

EWB-J 活動報告 海外における防災知識の伝承と普及活動 ～パキスタン、インドネシアの事例を中心に～

東京大学生産技術研究所
中埜良昭

EWB-J 活動報告 - 1 -

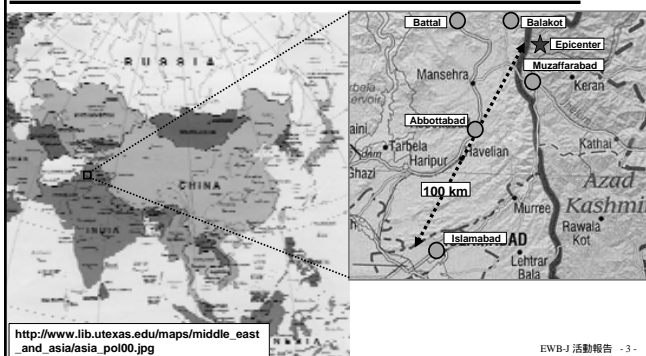
活動履歴（建築関係）

- ◆ 2005.10.8 パキスタン北部（カシミール）地震
- ◆ 2006.5.27 インドネシア・ジャワ島中部地震
- ◆ 2006.7.17 インドネシア・ジャワ島南西沖地震
- ◆ 2007.9.12 インドネシア・ブンクル地震

EWB-J 活動報告 - 2 -

2005 Kashmir EQ（建築関係：パキスタン）

Investigated Areas



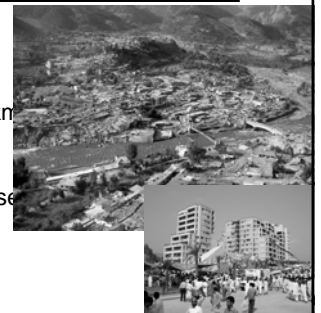
EWB-J 活動報告 - 3 -

2005 Kashmir EQ（建築関係：パキスタン）

Basic Information of EQ

Courtesy of Dr. Aydan Omer

- ◆ Magnitude: 7.6 (USGS)
- ◆ Dislocation: 4-6 m
- ◆ Ruptured Fault: 70-100 km
- ◆ Focal Depth: 10-15 km
- ◆ Fault Mechanism: Reverse
- ◆ Human Damage:
 - > 73,000 fatalities
 - > 69,000 injuries
 (as of November 20, 2005, UN OCHA Situation Report No. 24)

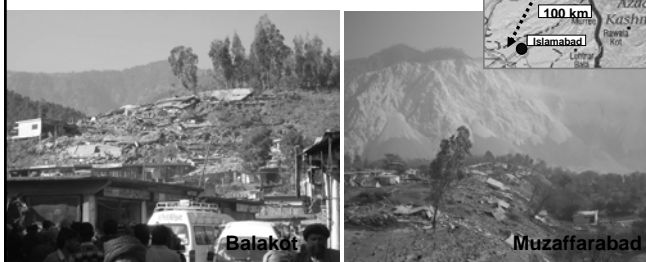


EWB-J 活動報告 - 4 -

2005 Kashmir EQ（建築関係：パキスタン）

震源域での被害

- ◆ 斜面移動（+振動）による建物被害（ほとんどが完全に崩壊している）



ムザファラバード / Muzaffarabad

- ◆ 被災した危険建築の継続使用
- 応急危険度判定の必要性大



アボタバード / Abbottabad

◆ 不適切な補修方法



EWB-J 活動報告 - 7 -

アボタバード / Abbottabad

◆ 不適切な補修方法

→ 被災建築物の復旧技術指針の
開発が必要



EWB-J 活動報告 - 8 -

イスラマバード / Islamabad Margala Towers



図 - 9 -

イスラマバード / Islamabad Margala Towers



EWB-J 活動報告 - 10 -

活動履歴（建築関係：パキスタン）

◆ 2005.10.8 パキスタン北部地震

- ・ 第2次調査団派遣とセミナー@Islamabad（11月：西川，中
中，土屋，真田）
- ・ 震災復旧・復興セミナー@Karachi（2006年5月：西川，中中）
- ・ 地震災害軽減に関する技術セミナー@Islamabad &
Muzaffarabad（2007年10月：中中）



ジャワ島中部地震

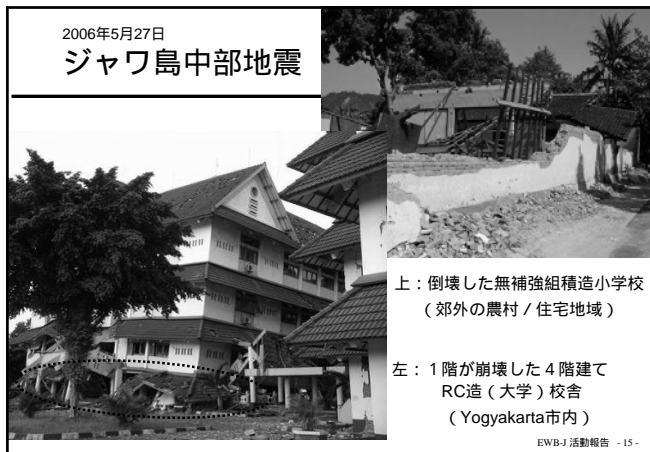
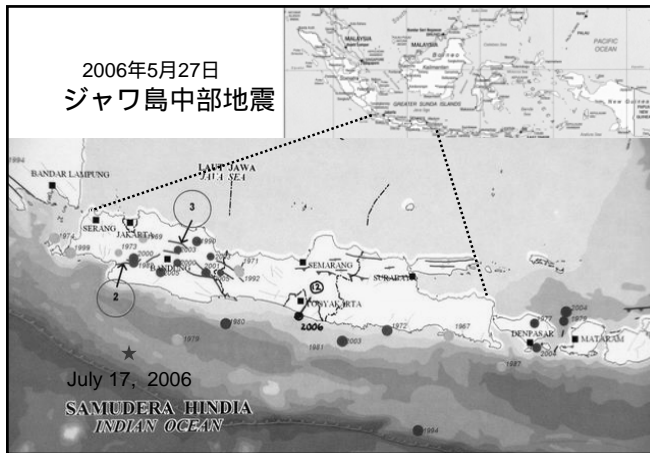
◆ 2006年5月27日 5時53分（現地時間）

- ◆ Mw6.3(USGS)
- ◆ 死者6000人以上

◆ 上記とは別に津波被害を伴う地震が発生

- ・ 2006年7月17日 15時19分（現地時間）
- ・ Mw7.7(USGS)
- ・ 死者500人以上
- ・ 津波による被害 1.5m@バンガンダラン海岸
（ジャカルタの南方270km）

EWB-J 活動報告 - 12 -



活動履歴（建築関係：インドネシア）

- ◆ 2006.5.27 インドネシア・ジャワ島中部地震
 - ・ 調査先遣隊派遣とセミナー@Jakarta（6月：勅使川原，中埜）
 - ・ 地震防災セミナー@Jakarta（2007年2月：勅使川原，中埜）
- ◆ 2006.7.17 インドネシア・ジャワ島南西沖地震
 - ・ バンガダラン津波被害調査とジャワ島中部地震の復興状況の調査（9月：勅使川原）
- ◆ 2007.9.12 インドネシア・ブンクル地震
 - ・ 被害調査とセミナー@Padang（2008年1月：勅使川原，中埜）



主な技術支援活動の内容

- ◆ 被害原因の考察とその報告
 - ・ 被害を受けた / 受けなかった原因は？
 - ・ 「事実」の蓄積から「真実」を知ることの重要性
- ◆ 震前および震後対策（復旧・復興）の紹介

RC造校舎の被害 STIE

- ◆ 4階建て（左）が崩壊 / 5階建て（右）が残る
- ◆ 壁の多少が原因と推察される



EWB-J 活動報告 - 19 -



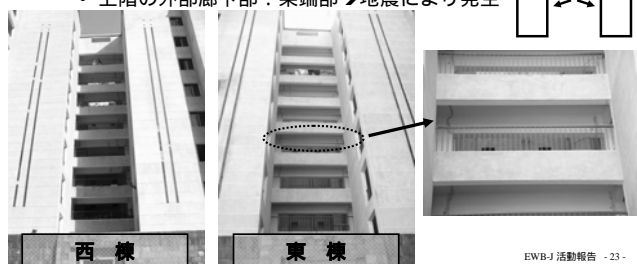
イスラマバード / Islamabad Park Towers

- ◆ 梁にひび割れ：
 - ・ 地下階：梁中央→鉛直荷重作用→地震前から発生のはず
 - ・ 上階の外部廊下部



イスラマバード / Islamabad Park Towers

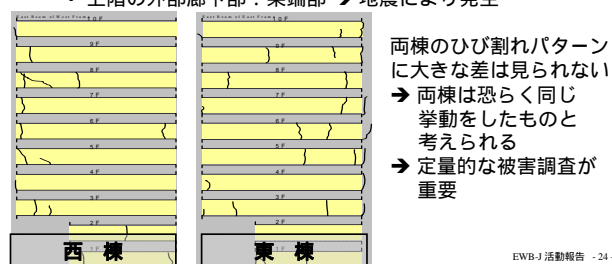
- ◆ 梁にひび割れ：
 - ・ 地下階：梁中央
 - ・ 上階の外部廊下部：梁端部→地震により発生



EWB-J 活動報告 - 23 -

イスラマバード / Islamabad Park Towers

- ◆ 梁にひび割れ：
 - ・ 地下階：梁中央
 - ・ 上階の外部廊下部：梁端部→地震により発生



EWB-J 活動報告 - 24 -

主な技術支援の内容

- ◆ 被害原因の考察とその報告
 - ・ 被害を受けた / 受けなかった原因は？
 - ・ 「事実」の蓄積から「真実」を知ることの重要性
- ◆ 震前および震後対策（復旧・復興）の紹介
 - ・ 耐震診断・改修の重要性と具体的な手法の紹介
 - ・ 被害調査結果の生かし方（「真実」をいかに活用するか）
 - ・ 応急危険度判定，応急・恒久復旧の考え方の紹介
 - ・ 当該国に適用できる手法は？ 留意すべき事項は？
 - ・ 日本における事例（成功例 / 失敗例 / 問題点）の紹介

EWB-J 活動報告 - 25 -

適切な耐震性能評価の重要性

Essentials for Seismic Evaluation

- ◆ Weak link governing structural performance (建物の弱点はどこ？)
- ◆ Contribution of nonstructural elements to structural performance (非構造壁の影響を考慮すること)
- ◆ Appropriate structural modeling (モデル化の重要性)
- ◆ Data collection for criteria setting (必要性能はデータに基づいて設定すべし：「被害程度」 vs. 「耐震性能」)
- ◆ Review of evaluation results (性能評価は新築設計より難しい)
- ◆ Education programs of engineers (技術者の教育プログラムの充実) and more

EWB-J 活動報告 - 26 -

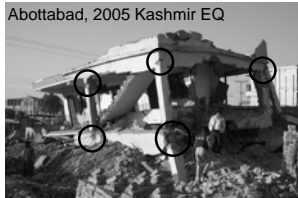
Essential Issues for Evaluation

(1) Where is **Weak Link**? (弱点はどこ？)

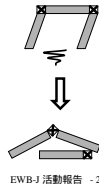
- ◆ Failure in shear or flexure of *beams, columns, (and walls)* is most typical damage found in moment resisting RC frames *with rigid BC joints*.
- ◆ However, damage to and/or around beam-column joints is often found.



Kobe EQ, 1995



Abbottabad, 2005 Kashmir EQ



EWB-J 活動報告 - 27 -

Essential Issues for Evaluation

Pull-out Failure of Beam Rebars

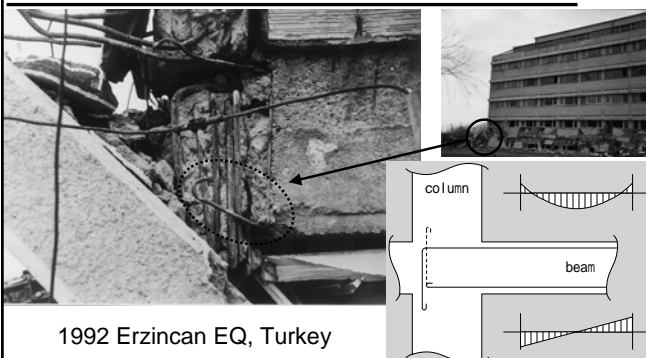
- ◆ Poor Reinforcement Detailing in Beams (主筋の定着不良)
 - ・ Anchored straightly into beam-column joints
 - ・ No bent into core concrete

Abbottabad, 2005 Kashmir EQ

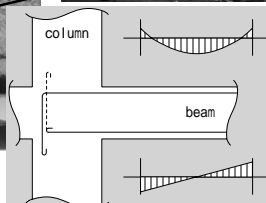


Essential Issues for Evaluation

Pull-out Failure of Beam Rebars



1992 Erzincan EQ, Turkey



Essential Issues for Evaluation

Pull-out Failure of Beam Rebars



STIE,
2006 Central
Java EQ

EWB-J 活動報告 - 30 -

(1) Where is **Weak Link**? (弱点はどこ?)

- ◆ Failure in shear or flexure of *beams, columns, (and walls)* is most typical damage found in moment resisting frames *with rigid BC joints*.

However,

- ◆ Damage to and/or around beam-column joints is often found.
- ◆ *Weak links* (pull-out, BC joint failure etc.) should be taken into account in *evaluating strength and ductility* as well as typical flexural and shear strength. (破壊形態を反映した性能評価が重要)

EWB-J 活動報告 - 31 -

(2) Effects of Nonstructural Elements

- ◆ Masonry and RC walls should be carefully considered in seismic evaluations. (非構造壁とは言うが...)
- ◆ They often contribute to column shortening. (構造体の挙動に影響を与える：特に柱を「短柱化」させ脆性破壊を誘発)



1992 Erzincan EQ



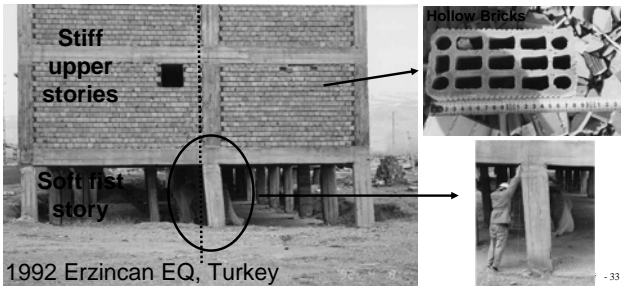
2004 Chuetsu EQ



1999 ChiChi EQ

(2) Effects of Nonstructural Elements

- ◆ Even nonstructural elements may unexpectedly contribute to the soft first story mechanism.



1992 Erzincan EQ, Turkey

- 33 -

(3) Do not Rely Much on Computers

- ◆ Computers are not almighty at all and structural engineers should be responsible for evaluation.
 - Location of weak link
 - Effects of nonstructural elements
 - Irregular plan/elevation/configuration of building etc.
- should be properly taken into account in evaluation through **appropriate structural modeling**.
- ◆ Sophisticated codes may not help much unless the model reflects **real structural characteristics**.
- ◆ **Right structural modeling** is the only **entrance gate** for right results.

EWB-J 活動報告 - 34 -

(4) Criteria Setting for **Your** Buildings

- ◆ Required capacity (criteria) was made through extensive studies on the relationship of *Is-index* between damaged and survived buildings in Japan.
- ◆ Analogous studies may help set rational criteria to identify safe buildings in Pakistan / Indonesia.



日本の耐震診断手法

- 耐震性能指標 (*Is*)
= 強度指標 (*C*) × 靱性指標 (*F*)
- *Is*大 耐震性能良
- 判定指標 (*Iso*)は過去の地震被害等を参考に0.6を標準値として設定

EWB-J 活動報告 - 35 -

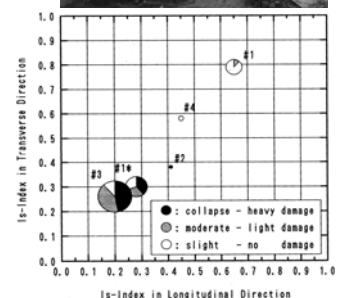
Applications (1)

- ◆ Damage vs. *Is*-Index

- 1985 Mexico EQ
- 1992 *Erizincan EQ*
- 1999 Chi-Chi EQ
- 2005 Pakistan EQ etc.

e.g.,

Erzincan EQ, Turkey
Lower capacity (*Is*-Index)
→ More serious damage



Applications (2) -Battal, 2005 Pakistan EQ

Preliminary evaluation of 2 buildings

(2nd Level Procedure with $F=1.0$, $S_D=T=1.0$)

- Collapsed building:
 $I_s = 0.14$ (20% I_{so})
- Survived building:
 $I_s = 0.48$ (80% I_{so})

(4) Criteria Setting for **Your** Buildings

- ◆ Required capacity (criteria) was made through extensive studies on the relationship of I_s -index between damaged and survived buildings in Japan.
- ◆ Analogous studies may help set rational criteria to identify safe buildings in Pakistan / Indonesia.
- ◆ Application of a (newly developed) evaluation to
 - damaged buildings
 - survived buildings
 - buildings that have not yet experienced damaging EQs
 will help set criteria to identify safe buildings in Pakistan / Indonesia.

耐震診断・改修の日本の実情は？：長期的・継続的努力が重要

Estimated Number Buildings before 1981

House	Wooden	18.6 mil (79%)
	RC, Steel etc.	1.5 mil (6%)
Office, School, Hospital ...	Wooden	1.4 mil (6%)
	RC, Steel etc.	2.2 mil (9%)
		23.7 mil (100%)

◆ For RC Structures

1.5 mil. + 2.2 mil. = 3.7 mil. (RC, Steel etc.)

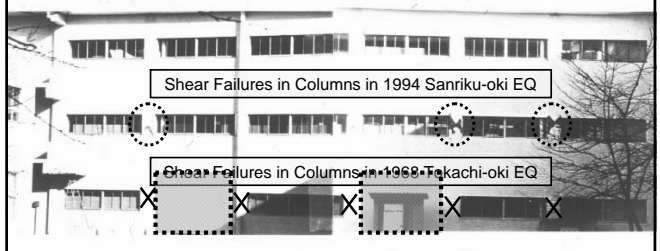
 $3.7 \text{ mil.} / 2 / 10,000 \text{ engineers} / 10 \text{ bldgs/year} = \mathbf{18.5 \text{ years !}}$
 (RC)

失敗は成功のもと

Well-balanced Distribution of New Elements

◆ Stiffness and Strength of Structure in

- Plan
- Height



主な技術支援の内容

- ◆ 被害原因の考察とその報告
- ◆ 震前および震後対策（復旧・復興）の紹介
関係機関へのQuick Report
専門家（+若手研究者）との議論・意見交換（@セミナーやWSの開催）



まとめ

1. 地震被災後の復旧・復興等を含む実践的な国際技術協力の要請が近年急増しつつある。
2. 学術的調査の重要性に加えて、学術的・技術的根拠を持った（国外に対応しうる）技術協力に対する準備が必要。
3. そのためには・・・
 - 国外も対象とした学術・技術的調査・研究（基礎データの蓄積，研究・・・）
 - 人的資源の確保（育成，経験，人的ストック，連携・・・）
 そして・・・
4. 一時的ではなく息の長い活動ができる仕組みが重要