

静的破砕剤を用いた模擬腐食ひび割れの生成法

名古屋大学 学生会員 ○松永 輝

名古屋大学大学院 学生会員 杉山 風雅

名古屋大学大学院 正会員 中村 光, 三浦 泰人

1. はじめに

コンクリート構造物の適切な維持管理のために、かぶりはく落などを引き起こす腐食ひび割れの発生・進展挙動の理解や、非破壊検査での内部ひび割れの検知が重要であり、関連する多数の研究が行われている¹⁾²⁾。これらの研究を行う前提として、腐食ひび割れ供試体を作成する必要がある。腐食ひび割れの再現には、一般に腐食促進試験である電食試験が用いられるが、場合によっては数か月以上の時間がかかるとともに錆の流出のため大きなひび割れ幅の生成が困難であるという欠点を有する。そこで本研究では、腐食ひび割れと同様で且つ大きな幅のひび割れを短時間で生成する方法として、コンクリート中に埋設した金属パイプに静的破砕剤を充填し膨張させる方法を提案した。そして提案した方法により、各種要因に対し、妥当なひび割れ再現の適用性を検討した。

2. 静的破砕剤の膨張特性

静的破砕剤の膨張の特性の把握を目的として、金属パイプの材質、金属パイプの外径、水破砕剤比を変数とした、実験を行った。

試験体条件を表-1に示す。金属パイプの材質はステンレスとアルミとし、ステンレスは外径が9.5mmと13mmを、アルミは外径が12mmのものを用いた。

水破砕剤比は30%と36%の2通りとした。金属パイプの長さは200mmとし、中央の位置にひずみゲージを周方向に張り付け膨張量を計測した。ばらつきを考慮し、同条件で3体試験を行った。実験結果を図-1に示す。水破砕剤比の影響は、水破砕剤比が低いものほど半径変化率が大きく、外径の影響は径の大きいものほど半径変化率が大きくなった。また、金属の材質の影響は、アルミのほうが半径変化率が大きくなったが、アルミとステンレスの弾性係数の比ほど差異は見られなかった。膨張の発現はいずれの条件においても充填後の約50時間まで大きく増加し、その後は収束する挙動が見られ、膨張量が異なっても発現時間への影響はなかった。したがって、金属パイプの径と水破砕剤比により、静的破砕剤の膨張量をコントロールできることが確認された。

3. 腐食ひび割れの再現性

模擬腐食ひび割れを再現することを目的に、隅角部、中央部に金属パイプを配置した供試体に静的破砕剤を充填してひび割れを生成させ、電食試験により腐食ひび割れを生成した供試体のひび割れパターンとの類似性を検討した。

3.1 中央部供試体

供試体は断面が150mm×150mmの断面で、長さ400mmの角柱供試体であり、直径9.5mmのステンレスパイプをかぶり20mmで断面中央位置に配置した。なお、ステンレスパイプは、円周90度の領域を切り取り、その領域からかぶり方向に大きな膨張力が作用するように配置した。静的破砕剤は水破砕剤比33%とした。図-2(a)に表面ひび割れ状況を示す。ステンレスパイプ位置上部の軸方向に0.1mm程度のひび割れが供試体全体で発生した。また図-2(b)に供試体中央位置で切断した断面の内部ひび割れ性状を示すが、ステンレスパイプからかぶり面に向かって斜め方向に進展するひび割れが観察された。図-2(c)にかぶり10mmでD19鉄筋を配置して電食試験で得られた断面ひび割れ図を示すが、模擬腐食ひび割れ

表-1 金属パイプの試験条件

試験体名	W/E %	径 mm	厚み mm	材質	
				材質	弾性係数 引張強度
AL D12-36	36	12	1.0	A6036	弾性係数：68.3GPa 引張強度：145MPa
St D9.5-36	36	10	0.5	SUS304	弾性係数：193GPa 引張強度：520MPa
St D13-36	36	13	0.8		
St D13-30	30	13	0.8		

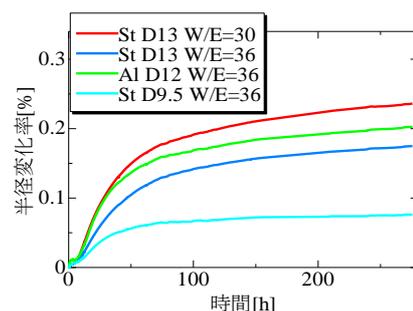


図-1 静的破砕剤の膨張特性



(a) 表面ひび割れ状況



(b) 内部ひび割れ性状 (左)

(c) 電食試験体の内部ひび割れ性状 (右)

図-2 中央部供試体における全体領域膨張のひび割れ性状

はおおむね電食試験で発生させたひび割れを再現していることが分かる。

3.2 隅角部供試体

供試体寸法は、中央部供試体と同様であるが、直径 13mm のステンレスパイプを上方および側方かぶり 30mm で、隅角部近傍に配置した。また、ステンレスパイプは、円周 90 度の領域を切り取り、その領域からかぶりの近い隅角方向に大きな膨張力が作用するようにした。ステンレスパイプの切り取り範囲を供試体全長にすることで供試体に埋設した金属パイプの全領域を膨張させる場合と、パイプ中央部の 150mm の範囲を切り取り、その範囲に周辺より大きな膨張量を与える部分膨張の 2 通りの実験を行った。静的破碎剤は水破碎剤比 33% とした。全領域を膨張させた場合の表面ひび割れ状況を図-3 (a) に示す。表面ひび割れ幅が 5.0mm と非常に大きな軸方向ひび割れがステンレスパイプ上面に発生した。また図-3 (b) に供試体中央位置で切断した断面の内部ひび割れ性状を示すが、ステンレスパイプから、上方のかぶり面に向かって垂直方向に進展するひび割れ、側方のかぶりに向かって斜め方向に進展するひび割れ、かぶりと反対方向に進展するひび割れが観察された。図-3 (c) に隅角部近傍に上方および側方かぶり 30mm で D19 鉄筋を配置して電食試験で得られた内部ひび割れ性状を示すが、模擬腐食ひび割れはおおむね同様のひび割れを再現していることが分かる。表面ひび割れ幅が 5.0mm を超えるようなひび割れの生成は電食試験では困難であり、大きな損傷も模擬できることが確認できた。

一方、部分領域を膨張させた場合の表面ひび割れの性状を図-4 (a) に示す。ステンレスパイプの一部を切り取った位置の上方にパイプ軸方向にひび割れが生じ、その外側では側方のかぶり面に向かうひび割れが確認された。また図-4 (a) 中に示す a,b,c の 3 箇所切断した断面の内部ひび割れ性状を示す。供試体中央部の a、部分膨張端部の b ではステンレスパイプ全体を膨張させて得られた断面のひび割れ性状と同じひび割れの性状が観察された。一方、部分膨張外側の断面では、パイプよりかぶり側に斜めのひび割れが観察された。このようなひび割れ性状は電食試験で部分腐食した場合にもみられるパターンであり、静的破碎剤での部分膨張はこれを模擬したと考えられる。以上のことから静的破碎剤を用いた膨張試験は、腐食によるひび割れを再現できることが確認された。

4. まとめ

模擬腐食ひび割れを再現する手法としてコンクリートに埋設した金属パイプに静的破碎剤を充填し膨張させるひび割れ生成方法の妥当性を検討した。その結果、埋設する金属パイプの径、水破碎剤比によってひび割れ幅をコントロールすることができ、短時間で大きなひび割れ幅を生成することが可能となった。また金属パイプの一部を切り取ることで任意の位置や領域に大きな膨張量を与えて、部分腐食時のひび割れも模擬できることが確認できた。

5. 参考文献

- 1)例えば D. Qiao, H. Nakamura ら : Crack patterns of concrete with a single rebar subjected to non-uniform and localized corrosion, Construction and Building Materials, Volume 116, 30 July 2016
- 2)例えば 水野敦大, 三浦泰人, 鈴木理絵, 中村光 : 打音法による模擬ひび割れおよび腐食ひび割れを有するコンクリートの打撃応答特性値の評価, コンクリート工学年次論文集, Vol.38, No.1, pp.2109-2114, 2016

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。

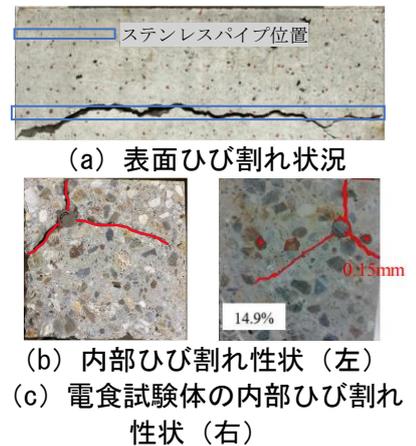


図-3 隅角部供試体における全体領域膨張ひび割れ性状

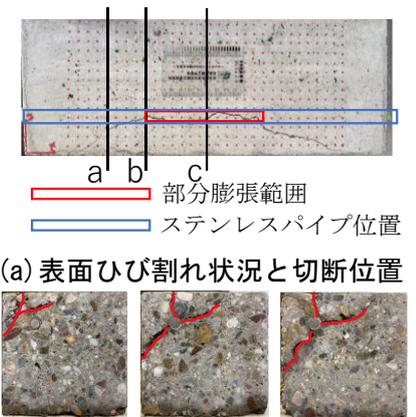


図-4 隅角部供試体における部分領域膨張ひび割れ性状