

疲労劣化したコンクリートの引張軟化特性

武蔵工業大学 正会員 ○栗原 哲彦
 同上 学生員 野田 誠
 同上 非会員 長澤 盛
 同上 フェロー 小玉 克巳

1. はじめに

2002 年制定の土木学会コンクリート標準示方書「構造性能照査編」にコンクリートの引張軟化特性が紹介され、広く認知されるに至った。しかし、コンクリートの引張軟化特性に関するすべてが明らかとなったわけではなく、その評価方法を含め検討は継続され、未だ未解明な部分もある。本研究では、コンクリートが常に荷重作用下に置かれている環境に注目し、引張軟化特性に与える疲労の影響を明らかにすることを目的とした。

2. 実験および解析概要

普通強度コンクリート（N シリーズ、W/C：60%）および高強度コンクリート（H シリーズ、W/C：30%）を用いて、寸法 100×100×400mm のはり供試体を作製した。表-1 にコンクリートの示方配合を示す。供試体は、水中養生とし、材齢 28 日を迎えた時点で載荷を開始した。疲労劣化は、サーボパルス式試験機を用いた 3 等分点曲げ載荷による繰返し疲労試験により与えた。上限荷重は、N シリーズでは静的曲げ耐力（3 等分点曲げ載荷）の 50%、H シリーズでは 40%とし、繰返し回数を変化させ、それぞれ異なる疲労劣化を供試体に与えた。

表-1 コンクリートの示方配合

シリーズ	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)						
			W	C	S	G	Ad1 ^{*1}	Ad2 ^{*2}	Ad3 ^{*3}
N	60	45	155	267	829	1040	2.67	2.67	-
H	30		154	533	700	918	-	-	6.4

*1：AE 減水剤、*2：補助 AE 剤、*3：高性能 AE 減水剤

表-2 繰返し疲労試験の諸条件

シリーズ	繰返し回数 (万回)	上限荷重 (kN)	下限荷重 (kN)	周波数 (Hz)
N	0, 25, 50, 100, 200	7.68 (最大曲げ耐力の 50%)	0.49	5
H	0, 25, 50, 100	13.3 (最大曲げ耐力の 40%)	0.49	5

表-2 に繰返し疲労載荷試験の諸条件を示す。図-1 に繰返し疲労試験概略図を示す。疲労劣化を与えた後、はり供試体中央に切欠き（幅 3mm、深さ 30mm）を設け、3 点曲げ試験を実施し、荷重および切欠き肩口開口変位（以下、CMOD）を計測した。図-2 に 3 点曲げ試験概略図を示す。

荷重 - CMOD 曲線から多直線近似解析法¹⁾により引張軟化曲線を推定した。さらに、プレーンコンクリートの破壊エネルギー試験方法(案)¹⁾に従い、破壊エネルギーを算出した。

3. 結果および考察

表-3 に試験開始直前におけるコンクリートの各種強度を示す。図-3 に実験で得られた N, H シリーズの平均の荷重 - CMOD 曲線を示す。図から N シリーズでは、200 万回疲労をかけた供試体が、他に比べて最大荷重および最大荷重後の荷重レベルが小さく、疲労劣化の影響が現れているものと考えられる。しかし、H シリーズでは、100 万回疲労をかけた供試体の最大荷重が最も大きく、荷重 - CMOD 曲線の形状に疲労の影響

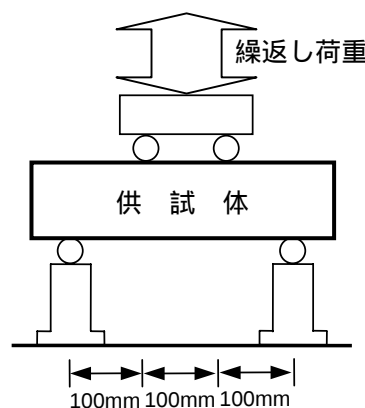


図-1 繰返し載荷試験

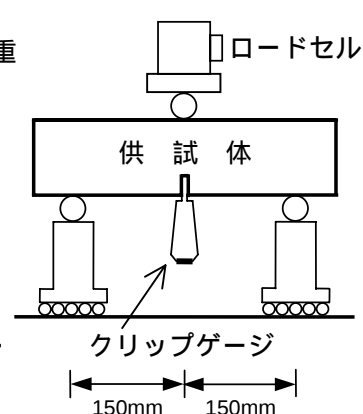


図-2 3等分曲げ載荷試験

表-3 コンクリートの各種強度

シリーズ	強度 (N/mm ²)		
	圧縮	引張	曲げ
N	31.7	2.56	4.61
H	86.3	6.11	9.99

キーワード 疲労、引張軟化曲線、破壊エネルギー、曲げ強度

響を明確に認めることができなかった。

図-4 に計測された荷重 - CMOD 曲線の平均曲線から推定された引張軟化曲線を示す。N シリーズの引張軟化曲線では、荷重 - CMOD 曲線で認められた 200 万回疲労の影響を明確に認めることができず、いずれの引張軟化曲線も同形状となった。H シリーズにおいても N シリーズ同様、いずれの引張軟化曲線も同形状となり、疲労劣化の影響を確認することはできなかった。図-5 に、以前筆者らが得た研究成果の一例²⁾を示す。これは、本研究とほぼ同様に疲労劣化を与えた場合の普通コンクリートの引張軟化曲線である。本研究と異なる点は、疲労劣化を与える際の上限荷重が最大曲げ耐力

の 40% であること、3 点曲げ試験時の切欠き深さが 10mm であるという 2 点である。図-5 では、40 万回と比較的繰返し回数の少ない場合でも引張軟化曲線の形状に疲労の影響と思われる差異が認められている。本研究で疲労の影響が認められなかったのは、疲労劣化させた後の 3 点曲げ試験で切欠き深さを 10mm から 30mm と増加させたことが影響したものと考えられる。つまり、最大荷重後の急激な破壊を防ぐために切欠き深さを 30mm としたが、これは逆に引張作用の繰返しにより生じた疲労劣化部を除き、より健全部に近い部分で試験を実施したのと同じ状態になってしまったためであると考えられる。しかし、図-4 の N シリーズおよび図-5 を比較すると、本研究で得られた引張軟化曲線は、ひび割れ幅 0.01mm 以降、図-5 の引張軟化曲線より応力レベルが小さいことが分かる。これは、疲労劣化を与えた際の上限荷重の差が現れているものと考えられ、疲労により、コンクリートの引張軟化曲線は低下することが分かる。

図-6 に本研究で得られた曲げ強度および破壊エネルギーを示す。図-7 に 0 回（疲労を与えていない）を基準とした曲げ強度比および破壊エネルギー比を示す。図-7 から、曲げ強度より破壊エネルギーの方が 0 回からの低下率大きいことが分かる。これより、曲げ強度より破壊エネルギーの方がより敏感な疲労度の評価指標として利用可能であることが分かる。

4. まとめ

以上の結果より、本研究ではコンクリートの引張軟化特性への疲労の影響を明確にすることはできなかったが、疲労により引張軟化曲線の応力レベルが小さくなること、破壊エネルギーの方が曲げ強度より疲労度を評価する指標としてより敏感であったことを明らかにした。

参考文献

- 1) 日本コンクリート工学協会：コンクリートの破壊特性の試験方法に関する調査研究委員会報告書，2001
- 2) 野田 誠，栗原 哲彦，小玉 克巳：コンクリートの疲労が引張軟化特性に及ぼす影響，土木学会第 57 回年次学術講演会講演概要集，V-638，pp.1275-1276，2002

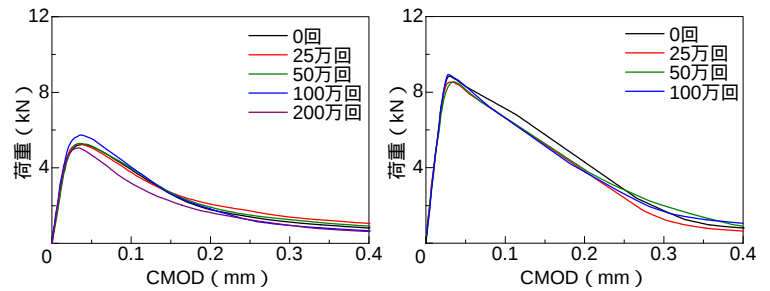


図-3 平均の荷重 - CMOD 曲線（左：N，右：H）

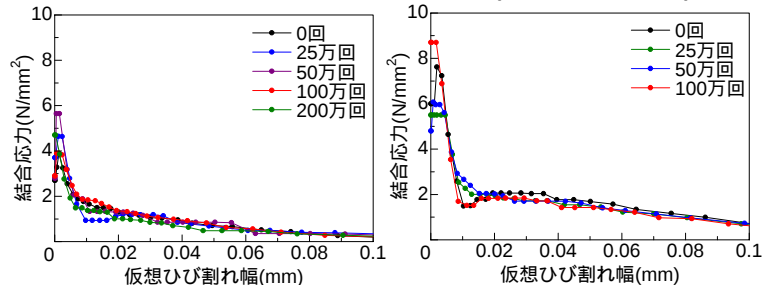


図-4 引張軟化曲線（左：N，右：H）

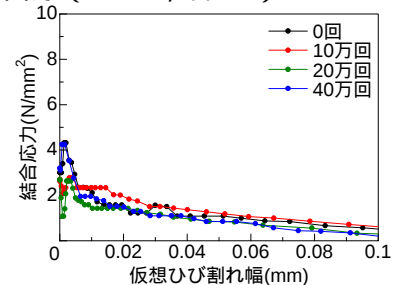


図-5 引張軟化曲線²⁾

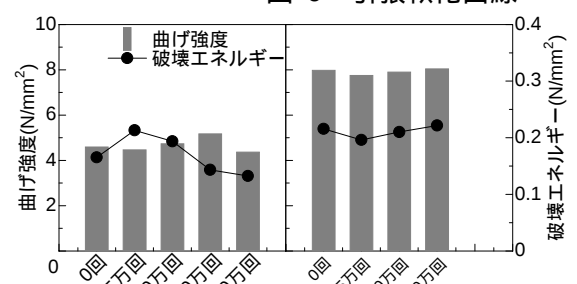


図-6 曲げ強度および破壊エネルギー

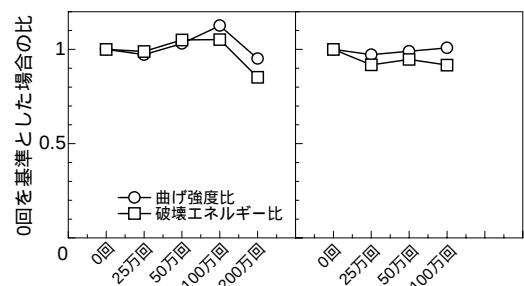


図-7 曲げ強度比および破壊エネルギー比