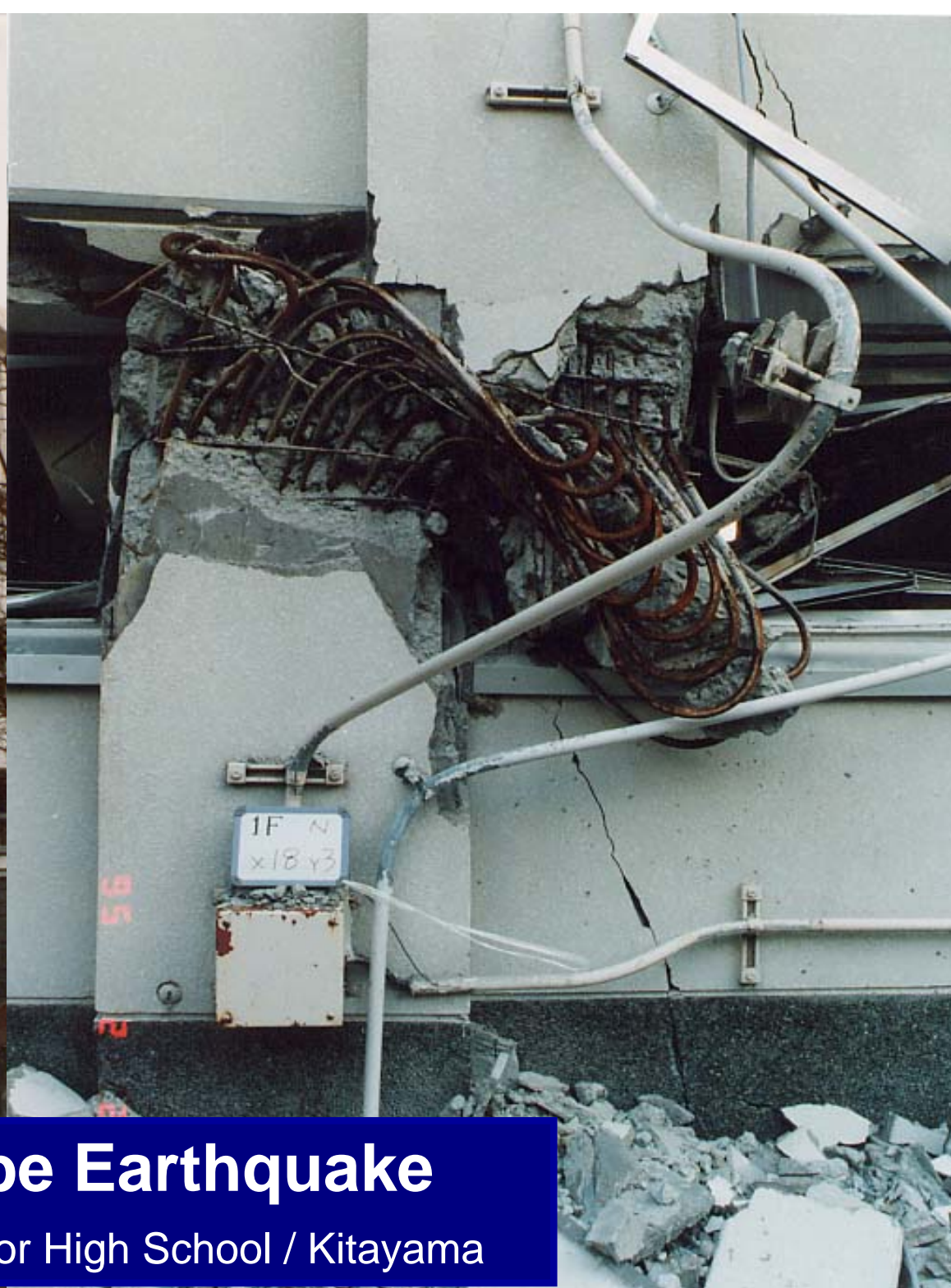


# 震災建築物の復旧 — 日本的事例を中心に —

東京大学生産技術研究所  
中埜良昭

- ◆ 応急危険度判定
- ◆ 被災度区分判定
- ◆ 補強, 復旧事例

北山・西宮中.JPG



# 1995 Kobe Earthquake

Nishinomiya Junior High School / Kitayama

2005年 福岡県西方沖地震



RIMG0902.JPG



DSCF0099.JPG



R0014374.JPG

高層住宅管理業協会提供

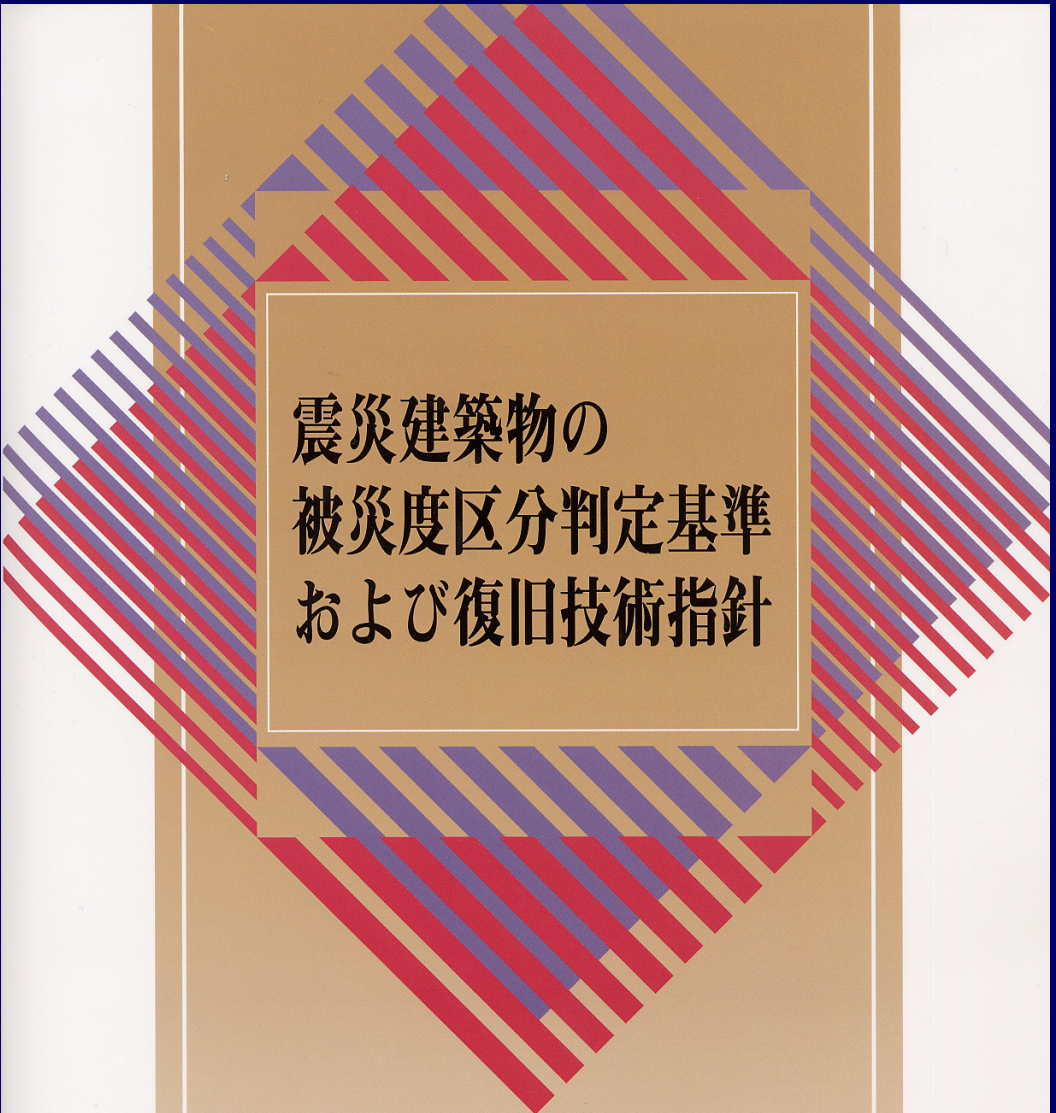
# 震災復旧の方法と流れ

地震発生

- ◆ 第1フェーズ：応急危険度判定（1～2週間以内）
  - \* 余震に対する安全性の検討
- ◆ 第2フェーズ：応急復旧（2週間～3ヶ月）
  - \* 被害の拡大を抑制
  - \* 安全性と機能の回復
  - ⇒ 再使用のための迅速な復旧
- ◆ 第3フェーズ：恒久復旧

# 被災建築物 応急危険度判定マニュアル

財団法人 日本建築防災協会  
全国被災建築物応急危険度判定協議会



## 震災建築物の 被災度区分判定基準 および復旧技術指針

監修 国土交通省住宅局建築指導課  
発行 財団法人 日本建築防災協会

被災建築物  
応急危険度判定マニュアル

財団法人 日本建築防災協会  
全国被災建築物応急危険度判定協議会

# 地震被災直後の課題

## 応急危険度判定

地震で被災した建物について

- ◆構造躯体
- ◆落下危険物
- ◆転倒危険物

を対象に、被災直後の余震に  
対する安全性を判定

⇒ 人命への危険性回避

⇒ 避難に対する必要性の判断  
(混乱の回避, 軽減)

# 人命に危険はあるか？ --- YES!



# 人命に危険はあるか？

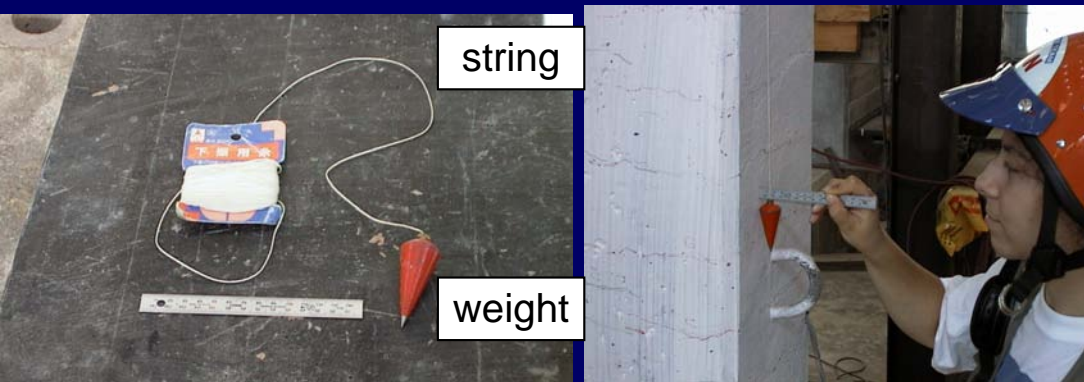






# 調査方法（日本）

- ◆ 原則として目視による外観調査で判定
- ◆ 建築物等の沈下，傾斜等は簡単な計器（下げ振り等）を用いて測定



# 調査方法（日本）

- ◆ 調査は構造種別ごとの調査表を利用
- ◆ 柱・壁部材の**損傷度**を定義に従って判定
- ◆ 30分程度／1棟



損傷度Ⅳ



損傷度Ⅴ

## 鉄筋及び鉄骨鉄筋コンクリート造建築物等の応急危険度判定調査表

集計欄は数字で記入

RC

整理番号 \_\_\_\_\_ 調査日時 \_\_\_\_\_ 月 \_\_\_\_\_ 日 午前・午後 \_\_\_\_\_ 時 調査回数 \_\_\_\_\_ 回目

調査者氏名（都道府県／No） \_\_\_\_\_

### 建築物概要

- 建築物名称 \_\_\_\_\_ 1.1 建築物番号 \_\_\_\_\_
- 建築物所在地 \_\_\_\_\_ 2.1 住宅地図整理番号 \_\_\_\_\_
- 建築物用途
  - 戸建て専用住宅
  - 長屋住宅
  - 共同住宅
  - 併用住宅
  - 店舗
  - 事務所
  - 旅館・ホテル
  - 庁舎等公共施設
  - 病院・診療所
  - 保育所
  - 工場
  - 倉庫
  - 学校
  - 体育館
  - 劇場、遊戯場等
  - その他（ \_\_\_\_\_ ）
- 構造種別
  - 鉄筋コンクリート造
  - プレキャストコンクリート造
  - ブロック造
  - 鉄骨鉄筋コンクリート造
  - 混合構造（ \_\_\_\_\_ ）と（ \_\_\_\_\_ ）
- 階数 地上 \_\_\_\_\_ 階 地下 \_\_\_\_\_ 階
- 建築物規模 1階寸法 約 \_\_\_\_\_ m × \_\_\_\_\_ m

調査 調査方法：（1.外観調査のみ実施 2.内観調査も併せて実施）

1 一見して危険と判定される。（該当する場合は○を付け危険と判定し調査を終了し総合判定へ）

1.建築物全体又は一部の崩壊・落階	2.基礎の著しい破壊、上部構造との著しいずれ
3.建築物全体又は一部の著しい傾斜	4.その他（ _____ ）

### 2 隣接建築物・周辺地盤等及び構造躯体に関する危険度

	Aランク	Bランク	Cランク
判定(1)			
① ①損傷Ⅲ以上の損傷部材の有無	1.無し	2.あり	
判 定	② 隣接建築物・周辺地盤の破壊による危険	1.危険無し	2.不明確 3.危険あり
	③ 地盤破壊による建築物全体の沈下	1. 0.2m以下	2. 0.2m～1.0m 3. 1.0m超
	④ 不同沈下による建築物全体の傾斜	1. 1/60以下	2. 1/60～1/30 3. 1/30超
	柱の被害〔下記⑤⑥の調査階（被害最大の階） _____ 階〕（壁構造の場合は柱を壁の長さを読みかえる）		
(2)	⑤ 損傷Ⅴの柱本数／調査柱本数 損傷Ⅴの柱総数 本 調査柱 本（調査率 _____ %）	1. 1%以下	2. 1%～10% 3. 10%超
	⑥ 損傷Ⅳの柱本数／調査柱本数 損傷Ⅳの柱総数 本 調査柱 本（調査率 _____ %）	1. 10%以下	2. 10%～20% 3. 20%超
判定(2)	1.調査済 全部Aランクの場合	2.要注意 Bランクが1の場合	3.危険 Cランクが1以上又はBランクが2以上
危険度の判定	1.調査済み（要内観調査）	2.要注意	3.危険

### 3 落下危険物・転倒危険物に関する危険度

	Aランク	Bランク	Cランク
① 窓枠・窓ガラス	1.ほとんど無被害	2.歪み、ひび割れ	3.落下の危険有り
② 外装材（モルタル・タイル・石貼り等）	1.ほとんど無被害	2.部分的なひび割れ、隙間	3.顕著なひび割れ、剥離
③ 外装材（ALC板・PC板・金属・ブロック等）	1.目地の亀裂程度	2.板に隙間が見られる	3.顕著な目地ずれ、板破壊
④ 看板・機器類	1.傾斜無し	2.わずかな傾斜	3.落下の危険有り
⑤ 屋外階段	1.傾斜無し	2.わずかな傾斜	3.明瞭な傾斜
⑥ その他（ _____ ）	1.安全	2.要注意	3.危険
危険度の判定	1.調査済み 全部Aランクの場合	2.要注意 Bランクが1以上ある場合	3.危険 Cランクが1以上ある場合

総合判定（調査の1で危険と判定された場合は危険、それ以外は調査の2と3の大きい方の危険度で判定する。）

1. 調査済（緑）      2. 要注意（黄）      3. 危険（赤）

コメント（構造躯体等が危険か、落下物等が危険かなどを記入する。）

コメントは判定ステッカーの注記と同じとする。

整理番号

建築物番号

住宅地図整理番号

3

4

地上

階

ア

イ

1

調査方法

判定(1)

①

②

③

④

柱の被害最大の階

⑤

⑥

判定(2)

判定

判定

①

②

③

④

⑤

⑥

判定

判定

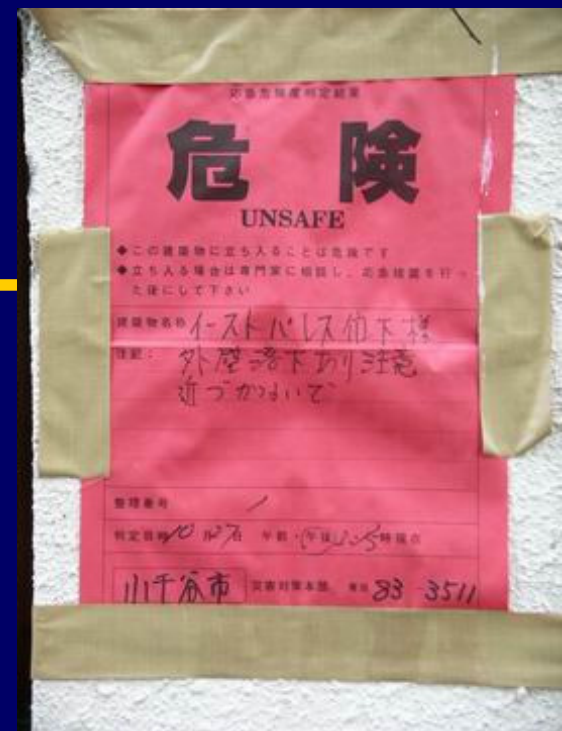
総合判定

RC造

# 応急危険度判定活動



■ 余震に対する安全性の評価と結果の表示



# 応急危険度判定

N13-10.JPG

Building Department - City of Watsonville  
NO ENTRA  
PELIGROSO CRUZAR  
By: Building Official  
ANY UNAUTHORIZED PERSON REMOVING THIS SIGN WILL BE PROSECUTED  
DATE: 10/20/09  
REFER TO SECTION 201 OF BUILDING CODE

**UNSAFE**  
DO NOT ENTER OR OCCUPY

DATE: 10/20/09  
TIME: 5:00 PM

CITY NAME: LETUNICH Bldg  
ADDRESS: 400 MAIN  
WATSONVILLE

THIS FACILITY WAS ASSESSED  
(under emergency conditions)  
FOR: WATSONVILLE  
(Jurisdiction)  
ON THE DATE AND TIME NOTED

OES VOLUNTEER ENGINEER  
ID NO: 9489 9492

公共安全檢查不合格  
**危險建築物**



- 本建築物請民衆不要進入。
- 意圖侮辱公務員或公署，而損壞、除去或污穢本標誌者，觸犯刑法第一百四十一條規定之侵害文告罪。
- 檢查日期 88年9月22日
- 檢查機關 工務局


# 復旧への中長期課題

基準に従って,

- ◆ 被災度の定量的な評価
- ◆ 補修・補強の要否判定を判定

指針に従って補修・補強

⇒被災地の復旧・復興



震災建築物の  
被災度区分判定基準  
および復旧技術指針

監修 国土交通省住宅局建築指導課  
発行 財団法人 日本建築防災協会

# 被災度区分判定基準の内容と構成

## ◆ 上部および基礎構造

✓ 被害調査による部材の

→ 損傷度：I（最小），II，III，IV，V（最大）

✓ 耐震性能残存率  $R$  の推定

✓  $R$  の値に基づき建物全体の被災度を区分

→ 軽微，小破，中破，大破，倒壊，の5段階

$$R = \frac{\text{被災後の耐震性能}}{\text{被災前の耐震性能}} (\%)$$



# 被災度区分判定基準の内容と構成

## ◆ 上部および基礎構造

- ✓ 被害調査による部材の

→ 損傷度：I（最小），II, III, IV, V（最大）

- ✓ 耐震性能残存率  $R$  の推定

- ✓  $R$  の値に基づき建物全体の被災度を区分

→ 軽微，小破，中破，大破，倒壊，の5段階

## ◆ 必要な対応策の決定

- ✓ 建物が経験した地震動強さ vs. 被災度（耐震性能残存率）

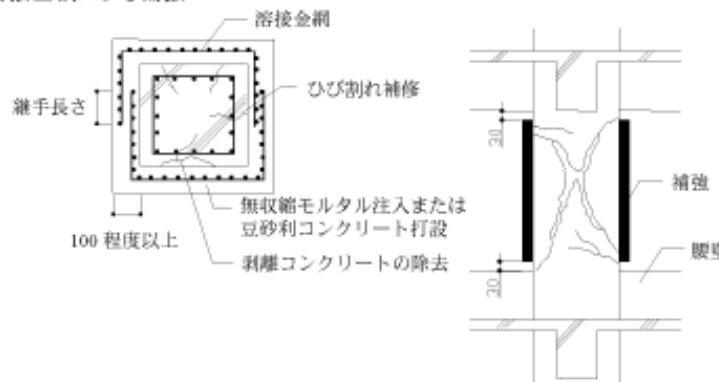
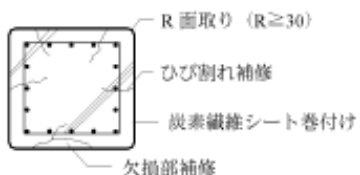
- ✓ 補修でOK？ 補強が必要？

$$R = \frac{\text{被災後の耐震性能}}{\text{被災前の耐震性能}} (\%)$$



# 被災度区分判定

- ◆ 上部および基礎構造
  - ✓ 被害調査による部材の損傷 → 損傷度：Ⅰ（最小）
  - ✓ 耐震性能残存率  $R$  の判定
  - ✓  $R$  の値に基づき建物全壊判定 → 軽微，小破，中破，大破
- ◆ 必要な対応策の決定
  - ✓ 建物が経験した地震動
  - ✓ 補修でOK？ 補強が必要？
- ◆ 補修・補強のための措置

柱のせん断補強	
区分	応急復旧 (○) 恒久補修 (○) 恒久補強 (○) <span style="float: right;">損傷度 Ⅱ・Ⅲ・Ⅳ・Ⅴ</span>
目的	大きなせん断ひび割れが発生した柱をせん断補強する。
参考図	1. 溶接金網による補強 <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">  </div>
	2. 炭素繊維シートによる補強 <div style="display: flex; justify-content: center; align-items: center;">  </div>
要点	<ul style="list-style-type: none"> <li>・せん断補強を目的とする場合は、直交部材に対して 30mm 程度のスリットを設ける。</li> <li>・溶接金網の継手長さは最外端の縦筋寸法で測定し、溶接金網間隔に 10cm を加えた長さ以上とする。</li> <li>・炭素繊維シートの重ね代はメーカーの指定による。</li> <li>・炭素繊維シートの表面は不燃材で覆う。</li> </ul>
施工手順	<ol style="list-style-type: none"> <li style="width: 50%;">① 仕上げ材、剥離コンクリートの除去</li> <li style="width: 50%;">② 表面の調整</li> <li style="width: 50%;">② 溶接金網巻き</li> <li style="width: 50%;">③ ポリマー塗布</li> <li style="width: 50%;">③ 型枠建て込み</li> <li style="width: 50%;">④ 炭素繊維シート巻付け</li> <li style="width: 50%;">④ モルタル注入</li> </ol>

# 応急復旧事例

日本建築防災協会  
「震災建築物の被災度  
区分判定基準および復  
旧技術指針」から

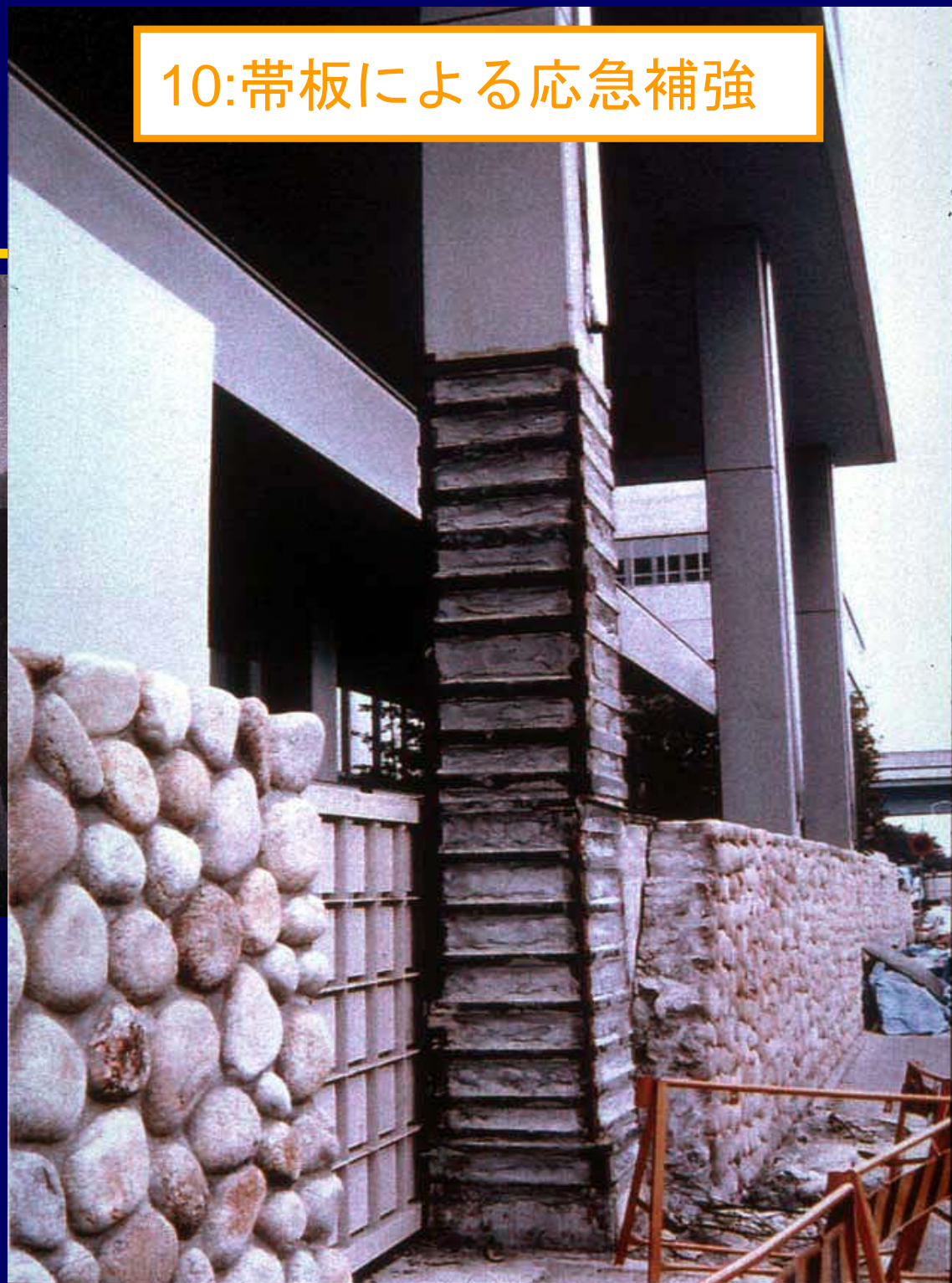


# 応急復旧事例

5:柱のサポート



10:帯板による応急補強



日本建築防災協会  
「震災建築物の被災度  
区分判定基準および復  
旧技術指針」から

# ピロティ階の被害と復旧事例 (Turkey)



# 恒久復旧

---

- ◆ 地震被災前の耐震補強手法を基本
- ◆ 被災による性能低減を補足する手法・工夫

Courtesy of Dr. T. Okada

# 鉄筋コンクリート耐震壁による耐震補強

(校舎南側補強例)



↑  
補強前

補強後 →



# 枠付き鉄骨ブレース補強



志茂田中学校（大田区）

# あと施工アンカーの種類

機械式



機械式アンカーの施工

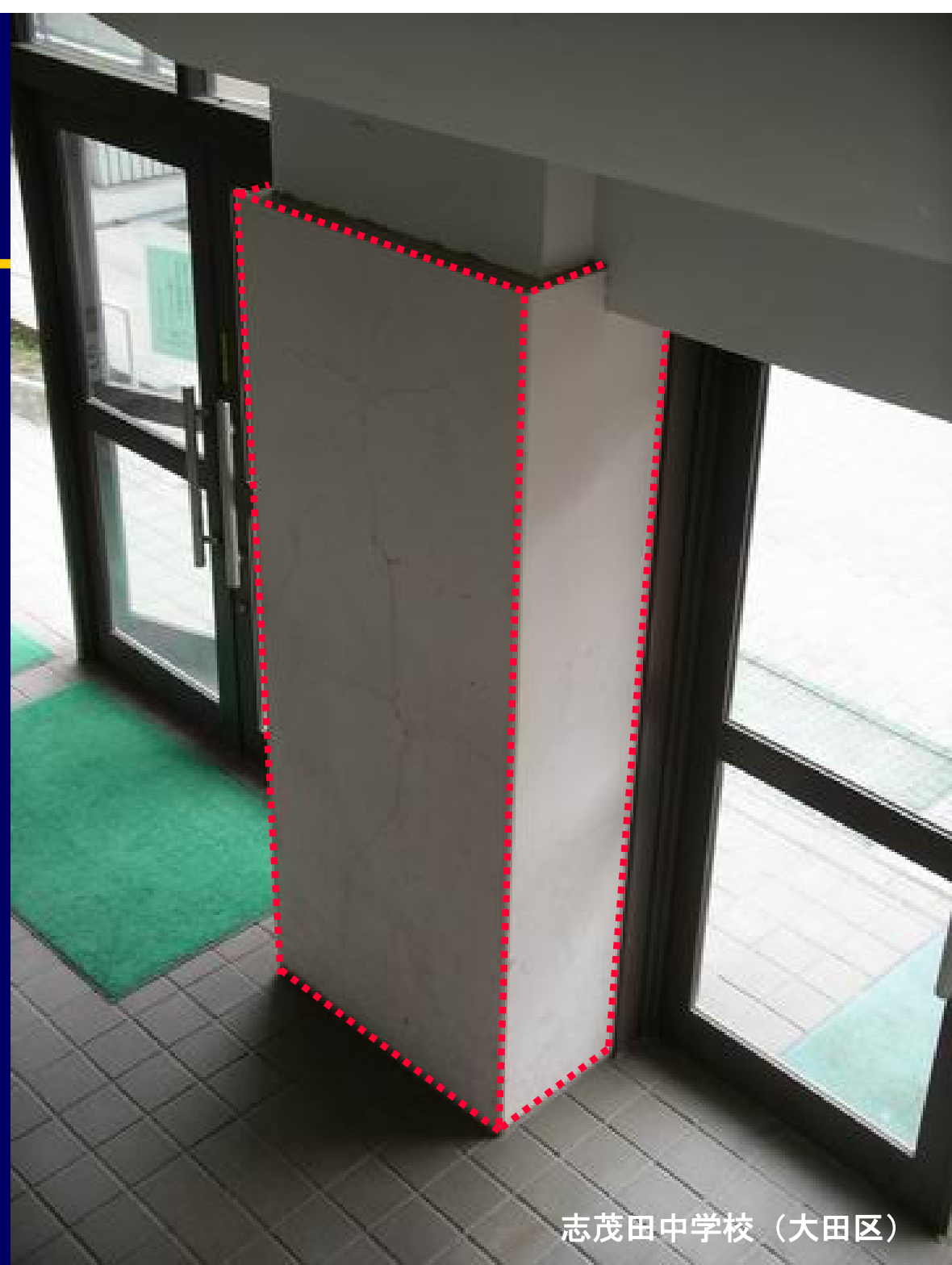


接着式

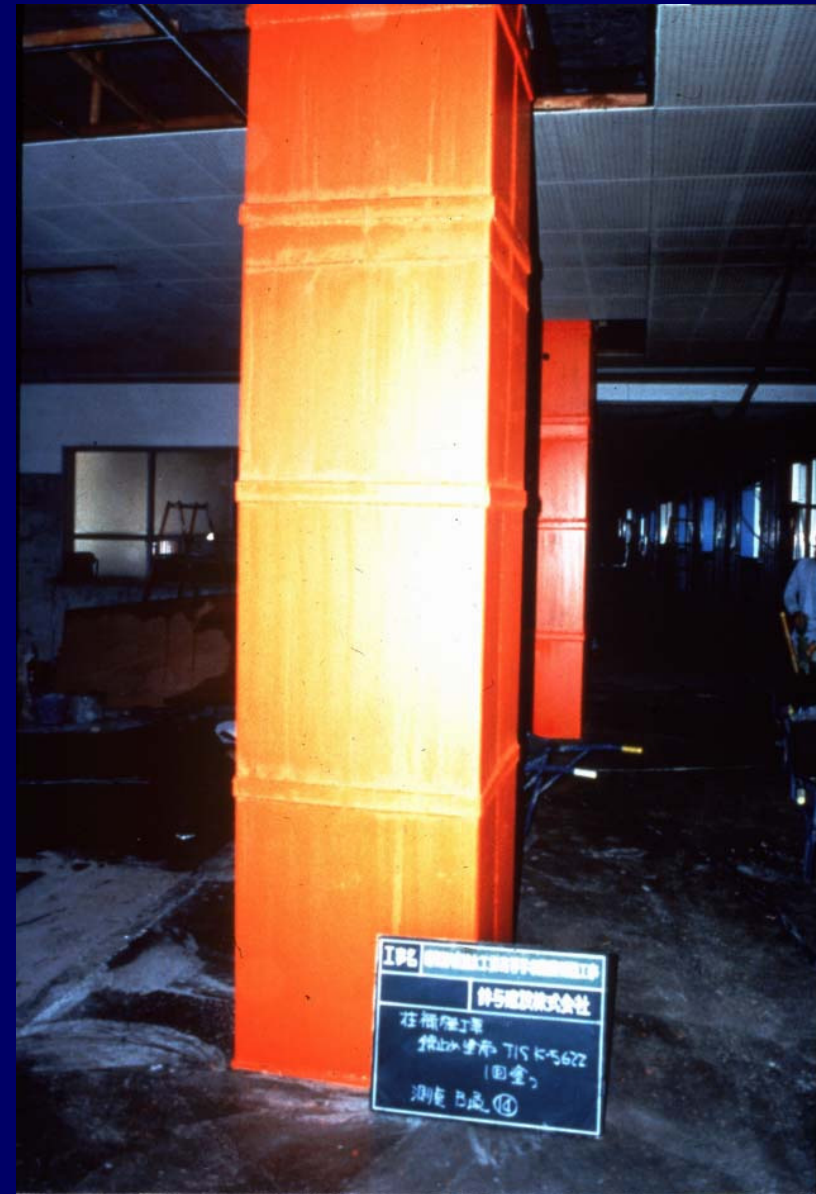




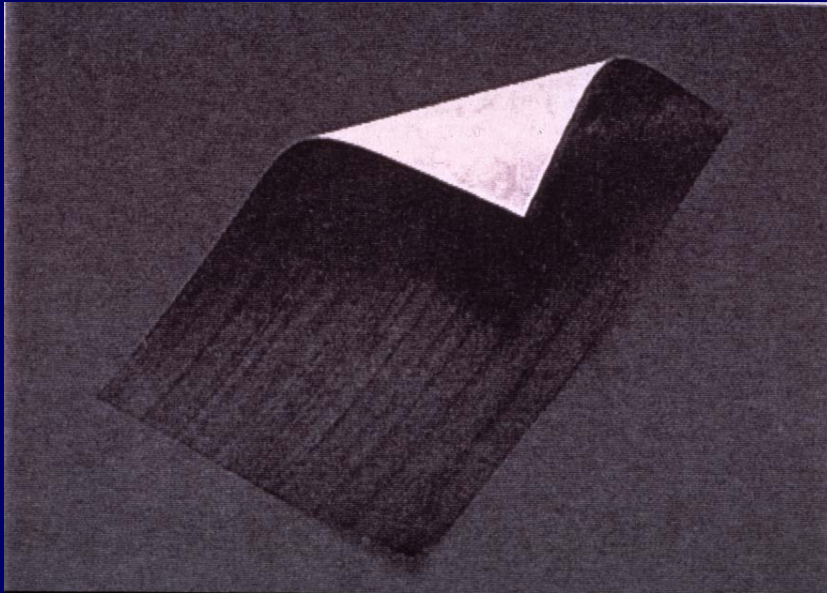
# 柱のRC補強例



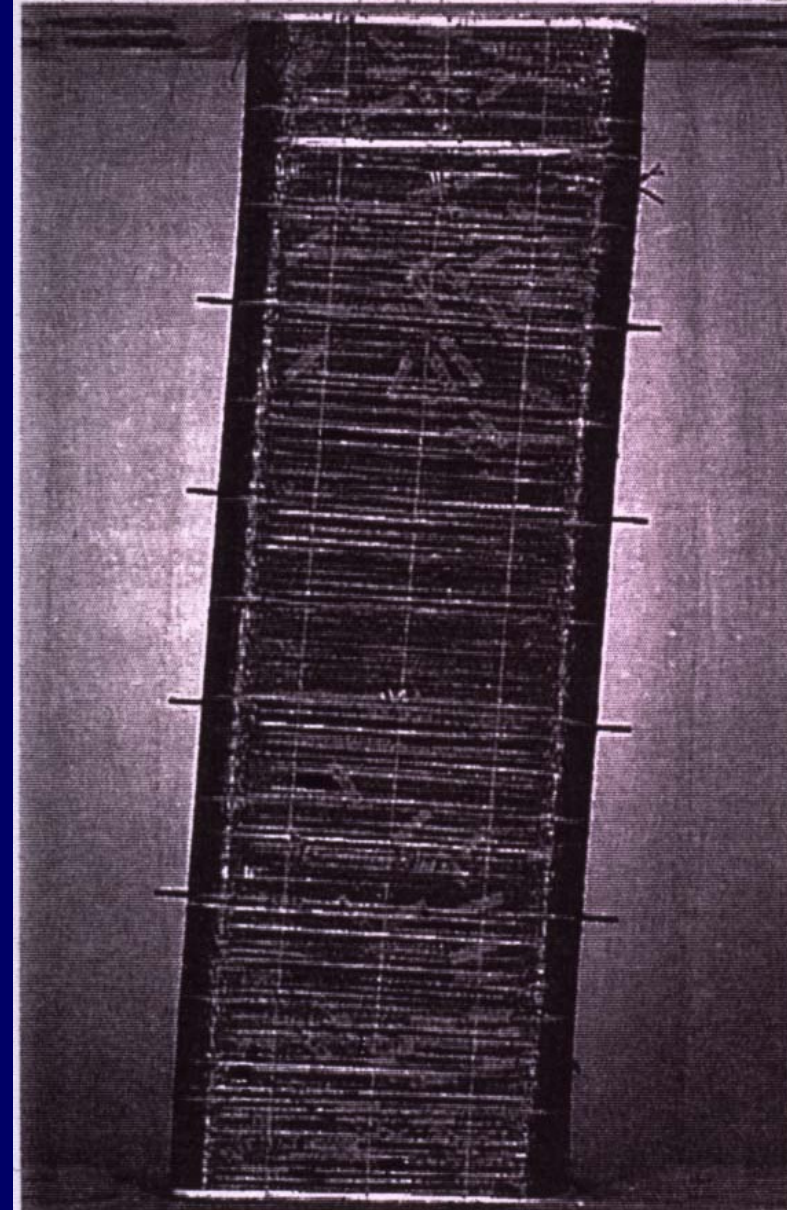
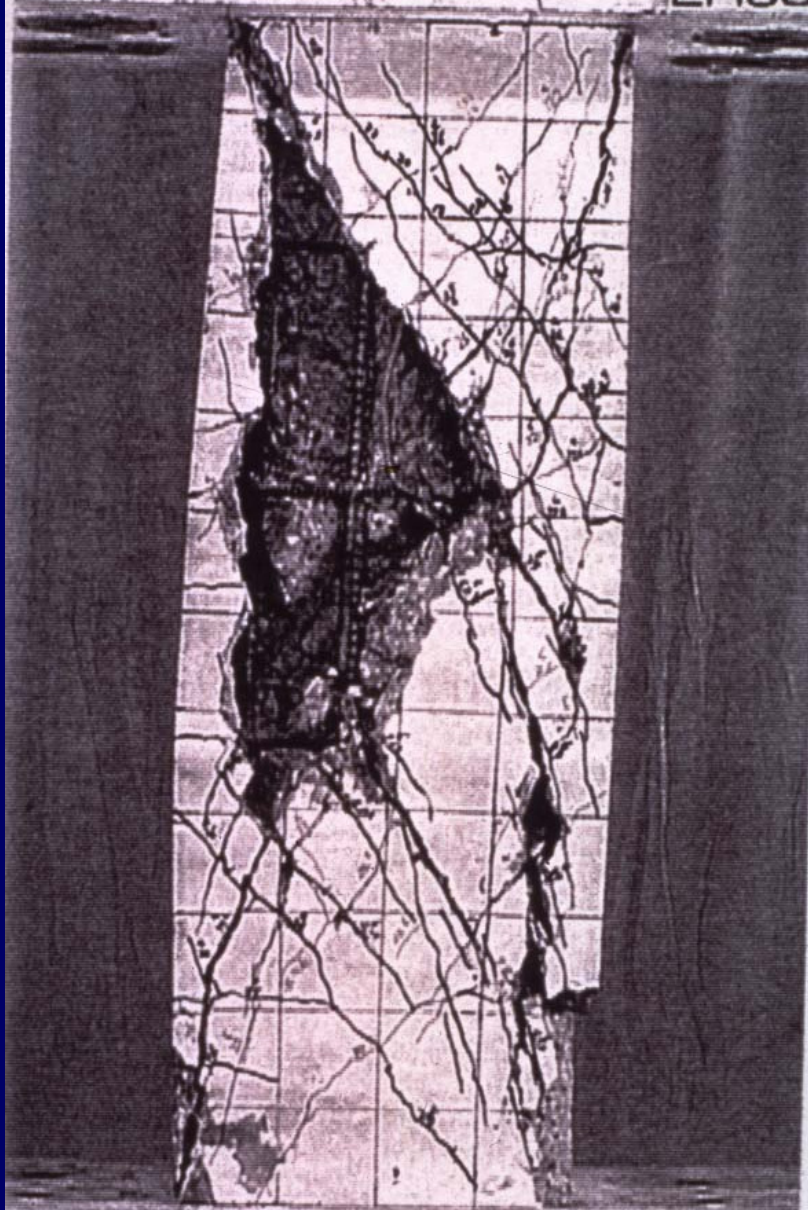
# 鋼板巻き付け工法



# 炭素繊維巻き付け工法



# 炭素繊維補強柱の実験例



# 梁の炭素繊維補強 (Jacketing)



---

# 被災建築物の災害復旧事例

# 神戸市役所 1995年兵庫県南部地震



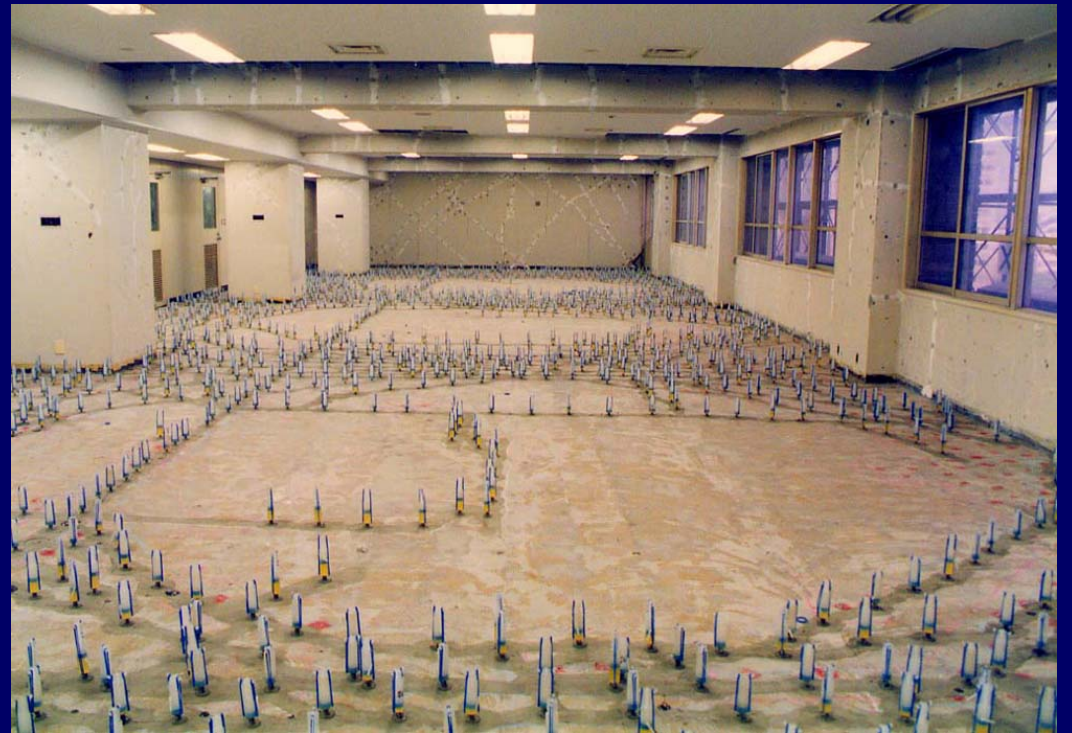
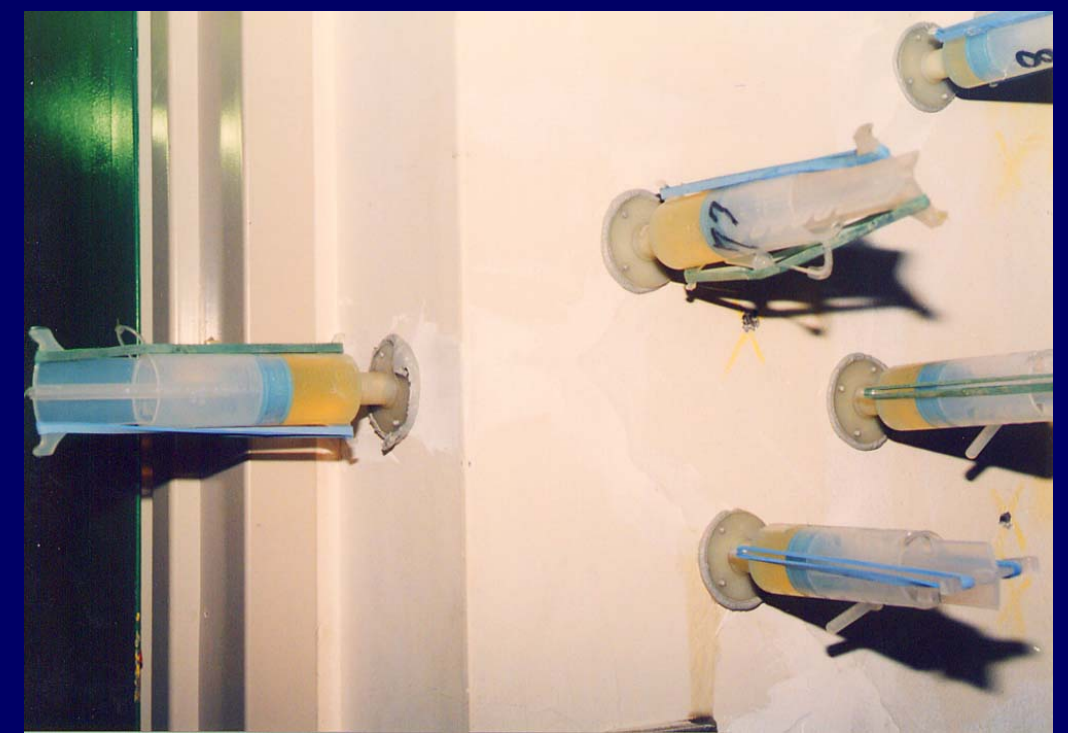
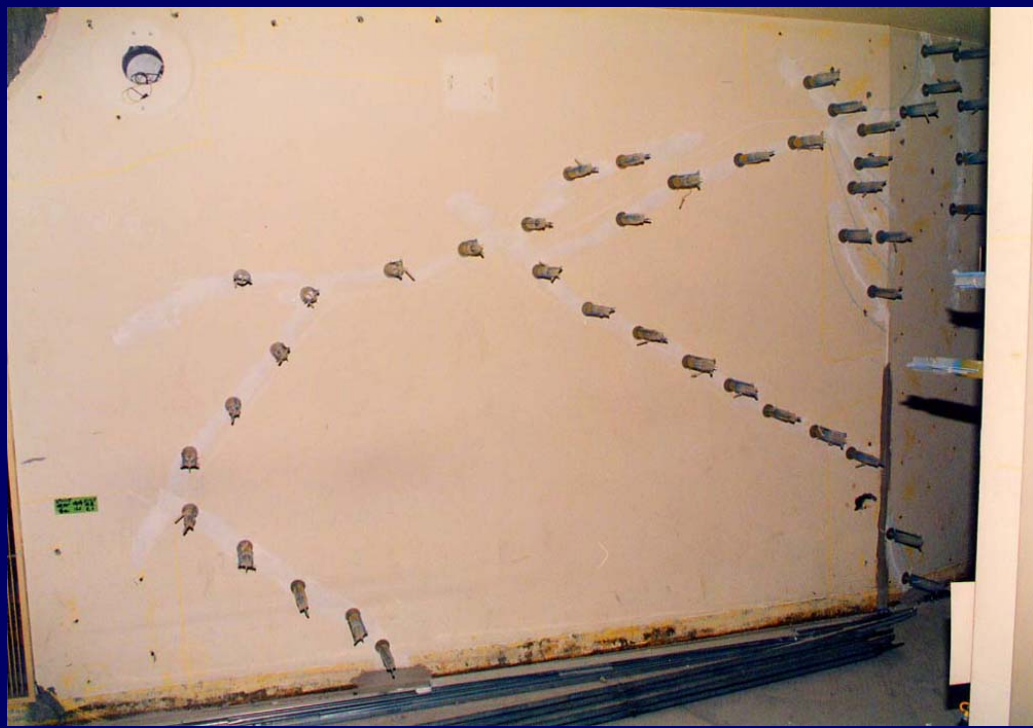
No.27-20.JPG



撤去

06.JPG





# 被災建物の補強例（釧路工業高校）



1993釧路沖地震にて大破



被災前

# 被災建物の補強例（釧路工業高校）



袖壁の配筋

# 被災建物の補強例（釧路工業高校）



袖壁による補強  
(翌1994年の北海道東方沖地震で無被害)

# Mexico : そで壁補強

壁 柱 壁



NO A LA TOLERANCIA AL CORRUPCIÓN

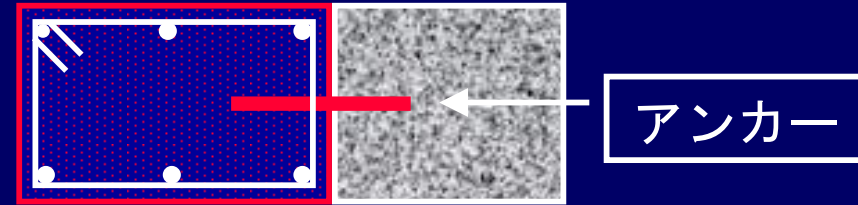
WATERGATE CO. ALBERTO



# 復旧事例

増設柱

既存柱



## 16:柱の炭素繊維補強



日本建築防災協会 「震災建築物の被災度  
区分判定基準および復旧技術指針」から

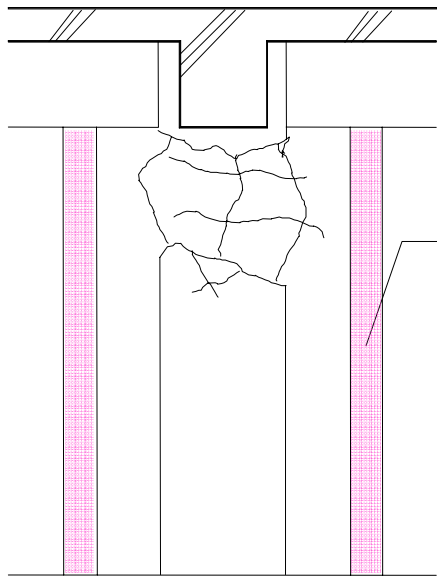


## 9:柱の増設

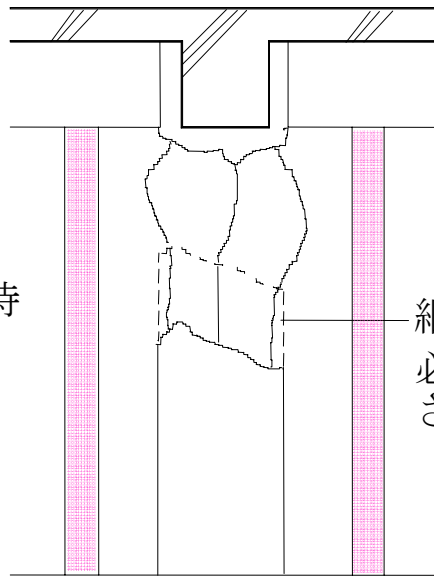
# 柱主筋の座屈事例（漢旺）



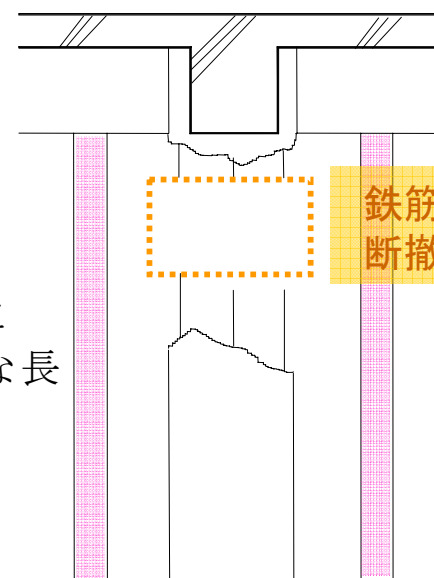




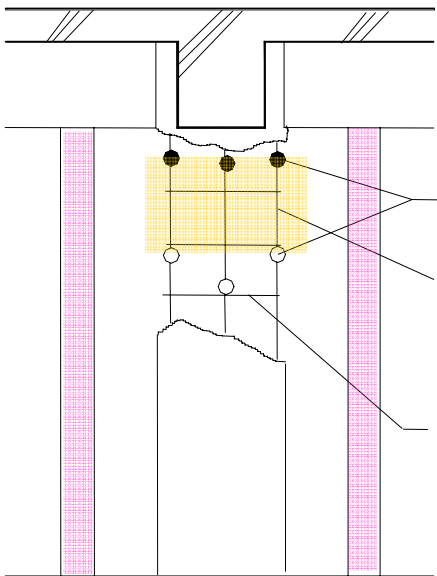
軸力  
支持材



継手に  
必要な長さ



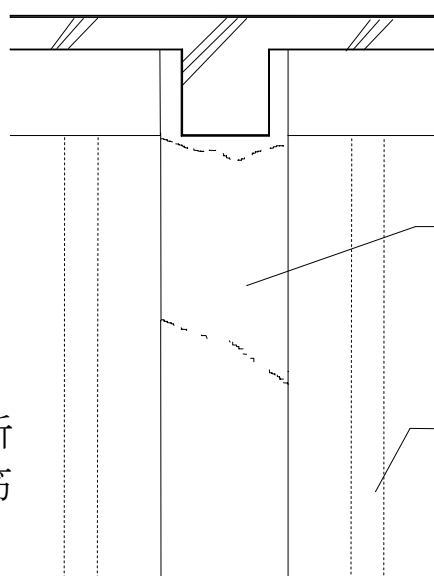
鉄筋切  
断撤去



継手

新規  
主筋

せん断  
補強筋

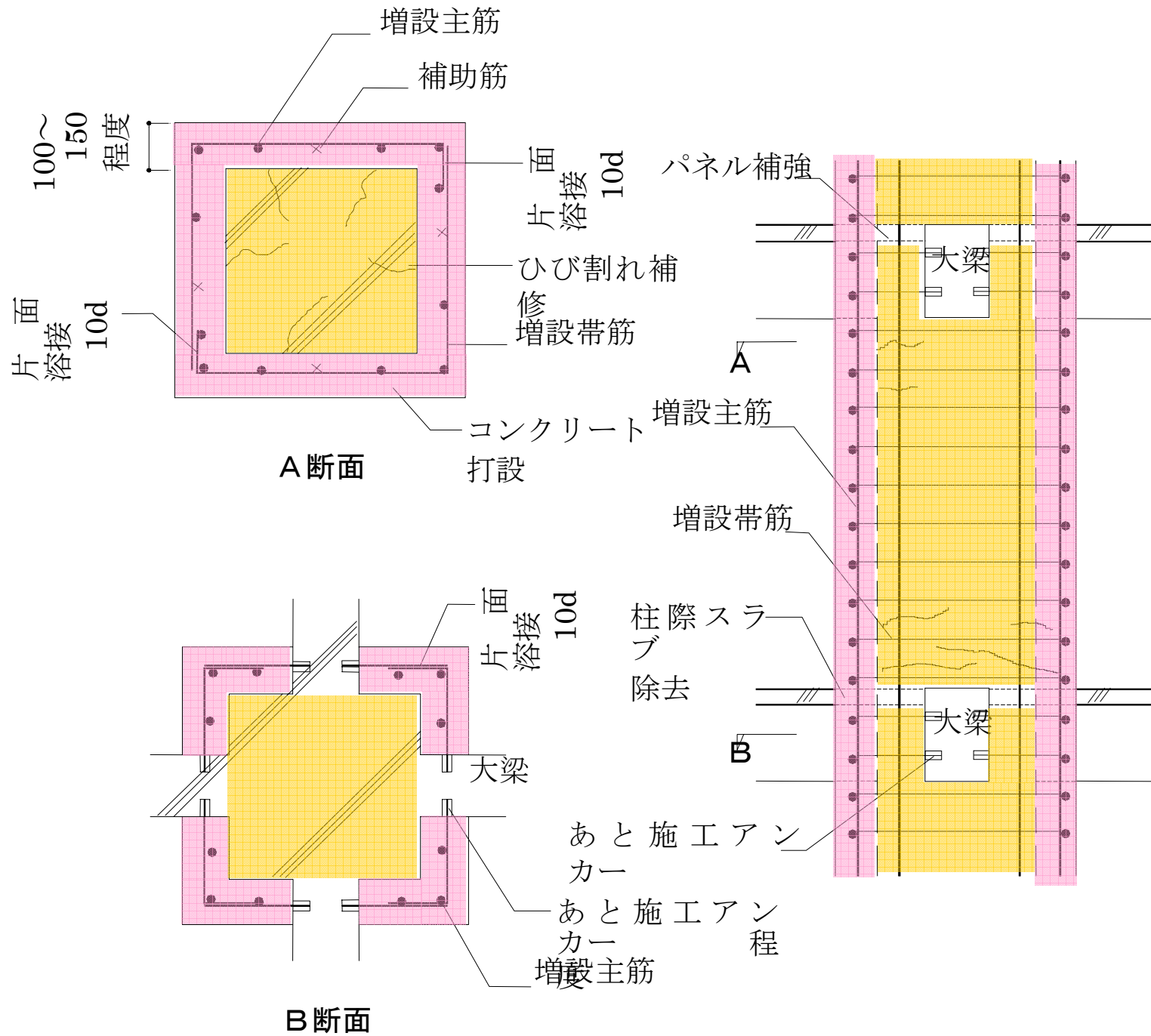


軸力

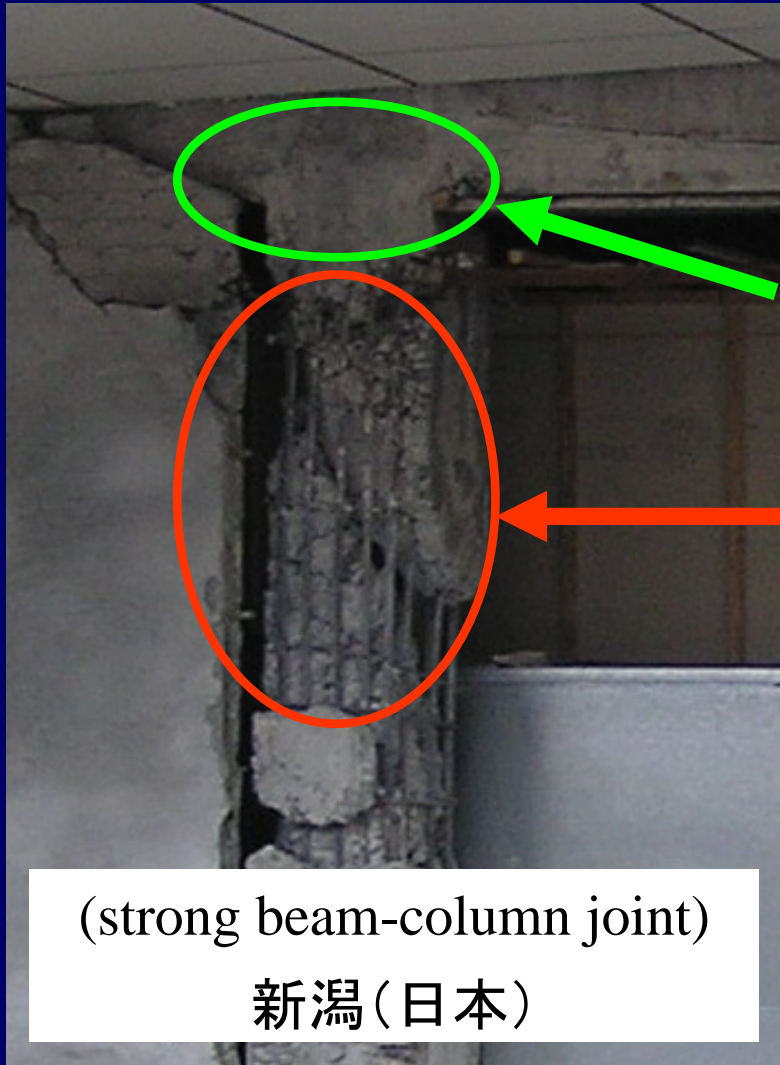


震災建築物の  
被災度区分判定基準  
および復旧技術指針

監修 国土交通省住宅局建築指導課  
発行 財団法人 日本建築防災協会



# 被害形態と復旧戦略

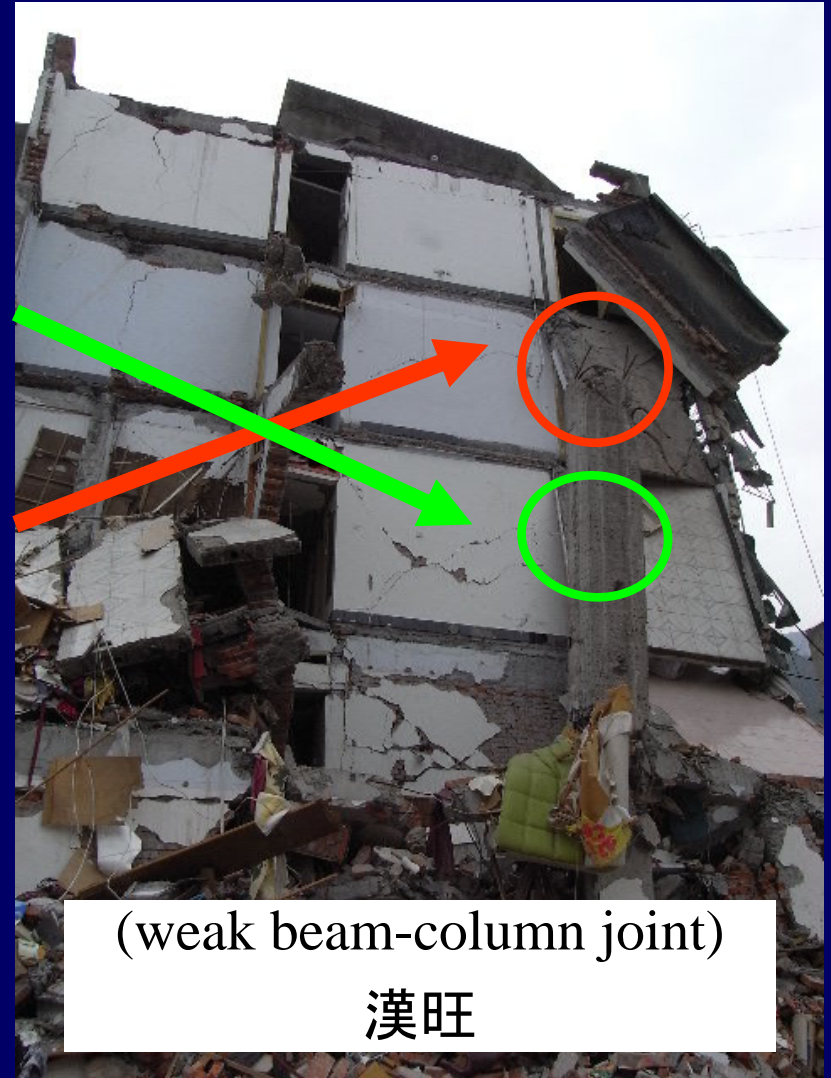


No damage

Damage

Jacketing technique

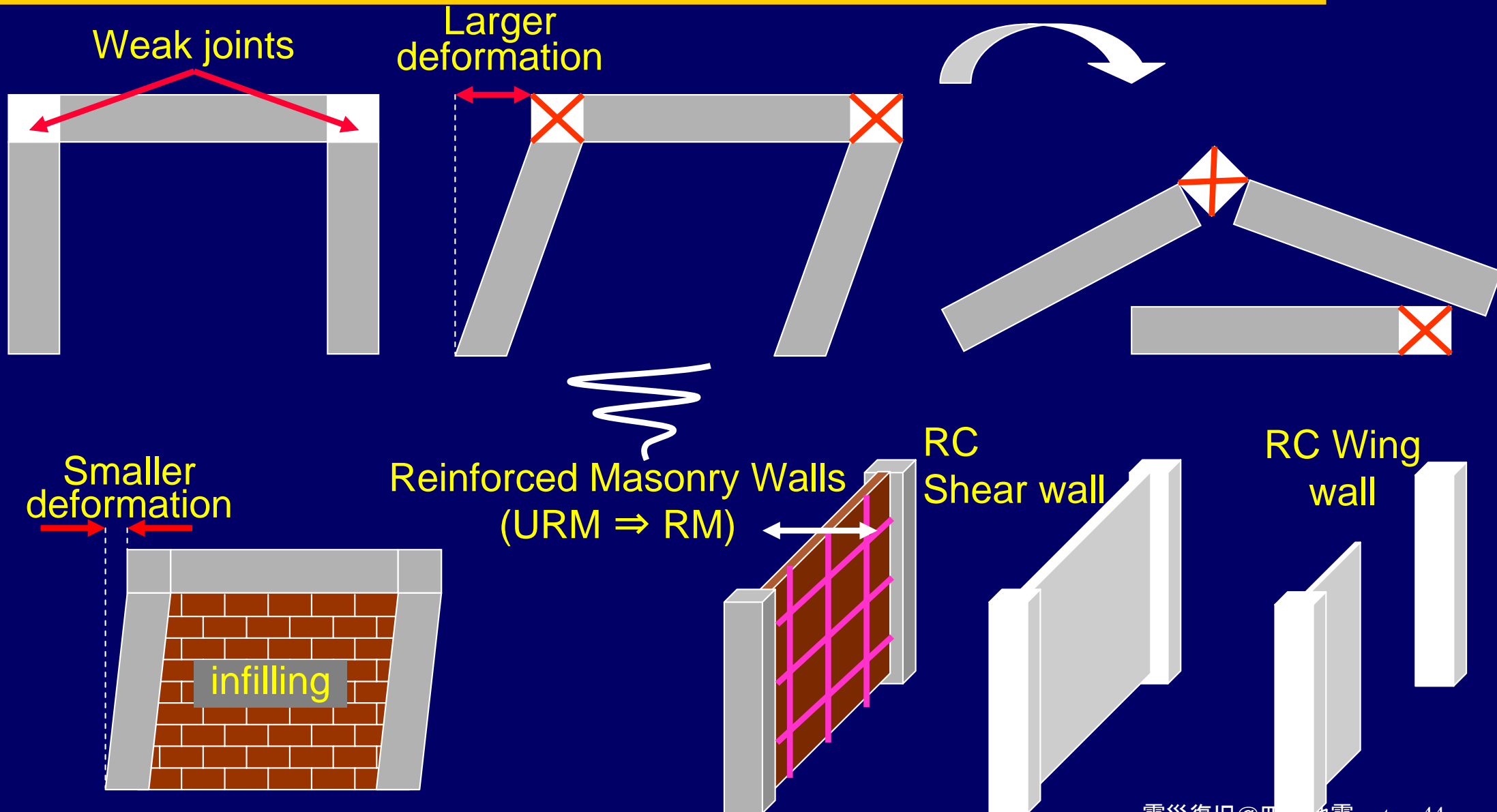
Effective



Non-effective

# 柱の巻き付け工法は常に有効？

Courtesy of Dr. Y. Sanada



# 組積造の補強

USA





**Slovenia**



**Steel Rod**



# 新設部材のバランスの良い配置計画

- ◆ 建造物の「平面上」および「立面上」の偏りの無い剛性分布と耐力分布

