

第25回 国土技術開発賞 創意開発技術賞受賞

高機能床版排水パイプ
クワトロ・ドレーン

〔受賞者〕 中大実業株式会社

〔本稿執筆者〕 中大実業株式会社 くわばら なおき おかこい さおり 桑原 直樹, 御田 彩織

以下に、第25回 国土技術開発賞で創意開発技術賞を受賞した「高機能床版排水パイプ」を紹介します。

1. はじめに

道路橋 RC 床版の劣化要因は、既知の文献や資料によると、大型車の輪荷重による疲労や水の浸入など多岐にわたる。RC 床版のコンクリートに浸入した水の凍結融解からスケーリング（コンクリートの表面上がフレーク状に剥離する現象）が発生し、ポップアウト（コンクリートの表面が円錐状に剥離する現象）、砂利化へ進展する。そのため、床版内部へ水を浸入させないことが求められる。このような背景から床版防水の重要性が強く認識されており、橋面全面への床版防水層の設置が基準化されている。

しかしながら、基準化されたのは近年のことであり、多くの既設橋梁で防水層が未設置か部分的な設置にとどまっているのが現状である。また、比較的新しい建設年次で防水層が設置されている橋梁においても、床版下面に漏水や遊離石灰が確認されており、防水層の機能低下が懸念されている。

積雪寒冷環境下や重交通量路線において、凍結融解や大型車の輪荷重の繰り返し作用などから RC 床版の劣化損傷を防ぐには、舗装、防水層及

び床版の三位一体の構造をもって損傷を抑止し、さらに床版面まで浸入した水を速やかに排水する設備までを含めた高耐久の床版防水システムの構築が必要とされている。

そこで本稿では、橋梁の床版防水層と床版面まで浸入した水を排水する水抜き孔の現状に着目し、橋梁の延命化につなげるために開発を進めた「高機能床版排水パイプ」の概要を説明していく。

2. 床版防水層劣化の課題

昨今の研究では、防水層の現状把握を目的として、防水層が施された既設橋梁で防水層の性能確認試験が実施されている。その結果、架設年次に関係なく複数の橋梁で基準値を満たしておらず、防水層の機能低下の可能性が示されている。

所要の引張接着強度を満たしていない箇所の中には、床版コンクリートに対する防水層の付着が全く確保されておらず、適切な防水効果が得られていない事例も確認されている。地覆との接続面や排水柵周辺における防水層の性能が低下した場合、床版防水層の下面に水が浸入することとなり、問題となっている。

3. 新しい床版排水パイプ

主に防水層上の排水処理は、舗装端部に導水パ

イブを設置して排水柵に水抜き用の孔を設け、水を誘導するよう基準付けられている。

床版防水層の上面を流れる水を排水するために近年使われるようになった床版排水パイプは、床版上の水勾配が低い位置で5mまたは10mの間隔で床版を貫通するように設置されている。防水層の上面から集めた水を速やかに排水するための床版排水パイプであるが、破壊された劣化部から防水層の下面に浸入し滞留してしまった水を排水する機能はない。そこで、防水層の下に滞留する水も排水することができる機能が付いた新しい「高機能床版排水パイプ」を開発した。

4. 高機能床版排水パイプの特長

高機能床版排水パイプは、従来の製品にはなかった次に示す新しい四つの機能が搭載されている。

(1) 床版防水層下面の水も排水可能にした透水フィルター機能

当技術一つ目の機能として、透水フィルター構造の技術開発によって、従来では不可能であった防水層の下の水を集水可能としたことである。

当構造を検討する中で、前述したように骨材の刺さり込みで防水層に亀裂が入ってしまった箇所や、床版コンクリートからの水蒸気の発生によって起きるブリスタリング現象（アスファルト舗装の路面に隆起や気泡が発生する現象）による機能低下などによって、水が入ってしまうところまで突き止めた。しかし、防水層の下で排水するという難題に「排水は不可能なのは」と構造の検討は難航した。勾配のない所でいかに水を集めるかを検討していたところ、毛細管現象から着想し、フィルターを利用するという発想に至った。

防水層の下の水は滞水が予想されており、より高い集水性が求められていたため、透水率の高い構造が不可欠であった。そこで、透水フィルターの透水系数の違う不織布体を複数重ねた構造による実験を繰り返し、耐久性を持たせながら透水率が高い専用の構造を確立した。また、集



写真-1 透水フィルター性能確認試験

めた水の排水経路として、管口径42.7mmと48.6mmの二重構造にすることで水の抜け道を2経路作り、防水層の上下面に限らず入り込んだ水を360度から集水し排水することができるようにした（写真-1）。

(2) 桁下で接続しているフレキシブル管の脱落防止対策

二つ目の機能として、本体管と桁下で接続しているフレキシブル管の接続部分にダブルナット構造を採用し、桁下の接続管の脱落を防止している。

従来では、床版排水パイプ本体と桁下に設置されたフレキシブル管の接続部分が、橋梁の上を走行する車両による振動や風の影響等により破損または緩み、フレキシブル管が脱落してしまう現場があった。脱落してしまうと、床版排水パイプ本体から直接水が排水されることになるため、橋梁の桁が飛沫帯となり、橋梁の劣化原因となってしまう。

このような問題を防ぐためにも、当技術は、一般的なダブルナット構造の締め付け力（トルク）に着目し、ナットの上にソケットを採用した。そうすることで、省スペースでのダブルナット構造を実現している。また、従来技術ではフレキシブル管のかしめと共にゴムパッキンをナットで管を固定していたため、ゴムパッキンの反力のみで保持されていた。設置後経年劣化でゴムがすり減り、反力がなくなるとフレキシブル管が脱落する。

ダブルナット構造では、従来とは違いゴムの反力に頼らず二つのナットの引張り力で固定されるため締め付け力も4倍以上強くなり、より堅牢な

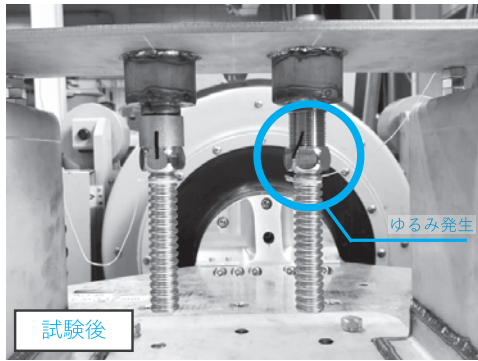


写真-2 脱落防止性能確認試験

固定ができ、フレキシブル管が脱落しにくい構造となっている（写真-2）。

(3) 接続部保護による飛来塩分対策

三つ目の機能として、ダブルナット構造を採用した接続部分に熱収縮系保護材を被覆し、飛来塩分にも強い構造にしている。

沿岸部や融雪剤を散布する寒冷地などでは、接続部分に付着する飛来塩分からのサビが害を生じさせ、フレキシブル管の脱落に影響を及ぼしていることを現場調査等により確認した。口径の違う接続部を一体化させ、飛来塩分から保護できる材料を探し、現在の設置が簡単かつ目的を解決できる熱収縮性のあるゴムチューブを保護材として採用した。

この保護材を接続部分のダブルナット構造の接続部分に被せて、ガスバーナーでゴムチューブを炙ると、接続部分に密着し塩害から守ることができる上に、よりフレキシブル管が脱落しにくい強固な構造となった（写真-3）。



写真-3 飛来塩分対策性能確認試験

(4) 排水パイプ内の凍結膨張対策

四つ目の機能として、冬季間に排水管内部が凍結してしまった場合、凍結時の膨張が鋼材を破壊する恐れがあるため、当製品には凍結膨張吸収材を搭載している。

従来の排水パイプの中で水が凍結し、接続部分が破損している現場があり、問題になっていたことを聞いていた。また、社内実験により、凍結時にはパイプの中の圧力が外に逃げ出そうとするため、上部及び下部になる接続部分に膨張が発生し、排水パイプの膨張及び下部接続部分の脱落を引き起こしていることも判明した（写真-4）。

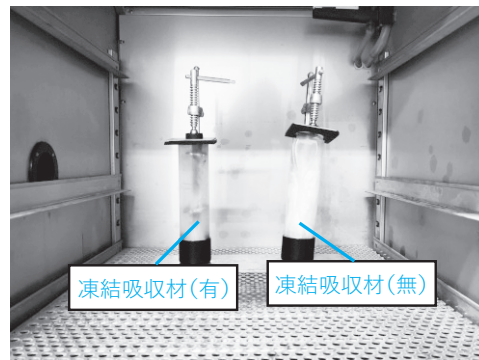


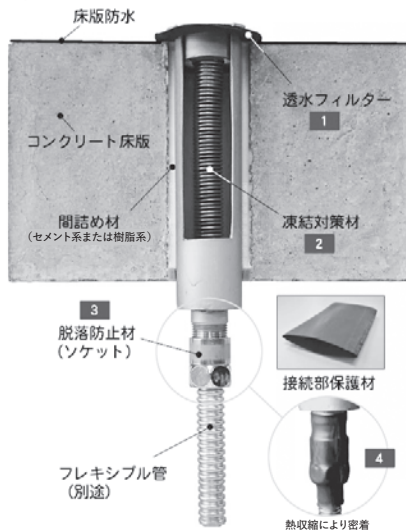
写真-4 凍結膨張吸収性能確認試験

この膨張圧をどうにか逃がす構造はないかと検討し、凍結膨張圧を吸収できる独立気泡材を見つけ採用した。このため、積雪寒冷地でも問題なく使用できる製品となっている（写真-5、図-1）。

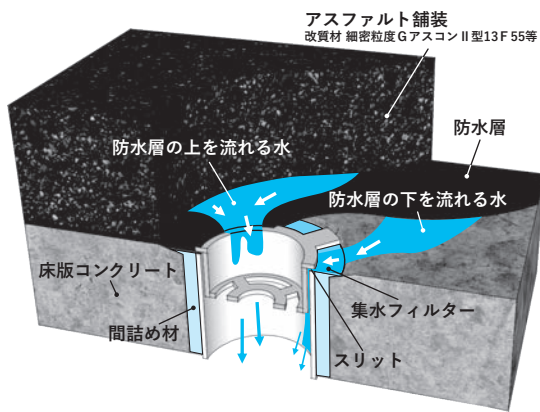
5. 技術の効果

従来技術では、床版水抜きパイプを設置する際に行う床版のコア削孔を、口径の違う2種類の径で2段削孔しなければならないものがあり、施工の労力を要する上に、2段目を削孔する部分で床版鉄筋のコンクリートの被りを確保できない恐れがあった。当技術では、φ60mm程度のコア削孔1回で設置することができ、工事コストの削減及び作業手間の軽減が可能である。

また、従来技術では、設置後に本体管に接続しているフレキシブル管が、劣化や振動により接続



写真－5 高性能床版排水パイプ 概要



図－1 排水構造イメージ図

部ごと脱落してしまうことがあった。そこを補修するとなると、高所作業車や足場を組んで作業する必要があり、より工事費がかさんでしまう恐れがあった。当技術では、脱落防止のためのダブルナット構造や飛来塩分等からも守ることができる上に、フレキシブル管が脱落しにくい構造にもなっている。

そのため、ライフサイクルコスト面から見て長く使用でき、かつコストパフォーマンスに優れ、製品の機能維持が格段に上がったといえる。

また、四つの新しい機能を搭載しながらも、製品価格は従来製品と比べ安価であり、より現場で採用しやすい製品となっている。

6. 技術の適用範囲

当技術は防水工事、床版取替工事、舗装打ち換え工事を行う既設・新設問わずいずれの橋梁でも使用可能である。

また、本体管に内装している凍結膨張吸収材の装填による凍結対策や、熱収縮保護材を被膜し塩害対策も施しているため、寒冷地や沿岸部などの過酷な環境下の橋梁でも適用可能となっている。既に床版下部の排水管が脱落している強風地域の橋梁でも、当製品では脱落することがないようにダブルナット構造の採用や熱収縮保護材での堅牢な固定を標準としているため、使用することができる。

7. おわりに

床版に入り込んだ水が橋梁に損害等をもたらすと判明している今、より多くの滞留水の排水が効果的にできる水抜き孔の採用を検討していく必要が考えられる。

また、桁下でフレキシブル管が脱落した場合の取替作業は、高所作業車による交通規制を伴うため、その対策をする必要があった。従来の床版排水パイプに新たな機能を付与した高性能床版排水パイプは、床版の延命化と脱落防止に寄与する構造の床版排水パイプとして有効であるといえる。

本技術が社会生活に必要な不可欠である橋梁の延命化につながることを期待している。



写真－6 高性能床版排水パイプ採用例