

平成21年度国総研講演会

**「革新的構造材料による新構造システム
建築物の開発」**

平成21年12月2日

建築新技術研究官 向井昭義

革新的構造材料(高強度鋼、高機能鋼、超微細粒鋼(超鉄鋼)、先進的複合材料)の発展

高機能の構造システム実現の可能性(大スパン、制震エネルギー吸収能力等)

総合科学技術会議 ナノテク・材料プロジェクトチーム

府省連携プロジェクト「新構造システム建築物」(2004~2008年度)

目標: 震度7クラス・無損傷・弾性構造

府省連携プロジェクト

国交省

文科省

内閣府

総務省

経産省

推進連絡会

研究開発合同委員会

国土技術政策総合研究所

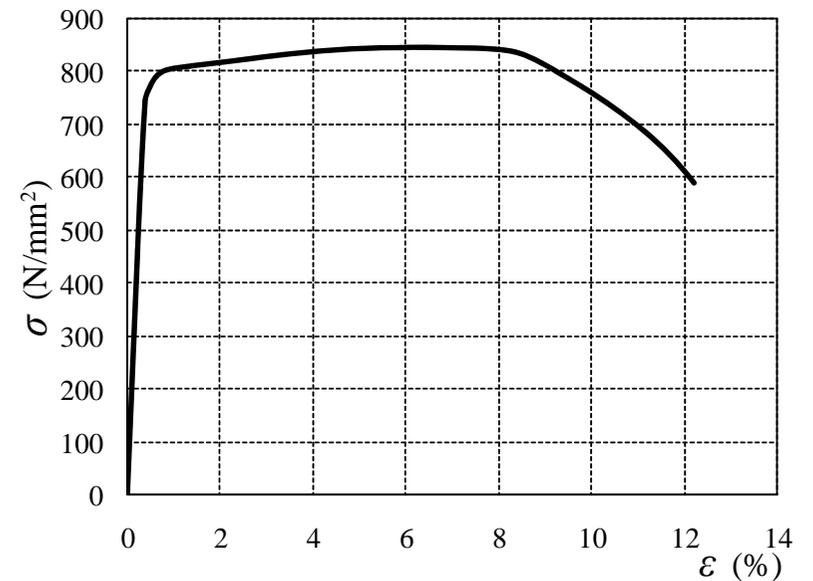
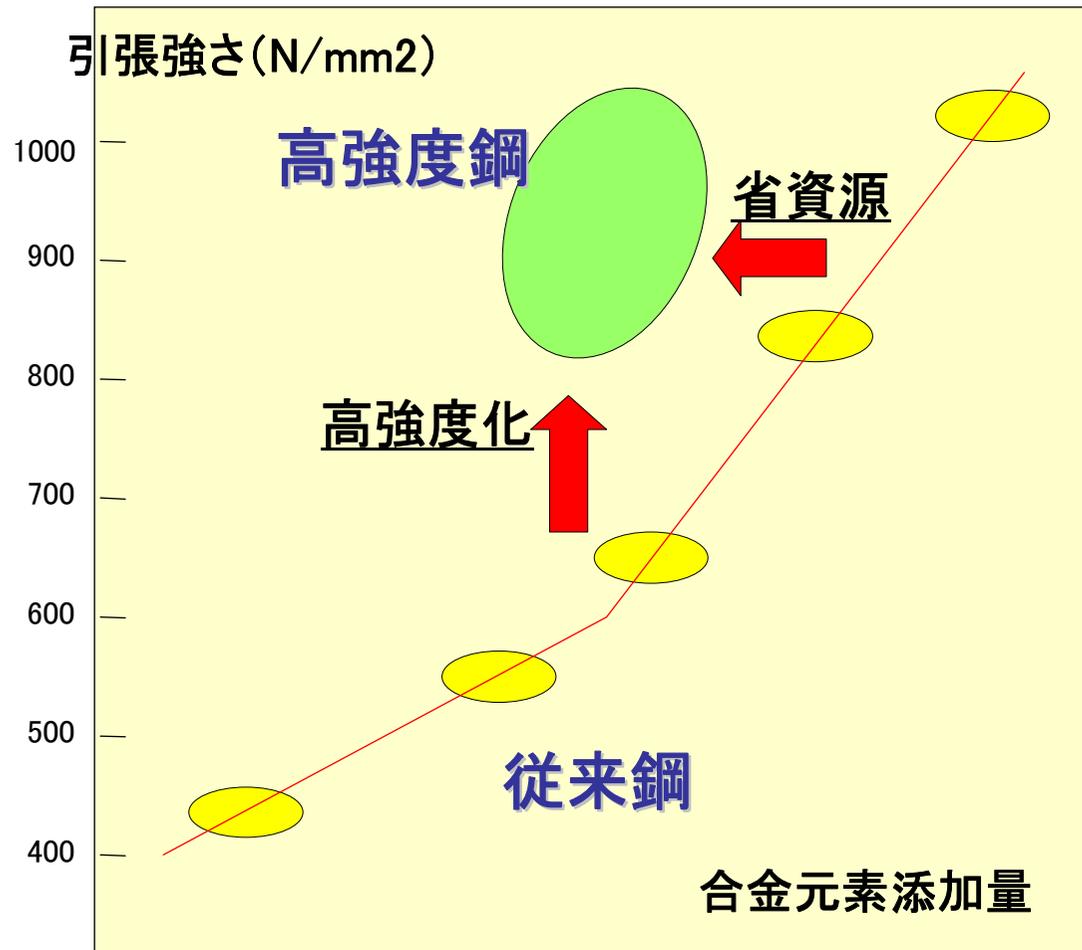
(社)新都市ハウジング協会

(社)日本鋼構造協会

(社)日本鉄鋼連盟

開発が進められた革新的構造材料(高強度鋼)

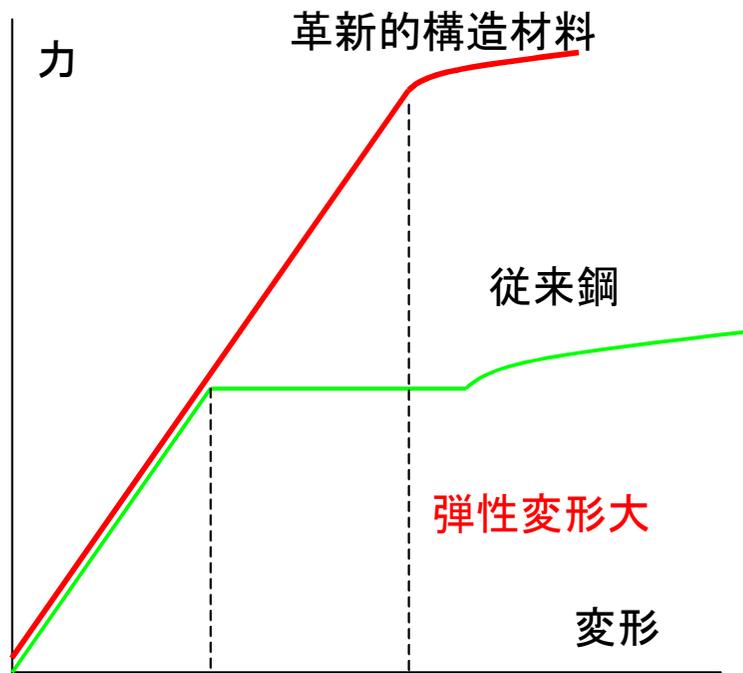
合金元素添加量を低減した高強度鋼



応力-歪み関係の例

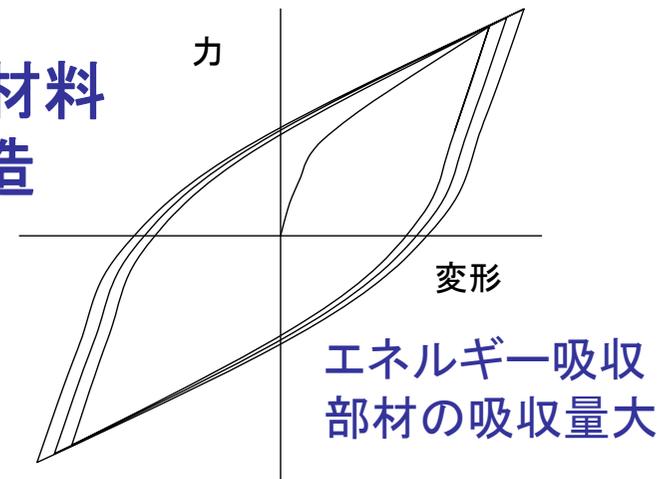
活用例

革新的構造材料の大きな弾性変形とエネルギー吸収部材を組み合わせた制震構造

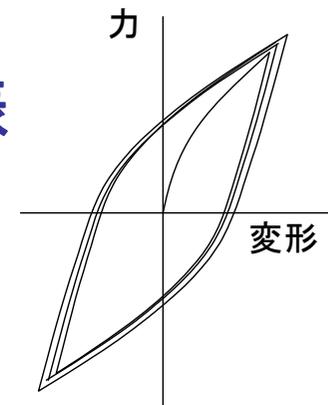


外力と変形の関係

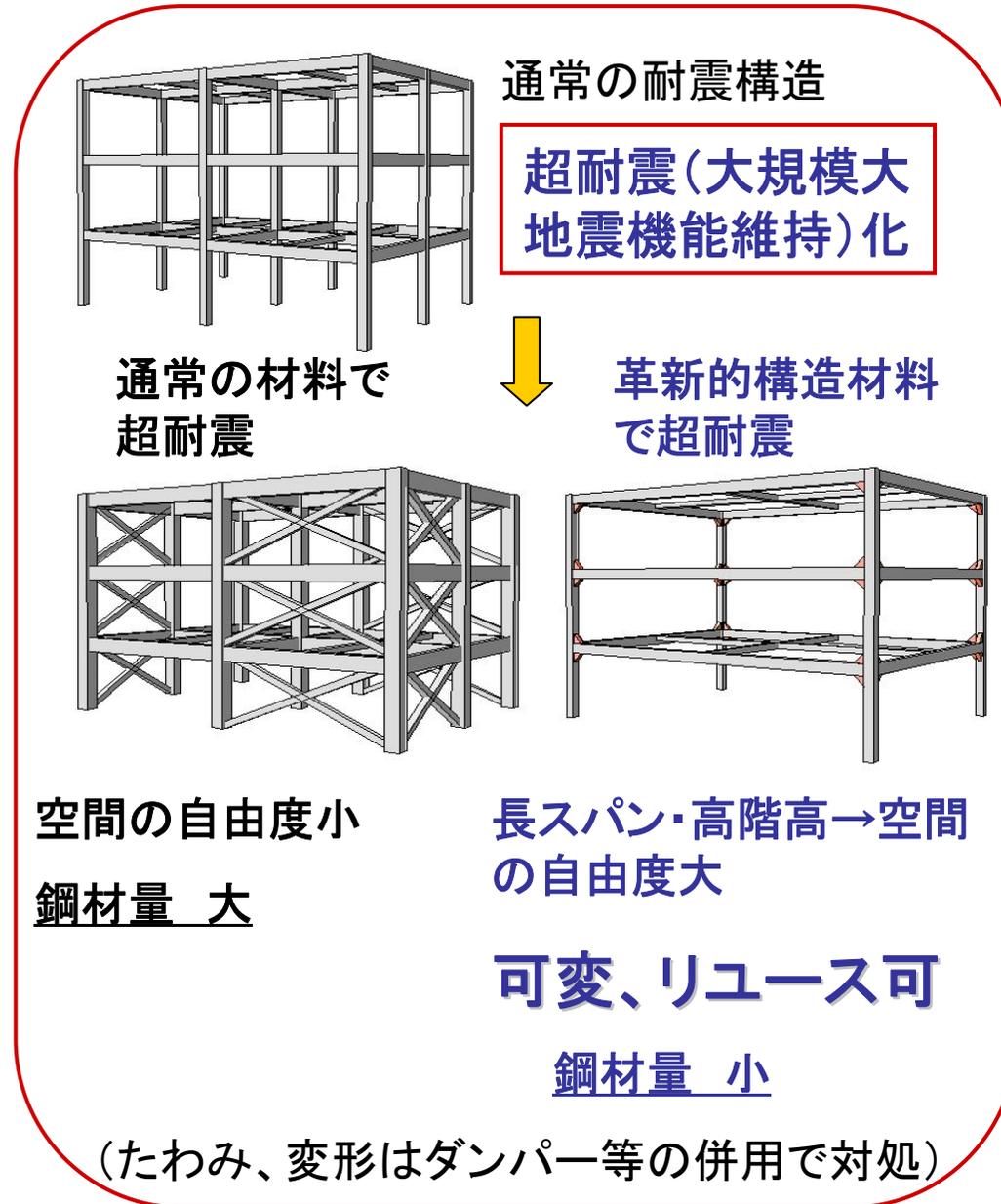
革新的構造材料での制振構造



従来鋼での制振構造



革新的構造材料による新構造システム建築物のイメージ



新構造システム建築物の性能に関するニーズ 等の調査(2005年度)

- エンドユーザーに対するニーズ把握調査
- 中間ユーザーに対するニーズ把握調査



「安全性」「市場性」「可変性」「持続性」を重視した住宅
・都市づくり

環境負荷の観点からの新構造システム建築物 の検討

- 大規模大地震に対しても無損傷であれば、部材等は継続使用または再利用(リユース)が可能
- 従来型モデル(耐用年数60~70年)と新構造モデル(200年供用、インフィル等は一定期間のうちにリニューアルや間取り可変)について廃棄物発生量等のケーススタディ。

評価用地震動(震度7クラス・無損傷・弾性)

- L1地震動(稀に発生する地震動)
- L2地震動(極めて稀に発生する地震動)
→これらは、「建築基準法」で規定されるレベル
- L3地震動(震度7クラス)
→シミュレーション等による検討
→評価用地震動の算定方法

震度7(計測震度6.5以上)

- 兵庫県南部地震(1995.1.17)
- 新潟県中越地震(2004.10.23) 等における記録

- 直下地震のシミュレーション
- プレート境界で発生する大規模地震のシミュレーション(1923年関東地震)
- 告示スペクトルを係数倍する方法の検討

震度7(計測震度6.5以上)

- 兵庫県南部地震(1995.1.17)
- 新潟県中越地震(2004.10.23) 等における記録

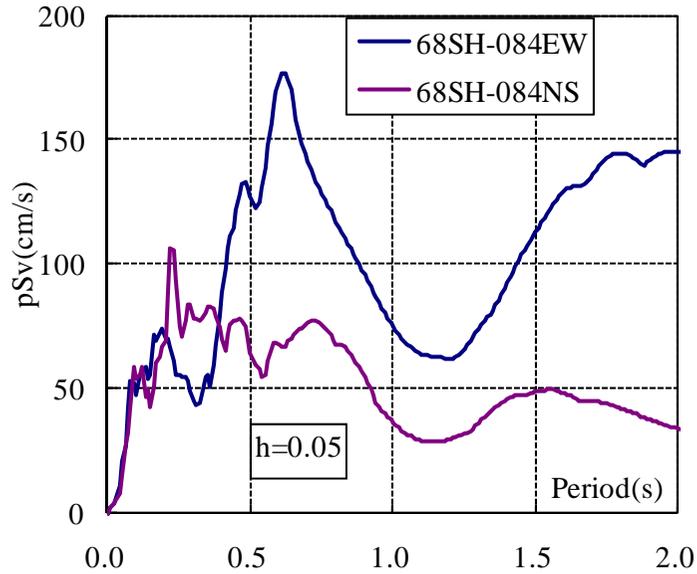
• 直下地震のシミュレーション

→震度7地震動が発生するには、起震源の断層パラメーター等に幾つかの制約条件が必要

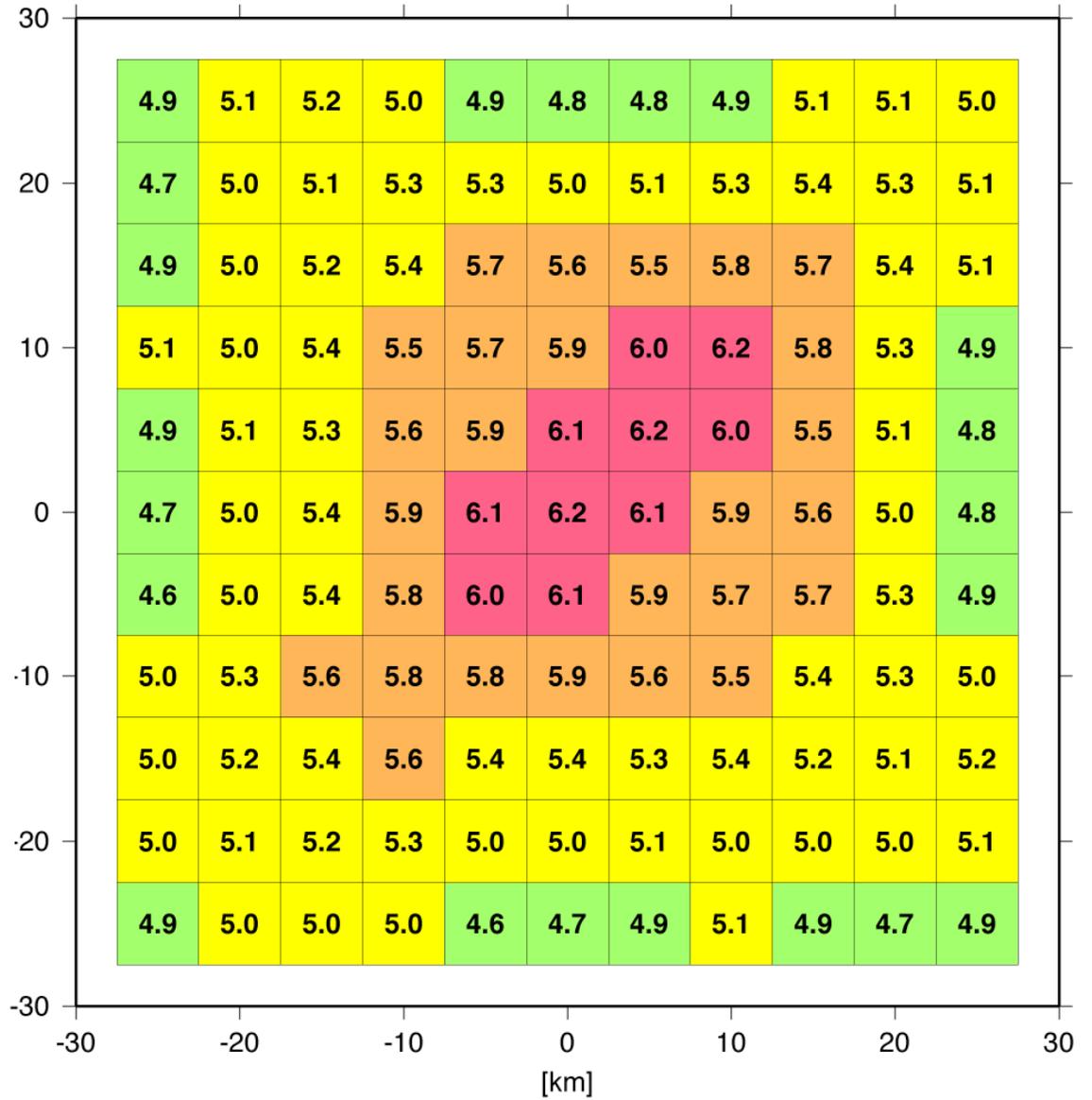
- プレート境界で発生する大規模地震のシミュレーション(1923年関東地震)
- 告示スペクトルを係数倍する方法

●評価用地震動●

(1)直下地震のシミュレーションの一例



擬似速度応答スペクトル



0 1 2 3 4 5弱 5強 6弱 6強以上

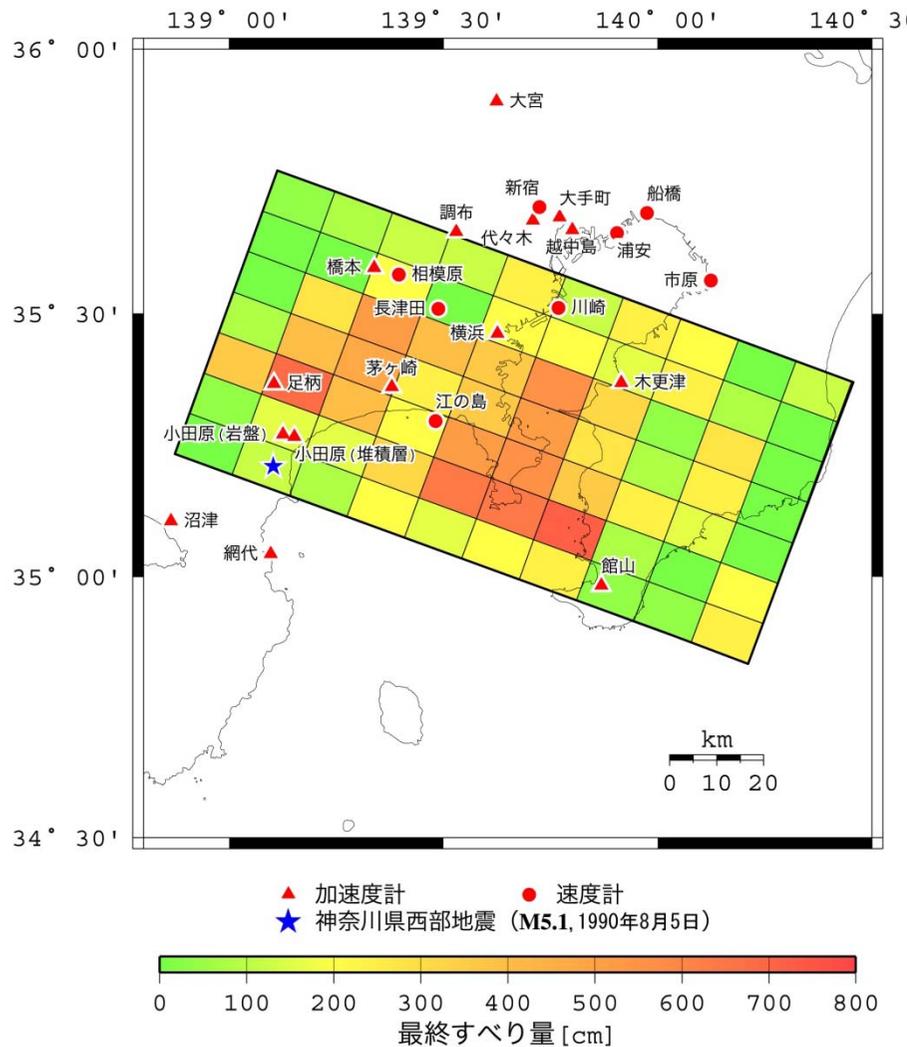
計測震度の平面的分布(工学的基盤) 11

震度7(計測震度6.5以上)

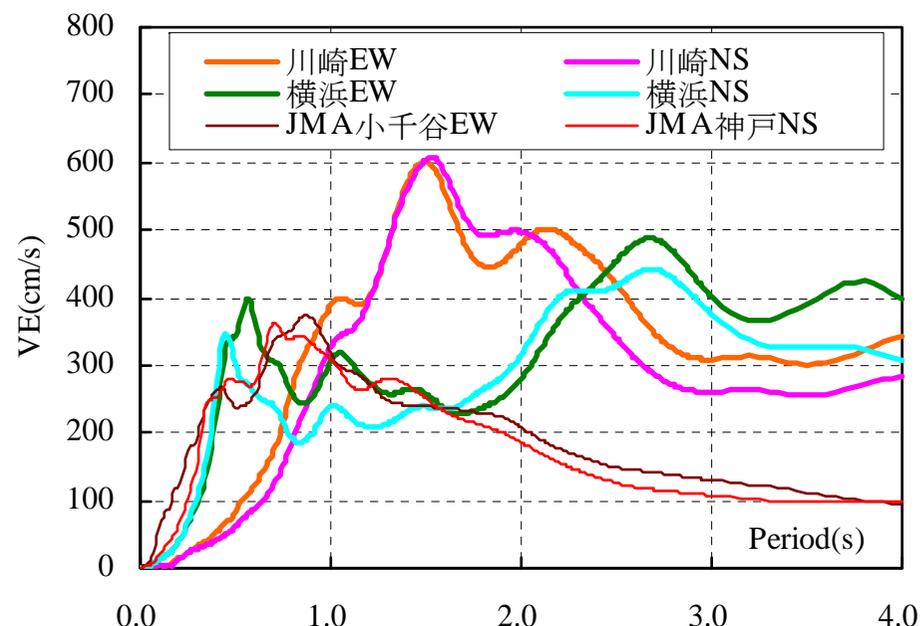
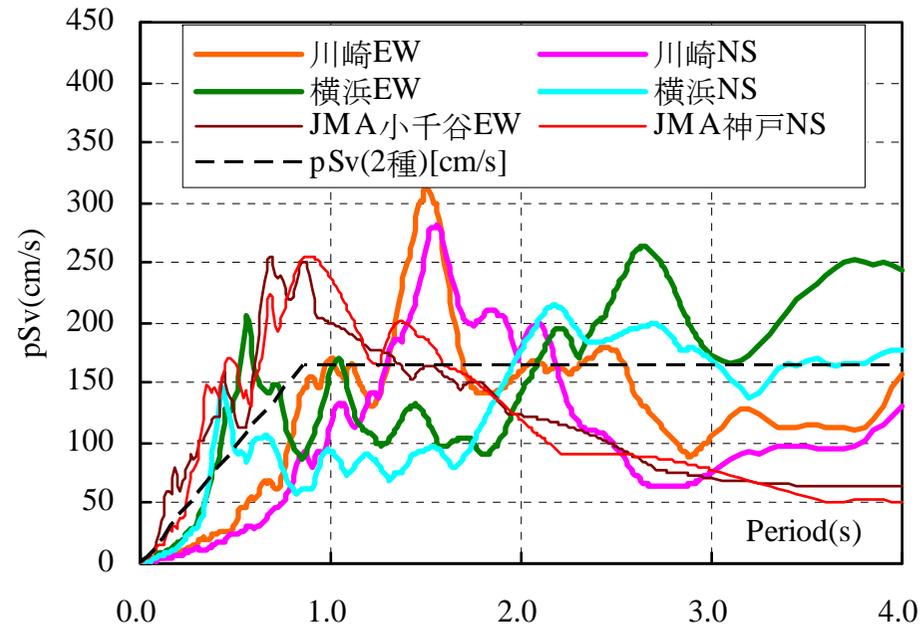
- 兵庫県南部地震(1995.1.17)
- 新潟県中越地震(2004.10.23) 等における記録
- 直下地震のシミュレーション
 - 震度7地震動が発生するには、起震源の断層パラメーター等に幾つかの制約条件が必要
- プレート境界で発生する大規模地震のシミュレーション(1923年関東地震)
 - 震度7地震動は、限定された地点で発生
- 告示スペクトルを係数倍する方法

●評価用地震動●

(2)プレート境界地震シミュレーション の一例 (1923年関東地震)



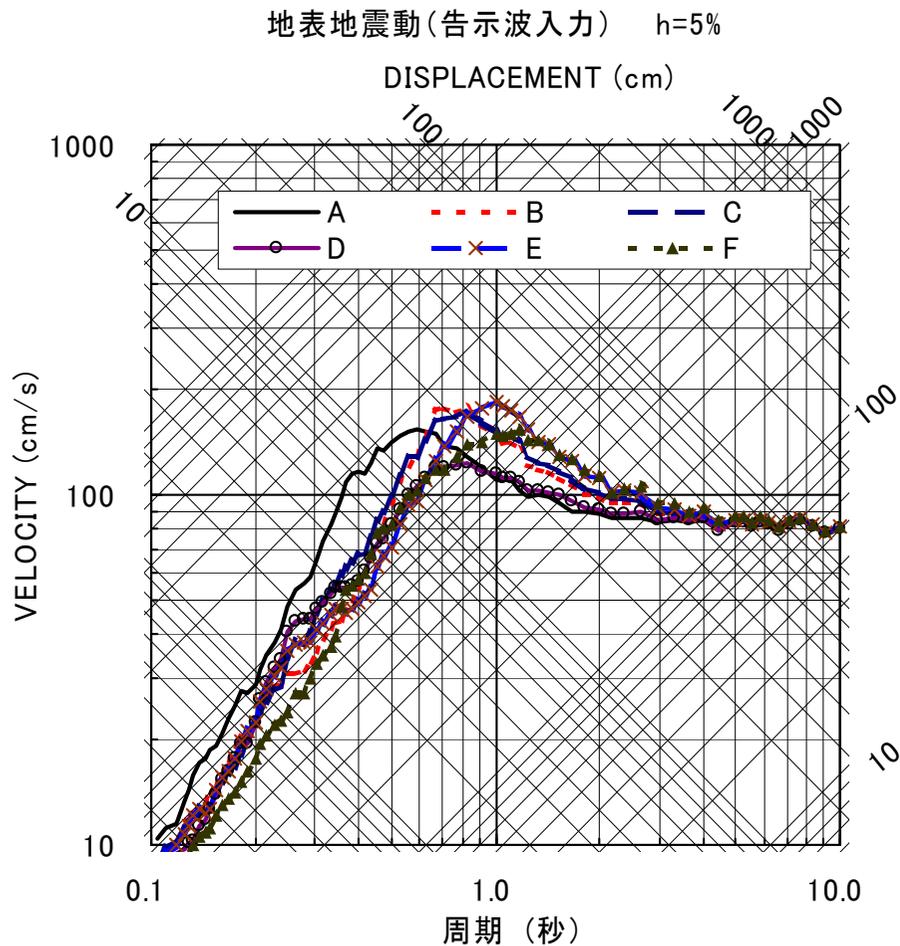
計算地点と本震断層の最終すべり量分布



震度7(計測震度6.5以上)

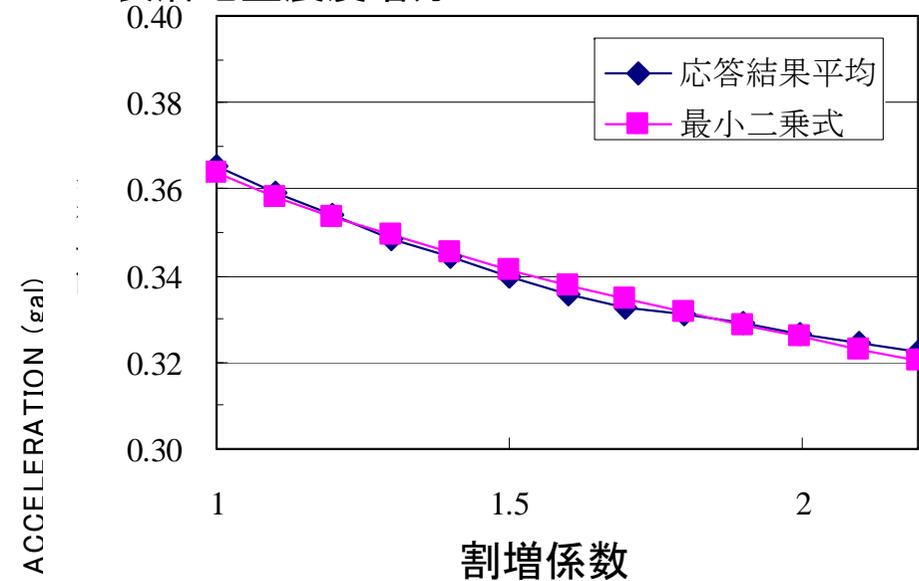
- 兵庫県南部地震(1995.1.17)
- 新潟県中越地震(2004.10.23) 等における記録
- 直下地震のシミュレーション
→震度7地震動が発生するには、起震源の断層パラメーター等に幾つかの制約条件が必要
- プレート境界で発生する大規模地震のシミュレーション(1923年関東地震)
→震度7地震動は、限定された地点で発生

- 告示スペクトルを係数倍する方法
→標準的な2種地盤相当の表層地盤を想定した場合に、地表で十分に震度7の大きさに達する地震動となるように係数倍



2種地盤相当の地表地震動の応答スペクトル

表層地盤震度増分



地表震度

= 工学的基盤震度 + 表層地盤震度増分

工学的基盤震度

= 告示基盤波震度 + 割増による基盤震度増分

表層地盤震度増分: 上図

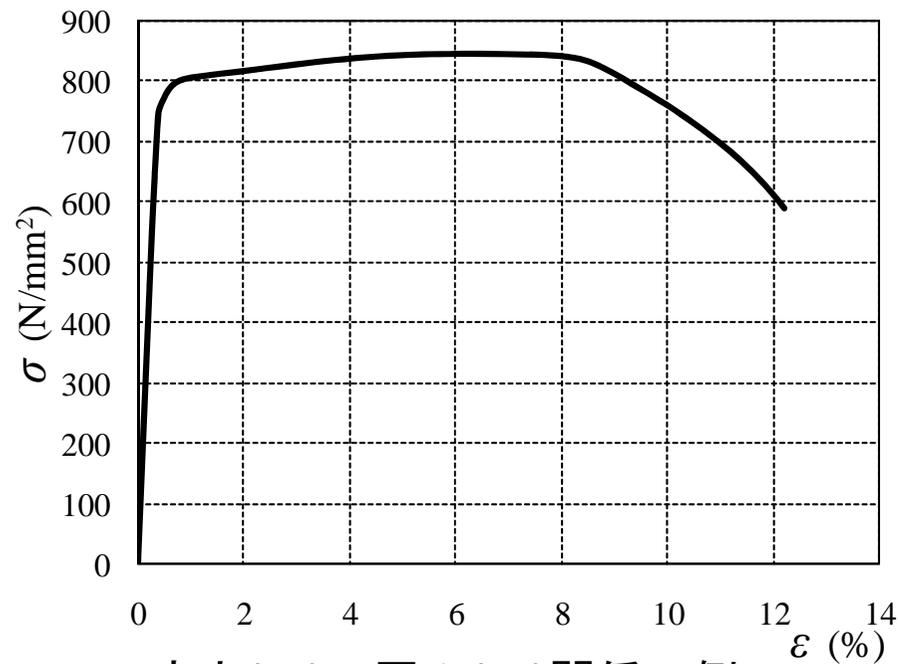
評価用地震動(L3)のレベル(案)

- 原則として、**建設地点周辺の地震環境の評価**に基づくソーススペシフィック・サイトスペシフィックな地震動により算定する。
- ただし、この算定が困難な場合には、**建築基準法告示**で規定される解放工学的基盤位置に定められるスペクトルによる地震動を建設地点周辺に想定される地震動の大きさを勘案して**係数倍**して定めることもできる。

無損傷 弾性設計

1. 高強度鋼

→ 高降伏比 (降伏応力度 / 引張強さ) 等



応力(σ)—歪み(ε)関係の例

無損傷 弾性設計

2. 高強度鋼—考慮すべき事項

- 部材等の塑性変形能力 小
- 接合部（溶接接合、ボルト接合 等）

→弾性範囲で使用

→無損傷とは？

局所的な降伏、溶接部等の降伏

→弾性範囲とは？

解析モデルによる差

→長期応力等に対する安全率

許容応力度 等

無損傷 弾性設計

3. その他

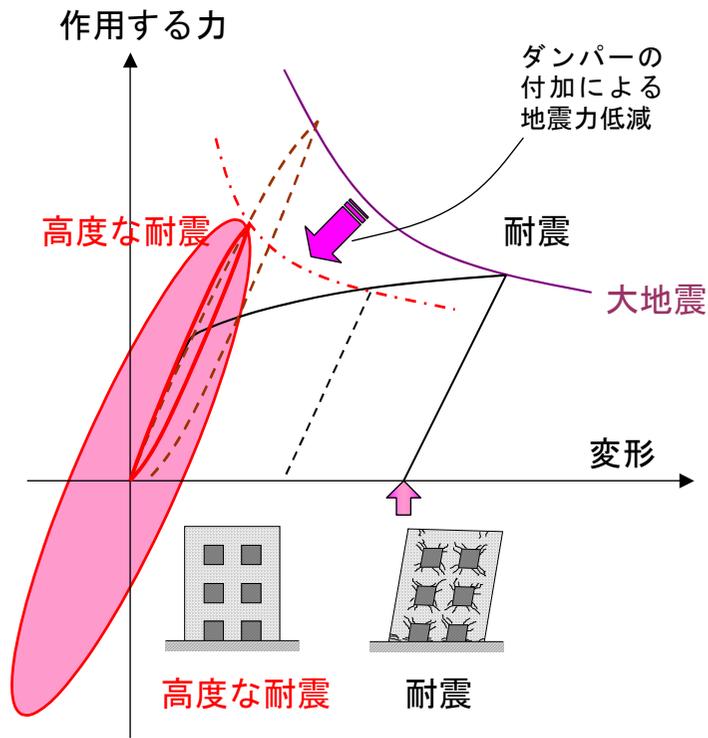
- 非構造部材
- 設備
- 什器
- 避難行動度

→変形、変形角、加速度、速度、応力 等

●性能評価●

◎耐震性能評価手法

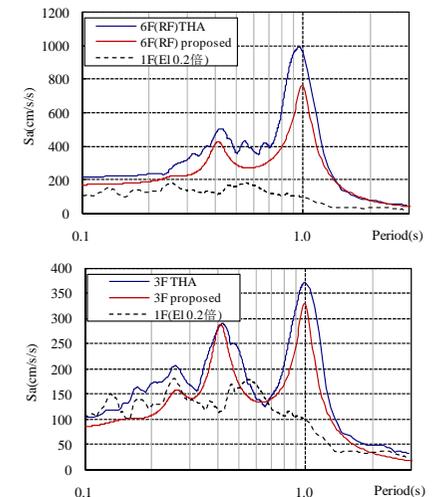
耐震性能評価手法(限界耐力計算のような応答スペクトルによる等価線形化手法等)の高度化を目指す。制振構造の応答評価、ねじれ振動の評価、フロアレスポンスの(簡易)評価、などを検討。



評価のイメージ



ねじれ振動の評価に関する振動台実験

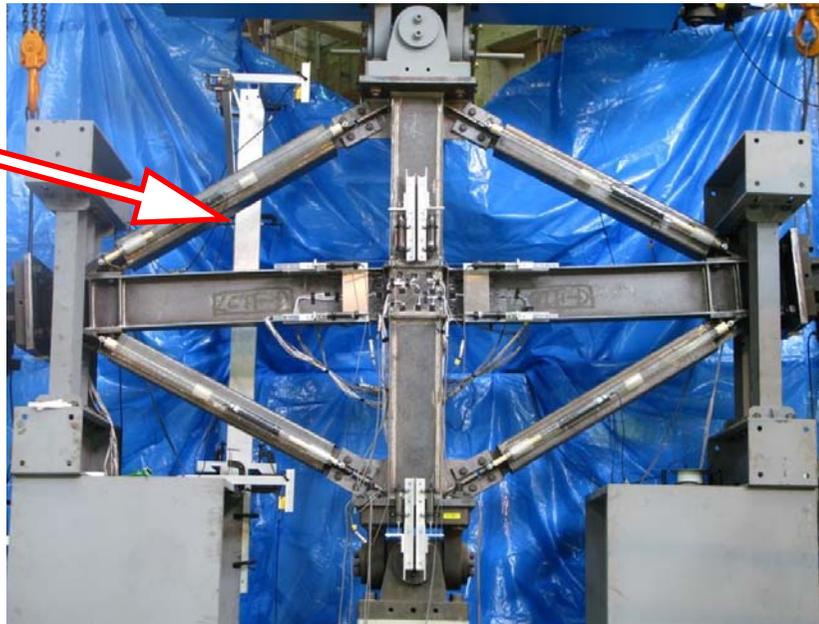
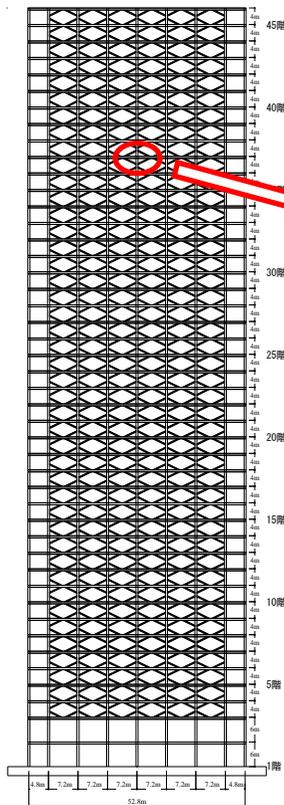


フロアレスポンスの簡易評価

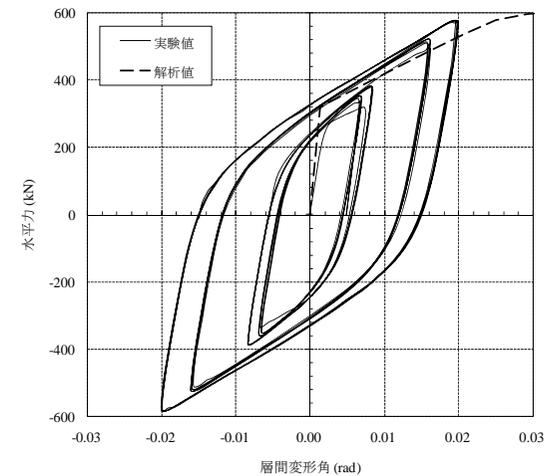
●性能評価●

◎部材・接合部・架構

高強度鋼柱梁部材と鋼材制振ブレースを組み合わせた制振架構システムを想定し、部材設計および接合部に関する検討を行う。主に座屈現象、制振構造における主架構の安定性などを対象。



高強度鋼柱梁と鋼材ダンパとを
組合せた架構試験体



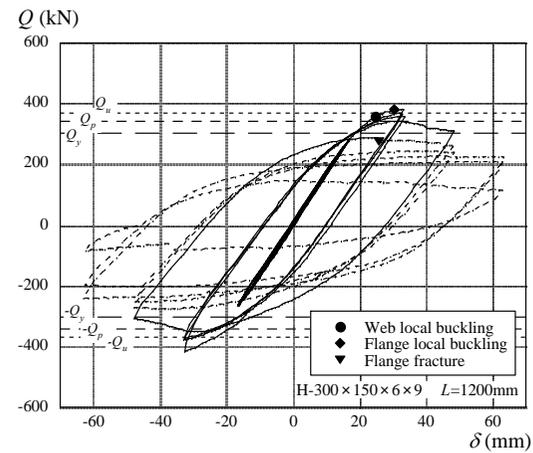
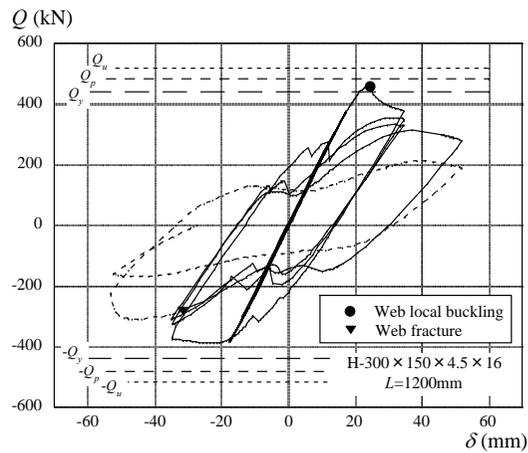
実験結果



建築物のイメージ

●性能評価●

◎部材・接合部・架構

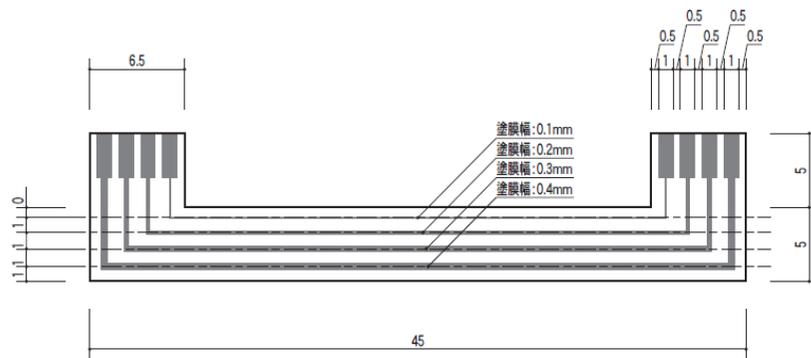


H形断面梁のウェブ幅厚比に関する実験

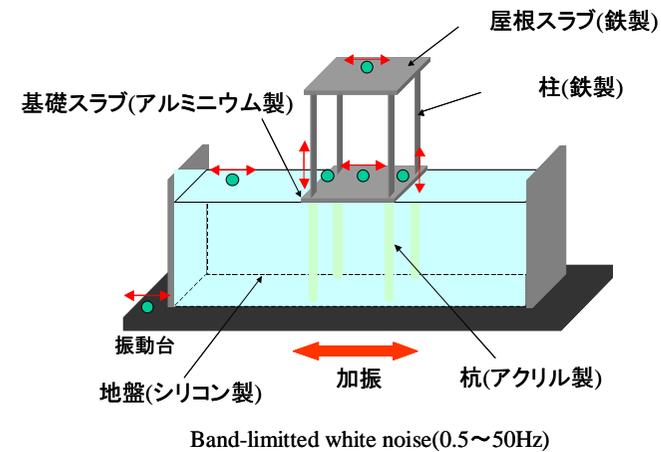
●性能評価●

◎モニタリング

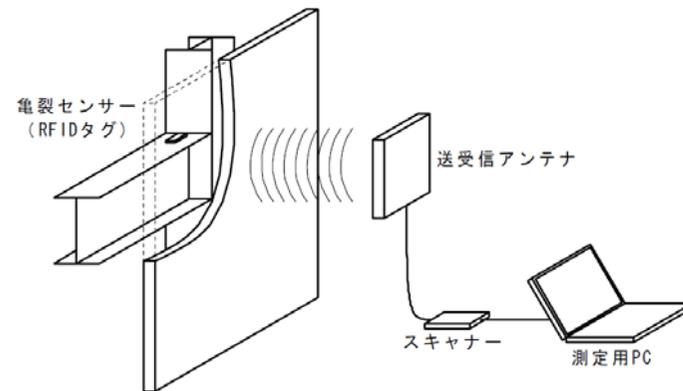
基礎構造も含めた建築構造のモニタリング方法を検討する。モニタリング項目としては、1)基礎構造の損傷、2)上部構造(フレーム部分)の損傷、3)履歴ダンパーの累積塑性歪等のダンパーのエネルギー吸収性能に関するもの、等が考えられるが、それぞれについて既存モニタリング手法の調査又は新手法の提案、検討。



フィルム型センサー



杭の損傷同定実験



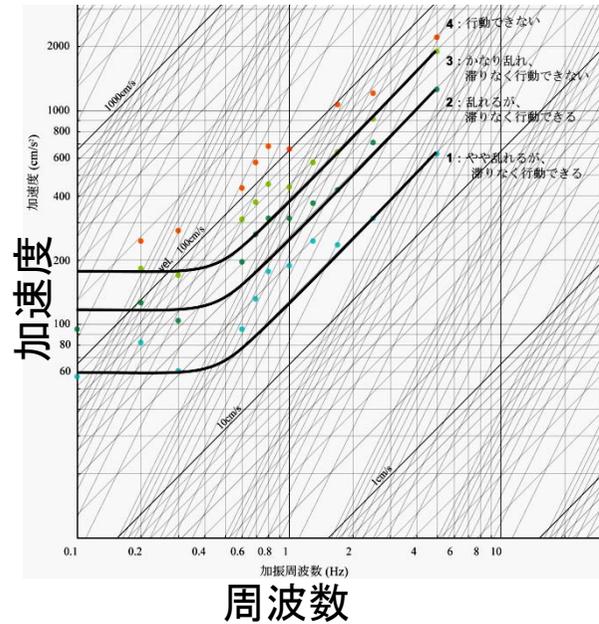
●性能評価●

◎フロアレスポンス

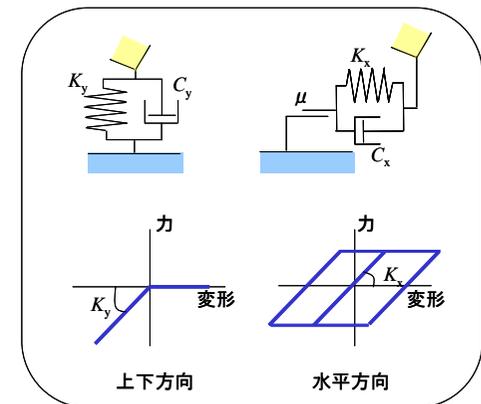
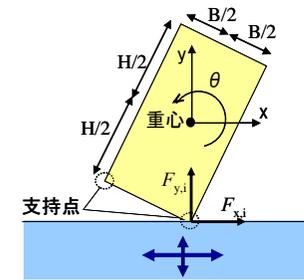
建研式大ストローク振動台等を用いて、大地震時における建築室内での積載物や人間の応答の様相を明らかにし、フロアレスポンスに係る目標性能設定や性能表示に活用。また、家具の転倒・滑りについて、シミュレーション等を実施。



建研式大ストローク試験体に
部屋モデルを載せた様子



行動難度の評価



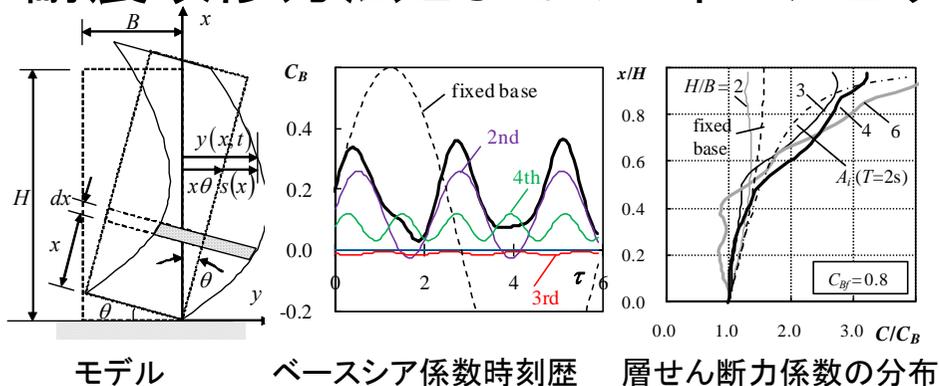
支持点のモデル化（接触している場合）

家具転倒の
解析モデル

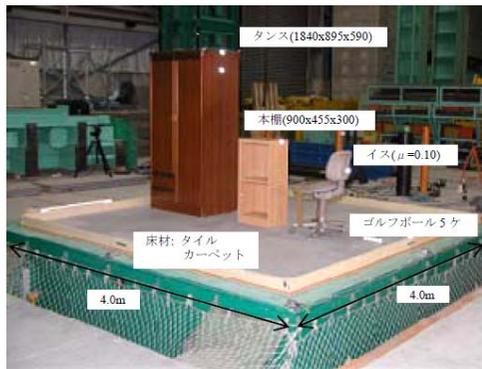
●性能評価●

◎特殊構造システム

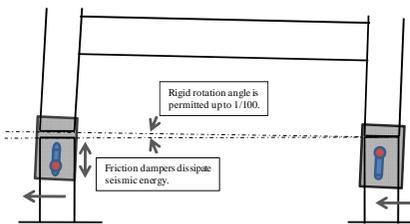
浮き上がりを生じる構造の耐震性能評価に関する事項をまとめる。動的挙動の理論的分析、3次元地震動下での立体的な挙動、耐震改修方法としてのフージビリティ、什器の応答等を検討。



モデル ベースシア係数時刻歴 層せん断力係数の分布
動的挙動の理論的分析



什器応答実験



耐震改修方法としてのフージビリティ



3次元振動台実験

●性能評価●

◎天井

軽量鉄骨下地の在来工法天井を対象として、設計を意識した指針等のとりまとめやフェールセーフ的な対策の検討を実施。



全景(吊り長さの違い)



配管

「高強度鋼等を用いた新構造建築物の耐震性能評価指針(案)」

目 次

1. はじめに

- 1. 1 指針の位置付け
- 1. 2 対象建築物

2. 材料、部材、接合部等

- 2. 1 高強度鋼の特性
- 2. 2 高強度鋼部材の幅厚比制限
- 2. 3 許容応力度
- 2. 4 許容応力度及び許容耐力

3. 荷重・外力

- 3. 1 評価用地震動
- 3. 2 その他の荷重・外力

4. 性能評価

- 4. 1 性能評価項目トランク
- 4. 2 地震応答評価手法
- 4. 3 性能の表示
- 4. 4 性能の検査・確認

5. 維持管理

6. 性能評価例

付 録

まとめ

- 本研究開発は、府省連携プロジェクトの一環として行われ、「震度7クラス・無損傷 弾性設計」が目標とされた。
- 現行基準を上回るような地震動も対象として、構造躯体のみならず、非構造部材や地震時の揺れに対する行動難度等の評価を含む耐震性能評価指針(案)を作成した。
- 実プロジェクトを通して、設計・施工等に関する今後の知見の蓄積を期待する。