

論文の内容の要旨

論文題目 鋼製骨組にガラス板が拘束された構造体の設計法に関する研究
氏名 佐藤 淳

鋼製骨組によりガラス板が拘束されたステンドグラス状の構造体を提案し、この構造について、耐久性とメンテナンス性を確保しながら目標とする強度、剛性、変形能力を発揮する構法が可能であることを示すと共に、性状の把握、及び構造設計法の構築方法を示した。

1：提案構法

(1) 錫板の緩衝材

緩衝材として紫外線劣化しない錫板を用いることによって、ガラス板の必要強度以下での破損が避けられることを示した。このとき錫板の厚さは 1 mm であり、荷重履歴の中で一度押し潰されても隙間の増加は問題にならない程度に小さいこと、ガラス板の 4 辺全長に設けることによって、建物規模で必要な強度と変形能力を発揮できることを示した。

(2) ビスによる組立式の骨組材

骨組材に鋼製 H 形断面材を用い、その片側フランジをビス留めとすることによってガラス板を交換できるものとする。このとき、ビスの量を十分に確保して鋼製骨組材が一体の H 形断面材としての降伏強度、座屈強度を発揮できるように設計することが可能であることを示した。

2：提案設計法

(1) 崩壊形の確認

4 種の試験体を設計して繰り返し載荷試験を行い、この構造体の変形能力に関して次のように崩壊形を選択して設計することができることを示した。

- (a) ガラス板の破損が先行するが、その後も耐力保持して変形能力に期待する設計が可能である。このとき最大変形角は $1/60$ に達することができる。
- (b) 骨組の塑性化を先行させ、ガラス板は破損させず、耐力保持して変形能力に期待する設計が可能である。このとき最大変形角は $1/50$ に達することができる。

- (c) ガラス板は破損せず、骨組の座屈が先行する設計が可能である。これは鋼材量を低減しようとする設計等に適用できる。ただし骨組の座屈は耐力低下を招き変形能力に期待できない場合がある。

(2) 解析モデルの設定法

この構造の設計法を構築するにあたり、使用すべき解析モデルの設定法を提案した。解析モデルの妥当性は、実験で得られた荷重変形曲線の骨格曲線部分と荷重増分解析結果との比較によって行った。

(a) スリップ領域のモデル化

ガラス板、錫板、鋼製骨組、ボルトのそれぞれの隙間（クリアランス）により、荷重変形曲線にはスリップ領域が存在する。このスリップ領域が終了する変形は、骨組枠内でのガラス板がロッキングしてガラス板の対角両端が骨組に接触したときと解釈し、ガラス板各辺のクリアランス量、接合用ボルト孔のクリアランス量から幾何学的に算出することが可能である。

(b) ガラス板の剛性

ガラス板を線材の圧縮ブレース、破損を薄板の座屈と見なし、ブレースモデルの幅を有効幅として幾何学的に算出する方法を示した。
圧縮が生じるブレースを残した解析モデル図において、角の2等分線によりブレースの支配領域を分け、その領域の平均幅を有効幅とする。ただしこの剛性は、現段階では下記(c)で緩衝材を含めた全体剛性を記述するための基準となる値を仮定したものである。

(c) 緩衝材の剛性

緩衝材を含めた圧縮ブレース全体の剛性を、上記(b)で仮定したガラス板の剛性に対する「剛性低減係数」で表現する方法と緩衝材部分の「バネ定数（ヤング率）」で表現する方法を示した。

剛性低減係数で見るとブレースの剛性は錫板の配置により決まることが分かる。錫板を全長に設けた場合で剛性低減係数 1/4 となっており、これは緩衝材部分のヤング率で表現すると 18 kN/mm² に相当する。これは、透明材料の亚克力樹脂、ポリカーボネイト等ではヤング率 2 kN/mm² 程度であることと比べて十分大きな値でありガラスの剛性の高さが生かされると言える。

(d) ガラス板の座屈強度

ガラス板の強度を座屈強度と考え、圧縮ブレースモデルの座屈強度を座屈長さ係数で表記することによって、ガラス板の四辺の支持状態を表す指標とする方法を示した。ガラス板と骨組材は相互に座屈を拘束する効果があり、座屈長さ係数は、ガラス板の縁がH形断面材へ挿入される深さ、錫板の配置の影響を受ける。錫板を全長に設けることが効果的であり、座屈長さ係数 0.3~0.4 となることを示した。

(e) 鋼製骨組の座屈強度、塑性化後の挙動

鋼製骨組材のモデル化において材端に塑性関節が生じるモデルを用い、その降伏曲面に座屈を考慮する方法を示した。降伏曲面の圧縮軸力の頂点を座屈強度に下げたうえで、球面に類似した式で降伏曲面を表記するので、降伏後の接線方向への応力変化も数式で記述し易い方法である。

このとき骨組材の座屈強度は、座屈長さ係数 0.2~0.6 相当となった。0.5（両端固定相当）以下となる場合があることからガラス板による拘束効果が発揮されていると言える。

(3) 試設計による設計法の提案

2階建て建物の試設計を行い、解析モデルの各パラメーターの値の実践的な設定法を示すことによって、本論で構築された設計法を提示すると共に、部材が実用的な寸法になることを示した。

提案する設計法は、基本的には現行の許容応力度設計法、保有耐力設計法に従うものとし、そのために材料としてガラス板、錫板緩衝材を含み、現象として座屈や塑性化を含む構造体の解析モデルの設定法を示すことによって構築する。そのような解析モデルを設定した

後、静的荷重増分解析により短期許容応力度、必要保有水平耐力を満たすことを確認するものとした。各パラメーターの値は試験結果を参考にして次のように設定することを提案した。

スリップ領域の算定のためのクリアランス	: ガラス板各辺で 1 mm
圧縮ブレースの座屈長さ係数	: 0.4
圧縮ブレースの剛性低減係数	: 1/5
骨組材の座屈長さ係数	: 0.6
Ds値	: 0.45

こうして求められた部材は、ガラス板は単板で製作可能な範囲の $t = 15$ mm、鋼製骨組は Built H-60x45x12x19（階高に対しては細長比 = 346）という細長いものであり、実用的でガラスの透明性が効果的に現れる構造体となり得ることを示した。