

アルカリシリカ反応と疲労の相互作用を受ける 道路橋 RC 床版の耐疲労性評価

日本大学 学生会員 ○江口 由将 日本大学 吉田 丈博
日本大学 正会員 前島 拓 日本大学 フェロー 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急増している。当研究室ではこれまで、実物大床版供試体を用いて、反応速度の異なる ASR 促進と輪荷重走行試験により ASR が床版の耐疲労性に及ぼす影響を検討してきた¹⁾。その結果、ASR の反応速度の違いにより床版の耐疲労性が大きく異なるという知見を得た。そこで本研究では、実環境下における床版の劣化過程を考慮し、まず疲労による損傷を与え、その後緩やかに ASR を促した床版に対し、再度疲労試験を実施することで ASR と疲労の相互作用が床版の耐疲労性に及ぼす影響について検討した。

2. 実験概要

表-1 に実験条件を示す。本研究における実験条件は、予備載荷試験の有無、ASR 促進試験を 2 条件、および ASR 促進後の疲労試験時における床版上面の水張りの有無をパラメーターとし、これらを組み合わせた 4 条件とした。表-2 に使用したコンクリートの配合、図-1 に供試体形状、図-2 に実験経過を示す。ASR の促進試験は、急速試験では 40℃の恒温槽内において床版を飽和 NaCl 水溶液に全面浸漬させ、緩速試験では屋外環境下において床版を 5%NaCl 水溶液に全面浸漬させる方法(平均水温 14.6℃)とした。また、ASR 促進時は床版に埋設したひずみゲージにより膨張量を管理した。疲労試験は輪荷重走行試験を採用し、予備載荷試験は、乾燥状態で 10 万回走行とした。計測項目は、規定走行回数ごとに、98kN を床版中央に静的載荷した際の活荷重たわみと床版下面のひび割れ観察及び共振周波数の測定である。

3. 実験結果及び考察

図-3 に ASR 促進中のコンクリートのひずみ変化を示す。図より、いずれの床版も鉄筋拘束の小さい z 方向に膨張が卓越した。それぞれの床版の z 方向における膨張量は、As-Fw で 1300ε、Fd-Ar-Fw で 2500ε、Fd-As-Fw で 1090ε であった。図-4 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。ASR 促進後に生じたひび割れのうち、最も幅が大きいひび割れはいずれも床版中央付

表-1 実験条件

実験条件	予備載荷試験 (Fatigue)		ASR促進試験 (Acceleration)		疲労試験 (Fatigue)	
	乾燥 (dry)	水張り (water)	急速試験 (rapidly)	緩速試験 (slowly)	乾燥 (dry)	水張り (water)
無促進	Fd	×	×	×	×	×
ASR先行	As-Fw	×	×	○	×	○
疲労先行	Fd-Ar-Fw	○	×	×	×	○
	Fd-As-Fw	○	×	○	×	○

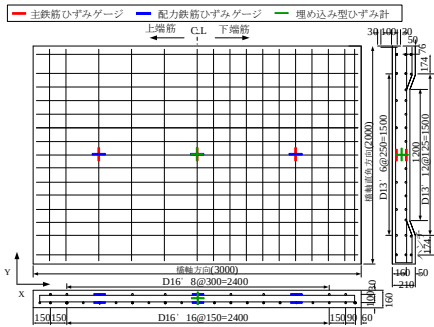


図-1 供試体形状

表-2 コンクリートの配合

配合材の最大寸法 (mm)	スラブ厚 (mm)	W/C (%)	空気量 (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m³)					水和剤		NaCl (kg/m³)
					W	C	S1	S2	G	AD (C×%)	AE剤 (C×%)	
20	120	65.0	4.5±1.5	45.0	175	269	413	405	1032	1.5	0.006	18.9

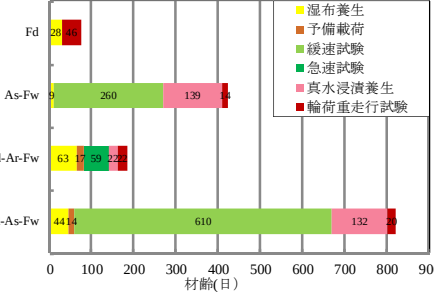


図-2 実験経過

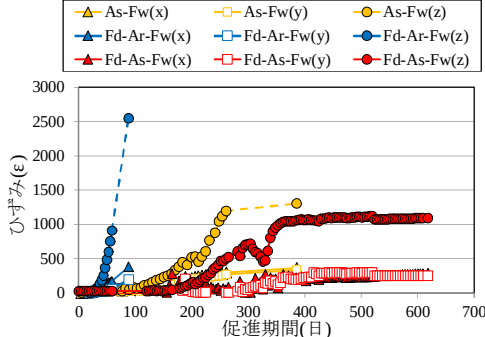


図-3 コンクリートひずみの推移

近で確認されており、As-Fw で 0.30mm、Fd-Ar-Fw で 0.05mm、Fd-As-Fw で 0.25mm と、予備载荷の有無を問わず緩速試験を実施した床版で幅の大きなひび割れが発生した。また、As-Fw では輪走行範囲にひび割れが集中し、ASR によるひび割れが支配的となる傾向を示したのに対し、予備载荷を実施した床版ではいずれも予備载荷時の疲労によるひび割れが支配的となる傾向を示した。図-5 に、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、健全相当である Fd は走行回数 10 万回から徐々にたわみが増加して 700 万回で疲労限界に至った。一方、As-Fw では試験初期から活荷重たわみが一定に推移し、67 万回で急激に疲労限界に至った。Fd-Ar-Fw および、Fd-As-Fw では ASR 促進前後(走行回数 10 万回)において、活荷重たわみが低下する傾向を示した。これは ASR によるコンクリートの膨張に伴い、床版にケミカルプレストレスが導入されたことで剛性が回復したためと考えられる。その後は、走行回数の増加に伴い徐々に活荷重たわみが増加して疲労限界に至った。予備载荷を実施した床版の疲労限界に至った走行回数は、Fd-Ar-Fw で 3600 万回、Fd-As-Fw で 900 万回であり、急速試験を実施した床版よりも緩速試験を実施した床版で耐疲労性が大きく低下するといった、既往の研究と同様の結果を示した¹⁾。また、緩速試験を実施した床版で比較すると、As-Fw は予備载荷を行った Fd-As-Fw の約 1/10 の走行回数で疲労限界に至る結果を示した。これは、As-Fw では Fd-As-Fw よりも疲労によるひび割れが明らかに少ないことから(図-4)、走行範囲直下で局所的にひび割れが進展したことで、急激な疲労破壊に至ったものと考えられた。図-6 に床版中央における共振周波数比と等価繰返し走行回数の関係を示す。ここで、共振周波数比とは、健全な状態での共振周波数と各段階で測定された共振周波数との比である。図より、予備载荷を実施した床版はいずれも ASR 促進前後で共振周波数の低下はなく、走行回数の増加に伴い共振周波数比が徐々に低下する傾向であった。一方 As-Fw では、ASR 促進後に床版中央位置で共振周波数比が 0.85 と低下しており、その後の輪走行に伴う共振周波数も Fd-As-Fw より早期に低下する傾向を示し床版中央内部で損傷が進行したと考えられる。これは、前述した床版下面のひび割れ発生状況と同様の傾向であり、As-Fw では ASR 促進後に発生した幅の大きなひび割れの影響により、前述した床版下面のみならず、床版内部においても輪走行範囲直下で局所的に損傷が進行したと考えられる。

4. まとめ

本研究により、ASR を受ける RC 床版の耐疲労性は、ASR によるひび割れの発生形態に依存することが示された。特に、緩やかに ASR を促した床版では、ASR によって生じた幅の大きなひび割れの影響により疲労によるひび割れが局所的に進行することで耐疲労性が大きく低下することが明らかとなった。今後は、本実験で得られた結果をマルチスケール解析に反映させ、解析モデルの妥当性を検証することにより、ASR と疲労が同時に作用する際の耐疲労性について検討する予定である。

謝辞：本研究は太平洋セメント株式会社との共同研究として実施した。ここに記して謝意を表す。

【参考文献】1)前島ら（2016）：アルカリシリカ反応が道路橋 RC 床版の耐疲労性に及ぼす影響，土木学会論文集 E2，Vol.72，No.2，P126-145。

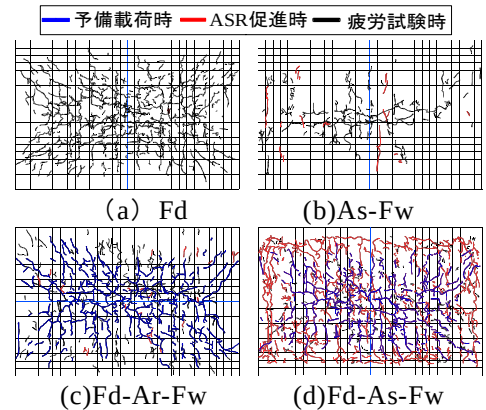


図-4 下面ひび割れ図(疲労限界時)

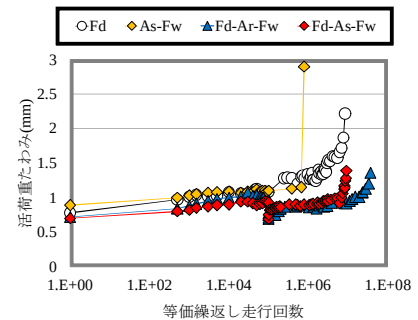


図-5 活荷重たわみ-走行回数

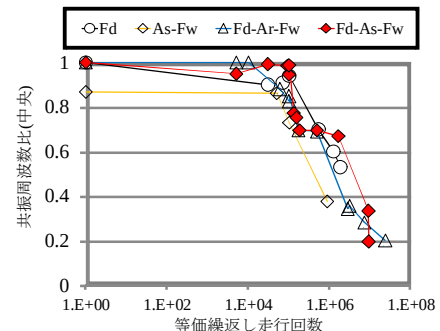


図-6 共振周波数比-走行回数