

損傷低減を目的としたエネルギー吸収型 X 型配筋 RC 梁の開発

—その2 横拘束筋量をパラメーターとした検討—

正会員 ○五十嵐 泉*
同 島崎 和司**

RC 構造 損傷制御 耐震設計
X 型梁 付着

1. はじめに

鉄筋コンクリート造コアタイプの建物では、靱性に劣る短スパン梁が存在する。これを X 型配筋にすることにより、平行配筋と比べ、せん断耐力の上昇、せん断補強筋の減少、せん断破壊の防止、付着割裂破壊の防止、変形性能の向上などが期待できる。さらに、アンボンドとすることでひび割れ本数を低減できることを前報¹⁾にて示した。

本研究ではより修復性を高め、靱性を向上させるために横補強筋量をパラメーターとした実験を行い、その影響を比較検討する。

2. 実験概要

前報¹⁾と同様に、図 1 に示す 8 階建 CFT 構造の中心部分にコアを有する建物をプロトタイプ建物とした。コア部分を地震力に対する抵抗要素として RC 造耐力壁、外周フレーム部分を鉛直力が支配的な CFT 柱とした。この建物の、静的、動的解析により、試験体の鉄筋量、必要耐震性能(最大変形と繰り返し回数)を定めた。

試験体を、図 2、表 1 に示す。1/3 スケールで、梁断面が 200mm×400mm、内法寸法 1000mm は、前報と同じである。試験体 No.4,5 は、横補強筋量を靱性保証型耐震設計指針²⁾で、層間変形角 $R=1/50$ として算定したせん断補強筋量とし、ボンドの有無が異なる。No.6 は、No.5 と同じくアンボンドで、端部 1d 区間の横補強筋量をさらに追加したものである。

主筋は SD390 (降伏強度 459N/mm²)、横補強筋は SD295 (降伏強度 331N/mm²)とし、 $F_c=48\text{N/mm}^2$ (試験時 51N/mm²)とした。

加力サイクルは前報¹⁾と同様で、 $R=1/700-1$ 回、 $R=1/400-3$ 回、 $R=1/200-3$ 回、 $R=1/100-6$ 回、 $R=1/67-3$ 回、 $R=1/40-3$ 回とし、それ以降については各試験体の破損状況に応じて定める。加力装置を図 3 に示す。

3. 実験結果

各試験体とも $R=1/700$ のサイクルで、曲げひび割れが発生した。中央部のせん断ひび割れは No.4 が $R=1/400$ で、No.5 と No.6 は $1/100$ で発生した。 $R=1/100$ のひび割れ状況を前報¹⁾の No.1,2 と合わせて図 4 に示す。 $R=1/100$ における No.2、No.5、No.6 のひび割れ本数にあまり差はないが、No.5 の最大ひび割れ幅が 2.0mm に対して端部の横補強筋を増した No.6 の最大ひび割れ幅は 1.6mm でひび割れ幅は小さくなった。No.6 は $1/25$ まで大きなコンクリートの剥落は見られなかった。

各試験体の荷重-変形関係を図 5 に示す。 $R=1/40$ までは各試験体とも同じで、その後に横補強筋量によって差が生じている。No.6 においては $R=1/40$ の繰り返しによっても耐力の低

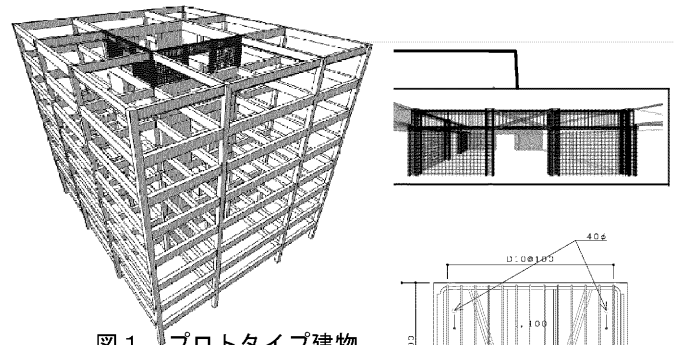


図 1 プロトタイプ建物

表 1 試験体一覧

試験体	No.4	No.5	No.6
断面			
b × D (mm)	200 × 400		
F_c (N/mm ²)	48		
主筋	平行筋	2-D16	
	X筋	4-D16	
横補強筋	2-D6 @100	2-D6 @100	2-D6 @100 端部@50
	X筋付着	有	無

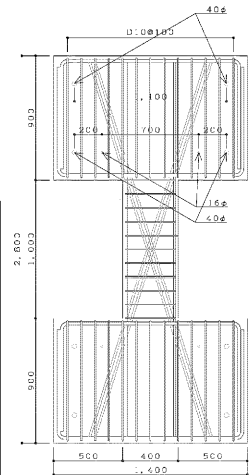


図 2 試験体配筋図

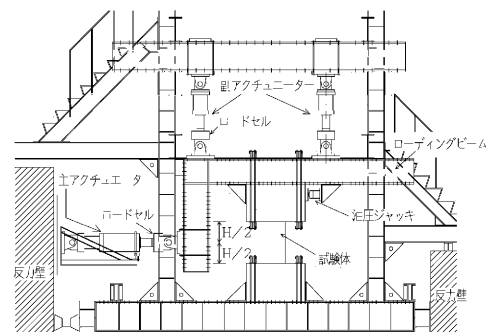


図 3 加力装置

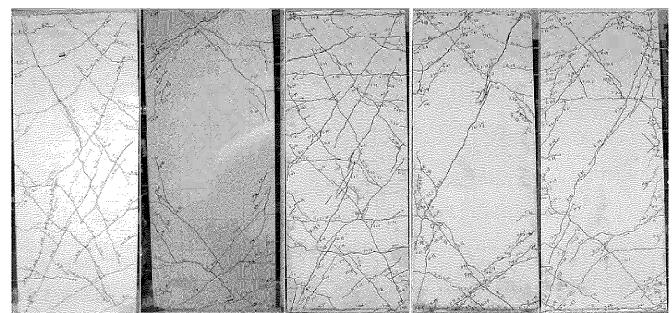


図 4 $R=1/100$ 時ひび割れ図

下がなく、R=1/25 の大変形まで耐力低下は見られない。

図 5 中に前報¹⁾の結果のアンボンド試験体であるNo.2 を含めた各実験の包絡線を示す。横補強筋の少ないNo.2 に比べて横補強筋を増加した No.4,5,6 は、剛性と耐力の上昇が見られる。同図中には平行配筋と X 型配筋を別々に算定して加え合わせた計算値を示す。平行配筋部分の降伏時の剛性低下率は以下の菅野短柱式による。

$$\alpha_y = (-0.08636 + 0.159 \cdot a/d)(d/D)^2$$

X 型筋は降伏強度まで線形で、降伏後は降伏強度を維持するバイリニアールと仮定した。図中の cal-2 の計算においては、圧縮側の X 型配筋 4 本で囲まれたコンクリート部分も圧縮ブレースとして耐力を受け持つとして算定した値である。鉄筋の材料強度は、鉄筋の実降伏点強度とした。今回の試験体は横補強筋が十分で、圧縮側のコンクリートを拘束し、曲げに対してコンクリートの余裕があると考えられるので cal-2 の方が適合性が高い。

図 6 に、横補強筋量によるアンボンド試験体の繰返し時の耐力低下と横補強筋量との関係を示す。層間変形角 R=1/67 の繰返しまでは耐力低下に対する横補強筋量の影響は少ないが、R=1/40 の繰返し時には、横補強筋量と相関が見られ、靱性保障型の算定式で求めた横補強筋量により、想定した変形能力が得られることがわかる。

図 7 は、No.5 試験体の X 型主筋と平行配筋主筋の各サイクルの最初のピークにおけるひずみ分布を示したものである。アンボンド X 型主筋では、圧縮、引張ともひずみがほとんど一定である。圧縮側のひずみは引張側に比べると少なく、平行配筋の圧縮ひずみと同程度となっている。図にはないが、ボンドされた X 型配筋の場合、圧縮ひずみが一様でなく、曲げの圧縮側では大きな圧縮ひずみとなっている。この違いにより、アンボンドの X 型配筋梁のほうが、引張側のみで降伏することになり、軸方向伸びの累積伸びが大きくなっている。

4. まとめ

本論は、地震時のエネルギー吸収能力に富み、損傷が低減され修復性が良好な部材の開発をめざし、アンボンド X 型配筋梁に関する実験的研究を行ったものである。横拘束筋を適量設置することにより、アンボンド X 型配筋梁がボンド X 型配筋梁と比較して、クラック数の低減という観点より優位であることが認められた。さらに、軸伸び防止の検討を行うことによって、アンボンド X 型配筋の性能向上につながると思われる。

本研究は、文部科学省学術フロンティア・横浜市産官学共同研究総合プロジェクト「地震・台風災害の制御・低減に関する研究 (TEDCOM)」(研究代表者：大熊武司) によるものである。

参考文献

1. 島崎和司、五十嵐泉、損傷低減を目的としたエネルギー吸収型 X 型配筋 RC 梁の開発、日本建築学会大会学術講演梗概集、C、日本建築学会、pp.305~306、2001
2. 日本建築学会、鉄筋コンクリート造建物の靱性保障型耐震設計指針・解説、日本建築学会、1999

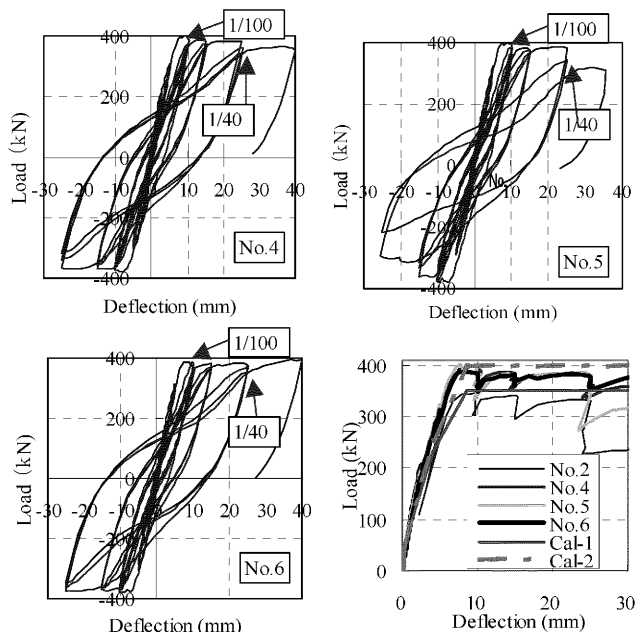
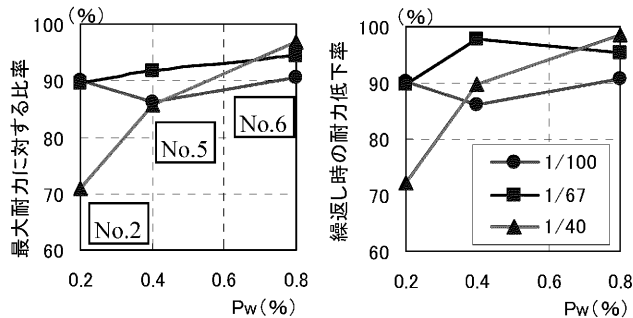


図 5 荷重—変形関係



(a) 最大耐力に対する繰返し (b) 同一変形での繰返し時の耐力低下

図 6 横補強筋量と繰返し時の耐力低下の関係

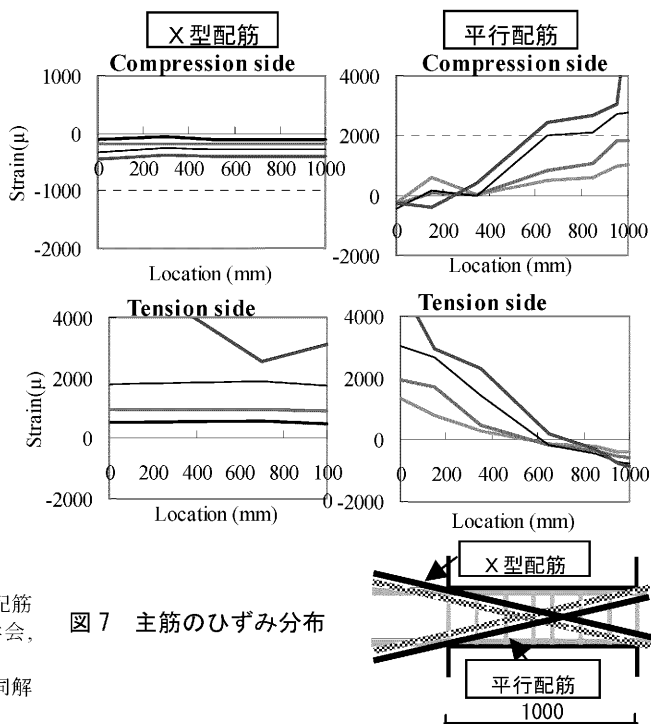


図 7 主筋のひずみ分布

* 神奈川大学工学部建築学科 主任技術員
 ** 神奈川大学工学部建築学科 助教授 博士(工学)

* Chief Technician, Kanagawa University
 ** Associate Prof., Kanagawa University, Dr. Eng.