

発泡プラスチック外張断熱協会 様

外張断熱工法等における

- (1) 外装材支持耐力特性の測定方法 (COA 標準試験規格)
- (2) 外装下地の構造設計規準(案)と設計例

報 告 書

2009年3月

社団法人 北海道建築技術協会



COA 標準試験規格

外張断熱工法等における外装材支持耐力特性の測定方法

2009年3月

社団法人 北海道建築技術協会

外張断熱工法等における外装材支持耐力特性の測定方法

1. 適用範囲

この規格は、JIS A 9511「発泡プラスチック保温材」によって規定されている建築用板状断熱材を用いた外張断熱工法もしくは付加断熱工法（以下、外張断熱工法等）における外装材支持耐力特性の測定方法について規定する。

2. 用語及び関連規格

2.1 用語の定義

・外張断熱工法

木造住宅の断熱工法の一つで、柱や梁などの構造材の屋外側建物全体に断熱材を施工する工法。

・付加断熱工法

木造住宅の一般的な断熱工法である軸組内充填断熱工法に加えて、さらに外張断熱を加えた工法。

・外装材支持耐力特性

外張断熱工法の外壁において、外装材の自重や地震時の慣性力に対する外装材の垂れ下がり等を検討するための指標となるもので、本測定方法で得られる**荷重 - 変位曲線**で表される。

・ファスナー

外張断熱工法の外壁において、断熱材及び外装下地材等を構造材に緊結するための留め付け材。一般的に、外張断熱工法用の専用ビスが用いられる。

2.2 引用規格

- ・ JIS Z 2101 木材の試験方法（木材の含水率の測定方法）
- ・ JIS K 7100 プラスチック - 状態調節及び試験のための標準雰囲気
- ・ JIS A 9511 発泡プラスチック保温材
- ・ JIS Z 8401 数値の丸め方

3. 試験の一般条件

3.1 試験環境

試験環境は、JIS K 7100 に規定する標準雰囲気 [温度 23 ± 5 、湿度 50+20-10%] の室内とする。

3.2 試験体材料の採取

試験体材料は、ロットからそのロットの性質を代表するように採取する。

3.3 試験体の数

試験体の数は、原則として 5 体以上とする。

4. 試験体の材料と作製

4.1 試験体の材料

試験体の材料は、3.2 による材料とし、原則として以下に示すものとする。

4.1.1 柱材

- 1) 使用する樹種は、平成 12 年建設省告示第 1452 号に記載されている樹種とする。
- 2) 日本農林規格に適合する製材とし、乾燥材もしくは 3.1 に規定する試験環境下で一週間以上養生を行った材料とする。

4.1.2 断熱材

JIS A 9511 [発泡プラスチック保温材] に該当する建築用板状断熱材、もしくはその相当品とする。

4.1.3 胴縁材

木材を使用する場合は、平成 12 年建設省告示第 1452 号に記載されている樹種とする。

4.1.4 ファスナー

製品規格およびその機械的性質が明確なものとする。

4.1.5 その他の材料

上記に規定した試験体の材料以外の材料を用いる場合は、使用した材料を報告書に記載する。

4.2 試験体の作製

試験体は 4.1 で規定した材料により、図 4.1 のように、以下に従い作製する。

4.2.1 試験体の寸法

- 1) 柱材の長さはファスナー留め付け間隔に 100 mmを加えた長さ以上で、かつ加力試験機への取り付け時に、試験体と柱材の取付治具とが接触することのない長さとする。
- 2) 断熱材の幅は、柱材の幅（見付け幅）と同寸法とし、長さは、ファスナー留め付け間隔に 100 mmを加えた長さとする。
- 3) 胴縁材の長さは、断熱材の長さに、治具の取り付け代を加えた長さとする。

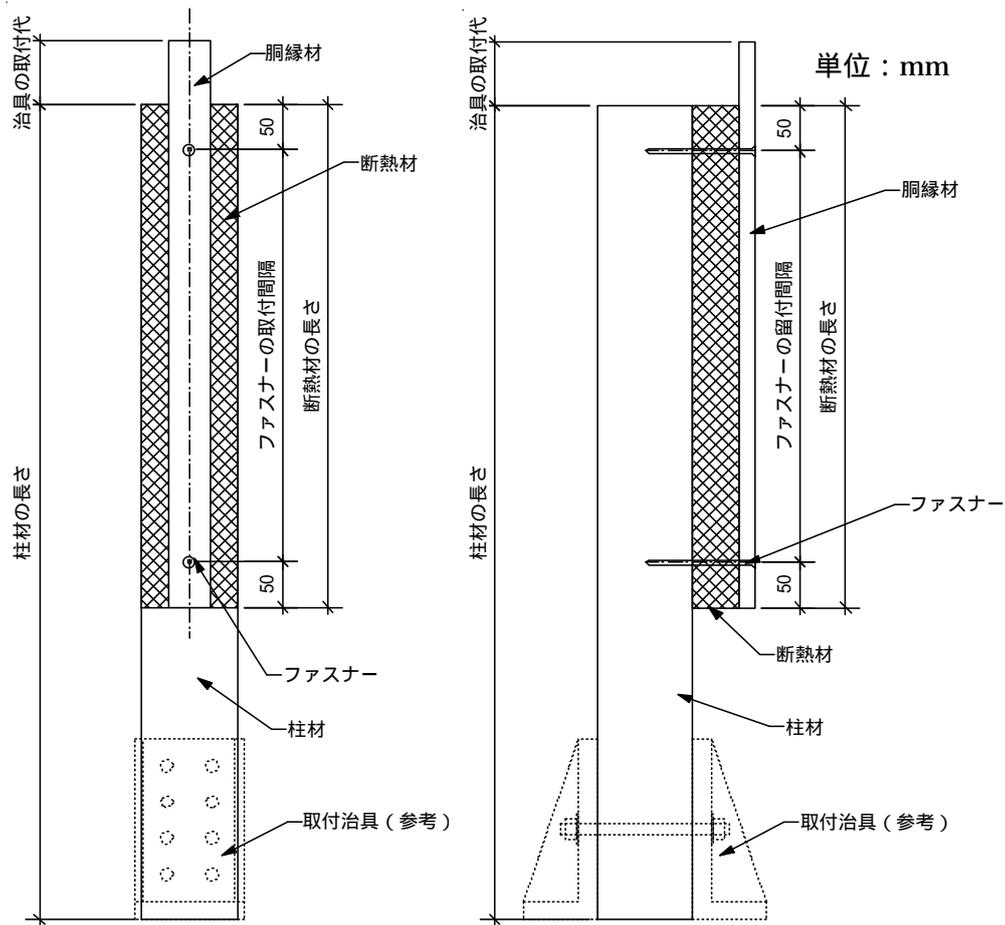


図 4 - 1 試験体標準図

4.2.2 試験体の作製方法

- 1) ファスナーの留付本数は、2 本を標準とする。
- 2) ファスナーの留付間隔は、455 mmを標準とする。
- 3) ファスナーの留め付けは、そのメーカーが定める留付方法に準ずる。
- 4) ファスナーの留め付け位置は、柱材および胴縁材の幅方向の中心線上で、上ファスナーは柱材の上端から 50 mmの位置を基準とする。

5 . 試験方法

5 . 1 試験装置

- 1) 加力装置は、荷重単位が 200 N [20 kgf]以下で、試験体の胴縁材に引張加力が可能な装置とする。
- 2) 加力方向が、常に図 5 - 1 に示す軸線(方向)となるような治具を使用する。
- 3) 変位計は、0.01 mm以上の精度を有し、測定変位に対してストロークが十分であるものを用いる。

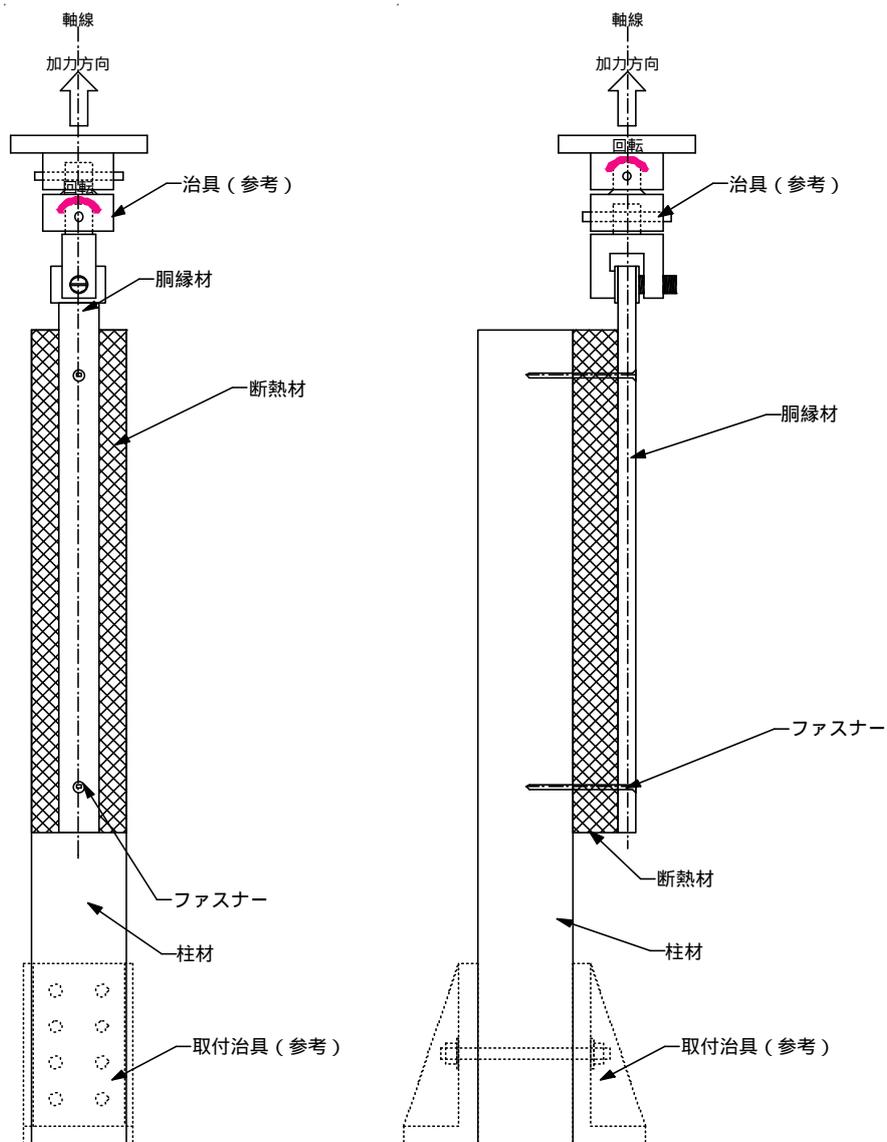


図 5 - 1 加力の軸線と治具 (参考)

5.2 試験体の取り付け

- 1) 試験体は、加力方向が軸線からずれないように設置する。
- 2) 胴縁材の加力方向の変位は、2本のファスナー留め付け位置の中間で測定する。
- 3) 変位計は、柱材から持ち出して、加力の軸線に対して平行になるように設置する
(図5-2)。

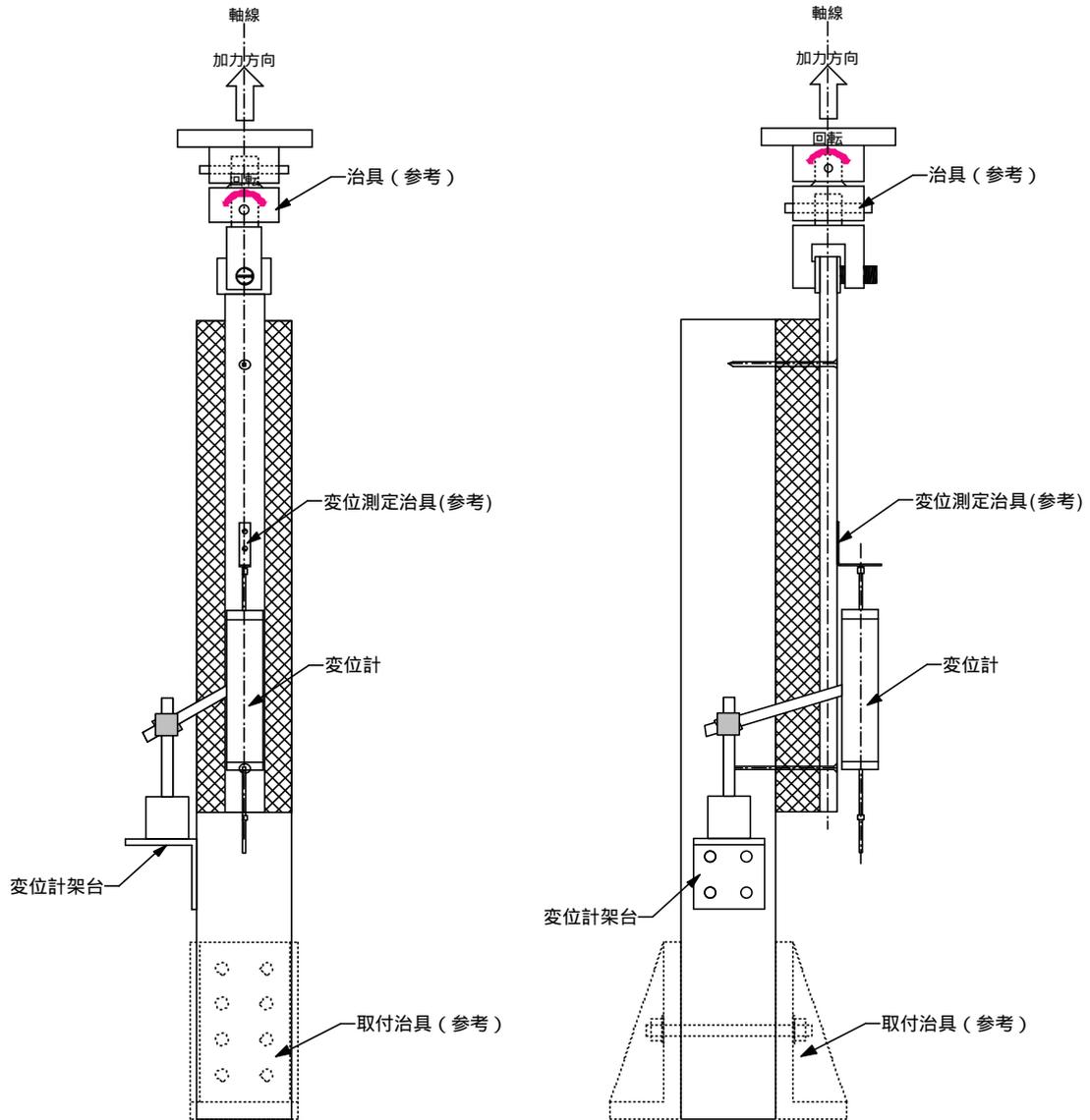


図5-2 試験体の取り付け

5.3 加力

加力は試験体の胴縁材を軸線方向に引っ張って行い、加力速度は 3mm/min 以下とする。

5.4 荷重および変位の記録

- 1) 荷重の記録精度は、200N [20kgf] 以下とする。
- 2) 変位の記録精度は、0.01 mm以下とする。
- 3) 荷重および変位の記録は、試験体が破壊もしくは降伏するまで行う。試験体が破壊もしくは降伏しない場合は、変位が少なくとも10 mm以上になるまで行う。
- 4) デジタル式記録装置の場合はサンプリング間隔を5秒以下とする。

6. 結果の表示(報告書書式)

6.1 試験の一般条件

試験の一般条件について、以下の項目を報告する。

- 1) 試験日時
- 2) 試験担当者
- 3) 試験場所
- 4) 試験室の温湿度
- 5) 試験装置
- 6) 加力速度
- 7) 試験体の数

6.2 試験体

試験体について、以下の項目を報告する。

- 1) 柱材の樹種、断面寸法、含水率
- 2) 断熱材の種類、厚さ、表面材に関する内容
- 3) 胴縁材の樹種、断面寸法、含水率
- 4) ファスナーの呼称、材質、製品規格
- 5) 試験体の形状 (標準図と異なる場合)
- 6) ファスナーの留付本数、留付間隔、留付方法
- 7) 試験体全体およびファスナー留付部分の写真
- 8) 試験体に、4.1.5に示したその他の材料を用いた場合、その内容

6.3 試験結果

試験結果について、以下の項目を報告する。

- 1) 各試験体における**荷重 - 変位曲線**
- 2) 結果の表示に採用する**荷重 - 変位曲線**
- 3) 各変位における荷重の平均

外張断熱工法用外装下地の構造設計規準

2009年3月

社団法人 北海道建築技術協会

外張断熱工法用外装下地の構造設計規準

目 次

	頁
第 1 条 適用範囲	3
第 2 条 外装材仕上げ材を含む自重・地震力・風圧力に対する検討	4
第 3 条 躯体の変形追従性に対する検討	7

発泡プラスチック外張断熱協会 外張断熱工法用外装下地の構造設計規準

第 1 条 適用範囲

1. 本規準は、木造の建築物又は木造とその他の構造とを併用する建築物における外張断熱工法用外装下地の地震・強風時の脱落防止設計に適用する。
2. 本規準は、外張断熱工法において、外装仕上げ材の下地を構成する縦胴縁材を、所要の性能を有するファスナーによって軸組材へ固定する工法を対象としている。

本規準は、次の条で構成されている。

第 1 条 適用範囲

第 2 条 外装仕上げ材を含む自重・地震力・風圧力に対する検討

第 3 条 躯体の変形追従性に対する検討

第 1 条では、本規準の適用範囲を示している。

第 2 条では、自重及び外力に対する設計方法を示している。

第 3 条では、地震時に躯体に生じる変形に対する設計方法を示している。

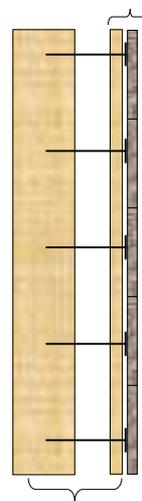
なお、本規準に基づく設計例を「外張断熱工法用外装下地の構造設計例」として、別途添付している。

本規準で対象としている外張断熱工法は、躯体軸組材の屋外側にプラスチック系断熱材を施工し、縦胴縁材と留め付け用ファスナーにより躯体に留め付ける工法である。ここでは、外装材を支持するための縦胴縁材と留め付け用ファスナーを「外張断熱工法用外装下地」と呼ぶ（写真 1.1、図 1.1 参照）。なお、外装仕上げ材を胴縁へ固定する留め付け方法については、本規準では取り扱っていない。

外装下地と外装材の留め付け工法は本規準では扱わない。



写真 1.1 標準的な外張断熱工法



外張断熱工法用外装下地
図 1.1 外張断熱工法と本規準の対象

本規準は、木造軸組工法（在来工法住宅）、枠組壁工法（ツーバイフォー住宅）、プレハブ工法（工業化住宅）などの地階を除く階数が3以下の建築物に適用する。具体的には、建築基準法第6条第1項第4号に掲げられている小規模木造住宅（4号建築物）と、同2号に分類される木造3階建て住宅（2号建築物）に適用できる。また、2階及び3階が木造である3階建て混構造の建築物に適用することも可能である。なお、3階建て混構造の1階は、建築基準法あるいは(社)日本建築学会、(社)北海道建築技術協会などの学術・技術団体の知見などに基づく適切な構造的検討が行われていれば、組積造、補強コンクリートブロック造、鉄筋コンクリート造、鉄筋コンクリート組積造（旧型枠コンクリートブロック造を含む）、鉄骨造、鉄骨鉄筋コンクリート造などの構造とできる。

いずれの構造形式・規模の建築物においても、想定した地震力及び風圧力などに対して、所要の構造耐力・変形性能が構造躯体に確保されている必要がある。これまで、建築基準法を遵守している建築物において、施工不良の場合を除き、外装材の地震時の剥落や垂れ下がりなどの外張断熱工法用外装下地に関する大きな苦情・事故は生じていない¹⁾。

なお、過度な変形が構造躯体に生じる可能性がある場合には、実状に応じて外張断熱工法用外装下地の構造強度と変形追従性を検討しなければならないが、その場合も本規準で示す設計方法を参考にすることができる。

地震力、風圧力、及び外装材と断熱材の自重に対する外装下地の構造性能は、構造躯体の材料、縦胴縁材の材料、縦胴縁材留め付け用のファスナー、ファスナーの留め付け深さや間隔によって制御する。

本規準では、躯体軸組材と縦胴縁材は、建材として用いられている一般の木質材料を対象としているが、縦胴縁材留め付け用のファスナーについては、現在、ファスナーの仕様と構造性能に関する標準規格が無いため、本規準に準じた配慮が必要となる。

第2条 外装仕上げ材を含む自重、地震力、風圧力に対する検討

外装仕上げ材重量を支持している状態において、以下の検討を行う。

1. 外装仕上げ材の自重により、外装材の美観を損なう垂れ下がり変形が生じないこと。
2. 地震力に対して、外断熱用外装下地に鉛直方向 0.5G、水平方向 1.0G の加速度が作用しても外装下地の脱落がないこと。
3. 建築基準法に定める風圧力に対して、外装下地の脱落や外装材の美観を損なう変形が生じないこと。

一般に外張断熱工法は、外装材の下地となる通気胴縁を、躯体から断熱材の厚さ分だけ持ち出す構造形式となることから、住宅の高断熱化による断熱厚さの増加に伴い、長期荷重（自重など）に対しては外装材の垂れ下がりの発生、短期荷重（地震荷重、風荷重）に対しては外張断熱工法用外装下地の留め付け耐力の低下や脱落の可能性が懸念される。

常時荷重として作用する断熱材及び外装仕上げ材重量によって生じる外張断熱工法用外装下地の垂れ下がり量は、外装仕上げ材の美観などの性能を損ねない範囲となるように配慮しなければならないが、外装仕上げ材の種類は、窯業系外装材、金属系外装材、湿式系外装材など多岐に亘り、それぞれにおいて多様な張り方があるため、全ての外装仕上げ材の美観を確保できる外張断熱工法用外装下地の変形量を設定するための技術資料は整備されていない。また、外張断熱工法用外装下地のクリーブなどの長期変形に関する実験資料は皆無であり、ユーザーへの性能説明に対応できるデータの蓄積が望まれる。これまでの関連調査では、外張断熱厚さ 25～100mm として慣習的な留め付け間隔で外張断熱施工

された外壁において、施工不良の場合等を除き、仕上げ外装材の自重に起因する垂れ下がりに関する苦情・事故の報告は、今現在見あたらない¹⁾。

既往の実験結果²⁾によると、慣習的な留め付け間隔で施工された外張断熱厚さ 50mm の外張断熱工法用外装下地の強度は、外装材の自重に対して十分な安全率を有していることが確認できている。また、外張断熱工法用外装下地に作用する地震力あるいは風圧力は、外装仕上げ材自重による常時荷重を上回っている。従って、本規準では、この規準による地震力及び風圧力に対する適切な検討が行われれば、外装仕上げ材の重量による外張断熱工法用外装下地材に外装材の美観を損ねる大きな変形は生じないものとする。

地震力に対しては、鉛直方向と水平方向のそれぞれについて、また、水平方向においては、面内方向と面外方向のそれぞれについて検討する必要がある。本規準では、既往の設計指針類を参照し⁴⁾⁵⁾、検討を簡便にするため、地震時に外張断熱工法用外装下地の鉛直方向へ作用する加速度を 0.5G(4.9 m/sec²)、水平方向へ作用する加速度を 1.0G(9.8m/sec²)としている。

一般的な外装仕上げ材の自重と地震荷重の目安を表 2.1 に掲げる。また、高耐力ファスナーを使用した外張断熱厚さが 50mm の外張断熱工法用外装下地について、既往の実験²⁾で得られている荷重 - 変位曲線を図 2.1 に示す。

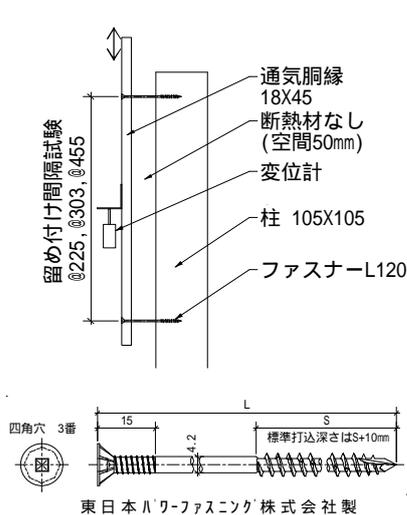
これら資料に基づき、地震時に 380N/m²の鉛直方向の負荷がファスナーに生じる窯業系外装サイディングを使用する場合を考える。柱・間柱間隔を@455、縦胴縁を柱・間柱へ留め付けるファスナーの間隔を慣習的な寸法である 455mm とした場合、外壁 1 m²当たりのファスナーの留め付け本数は、(1000/455) × (1000/455) 4.8 本となる。従って、ファスナー 1 本が負担する荷重は 380N/m² / 4.8 本 79.2 N/m²/本となり、実験結果と照合すると、鉛直方向へ 1mm 程度の変形が生じることになるが、支持力を失うまでには至らないのは明白である。外装材の脱落に関しては、外張断熱工法用外装下地だけでなく、外装材の下地（縦胴縁など）への留め付け方法が大きく関係することから、この場合、外張断熱工法用外装下地に 1mm の変形量が生じても、外張断熱工法用外装下地に留め付けてある外装仕上げ材に脱落の危険性の無いことが確認されている必要がある。

表2.1 外装仕上げ材の種類と地震時に作用する荷重の目安 (単位：N/m²、()内はkg/m²)

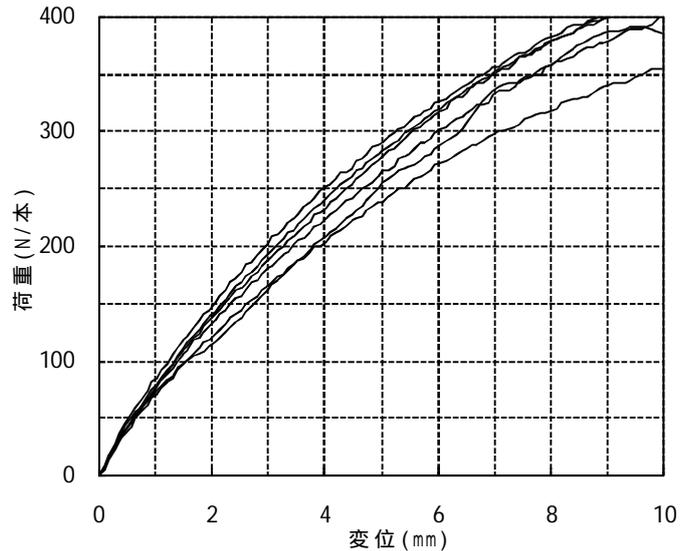
外装材種類	外装材等の自重 ¹⁾	地震時に作用する荷重			
		鉛直方向		水平方向	
		加速度0.5G	外装材等の自重との合計	加速度1.0G	躯体の動的応答を考慮した場合 ²⁾
一般的な乾式タイル	480 (48)	240 (24)	720 (72)	480 (48)	770 (77)
モルタル塗り厚30mm	630 (63)	320 (32)	950 (95)	630 (63)	1010 (101)
金属サイディング	90 (9)	50 (5)	140 (14)	90 (9)	150 (15)
窯業サイディング	250 (25)	130 (13)	380 (38)	250 (25)	400 (40)
レンガ積み	143 (143)	720 (72)	2150 (215)	143 (143)	2290 (229)
ブリック積み	213 (213)	1070 (107)	3200 (320)	213 (213)	3410 (341)

[備考]

- 1：参考文献3)参照。断熱材重量(通気胴縁及びファスナー重量含む)は30N/m²(3kg/m²)(発泡プラスチック系断熱材相当)。
- 2：木造住宅3階建ての3階部分を想定(標準地震層せん断力係数:1.0、地震層せん断力係数の分布係数:1.6)



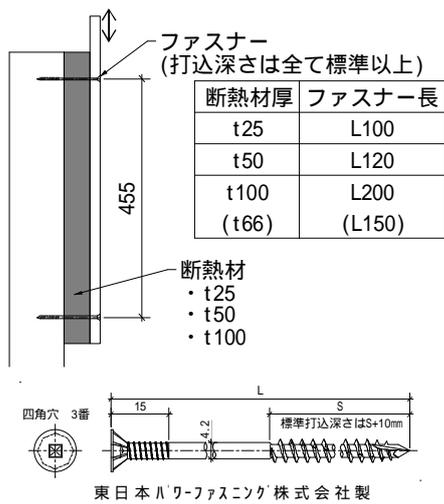
(a) 試験体の概要



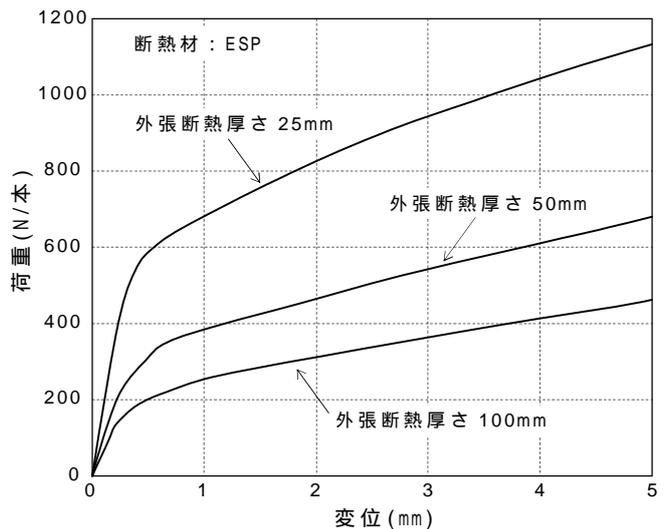
(b) 荷重 - 変位曲線

図 2.1 外張断熱工法用外装下地の荷重 - 変位曲線 (断熱厚さ 50mm の場合)²⁾

図 2.2 は、断熱材（ビーズ法ポリスチレンフォーム）を躯体と縦胴縁間に充填した試験体の加力実験から得られた荷重 - 変位曲線である²⁾。同図によると、前述と同じ仕様の外張断熱外装仕上げであっても、断熱材などで躯体と縦胴縁間の距離を一定に確保する工夫を施すことで、外張断熱厚さを 100mm としても外張断熱工法用外装下地の鉛直方向の変形量を 0.2mm 以内の微小な範囲にとどめることが可能であることがわかる。



(a) 試験体の概要



(b) 荷重 - 変位曲線

図 2.2 外張断熱工法用外装下地の荷重 - 変位曲線 (断熱厚さ: 25mm、50mm、100mm)²⁾

水平方向に作用する慣性力に関しても、図 2.1 及び図 2.2 などの実性能データに基づき、鉛直方向と同様に検討を進めることができる。表 2.1 によると、水平方向よりも鉛直方向に作用する外力の方が大きな値となっている。また、仮に、木造 3 階建ての 3 階部分を想定すると、建築物固有周期を 0.3sec. 、 $(3 \text{ 階より上の全重量}) / (1 \text{ 階より上の全重量})$ である β を 0.2 として得られる建築物の地震層せん断力係数の分布係数 A_i は 1.6 であり、建築

物の標準地震層せん断力係数を 1.0 とした時の木造 3 階建ての 3 階部分に作用する加速度は 1.6G (15.7m/sec²)となる。この時の外張断熱工法用外装下地が負担する水平荷重は表 2.1 の末尾に掲げる値となるが、それらの値は、鉛直方向に作用する荷重とほぼ同程度の値である。これらのことから、外張断熱工法用外装下地の設計においては、外装仕上げ材重量に対する鉛直方向の地震時の変形に対する検討が重要であることがわかる。

なお、0.8G(7.9m/sec²)を超える実地震波や模擬地震動による水平加振実験においても、加振後に外張断熱工法用外装下地の支持耐力が低下しないことや、躯体に対する外張断熱工法用外装下地の地震応答倍率は 1.0 程度であることなどが確認されている⁶⁾。

面外方向に関しては、ファスナーの引き抜き強度が、地震時の水平方向荷重及び負圧となる風荷重を上回っていることを確認できればよい。なお、縦胴縁の変形に関しては、ファスナーの留め付け間隔が 455mm であれば問題のないことを、発泡プラスチック外張断熱協会は確認している。

第 3 条 躯体の変形追従性に対する検討

外装仕上げ材重量を支持している状態に対して、以下の検討を行う。

1. 建築物が倒壊しない範囲内の躯体の層間変形角に対し、外装仕上げ材重量の支持力が確保されること。

躯体が変形した際に仕上げ外装材に脱落が生じるか否かは、外張断熱工法用下地の支持耐力だけでなく、仕上げ外装材の固定方法によって大きく異なってくる。したがって本規準では、建築物の安全性能を確保できる範囲内の躯体の層間変形角に対して、外張断熱工法用下地が仕上げ外装材の重量を支持できる性能を確保することの確認を求めることとした。一般に、限界耐力計算における安全限界変位は 1/30、木造在来工法住宅においては、層間変形角が 1/120 に達しても倒壊しないことを義務が付けられている。対象とする建築物の躯体にこれらの設計時に想定している層間変形角が生じても、外張断熱工法用外装下地が脱落しないことを実験などにより確認しなければならない。なお、高耐力ビスを使用して外張断熱 100mm を施した、構造用面材を構造部材とする在来工法住宅の耐力壁の繰り返し加力実験において、層間変形角が 1/30 に達しても、外張断熱工法用外装下地に脱落の生じないことが確認されている⁷⁾。

【参考文献】

- 1)長谷川寿夫：外張断熱工法住宅外壁の地震被害調査結果報告書、2004.3
- 2)平川秀樹・植松武是・千葉隆弘：外張断熱工法における外装材支持耐力特性に関する研究（その 1）静的加力試験方法の検討と同試験方法に基づく垂れ下がり量の測定、日本建築学会大会（中国）学術講演集、pp.143-144、2008.9
- 3)各外装材メーカーカタログより
- 4)日本建築学会：建築物荷重指針・同解説(2004)、2004.9
- 5)日本建築学会：非構造部材の耐震設計指針・同解説および耐震設計・施工要領、1985.11
- 6)植松武是・平川秀樹・千葉隆弘：外張断熱工法における外装材支持耐力特性に関する研究（その 2）振動台実験による脱落・垂れ下がりの検証、日本建築学会大会（中国）学術講演集、pp.145-146、2008.9
- 7)例えば、北方建築総合研究所：北海道の木造住宅の耐震改修促進を目的とした耐震診断・補強効果評価法に関する研究、北方建築総合研究所年報、2009.3

外張断熱工法用外装下地の構造設計例

2009年3月

社団法人 北海道建築技術協会

外張断熱工法用外装下地の構造設計例

目 次

	頁
1 . 設計条件	3
1 . 1 使用材料	3
1 . 2 建設地域	3
1 . 3 建物仕様	3
2 . 簡易設計方法	3
2 . 1 外装材の重量による外張断熱工法外装下地の変位	3
2 . 2 検討例	4
3 . 詳細設計方法	5
3 . 1 常時荷重に対する検討	5
3 . 2 地震荷重に対する検討	6
3 . 3 風荷重に対する検討	7

1 . 設計条件

1 . 1 使用材料

- ・断熱材 : 厚さ 100 mm以下の JIS A 9511「発泡プラスチック保温材」によって規定される建築用板状断熱材を使用する。
- ・胴縁材 : 厚さ 18mm×幅 45mm のスギ材以上の強度を有する木材を標準とする。
- ・ファスナー : 高耐力ビス(東日本パワーファスニング株式会社製「パネリード」相当)を使用する。

断熱厚と使用するファスナー長の対応は、表 1 による。

表 1 断熱厚とファスナー長

断熱厚 (mm)	ファスナー		
	長さ (mm)	標準打込み深さ (mm)	記号
~ 40	100	40 以上	P6-100
41 ~ 50	120	50 以上	P6-120
51 ~ 70	150	60 以上	P6-150
71 ~ 90	180	70 以上	P6-180
91 ~ 100	200	70 以上	P6-200

1 . 2 建設地域

- ・基準風速 (V_0) * : 36m/s 以下の地域
(* 建設省告示第 1458 号に規定。基準風速が 36m/s 以上の地域は、本州以南の南岸半島部など特定の地域のみである。)
- ・地表面粗度区分 : ~

1 . 3 建物仕様

- ・構造 : 木造軸組工法
- ・建物高さ : 10m 以下
- ・外装材 : 乾式タイル (重量 : 45kg/m²)

2 . 簡易設計方法

外張断熱工法における外装下地の構造設計について、簡易設計による設計例を示す。簡易設計においては、外装材重量による外張断熱工法外装下地の変位をチャート(図)から読み取ることにより確認する。

2 . 1 外装材の重量による外張断熱工法外装下地の変位

ファスナーの縦方向の各留付間隔における、外装材重量と外張断熱工法外装下地の変位の関係を示すチャートを図1に示す。

外装材の重量は、メーカーのカタログ等で表示される値を用いる。チャートに示される値は、地震荷重等も考慮した安全率を含んだ値で表している。

また、断熱厚は100mm以下の場合で、横方向のファスナー留付間隔(柱・間柱間隔)は455mmの場合に対応している。

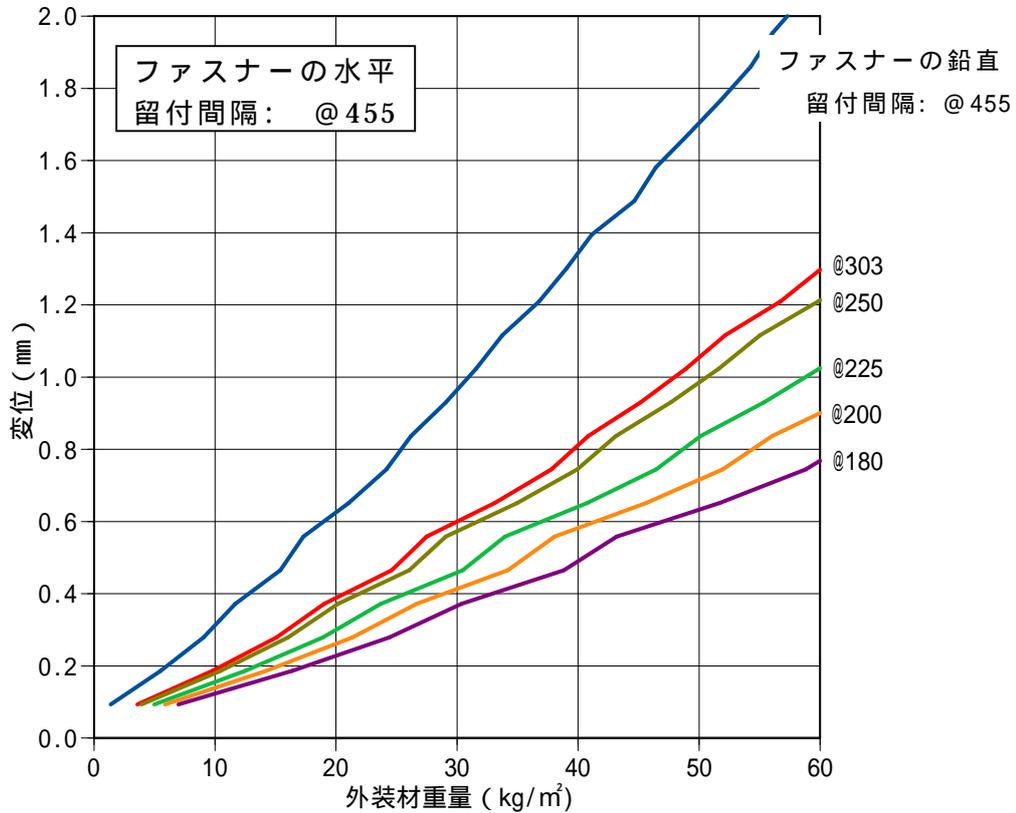


図1 外装材重量と外張断熱工法外装下地の変位の関係
(安全を考慮して、測定結果のうち最も変位の大きいものを表示)

2.2 検討例

下記の設計条件における外張断熱工法外装下地の検討を行う。

- ・ 外装材重量 : 45 kg/m² (一般的な乾式タイル相当)
- ・ 横方向のファスナー留付間隔 : 455 mm (柱・間柱の間隔)
- ・ 縦方向のファスナー留付間隔 : 303 mm

図1から、外装材重量 45kg/m²のときの変位を、ファスナー留付間隔@303 曲線から読み取ると 0.9 mm程度とわかる。

外装下地の許容変形量は、外装材の種類や留付方法によって異なるが、一般的には地震時の変形量が 1 mm程度であれば、外装材の脱落や張り替えなどの大きな補修が必要な不具合は発生しないと考えられるので、上記設計条件で可能である。

なお、チャートから求められる値は、外張断熱部分(断熱材から外装の下地となる通気胴縁まで)の変形量を表しており、躯体や外装材自体の変形量は含んでいない。

3 . 詳細設計方法

外張断熱工法における外装下地の構造設計について、詳細設計による設計例を示す。詳細設計においては、常時荷重（外装材や断熱材等の重量による自荷重）、地震荷重、風荷重に対して、外装下地の強度や変形量がそれぞれ許容値を下回ることを確認する。

3.1 常時荷重に対する検討

3.1.1 外装材荷重

外装材荷重 w は、使用する外装材の重量に断熱材や通気胴縁等の重量を加えた値とする。外装材の重量は、メーカーのカタログ等で表示される値を用いる。

表 2 外装材荷重（一般的な乾式タイルの例）

外装材種類	外装材の重量 (kg/m ²)	断熱材等材重量 (kg/m ²)	外装材荷重 w (N/m ²)
乾式タイル	45	3	480

3.1.2 外装材支持許容応力の設定

COA 標準試験規格「外張断熱工法等における外装材支持耐力特性の測定方法」により得られた測定結果の外装材支持耐力特性(図 1)から、外張断熱工法の外壁の構成としてファスナー 1 本あたりの外装材支持許容応力を設定する。その際、許容される変位に対して 3 倍以上の安全率を取ることとする。

[設定例]

- ・許容変位：1 mm
- ・ファスナー 1 本あたりの外装材支持許容応力 F_s ：100N/本（変位 0.3 mm 時の応力）
- ・安全率：1 / 0.3 = 3.3 倍 > 3 倍

3.1.3 検討方法

ファスナーの留付間隔と外装材荷重からファスナー 1 本あたりに作用する荷重 P_s を求め、外装材支持許容応力 F_s 以下となることを確認する。 P_s は次式で求められる。

$$P_s = l_s \times l_f \times W \quad (1) \text{式}$$

ここで、 W ：外装材荷重

l_s ：横方向のファスナー留付間隔（間柱間隔）

l_f ：縦方向のファスナー留付間隔

外装材として一般的な乾式タイルを用いる場合の計算例を以下に示す。

- ・外装材荷重 W ：480 (N/m²)
- ・横方向のファスナー留付間隔 l_s ：0.455 m（間柱間隔）
- ・縦方向のファスナー留付間隔 l_f ：0.303 m

$$P_s = l_s \times l_f \times W = 0.455 \times 0.303 \times 480 = 66(N/\text{本}) < F_s (100N/\text{本}) \quad \text{OK}$$

3.2 地震荷重に対する検討

3.2.1 地震時の作用荷重

地震荷重 K は、次式で求める(鉛直方向: $0.5G$ が作用)。外装材総荷重 W は前項と同様である。

$$K = 0.5 \times W \quad (2) \text{式}$$

[外装材として一般的な乾式タイルを用いる場合]

地震によって外張断熱工法外壁に作用する荷重(地震荷重 K と外装材荷重 W の和)は、以下ようになる。(この作用荷重は、地震時に水平方向に作用する荷重もほぼ考慮されている値である。「構造設計規準(案)の表2.1参照」)

表3 作用荷重(外装材:一般的な乾式タイルの例)

外装材の種類	外装材荷重 W (N/m^2)	地震荷重 K (N/m^2)	合計(作用荷重) (N/m^2)
乾式タイル	480	240	720

3.2.2 外装材支持許容応力の設定

COA 標準試験規格により得られた外装材支持耐力特性から、外張断熱工法の外壁の構成としてファスナー1本あたりの外装材支持許容応力を設定する。その際、許容される変位に対して1.5倍以上の安全率を取る。

設定例

許容変位: 1 mm

ファスナー1本あたりの外装材支持許容応力 F_g : 150N/本(変位 0.6 mm時の応力)

安全率: $1 / 0.6 = 1.6 \text{ 倍} > 1.5 \text{ 倍}$

3.2.3 検討方法

ファスナーの留付間隔と外装材荷重からファスナー1本あたりに作用する荷重 P_g を求め、外装材支持許容応力 F_g 以下となることを確認する。 P_g は次式で求められる。

$$P_g = l_s \times l_f \times (W + K) \quad P_g = \quad (3) \text{式}$$

外装材として一般的な乾式タイルを用いる場合の計算例を、以下に示す。

[条件]

- ・外装材荷重 W : $480(N/m^2)$
- ・地震荷重 K : $240(N/m^2)$
- ・横方向のファスナー留付間隔 l_s : $0.455m$ (間柱の間隔)
- ・縦方向のファスナー留付間隔 l_f : $0.303m$

[検討結果]

$$P_g = l_s \times l_f \times (W + K) = 0.455 \times 0.303 \times 720 = 99(N/\text{本}) < F_g (= 150N/\text{本}) \quad \text{OK}$$

3.3 風荷重に対する検討

3.3.1 風圧力の算定

風圧力は、再現期間を 50 年（建築基準法を満足する水準）として、告示第 1458 号（平成 12 年建設省告示）から求める。

1) 計算条件

建設予定地	基準風速が 36 m/s 以下の地域
基準風速	$V_0 = 36 \text{ m/s}$
建物の型	閉鎖型
建物の高さ	$H = 10 \text{ m}$
地表面粗度区分	区分

2) 速度圧計算

建物高さ H	$H = 10 \text{ m}$
基準風速 V_0	36 m/s
Z_b 地表面粗度区分に応じた数値	$Z_b = 5 \text{ m}$
Z_G 地表面粗度区分に応じた数値	$Z_G = 350 \text{ m}$
地表面粗度区分に応じた数値	$= 0.15$
E_r 平均風速の高さ方向の分布を表す係数 H が Z_b を超える場合	$E_r = 1.7 \left(\frac{H}{Z_G} \right)^\alpha = 0.997$
速度圧 q (N/m ²) 暴風時	$q = 0.6 E_r^2 V_0^2 = 773 \text{ N/m}^2$

3) ピーク風力係数 C_f

負のピーク外圧係数 C_{pe-}

H	建築物の高さと軒の高さの平均 $H = 10 \text{ m}$
C_{pe-} 地表面粗度区分 H=10	- 2.2
C_{pi}	建築物の内圧係数 $C_{pi} = 0$
C_f	風力係数 $C_f = C_{pe-} - C_{pi} = - 2.2 + 0 = - 2.2$

4) 風圧力（負圧）

	速度圧(N/m ²)	ピーク風力係数	風圧力(N/m ²)
$W = q C_f$ (N/m ²)	773	-2.2	-1701

従って、風圧力の最大値（負圧）は、1701 (N/m²)となる。

3.3.2 外張断熱工法の風荷重に対する検討

[風荷重(負圧)に対する検討]

外装材が負圧荷重を受けるとき、その荷重は外装材を介して胴縁材の曲げ応力およびファスナーの引き抜き強さで受けることになる。

1) 胴縁材(スギ材)の曲げに対する検討

胴縁材の断面寸法：a×b(cm)	4.5×1.8
胴縁材の断面係数：Z(cm ³)	2.43
胴縁材の断面二次モーメント：I(cm ⁴)	2.19
胴縁材の許容曲げ応力度：fb(N/cm ²)	1029
胴縁材のヤング係数：E(N/cm ²)	686×10 ³
横方向のファスナー留付間隔：ls(cm)	45.5
縦方向のファスナー留付間隔：lf(cm)	30.3
風荷重(負圧)：W(N/m ²)	1701
胴縁材 1cm 長さに働く荷重：p(N/cm)	p=W/100×ls/100=7.74
ファスナー留付間隔 lf における 最大曲げモーメント：M(N・cm)	M=p×lf ² /4=1777 [単純梁で支点間中央部への集中荷重で計算]
胴縁材の曲げ応力：Fb(N/cm ²)	Fb=M/Z=731
fb に対する判定	Fb(731) < fb(1029) OK
胴縁材の最大曲げ変形量：y(cm)	$y = \frac{p \times lf \times lf^3}{48 \times EI} = 0.09$
許容変形量：a(cm)	0.1
曲げ変形量に対する判定	y(0.09) < a(0.1) OK

2) ファスナー(パネリード相当)の引き抜き強さに対する検討

ファスナー1本当たりの引き抜き強さ：f(N/本)	1000
横方向のファスナー留付間隔：ls(m)	0.455
縦方向のファスナー留付間隔：lf(m)	0.303
外壁 1 m ² 当りのファスナー留付本数：n(本/m ²)	n=1/ls×1/lf=7.25
外壁 1 m ² 当りの許容引き抜き強さ：F(N/m ²)	F=p×n=1000×7.25=7250
風荷重(負圧)：W(N/m ²)	1701
判定	F(7250) > W(1701) OK