

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 6 月 8 日現在

機関番号：13901

研究種目：若手研究

研究期間：2021～2022

課題番号：21K14289

研究課題名（和文）RC造連層耐震壁の高精度降伏変形評価

研究課題名（英文）Detailed evaluation of yield displacement of RC flexural wall

研究代表者

浅井 竜也（ASAI, Tatsuya）

名古屋大学・環境学研究科・助教

研究者番号：90815846

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,500,000円

研究成果の概要（和文）：曲げ破壊型連層耐震壁の降伏変形評価法を高精度化することを目的に、同部材の脚部に回転変形が集中する要因を定量的に示すべく、縮小試験体2体（パラメータは柱型のせん断補強筋量）の静的繰り返し載荷実験を行い、その際に試験体全体の詳細な変形分布と接合部内の主筋ひずみ分布を計測した。両試験体は変形角1/300程度で引張側壁柱の主筋降伏が生じ、その後せん断補強筋の降伏と共に耐力低下を開始した。降伏変形までにおいては、斜めひび割れの進展とその本数の増大と共に壁脚部近傍の曲率が古典理論解よりも増大し、それに伴いスタブ内部の変形も増大することで、結果として脚部に回転変形が集中することを定量的に示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

建物の性能規定型の耐震設計を高度に実現するには、建物損傷と関連の深い建物変形を適切に推定することが欠かせず、それには各構成部材の高精度な変形評価が必要である。その中でも降伏変形は、部材剛性が急変すると共にエネルギー吸収を開始する重要な変形である。しかし、高い剛性、耐力および靱性能を有するため国内外の建物に多く用いられる鉄筋コンクリート造連層耐震壁の降伏変形評価精度は十分とは言えない状況である。そのため本研究では、同壁部材の脚部に回転変形が集中するメカニズムを詳細な計測に基づき定量的に示した。本研究成果は、連層耐震壁の変形評価の高精度化、ひいては高度な性能規定型設計の実現に貢献する。

研究成果の概要（英文）：To improve the accuracy of the yield displacement evaluation method for flexural RC walls, static cyclic loading tests were performed on two specimens (parameters were the shear reinforcement ratio) to quantify the concentration of rotation at the bottom of the wall. In the loading test, detailed deformation distribution of the whole specimen and strain distribution of the flexural rebars in the stub were measured.

In both specimens, the yielding of the flexural rebar occurred at a deformation angle of about 1/300, followed by the yielding of the shear reinforcement and accordingly capacity deterioration. It was then quantitatively shown that the curvature at the bottom of the wall increased with the extension of diagonal cracks and the increase in the number of cracks and that the rotational deformation inside the stub also increased accordingly, both resulting in the concentration of rotation at the bottom of the wall.

研究分野：耐震工学

キーワード：連層耐震壁 曲げ変形 定着部変形 モーションキャプチャ

1. 研究開始当初の背景

建物の耐震設計において、建物の重要性などに応じて将来の地震による想定損傷レベルを設定する（すなわち性能規定型の設計を実施する）ことは、限られた資源の中で効率的に地震防災を実施し、さらに、建物利用者に対して適切な地震対策を促す上で重要である。建物の損傷程度は変形程度と密接に関連するため、上記設計の実施には建物の地震応答変形の推定が欠かせない。建物の地震応答変形を精度良く求めるには、建物の構成部材ごとのせん断力と変形の関係、その中でも特に剛性が急減し、かつエネルギー吸収を開始する降伏点を精度良く評価する必要がある。しかし、鉄筋コンクリート造部材に関する現行の降伏変形評価の精度は、特に壁部材において十分とは言い難い。曲げ破壊型の壁部材の変形は、引張側主筋の定着部からの抜け出し等により脚部に集中することが指摘されているものの、そのメカニズムに立脚した定量的評価に関して統一的理解は得られていない。連層耐震壁のように曲げ破壊型の壁部材は、優れた剛性・耐力・靱性能を有する耐震部材であるため、変形評価手法の精度を向上することが性能規定型の設計の実現において肝要である。

2. 研究の目的

以上の背景を踏まえ、本研究では、連層耐震壁の降伏変形評価の精度向上を目指し、壁脚部への変形集中に関する定量的データを取得することでそのメカニズムを解明し、同変形を評価可能なマクロモデルの構築を目的とする。連層耐震壁の変形が脚部に集中する要因については、従来指摘されている主筋の定着部からの抜け出しに加え、主筋定着部の接合部全体の回転変形に基づくメカニズムを想定し検証する。

3. 研究の方法

研究方法としては、鉄筋コンクリート造連層耐震壁の縮小試験体の静的載荷実験を実施し、その際に試験体全体の詳細な変形性状を赤外線カメラにより計測するとともに、脚部に変形が集中するメカニズムを明らかにするべく接合部内部およびその近傍のひずみ分布を詳細に計測した。試験体の図面と載荷実験時の様子を図1に示す。同図(a)に示すように試験体は壁両端に柱型を有する。載荷は同図(c)に示すように片持ち形式で実施した。試験体は曲げ破壊型となるようにせん断スパンや寸法・配筋等の諸元を決定した。

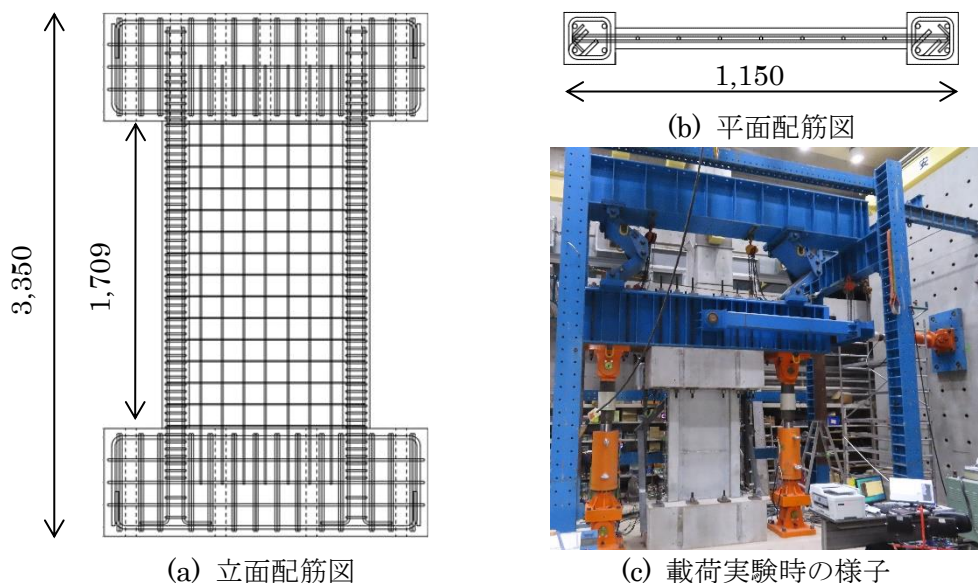


図1 本研究で用いた曲げ壁試験体（単位：mm）

過去の柱部材を対象にした実験研究における、変形・ひずみの詳細データに基づき変形 3 成分を分離する手法¹⁾を参考に、得られた実験結果の変形を曲げ変形、せん断変形、定着部変形に分離し、それらと古典理論解を比較し、両者が異なる要因を分析した。

4. 研究成果

図 2 に、水平力—水平変形角関係を示す。試験体は変形角 1/300 程度で引張側壁柱の主筋降伏が生じ（同図中●印）、変形角 1/40 サイクル経験後に変形角 1/50 程度でせん断補強筋の降伏と共に耐力低下を開始した（ここでは実験を実施した試験体二体のうち、せん断補強筋比が比較的大きい試験体の結果のみ示す）。

壁柱主筋の降伏直前の載荷ピークを対象に、試験体上部構造の詳細な変形分布とスタブ内部（すなわち接合部内部）の詳細なひずみ分布データに基づき水平変形の全体量を三成分に分離し、その高さ方向分布を図 3 に示す。同図では、上部スタブおよび載荷フレーム位置では剛体回転が生じているものと仮定して反曲点高さの各変形を算定している。図 4 には変形分離の際に求めた水平回転角の高さ方向分布を示しており、同図中の高さ 0 mm 位置の●印は危険断面の回転角を表している（すなわちそれに高さを乗じると定着部変形が求まる）。両図には、曲げ断面解析で求めた変位および回転角を赤色鎖線により示している。

図 3 より、反曲点高さでの各変形成分の割合は曲げ変形が 56%、定着部変形が 36%、せん断変形が 7%であり、曲げ変形は曲げ断面解析に基づく結果と良好に整合している（なお、危険断面における曲率の実験結果は、曲げ断面解析結果に対して 2 倍以上に大きいものの、そのような曲率増大領域は高さ方向に限定的であるため、変形に与える影響は小さくとどまっている）。すなわち、平面保持仮定に基づく古典理論による変形計算では、せん断変形と併せても全体の 6 割程度しか評価できず、残りの定着部変形（すなわち脚部に集中している変形）を考慮しなければ壁部材の変形は大幅に過小評価することが定量的に示された。定着部変形を生じさせる危険断面の回転角は、危険断面の応力分布（曲率）を考慮した接合部内部の弾性変形として評価できるため、その曲率が古典理論に比べて増大する現象についてさらに定量的分析を行う必要がある。

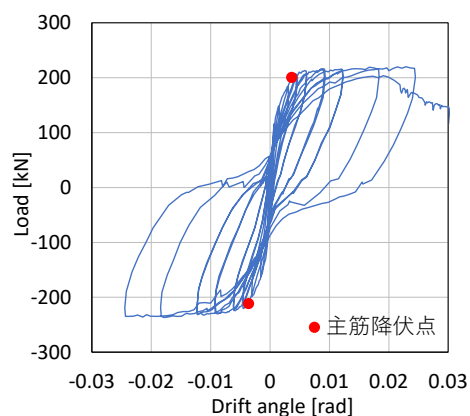


図 2 水平力—水平変形角関係

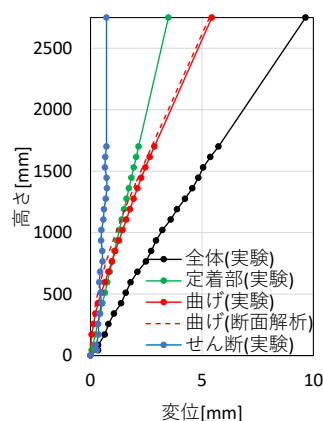


図 3 各変形成分の分布

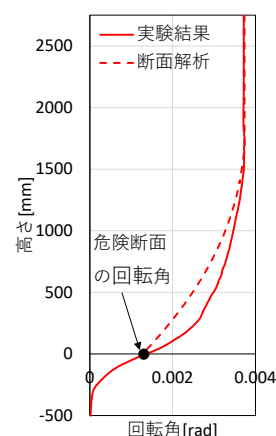


図 4 回転角分布

【参考文献】

- 1) 浅井竜也, 勅使川原正臣, 諏訪田晴彦: RC 造曲げ破壊型柱部材の主筋降伏までにおける詳細な変形機構, 日本建築学会構造系論文集, 第 88 巻, 第 804 号, pp. 276 - 287, 2023

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------