資料2

洪水吐きゲートの操作性について

令和2年1月21日

独立行政法人 水資源機構

目 次

1.	変位計測 • • • •	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	1
2.	門柱側部ひび割れ	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	13
3.	ひずみ計測・・・	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	19
4 .	門柱基部ひび割れ	•	•	•	•		•	•	•	•	•	•	29
5.	まとめ・・・・	•	•	•	•	•	•	•		•	•	= (36

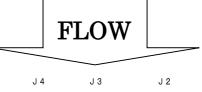
1. 変位計測

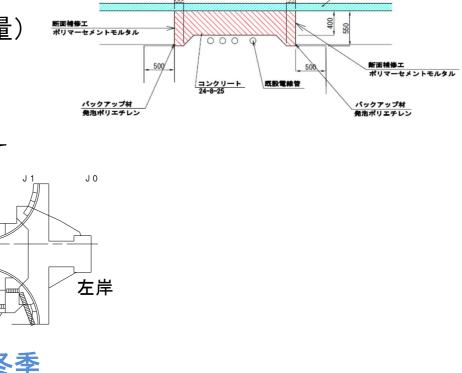
●目的

① 暫定対策工による軸方向変位の抑制効果を確認する。 (プラムライン、トータルステーション(TS)測量、ゲート隙間センサ)

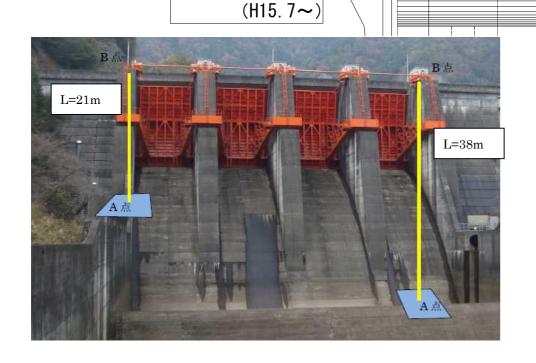
夏季

- ② 門柱基部に発生する引張力を頂部の変形量から間接的に監視する。(TS 測量)
- (1) プラムライン (PL)
- 1) プラムライン固定端が描く年周期ループ (対策工前の挙動)





対策工断面図



右岸

冬季

右岸プラムライン

・夏季に谷側上流へ変位

(H19. 4~)

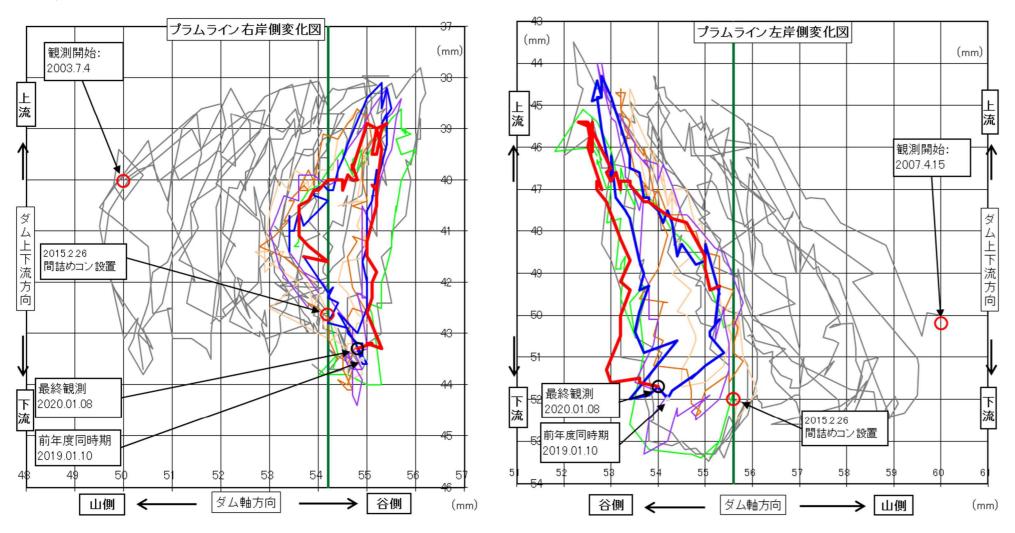
左岸プラムライン

- ・冬季に山側下流へ変位
- ・上下流方向の変動範囲は概ね一定
- ・ダム軸方向の変動範囲は徐々に谷側へ推移 (=年周期ループが徐々に谷側へ推移)

夏季

2) 対策工後のプラムラインの挙動

(a) 軌跡図 (プラムライン)

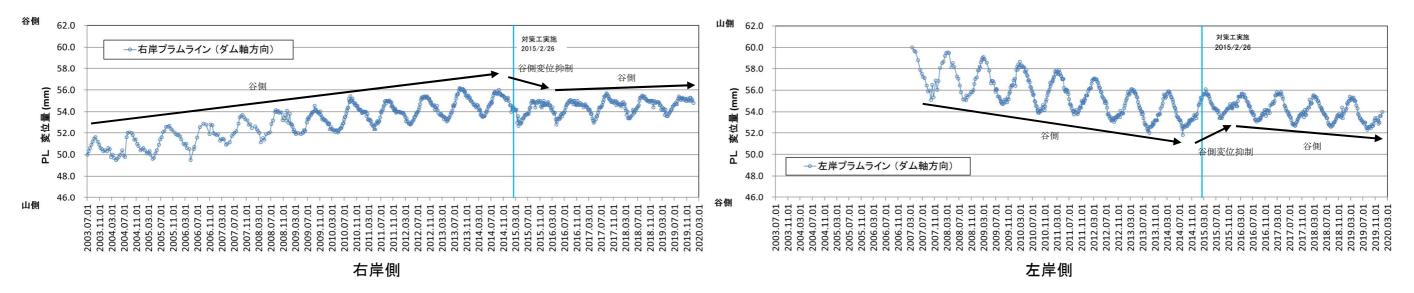


	年度	線色
	H31.4.1以降	
対	H30.4.1~H31.3.31	
策 工	H29.4.1~H30.3.31	
後	H28.4.1~H29.3.31	
	H27.2.26~H28.3.31	
対	H26.4.1~H27.2.25	
策 工	H26.3.31以前	
前		

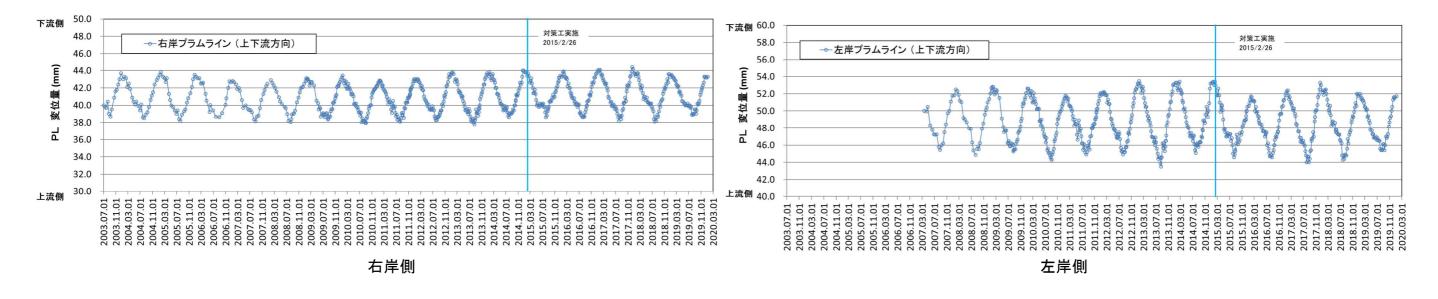
・左右岸 PL とも、夏季の谷側方向への変位は、対策工前の 2014 (H26) 年より小さいものの、 2019 (R元) 年は 2018 (H30) 年と比較し、右岸側で同程度、左岸側で 0.3mm 程度大きく対策 工後で最大となった。

(b) 経時変化図 (プラムライン)

①ダム軸方向変位

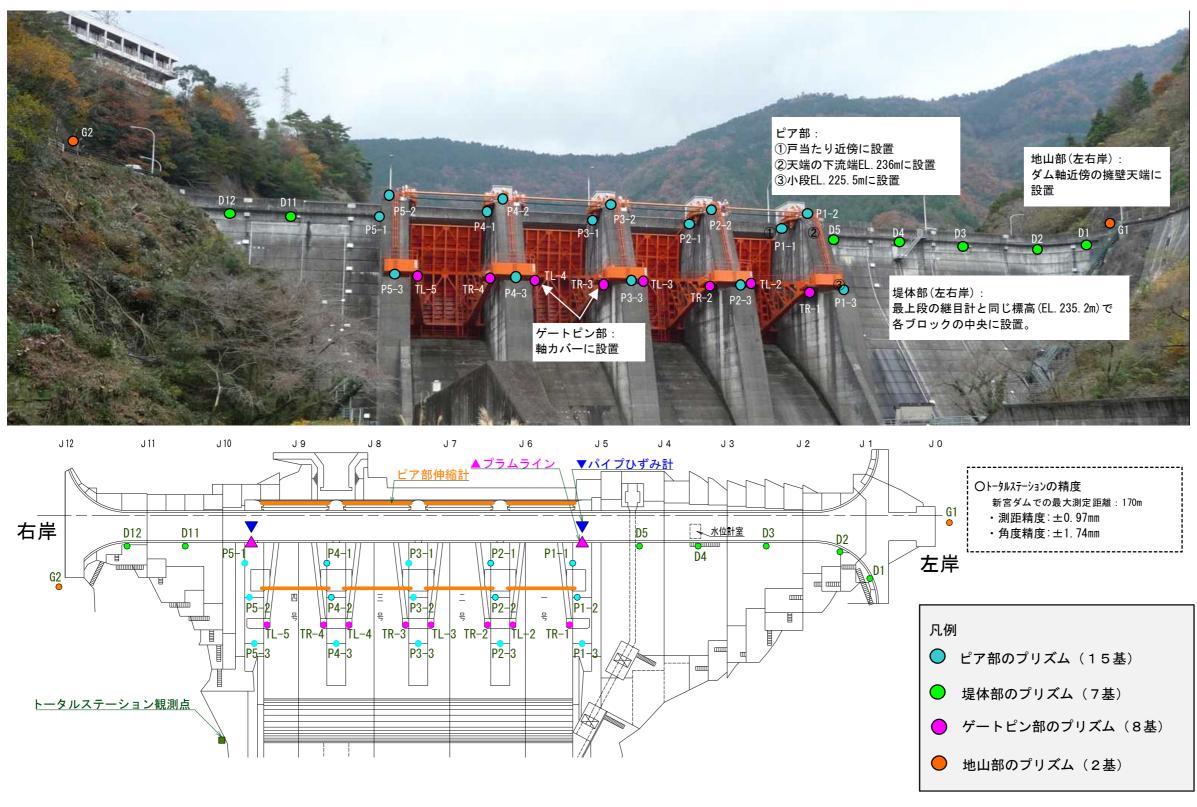


② 上下流方向变位



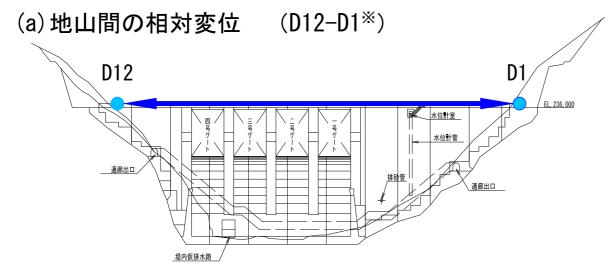
- ・右岸 PL における 2019 (R元) 年の谷側方向変位のピークは、前年 2018 (H30) 年のピークと 比べ 0.1mm 小さく、対策工前 2014 (H26) 年のピークよりは、0.7mm 小さい。
- ・左岸 PL における 2019 (R元) 年の谷側方向変位のピークは、前年 2018 (H30) 年のピークと 比べ 0.3mm 大きいが、対策工前 2014 (H26) 年のピークよりは、0.3mm 小さい。

- (2) 変位計測(TS 測量、伸縮計)
- 1) トータルステーション (TS) 測量の計測位置

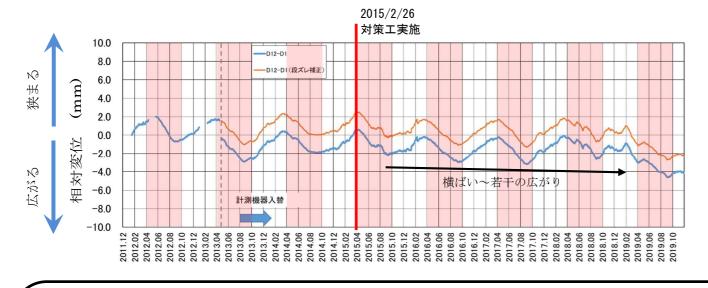


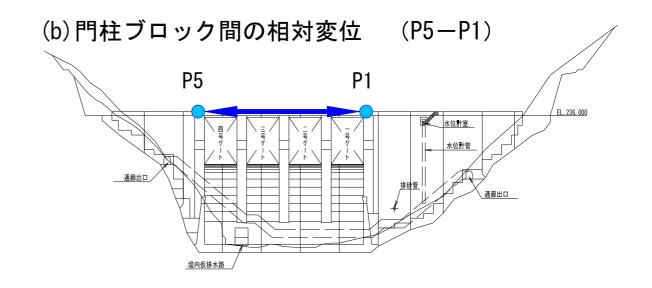
<u>下流側</u>

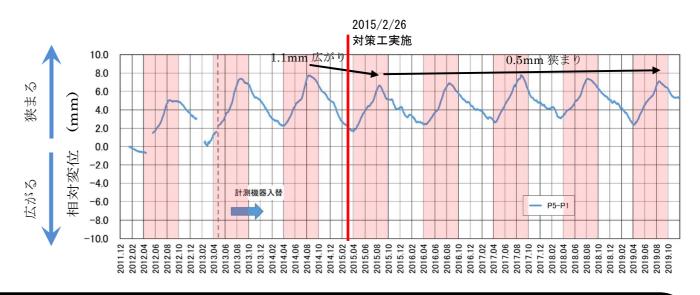
2) 堤体頂部の変動の経年変化



※ 変動データを比較し、G1, G2 よりも D1, D12 の方が計測値の変動が小さいため、 地山間の相対変位は D1, D12 の相対変位より評価する。

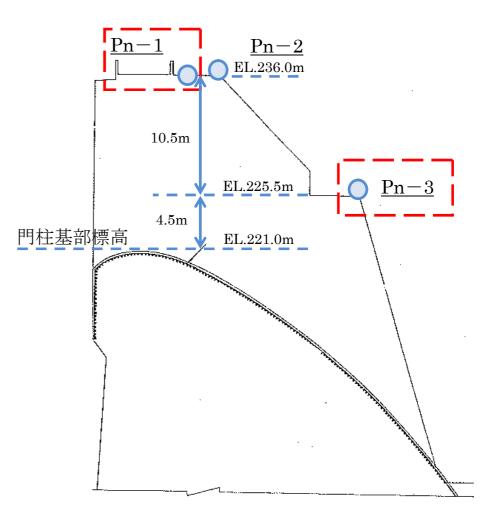




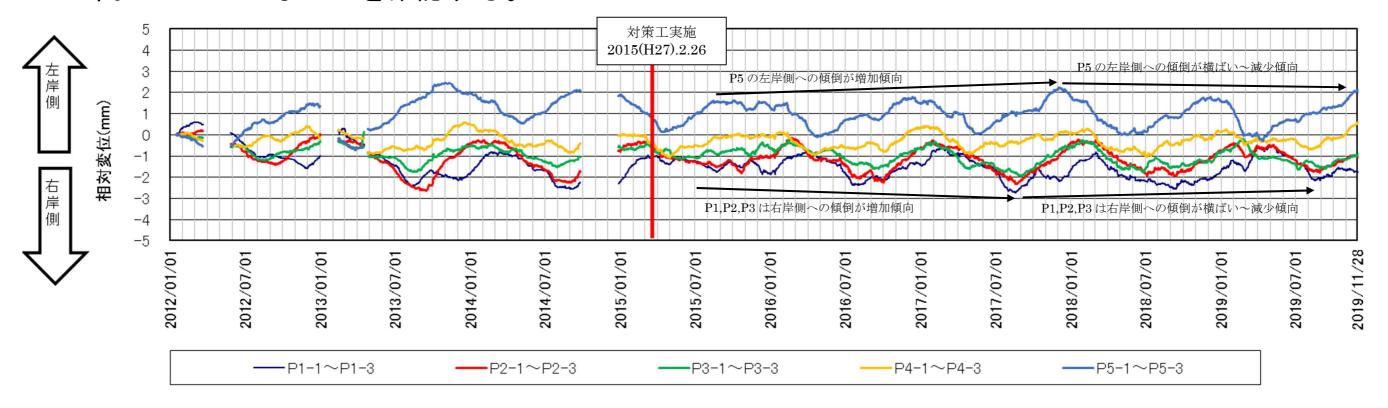


- ・地山間距離 (D12-D1) は夏季に最も広がり、その後、春先まで徐々に狭まるという動きを周期的に繰り返す。 地山間距離 (D12-D1) の周期的挙動は経年的な変化は見られておらず、その傾向は、対策工後も変化していない。
- ・門柱間距離 (P5-P1) は夏季に狭まり、冬季~春先にかけて広がる動きを周期的に繰り返す。 門柱間距離 (P5-P1) は、対策工後も夏季に狭まる傾向は確認され、<u>相対変位のピークは対策工前よりは小さいが、対策工後の H27</u>より 0.5mm 程度増加している (狭まっている)。





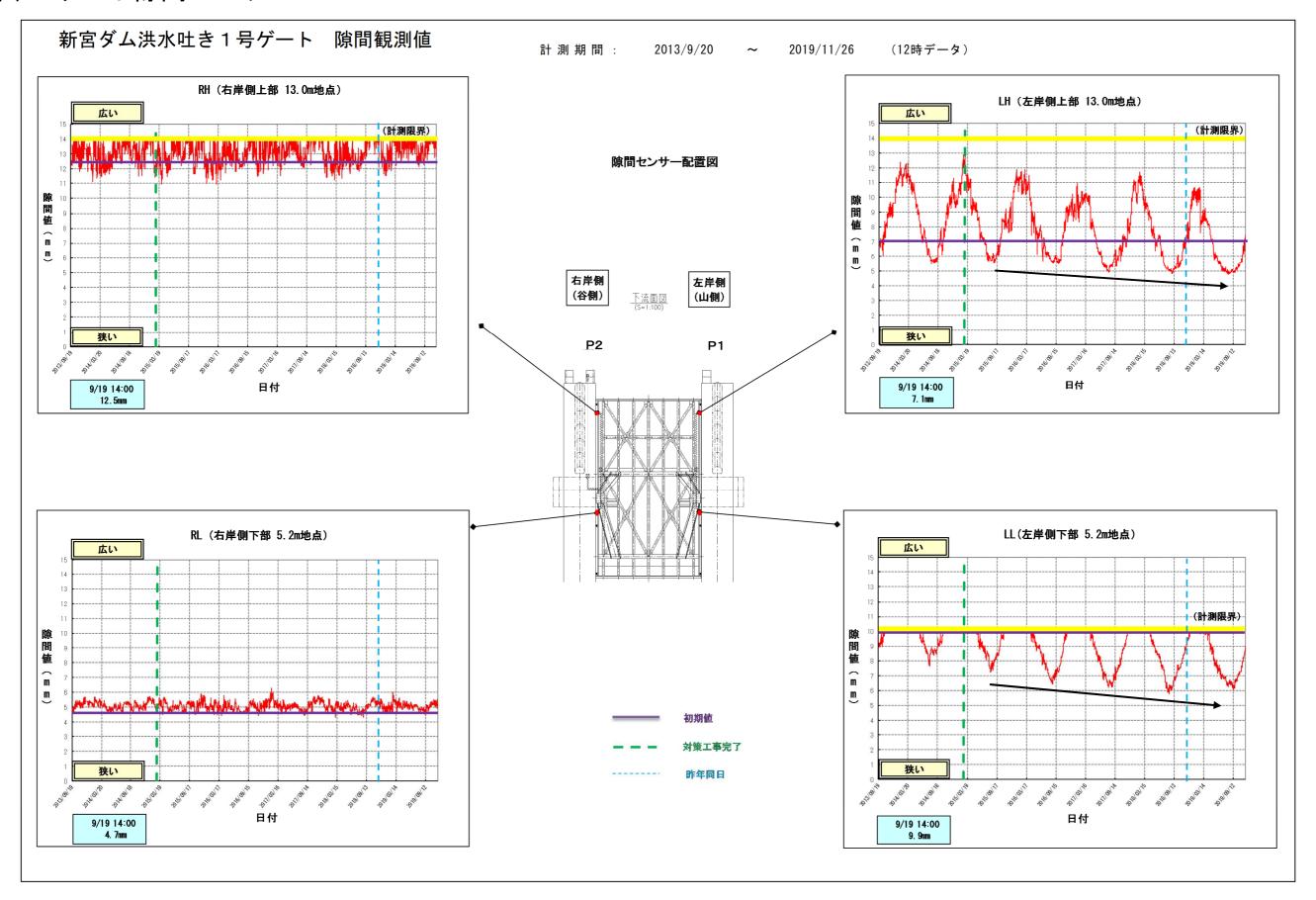
門柱 (Pn-3) に対する頂部 (Pn-1) の変位 (ダム軸方向の相対変位) の経時変化を監視し、門柱の傾倒が生じていないかを確認する。

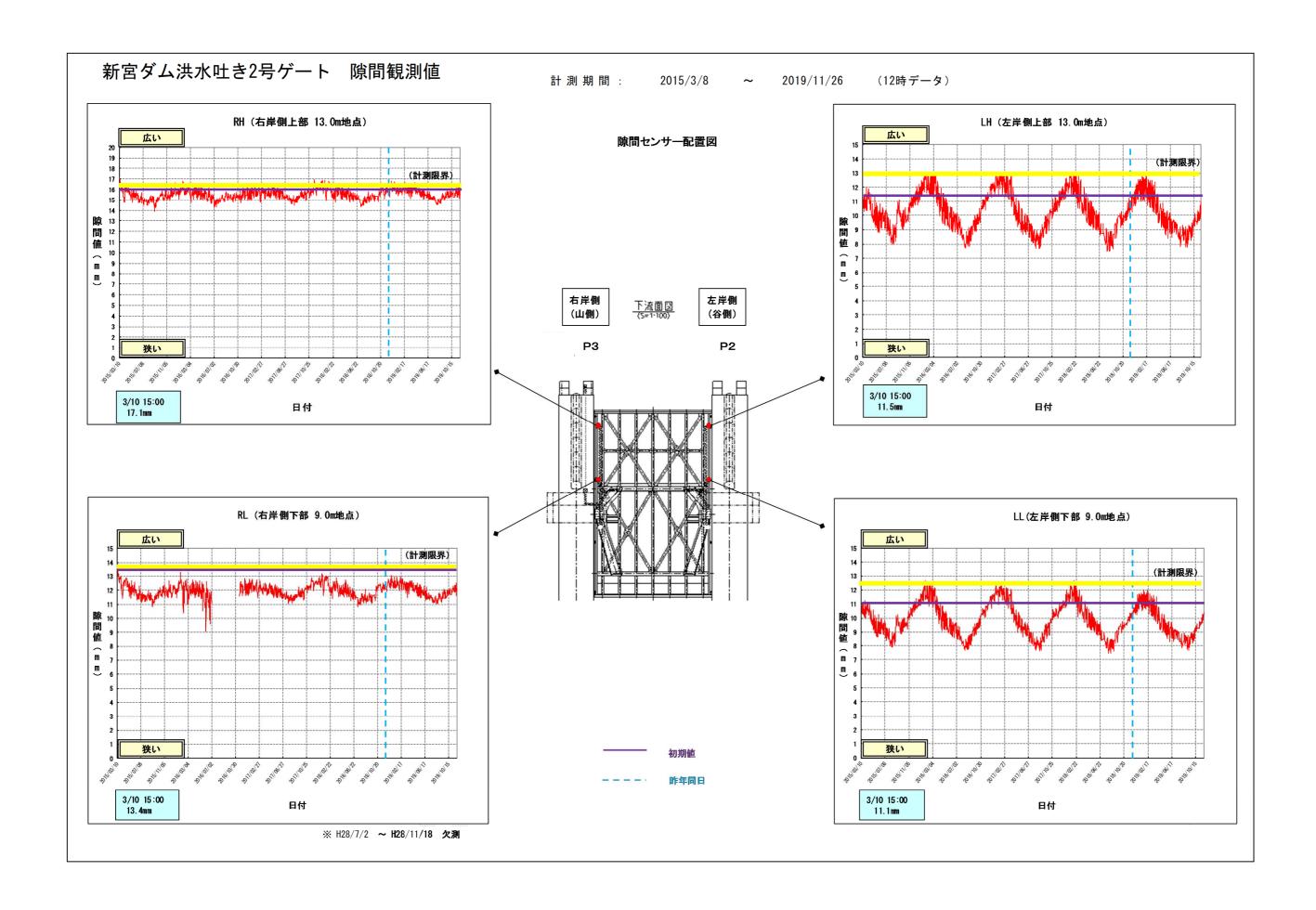


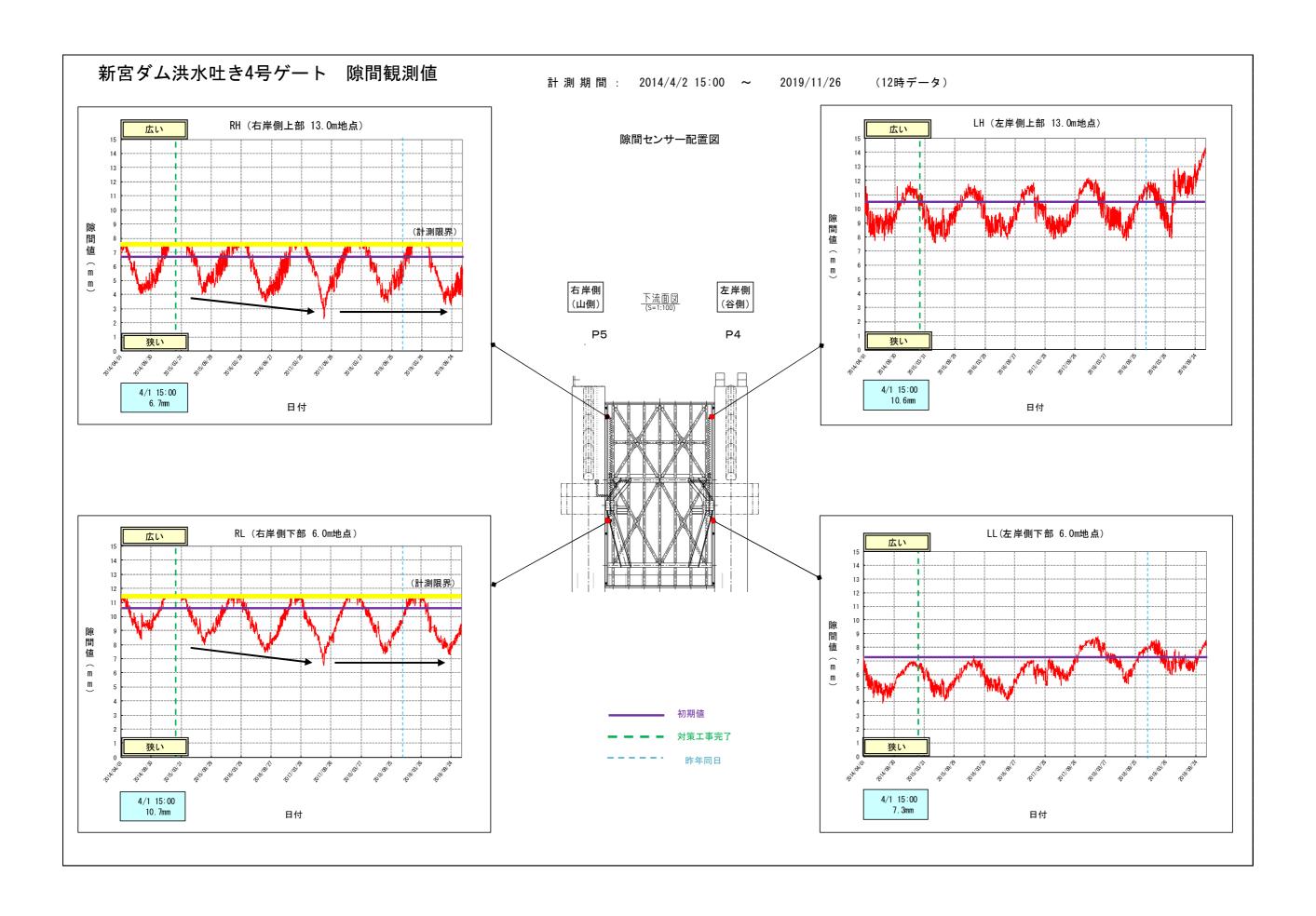
<対策後の挙動>

- ・2012 (H24) ~2014 (H26) 年の 1/1 をみると、P1~P3 が右岸側へ、P5 が左岸側へと傾倒する量が累積傾向にあったが、対策工の結果、H27 年以降は H26 年までより傾倒する量が全体的に減少している。
- ・対策工後の 2015 (H27) ~2017 (H30) 年の夏季 (9/1 頃の値) を比較すると、P1,P2,P3 は、右岸側へ傾倒する量が大きくなる傾向。 P5 は、左岸側へ傾倒する量が大きくなる傾向。
- ・一方、対策工後の 2017 (H30) ~2019 (R元) 年の夏季 (9/1 頃の値) を比較すると、P1,P2,P3 は、右岸側へ傾倒する量が横ばい〜減 少傾向。 P5 は、左岸側へ傾倒する量が横ばい〜減少傾向。

(4) ゲート隙間センサ







<対策工後の挙動>

- ・1 号ゲートの左岸側(山側)では、対策工後の 2015 (H27) 年より 2019 (R元) 年が夏季のピーク時の隙間が減少している。
- ・4 号ゲートの右岸側(山側)では、対策工後の 2015 (H27) 年より 2017 (H29) 年が夏季のピーク時の隙間が減少していたが、2017 (H29) 年より 2019 (R元) 年が横ばいとなっている。
- ・現状の累積変位から、1号ゲートの左岸側(山側)下部は約0.5mm/年減少しているが、隙間は確保されており、現状では操作性に問題はない。

変位計測結果まとめ

【門柱の傾倒】

- ●プラムライン計測結果から、対策工後は、対策工前よりも小さい(2014年と 2019年の谷川方向変位のピークの比較で、右岸側 0.7mm、左岸側 0.3mm 小さい)。
- ●対策工後の値で重回帰分析した結では、対策工後も谷側への累積傾向が見られる。ただし、変位のトレンドについては、急激な変化は見られていない(回帰式による予測値±3σの範囲に概ね入っている。)。
- TS 測量結果から得られる門柱 (P1~P5) のダム軸方向の相対変位量は、対策工後は、対策工前よりも小さいものの狭まる傾向。
- ゲート隙間センサの結果から、ゲートの隙間値が減少している箇所があるが、隙間は確保され、操作性に問題はない。

以上より、暫定対策工によって一定の変位抑制効果が発現していると認められるものの、<u>依然として変位の累積傾向がみられる</u>ことが確認された。

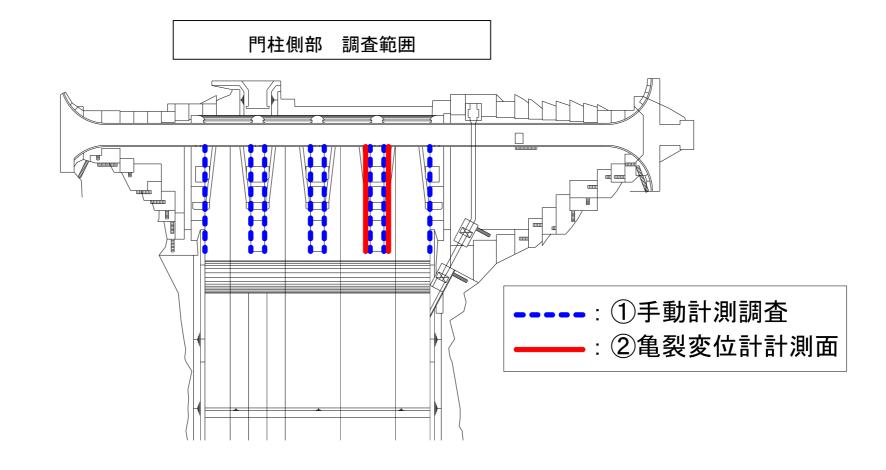
2. 門柱側部ひび割れ

(1)調査方法

門柱側部のひび割れの代表箇所について、以下の計測をしている。

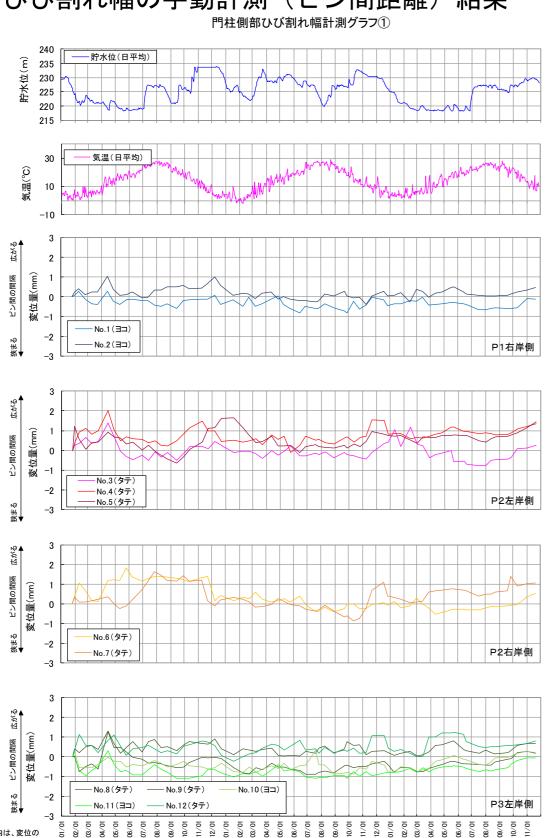
- ①ひび割れ幅の手動計測(月2回デジタルノギスによるピン間距離) (H29.1~)
- ②ひび割れ幅の亀裂変位計による自動計測 (H29.6~)

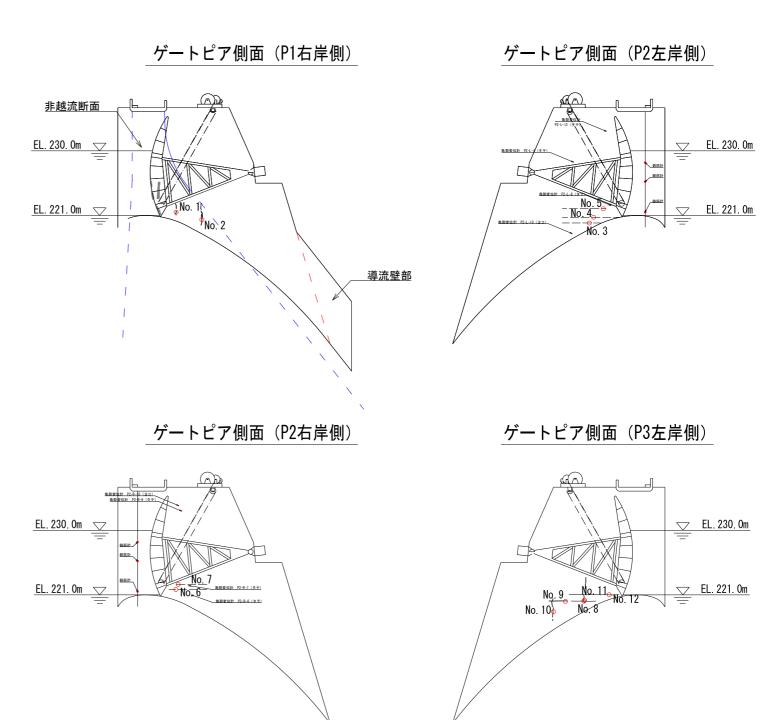


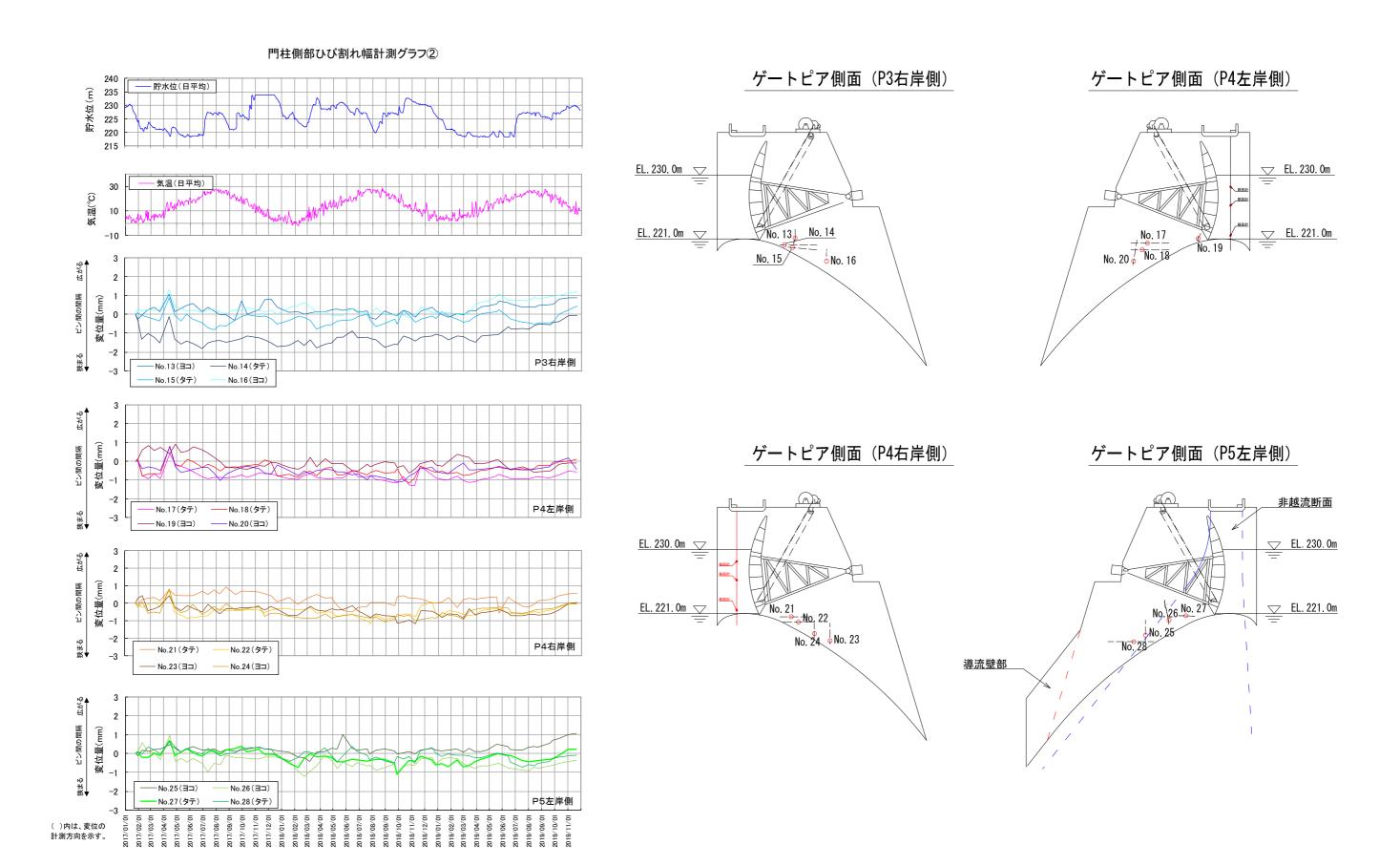


(2)調査結果

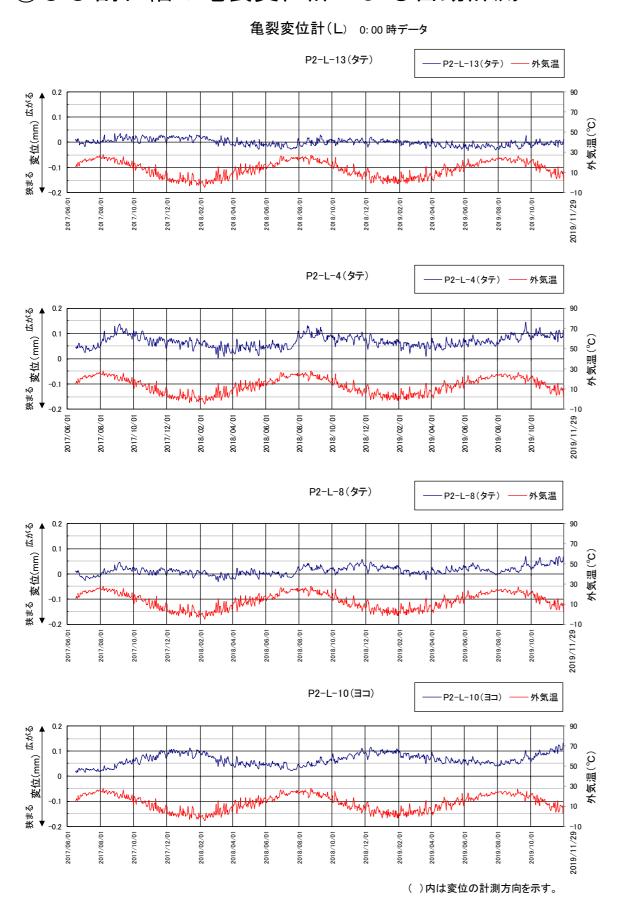
①ひび割れ幅の手動計測(ピン間距離)結果

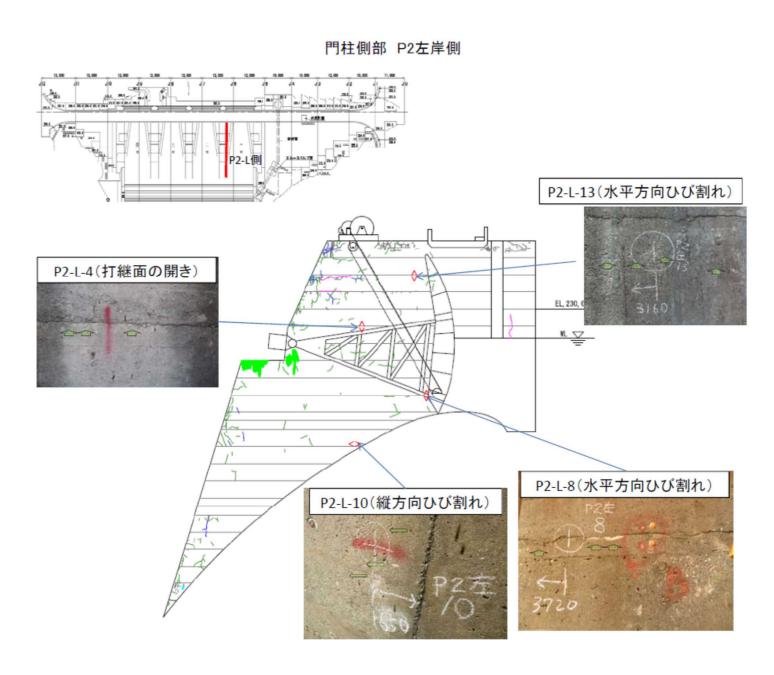




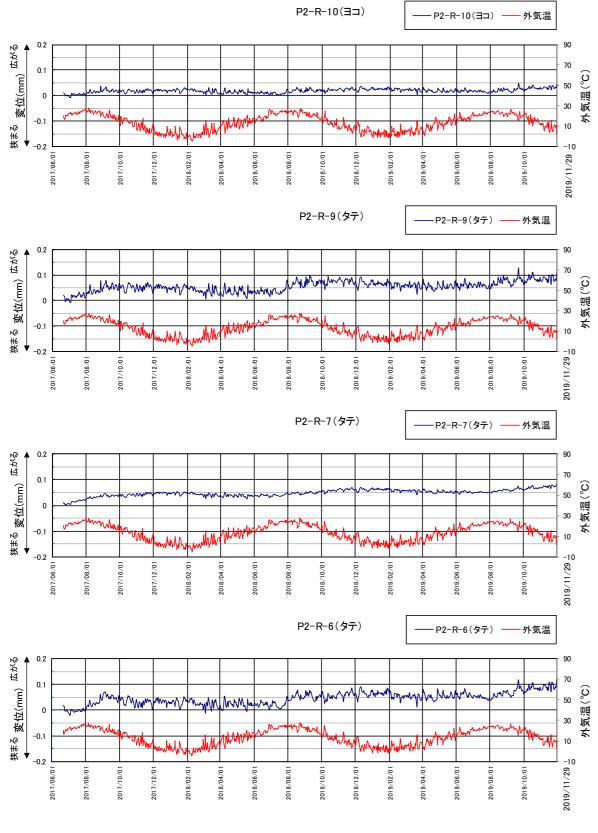


②ひび割れ幅の亀裂変位計による自動計測



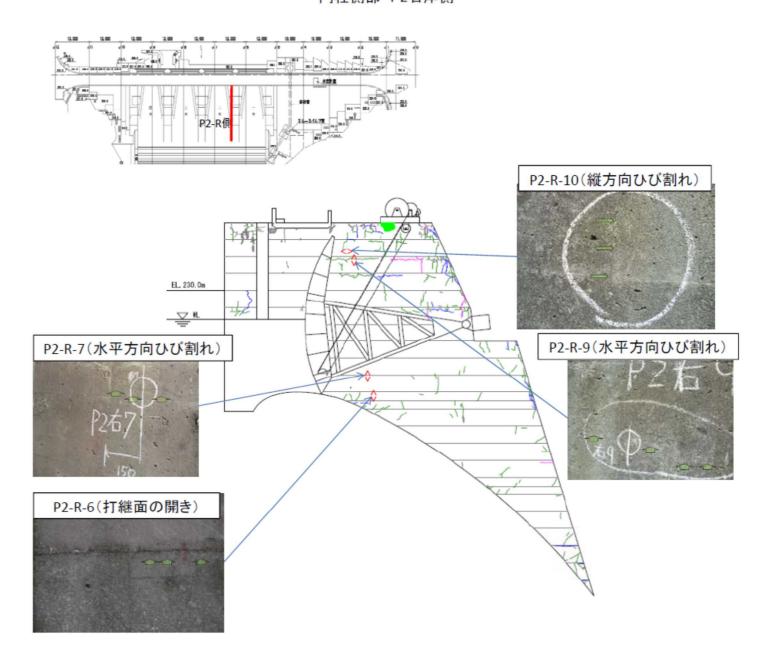


亀裂変位計(R) 0:00 時データ



()内は変位の計測方向を示す。

門柱側部 P2右岸側



門柱側部ひび割れ調査まとめ

・亀裂変位計の値は、外気温の影響を強く受けている。

外気温の年変動に対しては、<u>P2-L-4, P2-L-8 は、夏季に広がる傾向</u>が見られる。これらは、谷側変位の累積傾向による門柱の傾倒と関係している可能性がある。

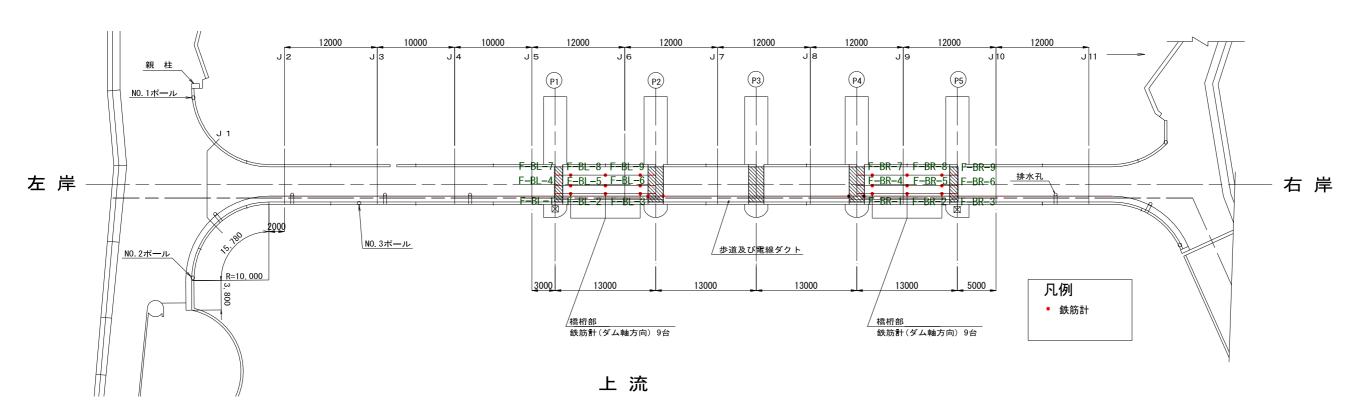
なお、数日から数週間程度の短期的な外気温の変化では、温度が上昇すると狭まり、温度が低下すると広がる傾向にある。これは、コンクリート表面温度の変化により、コンクリート内部との温度差が生じ、変位が発生していると考えられる。

3. ひずみ計測

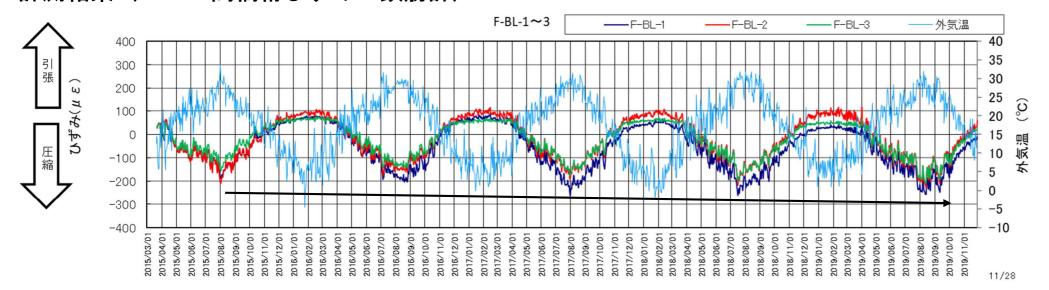
(1) 鉄筋計

1) 橋桁 (鉄筋計)

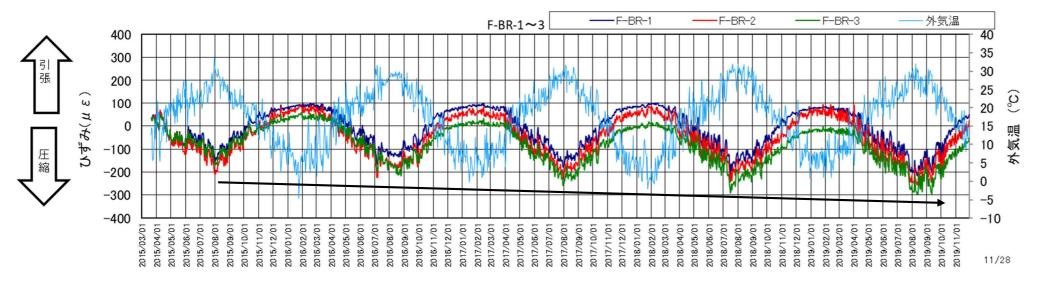
下 流



計測結果 (P1-P2間橋桁ひずみ:鉄筋計)

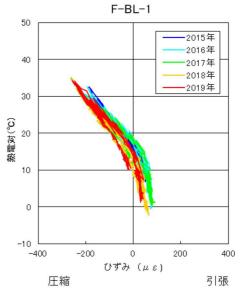


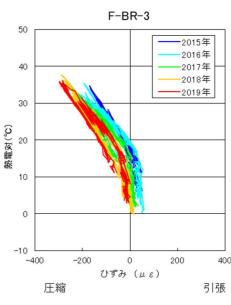
計測結果 (P4-P5間橋桁ひずみ:鉄筋計)

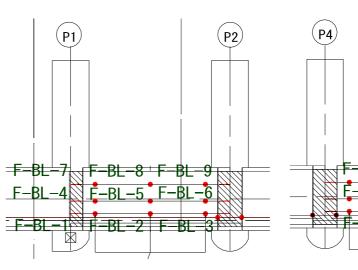


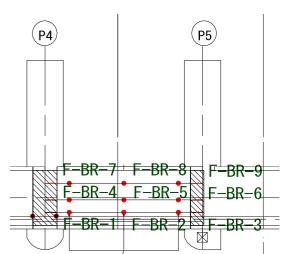
- P1-P2 間、P3-P4 間とも、ひずみは圧縮側への<mark>累積傾向が見られる。</mark>
- ・コンクリート温度と鉄筋計ひずみの関係は概ね線形関係が保たれているが、 <u>累積傾向が見られる</u>。
- ・これは、温度荷重(若しくは温度変化に起因する荷重)以外の<u>堤体コンクリート膨張の影響が考えられる</u>。
- ・圧縮ひずみの最大値は $250\sim300\,\mu$ ϵ 程度であった。

コンクリート温度(熱電対)と ひずみの関係



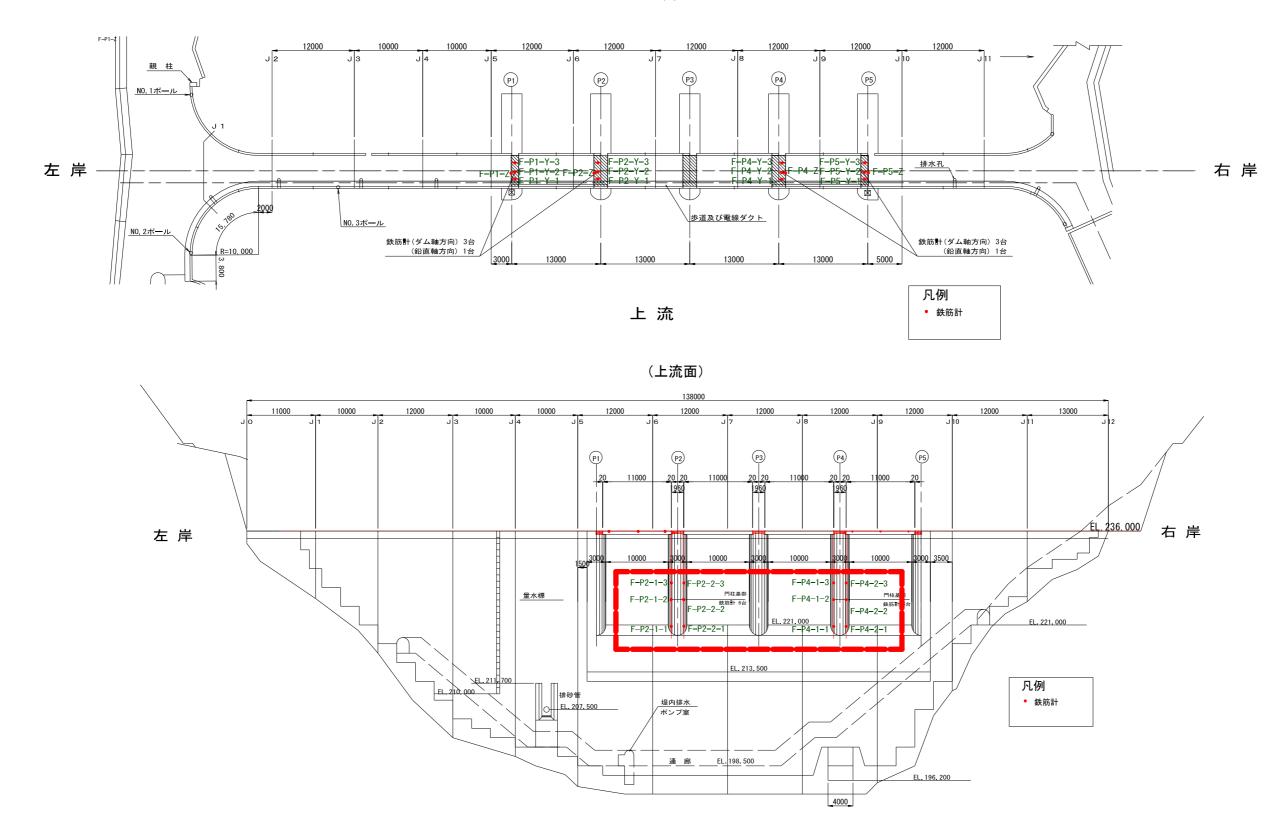




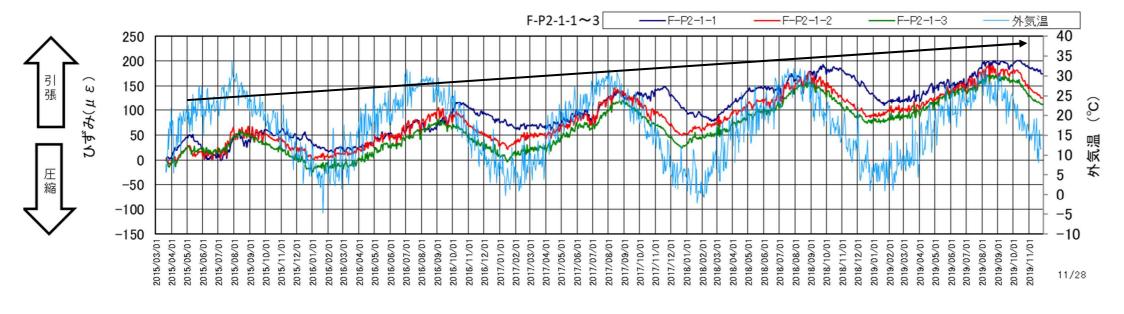


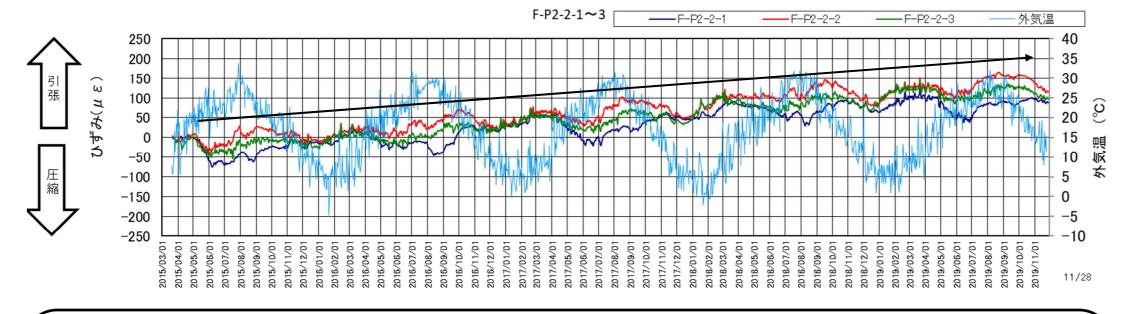
2)門柱側部(鉄筋計)

下 流



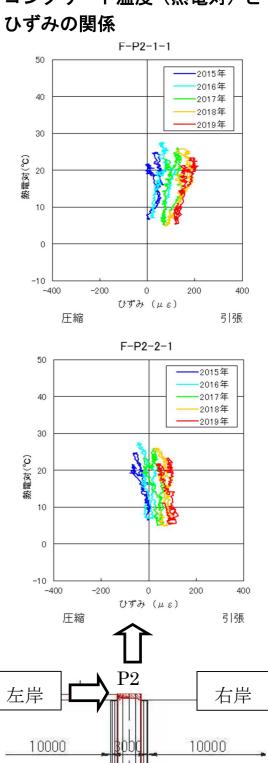
門柱側部 P2 (ひずみ:鉄筋計)





- ・2019 (R元) 年の最大引張ひずみは、F-P2-1-1 で既往最大値(200μ 程度)となり、年々増加している。
- ・P2 門柱側部の鉄筋計では、気温が上昇する時期に、P2 左岸側下段に配置された F-P2-1-1 で引張ひずみが 発生し、P2 右岸側下段に配置された F-P2-2-1 では圧縮ひずみもしくは F-P2-1-1 より小さい引張が発生し ていることから、<u>P2 門柱が右岸側(谷側)に変形している</u>ことを示唆している。
- ・門柱が谷側へ傾倒しているという傾向は TS 測量結果(門柱頂部と基部の相対変位のピーク時の傾向)と 一致する。
- ・門柱部の全ての鉄筋計で、<u>引張ひずみが累積しており、P2 門柱の右岸側(谷側)への変形とは別に、P2</u> 門柱自体のコンクリートが膨張している可能性が考えられる。

コンクリート温度(熱電対)と ひずみの関係



F-P2-1-3

F-P2-1-2

F-P2-1-1

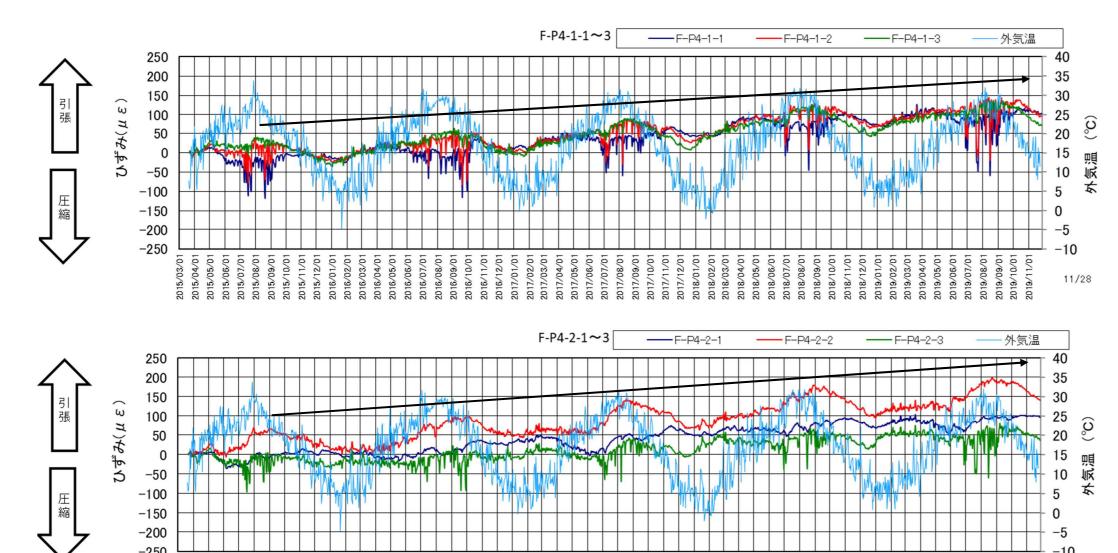
F-P2-2-3

F-P2-2-1

F-P2-2-2 門柱基部

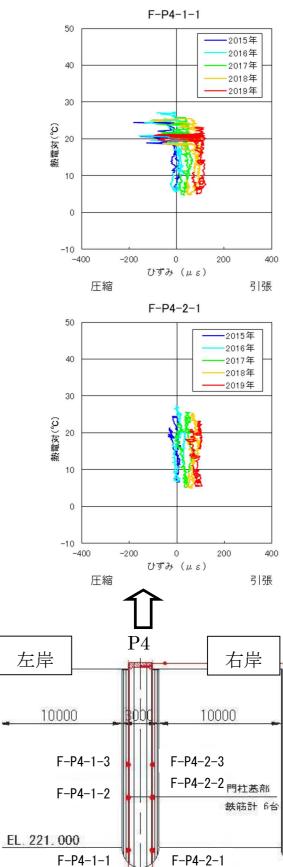
鉄筋計 6台

門柱側部 P4(ひずみ:鉄筋計)

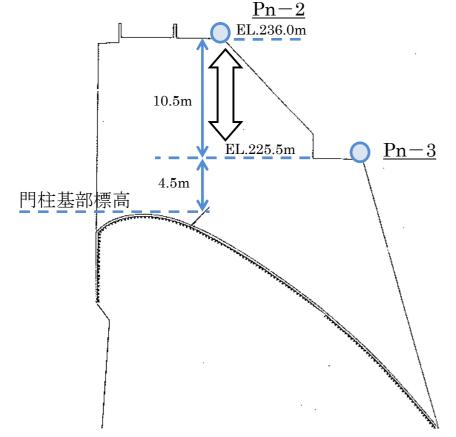


- ・2019 (R 元) 年の最大引張ひずみは、F-P4-2-2 で<u>既往最大値(200 μ 程度)となり、年々増加している</u>。
- P4 門柱側部の鉄筋計では、ダム軸方向への傾倒を示唆する結果は見られない。
- ・TS 測量結果 (門柱頂部と基部の相対変位のピーク時の傾向) でも、大きな変位が認められない結果と一致する。
- ・門柱部の全ての鉄筋計で、<u>引張ひずみが累積しており、P4 門柱のダム軸方向への変形とは別に、</u> P4 門柱自体のコンクリートが膨張している可能性が考えられる。

コンクリート温度(熱電対)と ひずみの関係



(参考)TS の相対変位 (鉛直方向) $\frac{Pn-2}{}$

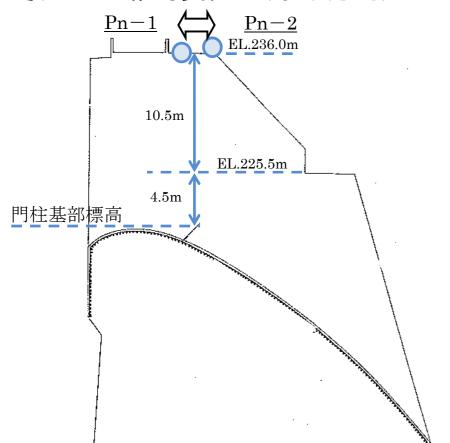


• Pn-3 に対する Pn-2 の鉛直方向の相対変位(上方への変位)が、徐々に大きくなっている。





(参考) TS の相対変位 (水平方向)



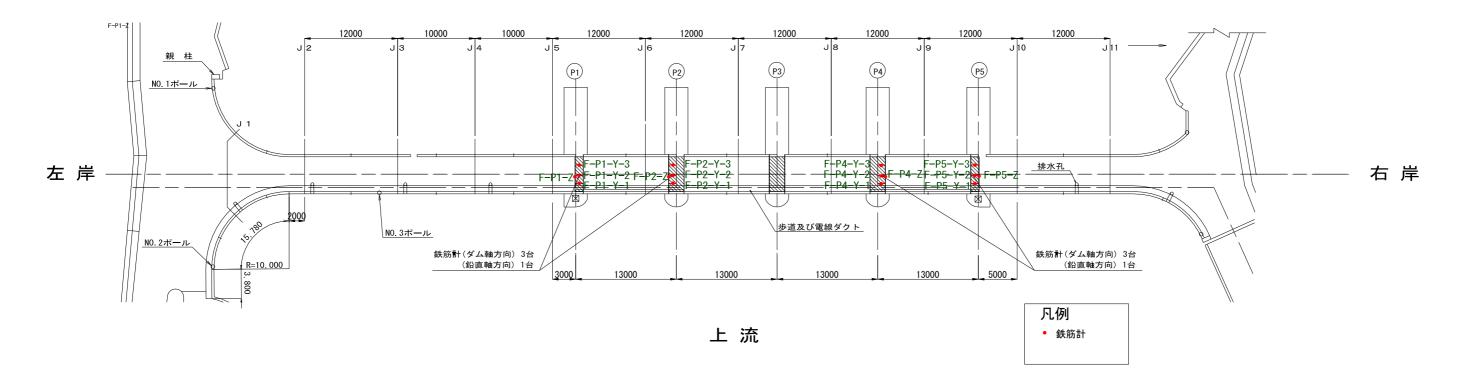
・Pn-1 に対する Pn-2 の上下流方向の相対変位(下流への変位)が 徐々に大きくなっている。



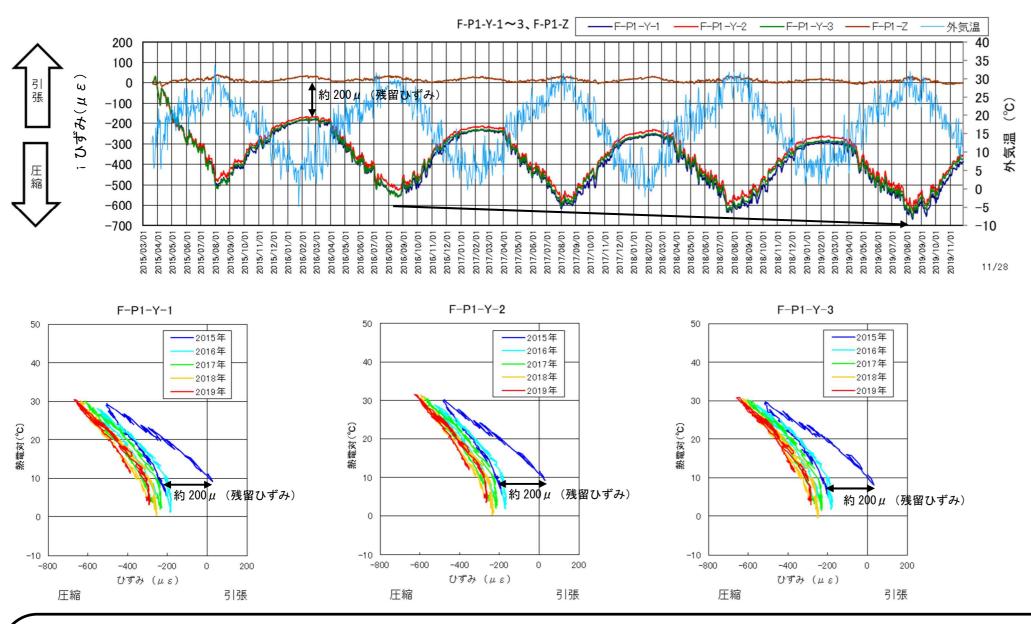


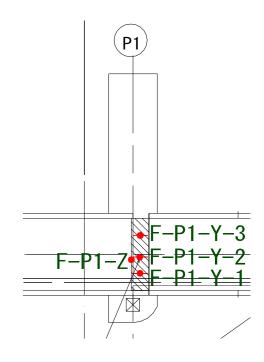
3) 門柱頂部間詰めコンクリート (鉄筋計)

下 流



4) 門柱頂部 P1 間詰めコンクリート(ひずみ:鉄筋計)





- ・この鉄筋計は間詰めコンクリートを H27.2 に打設した箇所であり、 $\underline{H28.2}$ 時点で圧縮方向に残留ひずみ(約 $200\,\mu$)が発生していた と考えられる。なお、近傍の有効応力計の値や変位の状況を考えても、H28.2 時点では、圧縮応力がほとんど生じていなかったと想 定される。
- ・この残留ひずみ(約 200μ)を考慮すると、 $2019 年夏期に圧縮ひずみは最大約 <math>450\mu$ となっている。
- ・この値は、間詰めコンクリートの圧縮強度 $24 \mathrm{N/mm^2}$ (ひずみ 960μ)に対して、 $\hat{\mu}$ に放して、 $\hat{\mu}$ に相当する値に達している。
- ・H28.2 以降について残留ひずみがほとんど生じていないとすれば、同一温度で圧縮ひずみが増加しており累積傾向がみられる。

ひずみ (応力) 計測まとめ

・埋設計器による計測結果より、門柱頂部および橋桁部では<u>圧縮ひずみに累積が認められる。</u> 堤体の谷側への累積変位の影響により、天端橋梁および門柱頂部への圧縮作用が増加していると考えられる。

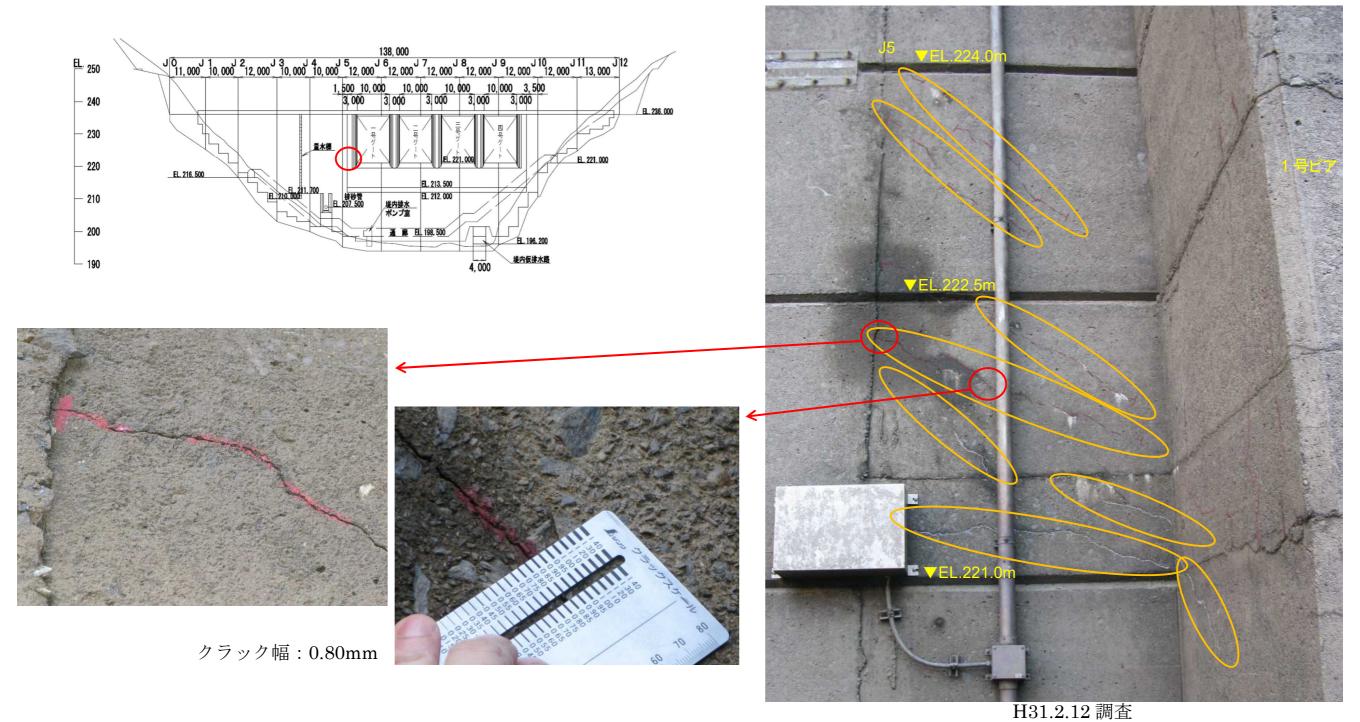
·門柱側部の最大引張ひずみは P2 門柱基部で 200 μ程度であり、また、年々増加している。 なお、P2 門柱基部でのひずみ状態から、天端橋梁部で左岸から右岸方向に押されて門柱基部 に曲げモーメントが発生していると考えられる。

また、P2 や P4 の門柱基部では、両側に引張ひずみが発生する期間がある。

4. 門柱基部ひび割れ

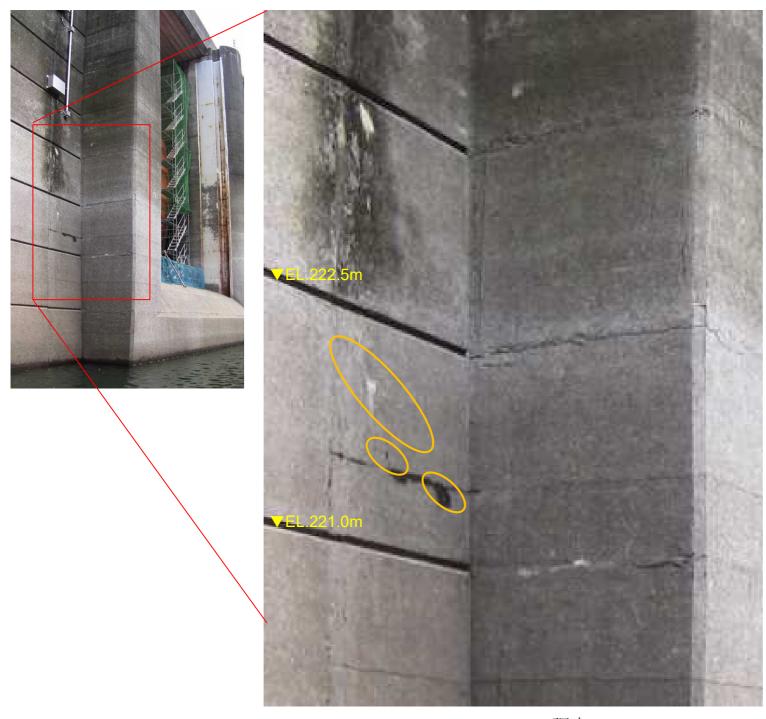
(1) BL6 上流面 (P1 門柱基部付近)

- ○BL6 上流面 (P1 門柱基部付近) において次の変状が見られる。
- ①上流面 EL.221.0~222.5m に川側傾斜のクラックが 4~5 条確認される (一部は雁行状になっている)。
- ②最下部のクラックは、門柱 P1 側部に連続している。
- ③上流面 EL.222.5~224.0m にも川側傾斜のクラックが 2 条確認される。



2-29

- ○BL6 上流面 (P1 門柱基部付近) H22 年調査時点との比較
 - ①H22.10.27 の調査時には、上流面 EL.221.0~222.5m に川側傾斜のクラックが 2 条確認される。
 - ②H31. 2.12 の調査時には、上流面 EL.221.0~222.5m に川側傾斜のクラックが 4~5 条、加えて EL.222.5~224.0m にも川側傾斜のクラックが 2 条確認される。



▼E. .22.1.0m

H22.10.27 調査

H31.2.12 調査

(2) BL6 下流面 (P1 門柱基部付近)

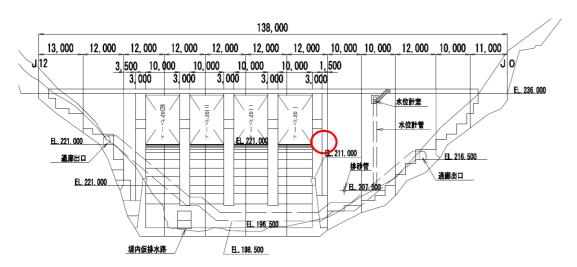
- ○BL6 下流面 (P1 門柱基部付近) において次の変状が見られる。
- ①下流面 EL.221.0~221.5m に川側傾斜のクラックが 2~3 条確認される。
- ②導流壁 EL.220.0~221.0m にほぼ水平方向のクラックが 3 条見られる
- ③下流面 EL.221.0m の水平打継面は、貯水池水位以上であるが、漏水の滲みだしが見られる

240

230

220

210





(天端から見る)

導流壁(側面から見る)

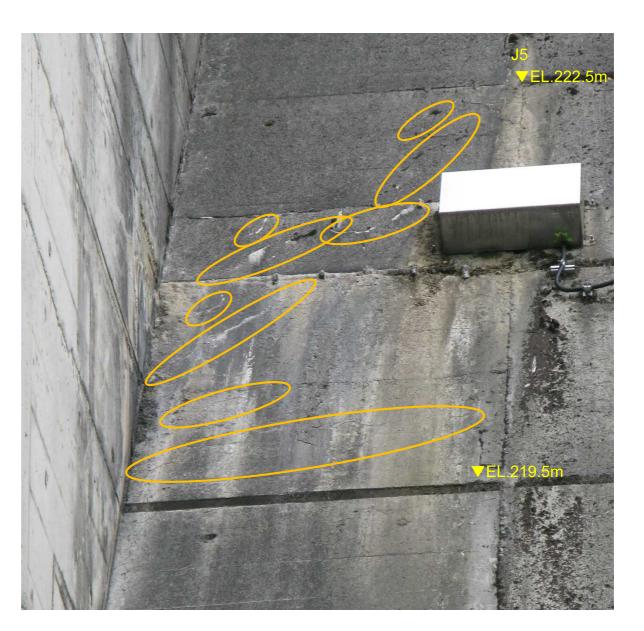


XEL:221 0 m

H31.2.12 調査

- ○BL6 下流面 (P1 門柱基部付近) H23 年調査時点との比較
- ①H23.1.27 の調査時には、導流壁にクラックが 3 条確認されるが、上と下のクラックはそれほど明瞭ではない。 また、BL.6 下流面には 4 条のクラックが見られる。
- ②H31. 2.12、R1.5.30 の調査時には、導流壁に明瞭なクラックが3条確認される。また、BL.6 下流面にもクラックが9条見られる。



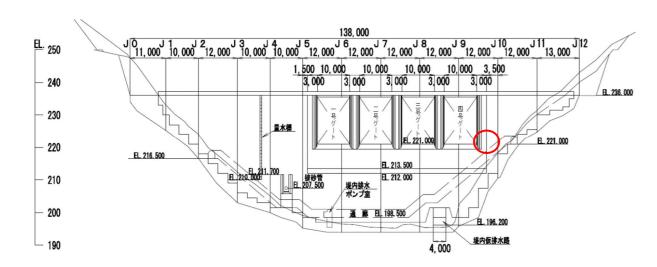


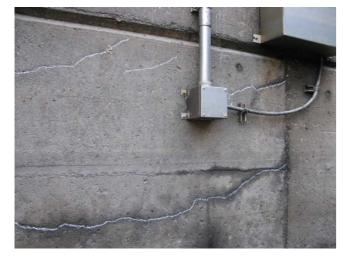
H23.1.27 調査

R1.5.30 調査

(5) BL10上流面(P5門柱基部付近)

- ○BL10 上流面 (P5 門柱基部付近) において次の変状が見られる。
 - ①上流面 EL.219.5~221.0m にやや川側傾斜のクラック 4条確認され、その内上部の3条は雁行状になっている。
 - ②BL.6上流面より緩傾斜で、クラック発生位置も EL.221.0m より下部に集中している。
 - ③上流面門柱部 EL.220.0m 付近にもほぼ水平方向のクラックが 1 条確認される。

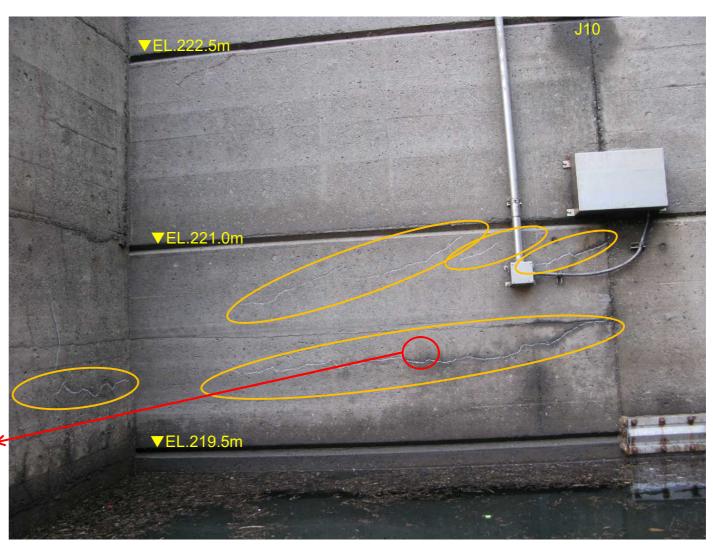




J10 付近の拡大

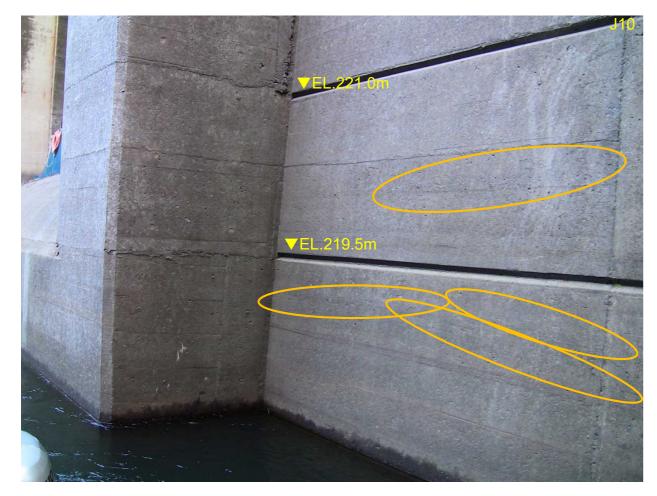


クラック幅:1.00mm

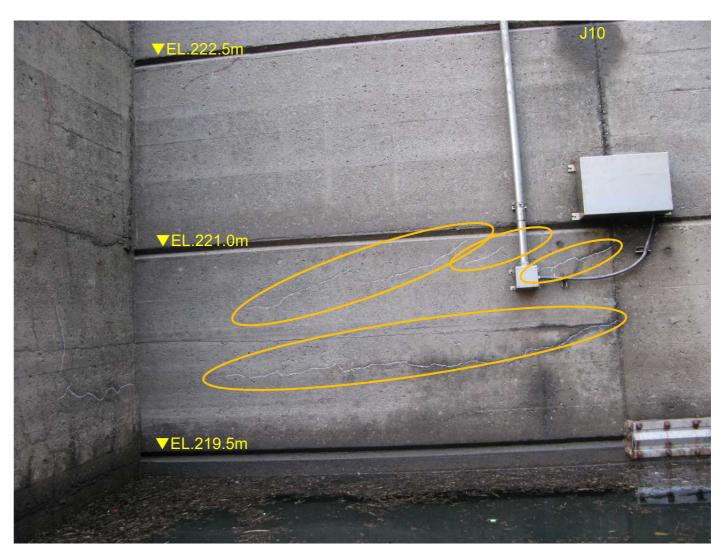


H31.2.12 調査

- ○BL10 上流面 (P5 門柱基部付近) H22 年調査時点との比較
 - ①H22.10.27 の調査時には、上流面 EL.219.5~221.0m に川側傾斜のクラックが 1 条確認される。
 - ②H31. 2.12 の調査時には、上流面 EL.219.5~221.0m において、上記クラックに加えて 3 条のクラックが確認される (なお、EL.219.5m 以下は貯水位以下で未確認)。



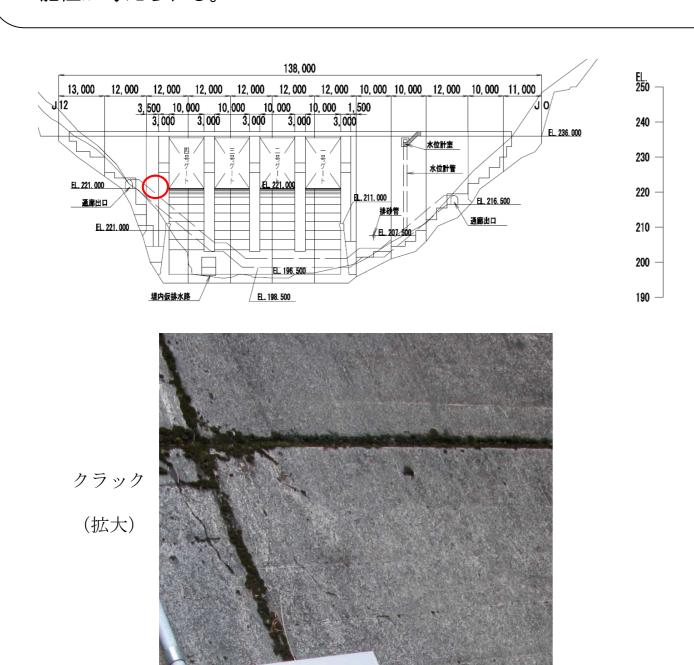
H22.10.27 調査



H31.2.12 調査

(6) BL10 下流面(P5 門柱基部付近)

- ○BL10 下流面 (P5 門柱基部付近) において次の変状が見られる。
- ①下流面 EL.221.5~222.5m に川側傾斜のクラックが 2 条確認される。また、EL.218.0~221.0m にも 10 本程度の斜めクラックが見られる。
- ②これらのクラックは、上流面に比べると急傾斜で、短く、またそれ程明瞭なクラックではない。
- ③導流壁に、EL.221.0m からほぼ鉛直に延びるクラックが見られる、堤体コンクリート(右岸部)の膨張により、導流壁に生じた可能性が考えられる。





R1.5.30 調査

5. まとめ

- ・変位計測結果(PL、TS 測量)より、その変位量と変位速度は対策工前までより抑制できているが、対策工後も左右岸 プラムラインは夏季に谷側変位が累積する動きが見られており、今後も注視していく。
- ・門柱側部のひび割れ計測結果より、<u>夏季に広がる傾向が見られた箇所がある</u>。これらは、谷側変位の累積傾向による門柱の傾倒と関係している可能性があり、今後も注視していく。
- ・埋設計器による計測結果より、門柱頂部および橋桁部では<u>圧縮ひずみに累積が認められる</u>ことから、堤体の谷側への変位累積の影響により、天端橋梁および門柱頂部への圧縮作用が増加していると考えられる。

また、門柱側部では引張ひずみが大きく、また、<u>年々増加している</u>。なお、<u>P2 門柱基部でのひずみ状態から、天端</u>橋梁で左岸から右岸方向に押されて、門柱基部に曲げモーメントが生じていると考えられる。

- ・門柱基部および門柱に近接する堤体(BL6・BL10)の上下流面の斜めクラックは、<u>門柱の谷側への変位によって生じる引張力によるものと考えられ、今後も注視していく。</u>
- ・門柱側部・基部および近接する堤体(BL6・BL10)の上下流面の斜めクラックは、いずれも<u>構造的なクラック</u>と考えられ、早急に<u>暫定対策を実施することが必要</u>であると考えられる。