

# 凍害

寒冷地においては、外気温が氷点下まで低下した際、硬化コンクリートの組織中に含まれている水分が凍結します。水は氷に変わる際に約9%の体積膨張（凍結膨張）を起こしますが、凍結と融解を繰り返すことで、凍結膨張の圧力により徐々に深部にまでひび割れや剥離などの破壊が進展する劣化事象のことを凍害といいます。

凍害は、セメントペースト、骨材および両者の界面で起こります。水セメント比を過大にしない、吸水率の小さい骨材などを用いる、適切な空気量を確保する等の対策により耐久性を確保することができます。

## 1.劣化形態

### (1)ひび割れ

表面付近で微細なひび割れが発生します。場所によって亀甲状のひび割れとして確認されることがあります。

### (2)スケーリング

表面から組織が緩み、薄片状に剥離・剥落します。水セメント比が大きいコンクリートや、海水および凍結防止剤などの塩分が作用する環境で多く見られます。

### (3)ポップアウト

骨材に吸収率の高い軟石を使用すると、凍結時に骨材の内部の膨張圧が高まり薄い円錐状にはく離することがあります。



凍害（ひび割れ）



凍害（スケーリング）

## 2.凍害による複合劣化

凍害によりコンクリート内部の組織破壊が進行すると、コンクリート中の塩分が内部へ移動しやすくなり、凍害と塩害の複合劣化が発生します。

また、スケーリングが進行し、細骨材が洗い流されやがて粗骨材が露出します。微細なひび割れも同時に進行しており、表面が脆くなるとともに、中性化も進行します。



### 3.凍害の起こりやすい環境

凍害によるひび割れは微細な亀甲状であり、エフロレッセンスを伴っていることが多くあります。また、凍害は水分の供給があり、昼夜間で凍結と融解を繰り返すような場所で起こりやすいといった特徴があります。このため、構造物の置かれている環境も確認することが重要です。

### 4. 試験方法

#### (1)凍結融解試験

コンクリートの耐凍害性は凍結融解試験によって判定されます。試験には、A法（水中凍結融解試験方法）、B法（気中凍結水中融解試験方法）2種類があります。

角柱供試体に凍結と融解（通常 $-5^{\circ}\text{C}\sim 18^{\circ}\text{C}$ ）の繰り返しを所定回数（通常300回）行い、相対動弾性係数の低下の度合いや供試体質量及び外観を評価します。

#### (2)気泡間隔係数測定

耐凍害性を判断するにあたって気泡間隔係数は重要な指標となっています。リニアトラバース法および修正ポイントカウント法などにより測定します。

コンクリート中の気泡が小さいほど、気泡間隔係数が小さいほど凍結時の膨張圧を軽減できるため、耐凍害性は向上します。



凍結融解試験機



動弾性係数測定

#### 配合上の対策

- ・ AE 剤を用いて微細な空気を適切な量連行する。
- ・ 水セメント比を小さくする。
- ・ 吸水率の低い骨材を用いる。

#### 予防保全・維持管理面の対応

- ・ 構造物の表面被覆または表面含浸処理を行う。
- ・ 損傷が中度の場合は、ひび割れ補修を行う。
- ・ 損傷がひどい場合は、断面補修を行う。