

琵琶湖疏水水路閣

水路閣は疏水分線の一部を形成するレンガ造りの水路橋で、明治18(1885)年に着工し、明治21(1888)年に完成した。当該構造物は延長93メートル、幅4メートル、水路幅2.4メートルを有し、煉瓦によるアーチ構造という近代産業革命を象徴する歴史的建造物である。西欧技術が導入されて間もない当時、日本人のみで設計・施工されたもので、土木技術史上においても極めて貴重で、昭和58年に京都市指定史跡、平成8年には国の史跡として指定されている。

水路閣管理計画

策定経緯

平成20年7月、水路閣の西側橋台部で長さ4mに達する亀裂が発見された。直ちに詳細調査を行い、その対応を検討すべく、平成21年1月に学識経験者6名からなる水路閣改修調査検討委員会が設置された。



同委員会によって、その後2年間にわたる各種調査・試験や構造解析が実施され、以下の所見が示された。

- 1) 全体として水路閣の躯体は健全。
2) 応力が解放され現状は安定している。
3) M7~8クラスの地震に対する耐震性を有している。

この見解に基づき、現時点では大規模改修の必要性が無いと判断されたが、未永くその姿を保ち、文化的・景観的価値を守っていくため、モニタリングにより状況変化を把握すべきとの提言がなされ、3年程度を目安として『水路閣管理計画』が平成24年3月に策定された。

管理・モニタリング範囲

西側橋台部(史跡範囲)以外の上流部でもひび割れが多数確認され、同委員会の提言も踏まえ、調査の対象範囲を西側橋台部および西側法面部とし、水路閣躯体の監視および周辺地盤の調査を実施することとなった。



取組内容

水路閣躯体の監視および周辺地盤の調査を行い、合わせて、樹木管理や案内板設置等による広報を以下のスケジュールで実施する方針が示された。

調査方法は、『3次元動態観測』やノギス等による直接計測を定期的に行うとともに、その動向を検証し、必要に応じて管理計画の見直しも含めた適切な対応を講じることとした。

Management Plan Engineering Table with columns for Year, Monitoring, Surrounding Area Investigation, Tree Management, and Publicity.

取組結果概要

広報

現地に案内板を設置し、倒壊の危険性が低いこと、ひび割れ状態を監視し続けていることを英語表記も合わせて広報し、同時にHPにて観測結果を掲載した。



実施観測内容

監視や原因究明を見据え、以下の観測を実施した。

- 1) 動態観測(定点観測)
2) 地質調査(サウンディング・ボーリング調査)
3) 地下水位調査
4) ひび割れ観測
5) 試掘調査(西側法面部・水路基礎)

動態観測結果 【平成24年4月~】

観測概要

GPS測量にて不動点(2級基準点)を設け、それを基に設置した基準点(4級)を介して、定点の移動量を3次元的に測定した。

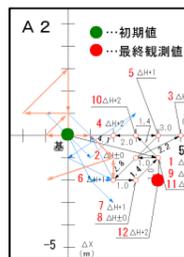


- 構造物定点 ... 1回/月(年12回)観測
> 西側橋台部 4点
> 西側法面部 6点
地山定点 ... 1回/3ヶ月(年4回)観測
> 西側法面部 22点



観測結果

> 水路閣西側橋台部
定点は15mm程度の範囲で移動し続け、24年4月(当初)と最終観測値の差異は約5mmであった。記録的豪雨に何度か遭遇したが、気象条件と変位量に相関性はなかった。水平方向の亀裂を境に上部と下部(基礎側)で、定点の挙動(移動の方向や量)が異なった。



> 水路閣西側法面部

定点の変位量は西側橋台部と同様の傾向であった。水路を境に山側と谷側で挙動が異なり、土砂地盤の谷側でやや変位量大きい傾向にあった。

地質調査結果 【平成25年4月】

調査概要

2本のボーリング調査と6箇所のサウンディング調査を実施し、採取試料を室内試験に供した。

調査結果

調査の結果、西側橋台部は不同地盤であること、西側法面部は地すべりが起こり得る地質構造であることが分かった。また、両箇所とも偏土圧を受ける地形であり、後背斜面がスレーキング特性の強い岩盤であることも確認できた。

地下水位調査結果 【平成25年4月~】

調査概要

西側法面部の水路を挟んだ山側と谷側において、自記水位計を用いた地下水位観測(24時間連続観測: 0.5時間ピッチ)を実施した。



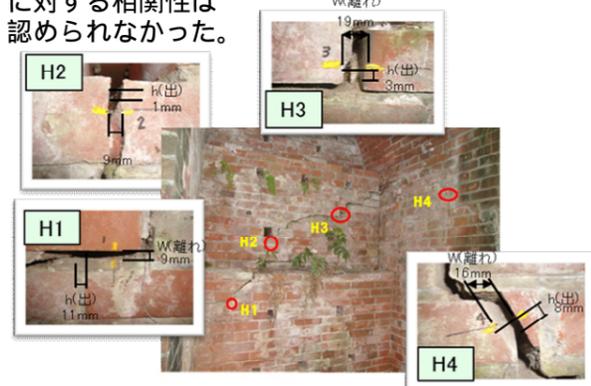
調査結果

調査の結果、山側に地下水は存在しないと考えられるが、谷側は常時GL-4m付近に水位が確認でき、次のような傾向が窺えた。

- > 降雨 50mm/日程度 30cm程水位が上昇
> 降雨100mm/日程度 => 50cm程水位が上昇
> 降雨130mm/日程度 => 100cm程水位が上昇
> 雨が降り止むとともに常時水位へ戻る

ひび割れ観測 【平成25年6月~】

亀裂の開口量が大きい西側法面部において、ノギスや金尺による詳細な変位量を計測した。その結果、各箇所とも数mmオーダーで開口と閉塞を繰り返し、動態観測結果や天候(雨量・気温)に対する相関性は認められなかった。



試掘調査結果 【平成26年4月】

西側法面部における今後の地すべり対策を検討する上で、水路基礎部の根入れ深を確認する必要がある。地すべり主側線上(谷筋中央付近)において試掘を実施した。

その結果、水路躯体の根入れ深さは、概ね1.1mと浅いことが確認できた。

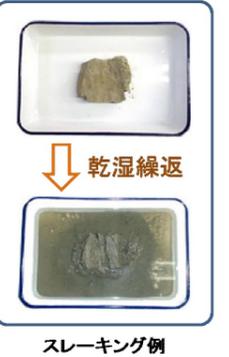


結果総括及び今後の方針

総括

水路閣西側橋台部

水路閣管理計画により実施した各調査に加え、水路閣改修調査検討委員会の所見や提言を踏まえ、亀裂の発生および変状要因は、不同地盤による不等沈下である可能性が高いと判断でき、さらにスレーキング特性(乾湿繰返による泥土化)の強い岩盤が偏土圧として作用していることも推測される。



西側法面部

当該調査結果を踏まえると、亀裂の発生および変状要因は、基礎部が不同地盤であることや地すべり地形であることが考えられ、スレーキング特性の強い岩盤が偏土圧として作用していることも推測される。

なお、豪雨等により水位上昇(滑動抵抗力の低下)が長期化した場合は、斜面の変状と共に水路壁面の亀裂の進行のリスクが高まると考える。

今後の方針

水路閣西側橋台部

当該調査結果を鑑みると、現時点で倒壊の可能性は低く、避難・警戒措置をとるほどの緊急性もないと考える。しかし、歴史的建造物である水路閣が永くその姿を保っていくためには、懸念される偏土圧や基礎部の不同地盤について、対策を検討する必要がある。ただし、亀裂の発生に伴い応力が解放された結果、現状は安定していると考えられるため、対策工の実施については、国の史跡であることも鑑みて、慎重な判断が必要となる。

西側法面部

西側法面部では水路(疏水)壁面でクラックが確認されたが、定点は15mm程度の範囲内で移動し、離れたり近づいたりを繰り返している。また、当該斜面は、幾つかの記録的豪雨に遭遇したにもかかわらず変位量や挙動に変化が見られなかったことから、避難・警戒措置をとるほどの緊急性は低いと推測できる。しかし、地すべりの危険性が高い地形・地質構造であることから、水路(定点)の変位対応と切り離して、地すべり対策を講じるべきと考える。

継続監視について

当初の管理計画としては、平成24~26年度の3年間を目途に変状等を監視する方針であったが、対策工に至っていない現状では、今後も引き続き継続監視が必要と考える。ただし、変位傾向や記録的豪雨に対する安定度から判断すれば、これまでのような監視体制(定期的な観測)ではなく、今後は気候変化(気温・雨量)や地震などの外的事象に対して観測を行い、施設の保全や維持管理の観点から、安全度の確認や警戒措置の実施に対する判断材料に、その視点を移すべきと考える。