

繰返し荷重を受ける RC 部材の断面内ひび割れ進展に関する実験的研究

名古屋大学 学生会員 ○水野 さおり

名古屋大学 正会員 中村 光, 國枝 稔, 上田 尚史

1. はじめに

繰返し荷重を受ける RC 部材では、損傷過程としてかぶりの剥落、鉄筋の座屈などがあるが、損傷が外部に表面化しない段階においても、部材内部では損傷が進展している可能性が考えられる。本研究では、比較的外部の損傷が軽微な段階における部材内部の損傷進展を実験的に明らかにすることを目的とし、曲げ変形が卓越する RC 部材の $3\delta y$ 程度の正負交番载荷試験を行った。特に、鉄筋近傍に発生するひび割れに着目し、载荷後の RC 部材を切断して内部ひび割れ性状の進展について検討した。

2. 実験方法

実験供試体の概要を図-1 に示す。

供試体は $150\text{mm} \times 150\text{mm}$ の正方形断面を有する単純はりで、圧縮鉄筋、引張鉄筋として、D10(295N/mm^2)をそれぞれ 2 本ずつ配置した。鉄筋近傍からの内部損傷としては、リングテンションによる付着ひび割れが考えられるが、本研究では付着ひび割れとは異なる内部でのひび割れ進展の可能性を検討するため、上下の芯かぶりを 25mm 、側方向の芯かぶりを 50mm とし、上下のかぶり方向に付着ひび割れが発生しやすい状態で、付着ひび割れと異なるひび割れ進展を検討できるようにした。また、せん断破壊を防ぐため、せん断スパンにはスターラップを配置した。コンクリートの弾性係数および圧縮強度は、それぞれ $20760(\text{N/mm}^2)$ と $41(\text{N/mm}^2)$ であった。

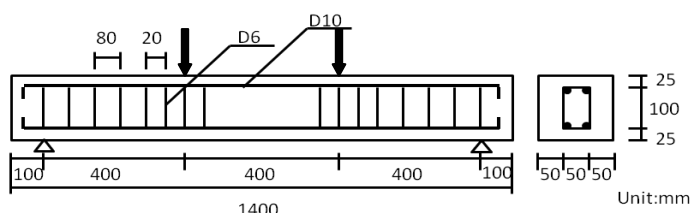


表-1 载荷方法

	繰返し ステップ	繰返し サイクル
Case1	$\pm \delta y$	2cycle
Case2	$\pm \delta y, \pm 2\delta y$	2cycle
Case3	$\pm \delta y, \pm 2\delta y, \pm 3\delta y$	2cycle
Case4		1cycle

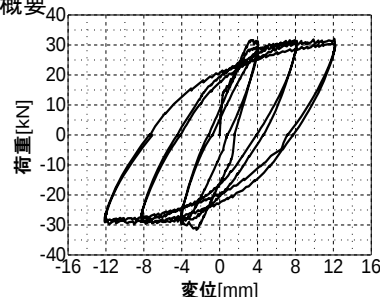
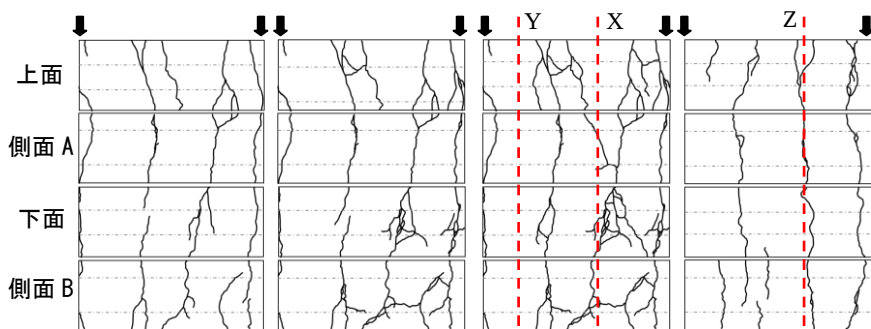


図-2 荷重-変位関係



(a) Case3(- δy) (b) Case3(- $2\delta y$) (c) Case3(- $3\delta y$) (d) Case4(- $3\delta y$)

図-3 表面ひび割れ性状

载荷はせん断スパン 400mm の単純支持で行った。繰返し荷重による内部損傷の検討を行うため、鉄筋の降伏変位 $\delta y(4\text{mm})$ を基準として、表-1 に示す 4 つの Case について载荷を行った。サイクル数は Case1~3 では 2 回、Case4 では 1 回とし、繰返し回数の違いについても検討した。

図-2 に荷重-変位関係の 1 例として、Case3 の結果を示す。荷重-変位関係は紡錘型の履歴を示し、 $\pm 3\delta y$ においても部材としては大きな損傷を生じていなかった。

3. 表面ひび割れの進展状況

図-3 に、Case3 および Case4 の等曲げ区間の表面ひび割れ性状を示す。図-3(a)~(c) では Case3 の $-\delta y, -2\delta y, -3\delta y$ の各段階で 2cycle 载荷後の状態、図-3(d) では Case4 の $-3\delta y$ 载荷後の状態を示す。図は供試体の展開図であり、上下面が载荷面を表している。なお、図中の点線は鉄筋位置を示し、矢印は载荷点、赤点線は、後述の断面切断位置を表している。

図-3(a)～(c)では荷重が進む毎に、 $-\delta y$ 時に確認された曲げひび割れが鉄筋位置付近で互いにつながる様な形で、軸方向にひび割れが生じており、曲げモーメントの影響と異なるひび割れ進展の可能性により、表面の損傷が増大していることがわかる。また、図-3(c)と図-3(d)を比較すると、同じ変位での荷重であっても、サイクル数が増えると表面のひび割れ性状が異なっており、サイクル数によっても表面の損傷が増大することが確認された。

4. 内部損傷の評価

Case3の内部ひび割れの観察を行った。図-4(a)では最大のひび割れ幅となった曲げひび割れ位置である X-X'断面で切断した供試体の模式図を示し、図-4(b)は同位置の写真である。また、図-4(c)は曲げひび割れが発生していない Y-Y'断面の写真である。図-4(b)より、曲げひび割れ断面において、鉄筋間を結ぶひび割れ(図中 A)、鉄筋から上下面かぶり方向へのひび割れ(図中 B)、鉄筋から側面かぶり方向へのひび割れ(図中 C)が確認された。また、特に図中 Cのひび割れについて、内部で軸方向へどのように進展しているか検討を行うため、図-4(a)、(b)の I-I'断面で切断し、観察を行った。図-4(d)より、鉄筋近傍から発生したひび割れが明らかに軸方向へ進展していることがわかる(図中①)。

また、斜め方向にひび割れが観察できるが(図中②)、これは曲げひび割れからの進展である。①のひび割れと②のひび割れは大きく方向が異なっているため、曲げとは違う要因で内部に①の様なひび割れが進展することが示された。

一方、図-4(c)に示す曲げひび割れが発生していない断面では、内部ひび割れは観察されず、曲げひび割れが内部ひび割れの発生に大きく影響していることが推測される。

5. 変位量ならびに繰り返し数による内部ひび割れ進展の違い

図-5(a)、(b)は Case1, Case2 において、等曲げ区間のひび割れ幅が最大となる位置で供試体を切断した切断面である。 $-\delta y$ まで荷重した Case1 ではひび割れの発生が確認されなかった。 $-2\delta y$ まで荷重した Case2 では部分的に鉄筋間をつなぐようなひび割れが確認されたが、側面に向かうようなひび割れは確認されなかった。本研究では、鉄筋間をつなぐひび割れは $-2\delta y$ 程度から生じている可能性があることが示された。

図-5(c)は、Case4の断面であるが、Case3と比較して内部損傷が少ないことが確認される。しかし鉄筋間をつなぐひび割れは確認され、内部ひび割れは変位量の増大とともに発生し、繰り返し毎に進展していくことが推測される。

6. まとめ

本研究では、正負交番繰り返し荷重を行い、曲げひび割れ発生断面で切断し断面のひび割れ性状を観察することにより、内部ひび割れ、特に鉄筋近傍のひび割れ進展の検討を行った。

(1)繰り返し荷重を受ける RC 部材では、供試体内部において鉄筋間を結ぶひび割れおよび、鉄筋近傍からの水平方向へのひび割れが進展すること確認された。

(2)繰り返し荷重による内部ひび割れは、本研究の範囲内では $\pm 2\delta y$ のサイクルから進展することが確認され、また、サイクル数が増えると、内部および表面のひび割れがより顕著なものになることが確認された。

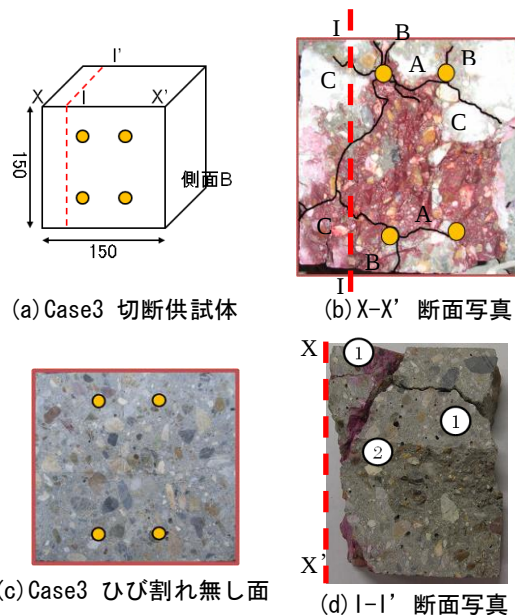


図-4 供試体切断時の写真

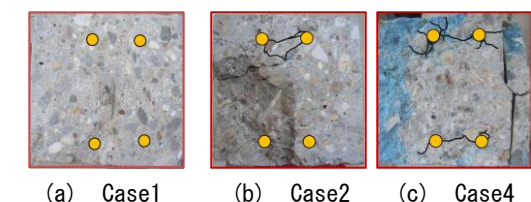


図-5 各変位量、繰り返し数毎の内部ひび割れ性状