

鉄筋定着部が損傷した RC はりの PIC 板による 曲げおよびせん断補強効果に関する研究

永松牧子*・海部貴裕**・浦田幹康***

岡本賢治****・鶴田健*****・松田浩*****

Research into Bending and Shear Reinforcement Effect of RC Beam Damaged at Rebar Anchorage by PIC Boards

by

Makiko NAGAMATSU*, KAIBE**, Mikiyasu URATA***, Kenji OKAMOTO****
Ken TSURUTA*****, Hiroshi MATSUDA*****

Concerning deteriorations and damages of RC beam, we can cite crack of rebar corrosion by factor of neutralization etc. In the case that horizontal crack occurs proximity to main rebar, adhesion between concrete and rebar strikingly declines. Accordingly, the authors conduct bending and shear test of three type of specimens designed to cause shear fracture. Firstly, normal RC beam. Secondly, RC beam introduced model of damage at rebar anchorage to simulate horizontal crack on main reinforcements by corrosion of steel. Thirdly, the RC beam had the model and embedded in polymer impregnated concrete (PIC) form. As a result, strength of RC beams had model of damage was reduced by half compared to that had no damage. We reinforced RC beams had model of damage with PIC Boards. Then, strength of the specimens became strength of RC beam of no damage and over.

Key words : PIC Board, shear reinforcement, rebar anchorage, bending and shear test

1. はじめに

コンクリート構造物がおかれる過酷な環境下では、常に耐久性が減じる方向にある。日本において、2030年頃には供用期間 50 年を超過する橋りょうが全体の半数以上となるため、様々なコンクリート構造物の長寿命化や維持管理の重要性が注目されてきている¹⁾。

また、RC 構造物の劣化損傷の要因の 1 つとして鉄筋腐食のひび割れが挙げられ、主筋付近での水平方向のひび割れが生じた場合、鉄筋とコンクリートの付着力

が著しく低下することが考えられる²⁾。

以上の背景より、本研究ではコンクリート構造物の長寿命化と鉄筋定着部の鋼材腐食によるひび割れが生じた RC はりの補強を図ることができる材料として、樹脂含浸コンクリート（以下、PIC）に着目した。PIC とは、通常の鋼繊維補強コンクリートの微細な空隙に樹脂を含浸、重合させ、コンクリートを緻密化させた複合材料であり、高強度で優れた耐久性、防食性を有している³⁾。

令和元年 7 月 12 日受理

* 長崎大学大学院工学研究科 (Nagasaki University, Graduate School of Engineering Master's Degree)

** 日本工営株式会社 (Nippon Koei, Ltd)

*** 三菱重工業株式会社 (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd)

**** マテラス青梅工業株式会社 (Materasu Oume Industry, Ltd)

***** 長崎大学大学院教授 (Nagasaki University, Graduate School, Professor)

2. 研究目的

本研究では、高耐久性埋設型枠として用いられる PIC 板 (Fig. 1,2) の曲げおよびせん断補強効果について実験的に検討した。

鉄筋定着部損傷を模擬した RC はりの耐荷力の減少と、PIC 板を RC はりの側面に埋設型枠として用いて補強した鉄筋定着部損傷を有する RC はりの曲げせん断試験における力学特性を実験により求めることを目的とする。PIC 板の曲げおよびせん断補強効果が認められれば、補強鉄筋の低減につながる可能性がある。



Fig. 1 PIC板の表面

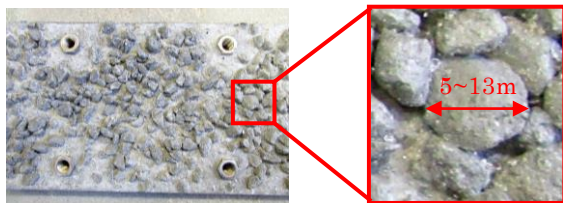


Fig. 2 PIC板の裏面と付着部粗骨材の寸法

3. 強度試験

3.1 強度試験の概要

使用した材料の PIC および現場打ちコンクリートの力学特性を強度試験により確認した。PIC 板の配合を Table 1 に示す。PIC 板は、工場製作の標準品で、コンクリート打設後に前養生として蒸気養生を行って脱型し、乾燥工程を経た後、樹脂の含浸・重合を行ったものである。現場打ちコンクリートの配合を Table 2 に示す。これは、気中養生を 28 日間行った、材齢 28 日の供試体である。

Table 1 配合表 (PIC)

W/C (%)	単位量 (kg/m ³)					
	W	C	S	G	鋼繊維*	混和剤
35	175	500	958	715	95	3.50

* : SUS 短繊維 1.2% / V1, アスペクト比 50

Table 2 配合表 (現場打ちコンクリート)

W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)				
		W	C	S	G	混和剤
49	46	163	333	810	1019	3.33

3.2 強度試験結果のまとめ

圧縮、割裂引張および曲げ試験はコンクリート標準示方書⁴⁾に、せん断強度試験は参考文献⁵⁾に準拠して行った。その結果を Fig. 3 に示す。

Fig. 3 に示すように PIC の強度は全てにおいて高強度であることがわかる。また PIC の終局時の圧縮ひずみも 4500 μ 程度となり、圧縮強度の増大に伴い、見かけ上 PIC のじん性が大きくなる。PIC に混入している樹脂や鋼繊維の架橋効果が強度やじん性の増大に付与することが認められる。

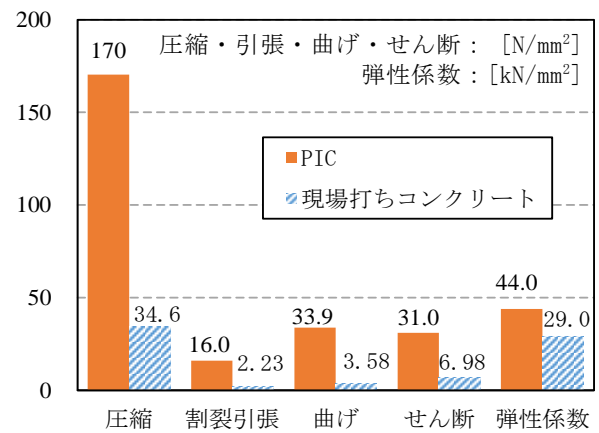


Fig. 3 強度試験結果のまとめ

4. はりの載荷試験

4.1 試験体の概要

本章では前章の強度試験で示された PIC の優れた力学特性に着目し、PIC 板を埋設型枠として用いた定着部損傷を有する RC はりの曲げおよびせん断補強効果を実験により検討する。配合は強度試験用供試体と同じであり (Table 1,2), 同日に打設した。

試験体の概要を Table 3 に、試験体の断面および側面図を Fig. 4,5,6 に示す。試験体の寸法は W200×H175×L1800mm であり、主筋は D19 を 3 本使用し、2 点載荷法によりせん断破壊することを意図して製作している。

試験体 A は無損傷ならびに PIC 板で補強していない通常の RC はりである。試験体 B は、試験体 A の主鉄筋上にスチレンボード (W160×H1×L305mm) を導入して、鉄筋定着部の損傷を模擬した試験体である。試験体 C は損傷モデルを導入した RC に、PIC 板 (t20×H175×L900) を埋設型枠として用いて補強した RC はりである。PIC 板と現場打ちコンクリートとの一体化を図るために、PIC 板 1 枚につきボルトを 8 本取り付けて固定し、計 4 枚の PIC 板を使用している。

Table 3 試験体概要

試験体	定着部損傷	PIC板
A	—	—
B	有り	—
C	有り	有り

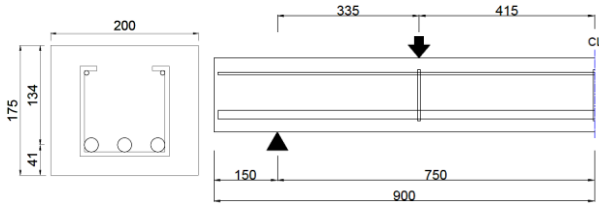


Fig. 4 試験体 A の断面・側面図

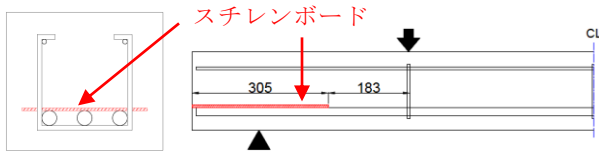


Fig. 5 試験体 B の断面・側面図

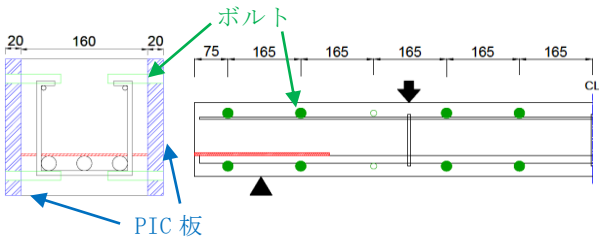
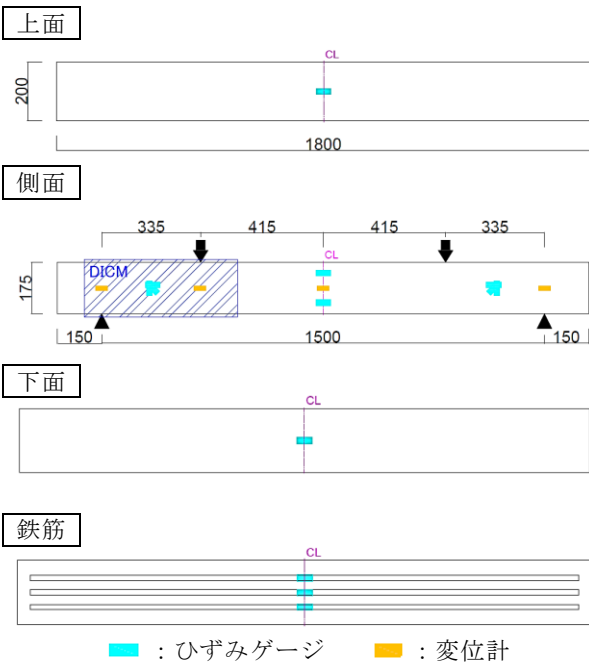


Fig. 6 試験体 C の断面・側面図



■ : ひずみゲージ ■ : 変位計

Fig. 7 計測位置

4.2 計測方法

Fig. 7 に荷重試験用 RC はりのひずみゲージの位置と変位計およびデジタル画像相関法 (DICM) の測定位置を示す. ひずみゲージについて, コンクリートにはスパン中央部に加えて, せん断スパン内にロゼットゲージを用いて各ひずみを計測した. 鉄筋のひずみ測定方法については 1ヶ所につきひずみゲージを 2 枚貼り付けて, その平均からひずみを求める.

4.3 実験結果

鉄筋定着部が損傷した RC はりの曲げせん断試験における, 強度および破壊形式の結果を Table 4 に示す.

Table 4 の試験体 A の設計値の算定方法について, コンクリート標準示方書⁹⁾の設計せん断圧縮破壊耐力式 (安全率 1.0) を用いて求めた. また, 設計値は無損傷の試験体 A のみ示し, 試験体 B, C に関しては, 他試験体と強度の比較を示している.

荷重試験の結果として, 試験体 A はせん断圧縮破壊を呈した. せん断耐力について, 実験値が設計値より大きくなった原因として, 荷重点における支圧板の幅が実際には 20mm あったことが V_c を増大させたと考えられる. 定着部損傷した試験体 B は, 無損傷の場合 (試験体 A) と比べて, P_{cr} が 68%, V_c が 55% まで強度が低減した. 試験体 C においては, 定着部損傷があるものの, PIC 板で補強することにより, 損傷がない試験体 A と同等の強度が得られ, ひび割れ抑制効果やせん断補強効果を確認できた.

Table 4 荷重試験の結果

	設計値・ 実験値	P_{cr}	P_y	P_u	V_c	破壊 形式
A	設計値	24.7	199	186	80.5	せん断 圧縮
	実験値	29.0	—	—	<u>181</u>	
	実/設	1.2	—	—	2.2	
B	実験値	19.7	—	—	<u>98.8</u>	せん断 斜引張
	B/A	68%	—	—	55%	
C	実験値	29.9	—	—	<u>192</u>	せん断 斜引張
	C/A	103%	—	—	106%	
	C/B	152%	—	—	194%	

表面のひび割れを Fig. 8 に示す. 試験体 B のひび割れ本数が A に比べて少なかった. この原因として, 定着部損傷による RC はり両端と中央部の弾性係数の差により, スパン中央部のひずみや異形鉄筋のすべりが小さくなり, ひび割れ本数が少なくなったと考えられる. その結果, 試験体 B と C を比較しても, PIC 板の有無にかかわらずひび割れ本数に差は生じなかった.

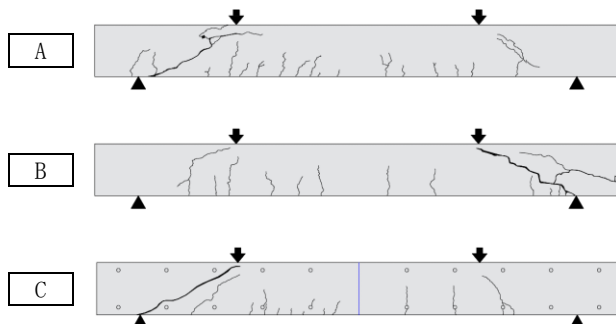


Fig. 8 ひび割れ図

荷重-変位曲線を Fig. 9 に示す. 全ての試験体でせん断破壊を呈した. 鉄筋定着部の損傷によるせん断耐力の低減と, 損傷がある試験体に対しても, PIC 板によるせん断補強効果があることが見て取れる.

試験体 B, A, C の順で曲げひび割れ発生後の曲げ剛性が高くなった. これは, 定着部の損傷や現場打ちコンクリートのひび割れがあっても, PIC の引張強度が大きく, PIC 板が有効断面として機能したことが考えられる. また, PIC 板にひび割れが発生した後も, PIC 板の鋼繊維の架橋効果により PIC 板は引張荷重を負担していたため, 曲げ剛性が高くなったと推察できる.

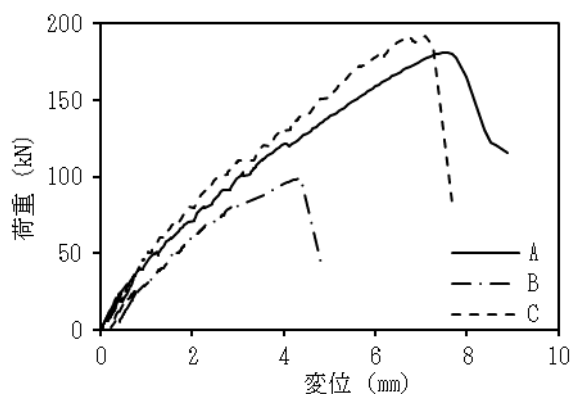


Fig. 9 荷重-変位曲線

荷重-スパン中央の鉄筋ひずみおよび上縁コンクリートひずみ関係を Fig. 10 に示す. 荷重-変位関係とは異なり, スパン中央部における荷重-ひずみ関係は, 全試験体で鉄筋および上縁コンクリートのひずみもほぼ同じ挙動を示した. 定着部損傷のはりの両端にあったため, ひずみの相違がはりの両端に顕著に表れ, スパン中央のひずみに変化がなかったとみられる.

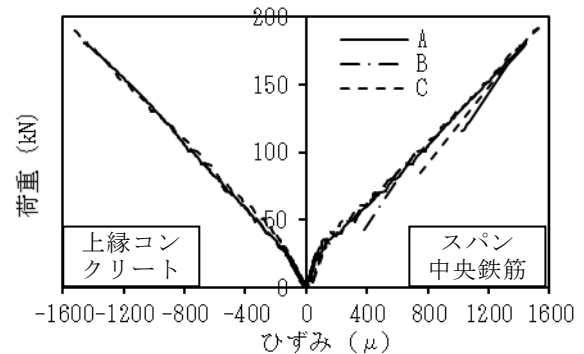


Fig. 10 荷重-ひずみ曲線

5. まとめ

- (1) 定着部損傷があることにより, 耐力が 5 割程度減少したが, PIC 板で補強することにより, 無損傷の状態以上に耐力を回復できた.
- (2) PIC 板で定着部損傷 RC はりを補強することにより, せん断耐力が増大し, せん断補強効果が確認されるとともに, ひび割れ抑制効果も確認された.
- (3) はりの曲げひび割れ発生後も, PIC の強度の高さや架橋効果により PIC 板が有効断面として機能し, RC はりの曲げ剛性が高くなった.

参考文献

- 1) 松井繁之: 道路橋床版の長寿命化技術, 森北出版(株), pp. i, 2016
- 2) 千々和伸浩: 土木学会論文集 E2 (材料・コンクリート構造), Vol.167, No. 2, (公社) 土木学会, pp.160-165, 2011
- 3) 小柳治: レジンコンクリート・ポリマー含浸コンクリートの利用, 材料, (公社) 日本材料学会, Vol. 41, No. 470, pp. 1709-1716, 1992
- 4) 2002 年制定コンクリート標準示方書 [規準編], (公社) 土木学会, pp. 291-294 (JIS A 1106), pp. 302-303 (JIS A 1113), pp. 328-329 (JIS A 1149), 2002
- 5) 笠井芳夫, 池田尚治: コンクリートの試験方法 (下), (株) 技術書院, pp. 84-86 (2 面せん断法), 1993
- 6) 2012 年制定コンクリート標準示方書 [設計編], (公社) 土木学会, pp. 177