コンクリート中の溶融亜鉛めっき鉄筋の非破壊診断法に関する一考察

鉄道総研 正会員 ○飯島 亨
那須電機鉄工 正会員 坂本 誠也
那須電機鉄工 盛永 康文
横田 DPC 研究所 正会員 横田 優

１．はじめに

溶融亜鉛めっき鉄筋は，コンクリート構造物用として沖縄県等で使用されており，他の地域でも使用が検討されている．しかし，亜鉛は強アルカリ性では防食能力が発揮できないことが懸念されるため，コンクリート中での溶融亜鉛めっき鉄筋の腐食状況を調べる必要がある．これまでの研究においては，コンクリート構造物における溶融亜鉛めっき鉄筋の耐食性の有無については暴露試験などの結果から診断しているが，評価が分かれている[1)]．さらに，コンクリート中の溶融亜鉛めっき鉄筋の腐食診断を行うための非破壊診断法の検討はほとんどされていない．そこで，今回，非破壊診断法である交流インピーダンス法による分極抵抗法[2)]と自然電位法を用いてコンクリート中の溶融亜鉛めっき鉄筋の測定を実施して，腐食評価の適用の可能性を検討した．

２．試験概要

試験に用いた供試体は，図１に示すように 400×100×100mm として，溶融亜鉛めっき鉄筋を 2 本配置した．コンクリートの配合は表１に示すように，腐食を促進させるために塩化物イオンを 5kg/m^3 添加した．

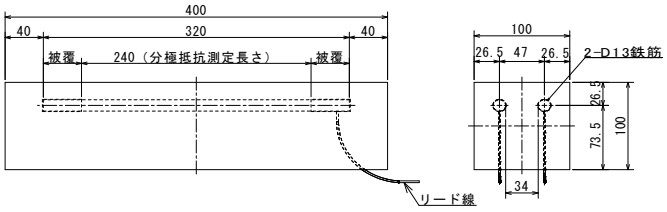

図１ 試験に用いた供試体

表１ コンクリートの配合

セメント	水	水セメント比	細骨材	粗骨材	空気量	塩化物イオン量
322kg/m^3	193kg/m^3	60%	1070kg/m^3	716kg/m^3	4.5%	5kg/m^3

供試体の腐食状態を腐食速度大，腐食速度中，腐食速度小とするため，供試体の養生環境を表２に示す3ケースとした．

表2 供試体の養生環境

ケース	状態	供試体の養生環境
1	腐食大	6日封かん、20日気中養生、27日乾湿
2	腐食中	6日封かん、50日気中養生
3	腐食小	6日封かん、110日気中養生

分極抵抗と自然電位の測定は鉄筋腐食診断器 SRI-CM-Ⅲを用いた．なお，分極抵抗の測定は周波数を 10Hz から 1mHz までの 9 段階で行う一般的な測定（以下，精密測定とよぶ）と，測定時間短縮のため，10Hz と 20mHz の 2 周波数測定（以下，簡易測定とよぶ）の 2 測定を実施し，簡易測定の適用性も検討した．

３．試験結果

溶融亜鉛めっき鉄筋の交流インピーダンス法による分極抵抗（精密測定）の測定結果は，複素平面表示（Cole-Cole プロット）により整理した．その結果は図２に示すとおりで，いずれの結果も通常の鉄筋で測定されるインピーダンス軌道と同様に，高周波数側（図の左側）では溶液抵抗（ここではコンクリート抵抗:Rs）が測定され，低周波数側（図の右側）では半円状の分極抵抗:Rp が測定されている．また，分極抵抗値は，腐食速度大，腐食速度中，腐食速度小の順で大きくなっている．分極抵抗の逆数と腐食速度の間には正の相関関係が成立していることから，この結果は妥当なものと推測され，腐食評価の適用が可能であると考えられる．

また，上述した 3 ケースの供試体で精密測定と簡易測定の分極抵抗値を測定した結果は，表 3 に示すとおりで，コンクリート中の溶融亜鉛めっき鉄筋の分極抵抗を簡易測定で実施しても精密測定とほぼ同等の値が得られることがわかった．

キーワード コンクリート，溶融亜鉛めっき，鉄筋，非破壊診断法，自然電位，分極抵抗
連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 （公財）鉄道総合技術研究所 TEL 042-573-7338

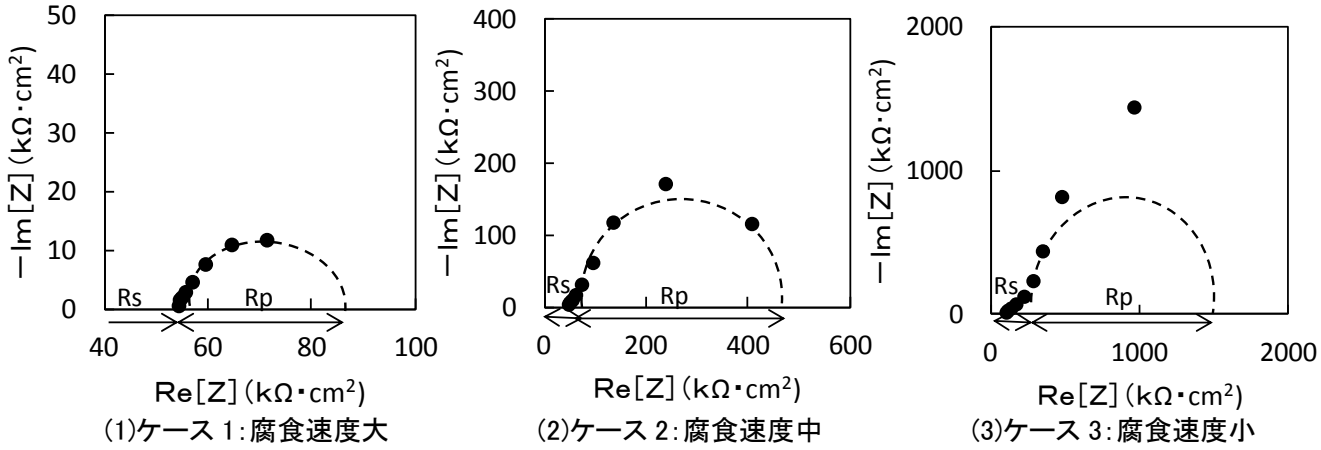

図 2 溶融亜鉛めっき鉄筋の交流インピーダンス測定結果(精密測定)

腐食速度:Icorr=K・(1/分極抵抗:Rp) (式 1)

溶融亜鉛めっき鉄筋の自然電位の測定結果は，式1を用いて分極抵抗から算出した腐食速度（K 値は通常の鉄筋と同じ 26mV を使用）との関係として図3に示す．この図から，通常の鉄筋で測定される自然電位と同様に，腐食が進行するにつれて自然電位が卑側（低側）に移行していることが確認できた．しかし，その自然電位の絶対値は通常の鉄筋の場合とは異なり，腐食速度が小さい場合には-400mV（銅/硫酸銅基準）程度で，腐食速度が大きくなると-700mV から-800mV の値であった．通常の鉄筋の自然電位の値と比較すると，全体的に 300mV 程度卑側の値となっている．これは鉄の電極反応電位と亜鉛の電極反応電位が異なることに起因していると考えられる．

表3 分極抵抗の測定結果

ケース	精密測定	簡易測定
1	38	40
2	370	310
3	1230	1140

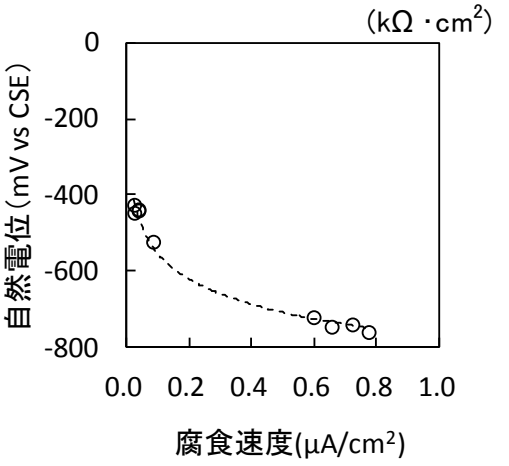

図 3 腐食速度と自然電位の関係

4．まとめ

コンクリート中の溶融亜鉛めっき鉄筋の腐食診断を行うための非破壊診断法である交流インピーダンス法による分極抵抗法と自然電位法の腐食評価の適用の可能性を検討した．その結果，以下のことがわかった．

(1) コンクリート中の溶融亜鉛めっき鉄筋の交流インピーダンス法による分極抵抗の測定結果は，妥当なものと推測され，腐食評価の適用が可能であると考えられる．

(2) 精密測定と簡易測定の分極抵抗値を測定した結果から，コンクリート中の溶融亜鉛めっき鉄筋の分極抵抗を簡易測定で実施しても精密測定とほぼ同等の値が得られることがわかった．

(3) 溶融亜鉛めっき鉄筋の自然電位は，電位値の絶対値が通常の鉄筋とは異なるが，腐食をすると電位値が卑側に移行することは，通常の鉄筋と同様であり，腐食評価の適用が可能であると考えられる．

最後に，溶融亜鉛めっき鉄筋の腐食速度の算出に K 値は通常の鉄筋と同じ 26mV を使用したが，金属の種類により異なることが考えられる．このため，今後腐食減量を含めた試験を実施してさらに信頼性を向上させたいと考えている．

参考文献

1) Abdullah K.SOMEH, 佐伯昇, 堀内敬, 能登谷武紀:亜鉛めっき鋼繊維による鉄筋コンクリート部材の防食挙動と性能, 土木学会論文集, №655, V-48, pp.35-46, 2000.8.

2) 土木学会:コンクリート中の鋼材の腐食性評価と防食技術研究小員会(338 委員会)成果報告書(その 2)およびシンポジウム論文集, pp. 196-203, 2012.10.