

鋼球落下試験による繰返し荷重を受ける RC 部材の損傷進展評価

名古屋大学 学生会員 ○佐々木 康

名古屋大学大学院 正会員 中村 光, 三浦 泰人

1. はじめに

地震荷重を受ける RC 構造物の安全性確保は第一に考えなければいけないことであるが、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付けることが望まれる。しかしながら、繰返し荷重を受ける RC 部材の挙動の検討は、終局時に着目した場合が殆どであり、かぶりのはく落の可能性など損傷の進展や損傷判定に関する検討は殆ど行われていない。本研究では、繰返し載荷下の 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試験の一種である鋼球落下試験を行い、非破壊検査法によるかぶり近傍の損傷進展評価の可能性を検討した。

2. 実験概要

2.1 載荷概要

図-1 に実験に用いた供試体の概要を示す。供試体は長さ 1700mm, 200mm×200mm の正方形断面を有する単純梁で、圧縮鉄筋, 引張鉄筋として SD345 D10 を 2 本ずつ配置した。対象とする

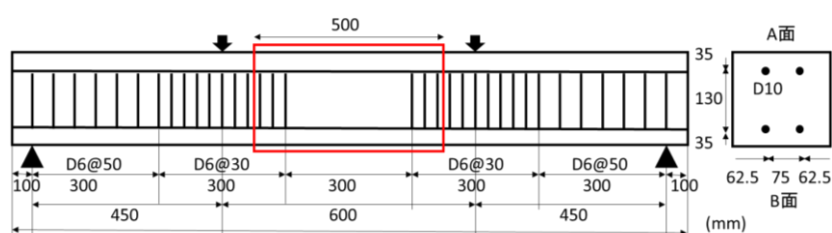


図-1 供試体概要

する損傷評価の区間は、等曲げ区間内の 300mm とし、その他の箇所には SD295D6 スターラップを図-1 のように配置した。載荷実験時のコンクリートの圧縮強度は 44.1 kN/mm^2 であった。載荷は、4 点曲げ繰返し載荷を行い、支点よりそれぞれ 450mm の点を載荷点とし、鉄筋の降伏変位である $\delta y (=4\text{ mm})$ を基準として、順に $2\delta y$, $-\delta y$, $3\delta y$, $-\delta y$, $4\delta y$ となるように変位を与えた。繰返し載荷は、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、支点 2 点直上に設けた変位計の平均と供試体中央側面の 2 面に取り付けた変位計の平均の相対変位とした。また、内部損傷の確認のため、 $4\delta y$ の載荷が終了した後、供試体を複数断面で切断した。

2.2 鋼球落下試験

鋼球落下試験では、図-1 中に赤で示した、長さ 500mm, 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、鋼球落下の打撃音を測定した。測定は載荷前および繰返し載荷でそれぞれ $2\delta y$, $-\delta y$, $3\delta y$, $-\delta y$, $4\delta y$ から除荷後の載荷零点において上下面に対して行った。打音データの評価には、当研究室で提案している鋼球落下試験での欠陥部評価手法¹⁾を適用した。

3. 測定結果および考察

本実験での荷重変位関係を図-2 に示す。図-3 に実験終了後の等曲げ区間内の供試体状況写真を示す。荷重変位関係は典型的な曲げ挙動の紡錘型を示し、実験終了時もコンクリートが圧壊を生じる状況には達していないことが確認できる。図-2 中の a)~e) 点における、ひび割れ状況の展開図と、上下面についての鋼球落下試験での欠陥部評価指標で算出した健全度評価指標値の分布を図-4 に示す。展開図は上から、図-1 中の A 面、左側

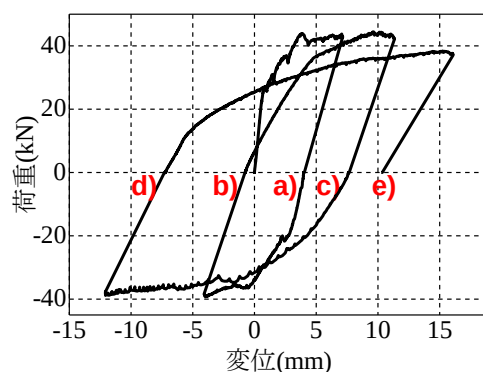


図-2 荷重変位関係



図-3 実験終了時の供試体状況

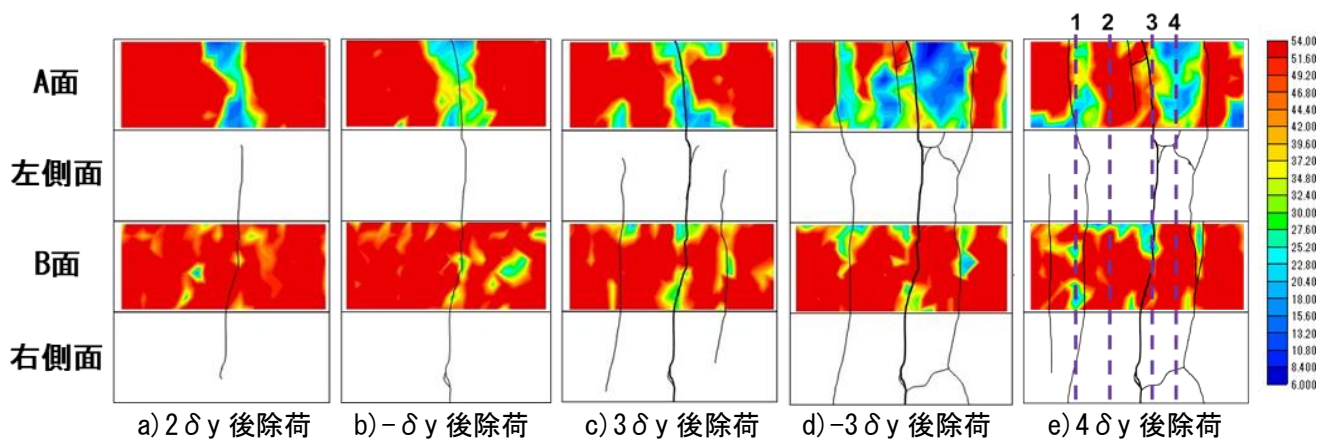


図-4 鋼球落下試験による健全度評価指標値の分布および表面ひび割れ

面、B面、右側面を示す。ここで、a)、c)、e)ではA面が圧縮、B面が引張側になった後除荷された状態で、b)、d)ではA面が引張、B面が圧縮側になった後除荷された状態である。

健全度評価指標値は、打撃データの周波数スペクトルを正規化し、周波数スペクトル分布の面積を算出したものであり、数値が大きいほど健全と判定し、図では赤系統の色で示した。一方、数値が小さい場合は、ある特定の周波数が卓越するような欠陥の存在を示すもので、図では青系統の色で示した。また、健全時の打音データから健全状態の打音結果の閾値を算出し、それ以上の値をすべて赤で表している。評価指標の詳細については参考文献1)を参照して頂きたい。

初期に $2\delta y$ まで载荷後除荷した図-4のa)において、ひび割れが発生していない圧縮側のA面で欠陥が存在するという判定結果となり、一方で曲げひび割れが存在するB面ではひび割れ位置に若干の欠陥が存在するという判定結果であったが、ひび割れ位置を明確な欠陥とは判定しなかった。圧縮側に欠陥があると判定した理由としては、大きな圧縮ひずみの進展によるコンクリートの圧縮損傷領域をとらえたと推測できる。次に、 $-\delta y$ から除荷し、断面に貫通ひび割れが発生した図-4のb)では、圧縮損傷が生じたと推定される領域に曲げひび割れが発生したA面で欠陥と判定された領域が拡大した。その後、 $3\delta y$ から除荷した図-4のc)では、新たな曲げひび割れが発生することで、A、B両面のひび割れ位置を新たな欠陥領域と判定した。さらに、 $-3\delta y$ から除荷した図-4のd)では、引張側となるA面のかぶり近傍に水平ひび割れが発生し、その領域を欠陥部と判定した。また、 $4\delta y$ 除荷後に、図-4のe)に示す1~4の破線位置で供試体を切断し、内部損傷を確認した。図-5に切断面の内部ひび割れ状況を示す。これによればA面側では断面1周辺と、断面3から4にかけて内部の水平ひび割れが観察された。一方B面では水平ひび割れは観察されなかった。図-4のe)の健全度評価指標値ではA面での水平ひび割れに対応する位置を欠陥と判定し、B面をおおむね健全であると判定している。これらの結果から、健全度評価指標を用いれば圧縮損傷やかぶりの浮きなどの損傷領域を評価できる可能性が示された。

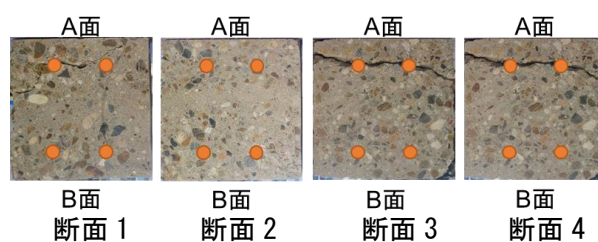


図-5 断面内ひび割れ

4. 結論

本実験では、鋼球落下試験による健全度評価指標の分布と実際の内部損傷との対応関係から、当研究室で提案する健全度評価指標を用いれば、非破壊検査で、コンクリートの圧縮損傷卓越箇所や内部損傷の発見ができる可能性が示された。

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