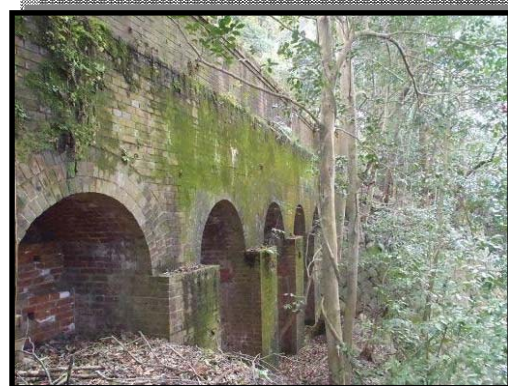


疏水水路閣及び西側法面 動態観測解析業務委託(その3)

定期報告会資料

平成 26 年度調査結果報告



平成 27 年 6 月 5 日

§ 1. 調査の概要と目的

1. これまでの経緯

平成 20 年 7 月に水路閘の西側橋台部で亀裂が確認されて以来、水路閘改修調査検討委員会によって煉瓦強度調査や構造解析などが行われ、平成 24 年度からは水路閘管理計画に従って動態観測(定点観測)が実施されている。その結果、西側橋台部の亀裂は不同地盤や不等基礎が亀裂の発生要因であると考えられているが、構造解析の結果などから、水路閘自体は一定の耐震強度を有すものと評価されている。

一方、西側法面部における疏水(水路)の亀裂は、平成 24 年度以降の動態観測(定点観測)に加え、平成 25 年度に『地質調査』並びに『地下水位観測調査』が実施され、現時点では不同地盤や地すべりなどが亀裂の発生要因であると推測されている。

これらを背景として、水路閘管理計画での最終年度にあたる本調査では、変位特性の把握や危険度および緊急性の判断を行う上で必要となる基礎データを得るべく、次の調査を実施した。

- 動態観測業務 (定点観測 他) 1 式
- 地質調査業務 (地下水位観測) 1 式
- 試掘調査 1 式
- 解析等業務 1 式

表-1 水路閘管理計画工程表

年度	監視	周辺地盤調査	樹木管理	広報
24	チェックシート	動態観測 1回/月	動態観測 1回/3月	看板設置 HP 掲載
9月	点検・評価		危険木 剪定伐採	
3月	点検・評価			
25	動態観測 1回/月	動態観測 1回/3月		
9月	点検・評価		危険木 剪定伐採	
3月	点検・評価			
26	動態観測 1回/月	追加調査?	動態観測 1回/3月	
9月	点検・評価		危険木 剪定伐採	
3月	点検・評価			
27	点検・評価			

現時点 ⇒



図-1 現地状況

なお、後述する次年度継続監視計画も含めたこれまでの調査・検討状況を次頁の表-2に整理する。

表-2 水路閘西側橋台部および西側法面部の調査・解析・検討実施状況および今後の方針

地 点	平成20年度	平成21年度	平成22年度	平成23年度	平成24年度	平成25年度	平成26年度	平成27年度
西側橋台部	■調査 ・クラックスケール観測 ■平成20年8月 防護工事実施	■調査 ・ボーリング調査 ・煉瓦調査・試験 ・振動(微動)計測 ・ひび割れ深さ調査 ・クラックスケール観測 ■解析 ・構造解析	■調査 ・クラックスケール観測 ■解析 ・構造解析	■管理計画策定 ■調査 ・クラックスケール観測	■調査解析 ・定点(動態)観測	■調査解析 ・定点(動態)観測 ・基礎地盤調査 (サウンディング調査)	■調査解析 ・定点(動態)観測 ・総合評価 ・対策に向けた提言	■調査解析 ・定点(動態)観測
		水路閘改修調査検討委員会 1月 6月			水路閘管理計画に基づく調査解析業務			
		【提言内容】 ・水路閘躯体は全体として健全である。 ・亀裂発生による応力解放で現状は安定している。 ・大地震にて倒壊の可能性は低い。 ・上流側法面部の亀裂への対応が必要である。			4月 ・気候(雨量・気温)による変位への影響なし。 ・数mmオーダーで継続的に変位し続けている。 ・水平亀裂の上下で変位傾向が異なる。 ・偏土圧が要因の1つと推測される。 ・基礎が不同地盤で不等基礎の可能性が高く、これが亀裂発生の主因と判断される。			
西側法面部					■調査解析 ・定点(動態)観測	■調査解析 ・定点(動態)観測 ・ボーリング調査 ・地下水位観測		■調査解析 ・定点(動態)観測 ・地下水位観測
					水路閘管理計画に基づく調査解析業務			
					4月 ・気候(雨量・気温)による変位への影響なし。 ・数mmオーダーで継続的に変位し続けている。 ・水路に対し山側と谷側で変位傾向が異なる。 ・偏土圧が要因の1つと推測される。 ・水路基礎が不同地盤かつ不等基礎の可能性が高く、亀裂発生の要因と推測される。 ・現況安全率($F_{so} \approx 1.0$)が低く、地すべりの進行が亀裂の要因と推測される。			
						■調査解析 ・定点(動態)観測 ・地下水位観測 ・試掘調査 ・総合評価 ・対策に向けた提言		対策工の設計
西側法面部の 水路上流側						■調査 ・危険エリアの目視調査		対策工の設計

2. 調査方針

本調査は、以下の事柄を見極める目的で実施した。

- 1) 水路閘の局所的な破損か？全体の変位か？
- 2) 継続的に変位しているか？傾向や特徴はあるか？
- 3) 地下水による影響の可能性はあるか？
- 4) 変位値(量)に対する危険性および緊急性の判断

1), 2)については定点観測およびモニタリング調査結果で、3)については定点観測と地下水位測定結果で判断する。また、4)については、平成 25 年 9 月の台風 18 号および平成 26 年 8 月の台風 11 号並びに前線豪雨時における観測結果から評価する。

【業務数量】

■動態観測業務			
基準点測量(4 級, 11 点, 点検含む)	4	回	
水準測量			
西側法面(3 級, 11 点, 点検含む)	4	回	
定点観測			
西側法面(3 次元 1 対回観測, 22 点)	4	回	
水路閘橋台(3 次元 1 対回観測, 10 点(2 箇所))	12	回	
水路閘橋台(水準測量 3 級, 10 点(2 箇所))	12	回	
■地質調査業務			
地下水位測定(西側法面)			
自記水位計設置(水圧式水位ロガー高機能型)	2	基	
水位計観測(2 箇所×12 ケ月)	24	回	
■解析業務(結果整理含む)	1	式	

§ 2. 動態観測概要

1. 観測概要

過年度に設置された基準点を利用し、既設定点の位置(3 次元)を観測した。

3 年目となる今年度は、構造物定点で微小変位を捉えるべく月 1 回の観測、西側法面部の横断方向定点観測では大きな変位に着目した年 4 回(1 回/3 ケ月)の観測を行い、実施日程は気象状況(降雨等)を鑑みて決定した。また、亀裂の変動を直接把握すべく、ノギス等により直接計測も実施している。



図-2 定点設置状況

表-3 平成 26 年度観測実施日

	観測日	構造物定点観測	斜面定点観測	備 考
第 1 回	4 月 16 日	○	○	
第 2 回	5 月 19 日	○	—	
第 3 回	6 月 20 日	○	—	
第 4 回	7 月 25 日	○	○	
第 5 回	8 月 12 日	○	—	台風 11 号直後
第 6 回	9 月 22 日	○	—	前線豪雨後
第 7 回	10 月 28 日	○	○	
第 8 回	11 月 20 日	○	—	
第 9 回	12 月 24 日	○	—	
第 10 回	1 月 27 日	○	○	
第 11 回	2 月 13 日	○	—	
第 12 回	3 月 2 日	○	—	

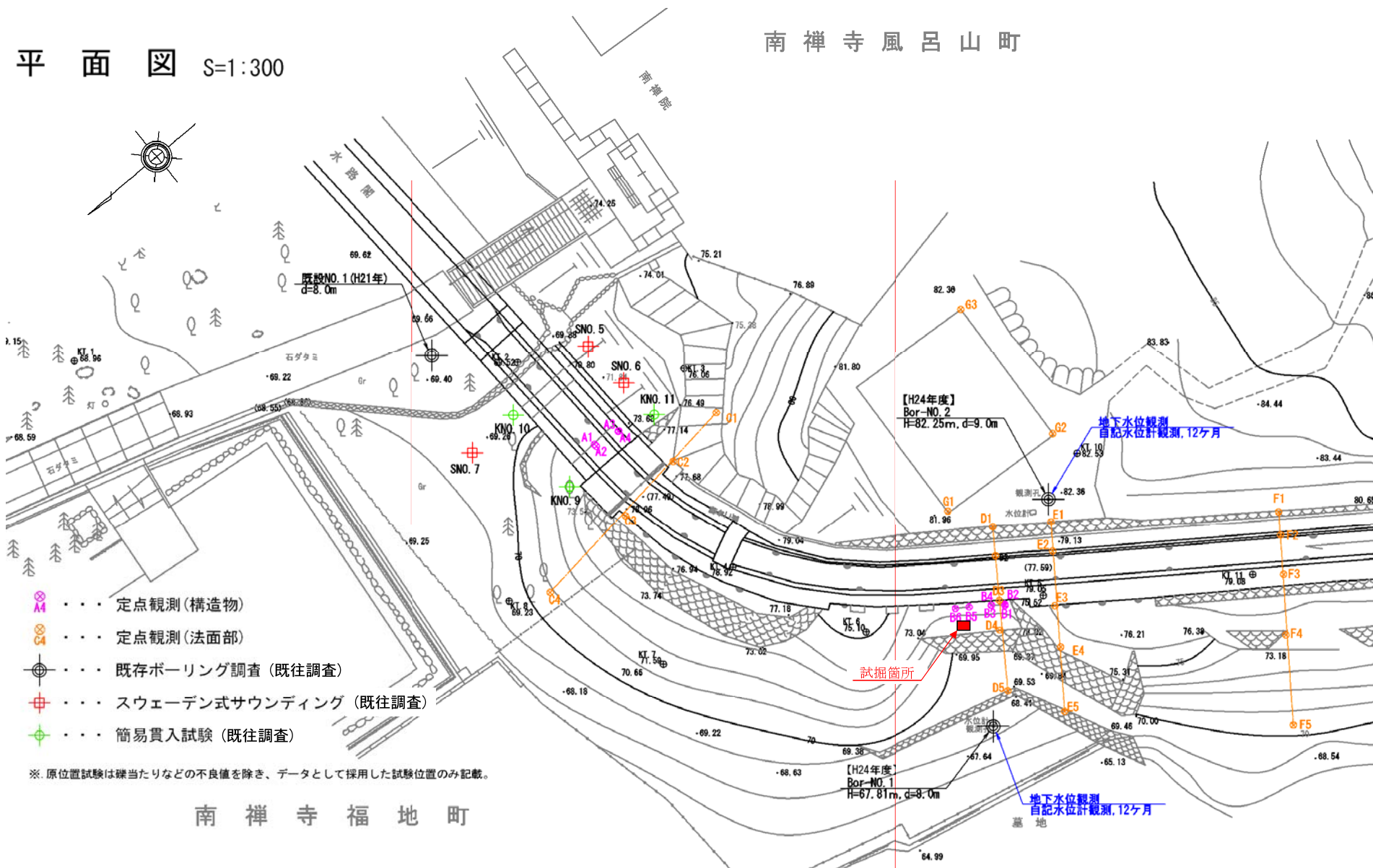


図-3 観測・調査位置図

2. 定点観測結果概要

定点観測は、水路閘の局所的な破損か全体的変状か、あるいは、継続的に変位し続けているかを見極める目的で実施した。

1) 構造物定点 ⇒ 図-5『定点観測変動図【構造物】』参照

当該調査では、亀裂が激しいAブロック(A1～A4)とBブロック(B1～B6)に定点を設け、継続観測を行った。観測結果の概要は、以下の通りである。

■ Aブロック【水路閘橋台】

水平亀裂を境に基礎側と上部工側で挙動や変位量が異なり、上部工側(A1)では南北、基礎側(A2)では東西に変位する傾向が認められる。

⇒ 【過年度観測と同様の傾向】

■ Bブロック【西側法面部】

Aブロックと査同様に、斜めに走る亀裂を境に上部側と下部側で、変位量の差異を確認した。

⇒ 【過年度観測と同様の傾向】

2) 横断方向定点 ⇒ 図-6『定点観測変動図【法面部】』参照

過年度調査結果と同様に、次のような継続変位を確認した。

■ NO.1 測線(C測線)・・・【尾根筋】

- ・ 水路閘より山側と谷側で挙動が異なる。
- ・ 山側(C1,C2)は、南方向へ変位した後、西側へ移動する。
- ・ 谷側(C3,C4)はそれぞれ挙動が異なるが、変位量自体は山側に比べて小さい。

■ NO.2 測線(D測線)・・・【谷筋】

- ・ 水路閘より山側と谷側で挙動が異なる。
- ・ 山側(D1,D2)はそれぞれ挙動が異なるが、変位量自体は小さい。
- ・ 谷側(D3～D5)は変位の量や方向に類似性が窺える。

■ NO.3 測線(E測線), NO.4 測線(F測線)・・・【谷筋】

- ・ 水路閘より山側と谷側で挙動が異なる。
- ・ 谷側で変異量がやや大きい。

■ 鐘つき堂(G測線)・・・【谷筋】

- ・ G1～G3 定点は、概ね南方へ変位する。
- ・ 3次元的に明確な変位傾向は見出せない。

3. 亀裂モニタリング結果

目視確認で亀裂の開閉が疑われた箇所(Bブロック上流端部)について、ノギスや金尺による変位計測を行った結果、各箇所とも過年度調査と同様に、数mmオーダーの変位を確認した。

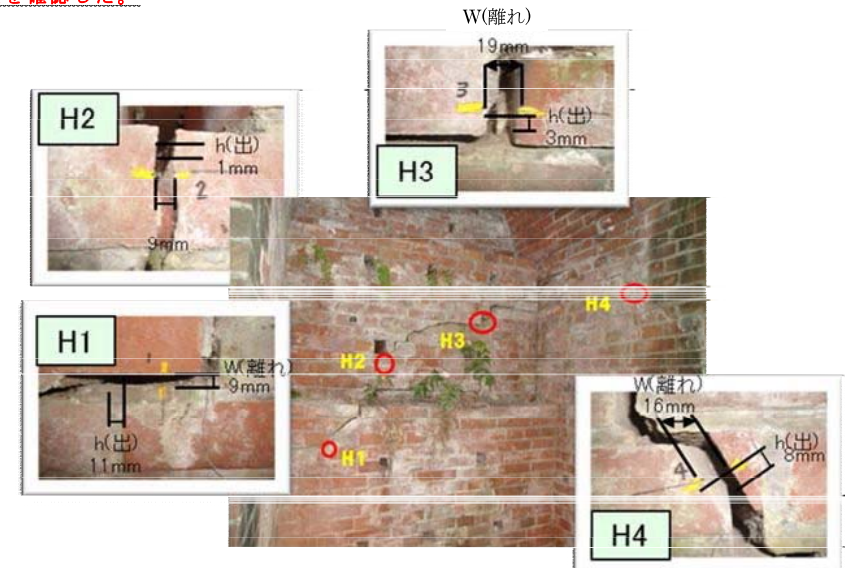


図-4 亀裂監視位置図

表-4 亀裂監視結果一覧

観測日	H1		H2		H3		H4	
	W(離れ)mm	h(出)mm	W(離れ)mm	h(出)mm	W(離れ)mm	h(出)mm	W(離れ)mm	h(出)mm
第1回 4月16日	9.0	11.0	9.0	2.0	18.0	3.0	16.0	9.0
第2回 5月19日	9.0	11.0	9.0	2.0	18.0	3.0	16.0	9.0
第3回 6月20日	9.0	11.0	9.0	2.0	18.0	3.0	16.0	9.0
第4回 7月25日	9.0	12.0	9.0	2.0	18.0	3.0	16.0	9.0
第5回 8月12日	9.0	12.0	9.0	2.0	19.0	3.0	16.0	9.0
第6回 9月22日	9.0	12.0	9.0	2.0	19.0	3.0	16.0	9.0
第7回 10月28日	9.0	12.0	9.0	2.0	18.0	3.0	16.0	9.0
第8回 11月20日	9.0	12.0	9.0	2.0	18.0	3.0	10.0	9.0
第9回 12月24日	9.0	12.0	9.0	1.5	18.0	3.0	16.0	9.0
第10回 1月27日	8.5	12.0	9.0	1.0	18.0	3.0	16.5	9.5
第11回 2月13日	9.0	12.0	9.0	2.0	18.0	3.0	16.5	9.5
第12回 3月2日	9.0	12.0	9.0	2.0	18.0	3.0	16.5	9.5

疏水水路閣及び西側法面動態観測解析業務委託(その3) 定点観測変動図

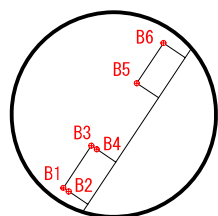
観測点 A・B

【全12回】

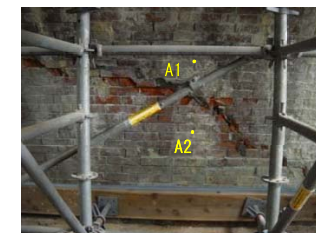
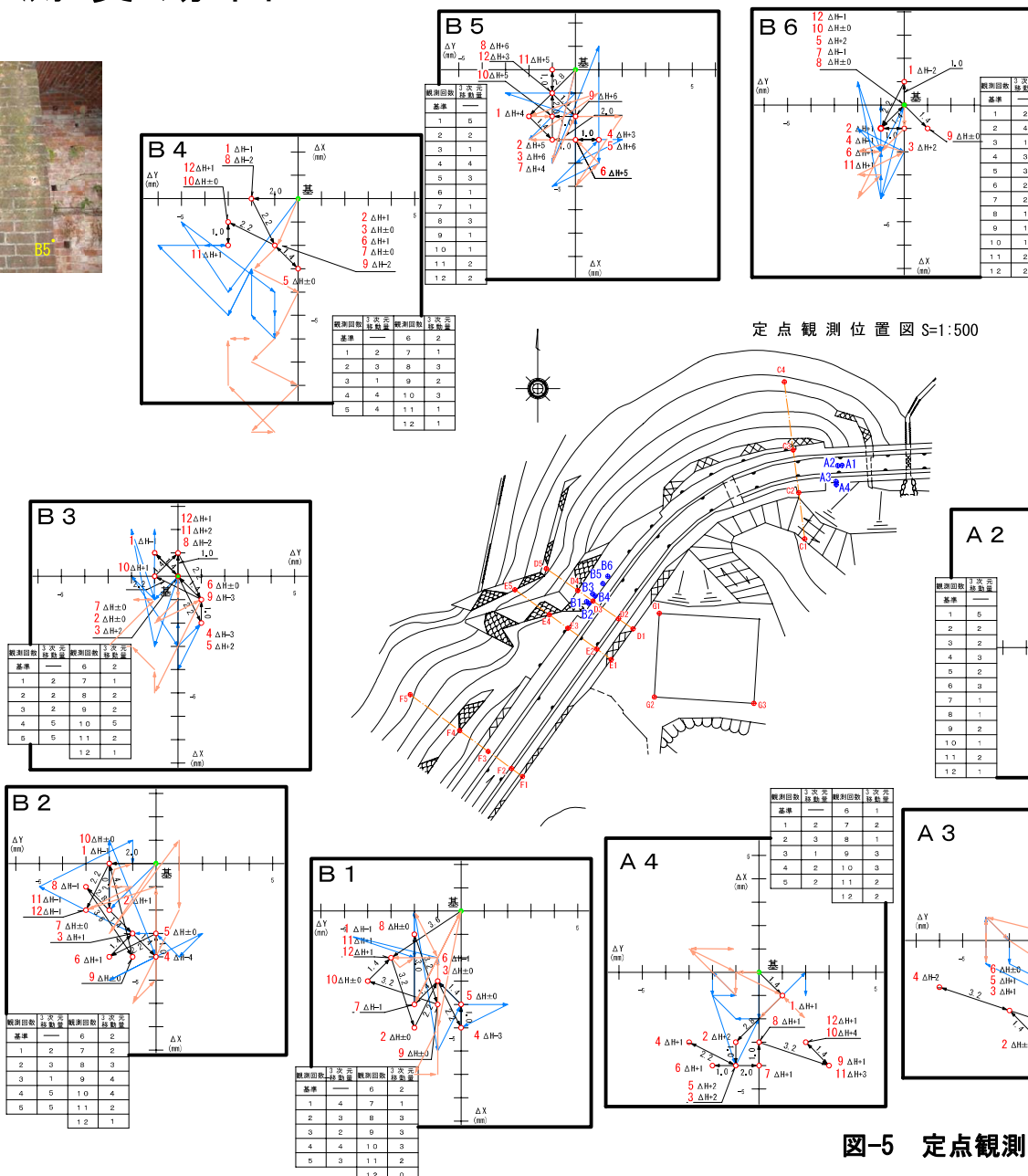
A 詳細図



B 詳細図



回数	観測年月日
基準	平成24年 5月18日
1	平成26年 4月16日
2	平成26年 5月19日
3	平成26年 6月20日
4	平成26年 7月25日
5	平成26年 8月12日
6	平成26年 9月22日
7	平成26年10月28日
8	平成26年11月20日
9	平成26年12月24日
10	平成27年 1月27日
11	平成27年 2月13日
12	平成27年 3月 2日



凡 例

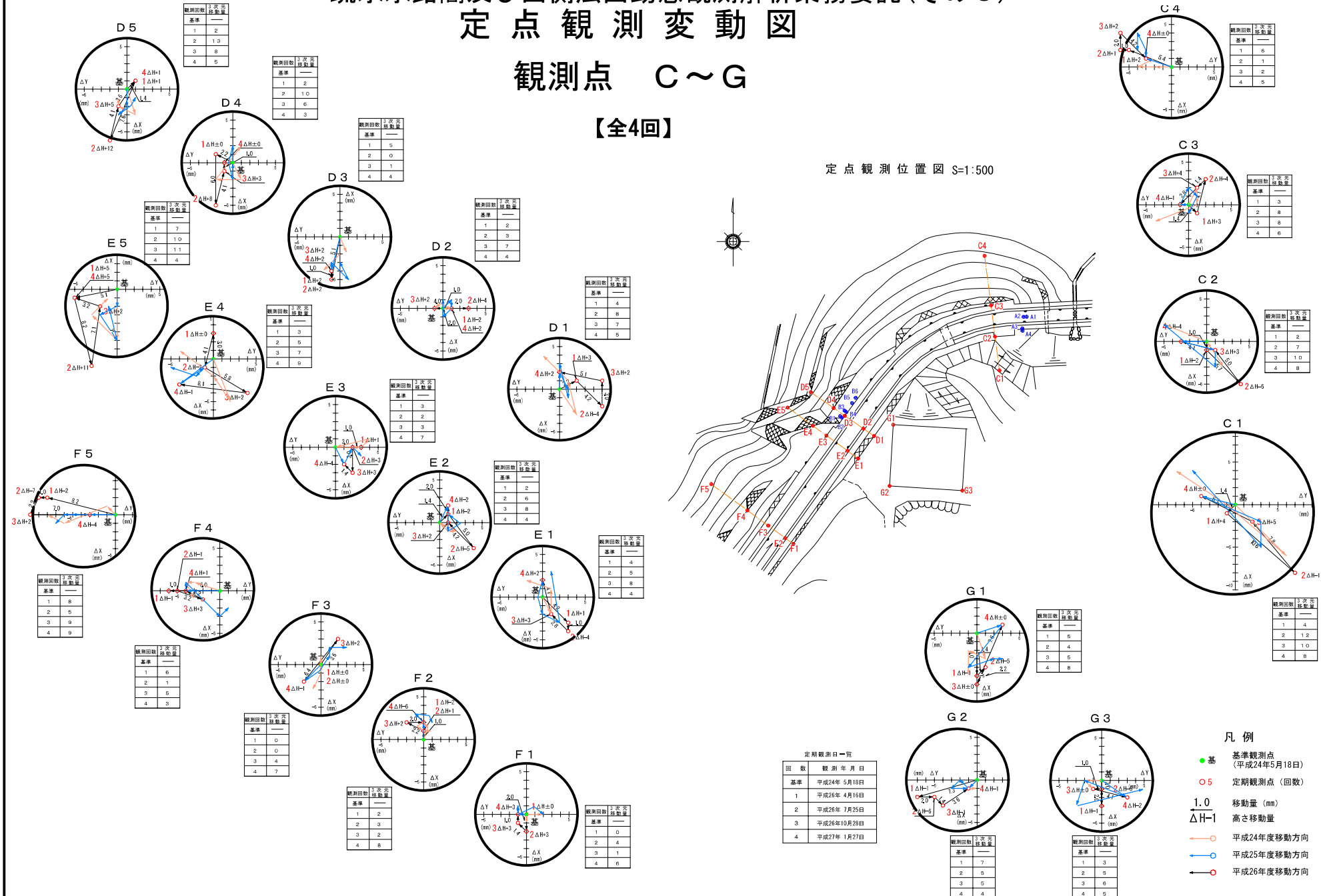
- 基準観測点 (平成24年5月18日)
- 定期観測点 (回数)
- 1.0 ΔH-1 移動量 (mm)
- ΔH-1 高さ移動量
- 平成24年度移動方向
- 平成25年度移動方向
- 平成26年度移動方向

疏水水路閣及び西側法面動態観測解析業務委託(その3) 定点観測変動図

観測点 C~G

【全4回】

図-6 定点観測変動図【法面】(2)



§ 3. 地下水位観測概要

1. 地下水位観測概要

西側法面部について、水路を挟んだ山側と谷側で自記水位計を用いた地下水位の観測(24時間連続観測:0.5時間ピッチ)を行った。観測の結果、山側(N0.2孔)は観測以来、地下水位を確認していないが、谷側はGL-4m付近で地下水位を常時確認しており、以下のような傾向が窺えた。

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

これらから、降雨時には不透水となるTsm(風化岩:D~CL級)の上位を浸透水が流下するものと考えられ、B層(盛土・崩積土)やW-Tsm層(土砂状岩盤)は降雨毎に乾湿の繰り返しが生じているものと予想される。

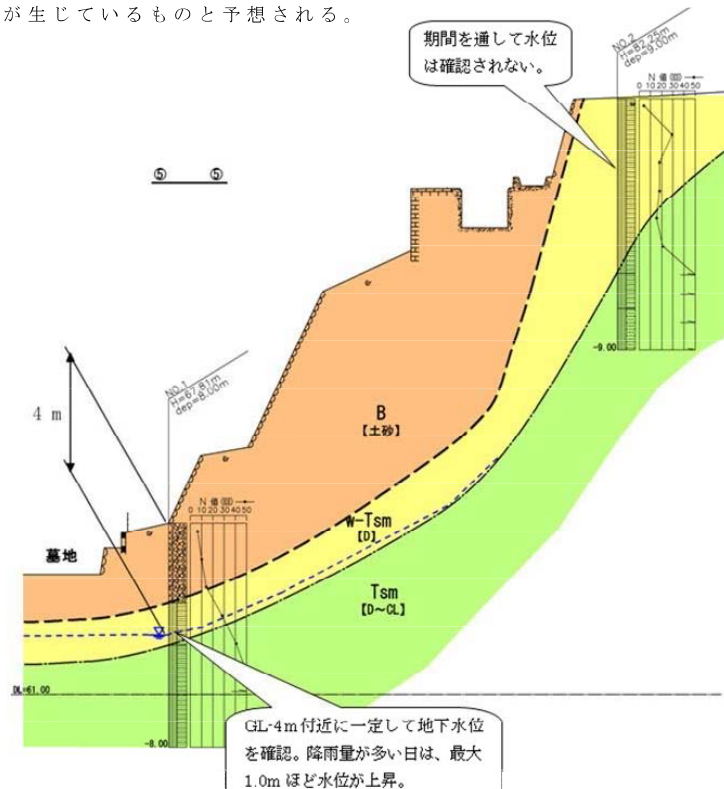


図-7 地下水位分布状況図

2. 漏水調査結果概要

鐘付堂の下段に位置する水路部では、下図に示すように煉瓦の割れ目から常に湧水(漏水)が認められ、その水量は天候や季節に関係なく毎分2~3リットル程度確認される。



図-8 湧水(漏水)状況

⇒平成25年9月の台風18号および今年8月の台風11号並びに前線豪雨でも目立った水量増加は認められなかった。(目視確認)

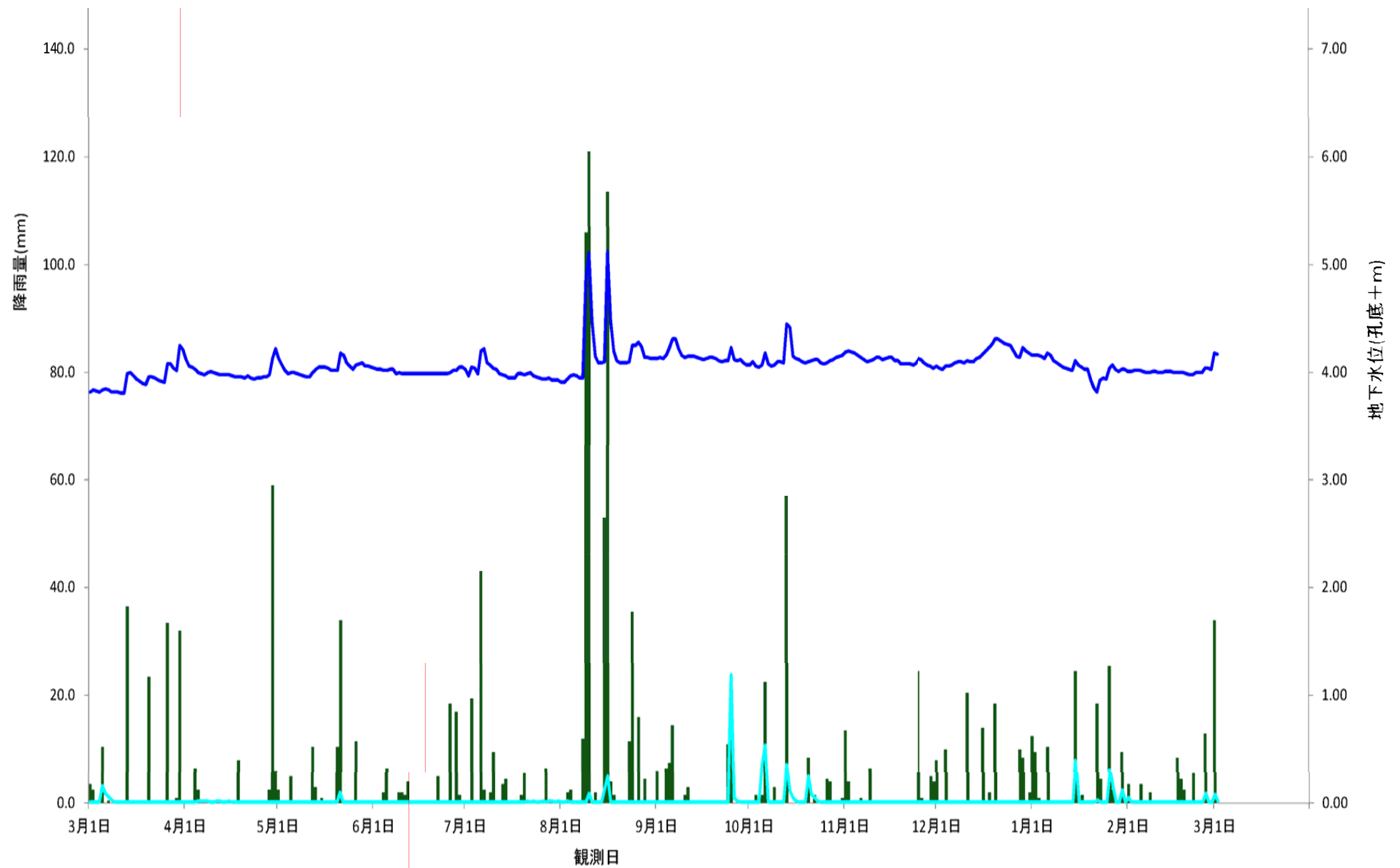


図-9 雨量-地下水位関係図

§ 4. 水路基礎構造確認(試掘調査結果)

西側法面部は、地すべりの危険性が高い地形・地質構造(現況安全率 ≈ 1.0)を呈することから、水路の亀裂や変位への対応とは切り離して、地すべり対策を講じるべきと考えられている。過年度報告では地すべり対策に必要な水路構造物基礎の根入れ等についても確認する必要があるとされており、本調査において試掘を実施した。

試掘調査の結果は次の通りであり、根入れ深さは概ね 1.1m であることが分かった。



図-10 水路基礎状況図



煉瓦造に密着したコンクリート構造物

図-11 試掘状況図

§ 5. 気象条件

京都気象台(中京区)で観測されている降雨状況は下図の通りである。各年で状況はばらつくが、今年の 8 月に限ってみると台風 11 号や前線豪雨によって、月当りの累積降雨量が 487mm/月を記録し、昨年度の台風 18 号時(H25 年 9 月:約 360mm/月)を上回る結果となった。

一方、月平均気温は近年の状況と大差なく、1 日の気温差も約 10℃と概ね例年並みである。

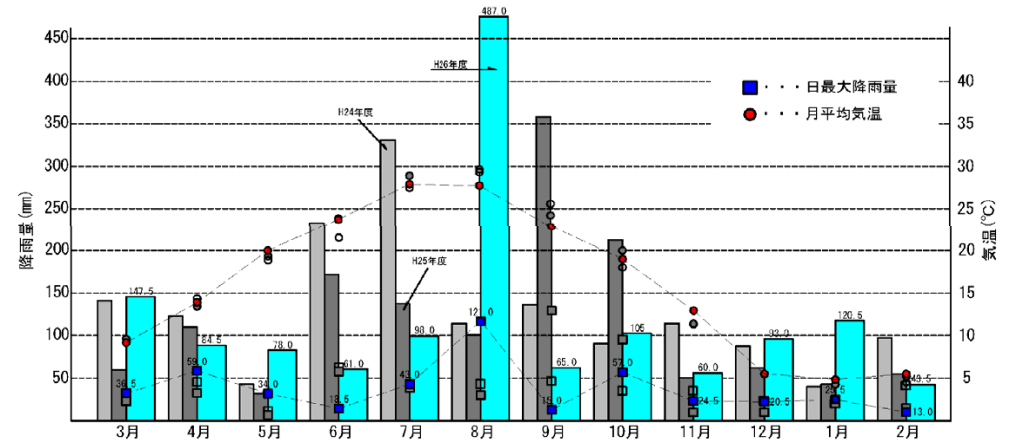


図-12 気候変動状況図(平成 24 年 3 月～27 年 2 月)

■台風 18 号(平成 25 年 9 月)

昨年 9 月 13 日に小笠原諸島近海で発生した台風 18 号は発達しながら北上し、15 日～16 日にかけての総雨量は近畿東海地方を中心に 400mm を超えた。

気象庁はこの台風の大雨予想に際して、京都府・滋賀県・福井県に『大雨特別警報(経験したことが無い異常な大雨が起こりそうな状況。直ちに命を守る行動をとってください)』をその運用が決まって初めて発令した。降雨量は 200mm/日 を記録しているが、実際は 15 日午後～翌 16 日午前の間に降雨が集中し、24 時間雨量は 400mm を超えている。

■台風 11 号・前線豪雨(平成 26 年 8 月)

平成 26 年 7 月 29 日にマリアナ諸島近海で発生した台風 11 号は、フィリピンの東海上を発達しながら強い勢力となって上陸し、8 月 8 日から 10 日にかけての総雨量は 220mm を超えた。一方、8 月 15 日から 17 日明け方にかけては、停滞する前線に向かって南から暖かく湿った空気が流れ込み、局地的に雷を伴う猛烈な雨(時間 113.5mm)が降った。

両者により 8 月の累積降雨量は 487mm に達し、近年類を見ない降雨量を記録した。

§ 6. 総合評価と今後の方針

1. 総合評価

これまでの各種調査結果を踏まえ、ここでは総合的な判断や評価を行う。

1) 水路閘西側橋台

既往調査の結果、橋台基礎部(橋脚)が同一地盤に支持されていないことが判明した。この結果から、当橋台部における亀裂の発生要因は、

- 亀裂は構造的問題によるものではないと判断されていること
- 水路閘中央部および東側橋台部に同様の深刻な亀裂が発生していないこと
(経年変化による劣化によるものとは考え難い)
- 天候(雨量など)と定点の変位量に相関性がないこと
(地下水位の変動にも影響を受けない)
- 西側橋台部付近のみ地質構造が複雑であること(地震等における挙動が異なる恐れがある)
- 定点位置は2年半を通して5mm程度の範囲で移動し続け、24年4月観測当初と26年9月末の差異は5mm程度であったこと

などから、不等基礎や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、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。

2) 西側法面部

各種調査の結果により、以下の傾向が窺えた。

- 各定点によって差はあるものの、継続的に変位し続けている。
- 構造物の観測では、亀裂の上部と下部で変位が異なる傾向にある。
- 水路を挟んだ山側と谷側で、変位量や挙動が異なる傾向にある。
- 天候(雨量など)と定点の変位量に相関性がない。
- 地下水位は谷側崩積土内のGL-4m付近にあり、豪雨時には最大1mほど上昇するものの、雨が降り止むとともに常時水位へ戻り、定点観測による変位量との明確な相関性は認められない。
- 定点位置は3年を通して15mm程度の範囲で移動し続け、24年4月観測当初と最終観測値の差異は5mm程度であった。
- 斜面は地すべり地形を呈し、水路構造物の基礎は不同地盤に支持されている。

これらの結果より、不同地盤であることや地すべりあることが亀裂の発生要因と考えられ、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が懸念される。

2. 今後の方針

水路閘西側橋台部は、構造解析等により倒壊の可能性が低いと考えられていることから、避難・警戒措置をとるほどの緊急性は低いと推測される。しかし、その姿を末永く保つためには、懸念される偏土圧や基礎部の不同地盤・不等基礎について、対策を検討する必要があると考える。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、国の史料であることも鑑みて、慎重な判断が必要となる。

一方、西側法面部では水路(疏水)壁面でクラック等が確認されるが、定点は15mm程度の範囲内で移動し、離れたたり近づいたりを繰り返している。また、当該斜面は、幾つかの記録の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、水路の変位対応とは切り離して地すべり対策を講じる必要がある。

なお、平成24年3月に公表された水路閘管理計画では、平成24年度より3年間を目途に変状等を監視することとしているが、対策工に至っていない現状では今後も継続監視が必要と考える。ただし、変位傾向や記録の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(調査頻度)ではなく、観測頻度をある程度は低減できるものと考えている。具体的には、定期的な観測ではなく、気候変化(気温・雨量)や地震などの外的事象が起った後に観測し、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視点を移し、観測を継続すべきと考える。そのため、観測頻度としては、例年遭遇する台風(豪雨)・梅雨・豪雪および極端な気温変化などに鑑み、以下の調査数量を提案する。

表-5 調査計画数量

調 査 項 目	過年度数量	次年度数量	備考
■動態観測業務			
基準点測量(4級, 11点, 点検含む)	4回	2回	2回/年
水準測量			
西側法面(3級, 11点, 点検含む)	4回	2回	2回/年
定点観測			
西側法面(3次元1対回観測, 22点)	4回	4回	1回/3ヶ月
水路閘橋台(3次元1対回観測, 10点(2箇所))	12回	6回	1回/2ヶ月
水路閘橋台(水準測量3級, 10点(2箇所))	12回	6回	1回/2ヶ月
■地質調査業務			
地下水位測定(西側法面)			
水位計観測(2箇所×12ヶ月)	24回	6回	1回/2ヶ月