

長期荷重や繰返し荷重による劣化と対策

1. 構造的要因による劣化について

構造的要因によるコンクリート構造物の変状は、概ね図1のように分類される。(1)は構造物に死荷重等の長期荷重が作用して、ひび割れが増大したり、クリープ変形によってたわみが増大する場合等が該当する。(2)は列車荷重や自動車荷重が繰返し作用することによって、ひび割れが増大し、構造物の使用上の問題が生じたり、さらには構造物が疲労破壊する場合が該当する。(3)は地震の影響等の偶発荷重により、ひび割れやはく離等の損傷が生ずる場合が該当する。

本章では上記(1)～(3)のうち、(1)と(2)の長期荷重や繰返し荷重による劣化と対策について説明する。近年、構造物のライフサイクルコスト(LCC)等を考慮した維持管理の重要性が指摘されており、その観点からは(1)と(2)に関わる構造物の経年的な劣化と対策を検討するだけでは不十分で、(3)に関わる構造物の耐震性能、耐震補強についても検討することが不可欠である。しかし、

通常の定期点検では構造物のひび割れ等の経年劣化を主体に調査するため、定期点検の結果から耐震性能を把握することができない。耐震診断が必要な場合には、専門家により耐力等に関する検討がなされる。このような維持管理の実務状況を踏まえ、ここでは経年劣化を対象とした(1)と(2)について述べる。

また、(1)と(2)の長期荷重や繰返し荷重による劣化に限っても、これらの劣化は構造物や部材の種類、荷重条件等により相当に幅があり、本書の限られた分量の中で、これらの劣化を網羅的に記述することは困難である。そこで、本章では文献等から知りうる実例を中心に説明する。本章で示した実例の他にも重要な劣化があるかも知れないが、ご容赦いただきたい。

なお、土木学会コンクリート標準示方書[維持管理編]では、コールドジョイント等の施工不良に起因する変状を初期欠陥、地震等によるひび割れのように短時間のうちに発生する変状を損傷、中性化のように経時的に進

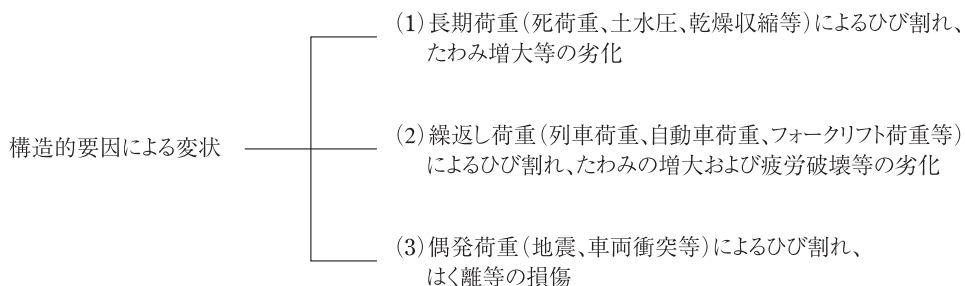


図1 構造的要因による変形の分類

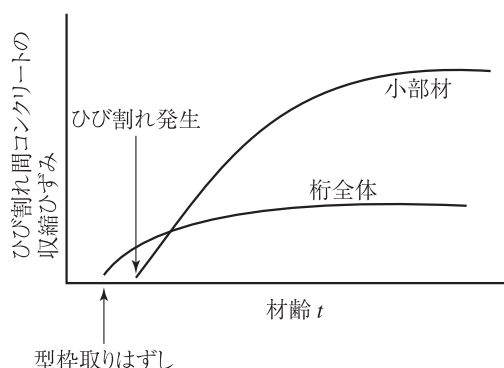
行する変状を劣化と表現し、初期欠陥、損傷、劣化の総称を変状としている。図1の用語もその用法に従っている。

2. 構造的要因による劣化評価の基本

定期点検等により構造物を調査する際には、まず構造物に生じている劣化が材料・施工的要因によるものか、構造的要因によるものかを分類する必要がある。

この分類を効率的に行うためには、構造設計の内容を把握しているとよい。どの部位の断面力が大きいのか、鉄筋量が耐力、ひび割れ、疲労のいずれの条件で決定されているのか等を理解していれば、構造的要因による劣化を的確に抽出することができる。

また、実構造物に作用する荷重条件が、設計条件に合致しているかにも留意する必要がある。特に既設構造物においては、構造物完成後に種々の理由により付帯設備が追加されている場合が多いので注意すべきである。例えば、近年の環境問題の高まりにより、当初は防音壁を設置していなかった橋梁に防音壁を設置したことにより、死荷重が増加しているような場合もある。



3. 長期荷重による劣化

(1) 長期荷重によるひび割れ幅の増大

鉄筋コンクリート（RC）構造物では、曲げひび割れの発生を前提として設計しているので、実構造物においてひび割れが発生すること自体に問題はない。しかし、全荷重に占める死荷重等の長期荷重の割合が大きくなると、ひび割れ幅が過大になり耐久性や外観の上で問題になることがある。以下にその理由を示す。

- ① 死荷重が大きな構造物では、型枠・支保工の撤去時に構造物自重により曲げひび割れが生じることがある。曲げひび割れ間のコンクリートは鉄筋の拘束をほとんど受けずに収縮する¹⁾ので、図2に示すように、ひび割れ発生時期が若材齢なほど、ひび割れ間のコンクリートの乾燥収縮が大きくなり、ひび割れ幅が拡大する傾向にある²⁾。
- ② 死荷重等の長期荷重によるひび割れは常に開口しているのに対し、列車荷重等の変動荷重によるひび割れの開口時間は僅かである。また、鉄道構造物では実際の列車荷重は設計上の列車荷重

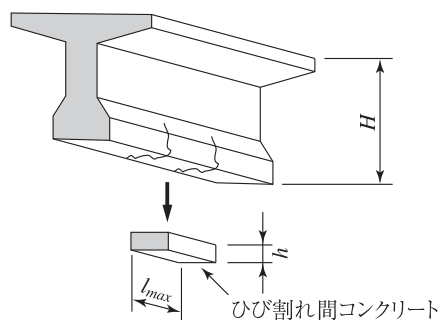


図2 ひび割れ間のコンクリートの収縮挙動

より小さく、列車通過時のひび割れ幅は一般に0.03mm程度以下で非常に小さい³⁾。

長期荷重の割合が大きく、ひび割れが問題になる構造物の例として、比較的長スパンのRC桁が挙げられる⁴⁾。図3はスパン25mのRC箱形桁のひび割れ展開図である。スパン中央付近に幅0.2mm以上のひび割れが比較的多く見られる。これらのひび割れは型枠・支保工の撤去時に発生し、その後にひび割れ間のコンクリートの乾燥収縮が進み、ひび割れ幅が拡大したと推定されている。

このようなひび割れは耐力的に問題を生じることはないが、耐久性や外観上の懸念が生じるため、ひび割れ注入等の補修を施す場合が多い。

以上のように長期荷重の割合が大きくなる場合に、ひび割れが問題になりやすいことは、長年の経験により把握されてきた。このような問題が生じた背景の1つとして、過去における設計手法が許容応力度設計法であったため、設計上のひび割れに対する検討が必ずしも十分でなかった点が挙げられる。鉄道構造物では平成4年に限界状態設計法が導入されたのに伴い、ひび割れの検討がなされるようになった。このような背景から、スパンが20m程度以上になる場合にはプレストレストコンクリート(PC)桁が採用される場合が多くなり、近年では長期荷重によるひび割れの問題は少なくなってきた。

(2) 長期荷重による変形の増大

長期に荷重が作用すると、コンクリートのクリープにより変形が進行し、コンクリート構造物の使用性が低下する場合がある。例として有ヒンジラーメン橋の中央ヒンジの垂れ

下がり⁵⁾や、PC単純桁橋のそり上がり⁶⁾が挙げられる。

図4に示すような有ヒンジラーメン橋では乾燥収縮や温度変化による不静定力が発生せず、設計が容易なため、コンピュータが発達していない1960～1980年代にかけて道路橋で多く建設された。しかし、経年とともに、中央ヒンジ部が垂れ下がることによる走行性の低下、中央ヒンジ沓の損傷に伴う騒音・振動の発生等の問題が生じるようになってきた。このような変状に対しては中央ヒンジ沓の取替え、外ケーブルによりヒンジ部を連続化させると同時に沈下量をゼロに戻すような対策が施される場合が多い。

鉄道のPC桁の桁上面の変形量の推移を建設時から示すと、図5のようになる。一般にPC桁は下げ越した状態でコンクリートが打ち込まれるが、PCケーブルの緊張により桁がそり上がり、種々の付帯設備等の版上荷重が作用し、レールを敷設した後も上ぞりが進行する。この上ぞり量が過大になると列車の乗心地に影響を与えるため、図6に示すようなレール高さの補修が必要になる場合がある。

(3) 温度変化によるひび割れ

設計で温度変化を考慮する部材にはその影響を考慮した配筋がなされるため、過大なひび割れが生じることは少ないが、設計で想定していない温度変化の影響を構造物が受けた場合に過大なひび割れが生じることがある。例えば、近年のコンクリート桁の支承にはゴムシューが用いられるが、以前は鋼製支承が一般的に用いられていた。鋼製支承は、腐食すると桁の可動沓が温度変化に追随しなくな