PC 鋼より線を用いた暴露はり試験体の電気化学的測定

港湾空港技術研究所　正会員　○染谷　望
東京理科大学　正会員　加藤　佳孝
前田工繊　正会員　中井　裕司
川田建設　正会員　渡部　寛文

1. はじめに

コンクリート試験体の鋼材腐食の評価は，主に電気化学的測定法が用いられており，実験室での試験は丸鋼や異形鋼材を用いた検討が多くなされている．ここで，実験室での試験と比較し，実環境に試験体を暴露した場合，かぶりが塩化物イオン，二酸化炭素，降雨および温湿度変化などの影響を受けるため，かぶりコンクリートを介した表面からの電気化学的測定結果は，かぶりコンクリートの状態変化の影響を強く受けると考えられる．さらに，プレストレストコンクリートの場合，一般的なコンクリートよりも圧縮強度が大きくコンクリート抵抗が大きいことや，測定対象が PC 鋼より線であるため被測定面積の考慮が必要であり，電気化学的測定の適用や測定結果の解釈が難しいと考えられる．

本研究では，実環境に 17 年間暴露したプレストレストコンクリート試験体の電気化学的測定および試験体の解体により，鋼材腐食の検討をした．

2. 実験概要

2.1 試験体概要

試験体はプレテンション方式で作製され，寸法は桁高2,000mm，幅150mm，桁長2,000mmであり，材齢2か月の暴露前の試験体に初期載荷として，曲げ耐力の約65%（14kN m）を与えて曲げひび割れを導入している[1)]．また，主筋であるPC鋼より線のかぶりは35mmである．試験体は，年平均気温15°Cで年降水量1300mmの千葉市内の内陸部（以下，内陸暴露）と，太平洋に面した年平均気温15°Cで年降水量2300mmの伊豆半島の飛沫帯（以下，海洋暴露）に17年間暴露したものである[1)]．

2.2 測定項目

試験体の測定位置は，**図－1** に示すようにセンター（以下，CL）よりピッチ 100mm で各 6 点，計 13 点の測定をした．

(1) 自然電位測定

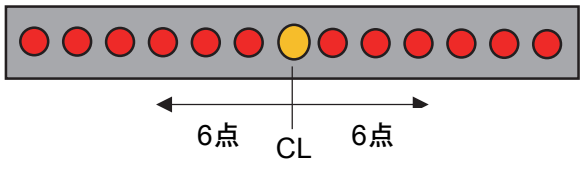
測定には入力抵抗 1TΩ のポテンショガルバノスタット（北斗電工，HZ-7000）を用いて，かぶりを介した表面から測定した．照合電極は，飽和塩化銀照合電極（SSE: Ag/AgCl 飽和 KCl 水溶液）= +196(mV vs. NHE)を用いた．なお，測定時の気温は 6.5 C であることから，測定した自然電位を温度補正した[2)]．

(2) インピーダンススペクトル

測定系は3電極系とした．印加電圧は±50mV（rms），掃引周波数は 10kHz～10mHz とした．なお，測定点数は 5 点，10kHz～10Hz の積分回数は 20 回，1Hz 以下の積分回数は 1 回とした．

(3) 分極曲線および腐食電流密度

走査速度を 60mV/min とし，自然電位から 150mV カソード側に分極した後に 90 秒間停止し，その後，走査速度を 20mV/min で 150mV アノード側に分極させた．分極曲線の IR 補正として，印加電圧±10mV(rms)，100Hz のサイン波を重畳させ測定した液間抵抗と，分極時の電流値を用いた．腐食電流密度は，分極曲線より Tafel 外挿法を用いて求めた．また，PC 鋼より線は 7 本束ねて φ9.3mm となり，被測定面積は対極直下の表面部分にのみ電流が加わると仮定した．



図－1　試験体の測定個所（100mm ピッチ）

3. 実験結果

図－2 に内陸暴露，**図－3** に海洋暴露の自然電位の経年変化を示す．内陸暴露の 2015 年測定は概ね−150～0mV，2016 年は概ね 100～200mV と貴な電位とな

キーワード　実環境暴露　電気化学測定　プレストレストコンクリート
連絡先　〒239-0826　神奈川県横須賀市長瀬 3 丁目 1 番 1 号　TEL046-844-5010　Email:someya@parigo.jp

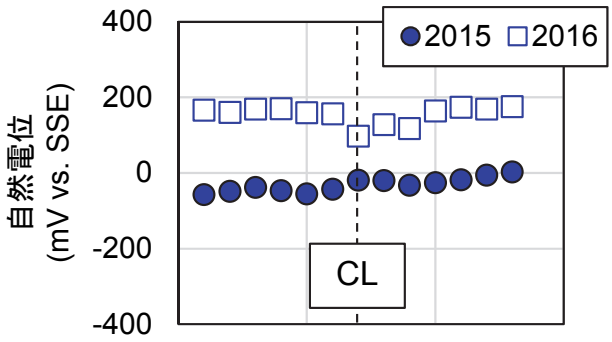
った．海洋暴露は，2015 年測定が−250～−350mV と最も卑な電位となるが，2015 年を除くと概ね−150mV～−200mV となった．なお，曲げひび割れを導入している CL 付近の自然電位は，他の測定箇所と同程度の電位となった．ASTM C 876[3]の自然電位の判定基準を SSE 基準に変換し測定結果を評価すると，内陸暴露は「90%以上の確率で腐食なし」，海洋暴露は「不確定」と考えられる．

各試験体の腐食電流密度を**図－4** に示す．内陸暴露の腐食電流密度は 0.11～0.13μA/cm^2，海洋暴露は概ね 0.22～0.31μA/cm^2 となり，海洋暴露の腐食速度が 2～3 倍程度大きくなった．なお，各試験体の測定位置ごとの腐食電流密度の変化は小さいことが分かる．CEB[4]の腐食速度の判定基準より測定結果を評価すると，内陸暴露は「不動態状態」，海洋暴露は「低～中程度の腐食速度」と考えられる．

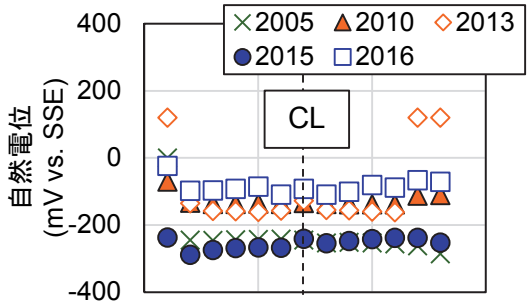
電気化学的測定結果より，海洋暴露は鋼材腐食が生じている可能性が考えられることから，試験体を解体し PC 鋼より線の表面を観察した．曲げひび割れが導入された CL 付近の PC 鋼より線の表面を**写真－1** に示す．表面観察の結果，CL 付近の 5 か所に軽微な腐食は生じているが，断面欠損等は生じていなかった．このことから，かぶりコンクリートを介した電気化学的測定は，軽微な腐食個所を把握することは困難であった．そのため，実環境暴露によるかぶりの性状変化や，照合電極の設置間隔等が測定結果に与える影響の把握が今後の課題である．

4. まとめ

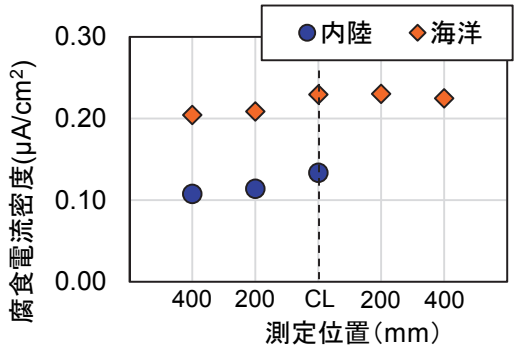
電気化学的測定や PC 鋼より線の表面観察の結果より，内陸暴露試験体は鋼材腐食が生じていなかった．また，海洋暴露試験体の鋼材腐食の程度は軽微であった．



図－2 内陸暴露試験体



図－3 海洋暴露試験体



図－4 各試験体の腐食電流密度（2016）

写真－1 腐食個所の表面観察（海洋環境暴露）

謝辞

本実験の実施にあたり ACC 建設用先端複合材技術協会に多大なるご協力を頂きました．ここに，感謝の意を表します．

参考文献

1) 中井裕司，酒井博士，西村次男，魚本健人：各種連続繊維補強材を用いた PC はりの暴露試験の中間報告，コンクリート工学年次論文集，Vol.25，No.1，pp.335-340，2003.

2) 篠田吉央，望月紀保：鉄筋自然電位の測定温度に伴う照合電極間の電位換算について，土木学会第 66 回年次学術講演会概要集，pp.447-448，2011.

3) ASTM C 876-91 (Reapproved 1999): Standard Test Method for Half-Cell Potentials of Uncoated Reinforcing Steel in Concrete, Annual Book of ASTM Standards, Vol.03.02, pp457-462, 1999.

4) CBE Bulletin No. 243: Strategies for Testing and Assessment of Concrete Structures affected by Reinforcement Corrosion, 1998.