

# 積雪寒冷地における橋梁用伸縮装置の劣化損傷とその対策について

国立研究開発法人 土木研究所 寒地土木研究所 寒地構造チーム ○佐藤 孝司  
 国立研究開発法人 土木研究所 寒地土木研究所 寒地構造チーム 西 弘明  
 札幌開発建設部 道路整備保全課 後藤 宏行

積雪寒冷地における道路橋の伸縮装置は、凍結防止剤等による腐食の影響や除雪車の衝撃を伴う損傷など劣化損傷を受けやすい部材である。近年、それらの劣化損傷による伸縮装置の取替工事が増加しており、その原因究明と対策が強く求められている。本報告では、現地調査等から積雪寒冷地における伸縮装置の劣化損傷原因を推定し、それを踏まえた対策技術と更新時の留意事項について報告する。

キーワード：伸縮装置、劣化損傷、漏水、滞水、止水機能、防食仕様

## 1. はじめに

道路橋の伸縮装置およびその近傍（以下、ジョイント周りと称す）は、床版と同様に直接輪荷重を支持していることもあり、橋梁構成要素の中でも劣化損傷を受けやすい部材である。特に積雪寒冷地におけるジョイント周りは、凍害や凍結防止剤等による塩害および除雪作業に伴う衝撃作用などの過酷な条件下にあり、橋梁部材で早期に劣化損傷が発生する部位である。また、ジョイント周りからの漏水による桁端部や支承周りの損傷も多く確認されている。近年、伸縮装置の劣化損傷による取替工事が増加しており、将来の更新費用削減に向けては、上述した現状を踏まえた耐久性、耐荷性および止水性の高い伸縮装置の設計・施工、桁端部への漏水対策が急務であると認識される。

本報では、これまでの伸縮装置や桁端部の劣化損傷調査、寒冷地仕様伸縮装置の試験施工の実施と追跡調査、伸縮装置の止水機能更新技術、桁端部の漏水対策、伸縮装置の防食仕様について報告する。

## 2. 伸縮装置の劣化損傷状況

### (1) 伸縮装置の現況調査

#### a) 調査目的と対象橋梁

本調査は、積雪寒冷地における伸縮装置の劣化損傷の発生状況等を把握し、課題の抽出を行うとともに伸縮装置の長寿命化に資する技術の検討を行うための基礎資料を得ること目的として実施した。

調査箇所は、札幌開発建設部管内（石狩振興局管内および空知総合振興局管内）の国道橋における伸縮装置 459 箇所（橋梁数 136 橋）を対象に選定した（図-1、表-1）。調査内容は、橋梁全体や伸縮装置の設置状況と損傷状況について、目視観察や寸法等を計測し状況に応じてテストハンマーによるたたき調査も行い、写真撮影と記録等を行った。

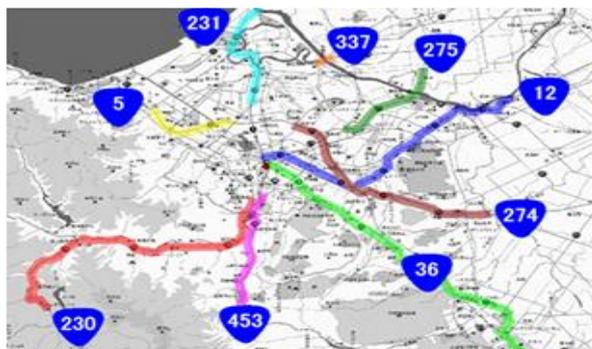


図-1 札幌近郊主要道路

地区	路線名称 番号	調査区分	調査区間橋梁数				伸縮装置数量	
			高架橋	鉄道跨線橋	河川橋	合計	箇所数	レーン数
札幌 近郊	一般国道5号	札幌	2	2	7	11	45	118
	一般国道12号	札幌-江別	3	3	12	18	44	146
	一般国道36号	札幌-千歳	1	6	13	20	65	185
	一般国道230号	札幌	1		29	30	69	170
	一般国道231号	札幌-石狩	2	2	9	13	56	157
	一般国道274号	札幌-北広島	5	2	20	27	129	268
	一般国道275号	札幌-江別			7	7	27	54
	一般国道337号	石狩			2	2	7	14
	一般国道453号	札幌	1		7	8	17	48
		合計		15	15	106	136	459

表-1 調査橋梁箇所数



図-2 伸縮装置の種類

#### b) 伸縮装置の現況

調査対象伸縮装置は、いずれの路線においても「荷重支持式」が全体の約 6~7 割を占めており、「埋設式」が約 2 割、続いて「突合せ式」となっている（図-2）。

「荷重支持式」は、開発局の要領および標準図集に掲載されている鋼製フィンガー型(片端支持)が全体の約4割を占め、鋼橋新設の際に本体製作と同時に製作し設置されている。コンクリート橋の場合は一般的に既製品ジョイントが使用されている。

### c) 劣化損傷状況

調査で確認した代表的な損傷を図-3(写真1~10)に示す。鋼製フィンガー型はフェイスプレートの段差(写真1)、遊間異常(写真2,3)が多く見られ、止水部には土砂堆積・詰り、腐食、脱落(写真4,5)が見られた。伸縮装置の周囲舗装の損傷(写真6)、後打ちコンクリートの劣化(写真7,8)が確認された。それらの損傷は車両進行方向手前側の損傷が著しい。また、伸縮装置本体の損傷よりも、止水機能の損傷と後打ちコンクリートもしくはその周囲舗装の損傷が多く確認された。二次止水材(樋)の継手部からの漏水や排水ドレーンの損傷(写真9)も見られ、漏水対策が必要な箇所も確認された。この他に舗装のひび割れ、浮き、剥離、段差ならびに陥没などの損傷が確認された。地覆部は、地覆カバープレートの破損・変形といった損傷(写真10)も見られ、止水材ではシーリング材の剥離、土砂詰まりなどの損傷も確認された。

### d) 劣化損傷の傾向分析

調査で確認した損傷の傾向分析結果を以下に示す。

周囲舗装の損傷が最も多く発生しており、車道部では主に埋設式に剥離、浮きが多く車道部全体の約2割程度で確認された。また、後打ちコンクリートの損傷も多く、車道部全体の約2割程度で、埋設式を除くと伸縮装置本体より伸縮装置の周囲舗装や後打ちコンクリートに損傷が発生しやすい傾向にあることが確認された。止水材や止水機能の損傷も車道部全体の約3割程度と多く確認された。なお、車道・歩道に発生傾向の大きな違いはないが、突合せ式の方が発生率は高い。ただし、歩道部では伸縮装置本体の破損・変形などの損傷が全体の約半数を占め、車道部とは異なった傾向にある。

### e) 劣化損傷原因の推定

今回の調査で確認した損傷について、損傷項目別に原因推定したものを表-2に示す。これらの損傷原因は、一般的環境下での使用条件によるもの、雪寒環境下での使用条件によるもの、設計・施工上の問題によるものに分類される。表-2には、損傷発生数や損傷重要度で着目すべき箇所に枠内を着色(青色)し、損傷原因が雪寒地特有のものと推定されるものを赤字で示しており、着目すべき箇所の大半が雪寒地の条件下が原因となっている。伸縮装置に多く見られる周囲舗装や後打ちコンクリートの剥離等の損傷は、大半が除雪作業時の除雪車のスノーブラウが接触したことによるものと考えられ、ブラウ誘導板が設置されていない伸縮装置では、本体の破損や変形にまで及んでいる箇所がある。止水材の破損や脱落等の損傷は、遊間に土砂詰まりや圧雪で輪荷重が伝達したことによるもの、止水ゴムの脱落などは鋼材腐食に



図-3 代表的な劣化損傷状況

よる接着破壊も考えられる。また、止水ゴムや弾性シーリング材等の止水材料は低温時の性能不足も考えられる。埋設式の損傷の大半を占める剥離、浮きは、温度変化による桁伸縮の繰り返り、または伸縮装置自体の追従性の機能不足と考えられる。鋼材の腐食やコンクリートの剥離、摩耗等の損傷の一部は、長期(20~30年程度)使用による経年劣化と考えられる。伸縮装置の段差や遊間不良は僅かに認められるが、これらは橋台の沈下や地盤の変状等に伴うものと考えられる。

### (2) 橋梁定期点検データからの劣化損傷傾向分析

#### a) 調査目的と調査内容

伸縮装置本体および桁端部周辺の損傷対策・補修技術を検討するための基礎資料を得ることを目的に、橋梁定期点検データを活用して損傷発生原因の整理を行った。

表-2 損傷項目別の損傷発生原因等の一覧（劣化損傷状況調査結果より）

部位	損傷項目	道路区分	損傷の発生数	損傷の重要度	主な型式	損傷原因の推定	主な機能低下
本体	段差		少	中	鋼製フィンガー	構造物の沈下等	走行性, 耐久性
	浮き(空隙)	車道部	少	高	鋼製フィンガー	施工不良等	走行性, 耐久性
	ひび割れ, 浮き, はく離	車道部	多	高	埋設タイプ	桁伸縮に追随しない等	走行性, 耐久性
	破損・変形	車道部	少	高	全種	除雪作業等	走行性, 耐久性
		地覆部	多	中			止水性
		歩道部	多	高			除雪作業, 腐食等
	遊間不良(開閉量)		少	中	鋼製フィンガー	構造物の変状, 施工時据付不良等	走行性, 耐久性
	異常挙動	車道部	少	高	ビーム型	接続部溶接割れや部材摩耗等	走行性, 耐久性
	さび・腐食	車道部	少	中	全種	雨雪, 凍結防止剤等による促進	耐久性
地覆部		中	中	止水性			
歩道部		多	高	走行性, 耐久性			
取付 (ホルト, 後打ちコンクリート)	コンクリートの 浮き・はく離	車道部	多	高	全種	荷重繰返し作用, 除雪, 舗装切削作業, 凍害劣化, 誘導板腐食, 品質, 施工不良等	耐久性, 走行性
		地覆部	多	少			止水性
		歩道部	少	中			走行性
	ひび割れ	車道部	中	少			耐久性
止水	止水材の脱落・劣化 (シーリング材, ゴム材)	車道部	多	高	ビーム型	経年劣化, 桁伸長による飛出し, 腐食による不着切れ等	止水性
		地覆部	多	高			止水性
		歩道部	少	中			止水性
	土砂詰まり	車道部	中	少	全種	塵埃, ゴミ投棄等	止水性
周囲舗装	段差	歩車道部	中	高	全種	荷重繰返し作用, 除雪作業, 品質, 施工不良等	平坦性
	はく離, 浮き	歩車道部	多	高			平坦性
	わだち, 陥没	歩車道部	中	高			平坦性
	ひび割れ	歩車道部	多	中			平坦性

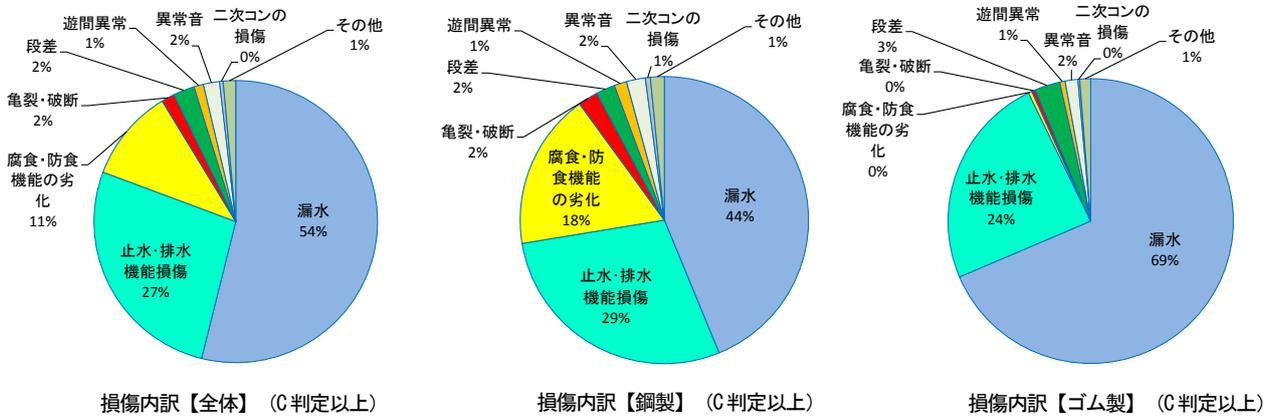


図-4 伸縮装置の劣化損傷傾向（橋梁定期点検データより）

点検データは、平成 27 年度までに蓄積された北海道の国道橋 4,271 橋の内、点検済み橋梁 4,099 橋を対象とし、伸縮装置の記録がある 3,536 橋を活用して劣化損傷の傾向分析を行った。

**b) 劣化損傷の傾向分析**

点検データより、対策区分判定がC判定以上の損傷を対象に、伸縮装置全体での損傷傾向の分析を行い、材料別(鋼製、ゴム製)に抽出した結果を図-4に示す。以下に劣化損傷の傾向分析結果をまとめる。損傷種別としては

伸縮装置からの漏水や橋座面の滞水等が最も多い。これは鋼製およびゴム製どちらも傾向が同じである。次に止水・排水機能損傷が多くこれも鋼製、ゴム製どちらも傾向は同じである。鋼製の伸縮装置においては、腐食・防食機能の劣化が 18%と比較的多く見られるが、鋼製およびゴム製どちらも伸縮装置本体の損傷や取付部の損傷は非常に少ないことが確認される。前章(1)の調査結果と本章(2)の傾向分析の結果から、漏水対策として止水機能維持技術の確立を目指す必要があると考える。

### 3. 寒冷地仕様伸縮装置の追跡調査

#### (1) 寒冷地仕様伸縮装置の概要

##### a) 概要

寒地土木研究所と北海道大学との共同研究により、「寒冷地仕様伸縮装置」の開発を行ってきた。これまで、札幌道路事務所管内の一般国道 274 号札幌 I C 高架橋（橋長 957m）の内、LP28・RP28 橋脚に試験施工として、開発した寒冷地仕様伸縮装置の設置を行っている。

本報では、設置から約 10 年が経過し、冬期における除雪作業時の衝撃作用や多種類大型車両の実荷重作用による損傷発生の有無、ならびに漏水、滞水状況等の調査を行ったことから、その結果を報告する。

なお、寒冷地仕様伸縮装置の断面、平面、写真を図-5 に、札幌 I C 高架橋の状況写真を図-6 に示す。

##### b) 特徴

##### ①スノープラウ誘導板の設置

スノープラウ誘導板 1 枚に作用する衝撃力の低減を目的として、誘導板取付間隔を 300mm 間隔から 225mm 間隔と狭め、除雪車による損傷を抑える構造としている。

##### ②防塵材及びスライドプレート

遊間部に土砂や雪が詰まり、輪荷重が伝達した場合でも止水材に損傷が生じないようにするため、フェイスプレート下部に防塵材（ポリエチレンフォーム）を設け、またその下側にスライドプレートを設置し、土砂堆積物の進入防止ならびに圧雪押し込み力を支持する構造とすることにより、一次止水材である弾性シーリング材の耐久性を持続させることとしている。

##### ③耐腐食性能の向上

伸縮装置を構成する鋼材（伸縮装置本体内面・フェイスプレート・本体側面の舗装部分面・誘導板舗装部分面）に Al-Mg（アルミニウムマグネシウム）プラズマ溶射処理を行い、耐腐食性能の向上を図った。

#### (2) 寒冷地仕様伸縮装置の追跡調査

##### a) 追跡調査結果

今回実施した追跡調査結果より、図-7(写真 11~16)に代表的な状況写真を示し、状況を以下にまとめる。

伸縮装置本体の段差やズレの発生は見られなかった(写真 11)。なお、車両通行時のタイヤが接触する面（溶射部）に擦り減りが部分的に見られたが、伸縮装置内面は概ね健全であった(写真 12)。なお、伸縮装置下側の橋脚壁面に漏水痕や錆痕が見られたが、これはコンクリート接触面となる伸縮装置鋼材に防錆処理（溶射）が施されていないため、後打ちコンクリートと伸縮装置鋼材の界面から雨水が浸入し、鋼材の防食性能の劣化が生じ漏水と錆発生に至ったものと考えられる(写真 13、14、15)。また、二次止水材内部の白色付着物(写真 16)は凍結防止剤の結晶と考えられる。

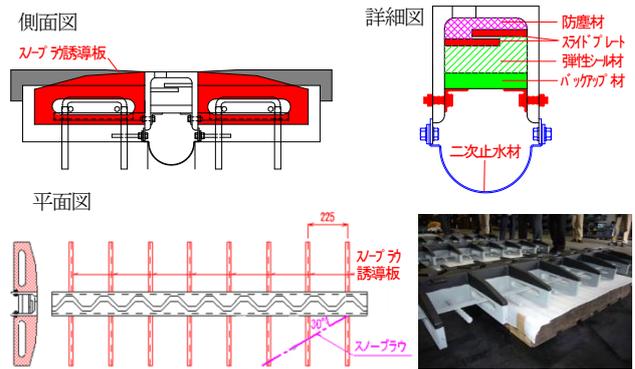


図-5 積雪寒冷地仕様伸縮装置の概要



図-6 設置状況(路面, 内部状況)



図-7 追跡調査結果状況

##### b) 考察

設置後約 10 年経過した伸縮装置の追跡調査の結果、一次止水および二次止水材に脱落等の損傷は無く、内部に滞水している形跡も無く、伸縮装置内面の状態は概ね健全性が保たれていた。なお、一部区間から錆痕が認められたが、これらの発錆原因については本体の防錆処理（溶射）範囲の見直し等により改良が施されており課題は解消されている。

#### 4. 伸縮装置の機能維持技術について

##### (1) 伸縮装置の止水機能更新技術

北海道における伸縮装置周辺からの漏水については、路面に凍結防止剤を散布することが多く、多量の塩化物も混入している可能性があり、鋼桁端部や支承の腐食、下部工コンクリートの凍害・塩害・ASR等の劣化損傷に影響しているものと考えられる。以上より、桁端部の漏水対策は積雪寒冷地である北海道において、急務であると考えられる。

##### a) 一次止水材の更新

前述のとおり、道路橋の桁端部の損傷の原因の大半は、伸縮装置からの漏水であることが明らかとなっている。このように止水機能低下による漏水が発生しているケースでは、本体の取替えを行うことなく一次止水材の更新または追加設置により、止水機能を回復する方法も考えられる(図-8)。これは鋼製フィンガー型の場合で、遊間がある程度広く(100mm以上)、桁端部の空間において設置作業可能なスペースの確保が条件となる。

##### b) 二次止水材の更新

伸縮装置は非排水型とすることを原則として運用されているところであるが、非排水型を選定した場合であっても、非排水機能が永続的でないことに留意して、非排水機能維持を目的とした二次止水材の更新が可能な構造の採用により、伸縮装置本体の取替えサイクルを延ばすことにより、橋梁の長寿命化へ繋げる必要があると考えられる。非排水型伸縮装置の構造概要(案)を、図-8に示す。

##### (2) 桁端部の漏水対策

##### a) 簡易排水樋の設置

既設橋伸縮装置の止水機能が劣化損傷を受けることが多く見受けられるが、伸縮機能が健全であれば既設伸縮装置をそのまま存置し、別途、簡易排水樋を設置するような方法も採用されている。今後、一次止水および二次止水の機能更新技術と簡易排水樋の設置を組み合わせ、漏水対策を行うことにより維持更新費削減のための検討を進めていくことも考えられる。道内の国道橋で採用された代表的な事例を図-9(写真17~22)に紹介する。

##### b) 桁端部の構造的環境の改善

新設橋の設計段階において、橋梁点検や将来の補修工事の作業スペースとして、人が容易に侵入できる空間(高さ800mm以上、幅600mm以上)を桁端部に確保することは既に要領等で謳われているが、これ以外に将来想定される伸縮装置の取替、部分補修または漏水対策等の作業時に支障とならない程度の作業空間として活用可能かを精査する必要がある。また、前章2.(1)の現況調査の結果から、橋座部天端に雨水等が滞水し杓座周りが劣悪な環境に陥っている状況が見受けられたこと等から、橋台等の橋座部天端には、速やかに排水を促すため排水勾配を3%程度として設計することを提案する(図-10)。

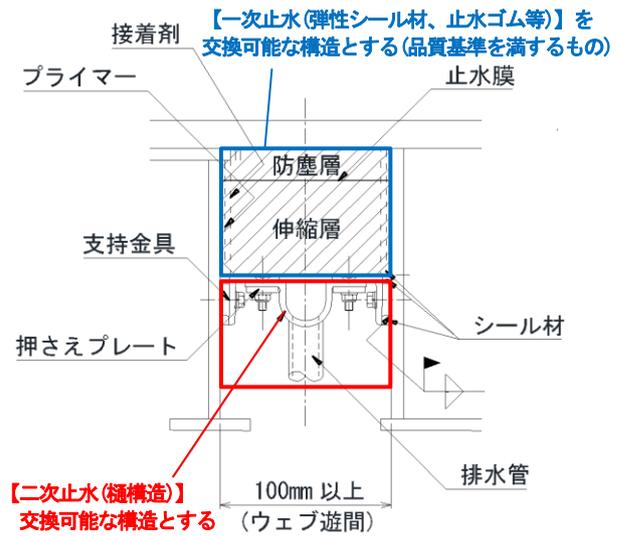


図-8 非排水型伸縮装置の止水構造概要(案)



図-9 簡易排水樋設置事例

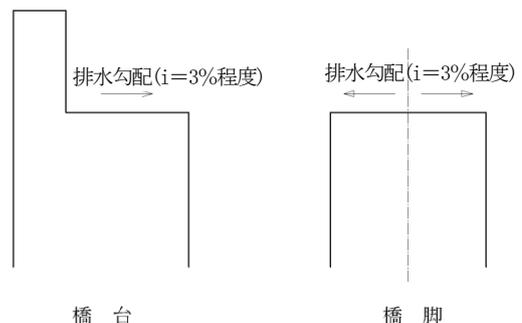


図-10 橋座部の排水勾配

### c) 地覆立ち上がり部の伸縮装置の構造

地覆、壁高欄および歩車道境界部から漏水が生じない構造であることが望ましいが、伸縮装置を非排水型にしているにもかかわらず、地覆立ち上がり部の処理が不適切なため、漏水が生じる構造となっているケースも見受けられる。伸縮装置の地覆立ち上がり部については、漏水に対する十分な配慮が必要である。そこで伸縮装置端部と地覆部との接続部からの漏水を防止するため、更に止水構造の将来の維持管理性も考慮し、伸縮装置端部を外端まで連続配置する構造（橋梁全幅員に伸縮装置を配置）とするなど、確実な漏水対策を施す必要がある。なお、立ち上がり部は地覆上部からの雨水や土砂等の流入を防止することを目的とし、原則カバープレートを設置する。伸縮装置の端部止水処理構造案を図-11に示す。

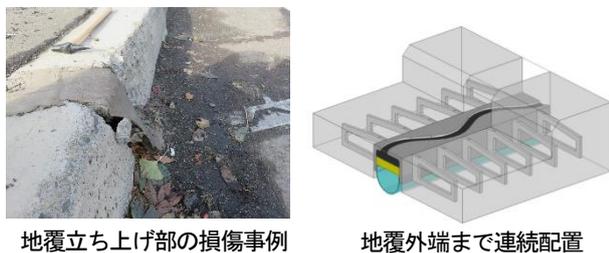


図-11 伸縮装置の端部止水処理構造案  
(鋼製ジョイントの場合)

### (3) 伸縮装置の防食仕様

2. (2)橋梁定期点検データの傾向分析において、伸縮装置【鋼製】の劣化損傷傾向は、「漏水」、「止水・排水機能の損傷」に続き、「腐食・防食機能の劣化」が多い結果となっている。また近年、鋼製フィンガー型の更新時に製品ジョイントの採用が増えつつあるが、これらの防食仕様については、現状で基準が設けられていないため、塗装仕様の見劣りする製品が散見される。そのため、伸縮装置の腐食等の劣化を未然に防ぎ、性能を一定期間確保するためには、伸縮装置の防食仕様の基準を設けることが望まれる。「鋼道路橋防食便覧」に示されている塗装系の内、伸縮装置の塗装に求められる性能（耐水性、防食効果の耐久性）に最も適応する「D-5 塗装系」を基準とすることを提案する。また、床版等のコンクリート接触面にはさび止めとして「無機ジンクリッチペイント」を塗布するのが良い。なお、鋼製フィンガー型の防食仕様案を図-12に示す。

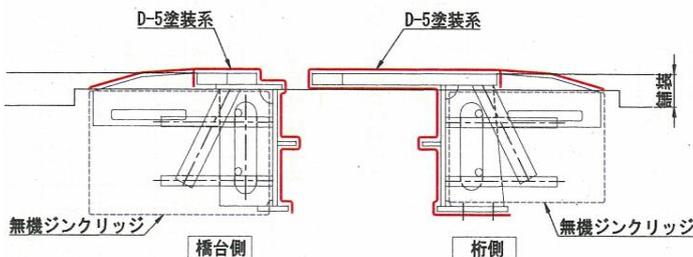


図-12 鋼製フィンガー型の防食仕様案

### (4) その他

2. (1)現況調査より、橋面の後打ちコンクリート部（伸縮装置前後）の劣化損傷が多く確認されている。図-13に示す写真のとおり、桁端部での漏水も多く発生しており、後打ちコンクリートの充填不良が原因の一つと考えられる。後打ちコンクリートの充填不足は、橋台背面からの路面水の進入経路となる他、伸縮装置本体のガタツキの原因や後打ちコンクリートの陥没に至る場合もあり、車両の走行安全性にも支障をきたす可能性がある。そのため、後打ちコンクリートの充填不良が発生しにくい構造を予め検討しておく必要がある。また、後打ちコンクリート打設において、樹脂発泡体を捨て型枠として施工している場合、将来の遊間部の目視点検が困難となっているケースも報告されている。発泡体型枠は原則として施工後撤去可能なものとし、かつ点検容易性に配慮した桁端部構造とすることが望ましい。



図-13 後打ちコンクリート部の劣化損傷と捨て型枠

## 5. おわりに

伸縮装置劣化損傷の現地調査、寒冷地仕様伸縮装置の試験施工の実施、施工後の追跡調査等を実施してきたが、今年度においては、桁端部の漏水対策、伸縮装置等における機能維持技術、および伸縮装置の防食仕様について報告を行った。今後は伸縮装置支持金具の押込力に対して抵抗する構造詳細、止水材等の耐久性能の評価を検討していく予定であり結果を報告したいと考えている。

**謝辞：**本報告にあたり橋梁定期点検データのご提供を頂きました北海道開発局道路維持課、また現場調査を実施するにあたりご協力を頂いた北海道開発局札幌開発建設部札幌道路事務所、および岩見沢道路事務所の関係者の皆様に謝意を表す。

### 参考文献

- 1) 山口譲司、齊藤修、三田村浩：寒冷地仕様伸縮装置の開発について、第 50 回北海道開発局技術研究発表会 発表論文集、論文 No. コー11
- 2) 吉田英二、三田村浩、石川博之：積雪寒冷地における橋梁用伸縮装置の損傷状況とその対策に向けた検討、寒地土木研究所月報 No. 676 2009.
- 3) 国土交通省北海道開発局：平成 28 年度 橋梁診断業務
- 4) 北海道土木技術会鋼道路橋研究委員会：北海道における鋼道路橋の設計および施工指針（第 1 編 設計・施工編、第 3 編 資料編）2012.
- 5) 北海道開発局：道路設計要領 第 3 集 橋梁、2016.