



# **8. 劣化要因と診断④**

## **Deterioration factor and assessment (4)**

維持管理システム工学研究室

松本 浩嗣

**A5-09室, 内線6219**

**km312@eng.hokudai.ac.jp**



# 劣化現象と要因 — 凍害 —

## Deterioration and factors – Frost Damage –

- 凍害とは、コンクリート中の水分が凍結と融解を繰り返すことにより生じるコンクリートの劣化を言う。 **Frost damage is deterioration of concrete caused by water in concrete freezing and thawing repeatedly.**
- 具体的には、コンクリートにスケーリング、ポップアウト、ひび割れとはく離が生じる。 **Scaling, pop-out, cracking and delamination would occur in concrete.**
- その結果として、コンクリートの強度、剛性、緻密性（物質遮断性）の低下を起こす。 **As a result, strength, stiffness and tightness (substance shielding) would be reduced.**
- 上記の材料特性の低下により、構造物の安全性、使用性（美観、水密性等）、復旧性が損なわれる可能性がある。 **Safety, serviceability (aesthetics, water tightness, etc) and reparability of structures may be impaired.**
  - カナダの橋梁崩落事故は凍害が一要因 **Frost damage is one of causes of recent bridge collapse in Canada.**

# 劣化現象と要因 — 凍害 —

## Deterioration and factors – Frost Damage –

### 凍害を起こす構造物の条件 Condition of structures suffering from frost damage

凍害はコンクリート中の水分が凍結融解を繰り返すことにより生じる Frost damage occurs by freezing-thawing water in concrete

コンクリートが湿潤状態で、外気温が氷点以上かつ以下となる必要がある Concrete should be under wet condition and subject to temperature above and below freezing point

水辺の構造物, 降雨・降雪が多い気候下の構造物, 寒冷地の構造物 Structures, standing in cold climate, near water or under climate with much rain/snow fall

# 劣化現象と要因 — 凍害 —

## Deterioration and factors – Frost Damage –

圧縮強度と引張強度との低下の度合いが異なる  
Strength in compression and tension reduces differently.

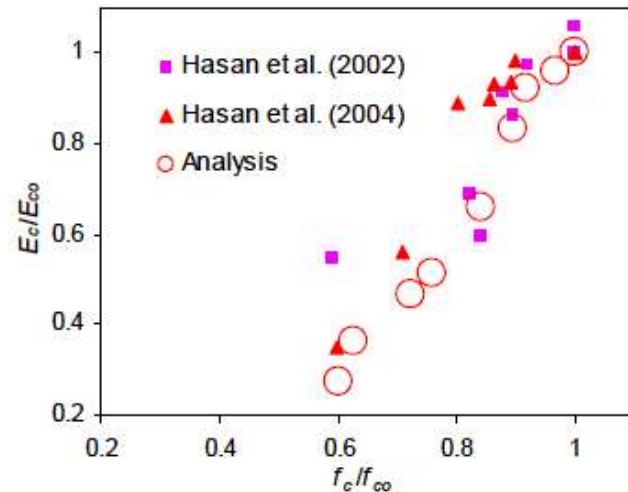


Fig. 15 Relationship between reduction of compressive strength and stiffness

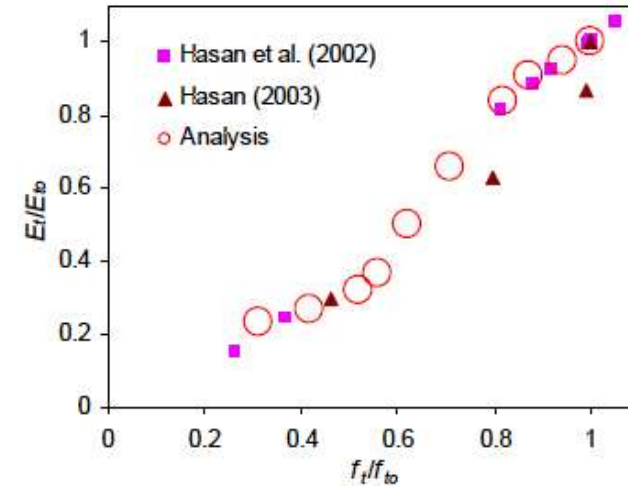


Fig. 16 Relationship between reduction of tensile strength and stiffness

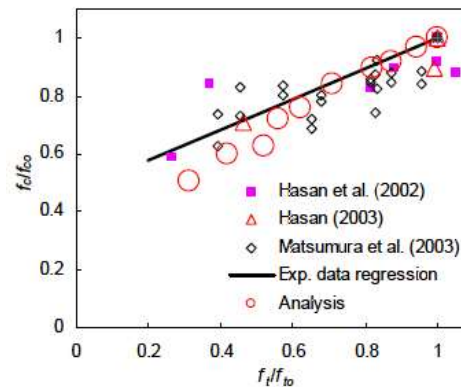


Fig. 17 Relationship between reduction of compressive strength and reduction of tensile strength due to frost damage

# 劣化現象と要因 — 凍害 —

## Deterioration and factors – Frost Damage –

- スケーリングとは、うろこ(scale)状に表層ではく離現象が起こることを言う。 **Scaling is delamination in scale shape of surface concrete.**

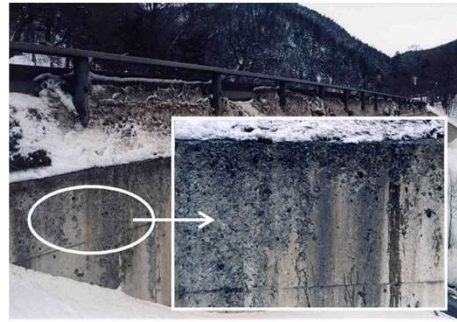


写真1.1.2 ウイングのスケーリング

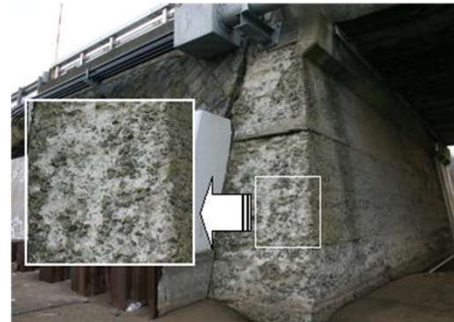


写真1.1.3 橋台のスケーリング



写真1.1.4 橋脚のスケーリング



写真1.1.5 地覆のスケーリング

# 劣化現象と要因 — 凍害 —

## Deterioration and factors – Frost Damage –

- **ポップアウトとは、表層近くの粗骨材の外側のモルタル分がはく離することを言う。 Pop out is spalling-off of mortar outside of coarse aggregate near surface.**



写真 1.1.16 海岸擁壁のポップアウト



写真 1.1.17 鋼橋 RC 床版のポップアウト



写真 1.1.18 海岸部覆道のポップアウト



写真 1.1.19 地覆のポップアウト



# 劣化現象と要因 — 凍害 —

## Deterioration and factors – Frost Damage –

- コンクリート中の水分が凍結と融解を繰り返す際に、体積の膨張や移動することにより、周囲のコンクリートにひび割れを生じさせる。 **Water in concrete, whose volume increases and which moves under freezing and thawing cycles, causes cracking.**
- 水分はコンクリート表面から入り、表面付近の方が温度変化が激しいので、凍害は表層付近から生じる。 **Water get in concrete through its surface, where temperature variation is greater, so that frost damage takes place from surface.**



写真 1.1.8 橋台のDひび割れ(1)



写真 1.1.9 橋脚のDひび割れ(2)

# 劣化現象と要因 — 凍害 —

## Deterioration and factors – Frost Damage –

ひび割れ等の損傷により、コンクリート強度が低下する。 Concrete strength reduces due to cracking as frost damage.

- 部材破壊を生じることもある。 Member failure may occur.
- カナダの橋梁崩落事故は、コンクリートの強度低下が一要因 Bridge collapse in Canada was caused by concrete strength reduction.



Figure 5.7 Failure of the "as-built" cantilever during the laboratory loading tests at McGill University<sup>29</sup>



Figure 4.3 Concrete degradation on the east abutment of the de la Concorde overpass in 1992  
a) North lateral face<sup>29</sup>  
b) South lateral face<sup>30</sup>



# 劣化現象と要因 — 凍害 —

## Deterioration and factors – Frost Damage –

- 凍害を正確に解明するには、コンクリート中の水分と熱の移動を同時にモデル化する必要がある。 **In order to clarify frost damage transport of moisture and heat in concrete needs to be modeled.**
- また、凍害により生じるひび割れなどの損傷と、力学的特性(強度, 剛性), 耐久性に関する特性(緻密性)との関連の解明の必要性。 **Relationship of frost damage with mechanical and durability-related property (strength, stiffness and permeability) need to be clarified.**
- コンクリートにある程度の空気量があると凍害をかなり防げる。そのようなコンクリートを**AEコンクリート Air-entrained concrete**という。 **Frost damage may be less significant if concrete contains a certain amount of air. Such concrete is called air-entrained concrete.**

# 劣化現象と要因 — 凍害 —

## Deterioration and factors – Frost Damage –

### 凍害に対する対策 Measures for frost damage

- さらに解明が必要であるが、現時点では次の経験的な簡便方法がある。 **There are simplified empirical ways as follows:**
  - 凍害を防ぐために水セメント比の最大値を与える **Give upper limit of water cement ratio to prevent frost damage**
  - 地域ごとに凍害危険度マップを与え、高危険度地域には低い水セメント比を要求 **Provide hazard map for risk of frost damage and require the lower water cement ratio for the higher risk area**
    - 寒冷地、山間地は危険(北海道の山間部は特に危険) **higher risks in cold or mountainous regions (even higher risks in mountainous region in Hokkaido)**

# 劣化現象と要因

## — 凍害 —

### Deterioration and factors – Frost Damage –

高い数値ほど凍害の危険度が高いBigger number means more vulnerable to frost attack.

1. ○内の数値は凍害危険度.

凍害危険度	凍害の予想程度
5	極めて大きい
4	大きい
3	やや大きい
2	軽微
1	ごく軽微

2. 凍害重み係数  $i(A)$  一良質骨材, または AE 剤を使用したコンクリートの場合.  
 3. コンクリートの品質が良くない場合には, ---- 内の地域でも凍害が発生する.

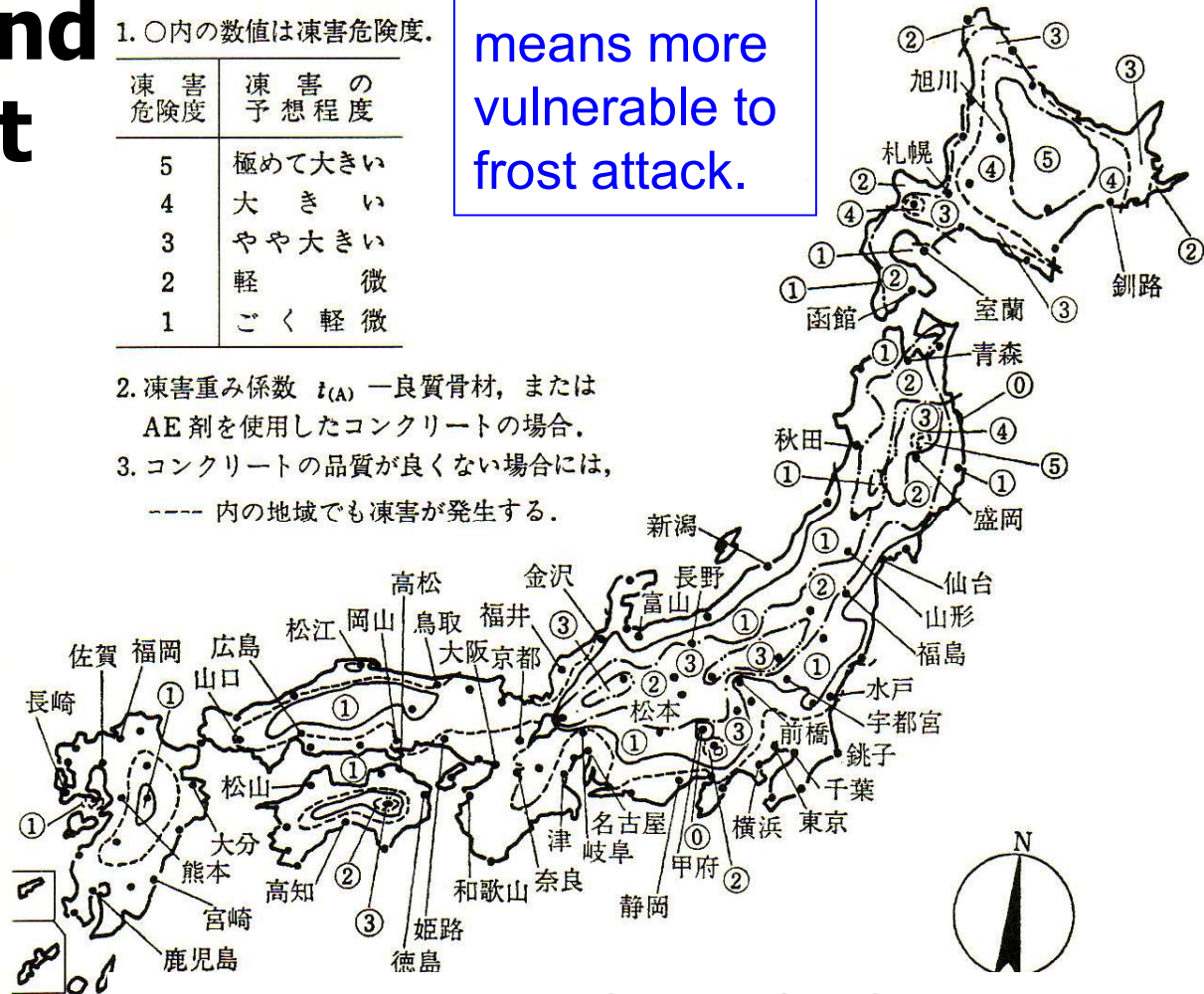


Figure: Regional factor for frost damage

# 劣化現象と要因 — 凍害 —

## Deterioration and factors – Frost Damage –

- 凍害と塩害の複合劣化 **Deterioration under combined effects of frost and salt attack**
  - お互いに他方の劣化を加速する **one accelerates the other**
    - 塩化物イオンを含む水による凍結融解作用によって、凍害が促進される **freeze thaw cycles with water containing chloride ion accelerates frost damage**
    - 凍害による緻密性の低下により、塩化物イオンの浸透、腐食が促進される **decrease in tightness due to frost damage accelerates permeation of chloride ion and corrosion.**

# 劣化現象と要因 — 凍害 —

## Deterioration and factors – Frost Damage –

- 凍害と疲労の複合劣化 deterioration under combined effects of frost attack and fatigue
  - 凍害が疲労を加速する frost attack accelerates fatigue
    - 凍害を受けると, 疲労強度が小さくなる. (Fig.1) fatigue strength of frost-damaged concrete is less than non-damaged one.

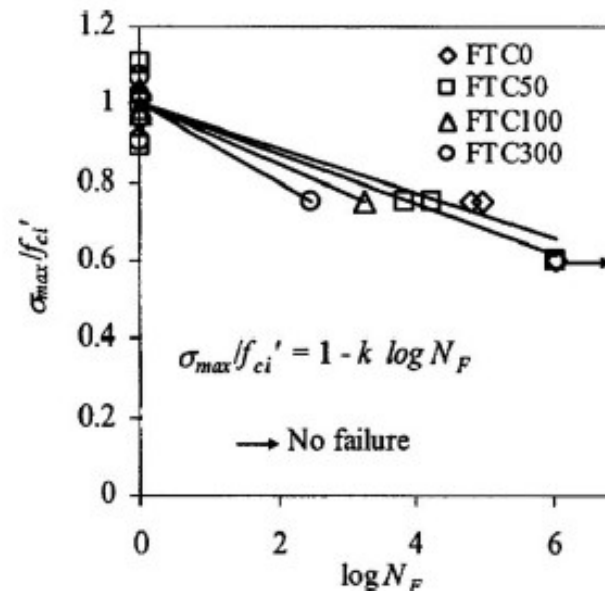


Fig.1



# 劣化現象と要因 — 凍害 —

## Deterioration and factors – Frost Damage –

- 凍害と疲労の複合劣化 **deterioration under combined effects of frost attack and fatigue**
  - 床板上面が湿潤環境下にあると、疲労による押抜きせん断耐力が小さくなる。それに凍結融解が加わるとさらに小さくなる。 **fatigue punching shear strength becomes less with its wet top surface and further less with freeze thaw cycles. (Fig.2)**



押抜きせん断破壊  
**Punching shear failure**



**Fig.2**

モルタル成分が流出  
**Discharged mortar**





# レポート課題 Report Assignment

今回は無し.  
None in this class.

