室蘭工業大学
学術資源アーカイブ
Muroran Institute of Technology Academic Resources Archive

低速度衝撃を受けるFRPシート接着曲げ補強RC梁に関する弾塑性衝撃応答解析手法の開発研究

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 公開日: 2021-06-23 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 瓦井, 智貴 メールアドレス: 所属: 室蘭工業大学
URL	https://doi.org/10.15118/00010391

氏　　名	瓦井　智貴
学位論文題目	低速度衝撃を受ける FRP シート接着曲げ補強 RC 梁に関する弾塑性衝撃応答解析手法の開発研究
論文審査委員	主査　教　授　　小室　雅人 教　授　　溝口　光男 准教授　　菅田　紀之

論文内容の要旨

近年，RC 構造物の耐衝撃性向上法の１つとして，高強度重量比や高耐食性および高施工性を有する FRP 材料を用いた補強方法に着目し，種々の実験的検討が行われている。しかしながら，耐衝撃設計法を確立し実構造物への適用を早期に実現するためには，実験とともに数値解析的検討も併用して効率的に研究を推進することが重要である。

このような観点より，本研究では，FRP シート接着曲げ補強 RC 梁の耐衝撃挙動を適切に評価可能な数値解析手法の開発を目的として，シートの補強効果に直接影響を与えるひび割れ幅や分布特性を精度よく再現するために，コンクリートの軸方向要素長を数ミリ程度まで小さくし，かつ仮想引張強度を導入し弾性域のみを考慮した引張ひずみエネルギー等価の概念に基づく手法を提案した。また，提案手法を適用した三次元弾塑性衝撃応答解析を実施し，実験結果と比較することによってその適用性を検証した。本論文の構成は，以下の通りである。

第１章は本論文の序論であり，本研究の背景や既往の研究，および目的について述べている。

第２章では，本研究で対象とした試験体や重錘落下衝撃荷重載荷実験法の概要について述べている。

第３章では，本研究において実施した FRP シート接着曲げ補強 RC 梁に関する重錘落下衝撃荷重載荷実験について述べている。検討の結果，シート補強 RC 梁は，シート剥離，破断あるいは載荷点近傍上縁コンクリートの圧壊のいずれかによって終局に至ることを明らかにしている。

第４章では，本研究で適用した材料構成則の概要を述べるとともに，提案のコンクリート要素に関する引張ひずみエネルギー等価の概念について述べている。

第５章では，単一衝撃荷重載荷を受ける無補強および AFRP シート接着曲げ補強 RC 梁を対象に，提案手法および国内外で広く用いられている２つのモデルを用いた三次元弾塑性衝撃応答解析を実施し，各モデルの適用性について述べている。検討の結果，３つのモデルの中で提案手法が最も精度よく実現象を再現可能であることを明らかにしている。

第６章では，本研究で開発した提案手法の汎用性に関する検討を行うために，AFRP シート接着曲げ補強 RC 梁に関する重錘の落下高さを漸増させる場合や一定落下高さでの繰り返し衝撃荷重載荷実験を対象に，再現解析を実施している。検討の結果，提案手法を用いることによって，FRP シートの目付量や載荷方法によらずシート剥離や破断現象も含めた RC 梁の耐衝撃挙動を適切に評価可能であることを明らかにしている。

第７章は本論文の結論であり，本研究で得られた知見を整理している。

ABSTRACT

In recent years, to investigate applicability of the strengthening method using fiber-reinforced polymer (FRP) composite materials on existing reinforced concrete (RC) structures under impact loading, the experimental researches and development have been conducted both in and out of Japan. Because the FRP materials have the advantages of light weight, non-corrosiveness, high ratio of strength to weight, and relatively easy installation. To apply the method in practice, the design specification has to be established smoothly by conducting not only experimental but also numerical research works efficiently. However, the numerical analysis method precisely evaluating FRP sheet debonding and/or fracture has not been developed yet.

From this point of view, in this study, the numerical analysis method to better simulate the strengthening effects of the FRP sheets considering the sheet debonding and fracture was developed. To accomplish this, an equivalent tensile fracture energy concept for concrete elements under consideration of the elastic tensile strain energy and introduction of a fictitious tensile strength of concrete was proposed. The applicability was considered comparing with the experimental results of the RC beams strengthened in flexure with Aramid FRP sheets under drop-weight impact loading tests varying drop height of the weight and sheet volume. The test results in the cases of iterative impact loading with a constant energy and gradually increasing energy were also considered. From the comparison among two models frequently used worldwide and the proposed method based on the experimental results, it is confirmed that the proposed method can most precisely simulate the test results among them.

論文審査結果の要旨

近年，既設RC構造物の耐衝撃性向上法の１つとして，強度重量比が大きく耐食性及び施工性に優れた新素材繊維（FRP）材料を用いた補強方法に着目して，種々の実験研究が行われている。しかしながら，耐衝撃設計法を確立し実構造物への適用を早期に実現するためには，実験的検討と共に数値解析的検討を併用して効率的に研究を推進することが重要である。

このような観点より，本論文では，FRPシートで曲げ補強を施した鉄筋コンクリート（RC）梁を対象に，その耐衝撃挙動を適切に評価可能な数値解析手法の開発を目的として，シートの補強効果に直接影響を与えるひび割れ幅や分布特性を精度よく再現するために，コンクリート要素の軟化挙動を無視し，弾性域のみを考慮した引張破壊エネルギー等価の概念を提案し，その適用性に関する検討を行っている。具体的には，RC 梁を対象にシート補強量や重錘の落下高さ，載荷方法（単一，漸増繰り返し，および一定繰り返し載荷）を変化させた場合の重錘落下衝撃荷重載荷実験結果と比較することによって，検証を行っている。

その結果，(1) 単一載荷時において，コンクリート要素の軸方向要素長を 6 mm 程度まで小さくすることによって，特に梁のたわみやシートの軸方向ひずみに関する時刻歴応答波形，シートの剥離や破断現象，及び実験終了後のひび割れ分布を適切に再現可能である。(2) また，シート補強量や重錘の落下高さを任意に変化させた場合に対しても梁の耐衝撃挙動を適切に評価可能であることを明らかにしている。(3) さらに，単一載荷のみならず重錘落下高さ漸増繰り返し載荷や一定繰り返し載荷時においても，載荷回数の増加に伴う梁の劣化損傷の進行を精度よく再現可能である。(4) 静荷重載荷時に適用される軟化領域を考慮した破壊エネルギー等価の概念を適用するKCCモデルでは，単一載荷の場合においても梁の耐衝撃挙動を適切に評価できないことや，CSCモデルの場合にはシート剥離や破断現象，ひび割れ分布を適切に再現できないこと，等を明らかにしている。

以上の成果は，偶発（衝撃）作用を受ける新素材繊維（FRP）材料で補強された鉄筋コンクリート（RC）部材の耐衝撃挙動の解明に寄与するところ大であり，本論文は博士（工学）の学位を授与される資格があるものと認められる。