

昨年 11 月 19 日かでの 2・7 にて 60 名以上の参加を得て、新たな想定に対処した道内防災基盤の確立に向けて「防災・減災対策空間情報活用セミナー」が開催されました。基調講演で北海道大学大学院工学研究院都市防災学研究室教授の岡田成幸氏が「地震防災にみる情報把握と北海道の減災対策」と題して講演されました。北海道防災会議の専門委員であり、道危機対策課の地震防災対策における減災目標策定に関するワーキングの座長の立場から、防災に関する建築工学的視点や国の防災戦略の問題点、更に北海道の防災面から見た課題についてお話されましたので、講演要旨をご紹介します。

「地震防災にみる情報把握と北海道の減災対策」

北海道大学大学院工学研究院

建築都市空間デザイン部門都市防災学研究室 教授 岡田 成幸氏

第1章 防災の考え方 私論

北大の建築では、建築分野の領域が建物をどう支えるかの構造系、住みよさを創る環境・性能系、地域をデザインする計画系の3つに分かれています。防災とは、リスクを制御/管理することです。ではリスクとは何かというと、「望ましくない事象の不確実さの程度及びその結果の大きさの程度」をいいます。日本語で危険度といいますが、その事象の発生頻度×影響程度になります。つまりリスクとは単位時間当たりの損失レベルと定義されます。地震の場合、東日本大震災のような1000年に1回という発生頻度になり、発生頻度はゼロに近くなり、リスクは小さくなりますが、無視できるかというところはいきません。リスクというのは起こる前の危険度を扱うので、起こってしまったからは危機という言葉になります。危機管理(Crisis Management)には、発生頻度という言葉は入ってきません。起こったものに対してどう対処していくかという事になります。災害が起こる前をリスク管理、災害が起こった後を危機管理といえます。

リスクマネジメントでは、発生確率を縦軸、被害規模を横軸にとりますが、発生確率や被害規模を小さくすることを減災といえます。減災には、被害規模を小さくする(リスク軽減)と発生確率を下げる(リスク予防)の2つのやり方があります。発生確率が小さく被害規模が大きい災害は、市場経済に乗って来ません。そこで、こうしたものはリスク転嫁して金銭による補償に切り替える(保険)という考えになります。

リスクコントロールには、1)またリスク回避(例えば遷都)、2)発生の確率を抑えるリスク予防(防潮堤や建物の耐震化)、3)損傷の程度を下げるリスク軽減(防火帯、避難場所の準備)の3つがあり、リスクファイナンスには、1)リスク転嫁(保険)と2)リスク保有(事前復旧計画、災害準備金積立)の2つがあります。

発災対応型の事前準備が、発災時の危機管理の巧拙を決定してしまいます。例えばダムなどは、大雨が降ると減災になるのですが、降らないと無駄と言われてしまいます。

確率の考え方によって無駄なことをやったのか、それとも先見の明を持って対策を取ったのかということを決めてしまうので、防災リーダーにはリスクに対する哲学が求められます。

時間軸についてもう少し詳しく見ていきます。災害が発生する前は、事前対策（Risk management）で起こった後は事後対策（Crisis management）になりますが、災害時の緊急地震速報などの最中対応（Real time management）あります。事前対策には予防型と軽減型があり、事後対策（危機管理）も応急対策と救援（物資や人を送り込む）や復旧や復興があります。復興はより良い状態にしていこうとするものです。復興予防型というのは公共投資（ハード型対策）に相当し、災害に対する抵抗力を高める対策ということになります。発災対応から復旧に至る過程で元の状態に如何に戻すか（回復力）に関してはソフト型の対策になります。

私は、防災の3思考軸として時間軸、因果軸、主導レベル軸で考えていくことが必要だと思います。そして災害の局面では、個人ベース、世帯ベース、コミュニティベース、行政ベースがありますが、個人においては生命を守る自助、一旦災害が落ち着いてから救助などの共助、更に復旧、復興という公助があります。この3つで防災の流れが出来上がっているのです。

次に原因としてどうなのかという事ですが、地震について考えてみます。地震というのは断層ができて、そこから波が出て伝播して柔らかい地表面で増幅されて地面を大きく動かします。地面を大きく動かすところをハザードといいます。地震動（震度分布）というものは、断層に関する項目、波が伝播する（アテニュレーション）項目、地盤増幅（グランドアンプリケーション）項目の3つが重なってハザードを形成しています。地震の揺れを抑えるためには、このうちのどれかを小さくすればいいわけです。更にこの上に、人が作った建物や施設、地域、国があるわけですが、そうしたものの地震に対する弱さをバルナロビリティといいます。この分布も問題となってきます。こうしたものが損傷程度を決めるのです。こうして分解するとどこを頑張れば災害が小さくなるかが見えて来るのです。

この中で地盤増幅の部分は建築とか土木工学が担当します。液状化対策や土を入れ替えるとか人口地盤にするという基礎の部分になります。次にバルナロビリティ（ものの脆弱さ）の部分は、建物を耐震化するという建築工学の仕事になります。次にポピュレーションは人口や建物の分布になりますが、これも都市工学になりますから建築工学の分野になります。ハザードは制御不能となります。但し断層を想定することで、ハザードの予測ができます。これをハザードマップと言いますが、地震対策に使われています。また直前予測として緊急地震速報を配信できるようになりました。制御ではないのですが、大きな波が来る前に逃げるとかシステムを止めるとかに使えます。このように因果関係を見ることによって、どの分野にどういう人が関わっているかを知ることができます。建築はバルナロビリティとポピュレーションの分野を担当しますが、この部分に

ついて説明します。

第2章 建築工学からの災害制御の方法

建築とは何かというと空間の創造であると講義では教えています。古代のローマ人はどのようにして紀元前に大空間を作りだしたのでしょうか。当時の建築材料は石でしたが、その重力との戦いが建築工学の主テーマでした。材料に加わる力（応力）は、軸方向力、剪断力、曲げモーメントの3つ力になりますので、それに耐える必要があります。石は圧縮強度だけは非常に強いのですが、この圧縮力のみで耐える構造が模索されました。例えばアーチ構造ですが、これも圧縮力しかかかっていないので重さに耐えられるのですが、このアーチを連続させて（ヴォールト）いるのが、ローマ時代から引き継がれる教会建築物です。これを交差させるものを交差ヴォールトといいます。このアーチ構造にも問題点があります。足を広げると横方向に広がってしまう（スラスト）のです。これを処理するために控え壁（バットレス）、ピクナル（尖塔）、飛梁（フライングバットレス）などの構造が作られました。

ところが日本の場合、地震の多発地域のため横方向の力が働きます。柱は地震が起こると剪断破壊によってバツテンに壊れます。これは軸線に沿って剪断力が発生し、破壊（滑り）の方向は圧縮（引張）軸の斜め方向に生じるためです。石というのは圧縮には強いのですが、剪断には弱いので瞬間的に壊れてしまいます。剪断破壊が起こるとどうなるかというと、重量を支持できずに層破壊を起こして一気に潰れてしまいます。建物の場合、その階自体がなくなってしまうので、非常に危険です。建物を作る際に耐震的に強く作るか、柔らかくするかのどちらかになります。エネルギーを吸収する柔構造と力に対して力で守る剛構造のどちらかになります。大きい構造物になると壁ばかりで無駄が多いので、高い建物は長周期の柔構造の建物になります。木造の場合は、柔構造にするとお金がかかりすぎるので剛構造にします。それから免震、制振という考え方もあります。波が建物に入ってくる前に逃がしてしまうのが免震構造で、エネルギーを違う方向に吸収するのが制振になります。耐震、免震、制振の3つの考え方があり、柔構造、剛構造は耐震の考え方になります。

鉄筋コンクリートというのは、引張に弱いコンクリートと圧縮に弱い鉄筋を組み合わせたハイブリッド構造になっています。日本場合はアーチ構造でなく柱があって梁があるラーメン構造が多いのです。また壁構造というものがあります。耐震上は壁構造の方が強いようです。よく見るのは2階、3階を壁構造にして1階部分をラーメン構造にします。1階部分はお店であったり駐車場であったりします。壁部分は強いのですが、柱部分は変形してしまいます。ただ、津波の波がやってくると壁でも簡単にひっくり返してしまいます。波は逃すためにピロティ構造（1階がラーメン構造）の方がいいということです。

建物の強さは耐震診断値で評価されます。この値が1.0より大きいと安心できます。1.0

未満は危ない、0・5未満は危険な建物になります。日本の平均は0.65で半分は0.5以下の非常に危険な建物となっています。国としてはこれを耐震化しましょうという事で、これが国の耐震戦略になっています。

第3章 国の防災戦略とその問題点

国の戦略は災害が起こってそれに後付けで法律を整備していっています。1923年の関東大震災があって翌年に耐震の規制がかけられました。1948年の福井地震の後に建築基準法、1959年の伊勢湾台風の後に災害対策基本法、1968年の第2次十勝沖地震の後に1978年に大規模地震対策特別措置法ができ、地震予知によってリスク回避を頑張りましょうということになりました。ところが1995年阪神淡路大震災が起こって、予知はできないという事でリスク予防やリスク軽減を重視するように方向転換されます。予知は地震の規模、起こる場所、発生の時間の3つがわかって地震予知と言いますが、地震学情報のみでは確実な想定は難しいと言えます。地震予知は難しいですが、地震想定はハード対策で耐震規定の目標値になります。地震発生後の避難対策で、何人がどこからやってくるのか、どうやって決めないといけないかは、どういう地震であるかによって決まってくるので地震を想定してシナリオを作る事によってソフト的な対策に役立ちます。つまり対策の目標像として1・被害の最大値を評価することによってハード対策を行い、2・被害シナリオの想定によってソフト対策を行います。

北海道においては、31の地震を想定しておりますが、地震の被害想定をするためには色々なパラメーターを決めていかななくてはなりませんから193の地震動パターンを考えました。まず想定値（耐震基準）を考えて、そのX倍の強度の建物を作ります。それ以上の強い地震が来たら想定外となってしまいます。シナリオに関しても空間分布、被害分布、時間連鎖、被害連関等について対応戦略を考えるのですが、違うパターンが発生したら想定外になります。次に断層モデルの簡略化とそこから派生する問題点について考えます。断層のパラメーターが少し違うだけで、震度分布が大きく変わります。また断層はモデル化が難しく揺れの評価は確定できません。防災工学的な考えでは、様々な地震動パターンを考慮し、それぞれのパターンに対応することが重要になってきます。

札幌市においても想定直下地震を考えました。東西南北すべてにおいて、また全域がやられるパターン、中央区だけがやられるパターンが出てきました。私の方では、それぞれに対してどのような対策が必要かを札幌市に対して提案しました。つまり多重対策（予防型対策＋発生対応型）が必要なのです。国においては、例えば東海地震においては2005年～2014年の10年に人的被害軽減戦略として住宅の耐震化率を75%から90%にすることで死者数を3500人に半減するなどの具体的な目標を立てて取り組んでいます。その根拠となるのが耐震改修促進法です。ただ現状では非常に使いづらいものになっていますので、私どもでは改正案を札幌市に提案しております。

次に人的被害を算出するメカニズムについて考えます。現状における人的被害推定式はハザードマップをもとに被害率関数をかけて算出するのですが、現状の人的被害評価式(致死率関数)は単なる被害想定であり、保険医療からの要望に全く答えられていません。つまり死者発生メカニズムが考慮されていないために死者低減対策には使えません。当研究室では、負傷数予測モデルを作成することによって、救助行為や医療行為といった直後の医療関係の人的資源配分マネジメントに生かす事ができるように配慮しております。

第4章 北海道防災会議で検討している地域性的問題

まず北海道は島として圧倒的に広く、人口密度が小さい(薄い)という特色があります。札幌圏に一極集中しているため札幌がやられてしまうと大きく影響を受けてしまいます。産業構造上も第2種危険市町村といって、普段から情報を他都市に頼っていて災害時には孤立する市町村が多いのです。首都圏などでは人口集中が問題になりますが、北海道の場合は過疎が問題になります。次に問題なのが交通アクセスの問題です。一般道は簡単に使えなくなるので、災害時に一番頼りになるのは高速道路なのですが、ここが脆弱です。東日本大震災においても、後方支援型の被災自治体の対応が重要なのですが、北海道の場合は、道外に支援を頼らざるを得ないのですが、その場合でも30万人以上の市では専門的な業務支援が可能ですが、それ以下では支援開始も遅く十分な支援も期待できません。道内では札幌、旭川、函館だけです。被災地への陸路は途絶される可能性も大きく、港湾は液状化により使用不可能となる可能性が大きいのです。札幌圏が被災した場合、道外からの支援に頼らざるを得ませんが、その場合どうしたらいいかは今後考えていかななくてはならない問題です。交通アクセスの高規格化とネットワーク化の早期実現の必要性が大きいといえます。