

混凝土抗冻理论及应用 PDF转换可能丢失图片或格式，建议  
阅读原文

[https://www.100test.com/kao\\_ti2020/272/2021\\_2022\\_\\_E6\\_B7\\_B7\\_E5\\_87\\_9D\\_E5\\_9C\\_9F\\_E6\\_c58\\_272000.htm](https://www.100test.com/kao_ti2020/272/2021_2022__E6_B7_B7_E5_87_9D_E5_9C_9F_E6_c58_272000.htm) 1 引言 混凝土受冻害损伤可以区分为两种情况：（1）剥落脱皮是由于冻融引起的混凝土表面材料的损伤；（2）内部损伤是表面没有可见效应而在混凝土内部产生的损害，它导致混凝土性质改变（如动弹性模量降低）。至于新拌混凝土受冻害损伤后则会导致混凝土冻胀破坏。黄延高速公路第六合同段位于陕北地区，常年负温为130d左右，防治混凝土受冻害损伤在冬季施工中具有重大意义。

## 2 混凝土受冻害损伤有关原因

### 2.1 新拌水泥混凝土的受冻害损伤的原因

新拌混凝土的强度低、空隙率高、含水多，极易发生冻胀破坏。冻胀破坏的外观特征是材料体内出现若干的冰夹层，彼此平行而垂直于热流方向。其过程为：结构物表面降温冷却时，冷流向材料体内延伸，在深处某水平位置开始冻结，一般从较粗大孔穴中水分开始，冰晶形成后从间隙吸水，发育增长，且是不可逆转的过程，水分从材料未冻水或从外部水源补给，并进行宏观规模的移动。第一层孔穴中冰冻后，在冰晶生长的过程中，材料质体受到拉应力  $t$ ，如果超过抗拉强度即破坏。

### 2.2 成熟混凝土受冻害损伤有关原因

混凝土构件中的孔径分为三个范畴，即凝胶孔、毛细孔及气泡，在某一固定负温下混凝土构件中水分只有一部分是可冻水，可冻水产生多余体积直接衡量冰冻破坏威力。可冻水（即冰）主要集中在水泥石及骨料颗粒的毛细孔中，凝胶水由于表面的强大作用不大可能就地冻结，气泡水易冻结。混凝土构件中各种孔径的空隙可认为连续分布，

分布在這些空隙中的水在降溫過程中將按順序逐步凍結，不可能同時凍結。凍水一般是溫度的逆函數，溫度愈低，可凍水愈多。連續的毛細管溝網絡體系破壞過程；隨著水化進展凝膠體生成，網絡的聯繫被破壞、分成個別孤立的毛細孔（水在其中凍結的容器），而凝膠連同其特征性凝膠孔和少數細小毛孔就構成透水器壁。隨著水化深入，材料質地致密及溫度的下降，將有更多細小空間的水參與冰冻，作為器壁的凝膠的滲水性也不斷減小。當冰冻多餘水受水壓力推動向附近氣泡（逃逸邊界）排除時，材料本身將受到推移水分前進的後應反作用力導致受拉破壞。材料組織愈致密水流宣洩不及，疏導不暢引起的動水壓力增大。水泥漿中包含的一般是鹽類稀溶液，一旦冰冻後變為純冰和濃度更高的溶液；隨著溫度下降，濃度不斷提高。另一方面鄰近凝膠中水分始終保持不凍，其溶液濃度保持原有的水平，於是在毛細孔溶液和凝膠水之間出現濃度差。濃度差使得溶劑向溶液中自發擴散滲透，即溶質向凝膠水中擴散，而凝膠水向毛細孔中濃溶液轉移。其結果毛細孔中水分增加，和冰接觸的溶液稀釋，冰晶逐漸生長，長大。當毛細孔穴充滿冰和溶液時，冰晶進一步生長必將產生膨脹壓力，導致破壞。另一方面在水壓的情況下，水分凍結膨脹，多餘水在壓力推動下外流，流向可能消納水分的未凍地點；作為水流的结果壓力消失，析冰情况正好相反：水分不是從冰冻地點外流，而是從未凍地點（凝膠）流向已凍冰地點（毛細孔），方向恰好相反。未凍地點的水移動一定距離後，最後以冰冻結束，作為水流運動的结果產生壓力。以上兩點可以綜合為：第一階段毛細孔中始發的冰冻，向所有方向產生的水壓力，引起內應力；第二階段

较大毛细孔中水分首先生成冰晶，可从小孔中吸引未冻结水使自身增长，产生静应力。骨料作为一个组分，如果冰冻膨胀同样会成为导致混凝土破裂的应力来源；为了保证混凝土完好，必须要求骨料和水泥净浆两者都不破坏。由于引气混凝土的广泛使用，水泥净浆的抗冻性较易保证；从这个意义上来说，骨料抗冻性更具有突出意义。如颗粒大到一定程度以上，核心存在的距离任何逃逸边界均在临界尺寸以上的保水区域，此时将因超过骨料破裂强度的内部水压力而破裂，这就是临界储存效应。凡属中等吸水、细孔结构、渗透较低的岩石，这种危险较突出；空隙多、渗透性强的骨料临界尺寸也很大。在特殊情况岩石吸水率极低（如重量吸水在0.5%以下的石英岩），可冻水极少，冰水是无渗应力出现；根据施工经验应避免使用高度吸水骨料，小颗粒石粒可以得到较大抗冻保证。综上所述，混凝土材料的抗冻性是以下三方面的变函数即：（1）材料的性质（强度、变形、空隙情况）；（2）气候条件（冻融循环次数、最低温度、降温速度、降水量、空气相对湿度等）；（3）材料使用方式（降水量、自由水及跨越材料的蒸气压梯度与温度梯度）。区分这几方面变数将构成研究这一复杂问题的一个根本方式的转变，这样我们就有可能正确预言材料在指定环境中的抗冻能力。

100Test 下载频道开通，各类考试题目直接下载。详细请访问 [www.100test.com](http://www.100test.com)