八戸工業大学	O学生会員	小笠厕	夏 大知
八戸工業大学大学院	学生会員	渡邊	浩平
八戸工業大学大学院	学生会員	市川	達朗
八戸工業大学	正会員	迫井	裕樹
八戸工業大学	正会員	阿波	稔

1.はじめに

積雪寒冷地域におけるコンクリート構造物は,凍 結融解作用による劣化と,凍結防止剤に起因する塩 化物イオンの浸透によって表層劣化や鉄筋腐食が発 生する可能性が高い環境にある.中性化や塩害に起 因する鉄筋腐食と構造性能の関係については,これ まで精力的に検討が進められ,比較的多くの知見が 蓄積されている.しかし,凍害を主要因とした複合 劣化を受けたコンクリート構造物の耐荷性能につい ては明らかにされていないのが現状である.特に, 凍害によるかぶりコンクリートの劣化が鉄筋の付着 及び構造性能に及ぼす影響については不明な点が多 いのが現状である.

そこで本研究では、凍結融解環境を想定しコンク リート構造物の凍害による表層部コンクリートの劣 化が内部鉄筋の付着強度に及ぼす影響ついて実験的 に検討を行った.

2. 実験概要

本研究では使用材料として、早強ポルトランドセ メント(密度3.15g/cm³)、細骨材として石灰岩砕砂(密 度 2.69 g/cm³,F.M.2.87,吸水率0.53 %)、粗骨材として 石灰岩砕石(密度2.70 g/cm³,F.M.6.55,吸水率0.33%)を 使用した、 non-AEコンクリートとAEコンクリート を作成した.

実験に用いた供試体概要図を図 - 1に示す. 幅×高 さ×全長=80×140×150mmであり,主鉄筋はD13とした. またかぶりの厚さが付着強度に与える影響を検討す るために,かぶりを30mmと60mmとした.

設計基準強度はf²cd =30N/mm²程度とし,配合は水 セメント比60%,non-AEコンクリートの目標空気量 は2.0±1.0%,目標スランプは8.0±1.0cmとした.AE コンクリートの目標空気量は5.0±1.0%,目標スラン プは8.0±1.0cmとした.示方配合を表 - 1に示す.供試体は,打設後24時間で脱型を行い,7日間水中養生を行った後、各試験に供した.

スケーリング試験は、ASTM C 672に準じ3%の NaCl溶液を用いて、温度条件を+20℃から-20℃を1日 2サイクルとし、6サイクルごとに120サイクルまでス ケーリング試験を行った.かぶり30mmの供試体に関 しては、塩化物イオンの浸透が付着強度に与える影 響を検討するため、試験溶液としてH₂Oを用いた供試 体も用意し、NaCl溶液を用いた供試体と同じサイク ル数凍結融解を行った.

付着強度試験は,JSCE-G503と「引抜き試験による 鉄筋とコンクリートの付着強度試験方法」に準じて 行い.付着応力は,以下の式(1)により算出した.

$$\tau = \frac{P}{\ell \pi D} \times \alpha \qquad = \vec{\tau} (1)$$

ここで,τ:付着応力度(N/mm²),D:鉄筋の直径(mm), P:引張荷重(N), ℓ:鉄筋付着長(mm),α:補正係 数(=30/f'_c)である.

また凍結融解に伴う表面から深度方向の劣化を把 握するため、凍結融解試験終了後に超音波伝播速度 試験を行った.スケーリング劣化面から2cmごとに測 定した. **表**-1 示方配合





図-3 すべり量と凍結融解サイクル数の関係

3. 実験結果

1) スケーリング試験結果

かぶり 30mm, 60mm の供試体いずれも non-AE コ ンクリートは 60 サイクルで 1~1.3 kg/m²となり, 120 サイクル終了時で 1.7~2.0 kg/m²となった. AE コン クリートは non-AE コンクリートに比ベスケーリン グ量が半分程度になり,溶液に H₂O を使用した供試 体は 120 サイクル終了時でもスケーリング劣化がほ とんど見られなかった.

2) 付着強度試験結果

付着強度試験結果を図 - 2,図 - 3 に示す.図中の 凡例は試験溶液(N:NaCl溶液,H:H₂O) -かぶ り厚さ-サイクル数で示している.図 - 2,図 - 3よ り,スケーリング劣化した供試体は、凍結融解サイ クルの増加に伴いすべり量が増加し付着応力が低下 していることが確認された.供試体のかぶり厚さの 違いに着目すると,かぶり厚さの違いによる付着応 力,すべり量に差は見られなかった.また凍結融解 環境下に暴露していた溶液無しの供試体は健全供試 体と比較して,付着応力が低下し,すべり量も増大 することが把握された.次に試験溶液の違いに着目



すると、NaCl 溶液を用いた供試体の方が、H₂O を使 用した供試体よりも付着応力が低下しすべり量が増 大することが明らかになった. AE コンクリートの 供試体は non-AE コンクリートの供試体と比較して 付着応力の低下の割合と、すべり量の増大の割合が 少ないことが確認された.また、凍結融解 60 サイク ル後に電食により鉄筋を腐食させた供試体(腐食量 11.4%程度)はどの供試体よりも、付着応力が低下し すべり量が増大した.

3) 超音波伝播速度試験

超音波伝播速度試験結果を図-4に示す.これより, いずれの深さにおいても,凍結融解サイクルの増加 に伴い超音波伝播速度が低下することが確認され, 劣化面ほど伝播速度が低い値を示すことが把握され た.また,鉄筋を腐食させた供試体は同じ凍結融解 60サイクルの供試体よりも,伝播速度が低い値を示 すことを把握された.

4. まとめ

本研究で得られた結果を以下にまとめる.

1) かぶり厚さの違いによる付着応力, すべり量の差 は見られなかった.

2) 凍結融解サイクルの増加に伴い付着応力とすべり 量に差が見られた.これは凍結融解の繰り返しによ る,かぶりコンクリートのひび割れおよび鉄筋付近 でのひび割れによるものと推察される.

3) 凍結融解後,鉄筋を腐食させた供試体の付着応力 は凍結融解のみを受けたコンクリートの付着応力と 比較して,著しく低下している.これは,凍結融解 に伴うひび割れと腐食に伴う軸方向腐食ひび割れに よるものと考えられる.