

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成25年 6月 7日現在

機関番号：82115

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2011～2012

課題番号：23760540

研究課題名（和文） 袖壁と腰壁が付帯する鉄筋コンクリート柱部材の耐震性能に関する研究

研究課題名（英文） A study on Seismic Capacity of Reinforced Concrete Columns with Spandrel and Wing Walls

研究代表者 壁谷澤 寿一（KABEYASAWA TOSHIKAZU）

国土技術政策総合研究所 建築研究部 研究官

研究者番号：10533953

研究成果の概要（和文）：本研究では、柱幅壁厚比の異なる鉄筋コンクリート造袖壁付き柱試験体2体および袖壁と腰壁付き柱試験体2体の合計4体について実験的研究および解析的研究を行い、強度と剛性、損傷と変形の関係を実験的に明らかにした。既往の曲げ終局強度算定式、せん断強度式（分割累加式）、せん断剛性低下率を適用した場合に、薄い腰壁が付帯した試験体では降伏点剛性および強度剛域が部材全幅の約2割程度伸展しており、柱幅壁厚比により部材剛域に変化が生じることを実験的に明らかにした。

研究成果の概要（英文）：Four reinforced concrete columns with wing walls were tested to evaluate the effects of spandrel walls on flexural capacity and maximum strength of those members. The hysteretic behavior was compared in the static cyclic loading test between specimens with spandrel walls and with rigid beam at the bottom of the wing walls, which have identical critical section and shear span length. The maximum strength of spandrel specimen shows smaller value rather than rigid-beam specimen for thin wall-type case, while both specimens show identical strength for thick wall-type case.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	3,500,000	1,050,000	4,550,000

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

1. 研究開始当初の背景

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震において仙台市内の中高層鉄筋コンクリート造集合住宅では玄関周りの非構造壁にせん断ひび割れが生じて継続使用性が損なわれた被害事例が散見された。これらには旧耐震基準のみならず新耐震基準で設計された建物も数多く含まれている。柱部材に付帯する非構造壁の変形性能については2006年福岡県西方沖地震以降とくに注目されている課題であるが、一般的にはコンクリート端部断面の圧壊が先行するため、非常に

小さな変形角から損傷することが既往の実験結果等でも指摘されている。したがって、現行の設計慣行ではこれらの耐力剛性評価が煩雑であることに加えて、架構の靱性能を確保する必要があるため、柱に付帯するそで壁も構造スリットで切り離されて設計されるのが一般的となっている。

一方で、そで壁を有する柱梁部材は高い耐力および剛性を有するため、ごく稀に発生する地震に対して架構全体の損傷を低減させるには、むしろ非耐震壁を利用した強度型建物を指向した耐震設計が有効であると考え

る設計者も少なくない。そこで、近年では国土交通省の建築基準整備促進事業ではそで壁を有する柱のせん断強度および変形能力の評価方法について組織的な検討も行われている。しかしながら、これらの実験的検討は柱梁フレーム構造にそで壁を付与した鉄筋コンクリート造架構の剛性耐力評価を対象としており、腰壁と垂れ壁がある場合を対象としたものは少ない。既存建築物では非構造壁は開口率の大きな壁付架構として用いられているケースが多いため、そで壁付柱脚部には腰壁や垂れ壁が付帯しているのが一般的である。このため、そで壁付柱部材にさらに腰壁と垂れ壁がつく場合の曲げ性能について実験に検証し、剛域長さやヒンジ領域長さに関する考察を行う必要がある。

2. 研究の目的

(1) そで壁つき柱部材の実験的検討

本研究では同一の危険断面を有する腰壁およびそで壁つき柱、そで壁付き柱2体ずつについて静的漸増荷重実験を行い、壁端部の境界条件や壁厚が試験体ひび割れ性状や柱可撓長さなどにどのように影響するか実験的に検討する。試験体はいずれも終局曲げ耐力が終局せん断耐力をやや上回るように設計し、分割累加式による腰壁が付帯することによってそで壁終局せん断耐力の評価精度が損なわれないことを確認する。そで壁壁端部位置においては高密度に部材曲率計測を行い、限界変形における壁端部のヒンジ領域長さの違いについても検討する。

(2) 解析的検討による可撓長さの検証

解析的検討においては線材モデルにおける既往のそで壁付き柱部材の強度および剛性算定式に基づき腰壁およびそで壁付き柱部材の評価精度について検討する。また、腰壁の有無をパラメータとした実験結果の比較から剛性および耐力算定における可撓長さについて検討する。既往の実験結果に基づいて提案されている柱可撓長さの算定式との比較を行う。さらに、材料強度および平面保持仮定に基づく断面解析を行い、既往の研究で提案されているヒンジ領域長さを仮定した場合の限界変形と実験結果を比較する。

3. 研究の方法

(1) そで壁腰壁付柱の荷重実験

平成23年度は鉄筋コンクリート造両側そで壁付柱試験体2体(No.1, No.2) および鉄筋コンクリート造そで壁および腰壁付柱試験体2体(No.3, No.4)を対象として正負交番繰返し荷重を実施した。各試験体の配筋詳細を図-1に示す。各試験体は1/2スケール縮小モデルであり、腰壁の有無および壁厚を設計パラメータとしている。柱断面(B×D=300

×300 mm)、そで壁付柱の内法長さ(L=1000 mm)、壁張出長さ(W=300 mm)はいずれも共通としている。そで壁および腰壁付柱試験体における腰壁高さは400mm、垂壁高さは200mmである。薄型壁(No.1, No.3)では壁厚は柱幅の1/4とし、厚型壁(No.2, No.4)では壁厚は柱幅の3/8(薄型壁の壁厚の1.5倍)としている。また、柱に付帯する壁はそで壁および腰壁部分で同一厚さとし、柱幅の中央に接合させた。荷重は変位制御の正負交番繰返しとした。いずれの試験体もせん断スパン長さM/Qは1200 mmとし、柱断面に対するコンクリート軸力比は0.2としている。水平力は両端ピン支承を有する100tonジャッキ2台により伝達させ、軸力はピンローラー支承を有する200 tonジャッキにより伝達させた。腰壁の有無による最大耐力値の変化から柱曲げ終局耐力算定における剛域の設定方法について検討した。

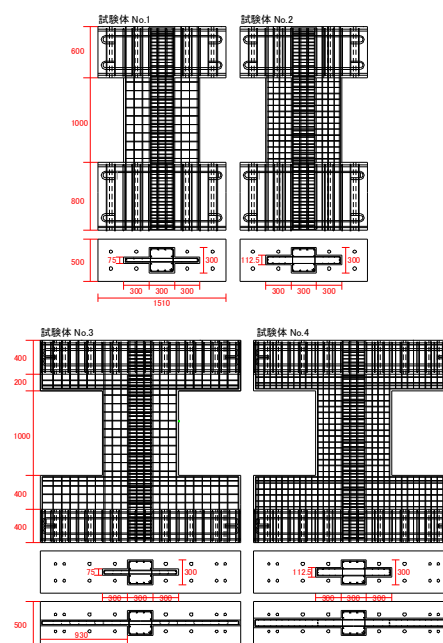


図1 実験対象試験体

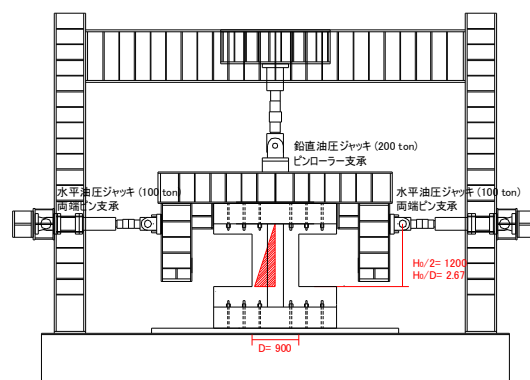


図2 荷重実験方法

(2) そで壁腰壁付柱復元力の評価法開発

降伏点剛性算定時における剛域について高橋らが提案されている壁付鉄筋コンクリート部材の降伏点剛性低下率の評価方法を適用し、実験結果における腰壁の有無による降伏点剛性の比較から検討を行った。

また、野村らの有限要素法による解析的検討から提案されている腰壁部分の剛域長さとの比較を行った。曲げ終局限界変形についてはそで壁つき柱部材については市之瀬らが提案している壁厚2.5倍のヒンジ領域長さを仮定することで限界変形角を推定する手法を提案しており、実験において区間計測しているそで壁端部変形を積分し、曲げ終局変形算定時に必要なヒンジ領域長さについて検討した。

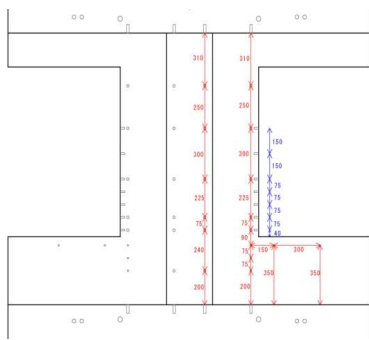


図3 そで壁端部の計測方法

4. 研究成果

(1) そで壁および腰壁付き柱の最大耐力

各試験体は計算上ではいずれも終局曲げ耐力と終局せん断耐力はほぼ等しいが、そで壁脚部で明らかな曲げ破壊が生じており、変断面部材のせん断強度算定式(分割累加式)が部材のせん断耐力を安全側に評価していることが確認された。また、最大耐力値の単純な比較から壁厚の小さい試験体では腰壁がついた場合に最大耐力が小さくなり、部材全せいの約0.2倍程度の腰壁部分の可撓長さが認められた。これに対して壁厚の大きい試験体では腰壁の有無によらず概ね等しい最大耐力を示し、壁厚さにより腰壁つき柱部材の耐力剛域が変化する可能性を示唆した。

ひび割れ数は壁厚が大きな試験体で比較的多く見られた。これは壁断面が負担しているせん断力が相対的に大きかったためであると推察された。一方、ひび割れの角度については壁厚の小さい試験体で腰壁の有無により明らかな違いが見られたものの、壁厚の大きな試験体では明確な違いが見られなかった。これらの比較から荷重変形関係における差異と同様に、壁厚の薄い試験体では腰壁の付帯によりせん断スパン比が大きくなっていることが試験体損傷過程からも確認された。

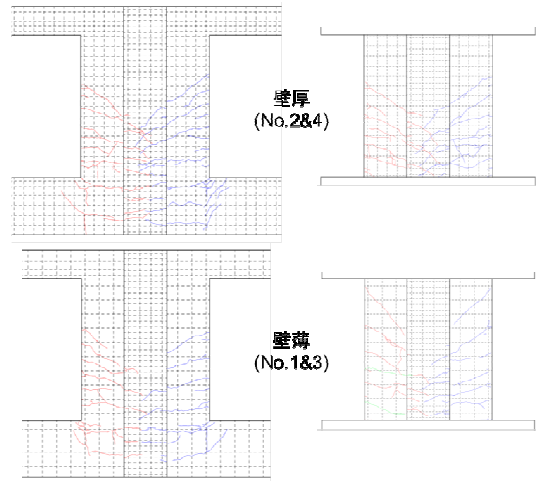


図4 ひび割れ損傷状況の比較

(2) そで壁および腰壁付き柱の最大耐力時変形角

最大耐力時変形角は厚型壁では腰壁がついた場合に比べてやや大きくなった。最大耐力後80%に耐力低下した限界変形角は1/80(厚型壁), 1/140(薄型壁)であった。最大耐力以降の応答性状については腰壁がついた試験体で若干緩やかな傾向があり、いずれの試験体でも腰壁およびそで壁付柱の終局変形角はそで壁付柱に比べて1/500(rad)程度大きな値を示した。

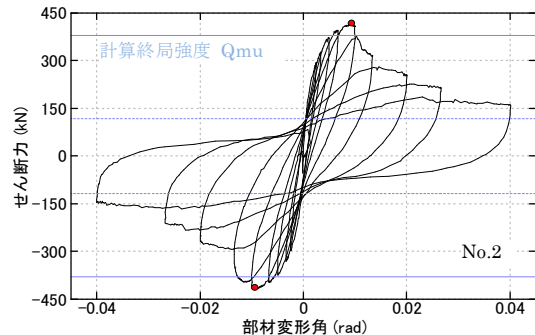


図5 試験体荷重変形角関係(壁厚腰壁有)

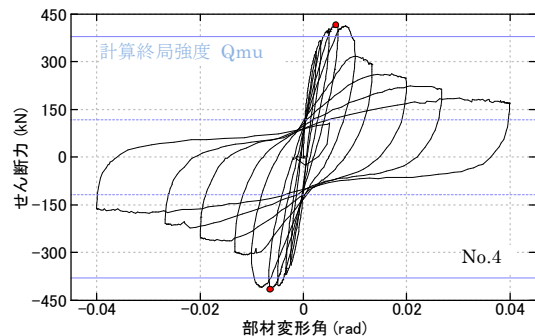


図6 試験体荷重変形角関係(壁厚腰壁無)

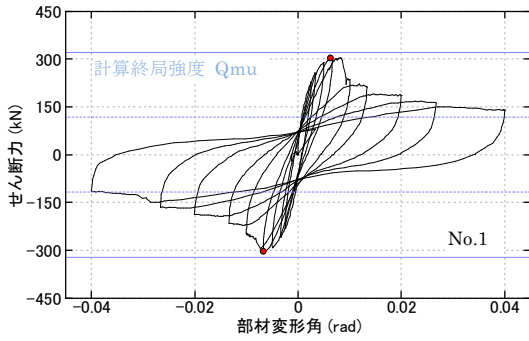


図7 試験体荷重変形角関係 (壁薄腰壁有)

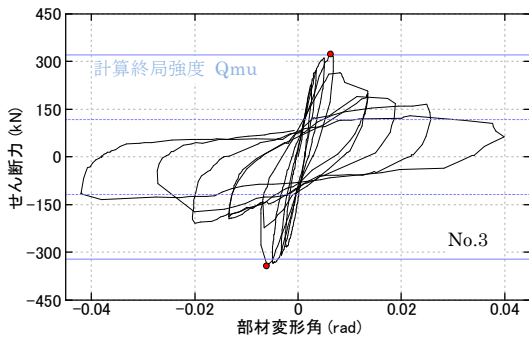


図8 試験体荷重変形角関係 (壁薄腰壁無)

(3) 一方で壁および腰壁付き柱の剛性剛域

一方で壁付き柱部材における剛性低下率は修正菅野式を用いることで評価可能であった。腰壁が付きの場合は実験結果が計算降伏点剛性の80%程度であり、降伏点変形における腰壁部分の可撓長さは部材全せい約0.2倍であることを明らかにした。

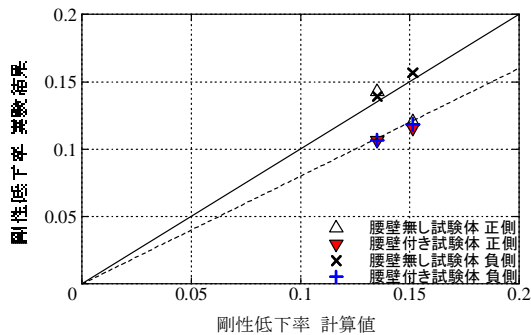


図9 剛性低下率の比較

(4) 一方で壁および腰壁付き柱の終局限界変形

壁端部曲率を積分した終局曲げ限界変形角(実験値)と終局時コンクリート圧縮ひずみと曲げ断面解析における中立軸を用いた塑性回転角(計算値)を比較した。計算値におけるヒンジ領域長さは壁厚2倍長さを基本として、せん断変形や抜け出し変形等の効果を考慮して実験係数Cを乗じて評価している。既往実験のヒンジ領域長さは変数C=6.0程度で

あったが、本実験結果でC=4.0~4.5となり、実験結果における変形性能が明らかに小さくなった。これは既往の実験に比べて試験体の曲げ変形成分が卓越したためであると考えられる。

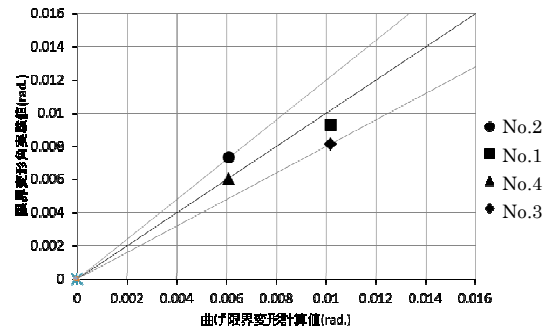


図10 限界変形の計測値と計算値の比較

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計2件)

- (1) 壁谷澤寿一, 加藤周二, 壁谷澤寿海, 細川洋治, 鉄筋コンクリート造そで壁付柱部材の曲げ性能に対する腰壁垂れ壁の影響, 構造工学論文集, 査読有, Vol. 59B, 2013, P15-19
- (2) 加藤周二, 壁谷澤寿一, 壁谷澤寿海, 細川洋治, 鉄筋コンクリート造袖壁・腰壁付き柱の曲げ性状に関する実験的研究, コンクリート工学年次論文集, 査読有, Vol. 35, 2013

〔学会発表〕(計2件)

- ① 鉄筋コンクリート造そで壁付柱部材の曲げ性能に対する腰壁垂れ壁の影響, 構造工学シンポジウム, 日本建築学会, 2013. 4
- ② 鉄筋コンクリート造袖壁・腰壁付き柱の曲げ性状に関する実験的研究, 日本コンクリート工学年次大会, 日本コンクリート工学協会, 2013. 7

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

- 出願状況 (計0件)
- 取得状況 (計0件)

〔その他〕

6. 研究組織

(1) 研究代表者

壁谷澤 寿一(KABEYASAWA TOSHIKAZU)

国土交通省 国土技術政策総合研究所

建築研究部 研究官

研究者番号: 1 0 5 3 3 9 5 3

(2) 研究分担者 なし

(3) 連携研究者 なし