

# 軽量鉄骨下地による非構造部材の耐震性等に関する 建築研究所の最近の取組み

建築生産研究グループ 研究員 沖 佑典

## 目次

- I はじめに
  - II 非構造部材の耐震性確保等へのニーズと取組みについて
  - III 建築研究所での非構造部材の耐震性に関する研究
    - 1) LGS 壁
      - a. 面内変形と面外慣性力の同時作用に着目した LGS 壁の静的実験
      - b. 鉄骨骨組に支持された LGS 壁の地震時応答性状に関する動的実験
    - 2) 天井（勾配変化部を有する天井の実験）
  - IV 非構造部材に対する今後の展開
    - 1) LGS 壁の課題
    - 2) 天井の課題
    - 3) 非構造部材全体の課題
  - V おわりに
- 参考文献

## I はじめに

人々の生活や企業の経済活動、行政機能等を実現するために、建築物の各部分には断熱、音、遮光等、多様な機能が要請される。それらの機能を有するように選択される内装材等は「非構造部材」等とも呼称され、構造躯体に支持されるものが多く、構造躯体ほどには構造的検討を要しないものと解釈されることもあるが、過去の地震で非構造部材の被害が機能継続の妨げになった例は少なく、構造的検討による耐震性の確保の取組みがなされるようになってきている。

本稿では、非構造部材の耐震性等に関わる最近の動向を簡単に振り返ったうえで、特に軽量鉄骨下地とせっこうボード等で構成される間仕切壁（以下「LGS 壁」という。）と天井を取り上げ、建築研究所で実施した最近の実験等について紹介する。平成 29 年度講演会<sup>1)</sup>でも非構造部材を主な対象とした過去の地震被害等と研究動向が示されているため、本稿では主にそれ以降の話題を中心に示す。最後に、建築物の機能継続の観点から、非構造部材に求め

られている性能について改めて概観し、今後検討が望まれる課題等について述べる。なお、例えば建築基準法令における「非構造部材」に含まれるものとして、鉄筋コンクリート造の雑壁等もあるが、本稿においてそれらは対象としていない。

## II 非構造部材の耐震性確保等へのニーズと取組みについて

機能継続という観点からの国土交通省における近年の取り組みとしては、例えば庁舎建築物を対象とした総合技術開発プロジェクト<sup>2)</sup>等でも検討が行われてきている。また、平成 28 年に熊本地震が発生し、非構造部材の脱落、転倒等により、地震後に建築物に求められた機能が発揮できなかった事例（例えば写真 1）<sup>3)</sup>を教訓として、国土交通省住宅局から「防災拠点等となる建築物に係る機能継続ガイドライン」<sup>4)</sup>が発出された。この中の「7. 構造計画」において、構造躯体に対する耐震設計と同列で「非構造部材の耐震設計」が位置付けられ、非構造部材に対する大地震時の構造躯体の変形への追従性、地震力に対する安全性・機能継続性の確保等が盛

り込まれている。さらに令和元年には、同省大臣官房官庁営繕部が制定している「建築設計基準」の5年ぶりの改定により、官庁施設等の基本的性能を実現するための設計項目として建築非構造部材の耐震設計に関する規定が明確化され<sup>5)</sup>、庁舎建築物等に対する非構造部材の耐震対策が、以前よりも具体的に示されることとなった(図1)。

これらのような取り組みも含め、被災後に建築物に期待される性能として、建築基準法令によって規定される最低限の構造安全性の確保のみならず、機能継続にどの程度配慮し建築するか等の選択肢がこれまでより用意されつつある。しかしながら、各種非構造部材の要素技術は、過去の地震の経験を踏まえつつ従来の構工法を適用することが多いとみられる。そのため、これらの構工法がどのような仕組みで建築物の機能継続に寄与するか技術的に整理することが必要なのは言うまでもなく、建築物の大変形時にも想定しつつ、どの程度の耐震性を有するかを把握することが基本的に求められることになる。

### III 建築研究所での非構造部材の耐震性に関する研究

本章では、前章の背景も踏まえて建研で実施している、LGS 壁と天井の耐震性に関する実験的検討を紹介する。

#### 1) LGS 壁

##### a. 面内変形と面外慣性力の同時作用に着目したLGS壁の静的実験

LGS 壁の耐震性については、建築研究開発コンソーシアムに設置された研究会「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」(以下「LGS 壁研究会」という。)で様々な検討がされている。LGS 壁研究会は2017年に活動をスタートし、産(設計事務所、ゼネコン、部材メーカー等)24社、学(大学教員4名)、官(国土技術政策総合研究所、独立行政法人、建研)4団体が学術、制度、設計、部材等に関する各々の知見を持ち寄り、実験や既往知見の整理を通して、LGS 壁の耐震設計規準案の策定を目指して活動している。LGS 壁研究会の開始から2021年に至るまで、関連する成果として日本建築学会大会での学術講演が30報以上にも上っている。建研もLGS 壁研究会と連携しながら、東京工業大学との共同研究により以下の静的実験を実施している<sup>6)7)</sup>。

一般にLGS 壁は、JISA6517:2010に規定される下地材がよく用いられており、下地材であるスタッドを構造躯体(上下階の床)に固定されたランナーに差し込むのみとすることで、面内方向にスライドできるようにし、面外方向はランナーの立ち上がり部分がスタッドを支える構成となっている。日本建築学会の「非構造部材の耐震設計施工指針・同解説<sup>8)</sup>(以下「学会指針」という。)」に従



写真1 LGS 壁の地震被害<sup>3)</sup>

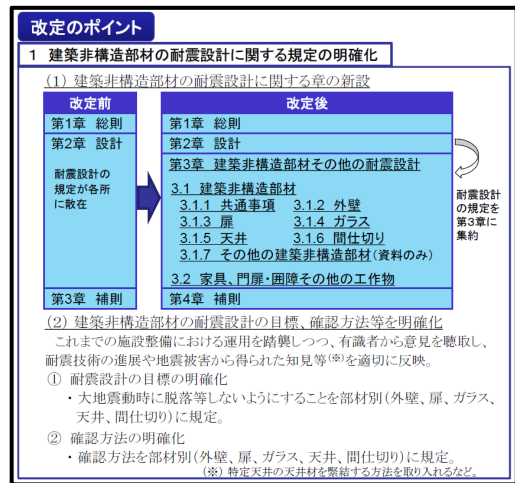


図1 「建築設計基準」の改定による建築非構造部材の耐震設計規定の追加(文献5)より抜粋)

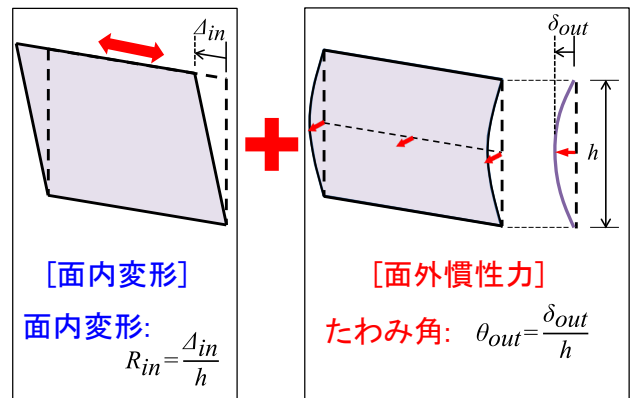


図2 III 1) a.において想定する面内変形、慣性力

うとLGS 壁のような非構造部材は、構造骨組の層間変位による面内・面外各方向の「強制変形(角)」(以下それぞれを「面内変形」及び「面外変形」という。)と、上下の床応答によって揺すられることで壁に生じる「慣性力」に対して検討することとされている。また、強制変形と慣性力は、それぞれで検討する、つまり、両者を「独立な検討」によって確かめることが解説されているが、LGS 壁

の耐力等について強制変形と慣性力の影響が独立とみなせるか、明確にはなっていない。そこで、強制変形と慣性力（以下「外力等」という。）が同一の LGS 壁に作用したときにどのような壊れ方をするか、また、それらの壊れ方が「独立な検討」によって予測できる損傷メカニズムであるか、等に着目した静的実験を実施した。

作用する外力等の組み合わせの一例として、図 2 に示す「面内変形」「（面外）慣性力」を取り上げて検討した。実際の地震では、同時刻に両方の外力等が LGS 壁に作用する状況になると考えられるが、本検討ではその第一段階として、同じ LGS 壁の試験体に面内変形と慣性力を順番に作用させることとした。試験体は法令上の耐火や界壁の構造方法に係る基準に適合する一仕様とし、写真 2 の载荷フレーム内に製作した。一つの試験体に対して一つの载荷パターン（面内変形と慣性力の加える順番、作用の度合い、等）で破壊に至るまでの様子を確認した。なお、実験においては、慣性力は高さ中央の位置への水平方向線荷重で模擬することとした。

まず、2つの载荷パターンによる実験の破壊状況を紹介します。一つ目は図 3(a)に示すように、①面内変形を正負交番载荷で強制変形角 $\pm 2.5\%$ まで作用させる、②载荷フレームを実験前（無負荷）の状態に戻す、③慣性力を中央の変形量の壁高さに対する割合（以下「たわみ角」という。） $+2.0\%$ まで徐々に作用させ、慣性力による耐力を確認する、という順序で行ったもの（以上を「試験体 No.1」という。）である。もう一つは、図 3(d)に示すように、面内変形と慣性力を試験体 No.1 とは逆順（③→②→①）で行ったもの（以上を「試験体 No.2」という。）である。

それぞれの载荷パターンでの損傷状況を図 3(b),(c)及び図 3(e),(f)に示す。試験体 No.1 では、面内変形の比較的小さい段階で载荷フレームとボード端部の間の接触・損傷が確認され（図 3(b)）、それ以上に面内変形を大きくしていくと、試験体と载荷フレームの間の隙間が広がったが、それ以外に明確な損傷は見られなかった。その後、慣性力を作用させた後に図 3(c)に示すような目地部でのボードの剥がれが生じた。

試験体 No.2 では、慣性力の作用後に図 3(e)に示すような目地部でのボードの剥がれが、この時点で生じていた。その後、面内変形によって損傷が大きくなり、最終的にボードが脱落した（図 3(f)）。図 3(b)のボード端部の損傷は、試験体 No.2 の面内変形作用時にも確認されている。また、実験後にボードを剥がして確認されたスタッドの変形（写真 3）は、いずれの試験体にも確認されており、慣性力のみを想定した場合の既往の実験<sup>9</sup>等でも確認されている損傷状況である。

一方、図 3(c)と図 3(e)の損傷は試験体 No.1、No.2 のいずれも慣

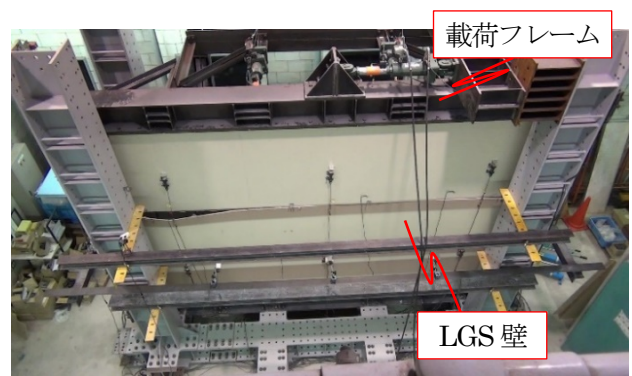
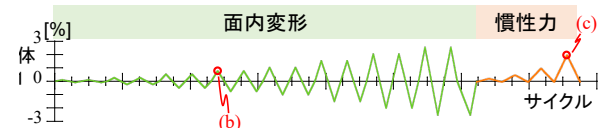


写真 2 面内変形と面外慣性力の同時作用に着目した LGS 壁の静的実験の様子



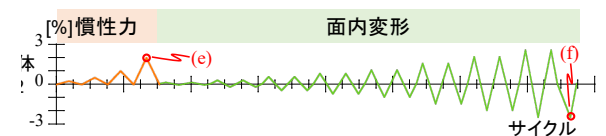
(a) 試験体 No.1: 面内変形→除荷後、慣性力を载荷した試験体



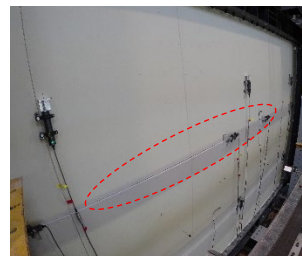
(b) ボードと载荷フレームの接触（面内変形 $+0.75\%$ ）



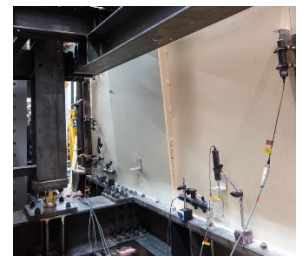
(c) 目地部分でのボードの剥がれ（慣性力 $+2.0\%$ 後）



(d) 試験体 No.2: 慣性力→除荷後、面内変形を载荷した試験体



(e) ボードの剥がれ（慣性力 $+2.0\%$ 後）



(f) ボードの脱落（面内変形 $\pm 2.5\%$ 後）

図 3 载荷履歴と損傷状況

((a)~(c): 試験体 No.1、(d)~(f): 試験体 No.2)

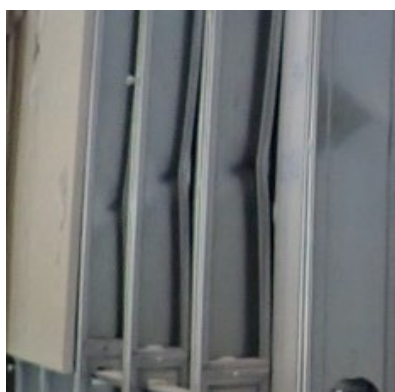


写真3 実験後の高さ1.5m部分（慣性力の荷重位置付近）でのスタッドの変形

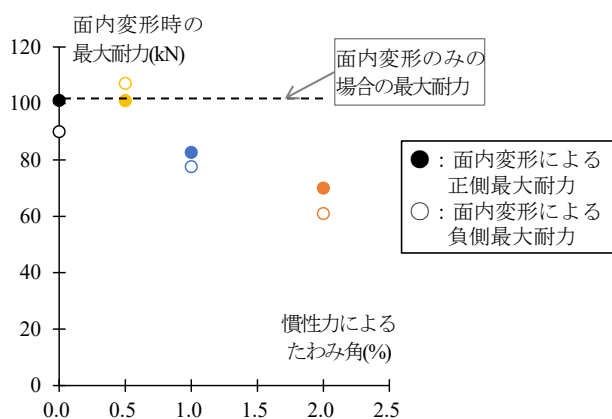


図4 慣性力によるたわみ角と面内変形による最大耐力の関係

性力の作用によって生じたものであるが、最終的に面内変形と慣性力を同じだけ作用させたにもかかわらず、実験後の損傷状況は大きく変わっており、No.2のほうが激しい損傷となっている。以上から、面内の強制変形と面外の慣性力の同一試験体への作用に着目すると、慣性力によって生じたボードの損傷が面内変形の挙動に影響を与える可能性があることが示唆される。

上記で紹介した荷重パターン以外にも、試験体No.2と同様に③→②→①の順序で、③で作用させる慣性力によるたわみ角を変えて実施した荷重パターンの実験結果も併せて、それぞれの試験体で得られた外力等について、図4のように整理してみる。ここで、縦軸は面内変形が最大耐力に到達したタイミング以降は損傷が大きく進行すると考え、作用した最大耐力に着目することとした。横軸は、慣性力によって作用させた中央の最大たわみ角とした。縦軸線上の点(●、○)は試験体No.1の①までで得られた結果を、たわみ角0.0%すなわち慣性力の影響がない場合の結果として示したものであり、橙色の点は試験体No.2における慣性力によるたわみ角+2.0%の結果を示したものである。また、黄色と青色の点は、慣

性力によるたわみ角をそれぞれ+0.5%、+1.0%とした荷重パターンの結果である。LGS壁の面内変形において慣性力による影響が無視できるならば、図4の破線で示す面内変形をみの時の最大耐力まで耐えられる結果となるはずである。一方、実際にLGS壁を同一の試験体に「慣性力→面内変形」の順番で加えたときの最大耐力は図内の点で示すとおり、例えば慣性力によるたわみ角+1.0%に対して面内変形時の最大耐力は8割程度となっている。これは検討をまとめた結果の一例であるが、学会指針で解説されている「独立な検討」では、慣性力による影響を考慮して面内変形がどの程度耐えられるかを十分に把握できているとは言えない。特に機能継続を意図した計画、設計を行うためには、そのような同時性も踏まえて十分に配慮する必要があると考えている。

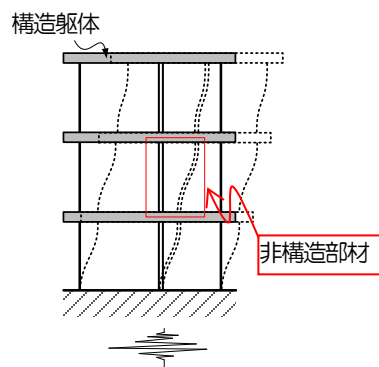


図5 壁が受ける地震時の応答（面外変形を含む）の検討

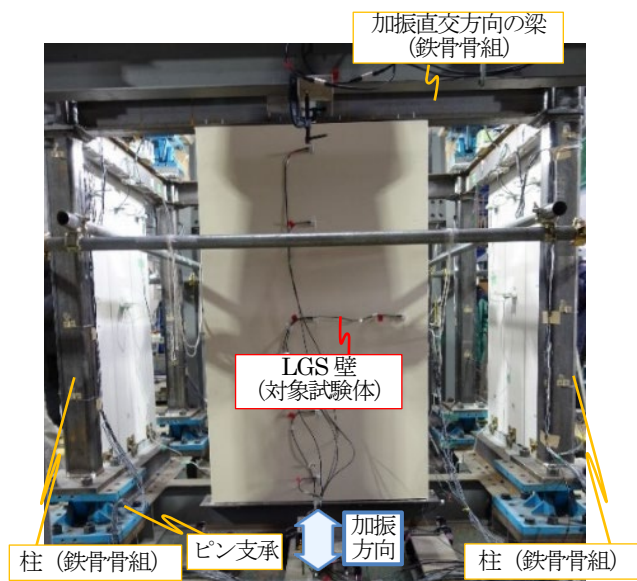


写真4 鉄骨骨組に支持されたLGS壁の動的実験試験セットアップ

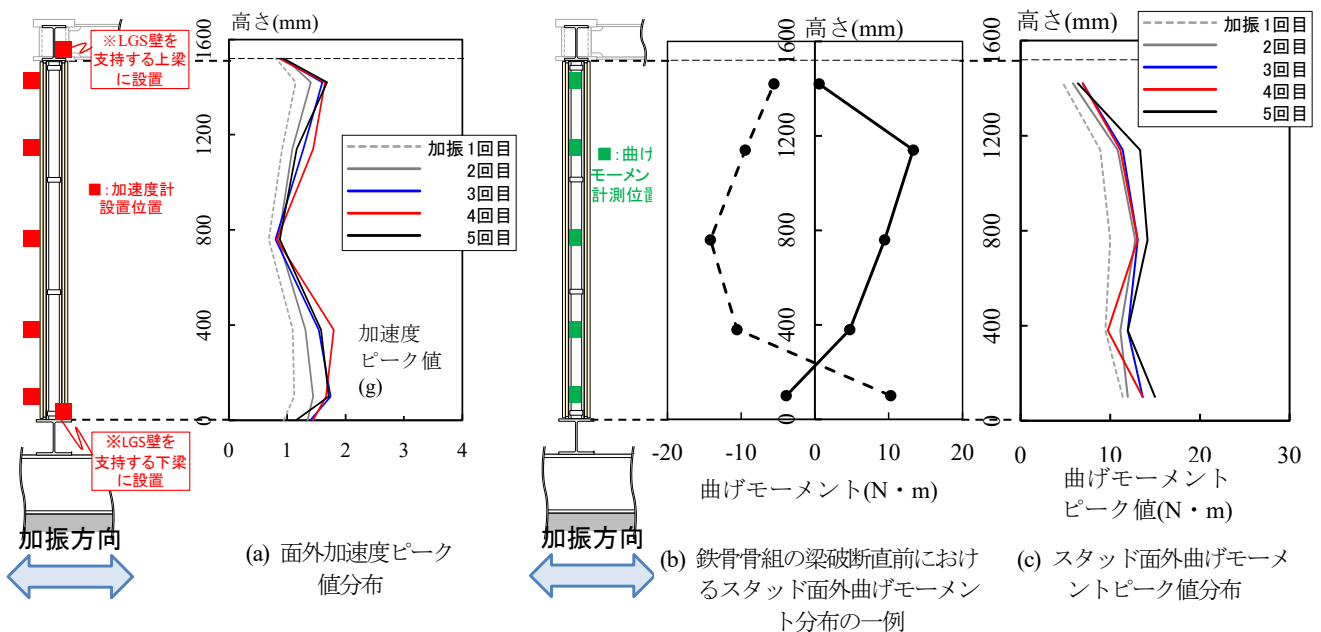


図6 結果の一例 (LGS 壁の面外加速度とスタッドの曲げモーメントの応答分布)

## b. 鉄骨骨組に支持された LGS 壁の地震時応答性状に関する動的実験<sup>10, 11)</sup>

LGS 壁が構造躯体の影響を受けながら地震時にどのように挙動するかについて確認した検討例は未だ少ない。特に LGS 壁は、上下の床に支持されていることから、天井のように単純な質点系のモデルではなく、いわゆる多点入力の問題として捉えられる。LGS 壁を上下床にとりつく一様な連続体に単純化することができれば (図 5)、モード解析等の手法を用いて地震力のある程度解析的に推測することが可能となるが、LGS 壁固有の接合状態等を踏まえた応答性状を解析のみで明らかにすることは難しい。そこで、検討の一例として、鉄骨骨組に設置される LGS 壁の地震時応答性状を確認する動的実験を実施した。鉄骨骨組は 1 層 1 スパンで、下端がピン支承を介して振動台に支持されている。兵庫県南部地震の観測波を基に作成された地震動により加振し、1 回目の加振で加振方向の梁端が塑性化するが、その後も繰り返し地震動を入力することで、最終的に破断まで至らしめる。本検討の対象試験体である LGS 壁は加振直交方向の梁等に支持され、LGS 壁の面外方向が加振方向となる。先ほどの a. と同様の表現を用いると、本実験においては LGS 壁に「面外変形」「慣性力」の 2 種類の外力等が作用する状態について検討することになる。LGS 壁の下から計 5 か所の高さのボード面外加速度と LGS 壁のスタッド 1 本に対するひずみを計測し、平面保持を仮定してひずみの計測値からスタッドの曲げモーメントの値を計算した。図 6(a)は高さ方向の加速度の加振ご

とのピーク値分布を、図 6(b)は鉄骨骨組が破断する直前における 2 つの時点で計測されたスタッドの曲げモーメント分布を、図 6(c)は高さ方向の曲げモーメントのピーク値分布を、それぞれ示している。今回の実験では、最終的に鉄骨骨組の層間変形角が約 7% となって梁端に破断が生じたのに対し、LGS 壁は鉄骨骨組による面外変形で傾いたものの、目立った損傷は発生しなかった。また、図 6(a)から、加速度応答のピーク値は比較的上下の支持部分に近い位置で大きくなっていること、図 6(b)及び(c)から、曲げモーメントの応答は下端部に近いところで、ほかの位置の応答と正負が逆になる傾向が出たこと、等が確認された。

## 2) 天井 (勾配変化部を有する天井の実験)<sup>12)</sup>

平成 25 年の特定天井の告示<sup>13)</sup>制定に伴う技術基準解説書<sup>14)</sup>は、従前の JISA6517:2010 に基づく部材を用いた工法による天井等を基本的に想定して制定された。また、告示等で示されている仕様や計算方法は、あくまで天井が一体的に挙動することを前提としたものである。そのため、一体的に挙動することが簡単に確かめられない段差部を有する場合等は、詳細な検討がない限り「有害な応力集中を生ずるおそれがある」ものとして、例えば段差部で天井面を切り離した上で、それぞれの天井に対する耐震化が求められている。しかしながら、天井の計画、また天井に求められるその他の要求性能を踏まえると、段差部での分離が困難な場合も考えられることから、有害な応力集中を生ずる箇所例として示されている勾配変化部を模擬した曲げ試験 (写真 5)、勾配変化部を有する吊り天

井の水平載荷実験（写真6）を行い、損傷状況、補強方法等について検討した（写真7）。実験結果から、従前の JIS に準ずる金物では慣性力を十分に伝達できないが、強度を高めた金物の使用、ビス留め等で接合状態が確保されれば、ブレースに力を伝えることができ、複数の勾配から成る場合でも耐震性の向上になりうること、勾配変化部を有する天井では、水平方向に力を加えても天井面の持ち上がり、ハンガー等への強制変形が生じること、等が確認された。

#### IV 非構造部材に対する今後の展開

本章では、前章で検討対象とした LGS 壁、天井に関して今後検討すべき課題を示すとともに、これらも含む非構造部材に共通すると思われる、中長期的な展開について考える。

##### 1) LGS 壁の課題

LGS 壁に対して強制変形と慣性力が同時に作用した場合の耐力や損傷メカニズムについて、本稿では考えられる組み合わせの一例を示した。これらの検討は一部分であるが、実験結果だけでも、それぞれの外力等に対して「独立に検討」することでは、必ずしも実際に生じる状態を再現できていないことが分かりつつある。今回紹介した載荷パターンのほかにも外力等に対する組み合わせが考えられるため、今後も LGS 壁の耐震性が損なわれる閾値やその原因について、耐震設計で考えるべき載荷条件の影響を含めて明らかにすることで、例えば軽量鉄骨下地のどの部材を補強するのが効果的か等、LGS 壁の耐震性向上策について検討することが可能になると考えている。また、その一方で、これまでの面内、面内各変形や慣性力に関する実験との対応についても今後整理すべき課題である。

また、III 1) a.で紹介した実験における LGS 壁の試験体は、四周が構造躯体の柱や梁を模擬した載荷フレームに囲われていたほか、開口等のない状態であった。したがって、III 1) a.の検討で確認された事象が、実際に施工される LGS 壁の仕様、例えば開口部が LGS 壁の構面に存在する場合や、出隅、入隅がある場合等に適用できるかといった課題も存在する。さらに、必ずしも構造躯体に直接支持されておらず、はね出し材を介する場合等、一部は既に検討が進められている<sup>例えば15)</sup>が、このような様々な需要に応じ決定される壁の形状等への展開も考えられる。

さらに、非構造部材（LGS 壁に限らず、上下階の床に支持される部材全般）の応答（加速度、曲げモーメント等）について実施されている解析的検討<sup>16)</sup>も踏まえ、III 1) b.で示した動的实验による検討結果との関係を今後整理する必要がある。解析と実験の



写真5 天井の勾配変化部を模擬した部分の曲げ実験

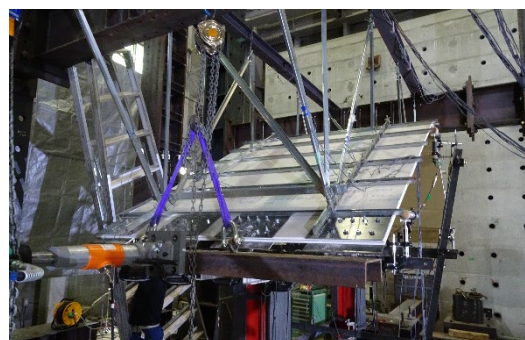
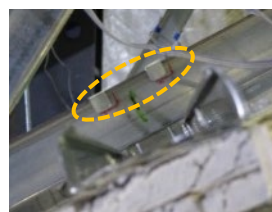


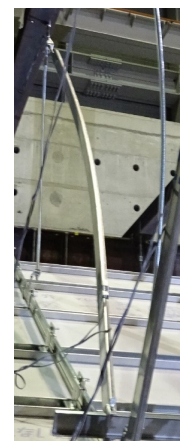
写真6 勾配変化部がある天井の載荷実験



(a) クリップのずれ (赤線が初期位置)



(b) 天井面の持ち上がり



(c) ブレースの屈曲

写真7 天井の実験で見られた主な損傷状態 ((a),(b): JIS A6517 のクリップ等を用いた天井、(c): 接合部を補強した天井)

対応関係が明らかになれば、実験で再現できなかったパラメータについても網羅的な検討が可能になると考えている。

##### 2) 天井の課題

東日本大震災により、天井の耐震基準の策定までは早急な対策が求められていたことや、天井の技術的検討が発展途上であったことから、特定天井関連の技術基準<sup>13), 14)</sup>では、力の伝達メカニズムが単純化できる場合に限定されているといえる。一方で、特定天井の告示制定を受けて、天井に対する耐震化の必要性が急速に認識されるようになり、日本建築学会大会等でも、耐震性の向上を目指した天井工法等が提案されるようになった。これらにより、東日本大震災以前よりも全体として天井の耐震性が底上げされてきていると思われる。これらの技術開発による耐震性の底上げに応じ

て、合理化等の制度的な後押しが可能になってくる部分もあると考える。逆に、Ⅲ 2) で一例を示したように、平らな天井では影響が少なかったが、天井の形状が複雑になるとこれまでとは異なる動きが誘発される場合もあるので、そのような点も踏まえて、注意深く議論していく必要がある。

### 3) 非構造部材全体の課題

建築物における「非構造部材」としてまとめられることの多い天井やLGS壁の耐震性に関する現状の一端を見ても、十分に整備されていない部分が多い。今後も非構造部材の要素技術について、個別検討をさらに深めていく必要があると考える。またその一方で、これまでの機能継続に対する議論では触れられることが少なかった部分もあるため、これから激甚化が危惧される災害、多様化する建築物に対するニーズ等を踏まえながら、改めて非構造部材における各要素技術の議論を展開することも必要であると考えている。以下に考えられる展開の一案を示す。

最近では風水害による建築物への被害も見られている。例えば、外装材は風圧力に関する検討が必要であり、特定天井の告示でも、耐震性に関する検討とは別に、風圧により脱落しないことが規定されている。一方、低層建築物の軒天井等の被害(写真8<sup>17)</sup>)の状況を見ると、内装材で用いられるものと同様の下地材を使用している例も確認されている。機能継続に対する議論はこれまで、大地震時を基軸に進められてきたが、このような被害の実態も見ながら、今後は耐震性のみならず耐風圧性の観点も含めた検討が必要になってくると思われる。



写真8 軒天井の強風による損傷

本稿の冒頭にも述べたとおり、多くの非構造部材は耐震性以外の様々な機能を含めて実現することが本来的に求められるため、計画・設計段階から耐震性等を意識されることは少ないと思われる。一方、非構造部材の損傷は、非構造部材が単に耐震性を損なうのみならず、本来的な要求性能を損なうことにもつながる可能性

がある。そのため、「機能継続」については、非構造部材が耐力的に余裕のあることだけでなく、その部位の本来的な「機能」がどの程度なら継続されるかなどと併せて議論する必要も出てくると思われる。例えば今回紹介した検討で見られたようなボードやスタッドの損傷が、耐震性以外の要求性能を評価軸としてはどの程度許容されるか、という点にも着目しながら整理できれば、機能継続に対するニーズに幅広く応えることが可能になっていくと考えている。

## V まとめ

本稿では、非構造部材を取り巻く耐震性等に関わる最近の動向を確認した上で、建築研究所で実施しているLGS壁、吊り天井の実験検討等について紹介した。また、今後展開が考えられる点や課題について述べた。非構造部材は機能継続性と密接にかかわるものであることから、損傷しないだけでなく、求められる水準は今後も高まっていくと予想される。一方、非構造部材の種類・工法等は、今回紹介したもの以外にも多種多様に存在し、それらの各々で配慮すべきことが異なるため、一朝一夕の解決は難しいが、更に検討を重ねて、社会全体の安全・安心の向上に資するように、これからも取り組んでいきたい。

## 参考文献

- 1) 石原直:非構造部材の耐震性に関する研究動向と展望、平成29年度建築研究所講演会(講演)
- 2) 国土交通省国土技術政策総合研究所:災害拠点建築物の設計ガイドライン(案)、国土技術政策総合研究所資料、No.1004、2018.1
- 3) 国土交通省国土技術政策総合研究所ほか: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)(自治体体育館等の特定天井を中心とした非構造部材の被害調査)、2016.11、  
<http://www.kenken.go.jp/japanese/contents/topics/2016/14-kumamoto.pdf> (2022.1閲覧)
- 4) 国土交通省住宅局:防災拠点等となる建築物に係る機能継続ガイドライン、2018.5(新築版)、2019.6(追補版)、  
[https://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/build/jutakukentiku\\_house\\_tk\\_0\\_00088.html](https://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/build/jutakukentiku_house_tk_0_00088.html) (2022.1閲覧)
- 5) 国土交通省報道発表資料「建築非構造部材の耐震設計を明確化～官庁営繕の「建築設計基準」を5年ぶりに改定～」、2019.6、  
[https://www.mlit.go.jp/report/press/eizen04\\_hh\\_000021.html](https://www.mlit.go.jp/report/press/eizen04_hh_000021.html)

(2022.1 閲覧)

- 6) 吉敷祥一、沖佑典ほか：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25~その27、日本建築学会大会学術講演梗概集（東海）、pp.957-962、2021.9
- 7) 磯田充樹、沖佑典ほか：面内変形と面外慣性力を組み合わせたLGS壁の静的載荷実験、鋼構造年次論文報告集、Vol.29、pp.366-373、2021.11
- 8) 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、日本建築学会、2003
- 9) 新田互、吉敷祥一ほか：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13 面外変形に対する剛性と耐力(2)、日本建築学会大会学術講演梗概集（関東）、pp.1211-1212、2020.9
- 10) 伊山潤、廣嶋哲ほか：地震時における鉄骨造骨組の梁端部の損傷評価に関する振動台実験 その1・その2、日本建築学会大会学術講演梗概集（東海）、pp.1185-1188、2021.9
- 11) 沖佑典ほか：鉄骨骨組に設置された小規模軽量鉄骨下地間仕切り壁の面外振動実験、鋼構造年次論文報告集、Vol.29、pp.800-807、2021.11
- 12) 沖佑典：勾配変化部を有する鋼製下地吊り天井の水平載荷実験と考察、令和2年度建築研究所講演会（パネル）
- 13) 平成25年国土交通省告示第771号 特定天井及び特定天井の構造耐力上安全な構造方法等を定める件、2013.8（制定）、2016.5
- 14) 国土交通省国土技術政策総合研究所ほか：建築物における天井脱落対策に係る技術基準の解説、2013.10、2016.7（追加）
- 15) 八木尚太郎ほか：鉄骨骨組に取り付けられた乾式間仕切り壁の大変形時における損傷と加速度計による傾斜計測を用いたその検出の可能性、日本建築学会構造系論文集、Vol.86、No.788、pp.1400-1411、2021.10
- 16) 石原直ほか：多層建築物内の上下の床に固定-ピン支持された軽量の曲げ棒の地震応答に関する一考察、日本地震工学会・大会-2020、A-3-1、2020.11
- 17) 国土交通省国土技術政策総合研究所ほか：平成30年台風21号に伴う強風による建築物等被害現地調査報告（速報）、2018.11、<http://www.kenken.go.jp/japanese/contents/topics/2018/typhoon21.pdf> (2022.1 閲覧)