

最近の世界的な大地震・ 大津波への対応と国際協力



平成23年3月4日

於 有楽町朝日ホール

独立行政法人 建築研究所(BRI)
国際地震工学センター(IISEE) センター長 安藤尚一

I はじめに (ニュージーランド地震速報を含む)

II 最近の大災害

- 2004 インド洋大津波
- 2005 パキスタン地震
- 2006 ジャワ島地震
- 2007 ペルー地震・津波
- 2008 中国ブン川地震
- 2009 パダン地震(インドネシア)
- 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

I はじめに

2009-2010年の地震・津波コースの卒業生と国土交通大臣（2010年9月）



2009-2010年のIISEE研修生の出身国 13ヶ国計22名

アルジェリア、中国(2)、コロンビア、エルサルバドル(3)、
フィジー、インドネシア(3)、ネパール、ニカラグア、マレー
シア(3)、ミャンマー、パキスタン、ペルー(3)、フィリピン



(2006年9月)

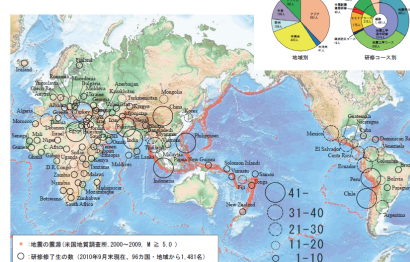
国名	人数	国名	人数
ペルー	110	エチオピア	19
インドネシア	104	ベネズエラ	19
フィリピン	90	ボリビア	18
中国	88	韓国	18
エジプト	79	ルーマニア	18
トルコ	79	ギリシア	17
インド	55	フィジー	16
パキスタン	51	ニカラグア	15
チリ	44	カザフスタン	14
イラン	41	マレーシア	14
コロンビア	40	コンゴ共和国	13
メキシコ	38	グアテマラ	13
タイ	38	ユーゴスラビア	13
ネパール	37	バングラデシュ	11
エクアドル	31	イラク	11
アルゼンチン	27	モンゴル	11
エルサルバドル	27		
ミャンマー	26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

国際地震工学研修生の
国別累計

累計 96ヶ国・地域、1481名

(1960-2010: 左表は10名以上の国)

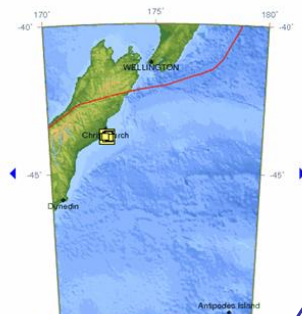
研修生数の数と出身国



ニュージーランド南島地震 速報:2011年2月21日(現地22日)

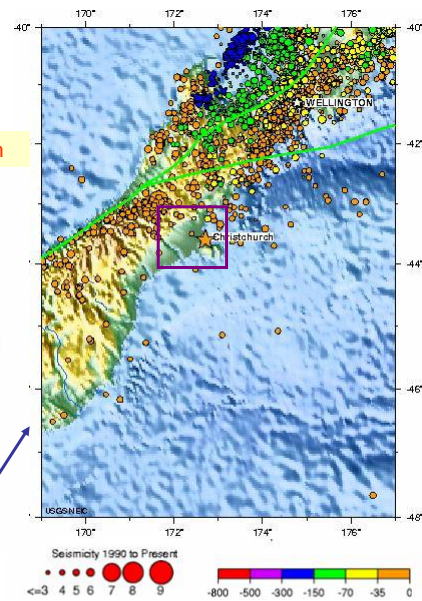
http://iisee.kenken.go.jp/special2/20110221nz_ja.htm

建研のWebでは今回の地震の速報ページを作りました。



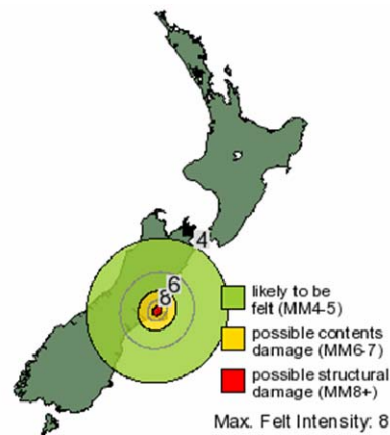
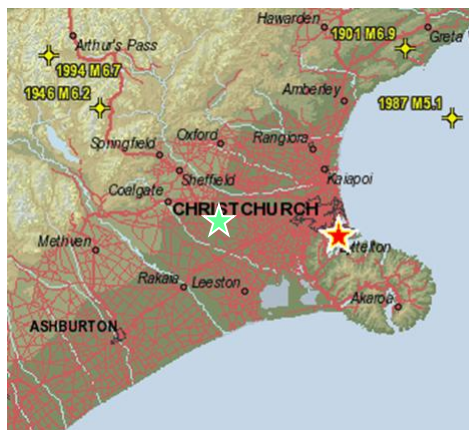
New Zealand南島の地震活動

★ 地震の震央位置



http://neic.usgs.gov/neis/eq_depot/2011/eq_110221_b0001igm/neic_b0001igm_h.html

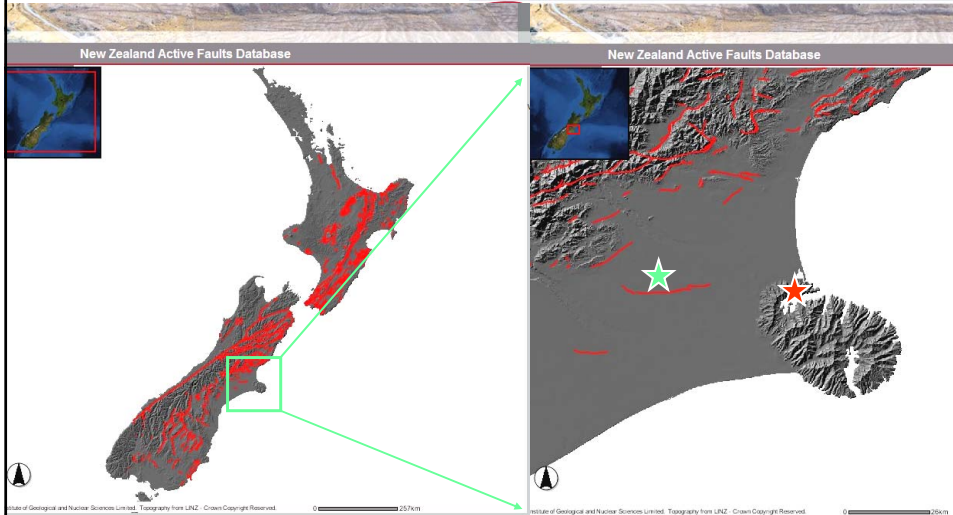
クライストチャーチと本震震央位置



★ 2月22日地震の震央
★ 昨年9月4日地震の震央

<http://www.geonet.org.nz/earthquake/quakes/3468575g-maps.html>

ニュージーランドの活断層図

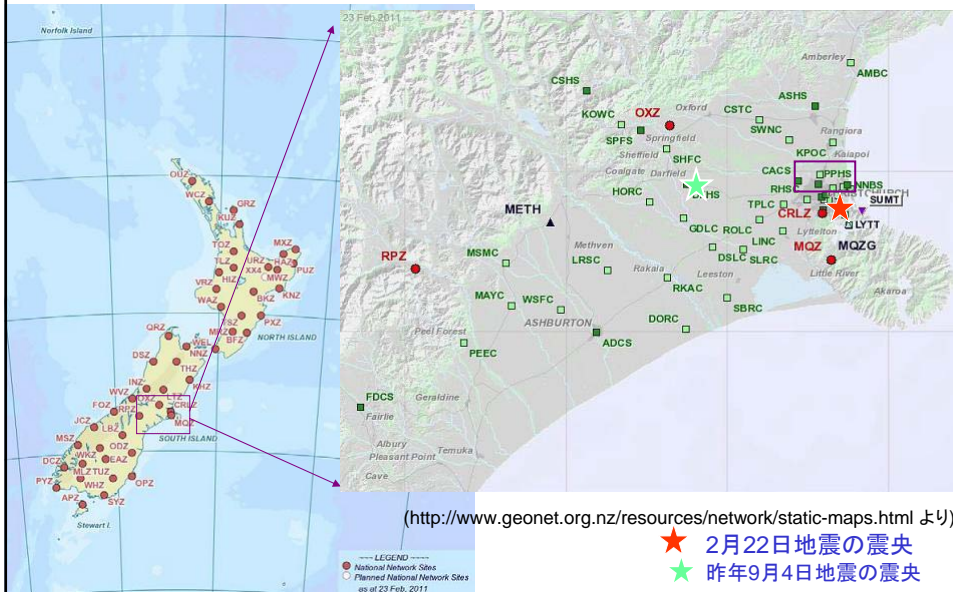


★ 昨年9月4日地震の震央

★ 2月22日地震の震央

<http://maps.gns.cri.nz/website/af/>

ニュージーランドの強震観測地点



(<http://www.geonet.org.nz/resources/network/static-maps.html> より)

★ 2月22日地震の震央

★ 昨年9月4日地震の震央

クライストチャーチの強震観測地点

震央近傍の強震観測地点 (©Google Earth)

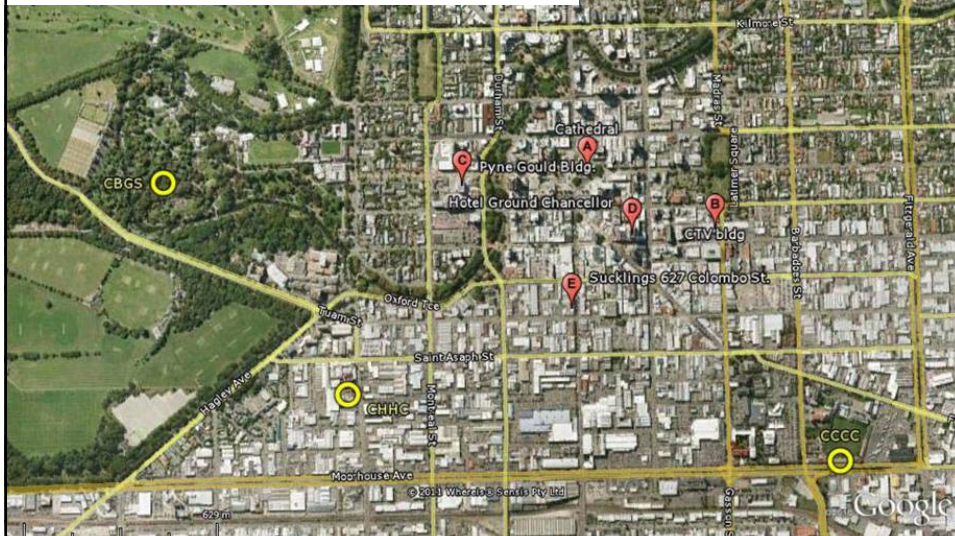
□ (約2km四方)
中心市街地



2月22日地震の震央  中心市街地の南東約7km

強震観測地点と主な被災建物(©Google Earth)

クライストチャーチの中心市街地



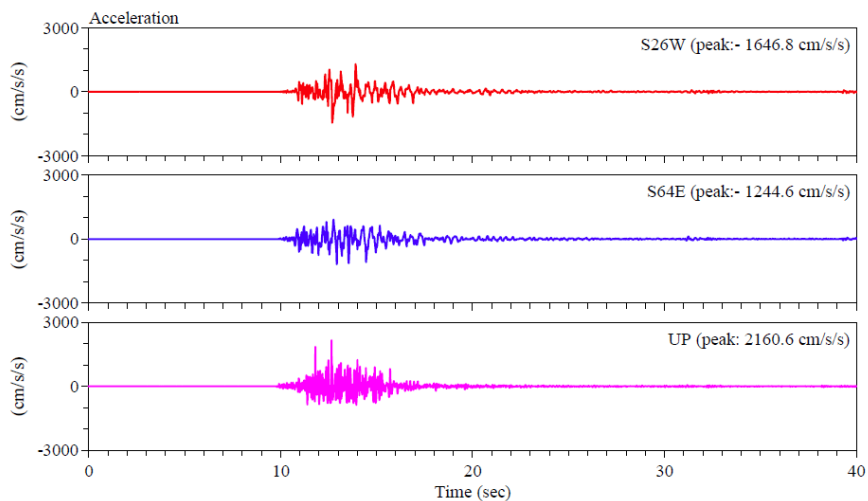
主な強震記録（震央距離20Km以内）

最大加速度2G

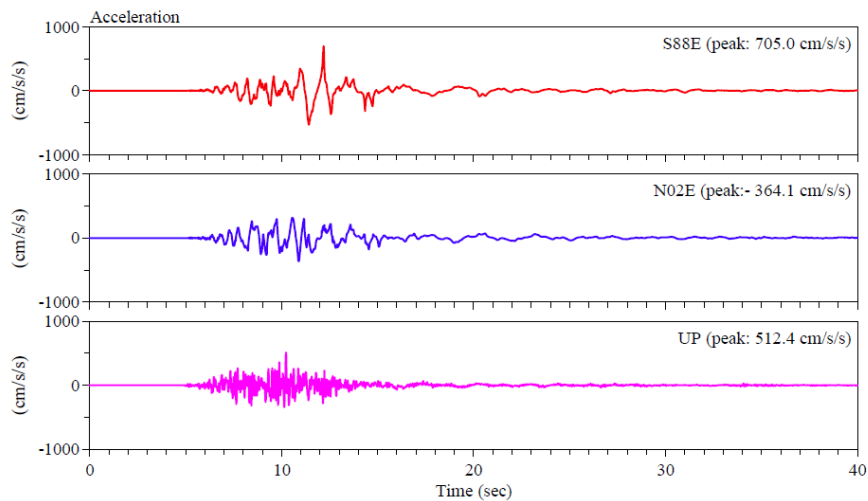
記号	名称	震央距離 ^{*1} (km)	最大加速度 ^{*2} (cm/s ²)	計測震度	備考
HVSC ①	Heathcote Valley Primary School	1	2179.2	6.5	図4
LPCC	Lyttelton Port Company	4	1081.3	5.8	図5
PRPC	Pages Road Pumping Station	6	1887.6	6.1	図6
CCCC	Christchurch Cathedral College	6	797.9	6.0	図7
CMHS	Christchurch Cashmere High School	7	836.7	5.8	図8
CHHC	Christchurch Hospital	8	647.3	5.8	図9
REHS ②	Christchurch Resthaven	8	728.7	6.2	図10
CBGS	Christchurch Botanic Gardens	9	664.4	5.8	図11
HPSC	Hulverstone Drive Pumping Station	9	1098.6	5.5	図12
SHLC	Shirley Library	9	536.1	5.8	図13
RHSC	Riccarton High School	12	295.8	5.3	図14
PPHS	Christchurch Papanui High School	12	251.7	5.4	図15
SMTC	Styx Mill Transfer Station	14	190.8	5.0	図16
MQZ	McQueen's Valley	15	153.9	4.2	図17
CACS	Christchurch Canterbury Aero Club	18	227.5	4.9	図18
TPLC	Templeton School	19	155.1	4.3	図19
LINC	Lincoln Crop and Food Research	20	165.5	4.7	図20

中心市街地 (CMHS除く)

① 強震記録（加速度が最大値の地点：HVSC）



② 強震記録 (中心市街地の1地点:REHS)



ニュージーランドの耐震基準の変遷 その1

1800年代にブリテン諸島から移民が増加
母国の建築様式である無補強煉瓦構造

1848年Marborough地震(M7.5)

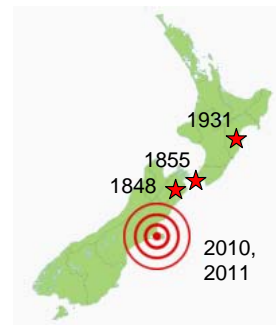
1855年Wairarapa地震(M8.2)

主要な建物はいったん木造に変更
その後地震がなく、火災への警戒から無補強煉瓦造が復活

1931年Hawke's Bay地震(M7.8) (死者161名)

1935年に最初の基準NZSS No.96

1939年, 1955年, 1965年に改正
高さ方向の地震力分布が一様分布から逆三角形分布へ
はじめて“靱性”の概念が導入された。



ニュージーランドの耐震基準の変遷 その2

世界的名著Park & Paulay著「Reinforced Concrete Structures」(1975)
 ー鉄筋コンクリート造部材の靱性設計法の確立ー

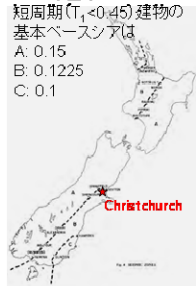
1976年基準NZS4203

地盤特性、建物タイプ、材料タイプ等により設計用地震力を規定、1992年改定。

2004年基準NZS1170 Structural Design Actions、それまでのNZS4203を統合。

1976年基準NZS4203

短周期($T_1 < 0.45$)建物の
 基本ベースシアは
 A: 0.15
 B: 0.1225
 C: 0.1



ChristchurchはB地域

1992年基準NZS4203

地域係数 $Z = 0.4 \sim 0.8$



Christchurchは $Z = 0.5$

2004年基準NZS1170

地域係数 $Z = 0.13 \sim 0.6$



Christchurchは $Z = 0.22$

ニュージーランド耐震基準の
 設計用地震地域係数の変遷

建物被害の特徴

- 今回(2月22日)の地震の前、この地域では2010年9月4日にM7.1の地震が発生している。今回の地震は震源が浅く、被災地に近かったため、甚大な被害となった。
- 地震動記録から計算される市中心部の計測震度は6程度。
- 煉瓦造建物など古い建築物に被害が集中した。
- 多くの邦人が生き埋めになったCTVビルは鉄筋コンクリート造6階建て。コア壁と柱・梁構造からなる。1976年のNZ耐震基準改正以前に建設された可能性が高い。
- 前回の地震で建物の耐震性が低下したことが、今回の地震での倒壊につながった可能性は否定できない。

II 最近の大災害 死者1万5千人以上の地震津波災害

(1960-2010) 建築研究所IISEE大地震カタログ^[1]及び国連資料^[2]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: バム地震	2003	6.7	31830
9	アルメニア: スピタク	1988	6.8	25000
10	グアテマラ	1976	7.5	22870
11	インド: ブジ (グジャラート)	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	1999	7.8	17118
14	中国: 雲南地震	1970	7.8	15621
15	イラン: ピヤズ	1968	7.3	15000

注: 緑は最近11年間の
(1999-2010)地震被害

[1] 宇津カタログ
http://iisee.kenken.go.jp/utsu/indx_eng.html

[2] 国連地域開発センター
<http://www.hyogouncrd.or.jp/publication/report.html>

2004 インド洋大津波



屋根に残った舟 2007 アチェ、インドネシア

2004 インド洋大津波

2004年の大津波以降、建研では毎年、インドネシアから津波コースの研修生を受入れている。(国際地震工学研修)



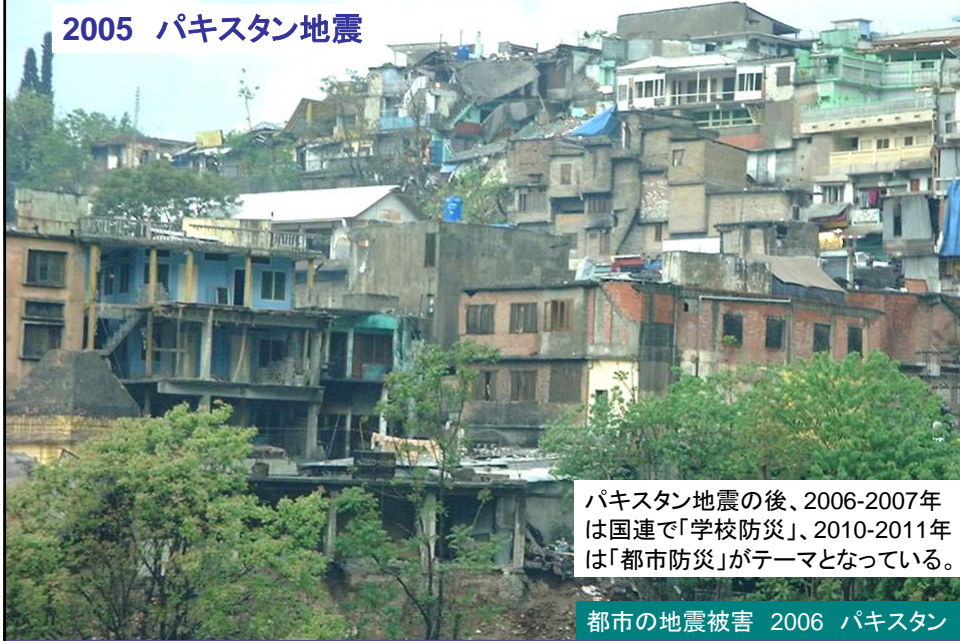
陸に残った舟 2007 アチェ、インドネシア

2005 パキスタン地震



住宅の地震被害 2006 パキスタン

2005 パキスタン地震



パキスタン地震の後、2006-2007年は国連で「学校防災」、2010-2011年は「都市防災」がテーマとなっている。

都市の地震被害 2006 パキスタン

2005 パキスタン地震



住宅の地震被害 2006 パキスタン

2005 パキスタン地震からの復興



竹のモデル住宅 2006 パキスタン

2005 パキスタン地震からの復興



HABITATのモデル住宅 2006 パキスタン

2006 ジャワ島地震



1階が層崩壊した大学校舎 ジョクジャカルタ

2006 ジャワ島地震

インドネシアからは地震学・地震工学
コースの研修生を数多く受入れている。
(国際地震工学研修)



1階が層崩壊した大学校舎 ジョクジャカルタ

2006 ジャワ島地震



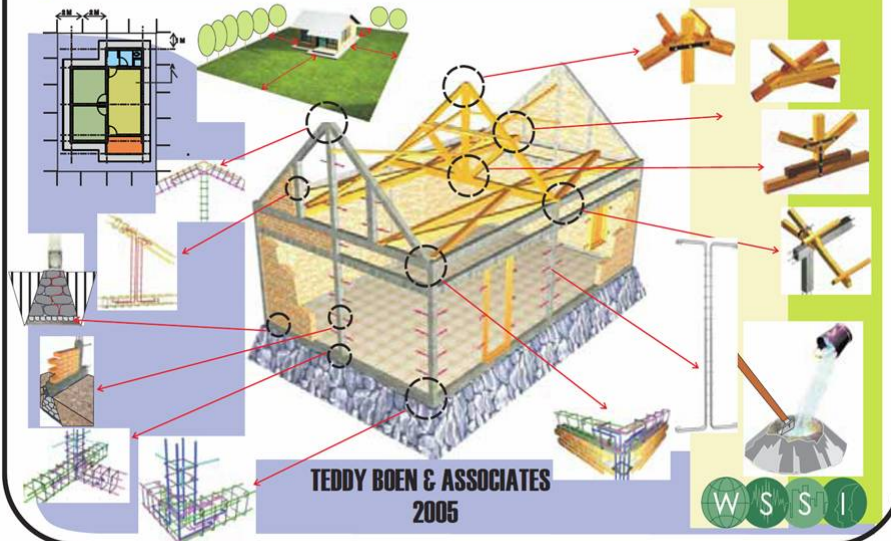
崩壊した税務署 ジョクジャカルタ

2006 ジャワ島地震



崩れたレンガ造の民家 ジョクジャカルタ郊外

CONSTRUCTING SEISMIC RESISTANT MASONRY HOUSES



テディ・ブーン氏 (IISEE第3期卒業生) が作った住民向けマニュアル

2006 ジャワ島地震からの復興



2007年の地震前から、建研では長年にわたりインドネシアに対し、数多くの技術協力を実施してきた。

BRIによる試験体 ジョクジャカルタ

2006 ジャワ島地震からの復興



復興住宅 ジョクジャカルタ郊外

地震・津波からの復興モデル



ヤシの木住宅 ジョクジャカルタ

2007 ペルー地震・津波



農村部のアドベ住宅の被害 2007年 ペルー

2007 ペルー地震・津波



農村部のアドベ住宅の被害 2007年 ペルー

2007 ペルー地震・津波



津波の跡 2007年8月 イカ、ペルー

2007 ペルー地震

2007年の地震直後、日本の耐震構造の専門家が現地で被害の診断をした。



病院の損傷 2007年8月 リマ、ペルー

1986年から建研は、ペルーの地震防災センター(CISMID)に協力している。



日本・ペルー地震防災センター(CISMID)とIISEE関係者

CISMIDの構造実験棟(設立20周年記念:2007年)

2008 中国ブン川地震



木造、レンガ造の住宅の被害 2008 綿竹、四川

2008 中国ブン川地震



店舗付き住宅の被害 2008 綿竹、四川

2008 中国ブン川地震



住宅の被害 2008 綿竹、四川

2008 中国ブン川地震



木造の住宅 2008 綿竹、四川

2008 中国ブン川地震



2008年地震の一年後から、建研では毎年、中国から耐震工学の研修生を受入れている。(国際地震工学研修)

仮設の学校 2008 綿竹、四川

2009 パダン地震(インドネシア)



近代建築の被害 2009 パダン、インドネシア

2009 パダン地震(インドネシア)



2009年のパダン地震は、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。

近代建築(鉄筋コンクリート造)の被害 2009



2009 パダン地震



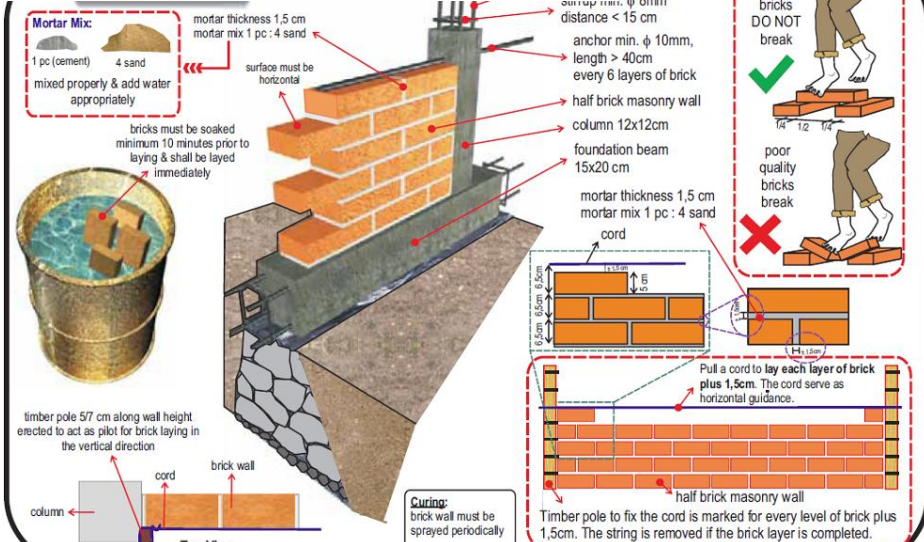
ノンエンジニアド建築の被害 2009 パダン

2009 パダン地震(インドネシア)



ノンエンジニアド建築の被害 2009 パダン

地震被害を防ぐには (インドネシアの事例)



テディ・ブーン氏 (IISEE 卒業生) が作った住民向け住宅建設マニュアル

2010 ハイチ地震



建研では、2011年のコースで初めてハイチからの研修生を受入れる。(国際地震工学研修)

崩れた大統領官邸 2010 ハイチ (CODE提供)

2010年 ハイチ地震



Ⅲ 被害の原因と対応

- 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

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。

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
(参考) 日本	1924年制定、1981年改正(新耐震)

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

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-IISEE)

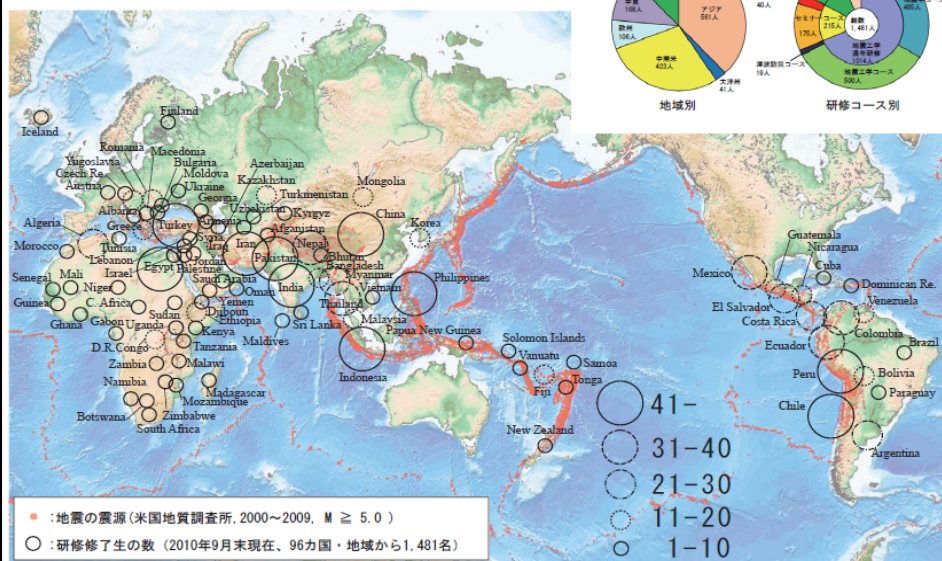
- i) 地震工学通年研修 (地震学・津波・耐震工学)
- ii) グローバル地震観測研修
- iii) 中国耐震建築研修

2) 地震防災センタープロジェクト(JICA)

3) UNESCOプロジェクト(IPRED)

4) 国際共同研究、国際標準化機構(ISO)、CIB等

研修修了生の数と出身国



国際地震工学研修 (国際地震工学センター IISEE / BRI)

① 地震工学通年研修

1960年 UNESCOの協力で国際研修を東京大学で開始

1962年 地震学、地震工学の国際研修を建築研究所で実施

1974年 JICA 発足以後、研修をJICA 研修の一環として実施

2006年 「津波防災コース」を新設

(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)

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

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「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毎年実施中。



JICA地震防災センタープロジェクト (1986-2012)

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-IBPU)	科学技術省 RISTEK	[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 (GENAPRED)	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 (INCERC)	地震災害軽減センター	2002-2010
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

UNESCOプロジェクト

ユネスコとの協カプロジェクト

建築・住宅地震防災 国際プラットフォーム (IPRED)



建築・住宅地震防災研究・研修ネットワークプロジェクト

- 日本: BRI・IISEE
- インドネシア: 人間居住研究所
- ペルー: 日本ペルー地震防災センター
- カザフスタン: 科学高等教育部地震研究所
- ルーマニア: 地震災害軽減センター
- エジプト: 国立天文地球物理研究所
- トルコ: 地震防災研究センター
- メキシコ: メキシコ国立防災センター
- ネパール、パキスタン、ウズベキスタン 等

国際地震・津波総合防災研修 International Training Course on Earthquake and Tsunami Disaster Mitigation

地震リスクマネジメントプログラム
Earthquake Disaster Mitigation Program

建築・住宅地震防災人材活用
協カネットワーク

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

- 1) 経済的に余裕が出てきた地震国からの研修需要
(例、バングラデシュ・ネパール・パキスタン・ニカラグア)
- 2) インド洋大津波で地震・津波災害を経験した諸国
(例、スリランカ・マレーシア・タイ・インドネシア)
- 3) 旧ソ連の崩壊に伴って誕生した中央アジア諸国
(例、カザフスタン・トルクメニスタン・グルジア)
- 4) 21世紀になって大きな地震災害に見舞われた国
(例、パキスタン・アルジェリア・ペルー・中国・ハイチ)

今後の国際防災協力に向けて (続き)

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

(分野の例)

- 1) 地震学 : 緊急地震速報・デジタル観測技術 他
 - 2) 地盤振動 : 微動アレイ探査・地震危険度評価 他
 - 3) 耐震工学 : 免震／制振・超高層・弾塑性設計 他
 - 4) 防災政策 : 耐震診断改修促進・耐震基準普及 他
- ③ 国際地震工学研修の高い実績
 - ④ 研修の充実と強化のための技術開発の実施



アジアでは各都市で超高層ビルの建設が進んでいる。

超高層ビルの建設が進むバンコク (タイ)



超高層ビルの建設が進むジャカルタ市 (インドネシア)



超高層ビルの建設が進むジャカルタ市（インドネシア）



世界各都市では農村から都市への人口移動が急速に進んでいる。

郊外の開発が進むカトマンズ市（ネパール）



リマ市の海岸部の開発（ペルー）



シンガポールの中心部



北京の中心部(中国)



クアラルンプール市(マレーシア)

1年の計画ならトウモロコシを植え、
10年の計画なら(果物の)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.

Chinese Proverbs quotes



超高層ビルの建設が進むジャカルタ市 (インドネシア)