

ラテックスを微量添加したコンクリートのひび割れ部における鉄筋腐食速度の解析

金沢工業大学大学院 学生会員 ○片山 太貴
金沢工業大学 正会員 宮里 心一
オリエンタル白石(株) 正会員 東 洋輔

1. はじめに

SBR(スチレン・ブタジエンゴム)ラテックスを添加したポリマーセメントコンクリートは、曲げ強度や付着強度、および乾燥収縮の性能が、無添加に比べて優位になる。このことから、ラテックスコンクリートは、近年の土木構造物の長寿命化に適した材料として期待され、様々な研究が行われてきた。ただし、ラテックスは高価である点が課題とされている。そこで、著者らは、経済性に配慮し、コンクリートに添加するラテックスを微量にすることに着眼し、研究を行ってきた。その一つとして、ラテックス微量添加コンクリートを対象に、塩分を内在および曲げひび割れを先行導入した状態における塩害進展期での鉄筋腐食抑制効果を検証した。その結果、ラテックスによって腐食要因物質の供給が減少し、また電気抵抗が増加することでマクロセルの形成が抑制され、腐食速度が低減することが実験的に確認できた¹⁾。

ここで、近年ではコンピュータを用いたシミュレーションが様々な分野で行われており、コンクリート中の鉄筋に対するマクロセルおよびミクロセル腐食電流を解析するモデルが提案されている^{2), 3)}。本研究では、微量のラテックスを添加し、曲げひび割れを先行導入後、外来塩分による塩害促進暴露を行ったコンクリートを対象に解析を試行し、ラテックスの有無が腐食速度に及ぼす影響を評価した。

2. 代入値を求めるための実験

2.1 配合および供試体概要

表1にコンクリートの配合を示す。ラテックス量は、ポリマーディスパージョンセメント比を0.0%(LX-無)と0.5%(LX-有)とした。なお、ここでのポリマーディスパージョンに占めるラテックス固形分率は45%とする。また、ポリマーディスパージョンは、アジテーター車への後添加・練混ぜを想定し、ベースコンクリートの練混ぜ直後に混入し、30秒間練混ぜて完成とした。

角柱供試体の概要を図1に示す。長さ45mmに分割した鉄筋(D10, SD295)を要素とした分割鉄筋をかぶり30mmとなるように、100×100×400mmのコンクリート内部に埋設した。要素となる鉄筋は、中央にリード線をはんだ付けし、鉄筋の両端をエポキシ樹脂で絶縁接続した。また、コンクリート内部にエポキシ樹脂塗装を施した曲げ補強鉄筋(D10, SD295)を分割鉄筋と並列に設置し、材齢28日に曲げ载荷によりひび割れを導入した。また、その直後、ひび割れ面以外のコンクリート表面をエポキシ樹脂で被覆した。

供試体は、材齢3日に脱型を行い、材齢28日まで乾燥気中(20℃, RH90%)で養生した。その後、1日間の3%塩水浸漬、2日間の乾燥を1サイクルとする塩害促進暴露を、2ヶ月間に亘り実施した。

2.2 測定

暴露終了後、ひび割れ部(要素4)と非ひび割れ部(要素3)の分極抵抗とカソード・アノード分極曲線を測定した。分極抵抗は、交流インピーダンス法により、10kHz～1mHzの範囲において、50mVの電圧を与えて測定し、算出した。結果を表2に示す。また、分極曲線は、鉄筋要素の電位を強制的に1mV/sで卑側と貴側に变化させ

表1 コンクリートの配合

ケース	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)					LX固形分 (C×%)	SL (cm)	Air (%)
			W	C	S	G	Ad			
LX-無	50.0	45.0	165	330	811	1003	4.95	0.000	13.5	6.2
LX-有							4.62	0.225		3.3

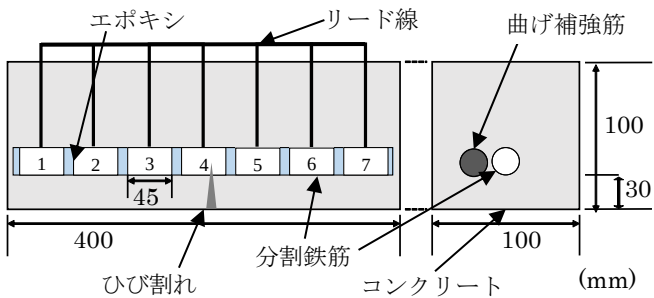


図1 角柱供試体の概要

キーワード ラテックスコンクリート, 腐食電流密度, 解析, 分極曲線, コンクリート抵抗
連絡先 〒924-0838 石川県白山市八東穂 3-1 TEL : 076-248-9504

表 2 分極抵抗の代入値 [kΩ]

ケース	要素 4	要素 3
LX-無	8.3	1125.9
LX-有	32.9	1083.5

たときに発生する電流から導出した²⁾。なお、解析モデルに代入した分極曲線は、IR ドロップ(コンクリート表面と鉄筋要素間に生じる電位ロス)を補正し、かつ一部は外挿した。分極曲線の代入値を図 2 に示す。さらに、全ての鉄筋要素間の電気抵抗は、テスターを用いて測定した。結果を表 3 に示す。

3. 解析結果

文献^{2),3)}で提案された解析モデルを用いた。ここで、要素 1~3・5~7 は何れも非ひび割れ部なため、要素 3 の分極抵抗と分極曲線を代入した。マクロセル腐食電流密度の結果を図 3 に示す。これによれば、LX-有の鉄筋要素 4(ひび割れ部)のマクロセルアノード電流密度は、LX-無に比べて小さくなることを確認できる。また、LX-有の鉄筋要素 2~3 におけるマクロセルカソード電流密度は LX-無に比べて小さいことが確認できる。これらのことから、表 3 を踏まえると、ラテックスにより、コンクリート抵抗が増加して、マクロセルの電気回路の形成が困難となり、アノード腐食電流密度の最高値およびカソード腐食電流密度は、低減されたと考えられる。

4. おわりに

φ10×20cm の円柱供試体を用い、ポリマーディスパージョンセメント比がコンクリート抵抗に及ぼす影響を評価した結果を図 4 に示す。これによれば、ポリマー量(ラテックス添加率)が増加するほど、コンクリート抵抗は増加することが認められる。今後は、本解析を応用し、防食性と経済性のトレードオフを鑑みた、最適なラテックスの添加率を検討する。

参考文献

1) 片山太貴, 宮里心一, 東 洋輔: ラテックスを微量添加したコンクリートのひび割れ部における腐食抑制効果の検証, 土木学会第 74 回年次学術講演会講演概要集, No.5, V-24, 2019

2) 畑中達郎, 宮里心一: 鉄筋コンクリートの打継部に形成するマクロセルへの腐食速度解析モデルの適用, 材料, Vol.66, No.8, pp.595-600, 2017

3) 長谷川裕介, 宮里心一, 親本俊憲, 横関康祐: ひびれを有する鉄筋コンクリートの腐食速度解析モデル

の提案, コンクリート工学論文集, Vol.17, No.1, pp.31-40, 2006

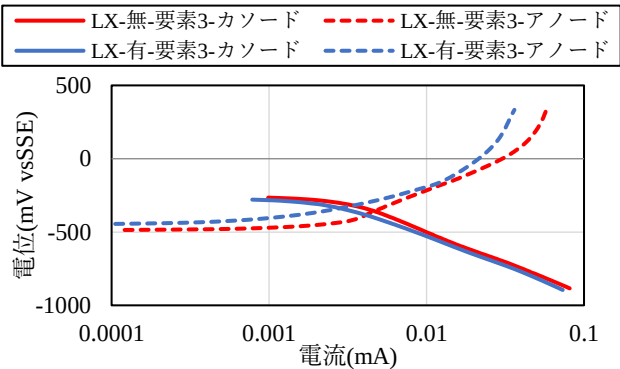


図 2 分極曲線の代入値の例

表 3 コンクリート抵抗の代入値 [kΩ]

(1) LX-無

要素	1	2	3	4	5	6	7
1		68.0	45.4	5.7	65.1	67.1	72.4
2	68.0		25.6	3.8	58.6	76.4	79.4
3	45.4	25.6		3.7	40.6	84.1	92.4
4	5.7	3.8	3.7		49.0	5.1	6.2
5	65.1	58.6	40.6	49.0		38.9	64.3
6	67.1	76.4	84.1	5.1	38.9		48.8
7	72.4	79.4	92.4	6.2	64.3	48.8	

(2) LX-有

要素	1	2	3	4	5	6	7
1		85.5	96.6	10.0	19.2	99.0	114.3
2	85.5		84.6	8.3	16.9	95.4	104.7
3	96.6	84.6		8.7	17.2	93.6	101.2
4	10.0	8.3	8.7		5.4	10.6	11.1
5	19.2	16.9	17.2	5.4		30.6	113.1
6	99.0	95.4	93.6	10.6	30.6		96.1
7	114.3	104.7	101.2	11.1	113.1	96.1	

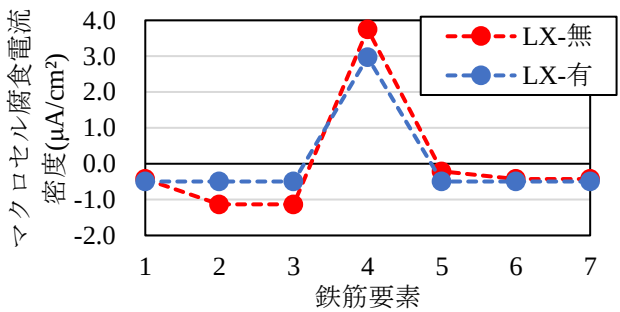


図 3 マクロセル腐食電流密度の解析値

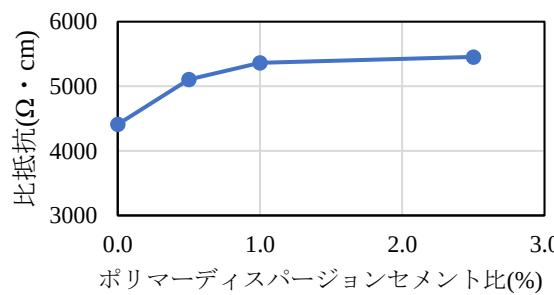


図 4 コンクリート抵抗(円柱供試体)