

地盤工学会
2010 年チリ Maule 地震による
被害に対する災害緊急調査団
報告書

平成 22 年 5 月 17 日
地盤工学会 2010 年チリ Maule 地震による
被害に対する災害緊急調査団

まえがき

チリ国は日本と同様に地震国である。過去にも 1960 年、1985 年などと大きな地震が発生し、建物や道路、鉄道構造物などに多くの被害が発生してきている。また、海岸付近で地震が発生し、規模も大きいため、津波による被害も起きてきている。ただし、その被害状況は我が国ではあまり知られてきていない。

本年（2010 年）2 月 27 日にチリ中部～南部にかけてマグニチュードが 8.8 といった巨大な地震が発生した。地球の反対の遠い国のことでなかなか被災状況は把握できなかったが、過去の地震と同様に建物や道路、鉱さい堆積場などの被害が発生し、さらに津波による被害も甚大であるとの情報もはいつてきた。その中には地盤変状に関係した被害もかなりあるのではないかと考えられた。特に、マグニチュードが 8.8 と巨大なため、種々の被害が広い範囲で発生していることが予想され、この現地調査を行うことはチリ国および我が国の今後の地震防災に役立つものと考えられた。このため、地盤工学会では緊急調査団を派遣することを決定した。同時に、関連学会の日本地震工学会、土木学会、建築学会も調査団を派遣することを決定したため、四つの学会で合同調査団を組むこととした。そして、往復を含めて 3 月 27 日から 4 月 8 日の間調査団を派遣した。

チリ国は地震国であるため、我が国とチリ国とは地震関係の研究・技術協力を過去にくっか行ってきた。特に 1988 年～1995 年まで行われた JICA による「チリの構造物耐震設計」および「地震災害軽減技術研究協力プロジェクト」では長期にわたって研究協力を行ってきた。海外の現地調査にあたっては相手国などの協力が必須であるが、今回は特に在チリ日本大使館、JICA チリ支所、チリのカトリカ大学、チリ大学などから協力を得た。文部科学省からの援助も受けた。また、現地調査にあたっては、Prof. Ramon Verdugo (Universidad de Chile), Prof. Felipe Villalobos (Universidad Catolica de la Santisima Concepción), Mr. Andrés Torres Guerrero (Universidad de Chile) に同行していただいた。また、4 学会合同で調査したため、北川良和合同調査団長以下、他学会の調査団の方々からの協力も得た。今回の調査はこれらの協力なしでは行えなかった。大変感謝する次第である。

平成 22 年 5 月 17 日 調査団一同

目次

	ページ
1. 調査目的, 調査メンバーおよび調査行程	1
2. 調査地域の地形, 地質特性	4
3. 地震動の諸元とその特徴	12
4. 液状化による建物の被害	18
5. 津波の発生およびそれによる構造物の被害	27
6. 道路盛土および橋梁の被害	32
7. 港湾施設の被害	39
8. ダムの被害	43
9. 鉱さい堆積場の被害	45
10. 海岸部の斜面崩壊および隆起	50
11. その他の被害	56
12. チリ国とのセミナーの概要	59
13. あとがき	59

調査団メンバーおよび執筆担当

地盤工学会調査団長：安田 進（東京電機大学，地盤工学会災害連絡会議複合災害専門
委員） 執筆担当：まえがき，第 1, 2, 5, 9, 10, 11, 13 章

地盤工学会調査団員：菅野高弘（(独) 港湾空港技術研究所地震防災研究領域）
執筆担当：第 7 章

地盤工学会調査団員：岡村未対（愛媛大学）執筆担当：第 6 章

地盤工学会調査団員：飛田哲男（京都大学）執筆担当：第 3, 4, 12 章

日本地震工学会調査団員：小長井一男（東京大学）執筆担当：第 8 章（地盤グループに
同行いただき現地調査を一緒に実施）

1. 調査目的, 調査メンバーおよび調査行程

1.1 調査目的

2010年(平成22年)2月27日にチリ中部～南部を震源とするマグニチュード8.8のMaule地震が発生した。チリでは我が国と同様に太平洋沿岸付近で海洋型の大地震がしばしば発生してきている。1960年にも今回より少し南の地域を震源とするマグニチュード9.5の巨大地震が発生し、地盤に係る被害だけでも液状化や斜面崩壊、盛土の崩壊、地盤の沈降などが発生した。今回の地震はマグニチュードが少し小さいものの、被災範囲は非常に広く、首都のSantiago(サンティアゴ)も被災しているとの情報が伝わってきた。ただし、日本からは地球のほぼ真反対にあり、なかなか詳細な情報は伝わってこなかった。地震後数日の間にテレビや新聞で報道されたのは、Concepción(コンセプション)やSantiagoにおけるアパートの被害、高架橋の落橋、津波による被害といった程度であった。また、Santiagoにあるカトリカ大学の教員に問い合わせても、その程度の情報しか得られなかった。

ところが、マグニチュードが8.8と巨大なことや、1960年、1985年の地震などの過去の被害例からいって、今回も地盤に係る被害がかなり発生しているのではないかと推測された。また、地盤関係の被害を現地調査することは、チリ国および我が国の将来の地震地盤工学および地震防災の発展に役に立つのではないかと思われた。そこで、地盤工学会として災害緊急調査団を派遣することになった。

1.2 調査団派遣の経緯

地盤工学会では災害連絡会議にて災害緊急調査団の派遣を検討する。今回も災害連絡会議にて地震発生後にいち早く検討が行われ、地震発生後4日後には調査団を派遣する方向で調整にはいった。同時に関連学会との調整も行われ、日本地震工学会、土木学会、建築学会との四学会合同の調査団を結成しようとの動きとなり、その調整の会議が3月9日に行われた。

国内の災害と違って海外の災害の場合には、災害緊急調査団の派遣には相手国の研究者の協力が必要である。また、調査団員も相手国のことをかなり知っておく必要がある。チリの地震災害関係に関しては、JICAによって1988年～1991年に“チリにおける構造物の耐震設計”研究協力プロジェクト、1994年～1997年に“チリにおける構造物群の地震災害軽減技術”研究協力プロジェクトが行われた経緯がある。そこで、この時のプロジェクトに関係し、また、その後もチリの地震災害関係の研究者と緊密な関係をとってきている方が、今回の合同調査団のお世話をするのが良いのではないかとその会議で話し合い、合同調査団の団長として北川良和博士(元慶応大学教授)、幹事として安田進教授(東京電機大学)と翠川三郎教授(東京工業大学)が務めることになった。そして、各学会からの調査団員も選定していくことになった。

さて、地盤関係の被害としては、道路、港湾、建物、

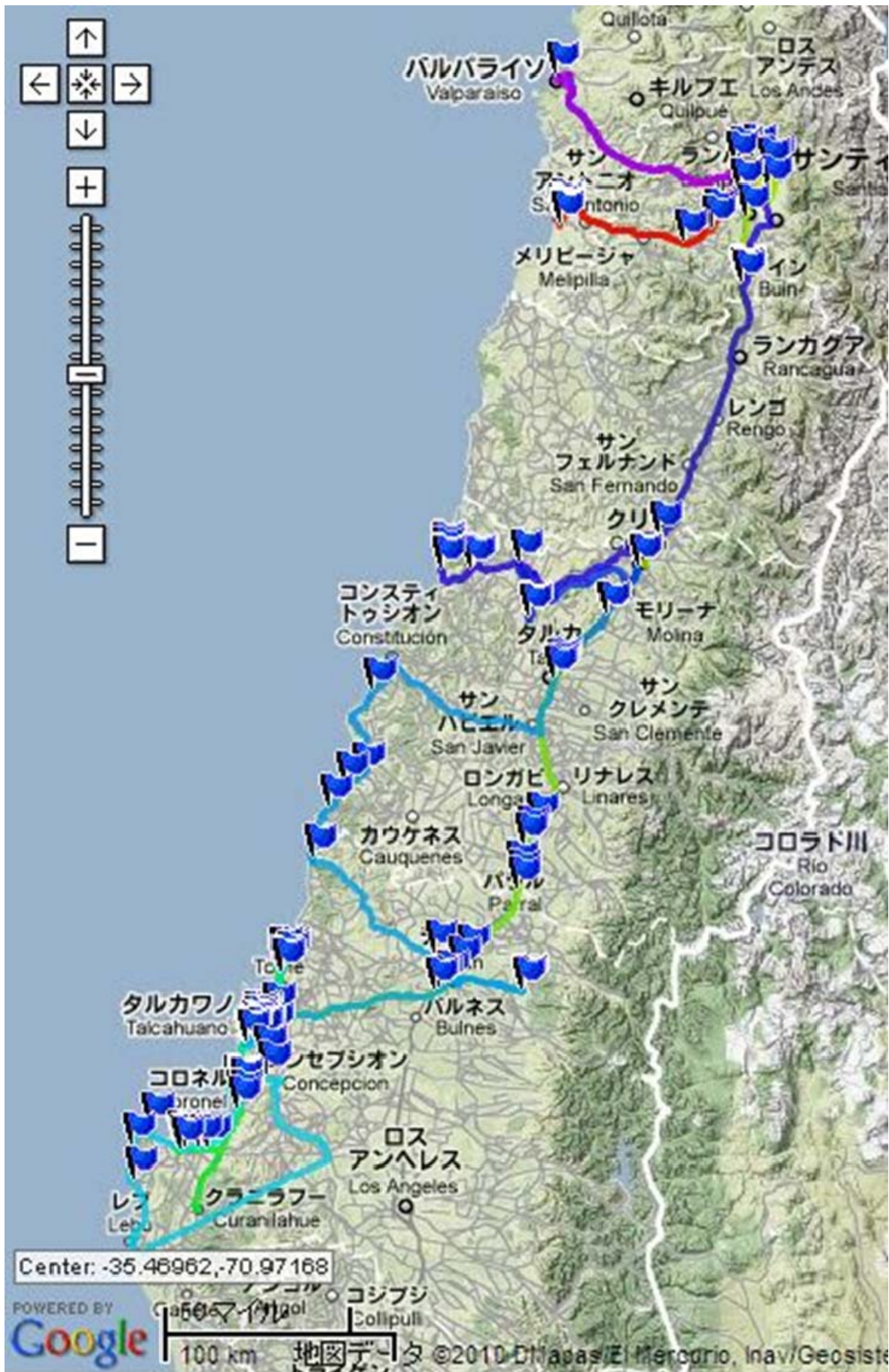
ライフライン、鉱さい堆積場などの施設で発生しているのではないかと推測された。そこで地盤工学会としてはこれらを専門にしている方々を調査団員としてお願いすることにした。そして、港湾関係で菅野高弘博士(港湾空港技術研究所)、道路関係で岡村未対教授(愛媛大学)ライフライン関係で飛田哲男助教(京都大学)をお願いし、地盤工学会での団長として安田進が務めることになった。ただし、現地調査にあたっては地盤、地震動・建築、津波、橋梁の四つのグループに分かれて調査を行うことになり、地盤グループの方に日本地震工学会からの調査団員である小長井一男教授(東京大学)に加わっていただくことになった。

このような経緯で地盤グループのメンバーが決定し、3月17日に再度合同の会議を開いて、現地に出かけた。なお、この間に関係者の努力により文部科学省から援助をいただくことになり、また、JICAにも現地における車や宿泊の手配などの協力をしていただくことになった。さらに、チリ側における協力者として、Prof. Ramon Verdugo(ベルドゥゴ, Universidad de Chile), Prof. Felipe Villalobos(ビジャロボス, Universidad Catolica de la Santisima Concepción), Mr. Andrés Torres Guerrero(トーレス, Universidad de Chile)に現地調査に同行していただけることになった。

1.3 調査範囲と調査行程

現地調査は3月28日(日)～4月4日(日)まで行い、5日にはSantiagoでチリ側の研究者と一緒に、チリの技術者・研究者向けにセミナーを開いた。現地調査のルートを図-1.1に示す。調査範囲はSantiagoからConcepciónの南のLebu(レブー)までである。以下、時間をおって調査行程の概要を述べる。

- (1) 3月27日(土): 成田空港発(18:10), Dallasで乗継ぎ
- (2) 3月28日(日): Santiago着(9:30)
 - a) ホテルにチェックイン後、Prof. Verdugoから被災概要の説明を受ける
 - b) Santiago市内の高速道路高架橋落橋箇所調査
 - c) San Antonio(サン・アントニオ)の海岸斜面変状箇所、建物被災箇所、橋梁変状箇所、津波被害箇所の調査
- (3) 3月29日(月): Santiago市内で打合せ
 - a) JICAチリ支所にて打合せ
 - b) 在チリ日本大使館表敬訪問
 - c) MWH社にてDr. Jorge Troncoso(トロンコース)らに会い、鉱さい堆積場の被害に関する情報収集
 - d) Pontificia Universidad Catolica de Chile(カトリカ大学)にて打合せ
 - e) Maipú(マイブ)にてアパート被災箇所の調査
 - f) Ministerio de Obras Publicas(公共事業所)にて港湾関係の被害に関する情報収集
 - g) Atton Hotel会議室にて合同調査団のミーティング
- (4) 3月30日(火): SantiagoからConcepciónまで調査しながら移動



図一.1.1 現地調査ルート (Google Map に GPS で記録した位置を記入したもの)

- a) Superior Hospital (スペリオール・ホスピタル) 跨線橋の落橋および取付け盛土被災箇所の調査
 - b) Curico (クリコ) の病院被災箇所の調査
 - c) Claro (クラロ) 川橋の被害調査
 - d) Talca (タルカ) のサイロ被災箇所の調査
 - e) Chillán (チジャン) のガソリンスタンド地下タンク被災箇所の調査
 - f) Concepción 着
 - g) Prof. Felipe Villalobos から Concepción における被害に関する情報収集
- (5) 3月31日(水): Concepción から南の Coronel (コロネル), Lota (ロータ), Arauco (アラウコ), Tubul (テュブル), Curanilahue (クーラニラウエ) の調査
- a) Coronel 港にて港湾施設の被害調査
 - b) Coronel 漁港の被害調査
 - c) Lota 漁港の被害調査
 - d) Lota にて道路・鉄道盛土被災箇所の調査
 - e) Arauco にて液状化による被害調査
 - f) Las Peñas(ラス・ペニャース)の斜面崩壊調査
 - f) Tubul にて三つの橋の落橋および取付け盛土崩壊被災箇所の調査(写真-1.1に Raqui II 橋で撮影した写真を示す)。
 - g) Curanilahue にて病院の被害調査
- (6) 4月1日(木): Concepción から北の Dichato までの調査, Concepción 市内の液状化被害箇所調査, およびヘリコプタによる Concepción から Lebu までの海岸線および Biobio (ビオビオ) 川沿いの被災状況調査
- a) Coliumo (コリウモ) における津波被害調査
 - b) Dichato (ディチャット) の高級住宅地および市内の津波被災状況調査
 - c) Concepción の Briss del Sol (ブリス・デル・ソル) における液状化による家屋被災箇所調査
 - d) ヘリコプターによる被災調査(2時間のフライト, Concepción - Coronel - Lota - Arauco - Tubul - Aguila (アギューーラ) 岬 - Lavapié (ラバピエ) - Quidico (キィディコ) - Lebu - La Laja (ラ・ラッハ) - Concepción
 - e) Concepción の Los Presidentes (ロス・プレジデント) の液状化によるアパート被災箇所調査
- (7) 4月2日(金): Concepción 内の調査, Coihueco (コイウエコ) ダム調査, 震源付近の海岸の調査を経て Curico まで
- a) Concepción の Bayona (バイオナ) における液状化による家屋被災箇所の調査
 - b) Concepción の San Pedro del Valle (サン・ペドロ・デル・バージェ) における液状化による下水施設被災箇所の調査
 - c) Concepción の San Ignacio (サン・イグナシオ) 学校における液状化による校舎の被災箇所の調査
 - d) Ribera Norte (リベラ・ノルテ) における地盤改良
- 地区のアパート被災状況調査
- e) Juan Pablo II (ファン・パブロ・セグンド) 橋の橋梁被害調査
 - f) Concepción の Valle Noble (バジェ・ノブレ) における液状化による家屋被災箇所の調査
 - g) Coihueco ダムの被害調査
 - h) 震源付近の Cobquecura (コップケクラ) から Chanco (チャンコ), Constitución (コンスティテューション) にかけての海岸に沿った被害調査
- (8) 4月3日(土): Las Palmas (ラス・パルマス) の調査, Iloca (イロカ) の調査を経て Viña del Mar (ビーニャ・デル・マール) まで
- a) Las Palmas の鉱さい堆積場被害調査
 - b) Iloca の津波被害箇所調査
- (9) 4月4日(日): Valparaíso (バルパライソ) の調査を経て Santiago まで
- a) Valparaíso における港湾被害調査
 - b) Santiago のホテルの会議室にてデータ整理およびグループ内打合せ
- (10) 4月5日(月): JICA にて打合せおよび Catolica 大学にてセミナー
- a) JICA チリ支所にて打合せおよび精算
 - b) Catolica 大学にてチリ側と合同でセミナー開催
 - c) 小長井, 菅野, 岡村, 飛田は Santiago 発 (20:55)
- (11) 4月6日(火): 大使館にてミーティング
- a) 大使館にて林渉在チリ日本大使らに調査結果の報告
 - b) 大使館公邸にてチリ側関係者と昼食会
 - c) 安田 Santiago 発 (20:55)
- (12) 4月7日(水): 小長井, 菅野, 岡村, 飛田成田空港着 (13:10)
- (13) 4月8日(木): 安田成田空港着 (13:10)



図-1.1 Tubul の近くの Raqui II 橋にて