

論文 接合位置や形状が異なる腰壁・たれ壁付柱のせん断耐力と終局変形角に関する実験的研究

渡辺達也^{*1}・塩屋晋一^{*2}・中迫由香^{*3}・中嶋彩也香^{*4}

要旨：腰壁・たれ壁付柱において壁の接合位置が柱幅に対して中心接合と偏心接合の間に位置する場合と、たれ壁に上梁が設けられる場合の、柱のせん断耐力や水平荷重 - 変形角関係の特徴を加力破壊実験により明らかにし、それらの場合のせん断耐力の評価方法を検討している。前者の場合のせん断耐力は接合位置に応じて中心接合と偏心接合のせん断耐力を基に直線補間することによりほぼ推定できることを明らかにし、また後者の場合のせん断耐力は、既に提案している中心接合と偏心接合のせん断耐力を組み合わせる方法を提案している。

キーワード：鉄筋コンクリート, 柱, せん断耐力, 腰壁・たれ壁, 偏心接合

1. はじめに

現在、既存の鉄筋コンクリート造(以後,RC造)の校舎や病院などの耐震診断や耐震補強が行われている。そのような建物では腰壁・たれ壁がよく設けられている。このため耐震診断や補強設計の際にはそれらの壁の影響を考慮する必要がある。一方、新築の建物の設計ではこれまで壁と骨組の境界に構造スリットを設けそれらの壁を考慮しない設計が行われてきたが、今後は構造スリットを設けず腰壁・たれ壁の抵抗を耐震要素とした設計も模索されている¹⁾。

塩屋ら^{2),3)}は、腰壁・たれ壁付柱のせん断耐力は柱に対する壁の接合状況や柱の断面形状により変化することを報告している。そこでは図-1に示すように腰壁とたれ壁の寸法が同じ場合で、壁が中心接合している場合(No.1)と、壁の側面と柱せい面が一致する偏心接合の場合(No.3)の柱

のせん断耐力の評価式を提案している。しかし実際の建物では壁の接合位置がそれらの場合の中間的な位置(No.2)になつたり、腰壁とたれ壁の寸法が異なる場合(No.4~No.6)が多く、これらの場合の評価方法は整備されていない。

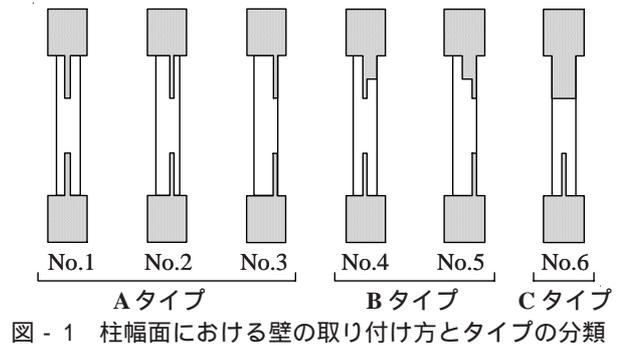


図-1 柱幅面における壁の取り付け方とタイプの分類

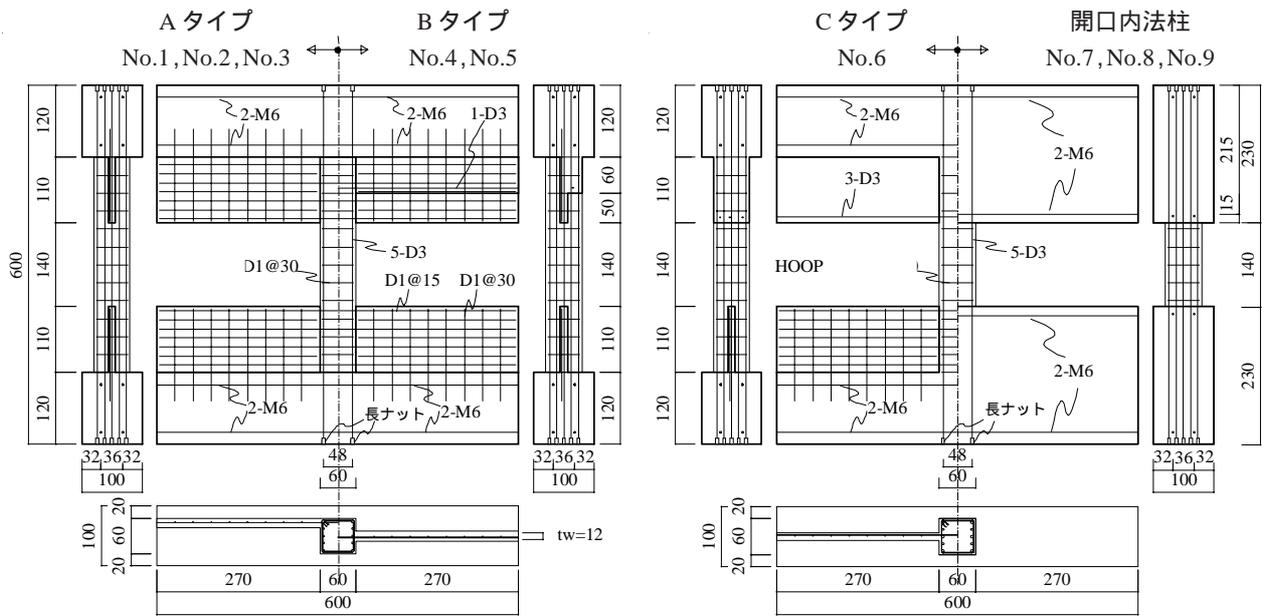


図-2 試験体の形状と配筋状況および寸法

*1 鹿児島大学 大学院理工学研究科建築学専攻 (正会員)
 *2 鹿児島大学 工学部建築学科准教授 博士(工学)(正会員)
 *3 鹿児島市役所 鹿児島大学工学部建築学科 元学部生
 *4 鹿児島大学 工学部建築学科 元学部生

表 - 1 試験体の一覧とコンクリート圧縮強度および施工寸法

No.	試験体名	コンクリート 圧縮強度 Fc (N/mm ²)	柱断面		梁幅		柱に対する壁芯位置		壁厚								
			設計	施工	設計	施工	偏心距離 eo (mm)	偏心距離比 eo/B	設計	施工							
			B × D (mm)	B _b (mm)	B _{b1} (mm)	B _{b2} (mm)			tw (mm)	tw ₁	tw ₂	tw ₃	tw ₄				
N-No.1	N-CWA1	18.8	60.9 × 61.7	36	36.9	36.6	0	0.00	12	13.0	12.7	13.3	12.7				
N-No.2	N-CWA2		60.4 × 61.2				12	0.20		13.5	13.5	12.8	12.0				
N-No.3	N-CWA3		60.8 × 60.1				24	0.40		13.9	14.3	14.9	15.0				
N-No.4	N-CWB1		60.8 × 61.8				0	0.00		13.0	12.9	13.0	13.0				
N-No.5	N-CWB2		60.6 × 61.9				37.5	38.9		24	0.40	14.0	14.4	12.8	14.0		
N-No.6	N-CWC		61.9 × 60.7				60	62.8		62.4	0	0.00	12.8	12.7			
N-No.7	N-CO		60.1 × 60.6														
N-No.8(H)-1	N-CO(H)-1		60.7 × 62.6														
N-No.8(H)-2	N-CO(H)-2		60.3 × 61.4														
N-No.9	N-COO	18.8	60.4 × 61.5														
L-No.1	L-CWA1	11.4	60.3 × 61.5	36	36.4	36.7	0	0.00	12	12.8	13.3	14.0	12.5				
L-No.2	L-CWA2		61.6 × 62.2				12	0.20		14.0	13.1	13.8	13.8				
L-No.3	L-CWA3		59.9 × 62.0				24	0.40		15.9	15.5	15.1	17.2				
L-No.4	L-CWB1		61.1 × 61.6				0	0.00		13.2	12.5	12.4	13.4				
L-No.5	L-CWB2		60.6 × 62.0				36.5	36.2		24	0.40	14.8	15.5	16.0	14.7		
L-No.7	L-CO		11.4				61.8 × 62.8										

N, L: シリーズ, CW: 腰壁たれ壁付き柱, CO: 開口内法柱 (ho=140mm), COO: 開口内法柱 (ho=154mm)
 A, B, C: 壁の接合タイプ, H: 柱主筋に高強度鉄筋使用, B: 柱幅, D: 柱せい, B_b: 梁幅 (図 - 3 参照)
 eo: 偏心距離 (図 - 5 参照), tw: 壁厚 (図 - 3 参照)

表 - 2 材料の力学的特性

コンクリート	E (N/mm ²)	f _c (N/mm ²)	f _t (N/mm ²)
Nシリーズ	1.91 × 10 ⁴	19.48	0.25
Lシリーズ	1.51 × 10 ⁴	12.87	0.20
鉄筋	E _s (N/mm ²)	f _y (N/mm ²)	a (mm ²)
D1	2.00 × 10 ⁵	220	0.79
D3	2.00 × 10 ⁵	300	7.07
D3.5	2.00 × 10 ⁵	1100	9.62

E: コンクリートのヤング係数, f_c: 圧縮強度
 f_t: 圧縮強度時ひずみ度, E_s: 鉄筋のヤング係数
 f_y: 降伏強度, a: 鉄筋 1 本当たりの断面積

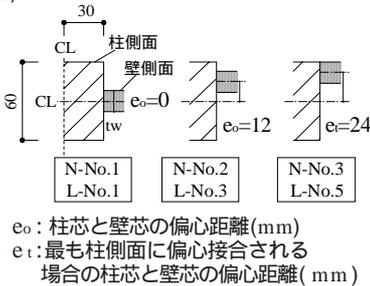


図 - 5 柱芯と壁芯の偏心距離
 eo: 柱芯と壁芯の偏心距離(mm)
 et: 最右柱側面に偏心接合される場合の柱芯と壁芯の偏心距離 (mm)

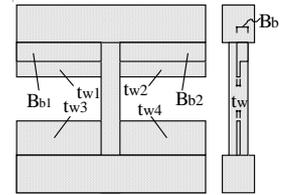


図 - 3 壁厚と梁幅の記号

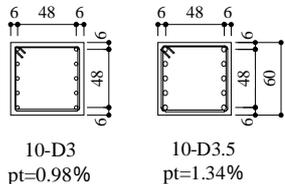


図 - 4 柱断面

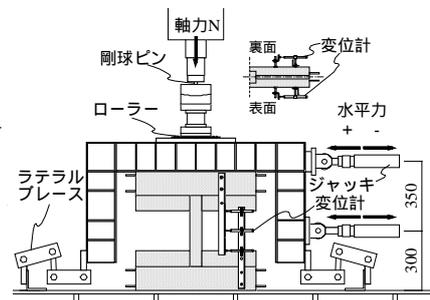


図 - 6 加力状況と測定状況

本研究は、壁の位置が中心接合と偏心接合の中間の場合や、たれ壁に上梁が設けられる場合の柱のせん断耐力の変化とその評価方法、および壁の接合状況により変化するせん断余裕度と曲げ降伏後の終局変形角の関係とその評価方法を明らかにすることを目的に腰壁・たれ壁付柱の加力破壊実験を行った。

2. 加力破壊実験

2.1 試験体

図 - 2 (a), (b) に腰壁・たれ壁付柱試験体 (以後、壁付柱試験体) と比較用の開口内法柱試験体の形状と配筋を示す。試験体の縮尺は実大の約 1/10 である。壁の接合タイプは同図の左から、腰壁とたれ壁の形状・寸法が同じである A タイプ、たれ壁に上梁を設けた B タイプ、たれ壁の厚さを柱幅と同じとして腰壁付柱にした C タイプの 3 種類である。A タイプと B タイプでは柱幅に対する壁の接合位置を変化させた。開口内法柱試験体の柱の上下は直接スタブで支持している。

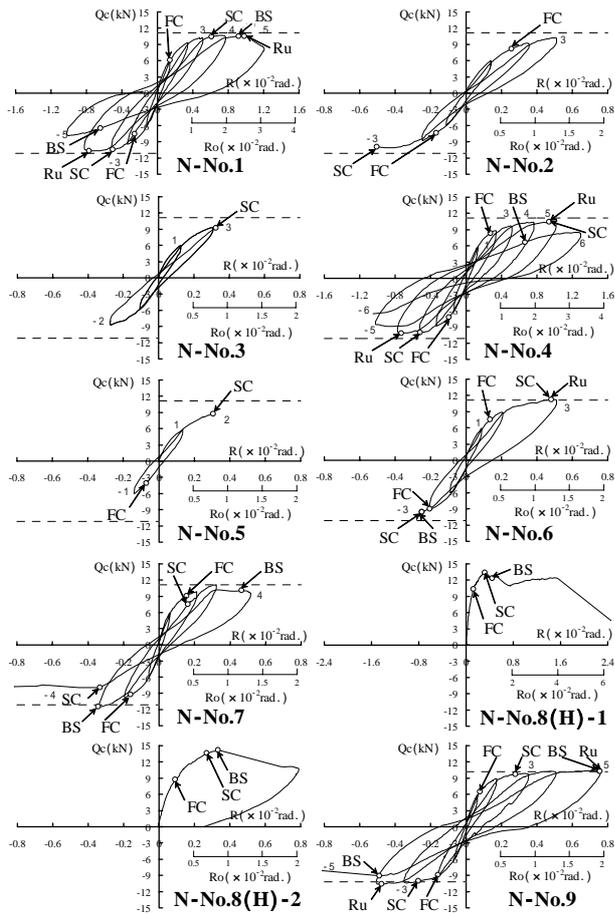
主筋の定着は定着長さが鉄筋直径の約 40 または 67 倍で、上下端に施工時の主筋位置を固定するための長ナットを取り付けている。表 - 1 に試験体の一覧とコンクリート圧縮強度および施工寸法を示す。図 - 3 には表 - 1 で用いる壁厚と梁幅の記号を示している。図 - 4 に柱断面を示す。N-No.8(H) 以外は同じ断面である。図 - 5 には壁付き試験体の柱芯と壁芯の偏心距離を示している。開口内法柱の N-No.7 では曲げ降伏直後、付着破壊してせん断耐力を特定できなかった。そこで、せん断耐力を特定するために柱主筋に高強度鉄筋を使用した N-No.8(H) を追加した。また、

N-No.1 が曲げ降伏したため、せん断余裕度が壁付柱の曲げ降伏後の終局変形角に及ぼす影響を明確にするために開口内法を大きくして曲げ降伏時せん断耐力を N-No.1 の実験値に合わせた N-No.9 を追加した。

試験体はコンクリートの圧縮強度が 18.5 ~ 18.8 N/mm² の N シリーズと低強度の 11.4 ~ 12.6 N/mm² の L シリーズとした。ただし、L シリーズは、N シリーズの試験体の実験終了後、試験体の残留変形を零に戻し、柱部分および柱と接する境界の壁部分のコンクリートをはつとり、主筋を 1% 伸ばして帯筋を配筋しコンクリートを打設して試験体を再利用した。これは、試験体製作を省力化する目的で行った。ただし、L-No.6 は施工不良が生じたため、その実験結果は今回の報告では除外した。表 - 2 に材料特性を示す。粗骨材は 5mm 以下の碎石とした。配合は重量比で N シリーズで水:セメント:砂:砂利を 1:1.18:2.80:2.08 とした。小径異形鉄筋の断面積は測定が難しく、材料試験の軸剛性と等しくなるようにヤング係数を 2.0 × 10⁵ N/mm² に設定して求めた。鉄筋は明確な降伏棚を示した。

2.2 加力方法と測定方法

図 - 6 に加力状況と測定状況を示す。水平加力は柱の反曲点が開口内法の中央高さに位置するよう下の水平ジャッキで加力し、曲げ降伏した試験体は、降伏後は二台の水平ジャッキにより上下のスタブが水平に平行移動するように制御し、水平力による繰り返しの逆対称曲げせん断加力を行った。軸力は、N シリーズでは 10.86 kN (軸力比 0.160 ~ 0.163)、L シリーズでは 10.86 kN (軸力比 0.239 ~ 0.265) の一定とした。壁が偏心接合した試験体ではねじれ変形が生じるため、加力



FC: 曲げひび割れ, SC: せん断ひび割れ, Ru: 終局変形角, BS: 付着割裂ひび割れ

図 - 7 Nシリーズの 水平荷重 - 変形角関係

フレームに面外ふれ止めを付けた。変形は図 - 6 に示すように試験体の表面と裏面それぞれ 3箇所の層間変形を測定した。上下のスタブ間のねじれ回転角は生じなかった。

3. 荷重 - 変形角関係と破壊状況

図 - 7と図 - 8に水平荷重 - 変形角関係を示し, 写真 - 1にNシリーズの最終破壊状況を示す。Rは層間変形を柱全長 $h(360\text{mm})$ で, R_o は開口内法高さ h_o で除している。図 - 7のN-No.1 ~ 7に開口内法柱N-No.7を, N-No.9にはN-No.9の計算による曲げ降伏時せん断力を水平の破線で示す。

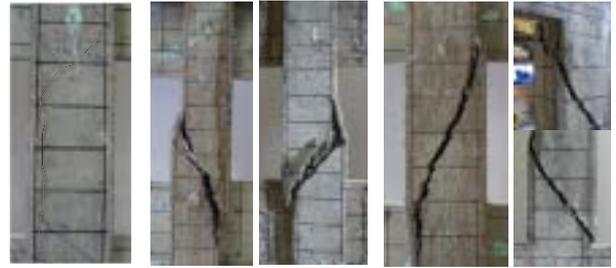
3.1 Nシリーズ (Fc18.5 ~ 18.8シリーズ)

(1) N-No.1(腰壁・たれ壁：中心接合)

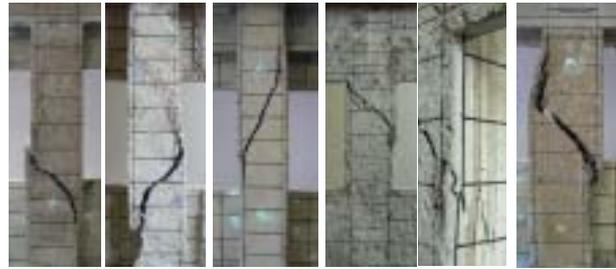
+3サイクルのピークで曲げ降伏した。-3サイクルで柱脚に, +4サイクルで柱頭・柱脚にせん断ひび割れが生じた。+5サイクルのピークで柱頭のせん断ひび割れから, 主筋に沿って付着割裂ひび割れが生じ, 拡大した。これにより耐力が低下し, 変形が急増して終局変形が決定した。

(2) N-No.2(腰壁・たれ壁：中心接合と偏心接合の中間)

-3サイクルのピーク直前で柱脚にせん断ひび割れが生じ, 急激な荷重低下を生じてせん断破壊した。せん断ひび割れは, 壁が柱せい面に寄っている面(以後, 裏面)では開口端から内法区間側に生じ, 壁が寄っていない面(以後, 表面)では腰壁の範囲内に進展した。表面と裏面でせん断ひび割れの性



表面 裏面
N-No.1 N-No.2 N-No.3



表面 裏面 表面 裏面 表面
N-No.4 N-No.5 N-No.6



表面 表面 表面 表面
N-No.7 N-No.8(H)-1 N-No.8(H)-2 N-No.9

写真 - 1 Nシリーズの最終破壊状況

状が異なり偏心接合の影響が生じた。正負の最大荷重は計算による曲げ降伏時せん断力に近づき, -3サイクルのピーク時で曲げ降伏する直前にせん断破壊したと判断できる。

(3) N-No.3(腰壁・たれ壁：偏心接合)

+3サイクルで対角せん断ひび割れが生じ, 急激な荷重低下を生じてせん断破壊した。せん断破壊により最大荷重が決定した。対角せん断ひび割れは裏面では開口内法区間にとどまったが, 表面では上下の壁の範囲内まで達した。最大荷重は+3サイクルのピークの荷重となった。

(4) N-No.4(腰壁：中心接合, 上梁付たれ壁：中心接合)

+4サイクルのピーク直前までの破壊状況はN-No.1とほぼ同じであった。-5サイクルで曲げ耐力が-4サイクルの耐力に対し低下した。+6サイクルで付着ひび割れが生じ, 荷重が低下し, 結果的に+5サイクルのピーク時で終局変形が決定した。-6サイクルで柱脚側のせん断ひび割れが拡大して急激に耐力低下を生じた。表面と裏面に破壊状況の差はなかった。

(5) N-No.5(腰壁：偏心接合, 上梁付たれ壁：偏心接合)

+2サイクルのピーク直前で柱頭にせん断ひび割れが生じ, 荷重が急激に低下し, せん断破壊した。破壊経過と状況はN-No.3とほぼ同様であったが, 本試験体は柱頭側がせん断破壊した。

(6) N-No.6(腰壁：中心接合, 柱幅の上梁)

-3サイクルで柱脚がせん断破壊して荷重が急激に低下した。反曲点は柱中央高さであり, ひび割れの性状は反曲点

より下はN-No.1と同じで、上はN-No.7と同じであった。

(7) N-No.7(開口内法柱,ho:140mm,柱主筋:普通強度)
+4サイクル(+3サイクルのピーク近く)で付着割裂ひび割れが多数発生し,変形が急増した。-4サイクルで付着割裂ひび割れがさらに生じて変形が急増し,柱頭・柱脚にせん断破壊が生じた。±4サイクルの繰り返し加力により付着割裂破壊し,結果的に±3サイクルのピーク時の荷重が最大荷重になった。

(8) N-No.8(H)(開口内法柱,ho:140mm,柱主筋:高強度)
繰り返し加力による付着破壊を回避するために一方向加力を行った。しかし,2体とも最大荷重直前に柱頭・柱脚にせん断ひび割れが生じたが付着割裂破壊により耐力が決定した。N-No.8(H)-1では最終変形角で対角せん断ひび割れが生じたが,N-No.8(H)-2ではその変形より小さい変形で除荷したため生じなかった。最大荷重は,N-No.8(H)-1で13.39kN,N-No.8(H)-2で14.17kNとなり,No.1~No.6を対象した開口内法柱No.7のせん断耐力は14.17kN以上と判断できる。

(9) N-No.9(開口内法柱,ho:154mm,柱主筋:普通強度)
開口内法長さを154mmにして曲げ降伏時せん断力をN-No.1に近づけたため,曲げ降伏して+5サイクルのピーク時まで曲げ降伏時せん断力を維持できた。-5サイクルで柱頭側にせん断破壊が生じた。N-No.7と同様に±3サイクルで柱頭・柱脚にせん断ひび割れは生じていた。

3.2 Lシリーズ(Fc11.4~12.6シリーズ)

最大荷重に関する破壊状況だけを述べる。全試験体とも

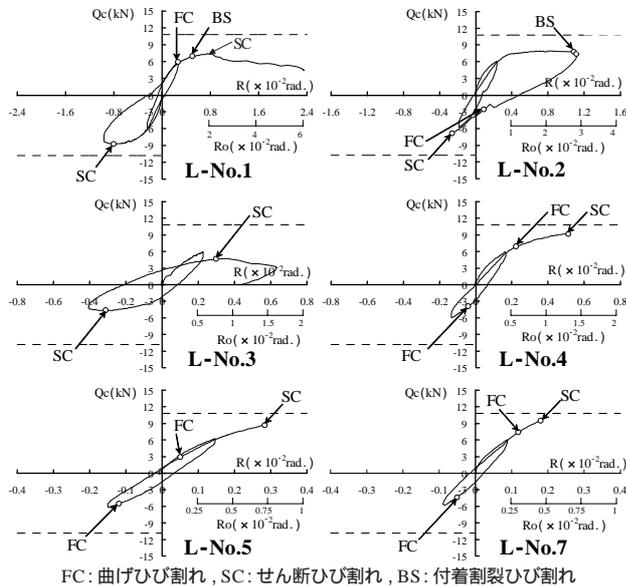


図 - 8 Lシリーズの水平荷重 - 変形角関係

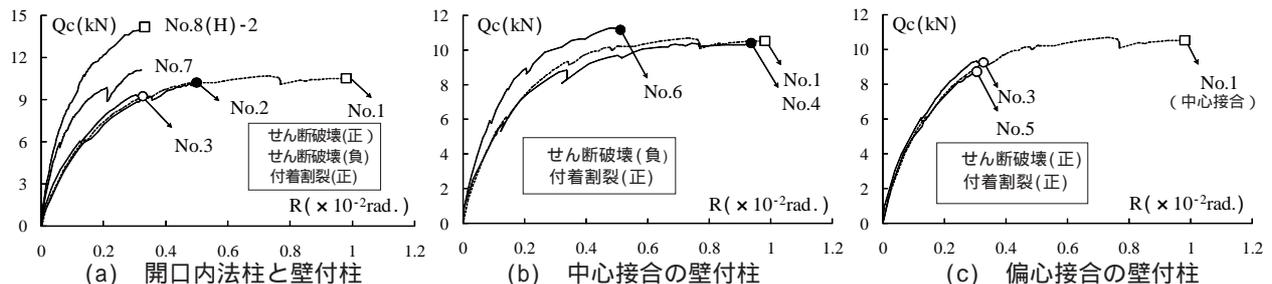


図 - 9 Nシリーズの水平荷重 - 変形角関係の正加力側包絡線の比較

せん断破壊した。L-No.1, No.3, No.4は柱脚側にせん断破壊が生じ,L-No.2, No.5, No.7は対角せん断破壊が生じた。L-No.2は,最大荷重後,荷重がほぼ一定で剛性低下が生じた。

4. 壁の接合状況の影響

Nシリーズの荷重 - 変形角関係を基に壁の接合位置や上梁が剛性・耐力および荷重 - 変形角関係に及ぼす影響について述べる。図 - 9に荷重 - 変形角関係の正加力側の包絡線を比較して示す。耐力がせん断破壊で決定した場合は,付着割裂で決定した場合は,白塗り記号は正加力側で,黒塗り記号は負加力側で耐力が決定したことを意味する。

4.1 壁の接合位置の影響

図 - 9(a)に開口内法柱と壁付柱を比較して示す。曲げ降伏した壁付柱No.1の最大荷重は,曲げ降伏した開口内法柱No.7に対して6.6%小さくなった。この理由は壁付柱では柱の上下のヒンジが壁高さの範囲内に位置するためである。

せん断破壊により最大荷重が決定したNo.2, No.3は,高強度鉄筋を用いて付着破壊した開口内法柱No.8(H)-2に対し,最大荷重がそれぞれ72%, 66%となり,壁付柱のせん断耐力は開口内法柱のせん断耐力より小さくなる事が確認できる。曲げ降伏したNo.1のせん断耐力は,開口内法柱のせん断耐力より小さくなるが,壁が偏心接合したNo.2, No.3ほどは小さくならず, No.1の曲げ降伏時せん断力よりも大きいことになる。壁の接合位置が中心接合から偏心接合に変化するにつれて壁付柱のせん断耐力は低下することが確認できる。この低下するメカニズムは文献2)と3)を参照されたい。

No.2, No.3の荷重 - 変形角関係は,曲げ降伏したNo.1の荷重 - 変形角関係をほぼ辿っており,壁の接合位置だけが異なる場合,壁が中心接合された場合の荷重 - 変形角関係で近似できる事が確認できる。一方,開口内法柱No.7, No.8(H)-2と比較すると壁付柱No.1, No.2, No.3の曲げ降伏までの剛性がかなり小さくなっている。壁付柱では壁が接する柱の区間(以後,壁区間)で変形が生じることが原因であり,壁付柱では壁区間の変形を考慮する必要がある。

4.2 梁の影響

図 - 9(b)に壁が中心接合されたNo.1, No.4, No.6を比較して示す。No.1とたれ壁に上梁が設けられたNo.4を比較すると,荷重 - 変形角関係の剛性,最大荷重,破壊形式および降伏後の終局変形角はほぼ同じで,上梁はほとんど影響を与えていない。また図 - 9(c)に壁が偏心接合されたNo.3とた

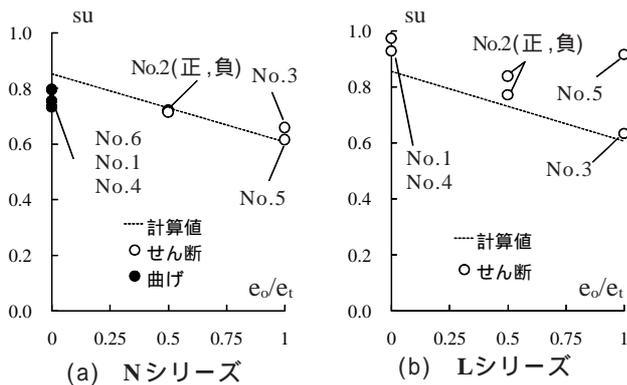


図 - 10 せん断耐力の低下率の実験値と計算値の比較

れ壁に上梁が設けられたNo.5を比較して示す。両者ともせん断破壊により最大荷重が決定している。せん断耐力に多少の差が生じているが、せん断耐力のばらつきを考慮すると、その耐力の差は無視できる。

しかし、図 - 9(b)でたれ壁の厚さを柱幅としたNo.6とNo.1を比較すると、No.6は曲げ降伏までの荷重 - 変形角関係の剛性が大きい。この原因はたれ壁の壁厚が柱幅まで大きくなり、たれ壁側の壁区間の柱変形がNo.1に較べて小さくなったためである。また最大荷重も大きい。これもたれ壁の壁厚が柱幅になり、柱頭の降伏ヒンジが開口端に位置したためである。

以上のことから、今回、設けた上梁の寸法比であれば、その影響を無視できるが、No.6のようにたれ壁の厚さを柱幅とするような梁を設けると、それを考慮する必要がある。

5. せん断耐力の低下率の評価

5.1 壁の接合位置を考慮する場合

前述したように壁付柱のせん断耐力は開口内法柱のせん断耐力より低下する。文献2),3)では開口内法柱のせん断耐力に対する、壁付柱のせん断耐力の比をせん断耐力の低下率 su (以後、低下率)と定義し、その評価式を提案している。そこでは壁が中心接合される場合(図 - 1のNo.1)の低下率の式(1)と、壁側面と柱せい面が一致する形状の偏心接合の場合(図 - 1のNo.3)の低下率の式(2)の評価式を提案している。文献4)ではそれらの中間的な位置の場合(図 - 1のNo.2)は、位置に応じて直線補間して評価した式(3)を提案している。これらの式は力学モデルと実験結果に基づく半理論式である。壁付柱のせん断耐力 Q_{su} は、式(4)のように開口内法柱のせん断耐力 Q_{suo} に壁厚や接合位置を考慮する低下率 su を乗じて評価する。

$$su_c = 1 - (1 - t/B)^2 / (4 \cdot \tan \alpha \cdot \cot \alpha) \quad (1)$$

$$su_t = 1 / \{ 1 + 0.5e / (Kt \cdot D) \} \quad (2)$$

$$su = su_c - (su_c - su_t) \cdot eo / et \quad (3)$$

$$Q_{su} = su \cdot Q_{suo} \quad (4)$$

ここに、 su_c : 壁が中心接合される場合の低下率

su_t : 壁側面が柱せい面に一致して最も偏心接合される場合の低下率

eo : 柱芯と壁芯の偏心距離

et : 最も柱面側に偏心接合される場合の柱芯と壁芯の偏心距離

Q_{suo} : 開口内法柱のせん断耐力

その他の記号は文献2),3)を参照されたい。

ここでは開口内法柱のせん断耐力にN-No.8(H)-2の最大荷重である14.17kNを用い、これに対する壁付試験体の最大荷重の比を低下率の実験値として整理する。

Nシリーズの結果を図 - 10(a)に示す。は最大荷重がせん断耐力により決定した試験体、は曲げ耐力により決定した試験体を意味する。N-No.1, No.2, No.3に対して式(3)により計算した値を繋いだ線を、点線で示す。偏心接合のN-No.3, No.5とも低下率の実験値は計算値に近い。また偏心接合と中心接合の中間位置に壁を接合したN-No.2の低下率の実験値も計算値とほぼ一致している。当然、曲げ降伏した中心接合のN-No.1, No.4, No.6のせん断耐力は最大荷重より大きいため、図中の の低下率の実験値は計算値より小さくなる。これは図 - 10(a)の結果と対応している。

図 - 10(b)にLシリーズを示す。開口内法柱のせん断耐力はL-No.7の最大荷重(9.50kN)とした。L-No.5を除き、Nシリーズと同様に計算値は実験値をほぼ近似している。偏心距離が中心接合から偏心接合へ大きくなるにつれて低下率は小さくなるという傾向は、実験値も計算値と同様に見られる。

以上より低下率は式(3)により近似できることが確認できる。

5.2 梁を考慮する場合

4.2節で前述したように、たれ壁に一般的な寸法比の梁を設けてもほとんど力学的特性に影響を与えない。しかし、梁の寸法によっては変化する。ここではたれ壁に梁を考慮する場合の低下率を近似する方法を提案する。

図 - 11(a), (b)のようにまず上下に梁が設けられた柱1を想定し、その低下率 su_1 を求める。つぎに梁がない腰壁・たれ壁付柱2の低下率 su_2 を求める。これらの平均値がたれ壁だけに上梁を設けた柱の低下率 su に近いものとして式(5)で近似する。柱2の低下率 su_2 については式(1)または、式(2)を適用できるが、柱1には適用できない。柱1の低下率はつぎのように近似する。壁厚が梁幅と等しい腰壁・たれ壁付柱3の低下率 su_3 を算出する。柱1の低下率は、柱1において壁高さ hw に対する梁せい Db の比 Db/hw が0.0であれば柱2の低下率 su_2 になり、 Db/hw が1.0であれば柱3の低下率 su_3 になる。 Db/hw が0.0から1.0の間は Db/hw を変数とする直線補間により近似することにして式(6)で近似する。この式(6)を式(5)に代入すると、最終的にNo.4とNo.5の低下率 su は式(7)で表される。

$$su = (su_1 + su_2) / 2 \quad (5)$$

$$su_1 = su_2 + (su_3 - su_2) \cdot Db/hw \quad (6)$$

$$su = su_2 + 0.5(su_3 - su_2) \cdot Db/hw \quad (7)$$

ここに、 Db : 上梁のせい、 hw : たれ壁の高さ

su_2 : 図 - 11の柱2の低下率で式(1)または(2)で算出

su_3 : 図 - 11中の柱3の低下率で式(2)で算出

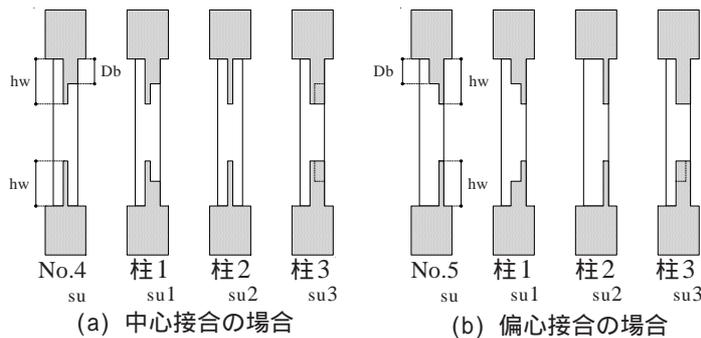


図 - 11 たれ壁に梁を考慮する場合に想定する柱と低下率

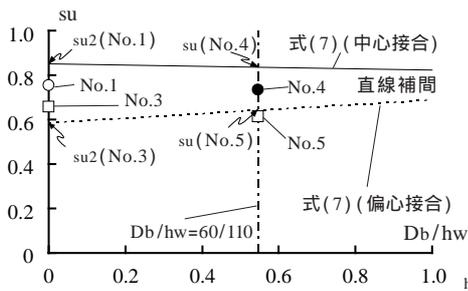


図 - 12 式(7)による $su - Db/hw$ 関係および実験値との比較

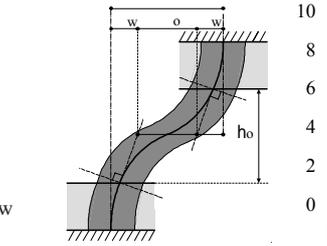


図 - 14 壁区間の変形成分
 ho : 開口内法長さ, o : 腰壁・たれ壁付柱の変形
 w : 開口内法区間の変形, w : 壁区間の変形

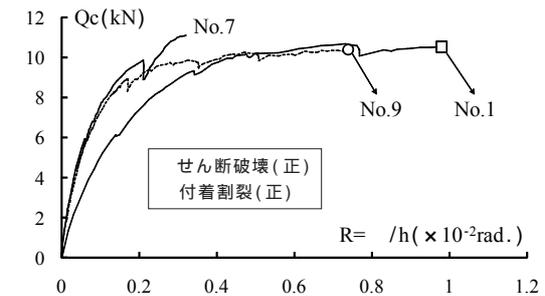


図 - 13 曲げ降伏した荷重 - 変形角関係の包絡線

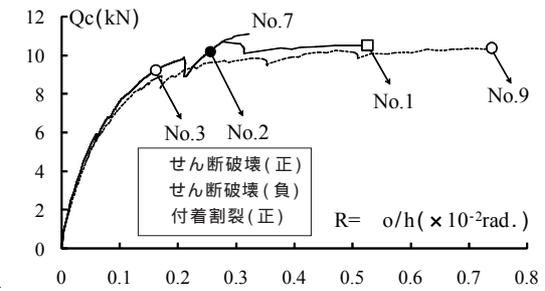


図 - 15 開口内法区間のせん断力 - 変形角成分関係の包絡線の比較

No.4, No.5 で Db/hw を変化させた場合の式(7)による N シリーズの $su - Db/hw$ 関係を図 - 12 に示す。No.4, No.5 は Db/hw が $60/110$ である。この値を図中に縦の一点鎖線で示す。壁が中心接合のNo.1, No.4を, 偏心接合のNo.3, No.5を で示す。白塗りの記号は正加力側で、黒塗りの記号は負加力側で耐力が決定したことを意味する。計算による No.4, No.5 の su は、梁を無視した su_2 (横軸 Db/hw が零に該当する su) に対してそれぞれ $0.98, 1.10$ となり、今回の寸法比の上梁はあまりせん断耐力を変化させない結果になる。これは図 - 9 (b) でNo.1 と上梁を設けたNo.4の曲げ降伏後の終局変形角がほぼ同じでことと 図 - 9 (c) でNo.3 と上梁を設けたNo.5のせん断耐力がほぼ同じであることと対応する。

6. 開口内法区間の変形成分と壁区間の変形成分

図 - 13に N シリーズのNo.1, No.7, No.9の荷重 - 変形角関係の包絡線を比較して示す。図中の記号は図 - 9と同じである。No.9は柱内法長さを 154mm にして曲げ降伏時せん断力をNo.7より低下させて中心接合のNo.1に近づけたものである。当然、No.9は柱の上下がスタブで支持されるため、せん断耐力がNo.1より大きく、せん断余裕度もNo.1より大きくなり、終局変形角も大きくなる。しかし、同図に観られるようにNo.9の終局変形角はNo.1より小さい。この原因は4.1節で述べたように腰壁・たれ壁付柱の変形には壁区間の変形が含まれているためである。図 - 14に示すように同じせん断力において、腰壁・たれ壁付柱の全体の変形から開口内法柱の変形を差し引くことにより、壁区間による変形成分を算出できる。開口内法区間のせん断力 - 変形関係をNo.7の関係とし、壁付柱試験体No.1, No.2, No.3について算出した開口内法区間のせん断力 - 変形成分角関係の包絡線を図 - 15に示す。同図のせん断力 -

変形角関係ではNo.9の終局変形角がNo.1より大きくなり、これは前述のせん断余裕度の増大に伴う終局変形角の増大の傾向を説明できる結果になる。

7. まとめ

- 腰壁・たれ壁付柱において、壁の接合位置が変化する場合やたれ壁に梁が設けられる場合の柱のせん断耐力や終局変形角の特徴を明らかにし、せん断耐力の評価方法を検討した。
- (1) せん断耐力は、開口内法柱より壁付柱の方が小さくなり、壁付柱では壁の接合位置が中心接合から偏心接合に変化するにつれて、せん断耐力は小さくなった。中心接合と偏心接合の間に壁が接合される柱のせん断耐力は、それら両者のせん断耐力の中間となり直線補間で近似できた。
 - (2) 曲げ降伏までの荷重 - 変形関係は壁の接合位置の影響を無視でき、中心接合の場合の荷重 - 変形関係で近似できる。壁付柱は壁区間の変形を考慮する必要がある。
 - (3) たれ壁に上梁が設けられる場合、一般的な寸法比の上梁であれば、上梁の影響を無視できる。また、たれ壁に上梁が設けられる場合の柱のせん断耐力の評価方法を提案した。

参考文献

- 1) 日本建築学会: 鉄筋コンクリート構造計算基準の改定について, パネルディスカッション資料 pp.55, 2008.9
- 2) 塩屋晋一, 當房和博: 腰壁・垂れ壁が中心接合されるRC柱のせん断耐力, 日本建築学会構造系論文集, 第619号, pp.145-156, 2007.9
- 3) 塩屋晋一, 町頭洋平, 吉留潤平: 壁梁が偏心接合されるRC柱のせん断特性, 日本建築学会構造系論文集, 第604号, pp.103-110, 2006.6
- 4) 渡辺達也, 塩屋晋一, 横山央宗: 曲げ降伏する腰壁・たれ壁付RC柱の終局変形に関する実験的研究, コンクリート工学年次論文集 Vol.30, No.3, pp.199-204, 2008.7