

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 23 日現在

機関番号：82113

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2013

課題番号：24760464

研究課題名(和文)鉄筋コンクリート造耐震壁の脚部せん断すべり破壊に関する基礎的研究

研究課題名(英文)Fundamental Study on Sliding Shear Failure of Reinforced Concrete Bearing Walls

研究代表者

谷 昌典(Tani, Masanori)

独立行政法人建築研究所・その他部局等・その他

研究者番号：50533973

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円、(間接経費) 930,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、RC造耐震壁の壁脚せん断すべり挙動の基本的性状の把握を目的として、既往の壁脚部せん断すべり耐力評価式によりせん断すべり破壊するよう設計した試験体に対して、柱型の有無を実験変数とした載荷実験を実施した。また、RC造耐震壁を対象とした過去の実験報告を収集・整理して、既往の耐力評価式の予測精度検証を行った結果、実験での破壊形式については傾向を概ね捉えているものの、ばらつきが比較的大きいことを示した。

研究成果の概要(英文)：Two specimens whose experimental parameter is detail of boundary columns were tested to obtain fundamental test data about sliding shear behavior at wall base and confirm the accuracy of evaluation methods proposed in the past. The accuracy of the equations for sliding shear capacity was also discussed by using experimental database constructed by authors in the past. The calculated results by the past evaluation methods showed relatively large variation, however they could predict the trend of failure mode observed in the experiment roughly.

研究分野：工学

科研費の分科・細目：建築学、建築構造・材料

キーワード：コンクリート構造 耐震壁 せん断すべり破壊

1. 研究開始当初の背景

曲げ挙動が卓越する鉄筋コンクリート造(以下, RC 造)耐震壁の脆性破壊としては, 2010 年チリ地震において柱型の無い連層耐震壁脚部で多数確認された曲げ圧縮破壊が大きく注目されている。一方で, 曲げ降伏後の壁脚せん断すべり破壊により十分な変形性能が発揮されない事例も既往の研究で報告されている。耐震壁脚部曲げ圧縮域の曲げひび割れ面において伝達できるせん断力に対して, 変位の増大や繰返し载荷が及ぼす影響については未だ不明な点が多く, 耐震壁の変形性能を適切に評価するためには, その基本的な性状を明らかにすることが不可欠である。

2. 研究の目的

本研究では, RC 造耐震壁の壁脚せん断すべり挙動の基本的性状の把握を目的として, 既往の壁脚部せん断すべり耐力評価式によりせん断すべり破壊するよう設計した試験体に対して, 柱型の有無を実験変数とした载荷実験を実施した。また, RC 造耐震壁を対象とした過去の実験報告を収集・整理し, 既往のせん断すべり耐力評価式の予測精度検証を行った。

3. 研究の方法

(1) せん断すべり破壊するよう設計した RC 造耐震壁試験体に対する構造実験

本実験で使用する試験体は片持ち形式の RC 造耐力壁試験体で, 柱型の有無を実験変数とする 2 体である。試験体概要及び試験体図を表 1 及び図 1 にそれぞれ示す。BC 試験体は 200mm 角の柱型を有し, 壁板長さ 1100mm, 壁厚 91mm である。NC 試験体は柱型を持たず, 壁板長さ 1500mm, 壁厚 120mm の長方形断面で, 端部にせい 200mm の拘束域を有している。BC と NC では壁全長, 全断面積を同一とした。

柱(端部拘束域)主筋は 8-D10 (SD295A, 降伏強度 348N/mm²)とし, 主筋端部は下スタブ端部に設置した厚さ 16mm の鉄板に溶接した。端部拘束筋は D4 (SD295A, 降伏強度 384N/mm²)@40mm, 壁筋は縦横とも D4@80mm ダブルとした。

载荷装置図を図 2 に示す。2000kN 鉛直ジャッキにより圧縮軸力(300kN)を一定に保持しながら, 1000kN 水平ジャッキ 2 本により水平力を与えた。载荷は反曲点である载荷梁中心(壁脚部より高さ 2400mm)における水平変位を同高さで除した部材角 R により制御した。水平力は正負交番繰返し漸増载荷とし, $R = \pm 0.05\%, \pm 0.1\%, \pm 0.25\%, \pm 0.5\%, \pm 1.0\%, \pm 2.0\%, \pm 4.0\%$ を 2 回ずつ繰り返した。コンクリート実強度による全断面に対する軸力比は 0.063 である。

表 1 試験体概要一覧

試験体名	BC	NC	
形状(mm)	1500 × 1700 ($a/l_w = 1.60$)		
側柱	寸法(mm)	200 × 200	120 × 200
	主筋	8-D10 ($p_{cd} = 1.43\%$)	8-D10 ($p_{cd} = 2.38\%$)
	拘束筋	D4@40 ($p_{cw} = 0.53\%$)	D4@40 ($p_{cw} = 0.59\%$)
壁板	厚さ(mm)	91	120
	配筋(縦横)	D4@80 ダブル ($p_w = 0.39\%$)	D4@80 ダブル ($p_w = 0.29\%$)
軸力(kN)	300		
コンクリート 圧縮強度(N/mm ²)	35.2	35.5	

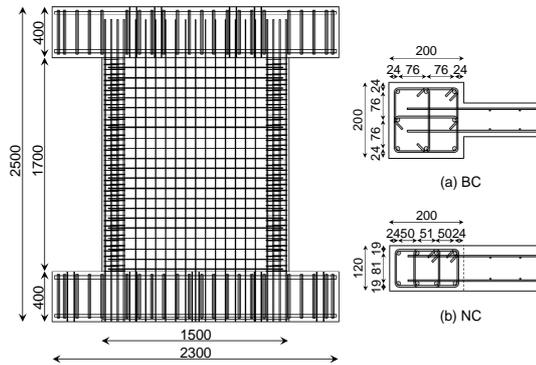


図 1 試験体図(左図は NC)

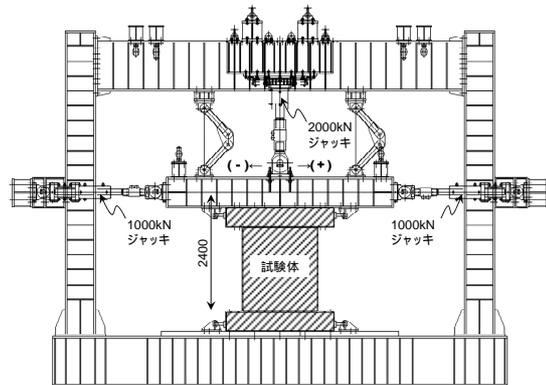


図 2 载荷装置図

(2) 既往のせん断すべり耐力評価式の予測精度検証

既往の壁脚におけるせん断すべり耐力評価式としては, Paulay らによる提案式(式(1))や Eurocode 8 式(式(2))がある。

$$c Q_{sl1} = 0.25 p_{wv} f_y b_w l_w + 0.25 f'_c A_f \quad (1)$$

$$c Q_{sl2} = \min \left(1.3 \sum A_{sj} \sqrt{f_{cd} f_y}, 0.25 f_y \sum A_{sj} \right) + \min \left(\mu_f \left[\left(\sum A_{sj} f_y + N \right) \xi + M/z \right], 0.5 \eta f_{cd} \xi l_w b_w \right) \quad (2)$$

既往の文献から収集した RC 造耐力壁試験体で柱型を持たない 121 体のうち, 曲げ耐力時せん断力計算値がせん断耐力計算値を下回った試験体 68 体(せん断すべり破壊した試験体は 11 体)を対象として, これらの評

価式を適用し、その予測精度を検証した。

4. 研究成果

(1) せん断すべり破壊するよう設計した RC 造耐震壁試験体に対する構造実験

せん断力 - 部材角関係を図 3 に示す。いずれの試験体も、曲げ降伏（柱主筋、脚部壁縦筋降伏）が先行し、その後、壁脚端部のコンクリート剥離及び圧壊が確認されたことから、破壊形式は曲げ破壊と考えられる。大変形時には、柱型を持たない NC 試験体で壁脚付近の拘束域が面外方向に座屈して大幅な耐力低下が確認されたのに対して、柱型を有する BC 試験体では壁脚のひび割れ閉合時に壁脚が元の位置から面外にずれたものの、局所的な座屈現象は発生せず、耐力低下も小さかった。

また、本実験では壁脚すべり変位を測定する目的で壁脚から高さ 50mm の位置で下スタブ間との相対水平変位を測定したが、最大でも全体変形の 10~15%程度で、NC 試験体の方が全体的に大きな値を示した。図 4 に示すひび割れ性状より、曲げひび割れが細かく分散しており、壁脚以外のひび割れでも水平方向のずれが確認されたことから、すべり変位が壁脚のひび割れのみには集中しなかったとみられる。

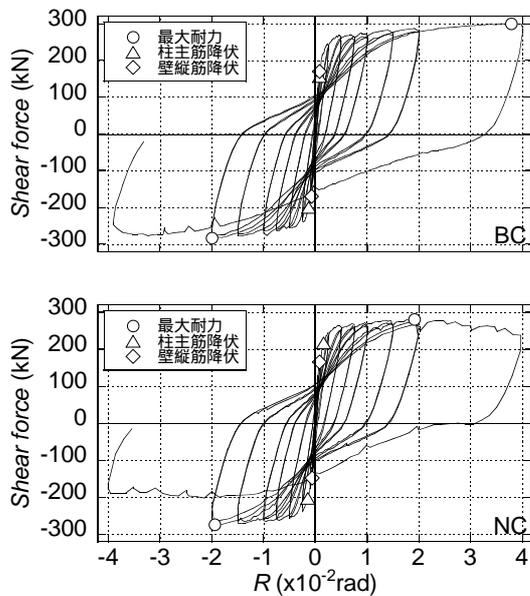


図 3 せん断力 - 部材角関係

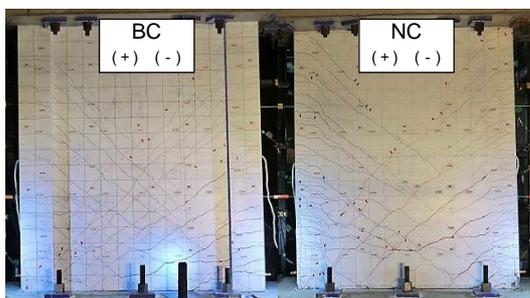
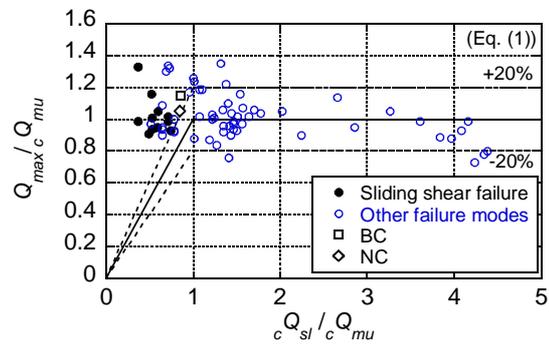


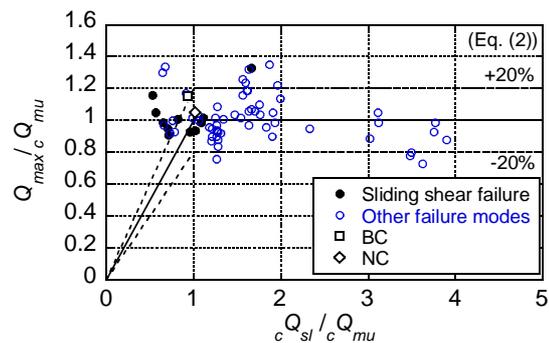
図 4 ひび割れ状況 ($R = \pm 2.0\%$ 終了時)

(2) 既往のせん断すべり耐力評価式の予測精度検証

曲げ耐力計算値に対する実験最大耐力の比を縦軸に、曲げ耐力計算値に対するせん断すべり耐力計算値の比を横軸にとったものを図 5 に示す。図より、いずれの評価式を用いた場合でも、せん断すべり余裕度（せん断すべり耐力計算値 / 曲げ耐力計算値）の小さい領域にせん断すべり破壊した試験体が集中していることから、破壊形式の概ね傾向は捉えていることが分かった。ただし、せん断すべり破壊した試験体と別の破壊形式の試験体が混在している領域もあり、完全に破壊形式を予測することはできなかった。また、Eurocode 8 式の方が Paulay らによる提案式に比べて平均で約 1.6 倍大きな値を与えるものの、いずれの評価式も変動係数は 35%程度と同等となり、比較的ばらつきの大きな結果となった。試験体によっては両者による計算値が大幅に異なるものもあり、評価式で用いられている記号の定義や係数の数値について更なる検証が必要である。



(a) Paulay らによる提案式



(b) Eurocode 8 式

図 5 破壊形式の予測精度

5. 主な発表論文等

〔学会発表〕(計 3 件)

谷昌典, 河野進, 福山洋: RC 造耐力壁のせん断すべり破壊に関する実験的研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (北海道), C-2, pp. 125-126, 2013.8

谷昌典, 福山洋: RC 造耐力壁の脚部せん断すべり耐力評価式の予測精度検証, 日

本地震工学会年次大会 2013 梗概集 ,
pp.87-88 , 2013.11
Tani, M., Kono, S., and Fukuyama, H.,
“ Study on Sliding Shear Failure of
Reinforced Concrete Bearing Walls ” ,
Proceedings of the 15th
Japan-Taiwan-Korea joint seminar on
earthquake engineering for building
structures, pp.31-40, 2013.11

6 . 研究組織

(1)研究代表者

谷 昌典 (TANI, Masanori)

独立行政法人建築研究所・国際地震工学セ
ンター・研究員

研究者番号 : 50533973