

「学校校舎・マンションの安全性」 河野 進

1

国立大学フェスタ2016 防災・日本再生シンポジウム 2016

住まい・学校・職場の地震に対する安全性を考えるシンポジウム
東京工業大学田町キャンパス キャンパス・イノベーションセンター1階 国際会議室
2016年11月12日

学校校舎・マンションの安全性

東京工業大学・教授 河野 進

科学技術創成研究院 未来産業技術研究所 都市防災研究コア



TOKYO INSTITUTE OF TECHNOLOGY

2

謝 辞

東京工業大学科学技術創成研究院
一般社団法人国立大学協会
東京工業大学フロンティア材料研究所
東京工業大学未来産業技術研究所



TOKYO INSTITUTE OF TECHNOLOGY

3

謝 辞

台湾地震における被害調査

杜怡萱(成功大学) Dr. Yi-Hsuan Tu
李宏仁(雲林科技大学) Dr. Hung-Jen Lee
黄世雄(台湾大学) Dr. Shyh-Jiann Hwang
日本建築学会

熊本地震における被害調査と建研での5層載荷実験

建築研究所
国総研
L建研

資料提供

福山洋(建築研究所) 石川裕次(竹中工務店) 谷昌典(京都大学)
五十嵐俊一(構造品質保証研究所) 山野辺宏治(清水建設) 小室努(大成建設)

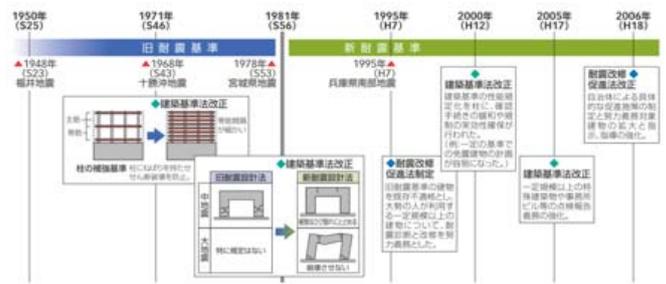


TOKYO INSTITUTE OF TECHNOLOGY

4

旧耐震建物と新耐震建物

・ 1981年以前の『旧耐震建物』には、耐震性能が低いものがある。



耐震補強講習会2012.11.27



TOKYO INSTITUTE OF TECHNOLOGY
資料提供: 大成建設・小室努

5

1968年十勝沖地震の建物被害



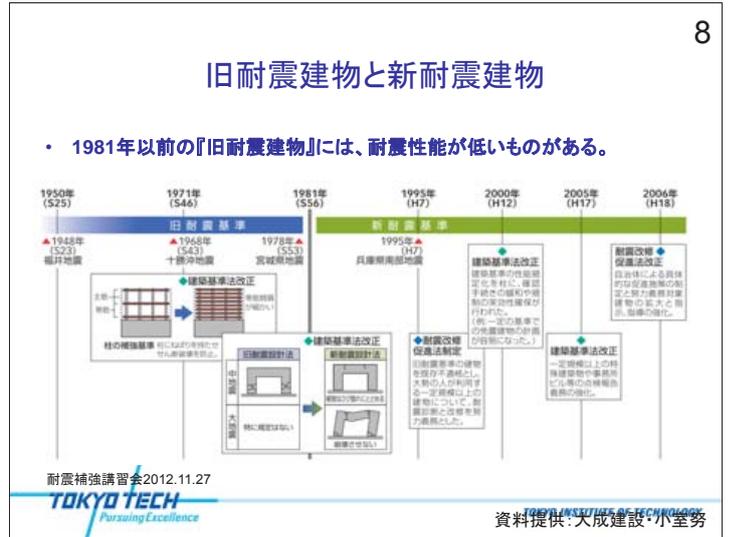
6

1968年十勝沖地震の建物被害





7



8

新耐震設計法 1981年

9

新耐震設計法 1981年

建築基準法施行令

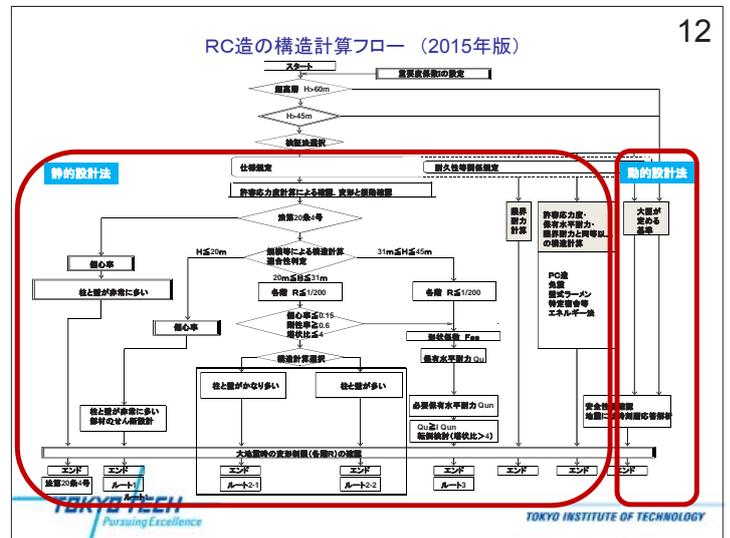
- 2段階設計法の採用
 - 1次設計で許容応力度設計
 - 2次設計で保有水平耐力の検定
- 動的応答特性の導入
 - 固有周期に応じて水平荷重の高さ方向分布決定(Ai分布)
 - 固有周期と地盤に応じて地震入力低減(Rt)
 - 建物の粘り強さに応じて入力低減(Ds)
 - 平面と立面のバランスで入力割増(Fes)

10

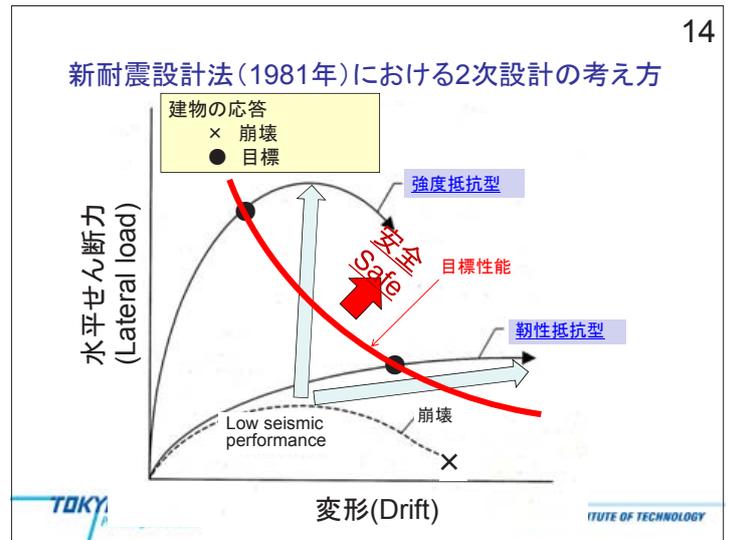
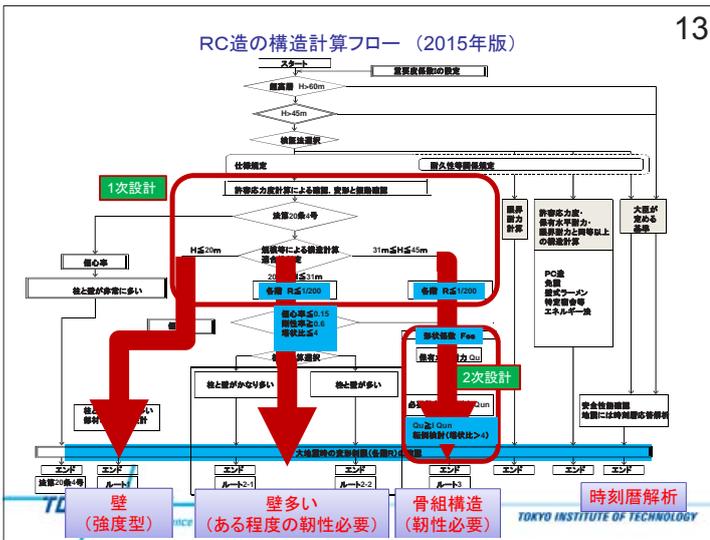
新耐震設計法 1981年

- 一次設計
 - 比較的頻度の高い中小地震動に対して、ほとんど被害がない。(許容応力度設計により、使用性に必要な建物の強度を確保する。)
 - 中小地震: 耐用年限中に数度 80cm-100cm/s² (震度V弱)
- 二次設計
 - 極めて稀な大地震に対して、重大な損傷がなく崩壊しない。(建物の崩壊から人命を守るため、保有水平耐力を検定する。)
 - 大地震: 耐用年限中に1度程度 300cm-400cm/s² (震度VI以上)

11



12



1995年 兵庫県南部地震(阪神大震災)からの教訓

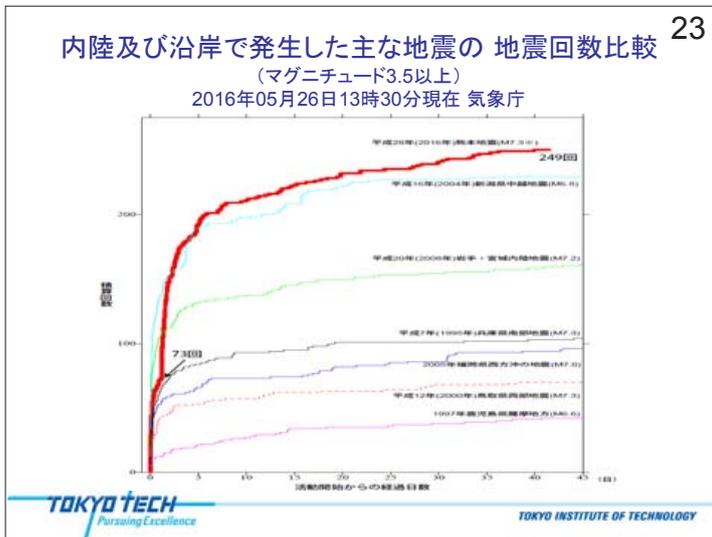
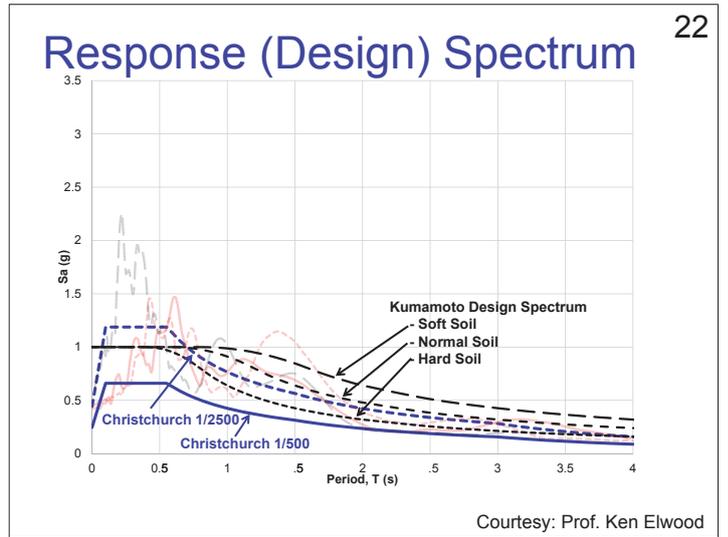
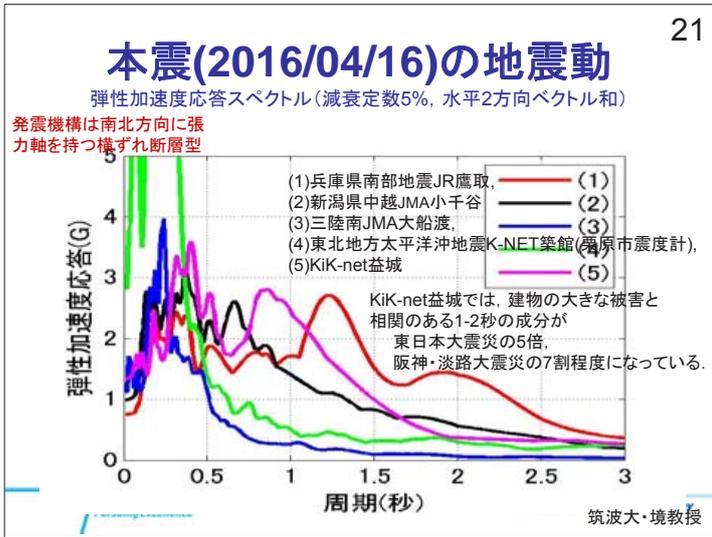
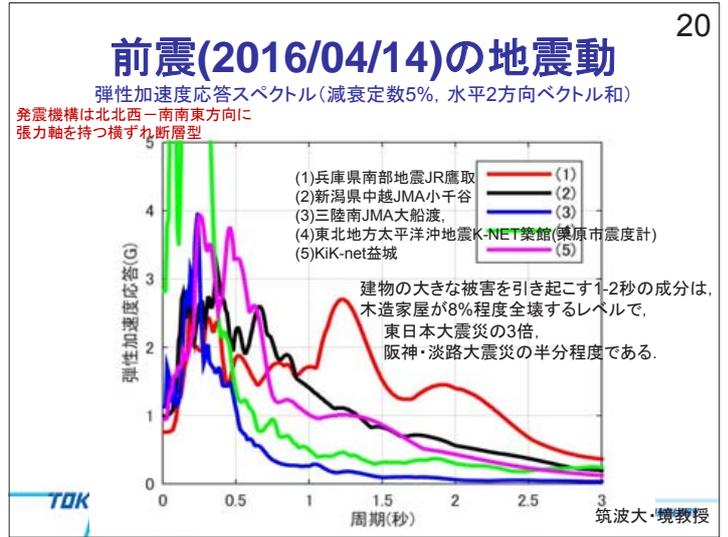
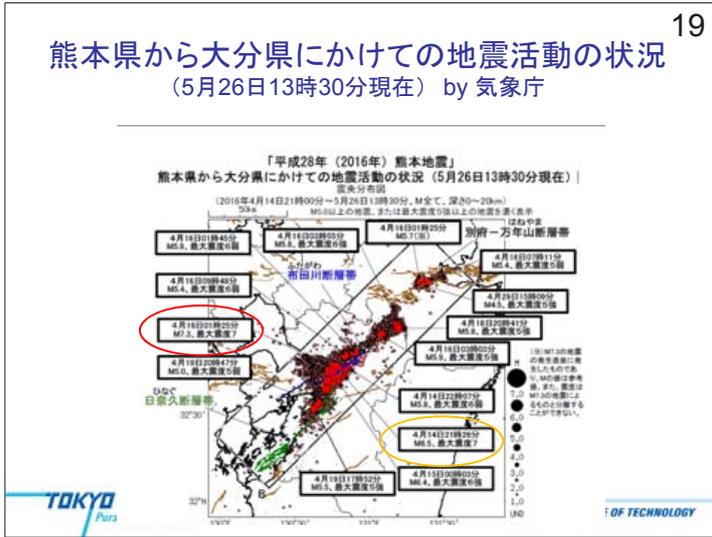
- **ピロティ構造の被害**
 - 顕著に剛性が低い階では、保有水平耐力を大きくしておく。
- **ねじれ振動による被害**
 - 剛心と重心位置が大きく離れた偏心が
 - 大きい建物では、大きな変形でも破壊
 - しないように保有水平耐力を確保する。

2016年熊本地震での被害状況



2016年熊本地震

- 4月14日の地震
 - 発生場所: 8km SSE of 玉名, JAPAN
 - 発生時間(現地時間): 2016-04-14 21:26:36 at epicenter
 - Location: 32.849° N 130.635° E
 - Magnitude (Mw): 6.2
 - Depth: 10.0km
- 4月16日の地震
 - 発生場所: 1km WSW of 熊本市, Japan
 - 発生時間(現地時間): 2016-04-16 01:25:06 at epicenter
 - Location: 32.782° N 130.726° E
 - Magnitude (Mw): 7.0
 - Depth: 10.0km



熊本市内(3階建てRC造)

25



26

TOKYO TECH Pursuing Excellence

TOKYO INSTITUTE OF TECHNOLOGY

熊本市内(4階建てRC造)

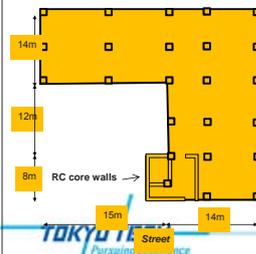
27



熊本市内(7階建てRC造)

28

- 1975 construction
- Seven storeys no basement
- Regular RC concrete moment frames each way with open pilotis ground floor parking
- "Non structural" walls around core



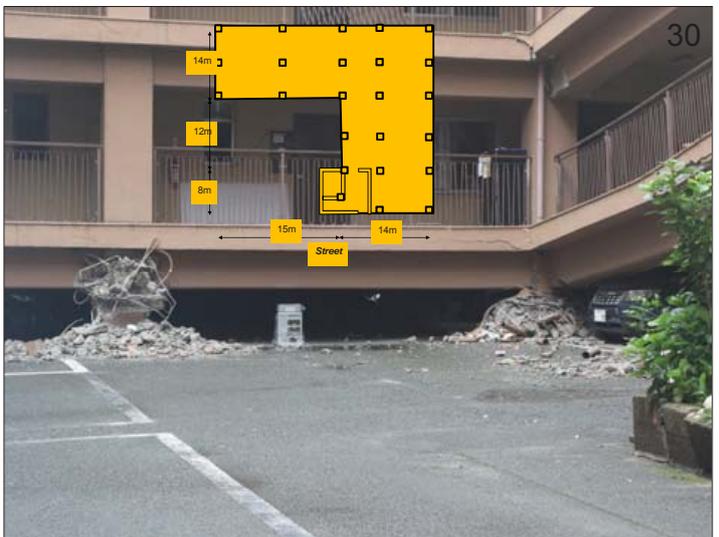
View from street

TOKYO TECH Pursuing Excellence

TOKYO INSTITUTE OF TECHNOLOGY Courtesy: Prof. Ken Elwood



29



30



31



32



36

Apartment E

- 1998 construction
- Regular RC concrete moment frames with flat slab floor system
- Transverse end walls and walls around stairs
- Concrete infill exterior walls

12m

48m

Photo 1

37

宇土市



TOKYO TECH Pursuing Excellence

TOKYO INSTITUTE OF TECHNOLOGY

38

熊本市内



TOKYO TECH Pursuing Excellence

TOKYO INSTITUTE OF TECHNOLOGY

39

熊本市内



TOKYO TECH Pursuing Excellence

TOKYO INSTITUTE OF TECHNOLOGY

40

熊本市内



Pursuing Excellence

TOKYO INSTITUTE OF TECHNOLOGY

41

教訓

- 被害が甚大だった部分
 - 木造住宅や市庁舎
 - 大規模な地盤災害
- 耐震診断および耐震補強の重要性
 - 公共建築物(学校や市庁舎)
 - 一般木造住宅
 - 集合住宅
- 新耐震設計法の不備についての考察
- 耐震診断・耐震補強の重要性の再認識
- 二次部材を含めた損傷低減方法の提案

TOKYO TECH Pursuing Excellence

TOKYO INSTITUTE OF TECHNOLOGY

Observations and Lessons for NZ 42

- Building performance (建築物の耐震性能)
 - Limited level of damage overall to modern code designed buildings (新耐震設計法の妥当性)
 - Building design focussed on stiffness and lower ductility resulted in limited damage to most buildings. (強度型抵抗機構の損傷制御性能の再確認)
 - Poor performance of timber housing with heavy clay tile roofs, beam and column construction with infill lath and plaster panels (instead of plaster board or ply panels) (木造住宅の脆弱性)
 - Avoidance of damage to non structural elements through the approach of avoidance ie not constructing hung ceilings, fire sprinkler systems etc (二次部材の耐震性は低い)

Courtesy: Prof. Ken Elwood

43

Observations and Lessons for NZ

- Post earthquake building assessment processes (被災建物の耐震性能確認)
 - Focus on quickly completing building assessments, (and repairs) (応急危険度判定)
 - Simple residual capacity analysis methodology allowing some damaged buildings to be occupied quickly (被災区分判定)
- Community resiliency (都市の強靱性)
 - Different approach regards community safety issues. Placards are advisory only, limited fencing, no red zones. (応急危険度判定の強制力について)
 - Emphasis on maintaining community services in place eg city government functions, schools operating in temporary facilities on site (行政の機能継続性)
- コメント
 NZ and Japan have similar success in terms of Life Safety, but Japan much better in terms of Resilience. (安全性と機能維持)

Courtesy: Prof. Ken Elwood

44

東京工業大学での取組



TOKYO INSTITUTE OF TECHNOLOGY

45

取組その1: 5階建て実大試験体を用いた使用継続性に関する実験研究

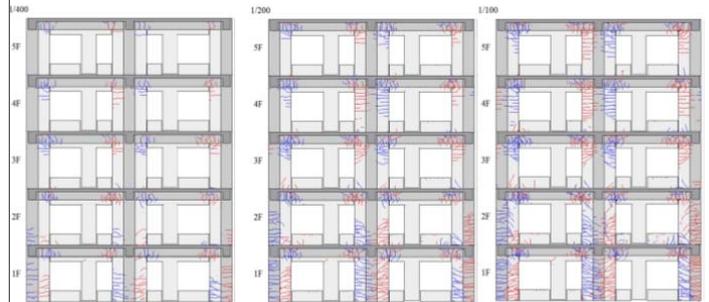


東京工業大学
 Eko Yuniarsyah (博士)
 北村 史登 (修士)
 渡邊 秀和 (助教)

TOKYO INSTITUTE OF TECHNOLOGY

46

取組その1: 5階建て実大試験体を用いた使用継続性に関する実験研究



TOKYO TECH Pursuing Excellence

TOKYO INSTITUTE OF TECHNOLOGY

47

取組その2: 損傷低減型RC造部材の構法提案



東京工業大学
 北村 史登 (修士)
 桑原 健 (修士)
 富田 悠介 (修士)
 渡邊 秀和 (助教)

48

取組その2: 損傷低減型RC造部材の構法提案

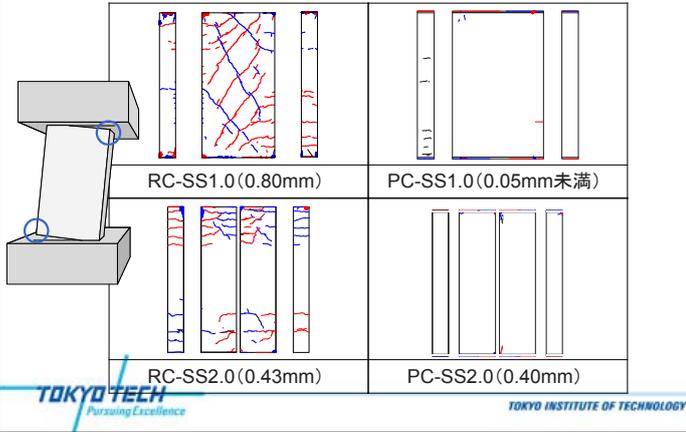
試験体名	RC-SS1	PC-SS1	RC-SS2	PC-SS2
F_c (N/mm ²)	24	40	24	40
PC鋼棒		φ17		φ19
緊張力		170×2		180×2
PS導入率		4.2		5.9
損傷低減	基準試験体	PCaPC+ザグリ	スリット	PCaPC+スリット

TOKYO TECH Pursuing Excellence

TOKYO INSTITUTE OF TECHNOLOGY

49

取組その2: 損傷低減型RC造部材の構法提案



50

取組その2: 損傷低減型RC造部材の構法提案



51

取組その2: 損傷低減型RC造部材の構法提案



52

耐震診断・耐震補強



53

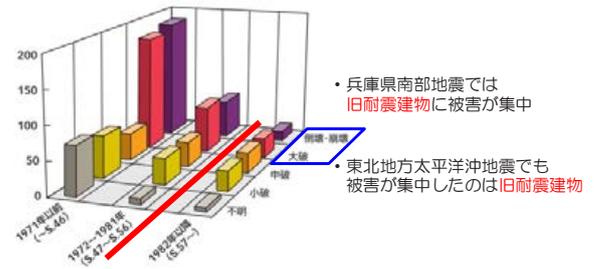
1995年阪神大震災の建物被害



54

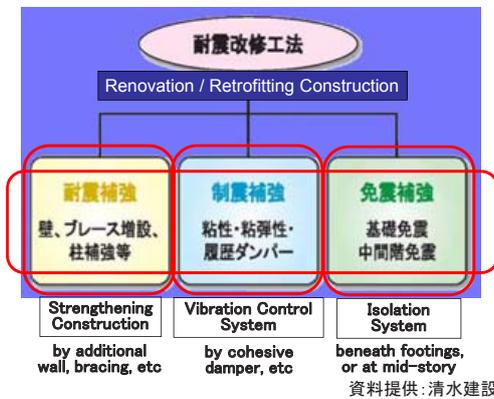
耐震補強の必要性

- 地震時の安全性を確保するために、耐震補強を行う必要がある。



耐震改修工法の選択肢 Retrofitting Schemes

★



55

56

まとめ

- 耐震技術の未熟さ
 - 耐震技術と地震被害の関連を十分に学習し, 設計法・規基準・研究に生かすとよい.
 - 設計者・施工者・工事従事者など, 耐震技術に関わる技術者全ての意識向上が大切である.
- 防災技術の国際技術協力は, 大変大切である.