

氏名	川元 優果
学位の種類	修士 (生活科学)
学位記番号	生修第236号
学位授与年月日	令和 3年 3月15日
学位授与の要件	学位規準第15条第1項
学位論文題目	論文題目 薄鋼板を加えた面格子壁の耐震性能評価に関する研究
審査委員	主査 村上 心 教授 副査 滝本 成人 教授 副査 川野 紀江 准教授

論文内容の要旨

第1章 序論

1.1 研究の背景

耐震性能が不足しているとされる旧耐震基準の木造建築物の耐震化が急がれる近年、通風採光を損なわない耐力壁として、面格子壁が注目されている。面格子壁は、相欠き加工した縦横の格子を面内に組みあげるため、多数の仕口がめり込むことで高い耐力を発揮できる。しかし、加工時の誤差や経年変化が原因で初期剛性が低下しやすく、壁倍率は最大 1.0 と低いため、面格子壁の初期剛性と靱性能の向上が求められている。

1.2 研究の位置づけ

面格子壁の初期剛性向上を目指した既往研究では、初期剛性の低下を引き起こす初期スリップの直接的な原因である仕口の隙間を埋める手法と、格子内に変形しない硬い面材を挿入する手法で補強が行われていた。本研究では、これまで面格子壁の補強に用いられなかった薄鋼板を用い、後者の手法で面格子壁を補強した。

1.3 研究の目的

本研究では、強度が安定し、変形性能が高い薄鋼板を面格子壁に挿入することで、中小地震に対応する初期剛性と、中～大地震のエネルギーを吸収する靱性能の向上を目指す。第2章では薄鋼板単体の要素実験により、初期剛性と耐力を確認する。第3章では薄鋼板を挿入した面格子壁の実大実験を行い、初期スリップの有無、エネルギー吸収量などを確認する。第4章では多様な仕様にも対応可能な算定式を提案し、実験値との比較や壁倍率 5.0(最大値)となる仕様を検討する。

第2章 薄鋼板の耐力検討

2.1 実験の目的

面格子壁に挿入する薄鋼板の荷重変位関係を確認するため、板厚の異なる2種の薄鋼板を対象とし、せん断要素実験を実施した。

2.2 試験体概要

試験体には、一辺 300 mm のボンデ鋼板 (SGCC) を用いた。パラメータは板厚の違いとし、板厚 0.6mm-3 体と 1.0mm-1 体の計 2 種、4 試験体を用いた。

2.3 実験方法

実験は薄鋼板を対角線方向に引っ張り、試験体のみ

かけのせん断変形を与えた。加力スピードは 1mm/min とし、せん断変形角 1/30rad となるまで載荷した。薄鋼板の応力度を確認するため、ひずみゲージは試験体の隅部 4ヶ所と中央部 2ヶ所に設置し計測を行った。

2.4 実験結果

実験は、荷重が 15～17kN(板厚 t :0.6mm)、31～33kN(板厚 t :1.0mm) に達した時点から、薄鋼板の対角線上に、波状の変形が生じた。ひずみゲージのロゼッタ解析より主ひずみの値を求めたところ、降伏耐力は、平均 16.3kN(t :0.6mm) と 35.0kN(t :1.0mm) で、2.1 倍の差があった。この時の変位は 1.8mm(t :0.6mm) と 3.6mm(t :1.0mm) であった。波状の変形が発生した荷重と降伏値に達する荷重は概ね一致し、剛性は、どの試験体においても 9kN/mm 程度であった。

2.5 解析

せん断実験により、薄鋼板の面内に張力場が形成されたと仮定し、ブレース置換モデルを用いた。張力場とは、薄鋼板のように圧縮方向に対する剛性がない構造がせん断力を受けた場合に形成されるもので、板の対角線上に斜張力と呼ばれる引張の力が働き、形状を保とうとする現象である。このブレースの役割を担う斜張力は張力場の有効断面積を用いて算定する。本実験においては、この有効断面積を波状の変形が生じた箇所として、計算を行った。計算式を以下に示す。

$$P_y = h \cdot A_d \cdot \sigma_y / \sqrt{B^2 + h^2}$$

P_y : 降伏荷重(kN), B : 薄鋼板の幅(mm), h : 薄鋼板の高さ(mm), t : 板厚(mm), σ_y : 降伏応力度(N/mm²), A_d : 有効断面積(mm²)

解析より、降伏荷重は 16.0 kN(板厚 0.6mm)、33.6 kN(板厚 1.0mm) と算出された。また、斜張力が働いたときの剛性は、四辺の拘束条件によって決まり $K = 9.34$ (kN/mm²) である。これより、降伏時の変位を算出すると 1.7mm(板厚 0.6mm)、3.6mm(板厚 1.0mm) となり、実験結果と概ね一致する。

2.6 まとめ

面格子壁に挿入する薄鋼板の荷重変位関係を確認するため、せん断実験を実施した。実験より、薄鋼板の降伏時に面内対角線上に波状の変形が生じるこ

と、薄鋼板の耐力は板厚の影響を受けることを確認した。ブレース置換法を用いた解析からは、薄鋼板の剛性、降伏耐力・変位が算出できることが分かった。

第3章 薄鋼板を加えた面格子壁の静的載荷実大実験

3.1 実験の目的

面格子壁に薄鋼板を挿入した場合の、初期剛性と靱性能の変化を確認するため、面格子壁(以下、実大1)、薄鋼板1枚を組み込んだ面格子壁(以下、実大2)、薄鋼板2枚を組み込んだ面格子壁(以下、実大3)の計3体による静的載荷実大実験を実施した。

3.2 試験体概要

面格子壁の寸法はいずれも、芯々で高さ2783mm、幅1960mmである。縦4本・横6本の格子材は90角のスギ材を使用した。格子材同士の接合はビス等の金具を用いず、相欠き接合とした。格子材と柱・梁・土台との接合は短ほぞとし、梁・土台と柱接合部のみHD金物で緊結した。実大2、実大3に挿入する薄鋼板は、要素実験で使用した薄鋼板と同仕様で、板厚0.6mmのものとし、ビス(STS C45)で固定した。

3.3 実験方法

正負交番3回繰り返し載荷を実施した。載荷履歴は1/450, 1/300, 1/20, 1/150, 1/100, 1/75, 1/50, 1/30radの後、単調載荷に切り替え引き切ることとする。

3.4 実験結果

面格子壁は全ての試験体において、ほぞの抜けや接合部の隙間が見られたが、局所的な破壊は生じなかった。薄鋼板は、実大2,3ともに、1/100rad変形時から要素実験と同様の波状の変形が生じた。加力の向き(正/負)によって変形が生じる対角線の向きが90°異なり、2本の波状の変形が×印を描くように交わった。この変形の形状は、薄鋼板の枚数が異なっても大きく変わらなかった。各試験体の荷重変位関係から得られた壁倍率は、0.8(実大1)、1.2(実大2)、1.8(実大3)と算出され、薄鋼板1枚増やすごとに、壁倍率が1.5倍向上することが分かった。壁倍率の算定は、1/120rad変形時の荷重を基に算定している。この結果から、薄鋼板の挿入は面格子壁の初期剛性向上に影響することが確認できた。また、荷重変位関係の包絡線より、面積の大きさをエネルギー吸収量として比較したところ、特に変形角が小さい範囲において、薄鋼板を増やすごとにエネルギー吸収量が1.6~2.5倍向上することが分かった。しかし変位が大きくなるとその差は小さくなった。

3.5 まとめ

面格子壁に薄鋼板を挿入した場合の、初期剛性と靱性能の変化を確認するため、薄鋼板の有無と枚数をパラメータとした面格子壁3体の実大実験を行った。結

果、要素実験と同様の波状の変形が生じた。荷重変位関係より、薄鋼板の挿入は壁倍率、初期剛性向上には影響するが、大変形時のエネルギー吸収に与える影響は小さいことが確認できた。

第4章 薄鋼板を加えた面格子壁のモデル化

4.1 薄鋼板を加えた面格子壁の解析

要素実験と実大実験の結果を基に、面格子壁の寸法や、薄鋼板の大きさ、板厚が変化した場合にも対応可能な算定式を検討した。解析モデルは並列ばねモデルを使用した。薄鋼板と面格子壁に作用するモーメントを降伏時の変位と剛性から求め、面格子壁の高さで除することで、薄鋼板を加えた面格子壁全体の降伏耐力を算出する。薄鋼板の剛性と変位は第2章の解析結果を、面格子壁の剛性と変位は「土塗壁・面格子壁・落とし込み板壁の壁倍率に係る技術解説書」より算定した。

$$P_y = (K_G + n \cdot K_s \cdot h/H) \cdot R$$

P_y : 降伏荷重(kN), K_G : 面格子壁の剛性(kN/rad) K_s : 薄鋼板の剛性(kN/rad), n : 薄鋼板の枚数(枚), H : 面格子壁の高さ(mm), h : 薄鋼板の高さ(mm), R : 変形角(rad)

この算定式から実大実験各3体を解析し、得られた荷重変位曲線は実験結果と概ね傾向が一致した。

4.2 壁倍率5.0を満たす仕様の検討

算定式から、様々な仕様の面格子壁の壁倍率が最大値5.0となる条件を解析より算出した。実大1と同仕様の面格子壁に薄鋼板(t:1.0mm)6枚を挿入すると、壁倍率5.0の確保が可能であることが分かった。また、格子材の数や太さ、薄鋼板の枚数を変更すると、壁倍率の向上に効果的であること、薄鋼板の板厚は、一定以上の厚み(実大1で使用した仕様の場合、1.0mm以上)を超えると、壁倍率に影響しないことが確認できた。

第5章 まとめ

面格子壁の初期剛性と靱性能の向上を目的に、薄鋼板の要素実験および薄鋼板を挿入した面格子壁の実大実験と解析を行った。得られた結果を以下に示す。

- ・枠内に挿入する薄鋼板面内には、張力場が生じ、板厚と変形箇所の面積が、耐力に大きな影響を及ぼすことを要素実験より確認した。
- ・薄鋼板の挿入は、面格子壁の初期剛性に大きな影響を与えるが、大変形時のエネルギー吸収に与える影響は小さいことを実大実験より確認した。
- ・薄鋼板を挿入した面格子壁の解析モデルを提案し、解析による荷重変位関係は実大実験結果とよい一致を示した。これより、薄鋼板、面格子の仕様が変わっても荷重変位関係を計算することができる。
- ・解析モデルより、通風採光も損なわず、壁倍率5.0となる薄鋼板を挿入した面格子壁を提案した。