

中部工業大学

正 員

平澤 征夫

正 員

愛知 五男

学生員

〇 杉田 朗

1. まえがき 本報告では、複合材料としての鉄筋コンクリートの力学的挙動に関する基礎的研究の一つとして上界荷重が最大強度の80%以上の時の定荷重高応力繰返し载荷を受ける柱および梁の挙動を調べた結果について述べる。この前刷りでは、主として、柱の試験結果について述べる。

2. 実験方法 (本実験の概要を表1, 2に示す。) 2.1) 供試体の形状・製作; 柱の形状は図1に示す。配合は、柱、梁共に一種類の同一のものと使用した(表3)。骨材は、木曽川産の砂利を用い、柱、梁の主鉄筋はD10, D16を使用した。また、柱、梁の主鉄筋比は各々0.0127, 0.0126であった。供試体は、柱・梁共に材令3日目に脱型後、室内養生を行った。载荷試験は、柱は材令28~31日目に、梁は材令29~30日目に実施した。2.2) 载荷および測定方法; 供試体の载荷には、柱・梁共に、300-100Ton構造物試験機を用い、以下に述べる载荷方法で実験した。柱の場合、(1)静的圧縮および引張载荷; 载荷軸方向ひずみを単調に増加させ、荷重(P)-ひずみ(E) (以下、P-Eと略記)を測定し、最大荷重を求めた。(2)圧縮および引張り繰返し载荷; 上界荷重を一定(1)の試験で得られた静的最大荷重の80, 85, 90%)として、下界荷重(圧縮5.0Ton, 引張-1.0Ton)として载荷・除荷を繰返した。(3)両振り繰返し载荷; 静的圧縮最大荷重の80, 85, 90%を上界荷重とし、下界応力を静的引張最大荷重の80, 85, 90%として、繰返し载荷を行なった。梁の場合も柱と同様な载荷方法とした。なお、繰返しの一周期を片振りの時2分±10秒、両振りの時3分±10秒とした。また、(2)(3)の繰返し目標回数は100回とし、100回繰返しを行なって供試体が破壊しない時には101サイクル目で破壊に至るまで载荷を行なった。

3. 実験結果とその考察 3.1) 図2・3の説明; 各々の図(a)は、圧縮(又は、引張)繰返し载荷のP-E曲線を示し、図中のA-A線は下界荷重、B-B線は(上界荷重+下界荷重)/2の荷重(以下、中間荷重と呼ぶ)、C-C線は上界荷重を示す。図(b)は、上界、中間、下界荷重の各々のEと繰返し回数(N)との関係を示す。図(c)は、静的载荷と100回繰返した後破壊まで载荷する101サイクル目のP-E関係を示す。図(d)は、各々の繰返しサイクル時の傾き(弾性係数 $= (Q_c - Q_0) / (E_c - E_0)$ )の変化を示す。以下、三荷重レベル(80, 85, 90%)の比較検討を行なう。3.2) 柱の圧縮繰返し試験結果; 図2(a)は85%のP-E関係を示す。図(b)の上界荷重のE-N曲線を見ると、80, 90%は40サイクル付近から定常状態になっているが、85%のEは、Nが大になるに従って80%の曲線の領域から90%の曲線領域の方に移動して約100サイクル付近でEがほぼ90%と等しくなる。中間荷重のE-N曲線は、各荷重レベル二本ずつあるが、上方のが载荷時の、下方のが除荷時のE-N曲線である。図より10サイクル付近以後から、80, 85, 90%各々の中間荷重の载荷時と除荷時のEの差の変化がほとんどなく、80, 85, 90%各々の5サイクル以後のEの差を平均すると、

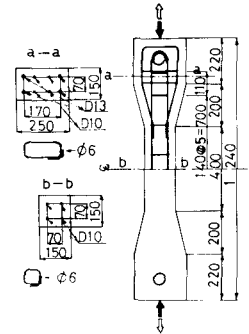


図1. 柱の形状

表1. 梁の実験概要および諸強度

| シリアル<br>番号 | 供試体記号  | 载荷方法   | A 静的試験<br>強度 (Ton) | B 試験後の<br>強度 (Ton) | B/A  |
|------------|--------|--------|--------------------|--------------------|------|
| 80%        | B-C-01 | 静的圧縮   | 7.30               | —                  | —    |
|            | B-C-80 | 圧縮繰返し  | —                  | 7.00               | 0.96 |
|            | B-W-80 | 両振り繰返し | —                  | 70%以下で破壊           | —    |
| 85%        | B-C-02 | 静的引張   | 6.90               | —                  | —    |
|            | B-C-85 | 圧縮繰返し  | —                  | 6.10               | 0.88 |
|            | B-W-85 | 両振り繰返し | —                  | 78%以下で破壊           | —    |
| 90%        | B-C-03 | 静的引張   | 6.70               | —                  | —    |
|            | B-C-90 | 圧縮繰返し  | —                  | 57%以下で破壊           | —    |
|            | B-W-90 | 両振り繰返し | —                  | 51%以下で破壊           | —    |

表2. 柱の実験概要および諸強度

| シリアル<br>番号        | 供試体記号  | 载荷方法   | A 静的試験<br>強度 (Ton) | B 試験後の<br>強度 (Ton) | B/A  |
|-------------------|--------|--------|--------------------|--------------------|------|
| 圧縮<br>シリアル<br>番号  | C-C-01 | 静的圧縮   | 83.8               | —                  | —    |
|                   | C-C-02 | 静的引張   | 85.5               | —                  | —    |
|                   | C-C-80 | 圧縮繰返し  | —                  | 100.0              | 1.18 |
|                   | C-C-85 | 圧縮繰返し  | —                  | 89.7               | 1.06 |
|                   | C-C-90 | 圧縮繰返し  | —                  | 99.0               | 1.17 |
| 引張<br>シリアル<br>番号  | C-T-01 | 静的引張   | 15.0               | —                  | —    |
|                   | C-T-02 | 静的圧縮   | 15.5               | —                  | —    |
|                   | C-T-80 | 引張繰返し  | —                  | 15.5               | 1.02 |
|                   | C-T-85 | 引張繰返し  | —                  | 15.4               | 1.01 |
|                   | C-T-90 | 引張繰返し  | —                  | 15.6               | 1.02 |
| 両振り<br>シリアル<br>番号 | C-W-01 | 静的圧縮   | 98.0               | —                  | —    |
|                   | C-W-02 | 静的引張   | 99.5               | —                  | —    |
|                   | C-W-03 | 静的引張   | 16.2               | —                  | —    |
|                   | C-W-80 | 両振り繰返し | —                  | 6.5                | —    |
|                   | C-W-85 | 両振り繰返し | —                  | —                  | —    |
|                   | C-W-90 | 両振り繰返し | —                  | 2.0                | —    |

表3. コンクリートの示方配合

| 粗骨材<br>の最大寸法<br>(mm) | スランプ<br>S (cm) | 空気量<br>A (%) | 水セメント比<br>W/C (%) | 細骨材<br>率 S/a (%) | 単位量 (kg/m³) |      |     |      |
|----------------------|----------------|--------------|-------------------|------------------|-------------|------|-----|------|
|                      |                |              |                   |                  | 水           | セメント | 粗骨材 | 粗骨材  |
|                      |                |              |                   |                  | W           | C    | S   | G    |
| 20                   | 7±1            | 15±1         | 47                | 44               | 185         | 394  | 757 | 1001 |

36.8, 38.8, 39.4  $\times 10^6$  となり、このことから、上界荷重レベルが大きければ P- $\epsilon$  線図の各サイクルの履歴曲線の幅（及び、面積）が大きくなると言える。図(c)から、80, 85, 90% 各々、100 回繰返した後の P- $\epsilon$  曲線は三曲線ともに類似している。

単純静的圧縮載荷と、それら三曲線との P- $\epsilon$  曲線を 85 Ton までの曲線で囲まれた面積を比べると約 1:0.8 であった。また、繰返し試験後の強度を表 2 から検討すると、単純静的載荷に比べて 6~18% の強度の増加が見られた。図(d)から、80, 85% 各々の 10 サイクル、3 サイクルから弾性係数の低下が見られるが、90% では、上界荷重時のひずみと下界時のひずみの増加がほぼ同程度の準安定な領域に達しているものと思われ、弾性係数の低下は見られない。以上の試験結果を総括すると、強度的には、単純静的載荷と比べて、幾分高いが、靱性という面からは、80, 85, 90% 共に、同程度に低下している。剛性という面からは、80%, 85% では、荷重レベルと N に対応して 85% の方が低い。90% は、残留ひずみと、上界ひずみの増加が同程度になって結果的に定常状態になっている。

3.3) 柱の引張繰返し試験結果：図 3(a) は、85% の P- $\epsilon$  関係を示す。図(b)から、下界荷重時の  $\epsilon$  の進行状況とみると、80, 85% 各々 10 サイクル目と 2 サイクル目の  $\epsilon$  の量と比較すれば、0.70, 0.85 となり 1 サイクル目で試験全過程に蓄積する  $\epsilon$  の大半を生じ、90% では、80, 85% と同じく 1 サイクル目で大半の残留ひずみを生じるが、20 サイクル以後から、 $\epsilon$  の増加が、上界、中間、下界荷重、共に、N の増加と比例して増加する。80, 85% では、各々 40, 20 サイクルで、上界、中間、下界荷重時の  $\epsilon$  の増加がほぼ止まり定常状態になる。図(c)から、101 サイクル目の 80, 85, 90% の曲線を見ると、各々の上界荷重以下では  $\epsilon$  の目立った増加はなく、上界荷重を越えた時点で始めて  $\epsilon$  の変化が生じ、単純静的試験と比べて破壊が約 50% 程度  $\epsilon$  が小さい時点で始まる。また、単純静的試験に対する 101 サイクル目の P- $\epsilon$  曲線の面積 (15 Ton 迄) を比べると、80%  $\rightarrow$  0.26, 85%  $\rightarrow$  0.18, 90%  $\rightarrow$  0.13 とあり上界荷重が大きければ、靱性が低下することがわかる。また、破壊性状は、80, 85, 90% 共に、1 サイクル目の載荷過程で、ほぼコンクリートと鉄筋の付着が

切れ 2 サイクル目からは、鉄筋のみで引張力に抵抗しているようである。3.4) 柱の両振り試験結果：図 4 に示すように、80, 85, 90% 各々、2 サイクル目の圧縮過程の初期に破壊した。破壊過程を見ると、1 サイクル目の引張過程でコンクリートと鉄筋の付着が切れて、2 サイクル目の圧縮過程の初期段階で鉄筋が座屈するように折れ曲り、同時にコンクリートをはじき飛ばすように供試体の中央部分が破壊した。このように、柱は、圧縮 $\rightarrow$ 引張の繰返し荷重に非常に弱いことがわかる。梁の試験結果は、

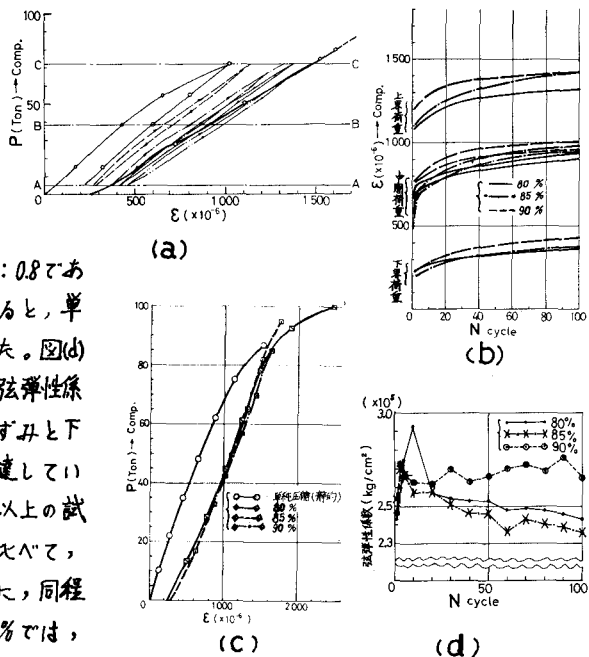


図 2. 柱の圧縮繰返し試験

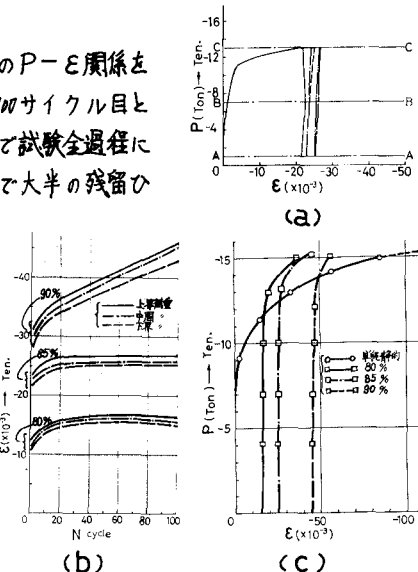


図 3. 柱の引張繰返し試験

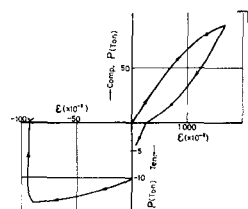


図 4 柱の両振り試験