

鉄筋コンクリート部材のスケーリング抵抗性に関する検討

八戸工業大学大学院 学生員 ○今野 竜也
八戸工業大学 正会員 阿波 稔
八戸工業大学 岩館 光
八戸工業大学 内喜 将文

1. はじめに

寒冷地におけるコンクリート構造物は、凍結防止剤などの塩化物の存在する環境下において、凍結融解の繰り返し作用を受けると、表層数 cm 程度の剥離が生じるスケーリング劣化が顕在化する。しかし、このようなスケーリングの発生メカニズムや諸要因の影響については十分に解明されているとはいえない。そこで本研究では、凍結融解作用を受ける鉄筋コンクリート部材のスケーリングに及ぼす塩化物の供給条件、鉄筋の配置、打設方向の違いの影響について実験的に検討することを目的としたものである。

2. 実験概要

2.1 使用材料および配合

実験に用いたセメントは、普通ポルトランドセメント（密度 3.16 g/cm³）である。細骨材として石灰岩砕砂（密度 2.69g/cm³, F.M. 2.59, 吸水率 0.89%）、粗骨材として石灰岩碎石（最大寸法 20mm, 密度 2.69g/cm³, F.M. 6.94, 吸水率 0.41%）を使用した。コンクリートの配合を表-1 に示す。本試験では水セメント比を 65%、空気量を 5%一定とした。

表-1 コンクリートの示方配合

Gmax (mm)	W/C (%)	目標 スランプ (cm)	目標 空気量 (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)				
					W	C	S	G	AE剤
20	65	8.0	5.0	38	161	248	726	1185	C×0.025%

2.2 実験方法

コンクリートのスケーリング試験に用いた供試体を図-1 に示す。試験は、ASTM C 672 に準拠して行った。試験水は NaCl 3% 水溶液を使用した。供試体は寸法 210×210×100mm の平板供試体とし、試験対象面を底面（打設方向と水直の面）と側面（打設方向と水平の面）とした。供試体には φ13mm の丸鋼を配置し、かぶり厚さは 3cm および 5cm の 2 ケースとし、試験期間中における塩化物の供給条件は、塩化物が継続して供給される条件（ケース A）と、4 日間の塩化物供給の後、3 日間塩化物を供給しない条件を繰り返す（ケース B）2 種類とした。また、供試体内の温度とひずみ変化を測定するために試験面から 2mm、30mm の位置に熱電対と埋込型ひずみゲージを設置し、鉄筋にはひずみゲージを張り試験を開始した。

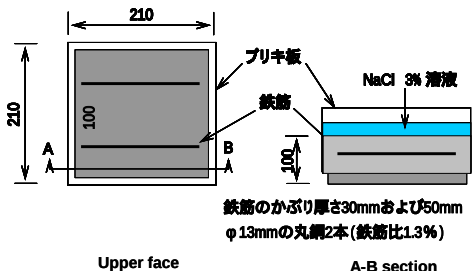


図 - 1 供試体概略図

3. 実験結果および考察

3.1 スケーリング試験結果

鉄筋コンクリート供試体のスケーリング試験結果を図-2 に示す。この結果から、コンクリートに鉄筋を配置した供試体は、無筋コンクリート供試体と比べて、スケーリングの発生量が大きく増加した。また、鉄筋のかぶり厚さがより小さな供試体ほどスケーリングが増大する傾向にある。かぶり厚さ 3cm とした鉄筋コンクリート供試体は、無筋コンクリート供試体より、凍結融解 105 サイクルにおいて約 16 倍のスケーリングの発生が見られた。その原因については、次の温度とひず

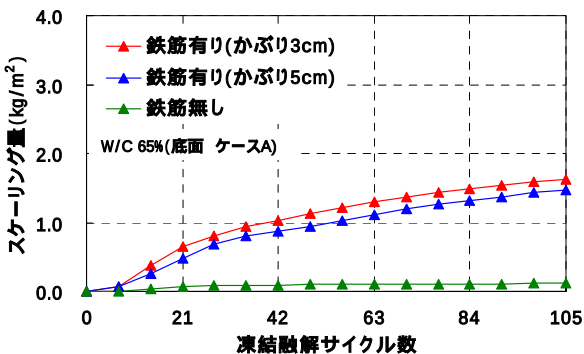


図 - 2 鉄筋の有無による影響

みの測定結果において述べる。続いて、塩化物の供給条件を変化させたコンクリートのスケーリング試験結果を図-3に示す。この結果から、塩化物を継続的に供給した供試体は、断続的に塩化物を供給した供試体と比べて、105 サイクル時において約 $0.5\text{kg}/\text{m}^2$ のスケーリング量が増加する傾向が見られた。これは、継続的に塩化物を供給した供試体では、凍結融解サイクルの進行に伴い、より多くの塩化物がコンクリート表面に侵入し、スケーリングの発生を促進させたと考えられる。打設方向を変化させたコンクリートのスケーリング試験結果を図-4に示す。この結果から、側面（打設方向と水平な面）を試験面にした供試体の場合、供試体底面を試験面した場合と比べてスケーリング量が約 $2.5\text{kg}/\text{cm}^2$ 増加する傾向が確認された。これは、供試体側面では底面と比較してブリーディングなどの影響を大きく受けることから、コンクリート表面の密実性がより低下しことによるものと考えられる。

3.2 温度とひずみの測定結果

図-5は無筋コンクリート供試体の温度とひずみの測定結果を示したものである。この結果から鉄筋を配置しないコンクリート供試体では、コンクリート表層部（2mm 位置）と内部（30mm 位置）において同様なひずみ挙動を示しているのが確認される。しかし、表層部においては凍結融解サイクルの進行に伴う残留膨張量の増加が見られる。また、このような凍結過程におけるコンクリート内のひずみ変化は、コンクリートの熱的変形（収縮）と細孔内の氷晶の生成による膨張変形に依存することになる。図-6に鉄筋コンクリート供試体の温度とひずみの測定結果を示す。この結果から、鉄筋位置のコンクリート（30mm 位置）では鉄筋の収縮に追随して大きな収縮挙動を示している。これは、鉄筋はコンクリートと異なり細孔内の氷晶の生成による膨張挙動を示さないことから大きな収縮を生じているものと考えられる。さらに、コンクリート表面位置では凍結融解作用による残留膨張量の増加が確認される。以上の結果より、鉄筋を配置したコンクリート供試体では、凍結融解過程における表層部と内部の変形性の相違に起因し、その繰り返しによる疲労の蓄積が一因となり、スケーリングの発生を増加させ推察される。

4. まとめ

鉄筋コンクリートにおいて発生するスケーリングは、塩化物の供給条件、鉄筋の配置、打設方向の違いによる密実性の影響を大きく受けることが分かった。表層部においては凍結融解サイクルの進行に伴う残留膨張量の増加が確認された。さらに、条件によっては、凍結融解過程でのコンクリート表層部と内部の変形性の相違に起因し、その繰り返しによる疲労の蓄積が一因となり、スケーリングの発生を増加させる傾向がある。

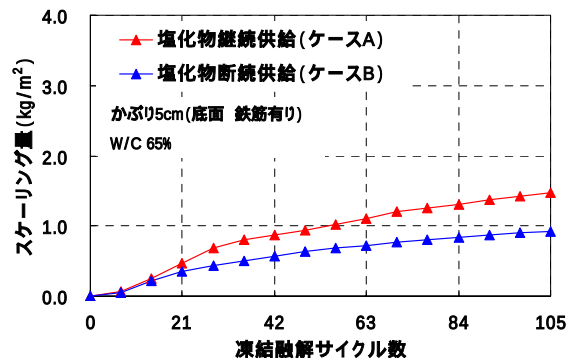


図-3 塩化物の供給条件による影響

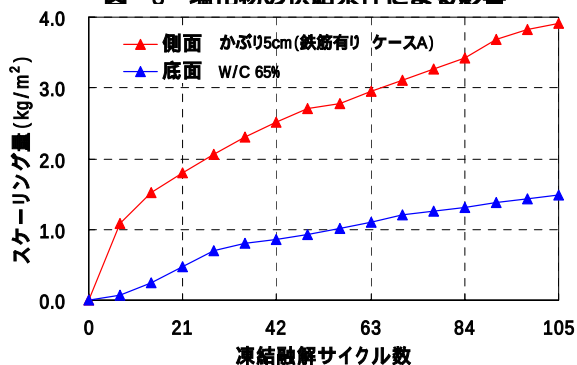


図-4 打設方向の違いによる影響

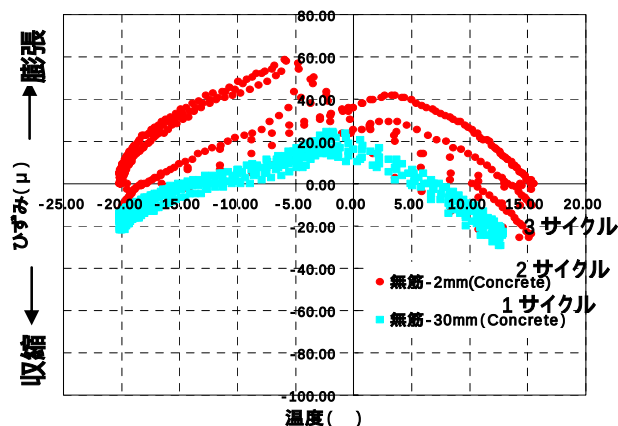


図-5 温度とひずみ測定結果（鉄筋無し）

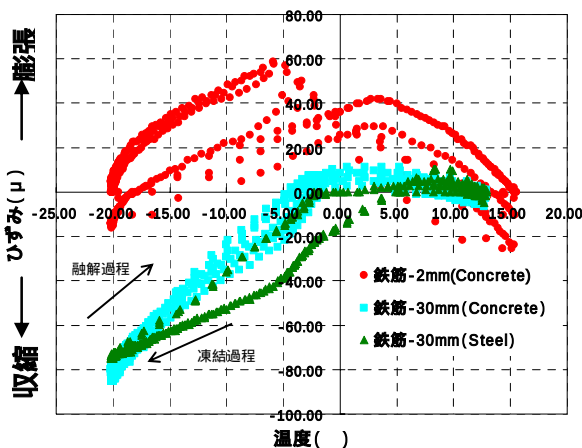


図-6 温度とひずみ測定結果（鉄筋有り）