

建築物の地震防災技術情報ネットワークの構築と国際貢献

国際地震工学センター 上席研究員 斉藤 大樹

目次

はじめに

国際地震工学センターの活動

- 1) 国際地震工学研修事業
- 2) 途上国へのアンケート調査

地震防災技術情報ネットワーク (IISEE-Net)

- 1) IISEE-Net とは？
- 2) IISEE-Net による耐震情報の発信

建築物の早期地震被害推定システムの開発

- 1) 早期地震被害推定システムの構成
- 2) 早期地震被害推定システムの利用例

国際技術協力の推進に向けて

おわりに

参考文献

はじめに

毎年のように、途上国では、地震により多くの命が失われている。世界の地震被害の統計データによれば、経済的損失という観点からは、日本や米国のような先進国の地震被害の比率が大きい、人的被害では圧倒的に途上国の地震被害の比率が大きいことがわかる。それは、地震発生帯に多くの開発途上国が位置しているという地政学的な条件に加えて、途上国の建物が貧弱で耐震性がほとんどないこと、耐震技術が十分に普及していないことが起因している。日本の耐震技術の水準は世界一と言われており、毎年、多くの研修生が途上国から勉強に訪れているが、彼らの知識が途上国で実際に生かされない限り、状況が改善される見込みはない。研修やインターネットの普及で、少なくとも知識のバリアは除かれつつあるが、本当に地震災害を低減するためには、単なる“知識”の段階から、国の政策や、民間、住民の意識を変える“認識”の段階にまで高めなければならない。これは途上国に限ったことではなく、日本でも言うことであり、防災が抱える本質的な問題と言える。

独立行政法人建築研究所は、旧建設省時代から、40年以上の長きに渡って、途上国からの研修生を受け入れ、地震学と地震工学の研修を実施してきた。平成18年からは、研修生には、政策研究大学院大学との連携により、修士（防災学）の学位を与えることが可能になった。また、建築研究所は、これまでに政府のODA事業として行われてきた途上国との地震防災プロジェクトにおいて、日本側の担当機関として、中心的な役割を担ってきた。現在は、ルーマニア国との間で「地震災害軽減プロジェクト」(平成16年10月～平成20年9月)を実施している。こうした長年の技術援助により、いくつかの途上国では、自助努力によって地震防災への取り組みが始められたところもある。しかし、それは途上国全体の中のほんの僅かにすぎない。依然として、日本が強いリーダーシップを発揮して、世界の地震防災のために貢献するニーズが存在している。

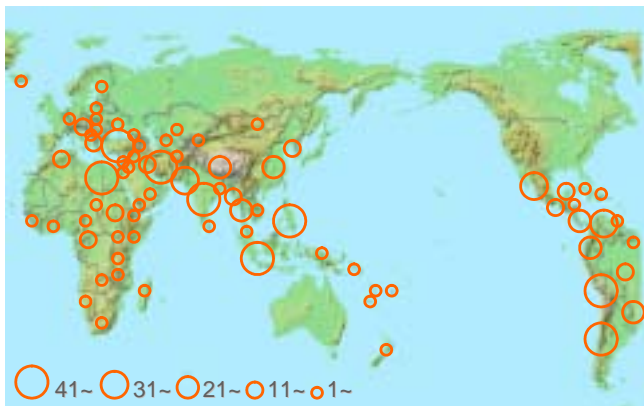
本論では、国際地震工学研修を担ってきた国際地震工学センターのこれまでの取り組みと、今後の活動について報告し、建築研究所が果たすべき役割について考える。

国際地震工学センターの活動

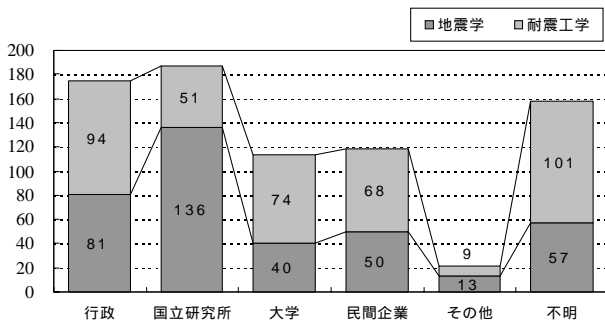
1) 国際地震工学研修事業

途上国を対象とした地震学・地震工学の研修の重要性が、1960年に東京で行われた第2回世界地震工学の際に提起され、その後、海外技術協力事業団の協力を得て、東京大学生産技術研究所で研修事業が開始された。研修事業を恒久化するための関係各位の尽力の下、1962年には建築研究所内に新設された国際地震工学部（現在は国際地震工学センター）に研修の場が引き継がれた。研修事業の開始から40年以上を経過し、これまでに研修コースを修了した研修生は、95カ国、1259人に及んでいる（平成18年3月現在）、図1の地図には、出身国の位置と、研修生の数の多さを示している。地震の多い、環太平洋諸国や、南アジア、中近東が多いことが分かる。最近では、東ヨーロッパや中央アジアなど、旧ソ連圏からの参加者も見られる。

現在、国際地震工学センターが実施している研修には、地震学・地震工学の基礎・応用技術を修めるレギュラーコース（約12ヶ月間、毎年20名程度）、核実験抑制のための地震観測技術を修めるグローバル地震観測コース（約2ヶ月、毎年10名程度）そして特定の課題解決を図る個別コース（期間任意、数名）の3種類がある。



(a) 研修生の出身国の分布



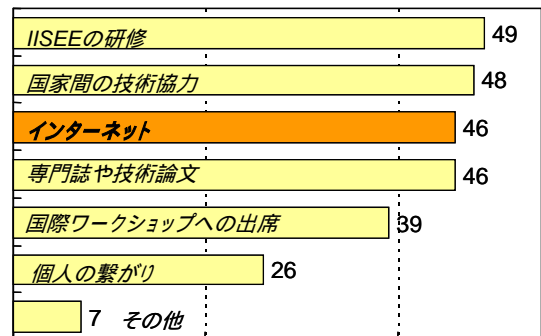
(b) 研修生の所属先（レギュラーコース）

図1 国際地震工学研修の修了生

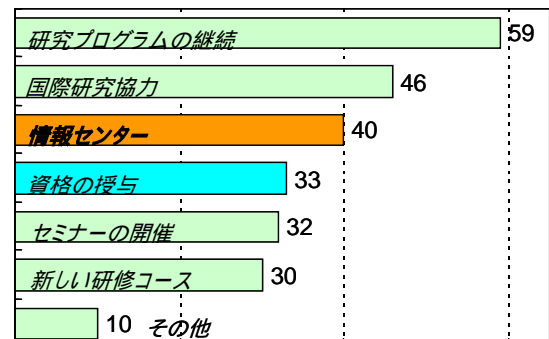
2) 途上国へのアンケート調査

建築研究所が、平成13年4月に国立研究機関から独立行政法人に移行するに伴い、国際地震工学研修の位置づけについて議論がなされた。その際に途上国の元研修生を中心に行ったアンケート結果を以下に紹介したい（図2）。質問「地震工学に関する情報収集の望ましい方法」に対しては、最も多い回答が「国際地震工学センター(IISEE)の研修」という回答であった。また、国際間の共同研究の実施やインターネットの利用という回答も多い。また、質問「国際地震工学センターに期待すること」に対しては、最も回答が多いのが「研修プログラムの継続」であった。他に、国際共同研究や、情報センター、資格の授与などが多いことに注目したい。

アンケート結果からも、建築研究所が行ってきた国際地震工学研修は、多くの途上国から強い支持を受けており、存続を希望する声が多いことがわかる。また、同時に、インターネットを利用した情報発信など、新しい形態での活動を期待していることがわかる。



(a) 地震工学に関する情報収集の望ましい方法



(a) 国際地震工学センターに期待すること

図2 途上国へのアンケート結果（複数回答可、人）

地震防災技術情報ネットワーク (IISEE Net)

1) IISEE Net とは?

地震発生帯には多くの開発途上国が位置しており、地震に伴う建築物の損壊により、多くの人命・財産が失われてきた。開発途上国における地震被害を軽減するためには、各国自らが国・地域等に固有の震源・地盤・建築構造等の特性を理解し、地震防災技術の研究開発に取り組むことが不可欠である。しかしながら、これら開発途上国では地震観測体制や調査体制が必ずしも十分でなく、地震防災研究に必要な情報が容易に得られない場合も多い。

「地震防災技術情報ネットワーク(以下、IISEE-Net と称する)」は、途上各国が自ら行う地震防災研究に貢献するため、建築物の地震防災に関連する様々な技術情報をインターネットを通じて発信する仕組みである。建築研究所国際地震工学センター(IISEE)では、IISEE-Net の構築を平成 12 年度から 3 年計画で進め、技術情報を掲載した Webpage を平成 14 年 6 月から一般に公開している。途上各国の研究者は、地震観測網・強震観測網・地震被害履歴・建築耐震基準・マイクロゾーニング事例に関する世界各国の技術情報を、インターネット接続された手持ちのパソコンから常時無償で参照することができる。また、途上国支援に携わる関係機関は、各国の特性を確認し、途上国向け技術開発を進める際の参考情報を得ることができる。IISEE-Net の利用イメージを図 3 に示す。

IISEE-Net に掲載する技術情報は、主として国際地震工学研修で蓄積された資料と、研修生との人的ネットワークを活用して収集している。途上各国からの情報収集や IISEE-Net の利用促進に際して、研修生との緊密な人的ネットワークが果たす役割は大きい。

Webpage URL: <http://iisee.kenken.go.jp/jp/net/index.htm>



図 3 IISEE-Net の利用イメージ

2) IISEE-Net による耐震情報の発信

平成 18 年 3 月現在、IISEE-Net には途上各国を中心に 91 カ国の技術情報を掲載している。これら技術情報のうち、地震観測網・地震被害履歴・建築耐震基準・マイクロゾーニング等に関する技術情報の一例を、以下にページ画面を引用して報告する。

地震観測網

研修生のカントリーレポートを基に、地震観測網、地震活動、テクトニクス、マイクロゾーニング等の情報を 24 カ国分掲載している。途上国における地震観測網の情報が網羅的に掲載されているデータベースは他に無く、国際地震観測協力において重要な情報を提供するものである。一例として、Philippines の地震観測網を図 4 に示す。

地震被害履歴

途上国を中心に 68 カ国分の地震被害の履歴を、東京大学地震研究所で公開されていたデータベース「世界の被害地震の表」を基に掲載している。「世界の被害地震の表」は宇津徳治東大名誉教授がコンパイルした被害地震のデータベースである。オリジナルの日本語版に加えて英語版を新規作成して公開している。一例として、Algeria における被害地震の検索結果と図画処理結果を図 5 に示す。



図 4 地震観測網の例 (Philippines)
(右下:地震観測網, 左下:周辺の地震活動)

検索条件

国名	年	日	時刻	震源地	震度	死者	被害	備考	地図
1980	10	23	08:00	13.0	7.0	0	0	1980年10月23日、アルジェリアの地震	
1980	10	23	08:00	13.0	7.0	0	0	1980年10月23日、アルジェリアの地震	
1980	10	23	08:00	13.0	7.0	0	0	1980年10月23日、アルジェリアの地震	

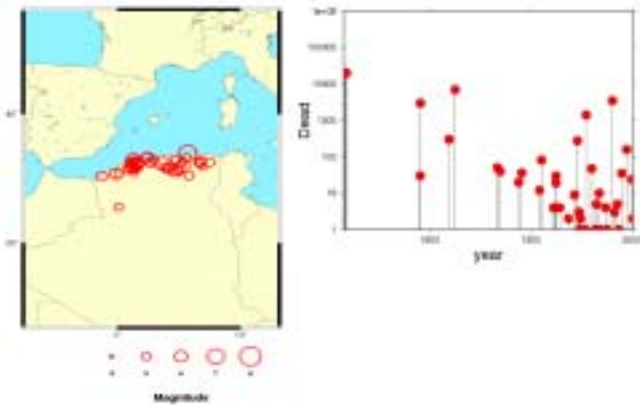


図5 Algeriaにおける被害地震の検索
(左下：被害地震の分布、右下：死者数の時系列)

耐震設計基準

耐震基準を保有する46カ国について情報を掲載している。また参考情報として、Euro Code と ISO に関する情報、及び日本の建築基準法改訂の要点や建築基礎の詳細な耐震設計法を英訳して掲載している。設計基準名、発行年、発行元その他、設計地震力の算出法を要約しており、各国の耐震設計の基本的な考え方や各種補正係数を容易に相互比較することができる。一例として、Indonesia の建築耐震基準における設計地震力の算出法を図6に示す。

マイクロゾネーション

国際防災の10年 (UN-IDNDR) 主導で実施された RADIUS プロジェクトを代表的な例として、途上国の地震マイクロゾネーション事業は現在進行中であり、幾つかの国々では首都を含む大都市の事業成果が報告されている。IISEE-Net には、研修生や修了生を通じて得られた6カ国分の事例を掲載した。また、我が国の各都道府県が実施している被害想定に関する資料を基に、代表的な手法を選別して掲載し、途上各国が参照できるようにした。一例として、イランの首都圏における地震マイクロゾネーション事例を図7に示す。

Indonesia (Back to Search Results) (Back to Country Index)

Code Name: Indonesian Earthquake Code
 Issued by: Ministry of Public Works
 Revision: -

Horizontal Base Shear: $F = C_d W_f$
 where $C_d = C \cdot J \cdot K$
 W_f : Combination of the total vertical dead load and the reduced vertical live load
 C: Basic seismic coefficient
 (Note: This value shall be determined from Fig. 1 for the seismic zones shown in Fig. 2 using the structural period and the type of subsoil.)
 J: Importance factor (See table 1)
 K: Structure type factor (See table 2)

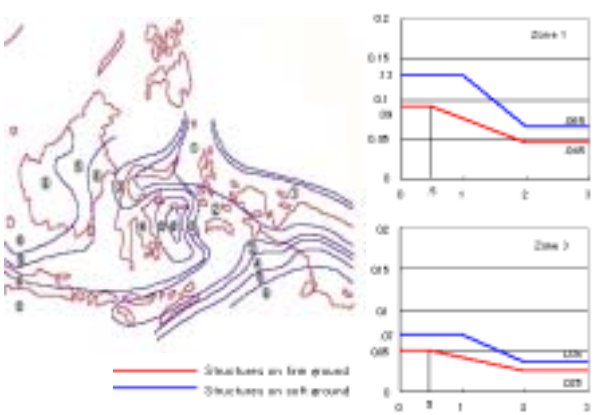


図6 設計地震力の算出法の例 (Indonesia)
(左下：ゾーンマップ、右下：標準設計震度)

IRAN (Back to Search Results) (Back to Country Index)

Microzonation

1) Study Area 2) Subsoil 3) Location 4) Seismicity 5) Proposed Levels

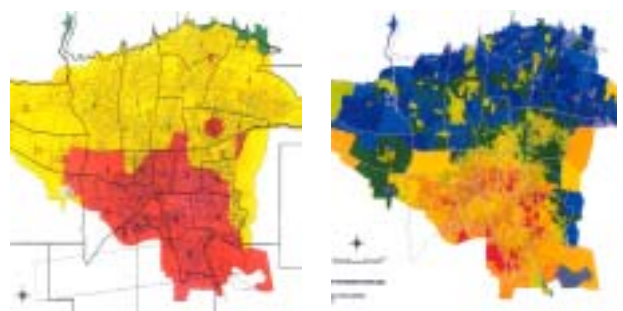


図7 マイクロゾネーションの事例 (Iran)
(左下：想定震度分布、右下：建物被害想定結果)

建築物の早期地震被害推定システムの開発

1) 早期地震被害推定システムの構成

途上国の地震災害を軽減するためには、途上国が自らの努力で地震対策を実施することができるように、支援していく必要がある。IISEE-Net で提供する技術情報は、そのための基礎データとなるものであるが、地震対策のノウハウに関する情報を提供するものではなかった。そこで、国際地震工学センターでは、IISEE-Net の一層の活用を目指して、地震直後あるいは事前に、建築物の地震被害を推定するためのノウハウを集めたデータベースを Web 上に構築することを目指して、研究プロジェクト「建築物の早期地震被害推定システムの開発」を開始した。このシステムは、被害推定に必要な方法論・手順をメニュー化し、途上国が Web 上で手法を選択できるようにすることを主眼としたもので、被害推定のための手法データベースという位置づけを持つ。

地震被害推定の方法論は、震源特性推定、地震波の伝播・増幅推定、建築物の応答・被害推定に大別し、各々以下に示す調査検討を行っている。

震源特性推定

地震発生後に震源特性を推定する手法、及び、常時にシナリオ地震を設定する手法を系統的に整理し、各国の事情（観測網、通信手段等）を考慮して、手法の選択ができるようにする。

地震波の伝播・増幅推定

地震波の伝播・増幅特性について、耐震基準や経験則に基づく既存手法を系統的に整理し、使用可能なデータの多寡に応じて手法の選択ができるようにする。

建築物の応答・被害推定

開発途上国において数多く用いられている構造形式（とくに枠組み組構造）に着目し、実験データを収集した上で、これらの仕様と構造特性との関係を統計的に整理する。さらに、これらの結果を踏まえた上で、途上国の建築物に関する被害推定を簡易に行なうための手法を整理し、各国の事情に応じて手法の選択ができるようにする。また、対象国を絞り込んだケーススタディを実施する。

図 8 に被害推定システムの構成をフローチャートの形で示す。

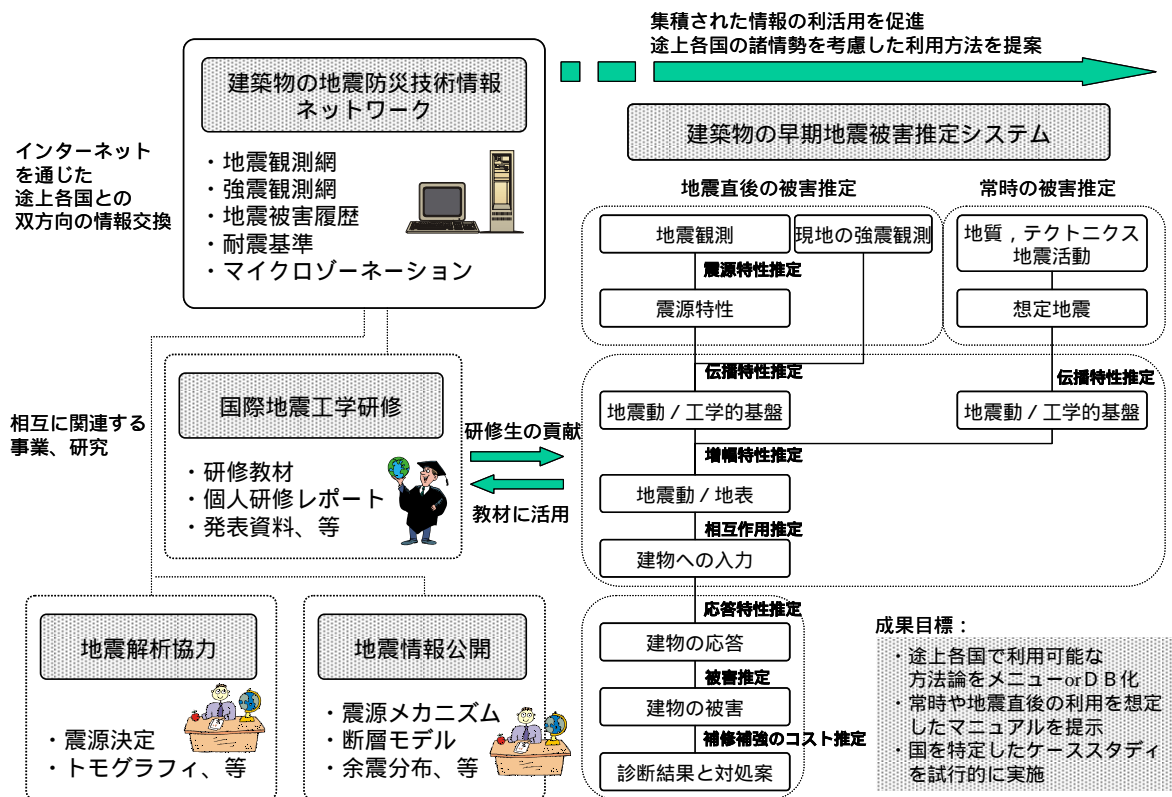
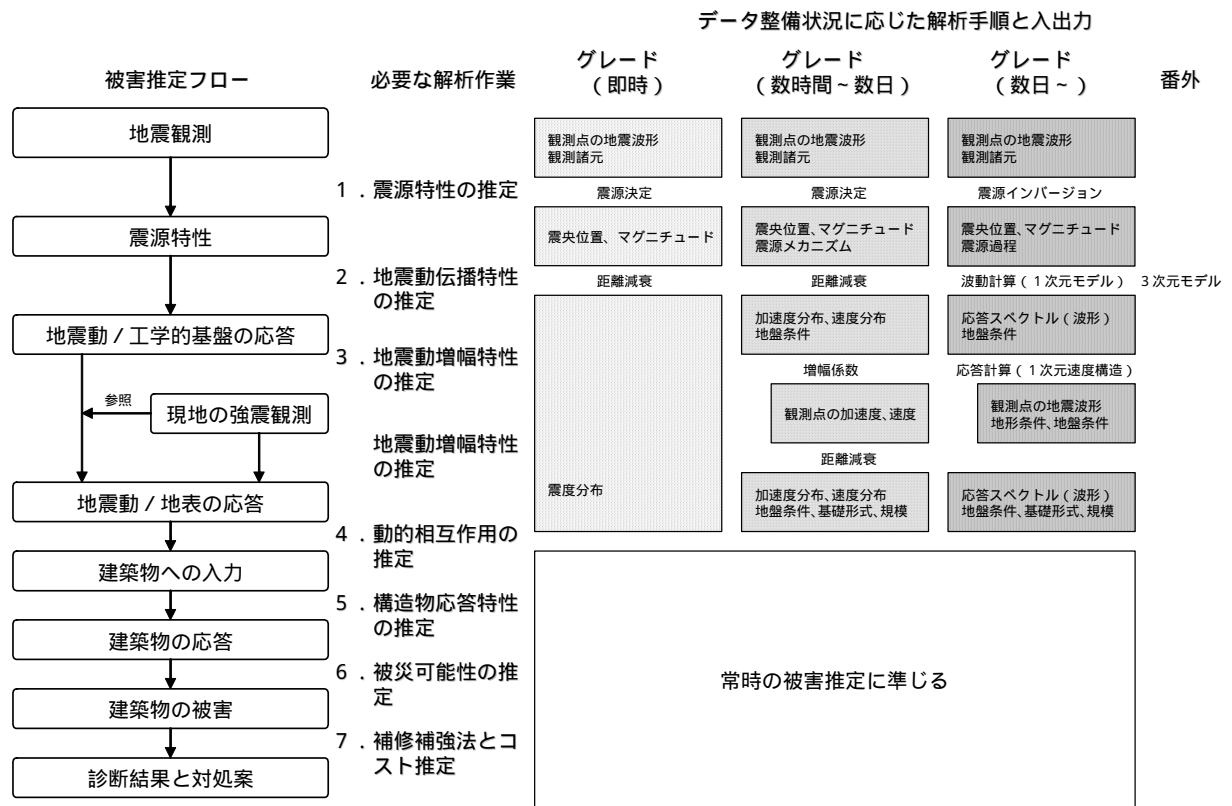


図 8 建築物の早期地震被害推定システムの開発



(a) 常時の被害推定フロー



(b) 地震発生後の被害推定フロー

図9 早期地震被害推定システムのグレード分けと被害推定フロー

被害推定の手法は、地震発生前（常時）と地震発生後のそれぞれについて、途上国側のユーザーが、自分たちのレベルやニーズに合った方法を選べるようにグレード分けして提示する。図9は、被害推定のフローを、グレードごとに示したものである。例えば、常時では、解析手法の精緻さに応じて、グレードを1（簡易）、2（標準）、3（高度）に分けている。一方、地震発生時には、地震発生からの時間軸で、グレードを1（即時）、2（数時間～数日）、3（数日～）に分けている。

2) 早期地震被害推定システムの利用例

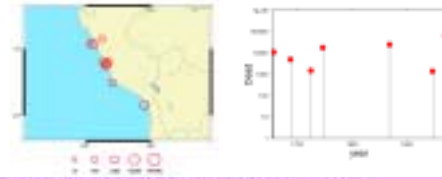
常時の被害推定を例に、もっとも簡易なグレード1の場合のシステムの利用例を示す。

地震シナリオ

被害推定に用いる地震としては、過去の代表的な地震を考慮することが多い。この場合には、IISEE-Netの地震カタログから検索条件（例えば、死者1000人以上）に合う地震をリストアップして、その中から選択する（図10）。

地震波の減衰式（→）

地震波の減衰式を、既往文献資料に基づいて網羅的に調査し、これらの減衰式に基づいて地表或いは工学的基盤位置の地震動パラメーター（震度、最大加速度、最大速度、加速度または速度応答スペクトル）の推定を行う計算プログラムをExcelワークシート上に作成した（図11）。



Year	Month	Day	Latitude	Longitude	Depth	M	Total deaths	Dead	Injured	Damage	Remark
1974	11	15	35	-127.1	-18.0	7.1	16000	10000	10000	10000	Plains area (Tama, Sagami) collapsed with the quake (NIED, ISEI, ISEI)
1984	5	17	35	-133.0	-17.0	7.1	10000	10000	10000	Plains locality collapsed with the quake in (NIED, ISEI, ISEI)	
1997	3	10	35	-133.4	-19.0	7.1	10000	10000	10000	Plains area (Tama) severely collapsed with the quake (NIED, ISEI, ISEI)	
1997	11	23	133.0	-47.0	-18.0	7.1	10000	10000	10000	Plains area (Tama) severely collapsed with the quake (NIED, ISEI, ISEI)	
1998	1	7	35	-133.0	-18.0	7.1	10000	10000	10000	Plains area (Tama) severely collapsed with the quake (NIED, ISEI, ISEI)	
1994	11	25	35	-133.0	-17.0	7.1	10000	10000	10000	Plains area (Tama) severely collapsed with the quake (NIED, ISEI, ISEI)	
1994	5	17	35	-133.0	-17.0	7.1	10000	10000	10000	Plains area (Tama) severely collapsed with the quake (NIED, ISEI, ISEI)	
1994	11	15	174.0	-48.0	-17.0	7.1	10000	10000	10000	Plains area (Tama) severely collapsed with the quake (NIED, ISEI, ISEI)	
1994	3	20	200.0	-48.0	-18.0	7.1	10000	10000	10000	Plains area (Tama) severely collapsed with the quake (NIED, ISEI, ISEI)	

図10 地震シナリオの設定例

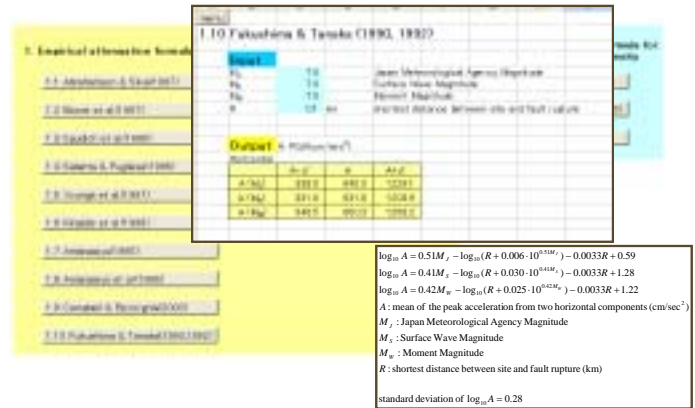


図11 地震波の減衰式の利用例

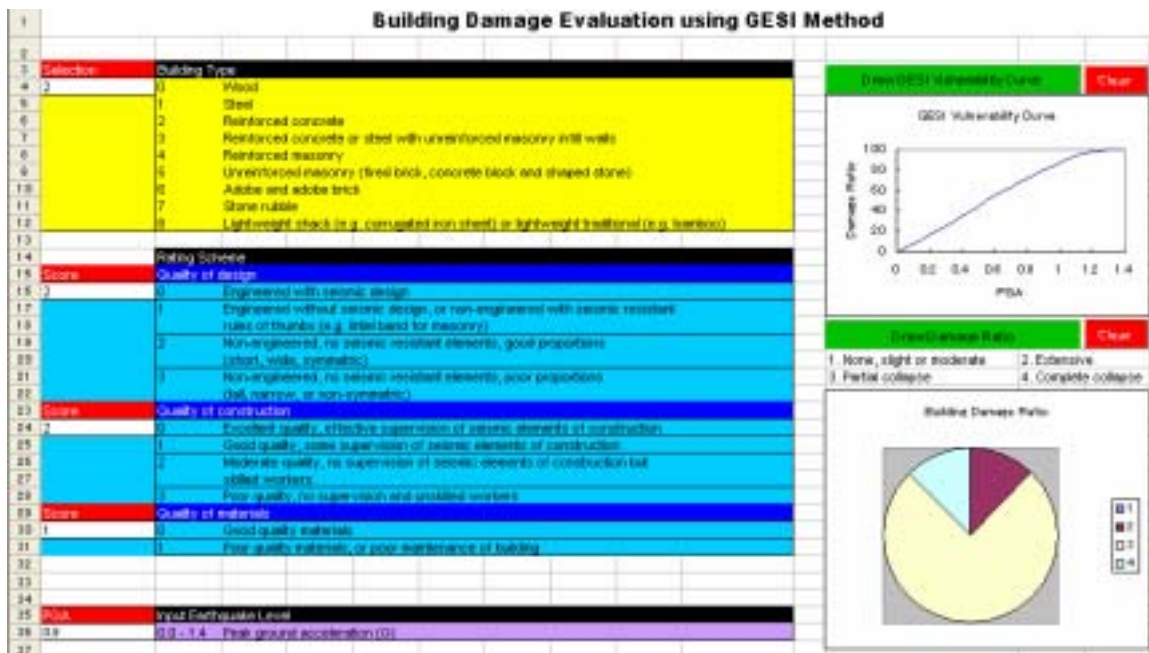


図12 建物の被害曲線および被害率の評価例

建物の被害推定 (→)

途上国の建物タイプと、品質レベル(設計・建設工事・材料)を入力すると、地動最大加速度に対する被害曲線(Vulnerability Curve)が得られ、さらに地動加速度を入力して、建物の被害率がグラフ表示される計算プログラムを GESI Method²⁾に従い、Excel ワークシート上に作成した(図 12)。

国際技術協力の推進に向けて

時間と場所、費用の壁を越えて、途上国との情報交換を行うには、インターネットに代表される情報インフラを効果的に利用することが不可欠である。例えば、世界銀行は、世界 77 国をテレビ会議システムで接続する GDLN (Global Development Learning Network) を構築し、途上国の教育や技術支援を行っている。また、国際協力機構も、世界 36 国をテレビ会議で結ぶ JICA-Net を構築している。建築研究所では、平成 17 年 3 月に世界銀行東京開発ラーニングセンター(TDLC)と共同で、ルーマニアとのテレビ会議を実施し、その有効性を確認した(図 13)。さらに、平成 18 年 2 月には、国際地震工学センターに小規模のテレビ会議システムを導入し、世界銀行の GDLN や JICA-Net と連携して、途上国に対する技術支援を開始している。

平成 18 年度からは、新規研究プロジェクトとして「途上国における建築・都市の地震災害軽減のための国際技術協力ネットワークの構築」を開始する予定である。ここでは、途上国との技術協力関係をさらに緊密にし、共同研究や共同実験の実現を目指す。共同研究としては、当面、「建築物の早期地震被害推定システム」のケーススタディを途上国の協力で行う予定である。また、共同実験としては、途上国に特徴的な建築物(例えば組積造建物)の耐震性能評価手法の確立を目指し、日本側の実験・分析技術と、途上国側の安価なマンパワーと現地の材料・工法とを、適切に組み合わせた構造実験を実施する予定である。



図 13 ルーマニアの耐震技術者とのテレビ会議の様子(平成 17 年 3 月 22 日開催、TDLC にて)

おわりに

建築研究所は、途上国からの研修生を対象に、長年にわたり地震学・地震工学の研修を実施してきた。また、ペルー、メキシコ、トルコ、インドネシア、ルーマニアなどへの政府間の技術協力プロジェクトに専門家を派遣し、多くはプロジェクトのチームリーダーとして主導的な役割を担ってきた。また、国際地震工学センターでは、途上国の地震災害軽減に技術的な支援を行う目的で、情報インフラである IISEE ネットの構築と整備、技術情報ツールである早期地震被害推定システムの構築を行ってきた。こうした経験、ノウハウ、ネットワークを活用し、国際間の技術協力を推進していくことで、建築研究所が世界の地震災害軽減において先導的な役割を果たすことが期待される。

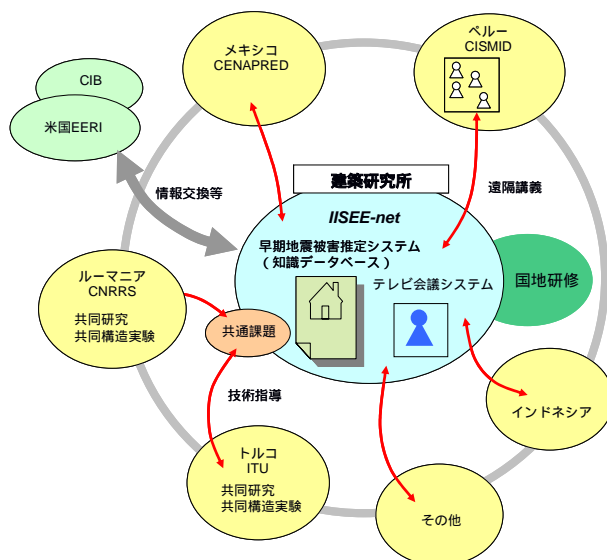


図 14 建築研究所をコアとした国際技術協力ネットワーク

参考文献：

- 1) 例えば、独立行政法人建築研究所：国際地震学および地震工学研修年報, Vol.31, 2005.9
- 3) GeoHazards International, United Nation Centre for Regional Development, “GESI Pilot Project”, 2001.10