

鉄筋コンクリート開水路の耐久性に有害なひび割れに関する調査の概要

Investigations about cracks harmful to durability of RC open channels

○石井 将幸*・佐藤 周之**・野中 資博*

Masayuki ISHII, Shushi SATO, and Tsuguhiro NONAKA

1. はじめに

よく知られているように、鉄筋コンクリート構造には様々な原因でひび割れが生じ、その影響も様々である。薄肉の水貯留構造物である水路は、鉄筋のかぶり厚が小さく、また水密性が要求されるため、ひび割れに対する配慮が特に必要な種類の構造物であるといえる。水路の設計ならびに維持管理において、ひび割れとその影響に対する理解は非常に重要である。

本調査は、現場で採取されたコンクリートコア内のひび割れと鉄筋腐食の状況を詳細に調べることによって、ひび割れ幅と鉄筋腐食の関係を明らかにしようとするものである。これは農村振興局によって編成された性能規定化技術検討委員会の構造分科会により提案され、中国四国農政局土地改良技術事務所によって統括された。作成されたひび割れ調査マニュアルに基づいて、全国の土地改良技術事務所が対象現場の選定を行い、構造分科会委員の立会いの元で後述するコアの採取を実施した。

この調査の最終的な目的は、水路構造物において耐久性上有害となるひび割れ幅の決定を通して、水路構造物の設計や維持管理で用いる許容ひび割れ幅の基準を定めることにある。筆者らは、採取されたコアの分析と集計を担当したが、調査の重要性に鑑み、ここで速報として調査、分析および集計の経過を報告する。

2. ひび割れコアの採取と分析

水路構造物の特性、使用条件、要求性能のそれぞれを考慮した許容ひび割れ幅の決定に関する基礎的資料を得ることを目的として、ひび割れの発生状況、ひび割れ幅と鉄筋の腐食状況に関する調査を実施した。調査の対象は、取り壊しが予定されている全国8ヶ所の開水路である。対象となった水路において、まず目視によってひび割れを探し、その長さと同幅を記録した。続いて幅の広いひび割れを選び、鉄筋探査器で鉄筋の位置を特定したうえで、ひび割れと鉄筋の両方を含むコアを採取した。

開水路の特徴として、構造内面の下部は水中、上部は気中となり、酸素、二酸化炭素やその他の化学物質の供給に関する条件が構造の上下で大きく異なる点がある。これが鉄筋の腐食に与える影響を調べるために、最多頻度流量の水面付近を基準とし、水面より上位（気中）、水面付近（噴水）、水面より下位（水中）でコアを採取するものとした。また採取にあたり、事前にエポキシ樹脂でひび割れを固め、コアポーリングなどによってひび割れの幅や貫通状況が変わってしまわないように配慮した。

採取したコアの側面に開口したひび割れに対し、クラックスケールを用いて1cm間隔でひび割れ幅を読み取った。エポキシ樹脂が充填されたひび割れでは、紫外線を照射して樹脂に混入した蛍光塗料を発光させ、読み取りを行った。幅の狭いひび割れの中には十分に樹脂が浸透しておらず、蛍光塗料を参考とした読み取りが行えないものもあった。

3. 鉄筋腐食状況の分析

ひび割れ幅の調査に続き、コアを割裂して中性化の状況を調べ、さらに鉄筋を取り出して腐食状況を調べた。コア内のひび割れと鉄筋は、それぞれの位置と走行方向によって、交差、接触、平行などの相対的な位置関係を持つ。交差あるいは接触する場合に鉄筋はひび割れの直接的な影響を受けるため、本報の段階ではそのような鉄筋のみを集計の対象としている。

*鳥根大学生物資源科学部；Faculty of Life and Environmental Science, Shimane University

**高知大学農学部；Faculty of Agriculture, Kochi University
コンクリート開水路、ひび割れ、鉄筋腐食、限界状態設計法

腐食状況の判定は、Table 1 に示す日本コンクリート工学協会の基準に従って実施した。鉄筋の中には微妙な判定を要求されるものが多かったため、各腐食度の間に中間のランクを設け、9段階での評価を行った。鉄筋の腐食は点錆びの発生から体積膨張を経て、点食や面食などの断面欠損に至る。断面欠損を生じた鉄筋に対しては、腐食度 C 以上の判定とした。なお鉄筋とひび割れが交差している場合、交差位置と周囲の腐食状況は大きく異なる。ひび割れの影響を調査することが主目的であるため、ひび割れと交差、あるいは接触した位置の腐食状況で評価するものとした。

Table1 Classifications on reinforcement corrosion

腐食度	腐食状態
腐食なし	腐食を認めず
A	点錆び程度の軽微な腐食
B	全体に表面的な腐食
C	浅い孔食など断面欠損の軽微な腐食
D	断面欠損の明らかな著しい腐食

4. ひび割れ幅と腐食状況の関係

鉄筋付近における最大のひび割れ幅と鉄筋腐食度の関係について、気中部の集計結果を Table 2 に示す。なお喫水部のコアについては、フェノールフタレインの発色状況と中性化深さに応じて気中と水中に再分類するものとした。これは、喫水部のコアには気中同然のものと水中同然のものがあり、喫水部のみで集計しても有用な傾向を見出せなかったためである。

Table2 Relationship between crack width and reinforcement corrosion

ひび割れ幅 [mm]	鉄筋の腐食度 (気中)									計	C 以上
	なし	なし~A	A	A~B	B	B~C	C	C~D	D		
0.0~0.1										0	—
0.1~0.2	1		2							3	0.0%
0.2~0.3			6	3	1		1			11	9.1%
0.3~0.4			2	1	1		1		1	6	33.3%
0.4~0.5				1	1	1		1	2	6	50.0%
0.5~				1	1			1	2	5	60.0%
計	1	0	10	6	4	1	2	2	5	31	29.0%

気中部ではひび割れ幅が 0.4 ~ 0.5mm のランクにおいて、腐食度 C 以上の鉄筋が過半数となった。調査対象となった各水路は、多少の差はあるものの建設から 30 年以上経過したものばかりである。またひび割れは乾燥収縮によるものが多く、発生時期は水路建設後まもなくであると考えられる。つまり、幅が 0.4mm 以上のひび割れが生じると、コンクリート水路の経済的耐用期間とされている 40 年の間に有害な鉄筋腐食が生じる可能性が高いといえる。

詳細は省略するが、水中では同程度のひび割れ幅であっても気中ほど鉄筋の腐食が進まない、という結果が得られた。しかし腐食度 C 以上の鉄筋が少なく、現状では有害なひび割れ幅を断定することはできなかった。今後新規に採取されるコアの分析を通じて、さらに検討を進めていく必要がある。

5. おわりに

コンクリート標準示方書で定められた限界状態設計法の手順では、使用限界状態に対する照査のひとつとして、ひび割れの照査が実施される¹⁾。生じるひび割れが有害であるかの判定基準には許容ひび割れ幅が用いられるが、その値は一般的な鉄筋コンクリート構造を対象としており、水路にとって最適なものとは言いがたい。性能照査型設計の実現のためには、許容ひび割れ幅以外に関しても詳細な検討を通して、水路構造物の特徴や使用条件を十分考慮した設計基準を定めなければならない。

最後になりましたが、本調査を企画、推進してこれらた農村振興局、性能規定化検討委員会、同構造分科会と中国四国土地改良技術事務所の方々、ならびにコアの採取にご尽力された全国の現場の皆様へ謝意を表したいと思います。

参考文献

1) 土木学会：2002 年制定 コンクリート標準示方書 [構造性能照査編]，2002. など