

# 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3 断面欠損による X 型筋の圧縮降伏—

正会員 ○島崎 和司\*  
同 五十嵐 泉\*\*

RC 構造 損傷制御 耐震設計  
X 型梁 付着

### 1. はじめに

前報<sup>1)</sup>およびその2において、横拘束筋を適量設置することにより、アンボンド X 型配筋梁が優位であることが認められた。また、前報<sup>1)</sup>では X 型配筋の部材端部部分にゴムを入れ、X 型配筋が圧縮降伏できるようにすることで残留変形の累積が低減され、エネルギー吸収能力に富み、修復性が良好となる可能性を示した。

本研究では、梁中央部のみをアンボンド X 型配筋にし、部材端部より内側に入った位置にゴムを入れることにより、端部に断面欠損する場合に比べ剛性を確保しつつ、中央部分の X 型配筋の圧縮降伏を許容し、修復性とエネルギー吸収能力に優れた RC 梁部材の開発を目指した実験的研究を行い、その効果を検討する。

### 2. 実験概要

試験体を図1、表1に示す。1/3スケールで、梁断面が200mm×400mm、内法寸法が1000mm、中央部がアンボンドの X 型配筋で、端部の主筋平行部での降伏を防ぐため U 字型筋を配し、左右に主筋定着用のスタブを有する。平行配筋部分の横補強筋量は靱性保証型耐震設計指針<sup>2)</sup>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、No.8は、X 型配筋のはらみ出し防止のため中子筋を端部平行配筋部分に追加し、No.9は、さらに中央 X 型配筋部分の端部  $0.5d$  区間に横補強筋として中子筋を追加したものである。

主筋は SD390 (降伏強度  $459\text{N/mm}^2$ )、横補強筋は SD295 (降伏強度  $331\text{N/mm}^2$ ) とし、 $F_c=48\text{N/mm}^2$  (試験時  $51\text{N/mm}^2$ ) とした。加力サイクルはその2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。加力装置はその2と同じである。

### 3. 実験結果

各試験体とも、 $R=1/200$ で主筋平行部にせん断クラックが入ったが、 $R=1/100$ までは、中心部にひびが入ることはなかった。No.7試験体は、 $R=1/100$ サイクルの繰り返しから主筋平行部で X 型主筋のはらみ出し、 $R=1/67$ からコンクリートの剥落が始まり、断面欠損部ですべりが大きくなった。No.8,9は、主筋平行部のひび割れが大きくなったが、最後までコンクリートが剥落することはなかった。図2aに  $R=1/100$ におけるひび割れ状況を、図2bに最終状況を示す。同図中には、端部に断面欠損があり X 型配筋以外に芯筋として高強度鉄筋を用いた平行配筋が付加されている前報<sup>1)</sup>の No.3も合わせて示した。

各試験体の荷重-変形関係を図3に示す。3体とも  $R=1/100$  まで大きな変化は見られなかった。しかし、No.7は、このサイクルの繰り返しで、X 型配筋の折れ曲り部でははらみ出しにより他の試験体と比べて耐力低下が大きく、履歴性状も逆 S 字型となっている。No.8,9は  $R=1/67$  の繰り返しで多少耐力低下し、 $R=1/40$  の繰り返し時に耐力低下したが、履歴ループ形状は安定している。

図3中に No.7,8,9の包絡線と計算値の比較を示す。cal-1は主筋平行部を剛とし、

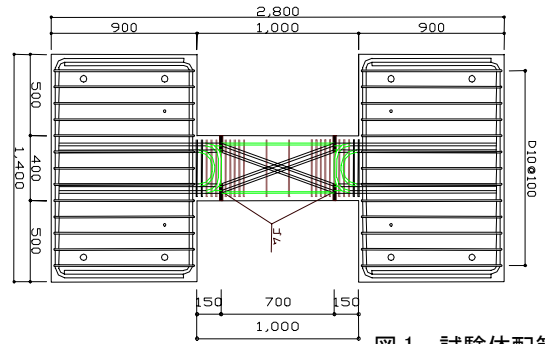
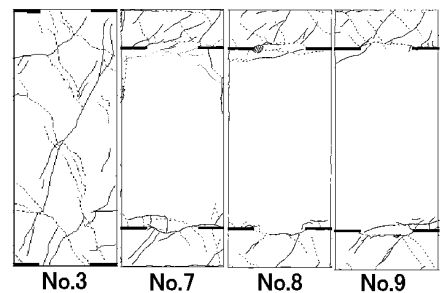


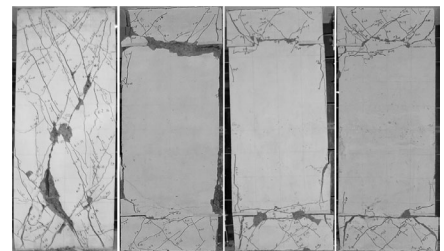
図1 試験体配筋図

表1 試験体一覧

試験体	No.7		No.8		No.9	
	接合部より150mm	中央部	接合部より150mm	中央部	接合部より300mm	中央部
断面						
$b \times D(\text{mm})$	200 × 400					
$F_c(\text{N/mm}^2)$	48					
主筋	平行筋	4-D16	4-D16	4-D16	4-D16	4-D16
	X型筋	4-D16	4-D16	4-D16	4-D16	4-D16
横補強筋	2-D6@50	2-D6@140	4-D6@30	4-D6@140	4-D6@30	4-D6@140



(a) 1/100 時ひび割れ図



(b) 最終状態

図2 1/100 時ひび割れ図と最終状態

中央部 X 型筋をブレースとみなして求めたもので、cal-2は断面欠損が無く、上端筋を X 型筋と U 字筋を含めた8-D16で平行に配筋した梁と仮定して求めた値である。試験体の変形はX型配筋をブレースとみなした変形に平行配筋部分の変形を加えたものとなるが、おおむねこれらの最小包絡線になっている。試験体耐力は計算値をやや下回る結果になっているが、これは X 型筋をブレースとして算定する際に剛と仮定している主筋平行部が損傷を受け、剛性が低下した事によると考えられる。

図 4 に No. 8 の X 型主筋の歪み分布を示す。引張側では、 $R=1/100$  のサイクルに向かう途中で降伏し、また X 型配筋部分のひずみ分布も均一である。圧縮側では、ひずみは引張側のおよそ半分程度にとどまっている。断面欠損していない中心部のコンクリートの寄与と折れ曲り部を押し出す圧縮時の鉄筋の変形は変形により、 $R=1/100$  では全体的な圧縮降伏には至っていない。

図 5 に曲げとせん断変形の割合を No.3,6 と合わせて示す。平行配筋部の損傷により計測不能となった No.7 を除き、 $R=1/100$  までは No.3,6 よりせん断変形割合が少ない。これは、梁中央部にせん断クラックが入らず、X型配筋の降伏によるロッキング回転をしているためである。このため図 3 に示した履歴ループも No.7 を除き面積が大きい。この履歴ループの最初のハーフサイクルから求めた等価粘性減衰定数を、図 6 に示す。繰返し変形時のエネルギー吸収能力が増大し、等価減衰定数が大きくなっている。図 7 に No.7,8,9 の水平変形-軸伸び関係を示す。芯鉄筋として高強度鉄筋を有する前報の No.3 に比べ、軸方向伸びが大きく、 $R=1/100$  では断面欠損を有しない No.6 と同程度となったが、大変形時の軸伸びは少なくなっている。

#### 4. まとめ

各試験体とも、中央部の損傷はほとんど見られず損傷の低減という観点からは効果が見られた。しかし、芯鉄筋を有する前報の No.3 に比べ、軸方向伸びが大きく、軸伸びの低減には、芯鉄筋が有効であり、降伏させない要素を残すことが重要であると考えられる。また、断面欠損部でのせん断滑りを低減するにも、芯鉄筋は有効である。更に、平行配筋部分の損傷低減の工夫や芯鉄筋を利用した

プレストレストの導入等により、さらに効果的な部材になると考えられる。

本研究は、神奈川県における文部科学省学術フロンティア・横浜市産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)」により、卒論生の佐藤宏貴、坂上教夫、牧健太郎君の協力を得ました。参考文献 その2に同じ

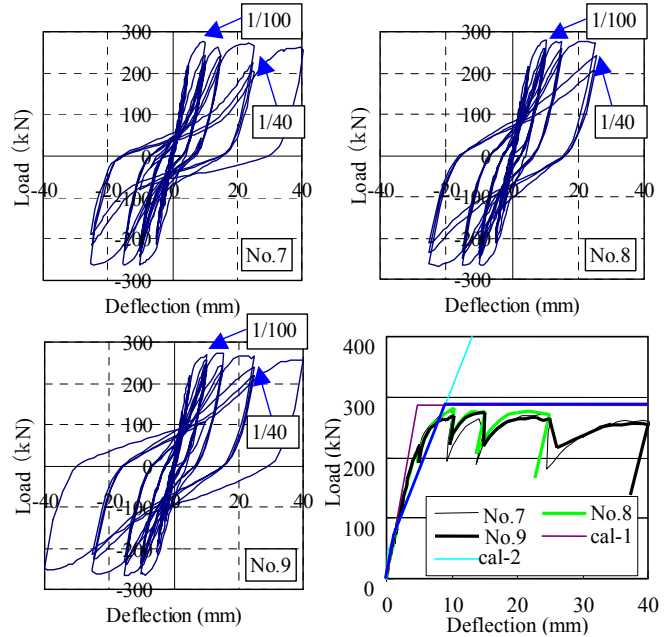


図 3 荷重-変形関係と計算値との比較

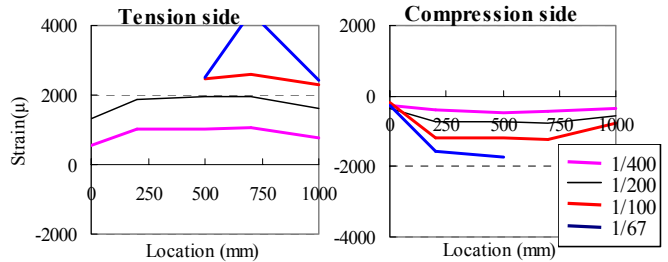


図 4 X 型配筋のひずみ分布

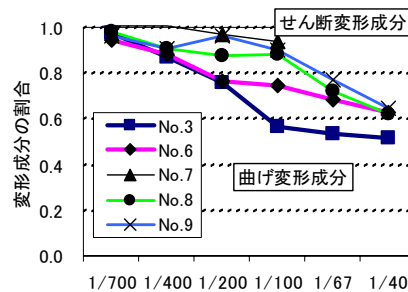


図 5 変形成分の推移

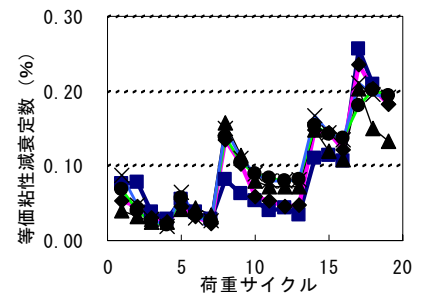


図 6 等価粘性減衰係数の推移

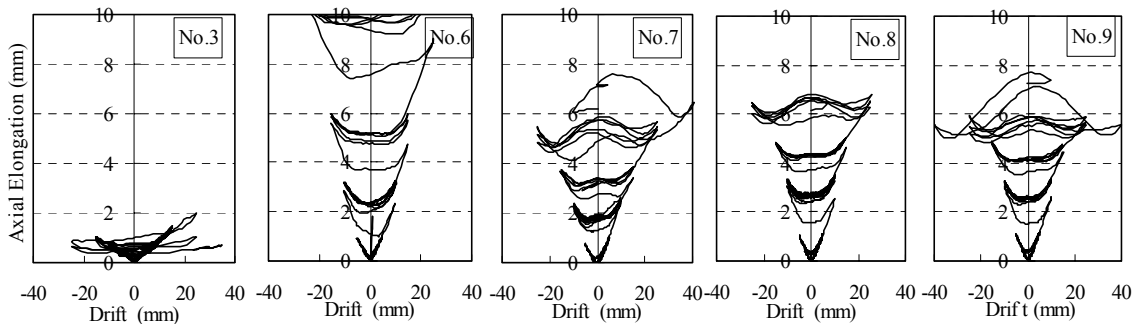


図 7 軸伸び

\* 神奈川県工学部建築学科 助教授 博士(工学)

\* Associate Prof., Kanagawa University, Dr. Eng.

\*\* 神奈川県工学部建築学科 主任技術員

\*\* Chief Technician, Kanagawa University