

湿潤環境におけるRCはりの疲労寿命予測手法

鳥取大学大学院 学生会員 ○打田圭司
鳥取大学 正会員 黒田 保

鳥取大学 正会員 井上正一
鳥取大学 正会員 吉野 公

1. はじめに

コンクリートの劣化が叫ばれている昨今、RC構造物の耐久性への関心も高まってきている。その耐久性の一つに繰返し荷重による劣化破壊現象、すなわち疲労がある。本研究では、湿潤環境として水中での単鉄筋及び複鉄筋RCはりの疲労試験を行い、その破壊機構の解明と疲労寿命をより精度良く予測する手法を開発することを目的として計画した。

2. 実験概要

表1に実験計画を、図1にRCはり供試体の詳細及び荷重状況を示す。なお、はりの種類における「D25-40-WJ」等は、D25が鉄筋径（D25*は複鉄筋はりを示す）を、40は28日目標圧縮強度 40N/mm^2 のコンクリートを用いたことを示す。またWJは、曲げスパンのみをジャケットで覆い、その中に水道水を常時給水することで飽水状態を保つ試験環境を示す。荷重試験は、荷重速度を3Hz、上限荷重比を静的終局耐力 P_u （表1参照）の百分率で数水準選定し、下限荷重比は全て P_u の10%と一定に行った。なお、ここではコンクリート圧潰による破壊機構を把握するため、曲げスパン内の供試体側面にひずみゲージを上縁より下縁方向に2cm間隔で貼付し、繰返し荷重に伴うコンクリート及び鉄筋のひずみを測定した。

表1 実験計画

はりの種類	コンクリート強度 f'_c (kN/mm^2)	弾性係数 E_c (kN/mm^2)	主鉄筋量 A_s (mm^2)	静的終局耐力 P_u (kN)	荷重比 (%)
D19-40-WJ	50.5	33.7	573	135	72,70,65,55
D19-25-WJ	32.9	22.1	573	125	70,65,60
D25-40-WJ	46	35.3	1520	316	65,60,55
D25*-40-WJ	37.1	30.4	1520	326	65,60,55

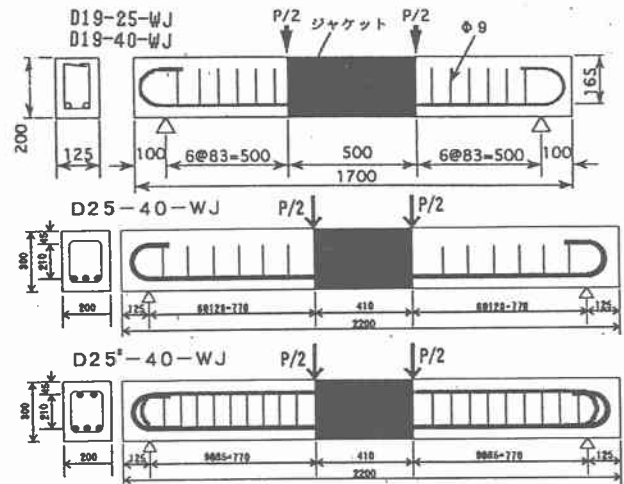


図1 はりの詳細 (mm)

3. 結果と考察

3.1 コンクリート圧潰型の疲労破壊機構

図2にD25-40-WJとD25*-40-WJでのひずみ分布の一例を示す。この図より単・複鉄筋はりどちらも繰返し荷重回数の増加に伴ってコンクリート上縁及び主鉄筋ひずみは大きくなることわかる。さらに、コンクリート圧縮域での任意の荷重回数におけるひずみの分布形状は、単・複鉄筋ともに直線形状で

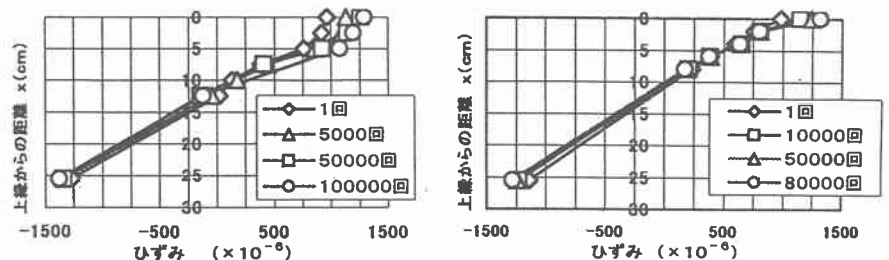


図2 ひずみ分布 荷重比60% (左:D25-40-WJ N=285968、右:D25*-40-WJ N=338406)

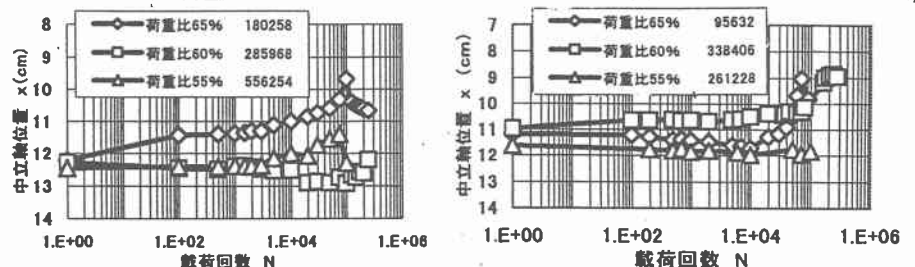


図3 中立軸の推移 (左:D25-40-WJ、右:D25*-40-WJ)

あり、平面保持の仮定が成立しているといえる。なお、これらのことは全てのはりで全ての載荷状況においても得られた。また、図3にD25-40-WJとD25*-40-WJでの載荷回数に伴う中立軸の推移を示す。この図より、単・複鉄筋どちらについても中立軸は、破壊近傍まで一定もしくは極めて小さい上昇をするといえる。

3.2 コンクリート圧潰型のはりの疲労寿命予測

土木学会コンクリート標準示方書によれば、コンクリート圧潰型で破壊するはりの疲労寿命は、一軸圧縮応力下のコンクリートの $S-N$ 線式と関連づけて式(1)によって予測できるとしている。

$$\log N = K \frac{1 - \sigma_{c \max} / (\beta \cdot f'_c)}{1 - \sigma_{c \min} / (\beta \cdot f'_c)} = K \frac{1 - \sigma_{ce \max} / f'_c}{1 - \sigma_{ce \min} / f'_c} = K \frac{1 - S_{ce \max}}{1 - S_{ce \min}} \quad (1)$$

ここで、 $K=10$ （水中）、矩形はりでは $\beta=4/3$ 、 f'_c はコンクリート強度、 $\sigma_{c \max}$ 、 $\sigma_{c \min}$ は上・下限荷重作用時のコンクリートの上縁応力である。

今、ここで σ_{ce} ($\sigma_{ce \max}$ と $\sigma_{ce \min}$) を疲労照合応力、 S_{ce} ($S_{ce \max}$ と $S_{ce \min}$) を疲労照合応力比と定義することにする。そうすると、土木学会では、疲労照合応力として $\sigma_{ce} = (3/4)\sigma_c$ を用い、 $\sigma_{c \max} \sigma_{c \min}$ にはひび割れ断面を仮定して弾性計算で算定される上・下荷重作用時のコンクリート上縁応力を用いている。

図4は土木学会の考え方に基づくコンクリート照合応力比とはりの疲労寿命の実験値を示し、また、図中には各はりにおける疲労寿命の予測値も示している。図より、実験値の傾きは予測値よりも大きく、長寿命域で危険側に予測されていることがわかる。

そこで、土木学会の考え方の代わりに、式(2)の非線形の応力～ひずみ関係式を導入し、その圧縮合力位置のコンクリート応力を照合応力比として採用した場合の結果を図5に示す。

$$\sigma'_c(\varepsilon'_c) = f'_c \left\{ 2(\varepsilon'_c / \varepsilon'_0) - (\varepsilon'_c / \varepsilon'_0)^2 \right\} \quad (2)$$

ここに、 ε'_0 は最大応力時ひずみ(=0.002)。

図より予測値は一部の単鉄筋はりの長寿命域及び複鉄筋はりで危険側の評価をしているものの、実験値と予測値は傾きを含めかなり良く一致している。

4. まとめ

1) 湿潤環境における RC はりの疲労破壊に至るまでのコンクリート上縁及び主鉄筋ひずみは単・複鉄筋とも載荷回数に伴い増加し、どちらのはりに関しても平面保持の仮定が成立する。また中立軸の位置は単・複鉄筋ともに載荷初期から破壊近傍にかけて、一定もしくは小さく上昇する。

2) 湿潤環境における RC はりの疲労寿命予測手法として、土木学会の考え方の方法よりも、非線形応力ひずみ関係を導入し、疲労照合応力を採用する方がより精度の高い疲労寿命予測が可能である。

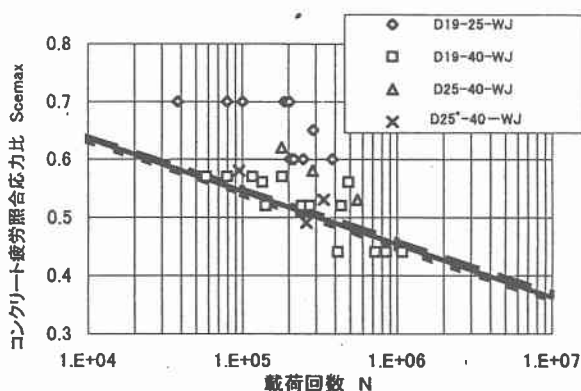


図4 $S_{ce \max} \sim N$ 関係(土木学会の考え方)

