

水中環境下で繰返し荷重を受けるRCはりの挙動に関する研究

鳥取大学 正会員 西林 新蔵

鳥取大学 正会員 井上 正一

三井不動産建設株式会社 正会員 大谷 公行

鳥取大学 学生員 ○河田 英明

1. まえがき 近年、海洋などの特殊環境下にコンクリート構造物が建造される機会が増加しているが、この種の構造物は海水による化学的侵食作用の他に波浪による繰返し荷重を受けることになる。ここでは、鉄筋コンクリート（以下RCと称す）はりの疲労の問題を採り上げ、気中と水中環境下における疲労性状を比較し、併せて水の存在がはりの破壊様式や疲労特性に及ぼす影響を検討した結果について述べる。

2. 実験概要 はりの種類、載荷方法、試験実施時（材令 100日以上）の材料強度の詳細を図-1に示す。試験は繰返し載荷速度 5 Hz., 荷重と時間との関係は正弦波で行った。設定した上限荷重比(P_s)は、各はりの静的平均終局耐力(P_u : 気中; Aはり $P_u=13.7$ トン、水中: Aはり $P_u=13.2$ トン、Bはり $P_u=9.7$ トン、Cはり $P_u=12.9$ トン) に対する百分率で選び、下限荷重比は P_u の10%と一定とした。

3. 結果と考察 静的破壊試験におけるRCはりには水中、気中の環境条件によらず全て曲げ引張破壊をし、Cはりではせん断破壊をした。一方、疲労試験においては、気中Aはりが曲げ破壊（主鉄筋の破断）したのに対して、水中A、Bはりは気中よりスターラップ量を多くしたが、スターラップのないCはりと同様のせん断破壊をした。このことより、水中でのRCはりはせん断破壊をしやすくなるものと推察される。

図-2に荷重比(P_s)と平均疲労寿命($\bar{N}$)との関係を示す。この場合、 $\bar{N}$ のプロット点は同一荷重比ごとに5～6本のはり供試体を用い、疲労寿命(N)の分布が対数正規分布に従うとして求めたものである。図より、 P_s と $\bar{N}$ の間には直線関係が認められ、図中の直線式に $\bar{N}=200$ 万回を代入して求めた疲労強度は、気中Aはりで $P_s=60\%$ 、水中Aはりで $P_s=45\%$ 、Bはりで $P_s=37\%$ となる。水中と気中で破壊様式は異なるものの、水中における 200万回疲労強度は気中のそれよりも20%前後低下し、この場合の疲労強度は許容応力度法による設計荷重に近づいているといえる。

図-3に静的試験における荷重～スパン中央たわみ関係を示す。せん断補強のないCはりにおいては、荷重 8 トン付近で斜めひびわれが発生し、その後の荷重

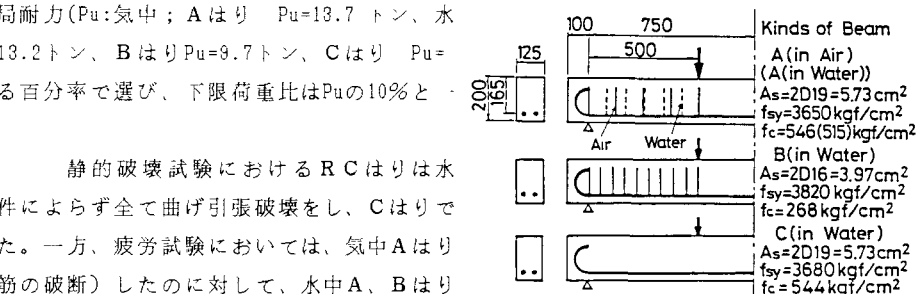


図-1 はりの詳細

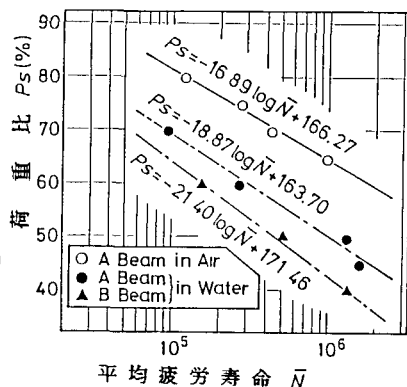
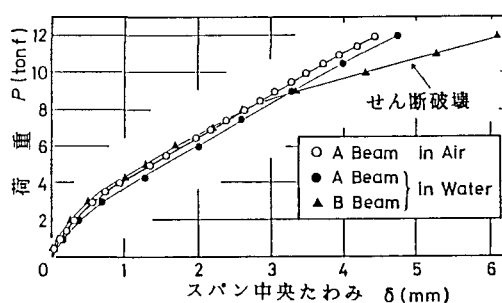
図-2 P_s - $\bar{N}$ 線図

図-3 荷重～たわみ関係

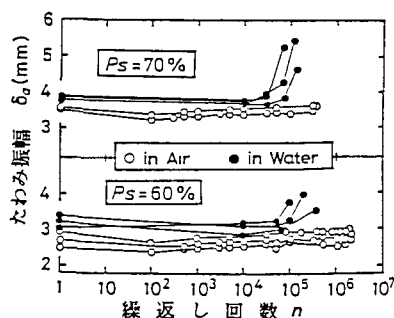


図-4 たわみ振幅の変化 (Aはり)

増加に伴うたわみは他の曲げ破壊するはりよりも大きくなることがわかる。図-4にたわみ振幅 (δa : 上限荷重作用時のたわみと残留たわみの差) と繰返し回数の関係を示す。水中はりにおける δa は、気中におけるよりもやや大きくなっており、さらに破壊近傍で環境条件の差がより顕著になっている。この破壊近傍におけるこの差異は、水中はりでは後述のように繰返し载荷途中に斜めひびわれが発生し、これによってたわみ振幅も増加したものと考えられる。

図-5に、比較的疲労寿命の長いはり ($N > 10^5$) に対して、各上限荷重比 (P_s) 作用時のスパン中央たわみ (残留たわみを含む) の増加を示す。図より、各繰返し回数ごとの相対たわみ (δr : n 回载荷後と初载荷時のたわみの比) は、気中よりも水中の方が10%~20%程度大きな値を示し、繰返し载荷に伴うたわみ増加は水中の方が気中よりも大きくなる可能性のあることを示している。

図-6に水中、気中の両環境下におけるAはりの曲げスパン内鉄筋位置での最大ひびわれ幅 ($W_{max,n}$) と繰返し回数 (n) との関係の一例を示す。図より、水中における最大ひびわれ幅は気中のその約1/2であり、さらに繰返し载荷に伴うひびわれ幅の増加割合も小さいことがわかる。

図-7は繰返し回数 n をパラメータに採って、各上限荷重比作用時の n 回载荷後と初载荷時の最大ひびわれ幅の比 (W_r : 相対ひびわれ幅) を示す。図より、相対ひびわれ幅 (W_r) は水中が気中よりも小さく、さらに载荷回数の増加に伴う W_r の値も小さくなっていることがわかる。これは、はりの破壊様式が気中はりでは曲げ破壊するのに対し、一方水中ではせん断破壊をしたことに一因していると考えられ、せん断破壊をするはりにおいては曲げひびわれがせん断変形やせん断ひびわれに吸収合併されるものと推察される。

図-8はAはりに対して水中における最大曲げひびわれ幅ないしは繰返し载荷途中に発生したはり高中央における最大斜めひびわれ幅と繰返し回数との関係の一例を示したものである。図より、斜めひびわれは繰返し载荷途中に突然に発生し、この斜めひびわれは急激に増大伸展し、その幅は曲げひびわれに比べて極めて大きいこと、さらに斜めひびわれが発生した後1オーダー程度経過した時点ではりは破壊していることがわかる。

以上の結果より、RCはりでは気中においては曲げ破壊をしても水中ではせん断破壊をしやすくなること、さらにこの結果、水中における疲労寿命が気中よりも短くなること、水中でのたわみは気中のそれよりも大きくなること、ひびわれに関しては、水中での曲げひびわれは気中よりも小さくなるが、一方にせん断ひびわれについては気中よりも大きくなること、などが明らかになった。

なお、本研究は著者の一人を研究代表者とする昭和60年度文部省科学研究費 (総合研究A) で行った研究の一部である。ここに謝意を表する。

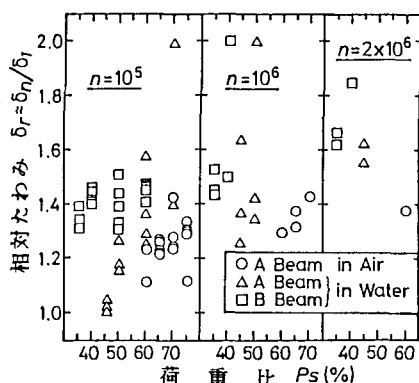


図-5 相対たわみの変化

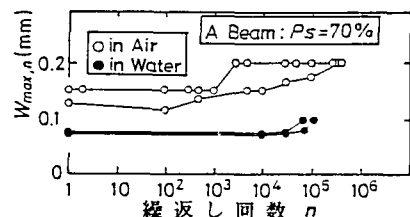


図-6 最大曲げひびわれ幅の変化

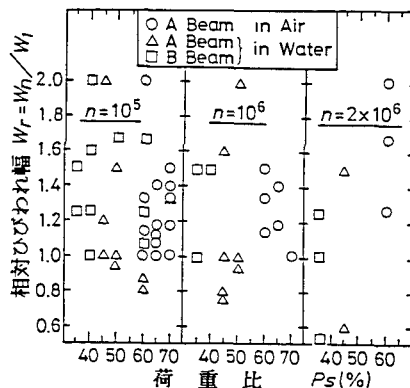


図-7 相対ひびわれ幅の変化

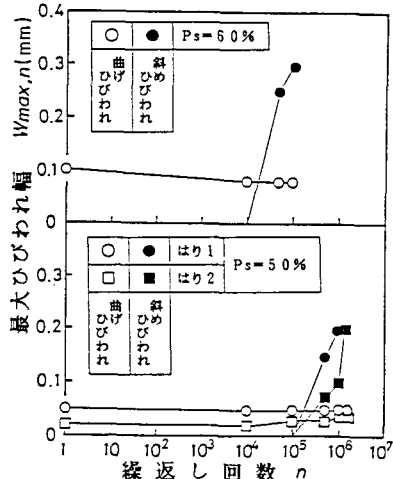


図-8 最大ひびわれ幅の変化