

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

1. まえがき

1991年4月22日にコスタリカで発生したテリーレリモン地震(Ms=7.4)では、山岳地帯におけるおびただしい斜面崩壊とカリブ海低地における広範囲な液状化が生じた。液状化に関しては河川の川岸や海岸の砂丘で側方流動が生じ、このために道路橋が落橋したことが特徴として挙げられる。

筆者達は地震発生2ヵ月後に現地にはいり、被害を調査してきた。地震動および斜面崩壊については別に報告する¹⁾として、ここでは液状化について報告したい。

2. 液状化地点の分布

コスタリカは地理的に、カリブ海低地、中央高原、北部平野、南西部平野の四つに大別される。カリブ海低地はカリブ海に沿って南に広く北に狭くのびる熱帯雨林地帯で、中央高原からカリブ海に注ぐ中小河川やカリブ海の沿岸流によって形成されている。人口4.3万人のリモン市がこの地域の主要都市であるが、その他には大きな都市もなく、バナナ、カカオ、ゴム、果実が栽培されている。

今回の地震はカリブ海低地南部に近い中央高原が震央であったため、このカリブ海低地一帯で液状化が発生した。別報¹⁾には震央位置とともにMora博士により推定されている液状化発生範囲を示すが、このうち、筆者達が調査を行った範囲での液状化発生地点の特徴を示すと表-1となる。これらは次の3つに大別される。

- ①海岸より数km~十数km内陸での河川の川岸および河川により形成された沖積平野
- ②海岸の砂州およびそれから後背湿地へかけての地域
- ③海岸付近ではあるが河川沿いの地域

これらのうち、液状化に起因した側方流動に焦点をあて、②および③での例を以下に示してみる。なお、4カ所で噴砂を採取したが、その粒径加積曲線を図-1に示す。

3. 海岸の砂州で発生した側方流動

カリブ海沿岸には高さ2~3mの砂州が発達し、その背後

表-1 筆者達が調査したルート沿いの液状化発生地点の特徴

地 点	液 状 化 に よ る 被 害	噴砂の粒径
SiquresからLimonの間の低地における国道32号線沿い	Chirripo川東側の道路盛土のすべりと側方流動	細砂
	上記地点より約2km南東、送電用鉄塔積料	
	Cuba川河岸の側方流動	
	Blanco川河岸の側方流動	細砂
Matina町	家屋の沈下、傾斜	
LimonからMatina川河口までの海岸道路沿い	Cem Plazaにおける道路のクラックと側方流動	中砂
	Matina河口より少し南側での道路の陥没	
	同上、道路より内陸側の溝状陥没	
	同上、石油掘削用盛土のすべり、側方流動	シルト質砂
	同上、家屋の沈下、傾斜	中砂
LimonからEstrella川の間国道36号線沿い	Limonの空港での滑走路のクラック	
	Banano川河岸の側方流動	
	Vizcaya川河岸の側方流動	
	Vizcaya川からEstero Negro川にかけての道路のクラック、陥没、内陸側に向けての側方流動	
	Bananito川河岸の側方流動	中砂
	Estero Negro川河岸の側方流動	
	Estrella川右岸での側方流動(?)	

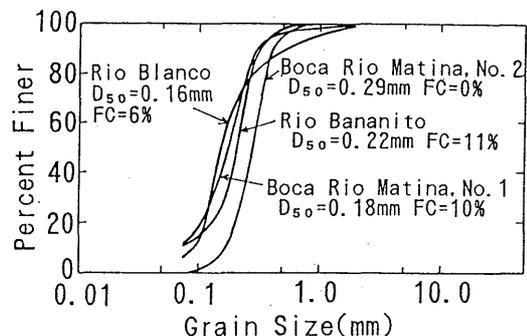


図-1 採取した噴砂の粒径加積曲線

A Reconnaissance Report on the 1991 Telire-Limon Earthquake -Liquefaction-, S.Yasuda (Kyushu Inst. of Tech.), H.Watanabe (Saitama Univ.) and N.Yoshida (Satokogyo Co., Ltd.)

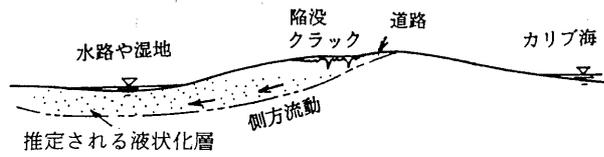


図-2 海岸の砂州での側方流動の模式図

に後背湿地や水路が形成されている所が多い。このような地形のいたる所で図-2に模式図を示すような被害を発生していた。砂州上に道路が設けられている所が多いが、そこにクラックや陥没が発生し、内陸側の後背湿地や水路に向かって側方流動を生じていた。

その間には噴砂も見られた。ボーリング資料はなかったので明らかではないが、図に示したように、砂州から内陸にかけて液状化したものと推定される。

4. 海岸部の河川沿い

前述したように、中央高地に源を発する中小河川がカリブ海低地を横切って海に注いでいる。この河口付近に設けられた道路橋のうち3つの川（ビスカージャ川、バナニート川、エステーロネグロ川）に架かっていた橋が側方流動に起因すると思われる落橋を生じていた。図-3に模式図を示すが、3橋とも橋台が足元をすくわれるように10°余り傾き、川岸は地盤が川に向かって流れ出したことを物語るように大きくはらみ出し、また川に平行なクラックが多くはいつていた。

これらの橋の建設にあたっては両岸でボーリングが行われているが、代表例としてビスカージャ川でのデータを図-4に示す。付近には地震計が設置していないが、他地点の値や一般の距離減衰式から考えて地表最大加速度は250gal程度以上は出ていると考えて液状化層を推定した結果も図に示す。杭の根入れ深さも図に示しているが、3つの橋とも杭先端かまたはそれより深くまで液状化したのではないかと推定される。また、橋台の周囲には少し護岸はあるものの、川全体には護岸がなく、図-3に示すように川岸の地盤が側方流動し、それにより橋台が傾いたものと推定される。

5. あとがき

1991年テリーレリモン地震の被害のうち、特に液状化に起因した側方流動に注目して被害の概要を示した。強固な護岸がないと川岸の地盤は液状化により側方流動し易いと実感した次第である。なお、本調査にあたって現地との連絡を東京大学石原研而教授に行ってもらい、現地ではICEのMora博士ら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。

参考文献

- 1) 渡辺啓行・吉田望・安田進：1991年テリーレリモン地震（コスタリカ）による被害—地震力と斜面崩壊—、第27回土質工学研究発表会、1992。（投稿中）
- 2) 渡辺啓行・吉田望・安田進：1991年TELIRE-LIMON（コスタリカ）地震被害調査報告書、地震予知総合研究振興会、1991。

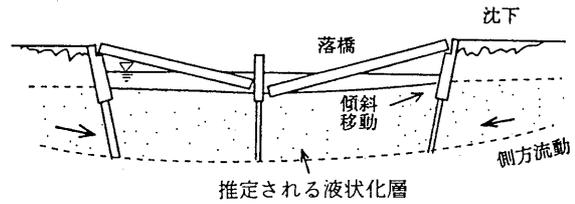
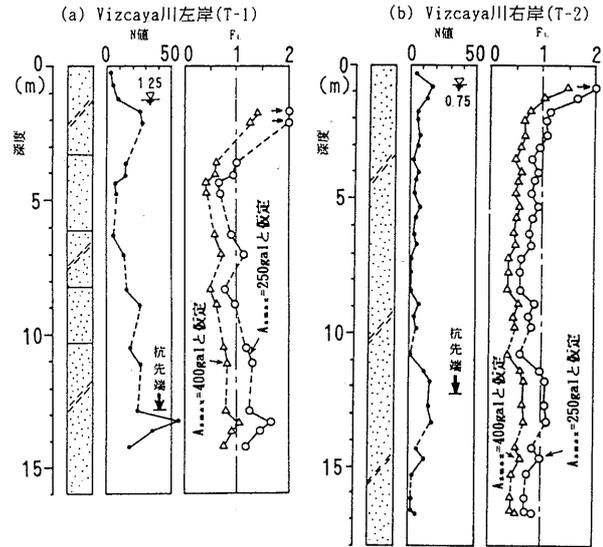


図-3 液状化による地盤の側方流動に起因した落橋の模式図



- ・道路橋示方書で計算
- ・砂の粒径は噴砂より $D_{50}=0.22\text{mm}$ 、 $FC=11\%$ と仮定
- ・シルト質砂は道路橋示方書より 0.07mm 、 $FC=50\%$ と仮定

図-4 ビスカージャ川の土質柱状図と液状化判定結果