

繰り返し荷重による疲労がコンクリートの引張軟化特性に及ぼす影響

学生氏名 長澤 盛

担当教員 栗原 哲彦

1. はじめに

コンクリートの引張軟化特性に関する研究は、現在も精力的に続けられているが、未だ試験方法の統一はされておらず、疲労による影響など解明されていない部分が多い。コンクリートの破壊現象を数値解析により検討する場合、コンクリートの引張軟化特性を組み込むことは有用であることが知られている。それは、疲労を対象とした解析にも有効である。しかし、コンクリートの引張軟化特性を疲労解析に用いるには、疲労がどの程度影響しているか、明らかにしておく必要がある。

そこで、本研究ではコンクリートの引張軟化特性に与える疲労の影響について、実験・解析的に検討する。

2. 実験および解析概要

水セメント比 60% (N シリーズ), 30% (H シリーズ) の 2 種類のコンクリートはり供試体 (寸法 100×100×400mm) を作製した。N シリーズ H シリーズ共に早強ポルトランドセメントを用い、供試体の養生方法は水中養生とし、強度が安定する 28 日を養生期間とした。表-1 に各シリーズの示方配合を示す。

養生終了後、サーボパルス式試験機を用い、繰り返し疲労試験を行った。また、繰り返し回数を変化させることにより、それぞれのはり供試体の疲労劣化に違いを与えた。繰り返し疲労載荷試験の諸条件を表-2 に示す。

疲労試験後、3 点曲げ試験を行った。繰り返し荷重を載荷させた後の供試体がどの程度の強度をもち、同時にどの程度疲労が影響しているか、繰り返し回数によってどのように変化していくかを検討した。尚、繰り返し試験後、疲労を伴った供試体中央部 (繰り返し荷重を載荷させた部位) には深さ 30mm、幅 3mm の切欠きを設けた。

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り返し疲労試験の概略図を図-1、ロードセルとクリップゲージを用いた 3 点曲げ試験の概略図を図-2 に示した。荷重 - CMOD 曲線から多直線近似解析法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. 実験結果および考察

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。N シリーズの繰り返し回数 200 万回載荷させた供試体のみ、他と比べて最大荷重が小さく、疲労劣化の影響が現れていたと考えられる。逆に H シリーズでは、繰り返し回数 100 万回においても、明確な疲労の影響は見られなかった。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 シリーズでは繰り返し回数に関係なく曲線が同形状で、荷重 - CMOD 曲線の平均曲線で認められた繰り返し回数 200 万回の疲労の影響を明確にすることはできなかった。H シリーズに関しても、N シリーズ同様、引張軟化曲線は同形状で疲労の影響を明確にさせるものではなかった。ここで比較材料として、既往の研究の研究結果の一例²⁾を図-5 として示す。これは、本研究とほぼ同様に疲労劣化

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 繰り返し疲労試験の諸条件

シリーズ	繰り返し回数 (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

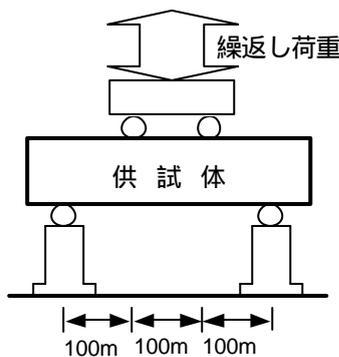


図-1 繰り返し疲労載荷試験

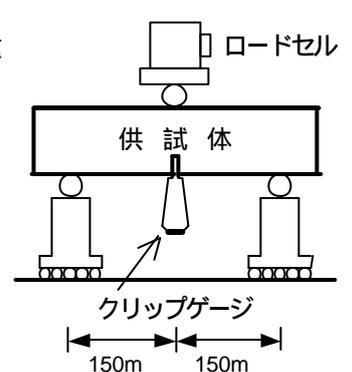


図-2 3等分曲げ載荷試

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%ということ、ロードセルとクリップゲージを用いた3点曲げ試験時の切欠き深さが10mmという点である。本研究と比べ、上限荷重が最大曲げ耐力の40%、繰り返し回数40万回と、比較的耐力が低く、繰り返し回数が少なくても、引張軟化曲線の形状に疲労劣化の影響が現れている。本研究結果の引張軟化曲線に疲労劣化の影響が認められなかった理由として、以下のことが考えられる。

まず、繰り返し疲労後の3点曲げ試験時の切欠き深さを30mmとした事により、疲労の影響

(引張作用)を1番受けた部分を除いてしまい、あまり疲労の影響を受けなかった部分で3点曲げ試験を実施してしまったためだと考えられる。また、コンクリート供試体の材齢が統一していなかった事も理由の1つと考えられる。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-6より、Nシリーズでは、繰り返し回数の増加によって曲げ強度に疲労の影響は見られなかったが、破壊エネルギーでは、若干疲労の影響を見ることができた。Hシリーズでは、曲げ強度、破壊エネルギーともに、はっきりとした疲労の影響は見られなかった。図-7より、Hシリーズに関しては、グラフが横一直線でほとんど差がなく、はっきりとした疲労の影響は見られなかったが、Nシリーズでは曲げ強度より破壊エネルギーの方が繰り返し回数0回からの低下率が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、より疲労に対して敏感であり、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

1. 疲労により引張軟化曲線の応力レベルは小さくなることが分かった。
2. また曲げ強度より破壊エネルギーの方が、より疲労に対して敏感であり、疲労度の評価指標として利用可能であることが分かった。

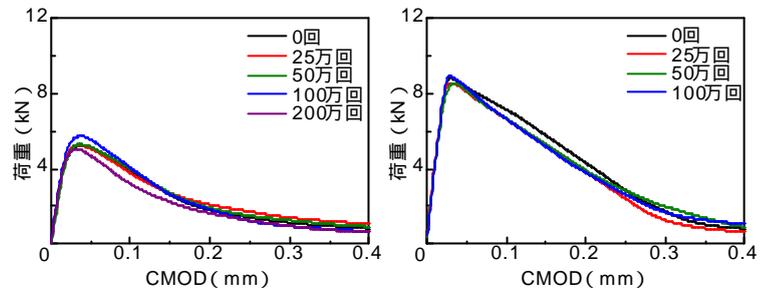


図-3 平均の荷重 - CMOD 曲線 (左: N, 右: H)

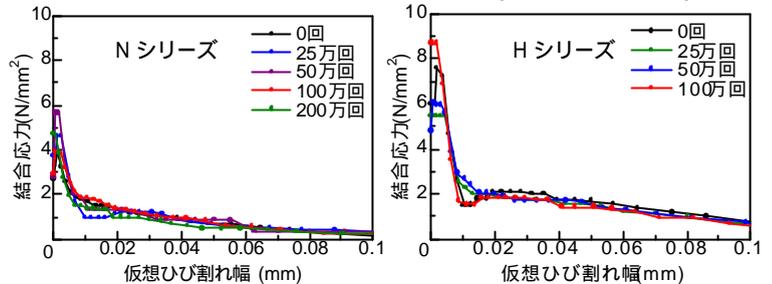


図-4 引張軟化曲線

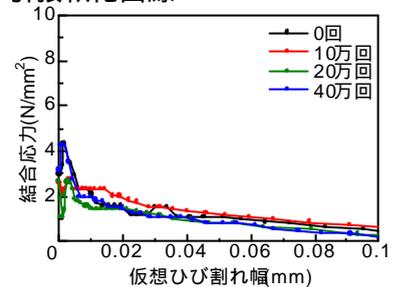


図-5 引張軟化曲線²⁾

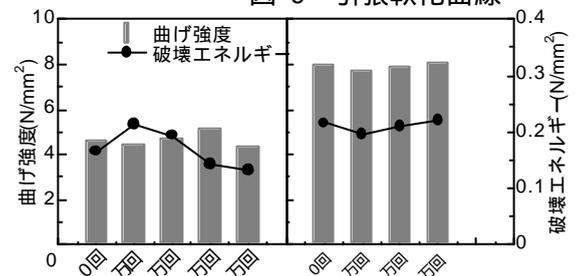


図-6 曲げ強度および破壊エネルギー

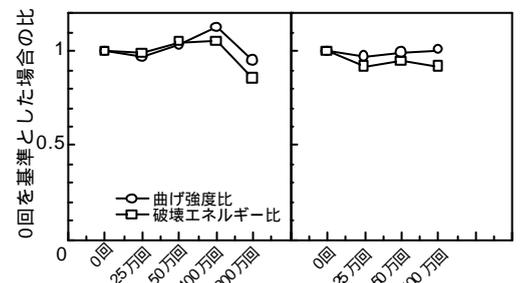


図-7 曲げ強度比および破壊エネルギー比

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