

無補強 RC 梁の疲労寿命に及ぼす潤滑油の影響

大阪市立大学大学院
正会員 〇角掛 久雄
大阪市立大学大学院
正会員 大内 一

日建設計シビル
正会員 川満 逸雄
大阪市立大学
非会員 鈴木 貴大

1. はじめに

潤滑油の影響を受けたと思われるコンクリート構造物の事例を受け、著者ら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油の侵入と疲労載荷に着目して曲げ降伏先行型となる補強筋の無い RC はりに対して曲げ・せん断の疲労載荷試験を行った¹⁾。その結果、ひび割れの進行、変形の大きさなどは水中、油中および気中の順で大きくなることを示した。ただし、1つの荷重振幅幅のみで行っており、水と特性の大きく異なる油中に対する疲労性状、特に疲労寿命の特定には至っていない。

そこで、水とは粘性の異なる油中の RC はりに対してさらなる疲労性状、特に疲労寿命に関する検討を行うため、せん断破壊型となる無補強 RC はりに対して新たに疲労載荷試験を行った。

2. 実験概要

本研究は文献 1)を踏まえた実験とした。ただし、疲労寿命に着目したことから曲げ降伏を伴うせん断破壊型ではなく、単純なせん断破壊型にすることとした。そのため、せん断スパン比を小さくし、かつ引張鉄筋量を増やした。試験体詳細を図-1に示す。試験体の養生は早強セメントを使用したこともありコンクリート打設翌日に脱型し、室内温度 20℃の養生室において散水養生を 7 日間行った。その後も同条件下の養生室にて気中で管理した。なお、表-1に使用したコンクリートと鉄筋の特性を示す。

疲労試験の実験変数としてはコンクリートの浸漬条件を油中に加え、基準となる条件として水中および液体なし(気中)の 3 パターンとした。なお、図-2に示すように支持点間において試験時のみの部分的な浸漬としている。また、疲労寿命に対する検討を行うため、荷重振幅幅も実験変数とし、荷重振幅幅は下限耐力比を基準強度の 10%で一定として 3 パターンの上限耐力比 S (90%, 70%, 50%) で行うこととした。その基準強度は気中での静的載荷試験より得られたせん断終局荷重を適用した。

疲労試験は電気油圧サーボ式の疲労試験機(容量 250kN)を用い、載荷速度は 5Hz とし最大 200 万回まで繰り返し載荷を行った。200 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. 実験結果

本試験における結果の一覧を表-2に示す。また、文献 1)において疲労破壊を得られた試験体の結果も併せて示す。ただし、曲げ降伏耐力比で載荷していたのでせん断耐力比に換算し直した。表より上限耐力比 $S=50\%$ を除いた試験体において疲労破壊が得られた。疲労破壊が生じた試験体では上限耐力比 $S=90\%$ において、すべての浸漬条件でばらつきが大きい。が $S=70\%$ に比べると非常に少ない回数で破壊している。log N の平均は 3 付近で類似しており上限荷重が大きくなると、荷

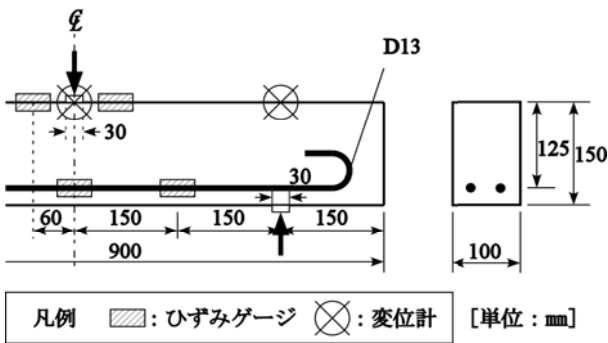


図-1 供試体寸法ならびに計測項目
表-1 材料特性

コンクリート(24-12-15)			鉄筋(D13(SD295A))			
配合			材料試験		材料試験	
Gmax (mm)	W/C (%)	s/a (%)	圧縮強度 (MPa)	弾性係数 (GPa)	降伏強度 (MPa)	弾性係数 (GPa)
15	53	45	29.6	28.8	325	212

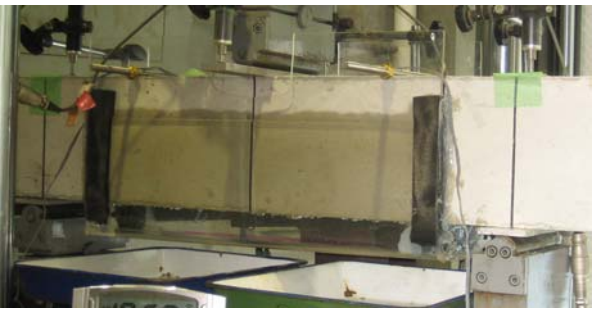


図-2 実験状況

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 3-3-1 3 8 大阪市立大学工学研究科 T E L 06-6605-2723

重による破壊挙動が主となり、破壊現象に及ぼす液体の浸透の影響が小さくなることが考えられる。 $S=70\%$ ではそれぞれの液体の $\log N$ の値は、はばつきが小さくなっているが、油中と水中では平均で1以上異なる結果となり、気中が油中と水中の中間程度となった。この荷重振幅幅では液体の違いによる疲労破壊への影響が明確に現れていると考えられる。 $S=50\%$ では疲労試験後の静的載荷時の最大荷重を見ると、すべて、基準強度よりも大きくなり、疲労試験による強度低下が見られなかった。

表－2における、上限耐力比 S と疲労寿命 $\log N$ をグラフにして図－3に示す。ただし、疲労破壊しなかった $S=50\%$ を除いて示している。図には、それぞれの浸漬条件に対して最小自乗法による近似直線を示した。ただし、 $S=100\%$ の時 $\log N=0$ となる切片を条件とした。また、コンクリート標準示方書²⁾(以後、「示方書」)のせん断補強筋の無い部材の設計疲労耐力に準拠して算定した線も参考に示す。それぞれの近似直線の式を以下に示す。

- 油中

$S = -5.0193 \log N + 100$

(1)
- 水中

$S = -6.2191 \log N + 100$

(2)
- 気中

$S = -5.2268 \log N + 100$

(3)
- 示方書

$S = -8.1818 \log N + 100$

(4)

それぞれの勾配(係数)を比較すると示方書、水中、気中および油中の順で勾配が小さくなっているが、気中と油中ではあまり変わらない結果となった。水中においては明らかに油中、気中より疲労寿命が少なくなることが示された。文献1)においても本実験においも、ひび割れ等の進展は気中より油中の方が明らかに進んでいたが、疲労寿命としては類似した傾向を示すこととなった。図－2の様に荷点付近(試験体上側)まで液体で覆っていないことが要因の一つであることが考えられる。

4. まとめ

無補強 RC 梁を対象に、浸漬条件と上限耐力比をパラメータとする疲労載荷試験を行った。得られた結果を以下に示す。

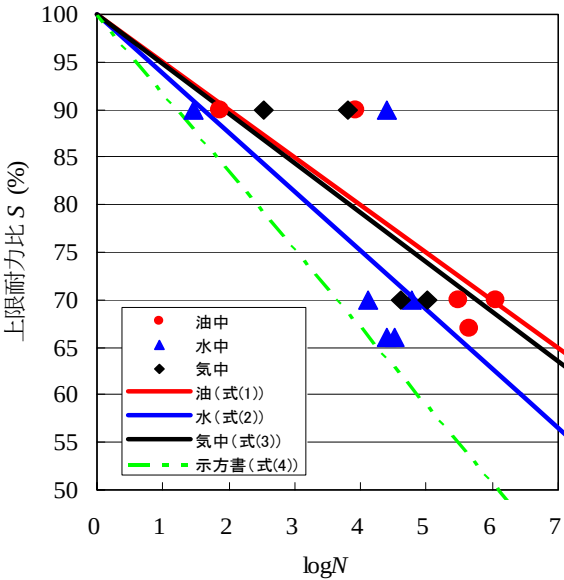
- (1) 上限荷重が大きくなると、荷重による破壊挙動が主となり、破壊現象に及ぼす液体の浸透の影響は小さくなる。
- (2) S-N 曲線より得られた近似直線より本試験条件における上限耐力比と疲労寿命に関する式を示したが、本実験においては油中と気中で類似した疲労寿命に関する近似直線が得られた。
- (3) 試験体数も少なく、近似曲線の決定係数 R^2 の値も小さいため、更なる試験を実施する必要がある。

参考文献: 1) H. Ohuchi, H. Tsunokake and I. Kawama: Fatigue Characteristic of Reinforced concrete Member in Mineral Oil, The 3rd ACF International Conference, pp. 1117-1124, 2008, 2) 土木学会: 2007 年制定コンクリート標準示方書 [設計編], 2007

表－2 試験結果一覧

浸漬条件	試験体名	S (%)	N (回)	logN	静的破壊荷重 (kN)	破壊状況
気中	S-1	-	-	-	50.0	せん断破壊
	S-2	-	-	-	50.6	せん断破壊
	S-平均	-	-	-	50.3	
油中	O90-1	90	8,308	3.92	-	せん断破壊
	O90-2		73	1.86	-	せん断破壊
	O90-平均			2.89		
	O70-1	70	306,831	5.49	-	せん断破壊
	O70-2		1,161,431	6.06	-	せん断破壊
	O70-平均			5.78		
	O50-1	50	2,000,000	6.30	69.8	せん断破壊
水中	W90-1	90	30	1.48	-	せん断破壊
	W90-2		25,212	4.40	-	せん断破壊
	W90-平均			2.94		
	W70-1	70	12,900	4.11	-	せん断破壊
	W70-2		60,803	4.78	-	せん断破壊
	W70-平均			4.45		
	W50-1	50	2,000,000	6.30	66.7	せん断破壊
気中	N90-1	90	345	2.54	-	せん断破壊
	N90-2		6,472	3.81	-	せん断破壊
	N90-平均			3.17		
	N70-1	70	40,608	4.61	-	せん断破壊
	N70-2		105,132	5.02	-	せん断破壊
	N70-平均			4.82		
	N50-1	50	2,000,000	6.30	53.9	せん断破壊
油中	O-4*	67	461,152	5.66	-	曲げ降伏後の せん断破壊
水中	W-2*	66	25,280	4.40	-	
	W-3*		32,807	4.52	-	

注:*は文献1)のデータ



図－3 S-N 曲線