

塩化物による鉄筋の腐食面積

社会システム工学科
1100384 嘉藤 敬佑

要旨:本研究では、既往の研究より鉄筋の腐食について従来より求められていた質量減少率での評価のほか、腐食面積率という点から、その性状を求めた。その結果、かぶりコンクリートの水セメント比が大きいほど鉄筋腐食は表面方向ではなく深さ方向に進行する、鉄筋表面の腐食面積は塩化物イオン濃度によって主に支配されること、しかし、かぶりが大きく水セメント比が低い場合では腐食が進行しないと腐食面積も小さくなることが明らかになった。

キーワード:鉄筋腐食、腐食面積、塩化物イオン濃度

1. はじめに

本研究の目的は腐食面積と腐食深さの関係を明らかにすることである。アセットマネジメントのための鉄筋コンクリート構造物の塩害による劣化予測の必要性があり、鉄筋腐食の実際を明らかにすることである。現在のところ、鉄筋腐食の予測は質量測定によるもののみである。

2. 鉄筋腐食速度予測の現状

ここで、鉄筋の腐食予測速度の現状であるが、腐食速度として質量減少率を水セメント比、かぶり、塩化物イオン濃度で定式化されたものがあり、次に示す式がその一例である。

$$q=(1/\sqrt{c}) \times (2.89NaCl+0.023W/C-1.52)^{11}$$

ここで q:腐食速度(%/年)(質量減少率) NaCl:塩化物量(%)(NaCl/細骨材換算) W/C:水セメント比(%) c:かぶり厚さ(mm)である。

このように、現在のところ腐食速度は鉄筋の質量減少率によって示すものが殆どである。しかし、鉄筋腐食による構造物の劣化を予測するためには腐食面積の進行についても明らかにする必要がある。

3. 研究の方法

3.1 研究の方法

ここでは、笹淵論文¹⁾の鉄筋腐食データを利用した。この実験は9年間にわたってコンクリート中の鉄筋腐食速度における水セメント比、かぶり、塩化物イオン濃度の影響について鉄筋腐食面積と質量の両方を測定した唯一の実験である。

3.2 笹淵の実験の概要

この論文の実験ケースでは塩化物を含んだコンクリート中の鉄筋腐食速度を定量的に評価するため、水セメント比、塩化物量、かぶり厚さを変化させ9年間にわたって屋外曝露試験を行った実験である。この実験では腐食状態の評価について鉄筋の腐食表面積と質量減少率の両方から行っている。なお、塩化物量と水セメント比の組み合わせは表-3.2に示す通りで、かぶり厚さは15、20、30、40mmと変化させている。

表-3.2 塩化物量と水セメント比の組み合わせ

W/C(%)	塩化物量(%:細骨材質量に対して)				
	0	0.1	0.3	0.5	1
50	—	○	○	○	○
55	—	○	○	○	○
60	○	○	○	○	—
65	○	○	○	○	—

かぶり厚さ 15mm、20mm、30mm、40mm

4. 鉄筋の腐食面積と質量減少の関係

4.1 仮説

ここで、鉄筋の腐食面積と質量減少の関係の仮説をたてた。ここでは、水セメント比の大きい方が深さ方向ではなく、深さ方向が大きくなると仮定した。その理由として、水セメント比が大きいほど鉄筋下部にブリージングによる水みちが大きくなり、腐食が広がりやすくなると考えたからである。

4.2 仮説の検証

前述の仮説を検証するため腐食面積と質量減少率の関係を図にした。図-4.2 に示す。

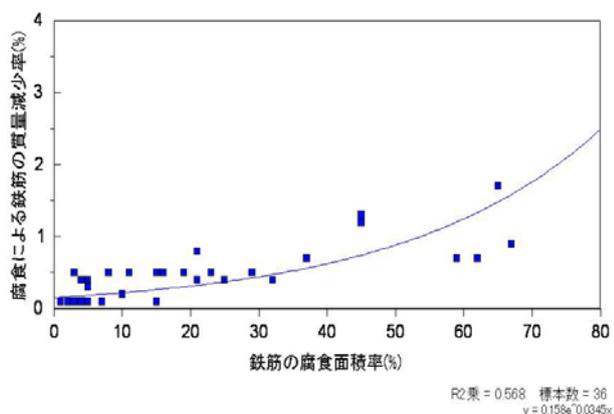
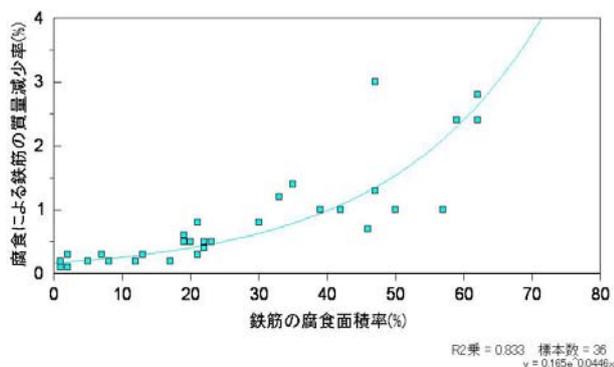


図-4.2 腐食面積と質量減少率の関係(上:W/C=65%、下:W/C=50%)

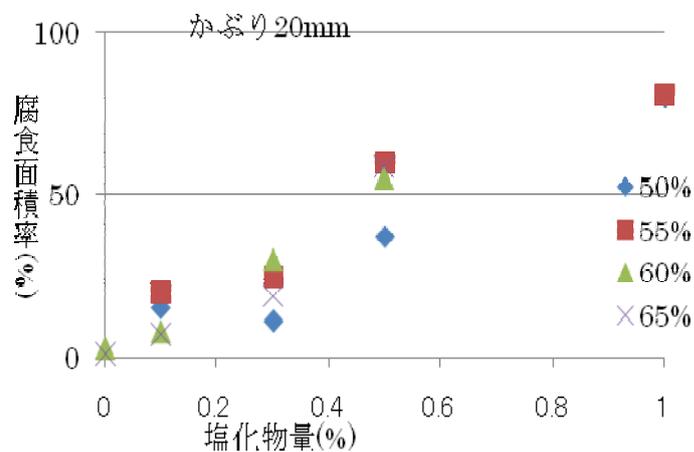
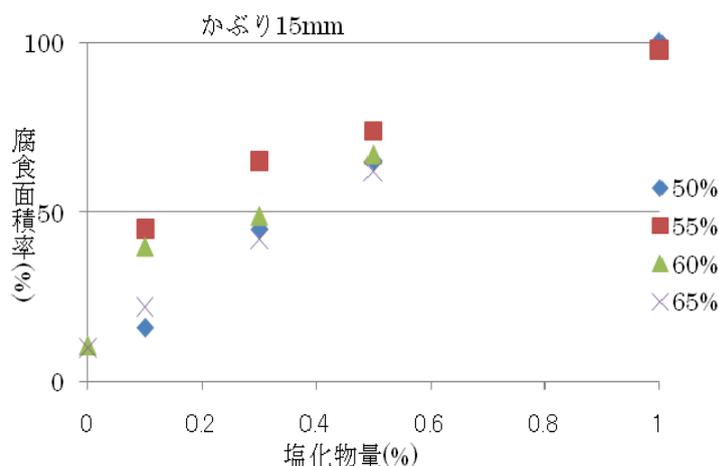
このグラフから、水セメント比の大きい方が同じ腐食面積に対して腐食が深く進行したと言えそうである。

そこで、腐食面積を支配する要因は水セメント比ではなく、むしろ塩化物イオン濃度であると考えた。

5. 塩化物イオン濃度と腐食面積率の関係

5.1 塩化物イオン濃度と腐食面積率の関係

ここに示す図-5.1 は塩化物イオン濃度と腐食面積率の関係をかぶりごとにまとめたものである。



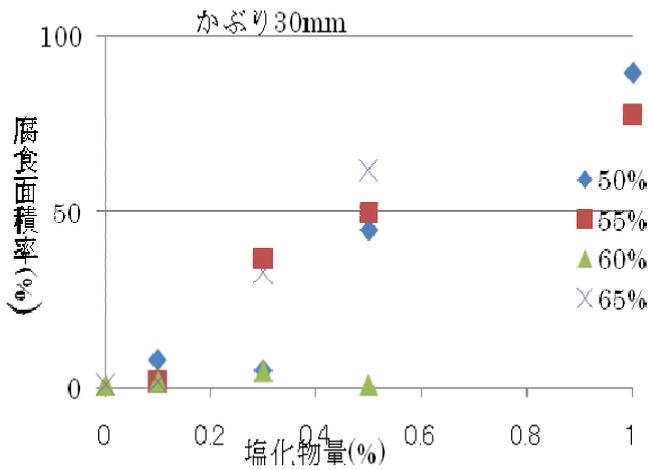


図-5.1 塩化物イオン濃度と腐食面積率の関係

かぶりが15mmと薄く酸素や水が供給されやすい条件にあったものは表面方向の腐食が進行したものの、かぶり20mm以上では塩化物イオン濃度が高くなるにつれ表面方向の腐食が大きく進行しており、腐食面積は塩化物イオン濃度が主な支配要因であり、水セメント比やかぶりの大きさの影響は小さいと言えそうである。ただし、この図を詳細にみると腐食面積の小さかった例外があり、これについては次に考察する。

5.2 腐食面積が例外的に小さかったケースの詳細
な考察:かぶり 30mm

図-5.2 はかぶり 30mm の場合において、質量減少率と腐食面積率の関係を示したものである。

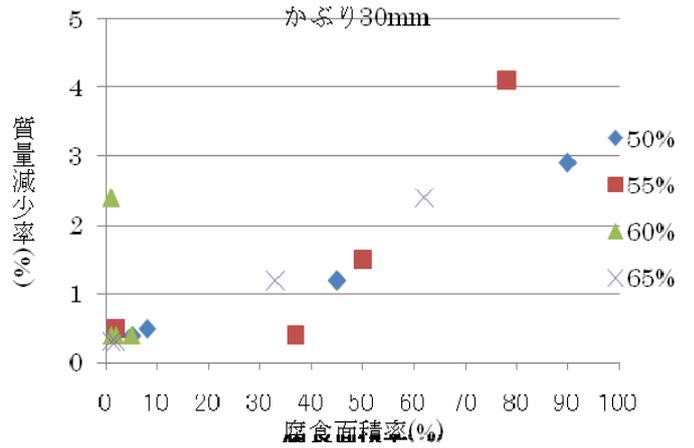


図-5.2 質量減少率と腐食面積率の関係

この図中で水セメント比 60%のケースで極端に腐食面積が小さかったものがあつたが、質量減少率に関しては傾向から外れることはなく、これは腐食が表面方向ではなく、深さ方向に進行したと考えることができる。

5.3 腐食面積が例外的に小さかったケースの詳細
な考察:かぶり 40mm

ここに示す図-5.3.1 は腐食面積率と質量減少率、図-5.3.2 は水セメント比および腐食の有無の関係を示したものである。

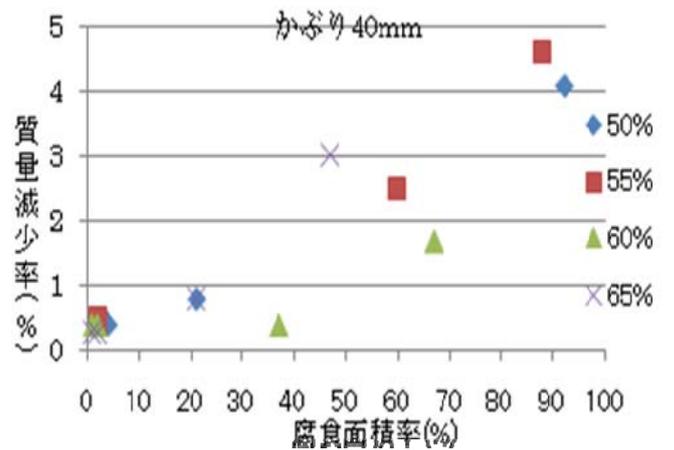


図-5.3.1 腐食面積率と質量減少率の関係

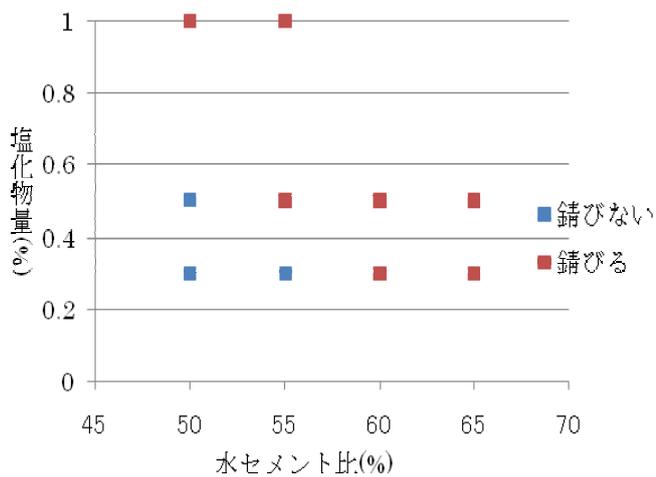


図-5.3.2 水セメント比と塩化物量及び腐食の有無

この図より、かぶりが厚い場合では、水セメント比や塩化物イオン濃度が低い場合、鉄筋の腐食面積が極めて小さくなったと考えることができる。

6. まとめ

本研究により、9年間の曝露試験結果により得られた鉄筋表面の腐食面積に関する傾向は次の通りである。

- (1) かぶりコンクリートの水セメント比が大きいほど、鉄筋腐食はより深さ方向に進行する。
- (2) 鉄筋表面の腐食面積は塩化物イオン濃度によって支配される。
- (3) ただし、かぶりが大きく、水セメント比が低い場合では腐食が進行しないと腐食面積も小さくなる。

【参考文献】

- 1) 笹渕優樹ほか:塩化物を含んだコンクリート中の鉄筋腐食速度に関する暴露試験, コンクリート工学年次論文, vol20, No1, pp. 317 - 322, 1998