

潤滑油による RC はりの疲労劣化に関する研究

大阪市立大学大学院 正会員 ○角掛 久雄

日建設シビル 正会員 川満 逸雄

大阪市立大学大学院 正会員 大内 一

大阪市立大学 非会員 光岡 康寛

1. はじめに

潤滑油の影響を受けるコンクリート構造物の劣化の主要因としてコンクリートひび割れ中への油の侵入とプレス機による疲労載荷が考えられる．そこで，著者らはまず基礎資料を得ることを目的として油中に浸漬させておいた円柱試験体に対して圧縮疲労試験を行い，強度に及ぼす影響を調査した¹⁾．しかし，油が微小ひび割れ部に浸透することによる破壊への明確な影響を確認するには至っていない．その一つの要因としては圧縮疲労載荷ではひび割れ幅が小さくかつ油の粘度が大きいため，疲労試験時においてひび割れ内に油が十分浸透しなかったことが推察される．そこで，第2段階の試験として明確なひび割れが発生する RC 部材試験を行うことにした．RC 部材の疲労試験では，気中や水中における RC 床版や RC はりに対して実施されており，どちらにおいても水中疲労劣化が指摘されている．しかしながら，油のような水以外の液体に関する研究は未だ行われていない．液体の粘性の違いが RC 部材の疲労性状にどの様に影響を及ぼすか不明である．

そこで，本研究ではせん断補強筋のない RC はりに対して油中のみならず，水中と気中による疲労載荷試験を行い，浸漬する液体の違いが強度や破壊性状に及ぼす影響を検討した．

2. 実験概要

本研究はコンクリートのひび割れへの油の浸透に着目することから，ひび割れを生じさせた状態で繰り返し載荷をすることにした．また，疲労載荷時のひび割れの進行に着目することから，せん断耐力によりも曲げ耐力が小さくなるように設定した．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．実験変数としては上述したように，コンクリートの浸漬条件とし，気中，水中および油中で試験を行うこととした．ただし，ひび割れ部への液体の浸透に着目していることから，試験時のみの浸漬とした．それぞれの浸漬条件に対してまず，基本試験として静的載荷試験を行い，次に静的試験から得られたそれぞれの降伏強度を基準強度として繰り返し荷重の上下限を決め，疲労載荷試験を各条件で 3 体ずつ計 9 体行った．載荷強度の上下限値と載荷速度は試験体の変形量と疲労試験機（電気油圧サーボ式，容量 250kN）の能力の問題もあり基準強度の 10～80%で載荷速度を 0.5Hz とした．繰り返し回数は本来 200 万回が基本であるが，載荷速度が 0.5Hz となったことから既往の研究も踏まえ，最大 25 万回で浸漬条件の相違による疲労特性を検討できると判断し 25 万回の正弦波繰り返し載荷とした．なお，25 万回で破壊に至らなかった場合にはその後，静的載荷により破壊させた．

3. 疲労試験結果

3.1 疲労試験時の破壊挙動

全試験体の結果一覧を表 - 1 に示す．試験体 W-80-02 と W-80-03 は疲労載荷中にせん断破壊が生じた．他の疲労載荷試験体は疲労載荷後の静的載荷で曲げ降伏後せん断破壊が生じた．表の降伏荷重比 P_{yexp}/P_{y0exp} の値から分かるように疲労載荷による大きな影響は観られない．そこで，各浸漬条件における代表の試験体のひび割れ進展状況を図 - 2 に示す．図より気中と油中は初期時に曲げひび割れが発生し，その後回数を重ねるごとに曲げひび割れと曲げせん断ひび割れが成長していくが，

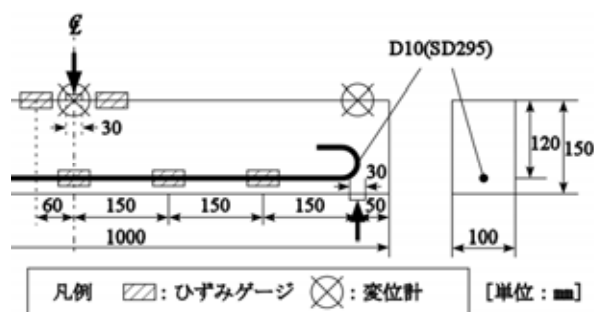


図 - 1 供試体寸法ならびに計測項目

キーワード 潤滑油，コンクリート梁，疲労試験，ひび割れ，曲げ・せん断

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 TEL 06-6605-2723

気中に比べて油中のほうが曲げせん断ひび割れの成長が大きい。水中では曲げせん断ひび割れの進展がより早く、1 万回程度で油中の25 万回と同等の高さまでひび割れが生じていた。破壊時にはせん断引張破壊と思われる主鉄筋に沿ったひび割れも発生した。

3.2 疲労試験時の部材変形履歴

繰り返し载荷による変形への影響を検討するため、図 - 3 に各載

荷回数におけるたわみに関する剛性の変化を示す。ここで、剛性は、繰返し载荷時の荷重 - 変位履歴において、各載荷回数における荷重振幅を変位振幅で除したものを言い、剛性比は初期載荷における降伏強度の 10% から 3 分の 1 までの弾性剛性を初期剛性として基準にし、無次元化したものである。どの試験体においても曲げひび割れの発生により急激に減少するが、10 回以降の傾向に浸漬条件の違いが見られる。気中においては、1000 回程度までは徐々に減少するが、その後、ほぼ一定の値で推移している。それに対して、水中と油中ではなだらかに減少が継続して進行しており、類似した傾向を示している。なお、疲労破壊した 2 体(W-80-02,03)において破壊から数百回前の記録であり、剛性の変化から明確な破壊に至る変化は得られなかった。

次に、繰返し载荷による最大部材角の推移を図 - 4 に示す。ここで言う最大部材角とは繰返し荷重の最大値の時の中央変位から求めた回転角のことである。気中については、25 万回までの増加はほぼ直線的な変化となっている。水中では 4 千回程度までは直線的な変化となり類似しているが、破壊した試験体では急激な増加が発生し、破壊に至っている。破壊しなかった W-80-01 は油中と類似した傾向が見られ、1 万回程度までは直線的に増加しているが、载荷が進むにつれ変位増分が大きくなっていることが分かる。油中において特に 10 万回以降の変位増分が大きくなっており、25 万回以上の载荷に対し疲労破壊が生じる可能性がうかがえる。

4. まとめ

本研究ではせん断補強筋のない RC はりに対して油中のみならず、水中と気中による 25 万回繰返し载荷試験を行った結果、油中では繰返し载荷中に破壊には至らず、繰返し初期時にも浸漬条件の違いは明確に現れなかった。しかし、回数が進むに従い影響が明確になり、液体に浸らせた方がひび割れは進行し、変形に対する抵抗性能の低下が見られる。ただし、油中では水中ほどの強度低下は見られない結果となった。

参考文献：1) 伊藤，川満，角掛，大内：潤滑油中におけるコンクリートの圧縮疲労特性に関する研究，コンクリート工学年次論文報告集，Vol. 29，pp. 849-854，2007

表 - 1 試験結果一覧

試験体名	降伏荷重 P_y^{exp}	$P_y^{exp}/P_{y0}^{exp a)}$	最大荷重 P_u^{exp}	$P_u^{exp}/P_{u0}^{exp a)}$	終局部材角 R_u^{exp}	$R_u^{exp}/R_{u0}^{exp a)}$	载荷履歴		破壊形式
							疲労载荷	静的载荷	
A-00	16.6	-	19.4	-	0.0558	1.00	-	○	曲げ降伏後せん断破壊
A-80-01	16.5	0.99	21.4	1.10	0.0638	1.14	○	○	
A-80-02	17.6	1.06	18.8	0.97	0.0402	0.72	○	○	
A-80-03	16.7	1.01	18.7	0.96	0.0620	1.11	○	○	
O-00	16.3	-	19.0	-	0.0429	1.00	-	○	
O-80-01	17.4	1.07	20.7	1.09	0.0747	1.74	○	○	
O-80-02	17.3	1.06	19.3	1.02	0.0347	0.81	○	○	
O-80-03	17.1	1.05	18.1	0.95	0.0509	1.19	○	○	
W-00	16.0	-	18.8	-	0.0453	1.00	-	○	
W-80-01	17.6	1.10	18.1	0.96	0.0376	0.83	○	○	疲労载荷時せん断破壊
W-80-02	-	-	12.8	0.68	0.0066 ^{b)}	0.15	○ (25,280 ^{c)}	-	
W-80-03	-	-	12.8	0.68	0.0147 ^{b)}	0.32	○ (32,807 ^{c)}	-	

a) 静的载荷 (A-00, O-00, W-00) の値に対する比

b) W-80-02, W-80-03 破壊直前の25,000回, 32,000回載荷時の値を示す。

c) 疲労破壊時の載荷回数の値を示す。

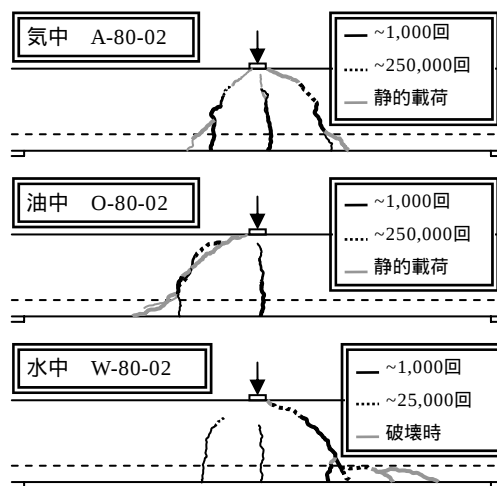


図 - 2 ひび割れ進展状況

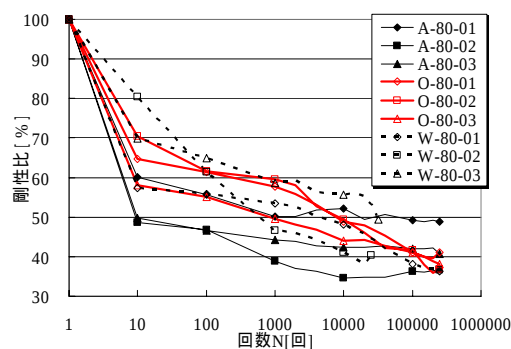


図 - 3 剛性比 - 載荷回数履歴

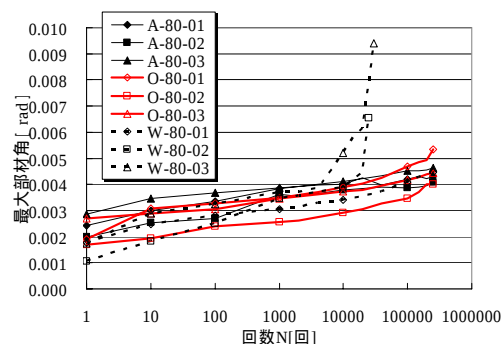


図 - 4 最大部材角 - 載荷回数履歴