

劣化したコンクリート構造物の性能を予測する手法を開発

近年、建設から40～50年以上を経たコンクリート構造物が増え、それらの劣化診断や維持管理が喫緊の課題となってきています。本研究では、人的労力や費用を効率よく活用するための維持管理マネジメントに資する技術の一つとして、コンクリート構造物の劣化状況を予測する手法を開発しました。

コンクリート構造物の主な劣化要因として、コンクリートの中に入っている鉄筋の腐食が挙げられます。鉄筋が腐食すると、腐食生成物を析出して体積膨張を起こし、コンクリートにひび割れを発生させます。従来、この現象を実験的に再現させるためには、暴露実験や、鉄筋に強制的に通電させる電食実験が行われています。しかし、これらの実験方法では数ヶ月～数年の期間を要したり、意図したような劣化が得られないことがあります。本研究グループはこれまで、この現象を数日間で模擬できる実験技術を開発し、鉄筋腐食膨張によりひび割れが発生したコンクリートの性能を系統的に調べてきました。

今回、鉄筋とコンクリートの相互作用である付着性能に着目し、コンクリートのひび割れ幅を主要因子とした付着実験から、ひび割れ幅を入力値とした付着強度の劣化予測式を提案しました。

コンクリートのひび割れは、コンクリート構造物の劣化程度を知る手がかりとなる最も簡易な情報であり、本手法は、これを利用した迅速な劣化診断技術につながると考えられます。

研究代表者

筑波大学システム情報系

金久保 利之 教授

研究の背景

コンクリートは、建物や道路などのインフラストラクチャーの主要構成材料として 1900 年頃から使われはじめ、日本国内では、1990 年の 1 年間に過去最大の 2 億 m³（東京ドーム約 160 杯分）が使われました。近年、建設から 40～50 年以上を経たコンクリート構造物が多くなり、それらの劣化や維持管理が問題となってきています。有限の人的労力や維持管理費用を効率よく、有効に活用するためには、維持管理マネジメントが重要であり、そのためには、迅速な劣化診断技術の開発と劣化と性能の関係に関する情報の蓄積が喫緊の課題となっています。

コンクリート構造物の代表的な劣化因子として、コンクリートの中に入っている鉄筋の腐食が挙げられます。アルカリ性のコンクリートは、大気と反応して中性化が進行すると、内部の鉄筋の酸化をもたらす、析出した腐食生成物により体積膨張を起こして、コンクリートにひび割れを発生させます。従来、この現象を実験的に再現させるために、食塩水を混ぜたコンクリートを用いた暴露実験や、鉄筋に強制的に通電して電位差により腐食を起こさせる電食実験が行われてきました。しかし、これらの実験方法では数ヶ月～数年の期間を要したり、意図したような劣化が得られないことがあります。本研究グループでは、この現象を数日間で模擬できる実験技術を開発し、鉄筋腐食膨張によりひび割れが発生したコンクリートの性能を系統的に調べてきました。この実験技術では、あらかじめコンクリート中に埋め込んだアルミパイプに破砕剤を充填して、意図的にコンクリートにひび割れを生じさせます。破砕剤充填からの経過時間に応じて、数日程度で目標とするひび割れ幅を得ることができます。

研究内容と成果

コンクリート構造物は、その中に入っている異形鉄筋^{注1)}と周辺コンクリートが一体となって挙動することにより、積載物や地震力などの力に抵抗します。その際に生じる異形鉄筋とコンクリートとの間の力のやりとり（相互作用）が、付着性能として表わされます。異形鉄筋の周辺のコンクリートにひび割れが生じると付着性能が劣化し、付着強度^{注2)}が低下して一体性が損なわれてしまいます。そこで本研究では、破砕剤充填パイプを利用して、コンクリートのひび割れ幅を主要因子とした付着実験を行いました（参考図）。その結果、破砕剤充填からの経過時間によって、0.1mm から 1.2mm までのひび割れを模擬することができ、従来の暴露実験や電食実験では得ることが難しかった、ひび割れ幅を変動因子とした系統的なデータを得ることに成功しました。その結果、ひび割れ幅の増大が付着強度の低下に及ぼす影響は大きく、ひび割れ幅が 0.5mm 程度で付着強度が半減することがわかりました。さらに、付着強度を高める横補強筋^{注3)}の量を変化させた実験を行い、そのデータを統計的に解析して、ひび割れ幅から残存する付着強度を計算する劣化予測式を提案しました。既存の電食実験による結果は、その予測式によって概ね評価できることも確認できました。

今後の展開

従来、鉄筋腐食劣化したコンクリート構造物の性能は、鉄筋の腐食率^{注4)}に基づいて整理されてきましたが、コンクリート中に埋まっている鉄筋の腐食の程度を知るには、周辺のコンクリートを削る必要があります。実際に供用されている構造物には適用できませんでした。コンクリートのひび割れは、コンクリート構造物の劣化程度を知る手がかりとなる最も簡易な情報であり、本研究成果は、このようなひび割れを人工的に再現するとともに、これによりコンクリートの劣化を予測できることを示しました。今後、付着性能以外の構造性能にも着目し、より迅速で正確な劣化診断技術の開発を目指します。

参考図

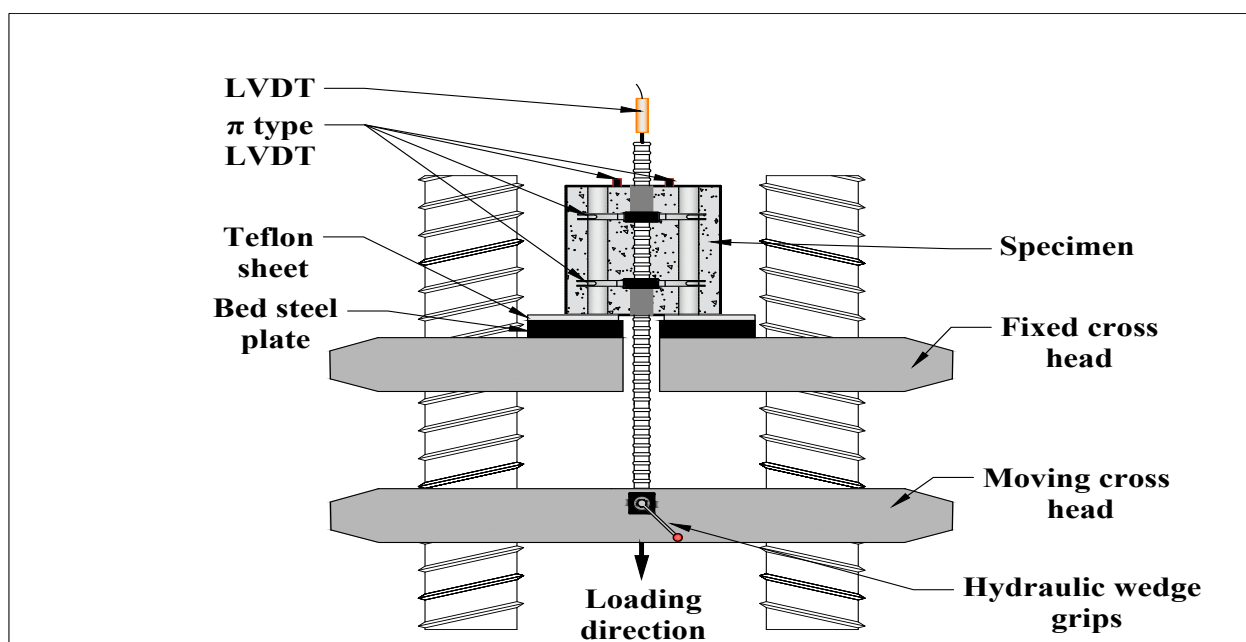


図 本研究で実施した実験手法

破砕剤充填パイプによって意図的に試験体にひび割れを生じさせ、試験体から鉄筋を引き抜くことで付着強度を測定する。ひび割れ幅と付着強度の関係を実験的に求め、ひび割れ幅から残存する付着強度を計算する劣化予測式を提案した。

用語解説

注1) 異形鉄筋

コンクリート構造物の中に補強材として入れられる棒状の鋼材。周辺コンクリートとの付着性能を確保するため、表面に凹凸が設けられている。

注2) 付着強度

異形鉄筋とコンクリートとの付着の程度を示す強さ。異形鉄筋の引抜き実験（付着実験）により求められる。

注3) 横補強筋

引き抜かれる異形鉄筋の直交上に組み入れられる鉄筋。コンクリートによる異形鉄筋の拘束を高める。コンクリート断面積に対する横補強筋の断面積の比率を横補強筋比という。

注4) 腐食率

異形鉄筋の腐食の程度を示す値で、腐食したあとの異形鉄筋の質量減量を、腐食する前の質量で除した値で表される。

研究資金

本研究は、科研費基盤研究(B)JP21H01472 による研究の一環として実施されました。

掲載論文

【題名】 Residual bond strength in reinforced concrete cracked by expansion agent filled pipe simulating rebar corrosion

(破砕剤充填パイプにより鉄筋腐食ひび割れを模擬した鉄筋コンクリートの残存付着強度)

【著者名】 Amadou Sakhir Syll, Toshiyuki Kanakubo

【掲載誌】 Case Studies in Construction Materials

【掲載日】 2022年10月13日

【DOI】 10.1016/j.cscm.2022.e01565

問い合わせ先

【研究に関すること】

金久保 利之 (かなくぼ としゆき)

筑波大学システム情報系構造エネルギー工学域 教授

URL: <https://www.kz.tsukuba.ac.jp/~kanakubo/>

【取材・報道に関すること】

筑波大学広報局

TEL: 029-853-2040

E-mail: kohositu@un.tsukuba.ac.jp