

# 1999年コロンビア・キンディオ地震による 道路及び宅地・建物被害

橋本 隆雄<sup>1</sup>・宮島 昌克<sup>2</sup>

<sup>1</sup>正会員 技術士 (株)千代田コンサルタント 都市計画部設計課長 (〒102-0072 東京都千代田区飯田橋3-3-7)

<sup>2</sup>正会員 工博 金沢大学助教授 工学部土木建設工学科 (〒920-8667 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震源として直下型地震が発生し、1,000名以上の犠牲者が出た。震源位置は北緯4.41°、西経75.72°であり、深さは10km以内である。リヒターマグニチュードは6.2である。土木学会地震被害調査小委員会から派遣され、3月3日から15日間の約2週間にわたり現地調査を行った。本文では、現地で収集した資料をもとに、道路・橋梁被害を明らかにするとともに、建物被害が最も大きかった人口約28万人のアルメニア市の市街地の変遷と地形・地盤が及ぼす建物への影響について報告するとともに、得られた教訓についてとりまとめた。

**Key Words:** 1999Quindio earthquake, earthquake damage, residential damage, road damage

## 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(図-1参照)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。被害の統計は、3月3日現在の内務省のレポート<sup>1)</sup>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最も高く、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。本文では、現地で収集した資料をもとに、道路・橋梁被害を明らかにするとともに、建物被害が最も大きかった人口約28万人のアルメニア市の市街地の変遷と地形・地盤が及ぼす建物への影響について報告するとともに、得られた教訓についてとりまとめた。

## 2. 道路及び橋梁の被害

道路路面及び路肩の破損被害は、少なかったが、斜面崩壊の崩土が道路を覆ってアルメニア〜ブエナビスタ

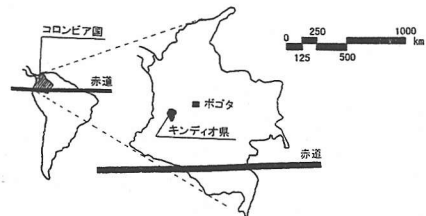


図-1 コロンビア・キンディオ県の概況図



写真-1 斜面崩壊による崩土が道路を覆った例

(提供: E. RODRIGUEZ GRANDOS)

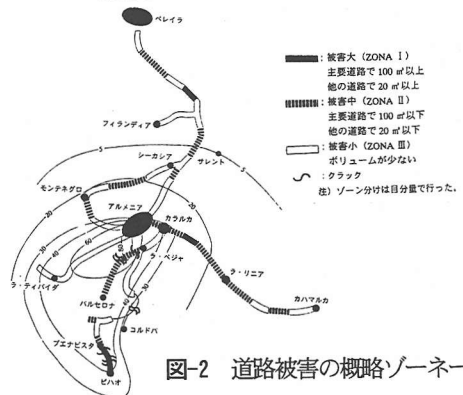


図-2 道路被害の概略ゾーネーション

間、ブエナビスタ～ピハオ間、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-1) さらに、がけ崩れ、地滑りにより、3つの村が地震直後に孤立した(図-2、3 参照)。また、崩土のため、片側通行となったところが箇所にあった。しかし、アルメニア市場への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、橋梁については重大な被害は発生しなかった。

### 3. 宅地及び建物の被害

#### (1) 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埋め立てて宅地化されてきているが、埋め立てに際しては必ずしも十分な締め固めが行われていない。

#### (2) 建物及び宅地の被害

建物の被害は、谷地を埋め立てたところ、もともと軟弱な地盤、傾斜地などに多くみられたが、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的に多いと思われる。

建物の多くが鉄筋コンクリートで柱と梁を作り、その中に煉瓦あるいは穴開き煉瓦を積んで壁を作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、梁と柱の接合部が十分でないと、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-2)。

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。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。中央部では、倒壊建物が全体の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。南部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、最も被害が多

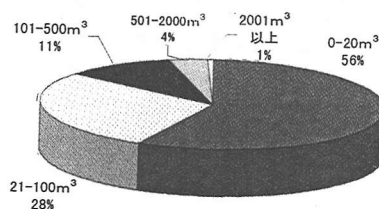


図-3 全体がけ崩れ箇所の土砂量比率



写真-2 屋根と外壁が倒壊した住宅の被害例 (提供: E. RODRIGUEZ GRANDOS)

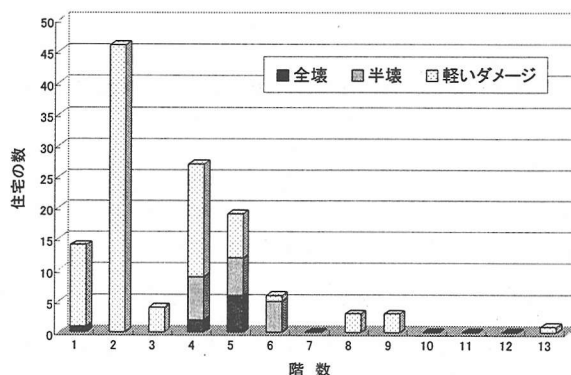


図-4 アルメニア市(北)の宅地被害

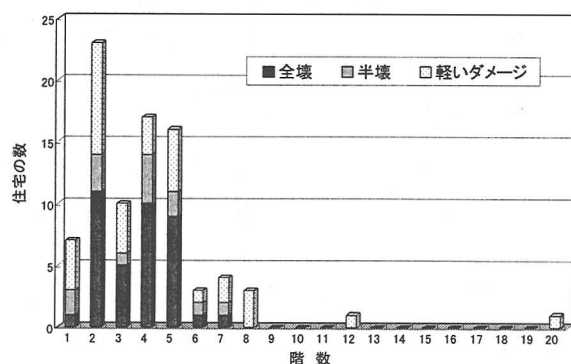


図-5 アルメニア市(中央)の宅地被害

かった。とくに、台地の斜面、谷底低地、および崖地上端における建物被害が多かった(図-4 参照)。

ちなみに北部のプロビデンシア地区では被害率が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(図-4、5 参照)。

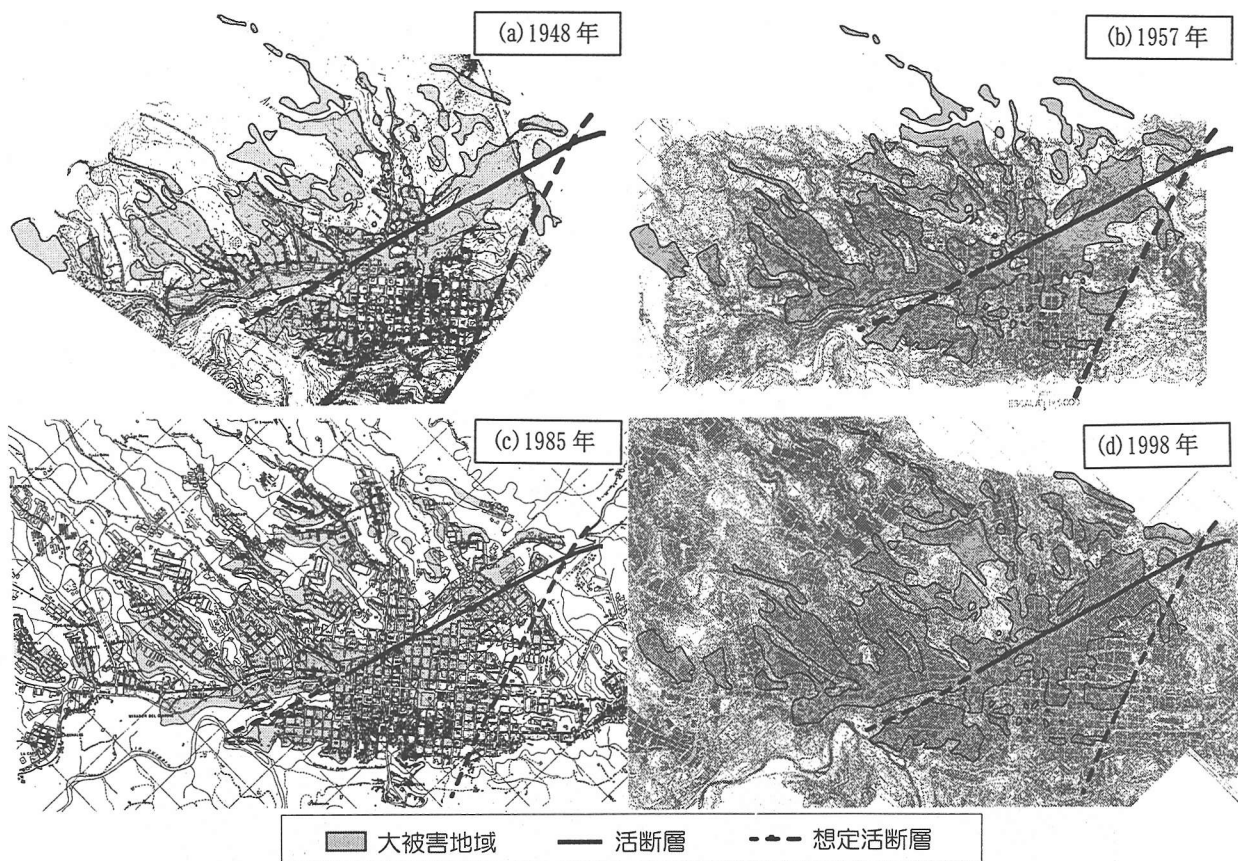


図-6 アルメニア市の1948年～1998年に至る市街化状況図の変遷

### (3) 市街地の変遷と地形・地盤との関連

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間に軟弱地盤をはさんだ入り込んだ地形をなしている。図-6は、地震により被害が最も大きかった地形および市街地の動向について1948年～1996年まで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。1957年と1985年の地図を見ると、1996年に至る途中でスプロールが発生している。中でも1957年の市街地は急速にスプロールと共にかげ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。この間のスプロールした市街地が特に被害が集中している箇所と一致している。

その後、市街地は南西方向の丘の上に広がったため、この部分の被害はむしろ少なかった。アルメニア市中心部及び南部においては、盛土地区の配置と被害の分布が大きな関係を示した。このような盛土部には、大きな被害が見られ、消防署や鉄道、駅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、

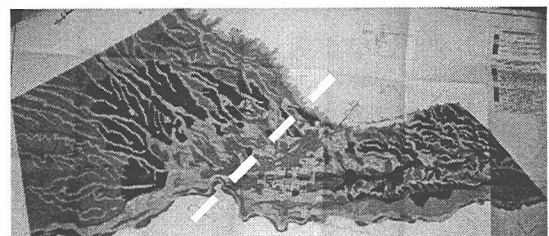


写真-4 アルメニア市の被害分布<sup>3)</sup>

(赤色の帯の部分の被害が甚大であった)

その後のスプロールで無計画に広がったかげ斜面及びその上下部は被害が大きく、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、被害は少なくなっている。今後南西方向新市街地がスプロールする可能性があるとするれば、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。

ブラジリア地区及びサンタンデル地区の建物被害は、かげ上端から高さ(田)の1.0～1.5倍程度離れた所まで全壊していた(図-7参照)。時にブラジリア地区では、中高層の建物及び強固な戸建物を除き、斜面部が崩壊し、残ったのは中心部のみであった。また、1948年と1998年の市街化状況図から、地盤が火山灰及び火山性堆積物が厚いことから、雨水による浸食を受け、幾重もの斜面

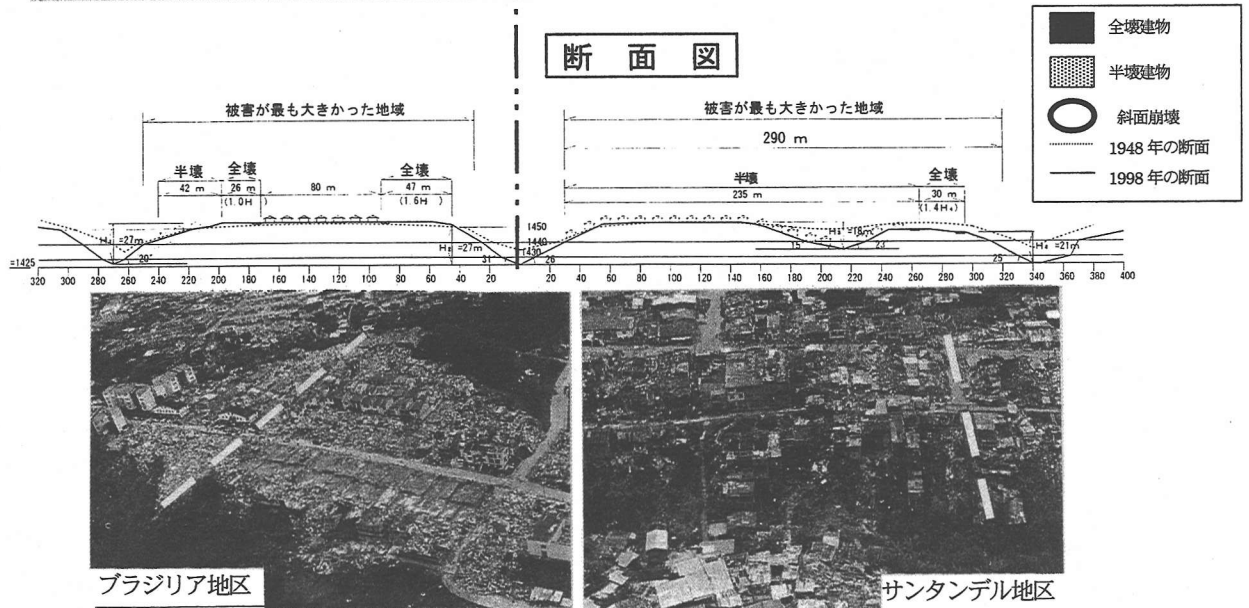
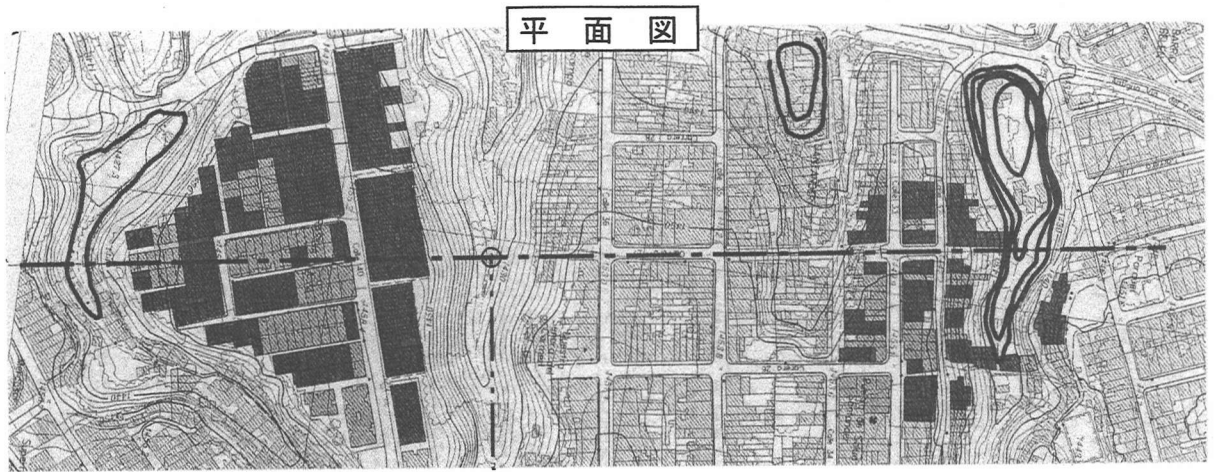


図-7 アルメニア市南部の地震大被害箇所の平面・縦断面図

崩壊が生じていることが明らかになった。

日本の場合、全国各地に見られる台地端の急崖のがけ崩れは、がけ上端から高さ(H)の0.5~1.0倍程度離れた所及びそのがけ下から2.0~3.0倍を「急傾斜地崩壊危険区域」や「がけ条例」等で建物の規制を行っている。

地震時においては、増幅特性があり、斜面部への影響がさらに大きくなり、日本の場合の崩壊と同様であることが明らかになった。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。

#### 4. コロンビア・キンディオ地震の教訓

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日をわずかに過ぎた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があること、深い谷を緩く埋め立てた地

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った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。

#### 参考文献

- 1) MINISTERIO DEL INTERIOR, INFORME CONSOLIDADO No. 16 DE EVALUACION DE DANOS DE INFRAESTRUCTURE, 1999. 3.
- 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.