

論文 鉄筋コンクリート造コア壁における壁板の圧縮実験

島中 隆一*1・仲地 唯治*2

要旨：超高層建物において、コア部分をRC造連層耐震壁とした場合、高軸力下におけるコア壁の靱性の確保が必要である。センターコアを4組のL形断面コア壁とした場合、高圧縮領域となるL形隅角部及びその近傍のコンクリートの拘束がコア壁の靱性に大きな影響を及ぼすと考えられる。そこで、L形断面コア壁の隅角部及び壁板部分を模擬した部分試験体による中心圧縮実験および偏心圧縮実験を行い、拘束コンクリートの圧縮性状を検討した。その結果、壁横筋端部のフックがコンクリートの圧縮靱性改善に寄与している事が示された。また、閉鎖型拘束筋を配筋した場合における拘束領域の影響等が示された。

キーワード：鉄筋コンクリート、圧縮実験、コア壁、靱性

1. はじめに

超高層建物において、コア部分をRC造連層耐震壁とした場合、地震時にコア壁に大きな軸力が作用する。このため、高軸力下におけるコア壁の耐力及び、靱性の確保が必要である。センターコアを4組のL形断面のコア壁とした場合、斜め45度方向入力時に特に高軸力となり、高圧縮領域となるL形隅角部及びその近傍のコンクリートの拘束がコア壁の靱性に大きな影響を及ぼすと考えられる。本研究では、L形断面コア壁の隅角部及び壁板部分を模擬した部分試験体による中心圧縮実験及び、偏心圧縮実験を行い、圧縮靱性を検討した。

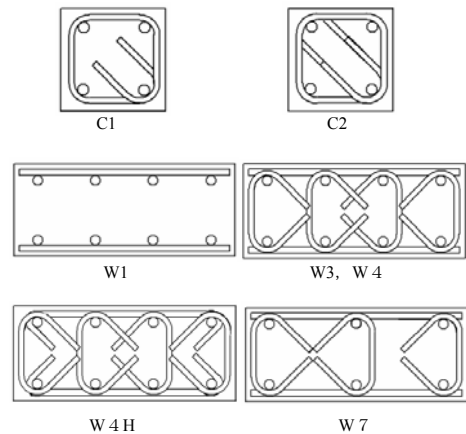


図-1 試験体配筋図

2. 中心圧縮実験

2.1 実験概要

試験体配筋図を図-1に、計測方法を図-2に、試験体一覧を表-1に、また、材料試験結果を表-2, 3に示す。試験体は、以前行われたFc60N/mm²シリーズ¹⁾の、隅角部を模擬した正方形断面試験体C0~C2、壁板部分を模擬した長方形断面試験体W0, 1, 4, 7に対して、コンクリート強度のみを42N/mm²、80N/mm²とした。

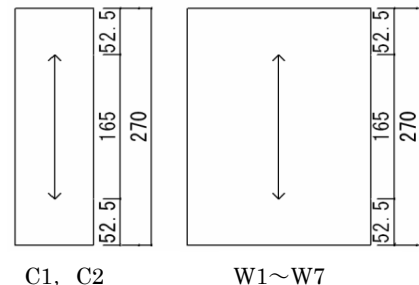


図-2 計測方法

表-1 試験体一覧

試験体	Fc (N/mm ²)	断面形状 (mm)	拘束筋 の強度	拘束筋 の形状	その他の 特徴
42C0	42	90 × 90	—	—	無筋
42C1		90 × 210	普通	フープ	—
42C2			普通・高	フープ	—
42W0			—	—	無筋
42W1			—	—	拘束筋なし
42W3			高	幅止め	—
42W4			高	幅止め	—
42W4H	80	90 × 210	高	幅止め	壁横筋フック
42W7			高	幅止め	主筋ピッチ大
80C0			—	—	無筋
80C1		90 × 210	普通	フープ	—
80C2			普通・高	フープ	—
80W0			—	—	無筋
80W1			—	—	拘束筋なし
80W4			高	幅止め	—
80W4H			高	幅止め	壁横筋フック
80W7			高	幅止め	主筋ピッチ大

表-2 コンクリートの材料試験結果

試験体	圧縮強度 (N/mm ²)	ヤング係数 (×10 ⁴ N/mm ²)	割壊強度 (N/mm ²)
Fc42シリーズ	45.9	2.65	5.14
Fc60シリーズ	62.8	3.49	3.61
Fc80シリーズ	80.7	3.54	5.93

表-3 鉄筋の材料試験結果

呼び名	降伏強度 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)	ヤング係数 (×10 ⁵ N/mm ²)	伸び (%)
D6	407	554	228	22.5
D10	387	586	205	24.8
U5. 1	1446	1456	203	11.3

*1 石黒建設株式会社 (正会員)

*2 福井工業大学 建設工学科建築工学専攻教授 博士(工学) (正会員)

42N/mm²に関してはさらにW3を加えた。

各試験体の壁横筋(D6)の高さ方向のピッチは 55mm, 拘束筋の高さ方向ピッチは, W4, W4H, W7 で 27.5mm, C1, C2, W3 で 55mm とした。また, 主筋(D10)のピッチは, 55mm とし, W7 のみ 82.5mm とした。80C2 は 80C1 に対し, 普通強度の拘束筋に高強度の拘束筋を重ねて配筋した。W4H は W4 に対し, 壁横筋端部をフック付とした。加力は, 2000kN 万能試験機による単調載荷とした。

検長は, 図-2 に示す検長で変位計による軸方向ひずみを (検長 165mm), また, ワイヤーストレインゲージにより拘束筋, 壁横筋のひずみを計測した。

2.2 実験結果

実験結果一覧を表-4 に示す。42C0~42C2 では拘束筋の増加に伴い, 最大応力, 最大荷重時ひずみが増大し, 普通強度鉄筋に高強度鉄筋を重ね合わせたC2 は, 特に大きな値となった。また, 長方形試験体では, 壁横筋端部にフック付の 42W4H の最大荷重時ひずみが特に大きい。80N/mm²においても, ほぼ同様の結果が得られた。

各試験体の応力-ひずみ関係を図-3 に示す。ただし, ここでは, 荷重を断面積で除した値である平均化応力を応力とする。

(a)に, 80C2, 42C2 に Fc60 シリーズの C2 試験体(60C2)を合わせて示す。コンクリート強度が高い 80C2 が最大応力以降の応力の低下の仕方が急で, 次いで, 60C2, 42

表-4 実験結果一覧

試験体	最大荷重	最大応力	最大荷重時ひずみ
	(kN)	(N/mm ²)	(%)
42C0	301.9	37.3	0.24
42C1	389.4	48.1	0.32
42C2	417.5	51.5	0.82
42W0	644.2	34.1	0.16
42W1	876.8	46.4	0.16
42W3	819.3	43.4	0.21
42W4	867.0	45.9	0.53
42W4H	1028.4	54.4	1.00
42W7	864.4	45.7	0.19
80C0	480.9	59.4	0.21
80C1	615.5	76.0	0.32
80C2	616.1	76.1	0.79
80W0	1166.9	61.7	0.48
80W1	1468.1	77.7	0.31
80W4	1343.3	71.1	0.47
80W4H	1586.4	83.9	1.14
80W7	1374.0	72.7	0.40

C2 の順であった。

(b)に, 80W4, 42W4 に Fc60 シリーズの W4 試験体(60W4)を合わせて示す。コンクリート強度の最も高い 80W4 が最大応力以降の低下の仕方

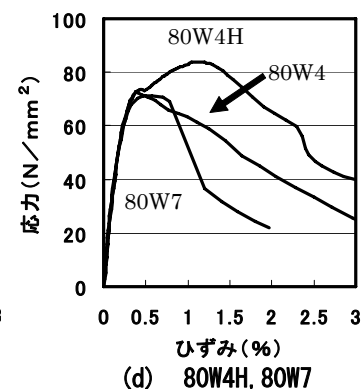
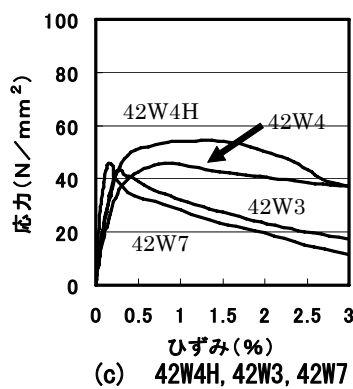
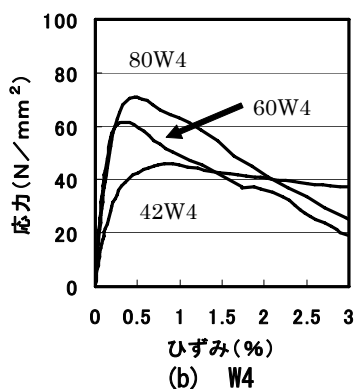
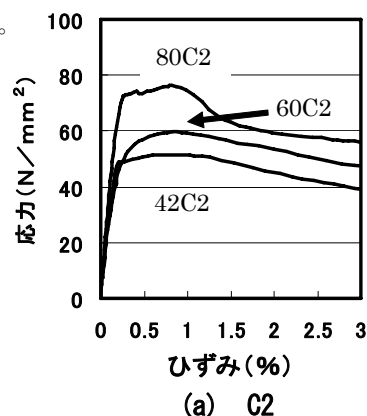
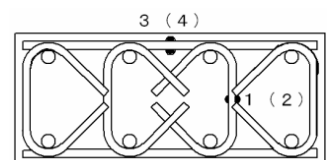
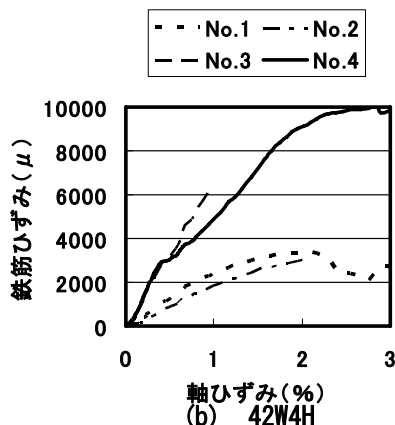
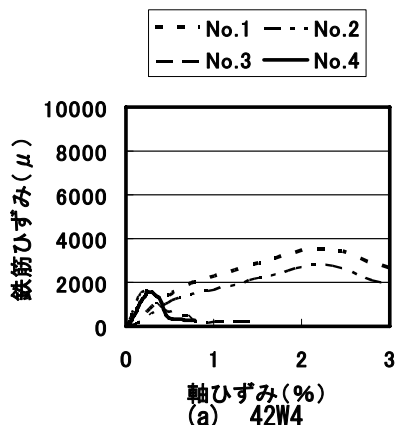


図-3 応力-ひずみ関係



1, 3 は中央高さの段に, 2, 4 は 1, 3 の 1 段上の部分

図-4 鉄筋ひずみ-軸ひずみ

表-5 試験体一覧

試験体	拘束筋の形状	偏心距離 e (mm)	その他の特徴
WE1-06	—	35	拘束筋なし
WE2-06	幅止め		—
WE3-06	幅止め		—
WE4-06	閉鎖型		—
WE5-06	閉鎖型		拘束筋ピッチ小
WE6-06	閉鎖型		—
WE7-06	閉鎖型		—
WE1-12	—	17.5	拘束筋なし
WE2-12	幅止め		—
WE3-12	幅止め		—
WE4-12	閉鎖型		—
WE5-12	閉鎖型		拘束筋ピッチ小
WE6-12	閉鎖型		—
WE7-12	閉鎖型		—

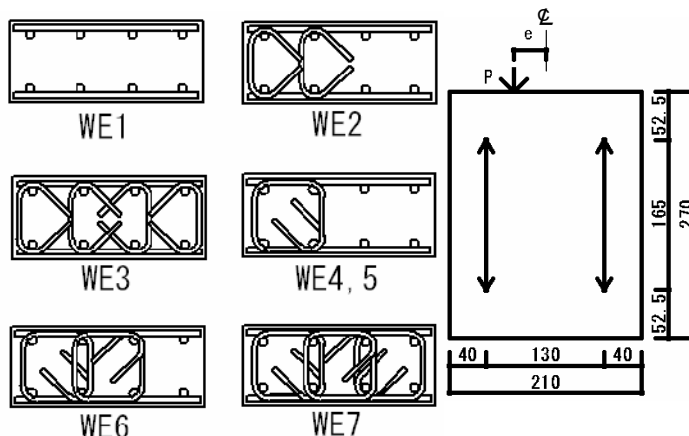


図-5 試験体配筋図

図-6 計測方法

が急で、次いで、60W4、42W4 の順で、C2 の場合と同様の結果となった。

(c)に、壁横筋端部にフックを付けた 42W4H、フックのない 42W4、拘束筋の高さ方向ピッチを他の試験体の 1/2 とした 42W3、主筋ピッチを他の試験体の 55mm に対して、82.5mm とした 42W7 を示す。フック付きの 42W4H の方が付いていない 42W4 に比べて、最大応力、最大荷重時ひずみ、最大荷重時以降の応力が大きなものとなった。これは、壁横筋をフック付きとすることによるコンクリート拘束効果がはたらいたためと考えられる。42W3 及び 42W7、特に 42W7 は、42W4 よりも拘束効果が減少していると考えられる。これは、水平方向の主筋ピッチ増大による破壊領域増大及び拘束筋体積比の減少によると考えられる。したがって、拘束筋のピッチについては、既往の研究に示される高さ方向のピッチだけではなく、水平方向の主筋ピッチについても、拘束効果算定において、考慮する必要があると考えられる。

(d)に、壁横筋端部にフックを付けた 80W4H、フックのない 80W4、主筋ピッチを他の試験体の 55mm に対して、82.5mm とした 80W7 を示す。図より、 $F_c 42\text{N/mm}^2$ の場合と同様、壁横筋端部をフック付きとすることによるコンクリート拘束効果がはたらいたと考えられる。主筋ピッチを広くした 80W7 においては、最大応力付近までは 80W4 とほぼ同様であるが、最大応力以降は、80W7 のほうが低下の仕方が急である。これは、(c)で示した $F_c 42\text{N/mm}^2$ の場合と同様、破壊領域の増大によると考えられる。

42W4 及び 42W4H の鉄筋ひずみー軸ひずみ関係を図-4 に示す。ゲージ 1、3 は試験体の中央高さの段に、ゲージ 2、4 はゲージ 1、3 の 1 段上の部分に取り付けた。また、ゲージ 1、2 は高強度拘束筋に、ゲージ 3、4 は普通強度の壁横筋に取り付けた。

(a)に、壁横筋端部にフックのない 42W4 の鉄筋ひずみー軸ひずみ関係を示す。高強度拘束筋のゲージ 1、2 が、

表-6 コンクリートの材料試験結果

試験体	圧縮強度	ヤング係数	割裂強度
	(N/mm^2)	(10^4N/mm^2)	(N/mm^2)
コンクリート	65.7	2.96	2.82

表-7 鉄筋の材料試験結果

呼び名	降伏強度 (N/mm^2)	引張強度 (N/mm^2)	ヤング係数 ($\times 10^5\text{N/mm}^2$)	伸び (%)
D6	378	563	1.94	24.3
D10	380	532	1.89	25.7
U5. 1	1467	1492	2.07	11.5

表-8 実験結果一覧

試験体	最大モーメント ($\text{kN}\cdot\text{m}$)	最大モーメント時曲率 ($\times 10^{-2}/\text{mm}$)
WE1-06	21.5	0.0027
WE2-06	26.5	0.0035
WE3-06	27.4	0.0029
WE4-06	27.4	0.0047
WE5-06	32.2	0.0081
WE6-06	26.8	0.0137
WE7-06	29.5	0.0267
WE1-12	15.8	0.0006
WE2-12	14.7	0.0024
WE3-12	13.5	0.0017
WE4-12	16.7	0.0044
WE5-12	16.4	0.0039
WE6-12	16.0	0.0092
WE7-12	17.3	0.0147

軸ひずみ 3%付近まで 2000μ 程度であるのに対し、普通強度の壁横筋のゲージ 3、4 は軸ひずみ 0.5%あたりで、ほぼ 0μ になっている。図-3(c)における 42W4 の応力ーひずみ関係において、軸ひずみ 0.5%以降に最大応力になることから、42W4 の壁横筋による拘束効果は、最大応力の上昇にほとんど寄与していないと考えられる。

(b)に、壁横筋端部にフックを付けた 42W4H の鉄筋ひずみー軸ひずみ関係を示す。高強度拘束筋のゲージ 1、2 のひずみは、(a)の 42W4 とほぼ同様の値であるが、普通強度の壁横筋のゲージ 3、4 は、42W4 と異なり、軸ひずみ 0.5%以降も増加し続けている。特にゲージ 4 は、軸ひずみ 2.5%あたりで 10000μ に達している。これはフック

により、断面長辺方向にも拘束効果がはたらく、このため、**図-3(c)**のように42W4より42W4Hの方が、圧縮靱性が大きいと考えられる。

なお、 $F_c 80 \text{ N/mm}^2$ で壁横筋にフックのない80W4とフック付きの80W4Hでも、鉄筋ひずみ-軸ひずみ関係は $F_c 42 \text{ N/mm}^2$ の場合と同様であった。そのため、**図-3(d)**に示されるように、80W4より80W4Hの方が、圧縮靱性が大きいと考えられる。

上記のように壁横筋端部のフックは壁板長辺方向の拘束効果を高めるのに極めて有効である。すなわち、せん断補強筋である壁横筋の端部定着としてのフックは、今回の圧縮実験と境界条件に近い、端部のコンクリートの圧縮靱性改善にも大きく寄与していると考えられる。

3. 偏心圧縮実験

3.1 実験概要

試験体の配筋図を**図-5**に、試験体一覧を表-5にそれぞれ示す。また、コンクリート及び鉄筋の材料試験結果を表-6、7にそれぞれ示す。試験体はコア壁試験体の壁板を模擬した長方形断面（90mm×210mm）で高さ270mmの試験体14体である。縦筋（主筋）、横筋には、それぞれD10(SD345)、D6(SD345)を用い、拘束筋には高強度鉄筋U5.1(1300N/mm²級)を用いた。試験体のかぶり厚さは5mmである。コンクリートは調合強度を60 N/mm²とした。試験体は実大の約1/8モデルである。

配筋はWE1～WE7の7種類とし、いずれも縦筋及び横筋のピッチは55mm、拘束筋の高さ方向ピッチについてはWE5を除いていずれも55mmとした。WE5の拘束筋については、標準の高さ方向ピッチの半分である27.5mmピッチの配筋とした。

加力は2000kN 万能試験機による単調載荷とし、上部にピン支承を取付け、**図-6**に示すように偏心距離 e の位置に載荷した。**図-6**に示す検長で変位計による軸ひずみを（検長165mm）、また、ワイヤーストレインゲ-

ジにより拘束筋、横筋、および主筋のひずみを計測した。ゲージ貼付位置は、閉鎖型拘束筋では一辺の中央、幅止め型拘束筋では試験体厚さ方向中央とした。

WE1～WE7のそれぞれの試験体に対して、中心から35mm及び17.5mmの2種類の偏心距離となる載荷方法とした。試験体名は偏心距離 e が35mm（ $e=D/6$ 、 $D=210\text{mm}$ ）の場合に-06をつけ、偏心距離 e が17.5mm（ $e=D/12$ ）の場合に-12をつける。コア壁が水平力を受けた時のコア壁脚部における圧縮領域は軸力レベルによって異なることから、異なる2種類の軸力レベルを想定して偏心距離を2種類設定した。偏心距離 e が35mmの場合は、17.5mmの場合に比べてより低い軸力レベルを想定している。

3.2 実験結果

(1) 最大モーメント及び最大モーメント時曲率

表-8に実験結果一覧を示す。表中の最大モーメントは、最大荷重 $P_{\max}$ と偏心距離 e の積である。また、曲率は**図-6**に示す左右の変位計から求めたひずみの差を、変位計間の距離で除する事により求めた。

最大モーメントは偏心距離35mmの場合、閉鎖型拘束筋を端部に配筋し、拘束筋量の多いWE5-06が特に大きい値となっており、次いで、閉鎖型拘束筋で全体拘束したWE7-06となっている。一方、偏心距離17.5mmの場合、閉鎖型拘束筋で全体拘束したWE7-12が他の試験体よりやや大きい

値となっているが、閉鎖型拘束筋を端部に配筋し、拘束筋量の多いWE5-12は特に大きい値とはなっていない。これは、偏心距離35mmの場合、

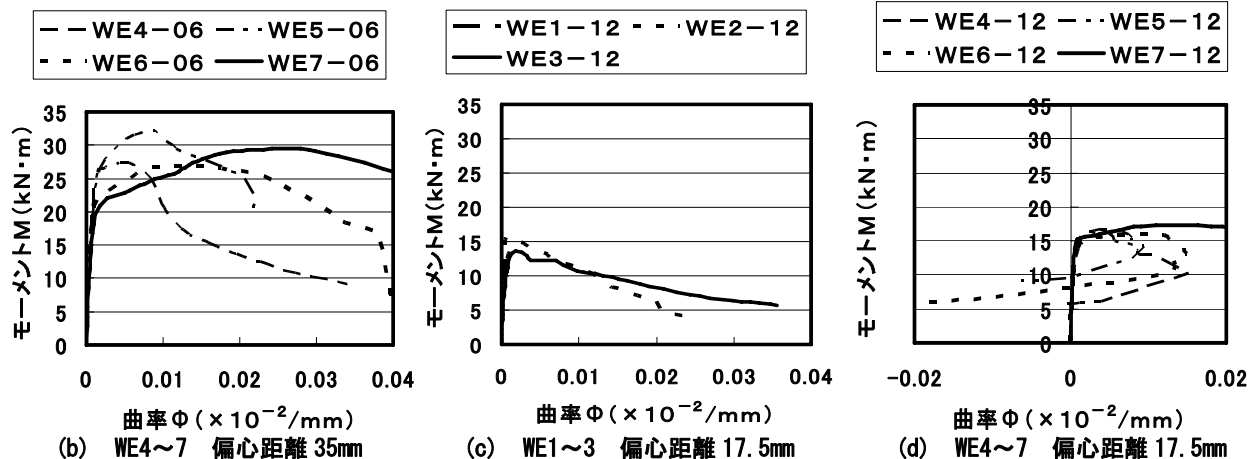


図-7 モーメント-曲率関係

載荷点が端部拘束部分に近く、端部拘束による拘束効果の影響が大きく、偏心距離 17.5mm の場合は載荷点がより中心に近く、端部拘束による拘束効果の影響がより小さくなったためと考えられる。

最大モーメント時曲率は偏心距離 35mm の場合、閉鎖型拘束筋で全体拘束した WE7-06 が特に大きな値で、拘束領域が次に大きい WE6-06 が 2 番目の値である。また、偏心距離 17.5mm の場合も同様に、閉鎖型拘束筋で全体拘束した WE7-12 が特に大きな値で、拘束領域が次に大きい WE6-12 が 2 番目の値である。最大モーメント時曲率は、偏心距離 35mm, 17.5mm いずれの場合も、閉鎖型拘束筋を配筋した場合において、拘束領域の広いものほど大きい傾向があると言える。

(2) 偏心距離 35mm におけるモーメントー曲率関係

各試験体のモーメントー曲率関係を図-7 に示す。

(a)に幅止め型拘束筋により端部拘束した WE2-06 と全体拘束した WE3-06 のモーメントー曲率関係を拘束筋なしの WE1-06 と合わせて示す。拘束筋を用いた場合は拘束筋なしの場合に比べて、最大モーメント、最大モーメント時の曲率が大きく、最大モーメント以降のモーメント低下が少ない。拘束領域の違いによるモーメントー曲率関係の差は、次に述べる閉鎖型拘束筋の場合と比較すると小さい。

(b)に閉鎖型拘束筋により端部拘束した WE4-06、全体拘束の WE7-06、両者の中間の拘束領域の WE6-06、WE4-06 に対して拘束筋の高さ方向ピッチを半分にして拘束筋量を 2 倍にした WE5-06 のモーメントー曲率関係をそれぞれ示す。高さ方向ピッチが同じで、拘束領域が異なる WE4-06、WE6-06、WE7-06 を比較すると、最大モーメントは全体拘束の場合が最も大きい。最大モーメント時の曲率は拘束領域が広いものほど大きい。最大モーメント以降のモーメント低下は拘束領域が広いものほど小さい。拘束領域の差によるモーメントー曲率関係の

差は幅止め型拘束筋の場合に比較して顕著である。また、拘束筋量の異なる WE4-06 と WE5-06 を比較すると、拘束筋量の多い WE5-06 の方が、最大モーメント、最大モーメント時の曲率が大きく、最大モーメント以降のモーメント低下が少ない。但し、WE4-06 が加力終了時まで曲率が増大し続けたのに対し、拘束筋量の多い WE5-06 は、モーメントが大きく低下していない段階で曲率が減少し始めた。この原因として、次の事が考えられる。すなわち、拘束筋量を 2 倍にした事により、端部拘束効果が特に大きくなったため、拘束コンクリートが大きな軸ひずみレベルまで高軸力を維持し、端部拘束領域に隣接する無拘束領域の部分も共に大きな軸歪レベルとなった。その結果、無拘束領域の負担できる圧縮力が急激に低下し、無拘束領域が先に圧壊し始めたと考えられる。同じ端部拘束の WE2-06 と WE4-06 で曲率の減少が生じなかったのは、大きな軸ひずみレベルまで WE5-06 ほどの高軸力を維持せず、端部拘束側の変形が進んだためと考えられる。

これまでに行われてきたコア壁の水平加力実験では、最終破壊の原因として、端部の拘束コンクリートの部位ではなく、その内側の拘束していない部分の破壊によるものがいくつか報告されているが、WE5-06 の実験結果はこの現象に対応するものと考えられる。したがって、コア壁の靱性確保のうえで、端部拘束は重要であるが、

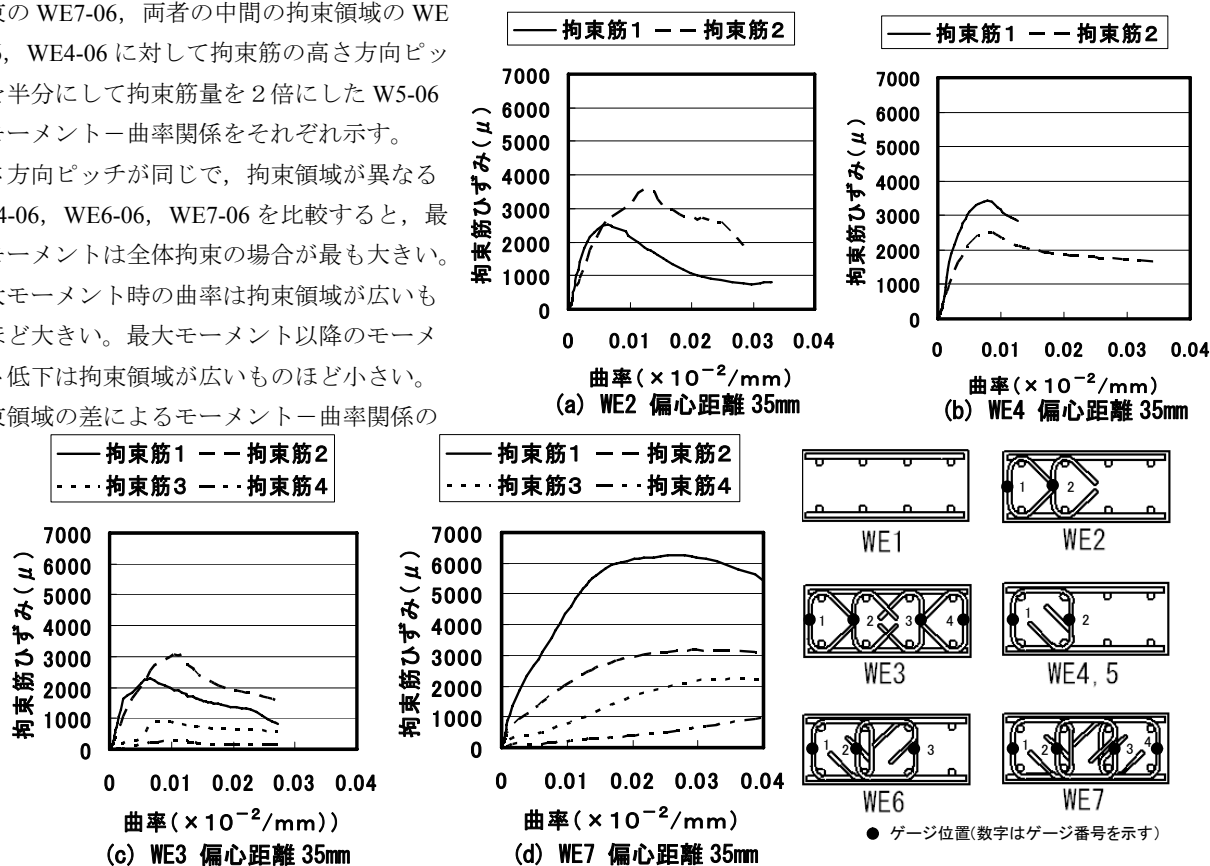


図-8 拘束筋ひずみー曲率関係

最端部のみの拘束では、軸力レベル等の条件によっては、拘束部位の破壊と共にコア壁の水平耐力が急激に低下する危険性があるといえるので注意を要する。

(3) 偏心距離 17.5mm におけるモーメントー曲率関係

(c)に幅止め型拘束筋により端部拘束した WE2-12 と全体拘束した WE3-12 のモーメントー曲率関係を拘束筋なしの WE1-12 と合わせて示す。拘束筋なしの WE1-12 は拘束筋を用いたものよりも最大モーメントがやや大きく、最大モーメントに達した直後に急激にモーメントが低下した。拘束領域の違いによるモーメントー曲率関係の差は、次に述べる閉鎖型拘束筋の場合に比べ小さい。

(d)に閉鎖型拘束筋により端部拘束した WE4-12、全体拘束の WE7-12、両者の中間の拘束領域の WE6-12、WE4-12 に対して拘束筋の高さ方向ピッチを半分にし、拘束筋量を 2 倍にした WE5-12 のモーメントー曲率関係を示す。全体拘束の WE7-12 は加力終了時まで曲率が増大し続けたのに対して、WE4-12、WE6-12 は最大モーメント以降、モーメントがある値まで低下した時、曲率が減少し始めた。これは、加力位置が中心に近いということから、拘束されていない無拘束領域にかかる負担の割合が、偏心距離 35mm の試験体よりも大きく、変形が進んだ時に負担できる圧縮力が大きく低下したことによると考えられる。拘束筋量の異なる WE4-12 と WE5-12 を比較すると、両者とも最大モーメント以降、曲率が減少し始めた。この原因として、WE5-06 に見られた無拘束領域の圧壊が偏心距離 17.5mm になる事により、WE4-12 にも見られたためと考えられる。

偏心距離 17.5mm のシリーズは、35mm に比べて、より高軸力のコア壁を想定している。したがって、高軸力のコア壁では、無拘束領域に加わる負担が大きく、低軸力の場合より、広い拘束領域が必要と考えられる。

(4) 拘束筋ひずみー曲率関係

偏心距離 35mm における WE2-06、WE3-06、WE4-06、WE7-06 の拘束筋ひずみー曲率関係を図-8 に示す。

(a)に端部拘束で幅止め型拘束筋を用いた WE2-06 の拘束筋歪ー曲率関係を示す。幅止め型拘束の場合、曲率の増大に伴い、破壊が内側へと進行した。すなわち、最端部拘束筋 1 は、最初の段階でコンクリートを拘束しているが、拘束コア内のコンクリートの破壊に伴って拘束力が弱まり、負担できる軸方向圧縮力が減少し、代わって一段内側の拘束筋 2 付近の拘束コンクリートが軸方向圧縮力を大きく負担していくようになると考えられる。

(b)に端部拘束で閉鎖型拘束筋を用いた WE4-06 の拘束筋歪ー曲率関係を示す。閉鎖型拘束の場合、幅止め型拘束のように拘束筋 1 の歪の減少に代わって拘束筋 2 の歪の方が大きくなるのではなく、拘束筋 1 とほぼ同じ曲率でピークを迎え、その後減少していく。これは、閉鎖型

拘束筋で囲まれた正方形領域の拘束コア内コンクリートの破壊により拘束筋 1 と拘束筋 2 の両方の拘束力が弱まるためと考えられる。

(c)に全体拘束で幅止め型拘束筋を用いた WE3-06 の拘束筋歪ー曲率関係を示す。端部拘束の WE2-06 と同様、拘束筋 1 から 2 へ拘束力の負担が移動している。

(d)に全体拘束で閉鎖型拘束筋を用いた WE7-06 の拘束筋歪ー曲率関係を示す。全体拘束の WE7-06 は、幅止め型拘束筋を用いた WE3-06 と比べて、拘束筋歪が全体的に大きく、最大ひずみ以降の低下も少ないことから、より大きな拘束力がはたらいたと考えられる。なお、偏心距離 17.5mm の場合は、閉鎖型拘束筋を用いた WE4-6 で曲率の減少が見られたが、閉鎖型拘束筋で全体拘束した WE7-12 では、曲率の減少が見られなかった。WE7-12 における右端の拘束筋 4 のひずみは、WE7-06 に比べ、大きかった。すなわち、右端の拘束筋による拘束力のため、曲率が減少しなかったと考えられる。

4. まとめ

- 1)長方形断面において、高強度ほど応力の低下の仕方が急で、一般に正方形断面で認められる傾向と一致した。
- 2)水平方向ピッチを広くする事で破壊領域増加、拘束筋体積比減少により、拘束効果が減少すると考えられる。
- 3)壁横筋端部のフックは端部定着のためだけでなく、端部コンクリートの圧縮靱性改善にも寄与している。
- 4)閉鎖型拘束筋を配筋した場合において、拘束領域の広い試験体ほど圧縮靱性が大きいと考えられる。
- 5)端部の拘束筋量を特に多くした試験体では、拘束領域よりも先に無拘束領域の破壊が見られた。
- 6)偏心距離 17.5mm とした場合には、35mm の場合よりも、無拘束領域の破壊により、曲率の減少が生じやすい。
- 7)幅止め型拘束の場合には、拘束コンクリートが端から順々に破壊していくのに対して、閉鎖型拘束の場合には、拘束筋で囲まれた領域がほぼ同時に破壊した。

謝辞

本研究を実施するにあたり、平成 19 年度福井工業大学特別研究費のご支援を頂きました。深く感謝します。

参考文献

- 1) 仲地唯治, 田畑健, 戸田哲雄: コア壁の靱性確保に関する実験的研究, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.17, No.2, pp.499-504, 1995
- 2) 畠中隆一, 仲地唯治: 鉄筋コンクリート造コア壁における壁板の中心圧縮実験, 日本建築学会学術講演梗概集, pp.167-168, 2006
- 3) 畠中隆一, 仲地唯治, 多賀新吉: 鉄筋コンクリート造コア壁における壁板の偏心圧縮実験(その 1 実験概要及び実験結果, その 2 実験結果の検討), 日本建築学会学術講演梗概集, pp.705-708, 2007