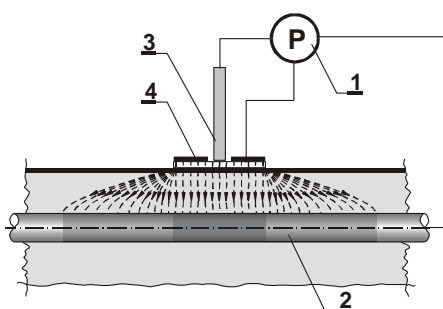


CHARAKTERYSTYKA KSZTAŁTU KRZYWYCH POLARYZACJI W STAŁOPRĄDOWYCH BADANIACH KOROZYJNYCH ZBROJENIA W BETONIE

Tomasz JAŚNIOK
Politechnika Śląska, Gliwice

1. Wstęp

Stałoprądowe badania polaryzacyjne należą do metod elektrochemicznych, umożliwiających określenie bardzo małych szybkości korozji w betonie. Adaptując je do badań w elementach żelbetowych, stosuje się układ trójelektrodowy oraz urządzenie sterujące (potencjostat) 1 – rys. 1. Elektroda badaną jest zbrojenie elementu żelbetowego 2.



Rys. 1 Schemat badań polaryzacyjnych zbrojenia w betonie.

Fig. 1 Schema of polarization test of reinforcement in concrete.

Nad zbrojeniem umieszcza się głowicę składającą się z elektrody odniesienia 3 oraz elektrody pomocniczej 4.

Podczas badań w konstrukcjach żelbetowych największe problemy stwarza elektroda pomocnicza 4, której wymiary są znacznie mniejsze od długości prętów zbrojeniowych 2 – rys. 1. Taka dysproporcja może powodować bardzo nierównomierny rozkład linii pola elektrycznego, a w konsekwencji błędne wartości uzyskanych w badaniach parametrów szybkości korozji.

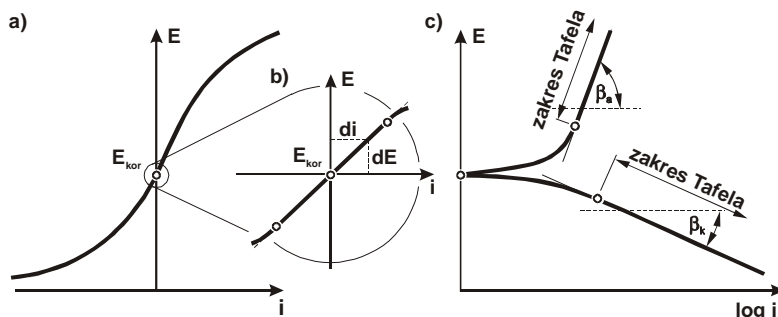
Natomiast bardzo trudnym do sprecyzowania, i z tego względu często pomijalnym w badaniach aspektem, jest wpływ czynników elektrochemicznych związanych z szybkością przeniesienia

ładunku elektrycznego oraz transportem reagentów w pobliże elektrody, które wpływają na kształt krzywych polaryzacji. Zniekształcenie krzywych bezpośrednio wpływa na wyliczone wartości gęstości prądu korozyjnego i_{kor} , który jest bezwzględną miarą szybkości korozji stali zbrojeniowej.

2. Określanie szybkości korozji na podstawie krzywych polaryzacji

Określając krzywą polaryzacji dokonuje się pewnego elektrycznego zaburzenia elektrody metalicznej i rejestruje się jej odpowiedź. Elektryczne zaburzenie elektrody jest

wywoływane przez przyłożenie potencjału zmiennego w czasie. Otrzymana krzywa jest graficznym przedstawieniem zależności sygnału prądu (oś odciętych) w funkcji przyłożonego potencjału (oś rzędnych) – rys. 2a.



Rys. 2 Krzywa polaryzacji – opis w tekście.
Fig. 2 Polarization curve – description in text.

Na podstawie przebiegu krzywej polaryzacji określa się opór polaryzacji R_p , który definiuje się jako nachylenie krzywej przy małych wartościach przyłożonego napięcia polaryzującego – rys. 2b. Opór polaryzacji wiąże się z gęstością prądu korozyjnego za pośrednictwem stałych Tafela b_a i b_k (stałych reakcji elektrodowych) [1, 2]

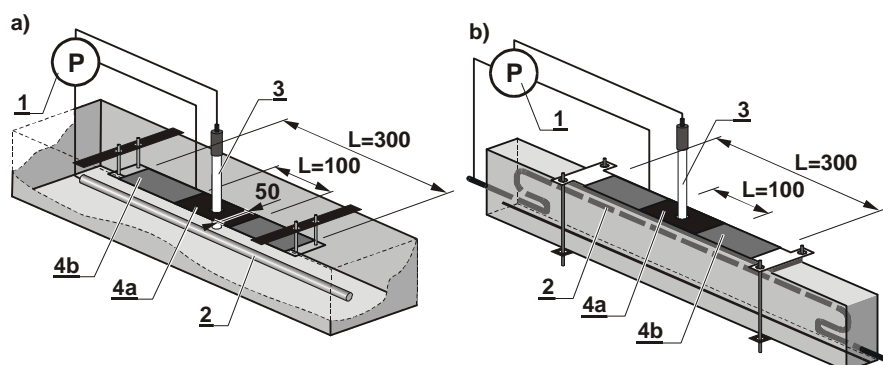
$$i_{kor} = \frac{b_a \cdot b_k}{R_p \cdot 2,303(b_a + b_k)} \quad (1)$$

Wartości stałych można określić graficznie jako nachylenia prostoliniowych odcinków krzywych polaryzacji w logarytmicznej skali gęstości prądu (rys. 2c).

Przedstawiony na rys. 2 kształt krzywej, chociaż zawsze będzie miał wznoszący charakter od lewej do prawej strony wykresu, to zależy od zasadniczo od dwóch czynników: szybkości przeniesienia ładunku elektrycznego oraz transportu reagentów w pobliżu elektrody (powierzchni zbrojenia). Poniżej podjęto próbę określenia wpływu tych czynników w stałoprądowych badaniach polaryzacyjnych w betonie.

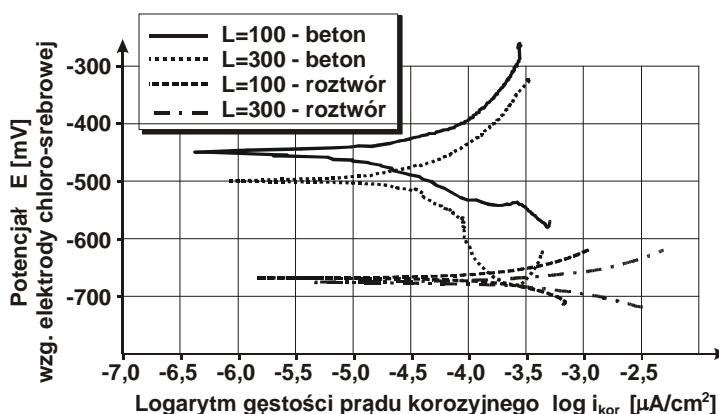
3. Badania doświadczalne i analiza krzywych polaryzacji

Analizę zmiany kształtu krzywych polaryzacji oraz ich usytuowania na wykresie prąd-potencjał przeprowadzono doświadczalnie. Wykorzystano w tym celu betonowe elementy próbne z pojedynczym prętem zbrojeniowym, na którym w wyniku karbonatyzacji betonu rozwinęły się procesy korozyjne (rys. 3a) oraz pręt zbrojeniowy zanurzony w wodzie wodociągowej (rys. 3b). Woda wodociągowa modelowała oddziaływanie cieczy porowej betonu silnie zubożonej, która wywołuje korozję równomierną, analogicznie jak skarbonatyzowany beton w elemencie betonowym. Ponadto zastosowanie roztworu wodnego w badaniach elektrochemicznych pozwoliło uniknąć niejednorodności związanych z budową betonu. Z tego względu wyniki uzyskane w tym schemacie korozyjnym uznano za reprezentatywne i zbliżone do wyników, które uzyskałoby się klasycznie, w naczynku pomiarowym stosowanym w laboratoriach elektrochemicznych.



Rys. 3 Elementy próbne – opis w tekście
Fig. 3 Specimens – description in text.

Badania polaryzacyjne wykonano w schemacie pomiarowym pokazanym na rys. 1, lecz używano naprzemiennie dwie elektrody pomocnicze różniące się wymiarami. Stosowano elektrodę $L=100$ o wymiarach 50×100 mm (na rys. 3 oznaczona jako $4a$) oraz elektrodę $L=300$ o wymiarach 50×300 mm (na rys. 3 oznaczono jako $4b$). Wyniki badań w postaci krzywych polaryzacji przedstawiono na rys. 4.



Rys. 4 Wyniki badań polaryzacyjnych – opis w tekście
Fig. 4 Polarization test results – description in text.

Nachylenie krzywej przy potencjale korozyjnym (przy którym określa się opór polaryzacji R_p), determinowane jest przede wszystkim przez szybkość przeniesienia ładunku, gdyż wartość przyłożonego potencjału polaryzującego jest niewielka, a stężenie reagentów przy elektrodzie jest wystarczające do niezakłóconego przebiegu reakcji elektrodowych. Przy odpowiedniej wilgotności betonu nie występują trudności ani błędy w wyznaczaniu oporu polaryzacji określanego w zbrojeniu elementów żelbetowych.

Większych problemów należy się spodziewać przy określaniu współczynników Tafela b_a i b_k . W tym przypadku przyłożone napięcie polaryzujące jest duże i w konsekwencji znacznie wzrastają szybkości zachodzenia reakcji elektrodowych, co pociąga za sobą

zwiększenie transportu ładunku elektrycznego i reagentów do powierzchni elektrody. Gdy transport ten jest utrudniony uwidacznia się wpływ zmiany stężenia reagentów na krzywej polaryzacji, w postaci silnego zakrzywienia krzywych w tzw. zakresach Tafela – (por. rys. 2) aż do skrajnego przypadku, gdy krzywa polaryzacji przyjmuje kształt prostej pionowej. Na rys. 4 krzywe polaryzacji we wszystkich przypadkach wykazują aktywacyjny charakter zależności prąd-potencjał. Zarówno w środowisku wodnym, gdy nie ma utrudnień w transporcie reagentów i nośników ładunku, jak i w betonie, gdzie migracja jonów i cząstek może być ograniczona.

Analizując wpływ wielkość elektrody odniesienia można zauważyć, że zwiększenie jej wymiarów skutkuje tylko przesunięciem krzywej polaryzacji w kierunku większych wartości prądu, co jest związane z zwiększeniem obszaru zachodzenia reakcji na elektrodzie. Pozioma symetryczność wszystkich krzywych oznacza, że reakcje anodowe i katodowe zachodzą z przybliżoną szybkością. Zwiększenie powierzchni elektrody odniesienia nie powoduje kontroli procesu pomiarowego przez jedną z tych reakcji.

4. Wnioski

Stałoprądowe badania polaryzacyjne w betonie nie stwarzają zasadniczo większych trudności interpretacyjnych. Porównanie wyników badań przeprowadzonych w betonie jak i w wodzie wodociągowej pozwalają stwierdzić, że wpływ czynników determinujących kształt i charakter krzywych polaryzacji jest bardzo zbliżony w obu środowiskach.

Oznaczenia symboli

- i_{kor} – gęstość prądu korozyjnego, corrosion current density, [A/m^2],
- R_p – opór polaryzacji, polarization resistance, [Ω],
- b_a – stała Tafela reakcji anodowej, Tafel constant of anodic reaction, [V],
- b_k – stała Tafela reakcji katodowej, Tafel constant of cathodic reaction, [V],

Literatura

- [1] Kisza A.: Elektrochemia II. Elektrodyka, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 2001.
- [2] Song G.: Theoretical analysis of the measurement of polarisation resistance in reinforced concrete, *Cement & Concrete Composites* 22 (2000), str. 407-415.

CHARACTERISTIC OF POLARIZATION CURVE OF DC CORROSION TESTS IN CONCRETE

Summary

In the paper the polarization tests of reinforcing rods in concrete and water were shown. The basis of tests results was affirmed, that influence of factors which determined the shape and character of polarization curves i.e. speed of electrical charge transfer and speed of reactants transfer was very similar close to electrode.