

最近の世界的な大地震

・ 大津波への対応と国際協力

国際地震工学センター長 安藤 尚一

目次

I はじめに

II 最近の大災害

(2004 インド洋大津波、2005 パキスタン地震、2006 ジャワ島(ジョクジャカルタ)地震、
2007 ペルー(ピスコ)地震・2008 中国ブン川地震、2009 パダン地震、2010 ハイチ地震)

III 被害の原因と対応

IV 建築研究所の国際協力

V 今後の国際防災協力に向けて

参考文献

I はじめに

世界の地震地帯に住む人々にとって、地震による被害を減少させることは、緊急課題である。最近の例に見られるように、都市やその近郊での地震は人間の生命や財産に甚大な被害をもたらす。2010年1月12日のハイチ地震では22万人以上が、また2008年5月12日に中国四川省で起きたブン川地震では約9万人が命を落とした。建築研究所国際地震工学センター（以下IISEE）で公開・更新している過去の被害地震カタログ「世界の被害地震の表」による表1のとおり、ここ50年間だけで5千人以上の死者が出る地震被害が30件も生じている。犠牲者の多くは、住宅など建物の崩壊による圧迫で命を奪われた。特に自宅でその崩壊の犠牲になった人が多い。1995年1月17日の阪神・淡路大震災を含め、これらの犠牲者はその尊い命と引換えに、建築・住宅の耐震安全性の大切さを教えてくれたものといえる。

また、2004年12月26日のスマトラ沖地震によるインド洋大津波では、12カ国の合計で23万人近くの犠牲者を出した。これは、欧米からの旅行者がクリスマス休暇でインド洋のリゾート地に来ていたとき、津波を知らなかったことから海の水が引い

た際に丘に登らず、海の方へ寄ってしまったことも被害を大きくした原因といわれる。この2004年のインド洋大津波は、欧米の国々が地震津波災害を認知する大きなきっかけになった。現にその大津波から1ヶ月も経たない2005年1月の中旬に神戸で開催された「国連防災世界会議(WCDR)」には、当初の予想を超えて158カ国もの国々が参加し、「兵庫行動枠組(HFA)2005-2015」を全員一致で採択した。ちょうど阪神・淡路大震災から10年目に復興した神戸の地で作られたこの国際的な枠組みには、インド洋大津波や神戸での教訓が生かされている。

地震や津波がもたらす社会への損害は、耐震性に配慮した建築設計、耐震建築基準の遵守、適切な教育や訓練などの手段により減少させることができる。しかし開発途上国では、技術者の不足や建築規制等が急速な都市化に追いついていないことも影響して、災害は増加の一途を辿っている。これらの国々では、地域社会における防災意識の欠如や、効果的な規制の実施体制、技術者の教育や現場検査の制度も欠けているために、ほとんどの場合、建築基準を整備しただけでは、安全な建物を実現するには至らない。特に耐震構造技術者の教育は、長期的・継続的に行う必要がある。

現在、建築研究所の IISEE では、開発途上国の工学技術者や地震学者に一年間の最新の教育訓練を行っている。これは建設省（現国土交通省）が UNESCO の協力のもとに、1960 年に東大地震研究所と協力して始めた国際協力活動である。1962 年からは建築研究所内に国際地震工学部という専門の組織を設けて、UNESCO の支援が終了した 1970 年代からは国際協力事業団 JICA（現国際協力機構）の支援を得て、地震観測や建物の耐震安全性を向上させる技術の国際的な普及を目的として、英語で研修を実施している。現在は防災政策の能力開発も含め、政策研究大学院大学（GRIPS）の修士課程としても認知されている。

本論は、まず近年の世界的な大地震や大津波の被害状況とその原因を概括したうえで、国際地震工学研修で研修を受けた卒業生たちを含む、現地の専門家たちがそれらの災害にどのように対応したか、またどのようにすれば今後そのような被害を防げるのかを事例をもとに分析している。なお、この場をお借りして IISEE の国際地震工学研修を長年にわたり支援していただいている内外の関係諸機関や毎年熱心にご講義いただいている講師の皆様に、心よりお礼を申し上げる。



図1 2009-2010年の地震・津波コースの卒業生と国土交通大臣

参考：2009-2010年のIISEE研修生の出身国

(13ヶ国から合計22名：上記写真に全員参加)
 アルジェリア、中国(2名)、コロンビア、エルサルバドル(3名)、フィジー、インドネシア(3名)、ネパール、ニカラグア、マレーシア(3名)、ミャンマー、パキスタン、ペルー(3名)、フィリピン

表1 死者5千人以上の地震津波災害（1960—2010）

建築研究所「世界の被害地震の表」¹⁾、²⁾及び国連資料³⁾より作成

	国名 地震名	年	M	死者
1	中国: 唐山地震	1976	7.8	242800
2	インド洋大津波	2004	9	226408
3	ハイチ地震	2010	7	222576
4	パキスタン地震	2005	7.6	73328
5	中国: 四川(汶川)地震	2008	8.1	69195
6	ペルー: チンボテ・ワラス	1970	7.8	66794
7	イラン: マンジュール	1990	7.7	35000
8	イラン: パム地震	2003	6.7	31830
9	アルメニア: スピタク地震	1988	6.8	25000
10	グアテマラ: グアテマラ地震	1976	7.5	22870
11	インド: ブジ(グジャラート地震)	2001	8	20023
12	イラン: タバス地震	1978	7.4	18220
13	トルコ: コジャエリ地震	1999	7.8	17118
14	中国: 雲南地震	1970	7.8	15621
15	イラン: Dasht-i Biyaz	1968	7.3	15000
16	モロッコ: Agadir	1960	5.7	13100
17	イラン: Buyin-Zahra	1962	7.2	12225
18	ニカラグア: マナグア地震	1972	6.3	10000
19	インド: Latur-Osmanabad	1993	6.2	9748
20	メキシコ: メキシコシティ	1985	8.1	9500
21	中国: 河北省ケイ台地震	1966	7.2	8064
22	フィリピン: ミンダナオ	1976	7.9	8000
23	日本: 兵庫県南部地震 (阪神・淡路大震災)	1995	7.3	6432
24	インドネシア イリアンジャヤ	1976	7.1	6000
24	インドネシア イリアンジャヤ	1976	7.2	6000
26	インドネシア: ジョクジャカルタ	2006	6.2	5749
27	チリ: チリ地震	1960	9	5700
28	パキスタン: Patan	1974	6.2	5300
29	イラン: Ghir(Qir)	1972	6.8	5010
30	エクアドル・コロンビア: キト	1987	6.9	5000

注：網掛けは最近16年間（1995-2010）に生じた地震被害。

II 最近の大災害

最近の大規模な地震・津波被害を紹介する。本章では最近の世界的な規模の災害として、インド洋大津波（2004年）、パキスタン地震（2005年）、ジャワ島地震（2006年）、ペルー地震津波（2007年）、中国四川省汶川地震、スマトラ島（パダン）地震（2009年）及びハイチ地震（2010年）を取り上げる。このうち、2007年のペルーと2009年のスマトラ島の地震は表1には出ていないが、大災害の多くが最近10年間に生じていることがわかる。ここではその建築・住宅の被害とともに、建物の安全対策の観点からそれらの被害が生じた原因とそこから得られる知見や教訓を、総合的にまとめてみた。（写真は国連及び建築研究所より。その他の写真は提供元を記載）

インド洋大津波（2004年）

スマトラ島沖地震に伴うインド洋大津波では、欧米からの観光客を含む多くの人々がインド洋各地で犠牲になった。中でも震源に近いインドネシアのアチェ州が最も被害を受けた。インドネシアは環太平洋火山帯に位置しており、地震、火山噴火や地震活動による津波がもともと多い。雨季の豪雨を伴う熱帯気候は、洪水や土砂崩れをもたらす。これらの自然の脅威が、高い人口密度、貧困、低質な建築物と都市計画、津波警報システムや防災対策が不十分なために、災害を発生させる。政府とコミュニティは、これらの課題を解決するための緊急支援を必要としている。スマトラ島北部の都市アチェにおける2004年津波の経験からは多くの教訓を得られる。^v



図2 内陸に残った船 2007 アチェ、インドネシア



図3 屋根に残った舟 2007 アチェ、インドネシア

アチェでは海岸線から数キロメートル入った内陸部の住宅地に、いくつかの船が残された。復興時にはそれらの地域は膨大な量の新築住宅の建設現場となった。しかし、あまりにも急速に公共施設や住宅の再建を行ったため、以前よりも耐震性や品質の低い住宅が建設されたり、インフラが整わないまま完成した団地では、再建住宅は空き家のままだったりしている。なお、建築研究所ではこの津波後、インドネシアから毎年津波の研修生を受け入れている。

パキスタン地震（2005年）

2005年10月8日に発生したパキスタン地震で、北部のパラコット市は最も激しい被害を受けた。市内の70%の建物が倒壊した。このカシミール地方はインドとの国境紛争の地域でもあり、ヒマラヤ山脈の7千メートル級の山のふもとで、冬には雪も降る地域である。テントに避難していた人たちは冬の気候が緩む2006年の早期に再建を始めた。パキスタン政府が国連 HABITAT の支援を受けて各地区に建設したモデル耐震住宅は、ネパールの NSET（地震工学協会）の技術支援を得て建てたものである。NSET の建設工法は、地域の建設技術者や技能工になじみがあるものであるため、被災地の耐震建築や住宅を建てる最適の工法といえた。同様の工法は、過去にもアフガニスタン、イラン（2003年バム地震）やインド（2001年グジャラート地震）で推進された経緯がある。被災地には現地 NGO がバングラデシュ・チームと建設した品質のよいミャンマーの竹材を用いたモデル住宅もあった。（しかし、断熱性がないため広まらなかった。）



図4 竹製のモデル住宅 2006 パキスタン



図5 住宅の地震被害 2006 パキスタン

被災地の多くの病院は2年以内に再建されたが、学校は数が多いため再建に5年かかっている。この地震は学校の授業中に起こり数多くの校舎が倒壊したため、多くの子供たちが犠牲になった。パキスタン地震後、国連は2006-2007年に「学校から始めよう」という世界キャンペーンを行った。被害のほとんどは組積造建物に集中していた。建設時に高い質を持って作られ、維持管理がなされ、構造材をしっかり結合するといった単純な耐震性の配慮が守られていた建物は、激震地であっても壊れていないものが観察された。国連調査によればこの大災害の原因は、震動が大きかったということより基本的に地震災害リスクを認識していなかったことにある。被害を受けた住宅の復興過程は、ある意味では耐震技術の普及に大変よい機会であるが、住宅の所有者が再建に当たって利用できる資源は限られており、政府の支援があっても現地では部分的または段階的な住宅建設が行われている。

ジャワ島（ジョクジャカルタ）地震（2006年）

2006年5月にジョクジャカルタ南部で起こった地震では、数棟の公共建築や教育大学の校舎が大きな被害を受けた。最も被害の大きかったバントゥル県では、日本大使館の支援を受けてインドネシアイスラム大学（UII）が、被災地の中心部で一般向けに、柱と梁を鉄筋コンクリートで補強したレンガ造（補強組積造）のモデル住宅を建設した。地震前から建築研究所の構造専門家などが現地で技術協力をしていた成果といえる。ジョクジャカルタにあるガジヤマダ大学（UGM）でも、建築学科が竹、やしや木材を使った津波や地震に強い複数のモデル住宅を開発した。UGMではポスターを使ってコミュニティの人たちに耐震技術や住宅再建・修復の知識を広めるための努力を積み重ねている。JICAと国土交通省は、現地政府と協力して耐震住宅による災害からの再建の体制を組み、成功を収めている。^{vi}



図6 1階が層崩壊した大学校舎 ジョクジャカルタ



図7 建研専門家による試験体 2006 インドネシア

インドネシアでは半世紀前までは木造住宅が主流だったといわれる。木材が輸出商品になってから、国際価格になった木材が使えずモミガラで焼いた安い低質のレンガが広まった。このことがインドネシアでの地震被害を増大させている。そこで、テディ・ブーン氏 (IISEE 第3回卒業生 1963) など日本で育った構造専門家が現地合った工法の耐震住宅を広める活動を行っている。ⁱⁱⁱ⁾なお、日本はインドネシアから輸入した合板で鉄筋コンクリート造の建物を数多く作り、日本の都市環境の耐震性や防火性を高めてきたことを忘れてはいけないだろう。

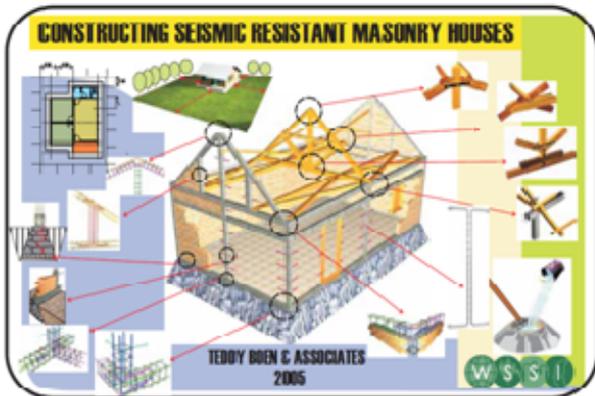


図8 テディ・ブーン氏が作った住民向けマニュアル1

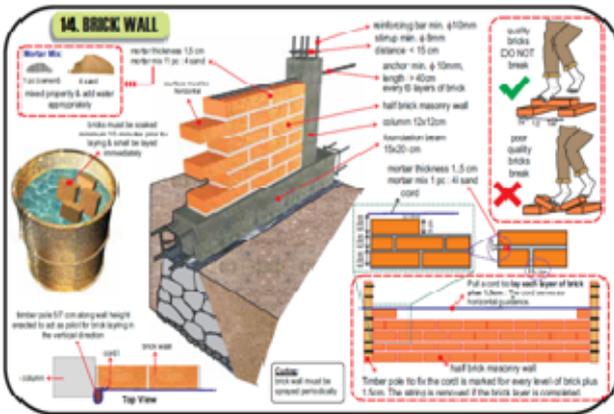


図9 テディ・ブーン氏が作った住民向けマニュアル2

ペルー (ピスコ) 地震 (2007年)

2007年8月15日に首都リマの南約200kmで発生した地震では、数多くのアドベ住宅が倒壊した。(アドベ:土で作る日干しレンガ)しかし平屋で屋根が軽い住宅だったため、死者は比較的少なかった。この地震ではペルー国立工科大学(UNI)にある地震防災センタ

ー (CISMID) が建築研究所と協力して設置していた強震計が地震波を記録した。この記録は今後ペルー国内の建築物の設計に大いに役立つものである。2007年8月下旬にちょうどCISMID設立20周年の記念シンポジウムが行われ、建築研究所の山崎元所長をはじめCISMID棚橋初代チームリーダー、古川センター長 (当時)、斉藤上席役員、小谷教授 (東大名誉教授、当時千葉大学) などが参加して、現地調査にも加わっている。



図10 農村部のアドベ住宅の被害 2007年 ペルー



図11 津波の跡 2007年8月 イカ、ペルー

建築研究所では1970年のペルー地震 (死者約7万人) の前から、UNIのクロイワ教授 (IISEE第2回卒業生1962) をはじめとする研修生を受け入れていた。JICAがプロジェクト方式技術協力としてCISMIDを開始するにあたり、これらの卒業生が果たした役割は大きい。またプロジェクト開始後は建築研究所などから専門家として多くの人材を投入した。それが今回の地震被害の対応に実っただけでなく、約100名に及ぶIISEEのペルー人

卒業生が国内の技術基準作成や高等教育に大きく貢献している。ペルーでは2007年の地震後、住宅の安全性が大きな関心を生んだ。そこで、新しい中高層建築のマンションなどではこれまでの補強組積造から日本と同様の鉄筋コンクリートの耐震壁を持った構造が多く使われるようになってきている。

中国四川省 プン川地震 (2008年)

2008年5月12日の午後に生じたブン川地震(四川地震)では、行方不明を除き69,000名を超える死者と100万人の住宅を失った人たちが生じた。中国政府は北京オリンピック直前でもあり早急な対応をした。阪神・淡路大震災と同じ期間に約10倍の仮設住宅が建設され、住宅の復興も当初に予定していた3年ではなく、2年間のうちにほぼ完了している。このように早く復興が進んだ要因の一つは「対口支援」という仕組みで、被害の大きい市に対して国内の特定の州がパートナーとなって支援する方法が寄与したものである。これは復旧から復興までのあらゆるプロセスで講じられ、省政府間の競争原理も働いて、効果を発揮した。今回の地震被害は人口が数10万の都市から山間部の村落まで幅広く、かつおよそ500Kmという広範囲にわたっていた。中国でもレンガ造や空洞パネル造などの建物や住宅が大きな被害の原因になっている。そこで、中国政府は四川省だけでなく全国の耐震設計が不十分な建物の耐震改修に力を入れている。なお、人的被害だけでなく阪神・淡路大震災(直接被害約10兆円)の規模を上回る約14兆円にのぼる経済被害も、その過半は住宅や学校を含む建物の倒壊や損壊によるものである。^{viii}



図12 木造、レンガ造の住宅の被害 2008 綿竹、四川



図13 中高層建築の被害 2008 都江堰、四川

中国では、中央政府が対口支援のほか、阪神・淡路大震災の経験などを参考にして、様々な復興支援措置を講じた。中には、被災者の心のケアや文化財の復興なども含まれている。この震災からわかった脆弱な建物の耐震改修は大きな課題として残されている。建築研究所 IISEE では、JICA と国土交通省が震災のちょうど1年後から開始した「中国建築耐震人材育成プロジェクト」の耐震建築研修(2ヶ月間、各20名)をすでに2回実施している。中国各地から参加した熱心な研修生たちは、日本のトップレベルの耐震建築・診断・改修技術を学び、中国の建物の耐震化に貢献している。(詳細は第4章)

パダン地震 (2009年) スマトラ島、インドネシア

2009年9月30日のスマトラ島西部地震(パダン地震)では、1000人を超える死者が出た。また、インドネシアの近代都市を襲った初めての地震といわれている。インドネシアではこれまでも多くの地震被害が発生したが、2006年のジョクジャカルタ近郊で生じた被害を含め、農村部の低層住宅によるものが中心を占めていた。今回、西スマトラ州の州都であるパダン市の中心部で多くの鉄筋コンクリート造建物が被害にあい、バンドン工科大学や政府系研究機関(人間居住研究所 RIHS 等)から調査団が派遣され、被害は建築基準が守られていないホテルなどの建物に集中していたことがわかった。無理な増改築が行われていたものもあった。また、補強が行われていない民家のほか、構造技術者の関与しない(ノンエンジニアド)学校でも被害が見られた。



図14 近代建築の被害 2009 パダン、インドネシア



図15 ノンエンジニアド建築の被害 2009 パダン

2009年パダン地震の被災地では、JICA建築物耐震性向上のための建築行政執行能力向上プロジェクトのほか、建築研究所も政策研究大学院大学（GRIPS）と共同で途上国住宅耐震化プロジェクトを実施している。その詳細については、第4章で記述する。なお、いずれのプロジェクトでもバンドン工科大学（ITB）やRIHSを含め、IISEEの卒業生が現地側でその効果的な実施の力となっている。

ハイチ地震（2010年）

2010年1月12日のハイチ地震は、20万人を超える犠牲者を生んだ。この被害の原因も住宅や事務所などの建物の倒壊である。ハイチではハリケーン対策として重い材料で建物を作ることが一般的で、ブロック造や補強の不十分な鉄筋コンクリート造などが被害を大きくしたといわれている。また、大統領官邸に代表される近代的な建物でもその大部分が外国の設計者によってそれぞれの国の基準で設計されており、ハイチに適合した耐震基準ができていない状況である。日本からは自衛隊が派遣され、国際支援チームに日本の専門家も加わっているが、これまで人的、社会的な基盤が整っていなかったことから復興には相当な時間がかかるとされている。日本からCODE海外災害援助市民センター（神戸市）が震災直後から現地で活動をしているなど、世界のNGOが現地に入り、きめ細かな支援を続けている。建築研究所IISEEでは、JICAと協力して2011年後半から始まる次の1年間の国際地震工学研修にハイチからの研修生を初めて受け入れる予定である。（IISEEでは50年間で約1500名の研修生を受け入れてきたが、ハイチの研修生はいなかった。）



図16 崩れた大統領官邸 2010 ハイチ（CODE提供）



図17 住宅地の斜面崩壊 2010 ハイチ (CODE 提供)

参考 (上記外の1995年以降の地震被害: 国連・建研)

図18 1995年 阪神・淡路大震災 (兵庫県)



図19 2001年 インド、グジャラート地震



図20 2003年 イラン、バム地震



図21 2010年 チリ地震、津波



III 被害の原因と対応

いずれの災害現場においても、地震災害の場合は建築物の倒壊が人命の損失や経済的損害の主要因である。耐震建築とあわせて災害に強い社会基盤を構築するには、技術者と政府の協力が基本である。世界の異なる地域における建築物や都市環境への地震による被害が示しているのは地震・津波対策が、都市や地域の持続可能な開発のためには必須事項であるということである。地震・津波対策には、訓練された技術者と適切な防災対策の実施が必要である。建築研究所では、開発途上国の技術者の教育訓練をIISEEにおいてこれまで実施してきたが、今後地震被害の分析にあたり、技術的な側面と合わせて制度的な側面も十分に調査研究する必要がある。

地震や台風などの自然の脅威は常時生じているが、社会は次の様な災害の危険に直面している。ここで、一般論として世界における災害の原因を分析すると、以下の事項が挙げられる。

- i) 人口と都市地域の急速な拡大
- ii) 後発開発途上国の貧困層への影響
- iii) 政府や住民による事前の予防対策の遅れ
- iv) 悪化する生態系と地球規模の気候変動の影響

特に地震は社会の底辺だけではなく中間層にも大きな影響を及ぼす。これらの層は社会において人口の大部分を占めており、その国の経済活動にも深刻な影響を与える。例えば、インドネシアなどでは最貧困層は竹を編んだ住居に住んでおり、地震にはそれほど影響されないのに対し、中間層は技術がないまま作られたレンガ造の住宅に住んで危険な状態に置かれていることがある。前章でみた被害では、特に災害後に現場で復旧復興に当たる技術者、コミュニティの住民に直接働きかけ動機付けをするワーカー、地域において政策を実施する地方政府の職員や国家レベルでの政策決定者などの能力構築への強いニーズがみられる。

開発途上国での多くの犠牲者数と比較した際、耐震建築の技術者教育や耐震建築基準施行の長い歴史を持つアメリカ合衆国、日本やその他先進国での限定された犠牲者数は、都市での地震災害がいかに減少できるかの指標となる。しかし、建築規制の長い歴史を持つ国でも、建物の欠陥は頻繁に見受けられる。1994年ノースリッジ地震後のアセスメントでは、「耐震建築基準が厳格に適用されていたならば、被害はもっと少なかったであろう」

と言われている。同様な評価が、耐震建築規制の歴史が長い日本でも、多大な犠牲者と経済的な損失を出した1995年の阪神・淡路大震災後になされている。大多数の地震国は既に耐震基準が制定されており、多くの国々がその基準を施行している。しかしながら、維持管理体制や実施手段の欠如、一般市民や建築業者、建築家、自治体などにおける地震災害の減少についての意識の欠如が耐震建築基準の実効性の低さの要因となっている。

(参考1) 地震災害脆弱国の耐震建築基準制定時期

アルジェリア (1981年制定、1988年施行)

インドネシア (1998年制定、2005年施行)

ネパール (1994年制定、2004年施行)

ペルー (1963年制定、1968-70年施行)

例えばインドネシアでは1960年代に建築基準の原案が作成されている。しかし、それが実際に施行されるに至ったのは2004年の大災害の後になって、国全体で防災に力を入れるようになってからであった。

地震や耐震建築に関する科学技術は飛躍的に発展しており、耐震建築基準や標準の中に織り込まれる実用的なものになってきている。しかし知識基盤と有効な手段のこのような進歩に関わらず、過去の地震被害は、どうこれらの知識を現場に普及させ、地震のような災害による損失を減少させるかを問うという課題を生み出している。数十万の世界中の脆弱な建物は将来の地震での悲劇的な命運を待っており、さらに脆弱な建物は今も建築されている。

過去の地震による被害の検証は、実際には建物は設計よりもその建設方法によって左右されることを示している。建築のすべての工程、つまり計画段階から建設そして維持管理までの地震災害リスクを軽減することが重要である。適切に設計された建物でも、不適切に建設されるなら設計通りには機能しないであろう。

一般市民に対する意識啓発は、安全性に関する文化形成のためだけの道具ではなく、減災に向けた政策策定の需要形成のためのものでもある。最終的に市民からの地震対策への強い需要は、政策の導入環境を形成し、自治体への耐震建築基準導入の実現、そして高度な専門家育成の需要形成に寄与する。我が国でも、例えば1981年以前の古い基準で建設された住宅に対する

耐震診断や耐震改修への需要は、市民の意識啓発にかかっているとだけでもよい。

安全な建物を達成するには、意識啓発が政策手段や能力構築と並んで最も重要な仕事である。防災政策の効果的な施行は、法令遵守にも依存しているが、それは住宅ローンや保険といった他の政策手段で効果的に実現され、向上するであろう。建築規制の存在とそれらの真摯な施行努力にもかかわらず、現場での地震に強い住宅建設の実現は、高品質の材料、建て主の意識、建築業者、職人の意識改善を必要とするものである。

(参考2) 耐震建築普及の諸課題 (開発途上国の場合)

1. 地方自治体や関係者の受容能力
2. 公務員の建築監視技術の不足
3. 低給与のスタッフ
4. 専門的技術訓練及び継続研修の欠如
5. 建築士、請負業者、現場従事者の技術・理解不足
6. 耐震建築基準に対する技術者の動機不足
7. 社会的・経済的障害
8. 市民の意識の欠如
9. 誤まった認識—耐震建築基準の適合は高コスト
10. 多数を占める非公式 (不法占拠を含む) 建築

例えば、2004年の津波の後、インドネシアのアチェでは急速な建築ラッシュを経験し、より多くの建物を建設しようとする多数の開発業者の流入があった。住宅・建築における復興過程では大量の材料供給と多くの職人を必要とした。しかし、どちらも不足しており、地域の産業ではブロックやセメントといった建築資材を十分供給できず、妥協した品質となった。建築の経験のない人々がレンガ職人や大工として働き、耐震性のない建物が多く造られた。

これらの課題は、アチェに限らず世界の他の都市にも見られる。耐震建築に関する一方的な規制メカニズムのみでは問題が解決しないために、地震に対する建築・都市環境と建築の安全性を実現するには、社会・経済的、制度的な他の要素と技術的な側面とを同時に配慮する必要がある。

建築研究所の IISEE における地震学や耐震工学の研修においては、2005年度から政策研究大学院大学と連携して、その研修

内容に災害リスクマネジメント、防災と開発援助、防災政策などの政策理論を含むようにした。この中で研修生は日本の様々な防災対策に加えて、JICA の国際協力の仕組みや国際的な防災対策の枠組みなどを学んでいる。これらの事項はそれぞれの国に戻った際に、地震学や耐震工学を学んだ専門家として、それを社会にどう適応するか、社会の需要は何かにも注意を払うことにつながるものとなる。

図22 2008年四川地震による建物被害 (2008年6月)



IV 建築研究所の国際協力

(1) 国際地震工学研修

国際地震工学センターは、地震災害軽減のために開発途上国の研究者・技術者に対して地震学、地震工学に関する研修を JICA と協力して実施しており、現在①「地震工学通年研修」②「グローバル地震観測研修」と③「中国耐震建築研修」を実施している。これまでの研修修了生の数は、96の国と地域から延べ1481名で(2010年9月現在)、これらの研修は国内外から高い評価を受けている。

① 地震工学通年研修

主に開発途上国の地震国から若い研究者や技術者を招いて1962年より地震学、地震工学に関する研修をユネスコと協力して実施してきた(1974年のJICA発足以後はJICA研修の一環として実施)。また、2006年には「津波防災コース」を新設した。なお、これら通年研修については、2005年度実施分から、研修修了者に政策研究大学院大学(GRIPS)の修士号学位を授与することが可能となった。

② グローバル地震観測研修

核実験探知に必要な地震観測技術や核実験を識別するデータ解析技術を習得し、CTBT(包括的核実験禁止条約)体制・国際監視制度において重要な役割を果たせる人材を育成するため、1995年より気象庁、JICAと協力して実施している。CTBTの発効に向けた我が国の国際貢献策であり、昨年9月に開催された第6回包括的核実験禁止条約発効促進会議で岡田外務大臣が発表したCTBT発効促進イニシアティブでも紹介された。

③ 中国耐震建築研修

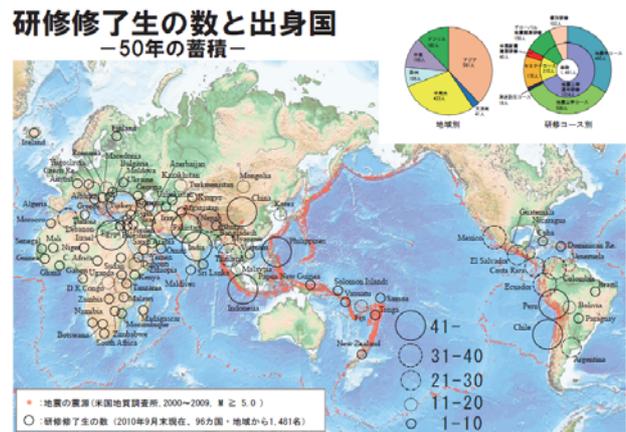
2008年に中国で起きた四川大地震への復興支援策としてJICAが実施する「耐震建築人材育成プロジェクト」の一環で、中国耐震建築研修を2009年10月より年間20名の構造技術者を対象に3箇年の予定で実施しており、最終的には中国国内で5000人の構造技術者の育成をめざしている。

日本政府の復興支援の一環として、構造設計者の耐震技術の向上を目的とする「耐震建築人材育成プロジェクト」は、地震から1年後の2009年5月12日に開始された。本プロジェクトは、専門家派遣、本邦研修及び中国国内研修(現地研修)など

が国際協力機構 JICA の技術協力プロジェクトとして計画され、国土交通省、建築研究所等の協力により、実施されている。建築研究所 IISEE は、本邦研修のうち「耐震設計、診断および補強コース」(通称:中国耐震建築コース)を担当し、すでに第1回の研修コースが2009年10月27日~12月22日に、第2回の研修コースが2010年6月8日~8月3日に、それぞれ開催され、好評を博した。

国際地震工学研修の詳細については、2009年度建築研究所講演会で、「国際地震工学研修50年:世界の地震・津波災害軽減への挑戦」(古川信雄)として発表されているので参照されたい。また、本論の最後に国際地震工学研修等に関するいくつかの基本的なデータを掲載した。なお、最新のデータは次のウェブサイトで見られる。<http://iisee.kenken.go.jp/>

図23 国際地震工学研修生(累計1481名)の出身国



(建築研究所国際地震工学センター2010年報より)

(2) 地震防災センタープロジェクト

日本政府は、地震防災分野の国際協力として表2に掲げた様に、世界各地の地震防災センターをJICAの技術協力と無償資金協力を組み合わせて実施してきた。これらのプロジェクトに建築研究所が技術支援をしてきたが、その背景にはIISEEで培われた国際協力のノウハウとそこから育っていた各国の人材が大いに役立っている。以下、これらのプロジェクトの概要を、プロジェクト関係者が、建築研究所の楯府国際協力審議役(当時)の薦めで「住宅」に寄稿した資料をもとに紹介する。

表2 世界各地の地震防災センタープロジェクト

(いずれも建築研究所が関与したJICAによる技術協力)

国名	名称 (機関等略称)	相手機関	協力期間
インドネシア	[第三国研修] 人間居住研究所 (RIHS・IIPU)	科学技術省 RISTEK (現)	[1982-2003] 1993-1998
ペルー	日本・ペルー地震防災センター (CISMID)	ペルー国立工科大 UNI	1986-1993 [1989-2004]
研) チリ	構造物群の地震災害軽減技術プロジェクト	チリ・カトリカ大学	1988-1991 1994-1998
メキシコ	メキシコ地震防災プロジェクト (CENAPRED)	国立自治大学 UNAM	1990-1997 [1997-2001]
トルコ	トルコ地震防災研究センタープロジェクト (ITU)	イスタンブール工科大	1993-2000
研) エジプト	[第三国研修] 地震学研究協力 (NRIAG)	天文地球物理研究所	[1992-1999] 1993-1996
カザフスタン	アルマティ地震防災リスク評価モニタリング	国立地震研究所	2000-2003
ルーマニア	ルーマニア国地震災害軽減計画 (CNRRS/INCERC)	地震災害軽減センター	2002-2008
エルサルバドル	耐震住宅普及技術改善 Taishinプロジェクト	住宅都市開発庁	2003-2008 2010-2012

研) は研究協力プロジェクト、カザフスタンはミニプロとして実施。また、協力期間の欄中の [-] は第三国研修の全体実施期間を示す。

① インドネシア

1974年に公共事業省人間居住総局に長期専門家が派遣されたのを機に、バンドンの公共事業省人間居住研究所などに多数の専門家が派遣されて、広範な分野で技術協力を実施してきている。最近では、2007年9月より2011年まで、公共事業省にて「建築物耐震性向上のための建築行政執行能力向上プロジェクト」を実施している。なお、インドネシアでは、世銀やIMFの強力な指導のもとに、住宅分野においても民間市場重視の政策に移りつつある。公共事業省は低所得者向け集合住宅を6万戸供給する計画を進める一方、都心部に20階建ての集合住宅を大量供給する1000タワープログラムが打ち出された。近年では、バンドンでのプロジェクト方式技術協力(プロ技)「インドネシア集合住宅適正技術開発プロジェクト」が2007年6月に終了した。

また、近年防災分野では、スマトラ沖地震およびジャワ島中部地震により大きな被害を被ったことから、日本として防災能力の向上のための支援を行っている。目的は、

- 1) 住宅等の建築物の耐震性能の向上
- 2) 災害に強い住宅地づくりの推進(計画、規制誘導等)
- 3) コミュニティーベースの安全対策の推進

等の分野において技術協力を推進し、その成果を他の発展途上国に普及させていくことにある。上記1)の技術協力として、

国土交通省は2007年より「建築物耐震性向上のための建築行政執行能力向上プロジェクト」を開始して、建築基準分野の長期専門家のほか建築研究所からも複数の短期専門家の派遣をしている。

最近では、日本とインドネシアとの国際共同研究プロジェクト「インドネシアにおける地震火山の総合防災策」(地球規模課題対応国際科学技術協力事業、研究代表者:佐竹東京大学教授)が、平成21年度から3カ年計画で実施されている。建築研究所からは日本側の研究協力機関として、液状化を含む地盤災害の軽減について新井主任研究員が、津波予測シミュレーションと被害予測について藤井研究員が、それぞれ参画している。2010年9月22日~30日には、藤井研究員がジャワ島のパンガダランとチラチャブで海底・陸上地形データ収集、建物分類等を目的とした現地調査に参加した。2010年11月22日~25日には、神戸市において国際ワークショップが開催され、研究進捗状況の議論と今後の研究計画の策定を行った。

また、インドネシアは建築分野の技術協力が最も早くから行われており、技術協力の一環として国際協力機構JICAは第三国研修を実施している。地震学及び地震工学の分野においても、まずインドネシアが対象国となった。1981年に事前調査と実施協議が当研究所のスタッフも参加してインドネシアで行われ、翌年1982年より第三国研修が開始された。その第三国研修の日本側の講師は以下の通り。

表3 第三国研修(インドネシア)派遣者一覧

期間	講師
1982年(昭和57年) 3月13日~4月20日	梅村 魁、大塚 道夫、岸田 英明、渡部 丹、石山 祐二、窪田 敏行、Sosrowinarso、Zen、Teddy Boen、Wiratman、Tular
1983年(昭和58年) 1月15日~2月25日	大崎 順彦、松島 豊、石山 祐二、水野 二十一
1984年(昭和59年) 1月14日~2月24日	吉見 吉昭、南 忠夫、石山 祐二、須藤 研
1985年(昭和60年) 1月12日~2月26日	横山 泉、尾池 和夫、平石 久廣、石見 利勝、服部 定育、須藤 研
1986年(昭和61年) 1月11日~2月23日	青山 博之、滝野 文雄、八巻 昭、許斐 信三、石山 祐二
1987年(昭和62年) 1月10日~2月22日	寺本 隆幸、浅野 美次、八巻 昭、岡田 健良、中田 慎介
1988年(昭和63年) 1月10日~2月21日	菅野 忠、梅野 岳、中田 慎介、西山 功
1989年(平成元年) 1月14日~2月25日	赤城 俊充、阿部 勝征、小谷 俊介、寺本 隆幸、中田 慎介、西山 功
1990年(平成2年) 1月15日~3月9日	阿部 勝征、西川 孝夫、武田 寿一、堀川 湧、中田 慎介、山口 修由
1991年(平成3年) 1月4日~2月26日	中田 慎介、六車 照

(建築研究所IISEE 2010年年報より)

② ペルー

ペルーにおける最大の自然災害要因の一つは、日本と同様に地震である。ペルーでは1970年5月31日に大地震（死者約7万）が発生した。その後、ペルー政府の要請により日本から調査団が派遣され、IISEEで地震・地震工学の研修を受けたペルーの技術者達と協力し、地盤条件と震害分布の調査、地盤分類図の作成、これに基づく復興都市計画の基本となる土地利用計画のあり方などを示した。

地震による被災者の多くは、危険な場所に住んでいたため土石流に流されたり埋もれたりしたもの、また、アドベと呼ばれる泥とわらを混ぜた日干しレンガ造の脆弱な住宅に住んでいたため、崩れた住宅の下敷きになったものである。南米第2の高峰ワスカラン（標高6,768m）の斜面が崩壊し、岩石・氷河が時速約300kmという飛行機なみのスピードで斜面を滑り落ちてきた。これによって当時の人口約2万のユンガイ市は厚さ約10数mの土石で埋め尽くされ、一瞬のうちに全市が消滅してしまった。この地震災害を忘れないように、5月31日は文部省令で「地震防災教育の日」（日本の9月1日「防災の日」に相当）と指定されている。

1970年の地震被害調査団に引き続き、1979年にペルー政府から日本に対して地震防災計画に関する技術協力要請が行われた。この要請に対して、1979年より7年間に渡り毎年、建築研究所などから短期専門家によるミッションが派遣された。このような状況下で、地震防災センター構想が持ち上がり、ペルー政府は1984年にセンター設立に関する日本への公式な協力要請を行った。

このようにして設立された日本・ペルー地震防災センターは、地震防災を中心とした各種の自然災害の防止を図るための研究とその成果の普及を行うため、ペルーのみならず広く南米の各国に貢献することを目的としている。

このセンターは日本の国際協力の一環であるJICAプロジェクト方式技術協力として1986年に開始された。日本側は主として建築研究所から専門家の派遣と機材の供与を行った。ペルー側は主としてセンターの敷地の提供、建物の建設、スタッフの確保を行ってきた。

この地震防災センターはペルー国立工科大学の土木工学部に所属し、スペイン語でCentro Peruano-Japones de Investigaciones Sismicas y Mitigacion de Desastres というのでCISMID（シスミッド）と略称されている。

CISMID は、首都リマの郊外にあるペルー国立工科大学内キャンパスの約1.5haの敷地に、研究本館、土質実験棟、構造実験棟と講堂からなっている。

土質実験棟には動的三軸試験機、ボーリング機材を含め基本的な実験機材は全て揃っており、中には南米ではただ1台という機材もある。構造実験棟には反力壁・床があり、コンピュータオンラインによる3階建の実大建物の構造実験が可能である。その他、小型振動台、各種材料試験機などもある。

図2-4 CISMIDの構造実験棟（設立20周年記念：2007年）



CISMIDの主な活動は、都市防災計画、地盤条件の分類（マイクロゾネーション）、建築物の耐震診断・補強補修方法および耐震設計法、ローコスト住宅・土木構造物などの耐震技術の研究開発などとそれらの成果をシンポジウム、セミナーなどを通じて普及することなどである。1970年ペルー地震の後に訪れた日本の調査団は地形や地盤の影響によって地震被害が全く異なることを指摘し、地震危険度の区分を行った。CISMIDで行っているマイクロゾネーションはこの調査団の教訓を実行しているもの。

ペルー側スタッフは総勢約50名、研究者のほとんどは土木工学部の教授・助教授との兼任である。JICAのプロジェクトとして行われていた第1期1986～91年の間、日本からはチームリーダー、都市防災計画専門家、土質工学専門家、地震工学専門家、構造実験専門家、業務調整員が長期間滞在し、その他多数の専門家が短期間訪れていた。しかし、分野によっては日本人専門家の派遣が遅れたり、ペルーの経済状態悪化のため講堂の建設が進まなかったりなど予定通りとはいかなかった部分もあったが、そのような状況の中では比較的順調にプロジェクトが進行していた。

第一期終了後、更に2年間の延期が決定し、その間、日本人専門家も派遣された。しかし、1991年6月に日本から派遣されていた農業専門家3名がテロに殺害され、日本人専門家全員がペルーから引き揚げざる事となった。その後は、日本国内に支援委員会を設け、日本から専門家を派遣することなしにCISMIDの活動を2年間サポートした。

CISMID はJICA のプロジェクトとして1986年に開始されたが、きっかけは1970年ペルー地震のほか、1961年より開始されている建築研究所のIISEEの地震工学研修に参加した多数のペルー人研究者・技術者（現時点では約100名）の熱意と努力に依存しているところが多い。ちなみにCISMID 初代所長のフリオ・クロイワ名誉教授は地震工学研修の第2回（1961～62年）研修生である。

地震災害の他には、地震に伴う津波、土石流、地滑り、エルニーニョなどの異常気象による水害などがある。これらの自然災害に対しても、いかに対処するかがCISMID の研究目標の大きなテーマである。（石山祐二 北海道大学名誉教授、元IISEE室長）^{ix}

CISMID では毎年、地震防災教育の日である5月31日を含む2～3日間シンポジウムを開催しており、2005年にはその第19回が行われた。このシンポジウムに合わせ、長年建設中であった講堂が完成した。シンポジウムの期間中に開所式が行われ、引き続き第2代目のチームリーダーであった石山氏に対する名誉博士号の授与式が行われた。なお、講堂には初代チームリーダーの棚橋一郎氏、講堂棟の展示スペースには当初からCISMID の設立に貢献した故・渡部丹博士の名前が付けられている。なお、渡部丹氏は建設省建築研究所国際地震工学部長の時、ペルーのプロジェクトの立ち上げに尽力し、棚橋氏もペルーに対する技術協力に特に大きな貢献を頂いた方である。

フリオ・クロイワ氏は、ペルーにおける防災分野の第一人者であるとともに、1980～88年の間、国際地震工学会（IAEE：International Association of Earthquake Engineering）の理事を務め、1990年には国連の笹川防災表彰を受けられるなど国際的に高い評価を得ている研究者であり、CISMID の初代所長を勤めておられるなど日本との繋がりの方である。同氏は、2004年に、これまでの防災分野全般にわたる研究活動の集大成として「Disaster Reduction-Living in harmony with nature」（邦題「減災：自然と共生しながら」。原著はスペイン語、その後英語版を出版）という520ページの大作を纏め、2005年1月神戸で開催された国連防災世界会議において、主催者である国連国際防災戦略（UN ISDR：United Nations International Strategy for Disaster Reduction）から公式紹介されている。

その後、日本の優れた技術を広く開発途上国へ移転することを支援しようという「途上国建設技術開発促進事業」（国土交通省からの委託により、社団法人国際建設技術協会が実施）の一つとして、2001～03年度において実施された「耐震性住宅プロジェクト」が、CISMID を舞台に実施された。このプロジェクトが実施できたのは、これまでの技術協力活動による、CISMIDの研究者の能

力向上、日本の研究者との信頼関係、日本から提供された実験機器の存在とそれを使いこなせるだけの能力の保有によるものであり、現地カウンターパート機関の意欲、研究開発能力、業務執行能力に負うところが大きいと言える。（樋府、斉藤）^x

また、最近日本とペルーとの国際共同研究プロジェクト「ペルーにおける地震・津波減災技術の向上」（地球規模課題対応国際科学技術協力事業、研究代表者：山崎文雄、千葉大学教授）が2009年に5カ年計画で開始された。建築研究所は日本側の研究協力機関として参画している。2010年3月15日、16日は、リマのCISMIDにおいてワークショップが実施され、建築物の耐震診断・補強技術について斉藤上席研究員が、地盤ゾーニングと地震動予測について新井主任研究員が、津波予測と津波被害軽減について藤井研究員が、それぞれ研究計画の策定に参加した。

③ チリ

チリと日本との間の研究協力を推進するために、JICA は1984年以降4度にわたり技術調査団をチリに派遣した。これらの調査を経て、以下に紹介する研究協力プロジェクトが1988年12月1日より3年間の予定で開始された。

研究協力プロジェクト：

チリにおける構造物の耐震設計第一期

（1988年12月～1991年11月）

計画に従い、1989年1月11日から長期専門家として翠川氏（東京工業大学）がカトリカ大学に派遣され、地震工学プログラムに関する研究協力が実施された。

(1) 地震工学プログラム

研究目的は、サンチャゴ市内の地盤の異なった地域で予想される地震動の特性を反映した設計用地震力を設定することである。このため、強震観測と常時微動測定が実施された。デジタル強震計、再生・解析装置、常時微動測定装置などの機材が供与され、1989年7月中旬に所定の観測地点に強震計が設置された。この強震計により、1989年7月22日にサンチャゴ市から北西約100kmの沖合で発生した地震による強震記録などが得られた。また、常時微動測定により、サンチャゴ市内の約100棟の建物についてその振動特性調査が実施された。

(2) 構造工学プログラム（鉄筋コンクリート造及び補強組積造建築物の耐震性能評価）

研究目的は、補強組積造と鉄筋コンクリート造耐震壁の耐震性能を実験によって解明し、強度と変形能力をより正確に予測する理論を確立することである。チリにおいて建設されている建物

のほとんど全てが主要な耐震要素として耐震壁を使用しており、得られる成果はこれらの建物の耐震設計を改善することに大きく貢献する。このプログラムは、カトリカ大学構造工学科（当時）で実施中の実験研究プログラムの一環として位置付けられ、計画されている試験体の一部を対象とした実験が、アクチュエータと反力フレームなどの供与機材を用いて行われた。

(3) 土質動力学プログラム（構造物と基礎の耐震設計に用いる土の動的特性評価）

研究目的は、土の繰り返し強度や液状化可能性等の基本的な動力学的特性と基礎構造の耐震設計との関連性を調査することである。地盤変状に伴う構造物の被害は、地盤の支持力の低下や地盤の液状化並びに大きな変位が発生する地盤によって生じ易い。従って、地盤上または地盤中の構造物が被害を受け易いような地盤を主な対象として調査を行う。研究成果は、地震地帯における基礎や上部構造物の耐震設計の確立に貢献する。ピエゾコーン、原位間隙水圧及び加速度測定装置、繰り返し三軸試験機用セルなどの機材が供与された。

図25 2009年チリ地震による建物被害（1階の層崩壊）



第一フェーズ研究協力プロジェクトは、高く評価されて1991年11月30日に終了した。カトリカ大学側から新たな研究協力に関する強い要請があり、1994年8月に事前調査団が派遣され、カトリカ大学との協議の結果、新たな研究協力が定められ、1994年10月1日から開始された。

第一フェーズプロジェクトが個々の構造物の耐震設計技術の向上を目指したのに対して、第二フェーズプロジェクトは都市やその周辺に存在する構造物群の耐震安全性の向上を目指したもので、都市地震防災の観点がより強く打ち出された。

チリでは、他の開発途上国と同様に、異なった学問領域との交流や、研究領域の相互乗り入れが行われていない。同一研究領域においても、強震記録の公開や共同研究を通して研究の質を高め、研究者の層を厚くする試みはほとんどなされていないようである。これが、研究成果が技術として社会に普及しにくい要因の一つになっている。（緑川光正 元IIEE国際地震工学部長）^{xi}

④ メキシコ

1985年9月19日にメキシコの太平洋岸に地震が発生した。メキシコ市は、震源から300km以上離れたところに位置しながら、この地震で地盤が激しく揺さぶられ、多数の建物が破壊し、無数の死傷者がでた。日本は、二十数名からなる耐震建築構造専門家チームを現地に派遣し（1985年10月28日～11月23日、団長岡田恒男 東京大学生産技術研究所教授＝当時）、被災した建築物の復旧を技術的に支援した。このチームの活動は、現地当局に高く評価された。

メキシコ大震災の三年後の1988年は、日墨修好条約締結百周年という記念すべき年に当たっていたこともあり、地震防災センターの建設は、無償資金によってまかなわれた。これは、GNPの極小国に無償で施設や機材を供与する日本のODA予算の一つである。メキシコはGNPが高く、無償資金供与の対象国ではなかったが、百周年を記念するため、特例として無償資金をふりむけることにしたものである。

1988年8月に無償資金の供与が確定し、センターの建設が始まった。最終的に、建物建設及び研究施設整備に合計12億5千万円の無償資金が投入された。センター建設用地には、メキシコ国立自治大学（UNAM）が提供した大学敷地の一部約15,000㎡が充てられた。この敷地に、無償資金によって建物が建設され、研究施設が設置された。また、太平洋岸のアカプルコからメキシコ市に至る約300km区間に5点、メキシコ市内に10点の観測点をもつ強震観測システムも供与された。

メキシコ側は、前述の百周年記念事業に関する合意で、センターを「国立防災センター（CENAPRED）」という名称にし、それを国家市民保護システムの中の一機関と位置付けた。このことは1988年9月に公布された政令（セナプレ設置令）に明記された。当初日本が考えていたセンターの研究対象分野は、地震防災に限っていたが、セナプレ設置令は対象とする災害の種類を大幅に広げたものであった。

このようにして、日本の無償資金供与によって、メキシコ内務省に地震防災などに関する研究施設「セナプレ」が誕生するに至

った。開所式典は1990年3月11日に行われた。

(1) 耐震構造分野

耐震構造分野の中心テーマは、実大構造試験施設を最適な状態に整備すること、またその利活用に習熟することである。そのために、メキシコ及びラテンアメリカ地域における低層ローコスト住宅の構造形式として、広く普及している「枠組組積造」の耐震性に注目した研究を実施した。

枠組組積造は、レンガを積み上げて壁をつくる組積造の変化形である。すべてのレンガ壁がその四周を鉄線入りコンクリート部材で囲まれるので、枠組組積造 (confined masonry) と呼ばれる。

なお、一連の研究は、国立勤労者住宅基金 (INFONAVIT 2) の支援を得て実施されたもので、構造設計指針などの研究の成果は INFONAVIT の住宅建設に活用されている。この支援は、1990年にセナブレと INFONAVIT が締結した協力協定に基づくものであり、この協定はその後延長されて現在に至っている。

(2) 強震観測分野

強震観測分野の中心テーマは、無償資金で設置された強震観測ネットワークシステムを正常な状態に維持管理すること及び必要な改良を加えることであった。このシステムは、納入直後種々のトラブルが発生し、改良すべき点が多く発見された。これらの問題はプロジェクト期間中にすべて解消され、世界に範たる強震観測ネットワークシステムが完成した。収録されたデータは、セナブレのデータベースに取り込まれるとともに、メキシコ国内強振動データベースにも提供されている。

(3) 地質災害分野

地質災害分野では、過去の地震や被害に関する資料に基づく地震危険度マップの作成、強震観測ネットワークによって観測された地震観測記録の分析などを行った。その主要な成果は以下のとおりである。

1) 等震度マップの作成

過去150年間に発生し、メキシコ市に影響を及ぼした主要な地震とその被害に関する資料を収集し、メキシコ市内の等震度図を作成した。

2) 距離減衰特性の研究

セナブレが観測した地震観測記録や他の機関が観測した地震記録を分析して、メキシコにおける地震動の距離減衰特性の特徴を見つける研究をしている。

3) マイクロゾーニング

メキシコ市内を約500mのメッシュに分割し、各メッシュ内の人口、建物種類、建物規模、地盤条件、建物別加速度応答スペクト

ル、建物タイプ別被災程度などを表示するマイクロゾーニングシステムを完成させた。この研究は、メキシコ市の地震時緊急計画策定に利用されている。

4) 建物の地震時挙動

強震観測ネットワークのメキシコ市内観測点の中には、建物の地震応答の観測点がある。この観測点のデータは、建物の地震応答予測精度を高めるための研究資料を得ることを目的とする。

(4) 技術の研修普及分野

セナブレで実施される技術の研修普及活動は2種類ある。一つは、国家市民保護システムの一環として、一般市民及び行政官を対象とする地震時の避難方法、被災後の復旧方法などについてのもの、一つは、防災と直接の関係がない耐震構造技術などについてのものである。前者はセナブレ発足当初から精力的に行なわれ、日本側の支援をほとんど必要としなかった。

1994年から開始したDR0 セミナーは、「DR0 (工事責任者)」という技術資格をもつ建設関係技術者を対象とするセミナーで、彼らの保有する技術知識をリフレッシュし、グレードアップすることを目的としている。これはDR0 に好評をもって受け入れられ、現在も続いている。一方、日本政府は、メキシコ政府に対して、この地震防災プロジェクト終了後においてはセナブレが中米、カリブ諸国の盟主として地震防災に関する技術移転の中心的役割を担うことを期待し、そのために1997年以降第三国研修の資金を援助した。これを受けてセナブレは、メキシコ国内向け研修普及活動のほか、中米、カリブ諸国などの技術者向け研修普及活動をも実施した。(室田達郎 元メキシコ・チームリーダー) ^{xii}

⑤ トルコ

トルコは、アジアとヨーロッパの結接点に位置し、黒海の入りを擁する地理的な要衝であるとともに、中近東地域ではイラン、エジプト並びに6000万人近い人口を有する大国である。

我が国は、トルコが穏健かつ現実的な外交路線を基調とし、対西側強調及び東欧・NIS 諸国、中近東諸国とも善隣協力関係を指向し、地域の安定化に貢献している大国であることや、人口が多く市場経済・対外開放政策を通じて援助需要が極めて大きいこと等から対中近東地域援助の重点国の一つとして積極的に協力を行っている。

建築・住宅分野に関しても、トルコにおける地震防災の軽減を目的とする強震観測網整備と建築物の耐震性の向上を目的とする耐震性向上技術の開発を行うトルコ地震防災研究センタープロジェクトがアンカラとイスタンブールにおいて1993年4月

から2000年3月まで実施された。

トルコ地震防災研究センタープロジェクトは、5年目に国際協力機構JICAの評価を受けて継続となり、2000年まで実施された。その目的は、地震防災研究センターを設立・運営し、トルコで多発する地震災害、特に死傷者の発生を低減する方策の確立に向け、実験研究を通して基礎的な技術の蓄積を行うことにより貢献することである。

JICAによる地震防災関係の技術協力プロジェクトとしては、これ以前にペルーとメキシコでの経験があったが、それらはいずれも1つの組織に対して技術協力がなされたものであった。トルコの技術協力に関しては、トルコ政府からの申請がイスタンブール工科大学での耐震構造研究とアンカラの公共事業省地震研究部での地震観測システム構築という2つの事業を地震防災という観点から一本化したものであったので、実施に当たって、トルコ側だけでなく日本国内に設けられたプロジェクト支援組織においても2つの異なる事業間の情報の共有と意思の疎通に多くの努力が払われた。

1992年3月の事前調査、1992年12月の長期調査を経て、1993年3月に実施協議がトルコ政府との間でなされ、翌月から協力が始まった。

本プロジェクトで設立の地震防災研究センターは、首都アンカラの公共事業省地震研究部に設ける強震観測サブセンター、イスタンブール工科大学に設ける地震工学実験サブセンターと教育訓練サブセンターで構成される。これらのうち教育訓練サブセンターはプロジェクトの後半にトルコ側の努力により設立された。

日本国内では、日本建築防災協会にトルコプロジェクト委員会を設置し、専門家派遣、研修員受け入れ、機材供与などの計画作成の支援、各サブセンターでの研究計画の作成支援に当たった。プロジェクトの前半は、メキシコ地震防災センタープロジェクト(1990年～1997年)の後半と時期が重なっていたので、トルコプロジェクト委員会とメキシコプロジェクト委員会の上に技術委員会を設けることにより、両プロジェクト間で地震観測・耐震工学に関する技術移転の問題点や成果の共有化が図られた。

強震観測サブセンターの活動は、以下のとおりである。黒海沿岸の都市サムスンに地域センターを、その周辺地点に端末観測点を設置し、地震時の強震記録を即時アンカラの強震観測サブセンターに電話転送する。転送された地震波を即時に解析し、地震被害の範囲や規模を推定する実験システムを構築することが活動目標である。この実験システムは、将来の地震被災地の救助活動着手への適用を図るため、基礎的なデータや知見の蓄積を目指すも

のである。

このような実験システムを構築するため、強震計・地震計とデータ収録および転送装置、データ解析装置、地震データ転送制御ソフトなど、箇所の遠隔地に設置した強震計等から地震波を吸い上げ、解析し、結果を表示するためのハードとソフトが供与された。

一方、地震工学実験サブセンターの活動は、建築構造及び土質の地震時挙動を把握するための実験を実施し、建築構造物の補修・補強および耐震基準に関連する基礎的なデータや知見を蓄積することである。対象とした建築構造は、トルコの都市において最も一般的な鉄筋コンクリート構造(柱、梁は鉄筋コンクリート構造で、柱・梁のフレーム内に穴あきレンガ造の外壁や間仕切り壁を有する構造)で、近年の地震で大きな被害を受けた構造である。

耐震実験用として、仮動的実験が可能となるコンピュータ制御の加力装置、静的加力実験のための油圧ジャッキ装置、計測装置ならびにデータ処理・解析用パソコンが供与された。また、既存建物の振動特性計測のため、常時微動計測装置、データ処理・解析用パソコンおよび解析ソフト、地盤の土質を把握するために、室内で用いる各種の土質試験装置、屋外での原位置土質試験用に弾性波探査装置が供与された。

プロジェクトの期間中2回の日本トルコ地震工学シンポジウムを地震工学実験サブセンターのあるイスタンブール工科大学で開催した。主要課題は、プロジェクトの課題に対応する地震防災関連の研究課題で、構造物の地震被害・補修・補強、マイクロゾーンネーションなどであった。いずれのシンポジウムもトルコ国内はもとより、諸国、バルカン半島の旧東欧諸国や中央アジアに位置する国々からも多くの参加者を得て、活発な議論が展開された。

このシンポジウムには当時プロジェクトが進行中のルーマニアからも専門家が招かれ、地震工学実験サブセンターのカウンターパートと情報交換できた。このことが契機となって、今度はルーマニアプロジェクトで開催されるシンポジウムにイスタンブール工科大学の研究者が招聘され、トルコのプロジェクトで得た経験や実験研究の成果が発表されるなど、技術協力が相乗効果が現れている。(福田俊文 元IISEE国際地震工学センター長)^{xiii}

⑥ エジプト

国際協力事業団による地震防災協力「エジプトのプレート境界における地震活動の評価」がエジプト・アラブ共和国の国立天文地球物理研究所との間で1993年に開始された。本プロジェクトは3年計画で、シナイ半島南端部周辺に「無線テレメーターによる集中記録方式の地震観測網」を設置し、地震観測・震

源決定・発震機構解析及び地殻変動観測を行うものである。長期派遣専門家として横山北海道大学名誉教授（初年度）と村上寛史氏（2・3年度）を、短期派遣専門家として古川信雄地震情報解析室長（当時）と井上公応用地震学室長（当時）他を派遣した。また、プロジェクト終了後の1996年8月からはフォローアップのために長期派遣専門家として藤井茨城大学名誉教授を派遣した。（古川信雄 前 IISEE 国際地震工学センター長）^{xiv}

1992年から1999年にかけてはエジプトにおいて第三国研修（地震学）が開始された。目的はアフリカ諸国の参加者に対し地震学分野における知識・技術の取得、研究能力向上のための機会を与えることであり、エジプト側の実施機関は国立天文学地球物理研究所であった。

表4 第三国研修（エジプト）派遣者一覧

期 間	講 師
1992年（平成4年） 2月1日～2月29日	村田 一郎、阿部 勝征、緑川 光正、須藤 研
1993年（平成5年） 1月16日～2月11日	北川 良和、南 忠夫、本多 了、井上 公
1994年（平成6年） 1月8日～2月3日	石山 祐二、阿部 勝征、石橋 克彦 勅使川原 正臣
1995年（平成7年） 3月4日～3月31日	瀬野 徹三、古屋 和男、松島 豊、末次 大輔
1995年（平成7年） 11月11日～12月7日	鹿嶋 俊英、吉岡 祥一
1996年（平成8年） 11月9日～12月17日	源栄 正人、久家 慶子
1997年（平成9年） 11月9日～11月22日	横井 俊明、平出 務
1999年（平成11年） 2月21日～3月11日	瀬戸 憲彦

（建築研究所IISEE 2010年年報より）

⑦ カザフスタン

アルマティ市における地震防災及び地震リスク評価に関するモニタリング向上として、カザフスタン科学高等教育部地震研究所が先進的手法による地震データ収集、分析を継続的、効率的に行えるようになるため、a. 強震観測、b. 高感度地震観測、c. GPS 観測分野での専門家チーム派遣、研修員受入並びに必要な機材の供与等を通して人材育成を図るプロジェクトを1999年度から2002年度まで実施した。長期派遣専門家として小宮山英明氏と須藤研東京大学生産技術研究所教授を、短期専門家として横井応用地震学室長（当時）と鹿嶋俊英主任研究員他を派遣した。また、研修員受入については、一般コースに計8名の若手技術者・研究者を、又カウンターパート研修で指導者層4名を受け入れた。（横井俊明 IISEE 上席研究員）^{xv}

⑧ ルーマニア

1977年のブカレストで起きた地震により1570名が亡くなり、35000世帯が住宅を失った。その経験に基づきブカレスト市内の高層建築物の地震補強の推進が急務である。

高層建築物の地震補強の推進のために、2000年度からJICA「地震災害軽減計画プロジェクト」を開始し、長期専門家を派遣している（プロジェクト全体では3名）。それに伴い、プロジェクトのカウンターパートとして公共事業交通住宅省（現 開発公共事業住宅省）MDLPLに「地震災害軽減センター」（INCERC）が設置された。

国立建築研究所とブカレスト土木工科大学の協力関係のもと、地震対策に係る技術協力を行うことにより、ルーマニアの建築物の耐震性向上、都市の地震安全に寄与すると共に、国際技術協力関係の拡充を図ることとした。このプロジェクトの目的は「甚大な地震発生時の建築物崩壊を減少させる技術の改善と普及を実現する」ことである。プロジェクトの内容は次の通り。

1) MDLPLによる補強プロジェクトの支援を行うと共に、効果的かつ低コストの建築物補強手法を検討、開発し、マニュアル作成及び構造技術者に対するセミナーを通じて、構造技術者に普及させることを目指す。

2) 構造実験、強震観測、土質試験・地盤調査等を行い、収集されたデータをもとに設計用地震動作成マニュアル、基準、法規則の案を作成することにより、新築及び既存建築物の耐震設計に関する基準がMDLPL及びセンターによって改善されることを目指す。

3) 被災した建築物の危険度診断技術マニュアルの作成及び構造技術者に対するセミナーを実施することにより、被災建築物の危険度診断技術がセンターによって開発され、構造技術者に普及させることを目指す。

4) 一般市民に対する防災セミナーの実施や防災に関する出版物を発行し、防災情報を伝えることにより、一般市民に対する防災教育の質の改善を目指す。

低コストの建築物補強手法の開発とマニュアルの作成、実験や調査に基づく設計用地震動作成マニュアルの作成と基準の提案、被災建築物の危険度診断マニュアルの作成や、これらの技術についての構造技術者に対するセミナー、一般市民に対する防災セミナーなどを実施し、2008年事業が終了した。（古川信雄 前 IISEE 国際地震工学センター長）^{xvi}

⑨ エルサルバドル

耐震普及住宅の建築普及技術改善プロジェクト

協力期間：2003年12月1日～2008年11月30日

2001年の1,2月にエルサルバドルで相次いで発生した地震は、大規模な斜面崩壊や住宅の倒壊等の甚大な被害をもたらした。特に、全国に136万件ある住宅の約20%が倒壊・損壊の被害を受けたが、被災住宅の60%は貧困層の住宅であった。

このため、2001年3月にJICAエルサルバドルとJICAメキシコとの共催で実施された地震防災セミナーにおいて、「低所得者層が住む普及住宅や自家建築の耐震性の向上の必要性」が認識され、メキシコからの南南協力を中心としつつ、同協力に対する支援（南南協力支援）を日本が行うという枠組みで協力を行うことが確認された。建築物の耐震に関する分野での技術協力で高い評価を得ている我が国に対しては、低所得者層向け普及住宅の1)耐震性能の実証、2)耐震建築技術の改善、3)技術の普及、をコンポーネントとするプロジェクトが要請された。

プロジェクト目標：低所得者向け普及住宅の耐震性を改善。

- 1) 普及住宅の耐震性実験のための設備と、実験実施体制が整備される。
- 2) 実施機関の研究者、技術者が耐震実験技術を習得し、普及員の普及能力が向上する。
- 3) 耐震普及住宅モデルが完成する。
- 4) 耐震普及住宅モデルの普及システムが確立する。
- 5) 低所得者層に耐震普及住宅の建築が促進される。

プロジェクトの内容と現状：

本プロジェクトは、ブロックパネル造、アドベ造、ソイルセメントを用いた組積造、コンクリートブロックを用いた組積造の4工法について、材料及び構造実験を実施し、報告書を取りまとめ、普及のためのモデル住宅の建設と施工指導を行い、普及用の施工マニュアルを作成するものである。

本プロジェクトは、2003年12月から実施され、順調に推移している。2007年9月にはこれまでの成果を発表するセミナーが開催された。本セミナーには日本から派遣された短期専門家も参加し、日本の地震防災に関する特別講演を行った。

本プロジェクトは、南南協力の枠組みでメキシコからの協力を得つつ、エルサルバドルの公共省住宅都市開発庁、中米大学、エルサルバドル国立大学、エルサルバドル住宅財団の4機関をカウンターパートとしている。

(3) UNESCOプロジェクト (IPRED)

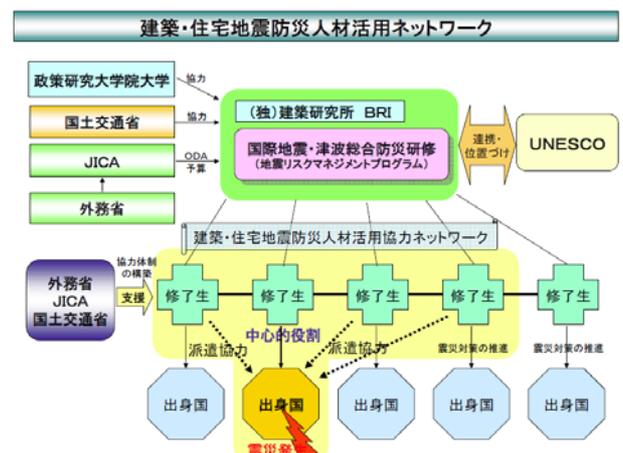
国土交通省とUNESCO、建築研究所IISEEの協力関係により、建築・住宅分野における地震防災研究・研修の国際的なネットワークおよび大地震・大津波が発生した際の国際的なバックアップ体制（建築・住宅地震防災国際プラットフォーム、International Platform for Reducing Earthquake Disaster : IPRED）を構築した。そのメンバーとして、前記（2）で紹介した過去の地震防災関係でJICAプロジェクトの実績のある8ヶ国（チリ、エジプト、インドネシア、カザフスタン、メキシコ、ペルー、ルーマニア、トルコ）の研究機関等が活動を開始している。

現在、15項目にわたる活動分野を特定し、日本の国土交通省とUNESCO本部と連携を取りながら、建築研究所IISEEがこれらの機関と、レクチャーノートの公開やeラーニングシステムなど、様々な活動を展開している。

図26 IPREDの全体像（創設時）



図27 IPREDの活動のイメージ



(4) 途上国震災対策技術向上普及プロジェクト

開発途上国の震災対策技術の向上および普及に関する研究を建築研究所の IISEE で実施している。その概要は以下の通り。

1. 研究開発の期間：平成 21 年度～23 年度 (2009-2011)
2. 主担当者：斉藤大樹 (IISEE)
3. 目的：本研究開発では、開発途上国の政府機関や研究機関、開発途上国支援を行っている国際機関等との連携を重視し、研究成果をいち早く開発途上国の震災対策に生かすことを目指す。また、研究の成果は、国際地震工学センターの Web サイトに構築されている情報ネットワーク (IISEE ネット) を通じて、広く開発途上国が参照できるように、ネットワークの充実を図る。

4. 課題：

3つのサブテーマを設定する。

- (1) 開発途上国の実情に即した地震・津波ハザード評価要素技術の向上のための調査および情報発信
- (2) 開発途上国の実情に即した建築物の耐震診断・補強技術の向上のための調査および情報発信
- (3) 開発途上国の耐震工法の普及方策に関する調査および情報発信

5. 内容：

サブテーマ 1：

開発途上国の実情に即した地震・津波ハザード評価要素技術の向上のための調査および情報発信

① 実態調査および課題の整理 (2009-2011)

国際地震工学研修への参加者・元参加者を通じて、震源決定手法、シナリオ地震設定手法、マイクロゾーンネーション結果及び使われた評価手法などの技術の現状把握を行い、課題を整理する。とくに、現地ニーズに適した技術として、シナリオ地震設定方法と簡易な微動探査法の検討を行う。具体的には以下の内容を実施する。

1) シナリオ地震設定手法の検討

- ・高精度震源決定等によるシナリオ地震の設定
ミャンマー、フィリピンを対象に実施 (2009-2011)
- ・地震発生サイクルモデルに基づくシナリオ地震の検討
中国横ずれ断層系を対象に検討

2) 微動探査法の検討

国内外での学術講演会・ワークショップ等への参加、開

発途上国の微動探査技術研究者の招聘、国際地震工学研修で微動探査法を学んだ元研修生との交流、JICA 技プロ等への協力を通じて、実態把握と課題整理に役立つ情報を収集し、これを整理する。(2009-2010)

② 地震・津波ハザード評価技術情報の発信 (2009-2011)

国際地震工学研修への参加者・元参加者を通じて、幾つかの開発途上国の地震・津波観測ネットワークに関する情報を収集し、地震・津波ハザード評価のために必要な、地震・津波に関する基礎情報データベースの整備を実施する。具体的には以下の項目を実施する。

1) IISEE ネットにおける地震関連データベースの更新

- ・被害地震のリストの更新・拡充 (2009-2011)
- ・地震観測網及び地震活動のデータベースの更新・拡充

2) 開発途上国の津波情報の収集と公開

- ・津波観測情報の収集と公開 (2009-2011)
研修生から津波観測情報の収集を行う。
- ・津波ハザード評価のためのシミュレーション結果の公開
修士レポート研究の成果をもとにした津波ハザード評価のデータベースの構築を行う。

3) 微動探査法に関する情報の発信と利活用

- ・SPAC 法解析プログラム及び解説書 (英文) を IISEE-NET で公開する。(2010)
- ・JICA 技プロ等への協力により、SPAC 法の詳細な技術情報を直接普及させる。また、本研究で得られた知見を、国際地震工学研修参加者の修士レポートの指導に利活用する。(2010-2011)

サブテーマ 2：

開発途上国の実情に即した建築物の耐震診断・補強技術の向上のための調査および情報発信

① 実態調査および課題の整理 (2009-2010)

文献調査やヒアリング等を行い、課題を整理するとともに、途上国に典型的な枠組積造建物の解析モデルの開発を行う。

- 1) 世界各国の建築物の耐震情報の収集・分析 (2009)
- 2) 外国人研究者に対するヒアリング調査・研究打ち合わせ
- 3) 枠組積造建物の解析モデルの構築 (2010)

② 建築物の耐震診断・補強技術情報の発信 (2010-2011)

開発途上国の建築物の適した耐震診断と補強技術を検討し、いくつかの補強方法についてその効果を検証するとともに、国際地震工学研修・現地セミナー・IISEE ネットを利用した発信等

による普及・人材育成を行う。具体的には以下の項目を実施する。

- 1) 組積造壁の実験結果の分析と解析 (2010-2011)
- 2) 開発途上国の建築物の免震補強技術の適用可能性の検討
- 3) 組積造建物の崩壊解析ソフトの開発と崩壊挙動分析 (2011)

サブテーマ3 :

開発途上国の耐震工法の普及方策に関する調査および情報発信

① 開発途上国における在来工法住宅の現況に関する調査 (2009-2010)

アドベ造、レンガ造、石造、木造などの耐震性の低い在来工法の現況に関する基礎的データ (工法、生産体制など) の収集および国際会議を開催する。

② 耐震工法の普及方策の研究 (2010-2011)

現地の職人を通じた技術普及方策を検討する。具体的には、2009年9月に地震被害を受けたバダン (インドネシア) を対象に在来工法住宅の特性をふまえた実用的な被害予測プログラムの開発を行う。

表6 地震防災関連のJICA報告書の例 (建築研究所図書室)

年度	報告書名
昭和60年2月	日本・ペルー地震防災センター事前調査報告書
平成2年6月	メキシコ地震防災プロジェクト実施協議調査団報告書
平成4年6月	トルコ地震防災研究センター事前調査報告書
平成5年10月	インドネシア共和国集合住宅適正技術開発プロジェクト実施協議調査団報告書
平成6年11月	中華人民共和国住宅新技術研究人材育成センタープロジェクト事前調査団報告書
平成7年11月	トルコ共和国地震防災センター巡回指導調査団報告書
平成8年4月	インドネシア共和国イリアンジャヤ地震災害救済国家緊急援助隊専門家チーム報告書
平成8年11月	メキシコ合衆国地震防災プロジェクト終了時評価報告書
平成9年10月	エジプト地震学研究協力
平成11年11月	トルコ国西部地震災害救済国際緊急援助隊専門家チーム (耐震診断)
平成12年3月	トルコ西部地震災害救済国際緊急援助隊専門家チーム (仮設住宅建設指導) 報告書
平成14年8月	ルーマニア共和国地震災害軽減計画プロジェクト実施協議報告書
平成14年11月	カザフスタン共和国チーム派遣協力「アルマティ市における地震防災及び地震リスク評価に関するモニタリング向上」終了時評価調査報告書

表5 地震防災分野における技術協力

プロ技 : インドネシア (80~86、07~10)、ペルー (86~91、00~01)、メキシコ (90~97)、トルコ (93~00)、ルーマニア (02~07)、エルサルバドル (03~08)

ミニプロ : カザフスタン (00~03)

研究協力 : チリ (88~91、95~98)、エジプト (93~96)

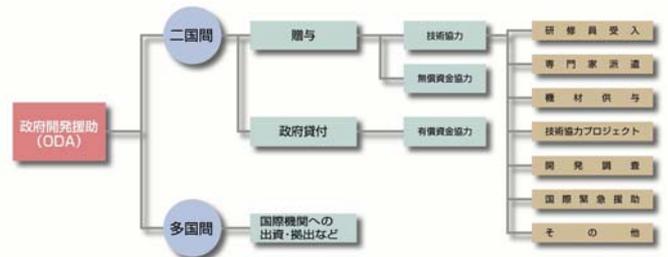
国際緊急援助隊 : トルコ、台湾 (99)、アルジェリア (03)

JICA集団研修 : 地震工学セミナー (79~00)、地震・耐震工学 (72~89、90~99、00~04、04~)、グローバル地震観測 (85~)、中国地震工学 (09~)

第三国研修 : エジプト (92~98)、メキシコ (97~01)、インドネシア (81~90、93~97、99~03)、ペルー (89~98、00~04)

開発調査 : イラン (98~04)、トルコ (01~02)、ネパール (00~)、フィリピン (01~)、アルジェリア (04~)、インドネシア (04~)、スリランカ (04~)、モルディブ (04~)、ペルー (08~)

図28 政府開発援助 (ODA) の形態^{wii}



V 今後の国際防災協力に向けて

①近年の世界情勢の変化に伴い増加する研修対象国と高まる研修需要

世界経済の不均衡な発展は、いわゆる中進国を中心に経済発展に伴う人口の都市への集中と社会インフラの急成長を生み、1980年代以前には地震防災をほとんど顧みる余裕を持たなかった諸国（例、バングラデシュ・ネパール・パキスタン・ニカラグア）からの研修の要望を生み出している。2004年に起こったスマトラ島沖の巨大地震とそれに伴ういわゆるインド洋大津波は、自国では地震災害を経験したことのない諸国（例、スリランカ・マレーシア）にも地震・津波災害対策の重要性を認識させる契機となり、これらの国々からの研修への要望がなされるようになってきている。

また、旧ソ連の崩壊に伴って誕生した中央アジア・コーカサス諸国では地震と地震災害に関わる理学・工学にまたがる専門分野でも、旧ソ連時代の独自の体系から欧米流の研究・技術体系への移行が切望されており、上記の技術分野での研修の需要が高まっている。

これらの研修への需要については、21世紀に入っても頻発している地震・津波災害（例、2005年パキスタン地震（カシミール）、2010年ハイチ地震）が不幸にも実証しており、国際地震工学研修の需要は内容を変えつつ21世紀の今も継続しており、需要はますます高まっている。

②世界をリードする日本の技術分野の研修への強い要望

地震学・地震観測技術分野では、広帯域地震計・デジタル観測技術・IT技術を応用した地震観測網が事実上の世界標準となり、それ以前のアナログ機器の標準技術を習得した諸国からも、これらの新標準技術に関する研修が要望されている。加えて、地震防災分野では、リアルタイム地震防災や緊急地震速報技術など以前には無かった研究・技術分野が育ち、地震・津波防災対策の要となる勢いを示している。東南アジア島嶼部・中南米等地震災害が頻発する諸国からは、これら新しい技術分野についての研修が要望されている。

地盤振動研究に近い分野では、リモートセンシング等の簡便であるが故に広域的な危険度の評価に優れるものの個別の敷地の危険度評価では精度の不足する技術分野から、微動アレイ探査等より精度の高い地球物理学的探査技術へ需要の中心が漸移してきている（例、エジプト・モンゴル・中国）。日欧米と異な

り、建設技術が未熟な開発途上国では、要求耐力のより少ない地盤を選んで開発・建設を進めることが有効とされており、これらの地盤評価技術の研修への需要が高まっている。

耐震工学分野では、途上国の都市部における人口の集中と建築物の高層化のニーズに伴い、免震・制振構造や超高層のような最先端の建築構造技術に関する研修の要望が高まっている。また、耐震設計技術は、静的な地震力による弾性設計から動的な地震力による弾塑性設計に移行しており、等価線形化法やエネルギー法などの新しい設計手法の習得や非線形構造解析技術の利用に関する研修が要望されている。さらに、開発途上国では既存建築物の耐震補強事例は少ないが、我が国ではとくに阪神淡路大震災以降、建築物の耐震診断・補強が数多く実施されており、その技術の研修に対する要望は極めて高い。

③国際地震工学研修の高い実績

IISEEが実施する国際地震工学研修は、1960年の開始以当初から、地震と地震災害に関わる理学・工学にまたがる専門分野での科学的知見・技術の日進月歩に合わせて研修内容を進歩させることを標榜し、たゆまぬ努力を続けてきた。その間に経済発展を遂げた国々はODA対象国からはずれ（例、韓国・ルーマニア）、また研修参加とJICA技プロが実施されて技術移転が進み、関係機関が立ち立ちした国々（例、メキシコ・チリ）とは、研修生受け入れよりは共同研究を実施するようになった。また、研修生の多くが、各国の地震学・地震工学分野の指導者として活躍している（例、アジア地震学会初代会長のインドのHarsh Gupta氏、国際機関CTBTO—包括的核実験禁止条約機関—元国際データセンター長のエジプトのSalah Mohamed氏など多数）。これらは国際地震工学研修の大きな成果である。

また、2008年5月の中国四川大地震を受けて、国際地震工学研修では中国人研修生7名を受け入れるとともに、2009年10月からは、新たに「中国耐震建築研修」を開始するなど、耐震分野の人材育成に積極的に取り組んでいるところである。

④研修の充実と強化のための技術開発の実施

IISEEでは、これまでに研究課題「開発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ネットワークの構築」（2006-2008年度）として、HP（ホームページ）「IISEE ネット」を通じた情報発信を基本に、国地研修レポートの電子化と公開、E-learningシステムによる講義資料（動画を含む）の提供、ニュースレターの発行、TV会議システムの導入など、開発途上

国との直接的なコミュニケーションを可能にしてきた。

研究課題「開発途上国の震災対策技術の向上および普及に関する研究」(2009-2011年度)では、これまでの実績と研修需要の変化を踏まえて、開発途上国との連携をより一層強化し、開発途上国の実情に即した震災対策技術の向上と耐震工法の普及に向けた研究開発を行う。

震災対策技術としては、とくに開発途上国の地震・津波ハザード(危険度)評価技術と建築物の耐震診断・補強技術について、開発途上国の実態調査と問題点の把握、技術向上のための具体的な技術支援の提案と発信を行う。耐震工法の普及としては、開発途上国に多い枠組み組積造を対象に、開発途上国の建築工法の実態調査を行い、耐震工法の普及方策を提案する。

さらに、これらの研究成果を開発途上国の耐震技術者育成やIISEEの研修の充実と強化に生かすとともに、研究開発により得られた情報やノウハウについては、ホームページ(IISEE ネット)に掲載して広く共有を図る。

IISEEでは、50年間世界の地震災害を出来る限りなくすことを目的に、多くの方のご尽力を得て活動を継続してきた。また以上のような4つの新しい方向に向けての活動にも取り組んでいるところである。最後に、これからも多くの方々にお世話になり、世界の若い人達を育てていくというIISEEの使命のもとで働けることに感謝しつつ、以下の言葉をかみしめたい。

「1年の計画ならトウモロコシを植え、10年の計画なら木を植え、100年の計画なら人々を訓練・教育する。」(When planning for a year, plant corn. When planning for a decade, plant tree. When planning for a century, train and educate people.)

図29 第3期IISEE卒業生(1962-63)



表7 IISEE 研修生の国別累計 (1960-2010: 10名以上の国)

国名	人数	国名	人数
ペルー	110	エチオピア	19
インドネシア	104	ベネズエラ	19
フィリピン	90	ボリビア	18
中国	88	韓国	18
エジプト	79	ルーマニア	18
トルコ	79	ギリシア	17
インド	55	フィジー	16
パキスタン	51	ニカラグア	15
チリ	44	カザフスタン	14
イラン	41	マレーシア	14
コロンビア	40	コンゴ共和国	13
メキシコ	38	グアテマラ	13
タイ	38	ユーゴスラビア	13
ネパール	37	バングラデシュ	11
エクアドル	31	イラク	11
アルゼンチン	27	モンゴル	11
エルサルバドル	27		
ミャンマー	26		
コスタリカ	25		
アルジェリア	23		

表8 IISEE 国際地震工学研修の概要

	通年研修		グローバル研修	中国研修	個別研修
	地震学・地震工学コース	津波防災コース			
研修生概数	20	5	10	20	5
期間	12ヶ月(毎年10月～翌年9月)		2ヶ月	2ヶ月	任意
研修	講義(8ヶ月)個人研修(4ヶ月)		講義及び実習	講義及び実習	個人研修
分野	地震学、地震工学、地震防災政策	津波学、津波防災政策	地震学	地震工学 耐震設計・診断 ・補強	地震学、地震工学

図30 IISEE ネットの概念図



参考文献

- i 宇津徳治, 1990, 世界の被害地震の表 (古代から1989年まで), 宇津徳治, 東京, 243 p.
- ii Utsu, T., 2002, A list of deadly earthquakes in the World: 1500-2000, in International Handbook of Earthquake and Engineering Seismology Part A, edited by Lee, W.K., Kanamori, H., Jennings, P.C., and Kisslinger, C., pp. 691-717, Academic Press, San Diego.
- iii 宇津徳治, 2004, 世界の被害地震の表 (古代から2002年まで), 宇津徳治先生を偲ぶ会, 東京, 電子ファイル最終版. 改定・更新版:
<http://iisee.kenken.go.jp/utsu/index.html>
- iv 国連地域開発センター 防災計画兵庫事務所
<http://www.hyogo.uncrd.or.jp/publication/report.html>
- v 同上 2005-2010 地震にまけない住宅計画プロジェクト Housing Earthquake Safety Initiative (HESI).
- vi JICA インドネシア, 2007-2010 建築物耐震性向上のための建築行政執行能力向上プロジェクト.
- vii Teddy Boen, 2009, "Constructing Seismic Resistant Masonry Houses" Indonesia.
- viii 国連地域開発センター, 2009, 中国四川大地震調査報告書及び 建築研究所, 2009, 建築研究資料 No. 118 「2008年5月12日汶川地震(四川大地震)における建築物被害と復興に係わる調査活動の記録」.
- ix 石山祐二, 2005, 日本・ペルー地震防災センタープロジェクト, 住宅 2005.10, 61-66 p.
- x 榎府龍雄, 斎藤大樹, 2005, ペルー・日本の協力関係を基盤とする活動展開の紹介, 住宅 2005.10, 67-71 p.
- xi 緑川光正, 2004, チリの構造物耐震設計および地震災害軽減技術研究協力プロジェクト, 住宅, 2006年4月 45-49p.
- xii 室田達郎, オスカー・ロペス・バディス, 2005, メキシコ地震防災プロジェクト, 住宅, 2005年8月 48-55p.
- xiii 福田俊文, 2005, トルコ地震防災研究センタープロジェクト, 住宅, 2005年7月 57-62p.
- xiv 古川信雄, 2006, エジプト地震学研究協力, 住宅, 2006年1月 53-58p.
- xv 横井俊明, 2005, カザフスタン共和国チーム派遣「アルマトイ市における地震防災及び地震リスク評価に関するモニタリング向上」について, 住宅, 2005年9月 64-73p.
- xvi 古川信雄, 2005, ルーマニア地震災害軽減計画プロジェクト, 住宅, 2005年6月 75-81p.
- xvii 国土交通省, 2002, 「国土交通省の国際協力」