

1991年バジェデラエストレージャ(コスタリカ)地震被害速報

1. まえがき

本年4月22日に中米のコスタリカ(Costa Rica)でマグニチュード $M_s=7.4$ の地震が発生した。この地震による被害に関しては、我が国ではあまり報道されなかったが、現地からの情報によると被害は大きいとのことであったため、地震発生から2か月たった6月24日にコスタリカにはいり、約1週間ほど調査を行ってきた。被害は予想以上に大きく、大規模な斜面崩壊や、土石流、および広い範囲での液状化が発生し、道路橋などが大きな被害を受けていた。

以下に調査結果の概要を報告したい。なお、被害状況の写真は本誌の口絵写真7~8ページを参照していただきたい。

2. コスタリカの地形および今回の地震の概要

コスタリカは西は太平洋、東はカリブ海に面した、面積 $51,100\text{km}^2$ のやや細長い国である。地形的にはカリブ海低地、中央高原、北部平野、南西部平野の四つに分けられる。カリブ海低地は熱帯雨林地帯であり、バナナやゴムなどが栽培されている。中央部に位置するリモン(Limón)は港町として発達してきている。これに対し、中央高原は火山が連なる標高 $1,000\sim 3,000\text{m}$ の高地であり、首都サンホセ(San José)もこの盆地に位置している。

降雨量は全体に多く、年間降雨量はリモンで約 $4,000\text{mm}$ 。中央高原ではさらに多く $6,000\text{mm}$ 程度である。このため、降雨による斜面崩壊も頻発している。

今回の地震は1991年4月22日の午後3時57分に発生した。マグニチュードは $M_s=7.4$ ($M_L=6.6$) で、震央は中央高原の南東部、震

源深さは約 20km であった。地震によりカリブ海沿岸で地盤が最大 2m 程度の隆起を生じた。

3. 被害の概要

震央にあたった中央高地の南東部では、多数の斜面崩壊が生じた。また、震央から近かったカリブ海低地では液状化が広く発生し、これにより橋梁、道路盛土、家屋が多くの被害を受けた。振動そのものによっても建築物、橋梁、水道管が被害を受けた。これらの三つに分けて被害状況を述べてみる。

図-1に示すように、震央付近では $2,000\sim 3,000\text{m}$ の山々がほとんど禿山になるほど、斜面崩壊が多発した(口絵写真-16)。ほとんどの崩壊は表層 $2\sim 10\text{m}$ のすべりであったが、各々の崩壊長は長く、また、激しい地区ではほとんど 100% に近い崩壊率であったため、崩壊土量は相当な規模になっていた。その土石流はカリブ海まで流れ出しており、カリブ

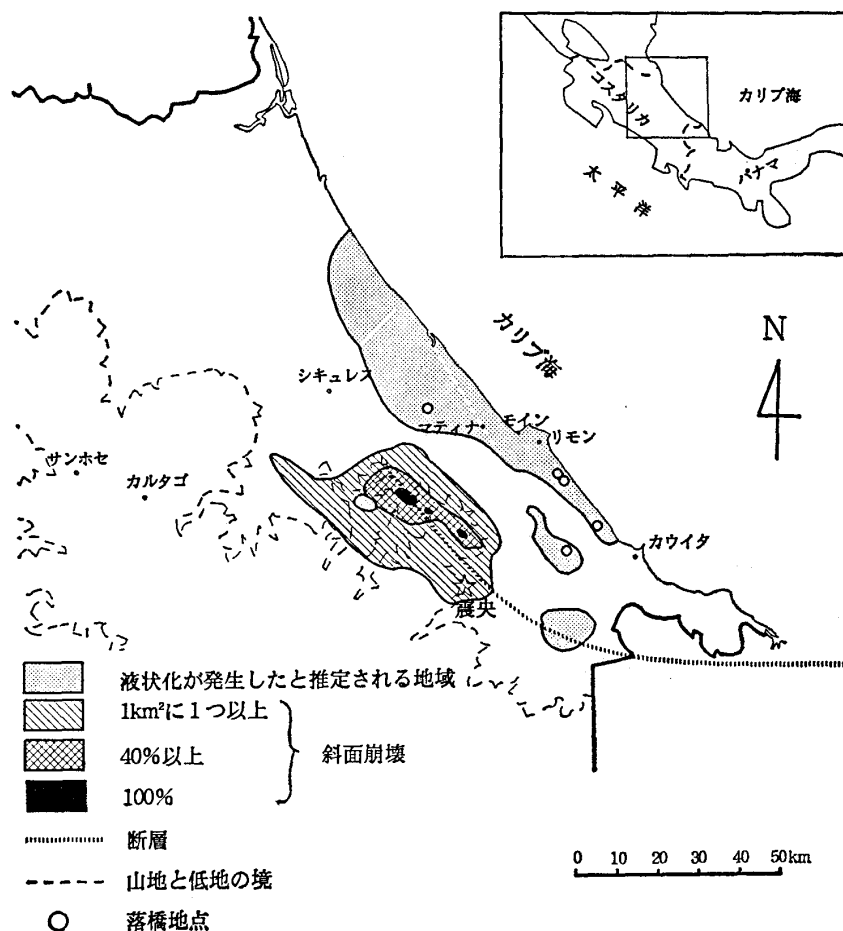


図-1 震央および被害発生箇所

ニュース

海の水も茶色に濁っていた。また、流出した流木も海岸にびっしりと打ち寄せられていた。

図-1の崩壊率はモーラ (Mora) 博士によって航空写真などから推定されたものであるが、その後の降雨によってさらに崩壊がひどくなっているとのことで、その追跡調査も行われていた。

液状化はカリブ海低地で発生したが、なかでもカリブ海に沿った海岸線付近と、中央高原からカリブ海に注ぐ多数の河川沿いで多く発生したようである。ただし、人家は少なく、また低地全体にバナナやココナッツが生い繁り、上空からの調査でも判断できないため、液状化発生地域の特定は困難である。

カリブ海の海岸線では海岸から数十mあまりの内陸側に後背湿地や水路が形成されている所が多く、標高2~3m程度の海岸の砂州の頂上付近からその後背湿地に向かって永久変位(側方流動)が生じ、そのために海岸線に平行にクラックやひな段状の沈下が生じていた。高床式の木造家屋が点在していたが、それらは沈下、傾斜を生じていた。

サンホセからリモンへ向かう道路は、カリブ海低地の北西部で中央高地から低地に下り、中小河川によって形成された低地を横切ってリモンへ続いている。この区間の道路盛土は約35kmにわたって沈下、すべり、側方流動を生じていた。噴砂も道路沿いに発生しており、この被害の多くは液状化に起因したものと推定されている。また、近くで送電用鉄塔が1基傾斜していた。

リモンからこの道路は隣国のパナマに向かってさらに南下する。この区間は海岸線に沿って砂州上を走っている。震央に近いこともあって、この区間は液状化に伴って大きな被害を受けた。前述したように砂州から後背湿地や水路への側方流動に伴う路面の沈下、クラックに加えて、道路橋の落橋が3箇所発生していた。これらはいずれも中河川がカリブ海に注ぐ河口で発生したものであり、被災形態は似ていた。口絵写真-17に代表例としてバナニート

(Bananito)川に架かっていた橋での被災状況を示す。ここでは右岸側の橋台が川に向かって15°ほど傾き、川岸には川に平行に大きなクラックが生じていた。したがって、川岸の地盤の永久変位(側方流動)に伴い、橋台(コンクリート杭の基礎)が河心方向に押し出され、橋桁がずれたため、落橋したものと考えられる。このように、液状化に起因して落橋した三つの橋梁とも、原因はただ単に液状化に伴う水平方向地盤反力の低下というより、川岸の地盤の永久変位に起因していたことが印象的であった。ただし、川岸には護岸がなく、側方流動を生じやすい条件にあった。なお、この橋の復旧に関し、公共事業・運輸省からコメントを求められたため、ただ単に支持力だけでなく永久変位対策も必要なこと、そのためには矢板護岸などの設置が必要ではないかとの提案を行ってきた。

そのほか、振動そのものによって被害を受けたものとして、①トラス橋の落橋(口絵写真-15)、②リモンでの鉄筋コンクリート造建物の崩壊(口絵写真-20)、③リモンでの水道管の被害、④石油タンクの火災、破損などがあった。なお、リモンの地盤は表層1~2mの粘土層の下にサンゴがあり、堅いとのことである。

4. あとがき

今回の調査は東京大学の石原研而教授から現地へ連絡をとっていただき、それをもとに出かけたものである。また、現地ではコスタリカ電力・通信研究所のMora博士に案内していただいた。これらの方々に感謝する次第である。

なお、本報告は速報であり、いずれ詳しく報告したいと考えている。

(文責: 安田 進 九州工業大学工学部
渡辺啓行 埼玉大学工学部
吉田 望 佐藤工業㈱)

(原稿受理 1991. 7. 8)