

## 論文・報告

## CIPECジョイントの耐久性の検討

## Report on Durability of CIPEC Joint

池 辺 輝 義\*  
Teruyoshi IKEBE富 澤 光 一 郎\*\*  
Koichiro TOMIZAWA前 田 研 一\*\*\*  
Ken-ichi MAEDA町 田 文 孝\*\*\*\*  
Fumitaka MACHIDA柳 澤 則 文\*\*\*\*  
Norifumi YANAGISAWA寺 本 耕 一\*\*\*\*  
Koichi TERAMOTO

The method of evaluating the durability of bridge expansion joints is an major problem for the maintenance of the expansion joints, but at present, the clear method for this evaluation is not determined.

This report is to describe on the test results for confirming the design method, the fatigue characteristics and the try to evaluate the durability, which were carried out for examining the durability of CIPEC joint. From these results, it was confirmed that the loading of the contact pressure of a tire which is the design method of CIPEC joint evaluates justly the actual load action, and the CIPEC joint maintains the sufficient durability under the actual load.

Keywords : CIPEC joint, durability, contact pressure of tire, evaluation of fatigue life, mechanism of wheel load action

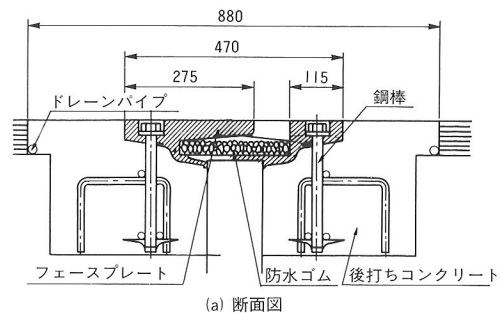
## 1. まえがき

道路橋の伸縮装置は車両荷重を直接、しかも繰り返して受けるという厳しい荷重作用環境下に置かれた部材にもかかわらず、設計上2次部材として取り扱われ、疲労の照査も行われていないのが現状である<sup>1)</sup>。また、伸縮装置への車両荷重の作用機構についても明確にされていない。伸縮装置の設計<sup>2)</sup>では、荷重支持形式の鋼製の伸縮装置のみ輪荷重を集中荷重に置き換えて載荷し、設計することを規定しているが、その他の形式の伸縮装置に対しては明確な設計上の規定が成されていない。このことから伸縮装置の設計や耐久性の評価は、各伸縮装置の製作者側で独自に行っているのが現状である。

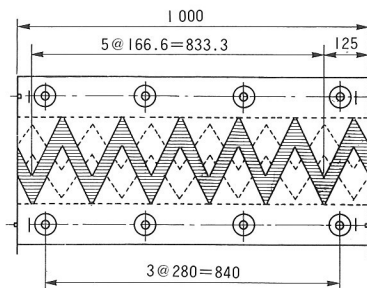
そこで、著者等はフランスから導入した図-1に示すような、アルミ合金鋳物製の本体と防水ゴムから構成され、アンカーとして使用する鋼棒に緊張力(プレストレス)を加え、床版コンクリートに定着する方法を用いているCIPECジョイントの使用に際し、伸縮装置に作用する車両荷重の作用機構に関する調査・実験や耐久性評価のための疲労実験などを実施してきた<sup>3),4)</sup>。

本文は、アンカーとして使用する鋼棒の緊張力の抜け量の計測結果、フェースプレート根元部の残留応力試験結果、CIPECジョイントのフェースプレートの曲げ疲労

試験結果、全体模型定点移動疲労試験結果、実際のトラックのタイヤ接地圧の計測結果、室内における輪荷重移動載荷試験結果およびジョイントの耐久性の評価への試みについて報告するものである<sup>5),6)</sup>。



(a) 断面図



(b) 平面図

図-1 CIPECジョイント(有効伸縮量150mm)一般図

\* (株)総合メンテナンス取締役技術部長 \*\* (株)総合メンテナンス技術部技術課 \*\*\* 川田工業(株)技術本部中央研究室室長  
\*\*\*\* 川田工業(株)技術本部中央研究室

## 2. CIPECジョイントの設計法

CIPECジョイントのフェースプレートの設計では、輪荷重を集中荷重に置き換えてフェースプレート先端に載荷する方法が規定されている鋼製形式の伸縮装置と異なり、車両荷重はタイヤの接地圧として路面や伸縮装置に作用するという考えから、図-2に示すように、輪荷重をタイヤの平均接地圧に置き換え、フェースプレートに分布荷重として載荷する方法を採用している。使用する設計接地圧は、「道路橋示方書」の最大輪荷重8t、衝撃係数1および接地面積 $500 \times 200\text{mm}$ より算出された $16\text{kg/cm}^2$ を用いている。

この設計法により計算された、有効伸縮量50～220mmの各型式ごとの設計応力を表-1に示す。これらの設計応力は表-2に示す材料の許容応力度<sup>7)</sup>を満足している。

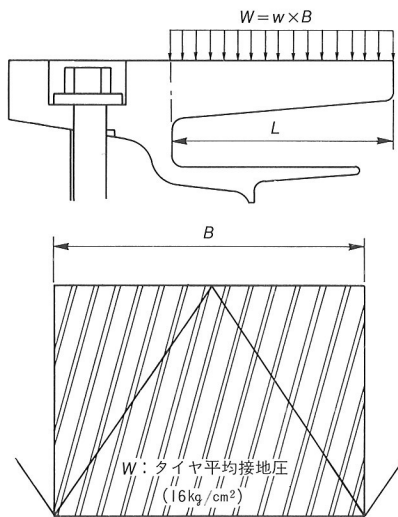


図-2 タイヤ接地圧載荷方法

表-1 設計最大応力

| 型 式       | 設計モーメント (kg・cm) | せん断力 (kg) | 曲げ応力 (kg/cm <sup>2</sup> ) | せん断応力 (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|-----------|-----------------|-----------|----------------------------|-----------------------------|
| 有効伸縮量(mm) |                 |           |                            |                             |
| Wd-60     | 50              | 2 618     | 873                        | 768                         |
| Wd-80     | 70              | 5 688     | 1 422                      | 768                         |
| Wd-110    | 100             | 10 754    | 1 955                      | 645                         |
| Wd-160    | 150             | 34 120    | 4 265                      | 768                         |
| Wd-230    | 220             | 47 018    | 4 088                      | 705                         |

表-2 ジョイント本体の材料の許容応力度

|                    | 安 全 率   | 応力 (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|--------------------|---------|--------------------------|
| 引張強さ $\sigma_t$    | —       | 2 700                    |
| 耐 力 $\sigma_{0.2}$ | —       | 2 600                    |
| 降伏点強さ $\sigma_e$   | —       | 1 950                    |
| 許 容 応 力 度          | 引 張 強 度 | 1.85                     |
|                    | 圧 縮 強 度 | 1.85                     |
|                    | 曲 げ 強 度 | 1.85                     |
|                    | せん断強度   | $1.85 \times \sqrt{3}$   |
|                    |         | 600                      |

## 3. ジョイントの構造試験

ジョイントのフェースプレートの設計手法の妥当性の確認や耐久性評価のための資料を得るため、表-3に示す試験を有効伸縮量150mmのジョイントについて実施した。これらの試験結果を以下に示す。

表-3 試験項目

| 試験項目              | 試 験 目 的                                           |
|-------------------|---------------------------------------------------|
| 鋼棒の緊張力の減少量確認試験    | ジョイントの定着のために鋼棒に導入された緊張力のコンクリートの乾燥収縮やクリープによる減少量の確認 |
| フェースプレート根元部残留応力試験 | ジョイント本体製作時にフェースプレート根元部に生じる内部応力の確認                 |
| フェースプレートの曲げ疲労試験   | フェースプレートの曲げ荷重に対する疲労特性の確認                          |
| 全体模型定点移動疲労試験      | ジョイント定着部近傍の疲労特性の確認                                |
| タイヤ接地圧確認試験        | 実際の大型車両に使用されるタイヤの接地圧およびその分布の確認                    |
| 輪荷重移動載荷試験         | 静的な荷重載荷および走行荷重の載荷によるフェースプレートの最大応力を確認し、設計手法の妥当性を検証 |

### (1) 鋼棒の緊張力の減少量確認試験

CIPECジョイントにおける床版コンクリートへのジョイント本体の定着方法は、アンカーとして使用する鋼棒に緊張力を加え、固定する方法を採用し、定着部の破壊の一因となる車両通過時の交番応力等の有害な応力が鋼棒やコンクリートに生じないように努めている。この鋼棒に導入される緊張力はPC橋に用いるPC鋼材と同様に高い緊張力であるため、設計で仮定した緊張力の減少量より実際の減少量が大きくなることも考えられる。実際の減少量が大きい場合には、アンカーとして使用する鋼棒に交番応力が生じる可能性があり、ひいては定着部の疲労破壊を招く可能性がある。このため、図-3に示す

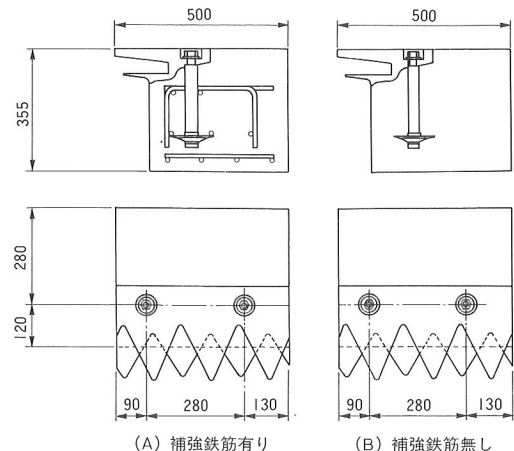


図-3 鋼棒の緊張力の減少量確認試験体

ような実際のジョイントと同じ設置状態の部分模型を製作し、鋼棒の緊張直後から2年間にわたるひずみの経時変化測定を実施した。なお模型は、定着部コンクリートの補強鉄筋の有無による鋼棒の緊張力の減少量の差を調べるため、補強鉄筋を設けた場合と設けない場合の2種類製作し、鋼棒の緊張完了後、温度変化が小さい実験室内に静置し、計測を行った。

鋼棒のひずみ経時変化測定結果を図-4に示す。鋼棒のひずみの減少は緊張後50~100日までに全体の約80%終了し、その後、微小な減少を続けた後、300日経過後にはひずみ変化はほぼ平衡状態になった。また、鋼棒の緊張後初期のひずみの減少は、補強鉄筋が無い模型の鋼棒の方が補強鉄筋有りの模型よりも大きかったが、最終的な減少量は補強鉄筋の有無に関係なく、ほぼ等しかった。

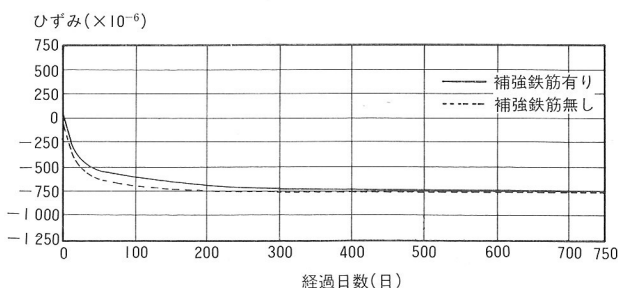


図-4 鋼棒の緊張ひずみの経時変化

鋼棒の緊張後2年経過したひずみの最大減少量は $-750 \times 10^{-6}$ であり、この減少ひずみ量は鋼棒の緊張により生じた緊張ひずみの約17~18%であった。これは設計時に仮定したコンクリートの乾燥収縮、クリープなどによる緊張力の減少割合20%に対し小さいものとなった。しかし、この結果は温度変化が小さい良好な環境条件の室内に模型を静置した状態における計測結果であり、実際には、温度や湿度の変化により、コンクリートの乾燥収縮量等も若干変化することから、鋼棒の緊張力の最大減少量は設計時に仮定した減少量とほぼ等しいと考えられる。

また、鋼棒の緊張力は鋼棒定着部の座金とナットの間、座金とジョイント本体の肌すき、座金自体の変形などによって緊張直後に減少するが、これについては予め減少量を考慮して設計緊張力より大きな力で緊張を行うことにより解消している。この緊張力の増分量の妥当性について試験体の製作時に計測したところ、定着部の状態によって若干の変動はあったが、ほぼ緊張力の増分と緊張直後の減少量は等しかった。

## (2) フェースプレート根元部残留応力試験

CIPECジョイントはアルミ合金鋳物製であることから、ジョイント本体製作時の材料の冷却過程における収

縮によって、フェースプレートの耐久性にとって有害な残留応力が生じる可能性が考えられた。そこで、フェースプレート根元部にひずみゲージを貼付し、ひずみゲージの周囲を切断することにより内部応力の解放を行い、その時のひずみ変化を計測することとした。計測されたフェースプレート根元部の残留応力を図-5に示す。フェースプレート根元部の残留応力は、全てフェースプレートの縁に沿った方向に $600 \sim 800 \text{ kg/cm}^2$ の圧縮応力であった。この結果、製作時にフェースプレート根元部に生じる残留応力は、フェースプレートの耐久性に対し、問題の無いことが確認された。

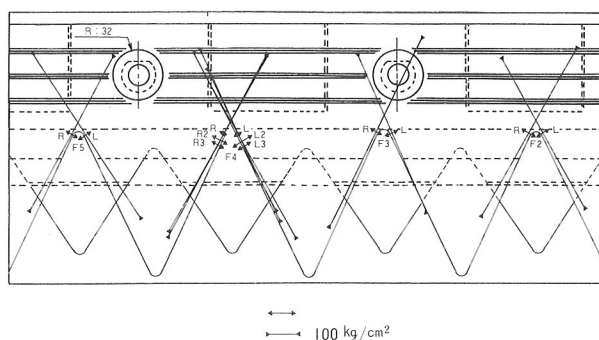


図-5 残留応力計測結果

## (3) フェースプレートの曲げ疲労試験

フェースプレートの疲労特性は構造的な要因が加味されるため、単純に材料の引張荷重に対する疲労特性からフェースプレートの疲労特性を推測することは困難である。このため、ジョイントのフェースプレートに作用する荷重は、車両走行時の曲げ荷重が支配的であること、フェースプレートの構造特性による疲労への影響を考慮しなければならないことから、図-6および写真-1に示す要領でフェースプレートの曲げ荷重に対する疲労試験を実施した。

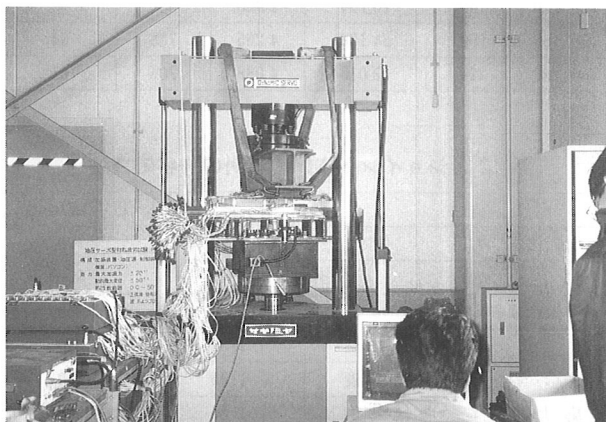


写真-1 フェースプレート曲げ疲労試験

設計照査断面に生じる応力が設計値とほぼ等しくなるように疲労試験での最小応力振幅量を決定し、疲労試験を行った結果を図-7に示す。ほぼ設計応力に等しい応力振幅にて繰り返し载荷を行ったところ、1800万回の繰り返し载荷後も破壊に至らなかった。この試験において、繰り返し载荷により破壊したケースから得られたS-N線を用いて最小応力振幅で繰り返し载荷した場合の破壊回数を推定すると1500万回となるが、実際には1800万回の繰り返し载荷後も破壊しなかったことから、設計応力以下の応力振幅での繰り返し载荷においては疲労限に達していることが確認された。

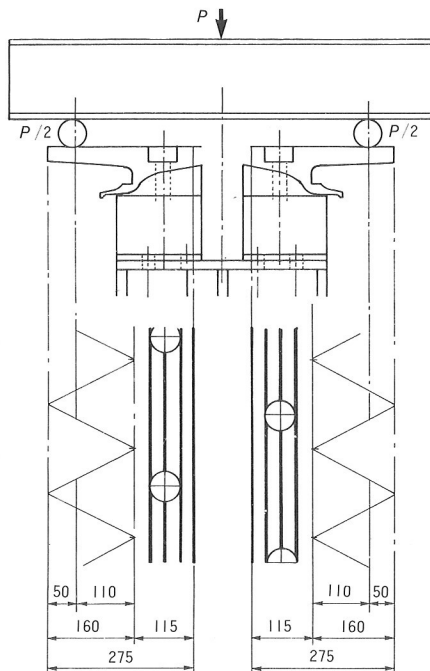


図-6 フェースプレートの曲げ疲労試験载荷方法

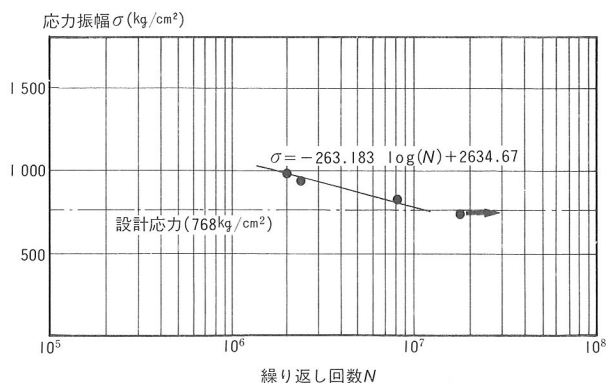


図-7 曲げ疲労試験S-N線図(応力振幅-繰り返し回数)

次に、クラック発生回数とクラック発生から破壊に至るまでの繰り返し回数(破壊寿命)をそれぞれ図-8と図-9に示す。クラック発生からの破壊寿命は、クラック発生回数に対し、応力振幅の応力レベルが設計応力の1.3倍

において5.5倍の破壊寿命であり、1.1倍の応力レベルにおいて約2倍の破壊寿命であった。クラックは、発生直後、根元中央に向かって円弧状に3cm程度進展したが、それ以上の表面上での進展をせず、停滞した後、ぜい性的な破壊に至った。また、フェースプレート根元中央部での応力やフェースプレートの変形量においてはクラック発生前とクラック発生後破壊直前まで何ら変化を認められなかった。

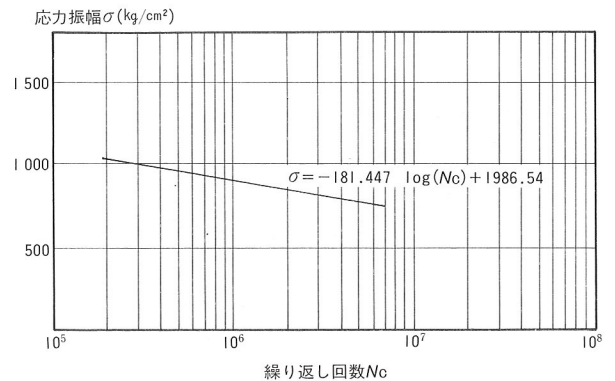


図-8 曲げ疲労試験クラック発生回数

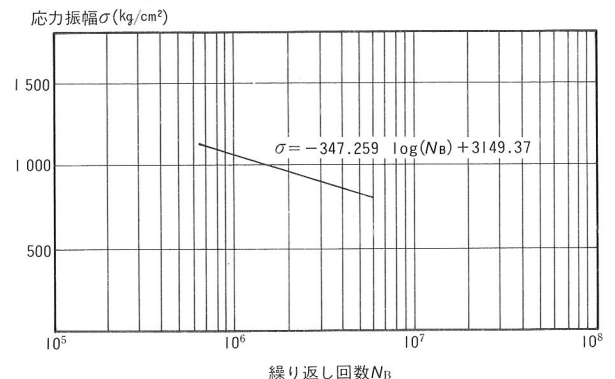


図-9 曲げ疲労試験クラック発生からの破壊寿命

#### (4) 全体模型定点移動疲労試験

実際のジョイント設置状態と同条件のジョイント近傍部の模型を製作し、ジョイント定着部の疲労特性を調べるため、床版からジョイント定着部にかけての疲労試験

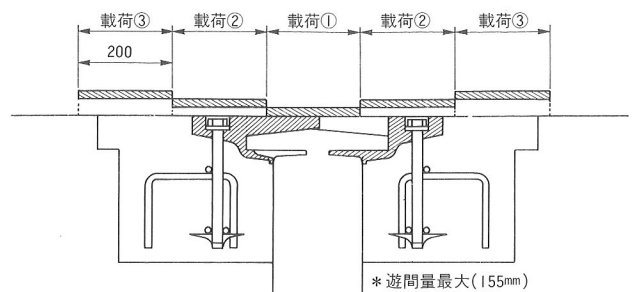


図-10 定点移動疲労試験・载荷位置

を実施した。試験方法としては、タイヤ荷重を移動載荷する方法が最適であるが、試験速度等の点から今回は疑似的に「道路橋示方書」の輪荷重の接地状態の荷重を徐々に移動させながら載荷する定点移動載荷方法を採用した。繰り返し載荷荷重は輪荷重 8 t、衝撃係数 1 から 16 t とし、載荷幅は 500×200mm とした。図-10 と写真-2 に載荷位置図と試験状況写真を示す。

試験の結果、200万回の繰り返し載荷後も、ジョイント定着部コンクリートやアンカーとして使用する鋼棒に変状は認められなかった。

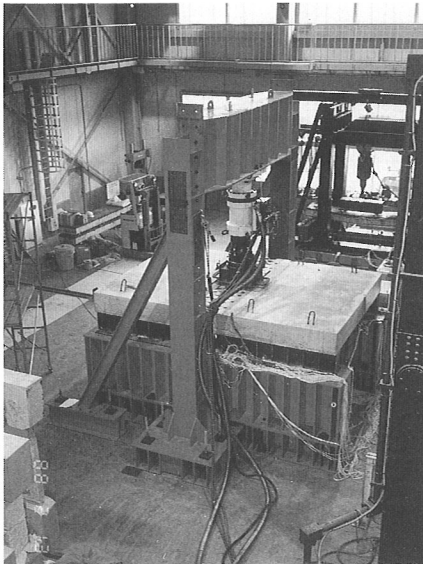


写真-2 定点移動疲労試験

#### (5) タイヤ接地圧確認試験

CIPECジョイントの設計では、設計荷重として「道路橋示方書」に示された最大輪荷重をタイヤの接地圧に置き換え使用しているが、この接地圧が実際のトラックのタイヤ接地圧に対し妥当なものかを確認するため、タイヤ接地圧に関する調査・実験<sup>8)</sup>を行った。

タイヤに静的に荷重を載荷した場合のタイヤ平均接地

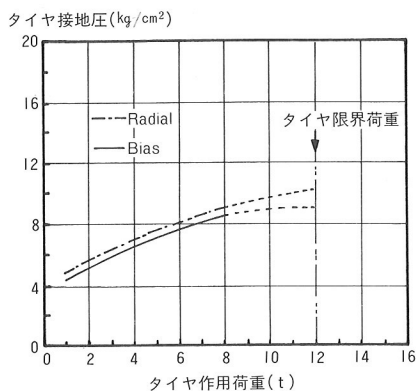


図-11 タイヤ荷重と平均接地圧

圧計測結果を図-11に示す。この結果によると、タイヤの接地幅は作用荷重の大きさによってほとんど変化せず接地長が変化し、最大タイヤ平均接地圧はタイヤが破裂する限界荷重12 t時に11kg/cm²に達した。この計測された最大タイヤ平均接地圧は、「道路橋示方書」より算出したCIPECジョイントのフェースプレート設計タイヤ接地圧16kg/cm²に比べ小さいものとなった。また、タイヤ作用荷重 1～9 tの間では、タイヤの種類によって異なるが、Radialタイヤにおいて、タイヤ平均接地圧と作用荷重の関係式として下式が成立していることが確認された。

$$C_p = -0.0638527L_T^2 + 1.27686L_T + 3.06548 \quad \dots\dots(1)$$

$C_p$  : タイヤ平均接地圧 (kg/cm²)

$L_T$  : タイヤ作用荷重 (t)

次に、タイヤの接地圧の分布を把握するため、図-12に示すような小型圧力センサーを配置したタイヤ接地圧計測器を用いて、総重量約20 tの大型車両の前輪(タイヤ荷重: 約3 t)の静的なタイヤ接地圧の分布を平坦な場所で計測した結果を図-13に示す。また、同じ車両を用いて遊間量55mmのジョイントのフェースプレート上においてタイヤの接地圧の分布を計測した結果を図-14に示す。

平坦な場所で接地しているタイヤの接地圧の分布のうち、幅方向の分布はタイヤの中心軸でタイヤの剛性が大きいエッジ近傍の接地圧が大きくなる二つの山を持つ分布(C-C)を示した。走行方向の分布ではエッジ近傍においてタイヤの中心軸で接地圧が大きくなる山型の分布(A-A)を示し、幅方向中央部ではタイヤが接地している区間で均等な接地圧の分布(B-B)を示していた。この時、計測された最大接地圧はタイヤエッジ部での9.95 kg/cm²であり、平均接地圧は7.1kg/cm²であった。

底辺が16.67cm、高さが16cmの三角形の形状をしたフェースプレート上でのタイヤの接地圧の分布は、平坦な場所において計測された結果同様に不均等分布しており、接地圧はタイヤの剛性が大きいエッジ部が載っていた部

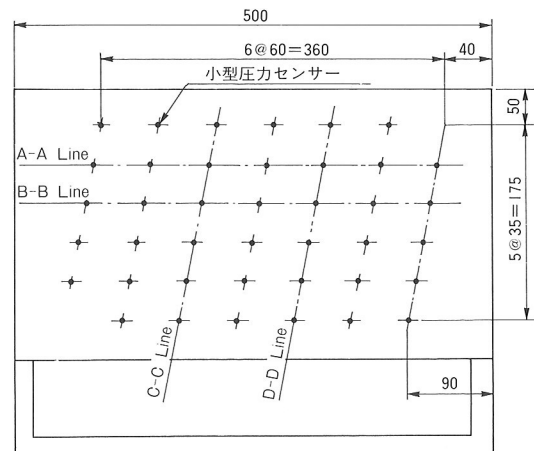


図-12 タイヤ接地圧計測器

分で最大となり、その最大接地圧は $13\text{kg}/\text{cm}^2$ であった。計測されたフェースプレート上での接地圧の平均は $6.9\text{kg}/\text{cm}^2$ であり、平坦な場所で計測されたタイヤの平均接地圧とはほぼ等しかった。

この結果、フェースプレート上でのタイヤの接地圧の分布は、タイヤが平坦な場所に接地している状態同様に不均等分布を示し、その最大接地圧は平坦な場所での最大接地圧よりも大きくなる。また、平均接地圧はフェースプレート上でのタイヤの接地状態によって若干の変動は生じるが、平坦な場所でのタイヤ平均接地圧とはほぼ等しいことが確認された。

#### (6) 輪荷重移動載荷試験

CIPECジョイントのフェースプレートの設計では、伸

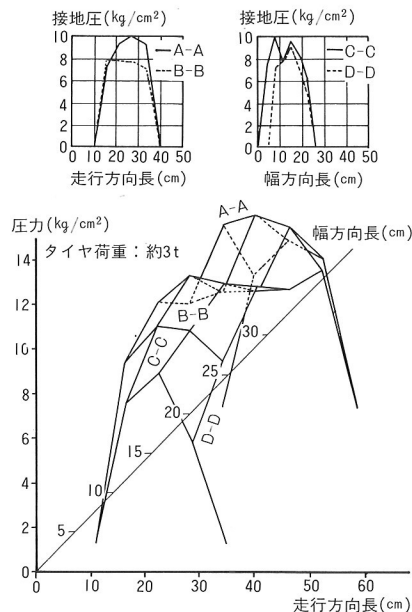


図-13 タイヤ静的接地圧測定結果

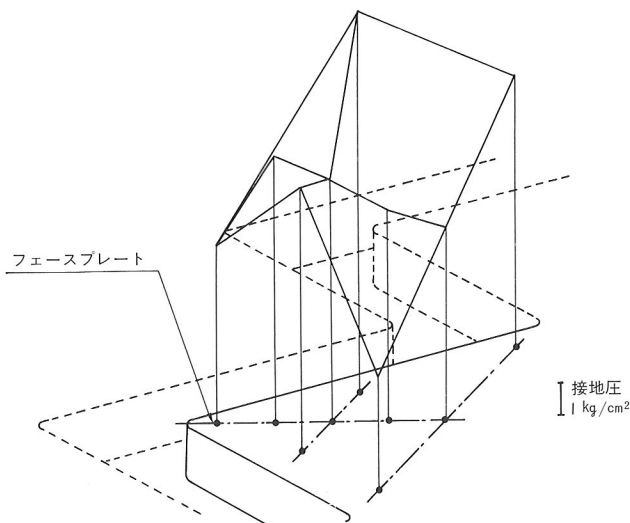


図-14 ジョイントに作用するタイヤの接地圧分布

縮装置への実際の輪荷重作用状態を再現していると考えられるタイヤの平均接地圧を荷重として作用させ、設計計算を行っている。この設計手法の妥当性を確認するため、実際の大型車両のタイヤを備えた、写真-3に示す輪荷重移動載荷試験装置(大阪工業大学・試作)を使用して試験を実施した。試験におけるフェースプレートの応力測定位置は、フェースプレート表面の根元中央部とし、試験は静的載荷試験と走行試験について実施した。輪荷重移動載荷試験において、ジョイントの遊間が最大遊間と標準遊間時に計測されたフェースプレート根元中央での応力を図-15,16に示す。

輪荷重走行時にフェースプレート根元中央に生じた応力は、試験機の走行速度が最大 $4.5\text{km}/\text{h}$ と遅いこともあるが、段差の有無によって生じる応力の差は無かった。この時、発生応力の最大値は遊間量が最大遊間、実輪荷重が $10.8\text{t}$ (タイヤ荷重 $5.4\text{t}$ )、段差が $5\text{mm}$ 時の $360\text{kg}/\text{cm}^2$ であり、表-1に示す設計最大応力 $768\text{kg}/\text{cm}^2$ に比べ $50\%$ 以下であった。また、各試験ケースにおいて最大応力が生じた時のタイヤ荷重を、式(1)のタイヤ作用荷重とタイヤ平均接地圧の関係を用いてタイヤの平均接地圧に換算し、CIPECジョイントの設計手法に基づきフェースプレート根元中央の応力を算出すると、計算値は試験結果



写真-3 輪荷重移動載荷試験

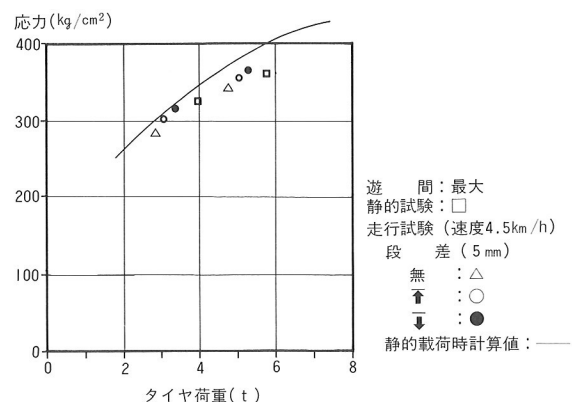


図-15 輪荷重移動載荷試験結果(最大遊間)

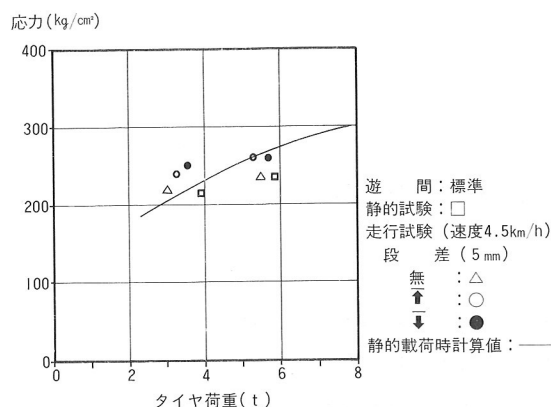


図-16 輪荷重移動載荷試験結果(標準遊間)

とほぼ一致した。この結果、CIPECジョイントの設計手法のようにタイヤの平均接地圧をフェースプレートに載荷する方法は、伸縮装置に作用する輪荷重の荷重伝達機構を正しく評価していることが確認された。

#### 4. 耐久性の評価

フェースプレートの曲げ疲労試験結果によると、フェースプレートは設計応力範囲内においては疲労限以下であり、ジョイント定着部についても全体模型疲労試験における変状は認められなかった。現状の荷重体系は、交通荷重調査結果によると、近年の車両の大型化や車両性能の向上により「道路橋示方書」のT-20荷重の1.5倍以上の過積載車両が多数走行しており、また、大型車両の車両構造における車軸の配置もT-20荷重にみられる2軸タイプから、タンデム軸を備えた3軸タイプの車両が一般的になってきている。また、重車両が多い道路においては最大軸重31tが記録され、1軸当り4タイヤとしてタイヤの平均接地圧を計算すると、実験によって計測されたタイヤの最大平均接地圧11kg/cm<sup>2</sup>の70～80%の平均接地圧がフェースプレートに作用することになる。しかし、フェースプレートの設計に用いている平均接地圧16kg/cm<sup>2</sup>はタイヤの最大平均接地圧11kg/cm<sup>2</sup>よりも大きいことから、実走行車両によりフェースプレートに生じる応力はフェースプレートの曲げ疲労試験結果から疲労限以下であると言える。

このように実際のフェースプレートには、走行車両により疲労限以下の応力だが種々の大きさの応力が生じている。一般に繰り返し応力が疲労限以下であっても疲労による損傷が発生する可能性があることから、重車両の通行量が多い道路に設置するジョイントの耐久性を評価するには、ジョイントを設置する道路の実際の荷重体系を使用した疲労寿命予測を行うか、重車両の通行量が多い道路で実施した疲労寿命予測結果を参考にして評価を行うべきである。

フェースプレートの耐久性の評価は応力頻度計測を实

施し、その結果と疲労試験結果を用いて疲労寿命予測を行うことが実際の条件を満たす方法であるが、常にジョイントを設置した道路において応力頻度計測が行われるとはかぎらず、また、この方法ではジョイントの設計段階にて寿命予測を行うことは不可能である。しかし、建設省や各公団によって重車両が通行する多くの道路で交通荷重調査が実施されていることから、この結果を使用し、ジョイントに生じる応力を推定することによりジョイントの設計段階における耐久性の評価などが可能となる。このようなことから、交通荷重調査結果を用いて疲労寿命の推定を行うこととした。

##### (1) 疲労寿命の推定方法

構造物に生じる応力は疲労試験のような一定応力ではなく、変動応力であるため、一定応力下で行われた疲労試験結果を用いて疲労寿命の推定を実施するためには、応力の変動による疲労被害の進行(累積)を解明しなければならない。変動応力による疲労被害の累積は、応力の変動範囲や繰り返し応力の大きさとその繰り返し回数などに影響されると考えられるが、一般的には疲労被害は荷重の変動に伴って内部に累積されるという考え方によっている。この考え方に基づいて種々の疲労寿命の推定方法が提案されており、主要なものとしてMinerの方法、修正Minerの方法、Corten-Dolanの方法などがあるが、ここでは、修正Minerの方法を使用して疲労寿命の推定を行うこととする<sup>9)</sup>。

フェースプレートの疲労寿命の推定に用いるS-N線は図-7に示されたフェースプレートの曲げ疲労試験結果を用いるものとする。修正Minerの方法を使用する場合、疲労限以下の応力振幅の取り扱い方により推定結果の安全性が変動するが、今回は安全側すぎるという考え方もあるが、疲労限以下の応力振幅の取り扱い方法として、S-N線を応力振幅1kg/cm<sup>2</sup>まで勾配の変化を与えずに延長して、全ての応力データを疲労寿命の推定に用いることとした。

##### (2) 推定に用いた実荷重

疲労寿命の推定に用いる実荷重は、建設省土木研究所で実施した東京・有明地区での大型車両の走行時の軸重調査結果<sup>10)</sup>とした。この時、軸重からフェースプレートに作用するタイヤ荷重は

- ① 軸当りのタイヤ数は、前軸は2タイヤ、タンデム軸の1軸は4タイヤで構成されているものとする。
- ② 調査結果は車両走行時の結果であることから、測定荷重には走行による荷重増分が含まれている。著者等が行った図-17に示す試験結果によると、段差が4mmのジョイント上を通過する時の動的な荷重の最大増分は0.8であり、路面走行時の動的な荷重の増分は0.5であった。また、他の試験結果等から、動的な

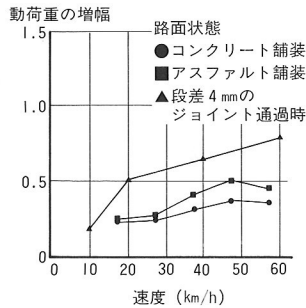


図-17 動荷重の路面状態と走行速度による影響

荷重の最大増分は1.0が妥当と考えられた。このことから、ジョイントに大きな段差があると仮定し、作用する荷重は動的な荷重増分の差から測定荷重を0.5割増したものを使用する。

- ③ 1枚のフェースプレート上(幅160mm)を通過するタイヤの通行確率は、阪神高速道路公団で行った走行車両のタイヤ走行位置頻度分布調査結果<sup>11)</sup>を使用するものとする。

の仮定条件のもとに、計算することとした。

この計算されたタイヤ荷重からフェースプレートに作用するタイヤの平均面圧を求めるには、式(1)のタイヤ作用荷重と平均接地圧の関係式を用いることとした。

### (3) 実荷重の作用により生じる応力

輪荷重の作用によりフェースプレートに生じる応力は、荷重値が等しい場合、ジョイントを設けた橋桁の伸縮状態によって異なり、冬季にはジョイントの遊間が広がるため発生応力は大きくなり、夏季には遊間が狭まるため発生応力は小さくなる。このため、疲労寿命の推定計算ではこの応力変動を考慮することにより、より実際の疲労被害の累積を再現すると考えられるが、現実の橋桁の温度変化による伸縮量が明確でないことから安全側の疲労寿命の推定となるが、輪荷重が作用するジョイントの遊間状態は最大遊間と仮定し、応力の計算を行うこととした。

これらの仮定条件のもとで計算されたフェースプレー

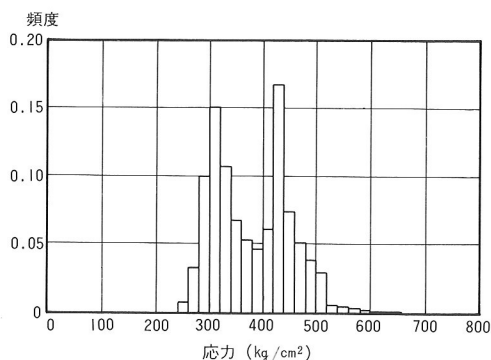


図-18 大型車両の軸重調査結果による応力頻度予測結果

トに生じる応力の推定頻度分布を図-18に示す。

### (4) 疲労寿命の推定結果

疲労寿命予測では大型車両の軸重計測結果のみ使用することとしたが、実際には、中型トラックや乗用車などの繰り返し載荷によっても疲労被害は少なからず累積されることから、疲労寿命は推定結果より短くなると考えられる。また、計算過程を明確にするため、フェースプレートに作用する車両走行位置の頻度分布では、1枚のフェースプレートに完全にタイヤが作用する状態のみ考慮したが、実際には偏載によっても疲労被害の累積は生じるため、疲労寿命の推定結果は計算結果より短くなると考えられる。このような疲労寿命の減少要因を無視して、大型車両の軸重調査結果を用いて疲労寿命の推定を行ったところ、疲労寿命は計算上約120年となった。この結果について、無視したこれらの疲労寿命の減少要因を考慮したとしても、推定されるフェースプレートの疲労寿命は橋の寿命に対して十分な耐久性を持っていると考えられる。また、ジョイント定着部についても疲労試験において変状を生じなかったことから、CIPECジョイントはジョイントとして十分な耐久性を有していると考えられる。

## 5. 結論

CIPECジョイントの耐久性の検討として、設計手法の確認のための種々の試験を実施し、ジョイントの疲労寿命の予測を試みた結果、以下の事項が確認された。

- ① フェースプレートの設計に使用する「道路橋示方書」から算出した設計タイヤ接地圧16 kg/cm<sup>2</sup>は、実際のタイヤの最大平均接地圧11 kg/cm<sup>2</sup>よりも大きな値となり、設計荷重として安全側の値である。
- ② 輪荷重のフェースプレートへの荷重作用機構は、CIPECジョイントの設計手法のタイヤ平均接地圧を面荷重として載荷することにより正しく評価している。
- ③ ジョイント本体の定着に使用する鋼棒の緊張力の乾燥収縮、クリープ、レラクセーションによる減少量は設計において仮定した20%で妥当である。
- ④ フェースプレートの設計応力は曲げ荷重の繰り返しに対し、疲労限以下の応力である。
- ⑤ フェースプレート根元部の製作時に生じたと考えられる残留応力は、全て耐久性に問題無いと思われるフェースプレートの縁に沿った600~800 kg/cm<sup>2</sup>の圧縮応力である。
- ⑥ ジョイント定着部近傍は、全体模型による疲労試験において、200万回の定点移動による繰り返し載荷を行った後でも何ら変状は認められない。
- ⑦ 実際の交通荷重調査結果を使用したジョイントの

耐久性の評価では、橋の寿命に対して十分な耐久性がある。

## 6. あとがき

CIPECジョイントの耐久性の検討のため種々の試験を実施し、設計手法の妥当性や現状の交通荷重体系において十分な耐久性を有していることを確認した。しかし、実際のジョイントでは実験において考えられなかった挙動を示すかもしれないことから、今後は実際に設置したジョイントについて試験や追跡調査を行い、耐久性の確認やジョイントの設計における資料を得るようにする予定である。

なお、本研究の実施にあたり、大阪大学・福本湧士教授、松井繁之助教授、大阪工業大学・岡村宏一教授、堀川都志雄助教授、栗田章光講師から貴重なご助言を頂いたことをここに記し、感謝の意を表します。

## 参考文献

- 1) (株)日本道路協会：道路橋示方書・同解説，1990年2月。
- 2) (株)日本道路協会：道路橋伸縮装置便覧，1970年4月。
- 3) 池辺・鈴木・伊田・富澤・町田・柳澤：CIPECジョイントの防水対策と設計法に関する実橋試験，川田技報，Vol. 9，1990年。
- 4) K.Maeda, F.Machida, K.Tomizawa, S.Miyazaki, T.Ikebe: Durability of Bridge Expansion Joint, *IABSE Symposium*, Lisbon, 1989.
- 5) 町田・松井・前田：道路橋伸縮装置への輪荷重作用機構，第45回土木学会年次学術講演会概要集（I），1990年。
- 6) 富澤・栗田・池辺・町田：伸縮装置の耐久性に関する2, 3の考察，第45回土木学会年次学術講演会概要集（I），1990年。
- 7) 日本軽金属協会：アルミニウム合金土木構造物設計・製作指針案，1977年。
- 8) 貞升：自動車走行時におけるタイヤ接地圧，土木技術資料，11-8，1969年。
- 9) 伊藤：実働荷重による疲労寿命設計（岡本舜三編，鋼構造の研究，第5章），技報堂，pp.289～328，1977年。
- 10) 建設省土木研究所橋梁研究室：限界状態設計法における設計活荷重に関する検討，土木研究所資料No2539，1988年1月。
- 11) 阪神高速道路公団・財阪神高速道路管理技術センター：阪神高速道路の設計荷重体系に関する調査研究，設計荷重(HDL)委員会報告書，1986年12月。