



SZKOŁA GŁÓWNA  
GOSPODARSTWA  
WIEJSKIEGO

# **Wpływ kwasów organicznych na strukturę betonów do silosów na kiszonki**

Krzysztof Wiśniewski, Joanna Witkowska-Dobrev,  
Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska  
Katedra Mechaniki i Konstrukcji Betonowych SGGW

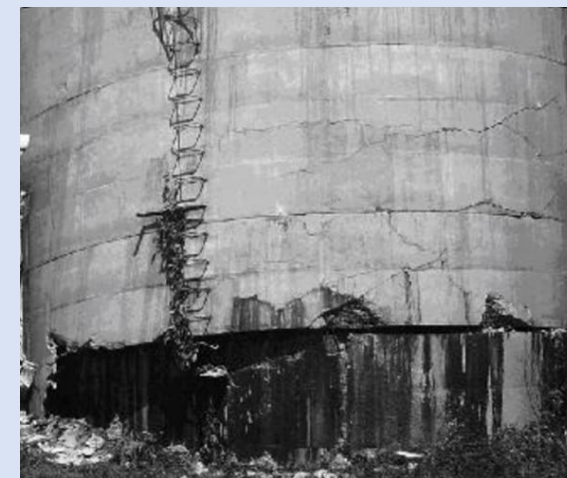


## Silosy na kiszonkę

Niszczenie elementów betonowych występujące zwłaszcza w środowiskach o obniżonym pH dotyczy obszarów wiejskich. Na obszarach wiejskich ciągły rozwój produkcji zwierzęcej zwiększa obciążenie środowiska.

W gospodarstwach rolniczych rozkład pasz lub produktów rolnych w obecności wody prowadzi do powstawania kwasów paszowych (mlekowego, octowego, mrówkowego) o pH niższym niż 4,5, które są główną przyczyną kwasowa korozja betonu, ponieważ beton jest zasadowy, jego pH jest na poziomie 11-12. Odczyn kiszonki kształtuje się od 5,2 do 3,5 pH. Środowisko to należy więc ocenić jako silnie agresywne dla betonu. Występuje także mniej lub bardziej intensywna korozja kwasowa betonu w jego przy powierzchniowej warstwie, z wytworzeniem mleczanu wapniowego octanu wapniowego i maślanu wapniowego rozpuszczalnych w wodzie.

W wyniku tych procesów zachodzi wymywanie wapnia i degradacja powierzchni betonu. Zmiana wartości pH pociąga za sobą zmianę rozpuszczalności różnych związków, co może wpływać na stabilność struktury betonu.



Skorodowany silos na zboże [18]

Przeprowadzone badania związane są ze skutkami korozji kwasowej betonu. Ze względu na wysokozasadowy odczyn, beton charakteryzuje się zwiększoną reaktywnością z substancjami o pH niższym niż 6,5. W agresywnym środowisku o niskim pH, podstawową reakcją jaka zachodzi w betonie jest zobojętnienie wodorotlenku wapnia. Wynikiem tej reakcji jest powstawanie trudno- lub łatwo-rozpuszczalnych w wodzie soli wapnia. Na przykład mechanizm wymywania soli łatwo-rozpuszczalnych w wodzie z matrycy cementowej, powoduje zwiększenie porowatości i przepuszczalności zewnętrznej warstwy betonu. Co prowadzi do zachwiania ich parametrów wytrzymałościowych.



Widok pęknięć na połączeniach technologicznych przy betonowaniu



Widok korodującego betonu i zbrojenia

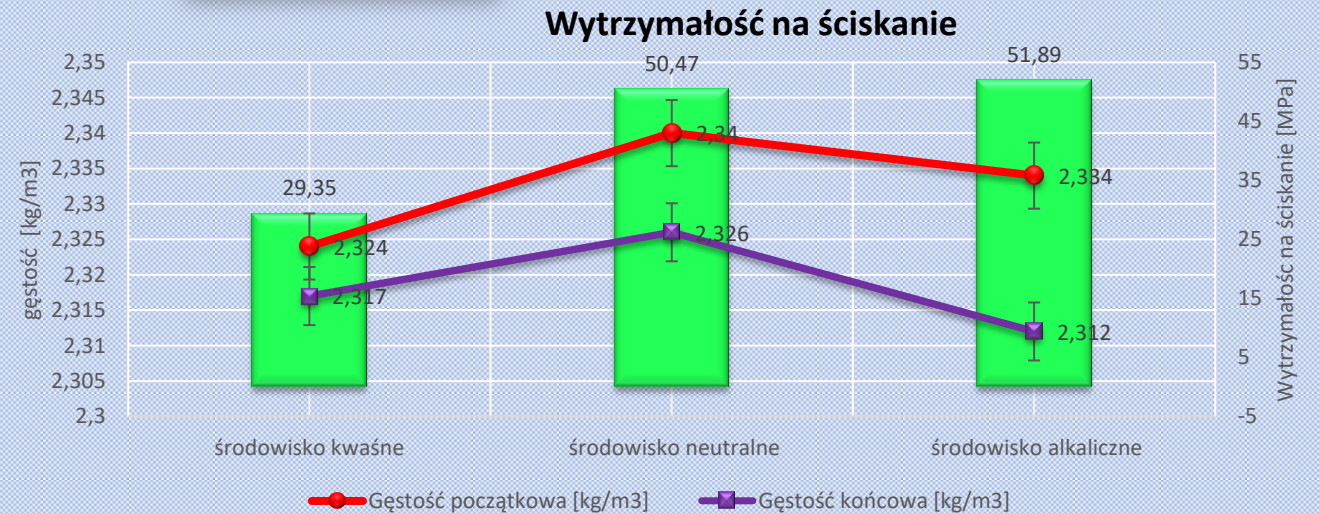


Korozja wywołana kwasami organicznymi w oborze na słupie żelbetowym



## BADANIA

CZĘŚĆ I: Próbki wykonano zgodnie z normą PN-EN 206+A1:2016-12 [ 30,31 ]. Próbki formowano w formach 100x100x100mm. Próbki sezonowano przez 270 dni w roztworze 10% kwasu octowego (stężenie molowe 1,69 mol/dm<sup>3</sup>). Dodatkowo dwie serie próbek przechowywano w wodzie destylowanej i roztworze alkalicznym (10% roztwór NaOH, stężenie molowe 5,33mol/dm<sup>3</sup>) przez 270 dni. Próbka kontrolna była przechowywana w stanie powietrznie suchym w laboratorium w temperaturze 20°C i wilgotności 52%.



Zależność między wytrzymałością na ściskanie a gęstością analizowanej próbki przechowywanej w środowisku o różnym pH.



Średnia wytrzymałość na ściskanie próbek przechowywanych przez 270 dni w środowisku kwaśnym zmniejszyła się w stosunku do średniej wytrzymałości na ściskanie zmierzonej po 28 dniach (standard) o 23%, natomiast średnia wytrzymałość na ściskanie próbek przechowywanych w środowisku obojętnym i zasadowym dla 270 dni wzrosły odpowiednio o 25% i 35%. Odnotowany 23% spadek wytrzymałości na ściskanie próbek na bazie cementu portlandzkiego nie wydaje się wcale duży, ponieważ wyniki badań przedstawione przez Aiken, TA. pokazują, że po 56 dniach przechowywania spadek wytrzymałości na ściskanie może wynieść nawet 47% w stosunku do wytrzymałości standardowej w próbkach betonowych wykonanych z cementu portlandzkiego przechowywanych w kwasie octowym o stężeniu 0,52 mol/L (tu było 50 MPa).



W związku z powszechnością zjawiska jakim jest korozja, występują pewne metody przeciwdziałania temu procesowi. Jednym z najpopularniejszych sposobów jest ochrona powierzchniowa – polega ona na stosowaniu specjalnych tynków, powłok oraz farb, które uniemożliwiają czynnikowi agresywnemu penetrację w głąb struktury betonu. Warto również stosować odpowiednie składy mieszanek betonowych, które poprawić mogą jej parametry – m.in. zapewnić jak największą szczelność i stosować cementy nisko wapienne.

W niektórych przypadkach jedynym rozsądnym wyjściem może okazać się stosowanie droższych betonów polimerowych, które posiadają znacznie wyższą chemoodporność niż tradycyjne betony oparte na spoiwie cementowym.



Ochrona powierzchniowa wykonana za pomocą powłoki ochronnej



## Część II:

Ocena skuteczności działania środków ochrony powierzchniowej betonu w agresywnym środowisku kwasowym. Analizowanymi środkami zabezpieczającymi będą: **szkło wodne sodowe oraz żywica epoksydowa epidian 5 wraz z utwardzaczem Z-1**. Zastosowanym czynnikiem agresywnym jest kwas octowy próbki zaimpregnowane oraz kontrolne (bez zastosowania ochrony powierzchniowej).



Powierzchnia próbki zabezpieczanej szkłem wodnym – widoczne odspojone „łuski”



Warstwa ochrony powierzchniowej wykonana z żywicy epoksydowej widoczna na powierzchni próbki



Próbki; od lewej: a-brak impregnacji, b-impregnacja szkłem wodnym, c-impregnacja żywicą epoksydową



- **Średnia arytmetyczna wytrzymałości na ściskanie w ramach poszczególnych serii [MPa]**

Produkt który zastosowano w celu wykonania ochrony powierzchniowej	Średnia arytmetyczna wytrzymałości na ściskanie próbek w danej serii [MPa]
Impregnacja szkłem wodnym	36,30
Impregnacja żywicą Epidian-5 i utwardzaczem Z-1	32,55
Brak impregnacji	29,35

- **Średnia arytmetyczna wytrzymałości na zginanie w ramach poszczególnych serii [MPa]**

Produkt który zastosowano w celu wykonania ochrony powierzchniowej	Średnia arytmetyczna wytrzymałości na zginanie w ramach poszczególnych serii [MPa]
Impregnacja szkłem wodnym	4,98
Impregnacja żywicą Epidian-5 i utwardzaczem Z-1	6,96
Brak impregnacji	4,62





Powyższe przedstawione zestawienie pozwala zauważyć, że pomimo tego, że próbki zaimpregnowane szkłem wodnym i brak impregnacji sprawiała, że próbki korodowały w podobnym stopniu na całej powierzchni – próbki zaimpregnowane żywicą w niektórych miejscach prawie zupełnie nie wykazywały warstwy korozji, a w innych miejscach można było zauważyć grubość niemalże taką jak w pozostałych seriach. W przypadku żywicy same uszkodzenia powłoki ochronnej i jej odspajanie, wiąże się ze znacznymi ubytkami masy próbki.



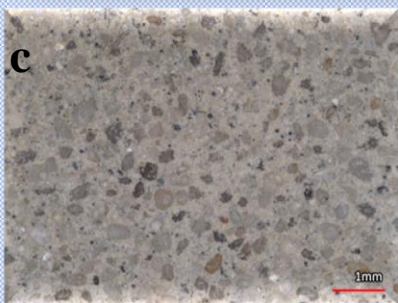
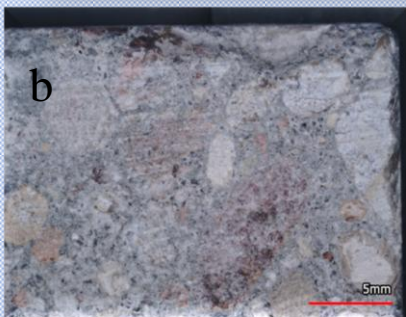
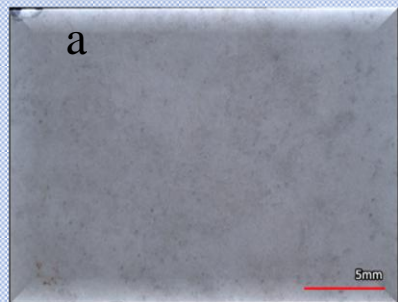
Odspojony osad, który został zebrany z dna pojemnika



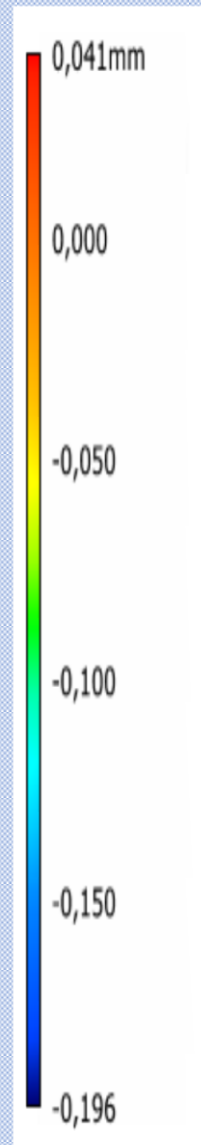
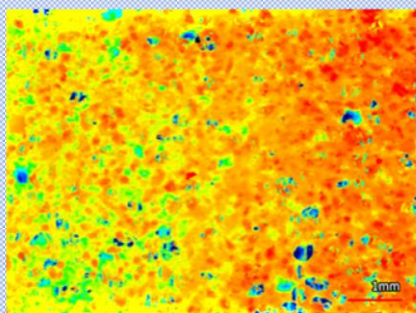
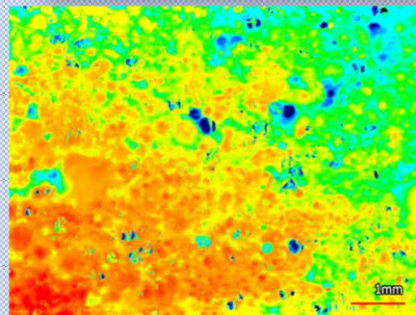
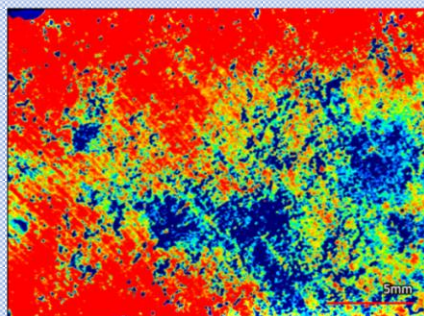
Piana i osad widoczna na powierzchni roztworu

# Badanie mikroskopowe - Obrazowanie pod mikroskopem skaningowym, mikroskopem optycznym i profilografem 3D

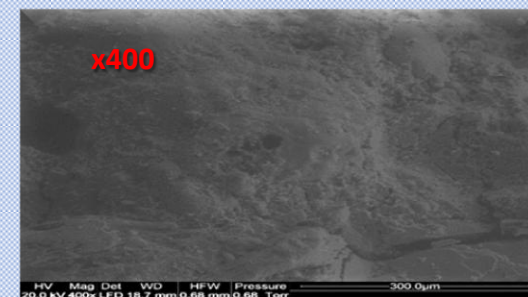
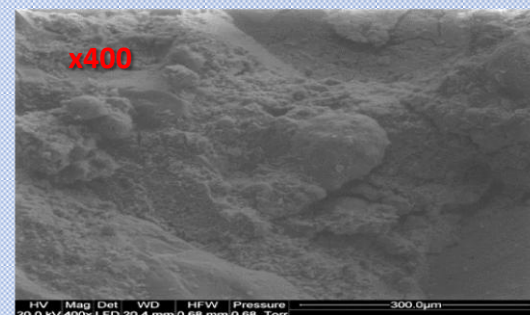
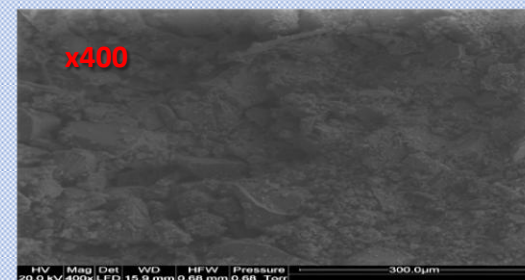
Zdjęcia z mikroskopu optycznego



Geometria powierzchni z profiografu 3D



Zdjęcia SEM z mikroskopu skaningowego





Względem próby porównawczej w środowisku zasadowym i obojętnym zauważono wzrost wytrzymałości na ściskanie (ok. 32 i 35%). Powierzchniowe uszkodzenia są nieznaczne (obraz zdjęcia SEM i profilografu 3D). Przeprowadzone badania mikroskopowe struktury przy pomocy mikroskopu skaningowego, mikroskopu optycznego, zostały wykonane jako dopełnienie badań wytrzymałościowych na dowód szybkości postępowania zniszczenia struktury w tak krótkim czasie jak 270 dni badania.

Reasumując. Na podstawie wykonanych eksperymentów można stwierdzić, że stały kontakt powierzchni kompozytu z kwasem octowym powoduje powolne przenikanie korozyjnych substancji w głąb materiału i skutkuje spadkiem wytrzymałości oraz zniszczeniem powierzchni zewnętrznej elementu betonowego

## **Wnioski:**

Celem przyspieszonych badań było określenie stopnia zniszczenia badanych próbek betonowych umieszczonych w 10% kwasie octowym. Głównym parametrem określającym poziom zniszczenia próbek jest wytrzymałość na ściskanie.

Najniższa wartość wytrzymałości spośród próbek przechowywanych w kwasie octowym i wynosiła 29,35MPa. Jest to ponad 8MPa (23%) różnicy względem wyniku z próby porównawczej, 38,22MPa. Spadek wytrzymałości oraz widoczne na powierzchni próbek wżery (fot.) potwierdzają zajście procesu korozji.

W przypadku próbek sezonowanych w środowisku o odczynie kwaśnym zaobserwowano największy spadek wytrzymałości i widocznymi ubytkami na powierzchni, jednocześnie odnotowano najmniejszy spadek masy w porównaniu do innych odczynów. Wynika to z faktu, że w trakcie procesu korozji zostały wykrystalizowane trudno rozpuszczalne sole, które nie posiadają właściwości wytrzymałościowych.

.



Opierając się na powyższej ocenie skuteczność poszczególnych metod, zauważalnie najlepszą, wśród stosowanych metodą ochrony powierzchniowej jest **impregnacja żywicą Epidian-5 i utwardzaczem Z-1**. Uzyskano najwyższą wartość wytrzymałości betonu na ściskanie – poprawa wytrzymałości o 20% w stosunku do próbek niezabezpieczonych, a sama grubość produktów korozji była zauważalnie mniejsza niż w przypadku pozostałych serii – miejscami była ona niezauważalna.

Jako znacznie mniej skuteczne okazało się wykonanie powłoki ochronnej ze **szkła wodnego**. Uzyskana wytrzymałość na zginanie była tylko w niewielkim stopniu wyższa niż w przypadku próbek bez jakiegokolwiek ochrony powierzchniowej – 10 % poprawa wytrzymałości, a ocena wizualna nie pozwalała jednoznacznie wykazać widocznych różnic pomiędzy tymi seriami – grubość warstwy korozji bardzo zbliżona.

Otrzymane wyniki potwierdzają, że aby utrzymać trwałość konstrukcji wykonanej z betonu, która ma bezpośredni kontakt ze środowiskiem kwaśnym, należy stosować preparaty ochronę. Przedstawione wnioski z przeprowadzonych badań mogą mieć znaczenie w kontekście sporządzanych raportów oddziaływania na środowisko niezbędnych podczas uzyskiwania pozwolenia na budowę obiektów inwentarskich.



## **Literatura:**

Z. Jamróży, "Beton i jego technologie", Warszawa: Wydawnictwo PWN, 2006.

A. Neville, "Właściwości betonu", Kraków: Wydawnictwo Polski Cement Sp. z o.o., 2000

T. Możaryn i M. Wójtowicz, „"Jak chronić powierzchnie żelbetowe w rolnictwie"”. Inżynier Budownictwa.

Czarnecki i P. Emmons, „Naprawa i Ochrona Konstrukcji Betonowych”, Kraków: Wydawnictwo Polski Cement Sp. z o.o., 2002

K. Wiśniewski, J. Witkowska-Dobrev i M. Dohojda, „Ochrona betonu zwykłego przed agresywnym środowiskiem w budownictwie rolniczym,” nr s. 83-93, 2019.

Effect of Acetic Acid on Compressive Strength and Geometric Texture of the Surface of C20/25 Class Concrete .J. Witkowska-Dobrev, O. Szlachetka, M. Dohojda i K. Wiśniewski. 2021. *Sustainability* 13, no. 9: 5136. <https://doi.org/10.3390/su13095136>