

京都大学 学生会員 ○小林 梨沙 学生会員 石川 貴士
正会員 山本 貴士 フェロー 宮川 豊章

1. 研究目的

鉄筋破断を生じた ASR 劣化構造物の安全性を評価するためには、ASR 劣化コンクリート中の鉄筋の付着挙動を明らかにする必要がある。そこで本研究では、ASR 劣化を想定したひび割れおよび膨張が RC 一軸引張部材のひび割れ分散性に与える影響を明らかにすることを目的とした。

2. 実験概要

2.1 供試体

供試体の形状、寸法を図 1 に示す。幅×高さ×全長=100×100×1000mm の両引き試験の角柱供試体とし、引抜き鉄筋には D13 (SD295A) を用いた。このとき、かぶり鉄筋径比 (c/ϕ) は 3.4 となる。また、付着長は 300, 600, 900mm の 3 種類とした。コンクリートの目標配合強度は、 $f_{cr}=30 \text{ N/mm}^2$ とした。

2.2 実験要因

ASR 膨張にともなうひび割れが鉄筋拘束によって鉄筋軸方向に卓越する状況を想定したひび割れを、静的破砕剤を用いることにより模擬した。図 2 に示すように、鉄筋の直上のかぶりに対して深さ約 15mm の溝をコンクリートカッターにより設け、その溝に静的破砕剤を注入し、その膨張力によって断面の鉄筋位置に至るひび割れを導入した。また、鉄筋周囲の ASR 膨張を想定した膨張を、セメントの内割り 15% を膨張材で置換した配合により模擬した。

2.3 ひび割れ幅、膨張率の測定および荷重方法

ひび割れ幅の測定位置を図 2 に示す。ひび割れ幅は供試体両端面の鉄筋付近の計 2 ヶ所で測定し、その平均値をひび割れ幅とした。また、膨張率は、コンタクトゲージにより供試体軸方向（標点間隔 250mm）および軸直角方向（標点間隔 50mm）の長さ変化を測定することにより算出した。また、両引き荷重試験の状況を図 3 に示す。荷重、荷重端側および定着端側のコンクリート変位、ひび割れ性状およびひび割れ幅を測定した。

3. 実験結果および考察

3.1 ひび割れ幅および膨張率

ひび割れ幅および膨張率の測定結果を表 1 に示す。静的破砕剤を用いて導入したひび割れは、すべて供試体断面の鉄筋位置を通過して反対側のかぶりに至る形態となった。ほとんどの供試体において、0.5mm 以上のひび割れ幅が観察された。また、膨張材により膨張を導入した供試体の膨張率は、軸方向では鉄筋拘束によりほとんど発生していないのに対し、軸直角方向では大きくなった。

3.2 荷重 - 変位関係

荷重と荷重端側のコンクリート変位の関係の代表例として付着長 900mm のものについて図 4 に示す。健全供試体では、荷重にともなうひび割れの発生にともない、コンクリートの荷重負担が低下して傾きが小さくなって

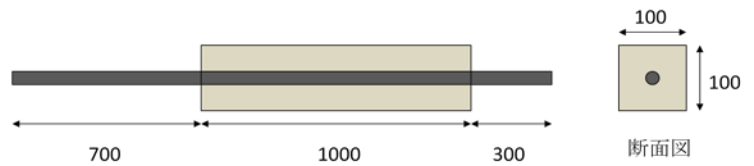


図 1 供試体形状・寸法

単位 (mm)

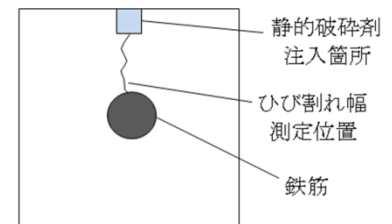


図 2 模擬ひび割れの概要

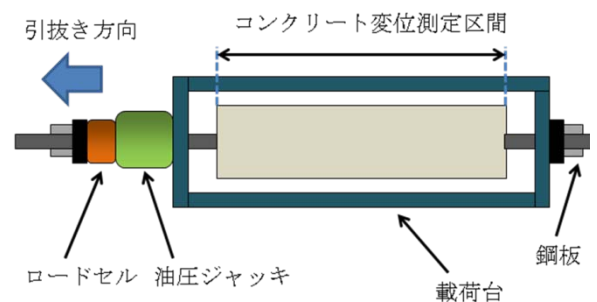


図 3 荷重状況

いる。模擬ひび割れを導入した供試体では、同一変位時の荷重が他の供試体よりも小さくなっていく。供試体断面の鉄筋位置を通過するひび割れの導入により、コンクリートの荷重負担が大きく減少したと考えられる。また、傾きの変化が小さく鉄筋のみで大部分の引張力を負担していると考えられる。一方、膨張を模擬した供試体では、同一変位時の荷重が他よりも大きくなった。鉄筋による膨張拘束によりコンクリートに圧縮力が導入されるため、ひび割れ発生に対する抵抗が大きくなり、コンクリートの荷重負担が持続したと考えられる。

3.3 膨張ひび割れ幅の影響

模擬ひび割れを導入したほとんどの供試体では、载荷にともなうひび割れが発生しなかった。供試体断面の鉄筋位置を通過する膨張ひび割れの存在により付着が大きく低下し、鉄筋のみで大部分の引張力を負担していると考えられる。また、鉄筋のすべりにもなって、導入した軸方向の膨張ひび割れが拡大する様子がみられた。ひび割れ分散性に与える膨張ひび割れの影響を検討するためには、今回の模擬ひび割れ幅（約 0.5mm）よりも小さいひび割れ幅を導入する必要がある。

3.4 膨張量の影響

供試体軸直角方向の膨張率と最大ひび割れ幅およびひび割れ間隔の関係を、それぞれ図 5、図 6 に示す。ひび割れ幅およびひび割れ間隔は、十分に定常状態となった最大荷重（鉄筋降伏荷重）の約 9 割の時点で測定した。最大ひび割れ幅、ひび割れ間隔ともに健全とほぼ同程度であった。3.1 で述べたように、鉄筋による膨張拘束によりコンクリートに圧縮力が導入されてひび割れ発生に対する抵抗が大きくなるとともに、鉄筋に近い位置ほど鉄筋のすべりを拘束する作用が大きいと推察されるため、今回導入した膨張率の範囲ではひび割れ分散性が変化しなかったものと考えられる。しかし、反応性骨材を用いた供試体での付着割裂強度を検討した既往の研究¹⁾では、横補強筋がない場合、軸直角方向の膨張率が約 0.5%の段階において強度に低下が見られたとしている。膨張材を用いた膨張と異なり、鉄筋周囲の骨材やペースト領域に微細なひび割れが多く発生することにより、付着強度の低下が生じると考えられるため、より大きな膨張量の範囲あるいは反応性骨材を用いた供試体での検討が必要である。

4. 結論

- (1) 断面の鉄筋位置を通過するひび割れの導入により、コンクリートの引張荷重負担が減少する。今回導入したひび割れ幅においては、鉄筋のみで大部分の引張力を負担していたとみられ、付着試験区間に载荷にともなうひび割れが生じなかった。
- (2) 膨張材により膨張を導入した供試体では、鉄筋による膨張拘束によりコンクリートに圧縮力が導入され、ひび割れ発生に対する抵抗が大きくなり、コンクリートの引張荷重負担が持続する。

参考文献 1) 山本貴士, 成清公平, 服部篤史, 宮川豊章: ASR 膨張を生じたコンクリートと鉄筋の付着割裂特性に関する研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.31, No.1, pp.1297-1302, 2009.7.

表 1 膨張ひび割れ幅および膨張率

鉄筋径	付着試験長さ(mm)	導入ひび割れ幅(mm)	軸方向膨張率(%)	軸直角方向膨張率(%)
D13	300	0.58	0.01	0.46
		0.38	0.02	0.02
	600	0.48	0.00	0.53
		0.58	0.07	0.12
	900	0.73	0.01	0.31
		0.45	-0.06	0.07

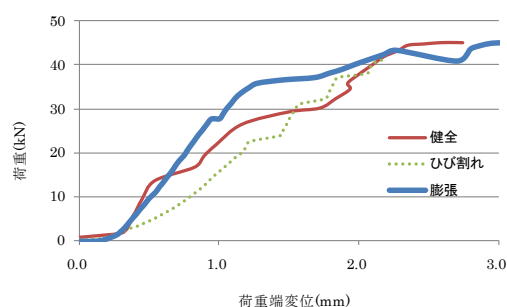


図 4 荷重-荷重端側コンクリート変位関係

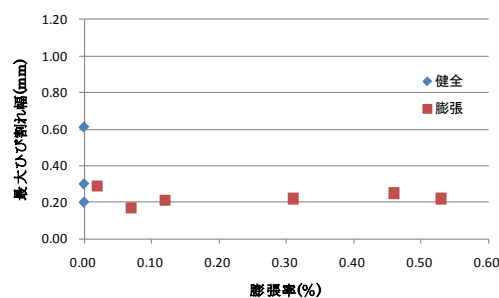


図 5 最大ひび割れ幅-膨張率関係

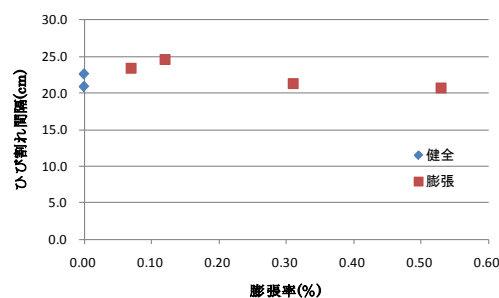


図 6 ひび割れ間隔-膨張率関係