

V-9

レーザースペックル法による連続繊維補強コンクリートはりのせん断変形挙動の解明

北海道大学工学部 西園 勝秀
北海道大学大学院 学生員 佐藤 靖彦
北海学園大学工学部 正 員 高橋 義裕
北海道大学工学部 正 員 上田 多門
北海道大学工学部 正 員 角田與史雄

1. まえがき

RCはり部材に斜めひび割れが発生すると、せん断スパンにおいては平面保持が成り立たないことが解析的に示されており¹⁾、このことは、はり部材の変形が曲げ変形からせん断変形へと推移していることを示すものと思われる。斜めひび割れによりせん断変形が卓越することは、一般的な認識とされていることであるが、実際には、そのせん断変形がいかなる変形であるのかを詳細に検討した研究は非常に少ない。しかし、この問題は、斜めひび割れが発生したはり部材のせん断耐荷機構およびその破壊を考える上で、非常に重要なテーマである。

はり部材の変形は、補強材の剛性に大きく依存する。よって、同じ補強面積であっても弾性係数の大きい鉄筋と弾性係数の小さい連続繊維補強筋を用いた場合とでは、同荷重に対する変形量が異なり、最終的な破壊荷重も異なる²⁾。そこで、本研究では、非接触的に二次元変位場を測定可能なレーザースペックル法により、主筋に連続繊維補強材を用いたはりのせん断変形挙動を詳細に観察し、その解明を行うことを目的としている。

2. 実験概要

2-1 実験供試体

実験供試体は、主筋にアラミド繊維補強筋、および高強度鉄筋を用いた2体である。使用した補強筋の力学的特性を表-1に、実験供試体の諸元を表-2に示す。この2体の供試体はともにせん断補強筋を有するものであるが、それらは、降伏を起こさないように焼き入れ加工し降伏強度を高めた鉄筋(D10*)を用いている。供試体形状を、図-1に示す。支点は、鋼性ローラーを用い単純支持とし、二点集中荷重として単調に载荷を行った。このとき、図-1に示すはり上縁に設置した高性能変位計により変位制御(1ステップ200 μ m)により行った。

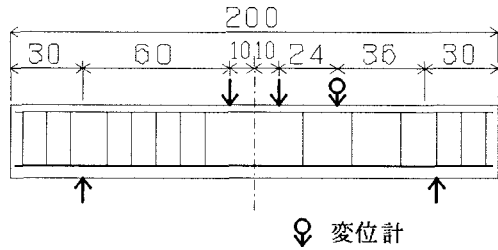


図-1 供試体図

表-1 補強筋の力学的特性値

	公 称	公称直径 (mm)	引張強度 (Mpa)	弾性係数 (Gpa)
AFRP	RA15	14.7	1306	71
鉄 筋	D16	15.9	612	137
	D10*	9.53	714	214

Shear Behavior of Concrete Beams Reinforced with FRP Rods by Laser Speckle Method

by Katuhide NISHIZONO, Yasuhiko SATO, Yoshihiro TAKAHASHI, Tamon UEDA and Yoshio KAKUTA

2-2 レーザースペックル法による測定

本研究では、はりのせん断変形を測定する方法として非接触的に二次元的な変位場を測定可能なレーザースペックル法を用いた。このレーザースペックル法については、文献²⁾に詳しい。

本研究では、図-1に示すせん断スパン中の300mm×270mmの領域を測定領域としており、この領域が、作用せん断力の増加とともにどのような変形挙動を示すかに着目している。

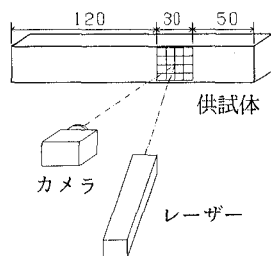


図-2 実験装置

3. 実験結果

3-1 荷重-変位曲線

図-3と4は、せん断スパン中央部（図-1に示す位置）における、供試体KSPTと供試体KAPTの荷重-変位曲線を示すものである。（図-1の変位形位置）ただし、図中の実線は、高性能変位計により得られた変位曲線であり、図中の黒点は、レーザースペックル法により得られた変位量を示したものである。供試体KAPTにおいて、それらの変位は良い精度で一致しているのに対し、試体KSPTでは、レーザースペックル法による変位量が、変位形による値に比べ、若干大きなものとなっている。しかし、その差は最大で10%程度であり、本研究では、高い正確度で、レーザースペックル法により変位を測定しているものと判断する。

表-2 供試体諸元

	コンクリート 強度 (MPa)	主 筋	せん断 補強筋	軸方向 補強筋比 (%)	せん断 補強筋比 (%)	破壊 荷重 (kN)
KSPT	41.4	D16	D10*	4.77	0.40	523
KAST	42.9	RA15	D10*	4.08	0.40	404

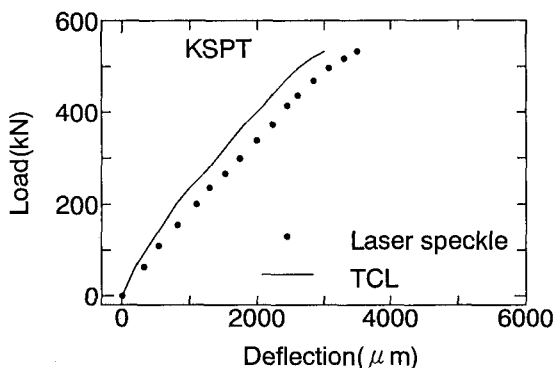


図-3 荷重変位曲線 (KSPT)

3-2 破壊性状

本供試体の破壊は、載荷点付近のせん断スパン側の載荷点付近においてせん断圧縮破壊を起こすものであった。それらの破壊荷重を、表-1に示す。

本実験供試体は、主筋比がほぼ等しく、弾性係数の大ききの異なるものであるが、本実験においても主筋の弾性係数が小さい供試体KAPTの耐力が、KSPTよりも小さくなっている。主筋の弾性係数の大きさによる耐力の差異が見られた。

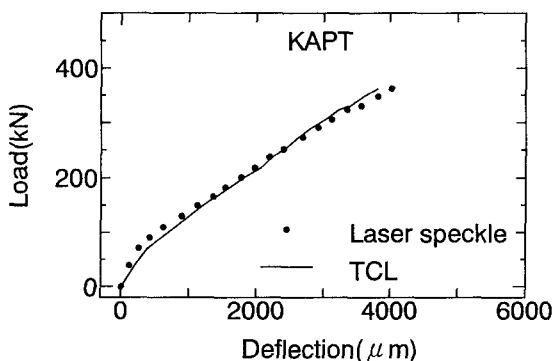


図-4 荷重変位曲線 (KAPT)

3-3 セン断変形挙動

ここでは、レーザースペックル法により測定した領域の、作用せん断力の増加に対する変形挙動を示す。図-5は、供試体KSPTの変形挙動を、図-6は、供試体KAPTの変形挙動を示すものである。どちらの供試体ともに、低い荷重レベルにおいては、各測定点を部材軸直角方向に結んだ直線が、その形状を維持した状態で変形している。よって、このことから、せん断スパンにおける測定領域が、曲げ変形に支配されているといえる。この時、供試体には、曲げひび割れのみ発生していた。一方、供試体KSPTの $V=327\text{kN}$ および供試体KAPTの $V=210\text{kN}$ においては、曲げひび割れとともに斜めひび割れが発生しており（図中の点線）、先の変形性状とは明らかに異なる。ここで示したひび割れは、破壊に支配的なものであり、測定領域の変形は、この斜めひび割れを境界として、大きく異なっている。これらの図から判断すると、図-7に示すようにひび割れの下側では、曲げ変形的な挙動を示し、ひび割れ面の上側では、せん断変形的な挙動を示す複合的な変形挙動であるように思われる。

RCはり部材は、せん断力に対して斜めひび割れ面における骨材の噛み合わせ作用により、作用せん断力の一部を負担する¹⁾。これは、ひび割れ部での開きとともに相対的なずれにより機械的に抵抗するものであるが、先に述べた本測定領域での変形は、このずれによりひび割れを境として変形が異なっているものと考えられる。特に、弾性係数が小さい供試体KAPTに大きくその影響が見られ、ひび割れ面でのずれ変形が大きいことを示していると思われる。

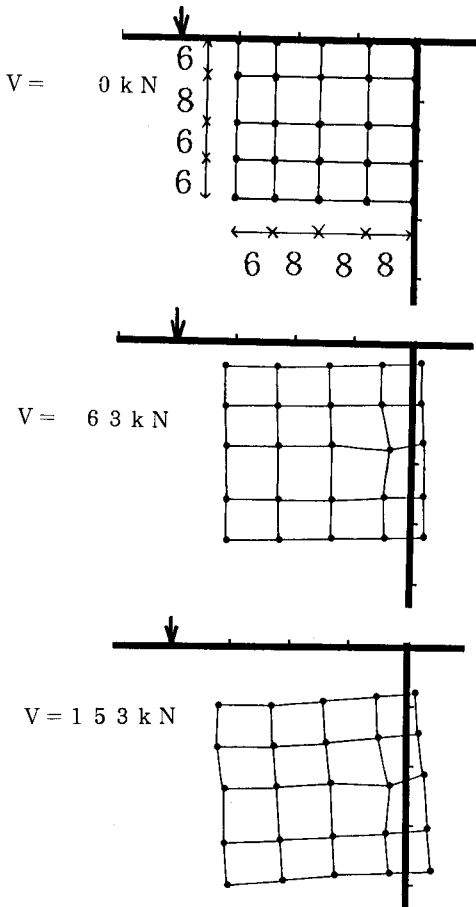


図-5 測定領域の変形挙動 (KSPT)

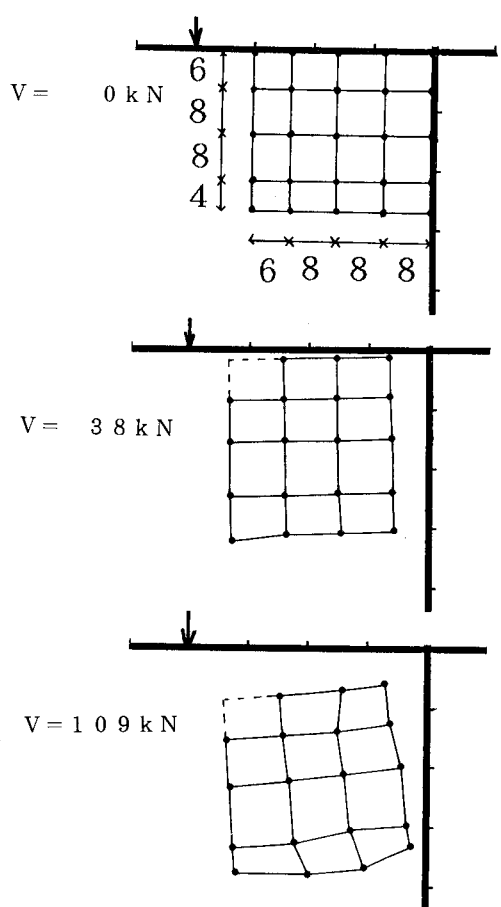


図-6 測定領域の変形挙動 (KAPT)

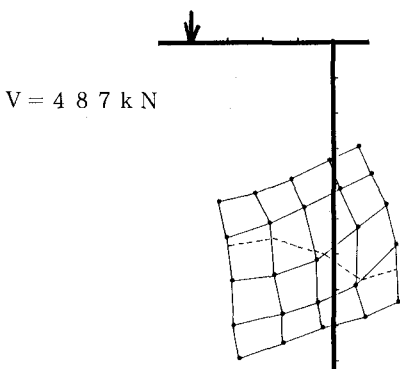
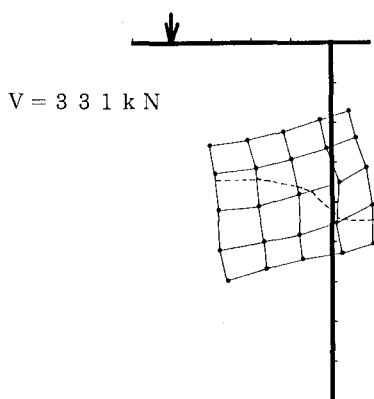


図-5 測定領域の変形挙動 (KSPT)

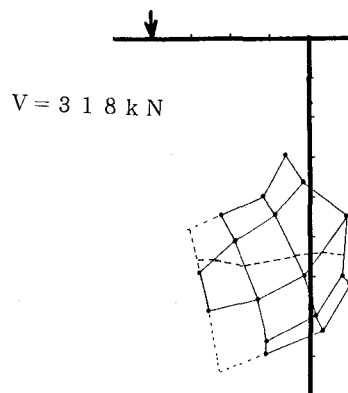
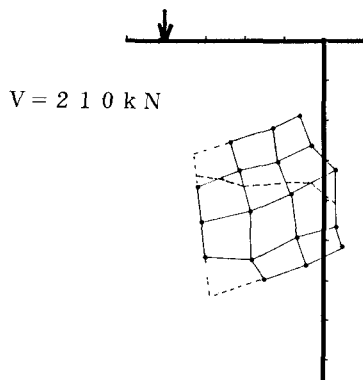


図-6 測定領域の変形挙動 (KAPT)

4. まとめ

本研究のまとめを以下に示す。

- (1) レーザースペックル法によりはり部材の変形を精度良く測定可能である。
- (2) セン断スパンにおいて、斜めひび割れ発生前は曲げ変形挙動を示すが、斜めひび割れが形成されると純粋な曲げ変形挙動を示さず、発生した斜めひび割れを境界としてひび割れの下側では曲げ変形的に、上側ではせん断変形的な挙動を示す。
- (3) 特に、主筋の弾性係数が小さい場合は、斜めひび割れを境界とした上側での変形が大きい。これは、ひび割れ部でのずれ変形が大きいことを示していると思われる。

【謝辞】

本実験を行うにあたり、北海道大学の木村勉技官、北海学園大学4年生の方々に多大な助力を得た。ここに謝意を表す。

【参考文献】

- 1) 佐藤・上田・角田：主筋に連続繊維補強材を用いたコンクリートはりのせん断耐力
土木学会北海道支部論文報告集、第49号、1993、2月
- 2) Tirath Mnojya PALLEWATTA, Masaru TADA, Hideyuki HORII
:MEASUREMENT OF SURFACE DISPLACEMENT FIELD OF CONCRETE BY LASER SPECKLE METHOD
1990 コンクリート工学年次論文報告集 pp.835-840

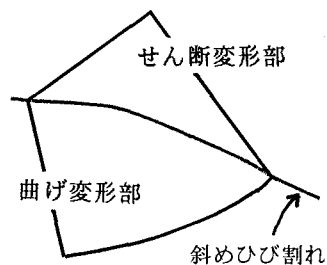


図-7 変形の概念図