

論文 道路橋縦目地伸縮装置の疲労性能

松倉 正典^{*1}・有田 昌宏^{*2}・中條 明美^{*3}・小野 紘一^{*4}

要旨：新しく開発したゴム製道路橋縦目地伸縮装置の耐久性を調べるため繰返し載荷試験を行った。その結果、200万回の設計荷重繰返し載荷後も伸縮装置本体および床版コンクリートともに健全な状態を維持していることが確認できた。また、この装置は床版への衝撃荷重緩和の機能が備わっており、システム全体として道路橋ジョイント部の性能と寿命を高められることが確認できた。また、高速道路に適用した施工例についても紹介する。

キーワード：道路橋縦目地伸縮装置、合成ゴム、繰返し載荷、耐久性

1. はじめに

道路橋伸縮装置は一般に橋軸方向の桁間に設置される横目地に対応している。主に温度変化によって生じる桁長変化が桁遊間の変動をもたらすため、伸縮装置はこの橋軸水平相対変位を吸収しかつ路面の平滑性と車両が走行に必要な鉛直剛性確保という機能を受け持っている。一方、道路橋の桁構成は年々多様化しており、従来の横目地伸縮装置の適用範囲を越える事例が多く生じている。例えば、道路橋の拡幅¹⁾のような桁が並列に並ぶ構成などでは、このような縦目地は従来の横目地伸縮装置で対応しきれないのが実状である²⁾。縦目地では桁間の相対変位が複雑で桁間段差対応など多くの機能、伸縮自由度の検討が必要である。しかしながら、縦目地伸縮装置は重要な機能が要求されるが過去の研究報告はほとんどない。本論文ではゴムを主材料に用い新しく開発した縦目地伸縮装置の鉛直繰返し載荷試験を行い、システム全体としての実用上における耐久性確認を行った。

2. 縦目地伸縮装置の構造

図-1に試験に用いたゴム製縦目地伸縮装置(タテメジャー)の構造を示す。また、図-2にその施工断面図を示す。

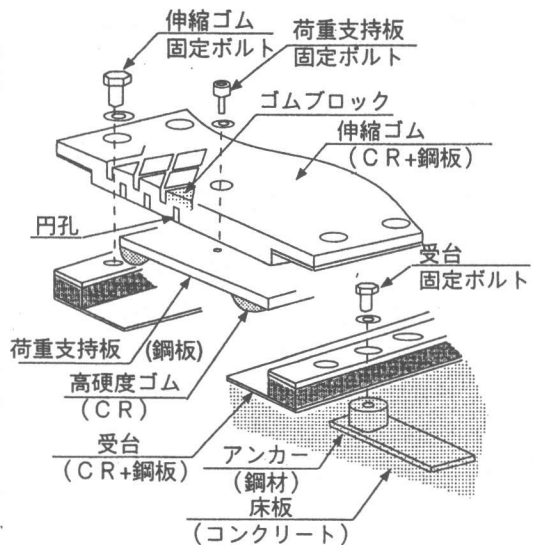


図-1 縦目地伸縮装置の構造

*1 ニッタ(株) 産業資材事業部 営業部 工修(正会員)

*1 ニッタ(株) 産業資材事業部 技術部 技術2課課長

*3 (株)鴻池組 大阪本店 土木担当部長

*4 京都大学大学院工学研究科教授 土木システム工学専攻 Ph.D(正会員)

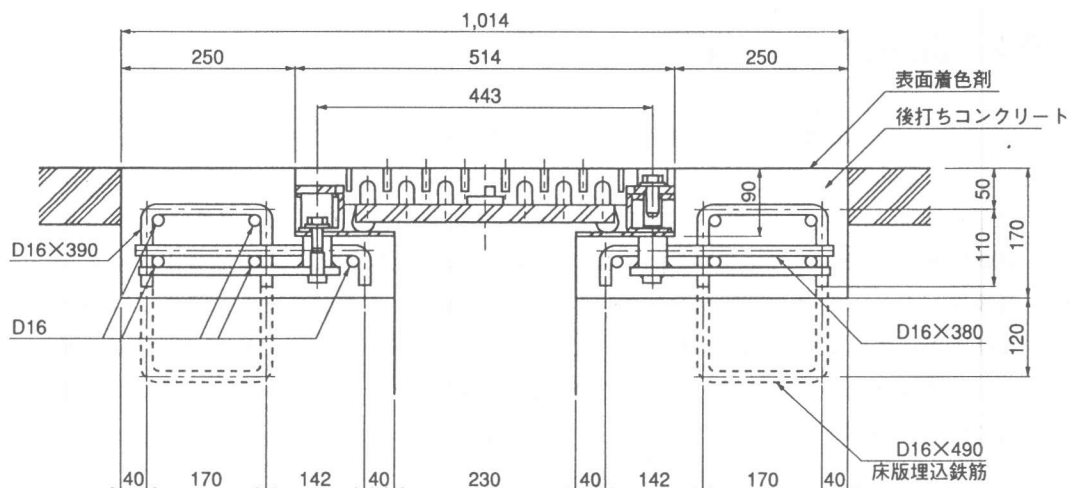


図-2 施工断面図

タメジャーは大きく分けて3層構造で構成されている。床版側から見て、床版に固定される受台、受台の上に設置される荷重支持板、これらを覆う伸縮ゴムである。いずれもクロロブレンゴム（CR）と鋼板が互に加硫接着された複合構造である。3層はボルトにより締結されている。また、受台は床版コンクリート中に埋込まれたアンカーとボルトで締結されている。受台は鋼板2層がゴムをサンドイッチするいわゆるフローティングマウント方式により作製され衝撃の緩衝を担っている。荷重支持板は全面ゴム被覆されており、受台との接触部には回転自由度を配慮し半円形状の高硬度ゴムが取り付けられている。伸縮ゴムの構造は表面に矩形のブロック形状を均等配置し、その裏面に円孔状の抜きを設けて鉛直段差および水平方向の相対変位に追従吸収が可能な自由度の高い構造としている。1セグメントの長さ1.2mで伸縮ゴムおよび受台は同寸法であるが、390mmの荷重支持板3個で受け持たせる。また、本製品の許容移動量は橋軸相対変位 $\pm 70\text{mm}$ 、段差 50mm である。

3. 実験方法

3-1. 実験供試体

写真-1に実験供試体、写真-2に載荷状況を示

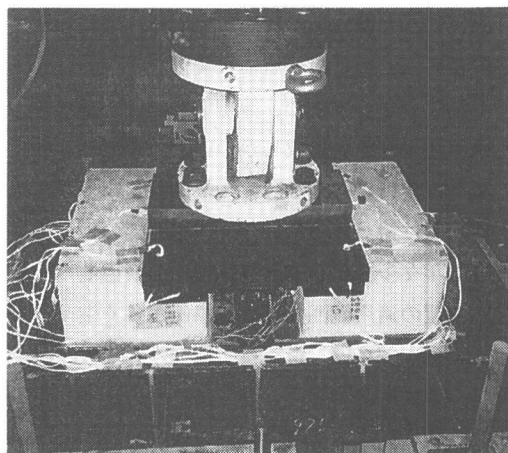


写真-1 実験供試体

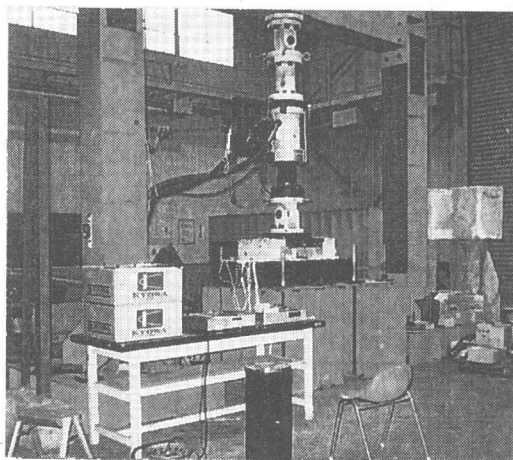


写真-2 載荷状況

表-1 コンクリート配合表

水セメント比 %	細骨材率 %	単位量 kg/m^3				
		セメント	水	細骨材	粗骨材	混和材
50	44	332	166	771	1026	0.83

す。供試体は過酷な荷重条件を想定し、荷重支持板 ($L=390\text{mm}$) 1枚に対して載荷荷重の全てが作用するとして、1.2mの受台および伸縮ゴムから切り出した部材を用いた。実験供試体個数は1体である。床版コンクリートは設計基準強度 27MPa (28日養生) を7日で発現できる早強セメントで打設した。配合表を表1に示す。試験前のコンクリート円柱供試体圧縮強度の平均は 29.2MPa 、弾性係数 28.5GPa 、ポアソン比 0.19 であった。実験には電気式油圧サーボ疲労試験機 (600kN) を使用した。

3-2. 載荷条件

疲労試験における荷重載荷は設計輪荷重 100kN に衝撃係数 40% を加えた 140kN で行った。載荷面積はタイヤの接地面積に相当する $20 \times 50\text{cm}$ の載荷板にゴム板を介在させ、図-3の点線部に示すように荷重支持板の中央に載荷するように設置した。荷重波形は正弦波、周波数 2Hz の条件で繰返し載荷を $N=200$ 万回まで行った。各疲労回数ごとに繰返し載荷を一時中断し、静的に荷重を増加させ各部の挙動や損傷の有無を確認した。

3-3. 測定項目

図-3に測定位置及び測定項目を示す。受台や伸縮ゴムを取り付けているボルト軸力の変化を測定し締結信頼性について確認した。ボルト内部に張り付けたひずみゲージを使用し、ボルトひずみのボルト軸力への変換はあらかじめ行った検定結果を用いた。受台は片側4本の $M18$ 高力ボルト、伸縮ゴムは片側3本の $M16$ 高力ボルトで固定している。縦目地伸縮装置の上下方向の変形量を測定し上下剛性の変動の確認をした。上下変位は試験機に組み込まれた変位計を用いて測定した。コンクリートのひずみはコンクリート中に埋設されたアンカーに張り付けたひずみゲージとコンクリート用埋め込み形ひずみゲージ (KM-120) により測定した。荷重支持板のひずみは荷重支持板に張り付けたひずみゲージにより測定した。

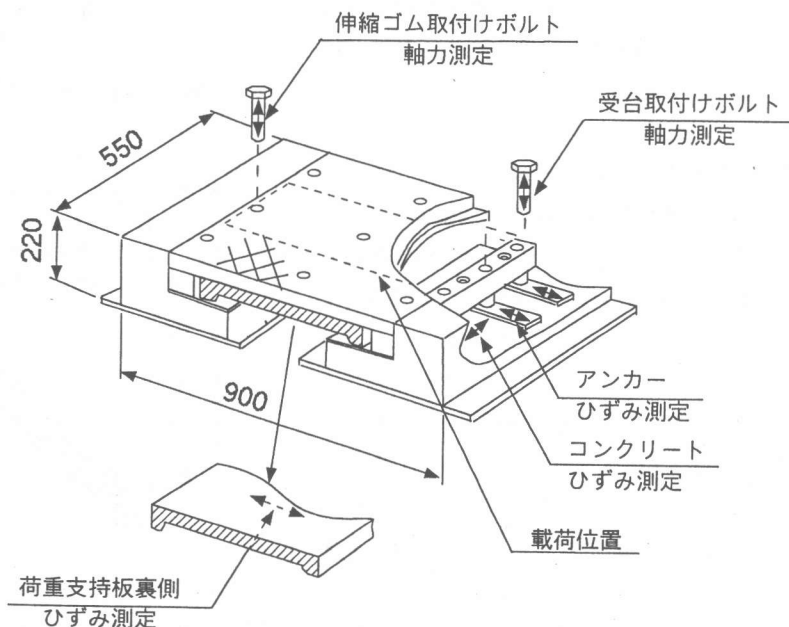


図-3 測定位置

4. 実験結果および考察

4-1. ボルト軸力

図-4に疲労回数に対するボルト軸ひずみの変動について示す。これらの結果によると $N=200$ 万回の設計荷重繰返しにおけるボルトの軸ひずみの低下は3カ所で 1400 から 1300×10^{-6} 程度とボルト軸ひずみの低下は10%程度である。この低下は荷重の影響よりむしろボルト自体の応力緩和および締結部材のクリープが支配的に影響を及ぼしたと考えられる³⁾。1カ所についてはボルト軸ひずみの低下は荷重の影響を受けたものと考えられるが、初期値に対して高々20%程度の低下に留まっており機能的に問題はないと考えられる。

4-2. 上下方向剛性の変化

図-5は荷重荷重-上下変位の関係を示している。荷重前、 $N=50$ 万回、 $N=200$ 万回の荷重後のこれらの結果によるとゴムの永久変形ひずみと考えられる若干の変化はあるものの、曲線の傾きは大きく変化しておらず、 $N=200$ 万回後も上下方向剛性およびエネルギー吸収性能は十分に維持できていることが確認できた。 $N=200$ 万回荷重後に設計輪荷重の6倍である 600kN を静的に荷重させたが伸縮装置は破壊することなく除荷と共に元通りに復元した。

4-3. コンクリート部のひずみ

荷重前、 $N=50$ 万回後、 $N=200$ 万回後のアンカー筋に作用するひずみは設計荷重(140kN)作用時でも 10×10^{-6} 以下であった。図-6は同様に受け台下部の床版コンクリート部のひずみを示したものである。これらの結果によると $N=200$ 万回荷重後も衝撃を考慮した設計輪荷重によるコンクリート部の引張ひずみは高々 20×10^{-6} 程度でコンクリートにはほとんど荷重が伝達していない。すなわち、荷重荷重は伸縮装置部で十分に吸収、分散されることによりアンカーおよびコンクリート部にはほとんど影響を及ぼさないことが判明した。 $N=200$ 万回荷重後の目視観察による損傷も見

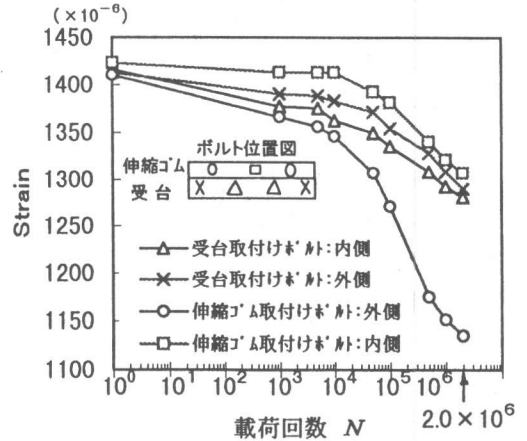


図-4 荷重回数とボルトひずみの関係

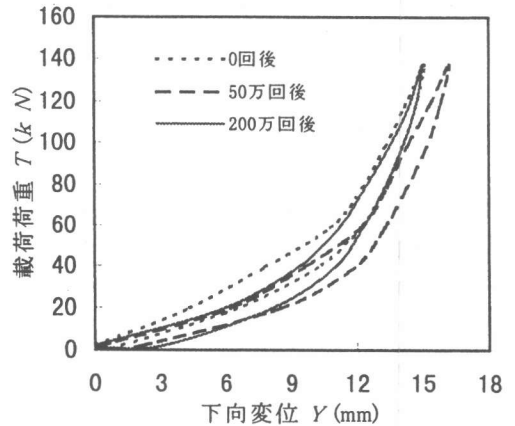


図-5 荷重荷重と上下変位の関係

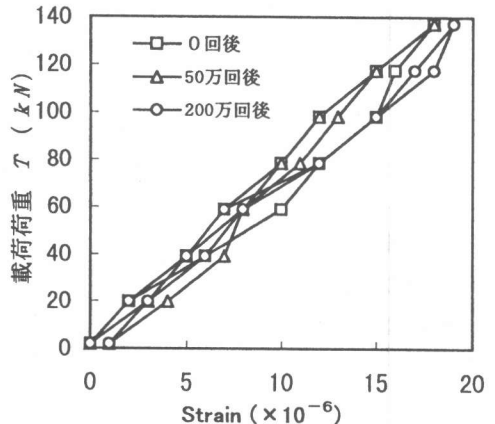


図-6 荷重荷重とコンクリートひずみの関係

られなかった。

4-4. 荷重支持板の歪み

図-7に載荷荷重によって生じる荷重支持板（材質SS400）裏側中央部に発生したひずみを載荷前、 $N=50$ 万回後、 $N=200$ 万回後の3条件について示したものである。 $N=200$ 万回後設計荷重によるひずみは 400×10^{-6} 程度であり許容ひずみの約60%程度と $N=200$ 万回載荷後も十分な機能を有していた。

5. 実橋への適用例

ゴム製道路橋縦目地伸縮装置の施工状況を写真-3、4、5、施工完成路面を写真-6に示す。設置場所は阪神高速道路公団東大阪ジャンクション（荒本出路）縦目地部で、橋軸相対変位±70mm、段差48mmの設計条件に適用された実用例である（平成8年12月施工）。

施工方法は、受台を型枠として使用し、受台にアンカーボルトを取付けた状態で伸縮装置箱ヌキ部に吊りアングルで受台を吊り下げ固定する（写真-3）。次に補強鉄筋を配筋する（写真-4）。コンクリート打設・養生後、荷重支持板を遊間部を跨ぐようにして設置し、その上に伸縮ゴムをボルトで固定する（写真-5）。

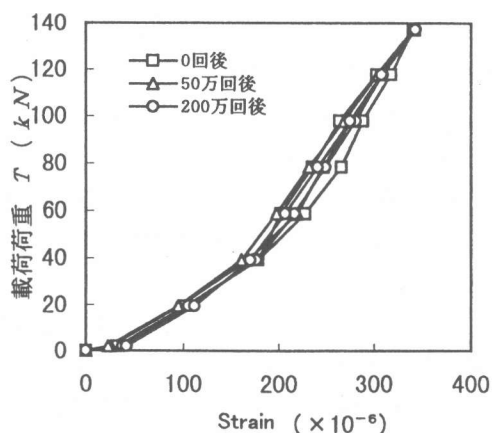


図-7 載荷荷重と荷重支持板ひずみの関係



写真-4 縦目地伸縮装置の施工状況2



写真-3 縦目地伸縮装置の施工状況1

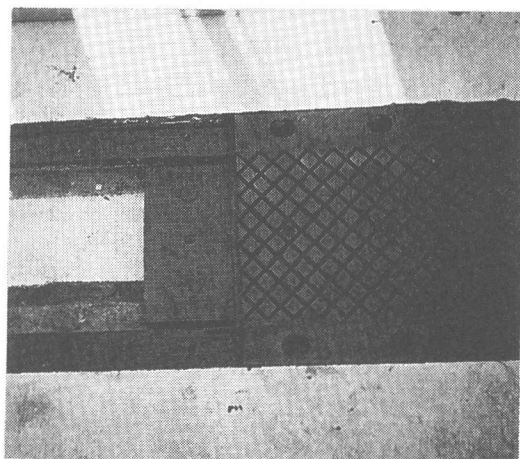


写真-5 縦目地伸縮装置の施工状況3

6. 結論

ゴム製縦目地伸縮装置の耐久性を明らかにするため、システム全体の繰返し載荷試験を行った。その結果、限られた条件ではあるが、以下のような結論が得られた。

- 1) 繰返し載荷 $N=200$ 万回後もシステム全体は健全性を維持しており縦目地伸縮装置の耐久性は十分である。
- 2) $N=200$ 万回載荷後の伸縮装置固定ボルトの緩みは最大20%程度であり機能的に問題はない。
- 3) この伸縮装置は $N=200$ 万回載荷後も健全な上下剛性およびエネルギー吸収性能を維持していた。
- 4) 載荷荷重は伸縮装置部で十分に吸収、分散されアンカーおよびコンクリート部にはほとんど影響を及ぼさないことが判明した。
- 5) 荷重支持板の発生応力は許容値以下であり、 $N=200$ 万回載荷後も健全であった。

以上よりゴム製縦目地伸縮装置は長期に渡って性能を維持し、十分な機能を満たす耐久性のある伸縮装置であり、施工上もなんら問題ないことが確認できた。

参考文献

- 1) 安田武・吉田聡・木代稔：拡幅工事における合成鋼床版桁，技報第12号，(財)阪神高速道路管理技術センター，pp.87—95，1993
- 2) 橋梁用伸縮装置標準図集第5集，日本道路ジョイント協会，1997
- 3) 吉本勇ほか：ねじ締結体設計のポイント，(財)日本規格協会，pp.197—229，1992

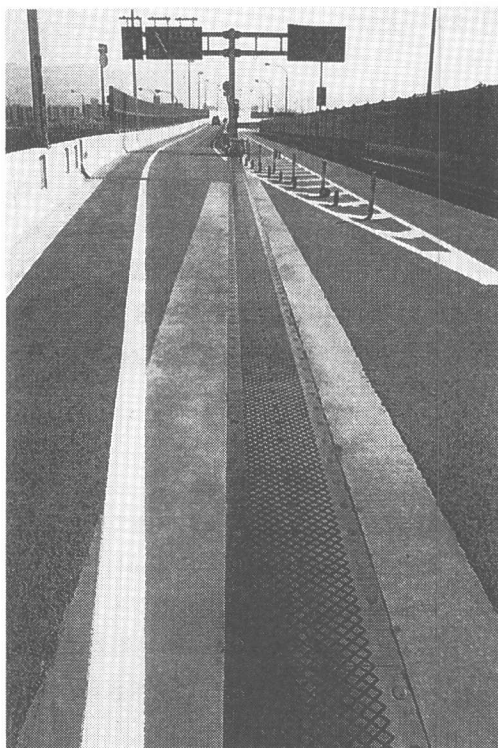


写真-6 縦目地伸縮装置の施工完成路面