

(3) 講演「命を守る—震災の教訓と今後の展望」

1) 「2015 年以後の視点—災害軽減の実績と今後の課題」

サルバノ・ブリセーニョ IRDR 科学委員会委員長・前国連国際防災戦略事務局長



自然災害の増加傾向は自然現象や危険要素(ハザード)の増加に起因するのではなく、社会の脆弱性に原因がある。これまでも災害対策への備えは重視されてきた。しかし、災害の主要因となっている脆弱性に対策を講じるなどのリスク軽減に重点的に取り組むことの必要性は切迫したものとなっている。

ここでいう脆弱性には建て方や立地の悪い建物、エコシステムと天然資源の枯渇、危機意識・リスク・ガバナンス機関・説明責任の欠如が含まれている。しかも大学は未だに統合的・全体的というよりは、分断したアプローチで。それぞれの分野の専門家を育成している。

これらの問題点が「災害軽減 (DRR)」というテーマへとつながり、2000 年の国連国際防災戦略 (ISDR) が生まれた。国連国際防災戦略 (ISDR) とは持続可能な開発の一環として災害軽減への意識を高めることで災害に強いコミュニティの構築を目指すための理念的枠組みであり、それにより自然ハザードおよびそれに関連した技術的・環境的災害による人、社会、経済、環境の損失を減らすことを目標としている。

国連国際防災戦略 (ISDR) は国際防災の 10 年 (1990—1999) を継承するものとして打ち出された。2005 年には兵庫行動枠組み (HFA) が世界防災会議において国連加盟 168 国によって採択された。兵庫行動枠組みは自然ハザードに対してより安全な世界を実現するための 10 か年計画である。現在、国連国際防災戦略 (ISDR) では 2015 年に第三回世界防災会議を開催する準備を進めており、その際に兵庫行動枠組みの後継となる体制の採択を予定している。兵庫行動枠組みではリスク・ガバナンスの仕組みの土台が築かれたが、それを発展させるにあたっての各政府の取り組みはごく初期段階にとどまっており、政策としての優先順位を高める必要がある。ガバナンスには、説明責任、透明性、並びに参加型アプローチが組み込まれる必要がある。災害軽減はまた、気候変動に適応していく過程においてのみならず、すべての部門が適応を図っていく以前の最初の一歩として認識されなければならない。なお、災害軽減はミレニアム開発目標 (MDG) の次の段階における必須要件でもある。環境政策には、欠くことのできないエコシステムの一部として災害軽減を正式に認めることが求められる。更に、すべての建物の安全性に対するより強い意識が必要であり、これはより高いレベルの主導によってのみ実現する。

学問の世界は、その細分化された専門家教育によって問題の根源となっているため、防災重点研究 (IRDR) プログラムが開始され、科学界が研究や教育においてリスク理解への統合的アプローチを更に開発することが目標とされている。

2) 「都市の新たな脅威としての長周期地震動」

瀬戸 一起 東京大学地震研究所教授

近年の大規模建造物の急激な増加に伴い長周期地震動（LPGM）が大きな課題となっており、これは同時に免震建造物にも影響を及ぼす可能性がある。大規模な海溝型地震および中規模から大規模な地殻地震は伝播効果を通じて遠く離れた堆積盆地に遠方震源の長周期地震動を発生させることがあり、他方、断層付近の長周期地震動の大半は震源の破壊指向性によって発生する。遠方を震源とする長周期地震動には断層付近の長周期地震動に比べ長時間持続する表面波が含まれている。短周期地震動とは異なり、長周期地震動は数値シミュレーションによってのみ予測できる。

日本政府の地震調査研究推進本部は、地下構造モデル検討分科会を設立した。多くの機関が国内様々な地の速度構造モデルを構築しており、地下構造モデル検討分科会ではそれらのモデルをアップデートして長周期地震動のハザードマップを作成する三か年プロジェクトを開始した。ハザードマップ作成は数値シミュレーションによって行われている。アップデートされたモデルは日本全体の速度構造モデルに組み込まれていく。速度構造モデルは震源モデル以上に長周期地震動のハザードマップの正確性を左右する。速度構造モデルを構成する三つの部分は、それぞれ「表土層」「深部堆積層」「地震基盤以深の地殻構」と呼ばれる。表土層は他の二つに比べ長周期地震動への影響が小さいため、工学的基盤より下にある残りの二層に焦点を当てる。付加体の利用が長周期地震動の速度構造モデル構築に大変重要であることがわかっている。最終的な差分アルゴリズムに向けた数値シミュレーションには速度構造モデルの地形図を平面化する必要があるが、その際は「押しつぶし（squashing）」手法（海面上の地形特性を海面下に押し付ける）が「ブルドーザー（bulldozing）」手法よりも優れていることが明らかとなった。

これまでに3広域の一時モデルが開発された。そのうち東海地震と東南海地震のモデルの試行を行い、シミュレーション結果を1944年の東南海地震で記録されたデータと比較した結果、良好な結果が示された。この結果は公表され、NHK「MEGAQUAKE」（第三回）の番組内で取り上げられた。



3) 「津波避難ビルの構造設計法」

福山 洋 （独）建築研究所構造研究グループ長

2011年の東日本大震災と津波で、陸前高田市は15メートルの津波に襲われた。多くの木造建造物が流出したが、ほとんどのRC造建築物は構造的な損傷を受けなかった。とはいえ、深刻な損傷を受けたRC造建築物もあった。最初の事例は、津波荷重が建物の水平方向の抵抗力を上回ったことによる二階建て建物の完全な崩壊。二つ目は二階建て構造の一階部分が、二階部分への津波波圧が一階部分に伝わった時に破壊されたケース。三つ



目は、大きな浮力と不十分な建物自重が原因で建物が転倒したケース。このようなケースで転倒に対する抵抗力を上げるためには、杭基礎を活用することができる。しかし杭基礎を施した建物にも転倒したものが一部あった。天井下の空気溜まりは浮力を増大させるため、構造設計において考慮に入れる必要がある。四つ目の事例は、余震や第二波に抵抗するための耐力壁と柱が破壊されたことによる壁の変形。五つ目は非常に強い津波の流れにより建造物のコーナー部の洗掘が起こり建物が傾斜したケース。六つ目は滑動で、これは杭基礎の活用により防ぐことができる。七つ目は漂流物の衝突による耐力壁の破壊と漂流物の建物内浸入。

鉄骨造建造物の被害に目を転じると、露出型柱脚および柱頭接合部の破壊がわりと多く、上部構造の流出につながった。その他には、外装材がほぼ無傷にも関わらず津波荷重と浮力により転倒したものがあつた。鉄骨造建造物の大半は、外装材、内装材ともすべて失い骨組みだけが残っている。また大きな残留変形も見られた。

これら事例をもとに、(独)建築研究所構造研究グループは、2005年に定められた津波避難ビルに係る構造設計法を検証した。津波からの避難が可能な高台がない場合、とりわけ沿岸部では、迅速な避難のために最も高い土地に津波避難ビルを建設するべきである。ここでは建物の高さ、遮蔽物、海からの距離といった建物の抵抗力への影響を検証した。津波避難ビルの構造設計が目指すのは、倒壊しない、転倒しない、滑動しないということである。これを満たす構造設計要件は、津波波圧と荷重、各層せん断力と浮力を算定して導き出される。(独)建築研究所は、ここで提案した構造設計法が津波災害から生命を守る津波避難ビルの建設を後押しすることを強く願っている。

4)「地震工学分野の調査研究協力—ヨーロッパの SAFECAST プロジェクト」 ファルク・カラドアン トルコ・イスタンブール工科大学教授・前学長

構造工学や研究テーマには協力と相補的研究が重要である。トルコはヨーロッパにおける三つの継続的な協調型プロジェクトに参加した。ECOLEADER と PRECAST EC8 にはプレキャストコンクリート構造の靱性を計り原位置コンクリート構造と比べる目的があつた。その成果として、プレキャスト骨組および建物は原位置工法によるものと遜色ない靱性を示すことが確認された。ただし調査結果から明らかになったのは床組の変形性、特に床・デッキと垂直柱の接合部の実際の設計について、完全に把握できておらず、そのためにプレキャスト建築構造の設計に必要な数量的検討を正しく行うことが難しかった。

SAFECAST プロジェクトは今述べた二つのプロジェクトから生まれたもので、RTD 提供者とイタリア、スペイン、ポルトガル、トルコ、ギリシャの中小企業連合の共同事業体である。このプロジェクトの目的は、接合部、変形性、プレキャストと原位置要素の相互作用を中心にプレキャスト補強鉄筋入り構造の地震時の挙動に関する知識の格差を埋めることである。さらに、信頼できる数的ツールを開発し、地震地域において接合材の特性を活かしたプレキャスト構造を設計する新たな基準を体系化することもプロジェクトの目標である。接合材、ジョイント、部分組立材について一連の単純、反復、並びに振動台による実験が行われた。大規模な仮動的実験が、一階建ておよび多層型の構造体について行われた。適切な数的モデルを検証する前に数的シミュレーションが行われた。

SAFECAST は 2012 年 3 月に完了し、「地震作用のもとでのプレキャスト構造の接合部の設計指針



(Design Guidelines for Connections of Precast Structures under Seismic Actions)」として発表された。まとめると、その成果が示すのは、地域の協力の重要性和、協調型プロジェクトのためには予算の増加が必要だということである。また、地元のニーズを満たすべく地方の行政体および住民が関与していかなければならない。

5年前のユネスコでの発足時の会合で、世界中に十分な実験機関、訓練施設、そして訓練を受けた人材がおり、現地や個別の取り組みをつなぎあわせることでそれら相互の協力を強めていく時期に来ているという話があった。カラドアン氏は建築・住宅地震防災国際プラットフォーム（IPRED）が既存の協調型プロジェクトをコーディネートするような機関になっていくことはできないだろうか。

5) Q & A 討論

質問：「津波避難ビルの構造設計法」の研究では、なぜ海岸線から500メートルを安全圏に設定したのか？ 浸水深度や波圧の設定にあたっては、土地の地形や高さを考慮に入れる必要はなかったのか？ 極めて低い土地については津波が起きた際の避難にあたってはどれくらいの建物高さを安全とみなすべきなのか？

回答：地形については研究の範疇外であり、限られたデータに基づき、海岸線から500メートルを安全な距離だと判断した。決定的なデータを持っているわけではないが、これからも設計法の改善を続けていくつもりである。私たちが提唱するのは、浸水した階高より少なくとも二階分高い建物高さにすることと、その際に各階に床が設けられなければならないということ。