

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。

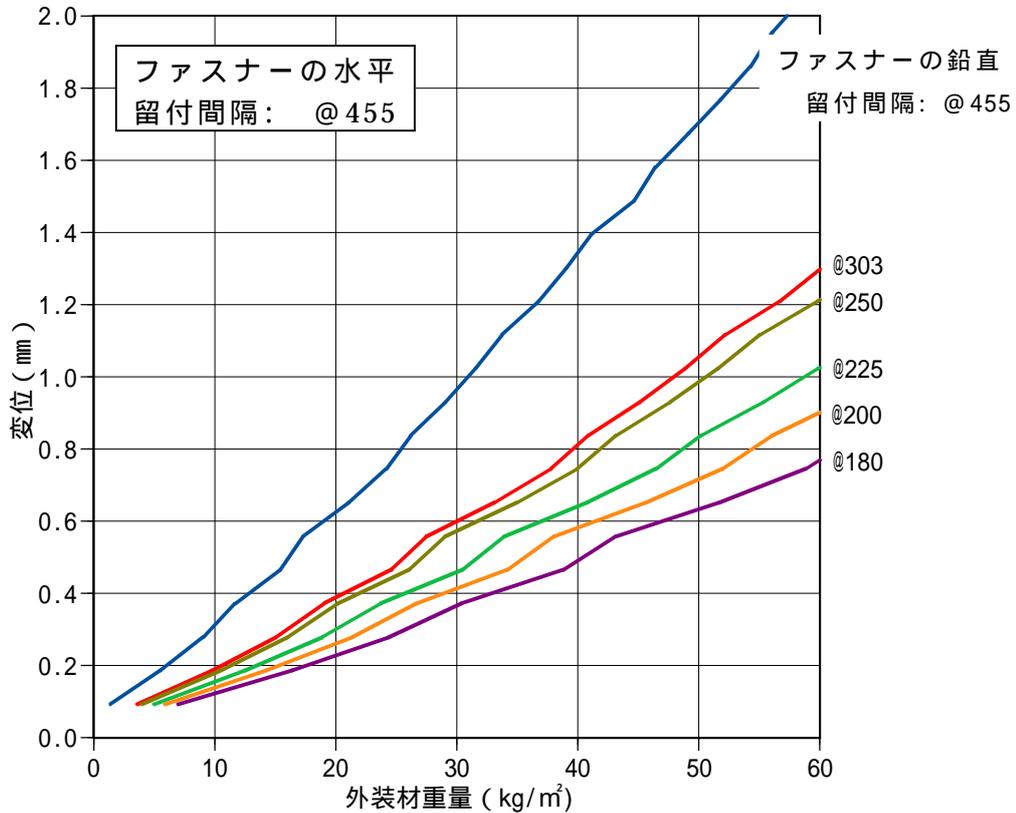


図1 外装材重量と外張断熱工法外装下地の変位の関係
(安全を考慮して、測定結果のうち最も変位の大きいものを表示)

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0.9mm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1mm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。

$$K = 0.5 \times W \quad (2)式$$

[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: $1 / 0.6 = 1.6$ 倍 > 1.5 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。

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

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/m²)
- ・地震荷重 K: 240(N/m²)
- ・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]

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

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 $q \text{ (N/m}^2\text{)}$ 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)
$W = q C_f \text{ (N/m}^2\text{)}$	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