浸漬した無補強 RC 梁の疲労寿命に及ぼす載荷速度の影響

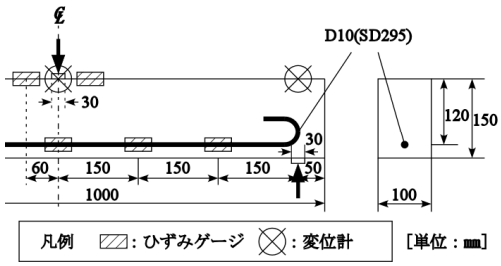
大阪市立大学大学院　　正会員　○角掛　久雄
大阪市立大学大学院　　正会員　　大内　　一

１．はじめに

潤滑油に覆われた産業基礎であるコンクリート構造物の損傷事例を受け，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載荷に着目して補強筋の無い RC はりに対して曲げ･せん断の疲労載荷試験を行った[1),2)]．その結果，液体の種類によって疲労強度が異なることを明らかにし，曲げひび割れは液体の種類による影響が少なく，斜めひび割れの発生に対しては液体による差が大きくなることを示した．ただし，載荷速度の違いによる影響と思われる点が見られたが，明らかにするに至っていない．そこで，既研究[1),2)]と同様に粘性の異なる水もしくは油に浸漬した RC はりに対して載荷速度をパラメータに疲労試験を行い，破壊性状への影響と疲労寿命に関する影響を検討した．

２．実験概要

本研究は曲げひび割れおよび斜めひび割れどちらの進展も検証することとして曲げ降伏先行のせん断破壊型である文献 1)と同様の試験条件とした．寸法等の詳細を**図－１**に示す．試験体の養生は，室内温度 20℃の養生室において散水養生を 28 日間行った．その後も同条件下の養生室にて気中で養生した．



図－１　供試体寸法及び計測項目

疲労試験の実験変数としては載荷速度とし，文献 1)で実施した 0.5Hz と文献 2)で実施した 5Hz およびその中間として 2Hz の３パターンとした．なお，それぞれに対して実験時に水もしくは油に浸漬させて実施している．また，載荷荷重は静的載荷時の降伏強度 P_y を基準にして，$0.1P_y$～$0.8P_y$ で実施した．繰返し載荷は電気油圧サーボ式の疲労試験機（容量 250kN）を用いた．

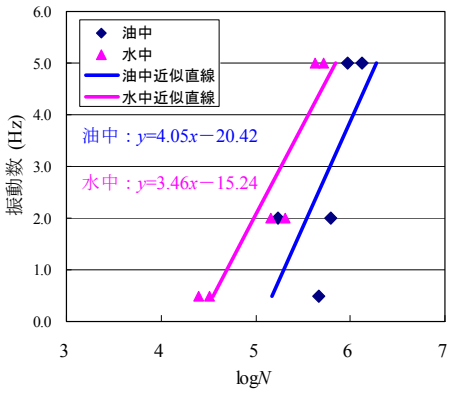
３．実験結果

３．１　疲労寿命

本試験における結果の一覧を**表－１**に示す．すべての試験体で曲げ降伏先行のせん断破壊に至った．液体の種類に関係なく載荷速度が速くなる（振動数が大きくなる）ほど疲労寿命が遅くなる結果となった．また，同じ載荷速度に対する浸漬条件による比較をすると，すべてにおいて水中の方が早く疲労破壊に至っている．しかし，載荷速度が速くなることで，油中の 0.5Hz 載荷と水中の 5Hz 載荷の疲労寿命が近似する結果となり，載荷速度によって疲労寿命に与える影響が大きいことが分かる．そこで，**図－２**に載荷速度と疲労寿命の関係をグラフにして最小二乗法により近似曲線を示した．直線の勾配は若干であるが，水中の方が小さく載荷速度による影響が大きくなる結果となった．ただし，O2Hz-2 の疲労寿命が他の油に浸漬した試験体と比べて小さく，特異な値として除外して近時直線を考えるとより大きな差となる．

表－１　試験結果一覧

試験体名	浸漬条件	載荷速度 (Hz)	疲労寿命 N (回)	log$N$
O5Hz-1	油中	5.0	949,571	5.98
O5Hz-2		5.0	1,311,937	6.12
O2Hz-1		2.0	629,168	5.80
O2Hz-2		2.0	170,987	5.23
O05Hz-1		0.5	461,152	5.66
W5Hz-1	水中	5.0	518,382	5.71
W5Hz-2		5.0	422,968	5.63
W2Hz-1		2.0	202,348	5.31
W2Hz-2		2.0	143,334	5.16
W05Hz-1		0.5	25,280	4.40
W05Hz-2		0.5	32,807	4.52

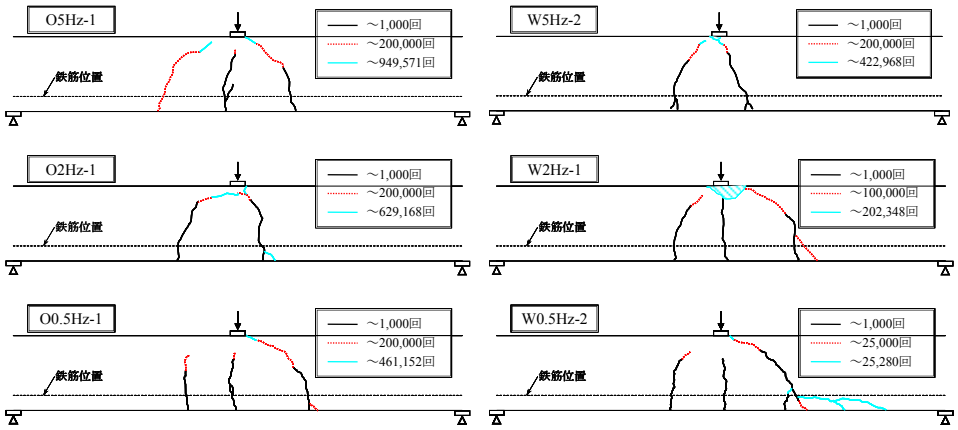


図－２　載荷速度と疲労寿命

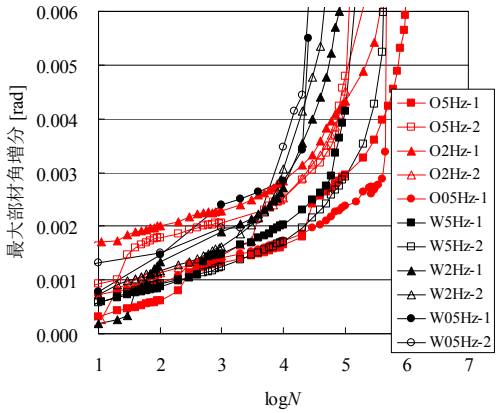
キーワード　潤滑油，RC 梁，疲労寿命，せん断耐力
連絡先　　〒558-8585　大阪市住吉区杉本３－３－１３８　大阪市立大学工学研究科　ＴＥＬ06-6605-2723

３．２　ひび割れ進展

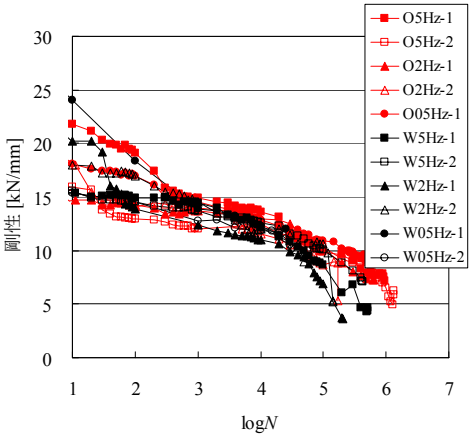
次に損傷過程を比較することとして，**図－３**に各載荷速度のひび割れ進展過程を示した．千回程度までの曲げひび割れについては載荷速度および浸漬条件による明確な傾向は見られない．さらに油中においては 20 万回程度まではひび割れの進展に大きな相違は無く，圧縮縁付近までひび割れは達している．しかし，その後の破壊に至るまでの回数に相違が表れることとなり，載荷速度とひび割れの進展との相関は見られない結果となった．それに対して水中では載荷速度が速くなるほど斜めひび割れの進展が遅くなり，疲労寿命同様の相関性が見られる結果となった．そのため，ひび割れの開閉に伴い液体の流れによって生じると思われるひび割れ面の磨耗効果に対して液体の粘性と載荷速度が大きく影響し，せん断抵抗力の低減につながってゆくものと考えられる．



図－３　ひび割れ進展状況



図－４　最大部材角増分



図－５　剛性

３．３　変形状況

ひび割れの進展からは特に油中において載荷速度の違いによる影響が得られなかったので，変形量の進展状況を見ることとして，**図－４**に 1 回目の繰り返し載荷時の最大部材角（変位）からの部材角の増分量を示す．ひび割れの発生状況の影響もあり増分にバラツキが見られ，同じ載荷回数でも 0.001 程度の差が見られるが，載荷速度による違いが見られず，0.003 程度まで増加後急激に大きくなっている．次に繰り返し載荷時の最大，最小荷重時の変位増分を荷重振幅幅で除して算出した剛性の履歴を**図－５**に示す．**図－４**と同様，初期時にはバラツキが見られるものの log2.5 程度からほぼ同じ剛性となっており，載荷速度による影響が見られない結果となった．

４．まとめ

無補強 RC 梁を対象に，載荷速度と浸漬条件をパラメータに疲労載荷試験を行った．得られた結果を示す．

(1) 同じ載荷速度では油中より水中の方が速く疲労破壊に達する．

(2) 浸漬条件に関わらず載荷速度が速くなるほど疲労寿命が長くなる．

(3) ひび割れの進展において油中では載荷速度の影響が見られなかったが，水中の場合は載荷速度が速くなるほど斜めひび割れの進展が遅くなる傾向となった．

謝辞：本研究は科学研究費補助金，若手研究(B)（課題番号：21760362 代表 角掛久雄）によって行なわれたことを付記し，ここに謝意を表する．

参考文献：1) 光岡，川満，角掛，大内：潤滑油によるコンクリートはりの疲労劣化に関する研究，コンクリート工学年次論文集報告集，Vol.301，No.3，pp.853-858,，2008，2) 角掛，川満，大内，鈴木：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.265-270，2007