

第V部門

ASR 劣化を生じた RC はり部材の耐荷特性と内部ひび割れ特性

大阪工業大学大学院工学研究科 学生員 ○小池 絢士

大阪工業大学工学部 正会員 三方 康弘

大阪工業大学工学部 正会員 井上 晋

1. はじめに

RC はり部材における ASR 劣化として、軸方向鉄筋や PC 鋼材に沿った方向性のあるひび割れが多く見られる。また、既往の研究¹⁾から、かぶりコンクリートとコアコンクリートではひび割れの発生状況が異なることが報告されている。本研究では、ASR 劣化を生じた RC はり供試体に対してひび割れの観察、鉄筋ひずみ、コンクリートひずみなどの ASR 膨張の経過観察と載荷試験を実施した。また、比較のために健全供試体の載荷試験を行い、ASR 劣化が RC はり部材に及ぼす影響を把握した。さらに、それらの RC はり供試体から採取したコアコンクリートの X 線 CT スキャンを行い、荷重によるひび割れの ASR コンクリート中のひび割れ状況を把握した。

2. RC はり供試体概要とひび割れ状況

2.1 RC はり供試体概要

実験要因としてコンクリートの種類は普通、ASR の 2 種類を選定した。また、せん断補強筋の有無の 2 種類を選定した。RC はり供試体は、幅×高さ=100×200mm の長方形断面を有する全長 1800mm とした。載荷方法は曲げスパン 300mm、せん断スパン 560mm、 $a/d=3.29$ とした対称 2 点集中荷重方式とした。また、荷重によるひび割れの ASR コンクリート中の進展状況を明らかにするために、載荷試験と CT 撮影を行う供試体と CT 撮影のみを行う供試体を製作した。主鉄筋は 2-D16 ($f_{sy}=389.2\text{N/mm}^2$)、せん断補強筋は D6 ($f_{sy}=456.4\text{N/mm}^2$) を用いた。供試体の断面図及び側面図を図 1～図 3 に示す。反応性骨材は北海道産輝石安山岩を用いた。配合表を表 1 に示す。また、各供試体の詳細を表 2 に示す。

2.2 ASR ひび割れの状況

A-1～A-4 のいずれの供試体においても主鉄筋部分に主なひび割れが見られ、せん断補強筋を配置した A-3、A-4 供試体においてはせん断補強筋を配置した部分

に沿ってひび割れが生じていた。ひび割れ状況を図 4、図 5 に示す。

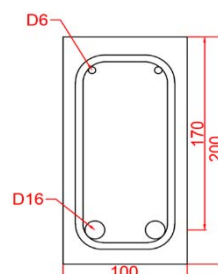


図 1 RC はり供試体断面図

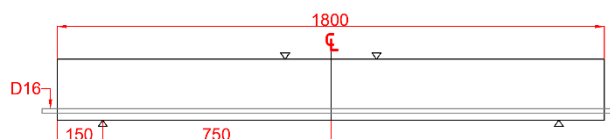


図 2 RC はり供試体側面図 せん断補強筋なし

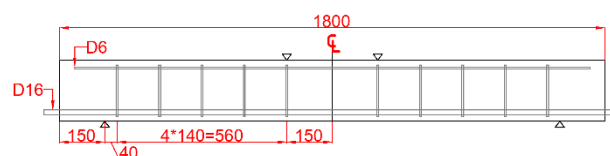


図 3 RC はり供試体側面図 せん断補強筋あり

表 1 各供試体の配合表

供試体	Gmax (mm)	SI (cm)	W/C (%)	Air (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m³)						Nacl	AE (cc)
						W	C	S	G	Gr			
健全	20	8	45.5	4.0	44.1	178	391	746	0	1026	0	0	978
ASR	20	10	45.5	4.0	41.1	163	358	356	365	550	572	11.6	895

表 2 RC はり供試体詳細

名称	劣化の種類	せん断補強筋の有無	試験の種類
N-1	健全	無し	載荷試験 + CT撮影
N-2		有り	
A-1	ASR	無し	載荷試験 + CT撮影
A-2			CT撮影
A-3		有り	載荷試験 + CT撮影
A-4			CT撮影



図 4 A-1 裏面ひび割れ図



図 5 A-3 裏面ひび割れ図

3. 載荷試験結果

A-1 供試体主鉄筋位置に生じていた ASR ひび割れにせん断ひび割れがつながり、ASR ひび割れが開口することにより、せん断引張破壊に至った。一方、N-1 供試体は A-1 供試体と比較して、40kN を超えてから急激に斜めひび割れが進展し斜め引張破壊に至った。A-3 供試体は曲げひび割れとつながっている箇所もあるが、ASR ひび割れはあまり開口しなかった。N-2 供試体と同様に鉄筋降伏後に曲げ圧縮部が圧壊する曲げ引張破壊に至った。載荷後のひび割れを図 6、図 7 に示す。また供試体の耐力計算結果と破壊形式を表 3 に示す。

4. X 線 CT 撮影

X 線 CT 撮影条件は、管電圧 150kV、管電流 200μ A とし、ピクセルサイズ 0.127mm、撮影画像の画素数は 1856×1472 pixels である。載荷試験後の N-2、A-3 供試体からコアを横方向に採取し X 線 CT 撮影を行ってコンクリート内部のひび割れ状況把握を試みた。採取したそれぞれのコアのかぶりコンクリート部分（コアの上縁から 5mm、10mm）の横断面を図 8、図 9 に示す。また、各コアの断面高さ方向上縁から 5、10、15、50、85、90、95mm の横断面と任意の縦断面の内部ひび割れの長さおよびひび割れ密度を表 4 に示す。CT 画像より、健全コンクリート N-2 と ASR 劣化コンクリート A-3 とともに荷重によるひび割れの進展に伴って微細なひび割れが確認された。しかし、A-3 は N-2 と比較してより多くのひび割れが確認された。特に、A-3 の横断面では荷重によるひび割れと並行した微細なひび割れが多く確認された。これは荷重によるひび割れが生じたときに、元々生じていた ASR によるひび割れが載荷の影響でさらに拡大しているものと考えられる。また、表 4 より N-2 と A-3 においてひび割れ密度が横断面と縦断面ともに約 $0.020\text{mm}/\text{mm}^2$ の差が表れた。

5. まとめ

ASR 劣化を生じたせん断補強筋を配置しない供試体では主鉄筋位置に生じている ASR ひび割れが載荷によりさらに開口し、割裂ひび割れが発生しせん断破壊に至った。

X 線 CT 撮影により ASR 劣化を生じた供試体採取コアでは荷重によるひび割れと並行した微細なひび割れが多く確認された。

謝辞

本研究は株式会社安部日鋼工業および JSPS 科研費 JP21K04221 の助成を受けたものです。ここに謝意を表します。

参考文献

- 1) 三方康弘, ASR を生じたはり部材の耐荷力評価, 建設機械, pp.56~pp.61, 2021.11.

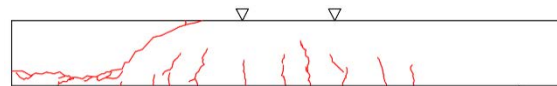


図 6 N-1 の載荷後ひび割れ図



図 7 A-1 の載荷後ひび割れ図

表 3 各供試体の耐力計算結果と破壊形式

供試体	最大荷重 $P_u(\text{kN})$	曲げ※ 破壊荷重 計算値 $P_{ub}(\text{kN})$	せん断※ 破壊荷重 計算値 $P_{us}(\text{kN})$	せん断耐力※ 計算値 (kN)			破壊形式
				V_y	V_s	V_c	
N-1	58.4	80.77	49.28	24.64	0.00	24.64	斜め引張
N-2	82.6	80.77	113.19	56.60	31.96	24.64	曲げ引張
A-1	49.6	75.67	43.36	21.68	0.00	21.68	せん断引張
A-3	82.4	75.67	107.29	53.64	31.96	21.68	曲げ引張

※実材料強度を用いてファイバー法により曲げ破壊荷重、土木学会のせん断耐力式により、せん断荷重を算定した。

表 4 各コアの内部ひび割れの長さとしひび割れ密度

供試体		面積 [mm^2]	ひび割れ長さ [mm]	ひび割れ密度 [mm/mm^2]
N-2	横断面	8086.59	72.693	0.009
	縦断面	10685.81	57.891	0.005
A-3	横断面	7958.00	209.780	0.026
	縦断面	10513.94	297.413	0.028

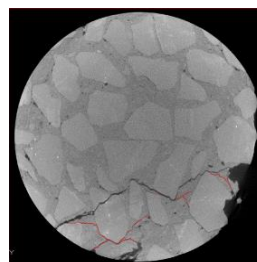


図 8 N-2 の横断面
(上縁から 5mm)

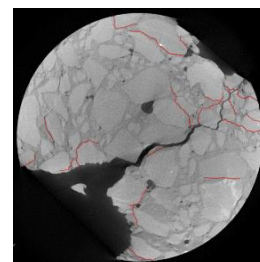


図 9 A-3 の横断面
(上縁から 10mm)