

今後のモニタリングについて

令和2年1月21日

独立行政法人水資源機構
池田総合管理所

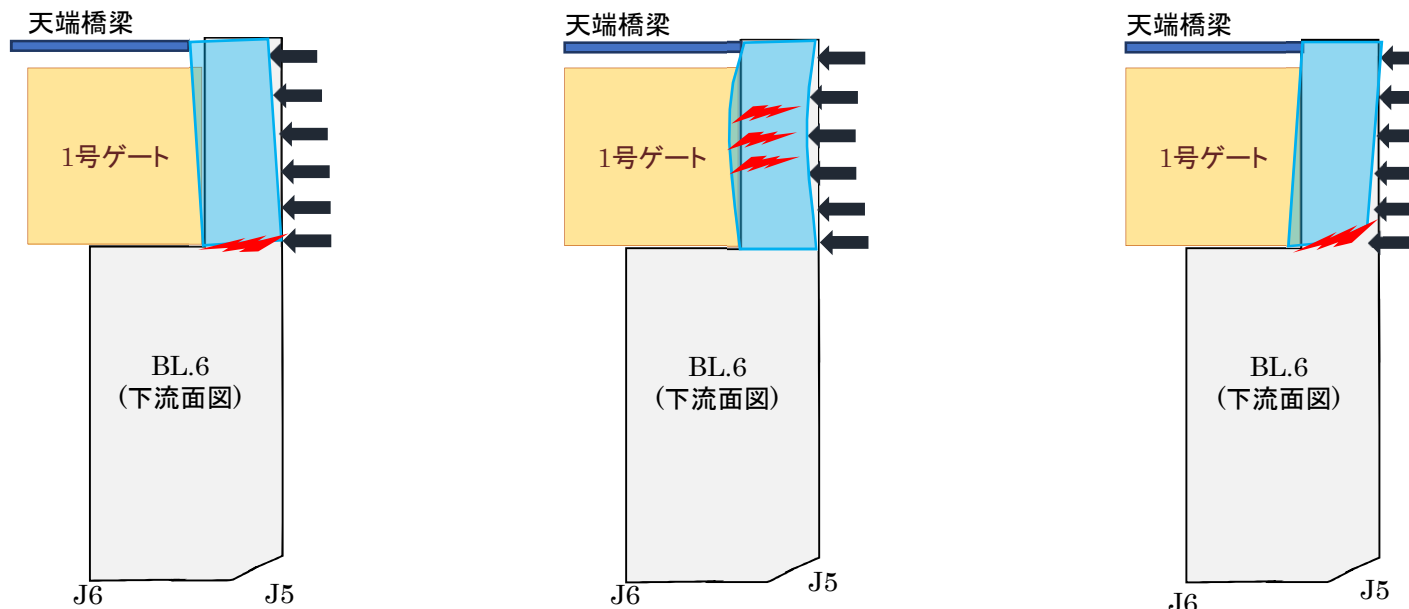
目 次

1. 門柱において懸念される事象……………1
2. 安全管理計画……………2

1. 門柱において懸念される事象

- 堤体モニタリングにおいては、特に門柱P1・P5において下図の(1)～(3)の3通りの損傷が懸念される。
- 従来のモニタリング計画は、平成27年2月に実施された暫定対策工(天端橋梁の間詰め)の際に作成されたものであるが、主として(1)曲げ損傷(門柱基部)を対象としたものである。
- 今回、下図の損傷形態(1)のみでなく、(2)及び(3)を含めた安全管理計画へ見直しを行う。

新宮ダム 門柱P1・P5において懸念される損傷形態



(1) 曲げ損傷(門柱基部)

天端橋梁の間詰めコンクリート部あるいは橋梁自体の損傷により、「片持ち梁」の状態となり、門柱の基部にクラックが生じ、曲げ損傷を生じる。

(2) 曲げ損傷(門柱谷側)

天端橋梁が十分な支点として作用する場合、単純梁の状態となり、門柱谷側の中間部付近において、門柱にクラックを生じ、曲げ損傷を生じる。

(3) せん断損傷(門柱基部)

天端橋梁が十分な支点として作用する場合、単純梁の状態となり、門柱の基部付近において、門柱にクラックを生じ、せん断損傷を生じる。

2. 安全管理計画

観測項目一覧表

区分	観測項目	使用計器等	観測方法	観測頻度	目的(監視対象)					分析方法	備考
					挙動全般	①P1・P5 基部の曲げ 損傷(傾倒)	①P2・P4 基部の曲げ 損傷(傾倒)	②P1・P5 側部の曲げ 損傷(孕み)	①P1・P5 基部のせん 断損傷		
外的要因	貯水位	水位計	自動	毎分	●					-	
	外気温	温度計	自動	毎正時	●					-	
	堤体温度	温度計(埋設)	自動	毎正時	●					-	
変形	堤体天端変位	ブラムライン	自動	毎正時	●	●	●			経時変化図・軌跡図 (重回帰分析によるトレンド)	
	堤体および地山の変位	トータルステーション	自動	6時間毎	●	●	●	●		各ターゲットの挙動	
ひび割れ	クラック(天端舗装面)	目視・写真撮影	手動	2回/月		●	●			長さ、幅の進展	
	クラック (門柱P2・P4基部・側部)	目視・写真撮影	手動	2回/月			●			長さ、幅の進展	
		亀裂変位計(代表箇所)	自動	毎正時			●			幅の進展	
	クラック (門柱P1・P5基部・側部、 BL6・BL10上下流面)	目視・写真撮影	手動	2回/月		●		●	●	長さ、幅の進展	
		亀裂変位計(代表箇所)	自動	毎正時		●		●	○	幅の進展	設置予定
	クラック(堤体全般)	目視・写真撮影	手動	2回/月	●					長さ、幅の進展	
継目計		自動	毎正時	●					幅の進展		
ゲート操作性	戸当りとの隙間	隙間計	自動	毎正時		●	●	●		経時変化	
	ロープ張力	ワイヤ張力計	自動	放流時 点検時		●	●	●		経時変化 左右ワイヤの比較	ゲート操作時
	電流値	電流計	自動	放流時 点検時		●	●	●		経時変化 左右ワイヤの比較	ゲート操作時
ひずみ・応力	橋桁上面の軸圧縮力	鉄筋計	自動	毎正時		●	●			経時変化	
	門柱頂部の軸圧縮力①	鉄筋計	自動	毎正時		●	●			経時変化	
	門柱頂部の軸圧縮力②	有効応力計	自動	毎正時		●	●			経時変化	
	門柱基部・側部の引張 (P2・P4)	鉄筋計	自動	毎正時			●			経時変化	
	門柱基部・側部の引張 (P1・P5)	鉄筋計	自動	毎正時		●		●	○	経時変化	設置予定

2. 安全管理計画

(1)概要

モニタリング中の安全管理は、(2)に示す4種類の監視区分(通常監視、注意監視、警戒監視、非常状態)に応じた監視を行うことを基本とする。異常が認められる場合には監視区分の移行を図る。監視区分の移行判断は、以下に示す①～④の項目に基づき決定する。

- ①堤体挙動(変形、ゲート操作性の計測結果)(定量的な変化)
- ②コンクリートの変状(ひずみ・応力等の計測結果)(定量的な変化)
- ③コンクリートの変状(目視・写真、亀裂変位計測によるひび割れ等の把握)
- ④その他の計測・観測項目(気温、貯水位、漏水量等)の把握

(2)各監視区分における対応

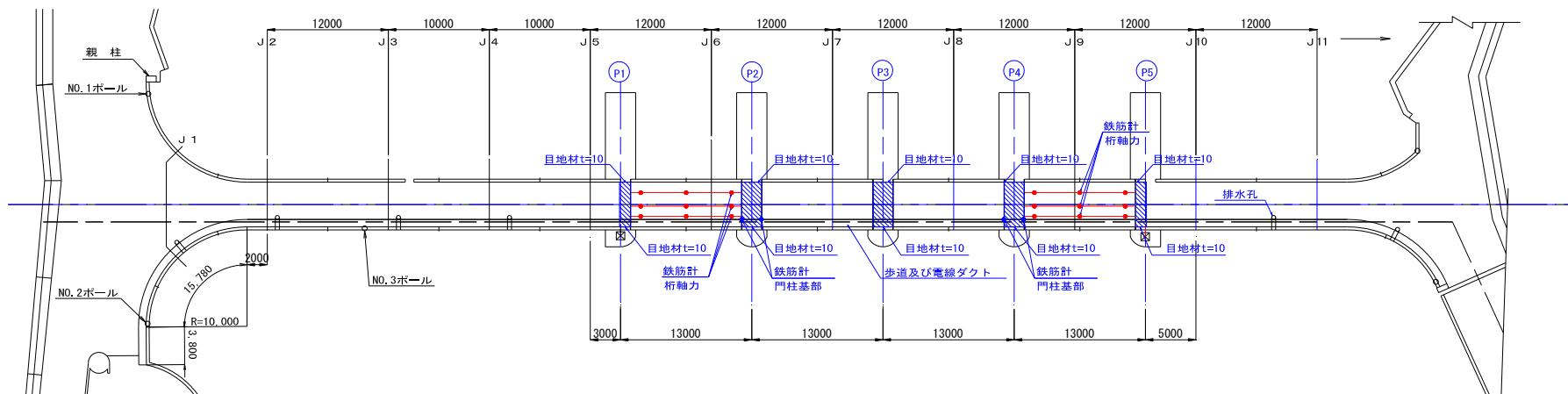
監視区分	監視方法				データ 分析頻度
	①堤体挙動 (変形・ゲート操作性)	②コンクリートの変状 (ひずみ・応力等)	③コンクリートの変状 (ひび割れ等)	④その他計測 (漏水量等)	
通常監視	<ul style="list-style-type: none"> ・変形に累積傾向は見られない。 ・ゲートと戸当り隙間が十分に確保されている。 	<ul style="list-style-type: none"> ・コンクリートあるいは鉄筋のひずみ(応力)に増加傾向は見られない。 ・コンクリートあるいは鉄筋のひずみ(応力)が、許容値に対し十分余裕がある。(許容応力の50%以下) 	<ul style="list-style-type: none"> ・乾燥収縮ひび割れ等は確認されるが、構造的に問題となるひび割れは観測されない。 ・亀裂変位計に増加傾向は見られない。 	<ul style="list-style-type: none"> ・漏水量(監査廊内)は少なく、また増加傾向は見られない。 ・堤体下流面の漏水は少ない。 	1回/週
注意監視	<ul style="list-style-type: none"> ・変形の累積傾向が一定で、その速度も小さい。 ・ゲートと戸当りの隙間が狭まる傾向にあり、将来的にゲートの操作性に問題が生じる恐れがある。 	<ul style="list-style-type: none"> ・コンクリートあるいは鉄筋のひずみ(応力)に増加傾向が見られる。 ・コンクリートあるいは鉄筋のひずみ(応力)が、将来的に許容値に近くなる恐れがある。(許容応力の50～70%) 	<ul style="list-style-type: none"> ・構造的に問題となることが懸念されるひび割れがうすうすら観測されるが、明瞭ではない。 ・亀裂変位計の値にやや増加傾向が見られる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・漏水量(監査廊内)が多い、あるいは増加傾向が見られる。 ・堤体下流面に漏水が見られる。 	2回/週
警戒監視	<ul style="list-style-type: none"> ・変形の累積傾向が加速度的あるいは大きい。 ・ゲートと戸当りの隙間がほとんど無く、直ちにゲート操作性に問題が生じる恐れがある。 	<ul style="list-style-type: none"> ・コンクリートあるいは鉄筋のひずみ(応力)が加速度的に増加している。 ・コンクリートあるいは鉄筋のひずみ(応力)が許容値に近く、損傷の恐れがある。(許容応力の70～90%) 	<ul style="list-style-type: none"> ・構造的に問題となることが懸念されるひび割れが観測され、明瞭である。 ・亀裂変位計に増加傾向が見られる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・漏水量(監査廊内)が極めて多い、あるいは著しい増加傾向が見られる。 ・堤体下流面の漏水箇所が多く、また噴き出す状況の箇所が複数見られる。 	1回/日
非常状態	<ul style="list-style-type: none"> ・変形の累積傾向が急激かつ加速度的となり、あるいは変形が極めて大きい。 ・ゲートと戸当りが接触し、相互に過大な応力が発生して、ゲート操作が困難となる恐れがある。 	<ul style="list-style-type: none"> ・コンクリートあるいは鉄筋のひずみ(応力)が急激かつ加速度的に増加している。 ・コンクリートあるいは鉄筋のひずみ(応力)が許容値に近く、直ちに損傷の恐れがある。(許容応力の90%以上) 	<ul style="list-style-type: none"> ・構造的に問題となることが懸念されるひび割れが拡大し、隙間やズレ・段差を生じている。 ・亀裂変位計に大きな変位が計測される。 	<ul style="list-style-type: none"> ・漏水量(監査廊内)が極めて多く、あるいは著しい増加傾向に加え、水平打継面の開きやズレが見られる。 ・堤体下流面の漏水箇所が多く、また噴出す状況の箇所が複数の箇所で見られるのに加え、水平打継面の開きやズレが見られる。 	1回/日

2. 安全管理計画

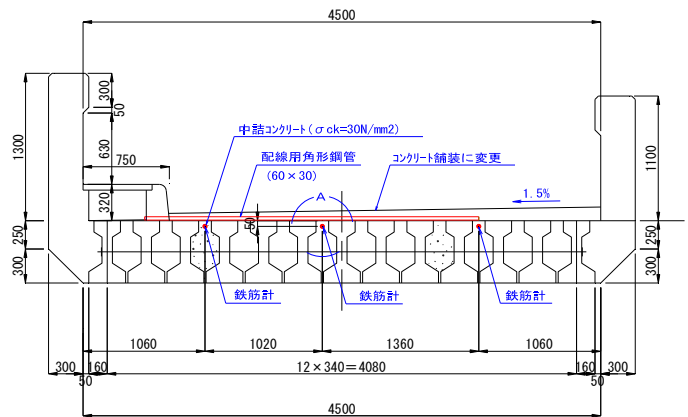
(1) 橋桁の軸力

- 中詰めコンクリートをはつて設置したひずみゲージ式鉄筋計の計測値を用いて監視する。
- 橋桁に発生する軸力監視を行う。(2)の門柱頂部と比較して圧縮力が過小になっていないかを注意する。

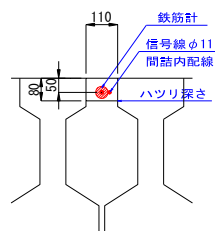
平面図



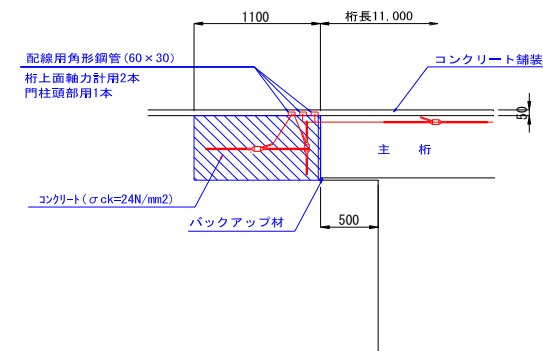
天端橋断面図



A部詳細



天端橋縦断面図
P1, P5

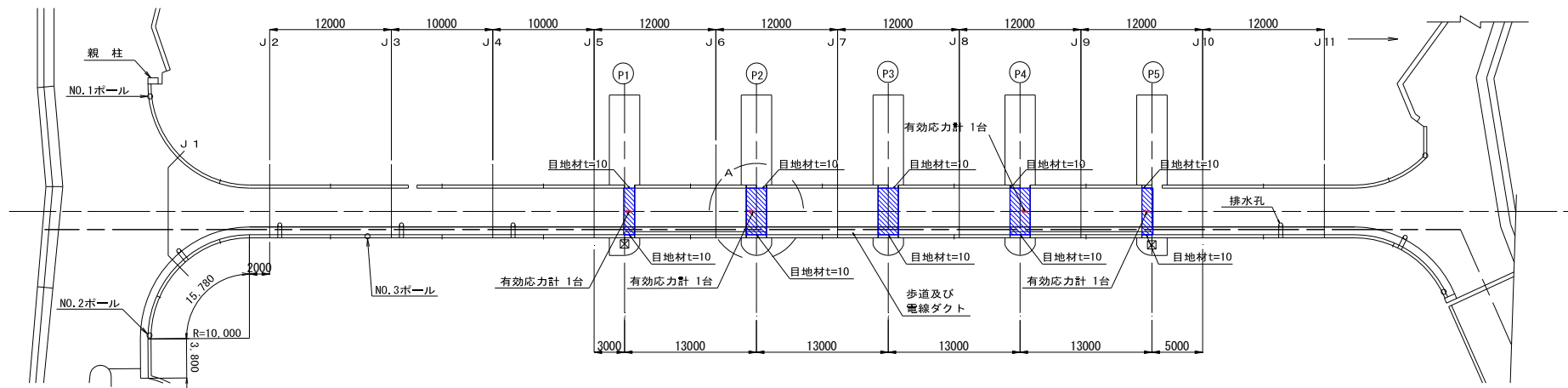


2. 安全管理計画

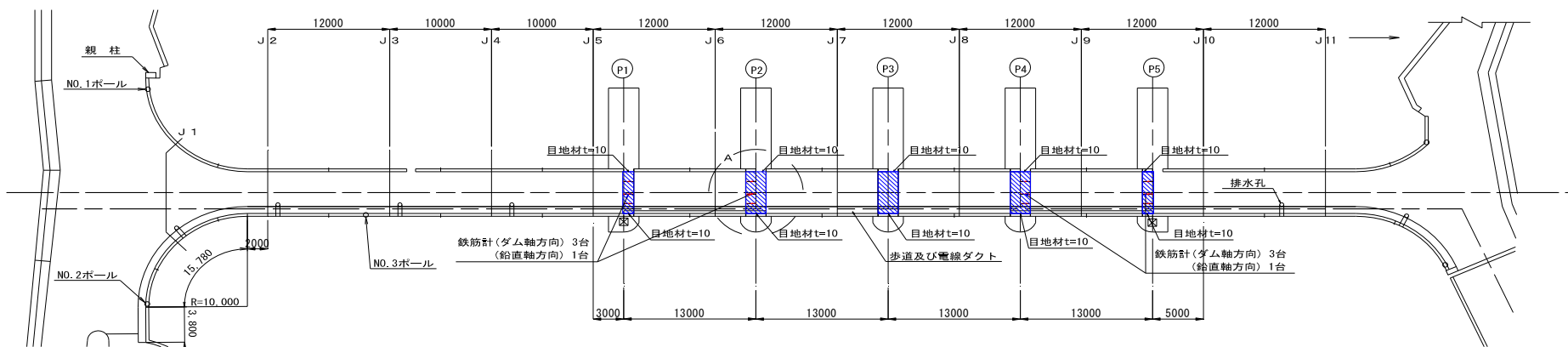
(2) 門柱頂部の軸力、せん断力

- 門柱頂部の間詰コンクリートに設置したひずみゲージ式鉄筋計とコンクリート有効応力計の計測値を用いて監視する。
- 橋桁と比較して、圧縮力が過大になっていないかを注意する。

平面図



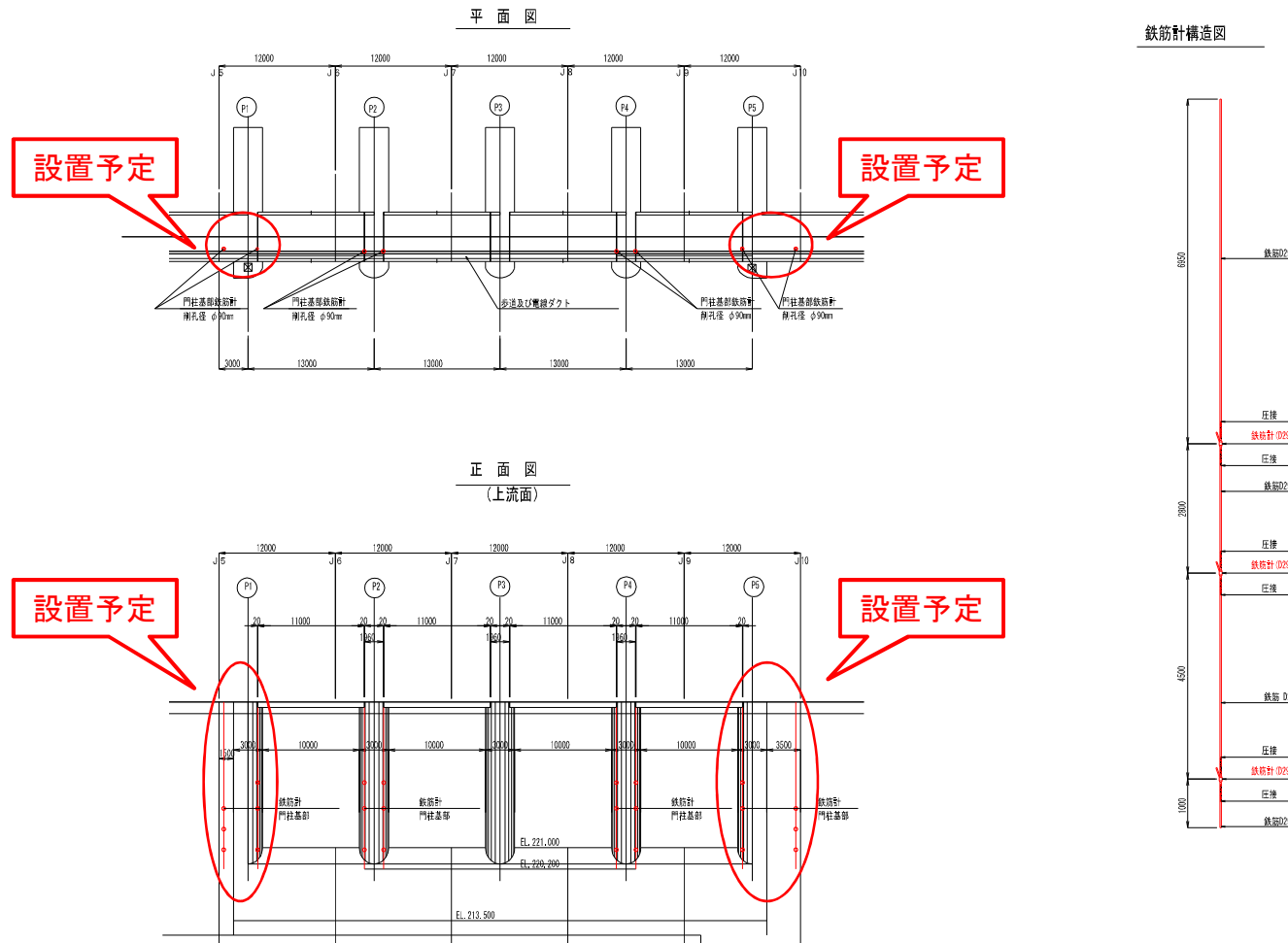
平面図



2. 安全管理計画

(3) 門柱基部の曲げ引張力

- 門柱基部および段落とし部に設置するひずみ計により各点における引張力を監視する。
(鉄筋の引張強度に対する各観測点の引張力を監視する。)
- ひずみゲージ式鉄筋計は、門柱頭部からボーリング削孔(φ90mm)を行い、孔内に設置する。
- 門柱P2, P4の両端に各1孔ずつ削孔し、鉄筋計は1孔あたり3箇所、その深さは鉄筋の段落ち部とする。
- 門柱P1, P5の両端に各1孔ずつ削孔し、鉄筋計は1孔あたり3箇所とする。【予定】



2. 安全管理計画

注意を払う基準値(目安)

表-1 門柱(P2・P4)頂部の相対変位量の基準値(門柱基部コンクリートの引張応力に対応)

監視区分	門柱頂部の相対変位量(mm)	備考
通常監視	—	限界値の50%未満と推定される相対変位量
注意監視	2.8	限界値の50%~70%と推定される相対変位量
警戒監視	3.9	限界値の70%~90%未満と推定される相対変位量
非常状態	5.0	限界値の90%以上と推定される相対変位量
(参考)限界値	5.56	現場採取コアの圧縮強度を基に設定

※限界値は、門柱頂部の相対変位量の限界値であり、コンクリートの設計基準強度と、梁の公式(片持ち梁)より算出される門柱基部の縁応力(引張応力)により設定した。
 なお、コンクリートが膨張している場合、実際の引張応力は小さい(または、圧縮応力が生じている)可能性があるため、参考値として扱う。

表-2 門柱頂部(間詰めコンクリート)の圧縮ひずみ・圧縮応力の基準値(門柱頂部の圧縮応力に対応)

監視区分	門柱頂部の圧縮ひずみ(μ)	門柱頂部の圧縮応力(N/mm ²)	備考
通常監視	—	—	限界値の50%未満と推定される応力(ひずみ)
注意監視	480	12.0	限界値の50%~70%と推定される応力(ひずみ)
警戒監視	670	16.8	限界値の70%~90%と推定される応力(ひずみ)
非常状態	860	21.6	限界値の90%以上と推定される応力(ひずみ)
(参考)限界値	960	24.0	現場採取コアの圧縮強度を基に設定

※門柱頂部の圧縮ひずみについては、残留ひずみを考慮した値(残留ひずみにより計算される圧縮応力を除いた値)で判断する。(弾性係数E=25,000MN/m²として算出)

表-3 橋桁部の圧縮ひずみ・圧縮応力の基準値

監視区分	橋桁部の圧縮ひずみ(μ)	橋桁部の圧縮応力(N/mm ²)	備考
通常監視	—	—	限界値の50%未満と推定される応力(ひずみ)
注意監視	600	15.0	限界値の50%~70%と推定される応力(ひずみ)
警戒監視	840	21.0	限界値の70%~90%と推定される応力(ひずみ)
非常状態	1,080	27.0	限界値の90%以上と推定される応力(ひずみ)
(参考)限界値	1,200	30.0	中詰めコンクリートの品質管理試験値

2. 安全管理計画

表-4 門柱基部の基準値(鉄筋計)

監視区分	門柱基部の引張応力(N/mm ²)	備 考
通常監視	—	限界値の50%未満と推定される応力
注意監視	80	限界値の50%~70%と推定される応力
警戒監視	110	限界値の70%~90%未満と推定される応力
非常状態	140	限界値の90%以上と推定される応力
(参考)限界値	160	表-5参照

※門柱(P2・P4)に配置されている鉄筋は構造鉄筋ではなく、また、鉄筋計の設置以降に生じた引張応力を計測していることから、参考値として扱う。

表-5 鉄筋の許容応力度

単位:N/mm²

鉄筋の種類		SR235	SD295A SD295B	SD345	
引張 応 力 度	1)活荷重及び衝撃以外の主荷重が作用する場合(梁部材等)	80	100	100	
	荷重の組合せに衝突荷重又は地震の影響を含まない場合の基本値	2)一般の部材	140	180	180
		3)水中又は地下水位以下に設ける部材	140	160	160
	4)荷重の組合せに衝突荷重又は地震の影響を含む場合の基本値	140	180	200	
	5)鉄筋の重ね継ぎ手又は定着長を算出する場合の基本値	140	180	200	
6)圧縮応力度		140	180	200	

2. 安全管理計画

クラックの発生状況による判断基準(案)

表-6 クラック発生状況による監視区分の移行

	①P1・P5 基部の曲げ損傷(傾倒)	①'P2・P4 基部の曲げ損傷(傾倒)	②P1・P5 側部の曲げ損傷(孕み)	①P1・P5 基部のせん断損傷
特に注意して 監視する箇所	<ul style="list-style-type: none"> ・天端橋梁・間詰めコンクリートの圧縮による損傷及び橋梁下面の軸方向ひび割れ ・BL.6・BL.10の上下流面の水平ひび割れ ・門柱P1・P5基部や中間(鉄筋段落とし部)の水平方向ひび割れ 	<ul style="list-style-type: none"> ・天端橋梁・間詰めコンクリートの圧縮による損傷及び橋梁下面の軸方向ひび割れ ・門柱P2・P4基部や中間(鉄筋段落とし部)の水平方向ひび割れ 	<ul style="list-style-type: none"> ・門柱P1・P5側部(谷側)の水平方向ひび割れ 	<ul style="list-style-type: none"> ・BL.6・BL.10の上下流面の斜め方向のひび割れ ・門柱P1・P5基部の斜め方向のひび割れ
通常監視	乾燥収縮ひび割れ等は確認されるが、構造的に問題となるひび割れは観測されない。			
注意監視	構造的に問題となることが懸念されるひび割れがうっすら観測されるが、明瞭ではない。			
警戒監視	構造的に問題となることが懸念されるひび割れが観測され、明瞭である。			
非常状態	構造的に問題となることが懸念されるひび割れが拡大し、隙間やズレ・段差を生じている。			

2. 安全管理計画

プラムラインの重回帰分析(H27.2暫定対策後)と管理基準値

温度や貯水位によるプラムライン挙動の周期成分と経時変化成分を重回帰分析により推定し、回帰式による値により管理基準値を設定し、実測値と比較して管理する。

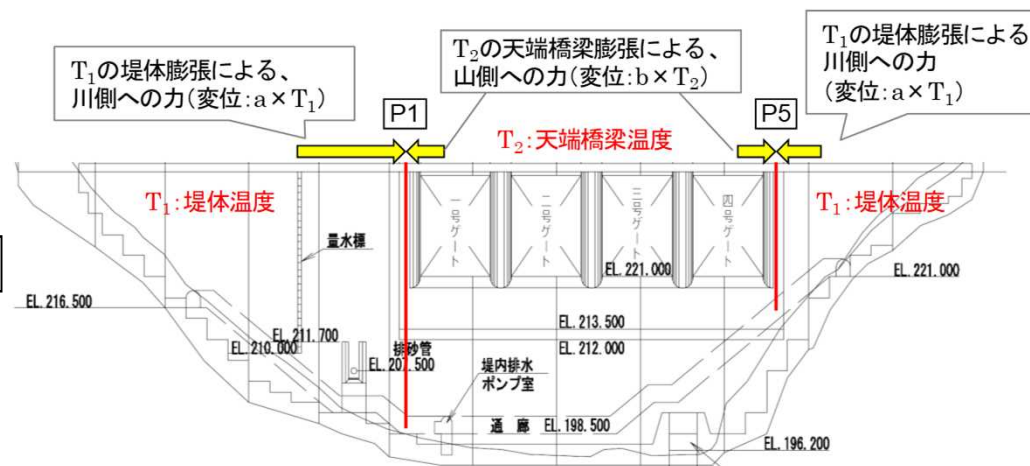
管理基準値＝ダム軸方向変位の予測値(回帰式による)±許容範囲

(a) 重回帰分析によるプラムライン挙動の再現

$$\delta = \gamma + a \cdot T_1 + b \cdot T_2 + c \cdot (H - h)^2 + d \cdot \theta$$

周期成分(弾性挙動成分)

経時変化成分



δ : 変位量(プラムラインのダム軸方向)

γ : 切片(回帰係数)

T_1 : 堤体温度(表面から深度1.5mに設置した計器(計7箇所)の平均値)

T_2 : 天端橋梁の温度(鉄筋計熱電対計18箇所の平均値) ※**暫定対策の突張による影響**の有無を、以下のケースで比較する。

ケース1: 橋桁温度を考慮しない。

ケース2: 橋桁温度をそのまま考慮

ケース3: 橋桁温度が10℃以上の場合に考慮。10度未満は、突張が生じていないと考えて考慮しない。

H : 貯水位

h : 基礎地盤標高

θ : 暫定対策実施(2015.2.27)からの経過日数 ※現在の累積傾向から、経時変化は日数に比例すると考える。

a,b,c,d : 回帰係数

2. 安全管理計画

(b) 管理基準値の設定

以下の検討により許容範囲を設定し、**夏季(7月～9月)**の管理基準値とする。

管理基準値＝ダム軸方向変位の計算値(回帰式による)±許容範囲

なお、計算値は、最も相関が良かったケース2(橋桁温度をそのまま考慮)の回帰式を用いる。

① 実測値と回帰式による計算値の差

図-1・図-2に、実測値と回帰式による計算値の差を示す。また、同図中には、以下②～③で検討した標準偏差 $\sigma \times 2$ および $\sigma \times 3$ の範囲を示す。

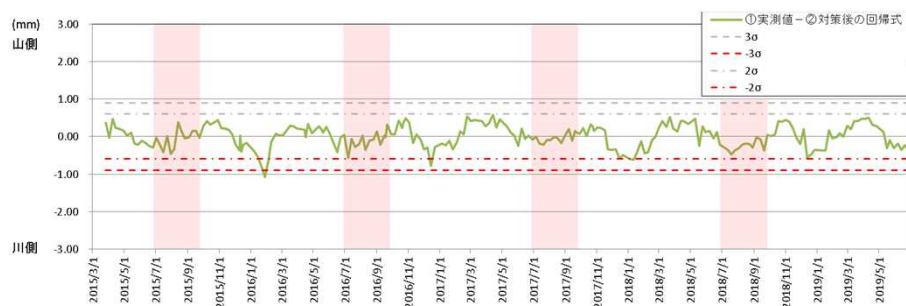


図-1 実測値と回帰式の差(左岸プラムライン)

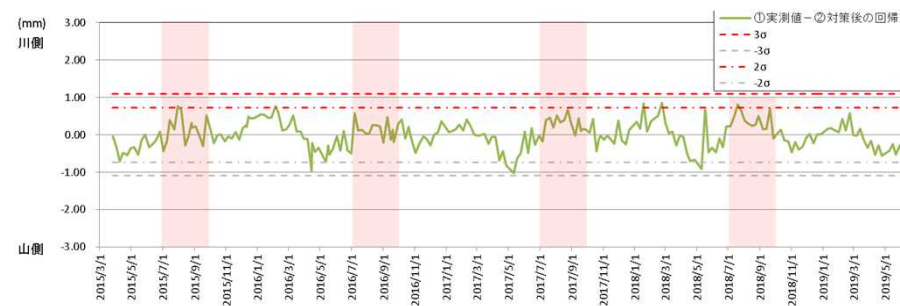


図-2 実測値と回帰式の差(右岸プラムライン)

② 度数分布と標準偏差 σ

図-3・図-4に「実測値－回帰式による計算値」の度数分布と標準偏差を示す。概ね、正規分布になっていると考えられる。

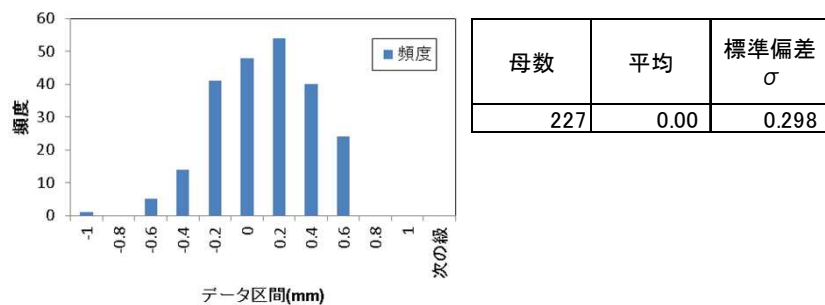


図-3 「実測値－回帰式による計算値」の度数分布と標準偏差(左岸プラムライン)

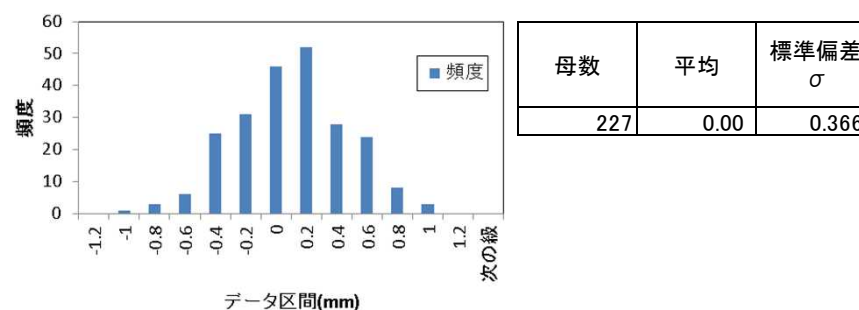


図-4 「実測値－回帰式による計算値」の度数分布と標準偏差(右岸プラムライン)

2. 安全管理計画

③正規分布の確率密度関数

図-5および図-6に、「実測値一回帰式による計算値」の正規分布の確率密度関数を示す。

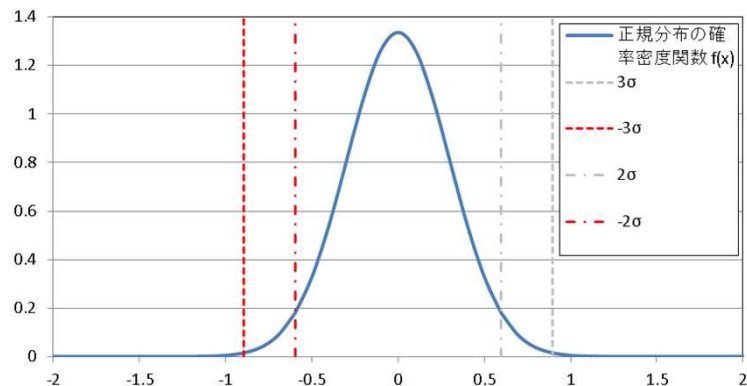


図-5 正規分布の確率密度関数(平均 0, 標準偏差 $\sigma=0.298$)
(左岸プラムライン)

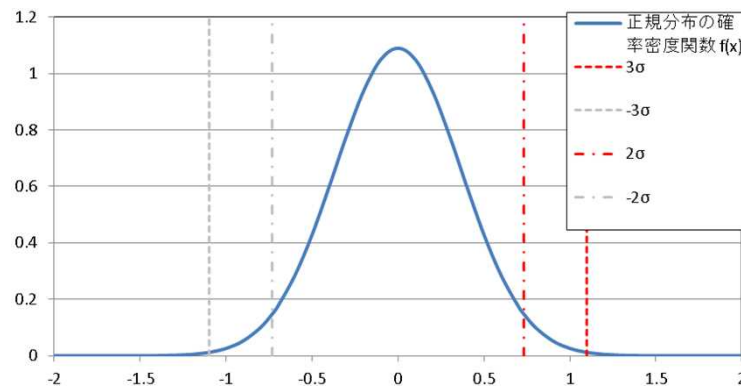


図-6 正規分布の確率密度関数(平均 0, 標準偏差 $\sigma=0.366$)
(右岸プラムライン)

④管理基準値の設定

ダム軸方向変位の計算値(回帰式による)に対する許容範囲は、上記の検討を踏まえ **$\pm 3\sigma$ の範囲**とする。

なお、警戒監視においても、以下2つのレベルを定め、管理を行うこととする。

重点状態監視：実測値が、「ダム軸方向変位の計算値(回帰式による) \pm 許容範囲(2σ)」を超え、トレンドが増加傾向。

監視区分の移行判断：実測値が、管理基準値(=ダム軸方向変位の計算値(回帰式による) \pm 許容範囲(3σ))を超過。

→**検討会委員や関係機関に連絡し、必要に応じて運用制限等の対応を実施する。**

※具体的な整理のグラフは、図-1および図-2において「実測値ーダム軸方向変位の計算値」を整理して、「重点状態監視」および「監視区分の移行判断」の状況を定期的に確認する。

※管理基準値は門柱の変状の進行がこれまでと同様のペースで進んでいることを確認するもので、管理基準値内にあったとしても、確実に門柱の変状は進行している。

※門柱P1、P5はほとんど無筋の構造物であり、曲げやせん断による門柱の変状は、短時間で進行することも考えられることに留意する。