

### - 3 インピーダンス測定法を用いたコンクリート中の鉄筋の腐食診断方法に関する研究

#### Examination of the corrosion diagnostic method of the steel rod in the concrete using the impedance measuring method

(研究期間 平成 14～16 年度)

材料研究グループ  
 Dept. of Materials Engineering

黄 光律  
 Hwang Kwangryul

棚野博之  
 Tanano Hiroyuki

建築生産研究グループ  
 Dept. of Production Engineering

鹿毛忠継  
 Tadatsugu Kage

In this research, inquiry of the position of a steel rod and thickness and the corrosion state of a steel rod were investigated using the exchange impedance measuring method among electric inquiry technology for the purpose of development of the technique of the ability to grasp the internal state of reinforced concrete exactly from the surface of concrete. Consequently, it has checked that the corrosion of a steel rod could be enough evaluated by the impedance measuring method by current lead attached in the concrete surface in non-destructing.

#### [ 研究目的及び経過 ]

本研究では、鉄筋腐食状況、施工欠陥などの鉄筋コンクリートの内部状態をコンクリートの表面からの確に把握できる手法の開発を目的とし、電気探査技術のうち交流インピーダンス測定法により鉄筋の位置、太さの探査ならびに鉄筋の腐食状態を調べた。

さらに、暴露した試験体を用いて、交流インピーダンス法による測定を行うとともに、それを破壊して測定した鉄筋の質量減少率や腐食面積率のような鉄筋腐食量と比較し、鉄筋の腐食状態の診断を試み、その実用性に関して検証を行った。

#### [ 研究内容 ]

##### 1. 鉄筋の探査実験

供試体は、単位水量 175kg/m<sup>3</sup>、単位セメント量 350kg/m<sup>3</sup>、単位砂量 883.7kg/m<sup>3</sup> の W/C=50% のモルタルとし、供試体の寸法は図 1 に示すように 350 × 300 × 120mm とし、供試体の表面から 30, 40, 50mm のところに D19, D29, D38 の鉄筋を設置し、20 ± 2 の水中で材齢 28 日まで養生した。

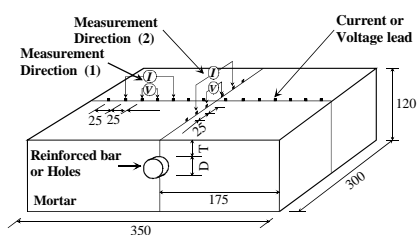


図 1 供試体および電極

##### 2. 暴露実験

本実験では、15 年間暴露した試験体を用いて鉄筋の腐食状態の診断を試みた。その概要は次のとおりである。鉄筋は黒皮付の丸鋼 13mm (電炉 JIS 商品) を用いたものである。

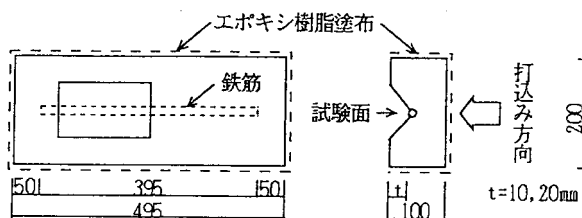


図 2 供試体および鉄筋

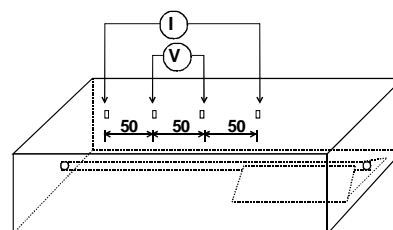


図 3 電極の取り付け位置

##### 3. 電極および電極の取り付け

電極の取り付けは、図 4 に示すように、供試体の表面にあらかじめ穴をあけ、銀ペーストに銅線を埋め込んで作製し、電極の間隔は 50mm とした。

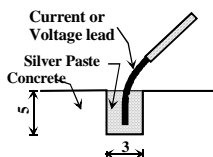


図 4 電極の詳細

#### 4. 比抵抗およびインピーダンスの測定

本実験では、電極配置をウェナとし、電流極および電位極を移動させながら測定し、得られた1次電位差から見掛け比抵抗の類似分布を算出した。電流電極には、交流電源を接続して電流を流し、電流の大きさ  $I$  をはかり、電位電極には電圧計を接続して二つの電極間の電位差  $V$  をはかった。この電位差は図 5 に示す Lock in Amplifier を用いて以下の条件下で測定した。

- ・電圧入力：1 V、入力周波数：0.01Hz ~ 10kHz
- ・電流出力：1 [mA]RMS (1V/1mA)

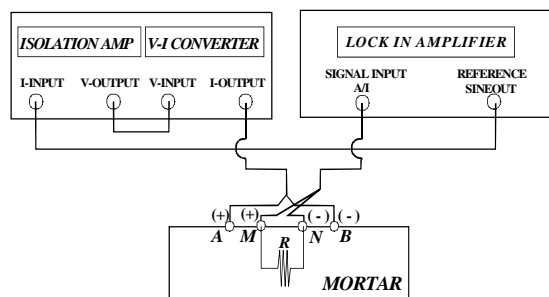


図 5 インピーダンスの測定装置の概要

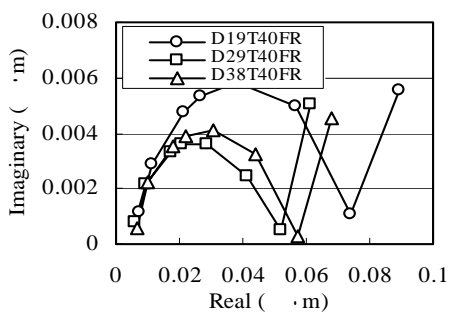


図 6 結果の一例：インピーダンス特性

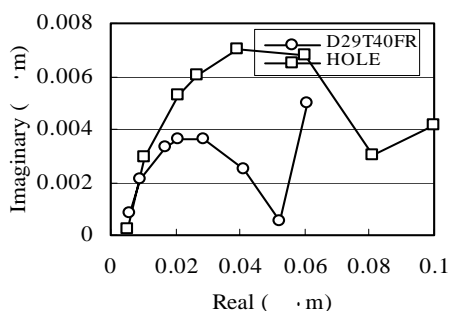


図 7 結果の一例：インピーダンス特性

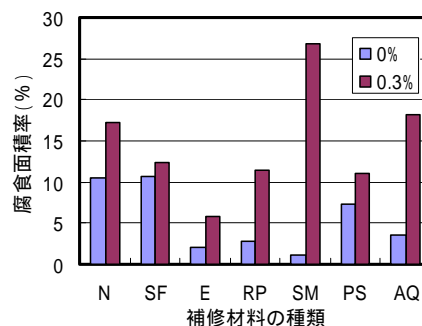


図 8 結果の一例：腐食面積率と補修材料の関係

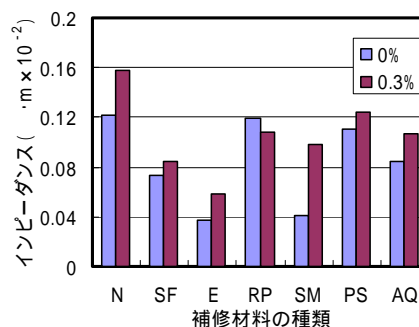


図 9 結果の一例：インピーダンスと補修材料の関係

#### 5. まとめ

本研究では、鉄筋腐食状況、施工欠陥などの鉄筋コンクリートの内部状態をその表面から比抵抗法および交流インピーダンス測定法により調べるとともに、暴露した試験体を用いてその実用性を検証した。その結果以下の知見が得られた。

- 1) 電極の配置が鉄筋と平行であり、電極の間隔が鉄筋の直径より長い場合、位相角の測定により鉄筋の位置の識別が可能である。
- 2) インピーダンスは鉄筋の太さが太く、モルタルのかぶり厚さが小さいほど小さい。
- 3) インピーダンスは鉄筋が入っている場所より、空洞のような施工欠陥のある場所で高くなる。
- 4) インピーダンスは健全な鉄筋より腐食した鉄筋の場合が高い。
- 5) 鉄筋の腐食率は以下の式で表すことができると考えられる。

$$\sigma_c = aZ + b$$

$\sigma_c$ : 鉄筋の腐食率、 $Z$ : インピーダンス、 $a, b$ : 実験定数または係数

また結論として、コンクリート表面に取り付けた電極によるインピーダンス測定方法は実際に破壊して測定した鉄筋腐食量に比較し類似した傾向を示しており、鉄筋の腐食を非破壊的に推定できる良い方法と言える。