

コンクリート中空床版橋 円筒型枠補修用エア－式型枠の開発～エア－チューブ工法～

Developing an Air-Inflated Formwork for Cylindrical Frame Repair in Concrete Hollow Slab Bridges - The Air Tube Construction Method -

藤本真也* 杉本晴基* 谷脇孝一** 中西孝之** 渡邊晋也***
Shinya Fujimoto Haruki Sugimoto Kouichi Taniwaki Takayuki Nakanishi Shinya Watanabe

近年、供用開始から50年以上が経過した橋梁では、通行車両の繰り返し荷重や振動などの影響によりコンクリートの劣化が進行しており、補修工事の必要性が増している。中空床版橋の床版上面コンクリートを補修する際には、床版に埋設された円筒型枠が破損するケースがあり、施工上の課題となっている。

この課題を解決するために、破損して孔が生じた円筒型枠の内部にエア－チューブを挿入し、空気を注入し膨張させて補修する方法を考案した。さらに、補修時に必要な性能を試験によって確認することで、円筒型枠の破損箇所を簡易かつ確実に補修することが可能になる「エア－チューブ工法」を開発した。

本報では、本工法の概要および採用された施工事例について報告する。

In recent years, the concrete on bridges that have been in service for more than 50 years has deteriorated due to the repeated loads and vibrations induced by passing vehicles, which has increased the need for repair work. When repairing concrete on the top surface of a slab in a hollow slab bridge, the cylindrical formwork embedded in the slab is sometimes damaged, posing a construction challenge.

To solve this problem, we devised a method of inserting an air tube into the interior of a damaged cylindrical mold with holes, injecting air to inflate the cylindrical mold, and then repairing it. Through conforming the required performance for repair by tests, we developed the Air Tube Construction Method, which enables the simple and reliable repair of damaged areas of cylindrical molds.

Further improvements will be made in the future according to the construction conditions at the site.

1 はじめに

近年、供用開始から50年以上が経過した橋梁では、通行車両の繰り返し荷重や振動などの影響により、コンクリートにひび割れ・剥離などの劣化が生じ、更新期を迎えて補修や更新を目的とした工事が多く進められている。

当社製品である円筒型枠を橋桁内に埋設した中空床版橋においても、床版上面コンクリートの劣化が確認され

ており、新たなコンクリートへの打ち換えを伴う補修工事が必要な状況にある（図1）。

その工事においては、埋設された円筒型枠上面のコンクリート厚が薄くなっている箇所、疲労劣化により路面の陥没が生じているほか、床版上面コンクリートのはつり作業中に円筒型枠が破損し、孔が生じる事例も報告されている（図2）。このため、円筒型枠にあいた孔をいかに簡易かつ確実に塞ぎ、床版上面コンクリートを適切に復旧するかが課題となっている。

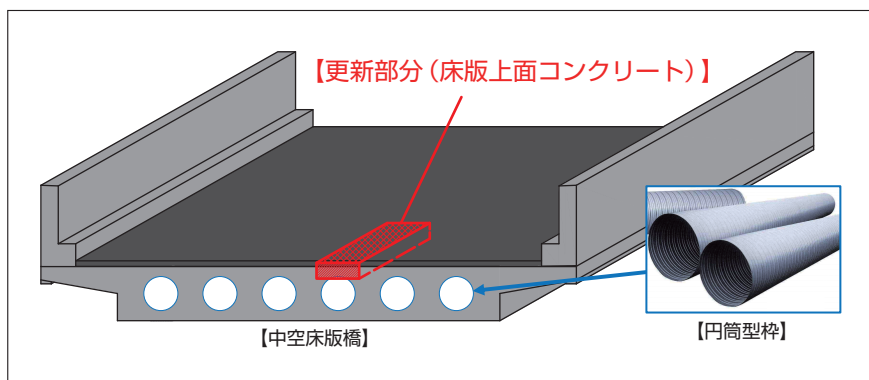


図1 中空床版橋

そこで、床版内に配置された鉄筋をばらすことなく、中空床版橋の破損した円筒型枠内部に、エアーで円筒形に膨らむ補修用型枠（エアーチューブ）を設置して、一般的なコンプレッサーで膨らませることで、床版中空部上面の補修を簡易に実施可能とするエアーチューブ工法を開発した。

本報では、本工法の概要および採用された施工事例について報告する。

2 エアーチューブ工法について

本工法は、中空床版上面のコンクリートをはつる際に円筒型枠上部が破損して孔が生じた場合に用いられる補修技術である。孔のあいた円筒型枠内部にエアーチューブを挿入し、空気を入れて膨張させることにより円筒型枠の形状に沿って孔を内側から塞ぐ型枠を形成することが可能となる。

また、エアーチューブは人手にて持ち運べる重さで、一般的なコンプレッサーで空気を注入できるため、特別な機材を現地に持ち込むことなく施工できる工法である。

本工法に用いるエアーチューブの製品概要を以下に示す。

2.1 エアーチューブの構造および材質

エアーチューブ本体は、外皮と内袋の二重構造で構成されている。外皮は、コンクリートや破損した円筒型枠から加わる外力、および内部の空気圧（内圧）に対して抵抗する役割を担い、内袋は空気を漏らさない気密性を保持する構造となっている。また、上部には空気を注入するためのバルブが2箇所と取手が付属している（図3）。

外皮の素材には、必要な内圧に対して十分な強度を備え、持続的に作用する張力による伸びを抑制し、擦れや鋭利な突起に対しても一定の耐性を有する必要があることから、コンテナバッグなどにも使用されるポリプロピレン製の生地を採用した。また、内袋には、優れた気密性を有するポリエチレン製のフィルムを採用している。

2.2 エアーチューブの性能

補修工事において、エアーチューブ上面にコンクリートを打設する為、硬化完了までの間、その重量に抵抗して円筒形状を保持する必要がある。したがって、エアーチューブには、内圧を許容範囲内で安定的に維持し、円筒形状を保持できる性能が求められる。

そこで、コンクリート荷重を想定した条件下で、エアーチューブの内圧および変形量に関する測定実験を実施した。

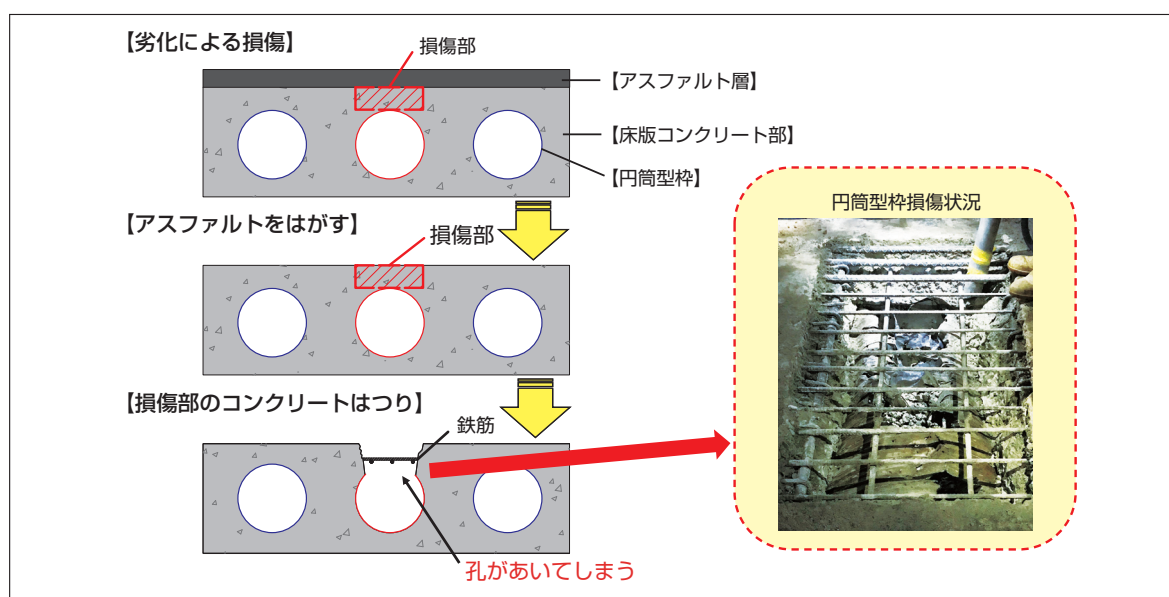


図2 円筒型枠の損傷について

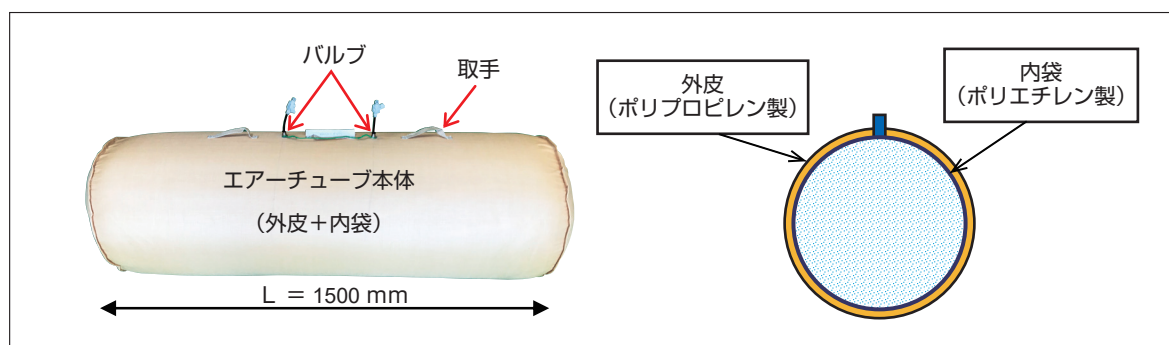


図3 エアーチューブの構造

2.2.1 性能確認試験

φ 700 の円筒型枠上面に 310 mm × 330 mm の開口部を設けて、内部にエアチューブを設置し、空気を注入し膨らませた。

その後、開口部にコンクリートを模擬した荷重を加え、表 1 の条件でエアチューブの内圧および変位を測定した。図 4 に試験状況を、図 5 に計測イメージを示す。

2.2.2 試験結果

測定結果を図 6 に示す。エアチューブの内圧は、開始時の 30 kPa から約 24 kPa まで低下する変化が確認された。これは空気を入れ加圧した際、内袋が伸びていくことによる影響と考えられる。また、変位量は初期に収縮方向へ 1.5 mm 程度変化した後、それ以降の変化は認められなかった。この変化量は、床版断面内における鉄筋の配置に関する施工精度（床版: ± 10 mm）²⁾ を基準として、わずかな変化のため影響のない範囲と考えられる。



図4 試験状況（恒温室20℃）

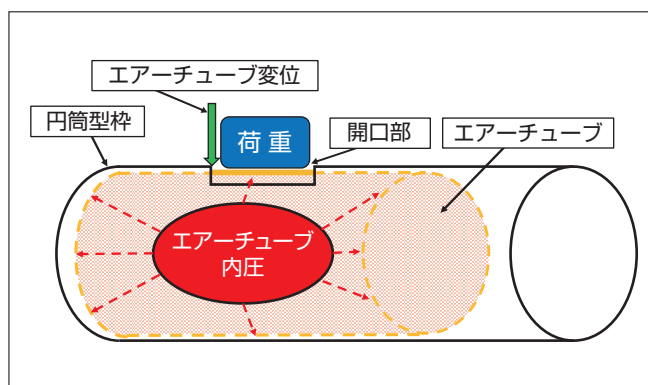


図5 計測イメージ図

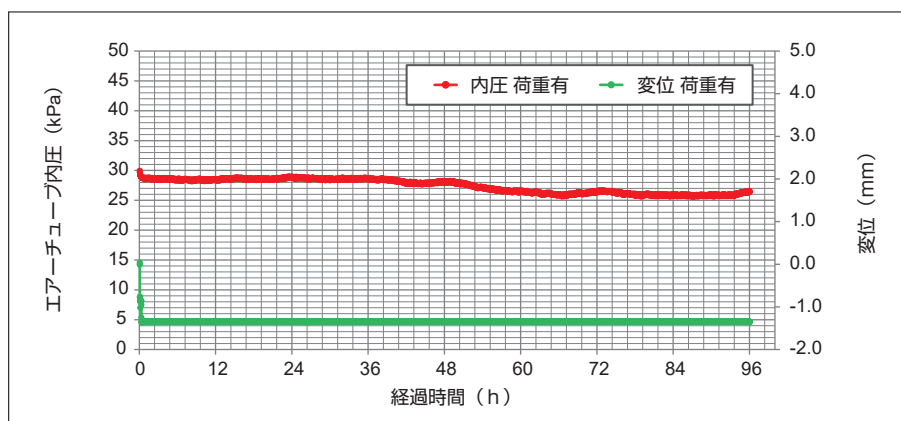


図6 計測結果

表1 試験条件

試験体	円筒型枠	φ 700 (内径)
	エアチューブ	φ 700 (膨張時外径)、L = 1500 mm
円筒型枠上面の開口部	開口寸法	310 mm × 330 mm
荷 重	水のう	23.5 kg (100 mm 厚のコンクリート荷重想定)
圧 力	内圧設定値	30 kPa
時 間	測定時間	72 時間 (約 3 日想定) 以上
試験環境	雰囲気温度	恒温 20℃ (屋内)

したがって、内圧は若干低下したが、社内の性能基準値である 20 kPa を下回らず、エアチューブの上部から加わるコンクリートの荷重に対して、コンクリートが硬化するまでの養生期間（3 日）を考慮した 72 時間以上にわたり円筒形状を安定して保持できることが確認できた。

3 エアチューブ工法の施工について

3.1 施工方法

施工は、図 7 に示す手順 1～4 に従って実施する。

3.2 現場施工例

本製品を用いて実際に中空床版橋で実施した補修工事の状況を、図 8 に示す。

孔のあいた円筒型枠に対してエアチューブを設置し、空気圧が 30 kPa に達するよう空気を注入した後に

コンクリートを打設し、コンクリートが円筒型枠内部に流入することによる表面の沈み込みがなく、はつり済みの床版上部コンクリートを復旧できることが確認され

た。さらに硬化後のコンクリートに有害なひび割れ等が発生していないことを、目視により確認している。

【手順1】 事前準備



開口部のバリ等除去および内部清掃

孔のあいた円筒型枠内部に残存するコンクリート殻などを取り除き、開口部周囲の鋭利なバリなどを除去する。

【手順2】 エアーチューブ挿入



エアーチューブを鉄筋隙間より挿入

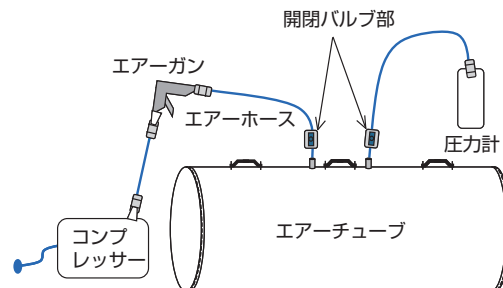
エアーチューブは、上面に配置された鉄筋の隙間に合わせて折りたたみ、円筒型枠内部へ挿入する。

【手順3】 エアー注入

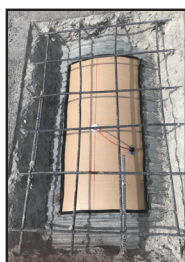


コンプレッサーでエアーを注入

挿入したエアーチューブを展開し、コンプレッサーと圧力計を本体の開閉バルブ部に接続して、エアーを注入する。



【手順4】 設置完了



空気圧を確認して完了

圧力計により空気圧が30 kPaまで上昇したことを確認した後、開閉バルブを閉じて充填を完了する。
充填完了後は、本体から開閉バルブまでを残し、その他の付属部品を取り外して設置を完了する。
円筒型枠との隙間がある場合は、シール材や軟質ウレタン材を用いて隙間を埋める。

図7 施工手順



図8 施工状況 (左：設置時、右：施工完了時)

4 まとめ

開発した「エアースキューブ工法」は、空気圧の適切な管理によって円筒型枠の形状を再形成することが可能となり、補修工事で求められる性能を満たしていることを確認した実際の施工事例を報告した。今後は、現場の施工条件に応じた口径別の対応や、エアースキューブの連結による長さ方向への対応など、さらなる改良を進める予定である。

参考文献：

- 1) 藤本真也、杉本晴基、谷脇孝一、中西孝之、渡邊晋也：
「円筒型枠補修用エアースキューブ工法の開発」、土木学会全国大会 第80回年次学術講演会 講演概要集、2025年、熊本、VI-488
- 2) 道路橋示方書・同解説 Ⅲコンクリート橋・コンクリート部材編（平成29年11月）P383表-解17.10.1

執筆者：

藤本真也

2019年入社

エアースキューブ工法の開発、
更新土木製品の生産管理に従事



杉本晴基

1996年入社

エアースキューブ工法の開発、
更新土木製品の生産管理に従事



谷脇孝一

太陽工業 株式会社



中西孝之

太陽工業 株式会社



渡邊晋也

Lit 株式会社

