

ニュージーランド クライストチャーチ地震

－ 被害調査報告 －



立ち入り禁止区域の花畑：大聖堂西側の Oxford テラス（手前は Avon 川）

平成 23 年 5 月



株式会社エイト日本技術開発
Eight-Japan Engineering Consultants Inc.



目 次

1. はじめに	1
2. 調査概要	2
3. ニュージーランドの地形・地質概況と地震活動	4
3.1 地形・地質概況	4
3.2 地震活動	5
4. クライストチャーチで発生した地震	7
4.1 地震の概要と強震観測位置	7
4.2 強震波形とその応答スペクトル	10
4.3 日本国内の代表的強震記録との比較	17
4.4 前回(2010.09.04)地震と今回(2011.02.22)地震の比較	18
4.5 次にくるもの	26
5. 地盤変状(液状化)に伴う被害	27
5.1 概要	27
5.2 調査ルート	28
5.3 特徴的な被害等	29
5.4 液状化に伴う被害の全体概要	41
5.5 被害からの教訓	49
6. 落石・斜面被害	51
6.1 概要	51
6.2 調査箇所	52
6.3 調査結果	53
6.4 特徴的な被害等	88
7. 橋梁被害	93
7.1 概要	93
7.2 クライストチャーチ市の被害橋梁の分布	97
7.3 前回及び今回地震で被害を受けた橋梁の対比と今回地震による被害の特徴	99
7.4 MOORHOUSE AVENUE OVERBRIDGE の被害	114
7.5 橋梁被害を踏えた道路防災に関する私見(構造面から見たもの)	120
8. その他構造物と様々な被害の状況	123
8.1 トンネル—LYTTELTON ROAD TUNNEL—	123
8.2 変電所—BROMLEY SUBSTATION—	125
8.3 市街地の状況	127
8.4 災害後の対応	133
9. 所感	141



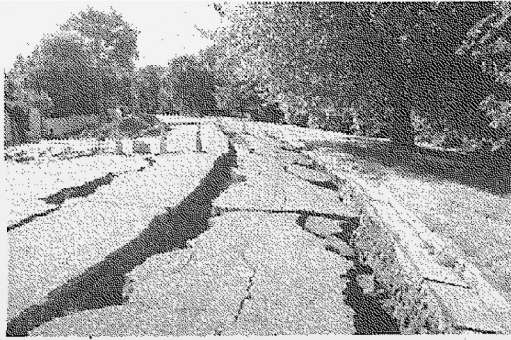


イト日技

クライストチャーチ地震で提言

余震も耐えられる強度必要

本震だけでなく、強い余震にも耐えられる強度が必要……。イト日本技術開発は、2月22日にニュージーランドで起きたクライストチャーチ地震の現地調査結果の概要をまとめた。今月11日に発生



した東北地方太平洋沖地震とはタイプが異なるが、調査結果は液化など地震被害を軽減するため、日本でも効果が期待できる対応策を提言している。

国内で生かせる教訓

同社は今月4日から9日まで社員4人の調査隊を現地に派遣、液化による地盤被害、斜面崩壊、橋梁被害の状況を調べた。ニュージーランドは世界的にも耐震技術が高いレベルにあるが、クライストチャーチ市がある地域は地震がこれまで少なかったため、他の地域と比べ地震対策が手薄だったと言われている。

市内を流れるエイボン川沿いエイボン川(右)の方向に側方流動して道路に大きな亀裂発生

に、地面が横に移動する側方流動がいたる所で起きていた。液化化による噴砂で、路上に高さ数十センチの砂の山ができた。地盤沈下やマンホールの浮き上がりといった被害もあった。橋梁は橋台裏が沈下して、RC造の橋脚がせん断破壊していた。

調査に参加した田中努保全・耐震・防災部長は、「日本は埋立地や川が多いため、似たような被害が起きる可能性がある」と指摘、国内で生かせる教訓として5項目を挙げた。

余震は震度が小さいというイメージがあるが、実際には本震に近い規模のものもあり、本震で傷んだ構造物が余震で破壊される可能性がある。1点目は重要な施設の場合、本震だけでなく余震でも壊れないような強度の確保が必要と提言している。2点目は側方流動についてで、規模の大小はあるものの日本でも発生する現象のため、配管の被害を防ぐことができ、フレキシブル継ぎ手の普及を求

めている。3点目は液化化対策で、谷や沼などを埋め立てた土地は発生する可能性が高いことから、土地の過去の記録を残しておくことで、事前に対応策を講じることができると指摘する。

安心できない液化化

以前に液化化が起きた場所は、地盤が締まるので発生しにくいという説がある。同市は昨年9月のカンタベリー地震でも液化化が著しかったが、今回はさらに大規模に発生していた。このため4点目として、一度液化化が起きて地盤が弱くなると、次の地震でさらに被害が大きくなるケースがあることを注意している。

同市は活断層がないと言われていたが、実際には沖積層が厚く堆積して見つけることができなかった。こうした地盤は東京都や大阪市、広島市でも共通していることから、5点目は活断層が現時点で少なくとも安心できないと強調している。



クライストチャーチ地震により、
亡くなられた方々
被災されたクライストチャーチ住民の皆様
心よりお悔やみとお見舞いを申し上げます。

そして、一日も早い復興を願っております。





1. はじめに

2011年2月22日午後12時51分（現地時間）頃、ニュージーランド国南島最大の街クライストチャーチ市近郊（市中心南側に東西に延びるポートヒルの山際）を震源とするMw6.3の市街直下（震源深さ5km）の地震が発生した。古きイングランドの街並みの様相を今に残し、ガーデンシティー（世界の庭）の名称を持つ人口37万人の中都市を一瞬にして地震の恐怖が覆い、市中心にあるビルの倒壊、古いレンガ造りの教会や建物の甚大な被害が多くの人命を奪った。

さらに、この地震による被害の最大の特徴としては、クライストチャーチ市街の広範囲にわたる液状化の発生とそれによる家屋、ライフライン（上下水道、電気）および道路への影響が世界的に見ても尋常ではないことにある。この液状化により、市街の広い範囲で地盤が沈下してしまい、我々が調査に赴いた地震2週間後においても地面が浸水した状態のままであるところが散見された。

ニュージーランドは、全長650kmにもおよぶAlpine断層が北島～南島を縦に貫いており、世界的に見ても地震の多い環境下にある。ニュージーランドでは、M6クラスの地震が少なくとも年1回以上、M7クラスは10年に1回そしてM8クラスは100年に1回程度発生している。確かに、大きな地震の頻度からみれば日本の比ではないものの、ニュージーランドは耐震設計の先進国として世界的に認知されており、キャパシティデザインという世界の耐震設計の主流を生み出し、世界各国（特に地震国である、日本、アメリカ、イタリア、インドネシア等々）の土木・建築構造物の耐震設計基準に多大な影響を及ぼすとともに貢献してきている。そのような地震国において、クライストチャーチ周辺は比較的地震の影響を受けない地域として認識されており、設計基準における地震荷重の地域別係数はもっとも低いレベルに位置していた。

我々調査団は、この特徴的な地震被害について独自に調査をする機会を得ることが出来た。本報告は、地震動、地盤変状（液状化、斜面変状）、液状化によるライフライン施設及び道路・橋梁等土木施設被害に着眼し、我々技術者の目で見た被害の実態とそれが及ぼす影響についてまとめるとともに、その中から我々の耐震技術を向上させる上で役立つ知見（私見）を抽出・整理したものである。

本報告が防災意識や土木施設耐震技術の向上に少しでも役立てば最大の喜びである。

2011年2月22日地震直後のクライストチャーチ市街の様子(埃が舞い上がっている)



図-1.1 地震直後のクライストチャーチ市街中心の状況(ポートヒルより望む:森の友人より入手)

2. 調査概要

本調査の概要を以下に示す。また、調査対象位置を図-2.1.1 に示す。

■ 調査期間

□平成23年3月4日（金）～3月9日（水）【現地3.5日】

■ 調査目的

- 液状化による地盤（地下構造物）被害の状況把握
- 斜面崩壊・落石による被害状況把握
- 橋梁被害状況把握
- その他インフラ施設等被害状況把握

■ 現地調査隊

- 保全・耐震・防災事業部 副事業部長 森 敦
- 東京支社 保全・耐震・防災部長 田中 努
- 関西支社 ジオ・エンジニアリング部長 藤原 康正
- 東京支社 保全・耐震・防災部 地下・地盤技術Gr 佐伯 宗大

■ 社内調査協力（強震記録）

- 東京支社 保全・耐震・防災部 地震リスクGr 福島 康宏

なお、本調査に赴くにあたっては、事前に現地状況に関するアップデートな情報を下記の方々より入手した。ここに、記して謝意を表すものである。

- ◆Donald Kirkcaldie 氏 建設コンサルタント OPUS の橋梁設計責任者
- ◆Gregory MacRae 博士 カンタベリー大学教授（鋼構造、耐震工学）
- ◆Bruce Deam 博士 カンタベリー大学教授（木構造、耐震工学）
- ◆Norman Moe 氏 調査隊メンバー森の友人（クライストチャーチ在住）
- ◆Mark Stuart-Jones 氏 調査隊メンバー森の友人（ブリスベーン在住）

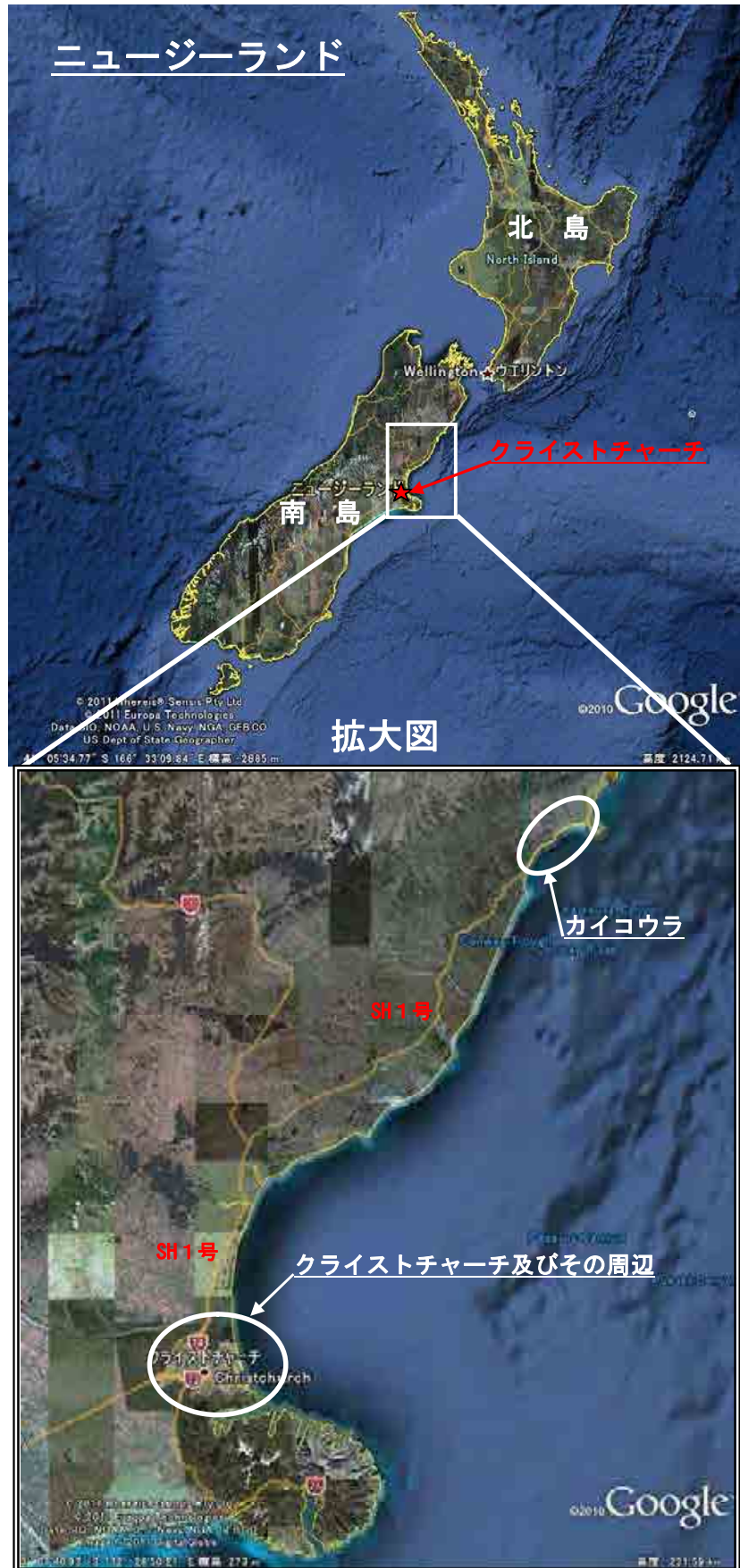


図-2.1.1 調査実施位置（南島のクライストチャーチ及びその周辺とカイコウラ周辺）

3. ニュージーランドの地形・地質概況と地震活動

3.1 地形・地質概況^[1]



図-3.1 クライストチャーチ周辺の地形区分

クライストチャーチ（以下 CHCH と記す）周辺の地形区分を図-3.1 に、地質区分を図-3.2 に示す。

今回の主な調査域は *PEGASUS COAST* および *BANKS PENINSULA* にあたる。

PEGASUS COAST

海岸沿いには海砂ないし砂丘がひろがっている。その背後の CHCH 市街には氾濫原が広がっている。

Banks Peninsula

中新世の玄武岩溶岩および角礫岩を主とする二つの火山から構成される。山裾部には灰褐色ないし黄褐色を呈する土石流性の洪積層が分布している。

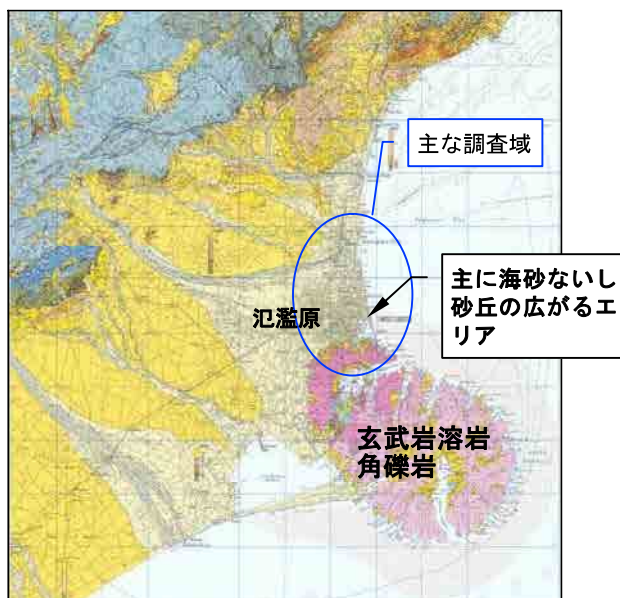


図-3.2 クライストチャーチ周辺の地質図

3.2 地震活動^[2]



図-3.3 ニュージーランドのプレート境界

ニュージーランドは、図-3.3 に示すようにパシフィックプレートとオーストラリアプレートの境界に位置しており、パシフィックプレートが年間 40mm 前後の移動量で西～西南西に移動している。

図-3.4 には深度 40km より浅い震源を持つ地震分布を示す。また図-3.5 には CHCH 周辺で過去に発生した深度 40km より浅い震源を持つ地震分布を示す。これを見ると、CHCH では今回の地震とほぼ同様の位置で 1869 年に M5 クラスの地震が発生しているが、相対的には地震の少ない地域であった。

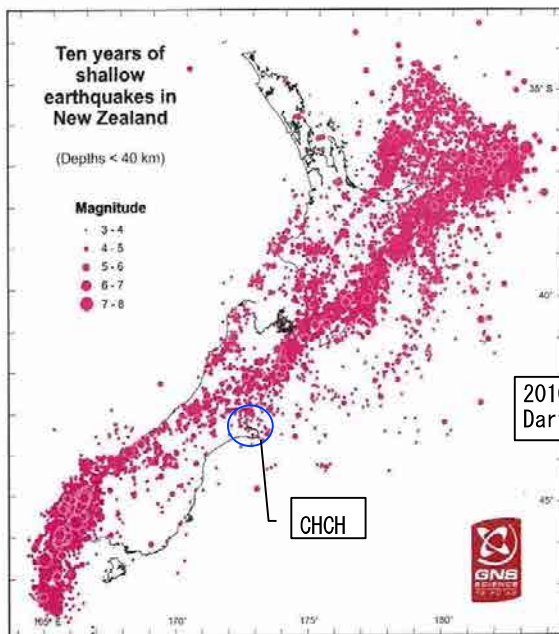


図-3.4 深度 40km 以浅の地震活動^[3]

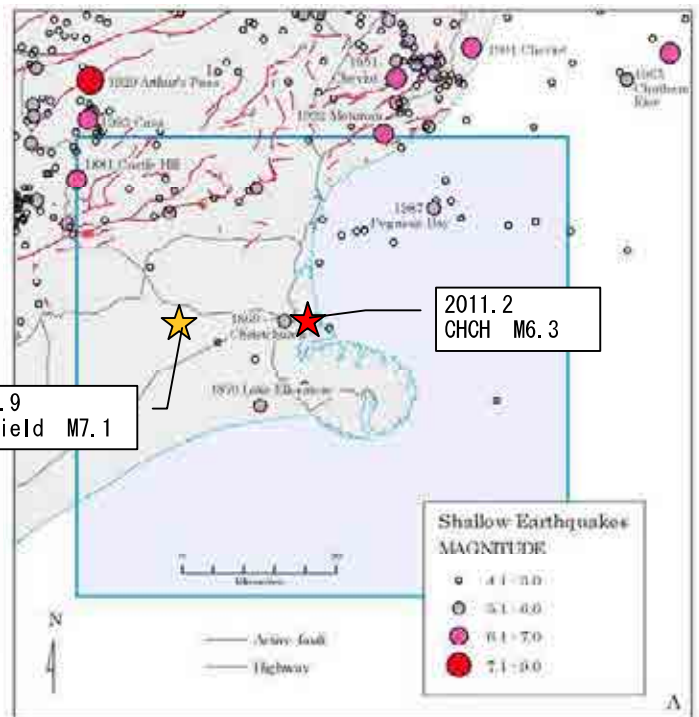


図-3.5 クライストチャーチ周辺の地震分布

参考文献

- [1] 250,000 geological map 16 CHRISTCHURCH p11 ;GNS Science;2008 を抜粋
- [2] 25000 geological map 16 CHRISTCHURCH pp53-54 ;GNS Science;2008 を参照した。
- [3] <http://www.gns.cri.nz/Home/Learning/Science-Topics/Earthquakes/New-Zealand-Earthquakes/Where-do-earthquakes-happen-in-NZ> より引用



4. クライストチャーチで発生した地震

4.1 地震の概要と強震観測位置

2011年2月22日午後12時51分(現地時間)頃、ニュージーランド南島のクライストチャーチ近郊を震源とする地震が発生した。USGS^[1]によると、震央は南緯43.600度、東経172.710度、震源深さ5km、地震規模はMw6.3である。ニュージーランドでの強震観測記録は、GNS ScienceのGeoNetより公開されている^[2]。クライストチャーチでは図-4.1.1の通り稠密な観測網になっている。高さ65mの尖塔が倒壊したクライストチャーチ大聖堂は、REHS、CCCC、CHHC、CBGSに囲まれたエリアに位置する。

GeoNetより公開されている強震記録から各種地震動指標を算出した。気象庁震度4相当以上となった地点について表-4.1.1に示す。GeoNetでは、計器特性等の補正前の加速度波形(Vol.1: Uncorrected)と補正後の加速度、速度、変位波形(Vol.2: Corrected)とを公開しているが、本資料は補正後の記録に基づいている。

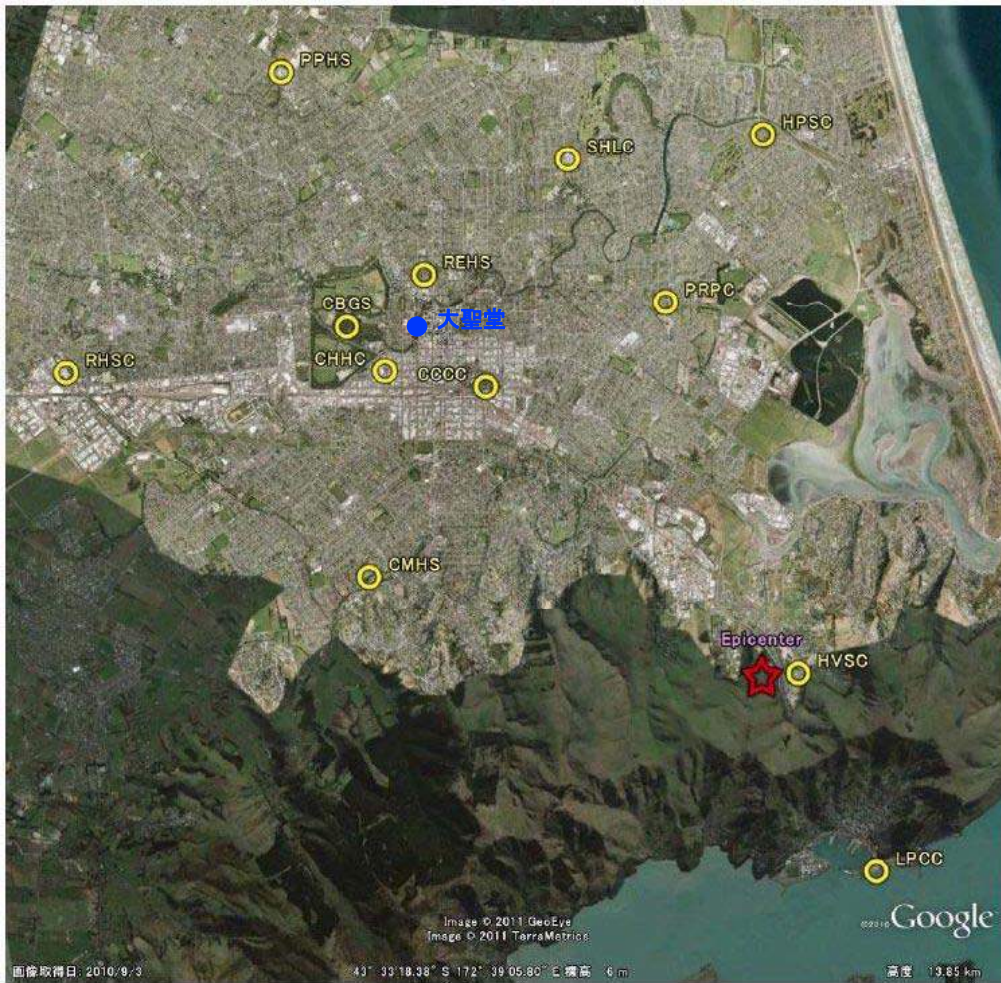


図-4.1.1 震源近傍の強震観測点(建築研究所 鹿島俊英主任研究員の資料^[3]より転載)



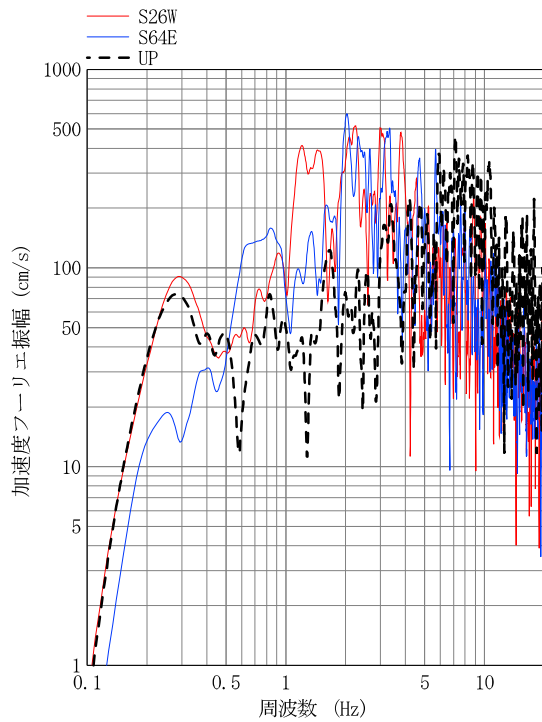
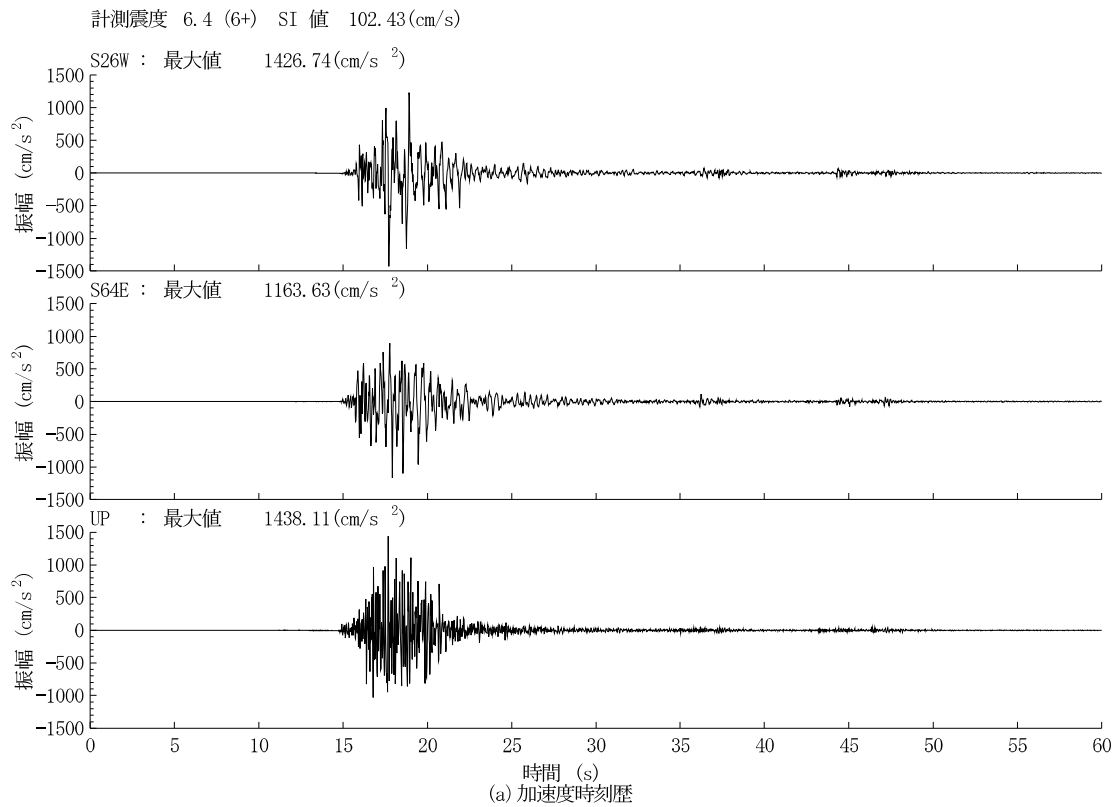
表-4.1.1 揺れの大きかった観測点での地震動指標（氣象庁震度階級4相当以上）

観測点 コード	観測点 名称	緯度 (度)	経度 (度)	震源距離 (km)	最大加速度 (cm/s^2)	最大速度 (cm/s)	最大変位 (cm)	SI値 (cm/s)	計測 震度	震度 階級
HVSC	Heathcote Valley Primary School	43.581	172.709	5.4	1486.38	100.36	17.74	102.43	6.4	6強
REHS	Christchurch Resthaven	43.524	172.635	11.5	722.60	93.67	31.77	111.92	6.2	6強
PRPC	Pages Road Pumping Station	43.527	172.702	9.5	1626.60	108.85	39.91	96.57	6.1	6強
CCCC	Christchurch Cathedral College	43.540	172.645	9.8	696.15	71.57	22.80	87.62	5.9	6弱
CBKS	Christchurch Botanic Gardens	43.531	172.620	11.7	647.18	77.10	21.22	72.37	5.8	6弱
CHHC	Christchurch Hospital	43.536	172.626	11.0	610.24	86.36	26.30	74.95	5.7	6弱
CMHS	Christchurch Cashmere High School	43.567	172.624	9.3	781.89	49.49	10.73	59.45	5.7	6弱
LPCC	Lytelton Port Company	43.606	172.722	5.1	1017.64	48.22	14.46	43.95	5.7	6弱
SHLC	Shirley Library	43.507	172.663	12.1	555.81	72.68	28.43	65.61	5.7	6弱
HPSC	Hulverstone Drive Pumping Station	43.503	172.702	11.9	870.76	42.32	20.06	43.23	5.5	6弱
PPHS	Christchurch Papanui High School	43.495	172.607	15.2	246.96	44.97	15.42	39.66	5.3	5強
RHSC	Riccarton High School	43.538	172.564	14.5	294.39	30.36	12.52	36.01	5.3	5強
KPOC	Kaiapoi North School	43.378	172.664	25.4	222.35	20.20	5.96	22.73	5.0	5強
SMTC	Styx Mill Transfer Station	43.469	172.614	17.2	186.98	29.08	8.68	26.72	5.0	5強
SWNC	Swananoa School	43.371	172.495	31.2	264.94	14.28	2.85	16.44	4.8	5弱
CACS	Christchurch Canterbury Aero Club	43.485	172.530	20.0	226.37	18.44	6.84	18.49	4.8	5弱
LINC	Lincoln Crop & Food Research	43.625	172.468	20.4	163.19	16.24	7.24	22.60	4.7	5弱
TPLC	Templeton School	43.552	172.472	20.6	139.70	12.09	6.14	10.19	4.3	4
SLRC	Selwyn Lake Road	43.677	172.318	33.1	100.58	8.58	2.93	11.76	4.3	4
KOWC	Kowai	43.323	171.855	75.9	90.52	8.24	1.06	9.92	4.3	4
ROLC	Rolleston School	43.595	172.381	27.0	190.48	8.56	3.84	9.75	4.2	4
SPFS	Springfield Fire Station	43.340	171.929	69.7	92.07	6.85	1.09	8.75	4.2	4
MQZ	McQueen's Valley	43.708	172.652	13.8	154.04	7.45	2.01	9.85	4.2	4
CSTC	Cust School	43.314	172.381	41.8	86.99	7.38	1.67	8.79	4.1	4
ASHS	Ashley School	43.276	172.596	37.5	90.21	8.36	2.88	8.02	4.0	4
WAKC	Waikari	42.965	172.705	70.7	92.03	5.51	0.86	6.51	4.0	4
DSLK	Dunsandel School	43.669	172.198	42.3	70.34	5.92	2.88	5.69	3.8	4
SBRC	Southbridge School	43.810	172.252	44.0	69.35	4.97	2.33	6.86	3.8	4
SCAC	Scargill	42.940	172.922	75.5	67.90	4.35	0.67	4.84	3.8	4
SHPC	Sheffield School	43.393	172.026	60.1	68.29	5.45	1.14	5.65	3.8	4
OXZ	Oxford	43.327	172.038	62.5	64.82	5.45	0.75	5.70	3.7	4
DFHS	Darfield High School	43.491	172.102	50.8	66.32	5.38	1.11	4.45	3.7	4
ADCS	Ashburton District Council	43.904	171.747	84.7	69.61	4.59	0.72	4.24	3.6	4
LSRC	Lake Sumner Road	42.871	172.543	82.3	39.27	4.71	0.84	5.01	3.5	4

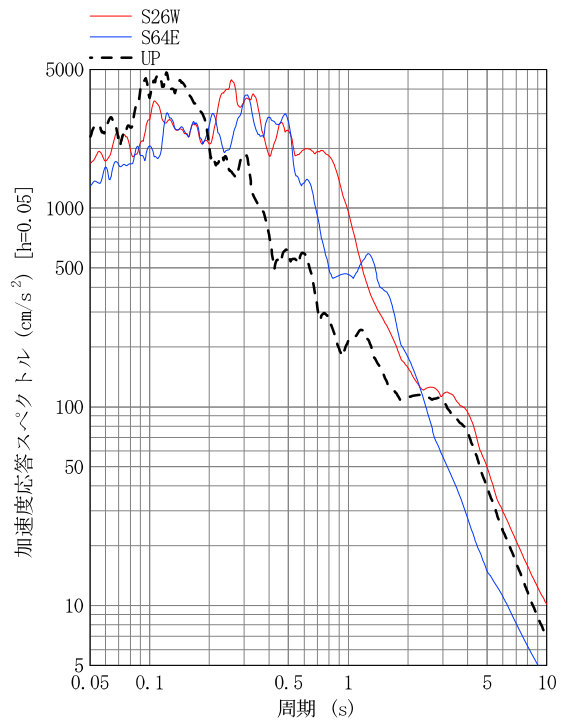
・最大加速度、最大速度、最大変位は3成分合成

4.2 強震波形とその応答スペクトル

表-4.1.1に示したうち、揺れの大きな6地点での加速度時刻歴波形とスペクトルを図-4.2.1～4.2.6に示す。震源に最も近いHVSC(図-4.2.1)では短周期成分が卓越しているが、それ以外の観測点では、1～2秒程度の成分が卓越している。CBGS(図-4.2.5)で見られるスパイク状の波形は、2007年新潟県中越沖地震でのK-NET柏崎(NIG018)でも観測されている。表層地盤が強い非線形応答を示したものと考えられる。



(b) 加速度フーリエ振幅スペクトル



(c) 加速度応答スペクトル

図-4.2.1 HVSCでの強震記録

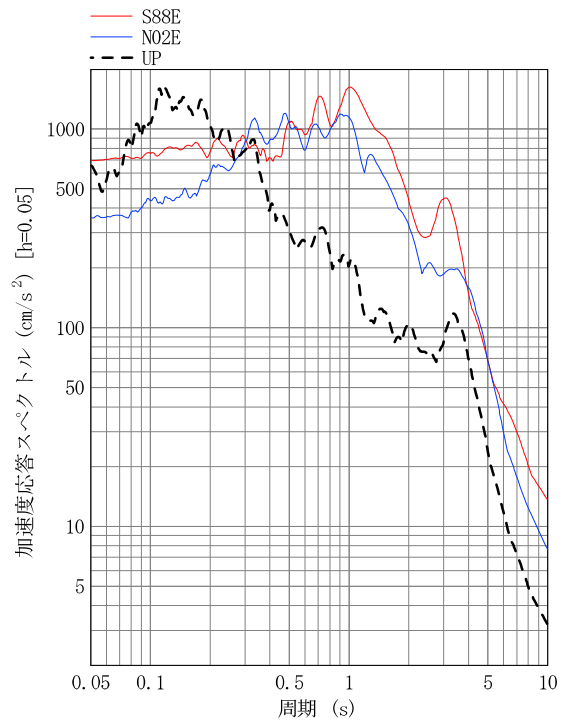
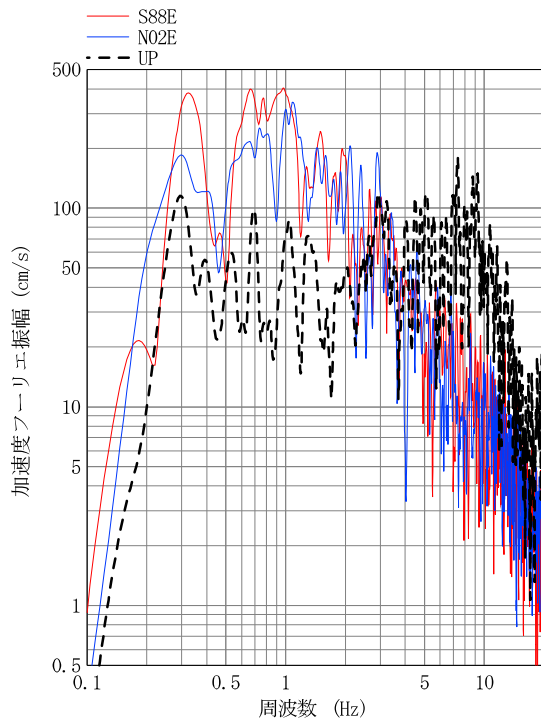
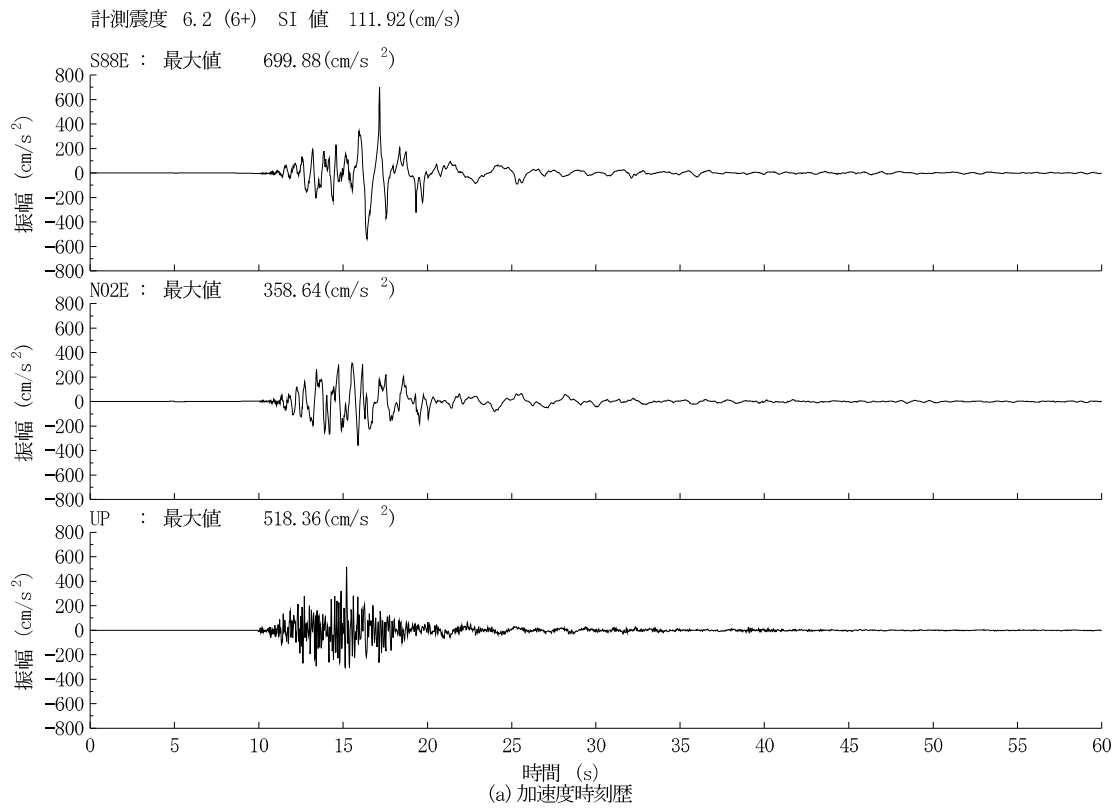
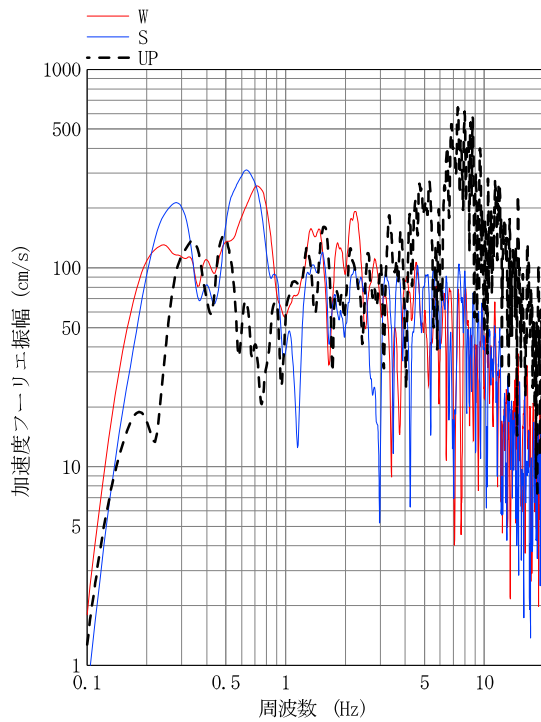
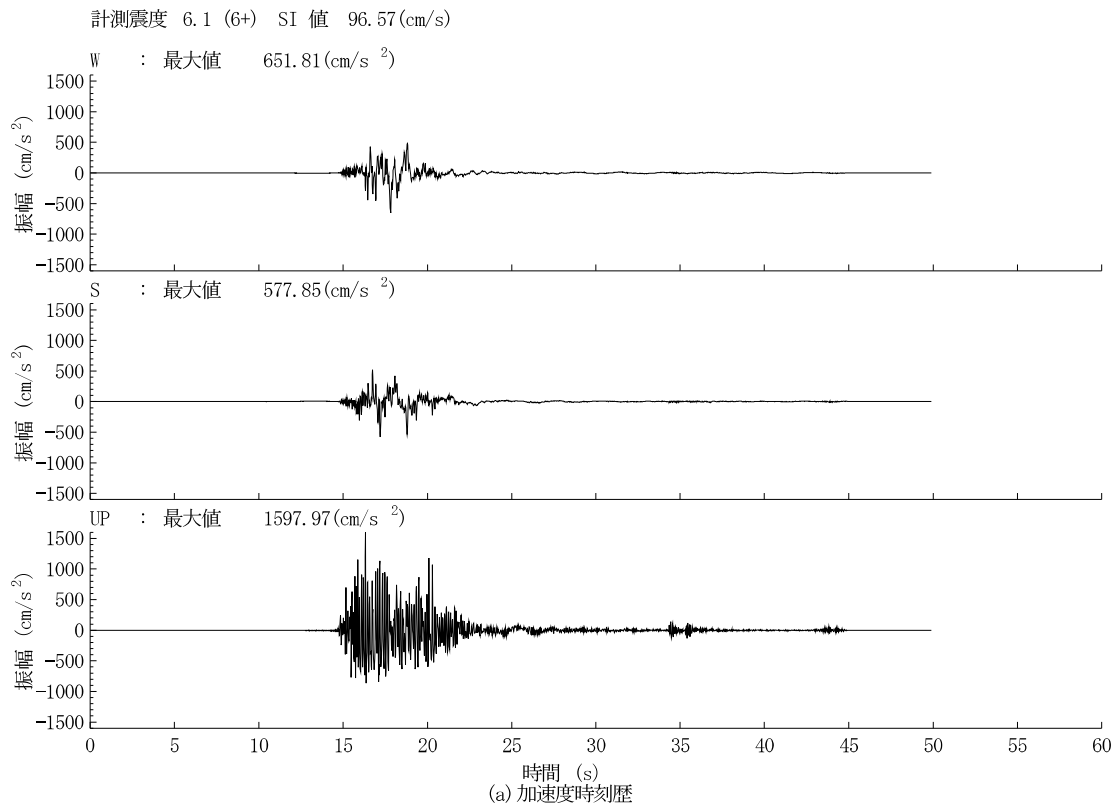
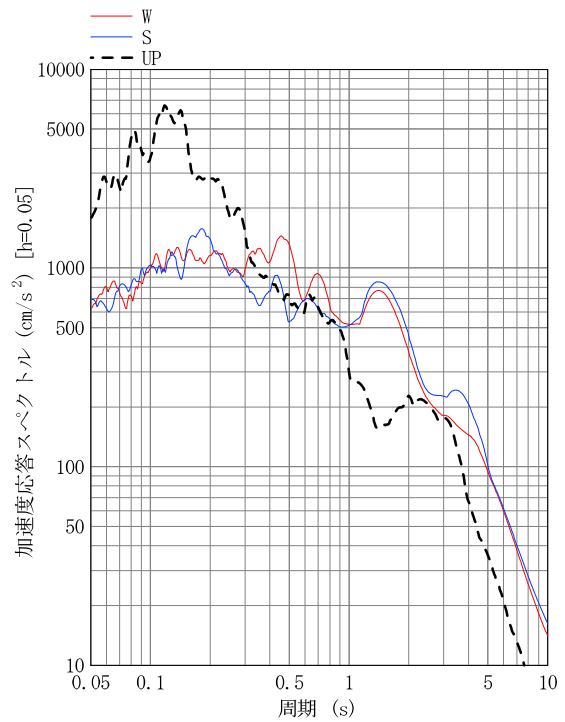


図-4.2.2 REHSでの強震記録

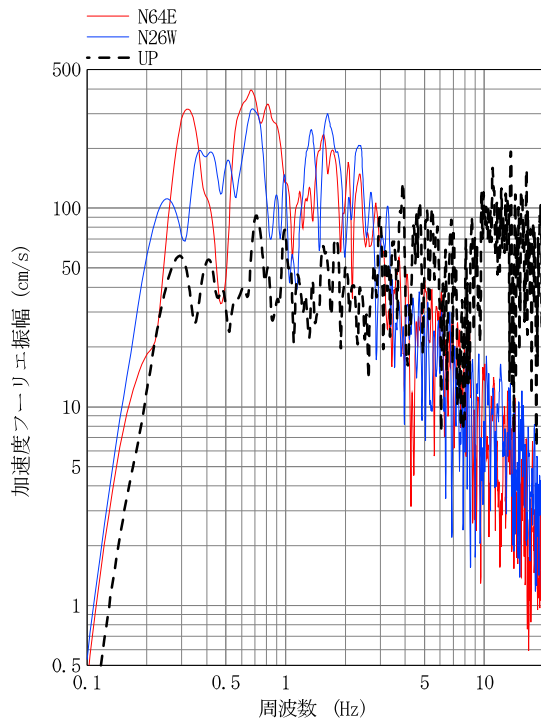
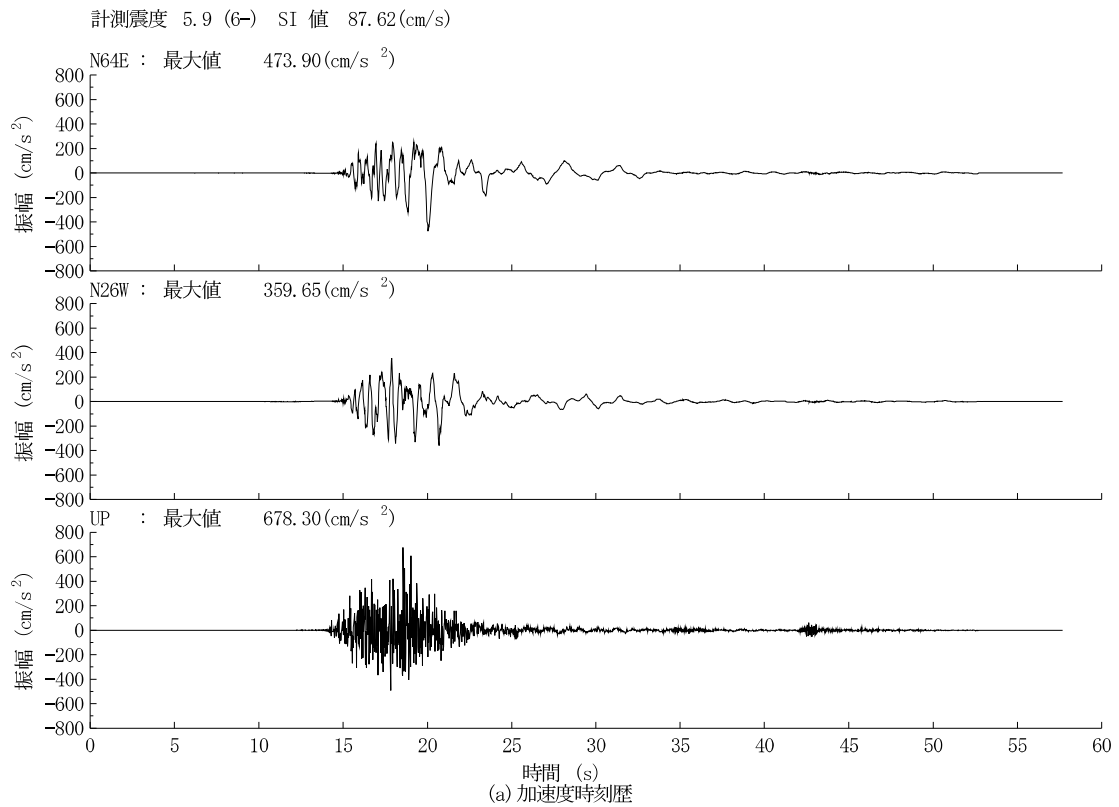


(b) 加速度フーリエ振幅スペクトル

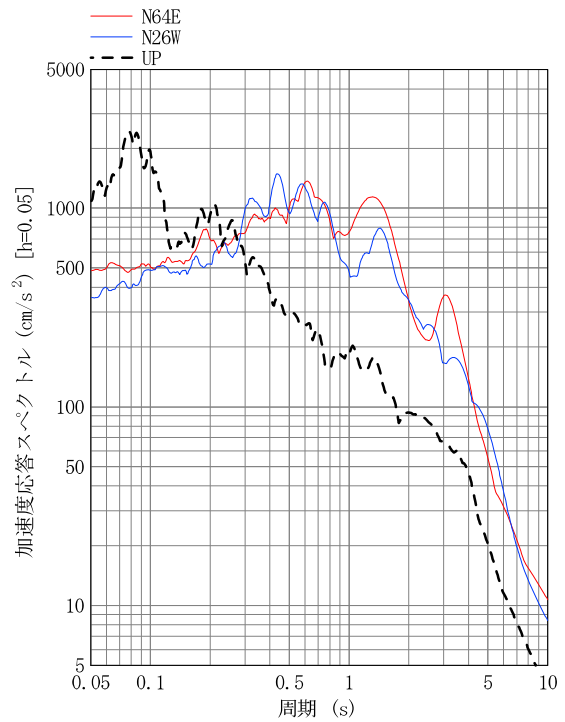


(c) 加速度応答スペクトル

図-4.2.3 PRPCでの強震記録

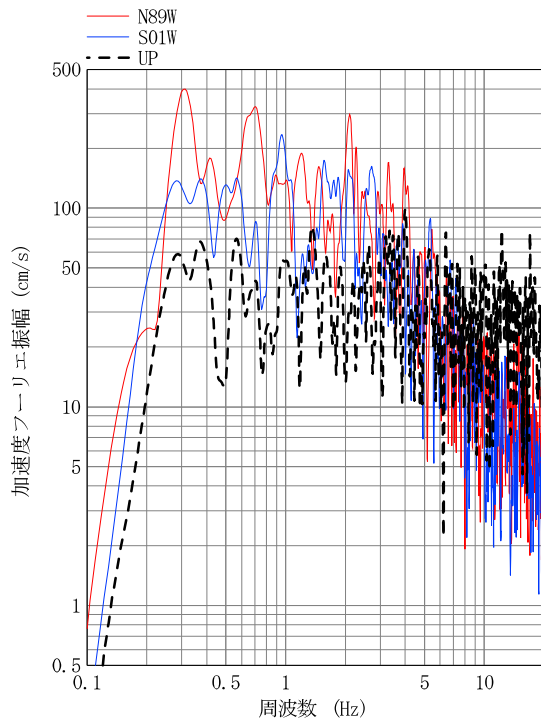
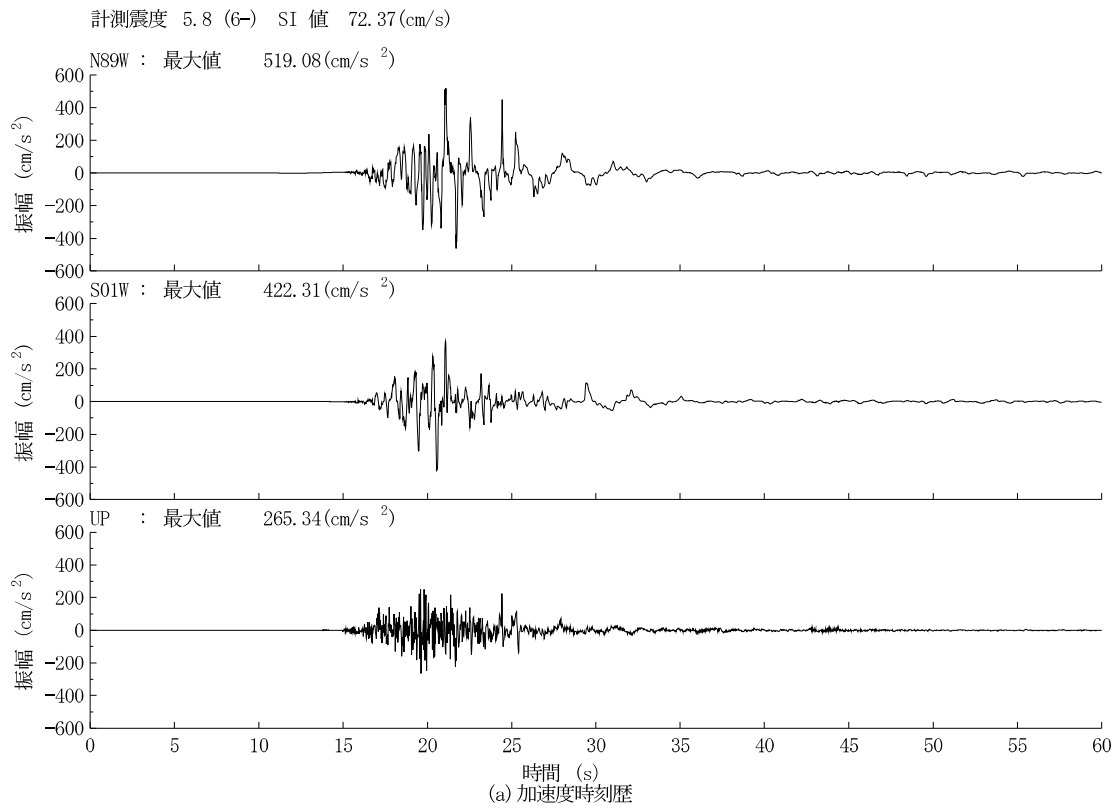


(b) 加速度フーリエ振幅スペクトル

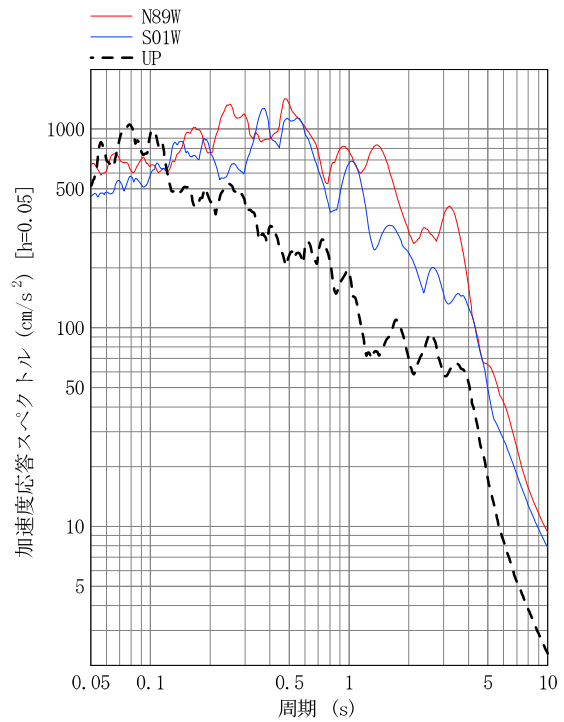


(c) 加速度応答スペクトル

図-4.2.4 CCCCでの強震記録



(b) 加速度フーリエ振幅スペクトル



(c) 加速度応答スペクトル

図-4.2.5 CBGSでの強震記録

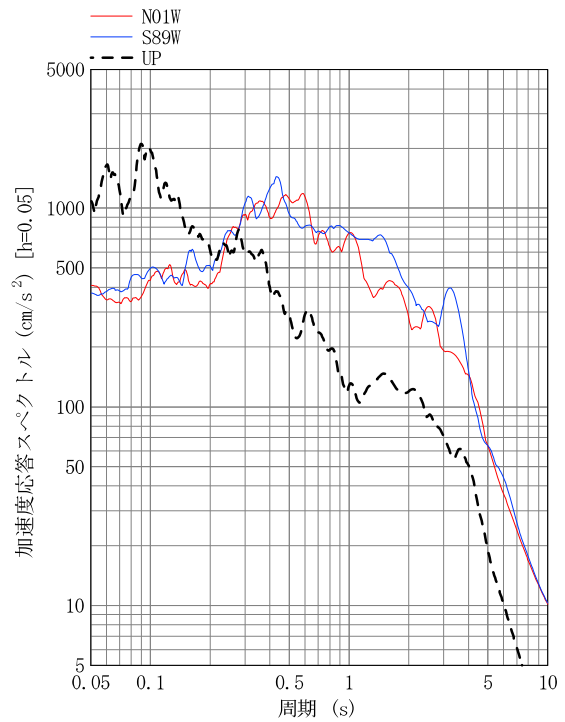
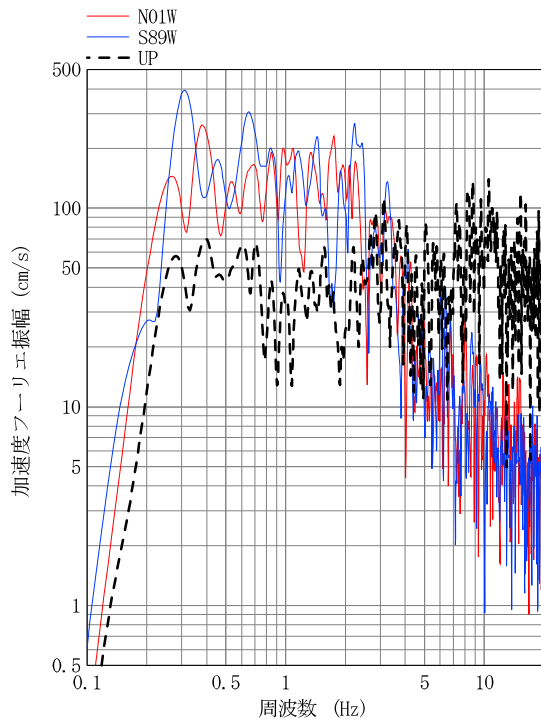
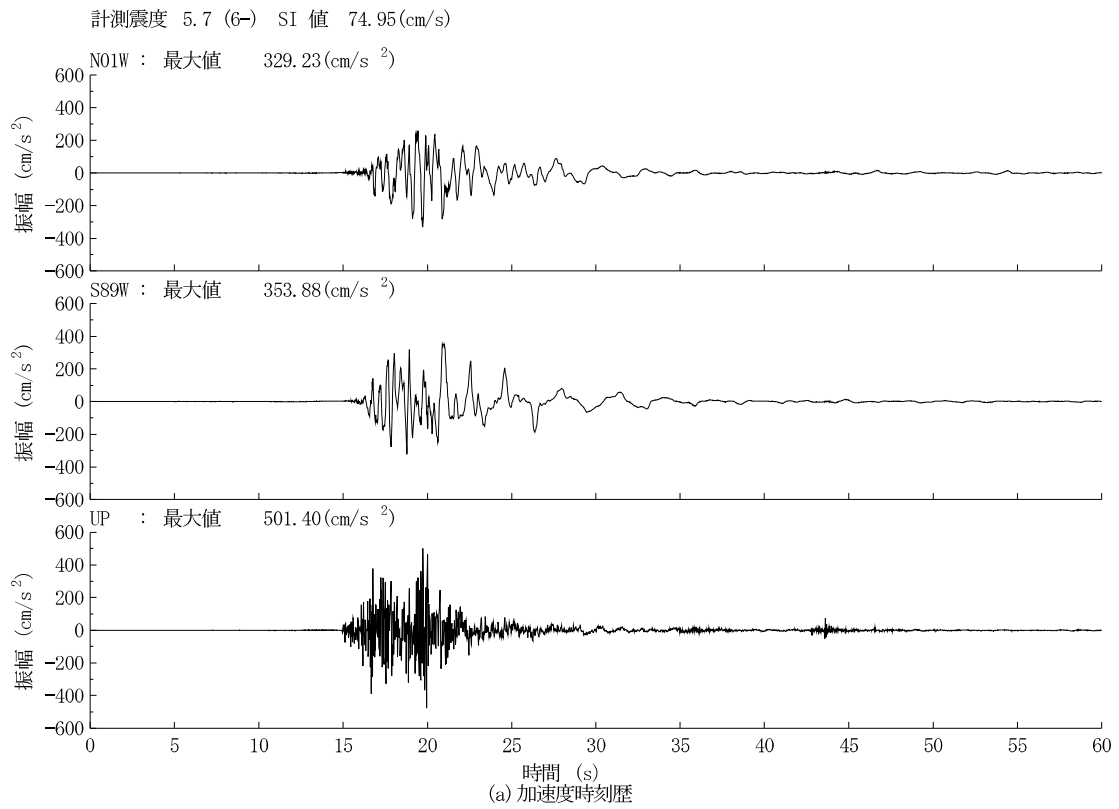
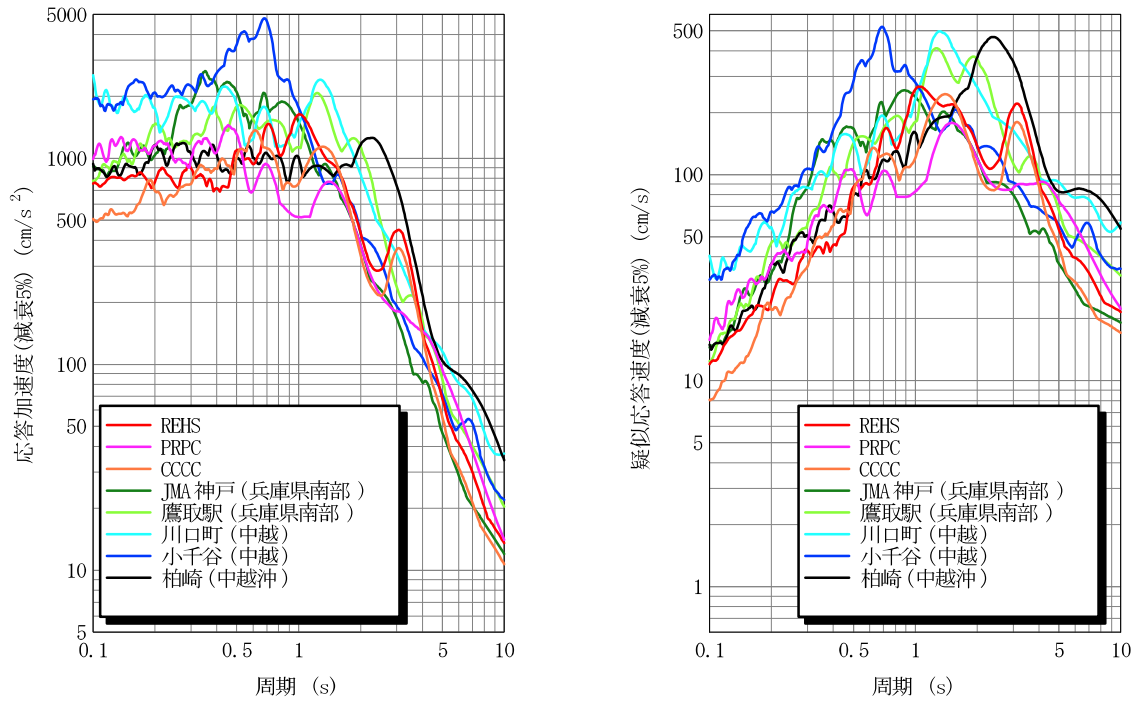


図-4.2.6 CHHCでの強震記録

4.3 日本国内の代表的強震記録との比較

REHS、PRPC、CCCCと、国内で近年観測された代表的な記録との応答スペクトル(減衰5%)を比較したものが図-4.3.1である。REHS、CCCCでは、1995年兵庫県南部地震のJR鷹取駅や2004年新潟県中越地震の川口町には及ばないが、兵庫県南部地震の神戸海洋気象台、新潟県中越地震のK-NET小千谷(NIG017)を周期1~2秒で上回っている。



(1) 加速度応答スペクトル

(2) 疑似速度応答スペクトル

図-4.3.1 国内の代表的な強震記録との応答スペクトルの比較

4.4 前回（2010.09.04）地震と今回（2011.02.22）地震の比較

(1) 概要

クライストチャーチにおいては、昨年2010年9月4日午前4時35分（現地時間）にクライストチャーチの西45km（南緯43度31分48秒、東経172度7分12秒）のダーフィールド付近でMw7.1の地震（震源深さ約10km）が発生していた。この地震によりもっとも近い都市であるクライストチャーチ市でも多くの被害を受けたことは記憶に新しい。

今回の地震と前回の地震の震央位置の関係を図-4.4.1に示している。マグニチュードは前回地震が大きい（前回地震Mw7.1、今回地震Mw6.3）ものの、震源深さ（前回約10km、今回約5km）とクライストチャーチ市街からの距離（震央距離で前回約45km、今回約8km）で今回地震はまさに都市直下で発生した地震であることがわかる。

表-4.4.1には、クライストチャーチ市街の代表的な強震観測点における、前回地震と今回地震での最大加速度、最大速度及び最大変位を比較整理している。また同表には、ニュージーランド基準（NZS1170.5）に従った強震観測点における地盤種別（A⇒Eの5段階で表され、AからEに行くに従い軟らかくなる）も合わせて示している。さらに、備考欄には、後述する7章橋梁被害で調査対象としている橋梁の位置（近傍の観測点）を示している（図-4.4.1に示す■調査対象橋梁位置と整合）。

(2) 前回地震と今回地震の相違

ここでは、特に後述する構造物被害との関係に着目する目的から、地震動記録のうち速度をその指標として見てみる。図-4.4.2のクライストチャーチ市街中心周辺の強震観測点（12地点）で見ると、今回地震が前回地震より大きな最大速度応答を記録しているのは、①HVSC、②REHS、③PRPC、④CCCC、⑤CBGS、⑥CHHC、⑧LPCC、⑨SHLCの8地点であった。⑦CMHS（クライストチャーチ市中心の大聖堂の南4km弱）では今回と前回でその最大速度値はほぼ同じであった（今回49.49kine、前回49.20kine）。これらの地点は、必ずしも明確に言い切れないものの、震源距離として概ね10km～12km以内に位置しており、それらは、同時に大聖堂を中心にした半径約4km円の内側に存在している（震央際の①HVSCを除く）。また、その最大速度値は、クライストチャーチ市街中心から外れる⑧LPCC（市街中心から南に峠を越えた入り江）を除けば72kine～109kineと前回地震における同じ観測点での59kine～66kineより大幅に大きい。

Brendon Bradley先生（University of Canterbury）が、前回地震と今回地震の加速度波形の対比を行っている。代表事例として④CCCC、⑥CHHC、⑨SHLC及び⑭SMTCの各観測点での波形比較を図-4.4.3(a)及び(b)にそれぞれ示す。同図より以下のことがわかる。

- ◇ 大聖堂から直線距離で4km以内にある④CCCC、⑥CHHC及び⑨SHLCでは、加速度振幅は今回地震が圧倒的に大きく、応答スペクトルで見ると特に1秒前後で今回地震の応答が2～3倍程度大きい
- ◇ 大聖堂から直線距離で約12km離れている⑭SMTCでは、継続時間は当然ことなるものの加速度振幅も加速度応答スペクトルも今回と前回で類似している
- ◇ いずれの加速度波形においても主要動付近以降で極端に周期特性が変化していることが特徴的である
- ◇ この周期特性の変化は地盤の液状化の影響を受けているように思われる（今回調査では⑭SMTC以外の3地点付近で液状化を目視確認している）

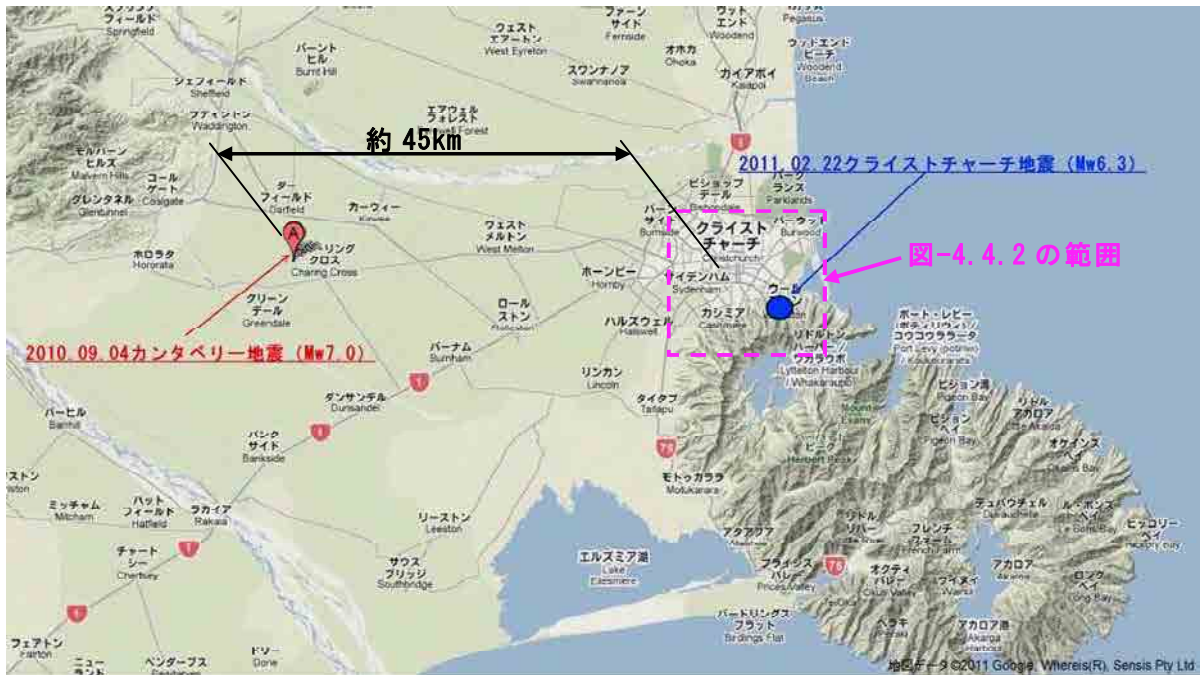


図-4.4.1 前回地震（2010.09.04）と今回地震（2011.02.22）の震央位置の関係

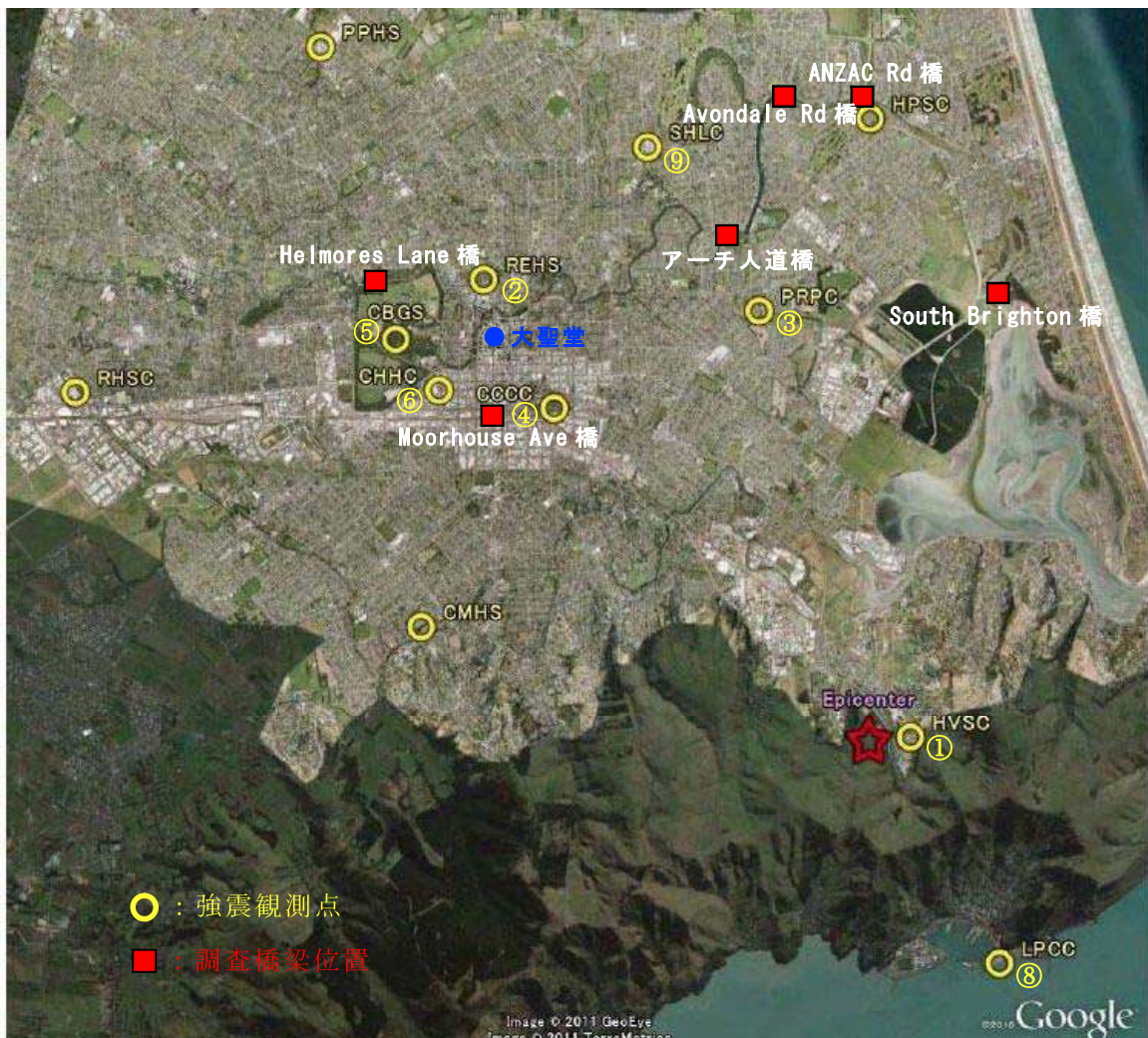


図-4.4.2 クライストチャーチ市街における強震観測点と調査対象橋梁位置
 (図-4.4.1内のピンク範囲、建築研究所 鹿島俊英主任研究員の資料^[3]より転載)

表-4.4.1 前回地震と今回地震による強震記録の比較（観測点コードの紫ハッチは図-4.4.2中にある観測点を示す）

番号	観測点コード	観測点名称	緯度(度)	経度(度)	対象地震	震央距離(km)	最大加速度 (cm/s^2)	最大速度 (cm/s)	最大変位 (cm)	震度階級	地盤種別(5段階) NZS1170.5	備考
①	HVSC	Heathcote Valley Primary School	43.581	172.709	2011年2月 2010年9月	1.0 43.0	1486.38 651.50	100.36 42.80	17.74 21.20	6強 6強	C：浅い表層地盤	
②	REHS	Christchurch Resthaven	43.524	172.635	2011年2月 2010年9月	8.0 37.0	722.60 329.50	93.67 64.70	31.77 54.70	6強 6強	D：深い／軟らかい表層地盤	
③	PRPC	Pages Road Pumping Station	43.527	172.702	2011年2月 2010年9月	6.0 41.0	1626.60 218.80	108.85 58.60	39.91 49.00	6強 6強	E：軟弱地盤	アーチ人道橋付近
④	CCCC	Christchurch Cathedral College	43.540	172.646	2011年2月 2010年9月	6.0 38.0	696.15 243.50	71.57 64.30	22.80 47.80	6弱 6弱	D：深い／軟らかい表層地盤	Moorhouse Ave高架橋付近
⑤	CBGS	Christchurch Botanic Gardens	43.531	172.620	2011年2月 2010年9月	9.0 36.0	647.18 190.70	77.10 60.00	21.22 51.90	6弱 6弱	D：深い／軟らかい表層地盤	Helmores Lane橋付近
⑥	CHHC	Christchurch Hospital	43.536	172.626	2011年2月 2010年9月	8.0 36.0	610.24 205.90	86.36 66.30	26.30 53.90	6弱 6弱	D：深い／軟らかい表層地盤	Moorhouse Ave高架橋付近
⑦	CMHS	Christchurch Cashmere High School	43.567	172.624	2011年2月 2010年9月	7.0 36.0	781.89 246.20	49.49 49.20	10.73 30.70	6弱 6弱	D：深い／軟らかい表層地盤	
⑧	LPCC	Lyttelton Port Company	43.606	172.722	2011年2月 2010年9月	4.0 44.0	1017.64 370.60	48.22 29.60	14.46 18.00	6弱 6弱	B：岩盤	
⑨	SHLC	Shirley Library	43.507	172.663	2011年2月 2010年9月	9.0 39.0	555.81 188.20	72.68 65.10	28.43 55.10	6弱 6弱	D-E：軟らかい地盤	
⑩	HPSC	Hulverstone Drive Pumping Station	43.503	172.702	2011年2月 2010年9月	9.0 43.0	870.76 168.50	42.32 57.40	20.06 46.30	6弱 6弱	E：軟弱地盤	ANZAC Rd橋、Avondale Rd橋付近
⑪	PPHS	Christchurch Papanui High School	43.495	172.607	2011年2月 2010年9月	12.0 35.0	246.96 208.20	44.97 82.50	15.42 55.10	5強 5強	D：深い／軟らかい表層地盤	
⑫	RHSC	Riccarton High School	43.538	172.564	2011年2月 2010年9月	12.0 31.0	294.39 236.90	30.36 62.90	12.52 54.00	5強 5強	D：深い／軟らかい表層地盤	
⑬	KPOC	Kaiapoi North School	43.378	172.664	2011年2月 2010年9月	- 44.0	222.35 407.50	20.20 53.90	5.96 42.50	5強 5強	E：軟弱地盤	
⑭	SMTC	Styx Mill Transfer Station	43.469	172.614	2011年2月 2010年9月	14.0 36.0	186.98 173.50	29.08 63.20	8.68 48.60	5強 5強	D-E：軟らかい地盤	Chaneys Overpass付近
⑮	CACS	Christchurch Canterbury Aero Club	43.485	172.530	2011年2月 2010年9月	18.0 29.0	226.37 204.80	18.44 47.80	6.84 51.80	5弱 5弱	D：深い／軟らかい表層地盤	

注) 震央距離は、2011年2月地震は文献[3]、2010年9月地震はNZSEE Bulletin, Vol. 43, No. 4より。最大加速度・最大変位は、2011年2月地震では3成分合成値であり、2010年9月地震はNZSEE Bulletin, Vol. 43, No. 4, 頁223より転載したものである。

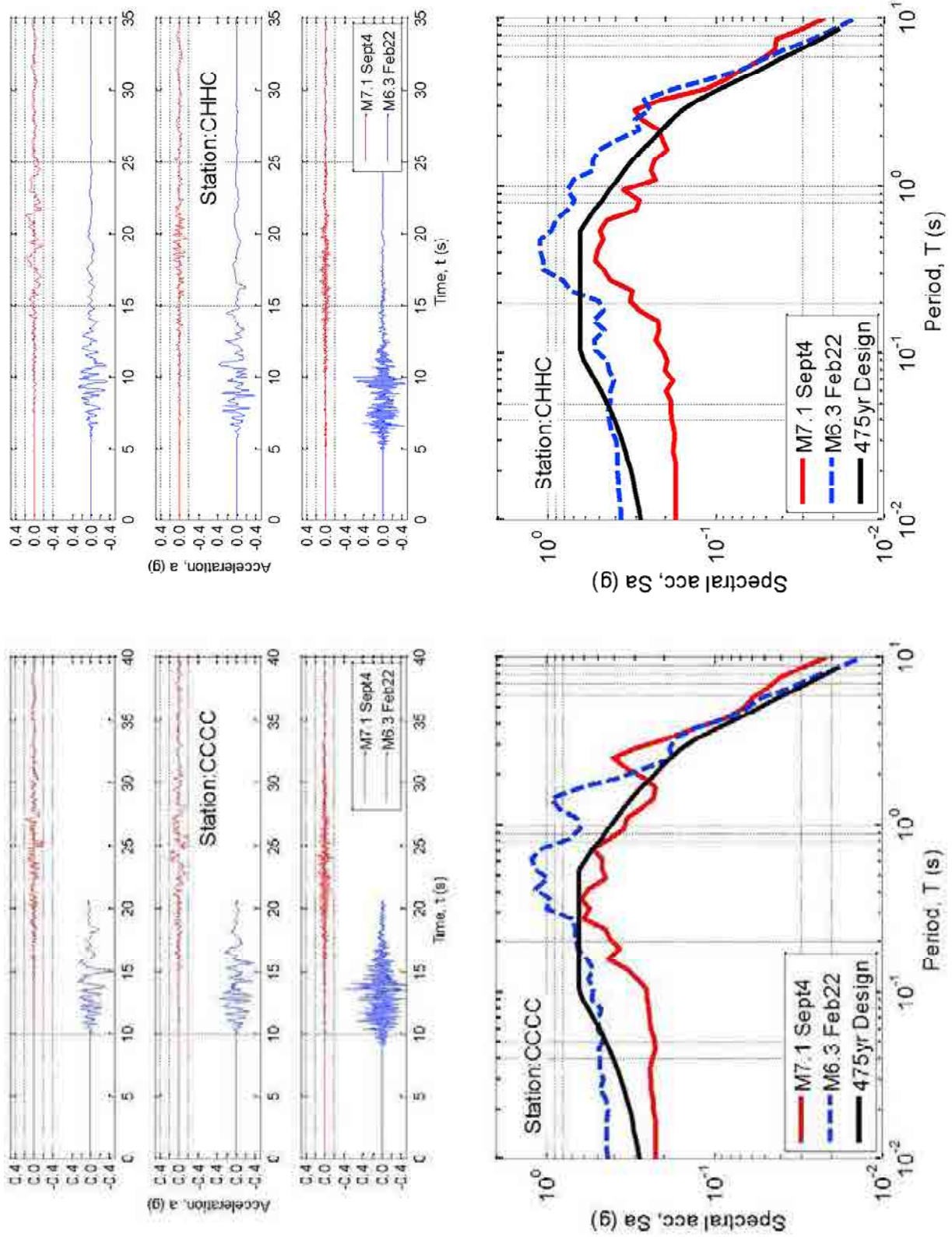


図-4.4.3(a) 前回地震と今回地震の加速度の対比 (上段：⑥CHHC、下段：④CCCC)

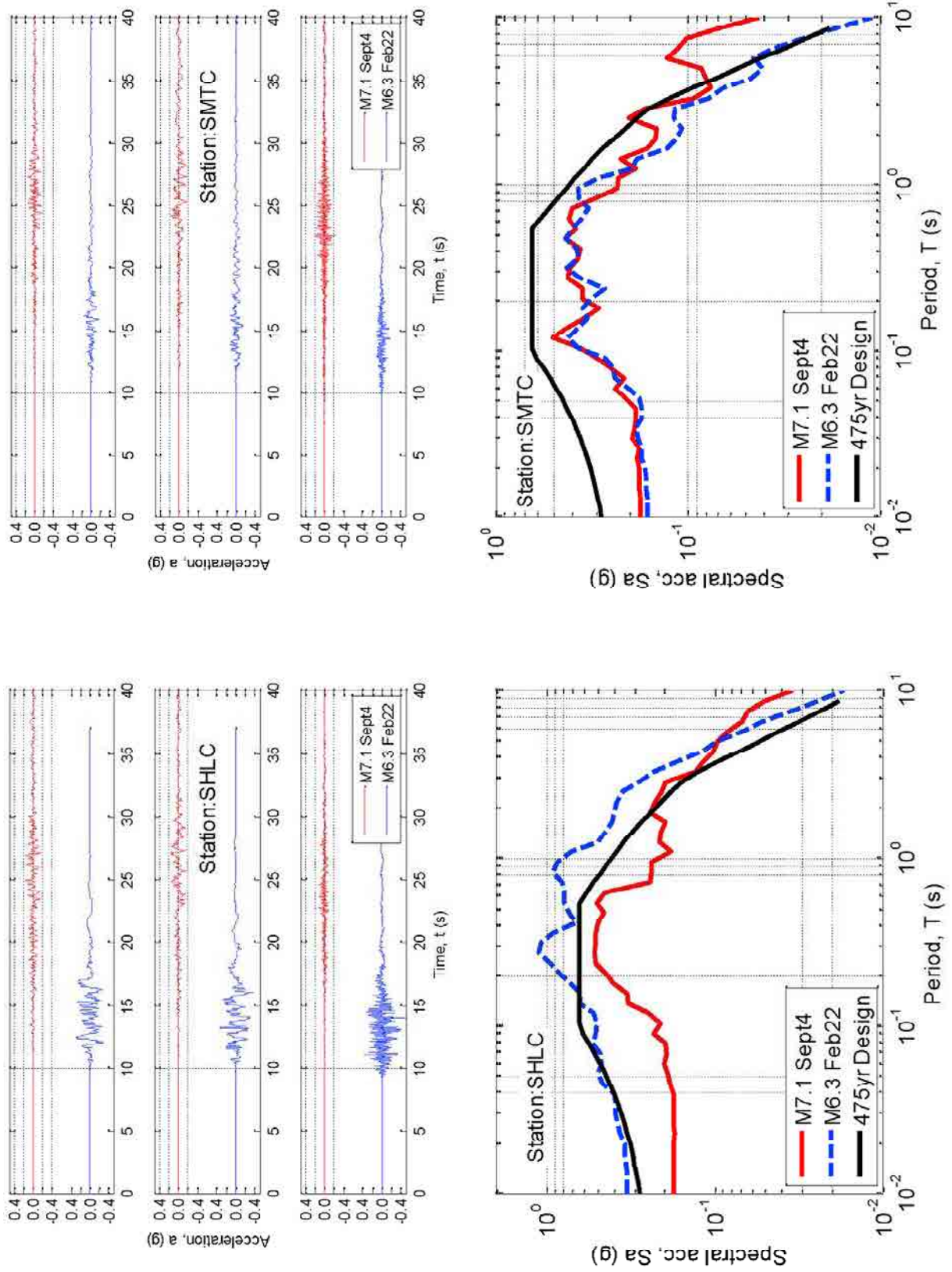


図-4.4.3(b) 前回地震と今回地震の加速度の対比 (上段：⑨SHLC、下段：⑭SMTC)

(3) 前回地震と今回地震による液状化発生範囲の対比

前回の地震においても、クライストチャーチ市街では液状化による地盤被害、古いレンガ造建物及び橋梁被害が生じていた（このうち今回と前回の橋梁被害については7章に詳述する）。特に液状化が発生した位置について着目すると、図-4.4.4の前回地震での液状化発生場所と図-4.4.5の今回地震での液状化発生場所を対比すれば、明らかにその範囲に違いが見られる。これはすなわち、地震動（ここでは最大速度を意味している）の大きさの違いも影響しているものと思われる。今回の地震では前回より広範囲で液状化が発生している。これは、今回地震の地震規模は小さくても、前回地震より震源深さが浅く震源位置も近いことで、前回地震では液状化が発生しなかったエリアでも液状化が発生したものと考えられる。

クライストチャーチ市街中心より少し離れた観測点⑬KPOC、⑭SMTC、⑮CACS（いずれも大聖堂から北にあり直線距離20km以内）では、前回地震による最大速度が今回のそれより2倍以上大きかった。これらの地点では前回地震により液状化が生じていたことがわかっている。今回の調査において、この3つの観測点のうち大聖堂までの直線距離が最も短い（約12km）、図-4.4.6その位置関係を示す⑭SMTCの近傍にあるSH（State Highway）1号線のChaney's Overpass周辺（ベルファスト地区）で、前回の液状化痕跡とは明らかに異なると思われる液状化痕跡（噴砂や道路盛土の亀裂など）を確認した（ここでの液状化発生状況については7章橋梁被害で詳述する）。このChaney's Overpassと観測点の離れは、緯度経度から計測すると約5kmであった（図-4.4.6参照）。

SH1号線をカイコウラよりクライストチャーチに向かって車で目視による周辺概況確認をした限りにおいては、この⑭SMTC近傍のChaney's Overpassが今回地震による液状化発生の北限であるように思われた。なお、⑭SMTCでの今回の強震記録から日本の震度階を求めると5強の下限に近いことがわかった。



図-4.4.4 前回（2010.09.04）地震によるクライストチャーチ近辺の液状化発生場所

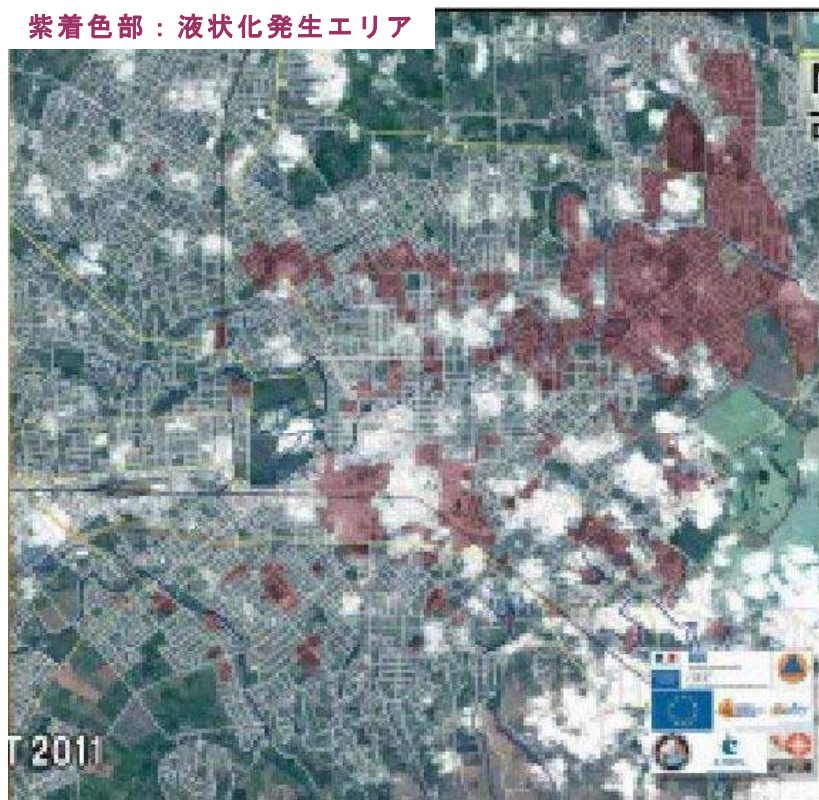


図-4.4.5 今回（2011.02.22）地震によるクライストチャーチ市街の液状化発生場所



図-4.4.6 ⑭ SMTC 観測点と近傍にある液状化発生橋梁 (Chaney's Overpass 橋)

4.5 次に来るもの

The Press (2011年3月7日版、クライストチャーチ地元新聞誌)に、クライストチャーチ市を含むカンタベリー地区における昨年2010年9月の地震と本2011年2月の地震による余震も含めた震源位置とそれぞれの地震断層が図-4.5.1のように記載されていた。

2つの大きな地震の地震断層の間には明らかに空白域が存在しているように思える。また、最近ニュージーランドの土木学会及び地震工学会においては、この二つの地震の発生をもって、まさに地震活動期に突入したとの認識が声明として発表された。

日本においても、過去の地震情報を見れば空白域の持つ意味は明確であり、その場所を起点としてより広い範囲にまで連動した地震断層の動きが生じる可能性も否定できないと思われる。

カンタベリー地区(人口の多いクライストチャーチ市を含み)においては、それほど遠くない時期にさらなる地震の発生を前提にして、今回の地震被害を教訓とした対応が順次図られていくものと考えられる。なんとかそれが間に合うことを信じて今後も注視していきたい。

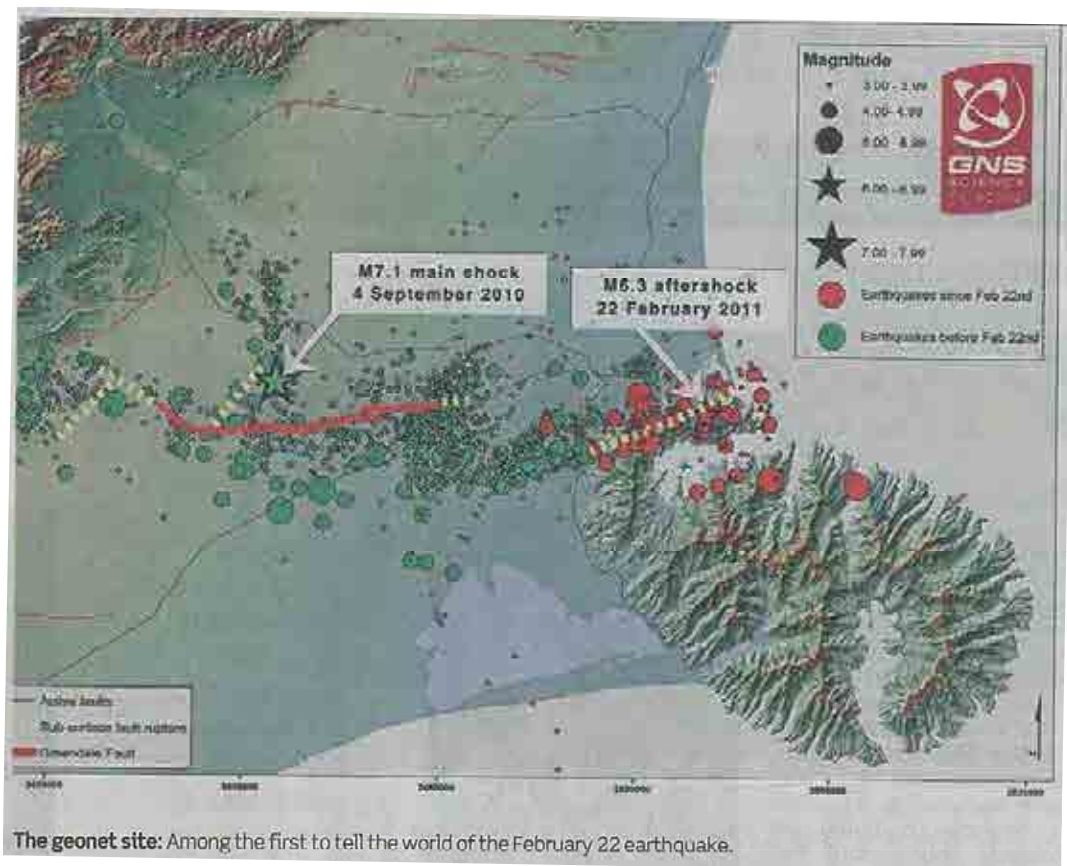


図-4.5.1 前回と今回の地震断層と震源の関係 (The Press 2011.03.07 朝刊)

参考文献

- [1] USGSウェブサイト : <http://www.usgs.gov/>
- [2] GeoNetウェブサイト : <http://www.geonet.org.nz/>
- [3] 鹿島俊英: 2011年2月21日ニュージーランドクライストチャーチの地震の強震記録, <http://smo.kenken.go.jp/~kashima/node/69>

5. 地盤変状（液状化）に伴う被害

5.1 概要

TV・新聞等でも盛んに報道されているように、クライストチャーチの街全体が液状化しているような状況であった。

液状化に伴う噴砂・噴水の発生がいたるところで見られ、現地で話を伺えた地元の方によれば、噴出した噴砂、噴水が、川のようになり、流れ出していたとのことである。

また、液状化に伴う側方流動や、浮上り、陥没なども多数発生しており、液状化影響による被害が多く見られたのが、今回の地震被害の特徴とも言える。



写真-5.1.1 噴砂・側方流動・浮上り等の発生状況

この液状化の発生は、主に、クライストチャーチ市中心部から東側で発生している。このため、同市を流れるエイボン川、ヒースコート川周辺を中心に、同市中心部から東側の調査を実施した

5.2 調査ルート

今回の調査チームのうち、液状化被害を中心に調査したチームの調査ルートを、図-5.2.1に示す。



図-5.2.1 調査ルート（液状化被害チーム）

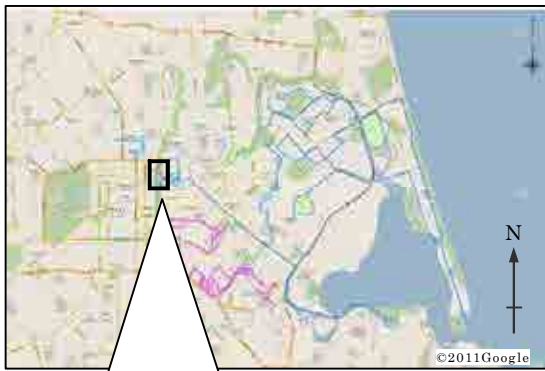
5.3 特徴的な被害等

(1) 腹付盛土部の崩壊（Fitzgerald Ave／Avon River）

- フィッツジェラルド・アベニュー沿いの エイボンサイド・ドライブとの交差点から北側が、エイボン川側に、土留擁壁ともども側方流動している。
- 土構造物の崩壊の規模としては、今回の地震で最も大きいものであった。
- この道路は、河川と少し小高い丘との境界部の道路であり、腹付盛土を土留擁壁で留めている形状になっているものと思われる。
- 地震前の状態を確認すると、路面にひび割れ補修跡があり、常時状態でも、十分には安定した状態でないものと推察される。
- この状況下で、基礎地盤が液状化したことにより、崩壊に繋がったと考えられる。
- また、この状況から見ると、擁壁基礎として、十分賢固なもの（杭基礎、地盤改良基礎等）が設けられてはいなかったと推察される。



写真-5.3.1 震災後の航空写真^[1]



地震発生前の状況



路面にクラック(補修跡)有
⇒ 常時でも変状していた
ものと予想される

(Google Street View より)

地震発生後の状況

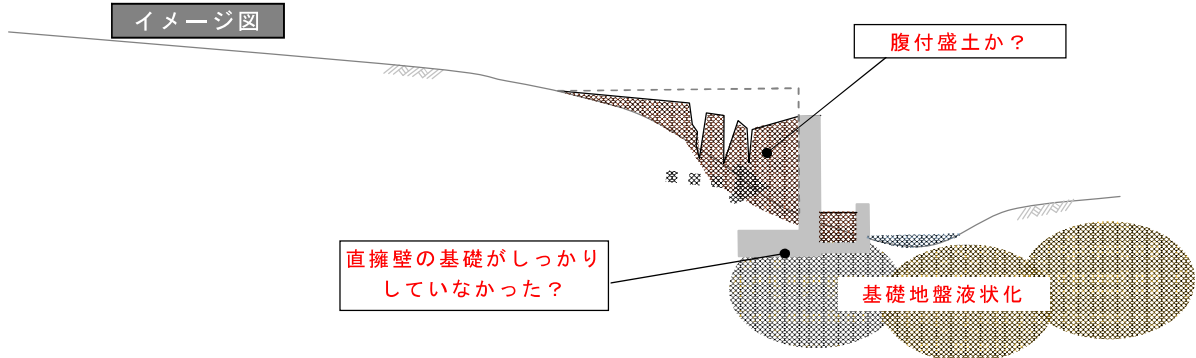


道路の傾斜方向

直壁型の擁壁

エイボン川

イメージ図



腹付盛土か?

直擁壁の基礎がしっかり
していなかった?

基礎地盤液状化

写真-5.3.2 腹付盛土部の崩壊状況

(2) 川岸の側方流動① (Oxford-Tce/Avon River)

- オックスフォード・テラス沿いの キルモアー・ストリートの交差点から北側が、エイボン川側に、大きく側方流動している。
- 道路に大きな亀裂が生じており、その亀裂幅は、大きいもので 1m にも及んでおり、駐車されていた車の車輪がはまってしまい、動けなくなったまま放置されている状況であった。
- また、水道管理設部の開削工事跡沿いにも亀裂が走っている。
- 道路面と河川との高低差はそれほど大きくなく、川岸は、非常に緩やかな勾配となっているが、大きな側方流動が発生している。
- この状況から見ると、水底との高低差が大きくななくても、激しい液状化が発生した場合には、大きな亀裂を伴う側方流動が発生するものと考えられる。

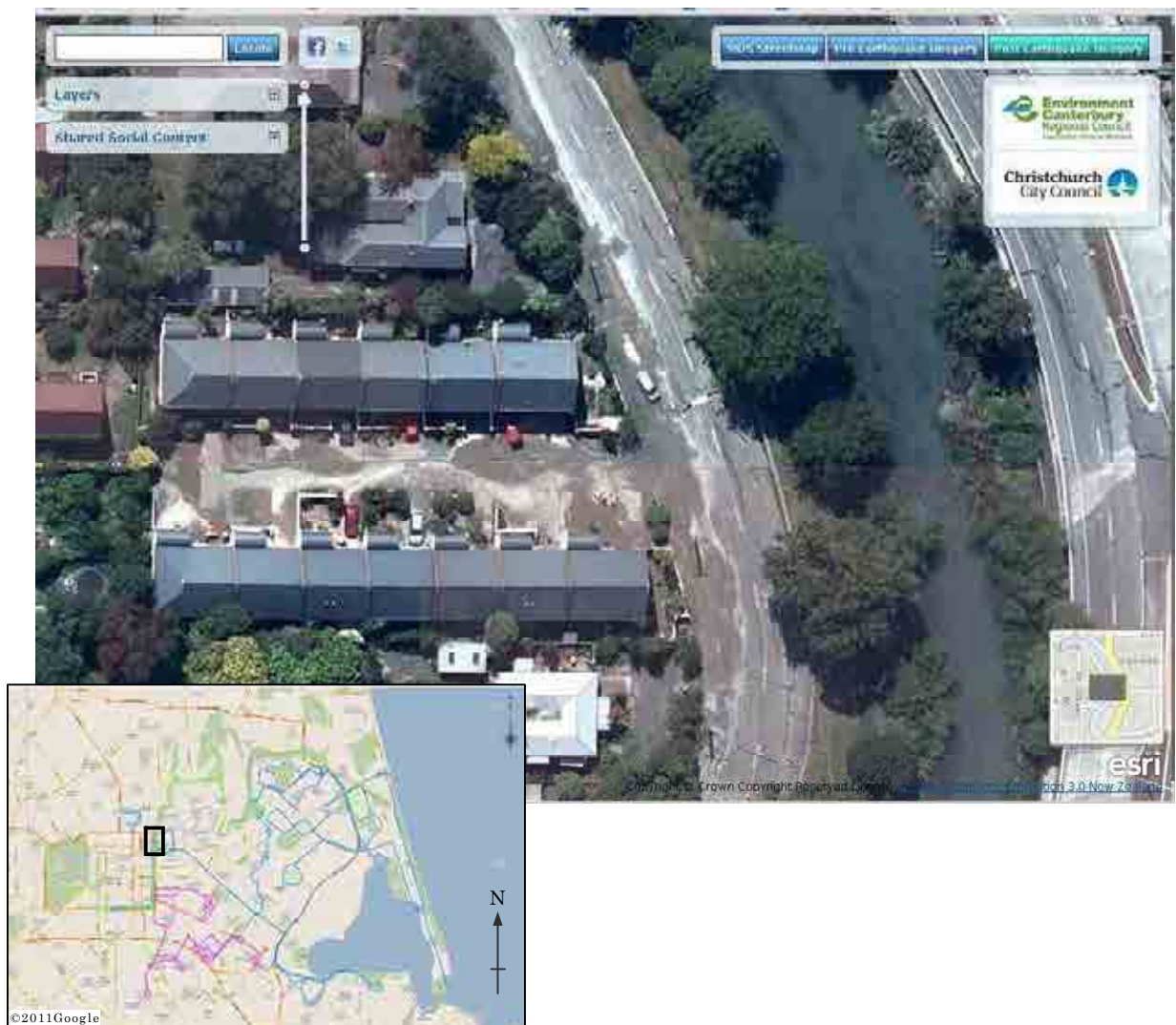
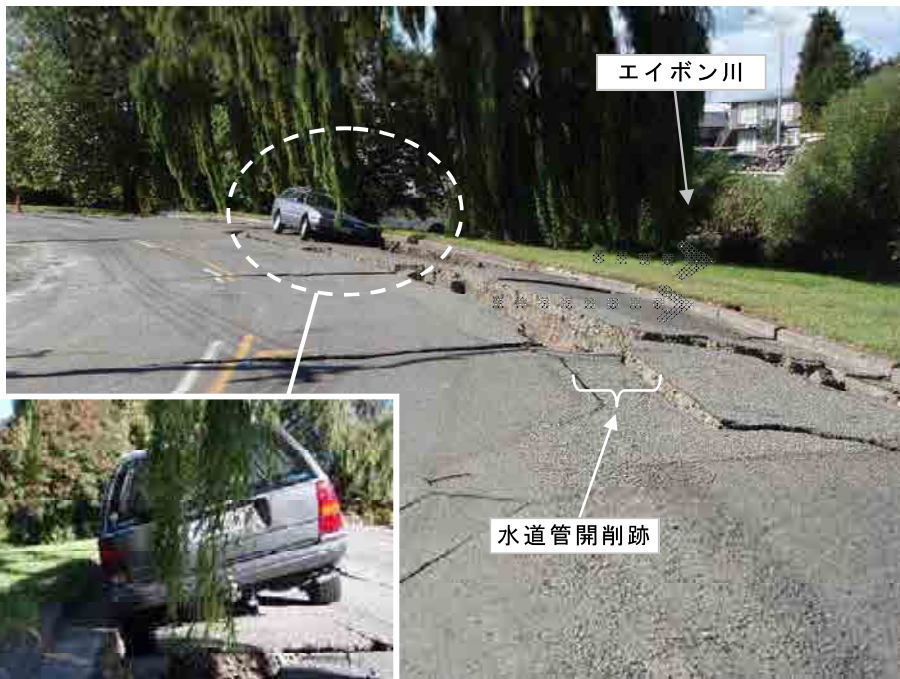


写真-5.3.3 震災後の航空写真^[1]



地割れ部にはまって動けなくなった車

写真-5.3.4 川岸の側方流動発生状況(1)

(3) 川岸の側方流動② (Avonside・Dr / Avon River)

- エイボンサイド・ドライブ沿いの川岸が、エイボン川側に、大きく側方流動している。
- 川岸に大きな亀裂が生じており、その亀裂幅は、大きいもので1~2mにも及んでおり、場所によっては、下水吐口、人工を大きく動かしていた。
- 道路面と河川との高低差はそれほど大きくなく、川岸は、非常に緩やかな勾配となっているが、大きな側方流動が発生している。
- この状況から見ると、水底との高低差が大きくななくても、激しい液状化が発生した場合には、大きな亀裂を伴う側方流動が発生するものと考えられる。



写真-5.3.5 震災後の航空写真^[1]

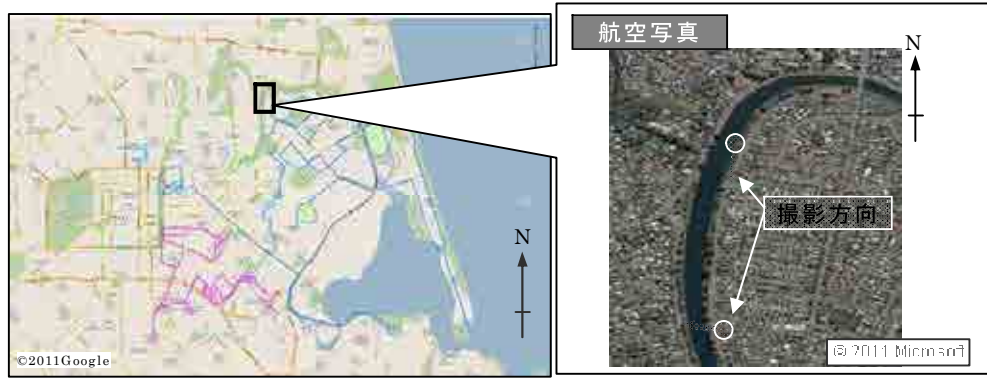


写真-5. 3. 6 川岸の側方流動発生状況 (2)

(4) 噴砂に埋もれた車両（Fitzgerald Ave/Ferry Rd）

- フェリー・ロード や フィッツジェラルド・アベニューにおいて、大量の噴砂・噴水の噴出しがあり、これが溜まったところに車両が埋もれてしまい、2週間以上経っても放置されている状態であった。
- 相当量の噴砂が溜まっているとともに、周辺には陥没箇所、盛り上がり箇所等が多数見られ、激しい液状化が発生していた状況が伺える。



写真-5.3.7 震災後の航空写真^[1]

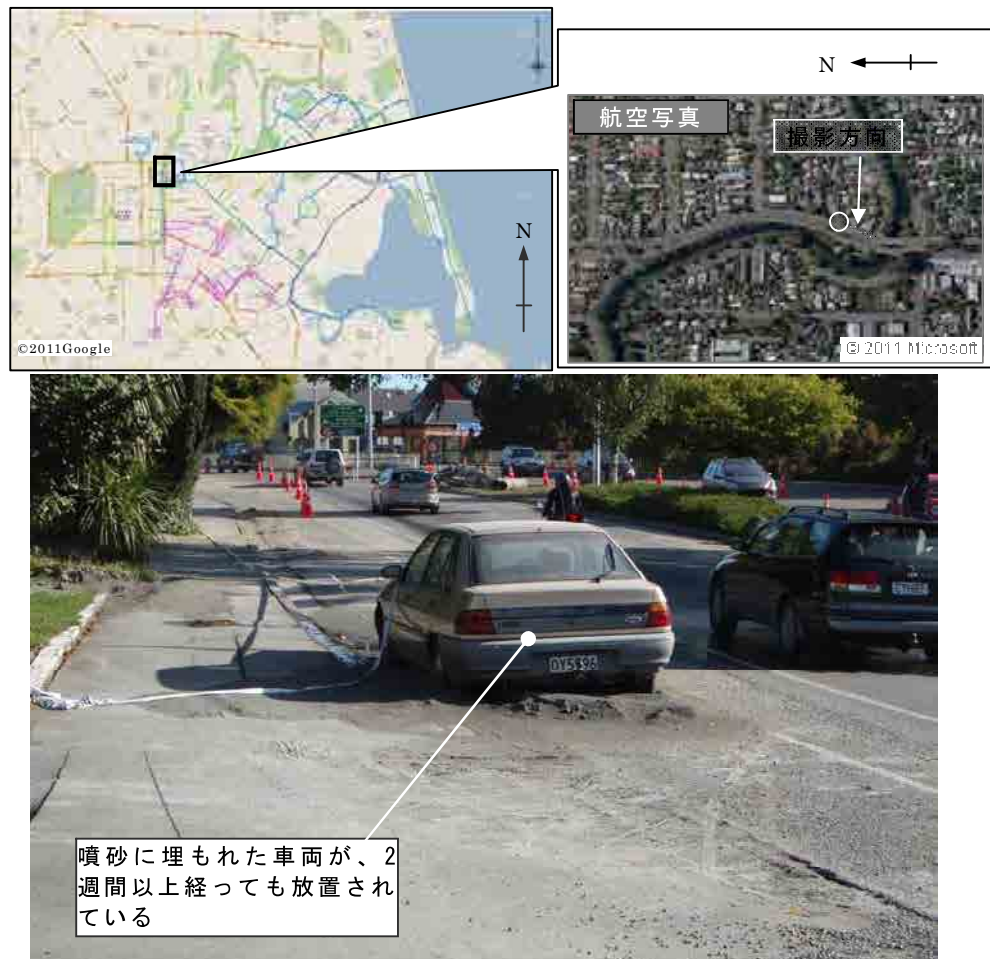


写真-5.3.8 噴砂に埋もれた車両

(5) 路面の浮上り、沈下・陥没

- 路面の浮上り、沈下・陥没は、いたる所で発生していた。
- 浮き上がりに関しては、下水人孔部でのものが多数見られた。
- また、浮き上がった周りには、逆に沈下している箇所が多く見られた。
- 浮上り・盛り上りが発生している箇所は、下水人孔等の構造物がある箇所が多いが、必ずしも構造物がある箇所だけではなく、構造物が無い様な箇所でも、不陸が生じている状況が伺えた。

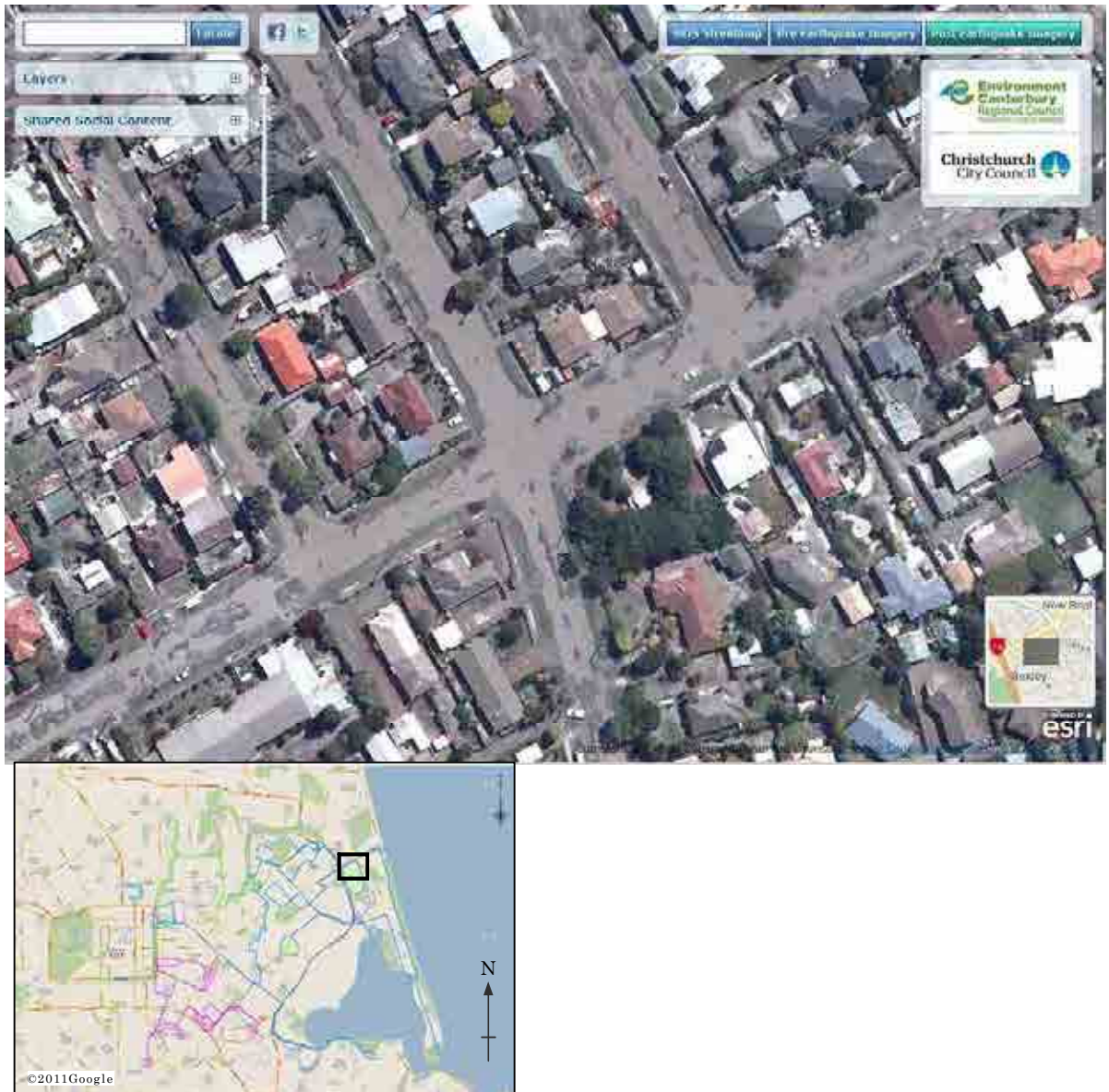


写真-5.3.9 震災後の航空写真^[1]



写真-5.3.10 路面の浮上り、沈下・陥没

(6) 原地盤の液状化、埋戻し土の液状化

- 市内全体の噴砂の発生状況を確認していくと、多くの噴砂は、“暗灰色”をしており、比較的、細かい均一な粒子であることが確認できた。
- 一方、ページズ・ロード近くのメモリアルパーク・セメタリー等、墓地周辺などの場所では、“褐灰色”であった。
- 一般に、“暗灰色”の土は、細粒分が多い原地盤土であることが多く、今回の噴砂も、自然堆積地盤が噴出しているものと思われる。
- 一方、“褐灰色”の土は、洪積土の場合が多く、地表付近にある場合、埋戻し土など、人工土の場合が多い。
- つまり、人工土が液状化し、噴出しているということは、埋戻し土が液状化して噴出していると考えられる。
- また、同地域について、周辺の家屋の状況を確認すると、地下駐車場がある家屋においても、噴砂が流れ込んだような形跡はなく、全面的に液状化し、原地盤土が噴砂として噴出しているとは考えづらい状況であった。

暗灰色 ⇒ 自然地盤



褐灰色 ⇒ 埋戻し土



写真-5.3.11 噴砂の色の違い



写真-5.3.12 原地盤の液状化、埋戻土の液状化



5.4 液状化に伴う被害の全体概要

(1) 主な被害形態

今回の地震での液状化に伴う主な被害は、以下の①～⑥に概ね分類することが出来る。

- ① 噴砂、噴水 による道路・家屋被害
- ② 道路面の盛り上り・陥没
- ③ 下水人孔等の浮上り
- ④ 護岸・川岸、橋台等の側方流動
- ⑤ 家屋の傾斜・損傷
- ⑥ 水道管等の管路破損
- ⑦ その他

分類した内容を、表-5.4.1～5.4.3 にまとめる。

表-5.4.1 今回の地震での液状化に伴う被害の分類(1)

① 噴砂・噴水による道路・家屋被害	② 道路面の盛り上り・陥没
	
	
<p>■現象</p> <ul style="list-style-type: none"> 泥水の流れ出しによる冠水 泥水の流れ出し後、噴砂の堆積 <p>■被害</p> <ul style="list-style-type: none"> 地震直後、泥水で冠水し、車両の通行が不能となり、道路機能が喪失 泥水がなくなったあとも、道路面、庭に噴砂が堆積し、車両・人の通行の妨げとなる 噴砂が民家敷地内に堆積し、通常生活に支障する 	<p>■現象</p> <ul style="list-style-type: none"> 噴砂・噴水が吹き上げられることによる道路面の盛り上り 人孔等の浮上りに伴う道路面の盛り上り 噴砂・噴水による道路下の土砂が噴出し道路面の陥没に繋がる <p>■被害</p> <ul style="list-style-type: none"> 道路面に不陸が出来るため、車両通行に支障し、道路機能が低下する 家屋の下に不陸が生じ、その機能が失われる場合もある

表-5.4.2 今回の地震での液状化に伴う被害の分類(2)

③ 下水人孔等の浮上り	④ 護岸・川岸、橋台等の側方流動
 <p style="text-align: right;">人孔の浮上り</p>	 <p style="text-align: center;">橋台の側方流動</p>
 <p style="text-align: right;">人孔の浮上り</p>	 <p style="text-align: center;">川岸の側方流動</p>
<p>■現象</p> <ul style="list-style-type: none"> 液状化に伴う下水人孔等の浮上り 人孔等の付近だけが盛り上がる <p>■被害</p> <ul style="list-style-type: none"> 道路面に段差が生じることにより、車両通行に支障が生じ、道路機能が低下する 	<p>■現象</p> <ul style="list-style-type: none"> 液状化に伴い、河川沿いの護岸・川岸が側方流動する 護岸・川岸の側方流動に伴い、橋台も側方流動する <p>■被害</p> <ul style="list-style-type: none"> 側方流動に伴う亀裂が、道路面にまで及び、道路機能に支障が生じる 橋台の安定が損なわれる 橋台背面が沈下し、車両・人の通行に支障が生じ、道路機能が低下する

表-5.4.3 今回の地震での液状化に伴う被害の分類(3)

⑤ 家屋の傾斜・損傷	⑥ 水道管等の管路破損
	
	
<p>■現象</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 噴砂・噴水、もしくは、側方流動によると思われる、家屋の傾斜・損傷 <p>■被害</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 家屋が傾斜してしまうことにより、損傷してしまい、使用できなくなる 	<p>■現象</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 管・人孔部の浮上り等の影響による、水道管の破損 ・ 側方移動に伴う、管の破損 <p>■被害</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 水道管破損に伴い、 ・ 漏水により路盤等が洗い流され、道路面の陥没被害に繋がる

(2) 全体の被害状況

- 液状化が発生している地域を主に調査し、調査できた範囲だけではあるが、特に激しい液状化が発生していたと考えられる箇所、あまり激しく液状化が発生してはいなかった箇所を、図-5.4.1 に示す平面図上に表現した。
- また、この調査結果から、概略ではあるが、激しい液状化を生じた範囲とそれほど液状化が生じてはいない範囲についても示した。
- 特徴的であるのは、写真-5.3.12 に示したように、ページズ・ロード近くのメモリアルパーク・セメタリー等、墓地周辺などの場所では、埋戻し土の液状化が見られはしたもの、激しい液状化が発生していたとは考えづらい状況であったことである。
- このため、図-5.4.1 においては、この範囲付近は、あまり液状化が発生しなかった範囲として示した。
- この場所は、標高差で言えば、1～2m程度の差でしかないと思われるが、若干小高く丘になっている場所である。
- さらに、図-5.4.2 に示す古い地形分類図（1850年のもの）と、図-5.4.1 とを重ねたものを図-5.4.3 に示すが、同図によれば、概ねであるが、「湿地帯」（Swamp）に分類されている箇所を中心に、激しい液状化が発生していたものと見られる。
- また、「砂丘」（Sand Hill）に分類されている範囲では、あまり激しい液状化が発生しなかった場所と対応していることが分かり、液状化の発生程度が、微地形分類とある程度対応していることが確認できた。

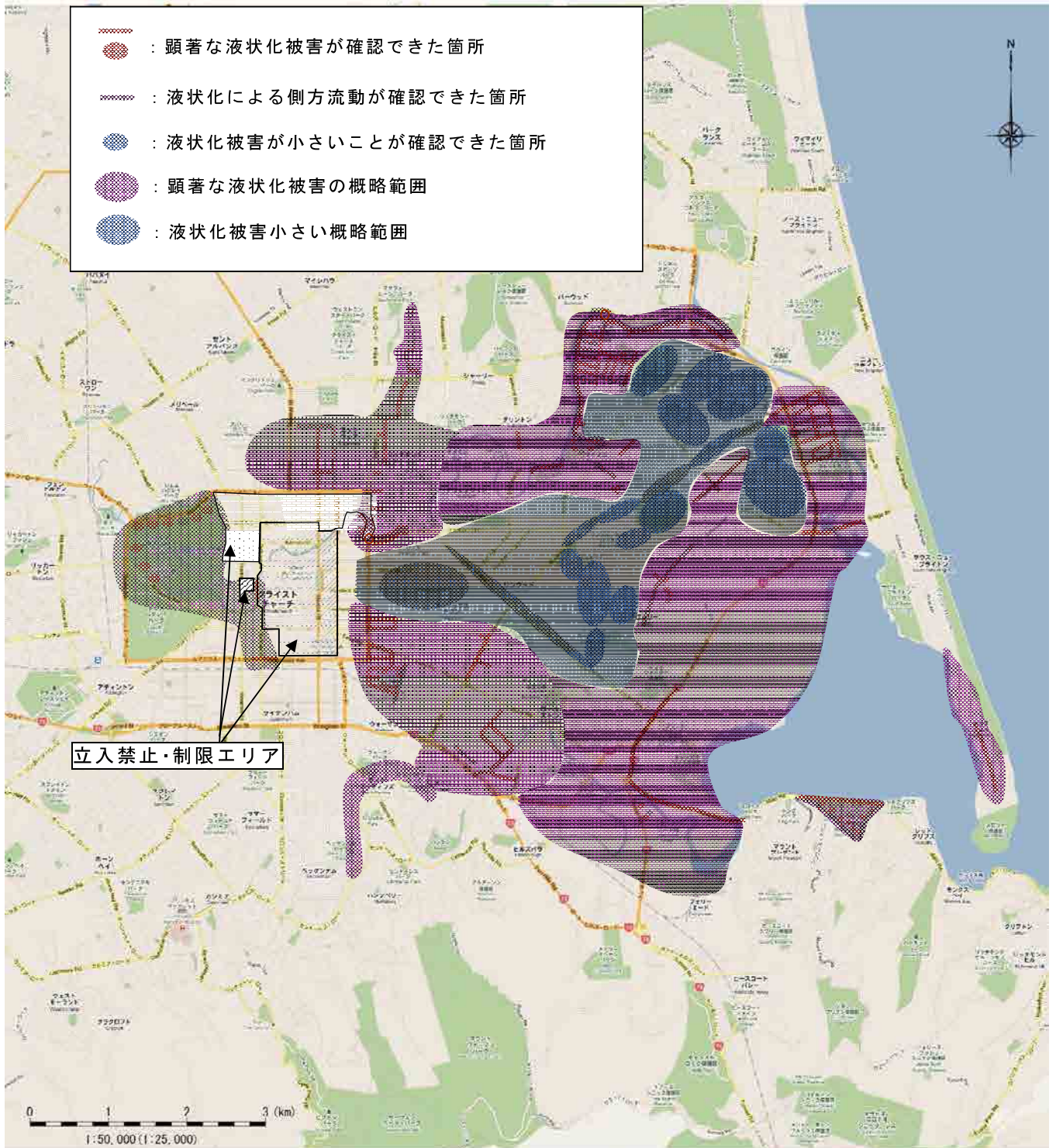
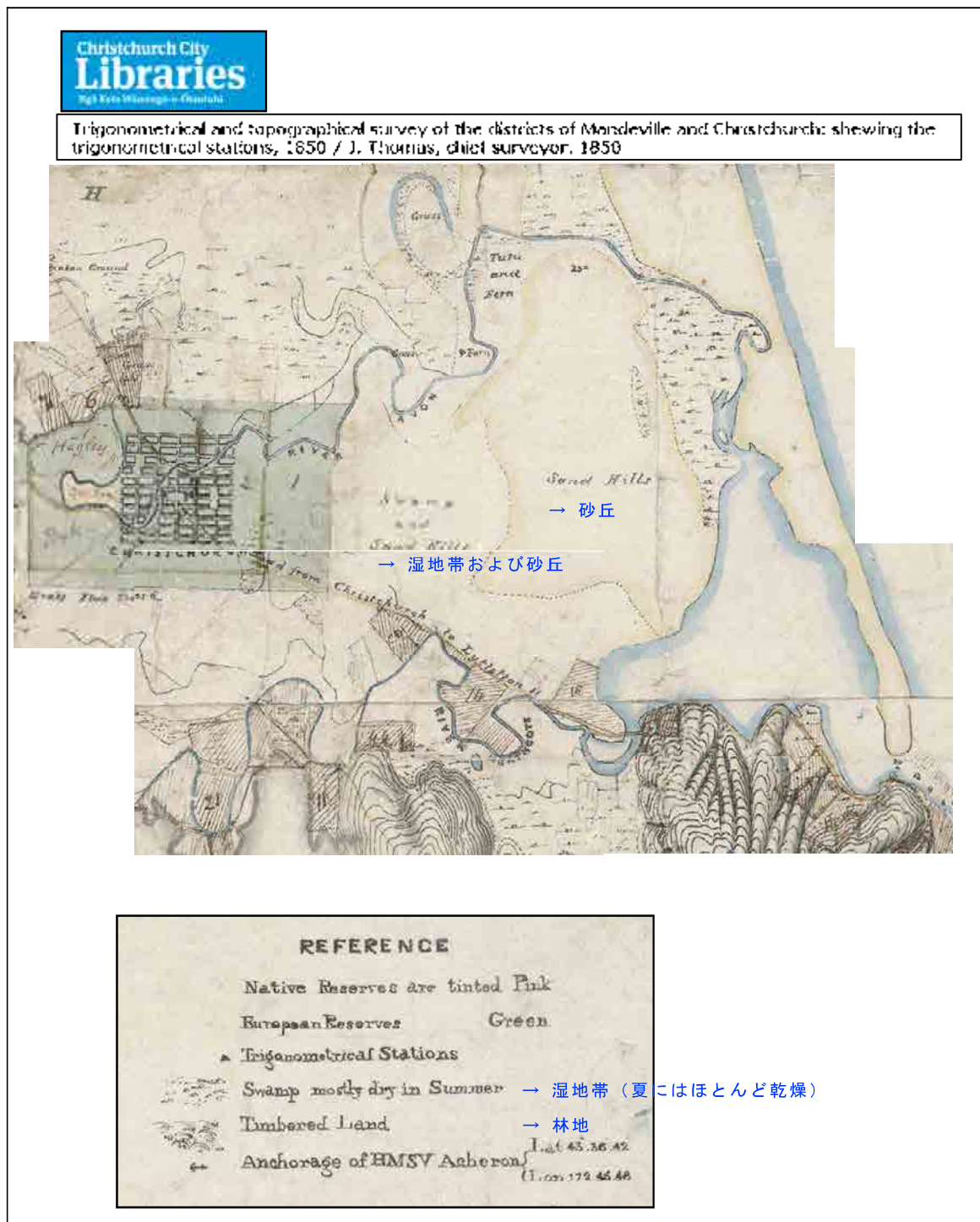


図-5.4.1 激しい液状化の発生地域の概略範囲図

図-5.4.2 古い地形分類図^[2]

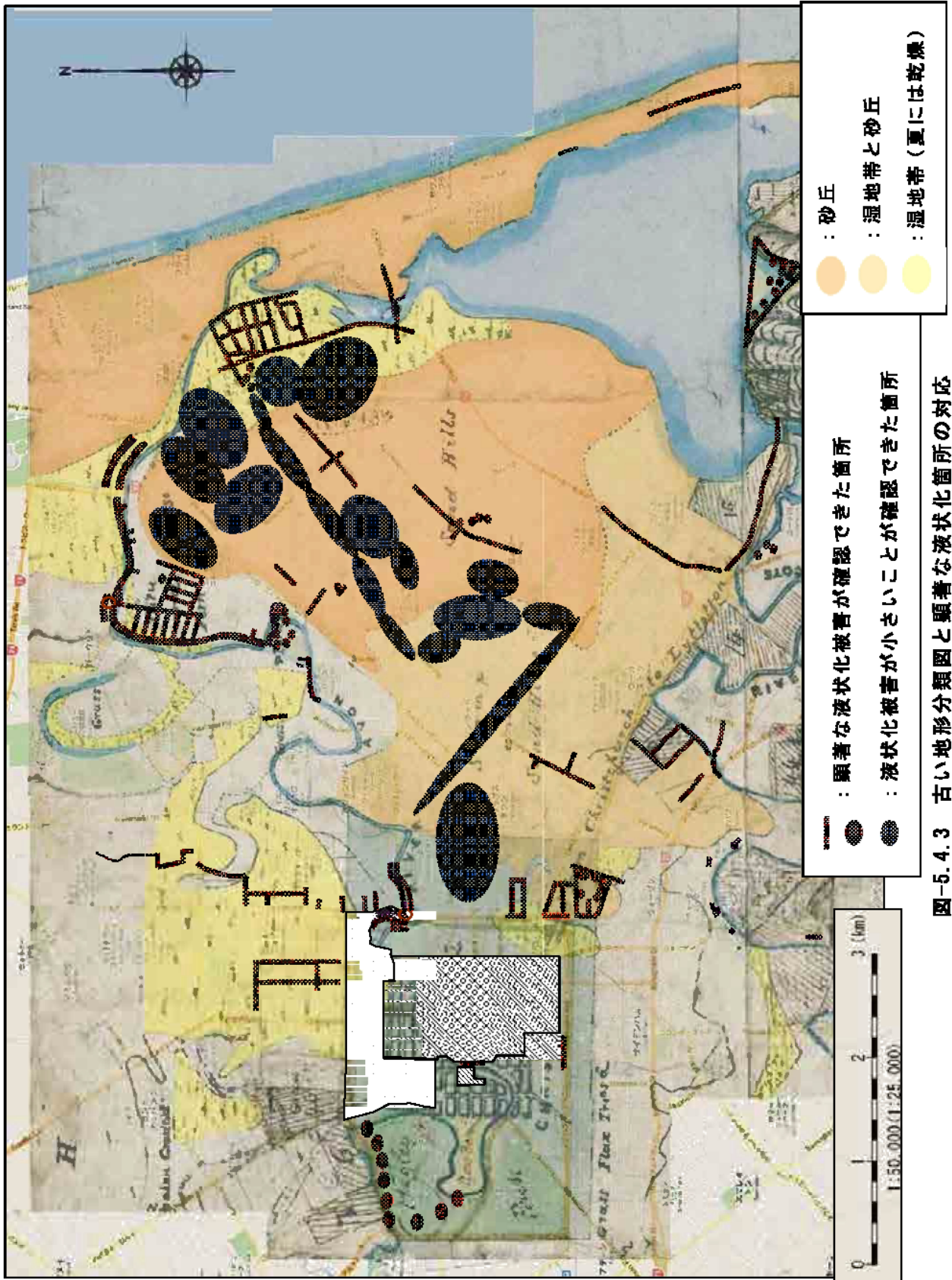


図-5.4.3 古い地形分類図と顕著な液状化箇所との対応

5.5 被害からの教訓

以上の調査結果から得られた教訓を、以下にまとめる。

(1) 高低差が小さくても側方流動が発生する

- クライストチャーチ市内の河川は、水面から川岸までの高さの差が小さく、水深もそれほど深くないと予想される。
- 一般に、水底から陸地までの高低差が小さい場合、液状化に伴う側方流動は発生しづらいと考えられていたが、今回の地震においては、高低差が小さくても、大きく速報流動している箇所が多く見られた。
- つまり、激しい液状化が発生した場合には、高低差が小さくても、大きく側方流動場合があることが、教訓として得られた。

(2) 液状化に伴う噴砂は生活に大きなダメージを与える

- クライストチャーチ市内は、激しい液状化が発生し、これに伴い発生した噴砂が堆積するとともに、地盤に沈下・浮上りが発生し、上下水などのライフラインが寸断されてしまっていた。
- この様に、地震発生時及びその直後に、液状化が発生することの影響により、人命が失われるようなケースは、それほど多くないが、液状化の影響により、上下水が使用できなくなったり、道路面が冠水して車両の走行が不能になるなど、市民の生活に、深刻なダメージを与えることが、改めて教訓として得られた。

(3) 旧河川跡、湿地帯跡では激しい液状化が発生しやすい

- 激しい液状化の発生している地域は、古い地形では“湿地帯”に分類されている箇所が主であり、逆に“砂丘”に分類されている箇所では、それほど激しい液状化は発生していなかった。
- 実際、古い地形で“砂丘”に分類されている範囲は、やや微高地になっているため、地下水位も比較的深い位置にあるものと推察される。
- 一般に、古い河川跡や湿地跡などを住宅地等に造成した場所では、液状化が発生し易いと言われてきたが、改めて事実として確認できる結果となった。

参考文献

[1] カンタベリー地震 HP より

(<http://eqviewer.co.nz/>)

[2] Christchurch City 図書館 HP より

(<http://christchurchcitylibraries.com/Heritage/Maps/ATL-Acc-27187.asp>)



6. 落石・斜面被害

6.1 概要

今回のクライストチャーチ地震により落石・斜面災害としては、レッドクリフズにおける大規模な岩石崩壊が報道されている^[1]。一方、2010年9月に発生したダーフィールド地震（カンタベリー地震）では、震源から約140km程度はなれたカイコウラにおいて大規模な斜面崩壊が発生している^[2]。

今回のクライストチャーチ地震は震源が4kmと非常に浅く、最大加速度も1600cm/sec²に達している。このような震源の浅い地震による落石・斜面崩壊の発生状況や僅か5ヶ月前に地震動を経験し崩壊した斜面の変状の進展の有無について、現地調査を行った。

この結果、以下のような状況であった。

- 1) ダーフィールド地震によりカイコウラで発生した斜面崩壊は今回の地震では変状の拡大は発生しなかった。
- 2) 今回の地震による落石・斜面災害は、相対的に硬質岩盤が分布するクライストチャーチ南部域やリテルトンで発生しており、数m³程度の比較的規模の小さい落石が主であるが、レッドクリフズに代表されるような南東向き急斜面で比較的規模の大きい岩石崩壊が発生している。
- 3) 山岳道路の一部では地すべり性の亀裂が発生しているが、完落したものは確認できなかった。



写真-6.1.1 レッドクリフズにおける岩石崩壊



写真-6.1.2 ダーフィールド地震による斜面崩壊^[2]

6.2 調査箇所

落石・斜面災害の主な調査地点は以下のとおりである。

- 1) A-1：SH1 クライストチャーチ～カイコウラ（ダーフィールド地震の斜面崩壊箇所（白亜紀層）および沿線の三紀層分布地域）
- 2) A-2：クライストチャーチ南部カシミア地区（山裾部の市街地。震源域近傍）
- 3) A-3：レッドクリフズおよびリテルトン周辺（玄武岩溶岩および角礫岩分布域）



写真-6.2.1 落石・斜面災害の調査域

6.3 調査結果

6.3.1 A-1

A-1 は SH1 ルート沿いの範囲である。主に三紀層分布域の地すべり斜面の変動の有無の確認およびダーフィールド地震において発生した斜面崩壊箇所の進展の有無を主目的とした。



写真-6.3.1 A-1 調査位置

(1) A-1-1

ダーフィールド地震による斜面崩壊箇所で、ダーフィールド地震の震央からの水平距離は約 175km である。今回の地震の震央からの水平距離は約 140km である。このダーフィールド地震に起因した斜面崩壊については、G.Hancox (2010) [3]が詳しく報告している。

崩壊斜面の地質は、中生代白亜紀の砂岩頁岩互層（四万十層群相当?）であり、海岸線に急峻な斜面が連続し、紀伊半島南部や四国と非常に似通っている。

崩壊斜面には明瞭な地すべり地形が認めら、先の文献では背後の古い地すべりが存在し、この末端部が主に崩壊したとしている。



写真-6.3.2 A-1-1

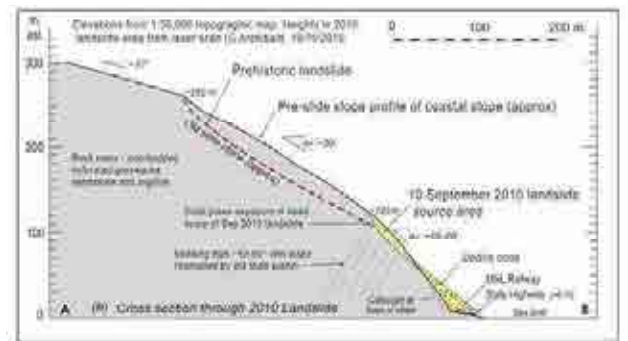


図-6.3.1 地すべり発生機構模式図 [3]



写真-6.3.3 ダーフィールド地震時の崩壊 [3]



写真-6.3.4 崩壊頭部 写真上部は古い地すべり性堆積物 [3]

2011.3.6 現地状況



写真-6.3.5. カラコウラ側から頭部～側方部。
頭部の古い地すべり性堆積物を含め明瞭な変状の進展は認められない。
崩壊は緩い受け盤斜面で発生している。
斜面を構成する基盤岩は砂岩と頁岩の互層である。砂岩の層厚は2m程度。頁岩は10cm程度の細互層である。



写真-6.3.6. 崩壊部末端から上部を望む
崩壊面には湧水が認められる。崩壊面は無処理で浸食は進行し、末端に崖錐を形成する。



写真-6.3.7. 崩壊部末端は崩土を利用し土堤が作られている。(対策はこれで完了のようである) ポケット部には崩壊面の浸食による崖錐が堆積する。



写真-6.3.8. 斜面末端部の処理。崩土による土堤とバリケードのみの対応。線路は2m程度写真右側に移設。



写真-6.3.9. 崩壊部周辺の比較的新しい表層崩壊。地表水、地下水が豊富で地震後の降雨で発生したものと想定される。露岩はなく厚い崩土が堆積しているようで過去に繰り返し崩壊が発生したことを示唆する。

(2) A-1-2

カイコウラから南に約 24km の中新世～鮮新世の砂岩、シルト岩分布域である^[4]。シルト岩は海成層と非海成層が分布しており、いわゆる堆積軟岩の分布域である。なだらかな山腹斜面を河川が著しく下刻しており、斜面上部で緩傾斜、斜面下部で急傾斜面を形成している。地形的特徴や構成地質からは、東北地方に似通っている。

山腹斜面には多くの地すべり地形が認められるが、今回の震央からの水平距離が約 130km と離れていたためか、明瞭な地すべり変動は発生していないようである。

写真-6.3.10 に調査位置の空中写真を示す。明瞭な地すべり地形が形成されており、この付近の牧場所有者の話では、SH 1 の切土による緩慢な地すべり変動は発生しているようであるが、今回の地震による影響はなかったとのことである。



写真-6. 3. 10 調査位置空中写真

2011.3.6 現地状況



写真-6.3.11 調査地付近は緩慢な地すべり変動の影響か道路補修工事が実施されていた。路面に変状は認められなかった。



写真-6.3.12 山側切土。部分的にフトンカゴによるのり面保護工が実施されているが変状は発生していない。



写真-6.3.13 谷側盛土。フトンカゴをほぼ垂直に積み重ねている。変状は認められない。



写真-6.3.14 斜面を構成するシルト岩。鱗片状に割れており海成層と思われる。



写真-6.3.15 斜面を下刻する溪流。浸食力が旺盛で、河川に面した斜面傾斜は急峻である。



写真-6.3.16 周辺に認められる地すべり地形。幅 100m 以上の比較的規模の大きな地すべり地形が多く分布する。

(3) A-1-3

クライストチャートの北約 80km に位置するフルヌイ川沿いの斜面である。今回の地震の震央からの距離は約 85km である。

地質は中新世の砂岩、泥岩が主体であるが、中生代白亜紀の砂岩頁岩チャート互層も部分的に分布し、複雑な地層構成を有している。

A-1-2 と同様に、フルヌイ川の旺盛な下刻作用により斜面末端部は急斜面であり標高が高くなると緩傾斜面となっている。

なおこの付近の調査については、遠望目視による調査である。



写真-6. 3. 17 調査位置空中写真



写真-6. 3. 18 写真-6. 3. 19 フルヌイ川右岸斜面
遠望で確認できるような斜面変状は発生していない。

6.3.2 A-2

震央に非常に近いクライストチャート南部カシミア地区であり、震央からの水平距離は約 5km である。この付近は宅地化が進み山麓～平野部の境界にあたり、斜面傾斜は約 10° 程度であり、一部は人工的な盛土も存在している。



写真-6.3.20 A-2 調査位置



写真-6.3.21 カシミア地区変状発生位置

(1) A-2-1

落差 0.5~0.7m 程度の滑落崖が発生している。噴砂などの液状化現象は認められなかったが、滑動範囲内にあるマンホールに浮き上がりが見られ、マンホール埋め戻し土の局所的な液状化が発生した可能性がある。土塊の滑動と水道管の破断発生の前関係は不明であるが、現地調査時には水道の破断により大量の水が土塊内に供給され、復旧作業が実施されていた。

斜面勾配の変化点には小河川が流れているが、この河川付近から山側 10m 程度の区間には圧縮変状が認められ、一定の土塊が滑動したことを示している。側方部は不明瞭である。

地すべり変状の規模としては、幅 50m、斜面長 65m 程度である。層厚は 7m 程度と推定される。

変状発生原因としては、水道破断による多量の水の供給が想定されるが、非常に緩傾斜であることから、それのみでの滑動は考え難く、盛土と自然地盤の境界もしくは自然地盤内の特定の土層の液状化などが想定されるが仔細は不明である。

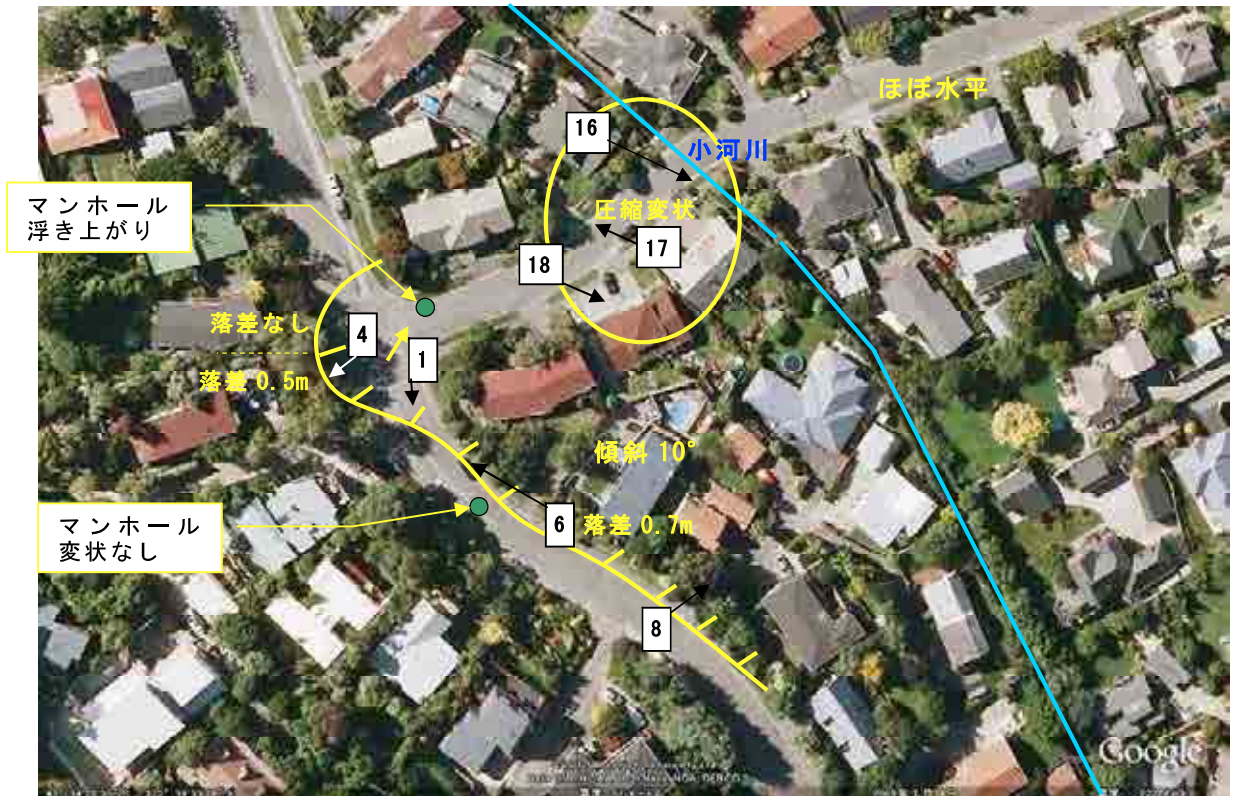


写真-6.3.22 カシミア地区 A-2-1 変状発生位置
(図中口囲みの数字は代表的写真撮影地位)

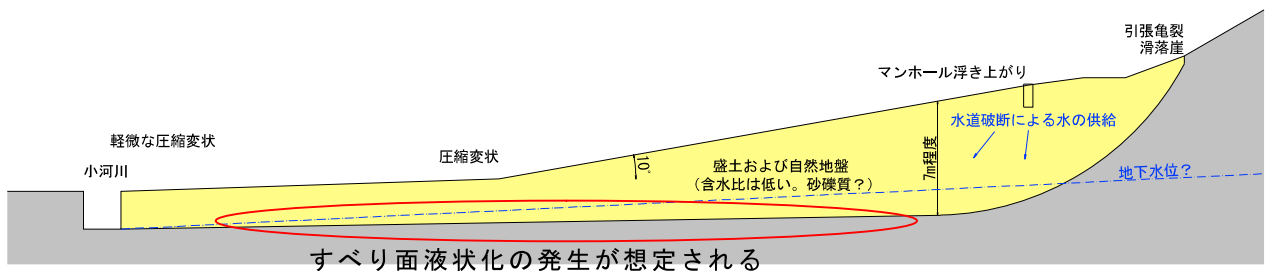


図-6.3.2 模式断面図



1 頭部滑落崖 写真中央のマンホールは浮き上がりなどの変状は認められない。



2 頭部滑落崖近景



3 落差約 0.2m。ほぼ垂直に落ちる。



4 家屋への進入斜路に発生した頭部滑落崖。ライフラインの埋め戻しのみの滑落でないことを示している。滑落崖はほぼ垂直に落ちており引張亀裂であることを示している。



5 頭部滑落崖 落差 0.5~0.7m。写真 6 の地すべりの変状境界の近景。ライフラインの埋め戻し土の流出のためか陥没地形を示す。この付近では 0.3~0.5m 程度の水平移動も見られる。



6 同左。直線的な滑落崖を形成しており、この付近ではライフラインの埋め戻しに沿って滑動した可能性がある。



7 写真 2 の滑落崖背後の路面。全く変状は認められない。



8 滑落崖下方。勾配変化点付近で圧縮変状が認められ、土塊の滑動を示唆している。



9 15cm 程度の路盤の下は古い盛土もしくは自然地盤である。



10 最大滑落落差 0.8m。15cm 程度の路盤の下は古い盛土もしくは自然地盤である。



11 調査時点では水道の破断により水が絶えず供給されていた。



12 供給された水は 1m 程度下で流れを作っている。



13 斜面上のマンホールの浮き上がり。斜面傾斜は 10° 程度である。周辺の変状は極めて軽微である。



14 写真 13 近景。約 15cm 隆起する。



15 斜面傾斜変遷線の小河川。三面張り水路であり、顕著な変状は認められない。



16 水路ボックス周辺に圧縮変状が発生している。相対的に斜面側が乗り上げている。



17 顕著な圧縮変状。写真奥の家屋の柱も傾動している。



18 写真 17 の近景



19 写真右側から圧縮を受けやや家屋が持ち上がっている



20 写真 19 の家屋変状



21 路面の圧縮変状



22 路面の圧縮変状。相対的に斜面側が乗り上げている。

(2) A-2-2

A-2-2 はカシミア地区の南東部の山裾沿いで、5～10度の緩斜面に住宅地が広がっている。

写真-6.3.23 に変状の発生地位を示すが、ほぼ同一線上に圧縮変状、マンホールの浮き上がりに伴うと推定される軽微な隆起変状が発生している。

この変状に対応する滑落崖など頭部変状は未確認であり、この変状そのものが地すべり的な斜面変動を示すものか否かは不明確である。ただし、いずれの変状も相対的に斜面上部が下部を圧縮している。

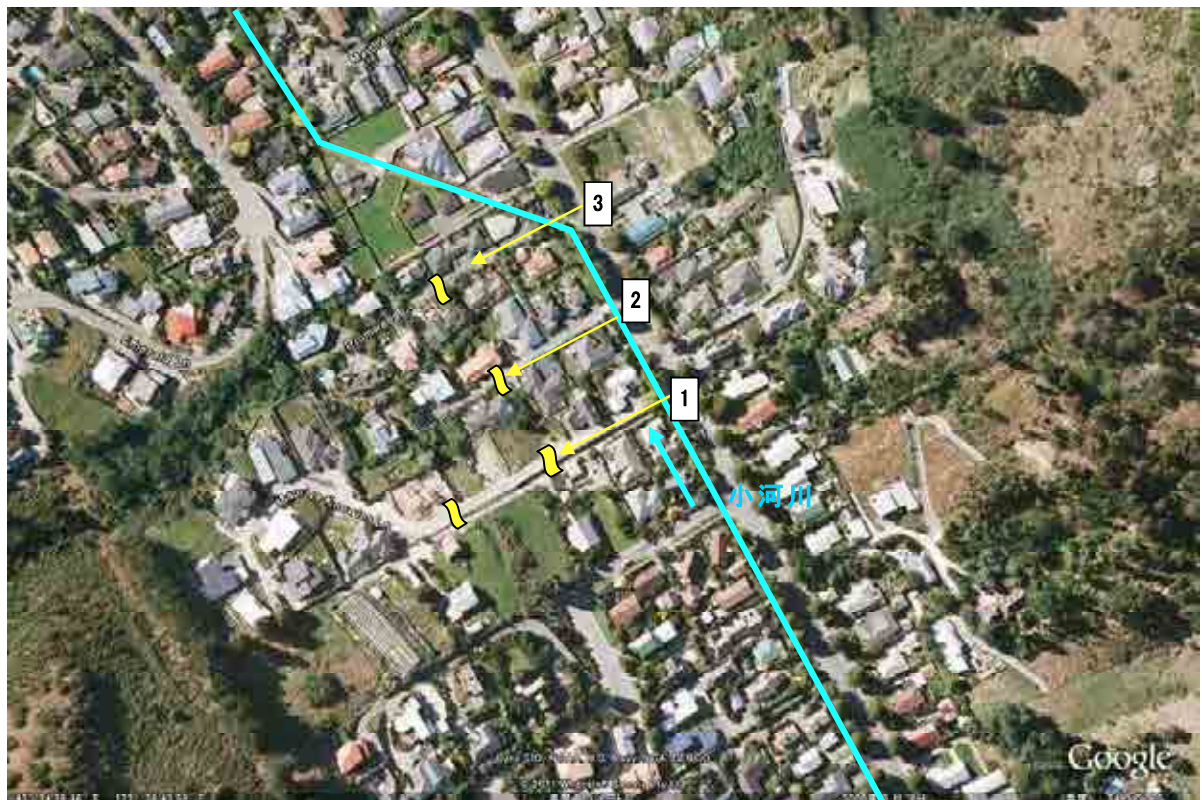


写真-6.3.23 カシミア地区 A-2-2 変状発生位置
 (図中口囲みの数字は次項に示す写真撮影地位)

	
<p>1 Maurice Knowles 通りの変状</p>	
	
<p>2 Fineran 通りの変状</p>	
	
<p>3 Plumwood 通りの変状</p>	

6.3.3 A-3 および A-4

レッドクリフズ周辺 (A-3) およびリテルトン周辺 (A-4) の玄武岩溶岩および角礫岩分が分布する山岳部にあたる。震源域の南側のエリアである。写真-6.3.25 に代表的な地形・地質状況を示す。山体は玄武岩質溶岩もしくは玄武岩質角礫岩の互層であり、層界面はほぼ水平～10° 程度で北東に傾斜している。それらを覆って砂質土を主体とする洪積世の土石流堆積物が分布している。



写真-6. 3. 24 A-2 調査位置



a) 代表的な斜面状況



b) 火山灰。固結度は弱く非溶結である。侵食に弱くガリーが発達している。



c) 玄武岩質溶岩。比較的硬質で節理が発達する。

写真-6. 3. 25 山岳部の地形・地質状況

(1) A-3 (レッドクリフズ周辺)

レッドクリフズ周辺は、北北西方向の細かな尾根地形が発達し、山腹斜面は傾斜 70~80 度程度と極めて急峻である。この急峻な斜面を挟んで、斜面上下部に住宅地が発達している。震央からの水平距離は約 6km である。

レッドクリフズ周辺の岩種は主に玄武岩質溶岩と凝灰角礫岩であるが、凝灰角礫岩が優勢である。これらは軟岩~中硬岩 (CL~CH 級) 程度の岩質で、高角度の節理面が発達している。この節理に沿って多くの岩盤崩壊、落石が発生している。



写真-6.3.26 レッドクリフズ周辺の空中写真



写真-6.3.27 レッドクリフズ周辺の地形状況



a) 玄武岩質溶岩

b) 玄武岩質凝灰角礫岩

写真-6.3.28 レッドクリフズ周辺の岩種



A-3-1

サムナー付近の岩盤崩壊箇所。報道などで取り上げられた比較的規模の大きな岩盤崩壊発生箇所である。地質的には凝灰角礫岩が主体であり、斜面最上部に層厚 5m 程度の玄武岩溶岩が傾斜 10° 程度で分布している。斜面傾斜はほぼ垂直に近い。

主な崩壊は凝灰角礫岩で発生している。凝灰角礫岩は層理の発達が乏しく、亀裂間隔が大きく、崩壊規模も大規模となりがちのようである。

玄武岩溶岩は、亀裂が発達しているため落石の形態をとっており、海蝕洞の天上や尾根先端が小規模に崩落している。



凝灰角礫岩の岩盤崩壊。
最大の岩塊は 10m×15m 程度。



同左近景。



上記崩落部の剥離跡。灰色を呈しており酸化は弱い。崩落状態から推定すると局部的な凸型斜面であったと考えられる。



崩壊箇所の周辺斜面。落石程度は認められるが、斜面の不安定化傾向はない。



ほぼ垂直の斜面。開口亀裂が認められ、今後の余震や降雨によるトップリング的崩壊が懸念される。



地質状況。最上部に玄武溶岩が分布しその下に凝灰角礫岩がほぼ道路面まで層厚 30m 程度と厚く分布している。



凝灰角礫岩部で卓越的に表層崩壊が発生している。最上部の玄武岩溶岩の変状は認められない。

同左。



近景。やや谷地形を示す箇所では玄武岩溶岩との境界付近から砂状の表層崩壊が発生している。

凝灰角礫岩の崩落物。凸型斜面では落石形態を示している。



硬質な玄武岩溶岩の崩壊。



海蝕洞天上及びその周辺部の崩壊。ほぼ垂直に落下しており水平移動量は2~3m程度。



A-3-2

レッドクリフズ付近の急崖部。この付近では、斜面上位より凝灰角礫岩、玄武岩溶岩の構成となっており先のサムナー地区とは地質状況が逆になっている。

このためか、レッドクリフズでは斜面肩かたの崩壊が発生していることが特徴である。



硬質な玄武岩溶岩の崩壊。径 1m 程度の落石が多い。



凝灰角礫岩の岩盤崩壊。



崩壊跡には開口亀裂が認められ、非常に不安定。



周辺斜面でも凸型斜面部を中心に崩壊が多発している。この付近では玄武岩溶岩がなく、斜面肩から崩壊が発生している。



斜面上部が凝灰角礫岩、下部が玄武岩溶岩とおもわれる。斜面肩から崩壊が発生しており、相対的に凝灰角礫岩が崩壊しやすいことが分かる。



砂状の表層崩壊が発生し、斜面下部に堆積している。



A-3-3

マックマーカス湾付近の急崖部である。道路構築による切土のり面と考えられる。切土勾配は一定ではないが概ね 1 : 0.3 程度である。

地質的には凝灰角礫岩であり層理面の発達は弱い、高角度の亀裂が発達している。

このため亀裂に沿った剥離型の崩壊が発生しており、崩落下岩塊は径 10～30cm 程度に粉砕されている。



切土のり面の崩壊



同左



部分的に亀裂の開口が顕著であったのか、幅20m程度に渡って剥離崩壊が発生している。

左写真の近景。亀裂に沿って剥離崩壊が発生している。崩壊面は褐色化しており部分的に開口し風化が進んでいたと考えられる。



凸型部の崩壊。非常に局所的な凸型地形部でも崩壊が発生している。



今回の地震によるものか不明であるが、僅かに岩塊の滑動が見られる。

(2) A-4 (リテルトン周辺)

1) A-4-1 (震央東側および南東側)

クリストチャーチからリテルトンに通じる山岳道路およびその周辺道路を主体に調査を実施した。地質的には、玄武岩溶岩と凝灰角礫岩の互層が主体であり、最上位を非溶結の火山灰層が覆っている。道路構造としては片切片盛が主体である。切土のり面は無処理で、切土勾配は1:0.3~1:0.5程度である。盛土は盛土高3m程度まではフトンカゴ、それ以上では井桁擁壁が主体である。

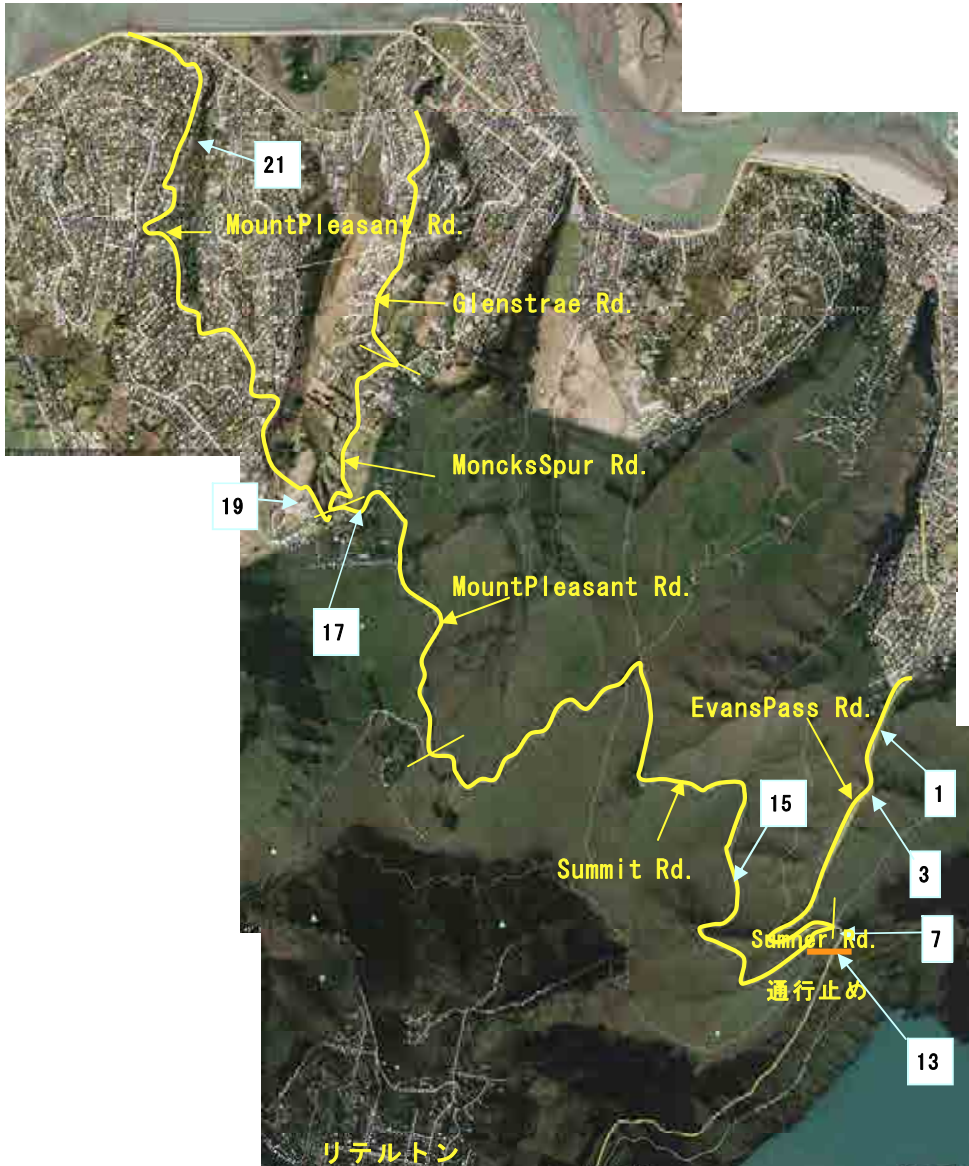


写真-6.3.29 A-4 調査ルート (主にリテルトン北東側) 口数値は代表的写真位置



写真-6.3.30 調査ルートの代表的道路状況



1 EvavsPass Rd.の変状。切盛境で盛土側が不安定化している。浅い谷地形を盛土している。



2 写真の盛土のり面。盛土高さ約 3m。フトンカゴが 1:0.3 程度で積まれている。フトンカゴ自体に明瞭な変状はなく、変位を吸収しているようである。



3 高さ 5m 程度の井桁擁壁。路面を含め変状は発生していない。



4 落石によると思われる転落防止擁壁の破損。



5 斜面部には非常に不安定な玄武岩溶岩が尖塔状に分布している。落石による家屋被害や道路施設被害も発生している。



6 道路下方斜面に落石が点在している。写真の落石が今回の地震によるものか不明である。



7 EvansPassRd.SummitRd.の峠。地すべり性の変状が発生しているが、地すべり地形としては不明瞭である。玄武岩溶岩上部の凝灰角礫岩および盛土のすべりと考えられる。

8 左写真の峠に発生した地すべり性の亀裂。幅20cm程度の開口亀裂が発生している。写真7の右側側方部。開口が卓越し落差は小さい。



9 左写真の峠に発生した地すべり性の亀裂。写真7の左側側方部。開口は少なく落差が卓越する。

10 写真9の滑落崖近景



11 写真7の峠のリテルトン側。碎石場が稼働しているが、大きな被害はなかった模様である。

12 リテルトンへ通じる Sumner Rd.に発生している地すべり性の亀裂。ちりめん状の亀裂であり開口、落差とも極僅かである。主に盛土部の変状と考えられる。

	
<p>13 Sumner Rd.は落石発生により通行止めとなっていた。写真手前丸が込み付近が写真12の変状発生位置。</p>	<p>14 SumnerRd.より集積されたと思われる落石。</p>
	
<p>15 SummitRd.切土高さも低く、変状の発生は認められなかった。</p>	<p>16 山頂付近の玄武岩溶岩の尖塔。不安定な浮石も認められるが、落下したものは認められなかった。</p>
	
<p>17 MountPleasant Rd.の盛土部の変状。切盛境で盛土側が不安定化している。</p>	<p>18 写真17の盛土構造物。フトンカゴが1:0.5程度で積まれている。大きな変状はなく、変位をかなり吸収していることが分かる。排水構造物は認められない。</p>



19 MountPleasant Rd.の盛土部の変状。写真 17 とほぼ同様の被災形態を示している。



20 写真 19 の盛土構造物もフトンカゴ。かなり急斜面に盛土されており、フトンカゴの滑動が主な被災要因と考えられる。



21 Glenstrae Rd.の盛土部の変状。陥没地形が形成されており円弧的なすべりが発生している。変状発生箇所には水道管が敷設されており、埋め戻し土を中心に変状が発生しているようである。



22 Glenstrae Rd.の盛土部の変状。写真 21 と同一箇所。50cm 以上の落差が生じている。



23 写真 21 の井桁擁壁。間詰土が流出し、陥没している。変状形態からみると、水の影響があった可能性がある。



24 井桁擁壁の間詰土の流出。主に砂礫で間詰されており、粒径が細かいため、流出しやすい。

1) A-4-2 (震央南西側および南側)

A-4 の東側からリテルトンにかけての調査域である。地形地質的には北東側と同様のため割愛する。道路構造としても北東側とほぼ同様であるが、DyersPssRd.では切土規模がやや大きいことが特徴である。

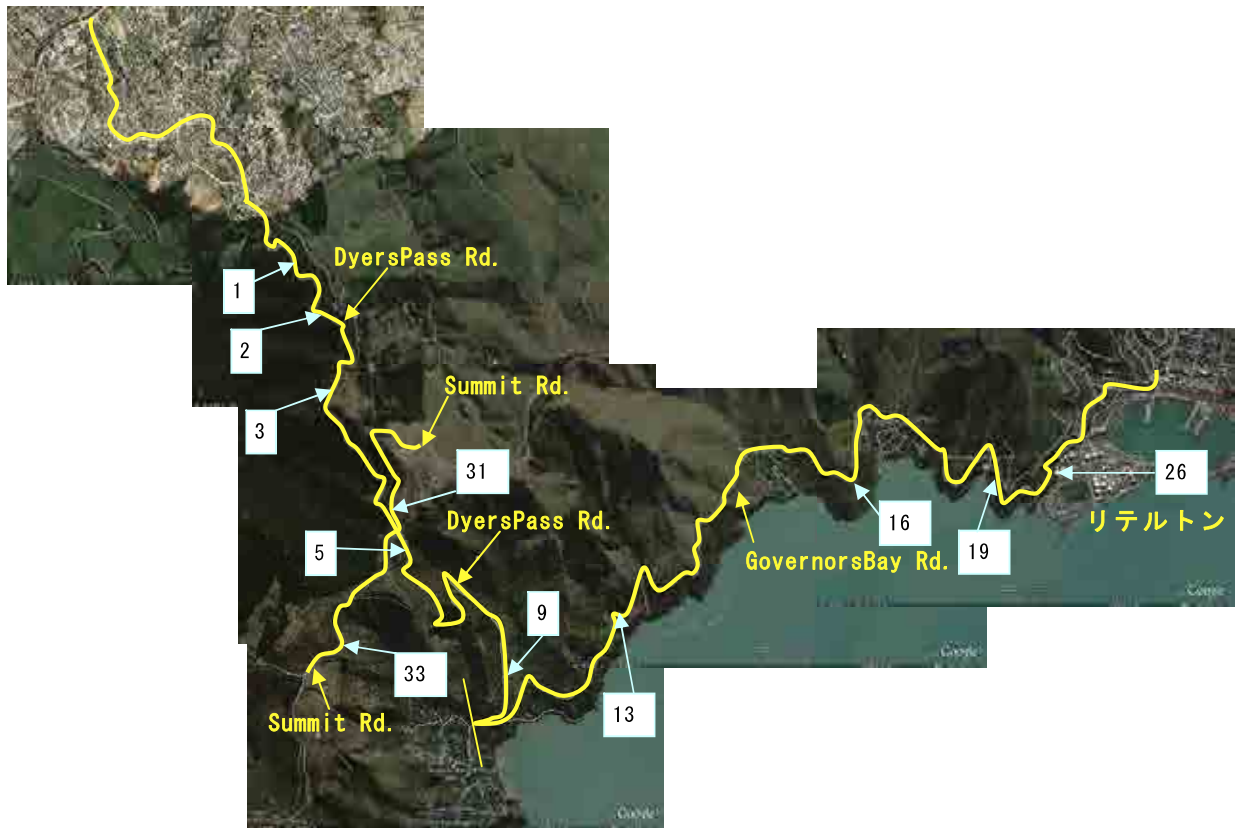


写真-6.3.31 A-4 調査ルート (主にリテルトン西側) 口数値は代表的写真位置



a) DyersPass Rd.

b) GovernorsBay Rd.

写真-6.3.32 調査ルートの代表的道路状況



1 路側の不安定化。盛土フトンカゴの変状である。



2 路側の不安定化。構造物はなく極表層が滑動している。



3 路側の盛土フトンカゴの変状



4 フトンカゴの転倒により 5cm 程度の段差が発生している。



5 表層のすべり。構造物はなく地すべり的な変状である。表層は盛土の可能性はある。



6 写真 5 滑落崖の近景。15cm 程度の開口亀裂が発生している。



7 写真 5 の滑落崖近景。15cm 程度の落差が形成されている。



8 写真 5 の山側斜面。小規模な落石が発生しており、のり面に緩みが認められる。



9 歩道部と車道部の剥離変状。車道部にはオーバーレイの跡があり歩道も新しいことから 2010 年の地震による被害箇所の可能性がある。



10 歩道部はフトンカゴを垂直に積み上げて構築されている。舗装部に変状が見られるがフトンカゴの変状は極軽微である。



11 同上。



12 同上。歩道部の山側が相対的に持ち上がっておりフトンカゴは転倒傾向にある。



13 井桁擁壁とコンクリート擁壁の複合部。コンクリート擁壁は新しく、2010年の地震被害箇所の可能性がある。



14 コンクリート擁壁に変状はないが、井桁擁壁は部材が破断し、不安定化している。



15 木製の擁壁。変状は認められない。



16 駐車帯の変状。切盛境に発生した変状の可能性がある。



17 写真 16 に続く歩道部の変状。



18 同左。歩道部と車道部の境界付近に変状が集中している。切盛境と思われる。



19 歩道部の地すべりの変状。



20 落差は 10cm 程度。



21 写真 19 と同一箇所。歩道部に陥没変状が認められる。マンホールなどのライフラインは確認できなかったが、吸出しが発生している可能性がある。



22 同左。車道部、歩道部にパッチの跡があり、2010 年の地震災害箇所の可能性がある。



23 写真 19 の被災箇所の斜面状況。40° 程度の自然斜面が続いており構造物はない。



24 同様の歩道部と車道部の境界に発生した変状。



25 歩道部と車道部の境界に発生した変状。この付近ではフトンカゴが施工されている。相対的に山側が沈下しており滑動傾向にある。



26 尾根先端部の被災箇所。



27 写真 26 の滑落箇所。



28 滑落箇所近景。



29 写真 26 の被災箇所を斜面下方から望む。80度程度の急峻斜面で、幅 30m 程度に渡って表層崩壊が発生している。



30 写真 29 の斜面。表層の剥離が多発している。大規模な土塊の不安定化は認められない。



31 石積み擁壁の倒壊。幅 15m 程度。



32 同左。



33 地すべりの変状の発生斜面全景。幅 50m 程度に渡って、軽微な滑落崖が形成されている。



34 頭部の変状



35 頭部の変状



36 頭部近景。落差は 5cm 程度。

6.4 特徴的な被害等

6.4.1 震央と被害箇所の関係

今回の調査において確認した斜面災害と震央からの距離を図-6.4.1に示す。

斜面災害は震央からの距離 6km 程度以内で発生しているとともに、図-6.4.2 に示す余震の活動範囲に卓越する傾向が見られる。

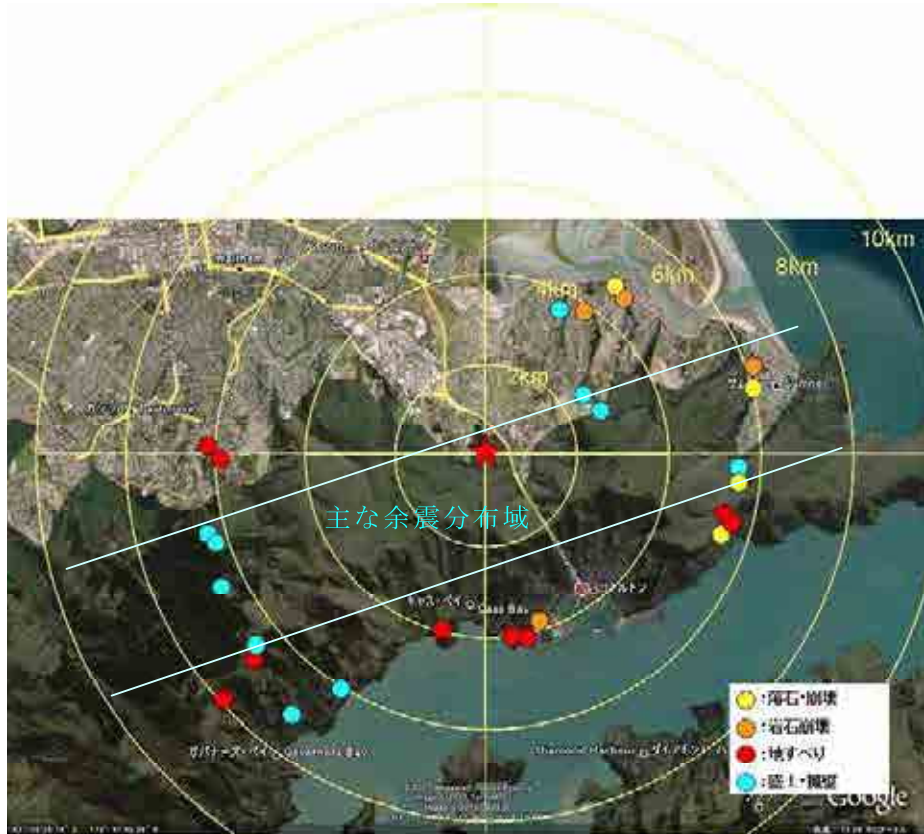


図-6.4.1 斜面災害発生箇所と震央からの距離の関係

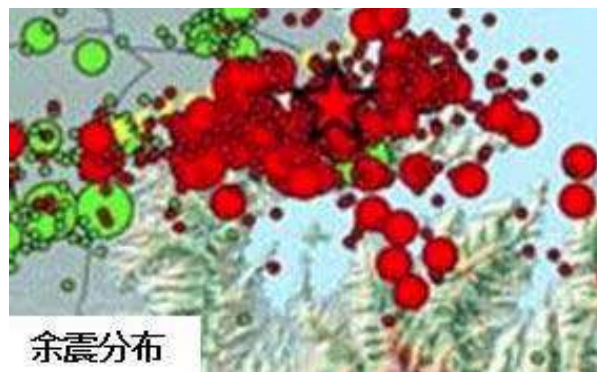


図-6.4.2 余震分布^[5]（赤丸が今回の地震の余震分布）

図-6.4.3 および図-6.4.4 に地震断層破壊面からの距離と斜面災害の発生の関係を示す。
 今回のクライストチャーチ地震における断層面は明らかではないが余震分布域と斜面災害発生箇所との水平距離は約 2~4km 程度となっており、日本の事例とほぼ同様の傾向を示している。

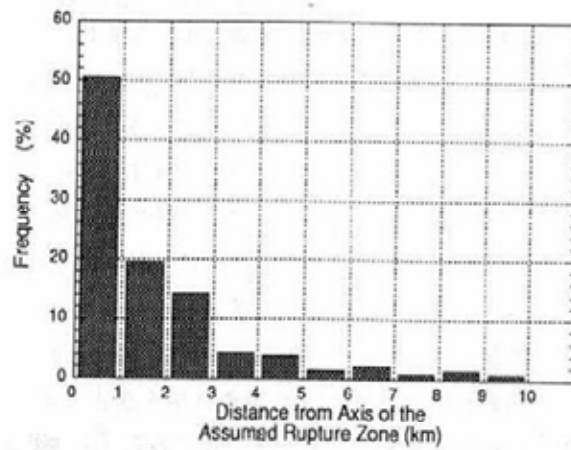


図2 断層破壊域からの距離と地すべり・斜面崩壊の発生頻度の関係 (佐々・福岡他²¹⁾²⁾).

図-6.4.3 兵庫県南部地震の断層破壊面からの距離と地すべり・斜面崩壊発生頻度の関係^[6]

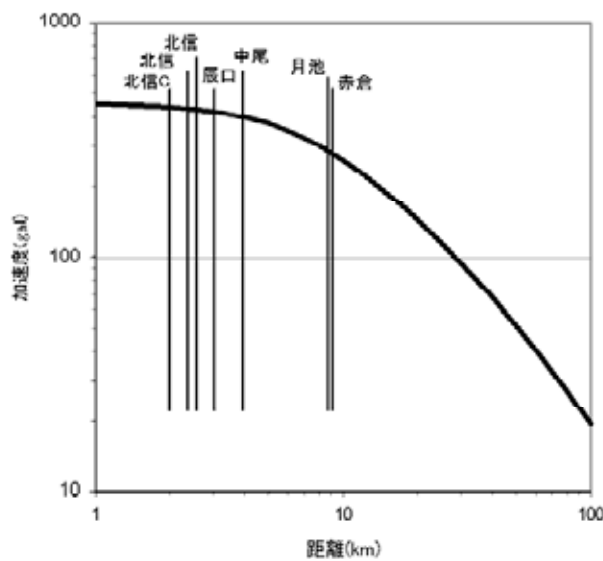


図-6.4.4 長野県北部地震の断層面からの加速度・距離と斜面災害の関係^[7]

6.4.2 特徴的な被害形態

(1) 道路

ニュージーランドの道路構造物の特徴として以下が挙げられる。

- 1) 切土のり面は無処理であり、かつ日本のように土質・岩質に即した安定勾配の概念がない。
- 2) 盛土側はフトンカゴ、井桁擁壁など柔構造物が主体である。

このため、特徴的な被害形態としては、以下が挙げられる。

- 1) 切土のり面の小崩壊・落石
- 2) フトンカゴの傾動に伴う路肩決壊



切土のり面の崩壊



フトンカゴの傾動に起因した路側変状



SH1 の斜面崩壊箇所（復旧済み）

道路構造物が日本に比較して簡易なものが多いため、復旧も早いものの、再度災害の危険性は極めて高い。また、SH1で2010年の地震に起因して発生した比較的規模の大きな斜面崩壊に対しても、崩土による土堤、バリケードのみの対応である。

このような道路構造物と災害に関する取り組みは、ニュージーランドが人口が少なく、日本に比較して少雨であることなど、豪雨や台風などに起因した自然災害が少なく、人的被害も少ないためと考えられる。

(2) 自然斜面

クライストチャーチ周辺の山岳地は溶岩および凝灰角礫岩の急峻な斜面から構成されている。

岩質としては比較的硬質であるため、地すべりよりは急峻斜面の崩壊が発生しやすい地形地質状況にある。

玄武岩溶岩と凝灰角礫岩の層順の違いにより、以下の違いが確認された。

1) 玄武岩溶岩と凝灰角礫岩の岩種・層順の違いによる崩壊形態の違いが見られた。

- 岩種による違い
 - 玄武岩溶岩 落石、巨礫状の崩壊が主体
 - 凝灰角礫岩 ある程度の土塊としての崩壊もしくは砂状の表層の崩壊
- 層順による違い
 - 玄武岩が相対的に硬質なためか、軟質岩の凝灰角礫岩が崩壊している。
 - キャップロック状に斜面上部に玄武岩溶岩が分布している場合、斜面中腹に分布する凝灰角礫岩からの崩壊が発生している。

2) 岩種により崩壊発生機構に違いが見られた。

凝灰角礫岩では風化の違いや高角度の亀裂（亀裂風化が見られる開口性の亀裂）にそって崩壊している。（地形+風化、亀裂の影響で崩壊）

玄武岩溶岩の場合には地形的に凸型斜面や海蝕洞天上など力学的に弱い部分で崩壊が発生し、地形の影響が強い。



写真 層順の違いによる崩壊形態の差



参考文献

- [1] 例えば、<http://www.3news.co.nz>
- [2] Report on the landslide that blocked SH1 and the railway line near Rosy Morn Stream south of Kaikoura on 10 September 2010;Graham T Hancox;2010
- [3] Report on the landslide that blocked SH1 and the railway line near Rosy Morn Stream south of Kaikoura on 10 September 2010;Graham T Hancox;2010
- [4] 1 : 250,000 geological map 13 Kaikoura ;GNS Science;2006 を参照した
- [5] <http://www.gns.cri.nz/Home/News-and-Events/Media-Releases/Most-damaging-quake-since-1931/Canterbury-quake>
- [6] 阪神・淡路大震災調査報告書 p.264 : 社団法人 地盤工学会
- [7] 2011年長野県北部地震による斜面災害の調査報告（速報）；京都大学防災研究所、北見工業大学；2011年4月

7. 橋梁被害

7.1 概要

今回の調査は、2011年2月22日に発生した地震の影響範囲を勘案してクライストチャーチ市に限定して行った。ただし、カイコウラからの帰路にSH1号にある Chaney's Overpass を通り偶然損傷が認められたため、クライストチャーチ市の北側に隣接するベルファスト市にあるこの橋も調査対象とした。

クライストチャーチ市街地にある橋梁は、河川自体が小規模であるため、1スパン橋が圧倒的に多いという特徴を有している。また、上部構造がコンクリート製であるものが多いと思われた。

この地域の橋梁には、2010年9月4日のカンタベリィー地震によっても被害を受けているものがあると報告されている^[1]。今回の2011年2月地震の約6ヶ月前に損傷を受けた橋がまた被害を受けていた。本章で示す2010年9月のカンタベリィー地震による被害写真や関連情報は、すべて文献[1]からの転記・転載である。

図-7.1.1 に今回調査における対象橋梁の位置を示す。また、調査した橋梁の概要として調査時の状況（写真）と現場で直接見て得た所感について表-7.1.1 に簡略的にまとめた。これらのうち、(1)Chaney's Overpass、(6)Avonside&Locksley アーチ人道橋、(9)South Brighton Bridge、(10)Moorhouse Ave. Overbridge については、7.3 において2010年9月4日カンタベリィー地震と今回の2011年2月22日クライストチャーチ地震における被害状況の関連や相違についての考察も行っている。

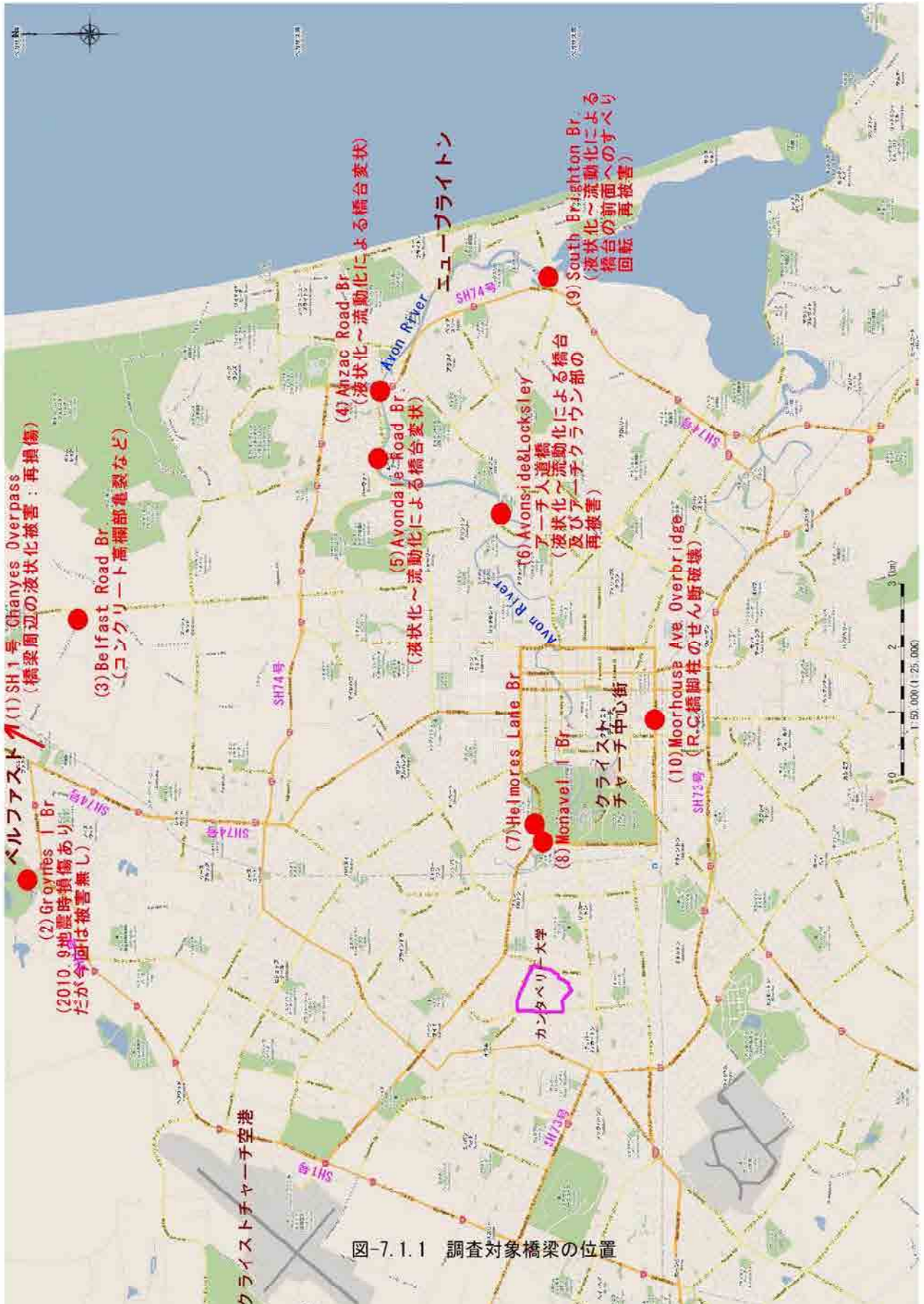


図-7.1.1 調査対象橋梁の位置

表-7.1.1(a) 調査対象橋梁の状況と所感

橋梁名称	状況	所感
(1)Chanyes Overpass		<p>クライストチャーチ中心(大聖堂)から北へ12km離れたSH(州間高速道路)1号のベルファスト市Chanyes地区にある3径間連続コンクリート箱桁+RC壁式橋脚である。</p> <p>2010.09.04カンタベリー地震で液状化による橋台背面での段差被害が生じていた。液状化は橋梁の周辺広範囲にわたって発生していたと思われる。</p> <p>今回の地震でも液状化が発生しており、橋台回りの盛土損傷は進行したように思われる。橋台背面の段差も再度生じた可能性がある。供用状態であった。</p> <p>後載7.3で詳細に示す。</p>
(2)Groynes 1 Bridge		<p>クライストチャーチ中心(大聖堂)から北へ9km離れたSH(州間高速道路)1号沿いのGroynes公園内にある人道吊橋である。</p> <p>2010.09.04カンタベリー地震で桁部分に損傷を受け、通行止めの状態となっていた。</p> <p>今回の地震では被害は無いと報告されている。周辺地盤の変状は特に見られなかった。</p>
(3)Belfast Road Bridge (1931年完成と思われる)		<p>クライストチャーチ中心(大聖堂)から北へ8km離れた、幅5m前後の小川を渡る1スパンのコンクリートボックスカルバートと思われる。</p> <p>構造物の下側に行けず路上からのみの確認だが、壁高欄に構造被害として縦亀裂(2cm前後)とその部分の横ずれ(直角方向ずれ)が認められた。遠望目視では小川の両岸に特に変状を確認できなかったが、橋背面路面では若干の沈下があるように見える。被害としては、おそらくは両側地盤の沈下にともないカルバート側壁に圧縮が作用して高欄上部に引張が生じたように思われる。供用状態であった。</p>
(4)Anzac Road Bridge		<p>クライストチャーチ中心(大聖堂)から北東東へ6km離れたAvon川を渡る3径間のコンクリート橋である。</p> <p>本橋は、2010.09.04カンタベリー地震の際にも液状化～流動化の影響を受けていたとの報告がある。</p> <p>今回の地震により、周辺は再度液状化が著しく発生したと思われる、本橋においても橋台が液状化～流動化の影響により橋台下側が前に滑り回転していた。橋台が転倒した状態となり底面が完全に見えていた。供用状態であった。</p>
(5)Avondale Road Bridge (1962年完成)		<p>クライストチャーチ中心(大聖堂)から北東へ5km離れたAvon川を渡る1962年供用の3径間コンクリート橋(プレテン)である。</p> <p>本橋は、2010.09.04カンタベリー地震の際にも液状化の影響を受けたと思われる。</p> <p>橋台が回転しており(桁が突っ張っているところに液状化による流動力が橋台背面に作用したと思われる)、これにともない橋台背面に段差(数センチ程度だが橋台回転により大きな高低差が現れていた)が生じていた。段差への対処を行い交通開放しているが、重量3500kg以下の車のみ開放となっている。</p>

表-7.1.1(b) 調査対象橋梁の状況と所感

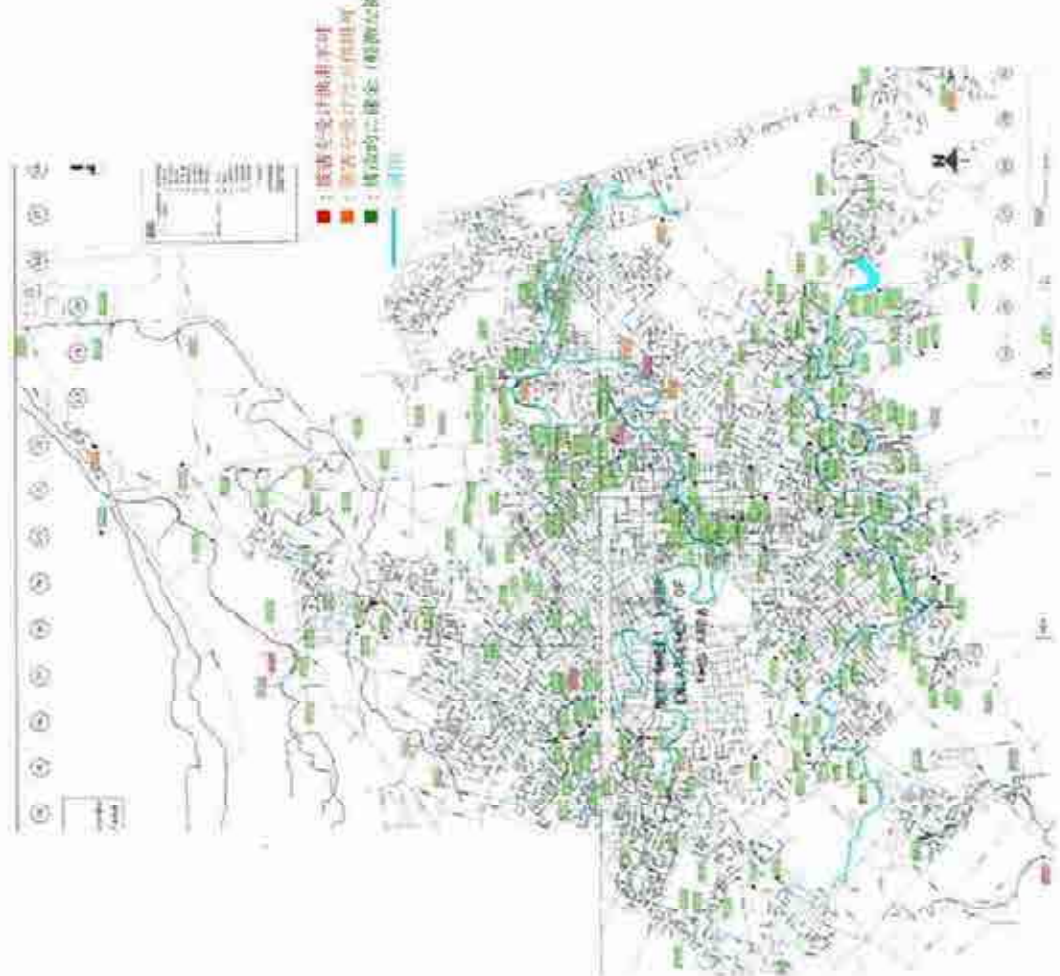
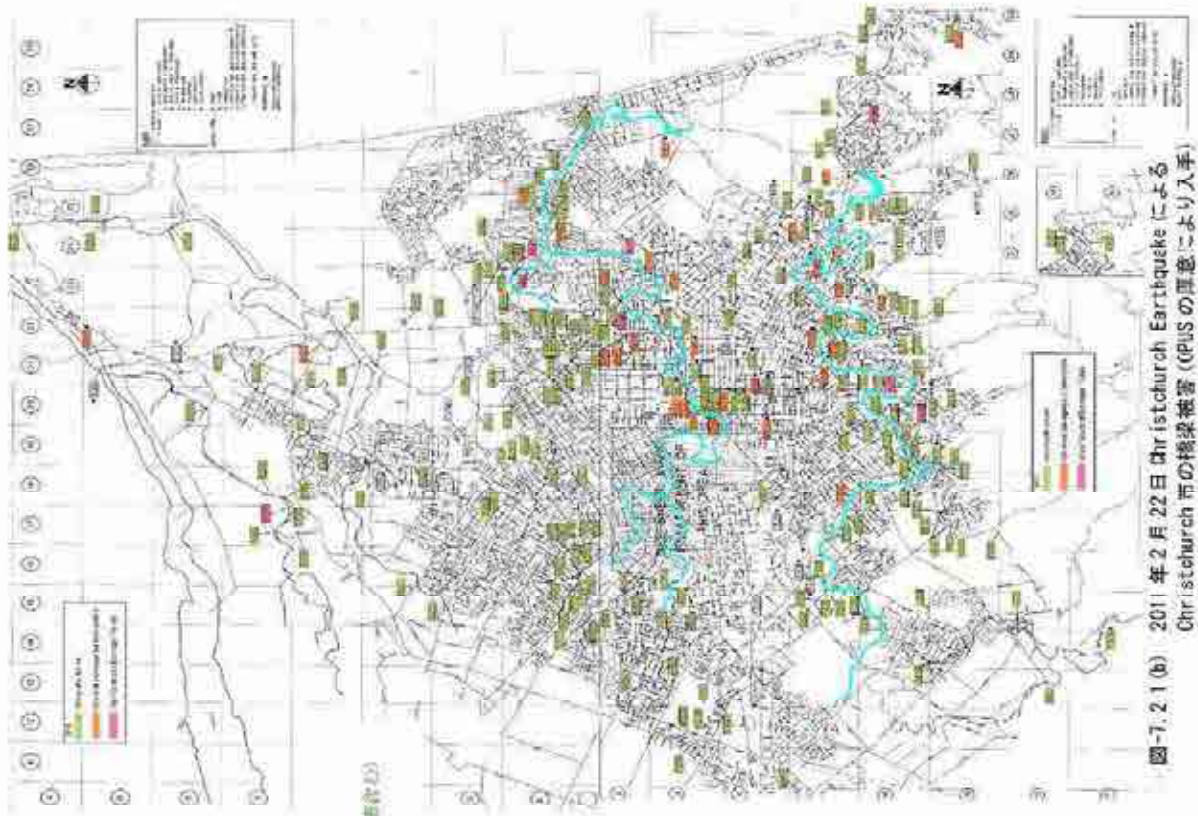
橋梁名称	状況	所感
(6)Avonside&Locksley アーチ人道橋		<p>クライストチャーチ中心(大聖堂)から北東東へ3.5km離れたAvon川を渡るコンクリートアーチ形式の人道橋である。</p> <p>2010.09.04カンタベリー地震で液状化～流動化の影響を受けた橋台部の沈下・移動損傷とアーチクラウン部の損傷が生じていた。その後補強対策を講じていたが、今回の地震で再度損傷を受けた。</p> <p>液状化により流動力を受けた橋台の河川中心への移動でアーチクラウン部に屈曲による損傷が生じた(補強設計の思想でこの部分を塑性ヒンジとしているため想定した損傷とのこと)。通行可能状態であった。</p> <p>後載7.3で詳細に示す。</p>
(7)Helmores Lane Bridge		<p>クライストチャーチ中心(大聖堂)から北西西へ2km離れたAvon川を渡る3径間の木橋である。</p> <p>2010.09.04カンタベリー地震では損傷を受けなかったものと思われる。</p> <p>今回の地震では、橋台背面地盤の液状化の影響により沈下が生じて危険な状態になったものと判断された可能性がある。通行止め状態であった。</p>
(8)Monavel 1 Bridge		<p>クライストチャーチ中心(大聖堂)から北西西へ2.3km離れたAvon川を渡る1径間コンクリート橋である。</p> <p>2010.09.04カンタベリー地震や今回の地震でも構造的な損傷は特に認められておらず、交通開放(制限なし)している。</p> <p>今回の地震で構造的な被害はないものの、液状化の影響と思われる橋台背面部で大きな地盤沈下のため路面に段差を生じていた。段差は両橋台で顕著に認められた。</p>
(9)South Brighton Bridge		<p>クライストチャーチ中心(大聖堂)から東へ6.8km離れたAvon川を跨ぐ3径間単純ポステンT桁橋である。</p> <p>2010.09.04カンタベリー地震で液状化～流動化による橋台部の被害が報告されている。今回の地震で、橋台が再度液状化～流動化にみまわれ前面側にフーチングがさらに回転～沈下変形し、フーチング底面と斜杭(2列)頭部が露出していた。支承はゴムタイプで完全に沓座から逸脱して仮設沓としてベニア板が仮置きされていた。杭頭部には大きな亀裂が認められた。橋台背面の段差を修復して、交通開放していた。</p> <p>後載7.3で詳細に示す。</p>
(10)Moorhouse Ave. Overbridge		<p>クライストチャーチ中心(大聖堂)から南へ1km離れたムアハウス通りの11径間(3+4+3)のコンクリート高架橋である。</p> <p>2010.09.04カンタベリー地震では特に被害は報告されていない。今回地震により、中央の3径間連続部の両端脚で亀裂被害。特に北側脚で顕著なせん断破壊が生じていた。かぶりコンクリートが剥落し、鉄筋も露出していた。中間の2脚は、化粧が施されていてよくわからないが、表面にひび割れは認められなかった。</p> <p>地表面に液状化による噴砂の痕跡は認められたが、特に橋脚周りの地盤が動いたようには見えなかった。</p> <p>後載7.4で詳細に示す。</p>

7.2 クライストチャーチ市の被害橋梁の分布

図-7.2.1 に、文献より引用した前回の 2010.09.04 カンタベリー地震でのクライストチャーチ市の橋梁被害分布と今回の 2011.02.22 クライストチャーチ地震での同じ範囲での被害橋梁分布を並べて示している。今回地震による橋梁被害分布は、建設コンサルタント OPUS（ニュージーランド最大の建設コンサルタント）の橋梁設計責任者（Donald Kirkcaldie 氏）のご厚意により入手できたものである。

クライストチャーチ市の橋梁被害分布において、前回地震と今回地震の相違はある程度明確に見られる。すなわち、今回地震による被害橋梁の数は大幅に増加している。しかも、その場所は川の周辺に広がっている。今回の地震では、6 章でも触れているように川の近傍は沼や沢地であったこともあり広範囲にわたり大規模な液状化の発生が見られている。川を跨ぐないしはその近傍にある橋は液状化の影響による地盤変状により特に橋台周辺部で被害を受けているように思われた。分布図で見ると、今回の地震では、ハグレー公園のある市中心地より西の海側に多くの損傷を受けた橋梁が存在していることがわかる。

高架橋である Moorhouse Ave. Overbridge は、橋脚柱に致命的な損傷を受け、安全性を維持出来ず全面通行止めの状態となっていた。現場周辺を見ると、若干ではあるものの液状化の痕跡が見られた（多少の噴砂が見られたが、沈下や移動までには至っていないと思われた）。本橋の被害については、上記の地盤の液状化の影響を強く受けたものとは様相が異なり、振動（慣性力作用）が主たる原因と考えられた。



7.3 前回及び今回地震で被害を受けた橋梁の対比と今回地震による被害の特徴

(1) SH1号 Chanyes Overpass

図-7.3.1に Chanyes Overpass の位置を示す。本橋は、南島の東側を南北に貫く動脈である SH1号（日本の高速道路にほぼ該当）のクライストチャーチ市の北側に位置するベルファスト市にある。橋梁は、外観からの判断であるが、上部構造が3径間連続コンクリート箱桁で下部構造がRC壁式橋脚である（基礎構造については現地状況からは推定は困難であった）。

本橋は、2010.09.04 カンタベリー地震においても周辺地盤における液状化発生の影響を受け、橋台背面での路面段差が生じていた。今回 2011.02.22 クライストチャーチ地震においても液状化は起こっており、おそらくは前回地震で生じた場所での再液状化も起こっていた可能性がある。

両地震を受けた後の本橋の状況については、表-7.3.1 に橋台背面・橋梁周辺地盤・橋台前面脇の地盤・橋台前面部（落橋防止構造）のそれぞれについて対比して整理している。



図-7.3.1 Chanyes Overpass の位置

本橋位置付近の強震観測点は、表-4.4.1の⑭SMTCであるが、それぞれの地震の震央距離は、前回地震が36kmで今回地震が14kmと倍以上の相違があるものの、最大速度値では今回が前回の半分程度となっている。液状化は、橋梁周辺の広い範囲で散見されており、図-7.3.2には今回の我々の調査（現地での目視した範囲）で痕跡の見えた概略の位置を航空写真上にマークした。前回地震と今回地震での液状化発生箇所の判別は、我々の概査レベルでは明確な仕分けは困難であった。また、図-7.3.2で示した以外にも痕跡は存在するものと考えの方が自然であるが、広範囲で液状化が発生していたことは間違いないものと思われる。

今回地震における本橋の損傷は必ずしも明確ではないものの、橋台背面の路面段差については再度生じていた可能性がある。なぜならば、前回地震で生じた橋台背面の路面段差の修復（オーバーレイ）跡がみられ、そこに段差が認められた。前回地震での段差がどの程度であったかは残念ながら不明であるが、今回地震では3~5cm程度の段差が生じていたものと思われる。



図-7.3.2 Chanyes Overpass 周辺の液状化発生痕跡（現地での目視範囲）

表-7.3.1(a) SH1号 Chanyes Overpass の被害状況の比較

SH1号Chanyes Overpass : 橋台背面	
地震 : 2010.09.04カンタベリー地震	状況
	<p>橋梁周辺に液状化が発生し、その影響により橋台背面部に亀裂が見られ、若干沈下した。構造本体には特に損傷は見られなかった。</p>
地震 : 2011.02.22クライストチャーチ地震	状況
	<p>橋梁周辺に今回の地震によると見られる液状化の痕跡(新しい噴砂)があった。しかし、写真にある前回地震による橋台背面部の亀裂は今回特に見られなかった。</p>

表-7.3.1(b) SH1号 Chanyes Overpass の被害状況の比較



SH1号Chanyes Overpass : 橋梁周辺地盤		状況
地震 : 2010.09.04カンタベリー地震	 <p>前回地震による路面亀裂の修復跡</p> <p>今回地震によると思われる亀裂～段差</p>	橋梁周辺地盤に液状化が散在発生した。
地震 : 2011.02.22クライストチャーチ地震	 <p>路面に多くの亀裂が発生</p> <p>液状化の痕跡</p>	

表-7.3.1(c) SH1号 Chanyes Overpass の被害状況の比較

SH1号Chanyes Overpass : 橋台前面脇の地盤	
地震 : 2010.09.04カンタベリー地震	状況
 <p>広範囲に及ぶ液状化の発生</p> <p>ガードレール基礎の沈下</p>	<p>地盤の液状化の影響により、ガードレールの基礎が沈下しているのがわかる。</p> <p>また、広い範囲で液状化現象が認められた。これはおそらく、当該地近傍での強震観測記録(4章の表-4.4.1中の⑭番参照)を見ると前回地震と今回地震ではその最大速度に大きな差があった(前回63.2cm/s⇒今回29.1cm/s)ことに起因していると思われる。</p>
地震 : 2011.02.22クライストチャーチ地震	状況
<p>本橋より100mほど離れた小川は液状化による砂で埋まっていた(これは前回地震の液状化と思われる)。</p>  <p>液状化による砂</p> <p>前回発生していない場所に今回液状化が見られた。</p>	<p>前回地震ではなかった場所に今回地震により液状化の生じたことがわかる。</p> <p>また、再液状化(前回液状化し、今回も液状化した)したところも散見された。</p>

表-7.3.1(d) SH1号Chanyes Overpass の被害状況の比較

SH1号Chanyes Overpass : 橋台前面部(落橋防止構造)	
地震 : 2010.09.04カンタベリー地震	状況
	<p>橋台前面(北側橋台)では、若干前面盛土の沈下(液状化の影響によるものと考えられる)が見られ、このため前面のタイル貼りが浮いた状態となっている。落橋防止構造(ケーブル拘束)には特段変状はないように見える。</p>
地震 : 2011.02.22クライストチャーチ地震	状況
 <p style="text-align: center;">段差 (左側が桁上路面、右側が背面盛土路面)</p>	<p>前回地震と大きくは変わっていないものと思われる(タイルが完全にずれ落ちているが、地震によるものかどうかは不明)。落橋防止構造の定着部を近接目視で確認したが、特に変状は見られなかった。橋台背面と桁(上部構造路面)には段差(3~5cm程度)が見られた。</p>

(2) South Brighton Bridge

本橋は、図-7.3.3 に示すように、Avon 川の内海への河口部に位置しているものである。上部構造が3径間単純ポステンT桁、下部構造がT型RC単柱橋脚、橋台基礎構造がRC杭基礎（橋脚は現場で確認できなかった）で構成されており、橋長はおよそ60m（3@20m：現地計測による）となっている。

当該地は、2010.09.04 カンタベリー地震で周辺に液状化が発生し、流動化による両橋台の回転と橋台杭の露頭が見られていた。当然橋台背面の路面段差等も生じていた。

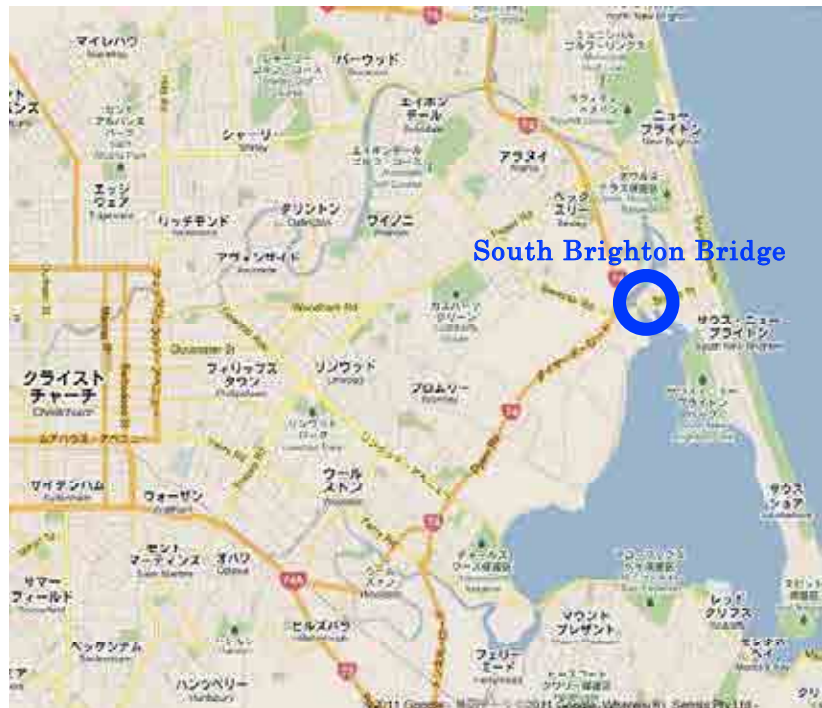


図-7.3.3 South Brighton Bridge の位置

表-7.3.2 は、前回地震と今回地震での橋台背面・橋台基礎部・桁直角方向の動き・橋台上支承（ゴム支承）について対比し、その相違や特徴的な事項について整理したものである。今回の地震による最大速度（4章の表-4.4.1 参照）を見ると、当該地に近いところでは前回の概ね2倍程度と大きくなっており、液状化は前回より程度が増大したものと考えられる。

今回の調査で計測した杭の露頭長さは、最大で1.2m程度であったが、前回の杭露頭は写真上でせいぜい数十cm程度と思われることから、地震動の大きさの影響が見られるものと思われた。杭頭付近には最大で3mm程度の水平方向のひび割れが見られた。橋台の回転した状況と斜杭の露頭状態を勘案すると、おそらくは地盤内のどこかで杭がもっと深刻な損傷（折れているか？）を受けていると考えられる。橋台が回転すれば杭が地盤を抜け出して追従するか、地中で杭が折れてそれより上部が橋台に追従するかのどちらかであると思われるが、前者の杭の地盤からの抜け出しは、当該地が軟弱地盤であっても杭全長にわたり液状化層が存在するような極端な条件下でないとなかなか考えづらと思われる。

実際に、表-7.3.2 の対比を見れば今回の方が損傷や変形が大きくなっており、前回以降に著しく進行したものと考えられる。図-7.3.4 には今回の地震による調査時点での橋台の変形状態の概要を示した。このように、変形が進んではいるものの、橋脚には影響がほとんどないためか、橋梁としての安定は極端に損なわれてはいないと思われこの状態でも供用していた。

本橋梁には橋台と桁間で落橋防止構造が設けられていたが、橋台と桁が離れて挙動することを多少なりとも抑制する効果は期待できるかと思われた。

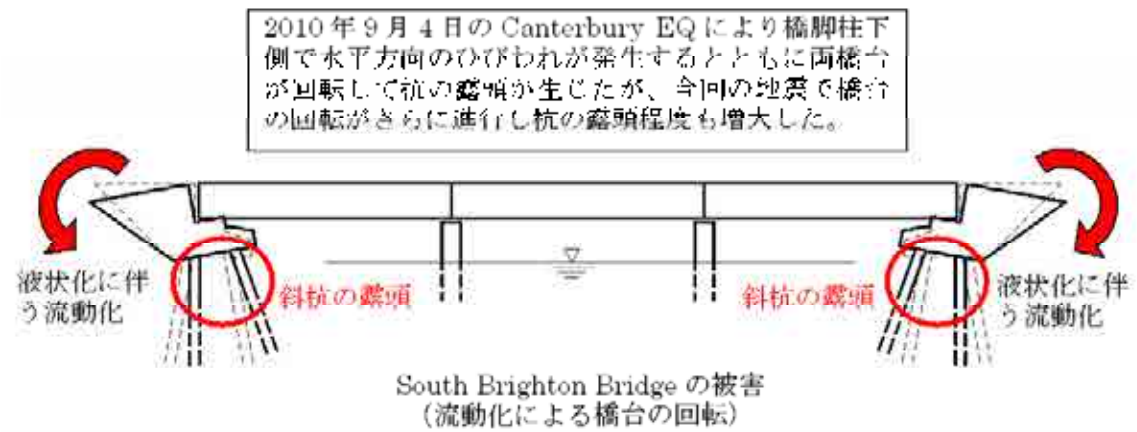


図-7.3.4 South Brighton Bridge の損傷状況 (橋台回転変形)

表-7.3.2(a) South Brighton Bridge の被害状況の比較

South Brighton Bridge : 橋台背面	
地震 : 2010.09.04カンタベリー地震	状況
	<p>液状化が橋梁周辺で発生しており、橋台背面側の道路側方地盤に亀裂～若干の沈下が見られた。</p>
地震 : 2011.02.22クライストチャーチ地震	状況
	<p>今回の地震でも液状化が発生したが、その程度は前回地震より顕著なものであった。橋台背面の道路側方地盤に50cm程度の沈下が生じていた。しかも、その範囲は前回地震より大きかった。4章の表-4.4.1で本橋近傍の強震観測点は③PRPCであり、今回の最大速度応答は前回の約2倍と大きかったことがわかる。</p>

表-7.3.2(b) South Brighton Bridge の被害状況の比較

South Brighton Bridge : 橋台基礎部(斜杭)	
地震 : 2010.09.04カンタベリー地震	状況
	<p>前回地震で液状化～流動化により、橋台が回転して斜杭が露頭(引抜き)していた。フーチング底面と地盤の間に完全に空隙が生じた。</p>
地震 : 2011.02.22クライストチャーチ地震	状況
<p>ひび割れ幅: 2~3mm程度</p> 	<p>今回地震により、前回より激しく液状化～流動化が発生した可能性がある。それにより、橋台の回転はさらに進行し、斜杭の露出程度も倍化したように思われる。また、杭(φ300)基礎の杭頭部の90cm程度の範囲で目視によりひびわれが確認できた。最大で3mm程度は目視確認できた。</p>

表-7.3.2(c) South Brighton Bridge の被害状況の比較

South Brighton Bridge : 桁直角方向の動き(桁端部)	
地震 : 2010.09.04カンタベリー地震	状況
	<p>前回地震の折りに、橋軸直角方向に桁と橋台で若干のずれが生じていた。 また、桁張り出し部コンクリートの欠落部があることから、桁と橋台が衝突していた可能性がある。</p>
地震 : 2011.02.22クライストチャーチ地震	状況
	<p>今回地震では前回のずれがさらに大きくなり20cm程度となっていた。 橋台は上部が後側に下部が前側に回転しているが、桁に当たっていることから回転しつつ前面側に移動していた可能性がある。</p> <p>20cm程度のずれ</p>

表-7.3.2(d) South Brighton Bridge の被害状況の比較

South Brighton Bridge : 橋台上支承(ゴム支承)	
地震 : 2010.09.04カンタベリー地震	状況
	<p>前回地震の折りに、橋台が前面側に回転する上でゴム支承のずれが生じていた。</p>
地震 : 2011.02.22クライストチャーチ地震	状況
	<p>今回地震では液状化～流動化が前回より激しかったことで、橋台の回転と前面への移動が大幅に増加したため、ゴム支承が完全に沓座からはみ出してしまっていた。</p>

(3) アーチ人道橋

本橋は、図-7.3.5 に示すように、AVON 川が蛇行しているダリントン地区に位置しているアーチ形式の人道橋である。上部構造は、シングルスパンのコンクリートアーチ形式で、下部構造としては、両橋台で杭基礎が用いられている。

当該地では前回地震により AVON 川内と周辺地盤で噴砂が発生しているが、今回地震はそれより激しく液状化した可能性があった。これは、前回と今回の当該地付近における強震記録から、たとえば最大速度で見ると、今回は前回の約 2 倍程度と大きくなっていた。

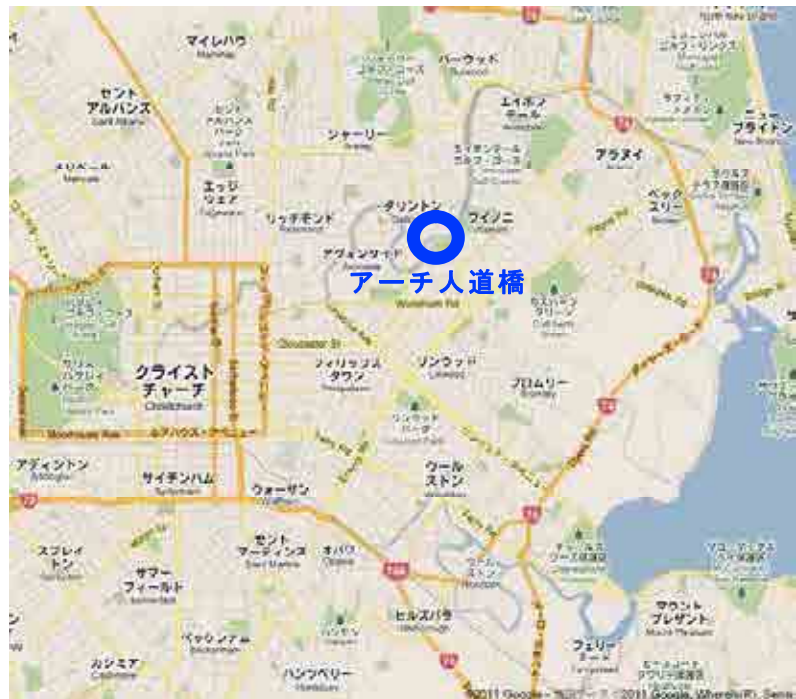


図-7.3.5 アーチ人道橋の位置

表-7.3.3 に前回と今回の地震における概ね同じ位置での損傷等の状況を対比している。今回の地震では、もっとも弱点となるアーチクラウン部が再度損傷し、明確に塑性ヒンジ化していた。これは、補強設計時のキャパシティードesignの思想に則った損傷を起こす明確な位置の設定が反映された結果であり、間違いなくコントロールされた損傷であったと考えられる。そのため、損傷を受けていても、安全な上で使用性を満足させる必要な機能状態が維持されていたという判断・評価がなされたことで、地震後も使用されている(地震直後からしばらくは規制して一時的に使用禁止状態であったと思われる)。

表-7.3.3(a) アーチ人道橋の被害状況の比較

アーチ人道橋 : 全景	
地震 : 2010.09.04カンタベリー地震	状況
<p>アーチクラウン部の損傷</p>	<p>Avon川を渡る美しい線形のコンクリートアーチ人道橋。前回地震の折りに、周辺地盤の液状化とそれに伴う流動化が生じて、橋台部が損傷を受けた模様。この影響もありアーチクラウン部が塑性化したものと思われる。左下写真は、本橋の復旧状況であり、ケーブルを使った拘束もなされていたようです。</p>
地震 : 2011.02.22クライストチャーチ地震	状況
<p>アーチクラウン部の損傷</p>	<p>今回の地震でも液状化とそれに伴う流動化が発生したものと思われる。現地での目視による感触だが、橋台の変状は前回ほどひどいものではなかったかもしれない(前回被災後の補強効果か?)。橋台回りでは特に回転移動は明確に見取れなかった。</p>

表-7.3.3(b) アーチ人道橋の被害状況の比較

アーチ人道橋：アーチクラウン部	
地震：2010.09.04カンタベリー地震	状況
 <p style="text-align: center;">アーチクラウン部の損傷</p>	<p>アーチクラウン部の損傷は、支間中央でコンクリートかぶりの剥落が顕著であった。</p>
地震：2011.02.22クライストチャーチ地震	状況
 <p style="text-align: center;">センタースパンの要部分の損傷(塑性ヒンジ化)</p> <p>人道橋橋面(アーチクラウン部)</p>	<p>今回の地震で補強した箇所のうちアーチクラウン部は再度損傷していた。しかし、この損傷はいわゆるキャパシティーデザインにおける損傷を積極的に許容して、全体としての安定を図ることを意図しているため、この部分の損傷自体はコントロールされていたとの考察がなされている。</p>

7.4 Moorhouse Avenue Overbridge の被害

本橋は、クライストチャーチ市の中心街を外遊する周回道路の南側 Moorhouse Avenue にある高架橋である。本橋の位置を図-7.4.1 に示した。橋梁は、4 径間連続 + 3 径間連続 + 4 径間連続の計 11 径間で構成されている。上部構造形式は、プレテン T 桁、下部構造は RC 単柱だが、桁横梁に橋脚柱が剛結されているため、2 柱ラーメン構造となっている。基礎構造は、周辺の地盤状況から（液状化発生状況など）杭形式である可能性が高いと思われるが、2 柱の独立フーチング／一体フーチングについては、不明である。図-7.4.2 に本橋の全体概要と被害箇所を概念図で示す。また、図-7.4.3 には、顕著な被害を受けていた P7 橋脚の P6 面のクラック状況のスケッチを示している。



図-7.4.1 対象高架橋の位置

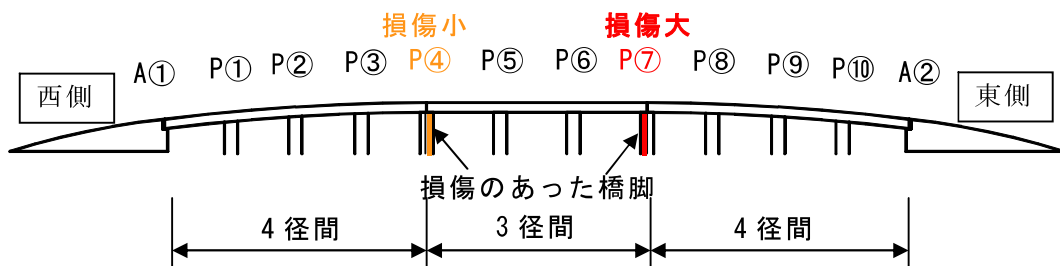
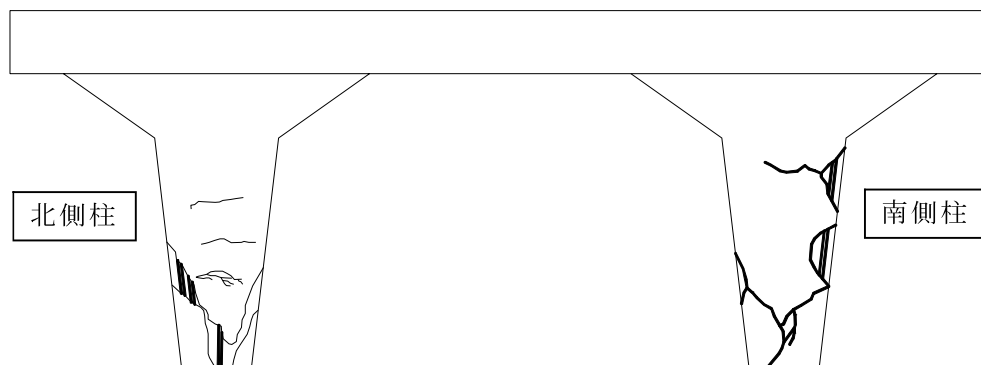


図-7.4.2 Moorhouse Avenue Overbridge の全体概要と被害箇所・状況

P7 橋脚の P6 面における損傷図スケッチ



Moorhouse Ave. Overbridge の損傷大 P7 橋脚（P6 面）における被害

図-7.4.3 P7 橋脚の被害概況のスケッチ

被害は、3径間連続部の両端脚柱で亀裂が生じていた。図-7.4.2に示すように、特にP7橋脚のP6面の柱で顕著なせん断破壊（クロスひび割れ）が生じていた。かぶりコンクリートが剥落し、鉄筋も露出していた。鉄筋は丸鋼と思われる。この損傷した橋脚はその破壊状況からおそらくは橋軸直角方向の震動の影響を受けたものと推定される。2柱ラーメンのP7⇒P8を見た左脚柱は下端部で、右脚柱は下端と上側とそれぞれかなりの損傷があらわれていた。一方、損傷はあったものの軽微な程度であったP4橋脚のP5面の柱では、下端に最大で約1mmのせん断ひび割れが左右脚で見られた。P5およびP6の中間2脚柱は、化粧が施されていたが表面にひび割れは認められなかった。地表面に液状化による噴砂の痕跡（特に明確なものはP9橋脚周辺）は認められたが、特に橋脚周りの地盤が動いたようには見えなかった。

表-7.4.1～表-7.4.4に、本橋のP4橋脚及びP7橋脚における被害状況についての代表的な写真と現場で確認できたことや確認できなかったことなどをコメントしている。

本橋の構造および形状に関わる条件に着目すると、P4とP7に損傷が生じうる可能性として下記のことが推察された。

- ① 橋軸直角方向の橋梁振動が隣接橋梁（4径間連続部）と本橋で異なったことで、橋脚振動の位相差がなんらかの影響を及ぼした可能性
- ② 橋脚の高さ（剛性）が隣接4径間と中央3径間とで異なっていることが、①の振動の位相差を生む要因になっていた可能性
- ③ 東側の4径間連続橋梁では地盤の液状化痕跡があったなど、西側の4径間連続橋梁と地盤の相違（したがって、基礎地盤剛性の相違）が存在していたことで、①の振動の位相差を生む要因になっていた可能性
- ④ P4とP7で施工品質程度が異なっていたなどの実構造としての不均等さが要因となって、両者に被害程度の大きな差が生じた可能性

上記のことが考えられたが、本橋の損傷については、現地での限られた時間内の目視レベルで行った概査であることから、損傷が明確にみられたP4及びP7以外にもなんらかの損傷はありえるかもしれない。

表-7.4.1 橋梁全体の状況

Moorhouse Avenue Overbridge	
橋梁東端A2側からA1に向かって西側を望む	
	<p>◆液状化の痕跡である噴砂が本橋脚回り(明確に見られたのは、下記写真の②)に見られたが、特に目を見張る地表面の変形は見られなかった。</p> <p>◆したがって、本橋の損傷については、液状化が支配的ということでもなく、地震による振動の影響が強かったと考えられる。</p> <p>◆本橋は上部と下部が剛結合構造で構成されており、P4橋脚のP3側とP5側及び、P7橋脚のP6側とP8側で柱と桁に目地がきられている(目地の構造については不明)。</p> <p>◆本橋は、クライストチャーチ市の東西を結ぶ動線であり交通量が多いため、高架橋通行止めにより渋滞がもっとも激しい場所となっていた。しかし、側道が存在するために一応の交通機能は確保されていたと考えられる。</p>
	
 <p>①A2側からの桁下状況</p>	 <p>②P9橋脚の液状化痕跡</p>

表-7.4.2 高架橋復旧状況 (P7 と P4 の状況対比)





Moorhouse Avenue Overbridge	
大被害P7橋脚の仮受け支保と軽微なひび割れ損傷のP4橋脚	
 	<p>◆構造的な損傷は、P4橋脚(剛結)とP7橋脚(剛結)という、3径間連続と4径間連続の端部橋脚の3径間橋梁側の柱で発生していた。</p> <p>◆P4橋脚(P5側柱)の損傷は、軽微なせん断ひび割れ程度であったが、P7橋脚(P6側柱)は柱の下側と中間部あたりに大きなせん断亀裂が生じ、かぶりコンクリートが剥落して内部鉄筋も露出していた。</p> <p>◆そのため、P7橋脚は脆性的に破壊が進行して橋脚の倒壊～落橋に至る危険性があったと判断したかして、高架橋全面通行止めの措置をとったものと推察される。</p>
<p>③軽微なひび割れ損傷のP4橋脚</p>  	
<p>④P7橋脚の借り受け状況</p>	

表-7.4.3 P7 橋脚の状況





Moorhouse Avenue Overbridge	
P 7 橋脚位置での上部構造仮受け状況と損傷	
	<p>◆柱のせん断破壊の発生状況から、主に橋軸直角方向の振動(繰返し交番载荷状態)により損傷したものと考えられた。</p> <p>◆P7橋脚位置の上部構造仮受けは、橋脚横梁張り出し部にコンクリートブロックを積み重ね、橋脚の前面には鋼材でフレームを組んだ構造としていた。さらに、不測の事態への対処のためか、橋脚を複数の斜め支保材で支えるような構造も用いられていた(下記⑥と前記の④参照)。</p>
	
 <p style="text-align: center;">⑤P7橋脚南側 (P6側)の損傷 と仮受け</p>	 <p style="text-align: center;">⑥P7橋脚の仮受け状況</p>

表-7.4.4 P7 橋脚の P4 橋脚の損傷状況の対比

Moorhouse Avenue Overbridge	
P 7 橋脚 (P6橋脚面) の損傷状況とP4橋脚の損傷状況	
 <p style="text-align: center;">高架橋部分</p>  	<p>◆P7橋脚(剛結)の柱に大きなせん断クラックが発生した。これに伴い、コンクリートかぶり剥落し、鉄筋が変形している箇所も見受けられた。その一方で、P4橋脚(剛結)の柱には最大1mm程度の比較的軽微なせん断クラックのみ認められた。</p> <p>◆中央3径間連続橋梁の中間橋脚であるP5柱(剛結)とP6柱(剛結)については、表面に化粧処理(モルタル)が施されており、その表面にはなんら今回の地震によるクラックの痕跡は見られなかった。</p>
<p>⑦P7橋脚柱のせん断破壊</p> 	<p>⑨P4橋脚の損傷状況(せん断クラック)</p> 
<p>⑧P7橋脚柱のせん断破壊</p> 	<p>⑩P4橋脚のクラック近景</p> 

7.5 橋梁被害を踏えた道路防災に関する私見（構造面から見たもの）

液状化～流動化が橋梁を含む道路へ決定的な影響を及ぼすことの恐ろしさを再確認することができた。その中で、橋台が流動化によりかなり回転変形していても落橋はしていないことは重要な意味を持つように思われる。ただ、この事実を分析する上では、我が国とは橋梁設計の考え方の相違や、橋梁規模と基礎構造の関係や採用する基礎形式に関する経験的なものなどの違いが存在すると思われることから、同一視点でとらえることは難しい面がある。また、振動が主たる要因で被害を受けた高架橋についても我が国の同様形式で採用される構造とは異なることもあり、同一視点で考察をすることは必ずしも適切な評価に結びつかない可能性もあることを認識しておくべきである。

以上のことも踏まえ、今回の被害調査を通して感じた道路防災（主に橋梁構造面）に関する私見を多少乱暴でかつ稚拙のそしりは免れないものの列挙してみたい。

1) 再液状化の可能性を前提に、液状化の影響を受ける道路構造への配慮が不可欠である。

- ①これは、本震による液状化でなんとか耐えたとしても、余震や連鎖地震による再液状化の影響で深刻な使用障害を生じる損傷を受けることが考えられるため、構造的に液状化の影響を徹底的に排除するか、液状化の直接的な影響を受けづらい立地・配置計画をたてるなどで対処するとしたものである。
- ②ここで、後者の液状化の直接的な影響の低減としては、橋台位置を河川際堤防等位置ではなく、堤防等より後ろに引いて液状化に伴う流動化の直接的な影響をより軽減できる配置に設けることで実現可能と考える。
- ③橋台が回転して今回のように一応の制限下の使用性を担保できればよいが、さらに深刻な状態となれば使用障害がでる上にその復旧が困難となりしかも長期間を要するものとなる。これは、初期建設コストが増大したとしても、被害による使用障害の経済ロスと復旧費用そして生活利便性の犠牲を長期に渡り強いことを考えれば実現性は決して低くはないのではないだろうか。

2) 橋梁は地震後においても使用性が確保されることがもっとも望ましく、地震後に制限・規制が存在しても短期間のうちに使用できることが重要である。

- ①重要路線であればあるほどに制限・規制期間が地域社会への経済活動や生活環境への影響は甚大なものとなる。我が国において緊急輸送路は、そのような要件を満足できるように耐震設計を高度なレベルで実現させたものとなっている。
- ②しかしながら、今回のクライストチャーチ地震の被害様相を見るに、緊急輸送路は損傷可能性を出来る限り排除できる立地条件と道路構造物性を有するようにつくることが重要ではないかと思われた。ここで、立地条件と道路構造物性とは、下記を実現できるものである。
 - ◎立地条件：多少遠回りでも盛土・橋梁・トンネル等が不要なルートを選定する
 - ◎道路構造物性：低い道路盛土や低い橋梁など地震の影響を受けづらいもの

3) 道路特性を踏まえて地震後に復旧しやすいことを前提にした橋梁構造を採用する。

- ①流動化により橋台が回転した South Brighton Bridge の規模と構造は、我が国のそれほど交通量の多くない地方道で見られる橋梁と類似している。本橋はゴム支承により地震時水平力分散構造を採用しているものと思われるが、支承自体は上部構造および下部構造と構造的に結合していない（上査・下査が上下部構造と非結合）。これは日本の固定・可動ゴム支承形式と同様にゴム支承が上下部構造の間に単純に敷

かれているものである（ただし、反力分散支承である）。このような構造は、ニュージーランドにおけるこの規模の橋梁では一般的に採用されている。

- ② 今回の被災でこのゴム支承は本来の位置からずれてしまい、鉛直支持機能のフェイルセーフとして木材等で仮受けをしている状態であった（表-7.3.2(d)参照）。それでも、橋台背面の沈下対策を講じておそらくは短期間で通行を可能としていたものと思われる。すなわち、地震後に橋梁はすぐに使用可能状態にあったということである。もし、ゴム支承が上下部構造にしっかりと結合されていたならば、その定着構造が桁や杓座を著しく損傷し、その復旧手間が増えることと、安全性確認の時間を要し早期の使用再開はなされないかもしれない。
- ③ これは、社会状況・環境と密接に関連する問題であり、簡単に決められることではないものの、我が国の同じような交通量下にある道路の一般的な橋梁においては、このような経済性でもメリットのある構造とすることで、耐震上のリダンダンシーを確保する方法も検討する余地があるのではないだろうか。

4) 構造物をできるだけ持たない災害専用道路（レスキューロード）を設ける。

- ① 日本では緊急輸送路を優先的に耐震的に強化しているが、緊急輸送路は使えればもっとも効率的な人や物資等の移動ができる路線と考えられる。
- ② そのため規模の大きな橋梁や連続した盛土区間など多用せざるを得ない路線となるものもある。これらは、耐震補強をしたとしても被害が出ればその復旧に時間を要することも想定される。
- ③ 道路線形としては非効率的であっても、規模の大きな橋梁や盛土・擁壁構造をできるだけ排除した道路を設ける、ないしは既存道路にこの条件を満足させる手当をすることで、地震後の復旧手間がほとんどかからない／簡単に復旧可能な災害専用道路（レスキューロード：災害フリー道路）の有効性は高いのではないだろうか。

クライストチャーチは、日本の地方中都市と比べても決して大きな街ではない。加えて、人口密度も日本に比べれば低い。今回の都市直下型の地震で、大きく言えば中心街の半分以上が主に液状化の影響により被害を受け、道路施設が受けた損傷は市民生活に大きな支障を来した。それでも、規模が比較的小さい構造物の多くは損傷していても地震後すぐに使用（重量の制限・規制が一部存在していたものもある）可能状態となっていたことで、ガレキの運搬・処理や人や物資の移動において有効に機能していたことも事実であろう。また、ガレキ等の置き場を市街近くに設けることができたことも、すばやい復旧には重要な要素であったと考える。

これらは、要するにクライストチャーチ市の非利用エリアの多さが故と言えなくもない。しかし、災害が起これば通常時に使っていないスペースを利活用せざるを得ないのは、どのような災害においても生じる問題と思われる。やはり、災害を前提に考えればオープンスペースの重要性は言わずもがなではないだろうか。

翻って我が国の実情を見れば、クライストチャーチと同じような幸運に恵まれる場所がどれほど存在するであろうか？

我が国は、ニュージーランドに比べて、地震やそれによる津波、台風～洪水、火山噴火などの自然災害にさらされる機会が圧倒的に多い。にもかかわらず災害リダンダンシーの低さは社会がより高度化していることの裏腹であるように思える。残念ながら、海外における自然災害から直接的に我が国が得るものは驚くほど少ないように思えてならない。そのため、まずそのことを改めて認識することからはじめる必要があるのではないだろうか。



参考文献

- [1] New Zealand Society for Earthquake Engineering Bulletin, Vol.43,No.4,December 2010

8. その他構造物と様々な被害の状況

8.1 トンネル—Lyttelton Road Tunnel—

クライストチャーチと隣り合わせのリテルトンハーバーを結ぶ SH74 号のポートヒルを貫くリテルトン (Lyttelton) ロードトンネル (全長 1.5km 程度) は、今回の地震の震央直近にある。図-8.1.1 に本トンネルの位置を示す。

4 章に記載している図-4.4.2 と表-4.4.1 の①HVSC はこのトンネルのクライストチャーチ側坑口付近にあたる (震央距離 1km)。今回の地震による最大加速度は 1486gal、最大速度は 100kine と相当大きな地震動であったと思われる。

地震後に本トンネルは通行規制がなされていたようである。しかし、規制の理由はトンネル本体の損傷ということではなく、クライストチャーチ側のトンネル手前の道路が大きく損傷していたことが原因であった。

図-8.1.2 には、このリテルトンロードトンネルのリテルトン側の坑口付近、トンネル中間付近、クライストチャーチ側坑口付近の状況を示すが、天井～壁面～路面に目視では変状は見られず健全な状態であったものと思われた。一方、図-8.1.3 には、通行規制が敷かれた原因と思われるクライストチャーチ側のトンネル坑口手前の路面状況を示す。残念ながら詳細を確認できていないが、地震の影響で路面の一部で段差等の車両走行上の不都合が生じていたのではないかと推察される。



図-8.1.1 リテルトンロードトンネルの位置



図-8.1.2 リテルトンロードトンネルの坑口付近と中間付近の状況



図-8.1.3 リテルトンロードトンネルのクライストチャーチ側手前の道路損傷状況

8.2 変電所－Bromley Substation－

クライストチャーチ市街中心（大聖堂）の東 5km 強にある Bromley 変電所（図-8.2.1 に位置を示す）は、前回の 2010.09.04 カンタベリー地震において被害を受けてはいなかった。我々が目視で外観を確認した限りにおいては、今回の 2011.02.22 クライストチャーチ地震においても特に機能に直接影響を及ぼす被害については認められなかった。

実際の被害の有無についての明確な情報の確認はできていないが、敷地内や鉄塔基部周辺地盤に液状化の痕跡が多く見られた。図-8.2.2 に、当該変電所施設の状況と液状化による噴砂の痕跡を示す。鉄塔などの基部付近で液状化しているが、基礎が十分深い位置にあるためだろうが、鉄塔の傾斜や沈下を見ることはなかった。本変電所の周辺では広く液状化が発生していることは我々自身で確認しており、このあたりは旧河道や沼地であった場所であることも 5 章に示したクライストチャーチの微地形図等の資料からわかる。このような地盤を承知して変電所のような重要ライフライン施設を設けるため、耐震設計は適切に実施されているものと考えられる。

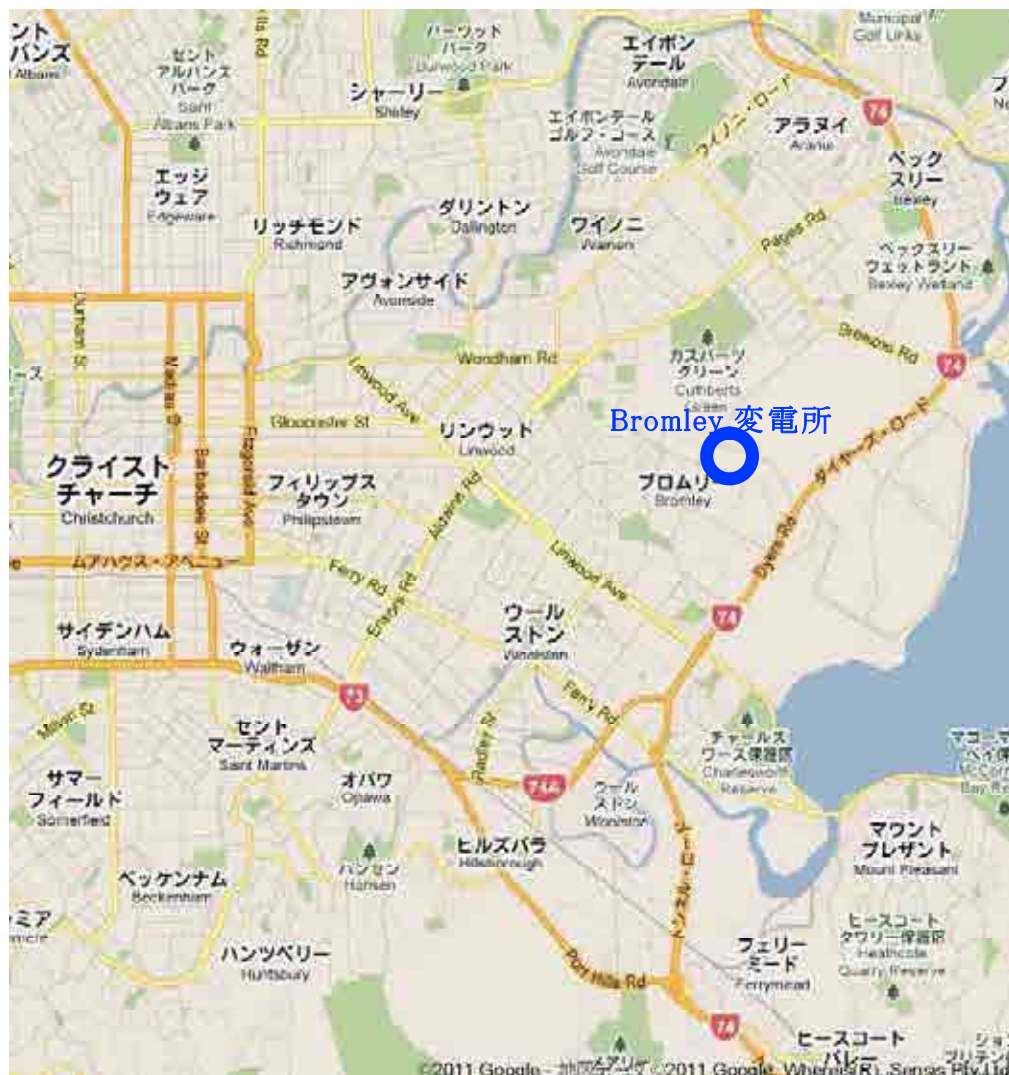


図-8.2.1 Bromley 変電所の位置

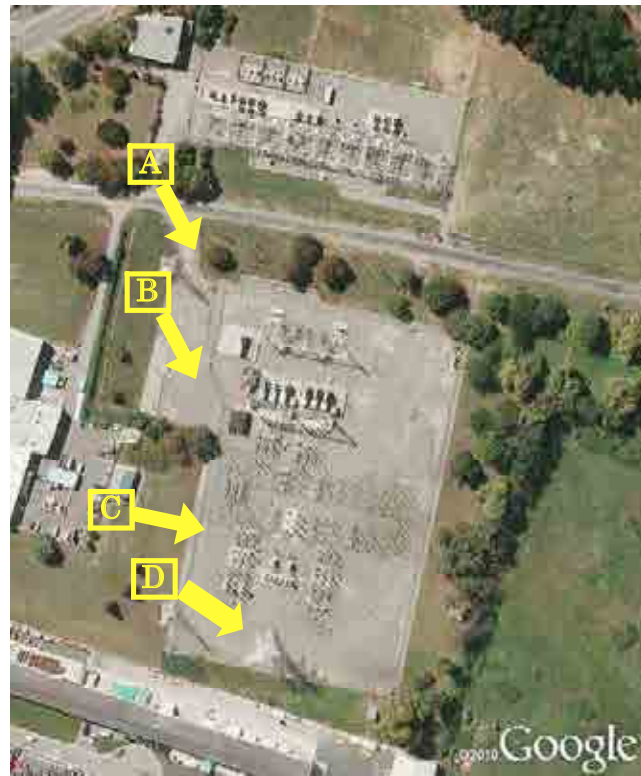


図-8.2.2 Bromley 変電所の状況

8.3 市街地の状況

クライストチャーチ市中心の商業・観光区域（大聖堂を中心に 2km 四方の範囲）は地震直後の数日以降から一般人の立ち入りが禁止されていた。この立ち入り禁止区域であっても深刻な建造物被害を受けたものは限定的であったようである。この地域には図-8.3.1 に示すような古いレンガ造建物が多く供用されており、それらの多くや古い設計基準で建造されて耐震補強が未施工のビルは被害を受けていたが、鉄筋コンクリート造や鉄骨造の建物では健全なものも多く存在していたようである。

図-8.3.2 には住宅の被害状況の事例を示す。いずれも地盤の変状（液状化の影響と考えられる）により家屋が沈下・傾斜している。これらの住宅では危険と診断され住民は退去させられている状況であった。一見、問題など見られない住宅であっても、周辺の地盤全体が沈下しており、その影響によるわずかな傾斜などが現れている家屋も多く見られた。ニュージーランドの家屋の多くは平屋造りであり、日本のような 2 階建てであれば家屋の沈下～傾斜程度はより深刻になっていたかもしれない（重量と家屋重心位置の関係などの影響）。

図-8.3.3 には、クライストチャーチ市街の南側に横たわるポートヒル（丘陵地）の東端で確認した道路盛土の変状を示す。このあたりは、震央からも数 km と近いが家屋の構造的被害は思いの外少なかったようである。しかし、道路については盛土部で大なり小なりの変状が散見された。斜面に位置するため危険性は高く、家屋自体に問題は無くても家屋の一部が盛土されているところや盛土道路の直近の家屋では住民退去となっているものが見られた。このような丘陵斜面に結構多くの住宅が建ち並んでいたのは興味深かった。余談だが、このあたりに住む一家族に話を聞いたところ、家屋が立ち入り禁止のため友人宅に間借りしているが、引っ越さざるを得ないため家探しをするということであった。その家族に悲壮感があまり見られなかったのが救いではあったものの不思議な感覚も覚えた。

図-8.3.4 は、液状化被害の際だった Avon 川沿いの街路と住宅街の状況である。広範囲に液状化が発生したと見られ、河川脇の道路上には多くの砂が堆積していた。また、写真にあるように街灯が完全に倒壊していた。しかしながら、河川から街路を隔てた住宅には特に大きな変状は確認出来なかった。

図-8.3.5 は、同じく住宅街の状況を示しているが、液状化による沈下（砂の堆積）の影響を受け、街路がガタガタ状態になっていた。そのため、水たまりが所々にできあがり排水できない状況が継続していた。クライストチャーチの住宅街はおおむねこの図に見られるような街路の両側に立ち並んでいるが、街路のいたるところで同様な液状化の影響による路面の著しい変状が見られていた。

図-8.3.6 は、通行量の多い道路かと思われるが、沈下による冠水状態が通行に支障をきたすため道路路面を嵩上げしている状況である。地震後は、地盤が沈下しかつ下水が機能していない状況にあるため、雨が降ればすぐに道路が冠水状態となってしまうようで、嵩上げて道路通行機能の低下を割けているようである。

図-8.3.7 のように樹木の周辺で液状化発生の痕跡が多く見られた。液状化の影響で樹木倒壊の危険性もあり近づくことを警告する仕切りがなされているものもあった。



当初は、Red Zone、Zone1~4 すべて立ち入り禁止であったが、段階的に立ち入り区域が増え、2011年3月7日時点では Zone1 と Zone2 が立ち入り可能となっていた

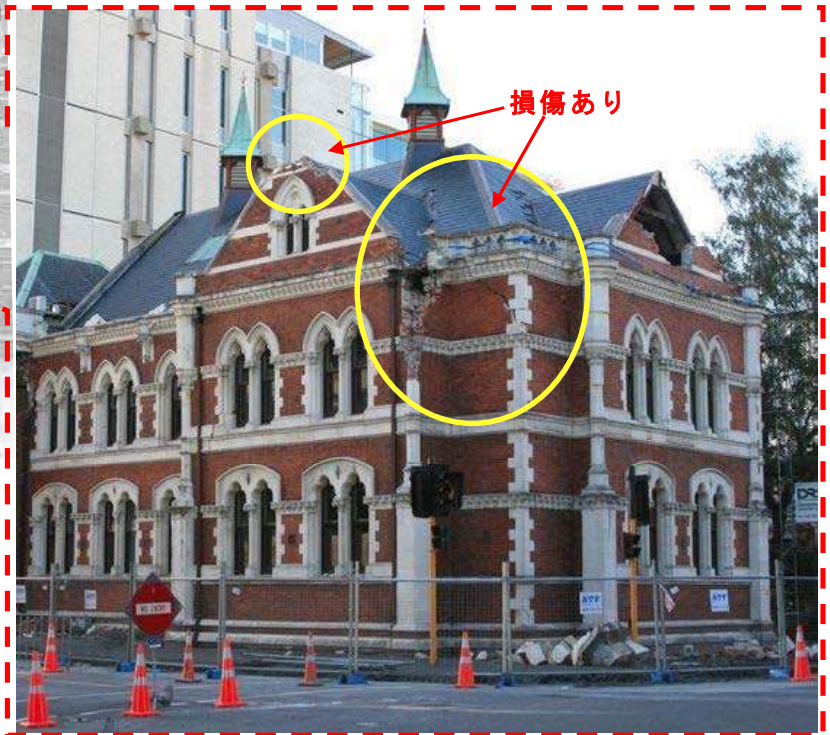


図-8.3.1 市街中心の立ち入り禁止区画そばのレンガ造建物の被害

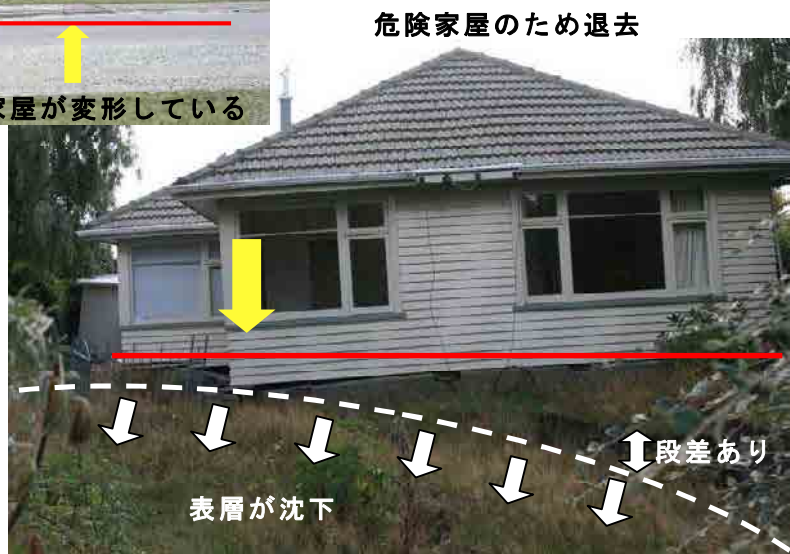


図-8.3.2 地盤の変状に伴う家屋の被害

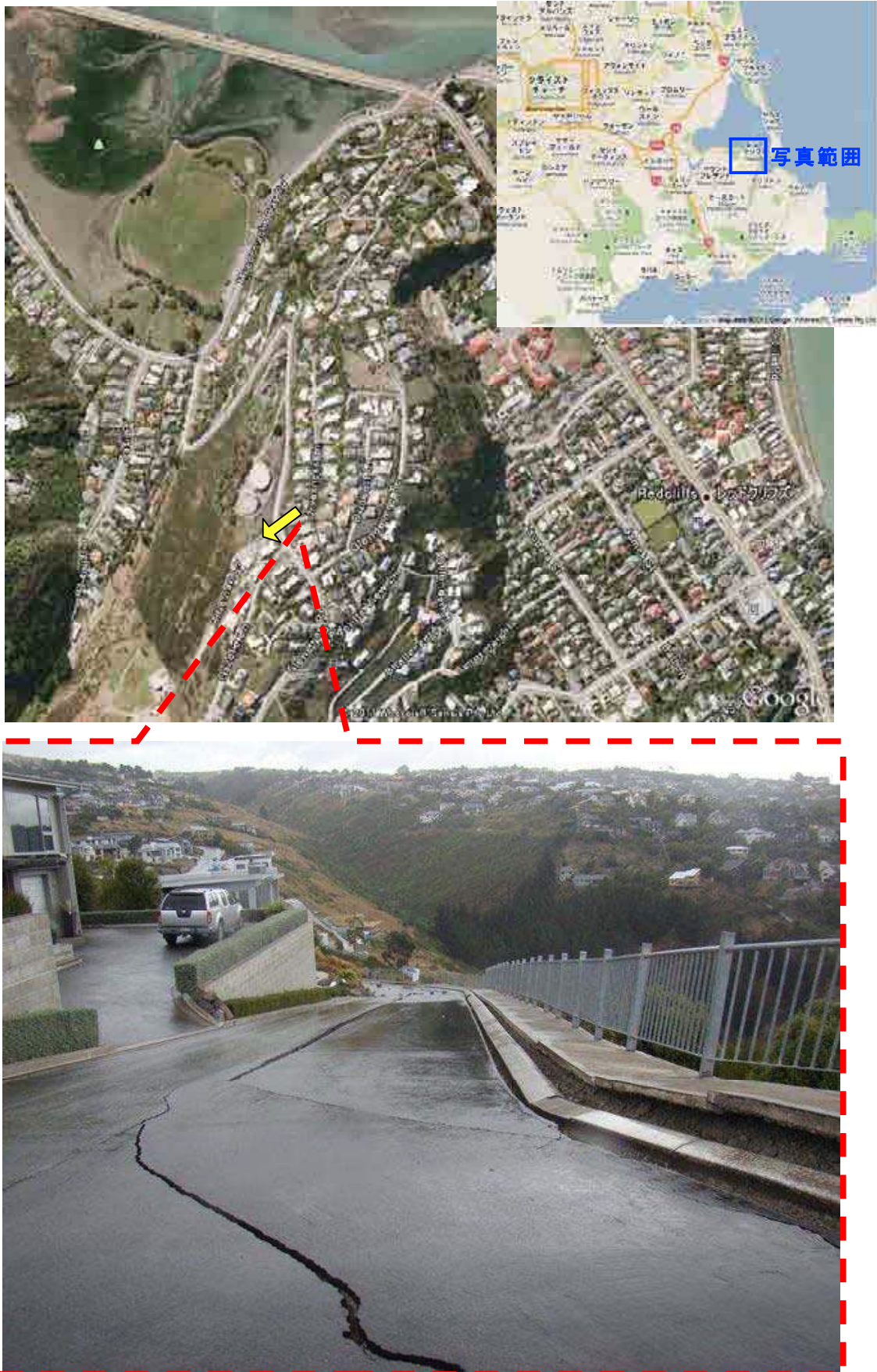


図-8.3.3 丘陵宅地道路の被害状況

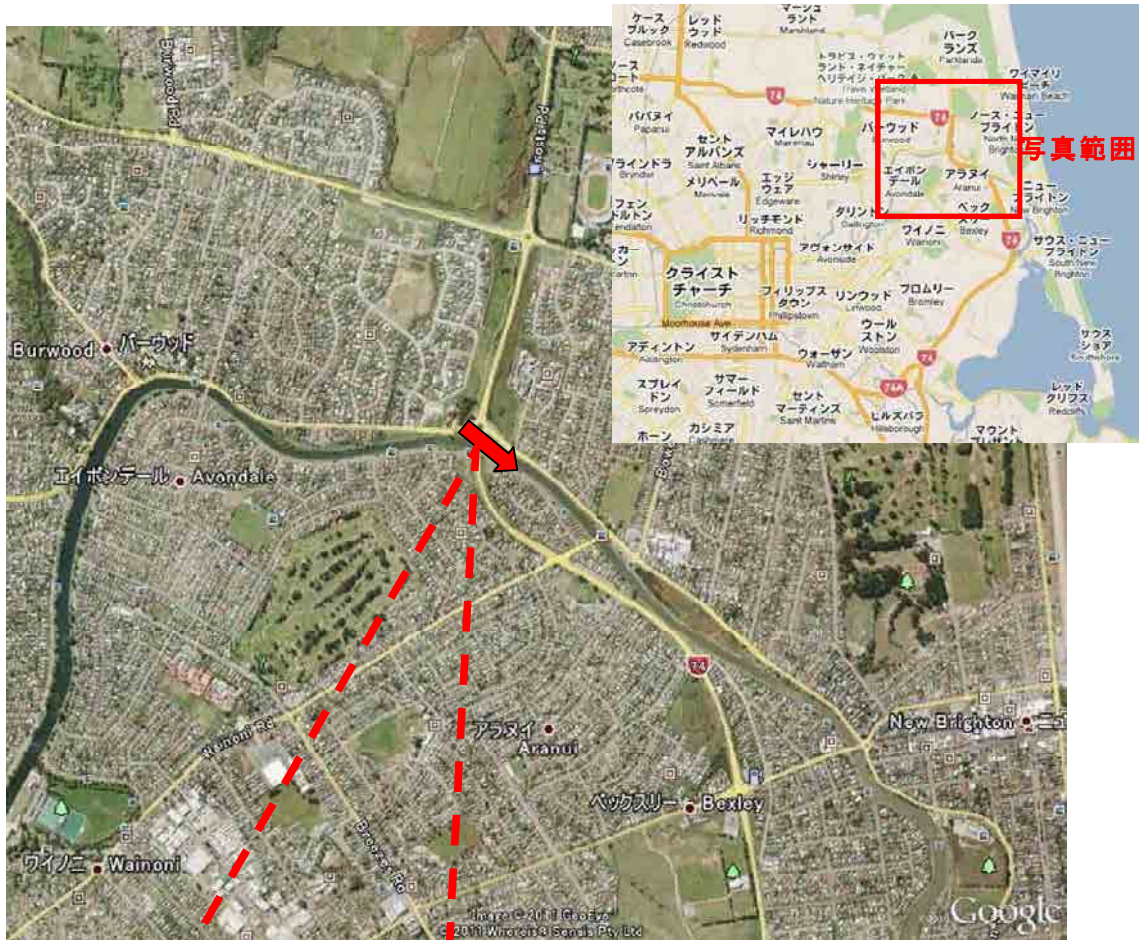


図-8.3.4 河川沿い住宅街路の被害



図-8.3.5 住宅街周辺道路の状況



図-8.3.6 路面高さの嵩上げ状況



図-8.3.7 液状化に耐えた？樹木（市中心のハグレー公園にて）

8.4 災害後の対応

地震被害を受けたあとの対応について、我々が街中で見てきた状況のいくつかを紹介する。上水については、図-8.4.1 に示す給水タンクが街中の定められた要所々に置かれており、給水時間を決めて集まった人たちに配給していた。配給する地域と時間については、テレビ・ラジオや自治体の掲示板で知らせるやり方をとっていた。ただし、この給水タンクの水は煮沸使用が大前提となっており、水を補給する人たちには消毒剤の使用を求めている。日本とのお国柄の違いなのか、通り沿いなどに無造作な感じで給水タンクが置かれているのは驚きであった。

一方、下水については、未復旧地域にかなりの密度で仮設トイレが設置されていた。この仮設トイレも歩道脇等のスペースに置いてあったが、我々の調査中に順番待ちをしている光景を目にしたことはなかった。実は我々調査隊メンバーもこの仮設トイレには相当お世話になった。街路には必ず歩道が十分な幅で存在しているため、仮設トイレが置かれても特に支障は感じなかった。

図-8.4.3 は、海や河川の水に対する注意・警告表示であるが、下水のオーバーフローにより汚染された水が流れ出しているため、人間やペットが水に触れることの危険性や魚介類の採取等が危険であることを示している（この表示があるため、無視して水を使用し人体に変状が出た場合はその人の責任となるだけなのかどうか？）。

図-8.4.4 は、下水処理がままならない地域に置かれていた尿尿収集タンクである。人間のみを対象としたもののようであるが、要所々の歩道脇のスペースに散見された。日本でも仮設トイレは見かけるが、このような尿尿タンクはスペースや収集量の問題があるためか、見たことがない。

図-8.4.5 には、家庭における上水及び下水に関する取り扱いの注意書きである。給水は煮沸が前提であるが、煮沸出来ない環境にある場合の対処方法や、家庭トイレが使えない場合は汚物（下水）を自分の庭に埋めるように記述している。ニュージーランドの一般住宅には、ほぼ間違いなく前庭と裏庭が存在しているため、このように庭に埋めてもよいという発想が出てくるのかもしれない。

図-8.4.6 は、被害を受けたことなどで、使用できない建物の電力供給が無いことをドアに記述している状況である。しかし、なぜ電気が使えないことをわざわざ周知しているのかがわからなかった（電気災害の可能性のないことを表示している？勝手に住み込む人への予防策か？）。

図-8.4.7 は、日本でもお馴染みの建物の安全性診断結果の表示である。緑色（上段）は使用可能、黄色（中段）は限定使用（重要な要件以外では立ち入り禁止）、赤色（下段）は使用不可（立ち入り禁止）をそれぞれ示している。同じような色遣いであり馴染みの無い分別収集ボックスを見つけた（図-8.4.8 参照）。緑色（上段）は有機物専用（庭の植物と食物）、黄色（中段）はリサイクル専用（ゴミや有機物は×）、赤色（下段）はゴミ専用とそれぞれの分別が明示されている。ただし、この分別収集ボックスが災害時のみの対応か常時使用のものかについては未確認である（ニュージーランドでは家庭で出るリサイクル品を回収するための固定ボックス：郵便ポストの大きなものが常設されている）。



図-8.4.1 給水車の設置状況



下水未復旧地域では頻繁に仮設トイレを見かけた



電話番号が目立っている
(排出物が満杯になった折の連絡先か?)

図-8.4.2 仮設トイレの設置状況

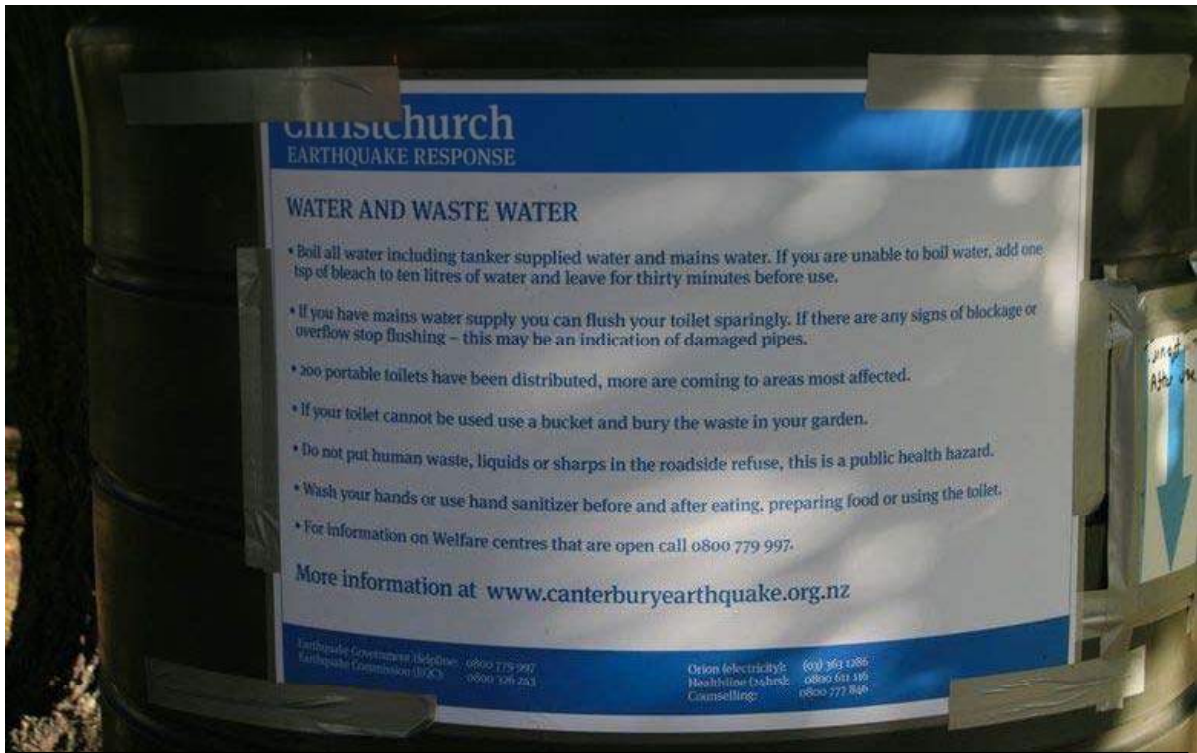


海岸付近や河川は下水があふれて汚染され危険なため、人・ペットが水に触れることや魚介類の採取・摂取を禁じる。

図-8.4.3 汚染水の河川への排水に関する注意・警告表示



図-8.4.4 尿尿収集タンクの設置状況



- 給水タンクの水や水道本管の水は煮沸すること。もし煮沸がかなわない場合は、10 リットルあたりにティースプーン1杯の漂白剤を混ぜて30分放置してから飲料として使うこと。
- このエリアで200の仮設トイレが設けられており、下水事情の悪い所にはさらに追加する予定。
- 家庭トイレが使えない場合は、バケツを使い汚物は庭に埋めること

図-8.4.5 水および汚水に関する取り扱いの注意



図-8.4.6 電力供給の無い建物の表示

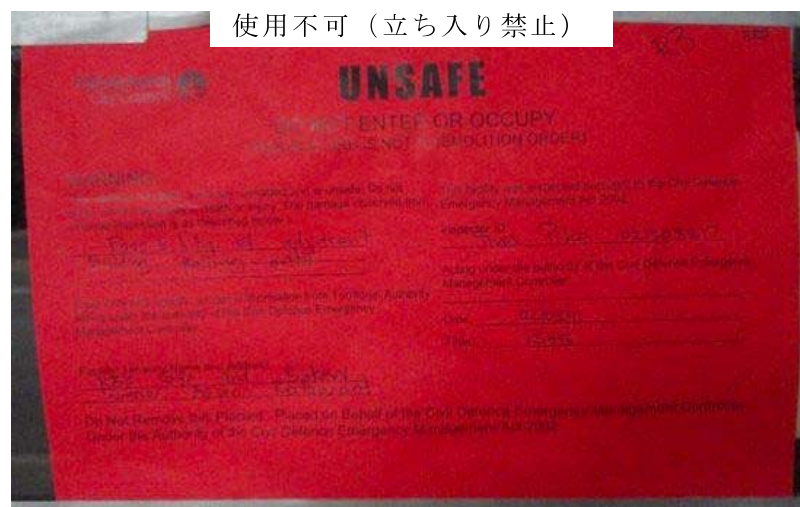


図-8.4.7 建物の安全性診断結果の表示



庭の植物と食物専用



リサイクル可能物専用



ゴミ専用

図-8.4.8 分別収集の状況



9. 所感（おわりに代えて）

今回機会を得て、ニュージーランド国クライストチャーチ市周辺で3日半にわたり、2011年2月22日クライストチャーチ地震による被害状況の調査を行うことができた。短い期間であり、我々自身で確認できた被害も限定されたものであったことは否めないものの、調査隊メンバーが現地で感じことを幾つか紹介したい。

1) 活断層の無いクライストチャーチ

ニュージーランドの地震多発帯は、南島ではプレート境界が存在するクライストチャーチの反対側、西海岸にあった。クライストチャーチ周囲には活断層もなく、大きな歴史地震もなく、地震に対して比較的安全な地域と考えられていた。

しかし、そのクライストチャーチ周辺で、半年足らずの内に2度も大きな地震（本震とその余震または誘発地震）が発生した。

地震は数千年・数万年以上の履歴を持っていたり厚い堆積層が地震発生形跡を隠していたりするため、我々が認識できる数百年程度の記録や地表に現れている形跡だけから判断すると、地震の起こる可能性を小さく見積る危険がある。これは、日本の平野部にも通じることと思う。

2) 液状化発生地域は微地形の影響が大きい

クライストチャーチの液状化およびそれに伴う側方流動は広域で発生し、町中が噴砂で凸凹になっているものの、少しだけ小高い隣の街区ではほとんど何も起きていない場所も多く、微地形の影響を強く感じた。液状化の被害が、旧沼沢地に集中していることが多く、レイ克蘭ドという住宅地域全体が沈んでいたのは印象的であった。

東日本大震災でも、茨城や千葉で同じ現象が見られた。構造物の設計では近傍のボーリングデータに着目するが、まちづくりや地域防災計画では、旧微地形と地盤改変の記録を確認し、広域の安全性に配慮することが望まれる。

3) 耐震設計の前の耐震計画を重視すべき

流動化が起きそうな地域では、橋台位置を河川堤防より後ろに引いて流動化の直接的な影響を受けづらくする耐震対策もある。頑丈な構造物により力づくで押さえ込むより、自然体でスマートである。

さらに、重要路線の盛土・橋梁・トンネル等は、大地震に耐えられるよう耐震構造にされるが、設計で考慮していなかった大きさや種類の力が作用すると被害が発生してしまう可能性がある。多少遠回りでもより安全な場所を通す方が確実な耐震対策ではないだろうか。自然と共に生きる一方法と言えそうである。

4) 震災後の復旧を早めることや二次災害を防ぐためのオープンスペースが必要

クライストチャーチの住宅には平屋が多くしかも前庭と裏庭があり、車道と歩道が十分に広く、また市街周辺にオープンスペースが散在している。そのため、ガレキや噴砂の処理、仮設住宅設置等が比較的容易に行える上、車線規制があっても道路機能を維持

でき、給水タンクや仮設トイレ・汚物処理タンクなども容易に設置できる
公共エリアにおけるオープンスペースの効果は、見直してみるべきだと思う。

5)「防災」でなく「減災」

日本のような高密度化した社会システムの中では、町全体の「防災」という言葉は現実的ではないのかもしれない。なぜならば、地震による被害は必ず生じており、「防災」という名目でなにがしかの対策を講じれば被災しないと感じさせてしまう誤解を招くのではないだろうか（自然の力をあたかもコントロールできるかの誤解）。いかに被害を小さくできるかという「減災」という概念を社会に浸透させていく必要があると思う。

このクライストチャーチ地震の被害調査を終えて帰国した翌々日 3 月 11 日に東北地方太平洋沖地震が起こった。この地震は我が国の震災史上未曾有の津波災害を引き起こすに留まらず、福島第 1 原子力発電所の被災と放射性物質の周辺自然や社会環境への未経験的影響を生じさせた。あまりにも大きな津波による犠牲と先の見えづらい放射性物質の人体や動植物生態への問題は、地震が持つ恐ろしさが単にクライストチャーチで見られた地盤災害や構造物被害に留まらず、文明の多様さの程度に応じて複雑化するという特性を我々に見せつけたように思える。

東北地方太平洋沖地震では津波による被害が極めて強く表れたが、茨城や千葉で起きた液状化～側方流動による地盤災害は、クライストチャーチ地震による被害と似ている。それは沼沢地を造成した住宅街での液状化・流動化による地盤の沈下～傾斜を引き起こす広範囲に及ぶ住宅や道路の甚大な被害である。

クライストチャーチと我が国では地質・地形、地震頻度、人口密度、土地利用状況、住民の行政との距離・行政認識や構造物の耐震設計方法・要求性能等に違いがあるため、構造物の被害発生の受け止め方からして異なっていると思われる。どちらもそれぞれの自然環境や社会環境下で起こる独自のものと考えていいかもしれない。

そのため、今回のクライストチャーチ地震による構造物の被害とその対策方法や復旧方針・災害弱者対応は、単純に我が国に適用できるものではないと考えるが、それらから気づかされることは多々あり、その貴重な体験を、今後の東北の復興や東海・東南海・南海の地震発生への対策に、少しでも活かせるよう努力していきたい。

以上



ニュージーランド クライストチャーチ地震
被害調査報告

発行 2011年5月20日

編者 保全・耐震・防災事業部
ジオ・エンジニアリング事業部

発行者 代表取締役副社長 佐伯光昭

発行所 株式会社エイト日本技術開発
〒164-8601 東京都中野区本町 5-33-11
<http://www.ejec.ej-hds.co.jp/>

本書の著作権は、株式会社エイト日本技術開発に
帰属します。著作権者の事前の承諾なく、本書の
全部もしくは一部を複写・複製・転載することは
できません。







 **株式会社イト日本技術開発**
Eight-Japan Engineering Consultants Inc.