異なる断面の鉄筋コンクリート梁の段階的損傷進展と静的・動的特性の変化

愛媛大学 学生会員 〇小林 巧 愛媛大学 フェロー 森 伸一郎

1. はじめに

コンクリート橋の損傷評価のための振動測定の有効性を明らかにすることを目的として,鉄筋コンクリート 梁(以下, RC梁)の多段階曲げ載荷実験とハンマー打撃振動測定を実施してきた.小林・森^いは,載荷によ る力学的損傷の進展と単純梁の1次曲げモードの固有振動数の変化の関係を明らかにしたが,本論文では,断 面欠損のある試験体や配筋の異なる試験体を併せて,力学的損傷の進展と単純梁1次曲げモードの固有振動数 変化の関係を比較した.

2. 実験の対象と方法

図-1にRC梁試験体の正面図と断面図及び実験方法を,表-1 に各試験体の詳細を示す.RC梁は幅64 cm,高さ35 cmの矩形 断面(下端は70 cmに拡幅)であり,長さは5.5 m,4 点曲げ試 験の際の単純梁としての支間長は5.0 mである.どの試験体も D10のせん断補強筋を30 cm間隔で,主鉄筋はD19とし,断面 上側に6本を,断面下側(引張側)に試験体A,Bでは10本, 試験体Mでは6本を配置した.その結果,梁の計算終局曲げ耐 力 Muはそれぞれ265 kN・mと148 kN・mである.試験体B の支間中央には高さ5 cm,幅20 cmの断面欠損を設けている.

段階的載荷が各 RC 梁に与える影響とそれによる卓越振動数 の変化を調べるため、多段階載荷を採用した.載荷除荷と塑性 変形の測定を行うために、10kN ずつ荷重を増加させ荷重とたわ みを計測し、各段階の最大荷重で一定時間荷重を保持してクラ ック観察を行い、その後0kNまで除荷した後に上載載荷器具を 取り除くという一連の手順を、最大荷重を更新しつつ(更新荷重 はA,Bが30kN,Mが20kN)計6サイクル繰り返した.試験体 A,Bは150kN,試験体Mは100kNが最大荷重であり、これは 計算終局曲げ耐力の約60%に相当する荷重である.

処女載荷前と各サイクル除荷後に2点支持状態でのハンマー 打撃振動測定を行った.振動測定では,振動計を RC 梁の中心 上に設置し,ハンマーを自由落下させ加振した.振動計は3成 分の感震器と AD 変換器が内蔵された0.5~20 Hz で平坦な利得 の動コイル型速度計 GEODAQS (ANET 社製)を用いた.サン プリング振動数は200 Hz で,約20秒間のデータを抽出しスペ クトル解析を行い,1次卓越振動数を読み取った.

3. 各多段階載荷実験結果の比較

図-2 に各載荷実験の荷重たわみ履歴を示す. 同図より異なる 断面の RC 梁試験体でも最大荷重の増加に伴い, 除荷後の残留

キーワード 鉄筋コンクリート,単純梁,多段階載荷,固有振動数,クラック,残留たわみ 連絡先 〒790-8577 愛媛県松山市文京町3 愛媛大学 森 伸一郎 email mori@ehime-u.ac.jp



表-1 RC梁試験体詳細

試験	主鉄筋本数		計算終局	載荷点
	断面	断面	曲げ耐力	間距離
14-12	上側	下側	$Mu(kN \cdot m)$	d(cm)
Α	6	10	265	100
В	6	10	265	100
M	6	6	148	120



たわみが増大し,載荷・除荷時の剛性が低下するという損 傷に起因する特性変化が確認できる.残留たわみの増大は 可視クラックの進展に起因¹⁾しており,計算クラック発生 荷重は 75 kN(試験体 A, B)と 71 kN(試験体 M)である.

4. 各多段階荷重履歴後の振動実験結果の比較

振動測定により得られた各試験体の1次卓越振動数は, 式(1)の単純梁の1次曲げ固有振動数理論式で求められる¹⁾.

$$f_1 = \frac{\omega_1}{2\pi} = \frac{1}{2\pi} \left(\frac{\pi}{L}\right)^2 \sqrt{\frac{EI}{\rho A}} \tag{1}$$

 $(f_1:1 次固有振動数(Hz), \omega_1:1 次固有円振動数(rad/s), L:$ $支間長(m), <math>E: \forall \forall \forall f(N/m^2), I:$ 断面 2 次モーメント (m⁴), $\rho:$ 密度(kg/m³), A:断面積(m²))

図-3 に計算終局曲げ耐力で正規化した最大履歴曲げモ ーメント *M/Mu* と,正規化1次曲げ固有振動数(処女載荷前 の1次曲げ固有振動数fi,oに対する第*i*段階載荷後の1次曲 げ固有振動数fi,iの比, fi,i/fi,o)の関係を示す.どの試験体も 最大履歴モーメントの増加に伴い,1 次曲げ固有振動数が 同様の傾向で低下している.また,図-4に可視クラック密 度(載荷点間にける可視クラックの鉛直成分総延長 *D*を載 荷点間距離*d*で除したもの)と正規化1次曲げ固有振動数の 関係を示す.同図より,どの RC 梁も可視クラックが進展 するほど1次曲げ固有振動数が低下していると同時に,可 視クラックが認められない段階でも1%程度低下している.

5. 静的な除荷時剛性と動的挙動に関する曲げ剛性の関係

図-5 に正規化除荷時剛性(載荷第1サイクル目の割線剛 性 K₀に対する第iサイクル目載荷後の除荷時剛性 K_iの比, K_i/K₀)と正規化した動的な挙動に関する曲げ剛性(式(1)中 の EI に関して,処女載荷前の動的曲げ剛性 EI_{1,0}に対する 第iサイクル目載荷後の動的曲げ剛性 EI_{1,i}の比, EI_{1,i}/EI_{1,0}) の関係を示す.同図によると,除荷時の剛性低下に伴い, 動的な曲げ剛性も低下している様子がわかる.可視損傷が 進展し塑性域に達した後は,静的な剛性(除荷時剛性)と動 的曲げ剛性の低下率に大きな差があるが,可視損傷が現れ る前段階では各剛性の低下率は1対1に対応している.



6. 結 論

(1) 異なる断面の RC 梁に多段階載荷を行い,段階的に損傷進展させた結果,可視クラックの進展に伴い1次曲げ固有振動数が低下する因果関係を定量的に示した.また、可視損傷発生以前でも固有振動数が低下した.
(2) 可視損傷発生以前では,静的な除荷時剛性と動的挙動に関する曲げ剛性の低下率が1対1に対応している.
参考文献

1)小林 巧,森 伸一郎:鉄筋コンクリート梁の多段階曲げ載荷実験による損傷の進展と固有振動数変化の関係,平成 29 年度全国大会第72 回年次学術講演会,土木学会全国大会,2017

-1038-