

(論文内容の要旨)

論文は、本論は鉄筋腐食によりかぶりコンクリートに発生・進展する剥離ひび割れの破壊メカニズムの把握および鉄筋腐食により生じるかぶりコンクリートの剥落による第三者損傷を防止するモデルの策定を目的として行った一連の研究をまとめたものであり、全8章により構成されている。

第1章は序論であり、本論文の背景と目的を示している。

第2章では、鉄筋腐食による劣化過程や腐食のメカニズム、腐食によりかぶりコンクリートに生じるひび割れの発生・進展メカニズムについての既往の実験的・解析的研究について整理している。

第3章では、弾性体を用いて鉄筋腐食膨張圧を模擬する実験を行い、ひび割れ発生パターンや内圧、半径変化量などについて既往の研究との比較を行い、実験手法の妥当性について検討を行っている。その結果、供試体寸法が小さかったことと、配力筋を配置しなかったために、弾性体背面に発生する応力を抑制できなかったために剥離ひび割れを再現できないケースが見られている。しかし、供試体寸法を変えることにより剥離ひび割れを再現できる可能性があり、また、内部の現象を定量的に把握できることから、実験手法の有用性は高いと報告している。

第4章では、鉄道高架橋床版部を模擬して、供試体幅を大きくし、D19 鉄筋を直交配筋した供試体に対して、弾性体を用いた腐食膨張圧模擬実験を行い、かぶりや腐食長さが剥離ひび割れの発生・進展性状に与える影響についての検討を行っている。また、1本の鉄筋の腐食を模擬する単一鉄筋腐食模擬実験と隣接する2本の鉄筋の腐食を模擬する隣接鉄筋腐食模擬実験を行い、腐食鉄筋の本数の影響についても検討を行っている。その結果、概ね最大内圧時に幅約0.05mmの軸方向ひび割れが発生し、その後内圧が急激に低下する時点で剥離ひび割れが発生・進展することが確認された。既往の研究では、かぶりと鉄筋径の比 C/D が1.5を超えると剥離ひび割れが発生しないと報告されていたが、 C/D が1.5を超える場合でも剥離ひび割れが発生する可能性があるとして報告している。さらに、最大内圧や、最大内圧時の半径変化量、破壊エネルギーについて単一鉄筋腐食と隣接鉄筋腐食の違いについて検討し、鉄筋径19mm、鉄筋間隔150mmの場合には隣接鉄筋の影響は少ないと報告している。

第5章では、アコースティック・エミッション（AE）法を用いて剥離ひび割れの発生・進展性状について検討している。まず、引張破壊型供試体とせん断破壊型供試体について載荷試験を行い、AE計測を実施することにより引張破壊とせん断破壊のAE特性の違いを検討している。また、AEエネルギーに着目してせん断破壊の割合を算出し、破壊エネルギーとせん断破壊の割合の関係を求めている。次に、単一鉄筋腐食模擬実験を行い、剥離ひび割れに占めるせん断破壊の割合について検討している。実験の結果、せん断破壊の割合が増加するにつれて剥離ひび割れの破壊エネルギーが概ね線形に増加すると報告している。

第6章では、かぶりや鉄筋径、鉄筋間隔を変化させて隣接鉄筋腐食模擬実験を行い、これらのパラメータが破壊形態や最大内圧、最大内圧時の半径変化量、破壊エネルギーなどを与える影響などについて検討している。実験の結果、独立剥離、中間剥離、連結剥離および複合破壊の4つの破壊形態が確認されたが、独立剥離、中間剥離については隣接鉄筋の影響は少なく、鉄筋間隔が120mmよりも小さくかぶり20mm以上の時に隣接鉄筋の影響が現れ、連結剥離となることを報告している。

第7章では、第4章から第6章で得られた結果をもとに、剥離ひび割れの発生・進展メカニズムについて考察し、既往の研究との比較を行っている。また、得られた知見をもとに、剥落時の鉄筋腐食量について検討し、既往の研究により提案されているひび割れ幅と腐食量の関係を用いることにより、剥落時期を予測する手法を提案している。

第8章は結論であり、本論文で得られた成果について要約するとともに、コンクリート構造物の維持管理を行う上での提言を行い、今後の課題について述べている。

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、鉄筋コンクリート構造物の重要な性能のひとつである第三者影響度に着目し、鉄筋腐食によりかぶりコンクリートに発生するひび割れの発生・進展メカニズムについて検討したものである。

かぶりや腐食長さ、鉄筋径、鉄筋間隔、腐食鉄筋の本数といった各種パラメータが剥離ひび割れの発生・進展メカニズムに与える影響を明らかにするとともに、得られた知見をもとに、剥落時期を予測する手法の提案を行っている。研究の結果、得られた主な成果は次のとおりである。

1. かぶりと鉄筋径の比、 C/D が大きくなると剥離ひび割れの発生角度が大きくなることが確認された。既往の研究ではかぶりと鉄筋径の比 C/D が 1.5 を超えると剥離ひび割れは発生しないとされているが、実験の結果、 C/D が 1.5 を超える場合にも剥離ひび割れが発生する可能性がある。また、隣接する複数の鉄筋が腐食した場合、鉄筋間隔が 120mm よりも小さくかぶり 20mm 以上の時に隣接鉄筋の影響が現れる。隣接鉄筋の影響については、 C/D よりも鉄筋間隔の影響の方が大きいと考えられる。
2. 剥離ひび割れおよび軸方向に斜めに発生するひび割れは、単純な引張破壊以外にせん断破壊を含んでおり、 C/D が大きくなる、あるいは腐食長さが小さくなると斜めひび割れの発生角度が大きくなりせん断破壊の割合が増加する。
3. 得られた知見をもとに、剥離ひび割れの発生・進展メカニズムについて検討し、また、剥落時の鉄筋腐食量について検討している。その結果、既往の研究により提案されているひび割れ幅と腐食量の関係を用いることにより、剥落時期を予測する手法を提案している。

以上要するに、本論文は鉄筋コンクリート構造物における第三者被害を防ぐための維持管理技術の進展に多大に貢献する研究であって、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成 21 年 2 月 23 日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。