

ひび割れを有する RC 部材の液中引張疲労実験

大阪市立大学大学院 ○学生員 上田 真彦
大阪市立大学大学院 正会員 角掛 久雄
大阪市立大学大学院 正会員 大内 一

1. はじめに

近年、鉄鋼プラント基礎での潤滑油の疲労劣化事例が報告され、著書の一部は劣化の主要因として考えられるコンクリートひび割れ中への液体の侵入と疲労劣化に着目して研究を行ってきた¹⁾。その結果、液体によって破壊に及ぼす影響の差が確認された。その要因として、ひび割れ内に液体が存在している場合は、くさび効果や磨耗効果が起こり、それが破壊の進行の差に関係していると考えられる。しかし、ひび割れの進展と疲労強度への定性的な性状を示すにとどまっている。そこでひび割れ内に侵入した液体がひび割れの開閉に伴い、ひび割れ面にどのような作用をしているのかを検証するものとして、ここではシンプルな構造である RC 部材の単純引張挙動を対象に、ひび割れ内に侵入した液体の圧力計測を試みた。

2. 実験概要

2.1 供試体

供試体は、図-1 の様に 140×140×500 mmとし、断面中心に主鉄筋として D16 を配した。ひび割れの位置を固定するため、中央部以外に補強筋(D10)を配して、かつ側面の中央にひび割れ誘発のため、薄いステンレス板を入れた試験体とした。そのステンレス板と接触するように圧力センサーが固定されたアングルを設置した。測定項目としては開口内の液体のひび割れ面への圧力(分布)とそれに伴い変化すると思われる変位(ひび割れ開口幅)、鉄筋ひずみの3項目を計測し、ひび割れと液体圧力の相関性を検証する。図-1 には計測項目と計測位置も併せて示す。

2.2 実験方法

荷重は単純な引張繰り返しにより行うものとして、電気油圧サーボ式の疲労試験機(容量 250kN)を用いた(図-2 参照)。また本試験ではひび割れ内への液体の有無や液体粘性の違いによる劣化促進の影響を把握するため、既研究と同様に浸漬条件を水中、油中および気中として供試体名をそれぞれ W-○、O-○および N-○とした。なお、○はそれぞれの条件の供試体番号を示す。また、繰り返し荷重時の下限荷重を固定して、上限荷重もパラメータとする。主鉄筋を引張った時に生じる任意応力相当の軸力を作用させることとして、鉄筋の許容応力 $\sigma_a=160\text{MPa}$ を基準に下限値を σ_a の 10%とし、上限荷重を変数として 50, 70, 90, 120, 150%の各段階の荷重で 10000 回の繰り返し荷重を共通の荷重速度 1Hz で行う。

3. 実験結果

3.1 変位(ひび割れ開口幅)-N(荷重回数)関係

図-3, 4 のグラフの縦軸は引張疲労荷重で生じた上限もしくは下限荷重時の変位(開口幅)を示す。図-3 の上限荷重時では初期は W-1 を除いて液中の場合は気中より大きな変位を示しているが、上限値が 150%の時は W-1 と O-2 が気中の変位とあまり変わらずひび割れ幅

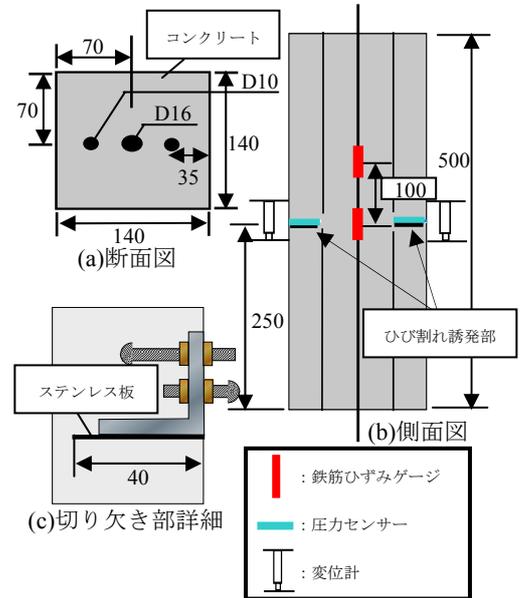


図-1 供試体概要図, 計測項目(mm)

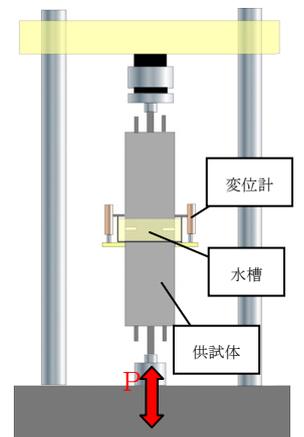


図-2 試験概要図

キーワード 疲労劣化, 液体圧力, 引張疲労実験, ひび割れ

連絡先 〒558-8585 大阪市住吉区杉本 3-3-138 大阪市立大学大学院工学研究科都市系専攻 Tel/Fax:06-6605-2723

が大きくなると液体の影響が小さくなる可能性がある。図-4 の下限荷重時では、水中と気中があまり変わらず、油中でやや大きい値であった。下限荷重時つまりひび割れが閉じる方向に挙動しているのに変位が大きいということは、ひび割れ内に粘性の大きな油がとどまり、ひび割れが閉じにくくなると考えられる。

3.2 鉄筋ひずみ ϵ_s -N(载荷回数)関係

図-5, 6 のグラフの縦軸に引張疲労载荷で生じた上限もしくは下限荷重時の中央鉄筋ひずみ(ひび割れ発生部のひずみ)をプロットする。図-5 より、上限荷重 90%以上では油中と水中ではあまり変わらず、気中でやや小さい結果となった。図-3 では W-2, O-1 の変位(開口幅)が特に大きくなっているが、ひずみではわずかではあるが O-2 が最も大きくなっており、W-2, O-1 は中央部(着目点)以外の変形量が大きくなっていると考えられる。図-6 の下限荷重時では、上限荷重の大きさに関わらずほぼ一定となった。また、わずかではあるが、油中、水中、気中の順で小さくなっている。前述した図-4 の変位-N 曲線とも各供試体の浸漬条件による大きさに相関性が見られる。ただし、図-4 は上限荷重の増加に伴い変位も増加しているもので、中央部以外の変形も加わっているものと考えられる。以上の結果より、ひび割れ内への液体侵入の影響があることが分かる。下限荷重時に粘性の大きい油中で値が大きかった理由としては、圧縮時に発生する圧力によってひび割れが閉じにくくなり、ひび割れの開きが大きい状態になってしまうので、変位、鉄筋ひずみともに大きな値となったと考えられる。そこで次にひび割れ内の液体の圧力に着目する。

3.3 圧力-N(载荷回数)関係

図-7 に圧力-N 関係を示す。ただし、この圧力は下限荷重時での 6 個の圧力センサーの値を平均したものである。なお圧縮応力を正として示す。下限荷重時では圧縮応力が計測されているので、想定したひび割れの開閉に伴う液体の動きと合致している。図より、粘性の大きい油中の方が大きく出ている。よって圧縮時に油中で圧力、変位および鉄筋ひずみの値が大きかったことから前述したように圧縮時によって発生する圧力はひび割れが閉じるのを妨げていると考えられる。さらに粘性が大きいほどひび割れから出にくく、圧力が大きくなるとも考えられ、ひび割れの開閉には液体の粘性が依存するという傾向も得られた。ただし、図-6 の下限荷重時のひずみの差が液体圧力によるものだと考えて平均圧力を算定すると、上限荷重 120%時で油中で 0.27MPa, 水中で 0.18MPa 程度となり、計測された圧力は 1/10 程度とごく小さな値の圧力しか計測されおらず、今回の計測位置(端面側)のさらに奥の内部(中心側)に、大きな圧力分布がある可能性も考えられるので、圧力の測定方法を検討する必要がある。

4. 結論

ひび割れの開閉に伴うひび割れ内の液体の存在による影響の差、および液体の粘性による影響の差の傾向は確認できた。しかし、今回の実験では、液体の有無、種類の違いによる定量的な影響を明確にするには至らなかった。そのため、圧力の計測方法と併せて検討していく必要がある。

謝辞; 科学研究費補助金, 若手研究 B(課題番号: 21760362)によって行われたことを付記し, ここに謝意を表す。

参考文献; 1)角掛久雄, 川満逸雄, 大内一, 鈴木貴大: せん断補強筋の無い RC はりの疲労寿命に及ぼす潤滑油の影響, コンクリート工学年次論文集, Vol.31, No.2, pp.265-270, 2009

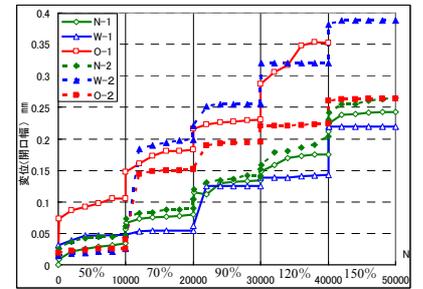


図-3 上限荷重時の変位-N 曲線

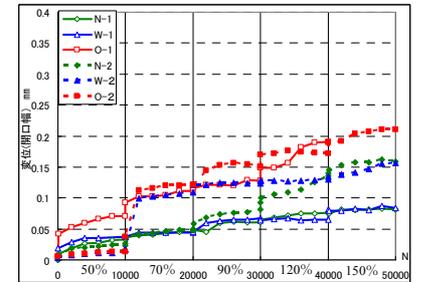


図-4 下限荷重時の変位-N 曲線

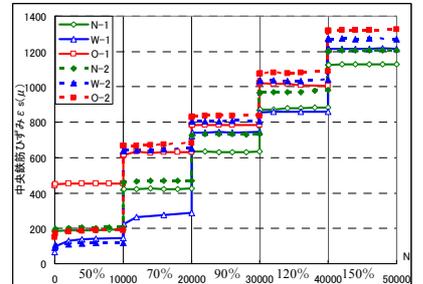


図-5 上限荷重時の ϵ_s -N 曲線

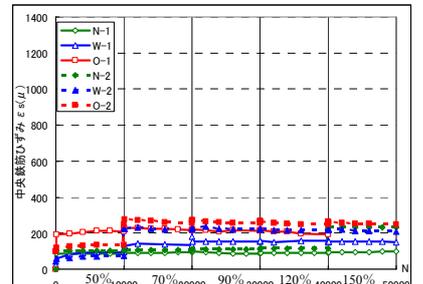


図-6 下限荷重時の ϵ_s -N 曲線

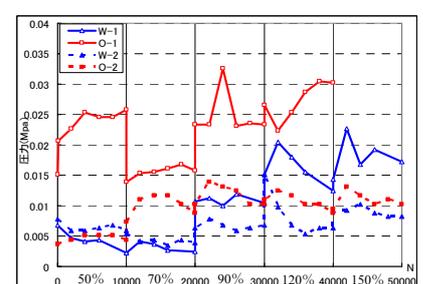


図-7 下限荷重時の圧力-N 曲線