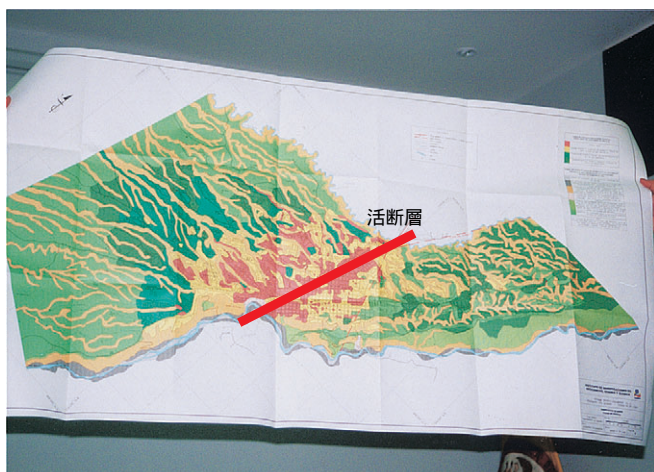


写真-5 アルメニア市の被害分布³⁾
(赤色の帯の部分の被害が甚大であった)

その後、市街地が南西方向の丘の上に広がったために、かえってこの地域での被害はむしろ少なかった。

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化で無計画に広がったために、崖斜面およびその上下部での被害が大きく、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たため、被害は少なかった。今後、南西方向に広がった新市街地がスプロールすれば、再び同様の被害を生じることが考えられるので注意を要する。

写真-4は、アルメニア市街地総合土地利用計画において、断層を挟む幅400mの区域に設ける防災緑地帯を示しており、これと写真-5の被害が甚大であった赤色で示された区域がよく対

応していることは、「はじめに」で述べたように、コロンビアのノーベル賞作家ガルシア・マルケスの小説「予告された殺人の記録」のタイトルが現実となったというショッキングな出来事を物語っている。以上のことから、災害に強い街づくりのためには、きちんとした都市計画の実施がきわめて重要であることを改めて認識させられた。

おわりに

本調査は、土木学会から派遣され、文部省科学研究費・突発災害調査団（団長：鏡味洋史北海道大学教授）に同行して行われたものである。今後は、限られた範囲ではあるが現地で収集した資料の解析を進め、現地の復興や今後の地震対策のための技術協力に微力ながら貢献したいと考えている。

謝辞

最後に、現地調査にご協力いただいた文部省調査団をはじめ、在コロンビア日本大使館、コロンビア地質鉱山研究所、アルメニア市、ベレイラ市の関係各位に厚くお礼申し上げます。

参考文献

- 1 -- 川島昇：アルメニア震災現場報告1（速報），地震発生2週間の状況，1999.2（私信）
- 2 -- Ingeominas: Terremoto del Quindio (Enero 25 de 1999), Informe Tecnico Preliminar, 1999.2
- 3 -- Ingeominas: Terremoto del Quindio (Enero 25 de 1999), Informe Tecnico Preliminar No.2 Armenia-Quindio, 1999.3
- 4 -- Ministerio del Interior: Informe Consolidado No.16 de Evaluacion de Danos de Infraestructure, 1999.3
- 5 -- EERI: Learning from Earthquakes, The Quindio, Colombia, Earthquake of January 25, 1999, EERI Special Earthquake Report, 1999.3