



引張ひずみを受ける鉄筋コンクリート部材のだぼ耐力に関する実験的研究

メタデータ	言語: jpn 出版者: 室蘭工業大学 公開日: 2017-03-23 キーワード (Ja): キーワード (En): Structure Experiment, Column, Tensile Strain, Dowel Strength, Reinforcement bar Pitch 作成者: 溝口, 光男, 花木, 健哉, 高瀬, 裕也 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10258/00009173

引張ひずみを受ける鉄筋コンクリート部材の だぼ耐力に関する実験的研究

溝口 光男^{*1}、花木 健哉^{*2}、高瀬 裕也^{*1}

Experimental study on Dowel Strength of Reinforced Concrete Member with Tensile Strain

Mitsuo MIZOGUCHI, Kenya HANAKI and Yuuya TAKASE

(原稿受付日 平成 28 年 11 月 10 日 論文受理日 平成 29 年 2 月 10 日)

Abstract

The destruction of the shear wall with the side column base deformed in the horizontal direction is assumed. The experiment of the reinforced concrete column having shear glide plane is conducted and the effects of main reinforcement pitch and hoop are examined on dowel strength in the case of using D13 as column main reinforcement. As a result, it is confirmed that the dowel strength subjected to tensile strain decreases compared to the strength subjected to no tensile strain. And it is showed that the main reinforcement pitch and hoop position influence the dowel strength subjected to tensile strain. We consider that the decrease of the dowel strength with main reinforcement subjected to tensile strain have relation to the bearing resistance of concrete.

Keywords : Structure Experiment, Column, Tensile Strain, Dowel Strength, Reinforcement bar Pitch

1 はじめに

高層建物内に配置される連層耐震壁は L 形やコ形などの立体壁の形状で配置されている場合が少なくない。このような立体の耐震壁の下層では、一般に水平力を受けると曲げの影響とともに他に直交する壁から境界応力を受け、水平力に対して圧縮側となる側柱に大きな引張力が作用し、側柱脚部が引張降伏以上に大きく伸びることがあると考えられる。筆者らは、これまでに側柱脚部に大きな伸びを与えた

*1 室蘭工業大学 暮らし環境系領域

*2 株式会社竹中工務店

平面壁やL形断面耐震壁の加力実験を行い、側柱脚部の伸びが大きくなるとせん断耐力は低下することを明らかにした^{1), 2), 3)}。このせん断耐力の低下した耐震壁では、側柱脚部は柱の水平ひび割れが水平方向にずれるような破壊状況となり、側柱主筋のだぼ作用が耐震壁のせん断抵抗に大きく影響していると考えられる。本研究では、せん断すべり面を有する鉄筋コンクリート柱の水平加力実験を行い、柱主筋が引張ひずみを受ける場合について、柱主筋のだぼ耐力に及ぼす柱主筋間隔および帯筋の影響について検討する。

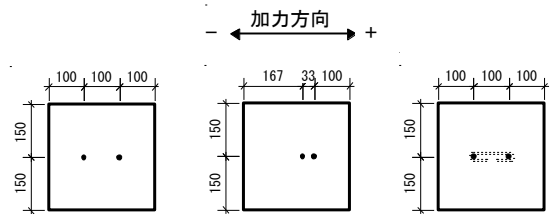
2 実験概要

2.1 試験体

試験体は上部と下部にそれぞれ加力梁と基礎梁を有する鉄筋コンクリート柱模型とし、柱上部と加力梁の接合面をせん断すべり面とした。試験体数は6体とし、試験体形状は全試験体共通とした。図-1に各部の寸法と配筋の一例として、加力方法のみを変化させた試験体 No.9 と No.12 の配筋を示す。試験体は表-1、図-2 に示すように、せん断すべり面を横切る主筋間隔およびせん断すべり面から一本目の帯筋有無をそれぞれ変化させて作製した。また、柱内法高さは400mm、柱断面は300×300mm角とした。せん断すべり面には、グリースを塗布した厚さ1mmのスチレンペーパーを配し、このスチレンペーパーを境に柱部と加力梁のコンクリートを打ち分け、骨材の噛み合いや摩擦による影響を除去した。柱の主筋はD13を使用し、最小間隔⁴⁾を満たすような間隔として配筋した。コンクリートは、早強ポルトランドセメントを用いた普通コンクリート（粗骨材の最大寸法：13mm）とし、設計基準強度は30N/mm²とした。コンクリートの性状は表-1に、鉄筋の性状は表-2にそれぞれ示す。

2.2 加力方法および計測方法

図-3に加力装置の立面図を示す。加力は3台のアクチュエータを図のように配置して行った。アクチュエータ1、2の加力は、加力梁と基礎梁の平行を保つように加力した。No.9、No.10、No.11の3体は、加力梁の自重がせん断すべり面に加わらないように、アクチュエータ1と2の荷重の合計値が加力梁の重量(約6kN)となるような加力とした。No.12、No.13、No.14の3体は、せん断すべり面



(a) No. 9, No. 12 (b) No. 10, No. 13 (c) No. 11, No. 14

図-2 せん断すべり面配筋図

表-1 試験体一覧

試験体	配筋		コンクリート性状		
	主筋間隔 (mm)	せん断すべり面から一本目の帯筋位置 (mm)	圧縮強度 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)	ヤング係数* (N/mm ²)
No. 9	100	100	30.4	3.26	20700
No. 10			30.7	3.40	20300
No. 11	33	100	32.8	3.87	20500
No. 12			32.5	3.77	21100
No. 13	100	10	30.5	3.72	20700
No. 14			31.0	3.79	21600

*最大応力度 σ_g の1/3の時の割線弾性係数

表-2 鉄筋の性状

種別	断面積* (mm ²)	降伏点 (N/mm ²)	引張強さ (N/mm ²)	ヤング係数 (N/mm ²)	降伏歪 ($\times 10^{-6}$)	備考
D19	286.5	576	2420			梁主筋・曲げ補強筋
D13	126.7	396	578	177000	2200	柱主筋
D10	71.3	127	584			あばら筋
D6	31.67	406	518	173000	4350	帯筋

*JIS G 3112

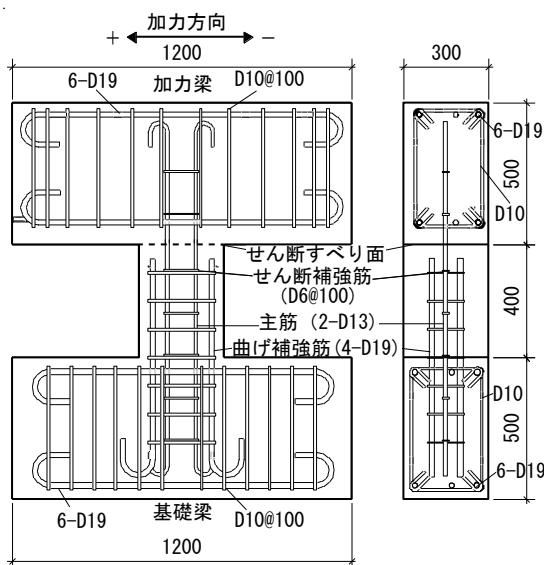


図-1 試験体概要 (No.9, No.12)

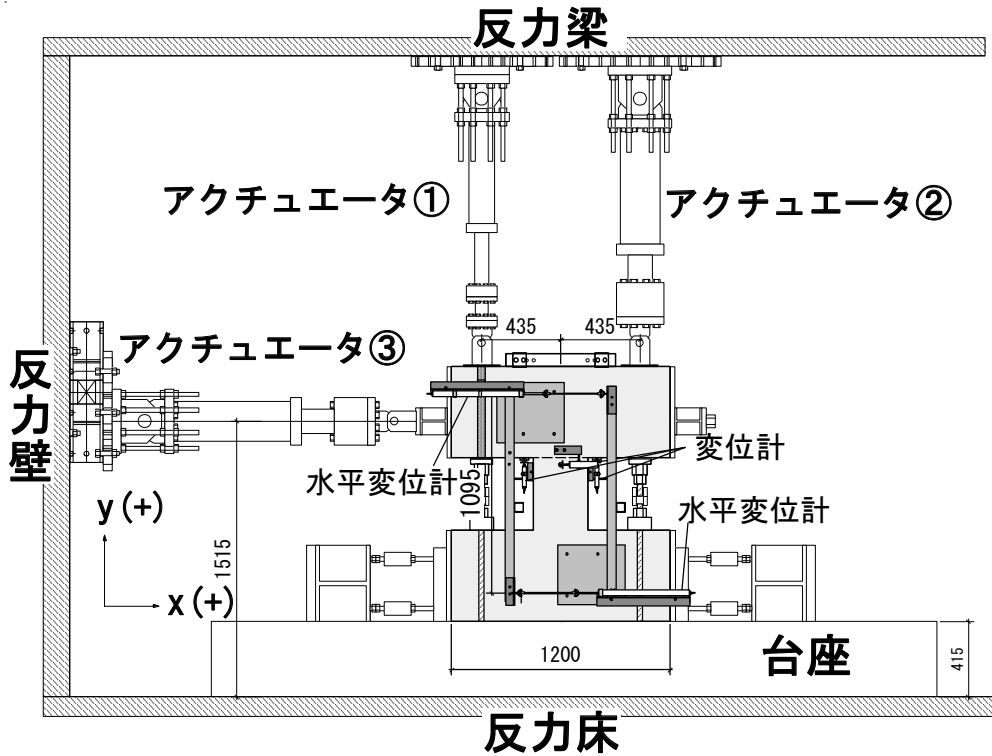


図-3 加力装置立面図

の目開きが主筋降伏時の目開きの4倍程度となるように加力した。アクチュエータ3の加力は、水平方向の変位漸増正負繰り返しとし、1、2、3サイクルでは基礎梁に対する加力梁の変位が各ピーク時で0.5mm、1mm、2mmとなるように加力し、4サイクル目の正加力で最大耐力を確認するまで加力することを原則とした。変位の計測は、加力梁と基礎梁の間の水平変位をデジタル変位計で計測し、せん断すべり面位置のすべり変位を歪ゲージ式変位計で直接計測した。荷重はすべてアクチュエータに組み込まれているロードセルにより計測した。主筋のひずみ度は、既往研究⁵⁾を参考にして、せん断すべり面から下方向の距離13mm(=d_b:鉄筋径)、52mm(=4d_b)、91mm(=7d_b)の位置と、上方向の距離13mm(=d_b)の位置の各位置に取り付けたワイヤーストレインゲージにより計測した。

3 実験結果

3.1 荷重-変形曲線

各試験体の荷重-すべり変形曲線を図-4に示す。図-4中の●印はだぼ耐力を示している。ここで、軸方向引張ひずみを与えていない試験体No.9、No.10、No.11の3体のだぼ耐力は、文献⁶⁾を参考として、せん断すべり面から上下13mmの位置の主筋すべてが降伏した点として定めた。また本研究では、軸方向引張ひずみを与えた試験体No.12、No.13、No.14の3体のだぼ耐力は、主筋降伏点では確認することができないため、それぞれ同配筋とした試験体No.9、No.10、No.11の3体のだぼ耐力時のすべり変位と同変位時の荷重として定めた。図-4をみると、No.13を除く試験体5体は、加力方法、配筋状態の違いにかかわらず、すべり変位2mm程度以降において、ほぼ直線的に荷重が上昇し続けた。軸方向引張ひずみを与えていない試験体No.9、No.10、No.11の3体は、主筋間隔や帯筋位置によらず、ほぼ同様の曲線形状を示し、主筋が降伏した後、荷重の増加が緩やかになっている。No.9を除く2体は、すべり変位1mm程度で主筋が降伏した。軸方向引張ひずみを与えた試験体No.12、No.13、No.14の3体では、荷重-すべり変形曲線は主筋間隔と帯筋の有無によって異なるものとなっている。せん断すべり面近くに帯筋が配されている試験体No.14の曲線は、他試験体の曲線と比べて荷重が小さくなっている。

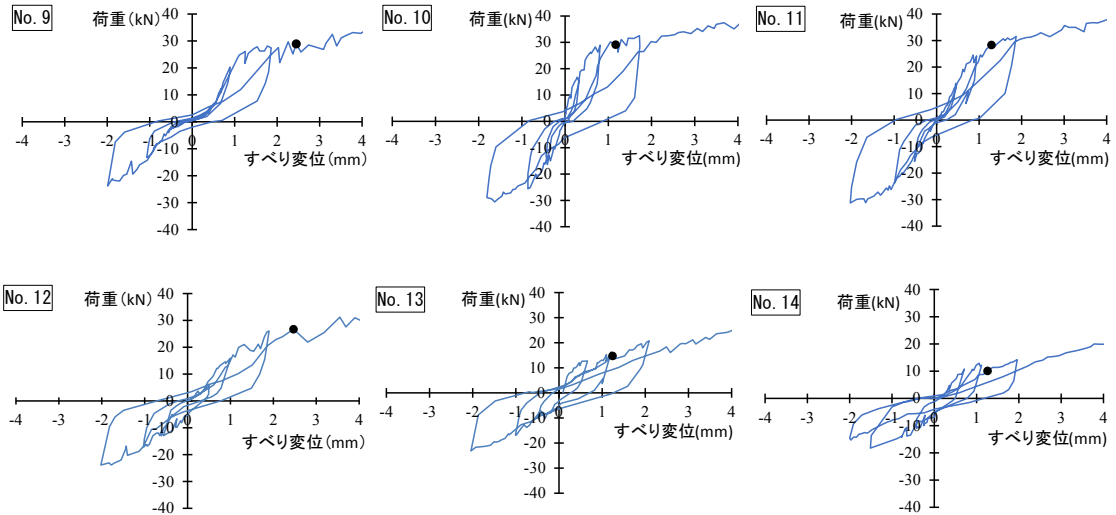


図-4 荷重－すべり変形曲線

3.2 だぼ耐力

各試験体のだぼ耐力実験値 Q_d とせん断すべり面のすべり変位 δ を昨年度の結果³⁾と併せて表-3に示す。表には、文献⁶⁾によるだぼ耐力計算値 V_d と計算値に対する実験値の比率も併せて示した。表中の計算値 V_d は下式で計算した値である。

$$V_d = 1.30d_b^2\sqrt{\sigma_B \cdot \sigma_y} \dots\dots\dots (1)$$

ここに、 d_b : 柱主筋直径(mm)、 σ_B : コンクリート圧縮強度(N/mm²)、 σ_y : 柱主筋降伏強度(N/mm²)
 上式は、鉄筋降伏時において、鉄筋のだぼ作用によって発生するコンクリート支圧応力がコンクリートの一軸圧縮強度の5倍であると仮定して導かれたものである。表をみると、引張ひずみを与えていない試験体 No.9、No.10、No.11 の3体の主筋降伏時のだぼ耐力 Q_d は、主筋間隔や帯筋位置による違いはみられず、計算値 V_d との比率が0.60程度となっており、実験値は計算値を大きく下回っている。このことから、だぼ耐力時において、コンクリート支圧応力がコンクリートの一軸圧縮強度の5倍にまでは至っていないことが考えられる。軸方向引張ひずみを与えた試験体 No.12、No.13、No.14 の3体の計算

表-3 だぼ耐力実験値

試験体名	実験値		計算値	比率	補正值			破壊型
	だぼ耐力 Q_d (kN)	すべり変位 δ (mm)	だぼ耐力 V_d (kN)		だぼ耐力 Q_d^* (kN)	コンクリート強度 σ_B (N/mm ²)	強度比 f^{**}	
No.9	28.9	2.45	48.2	0.60	28.9	30.4	1.00	降伏
No.10	29.1	1.17	50.1	0.58	27.0	32.8	1.08	降伏
No.11	28.3	1.29	48.3	0.59	28.2	30.5	1.00	降伏
No.12	26.8	2.47	48.4	0.55	26.5	30.7	1.01	-
No.13	14.7	1.24	49.8	0.29	13.8	32.5	1.07	-
No.14	10.2	1.29	48.7	0.21	10.0	31.0	1.02	-

* $Q_d^*=Q_d/f$ ** $f^*= \sigma_B / (\text{No.9の} \sigma_B)$

値に対する実験値の比率は、0.21～0.55 となり、主筋間隔および帯筋位置によるばらつきがみられる。図-5 にだぼ耐力実験値の補正值 Q_d' と主筋間隔／主筋径の関係を示す。ここで、 Q_d' は No.9 のコンクリート強度を基準として、各試験体のだぼ耐力実験値 Q_d を、No.9 に対する各試験体のコンクリート強度の比で除して求め、その値を表-3 に示した。図-5 をみると、軸方向引張ひずみを与えていない試験体では、 Q_d' は、No.9 で 28.9kN、No.10 で 27.0kN と主筋間隔／主筋径が小さくなると約 2kN 小さくなっているが、大きな違いはみられず、主筋本数 4 本の場合³⁾と異なる結果となっている。これは、本研究では、コンクリートに主筋に沿った割裂ひび割れは発生せず、主筋降伏が先行したためであると考えられる。軸方向引張ひずみを与えた試験体では、 Q_d' は、No.12 で 26.5kN、No.13 で 14.7kN と主筋間隔／主筋径が小さくなると約 12kN 小さく、No.12 に対する No.13 の Q_d' の比率は 0.55 程度となっており、軸方向引張ひずみを与えていない場合と異なる結果となった。図-6 にだぼ耐力実験値の補正值 Q_d' とせん断すべり面近くの帯筋の有無の関係を示す。図-6 をみると、 Q_d' は、No.9 で 28.9kN、No.11 で 28.2kN と主筋間隔／主筋径によらず同程度の値となり違いがみられない。軸方向引張ひずみを与えた試験体では、 Q_d' は、No.12 で 26.5kN、No.14 で 10.2kN とせん断すべり面近くに帯筋が配置されると約 16kN 小さく、No.12 に対する No.14 の Q_d' の比率は 0.38 程度となっており、軸方向引張ひずみを与えていない場合と異なる結果となった。柱主筋がせん断力と同時に軸方向引張ひずみを受ける場合、コンクリートには、主筋から鉛直上向きの力が作用しているため二軸応力状態となり、コンクリートの支圧強度は、引張ひずみを受けない場合に比べて低下することが一因と考えられる。また、主筋間隔が近くなると、主筋間のコンクリートは主筋 2 本の影響を受けることから支圧強度がさらに低下すると考えられる。帯筋がせん断すべり面の近くに配される場合、コンクリートは主筋と帯筋から鉛直上向きの力を受けると考えられ、支圧強度が大きく低下すると思われる。図-4 の荷重 - すべり変形曲線を見ると、降伏以上の軸引張ひずみを受ける主筋のだぼ作用による抵抗は、引張ひずみを受けない主筋の降伏後のだぼ作用による抵抗と似た挙動を示しており、コンクリートの支圧抵抗であると考えられることから、引張ひずみを受ける主筋のだぼ耐力は、引張ひずみを受けない主筋のだぼ耐力から支圧強度を低下させることで評価できるものと考えられる。今後、主筋が引張ひずみを受ける場合のコンクリートの支圧強度について、さらに検討が必要と考えている。

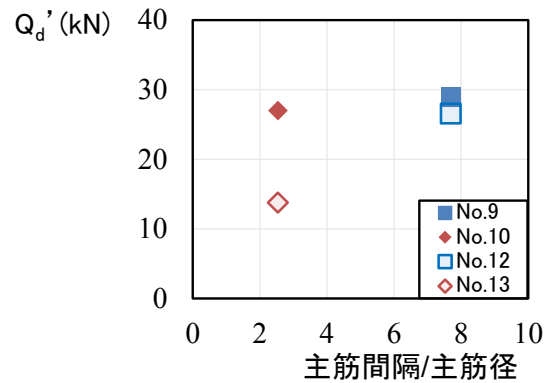


図-5 だぼ耐力と主筋間隔/主筋径の関係

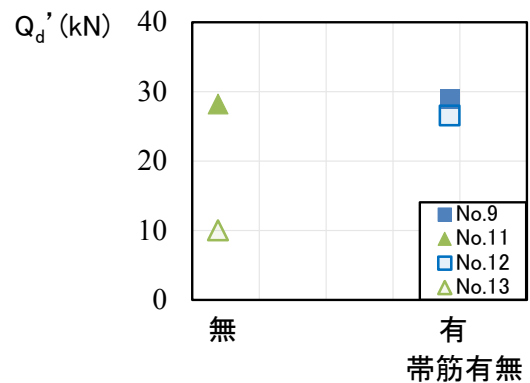


図-6 だぼ耐力と帯筋有無の関係

4 まとめ

せん断すべり面を有する鉄筋コンクリート柱を用いて、柱主筋間隔および帯筋の有無を変化させた実験を行い、引張ひずみを受ける主筋のだぼ耐力を検討した。引張ひずみを受ける鉄筋のだぼ耐力は、引張ひずみを受けない場合に比べて低下することを確認し、主筋間隔や帯筋位置の影響を大きく受けることを示した。この引張ひずみを受ける主筋のだぼ耐力の低下は、コンクリートの支圧抵抗の低下に関係

するものと考えられるが、この点についてはさらに検討したい。

謝辞

本論文を作成するにあたり、平成 26 年度学部卒業生の下井裕人氏と横田瑞峰氏には試験体の作成から実験データの整理まで、多大なるご協力をいただいた。ここに謝意を表します。

文献

- (1) 下川部皓紀, 溝口光男, 荒井康幸, 側柱が伸びた鉄筋コンクリート L 形断面耐震壁のせん断耐力, コンクリート工学年次論文集, vol. 35, no. 2, 2013.7, p. 415-420.
- (2) 花木健哉, 溝口光男, 荒井康幸, 下川部皓紀, 側柱が伸びた鉄筋コンクリート L 形断面耐震壁のせん断耐力に及ぼす帯筋比の影響, コンクリート工学年次論文集, vol. 36, no. 2, 2014.7, p. 319-324.
- (3) 花木健哉, 溝口光男, 鉄筋コンクリート部材のだぼ耐力に関する実験的研究, コンクリート工学年次論文集, vol. 37, no. 2, 2015.7, p. 175-180.
- (4) 日本建築学会, 鉄筋コンクリート構造計算基準・同解説, 1999.
- (5) Yoshiki Tanaka and Jun Murakoshi, Reexamination of Dowel Behavior of Steel Bars Embedded in Concrete, ACI Structural Journal, vol. 108, no. 6, 2011.11, p. 659-668.
- (6) E.N.Vintzeleou and T.P.Tassios, Mathematical models for dowel action under monotonic and cyclic condition, Magazine of Concrete Research, vol. 38, no. 134, 1986.3, p. 13-33.