

V - 356

供用後35年経過した異径鉄筋の疲労強度

開発土木研究所 正員 山内 敏夫 開発土木研究所 正員 西 弘明
 開発土木研究所 正員 佐藤 京 開発土木研究所 正員 中野 修

1. はじめに

北海道富良野市に昭和33年に架設された布部大橋は、供用後35年経過しているが、架設当時より桁側面などにクラックの発生が見られたので、1961年以降、数次にわたりコンクリートの耐久性等の調査を実施してきている。今回、本橋の余寿命予測を行うにあたり、せん断力を受け持つスターラップ筋の疲労強度の確認が必要と考え、本橋に使用していた高強度異形鉄筋(SSD49,D16)の引張試験および疲労強度試験を実施したので報告する。

2. 引張試験

スターラップ筋より取りだした3本の試験片での引張試験の結果は、引張強さ 53.5 kgf/mm^2 、降伏点 33.1 kgf/mm^2 、伸び 20.4%であった。これは、当時におけるSSD49の機械的性質を満足するとともに、現行のSD295B以上の規格値を満足するものであった。なお、この鉄筋の化学的成分試験も行ったところ、炭素(C)だけがSD295B の上限値を越えており、SD295Bより規格のゆるやかなSD295Aの規格の範疇にあることが分かった。この結果、SSD49は、現在の異径鉄筋ではSD295Aに相当することが判明した。

3. 疲労試験

スターラップ筋に使用している異径鉄筋の疲労試験を実施するにあたり、異形鉄筋は繰り返し荷重により、表面ふし部分に応力集中が生じ、そのふし部で破断するので、余寿命予測のためには鉄筋素材のままで疲労強度を把握することが必要である。

(1) 試験機

疲労試験機は、写真-1に示している、最大荷重10tf、最大振動数30Hzの油圧サーボ式疲労試験機(ST-10)を使用した。

(2) 供試体作成

供試体の作成には、河合等⁽¹⁾の研究を参考にし、供試体の長さを試験機の構造より可能な限り長くする事で80cmとした。供試体を直接つかむとつかみ部分に応力集中が生じるので、つかみ部の補強が必要と判断し、供試体の上下両端各20cmを図-1のように構造的に補強した。その構造は、アルミパイプで補強し、エポキシ樹脂系接着剤(テクノダインSA No5, 2液混合タイプ)を充填した後、約3~4tonで加圧を行いつかみ部を楕円状に圧着させるものである。供試体完成状況を写真-2に示した。

(3) 試験荷重

試験荷重は、応力換算で下限応力を 2.5 kgf/mm^2 の一定とし、上限応力については、鉄筋引張強度の約 30~60% ($16 \sim 32 \text{ kgf/mm}^2$) の範囲になるようにさせた。載荷振動数については10Hzで行った。

(4) 疲労試験結果

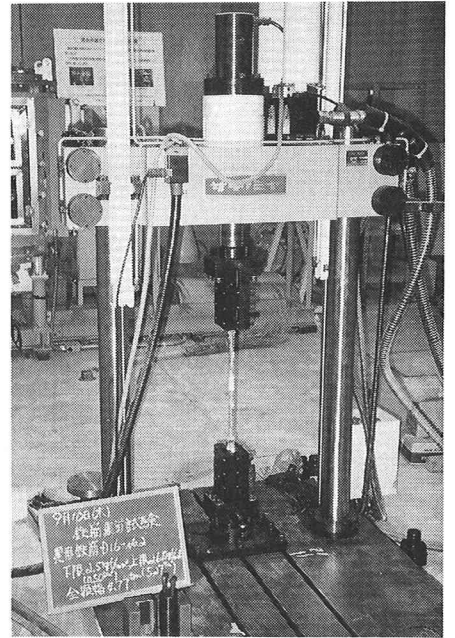


写真-1 油圧サーボ式疲労試験機

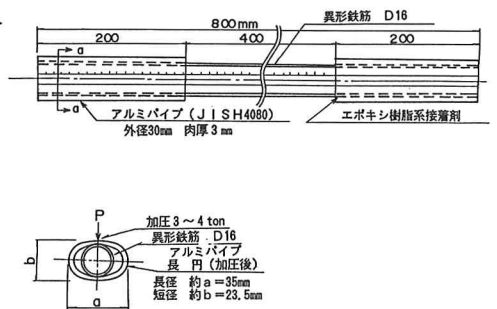


図-1 疲労試験用供試体

供試体9本の試験結果を示したのが表-1であり、図-2にその結果をS-N曲線として示してある。あわせて「コンクリート標準示方書（平成3年）」の疲労強度に関する下記の式(1)より求めた結果も図-2に点線で示してある。

$$f_{srd}=1900(10^{\alpha}/N^k)(1-\sigma_{sp}/f_{ud})/\gamma_s \quad (\text{kgf/cm}^2) \quad (1)$$

ここで、 $N \leq 2 \times 10^6$ 、 f_{ud} ：鉄筋の設計引張強度、 γ_s ：鉄筋の材料係数（一般に1.05）、 $\alpha = k_0(0.82 - 0.003 \phi)$ 、 $k = 0.12$ 、 ϕ ：鉄筋直径(mm)、 k_0 ：鉄筋のふしの形状に関する係数（一般に1.0）である。実験値の疲労破断回数は No.1（応力の範囲32.0kgf/mm²で繰返し回数が52,900回）と No.7（17.0kgf/mm²、1,253,800回）を結んだ直線上にきれいにならんでいた。それを回帰式で表すと、

$$f_{sr}=82.5-4.6\ln(N) \quad (2)$$

になった。200万回を疲労限度と考えた場合には、No.8（16.5 kgf/mm²、325 万回）とNo.9（16.0 kgf/mm²、308 万回）の2本がこれを越えていた。

実験式より求めた値を土木学会の計算式と比較すると、繰返し回数10万回では約7%大きく、100万回では約13%小さかった。なお、土木学会式の適用上限である繰返し回数 200 万回の疲労強度は、19 kgf/mm²となっているが、今回の結果は、それより小さい16.5kg/mm²となった。繰返し回数10万回の場合に、応力が土木学会の計算値に対して大きくなっているが、これは、強度に相関関係のある炭素量が現行の基準より大きかったためと思われる。また、繰返し回数100万回の場合に、応力が土木学会の計算値を下まわったのは、当時の規準で製造された鉄筋表面のふしの形状が現行の異形鉄筋に比較して付け根部分での丸みがないため、ふし部分に応力集中が生じやすいために、35年に渡る交通荷重による交番荷重が作用したためと考えられる。

4. まとめ

今回の一連の試験より、その結果をまとめると

- 1) SSD49は、現在の異径鉄筋ではSD295Aに相当することが判明した。
- 2) 鉄筋疲労の繰返し応力と繰返し回数には強い相関が見られ、それらを数式で表すと(2)式になった。
- 3) 実験結果より疲労限度は16.5kgf/mm²であった。

<<参考文献>>

- 1) 河合紘茲，堺 毅，：異形鉄筋の引張疲労試験に於ける摺み部補強方法に関する研究，土木学会 第39回年次学術講演会（昭和59年）1984年

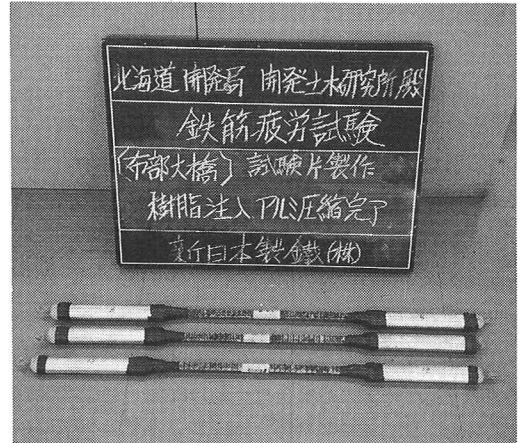


写真-2 疲労試験用供試体

表-1 疲労試験結果

試験片	応力の範囲 (kgf/mm ²)	繰返し回数 N (回)	破断 有・無
N0.1	32.0	52,900	有
N0.2	30.0	74,600	有
N0.3	28.0	136,000	有
N0.4	24.0	363,000	有
N0.5	20.0	769,300	有
N0.6	18.0	1,024,700	有
N0.7	17.0	1,253,800	有
N0.8	16.5	3,254,000	無
N0.9	16.0	3,084,700	無

片振幅で下限値は 2.5kgf/mm²

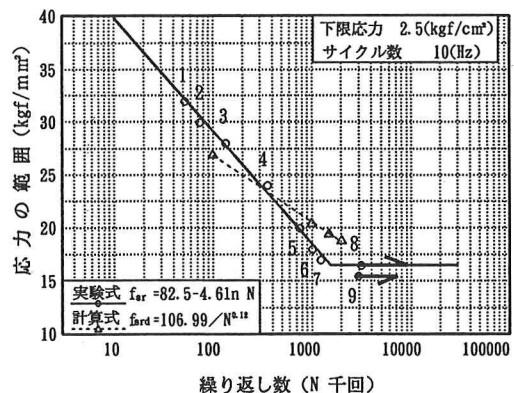


図-2 S-N曲線図