

鋼球落下試験による模擬内部腐食ひび割れの領域と損傷度の判定

名古屋大学大学院 学生会員 ○杉山 風雅

名古屋大学 学生会員 松永 輝

名古屋大学大学院 正会員 中村 光, 三浦 泰人

1. はじめに

コンクリートの内部損傷の有無を判断する方法として鋼球落下試験などの打音法があるが、その適用はひび割れを模擬した人工欠陥を対象としたものが多く、実際の腐食ひび割れに適用した研究は少ない。そこで、本研究では模擬内部腐食ひび割れを有する供試体に対し、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、腐食ひび割れ範囲とともに、ひび割れ幅やひび割れ位置などの損傷度判定への適用性について検討した。

2. 実験概要

2.1 供試体概要

供試体は断面 150mm×150mm、長さ 400mm の直方体で、上方および側方かぶり 30mm の隅角部に金属パイプを配置したものである。供試体の特徴は金属パイプ内に静的破砕剤を充填し、その膨張力により内部ひび割れを発生させるものである²⁾。本手法を用いれば、実際の腐食ひび割れと概ね同様のひび割れを再現できる。本研究では、金属パイプ全体に一律な膨張力を与えて鉄筋の全体腐食を想定した場合と、中央の 150mm 区間のみ大きな膨張力を与えて局所的な腐食領域を想定した場合に生じる 2 パターンのひび割れを対象とした。

2.2 鋼球落下試験

鋼球落下試験による損傷度判定方法は、鈴木ら¹⁾と同じ手法で行った。直径 20mm の鋼球を高さ 100mm から自由落下させることで衝撃を与え、落下位置は全体領域膨張では 25mm、部分領域膨張では 10mm 間隔とした。

マイクロフォンで計測した打撃音による欠陥部の評価は、スペクトルパワーの最大値が 1 になるように正規化し、その面積を指標とする健全部判定指標を用いて行った。スペクトル分布は健全部では広い周波数範囲で山なりの広がりを持つことに対して、空隙などの欠陥部ではある周波数帯のみで卓越する結果を示す。そのため、健全部では判定指標は大きな値となり、ある周波数のみピークが発生しやすい欠陥部では値が小さくなる。本研究では、この指標の値の度合いによって損傷度を測ることが可能かどうか検証した。なお、鋼球落下試験後に供試体を数か所で切断し、内部ひび割れの状況を確認した。

3. 実験結果

3.1 供試体のひび割れ発生状況

図-1 に全体領域膨張と部分領域膨張の鋼球落下試験面のひび割れ状況、供試体の中央部での切断面の内部ひび割れ状況を示す。全体領域膨張では、金属パイプの真上の位置に部材軸方向に一律なひび割れが発生している。また、断面内では隅角部に大きな幅のひび割れが発生するとともに、パイプから断面内部に進展するひび割れが発生している。一方、部分領域膨張では膨張部分でパイプの真上に軸方向ひび割れが発生し、その両側の領域では、側面に向かって進展している。また、断面内では隅角部のひび割れとともにパイプから斜めに断面上方に向かうひび割れが発生している。



(a) 全体領域膨張

(b) 部分領域膨張

図-1 ひび割れ発生状況

3.2 鋼球落下試験結果

(1) 全体領域膨張

図-2 に健全部判定指標の分布を示す。表面ひび割れの位置を黒線で加えて図示している。また、ある値以上を健全部とみなす閾値を設定し、それ以上の箇所は赤色で示した。これにより、健全部判定指標が閾値以上の部分を一様に健全部として図示することができる。健全部判定指標は小さいほど青く、大きいほど赤くなるように表示している。

全体領域膨張の供試体表面には隅角部に軸方向ひび割れが発生しているのみであるが、図-2 の健全部判定指標値分布によれば、供試体全体に欠陥があると判定している。これは、図-1 の切断面からも分かるように、内部には奥行方向に水平のひび割れが発生しており、このひび割れの存在により全体に欠陥があると評価されたと考えられる。次に、切断面で確認した内部ひび割れ発生状況と、切断位置の健全度判定指標値との対応を検討した。図-3 は断面中央部の切断面状況と鋼球落下試験面で得られた健全部判定指標値の分布を示したものである。また、健全部の閾値は赤破線で示した。健全部判定指標値は全ての箇所でも閾値を下回っているが、隅角部近傍の大きな縦方向のひび割れが入った領域では若干小さい値となっており、損傷度が異なることを示している。



図-3 健全部判定指標の分布 (全体領域膨張)

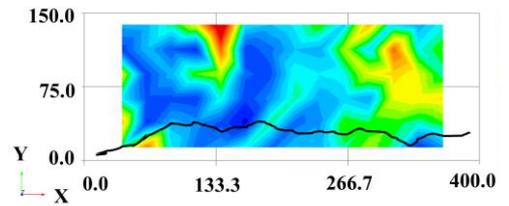


図-2 健全部判定指標の分布 (全体領域膨張)

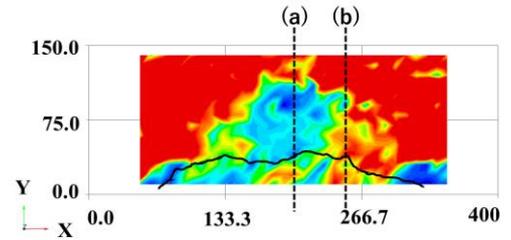


図-4 健全部判定指標の分布 (部分領域膨張)

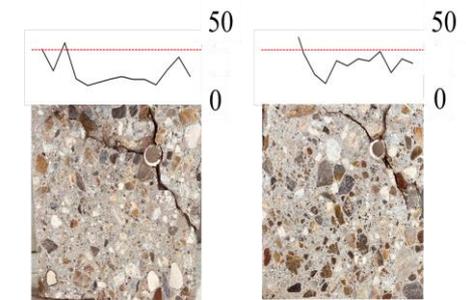


図-5 健全部判定指標の分布 (部分領域膨張)

(2) 部分領域膨張

図-4 に供試体の健全部判定指標の分布を示す。部材中央部分を除き、ひび割れ発生位置と欠陥部の領域は一致した。一方、部材中央部ではひび割れ発生箇所を超えて欠陥判定がある。これは図-1 から分かるように、斜め表面に向かうひび割れを捉えた結果と考えられる。ここで、全体膨張供試体と同様に切断面のひび割れ状況と指標値の対応を図-5 に示す。切断面は図-4 中の(a)(b)の位置である。中央断面(a)においては金属パイプから左斜め上方に向かうひび割れ箇所では指標値は小さい値となり、かぶり近傍に大きな欠陥が存在することを示している。また、金属パイプから右側の隅角部では、ひび割れ表面から深くなる方向であり、指標値も大きくなり、欠陥の程度は小さいと判定している。切断面(b)では、金属パイプから左斜め上方に向かう水平ひび割れはあるが、指標値は比較的大きく、水平ひび割れ幅が小さい結果を反映したと考えられる。これらの結果から、今回用いた指標は内部ひび割れの位置やひび割れ性状を反映可能と考えられる。

4. 結論

鋼球落下試験による欠陥部評価手法を用いれば、内部ひび割れの発生範囲に加え、ひび割れの幅、ひび割れの表面からの距離などの状況も把握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
- 2) 松永輝ら: 静的破砕剤を用いた模擬腐食ひび割れの生成法, 土木学会中部支部研究発表会, 2022

謝辞 本研究は、令和3年度新道路技術会議「道路政策の質の向上に資する技術研究開発」の助成を受けて行ったものである。ここに記して謝意を表する。