

V-248

水中におけるRCはりのせん断疲労性状

北海道大学大学院 学生員 水河 洋介¹
 北海道大学大学院 学生員 藤本 直史²
 北海道大学工学部 正会員 佐藤 靖彦³
 北海道大学工学部 正会員 上田 多門⁴

1. はじめに

現在、気中における鉄筋コンクリート（以下 RC）はりのせん断疲労性状は既往の研究^[1]により概ね明らかになっている。しかし、近年水中におけるコンクリート構造物の建設機会が増えてきているにもかかわらず、その研究はあまりなされていないのが現状である。本研究は気中及び水中で RC はりの疲労実験を行い、気中及び水中でのせん断補強筋のひずみ性状の差を明らかにし、繰返し回数に伴うコンクリート及びせん断補強筋の分担抵抗力の変化を考察する。

2. 実験概要

本実験に際してせん断補強筋を有する RC はりを 3 体作製した。それらは断面 $200 \times 300 \text{ mm}$ 、せん断スパン 700 mm 、有効高さ 260 mm 、主筋比 2.87% 、右スパン、左スパンのせん断補強筋比がそれぞれ 0.9% 、 0.6% と全て等しい。供試体図を図-1 に示す。3 体の供試体の内、1 体は気中において（No.1）、2 体は水中において（No.2,3）疲労実験を行った。なお測定値はスターラップのひずみである。

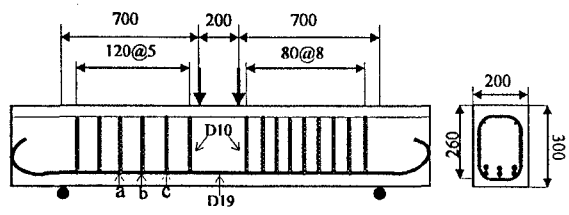


図-1 供試体図

3. 実験結果

表-1 実験結果

供試体 No	f'_c (MPa)	V_{creal} (kN)	V_{cal} (kN)	V_{max} (kN)	V_{min} (kN)	V_{min}/V_{max}	V_{max}/V_{cu}
No.1	31.9	67.0	166.6	85.0	17.5	0.21	0.51
No.2	32.9	68.0	167.6	85.0	17.5	0.21	0.51
No.3	39.2	72.0	172.5	87.5	17.5	0.20	0.51

ここで、 f'_c : コンクリート圧縮強度、 V_{creal} : 計算斜めひび割れ発生荷重、 V_{cal} : 計算静的耐力、 V_{max} : 作用最大せん断力、 V_{min} : 作用最小せん断力

3.1 破壊性状

実験結果を表-1 に示す。気中で疲労載荷された供試体 No.1 は、載荷回数 150 万回においても破壊には至らなかった。その後静的載荷を行い、作用せん断力が 205 kN で曲げ破壊した。それに対して水中で疲労載荷された供試体 No.2,3 は、それぞれ載荷回数約 2 万 3 千回と約 8 万回でコンクリート圧縮部に大きなひび割れの発生が確認された。供試体 No.2 は圧縮部にひび割れが発生した後も繰返し載荷を継続し、約 18 万回で左スパンにおいてスターラップが曲げ加工部で破断したことによりせん断圧縮破壊した。破断していた 3 本のスターラップ（図-1 の a,b,c）の曲げ加工部は腐食していた。供試体 No.3 は圧縮部にひび割れが発生した後静的載荷を行い、作用せん断力が 175 kN でせん断圧縮破壊した。

3.2 スターラップのひずみ性状

供試体 No.1,2,3 のスターラップ（図-1 の b）のひずみと繰返し回数の関係を図-2 に示す。ここで、供試体 No.2,3 で破壊を起こした左スパンの繰返し載荷とスターラップのひずみの関係のみに着目することとする。また、図-2 には比較のために気中におけるスターラップのひずみ予測式^[1]により得られた値をも示している。気中での供試体においては、実験値と予測値は概ね一致している。それに対して水中の供試体においては、スターラップ b の実験値は繰返し回数 $1000 \sim 10000$ 回まで予測値と概ね一致して増加しているが、それ以降は予測値の傾向と大きく異なっている。

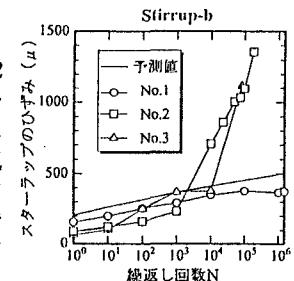


図-2 繰返し回数-ひずみ関係

key words: 水中疲労、RC はり、スターラップのひずみ、分担せん断力

¹〒060 札幌市北区北 13 条西 8 丁目 北海道大学工学部土木工学科 TEL 011-706-6182

³〒060 札幌市北区北 13 条西 8 丁目 北海道大学工学部土木工学科 TEL 011-706-6220 FAX 011-707-6582

⁴〒060 札幌市北区北 13 条西 8 丁目 北海道大学工学部土木工学科 TEL 011-706-6218 FAX 011-707-6582

4. せん断分担抵抗力の変化

RCはりのせん断抵抗力は、コンクリートとスターラップにより分担して受け持たれる。佐藤らは^[2]、その分担力をより詳細にモデル化し、以下の式(1)を提案した(図-3 参照)。

$$V = V_c + V_s = (V_{cpe} - V_{com} + V_{str}) + V_{web} \quad (1)$$

ここで、 V_c ：コンクリートが受け持つせん断力($=V_{cpe} - V_{com} + V_{str}$)、 V_s ：スターラップが受け持つせん断力($=V_{web}$)、 V_{cpe} ：曲げ圧縮域でのコンクリートが受け持つせん断力、 V_{com} ：水平領域でのコンクリートが受け持つせん断力、 V_{str} ：斜めひび割れ域でのせん断補強筋以外が受け持つせん断力、 V_{web} ：斜めひび割れ域でのせん断補強筋が受け持つせん断力

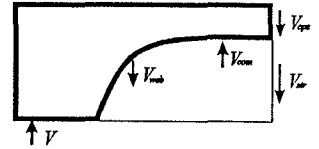


図-3 せん断耐力モデル

図-4に供試体 No.1~3 の左スパンにおけるコンクリートが受け持つせん断力と繰返し回数の関係を示す。図-3におけるコンクリートの受け持つせん断力は作用最大せん断力から実験により得られたスターラップのひずみを用いて式(2)により得られたスターラップが受け持つせん断力を差し引いたものである。なお、このスターラップのひずみ実験値はコンクリートのひび割れが卓越している部分に配置している3本のスターラップ(図-1のa,b,c)におけるものを使用した。

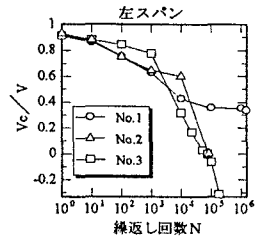


図-4 繰返し回数一分担力図

$$V_s = \varepsilon_s \cdot E_s \cdot A_s \cdot n \quad (2)$$

ここで、 ε_s ：斜めひび割れに沿った位置のひずみの平均値、 E_s ：スターラップの弾性係数、 A_s ：1組のスターラップの断面積、 n ：斜めひび割れをまたいでいるスターラップの本数

コンクリートが受け持つせん断力 V_c は繰返し載荷回数の増加に伴い低下し、その分がスターラップに分配されることになる。気中ではこの現象がほぼ一定の割合で進行している。しかし、水中の場合にはある載荷回数を境にコンクリートが受け持つせん断力が急激に減少し、最終的にコンクリートは作用せん断力に全く抵抗していない状態になっている。即ち、作用せん断力をスターラップのみで抵抗していることになる。

繰返し載荷後静的載荷を行った供試体 No.1 と No.3 の作用せん断力と分担せん断力との関係を図-5に示す。気中における供試体 No.1 は、繰返し回数 150 万回後の静的載荷でもコンクリートに作用せん断力に抵抗する余力があり、作用せん断力が約 130kN まで作用せん断力の増加に伴いコンクリートが受け持つ力も増加しているが、それ以降においてはコンクリートが受け持つ力は約 65kN で概ね一定である。それに対して水中における供試体 No.3 では、静的載荷する前の時点でスターラップのみで抵抗している状態になっていたが、その後の静的載荷においてもコンクリートが受け持つせん断力は増加せず、作用せん断力の増加量は全てスターラップにより受け持たれている。最終的にスターラップの降伏直後には破壊に至った。水中において繰返し圧縮力を受けるコンクリートは、ひび割れが増大し始めるとその後急激に破壊することが既に報告されている^[3]。本実験においてコンクリートの受け持つ分担力が急激に減少したのは、コンクリート圧縮部が破壊に至り、その抵抗抗($V_{cpe} - V_{com}$)を失ったためと思われる。よって、繰返し載荷後の静的載荷においてコンクリートの受け持つせん断力は増加しなかったものと考えられる。

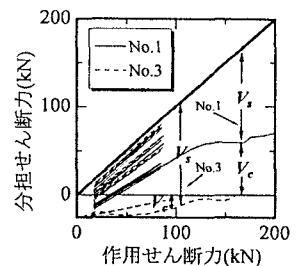


図-5 せん断力一分担力図

5. まとめ

水中における RC はりの繰返し載荷に伴うスターラップのひずみ増加割合は、気中におけるそれより大きくなった。それは、コンクリートが抵抗するせん断力が気中より水中の方が大きく低下することを意味する。

【参考文献】

- [1] 上田多門、岡村甫：Behavior in Shear of Reinforced Concrete Beams under Fatigue Loadings, Concrete Library International No.2, pp37-69, (1983)
- [2] 佐藤謙彦、上田多門、角田興史雄：せん断補強筋を有する連続繊維補強コンクリートはりのせん断耐力の定量的評価, 土木学会論文集, No.520/V-28, pp157-169, (1995)
- [3] 水吐則行、尾崎誠、管田紀之：コンクリートの疲労強度低下に及ぼす水の影響について, 土木学会北海道支部論文報告集第51号, pp422-425, (1995)