

引張を受けるモルタル表面に発生するマイクロクラック

東北学院大学 学生員 ○ 後藤 正裕
東北学院大学 フェロー 大塚 浩司
東北学院大学 学生員 守 聡志

1. はじめに

コンクリートが破壊する際に発生する巨視的クラックは、肉眼では確認することのできないマイクロクラックの累積、連結、成長などにより発生するものと考えられる。そのため、巨視的クラックの挙動を知るうえでマイクロクラックの性状を把握することは重要であると思われる。しかし、コンクリートの引張試験を行いながら、マイクロクラックの性状を連続的に観察し、発生から破壊までの挙動を調べる研究はほとんど報告されていない。

そこで本研究は、低真空型走査電子顕微鏡付き疲労試験機（Wet-SEMサーボパルサー）を用いてモルタル供試体の引張試験を行い、荷重の増加に伴うマイクロクラックの発生、成長を観察し、その性状を明らかにすることを目的としたものである。

2. 実験概要

実験に用いたセメントは、早強ポルトランドセメントである。細骨材は川砂を使用した。モルタルはS/C=2、W/C=65%とした。供試体は、打設後1日で脱型し、1週間水中養生し、乾燥させた後、実験を行った。

供試体は図-1に示すような、寸法80×12×7mmとし、その中央部は断面7×7mm（断面積： $A=49\text{mm}^2$ ）とした。

実験装置の概要を図-2に示す。供試体を引張金具（写真-1参照）に固定し、変位制御で引張試験を行った。制御装置に接続したデータロガーにより荷重と変位を記録した。その際、荷重が一定値上昇するごとに、荷重をホールドさせ、供試体表面のSEM画像撮影を行った。その画像をコンピューターに保存し、それを供試体が破断するまで繰り返した。

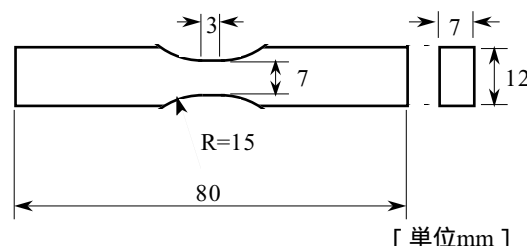


図-1 実験供試体

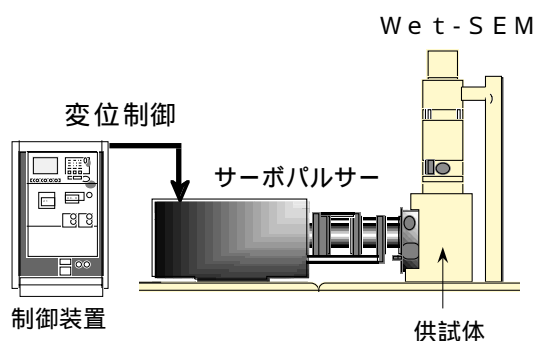


図-2 実験装置



写真-1 供試体設置状況（SEM内部）

3. 実験結果および考察

表-1は、モルタル供試体を引張試験した際の最大荷重（ P_{max} ）、引張強度（ P_{max}/A ）、およびモルタルの割裂引張強度の一覧である。

図-3は、モルタル供試体を引張試験した際の荷重 - 変位関係を示す。載荷前、各荷重点、破壊点で撮影を行った。

図-4(a)～(d)は、引張試験を行った際に得られた載荷前、約50%荷重点、約80%荷重点、破壊点でのSEM画像を供試体中央部5mmの範囲でトレースしたものである。図-4(a)より、載荷前にすでにマイクロクラックの発生を確認することができる。このマイクロクラックは、主に初期乾燥によって発生したものと考えらる。このマイクロクラックの幅を高倍率で測定した結果、 $10\mu\text{m}$ 以下であることがわかった。また、これらの図より載荷による引張応力の増加に伴って、マイクロクラックが新たに発生、連結し、成長していく傾向がみられた。

表-1 強度一覧

供試体 No	最大荷重 $P_{max}(\text{N})$	引張強度 $P_{max}/A (\text{N/mm}^2)$	モルタルの割裂引張強度 $f_t (\text{N/mm}^2)$
1	207	4.2	2.2
2	143	2.9	2.6
3	188	3.8	2.6
4	182	3.7	2.5
5	218	4.4	2.5
6	205	4.2	2.8
7	180	3.7	2.8

キーワード：マイクロクラック、モルタル、引張試験

〒985-8537 宮城県多賀城市中央一丁目13-1 東北学院大学工学部 TEL：022-368-7449 FAX：022-368-7449

図-5は、各荷重点に発生したマイクロクラックの角度を供試体7体の平均値を用いてグラフにしたものである。角度はトレース結果より測定した。マイクロクラック角度とは引張方向に対する角度である。この図より、载荷による引張応力が増加しても、マイクロクラックの角度はほとんど変化せず、約45度の角度であることがわかった。

図-6は、破断後のマイクロクラック長さの総和に対する载荷前のマイクロクラック長さの総和を百分率で表したグラフである。マイクロクラック長さとはトレースしたマイクロクラックよりマップメーターを用いて計測した。その結果、载荷前に、すでに破断時の平均で約40%のマイクロクラックが発生していることがわかった。

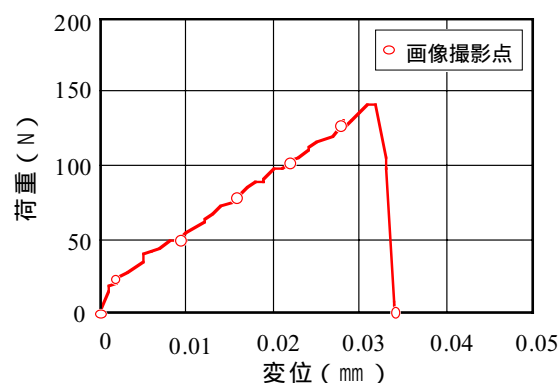


図-3 荷重-変位曲線

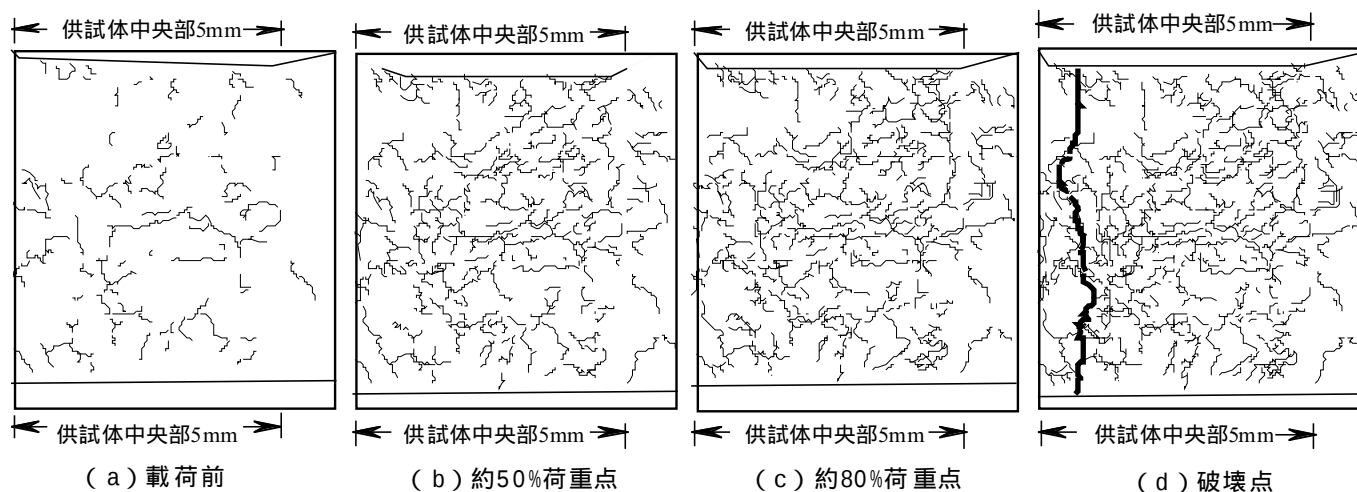


図-4 荷重別トレース図

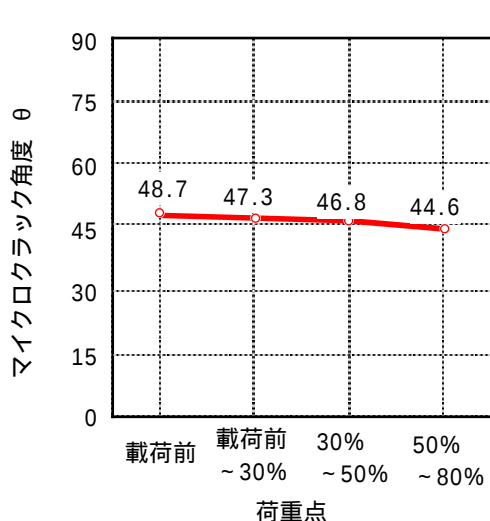


図-5 マイクロクラック角度の比較

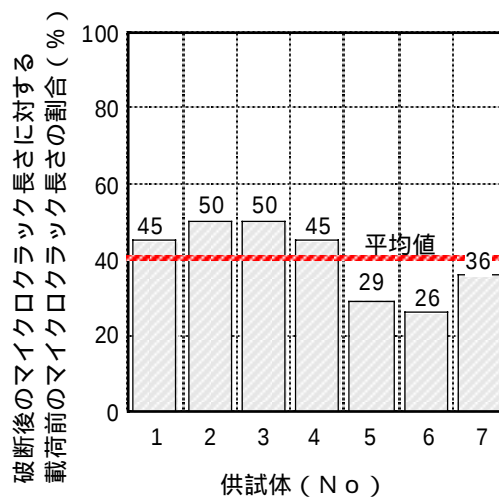


図-6 マイクロクラック長さの比較

4. まとめ

本実験の範囲内で以下のことが言える。

- 1) 载荷前のモルタル供試体表面をWet-SEMで観察した結果、初期乾燥によって発生したものと考えられる幅10μm以下の多数のマイクロクラックを確認することができた。また、载荷による引張応力の増加に伴って、マイクロクラックが新たに発生、連結し、成長していく傾向がみられた。
- 2) 载荷に伴って発生したマイクロクラックの角度を比較した結果、引張応力が増加しても、平均角度には大きな変化は見られず、その角度は約45度であった。
- 3) 载荷前のマイクロクラック長さの総和は破断後のマイクロクラック長さの総和の約40%であった。