

鋼球落下試験による異なる荷履歴を受ける RC 部材の損傷進展検知に関する基礎的研究

名古屋大学 学生会員 ○佐々木 康

名古屋大学院 正会員 中村 光, 三浦 泰人

1. 序論

南海トラフ地震のように広域で多数の構造物に損傷発生が予想される場合、適切に損傷度判定をして合理的な復旧の順位をつけることが望まれる。しかし、繰返し荷重を受ける RC 部材の挙動の検討は、終局時に着目した研究は多くあるが、かぶりの剥落の可能性などの損傷度評価に関する研究は殆ど行われていない。本研究では異なる荷履歴を受ける曲げ破壊型の RC 部材を対象として、変位増大とともにかぶりに対して打音検査の一種である鋼球落下試験を行い、かぶり近傍の損傷進展がどのように検知・評価されるかを検討した。

2. 実験概要

2.1 荷概要

対象とした供試体概要を図-1 に示す。供試体は 200mm×200mm の矩形断面を有する単純梁で、圧縮鉄筋および引張鉄筋は SD345D10 を 2 本ずつ配置した。

損傷進展評価区間は図-1 に赤枠

で示した区間とした。荷は、支点より 450mm を荷点とした 4 点繰返し曲げ荷で行った。3 体の供試体に対して、鉄筋の降伏変位 $\delta y (=4\text{mm})$ を基準として、異なる荷履歴を与えた。供試体 1 は、 $\delta y, 2\delta y, 3\delta y, 4\delta y$ で除荷を行う一方方向漸増繰返し荷として、圧縮側・引張側での異なる損傷進展が鋼球落下試験でどのように検知・評価されるか確認することを目的とした。供試体 2 は、 $2\delta y, -\delta y, 3\delta y, -3\delta y, 4\delta y$ で正負繰返しを行う荷とし、初期に降伏を超えたレベルの損傷を受けた場合の繰返し荷重下での損傷進展の検知・評価を行うことを目的とした。供試体 3 は、 $0.8\delta y, -0.8\delta y, \delta y, -\delta y, 2\delta y, -2\delta y$ で正負繰返しを行う荷とし、降伏前に貫通ひび割れが発生した場合の繰返し荷重下での損傷進展の検知・評価を行うことを目的とした。繰返し荷は、除荷後の荷重零点において供試体を反転させて行った。変位量は、供試体中央側面の 2 面に取り付けた変位計の平均値とした。

2.2 鋼球落下試験

鋼球落下試験では、図-1 に赤で示した、長さ 400mm、幅 200mm の範囲の供試体上下面を 25mm 間隔のグリッドで切り、高さ 100mm の地点から直径 20mm の鋼球を落とし、打撃音を計測した。測定は、荷前および繰返し荷で除荷後の荷重零点において上下面に対し行った。打撃音データの評価には、当研究室で内部欠陥検出のために提案している、獲得した打撃音から周波数スペクトル分布を算出し、スペクトル値の最大値で正規化した正規化周波数スペクトル分布の面積を健全度評価指標値とする手法¹⁾を適用した。

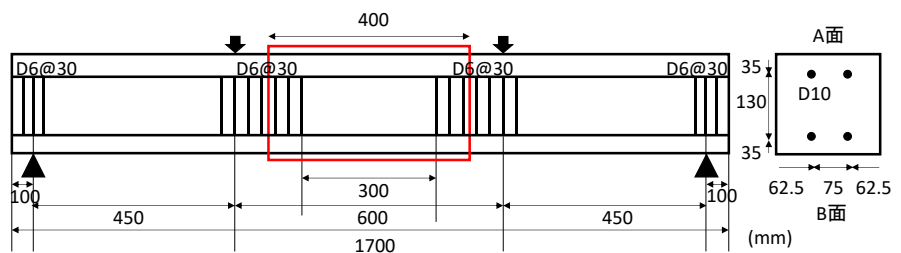


図-1 供試体概要

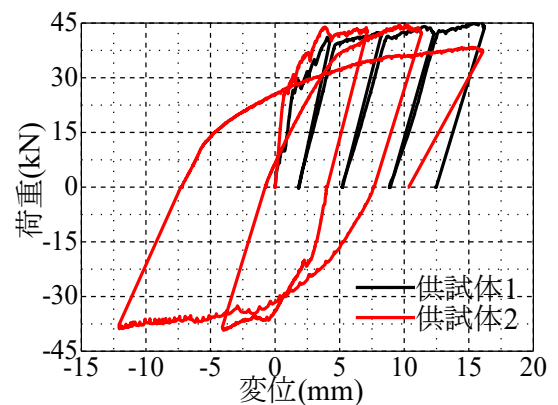


図-2 荷重-変位関係

キーワード RC 単純梁 損傷進展 繰返し荷 鋼球落下試験 健全度評価指標

連絡先 〒464-8603 名古屋市千種区不老町名古屋大学工学部 9 号館 5 階 9-526

Mail address: ko_sasaki_226@outlook.jp

3. 実験結果および考察

供試体 1 および供試体 2 の荷重-変位関係を図-2 に示す. 正負繰返し荷重では典型的な曲げ挙動の紡錘型を示している. 各荷重ステップ後の荷重零点における, 表面ひび割れ状況の展開図と鋼球落下試験で算出した健全度評価指標値分布図を図-3 に示す. 展開図は上から, 図-1 中の A 面, 右側面, B 面, 左側面を示す. 変位が正の場合 A 面が圧縮, B 面が引張を受け, 変位が負の場合 A 面が引張, B 面が圧縮を受けた後の除荷時に対応する. 健全度評価指標値分布図は, 数値が大きいほど健全と判定し, 図では赤系統色で示した. 一方で数値が小さい場合は, ある特定の周波数が卓越する欠陥の存在を示すもので, 図では青系統色で示した. また, 健全時の打撃音データから健全状態のしきい値を算出し, それ以上の値をすべて赤で表している.

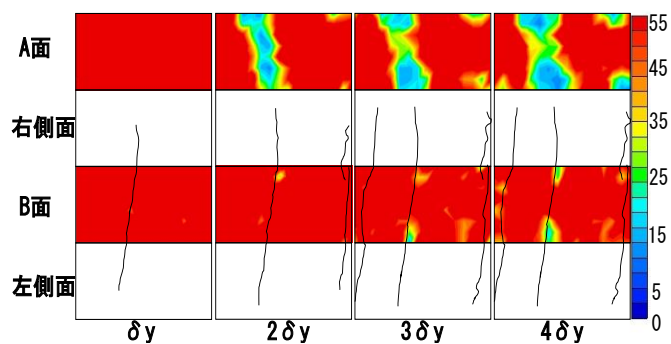
図-3(a)の供試体 1 では, 降伏時には, 圧縮面・引張面とも欠陥と判定される領域はなかった. 降伏後 $2\delta y$ から圧縮面において, 鉛直に進展した曲げひび割れ直上の領域に部材幅全体に渡って欠陥が存在すると判定された. また, 欠陥の判定領域は, 変位の増大とともに拡大する結果を示した. 一方, 引張面では, 変位が増大し曲げひび割れが大きくなると, 部材幅端部に若干の欠陥が生じたと判定された. 図-3(b)の供試体 2 では, 初期の $2\delta y$ 荷重時は, 供試体 1 と同様の結果を示した. 健全度評価指標値分布図は, その後の正負繰返し荷重のステップにおいて圧縮・引張両方の荷重履歴を受けた場合でも圧縮面・引張面ともに初期の欠陥の判定領域から大きく変化しない結果となった. 図-3(c)の供試体 3 では, 貫通ひび割れが発生した後に, 圧縮・引張の繰返し荷重履歴を受けても, 断面幅全体の明確な欠陥領域は判定されなかった. 供試体 2 および供試体 3 の正負繰返し荷重の結果から, 曲げひび割れが発生した領域は, その後の繰返し荷重履歴で再接触による圧縮損傷を受けた場合は, 初期に健全な状態から圧縮損傷を受ける場合とは異なる打撃音特性を示すことが確認できた.

4. 結論

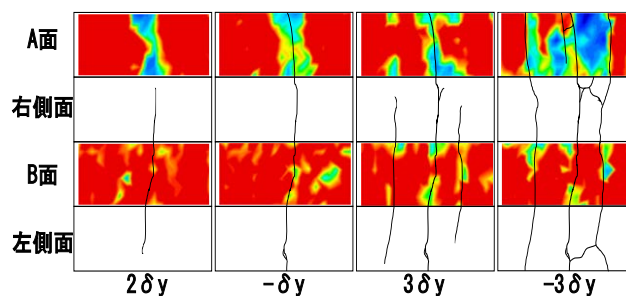
本研究では, 異なる荷重履歴を受ける曲げ破壊型の RC 部材を対象に, 鋼球落下試験によりかぶり近傍の損傷進展がどのように検知・評価されるかを検討した. その結果, 曲げひび割れ上部の圧縮損傷領域を欠陥と判定し, 曲げひび割れそのものは, 大きな欠陥と判定されないこと, また, 引張を受けてから圧縮を受ける履歴と, 圧縮を受けてから引張を受ける履歴とは異なる打撃音特性を示すことが確認された.

5. 参考文献

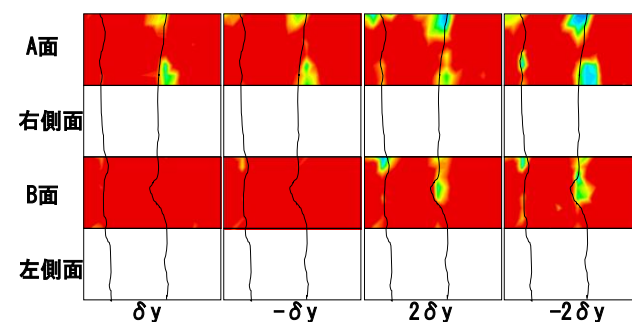
1) 鈴木理絵, 多田祐希, 中村光, 三浦泰人: 弾性波法による健全部判定に基づくコンクリートおよび断面修復部内部の欠陥検出, コンクリート工学年次論文集, vol.40, No.1, pp.1617-1622, 2018



(a) 供試体 1 (一方向漸増)



(b) 供試体 2 (正負繰返し 初期変位大)



(c) 供試体 3 (正負繰返し 初期貫通ひび割れ)

図-3 健全度評価指標値分布および表面ひび割れ