

## 2層式鋼製伸縮装置による桁端部漏水対策技術

### N-FC フィンガージョイント

小 峰 翔 一

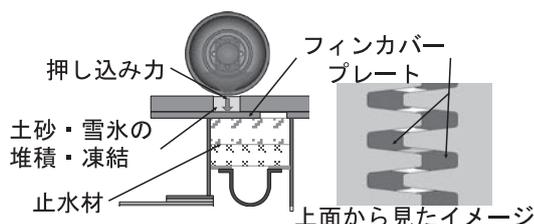
橋梁の維持管理において、支承部など構造上重要な部位を有する桁端部の長寿命化が求められている。当該部位の損傷の原因の一つとして伸縮装置からの漏水が挙げられる。この漏水を防ぐために、遊間部に止水材を設けるのが一般的であるが、使用される環境によっては設計で想定しているよりも早くに止水材が損傷している事例も報告されている。本稿では、止水材の保護機能に特化した鋼製伸縮装置について、その特徴と性能確認試験結果を紹介する。

キーワード：鋼製伸縮装置、維持管理、止水材、漏水、腐食

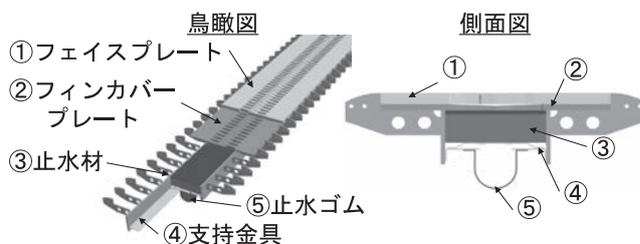
#### 1. はじめに

鋼橋の著しい腐食損傷は、伸縮装置からの漏水に起因して鋼桁端部に多数発生している。特に、積雪寒冷地では、鋼製フィンガーの隙間から土砂や雪氷による押し込み力を受けて、止水材の非排水機能が数年（国土交通省東北地方整備局の調査では平均6年<sup>1)</sup>）で消失し、凍結防止剤による塩分を含む漏水により鋼桁端部が著しく腐食し鋼橋の性能低下が生じている。この押し込み力から止水材を保護することを目的として図一に示す2層式の鋼製伸縮装置FCフィンガージョイント（以下、本ジョイント）を開発<sup>2)</sup>し、実橋に適用した。

伸縮装置は、輪荷重を直接受け持つことから、主桁などの他の部材よりも厳しい環境にあり、損傷の生じやすい部位であるといえる。同時に、フィンガーの歯の破断等の損傷が発生すると交通の安全に支障をきたす重要な部位でもある。伸縮装置が損傷し取替工事を行う際は、通行規制を行う必要があり、通常、部分取替えて行われている。この部分取替えおよび様々な伸縮量に対応できるように改良を加え、図二に示す



図一 押し込み力に対する抵抗イメージ



図二 本改良ジョイント概要

新型本ジョイント（以下、本改良ジョイント）を開発した。

本稿では、適用から5年間の本ジョイントの有効性に対する追跡調査の結果を報告するとともに、実物大試験体を用いた疲労試験および止水性能試験を実施し、NEXCO 構造物施工管理要領<sup>3)</sup>にある製品ジョイントの要求性能に対して本改良ジョイントの性能を検証した内容を紹介する。

#### 2. 製品概要

本ジョイントの最大の特長として、2層のフィンガープレートにより構成されていることが挙げられる。

一般的な鋼製伸縮装置は、互いのくし歯が干渉しないように隙間が空いており、上面から見たときに止水材が露出している。この隙間に土砂や雪氷が入り込み、車両通行により徐々に押し固められ、最終的には止水材の脱落に至る。本ジョイントは、この露出部を防護することを目的としてフィンカバープレートを追加している。このフィンカバープレートの追加によって、露出部の面積比から止水材に作用する押し込み力

を平均して80%低減した。図-3にS-Typeの例を示す。なお、フィンカバープレートは、くし歯の隙間に堆積したときに、フェイスプレートと輪荷重に抵抗することを想定して板厚を決定している。止水材は、乾式止水材を採用し、支持金具およびバックアップ材をボルト接合とすることで、桁下から交換可能な構造としている。

本改良ジョイントは、既設の伸縮装置からの取替えにも対応するため、伸縮装置本体がコンパクトとなるように床版コンクリートとの定着には孔あき鋼板ジベルを採用している。これまでは、桁と固定する構造であったため、取替えの場合には、端部のコンクリートを桁まで切り欠く必要があった。本改良ジョイントは、これを伸縮装置総高に応じた範囲まで低減した。

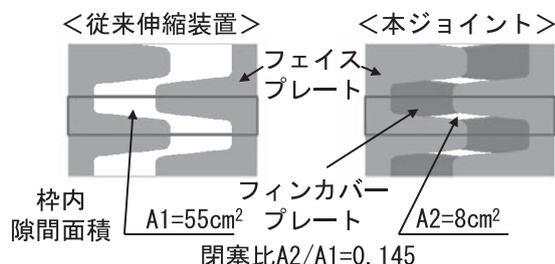


図-3 止水材保護効果 (S-Type, 最大遊間時)

### 3. 追跡調査

#### (1) 概要

実橋での効果検証として、止水材の保護機能の追跡調査を供用開始1年目から5年間行った。調査は鋼材部とバックアップ材を含む止水材部を対象とした。近接目視および点検ハンマーによる打音検査を中心に、5年目の点検時には止水ゴムパッキンにファイバースコープを通して止水材の状態を確認した。

#### (2) 調査結果

5年間の追跡調査の結果、鋼材部においては、フェイスプレート上面で一部塗膜の剥離が見られたものの目立った腐食やき裂は見られず、ボルトナットに固着

やゆるみもなかった。止水材本体およびバックアップ材においても滞水や土砂の堆積等は見られず、橋台上や支承部にも桁遊間からの漏水の兆候はなく健全な状態であることを確認した。5年目の点検時の各部の状況のうち代表的なものを写真-1に示す。

### 4. 性能確認試験

本改良ジョイントに対して、NEXCO 構造物施工管理要領に基づき、要求性能を満たしていることを以下の試験により確認した。

試験体は表-1に示す、4タイプの実物大試験体各1体とした。試験体の形状は図-4に示すとおり、橋軸直角方向の長さを1,200 mmとし、橋軸方向の長さはウェブより750 mmで統一した。床版コンクリート厚は、桁端部の床版厚のほか、載荷治具等の寸法を考慮して450 mmとし、設計基準強度は24 N/mm<sup>2</sup>で、膨張材は使用していない。

表-1 寸法表

Type	S	M	L	XL
設計伸縮量 [mm]	80	140	220	280
標準遊間 [mm]	200	290	410	500
伸縮装置総高 [mm]	290	330	367	377
フィンガー長 [mm]	130	190	270	330
フェイスプレート厚 [mm]	36	45	55	60
フィンカバープレート厚 [mm]	19	25	32	32

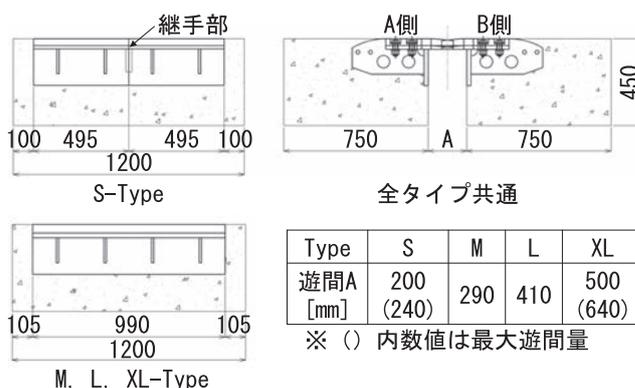


図-4 試験体形状

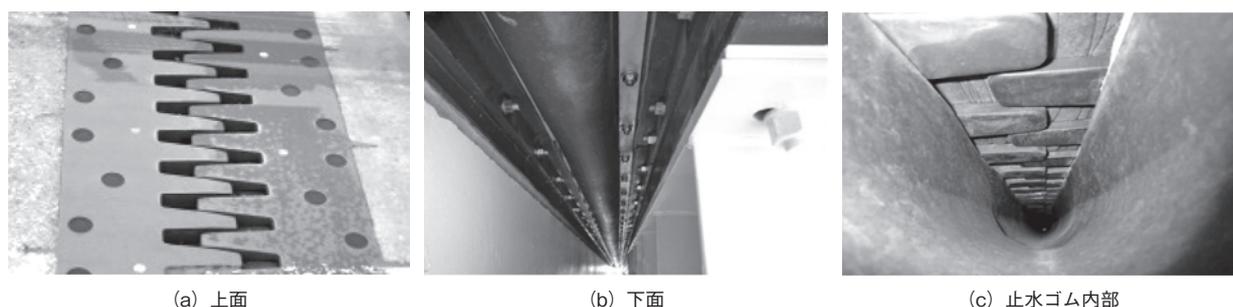


写真-1 5年目点検時の状況

(1) 静的载荷試験

静的载荷試験は、図一5に示すように±300 kNの電気油圧サーボ式試験機を用いて行った。フェイスプレートおよびフィンカバープレートは、ひずみゲージをくし歯の根元の表裏面に貼り付けた。载荷荷重は最大250 kNで、载荷位置は試験体の遊間中央とした。

代表としてXL-Typeのフェイスプレート付け根(Fa)、およびフィンカバープレート付け根(Fi)のひずみを図一6に示す。図の縦軸は表裏面の平均値からヤング係数を $2.0 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$ として算出した平均応力を、横軸は、伸縮装置本体A側左端を原点としたときの橋軸直角方向のゲージ位置を示す。フェイスプレートのひずみは、荷重がフィンガー全面に载荷されている範囲の平均値で $114.1 \text{ N/mm}^2$ となり、片持ち梁を仮定して算出した計算値 $116.3 \text{ N/mm}^2$ とよく一致した。表一2に、全タイプの結果を示す。いずれのタイプにおいても、計算値と実験で得られた平

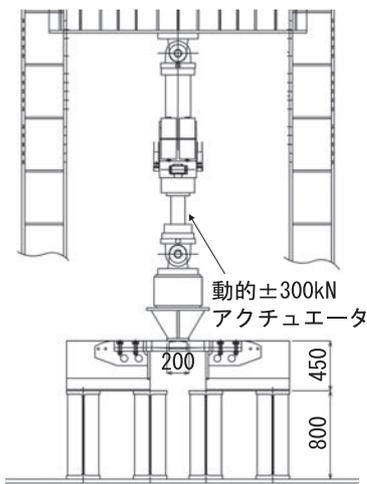
表一2 最大荷重時のフィンガー付け根のひずみ計算値との比較

Type		S	M	L	XL
Fa	データ数	3	4	4	10
	平均値 [N/mm <sup>2</sup> ]	64.6	61.7	101.8	114.1
	計算値 [N/mm <sup>2</sup> ]	58.8	63.3	100.4	116.3
	平均/計算	1.10	0.97	1.01	0.98
Fi	データ数	4	3	2	10
	平均値 [N/mm <sup>2</sup> ]	0.4	0.3	0.3	-0.1
	計算値 [N/mm <sup>2</sup> ]	0	0	0	0

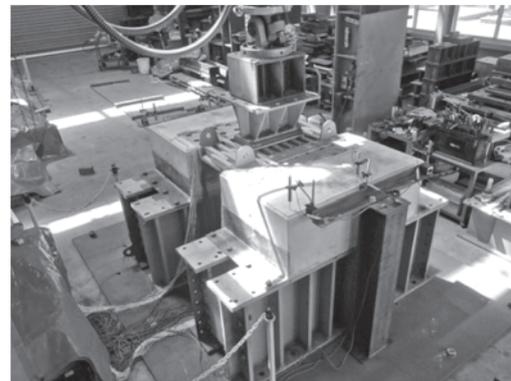
均値はよく一致した。フィンカバープレートのひずみは、いずれのタイプにおいても $1 \text{ N/mm}^2$ 未満で、くし歯の隙間に何も堆積していない通常時には荷重分担しないことを確認した。

(2) 疲労試験

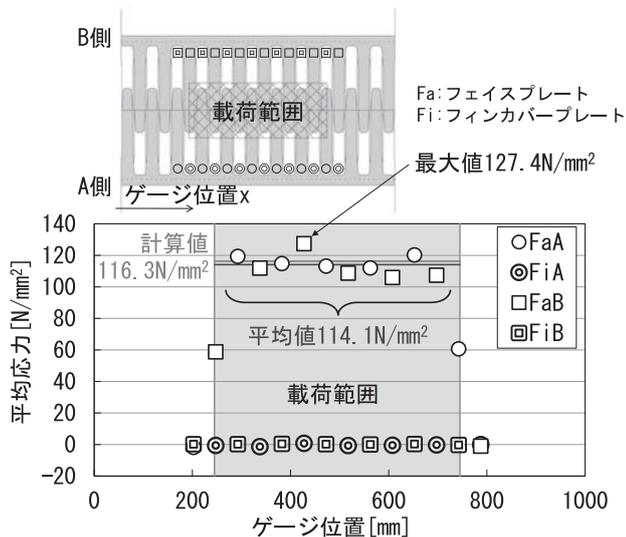
疲労試験は、静的载荷試験に引き続き、動的能力±300 kN電気油圧サーボ式試験機を用いて行った。試験状況を写真一2に示す。载荷荷重は、下限荷重を50 kN、上限荷重を250 kN、荷重振幅を200 kNとした。なお、荷重の载荷位置は静的载荷試験と同じ位置とした。試験周波数は、たわみ量による試験機の能力、振動安定性を考慮して2 Hzとした。



図一5 試験概要図 (XL-Type)



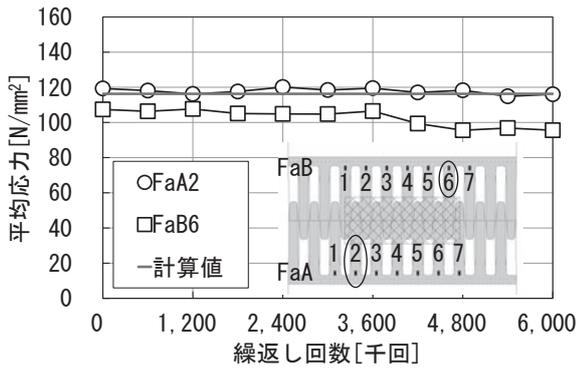
写真一2 疲労試験状況



図一6 最大荷重時のフィンガー付け根のひずみ

繰返し载荷回数は、600万回(50年相当の疲労耐久性<sup>3)</sup>)とし、60万回毎に静的载荷試験により、応力性状を確認した。標準遊間では600万回終了後に行った静的载荷試験でも異常がなかったため、XL-Typeについては遊間を最大遊間まで広げ、载荷位置は遊間中央のまま360万回载荷した。S-Typeは標準遊間が载荷幅と同じ200 mmであるため、標準遊間ではフィンガー付け根に応力がほとんど発生しなかった。そのため、標準遊間で600万回载荷後、最大遊間まで広げて、再度600万回载荷した。

代表としてXL-Typeの60万回毎の静的試験によ



図一七 フィンガー付け根の応力履歴

る応力性状の確認結果の一部を以下に示す。

フェイスプレートフィンガー付け根の応力履歴を図一七に示す。図の縦軸は表裏の平均応力を、横軸は繰返し回数を示す。図は2点の位置のみであるが、ほかの部位も含めて大きな変動は見られなかった。試験後に実施した磁粉探傷検査および目視確認において、き裂等の目立った損傷がないことを確認した。

最大遊間に拡幅後は、途中で応力状態を確認することなく、360万回载荷した。600万回と960万回後のフェイスプレート付け根の最大荷重時の応力を表一三に示す。両者を比較すると、変化量は最大でも14 N/mm<sup>2</sup>と小さく、試験体にも変状は見られず、XL-Typeは80年相当<sup>3)</sup>の疲労耐久性を有していることを確認した。

表一三 フェイスプレートの応力履歴

	载荷回数	フィンガー番号						
		1	2	3	4	5	6	7
FaA	600万回	-1	144	132	119	211	113	62
	960万回	-1	148	144	127	198	121	57
	差	0	4	12	8	-14	7	-5
FaB	600万回	93	158	197	137	129	138	-1
	960万回	89	172	203	151	143	140	-1
	差	-4	14	6	14	14	1	0

他の試験体においても、応力状態は同様の傾向を示し、M、L-Type に対しては標準遊間で50年相当の、S-Type に対しては、標準遊間で50年、最大遊間で50年、合計100年相当の疲労耐久性を確認した。

(3) 止水性能試験

止水性能試験は、NEXCO 試験方法 第4編 構造関係試験方法 試験法 438 伸縮装置の止水性能試験方法<sup>4)</sup>に従って行った。照査期間は伸縮装置本体と同様50年とした。試験は(一社)日本建設機械施工

協会施工技術総合研究所にて実施し、表一四に示す内容で合格した。

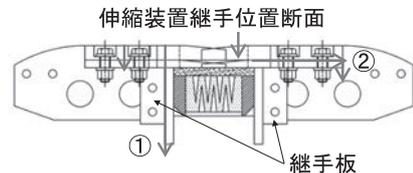
継手部の止水対策として、試験に先立ち実施した事前検討により、図一八に示す箇所が漏水経路となることが予想された。想定経路①に対しては、写真一三に示すように、継手面にバックアップ材を貼り付け、ボルト締付け後、隙間をコーキング剤でシーリングすることとした。想定経路②に対しては、図一九に示すように、フェイスプレートとフィンカバープレート間に圧縮時に厚さが0.2 mm 程度になるシーリング材を貼り付けることとした。止水材の継手部は、メーカー指定の方法で施工した。

最後の水張試験において、水張から24時間経過後も着目部からの漏水が見られず、同様の止水対策を施

表一四 止水性能試験概要

試験順序	試験名	試験項目	繰返し回数
1	耐久性能試験	連続試験	18,500回
2	伸縮性能試験	圧縮試験	50回
3		引張試験	50回
4	水張り試験	水張り試験	※

※伸縮装置上面から100 mmの高さまで水を張り、24時間漏水がないことを確認

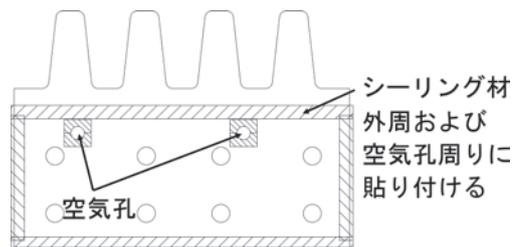


想定経路①	想定経路②
継手部の隙間から漏水	フェイスプレートとフィンカバープレートの間から漏水

図一八 漏水想定箇所



写真一三 想定経路①対策状況



図一九 想定経路②対策

すことで、他のタイプの伸縮装置継手部においても所定の止水性能を確保できるものと考えられる。

## 5. おわりに

実橋で採用された本ジョイント N-FC フィンガージョイントの追跡調査を行い、止水材保護効果に対する有効性を確認した。また、製品化にあたり改良を加えて本改良ジョイント新型本ジョイントとして、各種性能確認試験を実施した。得られた主な結果を以下にまとめる。

- (1) 実橋の5年間の追跡調査の結果、遊間部への漏水は見られず、止水材にも損傷等は見られず、健全な状態であった。
- (2) 静的載荷試験において、最も厳しい応力状態となるフェイスプレート付け根が、概ね設計通りの応力状態であることを確認した。
- (3) 疲労試験において、応力が卓越すると想定した各所のひずみの変動履歴を確認し、いずれの試験体においても目立った変動は見られなかった。試験後の磁粉探傷検査においてもき裂は確認されず、

所定の疲労耐久性を有していることを確認した。

- (4) 止水性能試験において、通常の止水材の継手に加えて、伸縮装置本体にも継目部を設けて試験を行い、所定の止水対策の下、止水性能に問題がないことを確認した。

JCM A

### 《参考文献》

- 1) 東北地方整備局：事務連絡「新設橋の排水計画の手引き（案）」2014.10.
- 2) 小林岳彦, 土屋充, 前田一広, 岩切匠, 井上諒：止水材防護伸縮継手の開発（FC フィンガージョイント）, 東骨技報 No.57, pp.22-25, 2016.3.
- 3) 東・中・西日本高速道路：構造物施工管理要領, 2019.7.
- 4) 東・中・西日本高速道路：NEXCO 試験法 第4編 構造関係試験方法, 2019.7.
- 5) 東・中・西日本高速道路：設計要領 第二集 橋梁建設編, 2016.8.

### 【筆者紹介】

小峰 翔一（こみね しょういち）  
日本ファブテック(株) 技術研究所  
係長

