

非接触変位計測システムによる RC 単純梁の変形解析

学生氏名 相原 啓仁

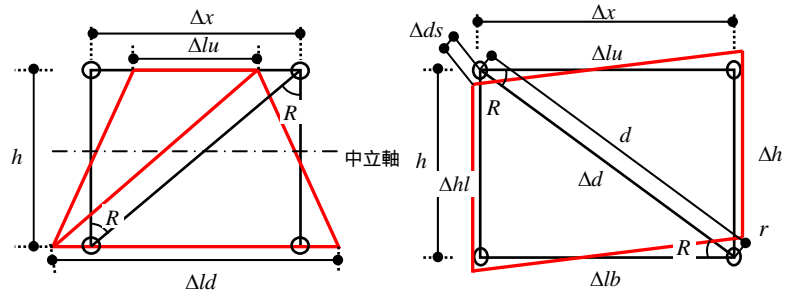
指導教員 吉川 弘道

1. 研究目的

直接変位計では得ることのできない、曲げ変形量(以下, δ_{flex})・せん断変形量(以下, δ_{shear})を求める手法として非接触変位計測システム¹⁾(以下, 画像処理)がある. 本研究では, 曲げ解析であるファイバーモデル²⁾(以下, FM)とせん断解析である修正圧縮場理論³⁾(以下, MCFT)による解析結果を用い, RC 梁載荷実験から得られた画像処理データを用い, 曲げ・せん断における断面解析・変形解析の比較・検証を行った.

2. 断面解析

各試験体における断面レベルでの状態を確認するため, せん断スパン 550mm の試験体を用い, 画像処理より曲げモーメント M - 曲率 関係およびせん断応力 - せん断ひずみ 関係を求め, 解析値との比較を行った.



Δlu : 上辺の変化量, Δld : 下辺の変化量, h : 高さ, Δx : 区間長さ
 Δv : せん断変形, Δds : 対角線方向修正変位, R : 水平方向に対する角度

図-1 曲率算出⁴⁾

図-2 せん断変形算出⁴⁾

(1) 曲率・せん断ひずみ の算出

式(1)より, 任意断面における曲率を算出できる(図-1 参照).

図-2 にせん断変形算出方法を式(2)に示す. 式(2)より, 任意断面でのせん断変形が求まり, 区間長さで除すことでその区間でのせん断ひずみを算出できる(式(3)).

$$\text{曲率: } \phi = (\Delta lu - \Delta ld) / (\Delta x \cdot h) \quad (1)$$

$$\text{せん断変形: } \Delta v = \Delta ds / \sin R \quad (2) \quad \text{せん断ひずみ: } \gamma = \frac{\Delta v}{\Delta x} \quad (3)$$

(2) 曲げ解析: 曲げモーメント M - 曲率

RC 部材の曲げ変形性能は, 任意断面における M - 関係から定まる靱性の程度によって決定される. そこで実験より曲げモーメント・曲率を算出した(図-3 参照). は区間重複分割を採用し, 曲げ解析(FM)による曲率を併記した. 区間幅を広げ, ひび割れを 2, 3 本含むように重複分割することにより, ひび割れ 1 本の影響を強く受ける隣接分割よりも曲率のばらつきが平準化される. そのため, 実験より得られた曲率は, 解析値の周りに散在し, 実験値と解析値がほぼ合致したと言える. この曲率曲線をさらに解析値に近づけるには, ポインタ間隔を狭くし, ひび割れを数本含むように区間重複分割することだと考えられる. これにより, さらに曲率のばらつきが平準化され, 理論上の曲率が求まる.

(3) せん断解析: せん断応力 - せん断ひずみ

画像処理より任意断面の が求まる. しかし, 各区間断面から求まるはひび割れなどの影響によりせん断変形(ひずみ)が複雑に変化するため, 区間毎のを平均化することで平均ひずみとして取り扱うことができる. これを解析値(MCFT)と比較した(図-4 参照). その結果, 解析値・実験値の挙動は概ね一致した. この理由として, 実験での局所的に入ったひび割れ区間を平均化して取り扱うことにより, せん断スパン全体にひび割れが均一に発生した状態となる. これが MCFT の仮定する, ひび割れを離散的に捉えることと同様に扱えることから, 解析値とほぼ一致した挙動が得られたと考えられる.

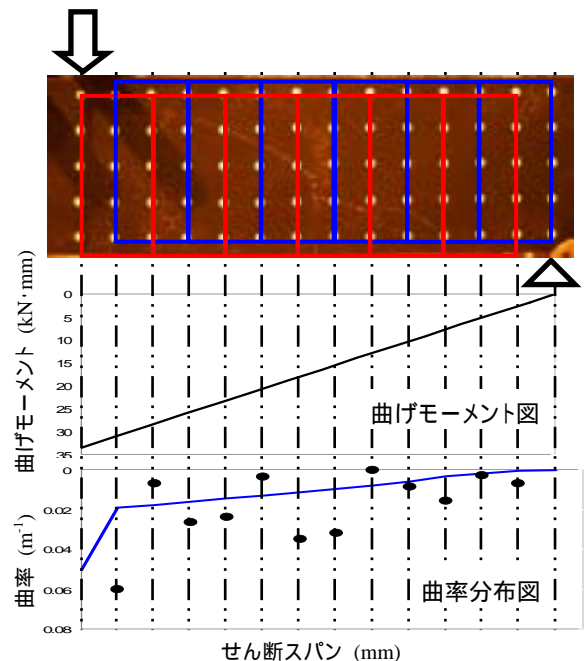


図-3 重複分割による M - 関係

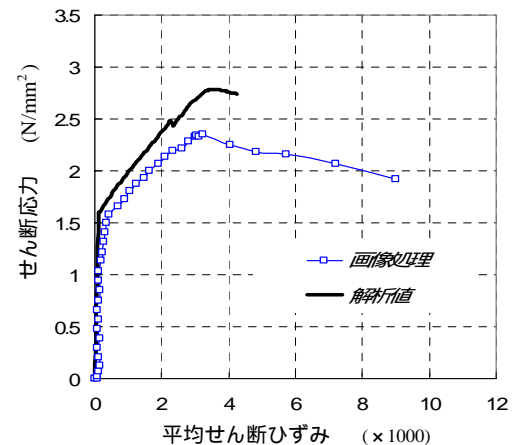


図-4 - 区間平均 関係

3. 変形解析

ここではせん断スパン 475mm の試験体を用い、画像処理からせん断成分・曲げ成分を抽出し、 δ_{shear} ・ δ_{flex} を求め、解析値との比較・検証を行った。

(1)変形算出理論

任意の断面におけるせん断ひずみ $\gamma(x)$ をせん断スパン a にわたり積分することにより、せん断スパン長さにおける δ_{shear} が得られる(式(4))。これは、任意の区間長さを Δx に乗じた総和に等しい。 δ_{flex} については式(5)⁵⁾から算出される。RC 梁部材の変形量(以下、 δ)は δ_{shear} と δ_{flex} の2つの変形量で構成されている(式(6))。

$$\text{せん断変形: } \delta_{shear} = \int_a^k \gamma(x) dx = \sum_{i=1}^k \gamma_i \Delta x \quad (4) \quad \text{曲げ変形: } \delta_{flex} = \int_a^k \phi(x) dx = \theta_A \cdot a - \sum_{i=1}^k \phi_i \cdot \Delta x \cdot x_i \quad (5)$$

$$\text{変形量: } \delta = \delta_{shear} + \delta_{flex} \quad (6) \quad \begin{matrix} i: \text{区間要素}, k: \text{区間数}, \theta_A: \text{支点回転角}, \Delta x: \text{各区間の微小要素幅} \\ x_i: \text{区間} i \text{の中央から載荷点までの距離}, \phi_i: \text{区間} i \text{における曲率} \end{matrix}$$

(2)直接変位計・画像処理による荷重 P - 変位 関係

画像処理の精度について評価を行うため、P - 変位 関係を用いて直接変位計との比較を図-5 に示す。図より、直接変位計と画像処理の示す挙動は、最大荷重時までほぼ合致した挙動を示した。最大荷重以降に両者の挙動は乖離したが、最大荷重以降のひび割れの進展により、直接変位計の示す変位は必ずしも正しいとは限らず、どちらの変位が正しいかは明確でない。大変形領域においては、載荷点下から抽出される直接変位計よりも部材全体から変位が求まる画像処理の方が正しいと推察される。以上のことより、画像処理は最大荷重時までの変位に信頼性が高いことが確認できた。

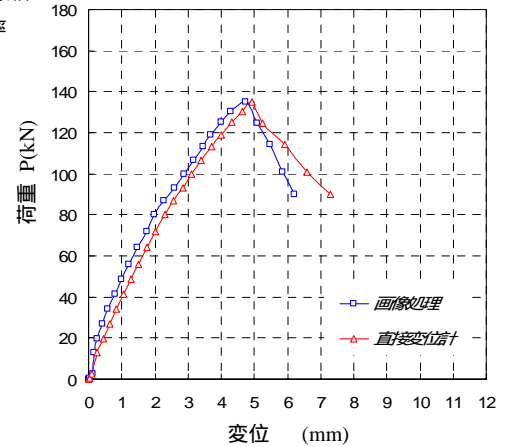


図-5 P - 変位 関係

(3)画像処理・解析値による荷重 P - 変位 関係

図-6 に画像処理より求まる δ_{flex} ・ δ_{shear} と、曲げモーメントを考慮した MCFT による解析結果を示した。画像処理・解析値の示す δ_{flex} ・ δ_{shear} に著しい変位の差は見られなかった。 δ_{shear} の両者の示す変位はほぼ等しいことが確認できた。しかし、 δ_{flex} は両者の示す変位挙動に違いが見られた。画像処理から求まる δ_{flex} は、最大荷重以降に変形が除荷のような挙動を示している。これは、ひび割れが進展したことにより、載荷点側は沈み、回転角となる支点側は除荷されるように変位が戻ったことが原因だと考えられる。以上のことから、(2)の画像処理 の最大荷重以降の挙動が直接変位計に追従できていない主要因は δ_{flex} であることが検証できた。

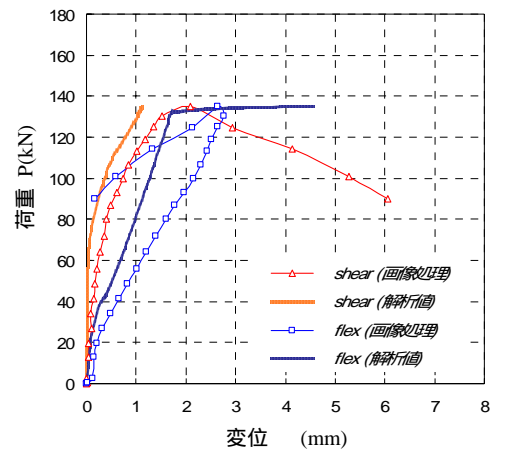


図-6 δ_{shear} と δ_{flex} の比較

図-7 に画像処理と解析値の P - 変位 関係について比較を行った。図より、画像処理の示す挙動が解析値に概ね追従していることが確認できた。これは最大荷重以降の δ_{shear} よりも δ_{flex} の変位が上回ったためである。

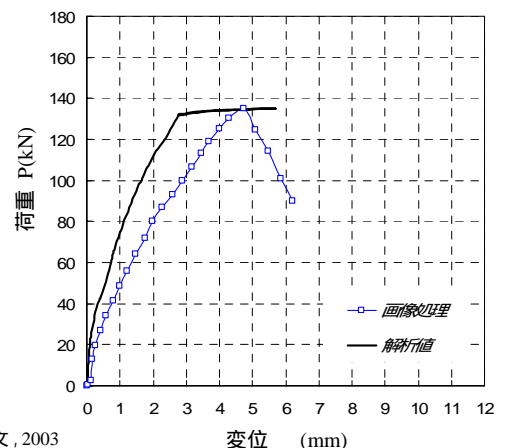


図-7 P - 変位 関係(解析値との比較)

まとめ

・画像処理データより断面解析を行う場合、ひび割れを数本含むように区間幅を広げることによりばらつきが平準化され、解析値に近い挙動を示すことが検証できた。

・画像処理による変形解析は、最大荷重点までの変位に信頼性が高いことが確認できた。

[参考文献]

- 1) 五明賢：修正圧縮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，武蔵工業大学修士学位論文，2003
- 2) 池谷和之：繰返し荷重を受ける鉄筋コンクリート柱の力学的挙動に関する実験的研究，武蔵工業大学修士学位論文，1999
- 3) M.P.Collins and D.Mitchell： Prestressed Concrete Structures, Prentice Hall, 1991
- 4) 大滝健：Size Effects In Shear Failure of Reinforced Concrete Bridge Columns，京都大学博士論文，2001.3
- 5) 田辺忠顕，檜貝勇，梅原秀哲，二羽淳一郎：コンクリート構造，朝倉書店，1992.6