

案件名	マナグア湖南部流域におけるマルチ・ハザード調査研究
派遣専門家	箕輪親宏・酒井直樹
所属機関	独立行政法人 防災科学技術研究所
相手国研究機関	ニカラグア国立自治大学マナグア校 地球科学研究センター(Centro de Investigaciones Geocientificas, Universidad Nacional Automoma de Nicaragua en Managua (CIGEO-UNAN))

マナグア湖南部流域におけるマルチ・ハザード調査研究

(平成 22 年 3 月)

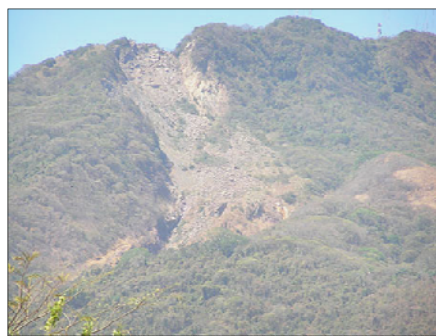
2010 年 3 月 21 日から 29 日まで中米にあるニカラグア国立自治大学(UNAN) 地学研究センター(CIGEO)に「マナグア湖南部流域におけるマルチ・ハザード調査研究」のため派遣された。ニカラグアは 1972 年の地震、1992 年の津波、1998 年のハリケーンによる地すべりなどの災害を受けている。このため防災対策を重要視している。我々が訪れた UNAN は首都マナグアに位置し、CIGEO は UNAN の広々とした所にある平屋の建物の研究・教育施設である。地質学と地球物理・防災の分野に分かれている。この地球物理・防災にある地震工学と地すべり洪水の支援が本派遣プロジェクトの主たる目的である。本プロジェクトにおいては2年間にわたり数回、毎回派遣者を換え、CIGEO を支援のため訪れる。今回は地震工学の箕輪と地すべりの酒井が派遣された。CIGEO では Dr. Dioniso Rodriguez センター長が主に対応した。

CIGEO ではまず研究体制・状況について説明を受けた。基礎的な研究分野(地質学、地球物理学等の理学分野)はしっかりできていると感じられた。ただし、その知識を活用し、災害分野において実効性を伴った成果を出すには時間が必要と思われた。我々もセミナーを行い「強震動の基線補正」、「防災科研の地すべり研究」を発表した。約 30 人の出席者があり、検証方法、実験方法について活発な質問がなされた。次に CIGEO の研究設備を案内されたが、地震・地盤探査用には深さ 100m 地震観測井戸等があったが、土の物性や強度を調べる試験装置が不足していると強く感じられた。現在はメキシコの大学に赴いて実験を行っているとのことである。

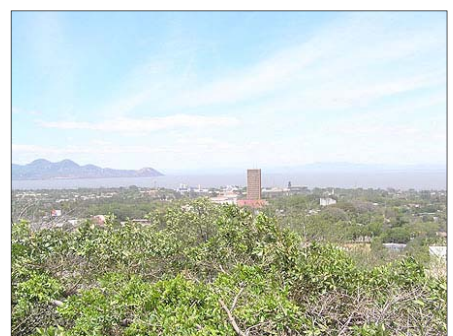
過去の災害現場として、1972 年にあった地震のマナグア市内の痕跡を見た。マナグア市内に 10 階を超える建物は1、2 見られるだけで、それもこの地震前に立てられた建物である。この地震以降、高い建物は殆ど建てられず、近郊に広がり、スラム化しているところもある。さらに 1998 年ハリケーンミッチの豪雨災害の跡を訪れた。この豪雨で Casita 火山(標高 1300m 超)頂上付近に起きた大規模崩壊により発生した土石は、数分で 5km ほど麓にある町を直撃し、土砂が数 m に渡って堆積し、そこにあった村では 2500 名超の犠牲者を出した。そこにはこの災害の記憶を後生に残そうとする記念館が建てられていた。その他ニカラグア外務省を表敬訪問し、ニカラグアの防災行政組織について知識を得た。さらにニカラグア国土研究所(INETER)を訪れニカラグアの地震・火山監視体制について説明を受けた。



セミナー風景



ハリケーンミッチの豪雨による大規模崩壊



マナグア地震以来、高層建築が無い首都市内

今年に入り1月12日のハイチ地震、2月27日のチリ地震があり、ニカラグアで地震災害に対する不安感が高まっている。このためか、我々の訪問が大きく新聞で取り上げられた。CIGEO は近代的な2階建ての研究棟を現在地から 100m程離れたところに新築し、この 4 月末に引っ越す。今までの建物は試験棟になる。これからニカラグアの防災研究の拠点、人材育

成の拠点としてふさわしい建物である。今後設備を充実し、ニカラグア独自で多くの調査、試験が出来ることを期待する。
今回の我々の訪問が CIGEO にとって有益に働くことと信じてやまない。



現地新聞のトップに掲載



ハリケーンミッチの豪雨災害記念館前



「新研究棟」の前での関係者集合写真

案件名	マナグア湖南部流域におけるマルチ・ハザード調査研究
派遣専門家	横井俊明
所属機関	独立行政法人 建築研究所 国際地震工学センター・上席研究員
相手国研究機関	ニカラグア国立自治大学マナグア校 地球科学研究センター(Centro de Investigaciones Geocientificas, Universidad Nacional Automoma de Nicaragua en Managua (CIGEO-UNAN))

マナグア湖南部流域におけるマルチ・ハザード調査研究

(平成 22 年 9 月)

・日程

月日	業務	業務地等	宿泊地
9 月 18 日(土)		成田-Houston-Managua	移動日
19 日(日)	資料整理・セミナー準備	Hotel	マナグア市
20 日(月)	打ち合わせ、機材検査 ソフトウェア:インストール及び動作確認等	CIGEO-UNAN	
21 日(火)	セミナー(講義) 接続試験(K2 と Episensor) JICA 事務所表敬	CIGEO-UNAN JICA 事務所	
22 日(水)	接続試験(K2 と Episensor)・セミナー(講義・演習)	CIGEO-UNAN	
23 日(木)	野外測定(K2 と Episensor で SPAC 法) 室内接続試験(長周期地震計)	CIGEO-UNAN	
24 日(金)	野外測定(K2 と Episensor で SPAC 法、 長周期地震計による 3 成分観測、 固有周期 1 秒の地震計と K2 の接続試験	CIGEO-UNAN	
25 日(土)	マナグア市・グラナダ市と周辺視察		
26 日(日)	資料整理	Hotel	
27 日(月)	野外測定(K2 と固有周期 1 秒の地震計で SPAC 法	CIGEO-UNAN	
28 日(火)	野外測定(K2 と固有周期 1 秒の地震計で SPAC 法 打ち合わせ(JICA 事務所) 大使館表敬	CIGEO-UNAN JICA 事務所 日本大使館	
29 日(水)	データ解析指導・打ち合わせ	CIGEO-UNAN	
30 日(木)		Managua-Houston	
10 月 1 日(金) -2 日(土)		Houston-成田	移動日

・カウンターパート

機関:ニカラグア国立自治大学地球科学研究センター (CIGEO-UNAN)

1990 年にスウェーデンの援助で、ニカラグア国立自治大学に設立された。地質・材料工学、鉱物学、岩石学、岩石物理学、GIS、Remote Sensing 及び、岩石・地盤標本担当の部門がある。

関係者:Dioniso Rodríguez センター長(博士、地質学)

Blenda Leyton 研究員(博士、地球物理学)リモートセンシング

Marvin Corriols 研究員(博士、地球物理学)電気探査

Lener Sequeira 研究員(博士、地球物理学)電磁気探査(MT 法)

Claudio Romero 研究員(修士、物理学)微動探査・地震探査

・使用機材

データロガー:Altus K2(Kinematics #2227) 内蔵 3ch + 外付け 3ch(内 1ch は接続ケーブル(Junction-Box と ES-U2 の間)が切断)

地震計:Episensor(Kinematics) 加速度計 1 成分外付用(ES-U 1 台(故障)、ES-U2 2 台)、Episensor (Kinematics) 加速度計 3 成分(Altus K2 に内蔵)、SE 型速度計 3 成分(負シャント抵抗による過減衰化と積分

増幅器の組み合わせによる速度型地震計。5 秒まで平坦特性。)

固有周期 1 秒速度計(保坂製、上下動 3 台)

実施した観測と結果の概要

- H/V 観測用長周期地震計と Altus K2 の接続試験

携行機材である SE 型速度計 3 成分及び特注した専用接続ケーブルと、Altus K2 との接続試験を実施した。この際に取得した微動記録を使った長周期帯域でのパワースペクトルには周期 3~4 秒付近にピークが観測された。また、H/V スペクトル比では周期 6 秒付近にはっきりしたピークが観測された。加えて、内蔵加速度計の H/V スペクトル比との比較により、周波数 3.5Hz 以下では内蔵加速度計による観測記録の解析結果は信頼性が低い事がわかった。



現地作業風景 右側に筆者

- 加速度計による SPAC 法の観測

Altus K2 と内蔵の ES-T の上下動成分及び外付け ES-U2 2 台を使って、正三角形アレイ(辺長 100m、50m、25m、10m)での観測を、CIGEO の実験室と強震観測室周辺で実施した。外付け ES-U2 の S/N 比が、4Hz 付近より低周波数側で解析に耐えない程度に低くなり、極く表層を除いては探査には使えないことを確認した。ちなみに、4Hz 以上という周波数帯域は、高精度表面波探査(MASW)でカバーできるので、わざわざ微動を使う必要が無い。

- 固有周期 1 秒速度計による SPAC 法の観測

固有周期 1 秒速度計 3 台を Junction Box を介して Altus K2 に接続し、上記と同じ正三角形アレイ(辺長 100m、50m)での観測を実施した。28 日午前中に、正三角形アレイ(辺長 25m、10m)での観測を終了した。データ解析は滞在中に終わるのは無理なので、帰国後電子メール等を使って指導を続ける。

- 帰国後、Claudio Romero 研究員と電子メールで連絡をとりながらマナグア現地で取得したデータの解析を進め、固有周期 1 秒速度計による SPAC 法で表面波の分散曲線を求めた。また、CIGEO の保有する Episensor の SPAC 法、H/V 法への適用限界周波数帯に関する検討を実施した。今後も Claudio Romero 研究員と連絡を取りつつ、地下速度構造の推定を進める予定である。



作業機材



現地作業風景

案件名	マナグア湖南部流域におけるマルチ・ハザード調査研究
派遣専門家	酒井直樹・阪上最一
所属機関	独立行政法人 防災科学技術研究所 株式会社 地圏環境テクノロジー・理事
相手国研究機関	ニカラグア国立自治大学マナグア校 地球科学研究センター(Centro de Investigaciones Geocientificas, Universidad Nacional Automoma de Nicaragua en Managua (CIGEO-UNAN))

マナグア湖南部流域におけるマルチ・ハザード調査研究

(平成 23 年 6 月 ~ 7 月)

< 概要 >

約 2 週間にわたり、ニカラグア国立自治大学マナグア校 地球科学研究センター(CIGEO- UNAN)に 2 人が派遣された。我々の目的は、地すべりハザード評価技術を対象としており、昨年度酒井が派遣された調査を基に計画されたものである。今回の行程では、ハザードマップ作成に関する解説、マナグア湖南部流域現地踏査、降雨浸透実験、講演会を行った。

< 実施内容 >

CIGEO では、Dr. Dioniso Rodriguez センター長以下、若手地すべり担当研究者 4 名らを合わせて計 7 名(写真 1)で以下に示す研究調査を行った。

ハザードマップ：地形図、地質図による危険度評価手法、またプロジェクトにおいて購入した空中写真を用いた地すべり地形の読み取り手法に関する解説を行った。

マナグア湖南部流域現地調査：標高 1000m 強の丘陵頂部から湖岸のマナグア市までの調査を 2 日にわたって行った(写真 2)。この地域は多雨地域であり多くの緑に覆われている。しかし生活に欠かせない道路周辺に対して多数の崩壊箇所および危険箇所が見つかった。道路沿いは基本的に対策は行われておらず、多くの危険箇所が存在する(写真 3)。この地域は火山性地質のため地質的にもろいため、今後も崩壊は続くと考えられる。また短時間に強い雨が降るいわゆる「ゲリラ豪雨」的な降り方をするため、道路が排水路となり、舗装されていない道路は多くの浸食がみられ(写真 3)、荒れていた。また豪雨時に市内では至る所浸水する場所がみられた(写真 4)。このような降雨時の危険地域を調査分類し、GIS 上にまとめていく予定である。



写真 1 参加メンバー

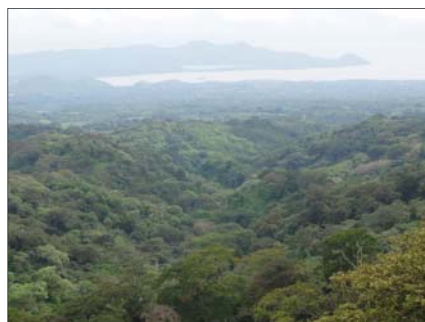


写真 2 調査流域



写真 3 流域内生活道路沿いの斜面崩壊

降雨浸透実験：危険度評価を行うための基本的な計測項目として土壌の浸透しやすさの把握が重要であり、現地土壌の特性を把握するために不可欠な実験である。ここではプロジェクト予算より計測に必要なセンサーやロガー等を購入し、土壌水分センサーを用いた計測システムを構築し、降雨浸透しやすさを評価するための予備実験を行い結果を得た(写真 5)。今後これらの評価手法を確立していく予定である。



写真 4 豪雨後の道路浸水



写真 5 浸透実験計測システム



写真 6 学長への説明

< 講演会、報告等 >

期間中、学長に対する概要説明(写真 6)、JICA 事務所において所長への説明、日本大使館でも概要の説明を行った。また最終日に講演会を開催した。日本での東日本大震災の後だったため非常に関心が高く、新聞、テレビのマスコミも数社が集まった(写真 7、8)。テーマは、「Key scientific issues regarding Tsunami, earthquake and landslide due to the great Tohoku Japan earthquake 2011」(酒井専門家)、「Japanese Earthwork for Landslide Disasters in Highways」(阪上専門家)である。今回の訪問が新聞に掲載された(写真 9)。

< まとめ >

最後に、地すべりハザード評価技術は、理学、工学(応用理学)、社会学と複数の領域が融合する分野である。CIGEO では、地質・地形および地球物理系の理学分野の研究内容は充実しているが、応用理学的な視点である地すべり防災に関する研究は始まったばかりであり、今後の継続的な支援が必要と考えられる。

また課題として、Dr. Dioniso Rodríguez センター長センター長を支える中間世代のリーダーが不在なこと、実験設備の維持管理を行う技術員が不在なこと、そして他機関との協力体制が不十分なことがあげられ、今後の改善が望まれる。



写真 7 講演会著者発表



写真 8 講演会会場



写真 9 講演会翌日の新聞一面

案件名	マナグア湖南部流域におけるマルチ・ハザード調査研究
派遣専門家	横井俊明
所属機関	独立行政法人 建築研究所 国際地震工学センター・上席研究員
相手国研究機関	ニカラグア国立自治大学マナグア校 地球科学研究センター(Centro de Investigaciones Geocientificas, Universidad Nacional Automoma de Nicaragua en Managua (CIGEO-UNAN))

マナグア湖南部流域におけるマルチ・ハザード調査研究

(平成 23 年 12 月)

【背景】

本件では、下記の内容をカウンターパート機関である CIGEO-UNAN(ニカラグア国立自治大学地質工学研究センター)の研究者と共に実施することにより、地盤と強震動の関係、火山地帯の地滑り発生予測に関する貴重な資料を得、また共同作業・セミナーによる技術移転を実施する。

- I) 地すべり地盤の脆弱性の把握
- II) 誘因を考慮した地すべり発生予測モデルの開発
- III) 地震動推定における地盤特性の影響把握
- IV) 地盤特性推定手法の研究

報告者は、主として IV)を担当し、微動アレイ探査法の技術指導を現地での計測及び帰国後の TV 会議システム等を利用した解析指導を通じて行う。ニカラグアでは、この手法により探査が実施された実績は無く、カウンターパート機関である CIGEO には、JICA 集団研修「地震・耐震・防災政策」の帰国研修生が 4 名所属している。これらの若手研究者を対象に、現地計測と解析の指導を実施した。

【現地活動】技術指導内容:

短周期微動アレイ観測記録による地下速度構造の推定手法について下記の技術指導を実施した。

- 1) 微動アレイ探査法 (SPAC, CCA) の背景理論と事例の紹介を通じて、CIGEO 研究スタッフ対象のセミナーにおいて今日の研究状況を説明した。
- 2) 短周期地震計と記録器との接続・動作試験の現地指導を行った。
- 3) JICA 現地事務所及び CIGEO 幹部と共に 2012 年度のフォローアップスキームへの申請について協議を行った。

なお、今回の派遣中の指導に主に関わった CIGEO の研究員は、以下の 4 名である。

- Claudio Romero 研究員 (修士、物理学)
- Edwin A. Obando 研究員 (博士、地震工学)
- Edwin Nadir Castrillo Osorio 研究員 (博士課程、JICA 帰国研修員 2006-2007)
- Delvin Abdiel Martinez Bravo 研究員 (修士、JICA 帰国研修員 2010-2011)

2010 年度の実施内容概要:

2010 年 10 月に報告者が CIGEO に短期派遣された時には、CIGEO 所有のデジタルデータロガー Altus K2、固有周波数 1Hz の地震計 3 台を各々データ収録機、センサーとして使い、微動アレイ探査のスタンダードな手法である SPAC 法の為のデータ取得を実施し、加えて長周期 3 成分センサー (周期 5 秒まで平坦特性) での試験観測を行った。また、派遣中及び帰国後の電子メール等での指導により、データ解析及び地下速度構造推定までの技術供与を実施した。これにより、以後、これらの機材を使ってマナグア市内での現地調査を随時実施することができるはずであった。

2011 年度(今回派遣時)の状況:

上記のように、今回の派遣では上記の機材で上記内容の観測をマナグア市内数箇所で開催する予定であった。ところ

が、2011 年 10 月の江藤専門家(東京ソイルリサーチ所属)の派遣時に、上記の Altus K2 が修理不能な壊れ方をしていることが判明した。これに対する対策として、CIGEO 所有の GEODE(多チャンネルデータロガー)を収録機として使うことにし、アレイ内の観測点を増やし作業効率を高めるために、供与機材(GEODE 用テイクアウトケーブル等、9 月上旬に手続き済)及び貸与機材(短周期上下動地震計:周期 0.5 秒、11 月中旬に手続き済)を準備した。しかし、派遣実施段階では、貸与機材は 12 日(月)午前中に税関から CIGEO に届いたものの、供与機材が CIGEO に届いたのは 15 日(木)夕方であり、翌 16 日(金)は、報告会等で予定が埋まっていたため、結局派遣期間中には使えなかった。それでも、この供与機材無しでの試験的観測を 12 日から 15 日まで試みたが、CIGEO 所有機材(GEODE)との接続で多くの問題が発生したため、派遣期間のほとんどを接続試験とそのデータの確認に費やし、結局マナグア市内での観測とそれを使った研究指導を行うには至らなかった。

なお、上記の壊れた Altus K2 の代替機としての McSeis MT Neo ((株)応用地質製)が 2012 年 3 月に派遣の別の短期専門家の携行機材として供与される予定である。

【おわりに】

上記のように、機材に関するトラブルにより現地での観測は予定通りに進まなかったが、主として帰国研修生を対象とする技術指導・セミナーは達成することができた。この報告書は平成 24 年 6 月末執筆であるが、上記の McSeis MT Neo は予定通り 3 月末に供与され、CIGEO の研究員が自前で観測をできるようになった。また、帰国研修生である若手研究員に対する電子メール等を使った遠隔指導は、プロジェクト終了後の現在も継続中である。

最後に、CIGEO は、自然災害対策関係の地質学・地震学・土質力学分野での教育・研究指導で中心的な役割を果たすべく修士課程での教育・研究指導能力の拡充を望んでいる。先進国の援助や自前予算により、CIGEO の担当する各分野で、ある程度の機材は保有し利用しているが、最新の機材の導入は未だに喫緊の課題である。加えて、先進国への留学や研究者の招聘等を通じての努力はなされているが、最新の研究情報へのアクセスが十分とは言えない。従って、以下のような今後の協力の方向が望ましいと考えられる。

- + 研究や事業の実施そのものではなく、それを通じての CIGEO の教育・研究への Capacity Building に主眼を、規模の大きさよりは継続性に重点を置くべきである。
- + 研究協力と考えるよりは、それを通じての高等専門教育の支援と考えるべきである。
- + どの援助スキームに拠るにせよ、「日本人研究者が研究を実施し、CIGEO は現地でのサービスを提供する」という事態にならないように、CIGEO の教育・研究への Capacity Building に主眼を置くべきである。



帰国研修員との共同作業による観測実施風景

案件名	マナグア湖南部流域におけるマルチ・ハザード調査研究
派遣専門家	佐藤正義・阿部秋男
所属機関	独立行政法人 防災科学技術研究所・統括主任研究員 株式会社 東京ソイルリサーチ 筑波総合試験所・所長
相手国研究機関	ニカラグア国立自治大学マナグア校 地球科学研究センター(Centro de Investigaciones Geocientificas, Universidad Nacional Automoma de Nicaragua en Managua (CIGEO-UNAN))

マナグア湖南部流域における地震時の地盤液状化危険度予測の検討業務完了報告

(平成 24 年 3 月)

本業務は科学技術研究員派遣事業「マナグア湖南部流域におけるマルチハザード調査研究」のうち、マナグア湖南部流域における地震時の地盤液状化危険度予測の検討を行うためのものである。

本事業の対象地域であるニカラグア共和国の首都マナグアのマナグア湖南岸流域は、これまでに多くの地震や風水害などに起因する土砂災害を受けてきた場所である。

先の東日本大震災の際に話題になった地盤の液状化による建物や公共施設の沈下や傾斜の被害はまだ記憶に新しい。マナグア湖南岸流域一帯も地形的に考えて、日本の液状化発生地点と同じような地盤が分布することが予測される。今回の派遣事業は、地震時の地盤液状化危険度予測の検討を行うための手法を技術移転するために行われたものである。



地震で破壊し廃墟となった旧カテドラル (1)



集合住宅近くでの掘削溝 (2)

派遣期間は平成 24 年 3 月 3 日(土)～3 月 12 日(月)の 10 日間であり、短い期間であったが、技術移転先のカウンターパートが熱心で意欲的であったこともあり一応の成果を挙げる事ができた。

活動内容

最初にニカラグア国立自治大学地球科学研究センター(CIGEO-UNAN)を訪問し、Dr. Dioniso Rodríguez センター長より、本プロジェクトのカウンターパートであるメンバー 5 名を紹介された。日本側からは、今回の地震時地盤液状化の検討目的・実施内容についての説明を行った。

また、本プロジェクトのカウンターパートであるメンバーに対し、ミニワークショップを行った。

阿部専門家：液状化危険度予測のための調査方法および予測法の紹介

佐藤専門家：東日本大震災における浦安市の地盤液状化被害の紹介

調査対象地域の現場において CIGEO に納品された常時微動測定器について、使用方法をカウンターパートに説明し彼らが使用できるようにした。また、マナグア湖南部流域における液状化予測のための調査地点の踏査を行った上で、液状化発生の可能性の考えられる調査地点を選定し、標準貫入試験(SPT)を 2 箇所を実施した。そのうえで調査結果を用いて、道路橋示方書の液状化判定を実施するなどしてカウンターパートが液状化判定を行えるよう技術移転を行った。



SPT の実施状況



常時微動測定の実施状況



常時微動測定の測定器 McSEIS-MT NEO

また、常時微動測定器を用いて、湖岸から離れる方向に約 200m ピッチで 11 箇所の常時微動測定を実施して、地盤の地震時における震動の増幅特性を調査した。

現地調査の結果、マナグア市内の湖岸に近い場所では地震時に地盤が液状化する可能性が高いことがわかった。調査を行った 3 月時点は乾期であり地下水位は比較的深いのが、雨期になると地下水位は地表に達することになるので、この時期に大地震に見舞われると液状化層厚が大きいので液状化による被害はさらに増大すると考えられる。

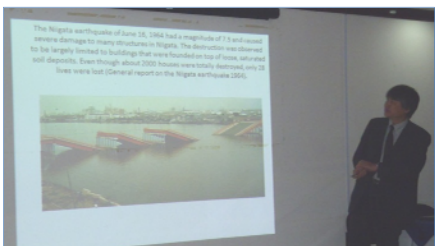
また、常時微動の測定結果より、マナグア湖岸の地盤には大きなコントラストがあり硬い基盤層の上に軟弱な堆積層が存在していることが伺われる。このような地盤では、地震時の震動増幅率が高くなることが予測され、液状化も発生しやすい地盤であるといえる。

最終日に CIGEO で開催されたセミナーにて講演をした。参加者は地盤工学の専門家でない研究者・学生も参加し、参加者は約 30 名であった。

阿部専門家：地盤液状化のメカニズムと被害およびマナグア市における液状化危険度予測と対応策

佐藤専門家：地盤と構造物の耐震性評価のための大型振動台実験

セミナーの後、活動中のマサヤ火山を視察した。マナグア市の地盤表層は火山灰で覆われており、この層は液状化の可能性の高い地層である。



CIGEO セミナーでの阿部専門家の講演



CIGEO セミナーでの講演後の質疑応答



CIGEO セミナーでの佐藤専門家の講演

達成状況と成果

カウンターパートおよび研究者や学生にミニワークショップとセミナーでの講演を通じて、大地震時の地盤液状化の被害の重大さを認識して貰うことができた。カウンターパートには、地盤調査から液状化判定までの一連の作業の流れを、実際に体験して貰い、理解してもらうことができた。そのことから短期間の派遣ではあったが当初目的としたことについての一応の成果が得られたと考える。

指導分野およびその関連分野にかかる受入国、協力先の現状と問題点

大地震に対しては人命に関わるため住宅の耐震化が最大の問題であり、達成すべき課題が多いと言う現状がある。そのためか、地盤液状化に関しては被害がゆっくりと発生するため人命の損失がほとんど無いので、これまでほとんど問題点の認識が無かったと思われる。しかし、液状化による被害は経済的損失が膨大になるので、地震後の復興のさまたげとなり、できるだけ被害軽減に努める必要がある。対応策としては、液状化が発生する地点には住宅などの建設は避けるよう、行

政側が強く指導する制度の確立が望ましい。

CIGEO で地盤関連の設計に使用する試験装置が不足しているのではないかと感じる。経済性のある構造物の設計・施工法は、ニカラグアのように今後経済発展しなければならない国には欠かせない。そのためには、地盤調査(物理的・強度の性質を把握する)を充実させる必要がある。また、このような業務に対応できる人材の養成と技術普及の制度が必要とされていると思う。

今回実施した地盤液状化危険度予測のための地盤調査から液状化判定の一連の作業は、今後その調査を継続して、多くの調査結果を蓄積し、最終的には液状化の防災マップの作り上げるための最初のステップであると考えている。さらに、液状化だけでなく、地震深度などの関係だけでなく、地滑りや洪水、火山噴火などを含んだ防災マップの作成までつなげてゆくべきであろう。

類似プロジェクト、類似分野への今後の協力実施にあたっての教訓、提言等

日本の地震工学分野から簡易な住宅の耐震化、簡易な耐震設計の調査など、比較的容易に技術移転が可能な分野は多いのではないと思われる。すぐに、実際に役立つ技術を洗い出し、実物できる人を派遣するのが効果的である。

ニカラグアにおいても現在進行中の類似のプロジェクトがあるが、ニカラグア国内においてそれらのプロジェクトのカウンターパートの横のつながりが弱いことを感じた。今後日本側が主導してニカラグア国内のプロジェクト間の交流を推進する必要があるように思う。

- 1 1972 年の地震で破壊 (周囲に沈下が見られ液状化が発生した可能性がある)
- 2 表層は砂であることが分かる