

コンクリート構造物に発生したひび割れの深刻さについて

渡辺博志



1. はじめに

ひび割れはコンクリート構造物につきものである。これを根絶することは容易ではない。コンクリート構造物は耐久性に優れ、土木分野で広く用いられているが、一方で維持管理の場面では、発生したひび割れの対処法に悩まされることも多いと思う。

本誌の論説としてはやや大局観に欠けるが、コンクリート構造物にしばしば発生するひび割れへの対処法の考え方について述べたいと思う。なお、土木用コンクリート構造物といえ、その種類は非常に多岐にわたるが、ここでは議論が発散せぬよう、カルバートや橋脚と言った一般的な鉄筋コンクリート構造を主として話を進めたい。

2. ひび割れ対処の難しさ

ひび割れに対する評価は、場合によって大きく異なり、実構造物に発生したひび割れの対処法を検討する技術相談の場でも、とかく議論が収束しないことがある。

鉄筋コンクリート部材の設計の基本として、曲げ破壊強度を計算することとなるが、そこではコンクリートの引張抵抗は無視している。すなわち、鉄筋コンクリート構造の曲げ強度算定に当たって、コンクリートにひび割れが発生するのは、想定内である。せん断破壊についてはやや微妙だが、それでも、我国の多くの設計規準で採用されている修正トラス理論に基づくせん断強度の算定法は、コンクリートにせん断ひび割れが発生することを想定して組み立てられている。従って、図-1に示すような曲げひび割れやせん断ひび割れを生じても、部材の曲げ破壊強度やせん断破壊強度には影響ない。

一方で、ひび割れが発生すれば、当然ひび割れを通して水分や大気中の二酸化炭素、酸素、あるいは塩化物イオンなどが浸透し、鉄筋腐食に繋がることが容易に想像できる。従って、ひび割れは構造物の耐久性を確保する上で、決して容認できないと評価される。理想を追求すれば、ひび割れは無いのが良く、徹底的にひび割れ補修をすることとなるが、過剰な対応はコストや労力の面からも現実的とは思えない。

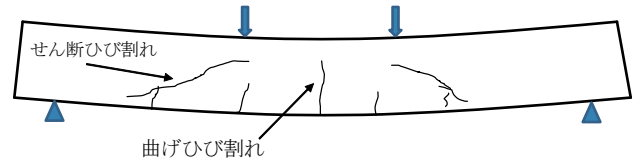


図-1 鉄筋コンクリート部材に発生する曲げひび割れとせん断ひび割れ

3. 許容できるひび割れ・できないひび割れ

コンクリート工学の専門家と話すと、「ひび割れには、許容できるものと許容できないものがある」とよく言われる。当然、許容できないひび割れについては、慎重な補修補強対策が必要であるし、許容できるひび割れについては、こうした対応を性急に行う必要はない。発生したひび割れの持つ意味の重大さについて、どのように考えて判断すると良いか、以下に整理してみたい。

コンクリートに発生したひび割れの重大さのとらえ方として、①ひび割れが構造物の性能に直接及ぼす影響に着目するもの、②ひび割れを発生させた原因に着目するもの、に大別できると思われる。それをさらに細目に分類して図-2に示す。

3.1 直接的な影響に着目するもの

3.1.1 ひび割れと鉄筋腐食の関係

一般にひび割れ幅が大きいと、鉄筋の腐食速度が速まると言われている。これをふまえて、国内外を問わず多くの設計基準では、使用状態において、鉄筋の引張応力度を制限し、ひび割れが発生しても過大なひび割れ幅とならないよう制御している。ただし、ひび割れ幅の制限値については、設計基準ごとに異なっている。ひび割れ幅の限界値を明確にするために、ひび割れを導入した供試体による暴露試験が多くの研究者によって実施されてきた。残念ながら見解は一致しておらず¹⁾、今後の研究を通じて、広くコンセンサスを果たしたひび割れ幅の限界値の確立が待たれるところである。当所においてもこうした暴露試験を実施中であるが、途中経過によると、暴露環境はもちろんのこと、ひび割れ幅だけでなく、かぶりの大きさもひび割れ部の鉄筋腐食状況に与える影響が大であることが分かってきた²⁾。

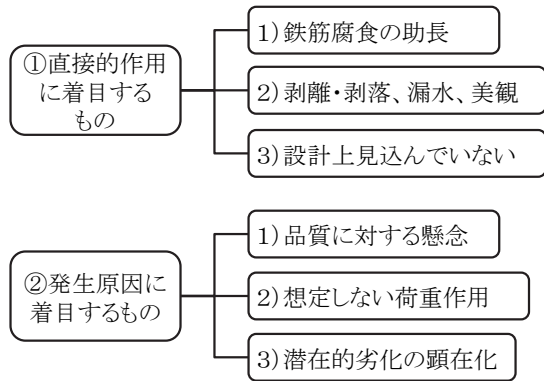


図-2 ひび割れの影響の分類

3.1.2 かぶりの剥離・剥落、漏水、美観、不安感

ひび割れの発生は、構造物の耐荷性能に悪影響を与えなくても、構造物の立地条件によっては、かぶりコンクリートの剥離・剥落を通じて、第三者へ重大な影響をもたらす場合がある。また、構造物の種類によっては、高い水密性や美観が求められるものもあり、こうした状況ではひび割れに対して厳密に対処することが求められる。

一方、コンクリート構造物に発生したひび割れに対して、どの程度の幅であれば不安感を覚えるか過去に米国で調査された事例がまとめられている。それによると一般人を対象としたアンケート結果では幅0.2mmを超えると、不安感を覚える人の割合が急増している³⁾。

3.1.3 設計計算上見込んでいないひび割れ

先に、曲げひび割れやせん断ひび割れは、鉄筋コンクリート構造物の設計の際、破壊強度を算定するうえで見込まれていると述べた。しかし、すべてのひび割れが考慮されているわけではない。例えば、図-3に示すような鉄筋に沿った付着割裂ひび割れは、鉄筋とコンクリートの付着強度を低下させ、部材の耐荷性能にも悪影響を及ぼす。しかし、設計計算上は付着割裂ひび割れの存在を前提としていない。このように、設計計算上見込んでいないひび割れは、耐荷性能に深刻な影響を与えることもあるので、補修補強を念頭においた慎重な対応が求められる場合もある。

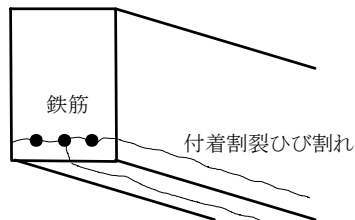


図-3 付着割裂ひび割れ

3.2 発生原因に着目するもの

ひび割れは、構造物に与える影響がそれほど大きくない場合であっても、その発生理由によっては、問題視される場合もある。

3.2.1 構造物の品質に対する懸念

例えば、コンクリート構造物が完成してまだ間がないうちから、ひび割れが多く発生していたらどうであろうか。おそらく、材料の選定や品質、打込み、締固め、養生といった一連の施工管理が適切に行われていなかったとの疑念を生じることになり、構造物全般の品質への信頼が揺らいでしまう。

ひび割れ発生原因を特定するとともに再発防止対策を講じ、品質に対する信頼性を取り戻す努力が求められる。

3.2.2 想定しない荷重作用

構造物周りの地盤の不同沈下など、構造物に作用する荷重条件が設計時の想定と異なっている場合に、ひび割れとなって顕在化することがある。こうした場合は、荷重作用についての確認が必要となる。

3.2.3 潜在的に進行した劣化の顕在化

例えば、コンクリートに初期塩分が含まれていて、これに起因して鉄筋の腐食が進行すると、腐食生成物による膨張が原因となって、鉄筋に沿ったひび割れが発生する。あるいはアルカリ骨材反応によってひび割れが進展することもある。

ひび割れがもたらす直接的な影響よりは、そうしたひび割れをもたらし劣化が進行していたことを重要に受け止める必要があり、劣化機構に応じた対策を講じなければならない。

4. おわりに

以上、ひび割れの対処方法について述べてみた。紙面が限られていて、簡単な記述にとどまったことをご容赦いただきたい。最も重要なことは、考察もせずひび割れを放置する、あるいは補修するといった決めつけをするのではなく、ひび割れの発生原因やその影響、当該構造物の要求性能や環境条件について、技術者それぞれがしっかり考察し、対応策を講じることである。ひび割れの適切な対処方法を示すことは技術者の技術力の見せ所である。

参考文献

- 1) 日本コンクリート工学会：コンクリートのひび割れ調査、補修・補強指針-2013-、pp.82~84
- 2) 渡辺博志：コンクリート構造物の信頼性向上ーひび割れの影響ー、土木技術資料、第54巻、第1号、pp.42~45、2012
- 3) R.G.Oesterle：The Role of Concrete Cover in Crack Control Criteria and Corrosion Protection, PCA R&D Serial No.2054, Portland Cement Association, 1997