

間仕切壁や昇降機を対象とした 非構造部材の 構造安全性確保に関する研究

国立研究開発法人建築研究所
建築生産研究グループ 沖 佑典

建築物(の部分)の構造安全性

構造躯体

非構造部材

建築設備

- ・近年の地震による被害として、新耐震以前の倒壊等が確認されている
 - 新耐震以降の建物被害は比較的軽微にとどまっております、結果として被害軽減に寄与しているといえる
- ・2016年熊本地震の被害を契機として、地震後における**機能継続性**も重要な観点に

建築物(の部分)の構造安全性

構造躯体

非構造部材

建築設備

- ・ 構造躯体以外の建築物の部分:「非構造部材」
(建築設備の支持部分を含む場合もある)

非構造部材も“構造的な”検討(※荷重・外力に対する強度等の検討)が必要

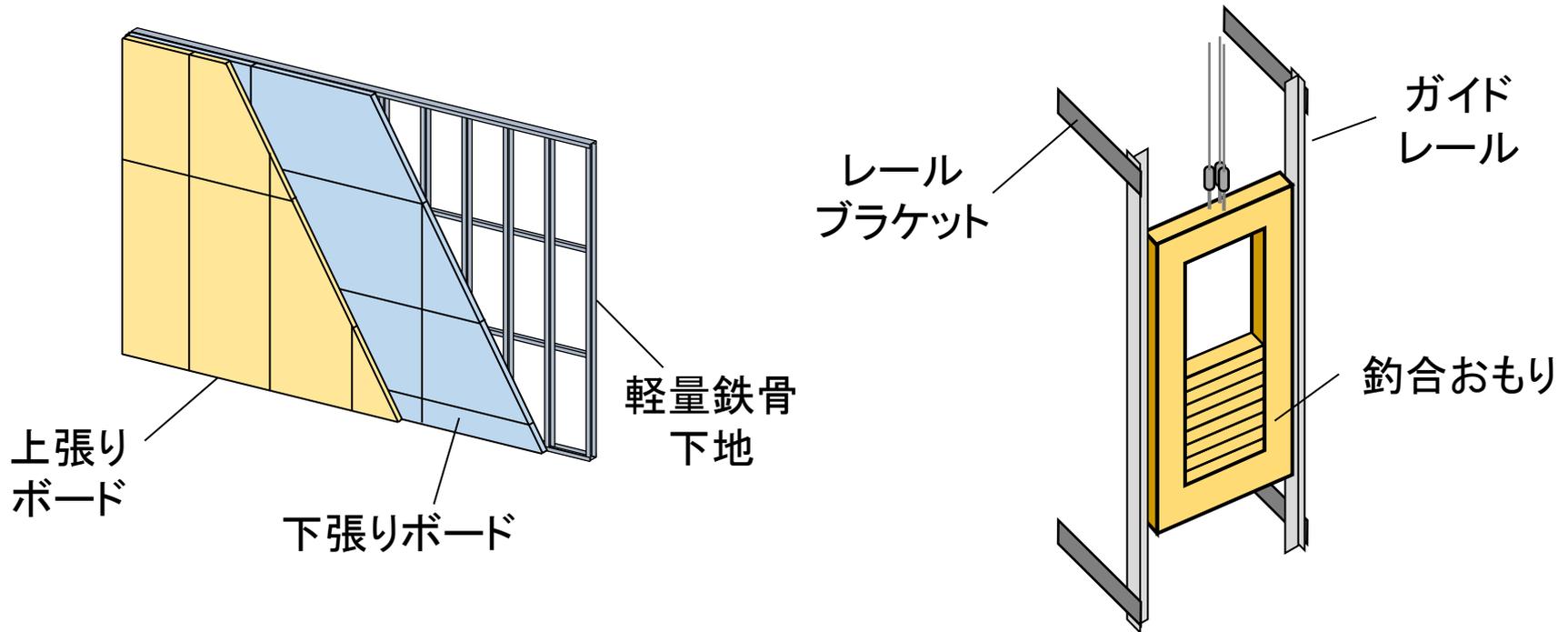
- ・ 近年の地震により、非構造部材の被害が、建物の地震後の継続使用を阻害する原因になる例も見られている
- ・ 一方で、構造躯体に比べて非構造部材の耐震設計の枠組は未整備の部分が多い
- ・ 耐震性評価等に資するだけの損傷メカニズムの知見等が整理されているとは言えない

本講演では、

最近の地震において確認された非構造部材(間仕切壁)の被害を紹介しつつ、被害抑制のための基礎研究として取り組んでいる、

1. 軽量鉄骨下地とせっこうボードにより構成される間仕切壁(LGS壁)の検討
2. 昇降機に付随する要素を対象とした検討について紹介する。

本講演の対象：間仕切壁、昇降機



軽量鉄骨下地乾式間仕切壁
(LGS壁)

エレベーター
(ガイドレール等)

いずれも多数の部材により構成され、応力伝達メカニズムが複雑
地震時において、①慣性力と②層間変形角による強制変形角の両方
の作用が想定される

1. 軽量鉄骨下地とせっこうボードにより構成される間仕切壁(LGS壁)の検討

参考文献

- 1) 国総研、建研：平成28年(2016年)熊本地震による建築物等被害第十四次調査報告(速報)
(<http://www.kenken.go.jp/japanese/contents/topics/2016/14-kumamoto.pdf>)
- 2) 国総研、建研：令和6年能登半島地震建築物被害調査等報告(速報)
(<https://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn1296.htm>, <https://www.kenken.go.jp/japanese/contents/publications/data/212/index.html>)
- 3) 磯田ほか：軽量鉄骨下地乾式間仕切り壁の地震時損傷抑制に関する研究 その32面内-面外載荷実験(4)面外慣性力が破壊モードに与える影響，日本建築学会大会学術講演梗概集(北海道)，材料施工，pp.841-842，2022.9
- 4) 本田ほか：軽量鉄骨下地乾式間仕切り壁の地震時損傷抑制に関する研究 その51 面内一面外載荷実験(7)，日本建築学会大会学術講演梗概集(九州)，材料施工，pp.747-748，2025.9
- 5) 釘本ほか：軽量鉄骨下地乾式間仕切り壁の地震時損傷抑制に関する研究 その52 面内一面外載荷実験(8)，日本建築学会大会学術講演梗概集(九州)，材料施工，pp.749-750，2025.9

LGS壁の地震被害 –熊本地震(2016年)–



LGS壁の転倒被害

【その後の国等の対応状況】

- ・国交省の防災拠点ガイドライン制定や官庁施設等における基準の改定等により、「機能継続性」「非構造部材」の規定が追加・明確化
- ・建築研究開発コンソーシアムの研究会を通じた活動の開始

LGS壁の地震被害 –能登半島地震(2024年)–

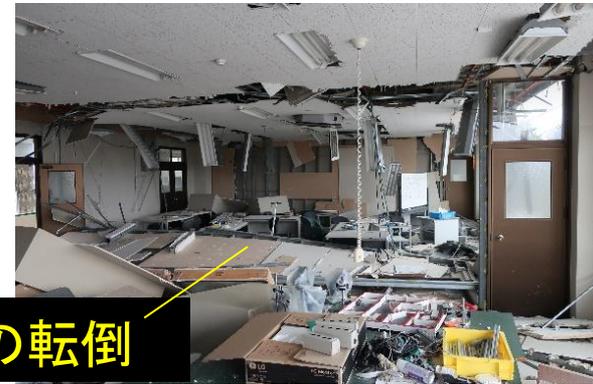
能登半島地震でもLGS壁の被害が多く見られた。
国総研・建研では、内部調査を行った建築物のLGS壁等の被害について分析。



ボードの損傷、
スタッド(間柱)
の変形



壁の転倒



ボードの脱落



スタッド
の変形

能登半島地震によるLGS壁の被害の例(被害報告(速報)抜粋)

LGS壁の地震被害 –能登半島地震(2024年)–

地震によるLGS壁の被害(被害報告(速報)のまとめより)

・高所の壁や高い壁高さの間仕切壁

… **ボードの損傷・脱落** **鋼製下地材の面外変形** 等

・天井との取り合い部を有する間仕切壁

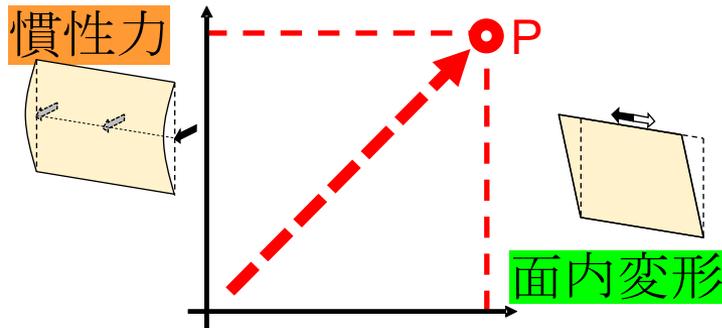
…壁における **ボードの損傷・脱落**

取り合い部を起点とする **スタッド(間柱)の変形** **壁の転倒** 等

・LGS壁の構造安全性・損傷メカニズムを把握するための基礎検討として、静的載荷実験を実施

面内・面外同時作用時のLGS壁の挙動に関する実験

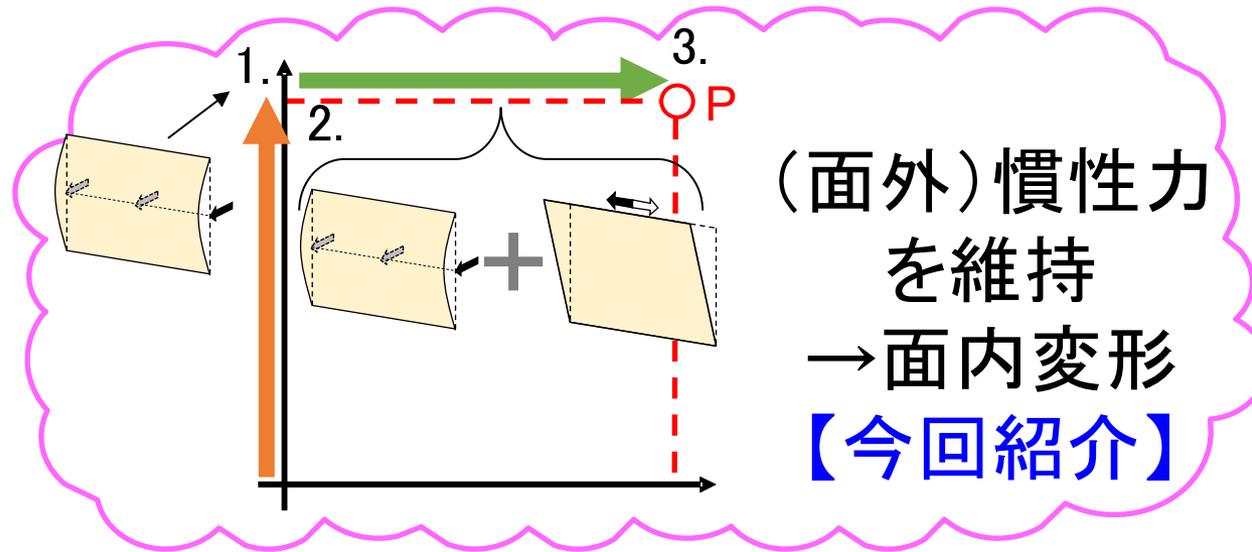
慣性力 + **面内変形** : それぞれに対する実験的知見は多く存在



→ **両者が同時に加わると
どうなるか？**

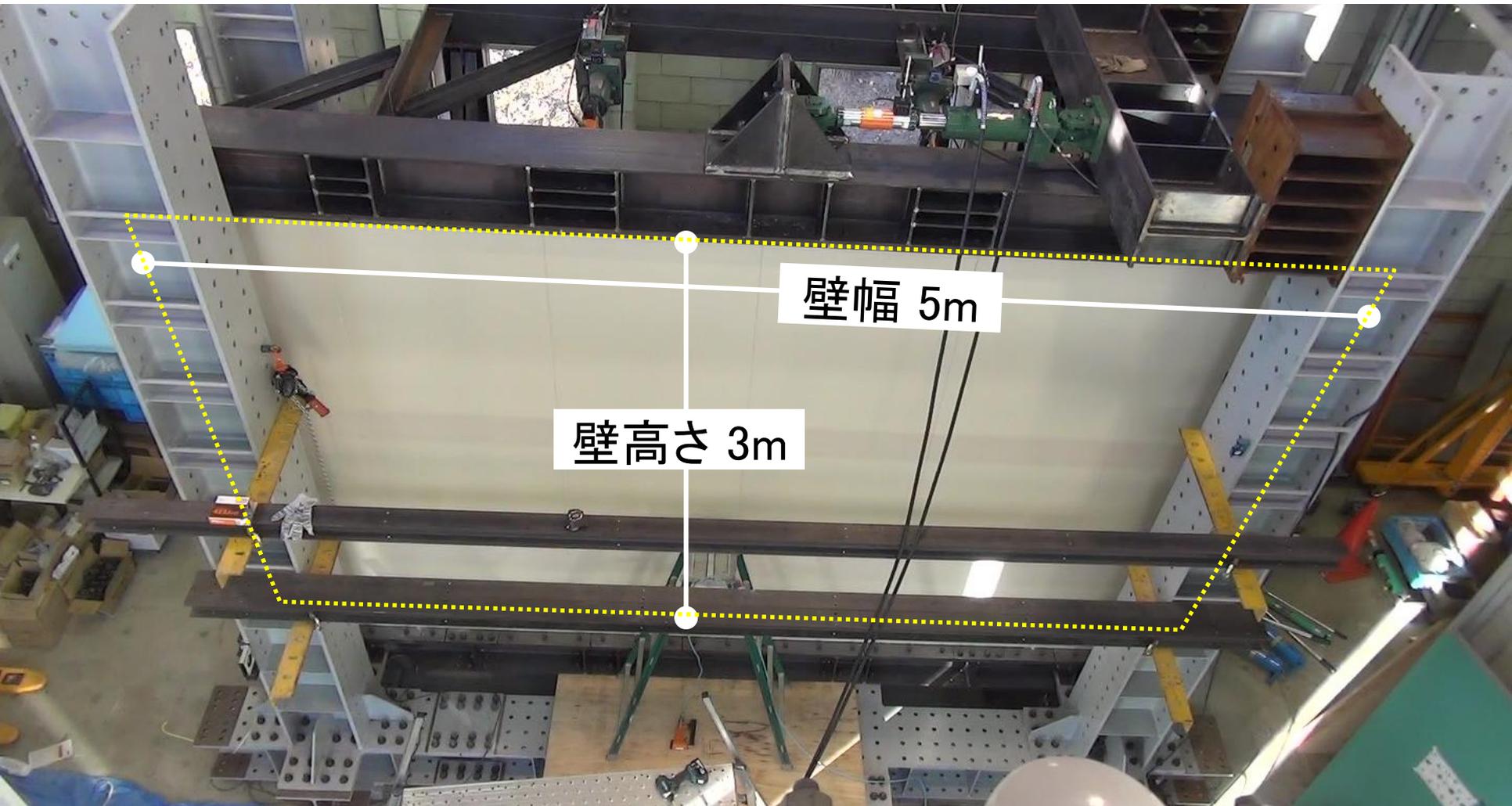
以下の条件で模擬する実験を実施し、力学挙動を確認

R3年度講演会にて
面内と面外の载荷順序
による差異を紹介



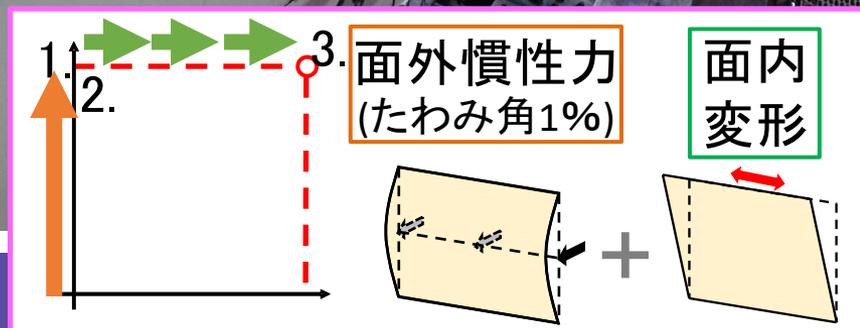
(面外)慣性力を維持
→ 面内変形
【今回紹介】

試験体

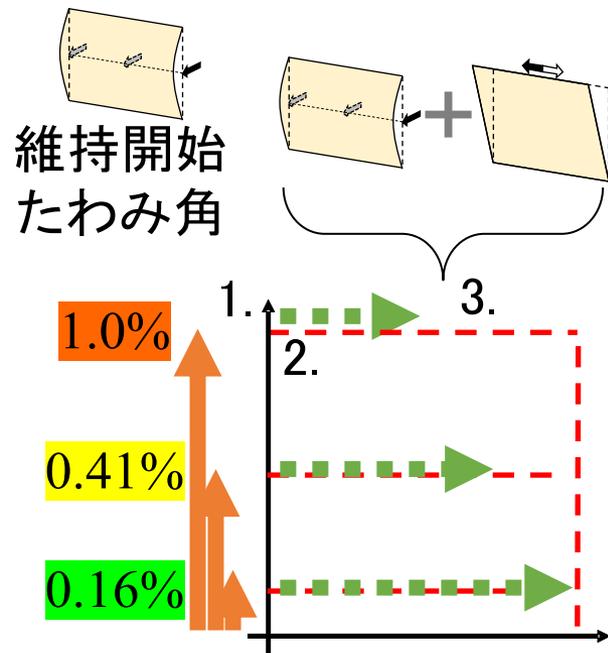


実験の様子 (両面12.5mm2枚張り, 慣性力相当のたわみ角1%維持)

面内载荷中に面外たわみが増加
→ボードの剥離に至る



最終的な損傷



ボード
隅角部の
つぶれ

0.16%



上張り
ボードの
面外変形

0.41%



下張りボード
の面外剥離

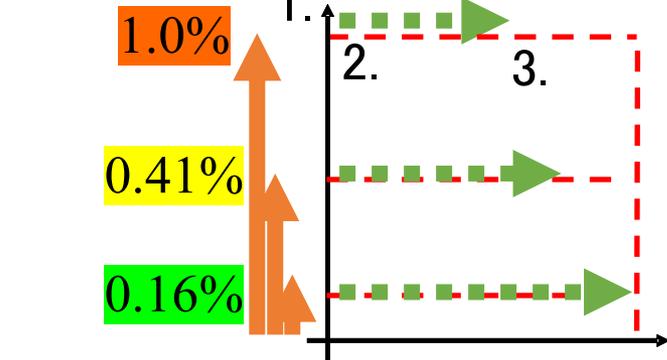
1.0%

面内変形時の
最終的な損傷

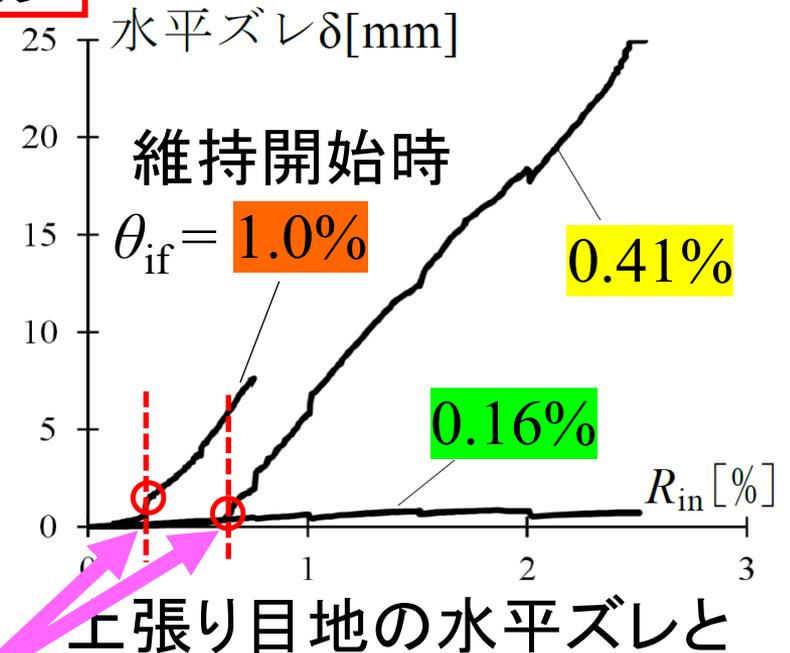
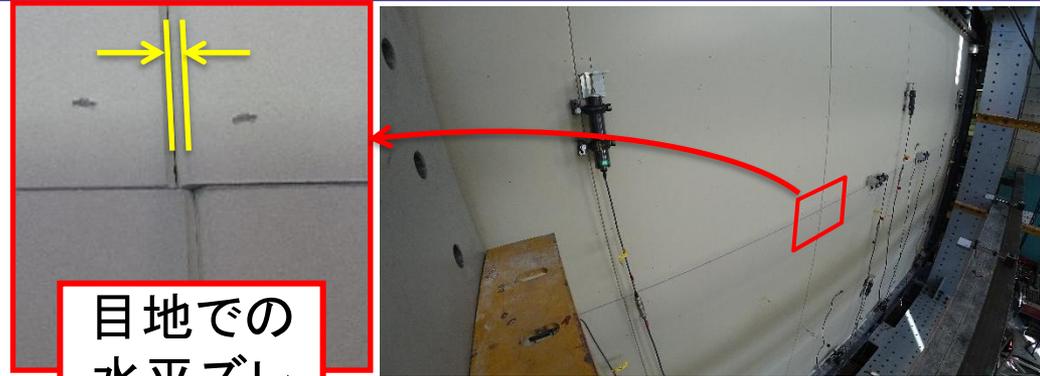
面外（慣性力）の作用の程度が大きい
ほど面内の損傷の程度は大きい

損傷の兆候

維持開始
たわみ角



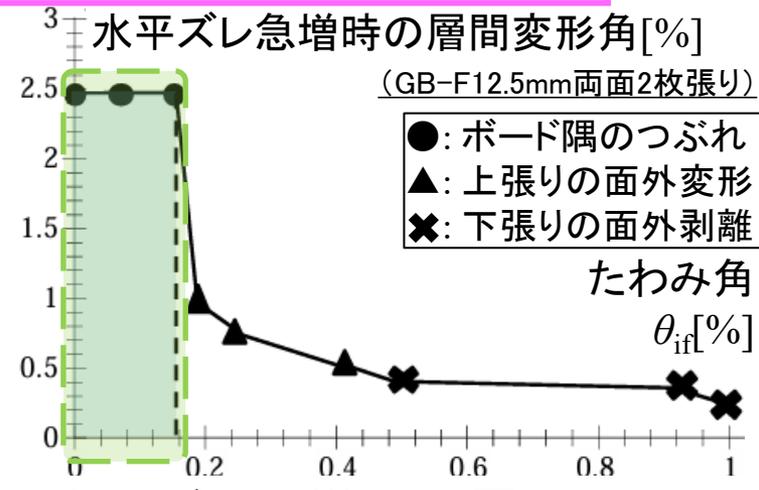
- 面外たわみ増加
→最終的に上張り変形・下張り剥離等
- 面外たわみ増加無し
→最終的に隅角部のつぶれのみ



隅角部のつぶれまで構造安全上許容されると仮定
→水平ズレ急増時の面内変形を基に整理する

隅角部のつぶれまで構造安全上許容されると仮定 →水平ズレ急増時の面内変形を基に整理する

【GB-F12.5mm両面2枚張り】
面外たわみ角が0.16%以内(水平震
度2以内に相当)に抑制されれば、面内
変形と同時に最大応答となっても
隅角部のつぶれに留めることがで
きる



【実験検討により得られた知見】

- LGS壁(直接躯体に設置されるなど理想的な条件)における面内・面外同時作用時の力学挙動について考察し、構造安全性の観点で継続使用可能な範囲を考察した
- 地震後の継続使用上支障のない損傷(本検討の範囲では、四周のつぶれ)に留めるよう計画することが一つの指標となりうる

【課題】 一方で、地震被害を見ると…

・天井等との取合い部を有する壁

・高さの高い壁、高い部分に設けられる壁の
の被害が見られている

支持部分から
スタッドが脱落

天井面高さで壁スタッドが変形

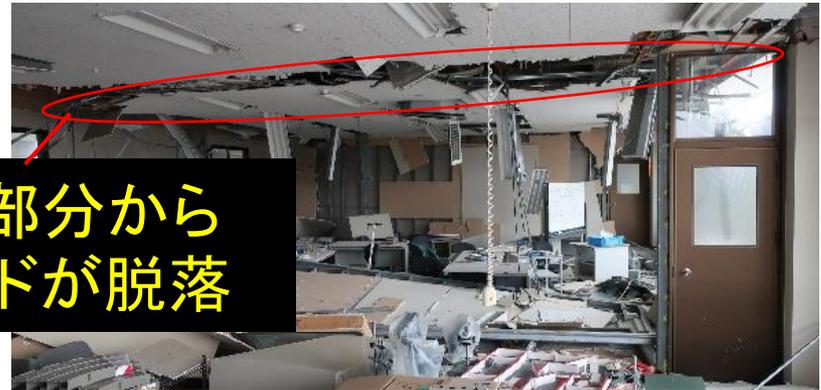


壁勝ちにおける被害



天井勝ちにおける被害

支持部分から
スタッドが脱落



天井勝ちにおける被害

(再)LGS壁の地震被害
-能登半島地震(2024年)-

【課題】 一方で、地震被害を見ると…

- ・天井等との取合い部を有する壁
- ・高さの高い壁、高い部分に設けられる壁の被害の被害が見られている



屋内運動場 妻壁の広範囲な脱落



スタッド(間柱)のたわみ

(再) LGS壁の地震被害
-能登半島地震(2024年)-

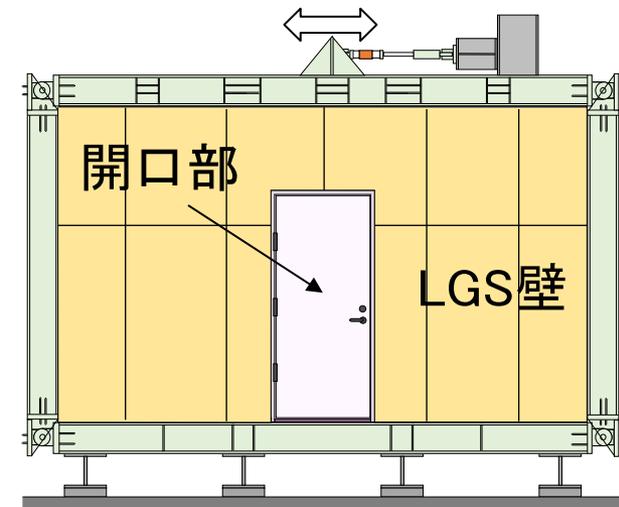
【課題】 一方で、地震被害を見ると…

- ・天井等との取合い部を有する壁
- ・高さの高い壁、高い部分に設けられる壁の被害の被害が見られている

理想的な条件の知見のみでは地震被害の説明は困難

- ・現実にある境界条件を考慮すること
 - ・高さの高い壁、高い部分に設けられる壁に対する知見の収集を進めること
- 5m超のLGS壁について、建築研究開発コンソーシアム研究会等でも検討中

は今後の課題



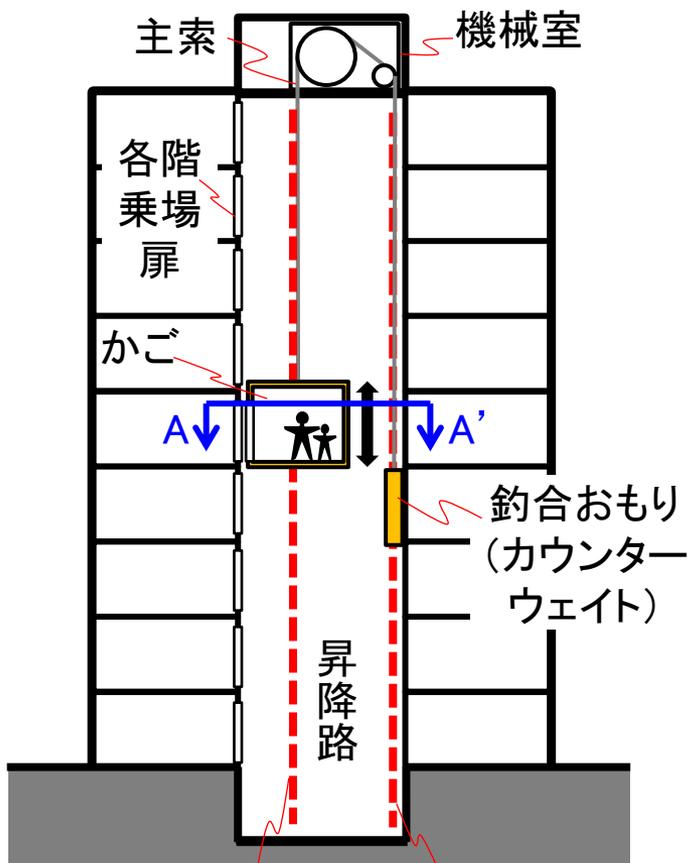
開口がある場合の検討
(実施中)

2. 昇降機（エレベーター）に付随する要素 を対象とした研究

参考文献

- 1) 沖佑典, 山海敏弘, 小沼裕一: 地震時の層間変形角がエレベーター要素に与える影響の一検討, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造III, pp.1249-1250, 2024.8
- 2) 小沼裕一, 藤田聡, 古屋治, 沖佑典, 山海敏弘: 水平力と層間変位の作用によるエレベーターガイドレールの挙動 その1 解析的検討, 日本建築学会大会学術講演梗概集(九州), 耐複合災害, pp.159-160, 2025.9
- 3) 沖佑典, 小沼裕一, 山海敏弘: 水平力と層間変位の作用によるエレベーターガイドレールの挙動 その2 静的載荷実験, 日本建築学会大会学術講演梗概集(九州), 耐複合災害, pp.161-162, 2025.9

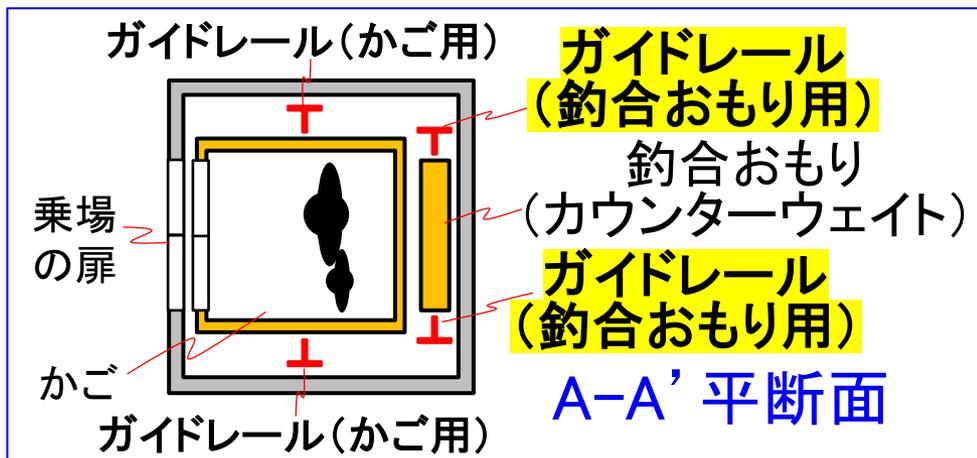
エレベーター (トラクション式)



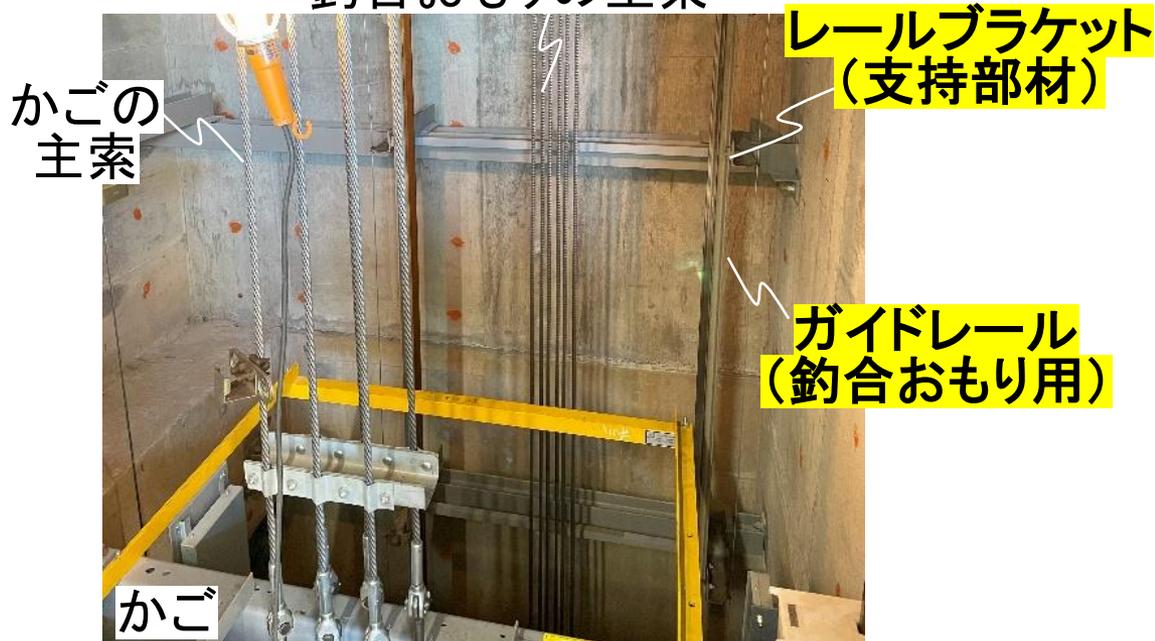
ガイドレール (かご用)

ガイドレール (釣合おもり用)

エレベーターの構成概要
(動力、センサ等を除く)

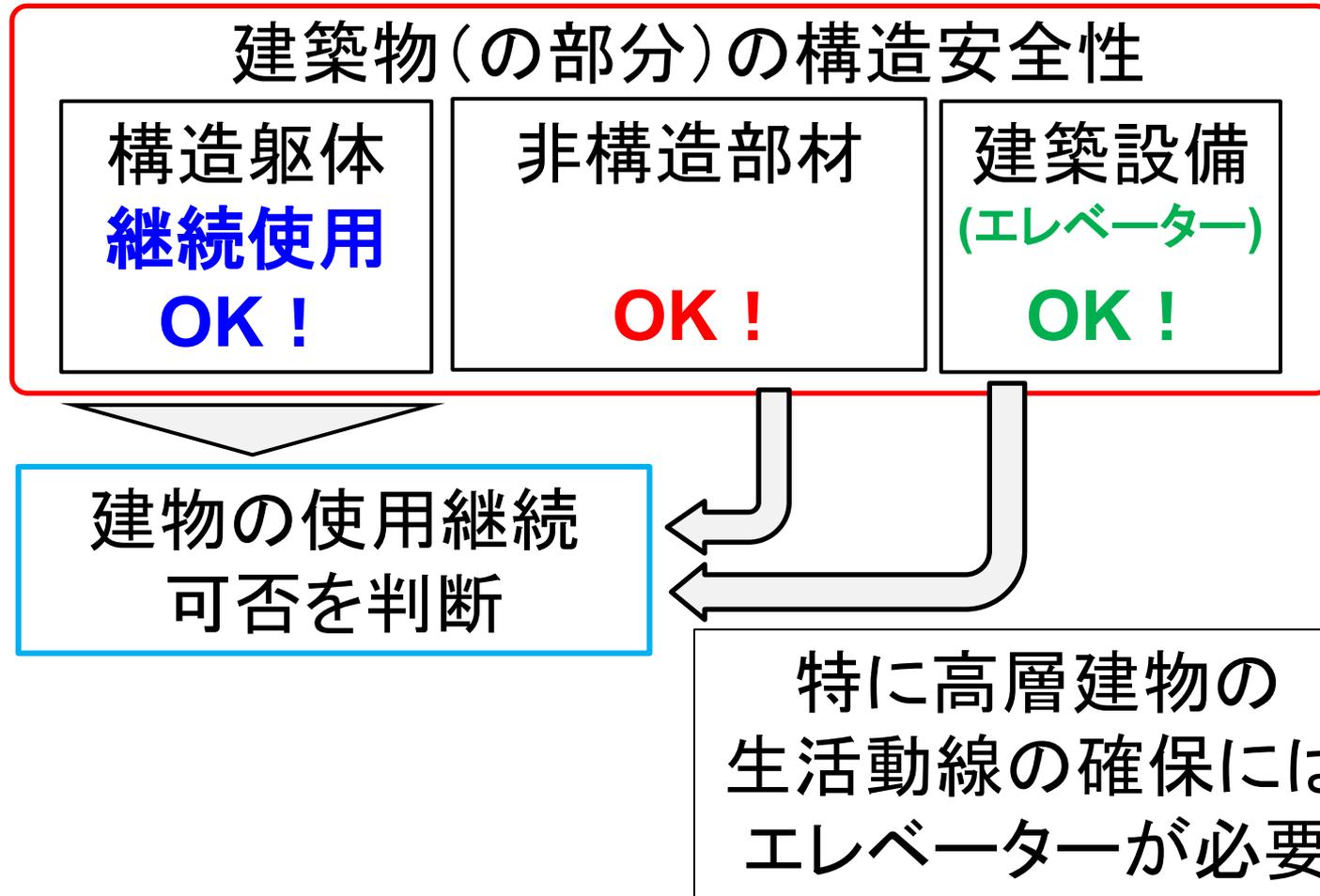


釣合おもりの主索



エレベーター (かご上の様子)

エレベーターと建物の継続使用性



エレベーターと建物の継続使用性

令和3年度基整促P14における閉じ込め要因分析※

：調査したエレベーター閉じ込め発生事例1203台中、
かご又は釣合おもりの脱レールの例が128台

※令和3年度基整促P14「大地震時におけるエレベーターの閉じ込め防止に関する検討」成果概要資料
<https://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/build/content/001480577.pdf>

上記基整促等を踏まえつつ、国総研総プロ「社会環境の変化に対応した住宅・建築物の性能評価技術の開発」(R4~8)でもエレベーターの地震後の継続使用性評価手法について検討着手

【総プロ】社会環境の変化に対応した住宅・建築物の性能評価技術の開発

研究期間：令和4~8年度

要旨 2050年カーボンニュートラル・脱炭素社会の実現、新型コロナウイルス感染症の拡大等を契機とした在宅勤務の進展、災害時の居住継続等の近年の社会環境の変化に対応した住宅・建築物の性能評価技術の開発を行うことにより、住宅性能表示制度の技術基準等に反映するとともに、公共建築物等の非住宅建築物においても適用可能な性能評価手法に関する各種ガイドラインを作成する。

現状の問題点、背景

- 近年、脱炭素社会の実現、在宅勤務時の室内環境向上、災害時の継続利用ニーズの高まりなど、住宅・建築物を取り巻く社会環境が大きく変化。
- しかし、現行の住宅性能表示制度の基準では、こうした社会環境の変化に対応した性能を的確に評価・表示できないため、消費者にとっては新たなニーズを満たす住宅を選ぶことが難しく、事業者にとっては消費者にわかりやすく訴求できないため、住宅の性能を高める動機付けが弱く、住宅性能の向上に結びつかない。
- 住宅以外の建築物については、住宅性能表示制度と同様の表示制度はなく、建築主が性能を評価しにくい。

技術的課題と研究内容

- ① 脱炭素社会の実現に向けた性能評価手法の開発
 - ・ 省エネ住宅の高性能化を踏まえ、エネルギー消費性能の合理的な評価手法を開発する。
- ② 在宅勤務の進展に対応した性能評価手法の開発
 - ・ 在宅勤務の進展等を踏まえ、遮音性能の合理的な評価手法や採光性能の分かりやすい評価手法を開発する。
- ③ 災害時の継続利用の観点からの性能評価手法の開発
 - ・ 災害時の居住や利用の継続ニーズの高まりを踏まえ、大地震後の継続利用の観点で示す耐震性能の評価手法やエレベーターの使用継続性の評価手法を開発する。
- ④ 近年の社会環境の変化に対応した住宅性能表示事項の体系的整理
 - ・ 消費者・事業者のニーズと技術の普及状況を踏まえて住宅性能表示事項を体系的に整理し、各種技術基準の見直しのための技術資料等を取りまとめる。



成果 (アウトプット)

- 近年の社会環境の変化に対応した住宅性能表示事項と新たな住宅性能評価手法
 - 住宅性能表示制度に関する各種技術基準の見直しのための技術資料
 - 建築物の性能評価手法に関するガイドライン
- ※公共建築物の設計においても参照可能

社会に与える効果 (アウトカム)

- 住宅性能表示制度の各種技術基準を近年の社会環境の変化に対応した、消費者に分かりやすく合理的なもの見直しにより、住宅の性能や居住者の満足度が高まることが期待される。
- 開発した性能評価技術が公共建築物等の非住宅建築物において活用されることにより、高い性能を有する建築物の普及が期待される。
- CO₂排出量の削減による脱炭素社会の実現や災害時の対応力の強化に資する。

現状の問題点の例



エレベーターの耐震性

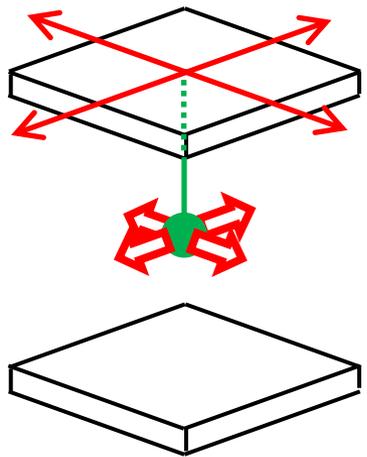
- ・昇降機各部の耐震設計は(一財)日本建築設備・昇降機センター「昇降機技術基準の解説」(昇降機耐震設計・施工指針)において、強度検証の方法等が示されている
- ・しかしながら、建物(構造躯体)の耐震基準と上記耐震指針の各項目が必ずしも連携しているものとなっていない
- ・特に、地震時の建物の応答変位への追従性に関する技術的な知見が少ない

非構造部材と主体構造との接合形態と、非構造部材の入力特性の関係

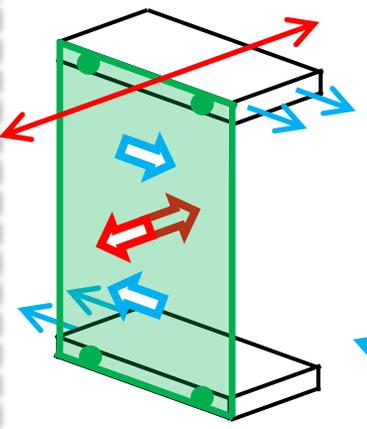
AIJ「非構造部材の耐震設計施工指針・同解説 および耐震設計施工要領 2003年版」を踏まえて作成

主に慣性力に対して設計

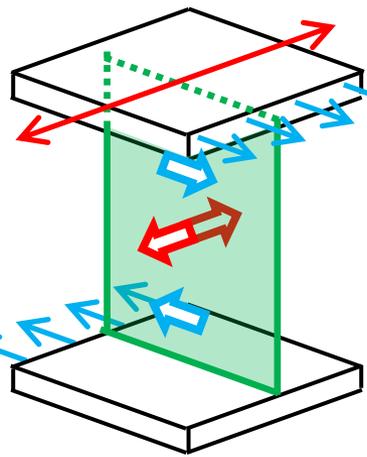
強制変形角に対して設計



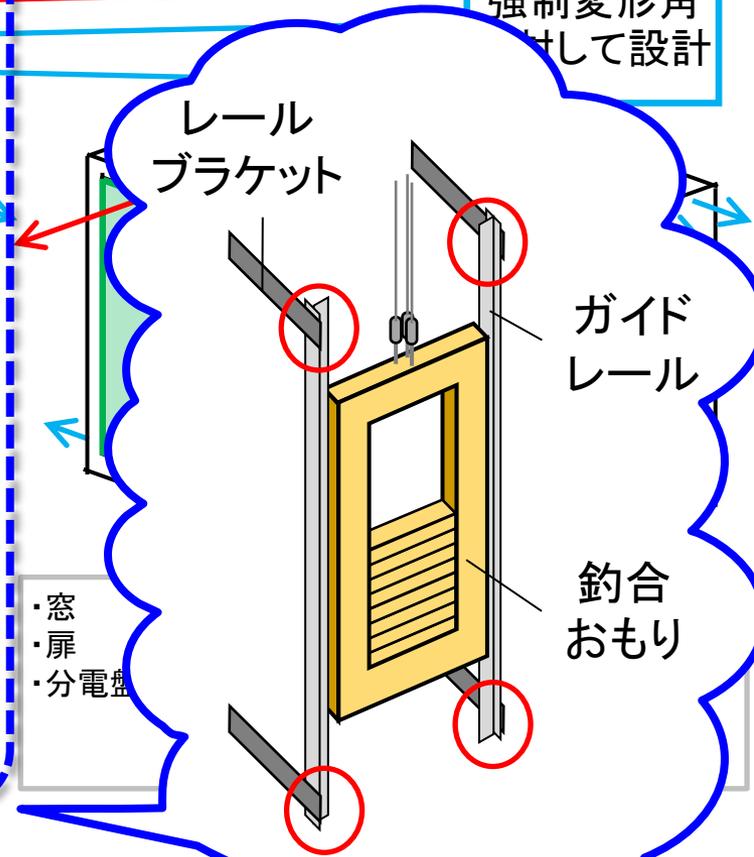
- ・ 吊り天井
- ・ 自立した非構造部材
- ・ 天井から吊られた照明器具



- ・ カーテンウォール
- ・ 石張り・テラゾーブロック張り
- ・ 配管



- ・ 間仕切壁



- ・ 窓
- ・ 扉
- ・ 分電盤

エレベーターの要素 (ガイドレール等) の接合形態？



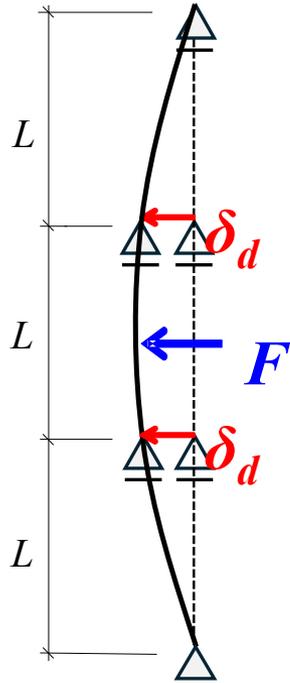
エレベーターの耐震性

- ・昇降機各部の耐震設計は(一財)日本建築設備・昇降機センター「昇降機技術基準の解説」(昇降機耐震設計・施工指針)において、強度検証の方法等が示されている
- ・しかしながら、建物(構造躯体)の耐震基準と上記耐震指針の各項目が必ずしも連携しているものとなっていない
- ・特に、地震時の建物の応答変位への追従性に関する技術的な知見が少ない

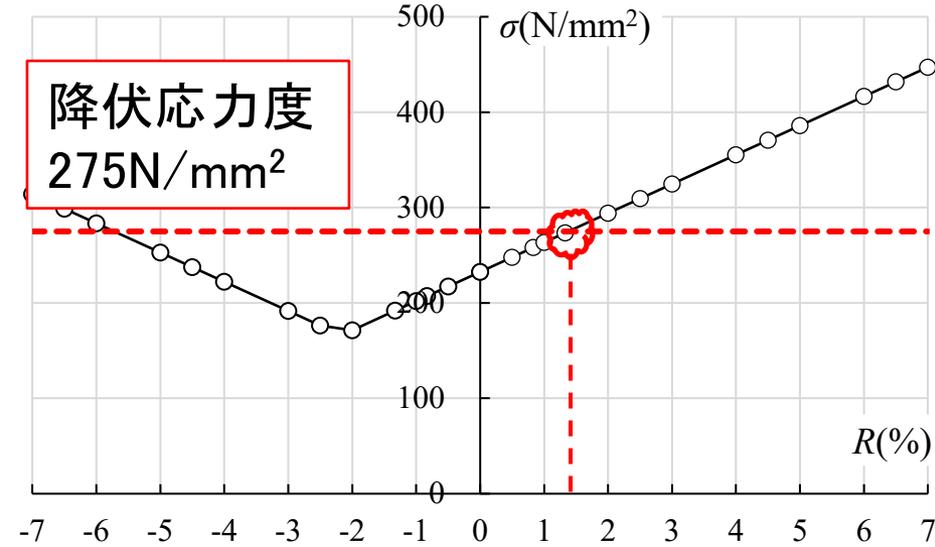
地震時の建物から受ける力(慣性力・層間変位)に対する影響を調査する

釣合おもりとその周辺部分(ガイドレール等)に着目し、建物の層間変形角の影響を検討

ガイドレールの応力度・たわみの解析

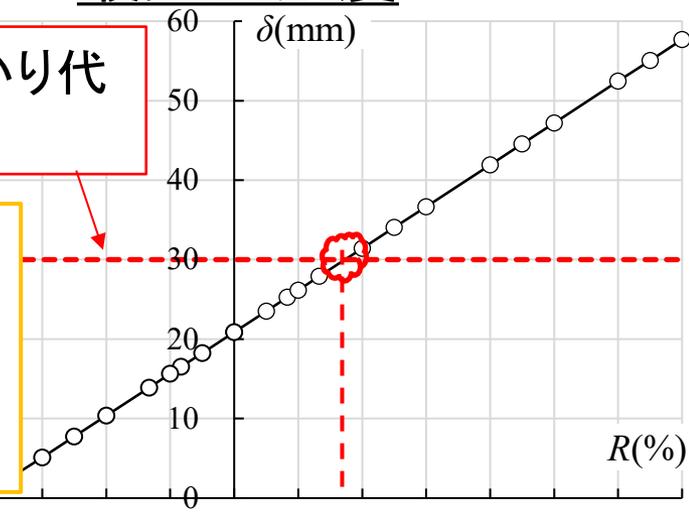


検討モデル



最大応力度

レールのかかり代
限界: 30mm

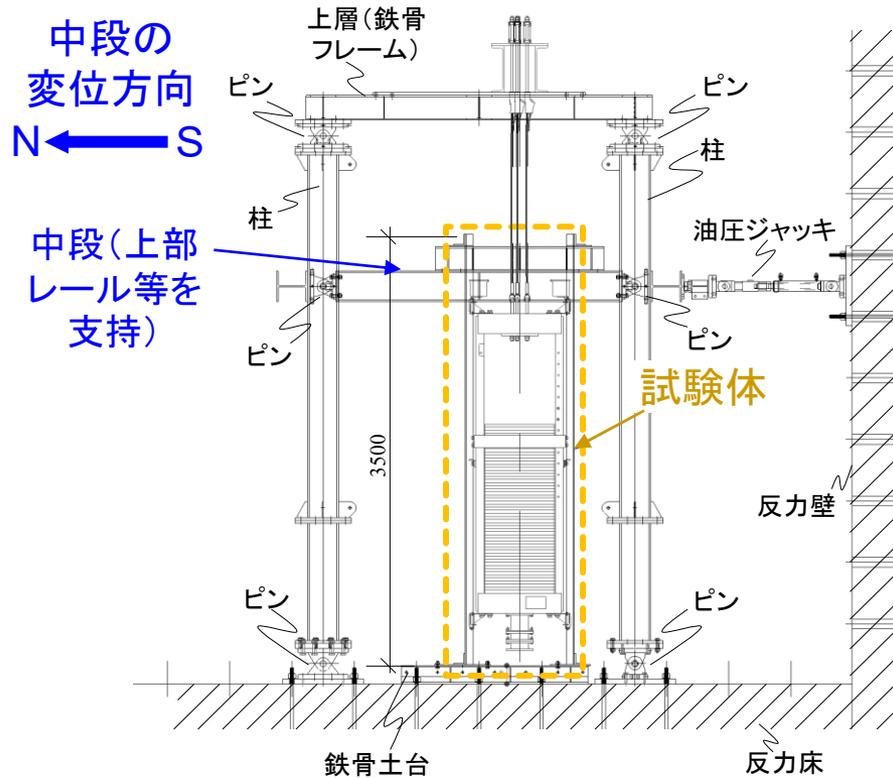


最大たわみ量

T75/B, 釣合おもり1ton 層間変形角に
対する応力度・たわみ
:0.6G 約1.33%で許容範囲に到達

釣合おもりとガイドレールの実験(とりあえずやってみる)

- ・レール1階床分を抽出し、鉄骨フレームを介して層間変形角を与える試験を実施 → **層間変形角6~7%でも脱落無**



試験体セットアップ (左右方向の例)

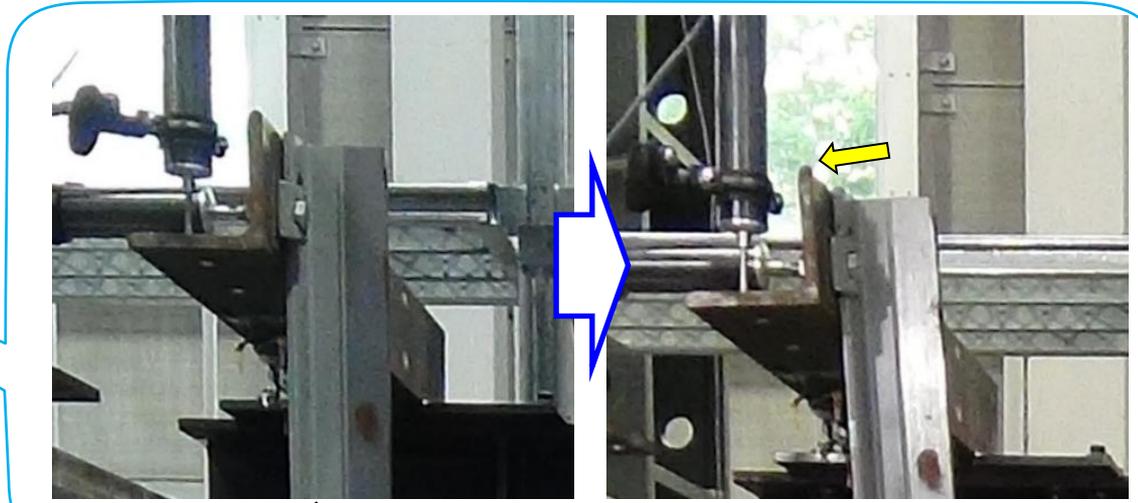
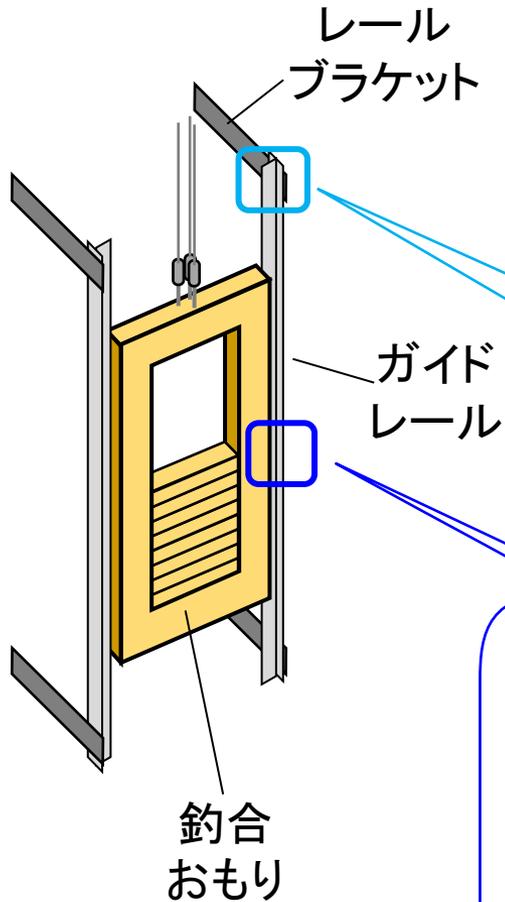


試験体

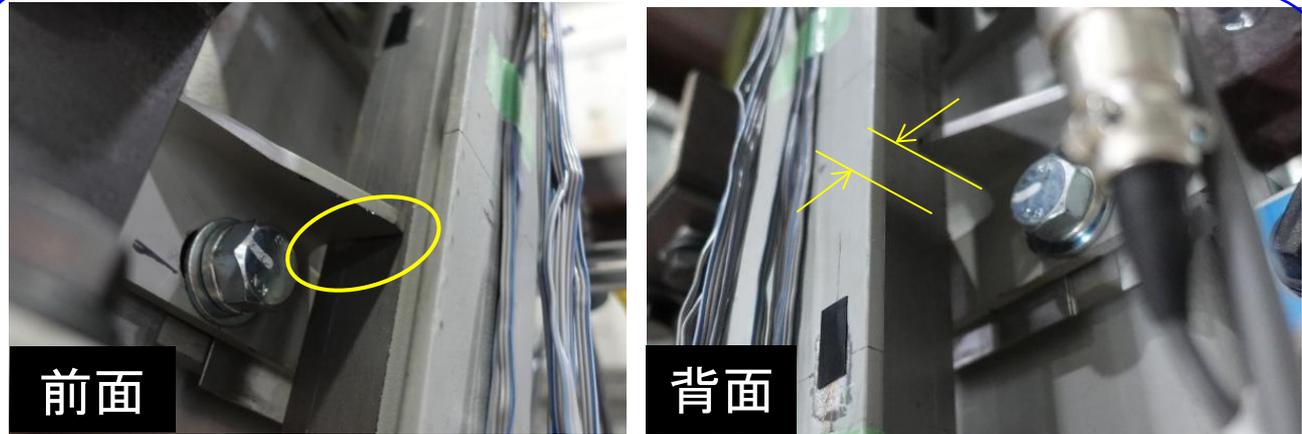


実験の様子

試験体の挙動



レール・ブラケット接合部の挙動(左右方向)



レールと中間ストッパーの接触・離間(前後方向)

エレベーター要素に関するまとめと課題

【検討のまとめ】

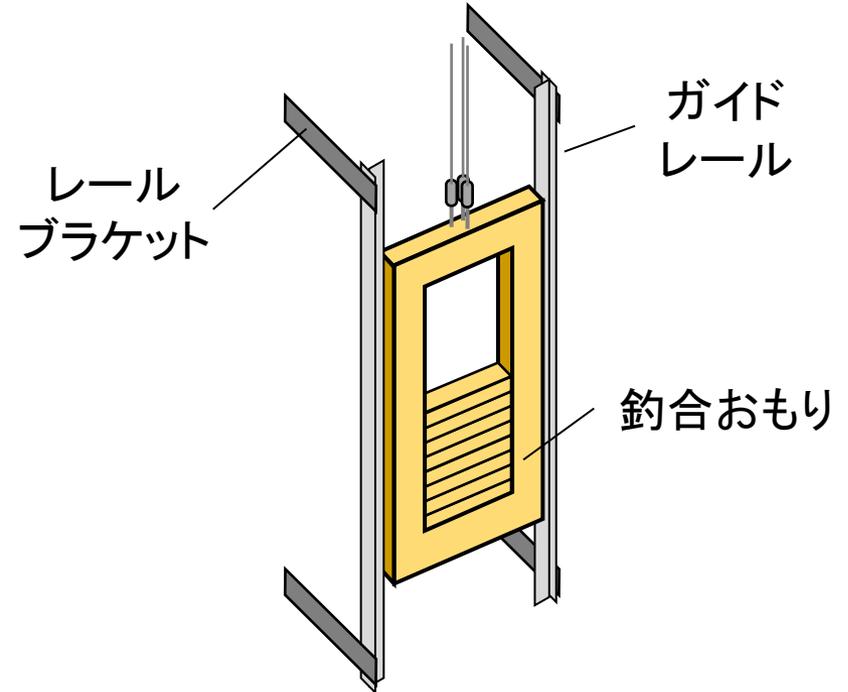
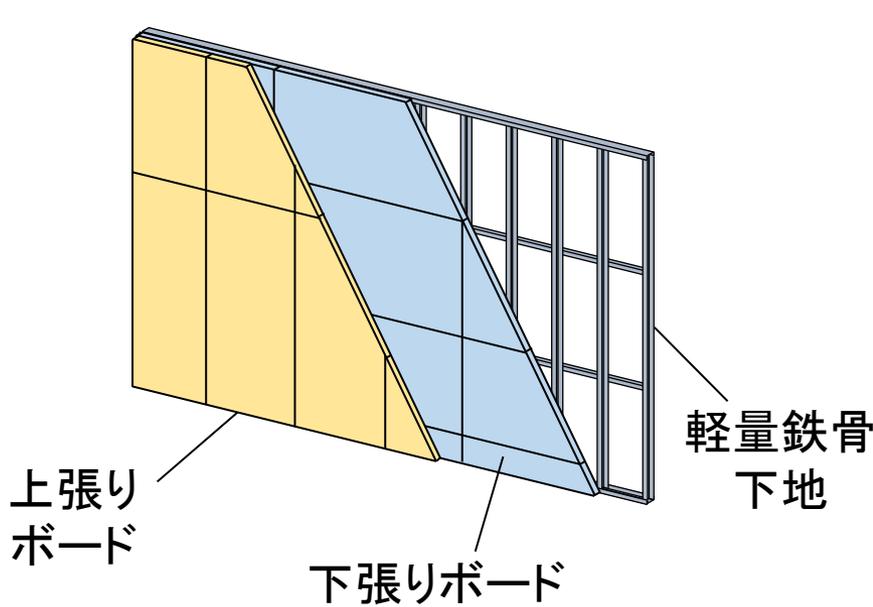
- ・釣合おもりからの水平力を受けるレールが層間変形角と同時に受ける場合について、技術基準を参考にした解析により検討した。
- ・建物の層間変位を模擬的に与えた結果、1層分を抽出した範囲では脱落事象等の再現には至らなかったが、レールやその周辺部材の変形を示唆する挙動を確認した。

【課題】

- ・解析により得られた層間変形角では実際に損傷が起こりうるか
- ・基整促で調査された閉じ込め原因のうち、建物の挙動が与える影響の解明、分析に資する知見の収集が必要。

おわりに

本講演の対象(再): 間仕切壁、昇降機



軽量鉄骨下地乾式間仕切壁
(LGS壁)

エレベーター
(ガイドレール等)

いずれも多数の部材により構成され、応力伝達メカニズムが複雑
地震時において、①慣性力と②層間変形角による強制変形角の両方
の作用が想定される

おわりに: 非構造部材の構造安全性

～機能継続性評価も見据えて～

- 本講演では、間仕切壁や昇降機の要素を対象に、それらの基本的な力学挙動や損傷メカニズムを考察するために実施した実験・解析検討について紹介した。

LGS壁【実験検討】

- ・LGS壁における面内・面外同時作用時の力学挙動について考察し、構造安全性の観点で継続使用可能な範囲を考察

エレベーター要素【実験・解析】

- ・釣合おもりからの水平力を受けるレールが層間変形角も受ける場合について、解析的に検討
- ・釣合おもり等 1層分を抽出した範囲で建物の層間変位を模擬的に与えた結果、レールやその周辺部材の変形を示唆する挙動を確認。

おわりに: 非構造部材の構造安全性

～機能継続性評価も見据えて～

- 併せて、最近発生した地震による被害状況の調査・分析結果についても紹介した。
- 実験や解析検討の結果推測される損傷メカニズムでは、地震被害を説明できていない部分が多いのが現状。

- 実験検討は理想的な支持条件での結果
→ **本来非構造部材が持つ性能?**
- 実際の非構造部材は多様な支持条件があり得る
→ 実験・解析において、現実により得る支持条件による影響の検討も必要

おわりに: 非構造部材の構造安全性 ～機能継続性評価も見据えて～

今後は

- 実験での力学挙動の詳細な解明
- 支持条件(取り合い部)を構造安全性への影響として考慮できるような知見を集積

していくことで、ひいては非構造部材の耐震性の向上とともに、建物の機能継続に寄与するよう、取り組んでいく

謝辞

LGS壁の実験研究は、(一社)日本鉄鋼連盟「鋼構造研究・教育助成事業」の研究分野指定助成課題に関連し、東京科学大学吉敷研究室との共同研究により実施したものです。

また、昇降機の要素に関する研究の実施にあたり、三菱電機ビルソリューションズ株式会社 小沼裕一氏(建築研究所 客員研究員)にご助言を頂きました。
ここに記して謝意を示します。

ご清聴ありがとうございました。