

**X型配筋間柱タイプ制震装置の研究**  
—軸伸びを考慮した実験的検討—

正会員 〇 二宮 誠司<sup>\*1</sup>  
同 五十嵐 泉<sup>\*2</sup>  
同 島崎 和司<sup>\*3</sup>

X型配筋 間柱 軸伸び  
制震ダンパー

**1、はじめに**

近年、中高層の建物の増加にあたって、性能設計への指向や建築物に対する要求性能の高度化によって、RC部材の構造性能の向上と修復性能の良好さが重要視されるようになった。これまでに、アンボンドX型配筋を用い、部材端部にゴムを入れることで、エネルギー吸収能力や修復性に富んだ梁となる事を報告した<sup>1)</sup>。この構法を応用し、さらに軸伸びについて検討を行うことで、間柱タイプのRCダンパーとして、従来のRCダンパーと比べ低損傷かつ修復性の優れた、既存建物にも設置可能な制震装置としての利用が期待できる。

本研究では、間柱タイプ制震装置としての効果について、エネルギー吸収や修復性、耐力、変形、破壊性状などから評価、検討を行う。

**2、実験概要**

試験体は実寸大とし、柱断面 200mm×400mm、内法高さ 800mm の2体である。詳細を図1、表1に示す。コンクリート設計基準強度は 36N/mm<sup>2</sup> とし、間柱部分の上下端部に、水平変形時の幾何学的な軸伸びを吸収するために、断面積と同面積で厚さ 10mm のゴムを入れた。ゴム設置部分を写真1に示す。使用材料の機械的性質を表2に示す。

加力は図2に示す加力装置を用い、試験体に逆対称モーメントを与え、正負交番繰返し载荷を行う。軸力用反力フレームに取り付けた2台の副アクチュエーターは、No.1 試験体は軸方向の伸びを抑える加力をするように制御し、No.2 試験体は、軸方向の伸びを自由にしながらも両側の変位差を0に保つような加力をするように制御する。これは実際の構造物に用いた際に、上下階に挟まれ軸伸びを拘束された場合と、最上階等で荷重による軸力の影響を受けない場合を検討するためである。

加力サイクルは、変形角を増加させながら試験体部分の部材角 R=1/700 から R=1/40 のサイクルまで、3回ずつ正負交互に繰返し载荷を行う。R=1/100 のサイクルのみ6回の繰返しを行う。

**3、実験結果**

各試験体とも R=1/700 から R=1/200 までは、コンクリートとゴムの間に隙間が開くだけでひび割れの発生は見られなかった。No.1 試験体は R=1/100 サイクルで微細な

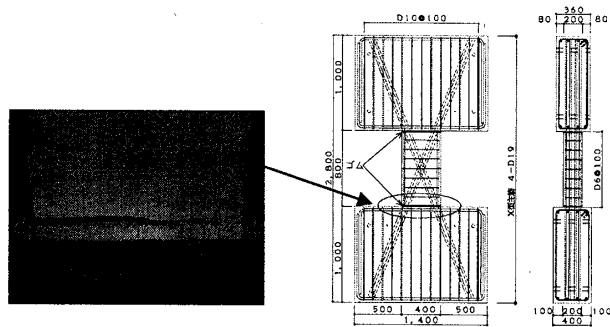


写真1 間柱下端部 図1 試験体概要

表1 試験体一覧

試験体		No. 1, 2
断面		
b × D (mm)		200 × 400
σ <sub>c</sub> (N/mm <sup>2</sup> )		40
X型筋	鉄筋	4-D19 De-bond
	σ <sub>y</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	393
横補強筋	鉄筋	2-D6@100
	σ <sub>y</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	359
	ρ <sub>v</sub> (%)	0.32
実施年度		2006

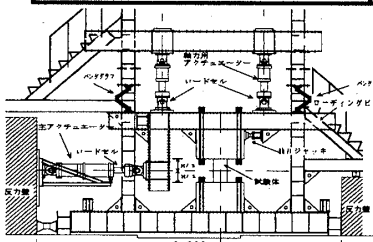


図2 加力装置

表2 材料の機械的性質

コンクリート強度 (N/mm <sup>2</sup> )	圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	ヤング係数 (N/mm <sup>2</sup> )
Fc=36	40	2.02 × 10 <sup>4</sup>
鉄筋	降伏強度 (N/mm <sup>2</sup> )	引張強度 (N/mm <sup>2</sup> )
D6 (SD345)	359	519
D10 (SD345)	392	593
D19 (SD345)	393	574

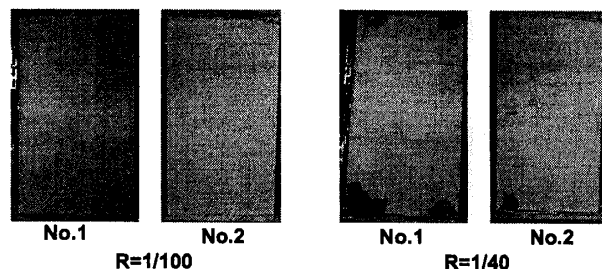


写真2 損傷状況

亀裂が入り始め、 $R=1/67$  サイクルで上側端部の表面が剥落し始めた。 $R=1/40$  サイクルまでに下側端部も剥落したが、せん断ひび割れは発生しなかった。 $R=1/20$  の大変形時にコンクリートとゴム間の最大の間隙が約 8mm に達し、せん断ひび割れが生じた。No. 2 試験体は  $R=1/67$  サイクルまで、端部のコンクリートとゴム間の隙間が最大約 4.5mm 開くのみで、ひび割れや剥落は発生しなかった。 $R=1/40$  サイクルでコンクリート表面の剥落が生じ始め、上下片側端部が剥落した。写真 2 に損傷状況を示す。その後  $R=1/20$  の大変形に対してもせん断ひび割れは発生しなかった。

4、考察

図 3 に水平力—変形関係を示す。軸伸びをする試験体としない試験体とでは、最大耐力の違いが見られたが、両試験体とも耐力の低下は起きなかった。No. 1 試験体には軸伸びを抑えるための外力が働いたため、No. 2 試験体に比べて耐力が高くなったと考えられる。両試験体とも、部材角  $R$  が大きくなるにつれ間柱部分コンクリートに圧縮力がかかったことで、端部に剥落が生じたと考えられるが、軽微なもので耐力への影響は見られなかった。図 3 中に、X筋をトラスとみなした時の降伏耐力と降伏変形から求まる復元力を示した。No. 1 試験体は計算値よりも高い値を示し、No. 2 試験体はほぼ同値となった。

図 4 に No. 1 試験体の軸力—水平変位関係を示す。 $R=1/20$  の大変形時には、約 340kN の軸力が作用していた。

図 5 に No. 2 試験体の軸伸び—水平変位関係を示す。サイクルごとに軸伸びが増加し、最大変形時 ( $R=1/20$ ) での軸伸びは約 10mm となった。

図 6 に No. 2 試験体の各最終サイクル終了時 (水平変形  $R=0$ ) の残留軸伸び量の変化を示す。X筋が降伏する  $R=1/100$  からの軸伸びが目立つ。また、同図中には No. 1 の各サイクルの最大軸力を右座標軸で示した。鉄筋の降伏する  $R=1/100$  で増大しているが、 $R=1/67$  では多少低下し、ゴムの隙間の無くなった  $R=1/20$  でまた増大している。梁を剛としてみなせばこの軸力がせん断力として、梁を柔とみなせば軸伸びに対応する強制変形を受ける事になる。

図 7 に等価粘性減衰定数の比較を示す。両試験体とも高い減衰性能を保持し、エネルギー吸収能力の良好性を示した。層間変形角で  $1/100$  に相当する部材角  $1/40$  では、25%以上となり、制振部材として十分な能力があるといえる。

5、まとめ

デボンドした X 型筋を用い、軸伸びを考慮することで、制震ダンパーとしての性能を十分に発揮することが示された。大地震後も損傷が少なく、修復性の良好なエネルギー吸収能力に優れた間柱タイプ制震装置の実現が可能であると考えられる。

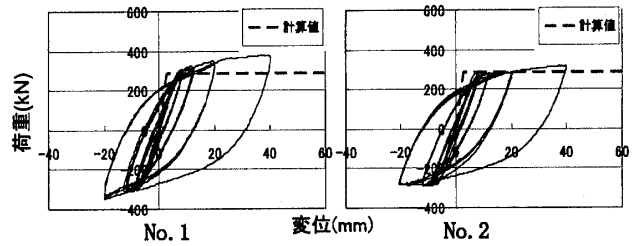


図 3 水平力—変形関係

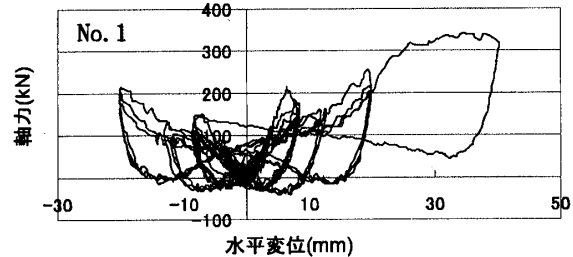


図 4 軸力—水平変位関係

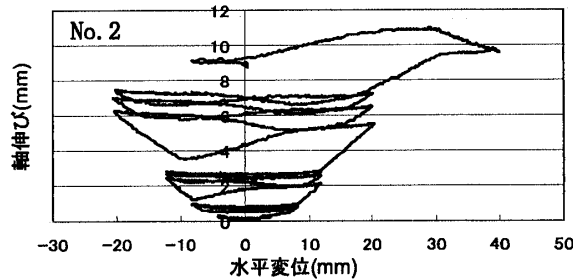


図 5 伸び—水平変位関係

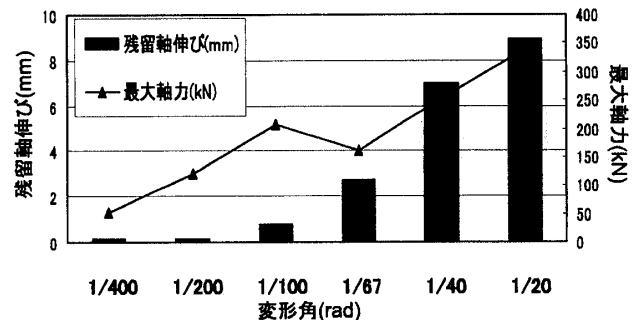


図 6 残留軸伸び

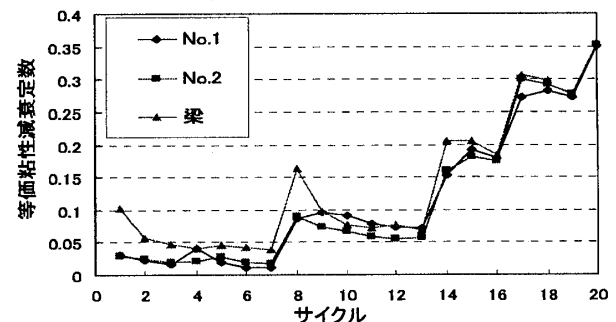


図 7 等価粘性減衰定数

<参考文献>

1) 島崎和司：低損傷アンボンド X 型配筋 RC 梁の開発 日本建築学会構造系論文集 日本建築学会 2006

\*1 神奈川県 工学研究科 建築学専攻 大学院生  
 \*2 神奈川県 工学部 建築学科 主任技術員  
 \*3 神奈川県 工学部 建築学科 教授 博士 (工学)

Graduate Student, Kanagawa University.  
 Chief Technician, Kanagawa University.  
 Professor, Kanagawa University, Dr. Eng.