

建物の地震被災

教授 湯浅 昇

1

日本大学生産工学部 防災講座2015から

建築構造物の都市型被害と その対策 ー阪神大震災から地域と防災

日本大学生産工学部
建築工学科教授
湯浅 昇

2

木造の被害

老朽家屋が軒並み倒壊

3

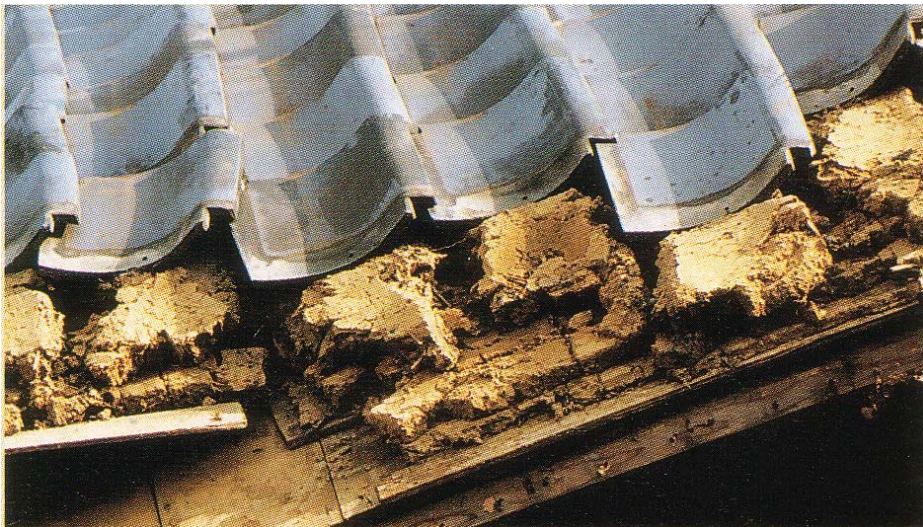
老朽化による耐力の低下



柱が腐食して根本から折れた例

4

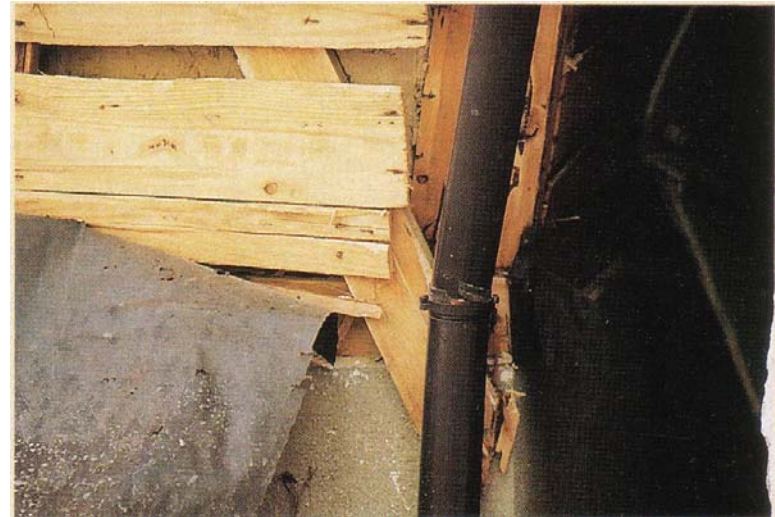
葺き土利用の瓦葺き屋根



日本瓦を葺き土を用いて葺いていたため屋根が非常に重くなったことが倒壊につながった

5

筋交いの不足や取り付け方の不備



引張力が働いた際に抜けてしまった例

6

壁配置の偏り



外壁は脱落したが、筋交い・下地板が有効に機能した建物

7



桁行方向に壁や筋交いが少なく大きな変形となった例

8

鉄骨造の被害

欠陥溶接が被害を拡大

9

柱梁溶接部の破断



柱梁接合部の溶接破断

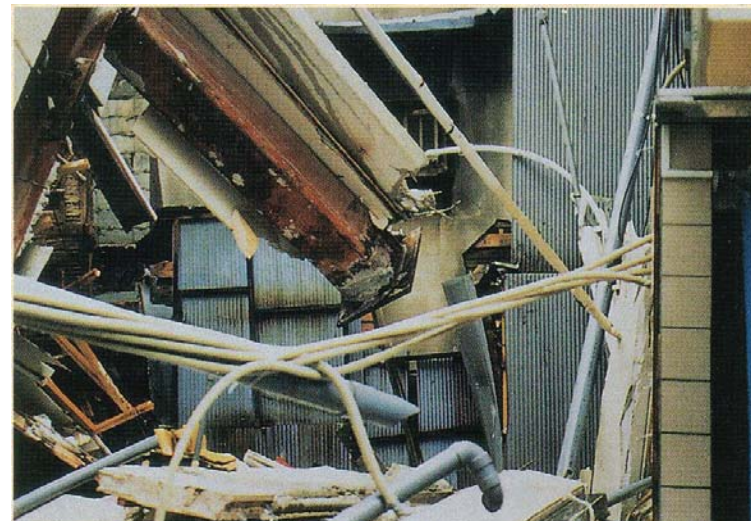
10



柱から梁がはずれた例

11

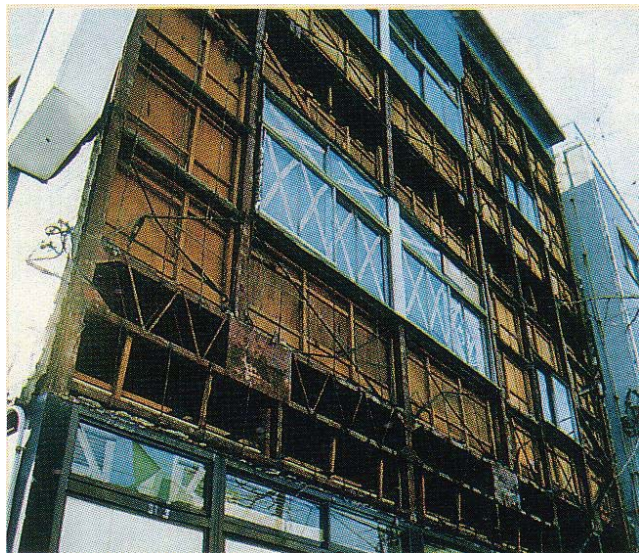
柱脚部の破壊



アンカー部の破壊により柱が抜け転倒した例

12

ブレースの座屈・破断



13

鉄骨の腐食



14

構造体の変形に追従できない外壁の剥落



15



外壁を躯体に止めるラスの腐食と外壁の剥落

16



ALCパネルの落下

17

鉄筋コンクリート (RC)造の被害

18

ピロティの被害

ピロティ形式の崩壊



19

神戸地震(ピロティ2)



20

中高層建物の中間層の崩壊



21



22

柱梁接合部の破壊



23

袖壁のせん断



24

PCカーテンウォールの落下



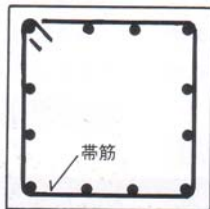
25

エキスパンションジョイントや渡り廊下の被害



26

帯筋定着法に問題があった事例

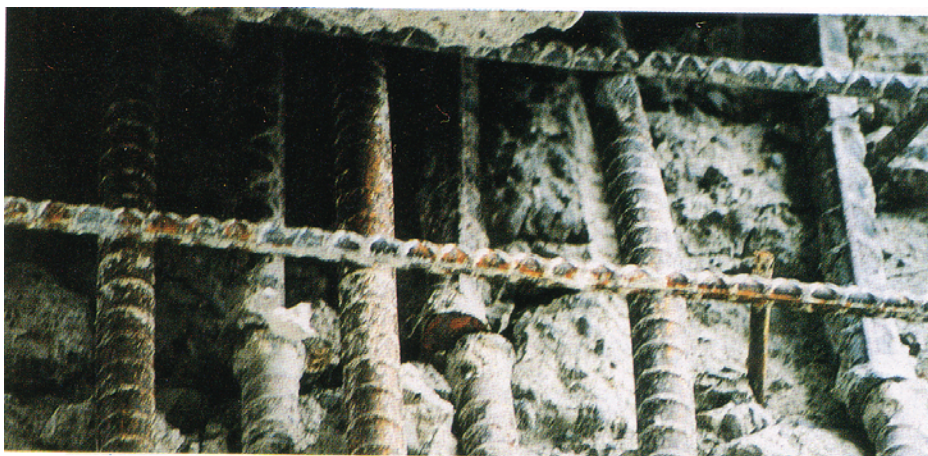


27



28

圧接部分の破断



29

ポートアイランド

液状化により被害にあったポートアイランドにおいても
建設まもない建物は、ライフラインが寸断されるが、被害が小さい。



30

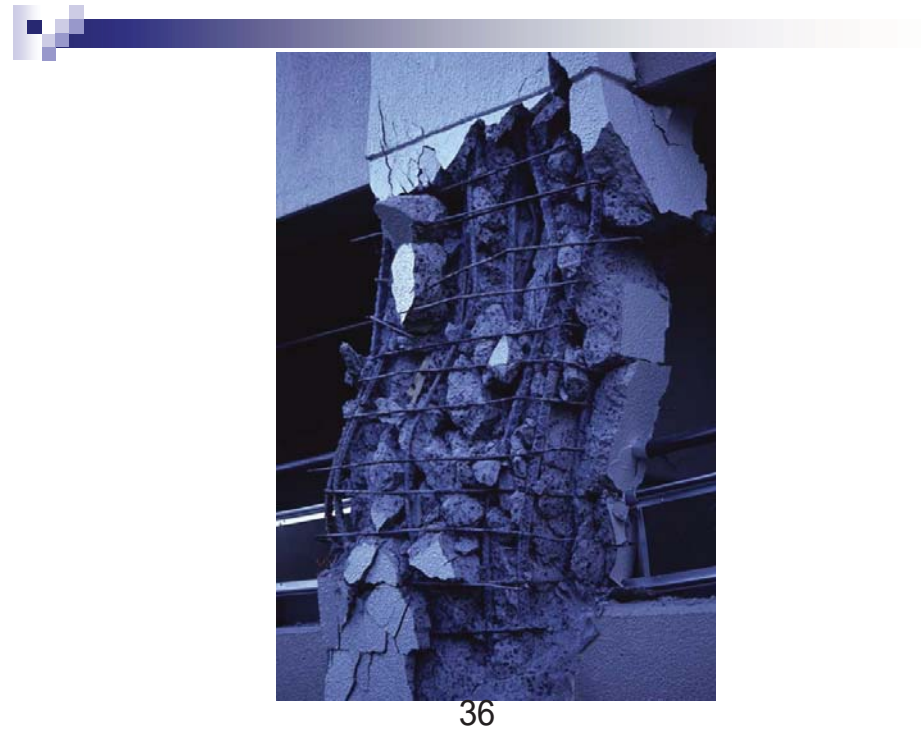
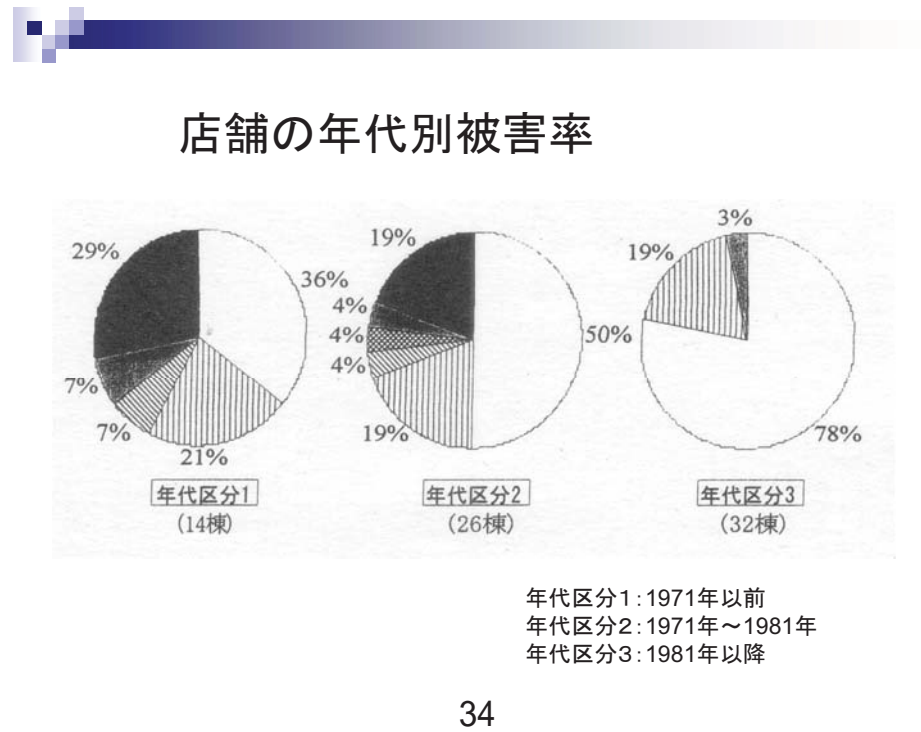
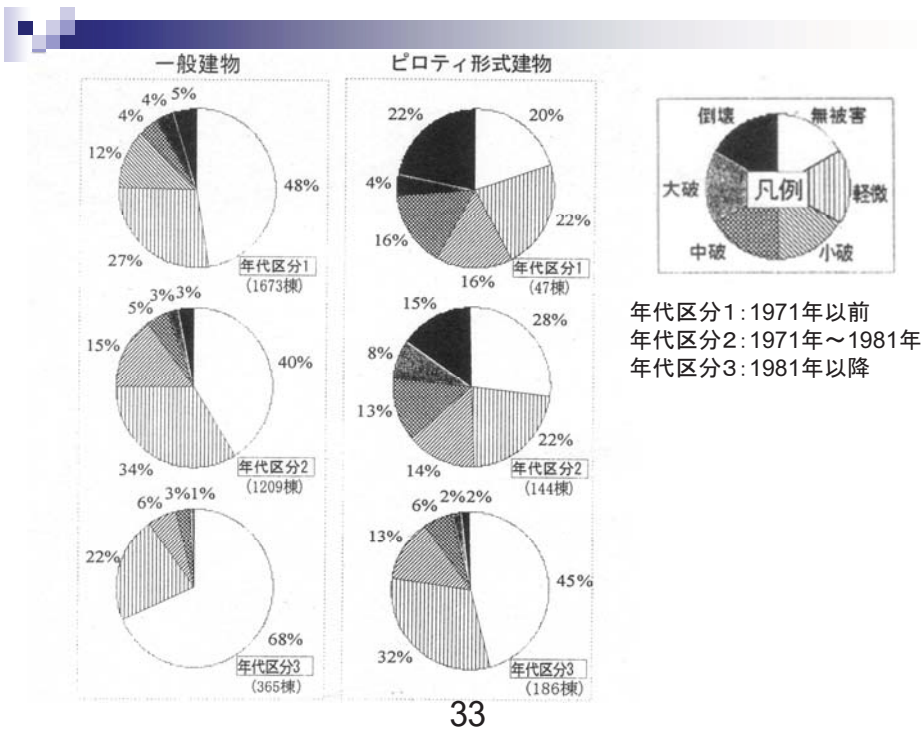


歴史的建造物のリニューアル(近年のガラスのカーテンウォールは被害がほとんどなかった)

31

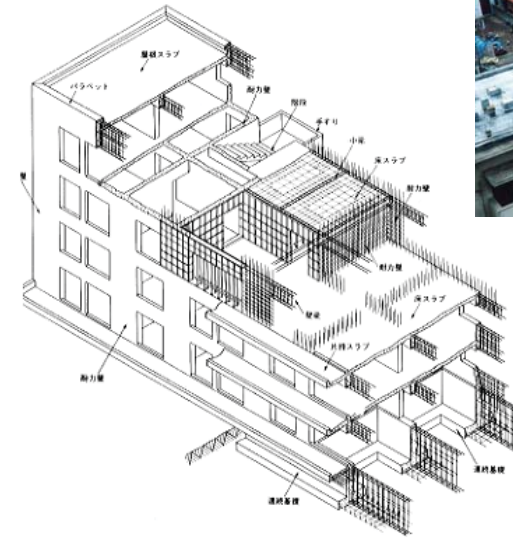
被害分析

32





37



38

壁式構造

耐震診断

39

耐震診断

◎「耐震診断」とは・・・

建物を設計するとき、地震に対して安全な設計を「耐震設計」といい、「耐震設計」のもとになる基準を「耐震基準」という。

大地震がおきる毎に、建物の被害の状況を調査研究し、同じ被害を受けないように、「耐震基準」と厳しくするなど、法律や基準を改正してきた。

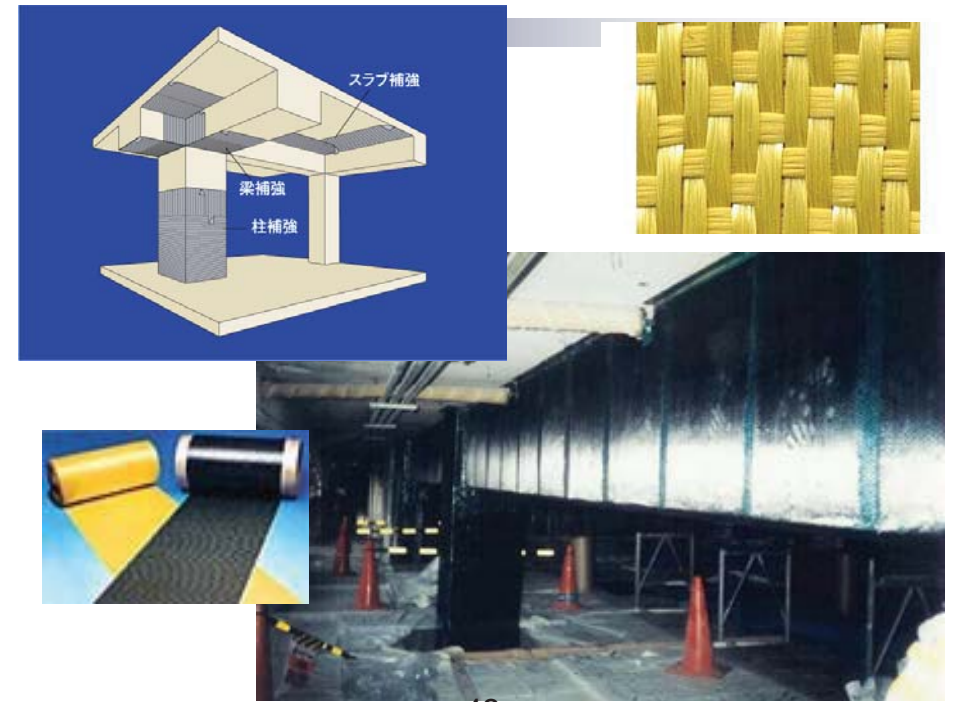
現行耐震基準は「新耐震設計基準」と呼ばれ、阪神・淡路大地震において、この基準による建物は被害が少なかったといわれている。

耐震診断というのは昭和56年(1981年)以前に建てられた建物が、この「新耐震設計基準」と比べて、どこが弱いか、どの個所を補強すればよいかを調べるもの。

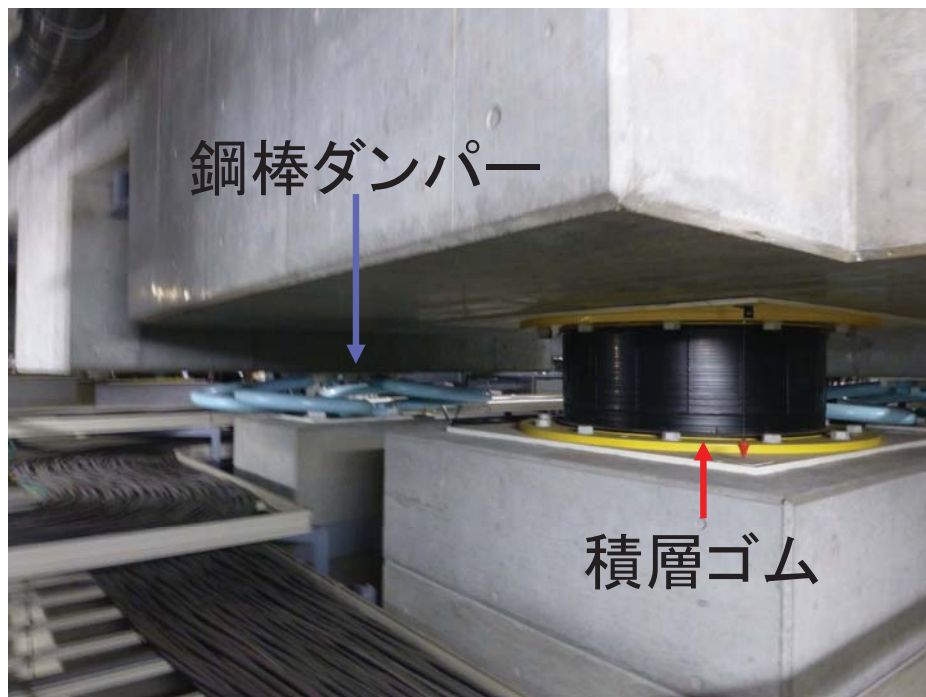
40

繊維補強・免震・制震

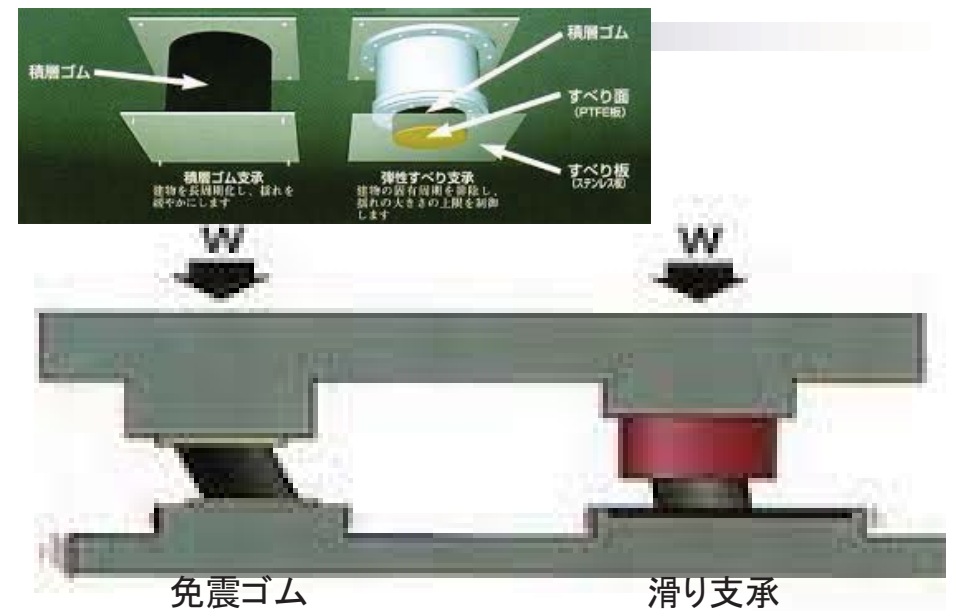
41



42



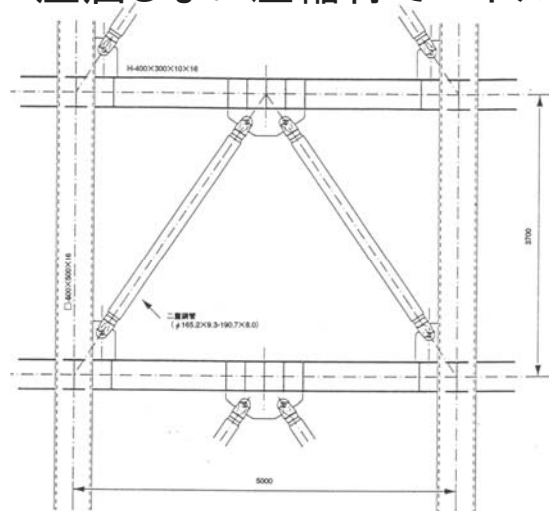
43



免震支承の地震時の動き

44

制震:二重管ブレース使用により、
座屈しない圧縮材でエネルギー吸収

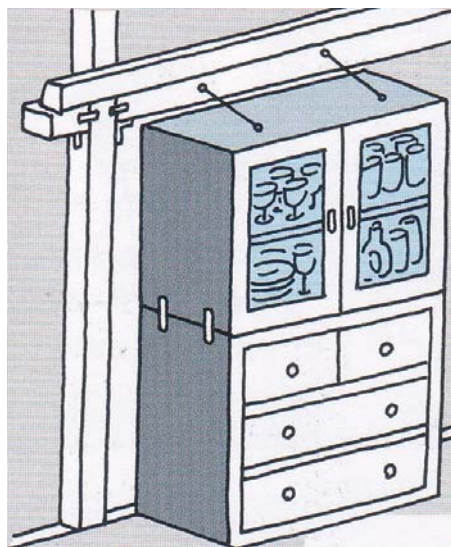


45

可動家具の固定

46

防災の一步は可動家具の固定から



47

日本大学生産工学部 防災講座2016から

速報「熊本地震被害」

日本大学生産工学部
建築工学科教授
湯浅 昇

48

鉄筋コンクリート造(RC) の被害

49

熊本市
軽微な被害が多い中



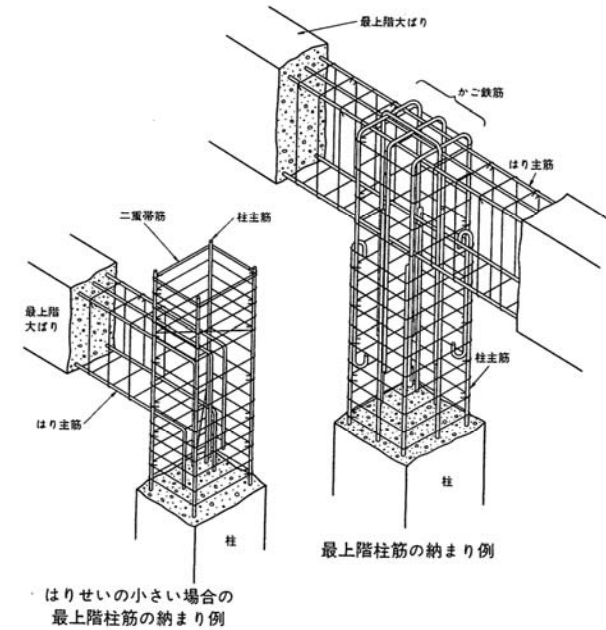
50

ピロティ形式の崩壊



昨年お見せした阪神大震災での被害

51

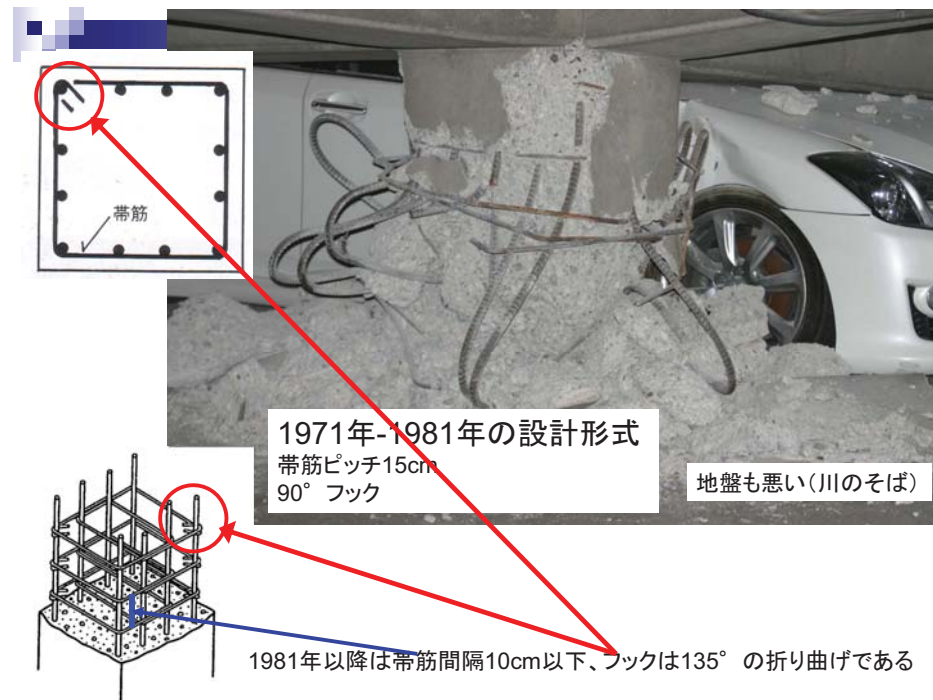


52



熊本市内

53

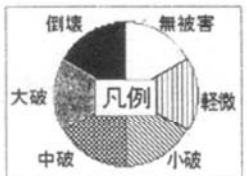
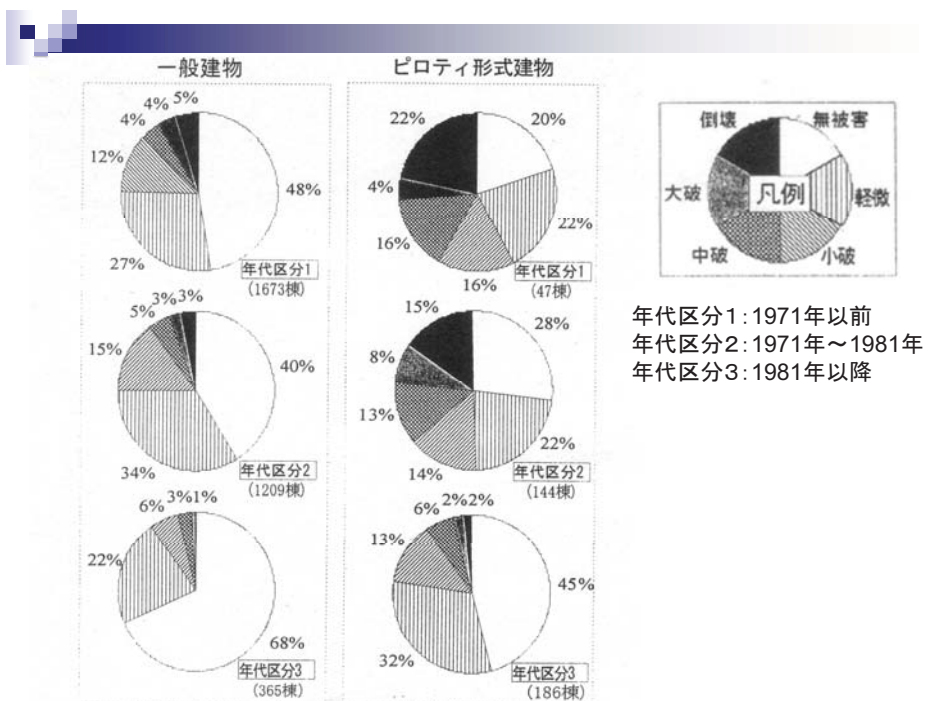


1971年-1981年の設計形式
帯筋ピッチ15cm
90° フック

地盤も悪い(川のそば)

1981年以降は帯筋間隔10cm以下、フックは135° の折り曲げである

54



年代区分1: 1971年以前
年代区分2: 1971年~1981年
年代区分3: 1981年以降

55



2007年竣工でも

西原町

56



川が蛇行している地域ではある

昭和1977年竣工

西原町

57



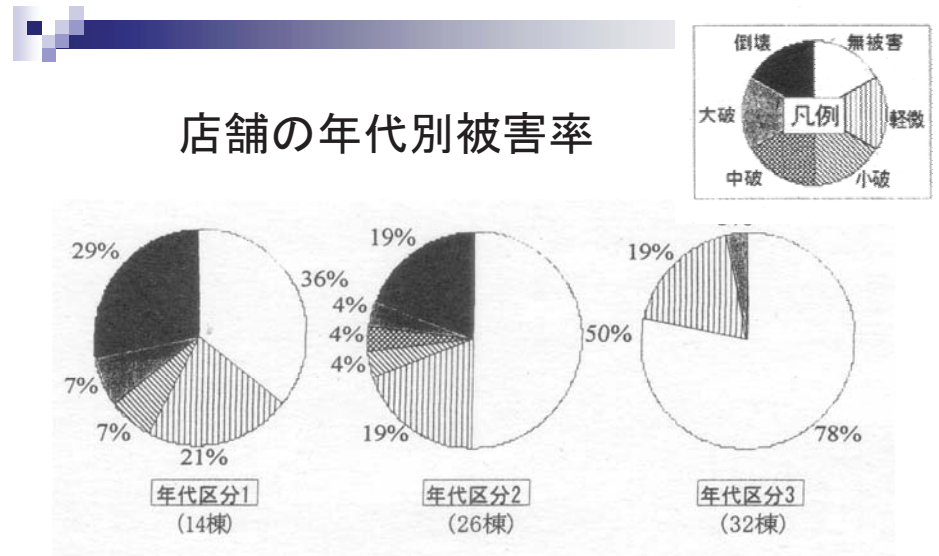
柱の鉄筋はどこ？

58



1976年竣工

59



年代区分1: 1971年以前
 年代区分2: 1971年～1981年
 年代区分3: 1981年以降

60

市役所建物の崩壊

神戸市庁舎の中間層破壊



昨年お見せした阪神大震災での被害

61

宇土市役所の崩壊

市役所施設全体が凝ったデザイン

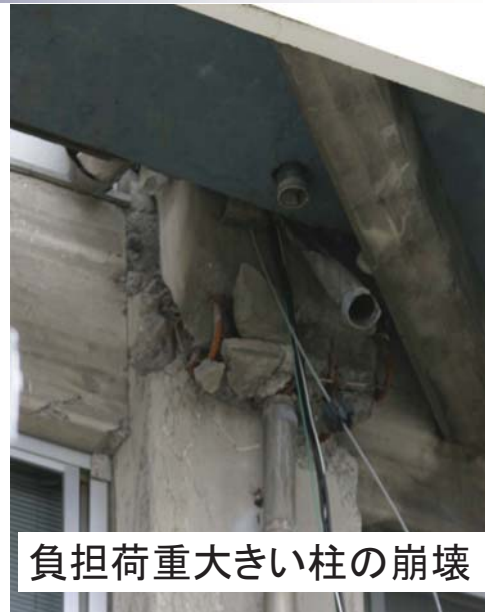
1965年竣工



62



ルーラーは普通コンクリートのプレキャスト



負担荷重大きい柱の崩壊

63

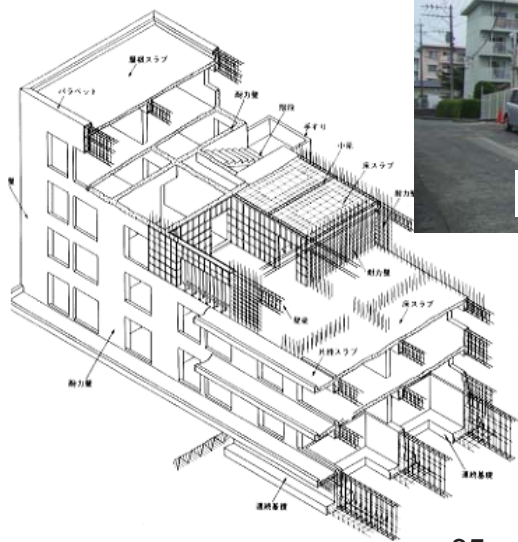
地震被害と設計法

1971年		1981年	
旧建築基準法	旧建築基準法（改正）	新耐震設計法	
崩壊	中破	軽微	

64



益城町



65

壁式構造は健全



鉄骨造の被害

66



柱溶接部の不良



67



68

木造の被害

建設年代により被害の違いが歴然

69

益城町



70



71



72



西原村

73

道路の確保 一瓦礫の撤去と段差解消

大事



74

木造住宅の設計基準の変遷

主な違いは
・耐力壁の量
・配置の仕方

一般木造住宅

1981年(昭和56年)

非常に古い基準

2000年(平成12年)

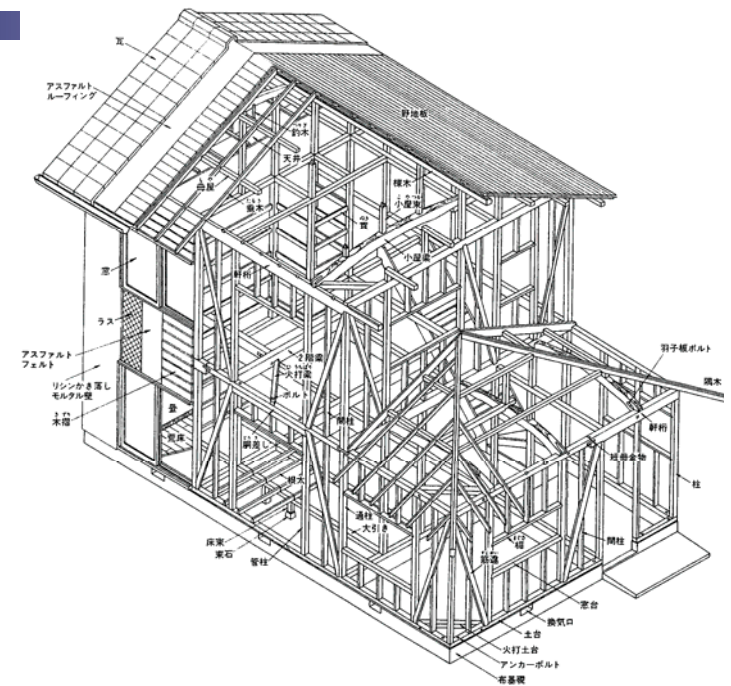
古い基準
必要な壁の量が約1.4倍に

今の基準
(古い基準に加えて)
壁の配置バランスの検討
止め付ける金物が指定

本学鎌田専任講師作成・提供

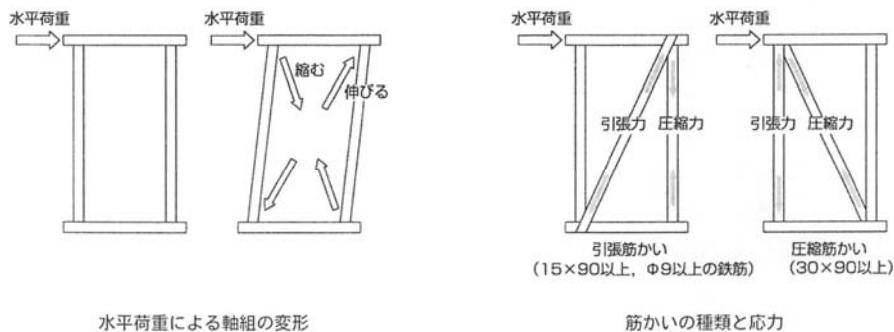
75

在来木造住宅



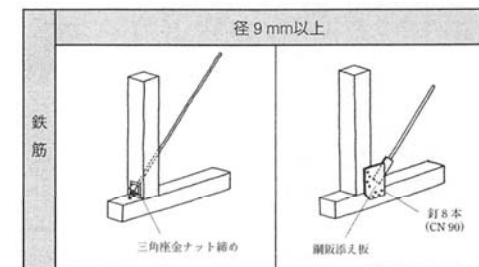
76

筋交いの効果



77

筋交いの端部は、柱と梁などの横架材の仕口に接近して、ボルト・釘・筋交いプレートなどを用いて緊結する。



	1.5×9 cm以上	3×9 cm以上	4.5×9 cm以上	9×9 cm以上
木材	<p>柱・横架材 欠込み 釘5本 (N65F) 釘5本 (N65F)</p>	<p>釘3本 (CN65F) 筋交いプレート (BP-2) 釘4本 (CN65F) 角根平頭ボルト (M12) 釘3本 (CN65F)</p>	<p>釘5本 (SR4.5-50F) 筋交いプレート (BP-2) 釘5本 (SR4.5-50F) 角根平頭ボルト (M12) 釘7本 (SR4.5-50F)</p>	<p>筋交いプレート (BP-2) 釘5本 (SR4.5-50F) ボルト (M12)</p>

78

非常に古い基準

古い基準
必要な壁の量が約1.4倍に

本学鎌田専任講師作成・提供



⇨非常に古いまたは、古い基準の建物の一面

新基準での
↓各接合部に必要な金物例

建築金物一例(株式会社 カネシン HPより引用)



79



80

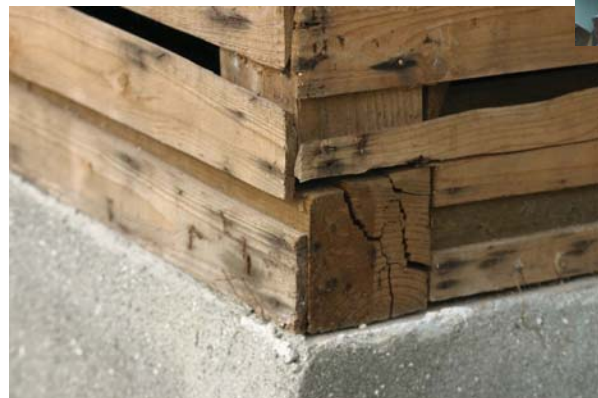


81

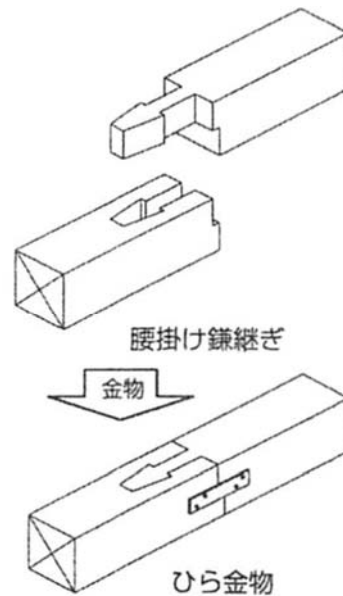


82

土台ほぞの崩壊



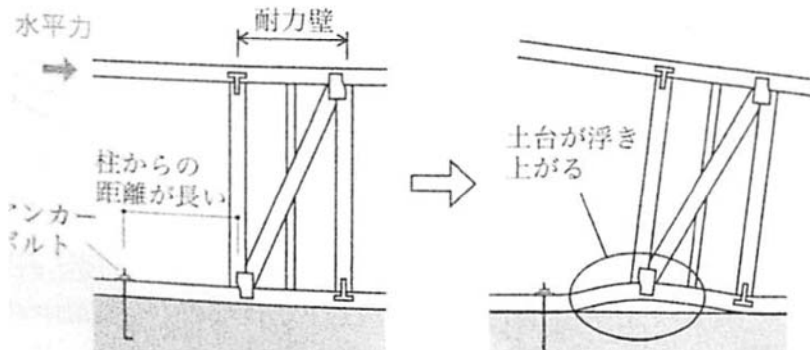
83



84

耐力壁

の両側にアンカーボルトがないと、水平力を受けた時に土台が基礎から浮き上がってしまう。



85

木材の腐食



86

◎地盤の近くに据えられるため腐りやすい。

↑
ヒノキ・ヒバ・クリなどの耐久性の高い材料を使用し
クレオソート油などの防腐剤を塗布する。

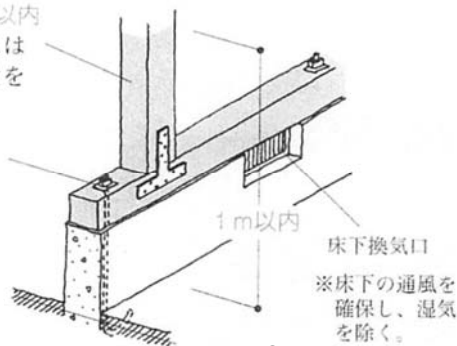
防腐効果のみ
※クロルピリホス ← 使用禁止

※基礎の上に防水シートを敷く場合もある。

◎防蟻措置を施す。 ※近年では、防蟻・防腐両方に効果があるものを使用する。

地盤面から1m以内
の木材の部分には
防腐・防蟻措置を
施す。

アンカーボルト



87

耐力壁の種類と倍率

土塗壁	柱・間柱に木ずりなどを打ち付けた壁	筋かいのある壁				
		鉄筋 径9mm	木材			
		1.5×9cm以上	3×9cm以上	4.5×9cm以上	9×9cm以上	
0.5	片面打ち 0.5 両面打ち 1	1	1	1.5	2	3
たすき掛けの場合は上記の数値の2倍(上限は5)						

構造用合板	硬質木片セメント板	パルプセメント板	構造用せつこうボードA種	せつこうボード	
厚さ5mm以上 ※屋外壁に使用する場合は7.5mm以上	厚さ12mm以上	厚さ8mm以上	厚さ12mm以上 ※屋外壁以外に使用する場合に限る	厚さ12mm以上 ※屋外壁以外に使用する場合に限る	
2.5	2.0	1.5	1.7	0.9	

など

88



89

ラスモルタルの剥落



90

筋交いの配置

- 平面上・立面上のバランス
- 柱の間隔が900mm以上の軸組の間に設置

	平面	立面		
良い例				
悪い例				

91

東海大学周辺の学生アパートの1階崩壊



92



益城町のアパート



93



西原村

94

益城町では軽量鉄骨住宅の被害も

本学鎌田専任講師作成・提供



住民への聞き取り結果
築37年の軽量鉄骨住宅

95

2000年以降(新しい基準)(予測)での全壊例



基礎はベタ基礎
筋交いに金物もある
外壁施工方法も2000年以降

ただし、
南側の壁量が少ないことが予想される
(力が集中する1階2階の隅に開口部→
そこに向かって傾いている)



本学鎌田専任講師作成・提供

96

断層 地盤・斜面崩壊

97

断層

益城町上陣



98

南阿蘇町
阿蘇大橋周辺



99



100

南阿蘇町東海大学実験水田

南阿蘇町瓦が波を打つ



101



益城町の
危険宅地地域



102



103

塀・石垣の崩壊

104



熊本城

105



熊本市



益城町

106



西原村



107



南阿蘇町

108

煉瓦壁の崩壊 宇土市役所倉庫



109

二俣五橋



110

神社鳥居の被害



111



通潤橋
一布田神社

日本大学生産工学部 防災講座2017から

イタリア中部地震被害

日本大学教授 湯浅 昇

パドヴァ大学のアーチの学生実験



112



ヴィコフォルテ教会堂

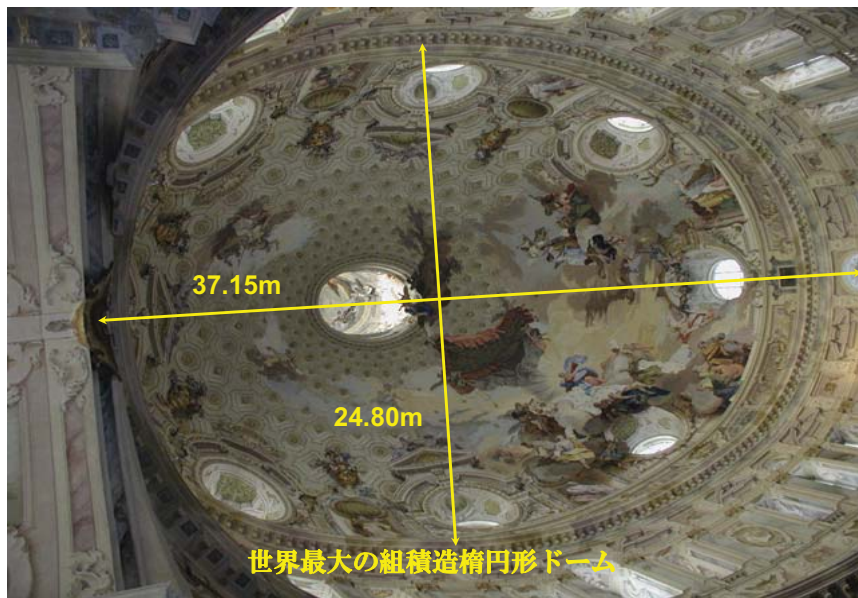
113



114

114

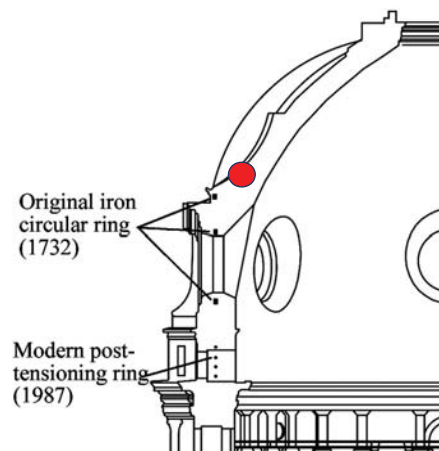
ヴィコフォルテ教会堂ドーム



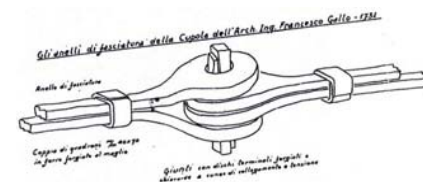
世界最大の組積造楕円形ドーム

115

テンションリング



補強位置

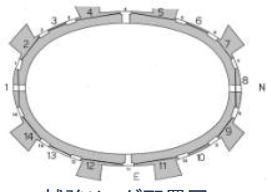


116

ヴィコフォルテ教会堂の補強



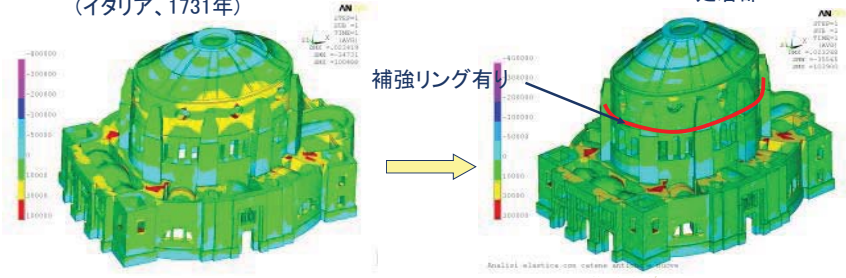
ヴィコフォルテ教会堂
(イタリア、1731年)



補強リング配置図



定着部

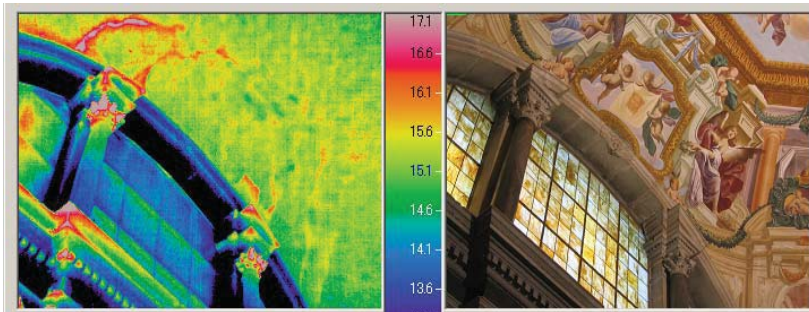


構造解析例(図は応力状態を示したもの)

117



118



熱画像

可視画像

119

ベネチア・ブラーノ島教会の斜塔



120



- イタリア中部ノルチャ付近で、8月24日にM6.2の地震が発生し、300人近くが死亡する大きな被害
- その後活発な地震活動が続いていたが、特に2か月後の10月26日17時10分にM5.4-5.5の地震が発生
- 約2時間後の19時18分にM5.9-6.1の地震が発生。建物被害甚大。死者なし
- さらにその4日後の30日、M6.6の地震が発生

121



8月24日の地震被害

ノルチャ



10月30日の地震被害

122

122



123



124



125



126



127



128



129

組積造とRC造



130

130

イタリア・ラクイラ地震(2009 L'Aquila Earthquake)

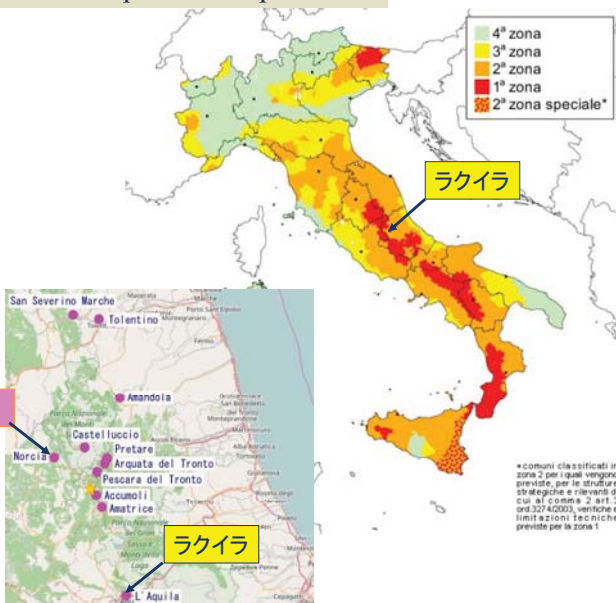
発生日時:
2009年4月6日
午前3時32分(現地時間)

マグニチュード: 6.3(USGS)

震源深さ: 10km

都市:
イタリア・アブルッツォ州
ラクイラ(人口69,368人)

主な被害概要:
死者290人以上
負傷者1000人以上
被災建物1万~1万5千棟



131

131



Onna村

132

132



133

133



134

134



135

135



Santa Maria del Suffragio
(Anime Sante)



136

136



San Silvestro 教会堂



141

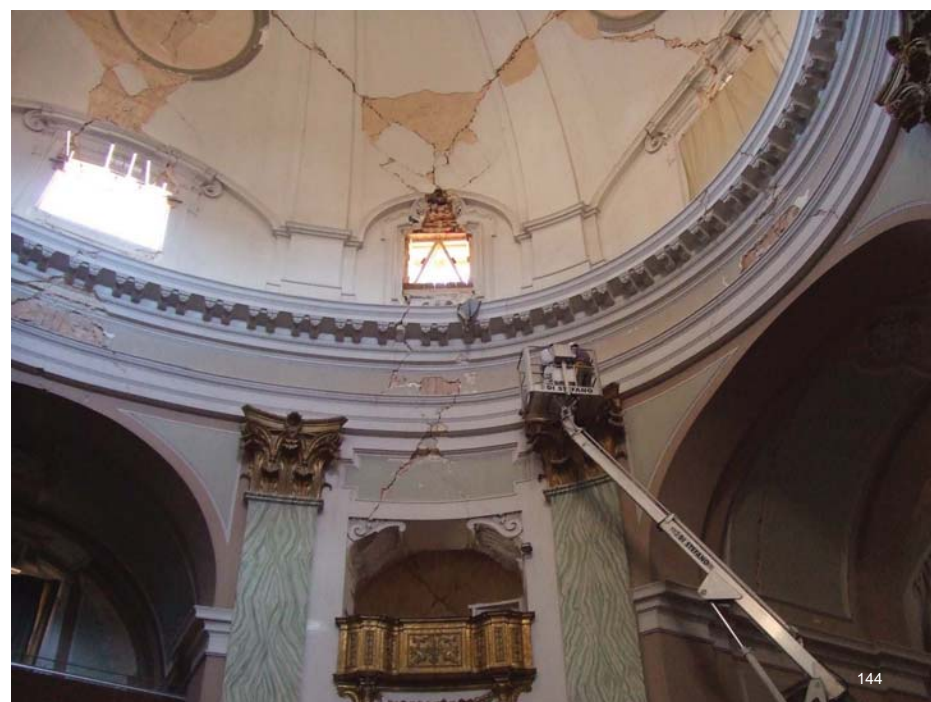


142

Sant'Agostino 教会堂



143



144



被災者のための住宅



被災者のための教会

145

被災者のための免振住宅



146

146