

ステンレスピンにより耐震補強された組積壁の繰り返し面外曲げ特性（その1）

正会員 ○吉田亘利* 同 多幾山法子*² 同 長江拓也*³
同 前田春雄*⁴ 同 喜多村昌利*⁴ 同 荒木慶一*²

無補強組積造 目地モルタル ステンレスピン
履歴特性 繰り返し曲げ

1. 序

我国には明治や大正に建設された組積造の歴史的建造物が多数存在する¹⁾。この種の建造物の組積壁は一般に無補強であり、その耐震性能は必ずしも十分でない。無補強組積壁の耐震安全性確保は歴史的組積造建造物の保存や再利用に当たっての最重要課題であるが、その文化的価値を損なわずに補強する必要性が高いため、鋼製ブレース増設等の一般補強法を適用できない場合が多い。

本研究で対象とするステンレスピン補強法は、図1のように、煉瓦壁目地部からステンレスピンを斜め下向き45度方向に壁一面に打ち込む手法で、施工が容易で施工後も外観が変化しないという優れた特徴を持ち、実施例も存在する。補強後の礎石壁はRC部材のように圧縮と引張の抵抗要素で構成され、複合部材としての力学特性にもとづく耐震性が付与される。しかし、45度方向にピンを打つという特性をふまえた耐震性評価に関する研究資料は見当たらず、新規建築物に対する鉛直・水平方向鉄筋の設計式^{2,3)}を援用した評価しか行えない状況にある。

本論文では、ステンレスピン補強を施した実寸規模の煉瓦壁を対象として、最大強度のみならず正負繰返し載荷時における強度劣化特性に至るまでを実験を通じて検討し、破壊形式に基づく基本的力学特性の評価を行う。

実状の壁脚により近い境界条件を再現すべく片持ち支持形式の載荷形式を採用する。また、著者らが提案した簡易強度評価式⁴⁾による計算値と実験結果との比較も行う。ステンレスピンの挿入形式は既に施工されたものに焦点を絞り、その基本力学的性状の解明を第一課題とする。

2. 実験概要

2.1 ステンレスピン補強

ステンレスピン補強では、(1)雨などによる水分に対する防水性、(2)ドリルによる穴あけ及びエポキシ樹脂注入等の施工性の観点から、建物内側から一方向下向き45度方向にピン挿入するのが一般的である。本実験では、これらを忠実に再現し、意図的に面外曲げ特性の非対称性を試験体に付与する。

2.2 試験体

補強方法のみが異なる3体の煉瓦壁試験体について実験を行う。図2~4に試験体の概要を示す。試験体は図2に示すように22段のイギリス積みであり、高さは1600mm、幅は最短部が1420mmで最長部が1530mm、厚さが430mmである。煉瓦単体寸法は210x100x60mmであり、目地は縦方向と横方向ともに10mmである。

煉瓦には普通煉瓦 JIS R1250 を使用する。目地モルタルは、歴史的な組石造壁を模擬するため、通常よりも砂の比率を大きく（セメント：砂=1:4.5）することにより引張強度を低減したものをを用いる。ステンレスピン挿入時の注入材として JIS A 6024-1998 適合エポキシ樹脂を用いる。補強用ステンレスピンは SUS304 で、付着性を良くするため全長に渡りねじ切りを施してある。

試験体 No. 1 は無補強であり、試験体 No. 2 と No. 3 には $\phi 6\text{mm}$ ステンレスピンが、それぞれ、図3と図4に示すように挿入されている。図3が既に実施物件で採用されているピン挿入形式であり（以下、通常補強試験体と呼ぶ）、図4は挿入するステンレスピンの本数を増加させることにより、補強効果の向上を試みたピン挿入形式である（以下、倍補強試験体と呼ぶ）。図3の側面の立面図における実線は、その位置で4本のステンレスピンが挿入されていることを示し、点線は3本のステンレスピンが挿入されていることを示す。図4の実線は7本のステ



図1 ステンレスピン挿入

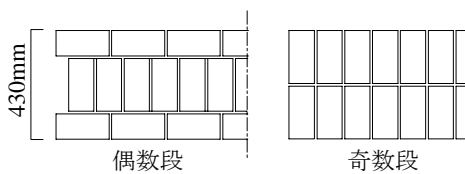


図2 イギリス積み

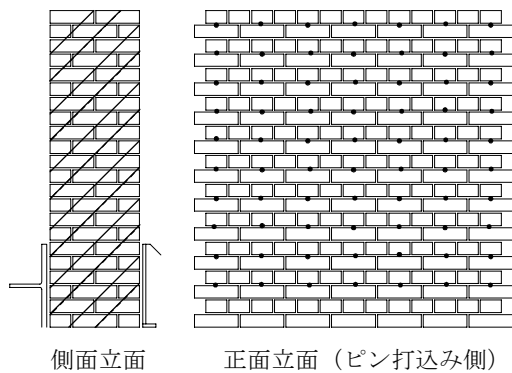


図3 試験体 No.2

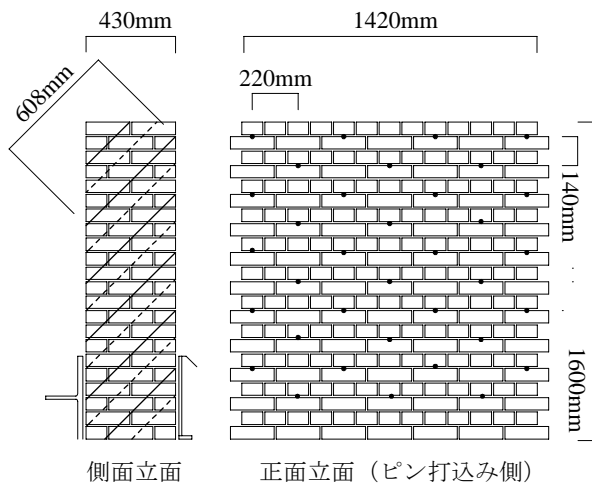


図4 試験体 No.3

ステンレスピンの挿入をあらわす。

ステンレスピンの引張試験の結果、引張強度は 14.5kN、破断ひずみは 9%以上であった。また、履歴特性はほぼ完全弾塑性型で降伏後のひずみ硬化はほとんど観察されなかった。材料試験の結果、煉瓦の圧縮強度は 44.9N/mm²以上、目地モルタルの曲げ引張強度は 0.46N/mm²以上であった。エポキシ樹脂の付着強度を調べるためにステンレスピンの引抜試験を行った結果、100mm（煉瓦 1 段分）以上の定着長さがあればピンの破断が先行することを確認した。

2.3 载荷・計測方法

载荷装置を図 5 に示す。基礎フレーム上の組積壁脚部を、スチフナーで補剛した山形鋼と H 形鋼で固定し、反力フレームに取り付けられる両端ピンの油圧ジャッキにより壁頂部に水平力を与える。鋼材と試験体の接触面の間には、無収縮グラウトを挿入する。頂部は H 形鋼を壁の両側に硬質ゴムを介して設置し、PC 鋼棒により圧着する。壁のねじり変形を避けるため、壁頂部に圧着した H

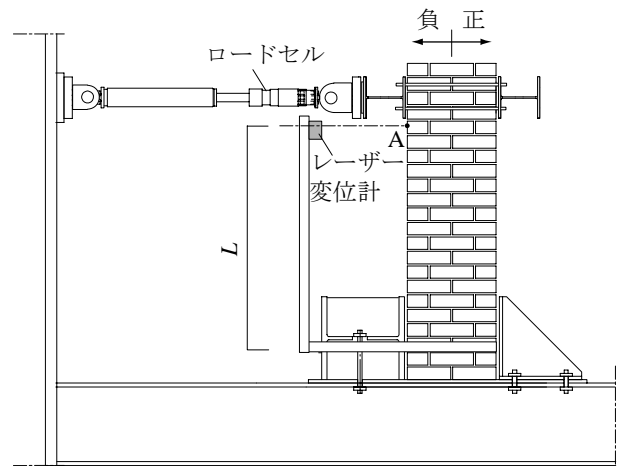


図5 载荷方法と脚部の固定方法

形鋼の片側へ、2本の油圧ジャッキを接続する。

壁の剛体回転を除いた正味の変形を計測するため、図 5 のように試験体最下端から上三段目に計測用フレームを固定し、計測用フレームからレーザー変位計により点 A の高さの水平変位 u を計測する。この水平変位 u を計測フレーム固定位置から変位計設置位置の距離を L で除した値を変形角 $R=u/L$ と定義する。

無補強の試験体 No. 1 では、最大強度の確認を主目的とし一方向単調载荷とする。ステンレスピンを挿入した試験体 No. 2 および No. 3 については、変形角 R に基づく変位制御とし、正負交番漸増繰返し载荷とする。 R の振幅が 0.0025, 0.005, 0.01, 0.015, 0.02, 0.03, 0.05(radian)となるように変位履歴を与える。

3. まとめ

本報では煉瓦壁目地部からステンレスピンを斜め下向き 45 度方向に壁一面に打ち込む手法で耐震補強された煉瓦壁試験体の静的繰返し载荷実験の概要と材料試験の結果を述べた。本実験の結果の詳細は、本報の（その 2）で報告する。

参考文献

- 1) 建築・土木分野における歴史的建造物の診断・修復研究委員会：歴史的建造物の診断・修復に関するシンポジウム委員会中間報告・シンポジウム論文集，日本コンクリート工学協会，2006.6
- 2) Drysdale, R.G., Hamid, A.A., and Baker, L.R.: Masonry Structures, Behavior and Design, Prentice Hall, NJ, 1993.
- 3) Amrhein, J.E.: Reinforced Masonry Engineering Handbook: Clay and Concrete Masonry, CRC Press, FL, 1998,
- 4) 荒木慶一，吉田亙利：ステンレスピン挿入補強された歴史的煉瓦造壁体の単調载荷面外曲げ耐力，日本建築学会技術報告集，第 25 号，掲載決定，2007.6.

* 京都大学大学院桂インテックセンター
 *² 京都大学大学院工学研究科建築学専攻
 *³ (独)防災科学技術研究所 兵庫耐震工学研究センター
 *⁴ (株)構造総研

* Katsura Int'tech Center, Graduate School of Eng., Kyoto Univ.
 *² Dept. of Architecture and Architectural Eng., Graduate School of Eng., Kyoto Univ.
 *³ Hyogo EERC, NIED
 *⁴ Kozosoken Corporation