

# ASR と疲労の相互作用が道路橋 RC 床版の耐疲労性に及ぼす影響

日本大学 学生会員 ○星優 日本大学 山崎建佑 日本大学 犬童広介  
日本大学 学生会員 前島拓 日本大学 正会員 子田康弘 日本大学 正会員 岩城一郎

## 1. はじめに

近年、道路橋 RC 床版(以下、床版)においてアルカリシリカ反応(以下、ASR)の影響により劣化した床版が増加している。しかし、ASR が RC 床版の耐疲労性に及ぼす影響について検討した研究例は少なく、未解明な現状にある。そこで本研究では、ASR と疲労の相互作用が RC 床版の耐疲労性に与える影響を検討するため、まず、同一配合で反応性粗骨材を使用した RC 床版供試体を作製し、これに対して ASR 促進を実施した。その際、各供試体で促進期間および促進速度に差をつけることで、ASR の劣化程度を調整した。そして、ASR を生じさせた RC 床版供試体による輪荷重走行試験によりその耐疲労性を実験的に評価した。

## 2. 実験概要

表-1 に、実験条件を示す。表より、実験条件は、1)ASR 促進を行わない健全な床版(床版 I)、水張り状態による疲労試験を実施することとし、疲労試験前の ASR を、2)急速に促す試験(急速試験)を行った床版(床版 II)と、3)床版 II よりも緩やかな試験(緩速試験)を行った床版(床版 III)の計 3 条件である。図-1 に、実験経過を示す。図より、各床版の ASR 促進期間は、床版 II では急速試験を 59 日間、床版 III では、緩速試験を 260 日間実施した。表-2 に、使用したコンクリートの配合を示す。コンクリートはレディミクストコンクリートであり、水セメント比を 65%とし、粗骨材には反応性を有する骨材を使用した。また、ASR を促すため塩化ナトリウムを外割添加した。図-2 には供試体形状を示す。ASR の促進試験は、急速試験では 50°C の環境試験装置内で飽和 NaCl 水溶液を床版上面に湛水させ、緩速試験では屋外環境下において床版を 5%NaCl 溶液に全面浸漬させる方法とした。また、ASR 促進時は床版中央に埋設したひずみゲージにより膨張量を管理した。輪荷重走行試験は基本荷重 98kN に設定し、既定走行回数で荷重を増加させる段階荷重方式により実施した。計測項目は、既定走行回数で 98kN を床版中央に静的載荷した際の活荷重たわみと下面のひび割れ観察である。また、輪荷重走行試験終了後には床版を中央から 4 分割し、断面の損傷状況を観察した。

## 3. 実験結果及び考察

図-3 に ASR 促進中の床版コンクリートのひずみ変化を示す。図より、コンクリートのひずみ量は、床版を問わず x(橋軸)方向と y(橋軸直角)方向では同じような増加傾向を示す一方で、z(鉛直)方向のひずみは、明らかに増加する傾向を示した。これは ASR によるコンクリートの膨張が鉄筋の拘束を受けにくい方向に進展したためと考えられる。なお、ASR 促進終了時における z 方向のひずみ量は、床版 II で 4750 $\mu$ 、床版 III では 1300 $\mu$ であった。図-4 に、活荷重たわみと等価繰返し走行回数を示す。ここで、本研究における疲労限界状態は、活荷重たわみが急増する状態とした。図

キーワード：アルカリシリカ反応、耐疲労性、道路橋 RC 床版、輪荷重走行試験

連絡先：福島県郡山市田村町徳定字河原 1 番地 日本大学工学部土木工学科 TEL 024-956-8721

表-1 実験条件

供試体名	ASR促進試験		疲労試験	
	急速試験	緩速試験	乾燥	水張り
床版 I	×	×	○	×
床版 II	○	×	×	○
床版 III	×	○	×	○

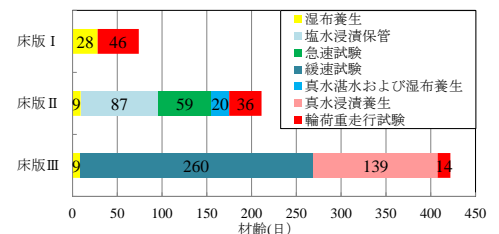


図-1 実験経過の概要

表-2 コンクリートの基本配合

粗骨材の最大寸法 (mm)	スランプ (cm)	W/C (%)	空気量 (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )					水和剤		NaCl (kg/m <sup>3</sup> )
					W	C	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	G	AD (C <sub>1</sub> %)	AE (C <sub>2</sub> %)	
20	12.0	65.0	4.5±1.5	45.0	175	269	413	405	1032	1.5	0.006	18.9

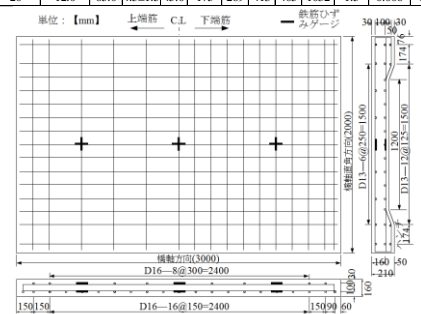


図-2 供試体形状

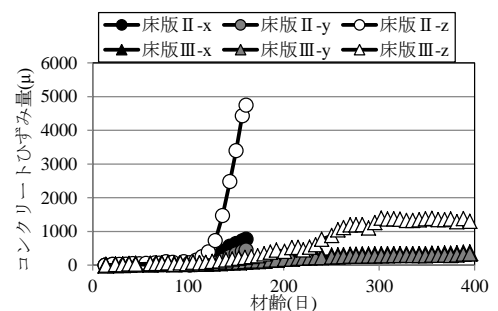


図-3 ASR 促進中のコンクリートひずみ

より各床版の疲労限界に至った走行回数は、床版Ⅰで700万回、床版Ⅱで2300万回と、床版Ⅱでは、健全な床版よりも耐疲労性が向上した。これは、ASR 促進時において、コンクリートの急激な膨張を内部鉄筋が拘束したことで床版にケミカルプレストレス<sup>1)</sup> (CP)が導入されたためだと考えられる。一方、床版Ⅲでは67万回と、走行回数が少ない段階で疲労限界に達し、急激に疲労破壊した。これは、ASR ゲルの生成と膨張が緩やかであったため、ゲルによる膨張圧の増加と、ゲルの内部ひび割れへの侵入<sup>2)</sup>が均衡することで CP が緩和され、結果として ASR による床版内部の劣化が顕在化するような状態にあり、耐疲労性が低下したと現時点では考えている。図-5 に、疲労限界時における床版下面のひび割れ発生状況を示す。図中の赤線は ASR 促進試験中に生じたひび割れ、黒線は疲労試験中に生じたひび割れを示している。なお、ASR によるひび割れの最大幅は載荷前の段階で、床版Ⅱで 0.05mm、床版Ⅲで 0.2mm であった。図より、床版Ⅱでは、主鉄筋方向に生じた ASR によるひび割れが連なるように進展したのに対し、床版Ⅲでは、ひび割れの分散性が明らかに低下しており、ASR によって生じたひび割れ以上にひび割れは進展しなかった。図-6 に、ひび割れ密度と等価繰返し走行回数を示す。図より、床版Ⅱは初期の密度が高いが CP の影響で疲労によるひび割れの進展は床版Ⅰよりも小さい傾向を示した。これに対して、床版Ⅲは走行回数に伴うひび割れ密度の増加が明らかに小さく、疲労限界時のひび割れ密度は 7.8m/m<sup>2</sup>となった。これは、ASR によって生じた幅の大きいひび割れのため、新たなひび割れが発生しづらく、ひび割れの分散性を低下させたと推察された。図-7 に、断面のひび割れ図を示す。図より、いずれの床版も水平ひび割れと斜めひび割れが生じており、疲労破壊状態は同様であったが、床版Ⅲでは輪荷重走行範囲で上面から下面にかけて貫通するひび割れが生じていることから、床版内部で局所的に疲労損傷が進行し、破壊に至った可能性がある。

4. まとめ

急速試験を行った床版Ⅱでは、CP の影響で健全な床版よりも耐疲労性が向上した。一方、緩速試験を実施した床版Ⅲでは、耐疲労性が大きく低下した。これは、ASR ゲルの生成と膨張、および内部ひび割れが CP を緩和させる方向に作用したと考えており、ASR の膨張過程におけるゲルの移動などを含めた速度依存性について、今後詳細に検討していく予定である。

謝辞:本研究は、科学研究費補助金(24360184)を受けて行われた。ここに記して謝意を表す。

【参考文献】1)小林和夫:アルカリ骨材反応を生じた部材や構造物の耐荷重性能-はり部材-, コンクリート工学, Vol.24, No.11, pp.70-78, 1986.

2)Yuya takahashi etc(2014):CHEMO-HYGRAY MODELING AND STRUCTURAL BEHAVIOURS OF REINFORCED CONCRETE DAMAGED BY ALKALI SILICA REACTION

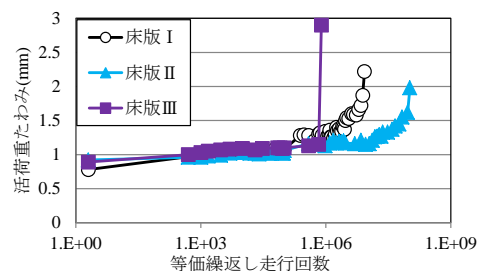


図-4 活荷重たわみ-等価繰返し走行回数

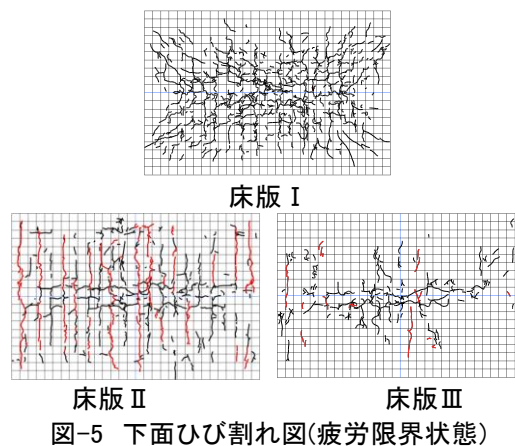


図-5 下面ひび割れ図(疲労限界状態)

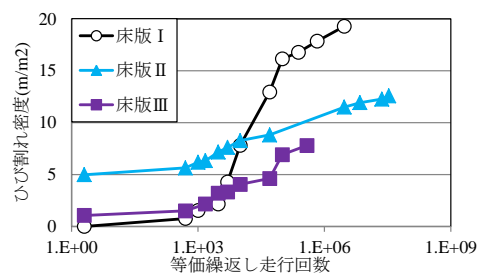


図-6 ひび割れ密度-等価繰返し走行回数

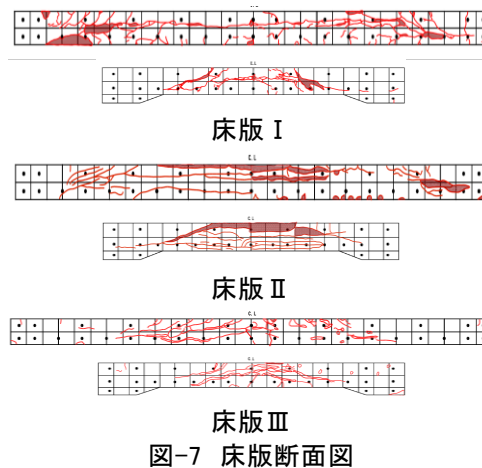


図-7 床版断面図