

桁端部の劣化防止対策

— 伸縮装置遊間の防水対策について —

近藤 翼*

桁端部および支承部は伸縮装置を介して浸入した雨水が原因で劣化する場合があります、これに対する劣化防止対策は重要となっている。ここでは、伸縮装置に採用されてきた止水構造の紹介と、それらの耐久性に対する課題および、対策への取組みを紹介する。

キーワード：乾式止水材、伸縮装置、防水対策、耐久性向上

1. はじめに

高架橋や橋梁において、温度変化による桁伸縮、桁回転を吸収するため、桁と桁、桁と橋台の遊間に設けられている伸縮装置は、鋼製、ゴム製とさまざまなタイプが開発されてきたが、櫛歯型の鋼製伸縮装置が広く用いられている。

鋼製伸縮装置は、櫛歯形状に沿った隙間が設けられており、雨水などの浸入は避けられない構造となっている（写真 - 1 (a)）。桁端部および支承部の主な損傷原因として、伸縮装置からの漏水に起因した腐食であることが分かっている¹⁾（写真 - 1 (b)）。死荷重や活荷重、水平荷重の影響を繰り返し受ける端部および支承部の損傷は、橋全体の寿命を縮めることに直結する。この劣化防止対策として、鋼製伸縮装置遊間には、雨水などの下部への浸入を防止する止水構造が必要となる。しかし、伸縮装置遊間は桁伸縮により絶えず変化するうえ、土砂堆積の影響もあり、止水構造への負担は大きく、その耐久性が課題となっている。



(a) 鋼製伸縮装置

(b) 支承部腐食の状況

写真 - 1 高架橋・橋梁における桁端部



* Tasuku KONDO

乾式止水材研究会 ニッタ (株)

2. 伸縮装置用止水材

2.1 伸縮装置の止水構造

止水構造は大きく分けて排水形式と、非排水形式の2種類に分けられる。

(1) 排水形式²⁾

排水形式は伸縮装置の隙間から浸入した雨水を、遊間に設置した受け樋で収集し、排水管により所定の箇所まで導水する構造で、従来から用いられてきた形式である。しかしながら、路面から浸入してきた土砂が受け樋に堆積するため、排水経路の詰まり、破損等により排水機能が失われ、桁端部の腐食が問題となることが多かった。

(2) 非排水形式²⁾

非排水形式は、路面排水を目的とし、桁の伸縮や回転などによる変形に対する追従性が良好な止水材を伸縮装置内部に設置する構造で、現在、伸縮装置の止水形式として主に採用されている形式である（図 - 1）。

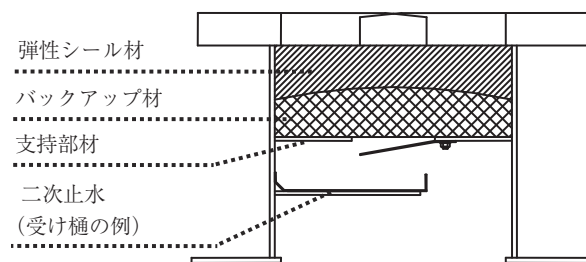


図 - 1 弾性シール材の標準断面概略図

非排水形式の止水材としては、弾性シール材が広く発注者の標準仕様として採用されている。弾性シール材とは、二液性の液状体を混合させ、硬化後にゴム状弾性を有する止水材である。現在、材質については主に、液状ポリブタジエンを主剤としたものが使用されている。弾性シール材はゴム弾性を有しているが、低モジュラスのため、桁の伸縮、変形に対する追従性が良好である。

現在では、非排水形式を主として、その下に止水ゴム樋や、ステンレス製の受け樋といった排水形式を二次止水（本来の止水材が破損した場合のセーフティ）、さらなる三

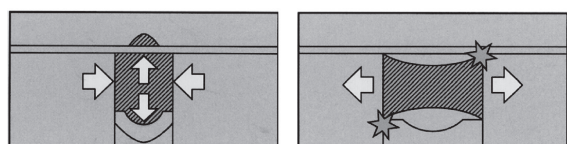
次止水として、組み合わせて採用されることが多い。

2.2 伸縮装置用止水材の課題

伸縮装置用止水材は、弾性シール材を使用した非排水形式が、昭和 50 年頃から採用され始め、各公団公社等で標準仕様として取り入れられ、現在に至っている。

平成 7 年の兵庫県南部地震（阪神淡路大震災）以降、道路橋示方書が改定され、桁遊間の大型化および橋梁の多径間化に伴い桁の移動量も大きくなり、大遊間の鋼製伸縮装置の需要が増加した。

弾性シール材は体積変化が不可能であるため、伸縮装置遊間の圧縮時には、シール材表面が膨張し、引張時には厚みの減少が発生する（図 - 2）。遊間量の大きな伸縮装置の場合はその影響も大きく、圧縮時に膨張したシール材の表面が、伸縮装置自体によって傷つけられる問題および、引張時の厚み減少は、土砂の堆積など問題が発生する。現在、これらの対策として、体積変化ができる連続気泡フォームのバックアップ材により、吸収させるような断面構造などが講じられているが、大遊間の伸縮装置においては、これらの構造形式では技術的限界に達しており、耐久性の問題が大きなネックになっている。



(a) 圧縮時（夏期） (b) 引張時（冬期）

図 - 2 弾性シール材の伸縮挙動概略図

さらに近年、新設橋梁の需要減少とともに、既設橋に対する維持、補修の需要が高まりつつある。伸縮装置においても、これまで以上に、メンテナンス性が求められる傾向となっている。

鋼製伸縮装置のメンテナンスは、すなわち止水構造の維持といえる。排水形式の場合は、受け樋に堆積する土砂等の除去および清掃作業となる。しかし、従来からの排水形式の場合は、清掃作業を考慮した構造となっておらず、作業は非常に困難である。また、破損等により排水機能が低下している場合が多く、補修の際は、非排水形式へ変更することが望ましい。

非排水形式は通常は櫛歯部の隙間の土砂除去、破損した場合は、止水材の取替え作業となる。弾性シール材は、硬化前は流動性があり、路面より櫛歯の隙間より遊間に流し込むことで施工できる。しかし、この弾性シール材の現場充てんにおける主な問題点としては、施工時に環境の影響を受けやすい点があげられる。新規に伸縮装置を製作し弾性シール材を工場充てんする場合は、冬季（主に 0℃ を想定した場合が多い）における遊間にて充てんし、引張時の接着面への影響を少なくすることができる。しかし、現場充てんの場合は、施工するときの遊間でしか充てんできないため、たとえば、夏季に充てんすると、冬季に遊間が拡張した際に、接着面への引張応力が大きくなる。伸縮量の大きい伸縮装置の場合は破損に繋がる場合もある。対し

て、冬季に施工としても、0℃ 近い温度では流動性が失われるため、充てんは困難である。

また、路面からの作業が必要な現場充てんは、路上規制を行う必要があるなど、弾性シール材の補修はメンテナンス性としても課題となる点がある。

3. 乾式止水材への取組み

3.1 乾式止水材の概要³⁾

乾式止水材研究会では弾性シール材に代わる止水材として、10 年ほど前より乾式止水材を提案している。乾式止水材は、主に発泡体で構成された母体上に、長手方向に連続した止水を担うシート状の止水膜と、それを保護するための防塵層を最上部に一体化した止水材で、止水膜と、母体の側面の支柱部を伸縮装置のウェブ面に接着させることにより止水を行う。液状（湿式）である弾性シール材に対して、主に発泡体で構成されていることから、乾式止水材と称している。

乾式止水材の概略図を図 - 3 に示す。乾式止水材の母体の伸縮部は、連続気泡フォームにより構成されている。連続気泡フォームとは、発泡体内部の気泡がおのおの連なっている状態で成り立っているものをいい、これに圧縮が加わると、内部の気泡は潰れ、連なっている気泡を伝い空気が押し出されることで、見かけ上のサイズ、すなわち体積が変化する。そのため、一方向から圧縮が加わっても、それによる盛り上がりはほとんど発生しない。伸縮部が連続気泡フォームから成る乾式止水材の特徴は、体積変化することで、伸縮装置遊間の変化に追従するという点にある。

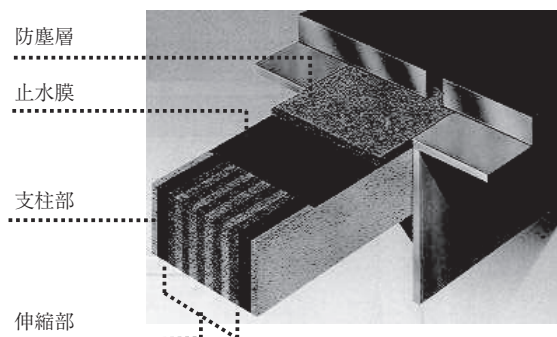


図 - 3 乾式止水材概略図

3.2 乾式止水材の評価³⁾

(1) 伸縮性能

弾性シール材は、伸縮装置遊間にて二液性の液状体を混合させ充てんし硬化させる止水材であるのに対し、乾式止水材は成型された本体を伸縮装置遊間に設置する止水材となっている。圧縮による盛り上がりが発生しない点を活かすため、止水材の幅寸法は、設置する伸縮装置の設計最大遊間よりも大きく成型し、止水材自体は常に圧縮状態で使用するように設置する。それにより、接着界面や、止水膜、本体自体に引張応力が作用することがない。また、伸縮装置遊間の伸張による厚さ減少もほとんどないことが分かっている。

写真 - 2, 3 に乾式止水材の伸縮試験の状況を示す。本試験は、第二東名における PC 橋の実物件を想定し、乾式止水材研究会にて伸縮試験を行ったものである。伸縮装置遊間が最大 1 964 mm と非常に大きい。幅 2 000 mm の乾式止水材を伸縮装置を想定した治具の間に接着し、その下に実物件と同サイズの支持部材を設置する。クリープ・乾燥収縮量も含む遊間 1 964 ～ 1 334 mm にて、伸縮回数 50 回の伸縮挙動を確認したところ、大きな圧縮変形にも伸縮部が体積変化し、上部の防塵層、止水膜が波状変形することにより、遊間の変位を問題なく吸収していることが分かる。



写真 - 2 伸縮試験状況 (遊間 1 964 mm)



写真 - 3 伸縮試験状況 (遊間 1 334 mm)

さらに、同様の試験体にて、繰返し伸縮試験を実施した。試験条件は、日温度変化に対する伸縮量（1 日における最大遊間から最小遊間までの変化量 126 mm の伸縮を 1 回とする）を負荷する繰返し伸縮とし、伸縮回数は 50 年相当の 18 250 回（0 ～ 9 125 回：真夏を想定した 1 670 ～ 1 544 mm, 9 126 ～ 18 250 回：真冬を想定した 1 964 ～ 1 838 mm）としている。なお、従来、非排水構造の繰返し伸縮試験では年間伸縮量を日伸縮量と仮定し約 10 年相当を繰返し伸縮する方法が用いられているが、本試験の累積伸縮量と従来方法の累積伸縮量は同程度となる。試験後、上面からの観察において、防塵層に表面亀裂やはく離、磨耗は見受けられない（写真 - 4）。水張り試験において、8 時間経過後も漏水は確認されなかった（写真 - 5）。

(2) 施工性・メンテナンス性

非排水形式の止水材は、車道部と地覆部の止水構造を連続した状態で設置される必要がある。弾性シール材が、充てん時に液状の性質を活かし伸縮装置の表面形状なりに設置できるのに対して、設置時に成型品である乾式止水材は、幅員方向に連続した一体成型物を設置し、地覆部にて端部を折り曲げ、路面より上部へ巻き上げることで非排水の構造とする。地覆部では伸縮装置表面との隙間が生じるため、連続気泡フォームから成る防塵フォーム材を設置することで対応している。

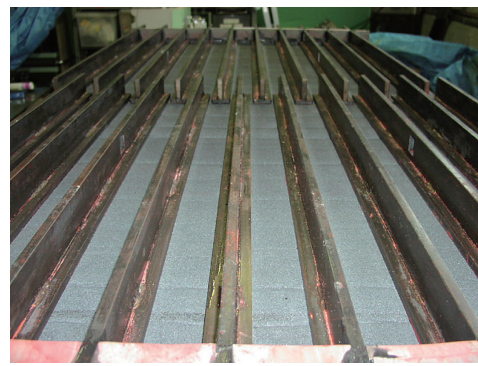


写真 - 4 試験終了後防塵層上面状況 (遊間 1 964 mm)



写真 - 5 水張り試験状況 8 時間経過後 (遊間 1 964 mm)

伸縮装置への設置方法としては、伸縮装置を新設する場合と、既存の伸縮装置を補修する場合とで大きく分けられる。新設施工の際は、施工性を考慮して、写真 - 6 のように伸縮装置を上下反転した状態で設置することが多い。また、伸縮装置の遊間調整が可能であるので、最大遊間にて乾式止水材の設置するのが望ましい。

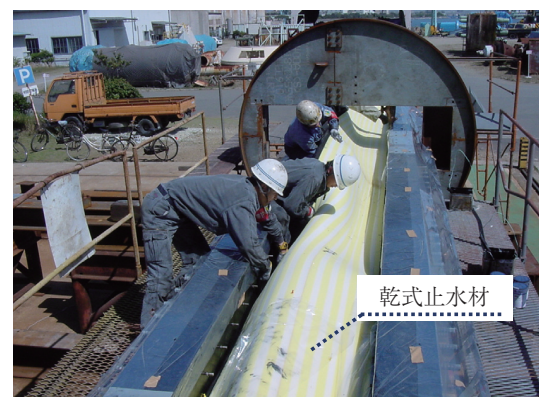


写真 - 6 新設施工状況

新設設計においては、弾性シール材を使用した非排水形式と同様に、二次止水としての排水形式と組み合わせて採用される場合が多い。図 - 4 に新設設計時の標準断面を示す。なお、止水材は軽量の構造であるため、伸縮装置下部の作業スペースの確保や、支持部材類を取外し可能な構造にするなど、適切に設計することで破損した場合の取替えを容易にすることができる。

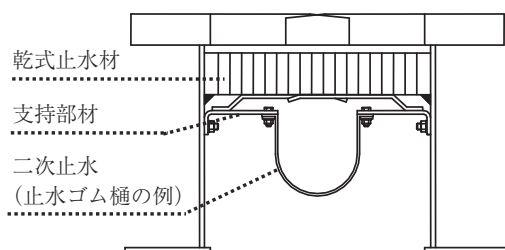


図 - 4 乾式止水材標準断面図

既設の伸縮装置を補修する場合は、橋梁下の桁遊間より施工を行う（写真 - 7）。既設伸縮装置には、排水樋等の止水装置が設置されていることが多く、それを撤去した後、乾式止水材を圧縮挿入し設置する。このとき、伸縮装置の接着面の腐食や、突起物を除去し、できるかぎり平滑にすることが望ましい。設置は上向きの作業となるが、本体は発泡体で軽量であるので取扱いが容易である。さらに、橋梁下から施工できるため、路上規制を行う必要がなく、交通量の多い橋梁において利点がある。また、乾式止水材は、想定される最大遊間よりも幅の広い本体を圧縮して設置するため、引張応力が作用することがなく、補修時期による伸縮装置遊間の影響を受けない。乾式止水材は、維持管理面でも有効な構造といえる。



写真 - 7 補修施工状況

3.3 寒冷地域における耐久性向上の取組み

近年、乾式止水材の北海道や東北地域といった寒冷地域対応への取組みが進んでいる。寒冷地域は塩分を含む凍結防止剤を多く使用するため、塩害による腐食の問題は大きい。さらに、温度変化が大きく、また圧雪の影響もあり、止水装置にとって厳しい環境である。圧雪に対しては、支持部材の設置等による設計面での対応もなされてきたが、乾式止水材本体にとっての問題と考えたのが、伸縮装置に堆積した水が凍結した際の止水材への悪影響であった。

非排水形式の伸縮装置では、横断勾配の低い側の路面より下は、水が溜まり続け、この箇所では乾式止水材の防塵層はつねに水がしみ込んだ状態となる。これは通常温度地域においては問題ない状態であるが、終日氷点下となる寒冷地域においては、その水が凍結した状態で桁伸縮が生じる。従来、通常温度地域で用いられている乾式止水材の防

塵層には伸縮性を考慮し連続気泡フォームが用いられている。しかし、ここにしみ込んだ水は気泡を通じて連続しているため、これが凍結すると、防塵層は一塊の氷となり、伸縮挙動に追従できず、局部的に破損が発生する。

そこで、寒冷地域においては防塵層に半独立半連続気泡フォームを用いることで対応している。半独立半連続気泡フォームとは、内部の気泡が連なっていない独立気泡と、連なっている連続気泡が混在している発泡体である。そのため、連続した気泡内にしみ込み凍結した水は、その隣の気泡内の水と連続せずに存在しており、発泡体内に水が分散した状態となっている。なかには、水がしみ込まない気泡も残っているため、氷点下においても、伸縮挙動に追従することが可能となっている。写真 - 8 は、寒冷地用（半独立半連続気泡フォーム）と、従来品（連続気泡フォーム）の防塵層を 50 % 圧縮した状態で水を飽和させ、 -20°C で凍結させた状態での引張試験である。圧縮率 30 % で従来品は破損に至るが、寒冷地用は破損せず復元しているのが分かる。

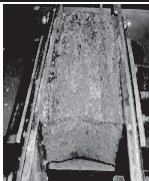
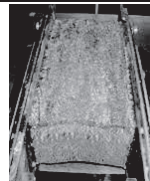
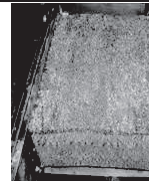
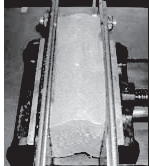
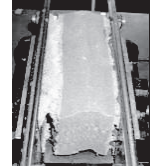
	圧縮率 50 % (凍結時)	圧縮率 30 %	圧縮率 0 %
寒冷地用			
従来品			

写真 - 8 防塵層凍結時の伸縮試験

現在、寒冷地域対応乾式止水材は製品状態での伸縮試験にて最低温度が -35°C までの地域で対応可能なことを確認しており、寒冷地域において採用されている。

4. おわりに

本報告では、伸縮装置用止水材の耐久性向上への取組みを紹介した。先にも述べたように、桁端部および支承部の主な損傷原因は伸縮装置からの漏水に起因している。本研究会では止水構造のさらなる耐久性、メンテナンス性の向上が、橋梁構造物の長寿命化に繋がるものと考え、研究を進めていく予定である。

参考文献

- 1) 土木学会：道路橋支承部の改善と維持管理技術，2008
- 2) 日本橋梁建設協会：鋼製伸縮装置設計の手引き，2005
- 3) 乾式止水材研究会：乾式止水材技術資料，2006

【2011年1月17日受付】