

大林道路㈱ 正会員 ○岡分修一  
東大 生研 正会員 小林一輔  
大林道路㈱ 正会員 伊吹山四郎

## 1. はしがき

鋼繊維補強コンクリートに関する基礎的研究ならびに試験施工がその実用化のために活発に実施されている。一般に構造物には外荷重や温度、湿度により応力がくり返し作用し、その設計では材料の疲労を合理的に加味しなければならない。しかしながら鋼繊維補強コンクリートの疲労特性に関する報告は極めて少ないのが現状で、それを明らかにするのは意味あることと思われる。本報告は、鋼繊維補強コンクリートの曲げ疲労について粗骨材最大寸法と繊維混入量を要因として取り上げ、疲労寿命ならびに破壊の状況について実験、観測した結果をまとめたものである。

## 2. 実験概要

実験に用いた諸材料は細骨材が川砂、粗骨材が最大寸法10および25mmの碎石、セメントが普通ポルトランドセメントそして鋼繊維が0.5×0.5×30mmのせん断品である。鋼繊維補強コンクリートの配合は表-1に示すとおりとし、材料の練り混ぜは強制練りミキサ(容量100L)を用いた。鋼繊維はコンクリートとした時点から手でほぐしながら150秒間で全量投入した。実験に用いた供試体は寸法10×10×40cmの梁状供試体である。供試体は成形28日まで水中で養生し、それ以後は試験に供されるまで20±3℃の室内に置いた。試験供試体は十分に強度を安定させるために150日以上を基準とした。疲労試験機は容量5tonのクローズドループ電気油圧式試験機で、試験はスパン30cmの3等分点載荷により実施した。くり返し荷重の形は正弦波形で、その速度は300cpmである。供試体に負荷する下限値はすべて100kgの一  
一定とし上限値は鋼繊維補強コンクリートの静的強度に対する割合で選定した。一部の供試体には梁高さの4/5および5/6ならびに底面中央と上面中央にひずみゲージを貼付けて供試体の動向を観察した。

表-1 鋼繊維補強コンクリートの配合

| 粗骨材<br>最大寸法<br>(mm) | スランプ<br>(cm) | 水セメント比<br>W/C<br>(%) | 細骨材率<br>g/c<br>(%) | 鋼繊維量<br>(vol %) | 単 位 量 (kg/m <sup>3</sup> ) |     |      |     |       |       |
|---------------------|--------------|----------------------|--------------------|-----------------|----------------------------|-----|------|-----|-------|-------|
|                     |              |                      |                    |                 | W                          | C   | S    | G   | 鋼繊維   | 混和剤   |
| 10                  | 5±1          | 45                   | 60                 | 0               | 189                        | 420 | 1023 | 695 | 0     | 0.840 |
| 10                  | "            | "                    | "                  | 0.8             | 195                        | 433 | 1008 | 685 | 62.8  | 0.866 |
| 10                  | "            | "                    | "                  | 2.0             | 209                        | 464 | 970  | 659 | 157.0 | 0.928 |
| 25                  | "            | "                    | "                  | 0               | 181                        | 402 | 1045 | 710 | 0     | 0.804 |
| 25                  | "            | "                    | "                  | 0.8             | 188                        | 418 | 1026 | 697 | 62.8  | 0.836 |
| 25                  | "            | "                    | "                  | 2.0             | 204                        | 453 | 984  | 668 | 157.0 | 0.906 |

## 3. 実験結果と考察

(1) 静的強度試験 鋼繊維補強コンクリートの曲げ疲労試験では各応力レベルについて6~9ヶの供試体を試験に供することにした。このため各配合とも3回に分けて必要な数量の供試体を作製したので、静的強度のばらつきは上限荷重の選定に大きく影響することが予想された。従って鋼繊維補強コンクリートの静的強度を決定するために、各バッチ、各作製日ごとの曲げ強度を分散分析によって検定した。分散分析の例と静的強度は表-2および3に示すとおりで、27ヶの供試体による標準偏差および変動係数も併せて表-3に示している。強度の分散分析の結果はいずれも5%の危険率で差が認められず、変動係数は繊維混入率が2%程度となるとかなり大きなものになっている。

表-2 分散分析表 (最大寸法10mm 鋼繊維量20%)

| 要 因  | 平方和     | 自由度 | 不偏分散  | 不偏分散比                               | 判定基準                             |
|------|---------|-----|-------|-------------------------------------|----------------------------------|
| バッチ間 | 381.13  | 8   | 47.64 | F = $\frac{47.64}{73.31}$<br>= 0.65 | F <sub>05</sub> (8,18)<br>= 2.51 |
| 誤 差  | 1319.67 | 18  | 73.31 |                                     |                                  |
| 計 数  | 1700.80 | 26  |       |                                     |                                  |

表-3 静的強度、標準偏差、変動係数

| 記 号    | 骨材最大寸法<br>(mm) | 鋼繊維量<br>(vol. %) | 静的強度<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | 標準偏差<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | 変動係数<br>(%) |
|--------|----------------|------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------|
| 10-0   | 10             | 0                | 73.3                          | 3.5                           | 4.8         |
| 10-0.8 | "              | 0.8              | 87.5                          | 3.1                           | 3.5         |
| 10-2.0 | "              | 2.0              | 104.1                         | 8.1                           | 7.8         |
| 25-0   | 25             | 0                | 72.8                          | 5.5                           | 7.6         |
| 25-0.8 | "              | 0.8              | 72.7                          | 5.4                           | 7.4         |
| 25-2.0 | "              | 2.0              | 99.5                          | 15.0                          | 15.1        |

(2). 疲労試験；一般に同一条件のもとで実施した疲労試験においても、疲労寿命は大きくばらつくことが知られている。鋼繊維補強コンクリートでは既往の研究や表-3に示すように曲げ強度のばらつきが大きくなっており、当然鋼繊維混入の影響が疲労寿命にも大きく影響すると考えられた。疲労寿命の平均は生存確率(P)とくり返し回数(N)との関係から求めることとし、実験より求めたPとNを図-1に示すような正規対数確率紙上にプロットした。鋼繊維補強コンクリートのPとNの関係は図-1よりほぼ直線で表わすことができ、各上限応力についての疲労寿命の平均は回帰直線の50%の点のくり返し回数として得た。供試体に負荷した上限応力(σ)と寿命の関係は図-2のようである。図より明らかなようにσ-N線は本実験の範囲では直線とみなすことができ、鋼繊維の増加と粗骨材最大寸法の減少により時間強度も増大する。図-2の上限応力は一般に静的強度との応力比(S)として表わされている。図-3はS-Nの関係を示しており、このような表現に従うと時間強度は鋼繊維の増加とともに減少することになる。これは静的強度として最大荷重に達した点の強度を採用したからで、図-4に示す曲げ強度試験の際の応力-ひずみ線図に表われている第2折点を採用すれば、図-3に併せて示すように鋼繊維の増加とともに時間強度も増加する。図-4の第2折点は普通コンクリート、鋼繊維補強コンクリートとも小さなクラックが生じ始める点と予想され、普通コンクリートと鋼繊維補強コンクリートの相関は図-5に示すように明確になっている。図-5は供試体に貼付けたひずみゲージの破壊時にクラックが生じたとして、底面にクラックが生じてから供試体が破断するまでのくり返し回数を調べたものである。普通コンクリートでは上限応力により多少の違いはあるものの、底面に生じたクラックはまたたく間に供試体を貫通する。鋼繊維補強コンクリートでは鋼繊維のクラックアレスタの効果が見られ、繊維量2%の場合、底面に生じたクラックは供試体高さの左を通過するまで比較的中たやかに成長する。またクラックは最初に生じたものが順調に成長するとは限らず、後に発生したクラックの成長により供試体が破断する場合もあった。これらのことはクラックの成長、伝播に必要なひずみエネルギーが鋼繊維の存在により大きくなり、また必要なエネルギーに達するまでに他の場所でクラックが形成される場合もあるからであろう。

なお本研究は著者の一人が昭和51年度吉田研究奨励金を授与されて実施したものである。ここに明記して厚くお礼申し上げます。

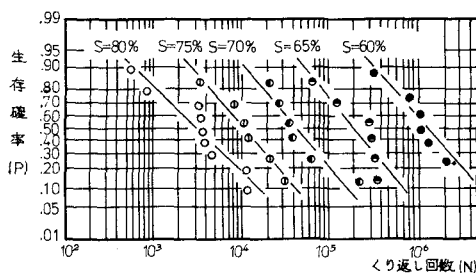


図-1 P-N曲線 (最大寸法 鋼繊維量 10 mm)

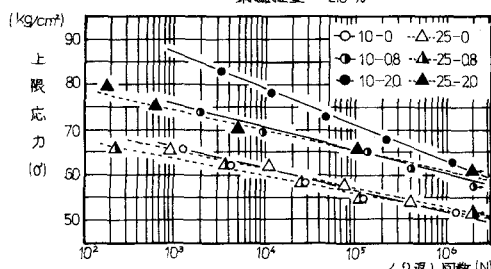


図-2 σ-N曲線

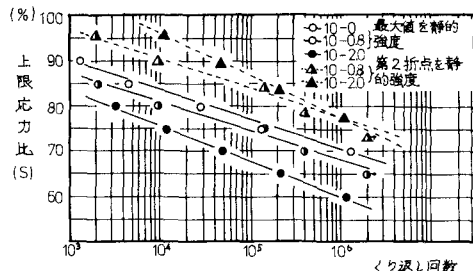


図-3 S-N曲線 (最大寸法 10 mm)

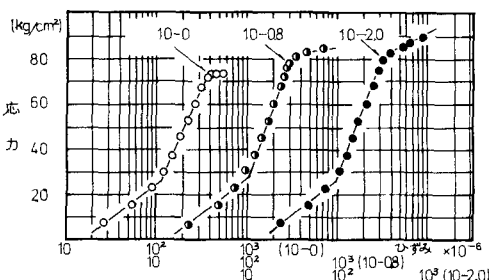


図-4 応力-ひずみ線図

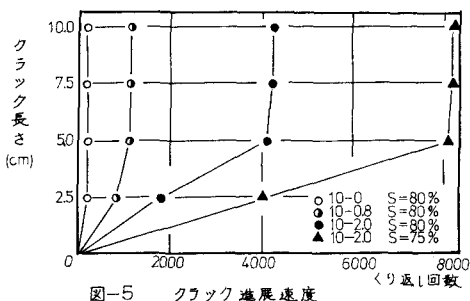


図-5 クラック進展速度