# 凍結融解作用を受けたコンクリート中の鉄筋の付着構成則に関する考察

北海道大学	学生会員	○金澤	健
北海道大学	正会員	佐藤	靖彦
清水建設(株)	正会員	三河	智将

#### 1. はじめに

鉄筋とコンクリートが一体となって外力に抵抗することを前提としている鉄筋コンクリート(以下 RC)構造物では、付着性状がその強度の発現に大きな影響を及ぼす.しかし、コンクリートの材料劣化という見地から凍結融解作用の影響を考察した研究は数多くあるにも関わらず、鉄筋との複合構造体としての力学的な挙動についての検討は十分でない<sup>1)</sup>のが現状である.著者らは、最終的に凍結融解作用を受けた RC 構造物の構造性能を適切に予測できるモデルの構築を目指しており、今回はその基盤とすべく鉄筋ーコンクリート間の付着に着目した.部材レベルでの付着劣化性状を明らかにするため凍結融解試験に供した RC 供試体に対して一軸引張試験を行い、現在汎用の島モデル<sup>2</sup>に修正を加えた付着劣化モデルの構築を試みた.

#### 2. 実験概要

本研究では、凍結融解サイクル数、凍結融解試験時の水の供給の有無、ひび割れの有無(凍結融解試験前)を実 験変数に7体の供試体を作製した.表-1にその一覧を示す.供試体名称のPとは事前に引張試験を行ってひび割れ を導入したことを、Wは凍結融解試験時に水を供給したことを意味する.いずれも施していない基準供試体をNと 呼ぶ.また、凍結融解作用による圧縮強度の低下を確認するため別途 \u006.00 のシリンダーを作製した.

供試体は 100×100×1000mm のコンクリート角柱中心に SD345, D16 鉄筋を埋設したもので(図-1), 水セメント比 を 0.55 とした.引張試験では,両端に載荷時に治具とカプラーを連結するため D25 鉄筋を溶接し,水平方向に載荷 した.この鉄筋がむき出しの状態で凍結融解試験に供すると,両端部から急激な温度変化を受けることにより,実 際の構造物が置かれる状況から大きくかけ離れることが懸念されたため,両端部には試験前にコンクリートを新た に打設した.凍結融解試験には独自に開発した外的環境制御室を使用, -25℃~+25℃で温度制御を行い,1 サイ クルを 18 時間に設定することで供試体中心部にまで温度変化が行き届くよう配慮した.

## 3. 実験結果と考察

凍結融解試験後のシリンダーの試験から得られた圧縮強度は基準供試体(0サイクル),50サイクル,100サイクルでそれぞれ37.8MPa,37.2MPa,30.4MPaであった.凍結融解作用によるコンクリートの材料劣化は、その細孔組織内の未凍結水が凍結、融解を繰り返すことによる内圧から生じる微細なひび割れが、巨視的なものに発展して起こる強度や剛性の低下に代表される.しかし付着劣化機構を考察するにあたって重要な鉄筋-コンクリート界面で



表-1 供試体一覧

供試体	凍結融解 サイクル数	ひび割れ	水の供給
NO	0	×	×
W50	50	×	0
PW50	50	0	0
N100	100	×	×
W100	100	×	0
PN100	100	0	×
PW100	100	0	0

キーワード 鉄筋コンクリート,凍結融解作用,付着劣化
連絡先 〒060-0808 札幌市北区北8条西5丁目 TEL 011-716-2111 E-mail takeru-kanazawa@eng.hokudai.ac.jp

-349-

は、細孔内水の浸透や温度変化で境界に生じるずれが付着性状に影響を及ぼすことが考えられる.図-2 に N0(基準供試体)と100 サイクルの凍結融解試験に供した3つの供試体の、荷重端から30D~35D の区間における平均ひずみ一すべり関係(以下  $\epsilon$  — s 関係)を示す.なお、図中の  $\tau_0$ とは鉄筋が降伏ひずみに達した時の N0 の同区間における平均付着応力、 $\tau$ が各供試体の平均付着応力を表している.凍結融解により  $\epsilon$  — s 関係が変化することが明らかである.

凍結融解作用による付着劣化機構として、この  $\varepsilon - s$  関係に着目する.本研究では付着応力一すべり関係を、鉄筋のひずみの影響を加味して定式化している島モデル(式(1))<sup>2)</sup>を参考にした.  $\varepsilon - s$  関係の変化を反映させるため、式(1)を  $\varepsilon$ の関数として扱えるよう変形する(式(2)).図-3、4 はそれぞれ NO、W100 供試体の荷重端から10D、20D、30Dの位置における  $f(\varepsilon)$ と  $\varepsilon$ の関係を表したものである.さらに各プロットに対して最小二乗法近似から得られた直線の傾きを  $\alpha$  として、図-5 に  $\tau/\tau_0$ と関連付けた.W50 は計測されたひずみのばらつきが大きかったため検討から除外したが、付着劣化を代表させるパラメータとして  $\alpha$  が有用であることが示されている.以上から、既存の島モデルを式(3)のように修正した.

$$\tau = \frac{0.73 \, f' c \{ ln(1+5\times1000s) \}^3}{1+\varepsilon\times10^5} \quad (1) \quad f(\varepsilon) = \frac{0.73 \, f' c \{ ln(1+5\times1000s) \}^3}{\tau} \quad (2) \quad \tau = \frac{0.73 \, f' c \{ ln(1+5\times1000s) \}^3}{1+\alpha\varepsilon\times10^5} \quad (3)$$

図-6 では W100 供試体の 10D~30D の区間における局部付着応力—ひずみ関係について,島モデル,修正モデル による再現性を比較した. αを考慮した修正モデルの方が実際の挙動を比較的よく再現できていることがわかる.

4. まとめ

凍結融解作用による付着劣化機構として,鉄筋のε-s関係の変化を考慮に入れたモデルが劣化性状を再現しうることを示した.今後は,αを決定づける要因について検討を重ねていく必要がある.

### 参考文献

- 1) 三河智将, 佐藤靖彦: 凍結融解作用を受けた鉄筋コンクリートの一軸引張性状, コンクリート工学年次論文集, Vol.34, No.2, pp.577-582, 2012
- 2) 島弘,周礼良,岡村甫:マッシブなコンクリートに埋め込まれた異形鉄筋の付着応力-すべり-ひずみ関係, 土木学会論文集,No378/V-6, pp.165-174, 1987

