

# 鉄筋による拘束状態がアルカリシリカ反応による RC 床版の劣化に与える影響

コンクリート研究室 高橋 章

指導教員 下村 匠

## 1. 研究背景・目的

近年、ASR に起因すると思われる道路橋梁における RC 床版の劣化事例が報告されている。ASR 劣化は鋼材腐食の発生や美観の損失を招くだけでなく、コンクリートの強度低下、鉄筋とかぶりの付着力の低下などの損傷の要因になる。

本学における小林らの研究では、ASR 床版試験体と健全な床版試験体の押し抜きせん断強度を比較し、“ASR により過大な膨張 (6325 $\mu$ ) が現れた床版は、健全 RC 床版の押し抜きせん断耐力を下回る。”といった結果が得られた。その結果を踏まえて、本研究では内部鉄筋による拘束の大きい ASR 床版を作製し、ASR 劣化の進行段階ごとに押し抜きせん断試験を行うことで、ASR の進行による RC 床版の耐荷性状の変化を把握し、ASR の進行に伴う押し抜きせん断性能の劣化メカニズムを把握することを研究の目的とした。

## 2. 試験体概要

試験水準を表 1 に示す。床版試験体 (図 1) は、粗骨材にのみ ASR 反応性骨材を使用し、ASR 促進剤として NaCl を添加している。ASR の促進にはデンマーク法 (50°C の飽和 NaCl 溶液に試験体を浸漬) により行った。床版試験体の諸元は、コンクリート標準示方書 設計編に基づき、押し抜きせん断破壊が先行するように決定した。

## 3. ASR 促進

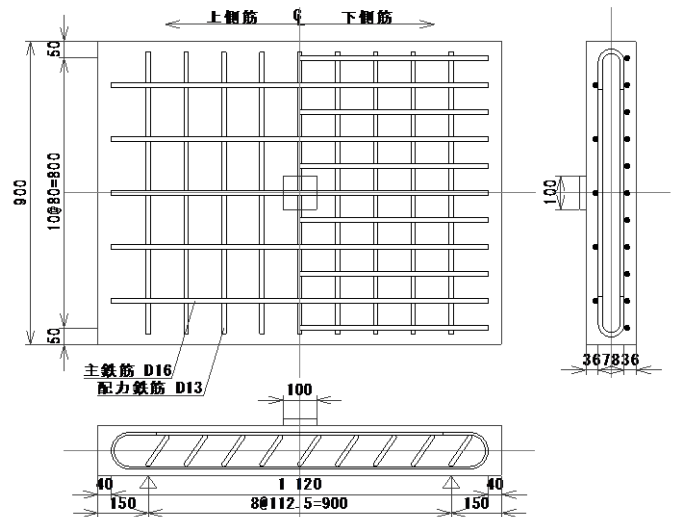
ASR により発生する床版の膨張量並びに自由膨張量の推移を図 2 に示す。床版上面における膨張量測定は、試験体表面に埋め込んだステンレス製アングルの間隔をノギスで測定することでを行い、鉄筋位置における膨張量は鉄筋に張り付けたひずみゲージにより行った。床版試験体は ASR 促進養生後、載荷試験前に試験体の表面ひび割れの観察を行った。試験体 W-6282 $\mu$  と試験体 S-6325 $\mu$  の ASR ひび割れ図を図 2 に示す。床版試験体の鉄筋比を増やすことで試験体の膨張を抑えることができるが、それでもなお、試験体表面には多くのひび割れが発生した。

表 1 試験水準

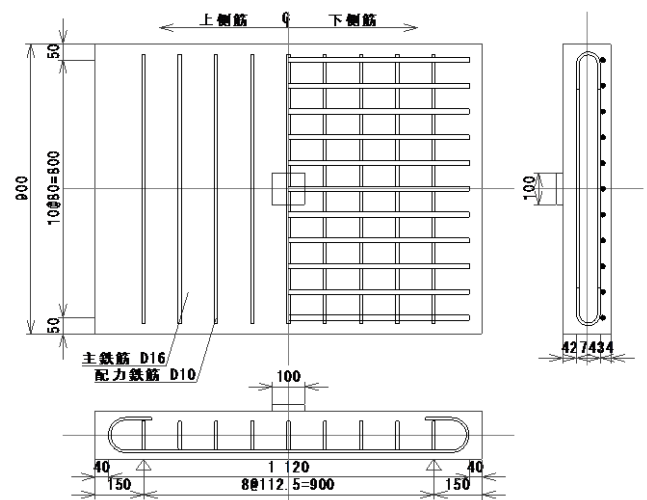
	N	2000 $\mu$	4000 $\mu$	6000 $\mu$
試験体 W	○	○	○	○
試験体 S (小林)	○			○

表 2 コンクリートの配合

	Gmax (mm)	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )						アルカリ量 (kg/m <sup>3</sup> )
				W	NaCl	C	S	G	Ad1	
ASR	25	54	41	173	33	320	782	1100	0	9.5
健全	25	54	41	173	0	320	782	1159	0.77	0

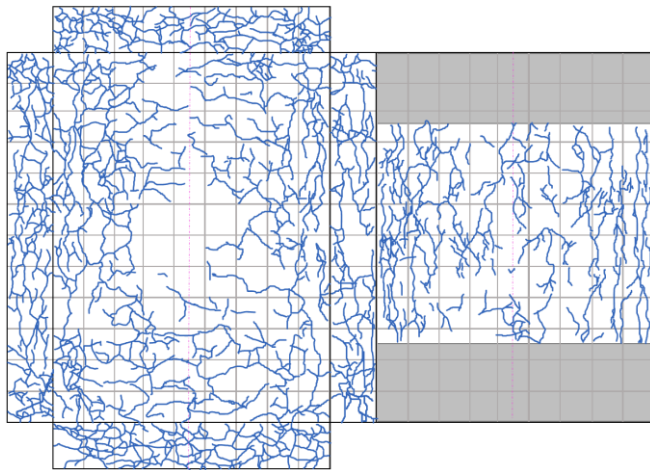


(a) 試験体 W

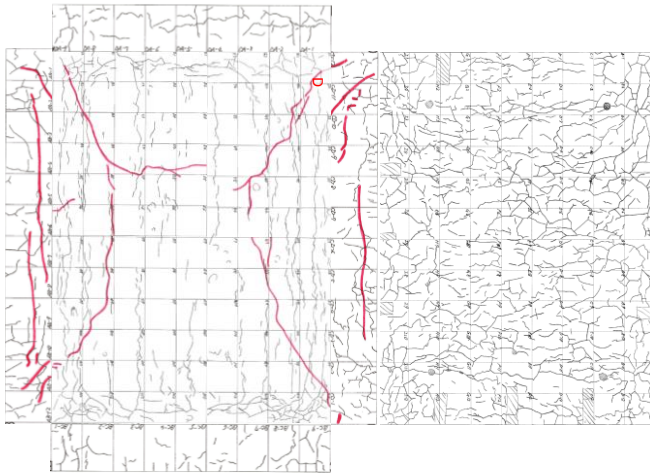


(b) 試験体 S

図 1 試験体寸法・配筋



(a) 試験体 W-6282 μ

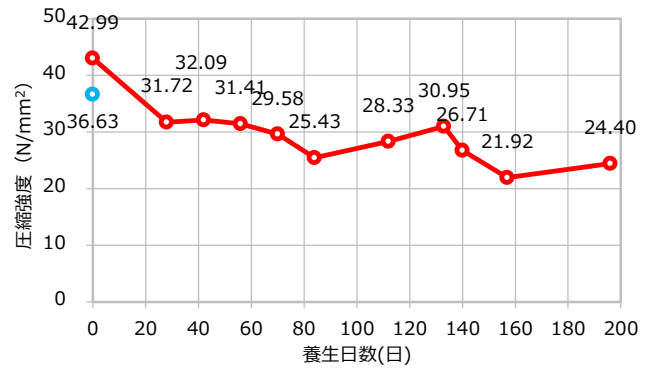


(b) 試験体 S-6325 μ

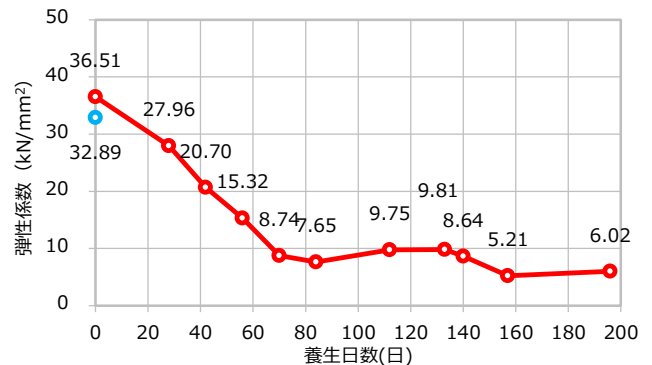
図 2 ASR ひび割れ

#### 4. コンクリートの物性値変化

ASRによる膨張はコンクリートの組織の破壊であり、ASR膨張量とコンクリートの物性値の低下は密接な関係にある。そこで本研究ではASR床版試験体と同条件でASR促進を行った供試体の圧縮強度試験を行い、物性値の変化を把握した。図4にコンクリートの物性値の経時変化を示す。ASRによる劣化は一般に弾性係数において顕著な低下が現れるといわれており、本研究においても同様の傾向が得られた。



(a) 圧縮強度の推移



(b) 弾性係数の推移

図 4 物性値の推移

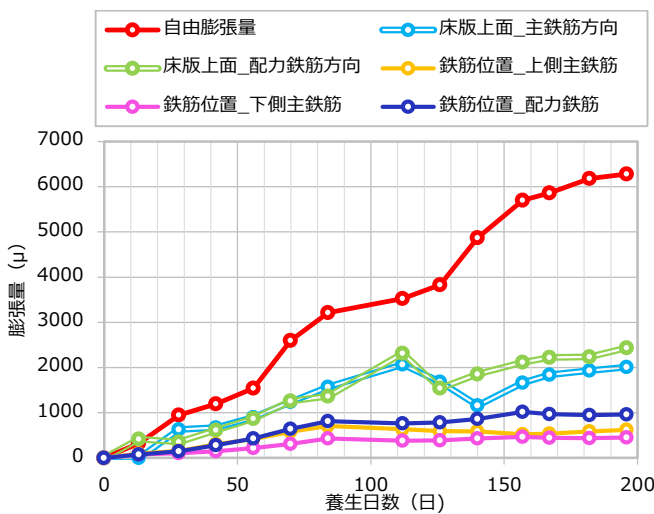


図 3 膨張量の推移

#### 5. 静的載荷試験

載荷試験は、2辺単純支持（スパン 900mm）で試験体中央を100×100mmの鋼板で一点集中載荷した。また、ASR床版試験体と健全な床版試験体にはコンクリート強度に違いが現れたため、圧縮強度による補正を行った。

静的載荷試験の結果を図5に示す。試験体Wの静的耐力は補正した健全な床版の静的耐力と比較して、2600 μ・3830 μで15%、6282 μで10%の耐力低下が生じた。試験体SにおいてはASR床版の静的耐力が補正した健全な床版の静的耐力から23%低下しており、配筋の配慮により静的耐力の低下を防ぐことができた。

## 6. 載荷ひび割れの比較

押し抜きせん断試験が終了した試験体は、主鉄筋方向・配列鉄筋方向で切断し、載荷ひび割れ観察を行った (図 6)。

すべての試験体において押し抜きせん断破壊の様相を呈したが、ASR による膨張量  $6282\mu$ 、 $3830\mu$  の試験体では 2 重の破壊面を形成していた。ASR によるひび割れは床版内部にも多く発生しており、床版内部の微細なひび割れにより、載荷ひび割れが外側に誘導され、緩い角度で押し抜きせん断ひび割れが進行した。その後、ひび割れ内部に荷重が集中し、2 重破壊面が形成されたと考えられる。また、1 回目の押し抜きせん断破壊後の荷重の集中により、2 水準の荷重-中央変位関係の推移 (図 5) に、押し抜きせん断破壊後に荷重が低下しきらず、応力が発生するような挙動が得られたと考えられる。

## 7. 拘束試験体による物性値変化

本研究において ASR の進行により、コンクリートの物性値は大きく低下しているものの、床版試験体の静的載荷試験で得られた荷重-中央変位関係にそのような傾向は表れなかった。ASR 劣化の特徴として、ASR の進行に伴う物性値変化と膨張量には密接な関係があり、膨張量はコンクリートが鉄筋から受ける拘束度に依存することが知られている。このことより ASR 試験体の膨張を拘束することで、ASR に起因する物性値の低下は現れないと仮定し、PC 鋼棒による拘束試験体の弾性係数試験とアルミ棒による弱い拘束を与えた試験体の圧縮試験の 2 種類の実験を行った。

2 種類の実験による弾性係数の推移を図 7 に示す。PC 鋼棒を用いた拘束試験体では拘束を与えることで、弾性係数の低下が現れず、むしろ 1 割ほど増加するといった結果が得られたが、アルミ棒を用いた試験体ではこれまでの実験とは異なり、拘束のない試験体の弾性係数の低下が最も少ないといった結果となった。このような結果が得られた原因として、ASR ひび割れの有無や拘束鋼材によるケミカルプレストレスの有無、拘束強度の違い等が考えられるが、明確な原因は分かっていない。いずれにしてもアルミ棒による拘束試験体は ASR 劣化初期の試験結果であり、今後の検討が必要である。

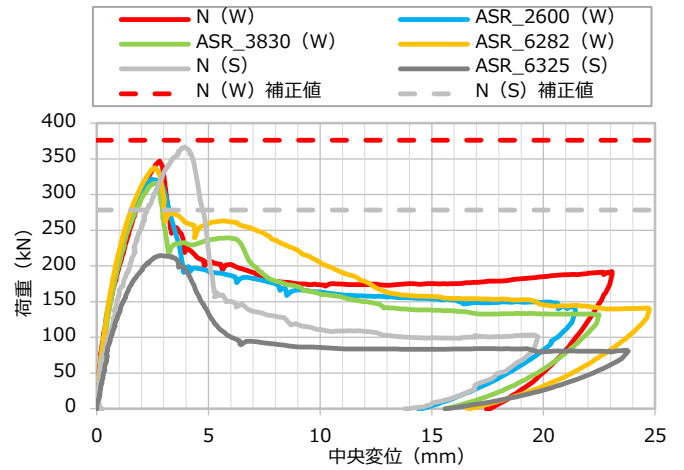


図 5 静的載荷試験結果



(a) 試験体 W ( $6282\mu$ )



(b) 試験体 S ( $6325\mu$ )

図 6 載荷ひび割れ

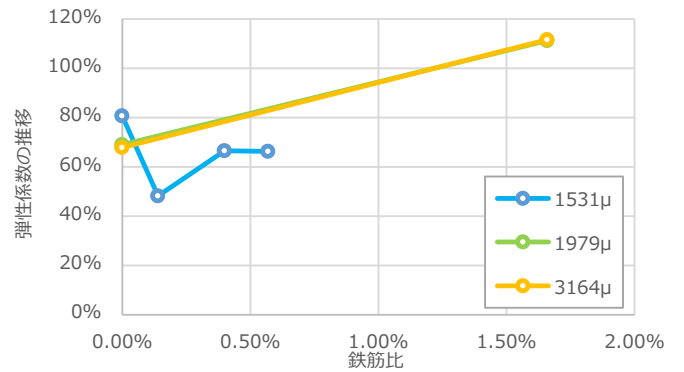


図 7 鉄筋比と弾性係数の推移