積雪期の地震特集

Special Issue 「Earthquake Hazards in Snow Season」

積雪期の地震

Earthquake Hazards in Snow Season

北 浦 勝*
Masaru Kitaura

1. 初めに

この原稿を依頼されたのは昨年秋10月である。北陸では一番気候の良いときであるから、積雪期の地震について考えようとしても、臨場感がなかった。締め切りが近づいた1月17日は阪神・淡路大震災から4年目に当たり、雪もちゃんとあるので、「この時期に阪神・淡路大震災クラスの地震が発生したら、これはさぞかし大変だろうな」との思いが沸々とこみ上げてきた。「地震で家が潰れ、着の身着のまま、避難しようとしても、避難広場に指定されている運動場には30cm以上の雪が積もっているから、そこへ逃げたとて何になるか。それよりは近くの小学校の教室にでも避難させてもらいたい」との具体的な気持ちが湧いてきた。学内を歩いていたら、松葉杖をついた学生がたまたまこちらへ近づいてきた。スキーで足の骨を折ったのだという。「突然身体障害者になったので、何をしても大変であるが、とりわけ松葉杖をついて雪道を歩くのは大変である」と言っていた。お年寄りや身体に不具合のある人にとってはなおさらのことであろう。

しかし雪対策をしっかりとし、地震対策をしっかりとしておけば、多くの課題は解消するものと期待される。問題は地震災害、雪災害というように個別に考えていては思いつかない点であろう。とは言え本文では、雪そのものへの対策、地震そのものへの

対策も含めて、課題と対策を考える。

2. 積雪時の震災

地震学の教えるところによれば、地震の発生する原因は日本列島に作用する圧縮力が日本海溝や日本列島内の活断層を動かすからである、とされている。そこで最近、断層の位置の描かれた地図が静かなベストセラーとなっているらしい。断層があるから近い将来必ず地震がある、とは言い切れない。一方で未だ発見されていない断層があり得るから、近くに断層がないからと言って安心して過ぎることもよくない。従って、日本のどこにおいても地震の発生する可能性があると思って、地震に対する備えをすることが望ましい。阪神・淡路大震災以降、かつて断層がいつ動いたかを知るために、断層を掘って直接目で見て確認する、いわゆるトレンチ調査がこちらで実施されつつある。それらの断層が将来いつ動くかが分かるようになることを期待したい。

これまでに雪国でも地震は発生しているし、積雪時にも地震は発生している。日本地震被害総覧や理科年表、新聞から、そのいくつかを取り出し、簡単に紹介すると以下のようである。1666年2月1日夕、積雪4.5mの上越高田をマグニチュード6.4の地震が襲い、高田城で侍屋敷700戸に加えて民家多数が倒壊した。夜になって火災も発生した。雪の壁に阻

* 金沢大学工学部 教授

まれたり、屋根からの雪崩に飲み込まれたり、つららに刺されて、逃げ切れなかった人もいた。死者は1,400～1,500人であった。

1828年12月18日の越後三条地震（マグニチュード6.9）では9,800戸が全潰、1,200戸が焼失、1,400人が亡くなった。1964年の新潟地震で有名になった砂地盤の液状化現象がこの地震でも発生した。この地震における積雪と震害との関係は先の文献には載っていない。

1858年4月9日の越中安政大地震（マグニチュード6.9）では全潰家屋が420戸、死者が280人であった。地震によりあちこちで山が崩れたが、常願寺川上流の大鷲・小鷲山の山崩れで、土砂が川を堰止めた。その後2回に渡って堰が崩れ、下流では洪水で全潰1,600戸、溺死者140人がでた。日本海側では春になると雪解け水が川を潤すが、これが悪い方に作用した。

1961年2月2日の越後長岡地震（マグニチュード5.2）は典型的な局発被害地震で、積雪2mのところへ震度6の地震が襲った。2階部分は壊れたが、周囲の雪の壁に支えられて、1階部分は傾いても倒れなかった家屋があった。

1993年1月15日に釧路沖地震（マグニチュード7.8）が発生した。釧路の震度は6であった。私の研究室は地震の翌翌日から調査を開始したが、夕方から雪が降りだし、どこが壊れているかが分りにくくなった。また気温が零下で、地面が凍てついていたので、地震で道路に亀裂が入ったが、大きく崩れ落ちることとはなく、春になって破壊が徐々に進行した。

1996年2月7日午前10時半ころ、福井県山中の和泉村でマグニチュード5.0の地震が発生した。大野市の震度は5で、市庁舎の窓ガラスが50枚ほど割れた。当時、屋根上に50cm以上の雪が積もっていたが、屋根雪落下は20%にも満たなかった。スキー場でも幸い事故はなかった。我々が調査したすべてのスキー場には、地震直後に実施すべきマニュアルがなかった。しかし係員の判断で、スピーカーで地震情報を流したところがあった。また吹雪や突風などに対するマニュアルを準用し、地震後にリフトのパトロール、点検を実施していた。この地震は平日のスキー客の比較的小さい時間帯に発生したから被

害がなくて良かった。その後、対策用のマニュアルを作ったところが多い、と聞いている。

3. 雪国の気象と震災

阪神・淡路大震災の発生した地域の気候は瀬戸内海式気候であり、元々雨の少ないところである。しかもその前年には琵琶湖が干上がりそうになったほどであった。この地震でも地震前はもとより直後も降らず、6日目に雨らしい雨が降った。幸いなことに、その後も雨は少なかった。

雪国、特に日本海に面した地域はこの時期、雪か雨かあられか何かが毎日空から降っており、晴天の日は少ない。このことを十分念頭において地震時の避難対策を考えねばならない。

北丹後地震は、雪がまだあちこちに残っている1927（昭和2）年3月7日に発生した。多くの人が広場に避難し、ようやく持ち出した布団にくるまっていたが、雪、雨、あられが降り続き、体力の弱った人が衰弱し、次々と亡くなった。火事も発生し、2,900人が亡くなった。全壊家屋は京都府下だけでも4,900戸、全焼家屋は2,000戸であった。冬の雪を考えると、雪国では運動場や公園などの空き地を避難広場に指定することには若干の問題がある。まずは避難広場や避難場所の見直しから始め、雪にも地震にも強い体育館などを避難場所に指定すべきである。近くに公園や広場があれば、救護物資置き場やボランティアの活躍の場として活用できるので、申し分ない。

もし冬の雪国にあのような地震が襲えば、阪神地区よりもっと多くの箇所、大きな崖崩れや地滑りが発生するに違いない。越中安政大地震で山崩れが多かったことには、水分が豊富であったことが関係していたと推察される。急傾斜地の対策や砂防事業は念入りに行われているが、念には念を入れて対策して欲しい。

雪の積もっている山間部では、地震によって一斉にあちこちで雪崩の発生する危険性がある。雪崩防護工は地震で発生するゲリラ的雪崩にも対応できるよう設計されている。しかし念のためにその安全性をもう一度確認して欲しい。

以上2.と3.で見たように積雪時の震害には、雪

国特有の気候が影響を及ぼしている。雪には被害を少しは小さくする効果もあるが、被害の発見がしにくい、雪道は逃げにくい、救援がしにくいなど、雪は地震後には確実に不利に作用する、と考えた方が良さそうである。

4. 雪と木造建築物

木造家屋の屋根そのものの重さは普通 65~100kg/㎡とされているが、屋根に雪が積もれば、屋根雪の1mはおおよそ200kg/㎡に相当するから、日頃の2倍以上の荷重が屋根にさらに作用することになる。家にとっては極めて大きな重労働である。そこへ強力な地震が来ればどうなるかは火を見るより明らかであろう。家が潰れなければ、震災の半分以上は防げるから、何はさておき家は潰れてもらっては困る。雪国の家は雪が積もっても壊れないように、太い目の柱(4寸角。おおよそ12cm)と梁とからできている。少なくともこれまで(昭和30年頃までか)はそうであった。その後は太平洋側の雪の降らない地域と同じ細い柱(3.5寸角。おおよそ10.5cm)が使われていることがあり、気がかりである。載雪型でない家屋では早い目に、例えば1mも雪が積もれば屋根雪下ろしをしたほうがよい。

近年、阪神・淡路大震災で評判の落ちた在来伝統構法の見直しを行い、伝統構法を現代の木造建築に復権・再生する試みを続けている人やグループがある。秋田の木造高度加工研究所・鈴木 有教授もその一人であり、これまでに3つの実験棟を建設している¹⁾。それぞれ、秋田地方の現在の標準的な構法によるA棟(在来軸組)と、同研究所の開発したやや先進的な構法によるB棟(新材料軸組)、および伝統的な木造構法の知恵や工夫を現代に活かした新伝統軸組構法のC棟である。C棟の上部構造と基礎との関係は以下の2通りを選択できるようになっている。一つは柱や束を礎石に直に置く方法である。もう一つは対照的な現代工法で、コンクリート製の布基礎に土台をアンカーボルトで固定する方法である。3棟に対して静的加力実験と、加振機による正弦波加振やロープの引っ張りによる人力の加振をした。C棟は現代構法のA棟、B棟に比べると、振動実験ではよく揺れるし、静的加力実験ではよく撓

むが、A棟、B棟なら大破になるような大変形にも、耐力を落とさない極めて大きな粘り強さを持っていること、上部構造を基礎部に固定すると、解放したときよりよく揺れるという傾向のあること、が分かった。地道な実験を通じて、言われてみれば納得できる知見が再発見されつつあり、地震にも雪にも強い在来工法の家が造られようとしている。

5. 雪国の地理的条件、社会的環境と震災

雪国に限らないが、山間部へ通じる道が一本しかない場合、それが通れなくなると、その後の救援、復旧活動は極めてやりにくい。建築物が倒れ込んだりすると、堆雪で狭くなっている町の中心部の道はますます狭くなるから、救援、復旧に支障が出ることは自明である。地震のときには、パトカー、救急車、消防自動車を除いて「全面的に使用禁止」のような単純なルールを決めておけば、渋滞は何とか避けられよう。「地震直後は私用車の全面通行禁止」。しかしものごとはそう単純に割り切れるものではないから、この案をたたき台にして、議論を始めてはいかがであろうか。

どの道路が壊れるかを予めシミュレートし、そのときにはどんな迂回ルートを設けるか、信号の切れた町で何ができるかを十分に考えておく。こうすれば、被災直後の混雑が少しは緩和する。道路はすべての救援、復旧活動の最も基本であり、その破壊は水道、ガス、電気などライフラインの復旧にも影響を及ぼす。災害時における雪道の通行確保も含めて、道路に期待されている役割は極めて重い。

雪国には大きな、急流河川がたくさんある。阪神・淡路大震災では震度7の地域に大きな川はなかったが、震度4の大阪を流れる淀川下流左岸では砂地盤の液状化により、盛土でできた堤体本体が陥没した。震度6、7に襲われた阪神地区の中小河川では、小規模の護岸の破損、クラック発生が300箇所以上に上ったという。しかし、耐震工法を実施した堤防は壊滅的な損傷を受けていないことから、従来の耐震技術でも大地震にある程度対応できることが証明された。「今後はさらにスーパー堤防化など、堤体構造の改良についても検討するべきである」と、(株)土木学会阪神大震災震害調査緊急報告資料は述べている。

全ての橋や盛土に対して緊急の耐震診断、耐震強化がなされたところであるが、今後も維持管理に一層の注意を払っていただきたい。

雪国は高齢化社会の先取りをしている。阪神・淡路大震災ではお年寄りの犠牲者が死者の半分以上を占めた。年をとれば誰もが多かれ少なかれ身体に障害を持つ。身体に障害があれば、こんな危機のとき、身動きひとつできないであろう。

あのように激しい地震の直後では警察、救急車、消防車の応援は期待できない。そこで威力を発揮するのが家族であり、日頃の町内会自治防災組織であり、ホームヘルパーの活躍である。この人たちは、どのお年寄りがどんな身体の状態にあるかを知っている、みんなで助け合いながら最も適当な避難場所や病院などへお年寄りを連れていける。

バリアフリーの街づくりは、災害のとき壊れない限り、身体障害者にはありがたい。身体障害者のための街づくりは、災害時にも確実に役に立つ。

6. 雪国でこそ実時間救援・応急復旧支援システムの構築を

構造物を作ったり地震対策をするのは人間であるから、気のつかない落とし穴もありそう。自然はそのような弱点を確実に突いてくる。であるから、構造物が壊れることを、また救援、復旧も予め考慮に入れて、対策を立てておかなければならない。そのためには前もって被害想定をしておき、あちこちに地震計を配置しておく。地震計と市町村庁とを電話線や無線でつないでおき、地震時に地震計から地震記録が時々刻々と入れば、被害の全情報が実際に入る前に、どこでどのような被害があるかを予測でき、対応が迅速にできる。ちょうど選挙の時にマスコミが出口調査を実施し、予め調査しておいたデータを修正し、当選確実の報道をより早く、より正確に出そうとしているのと似ている。

阪神・淡路大震災後に各市町村に最低1台の震度計の設置が計画されたことは前進である。しかし震度のみしか測れない震度計より、もっとたくさんの情報が得られる地震計を多くの箇所に設置し、実時間救援・応急復旧システムを構築していくことが強く望まれる。雪国の、人口がまばらな地域では、住

民からの情報も少ないかも知れないので、このシステムは効果的な働きをするものと期待される。

7. 地震と環境問題

阪神・淡路大震災では大量の瓦礫やゴミが一瞬にして発生したので、それを分別収集して処理することができず、野焼きや拡散対策なしのアスベスト壁の撤去などがおおっぴらに行われていた。あるいは黙認されていた。応急復旧が最優先であり、いつまでもゴミの山に囲まれていては埒があかないからであった。日頃はキメ細かい規制に則ってゴミなどの処理が行われるのに、このような超法規的措置をとることがこれからも許されるのであろうか。この措置が自然や生命へどのような影響を及ぼしたのであろうか、大いに気になるところである。

地震学者によると、これからの50年には規模の大きい、強力な地震の頻発する時代を迎えるという。仮にそうであるとして、これから何回も全国で大量のゴミ、瓦礫が発生するときに、神戸と同じような処置をしても良いのであろうか。自然には回復キャパシティがあるのだろうか。

自然は優しいが、しかしときどき牙をむき出しにして、人間を襲うことがある。それが直接に、あるいは人間の反応を介して、環境問題を引き起こしてきた。過去の地震時における環境問題を振り返ると、例えば1923（大正12）年9月1日関東大震災では、赤痢や腸チフスなどの伝染病患者や死者が4千名も発生している。1964（昭和39）年新潟地震では石油タンクの破損により、油の河川流出と火災の発生があった。1978（昭和53）年1月14日伊豆大島近海地震では鉱業所より有害シアン化ナトリウムを含む鉱滓10万トンが河川と海に流出し、周辺環境を汚染した。1978年6月12日宮城県沖地震ではポンプ場に浸水した汚水が自家発電装置に流入したためにポンプの運転が停止し、下水45万 m^3 が河川に直接放流された。そのために大腸菌の数が百倍から千倍に増大した。1983（昭和58）年5月16日の日本海中部地震ではポンプ場にある自家発電装置の冷却用工業水道管が破損したために、職員がポンプ運転の停止を余儀なくされ、下水を海域へ直接放流した。1995（平成7）年1月17日の阪神・淡路大震災では、下水処

理場破損による未処理水の海域への流出と水洗トイレ用水の不足、仮設トイレの尿尿処理不能、被災建物解体に伴う廃棄物とアスベスト粉塵の大量発生があった。

一方外国では1976年7月28日中国の唐山地震では、24万人の死者の腐敗と排泄物やゴミの放置による環境衛生面の悪化があった。1989年10月17日サンフランシスコの地震（ロマプリエタ地震）では下水処理場の停電により、下水7万6千m³の海域への直接放流と海中に延びる放流管の亀裂により、海域が汚染された。

幸い関東大震災を除く日本の被害では、これらの環境問題によって人命が損なわれたり、自然環境が後世にまで影響のある甚大な被害を受けたことはないもようであるが、発生時期や場所などが異なれば、事態は変わっていたかも知れない。積雪時にはどうなるであろうか。雪が融けてから対処するしかない場合もあるから、そのときには環境に配慮した措置をとりたいものである。

建設技術者は構造物が壊れないように設計しているつもりであるが、どれくらいの強さの地震が構造物を襲うかは十分には予想できない。たとえ一部分が破損することはあっても、ぺちゃんこに壊れてしまうことがないように設計している。それでも地震の強さによっては壊れることがあり得るから、今後は分別収集のしやすい壊れ方をするような研究を進めなければならない。破壊力学によると、弾性挙動をする壁に亀裂が入っても、適当な位置に穴を開ければ、破壊の進行が抑えられたり、逆に破壊を促進することができるという。もしそうであれば、構造物を形成する材料ごとにコロッ、コロッとかたまって壊れ落とすことも可能となろう。実際の構造物はもっと複雑であるから、話はそう簡単ではないようだが、壊しやすい構造物、分解しやすい製品を作ることがこれからの大きな研究テーマとなるかも知れない。

8. 環境への意識の高い自治体と住民の対応²⁾

地震後の苦難の中で、環境に配慮した行動をとった町はこれまでにあった。しかし1993年に発生した釧路沖地震後の標茶町と住民の環境への対応は特

筆に値する。地震が発生して各種ライフラインが同時に壊れたとしても、復旧時期は別々であり、一般には電気、電話、水道、下水道、ガスの順番で復旧することが多い。このうち水道と下水道に注目すると、水道が復旧したからと言って、直ぐに水道水を使い始めると、下水道は未だ壊れたままであるから、下水の垂れ流しにつながる。地震後には、多かれ少なかれこの種の環境破壊が行われるが、標茶町の対応は違った。標茶町は町の面積の45%を占める釧路湿原を抱えている。10年以上も前から釧路湿原はラムサール条約（水鳥の生息地として国際的に重要な湿地に関する条約）の登録指定湿地であった。つきにはどの地区を登録指定するかを話し合う国際会議が今まさに釧路で開催されようとしていたときに、地震が発生した。そこで住民は釧路湿原の環境を守るために、下水道の処理能力を監視しながら、上水道の復旧を行い、長期の断水生活に耐えた。前述したように私の研究室は構造物が壊れた、壊れていないの調査をしていたとき、標茶町の対応を知った。

標茶町の住民は町内を流れる釧路川の水質保全にいつも配慮していた。産業の中心は酪農であり、4万5千頭の牛が飼育されている。そこで生活排水の処理も含めて、湿原の富栄養化を防ぐためもあって、下水道整備計画が積極的に押し進められていた。そんな中で地震が発生したのであるから、住民は直後から下水の使用を制限した。

標茶町の下水道の被害を阪神・淡路大震災における神戸のそれと比較すると、都市の規模の違いから神戸の被害の方が圧倒的に大きく、比較にならないが、管渠被災率（＝被災管渠の長さ／敷設管渠の長さ）で見ると、標茶町の値は神戸の6倍であり、下水道施設の被害の甚大さが分かる。上水道に関しては、全戸が断水したので、下水量は通常を下回っていたが、3日後に全戸の50%が復旧した頃から多くの家庭で一斉に洗濯や入浴などの水道利用が始まったために、下水水量も一気に上昇した。2週間後には大雨と融雪水により下水量はピークに達し、放水量の最大値が処理場のポンプ能力を辛うじて下回る程度にまでなった。そこで町は広報車によって、節水の呼びかけを行った。住民はそれに即座に対応した。この住民の行動と定常的な下水の監視によって、下

水道課は釧路川への直接放流という危機を避けることができた。地震前後に実施された河川水質検査結果には大きな変化はなく、下水道法施行令による放流水の技術上の基準値と比較しても両時期ともに全ての項目で基準値をクリアしており、下水処理に何の問題も発生しなかった。

自治体の的確な対策と住民の適切な対応によって、湿原の環境は保護されたが、それに対する住民の反応はどうであったであろうか。町民に対して行われたアンケート調査によれば、「今回の地震で特に不自由なことや困ったことがあるか」との複数回答可の問いに対し、「水」と答えた人が65%と最も多く、次いで電気が48%、電話が40%であった。「水」の数値は地震後全戸が断水となった割には極めて低い数値であると言える。

地震後の生きるか死ぬかの中では、環境を考えるゆとりはなさそうに思える。しかしもし少しの我慢で環境が守れるのであれば、環境を守るためには不自由をいとわない住民がおられることも知った。そんな人が増えるように、建設技術者はライフラインや構造物がしなやかに挙動するように、さらには壊れないように、あるいはうまく壊れるように、努力を続けなければならないと思った。

9. 積雪期の地震災害の階層構造モデル構築

私の研究室では、無積雪期の災害と比較して積雪期の地震災害がどのように拡大するかを知るために、階層構造モデルを作って問題の具体化を図るとともに、これを用い両災害が同時に発生した場合の被害軽減策について検討している。最初に雪災害と地震災害、それぞれにおける被害構成要因を別々に考え、ISM法によって階層構造モデルを作った。

ISM法とは、あるシステムを構成している全ての要素を抽出し、それらの間の複雑な相互関係を明らかにするために、人間の判断を基にグラフ理論を用いて、システム全体の構造を明確化していく手法である。

まず地震動が発生し、地盤破壊を生じさせ、建物や橋梁、道路などの被害が生じる。このような物的被害である1次災害が生じたあと、つぎに1次災害が原因となり、ライフラインの機能低下や交通障害

などの2次災害が生じる。このように地震が発生したときに考えられる連鎖的な被害拡大要因を過去の地震、主に阪神・淡路大震災を参考に抽出、これを基にISM法により、地震被害における有効グラフを作成した。

一方、雪は積雪、吹雪、雪崩、融雪など様々な形で被害をもたらす。雪災害のうち最も発生しやすいのは交通障害である。高齢者の屋根雪下ろしによる事故も多く、高齢化社会を先取りする雪国の被害にはこの社会的要因が大きく関わってくる。

これらを組み合わせで作成した、積雪時の地震被害の階層有効モデルが図-1である。今後、実際の被害事例と比較検討することにより、作成した階層有効モデルに信頼性を持たせる。また被害拡大要因に優先順位付けを行うことによって着目する問題を絞り込む。着目する問題ごとに、どの程度の被害拡大があり、逆にどの要因を無くすことによって、被害の軽減が図れるかを検討していく。

10. おわりに

阪神・淡路大震災が発生し、これまで地震を気にもしていなかった多くの個人や団体が地震防災に本格的に関心を持っていることは喜ばしいことである。しかし最近は関心や熱意が下降気味である。最近の地震は忘れないうちにやってくるから、防災に真剣に取り組むようにしたいものである。なお筆者が重要と思う個所を太字で標記した。

阪神・淡路大震災以降、雪工学会誌でも雪と地震に関する話題は何回となく取り上げられてきた。それらを総括したかったが、その域に達せず、勉強不足を痛感している。本文は文献³⁾に大幅に書き加えたものである。また下記文献を参考にさせていただいた。記して感謝する。

参考文献

- 1) 松井郁夫：日本列島伝統構法の旅 第8回秋田県・木高研の実験、建築知識、1998年12月号、pp.210～213。
- 2) 吉田雅穂：震災時の環境アセスメントを考慮した下水道施設の耐震強化法と震後復旧システムの開発、平成8～9年度科学研究費補助金（基礎研究（B）(1)）研究成果報告書（筆者は研究分担者）、平成10年3月。
- 3) 北浦 勝：積雪地域における地震対策について、ゆき、No.26、pp.16～21、平成9年1月。

図－１ 雪災害と地震災害の階層構造有効モデル