

立命館大学大学院 学生員 前岡 隆顕
 阪神高速道路公団 正員 水元 義久
 立命館大学理工学部 正員 児島 孝之

1. はじめに： 道路橋鉄筋コンクリート床版において、コンクリートの乾燥収縮その他の原因によって生じた初期欠陥が通行車両の繰返し載荷を受けることにより損傷が進行すると考えられる。このような損傷床版の観察によれば亀甲状のひびわれから遊離石灰の発生がみられる場合が多く、雨水が床版に発生したひびわれの進展に何らかの形で寄与しているものと思われる。本研究は、気中および水中疲労試験を実施し疲労性状におよぼす水の影響について検討を行なったものである。

2. 実験概要： セメントには早強ポルトランドセメント、細骨材には野洲川産川砂、粗骨材には高嶺産砕石を使用した。示方配合を表-1に示す。主鉄筋にはD16を、組立て筋およびスターラップにはφ9を使用した。供試体の鉄筋比は1.3%である。

供試体の形状寸法および測定位置を図-1に、鉄筋の機械的性質を表-2に示す。供試体は打設翌日脱型し、恒温恒湿室にて1ヶ月湿布養生を行なった後2ヶ月間室内に放置し材齢3ヶ月で実験を開始した。供試体の載荷はスパン180cm、曲げスパン30cm、 ϕ 3.75の対称2点載荷とした。静的および気中疲労試験は実験室内、水中疲労試験は写真-1に示すように水槽内に行なった。気中疲労試験では気乾状態にある供試体(以下、気乾はりと呼ぶ)と、水中疲労試験では試験前10日間前後水浸状態におき湿潤状態にある供試体(以下、湿潤はりと呼ぶ)を使用した。なお、気中、水中試験での支持条件に差がないように同一の支承を用いた。

疲労試験に先立ち、静的試験を気乾はりとし湿潤はり各々1本ずつ気中にて実施した。気中および水中疲労試験の上限荷重は、気乾はり静的試験における鉄筋降伏荷重に対する75%、70%および65%の3段階とした。下限荷重は、試験機の性能上すべて1.0(t)とした。繰返し載荷速度は3.75Hz、荷重と時間の関係は正弦波型である。

3. 実験結果および考察： コンクリートの諸強度を表-3に示す。圧縮、曲げ、引張強度ともに湿潤状態の供試体は気乾状態の供試体に比べて1~2割低下するが、ヤング係数において差はみられない。表-4に静的試験結果を示す。ひびわれ発生荷重は気乾はりに比べて湿潤はり1(t)近く上まっているが、これは湿潤膨張の影響と思われる。降伏荷重、終局荷重においては両者の間に明確な差は認められなかった。表-5に疲労試験結果を示す。



写真-1 水中疲労試験

表-1 示方配合

Air (%)	Slump (%)	W/C (%)	S/a (%)	W (kg)	C (kg)	S (kg)	G (kg)
4.5±1	7.5±1	50	42	167	334	741	1069



表-2 鉄筋の機械的性質

	降伏点荷重 (kg)	降伏点 (kg/mm ²)	引張荷重 (kg)	引張強さ (kg/mm ²)	伸び率 (%)
D16	8780	44.2	14140	71.2	19
φ9	2240	36.1	2980	48.2	33

表-3 コンクリート諸強度

	圧縮強度 (kg/cm ²)	引張強度 (kg/cm ²)	曲げ強度 (kg/cm ²)	ヤング係数 (×10 ⁵ kg/cm ²)
気乾はり	518	36.3	58.4	3.66
湿潤はり	460	32.0	54.3	3.58
湿潤/気乾	0.88	0.88	0.93	0.98

表-4 静的試験結果

load	Static test		All of beams	
	Air	Water	Air	Water
first crack	1.75	2.00	1.50	2.25
yield	8.90	8.80		
ultimate	10.35	9.85		

表-5 疲労試験結果

試験条件	はりNO	破壊回数	破壊型式	破壊位置
75	Air	1	235 700	S*
		2	274 250	S
	Water	1	73 700	C**
		2	153 400	C
70	Air	1	288 400	S
		2	244 800	S
	Water	1	264 300	S
		2	433 600	S
65	Air	1	731 300	S
		2	605 200	S
	Water	1	492 700	S
		2	489 100	S

Air : 気乾はり気中疲労試験
 Water : 湿潤はり水中疲労試験
 F.S.*** : 曲げスパン S* : 鉄筋疲労破壊型 C** : せん断脆性破壊に似た型式 S.S.**** : せん断スパン

気乾はりとは湿潤はりの気中疲労試験と水中疲労試験の破壊状況には極めて顕著な差がみられた。気中疲労試験では静的載荷で発生した曲げひびわれが繰返し回数に伴い進展し、曲げスパン内での鉄筋の疲労破断によって破壊した。一方、水中疲労試験では曲げひびわれの進展に比べてせん断スパンの斜めひびわれが異常に成長し、上限荷重比75%の高応力レベルでは2本ともせん断圧縮破壊に似た型式であった。また上限応力レベル70%、65%の供試体4本はせん断スパンの鉄筋の疲労破断によって破壊した。せん断スパンの斜めひびわれの発達については、動的載荷開始と同時に静的載荷によって生じたひびわれより多量の微粒子の噴出がみられた。この現象が斜めひびわれの著しい成長を促したと思われる。なお、噴出する微粒子は繰返し回数1万回までは極めて少量であるが、それ以後は極微量となる。図-2にS-N線図を、表-6にS-N線式を示す。S-N

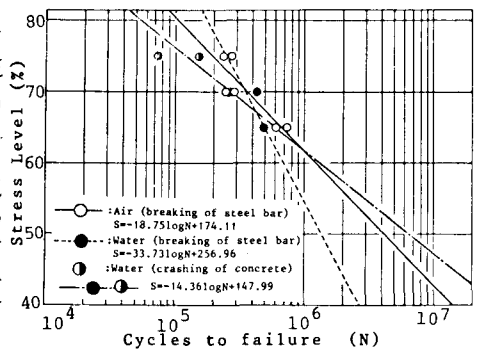


図-2 S-N線図

表-6 S-N線式

	回帰線式	200万回疲労強度
気中疲労 (Air)	$S = -18.75 \log N + 174.11$	56.0%
水中疲労 (Water)	$S^* = -33.73 \log N + 256.96$	44.4%
	$S^{**} = -14.36 \log N + 147.99$	57.5%

*: 75%を除外した場合 **: 75%を含めた場合

線図の作製に当っては、各応力レベルでの破壊回数の平均値を採用した。水中疲労試験においてせん断圧縮破壊に似た型式で破壊した75%のデータを除外した場合の200万回疲労強度は、気中疲労56%、水中疲労44%とかなり差がみられた。しかし、本研究では供試体本数も少なくデータのばらつきを考慮すると鉄筋の疲労破断で破壊する場合には環境条件による疲労寿命、疲労強度に差はないと思われる。せん断圧縮破壊に似た形

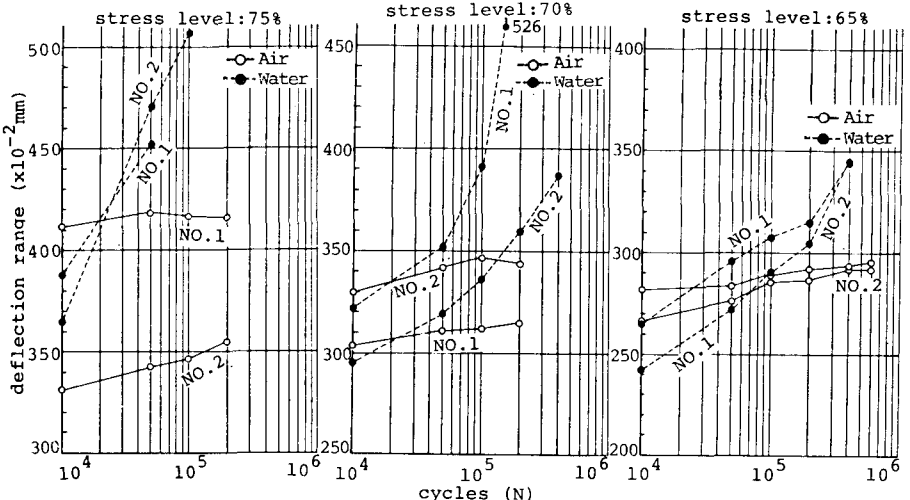


図-3 たわみ範囲と繰返し回数の関係

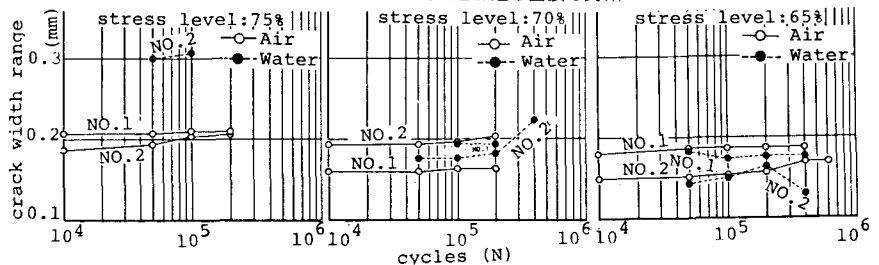


図-4 ひびわれ幅と繰返し回数の関係

式で破壊した湿潤はりとは、湿潤状態にあることによるコンクリート強度の低下が原因となり疲労寿命が短くなったものと思われる。図-3はたわみ範囲(上限荷重時と下限荷重時のたわみの差)と繰返し回数の関係を示したものであるが、湿潤はりは繰返し回数とともにたわみが増加する傾向が極めて著しい。図-4に曲げスパン内のひびわれ幅と繰返し回数の関係を示す。気中および水中はりの繰返し回数による顕著な差はみられず、曲げスパン内の剛性には水の影響はほとんどないものと考えられる。したがって、湿潤はりの繰返し回数にともなう剛性低下はせん断スパンの異常な斜めひびわれの発生に起因するものと考えられる。最終的な試験結果を以下の表に示す。