

ASR 劣化を考慮した RC はり部材のせん断耐荷機構に関する実験的評価

神戸大学大学院 学生員 ○北野 剛 神戸大学大学院 正会員 森川 英典
西日本旅客鉄道(株) 正会員 湯浅 康史 神戸大学大学院 正会員 小林 秀恵

1.はじめに:ASR 劣化した構造物の安全性評価を行っていくために、従来より ASR 劣化を有する RC 部材の力学特性について種々の検討がなされている。RC はり部材においては、ケミカルプレストレスや先行ひび割れの影響により、部材の耐荷力が増大することが多数報告されている。しかし、耐荷力が低下するケース^{1), 2)}も報告されており、ASR 劣化した RC はり部材の耐荷性能評価を行う上では、不確定性を考慮した評価が重要であると考えられる。本研究では、ASR の不確定性に着目したせん断耐荷機構について実験的評価を行う。

2. 実験概要

2.1 供試体概要:本研究で使用する供試体の概略図を図-1に示す。図中には、同時に各鉄筋ひずみゲージ貼付位置を示している。供試体は、断面 150×240mm、有効高さ 200mm の矩形断面を持つ、スパン 1000mm、せん断スパン比 2.0 の RC はりである。圧縮鉄筋に D13 を 2 本、主鉄筋には D16 を 3 本、スターラップには D6 を 150mm 間隔で配筋した。

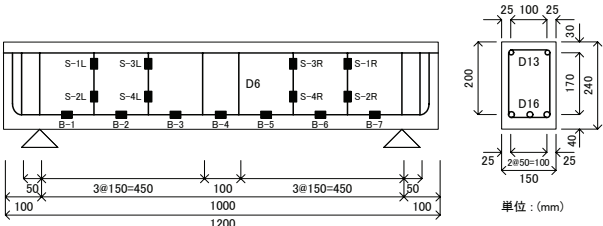


図-1 供試体図および鉄筋ひずみゲージ貼付位置

2.2 試験要因および供試体名称:本研究の供試体一覧を表-1に、示方配合を表-2に示す。供試体は、骨材にアルカリ反応性骨材(北海道産)を混入し、劣化を促進させるためアルカリを添加し供試体を作製した。打設後 2 週間の湿布養生を行い、その後屋外暴露環境で劣化の促進を行っている。本研究においては、不確定性の評価を目的としているため、劣化の段階を 4 段階に設定し、各段階で載荷試験を行うこととしている。本論文では、ASR 劣化していない第一段階供試体および ASR 劣化の進んだ第二段階供試体の試験結果における実験的評価について報告する。第一段階供試体に関しては、打設後 1 月後に試験を行い、第二段階供試体に関しては、打設後 1 年後に試験を行った。

表-1 供試体一覧

劣化時期	供試体種類	供試体名 or 供試体数
第一段階 (Aグループ)	せん断破壊型供試体	A-S-1
	鉄筋付着供試体	D16 5体
	サミットモールド	D6 5体
	鋼型枠モールド	1体
第二～四段階 (B～Dグループ)	せん断破壊型供試体	B-S-1, B-S-2, B-S-3 (C-S-1, C-S-2, C-S-3) (D-S-1, D-S-2, D-S-3)
	鉄筋付着供試体	D16 10体
	サミットモールド	D6 10体
	鋼型枠モールド	1体

表-2 示方配合

W/C (%)	s/a (%)	AE減水剤 (kg/m ³)	NaOH (kg/m ³)		
63	48	2.9	8.5		
単位量 (kg/m ³)					
W	C	S1	S2	G1	G2
183	290	398	493	495	493

※ S2およびG2：反応性骨材

3. 劣化状態の評価

(1) 超音波伝播速度の測定:測定は、供試体軸直角方向、軸方向の 2 方向について行い、各方向とも 2 箇所での測定を行った。測定の結果を表-3に示す。表は 2 箇所での平均値を示している。軸直角方向について比較すると、第一段階供試体より第二段階供試体の値が 600～1000m/s 程度低下しており、ASR 劣化により超音波伝播速度が低下していることがわかる。また、軸方向での値は、全供試体において軸直角方向よりも大きな値となり、供試体軸直角方向と軸方向では劣化の程度が異なっていることがわかる。

(2) 鉄筋ひずみの測定:図-2 に測定結果を示す。全供試体において、主鉄筋のケミカルプレストレインは 350μ であり、スターラップのケミカルプレストレインの値に比べ小さい値となった。また、ケミカルプレストレインは、

表-3 超音波伝播速度測定結果

供試体名	超音波伝播速度 (m/s)	
	供試体軸直角方向	供試体軸方向
A-S-1	4286	-
B-S-1	3426	3852
B-S-2	3322	3799
B-S-3	3676	3934

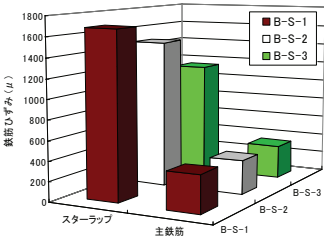


図-2 鉄筋ひずみ測定結果

キーワード ASR, せん断耐荷機構, ケミカルプレストレス, ケミカルプレストレイン, アーチ機構
連絡先 〒657-8501 兵庫県神戸市灘区六甲台町 1-1 神戸大学工学部 TEL 078-881-1212

B-S-3 が最も小さく、B-S-1 が最も大きくなる結果となった。

4. 材料特性: 表-4 に付着強度試験の結果を示す。付着応力度はすべり量 0.002D(mm)での値を示している。第二段階供試体には ASR によるひび割れが見られ、第一段階供試体と比較すると、D16、D6 とともに平均値が低下した。また、劣化進行に伴い、標準偏差が大きくなることが想定されたが、同等または低下する結果となった。これは、第一段階供試体の取り扱い方が原因と思われる付着性能のばらつきによる結果であると考えられる。次に、サミットモールドの圧縮試験の結果を表-5 に示す。第二段階の圧縮強度は、第一段階に比べて増加している。これは、ASR 劣化に起因するものではなく、コンクリートの水和反応により強度が増加したものであると考えられる。また、第二段階の静弾性係数は著しく低下しており、ASR 劣化がかなり進行していることを示している。しかし、この値は、ASR 劣化によるコンクリート膨張が鉄筋により拘束されるせん断破壊型供試体のコンクリートの力学的性質とは異なると考えられる。

表-4 付着強度試験結果

鉄筋の種類	付着応力度 (N/mm ²)			
	第一段階		第二段階	
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
D16	5.03	1.86	3.77	0.93
D6	3.09	1.16	2.07	1.16

表-5 サミットモールド圧縮試験結果

劣化時期	圧縮強度 (N/mm ²)		静弾性係数 (kN/mm ²)	
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
第一段階	17.30	0.50	18.44	0.33
第二段階	24.06	2.22	6.57	1.92

5. 載荷試験結果: 表-6 に載荷試験結果と二羽式の評価値との比較を示す。二羽式による評価値は、ケミカルプレストレスおよびケミカルプレストレインの影響を考慮せずに算出した値と考慮して算出した値を示している。実験値の V_s は、ケミカルプレストレインの影響を考慮し、ひずみゲージより測定した鉄筋ひずみの値より算出した。また、ASR 劣化を考慮した評価値の V_c はケミカルプレストレスを考慮して算出し、 V_s はケミカルプレストレインを考慮して算出した。ケミカルプレストレス量は、拘束鋼材比を考慮して、鉄筋ひずみゲージの測定値より算出した。健全供試体である A-S-1 はせん断破壊で終局し、第二段階供試体はすべて曲げ破壊で終局した。しかし、第二段階供試体において、すべての供試体ともスターラップは降伏に至っており、曲げ耐力とせん断耐力は漸近していたものと推察される。A-S-1 においては、余剰耐力が大きくなり、評価値が実験値を過小評価する結果となった。第二段階供試体においては、健全供試体と比較しても耐力の低下は見られず、また、供試体間での劣化状態にばらつきが見られたが、最大荷重に明確な違いは見られなかった。実験値と ASR 劣化を考慮せずに算出した評価値とを比較すると、実験値の V_c は評価値の V_c より 36~50kN 程度大きく、 V_s は 10~22kN 程度小さくなる結果となった。 V_c が増加した原因としては、ASR 劣化によるケミカルプレストレスの発生、主鉄筋の付着低下によるアーチ機構への移行が考えられる。しかし、ASR 劣化によるケミカルプレストレスの影響が二羽式評価値の V_c に与える増分は 2kN 程度であることから、実験値の V_c の増加は、ケミカルプレストレスに起因するものではなく、せん断耐力機構がアーチ機構に移行したためである可能性が高いと考えられる。 V_s の低下は、ASR 劣化のコンクリート膨張によるスターラップのケミカルプレストレインの影響であると考えられる。

表-6 載荷試験結果および評価値との比較

供試体名	コンクリート強度 (N/mm ²)	実験値 (kN)			二羽式評価値(kN)						破壊形式
					ASR劣化考慮無し			ASR劣化考慮有り			
		Vc	Vs	Vmax	Vc	Vs	Vmax	Vc	Vs	Vmax	
A-S-1	17.30	56.05	37.07	93.12	44.25	33.66	77.92				せん断
B-S-1	24.06	97.54	11.27	108.80	49.25	33.62	82.86	51.53	11.27	62.80	曲げ
B-S-2		95.22	16.29	111.51	49.91	34.29	84.20	51.93	16.29	68.22	曲げ
B-S-3		86.38	24.92	111.30	49.03	33.09	82.12	51.05	24.92	75.97	曲げ

※ V_c : コンクリート分担せん断抵抗力 V_s : スターラップ分担せん断抵抗力 V_{max} : 最大荷重

6. 結論: (1) ASR 劣化によるひび割れによって、コンクリートの拘束効果が低減し、鉄筋とコンクリートの付着性能は低下する。また、ASR 劣化による影響は静弾性係数に顕著に表れ、その劣化の程度は鉄筋の拘束力により異なる。(2) ASR 劣化した RC はり部材において、ケミカルプレストレスがせん断耐力に与える影響は小さく、せん断耐力機構がアーチ機構へ移行することにより、せん断耐力が増加する。

【参考文献】 1) 小柳治, 六郷恵哲, 石田祐哉: セメント技術年報, 39 巻, pp.352-355, 1985.6.

2) 山田昌郎, 魚本健人: コンクリート工学年次論文集, vol12, No.1, pp835-840, 1990.6.