

ASRにより劣化した道路橋 RC 床版の 耐疲労性に関する実験的検討

日本大学 学生会員 ○阿部翔太 日本大学 宗形俊一 日本大学 長沼宏武
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 床版において、アルカリシリカ反応(以下、ASR)に起因した耐疲労性の低下により、取り換えを余儀なくされた床版が増加しつつある¹⁾。しかし、ASR が RC 床版(以下、床版)の耐疲労性に及ぼす影響は、研究例が少なく未解明な現状にある。本研究では、ASR による劣化が生じた床版の輪荷重走行試験を実施し、その耐疲労性に関する実験的検討を行った。具体的には、同一配合で反応性粗骨材を使用した床版供試体を作製し、ASR 促進の有無とその程度、乾燥状態と水張り状態の違いに着目した疲労試験を実施することにより耐疲労性を評価した。

2. 実験概要

表-1 に、実験条件を示す。表より実験条件は、(1)健全相当の床版(以下、床版 I)と、(2)ASR により劣化(進展期相当)した床版(以下、床版 II)、および(3)ASR による劣化(加速期相当)に加え疲労試験時に上面湛水の水張り試験を行った供試体(以下、床版 III)の 3 条件である。表-2 に、コンクリートの基本配合を示す。コンクリートはレディーミクストコンクリートであり、ASR を促すことを目的に NaCl を製造時に 18.9kg/m^3 添加した。図-1 に、供試体形状を示す。図より、長さ 3,000mm、幅 2,000mm、床版厚 160mm でスパン長が 1,800mm である。ASR の促進は、温度 50°C 、相対湿度 80% とした環境下で飽和 NaCl 水溶液を床版上面に湛水させた。なお、湛水面以外の 5 面はシールした。ASR 促進時は、供試体に埋設したひずみゲージによるコンクリートの膨張量と上面のひび割れ観察を実施した。図-2 に、実験経過を示す。材齢 28 日までは湿布養生を行い、床版 I の疲労試験と同時に床版 II の ASR 促進を 41 日間行った。その間床版 III は 5% の NaCl 水溶液中に浸漬させた。これは鋼材腐食と内在塩の溶脱を防ぐ措置である。疲労試験は、基本荷重を 98kN に設定し、既定の回数毎に 29.4kN ずつ増加させる段階荷重方式とした。供試体の支持条件は、走行方向を単純支持、その直角方向を弾性支持とした。計測項目は、98kN を供試体中央に静的載荷した際の活荷重たわみと、供試体下面のひび割れ観察である。なお、圧縮強度は、疲労試験開始時で床版 I が 25.5MPa (34 日)、床版 II が 34.3MPa (97 日)、床版 III が 34.6MPa (177 日)であった。

表-1 実験条件

供試体名	劣化状態	実験条件	
		ASR促進養生	水張り試験
床版 I	潜伏期 (健全相当)	-	-
床版 II	進展期	41日間	-
床版 III	加速期	59日間	○

表-2 コンクリートの基本配合

粗骨材の 最大寸法 (mm)	スランブ (cm)	W/C (%)	空気量 (%)	s/a (%)	単 位 量 (kg/m^3)					混和剤		NaCl (kg/m^3)
					W	C	S1	S2	G	AD ($\text{C}\times\%$)	AE剤 ($\text{C}\times\%$)	
20	12.0	65.0	4.5 $\pm$ 1.5	45.0	175	269	413	405	1032	1.5	0.06	18.9

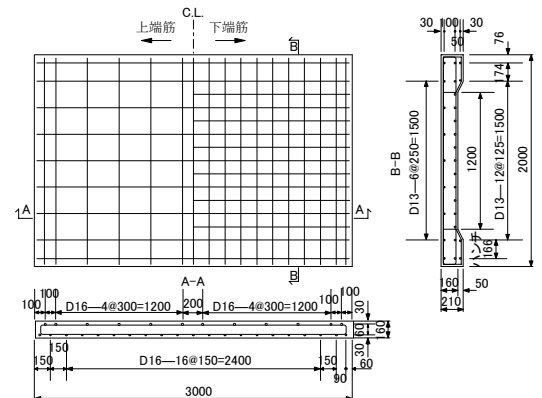


図-1 供試体形状

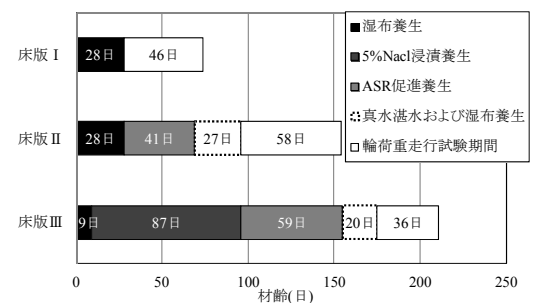


図-2 実験経過の概要

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 電話：024(956)8721

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、床版中心部のひずみ量は、床版を問わず軸方向(x)と軸直角方向(y)が約 700μ と同程度である一方で、垂直方向(z)のひずみは明らかに増加した。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。また、床版Ⅱと床版Ⅲで約 $2,000\mu$ の差が生じており、下面のひび割れも床版Ⅲの方が多く、床版Ⅲは床版Ⅱよりも明らかに ASR が進行していると判断される。図-4 に、疲労試験の結果として活荷重たわみと等価繰返し走行回数の関係を示す。図より、走行回数は、床版Ⅰの圧縮強度が他の床版よりも小さいことを考慮しても床版Ⅰの約 700 万回に対して、床版Ⅱが約 9,000 万回、床版Ⅲが約 2,300 万回であり、ASR が生じた床版の方が健全相当の床版Ⅰよりも耐疲労性が向上したような結果になった。また、活荷重たわみの増加傾向も床版Ⅰよりも床版ⅡとⅢの方が走行回数に対する活荷重たわみの増加量は小さく、疲労限界状態で急増する傾向を示した。このような実験結果になった要因として、ASR によるコンクリートの膨張を鉄筋が拘束し、ケミカルプレストレス²⁾が導入されたため、活荷重たわみの増加を抑制したと考察される。床版Ⅱと床版Ⅲの活荷重たわみの推移が同程度である理由もこれによると解釈される。また、床版Ⅲでは、上面湛水により床版Ⅱよりも早く疲労破壊に至っており、上面の砂利化も確認されたことから、水の作用が耐疲労性を著しく低下させたと考えられる。図-5 に、ひび割れ密度と等価繰返し走行回数の関係を示す。図より、床版Ⅰは走行回数約 1 万回よりひび割れ密度が急激に増加し、その後の増加傾向は緩やかになった。これに対して床版Ⅱと床版Ⅲは、試験開始時のひび割れ密度は、ASR のひび割れにより床版Ⅰよりも大きいが走行回数の増加に伴うひび割れ密度の増加量は床版Ⅰよりも小さいという傾向を示した。これも、ケミカルプレストレスにより疲労ひび割れの発生が抑制されたためと思われる。床版Ⅲは床版Ⅱよりもひび割れ密度の増加が小さく推移しているが、床版Ⅱより ASR が進行したため下面のひび割れ網がほぼ定まり疲労による新たなひび割れが生じにくい状態であったことによると推察される。このように、ASR 劣化の程度に加え水の侵入の有無によって床版の耐疲労性は、大きく変化することが確認された。

図-3 ASR 促進中のコンクリートひずみ

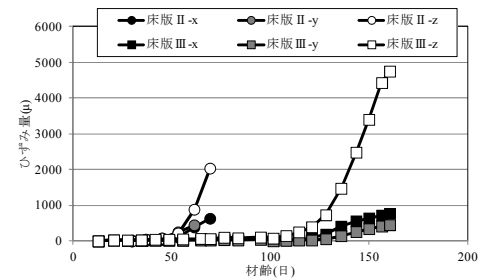


図-3 ASR 促進中のコンクリートひずみ

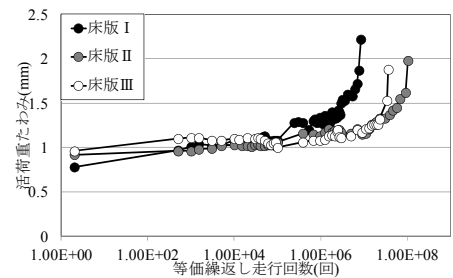


図-4 活荷重たわみ-等価繰返し走行回数

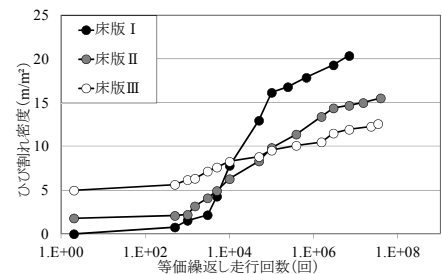


図-5 ひび割れ密度-等価繰返し走行回数

4. まとめ

世界的にも例を見ない本研究の範囲内より、本実験の ASR の状態は、床版にケミカルプレストレスを発生させ、その結果、床版の耐疲労性を向上させる結果になった。また、床版上面からの水の侵入は、床版上面の砂利化を生じさせ明らかに耐疲労性を低下させた。ただし、ASR が RC 床版の耐疲労性に及ぼす影響に関する研究は端緒に就いたばかりであり、今後本実験結果を踏まえ検討をさらに進める必要がある。

謝辞：本研究は、(一財)土木研究センター、太平洋セメント(株)、住友大阪セメント(株)および金沢大学 久保善司准教授との共同研究として実施した一部である。ここに記し謝意を表します。

【参考文献】1)五島孝行ら(2013)：アルカリ骨材反応で損傷した道路橋床版の調査，土木学会第 68 回年次学術講演会講演概要集，pp.835-836

2)小林和夫(1986)：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