

光学的全視野計測法による RC はりのひび割れ発生・進展過程の可視化に関する研究

長崎大学大学院 学生会員 ○大原 智裕
長崎大学大学院 学生会員 平山 龍

長崎大学大学院 非会員 Timothy Nyomboi
長崎大学 正会員 松田 浩
長崎大学 非会員 山下 務

1.はじめに

従来、鉄筋コンクリート(以下、RC と略記)の実験では、ひずみゲージを用いて計測が行われてきた。しかし、ひずみゲージでは、ひび割れ発生位置にひずみゲージを貼付することは困難なこと、また偶然にもゲージ貼付位置にひび割れが発生しても、ひび割れ発生後にはゲージが切断され、ひずみ値に信頼性がないなど、ひび割れの発生・進展を追跡することは困難である。また、ひずみゲージで計測されるひずみ値は貼付したゲージ長の平均ひずみ値であり、ひび割れ近傍のひずみ値を正確に表すものではない。コンクリートの試験では骨材部やモルタル部の剛性の差を平均的に取り扱って評価するため、最大骨材寸法を基準としたゲージ長を用いることが規定されている。

本研究では、非接触全視野計測が可能な電子スペックルパターン干渉法(以下 ESPI と略記)、デジタル画像相関法を用いて、RC はりの曲げひび割れや斜めひび割れの発生から進展に至る過程の可視化を目的とし、せん断補強筋がない RC はり試験体の載荷試験を行った。

2.せん断スパン比の異なる RC 曲げ試験

2.1 試験概要

本研究では光学的手法により、鉄筋位置におけるコンクリート表面ひずみの計測および、全視野ひずみ計測による RC はりの曲げひび割れやせん断ひび割れの発生・進展過程の可視化を確認することを目的としている。RC はりのひび割れを計測するにあたり、せん断スパン比(以下 a/d と略記)によりひび割れ発生・進展状況が明確に異なる RC はり曲げ試験を採用した。

試験体寸法を図-1、試験体諸元を表-1 に示す。 a/d を 0.5~2.0 の範囲で変化させ、二点載荷による曲げ試験を行った。また、試験中はスパン中央の変位を測定した。試験後 ESPI 計測、デジタル画像相関法により得られたデータより、表面のひずみ分布、RC はりの曲げ・せん断ひび割れの発生・進展の可視化について検討した。

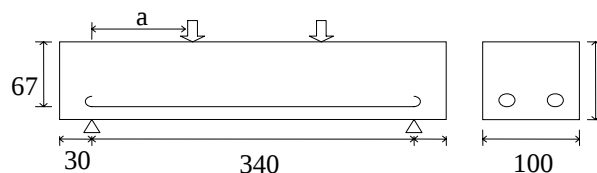


図-1 試験体寸法

表-1 コンクリート配合表 (kg/m³)

水	セメント	細骨材	粗骨材	AE剤
175	350	748	971	7.00

2.2 鉄筋位置におけるコンクリート表面ひずみの計測

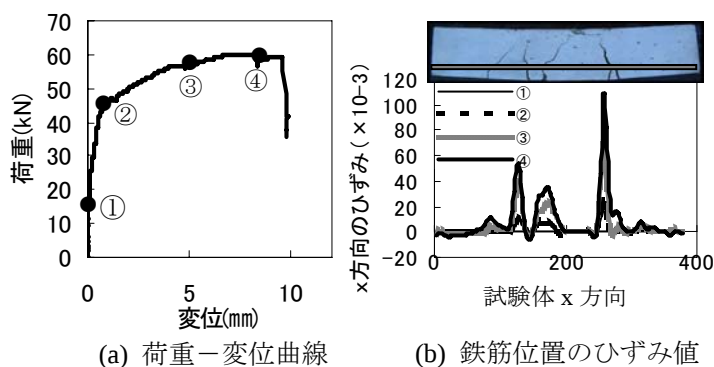
2.2.1 試験概要

本試験では、RC の曲げ試験実施時にコンクリート表面ひずみ計測を実施し、載荷後、光学的手法により得られたひずみ分布から、試験体表面の鉄筋位置におけるひずみについて検討した。

図-2 に ESPI 計測によって得られた試験結果を示す。

2.2.2 ESPI による試験結果

図-2(b)にせん断スパン有効高さ比 $a/d=1.5$ の試験体の、鉄筋位置におけるコンクリート表面ひずみの推移を示す。(b)図のひずみ値は(a)図の荷重一変位曲線の①~④の荷重値におけるひずみ値を示したものである。(b)図の上に示すひび割れ発生箇所、ひずみ値が局所的に大きくなっている。したがって、各位置でのひび割れ箇所をデジタル情報として特定することが可能となり、ひび割れ図を描画することができる。



(a) 荷重一変位曲線

(b) 鉄筋位置のひずみ値

図-2 鉄筋位置におけるコンクリート表面ひずみの推移

キーワード ESPI 計測, デジタル画像相関法, ひび割れ, 非接触, 全視野, ひずみ計測

連絡先 〒852-8521 長崎県長崎市文教町 1 番 18 号 TEL:095-819-2590 FAX:095-819-2590

2.3 RC はりの全視野ひずみ計測

2.3.1 試験概要

本試験では、RC の曲げ試験実施時にコンクリート表面ひずみ計測を実施し、載荷後、光学的手法により RC はりの全視野ひずみ計測を実施し、曲げひび割れ、せん断ひび割れの発生・進展の可視化について検討した。

2.3.2 試験結果

(1)ESPI 計測による試験結果

$a/d=1.5$ の各試験体の荷重－スパン中央変位曲線を図-3(a)に示す。また、破壊形態を図-3(b),ひずみ分布と干渉縞の推移を図-3(c)に示す。

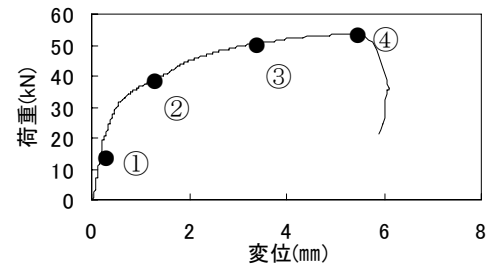
$a/d=1.5$ では、破壊形態図からも同一箇所斜めひび割れが発生していることが分かる。さらに、干渉縞を観察することで各荷重段階におけるひずみの集中箇所のリアルタイムモニタリングが可能であることが確認できた。

(2)デジタル画像相関法による試験結果

$a/d=1.5$ の試験体の荷重－スパン中央曲線を図-4(a)に示す。また、試験体の破壊形態を図-4(b),ひずみ分布と干渉縞の推移を図-4(c)に示す。図-4(c)においては、ひび割れ発生箇所の領域におけるひずみ分布図を示した。破壊形態図からひずみの集中箇所に斜めひび割れが発生していることが分かり、同時に斜めひび割れの進展過程を可視化することができた。また、コンクリートの降伏時の脆性的な斜めひび割れのひずみ集中を観察することができた。

3.まとめ

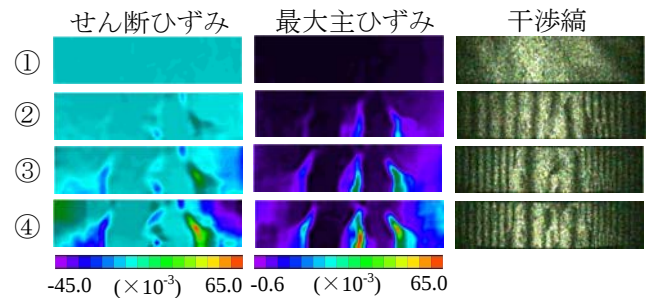
- ESPI およびデジタル画像相関法を用いることにより、非接触で全視野でのひずみ分布を取得することができ、ひび割れの発生、進展状況を可視化することができた。
- 非接触全視野計測により得られた局所的なひずみ集中箇所は、ひび割れ箇所と一致する。
- コンクリートの任意領域でのひずみ値を非接触により算出することができ、ひずみゲージを用いない計測手法の一つとしての有効性を確認することができた。
- ESPI, デジタル画像相関法により得られた変位、ひずみのデータより、せん断ひずみや最大主ひずみ分布を表示することで、ひび割れ発生箇所と関連づけられるような結果が得られた。



(a)荷重－変位曲線

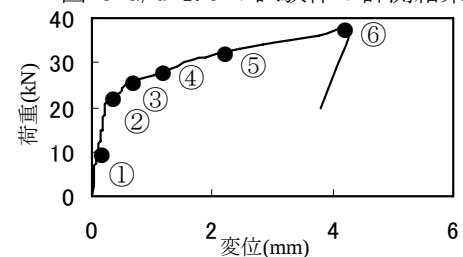


(b)破壊形態



(c)ひずみ分布, 干渉縞の推移

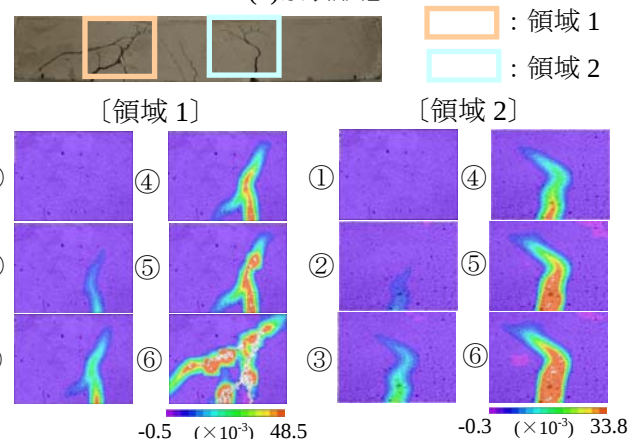
図-3 $a/d=1.5$ の試験体の計測結果



(a)荷重－変位曲線



(b)破壊形態



(c)ひび割れ箇所における最大主ひずみ分布

図-4 $a/d=1.5$ の試験体の計測結果

参考文献

- (1)二羽淳一郎, 山田一宇, 横沢和夫, 岡村甫: せん断補強筋を用いない RC はりのせん断強度式再評価, 土木学会論文集, No. 372/V-5, pp. 167-176, 1986
- (2)町田篤彦, 丸山武彦, 関博, 檜貝勇: 鉄筋コンクリート工学, pp86-88, オーム社出版, 2001