

9. コンクリート構造物の定点観測から得られたひび割れ微小変動記録

Minute Fluctuation of Crack Width in Concrete Structure by Fixed-point Survey

技術支援課 栗塚一範、石田教雄

1. はじめに

土木技術支援・人材育成センターでは、建設局で管理する分水路・地下調節池において、コンクリート構造物のひび割れ及び漏水の定点観測を行っている。当初、建設局河川部で実施していたものを、平成26年度から当センターで引き継いでいる。このうち、ひび割れ幅は発生から年数が経っており、進行はほぼ収束しているものと考えられる。しかし、平成25～28年度の調査結果によると、前年度に対するひび割れ幅変動が全体の約2割見受けられた。変動は微小であるものの、よりの確な健全度評価を行う上で無視できない課題である。コンクリートのひび割れ変動には様々な要因が考えられるが、今回はその一要因であるコンクリート表面温度に着目した。本報では、ひび割れ幅の変動値とコンクリート表面温度の関係を分析した結果、健全度評価を行う上で有意な結果が得られたので報告する。

2. 定点観測

(1) 経緯

分水路・地下調節池は、取水排水機能といった設備系とコンクリート構造物からなる土木系に大別される。このうち、コンクリート構造物としてみると、現状の分水路は供用から平均約30年、地下調節池は平均約15年経過しており、特に地下構造物であるため更新が困難なことから、その維持管理が課題となっている。このような背景の中、平成19年11月に河川部が「河川構造物（分水路・地下調節池）の予防保全型維持補修ガイドライン／健全度調査マニュアル／施設台帳運用マニュアル」を発行し健全度調査を進めるとともに、平

成28年3月に建設局が「河川構造物（地下調節池・分水路）の予防保全計画[土木構造物編]」を策定し、予防保全型管理への転換を図っている。また、各施設の定期的調査として、平成16年度から26年度の間に5年に1度、計3回の健全度調査（外観変状調査、物理調査）を実施するとともに、1年に1度の定点観測（ひび割れ・漏水調査）を実施している。

(2) 概要

定点観測の施設・全調査数一覧を表-1に示す。対象施設は、分水路が8施設で内径が最小2.2m～最大9.5m、延長が最短500m～最長2670m、地下調節池が10施設で貯水量が最小50,000m³～最大300,000m³である。定点観測位置は構造物の代表的な位置とし、観測頻度は各施設1年に1度、11月～3月頃に実施している。観

表-1 定点観測の施設・全調査数一覧
(平成28年度現在)

分類	名称	ひび割れ調査数	漏水調査数
分水路	1 A分水路	8	5
	2 B分水路	8	10
	3 C分水路	6	6
	4 D分水路	6	5
	5 E分水路	8	7
	6 F分水路	14	12
	7 G分水路	13	6
	8 H分水路	7	2
地下調節池	1 A調節池	8	5
	2 B調節池	2	2
	3 C調節池	5	4
	4 D調節池	5	4
	5 E調節池	5	4
	6 F調節池	20	8
	7 G調節池	3	8
	8 H調節池	5	3
	9 I調節池	5	5
	10 J調節池	10	4
合計		138	100

測結果は、施設台帳運用システムとしてデータベース化し、予防保全型管理の基礎資料としている。全施設の定点調査数は、平成28年度時点でひび割れが138箇所、漏水が100箇所である。定点の初期設置は平成24年度に行っている。定点観測の方法は、5年に1度の健全度調査より高い頻度で行うことから、①なるべく足場等を使用しなくても観測できること、②専門知識を有しない者でも観測できる内容であること、を条件としている。

(3) 観測項目

① ひび割れ観測

ひび割れ定点観測は、コンクリート表面貼付式のもので目視による目盛りの読み取りが可能なひび割れ測定ゲージ（以下、測定ゲージ）を用いた。測定ゲージの外観を写真-1に、仕様を表-2に、取扱い手順を図-1に示す。定点観測では、測定ゲージを用いたひび割れ幅測定及び状態の目視観察により、表-3に示す健全度区分¹⁾を基に劣化度判定を行う。

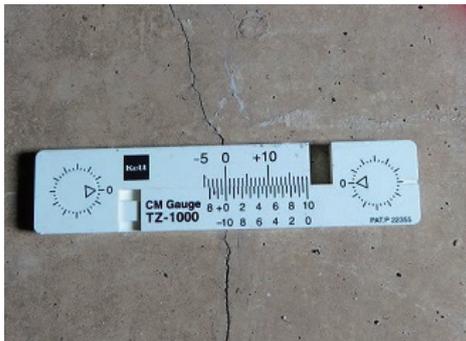


写真-1 測定ゲージ外観
表-2 測定ゲージ仕様

項目	仕様
材質	AAS樹脂
測定方式	ノギス方式による変動量の目視
計測範囲	-5～+5.7mm(分解能0.05mmの場合) -5～+19mm(分解能1mmの場合)
寸法・質量	85～120(W)×20(D)×7(H)mm 0.008kg

表-3 ひび割れの健全度区分

健全度	状態
通常塩害環境	
A B	健全または目視確認が困難なひび割れ
B C	目視確認が可能なひび割れ(幅が概ね1.0mm以下)
C D	容易に目視可能で不規則または断面方向のひび割れ(幅が概ね1.0mm以上)
D E	容易に目視可能で水平方向、長手方向に連続性のあるひび割れ(幅が概ね1.0mm以上)
E E	幅が大きく変形を伴っている場合

② コンクリート表面温度計測

ひび割れ幅の変動要因調査の一環として、赤外放射温度計によるひび割れ定点観測位置近傍のコンクリートの表面温度を計測した。コンクリート表面温度測定状況を写真-2に、赤外線放射温度計の仕様を表-4に示す。赤外放射温度計は、物体から放射されている赤外線を非接触で測定するものである。測定距離は、コンクリート表面から約2m離れた位置とした。平成26年度から実施し、計測頻度は1年に1度である。

③ 漏水定点観測

漏水定点観測は、漏水状況を目視観察し、表-5に示す健全度区分¹⁾を基に劣化度判定を行う。

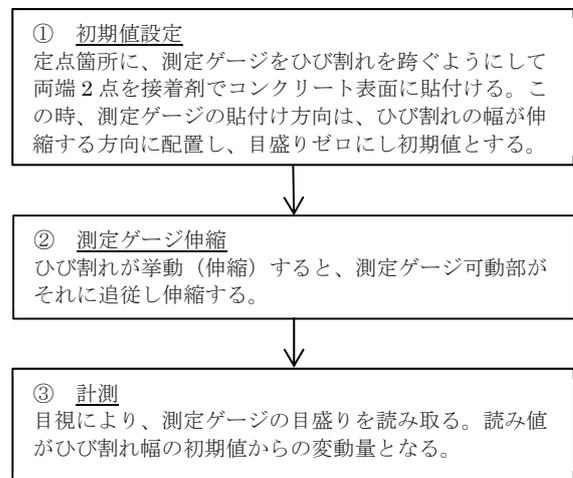


図-1 測定ゲージ取扱い手順

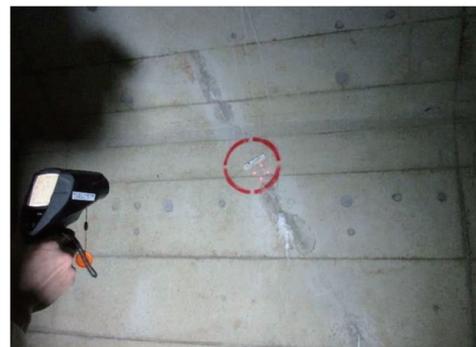


写真-2 コンクリート表面温度測定状況

表-4 赤外放射温度計仕様

項目	仕様
測定範囲	-30～+600℃
精度	±1.0℃(0.0～+99.9℃の範囲の場合)
分解能	0.1℃
放射率	0.93(本測定設定値 コンクリート25℃参考)
スポット比	50:1(距離:測定視野)

表-5 漏水の健全度区分

健全度	状態
A	健全、または小規模な遊離石灰
B	遊離石灰や漏水跡が見られるが、漏水を伴っていない状態
C	にじみ程度の漏水がある、またはさび汁が確認される状態
D	漏水が連続的に流れ出している状態
E	大量の漏水が連続的に勢いよく噴出している状態

3. ひび割れ幅変動分析

(1) 変動結果

ひび割れ定点観測におけるひび割れ幅の前年度に対する変動箇所数結果を表-6に示す。ここで、施設の清掃や河川水流入により測定ゲージが剥がれ落ちてしまった場合は、観測時にクラックスケールによる測定を行い、幅の変動がなければゼロセットして再設置し、変動なしとみなしている。平成25～28年度におけるひび割れ幅の変動がない箇所は全体の82%であった。ほとんどの施設で発生から年数が経っており、構造物の大きな変状はないことから、進行はほぼ収束しているとみられる。一方、前年度に対するひび割れ幅の変動がある箇所が、全体の18%見受けられた。

(2) ひび割れ幅と温度の関係

ひび割れの進行はほぼ収束していると考えられるため、変動があった18%（約2割）は特異な事象と捉えることが妥当である。この特異な事象について、コンクリートの表面温度との関係に着目し原因調査することとした。

ひび割れ幅とコンクリート表面温度の前年度に対する変動関係について、ひび割れ幅の変動の有無に係わらず全てのデータを表したものを図-2に示す。コンクリート表面温度が高くなる（変化値+）とひび割れ

幅は小さくなり（変動値-）、反対に温度が低くなる（変化値-）とひび割れ幅は大きくなる（変動値+）ことから、負の相関関係がみられた。これは、ほとんどのひび割れが分水路トンネルの側面や地下調節池の壁側面に生じた鉛直方向のひび割れであり、温度が高くなるとコンクリートは膨張しそれに応じてひび割れ幅が縮まることによるものだと考えられる。もっとも、ひび割れの方向や間隔は個別に異なるため、全体的な傾向としての見解である。相関係数は $R=-0.26$ と弱い負の相関であった。

ひび割れ幅とコンクリート表面温度の変動関係について、ひび割れ幅の変動が有るデータのみを抽出したものを図-3に示す。図-2同様、ひび割れ幅の変動値とコンクリート表面温度変化値に関係性がみられ、相関係数は $R=-0.75$ と強い負の相関であった。これより、ひび割れ幅の変動があった箇所については、コンクリート表面温度変化がひび割れ幅の伸縮に影響を及ぼしているものと考えられる。

ただし、ひび割れ幅の変動があった箇所は全体の約2割と少ないこと、その原因がコンクリート表面温度変化によるもので外力が加わったものではないと考えられること、経年変化の増加はないこと、建設局では河川構造物のひび割れ補修を検討する際のひび割れ幅の目安を概ね 1.0mm^1 としており、今回の伸縮量 $\pm 0.2\text{mm}$ はごく小さな範囲と考えられることから、構造物への影響はほとんどないものとする。なお、今回はあくまでコンクリート表面温度との関係を調べたものであり、その他の要因（湿度、構造形式、坑口坑内の違い、拘束条件、地下水、コンクリート配合、供用年数、ひび割れ形態、河川水流入状況、など）や常時

表-6 ひび割れ幅の前年度に対する変動箇所数結果

	測定箇所数 (全体)	ひび割れ幅 変動なし 変動ゼロ	ひび割れ幅 変動有			コンクリート 表面温度計測 (実施:○,未実施:-)
			-変動	+変動	計(割合)	
平成24年度		定点観測初期値				—
平成25年度	131	101 (77%)	20	10	30 (23%)	—
平成26年度	129	108 (84%)	14	7	21 (16%)	○
平成27年度	129	123 (95%)	2	4	6 (5%)	○
平成28年度	136	101 (74%)	22	13	35 (26%)	○
計	525	433 (82%)			92 (18%)	

変動なしのうち、測定ゲージ剥がれ落ちちは約7%。測定箇所数(全体)は平成26年度以降遊離石灰による測定不能2箇所排除、平成27年度以降施設増に伴う7箇所追加した数である。

モニタリングなど詳細な調査は行っていない。しかし、温度との相関が高いことから、変動要因は温度の影響が大きいものと考えられる。よって、この要因を排除すると、ひび割れ変動がない結果となり、ひび割れの進行が収束しているものと判断される。

4. まとめ

コンクリート構造物の定点観測から得られたひび割れ幅微小変動の要因分析として、コンクリート表面温度に着目し分析した。この結果、ひび割れ幅の変動

値とコンクリート表面温度変化値の相関係数は $R=-0.75$ と強い負の相関がみられた。これより、コンクリートのひび割れ幅変動は表面温度変化の影響を受けているものと考えられる。ただし、経年変化の増加はないこと、河川構造物のひび割れ補修検討目安である 1.0mm 幅に比べて伸縮量 $\pm 0.2\text{mm}$ とごく小さな範囲であることから、構造物への影響はほとんどないものとする。よって、ひび割れ幅の供用後の温度変化による要因を排除すれば、よりの確な健全度評価が可能となる。

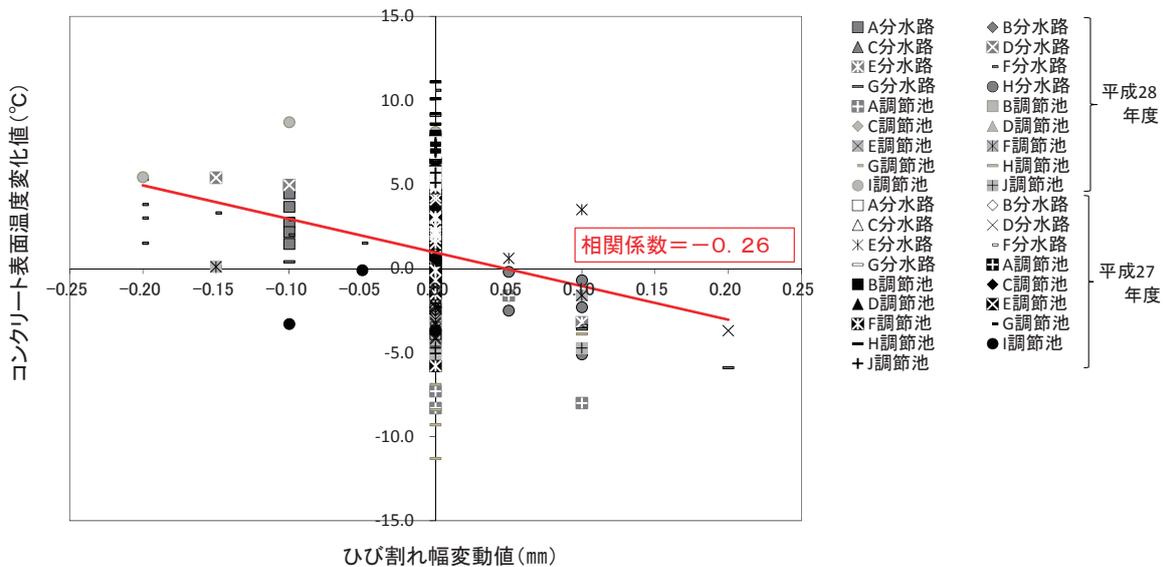


図-2 ひび割れ幅とコンクリート表面温度の前年度に対する変動関係 (全データ)

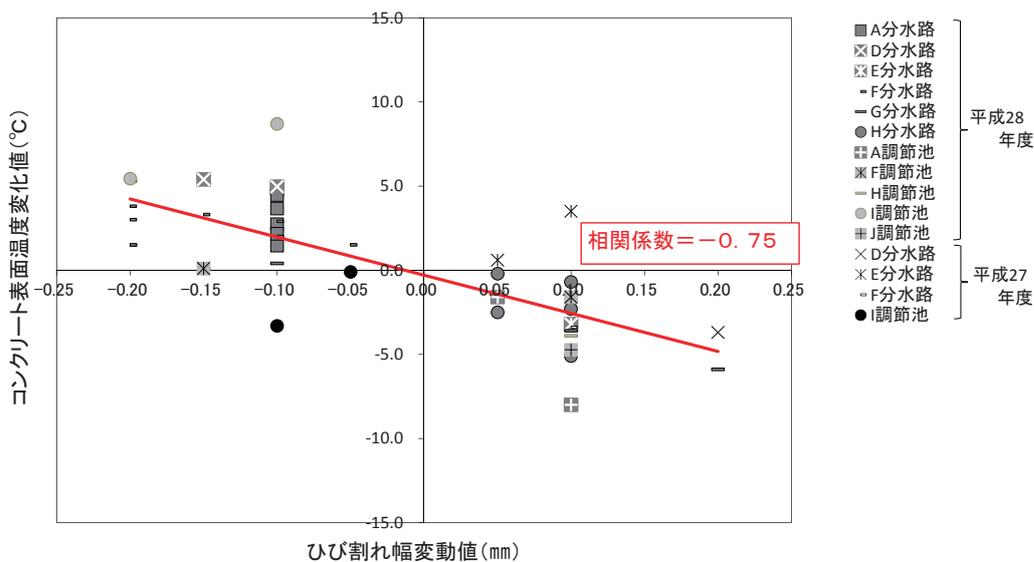


図-3 ひび割れ幅とコンクリート表面温度の前年度に対する変動関係 (ひび割れ幅変動有のみのデータ)

参考文献

1) 東京都建設局河川部(2007)：河川構造物（分水路・地下調節池）の健全度調査マニュアル、II-3～13