

氏 名	六 郷 恵 哲 ろく 郷 けい てつ
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	工 博 第 646 号
学位授与の日付	昭 和 55 年 3 月 24 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	工 学 研 究 科 土 木 工 学 専 攻
学位論文題目	ENERGY APPROACH TO THE FAILURE OF CONCRETE AND CONCRETE MEMBERS (コンクリートおよびコンクリート部材の破壊に関する エネルギー的考察)
論文調査委員	(主 査) 教 授 岡 田 清 教 授 小 林 昭 一 教 授 丹 羽 義 次

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、コンクリートの破壊挙動を解明するための手法として、従来の応力やひずみを用いる解析手法に代って、破壊の進行に伴う材料内部におけるエネルギーの変換に注目した解明方法を提示し、この方法のコンクリートならびに鉄筋コンクリートはりへの適用に関して研究した結果をまとめたもので、緒論、結論を含め6章からなっている。

第1章は緒論で、コンクリートの破壊に関する従来の研究を、破壊過程と強度破壊点に関する研究とに二分し、それらの問題点を整理するとともに、破壊力学のコンクリートへの適用について検討し、本研究の意義と目的を述べ、各章の概要を説明している。

第2章は、曲げをうけるコンクリートの破壊過程について検討した結果について述べたものである。まず、ひびわれ発生領域を予め限定するために切欠を有する供試体を用い、強度、含水量を変化させたコンクリートの曲げ試験を行ない、最大耐力点以降をも含めた荷重変位曲線を求め、これより曲げ引張破壊過程における消散エネルギーとひびわれ深さとの関係について検討している。その結果、染色により観察されたひびわれ深さは、荷重変位曲線から定量化した消散エネルギーに比例することを示し、後者はコンクリートの内部組織破壊の程度を示す指標となりうることを明らかにしている。つぎにひびわれ発生時に生ずるアコースティック・エミッション(AE)の検出により算定したひびわれ源の位置は、観察したひびわれ面とよく一致し、上記消散エネルギーはひびわれ面のごく近傍で消散したことを明確にしている。これらの結果より、コンクリートの曲げ引張破壊過程の主ひびわれは、圧縮破壊過程のそれとは異なり、最大耐力点以後に進展することを確めている。

第3章は、曲げ供試体を用いてコンクリートの破壊じん性パラメータの評価に関し検討した結果について述べている。コンクリートのじん性評価には、従来より線形弾性体に対する K_0 値や G_0 値が準用されているが、非線形弾塑性を示すコンクリートには適当でないとの観点から、供試体寸法、コンクリート強度、骨材寸法、切欠き深さを変え、補強鋼繊維混入の有無を含んだ実験を行ない、コンクリートのひびわ

れ抵抗能力、およびエネルギー吸収能力を示すパラメータとして、それぞれ限界J積分値 J_c 、単位消散エネルギー値 S について検討している。その結果、鋼繊維混入によるコンクリートのじん性改善効果を評価するパラメータとしては、 J_c や S は従来の K_c 、 G_c よりきわめて有効であることを明らかにしている。さらに J_c 値を定量化する場合の試験条件についても検討を加え、切欠き深さは供試体全高の 1/3 とし、Rice らが提案した方法を採用するのが良好であると述べている。

第4章は、圧縮をうけるコンクリートの破壊過程の解析にエネルギー的手法を適用した結果について述べている。曲げに対すると同様手法で、強度、骨材粒度、配合を変えたコンクリートに対する実験を行ない、消散エネルギーを求め、さらに繰返し载荷による消散エネルギーの変化より、これをひびわれの形成のために消費されたエネルギーと、内部粘性摩擦等で消費されたものと巧みに分離し、これらエネルギー量の変化や相対比を用い、諸コンクリートの力学的特性や破壊性状に及ぼす载荷速度および含水量の影響を明らかにしている。また圧縮破壊に対するコンクリートの抵抗性能やエネルギー吸収性能について検討を加えている。

第5章は、鉄筋コンクリートはりの曲げ破壊過程における塑性的挙動と消散エネルギーとの関連について検討した結果について述べている。鉄筋比を3種類に変えた単鉄筋はりについて実験を行ない、まずはりの荷重変形曲線より、消散エネルギーをコンクリートで消費されるものと鉄筋で消費されるものとに分離し、これを定量化している。その結果、鉄筋比の増大とともにコンクリート消散エネルギーは増大すること、鉄筋降伏後のある段階で鉄筋消散エネルギーはその増加を停止し、コンクリート消散エネルギーのみが増大することを示し、これら消散エネルギーの消長ははりにおける鉄筋ヒンジ塑性回転能の評価の指標となりうることを指摘している。

第6章は結論で、本研究の成果を要約したものである。

論文審査の結果の要旨

コンクリートの破壊現象に関しては、従来より内部ひびわれの観察、体積ひずみ変化の計測、等により内部組織の変化と巨視的挙動とを関連づけることを目的とした研究が行なわれてきたが、これらの方法では内部組織破壊の程度を的確に把握することは困難である。本論文は内部組織の変化を総合的に評価するエネルギー的手法を用いてコンクリートおよび鉄筋コンクリートはりの破壊過程について検討した結果をまとめたもので、えられた主な成果は次のとおりである。

(1) コンクリートの曲げ試験を行ない、供試体に加えられた外力仕事を、弾性ひずみエネルギーと消散エネルギーとに分離し、後者がコンクリート内部ひびわれ進展量と比例していることを明らかにし、消散エネルギーのもつ物理的意義を確認した。

(2) 内部ひびわれ発生源の探査にアコースティック・エミッション(AE)検出法を用い、コンクリートはりの曲げ破壊過程における伝播開始時期は、はりの最大耐力点にはほぼ一致すること、またひびわれは観察される破断面のごく近傍にしか発生しないことを確認し、消散エネルギーによる評価の妥当性を実証した。

(3) コンクリートのじん性評価にJ積分法を適用し、これを他のじん性評価方法と比較検討し、鋼繊維

混入等によるコンクリートのじん性改善効果を評価する場合のパラメータとして、限界J積分値 J_c および単位消散エネルギー値 S が有効であることを明らかにした。また J_c を定量化する場合の試験条件についても検討し、一案を提示し参考資料としている。

(4) コンクリートの圧縮破壊過程では、消散エネルギーをひびわれ形成で消費されるものと、内部粘性摩擦等で消費されるものとに巧みに定量的に分離し、これら各エネルギー量の増減や相対比によって、普通および軽量コンクリートの力学的特性の差、載荷速度や含水量の相違による強度変化等を検討しうることを示し、この方面に新しい研究分野を提示した。

(5) 鉄筋コンクリートはりの曲げ破壊過程における塑性的挙動をコンクリートおよび鉄筋で消費されるエネルギーの消長によって検討し、鉄筋比の増大に伴なう相対的なコンクリート消散エネルギーの増加を明らかにし、また鉄筋降伏開始から鉄筋消散エネルギーの増加停止までの消散エネルギーが、鉄筋ヒンジ塑性回転能評価と指標となりうることを提案した。これらは鉄筋コンクリートはりのじん性評価方法に新分野を提示したものとして、その独創性は高く評価できる。

以上要するに、本論文は破壊現象を検討する手法としてエネルギー的手法を提案し、これをコンクリートおよび鉄筋コンクリートはりの破壊過程に適用して、コンクリートの内部組織変化過程の定量化、破壊挙動の解明に新しい知見を加えるとともに、エネルギー的手法の有効性を実証したものであって、学術上、実際上寄与するところが少なくない。

よって、本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。