

平成27年度国総研講演会 H27.12.3@日本消防会館(ニッショーホール)

# 地震で倒壊しない建築物から 地震後も使える建築物へ

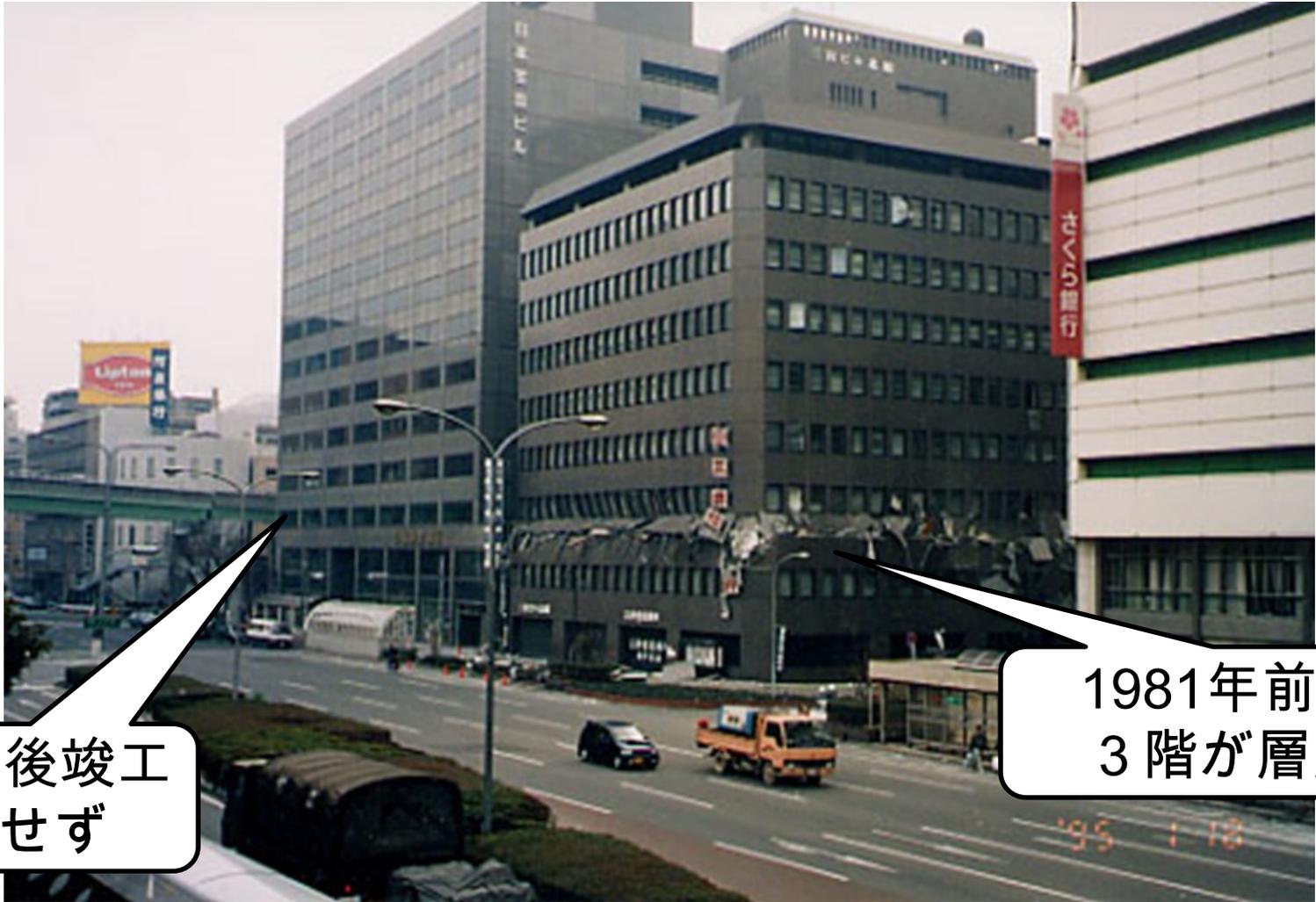
建築研究部 建築新技術統括研究官  
奥田 泰雄



国土交通省

国土技術政策総合研究所

National Institute for Land and Infrastructure Management



1981年後竣工  
倒壊せず

1981年前竣工  
3階が層崩壊

1995年1月17日阪神大震災でのRC造建築物の被害  
(京都大学中島正愛教授撮影)



1995年1月17日阪神大震災でのRC造建築物の被害  
(京都大学中島正愛教授撮影)

最低基準である**建築基準法**が要求すること

大地震に対して、建築物内部が損傷を受けても、  
**建築物は倒壊せず**、室内にいる人命を守ること

# 東日本大震災(2011年3月11日)では、庁舎や共同住宅に損傷や変形等が発生



これにより...

- ① 災害活動の拠点や生活の場である建築物の**継続使用が困難に**
- ② 損傷の修復に時間と費用を要し、**円滑な復旧・復興の妨げに**

最低基準である**建築基準法**が要求すること

大地震に対して、建築物内部が損傷を受けても、**建築物は倒壊せず**、室内にいる人命を守ること

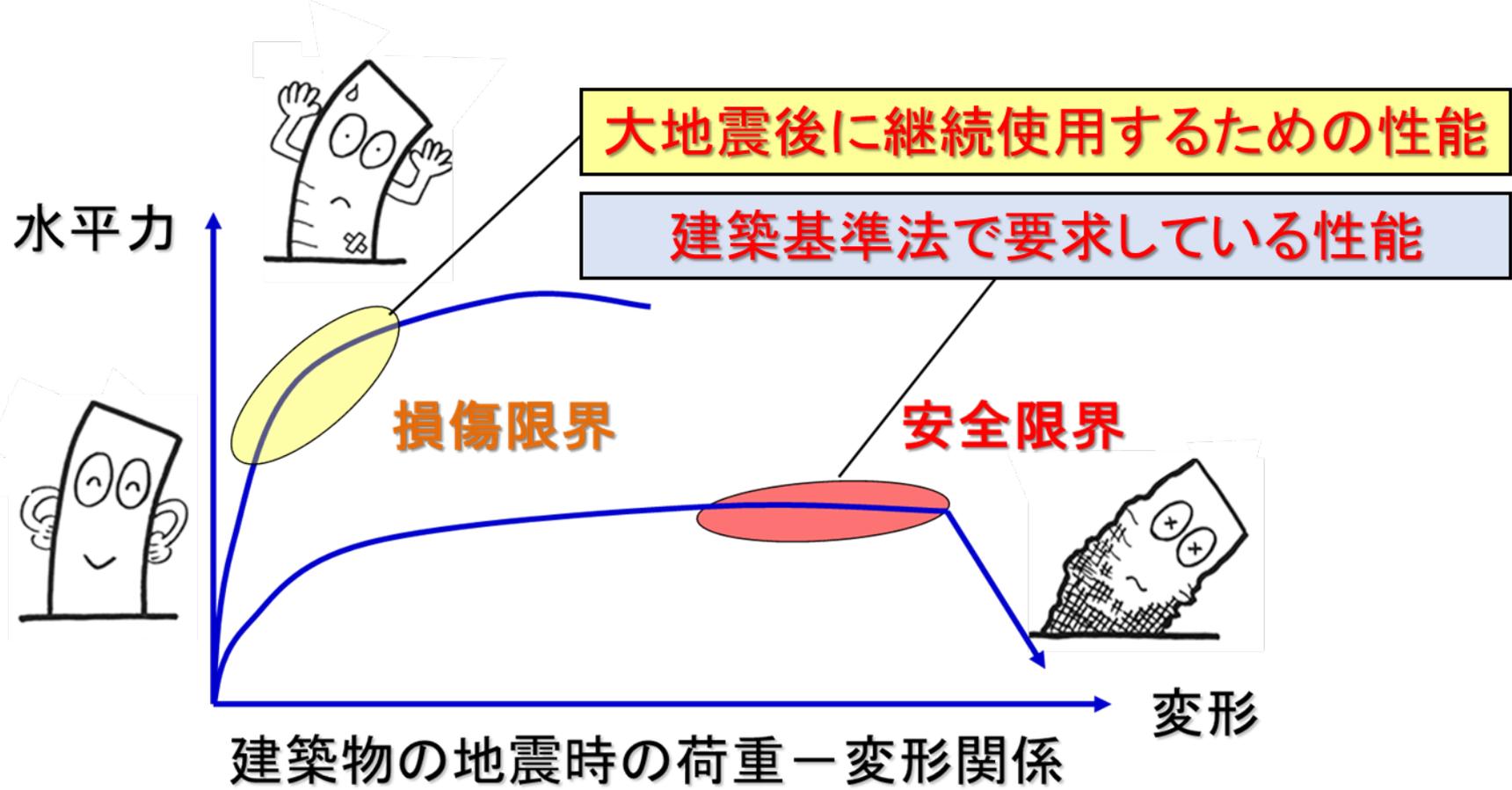
総プロ「災害拠点建築物の機能継続技術の開発」の目標

大地震に対して、建築物が倒壊しないだけでなく、**建築物の機能が継続**するように、建築物の**損傷を制御**する

## ■そで壁を活用した損傷制御設計法

# 社会に要求されているこれからの建築物

- 建築物の地震後の**継続使用**を如何に**確保**するか
- 地震により低下した**機能**を如何に迅速に**回復**させるか

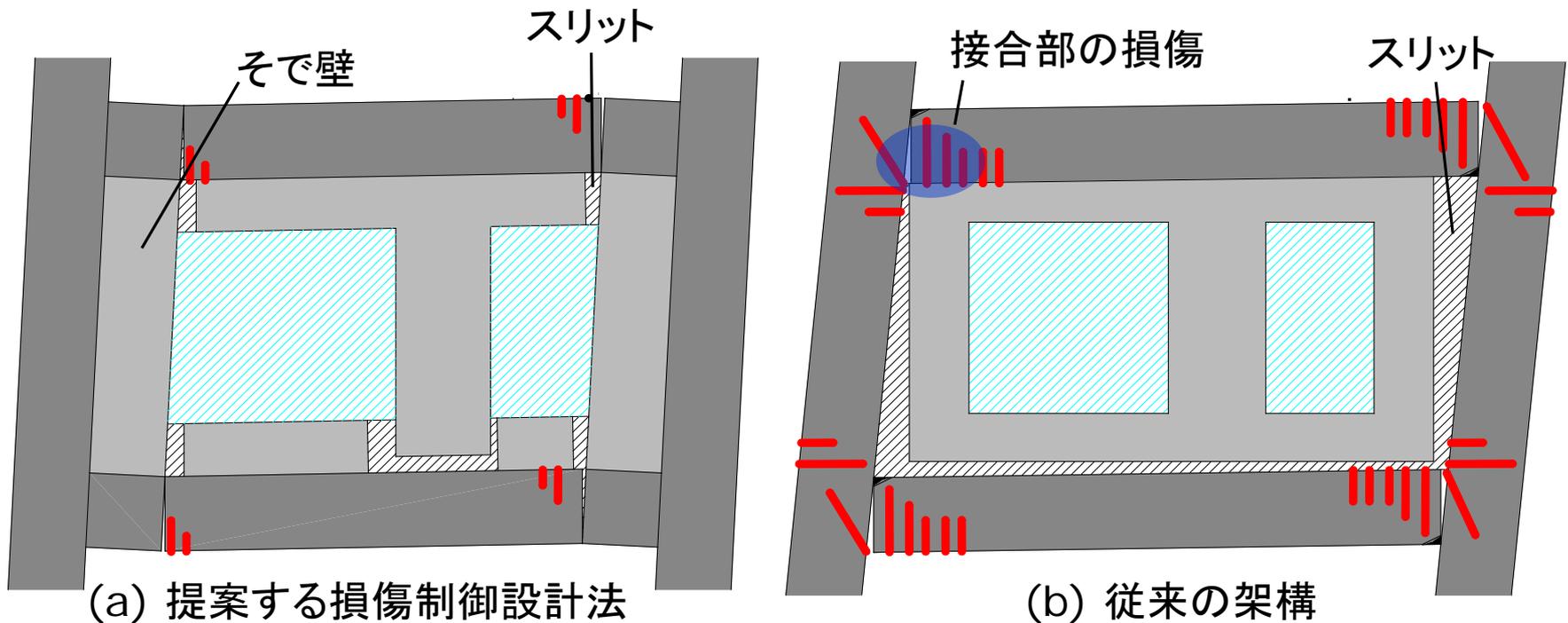


# 実大5層鉄筋コンクリート造建築物の載荷実験

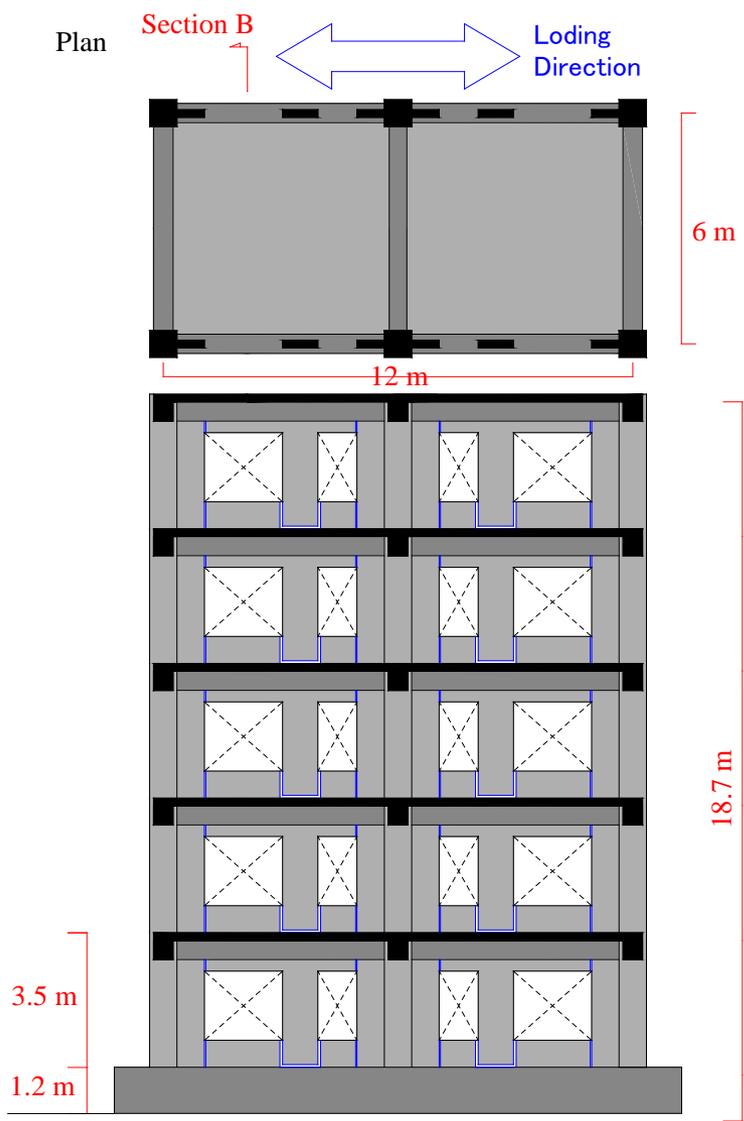
- ▶ 従来の構造設計では、そで壁などの性能評価は複雑で取り込まれてこなかった。そのため構造骨組みに悪影響を与えないようにスリットを入れて縁を切っていた。
  - ▶ 近年の国土交通省 建築基準整備促進事業により、壁つき部材のモデル化・評価方法について基準が整備された。  
(2015年度版構造関係技術基準解説書に反映)
  - ▶ 壁つき部材を含む鉄筋コンクリート造架構の靱性型設計法ひび割れ性状、非構造材を含めた継続使用性についてはほとんど検証されていない。
- ➡ **実大建築物**の載荷実験により壁つき架構の性能を検証する。

# そで壁を活用した損傷制御設計法の提案

- ▶ 従来の架構に対し、スリットの位置を変えて同程度のコストで地震時の損傷・変形を低減させる
- ▶ はりの損傷位置がそで壁端に移動すると、接合部が損傷しづらく、修復作業を軽減できる

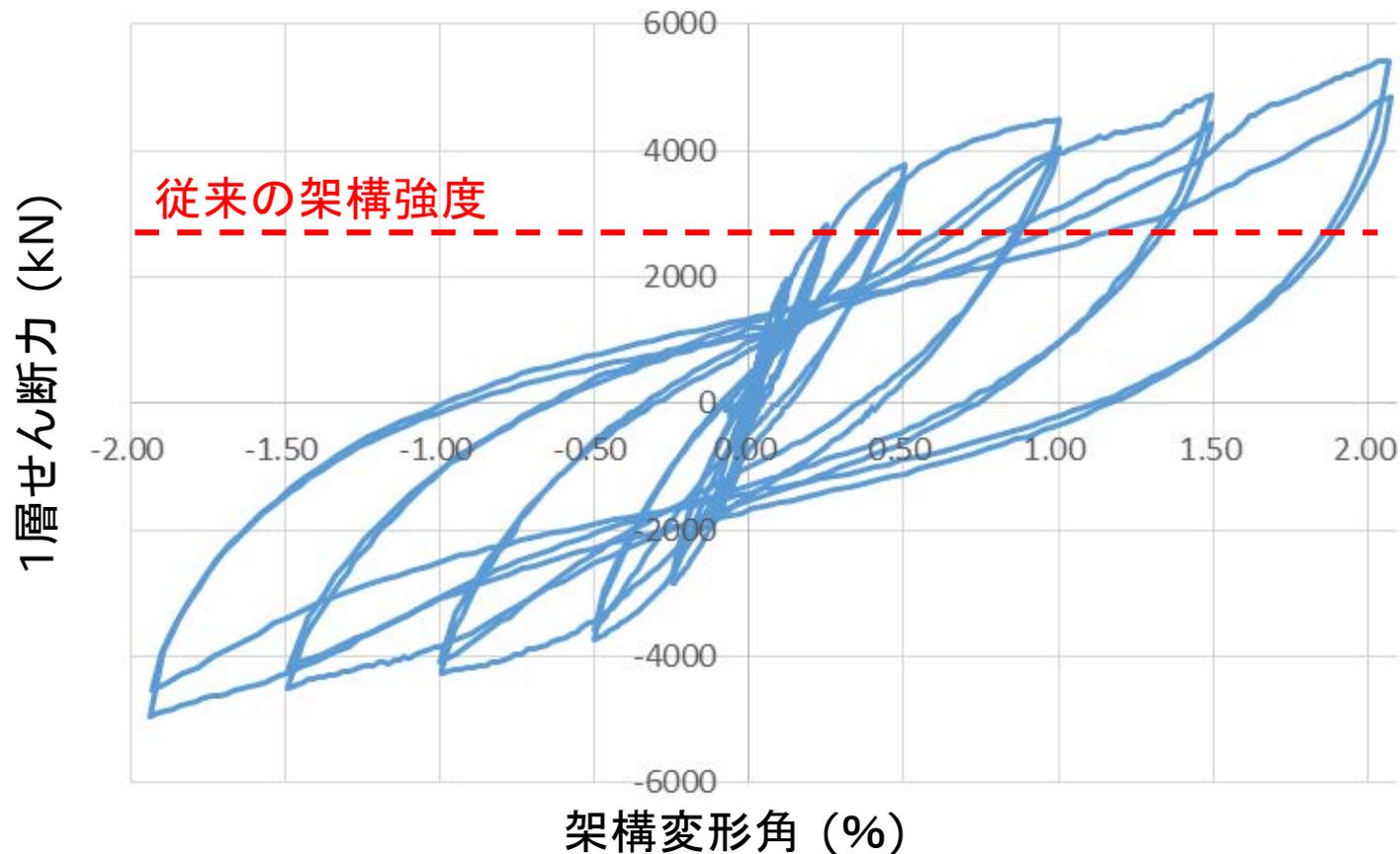


# 実大5層鉄筋コンクリート造建築物の載荷実験



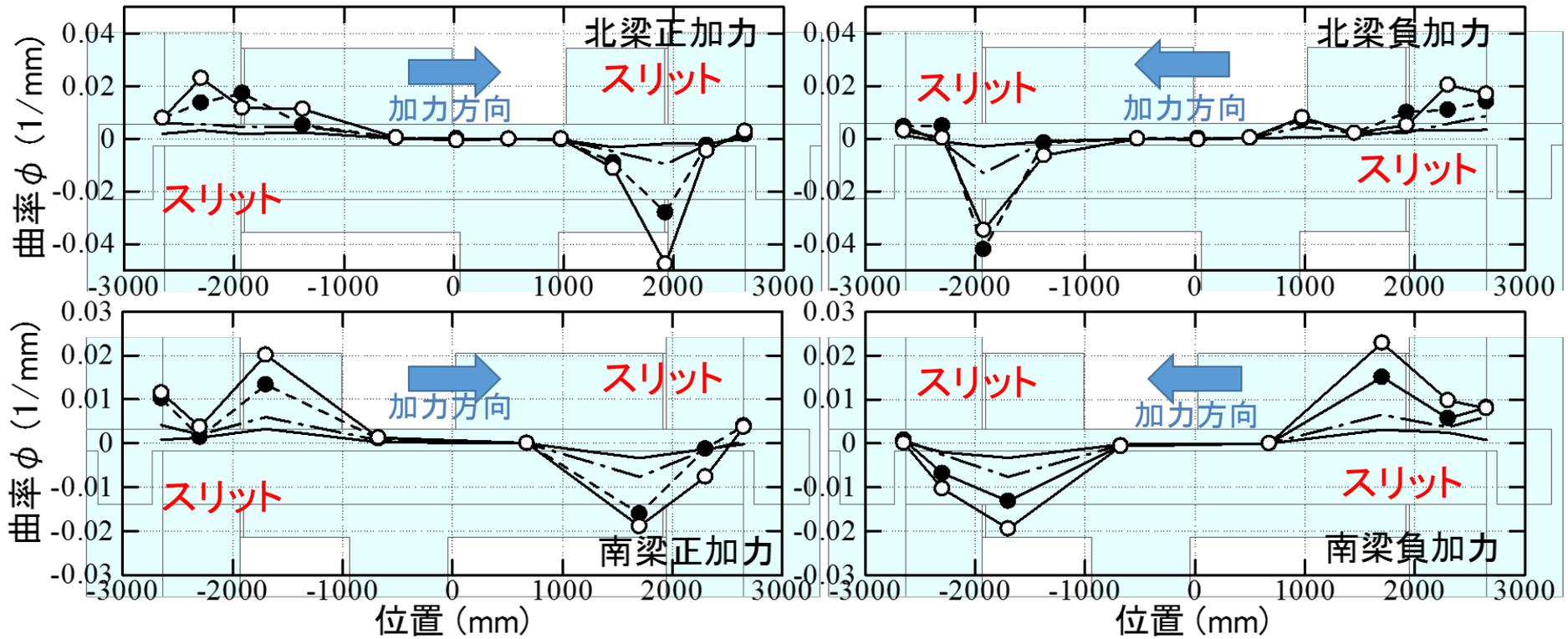
# 提案する架構の性能

- ▶ 壁を切り離した架構の計算強度を大きく上回る (約1.5倍)
- ▶ 急激な変形・損傷の進行(強度の低下)は見られない



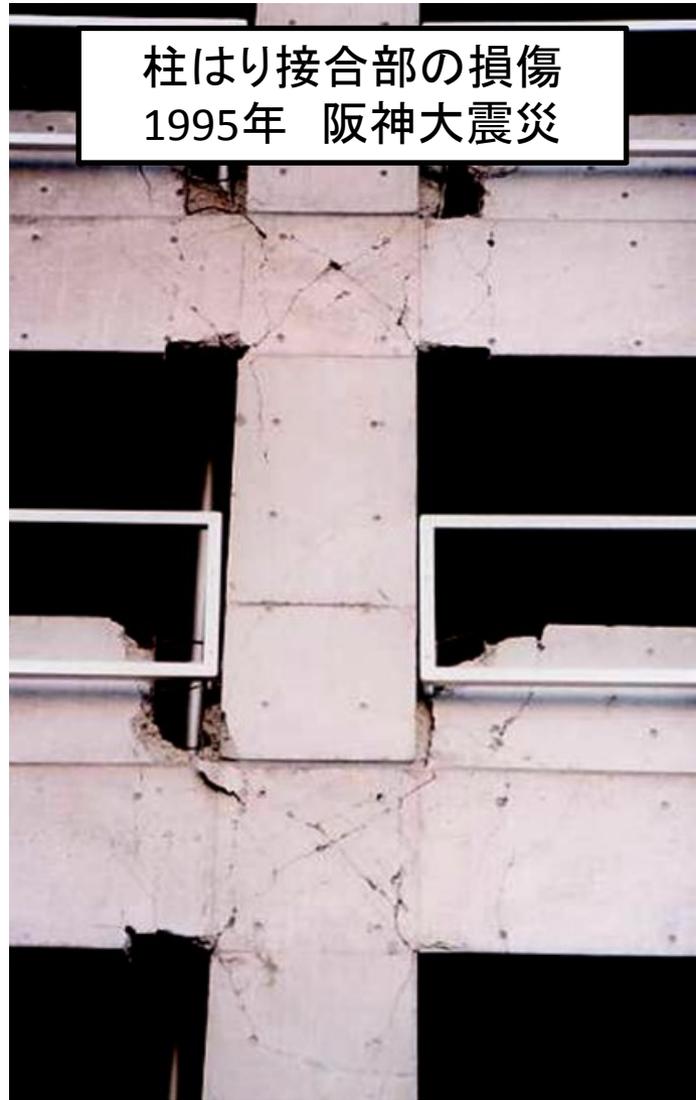
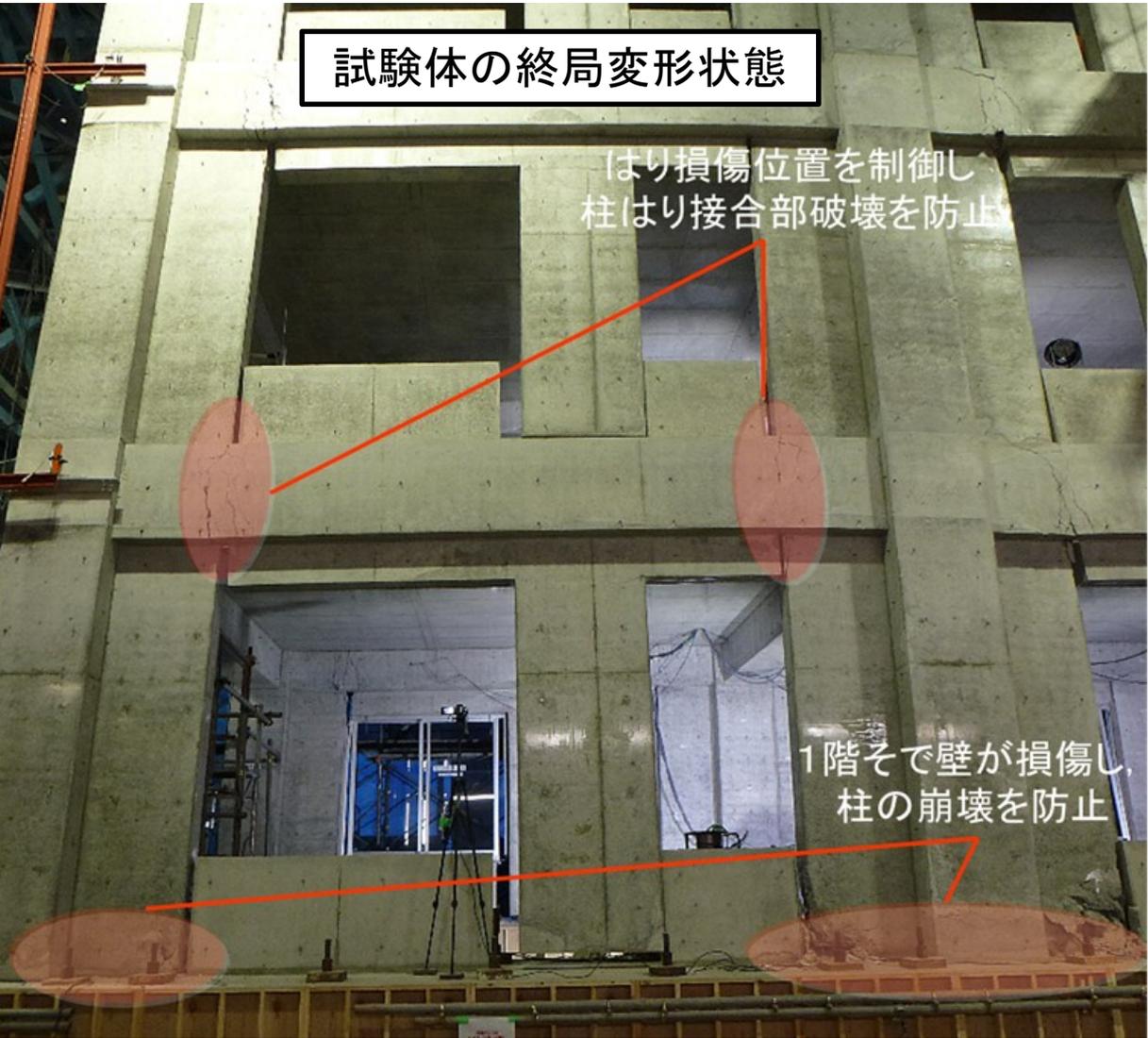
# 提案する架構の性能

▶ はりの変形は特にスリット部分に集中している



# 試験体の終局変形状態と柱はり接合部の損傷

▶ 地震後に修復が困難な柱はり接合部での損傷を抑制している



# 非構造部材(窓枠サッシ)の限界性能

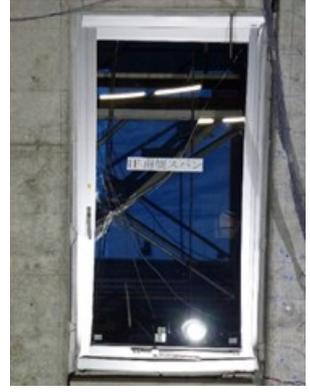
▶ 非構造部材も層間変形角**0.75%程度で使用不能**となる

代表 変形角	1階 変形角	スリット追従工法(北側)						既存工法(南側)					
		引違い窓			片開き窓			引違い窓			片開き窓		
		損傷	開閉	施錠	損傷	開閉	施錠	損傷	開閉	施錠	損傷	開閉	施錠
0.250%	0.187%	△	○	○	△	○	○	△	○	○	▲	○	○
0.500%	0.403%	▲	○	○	△	○	○	△	○	○	▲	▲	▲
1.000%	0.826%	▲	○	○	×	▲	×	×	○	×	×	×	×

△:軽微、▲:損傷(支障)あり、×損傷大(不能)

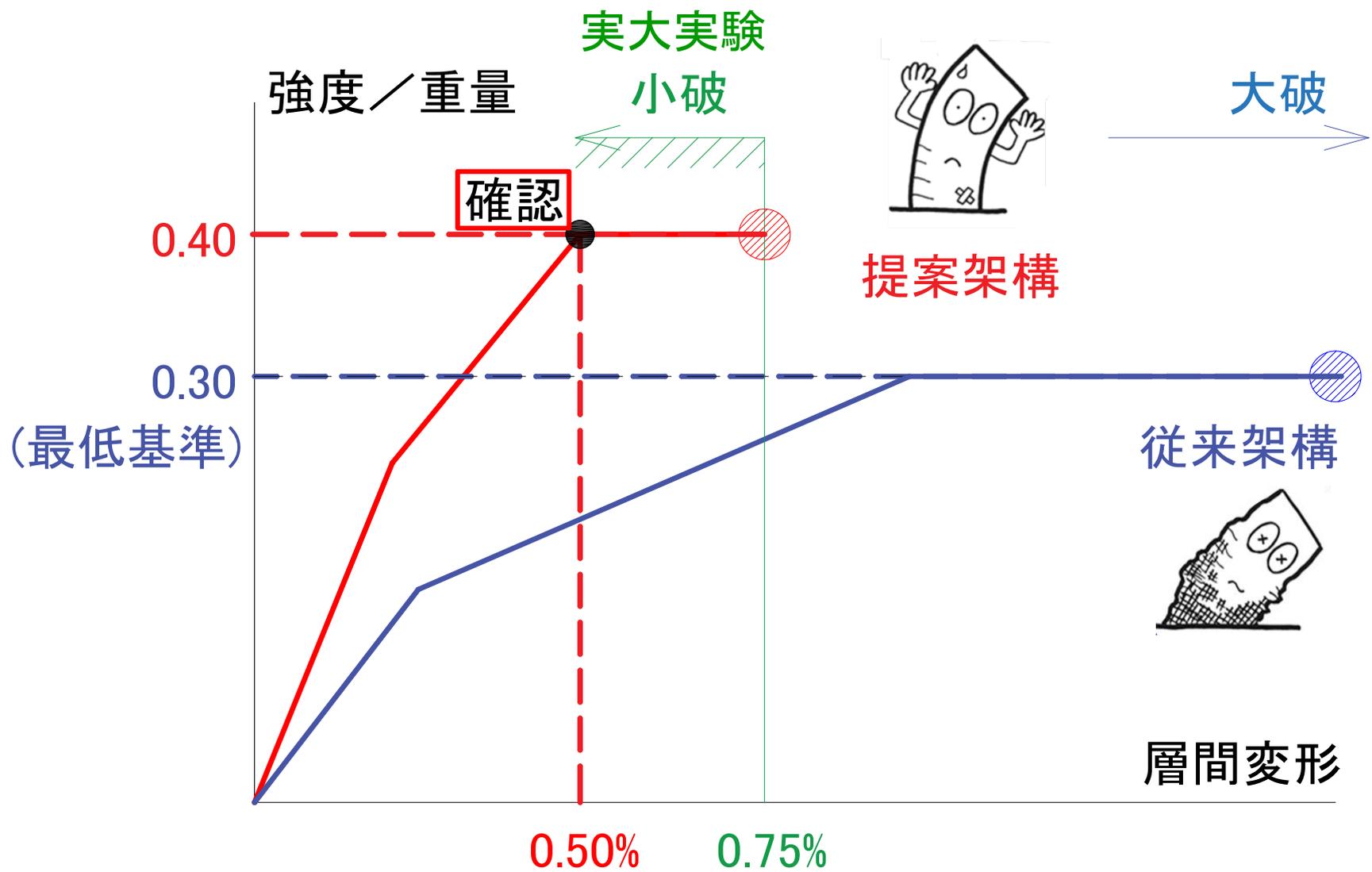


終局変形時 (スリット追従型)



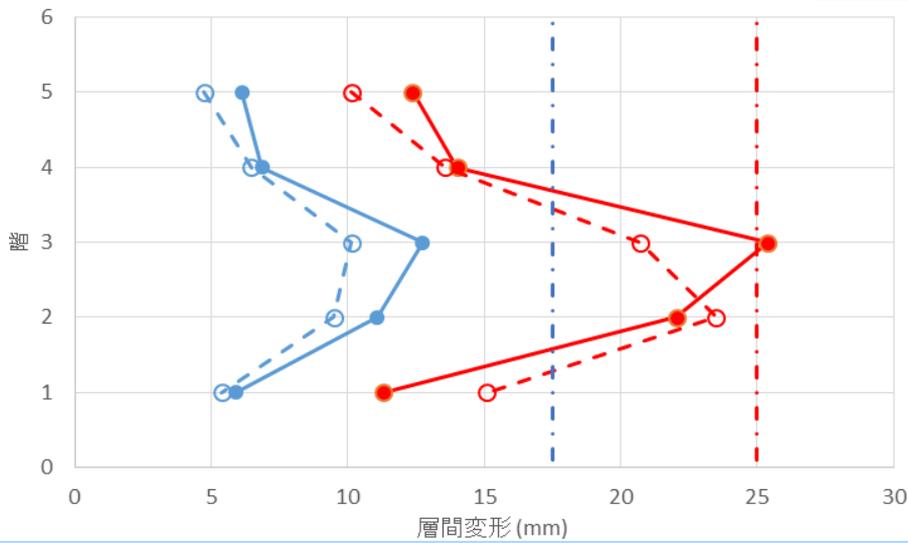
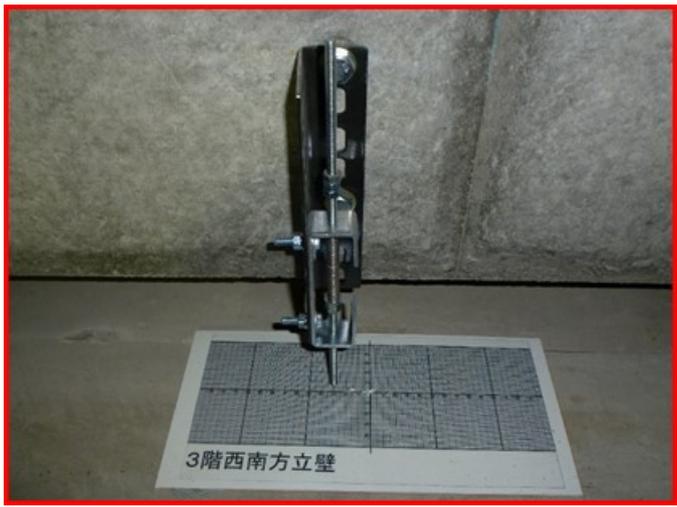
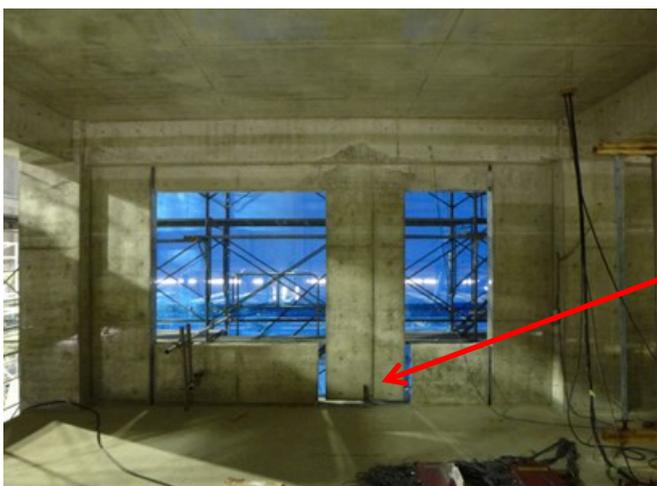
終局変形時 (既存工法)

# 大地震に被害を「小破」に留めるための要求性能



# 地震時の継続使用可否の確認方法

▶ 地震時の損傷限界(変形)は簡易な装置により確認可能



● 計測値  
○ 簡易装置

# 実大RC造5層建築物の実験のまとめ

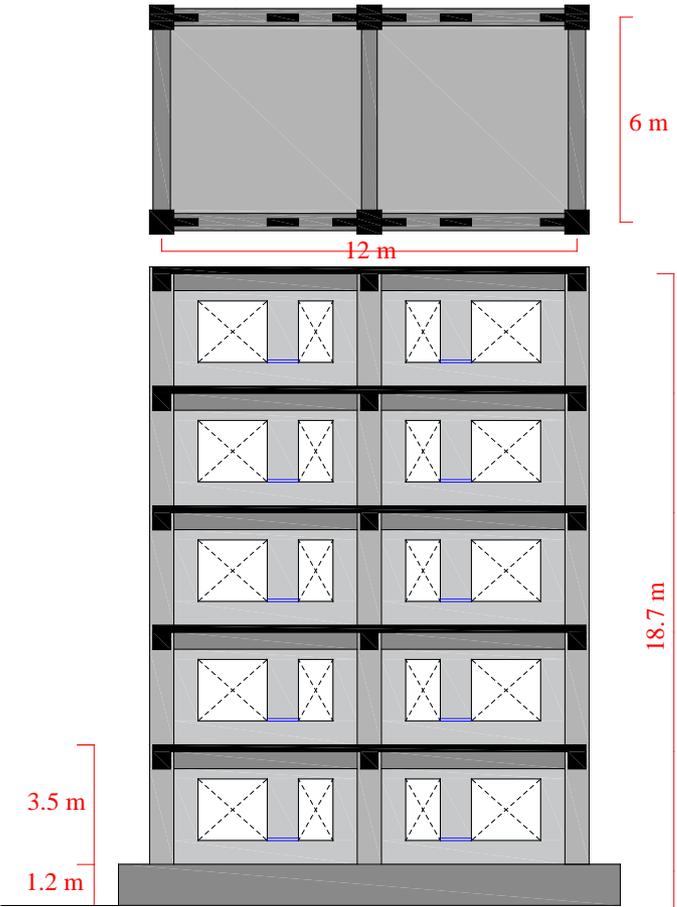
- ▶ そで壁を活用したRC造5層建築物の実験を行った。提案方法により、大地震時の損傷・修復作業が軽減することを示した
- ▶ 建築物を大地震時の損傷を小破に留めるには、層間変形角0.50%時にせん断力係数が0.40以上を確認する必要がある
- ▶ 非構造部材は小破以降で使用不能となった。簡易な装置により、地震後の継続使用の可否は判断しうる。



そで壁を活用した損傷制御設計法の提案  
大地震後に大規模な補修をすることなく継続使用可能な架構の提案

# 2015年度の実大建築物の載荷実験

- ▶ **そで壁に加えて腰壁や垂れ壁を設計に活用**することで大地震後に柱やはりに補修の要らない構造を実現する (一般公開日 **12/21**, 事前登録 **12/3** 〆切, 最大50名まで)



## ■ 吊り天井の耐震対策の検討について

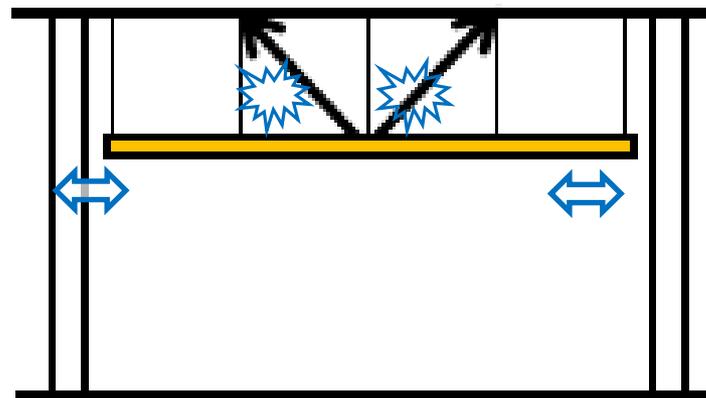
## ■ 吊り天井の耐震対策の検討について



- 2011年東日本大震災ほかの際に、建築物（特に体育館などの大スパン構造物）の吊り天井の脱落が生じたため、構造躯体の損傷がなくても、安全性だけでなく、機能継続性の観点からも問題となった。
- 2013年に国交省告示771号（建築基準法）において天井脱落対策に係る技術基準が規定された（安全性）。
- 新たな技術基準を追加するための検討を現在進めている。

## ■ 現行の告示による吊り天井について

- 地震時に天井に生じる慣性力を、天井裏の斜め部材等で受けて構造体等に伝達。
- 水平変位を生じ、天井面と周囲の間に適切に隙間を設置。
- 斜め部材をある程度天井裏に設置する場合、天井裏を設備等の配置に用いるには不便。



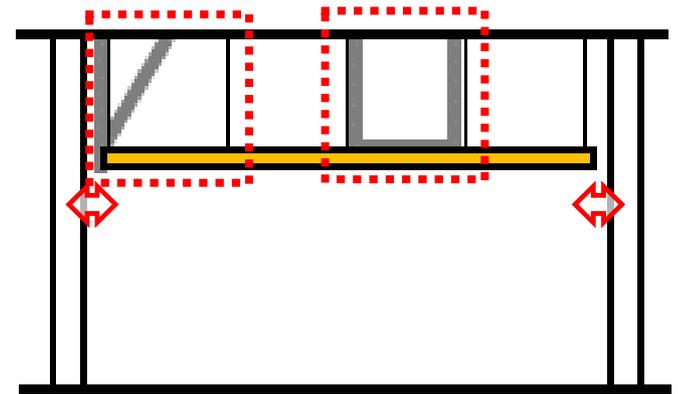
現告示による天井のイメージ



天井裏の斜め部材の配置例

## ■「高耐震吊り天井」の開発について

- 地震時に天井に生じる慣性力を、天井裏の**水平力抵抗部材**で受けて構造体等に伝達。
- **中地震**から**大地震程度**に対して「天井面の形状及び非共振状態を維持できる」ことを目標とする。
- 天井周囲に生じる隙間は現告示**60mm以内**より小さくすることを想定。
- 天井裏の部材は少なく、天井裏の利用の**自由度を高く**する。

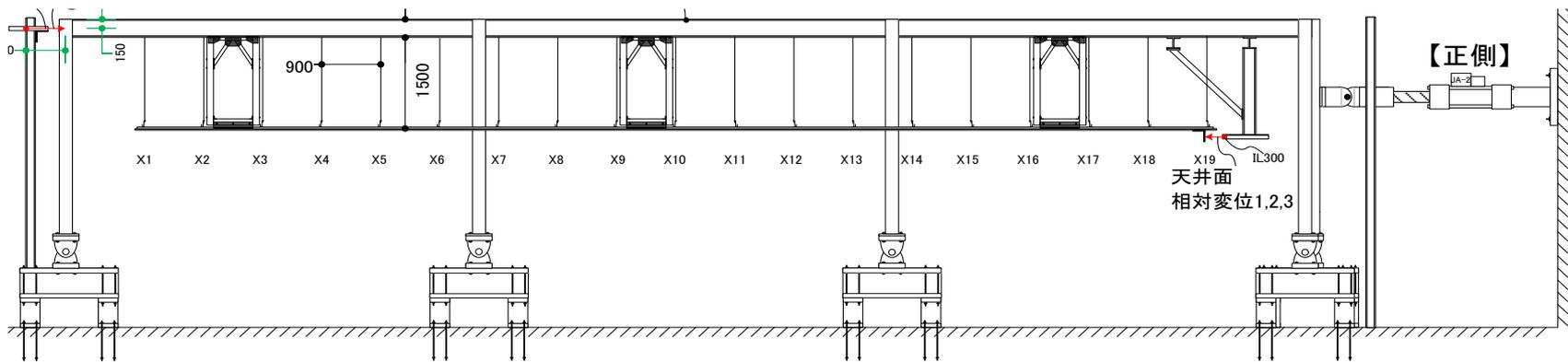


「高耐震吊り天井」のイメージ



吊り天井の天井裏の例

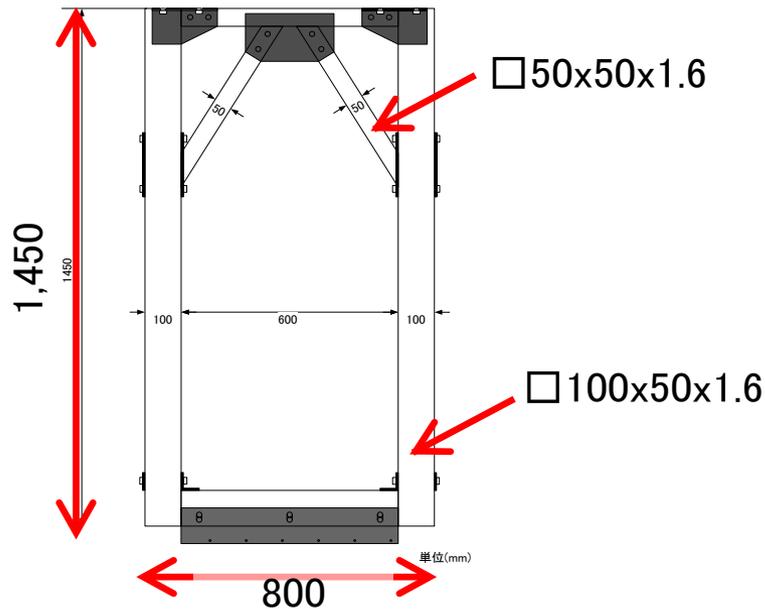
# ■「高耐震吊り天井」の動的加振実験の試験体概要



試験体の概要(長さ1650mm、幅480mm、吊り長さ1500mm、重さ1.2t)



試験体の設置状況

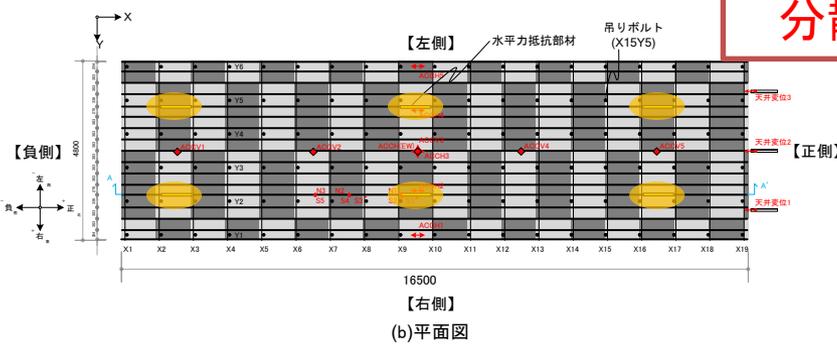
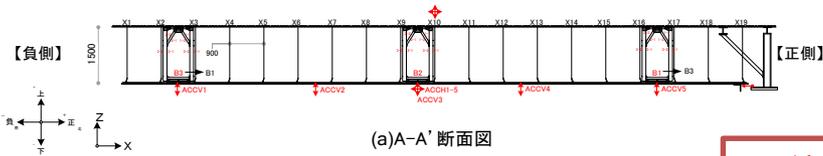


水平力抵抗部材(約27kg/個) 立面図

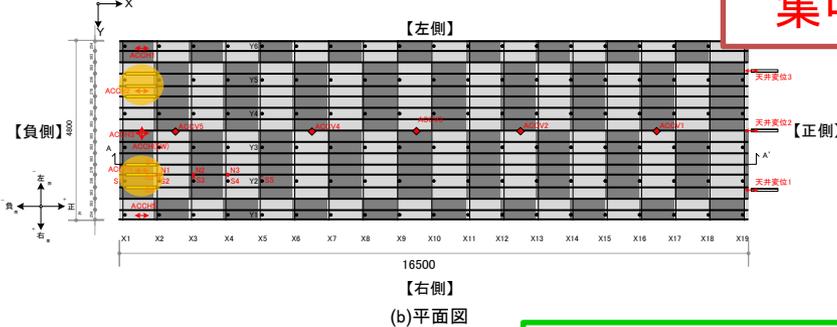
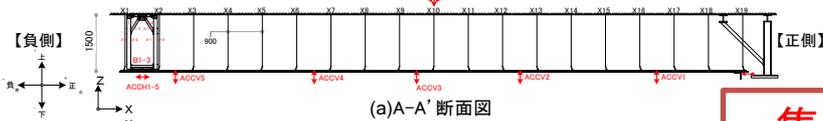
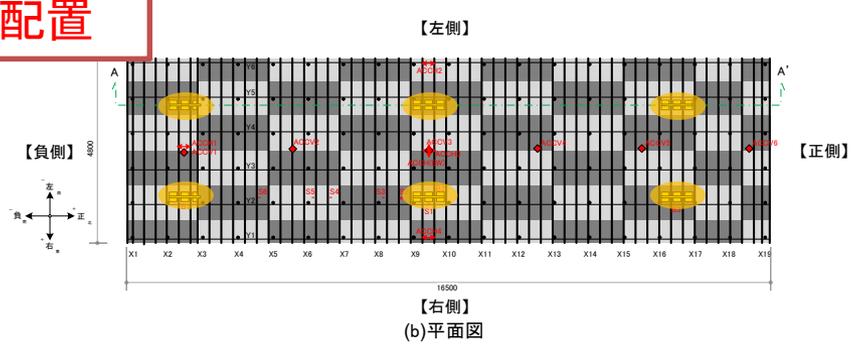
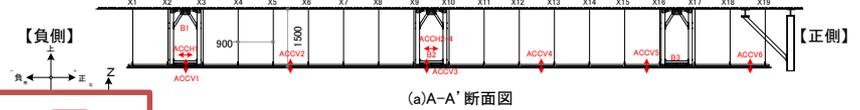
他の部材は従来の吊り天井と同じ

# 動的加振実験：水平力抵抗部材の配置と加振方向の影響

※橙色楕円：水平力抵抗部材

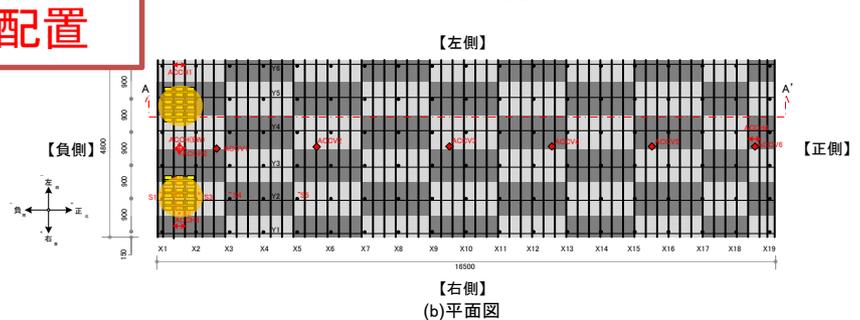
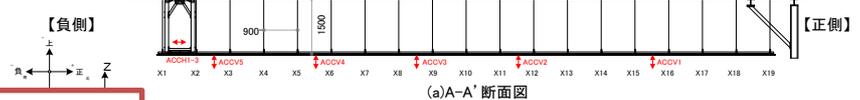


分散配置



集中配置

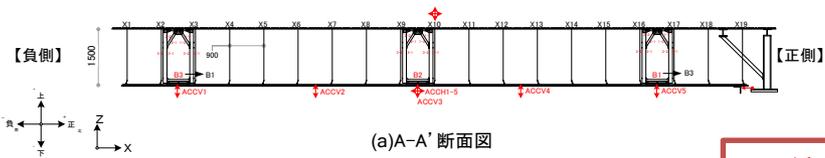
野縁方向加振



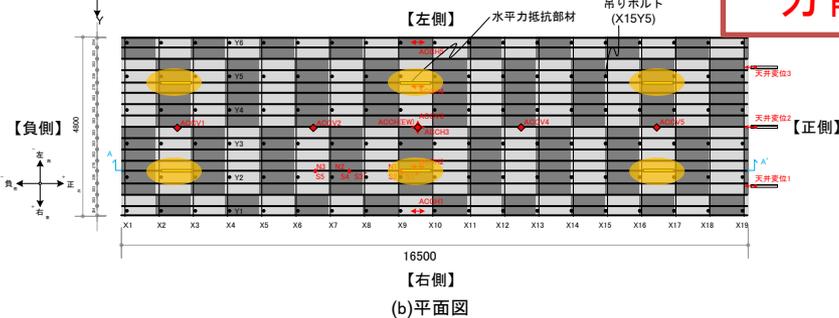
野縁受け方向加振

# 動的加振実験：水平力抵抗部材の配置と加振方向の影響

※橙色楕円：水平力抵抗部材

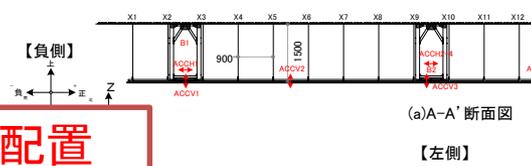


(a)A-A' 断面図

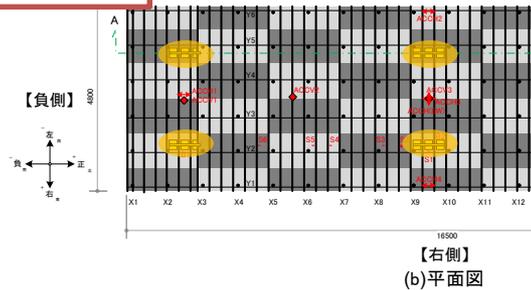


(b)平面図

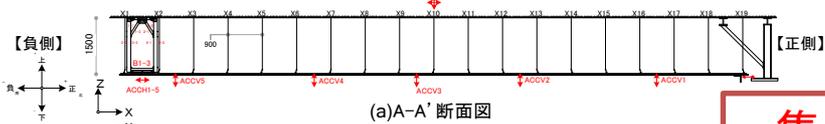
分散配置



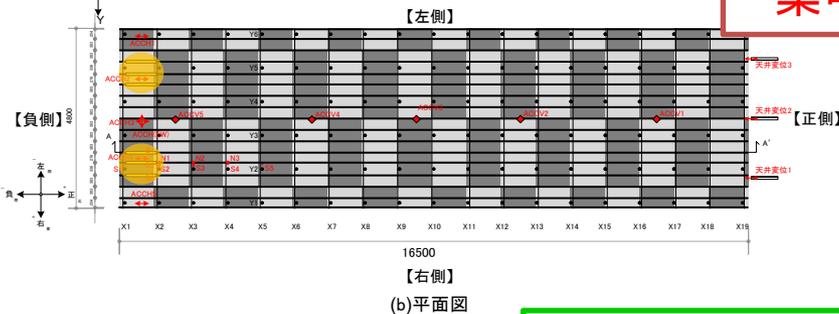
(a)A-A' 断面図



(b)平面図

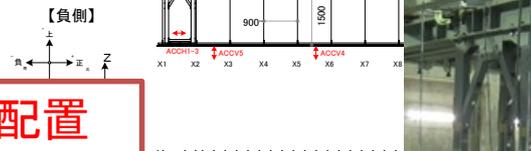


(a)A-A' 断面図

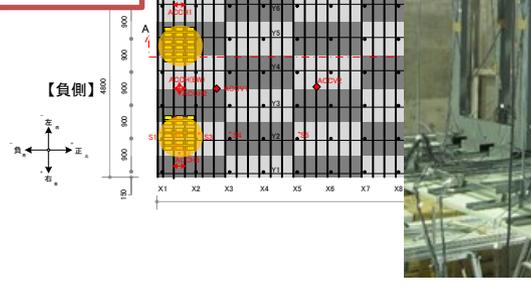


(b)平面図

集中配置



(a)A-A' 断面図



(b)平面図



野縁方向加振

野縁受け方向加振

# ■実験結果：水平力抵抗部材の配置と加振方向の影響

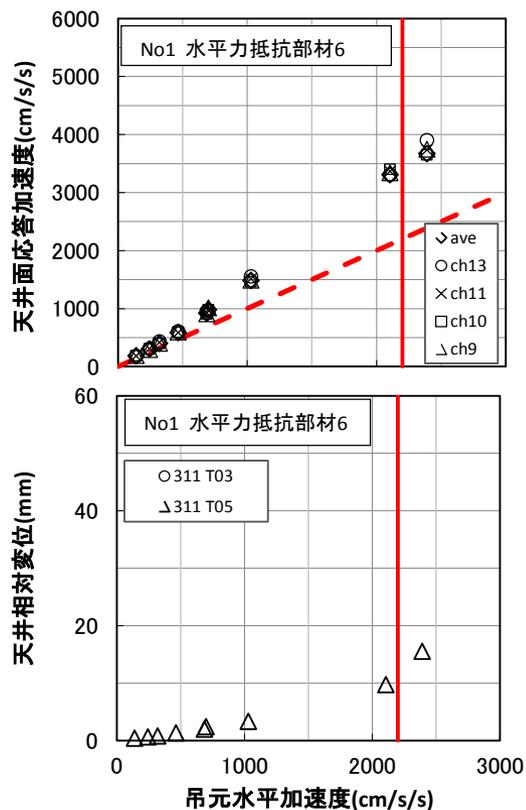
応答：天井面の応答加速度が約3Gでも損傷はなく、応答変位は20mm以内。

配置：分散配置ではとくに損傷がなかったが、集中配置とすると、

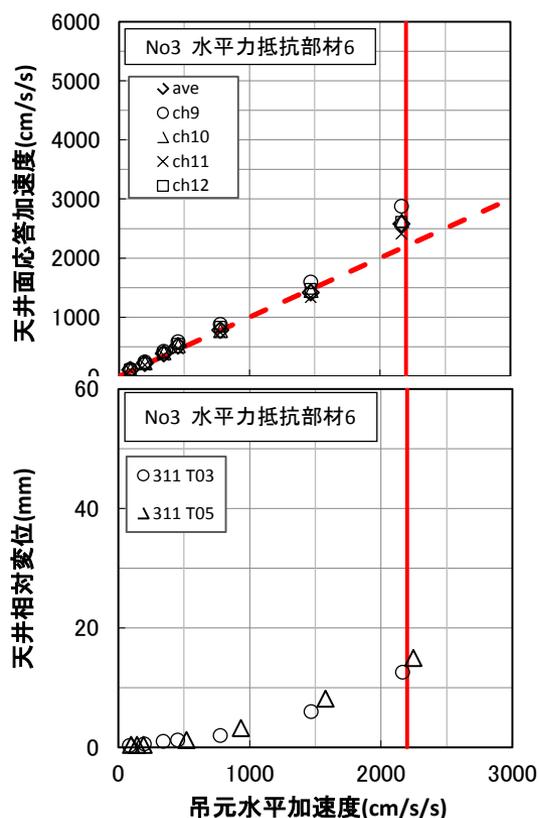
天井面の破損などが生じた

加振方向：野縁方向と野縁受け方向でも応答変位や

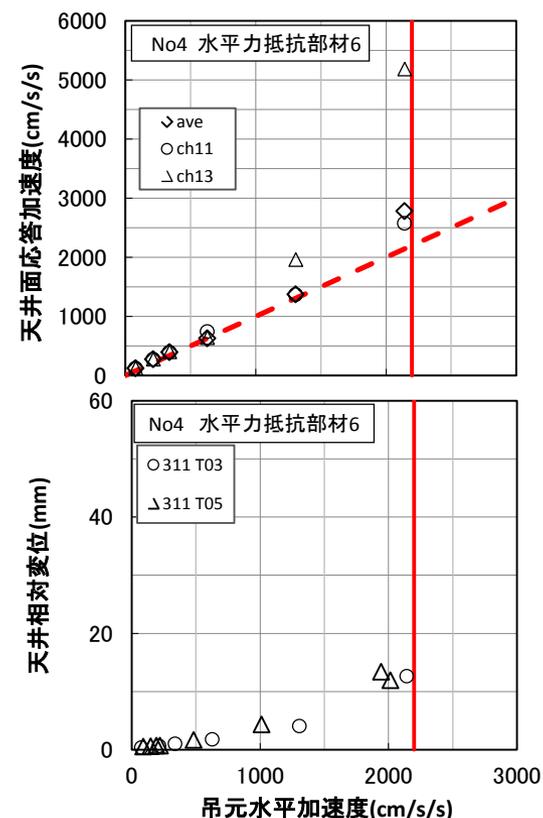
応答加速度等に大きな差はない



分散配置・野縁方向加振



分散配置・野縁受け方向加振



集中配置・野縁受け方向加振

# ■実験結果：水平力抵抗部材の配置と加振方向の影響

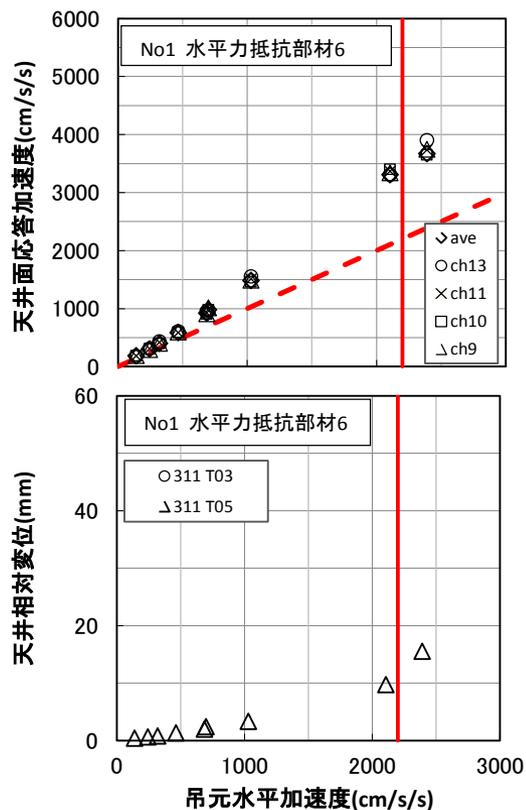
応答：天井面の応答加速度が約3Gでも損傷はなく、応答変位は20mm以内。

配置：分散配置ではとくに損傷がなかったが、集中配置とすると、

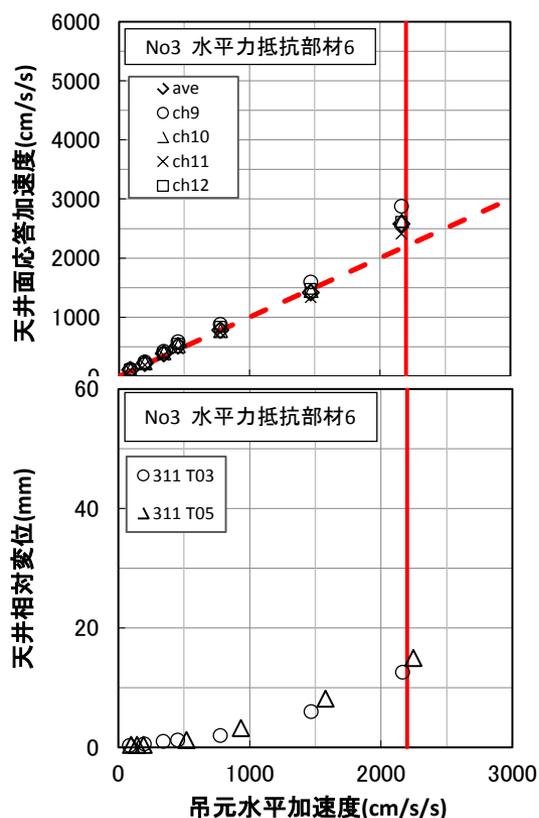
天井面の破損などが生じた

加振方向：野縁方向と野縁受け方向でも応答変位や

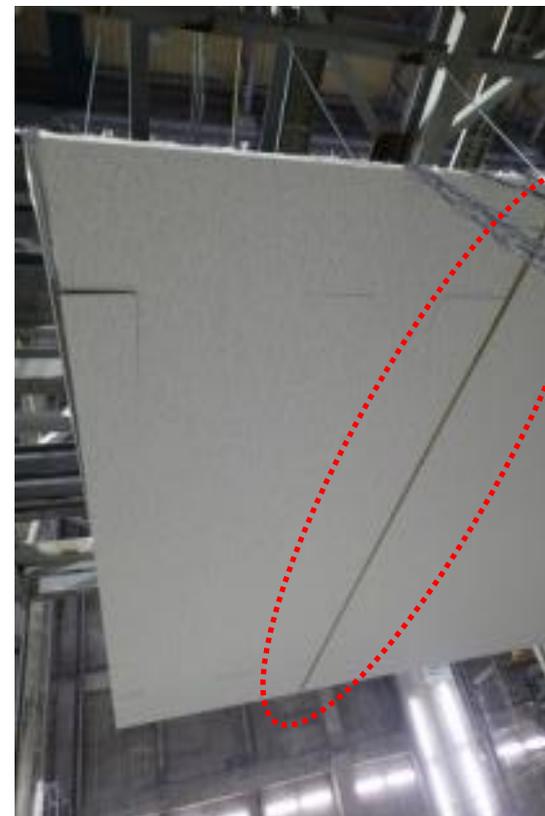
応答加速度等に大きな差はない



分散配置・野縁方向加振



分散配置・野縁受け方向加振

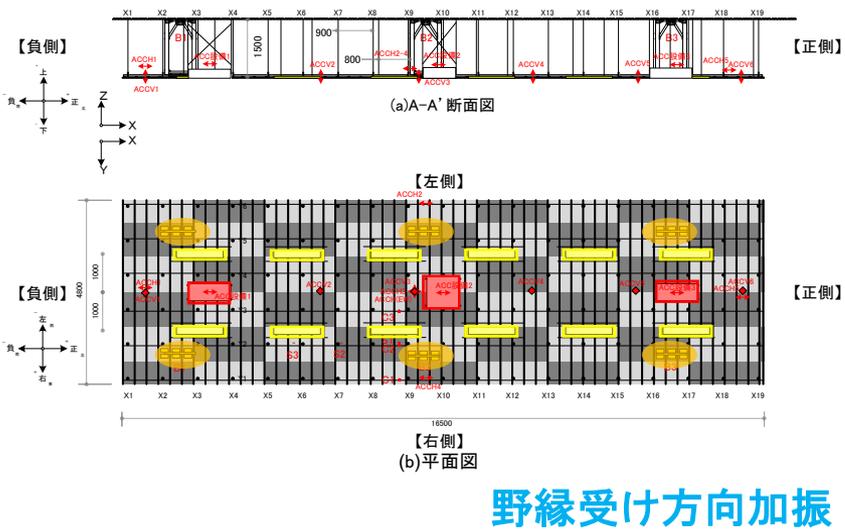
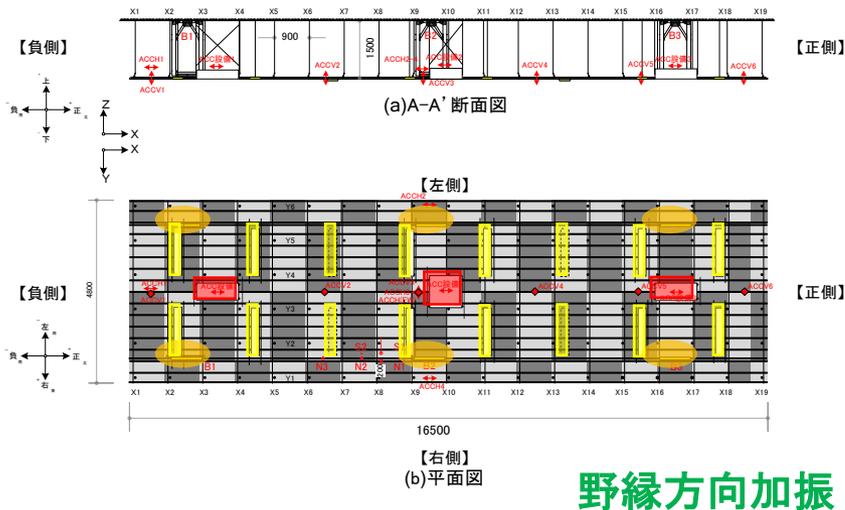


天井面接合部の破損(集中配置)

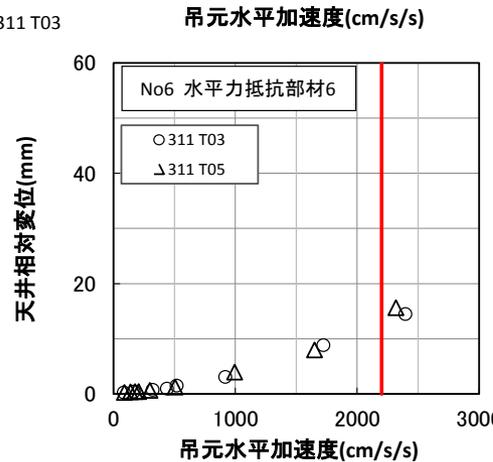
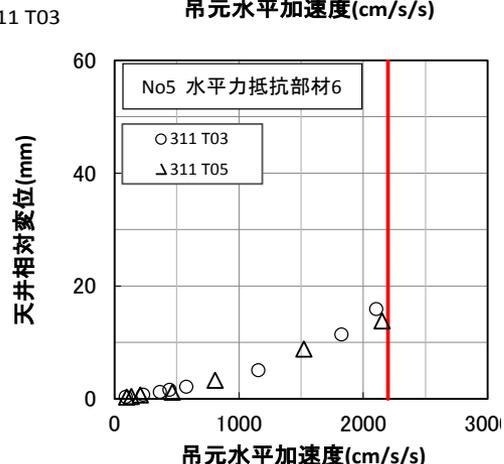
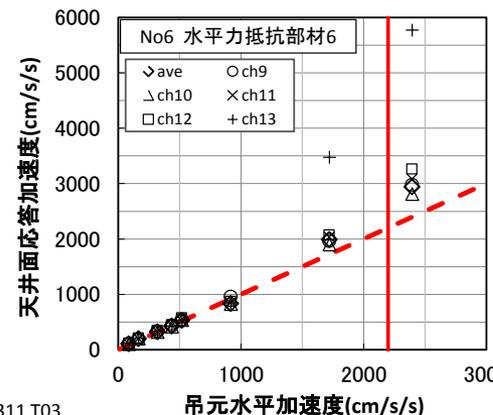
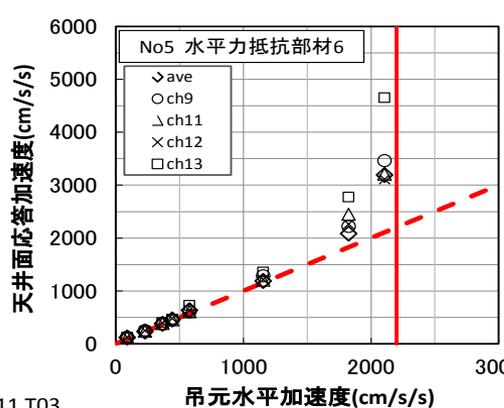
集中配置・野縁受け方向加振

# 動的加振実験と結果：試験体5・6（天井面に設置された設備の影響）

橙色楕円：水平力抵抗部材 黄色四角：照明 赤色四角：空調室内ユニット



天井面試験体（約1.2t）に空調ユニットや照明器具（総質量約150kg）を取り付けても、応答変位は20mm以内、応答加速度は平均で約3G以内に収まった



分散配置・野縁方向加振

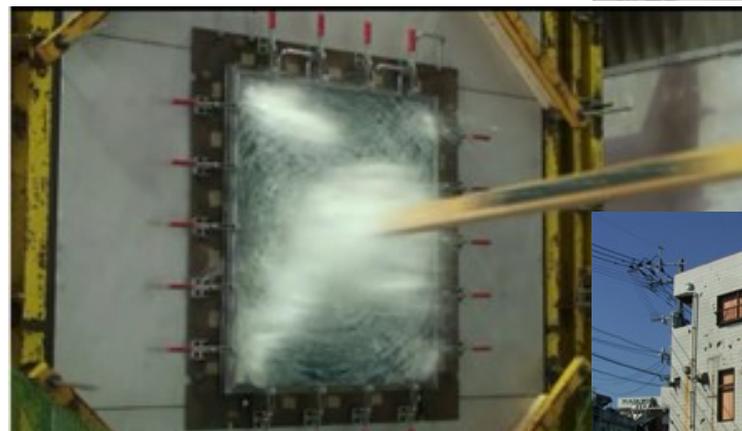
分散配置・野縁受け方向加振

## ■「高耐震吊り天井」の検討について

- 災害拠点建築物に設ける吊り天井の耐震性向上を目指して、執務室を主な設置対象に想定した「高耐震吊り天井」の開発を実施した。
- 「水平力抵抗部材」を吊り天井(80m<sup>2</sup>、1.2ton)に鈎合良く6個配置(分散配置)した動的加振実験より、吊り元加速度2000gal・天井面加速度3000gal程度(告示では天井面最大設計加速度2200gal)まで天井が無損傷であり、変位は20mm程度以内(告示では隙間は60mm以内)に納められること、加振方向や天井面の設備の影響も小さいことを確認した。
- 今後は、静的・動的実験の結果を踏まえ、設計時に活用できるように、庁舎への適用について設計例を作成するとともに、災害拠点建築物における吊り天井の設計の手引きを検討する予定である。

# ■総プロ「災害拠点建築物の機能継続技術の開発」(H25～28)

- (1) **そで壁**を利用した**損傷制御法・使用安全性簡易確認装置**
- (2) **高耐震吊り天井**
- (3) 外装材脱落を考慮した**耐津波設計法**
- (4) **低抗力津波避難ビル**
- (5) **漂流物対策の調査**
- (6) **飛来物耐衝撃性能評価法**
- (7) **災害拠点建築物の設備システム**



平成28年度は、これまで開発した技術を用いた**試設計**を実施し、**設計で活用**できることを確認し、災害拠点建築物の設計ガイドラインに資する。

ご清聴ありがとうございました