

コンクリート構造物の劣化

はじめに

コンクリート構造物は、従来メンテナンスフリーで非常に耐久性が高いと認識されてきた。しかし、昭和50年代の後半頃から塩害やアルカリ骨材反応に代表されるコンクリートの早期劣化が社会問題となり、劣化機構の解明や対策についての研究、開発、実用化が進められ現在に至っている。劣化に対する抵抗性、すなわち耐久性は、構造物の設計、施工の各段階における品質管理に大きく影響され、これらの各段階において何らかの不具合が生じた場合には、構造物の耐久性の低下が著しく低下する。今回は、コンクリート構造物の代表的な劣化現象についてその概要を示す。

中性化

中性化は、コンクリート中に大気中の炭酸ガスが侵入し、セメントの主成分である水酸化カルシウムと反応して炭酸カルシウムが形成され、アルカリ分が失われる現象である。

コンクリート中のアルカリ分が失われると鋼材表面の不動態膜が破壊されて鋼材が腐食し、錆の膨張圧によりコンクリートにひび割れ、はく離、はく落等の劣化が生じる。また、コンクリート面に白色の生成物が析出することがあるが、このような現象は、遊離石灰、エフロレッセンスあるいは白華現象と呼ばれ、コンクリート中に浸透した水分が水酸化カルシウムをコンクリート表面に析出させ、空気中の炭酸ガスと反応して炭酸カルシウムを形成するものである。

塩害

塩害は、コンクリート中に塩化物イオンが存在することによって鋼材が腐食する現象である（写真1）。塩化物イオンは、海水、海塩粒子および冬期の融雪剤散布等外部からコンクリートに浸入するものと、海砂、混和剤等のコンクリート中に練混ぜ当初から存在するものとに区分される。後者については、現在、コンクリート製造時に塩化物イオン量の総量が規制されているため、総量規制前に海砂を使用した一部の地域を除けば、海水からの塩化物イオンの浸入に起因する劣化が多い。鋼材表面に限界量（コンクリート1m³当り1.2~2.5kg）以上の塩化物イオンが存在すると、鋼材表面の不動態膜が破壊して腐食を生じ、中性化の場合と同様にひび割れや剥離、剥落を引起す原因となる。海洋構造物における塩害は、酸素の少ない海水中よりもむしろ干満帯やさらに上部の飛沫帯で劣化が生じやすい。

写真1 塩害による鉄筋腐食



写真2 アルカリ骨材反応によるひび割れ



アルカリ骨材反応

アルカリ骨材反応は、セメント中のアルカリ成分と骨材中の反応性シリカ成分が反応してアルカリ・シリカゲルを生成するもので、このゲルが水を吸収して膨張し、コンクリートにひび割れを生じさせたり、場合によっては鉄筋を破断させたりする現象である（写真2）。

劣化の特徴は、網目状のひび割れやひび割れから析出するゲルであるが、梁や柱のように鉄筋量が比較的多い部材では、部材軸方向にひび割れが発生する場合もある。国内では、1980年頃から西日本において被害が確認され、調査・研究活動が活発に行われた結果、現在では使用する骨材の反応性を試験によって規定しているため劣化が顕著に発生することは少ない。

凍害

凍害は、コンクリート中の水分が温度変化によって凍結融解を繰り返す、コンクリートの組成を破壊する現象である。したがって、氷点（0℃）を境とする外気温の変化とコンクリート中に十分な水分が存

写真3 化学的腐食による劣化

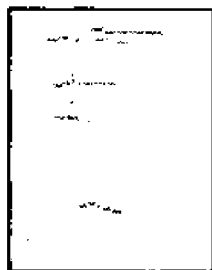


在する場合には凍害が発生しやすい。一般には、北海道、東北、関東、中部地方の山間部や内陸部で危険性が高い。凍害が発生するとコンクリートの組成がゆるみ、ひび割れやコンクリートの表面がフレーク状に剥落するスケーリング、骨材が膨張により欠落するポップアウト等の変状が見られる。劣化は表面から徐々に進行し、かぶりの減少により鉄筋の腐食が促進されるとともに、コンクリート断面の減少により部材の耐力低下にもつながる。凍害は、気温変動の大きい南側や、鉛直面に比べて水分の供給を受けやすい水平面や斜面で生じやすい。

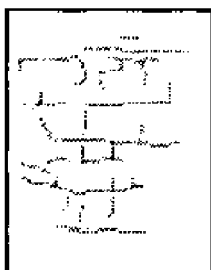
化学的コンクリート腐食

化学的コンクリート腐食は、コンクリート表面に化学物質が接触して内部に浸透し、急速に劣化を進行させる現象である（写真3）。腐食を生じさせる化学物質には酸、動植物油の一部、無機塩類、硫化水素や亜硫酸ガス等が挙げられ、コンクリート中の水和生成物を可溶性物質に変化させてコンクリートを劣化、崩壊させる。劣化したコンクリート表面は、骨材が露出したり白く変色したりする。これらの劣化は工場施設、温泉地帯、酸性河川流域あるいは下水処理施設等でみられる。凍害と同様、かぶりの減

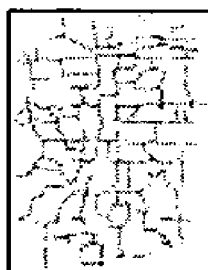
図1 疲労による床版の劣化過程



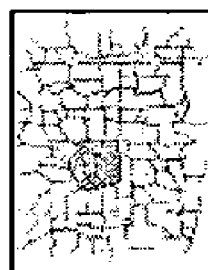
状態Ⅰ（潜伏期）
一方向ひび割れ



状態Ⅱ（進展期）
二方向ひび割れ



状態Ⅲ（加速期）
ひび割れの網細化
と角落ち



状態Ⅳ（劣化期）
床版の陥没

少により鉄筋の腐食が促進されるとともにコンクリートの有効断面の減少により部材の耐力低下にもつながる。

疲労

疲労は、繰返し荷重によって部材の剛性や耐力が低下する現象であり、代表的な構造物として道路橋床版が挙げられる。道路橋床版は比較的薄い部材であるにもかかわらず、大型車両による繰返し輪荷重を直接支えているため、初期には主筋方向に曲げひび割れが発生し、その後、曲げひび割れの進展と

ともに配力筋方向にもひび割れが発生して格子状または亀甲状のひび割れとなる（図1）。さらに、ひび割れの網細化が進むとひび割れのスリット化や角落ちが生じ、最終的にはコンクリートのはく離、はく落、床版の陥没、穴あき等が生じる。疲労は乾燥状態に比べて水がある状態で進行しやすく、舗装面から床版に侵入する雨水は疲労による劣化を促進させる要因の一つとなる。

【参考文献】

土木学会：コンクリート標準示方書〔維持管理編〕、2001年1月