

卒業論文

鋼繊維と高強度セメント系材料間の 付着挙動に関する解析的検討

平成31年2月5日

神戸大学 工学部 市民工学科

学籍番号 1434216t

閑喜 翔太郎

指導教員 三木 朋広 准教授

Analytical Study on Bond Behavior between Steel Fiber and High Strength Cementitious Material

Shotaro KANKI

1434216t

Department of Civil Engineering

Faculty of Engineering

Kobe University

February 5, 2019

ABSTRACT

In this study, we numerically analyze the bond-slip relationship between a steel fiber and matrix obtained from the previous tests using ultra high strength fiber reinforced concrete. The fiber pull-out test carried out with a single fiber was reproduced with a plurality of springs by using a spring model which is a one-dimensional finite element and bond between the fiber and the matrix. First, consider the behavior of the load-slip relationship at all element contacts when an arbitrary drawing load is applied to the fiber, and consider the number of elements necessary for expressing the adhesion inside the matrix with a spring, the spring constant, and the like.

After that, we will use python which is the optimal software for iterative calculation and consider the adhesion behavior when a continuous load is applied as in actual pull-out test. In this way, by reproducing the test numerically, it is possible to numerically visualize the load-slip relationship inside the matrix as well as the slip of one point obtained by the test by reproducing the test numerically, and it is possible to measure the adhesion resistance. The degree of elucidation is clarified.

論文要旨

本研究では、超高強度繊維補強コンクリートを使用した既往の試験から得られた繊維マトリックス間の荷重-すべり挙動を数値解析により検証した。単繊維で行われた繊維拔出試験を1次元の有限要素であるバネモデルを用いてモデル化し、繊維マトリックス間の付着を複数個のバネにより再現した。まず、任意の引抜荷重が繊維にかかった時の全要素節点における荷重-すべり関係の挙動を考察し、マトリクス内部の付着をバネで表現するために必要な要素数やバネ定数などを考察した。

その後、繰り返し計算として最適なソフトである `python` を使用し、実際の引抜試験のように連続した荷重がかかった時の付着挙動を考察した。このようにして、数値解析的に試験を再現することにより試験で得られた一点のすべりのみならず、マトリクス内部の荷重-すべり関係を数値的に可視化できるとともに、荷重が作用したときの付着抵抗分布を解析的に明らかにした。

目次

1. 序論	1
1.1 研究背景	1
1.2 研究目的	3
1.3 既往の研究	4
1.3.1 単繊維とマトリックスの付着試験.....	4
1.3.2 単繊維埋め込み部内部のメカニズム.....	5
1.3.3 引抜荷重と変位の関係.....	5
2. 実験概要	7
2.1 はじめに.....	7
2.2 供試体概要	7
2.3 引抜試験概要	8
2.4 試験結果	10
2.5 単繊維の付着に与えるマトリックスの収縮の影響.....	14
3. 解析手法	15
3.1 有限要素法	15
3.1.1 要素剛性方程式.....	16
3.1.2 全体剛性方程式.....	16
4. 解析モデル	17
4.1 はじめに.....	17
4.2 バネモデルの概略.....	17
4.3 節点での力の釣り合い式.....	18
4.4 境界条件.....	18
4.5 バネ係数の定式化.....	19
4.6 線形解析.....	21
4.7 バネ要素数による誤差の考察.....	23
4.8 python での非線形解析.....	27
4.9 解析結果.....	28

4-9-1 連続した抜荷重をかけた時の荷重－変位関係.....	28
4-9-2 連続した引抜荷重をかけた時の付着抵抗力－変位関係.....	31
4-9-3 連続した引抜荷重をかけた時の部材力－変位関係.....	32
5. 結論.....	35
参考文献.....	36
謝辞.....	37
付録.....	38