

荷重分布型伸縮装置を設置した RC はり部材の定点疲労実験における耐疲労性に関する実験研究

日大生産工(院) ○佐々木茂隆 日大生産工 水口和彦 日大名誉教授 阿部忠山王(株) 深水弘一 一般社団法人日本橋梁メンテナンス協会 金子昌明

1. はじめに

現在市販されている伸縮装置の多くは鉄筋を立体状に組み、前面に伸縮材を取り付ける鋼板が溶接されている。この伸縮装置を本論文では荷重支持型伸縮装置とする。取替施工においては旧伸縮装置を撤去し、伸縮装置のアンカー筋を打ち込みして設置することから、新たなクラックの発生が懸念されている。これを抑制し、耐荷力性能の向上を図るために荷重支持型伸縮装置の下面に鋼板を設けた荷重分布型伸縮装置が開発された。

そこで本研究は、既往の荷重支持型伸縮装置を設置した RC はりおよび荷重分布型伸縮装置を設置した RC はりの静荷重実験による耐荷力性能を検証する。また、これらの伸縮装置を設置した RC はりの定点疲労試験を実施し、耐疲労性についても検証を行った。

2. 荷重分布型伸縮装置の概略²⁾

荷重分布型伸縮装置の概略を図-1に示す。荷重分布鋼板上面に骨組鉄筋を溶接し、横方向の鉄筋端部(ジベル筋)と伸縮ゴムを取り付ける鋼製パラペットを溶接した構造である。

実橋梁における設置においては荷重分布鋼板に鉄筋を立体ラーメン構造で組立て、溶接接合する。支持した輪荷重は荷重分布鋼板を介して、既設 RC 床版に分布荷重として作用させ既設部への応力集中を避けることが特徴である。既設部との固定方法については荷重分布鋼板端部の4箇所アンカーボルトを打ち込みボルト締めにより固定する。さらに、4箇所ほどアンカー筋を打ち込んで設置する。なお、本実験供試体は両側のアンカーボルト4箇所のみで設置した。

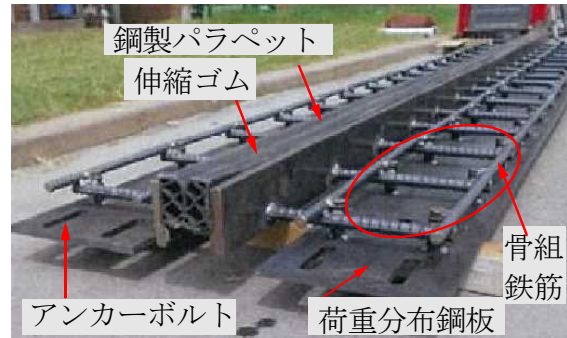


図-1 荷重分布型伸縮装置

3. 伸縮装置の寸法および使用材料

3.1 伸縮装置の概略寸法

本実験では伸縮装置の耐荷力性能の検証を行うことを目的とし、モデル化した RC はりに伸縮装置を設置する。ここで、伸縮装置の断面方向の概略寸法を図-2に示す。荷重支持型伸縮装置については図-2(1)、荷重分布型伸縮装置については図-2(2)とした。

3.2 供試体寸法

供試体の寸法を図-3に示す。

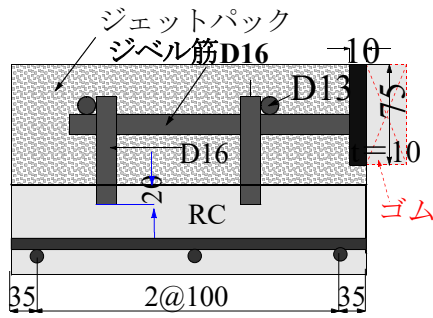
(1) 荷重支持型伸縮装置

荷重支持型伸縮装置を設置する供試体の寸法は図-3(1)に示すように、鉄筋を引張側のみに配置する単鉄筋配置として既設 RC はりの厚さを100mmとし、その上に伸縮装置を設置し一体化した。よって、一体化後の供試体寸法は高さ200mm、幅270mm、長さ2,200mmである。また、荷重支持型伸縮装置の寸法は図-3(1)に示すようにアンカー筋を200mm×200mm間隔で立体ラーメン構造に組立て、縦筋22箇所を既設 RC はりに20mm挿入させる構造である。水平方向の鉄筋にはD16のジベル筋を用いて、鋼製パラペットと溶接する。この供試体の名称をRC-S-A

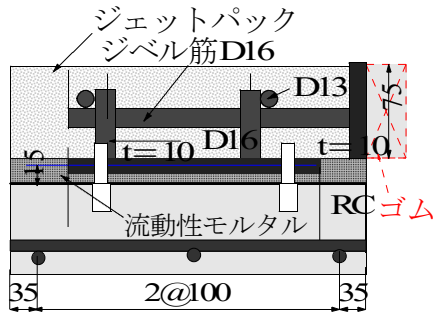
Study on fatigue resistance of RC beam member with expansion joint of load distribution type installed under static cyclic fatigue experiment

by

Shigetaka SASAKI, Kazuhiko MINAKUCHI, Tadashi ABE, Kouichi HUKAMI and Masaaki KANEKO

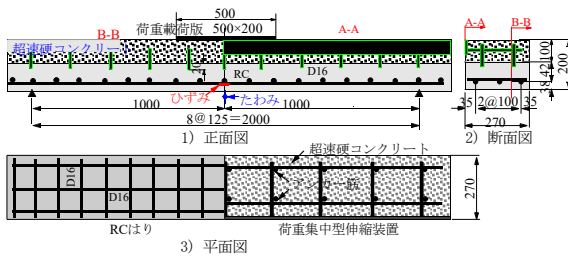


(1) 荷重支持型伸縮装置

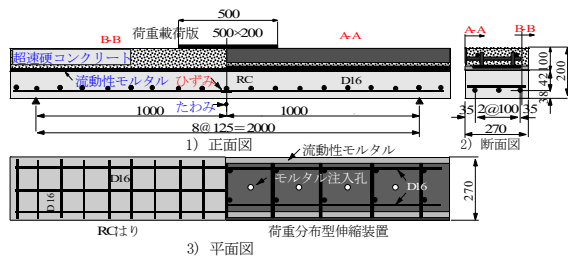


(2) 荷重分布型伸縮装置

図-2 伸縮装置設置寸法



(1) 荷重支持型伸縮装置



(2) 荷重分布型伸縮装置

図-3 供試体寸法および配置寸法

とする。

(2) 荷重分布型伸縮装置

荷重分布型伸縮装置を設置した供試体の寸法を図-3(2)に示す。外径寸法は供試体 RC-S-A と同様とする。また、荷重分布型伸縮装置の設置は、設置固定用のアンカーボルトを用いて荷重分布鋼板の端部 4 点を固定した。なお、供試体の名称は RC-S-B とする。

表-1 コンクリートおよび鉄筋の材料特性値

| 供試体 | コンクリート 圧縮強度 (N/mm ²) | 鉄筋 (SD345) | | | |
|------|--|------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------------|
| | | 使用鉄筋 | 降伏強度 (N/mm ²) | 引張強度 (N/mm ²) | ヤング係数 (kN/mm ²) |
| RCはり | 36.3 | D16 | 360 | 496 | 200 |

表-2 伸縮装置に用いた材料の特性値

| 材料 | 降伏強度 (N/mm ²) | 引張強度 (N/mm ²) | ヤング係数 (kN/mm ²) |
|--------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------------|
| 一般鋼板(SS400) | 305 | 445 | 200 |
| ジベル筋 | 388 | 516 | 200 |
| 鉄筋D16(SD345) | 401 | 574 | 200 |
| 鉄筋D13(SD345) | 389 | 592 | 200 |

3.3 供試体材料

(1) RCはりの使用材料

伸縮装置を設置する RC はりのコンクリートには、普通セメントと 5mm 以下の砕砂および 5mm ~ 20mm の砕石を使用した。コンクリートの設計基準強度は、道路橋示方書・同解説（以下、道示とする）³⁾に規定する 24N/mm² を目標とした。次に、供試体の鉄筋には SD345, D16 を用いる。コンクリートの圧縮強度および鉄筋の材料特性値を表-1に示す。なお、鉄筋はミルシートの結果である。材齢 28 日でのコンクリートの圧縮強度は 36.3N/mm² である。

(2) 伸縮装置に用いる鋼材

荷重支持型伸縮装置の鋼板パラペットには一般鋼板(SS400)を用い、厚さ 10mm とする。また、パラペットに SD345, D16 のジベル筋と D16 および D13 の鉄筋を用いて立体ラーメン構造とし、各交差部等は全て溶接接合とする。ここで、鋼板および鉄筋の材料特性値を表-2に示す。また、荷重分布型伸縮装置の鋼板パラペットおよび荷重分布板には SS400, 厚さ 10mm の一般鋼板を用いた。骨組鉄筋については、荷重支持型伸縮装置と同様であり、材料特性値を表-2に併記した。

(3) 伸縮装置の施工に用いる材料

荷重支持型伸縮装置の設置寸法は厚さ 100mm であり、コンクリートには、材齢 3 時間で道示に規定するコンクリートの設計基準強度 24N/mm² 以上が発現可能な超速硬コンクリートを用いた。本実験供試体には、一般的に市販されている超速硬セメントに骨材が配合されたプレミックス材を用いる。ここで、実験に用いた

表-3 超速硬コンクリートの配合

| 練上り量 (25リットル) | | |
|---------------|-------|-----------|
| セメント・骨材 | 粗骨材 | 水・減水剤・遅延材 |
| 30 kg | 25 kg | 4.0 kg |

表-4 流動性モルタルの配合条件

| 水材料比 | 練上り量 (約13.5リットル) | |
|------|------------------|-----|
| | プレミックス | 水 |
| 18 | 25kg | 4.8 |

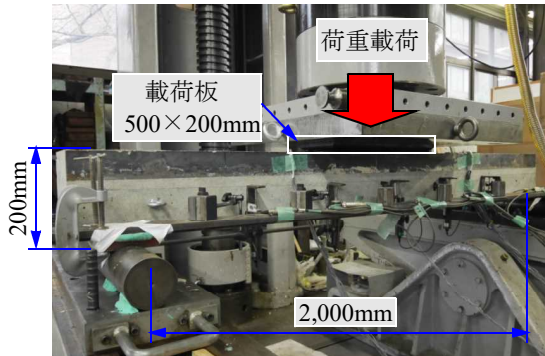


図-4 静荷重実験

超速硬コンクリートの示方配合を表-3に示す。なお材齢 3 時間での発現強度は 25.4N/mm^2 、24 時間では 51.9N/mm^2 である。

次に、荷重分布型伸縮装置は、図-2(2)に示すように、コンクリート表面から 10mm の位置にされることから、隙間 10mm および鋼板の表面までは市販の流動性モルタルを用いる。ここで、流動性モルタルの示方配合を表-4に示す。水量は、気温により流動性モルタル 25kg に対して 4.1 ~ 4.8kg の範囲とされており、本実験では流動性を考慮して 4.8kg で配合した。ここで、圧縮強度の発現状況は材齢 1 時間では 7.7N/mm^2 、材齢 3 時間では 26.8N/mm^2 である。また、高さ 80mm の範囲には、表-3に示す超速硬コンクリートを用いる。

4. 静荷重実験

静荷重実験は、道示の基準に準拠した荷重状態を再現するために、輪荷重の設置面 $500\text{mm}\times 200\text{mm}$ の載荷板を設けた。ここで、実験状況を図-4に示す。

各供試体の荷重載荷位置は図-3および図-6に示すように RC はりの支間中央に載荷版を設置し、荷重載荷を行う。荷重条件は 0kN から 20kN まで載荷し、その後、荷重 5kN まで除荷して残

表-5 最大耐荷力および破壊モード

| 供試体 | 最大耐荷力 (kN) | 耐荷力比 B/A | 破壊モード |
|--------|------------|----------|-------|
| RC-S-A | 100.5 | — | 曲げ破壊 |
| RC-S-B | 140.4 | 1.40 | 曲げ破壊 |

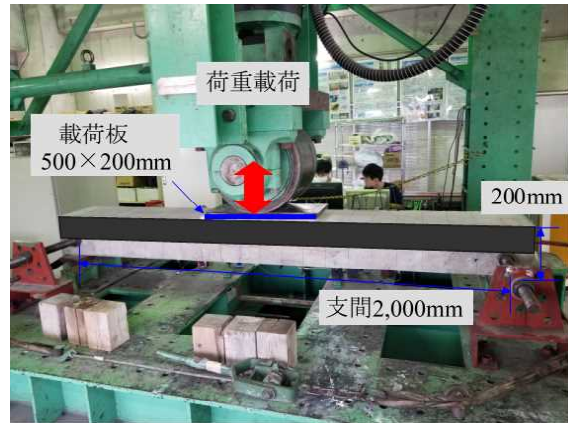


図-5 定点疲労実験

留値を計測する。これを 1 サイクルとして、1 サイクルごとの荷重を 20kN ずつ増加する漸増載荷を行う。

5. 静荷重実験における最大耐荷力

静荷重実験により得た最大耐荷力および破壊モードを表-5に示す。

供試体 RC-S-A の最大耐荷力は 100.5kN であり、破壊モードは曲げ破壊である。次に、供試体 RC-S-B の最大耐荷力は 140.4kN であり、破壊モードは曲げ破壊である。供試体 RC-S-A を基準とした耐荷力比は 1.40 倍と耐荷力が大幅に向上する結果となった。

よって、伸縮装置に荷重分布鋼板を設けることで耐荷力が大幅に向上する結果が得られた。

6. 定点疲労実験

定点疲労実験に用いる供試体は図-3に示すように静荷重実験に用いた供試体と同一寸法であり供試体名称をそれぞれ RC-F-A、RC-F-B とする。定点疲労実験の状況は図-5に示すように、伸縮装置を設置した RC はりの中央に静荷重実験と同様に $500\text{mm}\times 200\text{mm}$ の載荷版を設置して実施する。荷重条件は静荷重実験より得られた供試体 RC-S-A における最大耐荷力の 80%を上限荷重とした。よって、上限荷重を 80kN、下限荷重を 20kN、とした基準荷重 50kN に対して振

表-6 繰り返し回数

| 供試体 | 繰り返し回数 | | |
|--------|---------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| | 基準荷重50kN (最大80kN-最小 20kN) | 基準荷重70kN (最大100kN-最小 40kN) | 基準荷重90kN (最大120kN-最小 60kN) |
| RC-F-A | 12,500回 | — | — |
| RC-F-B | 200,000回 | 200,000回 | 8,566回 |

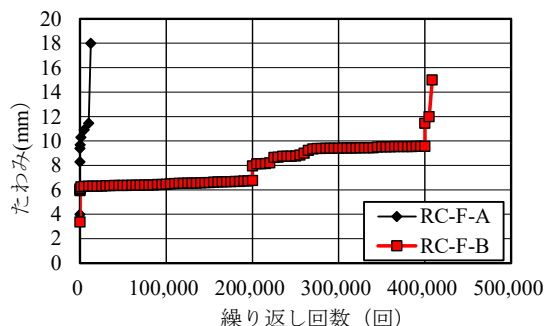


図-6 たわみと繰り返し回数の関係

幅を $\pm 30\text{kN}$ 、周期 2Hz の正弦波片振り荷重とする。また、荷重回数が 20 万回到達ごとに基準荷重を 20kN 増加させ、供試体が破壊に至るまで試験を行う。なお、計測は供試体の支間中央においてたわみを計測した。

7. 定点疲労実験における結果および考察

7.1 繰り返し回数

定点疲労実験において各供試体の破壊に至るまでの繰り返し回数を表-6に示す。

供試体 RC-F-A の破壊回数は、静荷重実験における破壊荷重 100.5kN の 80% である上限荷重 80kN で定点疲労試験を行った結果、繰り返し回数 $12,500$ 回で破壊に至った。

一方、供試体 RC-F-B は上限荷重 120kN 時において繰り返し回数 $8,566$ 回、累計 $408,566$ 回で破壊に至った。

以上より、伸縮装置に荷重分布鋼板を設けることにより耐疲労性についても大幅に向上する結果が得られた。

7.2 たわみと繰り返し回数の関係

定点疲労実験におけるたわみと繰り返し回数の関係を図-6に示す。

供試体 RC-F-A の初期荷重時におけるたわみは 3.98mm 、繰り返し回数 1 回後のたわみは 8.30mm である。その後の繰り返し荷重に伴い、たわみは大きく増加し、繰り返し回数 $10,000$ 回では 11.445mm である。その後の繰り返し荷重からたわみが急激に増加し、繰り返し回数 12500

回でたわみが 17.98mm で破壊に至った。

次に、供試体 RC-F-B の初期荷重時におけるたわみは 3.37mm であり、繰り返し回数 1 回では 5.93mm である。その後の繰り返し荷重においてたわみは緩やかな増加を続け、繰り返し回数 $200,000$ 回後では 6.77mm である。また上限荷重 100kN における繰り返し荷重においてもたわみの増加傾向は緩やかであり $200,000$ 回終了後のたわみは 9.57mm である。

さらに荷重増加した後からたわみの増加傾向は著しくなり、累計繰り返し回数 $408,566$ 回においてたわみ 15.01mm で、破壊に至った。

以上より、伸縮装置に荷重分布鋼板を設けることでたわみの増加が大幅に抑制された。

8. まとめ

- (1) 既設の伸縮装置をモデルとした各伸縮装置を設置した RC はりの静荷重実験による耐荷力比は 1.4 倍と荷重分布鋼板を設けることにより耐荷力は向上した。
- (2) 定点疲労実験において荷重支持型伸縮装置を設置した RC はりは上限荷重 80kN 荷重時において、繰り返し回数 $12,500$ 回で破壊に至った。一方、荷重分布型伸縮装置を設置した RC はりは上限荷重 120kN 荷重時において $8,566$ 回、累計 $408,566$ 回で破壊に至り、伸縮装置に荷重分布鋼板を設けることにより、疲労寿命についても大幅に向上する結果が得られた。
- (3) 定点疲労実験におけるたわみと繰り返し回数の関係においても、荷重分布鋼板を設けたことに伴う剛性差によりたわみの増加傾向に明確な差異がみられた。

参考文献

- 1) 深水弘一：道路橋の伸縮装置及び道路橋伸縮装置の施工方法，特許第 6567920 号，2019.
- 2) 木内彬喬，阿部忠，水口和彦，金子昌明，深水弘一：荷重分布型伸縮継手装置の静荷重実験による耐荷力性能，コンクリート構造物の補修，補強，アップグレード論文報告集，第 20 巻，pp.393-398，2020.10
- 3) 日本道路橋会：道路橋示方書・同解説 I，2012.