

板ガラスの耐震設計

建築物が大型化・高層化されるにつれて、外壁その他に使用する板ガラスの地震に対する安全性が強く要求されています。国内では1995年の阪神・淡路大震災で大きな人的、物的被害をもたらした、また、最近でも福岡県西方沖地震、新潟県中越沖地震、そして東日本大震災と日本の地殻変動が昨今再び活発化しています。窓ガラスの耐震設計については1978年の宮城県沖地震の教訓として3階建て以上の建物の帳壁のはめ殺し窓は網入りガラス以外は硬化性パテ止めによる施工の禁止が規定され、また高さ31mを超える建物のカーテンウォールの耐変形性の限度が1/150と規定されています。この経緯より最近の大地震では、ガラスの耐震施工がなされていたほとんどの建物で窓ガラスの被害は極めて軽微となっています。(但し、震源から離れた地域であっても旧態のパテ施工をされた窓ガラスには被害がありました。)しかしながら今後も地震によるガラス事故をより少なくするために、現状の耐震工法の要点を再確認して、より安全な設計で万全を期すようにしなければなりません。

板ガラスの設計技術

板ガラスの耐震設計

板ガラスの耐震設計における基本事項について

■建築基準法による規定

- 地階を除く階数が3以上である建築物の屋外に面する帳壁の場合

1978年2月および6月の宮城県沖地震によって、破損脱落したガラス窓のほとんどが硬化性パテを使用したフィックス窓であったことから、建設省は昭和53年告示第1622号による告示第109号の改正を行ないました。それによると、帳壁に設けるフィックス窓の板ガラスの施工の場合には、硬化性シーリング材を使用してはならないと規定されています。但し、網入板ガラスの使用や底の設置など板ガラスの落下による危害防止の措置が講じられておれば規制を受けません。

- 高さ31mをこえる建築物の屋外に面する帳壁の場合

前記規定によるほかさらに、昭和46年建設省告示第109号(第三の2の1)の規定によりまず、帳壁はその高さの1/150の層間変位で脱落しないこととなっています。但し、構造計算によって帳壁が脱落しないことが確認されている場合はこの限りではありません。

■設計上の考え方

- 地震によって建築物に層間変位が起きると、外壁には面内・面外に複雑な変形が生じます。帳壁の場合は、この変形力が直接作用しないよう一般にファスナーの取付方法などによって逃げがとってあります。
- 板ガラスの場合も同様に躯体やサッシの変形が直接板ガラスに作用しないようサッシと板ガラスの間のクリアランスを十分確保し、弾性シーリング材を使用して板ガラスがサッシ溝内で自由に移動・回転できるように設計する必要があります。

板ガラスとサッシの間のエッジクリアランスについて

板ガラスの耐震設計に必要なサッシ間のクリアランスを求めるには、Bouwkampの式によるのが一般的となります。このBouwkampの考え方は、板ガラスがサッシ内で自由に移動・回転し、サッシの変形後その平行4辺形の対角線の短い方の長さが板ガラスの対角線の長さに等しくなったとき、板ガラスとサッシが接触し、破壊に至るものとして、幾何学的にサッシの許容水平変形量を求めたものとなります。(下図参照)

すなわち

$$\Delta = C_1 + C_2 + \frac{h}{b}(C_3 + C_4)$$

ここで、 $C_1 = C_2 = C_3 = C_4 = C$ とすれば

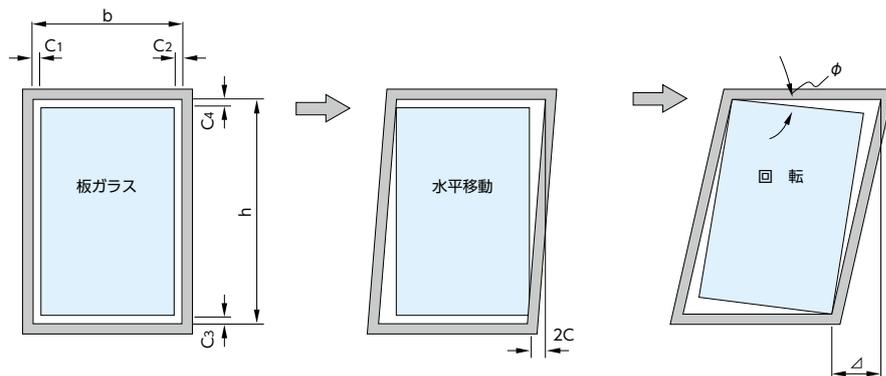
$$\Delta = 2C(1 + \frac{h}{b})$$

$$\phi = 2C/b$$

記号説明

Δ : 許容変形量	(mm)
C : エッジクリアランス	(mm)
h : サッシ溝内法高さ	(mm)
b : サッシ溝内法幅	(mm)
ϕ : 板ガラスの回転角	(rad)

しかし、実際は板ガラスの下部にはセッティングブロックがあり、またシーリング材による拘束やサッシ自体の回転もあって、この理論式どおりというわけにはいかないのが現実です。ただし、弾性シーリング材を使用し、この式によるクリアランスをとれば、耐震上安全であることが弊社の耐震試験装置によって確認されています。なお、板ガラスおよびサッシの寸法精度などを考慮して、実際には計算値より2~3mm以上の余分のクリアランスをとる必要があります。



耐震設計上の注意事項について

前記のとおり板ガラスに関する耐震設計上のポイントのほか、以下の注意事項についてもご注意ください。

■サッシについて

サッシ溝内に突起物などがなく、また、サッシのねじれが大きい場合は、板ガラスの移動・回転が妨げられ破損しやすくなりますので、サッシ内は平滑でしかも精度のよいことが必要となります。

■シーリング材について

法的な規制もありますが、パテなど硬化性シーリング材を使用しますと、せっかくクリアランスを確保しても、板ガラスの動きは拘束され耐震性が非常に低下します。したがって、必ず弾性シーリング材（シリコン系、ポリサルファイド系）を使用してください。

■板ガラスについて

耐震上の配慮を十分行えば板ガラスの破損はほとんど防止することができますが、万一の破損時を考える場合、合わせガラスや網入、線入板ガラスは、飛散・脱落防止に有効となります。また、板ガラスの重量が重くなったり横方向の寸法が長い場合は、板ガラスの動きが難しくなりますのでクリアランスはさらに大きくする必要があります。

●地震による破壊例



▲ガラスが拘束を受けなかった。躯体のみ破壊。



▲スチールサッシにパテ施工、ガラス破損



▲フレームとガラスが接触、ガラスは落下



▲スチールサッシにパテ施工、ガラス破損



▲サッシのFix部のみガラス破損



▲ビル外壁破壊、ガラスは2枚のみ破損（弾性シーリング材）