

# 画像解析を用いた曲げモーメントとせん断力の相互関係

学生氏名 松本 昇太  
 指導教員 吉川 弘道

## 1.はじめに

鉄筋コンクリート(以下, RC)構造物のせん断破壊は, 極めて複雑な破壊形態であり, せん断力だけでなく, 曲げモーメントの影響も含んでいることが確認されている. そこで, 本研究では, 非接触変位計測システムを用いた RC はりの載荷実験を行い, 画像解析により, 曲げ, せん断における断面解析を行った. また, ファイバーモデルと修正圧縮場理論を併用した解析プログラムを用いて, 比較・検討を行った. さらに, せん断力に対する曲げモーメントの影響を考慮するため, せん断スパンを一定の間隔で分割し, それらの相互関係について解析・考察を行った.

## 2.実験概要

表 1 に試験体諸元を示す. 試験体は, 矩形断面とした RC はりで, 実験パラメータは, せん断補強筋間隔とせん断スパン長として 7 体作製した. また, 試験体左右のせん断補強筋比を変え, 一方のせん断スパン内でせん断破壊が生じるように配筋した. 載荷方法は, 300kN アクチュエータを用いて変位制御・二点集中載荷で行った. 載荷時には, 荷重, 載荷点変位, 各ひずみを測定した. 本研究では, 実験における変形算出方法として, 図 1 に示すようなデジタルカメラを用いた非接触変位計測を行った. 計測結果より, 画像解析ソフト WinROOF を用いて各ポイントの重心座標を算出し, 撮影した画像ごとの曲げ変形量・せん断変形量を求めた.

表 1. 試験体諸元

試験体	せん断補強筋間隔 (mm)	せん断スパン長 (mm)	断面幅 (mm)	断面高さ (mm)	有効高さ (mm)
125-400		400	150	200	172.95
125-475	125	475			
125-550		550			
150-475	150	475			
150-550		550			
175-400	175	400			
175-475		475			



図 1. 実験風景

## 3.ファイバーモデルと修正圧縮場理論

本研究では, 本研究室にて作成された曲げ解析手法であるファイバーモデルと, せん断解析手法である修正圧縮場理論(以下, MCFT)を併用したプログラムを解析に用いた. 曲げモーメントとせん断力は, 分離して解析を行うが, 非線形領域においては, 互いに影響を及ぼし合う事が指摘されている(相互関係).

## 4.区間分けの定義

図 2 に示す様に, せん断スパン(a)内において, 曲げモーメントは, 常に一定の値をとらないため, 載荷点から支点へ順に区間分けし, 各区間の曲げ・せん断に対して断面解析を行った. せん断スパンの分割方法は, 図 1 に示したポイント間隔同様 100mm ピッチで分けた. ただし, せん断スパン 400mm の試験体は, 長さの都合上, 区間の間隔が 50mm となる. 分割数は, せん断スパン 400mm, 475mm の試験体が 4 区間, 550mm の試験体が 5 区間となる. また, 各区間に作用する曲げモーメントを算出する際, 支点から各区間の中心までの距離を  $x$  として計算した.

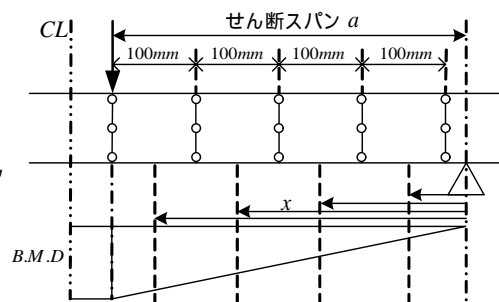


図 2. 区間分割

## 5.実験結果

図 3 に, せん断破壊した試験体 175-475 の実験値と解析値それぞれの曲げ変形量  $flex$ , せん断変形量  $shear$ , 全変形量  $total$  について荷重-変位関係を示した. また, 全変形量  $total$  は, 曲げ変形量  $flex$  とせん断変形量  $shear$  の和とした. 結果として, 最大荷重, 各変形量ともに実験値と解析値で載荷開始からピーク時に至るまで, ほぼ近似した値をとることが確認できた. よって, 本実験で用いた非接触変位計測方法, 及び結果は, 解析値に対して, 精度良く追従できたとと言える.

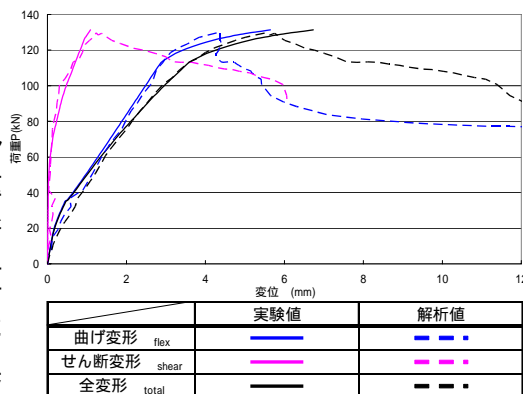


図 3.P- 曲線(175-475)

## 6.断面解析

### 6-1.曲げ・せん断における断面解析

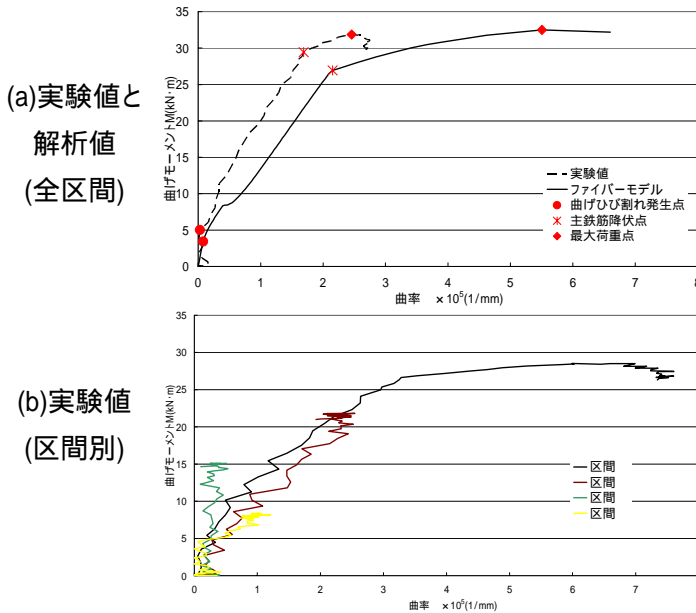


図 4.M- 関係(125-475)

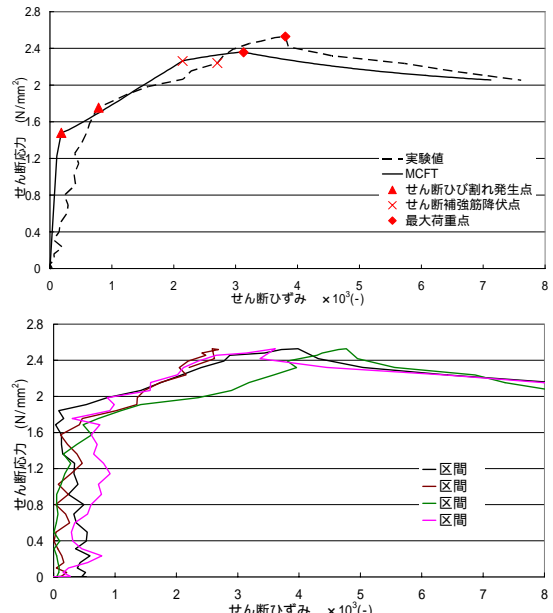


図 5. - 関係(175-400)

試験体 125-475 の M- 曲線を図 4 に、試験体 175-400 の - 曲線を図 5 に示し、それぞれ全区間、区間別の 2 種類を算出した。図 4(a)より、M- 関係に関しては、図に示した各点における実験値と解析値の曲げモーメントが近い値をとり、図 5(a)より、- 関係は、実験値と解析値がほぼ近似する結果となった。次に、図 4(b)より、最大曲げモーメント時の 値を見ると、曲げモーメントの作用が最も大きい区間 が最大となっている。また、図 5(b)より、最大せん断応力時の 値は、区間 が最大となった。以上より、各断面解析における特徴を確認することができた。

### 6-2.曲げモーメントとせん断力の相互作用

曲げ・せん断双方の影響を検討するため、全区間を対象とした d- 曲線を作成した(図 6)。曲げ破壊型(125-475)、せん断破壊型(175-400)共に荷が進むに連れ、d、の値が比例関係で増加している様子が分かる。これにより、どちらの破壊形態でも、曲げ・せん断双方の影響を常に受けていることが確認できた。次に、図 7 では、区間別における最大荷重時の d、値を示した。曲げ破壊型は、区間 で d、値が最大となった。これは、区間 に働く大きな曲げモーメントの影響を受けたからだと考えられる。一方、せん断破壊型は、区間 で d、値が最大となった。これは、区間 付近で最も大きなせん断応力が作用した事から(ひずみゲージより計測)、曲率に影響を及ぼしたと考えられる。

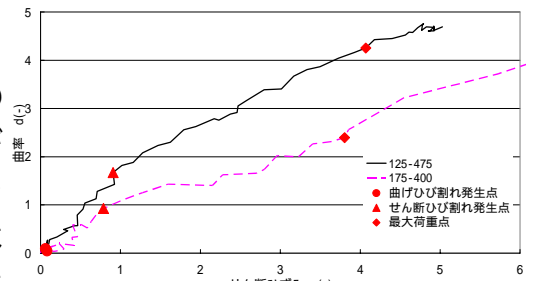


図 6. d- 曲線(全区間)

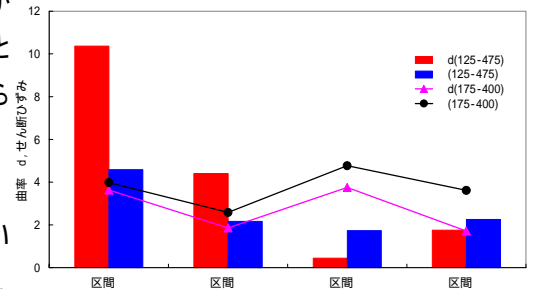


図 7.最大荷重時の d 値・ 値(区間別)

全区間対象の d- 曲線が比例関係にあることや、区間別算定結果より、曲げ成分である d がせん断応力の影響を受け、せん断成分である が曲げモーメントの影響を受けることから、曲げとせん断の相互関係が見られた。

### [参考文献]

- 1) 五明賢: 修正圧縮場理論とファイバーモデルを併用した鉄筋コンクリート梁の非線形解析, 武蔵工業大学修士論文, 2003
- 2) 福岡聖一 山形信一: 鉄筋コンクリート梁部材の耐荷機構に関する研究, 武蔵工業大学卒業論文, 2003
- 3) 吉川弘道: 鉄筋コンクリートの解析と設計, 丸善, 1995