

氏 名	栗原哲彦
学位(専攻分野)	博士(工学)
学位記番号	論工博第3346号
学位授与の日付	平成10年5月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当
学位論文題目	コンクリートのひび割れおよび破壊性状の評価に関する研究

(主査)

論文調査委員 教授 小野 紘一 教授 小林 昭一 教授 宮川 豊章

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、コンクリートのひび割れに着目し、フラクタル理論を用いたひび割れの評価、引張軟化曲線によるひび割れ抵抗性の評価、はり部材における破壊性状の評価について検討した結果をまとめたものであり、6章からなっている。

第1章は、序論であり、研究背景および目的を示している。

第2章では、フラクタル理論を用いたひび割れの評価について検討した結果をまとめている。例として、アルカリ骨材反応により生じた膨張ひび割れを対象とし、通常のフラクタル理論とそれを拡張したマルチフラクタル理論を用いてひび割れの評価について検討している。その結果、膨張ひび割れは、フラクタルであることが確認され、鉄筋量の増加やコンクリートへの鋼繊維の混入による膨張ひび割れの抑制効果をフラクタル次元の低下によって評価できることを示している。ひび割れ調査領域にひび割れのない部分を含む場合には、ひび割れ密度よりもフラクタル次元の方がひび割れ調査領域の面積に依存しない点で優れていることを指摘している。また、ひび割れ調査領域全体を1つの領域と見た場合とその領域を小分割し、分割されたそれぞれの領域を1つの領域と見た場合で、フラクタル次元を算出した結果、フラクタル次元は後者の方が小さくなることを示している。したがって、フラクタル次元の大小をもとにひび割れを評価する場合には、一部分ではなく、できる限り広範囲のフラクタル次元を算出すべきであることを指摘している。

第3章では、コンクリートの引張軟化曲線を逆解析により推定する方法を提案し、その推定法の妥当性について検討している。また、本方法により、短繊維補強コンクリートの場合のようにひび割れ巾の増加にともない繊維の効果が発揮されさらに大きな引張応力が伝達されるいわゆる硬化域をも含む引張軟化曲線も精度良く推定できることを確認している。

第4章では、各種コンクリートの曲げ試験を実施し、その破壊性状について検討するとともに、第3章で提案した方法により得られた引張軟化曲線により各種コンクリートのひび割れ抵抗性について検討している。その結果、アラミド、ビロン、鋼の短繊維補強コンクリート供試体の引張軟化曲線においてもひび割れ発生後、引張応力がさらに伝達される傾向を確認している。供試体のはり高さを10cmから20cmへと増加させても引張軟化曲線に大きな変化はなく、引張軟化曲線は明確な寸法効果を受けないことを確認している。また、形状や製造方法の異なる各種鋼繊維を使用したコンクリートのそれぞれの引張軟化曲線は、強度や弾性係数が同程度であっても、軟化曲線の形状や破壊エネルギーには明確な差が認められることを示している。また、打継ぎ部を含む供試体の引張軟化曲線や破壊エネルギーは打継ぎ面の表面処理の方法により異なることを確認している。

第5章では、補強材に通常の鉄筋、降伏棚のない鉄筋および連続繊維補強材を用いた高強度、普通強度および短繊維補強コンクリートはり供試体の荷重-変位曲線の形状やひび割れ性状をもとに必要な最小補強材量や、短繊維補強コンクリートに適した補強材特性(強度、弾性係数、降伏棚の有無、等)について検討している。格子状連続繊維補強材を用いたコンクリートはりでは、断面の耐力比、つまり、ひび割れ発生荷重と補強材の抵抗による最大荷重との比(P_u/P_c)で必要な最小補強材量を規定する必要があることを示している。通常の鉄筋を用いた普通強度コンクリートはりにおいては、土木学会コンク

リート標準示方書の最小鉄筋比の規定値（矩形断面なら0.2%）を満足していれば、変形性能の大きいRCはりとして機能するが、高強度コンクリートはりにおいては、その規定値を満足していても脆性破壊を引き起こす危険性があることを指摘している。

短繊維補強コンクリートはりについては、繊維の補強効果により鉄筋降伏時の荷重が不明確となり、 P_u/P_e からは必要最小補強材量を規定できないことを示している。短繊維補強コンクリートはりの補強には、最大荷重点変位が大きくなる点で、連続繊維補強材のような降伏現象がなく、引張強度が高い等の性質を持つ補強材が、通常の鉄筋よりも適していることを明らかにしている。

第6章では、本論文で得られた結果を要約するとともに、フラクタル次元算出法の一般化、引張軟化曲線推定法における初期条件の設定、はり部材の断面耐力（ひび割れ発生荷重、補強材の抵抗による最大荷重）の精度良い推定法の確立等の今後の課題を示し、結論としている。

論文審査の結果の要旨

本論文は、コンクリートのひび割れに着目し、フラクタル理論を用いたひび割れの評価、引張軟化曲線によるひび割れ抵抗性の評価、はり部材における破壊性状の評価について検討した結果をまとめたものであり、得られた主な成果は次の通りである。

1. フラクタル理論を用いたひび割れの評価においては、アルカリ骨材反応により生じた膨張ひび割れを対象に、そのひび割れがフラクタルであることを確認し、鉄筋量の増加、コンクリートへの鋼繊維の混入、プレストレスの導入による膨張ひび割れの抑制効果をフラクタル次元の低下によって評価できることを示した。また、従来からひび割れ評価の指標として用いられているひび割れ密度との比較については、ひび割れ調査領域にひび割れの無い部分を含む場合には、ひび割れ密度に比べ、フラクタル次元はひび割れ調査領域の面積に依存しないため、評価指標として優れていることを指摘した。
2. コンクリートのひび割れ抵抗性の評価においては、例えばアラミド、ビニロン、鋼の短繊維補強コンクリート供試体の引張軟化曲線は、軟化後、繊維の効果が発揮され、さらに大きな引張応力が伝達される傾向を確認するとともに、いわゆる硬化後を含む引張軟化曲線も精度良く推定する方法を提案した。供試体のはり高さを増加させても引張軟化曲線の形状に大きな変化はなく、引張軟化曲線は寸法効果の影響を受けないことも確認した。また、打継ぎ部を含む供試体の引張軟化曲線や破壊エネルギーは打継ぎ面の表面処理の方法により異なることを確認した。
3. はり部材における破壊性状の評価においては、格子状連続繊維補強材を用いたコンクリートはりでは、断面の耐力比、つまり、ひび割れ発生荷重と補強材の抵抗による最大荷重との比で必要最小補強材量を規定する必要があることを示した。通常の鉄筋を用いた普通強度コンクリートはりは、土木学会コンクリート標準示方書の最小鉄筋比の規定値を満足していれば、変形性能の大きいRCはりとして機能するが、高強度コンクリートはりは、その規定値を満足していても脆性破壊を引き起こす危険性があることを指摘した。

以上、本論文は、コンクリート構造のひび割れや破壊性状に関する新しいアプローチの方向を示し、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のあるものと認める。また平成10年4月22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。