

CCD カメラを用いた鉄筋コンクリートはりのせん断変形測定

武蔵工業大学大学院 学生会員 ○五明 賢
武蔵工業大学工学部 正会員 吉川 弘道

1. はじめに

鉄筋コンクリート(以下 RC)部材におけるせん断破壊は,急激な耐力の低下を示し,脆性的であるため回避されるべき破壊形態である.しかし,その破壊形態は未解明な点が多く,今日でもあらゆる方面で研究が進められている.その破壊形態を知る重要な情報であるせん断変形を計測する方法として,通例は変位計を用いる方法が一般的である.しかし,この方法では,ある程度の大きな断面寸法を持つ試験体にしか適用できない.そこで,CCD カメラを用いた非接触変位計測システムを使用しせん断破壊するRC はりにおけるせん断変形の計測を試みた.

2. 実験概要

試験体概要:

試験体の形状寸法を図-1に,試験体諸元を表-1に示す.供試体は,長さ1400mm,断面150×200mmの矩形断面とした.片側のせん断スパンを意図的にせん断破壊させるため,左右せん断スパンにおいてせん断補強筋比を変化させた.荷重方法は,せん断スパン比をパラメーターとし,2点荷重を変位制御で行った.

測定項目:

測定項目は,荷重,荷重点変位,各鉄筋のひずみ及び CCD カメラによる変位測定である.

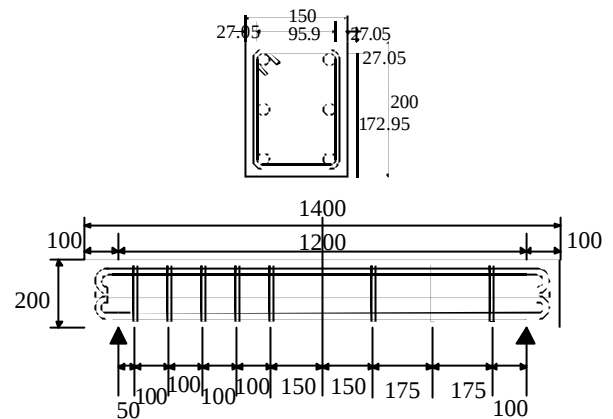


図-1 試験体配筋図 (mm)

表-1 試験体諸元

試験体	断面形状	荷重スパン mm	せん断スパン mm	有効高さ mm	曲げせん断 耐力比	軸方向鉄筋			せん断補強筋			コンクリート	
						鉄筋比 (%)	降伏強度 (N/mm ²)	弾性係数 (N/mm ²)	鉄筋比 (%)	降伏強度 (N/mm ²)	弾性係数 (N/mm ²)	圧縮強度 (N/mm ²)	弾性係数 (N/mm ²)
B550	200×150	1200	550	172.95	1.126	4.59	628	2.94×10 ⁵	0.241	337	1.86×10 ⁵	33.2	2.99×10 ⁴
B475			475		0.972								
B400			400		0.819								

3. 測定方法と画像処理方法

CCD カメラを用いた測定方法は,試験体側面に変位を測定するポインターとして,シール(直径16mm)を一定間隔(縦8cm,横10cm)で貼る(図-2参照).この時,シールを認識しやすいように,側面にペンキを塗り,シールの色は検討の結果,濃紺とした.このシールが荷重中に変位する挙動をCCDカメラで連続的に撮影する(撮影間隔30秒).画像の撮影解像度は,640画素×480画素である.実験終了後に画像解析ソフト(Win ROOF¹⁾)を使用し,各ポインターの座標を算出した.これは撮影した画像をカラー分離(原色)し,その画像を2値化することにより,ポインターだけを画像上に抽出して,その重心座標を測定する方法で解析を行った.

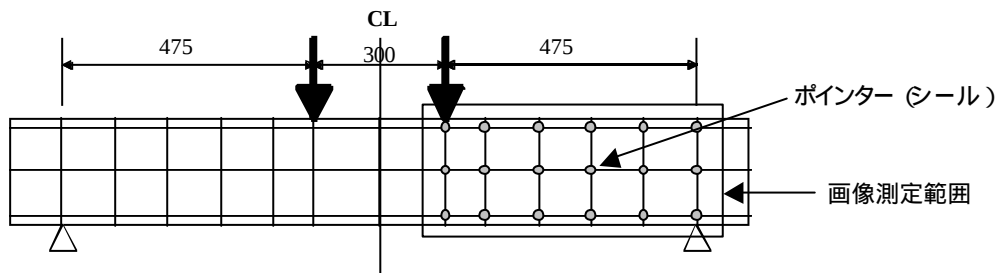


図-2 試験体側面図 (mm)

Keyword : せん断破壊,せん断変形,非接触変位計測システム

連絡先 : 〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 Tel 03-3703-3111(内線 3241),Fax 03-5707-1165

せん断変形計算方法：

画像処理により得られたポインターの重心座標からせん断変形 d_s を求める式は下記の式 (1)～(4)²⁾を使用した。

$$d_s = \Delta ds / \cos R \quad (1)$$

$$\Delta ds = \Delta d - \Delta dh - \Delta dv \quad (2)$$

$$\Delta dh = (\Delta lu + \Delta lb) / (2 \times \cos R) \quad (3)$$

$$\Delta dv = (\Delta hl + \Delta hr) / (2 \times \sin R) \quad (4)$$

Δd :せん断変形計測区間の対角線の変形量 , $\Delta dh, dv$:せん断変形計測区間の水平 ,鉛直方向の変形量 , $\Delta lu, lb$:せん断変形計測区間の上辺 ,下辺の変形量 , $\Delta hl, hr$:せん断変形計測区間の右辺 ,左辺の変形量 , R :せん断変形計測区間の対角線の角度
この計算方法は ,測定範囲の対角線の変形量から水平変形量及び鉛直変形量を差し引くもので ,純粋なせん断変形量を算出できるため使用した。

4.実験結果 (B475 試験体)

試験体は ,当初の設計とおり ,せん断補強筋比の小さいせん断スパンでせん断破壊し ,画像データも載荷中に得ることができた .図-3は ,試験体のうち B475 の画像を処理して求めたせん断変形 d_s を ,変位計から求めた変位曲線 d と併記したものである .しかし ,画像によるせん断変形 d_s は ,全体的に乱れが見られ ,せん断ひび割れが入るまでは ,特に大きい .これは ,パソコンでポインターを認識処理する際の精度によるものと考えられる。

荷重 - 変位曲線による考察：

図-3において ,全体変形 d とせん断変形 d_s は ,約 100kN に至るまで ,明らかに異なる傾きで増加し ,変形量に差異を生じている .この変形量の差異が ,曲げ変形である .しかし ,その後は ,徐々に近づいていきポストピーク後は ,ほぼ同じ差異で推移している .これは ,荷重 100 kN 付近でせん断ひびわれが生じていることから ,この付近までは一般的な曲げ挙動を示しているため ,せん断変形より曲げ変形が卓越しているものと考えられる .しかし ,この後 ,斜めひび割れの発生と共にせん断挙動に移行したためせん断変形が増加し ,図-3 のようになったと考えられる。

せん断変形量の妥当性：

図-4は ,図-3の荷重及びせん断変形 d_s を ,それぞれせん断スパン a と断面積を 2 倍したもので除して算出した ,せん断応力 - せん断ひずみ関係を示したものである。

図-4より ,せん断ひずみは ,最大で 0.018 程度である .この値は ,せん断変形に関する既往論文 (例えば参考文献 3))から検証した結果 ,ほぼ妥当な値と考えられる。

4.まとめ

CCD カメラを用いた非接触変位計測システムを使用し ,RC はりのせん断変形を測定 ,算出することができた。

せん断変形曲線の波形については ,測定方法や解析方法の改良により ,修正する必要がある。

この計測方法より ,変位計を設置不可能な大きさの試験体であっても ,せん断変形を計測することができ ,局所的な変位計測も可能であると考えられる。

【参考文献】

- 1) 三谷産業 (株) :Windows 用汎用画像処理パッケージ Win ROOF 取扱説明書
- 2) 大滝 健 :SIZE EFFECTS IN SHEAR FAILURE OF REINFORCED CONCRETE BRIDGE COLUMNS 京都大学博士論文 p46～48 ,2001 .3
- 3) 鈴木 紀雄 :鉄筋コンクリート柱梁部材のせん断特性算定法 ,コンクリート工学年次論文集 ,1998 ,p336

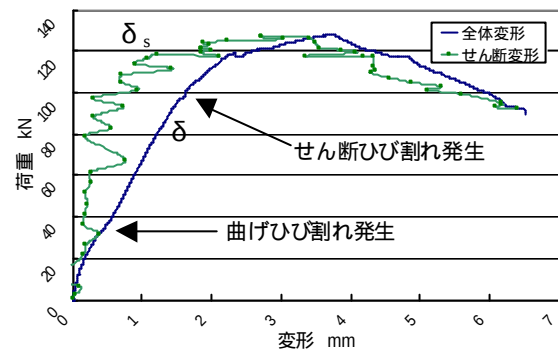


図-3 荷重 - 変位曲線とせん断変形

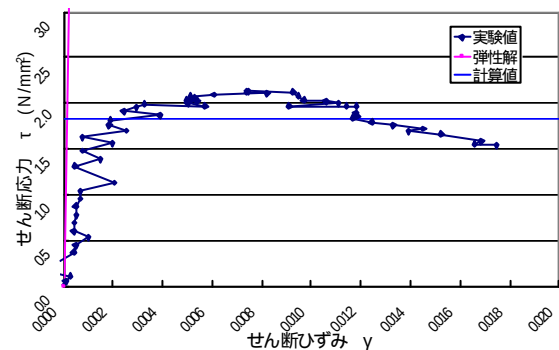


図-4 せん断応力 - せん断ひずみ関係