

2011年ニュージーランド2011 Christchurch 地震による被害に対する 災害緊急調査団報告

Reconnaissance Report on the Damage Caused by the 2011 Christchurch, New Zealand Earthquake

安 田 進 (やすだ すずむ)
東京電機大学 教授

Cubrinovski Misko (チュブリノフスキー ミスコ)
Canterbury 大学 准教授

時 松 孝 次 (ときまつ こうじ)
東京工業大学 教授

Orense Rolando (オレンセ ロランド)
Auckland 大学 講師

渦 岡 良 介 (うずおか りょうすけ)
徳島大学 教授

清 田 隆 (きよた たかし)
東京大学 准教授

細 野 康 代 (ほその やすよ)
豊橋技術科学大学 助教

山 田 卓 (やまだ すぐる)
東京大学 助教

1. ま え が き

本年(2011年)2月22日にニュージーランドの Christchurch (クライストチャーチ)でマグニチュードが6.3の地震が発生した。この地震は昨年9月4日に近くで発生した Darfield 地震の余震と考えられ本震よりは地震の規模が小さかったが、震源位置が本震よりは Christchurch 市街地に近接していたため、Christchurch では本震以上の揺れが発生した。このため、本震の際より広い範囲で液状化が発生し、さらに、本震の際に発生していた被害が加速された。

地盤工学会では昨年発生した本震に対し災害緊急調査団を派遣したが、今回の余震で再液状化が発生し、被害もさらに増えたため、再度災害緊急調査団を派遣することを決定した。ここでは調査結果の概要を述べるが詳細な報告は学会のホームページに載せるので、そちらを参照していただきたい。

なお、この地震による液状化被害は広範囲に及び被害も甚大であるため、第2次調査団を3月中旬に派遣することを決めていた。ところが3月11日に東日本大震災が発生したため、第2次調査団の派遣は断念した。ただし、著者のうちの4名(Cubrinovski, Orense, 細野, 山田)はニュージーランド在住または滞在中であり、日本からの調査団帰国後も調査を継続している。

2. 調 査 範 囲

今回の余震の震源位置が Christchurch の南東側だったため、調査範囲としては、昨年の本震後の調査範囲に南東側の海岸線も加えた。そして、現地在住および滞在の4名による調査は余震当日から始まっており、日本から派遣したメンバーはその4名の補助を行う方法で調査を行った。

3. 被 災 状 況

3.1 Christchurch 市内の液状化発生範囲

余震発生の翌日から現地在住および滞在の4名によって、Christchurch および Kaiapoi (カイヤポイ)の液状化被害調査が開始された。Christchurch では液状化した範囲が大変広がったため、車を用いて道路ごとに液状化発生の有無の調査が Cubrinovski とその同僚によって詳細に行われた。この際、口絵写真—30に示すように、①道路や宅地に噴砂が見られて激しい液状化を生じていた場合に赤の実線、②噴砂は見られるが液状化の被害は軽い場合に赤の破線、③噴砂が見られず液状化の被害を受けていない場合には青の実線というように Cubrinovski によって調査方法が決められた。

日本から派遣したメンバーが到着した時には既にほとんどの調査が終わっていた。ただし、南の Spreydon (スプレイドン) 地区などはまだであり、急がないと噴砂の跡が分からなくなるので、この地区は日本からのメンバーで担当した。現地を回ってみると液状化した区域としなかった区域が明瞭に分かれていた。この地区はほぼ平坦な地区であるが、それでも多少の起伏があり、液状化した区域は多少低い区域に多かった。

道路ごとの調査結果をまとめた口絵写真—30をもとに Cubrinovski が判断した液状化範囲を口絵写真—31に示す。液状化した範囲は東西約7km、南北約8kmの範囲内の約60%、と大変広い範囲に及んでいた。Christchurch 市内には西から東に流れる Avon (エイボン) 川と Heathcote (ヒースコート) 川の二つの川が北部と南部に流れているが、これらの川沿いでは特に激しい液状化が発生した。なお、両方の川とも山から流れてきた大河ではなく、西側に源泉をもつ湧水からなる小さな川である。従ってその延長は20~30kmと程度と短く、川幅も河口付近で50m程度と狭い。

さて、昨年9月の本震の際に液状化した範囲と今回の液状化範囲と比較してみると、本震で液状化した地区は再び液状化し、またさらに他の地区も液状化していた。そして、液状化した面積は今回の方が2~3倍も広がっていた。これは今回の方が地震動が大きかったことに起因していると考えられる。地震記録による Christchurch 中心地で本震の際には0.1~0.3g程度であったのに対し、今回は0.6~1.8g程度と大きかった。

3.2 川沿いの液状化および流動による被害状況の調査

上述したように、Christchurchには二つの川が流れている。そのうち Avon 川沿いでは本震の際にも液状化が発生し、さらに川に向かった地盤の流動も発生して、家屋やライフラインに甚大な被害を与えた。この時の被害に関して本震後に時間をかけて Cubrinovski らによって詳細な調査が行われていた。今回の地震でも同様に液状化やそれに伴う流動が Avon 川沿いで発生し、さらに Heathcote 川沿いでも少し被災程度は軽いものの同様な被害が発生した。これによる被害の詳細はいずれ Cubrinovski らによって詳しく調べられると思われるので、とり急ぎ、日本から派遣したメンバーが滞在中に約3日かけて両川沿いに徒歩による現地踏査を行い、道路に生じたクラックから流動発生範囲を推定し、また、家屋などの被害状況を観察した。

口絵写真—32に Avon 川における背後地盤の流動範囲の測定結果を示す。場所によってその範囲は異なったが、流動範囲の最大は約200mにも及んでいた。Heathcote 川は Avon 川に比べて流動範囲は狭かった。この流動によって Avon 川に架かっている多くの橋の橋台は口絵写真—33に示すように川に向かって押され、背後の地盤には口絵写真—34に示すように噴砂が発生していた。

口絵写真—35に Bexley (ベクスレイ) の住宅地の様子を示す。写真では分かり難いが数多くの家屋が沈下・傾斜していた。また、筆者の一人が Dallington (ダリントン) のある家に対し、本震と余震の際の沈下量を比較してみたところ、本震の際に約20cm沈下していたものが、2月の余震後には約50cmまで増加していた。このように液状化による家屋の沈下・傾斜が至る所で発生し、また、空のプールも浮き上がるなど、液状化による住宅地の被害は甚大なものであった。また、水道管も至る所で壊れ、現地調査中にまだ水が流れ出しているところがいくつか見られた。

現地踏査をしてみてもさらに驚いたことは、今回の余震の際も噴砂の量が非常に多かったことである。口絵写真—36に Bexley における本震と余震時の噴砂の厚さを比較して示す。ここでは本震の際に約40cmの噴砂が生じ、余震では再び約50cmの厚さの噴砂が生じた。また、近隣の家の中を見させていただいたところ、口絵写真—37に示すように、床の上に噴砂が厚く積もっていた。

3.3 強震観測地点の地盤変状

Christchurch 市内および周辺では多くの地震記録が得られている。これらの地盤条件は異なり、特に液状化

した地区にも設置されていたので、これらの地点を探し、そこでの被災状況を調べ、また、常時微動観測を行った。

最も液状化が激しく発生した地区に地震計が設置されていた箇所の写真を口絵写真—38に示す。ここは Avon 川沿いのポンプ場であり、液状化が発生し、さらに Avon 川に向かって流動も生じていた。写真に示す建物も右側の方へ2度程度傾いていた。一方、市内の南東部で2160 cm/s²と最大の加速度を記録した Heathcote Valley に行ったところ、山の裾野に位置しほぼ岩盤の上にあるのではないかと推定された。

3.4 Kaiapoi における液状化被害

Kaipoi は Christchurch の約20km北に位置する。本震の時に液状化して甚大な被害を受けただけでなく、1901年に発生した地震でも液状化した履歴がある。今回の地震の際も本震の際と同じ地区で再液状化が発生し、地盤の流動も発生した。ただし、Christchurch と違って余震時の方が地震動が弱く、液状化発生および被害の程度は今回の方が小さかった。

3.5 Sumner 付近の斜面崩壊

Christchurch の南東側には火山があり、太平洋に面している海岸には急崖が形成されている。Sumner (サムナー) 地区などの数箇所で、高さ60~70mの急崖の斜面が数100mの幅で崩壊していた。口絵写真—39に崩壊例を示す。これらの崩壊は凝灰岩などからなる崖の表層だけが崩れたものであり、崩壊土量は多くはなかった。ただし、これらの崖の上は住宅地として利用されており、崖の背後の地盤に地割れも走り、危険な状態となっていた所もあった。

3.6 その他

以上は地盤に関係した被害を述べてきたが、震動そのものによっても多くの建物が被災していた。特に Christchurch 中心部ではレンガ造りの古い建物が多く被災していた。このような被害はすでに昨年9月の本震の際に発生していたが、今回の地震でさらに被災建物が増えていた。さらに、コンクリート造りの新しいビルも被災していた。このように本震より震動による被害が増えたのは、余震の方が地震動が大きかったことと、度重なる余震の影響でダメージが増えていたことによるのではないかと考えられている。

4. あとがき

今回の地震は昨年9月に発生した地震の余震である。それにもかかわらず、本震時より大きな被害が発生した。本震発生後の余震における被害に関して十分注意する必要があることを思い知らされた次第である。

参考文献

- 1) 地盤工学会ニュージーランド Darfield 地震災害緊急調査団：ニュージーランド Darfield 地震災害緊急調査団報告書，地盤工学会ホームページ，2011.

(原稿受理 2011.5.6)