

コンクリートおよびRC はりの耐疲労性に及ぼす含水状態の影響

日本大学 ○学生会員 渡辺 巧 日本大学 学生会員 皆川 翔平
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

鉄筋コンクリート部材の耐疲労性は、部材を構成する鉄筋とコンクリートの疲労強度の影響を受ける。このうち、コンクリートの耐疲労性は、含水状態により大きく異なり、特に水中における耐疲労性は気乾状態よりも低下する¹⁾。昨年度は、コンクリートの圧縮疲労特性について実験的検討を行い、飽水状態のコンクリートは耐疲労性が低下することを示した²⁾。そこで本研究では、昨年度に引き続き含水状態がコンクリートの耐疲労性に及ぼす影響を体系的に評価するために割裂引張疲労特性の検討と、コンクリートの耐疲労性を踏まえ、RC はりの耐疲労性に及ぼす含水状態の影響を評価した。

2. 実験概要

表-1 に、割裂引張強度試験と RC はりの載荷試験の実験条件を示す。表より、載荷試験方法は、静的載荷と疲労載荷(S と F)の 2 条件、コンクリートの含水状態を気乾状態および飽水状態(d と s)とし、これらを組み合わせた合計 4 条件をそれぞれに設定した。表-2 に、コンクリートの配合を示す。このコンクリートの現場養生における材齢 28 日の圧縮強度は、約 28MPa であった。供試体の形状は、割裂引張強度試験がφ150mm×150mm の円柱供試体である。RC はりの仕様を図-1 に示す。図より、寸法は、長さ 1460mm、幅 80mm、高さ 140mm、主鉄筋には D13(SD345)を 2 本使用した。破壊モードを曲げ破壊に制御するため、スターラップとして D6(SD295A)を 100mm 間隔で配置した。RC はりの主鉄筋量は釣合鉄筋量の約 90%であり、終局は曲げ引張破壊であるが、部材レベルで圧縮応力作用域のコンクリートの耐疲労性を明確にする目的でこのような断面諸元とした。養生方法は材齢 1 日で脱型し、材齢 7 日まで現場水中養生を行い、その後は実験室内に静置した。載荷試験は、含水状態が同じ S と F を 1 組として扱い、まずは S を実施した後、F を行う方法とした。疲労載荷試験の荷重設定は、割裂引張疲労試験が S による最大荷重の 80%、RC はりの疲労試験が主鉄筋降伏時の載荷荷重の 70%を最大荷重とし、最小荷重はそれぞれ 10%とした。載荷試験における計測項目は、ロードセルによる荷重、ひずみゲージによるひずみであり、疲労試験においては疲労破壊に至る繰返し載荷回数とした。供試体の含水管理については、予め供試体を水中浸漬し、質量増加が収束した状態を飽水状態とし、載荷試験に際しては s の載荷試験中の水分逸散を防ぐため、供試体表面にロウを塗布した。

3. 実験結果及び考察

3.1 コンクリートの割裂引張疲労

図-2に、円柱供試体の割裂強度試験の結果を示す。コンクリートの割裂引張強度の平均値は、dが3.1MPaであり、sが2.8MPaとなった。既往の研究において含水率が高い程割裂引張強度が低下する³⁾ことが

表-1 実験条件

供試体名	供試体形状		載荷試験方法		含水状態	
	円柱	RCはり	静的載荷 Static	疲労載荷 Fatigue	気乾 dry	飽水 saturation
C-S-d	○		○		○	
C-S-s	○		○			○
C-F-d	○			○	○	
C-F-s	○			○		○
RC-S-d		○	○		○	
RC-S-s		○	○			○
RC-F-d				○	○	
RC-F-s		○		○		○

表-2 コンクリートの配合

Gmax (mm)	W/C (%)	空気量 (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)				
				W	C	S	G	混和剤 AE減水剤 AE剤
20	69.0	4.5	48.0	170	246	899	1000	3.696 0.004

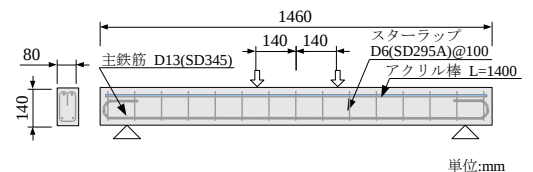


図-1 RC はり供試体概要

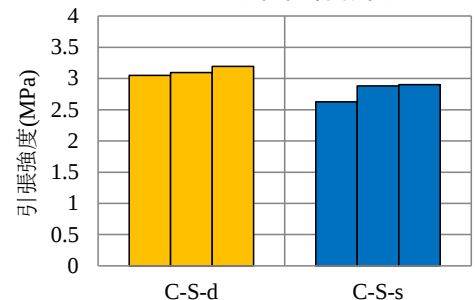


図-2 引張強度の比較

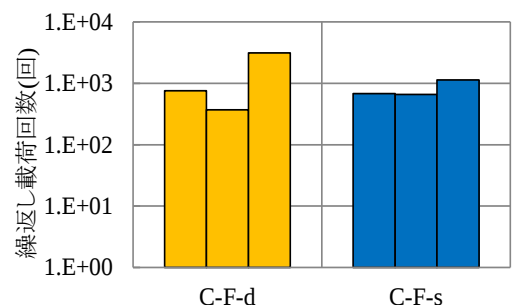


図-3 繰返し載荷回数の比較

キーワード 耐疲労性, 含水状態, 割裂引張特性, RC はり

連絡先 〒963-8642 福島県郡山市田村町徳定字中河原1番地 日本大学工学部土木工学科 TEL 024-956-8721

示されており、本実験においてもsはdに比べ若干引張強度が低下した。これに対して、図-3の疲労試験の結果は、疲労破壊回数の平均値がdは約1400回、sが約800回となった。しかし、ばらつきを見るとdは大きく、本実験の範囲内では明らかに飽水状態の方が割裂引張疲労強度は低下するとは言い難いと判断した。これより、コンクリートの耐疲労性に及ぼす含水状態の影響は圧縮応力作用下において明確に差異が生じるものと考えられ、引張応力作用下の含水状態の影響はひび割れ発生後のひび割れの進展に影響⁴⁾するものと考えられた。

3.2 RCはりの耐疲労性

図-4に、Sにおける荷重-変位関係を示す。図より、dは鉄筋降伏後荷重が一定に推移して上縁コンクリートが圧壊するという曲げ引張破壊を示した。これに対して、sは鉄筋降伏直後に圧壊が生じ最大荷重もdが43.0kN、sが39.5kNとsの方が小さく、飽水状態のコンクリートの圧縮強度が気乾状態よりも小さい影響がRCはりの最大荷重にも影響したと考えられた。図-5に、Fの結果として活荷重たわみと繰返し載荷回数の関係を示す。疲労破壊回数は、dが約59万回であったのに対し、sは約1万回とdに比べsは明らかに耐疲労性が低下するという結果を得た。図より、活荷重たわみは、繰返し載荷回数の増加により次第に増加する傾向を示したもののdとsの増加傾向に違いは認められず、sは急激に活荷重たわみが増加し疲労破壊に至った。コンクリートの圧縮応力作用下の耐疲労性は、飽水状態のとき気乾状態よりも低下しており、RCはりの耐疲労性に対して飽水状態の影響が現れたと解釈された。図-6に、Fの疲労破壊状況を示す。図より、dとsの疲労破壊モードは、主鉄筋の疲労破断ではなく上縁コンクリートの圧壊であった。このように、疲労破壊状況はdとsで大きくは変わらず、疲労破壊回数が減少する結果が示された。これによりRC部材の耐疲労性を含水状態とともに評価する上では、疲労荷重による圧縮側コンクリートの疲労特性に着目することが重要であると考えられた。

4. まとめ

本研究より、まず、コンクリートの割裂引張強度は、本実験の範囲内において静的載荷、疲労載荷ともに含水状態の影響は明確には見て取れず、圧縮強度に対する影響の方が大きいと考えられた。次に、飽水状態にある釣合鉄筋比に近い断面諸元を持つRCはりは、静的な曲げ耐力および疲労破壊回数が減少し、全て破壊モードは上縁コンクリートの圧壊であった。このように、部材レベルでも圧縮力に対してコンクリートの含水状態が影響すると考えられ、RCはりの耐疲労性は、圧縮側のコンクリートの影響を強く受けるものと思われる。今後は、1条件当たりの供試体数を増やし、その再現性を確認すると共に、低温度環境下においてこの種の耐疲労性の評価を行う予定である。

謝辞: 本研究の一部は、JSPS 科研費 26420465 の助成を受けたものです。ここに記し謝意を表します。

【参考文献】

- 1) 藤本将行, 佐藤靖彦, 角田興史雄: 水中におけるコンクリートの圧縮疲労性状に関する一考察, コンクリート工学年次論文集, Vol.22, No.3, pp.205-210, 2000
- 2) 横山友康, 皆川翔平, 子田康弘, 岩城一郎: 環境温度と含水状態がコンクリートの耐疲労性に及ぼす影響, 土木学会東北支部技術研究発表会, V-32, 2014
- 3) 岡島達雄, 石川時雄: 表面エネルギーからみたセメント硬化体強度の含水率依存性, セメント技術年報, 35, pp.130-133, 1981
- 4) 松下博通, 尾上幸造: セメント硬化体内部空隙中の液体の表面張力が圧縮強度に及ぼす影響, コンクリート工学論文集, 第17巻, 第1号, pp.9-18, 2006.1

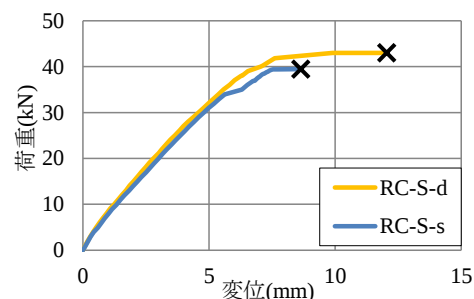


図-4 荷重-変位関係

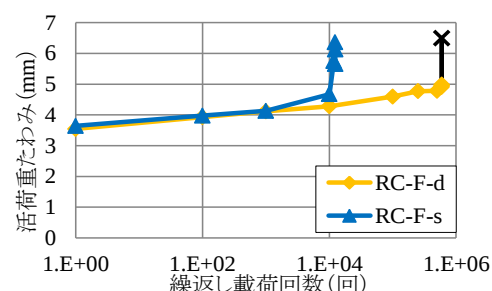


図-5 活荷重たわみと繰返し載荷回数

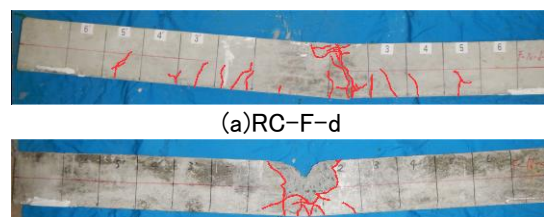


図-6 供試体の疲労破壊状況