

疲労と ASR 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 ○前島拓 正会員 子田康弘 正会員 岩城一郎
太平洋セメント(株) 正会員 梶尾聡 正会員 岸良竜

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(ASR)の影響により劣化した床版が増加している。昨年度の研究¹⁾では、床版供試体に対し、急速に ASR を促す試験を行い、その後疲労試験を実施することで ASR が床版の耐疲労性に及ぼす影響を検討した。その結果、床版にケミカルプレストレス(CP)が導入され、健全な床版よりも耐疲労性が向上するという結果を得た。そこで本研究では、昨年度よりも緩やかな ASR 促進を行い、その後疲労試験を実施することで、ASR の促進速度が床版の耐疲労性に与える影響を検討した。また、できる限り実床版に近い劣化状態を再現するため、まず床版に疲労損傷を与え、その後 ASR 促進を実施するといった手順に変更した試験を行い、疲労と ASR の相互作用が床版の耐疲労性に及ぼす影響についても併せて検討した。

2. 実験概要

表-1 に、実験条件を示す。実験条件は、健全相当の床版(以下、N-d)、急速に ASR を促す試験(急速試験)を行った床版(R-w)、緩速で ASR を促す試験(緩速試験)を行った床版(S-w)、予備載荷後に急速試験を行い、その後疲労試験を実施した床版(d-R-w)の 4 条件である。なお、ASR 促進を実施した床版は、いずれも輪荷重走行試験時において床版上面に水張りした状態で試験した。表-2 にコンクリートの配合を示す。なお、細骨材には砕砂(化学法で無害と判定)、粗骨材には碎石(化学法、モルタルバー法ともに無害でないと判定)を使用した。また、ASR を促すことを目的に NaCl を添加した。図-1 には供試体形状を示した。図-2 に、実験経過を示す。各床版の ASR 促進試験日数は、R-w および d-R-w では急速試験を 59 日、S-w では緩速試験を 260 日間実施した。ASR の促進試験は、急速試験が 40℃の飽和 NaCl 水溶液に床版を全面浸漬させ、緩速試験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。輪荷重走行による予備載荷試験は、ひび割れ密度で 10m/m²以上を目標値として乾燥状態で 10 万回走行とした。輪荷重走行試験は基本荷重を 98kN に設定し、規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、規定走行回数で基本荷重 98kN を床版中央に静的載荷した際の活荷重たわみと、床版下面に発生するひび割れ観察である。

3. 実験結果及び考察

図-3 に、ASR 促進中の床版中心部における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

表-1 実験条件

供試体	予備載荷		ASR促進		輪荷重走行試験	
	乾燥 dry	水張り water	急速試験 Rapidly	緩速試験 Slowly	乾燥 dry	水張り water
N-d	×	×	×	×	○	×
R-w	×	×	○	×	×	○
S-w	×	×	×	○	×	○
d-R-w	○	×	○	×	×	○

表-2 コンクリートの基本配合

粗骨材の 最大寸法 (mm)	スランパ (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 (C×%)	AE剤 (C×%)	
20	12.0	65.0	4.5±1.5	45.0	175	269	413	405	1032	1.5	0.06	18.9

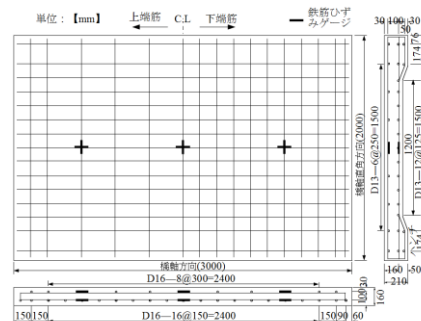


図-1 供試体形状

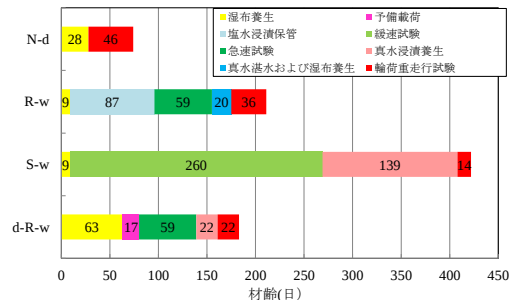


図-2 実験経過の概要

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

量は、床版を問わず軸方向(x)と軸直角方向(y)よりも、鉛直方向(z)のひずみが明らかに増加した。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。各床版の最終的な鉛直方向(z)のひずみ量は、R-w で 4750μ 、d-R-w で 2300μ と、d-R-w と R-w では促進方法および促進期間が同一であるが、膨張量に差が生じる結果を示した。これは、d-R-w では予備載荷により床版にひび割れが生じたため、ASR による膨張応力が分散したことに起因すると推察される。また、S-w では 1300μ と最も小さいひずみ量を示した。図-4 に、活荷重たわみと等価繰返し走行回数の関係を示す。ここで、本実験における疲労限界状態は、活荷重たわみの急増する状態と定義した。図より、疲労限界状態に至った走行回数は、N-d の約 700 万回に対して、R-w が約 2,300 万回、d-R-w が約 3,300 万回と、急速試験を実施した床版では予備載荷の有無を問わず、予備載荷の有無にかかわらず疲労限界に至る走行回数は同程度であり、いずれも耐疲労性が向上した。また、d-R-w では、走行回数 10 万回時において、活荷重たわみが減少しているが、これは ASR 促進中に CP が生じたことで、剛性が回復したためと考えられる。一方、S-w では 67 万回と、走行回数が少ない段階で疲労限界に達し、耐疲労性が大きく低下する結果を示した。以上のように、ASR の促進速度の違いにより RC 床版の耐疲労性は大きく異なる結果を示し、急速試験を実施した床版では、コンクリートの急激な膨張を鉄筋が拘束したことで CP が導入され、健全な床版よりも耐疲労性が向上し、反対に緩速試験を実施した床版では、CP の影響以上に ASR によるコンクリートの劣化が大きく影響し、耐疲労性が低下したと考えられる。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。図中の青線は予備載荷時、赤線は ASR 促進期間、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 促進後に生じたひび割れの最大幅は、R-w で 0.05mm 、S-w で 0.2mm 、d-R-w で 0.05mm であった。図より、N-d では、格子状にひび割れが発生したのに対し、急速試験を実施した R-w 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。一方 S-w では、ひび割れの分散性が明らかに低下し、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。これは、ASR によって生じた幅の大きなひび割れが支配的となり、疲労による新たなひび割れが発生を抑制したと推察される。予備載荷を行った d-R-w では、予備載荷中に生じたひび割れが支配的となり、ASR によるひび割れは R-w よりも少なかった。また、疲労限界時におけるひび割れの発生形状は N-d に類似しており、ASR よりも疲労によるひび割れが支配的となる結果を示した。

4. まとめ

本研究の範囲内より、緩速な ASR 促進を実施した床版では健全な床版よりも耐疲労性が大きく低下し、反対に、急速な ASR 促進を実施した床版では、ケミカルプレストレスの影響により耐疲労性が向上した。また、急速な ASR 促進を実施した床版では、予備載荷の有無にかかわらず疲労限界に至る走行回数は同程度であった。

謝辞: 本研究の一部は、一般財団法人土木研究センター、太平洋セメント(株)、住友大阪セメント(株)、金沢大学との共同研究により実施した。また、一部実験の実施にあたっては、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)前島拓ら(2014): ASR により劣化した道路橋 RC 床版の耐疲労性評価, 土木学会第 69 回年次学術講演会講演概要集, V-611.

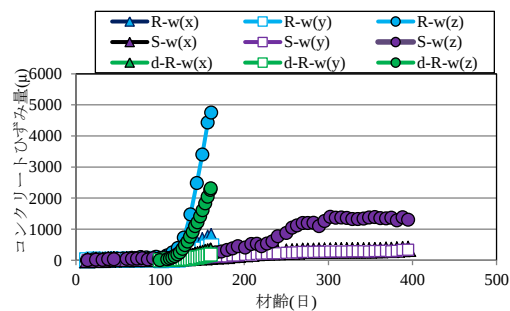


図-3 ASR 促進中のコンクリートひずみ

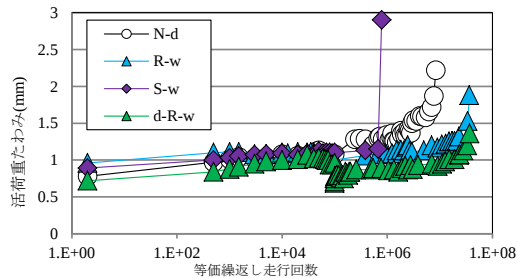


図-4 活荷重たわみ-等価繰返し走行回数

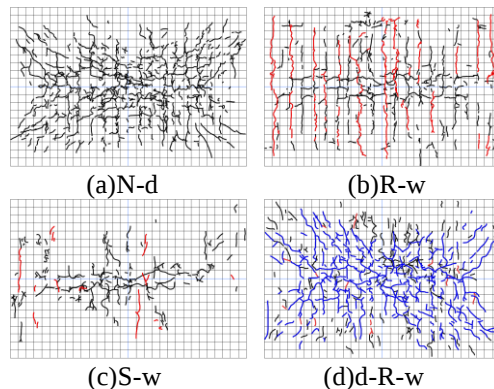


図-5 床版下面のひび割れ(疲労限界時)