第Ⅴ部門　　ASR 劣化が生じたコンクリートの状態評価および RC 部材のせん断耐荷機構の検討

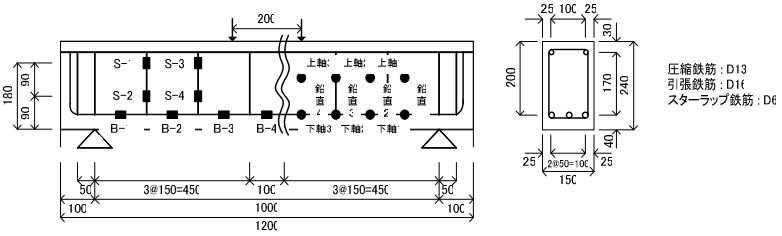
神戸大学大学院　学生員　○岩田　卓　　神戸大学大学院　正会員　森川　英典
神戸大学大学院　学生員　北野　剛　　神戸大学大学院　正会員　小林　秀惠

1.はじめに：ASR 劣化した構造物の適切な維持管理を行っていくために，従来より ASR 劣化した RC 部材の力学特性について種々の検討がなされているが，統一的な見解が得られていないのが現状である．ASR 劣化した RC 部材の耐荷性能評価を行う上で，バラつきの考慮が重要であると考えられ，本研究では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った．本研究は国土交通省「道路政策の質の向上に資する技術開発についての研究開発」(研究代表者　宮川豊章　京都大学教授)の一環として実施したものである．

2.実験概要：供試体は，反応性骨材を用いて作製した．屋外曝露環境で促進劣化させ，RC はり供試体，付着供試体，円柱供試体で各実験を行い劣化の程度とせん断耐荷性能の評価を行った．**表－1** に ASR 実験での供試体一覧を示す．本研究では，ASR 劣化の進行に伴う不確定性の評価を目的としているため，劣化段階を 3 段階に設定し，各段階でそれぞれ実験を行った．不確定性を考慮するため，付着供試体および円柱供試体については各 10 体実験を行った．また，載荷試験供試体は 3 体で実験を行った．**図－1** に，RC はり供試体の概要図，ひずみゲージおよびコンタクトチップ貼付位置を示す．貼付位置はそれぞれ，右側にコンタクトチップ，左側にひずみゲージ位置を示している．せん断スパン比は 2.0 と設定している．

表－1　ASR 実験供試体一覧

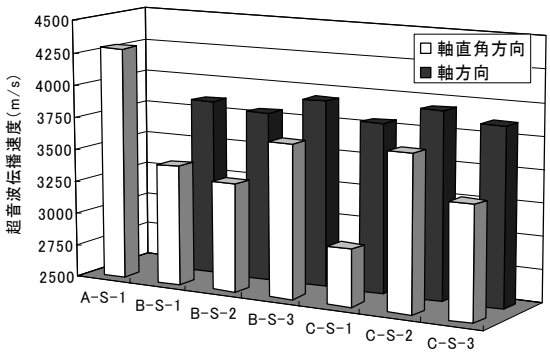
劣化時期	供試体種類		供試体数
第一段階（Aシリーズ）	せん断破壊型供試体		A-S-1
	付着供試体	D16	5体
		D6	5体
	円柱供試体	サミットモールド	5体
第二～三段階（B～Cシリーズ）	せん断破壊型供試体		B-S-1,2,3 C-S-1,2,3
	付着供試体	D16	10体
		D6	10体
	円柱供試体	サミットモールド	10体



図－1　RC はり供試体側面図および断面図（単位:mm）

3.劣化状態の評価

3.1 超音波伝播速度の測定：測定は，供試体の軸直角方向と軸方向の 2 方向について行い,その測定結果を**図－2** に示す．**図－2** より，まず軸直角方向の超音波伝播速度において，A-S-1 に比べて，B シリーズ，C シリーズの値が小さくなっており，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．次に，B シリーズ，C シリーズの軸方向と軸直角方向の超音波伝播速度を比較すると，全供試体において軸方向よりも軸直角方向の値が小さくなっている．ASR により劣化した供試体内においては，軸方向と軸直角方向で劣化の進行程度が異なっていることがわかる．また，B シリーズ，C シリーズ間に明確な差が見られないことから，供試体個々によって劣化の進行程度にバラつきがあるといえる．



図－2　軸・軸直角方向の超音波測定結果

3.2 膨張量の測定：膨張量測定結果を**表－2** に示す．測定位置で比較すると，全供試体において鉛直膨張量の値が上軸および下軸の軸方向膨張量に比べ大きな値となっている．これは，ASR 劣化による膨張を拘束する鉄筋量の違いが原因であると考えられる．

表－2　膨張量測定結果 単位(μ)

供試体名	鉛直方向	上側軸方向	下側軸方向
B-S-1	3339	780	224
B-S-2	3173	502	381
B-S-3	1461	193	163
C-S-1	7441	878	639
C-S-2	2763	995	556
C-S-3	2770	879	446

Taku IWATA,　Hidenori MORIKAWA,　Go KITANO,　Hidee KOBAYASHI

4. 材料特性：**表－3** にすべり量 0.002D(mm)の付着強度試験の結果を示す．D16 では劣化の進行に伴い付着力が低下している．D6 においては，B シリーズでは付着力の低下が見られたが，C シリーズでは増加した．同一鉄筋径で見ても，供試体間で劣化の進行に差異が見られ,特に D6 ではバラつきが大きくなる傾向がある．

次に円柱供試体圧縮試験の結果を**表－4** に示す．圧縮強度，弾性係数ともに，A シリーズに比べて B，C シリーズの値が，ASR 劣化の進行によりバラつきが増加していることがわかる．弾性係数は，劣化の進行に伴い低下する傾向が見られ，C シリーズにおいては A シリーズの 1/3 以下にまで低下している．ASR 劣化による影響は弾性係数に顕著に表れていることがわかる．圧縮強度の増加は，NaOH の特性により強度発現が遅れ，A シリーズで設計強度 27(N/mm^2)に達していなかったためであると考えられる．

表－3　付着強度試験結果

0.002D付着強度(N/mm^2)			
鉄筋の種類		D6	D16
Aシリーズ	平均値	3.1	5.0
	変動係数	33.5	33.1
Bシリーズ	平均値	2.1	3.8
	変動係数	52.9	23.4
Cシリーズ	平均値	4.4	3.3
	変動係数	47.7	37.8

表－4　円柱供試体圧縮試験結果

劣化時期		圧縮強度 (N/mm^2)	弾性係数 (kN/mm^2)
Aシリーズ	平均値	17.3	18.4
	変動係数	2.4	1.5
Bシリーズ	平均値	23.6	6.6
	変動係数	9.6	27.8
Cシリーズ	平均値	24.9	4.7
	変動係数	8.9	18.8

5. 載荷試験結果：載荷試験結果および評価値を**表－5** に示す．C シリーズも B シリーズと同様に全て曲げ破壊で終局に至った．A-S-1 の実験値 V_{max} が評価値 V_{max} に比べて大きいが，これは 4 節でも述べたように A シリーズでは強度発現の遅延が考えられ，これによる付着力の低下に起因するものと考えられる．A'-S-1 は，B，C シリーズと同程度の強度レベルで打設し直した供試体であるが，実験値 V_{max} は二羽式評価値と同程度となっている．B，C シリーズ供試体は実験値 V_{max} が評価値を大幅に上回り，曲げ破壊荷重計算値と同程度となっている．また，実験値 V_c は評価値 V_c に対して 100～120(kN)程度大きくなる結果となった．実験値 V_c が大幅に増加した原因としては，ケミカルプレストレスの影響，せん断耐荷機構がアーチ機構に移行したことが考えられる．

表－5　載荷試験結果

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)			曲げ破壊荷重計算値(kN)	40kN時剛性 (kN/mm)	破壊形式
		Vc	Vs	Vmax	Vc	Vs	Vmax			
A-S-1	17.3	118.9	67.3	186.2	89.1	67.3	156.5	189.7	105.2	せん断
A'-S-1	24.2	107.9	47.7	155.6	94.7	47.7	142.4	184.5	108.9	
B-S-1	23.6	201.9	15.8	217.6	98.0	67.2	165.3	199.9	109.0	曲げ
B-S-2		193.3	29.8	223.1	99.3	68.6	167.9	206.8	131.6	
B-S-3		192.0	30.7	222.6	97.6	66.2	163.8	195.2	112.7	
C-S-1	24.9	216.7	0	216.7	100.4	64.1	164.5	189.6	128.7	曲げ
C-S-2		223.4	0	223.4	99.5	66.7	166.2	199.3	142.5	
C-S-3		217.1	0	217.1	98.4	64.7	163.1	190.9	134.7	

※1 Vc:コンクリート分担せん断耐力　Vs:スターラップ分担せん断耐力　Vmax:最大せん断耐力
なお，表中の各せん断耐力は荷重値(=せん断耐力×2)で示している．
※2 二羽式評価値における供試体寸法データは，各供試体の実寸値を用いて算出している．

表－6 は，ケミカルプレストレスが各々の評価値に与える V_c の増分を示している．**表－6** より，ケミカルプレストレスが評価値 V_c に与える増分は最大でも 10(kN)程度であることから，実験値 V_c の大幅な増加は，せん断耐荷機構が一部アーチ機構に移行した可能性が高いと考えられる．なお，今回，供試体端部に幅 2.0(mm)以上のひび割れが生じ顕著に劣化していたため，定着破壊の可能性があった供試体 C-S-1 においても，定着破壊に至らず曲げ破壊荷重計算値を確保する結果となった．

表－6　ケミカルプレストレスの影響

供試体名	ケミカルプレストレス(N/mm^2)	示方書評価値(kN)	二羽式評価値(kN)
B-S-1	1.64	7.7	11.1
B-S-2	1.78	7.2	10.5
B-S-3	1.70	6.9	10.0
C-S-1	＊		
C-S-2	1.66	6.8	9.9
C-S-3	0.77	3.1	4.6

＊ ケミカルプレストレイン測定不可

6. 結論：ASR 劣化によるひび割れによって，鉄筋とコンクリートの付着性能が低下した．ASR 劣化の影響は弾性係数に顕著に表れた．ASR 劣化の進行は供試体間で差異が見られ，また，鉄筋の拘束力の違いによっても劣化の程度が異なった．ASR 劣化した RC 部材において，ケミカルプレストレスがせん断耐荷力に与える影響は小さく，せん断耐荷機構が一部アーチ機構へ移行することによりせん断耐力が向上した．

《参考文献》 1)北野剛，森川英典，湯淺康史，小林秀恵：ASR 劣化した RC はり部材のせん断耐荷機構に関する実験的評価，コンクリートの補修，補強，アップグレード論文報告集，第 7 巻，pp.77～84，2007.11.