

2. 調査結果

2-1 ガラスの被災状況の概要

建物の各部を構成している板ガラスの被災状況を調査する主な視点は、板ガラス自体の被災状況を知ることと、板ガラスの損傷による二次災害状況を知ることの二点であると考えられる。前者は、建物の被災時における様々な挙動が板ガラスにどのように影響したかを、建物の特徴や板ガラスが取付けられる各部の構法との関係からいかに捉えるか、そして建物の損傷の程度に応じた事後処理などが問題である。後者は、破損した板ガラスの落下や飛散が問題である。特に建物高所の外装のガラスの場合は危険が大きい。

建物の被災状況が空前のものであったのは、直下型地震の大きさとともに被災地が大都市であったことによることは論を待たない。そこには、多数の中高層建物、近年数を増しつつあった超高層建物を含む、多種多様な建物があり、建物それぞれに被災状況を呈していたのである。

板ガラス自体の被災状況にとって、板ガラスの支持方式に関連して、板ガラスの支持機構や板ガラスの周辺を構成するものの挙動の中で、板ガラスがどの程度の損傷を受けたかが問題となる。したがって、建物自体の損傷が大きく、板ガラスの支持機構の枠などが破壊もしくは大きく変形した場合、板ガラスが原形を留めることは困難であり、また建物全体の被災状況の中での板ガラスの損傷を占める位置は必ずしも大きくはない。このような場合は、損傷を受けた板ガラスの落下や飛散による二次災害の問題が大きい。

建物自体の損傷の程度が復旧可能である場合には、板ガラスの損傷状況は復旧の方法や費用に直接関わることとなり、またその検討により板ガラス取付け構法のあり方についての様々な示唆を得ることができる。

板ガラスの損傷の多くは、支持機構や支持枠により変形を伴う強い力を受けることによって生じている。地震によって建物自体が倒壊もしくは大きく変形する場合はともかくとして、大きく揺れてもそれが板ガラスの損傷につながらないための設計上の配慮の様子などによって、建物の損傷と板ガラスの損傷の関係は様々なものとなる。実際、多くの被災建物から実に多様な事例を見ることができたのである。

板ガラスの損傷を見る立場から、そして最も問題が集約される外壁まわりに限定して、建物側の条件を分類すれば次のようになる。

- ① 建物の構造体がラーメン構造で、これと外壁が一体になっており、この壁面の中に板ガラスのある窓が、独立または連窓形式で設けられているもの。この場合構造体の揺れの程度により外壁に大きな損傷が生じる。
- ② 建物の構造体がラーメン構造で、この柱梁によって形成される構面内に板ガラスによるスクリーンが取付けられているもの。
- ③ 建物の構造体が壁構造であるもの。この壁体内に窓や出入口が設けられる。
- ④ 外壁は建物の構造体とは構造的に独立しているカーテンウォールであるもの。メタルカーテン

ウォールとPCカーテンウォールがある。

またこれらの建物または外壁の構成における板ガラスの位置については、次のようなものがある。

- ① 開閉できる戸の面部分を板ガラスが形成しているもの。周辺にサッシ枠があるものと、板ガラスのみで主な部分が形成されているフレームレスのものがある。
- ② 壁面の中に板ガラスが固定されているもの。枠を介し固定されているものと、構造ガスケットによって固定されているものがある。
- ③ 柱梁に囲まれた面を主に板ガラスで構成するもの。ガラススクリーン、サッシを用いた全面ガラス壁、そしてDPGが用いられる。
- ④ 外壁全面が板ガラスで構成されているもの。枠の間にはすべて板ガラスが設けられたメタルカーテンウォール、DPGが用いられる。

そして、板ガラスの取付け方式については、次のものがある。

- ① 周辺の枠の間に固定されるもの。最も多用されているものといえる。枠に対し木枠の場合は板ガラスが直接納められるものもあるが、金属枠の場合はパテ、グレージングガスケット、弾性シーラントなどを介して取付けられる。
- ② 構造ガスケットにより取付けられるもの。コンクリートの開閉部などに板ガラスを取付けられる場合のほか、金属フレームに板ガラスを取付ける場合にも用いられる。
- ③ SSG。板ガラスの裏面周辺の構造シーラントが板ガラスに接着し支えている。建物へは、構造シーラントを介してアルミ押出成形材製の支持部材などにより取付けられている。板ガラスどおしは目地の防水シーラントを介して接している。
- ④ DPG。板ガラスの4隅などの孔を介し支持金物と支持機構により支えられており、板ガラスどおしは防水シーラントのみを介し接している。

板ガラスの被災による損傷の程度を見ると、板ガラスまわりの建物自体の著しい変形を受け破壊したものを除けば、ひとことで言えば、建物の変形が板ガラスに伝わらないための逃げのとり方の影響を強く受けているといえる。例えば、最も一般的なサッシに納められた板ガラスの場合、サッシと板ガラスの間には面内および面外のクリアランスをとり、グレージングガスケットや弾性シーラントを介して接しているのであるが、枠に固定された(Fix)板ガラスの場合、同じ建物でも大阪のものに損傷がみられたが、これは大阪の板ガラスを用いたFixの場合、小さいものに比べ逃げの余裕が相対的に小さいことによる。またFix部分と可動部分とがあるものの場合、可動部の戸は枠との間に逃げがあるため、Fix部分の損傷があっても可動部分は無傷であるものがみられた。

建物と枠の間の逃げの大きさの影響も大きいことが判明した。建物の構造体と一体の壁面の中に設けられた開口部の場合、独立窓か連窓かなどによる影響もあるが、後述するカーテンウォールに比べ条件が厳しい。特にかつて多用されていたパテ止めによるものの場合、硬化したパテにより枠と板ガラスが一体化している。そのため枠と壁の逃げが十分でないと板ガラスの破損は避けられない。事実、古い中高層建物では、建物自体の被災の程度に関わらずガラスの損傷の著しいものが多かったといえる。

一方、カーテンウォールを構成している板ガラスについては、損傷が驚くほど少なかったことが確認された。これは建物本体とカーテンウォールとの逃げと、カーテンウォールの中での板ガラスとその枠の間の逃げが有効に働いた結果であるといえる。一般に1/150の層間変位に追従できるよう設計されているが、この度の地震による建物の挙動は、動きの大きさも内容も尋常ではなかったと考えられる中で、近年実現された高層建物のカーテンウォールの多くは、設計時の検討内容を越えて地震時の建物の挙動に対し十分な逃げが実現されたものと思われる。

1階部分のショールームやロビーの外装に用いられるガラススクリーンも、私達が注目したもののひとつであったが、その構法や周辺条件により損傷の程度は様々であった。建物本体との逃げのとり方とともに地面との関係も無視できないものであった。ガラススクリーンの足元の、外部の舗装と連続した床の挙動と建物の挙動がバラバラで被災後もずれたままのものも多く、その中には、枠が変形し弾性シーラントが断裂する中で辛くも割れずに残っているものもみられた。また、整形の板ガラスが損傷をまぬがれた中で、一部切り欠きのある異形の板ガラスのみその部分の枠との逃げが不十分で割れていたものもみられた。近年実現された階高の高いロビーの両面をDPGによるガラススクリーンで構成した事例は、調査した中でも特異なものであるが、縦横に連続した板ガラスが裏側の支持構造で支えられている中で、3枚の板ガラスに損傷がみられた。予想よりはるかに小さい損傷であるといえるが、その評価は今後の検討を要する課題である。

板ガラスの損傷による二次災害については、この度の被災時には発生時刻のこともあり、具体的な被害の例を聞いていない。しかしながら、路上にあるガラスの破片からすると、元の高さと同じかそれ以上離れたところまで割れたガラスが飛んでおり、強い地震時の板ガラスに関わる二次災害を考える上で重要な事実であると考えられる。被災による二次災害としては、逆に道路を挟んだ向かいの建物の外装が破損したものが飛来して板ガラスが割れたと考えられる例も少なからずみられたが、今後の検討課題のひとつであるといえよう。