

PRC はりにおける塩化物イオンの実効拡散係数に関するプレストレスの影響

日本大学 学生会員 ○浅見 公一

日本大学 正会員 齊藤 準平

1. はじめに

PRC 構造は、鋼材腐食を助長するひび割れ幅の拡大をプレストレスによって制限できるため、ひび割れからの塩分浸透への抵抗性を高められることができるという研究結果が得られている。本研究は、(1) プレストレス導入状態ならびに(2) プレストレスの導入と荷重作用によるプレストレスの減少の繰り返しを受けた状態の塩分浸透特性の解明を目的とし、電気泳動試験を行った。

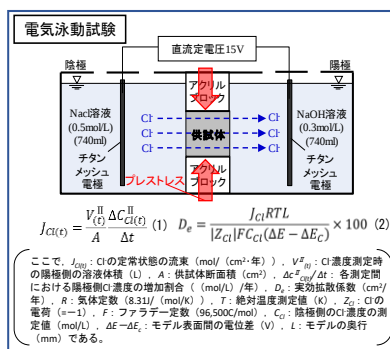
2. 既往研究の整理

迫井¹⁾らは、非定常状態での電気泳動法を用いて圧縮応力を作用させた状態での、フライアッシュおよび高炉スラグ微粉末を混入したコンクリートの応力強度比 0%, 30%, 50%, 80%における塩化物イオン浸透性を検討した。また、齊藤²⁾はコンクリートに繰り返しプレストレスを導入させた(応力強度比 0%, 30%, 50%) 環境下において、応力除荷後の塩化物イオンの浸透性の検討を行った。しかし、これらはプレストレスの大きさの条件が十分に網羅されていない。そこで本研究は、(1) プレストレス導入状態(以降試験 A と称す)ならびに(2) 荷重作用による繰り返しプレストレス導入状態(以降試験 B と称す)において、プレストレスの大きさが異なる条件で電気泳動試験を行い、PRC はりの塩分浸透抵抗性に対するプレストレスの影響を解明する。

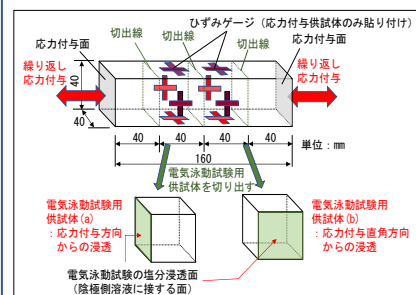
3. 試験概要

3. 1 供試体

図-1 に実験方法の概要を示す。供試体は、研究対象とした PRC はり下縁付近のコンクリートをモデルとする。試験 A は供試体のサイズを一辺 40mm の立方体とし、試験 B は断面 40mm×40mm×160mm の直方体に対し繰り返し圧縮応力を付与した後、電気泳動試験には中央部から 40mm を切り出して 40mm×40mm×40mm の立方体を使用する(図-1 (b) 参照)。塩分浸透方向は、はり下縁部からの塩分浸透について検討するため



(a) 電気泳動試験



(b) 繰り返し応力付与供試体

(プレストレス導入状態)

図-1 実験方法の概要

表-1 供試体の配合と力学的性質

供試体	W/C	S/C	単位量[kg/m³]			圧縮強度	単位容積質量
	(%)	(Vol%)	水	セメント	細骨材	(N/mm²)	(kg/m³)
立方体	55	300	302.7	550.0	1387	44.14	2071
角柱						46.86	2017

に応力付与直角方向を塩分浸透面とするもの(試験 A, B)と、応力付与方向からの塩分浸透について検討するもの(試験 B のみ)とした。表-1 に供試体の配合と力学的性質を示す。セメントは普通ポルトランドセメント、細骨材は山砂を用い、打設後 28 日間封緘養生した。

3. 2 供試体に与える条件

試験 A の付与応力は、圧縮強度に対する比 (f_c 比) で 0, 10, 20, 30, 40, 50% の 6 条件とした。試験 B では、付与応力は f_c 比で 0, 10, 20, 30 の 4 条件とする。また、可能な範囲でより傾向が顕著になるという既往研究³⁾から判断し、繰り返し応力付与回数は 100 万回とする。

3. 3 電気泳動試験

試験で使用する電気泳動装置は、JSCE-G571⁴⁾に基づき矩形断面に適用できるように独自に加工を施して製作したものである。試験は同試験方法に準じて行う。主な測定項目は電流、電位差、陽極側と陰極側の Cl⁻ 濃度、pH および溶液温度とした。測定結果を用いて、式(1),(2) から、Cl⁻ の実効拡散係数が算出される。

キーワード PRC, 塩分浸透, 実効拡散係数, 電気泳動法

連絡先 〒274-8501 千葉県船橋市習志野台 7-24-1 日本大学理工学部 TEL.047-469-5241 E-mail: akimihit0509@outlook.jp

4. 実験結果および考察

図-2に、試験Aの実効拡散係数 D_e と f'_c 比の関係を示す。図-2より f'_c 比が大きくなるにしたがって実効拡散係数 D_e が小さくなる傾向が見られた。これは、プレストレスを導入することにより、内部の潜在的クラックや空隙の閉塞が起き塩分浸透抵抗性に優位な影響を与えたためであると考えられる。さらに、本データでは f'_c 比 40%をピークに 50%では塩分浸透抵抗性が減少した。これは高いプレストレスを導入したことにより供試体内部に損傷が生じたため塩分浸透抵抗性に不利な影響を与えたと考えられる。

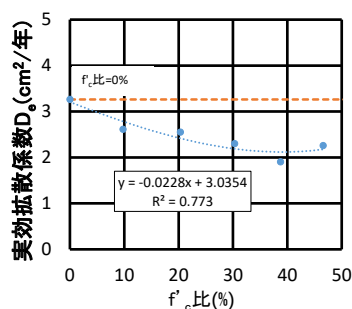


図-2 実効拡散係数 D_e と f'_c 比の関係 (試験 A)

図-3に、試験Bの実効拡散係数 D_e と f'_c 比の関係を示す。なお、タイプN (f'_c 比=0%) の D_e ($D_{e(N)}$) に対するタイプPRCの各 D_e の関係 ($D_e/D_{e(N)}$) を併記している。図よりタイプPRCの D_e は塩分浸透方向の違いに関わらず、 f'_c 比=30%まではタイプNより小さくなることが確認された。これによりどちらの塩分浸透方向も f'_c 比=30%まではプレストレスを導入することにより供試体内部が緻密化して塩分浸透抵抗性に優位な影響を与えたと考えられる。一方で、このまま下がる傾向を示すのかを確認するために、齊藤らのデータである直角方向の f'_c 比=30%、50%を比較すると、30%より50%は大きくなっていることが分かる。このことから、 f'_c 比=30%~50%の範囲内で繰り返し付与による緻密化と損傷の影響が逆転をしていると考えられる。

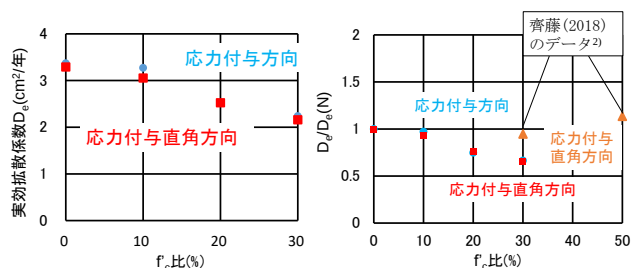


図-3 実効拡散係数と f'_c 比の関係 (試験 B)

図-4に、実効拡散係数と残留ひずみの関係 ($D_e/D_{e(N)}$ と残留ひずみの関係) を併記) を示す。この残留ひず

みは、各断面における応力付与方向のひずみの平均値である。図より、浸透方向の違いに関わらず、 f'_c 比=30%までは残留ひずみの増加に伴い D_e が減少する傾向が見られた。こちらこのまま下がる傾向を示すのか確認をするため齊藤らのデータを参照すると図-3と同じ傾向がみられた。また、ひずみは 100 μ を目安にマイクロクラックが発生するといわれている⁵⁾。そのため 100 μ より低い値では損傷の影響は低く、内部は塩分浸透抵抗性に優位な影響を与えていると考えられる。一方で、100 μ を超えると内部に疲労損傷を起こしているため塩分浸透抵抗性に不利な影響が表れると考えられる。

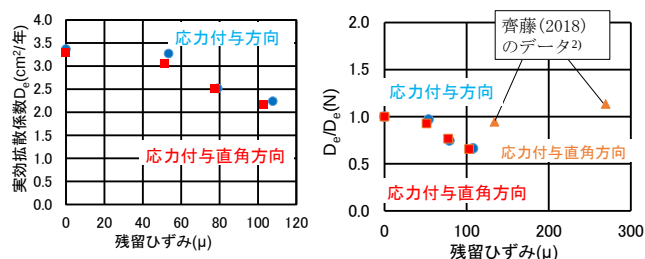


図-4 実効拡散係数と残留ひずみの関係 (試験 B)

5. まとめ

本試験の範囲内で、以下のことが明らかになった。

- (1) f'_c 比が大きくなるほど塩分浸透抵抗性が向上する傾向がみられた。
- (2) f'_c 比=30%~50%の範囲内に塩分浸透抵抗性のピークが存在する。

参考文献

- 1) 迫井裕樹, 川北昌宏, 堀口敬: フライアッシュおよび高炉スラグ微粉末を混入したコンクリートの塩分浸透特性に及ぼす圧縮応力の影響, コンクリート工学論文集, Vol.18, pp.1-7, 2007.
- 2) 齊藤準平: PRC はり下縁におけるプレストレスと荷重作用による応力付与の繰り返しコンクリートの塩分浸透特性に及ぼす影響, コンクリート工学年次論文集, Vol.40, No.1, pp.705-710, 2018.
- 3) 齊藤準平, 下邊悟: 繰り返し荷重下におけるコンクリートの塩分浸透特性, 第26回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集, pp.93-98, 2017.
- 4) 土木学会: 2013 制定 コンクリート標準示方書 [標準編] 土木学会規準および関連規準, JSCE-G 571-2013, pp.363-369, 2013.
- 5) 閑田徹志: ひび割れ発生条件, コンクリート工学, Vol.43, No.5, pp.60-66, 2005.5.