

文化財保全の観点に配慮した五六閘門における補修設計

やまだけい ちろう えんどうのぶ ゆき みやけせい ぎょう いな ぼとも え
山田敬一郎¹・遠藤信之¹・三宅世剛¹・○稲葉智栄¹

¹セントラルコンサルタント（株）（〒460-0003 名古屋市中区錦一丁目18番22号）

本設計は、在来の左官技術であるたたき工法を応用した人造石工法により改築され、施工後100年以上が経過した五六閘門の補修設計を実施したものである。現状の施設では、石積部表面や高欄部にひび割れや欠損が確認され、保全の観点から補修が必要な状態であった。また、2連函体アーチ内部の頭頂部においてもひび割れが確認された。このため、改築当時の築造工法や材料を用いた補修工法及び補修時に極力既設躯体に変状を発生させない構造的補強工法等を提案し、既設施設の有する文化的価値の保全に配慮した補修設計を実施した。

Key Words：五六閘門，人造石工法，たたき，文化財保全，補修設計，ひび割れ注入工法

1. はじめに

人造石工法とは、明治40（1907）年、鉄筋コンクリート工法発展の過渡期に、在来の左官技術である“たたき工法”を応用した工法である。



図-1 五六閘門（下流正面より）

なお、本補修設計では、文化的価値のある施設を対象とすることから、平成19年度土木学会重点研究課題調査研究報告書「歴史的建造物の保全に関する研究にある文化財の基本理念¹⁾」を参考に、補修方法を決定した。

2. 五六閘門と人造石工法の概要

(1) 歴史背景と現在まで

五六川下流域は、海拔5～6mという低湿地に位置することから、出水の度に長良川の逆水に苦しめられていた。このため、五六閘門は地元からの要望で、宝暦7（1757）年、本田代官川崎平右衛門により、逆水樋門として木造で築造された。その後、明治40（1907）年に、現在の姿である2連アーチ式、鉄扉、人造石工法で改築された歴史がある。²⁾

現在は、その特殊な築造工法や、施工後100年以上が経過していることや、その保存状態より、歴史的価値が高いことから、土木学会、岐阜県等の各機関において重要な土木構造物として位置づけられている。

治水面から見た五六閘門は、その構造から河道狭窄部となっており、河道整備事業では、本位置の河道をバイパス化すると同時に、原位置より下流で代替施設として新設樋門を設置することによって、狭窄部を解消する方針となっている。これより、五六閘門は、逆水樋門としての役目を終えるとともに、現管理者の県より市に移管され、周辺の平場や本施設を活用した公園の整備が市により進められる予定である。また、市への移管後は、国の登録有形文化財に登録予定である。³⁾

(2) 人造石工法について

人造石工法とは、明治9（1876）年、愛知県碧南出身の服部長七が開発施工した土木工法で、在来の左官技術であるたたき工法を応用したものであ

り、材料には真砂土、消石灰、花崗岩が用いられている。

以降、本工法は大正 7（1918）年頃にかけて、国産セメントの品質安定と生産量の拡大・価格低下によるコンクリート工法が普及するまでの過渡期において、全国の土木工事で採用された。その特徴は、安価なコストとセメントに匹敵する強度を持ったコンクリート工法普及の前段階の土木技術であった。

人造石工法による工事例は、明治 15（1882）年の服部新田干拓堤防（愛知県高浜市）を皮切りに、広島県の宇品築港と新田干拓堤防、四日市旧港の通称潮吹き防波堤（重文）、名古屋築港などの大規模土木工事などが挙げられる。⁴⁾

3. 施設に見られる変状

本施設の変状は、外観目視調査により把握した。施設の構成は、主に土木部は、陸上部の高欄、翼壁、壁面及び扁額、函体内部の函体アーチで変状が見られたが、このうち、人造石工法に関係する部位で変状が見られたが、改築当時の築造工法や材料等を用いる補修工法を提案することが妥当と考えた。

これらの主な変状として、人造石工法が用いられている壁面の目地部では、ひび割れや断面欠損が見られた。また、高欄では、一連区間での笠石の損失や随所で断面欠損とひび割れが確認された。



図-2 支柱部の断面欠損及び笠石の損失（左）、壁面の目地部ひび割れ（右）

また、函体内部では、函体アーチ内部頭頂部に全面的なひび割れが見られ、その多くで漏水等も確認された。

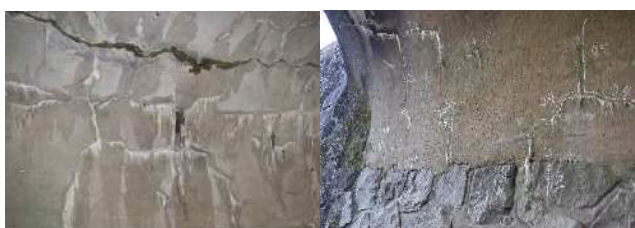


図-3 函体アーチのひび割れ

4. 補修設計における課題

(1) 課題①たたき工法での高欄補修

高欄の断面欠損部の補修は、実証的根拠に基づく

措置を取る観点から、改築当時の築造工法や材料等を用いるものとした。それに対し、次のような課題が浮かび上がった。

a) 笠石欠損部の補修

笠石部では、残存する笠石は、高欄上部に固定されていないため、錆による爆裂等により躯体への影響を与えない方法で高欄本体へ固定する必要があった。

b) 支柱部の補修

支柱部では、図-2のように高欄部と支柱の分離が見られるため、高欄部との活着にも配慮する必要があった。

(2) 課題②函体アーチのひび割れ補修の課題

函体アーチは、アーチ表面に不規則なひび割れが多く見られた。このひび割れは、初期欠陥が劣化要因と見られる。また、塩害、中性化等は確認されておらず、鉄筋も有していないため、現段階では劣化要因の遮断や水分の進入抑制を図った補修工法の必要性は低いとされる。ただし、ひび割れの拡大によりアーチ部の一体性が徐々に低下し損なわれ、構造崩壊につながる恐れがあるため補修が必要と判断した。

アーチ部はアーチ軸線上の石材が互いに軸力をなすことにより、部材の安定を保っていることから、構造の要と言える。そのため、補修によってひび割れを拡大させることのない工法を選定する必要があった。

5. 課題に対する対応策

(1) 課題①への解決策

改築当時の築造工法や材料等を把握する必要があったため、有識者とともに外観目視調査を実施した。

a) 外観目視調査結果

外観目視調査の結果、高欄では、躯体表面に 1 cm 程度のセメントモルタルでの左官及び洗出し処理がなされていることが分かった。躯体内部には、一様にたたきが充填されているのではなく、高欄長手方向に対し、均等な幅を持ったブロックが配置されていることを確認した。さらには、支柱部においても、高欄部のブロックが延長され、高欄部と支柱部が一体化されていることが分かった。

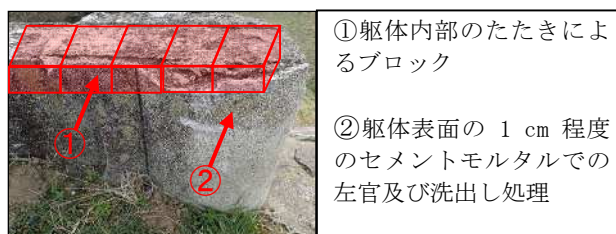


図-4 高欄躯体構成

b) 笠石欠損部の補修

笠石欠損部は、実証的根拠に基づく措置を取る観点から、欠損している笠石に対し、既設と同様のた

たたきブロックなるものを作成し、それを配置するものとした。また、笠石は脱落防止のために差し筋にて固定し、鉄筋の材質は、錆による爆裂等により躯体の変状を助長しないようステンレス製のものを用いるなど配慮した。

c) 支柱部の補修

支柱部は、過去の築造工法と同様のものとする観点から、たたきブロックなるものを作成し、既設の支柱が高欄と一体化していることを鑑み、ブロックを支柱内にも配置するものとした。なお、支柱と高欄の活着に配慮し、鍵型のたたきブロックを作成し配置するものとした。

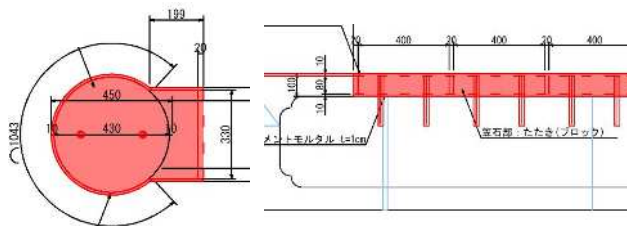


図-5 高欄断面補修工 支柱部の補修（左）、笠石部の補修（右）

(2) 課題②への解決策

a) 補修工法の選定

初期欠陥が劣化要因とされるひび割れには、一般に“ひび割れ充填工法”や“ひび割れ注入工法”が選択されるが、前者は対象となるひび割れの表面部分を閉塞させることで、劣化因子の進入防止・抑制を行う補修工法であるのに対し、後者は注入材がひび割れ内部を充填・充満することを前提としている。よって、本補修では、ひび割れ注入工法を用いるものとした。

b) ひび割れ注入工法の選定

本箇所への補修は、前述のとおり、ひび割れの拡大によるアーチ部の構造的補強を目的としており、補修によってひび割れを拡大させることのない工法を選定する必要がある。そのため、注入材の注入により既設構造物への影響を極力与えない工法として、内圧充填接合補強工法を選定した。本工法は、注入圧が低く、注入開始時に内部エアーを外部に排除することで、容易な注入且つ既設施設に影響を極力与えない工法を採用した。

以上より、アーチ部の構造的補強を図り、既設構造物に対する注入による影響を極力与えないよう配慮した。

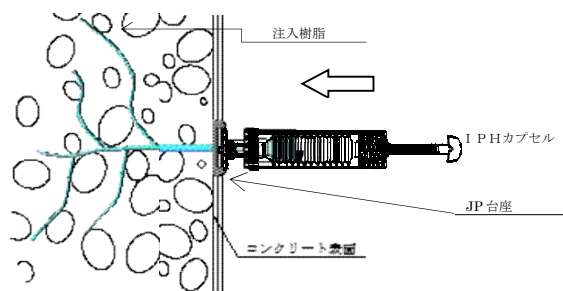


図-6 内圧充填接合補強工法

6. 結果

以上までの対応策により、本補修設計での課題①たたき工法での高欄補修では改築当時の築造工法や材料等を用いる補修工法を提案することが妥当と考え、現況の高欄の形状を踏襲したたたき工法による既設躯体の復元を実現するとともに、脱落防止のために差し筋をステンレス製のものを用いる等の対策により、新規の変状となる要因の抑制に配慮した。

課題②函体アーチのひび割れ補修の課題では、注入圧の低い内圧充填接合補強工法を用いることで、既設構造物への影響を極力与えずに、アーチ部の構造的補強を図った補修方法を選定した。

7. おわりに

人造石工法により構築された構造物に対する補修事例は全国的にも少ないものであり、本業務が同種の歴史的構造物の補修を検討する際の参考事例の一つとなれば幸いである。

謝辞：本設計は、岐阜県岐阜土木事務所、瑞穂市教育委員会、文化庁、産業遺産学会、左官業者の関係各位にお世話になった。ここに記し謝意を表する。

参考文献

- 1) 歴史的構造物保全技術連合小委員会：平成19年度土木学会重点研究課題調査研究報告書 歴史的構造物の保全に関する研究, pp. 16-17, 2008
- 2) 野田清影：260年間水と闘った牛牧閘門について～文化庁報告書～, 執筆年度不明
- 3) 岐阜県岐阜土木事務所：五六川牛牧閘門あり方検討会とりまとめ, pp. 23-28, 2019
- 4) 天野武弘：1901年に人造石工法で構築された明神樋門修復工事の意義, 2018