

## 凍結融解作用を受けるコンクリート中の鉄筋の挙動

Behavior of Steel Bar in Concrete during and after Freezing and Thawing Cycles

北海道大学工学部環境社会工学科  
北海道大学大学院工学研究科○学生員 三河 智将 (Tomomasa Mikawa)  
正員 佐藤 靖彦 (Yasuhiko Sato)

## 1. はじめに

北海道といった積雪寒冷地において、RC 構造物の凍害は非常に深刻な問題の1つである。

しかし、コンクリート構造物の凍害劣化メカニズムは、未だ解明されておらず、劣化指標もみあたらず、劣化した構造物の変形や耐力も予測できない。

このような背景により、本研究では、凍害劣化したRC構造物における力学挙動の解明のための重要な足がかりとなる付着特性に着目した研究を行った。すなわち、凍結融解時における鉄筋の挙動と凍結融解後の鉄筋の付着挙動を実験的に明らかにするべく、基礎実験を行った。

## 2. 実験内容

## 2.1 供試体

本研究では、鉄筋本数、付着長を一定とし、かぶり厚、凍結融解サイクル数をパラメータとした実験を行った。

図-1 が本研究の供試体図で、断面の大きさは A シリーズと N シリーズが 150mm×150mm、B シリーズが 100mm×100mm である。鉄筋には D19 鉄筋を使用した。段階 1 は凍結融解回数が 50 サイクル、段階 2 は凍結融解サイクルが 100 サイクルである。また、水を供給しないで温度変化だけ与えた供試体も作製した。さらに、コンクリート内部の温度や湿度を調べるために熱伝対、温湿度センサーを埋め込んだ。

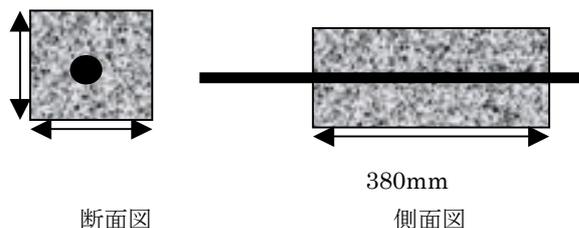


図-1 供試体図

鉄筋にはひずみゲージを貼付けた。位置は供試体の端部から 38mm、114mm、190mm、266mm、342mm の位置である。

供試体名	A(mm)	FTC	かぶり
A0	150×150	水なし、段階0	75
B0	100×100	水なし、段階0	50
A1	150×150	段階1	75
B1	100×100	段階1	50
A2	150×150	段階2	75
B2	100×100	段階2	75
N1	150×150	水なし、段階1	75
N2	150×150	水なし、段階2	75
AM	150×150	水なし、段階1	×
BM	100×100	水なし、段階2	×

表-1 供試体

なお、この論文には、供試体 A1、B1、N1 の結果のみを示す。

## 2.2. 凍結融解試験概要

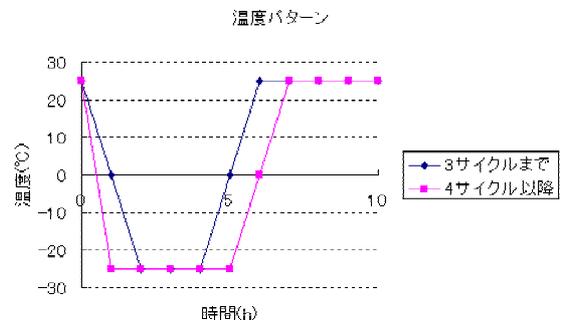


図-2 凍結融解時の温度パターン

1 サイクル 10 時間で最低～最高温度は $-25^{\circ}\text{C}$ ～ $25^{\circ}\text{C}$ で設定した。3 サイクルまでは最低温度時間が 2 時間で、4 サイクル以降 4 時間に設定を変えたのは供試体内部の最低温度が十分に下がらなかったためである。

また、凍害を一方向から与えるために一面以外をスタイロフォームで覆った。さらに常に表面から一定の水を供給できるようにスタイロフォームとシーリング剤を用いてプールを作りそこに水を張った。

### 3.3. 曲げ試験概要

図-3 に曲げ試験に供したはりを示す。このはりは、4つのコンクリートブロックと1つの鋼製ビームから成り立つ。左側のコンクリートブロックは、凍結融解を経験させた供試体である。この供試体と3つのコンクリートブロックを鋼製ビームと鉄筋とカプラーにより連結させ、ひとつのはりが作られている。このはりに、集中荷重を作用させ、曲げモーメントを生じさせることによって、鉄筋に引張力を作用させる。

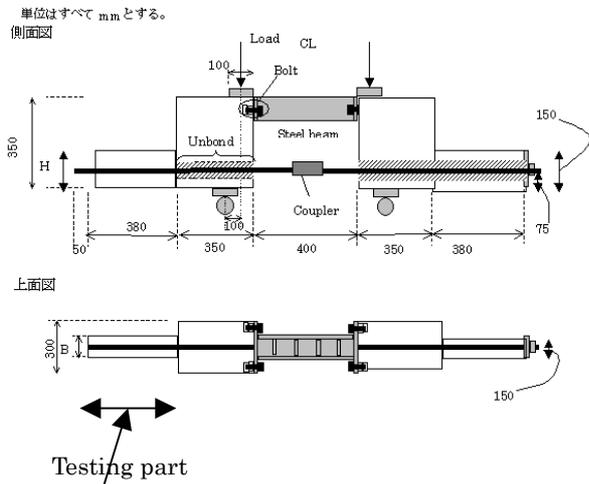


図-3 曲げ試験図

## 4. 実験結果

### 4.1 凍結融解試験中の鉄筋のひずみ挙動

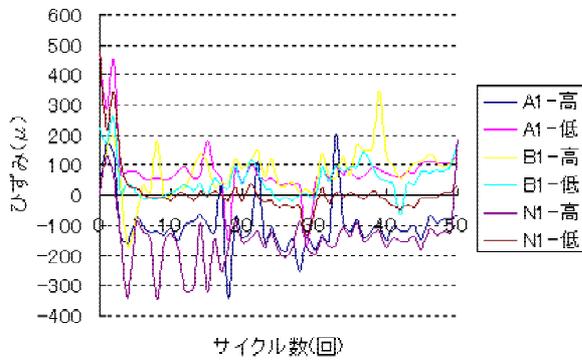


図-4 凍結融解試験におけるひずみの変化

図-6 は、供試体の端部から 190mm の位置の鉄筋に設置した A1、B1、N1 の 1 サイクルあたりの最高温度と最低温度時のひずみを示す。”高”としてあるのが最高温度で、”低”としてあるのが最低温度である。なお、A1、B1、N1 のひずみの温度についてはそれぞれ AM、BM、N1 の鉄筋付近に設置した熱伝対の温度で考えた。

3つのひずみ変化を比べると、まず水を与えていない N1 より水を与えている A1、B1 の方が、ひずみが大きいことがわかる。さらに、A1 と B1 を比べてもかぶり厚が小さい B1 の方が、ひずみが大きいことがわかる。

また、それぞれの供試体の温度で比べると、A1、N1 は

最低温度の方が、ひずみが大きいのにに対して、B1 は最高温度の方が、ひずみが大きい。

ただ、50 サイクルではいずれの供試体も顕著にひずみが大きくなっておらず、劣化が顕在化しているとは考えられない。

### 4.2 凍結融解後の付着特性

図-5 は曲げ試験の結果をもとにもとめた鉄筋の付着応力-すべり関係である。図中のモデルとは、島モデル(式(1))により求めた付着応力と滑りの関係である。

(式(1))

$$\tau = 0.73(\ln(1+5S))^3 f'_c / (1+\varepsilon \times 10^3)$$

$$S = 1000s / D$$

$\tau$ : 付着強度  
 $f'_c$ : コンクリート強度  
 $s$ : すべり量  
 $D$ : 鉄筋径  
 $\varepsilon$ : ひずみ

付着応力-すべり関係

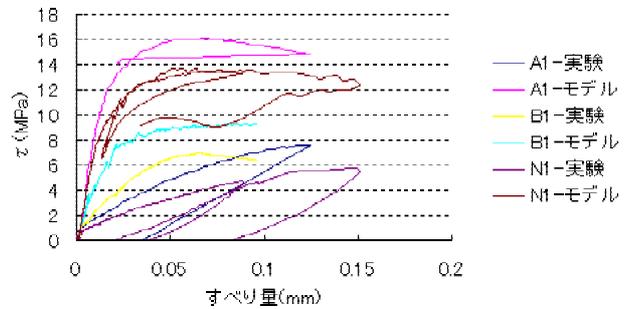


図-5 付着応力-すべり関係

いずれもモデル値より実験値の方が、付着応力が小さいことがわかる。このことから凍結融解における劣化の影響がある可能性が高いと言える。

## 5. まとめ

1. 凍結融解作用中の鉄筋のひずみ挙動は、水分の供給の有無や供試体の大きさにより異なる。
2. 外観上、凍結融解が顕在化していないが、付着劣化が起こっている可能性がある。