

On the Diversity of Design Criteria in Seismic Design

14/NOV/2018

Yozo Shinozaki

Taisei corp.



For a Lively World

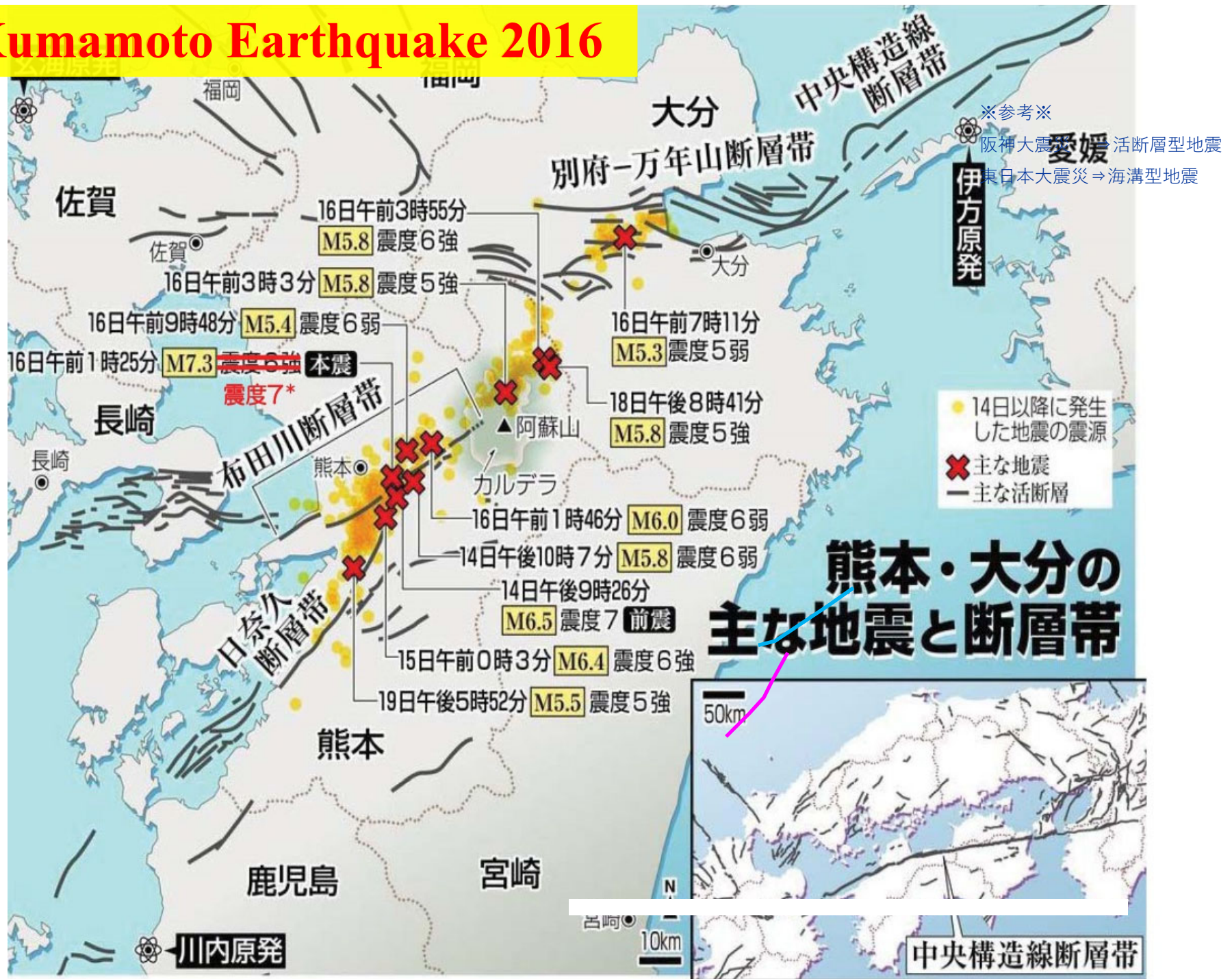
Kumamoto city location



Kumamoto Castle: famous heritage



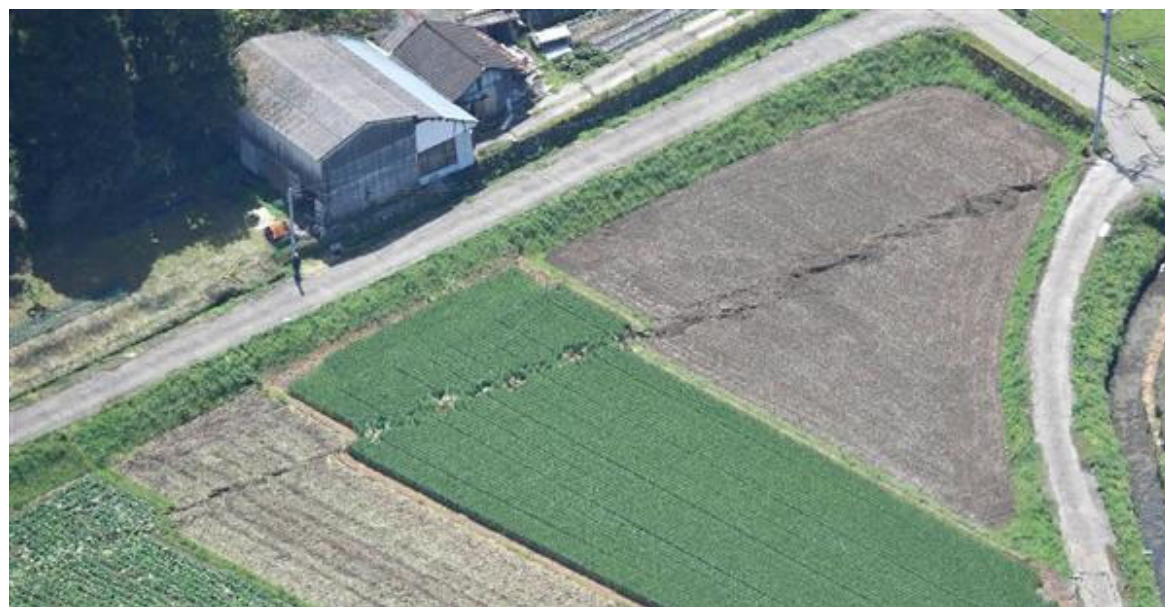
Kumamoto Earthquake 2016



熊本地震の被害

熊本地震の特徴

【断層型+長周期パルス】



地表に現れた断層
(水平に2m程度)





Example of damages



Building damage (old city hall)



Damage of NSE



Broken 1st floor

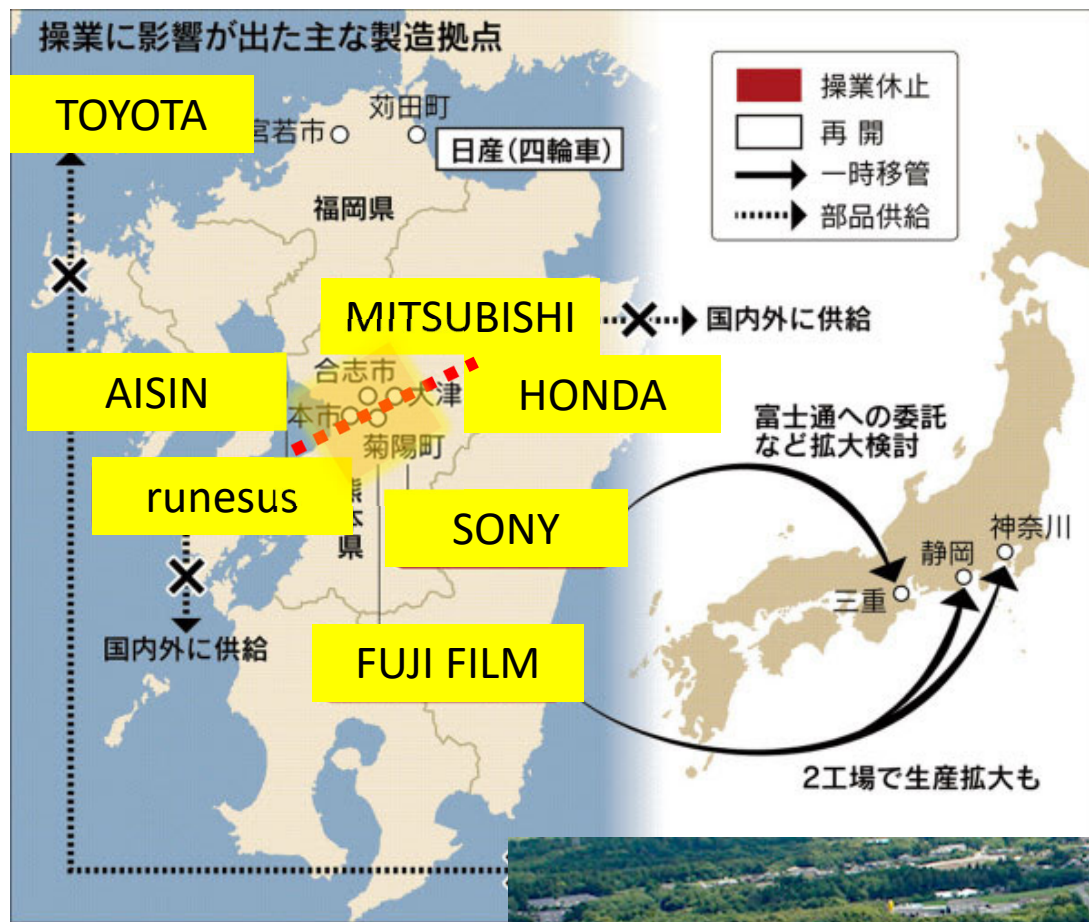
Example of damages



Damaged wooden houses



Damaged wooden houses



A-factory
 Building-damage :
 \$ 20~30million
 Sales loss :
 \$ 600~800million



WATCH VIDEO trough You-Tube

Damages of NSE in some factories



RACK broken



Partition & Ceiling

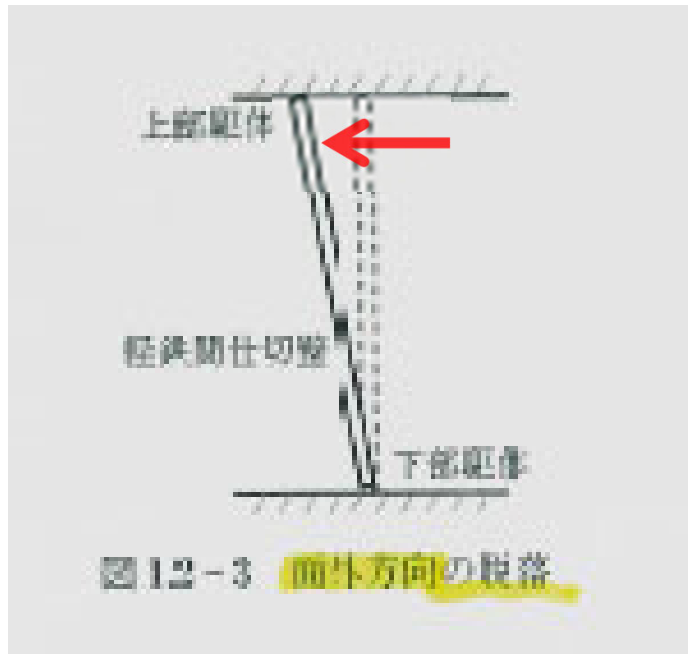


M&E equipments



Patition broken

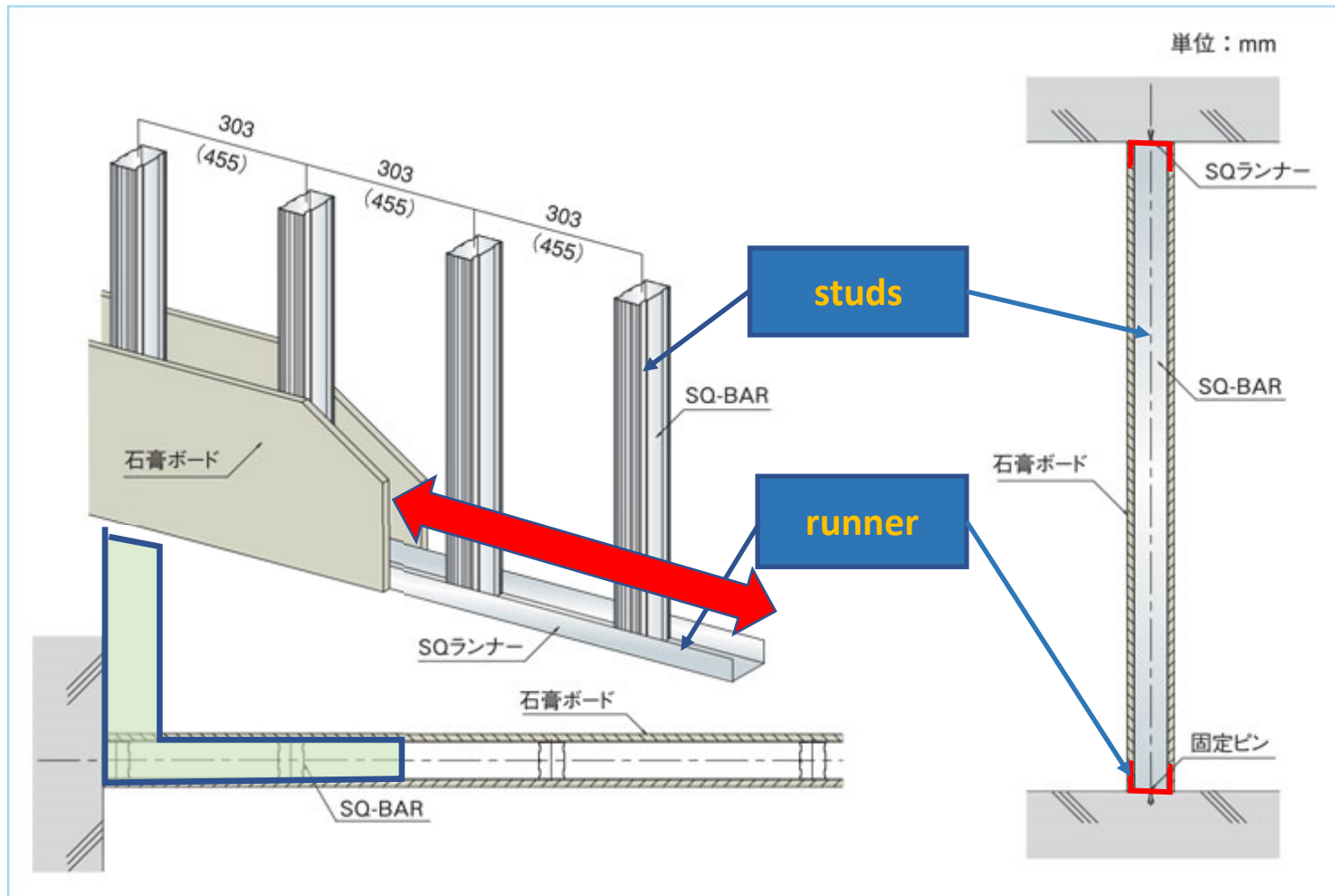
Partition fell down due to large-deformation of story



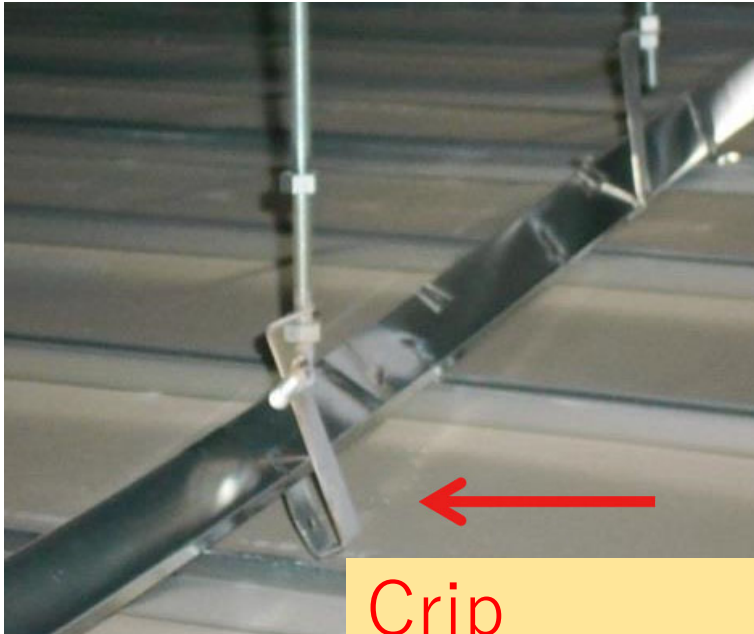
Example of conventional partition (Jp.)

一般間仕切壁

一般間仕切壁・遮音間仕切壁・フカシ壁/柱型廻り、ユニットバス廻り・集合住宅/一般住宅/テナント向け



Ceiling had very large response



Crip
deformed



**Design seismic-force was proper for ceiling.
Detail was not enough.**



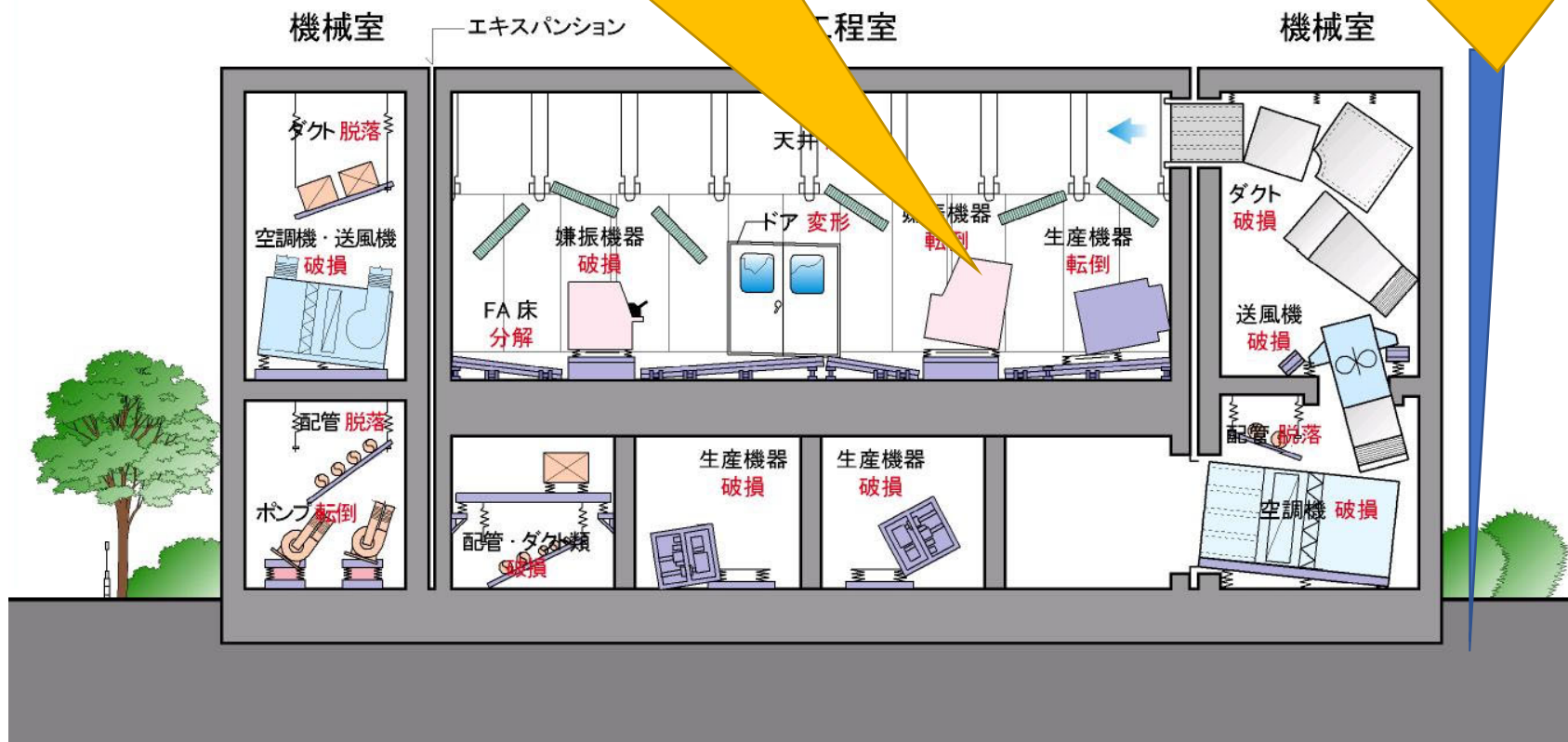
Sub-beam crip
deformed

Not only partition & Ceiling also, many non-structural element

Shaking(acceleration) & Deformed(drift)

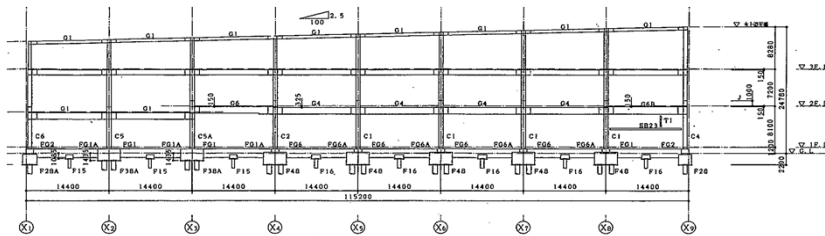
Shaking is larger on upper floor

Story drift make big effect for partition

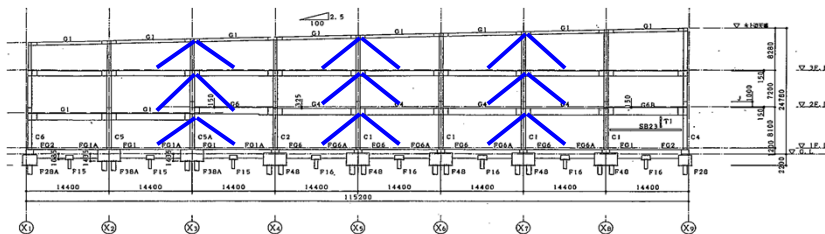


Time history analysis has done for typical factory around Kumamoto

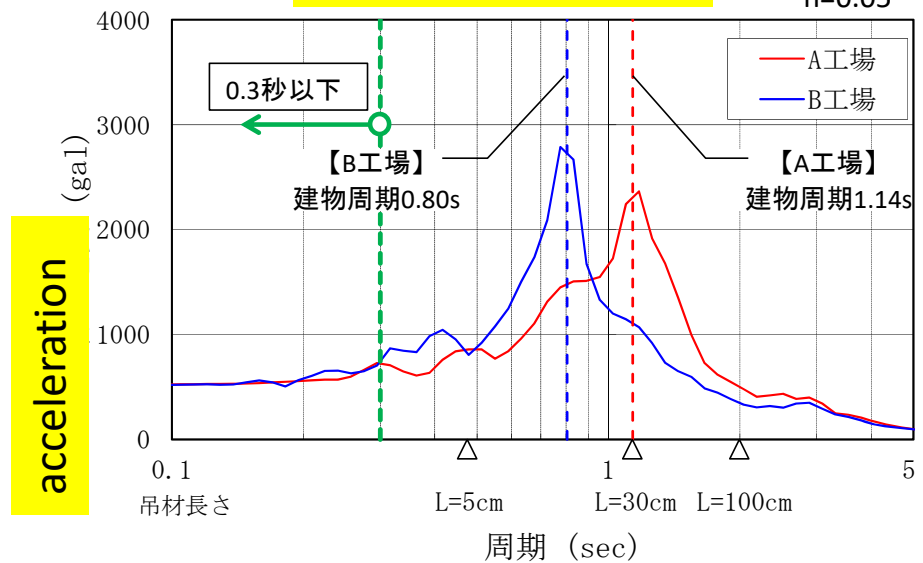
【A-factory model】



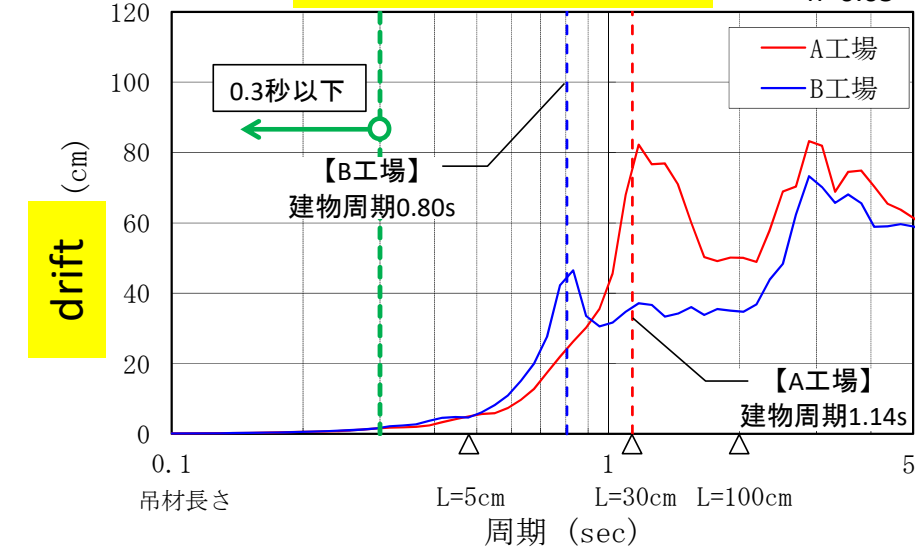
【B-factory model】



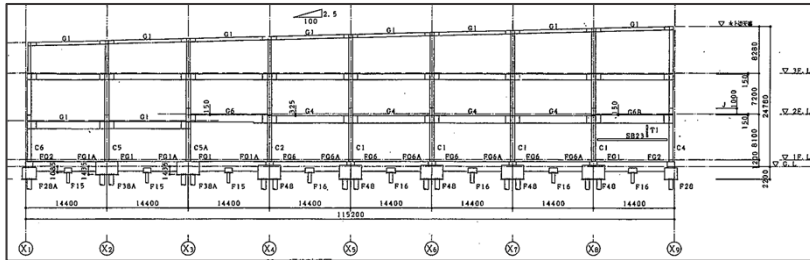
3rd FLOOR RESPONSE



3rd FLOOR RESPONSE



Case-studies by non-linear time history analysis



Analysis conclusion

Ceiling, ruck, etc. should be designed rigid to structure!

Never resonate with structure!

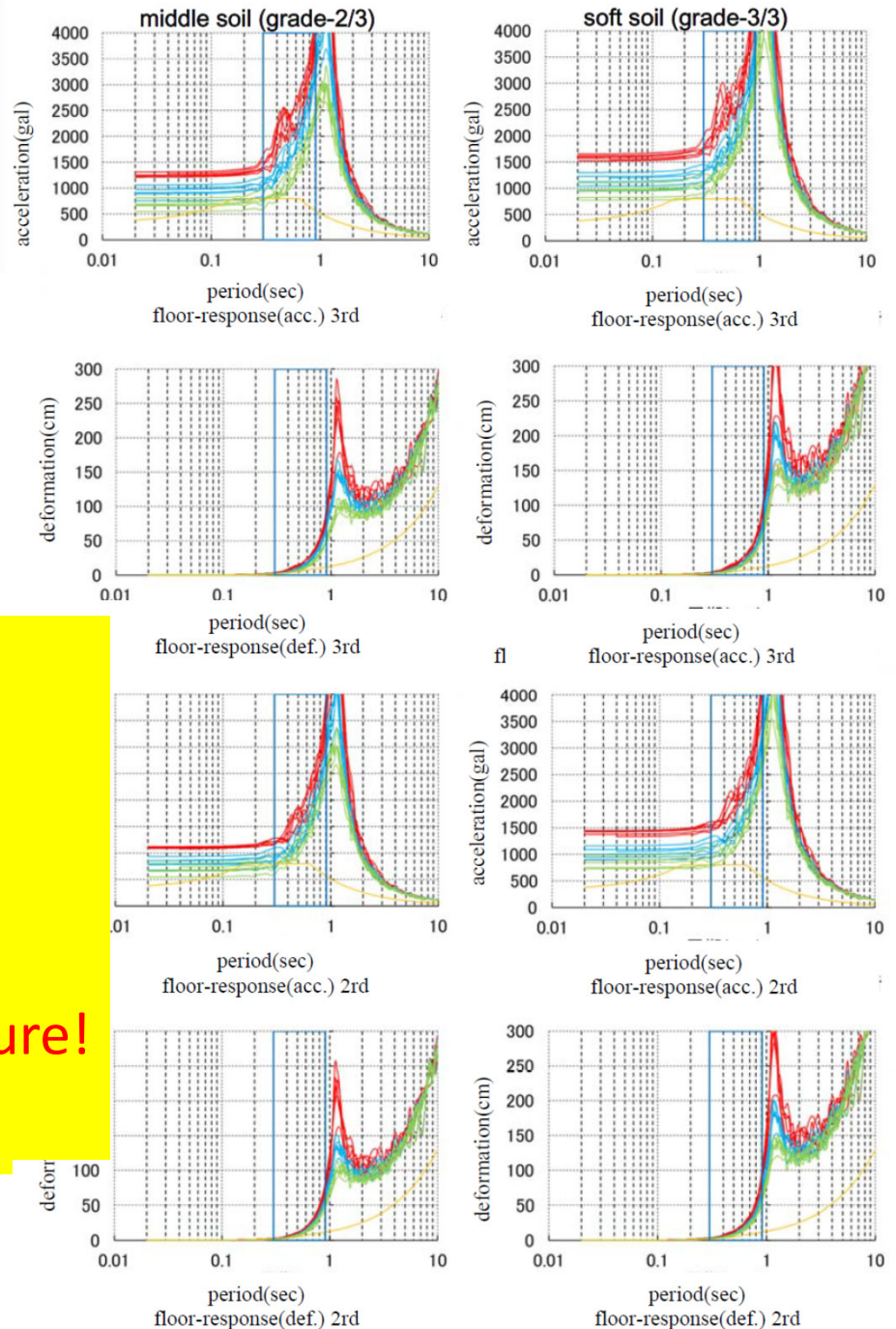
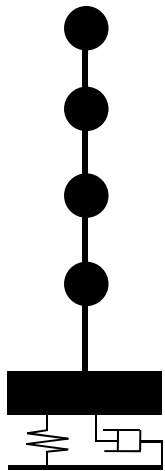
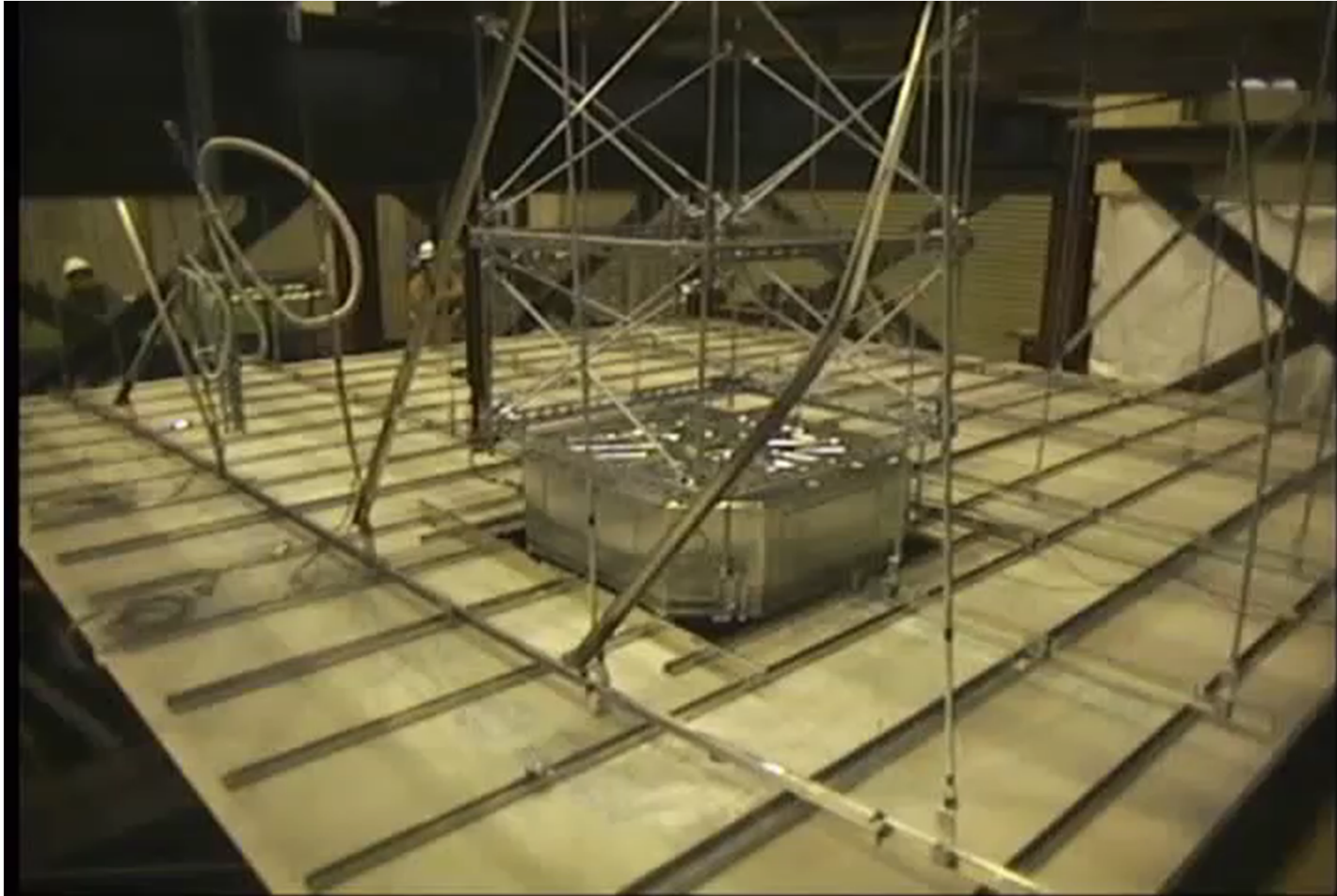
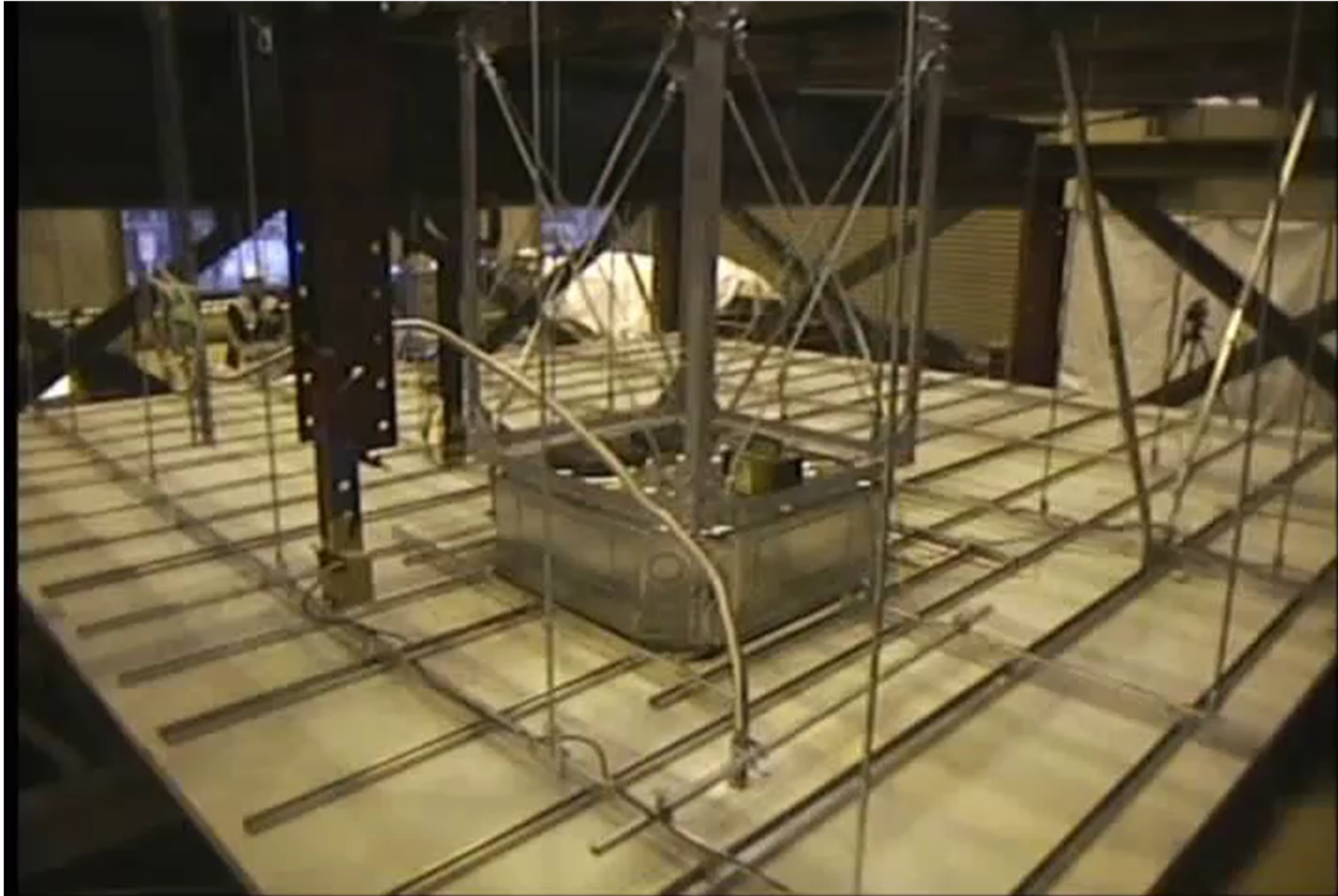


Figure 11. floor-response for 2nd&3rd floor

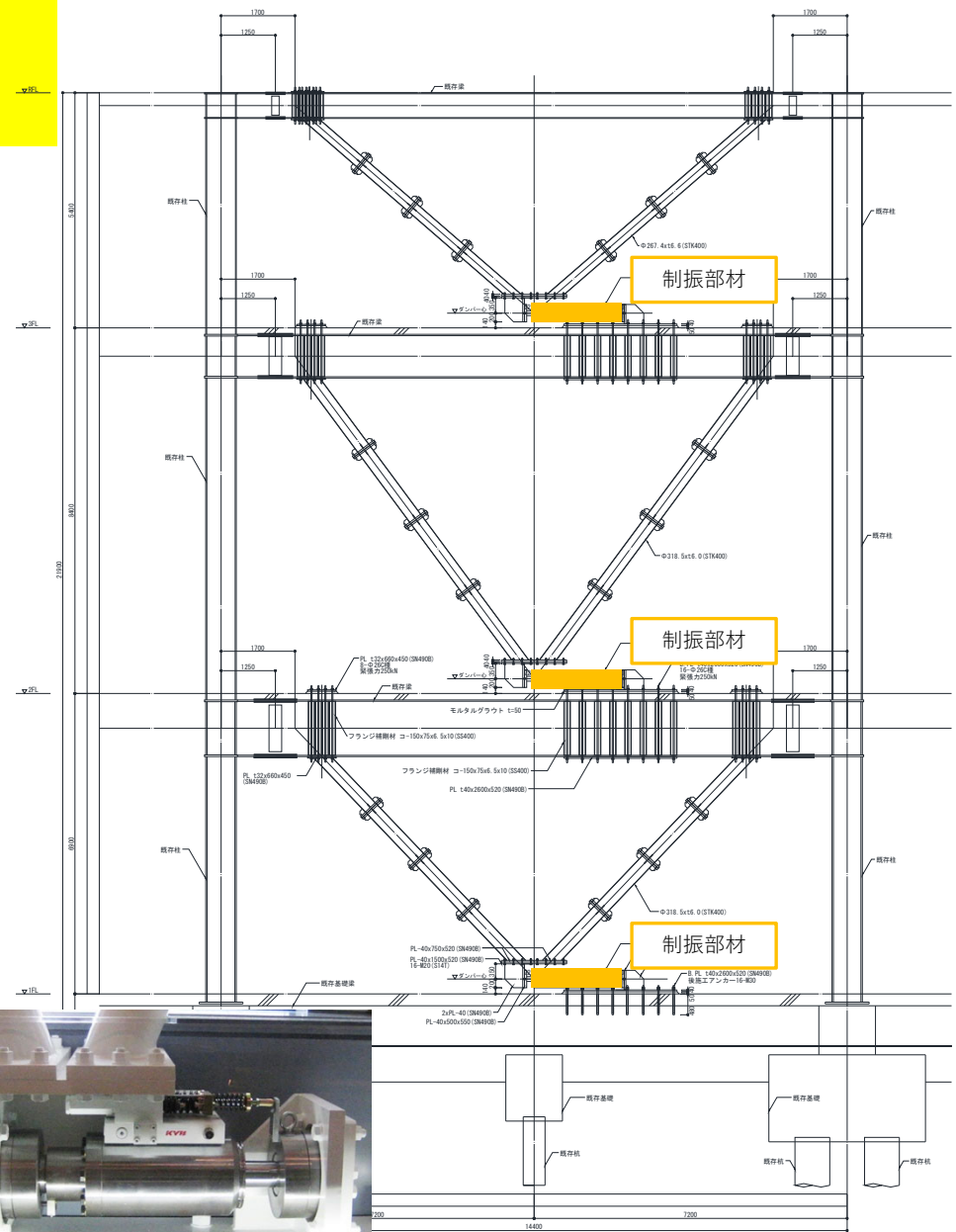
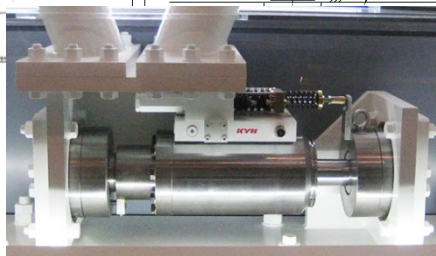
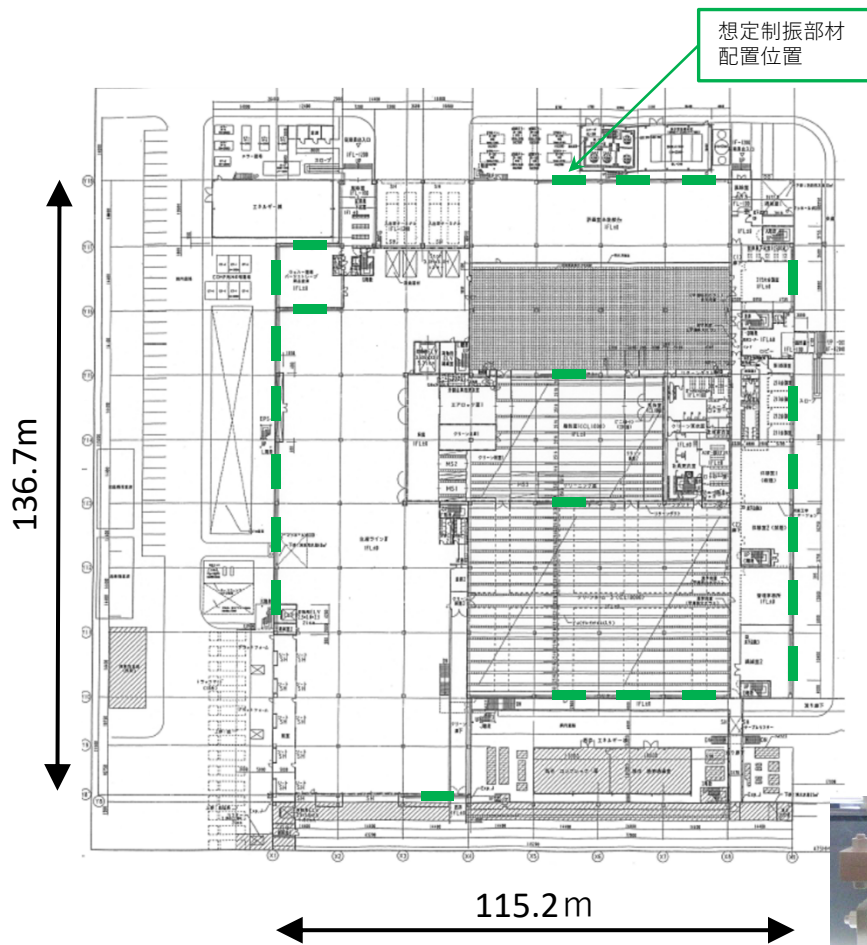
Ceilig dynamic test (conventional type)



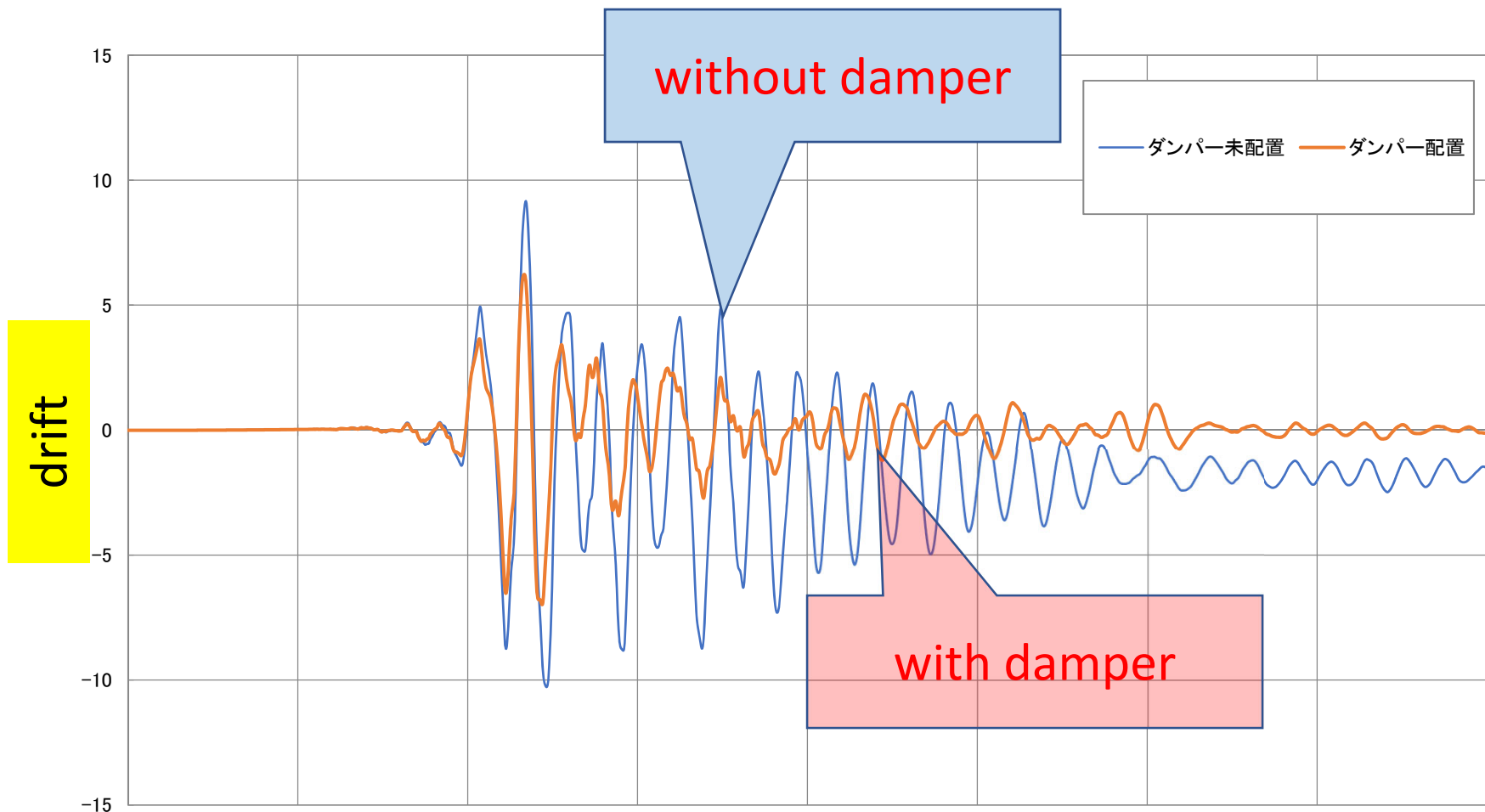
Ceiling dynamic test (cdeveloped type)



Case study: Retrofit by added Damping for existing factory



Response deformation of 2nd floor



That make possibility of decrease of partition damages

Most Important points of seismic design for NSE from our many experiences and studies.

POINT-1 rigidity of support for NSE is important

POINT-2 rigidity of structure for story drift

POINT-3 Details for support of NSE are most important

A-client ask us minimum initial cost.

B-client ask us minimum loss for Business Continuity

Now, many clients maybe understand what is important!

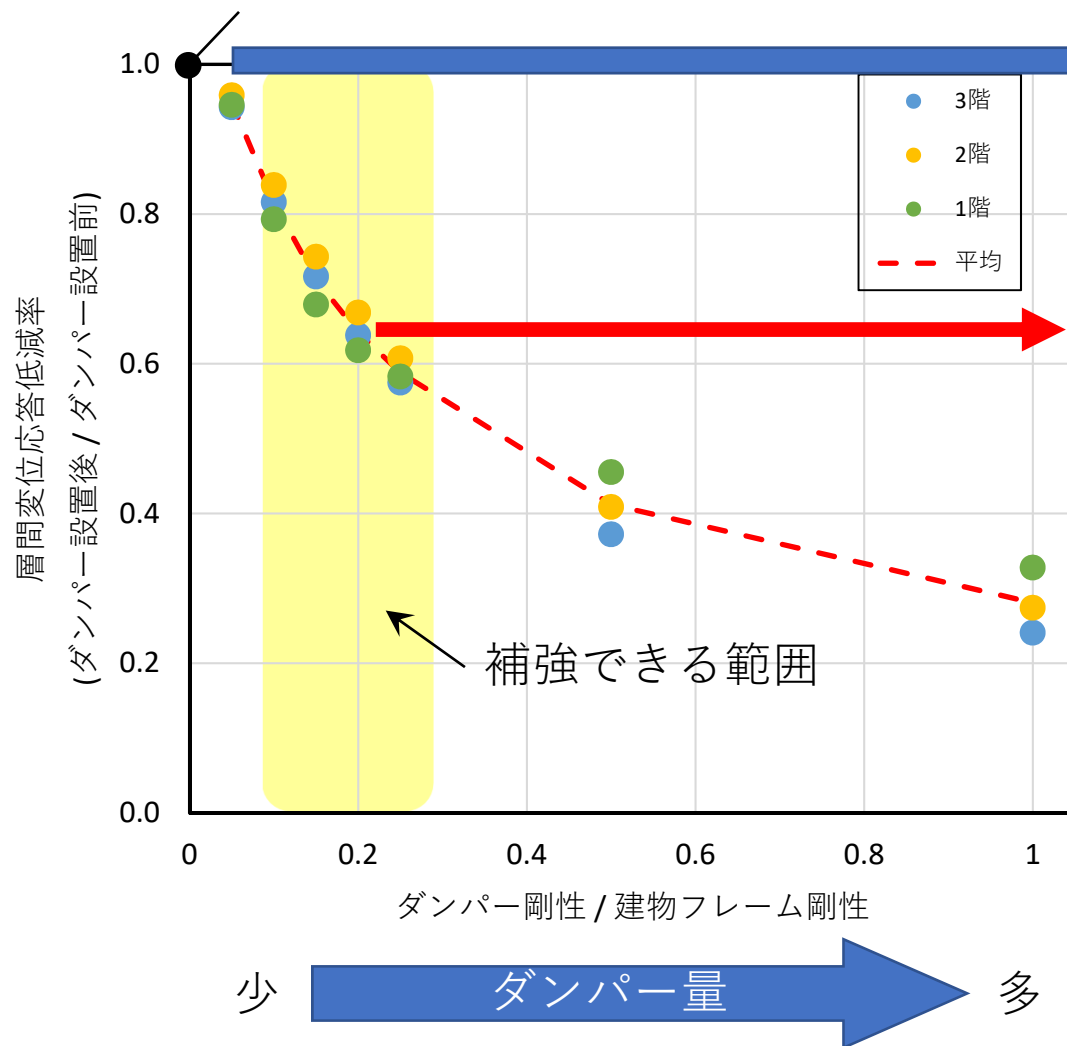
We should prepare many design style!

Thank you for your attention

If you have question,
please speak slowly!!

補強検討結果

無補強時



層間 変形角	軽鉄間仕切の損傷状態
1/50	・ ボードがビスから剥落 ・ 面外変形が大きくなる
1/66	・ ひび割れが貫通し、 コーナ部ボードが剥離 ・ 蝶番がはずれ始める
1/100	・ 扉開口上部の膨れが進展 ・ コーナ部に割れ・隙間
1/200	・ 扉開口上部に膨れ発生 ・ 横目地割れが生じる
1/400	・ ボードがランナー内を滑る ・ 直交壁が面外に変形

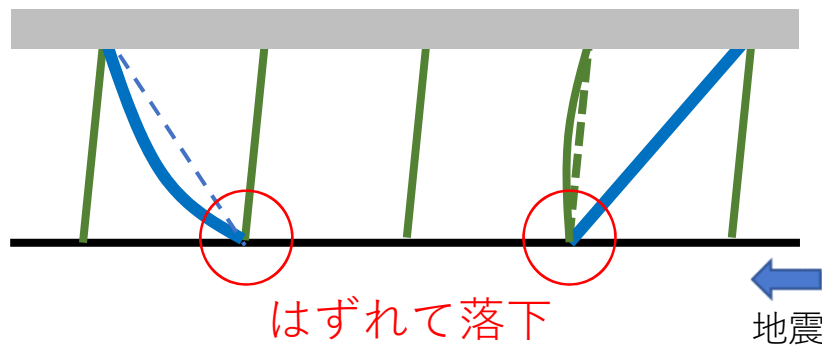
事業継続範囲

**制震補強のコストは
建築コストの1%以下**

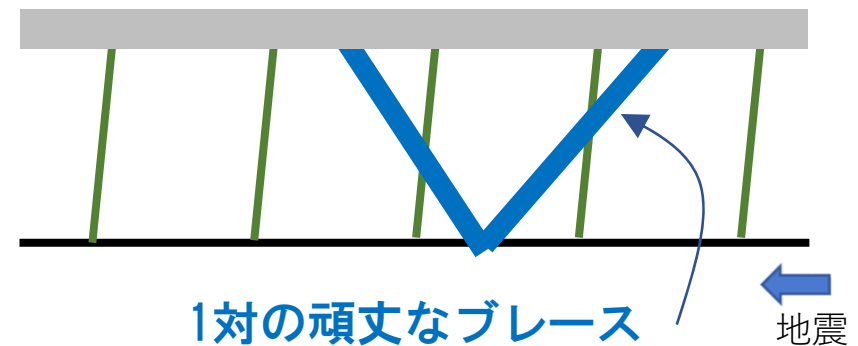


技術の特徴

1対の頑丈なブレースを配置して、安全を確保



従来天井



T-Ceiling

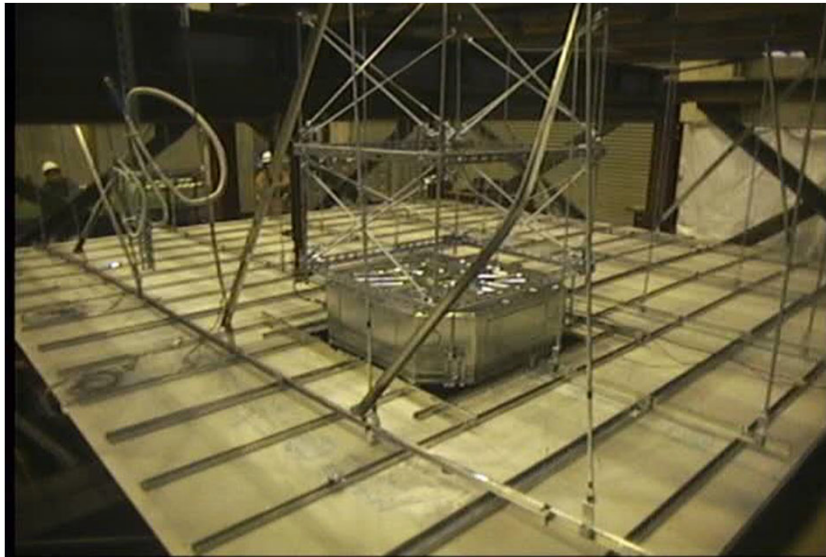
適応対象（適応時の配慮）

新築・既存の天井（既存天井は落下防止をする場合もある）
設備耐震も同時に必要（ブレースとの干渉検討が必要）

天井の地震動実験

大地震にて天井落下の危険性が大きい

地震対策なし



ブレースで補強



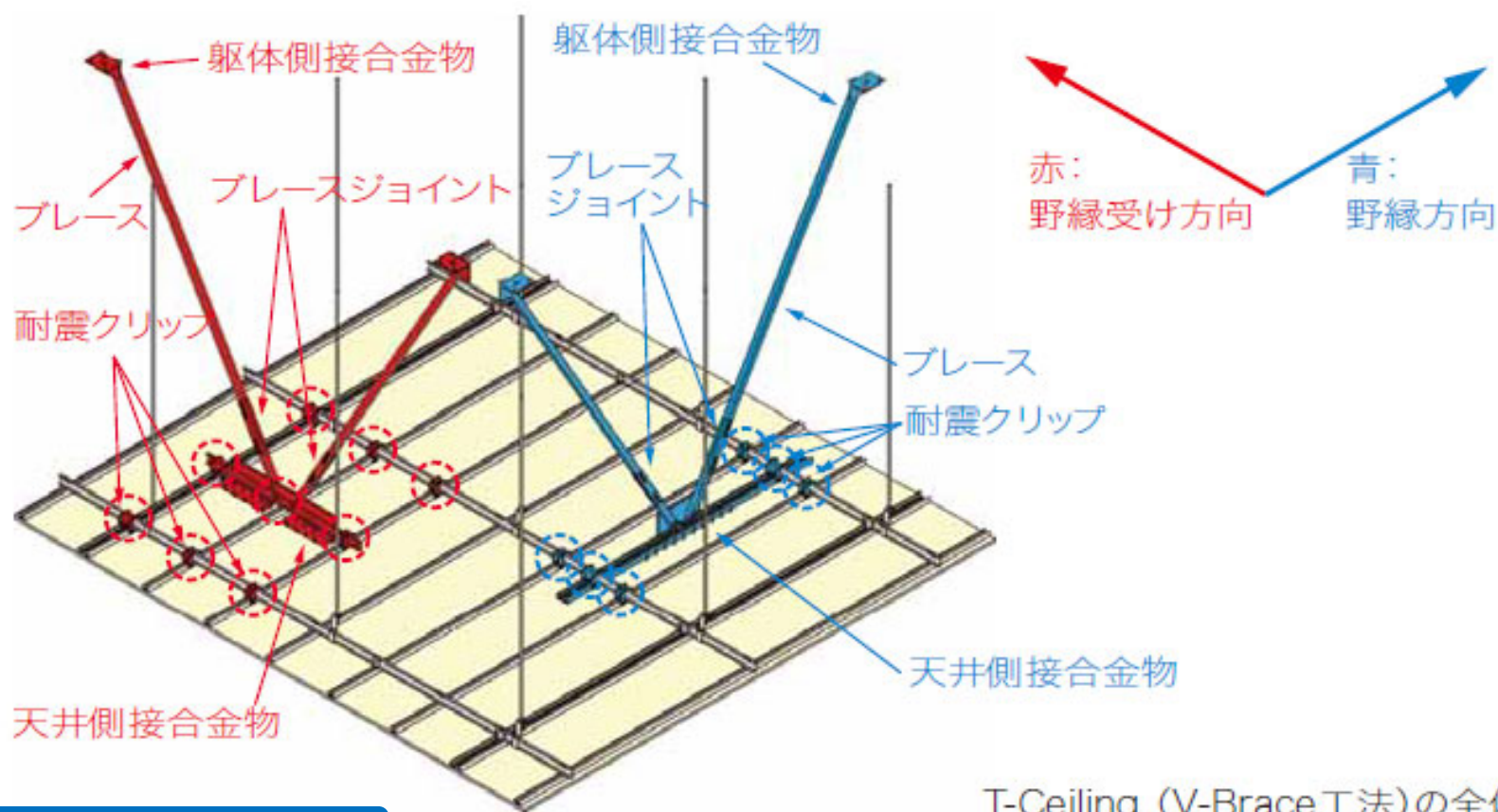
実験ビデオ

T-Ceiling (V-Brace工法)

1/2

お客様のメリット

地震発生時に天井材の落下を防ぐ
高さ 6 m 超、面積 200m² 超の吊り天井（特定天井）の耐震化が可能
告示に合致していることの性能評価を取得済



生産施設全般

T-Ceiling (V-Brace工法)の全体図

大地震でも生産を止めない天井・間仕切壁・設備等の耐震設計仕様（BCPグレード）を提案します

概要

天井・間仕切壁・設備等の非構造部材の損傷・脱落により、地震後の建物機能は大幅に制限されます。東日本大震災以降の被災建物の経験を元に、大地震を想定した非構造部材の耐震設計を行うことで、当社独自の耐震設計仕様（BCPグレード）を策定しました。

お客様のメリット 非構造部材の被害を大幅に低減することができるため、地震後の事業継続性が大幅に改善します。

非構造部材の耐震設計仕様

STEP1 過去の地震被害の分析

過去に発生した大地震での非構造部材の被害を分析、事業継続に直結する部位及び原因を抽出しました。

天井

吊ハンガー・クリップが脱落



天井が揺れ、柱と衝突し破損



間仕切壁

石膏ボードの脱落



天井が間仕切壁に衝突



設備

ケーブルラックの脱落



天井吊り設備が落下



STEP2 被害を低減する補強ポイント

ポイント① 揺れを抑える

天井・設備等の吊り材は、建物との共振により揺れが大きくなります。**支持材を補強することで、共振を抑え揺れを小さくします。**

- ①-1 天井耐震支持の設置
- ①-2 設備耐震支持の設置

ポイント② 変形を抑える

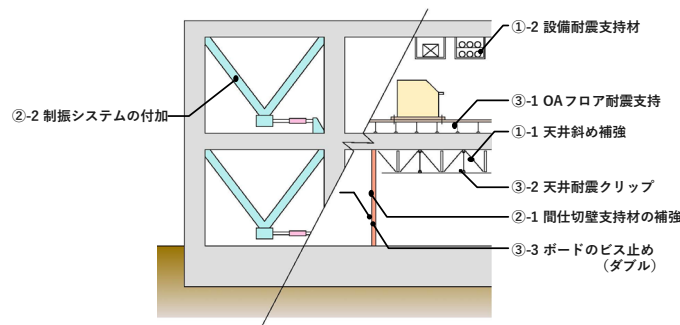
間仕切壁等の壁材は、一般的に地震時の大きなゆがみ（変形）に追従できません。**非構造部材だけでなく構造体の剛性を高める対策が有効です。**

- ②-1 間仕切壁スタッドの補強
- ②-2 制振システムの付加（構造体）

ポイント③ 性能を確保するディテール

被害の要因として、耐震性の確認されていないディテール（納まり）の使用が挙げられます。**実験で確認された金物の使用や、実際に強度試験で性能を確認することを行っています。**

- ③-1 OAフロア耐震支持
- ③-2 天井耐震クリップ
- ③-3 間仕切壁ボード2枚ビス止め



STEP3 実施施工により効果を確認

これまでに、数多くの非構造部材の補強を実施しており、東日本大震災などの大地震において、補強による被害低減の効果を確認しています。

天井

天井斜め補強及び耐震クリップ

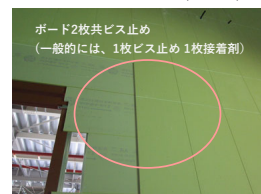


変形に追従できる柱廻り納まり



間仕切壁

石膏ボードビス止め（ダブル）



間仕切壁支持材の補強



設備

ブドウ棚の設置



設備耐震支持材の設置

