

## 鉄骨下地（リップ溝形鋼にふき材を留め付け）における 「かん合形立平ぶき」の圧力箱試験 その2

一般社団法人 日本金属屋根協会 技術委員会

### 1. はじめに

平板ぶき構法における圧力箱試験の試験体は現実の平板ぶき屋根構造の構成を模倣し、「ふき材」、「下ぶき材」および「野地板」の3つの層によって構成される。これらの各層はそれぞれ完全な気密性が確保されているわけではない。各層にはある程度の漏気があり、その漏気性はそれぞれの素材や構法によっても異なり、またその漏気に伴い各層の間の空気圧（以下、層間圧）は変動するであろうことが従来より予想されてはいたものの、実際にこの層間圧が定量的に観察された報告はなかった。今年度の試験においては、この層間圧の測定など従来は

計測されていない部位の詳細挙動にも注目し、実施した。

本報では、圧力箱の機構の概要と共に、これらの層間圧の挙動の概要について概説する。3つの層の構成と層間圧の測定に関しその概念図を図1に示す。また、事前に予想される各層における漏気性について素材や構法ごとに図2にまとめる。

なお、現在の圧力箱試験の実施要領では、「野地板」には穴を開け、「下ぶき材」には気密用ビニルシートを用いることにより、「ふき材」のみが試験用負圧の全てを明確に負担するように考慮されている。

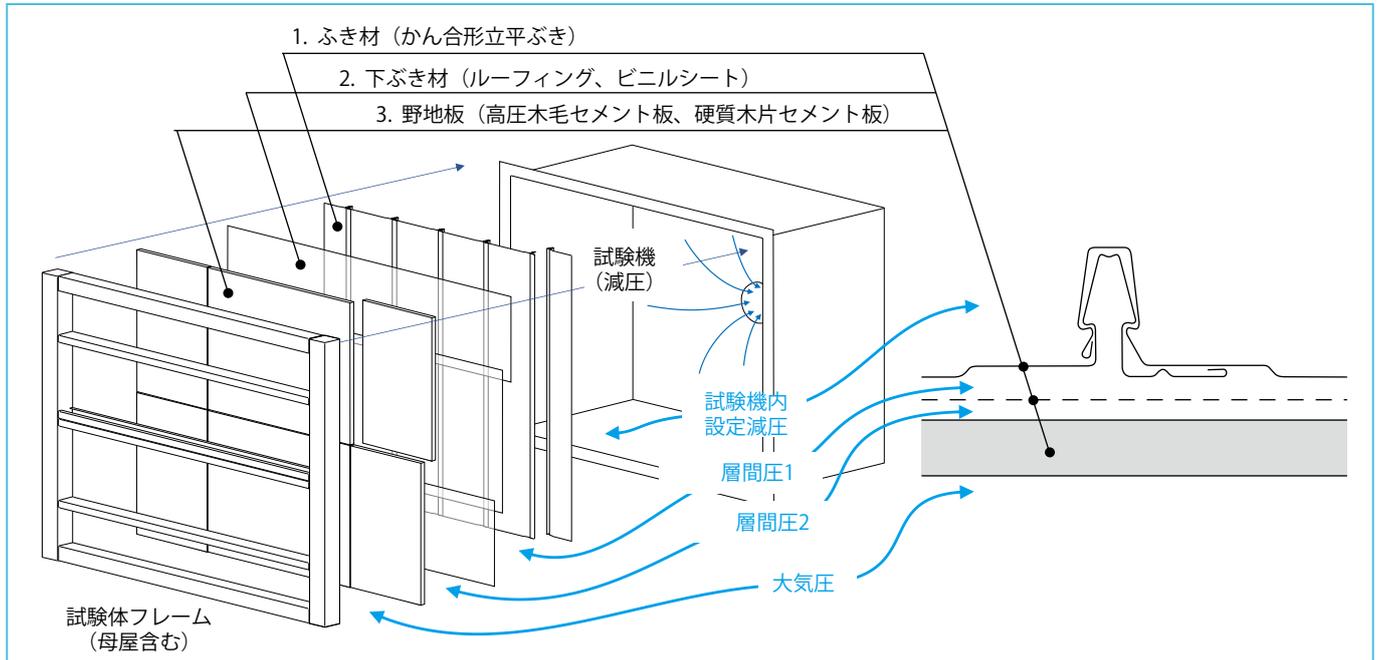


図1 3つの層の構成と層間圧の測定

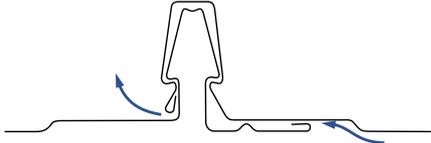
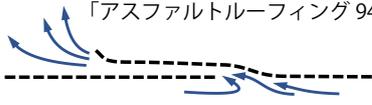
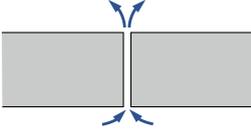
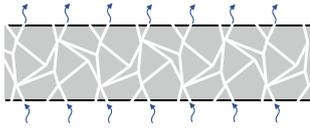
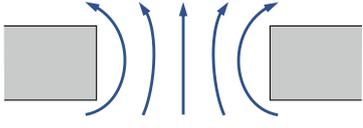
1. ふき材	 <p>「かん合形立平ぶき」</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・かん合部の隙間からわずかな漏気が予想される</li> <li>・かん合形状によって漏気量は変動すると予想される</li> </ul>
2. 下ぶき材	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>「アスファルトルーフィング 940」</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・重ね部の漏気が大きいと予想される</li> </ul> </div> <div style="text-align: center;">  <p>「ビニルシート」</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・重ね部を設けないため、基本的に漏気はない</li> </ul> </div> </div>
3. 野地板	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>「高圧木毛セメント板 および 硬質木片セメント板」</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・板の継ぎ目の隙間ではわずかな漏気が予想される</li> </ul> </div> <div style="text-align: center;">  <ul style="list-style-type: none"> <li>・木毛板の密度の低いものでは素材そのものからの漏気も考えられる</li> </ul> </div> <div style="text-align: center;">  <ul style="list-style-type: none"> <li>・開口では莫大な空気量が自由に流通可能</li> </ul> </div> </div>

図2 事前に予想される各層における漏気性

## 2. 圧力箱の機構について

まず圧力箱にはファンが設置されており、以下ではファンの回転が基本的に一定に運転されている状況を想定する。

圧力箱が解放されている状況を図3に示す。この状況でファンが回転すると空気を引き出す力が発生し、空気が圧力箱内から外に流出する（引き出される）。しかし圧力箱は解放されているので空気は圧力箱の外部を回り込み、循環するだけであり、空気は流動してはいるものの静的な意味での「圧力差」は発生しない。

一方、圧力箱が完全に密閉されている状況を図4に示す。この状況でファンが回転すると圧力箱から空気が引き出され、徐々に圧力箱内部が減圧されていく。内部が減圧されるにつれ、空気を引き戻す力（外から押し戻す力）も徐々に

に大きくなり、時間の経過とともに（時間当たりの）空気の流出量が徐々に減少していく。空気を引き戻す力（これは内部の減圧量にほぼ比例しているものと考えられる）と空気を引き出す力（一定）とが均衡した時に、空気の流出量は“0”となり安定し、それ以上内部は減圧されなくなり、内部減圧限界を迎える。この時の圧力箱内の圧力が当該圧力箱設備のキャパシティとなり、国内の通常の圧力箱設備では約-10,000[Pa]程度であることが多い。これをグラフ化した概念図を図5に示す。ここで横軸は圧力箱内部の減圧量（時間の経過）を示している。また縦軸は青で空気を引き出す力および引き戻す力を、赤で時間当たりの流出空気量を示している。

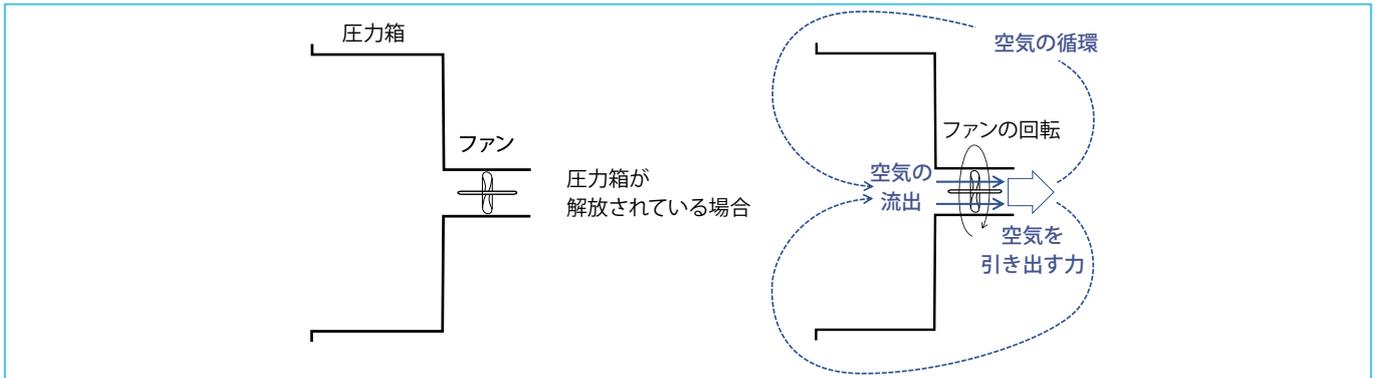


図3 圧力箱が解放されている状況

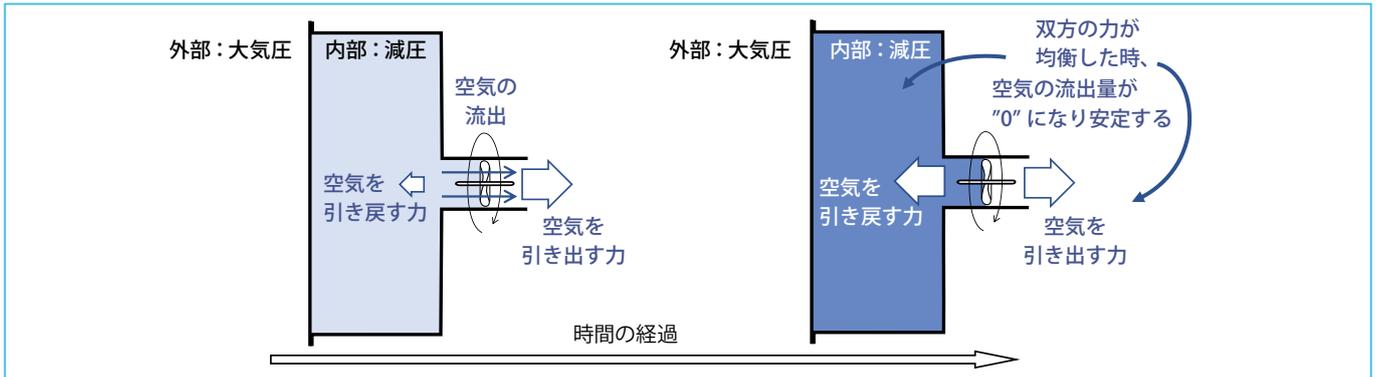


図4 圧力箱が完全に密閉されている状況

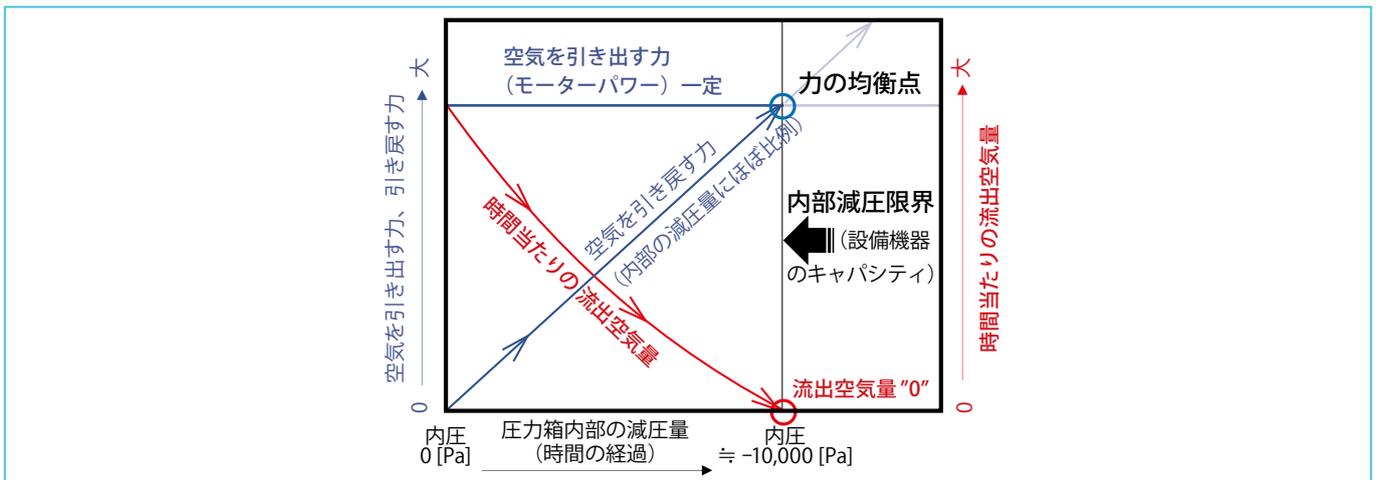


図5 圧力箱が完全に密閉されている状況をグラフ化した概念図

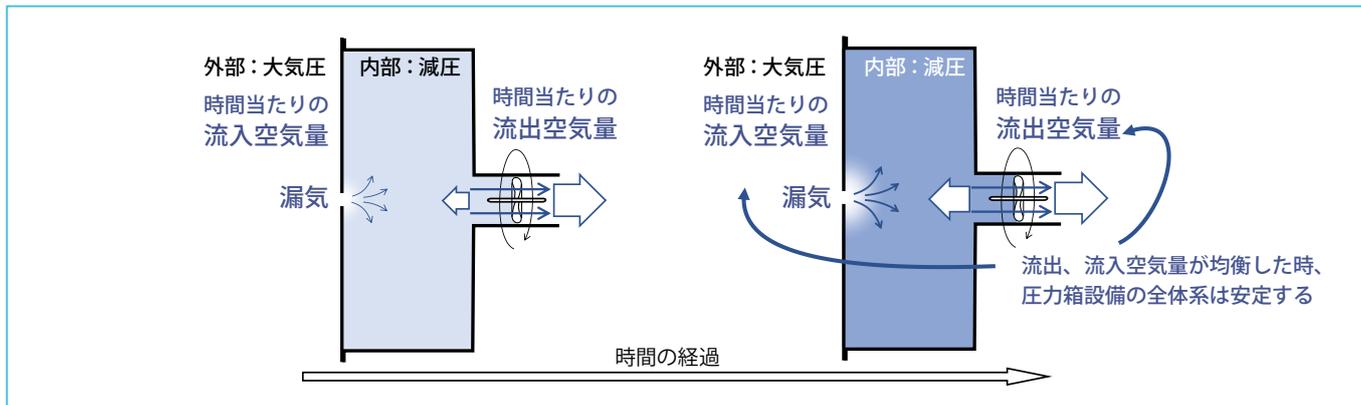


図6 試験体にある程度の漏気がある場合の状況

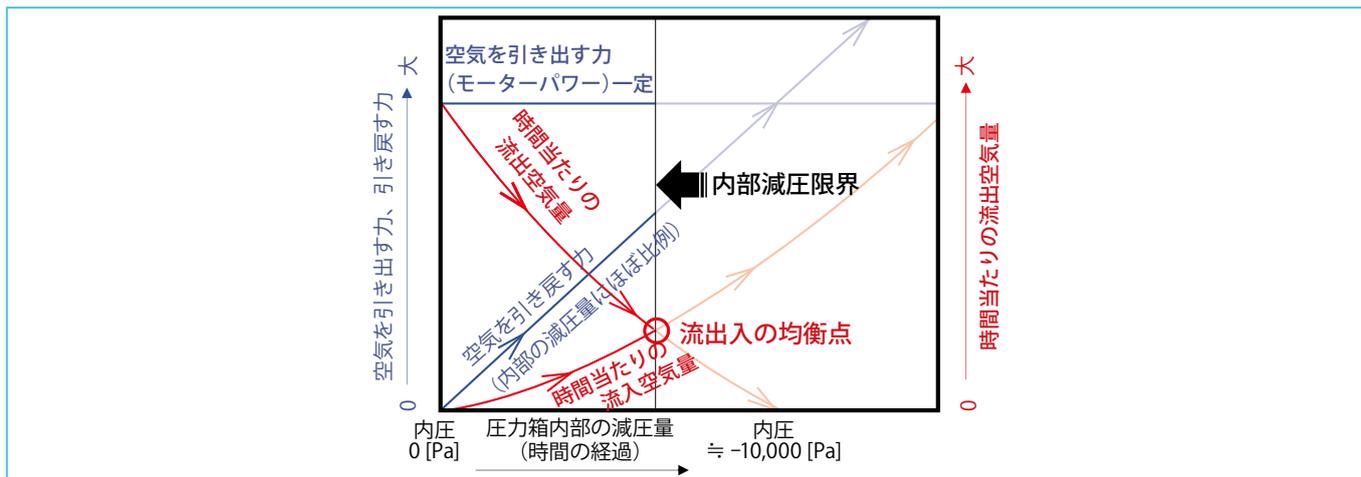


図7 試験体にある程度の漏気がある場合の状況をグラフ化した概念図

### 3. 試験体に漏気がある場合の挙動について

現実の屋根や壁の構造を模した試験体においては、メンブレン防水構造の試験体では基本的に完全密閉が確保されているものと考えられるが、板金雨仕舞ではある程度の漏気が想定される。メンブレン防水と板金雨仕舞とのそれぞれの構造の差異については参考文献<sup>1)</sup>の149ページを参照されたい。

試験体にある程度の漏気がある状況を図6に示す。まず圧力箱から空気が引き出され、徐々に内部が減圧されていく。内部が減圧につれ、漏気空気の流入速度が速くなり、時間当たりの漏気量（空気流入量）も増加する。時間当たりの空気流入量と同流出量とが均衡した時に、圧力箱設備の全体系は安定し、それ以上内部は減圧されなくなり内部減圧限界を迎える。特に漏気が大きい場合、前述の圧力箱設備のキャパシティまでの圧力低下が得られず、より早い

段階で内部減圧限界を迎えてしまう現象は、このような機構によるものと考えられる。この時の状況をグラフ化した概念図を図7に示す。横軸および縦軸の色表示は図5と同様である。図7の内部減圧限界が、図5のそれより左に移動している（早い段階で限界を迎えている）ことがわかる。

ここで注目すべき点は時間当たりの空気流入量の影響因子である。

- 1) 漏気穴の面積が大きいと、時間当たりの空気流入量は大きくなる。
- 2) 内外の圧力差（以下、「差圧」）が大きいと、漏気空気の流入速度が速くなり、時間当たりの空気流入量は大きくなる。

以上2点の影響因子を概念的に図8に示す。

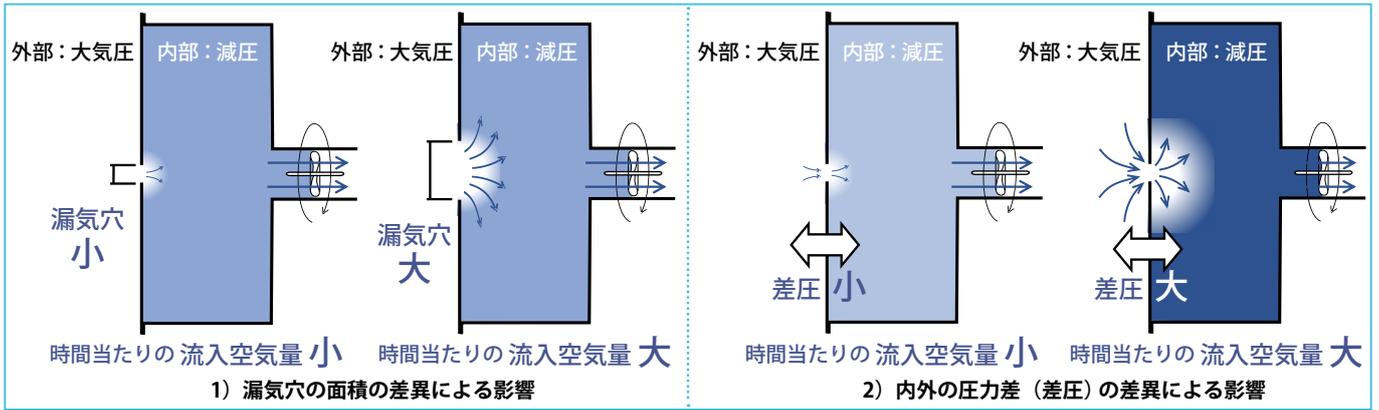


図8 時間当たりの空気流入量の影響因子の概念図

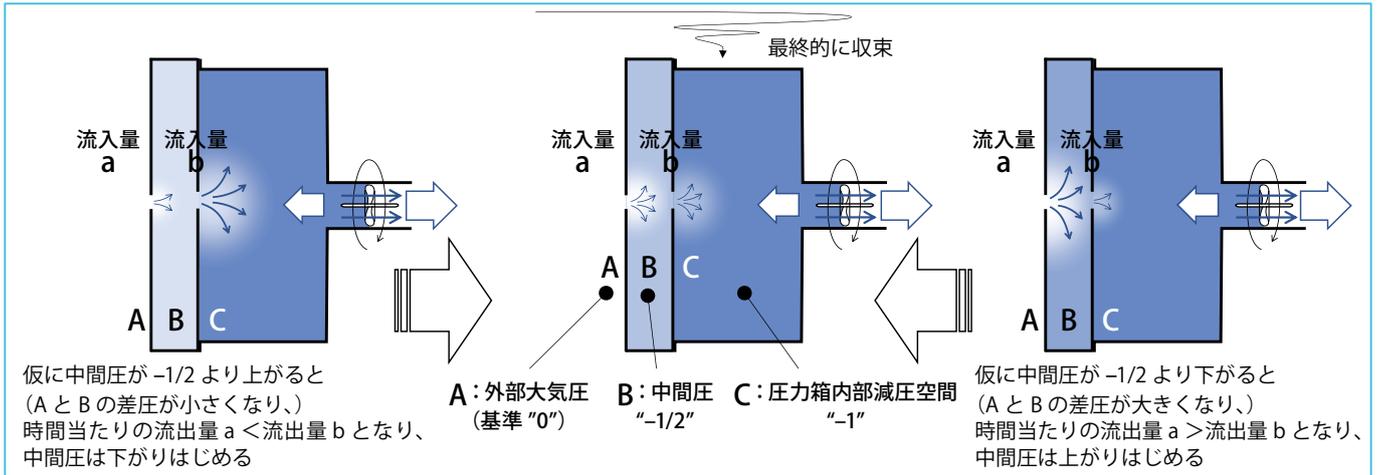


図9 二層構造の試験体の概念図

## 4. 二層構造の試験体において各層それぞれに漏気がある場合の挙動について

二層構造の試験体においてそれぞれの層に漏気穴が存在し、それらの漏気穴の面積が等しいと仮定する。概念図を図9に示す。この時、それぞれの漏気穴の面積が等しいため、時間当たりの空気流入量はそれぞれの差圧の差異のみに依存すると考えられる。

A：外部は大気圧でありここでは基準値“0”とし、C：圧力箱内部は減圧空間として減圧値“-1”とすると、B：中間圧は“-1/2”に均衡すると考えられる。仮にB：中間圧が-1/2より大きくなると、AとBと差圧が小さくなるため、時間当たりの流出量a < 流出量bとなり、B：中間圧は下がり始める。

逆に仮にB：中間圧が-1/2より小さくなると、AとBと差圧が大きくなるため、時間当たりの流出量a > 流出量bとなり、B：中間圧は上がり始める。つまりB：中間圧は“-1/2”近傍で若干のブレがあったにせよ、最終的には“-1/2”に収束するであろうと考えられる。

もし仮にそれぞれの漏気穴の大きさが異なる場合では、漏気穴の大きい方の差圧が小さくなる方向性で、なおかつ一定値に収束するであろうと考えられる。

また三層構造では、二層構造よりさらに複雑な挙動バランスにはなるものの、原理的には二層構造と同様であり、それぞれの漏気穴の大きさに応じて一定値に収束するであろうと考えられる。

## 5. 差圧と各層の負担圧および変形について

各層の負担圧と差圧について図 10 に示す。単純な一層構造では、外部大気圧 (基準 "0") と圧力箱内部減圧空間 "-1" との差圧 "-1" が  $\alpha$  層の負担圧となる。また各層の漏気穴面積の等しい二層構造においては、外部大気圧 (基準 "0") と中間層 "-1/2" との差圧 "-1/2" が  $\alpha$  層の負担圧となり、 $\beta$  層の負担圧は中間層 "-1/2" と圧力箱内部減圧空間 "-1" との差圧 "-1/2" となる。

現実の試験体においては、各層はそれぞれの負担圧に応じ変形し、その変形量によって漏気 "スキマ" 面積も変動すると予想される。変形と漏気 "スキマ" 面積の変動を模式的に図 11 に示す。漏気 "スキマ" 面積が変動すると時間当たりの漏気量が変動し、層間圧のバランスが変動し、各層の負担圧が変動し、再度変形量が変動する。しかしながら、最終的にはこれらすべてのバランスが均衡状態に収束するものと予想される。

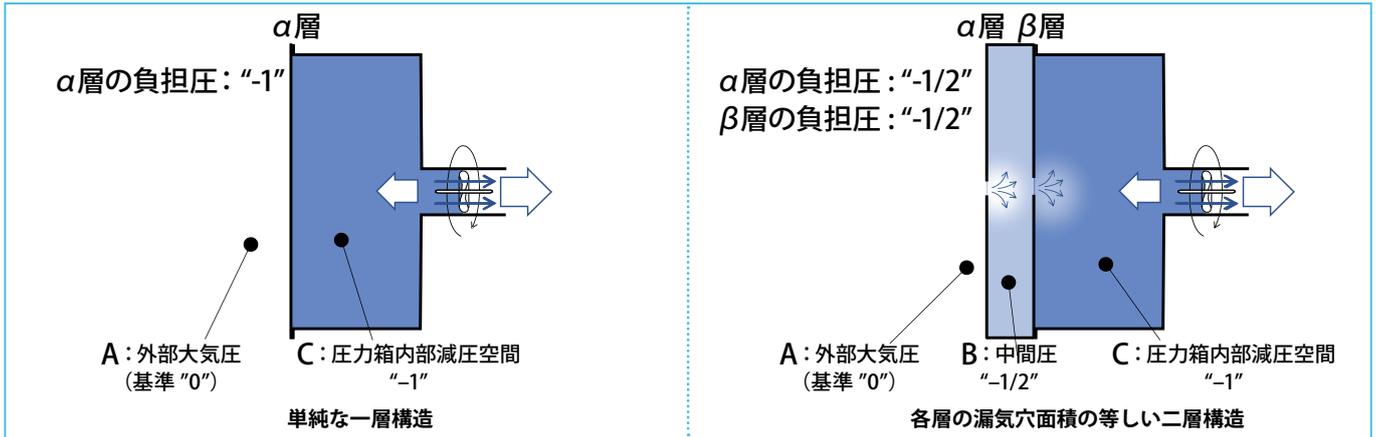


図 10 各層の負担圧と差圧

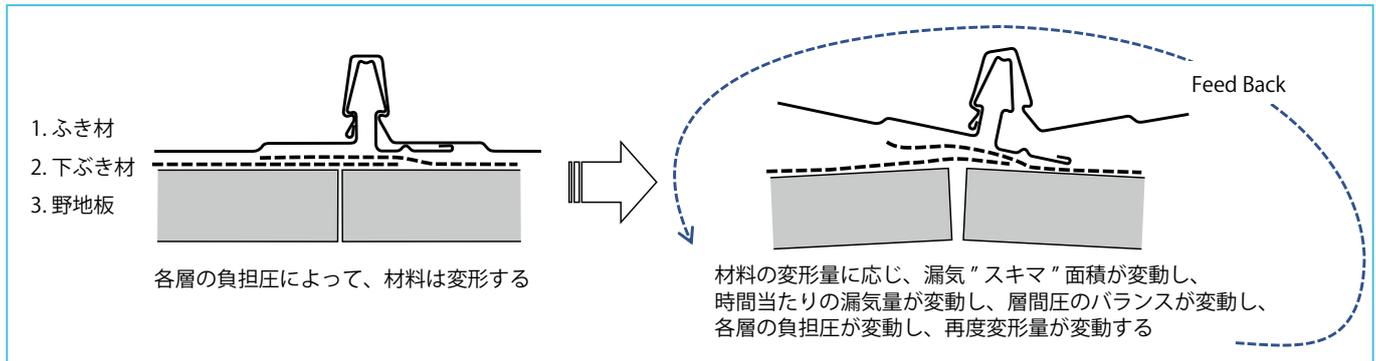


図 11 変形と漏気 "スキマ" 面積の変動



写真1 空気量の測定



写真2 試験中の圧力箱内部



写真3 計測機器

## 6. おわりに

本報では、圧力箱の機構の概要と共に、層間圧、差圧、各層の負担圧の挙動の概要について概説した。次報では実際の試験によって得られた層間圧の結果について詳報する。

### 【参考文献】

- 1) 一般社団法人 日本金属屋根協会・技術委員会「初めて学ぶ もう一度学ぶ 金属の屋根と外壁 LLM2017」