

建築技術者のための

# 建具・カーテンウォールの 品質管理のポイント

アルミ製

# はじめに

近年、建設業界においても、インターネットの普及により様々な情報の入手が簡単にできるようになりましたが、技術者の不足やいびつな年齢構成の影響もあって、望ましい技術力の伝達が以前に比べ、より難しい時代になっています。さらに、建築技術者においては躯体工事に関する施工管理能力に比べ、仕上げ工事では十分にその能力が備わっているとはいえない状態にあります。とりわけ、建具・カーテンウォール工事については、製品性能の検討や確認事項が多岐にわたるにもかかわらず、専門工事業者などに任せきりになっているのが現状です。そこで、建具・カーテンウォール工事に関する理解と関心を深め、若手・中堅建築技術者における実務的な技術力・施工管理能力向上への手引きとなることを目的として、本書を編纂しました。

第1章では建具・カーテンウォール工事の基礎知識を、第2章ではアルミ製に特化してその性能ごとの具体的に確認すべきポイントを記載し、今までこれらの工事の経験がない方にも興味を持っていただくため、写真やコメントを付けてわかりやすくまとめました。また、付録には、施工図作成時や製品検査時、施工段階などでのチェックポイントを一覧にしましたので、即時に活用が可能であるものと存じます。

本書を常に手許におかれ、今後の建具・カーテンウォール工事における不具合の防止と、製品の品質向上に役立てていただきますようお願いいたします。

平成30年2月

一般社団法人 日本建設業連合会関西支部  
建築委員会

建築技術部会 工場製品検査専門部会

# 目 次

## はじめに

### 第1章 アルミ製建具・カーテンウォールに関する基礎知識

1 建具の基礎知識	7
1 建具の種類	7
2 建具の構成部材	8
2 カーテンウォールの基礎知識	9
1 カーテンウォールの組立て方式	10
2 カーテンウォールの構成部材	11
3 使用材料	12
1 枠材、面材の種類と表面仕上げ	12
2 ガラス・その他の材料	14
4 製作	18
1 製作の概要	18
2 施工図書	22

### 第2章 必要性能

1 防耐火性能	27
1 耐火時間	27
2 防火区画	27
3 材料・構造	28
2 耐風圧性能	32
1 建築基準法などの規定	32
2 建具	34
3 カーテンウォール	35
4 計算書・施工図のチェック	36
5 不具合事例	37
3 耐震性能	38
1 慣性力	38
2 層間変位	39
3 鉛直相対変位	42
4 計算書・施工図のチェック	42
5 施工管理のポイント	44
6 不具合事例	44
4 耐温度差性能	46
1 温度ムーブメントの計算	46
2 不具合事例	47

<b>5</b>	<b>水密性能</b> .....	48
1	性能等級と法的要求事項 .....	48
2	漏水の原因と対策の基本 .....	49
3	製作図（施工図）のチェック .....	50
4	不具合事例 .....	52
5	工場検査 .....	53
6	施工管理のポイント .....	54
<b>6</b>	<b>気密性能</b> .....	55
1	性能等級 .....	55
2	漏気の原因とその対策 .....	55
3	製作図（施工図）のチェック・工場検査・施工管理のポイント .....	58
<b>7</b>	<b>遮音性能</b> .....	59
1	求められる遮音性能 .....	59
2	ガラスの遮音性能 .....	62
3	不具合事例 .....	64
<b>8</b>	<b>断熱性能</b> .....	65
1	断熱性能に関連する規格や法律 .....	65
2	カーテンウォールの断熱設計 .....	67
3	環境配慮型カーテンウォール .....	69
4	結露防止対策 .....	69
5	不具合事例 .....	72
6	設計図および施工図のチェック .....	72
7	施工管理のポイント .....	73
<b>9</b>	<b>耐久性能</b> .....	74
1	耐用年数 .....	74
2	耐久性能と各部材 .....	74
3	異種金属による接触腐食 .....	75
4	接合部 .....	76
5	維持・保全 .....	80
6	設計図および施工図のチェック .....	81
7	工場検査 .....	82
8	施工管理のポイント .....	82
<b>10</b>	<b>その他の性能</b> .....	83
1	発音、金属摩擦音などの防止 .....	83
2	風騒音対策 .....	83
3	避雷対策 .....	85
4	落雪対策 .....	85
5	光の反射防止 .....	86
	<b>付録 チェックリスト</b> .....	87



# 第1章

## アルミ製建具・カーテンウォールに 関する基礎知識



## 建具の基礎知識

建具とは、建築の開口部を開閉するものの総称である。建具は、使用場所、機能、開閉方法（動き）、材料など様々な種類に分類することができる。

### 1 建具の種類

戸、窓の開閉方式を、図1に示す。

水平方向 面内平行移動	水平 軸回転	鉛直移動 + 回転
<p>固定 (FIX) 片引き (両引き) 引込み 引違い</p>	<p>外倒し 内倒し 突き出し 横軸回転</p>	<p>すべり出し</p>
垂直方向 面内平行移動	鉛直 軸回転	水平移動 + 回転
<p>上げ込み 下げ込み 上げ下げ</p>	<p>片開き 自由開き 両開き たて軸回転 親子開き</p>	<p>たてすべり出し</p>

図1 建具開閉方式の種類<sup>1, 2)</sup>



種類が多いので、名称や用語を正しく覚えて使う必要がありますね。

## 2 建具の構成部材

建具の一般的な各部の名称などを、図2に示す。

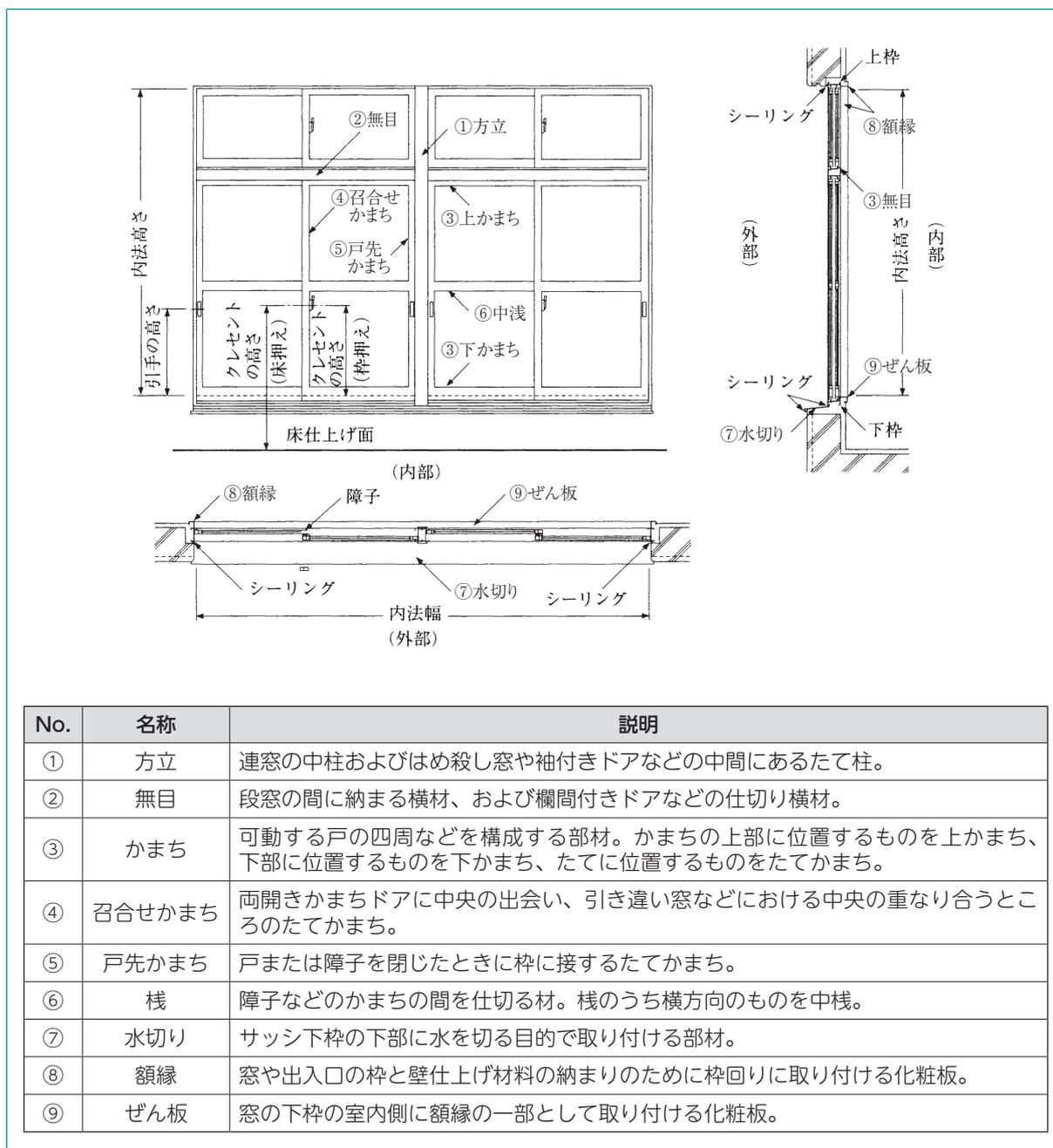


図2 開口部窓に関する名称<sup>1)</sup>

### (1) JISにおける性能の区分を示す用語

- ①性能 性能項目からサッシの用途に応じて、必要な項目を選択して適用する。ただし、開閉力、開閉繰返し、耐風圧性、気密性、水密性および戸先かまち強さは必須の性能項目とする。
- ②等級 耐風圧性、気密性、水密性、遮音性、断熱性について、それぞれの性能に応じて区分する。

出典 1) 国土交通省大臣官房官庁営繕部監修 建築工事監理指針  
2) YKK AP株式会社 ビル用ウインドウ・ドア商品カタログ

## カーテンウォールの基礎知識

カーテンウォールとは、工場生産された部材で構成される非耐力壁のうち、地震や強風による建物変形に対して破損することなく追従できる帳壁である。建具は建築の開口部を示すことに対して、カーテンウォールは、開口部を含む外壁を示す。

カーテンウォールは、主要構成部材の材料によってメタルカーテンウォールとプレキャストコンクリートカーテンウォールの2つに分類できる。

メタルカーテンウォールは、主要構成部材にアルミニウム材、鋼材、ステンレス鋼材などの金属材料を用いたカーテンウォールである。プレキャストコンクリートカーテンウォールは、主要構成部材に鉄筋コンクリート、ガラス繊維補強コンクリートなどのコンクリート材料を用いたカーテンウォールである。

なお、本書では主にアルミニウム製のメタルカーテンウォール（以降カーテンウォールという）について記述する。

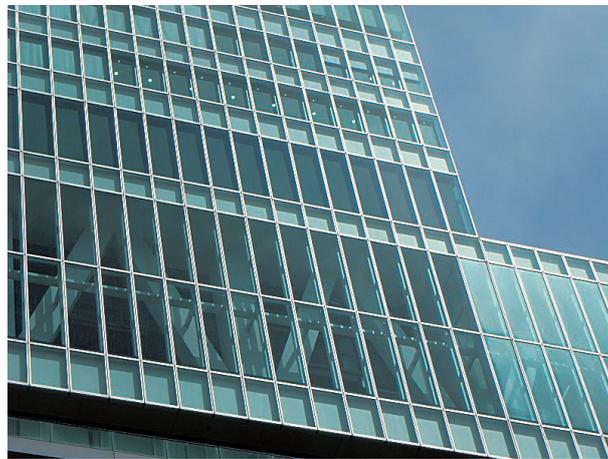


写真1 メタルカーテンウォール



写真2 複合カーテンウォール

メタルカーテンウォールとプレキャストコンクリートカーテンウォールを組み合わせたカーテンウォールを、複合カーテンウォールと呼ぶのですね。



## 1 カーテンウォールの組立て方式

### ① ノックダウン方式 (図1)

組立て方法として最も初期からの工法で、実績が多い。方立材、無目材、パネル、ガラス、シーリングなどの主要部材ごとに現場で順次取り付ける。

利点：複雑なカーテンウォールのデザインに対応しやすく、取扱いが容易である。

欠点：現場での施工工程や施工管理項目が多く、取付けに長い時間を要する。

### ② ユニット方式 (図2)

構成部材である枠、ガラス、腰パネル、シーリングなどの組立ての大部分を工場で行い、通常は、階段分のユニットとして現場に搬入し、取り付ける工法である。

利点：工場での組立てが主となるため、現場での施工管理が容易で施工工程が減り、工期短縮が可能となる。

欠点：ノックダウン方式に比べ重量が重く、複雑な形状や小面積のカーテンウォールには対応しにくい。また、ノックダウン方式に比べ、コストが高くなる。

### ③ セミユニット方式 (図3)

前述の2方式の中間的方式で、工場を組み立てたガラスや外装材などの小型のユニットを現場であらかじめ取り付けたあと、方立を取り付ける工法である。

利点：複雑なカーテンウォールのデザインに、比較的対応しやすい。

欠点：2方式の施工工程があるため、取付けに長い時間を要する。また、ユニット方式と同様にコストが高くなる。

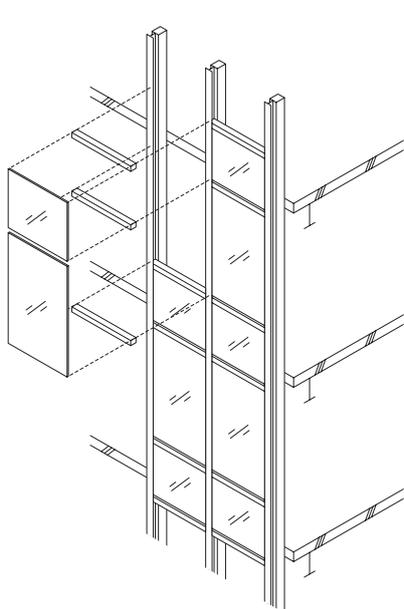


図1 ノックダウン方式

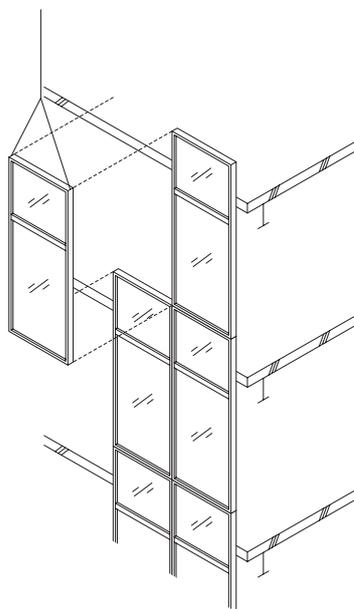


図2 ユニット方式

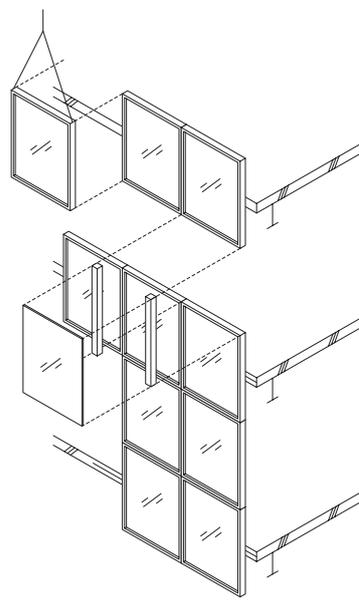


図3 セミユニット方式

どのような組立て方式であるかは、施工計画を行ううえで影響が大きい。

製作要領にも影響するため、施工図（製作図）や施工計画書にも反映が必要で、早期の検討と決定を総合的に行う必要があるのだよ。



2 カーテンウォールの構成部材

一般的なメタルカーテンウォールの構成部材を図4、図5に示す。

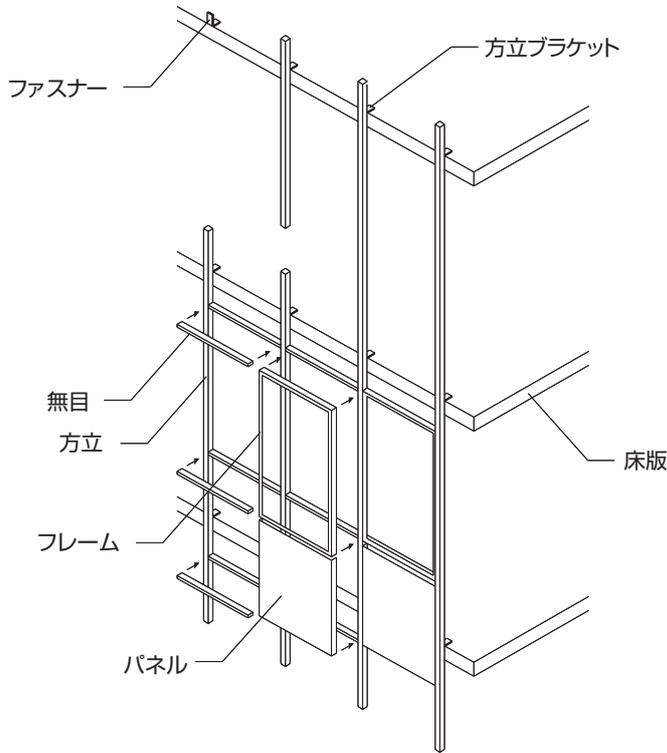


図4 メタルカーテンウォールの部材構成<sup>1)</sup>

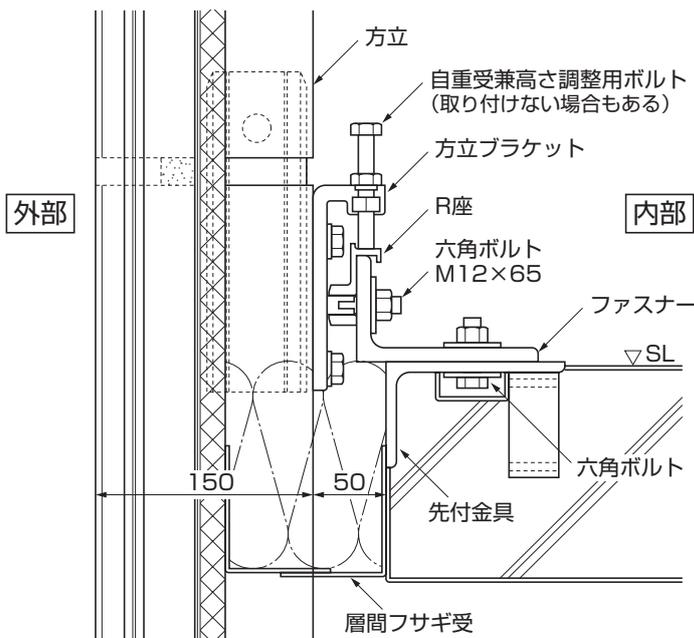


図5 メタルカーテンウォールのファスナー詳細

出典 1) 不二サッシ株式会社 カーテンウォール総合カタログ

# 3 使用材料

## 1 枠材、面材の種類と表面仕上げ

### (1) 枠材、面材の種類

主部材、接合用材料に使用する金属材料（アルミニウム材、鋼材、ステンレス鋼材）を表1に示す。

表1 材料の種類とJIS

材料	種類	JIS
アルミニウム材	アルミニウム材およびアルミニウム合金板材	JIS H4000
鋼材	アルミニウム材およびアルミニウム合金押出形材	JIS H4100
	形鋼及び鋼板	JIS G3101
		JIS G3131
		JIS G3141
	軽量形鋼	JIS G3350
	鋼管	JIS G3444
		JIS G3466
	電気亜鉛めっき鋼板	JIS G3313
溶接亜鉛めっき鋼板	JIS G3302	
ステンレス鋼材	建築構造用ステンレス鋼材	JIS G4321
	ステンレス鋼板	JIS G4304 JIS G4305

建具、カーテンウォールには、美観がよく、耐食性、加工性に優れたアルミニウム材が多く使用されるが、鋼材、ステンレス鋼材も使用されるのだよ。



### (2) 表面仕上げ

#### ① アルミニウム表面処理の種類

アルミニウム自体は非常に耐食性に優れた材料であり、さらに美観性を向上させるために、各種の表面処理がある。アルミニウムの表面処理方法を大別すると、表2のようになる。

また、公共建築工事標準仕様書に記載されている表面処理の種別を表3に示す。特記のない場合はB-1種とする。また、B-1、B-2種に該当する陽極酸化塗装複合皮膜の規格（JIS H 8602）を表4に示す。

表2 アルミニウム表面処理方法

区分	方法		概要	
陽極酸化皮膜 (アルマイト)	硫酸 アルマイト	一次電解	硫酸電解浴中で電気化学的に生成（シルバー）	
		着色	二次電解	一次電解皮膜をNi、Cu、Mn、Sn、Seなどの金属塩を含む電解液で二次電解する
			三次電解	一次電解皮膜を二次電解で皮膜底部を広げ、金属塩を含む電解液で三次電解する
		発色	一次電解	Si、Cr、Fe、Mnなどを含むアルミ合金を一次電解
			二次電解	一次電解皮膜を二次電解する
		複合皮膜	硫酸、有機酸 アルマイト+塗装	クリアー塗装
顔料入り塗装	一次陽極酸化皮膜にアクリル、ウレタン、フッ素樹脂などの有色塗料を塗装する			
塗装皮膜	素地調整+塗装	顔料入り塗装	化成皮膜などの素地調整を施した上にアクリル、ウレタン、フッ素樹脂などの有色塗料を焼付塗装する	

Ni：ニッケル、Cu：銅、Mn：マンガン、Sn：錫、Se：セレン、Fe：鉄、Si：ケイ素

表3 表面処理の種別<sup>1) 3)</sup>

種別	A-1・C-1種	A-2・C-2種	B-1種	B-2種	D種
表面処理	無着色陽極酸化皮膜	着色陽極酸化皮膜	無着色陽極酸化塗装複合皮膜	着色陽極酸化塗装複合皮膜	素地調整の上に塗装
着色原理図					
JIS	JIS H 8601		JIS H 8602		JIS H 4001
種類	AA15 (A-1・2) AA6 (C-1・2)		B		—

表4 上記表3のB-1 B-2におけるJIS H 8602規格 (陽極酸化塗装複合皮膜)<sup>2)</sup>

種類	適用環境 (参考)	皮膜厚さ	塗膜厚さ
A1	屋外 (苛酷環境かつ紫外線露光量多い地域)	平均 5μm 以上 (最低 80%以上)	規定なし
A2	屋外 (苛酷環境)		
B	屋外 (一般環境)		
C	屋内		

②鋼材の表面処理

鋼材は、そのままの状態で大気中に触れると、錆が発生するので、表面処理を施して使用する。鋼材の表面処理には、亜鉛めっき、錆止め塗装が一般的である。亜鉛めっきには、熔融亜鉛めっき (どぶづけめっきとも呼ぶ) と電気亜鉛めっきがある。熔融亜鉛めっきは、熔融した亜鉛の中に鋼材を浸し、亜鉛めっき皮膜を生成させる方法で、電気亜鉛めっきは、電解溶液中で鋼材を陰極として通電し、表面にめっき金属を析出させる方法である。

電気亜鉛めっきは、等級がJISに定められており、等級によってめっきの最小厚さが規定されている。電気亜鉛めっきは、熔融亜鉛めっきに比べるとめっきの層が非常に薄く、一旦傷が付くと鋼材表面まで傷が至る可能性が高いので、そのままで使用されることは少ない。特に屋外においては、電気亜鉛めっきの上に塗装をするのが原則である。

表5 基本的な表面仕上げ方法<sup>3)</sup>

③SUSの表面処理

SUSは、他の金属と比べ耐食性および強度に優れ、固有な美観の地肌を持つ材料である。

基本的な表面仕上げの種類を表5に示す。選定は特記によるが、特記のない場合はHL (ヘアライン) とする。

表面仕上げの記号又は名称	仕上り面
No.2D	銀色の鈍い光沢を持つ (ダル仕上げ)
No.2B	No.2D とよく似ているがさらに光沢がある
No.3	やや粗い銀白色の研磨線がある
No.4	短い柔らかな銀白色の研磨線がある
BA	光沢は冷延のままのもの
HL (ヘアライン)	一方向に連続した銀白色の研磨線がある
バフ仕上げ	高度の反射率をもつ多少研磨線の残る準鏡面
鏡面仕上げ	最も反射率の高い研磨線の無い鏡面仕上げ
エッチング	化学処理により模様をつけた仕上げ
バイブレーション仕上げ	無方向に銀白色の研磨目がある
塗装仕上げ	平滑な塗膜面

## 2 ガラス・その他の材料

### (1) ガラス（ガラスブロックを含む）

一般に使用するガラスの品種、その特徴などを表6に示す。

表6 ガラス品種・特徴・注意点・規格

品種		特徴・注意点	規格	
板ガラス	一般用の板ガラス	フロート製法により平面平滑性に優れたガラス。2次加工ガラスの素板としても多く使用される。カーテンウォールで用いる場合、厚さは6mm以上25mm以下。	JISR3202	
	防火設備用の板ガラス	網入板ガラス	延焼区画の開口部などになくならない網の入ったガラス。ガラスが割れても網により破片が落ちにくい。カーテンウォールで用いる場合、厚さは6.8mmと10mmのものがあり、耐風圧強度によって使い分ける。(H=2.4m以上は10mm必要)	JISR3204
		耐熱強化ガラス	熱膨張率を下げて、急激な温度変化を加えても割れないよう強化したガラス。網が入っていない単板ガラスで、20分以上の遮炎性能を有するガラス。	JISR3206
	太陽熱遮断用の板ガラス	熱線吸収板ガラス	原材料に微量の金属を加え着色したガラス（グレー、ブロンズ、グリーン）。日射エネルギーを20～60%程度吸収し、室内への流入を防ぎ冷房効果を高める板ガラス。	JISR3208
		熱線反射ガラス	フロートガラス製造時に熔融金属を噴霧して反射膜をコーティングしたもの。	JISR3221
	断熱・防露用の板ガラス	複層ガラス	2枚のガラスの間に乾燥剤入りのスペーサー挟んでシールで封着したガラス。断熱、結露防止が目的で使用。	JISR3209
	飛散防止用の板ガラス	合わせガラス	2枚以上のガラスに中間膜を挟み接着したガラス。	JISR3205
		網入板ガラス	上部参照。	JISR3204
		強化ガラス	フロートガラスを炉に入れ650℃程度まで加熱後、常温強風で急冷することにより製造される。フロートガラスの3倍の曲げ強度を持つ。粉々に割れるため、後でカットや穴あけができない。自然破損する恐れがある。	JISR3206
	ガラスブロック		内部は空洞で空気が存在するため、取付け場所により結露が生じることがある。	JISA5212



ガラスは、製造方法、加工方法の違いによって、たくさんの種類があるんですね。

その通り。選択を間違えると建物機能に障害を与えるだけでなく、安全上障害になる場合もあるので、各種ガラスの性質を十分理解する必要があるぞ！



一般的な板ガラス取付け断面図を、図1に示す。

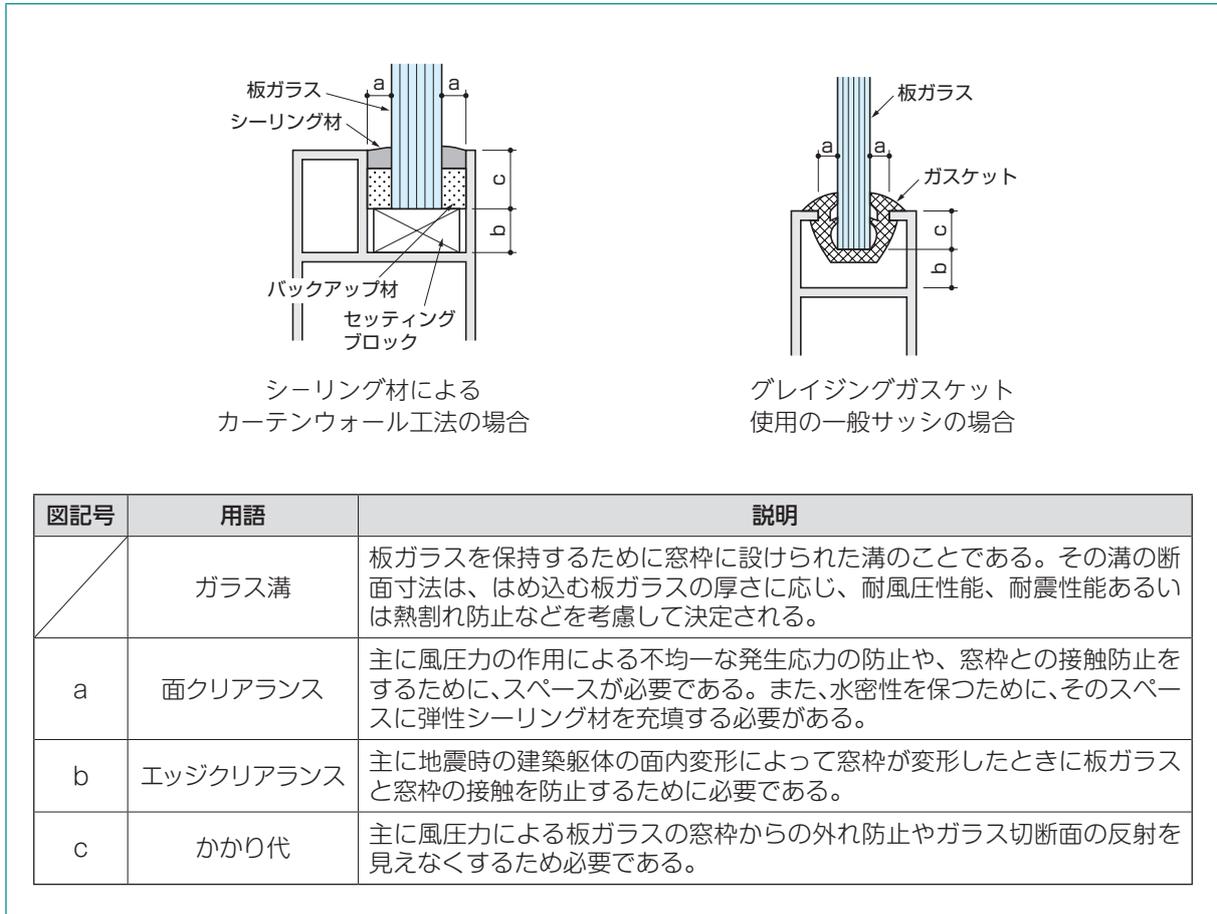


図1 ガラス取付け断面図

### (2)セッティングブロック

図1の左図にあるように、窓枠の溝底とガラスが接触するのを防止し、かつ適当なエッジクリアランスとガラスのかかり代を確保するために用いられる。

ビル用に用いる厚さ6mm以上の比較的大きな板ガラスの場合は、クロロプレン、EPDMが、住宅用板ガラスなどの厚さ3mm～5mmの比較的軽量の板ガラスには、主として塩化ビニル、熱可塑性エラストマーが使用される。また、複層ガラスおよび合わせガラスの場合は、EPDM-S（耐シリコン）が使用される。

### (3)グレイジングガスケット

図1右図に示すように、塩化ビニル、熱可塑性エラストマーなどの押し成形品によってつくられたガラスはめ込み用の副資材である。U字形をしたグレイジングチャンネルとJ字形をしたグレイジングビードがあり、住宅用に使用される。また、ビル用には、先付グレイジングビードがあり、これにはクロロプレン、EPDM、シリコンなどの押し成形品が使用されている。

#### (4) シーリング材

主に目地に用いるシーリング材は、シリコーン系、変成シリコーン系、ポリサルファイド系である。

JIS A 5758 建築用シーリング材に規定される性能を満たすものとし、層間変位、風圧および部材の熱変形による目地の変形に対して追従可能であり、かつ耐久性の優れたものを用いる。

目地の挙動に対する耐久性、被着体との接着性の相性、耐汚染性などを考慮してシーリング材を選定する。表7にシーリング材の使用上の留意事項を示す。また、表8に構法、部位、構成材とシーリング材の適切な組合せを示す。

表7 シーリング材の使用上の留意事項

種類	特徴
シリコーン系	・耐熱性、耐候性、耐久性に優れており、特にガラス類によく接着する特性がある。
	・目地周辺を汚染することがある。
変成シリコーン系	・ガラス回り目地に適用できない。
	・耐熱性、耐候性にはシリコーン系程ではないが良好である。
	・柔軟性があり、ムーブメントの大きい金属類への使用も可能である。
ポリサルファイド系	・耐久性は他のシーリング材と比較するとやや劣る。
	・表面にゴミ、ほこりが付きにくい。
	・柔軟性があまりなく、ムーブメントの大きいメタルカーテンウォールの目地や金属笠木目地等への使用には適さない。
	・他のシーリング材との接着性がよいため工場シールによく用いられる。

表8 構法・部位・構成材とシーリング材の適切な組合せ<sup>4)</sup>

構法・部位・構成材			シリコーン系			変成シリコーン系		ポリサルファイド系	
			2成分形 低モジュラス	1成分形 低モジュラス	1成分形 低モジュラス	2成分形	1成分形	2成分形	1成分形
金属製建具	ガラスまわり	ガラスまわり目地	○	○	○			○	
	建具まわり	水切、皿板目地	○*			○			
		建具間目地 (水切、皿板なし)				○			
	工場シール	シーリング材受け						○	
カーテンウォール	ガラス・マリオン方式	ガラスまわり目地	○		○				
		方立無目ジョイント	○						
	金属パネル方式	ガラスまわり目地	○		○				
		パネル間目地	○*			○			

○適応可

※汚染に注意が必要

低モジュラス：50%引張応力0.2N/mm<sup>2</sup>未満

中モジュラス：50%引張応力0.2N/mm<sup>2</sup>以上0.4N/mm<sup>2</sup>未満

高モジュラス：50%引張応力0.4N/mm<sup>2</sup>以上

## (5) 断熱材

断熱材として通常使用されているものには、ポリウレタン、ポリスチレン系の発泡材およびグラスウールなどがある。そのほかにも、断熱と結露防止の目的で、ひる石系の材料が用いられる。また、断熱と耐火を兼ねて、ロックウールも使用される。

断熱材は、一般に水分を含むと断熱性能が低下するので、結露水が生じないように注意が必要である。条件によっては界面での結露もありうるので、結露水によって断熱材がはがれ落ちることのないようにすることも必要である。また、断熱材に付着した結露水がアルミニウムなどの金属に伝わると、ロックウールなどに含まれたアルカリ性分により金属が腐食することがあるので、影響のない断熱材を選択するか、金属側に防食処置を施す必要がある。

## (6) 耐火材

カーテンウォールを耐火構造にするための材料としては、平成12年(2000年)建設省告示第1399号(耐火構造の構造方法を定める件)によるものか、非耐力壁の1時間または30分の耐火構造として国土交通大臣が指定したものなど、特記または設定された耐火構造基準に合致する材料を用いる。

カーテンウォールは、単独で耐火性能を有することは難しいので、表9に示す耐火材を使用する。

なお、経済性の面から断熱材を兼用することが多い。

表9 耐火材の性能<sup>4)</sup>

材料	かさ比重	熱伝導率 $\lambda$ (W/mk)	用途		備考
			耐火材	断熱材	
吹付けロックウール	0.3 以上	0.046 程度	◎	◎	乾式 半乾式
けい酸カルシウム板	0.5 ~ 0.9 程度	0.064 ~ 0.073 程度	◎	○	板

[注] ◎：優れている ○：適

## (7) 摩擦力低減材

主に部材の熱伸縮による部材間の摩擦によって発生する発音を防ぐため、金属部材相互の接触部分に挿入し、発音の低減を図る材料であり、弾性に富むもの、滑りを大きくする樹脂系のシート、コーティングおよびガラス繊維などが多く使用される。

出展 1) 株式会社日本電気化学工業所 アルミ建材における表面処理技術の現状について  
 2) 日本工業規格 JIS H 8602 アルミニウム及びアルミニウム合金の陽極酸化塗装被膜  
 3) (公社) 日本建築家協会監修 建築工事共通仕様書 2017年度版 発行所 大阪府建築家協同組合  
 4) (一社) 日本建築学会 建築工事標準仕様書・同解説 JASS14 カーテンウォール工事

# 4 製作

## 1 製作の概要

### (1) 工事工程

建具およびカーテンウォールは、性能発注的要素が強く様々な技術的検討を必要とする。このため、工事工程は総合工程と十分に調整したうえで取付け工程から逆算して期日を設定し、作図・承認期間を十分に見込んだうえで事前の検討を早期に開始することが何より重要となる（一般的に実大試験を行う場合、取付け開始の1年前から検討を開始するのが理想である）。

#### ■工事工程において考慮すべきポイント

- ①総合工程における取付け時期と期間
- ②施工図など製作承認期間
- ③カーテンウォールファスナーの決定時期 → 割付け、計算書、鉄骨製作図の対応
- ④検討開始時期
- ⑤実大サンプル（モックアップ）承認時期
- ⑥型材の承認、製作期間（特注品の場合）
- ⑦実大試験体の製作期間、試験時期および検討・フィードバック期間（特記に実大試験の記載がある場合）
- ⑧工場製作期間
- ⑨製品検査日程
- ⑩輸送期間（特に海外製作の場合）
- ⑪現場取付けサイクル、揚重機使用計画

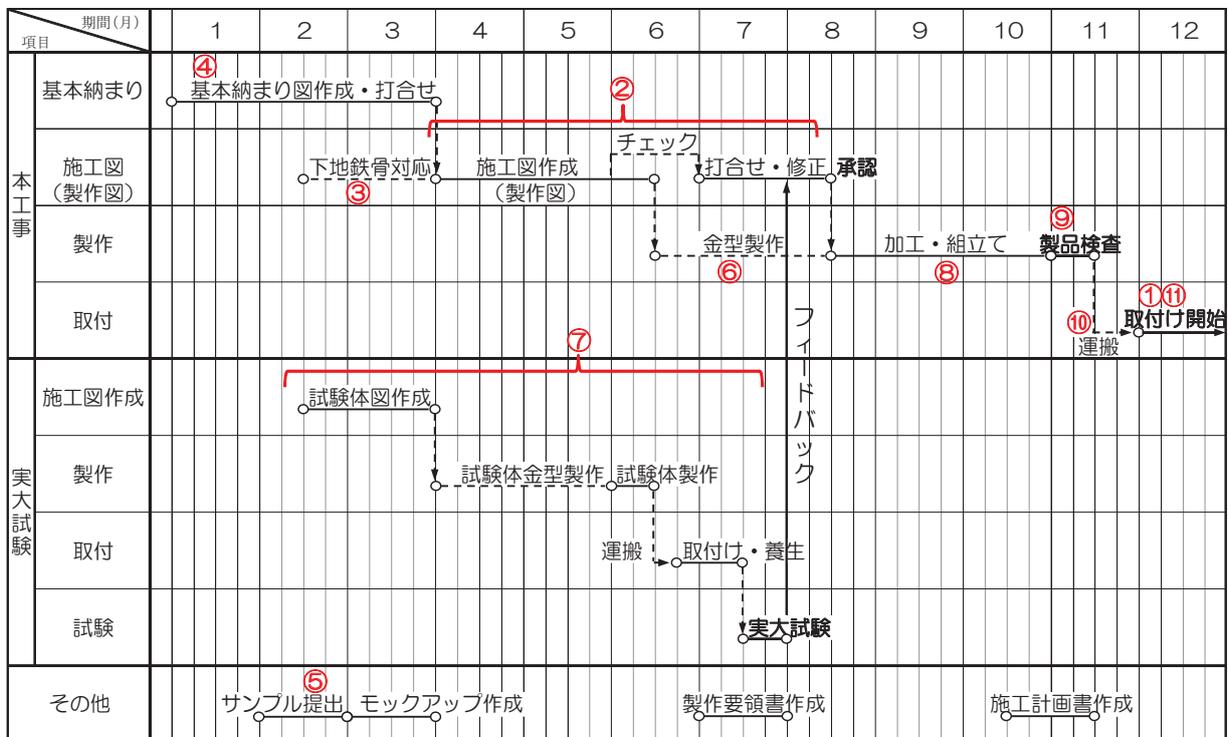


図1 メタルカーテンウォールの場合の工事工程例（特注品の場合）

かなり早い時期から着手する必要がありそうですね。  
一般サッシだと⑥と⑦の部分がなくなるのね。



(2)加工・組立て、納期

加工・組立ては、製作要領書に基づいて行われる。製作要領書は、承認された仕様書や計算書、施工図などに基づき、適正な材料を使用して要求された性能を満たし、決められた期間内に正確かつ見栄え良く製作するためのものである。

製作要領書に記載される項目例

- ①使用材料……材料の種類、材質、形状、寸法など、それぞれの規格値
- ②製作仕様……設計図書および施工図に基づく仕様
- ③製作……フローチャート、加工概要、製作ロットの大きさ、寸法許容差、表面仕上げ種類、確保すべき品質特性とその許容差、関連する適用規格など
- ④検査……検査対象、検査項目、検査基準、抜き取り方式、合否判定基準などのほか検査記録の方式、処理方法など
- ⑤養生・梱包……製品の輸送および現場施工時の傷・汚損防止
- ⑥保管・出荷……自重や外力による変形と損傷を防止する適切な保管方法

表1 カーテンウォール製品許容差の例<sup>1)</sup> (単位: mm)

区分		項目		寸法許容差
単一材	型材	長さ	1.5m 以下	± 1.0
			1.5m を超え 4m 以下	± 1.5
			4m を超えるもの	± 2.0
		曲がり		JIS H4100 による
	ねじれ			
	パネル材	辺長	1.5m 以下	± 1.5
			1.5m を超え 4m 以下	± 2.0
			4m を超えるもの	+ 2.0、- 3.0
		見込み深さ		± 1.0
		対角線長差		3.0
平面度		2/1000		
組立ユニット	外法寸法	1.5m 以下	± 2.0	
		1.5m を超え 4m 以下	+ 2.0、- 3.0	
		4m を超えるもの	+ 2.0、- 4.0	
	対角線長差		3.0	

一般的な製作納期はどの位なのですか？



一般的なアルミ製建具で約50日、カーテンウォールで約75日位だよ。特注品になると、金型製作や性能試験期間などが発生するから、その都度メーカーに確認が必要だね。

### (3) 実大試験

基本的な性能は、各種計算やこれまでの実績を基にある程度予測可能であるが、特殊な条件や意匠によるもの、なかでも水密性能については計算では判断が難しく、他部材との接合部など総合的な判断が必要となる場合は、実大試験による性能の確認が望まれる。

ただし、試験を実施する場合は、供試体の製作費、試験費のコスト面だけでなく、工程面で製作・試験確認期間に加えて検討し、フィードバックする期間をあらかじめ見込んでおく必要がある。

このため、急な実大試験の実施は難しく、実施の有無および試験項目と供試体形状については基本的に特記などへの記載が必要である。記載がなくかつ実施が難しい場合には、実績や図書などで性能が確認できるもので施工できるよう、協議する必要がある。

#### ■実大試験による主な試験項目の例

- ①水密性能
- ②層間変位追従性能
- ③耐風圧性能
- ④総合性能……… 上記3項目を組み合わせて相互の影響などを確認
- ⑤気密性能（試験装置によってはできない場合がある）
- ⑥その他……… 各種取付け金物・支持金物類の耐力確認、換気口の通気量確認、可動部の耐久性確認など



供試体の製作および取付けに関する課題を抽出して、本製作・施工に反映させることも実大試験の重要な目的の一つだぞ。

なるほど！  
作ってみて初めて分かることもあるということですね。



写真1 実大試験装置参考写真<sup>2)</sup>  
動風圧・層間変位試験装置

#### (4) サンプル

使用する型材、仕上げ見本、ガラス、その他仕上げ材、付属部品および色調見本などを必要に応じて提出し承認を受ける必要がある。

また、形状や色などを確認するための実大サンプル（モックアップ）については特記などによるが、その場合、モックアップの製作・決定期間を全体のスケジュールの中にあらかじめ見込んでおくことが重要となる。

通常、モックアップは型材の形状を決定する前に行うため、スチールやアルミの板材を曲げたり、木で製作塗装仕上げとする場合が多い。

#### (5) 製品検査

検査は、設計図書の内容を満足していることを確認することが目的であり、施工図、製作要領書、検査規格などに基づいて実施される。製作者による検査規格は、工事物件に関係なく製作工場の品質管理の一環であるが、製作要領書には物件ごとの条件や設計内容を考慮し、製作者検査規格とは異なる検査項目や検査方法、判定基準が定められることがある。その場合は、誰が検査しても品質が明確に判断できるような基準、規格を要領書にて明確にしておく必要がある。

検査は原則製作者および施工者が自主的に行うが、立会検査が規定されている場合は、各自主検査結果の確認が主目的となるため、別途日程調整が必要となる。加えて検査内容によっては仮組などの場所や検査設備の準備が必要であり、検査日程には検査による不具合の発生、あるいは性能を満たしていない場合の改良や手直しに要する時間を、ある程度見込んでおく必要がある。

#### ■一般的な検査項目例（具体的なチェックポイントについては2章以降に示す）

- |             |            |
|-------------|------------|
| ①製品の形状、寸法   | ④工場シールの状態  |
| ②見え掛り部の外観   | ⑤障子、金物の作動性 |
| ③接合部の目違いの有無 |            |

#### (6) 運搬

製品の運搬・揚重については、部材に損傷を与えたり汚したりしない方法で行う。一般的には、トラックを使用するが、各種法規により形状、寸法の制限を受けるので、注意が必要である。

また、現場での仮置き、取付け手順、揚重方法などを踏まえ、荷姿、搬入順序を事前に十分検討しておく。海外製作の場合は、コンテナのサイズが部材寸法上の制約となる場合がある。さらに船による輸送期間、通関手続き期間など、運搬日数には余裕をみておく必要がある。

なお、コンテナからの取出しを現場で行う場合は、荷台の高さや積荷の形態などを考慮し、荷卸し設備をあらかじめ準備しておく必要がある。運送業者の倉庫で通常のトラックに積み替えて現場に搬入することも可能だが、費用が別途必要になる。

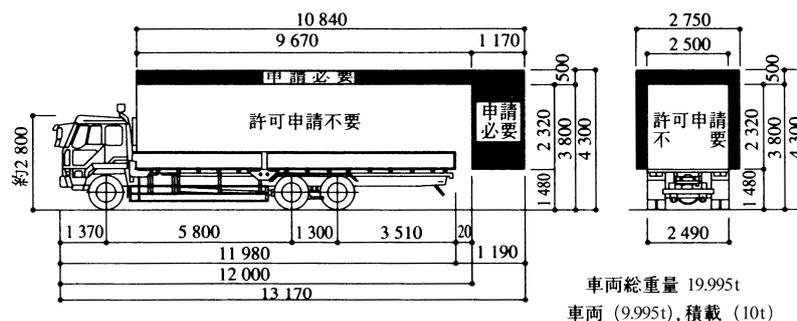


図2 トラックに対する許容荷姿寸法<sup>1)</sup>



写真2 海外で出荷前のアルミカーテンウォールユニット



写真3 架台を使用してコンテナから積荷を取り出す

## 2 施工図書

### (1) 施工図（製作図）

設計図書に示された性能および意匠を満足するために、以下の図面などを作成し承認を受ける必要がある。施工図（製作図）などの作成に当たっては、設計図面の早期理解と事前の検討と確認が重要となる。

施工図（製作図）などのチェックポイントについては、第2章以降に示す。

#### ■施工図（製作図）などの内容例

- ①仕様書……………性能、材料、仕上げなど
- ②配置・リスト…位置、符号、数量、開き勝手など
- ③割付・姿図……符号、大きさ、建具金物、ガラス種別・厚さなど
- ④詳細図……………躯体取付け部、部材の接合部、目地・シール施工、結露水・雨仕舞い、ガラス溝・クリアランス、他部材との取合い、各種金物など
- ⑤その他……………その他製作、施工に必要な詳細など

### (2) 施工計画書

施工計画書とは、製品の性能や見栄えを損なうことなく、予定工期の中で、正確、経済的かつ安全に取付けを行うための工事の計画書である。

特に、カーテンウォールは構成する部材が多く、関連する工事也多岐にわたるため、取付け手順や各施工段階ごとの品質管理が重要となる。工事に先立ち施工計画書を作成することにより、各々の品質管理項目・基準を明確にし、関係者に周知徹底するようにする。

また、取付け方法や揚重計画、あと施工の有無などは、製作順序、ユニットの大きさなどに影響する場合があり、施工図（製作図）などへ反映させる必要があるため、早目の検討が必要となる。

#### ■施工計画書の構成例

- ①総則……………適用範囲、計画の変更・追加
- ②一般事項……………工事概要、製作・施工体制、工程表
- ③設計仕様……………設定性能、構法など
- ④施工計画……………仮設計画、運搬・揚重・保管、取付け要領・精度
- ⑤品質管理……………検査項目・方法・基準、記録
- ⑥養生計画……………養生方法
- ⑦安全対策……………作業時の注意事項、点検・対策

### (3) その他の必要図書

その他の図書には以下の関係書類があるので、確認が必要である。

#### ■必要図書の例

- ①計 算 書……………耐風圧、結露、ガラスの耐風圧と熱割れ、変位追従性能、熱伸縮など
- ②試験成績書……………各種材料、気密性、遮音性など
- ③性能証明書……………JIS 適合認定、合成耐火認定など
- ④機構説明書……………変位追従、排水機構など

なお、耐風圧計算書において、確認申請図書に記載されている部分がある。施工図の段階での変更により耐風圧計算に影響がでる場合は、軽微な変更申請もしくは変更申請が必要となるので、注意が必要である。



設計図書からの部材変更や切欠きなどの加工が発生する  
ような場合は気を付けよう。  
確認申請図書は必ずチェックするように！



# 第2章

## 必要性能



カーテンウォールの防耐火性能とは、火災が起きた際に建物の倒壊や周囲への延焼を防ぐために求められる性能のことである。

### 1 耐火時間

建築基準法施行令第107条の三に、以下のとおり規定されている。

三 外壁及び屋根にあっては、これらに屋内において発生する通常の火災による火熱が1時間（非耐力壁である外壁の延焼のおそれのある部分以外の部分及び屋根にあっては、30分間）加えられた場合に、屋外に火炎を出す原因となるき裂その他の損傷を生じないもの（遮炎性）であること。

ここに示されている「延焼のおそれのある部分」とは、道路中心線、隣地境界線、建築物相互の中心線から1階で3m以下の部分、2階以上では5m以下の部分とされている。

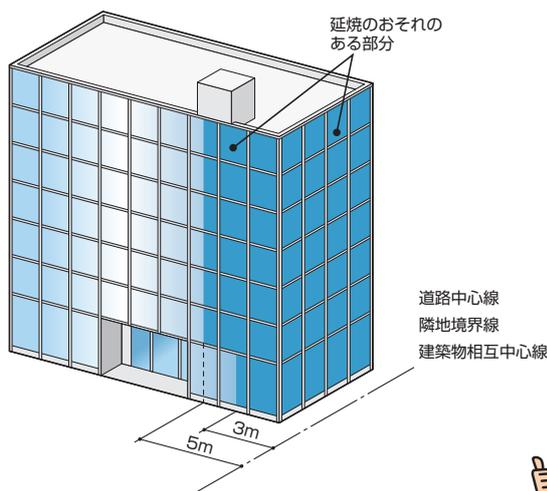


図1 燃焼のおそれのある部分

カーテンウォールは、「非耐力壁である外壁」に該当するのね！



ただ、カーテンウォールの中に組み込まれたサッシやガラスは、開口部であって外壁ではないとされるので107条の三は適用されないんだ。しかし、延焼のおそれのある部分については、防火設備とする必要があるんだよ。



### 2 防火区画

防火区画は建物内の火災の拡大を防止することを目的としたもので、外壁に関わる部分では建築基準法施行令第112条に規定されている範囲を準耐火構造にしなければならない。その範囲を開口部とする場合には、防火設備を用いる必要がある。

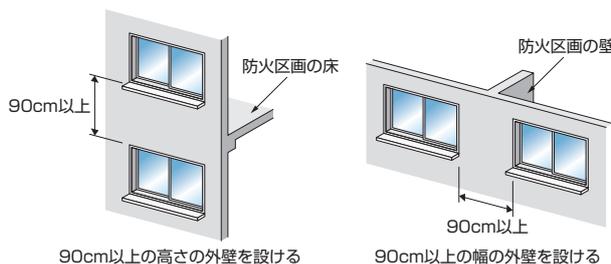


図2 外壁を準耐火構造にしなければならない範囲

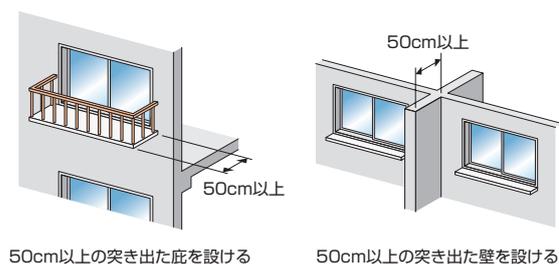


図3 外壁の準耐火構造が不要な場合

### 3 材料・構造

防耐火性能を満たすためのカーテンウォールの材料・構造方法は、様々な法令や通知があり、理解するのが非常に難解である。関連する資料をよく確認し、混乱しないようにしなければならない。

平成12年建設省告示第1399号「耐火構造の構造方法を定める件」により、建築基準法に基づく耐火構造の構造方法が定められた。これに該当しない場合は、指定性能評価機関の性能評価を受け、国土交通省の認定を受けた物を使用する必要がある。

様々な材質が使用される外壁では、法的解釈が煩雑となりやすいため、平成20年5月9日に国住指第619号国土交通省住宅局建築指導課長通知「カーテンウォールの構造方法について」（以下技術的助言という）が出された。この中で、カーテンウォールの耐火性能および開口部の防火設備に関する構造方法が明示されている。



技術的助言に対する補足資料として、カーテンウォール・防火開口部協会から構造説明図が分かりやすくまとめられホームページで公開されているので、こちらも参考にしてみよう。

#### (1) 層間ふさぎ

層間ふさぎは、カーテンウォールとスラブ躯体との間に生じる隙間をふさぐ処理のことをいい、1.6mm以上の鋼板の上に厚さ50mm以上のモルタル、コンクリートまたはロックウールで覆う必要があると技術的助言では示されているが、地震時の変位や温度伸縮に対応するため、硬くならないロックウールが多く採用される。

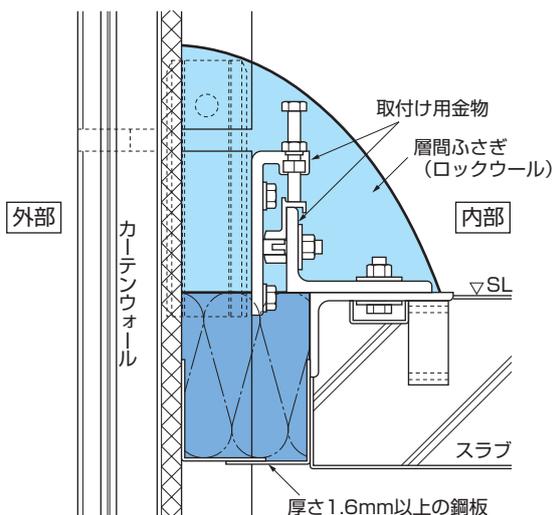


図4 層間ふさぎの納まり



写真1 層間ふさぎの実例

支持金物（ファスナー）にも耐火被覆が必要なのね。



## (2) スパンドレル部分、パネル間ジョイント部分の処理

技術的助言では「スパンドレル、柱形その他これらに類する部分のうち防火区画に接する部分については、上下階相互又は外壁間相互における延焼を防止する観点から耐火性能等が求められている部分であることから、スパンドレル、柱形その他これらに類する部分を構成する材料は、火災時において容易に破損、脱落等を生じることがないようにするため、方立、無目等から構造的に切り離し、かつ、柱、床又ははりに固定するものとする。」と示されている。

よって、カーテンウォールで多く使用される耐火ボードは方立、無目などから構造的に切り離し、構造体に固定する必要がある。

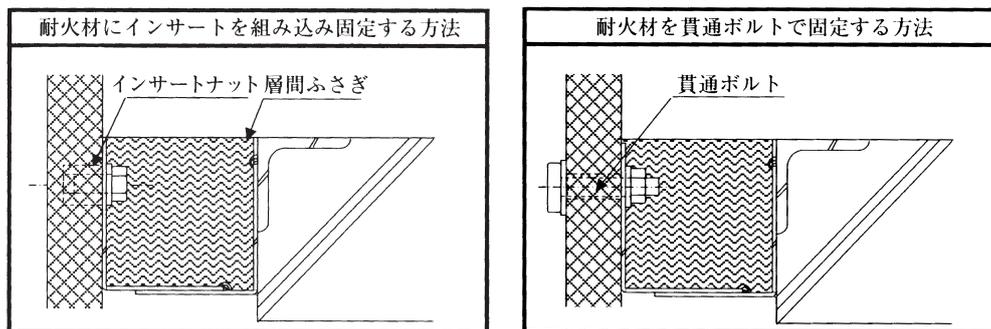


図5 耐火パネルの固定方法例<sup>1)</sup>



写真2 耐火パネルの固定例（層間ふさぎなどは未施工の段階）



関係法令以外に防耐火性能が要求される部位については、設計図書に特記されるので、見落とさないようにしましょう。  
特記がない場合は、監理者と協議のうえ決定するようにしよう。

1 防耐火性能

2 耐風圧性能

3 耐震性能

4 耐温度差性能

5 水密性能

6 気密性能

7 遮音性能

8 断熱性能

9 耐久性能

10 その他の性能

技術的助言では、スパンドレル部分の仕様について以下のように示されている。

『国土交通省住宅局建築指導課長通知（平成20年5月9日・国住指第619号）』  
「カーテンウォールの構造方法について（技術的助言）」（抜粋・要約）

青字：【延焼のおそれのある部分】

赤字：【延焼のおそれのある部分以外の部分】

【外壁】各部材①、②はそれぞれ以下のいずれかに定める構造とする。

①スパンドレル、柱形、その他それらに類する部分

- ・不燃材料の無機質系材料による外装材に、厚さ6mm(10mm)以上の繊維混入けい酸カルシウム板を3層(2層)重ねて張ったもの。(厚さの合計35mm以上)
- ・不燃材料の無機質系材料による外装材を厚さ30mm(20mm)以上のロックウールで覆ったもの
- ・平成12年建設省告示第1399号第一第六号(第七号)に規定するもの
- ・令第107条第2号及び第3号に掲げる技術的基準に適合する非耐力壁である外壁(1時間(30分間))の構造方法の認定を取得しているもの(支持部材)鋼材で造ったもの

②方立及び縦枠(スパンドレルに該当する部分)

- ・鋼材(厚さ1mm以上)又はアルミニウム型材(厚さ2mm以上)を4層(2層)以上重ねたものを次のイ又はロの材料で被覆したもの
  - イ 厚さ6mm(10mm)以上の繊維混入けい酸カルシウム板を3層(2層)重ねて張ったもの。(厚さの合計35mm以上)
  - ロ 厚さ30mm(20mm)以上のロックウール

- ・アルミニウム型材(厚さ2mm以上)を4層(2層)以上重ね、その厚さの合計が10mm(5mm)以上のものを、次のイ又はロの材料で被覆したもの
  - イ 厚さ6mm(10mm)以上の繊維混入けい酸カルシウム板を3層(2層)重ねて張ったもの。(厚さの合計35mm以上)
  - ロ 厚さ30mm(20mm)以上のロックウール

- ・金属材料を厚さ30mm(20mm)以上のロックウールで覆ったもの
- ・平成12年建設省告示第1399号第一第六号(第七号)に規定するもの
- ・令第107条第2号及び第3号に掲げる技術的基準に適合する非耐力壁である外壁(1時間(30分間))の構造方法の認定を取得しているもの(支持金物)鋼材で覆ったもの、または、アルミニウム材で造り防火被覆が設けられたもの

アルミニウムの型材で  
厚さ2mm以上のものが

延焼のおそれのある部分で4層(①~④)  
延焼のおそれのない部分で2層(①~②)  
が必要である。

更に型材への遮熱対策として裏面(室内側)  
を吹付ロックウールなら  
延焼のおそれのある部分は30mm以上  
延焼のおそれのない部分は20mm以上  
繊維混入けい酸カルシウム板なら  
延焼のおそれのある部分は35mm以上  
延焼のおそれのない部分は20mm以上  
で被覆する必要がある。

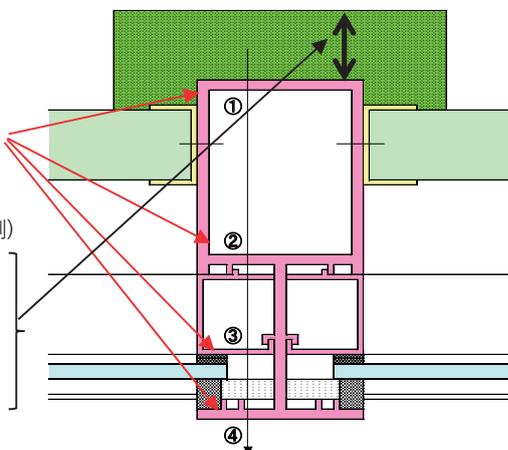


図6 技術的助言に基づいたスパンドレル部分の方立構造<sup>2)</sup>

(注)「燃焼のおそれのない部分」とは、  
「燃焼のおそれのある部分以外の部分」  
(p.27 参照)

分かりにくいところだが、法律なのでしっかり理解しよう。



以上のことを全て網羅すると、下図のような状態となる。

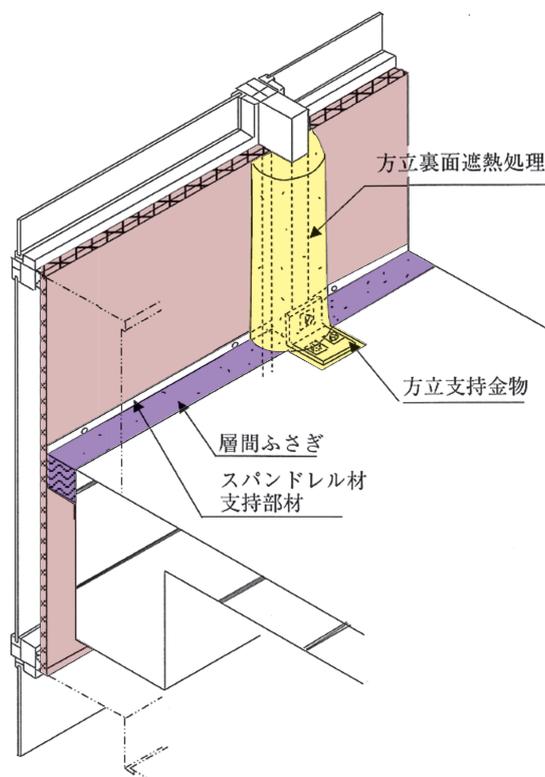


図7 スパンドレル部の処理<sup>1)</sup>

カーテンウォール・防火開口部協会の資料には、防火設備についてもまとめられているので参考にしよう。

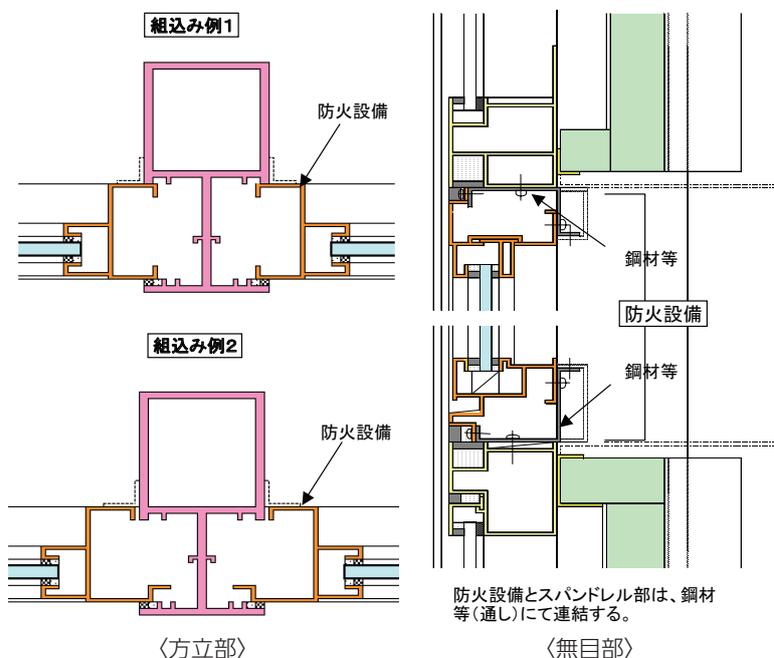


図8 防火設備組込み例<sup>2)</sup>

出典 1) (一社) 日本建築学会 建築工事標準仕様書・同解説 JASS 14 カーテンウォール工事  
 2) (一社) カーテンウォール・防火開口部協会 資料「カーテンウォールの構造方法について (技術的助言)」について

- 1 耐火性能
- 2 耐風圧性能
- 3 耐震性能
- 4 耐温度差性能
- 5 水密性能
- 6 気密性能
- 7 遮音性能
- 8 断熱性能
- 9 耐久性能
- 10 その他の性能

# 2

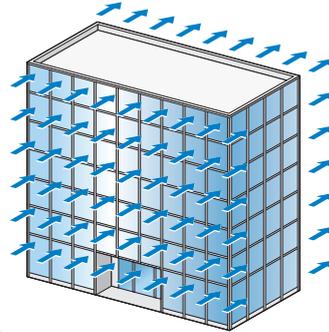
## 耐風圧性能

耐風圧とは、サッシやドアセットおよびカーテンウォールなどがどの程度の風圧に耐えられるかを表わす性能であり、風が建物にぶつかったときに生じる圧力（風圧力）に、単位面積当たりで耐え得る限界風圧力のことである。

風は空気の流れだ。  
風が建物にぶつかるときは押す力が働き、押す力が正圧だ。

負圧は建物を引っ張る力なんです。

正圧・負圧は、風圧力の算定で平均速度圧とともに、重要な検討要素なんだ。



風圧力は設計者が特記で指定するが、施工者は基本的に製造メーカーを通じて主要部材や躯体取付け部材およびガラスが、その風圧力に対して安全であることを、構造計算書で確認する。

風圧・許容耐力などの単位は、「法令・告示は $N/m^2$ 、JIS規格はPa」で表している。

### 1 建築基準法などの規定

建物の耐風圧性能に関する法令を示す。

最も基本となる法令は、建築基準法施行令第82条の4で、計算による安全性の確認が義務付けられている。

#### 建築基準法施行令第82条の4 屋根ふき材等の構造計算

屋根ふき材、外装材及び屋外に面する帳壁については、国土交通大臣が定める基準に従った構造計算によって風圧に対して構造耐力上安全であることを確かめなければならない。

計算方法については

#### 建築基準法施行令第87条 風圧力

風圧力は、速度圧に風力係数を乗じて計算しなければならない。

と定められている。

速度圧の求め方は、建築基準法施行令第87条に記載されている。

また、風力係数については、建築基準法施行令第3章構造強度 8節構造計算 第2款荷重および外力第87条風圧力の4項に以下の通り示されている。

第1項の風力係数は、風洞実験によって定める場合のほか、建築物又は工作物の断面及び平面の形状に応じて国土交通大臣が定める数値によらなければならない。

このため、風洞実験値を用いるか、風洞実験を行わない場合は平成12年建設省告示第1458号に定められた計算式を用いることになり、この計算式を「告示式」と呼ぶことが多い。

建物の外壁に取り付けられるサッシ、ドアセットおよびメタルカーテンウォールへの風圧力を左右する条件には以下のものがある。

- ・取り付けられる地上からの高さ
- ・建物の高さや形状
- ・立地条件（地表面の密・疎および高低）
- ・その地域の風速等の条件
- ・取付け部位

風洞実験により風圧力を求める場合には、前述の様々な条件を加味して模型を製作し数値を求めるが、計算式によって風圧力を決める場合には、この条件を考慮して値を決定する必要がある。これらは設計者が建物の確認申請に際して必要であるため、工事現場では確認申請書に添付されている「外装材の構造計算書」で確認することができる。



写真1 風洞実験

### ■風圧力の算定で注意する点

#### ①建設省告示第1458号で適用除外とされている部分の取扱い

上記告示では

- ・高さ13m以下の建築物
- ・高さ13mを超える建築物において構造耐力上、上部の影響を受けない13m以下の部分
- ・高さ13mを超える建築物の1階の部分

については適応除外としているが、日本建築学会では上層階と同様の風圧力を適用することが望ましいとしている。また、日本サッシ協会でも計算規準を設定している。

#### ②屋上の解放型外壁の風圧力

屋上に基準階の外装材が飛び出している部分では、正面から当たる風だけでなく、後ろに巻き込まれた風についても考慮する必要がある。おおむね、外部の正圧の半分以上が裏面で負圧となるといわれている(図1)。

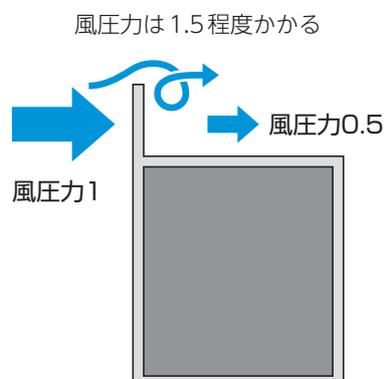


図1 屋上開放型外壁における風圧力の考え方

## ■ガラスの耐風圧検討

ガラスの耐風圧計算方法は、「建設省告示第1458号」に記載されている。

しかしこの式によって算出された値は、剛性の高いサッシにガラスを四辺単純支持した場合のみ適用することができる。

適用範囲にあてはまらない場合は、検討をガラスメーカーに依頼することが多い。ただし、建具製造メーカーとガラス製造メーカーで構造計算の前提条件が異なる場合があるので、確認しておく必要がある。

なお、以上の検討が不十分な場合、耐風圧性能が不足して、台風をはじめとする強風時やそのあとに次のような不具合が想定されるので、確認を怠らないことが重要となる。

- ・変形して開かなくなる（閉じなくなる）。
- ・取り付けてある部材や金具類の脱落や漏水が発生する。
- ・ガラスが割れたり、脱落する。

## 2 建具

耐風圧は、JIS A 4706（サッシ）やJIS A 4702（ドアセット）に規定する「単位面積（1㎡）当たりどのくらいの風圧に耐えられるか」を基準とした、耐風圧性等級で表す。

なお、JIS等級外のものは、JIS規格に準じて建具に載荷する風圧力によって表示する。

平成12年建設省告示1458号に従って計算した値（N/m<sup>2</sup>）が最低限であり、それ以上の性能の確保が必要となる。その値が3600Paを超えたときは区分Uに該当するが、この場合は、計算結果の値をそのまま用いるのが一般的である。

耐風圧性の区分	N	S-1	S-2	S-3	S-4	S-5	S-6	S-7	U
JISによる等級	※	S-1	S-2	S-3	S-4	S-5	S-6	S-7	※

- ② N 性能を要求しないもの  
 U JIS規格を超えるもの  
 ※ JIS規格に定められていないもので、特記による

表1 耐風圧性の等級と性能（判定基準）：JIS A 4706・JIS A 4702による<sup>1)</sup>

等級	等級との対応値	性能
S-1	最大加圧圧力 800Pa (換算風速 36m/s)	a) 加圧中、破壊のないこと。 b) スライディングは、召合せかまち、突合せかまち、召合せ中骨の最大変位が各々の部材に平行する方向の内り寸法の1/70以下であること。
S-2	1200Pa (換算風速 44m/s)	c) スイングは、枠、無目、方立など、戸の周辺に接する部材において最大相対変位が15mm以下であること。
S-3	1600Pa (換算風速 51m/s)	d) スイングなど両開きの召合せかまちは、最大変位がその部材に平行する方向の内り寸法の1/70以下であること。
S-4	2000Pa (換算風速 57m/s)	e) 無目、方立がある場合は、そのたわみ率が1/100以下であること。
S-5	2400Pa (換算風速 62m/s)	f) 6.8mm以上のガラスを使用する場合は、さらに各々の部材のたわみ率が次の表の規定に適合すること。
S-6	2800Pa (換算風速 67m/s)	
S-7	3600Pa (換算風速 76m/s)	
		g) 除圧後、開閉に異常がなく、使用上支障がないこと。

部材名		たわみ率
中棧及び中骨		1/150以下
召合せかまち 突合せかまち 召合せ中骨	中棧あり 中骨	1/85以下
	中棧なし 中骨	1/100以下

注1 JIS A 4702では、c) d) の最大相対変位および最大変位は、閉じ側への加圧で測定する  
 注2 複層ガラス、合わせガラスなどを使用する場合は、構成するガラスのうち  
 ・厚い方のガラスが、6.8mm未満の場合…a) b) c) d) e) およびg) を適用する。  
 ・厚い方のガラスが、6.8mm以上の場合…a) ~ g) を適用する。

### 3 カーテンウォール

設計者は、カーテンウォールの性能について「平成12年5月31日 建設省告示第1458号」に定められた手順に則って計算を進める。

また、JASS14には、以下のように示されている。

#### 2.4 耐風圧性能

- a. 耐風圧性能は、想定する暴風時の風圧力（正圧、負圧）で表示し、性能値は特記による。特記がない場合は、建築基準法施行令第82条の4および平成12年（2000年）建設省告示第1458号により算定した値とする。
- b. 耐風圧性能に対する要求事項は次による。
  - (1) ガラスを除く主要部材のたわみの限度
    - ・ 支点間距離（H）が4.0m以下の場合 H/150かつ20mm以下
    - ・ 支点間距離（H）が4.0mを超える場合 H/200以下
  - (2) ガラスや各部材の状態
    - ・ 破損、残留変形、有害な変形や異音の発生がなく、ほとんど補修なしで継続使用に耐えるものとする。
- c. 性能の確認は、部材の構造計算による。ガラスは2辺支持など特殊な支持条件の場合を除き、平成12年（2000年）建設省告示第1458号の規定による。また、耐風圧試験（JIS A 1515に定める耐風圧試験に準じた試験）を実施して確認を行う場合は、特記による。

図2 耐風圧性能<sup>2)</sup>

想定する暴風とは、法令の規定により算出された風圧力が基準となるが、建築基準法は低層建物から高層建物まですべての建物に共通の最低基準であるという位置づけである。

告示に定められた基準風速（ $V_0$ ）は、おおむね再現期間50年の風速に相当するとされているが、設定した風速を超える可能性は建物の使用期間によって変わるため、設計者は基準風速の割増しを個別に設定する。

カーテンウォール・防火開口部協会は、「カーテンウォール性能基準2013」で次表の耐風圧性能グレードを示している。この中で建物の高さが60m以下については、グレード1・2を推奨、60mを超える建築物についてはグレード2・3を推奨している。

表2 耐風圧性能グレード表<sup>3)</sup>

性能グレード	1	2	3
風圧力 (N/m <sup>2</sup> , Pa)	平成12年建設省告示第1458号による値	平成12年建設省告示第1458号の基準風速に対し再現期間100年に相当する補正係数1.07を乗じて求めた値	平成12年建設省告示第1458号の基準風速に対し再現期間300年に相当する補正係数1.19を乗じて求めた値

板硝子協会推奨基準では、一般的な建築物では再現期間100年、高さ60mを超える建築物では再現期間200年としている。

再現期間と割増の係数を、表3に示す。

表3 風速の再現期間の目安<sup>4)</sup>

再現期間	50年	100年	200年
係数	1.00	1.07	1.15



設計者は建物の重要性、使用予定期間などを考慮して、基準風速（ $V_0$ ）の割増しを行うんですね？

風圧力は、風速の2乗に比例するので、風圧は、100年再現だと  $1.07^2 = 1.145$  倍になるんだ。



1 耐火性能

2 耐風圧性能

3 耐震性能

4 耐温度差性能

5 水密性能

6 気密性能

7 遮音性能

8 断熱性能

9 耐久性能

10 その他の性能

## 4 計算書・施工図のチェック

性能値に対する安全性の確認は、部材の構造計算により行うこととされている。

構造計算で確認する耐風圧性能についての部材の安全性の確認は、メタルカーテンウォールの構成方式により表4に記載の項目の確認が必要となる。割付図などより、風圧力をどの部材で負担しているかを理解し、各部材が負担する面積や支持条件ごとに断面検討がされ、漏れなく規定値以下であることを注意する。

さらに、メタルカーテンウォールを構成する各部材の部材断面の算定に必要な定数や係数が使用材料と合致していることを確認しておきたい。

また、部材間の取付条件による断面欠損または補強が計算へ反映されていること、メタルカーテンウォールを躯体に固定するファスナー各部の検討結果を実行されているか確認することが望ましい（図3）。

施工者は、構造計算の結果を確認すると同時に、設計者、監理者との打合せや協議などで整理した製造メーカーへの指示事項が遺漏なく計算書や施工図に反映されていること、計算結果と施工図の間に不整合がないことを確認する。

表4 風速の再現期間の目安

メタルカーテンウォール方式	部 材	確認項目
共 通	主要部材（方立、無目ほか）	正圧および負圧の面外方向風圧力 ・部材に発生する応力度 $\leq$ 短期許容応力度
ノックダウン方式	方立、無目	水平方向 ・たわみ率、たわみ量 $\leq$ 規定値
スパンドレルパネル方式	スパンドレル部分および開口部構成部材	水平方向 ・たわみ率、たわみ量 $\leq$ 規定値
ユニット方式	縦枠、上下枠、無目など	水平方向 ・たわみ率、たわみ量 $\leq$ 規定値

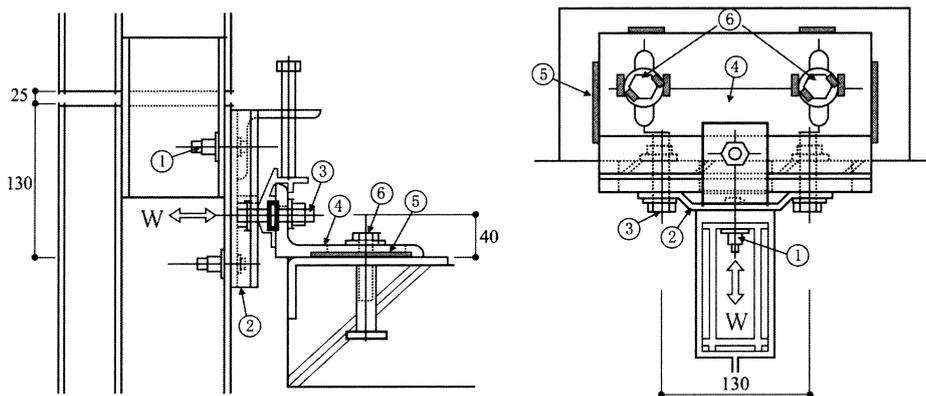


図3 ファスナー周辺各部における強度計算の必要な部分例①～⑥<sup>5)</sup>



計算書の結果と施工図の断面が食い違っていたり、検討していない切欠きがあったりしたら、部材の強度が不足して破損するおそれがあるのだよ。

大変重要な業務なんですわね！



5 不具合事例

(1) 耐風圧強度不足による不具合事例

**【状況】** 竣工後、約10年が経過した建築物において、強風時に窓が方立と無目の交差部で外側に10mm程度の膨れが生じ、サッシが折曲がった。  
 外部を風が吹き抜けた際の負圧が作用したものと推定できる（竣工時に当該建物の周囲が造成されて地形が変化しており建築物への風圧力のかかり方が変化した可能性がある）。



外観



内観

**【原因】** 調査時にカバーを外したところ、工場で当該部分に組み込まれている補強金物が切欠き加工されていた。  
 これは、製造メーカー設計担当者が、当該切欠きによる部材の強度低下や追加補強を構造計算にて確認することなく、製造部署の独断で加工・組立てを行っていたことが考えられる。

(2) 改装時 耐風圧強度不足による不具合事例

**【状況】** 外装改修工事において、施工中にリニューアルした新設アルミニウム製建具の連窓部方立に曲がりが生じていることが目視で確認された。  
 既製品のFIX窓と排煙窓を交互に組立て、メタルカーテンウォールを構成していた。

**【原因】** 設計図書には、特記仕様書に耐風圧性能に関する要求性能や意匠図に建具姿図・断面詳細の記載があった。建具各単体は既製品にて必要耐風圧性能を満たしていたが、連窓として組立てた場合の接合部補強部分の強度は確認されていなかった。

また、設計者は、上下に組み合わせていた異種の建具を一体として設計していたが、建具製造メーカーが上下建枠の型材断面が同一でないにもかかわらず室内側設置の方立に上下接合部分の構造検討を怠ったため、連窓建具一体としての耐風圧性能は確保されていなかった。

さらに、施工者（元請）も単体建具の耐風圧性能はチェックしていたが、連窓状態での施工図に接合部詳細の添付がなかったためチェックしていなかった（設計者・監理者は連窓建具一体としての設計条件が踏襲されているものとの思い込みがあった）。

建具間接合部について、設計（計算条件）と製造メーカーの認識に齟齬があったにもかかわらず、施工者や設計者・監理者は、施工図の情報不足や思い込みにより製造メーカーと十分な意思疎通を図れず、チェックすべきポイントを見逃した。

事態を把握したのち、構造計算でこの状態の耐風圧性能を確認したところ、設計耐風圧に対して1/3程度であった。

出典 1) 日本工業規格 JIS A 4706 サッシ・JIS A 4702 ドアセット  
 2) (一社) 日本建築学会 建築工事標準仕様書・同解説 JASS14 カーテンウォール工事  
 3) (一社) カーテンウォール・防火開口部協会 カーテンウォール性能基準 2013  
 4) 板硝子協会 板硝子協会推奨基準  
 5) (一社) 日本建築学会 実務者のための建築物外装耐風圧設計マニュアル

1 耐火性能

2 耐風圧性能

3 耐震性能

4 耐温度差性能

5 水密性能

6 気密性能

7 遮音性能

8 断熱性能

9 耐久性

10 その他の性能

# 3 耐震性能

耐震性能について、カーテンウォールは様々な基準が設けられているが、アルミ製建具についてはドアの面内変形追従性がJIS A 4702に規定されているだけで、窓（アルミサッシ）については規定がない。しかし、外装材としての建具は、ガラスも含め地震による作用に対して安全でなければならない。

建物への地震による作用には、以下のようなものがある。

- ・ 慣性力（水平方向の慣性力、鉛直方向の慣性力）
- ・ 層間変位
- ・ 鉛直相対変位

## 1 慣性力

地震による建物の揺れによって、慣性力が作用する。その慣性力に対して、安全性を検討しておく必要がある。検討する慣性力には、水平方向と鉛直方向がある。

耐震性能の検討は、建具、カーテンウォールを構造体などに支持する部分の強度確認をするというのが基本である。

慣性力は、特記に記載されている水平震度、鉛直震度に対象の範囲の自重を掛けたもので求められる。一般的に、水平方向の慣性力と鉛直方向の慣性力は、同時に作用しないとして検討する場合が多い。

要求性能としては特記によるが、JASS14では、以下のように定めている。水平方向は、面内方向、面外方向の両方について検討を行う。

水平震度および鉛直震度は大地震の場合とし、

水平方向の慣性力 = 水平震度 (1.0) × 自重

鉛直方向の慣性力 = 鉛直震度 (0.5) × 自重

で計算し、各部材の許容耐力（短期許容応力度）がその値を上回っていることを確認することになっている。



鉛直方向は自重+慣性力となるので、ファスナー部分に自重の1.5倍の荷重がかかることになるのね。

要求性能は建物の構造などによって変わるので、必ず特記仕様書を確認しよう。



一般的なノックダウンカーテンウォールの場合は、マリオンに設けられたファスナーで水平方向および鉛直方向の両方の慣性力を構造体に伝える。ユニットタイプのカーテンウォールの場合は、ユニットごとに2か所のファスナーで慣性力を構造体に伝えるのが一般的である。

ファスナー部分では、層間変位の追従や熱伸縮対応をするためにルーズを設けている箇所もあるので、どのファスナーが水平や垂直の慣性力を負担しているのかを理解したうえで、必要な強度があるのかチェックする必要がある。

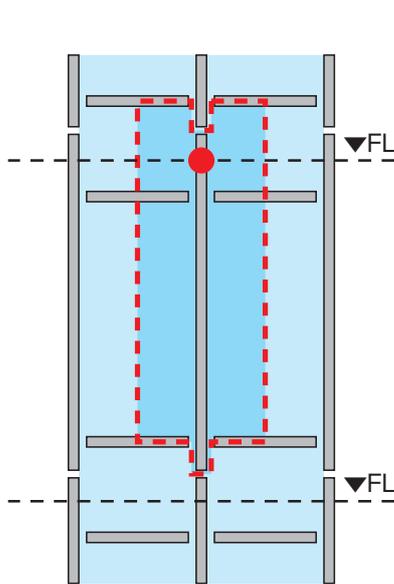


図1 ノックダウンカーテンウォールのファスナー位置と負担する自重範囲（例）

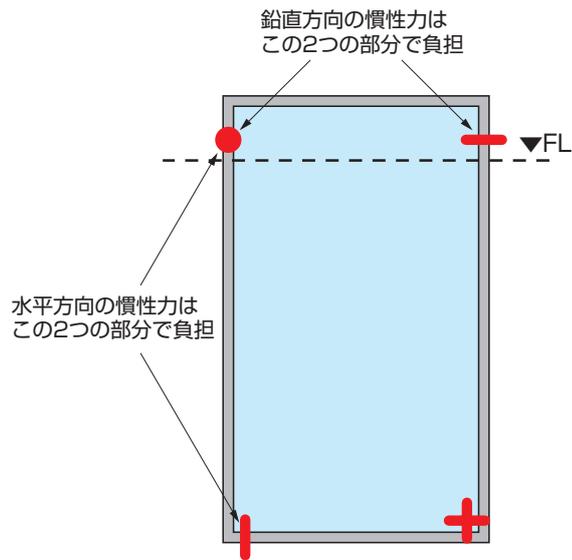
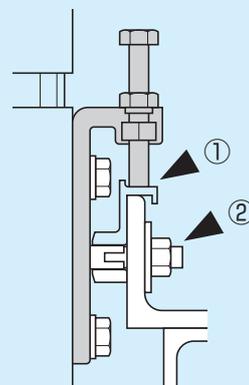


図2 ユニットカーテンウォールの面内方向水平、鉛直慣性力に抵抗する部分（例）



ノックダウン工法の場合、1セットのファスナーの中で水平、垂直両方の慣性力を負担することになるんだよ。



①の部分で鉛直方向の慣性力を、②の部分で水平方向の慣性力を負担して構造体に力を伝えているのね。

## 2 層間変位

地震によって建物が揺れると、上下階の間に相対的に変位差が生じる。このことを層間変位と呼び、層間変位には追従することで対応する。これを層間変位追従性能という。

### (1) 層間変位の考え方

地震により建物が揺れると、ラーメン構造の場合、柱・梁がピン接合であれば平行四辺形に変形するが、剛接合の場合、柱と梁の接合部付近の剛性が他の部分に比べ高いので、接合部付近では変形が小さく、それ以外の部分が大きく変形する。

構造体の変形量は、上階の変位量から下階の変位量を差し引いて階高で割ったもので表すため、ピン接合の場合と剛接合の場合では、変形量の表現は変わらなくても実際の変形形状は異なるので、注意が必要である。また、長大スパンや階高が非常に高い場合には、構造設計者に変形量を確認する。

1 耐火性能

2 耐風圧性能

3 耐震性能

4 耐温度差性能

5 水密性能

6 気密性能

7 遮音性能

8 断熱性能

9 耐久性

10 その他の性能

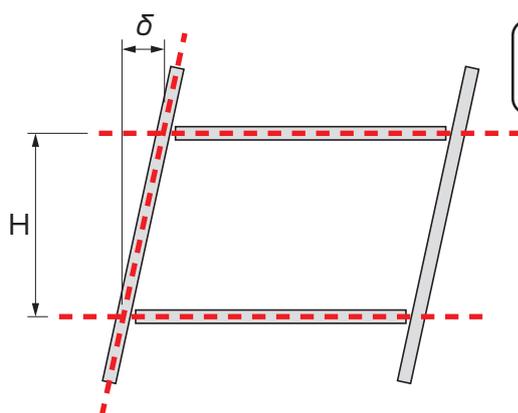


図3 ピン接合の場合の構造体の変形モデル

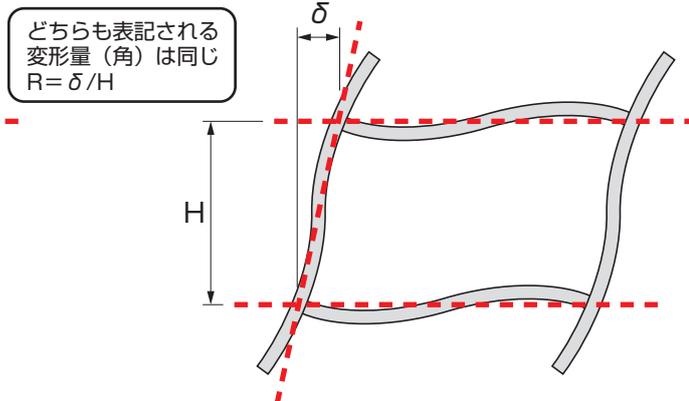


図4 剛接合の場合の構造体の変形モデル

どちらも表記される  
変形量（角）は同じ  
 $R = \delta / H$

## (2) 層間変位追従性能の要求性能

層間変位追従性能に関する法律としては、昭和46年建設省告示第109号第3第五号に高さ31mを超える建築物に対して「帳壁は、その高さの1/150の層間変位に対して脱落しないこと。ただし、構造計算によって帳壁が脱落しないことを確かめた場合にあってはこの限りではない。」としている。

ほかにも、日本建築学会やカーテンウォール・防火開口部協会でも、層間変位に対する要求性能の基準を定めている。

しかし、建物の形状や構造方式などによって、同じ規模の地震であっても層間変位量は変わってくる。免震建物やRC造は、S造に比べ変位量は小さくなる。

このため、層間変位追従性能に関する要求性能は、特記によることが原則である。

表1 カーテンウォールの層間変位追従性能

	要求性能		
	健全で再使用できる。補修なしで継続使用できる。	健全で再使用できる。目立つ残留変形を生ぜず、著しい水密の低下をきたすようなシール・気密材の剥離・離脱がない。	主要部に破損がない。ガラス・パネルなどの破損脱落がない。
建設省告示第109号	—	—	1/150
日本建築学会編 高層建築技術指針 <sup>1)</sup>	1/400	1/300	1/150
カーテンウォール・防火開口部協会 カーテンウォール性能基準2013 <sup>2)</sup>	1/300	—	S造 60m 以下 1/150 ~ 1/100 S造 60m 以上 1/120 ~ 1/100



設計事務所によって差はあるが、要求性能で一番多いのは以下のような記載内容だ。

層間変位 1/300：何ら損傷がないこと

層間変位 1/200：一部のシール切れなど軽微な損傷に留め、補修等により継続使用可能であること

層間変位 1/100：破損脱落がないこと

**(3) カーテンウォールの層間変位追従**

カーテンウォールは壁面全体を覆うため、構造体への緊結は梁やスラブに対して行う場合が多い。ノックダウンカーテンウォールの場合は、マリオン（縦材）と無目（横材）が平行四辺形になることで層間変位に追従する。

ファスナーは、最下部を除き上吊りとする場合がほとんどで、上下のマリオンはジョイントスリーブで接続される。全体が平行四辺形になるため、ガラスへの影響が大きく、必ずガラスのエッジクリアランス検討を行う（p.43 図12 参照）。

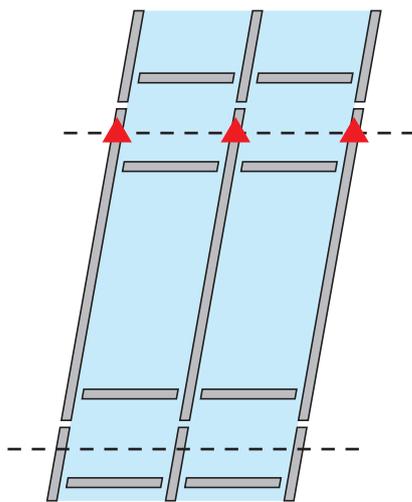


図5 ノックダウン方式の追従イメージ

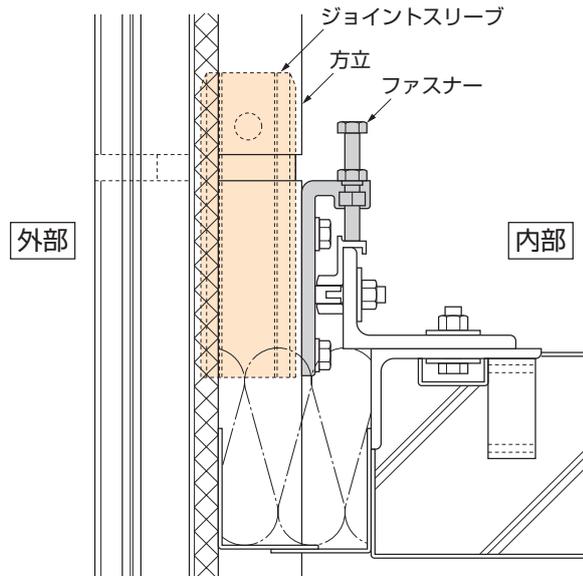


図6 ファスナーとジョイントスリーブ

ユニット方式のカーテンウォールの場合は、ロッキングによる層間追従が基本となる。しかし、面内方向の剛性が低い場合や、ユニットの縦横比によってはひし形への変形も併せて発生する。実大試験時に確認するか、計算のみでの検討の場合では、ひし形変形とロッキングのどちらであっても問題がないように検討するのがよい。

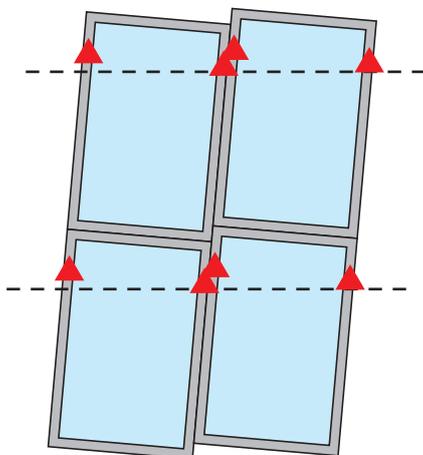


図7 ユニット方式の追従イメージ（ロッキングのみ）

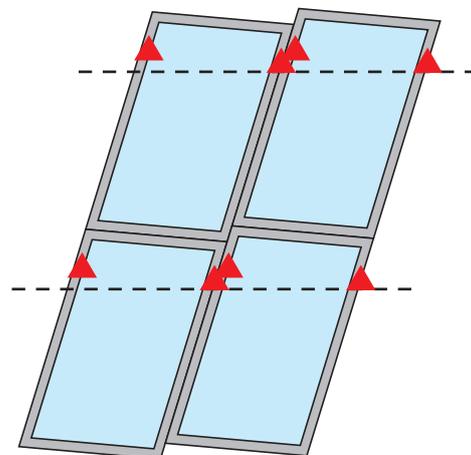


図8 ロッキングと変形が同時に起きたイメージ

面内剛性の高いアルミパネルなどでは「スウェー」方式を取る場合があるが、コーナー部分や他部材との取合い部分で変位追従の計算が成り立たなくなる場合が多いので、ほとんど採用されない。

1 耐火性能

2 耐風圧性能

3 耐震性能

4 耐温度差性能

5 水密性能

6 気密性能

7 遮音性能

8 断熱性能

9 耐久性

10 その他の性能

### 3 鉛直相対変位

建物構造によっては、鉛直方向にも大きな変位が生じる。  
特に以下のような場合は、設計者に変位量の確認を行い追従可能な機構としておく必要がある。

#### (1) 長大スパンに取りつくカーテンウォール

長大スパンの場合、地震時に梁が大きく上下に振動する場合がある。各階が同方向に振動する場合には影響は小さいが、振動が互いに逆方向に起きた場合、上下枠の嵌合部分が外れる可能性がある。

#### (2) キャンチ梁や出の大きい庇の先に取りつくカーテンウォール

キャンチ梁や出の大きい庇の先に取りつくカーテンウォールは、地震によって上下に振動するだけではなく、長周期のゆっくりとした横揺れの際には階高が変化することになり、構造体との衝突や上下枠の嵌合部が外れる可能性がある。

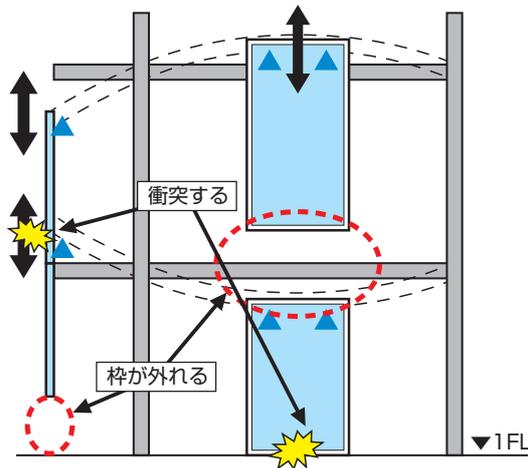


図9 梁の上下動によるカーテンウォールへの影響

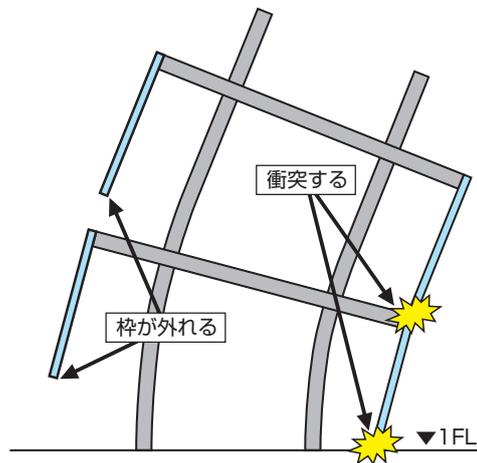


図10 建物が揺れた際のキャンチ梁先端に取りつく

### 4 計算書・施工図のチェック

耐震性について施工図の中でチェックするポイントには、以下のようなものがある。

#### (1) 構造体の層間変形角とカーテンウォールの層間変形角の差

設計図書や特記では、構造体における層間変形が与えられている。実際の建具は、その取り付け部材の変形量の影響を受けるので、その点も考慮したうえでの検討が必要である。

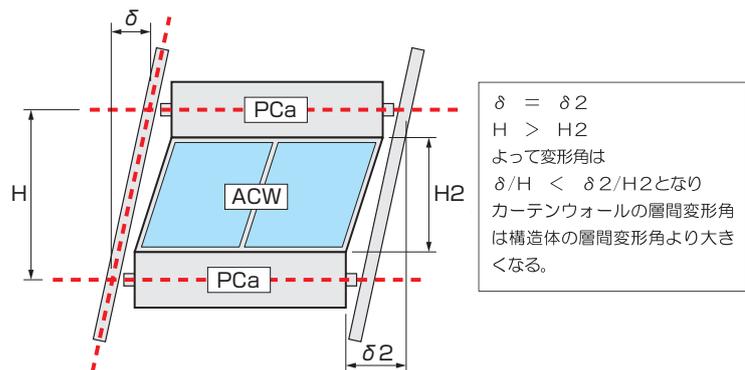


図11 構造体の変形角とカーテンウォールの変形角の差 (例)



横連窓タイプの時には  
気を付けよう。

腰のPCa板の高さが  
大きくなるとACW  
の変形量はかなり大  
きくなってしまおうわ。



## (2) ガラスのエッジクリアランスの検討

層間変位によるガラスのエッジクリアランスの検討は、「ブーカムの計算式」を用いる場合が多い。ブーカムの計算式では、ガラスが枠の中で移動・回転し、枠が平行四辺形に変形した際の対角のうち、長さの短い方がガラスの対角の長さと同じになったときからガラスの破壊が始まるという理屈に基づいている。

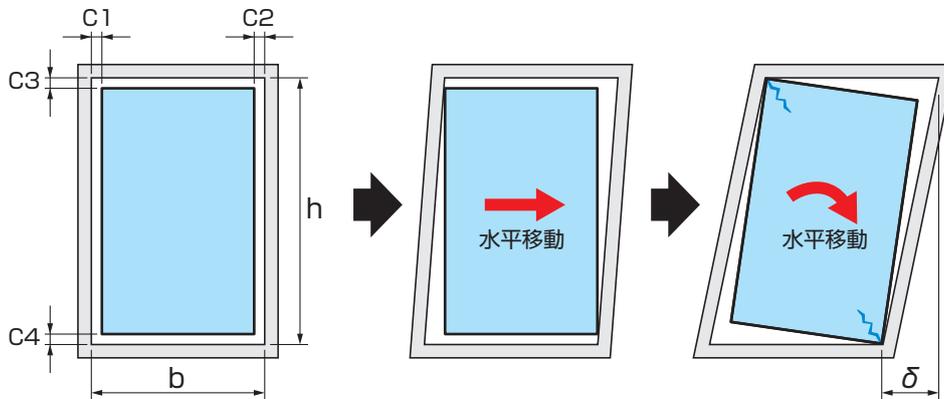


図12 ブーカムの計算式の考え方

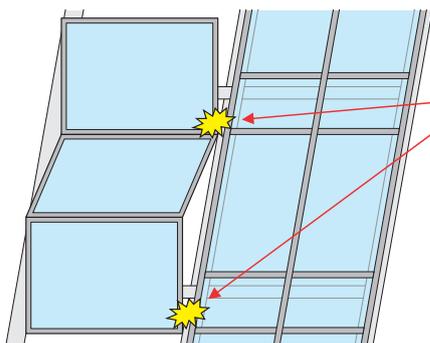
ブーカムの計算式では  
 $\delta = C1 + C2 + (h/b) \times (C3 + C4)$   
となります。

実際にはセッティングブロックやシーリングの拘束もあるのでこの通りにはなりません、この式で計算しておけば安全であることが実績により確認されています。



### ・他部材との取合い

建具やカーテンウォールが他部材と取り合う部分については、それぞれの層間変位時の追従方法の違いによって、衝突が起きないことを計算などにより確認する必要がある。



層間変形追従機構が違う外壁材が隣り合う場合、特にスウェイ機構を採用している外壁材と取り合う部分は詳細な検討が必要となる。

異種部材取合い部分の  
検討は、忘れがちな  
ので注意しましょう。



図13 層間変形追従機構の違いによる衝突(例)

## 5 施工管理のポイント

製作上、施工上におけるポイントは、スライドや回転などの機構により層間変形に追従する部分の動きを阻害しないようにする、というのが最も重要である。

実際の部材には施工誤差を吸収するためにルーズ孔を設けたりするが、精度を確保するためのルーズと動きに追従させるためのルーズを混同しないよう注意する。

これを間違えないようにするには、施工図の段階で「固定」または「可動」などのコメントを分かりやすく記入し、取付け時に図面通りになっているかを確認する。また、外装に関しては、専門業者に任せきりになりやすいので、自分の目で確認する必要がある。

カーテンウォールの変形に対する追従方法を理解していれば、現場で取付け状況を見ただけでチェックすべきところが分かるようになります。  
意識を持って確認するようにしましょう。

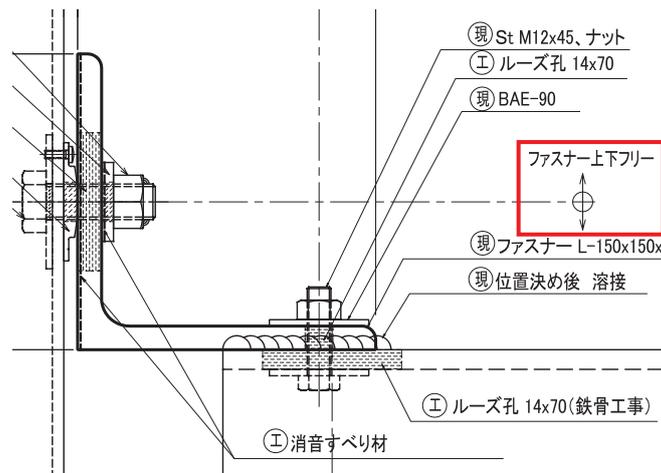


図14 施工図にコメントが入っている例

## 6 不具合事例

腰部分がPCa板で構成された横連窓アルミカーテンウォールにおいて、左右のPCa板を跨いでアングルで強固に固定し、そのアングルにアルミマリオンを取り付けた。

地震時に鉄骨がラーメン変形し、それに追従してPCa板も動こうとしたが、アングルで互いに固定されていたためPCa板にひび割れが発生した。

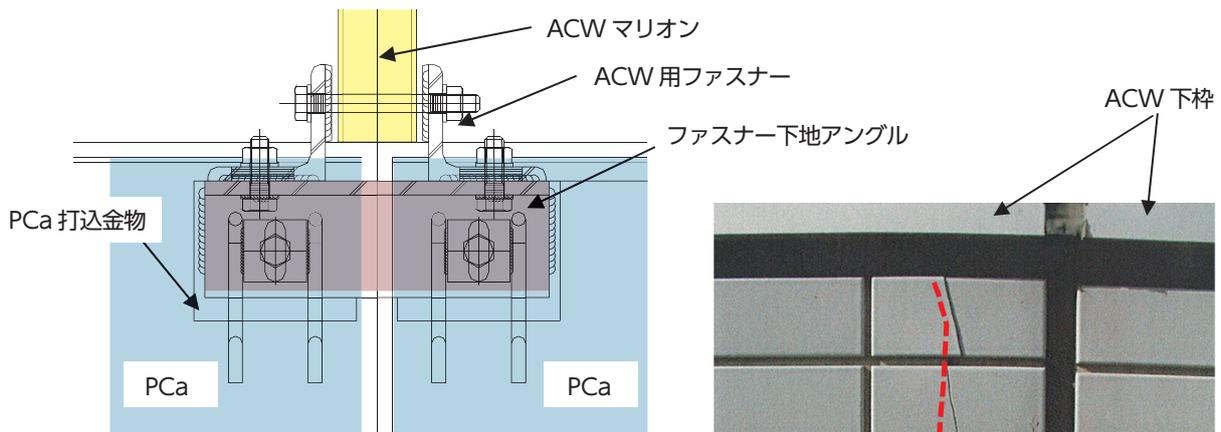


図15 PCa板とアルミマリオン



写真1 PCa板に固定されたアングル

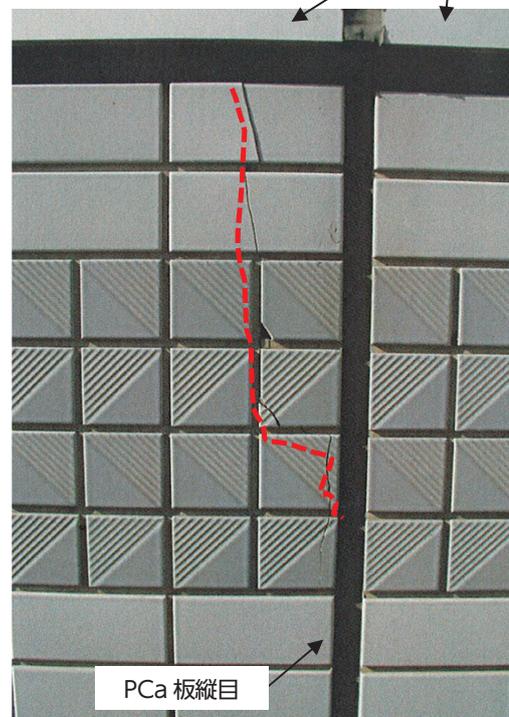


写真2 破損したPCa板

対象のPCa板は、1スパンに4枚配置されていた。簡易モデルで計算した結果、PCaの挙動は図16の様になった。

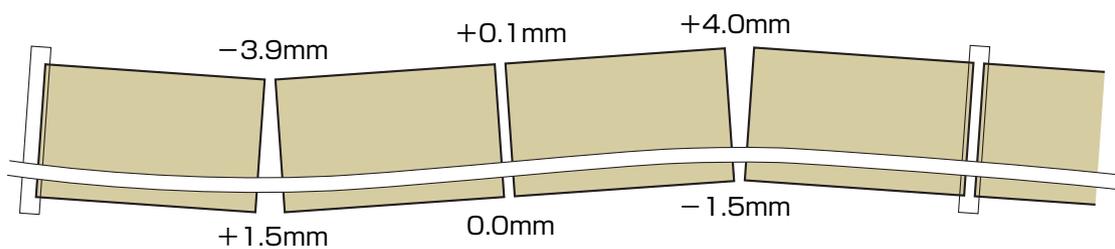


図16 層間変位  $h/200$  時のPCa板目地幅の変化量 (例)



PCa板や外装の本の中には「固定版」という書き方をしているものもありますが、完全に固定して問題ない外装材はありません。不用意に溶接などで固定しないように気を付けましょう。

出典 1) (一社) 日本建築学会編 高層建築技術指針  
2) (一社) カーテンウォール・防火開口部協会 カーテンウォール性能基準2013

1 防火性能

2 耐風圧性能

3 耐震性能

4 耐温度差性能

5 水密性能

6 気密性能

7 遮音性能

8 断熱性能

9 耐久性

10 その他の性能

# 4 耐温度差性能

耐温度差性能とは、温度変化に対する部材の熱伸縮を表すもので、値は温度差（℃）で示される。性能を確保するためには、部材の支持部やジョイントに、熱伸縮に対応できるだけの余裕がなくてはならない。ガラス目地や無目・方立目地のシーリング幅を決める際に、この性能要求が重要な要素になる。

## 1 温度ムーブメントの計算

構成部材の温度変化によるムーブメントについては、次の公式で求められる。

$$\delta t = \alpha \cdot L \cdot \Delta T \cdot (1 - Kt)$$

- $\delta t$  : 温度ムーブメント (mm) = 温度変化による接合部や目地に生じる挙動またはその量  
 $\alpha$  : 線膨張係数 (1/℃) = 温度上昇により、物体の長さや体積が膨張するときの割合を1℃あたりで示したもの。  
 $L$  : 部材の設計長さ (mm)  
 $\Delta T$  : 部材の実効温度差 (℃) = 部材自体の温度の差であり、過去の実績や経験により求められる。  
 $Kt$  : 温度ムーブメントの低減率 = 部材の拘束、端部拘束および面外変形による逃げを考慮した場合の温度変化によるムーブメントの低減率。

部材の年間温度差は、建物の立地条件などにより異なり、本来その環境に応じた特記が必要となる。ただし、特記がない場合は、一般にはJASS14に記載された値を使用する。

特記のない場合の部材の実効温度差（℃）は下記による

直射日光の当たる暗色の金属部材	80℃
直射日光の当たる明色の金属部材	70℃
その他の部材	60℃

一般的なアルミ合金の実効温度差は  
 型材、板材一緒に  
 外壁で 明色=55℃ 暗色=70℃  
 笠木で 明色=65℃ 暗色=80℃  
 として計算する事が多いです。



部材の実効温度差について地域別の検証を行う。

東京都内で39.4℃を記録した2004年の夏に、暴露試験体（暗色アルミ鉛直面）の表面温度を測ったところ、最高温度は65℃であった。また、最低温度は、記録によると1976年の-4℃がここ30年間の極値であり、温度差はおよそ70℃となる。一方、札幌では最高温度を5℃低く見積もり、最低温度として、1978年の-19℃を採れば、温度差は80℃程度である。つまり、寒冷地の方が条件は厳しいという結果となっている。

性能要求値は地域や方位によって、おのおの設定されるべきであるが、一般的に方角によって計算を分けていない。細かく温度設定を行っても、実際の目地幅の計算を行うと数ミリの違いにしかならないのだ。



温度ムーブメントの低減率は  
 外壁で アルミ型材=0.2 アルミ板=0.3  
 笠木ではアルミ型材でもアルミ板でも0.1として計算します。



次に、部材の色の違いによる検証を行う。

構成部材の温度変化によって、目地に発生するムーブメントを求める。

- $\alpha$  : アルミの線膨張係数 ; 0.000023 (1/℃)  
 $\Delta T$  : アルミ板材 (外壁) の実効温度差 ; 明色 55 (℃) 暗色 70 (℃)  
 $Kt$  : アルミ板材 (外壁) の温度ムーブメントの低減率 ; 0.3

明色のアルミパネル 長さ L = 1m  
 $\delta t = \alpha \cdot L \cdot \Delta T \cdot (1 - Kt)$   
 $= 0.000023 \times 1000 \times 55 \times (1 - 0.3) = 0.8855\text{mm}$

暗色のアルミパネル 長さ L = 1m  
 $\delta t = \alpha \cdot L \cdot \Delta T \cdot (1 - Kt)$   
 $= 0.000023 \times 1000 \times 70 \times (1 - 0.3) = 1.127\text{mm}$

色違いにより、1mの部材で0.2415mmの違いが出てくる。  
 暗色の部材のほうが膨張率は大きくなる。

一般に金属を用いた部材については、計算値より実測値が小さくなる傾向にある。これは、部材表面から厚さの1/4程度の部分の温度が伸縮量を決定するためと言われているからなんだ。



## 2 不具合事例

### ■アルミ笠木パネルシール切れ

設計図書記載の溝幅 15mm で製作を行った。  
 パネルの熱伸縮により、シール切れを起こした。  
 シーリング目地幅は計算により求める必要がある。

計算方法  
 アルミ笠木の長さを 2.4m とすると  
 笠木間の目地の変形量は

$$\delta t = \alpha \cdot L \cdot \Delta T \cdot (1 - Kt) \text{ より}$$

$$\delta t = 0.000023 \times 2400 \times 70 \times (1 - 0.1)$$

$$\approx 3.48\text{mm} \text{ となる。}$$

アルミ笠木の目地には 2成分形の変成シリコン系シーリング材が使用される。笠木間の目地は伸縮変形で、シーリングの温度ムーブメントによる設計伸縮率は 20% なので、必要目地幅は

$$3.48 \div 20\% = 17.4\text{mm} \text{ となる。}$$

実際には施工時の施工誤差（許容差）±3mm の考慮に入れる必要があるので

$$17.4 + 3 = 20.4 \rightarrow 21\text{mm} \text{ と設定する必要がある。}$$

参考資料として、JASS14 に記載されている部材の線膨張係数表を以下に示す。



2成分形の変成シリコン系シーリング材の温度ムーブメントによる設計伸縮率は 20%、設計せん断変形率は 30% です。



表1 部材の線膨張係数 $\alpha$ <sup>1)</sup>

形状	種類	線膨張係数 (× 10 <sup>-6</sup> )	
形材	アルミニウム合金	23	
パネル	金属	アルミニウム合金板	23
		アルミニウム合金鋳物	23
		ステンレス鋼 (オーステナイト系)	17
		銅	10
	コンクリート	10	
	ALC	7	
	ガラス	9	

※ 「外壁接合部の水密設計および施工に関する技術指針・同解説」より種類の名称を一部修正

# 5 水密性能

水密性能とは、圧力差、重力、毛細管現象、気流等によって生ずる室内側への雨水の浸入を防止する性能で、所定の注水量のもとで室内側に漏水を生じない限界の上限圧力差または平均圧力差で表示し、その単位はPaで示される。

## 1 性能等級と法的要求事項

水密性は直ちに人的被害を起こすものではなく、建物条件によっても異なるため、一般的には建具は、表1 JIS A 4706 (サッシ) と JIS A 4702 (ドアセット) に規定される等級が設計図書に特記される。特に開口部にカーテンウォールを採用する建物の場合は、建物高さ・形状などの影響も大きいので、過去の気象データに基づき建設地で実際に働く風速を算定して定める方が良い。カーテンウォールの場合の水密性能の設定方法では、表2 カーテンウォール・防火開口部協会「カーテンウォール性能基準」がある。

表1 JIS A 4706による水密性<sup>1)</sup>

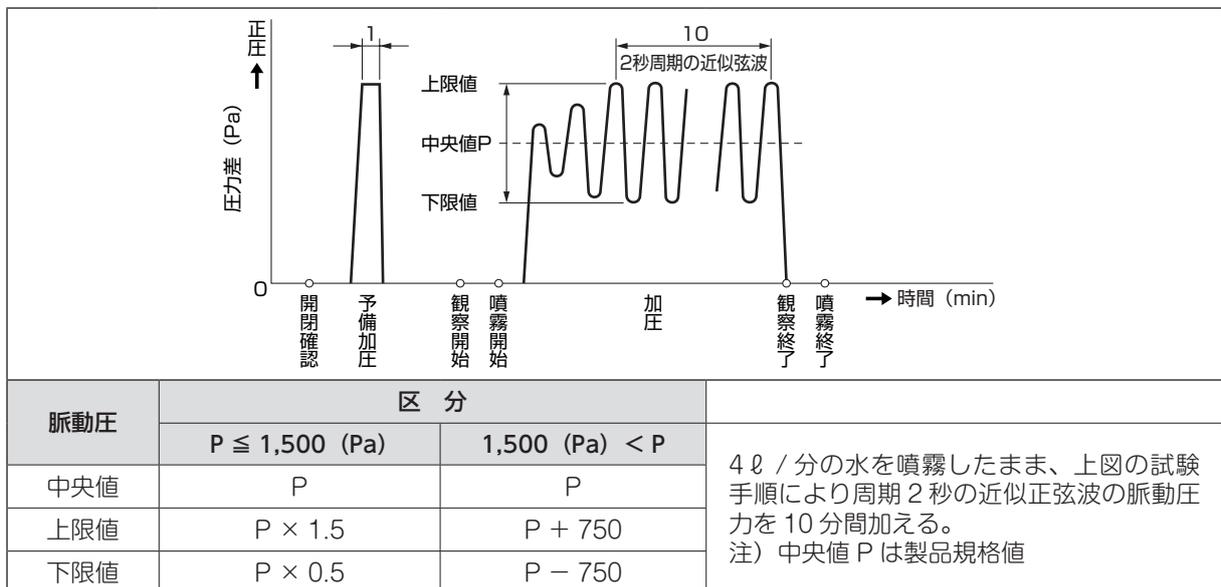
等級	圧力差 (Pa)	試験方法・判定基準
W-1	100	加圧中 JIS A 1517 に規定する次の状況が発生しないこととする。 a) 枠外への流れだし b) 枠外へのしぶき c) 枠外への吹き出し d) 枠外への溢れ出し
W-2	150	
W-3	250	
W-4	350	
W-5	500	

※ 500Pa は平均風速 28.6m/sec 程度である。

表2 カーテンウォール性能基準2013による水密性<sup>2)</sup>

性能グレード	可動部圧力差 (Pa)	FIX 部圧力差 (中央値) (Pa)	
1	525 未満	975Pa 未満	表中の水密性能値は上限圧力差を示す。 P：耐風圧性能に用いた最大正圧差
2	525	975Pa	
3	750	1500Pa	
4	1000	P × 0.5 かつ最低値 1500Pa	
5	1500	P × 0.75 かつ最低値 2250Pa	

表3 JIS A 1517による試験方法の概要<sup>3)</sup>



漏水に関しては、住宅の品質確保の促進等に関する法律（品確法）（平成16年6月23日法律第81号）、同じく施行令（平成12年3月15日政令第64号）により、新築住宅（集合住宅を含む）などの場合、10年間の瑕疵担保責任が設計図書などに保証内容が記載される場合があるので、必ず確認する。

## 2 漏水の原因と対策の基本

外部に面する接合部を全てシーリング材で覆い、表面上の隙間をなくせば初期には水密性は確保される。しかし、このように表面上のシーリング材による1次シールのみ relied 構造では、シーリング材の劣化などに対して、長期に性能を確保することは困難である。

複数の部材で構成される建具やカーテンウォールでは、他部材との接合部が必ず発生するため、接合部は1次シールに剥離などが発生してもすぐに漏水とならない構造とし、1次、2次シールの間の空間に対して排水機構を設ける。なお、室内側まで雨水が浸入してくる恐れのある場合は、サッシ枠から溢れて「漏水」とならないように溝や排水機構を設ける。

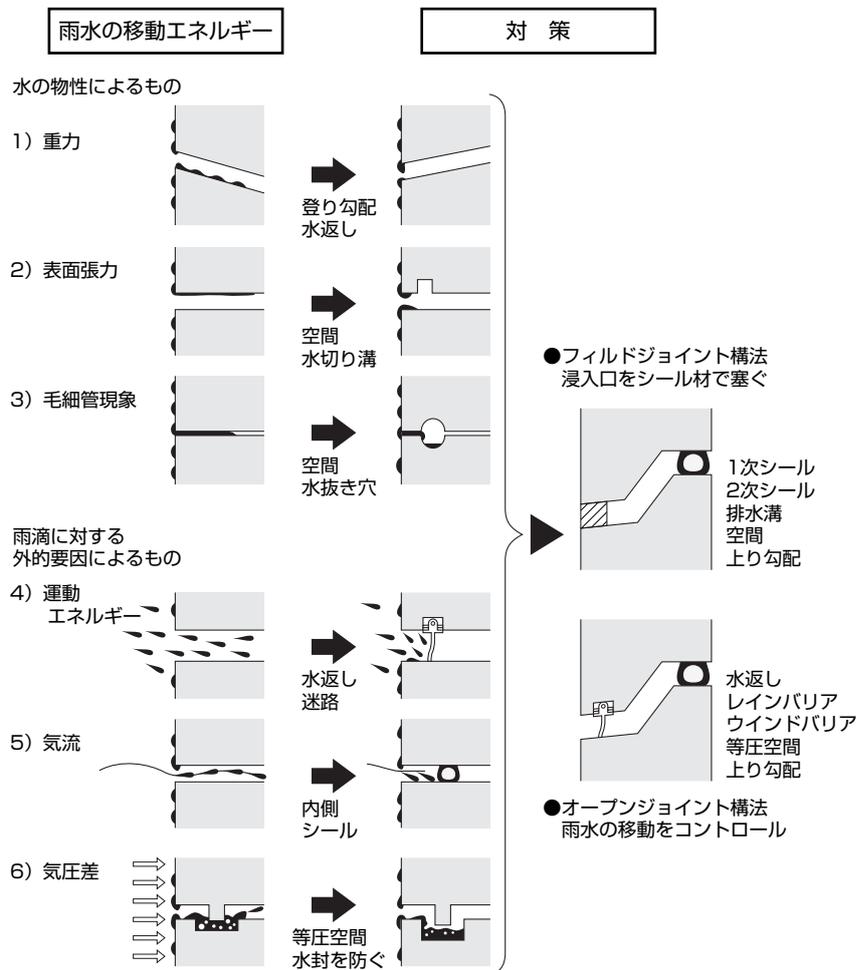


図1 水の移動とその対策例

なんだか難しそう  
ですね。



製作図（施工図）などや工場検査、施工時のチェックでは、図1のような水の動きとその対策の基本を頭に入れておくと役に立つぞ！



- 1 耐火性能
- 2 耐風圧性能
- 3 耐震性能
- 4 耐温度差性能
- 5 水密性能
- 6 気密性能
- 7 遮音性能
- 8 断熱性能
- 9 耐久性
- 10 その他の性能

### 3 製作図（施工図）のチェック

#### (1) 建具・カーテンウォールの水密接合部の構造

建具やカーテンウォールは複数の部材で構成され、その水密性には接合部の構造が重要となる。製作図（施工図）などのチェックのためには、接合部の構造が設計図書でどのように定められているかを理解する必要がある。図2に水密接合工法の分類を示すが、前項の図1水の移動とその対策例と併せて理解することが望ましい。

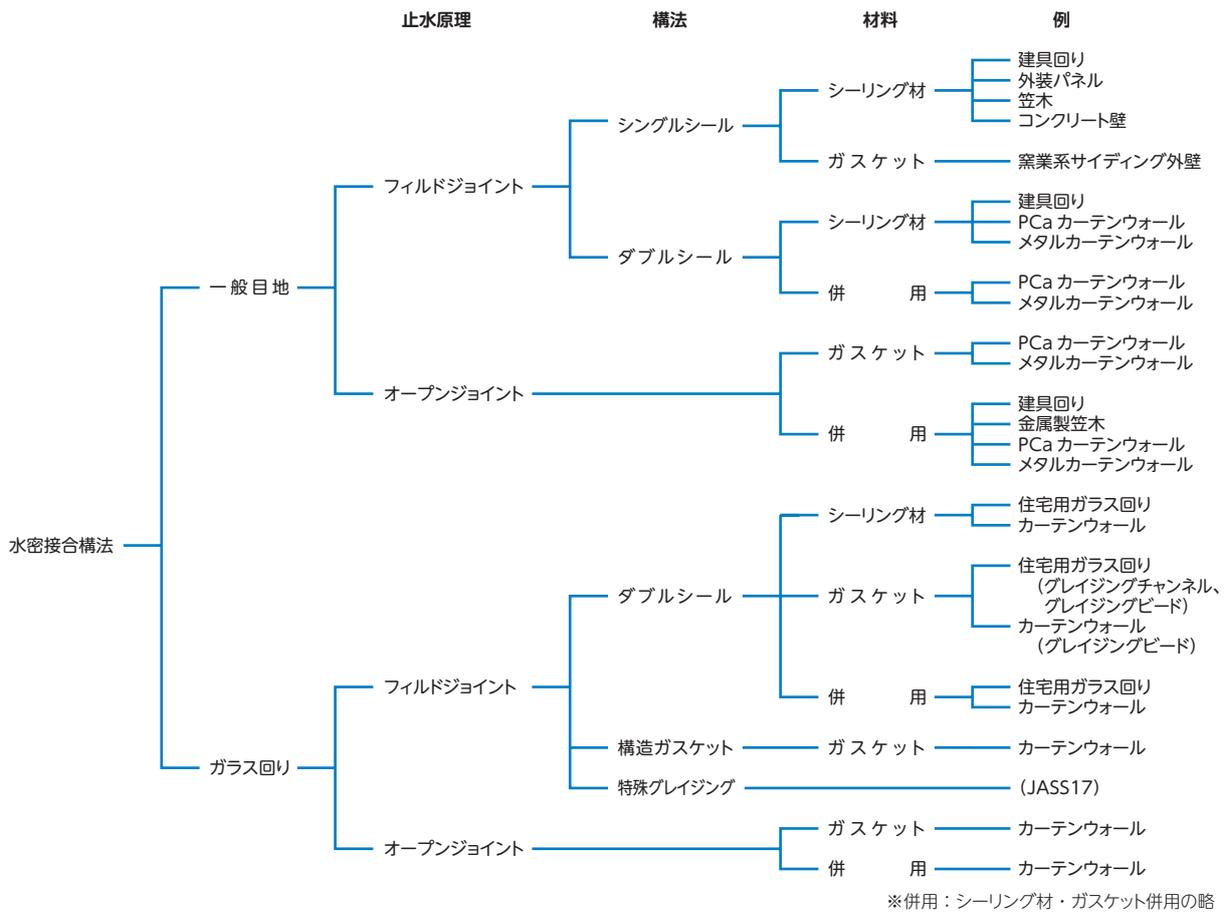


図2 水密接合構法の分類<sup>4)</sup>

水密性能の確認には、厳密にはカーテンウォール実大性能試験やJIS A 1517（建具の水密性能試験方法）に類する試験が必要となる。ただし、公共建築工事標準仕様書、建築工事監理指針では性能の確認方法は特記によるが、特記がなければ適切な資料による確認で承認を得るとされており、適切な資料として建具製作所（メーカー）で実施した類似建具の試験の報告書などを用いることができる。

カーテンウォールでは実際に実大試験を実施する場合や、意匠を確認する目的でモックアップなどを製作することがある。  
このような場合は、納まりや施工方法、手順なども併せて確認できる計画にすると工場検査、現場施工管理のポイントを事前確認できるぞ！



(2)製作図(施工図)のチェックポイント

水密性能確保のために製作図をチェックするうえで、重要なポイントを以下に示す。

①メタルタッチ部(サッシ枠部材同士の接続部)の取付け状態と種類

枠の隅部分は溶接やシール目地とする場合が多いが、一般サッシと同様にシート状止水材を挟んで突付け、タッピンねじ留めとする場合もある(図3参照)。

②建物外壁、異種部材およびカーテンウォール部材同士の水密接合部

- ・接合部構成は設計図書に合致しているか確認する(図3・4・5参照)。
- ・シーリング材の種類、施工順序、施工場所は適切か確認する。  
シーリング材同士の接着には先打ち、後打ちで種類による相性があるので確認する(図4参照)。
- ・シーリング材の特に現場での施工性は、障害物などの影響なく確保できているか確認する。
- ・2次シールの位置と排水経路の確認にあたっては、1次シールが切れた場合を想定して図面上排水経路をたどってみるとよい。製作図は2次元の断面図のみの場合もあるが、3次元的にチェックを行う。必要に応じて製作図にパース図を追加して、建具製作所と同時に検討する。
- ・ガラス溝は排水経路となるため、水抜き穴が必要となる。ガラスのセッティングブロックで排水を妨げないようにする(図5参照)。
- ・室内結露水の処理対策が必要である。排水穴を設ける場合は、条件によっては室内への雨水の吹き出しやしぶきの原因となる場合もあるので、注意する。また、高層建物の場合は排水が「つらら」になって落下した事例があるために排水穴を設けず、受け溝とふき取りで対応する場合が多い(図6参照)。

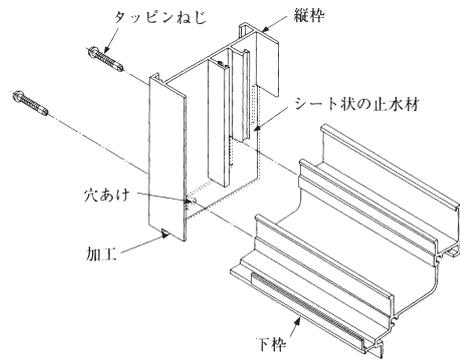


図3 メタルタッチ部<sup>5)</sup>

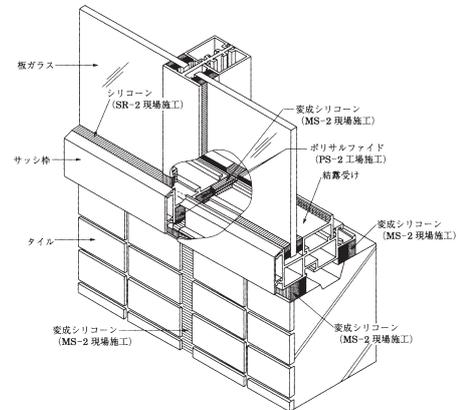


図4 メタルCWとPCWの水密接合部<sup>4)</sup>

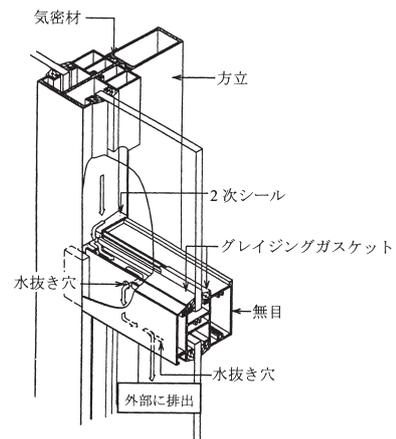


図5 ガラス溝の排水経路<sup>4)</sup>

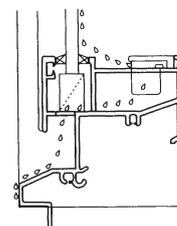


図6 結露水の排水経路<sup>5)</sup>



製作図のチェックには経験も必要だが、想像力を働かせて実際の水の動きを図面上でたどってみなさい。

取付完了の状態だけでなく、工場製作時、組立途中の段階まで考えないといけないのですね。注意してチェックします！



- 1 耐火性能
- 2 耐風圧性能
- 3 耐震性能
- 4 耐温度差性能
- 5 水密性能
- 6 気密性能
- 7 遮音性能
- 8 断熱性能
- 9 耐久性
- 10 その他の性能

## 4 不具合事例

漏水不具合はただちに人命に関わる問題ではないが、建物が雨風を防ぐことは当たり前の機能ともいえるので利用者からのクレーム件数は多く、建物の出来栄への良し悪しの評価に与える影響は大きい。

### (1) 室内に漏水した事例

方立のジョイント部の現場先行シールが、部分的に未施工であったため、ガラス溝内に入った水が室内に漏水した。

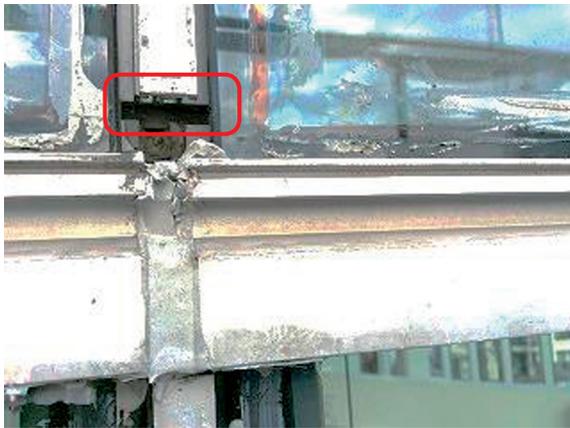


写真1 シール施工忘れ箇所

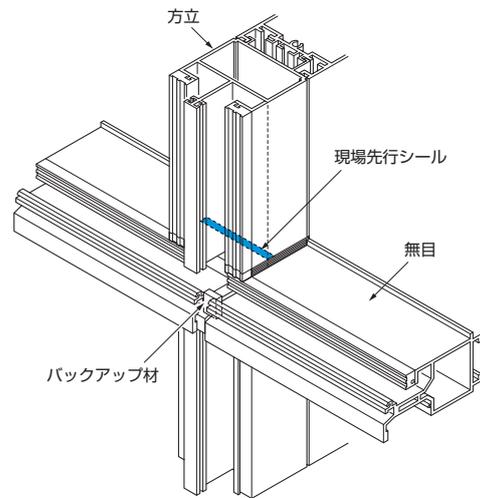


図7 シール施工忘れ箇所

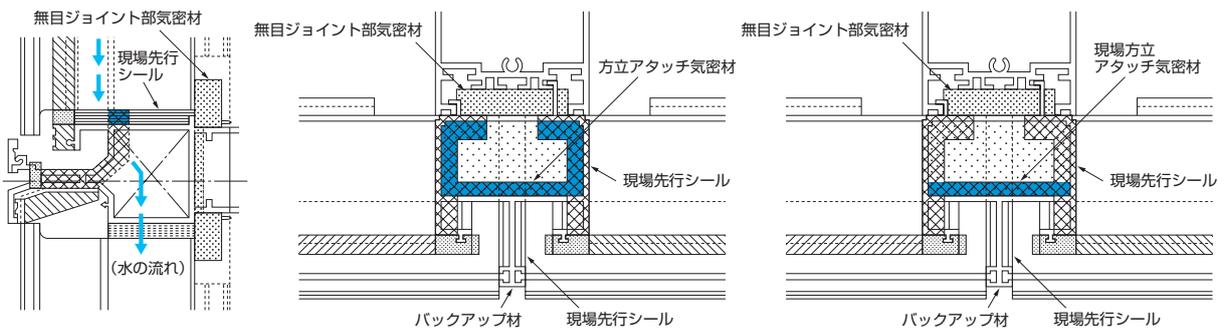


図8 シール施工忘れ箇所



施工図がいくらもしっかり描かれていても、現地で正しい施工ができていないと台なしになってしまいますね……

(2) 部材変形により漏水した事例

組立小ねじの締め付けすぎにより部材が変形し、隙間から雨水が室内に浸入した。この事例では工期中の散水試験で不具合が発見された。

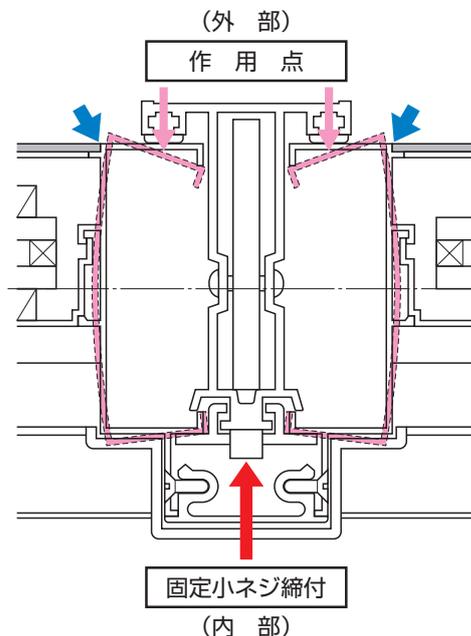
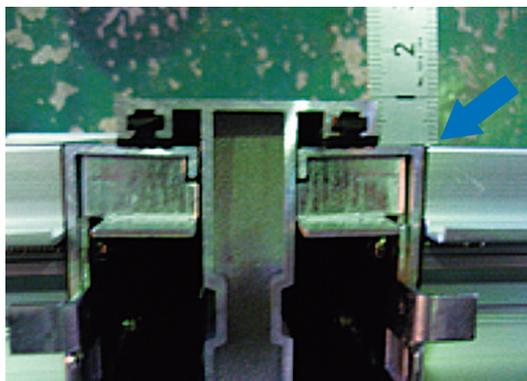


図9 漏水発生状況



現地・現物・現時の確認、場合によっては現地での試験も行って品質確保に目を光らせよう。

5 工場検査

工場検査では、製作図のチェック内容に基づき正しく製作されていること、部材接合部に变形がないか、工場での製作工程上の検査が正しく行われていることなどを確認する。

水密性の代表的な検査項目は、工場シールの施工状態である。工場での製作時は組み立てられた形ではなく、単品の部材に対して行われている場合もあるので、検査時に工場シールが工場のどこで行われているかの確認も必要である。

製作工程上正しいタイミングであるかについては、組み立てた状態でどのような納まりであるかが理解できていなければならない。

また、シーリング材の材料管理が適切であることやプライマーの使用が適切に行われていることなど、シーリング工事としての品質管理状態を確認する必要がある。

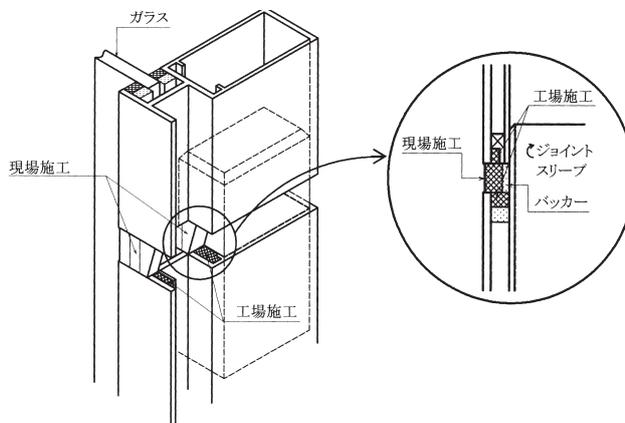


図10 方立ジョイントにおいて接着面積を確保するための対策例<sup>4)</sup>

1 耐火性能

2 耐風圧性能

3 耐震性能

4 耐温度差性能

5 水密性能

6 気密性能

7 遮音性能

8 断熱性能

9 耐久性

10 その他の性能

メタル部材の小口の断面だけではシールの被着面積が足りず、水密性が確保できないので、工場シールが必要だぞ！



製作図に記載がありましたが、そういう理由だったのですね。ということは、メタル部材だけでなく工場シールにも現場先行シールが接着しなければならないのですね。

## 6 施工管理のポイント

### (1) 製作図（施工図）などのチェックポイント

- ・仕様書の性能が確保（シール、等級、散水、実大実験、保証）できているか確認したか。
- ・施工図で部材接合部のパース図をスケッチするなどして、水密構造を3次元的に確認したか。
- ・施工図には水の流れを描き込み、水密構造の欠点や弱点を確認し改善したか。
- ・施工図には、製作・施工工程を考慮して工場シール、現場先行シールなど止水方法の区分、実施者の区分を表現しているか。

### (2) 工場検査のチェックポイント

- ・工場シールが適切に行われているか。
- ・正しく部材が加工、組み立てされ、排水経路が確保できているか。

### (3) 現場取付けのチェックポイント

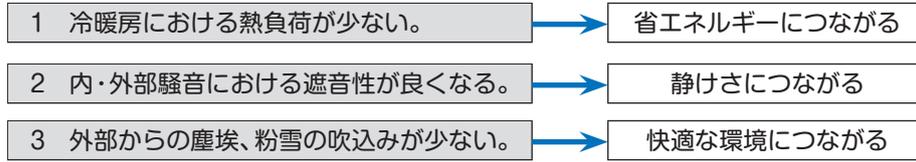
- ・材料受入時に工場シールの出来形確認を行ったか。
- ・現場取付けでは、取付け下地との関係が施工図通りできているか確認を行ったか。
- ・取付け手順作業を作業員に周知できているか。
- ・現場先行シール（部材組立の途中でシールが必要な箇所）がある場合は、作業員に周知し期中管理項目としたか。

出典 1) 日本工業規格 JIS A 4706 サッシ  
 2) (一社) カーテンウォール・防火開口部協会 カーテンウォール性能基準 2013  
 3) 日本工業規格 JIS A 1517 建具の水密性試験方法  
 4) (一社) 日本建築学会 外壁接合部の水密設計および施工に関する技術指針・同解説  
 5) 国土交通省大臣官房庁営繕部監修 建築工事監理指針

気密性とは、建具やカーテンウォールの接合部および他部材との取合いなどから、どの程度の空気が漏れるかを表す性能である。冷暖房時の熱損失を少なくし、騒音や雨水、砂やほこりなどの侵入を抑えるために、気密性の高い建具が求められている。

気密性は、建物の住環境に大きく影響するのですね。

機密性が良いと



## 1 性能等級

建具の気密性には、JIS A 4706・JIS A 4702の規定により、表1の通り気密等級が定められており、通気量（圧力差1kgf/m<sup>2</sup>に対するサッシ1m<sup>2</sup>・1時間当たりの空気の漏れ）が気密等級線を上回らないこととされている。

なお、気密性能の試験方法はJIS A 1516（建具の気密性試験法）による。

表1 気密等級<sup>1)</sup>

性能	等級	等級との対応値	選択の目安	サッシの呼称
低い ↓ 高い	A-1	A-1 等級線	通気を必要とする特殊部位	
	A-2	A-2 等級線	一般建築用	普通サッシ
	A-3	A-3 等級線		
	A-4	A-4 等級線	防音・断熱・防塵建築用	防音サッシ・断熱サッシ

建物の用途に合わせて等級を選定する必要がありますね。



## 2 漏気の原因とその対策

建具やカーテンウォールを通して内外の空気が流通する要因としては、建具構成部材間の隙間によるものと、建具の内外の気圧差があげられる。

建具構成部材間の隙間には、主に以下の部位があげられる。

- ・ 開閉窓の取合い部分
- ・ 建具接合部の隙間
- ・ 出入口
- ・ 結露排水口

また、建具の内外気圧差は、以下のような原因によって生じる。

- ・ 風により発生する風圧力
- ・ 内外の温度差により生じる空気密度差による静圧差

これらの対策としては、次の事項を考慮する。

## (1) 開口部

開閉窓部は、枠の延べ長さが長いほど気密性能は低下する傾向にあり、同断面ならば建具が大型であるほど強風時の部材たわみが大きく、取合い部の隙間が大きくなり通気量が増す。この対策として、枠断面の寸法、板厚を大きくする方法がある。

正風圧がかかる部分では外開き建具が、負圧がかかる部分では内開き建具のほうが気密性能が良い。水密上は外開きの方が有利である。



法規上必要な非常用進入口、排煙窓などの開閉部の取合いは注意が必要です。

パッキン材の選定や枠の長さ、強度の確認が必要なですね。



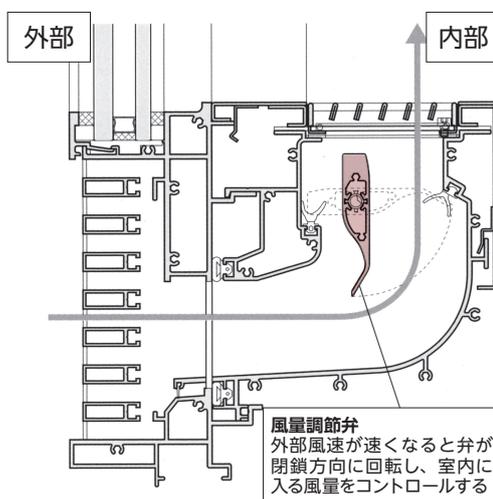
### 定風量換気装置例

近年、カーテンウォール部分に自然換気口を採用する物件が増えている。理由は、OA機器の使用で一年間のうち室内気温が外気温より高くなる期間が増えているために、温度の低い外気を室内に取り入れることで空調負荷を減らそうとしているからである。

一般的に中間期と呼ばれる春や秋、それに準じる期間での使用を想定している。自然換気口を開けると窓を開けたときと同様の状態となるため、室内への雨水の浸入や、風圧の変化によるドアの開閉障害（強い力で閉まったり、重くて開かなくなる症状）やシステム天井の岩吸板が外れるという不具合も生じている。定風量換気装置は、こうした不具合のリスクを低減する機構である。



換気口は気密とは逆行するものだが、有効なものなので検討が必要だよ。



## (2) 建具接合部の隙間

ユニットカーテンウォールは、ユニット間の目地にオープンジョイント工法（等圧工法）を採用することが多く、ウインドバリアとよばれる室内側のガスケット部分での漏気を、ある程度見込んで設計されている。

しかし、製作や施工精度によっては想定以上の漏気となり、漏水の原因となる。

また、漏気によって笛なりなどの不具合も発生する場合があります、施工精度管理は重要である。

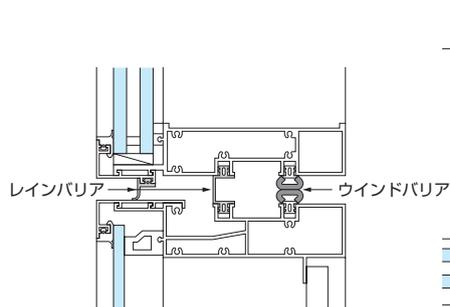


図1 オープンジョイント工法<sup>3)</sup>

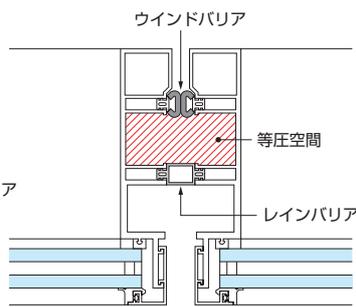


図2 ガスケット方式<sup>3)</sup>

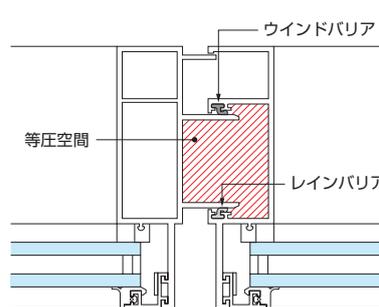


図3 インターロッキング方式<sup>3)</sup>

なお、気密ゴム（ウインドバリア）は、取付け誤差や熱伸びによる圧縮率の変化に追従し、性能を維持できる断面寸法が必要となる。

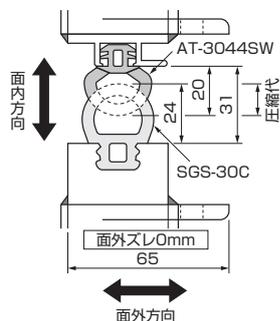


図4 気密ゴム

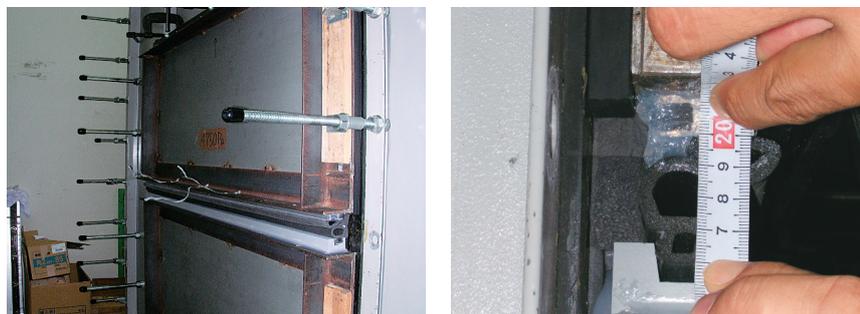


写真1 気密ゴムのズレによる漏気量の変化確認試験状況



建具ユニットの接合部は、製作時、取付け時に間違えると後で修正ができないので、特に注意が必要だよ。

### (3) 出入口

高層ビルでは、E Vシャフトや設備のシャフトなどの竪穴で、煙突効果現象が発生しやすくなる。特に冬場に多く発生し、負圧が大きくなる1階回りでは、出入口の扉が開閉しづらくなったり、大量の外気が建物内に入り、空調負荷が増大する。

こうした現象に建具で対応するには、風除室を設けるか、扉を回転扉にする方法がある。回転扉は安全性の観点から敬遠されることがあり、風除室を採用する事が多い。

しかし人の出入りの多いビルでは、風除室の内外両方の扉が開いたままの時間が長くなり、問題となる場合もある。海外の超高層ビルでは特殊な風除室を設置した例もある。

風圧や煙突効果現象のために通常のスウィングドアで開けにくい場合は、ヒンジが水平に移動するバランスドアを用いる方法もある。



写真2 海外の超高層ビル入り口に採用された特殊な風除ドア

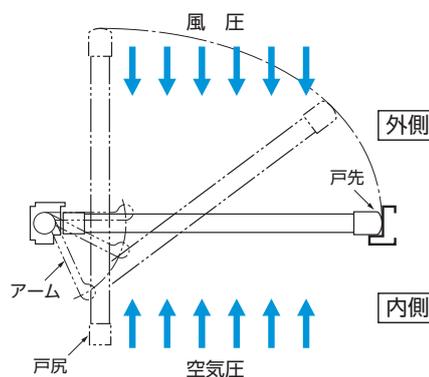


図5 バランスドア



出入口は気密性能次第で開閉がしにくくなることがあるので、事前に検討が必要なんだよ。

外圧、内圧の関係をよく検討しないと、ドアが開かなくなったりするということですね。



1 防耐火性能

2 耐風圧性能

3 耐震性能

4 耐温度差性能

5 水密性能

6 気密性能

7 遮音性能

8 断熱性能

9 耐久性能

10 その他の性能

### 3 製作図（施工図）のチェック・工場検査・施工管理のポイント

#### (1) 製作図（施工図）

製作図（施工図）は、以下の確認を行うことが望ましい。

- ・同一断面の性能値データがない場合には、類似断面の製品の値を取り寄せ類推する。
- ・パネル接合部や、開閉する開口部周囲に気密ガスケットがあるか。  
また、それは十分な圧縮量やかかり代があるか。
- ・等圧工法の場合は適正な外気導入口の大きさや等圧空間の断面積が計算により求められているか。

#### (2) 工場検査

検査要領書に準拠し、製作図通り製作されているか確認を行う。

- ・気密ガスケットの大きさは図面通りか、端部の長さが足りなかったり、ヨシていたりしていないか。
- ・気密ガスケットの反発力により枠に変形が生じていないか。
- ・開口部の開閉はスムーズか、閉鎖時にガスケットと枠に隙間は生じていないか。

#### (3) 施工管理

施工に際しては、特に以下の事項に注意が必要である。

- ・目地幅が許容値内に納まっているか。
- ・輸送時や取付け時にガスケットを傷つけていないか。
- ・開口部を閉めた際に、開口周囲のガスケットはきちんと密着しているか。



ガラスを入れる前は分かりづらいが、ガラスを入れた後に耳を澄まして周囲の音を聞いてみよう。  
外部の音が良く聞こえたり、「シュー」といった音がしていると漏気している証拠だ。

快適な室内空間を形成するためには、音についての検討も必要になる。特に、交通量の多い道路や鉄道に面しているなど、周辺の騒音が大きいと考えられる建物では、外部の音が室内に入らないようにすることは非常に重要となる。また、建物の用途によっては、さらなる遮音性能を求められる場合もある。

ガラスを含めたサッシやカーテンウォールは、外壁面の開口部を形成することから他の部材よりも外壁面の遮音性能に与える影響が大きく、JIS A 4706により遮音等級に基づく遮音性能が規定されている。

## 1 求められる遮音性能

サッシおよびカーテンウォールの遮音性能については、設計図の特記仕様書や建具図に要求性能が指定されていることが一般的である。要求性能は、T等級あるいは500Hzにおける透過損失によって指定されている場合が多く、サッシの場合は、等級または性能に見合ったものを採用すればよいので、製作図などで要求性能と合致しているか確認すればよい。また、カーテンウォールの遮音性能は、ガラスの遮音性能によるというのが一般的であり、選択されているガラスが、等級に合致していることを確認することになる。

しかし、室内騒音測定によって性能が指定されている場合もあり、この場合には、実際の施工後に騒音測定を行い、性能値を満たしていることを確認する必要がある。ただし、施工完了後の測定では、性能が満たされていなかった場合に、その手直しが広範囲に及ぶ可能性があるため、先行仕上げルームなどで先に測定を行い、遮音性に問題がないことを確認したうえで、仕様を決定することが賢明である。また、測定結果は、サッシ、カーテンウォールの遮音性能だけでなく、外壁の仕様、室内の仕上げ、施工状況などによっても左右されるので注意が必要である。



まずは、設計図で、どのような遮音性能が要求されているのか、確認が必要ですね。

### (1) T等級や透過損失によって指定されている場合

JIS A 4706（サッシ）に規定される遮音等級が用いられる。この遮音等級はT等級と呼ばれ、等級は等級なし、T-1～T-4の5段階で評価し、数字が大きくなるほど、遮音性能が高いことになる。

表1 JIS A 4706 サッシの遮音等級性能（抜粋）<sup>1)</sup>

性能項目	等級	等級との対応値	性能
遮音性		遮音等級線	該当する等級について、 図2に規定する遮音等級線に 適合するものとする。
	T-1	T-1等級線	
	T-2	T-2等級線	
	T-3	T-3等級線	
	T-4	T-4等級線	

(注) 表中の図2は、p.60の図1のグラフ（ただし、赤線は本書編集時に追記）。

T等級は、サッシの音響透過損失値を1/3オクターブ帯域で測定（測定点16点）し、それから換算したオクターブ帯域における中心周波数125、250、500、1000、2000、4000Hz（6点）の音響透過損失値を遮音等級線にプロットして、各周波数帯域の値が基準となる遮音等級線を上回る等級で表示される。なお、各周波数帯域で、下回る値の合計が3dBまでは許容されており、下回る値の合計が3dB以下の場合には、その遮音等級となる。

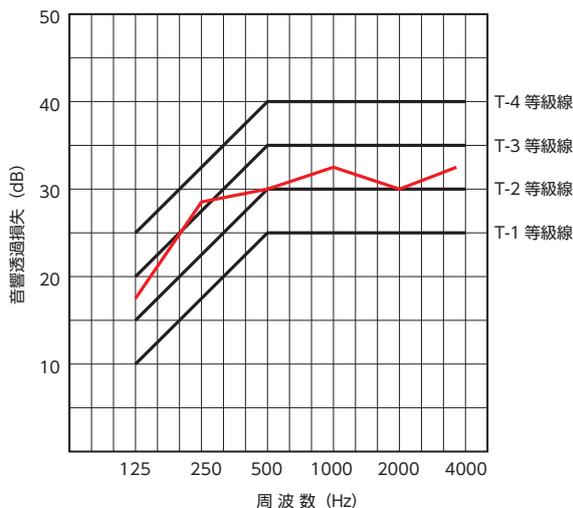


図1 JIS A 4706の遮音等級線とサッシ遮音性能許容範囲例



サッシの遮音性能が赤線の場合、各周波数帯域でT-2等級線を上回っているため、T-2等級となるのですね

各周波数帯域で合計3dBまでは等級線を下回ることが許容されているのだよ。



3dBの緩和によって適合した製品を採用した場合は、特定の周波数帯域で期待した遮音性能が得られない可能性があるため、注意が必要となる。

また、集合住宅などでは、「住宅の品質確保の促進等に関する法律」（品確法：平成12年施行）に基づき始められた住宅性能表示制度の選択項目として、外壁開口部の透過損失等級が定められている。

表2 日本住宅性能表示基準の等級の意味（抜粋）<sup>2)</sup>

等級	透過損失等級（外壁開口部）
等級3	特に優れた空気伝搬音の遮断性能（日本工業規格のRm（1/3）-25等級相当以上）を確保されている程度
等級2	優れた空気伝搬音の遮断性能（日本工業規格のRm（1/3）-20等級相当以上）を確保されている程度
等級1	その他

## (2) 室内騒音測定によって性能が指定されている場合

室内騒音レベルが具体的に指定されている場合は、外部騒音（暗騒音）を測定し、その結果から室内騒音レベルが満足できる外壁の遮音性能等級が決められる。

室内騒音に関する等級は、日本建築学会の建築物の遮音性能基準と設計指針（第二版）の「室内騒音に関する適用等級」に示されている。

表3 適用等級の意味<sup>3)</sup>

適用等級	遮音性能の水準	性能水準の説明
特級	遮音性能上特にすぐれている	特別に高い性能が要求された場合の性能水準
1級	遮音性能上すぐれている	日本建築学会が推奨する好ましい性能水準
2級	遮音性能上標準的である	一般的な性能水準
3級	遮音性能上やや劣る	やむを得ない場合に許容される性能水準

表4 室内騒音に関する適用等級<sup>3)</sup>

建築物	室用途	騒音レベル (dBA)			騒音等級		
		1級	2級	3級	1級	2級	3級
集合住宅	居室	35	40	45	N-35	N-40	N-45
ホテル	客室	35	40	45	N-35	N-40	N-45
	宴会場	35	40	45	N-35	N-40	N-45
事務所	オープン事務室	40	45	50	N-40	N-45	N-50
	会議・応接室	35	40	45	N-35	N-40	N-45
学校	普通教室	35	40	45	N-35	N-40	N-45
病院	病室(個室)	35	40	45	N-35	N-40	N-45
コンサートホール・オペラハウス		25	30	—	N-25	N-30	—
劇場・多目的ホール		30	35	—	N-30	N-35	—
録音スタジオ		20	25	—	N-25	N-25	—

**(3)外部騒音(暗騒音)の測定**

特に室内の用途が音楽ホール、スタジオ、ホテルの客室などの室内許容騒音が小さい場合や、建物の立地が交通量の多い道路や鉄道に面している場合は、建設前に現地での騒音測定を行い、必要とされる遮音性能を設定することが重要となる。

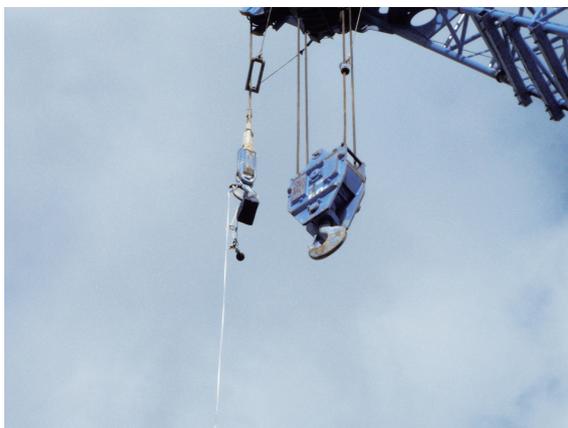


写真1 外部騒音測定状況

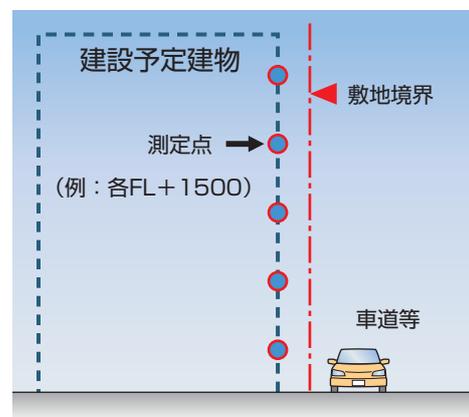


図2 外部騒音測定の場合

音響透過損失は、JIS A 1416に規定された試験方法によって実験室(残響室)で測定し、対象となる建具、カーテンウォールの面積や、受音側の吸音力の補正を行って求められ、建具、カーテンウォール単体の性能を想定したものとなっている。実際の建物では室内の条件が違う場合や、建具、カーテンウォール以外の部分が複数の材料から構成されているため、採用したデータと実際の建物の測定条件の違いによって、想定した許容室内騒音レベルが満たされない場合も考えられる。遮音性能値の設定や遮音性能データの扱いには、注意が必要となる。

1 耐火性能

2 耐風圧性能

3 耐震性能

4 耐温度差性能

5 水密性能

6 気密性能

7 遮音性能

8 断熱性能

9 耐久性

10 その他の性能

## 2 ガラスの遮音性能

建具、カーテンウォールは単一部材ではなく、複数の材料で構成される。特に開口部としてガラスの占める割合が大きい。一般的に透過損失の異なる部位の組合せでは、全体としての透過損失は低い方の透過損失に近づくため、ガラスの遮音性能がその他の部分に比較して劣る場合は、ガラスの遮音性能によって建具、カーテンウォールの遮音性能が決まるともいえる。また、気密性能も遮音性能に大きな影響を与える。たとえ小さな隙間でも遮音性能に与える影響は大きく、引違いなどの比較的隙間があり、気密性の高い建具に遮音性能の高いガラスを入れても効果が見込めないことになる。

### (1) 単板ガラスの遮音性能

単板ガラスの遮音性能は、質量則にしたがってガラスの厚みが増すと良くなる。ただし、単板ガラスのような単一の板状材料では、ある周波数域でガラスが共振し、遮音性能が落ちるコインシデンス効果と呼ばれる現象がある。このコインシデンス効果により落ち込む周波数は、ガラスが厚いほど低音域に移る。

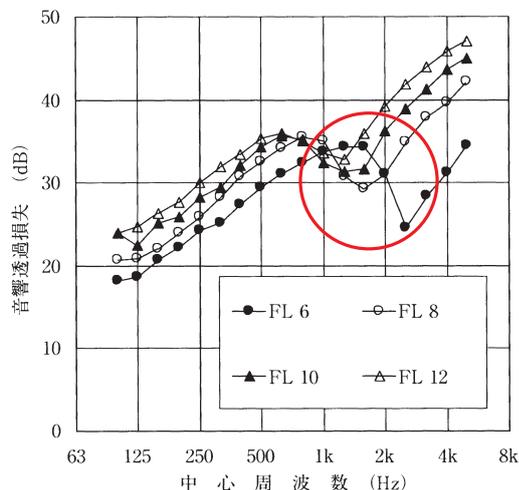


図3 単板ガラスの遮音性能 (FL6、FL8、FL10、FL12)<sup>4)</sup>

なるほど、左図の○部分が落ち込んでいますね。厚みによって落ち込む周波数が変わるのでね。



遮音性能を良くするためにガラスを厚くした結果、本来必要な周波数域の遮音性能が取れない場合があるので注意が必要だ！



### (2) 複層ガラス・合わせガラスの遮音性能

複層ガラスなどの二重構造で、中間の空気層の厚みが小さく、内外のガラスの厚みが同じ場合は、空気層が2枚のガラスをつなぐバネのような役割となって、特定の周波数域で共振して、遮音性能が単板ガラスより低下する現象（特に低音域で現象が生じるため低音域共鳴透過現象と呼ばれる）が生じる。このことからJASS 14では「T-2以上の遮音性能が求められる場合には異厚の構成にするなどの注意を要する」<sup>4)</sup>と説明されている。また、空気層の厚さの違いによっても遮音性能に差があり、空気層の厚みが大きくなると低音域での遮音性能が低下する。安易に空気層を大きくすることで、低音域に期待した遮音性能が満たされないことになる。そのため対象となる外部騒音に応じた空気層の厚さを検討する必要がある。

合わせガラスでは、単板ガラスに比較して、コインシデンス効果による落ち込みが小さくなる。

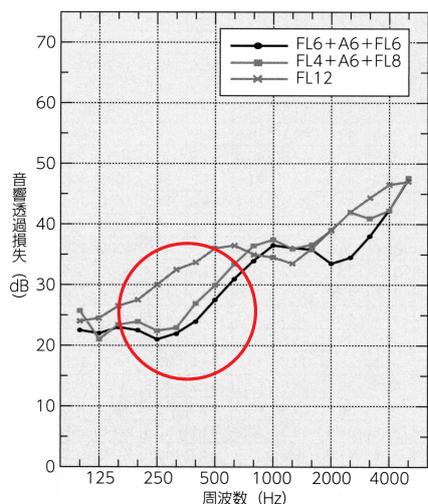


図4 同厚複層ガラスと異厚複層ガラスの遮音性能<sup>5)</sup>

複層ガラスは、ガラス、空気層の厚みの組み合わせによっては、特定の周波数で遮音性能が単板ガラスより劣ることがあるので注意が必要だ。



ガラスの厚みの合計が同じ12mmの場合でも、複層ガラスの方が、遮音性が低いのですね… (図4)

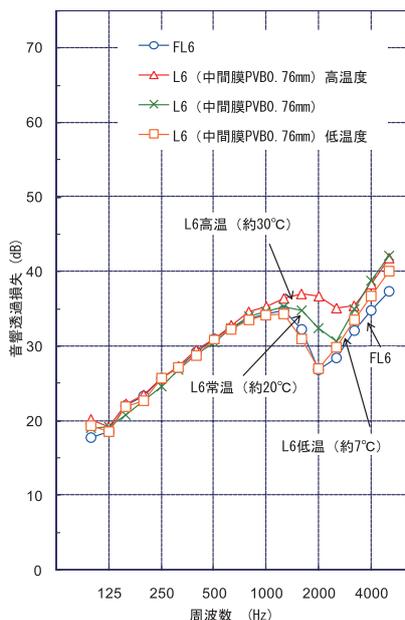


図5 合わせガラスの温度特性と単板ガラスとの比較<sup>6)</sup>

図5は6mmの単板ガラスと総厚6mmの合わせガラスを比較したものだ。合わせガラスの中間膜は気温が高いと柔らかくなるので、コインシデンス効果による遮音性能低下が大きく改善される。一方、低温になると合わせガラスにする効果はほとんどなくなる。メーカーによっては温度影響の少ない中間膜を採用した製品もあるので、要求に合わせた選択が必要だぞ。



1 耐火性能

2 耐風圧性能

3 耐震性能

4 耐温度差性能

5 水密性能

6 気密性能

7 遮音性能

8 断熱性能

9 耐久性

10 その他の性能

### 3 不具合事例

事務所ビルで、上階のテナントからの声があるとクレームがあった。特にカーテンウォール周辺では、500Hz帯域での遮音性能の低下が顕著であった。調査の結果、方立（ピッチ1500mm程度）の目地部分に隙間があり、音が隙間から方立の中の空間を通過して下階の隙間から室内に漏れたことが原因と考えられた。

#### 【対策】

- 目地部分にシーンを打ち、隙間を塞いだ。
- 対策後の測定では、500Hz帯域での遮音性能の低下が解消した。

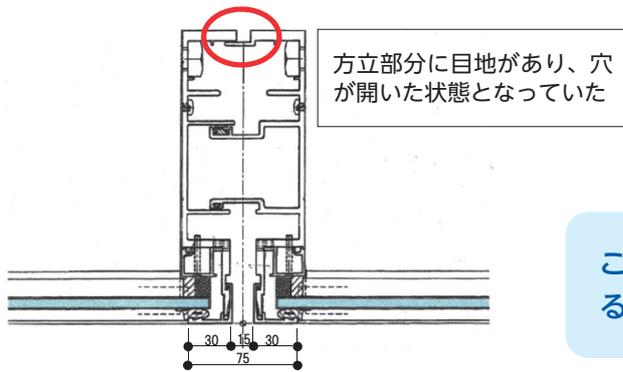


図6 目地部分より音漏れしたCW方立断面

こんな隙間が問題になることもあるのですね。



- 出典 1) 日本工業規格 JIS A 4706 サッシ  
2) 消費者庁・国土交通省告示第3号 住宅性能評価を受けなければならない性能表示事項を定める件  
3) (一社) 日本建築学会 建築物の遮音性能基準と設計指針 (第二版)  
4) (一社) 日本建築学会 建築工事標準仕様書・同解説 JASS14 カーテンウォール工事  
5) 日本板硝子株式会社 ガラス建材総合カタログ 技術資料編  
6) 板硝子協会 板ガラスの遮音性能

断熱性能とは、地球環境問題、省エネルギー問題、建物のライフサイクルコストなどに直接関連する冷暖房負荷にも大きな影響がある事項である。

断熱性能確保の目的は、「カーテンウォールの熱貫流抵抗値が指定値以上であること」と、「カーテンウォール各部での有害な結露を防ぐこと」である。金属部材は、熱伝導率が大きく、それ自体では断熱性に乏しいので、断熱性能は一般的に裏面（室内側）に設置される断熱材や耐火部材、室内の仕上げ材に期待する場合が多い。

また、冬期に部材の内表面に有害な結露が発生しないこと、もしくは結露が発生しても一定時間保持できること、あるいは結露した水が適正に排水される機構となっていることを確認することも重要である。

## 1 断熱性能に関連する規格や法律

### (1) 建具の断熱性能の等級

建具の断熱性能の等級は、JIS A 4706 で決められている。

表1 建具の断熱性能の等級 JIS A 4706<sup>1)</sup>

等級	H-1	H-2	H-3	H-4	H-5
熱貫流抵抗 $m^2 \cdot K/W$	0.215 以上	0.246 以上	0.287 以上	0.344 以上	0.430 以上

熱貫流抵抗は熱貫流率（K 値）の逆数であり、熱貫流率とは内外空気の温度差が1℃あるとき、1㎡の面積を1時間に流れる熱量のことで、単位は、 $W/m^2 \cdot K$  ( $kcal/m^2 \cdot h \cdot ^\circ C$ ) である。

### (2) エネルギーの使用の合理化に関する法律（省エネルギー法）

1979年6月以降、省エネルギー法により外壁、窓などからの熱損失の防止、空調設備の合理化が義務づけられた。

以降、数度の改正により、地域区分は8地域に分類され、建物用途ごとにPALの基準値が定められている。

表2 外皮（外装）に関する平成25年省エネ基準（非住宅）の改正内容<sup>2)</sup>

	平成11年基準	平成25年基準
指標の見直し	PAL 地域区分：12地域 負荷検討：顕熱のみ 基準値：建物種類で定める	PAL* 地域区分：8地域 負荷検討：顕熱+潜熱 基準値：室用途で基準値を細分化
5,000㎡以下の簡易評価法の見直し	ポイント法 簡易なポイント法	モデル建物法

表3 25年省エネ基準における建物用途別の基準値 ( $MJ/m^2$ 年)<sup>3)</sup>

	用途	地域区分								
		1	2	3	4	5	6	7	8	
(1)	事務所等	430	430	430	450	450	450	450	590	
(2)	ホテル等	客室部	560	560	560	450	450	450	500	690
		宴会場部	960	960	960	1250	1250	1250	1450	2220
(3)	病院等	客室部	790	790	790	770	770	770	790	980
		非病室部	420	420	420	430	430	430	440	670
(4)	物品販売業を営む店舗等	610	610	610	710	710	710	820	1300	
(5)	学校等	390	390	390	450	450	450	500	690	
(6)	飲食店等	680	680	680	810	810	810	910	1440	
(7)	集会所等	図書館等	540	540	540	550	550	550	550	670
		体育館等	770	770	770	900	900	900	900	1100
		映画館等	1470	1470	1470	1500	1500	1500	1500	2100
(8)	工場等	-	-	-	-	-	-	-	-	

### (3) 建築物のエネルギー消費性能の向上に関する法律（建築物省エネ法）

平成27年7月に公布され、翌年4月より施行された法律で、建築物の省エネルギー性能の向上を図るために①大規模非住宅建築物の省エネルギー基準適合義務などの規制措置と、②省エネルギー基準の適合表示制度および誘導基準に適合した建築物の容積率特例の誘導措置を一体的に講じたものとなっている。

建築主は一定規模以上の建築物の新築・増改築をしようとする場合、その用途や規模などに応じ省エネ基準に適合していることの所管行政庁による判定申請や届出などが必要となる。

また、建築物省エネ法第7条に基づき、平成28年4月に国土交通省から住宅やビルなどの省エネルギー性能表示のガイドラインとして、「建築物のエネルギー消費性能の表示に関する指針（平成28年国土交通省告示第489号）」が施行された。このガイドラインの第三者認証制度として、住宅性能評価・表示協会において省エネルギー性能を評価・表示するBELS（ベルス）が運用されている（図1）。

さらに、同法第36条により、建築物の所有者は所管行政庁に申請すると省エネルギー基準に適合している建築物の認定を受けられる（図2）。



図1 BELSの表示マーク例<sup>4)</sup>  
(第三者認証表示例)



#### 建築物エネルギー消費性能基準 適合認定建築物

この建築物は、建築物のエネルギー消費性能の向上に関する法律第36条第2項の規定に基づき、建築物エネルギー消費性能基準に適合していると認められます。

建築物の名称  
建築物の位置  
認定番号  
認定年月日  
認定行政庁  
適用基準

図2 省エネ基準適合認定マーク（eマーク）<sup>5)</sup>

### (4) CASBEE (Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency)

CASBEE（キャスビー）とは、建築物総合環境性能評価システムのことで、平成13年に国土交通省が支援し、建築環境・省エネルギー機構が環境性能品質・環境負荷の5段階の登録・認証制度として運営を行っている。設計競技や補助金制度の申請などにも活用され、公共工事物件の設計競技、補助金制度における申請資料などにCASBEE評価が求められることが多くなってきている。

個々の評価は性能表示制度をベースとしているため、省エネ法の改正などに常に連動することから、評価年とセットで表示される。

### (5) 窓などの断熱性能表示制度

経済産業省では、エネルギーの使用の合理化に関する法律（省エネ法第86条）に基づき、平成20年に施行された「窓等の断熱性能に係る情報提供に関するガイドライン」により、窓などの断熱表示制度が定められた。

省エネ建材等級区分は、窓の熱貫流率により4つに区分され、断熱性の高さは4つの☆マークの塗りつぶしにより段階的に表示される。

また、ラベルの貼付は、窓の製造または組立て事業者が行うこととなっている。

窓				
表示区分	熱貫流率が 2.33以下のもの	熱貫流率が 2.33を超え3.49以下のもの	熱貫流率が 3.49を超え4.65以下のもの	熱貫流率が 4.65を超えるもの
等級記号	★★★★	★★★☆☆	★★☆☆☆	★☆☆☆☆
ラベル表示				

断熱性能が  
高い ← 断熱性能が  
低い

図3 省エネ建材等級表示区分<sup>6)</sup>

## 2 カーテンウォールの断熱設計

カーテンウォールの断熱設計の際に検証すべき要素として、①枠（サッシ）、②ガラス、③各取合い部の隙間の3つがある。一般的には、ガラスの面積はカーテンウォール全体の面積に対して比率が大きいので、断熱性能を考えるうえではガラスの断熱性能を重要視している。

### (1) 枠の断熱

最も普及しているアルミ製の建具は、寸法精度が高く気密性と耐久性に優れているが、熱を伝えやすく単体では十分な断熱性能があるとはいえない。

硬質塩化ビニル樹脂製の建具は、断熱性、遮音性は高く結露しにくいのが、強度面や耐候性では、アルミ製に劣る。

また、木製の建具は、断熱性能は優れているが、腐食や変形するという欠点がある。

複数の材料の長所を生かした複合建具も開発されており、屋外側にアルミ、室内側に樹脂や木製を採用される場合が多い。

なお、北海道や海外では、屋外側と室内側建具の間に樹脂製の断熱材を組み込んだ断熱アルミ製建具が、一般的に採用されている。

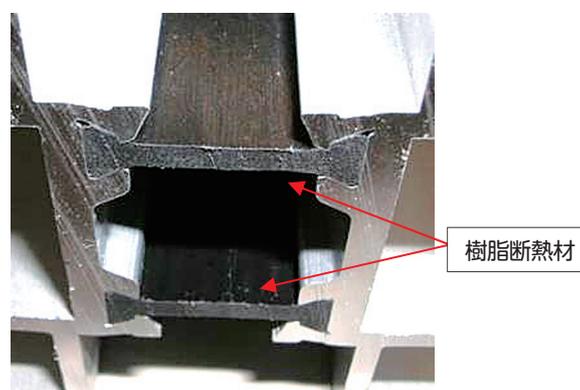


写真1 樹脂断熱材を組み込んだ型材

1 耐火性能

2 耐風圧性能

3 耐震性能

4 耐温度差性能

5 水密性能

6 気密性能

7 遮音性能

8 断熱性能

9 耐久性

10 その他の性能

## (2) ガラスの断熱

ガラス単板の熱伝導率は $1.0\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$  (JIS R 3107) で、ガラス自体は断熱性に乏しい。

ガラスを高断熱化するには、多層化（複層ガラス化）する方法や二重窓とする方法がある。

複層ガラスは、2枚のガラスの間隔を乾燥剤入りの金属スペーサーで一定に保ち、周囲を封着材で密閉した商品である。より断熱性能を高める方法として、2枚のガラスの間の中空層にアルゴンガスやクリプトンガスを封入するものがある。

低放射（Low-E）ガラスは、複層ガラスの中空層側の面に特殊な金属膜を施したガラスである。金属膜は主に銀であるため酸化しやすく、必ず密閉された中空層側とする。一般地域では外部からの日射遮蔽を優先するために、外側のガラスの中空層側が金属膜となるように設置する（遮熱効果）が、寒冷地では室内からの熱を外に逃がさない断熱性を優先するので、内側のガラスの中空層側が金属膜となるようにする（断熱効果）。

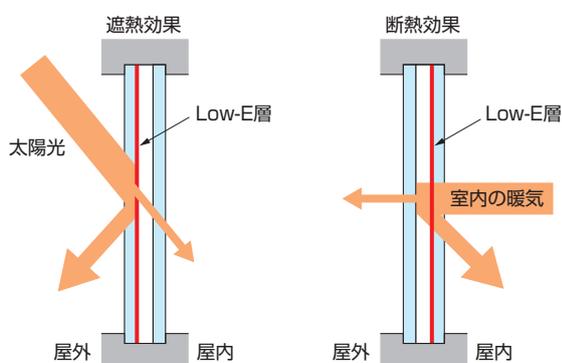


図4 Low-Eガラスの向きと効果

表4 板ガラスの断熱性能 (JIS R 3209・3106)<sup>7)</sup>

種類	厚さ (mm)	構成比 (Aは空気層)	熱貫流率 ( $\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$ )
透明複層ガラス	16	5 + A6 + 5	3.35
	18	6 + A6 + 6	3.31
	22	8 + A6 + 8	3.26
	22	5 + A12 + 5	2.94
	24	6 + A12 + 6	2.92
	28	8 + A12 + 8	2.87
Low-E複層ガラス	22	Low-e5 + A12 + 5	1.9
	24	Low-e6 + A12 + 6	1.9
	28	Low-e8 + A12 + 8	1.9
単板ガラス	5	—	5.85
	8	—	5.72

また、既製のアルミ型材に複層ガラスを採用する場合、複層ガラスの厚みによってガラス溝に納まらない場合があるので注意を要する。ガラスの厚みは耐風圧によって決まり、地震時の変形量によってガラス回りのシーリングの幅が決まる。まずガラスの厚み（複層ガラスの仕様）を決めてから施工可能な型材を選択する必要がある。

## (3) 各取合い部の隙間

気密性の良否は、断熱性能に大きく影響する（詳しくは、第2章6 気密性能を参照のこと）。

### 3 環境配慮型カーテンウォール

省エネを目標とした環境配慮型の外装では、断熱性能だけでなく日射遮蔽性能とともに性能が評価される。断熱性能は熱還流率（U値）で、日射遮蔽性能は日射熱取得率（ $\eta$ 値）で表される。

環境配慮システムとしては、ダブルスキン、エアフローなどのシステムが有名である。ダブルスキンは2枚のガラスの間の空間が外部につながっており、この空間に設置したブラインドで日射を受け、熱をそのまま外に放出する方法であり、エアフローは2枚のガラスの間の空間が内部となり、空間内に設置したブラインドで受けた日射による熱を空調機で直接吸う方法をとっている。

表5 環境配慮型外装システムの例と性能目安

名称	Low-E ガラス+ 内ブラインドタイプ	外ブラインドタイプ	エアフロータイプ	ダブルスキントタイプ
日射熱取得率( $\eta$ )	0.30 ~ 0.50 程度	0.05 ~ 0.15 程度	0.10 ~ 0.20 程度	0.08 ~ 0.25 程度
熱還流率 (U)	1.6 ~ 1.8 (W/m <sup>2</sup> ・K) 程度	1.6 ~ 6.0 (W/m <sup>2</sup> ・K) 程度	0.8 ~ 1.9 (W/m <sup>2</sup> ・K) 程度	1.5 ~ 3.5 (W/m <sup>2</sup> ・K) 程度

### 4 結露防止対策

昭和45年に施行された「建築物における衛生的環境の確保に関する法律」（ビル管法）は、オフィスビルや商業施設、学校などで一定以上の床面積を有する建物に適用され、建物使用者が衛生的かつ安全に建物を使用することができるように基準が定められている。この管理基準の中に、建物内の温度や相対湿度に関する記載がある。

以前は加湿空調できる設備がなく、管理基準の中の相対湿度については基準値内に納まらない場合もあったが、近年、加湿空調が可能になったことと、コンプライアンス意識の向上によって適正な相対湿度が守られるようになってきている。しかしこれにより、外装周辺での結露が問題になる場合が増えている。

表6 ビル管法の管理項目（抜粋）

管理項目	基準
温度	(1) 17℃以上28℃以下 (2) 居室における温度を外気の温度より低くする場合は、その差を著しくしないこと
相対湿度	40%以上70%以下

1 耐火性能

2 耐風圧性能

3 耐震性能

4 耐温度差性能

5 水密性能

6 気密性能

7 遮音性能

8 断熱性能

9 耐久性

10 その他の性能

## (1)表面結露

室内気温が外気温より高い場合は、室内の熱が壁体を通して外部へ逃げようとするので、内側壁などの表面温度が低下し、室内空気が露点温度以下になったときに、空気中の水蒸気が表面に結露する。冬期に発生しやすく、外気で冷やされた単板のガラスなどに発生する。

近年、複層ガラスの使用により、ガラス面への結露が減少した半面、サッシ枠の結露やサッシ枠に接する金属製の膳板などにも結露が多く見受けられるようになった。

また、サッシ枠のコーナー付近は空調による空気の流れが少なく、澱みやすい。そのため複層ガラスであっても結露が発生する場合がある。



写真2 下枠に溜まった結露水



写真3 サッシ枠コーナー付近のガラス結露

複層ガラスでも、  
条件次第では結露  
するのね。



建具（カーテンウォール）における表面結露対応としては、ガラス面や枠表面の結露水は下枠に蒸散皿（結露受け）を設けて拭き取るか、排水孔を設けて外部へ排出する2種類の方法がある。

### ①結露排水孔を設ける場合

排水孔を設ける場合は、排出経路が外部と内部を継ぐ空間となり、強風時の風切音や降雨時の気圧差による雨水逆流の原因となる可能性もあり、抑止弁（逆流防止弁）を設けるなどの対処が必要である。また、寒冷地や超高層では外部に排水された結露水が氷柱（つらら）となり落下した事例があるため、排水孔を設けない場合が多い。どうしても排水する場合には、氷柱ができて落下することがないように排出位置の検討が必要である。

### ②拭き取りとする場合

あらかじめ結露水量を計算して、拭き取り作業が可能な間隔を想定して蒸散皿（結露受け）の大きさを決めておく必要がある。

また、想定した拭き取り間隔は、建物所有者（使用者）に説明が必要となる。最近では、解析ソフトで表面温度の計算が可能となっている。

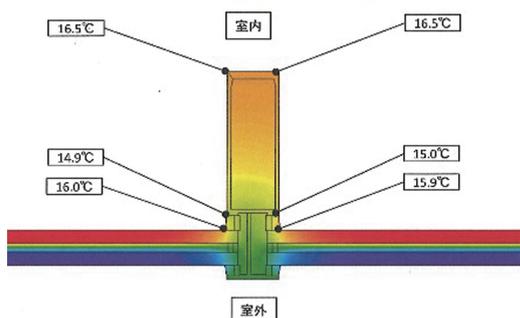


図5 解析ソフトによる表面温度計算

結露量を計算するには、室内の空調条件が重要になる。設計者から空調の設定温度と想定運転時間などの検討条件を聞いて結露量を計算しよう。



## (2) 内部結露

空気中の水蒸気が壁体内の空隙を拡散によって高湿側から低湿側に移動し、その空気の露点温度より低い層で結露する現象をいう。

透湿性能の高い耐火被覆材や断熱材と非透湿層のパネルを複合した壁体の内部（室内側）に発生しやすい。内部で発生した結露水は、流出されず、耐火被覆の付着低下からの脱落や断熱性能の低下、かび発生による健康被害などが発生する恐れがある。

## (3) 結露に関する注意事項

建具、カーテンウォールの結露による不具合防止として、以下の対策を講じる必要がある。

- ・金属製パネル（アルミニウムパネル、スチールパネルなど）の材料を外壁として用いる場合、耐火被覆と断熱材が必要になる。耐火被覆の断熱性能は良いが、透湿抵抗が小さいため、内部結露が生じるおそれがある。この場合、耐火被覆の室内側に不透湿層を設ける必要がある。また、乾式の耐火材、断熱材（ボード状の断熱材）を用いる場合は、パネルと密着させて界面で結露しないようにする。
  - ・オープンジョイント方式で外気が導入される部分では、外気がカーテンウォールの中まで侵入してコールドブリッジとなり、サッシ枠に結露が発生しやすい。
- また近年、カーテンウォールに自然換気口を設ける設計が増えている。この場合も外気が中まで入ってくるので、換気口周囲の断熱は徹底する必要がある。



写真4 自然換気装置を個別に断熱施工している状況

自然換気装置は形状が複雑になりやすく、隙間なく断熱材を施工するのが難しい場合がある。そのような時は部材ごとに確実に断熱材を施工するようにしよう。



- ・スパンドレル部にガラスを使用する場合、冬季に結露を生じることがある。結露の原因は、ボード内にもともと含まれる水分が日射で蒸発する場合と、室内側に吹き付けられた耐火被覆材の湿気がボードを透過してガラスとの間の空間の湿度が高くなることなどがある。このため、ボード周囲には室内側から湿気を帯びた空気が流入しない納まりにすること、スパンドレルのボードに吸水防止材を塗布し湿気を通しにくくする方法などがある。



写真5 スパンドレル部分に発生した結露

スパンドレル部分の結露は、多くの場合自然に解消するみたい。

結露した水が外に排出できるように、結露排水孔は必ず設けてね。

(高層ビルでもスパンドレル部分は結露排水孔を設けるのが一般的)



## 5 不具合事例

断熱性能に関する不具合事例としては、空調が効かない（夏に冷えない、冬に暖かにならない）という事例がある。単板ガラスを採用した場合に起きる場合が多く、空調の吹き出し位置なども影響する。

夏の西面は、特に注意が必要である。

結露については、窓際に置いた書類が濡れたり、結露水が枠から溢れて問題となる場合がある。特に拭き取り式の場合は計算だけでなく、建物所有者への十分な説明が必要である。

## 6 設計図および施工図のチェック

### (1) 設計図の確認事項

- ・ 建築物省エネ法などで、設計図特記に外壁の断熱性能が決められていないか。
- ・ 結露検討を行うために必要な室内の温湿度環境が設定されているか。
- ・ 結露水の排水機構が指定されているか。

### (2) 施工図の確認事項

- ・ 断熱材の仕様が凹凸の多いカーテンウォール裏面に隙間なく、かつ所定の厚みを確保して施工できるものになっているか。
- ・ 結露した水滴が、適正に排出もしくは溜められるようになっているか。また、そのまま床などに落ちることはないか。
- ・ 結露を溜める場合、計算を行い必要な容量を溜めることができるか。
- ・ カーテンウォール部材に直接接する金属（膳板やブラインドボックス）が、結露する可能性はないか。結露する可能性がある場合は、樹脂やゴムなどで絶縁できているか。

## 7 施工管理のポイント

### (1) 使用材料の確認

ガラスは、仕様通りの材料であるかを確認する。特にLow-Eの金属膜の仕様については、承認サンプルと納品書の記載番号が同じか確認する。

また、取合い部分に断熱を目的とした樹脂やゴムを挟むようになっている場合は、図面通りの材料が納品されているか確認する。

断熱材をカーテンウォール取付け後に施工する場合は、隙間なく所定の厚みを施工できているか確認を行う。

工場で断熱材を施工したものは、受入れ時に所定の厚みがあることを確認する。また現場で施工した際に部材の取合い部分は工場では断熱材を施工できていないので、忘れず施工後に断熱材を施工する。

### (2) 施工図との現地の整合性の確認

結露水機構が図面通りか確認する（排水ルート、結露受け皿容量）。

また、開口部と躯体取合い部の断熱材の施工状況を確認する（仕様、厚さ）。

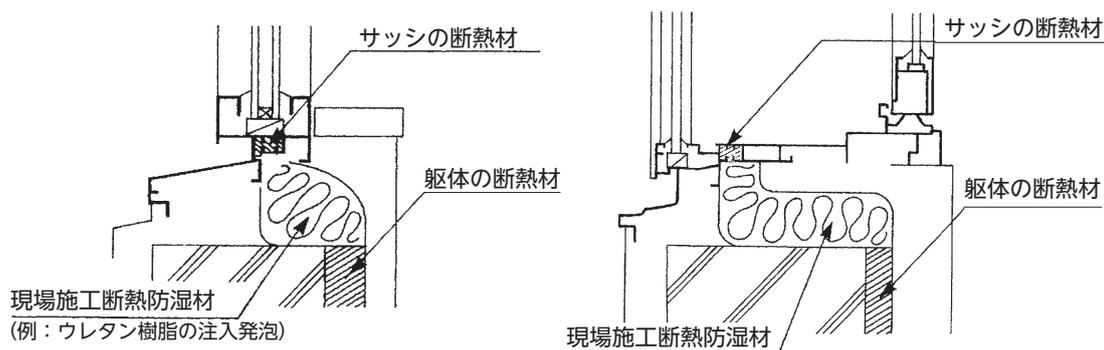


図6 開口部と躯体取合い部の施工例<sup>8)</sup>

- 出典
- 1) 日本工業規格 JIS A 4706 サッシ
  - 2) エネルギーの使用の合理化に関する法律
  - 3) 平成25年経済産業省・国土交通省告示第1号 エネルギーの使用の合理化に関する建築主等及び特定建築物の所有者の判断の基準
  - 4) 住宅性能評価・表示協会 BELS (第三者認証表示例)
  - 5) 建築物のエネルギー消費性能の向上に関する法律第36条に基づく省エネ基準適合認定マーク
  - 6) (一社) 日本サッシ協会 省エネ建材等級表示区分
  - 7) 日本工業規格 JIS R 3209 複層ガラス・3106 板ガラス類の透過率・反射率・放射率・日射熱取得率の試験方法
  - 8) (一社) 日本サッシ協会 中低層ビル用サッシ基礎マニュアル

1 防耐火性能

2 耐風圧性能

3 耐震性能

4 耐温度差性能

5 水密性能

6 気密性能

7 遮音性能

8 断熱性能

9 耐久性

10 その他の性能

# 9 耐久性能

外装における耐久性能とは、必要な性能を長期に渡って維持できる性能のことである。また、必要な性能とは、構造に関する性能、機能に関する性能、意匠に関する性能である。

部位や仕様によっては新築時の性能を長期に渡って維持するのは難しいものもあるが、その部位などは適切なメンテナンスを行うことで性能を長く維持できるようになる。

なお、建設時のコスト（イニシャルコスト）を安くしたために、維持管理コスト（ランニングコスト）が膨大となるようなことは避ける必要がある。

## 1 耐用年数

耐用年数とは、品質や機能を保持できる年数のことである。耐用年数に応じて建物所有者はメンテナンス計画や長期修繕計画を立て、修繕にかかる費用の積み立てなどを行う。

同じ仕様の部品でも使用される条件が変われば耐用年数は変わってくるので、細かい配慮が必要となる。長期の耐用年数を確保するためには、下記の項目について検証を行う必要がある。

- ・材料選定は、経年劣化が少なく耐食性に優れた材料を選ぶ。
- ・経年変化が予想される材料、耐食性が大きくない材料の場合は、交換可能な納まりとする。
- ・表面仕上げの劣化は、一般的に現地で塗装することで対応する。塗装で再現できない色などもあるので、選定に配慮する。
- ・メンテナンスには、足場やゴンドラを使用する。外壁全ての部分に対して作業が可能であることを確認しておく。

耐用年数を決めるには  
色々な検証が必要で、  
引渡し後のメンテナ  
ンスも関係するのね。



## 2 耐久性能と各部材

カーテンウォールに使用される主な部材（材料）について、耐久性能に関する注意点には、以下のようなものがある。

### ①アルミ合金

アルミ合金は、表面に酸化皮膜を形成させたり、塗装したりして耐食性を確保している。そのため、酸化皮膜の厚さや塗膜厚の管理が重要である。塗装の場合は、耐久性のある塗料の選定も重要である。

また、アルミ合金は、アルカリに弱いことや、鋼材との接触腐食を引き起こすといった欠点があるので、表面処理のできていない部位（切断小口やボルト孔小口、中空型材の内部など）で腐食の原因となるものと接する箇所は、塗装する、あるいは絶縁材を挟むことで腐食を防止する。

### ②鋼材

鋼材は、外部に露出して使用される場合は、溶融亜鉛めっきが標準となる。溶接を行った後は、常温乾燥型の亜鉛めっき塗料などで適正に処理することが重要である。亜鉛メッキに塗装仕上げの場合は塗膜剥離の懸念があるので、適正な下処理（リン酸処理など）を行う必要がある。

室内側で使用されるファスナーなどは、電気めっき処理したものを多く用いることが多い。

### ③ステンレス鋼材

ステンレス鋼は様々な種類があるが、外部で使用する場合は、SUS 304かSUS 316を使用する。特に沿岸地域や屋内プールなどの塩化物イオンが多いところでは、SUS304でも錆を生じるので注意が必要である。

また、鏡面仕上げはシーリングのアンカー効果が得られにくく接着しにくいので、シーリングの接着面にはバフがけを確実にを行う。

④シーリング材

シーリング材には様々な種類があるが、選定に際しては、下地に対する接着耐久性（プライマーの選定）、仕上げ材に対する汚染性などを確認することが重要である。

公共建築工事標準仕様書では「外部に面するシーリング材は、施工に先立ち接着性試験を行う。ただし、同じ材料の組み合わせで実施した試験成績書がある場合には、監督職員の承諾を受けて、試験を省略することができる」と示されている。全ての種類の被着体について、確認が必須である。



耐久性が異なる多種の材料、部品の組み合わせで構成されているんですね。大変そう。



事前に検討しておくことがポイントだね。

⑤ガラス

ガラスは劣化しない材料と思われがちだが、近年多く使用されるようになった複層ガラスなどは封着部分にシーリングが使用されており、ガラス枠内の条件によっては劣化が進み複層ガラス内に結露による曇りなどが発生する。合わせガラスも小口を露出した納まりを採用した際には、中間膜の種類によっては経年により剥がれが発生する。

強化ガラスや倍強度ガラス、セラミックプリントガラスなどの熱処理ガラスは硫化ニッケルによる自然破損の可能性があるので、単板で高層部に使用するのは避けるのが一般的である。

3 異種金属による接触腐食

接触腐食とは、電解溶液中に腐食電位の異なる二種類の金属が部分的に接触するとき、異なる金属が腐食する現象をいう。

接触腐食の起こりやすい条件としては

- ・ 電位差が大きい
- ・ 水と接触する
- ・ 高温多湿である
- ・ 塩分が多い

というものが挙げられる。

上記以外の因子としては、実際に使用される場合の両金属の面積比がある。

電位差だけであればアルミパネルにステンレス製のビスは使用できないことになるが、アルミパネルの面積に対してステンレスの面積が圧倒的に小さいので、アルミの腐食の量は小さくなり影響は小さい。さらにアルミの場合は表面に酸化被膜があるので、電子伝導性が低く腐食されにくい。

大きなステンレス座金などを使用する場合には、面積が大きくなるので注意が必要である。

接触腐食を発生しないようにするためには、同材質もしくは電位差が小さい材質のものと組み合わせる必要がある。実施できない場合は、異種金属間に合成ゴムや樹脂系の絶縁体を挟んで絶縁をする。挟み込みが難しい場合には、防錆効果のある塗料を塗布する場合もある。

外装で多く使用される異種金属の組み合わせにおける絶縁方法を、次表に示す。

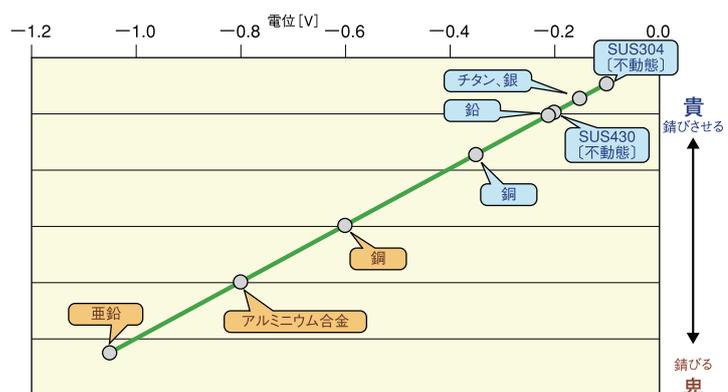


図1 塩水中における金属腐食電位列<sup>1)</sup>

1 耐火性能

2 耐風圧性能

3 耐震性能

4 耐温度差性能

5 水密性能

6 気密性能

7 遮音性能

8 断熱性能

9 耐久性

10 その他の性能

1 耐火性能  
2 耐風圧性能  
3 耐震性能  
4 耐温度差性能  
5 水密性能  
6 気密性能  
7 遮音性能  
8 断熱性能  
9 耐久性能  
10 その他の性能

表1 異種金属が接する面における接触腐食防止処理例

組合せ		条件	外部雨掛り部や隠蔽状態で浸水、湿潤状態になる場合＝屋外の場合 (海水、SO <sub>2</sub> 、H <sub>2</sub> S 含有雨水、化学薬品の雰囲気を含む)	浸水、湿潤のおそれの少ない場合＝屋内の場合
		鉄鋼 ↓↑ アルミ	鉄鋼側	
アルミ側			陽極酸化皮膜処理 (無着色または着色) + 塗装 (アクリル系、ウレタン系)	陽極酸化皮膜処理 (無着色または着色) + 塗装 (アクリル系、ウレタン系)
			合成樹脂パッキング	塗装仕上げの場合はそのまま 合成樹脂パッキング
アルミ ↓↑ ステンレス	アルミ側			陽極酸化皮膜処理 (無着色または着色) + 塗装 (アクリル系、ウレタン系)
	ステンレス側		接触部塗装 (アクリル系、ウレタン系)	無処理

## 4 接合部

接合部における耐久性能確保は、外装材の性能を維持するのに非常に重要である。主な接合方法の注意点を示す。

### (1)ねじ

外径が8mm以下のものを小ねじと呼び、様々な種類のものがある。

#### ①メートルねじ

メートルねじとは所定の径の下孔の内側に目ねじを切った後に、留め付けする「おねじ」のことをいう。メートルねじの頭の形状には、以下のものがある。頭の形状によって長さの取り方が違うので、注意する。ねじの仕上げには溶融亜鉛メッキやクロメートなどの種類があるが、「有色クロメート」や「ユニクロ (電気亜鉛メッキの上にクロム酸塩処理したもの)」は錆びやすく外部には使用しない。

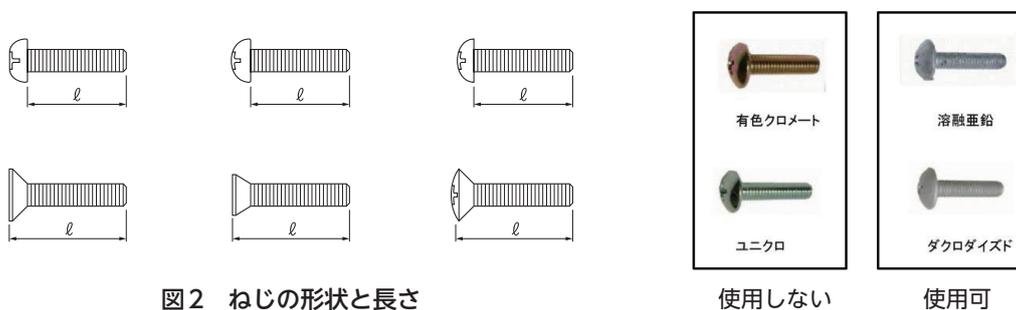


図2 ねじの形状と長さ

使用しない

使用可

下孔の大きさは、留め付けする母材の材質によって違うので注意する。

表2 メートルねじの径と下孔の径 (単位: mm 引っ掛かり率100)

材質 \ ねじ径	3.5	4	5	6	8
スチールの下孔	2.8	3.2	4.1	4.9	6.6
アルミの下孔	2.7	3.1	4.0	4.8	6.5

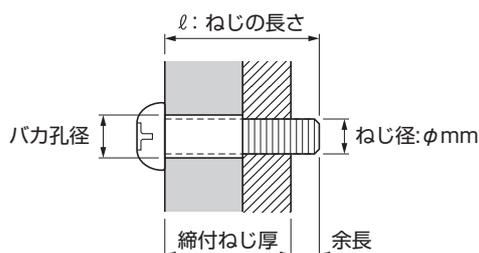


図3 ねじの長さ



余長は3山以上とすることが必要だ。

②タッピングねじ

タッピングねじとは、所定の下孔へ、ねじ先端に切れ刃形状を持ち、目ねじの造成能力を備えた「おねじ」のことをいう。

タッピングねじは、下地材よりねじの先端テーパ部+1山が貫通できる長さとする。

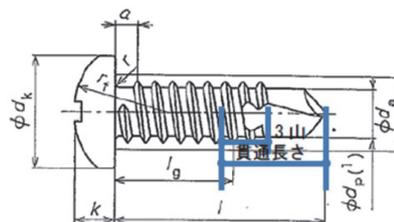


図4 下地からの貫通長さ

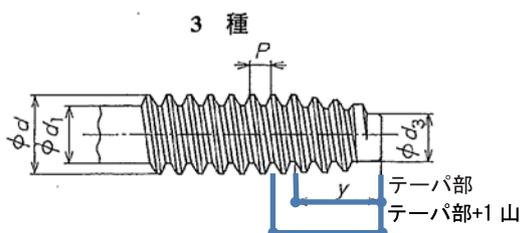


図5 下地からの貫通長さ

表3 タッピングねじの径と1山長さ

呼び径	4	5	6
ねじの呼び	M4	M5	M6
1山長さ	0.7mm	0.8mm	1.0mm

③ドリルねじ

ドリルねじとはねじ先に切れ刃形状を持ち、ねじ穴の造成能力を備えた「おねじ」のことをいう。下地材より完全にねじ山が3山貫通できる長さとする。下孔は用いない。

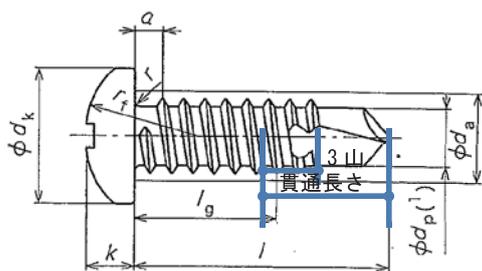


図6 下地からの貫通長さ

小ねじの二度打ちは、緩んで抜けるので厳禁ですね。



(2)ボルト・ナット

ボルト接合はせん断応力に対して用いられることが多いが、引張やせん断と引張の両方の応力に対して用いられることもある。

ボルトやナットはJISに規定されているので、必ずJIS認定の材料を使用するようにする。

- 六角ボルト JIS B 1180
- 六角ナット JIS B 1181
- 平座金 JIS B 1256

JIS B 1180では鋼ボルトの等級、強度区分などが決められているので、使用するボルトがどれに属するのか、強度計算書と合致しているのか確認が必要である。

ボルトの孔径は、一般的にボルトの軸径より0.5mm大きいものとする場合が多い。水素脆性による疲労破

1 防耐火性能

2 耐風圧性能

3 耐震性能

4 耐温度差性能

5 水密性能

6 気密性能

7 遮音性能

8 断熱性能

9 耐久性

10 その他の性能

壊の懸念があるので、高強度ボルトの使用は避ける。

最近、カーテンウォールのファスナーブラケットと鉄骨の接合に、高力ボルトを用いる場合がある。躯体鉄骨などの構造体では高力ボルトに精度調整用のルーズ孔を設けることはないが、カーテンウォール工事ではルーズ孔とする場合がほとんどである。事前に滑り試験を行ったデータのある納まりを採用するか、滑り試験を実施し所定の性能を満たしているか確認する必要がある。また、マーキングに関する管理方法についても、構造体鉄骨とは違いファスナー 1 か所に対して 2 本しかボルトがないので、事前に要領書でどう管理するか記載し、監理者に確認しておいた方がよい。

### (3) スタッド溶接

金属にスタッド溶接する方法には、3種類ある。アルミパネルでよく用いられるのは、CD方式である。

表4 スタッド溶接方式と特徴

スタッド溶接方式	特徴
CD方式 (キャパシターディスチャージ)	溶接ひずみや裏焼けが非常に少ない方式であるが、溶接できる板材が限定されている。外装材などの板金化粧板では多く使われる。
ショートサイクル方式	アーク方式より溶接ひずみは少ない。板厚の6～8倍(板厚1.6mmにはM12スタッド可)のスタッド接合ができる方式で、薄鋼板に用いられる。溶接部の信頼性はCD方式より高い。
(電力)アーク方式	溶接部の信頼性が高く、現場施工する場合はこの方式が良いとされる。母材の最小板厚は、スタッド径の1/3となる。

製作工場にて、スタッド溶接接合部の不具合発生が見受けられるが、次にあげる項目が3大原因とされているので、製作要領書にて、施工要領および管理・検査方法を事前に確認する。

- ・溶接エネルギーの不均一(扁肉)の確認:不具合の原因の大半をしめる。
  - ・溶接電流値の確認:多くても少なくても不具合が発生する。
  - ・溶接時間、リフト時間の確認:多くても少なくても不具合が発生する。
- 必ず毎日製作前に試験板にスタッドを施工し、打撃試験を行い確認する。

また、スタッドを確実に施工すると薄いアルミ板の場合、表面にスタッド痕が出る。その場合はアルミの板厚を上げることで対応する。

スタッドボルトは、腐食環境下では腐食から破断に至る事例も多く報告されているので、特に沿岸地域では外気に直接触れる部分に使用しない。



写真1 スタッド打撃試験



写真2 アルミ板表面のスタッド痕 (t1.5)

#### (4) リベット接合

本来のリベット接合は片側から差し込んだリベットの先端を叩き潰して圧着するものであるが、現在はブラインドリベットと呼ばれる片側からの作業で接合できるものが、建築仕上げ材では主流である。

ブラインドリベットは、繰り返しの荷重によりリベット本体が伸び、母材のがたつきが起きやすく、それが原因でリベット破損に至る場合もあるので、繰り返し荷重を受ける部分での使用を避ける。

#### (5) ねじやボルトの締付けと緩み止め

ねじは回転させることで締め付けて固定するもので、工具としてはドライバーが用いられる。ねじを締める場合は、必要以上の力を加えると接合される部品やねじ自体を損傷するおそれがあるので、慎重に行うべきである。

ボルトの締付け時に最も重要なのは、締付け力である。JIS B 1083に規定されたボルトの締付け方法としては、トルク法（締付けトルク）と回転角法（締付け回転角）がある。

ねじの緩み防止方法としては、嫌気性接着剤を使用するが、接着剤によっては取外しができない強力なものや、高温では効果がなくなるものもあるので、使用にあたっては性能をカタログで確認することが重要である。

ボルトの緩み止めの方法としては、ダブルナットも含めた緩み止めナットを使用する方法と、緩み止めワッシャーを使用する方法がある。それぞれ特徴があるので、使用部位に合ったものを選択することが大切である。

ダブルナット締付け方法には、上ナット正転法と下ナット逆転法の2つの方法があるが、カーテンウォール工事では下ナット逆転法を用いる場合が多い。下ナット逆転法は、以下の手順で行う。

- ・下ナットを軽く締結する。
- ・下ナットの回転を固定して、上ナットをトルク法などによって締付け管理をしながら締め付ける。
- ・上ナットの回転を固定して、下ナットを逆転させて緩み止め効果を持たせる。

この方法は緩み止め効果を持たせる際に、下ナットの締付け力は変化しないのが特徴である。

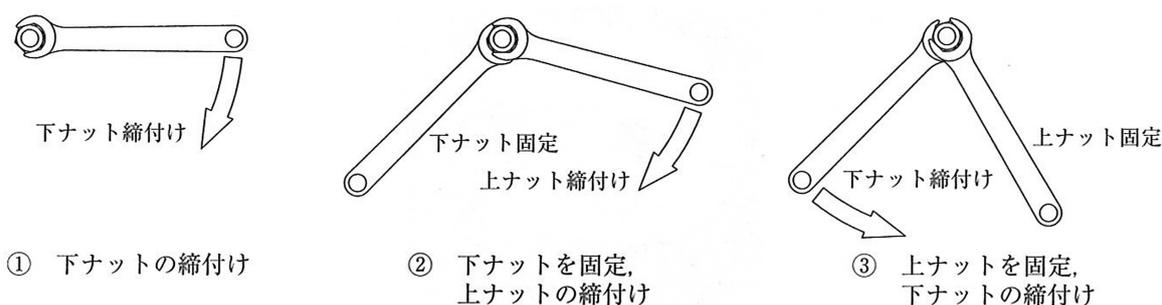


図7 2重ナットの締付け方法<sup>2)</sup>

## 5 維持・保全

建築物の引渡し後に、部品の取替えや補修を行うことが予想される部分や、清掃を必要とする部分については、これらの作業が安全かつ容易に行われるための方法（手段）を、事前に計画する。

### (1) 清掃

頻繁に窓清掃を行うテナントオフィスビルでは、常設のゴンドラが屋上に計画されている場合が多い。頻繁に清掃を行わない建物の場合は、レンタルのゴンドラを使用して清掃する。テナントオフィスビルでは、1か月か2か月ごとに窓清掃を行う場合が多い。

窓のない外壁の部分は年に1度程度清掃する機会が多いようであるが、海浜地域や工業地域などではそれ以上の清掃が望ましい。

レンタルのゴンドラを使用する場合には、屋上笠木部分に突梁（とつりょう）と呼ばれる部品をセットして丸環にワイヤーをセットしゴンドラを吊り下げる場合が多い。笠木部分の強度が弱かったり、突梁をセットできない形状ではゴンドラが使用できないので、事前にレンタルゴンドラメーカーと打合せを行い問題のない強度と形状にする。

突梁を使用しない方法もあるが、様々な制限があるので注意する。

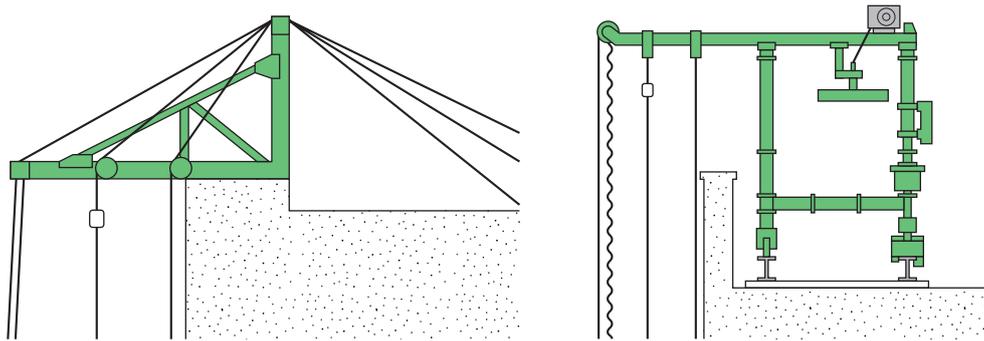


図8 レンタルでのゴンドラ吊り下げ方法

高層ビルでゴンドラを使用する場合、ゴンドラが風で大きく揺れないような安全措置が必要となる。

カーテンウォールにゴンドラガイドレールを組み込む方法や、レセプターピンと呼ばれる振れ留めピンを採用する場合もある。どの方式を採用するかでゴンドラ的设计も変わってくるので、ゴンドラメーカーと細かい打合せが必要となる。

庇や上部がせり出した壁面の清掃には、専用のゴンドラレールやメンテナンスパイプを設置する。



写真3 ブランコによる清掃

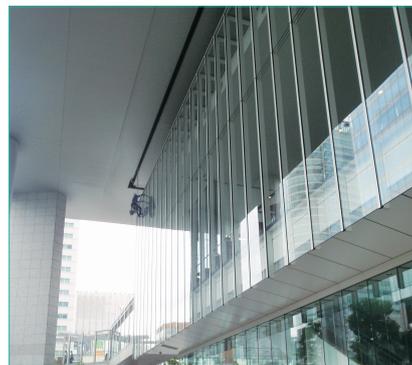


写真4 軒天井下での清掃

清掃は、汚れの程度および外壁の材料により、それに適した清掃方法と洗剤を選定する必要がある。

メーカーと清掃方法や使用材料について協議をして、引渡し時に取扱い説明に盛り込んでおく。  
最近ではカーテンウォールの製作前に、ビルメンテナンス会社と協議の場を持つ場合も増えている。

## (2) 補修

劣化する材料については、施工段階でどのようにメンテナンスを行うのか検討をしておく必要がある。

### ①シーリングの劣化

外装材で一番対応年数の短い材料は、シーリングである。

一般的に窓の清掃時に年に1回程度劣化状況を目視で確認し、シール切れやシーリング表面のひび割れが顕著になれば、シーリングの打替えを行う。外装の仕様によっては、シーリングの量が膨大になるので、範囲を決めて数年に渡って打替えする場合もある。

### ②表面仕上げの劣化

表面仕上げの劣化の要因は日光（紫外線）や海からの塩分、排気ガスなどである。

劣化の少ない段階で再塗装を行えば、比較的簡単に塗り直しができるが、劣化が進んで塗装の下塗りや母材にまで劣化が進むと、一度撤去してからでないとは対処ができなくなるので、時間もコストも掛かることになる。

### ③外装材の破損時の交換

ガラスなどが破損した際には、交換が必要となる。

アルミカーテンウォールの場合、ガラスが外嵌めの場合が多く、破損時にゴンドラや仮設の簡易クレーンを使用して交換する場合がある。

施工時にガラスの寸法や重さも考慮したメンテナンス計画が必要となる。



写真5 外部からのガラス交換

## 6 設計図および施工図のチェック

施工図は、カーテンウォールなどの専門工事業者決定後、設計図書、施工要領書の打合せ事項に基づき作成を依頼する。施工図には、平面、立面、断面の形状、寸法および取付け方法を明示するとともに、必要部分は現寸図を作成する必要がある。

- ・各部の仕上げ代を指示し、仕上がり仕様、寸法を明示する。
- ・緊結方法を具体的に明示する。  
(脱落の恐れのある部分への接着材のみの使用は避け、機械的に緊結する)
- ・特に雨がかり部分や沿岸地域屋外での異種金属との接触を避ける（電食の防止）。
- ・金属素材、表面処理方法を記入する。
- ・部材寸法、割付け寸法を明示する。
- ・継手位置および方法（部材定尺による継手、役物との接合部など）を明示する。
- ・補強用下地の種類、取付け位置、接合方法、強度などを検討する。
- ・下地金物の施工図は、以下の点に注意する。
  - ①仕上げ割付図に基づいて、下地骨組み、インサートなどの割付図を作成する。
  - ②開口部、下がり壁、曲面天井下地、ダクト下など補強を要する箇所は、補強方法を図示する。
  - ③床、壁、天井の取合い部分は詳細図として現寸図や縮尺の大きな図面を作成する。

## 7 工場検査

製品検査について耐久性能関連の要点としては、図面通りであるか、範囲の相違がないかを確認する。

- ・表層（外皮）部材表面処理状況。膜厚計、光沢度計、色差計などを使用し検査する。さらに表面仕上げ状況（傷、むら、くもり、ひずみなど）がないか確認する。
- ・色合いの状況（決定サンプルに合わせて、相違がないか）。
- ・ねじ、ボルト、ナットの使用状況（所定のものを使用しているか、ゆるみ止めは適正に使用されているか）。
- ・工場加工、組立時の継手、接合部の状況（図面通りになっているか）。
- ・異種金属接触腐食の対応処理状況（所定の対応をしているか）。
- ・鉄製品の防錆塗装前の錆落とし状況。

このほか、共通的には、協議して承認された製作図、仕様書、製作要領書、施工計画書（要領書）通りに製作されているか、想定の出來高で製作が進捗しているのかを確認する。

検査後の処置について、製品検査で不良箇所があれば、それを修正したあとで再検査を行い、合格したものについて現場搬入を行う。製品運搬は業者の責任において行うが、運搬中に傷つきやすいもの、ひずみを生じやすいものについては、養生、運搬方法に注意する。

## 8 施工管理のポイント

高さ15mを超える建物や目隠し壁のパネルは、ゆるみ止め機構付きのボルトナットか、アルミパネルにスタッド溶接（板厚を2.5mm以上、スタッドボルトφ5mm以上）したもので下地に留め付ける。

各部材、接合部の強度計算を確認する際に、風の繰り返し力による金属疲労を想定し、計算で算出された径のサイズアップや間隔を小さくするなどの対処を行う。

外部側無目化粧カバー取付けに対する考え方として、カバー上下にはめ合いを設け、固定ビスは以下を使用する。

- ・種類はねじ頭が大きく、部材を押える効果が大きいトラスねじとする。
- ・ゆるみ止めコーティング（メック加工など）されたものを使用する。
- ・外装材に使用するビスは、引張り方向の使用は避け、せん断方向で使用する。

その他、施工のポイントを、以下に示す。

- ・ファスナー部の溶接状況の確認をして、溶接後の防錆処理状況の確認をする。
- ・ねじと板材の金属接触腐食防止用のゴムパッキンが、適正に挟まれているかを確認する。
- ・ねじの二度打ちを行わないように徹底する。

## 1 発音、金属摩擦音などの防止

発音現象とは風、地震によって躯体が変形する際や外気温等の影響を受け金属部材が伸縮、変形する際に、サッシ、カーテンウォールから金属的な音が聞こえる現象である。構造的に問題がない場合でも使用者からクレームとなることがあり、JASS14では「発音・金属摩擦音などの発生を最小に押えるものとする」<sup>1)</sup>とされている。

### (1)発音しやすい部分と対応策

一般的にサッシ、カーテンウォール製作後、施工後の対応は難しいため、施工図作成時に挙動部分の確認を行うことが重要である。主な対策例を以下に示す。

#### ①メタルタッチ部分

動きが出ると考えられるメタルタッチ部分には、フッ素樹脂系のパッキンや平滑なステンレス板などのすべり材を挟む。また、方立や無目とスパンドレルの接合部に、クッション材としてゴムを挟む。

#### ②薄板部分

風圧によるパネルの面外変形による音の発生のおそれのある場合は、板厚を上げるか、補強材を設ける。ただし、補強材とパネル材が接することで摩擦音が発生する場合があるので、注意が必要である。

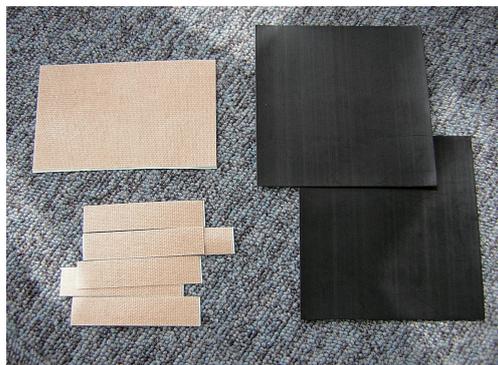


写真1 すべり材の例

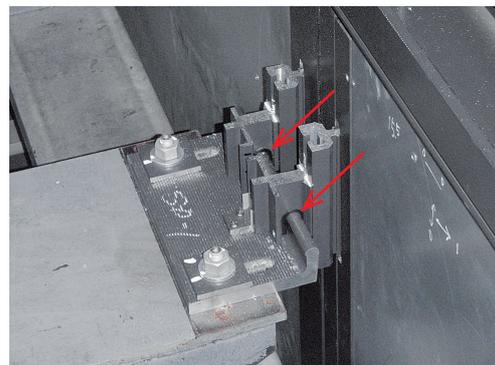


写真2 ファスナーの音鳴り防止例  
(↓部にすべり材を設置)

## 2 風騒音対策

カーテンウォールに取り付くフィンやルーバーは、デザインや形状によっては風を受けた際に風切り音や振動を生じることがある。これらの現象を総じて風騒音といい、竣工後に顕在化することが多く、竣工後に対策を取る場合、多大な改修費が必要となるケースもある。

### (1)風騒音の種類

#### ①風切り音

- ・カルマン渦列による振動音

円柱、各柱などの柱状の物体に風が当たった際に、物体の後方に渦状の気流が交互にでき、その渦の発生周期と物体の固有振動数が合うと共振現象を起し、大きな振動音となる。

- ・笛吹き音（ピー）

矩形断面状の格子に特定の方向から風が当たるときに生じる。

- ・キャビティトーン（ボー）  
空洞や溝に風が当たる際に発生する。

## ②振動

- ・自励振動  
渦の放出周波数と固有振動数が近づいた場合に発生する。  
例として避雷針、アルミフェンス、ブラインドなどが振動して「ブーン」と音がする。

## (2) 試験

風切り音は、設計段階、図面検討段階で予測することは難しく、実物大のモックアップを作成し、風洞試験を行うことが確実な確認方法である。ただし、実大試験でも、あらゆる条件下において風切り音が発生しないことを確かめるのは、大変困難である。また、実大試験には、コストと期間が必要となる。



写真3 風洞試験状況

実大試験が必要な場合は、その分の工期とコストを見込んでおく必要がありますね。



## (3) 対策

JASS 14では、以下の対策をとることで風騒音発生の可能性を減らすことができるとしている。

- 部材の断面は、エッジが角張った形状を避けて、できるだけ丸み（Φ5程度）のある断面形状を選択する（角部に丸みがついていても発音する可能性はある）。
- 部材が振動しにくくするために部材断面を大きくし、部材の支点間長さを短くする。
- 部材の間隔を拡げる（部材の大きさや形状により発音を止める間隔は異なる）。
- 隣り合う部材の剛性を変えて並べる。
- 建物のコーナー部で、風が通り抜けるようなルーバーを設置しない。建物コーナーにL字型にルーバーを設けると発音しやすい。
- 屋上に配置するルーバーの場合、ルーバーの背後に風の通りを阻害する障害物を設ける（ルーバーの機能を損ねない間隔を設ける）。
- 発音しやすい要素（ひさしルーバー、縦方立ルーバー等）は、建物のコーナー部、頭頂部等のはく離流が発生しやすい場所を避ける。

図1 JASS14における騒音発生の可能性を減じることができる注意事項<sup>1)</sup>

### 3 避雷対策

建築基準法では、高さ20mを超える建築物では避雷設備が必要とされており、その規格は平成17年に国土交通省告示650号でJIS A 4201（建築物等の雷保護）に規定するものとされている。外装は、JIS A 4201の外部雷保護システムが関係する。当該建物がどの避雷設備を採用し、どの保護レベルを採用しているのかを特記仕様書や申請図書などで確認したうえで、作図を進めていく必要がある。

高層建物では、受雷部をカーテンウォール本体とする場合がある。その場合、雷の電気はカーテンウォール本体からファスナーを通して鉄骨躯体にアースを取る方法が採用される。ただし、落雷によって受雷部が損傷する可能性が高いため、交換可能な押し縁などを受雷部とする場合が多い。PCa板などの電気を通さない材料の外壁が一部ある場合には、避雷突針を外壁から突き出した構造のものを採用する場合が多い。



写真4 ACWを受雷部としたときの室内側導線の例

図面通り、確実に施工されているか確認が必要です。



### 4 落雪対策

サッシ、カーテンウォール外壁面に横棧、水平ルーバーなどの出っ張りがあると、降雪時に着雪し、落雪する恐れがある。また、着雪した雪が解ける際には氷柱（つらら）ができることもある。さらに、サッシ、カーテンウォールの結露受け排水機構では、排水される結露水が氷柱となる場合もある。特に高層、超高層建築物からの落雪や氷柱の落下は、重大な事故につながる可能性があるため、対策が必要となる。

落雪氷の対策には、以下のものがある。

- 雪や氷ができない（付着しない）ようにする（原因の排除）。
  - ・ 結露受けの外壁への排水機構を中止し、結露水は拭取りで対応する。
  - ・ 電熱線など融雪設備を設ける。
  - ・ 積雪のおそれのある水平材の勾配を急勾配として積雪しないようにする。
- 雪や氷が落ちないようにする。
  - ・ 雪留めを設ける。
- 落下しても問題にならないようにする。
  - ・ 植栽などによって落下放物線範囲内に人が立ち入らないようにする。
  - ・ 降雪時には適切にカラーコーンやロープで立ち入り禁止処置を行う。

着雪氷事例



写真5 底部分に氷柱

写真6 フィン部分に積雪  
(隣のフィンはずでに落雪している)

## 5 光の反射防止

光の反射による周辺環境への影響は、外壁面に傾斜があり光反射性の高い材料を使用する場合は、対策を検討する必要がある。特に、反射光が水平方向に反射される場合は、クレームにつながりやすい。また、曲面や複雑な面では、思いがけない方向に光が反射され、クレームとなることもある。

光反射に対する対策には、以下のものがある。

■ 四季ごとの日の出から日没までのシミュレーションを行い、影響がある部分に対して次の対策をとる。

- ・ 反射性の低い材料にする。
- ・ 外部ルーバーなどを取り付け、問題となる角度に対して直接反射光が当たらないようにする。

■ ガラス面に反射防止効果のあるフィルムを貼る。

ただし、ガラス面にフィルムを貼る場合は、熱の吸収量が増し、熱割れの可能性があるので、事前に熱割れが起こらないか計算により確認する。また、フィルムの劣化によるメンテナンス対応についても、確認しておく必要がある。

■ 低反射ガラスを使用する。

効果は限定的だが、長期的な対策としては候補となる。

いずれの場合も、事後の対応は難しいので、設計段階で影響を把握し、対策をしておくことが重要である。

■ 出図された施工図などのチェックポイント 1

No	チェック内容	本書 2章での 取り扱い
1	<input type="checkbox"/> 設計図書、特記仕様書において、法令以外の要求性能はあるか	1 耐火火性能
2	<input type="checkbox"/> 国土交通大臣認定品の場合、認定証の仕様に準拠しているか	1 耐火火性能
3	<input type="checkbox"/> 開口部の防火設備仕様は把握しているか	1 耐火火性能
4	<input type="checkbox"/> 層間・パネルジョイントなど、隙間が生じる部分の処理方法を把握しているか	1 耐火火性能
5	<input type="checkbox"/> カーテンウォールと区画壁の取合いの納まりは確認できているか	1 耐火火性能
6	<input type="checkbox"/> 設計図書、特記仕様書において、サッシまたはドアセットの『耐風圧性による区分』を確認しているか	2 耐風圧性能
7	<input type="checkbox"/> 特記仕様書における、メタルカーテンウォールの性能値を確認しているか ・基準法施行令第 87 条および建設省告示第 1458 号による値 ・実大実験・風洞実験による値 ・日本建築学会「建築物荷重指針・同解説」による値	2 耐風圧性能
8	<input type="checkbox"/> 特記仕様書において、慣性力 (水平、垂直) の要求性能値を確認をしているか	3 耐震性能
9	<input type="checkbox"/> ファスナーが層間変位に追従できる機構になっているか	3 耐震性能
10	<input type="checkbox"/> 他部材との取合いが層間変位に追従できる機構になっているか	3 耐震性能
11	<input type="checkbox"/> カーテンウォールが腰壁や束柱などに取り付ける場合に躯体とカーテンウォール部分の層間変位量の違いを確認しているか	3 耐震性能
12	<input type="checkbox"/> 最大垂直変位量よりも上下部材のかかり代の方が大きくなっているか	3 耐震性能
13	<input type="checkbox"/> 設計図書、特記仕様書における部材の実効温度差 (°C) の確認をしているか	4 耐温度差性能
14	<input type="checkbox"/> 特殊な立地条件、環境になっていないかの確認をしているか	4 耐温度差性能
15	<input type="checkbox"/> 支持部やジョイントのクリア寸法を確認しているか	4 耐温度差性能
16	<input type="checkbox"/> ガラス目地、無目・方立目地のシーリング幅を確認しているか	4 耐温度差性能
17	<input type="checkbox"/> 最上階など、日差しの影響が大きく受ける部材 (パラペット、庇部など) を確認しているか	4 耐温度差性能
18	<input type="checkbox"/> 設計図書、特記仕様書において水密性の要求性能 (等級)、その確認方法 (現地散水、実大試験等の有無) を確認しているか	5 水密性能
19	<input type="checkbox"/> 設計図書、特記仕様書において、漏水に対する保証内容を確認しているか	5 水密性能
20	<input type="checkbox"/> 設計図書、特記仕様書から、サッシ・カーテンウォールの水密構造を正しく理解し実現できているか	5 水密性能
21	<input type="checkbox"/> 2次シール、排水機構について必要性、詳細を確認しているか	5 水密性能
22	<input type="checkbox"/> 施工図で部材接合部のアクソメ図をスケッチするなどして水密構造を3次的に確認しているか	5 水密性能
23	<input type="checkbox"/> 施工図には水の流れを描き込み、水密構造の欠点や弱点を確認し改善しているか	5 水密性能
24	<input type="checkbox"/> 施工図には、製作・施工工程を考慮して工場シール、現場先行シールなど止水方法の区分、実施者の区分を表現しているか	5 水密性能
25	<input type="checkbox"/> 設計図書、特記仕様書において、気密性能等級の確認をしているか	6 気密性能
26	<input type="checkbox"/> パネルなどの接合部に、所要のクリアランスは設定されているか	6 気密性能
27	<input type="checkbox"/> 機構説明図があるか、その中から排水機構説明図などで外気の流出入経路を確認しているか	6 気密性能
28	<input type="checkbox"/> 設計図書、特記仕様書において要求されている遮音性能の記載があるか	7 遮音性能
29	<input type="checkbox"/> 建物用途と外部騒音、室内許容騒音、サッシ、カーテンウォールに要求される遮音性能が整合しているか	7 遮音性能
30	<input type="checkbox"/> 建物用途、周辺環境より、外部騒音測定を行う必要はないか、もしくは、設計仕様が外部騒音測定を基に決められているか	7 遮音性能
31	<input type="checkbox"/> 要求される遮音等級との整合を確認しているか	7 遮音性能
32	<input type="checkbox"/> 採用するガラスの遮音性能がサッシ・カーテンウォールの等級以上のものとなっているか	7 遮音性能
33	<input type="checkbox"/> 遮音壁などの取合い部は音漏れの原因となる納まりとなっていないか	7 遮音性能
34	<input type="checkbox"/> 方立・無目などにGWなど充填が必要ないか	7 遮音性能
35	<input type="checkbox"/> 要求するカーテンウォール外壁材の熱抵抗値を確認しているか	8 断熱性能
36	<input type="checkbox"/> 地域別に区分された JIS 等級を確認しているか	8 断熱性能
37	<input type="checkbox"/> ガラスの断熱性能が、地域別に区分された JIS 等級以上かを確認しているか	8 断熱性能
38	<input type="checkbox"/> 省エネ法において求められる PAL 基準値を確認しているか	8 断熱性能
39	<input type="checkbox"/> CASBEE ランクを確認しているか	8 断熱性能
40	<input type="checkbox"/> 日射調整の方法 (仕様) を確認しているか	8 断熱性能
41	<input type="checkbox"/> ガラス断熱性能 (仕様) を決定 (高断熱化するのかが確認) しているか	8 断熱性能

No	チェック内容	本書2章での 取り扱い
42	<input type="checkbox"/> 金属枠の断熱性能(仕様)を決定しているか	8断熱性能
43	<input type="checkbox"/> スパンドレルボード材料を選定しているか	8断熱性能
44	<input type="checkbox"/> 表面結露・外部結露防止方法を確認しているか	8断熱性能
45	<input type="checkbox"/> 金属CW部材の内表面で結露水の排水方法(機構)を確認をしているか	8断熱性能
46	<input type="checkbox"/> 内部結露の防止方法を確認しているか	8断熱性能
47	<input type="checkbox"/> スパンドレル部の内側納まりを確認しているか	8断熱性能
48	<input type="checkbox"/> 結露水の排水ルートの確認と逆流防止弁の有無を確認しているか	8断熱性能
49	<input type="checkbox"/> 要求するカーテンウォール外壁材(取替えが不可能な部位、可能な部位)の耐久年数を確認しているか	9耐久性能
50	<input type="checkbox"/> アルミ表層(外皮)仕上げ仕様(新JIS規格の種類)を確認しているか	9耐久性能
51	<input type="checkbox"/> 各部材(ビスなど)の金属材質を確認しているか	9耐久性能(接触腐食)
52	<input type="checkbox"/> 異種金属部の接触腐食の防止処置実施の有無を確認しているか	9耐久性能(接触腐食)
53	<input type="checkbox"/> ビス部の接触腐食の防止処置実施の有無を確認しているか	9耐久性能(接触腐食)
54	<input type="checkbox"/> コンクリートとの接触腐食の防止処置実施の有無を確認しているか	9耐久性能(接触腐食)
55	<input type="checkbox"/> 木材(額縁)との接触腐食の防止処置実施の有無を確認しているか	9耐久性能(接触腐食)
56	<input type="checkbox"/> ねじ長さを確認しているか	9耐久性能(接合部材)
57	<input type="checkbox"/> ステンレスの防錆対策を確認しているか	9耐久性能(接合部材)
58	<input type="checkbox"/> ねじの締付け方法を確認しているか	9耐久性能(接合部材)
59	<input type="checkbox"/> ねじのゆるみ止め対応策(ダブルナットなど)の有無を確認しているか	9耐久性能(接合部材)
60	<input type="checkbox"/> 取付け用先付け材を確認しているか	9耐久性能(接合部材)
61	<input type="checkbox"/> 補修の種類と頻度について確認しているか	9耐久性能(維持・保全)
62	<input type="checkbox"/> 清掃の部分とその頻度について確認しているか	9耐久性能(維持・保全)
63	<input type="checkbox"/> 補修・清掃作業方法について確認しているか	9耐久性能(維持・保全)
64	<input type="checkbox"/> 緊結方法を具体的に詳細図にて確認しているか	9耐久性能
65	<input type="checkbox"/> 継手位置および方法について確認しているか	9耐久性能
66	<input type="checkbox"/> 補強用下地の種類、取付け位置、接合方法、強度などを確認しているか	9耐久性能
67	<input type="checkbox"/> 下地金物施工図を確認しているか	9耐久性能
68	<input type="checkbox"/> 金属の熱膨張対策の有無を確認しているか	9耐久性能
69	<input type="checkbox"/> 設計図書、特記仕様書において、メタルタッチとなる部分に滑り材が設けられているか	10発音防止
70	<input type="checkbox"/> 設計図書、特記仕様書において、施工図上で方立、無目のスパンドレル接合部にクッション材が設けられているか	10発音防止
71	<input type="checkbox"/> 面外変形が考えられる薄板部分の板厚は十分であるか、補強材は必要ないか	10発音防止
72	<input type="checkbox"/> 設計図書、特記仕様書において、実大風洞試験が必要とされていないか	10風騒音対策
73	<input type="checkbox"/> 設計図書、特記仕様書において、フィンやルーバーなどが風騒音の起こりやすい場所(建物コーナーなど)へ設置されていないか	10風騒音対策
74	<input type="checkbox"/> 設計図書、特記仕様書において、フィン、ルーバーなどの断面形状は丸みのある断面形状であって、風騒音の原因となる形状となっていないか	10風騒音対策
75	<input type="checkbox"/> 設計図書、特記仕様書において、部材支点間が大きく、振動の原因とならないか	10風騒音対策
76	<input type="checkbox"/> 設計図書、特記仕様書において、要求される避雷設備、保護レベルと合致しているか	10避雷対策
77	<input type="checkbox"/> 設計図書、特記仕様書において、建物立地、高さなどから落雪対策が必要とならないか	10落雪対策
78	<input type="checkbox"/> 計画通りの落雪対策が施工図上取られていることを確認しているか	10落雪対策
79	<input type="checkbox"/> 設計図書、特記仕様書において、光反射性の高い外装仕上材が使われていないか	10光害防止
80	<input type="checkbox"/> 設計図書、特記仕様書において、曲面など光反射が問題となりやすい建物形状になっていないか	10光害防止
81	<input type="checkbox"/> 設計図書、特記仕様書に光害シミュレーション実施の記載はないか	10光害防止
82	<input type="checkbox"/> 設計図書、特記仕様書において、光害対策としてフィルムで対応する場合、ガラス熱割れの検討がされているか	10光害防止

※ 注意事項

サッシ・カーテンウォールでは、要求性能に対する準備段階での確認が重要となる。

設計図書以外に、発注者、設計者、監理者との打合せ・協議事項についても記録に残し、反映されているか否かの確認が必要である。

たとえば、部材・製品ではなく運用で対策とするような場合(落雪対策として、建物監理者が危険個所にカラーコーンなどで立ち入り禁止措置を施すとするなど)は、施主、建物管理者と合意をとり記録を残しておく必要もある。

■ 出図された施工図などのチェックポイント2 計算書が必要な場合

No	チェック内容	本書2章での取り扱い
83	<input type="checkbox"/> 計算書と施工図などとの整合（割り付け、各部材断面、切欠き・補強材、接合部など）を確認しているか	2耐風圧性能
84	<input type="checkbox"/> 材料の基準強度、ヤング係数、断面二次モーメント、断面係数、その他必要定数類を確認しているか	2耐風圧性能
85	<input type="checkbox"/> 方立・無目の強度およびたわみが許容範囲内であることを確認しているか	2耐風圧性能
86	<input type="checkbox"/> ガラスの強度を確認しているか ・告示式にあてはまらない場合、ガラス製造メーカーに依頼（建具製造メーカーとガラス製造メーカーの前提条件の確認）	2耐風圧性能
87	<input type="checkbox"/> ファスナー各部の強度が確保できているか	2耐風圧性能
88	<input type="checkbox"/> 設計図書、特記仕様書において層間変位追従性能の要求性能値を確認しているか 「何ら損傷がないこと」が要求される層間変位はどこまでか 「軽微な補修（シール切れなど）に留まる」ことが要求される層間変位はどこまでか 「破損脱落がないこと」が要求される層間変位はどこまでか	3耐震性能
89	<input type="checkbox"/> 設計図書、特記仕様書における、垂直層間変位に対する要求性能値を確認しているか	3耐震性能
90	<input type="checkbox"/> ねじの締付力の確認方法を確認しているか	9耐久性(接合部材)
91	<input type="checkbox"/> 慣性力（水平、垂直）に対しての計算を行っているか（特にファスナー回り）	3耐震性能
92	<input type="checkbox"/> 垂直層間変位に対しての計算を行っているか（特に上下部材の連結部）	3耐震性能
93	<input type="checkbox"/> 層間変位量に対してシール目地の計算を行っているか（熱伸びの計算も併せて確認すること） ※施工誤差を含む	3耐震性能
94	<input type="checkbox"/> 層間変位量に対して他部材などと衝突しないことが確認できているか	3耐震性能
95	<input type="checkbox"/> ガラスのエッジクリアランスの計算は行っているか	3耐震性能
96	<input type="checkbox"/> ロッキング、スウェイなどの違う機構が取り合う部分を確認し、目地計算を全て行っているか	3耐震性能
97	<input type="checkbox"/> 実験値または類似実験値があるか、その結果から所要の等級は満たしているか	6気密性能
98	<input type="checkbox"/> パネル接合部、開閉する開口部にパッキンがあるか、またそれは所要の性能を満たしているか	6気密性能
99	<input type="checkbox"/> 結露水発生量と受け皿容量の判定確認をしているか	8断熱性能

■ 製品検査時のチェックポイント

No	チェック内容	本書2章での取り扱い
100	<input type="checkbox"/> ファスナー部分でスムーズに機構が動くかを確認しているか	3耐震性能
101	<input type="checkbox"/> 工場シールが適切に行われているか	5水密性能
102	<input type="checkbox"/> 正しく部材が加工、組立てられ、排水ルートが確保できているか	5水密性能
103	<input type="checkbox"/> 製作図通りの部位、寸法でパッキンなどが配置されているか	6気密性能
104	<input type="checkbox"/> 要求されている遮音性能と整合しているか	7遮音性能
105	<input type="checkbox"/> 図面通りGWなどが充填されているか	7遮音性能
106	<input type="checkbox"/> ガラスサンプルとの違いがないか、ガラス仕様（色目、厚さなど）を確認しているか	8断熱性能
107	<input type="checkbox"/> 金属部材裏面に断熱材仕様（厚み、範囲）を確認しているか	8断熱性能
108	<input type="checkbox"/> 表層（外皮）部材表面処理状況、表面仕上げ状況は、決定した通りの仕様であるか	9耐久性
109	<input type="checkbox"/> 表面塗装色は、決定サンプルとの違いがないか	9耐久性
110	<input type="checkbox"/> ねじ、ボルトナットの使用状況は取決めした通りであるか	9耐久性
111	<input type="checkbox"/> 工場加工、組立時の継手、接合部で、確認すべきポイントを洗い出しできているか	9耐久性
112	<input type="checkbox"/> 金属接触腐食の対応処理状況は、決定した通りの仕様であるか	9耐久性
113	<input type="checkbox"/> 鉄製品の防錆塗装前の錆落とし状況は問題はないか	9耐久性
114	<input type="checkbox"/> 計画通りに受雷設備、導線が取り付けられているか	10避雷対策

## ■ 現場施工・取付け段階でのチェックポイント

No	チェック内容	本書2章での 取り扱い
115	<input type="checkbox"/> 層間ふさぎの納まりは把握できているか	1 耐火性能
116	<input type="checkbox"/> カーテンウォールと区画壁の取合いの納まりは確認できているか	1 耐火性能
117	<input type="checkbox"/> 品質管理の方法は設計・監理者と確認できているか (例：隠ぺい部の記録の残し方)	1 耐火性能
118	<input type="checkbox"/> 施工図と現地割付け・部材断面の寸法や接合方法に相違がないか	2 耐風圧性能
119	<input type="checkbox"/> 可動部が固定されていないことを確認しているか	3 耐震性能
120	<input type="checkbox"/> 可動部のクリアランスは図面や計算書通りであるか	3 耐震性能
121	<input type="checkbox"/> 他部材との取合いで、他部材の取付けによってカーテンウォールの動きを阻害していないか	3 耐震性能
122	<input type="checkbox"/> 図面や計算書通りの目地幅が確保されているか	3 耐震性能
123	<input type="checkbox"/> 他部材の荷重 (自重) が建具に想定以上にかかっていないか	3 耐震性能
124	<input type="checkbox"/> ガラスの自重により枠がたわんでいないか	3 耐震性能
125	<input type="checkbox"/> ガラスのエッジクリアランスは図面通り取れているか	3 耐震性能
126	<input type="checkbox"/> 材料受入時に工場シールの出来形を確認を行っているか	5 水密性能
127	<input type="checkbox"/> 現場取付けでは、取付け下地との関係が施工図通りできているか	5 水密性能
128	<input type="checkbox"/> 取付け手順作業を作業員に周知できているか	5 水密性能
129	<input type="checkbox"/> 現場先行シール (部材組立の途中でシールが必要な箇所) がある場合は、作業員に周知し期中管理項目としているか	5 水密性能
130	<input type="checkbox"/> 輸送時や設置前にパッキンや接合部の機構に傷や損傷はないか	6 気密性能
131	<input type="checkbox"/> 設置時にパッキンは所定の位置、形状で納まっているか	6 気密性能
132	<input type="checkbox"/> 遮音壁との取合いにシールなどが施工されているか	7 遮音性能
133	<input type="checkbox"/> 音漏れの原因となる隙間はないか	7 遮音性能
134	<input type="checkbox"/> ガラスサンプルとの違いがないか、ガラス仕様 (色目、厚さなど) を確認しているか	8 断熱性能
135	<input type="checkbox"/> 金属枠、パネル部分の断熱性能 (仕様、範囲、厚さ) を確認しているか	8 断熱性能
136	<input type="checkbox"/> スパンドレルボード材料性能 (仕様、厚さ) を確認しているか	8 断熱性能
137	<input type="checkbox"/> 施工図との整合性 (結露排水機構、排水受け皿) を確認しているか	8 断熱性能
138	<input type="checkbox"/> 固定ファスナー部の断熱処理方法 (仕様、厚さ) を確認しているか	8 断熱性能
139	<input type="checkbox"/> ガラス設置用スペーサー取付けの有無 (シーリング厚さと同じか) を確認しているか	8 断熱性能
140	<input type="checkbox"/> ガラス設置用セッティングブロック取付けの有無を確認しているか	8 断熱性能
141	<input type="checkbox"/> ガラスの仮置き状態に問題はないか	8 断熱性能
142	<input type="checkbox"/> ガラスの左右かかり代寸法および均等になっているかを確認しているか	8 断熱性能
143	<input type="checkbox"/> シーリングのバックアップ材を確認しているか	8 断熱性能
144	<input type="checkbox"/> シーリング材の充填状況を確認しているか	8 断熱性能
145	<input type="checkbox"/> (工事前) ファスナー仕様は、取決めした通りになっているか	9 耐久性能
146	<input type="checkbox"/> アルミカーテンウォール無目カバー固定状況を確認しているか	9 耐久性能
147	<input type="checkbox"/> 外壁パネル・ルーバーの固定状況に問題はないか、取付け固定状態の確認はしているか	9 耐久性能
148	<input type="checkbox"/> ファスナー部の溶接後の処理状況は、取決めした通りになっているか	9 耐久性能
149	<input type="checkbox"/> 現場施工部のねじ、ボルトナット使用状況および締付状況は確認しているか	9 耐久性能
150	<input type="checkbox"/> 受雷設備、導線取付け部のゆるみ、導線に断線、傷などはないか	10 避雷対策

### ※ 注意事項

品質管理の方法については施工に先立ち、施工計画書により、設計・監理者に確認を受ける。  
騒音測定など、現地の実際の施工箇所での性能試験を行う場合もある。

## 参 考 文 献

国土交通省大臣官房官庁営繕部監修 建築工事監理指針  
国土交通省大臣官房官庁営繕部監修 公共建築工事標準仕様書  
国土交通省大臣官房官庁営繕部設備・環境課監修 建築設備計画基準  
日本工業規格 JIS A 4201 建築物等の雷保護  
日本工業規格 JIS A 4702 ドアセット  
日本工業規格 JIS A 4706 サッシ  
日本工業規格 JIS A 1416 実験室における建築部材の空気音遮断性能の測定方法  
(一社)日本建築学会 建築工事標準仕様書・同解説 JASS14 カーテンウォール工事  
(一社)日本建築学会 建築工事標準仕様書・同解説 JASS16 建具工事  
(一社)日本サッシ協会 わかりやすいサッシ・ドアの性能  
(一社)カーテンウォール・防火開口部協会 カーテンウォール性能基準 2013  
板硝子協会 板ガラスの遮音性能  
建築技術 2005 10 No.669  
日経BP社 日経アーキテクチュア 2010-2-8号

## 委 員 名 簿

建築技術部会	平成28年度部会長	釧吉 敬 (大林組)
	〃	山口 善史 (大林組)
	平成29年度部会長	榊田 宗孝 (奥村組)
	〃 副部会長	林 正宏 (鹿島建設)
	委 員	森永 照夫 (浅沼組)
	〃	有川 浩二 (鴻池組)
	〃	西 博康 (清水建設)
	〃	藤本 哲朗 (銭高組)
	〃	高田 宜伸 (銭高組)
	〃	増岡 照雅 (大成建設)
	〃	河井 辰巳 (竹中工務店)
	〃	清水 隆光 (村本建設)
	工場製品検査専門部会	主 査
副 主 査		古城 雄一 (大林組)
〃		渡邊 信治 (竹中工務店)
〃		五島 只禄 (竹中工務店)
委 員		下山 尚毅 (浅沼組)
〃		高野喜与次 (奥村組)
〃		木谷 在憲 (鹿島建設)
〃		大竹慎太郎 (鴻池組)
〃		大森 雅人 (清水建設)
〃		庄田 英昭 (銭高組)
〃	加藤 安伸 (村本建設)	

本誌掲載内容の無断転載を禁じます。

**建築技術者のための 建具・カーテンウォールの  
品質管理のポイント（アルミ製）**

平成 30 年 2 月

編集・発行



一般社団法人 日本建設業連合会 関西支部  
〒540-0031 大阪府中央区北浜東1-30  
TEL 06-6941-3658 FAX 06-6942-4031  
URL <http://www.nikkenren.com>



建築技術者のための  
建具・カーテンウォールの品質管理のポイント (アルミ製)

一般社団法人 **日本建設業連合会** 関西支部