

— 東日本大震災からの教訓 —

## 2段積みALC間仕切壁を支持する 二次的な部材(中間梁)の設計について

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震では、様々な非構造部材にも多大な被害が生じました。これら非構造部材における地震被害の中で、階高が高くスパンの大きい間仕切壁(帳壁)の被害が、新たな事例として報告されています。

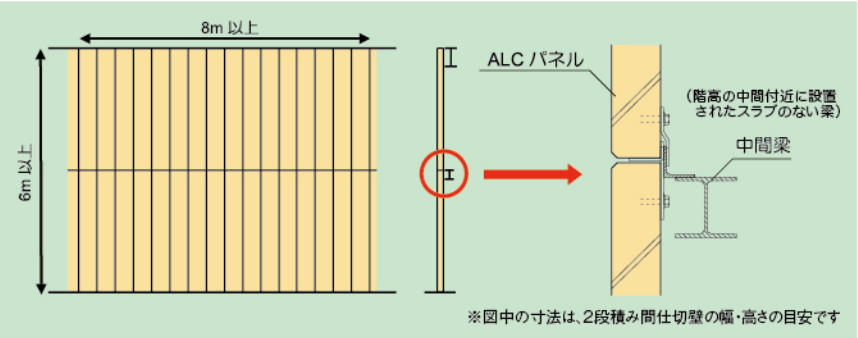
これらの被害は、構造躯体との共振作用などにより、ALCパネルを支持する中間梁が過大に挙動するなど、二次的な支持部材が要因と考えられる事例が多いことがわかっています。

本資料は、2段積みALC間仕切壁の地震被害の原因究明と対策検討を目的として取り組まれた研究の知見に基づき、現段階(2016年3月)で考えられる設計上の留意点をまとめたものです。



1 東日本大震災で報告された新たな被害事例

この震災では、工場・倉庫などの階高の高い鉄骨造建物で、2段積みALC間仕切壁の大破や脱落被害が複数確認されました。これら被害の多くは、ALCパネル以外の他部材や中間梁などの構造要素が要因と考えられ、折板屋根を有する最上階で多く見られました。また、間仕切壁に大きな被害が発生した建物でも、外壁は無被害あるいは軽微な被害に留まっている事例が、この被害の特徴でもありました 参考文献1)。



2段積みALC間仕切壁の概念図



2段積みALC間仕切壁の被害事例

2 推定される主な被害要因

調査・研究の結果、大きな被害の要因として以下が推定されており、中でも多かったと目されているのが中間梁に起因する被害です。

●中間梁が要因と考えられる被害

- ・中間梁の面外剛性不足によるパネル取付け部の損傷
- ・中間梁の過度なねじれによるパネル取付け部の損傷
- ・中間梁の鉛直変位によるパネル自重受け金物の下段パネルへの衝突

●中間梁以外が要因と考えられる被害

- ・内装材や設備機器などが衝突したことによる損傷
- ・他部材などが変形追従機構を阻害したことによる損傷
- ・施工不良（溶接長不足など）

通常、あまり注目されることのない二次的な構造部材である中間梁ですが、以下に、その設計の際の留意点を述べます。

3 中間梁設計の際の留意点

① 地震時の面外慣性力

参考文献2) では、地盤からの振動に対して間仕切壁の支持部材である中間梁の面外方向の応答加速度が増幅され、継続時間の長さも相まって、ALCパネルの取付け部に共振による過大な面外力が作用したことが推測されています。ここで、面外力増大の一因として、中間梁の面外剛性が低かったことが挙げられています。

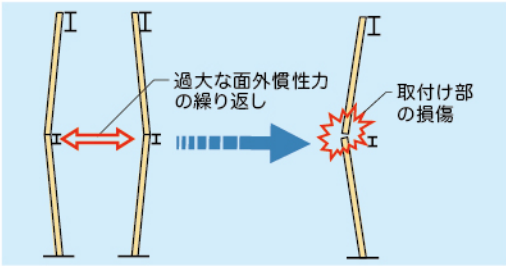
非構造部材に作用する慣性力については、構造躯体との共振作用など、動的な挙動の考慮などが必要であることがわかっています。しかし、建物ごとの精緻な解析的検討は難しいため、参考文献4) に示される慣性力の算定方法（震度法）などに基づいて算定することをお奨めします。（計算内容は、P3の算定例を参照して下さい。）

この算定例では、最上階の間仕切壁の中間梁部の設計用水平震度は2.58程度となりますが、実際に被害があった間仕切壁の中間梁については、一般的に用いられる1.0程度の水平震度しか考慮されていなかったことと思われます。

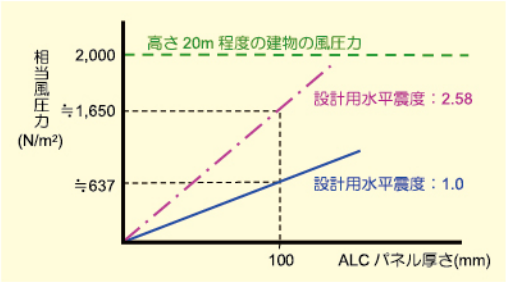
算定例による値は一般的に用いられる値の約2.6倍で、非常に大きい印象を受けます。しかし、ALCパネルの構造計算用重量は、厚さ100mmの場合、約637N/m<sup>2</sup>と軽量ですから、算定例の値を採用した場合の慣性力は1,650N/m<sup>2</sup>程度で、外壁に加わる風圧力と比べると特に大きな荷重ではありません。

このことから同一物件の外壁に被害が少なかった理由は、外壁の梁や中間梁は風圧力を見込んで設計されているため、剛性が十分にあったためと考えられます。

従って、2段積みALC間仕切壁を設計する際は、参考文献4) などに基づき、十分な慣性力を想定することが重要です。



中間梁の面外剛性不足による被害のイメージ



地震時の慣性力と相当風圧力の関係

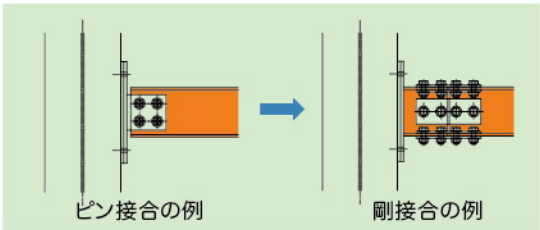
※上図はあくまでも目安あり、風圧力は建物の諸条件で異なります。

② 中間梁のたわみ

中間梁には、長期の鉛直荷重として上段パネルの自重が加わるため、鉛直方向のたわみを考慮する必要があります。ALCパネルの場合、横目地幅、自重受け金物の厚さ、などと中間梁のたわみ量との関係を考慮した計画が望まれます。

③ 中間梁のねじれ

中間梁のねじれがパネル取付け部の損傷につながる可能性もあります。ねじれの対策としては、パネルと中間梁との距離を出来るだけ近づけることや、右図のように、中間梁の端部を剛接合（ウェブのみではなくフランジも接合）とするなどの接合ディテールの採用も考えられます。

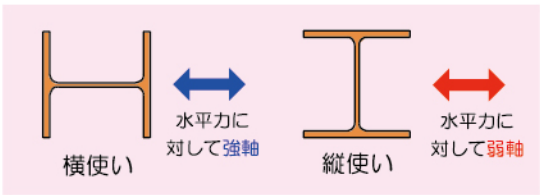


中間梁の端部接合例

④ 中間梁の向き

中間梁にH型鋼を使用する場合は、横使いの方が水平剛性は高くなります。振動台実験の結果から、同じサイズなら横使いの方が、パネルの破損や脱落防止に有効であることがわかっています 参考文献3)。

面外慣性力やパネル自重などを考慮の上、H型鋼の向きを決定してください。

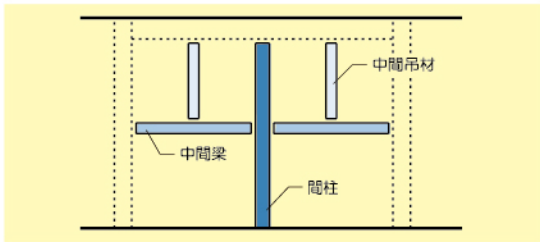


H型鋼の縦・横使い

⑤ 中間梁の支持スパン

中間梁の支持スパンが大きい場合には、間柱によるスパンの分割や、中間吊材を設けることにより、中間梁の変形量を抑えることも有効な対策です。

上述の、①～④と併せて検討してください。



支持スパン対策のイメージ

4 その他の留意点

P1に示した、中間梁以外の被害要因についても極力排除しておくことが重要です。

5 ALCパネル取付け構法について

2段積み間仕切壁は、一般的に外壁用の取付け構法が採用されます。なお、その仕様には下記の2種類があります。

- ・標準仕様：風圧力の目安が、正圧2,000N/m<sup>2</sup>以下、負圧1,600N/m<sup>2</sup>以下の建物を対象にしたもの
- ・高荷重仕様：高層建物などへの対応用に、取付け部等を高強度にしたもの

ALCは軽量であるため、通常、地震時の慣性力は風荷重より小さく、標準仕様でも強度的には余裕があると考えられます。また、高荷重仕様を採用することは、脱落防止の観点でさらに余裕度を高めた措置となります 参考文献3)。

建物の設計条件や、要求性能に合わせて取付け構法を選択してください。

以上、2段積みALC間仕切壁の主に中間梁について設計上の留意点をまとめましたが、上記内容は、ALCのみならず同じ様な条件下で用いられる非構造部材を支持する構造二次部材に共通する内容であると考えられるため、将来起こり得る大地震対策の一環として、構造設計者をはじめ、建築に携わる方々に参考として頂ければ幸いです。

なお、本資料の作成に当たっては、JSCA（一般社団法人 日本建築構造技術者協会）様より御協力を賜りました。

参考文献

1) 塩出有三他：2011 年東北地方太平洋沖地震における ALC 帳壁地震被害報告, 日本建築学会大会学術講演梗概集(東海), 65-68, 2012.9

2) 寺本隆幸他：ALC 間仕切壁の地震被害と今後の対策(その1～その9), 日本建築学会大会学術講演梗概集(北海道), 1711-1719, 2013.8

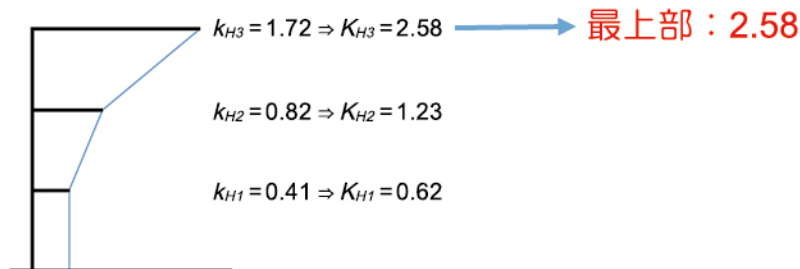
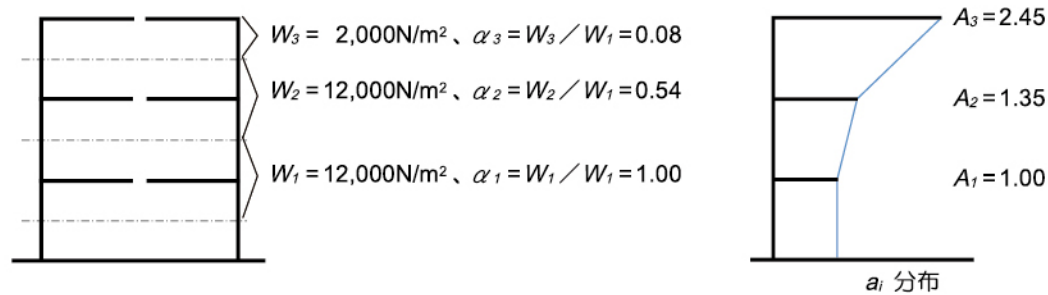
3) 石原直 他：中間梁に支持された2段積み ALC 間仕切壁の地震時面外挙動に関する実験(その1～その3), 日本建築学会大会学術講演梗概集(近畿), 1223-1225, 2014.9

4) 日本建築学会：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；2003.1

## 「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」<sup>4)</sup> に基づく外力算定例

### 【建物概要】

- ・用途：倉庫 ・階数：地上3階建て ・主構造：S造
- ・スラブ材料：2～3階床：RC、屋根：折板
- ・最高高さ：20m ・設計用一次固有周期：0.6s
- ・各階の重量：1階：12,000 N/m<sup>2</sup>、2階：12,000 N/m<sup>2</sup>、3階：2,000 N/m<sup>2</sup>



$$F_{Hij} = K_{Hi} \cdot W_{ij}$$

$$K_{Hi} = Z \cdot \beta_{Hj} \cdot k_{Hi} \quad \text{かつ} \quad K_{Hi} \geq 0.3$$

$F_{Hij}$ ：非構造部材の重心に作用する水平方向の慣性力

$K_{Hi}$ ：(i 階の) 非構造部材の設計用水平震度

$W_{ij}$ ：i 階の j 非構造部材の重量

Z：地震地域係数 …… 1.0 と置く

$\beta_{Hj}$ ：(i 階の) j 非構造部材の応答倍率により定まる係数

… 上下端固定の板状で、且つ剛性が低いものとして 1.5 と置く

$k_{Hi}$ ：主体構造の床応答倍率より定まる係数

$$\text{ここで} \quad k_{Hi} = R_i (A_i \cdot \tilde{W}_i - A_{i+1} \cdot \tilde{W}_{i+1}) \tilde{C}_0 / W_i$$

$$\tilde{W}_i = \sum_{j=1} W_j \quad W_i: \text{建物 } i \text{ 階の重量}$$

$R_i$ ：建築物の振動特性係数 …… 1.0 と置く

$\tilde{A}_i$ ：地震層せん断力係数の高さ方向の分布を表す係数

$C_0$ ：基準せん断力係数 = 0.7 (T ≤ 0.64s)

(大地震の下位レベル 300gal を想定)

注：上記は、慣性力を求めるための算定の一例です。

計算式、計算内容につきましては、設計者の御判断により適宜検討してください。